

Redes de telecomunicación superfáciles



ISBN:978-84-614-8099-9
Jose Javier García Aranda 2008-2010

ÍNDICE

1	Agradecimientos	4
2	Objetivo	5
3	Conceptos muy básicos	7
4	Conceptos básicos.....	29
5	Red completa	86
6	Red de Acceso Fija	87
7	Red de Acceso y Core móvil	171
8	Redes NGN y Arquitectura IMS	221
9	Red de transmisión	247
10	Red de conmutación	281
11	Red de Datos IP	331
12	Índice detallado.....	368

1 Agradecimientos

Agradezco la paciencia y contribución de quienes han hecho de este libro un buen libro. A todos vosotros, ¡gracias!

Sonia Herranz Pablo	Revisión completa y en especial IMS.
Agustín Moraga	Revisión completa y en especial de Comutación
Rafael Molina Gómez	Revisión completa, Alcatel University
Luis Corrales	Revisión, Alcatel University
Raquel González Reloso	Revisión
Dolores Muñoz Martínez	Revisión
Carmelo Hueto	Revisión completa, en especial de IP
Ana de Armas	Revisión IP
Ricardo Palacios	Revisión acceso y core móvil
Jacobo Pérez Lajo	Revisión IP
Luis Miguel Díaz Vizcaíno	Revisión IP
Luis García Navarro	Revisión transmisión
Luis Garrido	Revisión acceso y core móvil
Jose Miguel Ciurana	Revisión Acceso
Jose Carlos del Barrio	Revisión completa, en especial de acceso

2 Objetivo

El objetivo es explicar de un modo completo y claro como funcionan las redes de telecomunicaciones. A menudo encontramos en la literatura explicaciones que solo afectan a un “plano” de la red, obviando partes de la red que existen. Dichas explicaciones son útiles para comprender escenarios particulares, pero no para entender globalmente las redes.

Hay gente que sabe de algunas cosas, como especialistas en un tipo de nodo de la red, o incluso en una parte de la red. Sin embargo , conocer todos los tipos de nodos y las partes de la red, de forma que podamos encajar todas las piezas del puzzle y saber como se relacionan entre sí, como se condicionan entre sí, no es tarea fácil, no por la dificultad que entraña, sino por el tipo de documentación que a menudo está a nuestro alcance.

En este libro se pretende cubrir todos los aspectos de las redes , es decir, pretende ser un compendio general de construcción de redes de telecomunicación, de un modo generalista pero sin perder rigor, utilizando a veces como ejemplos equipos reales de Alcatel-Lucent para ilustrar cada tecnología.

Después de haber leído (y entendido!!) el libro, sabremos como están construidas todas las redes de telecomunicaciones y seremos capaces de entenderlas o diseñarlas.

Puedes leer el libro de principio a fin, o de forma desordenada. En realidad da igual, y si no entiendes algún concepto puedes buscarlo en el índice del libro. Espero que este material te sirva de ayuda.

3 Conceptos muy básicos

3.1 Transformada de Fourier

La madre del cordero se llama transformada de Fourier y por eso la vamos a dedicar este capítulo.

Gracias a esta función matemática son posibles todas las técnicas de modulación, y por lo tanto de transmisión, o lo que es lo mismo, las telecomunicaciones en general. Por eso hay que entenderla. Muchísimos equipos de telecomunicación incluyen DSPs (procesadores digitales de señal) que hacen FFT (fast Fourier Transform.) o IFFT (inverse fast Fourier Transform.), como por ejemplo los modems, los transpondedores, los codificadores de voz, etc.

3.1.1 Serie de Fourier

El análisis de Fourier surgió a partir del intento de éste matemático francés por hallar la solución a un problema práctico, la conducción del calor en un anillo de hierro. Demostró que se puede obtener una función discontinua a partir de la suma de funciones continuas. Esta tesis fue defendida por Fourier ante la Academia Francesa, lo que motivó severas objeciones de los matemáticos más importantes de su época como Lagrange, Laplace, etc.

Toda función $f(t)$ periódica de período P , se puede representar en forma de una suma infinita de funciones armónicas, es decir,

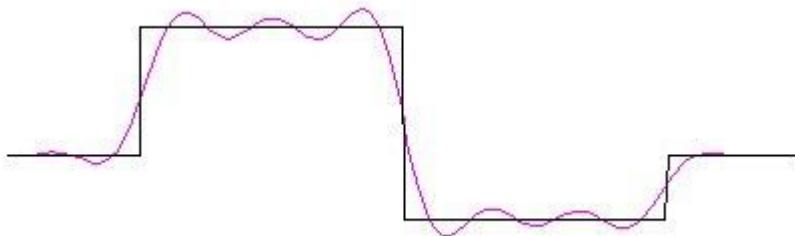
$$f(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{i=1}^{\infty} (a_i \cos(i \omega t) + b_i \sin(i \omega t))$$

Donde el periodo $P=2\pi/\omega$, y $a_0 a_1 \dots a_i \dots$ y $b_1 b_2 \dots b_i \dots$ son los denominados **coeficientes de Fourier**.

La razón de que aparezca un seno y un coseno es porque la suma de dos sinusoides que tienen la misma frecuencia (aunque tengan diferente amplitud y fase) es también una sinusoides. De modo que el desarrollo en serie de Fourier es la suma de sinusoides (cada una con diferente amplitud y desplazada una fase diferente) de frecuencias múltiplo de la frecuencia fundamental. La frecuencia fundamental es la inversa del periodo de la señal original (suponemos que la señal original es periódica).

Cuantos más coeficientes pongamos, más se parece la suma de señales continuas a la señal original discontinua. Con cada grupo de coeficientes construyo un armónico. Por ejemplo, esto es una aproximación con 8

armónicos a una señal rectangular (la cual es una función discontinua y periódica).



Observando el dibujo es fácil entender como se le pudo ocurrir el desarrollo a Fourier. Una sinusoide es una señal periódica. Cualquier señal periódica se puede conseguir sumando sinusoides, la primera de la frecuencia de la señal, la segunda del doble de frecuencia, la tercera del triple, y así sucesivamente. Cada armónico tendrá una amplitud y fase diferente, que es lo que se puede calcular con la ecuación del desarrollo en serie de Fourier.

Conocida la función periódica $f(t)$, calculamos los coeficientes a_i y b_i del siguiente modo (con a_i y b_i se construye el i -ésimo armónico).

$$\begin{aligned} \frac{a_0}{2} &= \frac{2}{P} \int_{-\frac{P}{2}}^{\frac{P}{2}} f(t) dt \\ a_i &= \frac{2}{P} \int_{-\frac{P}{2}}^{\frac{P}{2}} f(t) \cos(i\omega t) dt \quad i = 1, 2, 3, \dots \\ b_i &= \frac{2}{P} \int_{-\frac{P}{2}}^{\frac{P}{2}} f(t) \sin(i\omega t) dt \quad i = 1, 2, 3, \dots \end{aligned}$$

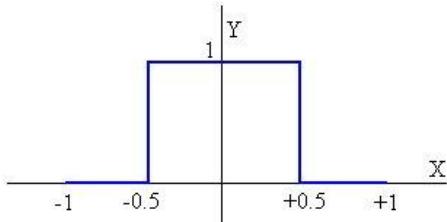
El coeficiente A_0 es solo un “offset”, es decir, si la señal original está colocada por encima del valor 0 en media.

El coeficiente a_i multiplica al coseno y el b_i al seno, por lo tanto un armónico es una amplitud multiplicada por una función seno + otra amplitud multiplicada por una función coseno. Cada armónico tiene una frecuencia $i\cdot w$ de oscilación y todos los armónicos tienen frecuencia múltiplo de la “frecuencia fundamental”, w . En realidad w es la frecuencia angular dada por $w = 2\pi f$ donde f es la frecuencia. El valor de la frecuencia fundamental es muy fácil de deducir. Si T es el periodo, $1/T$ es la frecuencia fundamental, es la frecuencia de la señal original pues estamos considerando que la señal original es periódica.

Si nos paramos a pensar que significa esto: para cada frecuencia es multiplicar toda la señal por una función coseno, y hacer lo mismo con una

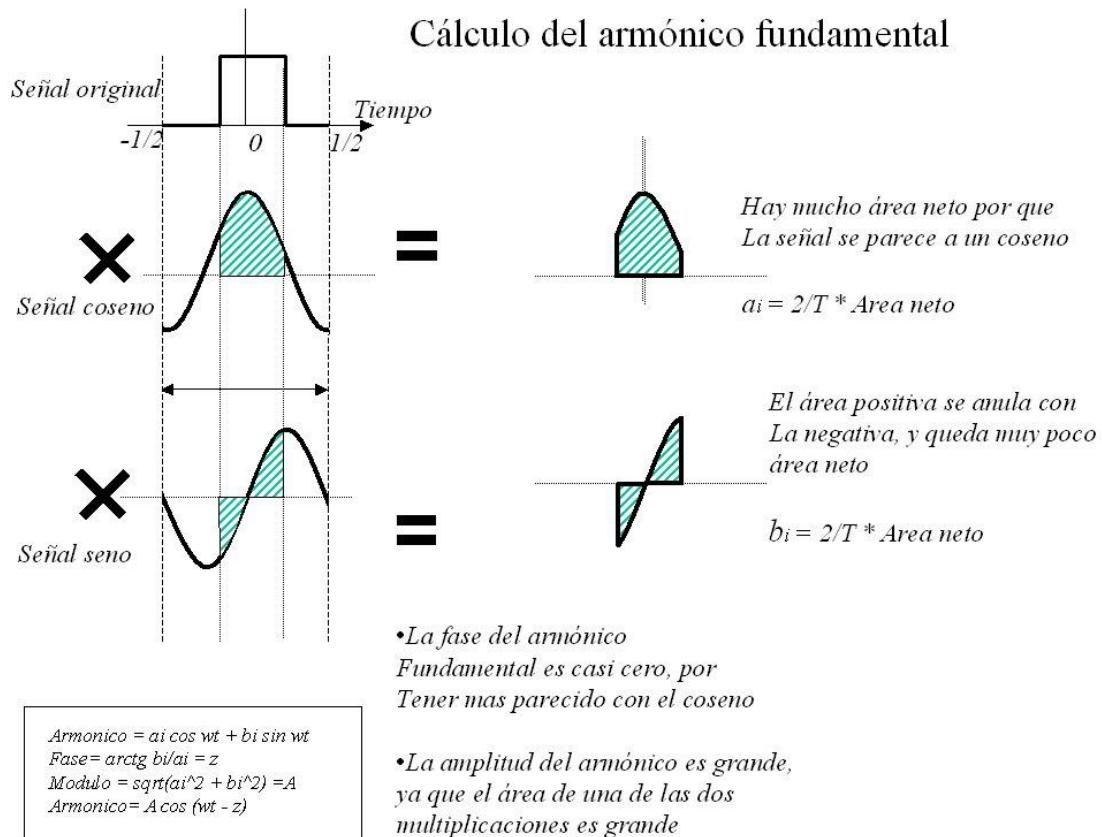
función seno. La amplitud (=módulo) de cada sinusoide resultante (es una sinusoides desplazada una cierta fase) se calcula simplemente mediante el teorema de Pitágoras.

Por ejemplo, para el pulso rectangular simétrico de anchura 1, y periodo 2 se obtienen los siguientes coeficientes.



orden	a	b
0	1	
1	0.6366	0
2	0	0
3	-0.2122	0
4	0	0
5	0.1273	0
6	0	0
7	-0.09097	0
8	0	0
9	0.07078	0

Esta es la explicación gráfica, con la que es muy fácil entenderlo:



Como hemos visto, la serie de Fourier es simplemente un desarrollo de una función como suma de infinitas funciones sinusoidales.

Hay otra forma de representar la serie:

$$f(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{i=1}^{\infty} (a_i \cos(i\omega t) + b_i \sin(i\omega t))$$

Una serie como la representada se llama serie trigonométrica de Fourier. Esta serie también se puede representar así:

$$f(t) = C_0 + \sum_{n=1}^{\infty} C_n \cos(n\omega_0 t - \theta_n)$$

ya que la suma de dos sinusoides es una sinusoide desplazada una cierta fase. Usando las ecuaciones de Euler:

$$e^{iy} = \cos y + i \sin y$$

$$e^{-iy} = \cos y - i \sin y$$

una forma de representar una sinusoide desplazada sería

$$Y = Ae^{i\phi}$$

A esto se le llama fasor, porque tiene amplitud y fase. Así, el fasor Y es el número complejo constante que contiene la magnitud y fase de la sinusoide.

En cuanto a i , es la unidad imaginaria $\sqrt{-1}$. En ingeniería electrónica se usa "j" en lugar de "i" para evitar las confusiones que se producirían con el mismo símbolo que se usa para designar la intensidad de la corriente eléctrica. A veces en lugar de la letra "e", veremos la expresión "exp".

3.1.2 Transformada de Fourier (FT y DFT)

El concepto de transformada de Fourier es simplemente el valor del armónico (en modulo y fase) para cada frecuencia, de modo que pasamos del dominio del tiempo al dominio de la frecuencia, al que llamaremos u.

Los coeficientes de la serie de Fourier son el valor que toma la transformada de Fourier para cada armónico, es decir, para cada frecuencia.

Para cada u nos dará como resultado un numero con parte real a_1 y parte imaginaria b_1 : **la transformada de Fourier lo que me proporciona son los coeficientes del desarrollo en serie de Fourier, simplemente es eso.**

Para entender la transformada de Fourier basta con entender el desarrollo de Fourier. Si $f(x)$ es una función continua de variable real x (x es el tiempo), la transformada de Fourier de $f(x)$ se define por la ecuación:

$$F(u) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x) \exp(-j2\pi ux) dx$$

o lo que es lo mismo (vamos a cambiar la variable x por la variable t "tiempo") , expresándolo en forma trigonométrica:

$$F(u) = 1/N * \text{sumatorio}(f(t) * (\cos(u w t / N) - j * \sin(u w t / N))) = a_u + j b_u$$

Lo cual coincide con el cálculo de los coeficientes de la serie de Fourier para $i = u$

Dado $F(u)$ (u es la frecuencia), $f(x)$ puede calcularse utilizando la transformada inversa de Fourier:

$$f(x) = \int_{-\infty}^{\infty} F(u) \exp(j2\pi ux) dx$$

Estas dos ecuaciones, denominadas par de transformaciones de Fourier, existen si $f(x)$ es continua e integrable y $F(u)$ es integrable. La transformada de Fourier de una función real , habitualmente es una función compleja:

$$F(u) = R(u) + jI(u) \quad F(u) = |F(u)| e^{j\phi(u)}$$

$$|F(u)| = [R^2(u) + I^2(u)]^{1/2}$$

A la función $|F(u)|$ se la denomina módulo y $\phi(u)$ es la fase. A la variable u a veces se la denomina variable de frecuencia, aunque en realidad u es un numero que representa un múltiplo de la frecuencia fundamental . Es decir, que u toma los valores 1,2,3, etc. y la verdadera frecuencia es $u * w$ siendo $w= 2* \pi * f$, siendo f la frecuencia fundamental, es decir, la inversa del periodo de la señal original.

En el caso discreto unidimensional, el par de transformaciones de Fourier queda:

$$F(u) = \frac{1}{N} \sum_{x=0}^{N-1} f(x) \exp(-j2\pi ux / N)$$

para $u = 0, 1, 2, \dots, N-1$

o lo que es lo mismo. En forma trigonométrica:

$$f(u) = 1/N \sum (f(x) * [\cos(2\pi u * t/N) - j \sin(2\pi u * t/N)])$$

y la transformada inversa:

$$f(x) = \sum_{u=0}^{N-1} F(u) \exp(j2\pi ux / N)$$

para $x = 0, 1, 2, \dots, N-1$

3.1.3 Ejemplo de programación DFT

Hemos visto que el valor para cada frecuencia se calcula como la suma de cada valor de la señal en el tiempo(valor real) por el valor de una sinusoides con amplitud 1 de esa frecuencia en el tiempo. La transformación tiene una parte real y una imaginaria, ya que la parte real es la multiplicación por un coseno y la imaginaria es la multiplicación por un seno. Después de hacer estas dos multiplicaciones, tenemos 2 números. Uno real y otro imaginario. Hacemos lo mismo con la señal en el siguiente instante y así sucesivamente. Luego sumamos todas las partes reales por separado y todas las imaginarias por separado y listo. Como tenemos que definir un periodo de muestreo limitado, el sumatorio será de N términos . Con esto tenemos un único número complejo como valor de la función en una determinada frecuencia. Ese número representa la componente a esta frecuencia de la señal original, con el desplazamiento de fase que corresponda.

El siguiente programa ilustra una transformada de Fourier para una señal de periodo 100 unidades de tiempo (se toman 100 muestras y se calcula la transformada. La señal elegida es una señal periódica rectangular.

```
import java.lang.*;
import java.util.*;
import java.io.*;
import java.text.*;

public class DFT{
    public static void main(String args[] )
```

```

{
    System.out.println(" ");
    System.out.println("***** BIENVENIDO AL PROGRAMA DTF *****");
    System.out.println("* de 100 muestras *");
    System.out.println("* jose javier 2007 *");
    System.out.println("*****");

    // 100 muestras de t=0 a t=100 significa que T=100
    // es decir, el periodo son 100 unidades de tiempo)
    // por tanto la frecuencia fundamental=1/100 =0,01

    // esto imprime la tr fourier para valores de u de 1 a 5
    // siendo u los multiplos de la frecuencia fundamental (5 armonicos)
    // podriamos calcular infinitos armonicos

    for (int u=1;u<6;u++)
    {
        double tr[]=new double[2];
        tr=TrFourier(u);
        double parte_real=tr[0];
        double parte_img=tr[1];

        double hipo=Math.sqrt(parte_real*parte_real + parte_img*parte_img);
        int h=(int) (hipo);
        double fase=Math.atan(parte_img/parte_real);

        //para cada u, imprimo modulo y fase del armónico
        System.out.println("armónico["+u+"];" + "amplitud=" + h + " fase=" + fase + "radianes" );
    }
    //end for
}

//end main

public static double[] TrFourier(double u)
{
    //dada un multiplo de la freq. fundamental (u),
    //esta funcion calcula el valor de dicha frecuencia
    //como un numero complejo (osea, que se puede pasar a amplitud+ fase)

    double real[]=new double[100] ;//parte real
    double img[]=new double[100] ;//parte imaginaria
    double suma_real=0;
    double suma_img=0;

    //bucle que recorre la señal en el tiempo, mientras
    //la multiplica por un coseno y por un seno
    for (int t=1;t<100;t++)
    {
        double radianes=2.0f*Math.PI*u*t/100.0f;

        real[t]=signal(t)*Math.cos(radianes);
        suma_real=suma_real+real[t];

        img[t]= - signal(t)*Math.sin(radianes);
        suma_img=suma_img+img[t];
    }
    suma_real=suma_real/100.0f;
    suma_img=suma_img/100.0f;
}

```

```
double out[] = new double[2];
out[0] = suma_real;
out[1] = suma_img;
return out;
}

// funcion que implementa una señal de periodo 100 unidades de tiempo
// es una señal rectangular de amplitud 50
//esta función es periódica
public static int signal(int x)

{
    x = x % 100; //resto de la división entera
    if (x <= 50) return 50;
    else return 0;
}

}//end class
```

La salida del programa es:

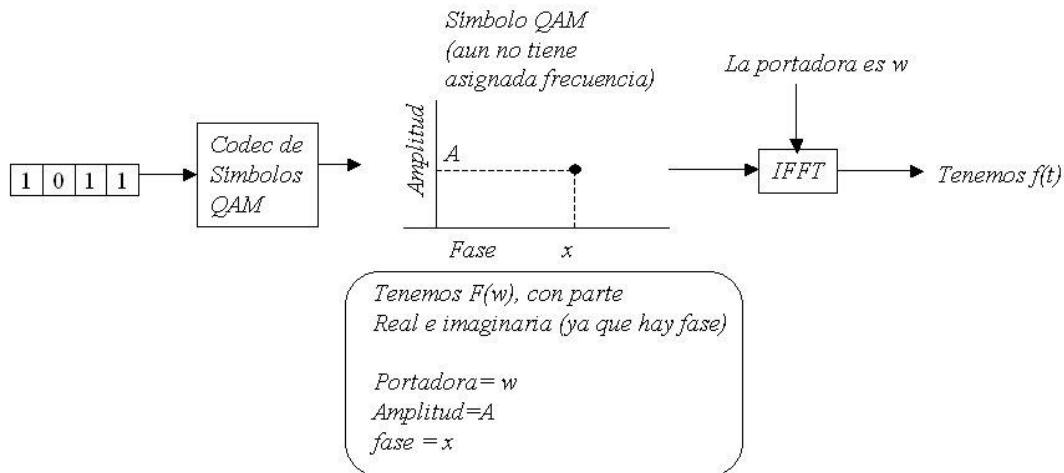
```
armónico[1]; amplitud=15 fase=1.53 radianes
armónico[2]; amplitud=0 fase=-0.31 radianes
armónico[3]; amplitud=5 fase=1.47 radianes
armónico[4]; amplitud=0 fase=-0.66 radianes
armónico[5]; amplitud=3 fase=1.4 radianes
```

Como se aprecia casi toda la energía está concentrada en el armónico fundamental (lógico al ser una señal rectangular). Ahora ya sabemos hacer transformadas de Fourier.

3.1.4 Funcionamiento de un MODEM con IFFT

Básicamente, tenemos una señal digital que transmitir, entonces damos los siguientes pasos:

Primero asociamos grupos de bits en símbolos. Luego codificamos cada símbolo con alguna técnica de modulación digital de tipo QAM o QPSK
A continuación, y teniendo en cuenta que lo que tenemos en este momento es un diagrama espectral, hacemos la transformada inversa de Fourier, con lo que obtenemos una secuencia temporal.



En el otro extremo hacemos lo inverso y recuperamos la secuencia original.

Algo muy importante que hay que tener en cuenta es que cada secuencia temporal se corresponde con un conjunto de bits, porque un diagrama espectral al que le pasamos una transformada inversa de Fourier nos genera una secuencia temporal de una supuesta señal periódica, aunque en realidad no es periódica, pero solo transmitimos un periodo, nada más. A continuación repetimos el proceso con el siguiente grupo de bits, como si cada trozo fuese el periodo de una señal periódica distinta. Después de enviar un conjunto de símbolos, se envían los símbolos correspondientes al control y protección de errores de dicho conjunto de símbolos (código Reed-Solomon).

Por ejemplo en ADSL:

- El modulador del abonado, hace una IFFT de 64 muestras sobre el flujo de datos que se ha de enviar en sentido "upstream".
- El demodulador de la central hace una FFT de 64 muestras tomadas de la señal "upstream" que recibe.

Y este proceso se repite una y otra vez. Así se puede transmitir una señal no periódica usando una técnica que solo sirve para señales periódicas, simplemente considerando que cada trozo (cada símbolo) es un periodo de una señal periódica diferente.

Como código corrector de errores se utiliza Reed Solomon.

Reed-Solomon es un código de bloque. El principio que se utiliza en los códigos de bloque consiste en estructurar los datos en bloques de longitud fija y añadir a cada bloque un cierto número de bits llamados bits de redundancia.

Sólo ciertas combinaciones de bits son aceptables y forman una colección de palabras de código válidas

En el caso de Reed Solomon, cada bloque consta de 223 bytes, a los que se añaden 32 bytes de redundancia, llegando a completar una palabra de 255 bytes. Se representa con la expresión (255,223). Este código es capaz de corregir hasta 16 bytes erróneos. Actualmente se usa este código en ADSL, en televisión digital (DVB), en los CDs de música, en comunicaciones vía satélite, en el estándar de televisión e internet por cable (DOCSIS), en las transmisiones ópticas WDM y en un sinfín de aplicaciones. En general, se usa en casi todos los sistemas de comunicaciones digitales.

3.1.5 Coste computacional y FFT

Para cada frecuencia que elijamos, debemos multiplicar cada valor de la señal por un número complejo y sumar los resultados. Para una señal valorada-real, cada multiplicación real-por-complejo requiere dos multiplicaciones reales, significa que tenemos $2N$ multiplicaciones para realizarse. Para sumar los resultados juntos, debemos mantener la parte real y la imaginaria separadas. Sumando N números requiere $N-1$ sumas. Constantemente, cada frecuencia requiere $2N+2(N-1) = 4N-2$ pasos básicos de realizar. Como tenemos N frecuencias, el número total de operaciones es $N(4N-2)$.

En cálculos de la complejidad, solo tenemos que preocuparnos de que sucede cuando la longitud incrementa, y tomar el término dominante — aquí el término $4N^2$ — como reflejo de cuanto trabajo esta involucrado haciendo la computación. Como una constante multiplicativa no importa ya que estamos haciendo una "proporcional" a la evaluación, encontramos que la DFT es un $O(N^2)$ procedimiento computacional. Esta notación es leída "orden N -cuadrado". Donde, si tenemos doble longitud, esperamos que el tiempo de la realización sea aproximadamente el cuádruple.

Existe un algoritmo llamado FFT (Fast Fourier Transform) que ejecuta la transformada de Fourier más eficientemente. Su única restricción es que el número de muestras sea múltiplo de 2. Lo mismo ocurre con la IFFT (inverse Fast Fourier Transform). Son estos algoritmos los que se usan en los DSP (Digital Signal processor) de los modems.

3.1.6 Convoluciones: programación de filtros

La convolución en el tiempo equivale al producto en el dominio frecuencia. Esta operación es importante, porque con ella se construyen los filtros paso bajo, paso banda, etc. Como la operación de convolución es compleja, lo mejor es hacer la transformada de Fourier y luego

simplemente multiplicar la señal por el filtro, y a continuación hacer la transformada inversa.

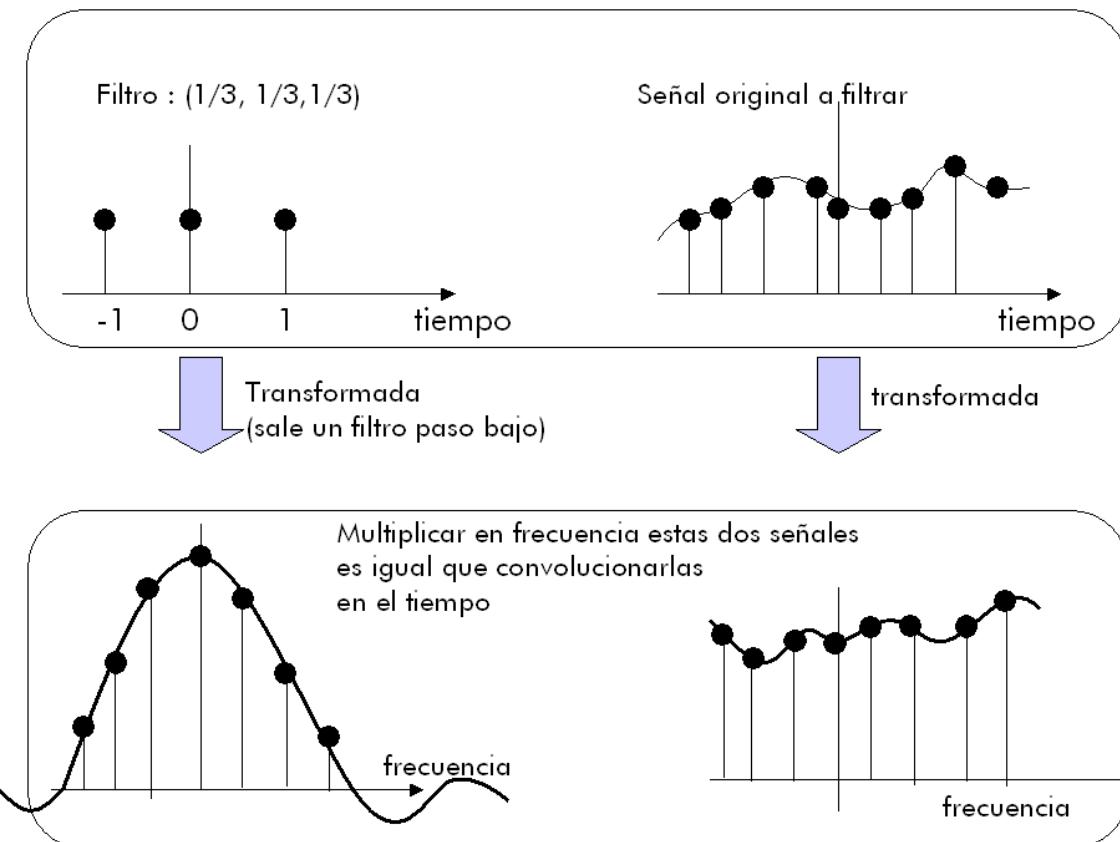
La operación de convolucionar dos funciones (una señal y un filtro) consiste en hacer coincidir el centro de la señal filtro en cada punto de la señal original y multiplicar la señal filtro (que puede tener por ejemplo 3 valores) por la señal en cada punto y sus adyacentes y asignar el resultado a ese punto.

Por ejemplo, un filtro podría ser : (1/3, 1/3, 1/3)

Si aplicamos este filtro a una señal, la suavizamos, porque cada punto tomaría un valor intermedio entre el valor que tiene, el valor anterior y el valor siguiente.

Si la señal original tiene 100 muestras, tendremos que realizar $3 \times 100 = 300$ multiplicaciones

Si primero hacemos la transformada de Fourier de ambas señales, sólo tendremos que hacer 100 multiplicaciones...si, claro, a esas 100 multiplicaciones hay que sumar el coste computacional de hacer la transformada de Fourier de ambas señales, pero la transformada del filtro sólo hay que hacerla una vez, y si el filtro tiene 50 muestras en lugar de 3, una convolución consume $50 \times 100 = 5000$ multiplicaciones. Al final es menos costoso hacer las trasformadas y multiplicarlas.



En el ejemplo suavizaríamos una señal en el tiempo (filtro paso bajo). En el caso de una imagen, el filtro podría afectar a los 8 pixels que rodean uno dado, mas él mismo y realizaríramos un suavizado espacial, no temporal. Si aplicamos un suavizado temporal, entonces conseguiríramos un video donde los movimientos dejarían estela.

3.2 Teorema de Nyquist y ley de Shannon

3.2.1 Teorema de Nyquist

El teorema de Nyquist ("Teorema Fundamental de Procesamiento Digital de Señales DSP") afirma que cuando se muestrea una señal, la frecuencia de muestreo debe ser mayor que dos veces el ancho de banda de la señal de entrada, para poder reconstruir la señal original de forma exacta a partir de sus muestras. A Nyquist demostrar eso le costó un largo artículo de 28 páginas solucionando ecuaciones integro-diferenciales. A continuación se proponen dos ejemplos gráficos fácil de entender.

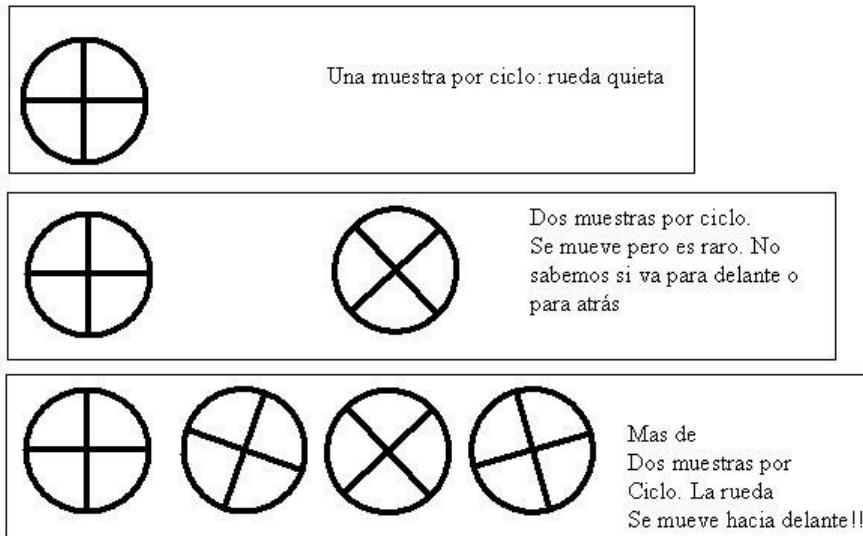
Suponte que filmas un coche en movimiento y al ver la película te da la sensación de que las ruedas van hacia atrás, aunque el coche se desplace hacia delante. Ello es porque estamos tomando muestras

(fotogramas) por debajo del doble de la velocidad de rotación de la rueda y entonces tenemos estos efectos.

Si tomamos una muestra por cada ciclo de la rueda, parece que esta parada: no sirve

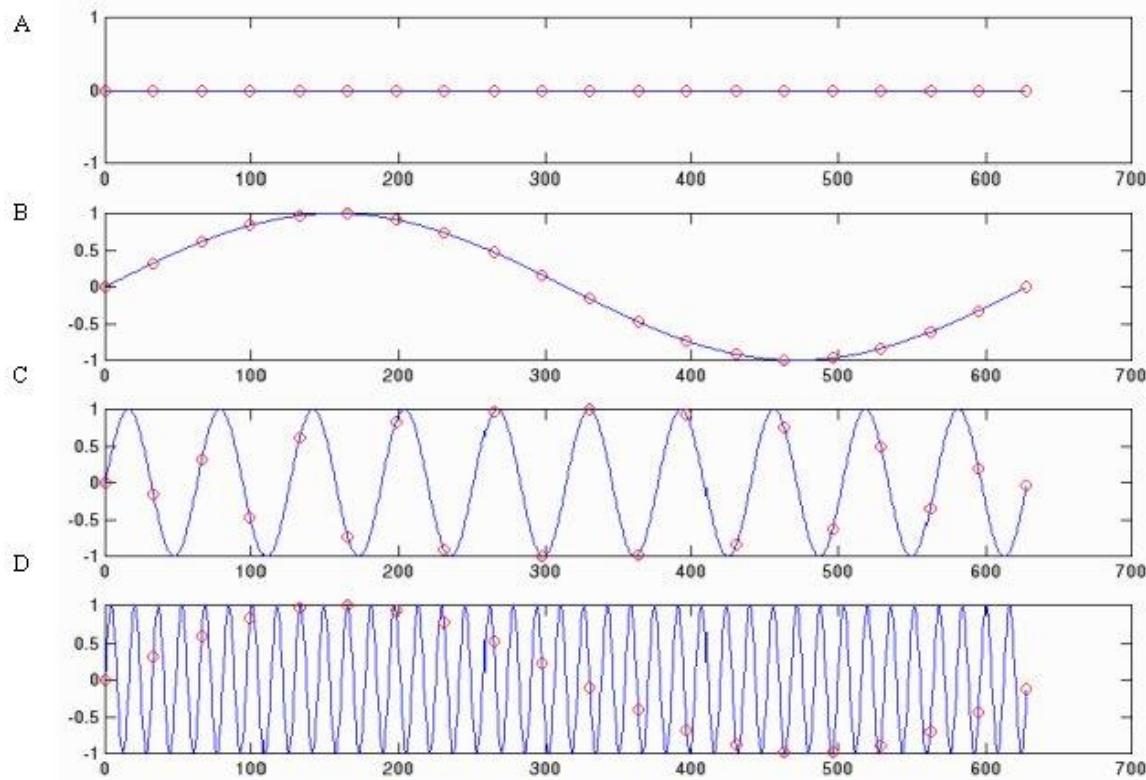
Si tomamos dos muestras por cada ciclo de la rueda, vemos que la rueda alterna entre 2 posiciones y parece raro porque no sabemos si va para delante o para atrás.

Si tomamos mas de dos muestras empezamos a ver como se mueve hacia delante



En este ejemplo gráfico, el ciclo que debemos considerar es un cuarto del tiempo que tarda la rueda en dar una vuelta, es decir, el tiempo que tarda una imagen en repetirse.

En el siguiente ejemplo aparece una frecuencia fija de muestreo contra 4 señales de sinusoidales de distinta frecuencia. Se aprecia que si no tomamos un poco mas del doble de muestras de la frecuencia de la señal original, podemos perder fluctuaciones (altas frecuencias). Esta claro que lo primero que perdemos es la frecuencia mas alta de la señal. Perder altas frecuencias se denomina “aliasing”.



Ejemplos:

- El oído humano oye frecuencias hasta 22 Khz. → CD el valor de la muestra es 44.1 Khz.
- La línea telefónica pasa frecuencias de hasta 4 Khz. → la muestra de la compañía de teléfonos es de 8 Khz.

Esto significa que si tienes un medio de 3khz de ancho de banda que contiene una señal analógica, debes tomar 6000 muestras en recepción para reconstruir la señal analógica original.

En un CD se muestrea a 44 100 muestras por cada canal y cada segundo. Eso significa que es capaz de reproducir sin pérdida de información (con un matiz que voy a decir más adelante) hasta 22 049 Hz, lo que está por encima de lo que puede oír nuestro oído. Es decir, por el tema de la velocidad de muestreo no hay ninguna pérdida de información. No es que la señal recuperada se aproxime mucho a la original, sino que realmente es la original. Aunque parezca mentira, en las muestras (una parte) está el todo.

Sólo un pequeño detalle, todo lo dicho sería válido si el número de bits de cada muestra fuera infinito!!! A la diferencia entre infinitos niveles posibles y los 65 535 distribuidos logarítmicamente, se le llama ruido de cuantificación.

No hay ningún oído humano capaz de diferenciar un nivel y el siguiente

dentro de esta escala. Eso quiere decir que el CD reproduce la señal exactamente igual que la original para los niveles de discernimiento del oído humano.

3.2.2 Eficiencia de un canal

Podemos expresar el teorema de Nyquist en forma de ecuación relacionándolo con el caudal máximo de información transmitida: si H es el ancho de banda y V el número de niveles o estados posibles, entonces el caudal máximo en bits por segundo C viene dado por:

$$C = 2 H \log_2 V$$

Por ejemplo, un canal telefónico ($H=3,1$ Khz.) con tres bits por baudio (ocho estados, $V=8$) tiene un caudal máximo de 18,6 Kb/s.

Podemos calcular también la eficiencia de un canal de comunicación, E , que es la relación entre el caudal máximo y el ancho de banda:

$$E = C/H$$

Así en nuestro ejemplo anterior la eficiencia era de 6 bits/Hz.

Combinando las dos fórmulas anteriores podemos expresar de otra forma el Teorema de Nyquist:

$$E = 2 \log_2 V$$

Dicho de otro modo, la eficiencia máxima de un canal está fijada por el número de estados diferentes de la señal, o sea por la forma como se codifica ésta.

3.2.3 Ley de Shannon

Sorprendentemente, la limitaciones del ancho de banda solas no imponen restricciones en la tasa máxima de información. Esto es porque sigue siendo posible para la señal tomar un número infinitamente grande de valores distintos de voltaje para cada pulso de símbolo, siendo cada nivel levemente distinto del anterior que representa a un determinado significado o secuencia de bits. Sin embargo, si combinamos ambos, ruido y las limitaciones del ancho de banda, encontramos un límite a la cantidad de información que se puede transferir por una señal de potencia limitada, aun cuando se utilizan técnicas de codificación de niveles múltiples.

En 1948 Shannon y Hartley generalizaron el teorema de Nyquist al caso de un canal de comunicación con ruido aleatorio, derivando lo que se

conoce como la ley de Shannon-Hartley, que está expresada en la siguiente ecuación:

$$C = H \log_2 (1 + S/N)$$

Donde H representa el ancho de banda y C el caudal máximo de transmisión de la información. La demostración de esta ley está fuera del objetivo de este libro, pero hay mucha literatura al respecto.

Una aplicación directa de este teorema. En modulación QAM , cuanto mayor es el factor de modulación QAM-N, más bits por símbolo estamos enviando y por lo tanto existen más puntos en la constelación , con el consiguiente aumento de probabilidad de error puesto que los puntos están mas cerca unos de otros (más parecido entre ellos). Para mantener la tasa de errores es necesario aumentar la relación SNR en 3dB por cada bit adicional que se añada a los símbolos (es decir, dicho de un modo sencillo, tener el doble de potencia frente a ruido y utilizarla para definir el doble de símbolos). Esto tiene una demostración derivada del teorema de Shannon.

Número de bits/símbolo	QAM	Relación Señal/Ruido (SNR) para BER<10 ⁻⁷
4	QAM-16	21.8
6	QAM-64	27.8
8	QAM-256	33.8
9	QAM-512	36.8
10	QAM-1024	39.9
12	QAM-4096	45.9
14	QAM-16384	51.9

3.3 Tráfico telefónico: Erlangs

La cantidad de tráfico se mide en Erlangs. El personaje que le dio el nombre al concepto fue Agner Krarup Erlang (1878-1929)

El concepto de Erlang significa 1 llamada establecida durante 1 hora. Es el tráfico máximo de un canal. Por ejemplo 0,5 erlangs es una llamada establecida durante 30 minutos cada hora. También sería lo mismo que 30 llamadas de 1 minuto de duración cada hora. La cantidad de ocupación es la misma, aunque en un caso nos basta con un circuito y en el caso de 30 llamadas necesitamos más.

Ejemplo: 200 llamadas con una duración promedio de 2 min. son generadas durante un periodo de una hora por abonados de un servicio.

A veces se emplea la letra "A" para nominar el tráfico.

$A = 200 * 2 = 400$ minutos ocupados en una hora = $400/60 = 6,67$ horas ocupadas cada hora

Pues esto son los Erlangs , es decir 6,67

3.3.1 Dimensionamiento de circuitos

El dimensionamiento de una central, en numero de circuitos, o de un servicio de red inteligente como un buzón de voz, se calcula en base a la probabilidad de perder una comunicación (es decir , lucro cesante) según los Erlangs de tráfico que tengamos. La llegada de nuevas llamadas se considera que tienen una distribución de probabilidad poissoniana. Esto significa que en realidad, para ser capaz de soportar 6,67 E, necesito más de 7 circuitos porque a veces van a entrar muchas llamadas simultaneas y otras veces casi ninguna, dando un total de 6,67 E, y entonces, es cuando tenemos que hacer un calculo para saber cuantos circuitos tenemos que poner... pues en realidad no hay un numero de circuitos que garantice que no se va a quedar sin atender ninguna llamada (salvo si ponemos un circuito a cada cliente), porque la variable poissoniana es así (luego la estudiaremos).

Por lo tanto se establecen unas tablas precalculadas en base a esta distribución de probabilidad de "pérdida". Por ejemplo, según la siguiente tabla, para 6,6 E necesito 13 circuitos si quiero una probabilidad de pérdida menor del 1% (0,01). Pues así se hacen los cálculos de dimensionamiento, con estas tablas, y sin ninguna operación. Fácil, verdad?

n	Probabilidad de pérdida (E)									
	0.007	0.008	0.009	0.01	0.02	0.03	0.05	0.1	0.2	0.4
1	.00705	.00806	.00908	.01010	.02041	.03093	.05263	.11111	.25000	.66667
2	.12600	.13532	.14416	.15259	.22347	.28155	.38132	.59543	1.0000	2.0000
3	.39664	.41757	.43711	.45549	.60221	.71513	.89940	1.2708	1.9299	3.4798
4	.77729	.81029	.84085	.86942	1.0923	1.2589	1.5246	2.0454	2.9452	5.0210
5	1.2362	1.2810	1.3223	1.3608	1.6571	1.8752	2.2185	2.8811	4.0104	6.5955
6	1.7531	1.8093	1.8610	1.9090	2.2759	2.5431	2.9603	3.7584	5.1086	8.1907
7	2.3149	2.3820	2.4437	2.5009	2.9354	3.2497	3.7378	4.6662	6.2302	9.7998
8	2.9125	2.9902	3.0615	3.1276	3.6271	3.9865	4.5430	5.5971	7.3692	11.419
9	3.5395	3.6274	3.7080	3.7825	4.3447	4.7479	5.3702	6.5464	8.5217	13.045
10	4.1911	4.2889	4.3784	4.4612	5.0840	5.5294	6.2157	7.5106	9.6850	14.677
11	4.8637	4.9709	5.0691	5.1599	5.8415	6.3280	7.0764	8.4871	10.857	16.314
12	5.5543	5.6708	5.7774	5.8760	6.6147	7.1410	7.9501	9.4740	12.036	17.954
13	6.2607	6.3863	6.5011	6.6072	7.4015	7.9667	8.8349	10.470	13.222	19.598
14	6.9811	7.1155	7.2382	7.3517	8.2003	8.8035	9.7295	11.473	14.413	21.243
15	7.7139	7.8568	7.9874	8.1080	9.0096	9.6500	10.633	12.484	15.608	22.891
16	8.4579	8.6092	8.7474	8.8750	9.8284	10.505	11.544	13.500	16.807	24.541
17	9.2119	9.3714	9.5171	9.6516	10.656	11.368	12.461	14.522	18.010	26.192
18	9.9751	10.143	10.296	10.437	11.491	12.238	13.385	15.548	19.216	27.844
19	10.747	10.922	11.082	11.230	12.333	13.115	14.315	16.579	20.424	29.498
20	11.526	11.709	11.876	12.031	13.182	13.997	15.249	17.613	21.635	31.152
21	12.312	12.503	12.677	12.838	14.036	14.885	16.189	18.651	22.848	32.808
22	13.105	13.303	13.484	13.651	14.896	15.778	17.132	19.692	24.064	34.464
23	13.904	14.110	14.297	14.470	15.761	16.675	18.080	20.737	25.281	36.121
24	14.709	14.922	15.116	15.295	16.631	17.577	19.031	21.784	26.499	37.779

Lo difícil es saber cuantos Erlangs vamos a tener en una central o en un servicio. Por ejemplo, si queremos dimensionar el numero de circuitos que deben llegar a un servicio de buzón de voz para que la probabilidad de perdida sea del 1%, debemos hacer una estimación basada en la experiencia, o en base a las previsiones de clientes que defina el departamento de marketing, etc. Y por lo general nos vamos a equivocar.

Diremos por ejemplo:

El departamento de Marketing de un operador supone que vamos a tener 1000 clientes para un servicio nuevo (normalmente esta estimación la habrá hecho alguien que no sabe ni de marketing ni de telecomunicaciones, y no es broma, pero como a veces lo mas inteligente es hacerse el tonto, pues nos lo creemos y le vendemos el sistema dimensionado para lo que quiere).

Cada cliente llama 3 veces diarias a un servicio, en horario diurno y cada llamada dura 2 minutos.

$1000 \times 3 \times 2 = 6000$ minutos en 12 horas = $6000 / (12 \times 60) = 8,3$ Erlangs
por lo tanto para una perdida de 1% necesito ... (mira la tabla)... 16 circuitos!!!

Además, si voy a trabajar con E1s (un E1 son 30 circuitos) pues con un solo E1 es suficiente.

Si en lugar de 1000 clientes tengo 250.000, vamos a ver que sale:

$250.000 \times 3 \times 2 = 1.500.000$ minutos en 12 horas = 2083 Erlangs
a continuación consulto la tabla....mi tabla no llega a tanto. Voy a las tablas del ITU o me busco una calculadora de circuitos (las hay en Internet) y me salen : 2111 circuitos, es decir unos 70 E1s

3.3.2 Fuente de llamadas poissoniana

Las llamadas telefónicas llegan según una distribución de probabilidad "poissoniana", lo cual significa:

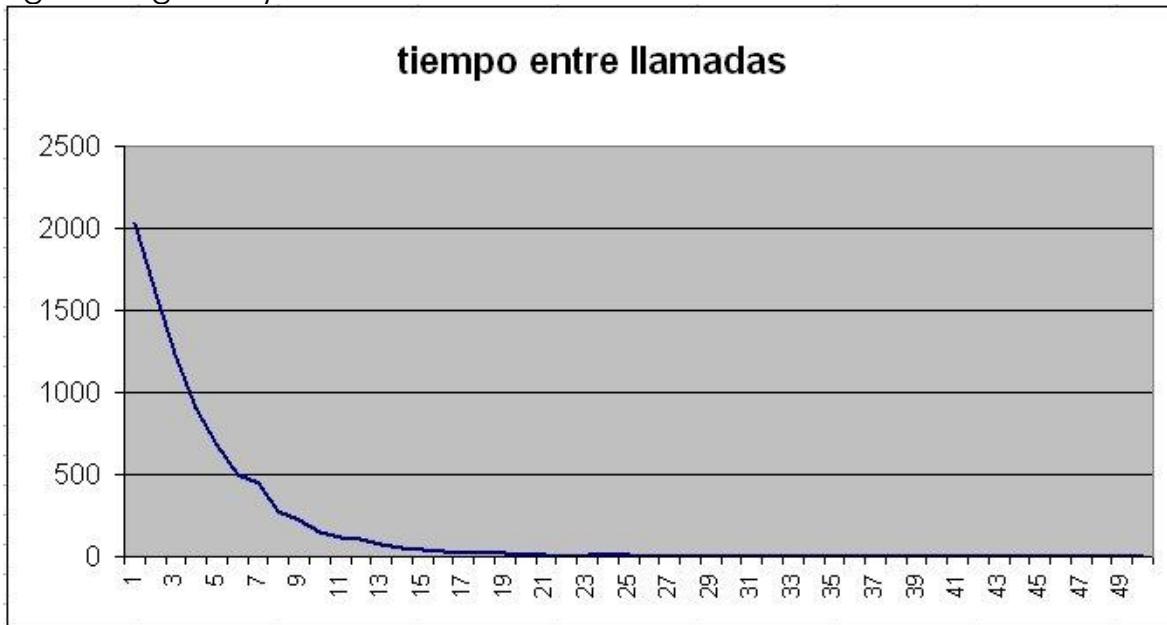
- 1) En un intervalo de tiempo lo suficientemente pequeño, dt, solo puede llegar una llamada, es decir no pueden llegar dos llamadas a la vez.
- 2) La probabilidad de una llamada en dt es directamente proporcional a la longitud del intervalo
- 3) La probabilidad de que llegue una llamada en cualquier intervalo particular es independiente de lo que ha ocurrido en otros intervalos (memoria nula).

3.3.3 Tu propia calculadora de tráfico

Es muy fácil hacer un programa de ordenador que simule esta fuente, basta con hacer un programa que cada segundo decida aleatoriamente hacer una llamada, sin tener en cuenta la historia y con una probabilidad de hacer la llamada o no hacerla que podremos fijar en un valor que al final repercutirá en el numero total de llamadas realizadas

```
int[] t_entre_ll=new int[3600];
for (int i=0;i<3600;i++) t_entre_ll[i]=0;
int ki=0;
int llamar;
for (int ll=0;ll<10*3600;ll++)
{
    llamar=(int)(Math.random() *100.0f);
    if (llamar> 75)// un valor cualquiera (25% de probabilidad de llamar)
    {
        t_entre_ll[ki]+=1;
        ki=0;
    }
    ki+=1;
}
for (int ii=0;ii<3600;ii++)
{
    traza(";"+"ii+";"+t_entre_ll[ii]);
}
```

Una fuente así, nos da una distribución de probabilidad de tiempo entre llamadas exponencial negativa (después de ejecutarlo he sacado la siguiente gráfica):



Ya tenemos la fuente poissoniana programada, nos puede servir como base para construir la calculadora de tráfico, simplemente indicando el tiempo de duración de la llamada y llevando cuenta de los circuitos ocupados. Si Poisson estaba en lo cierto, los valores calculados se tienen que corresponder con la tabla de Erlang, para cada probabilidad de pérdida.

Veamos que ocurre con el primer ejercicio propuesto:

El departamento de Marketing de un operador supone que vamos a tener 1000 clientes para un servicio. Cada cliente llama 3 veces diarias a un servicio, en horario diurno y cada llamada dura 2 minutos.

$1000 \times 3 \times 2 = 6000$ minutos en 12 horas = $6000/(12 \times 60) = 8,3$ Erlangs
por lo tanto para una perdida de 1% necesito ...(mira la tabla)... 16 circuitos!!!

Y ahora usando la calculadora de tráfico:

```
int[] t_entre_ll=new int[3600*12];
    for (int i=0;i<3600*12;i++) t_entre_ll[i]=0;
int[] ll_activas=new int[43400];
for (int i=0;i<43400;i++) ll_activas[i]=0;
int ki=0;
int llamar;

for (int seg=0;seg<12*3600;seg++)
{
    //hay 1000 clientes y cada uno puede llamar o no
```

```

// con una prob de llamar de 3 por dia, osea 3/(3600*12)
//es decir, 1 de cada 14400
//como son mil clientes, es 1 entre 14.4
llamar=(int)(Math.random() *14.4f);
//la prob que salga 7 es una entre 14.4 (por ejemplo)
if (llamar==7)
{
    for (int duracion=seg; duracion<=seg+120; duracion++)
        ll_activas[duracion]+=1;
    t_entre_ll[ki]+=1;
    ki=0;
}
ki+=1;

}
for (int ii=0;ii<12*3600;ii++)
{
    //traza(";" +ii+ ";" +t_entre_ll[ii]);
    traza(";" +ii+ ";" +ll_activas[ii]);
}

```



La curva representa el número de ocurrencias para cada valor de circuitos simultáneos a lo largo de las 12 horas del día, básicamente he cogido la tabla impresa por el programa al final, que contiene las llamadas activas cada segundo y he sacado su distribución usando Excel.

Si Poisson y Erlang tuviesen razón, el 99% del área se encontraría a la izquierda del valor 16 (incluido este). Y como puede comprobarse visualmente a ojo de buen cubero, así es. Esta es la prueba experimental basada en una simulación por ordenador, de que la tabla de Erlang es correcta.

4 Conceptos básicos

4.1 Conceptos económicos: CAPEX , OPEX, ARPU, EBITDA

Estos conceptos son relativos al negocio y no a la tecnología pero la tecnología empleada para cada solución siempre está influenciada por el negocio. Por ello conviene conocerlos:

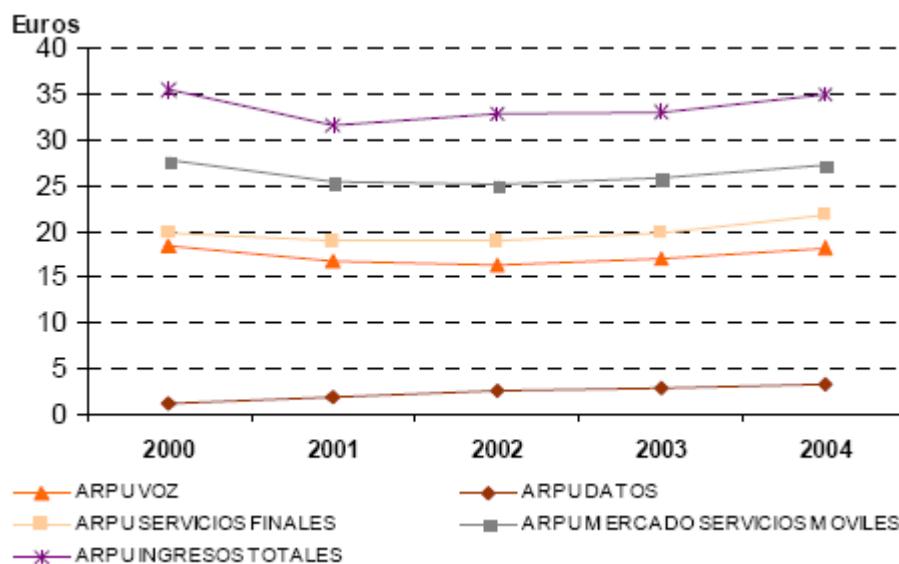
CAPEX es la inversión en capital fijo, para un operador de telecomunicaciones es el coste de los equipos de telecomunicación

OPEX es la inversión en operación de la red, es decir, no es inversión en activos, sino en hacer funcionar dichos activos (los equipos de telecomunicación). Dicho coste consta de los salarios del personal de operación y mantenimiento (O&M) y el coste de los repuestos de tarjetas o equipos que se pueden estropear. A veces los operadores externalizan el mantenimiento de la red completamente, para pasar a coste variable una parte del opex: los salarios. El coste de los repuestos (tarjetas que se rompen, etc.) es un coste siempre variable.

Normalmente cuando se introduce una nueva tecnología se habla del capex por abonado y opex por abonado, pero se puede hablar de capex total.

ARPU es el “average revenue per user”, es decir el beneficio medio por usuario. Dicho beneficio se puede expresar por mes, por año, etc. En el ARPU no se descuenta el coste de los servicios proporcionados (el capex y el opex), por lo que se trata de ingresos brutos.

La figura representa la evolución del ARPU en España relativo a la telefonía móvil. Se encuentra en unos 30-35 euros mensuales.



EBITDA: significa en inglés: "Earnings Before Interests, Tax, Depreciation and Amortization". En español se le suele llamar "resultado bruto de explotación". Se obtiene a partir del estado de pérdidas y ganancias de una empresa. Es el margen o resultado bruto de explotación de la empresa antes de deducir los intereses (carga financiera), las amortizaciones o depreciaciones y el impuesto sobre sociedades.

Al ser obtenido a partir del estado de pérdidas y ganancias, prescindiendo de las cuestiones financieras, tributarias y asientos contables (depreciación y amortización), es un buen indicador de la rentabilidad del negocio. Actualmente se utiliza mucho en la prensa económica el EBITDA como medida de la rentabilidad y a efectos de valoración de empresas.

En la tabla se presenta la evolución del EBITDA. El % ventas quiere decir que de cada 100 euros , 42,3 euros son beneficios antes de amortizaciones e impuestos.

Millones €	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Total Usuarios ('000)	15.004	24.265	29.655	33.530	37.219	38.623
Ingresos	5.924	8.375	10.253	12.457	14.000	15.927
% Variación	48%	41%	22%	21%	12%	14%
EBITDA	1.812	3.022	4.104	5.309	6.069	6.734
% Variación	27%	67%	36%	29%	14%	11%
% Ventas	31%	36%	40%	43%	43,4%	42,3%
Inversión en Inmovilizado	2.459	2.706	1.960	1.160	1.363	1.706
% Variación	203%	10%	-28%	-41%	18%	25%
% Ventas	42%	32%	19%	9%	10%	11%
% EBITDA	136%	90%	48%	22%	22%	25%
Cash Flow Operativo	-647	316	2.145	4.149	4.706	5.028
% Variación			579,3%	93,5%	13,4%	6,8%
% Ventas	-11%	4%	21%	34%	34%	32%

Un dato de EBITDA del 42% significa que la telefonía móvil en España es un negocio muy rentable. Sirva como comparación el EBITDA del primer trimestre del 2007 del grupo SOS dedicado a la alimentación.

	VENTAS			EBITDA		
	1 ^{er} Trimestre 2007 (miles €)	1 ^{er} Trimestre 2006 (miles €)	2007 vs. 2006 (%)	1 ^{er} Trimestre 2007 (miles €)	1 ^{er} Trimestre 2006 (miles €)	2007 vs. 2006 (%)
ACEITES	219.900	214.019	+2,75%	13.665	6.398	+113,58%
ARROZ	66.539	62.775	+6,00%	5.291	5.211	+1,54%
GALLETAS	33.413	36.869	-9,37%	5.401	5.725	-5,66%
DIVERSIFICACIÓN	20.368	20.102	+1,32%	1.157	1.564	-26,02%
TOTAL	340.220	333.765	+1,93%	25.514	18.898	+35,01%

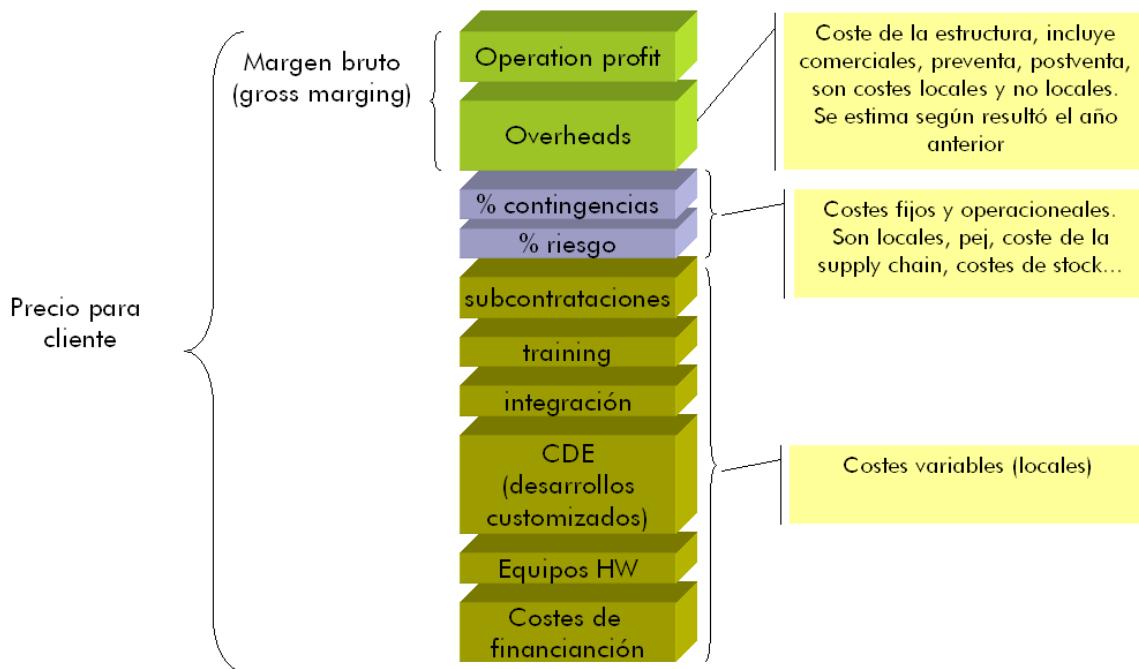
Si comparamos:

	SOS	Telefonía móvil
Ingresos (ventas)	340220	15927
EBITDA	25514	6734
% ventas	7,4%	42%

Podríamos pensar entonces que no hay razón para que los operadores vigilen los costes y se podría invertir en calidad de servicio, de modo que los suministradores de equipos de telecomunicación proporcionasen soluciones fiables, bien probadas y un soporte de calidad, todo ello a costa de pagar más. Sin embargo, el negocio de las telecomunicaciones y de cualquier negocio estrechamente relacionado con la tecnología se ve muy afectado por el factor temporal. Es decir, si un operador saca al mercado un servicio antes que otro, puede afectar drásticamente a sus ingresos. Por ese motivo no hay mucho tiempo para probar bien las soluciones. Además, existe mucha competencia entre suministradores. Otro motivo de que los suministradores no se beneficien de este margen de beneficios es el hecho de que los operadores saben que la fabricación de equipos de telecomunicación es barata, aunque la investigación sea cara. En definitiva, hay múltiples razones.

4.2 Estructura de costes de un proyecto

La siguiente figura representa la estructura de costes de cualquier proyecto, así como los términos asociados a cada parte.



4.3 Deterioros en la transmisión: atenuación, distorsión, dispersión

La calidad de una señal no sólo se mide con relación al ruido, sino que también importan la distorsión y la dispersión.

4.3.1 Relación señal ruido

Se utiliza una escala logarítmica¹ para medir esto.

En comunicaciones ópticas en lugar de S/N se usan las siglas OSNR (optical signal noise rate), pero es lo mismo.

Para la relación señal / ruido lo que se usa es $10 * \log_{10} S/N$ y se mide en db. Pej una relación de 100 es 20db, una de 1000 es 30db , etc.

Atenuación 3 db= llega la mitad de potencia de la señal original, ya que

$$10 \log 0,5 = 3$$

Relación S/N= 20 db : la señal es 100 veces mas potente que el ruido

Relación S/N= 30 db : la señal es 1000 veces mas potente que el ruido. Por lo tanto una atenuación de una señal de 30db es recibir la milésima parte de la potencia emitida.

Un nivel de señal ruido aceptable esta por encima de 20dB.

¹ Nota: $\log_{10} 100 = 2$ ya que $10^2 = 100$

A veces vemos la potencia de una señal o de un ruido expresada en dB. Como el decibelio es una unidad relativa y adimensional, para saber la intensidad de una señal se toma como 0 dB una intensidad de referencia y así se puede medir en decibelios la potencia de una señal. Hay varios "tipos" de dB :

- dB SPL: Hace referencia al nivel de presión sonora. Es la medida, por ejemplo, usada para referirse a ganancia o atenuación de volumen. Toma como unidad de referencia 20 micropascal.
- dBW: La W indica que el decibelio hace referencia a vatios. Es decir, se toma como referencia 1 W (vatio). Así, a un vatio le corresponden 0 dBw.
- dBm: Cuando el valor expresado en vatios es muy pequeño, se usa el milivatio (mW). Así, a un mW le corresponden 0 dBm.
- dBu: El dBu expresa el nivel de señal en decibelios y referido a 0'775 voltios. Los 0'775 son la tensión que aplicada a una impedancia de 600 ohmios, desarrolla una potencia de 1mW. Se elige la impedancia de 600 ohmios, porque es donde el nivel de la señal en dBm y en dBu coincide.

Por ejemplo un nivel de ruido de -70dBm es el que se suele tolerar como mucho en WIFI y equivale a 0.0000001 mW. un router wifi normal tiene una potencia de salida de entre unos 10mw y 100mw como máximo. Suponiendo una potencia de señal de 100mw, 0.0000001 mW mw de ruido es equivalente a una señal/ruido de unos 90dB. En definitiva, para este caso SN=90dB, con señal =20dB y ruido= -70dB

Señal : $10 \log \frac{100\text{mw}}{1\text{mw}} = 20\text{dB}$

Ruido: $10 \log \frac{0.0000001 \text{ mW}}{1\text{mw}} = -70 \text{ dBm}$

En la siguiente tabla se comentan los usos más habituales de los distintos rangos de potencia:

Nivel de potencia	Potencia	Notas
80 dBm	100000 W	Potencia de emisión de emisoras de radio FM
60 dBm	1000 W	Potencia en el interior de un horno microondas
40 dBm	10 W	
36 dBm	4 W	
30 dBm	1 W	Pérdidas en un horno microondas
27 dBm	500 mW	Potencia de emisión típica de teléfonos móviles
26 dBm	400 mW	
25 dBm	320 mW	
24 dBm	250 mW	
23 dBm	200 mW	
22 dBm	160 mW	
21 dBm	125 mW	

20 dBm	100 mW	Bluetooth Class 1 radio, 100 m de alcance
15 dBm	32 mW	Potencia de emisión típica de dispositivos Wi-Fi
10 dBm	10 mW	
5 dBm	3.2 mW	
4 dBm	2.5 mW	Bluetooth Class 2 radio, 10 m de alcance
3 dBm	2.0 mW	
2 dBm	1.6 mW	
1 dBm	1.3 mW	
0 dBm	1.0 mW	Bluetooth standard (Class 3) radio, 1 m de alcance
-1 dBm	0.79 mW	
-5 dBm	0.32 mW	
-10 dBm	0.1 mW	
-20 dBm	0.01 mW	
-30 dBm	0.001 mW	
-40 dBm	0.0001 mW	
-50 dBm	0.00001 mW	
-60 dBm	0.000001 mW	
-70 dBm	0.0000001 mW	Intervalo medio (-60 to -80 dBm) de señal en una red wireless
-80 dBm	0.00000001 mW	
-111 dBm		Ruido térmico de fondo para señales GPS de ancho de banda (2 MHz)
-127.5 dBm	0.000000000000018 mW	Potencia de la señal recibida de un satélite GPS
-174 dBm		Ruido térmico de fondo para q Hz de ancho de banda
$-\infty$ dBm	0 mW	

Para diferenciar entre lo que se emite y lo que se recibe hay dos relaciones importantes:

- La relación C/N (carrier to noise) indica la calidad de la señal de R.F. transportada por el sistema.
- La relación S/N (signal to noise) indica la calidad de la señal demodulada en el receptor del abonado.

4.3.2 Distorsión y dispersión ópticas

Estos conceptos se utilizan en la transmisión por fibra óptica con el siguiente significado:

Distorsión: unas frecuencias adelantan a otras

Dispersión: la causa los ángulos de los rebotes ya que las que rebotan mas, recorren mas distancia. Para medir la dispersión (llamada también dispersión cromática) así como la atenuación, se utiliza un analizador de espectro OSA (optical spectrum analyzer). También se les llama reflectómetro óptico en el dominio en tiempo (OTDR). Generan una representación visual de las características de atenuación de una fibra óptica a lo largo de toda su longitud.

Solitones: pulsos inverso del coseno hiperbólico para compensar la "dispersión". Estos pulsos se usan en fibra óptica.

4.3.3 Distorsión de amplificadores eléctricos

En transmisión eléctrica, la palabra distorsión se utiliza para describir el comportamiento no lineal de un amplificador que da lugar a productos de intermodulación que no estaban presentes en la señal original (por ejemplo, en la señal original puede haber 2 portadoras f_1 y f_2 y a la salida del amplificador nos encontramos con potencia en f_1 , en f_2 pero también en f_1+f_2 , f_1-f_2 . Esto se llama productos de intermodulación de segundo orden y están englobados en el concepto de distorsión).

La distorsión de amplificadores eléctricos se trata con detalle en el capítulo de acceso, subapartado de redes de distribución de televisión por cable. Este concepto no solo es aplicable a los amplificadores de CATV sino a cualquier amplificador eléctrico.

4.4 Transpondedores

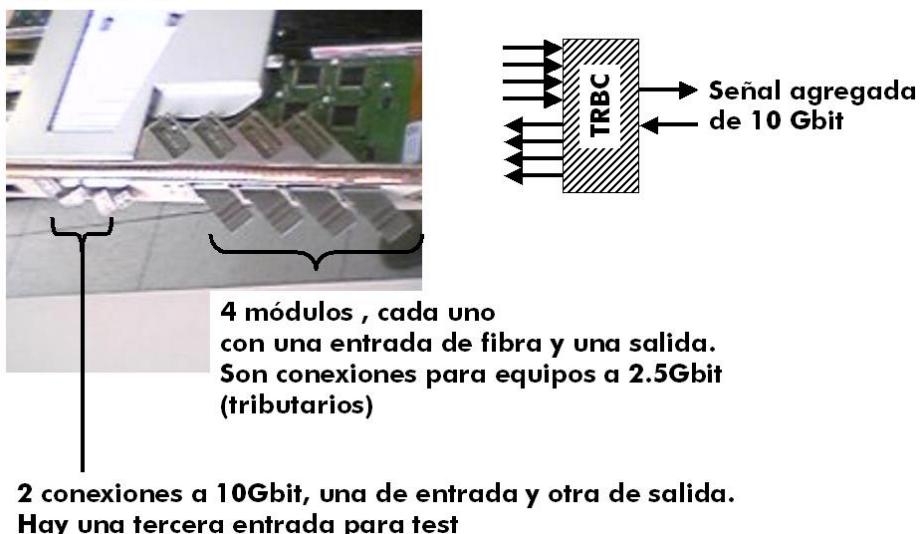
El concepto de transpondedor se utiliza en muchas tecnologías: en la transmisión por fibra óptica, en la transmisión vía satélite, etc. Cualquier transpondedor hace lo mismo, sea cual sea la aplicación. Cambia la frecuencia de una señal de entrada.

Dentro de un satélite, los transpondedores se encargan de amplificar la señal recibida y de cambiarla de frecuencia para enviarla a Tierra. Contiene pues un amplificador y un conversor de frecuencias. Retransmite las señales recibidas, amplificadas. Las señales suben desde una o varias estaciones al satélite y bajan hacia otro lugar de la Tierra, pero cambiadas de frecuencia.

Básicamente existe dos tipos de transpondedor: los pasivos y los activos. Se puede decir que un transpondedor activo es toda cadena de unidades o equipos interconectados en serie en un canal que modifican y adecúan la señal desde el receptor (habitualmente antena receptora) hasta el emisor (habitualmente antena emisora) con el fin de retransmitir la información recibida. En algunos casos se utiliza el término, de manera estrictamente incorrecta, para designar al amplificador de señal que se encuentra justo antes del elemento emisor

En enlaces eléctricos u ópticos, un transpondedor puede estar incluido en un amplificador óptico, y normalmente es una placa dentro de un equipo. Ejemplo:

Detalle de una tarjeta transpondedora TRBC de un equipo de transmisión

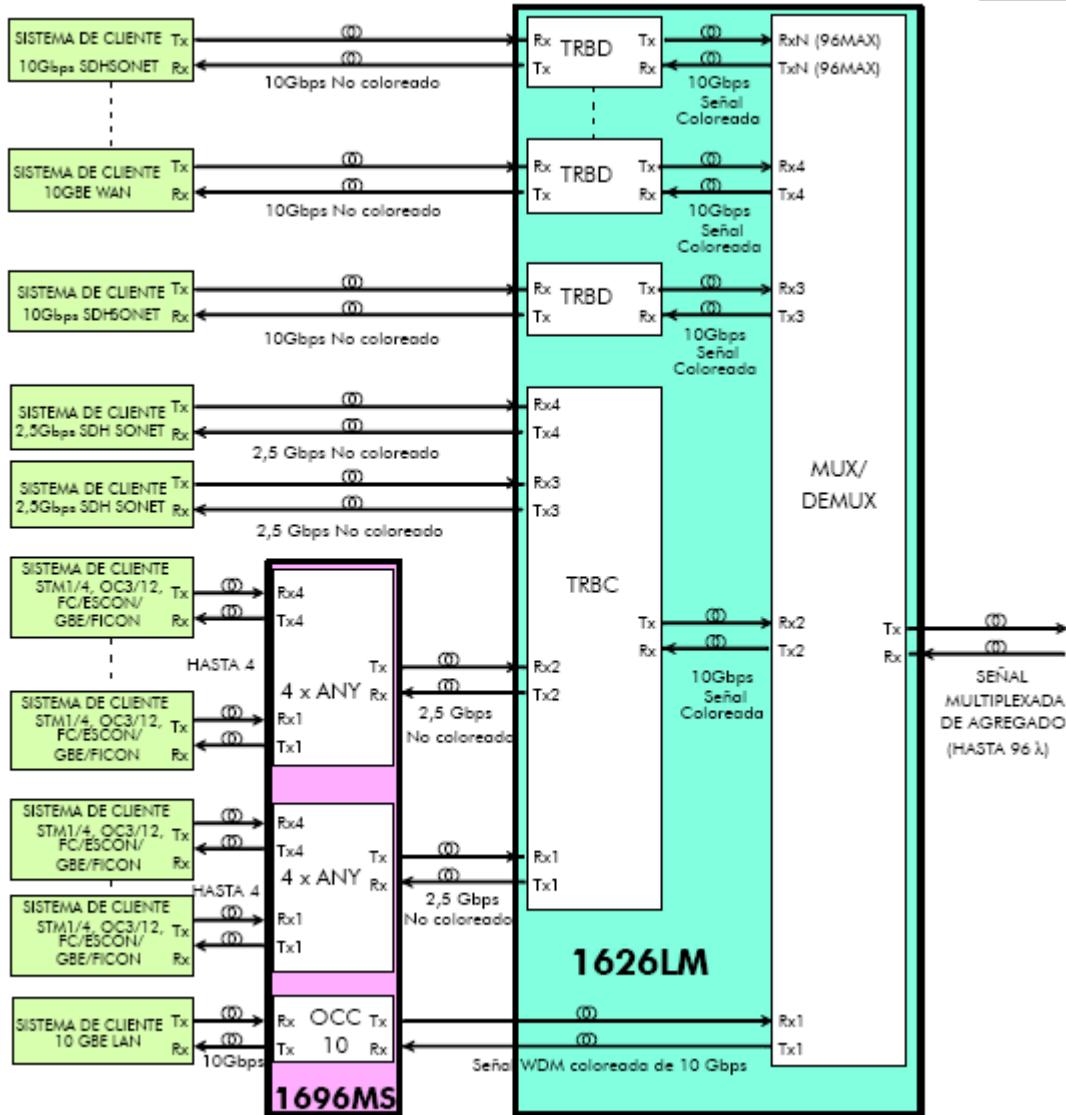


Las placas transpondedoras que hacen esto en los equipos de transmisión de Alcatel-Lucent se denominan TRBXs siendo la X una letra que puede ser una C o una D dependiendo de la capacidad (lambdas de entrada) que tenga la placa.

4.4.1 Descripción de un subsistema transpondedor óptico

Aunque en el apartado de red de transmisión se aclaran muchos conceptos y equipos a los que hace referencia a continuación, pretendo ilustrar el concepto de transpondedor mediante un caso real en un equipo de transmisión de Alcatel.

El 1626LM es un equipo de transmisión que permite multiplexar muchos "tributarios" sobre una sola fibra óptica. Este es el esquema:



Dentro del 1626 se distinguen dos partes. Un subsistema transpondedor constituido por tarjetas TRBC o TRBDs y un subsistema multiplexor.

El subsistema transpondedor está basado en:

- transpondedores, que realizan la adaptación de frecuencia, pero no la multiplexación por división en el tiempo (llamada también concentración); se denominan TRBDwxyz.
- concentradores, que realizan tanto la adaptación de frecuencia como la multiplexación/demultiplexación por división en el tiempo de varias señales de cliente; se denominan TRBCwxyz.

El subsistema transpondedor y concentrador está implementado en las tarjetas:

- TRiButario Directo (TRBD1110, TRBD1111, TRBD1011, TRBD1121, TRBD1131)

- TRIButario Concentrador (TRBC1111).

Las tarjetas TRBD son transpondedores G.709 bidireccionales con una interfaz no coloreada y otra interfaz coloreada.

La función del subsistema de tributarios es:

- En la dirección de transmisión (desde el cliente hacia la línea WDM): adaptar (y concentrar, para la TRBC) cada señal (señales) de cliente a una determinada longitud de onda ("colorear" la señal) y entregar estas señales al subsistema multiplexor (tarjeta CMDX).
- En la dirección de recepción (desde la línea DWDM hacia el cliente): restituir la señal de cliente de 10 Gbps (o las cuatro señales de 2,5 Gbps) a partir de la señal coloreada entrega por el subsistema de demultiplexación (tarjeta CMDX).

4.5 Modems

Antes de explicar las diferentes técnicas, voy a presentar una reflexión personal:

En general solo hay muy pocos sistemas de modulación: PCM, FSK , QAM

- PCM: es una señal cuadrada, o sea, una modulación en amplitud.
- El FSK es algo así como la radio FM en digital
- El QAM se usa para todo: ADSL, televisión por cable, TDT, etc.
- GMSK: es la modulación en GSM, se basa en cambios de frecuencia suaves, es decir, como FSK pero suave, sin saltos bruscos de frecuencia

El CDMA es el sistema utilizado para telefonía móvil 3G, y se basa en emitir una señal de menor potencia que el ruido pero de mayor potencia que la variación del ruido, así de simple, pero en realidad no es la modulación, en realidad eso es solo un truco para aprovechar mejor el espectro. La modulación puede ser QAM , PCM o lo que sea.

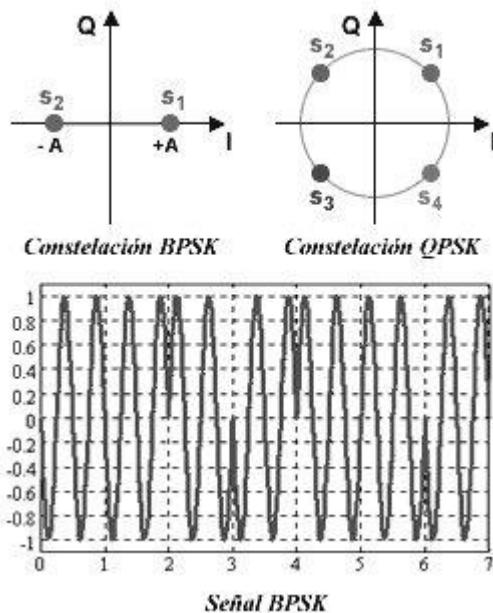
Y ahora, pasemos a entrar en detalle

4.5.1 Modulación digital de modems telefónicos

Las ondas cuadradas tienen mucho espectro y por lo tanto mucha distorsión. Por eso se modula mediante una portadora

Las formas básicas de modulación digital son: Modulación de Amplitud (ASK), Modulación de Frecuencia (FSK), Modulación de Fase (PSK), aunque en la práctica lo que se usa es modulación QAM.

Dentro de la modulación PSK hay dos variantes QPSK (cada fase son 2 bits=4 símbolos) y MPSK (cada fase son n bits)



Se aprecia en la figura BPSK que si el ancho de banda máximo (frecuencia de la portadora) es de , por ejemplo 3Khz, no se llega a enviar 3kbaudios, sino algo menos, porque al demodulador en recepción le hace falta mas de un ciclo para identificar la señal.

En una señal de 3khz se pueden enviar como mucho 3000 baudios, no mas, pero cada baudio puede tener n bits, de modo que podemos transmitir mas de 3kbit/s. El hecho de que solo pueda transmitir 3kbaudios es porque la señal puede oscilar como mucho a 3khz y necesito una onda completa para codificar un símbolo (de hecho necesito un poco más, para que el demodulador se entere).

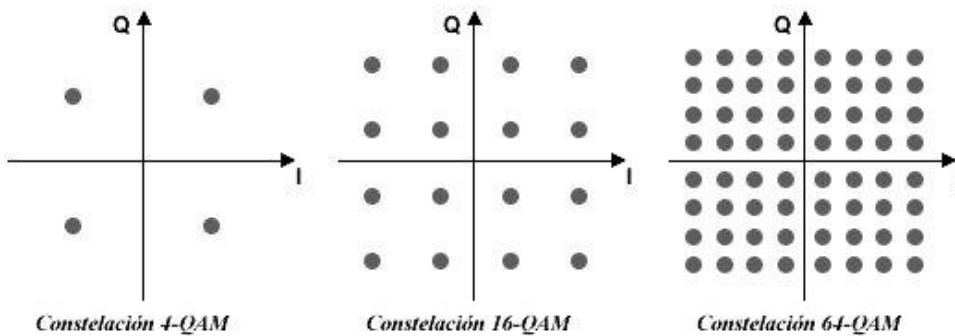
Lo que se hace es modular en fase y amplitud . A esto se le llama QAM (modulación de amplitud en cuadratura) , de modo que tienes por ejemplo, 4 bits por baudio y metes en 3000 Hz una señal de 9600 bps. El estándar que usa esto se le llama V.32

V32=9600 (en 3khz, meto 2400 símbolos/seg. cada uno de 4 bits =9600 bits/seg.). En realidad se usan 5 bits pero solo 4 de datos (1 es de protección).

V32 bis =14400 (en 3khz, meto 2400 símbolos/seg. cada uno de 6 bits =14400 bits/seg., o sea que es un 64QAM, ya que hay $2^6=64$ símbolos)

V34=28800 (en 3khz meto 2400 símbolos/seg. cada uno de 12 bits)

A las combinaciones permitidas de amplitud y fase del QAM se les llama patrones de constelación.



Cuando los expertos pensaban que con los 33.6Kbps se había alcanzado el techo de velocidad de los módems que operaban sobre las líneas telefónicas convencionales, USRobotics patentó en 1997 la tecnología X2 para transmitir a 56Kbps (una mezcla entre PCM y QAM) . Actualmente se denomina V90 a este tipo de estándar de transmisión. Los modems de 56 Kbps no modulan una portadora sino que envían la información como niveles de tensión en la línea. Los módem de 56Kbps operan usando Modulación de Amplitud de Pulso (PAM) y no QAM. Sin embargo, la técnica de PAM sólo se usa en la dirección de la red al módem del cliente. Las técnicas de QAM tradicionales son empleadas en la dirección del módem del cliente hacia la red

La conexión entre el PC y el MODEM usa el estándar RS232. este estándar solo llega a 20kps. El sucesor es el RS449.

Si conectas 2 ordenadores a traves de RS232, entonces al cable que los une se le llama MODEM nulo, porque ese interfaz esta diseñado para el MODEM.

4.5.2 Modulación digital de modems ADSL

Aunque este tema se va a tratar mas profundamente en el capítulo de red de acceso, describir brevemente la técnica de modulación empleada.

La tecnología ADSL emplea una técnica de modulación llamada DMT (Discrete Multi-tone) que permite la transmisión de datos a gran velocidad sobre el par de cobre (línea telefónica convencional). La primera diferencia entre esta técnica de modulación y las usadas por los módems en banda vocal (V.32 a V.90) es que éstos últimos sólo transmiten en la banda de frecuencias usada en telefonía (300 Hz a 3.400 Hz), mientras que los módems ADSL operan en un margen de frecuencias mucho más amplio que va desde los 24 Khz. hasta los 1.104 Khz., aproximadamente

El concepto básico de modulación DMT-multitono discreto- es dividir la

capacidad del medio de transmisión en subcanales, a los cuales se les asignará el mayor envío de datos posible, lo que conlleva a maximizar el throughput total.

Básicamente consiste en el empleo de múltiples portadoras (cada portadora es un “tono” y por ello se llama modulación “multi-tono”) y no sólo una, que es lo que se hace en los módems de banda vocal. Cada una de estas portadoras (denominadas subportadoras) es modulada en cuadratura (modulación QAM) por una parte del flujo total de datos que se van a transmitir. Estas subportadoras están separadas entre sí 4,3125 KHz., y el ancho de banda que ocupa cada subportadora modulada es de 4 KHz. El reparto del flujo de datos entre subportadoras se hace en función de la estimación de la relación Señal/Ruido en la banda asignada a cada una de ellas. Cuanto mayor es esta relación, tanto mayor es el caudal que puede transmitir por una subportadora. Esta estimación de la relación Señal/Ruido se hace al comienzo, cuando se establece el enlace entre el MODEM del abonado y el MODEM de la central, por medio de una secuencia de entrenamiento predefinida

En el apartado dedicado al acceso ADSL se explica con más profundidad esta técnica.

4.5.3 Modulación digital en telefonía móvil

Este tipo de modulaciones se tratan en detalle en el apartado de transmisión por radio.

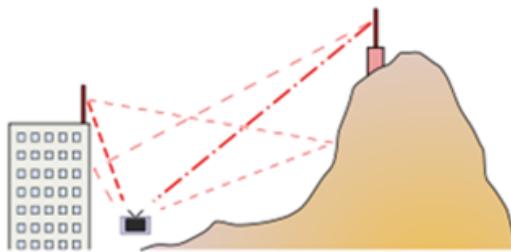
4.5.4 Modulación digital de DVB-T: TDT

DVB Digital Video Broadcasting. Es el estándar europeo para el sistema de televisión digital y está dividido en tres áreas:

- DVB-T (terrestrial , es decir , la famosa TDT) Banda VHF/UHF. Utiliza modulación COFDM
- DVB-S y DBV-S2 (satellite) banda SHF. Utiliza modulación QPSK
- DVB – C (televisión digital por cable). Banda VHF/UHF. Utiliza modulación 64 QAM

El DVB-T tiene un interés especial por su modulación.

COFDM (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing) es el sistema de modulación usado en televisión digital terrestre (TDT). A diferencia de otros sistemas que modulan en una sola frecuencia portadora con una tasa muy alta de símbolos, COFDM modula la información en muchas frecuencias portadoras, donde cada una lleva una tasa de símbolos muy baja. También se usa en redes de ordenadores inalámbricas.



COFDM: la duración de los bits es superior a los retardos, evitando así el problema que podrían causar los ecos

COFDM utiliza 1536 frecuencias portadoras o más para canales de audio digital y para video usa 6048 portadoras (al menos en España). En Europa hay dos sistemas donde el DVB-T utiliza más o menos portadoras.

Cada portadora se modula independientemente utilizando QPSK, 16 QAM o 64 QAM (en España sólo se usa 64QAM). Los datos multiplexados se distribuyen en las portadoras, ocupando aproximadamente un ancho de banda total de 1,54MHz en el caso del DAB (canales de digital audio broadcasting), y 2 Mhz para canales de televisión.

Como consecuencia de la distribución de los datos en las portadoras la tasa de símbolos en cada una de ellas es mucho más baja que si se utilizara un sistema de portadora única.

Tener una menor tasa de símbolos por portadora se traduce en un periodo de símbolo más grande, lo que proporciona protección contra los ecos producidos por los múltiples caminos que toma la señal en su propagación. Este caso se da frecuentemente en las grandes ciudades, donde se puede recibir una señal directa del transmisor más una cierta cantidad de señales retardadas por las reflexiones con los edificios.

El hecho de tener un gran número de portadoras sobre las que se distribuye la información proporciona una protección contra interferencias co-canal, ya que si se pierde la información de una portadora debido a estas interferencias se pierde una pequeña porción de información que no tiene por qué ser relevante para la calidad de la transmisión.

La señal modulada tiene una banda de guarda, que es un periodo de tiempo en el que la señal se mantiene constante, repitiendo un símbolo. De esta forma las señales que lleguen con un retardo menor que ese tiempo de guarda se pueden aprovechar como señales constructivas para mejorar la recepción.

Este apartado se amplía en el capítulo de acceso.

4.5.5 Modems de cable coaxial

El acceso al medio es compartido (los vecinos comparten el mismo cable) . y por seguridad se usa el estándar **DOCSIS** ((Data Over Cable Systems Interface Specification) y **euroDOCSIS** para cifrar las comunicaciones

El operador ONO ofrece acceso a Internet por cablemodem y el ancho de banda ofertado es actualmente de 4 Mbps. En la foto se muestra un cablemodem con WIFI.



El cable coaxial que termina en casa del abonado, sale desde una BONT (Broadband optical network termination), que se encuentra normalmente en el mismo armario que el DLC (digital loop carrier). La BONT es un terminador óptico. Este equipo envía la señal hasta un nodo llamado CMTS (cablemodem termination system), que hace las veces de DSLAM para los cablemodems.

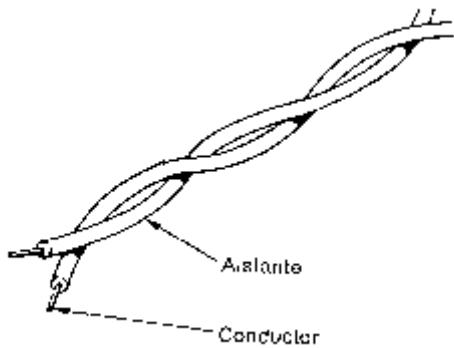
Las modulaciones empleadas son 64-QAM . Se describe la arquitectura y protocolos de DOCSIS en el capítulo de redes de acceso.

4.6 Cables telefónicos

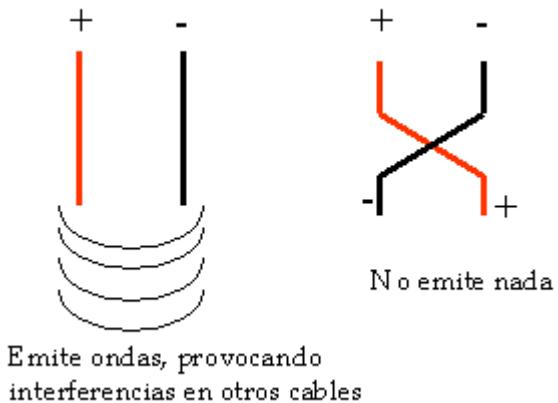
4.6.1 Par de hilos

Trenzados para evitar interferencias. UTP (unbelded twisted pair) los hay de categoría 3 y 5. los de categoría 5 tienen mas vueltas por cm y mejor aislamiento (de teflón) por lo que poseen mayor ancho de banda a igual distancia..

Hay muchas casas con categoría 3 porque la categoría 5 es de 1988.



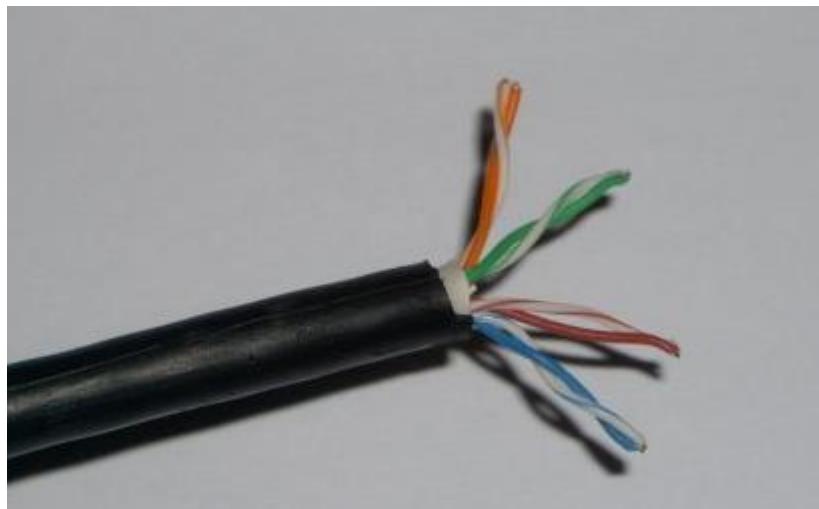
El trenzado mantiene estable las propiedades eléctricas a lo largo de toda la longitud del cable y reduce las interferencias creadas por los hilos adyacentes en los cables compuestos por varios pares. Dos alambres paralelos constituyen una antena simple. Cuando se trenzan los alambres, las ondas de diferentes vueltas se cancelan, por lo que la radiación del cable es menos efectiva. Así la forma trenzada permite reducir la interferencia eléctrica tanto exterior como de pares cercanos. Esta interferencia se denomina "diáfonía" (en inglés Crosstalk -XT-).



La Galga o AWG, es un organismo de normalización sobre el cableado. Es importante conocer el significado de estas siglas porque en muchos catálogos aparecen clasificando los tipos de cable. Por ejemplo se puede encontrar que determinado cable consta de un par de hilos de 22 AWG. AWG hace referencia al grosor de los hilos. Cuando el grosor de los hilos aumenta el AWG disminuye. El hilo telefónico se utiliza como punto de referencia; tiene un grosor de 22 AWG. Un hilo de grosor 14 AWG es más grueso, y uno de 26 AWG es más delgado.

Es importante aclarar que habitualmente este tipo de cable no se maneja por unidades, sino por pares y grupos de pares, paquete conocido como cable multipar. Todos los cables del multipar están trenzados entre sí con el objeto de mejorar la resistencia de todo el grupo hacia diferentes tipos de

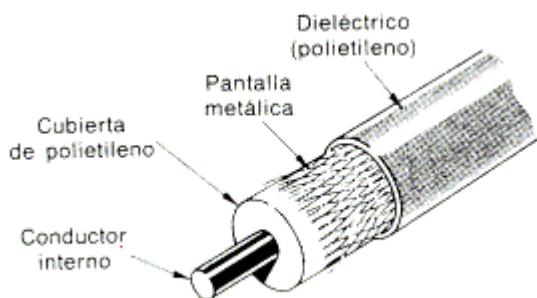
interferencia electromagnética externa. Por esta razón surge la necesidad de poder definir colores para los mismos que permitan al final de cada grupo de cables conocer qué cable va con cual otro.



Además hay 3 tipos según si cada par está apantallado (STP), si no lo está (UTP), o si al menos existe una pantalla que envuelve a varios pares a la vez (FTP)

4.6.2 Coaxial

El cable coaxial fue creado en los años 30 y se ha utilizado por su gran capacidad de transmisión en múltiples aplicaciones entre las que se encuentran los cables submarinos. Hoy en día está siendo reemplazado por fibra óptica.



La señal viaja por el conductor interno y la malla sirve de referencia o "masa". En un cable coaxial convencional (los hay de muchos tipos) el ancho de banda suele ser de hasta 1Ghz. Una fibra óptica tiene varios miles de veces esta capacidad, aunque normalmente no se transmite mas de 10 Gbps, aun así, con la fibra conseguimos 10 veces más capacidad que con un coaxial.

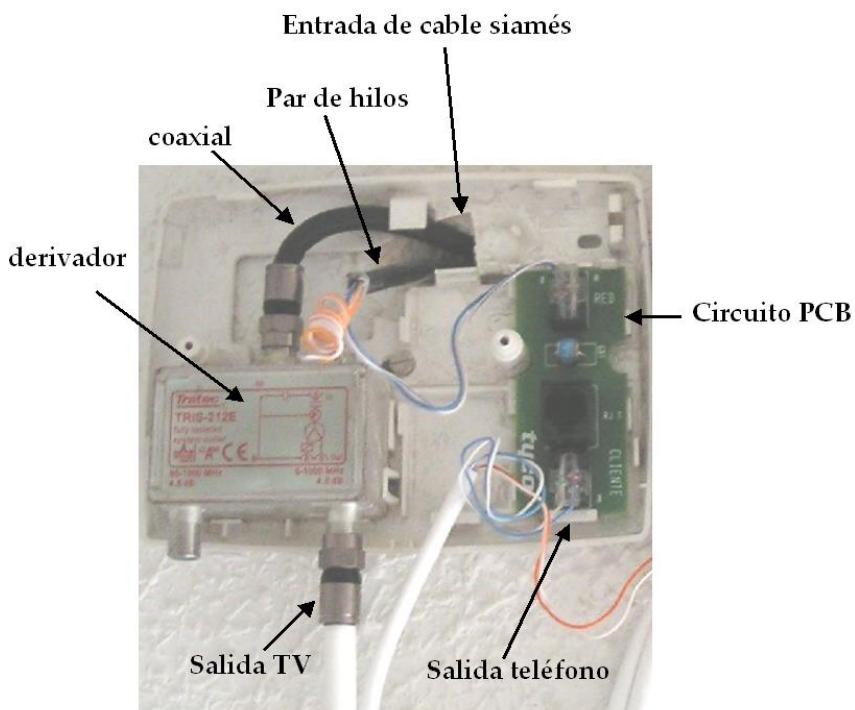
4.6.3 Cable siamés

Es el cable que utilizan operadores de cable como ONO.

Se compone de dos: un cable coaxial y unido un cable que lleva el par de hilos para el teléfono. Es el tipo de cable que los operadores de cable llevan a sus abonados para proporcionar servicios de televisión e Internet (coaxial) y telefonía (par de hilos). A través del par de hilos también pueden dar Internet. ONO proporciona Internet mediante dos modalidades:

- Modalidad ULL ("unbundling local loop": bucle de abonado desagregado). En este caso el par de hilos llega hasta un DSLAM de ONO y el acceso a Internet es mediante ADSL. Cuando un usuario contrata teléfono+ Internet con ONO, este es el tipo de acceso que se le suministra
- Modalidad cable: usando el cable conectado a un cablemodem se proporciona Internet. El ancho de banda (4 megas) es normalmente mayor que con ADSL, aunque en realidad se trata de una cuestión comercial porque el cable tiene mucho mas ancho de banda y no se oferta toda su capacidad. Este es el tipo de acceso cuando un cliente contrata teléfono+ TV + internet

Veamos como es una instalación con este tipo de cable. El PTR (punto de terminación de red) para cable siamés se denomina PTR dual.



El PBC Es el circuito que separa la instalación telefónica interior del exterior, tiene un pequeño interruptor que corta la señal de la calle a la casa. Esto sirve para que el técnico pueda localizar la avería mas rápidamente.

El circuito PCB se encuentra también en los PTR de acceso tradicional (par de hilos) además de estar en el PTR dual.

El cable coaxial entra en un derivador, para aislar el cable principal de las interferencias que se puedan generar en un hogar.

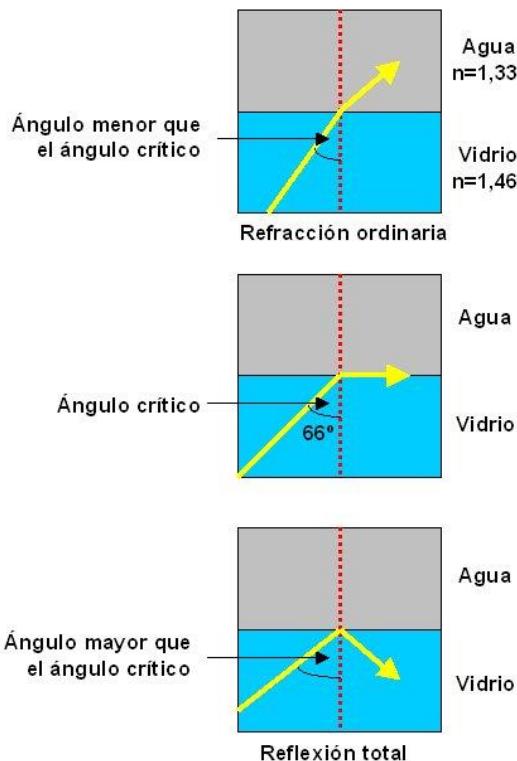
Los PTRs se encuentran en los hogares de los abonados, y en las viviendas nuevas a veces se encuentran en el cuarto de comunicaciones del edificio, en lugar de en cada vivienda. Antiguamente no se colocaban PTRs, de modo que si la vivienda es muy antigua puede no existir, al fin y al cabo tiene una función auxiliar (filtro de frecuencia para TV y teléfono y aislamiento de la instalación del abonado para que un técnico pueda determinar la causa de una avería).

4.7 Fibra óptica

Aunque aun no seamos capaces de usarlo, el ancho de banda de una sola fibra es de unos 25.000 GHz (25 Thz). Una autentica barbaridad.

Antes de explicar como funciona una fibra vamos a revisar brevemente el concepto de índice de refracción:

Índice de refracción de un material es el cociente entre la velocidad de la luz en el vacío (constante c) y en ese material. Se representa por n. No tiene unidades y siempre es igual o mayor que 1.

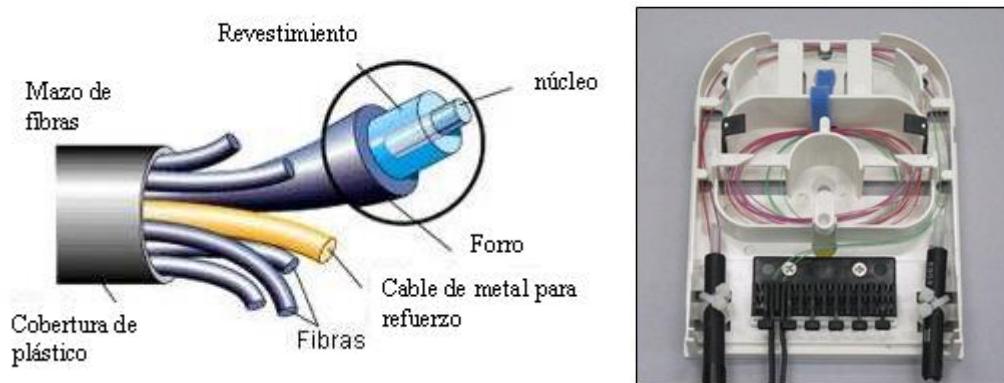


Cuando un haz de luz pasa de un material a otro de menor índice de refracción el haz se 'dobla'. El ángulo de desviación depende de la relación del índice de refracción de ambos materiales.

A partir de un cierto ángulo el haz se refleja en la superficie de separación, como si ésta fuera un espejo. Este se conoce como el ángulo crítico. El ángulo crítico es mayor cuanto menor es la diferencia en el índice de refracción de ambos materiales.

Los cables de fibra se componen de 3 partes

- **Núcleo:** Es propiamente la fibra óptica, la hebra delgada de vidrio por donde viaja la luz.
- **Revestimiento:** Es una o más capas que rodean a la fibra óptica y están hechas de un material con un índice de refracción menor al de la fibra óptica, de tal forma que los rayos de luz se reflejen por el principio de reflexión total interna hacia el núcleo y permite que no se pierda la luz. Es decir, actúa como un espejo que mantiene a los fotones dentro del núcleo.
- **Forro:** Es un revestimiento de plástico que protege a la fibra y la capa media de la humedad y los maltratos

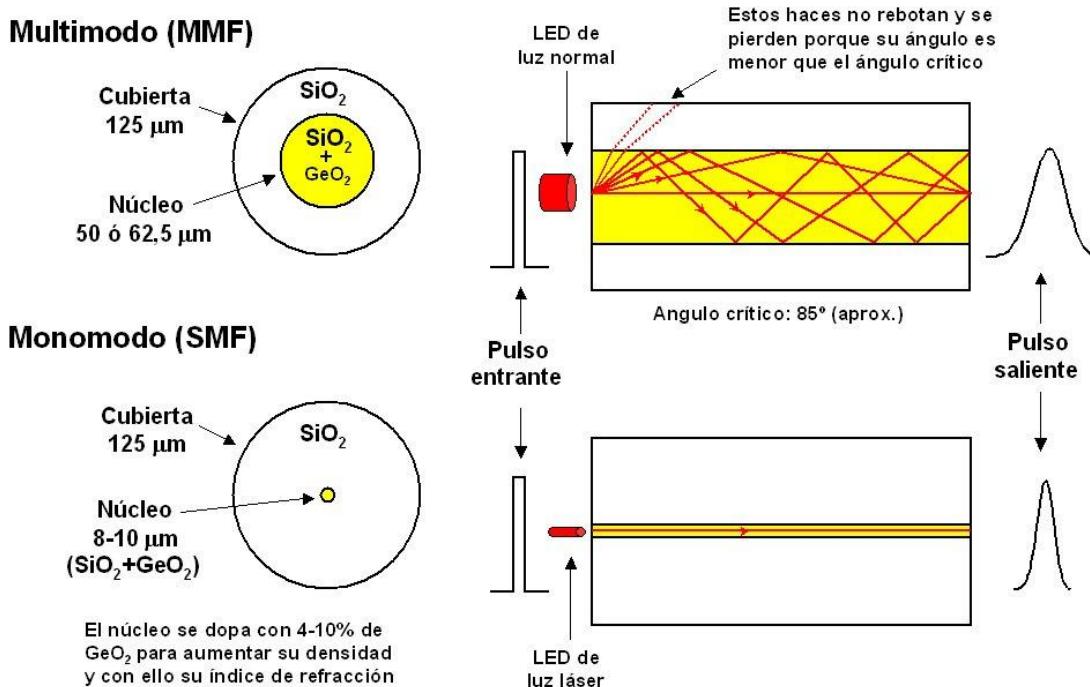


La fibra óptica no se puede doblar igual que un cable eléctrico. Hay que dejar un cierto radio de curvatura ya que de lo contrario la señal se puede atenuar mucho. Es por ello que las cajas de conexión de fibra siempre son un poco grandes, precisamente para almacenar la fibra sobrante enrollándola pero con vueltas de cierto tamaño (un palmo mas o menos)

Fibra monomodo: actúa como guiaondas porque el diámetro es mas o menos como la longitud de onda (entre 1 y 10 micrometros). No hay rebotes y por lo tanto hay menos dispersión (despreciable). Se usa en enlaces de larga distancia(100km o mas)

En las fibras multimodo: se usa en cortas distancias (para conectar discos a un servidor, etc.). El fenómeno de dispersión cromática queda enmascarado por la dispersión intermodal, de mucha mayor amplitud, por lo que sólo se suele considerar en el análisis de fibras monomodo. La dispersión cromática se mide en ps/(nm * km), es decir picosegundos (10 – 12 s, o sea, la billonésima parte de un segundo)que se alarga en el tiempo un pulso de un nanómetro de anchura espectral en longitud de ondas" cuando atraviesa un kilómetro de fibra. La dispersión cromática aumenta

en relación cuadrática con la velocidad de transmisión. Por lo tanto, cuando pasamos de 2,5Gbit/s a 10 Gbit/s, los efectos de la dispersión cromática no aumentan por un factor de 4 si no por 16!!!. La anchura espectral del emisor es el ancho de banda que ocupa el pulso de luz. La anchura espectral de un diodo láser es la más estrecha y es la que se usa, además puede tener mayor potencia.



Para medir dispersión cromática y atenuaciones se usan los equipos de campo **OSA** (optical spectrum analyzer), como los de las fotografías (portátil y fijo).



WDM consiste en transmitir información en portadoras (frecuencias) diferentes. Por algún motivo el número de portadoras en WDM es siempre

un múltiplo de 2 (4, 16 y 32) pero D-WDM usa 80 o 96 o mas, lo cual no es múltiplo de 2.

La fibra es unidireccional. Hacen falta dos fibras para hacer full dúplex, o dos bandas de frecuencia (dos lambdas)

Hay 3 ventanas:

- 850 nm (0,85 micras) con atenuación de 0,8 db /km
- 1300 nm con 0,35 db/km
- 1550 nm con 0,2 db/km

4.8 Multiplexión

Hay dos tipos básicamente : FDM (frequency division multiplexing) y TDM (time division multiplexing). También existe otro tipo de multiplexión usada en redes móviles CDMA (code-division multiplexing access)

TDM existe desde que se han digitalizado las comunicaciones. Antiguamente solo se usaba FDM, como por ejemplo en las comunicaciones por radio.

CDMA es un esquema donde cada señal se transmite multiplicada por un código ortogonal, lo que permite que las señales no interfieran entre si. Se describe en un apartado posterior.

4.8.1 Multiplexión en frecuencia FDM (y WDM)

4.8.1.1 FDM

El Acceso múltiple por división de frecuencia (Frequency Division Multiple Access o FDMA, del inglés) es una técnica de multiplexación usada en múltiples protocolos de comunicaciones, tanto digitales como analógicos, principalmente de radiofrecuencia, y entre ellos en los teléfonos móviles de redes GSM.

En FDMA, el acceso al medio se realiza dividiendo el espectro disponible en canales, que corresponden a distintos rangos de frecuencia, y asignando estos canales a los distintos usuarios y comunicaciones a realizar.

En algunos sistemas, como GSM, FDMA se complementa con un mecanismo de cambio de canal según las necesidades de la red lo precisen, conocido en inglés como frequency hopping o "saltos en frecuencia".

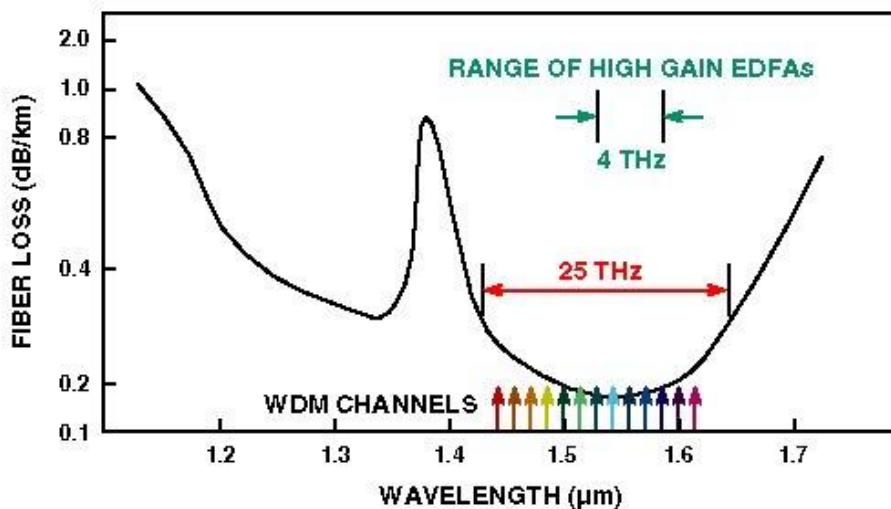
4.8.1.2 WDM y D-WDM

WDM (wavelength division multiplexing) es un tipo de FDM, lo que pasa es que se usa en fibra óptica, pero es FDM. Como la tecnología para realizar el FDM es diferente que la convencional, se le ha cambiado el nombre, pero solo es eso.

D-WDM significa Dense WDM y permite meter hasta 32 portadoras (32 lambdas) en una misma fibra (bueno, en realidad permite meter muchas mas, 80 por lo menos). El motivo de inventar D-WDM es que es mas caro tirar mas fibras (obra civil) que comprar equipos que usando la misma fibra sean capaces de meter mas datos.

A los puertos de fibra que permiten WDM, se les llama puertos coloreados. Por ejemplo, en un manual aparece:

Puertos STM-16 coloreados
Uno de los siguientes 16 transmisores coloreados de acuerdo a Rec. ITU-T G.692:
- 8 longitudes de onda "Rojo" (nm): 1547.72 / 15493.2 / 1550.92 / 1552.52 / 1554.13 / 1555.75 / 1557.36 / 1558.98
- 8 longitudes de onda "Azul" (nm): 1531.90 / 1533.47 / 1535.04 / 1536.61 / 1538.19 / 1539.77 / 1541.35 / 1542.94



Para hacer WDM se usa un multiplexor/demultiplexor óptico, de modo que varias longitudes de onda (lambdas) se puedan transmitir sobre la misma fibra.

4.8.1.3 C-WDM

Es una tecnología WDM de menor precisión (Coarse WDM)

Los equipos ópticos CWDM facilitan una solución efectiva en costes, en comparación con la tecnología WDM Densa (DWDM) y encajan satisfactoriamente en la mayor parte de los escenarios de red en el área 'metro'.

4.8.2 TDM

E1 es en Europa, T1 en EEUU. Un E1 tiene 30 CICs + 2 (uno de señalización y otro de alineamiento de trama). Cada CIC (un CIC es un canal de los 30) se modula como un PCM (pulse code modulation)

PCM son 8000 muestras por segundo, de 8 bit cada una.

Por lo tanto, cada 125 microsegundos tenemos una muestra.

Un T1 tiene 24 CICs, mientras que un E1 tiene 30 CICs

El E1 tiene 2Mbps y el T1 tiene 1500 bps

La TDM permite meter 4 portadoras E1 en una portadora E2 y 4 E2 en una E3

Un E3 tiene por lo tanto 16 E1s

La E3 es una portadora de larga distancia porque agrega muchos E1. su velocidad es de $2 \times 16 = 32000 \text{ bps} = 32 \text{ Mbps}$

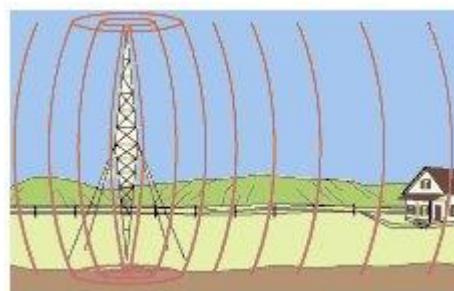
Las conexiones entre centrales de conmutación de voz son siempre E1s . Luego los mazos de cables de E1s pueden entrar en un equipo SDH que genere una trama de orden superior, que luego es transmitida en un anillo de fibra mediante un equipo OADM (optical add/drop multiplexer) con tecnología WDM.

4.8.3 CDM

CDMA se explica en el apartado de acceso radio.

4.9 Transmisión por radio

A bajas frecuencias las ondas atraviesan los objetos y la potencia decrece con el cubo de la distancia (una onda onmidireccional es una esfera). A altas frecuencias las ondas viajan en línea recta (por encima de 100 MHz), su potencia decrece con el cuadrado de la distancia y rebotan en los objetos. Las ondas de alta frecuencia (HF) rebotan en la ionosfera y por lo tanto no hace falta q exista un camino visible entre el transmisor y el receptor. Las microondas les pasa esto. Son las que se usan en telefonía móvil, en wifi y en los hornos microondas.



Las ondas de radio son generadas aplicando una corriente alterna de radiofrecuencia a un antena. La antena es un conductor eléctrico que debido a la acción de la señal aplicada genera campos magnéticos y eléctricos variables a su alrededor, produciendo la señal de radio en forma de ondas electromagnéticas. Las ondas pueden tener forma plana, cilíndrica (como en la figura) o esférica y según su forma tendremos distinta atenuación. Todos los puntos de la antena tienen el mismo potencial eléctrico (voltaje). Lo que genera el campo electromagnético es la variación en el tiempo de dicho potencial.

El diferente comportamiento en cuanto a atravesar objetos o no hacerlo en función de la frecuencia, se traduce en que las frecuencias se elijen en función de las aplicaciones. Por ejemplo, las emisoras de radio FM emiten a una frecuencia que atraviesa los edificios (VHF 30Mhz a 300Mhz) pero tienen alta atenuación al hacerlo, por lo que la señal no llega muy lejos (solo varios kilómetros). Sin embargo para comunicar por radio largas distancias (hasta 1000 Km.) se usa la banda de frecuencias mas bajas, que lo atraviesa todo (10khz a 30 Khz.) sin apenas atenuación. La banda de luz visible , que es de una frecuencia muy elevada, mucho mas que la que se usa en telecomunicaciones, no atraviesa los objetos como todos sabemos. La luz visible(al ojo humano) forma parte de una estrecha franja que va desde longitudes de onda de 380 nm (violeta) hasta los 780 nm (rojo), es decir , estamos hablando de mas de 384 Thz (un nanometro son 10-9 m).

$$\text{Longitud de onda} = c * T = c * 1/\text{frecuencia}$$

$$\text{Frecuencia} = c/\text{longitud de onda} = 300000000/780*10^{-9} = 384*10^{12}$$

Las bandas de frecuencia asignadas por la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones), son obligatorias. Ninguna persona, física o jurídica, tiene derecho a usar las bandas sin autorización. Por ejemplo, las bandas de frecuencia de los radioaficionados son afectadas por la UIT y se dividen de manera diferente según la región del globo (Europa, Asia, America, África y Oceanía). En el caso de los radioaficionados, tienen bandas en MF, HF, VHF y UHF que no interfieren con las bandas de radio FM o televisión.

La única banda que está libre para cualquier uso (como radio control) y para cualquier persona es la banda de los 27 MHz, pero debido a esto está bastante saturada y sólo es conveniente utilizarla para practicar con montajes caseros y sistemas de poco alcance (no más de 100m).

Cuanto mayor es la frecuencia de la señal a transmitir , más factible es la transmisión unidireccional .

Por tanto, para enlaces punto a punto se suelen utilizar microondas (altas frecuencias) . Para enlaces con varios receptores posibles se utilizan las ondas de radio (bajas frecuencias) . Los infrarrojos se utilizan para transmisiones a muy corta distancia (en una misma habitación) . Los infrarrojos poseen una altísima frecuencia (cercana a la luz visible) por lo que son muy direccionales y no atraviesan los objetos.

Las diferencias entre las ondas de radio y las microondas son :

- Las microondas son unidireccionales y las ondas de radio omnidireccionales
- Las microondas son más sensibles a la atenuación producida por la lluvia .
- En las ondas de radio , al poder reflejarse estas ondas en el mar u otros objetos , pueden aparecer múltiples señales "hermanas" . La microonda muere al chocar con el agua, mientras que la onda de radio puede rebotar, debido a que las moléculas de agua son bipolares y pueden oscilar a la frecuencia de una onda de radio

En el caso de los radioenlaces de las operadoras de telecomunicación se usa microondas

Suelen utilizarse antenas parabólicas . Para conexiones a larga distancia , se utilizan conexiones intermedias punto a punto entre antenas parabólicas .

Se suelen utilizar en sustitución del cable coaxial o las fibras ópticas ya que se necesitan menos repetidores y amplificadores , aunque se necesitan antenas alineadas . Se usan para transmisión de televisión y voz .

La principal causa de pérdidas es la atenuación debido a que las pérdidas aumentan con el cuadrado de la distancia (con cable coaxial y par trenzado son logarítmicas) . La atenuación aumenta con las lluvias y también las interferencias es otro inconveniente de las microondas ya que al proliferar estos sistemas , puede haber más solapamientos de señales .

Las microondas tienen longitudes de onda aproximadamente en el rango entre 30 cm (frecuencia=1 GHz) a 1 mm (300 GHz), de modo que en telefonía móvil estamos usando microondas de baja frecuencia, Eso no significa que las comunicaciones sean direccionales. Las estaciones son direccionales (sectoriales) pero los teléfonos son omnidireccionales.

En GSM hablamos de unos 900Mhz o bien de 1800 Mhz ya que hay dos bandas para GSM. En España movistar y vodafone usan 900Mhz y Amena usa 1800Mhz

Aunque teóricamente la potencia decrece con el cuadrado de la distancia, al ser una técnica utilizada en entornos urbanos , existen tantas

atenuaciones que se considera que la potencia decrece con la distancia –

4

4.9.1 GSM Y CDMA

CDMA es una tecnología desarrollada con base en experimentos del pentágono para hacer seguras (encriptadas) sus comunicaciones inalámbricas y que sucesivamente fue modificada, y finalmente en 1985 fue "Desclasificada" para uso público, ahí aparece Qualcomm (empresa de USA) que compra y licencia el uso de la tecnología.

GSM es una evolución de TDMA (Time division multiple access) y fue adoptada por todos los Europeos como una forma de estar fuera (sin el efecto de lock-in) de patentes estadounidenses, sin embargo es una tecnología que no posee el nivel de seguridad que posee CDMA y que usa el espectro radioeléctrico en una forma mucho menos eficiente.

4.9.1.1 Técnica GSM

GSM significa Global System for Mobile Communications. Básicamente es una técnica TDMA

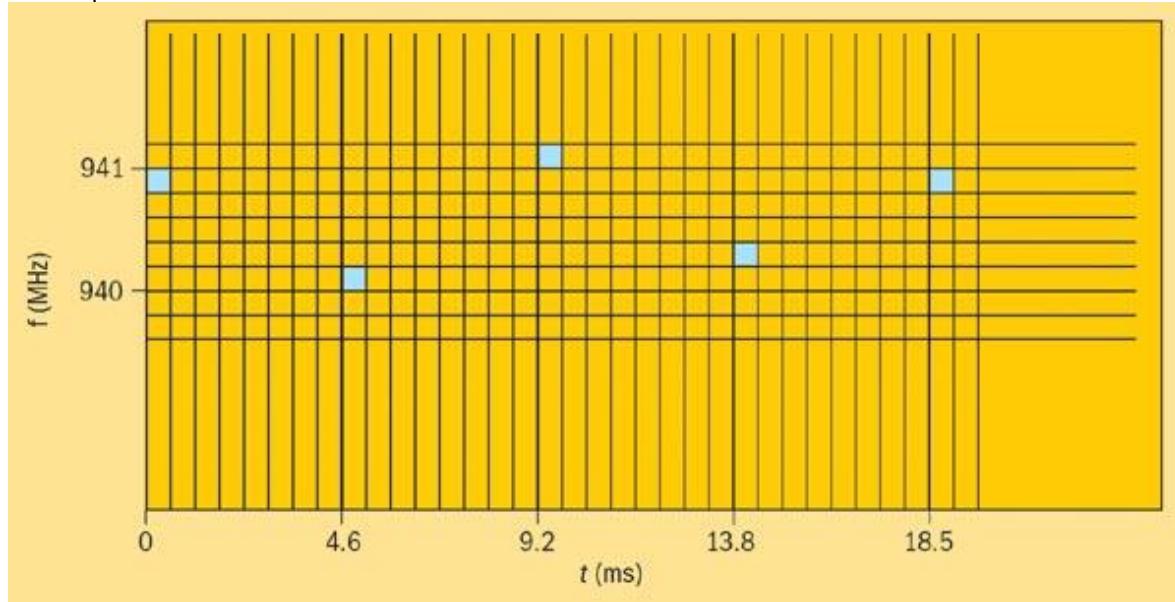
Dentro de una celda se usa TDMA para que muchos usuarios accedan a la vez a una banda de 200khz. Cada celda maneja varias bandas (124 pares) de 200Khz, divididas en el tiempo en suficientes slots para soportar 8 canales de datos y 8 de voz. Hay 124 pares porque la mitad son de subida y la otra mitad de bajada.

Las bandas de frecuencias están en torno a 900Mhz o bien de 1800 Mhz ya que hay dos opciones para GSM. En España movistar y vodafone usan 900Mhz y Amena usa 1800Mhz

Inicialmente, GSM utilizó la frecuencia de 900 MHz con 124 pares de frecuencias separadas entre si por 200 kHz, pero después las redes de telecomunicaciones públicas utilizaron las frecuencias de 1800 y 1900 MHz, con lo cual es habitual que los teléfonos móviles de hoy en día sean tribanda

Cada slot de tiempo tiene un ancho de banda de 200khz y 20ms de duración. Como en una sola celda se usan varias bandas, los canales usan slots de diferentes bandas con el objeto de evitar las posibles interferencias que existan casualmente en alguna banda. Es lo que se conoce como "frequency hopping". El origen de esta técnica es militar, aunque en GSM se usa como medida para protegerse de errores de transmisión que afecten solo a ciertas frecuencias.

La siguiente figura representa los slots y frecuencias usadas por un usuario GSM para transmitir



Existen algunos canales de broadcast para informar a los terminales móviles. Estos mensajes son, entre otros:

Paging: para informar a un móvil de que está siendo llamado. El paging se hace sobre el LAC (location area code) que es el conjunto de celdas donde se puede encontrar un móvil. Un móvil solo transmite a la red cuando cambia de LAC

LAC: periódicamente se informa a los móviles en qué LAC y cell id se encuentran, de este modo, cuando un móvil cambia de LAC, se entera por el canal de broadcast y envía un mensaje a la red informando de su nueva posición

4.9.1.1.1 Modulación GMSK

La modulación utilizada en GSM se llama Gaussian Minimum Shift Keying "GMSK". Hay que presentar primero algunos conceptos:

Codificación binaria por cambio de fase (Binary phase shift keying) :Se varía la fase para transmitir información de una tira de bits.

El número M de fases que es usado es $M = 2^n$ donde n varía de 2 a 16.

$M = 2 \rightarrow$ PSK - binaria (dos fases separadas 180° , una indica estado bajo “0”, otra estado alto “1”)

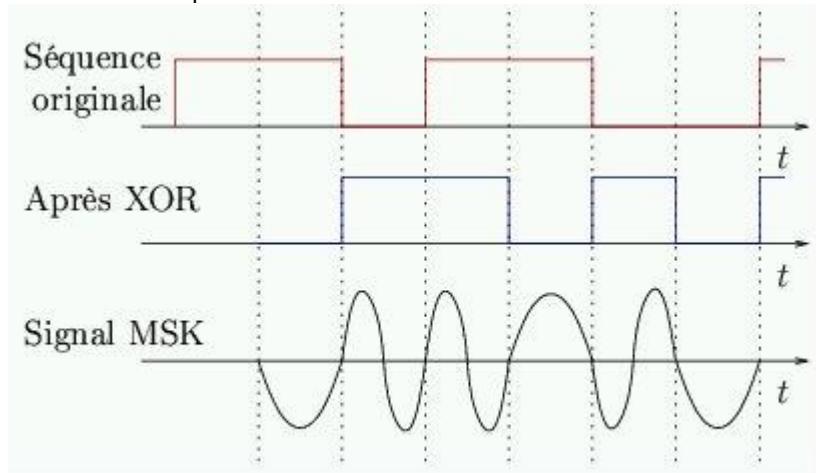
$M = 4 \rightarrow \text{PSK - cuaternaria.}$

MSK Es una modificación de QPSK en la que los pulsos rectangulares se convierten en pulsos de media onda sinusoidal. El medio seno puede ser positivo, negativo o alternado.

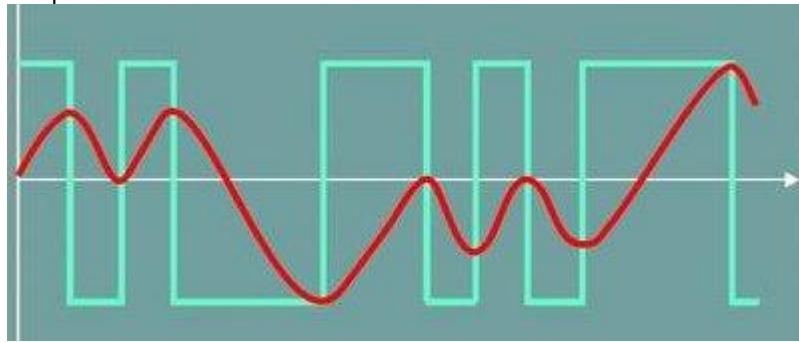
MSK → La fase varía suavemente sin saltos discretos.

OMSK Es utilizado en GSM-DCS. Es MSK en el que se reduce el espectro pasando la señal NRZ por un filtro Gaussiano antes de atacar el modulador MSK.

Este es el aspecto de una transmisión MSK



Si antes de pasar por el modulador MSK se pasa la señal NRZ por un filtro “gausiano” (una curva de gauss en el dominio de la frecuencia), los cambios de fase se suavizan a costa de modificar la amplitud . Así se logra que las variaciones de frecuencia y de fase sean continuas, quedando algo como lo que se muestra a continuación:



La ventaja es que la eficiencia espectral es mayor.

4.9.1.1.2 Codificación de la voz en GSM

La codificación de voz usa un mecanismo llamado VAD (voice activity detection) que permite transmitir solo cuando se habla. No es una técnica para ahorrar ancho de banda porque TDMA tiene reservado siempre el slot de tiempo, sino para reducir el nivel de interferencia en otras comunicaciones. Para que los usuarios se sientan cómodos, el teléfono en ausencia de voz envía periódicamente las características del ruido, sin enviar el ruido, para generar en el receptor lo que se conoce como "ruido de confort". Con silencio absoluto parece que no hay nadie al otro lado.

La técnica de codificación de voz utilizada en GSM es APCM (adaptive pulse code modulation), y se codifica a 13 kbit/seg. Cada 20ms se envían 260 bits. Lo de Adaptive es porque la escala de codificación puede ir cambiando en función de la señal, de modo que se envía la información de las muestras y la escala de forma separada. Para conseguir el nivel de calidad de voz adecuado se pasa la señal de voz por dos filtros, que quitan energía a los armónicos más energéticos y aumentan la de los más débiles.

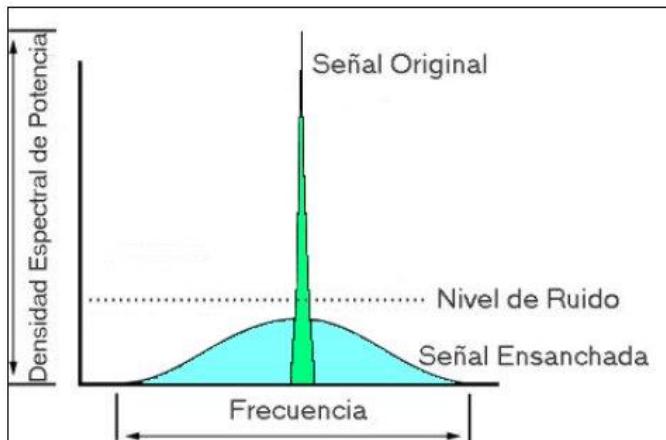
Una vez que se tienen los 13kbit/s, se transmiten sobre 8Khz usando v.32. Cuando la voz llega a una central de conmutación (MSC) se transcodifica a 64kbit/s usando PCM de modo que se infrautiliza el ancho de banda en favor de la compatibilidad con otras redes.

4.9.1.2 Técnica CDMA de “espectro ensanchado”

CDMA significa Code Division Multiple Access. Es la técnica empleada en la telefonía móvil digital en EEUU (en lugar de GSM) y también es la utilizada en UMTS. Proveniente del entorno militar, esta técnica no se basa en el uso de frecuencias o de tiempos de transmisión diferentes, sino de secuencias. Se trata de una solución perteneciente a un grupo de técnicas conocidas como “de espectro ensanchado”

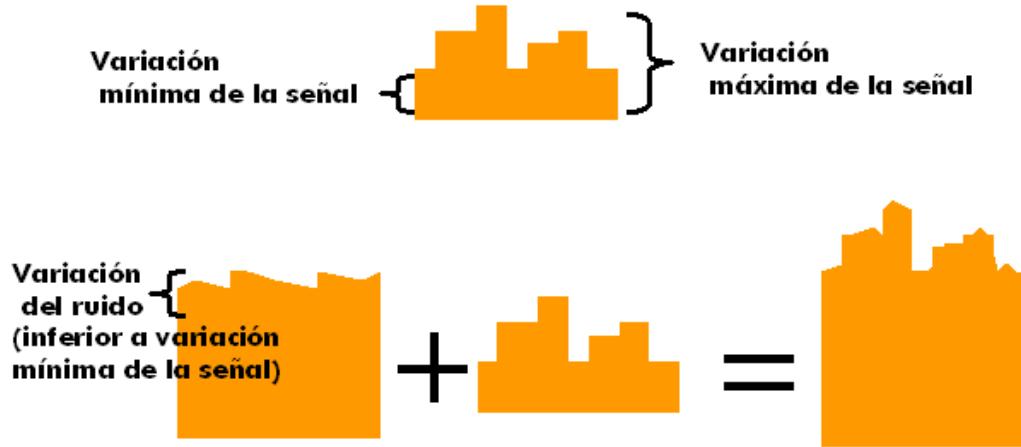
El ensanchamiento se consigue multiplicando la señal digital en banda base por una secuencia conocida por los extremos de la comunicación. Dicha secuencia posee una velocidad mucho mayor que la de la banda base. El producto modula una portadora, con lo que se consigue una señal modulada cuyo ancho de banda es mucho mayor que el de la señal original. En recepción se multiplica la señal remodulada por la secuencia, lo que recupera la señal en banda base.

Al ensanchar el espectro, la energía de la señal original la repartimos en un ancho de banda mayor, por lo que se reduce su potencia incluso por debajo del nivel de ruido. Esto no impide que sea recuperada la señal original.



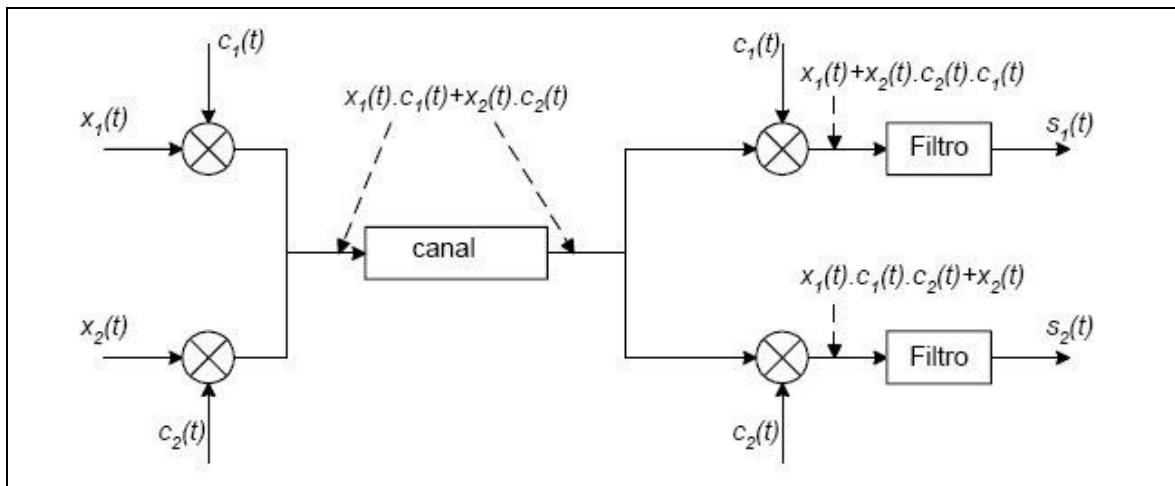
El hecho de estar por debajo del nivel de ruido no importa porque en realidad, aunque hay mas potencia de ruido, al multiplicar lo que recibimos por el código correspondiente, la energía de la señal original se vuelve a condensar en un espectro mas reducido y la recuperamos por encima del nivel de ruido. Cabe pensar que lo que estamos multiplicando ya no vale para nada porque es casi todo ruido, pero no es así.

El truco se basa en que la señal, aun siendo de menor potencia que el ruido, es de mayor potencia que la variación del ruido.



Las secuencias utilizadas por los diferentes usuarios son “códigos ortogonales”. Esto significa que el producto de dos secuencias siempre es cero, y permite que no haya interferencias. Un bit de una secuencia ortogonal es conocido como “chip”. En CDMA se usa como código ortogonal un código walsh de 64 bit, es decir, que por cada bit original tenemos 64 chip.

Como todos los móviles transmiten a la vez, para poder reconstruir cada señal original es imprescindible que el producto de dos códigos diferentes siempre sea cero. Cada usuario usará un solo código.



Ejemplo de 3 códigos ortogonales:

$$A = 1, 1, 1, 1$$

$$B = 1, -1, 1, -1$$

$$C = 1, 1, -1, -1$$

Por ejemplo, se verifica:

$$A^*B = 1*1 + 1*(-1) + 1*1 + 1*(-1) = 0$$

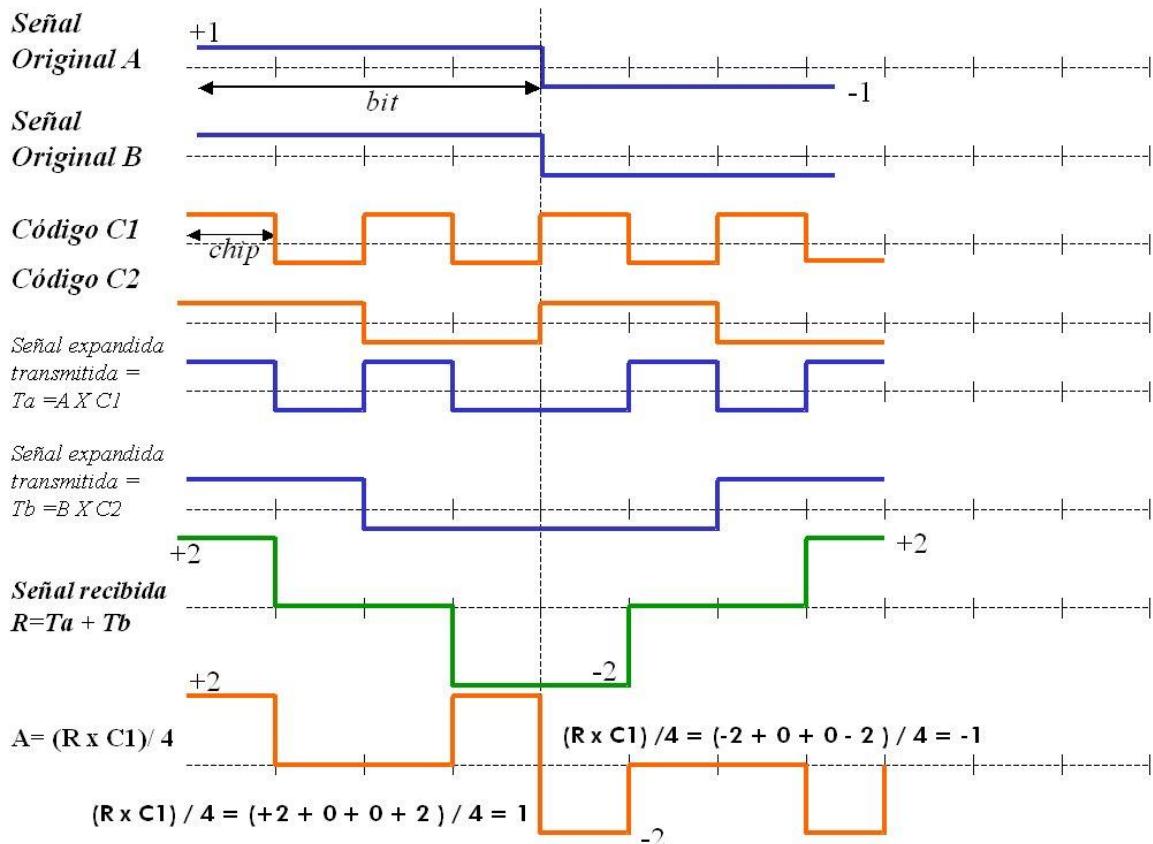
Como estamos usando secuencias binarias, la única forma de que la multiplicación sea cero es que usemos señales bipolares, es decir: el 1 será +1 y el 0 será -1.

La suma de las transmisiones simultáneas se traduce en suma de potencia recibida, de modo que si dos móviles transmiten +1 simultáneamente, recibiremos +2.

Una vez realizada la operación de multiplicación, hemos de dividir por el numero de chips del código utilizado para saber si el bit original era un -1 o un 1.

Ejemplo:

Ahora supongamos dos señales que queremos transmitir simultáneamente. En la figura se representan estas dos señales, de las cuales se muestran 2 bits, los cuales además son coincidentes. Gráficamente vemos como la información de una señal y la de la otra quedan diferenciadas gracias a la multiplicación por códigos ortogonales diferentes de 4 chip y la división final entre el número de chips.



Como se puede deducir de la figura, cuanto mayor sea el ancho de banda de la señal del código (mas bits por cada bit de la señal original) mayor número de códigos ortogonales podremos construir, y por lo tanto, mayor número de comunicaciones simultáneas podremos mantener.

Esta es la pinta que tienen los códigos walsh de 64 bit usados en CDMA. Son muchos, pero solo muestro 4 de ellos.

```

W0: 0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
W1: 0101010101010101010101010101010101010101010101010101010101010101
W2: 001100110011001100110011001100110011001100110011001100110011001100110011
W3: 01100110011001100110011001100110011001100110011001100110011001100110011001100110
W4: 000011100001111000011110000111100001111000011110000111100001111000011110000111100001111

```

La eficiencia espectral de CDMA es muy alta, cercana al límite teórico de la ley de shannon descrita en el primer capítulo.

Por último, aclarar que para sincronizar las emisiones de los terminales de modo que los chips transmitidos se mezclen juntos en su slot de tiempo correspondiente, se hace mediante una estimación de distancia entre el Terminal trasnmitidor y la estación base, de modo que cuanto mas lejos se encuentra el Terminal, mas se adelanta en el tiempo la transmisión (es como el timing advance que se usa en GSM). Es fácil estimarlo porque las

ondas viajan a la velocidad de la luz y se puede con un reloj de pocos Mhz calcular el tiempo que tarda una señal en viajar desde un Terminal hasta la estación y por tanto la distancia a la que se encuentra. Basta con que la estación base envíe una señal a la que el Terminal tenga que responder para estimar dicho tiempo.

En cuanto a la potencia transmitida, cuanto mas lejos se encuentre un Terminal, mas débil le llegará la señal de la estación base y por lo tanto sabrá que tiene que emitir con mayor potencia. La estación base también puede dar ordenes a las estaciones móviles para que incrementen o decrementen su potencia de transmisión.

Como el ancho de banda de una antena tiene un límite, lo que se hace es reducir el tamaño de la celda si hay muchos usuarios, de este modo se impide que se genere demasiado tráfico sobre la misma celda. Esta reducción/aumento de cobertura de una célula a medida que aumenta/disminuye su carga de tráfico se le llama "respiración".

4.9.1.3 CDMA y WCDMA

WCDMA es básicamente CDMA pero con mayor ancho de banda por usuario.

4.9.2 WIFI Y WIMAX

4.9.2.1 WI-FI (*wireless Fidelity*)

Los estándares 802.11b y 802.11g utilizan bandas de 2,4 Ghz que no necesitan de permisos para su uso. El estándar 802.11a utiliza la banda de 5 GHz. El estándar 802.11n hará uso de ambas bandas, 2,4 GHz y 5 GHz. Las redes que trabajan bajo los estándares 802.11b y 802.11g pueden sufrir interferencias por parte de hornos microondas, teléfonos inalámbricos y otros equipos que utilicen la misma banda de 2,4 Ghz.

Identificador de Canal	Frecuencia en MHz	Dominios Reguladores				
		América (-A)	EMEA (-E)	Israel (-I)	China (-C)	Japón (-J)
1	2412	x	x	—	x	x
2	2417	x	x	—	x	x
3	2422	x	x	x	x	x
4	2427	x	x	x	x	x
5	2432	x	x	x	x	x
6	2437	x	x	x	x	x
7	2442	x	x	x	x	x
8	2447	x	x	x	x	x
9	2452	x	x	x	x	x
10	2457	x	x	—	x	x
11	2462	x	x	—	x	x
12	2467	—	x	—	—	x
13	2472	—	x	—	—	x
14	2484	—	—	—	—	x

El método de acceso empleado se denomina CSMA/CA (Carrier sense multiple access with collision avoidance). CSMA/CA es utilizada en canales en los que por su naturaleza no se puede usar CSMA/CD (cdsma/cd es el método utilizado en ethernet).

Supongamos tres nodos "A,B,C" donde el radio de acción de A, le permite ver a B pero no a C, y C puede ver a B, pero no a A.

A---B---C

Si A quiere transmitir, genera una trama especial de solicitud (RTS) hacia B. Recibida dicha trama en B, esta responde con una trama de autorización (CTS) hacia A. La trama de autorización no solo llega a A, sino a todas las estaciones que se encuentran en el radio de acción de B (en este caso llegaría también a C). Así todas las estaciones permanecerán sin transmitir. Una vez llega la trama de confirmación a A, ésta podrá transmitir sin que se produzcan colisiones.

Este esquema RTS-CTS se conoce como sondeo de portadora virtual.

4.9.2.2 WIMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access)

Es un estándar de transmisión inalámbrica de datos (especificación 802.16) que proporciona accesos concurrentes en áreas de hasta 48 km de radio y

a velocidades de hasta 128 Mbps, utilizando tecnología que no requiere visión directa con las estaciones base.

Usa Acceso Múltiple por División Ortogonal de Frecuencia (OFDMA), y al igual que WIFI usa la banda de 2.4 Ghz

WiMax es un concepto parecido a Wi-Fi (Wireless Fidelity), pero con mayor cobertura y ancho de banda. Y lo que es más importante: con posibilidad de diferentes calidades de servicio en función del tipo de tráfico.

En la fotografía aparece un router wimax (aspecto similar a un router ADSL wifi) y una PCMCIA wimax, y una antena exterior wimax.



Wi-Fi fue diseñada para ambientes inalámbricos internos como una alternativa al cableado estructurado de redes y con capacidad sin línea de vista de muy pocos metros. WiMax, por el contrario, fue diseñado como una solución de última milla en redes metropolitanas (MAN) para prestar servicios a nivel comercial.

Hay dos especificaciones complementarias:

La especificación 802.16-2004 se refiere al acceso fijo (Terminal inalámbrico quieto)

El estándar del 802.16e del IEEE es una revisión para el mercado móvil(Terminal inalámbrico móvil) que a veces se denomina Wibro (wireless broadband)

Pero WiMAX también tiene competidores, y así una alternativa es el estándar Hiperaccess (>11 GHz) e HiperMAN (<11 GHz) del ETSIT, pero el auge que está tomando WiMAX ha hecho que se esté estudiando la posibilidad de armonizarlo con esta última norma, que también utiliza una modulación OFDM. Sin olvidarnos de Mobile-Fi, el estándar 802.20 del IEEE, específicamente diseñado desde el principio para manejar tráfico IP nativo para un acceso móvil de banda ancha, que provee velocidad entre 1 y 16 Mbit/s, sobre distancias de hasta 15 o 20 km, utilizando frecuencias por debajo de la banda de 3,5 GHz.

4.9.2.3 Comparativa

	WiMAX 802.16	Wi-Fi 802.11	Mobile-Fi 802.20	UMTS y cdma2000
Velocidad	124 Mbit/s	11-54 Mbit/s	16 Mbit/s	2 Mbit/s
Cobertura	40-70 km	300 m	20 km	10 km
Licencia	Si/No	No	Si	Si
Ventajas	Velocidad y Alcance	Velocidad y Precio	Velocidad y Movilidad	Rango y Movilidad
Desventajas	Interferencias?	Bajo alcance	Precio alto	Lento y caro

4.10 SDH y PDH

PDH y SDH son estándares para la conmutación de circuitos TDM de alta capacidad.

4.10.1 PDH

PDH surge en una red llamada SONET, que era una estandarización de las portadoras de larga distancia para interconectar diferentes operadoras americanas, ya que cada una usaba una portadora propietaria de larga distancia (ni E3 ni nada parecido)

PDH significa jerarquía digital plesiócrona (plesiócrono significa “casi” síncrono) porque los relojes no eran perfectos y se meten bits de relleno en las tramas para ajustar relojes.

Nivel	Canales	Nombre	EEUU, Canadá	Japón	ITU-T
0	1	E0	0,064	0,064	0,064
1	24	T1 o DS1	1,544	1,544	
1	30	E1			2,048
2	96	T2 o DS2	6,312	6,312	
2	120	E2			8,448
3	480	E3		32,064	34,368
3	672	T3 o DS3	44,736		
3	1440	J3		97,728	
4	1920	E4			139,264
4	4032	T4 o DS4	274,176		

PDH tuvo los siguientes problemas

1. Incompatibilidad intercontinental
2. No pensada para fibra óptica (diseñada en los años 60) ya que las capacidades máximas de PDH eran bajas: Japón 98 Mb/s, Norteamérica 274 Mb/s, Resto mundo 139 Mb/s
3. Carece de herramientas de gestión ni posibilidad de tolerancia a fallos

4.10.2 SDH (o JDS)

SDH (Synchronous Digital hierarquía) o JDS (jerarquía digital síncrona) surge como mejora de PDH. SDH es como PDH pero con relojes perfectamente sincronizados

La trama básica SDH es la STM-1 (Synchronous Transport Module).

Siempre multiplica por 4 cada nivel de la SDH

STM-1 tiene 155Mbit/s

STM4=4 x STM1 (Para construir una trama STM4 se necesitan 4 "tributarias" de tipo STM-1)

STM 16= 4 x STM4

STM 64=4 x STM 16

Y así sucesivamente. La siguiente tabla muestra las velocidades y relación con el estándar SONET americano (en realidad SDH y SONET es lo mismo, solo que al estándar americano se le llama SONET y tiene alguna mínima diferencia).

La siguiente tabla muestra las diferentes velocidades de la jerarquía SONET/SDH. En dicha tabla aparecen las siglas:

STS: Synchronous Transfer Signal (interfaz eléctrico)

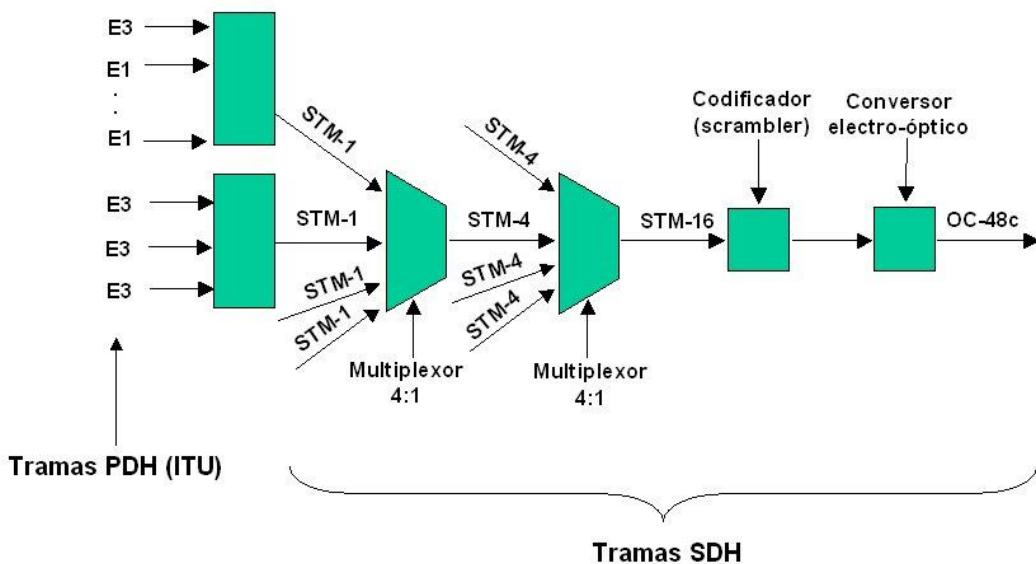
OC: Optical Carrier (interfaz óptico)

STM: Synchronous Transfer Module (interfaz óptico o eléctrico)

Denominación SONET	Denominación SDH	Caudal total	Caudal útil
STS-1 / OC-1	(STM-0)	51,840	50,112
STS-3 / OC-3	STM-1	155,520	150,336
STS-9/OC-9	STM-3	466,560	451,008
STS-12 / OC-12	STM-4	622,080	601,344
STS-18/OC-18	STM-6	933,120	902,016
STS-24/OC-24	STM-8	1244,160	1202,688
STS-36/OC-36	STM-12	1866,240	1804,032
STS-48 / OC-48	STM-16	2488,320	2405,376
STS-96/OC-96	STM-32	4976,640	4810,752
STS-192 / OC-192	STM-64	9953,280	9621,504
STS-768/OC-768	STM-256	39813,12	38486,016

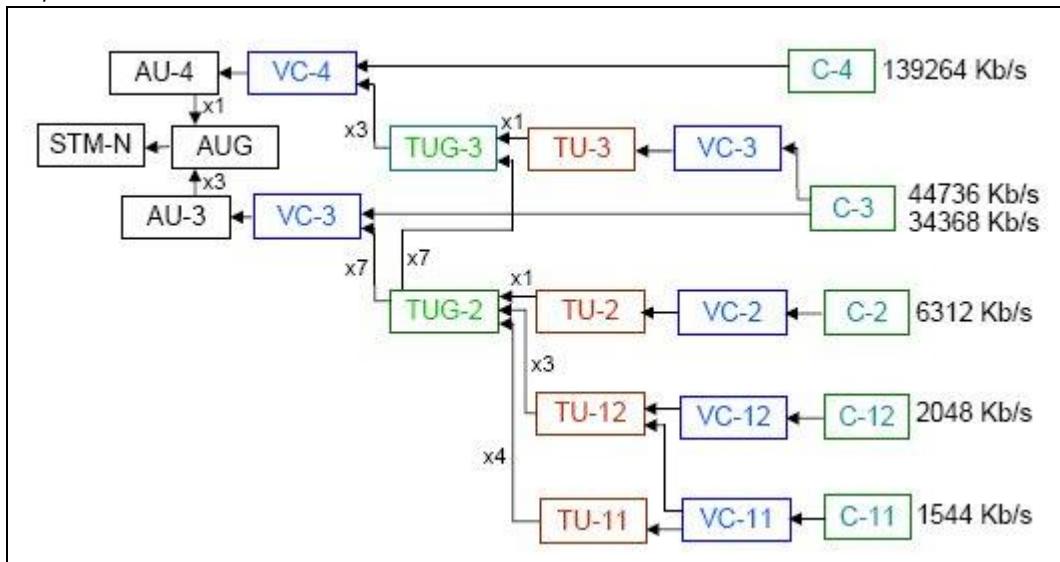
- SONET es una jerarquía desarrollada por los laboratorios Bell en 1984 y estandarizado por ANSI en 1988. Se usa en USA, Canadá, Taiwan, Corea y Hong Kong.
- Los caudales SONET son todos múltiplos enteros de un caudal base: 51,84 Mb/s
- SDH es un estándar aprobado en 1989 por la ITU-T. Es muy similar a SONET, la principal diferencia es que su caudal base es 155,52 Mb/s (exactamente el triple).
- Al ser el caudal base de SDH un múltiplo exacto de SONET ambos son compatibles. SONET y SDH se desarrollaron a la vez que ATM y con el objetivo de que se complementaran.

4.10.2.1 Multiplexación en SDH



Para meter un E1 en un STM-1 se usa lo que se conoce como "contenedor virtual" V-12.

Hay varios tipos de contenedores según lo que vayas a meter. Cada contenedor tiene una cabecera. Al final resulta que aunque un STM-1 tiene $155/2 = 77$ veces el ancho de un E1 (2 Mbps), en realidad tan solo caben 63, debido al asunto de las cabeceras de los contenedores.



Siguiendo estas reglas de multiplexión, una señal **STM-1** puede ser constituida de diferentes modos. O bien contiene un VC4, o bien 3 x VC-3. el **VC-4** puede, por ejemplo, contener una señal **PDH** de 140 Mbps o tres señales **PDH** de 34 Mbps (TUG3), la cual puede contener 7xTUG2 x3 VC12 =3 x 21= sesenta y tres señales PDH de 2 Mbps o combinaciones de ellas, de modo que la capacidad total no sea excedida. Un E1 se mete en un VC-12 y un E3 en un VC-3

Para tráfico ATM, por ejemplo, Las celdas ATM, mapeadas en contenedores

de carga útil SDH G707 (VC4, VC4--C, VC3 ó VC12) o en tramas PDH G704 /G832 /G804 (E1 ó E3). Las tramas Ethernet se mapean sobre un VC de SDH usando el Procedimiento de Trama Genérico de encapsulación (GFP: Generic Framing Procedure).

Level	Line Rate	Payload Capacity	Capacity in E1s
STM 1	155.52 Mb/s	150.336 Mb/s	63
STM 4	622.08 Mb/s	601.334 Mb/s	252
STM 16	2.488 Gb/s	2.405 Gb/s	1008
STM 64	9.952 Gb/s	9.621 Gb/s	4032
STM 256	39.808 Gb/s	38.486 Gb/s	16128

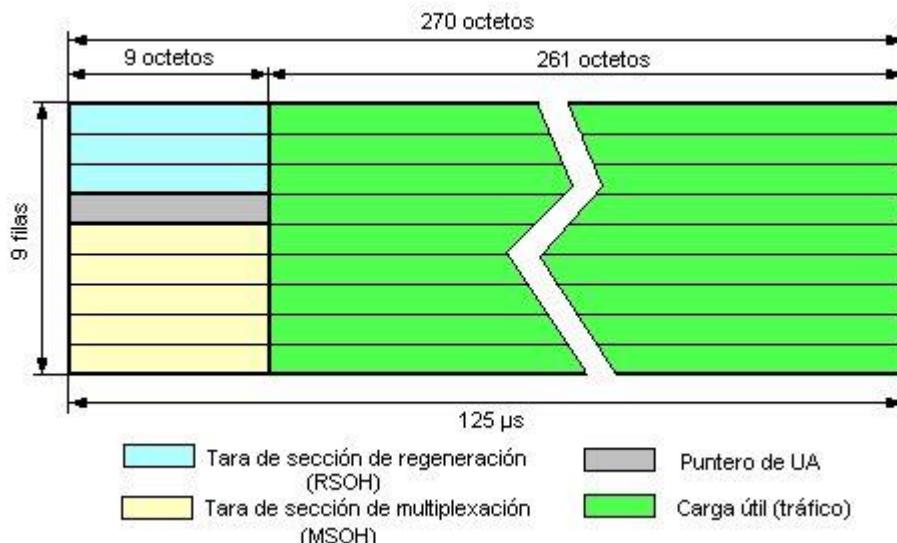
Hay diferencia entre un contenedor (Ej. C-12) y un contenedor virtual (VC-12). Un contenedor virtual contiene los datos de una señal PDH + una cabecera, llamada "Cabecera de Ruta" (Path Overhead "POH")

Esta cabecera es generada en el nodo originario de la ruta y es terminada en el nodo final del camino. Esta información permite al operador etiquetar el tráfico así como trazar la señal a través de la red (envío de trazas) e identificarla para propósitos de protecciones y monitorización de cuentas de errores. Entre dos nodos adyacentes, se manejan "cabeceras de sección", que son cabeceras extra para controlar el enlace. Esto permite a los dos nodos "hablar" con el otro cuando aparece un evento de fallo en la sección, como por ejemplo, cuando ocurre una conmutación de protección. Por lo tanto, hay cabeceras de sección entre nodos adyacentes y cabeceras de ruta entre nodos donde empieza y termina un VC

Hay diferentes tipos de contenedores virtuales (VC). Un VC-12 es construido de un contenedor C-12, el cual contiene una señal PDH de 2 Mbps. Un VC-3 porta un contenedor C-3 que contiene una señal PDH de 34 Mbps y un VC-4 porta una señal PDH de 140 Mbps en un contenedor C-4. Un contenedor virtual puede contener otros contenedores virtuales, proceso que denotamos como anidamiento. Por ejemplo un VC-4 puede ser

conformado con 63 VC-12's. Esto simplifica el transporte y gestión de estas señales a través de la red

El contenedor virtual está ubicado en el área de carga útil del STM (Payload Area). La cabecera del STM es la cabecera de sección. La señal STM-1, el elemento básico del **SDH**, comprende 2430 bytes de información. Esto está distribuido en 270 columnas por 9 filas. Dentro de ellos están contenidos la carga útil del **STM-1**, los punteros y las cabeceras de sección.



Una trama STM-1 consta de 2430 bytes, los cuales pueden dividirse en tres áreas principales:

- Área de payload (2349 bytes).
- Área de puntero de Unidad Administrativa (9 bytes).
- Área de cabecera de sección (72 bytes).

Un **camino o ruta** es el término usado para referirnos a un circuito punto a punto para el tráfico, es decir, ésta es la trayectoria seguida por un contenedor virtual a través de la red. Una sección es definida como el enlace de transporte entre dos nodos adyacentes. Un camino está compuesto por un número concreto de secciones.

Un **STM** está dedicado a una única sección, de ahí que la cabecera de sección sea procesada en cada nodo y un nuevo **STM** con nuevas cabeceras es construido para la siguiente sección. El contenedor virtual, por el contrario, sigue un camino sobre diversas secciones, de modo que la cabecera de camino permanece con el contenedor de extremo a extremo del camino.

La información entra en la red como flujos digitales de 2 Mbps que serán acomodados en contenedores virtuales VC-12. Un elemento de red SDH

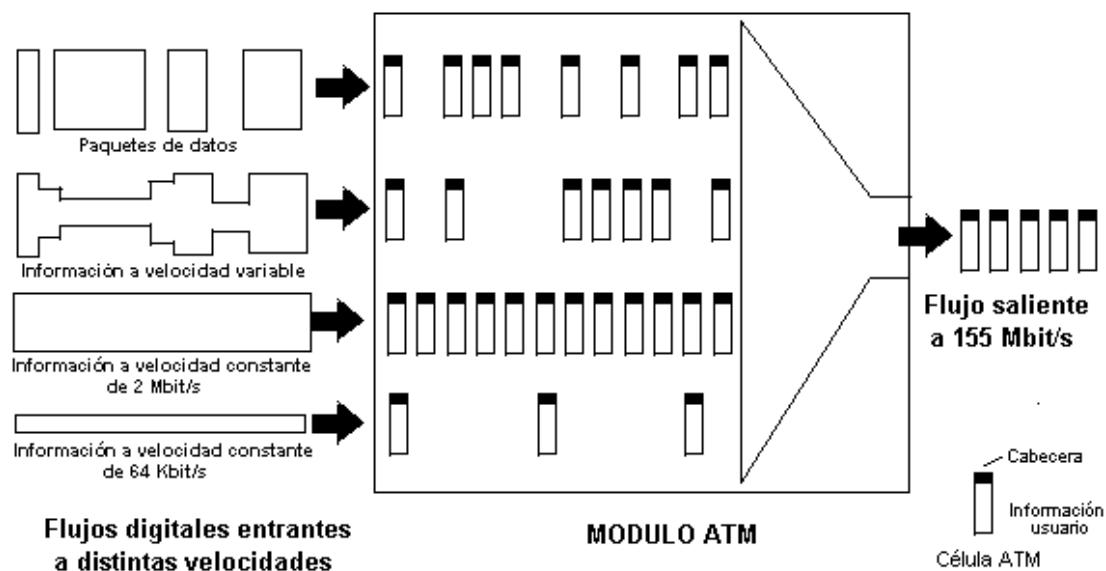
multiplexará esta señal junto con otras señales de tributario en una señal agregada de mayor tasa de transmisión. En el ejemplo, esto es una señal STM -1 de 155 Mbps. Esto es en la red local SDH. Esta señal puede entonces ser de nuevo multiplexada para dar una señal STM-4 a 622 Mbps en el siguiente nivel, llegando a alcanzar el STM-64 cuando son portadas a 10 Gbps. En este flujo de mayor tasa de transmisión son transportadas muchas señales en una única fibra, en lo que es conocido como red troncal o backbone de la red y transportará la información a un determinado punto geográfico.

La señal de 2 Mbps puede ser extraída y entregada en su destino o si su destino es un equipo terminal, la señal agregada es demultiplexada descendiendo hasta la señal de 2 Mbps. La estructura de multiplexión SDH define el camino estándar para mapear las señales contenidas en un STM, cuya unidad básica es una estructura STM-1 (155 Mbps). El valor de otras tasas de transmisión básicas es definido mediante el uso de un factor de multiplicación de cuatro. Estos son los 622 Mbps conocido como STM-4, 2.5 Gbps conocidos como STM-16 y los 10 Gbps o STM -64.

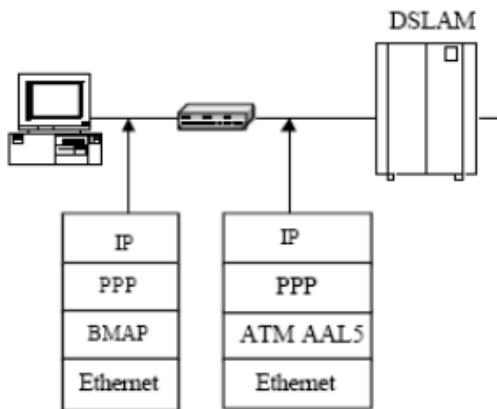
4.11 ATM

ATM es nivel 2 de OSI, es como Ethernet . Significa “Asynchronous Transfer Mode”. ATM no tiene ni control de flujo ni control de errores, se supone que esta diseñado para redes fiables.

En la figura se ilustra la forma en que diferentes flujos de información, de características distintas en cuanto a velocidad y formato, son agrupados en el denominado Módulo ATM para ser transportados mediante grandes enlaces de transmisión a velocidades (bit rate) de 155 o 622 Mbit/s facilitados generalmente por sistemas SDH.



Podríamos pensar que si la velocidad mínima de ATM son 155Mbps, lo que tenemos en casa con nuestro router ADSL no es una conexión ATM con el DSLAM , pero sí que lo es , solo que con una velocidad mucho mas lenta y permitida en ATM (VBR –variable bit rate- permitido en ATM clase AAL5). El DSLAM coge las celdas y al tener tamaños fijos las puede meter en un STM-1 (STM-1 = OC-3) a 155 Mbps.



ATM y SDH se desarrollaron a la vez para complementarse, por eso se definieron velocidades idénticas, además de un tamaño de trama de ATM compatible con SDH de modo que puedan meterse paquetes ATM sobre tramas SDH sin fragmentarlas ni tratarlas.

Si metemos tráfico IP en una red que usas tramas SDH, te tienes que adaptar a la velocidad de la trama básica, es decir a la de STM-1. “por eso ATM tiene una velocidad definida de 155 Mbps (velocidad mínima, aunque también acepta otras)

ATM tiene celdas de 53 bytes, son muy pequeñas para que se puedan conmutar en unos pocos ciclos de reloj del conmutador. Ese es el motivo de que sean pequeñas. Así se puede tener muchos paquetes pequeños de muchas transmisiones distintas, es decir, muchos circuitos simultáneos de comunicaciones distintas, aunque sea de menos celdas cada uno.

En cada celda, hay 5 bytes de header y 48 bytes de payload (carga útil de la celda) . Mediante métodos de conversión (ATM Adaptation Layers) se modifican todos los formatos de datos para ubicarlos dentro de las celdas.

4.11.1 Ethernet vs ATM

ATM no tiene ni control de flujo ni control de errores, se supone que esta diseñado para redes fiables. En esto se parece a ethernet.

Lo que es muy diferente es la señalización. En ATM la señalización (mensajes para el establecimiento de una conexión) no se hace a través del canal(circuito virtual) usado para tráfico, sino usando un canal específico de señalización cuya identificación es (VPI=0, VCI=5).

Otra diferencia importante es la longitud de los paquetes. ATM tiene celdas de longitud fija (53 bytes) lo que unido a velocidades definidas para trabajar en SDH, permite su transmisión directa en tramas SDH. Ethernet tiene paquetes de longitud variable y ello hace que no sea posible meter paquetes ethernet en contenedores virtuales directamente, sino mediante un sistema de encapsulamiento en tramas de longitud fija.

4.11.2 Circuitos “virtuales” ATM

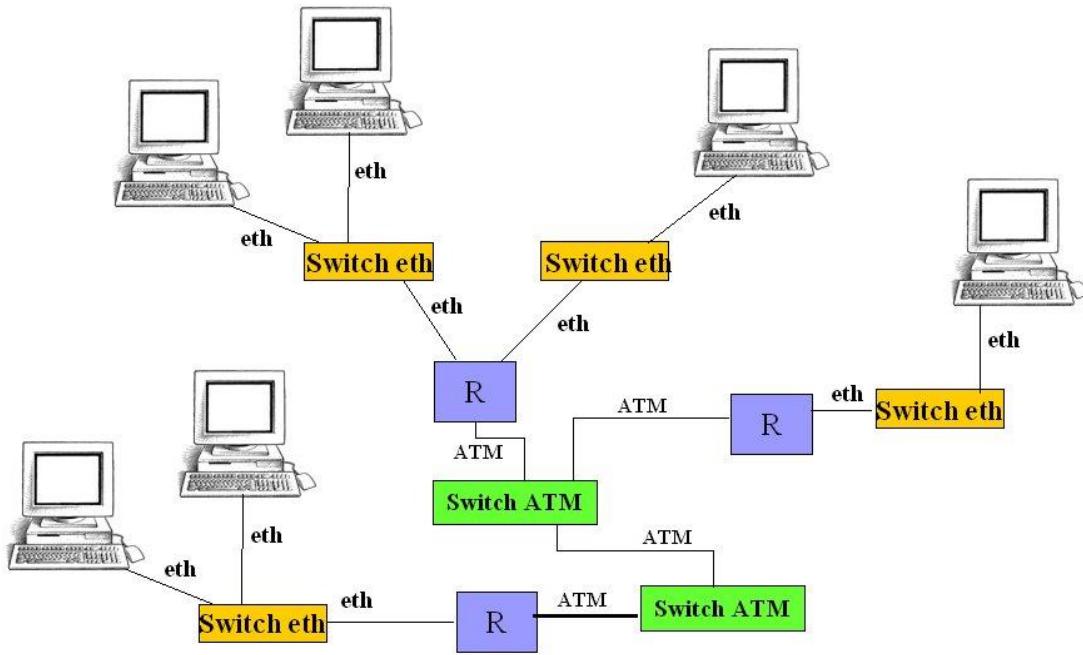
ATM utiliza circuitos virtuales(VCC Virtual Channel Connection) para conmutar. Es decir, es una conmutación de paquetes pero que van por el mismo camino, es lo mismo que MPLS, pero con celdas pequeñas. Lo de llamarlos “virtuales” es porque no se les ocurría otra palabra. Son conceptualmente circuitos de verdad, porque tienen reserva de recursos (ancho de banda garantizado) aunque no haya slots de tiempo reservados ni circuitos físicos (cables) reservados. Así que consideremos la palabra “circuito” en este caso no como la reserva de un recurso de comunicación, sino como la garantía de un cierto recurso de comunicación, que mientras no lo usemos, podrán usarlo los demás usuarios. Como es una matización respecto del concepto de “circuito” convencional (reserva de slots de tiempo) , se ha decidido llamarlo circuito virtual.

Cada circuito virtual en una red ATM no es afectado por el tráfico de otros circuitos virtuales, a diferencia de lo que ocurre con Ethernet, donde el tráfico de todos afecta a todos (en Ethernet no hay circuitos)

Toda las transmisiones de ATM contienen parámetros de QoS (Quality of Service) , ToS (Type of Service) , conformance y muchos parámetros mas para asegurar la transmisión.

El modelo más habitual, ha sido implementar un enlace troncal en ATM entre distintos routers, para comunicarlos estableciendo circuitos virtuales permanentes entre ellos. Es decir, sobre una red física ATM, definir una red lógica, IP

Todos los routers tienen interfaces ATM, de modo que pueden conectarse entre si utilizando este protocolo de nivel 2. Esto significa que podríamos asociar en las tablas de enrutamiento que para llegar a una determinada IP, hay que salir por una interfaz física ATM con un identificador de circuito. Luego veremos esto mas en detalle.



Ten siempre presente que ATM es un protocolo de nivel 2, y como tal, pueden existir switches ATM, pero no routers ATM (bueno, pueden tener interfaces ATM pero el concepto de router es otro) . Los Switches ATM conmutan celdas ATM basándose en los identificadores de circuitos, nada mas. Piensa que Ethernet es como ATM, ambos son protocolos de nivel 2 y por lo tanto, conceptualmente es lo mismo usar uno u otro, siempre que definamos correctamente los parámetros

Los VCC se clasifican en 2 tipos: permanentes (VPC) y comutados (SVC). Los permanentes hay que definirlos en el router IP, bueno, en realidad hay que definirlo en los dos routers origen y destino que van a usar el VCC y también en los switches intermedios. Como el router tiene interfaz ATM, es perfectamente posible definir esto. Un VPC posee dos identificadores: el VPI "virtual path identifier" y el VCI "virtual circuit identifier". Cada VPI es un circuito que puede tener hasta 65535 subcircuitos definidos por el VCI, para distinto propósito de tráfico (distinto ancho de banda, retardo, prioridad, etc.)

Los VPI cambian en cada salto de switch, pero los VCI permanecen invariables. EL motivo: el VPI identifica un tramo, nada mas, ese es el

concepto y el switch es como una operadora que conecta un VPI de entrada con otro VPI de salida, de modo que todos sus VCI asociados quedan conectados. El switch no mira el VCI, solo el VPI.

Las conexiones entre nodos ATM se realizan en base a dos interfaces diferentes, la User to Network Interfaces o UNI se emplea para vincular a un nodo final o «edge device» con un switch. La Network to Network Interfaces o NNI define la comunicación entre dos switches.

Los diseñadores piensan en UNI como la interface para conectar equipos del cliente a la red del proveedor y a NNI como una interface para conectar redes del diferentes proveedores.

4.11.3 IP sobre ATM

4.11.3.1 filosofía

El ancho de banda es cada vez menos un problema. Es mucho más económico y fácil tender más fibra que aumentar la capacidad de proceso de los switches. En esa misma línea, IP es una solución mucho más eficiente que ATM. La reserva de recursos no crea más ancho de banda. Para un ancho de banda dado y requerimientos por sobre la capacidad disponible, en ATM obtendremos señales ocupadas y en IP obtendremos degradación del servicio. No está claro qué es preferible, una red con señales ocupadas o una red con retardos. Una red IP con ancho de banda suficiente puede pasar audio y video en perfectas condiciones.

4.11.3.2 Funcionamiento

El modelo habitual, ha sido implementar un enlace troncal en ATM entre distintos routers, para comunicarlos estableciendo circuitos virtuales permanentes entre ellos. Es decir, sobre una red física ATM, definir una red lógica, IP

Al uso de IP sobre ATM se le llama **CLIP (Classical IP)**, también llamado “modo nativo”

Descrito en los RFCs:

RFC 1483. Multiprotocol Encapsulation over AAL5

RFC 1577, RFC 2225. Classical IP and ARP over ATM

RFC 1755. ATM Signaling Support for IP over ATM

La solución inicial planteada para llevar datagramas IP sobre SVC se especificó siguiendo el modelo clásico de IP, que se basa en definir cómo un datagrama IP viaja sobre una determinada subred. Dicha solución, denominada CLIP (Classical IP over ATM), engloba dos entidades: el servidor

de ATMARP (especificado inicialmente en [5]) y el servidor MARS (*Multicast Address Resolution Server* [6]).

El primero se encarga de la resolución de direcciones IP a ATM. Esta función, que se resuelve de una forma sencilla en las redes locales utilizando sus mecanismos de difusión, ha de realizarse de forma centralizada en ATM. Todos los clientes mantienen una conexión con el servidor, y a él dirigen sus preguntas cuando necesitan obtener la dirección ATM que corresponde a una determinada dirección IP. Las máquinas se registran en el servidor ATMARP al arrancar y preguntan al servidor cuando quieren establecer una conexión con otra máquina. Este mecanismo es similar al protocolo ARP que se usa en Ethernet, solo que en Ethernet se envía un mensaje de broadcast ethernet con la petición ARP, en lugar de enviarla a un servidor específico.

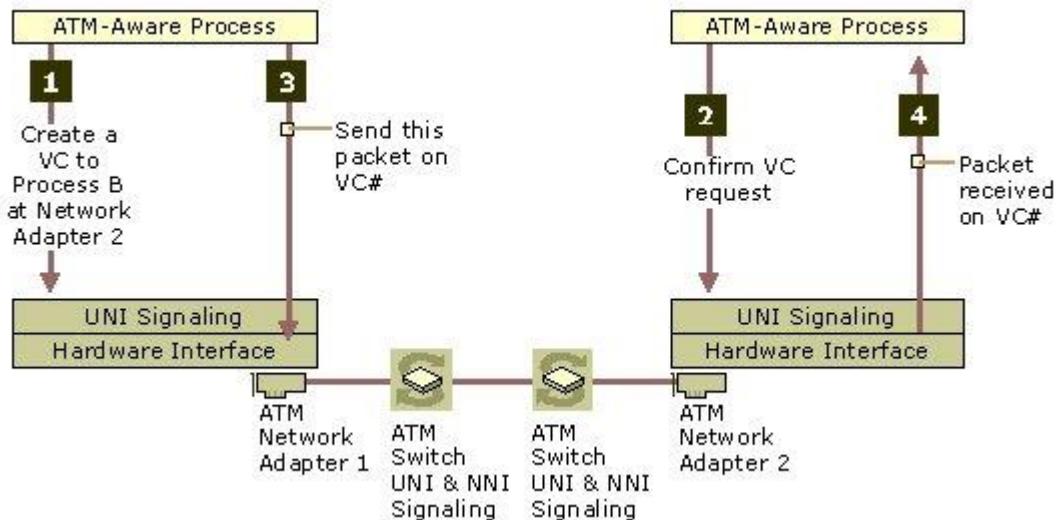
El segundo –servidor MARS– se encarga de la gestión de los grupos multicast. A diferencia de lo que sucede en las redes locales, la correspondencia directa entre direcciones IP multicast y direcciones ATM no es posible, puesto que en ATM no existen direcciones multicast asignables dinámicamente. La solución pasa por gestionar la correspondencia entre direcciones IP multicast y el conjunto de las direcciones ATM de los clientes que en cada momento desean recibir el tráfico dirigido a dicha dirección de grupo. Ésta es precisamente la función del servidor de MARS.

Cuando configuramos una interfaz ATM en un router, le tenemos que dar una dirección IP (lógico pues ATM es nivel 2 y IP es nivel 3 de OSI).

Además de configurar el interfaz ATM, hay que configurar en la tabla de rutas cual es el VCC para una determinada IP destino. La forma de hacerlo es la siguiente:

- decidimos un numero de VCC
- configuramos dicho numero en los routers origen y destino de la comunicación, y en los switches ATM intermedios. Se puede configurar dentro de un switch que el VCC se bifurque en dos, de modo que hacemos multicast.
- a continuación hacemos el mapeo ip-destino / VCC , en los routers

El caso descrito sería el de los PVC (permanent virtual circuits). Para el caso de los circuitos SVCs (circuito virtual conmutado), las dos maquinas con interfaces ATM que se van a comunicar (normalmente 2 routers) deben acordar el SVC y sus características de ancho de banda garantizado.



Estas configuraciones, en una red ip/ethernet no es necesario hacerlas en los switches ethernet, ya que existen direcciones MAC de destino para broadcast y multicast definidas en el protocolo ethernet.

- Dirección broadcast ethernet: FF:FF:FF:FF:FF:FF
- Dirección multicast Ethernet: 01:00:5E:XX:XX:XX siendo la parte indeterminada el “group identifier”, que depende de la subred (nivel 3) a la que se quiere hacer multicast

Sin embargo en las MAC ATM no existe esto. ATM es un medio orientado a conexión sin capacidad de broadcast ni multicast. Para proporcionar esos mecanismos, habría que conectarse a un nodo “root” que a su vez se conectase con N destinos, copiando todas las celdas ATM a todos esos destinos.

4.11.4 ATM usando la red de transmisión

La forma de conectar dos switches ATM normalmente no será conectándolos entre si directamente con un cable (como he pintado en la figura), sino haciendo uso de la red de transmisión.

Es habitual meter las celdas ATM por virtual containers del tipo 4 (VC-4) de SDH (Synchronous Digital Hierachy) para norma europea y SONET para norma americana. Las velocidades de transmisión de ATM mas frecuentemente usadas son STM1 u OC3 (SDH, SONET respectivamente) que son 155.2MBits/s , esta velocidad se puede transmitir tanto por fibra óptica como por cable del tipo STP5 y velocidades mayores solo transmisibles por fibra de STM4 - OC12 que son 622,5 Mbits/sec, STM16 - OC48 que son 2,5 Gbits/sec y una sobremultiplexación (canalización) en STM64 - OC192 de 10 Gbits/sec.

4.12 Pseudo-Wire

Un pseudowire (PW) es una emulación de un servicio nativo como puede ser ATM, Frame Relay, Ethernet, TDM, o SONET/SDH sobre una red de conmutación de paquetes que normalmente será IP o MPLS/IP. El PW emula la operación de un "transparent wire" transportando el servicio nativo.

La primera especificación de PW fueron el draft Matini para ATM , y el de TDMoIP para transportar E1/T1 sobre IP. En 2001, el IETF creó el PWE3 working group, que desarrolla la arquitectura para los ISP que quieran ofrecer servicios PW.

Actualmente hay muchos estándares, los más importantes son IETF RFCs 3985 (PWE3 architecture), 4447 (PW setup using LDP), 4448 (Ethernet PW), y 4553 (SAToP TDM PW), así como ITU-T Y.1411 a Y.1415, Y.1452 y Y.1453 (ATM, TDM, voice services, y Ethernet PWs), y X.84 (Frame Relay PW).

4.13 RDSI, o ISDN

ISDN de banda ancha esta basado en ATM y define una conexión de 155 mbps

El ISDN de banda estrecha es en realidad lo mismo que el de banda ancha pero con menos ancho de banda.

La conexión ISDN se construye como una suma de varios canales

A: canal telefónico analógico de 3khz

B canal digital PCM de 64kbps para voz o datos

C: canal digital de 16kbps

D

E

H

Al final solo se permiten

Basico: 2B +C

Primario: 30B +1D (en USA es 23B +1D)

Hibrido 1A+1C

El básico reemplazaría al antiguo POT (plain old telephone service) mediante un PCM, que es digital, frente al canal analógico

Hoy en día le puedes contratar a la compañía telefónica N x 64kbit (siendo N <30), en lugar de pedir un enlace primario

4.13.1 Conexión de datos RDSI vs. ADSL

Ambos tipos de comunicación están orientados a conseguir una alta velocidad de transmisión de forma fiable, sin embargo ADSL normalmente proporciona mucha mas velocidad. Asimismo, los dos permiten utilizar un canal para datos mientras se utiliza el otro para voz sobre la misma línea. Pero la diferencia más importante es que RDSI es un medio de conexión que funciona bajo la conmutación de circuitos, mientras que ADSL es un tipo de conexión punto a punto. Esto quiere decir que si queremos realizar una conexión con nuestro proveedor de Internet, utilizando una RDSI, debemos realizar el marcado de un número telefónico que a través de una centralita nos encaminará hasta el dispositivo receptor . El mismo caso ocurría si lo que deseamos es llamar a la red de nuestra empresa.

Utilizando un módem ADSL, la conexión que existe es permanente, es decir, no es necesario realizar ningún tipo de marcado para lograr el acceso a Internet. En el caso ADSL los bucles de abonado terminan en el DSLAM mientras que en el caso RDSI, el bucle termina en una placa RDSI de una central telefónica o de un DLC (como litespan) .

4.14 Conmutadores

Los hay de paquetes y de circuitos. Los de paquetes se usan por ejemplo en redes ethernet, mientras que los de circuitos se usan en los nodos de conmutación para voz (matrices de conmutación que manejan E1s) o en los nodos de conmutación de la capa óptica (crossconnect ópticos) o en conmutadores ATM.

4.14.1 Conmutadores de paquetes

Son ejemplos las matrices de conmutación IP (routers) y switches ethernet. En estos conmutadores no hay conmutación temporal pues no hay que reordenar slots, lo de los slots de tiempo (TDM) solo se usa en conmutación de circuitos. Por lo tanto es una conmutación espacial, pero un poco especial porque no se conectan puertos de entrada a puertos de salida, sino que en función de los datos de cabecera de cada paquete hay que sacarlo por un puerto de salida u otro. Por este motivo no sirven los esquemas convencionales y se usan procesadores de propósito general o bien específicos (ASICs Application specific integrated circuit). Internamente además del procesador y la memoria suele haber un bus compartido donde entran todos los mensajes de entrada. Al ser compartido, los mensajes deben esperar su turno si el bus esta ocupado, por lo que hay que gestionar colas en los puertos de entrada.

4.14.2 Comutadores de circuitos

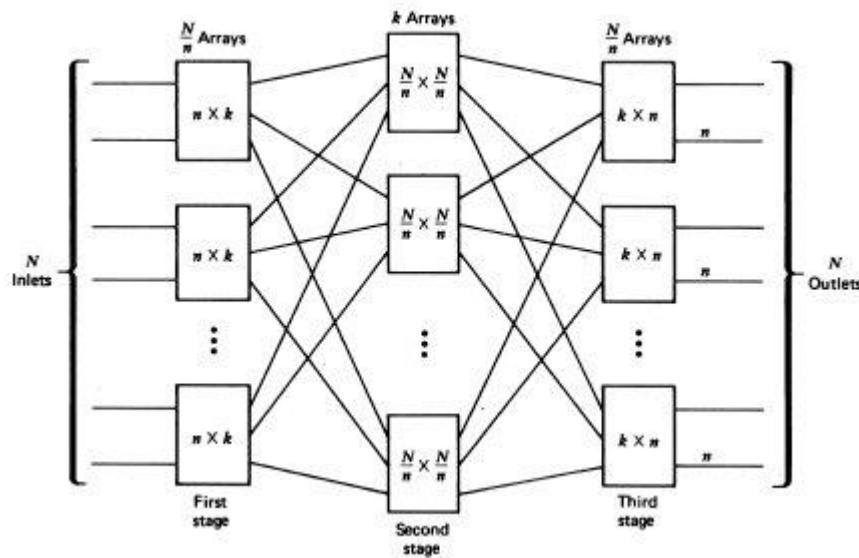
Antiguamente los comutadores de circuitos eran espaciales, pero con la digitalización de la información y la multiplexación temporal, los comutadores de circuitos son T-S-T (comutación de tiempo, luego comutación espacial y finalmente una comutación temporal.)

- **Matrices de conmutación telefónica : TST** (tiempo-espacio-tiempo): Se trata de memorizar los intervalos de tiempo de una trama de 2 Mb/s (30 Bytes) en una memoria Buffer y extraerlos de dicha memoria en una orden distinto. De esta forma la información contenida en el intervalo de tiempo puede llevarse a la posición de otro intervalo. Se trata de una permutación de intervalos de tiempo sobre tramas de 2 Mb/s.
- **Matrices de conmutación óptica: TST:** La primera etapa puede reordenar los circuitos VC12 y luego conmutarlos espacialmente a nivel STM-1, para finalmente volver a reordenarlos temporalmente . Al hacerlo así, se obtiene globalmente un comutador de circuitos VC12 o similar , en lugar de un comutador de circuitos de tipo STM-1.

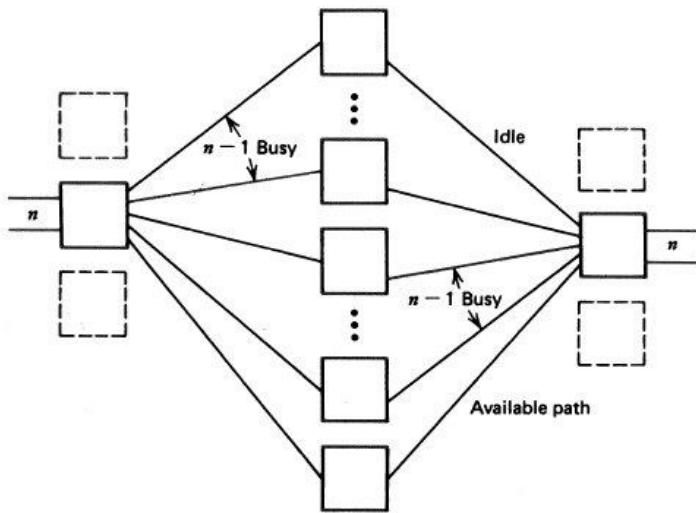
4.14.2.1 Comutadores de circuitos espaciales

Los comutadores espaciales pueden verse como una matriz de NxN, y por lo tanto pueden tener muchos puntos de cruce, lo cual es un problema si N es muy elevado. La forma de simplificarlo es mediante etapas , es decir, matrices de NxN pero mas pequeñas e interconectadas entre si.

La estructura de una matriz de conmutación de tres etapas es la mas común . Este es un sistema Clos de tres etapas con dos etapas finales idénticas (entrada y salida) y una etapa central:



La matriz “Clos” se puede bloquear, a menos que cumpla una determinada condición:



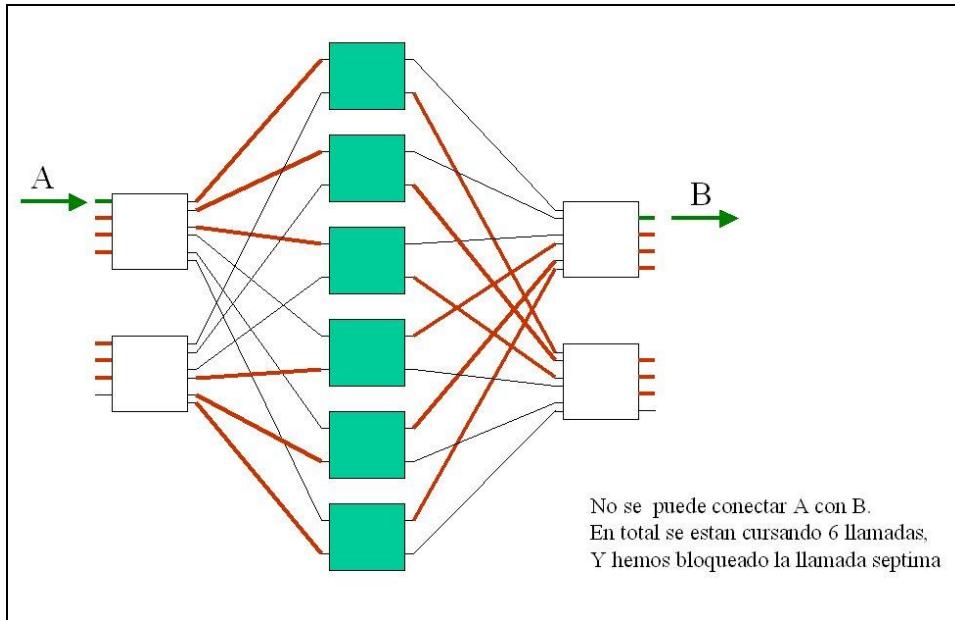
Condición de no bloqueo de una red de 3 etapas:

$$k = 2(n - 1) + 1 = 2n - 1$$

m o k es el numero de salidas de las matrices de la primera etapa
 n es el numero de entradas de las matrices de la primera etapa
 k es el numero de matrices de la etapa intermedia. Debe ser $\geq 2n - 1$

supongamos que $N=8$ y supongamos
 por ejemplo, $n=4$, por lo tanto $k=7$ si no quiero bloqueo

veamos que pasa si $n=4$ y $k=6$



En este caso es una red muy tonta:

ptos de cruce si fuese matriz monoetapa = $8 \times 8 = 64$

en multietapa: $2 \times 2 \times 4 \times 6 + 6 \times 2 \times 2 = 96 + 24 = 120$

teóricamente las redes multietapa se hacen para ahorrar puntos de cruce

Pero si N fuese elevado, pej 64 tendríamos:

matriz = $64 \times 64 = 4096$

multietapa = $2 \times 64 / 4 \times 4 \times 6 + 24 = 768 + 24$

Así que esto de las multietapas funciona cuando N no es pequeño

Así, para cualquier circuito de entrada libre que queramos conectar con un circuito de salida libre, existirá un camino libre.

4.14.2.2 Mecanismos de re-organización de conexiones

Existen mecanismos para que k sea simplemente $>n$ en lugar de $2n-1$. Estos mecanismos son de re-ordenación:

cuando la tabla de enrutamiento activa no permite una nueva conexión se realiza un desplazamiento de conexiones existentes para hacer posible dicha conexión.

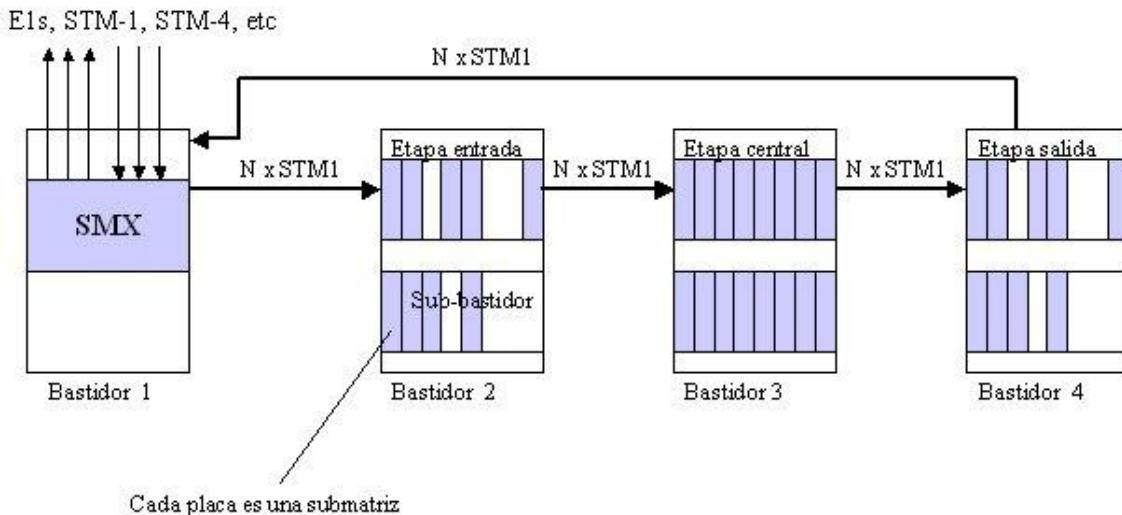
Este mecanismo es usado, por ejemplo, por las matrices de conmutación óptica LMC-960 integradas en las placas (cada placa implementa una matriz de etapa central o de entrada o de salida) de los crossconnect Alcatel 1641SX. Dichas matrices tienen hasta 960 entradas de STM-1 y 960

salidas (configurable). Se puede hacer punto-multipunto (una entrada a varias salidas) . El truquillo de la reordenación se basa en las “condiciones de Benes” que simplemente dice que $k \geq n$ para que no haya bloqueo si reordenamos. En el ejemplo anterior (el dibujo de bloqueo a la séptima llamada) si pensamos como desbloquear es tan simple como mover una de las conexiones para dejar sitio a la nueva. Esto implica una cierta lógica de programa que decida que conexión mover y por ejemplo lo que hace un crossconnect Alcatel 1640SX es reservar en cada módulo matriz 3 VC12s , para reorganizar. A veces una reorganización implica varios movimientos secuenciados en tiempo y se necesita usar circuitos auxiliares solo para la operación de reorganización, que quedan liberados una vez se ha reorganizado. Por lo tanto es mas complejo pero ahorra matrices y es lo que se hace en la práctica. Una reorganización de esta naturaleza le puede costar a una matriz de conmutación del orden de 50 ms.

4.14.2.3 Ejemplo de matriz de conmutación óptica TST

Equipo 1640SX crossconnector óptico. Compuesto de una tarjeta por cada submatriz, insertada en un sub-bastidor. Como hay 3 etapas, hay 3 sub-bastidores, que contienen las tarjetas (matrices) insertables de cada etapa respectivamente, además cada sub-bastidor está redundado para tolerancia a fallos. La etapa central se equipa a la máxima capacidad y las etapas de entrada y de salida se pueden equipar de acuerdo al tráfico, de modo que se crece en función de las necesidades

Además, como las tarjetas de matriz trabajan con STM-1, en caso de que sea necesario conectar un STM-4 o un STM-16, primero hay que desagregarlo en varios STM-1. Para ello se usa lo que se denomina Matriz SMX, que tiene funciones de desagregación (demultiplexión temporal). Esta matriz envía todos los STM-1 a las sub-matrices de la etapa de entrada de la matriz de conmutación, usando cables que van de un bastidor a otro y vuelve a agregar a la salida. Si la entrada son E1s, entonces lo que hace es agregar , ya que la entrada de las submatrices es siempre STM-1



Este equipo además viene equipado con otras muchas tarjetas que dan diferentes funcionalidades , como:

- NAU: es la tarjeta de gestión (en realidad es un PC industrial con Linux). Cuando una tarjeta nueva es insertada en el sistema (por ejemplo una SMX o una tarjeta de protección de circuitos EPS), la NAU lo detecta y le telecarga la configuración para que comience a funcionar.
- Tarjeta de sincronización
- Tarjetas de protección de circuitos "P4S1"
- Controladoras de subrack "SPB"
- Etc.

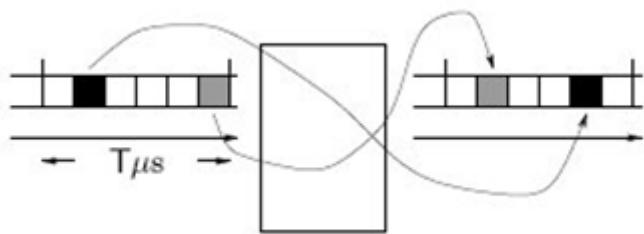
4.14.2.4 Ejemplo de matriz de conmutación TST telefónica

Se describe en el capítulo de red de conmutación el Sistema 12 , con cierto detalle. Sin embargo quiero adelantar que la matriz de conmutación de transmisión es más parecida a una "caja de empalmes" porque las conexiones no son dinámicamente establecidas (salvo casos de fallo de un enlace), mientras que en una matriz telefónica, cada vez que un usuario llama, se establece una conexión nueva y se libera al terminar la llamada.

4.14.2.5 Conmutación temporal

Un conmutador temporal es una conexión "virtual" entre la entrada y la salida. Se trata de memorizar los intervalos de tiempo de una trama de 2 Mb/s (30 Byte) en una memoria Buffer y extraerlos de dicha memoria en una orden distinto. De esta forma la información contenida en el intervalo de tiempo puede llevarse a la posición de otro intervalo. Se trata de una permutación de intervalos de tiempo sobre tramas de 2 Mb/s (suponiendo que trabajamos con E1s).

Como la conmutación temporal (T) requiere una memorización de los intervalos de tiempo de tramas, el retardo introducido es importante.



La etapa temporal de un conmutador TST funciona de esta manera.

5 Red completa

Las redes de telecomunicaciones actuales se suelen dividir por funciones en las que trabajan normalmente distintos especialistas, dando la apariencia de áreas de competencia y tecnologías diferentes. En realidad no es así puesto que las mismas técnicas se utilizan en todas las áreas. Lógicamente se aplican soluciones parecidas a problemas parecidos.

No obstante, podemos dividir una red en las siguientes partes:

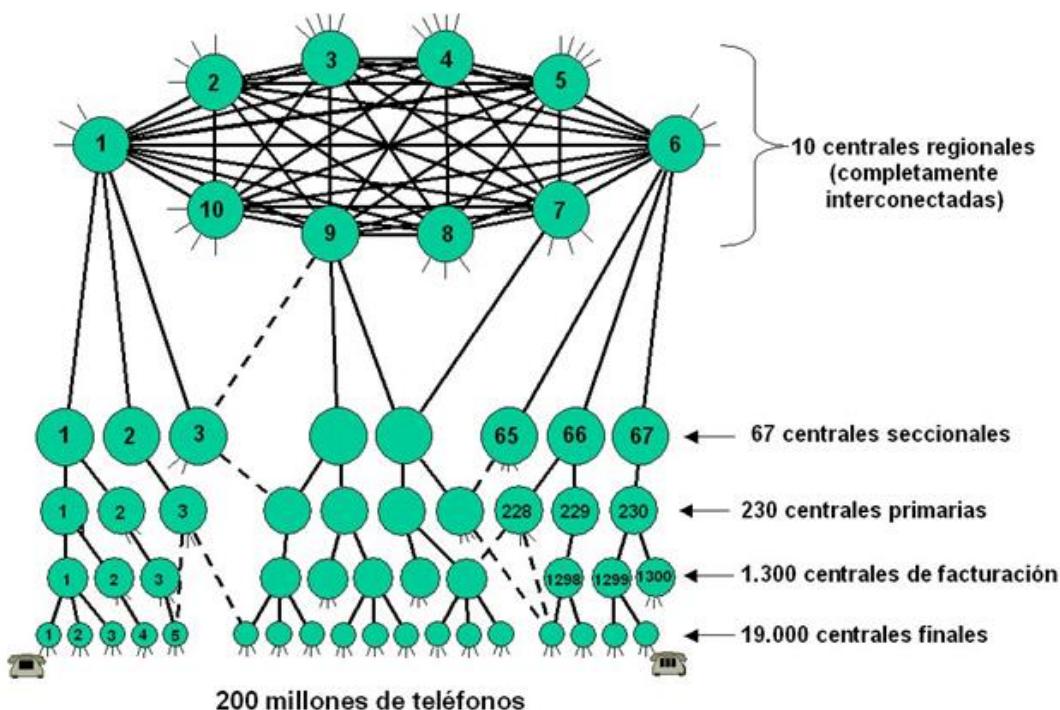
- **Red de acceso:** fijo o móvil, es el punto de entrada y salida de información de la red. Los equipos que aquí se encuentran van a recibir y agregar la señal de muchos abonados y finalmente inyectarán la señal en la red.
- **Transmisión:** los equipos de transmisión hacen referencia siempre a transmisión óptica. El conjunto de anillos de fibra, amplificadores, multiplexadores y demultiplexadores de señal, y crossconectores forman los “cables” de la red
- **Red de datos:** los equipos que enrutan los paquetes de datos (normalmente IP) se conectan a las redes de acceso y forman una red mallada de modo que desde cualquier origen se alcance cualquier destino
- **Red de conmutación:** en el caso de la voz, aunque actualmente las centrales de conmutación de voz están dejando paso a las soluciones de VoIP, siguen siendo vigentes y utilizan un esquema TDM de transmitir la información, con modos de direccionamiento y enrutamiento muy diferentes a los de los datos IP. Esta red convive en paralelo con la red de datos.
- **NGN:** Aunque son nodos conectados a la red de datos, su funcionalidad es precisamente sustituir a las redes de conmutación de circuitos de voz (TDM) por redes de paquetes basadas en un core IP. Para ello nace IMS (IP Multimedia Subsystem), que es una arquitectura NGN y describe los nodos y funciones de un core IP para dar servicios tradicionales de voz (y otros nuevos). Ligado a estos nodos se ha definido un protocolo de establecimiento y control de sesiones (SIP), nodos que sean capaces de entender dicho protocolo, registrar a los abonados (ya que pueden estar apagados), y proporcionar servicios básicos como los que existen en TDM.

6 Red de Acceso Fija

6.1 Nodos de acceso

Antiguamente las redes de telefonía eran jerárquicas, con muchos niveles, aunque a veces se abrían caminos entre centrales locales de mucho tráfico, como en la siguiente figura

Estructura jerárquica de una red de conmutación telefónica convencional



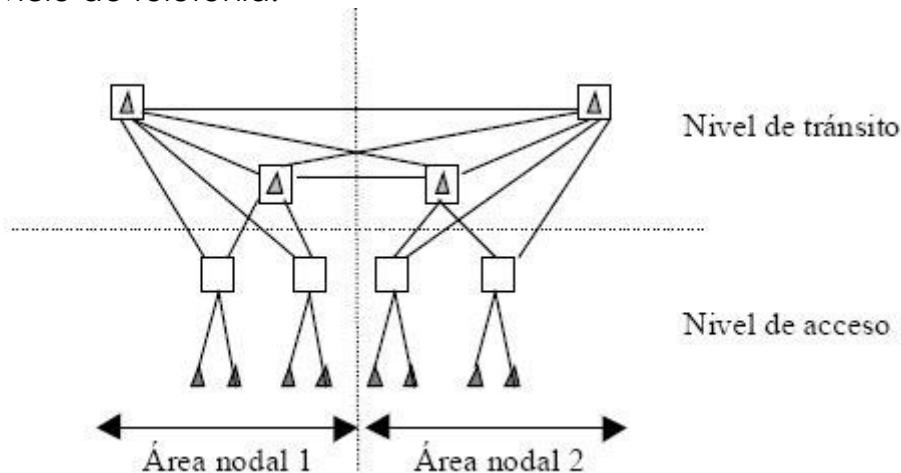
Hoy en día, la red conmutada se ha simplificado y podemos hablar tan sólo de dos tipos de centrales:

- Centrales Locales (conectadas jerárquicamente con 2 o mas centrales de transito usando SDH)
- Centrales de transito: conectadas en malla (todas con todas, usando SDH)

Además de estas dos tipos de centrales (local y transito), existe el concepto de RSSU (Remote Suscriber Switching Units: equipo remoto de conmutación y multiplexión). El Litespan (Alcatel) o el Anymedia (Lucent) son ejemplos de este tipo de equipos (en la figura está representado con un triangulito). A estos nodos de acceso también se les denomina DLC (Digital Loop Carrier) porque son los equipos que reciben el bucle de abonado directamente y utilizan interfaces abiertas con LEX (central local o ‘Local Exchange’). Un RSU tradicionalmente es una “extensión de la

central” y mantiene un protocolo de comunicaciones propietario con ella sobre una línea punto a punto. De este modo los fabricantes de centrales fabrican también los RSU que se le conectan.

Los DLC actúan como RSU pero con un interfaz abierto (llamado V5) y además proporcionan otros servicios (servicios de datos) además del servicio de telefonía.



Gracias a los RSSU (tanto si es o no un DLC) se reduce el número de centrales locales de conmutación en el área objeto de estudio a, en el caso extremo, una sola central, de la que cuelgan decenas/cientos de elementos DLC: el área cubierta por dicha central pasa de los típicos 5 Km. a distancias de 100 Km. o superiores.

Hoy en día vemos en las redes de los operadores usuarios conectados directamente a las centrales de conmutación locales, usuarios conectados a través de un DLC y usuarios conectados a través de una RSSU. Todo depende de si es un operador relativamente nuevo o no. Por ejemplo, Telefónica tiene miles de usuarios conectados a sus 800 centrales locales de conmutación mientras que ONO tiene poquitos usuarios conectados directamente a sus 30 centrales, casi todos se conectan a través de un DLC.

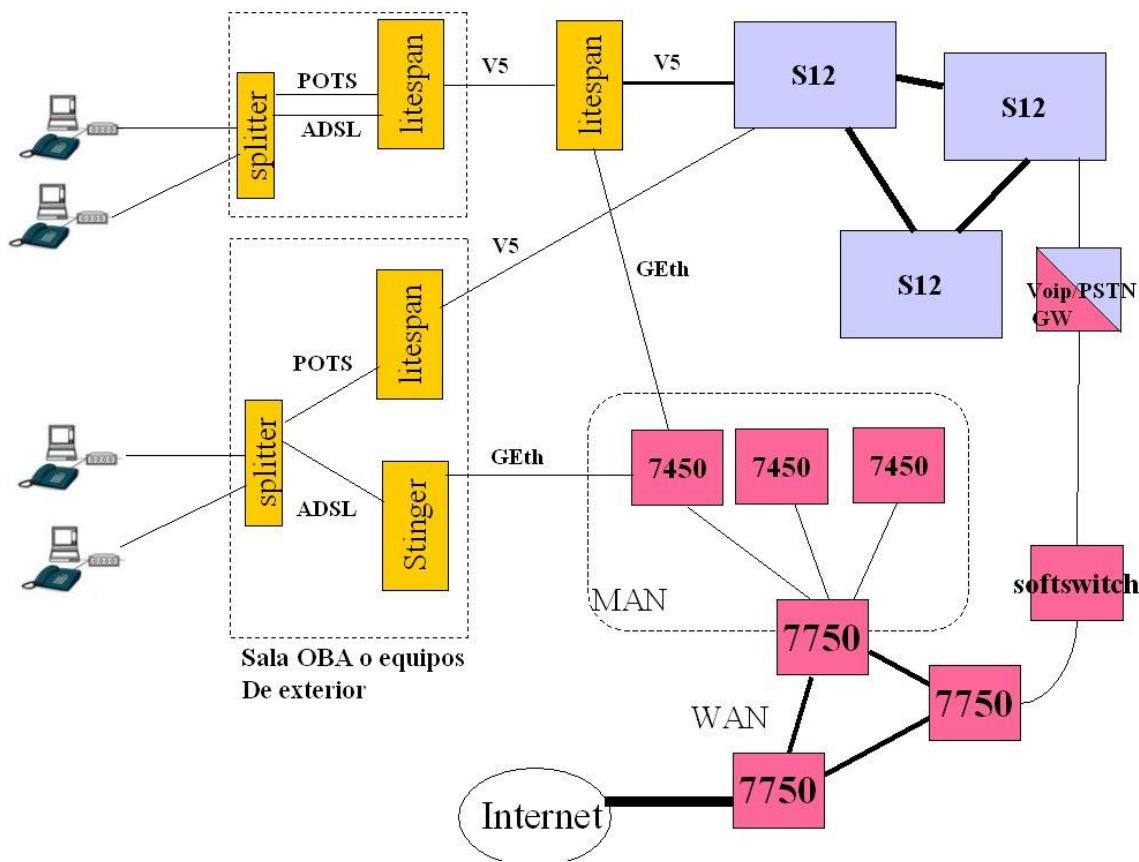
El objeto de este capítulo es estudiar esos “triangulitos”, que antiguamente daban servicios de voz (eran nodos de acceso a la red de conmutación de voz) y hoy dan servicios de acceso a la red de voz, televisión e internet.

6.2 Qué hay en tu barrio

Cerca de tu casa seguramente hay cerca un nodo DLC, por ejemplo un Litespan, donde termina tu bucle de abonado. Pero también puede haber un DSLAM. Si están los dos, uno se usa para telefonía (el litespan) y el otro

para dar servicio de acceso a Internet (el DSLAM). Si sólo hay Litespan, el mismo puede dar los dos servicios. Normalmente se usan los dos porque el Litespan puede actuar como DSLAM pero de "baja densidad" lo cual quiere decir que puede dar servicio ADSL a menos abonados. En aquellos lugares donde la penetración de ADSL es del 50%, puede ser factible el uso de Litespan como solución combinada de POTS + ADSL. Actualmente existe una versión de Litespan de alta densidad (hasta 48 abonados por tarjeta de línea) llamada ANETO.

A veces el DLC está en la calle protegido dentro de una caseta o bien se encuentra dentro de un edificio junto a una central telefónica, en lo que se conoce como sala OBA (la veremos mas adelante). Sirva la siguiente figura como ilustración de lo que nos podemos encontrar tanto cerca de tu barrio como los equipos hasta donde llegan las conexiones (usando la red de transmisión) para llevar a tu casa el servicio de telefonía convencional (POTS) como el servicio de datos (ADSL), así como Voz sobre IP (VoIP)

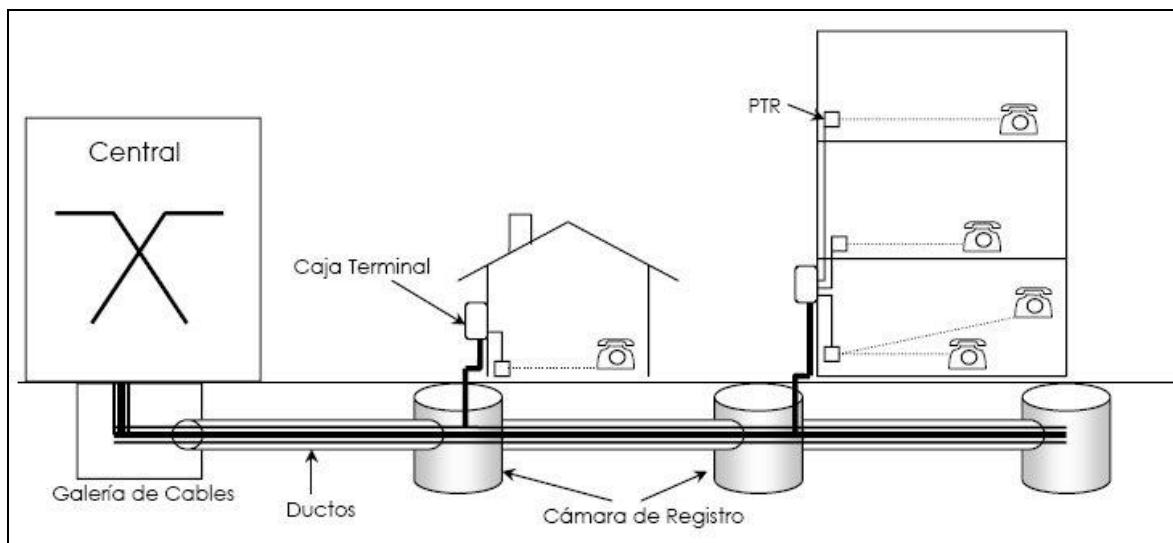


A veces podemos ver varios DLC en cascada, agregando las señales de abonado más y más. En la figura vemos también elementos que separan la voz de los datos (splitters) y equipos que agregan las señales de datos de

los abonados (llamados DSLAMs y representados por un equipo "Stinger" de Alcatel-Lucent).

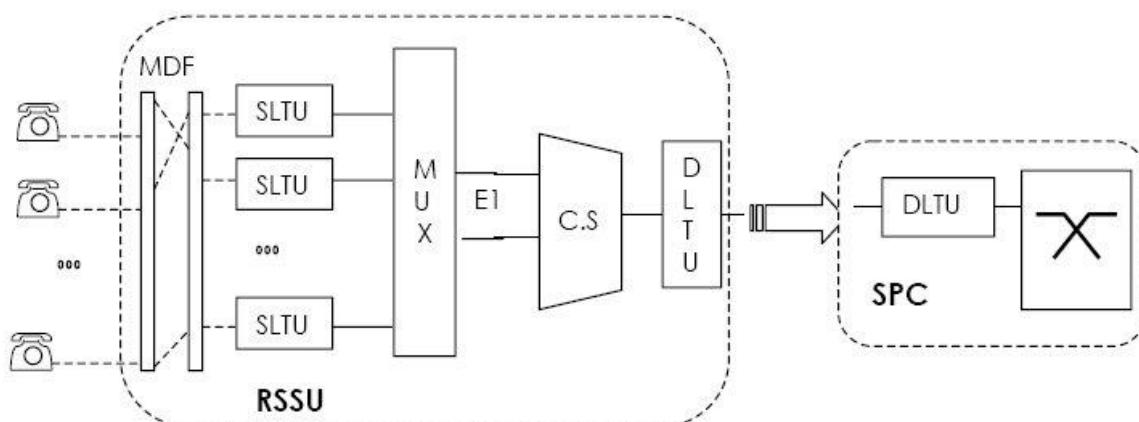
6.3 Conexión de los POTs a los DLCs o a la LEX

La siguiente figura muestra como se conecta un teléfono a una central (Local Exchange) . En esta figura el RSSU (o el DLC) no aparece:



En la figura aparecen representados dos tipos de vivienda y los ductos que llegan hasta la central. Cada manzana tiene una cámara de registro por donde entran los cables de las viviendas.

La siguiente figura representa un RSSU Remote Suscriber Switching Units (como el litespan, aunque el Litespan es algo más pues es un equipo "DLC") .Los abonados acceden a través de canalizaciones subterráneas (ductos) al repartidor principal (MDF), que permite la conexión física del bucle de abonado con las unidades de terminación de líneas de abonado (SLTU) de la central.



Las SLTU realizan las funciones de terminación de línea de abonado analógico, como son: alimentación eléctrica del terminal, protección contra picos de tensión, detector de actividad en la línea, extracción de señalización de línea y conversión analógico/digital. Estos módulos en la práctica son tarjetas de N puertos (un puerto por abonado) como las tarjetas "ATLCA" de 30 puertos del Litespan de Alcatel-Lucent.

Las líneas digitales de las SLTU se agrupan en señales E1 de 2Mbps (o T1 de 1.5 Mbps) mediante la etapa de multiplexión (MUX).

Los canales agrupados en E1 pasa a una etapa de concentración (C.S.), a cuya salida se montan nuevas tramas E1 con los canales activos. Si queremos dar mas de 2Mbit/s a un abonado, significa que se puede llegar a comer más de un E1 completo.

Como los distintos tipos de señales digitales pueden tener códigos de línea y valores de potencia diferentes, antes de ingresar en la matriz de conmutación se homogeneizan las entradas mediante la unidad de terminación de línea digital (DLTU), que ofrece una interfaz estándar común para todas las terminaciones digitales. Esta interfaz es V5 (V5.1 o V5.2) entre el RSSU y la central (es decir, que la salida del DLTU es un V5)

A continuación se incluye una lista de nodos de acceso (DLCs) de diferentes fabricantes:

- Alcatel Litespan 1540
- Siemens Fastlink
- Lucent Anymedia
- Marconi Radio Access Solutions
- SIAE PMP - AN radio
- Huawei
- Ericsson Diamux

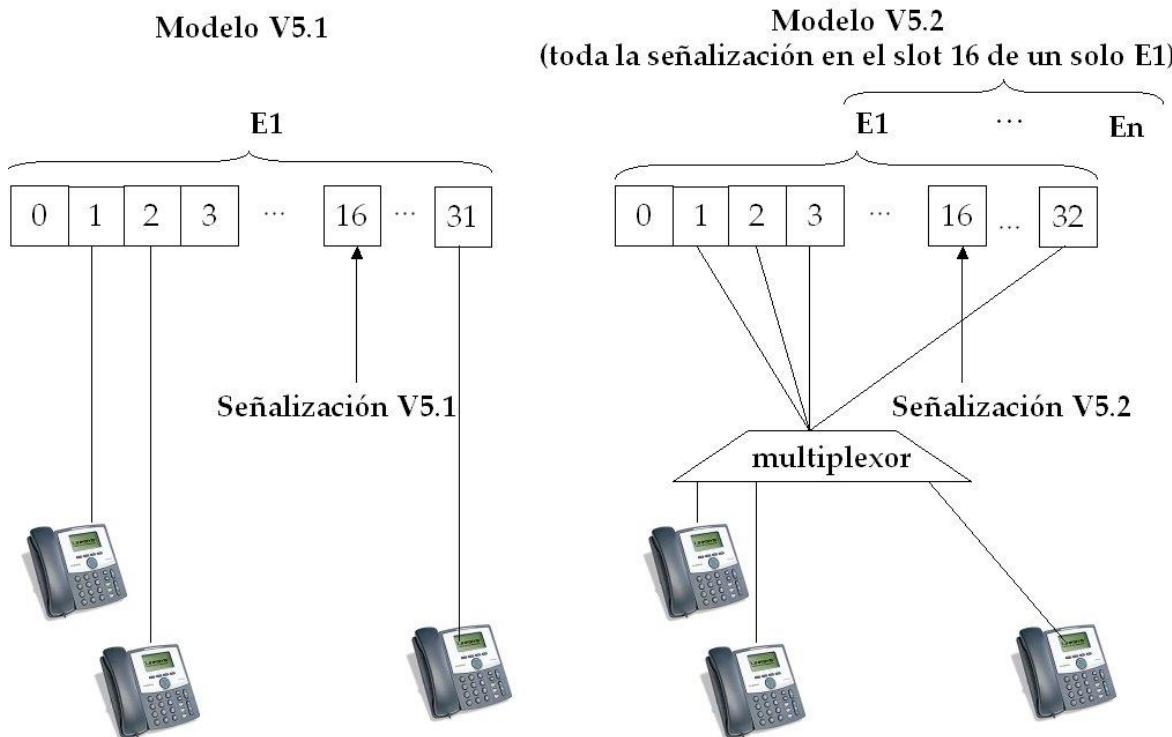
6.4 Interfaz V5 entre nodos de acceso (DLC) y la central (LE)

La interfaz V5 fue diseñada en ETSI (aprobada en ITU-T) para la conexión abierta entre las centrales locales LE (Local Exchange) y los equipos de acceso (multiplexores E1). Previamente se usaban interfaces de tipo propietarias que no soportaban los servicios de ISDN. De esta forma se libera la dependencia de un sólo proveedor de equipos de conmutación y de acceso, logrando una interfaz de gestión común.

Se disponen de dos tipos de interfaz V5. La interfaz V5.1 es una interfaz estática que permite llevar directamente al centro de conmutación las líneas E1 provenientes desde un multiplexor (concentrador de abonados conectado mediante una red SDH óptica a la central local, por ejemplo).

Esto permite eliminar la demultiplexación a la entrada de la central y la conexión mediante líneas a frecuencia vocal VF. La interfaz V5.2 es dinámica que permite operar mediante 16 líneas E1 en paralelo.

Una diferencia entre V5.1 y V5.2 es que esta última introduce una concentración en la red de acceso, de modo que hay más líneas telefónicas que slots disponibles en los E1, pero no importa porque es improbable que todos los usuarios quieran hablar a la vez.



- Asignación estática POTs – slot del E1
- La señalización solo tiene info del E1

- Asignación dinámica POTs – slots del E1
- La señalización info del E1 y de otros E1,
- utilizando el slot 16 de otros E1 para POTs

Un interfaz V5.1 está formado por sólo un enlace E1, cuyos slots de tiempo están estéticamente asignados a los puertos de usuario PSTN y RDSI, por lo que este tipo de interfaz no soporta concentración. En cambio, un interfaz V5.2 puede llegar a estar formado por un máximo de 16 enlaces E1. Aunque los interfaces V5 pueden llegar a estar formados por 16 E1, en la práctica suelen estar constituidas por entre 2 y 4 E1, los cuales son pares activo-pasivo. En un interfaz V5.2 los slots de tiempo se asignan dinámicamente llamada a llamada, de modo que en unos pocos E1s se pueden concentrar muchos usuarios ya que los slots de tiempo no están reservados sino que son compartidos entre todos los usuarios. En función de la tasa de llamadas por usuario se podrá concentrar más o menos.

V5 hubbing:

Consiste en concentrar varios V5.2 en uno solo. Para ello se seleccionan los slots activos de los E1 de ambos V5.2 y se concentra la señalización en un solo slot, reduciendo el número de E1s necesarios. Hay nodos de acceso que soportan esta posibilidad, como el Litespan 1540 de Alcatel.

El grado de concentración final en un V5 oscila entre 1:4 a 1:8, es decir, considerando que un V5 dispone de 30 canales de voz, podemos hablar de concentrar sobre un solo enlace entre 120 y 480 abonados. El número de abonados que el operador quiera concentrar dependerá del tipo de éstos. No es lo mismo concentrar abonados residenciales que clientes de empresa. Tampoco es lo mismo concentrar abonados que sólo hablan por teléfono que concentrar abonados que mantienen conexiones de datos usando la línea analógica para llamar a un servidor RAS.

La idea final es tener un 80% de canales ocupados en la hora cargada, de modo que se puedan absorber picos de tráfico puntuales. Esto es algo mucho menos refinado. No se entra en calcular probabilidades de saturación, ni nada. Es todo muy empírico.

6.4.1 Protocolos de señalización en Interfaces V5

La interfaz V5 define un conjunto de protocolos que el ETSI ha promovido para la interconexión de los nodos de acceso (los RSSUs o DLCs) a las centrales de conmutación telefónica tradicionales. La conexión V5 entre un nodo de acceso y una central utiliza accesos primarios RDSI (E1) a 2 048 kbit/s (ITU-T G.703/G.704). El nodo de acceso proporciona interfaces PSTN y RDSI a los abonados (puertos de usuario). Para líneas analógicas, en el lado de la central, la señalización del puerto de usuario telefónico tradicional (PSTN) se convierte en una parte funcional del protocolo V5 para señalización. Para usuarios de RDSI, V5 define otro protocolo de control para el intercambio de los mensajes requeridos.

La versión V5.2 tiene definidos los siguientes protocolos, que básicamente son colecciones de mensajes que viajan por el slot 16 del E1 que lleve la señalización. Los números entre paréntesis son los identificadores de protocolo que veríamos en un analizador

1. Protocolo de control de enlaces (Link Control Protocol) (8180): gestiona los múltiples enlaces E1 del interfaz V5.2 y controla el estado operacional (bloqueo y desbloqueo) de los enlaces E1 que componen el interfaz V5. También gestiona la identificación de los enlaces E1 y las condiciones de fallo de los enlaces.
2. Protocolo de protección (Protection Protocol) (8179): Este protocolo corre en paralelo en dos enlaces E1 separados por motivos de seguridad. Controla la conmutación de protección del canal de comunicación (C-Channel) del E1 activo al de reposo (stand-by) en

caso de fallo de nivel físico o comandos de bloqueo. De cada par de enlaces protegidos, actuando como uno respecto a V5, hay uno que se llama primario y otro secundario.

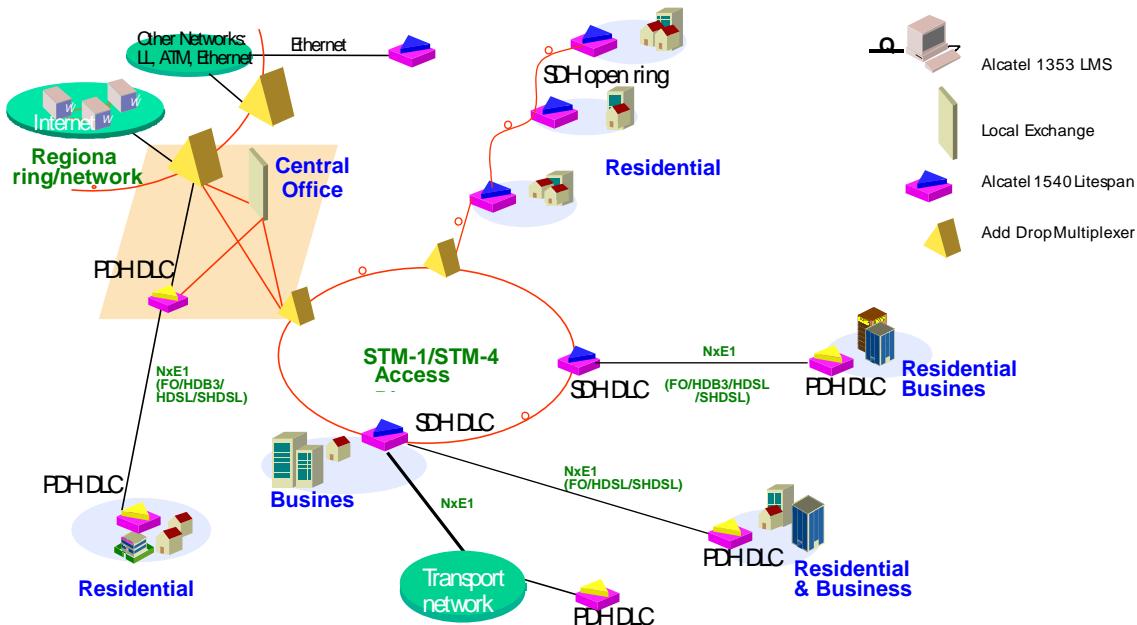
3. Protocolo BCC (Bearer Channel Connection Protocol) (8178): Los mensajes de este protocolo siempre se originan en la central (LE). Este protocolo se encarga de asignar conexiones a los usuarios de PSTN y RDSI, identificadas por la información de señalización, a los slots de tiempo de los enlaces E1 del V5, cada vez que se inicia una llamada (mensajes de allocation y deallocation).
4. PSTN Protocol (8176): mensajes de establecimiento y liberación de llamada de usuarios de POTS.
5. Control Protocol (8177): controla el estado operacional (bloqueo y desbloqueo) de los diferentes puertos de usuario. También controla la activación y desactivación del nivel físico de cada acceso básico RDSI.

Estos protocolos son los cinco que forman la suite de protocolos V5.2. El V5.1 sólo tiene los dos últimos (el PSTN y el Control Protocol).

6.4.2 Conexiones físicas entre DLCs y la central

Como los enlaces entre el nodo de acceso RSSU (un DLC hace las veces de RSSU y más cosas) y la central es un conjunto de E1s, es usual conectar en anillo varios nodos de acceso mediante enlaces de fibra óptica usando SDH y meter los E1s en contenedores V12. En algún punto del anillo, un ADM extrae dichos E1s y se los envía a la central de conmutación, de modo que a la central sólo le llegan E1s, en lugar de una trama SDH (STM-1 o STM-4).

En la figura aparece representado un anillo STM-1 de acceso con dos litespan (SDH DLC) y dos ADM. Uno de los ADM inserta un contenedor en la fibra (con varios E1) y el otro toma el STM-1 de la fibra y extrae los V5 de todos los litespan, para pasárselos a la central de conmutación (Local Exchange).



Este anillo es llamado “anillo de acceso” y aunque podríamos pensar que forma parte de la red de transporte, en realidad se puede decir que pertenece a la red de acceso porque se gestiona desde la interfaz de gestión del DLC.

Los nodos de acceso a veces también implementan servicios de datos, de modo que además de conectarse a la red de comutación (a las centrales usando V5) también se pueden conectar a redes de datos IP o ATM, actuando como DSLAM. Es decir que hay equipos RSSU que aúnan la funcionalidad DSLAM y RSSU. Por ejemplo, el Litespan de Alcatel es capaz de dar ambas funcionalidades.

Litespan también permite conectarse a la red IP para dar acceso telefónico de tipo Voz sobre IP, para ello se le pueden insertar unas tarjetas que transforman los canales TDM de un E1 en streams de paquetes (flujo RTP y RTCP), de modo que puede actuar como “access gateway” de un servicio telefónico de voz sobre IP. Este tipo de servicios se suelen dar a empresas.

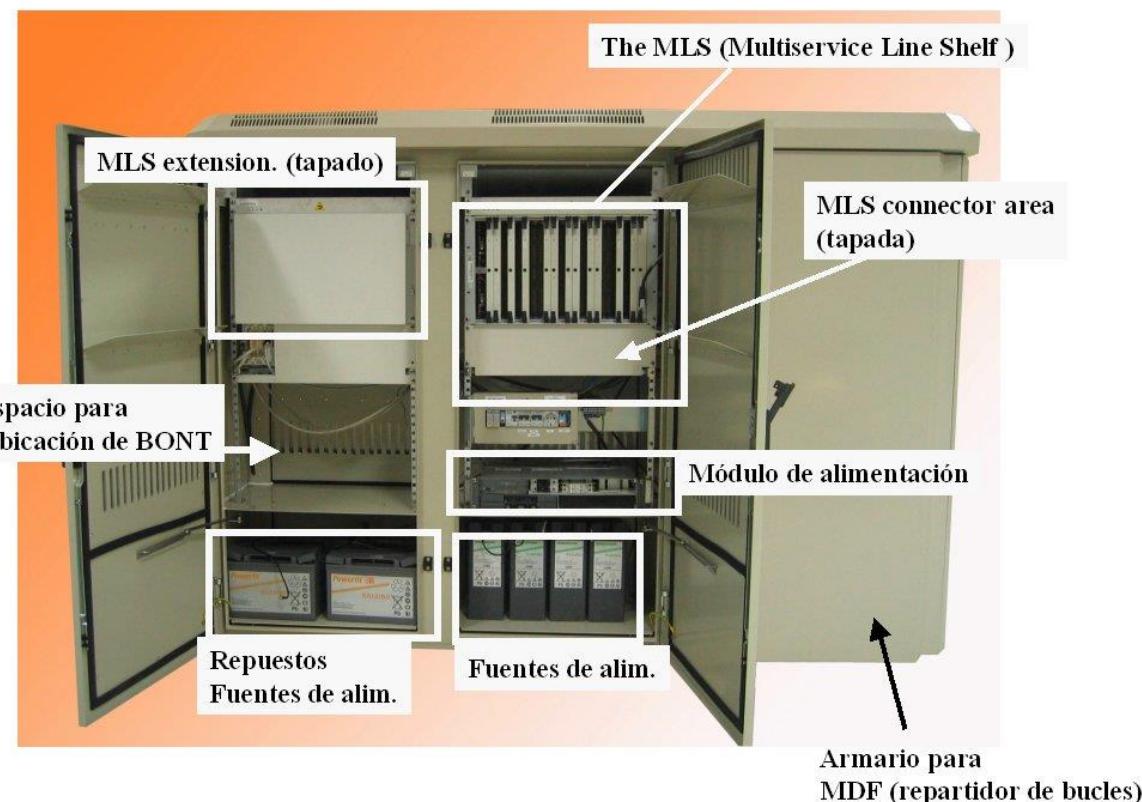
6.5 Ejemplo de DLC: Litespan 1540

El Litespan es un DLC (Digital loop carrier) que puede actuar como RSSU para servicios de voz tradicional (líneas telefónicas analógicas y digitales RDSI) y como gateway de voz sobre IP (usando señalización H248 y/o SIP). También puede actuar como DSLAM, todo depende de las tarjetas con que lo armemos. Por todo ello se le llama nodo de acceso “multiservicio”.

Los servicios que proporciona se pueden dividir en servicios de banda ancha y de banda estrecha:

- Servicios de banda estrecha (The Narrow Band part – NB-) , como son POTS, ISDN y líneas dedicadas TDM (Leased Lines). Una leased line es una línea dedicada, normalmente contratada por una empresa, que suele salir de una centralita y se compone de menos de 30 canales B ISDN)
- Servicios de banda ancha (The Broad Band part –BB-) como son los servicios: ADSL, ADSL2/2+ y SHDSL. Estos servicios de datos se complementan con soporte de protocolo IGMP para distribución de televisión sobre IP, del mismo modo en que lo haría un Stinger (DSLAM) con una tarjeta IP2000. En un apartado posterior se explica el IGMP y su aplicación en televisión sobre IP.

Hay equipos indoor y equipos outdoor. Consta de un bastidor principal donde se montan las tarjetas que van a dar las diferentes funcionalidades y en caso de ser un equipo outdoor, también tiene sistemas de alimentación ininterrumpida.



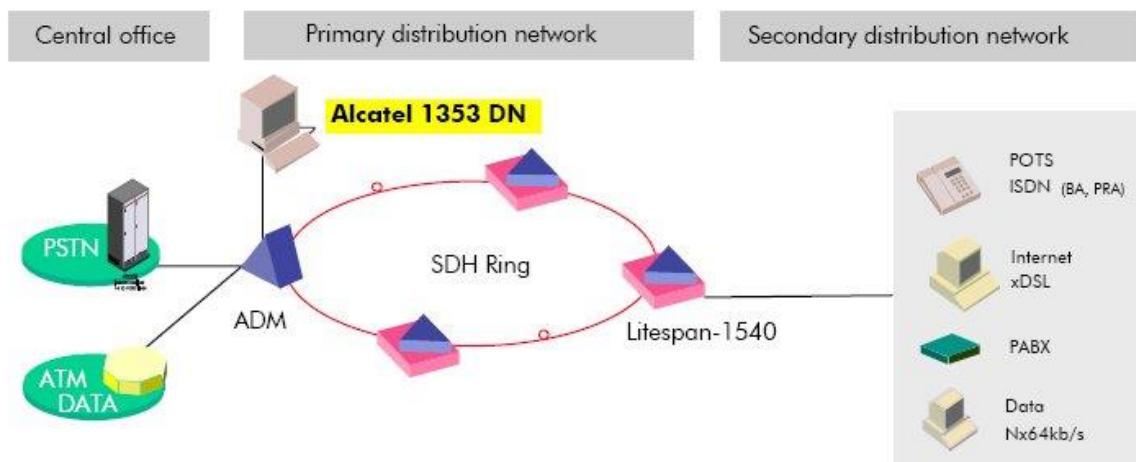
El MLS (Multiservice Line Shelf) es el bastidor de tarjetas del Litespan. Este bastidor se equipa con tarjetas de línea a las cuales llegan los pares de hilos de los abonados, después de pasar por el repartidor (MDF). Hay

muchos tipos de MSL según los tipos de servicios que se van a dar. No es lo mismo que sólo se vayan a servir usuarios de banda estrecha que muchos usuarios de todo tipo, donde se pueden encadenar muchos sub-bastidores MLS en racks de 19" indoor. Por ejemplo:

- MLS high End subrack: 23 slots
- MLS High End 19" subrack: 19 slots
- MLS Low end Subrack: 24 slots

El litespan 1540 sirve a un conjunto de entre 30 y 2000 usuarios (POTs), cuyas llamadas se agregan en uno o varios v5.2 y se meten en contenedores virtuales VC-3 dentro de un anillo SDH (vía STM-1 o STM-4).

Los Litespan se pueden conectar en cascada, de modo que un litespan puede recibir conexiones de otro litespan además de conexiones de usuarios finales, agregando todos los enlaces V5 en la salida SDH.



El elemento gestor es el 1353DN, el cual gestiona hasta 3000 equipos Litespan. Si un operador tiene 4500 nodos (por ejemplo ONO), necesita 2 servidores de gestión 1353DN. Mediante este software, el operador gestiona los nodos. Además de este software existe otro software (craft Terminal) que simplemente gestiona un nodo.

Para gestionar un nodo litespan, es necesario establecer una sesión entre el craft Terminal y el nodo. El craft Terminal es un software que corre bajo Windows. Tiene interfaz gráfica y mediante este software podemos hacer cosas como:

- Declarar una tarjeta, de modo que si desaparece (se estropea, etc.) se generen alarmas
- Configurar tarjetas, como activar/desactivar POTs en una tarjeta de POTs, etc.
- Declarar los enlaces V5

- Declarar las leased lines
- Hacer tests
- etc

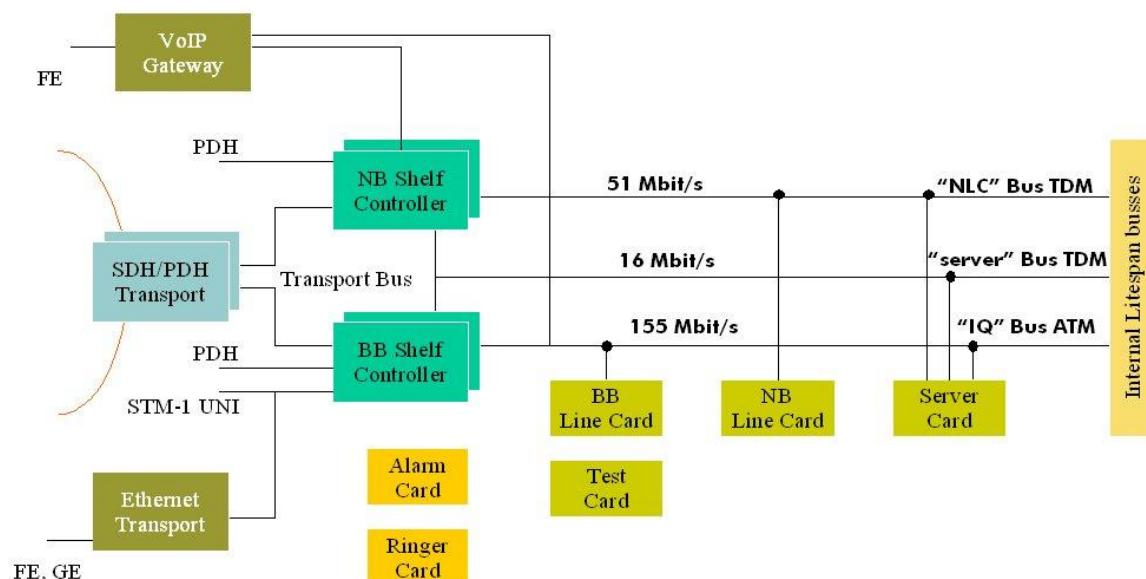
Podemos instalar el craft Terminal en un portátil y conectarnos al equipo de forma local mediante un conector serie ubicado en una de las tarjetas del equipo (tarjeta TARCB, TAUP o LIOC, dependiendo de la release HW de Litespan), o bien gestionarlo remotamente (lo más usual).

En cuanto al módulo de alimentación, existen varias posibilidades. A veces se monta el módulo de alimentación que realiza la rectificación de corriente alterna en continua (el sistema se alimenta con 48 VCC) y también vigila la tensión por si debe utilizar las baterías (actúa como SAI Sistema de alimentación ininterrumpida). Otras veces se monta una controladora junto a unos rectificadores de corriente, y tiene otro aspecto (tarjetas verticales), pero su función es la misma. Los rectificadores a veces llevan un módulo de ventilación independiente.

Por último, el MLS connector area que aparece en la figura permite ser una "extensión" de cada placa, para conectar los bucles de abonado que llegan desde el repartidor, o las fibras ópticas, etc. Las placas se comunican entre sí mediante un bus interno. Este área de conexión solo es para entrada/salida de cada placa, y no siempre se usa porque hay muchas placas que tienen la entrada/salida en la propia placa y no necesitan módulo de conexión.

6.5.1 Arquitectura

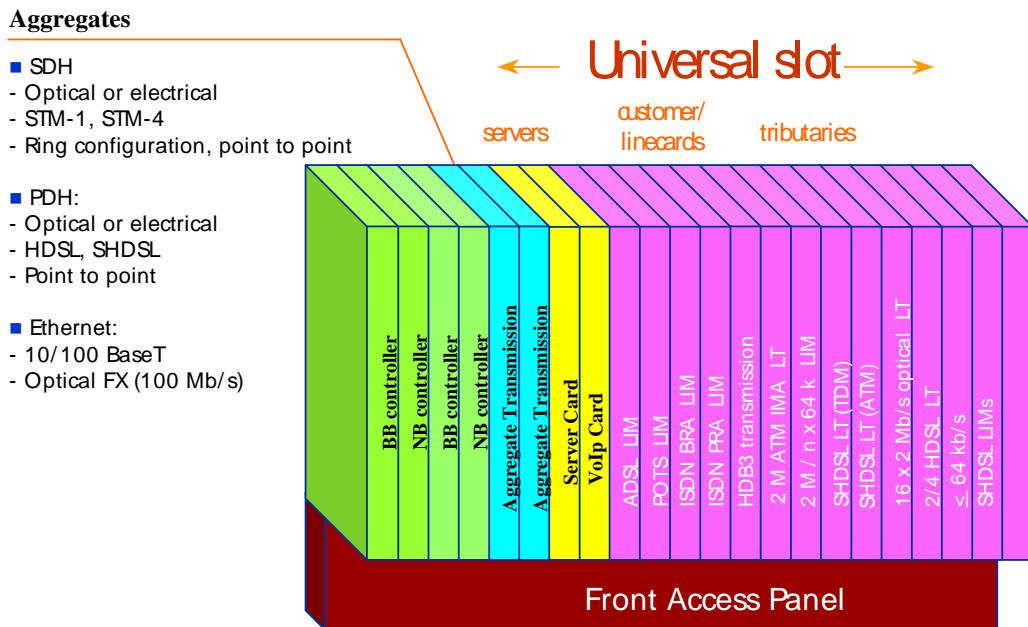
El chasis principal (MLS) conecta todas las tarjetas a través de varios buses:



Las tarjetas de servicios de banda estrecha usan el bus NLC. Es un bus bidireccional, punto- multipunto. Tiene timeslots (TDM) y tiene un canal de control HDLC. Funciona a 51 Mb/s (2x51 Mb/s for 1+1 protection). Cada tarjeta conectada a este bus puede configurarse para recibir nx64 kb/s de la capacidad del bus TDM.

Las tarjetas de servicios de banda ancha se conectan al bus "IQ" de 155 Mb/s (2x155 Mb/s for 1+1 protection) . Es un bus ATM. Sobre este bus, se definen múltiples QoS classes (priorities) y estrategias de congestión para garantizar las diferentes QoS de cada servicio

El bus server es un bus TDM de 32 Mb/s (2x16 Mb/s) que está disponible solo para las 8 primeras tarjetas del bastidor. La aplicación de este bus fundamentalmente es Voice over IP



Note. The first 8 universal slots (from the left) can be used for server cards

Hay varios tipos de tarjetas

- Tarjetas de línea:
 - Tarjetas de servicios de banda estrecha (telefonía básica, ISDN básico, digital leased line)
 - Tarjetas de servicios de banda ancha (ADSL, SHDSL, primarios RDSI, nx64,)
- Tarjetas de control y auxiliares
- Tarjetas de tipo "Server"

El software de las tarjetas de línea de banda estrecha se encuentra en la controladora NEHC, la cual también gestiona el bus NLC. Es decir, por ejemplo el software de la tarjeta BALCG de 16RDSI se encuentra en la NEHC y cuando se conecta una nueva BALCG se le carga el software desde la NEHC.

El software de las tarjetas de banda ancha se encuentra en la controladora del bus de banda ancha AANC. Hay otros modelos de controladoras de bus IQ como la AIICC y la ASCC.

La conexión SDH puede ser STM-1 o STM-4, usando la tarjeta de transporte, la cuál mapea el tráfico de los buses NB y BB del siguiente modo:

- Los datos TDM NB se mapean en 21xVC12s.
- Los datos ATM BB se mapean en 1xVC3

Las interfaces hacia la red (no hacia los usuarios) desde el Litespan son:

Ópticas:

- Salida ATM en contenedores VC3 vía STM1 (155Mbit) o STM-4. Mediante esta salida se meten los datos de los servicios de banda ancha (ADSL, etc.) en un contenedor VC3 y los de banda estrecha en contenedores VC12
- Salida ethernet 100BaseT óptica: para conectar con red IP los servicios de datos de banda ancha.
- Salida gigabit Ethernet , para conexión a redes MAN IP

Eléctricas:

- Salida ethernet 100BaseT

6.5.1.1 Tarjetas de control y tipo server

Se describen algunas de estas tarjetas:

NEHC: Es la tarjeta de gestión de todo el equipo (system controller) y también es la tarjeta controladora del bus interno NLC, siendo responsable del NLC timeslot allocation. Todas las tarjetas de banda estrecha se conectan a la NEHC a través del bus NLC y la la tarjeta NEHC a su vez está conectada a la tarjeta de transmisión (SYNTH). Dentro de la NEHC se declaran los links V5 y las leased lines. En cada puerto de la tarjeta (tiene 16) podemos declarar un v5 o un LL (leased line).

SYNTH: es una tarjeta de transporte SDH. Tiene las interfaces STM-1 ópticas o eléctricas y también tiene interfaz STM-4. Además de recibir un STM-1, también lo saca de modo que es un ADM. De la señal de entrada extrae la señal de reloj que suministra al equipo.

AANC : Es la tarjeta controladora del bus de banda ancha “IQ”, además actúa como una tarjeta de transporte SDH con interfaz STM-1. El tráfico ATM entrante desde la red es enrutado al modulo LIMs via el bus broadband IQ. Existen otros modelos de controladora de bus IQ como la AICC y la ASCC.

AICC es una controladora de bus de banda ancha IQ, que además actúa como tarjeta de transporte. Utiliza interfaces de 2 Mb/s para tráfico ATM traffic. Para transportar ATM sobre interfaces de 4x2 Mb/s hacia la red realiza Inverse Multiplexing según la especificación ATMF IMA V1.0.

EOTC : es una tarjeta de transporte PDH.

TARCB y TARC: llevan a cabo la recolección de alarmas del equipo y se las envían al craft Terminal.

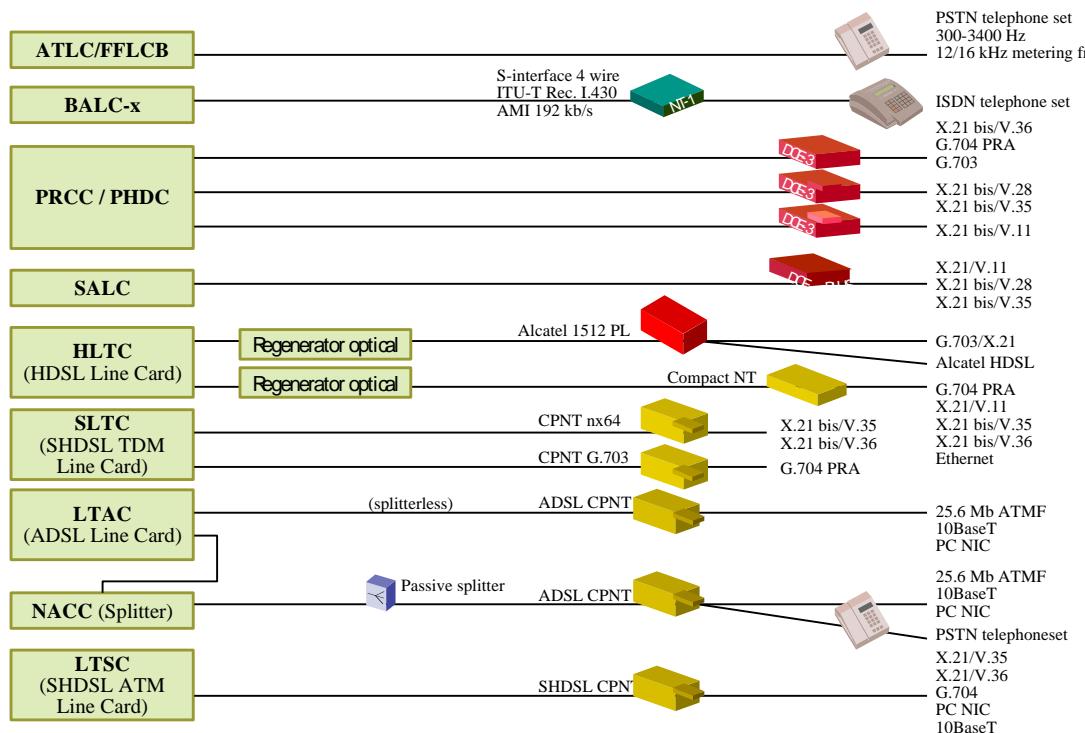
VISCA y VISCB: voz sobre ip . convierten canales TDM de voz en streams RTP de paquetes. Un softswitch externo (un MGC- Media Gateway controller) puede controlar el establecimiento de llamadas usando Megaco (IETF) / H.248 (ITU-T) signalling protocol.

GBEC : es una tarjeta de transporte con salida Gigabit Ethernet. Tiene varias salidas ópticas y eléctricas y tiene la capacidad de agregar tráfico, como por ejemplo, el tráfico de varias VISCA, se conecta a la red metro. Esta tarjeta hace DSL BB traffic aggregation

NSEC: Es una tarjeta para extender la MLS principal a otro chasis. Lleva tanto el bus de banda ancha o estrecha, como el sincronismo.

6.5.1.2 Tipos de tarjetas de línea

El software de las tarjetas de línea se encuentra en la controladora NEHC, la cual gestiona todo el equipo (además de gestionar el bus NLC). Es decir, por ejemplo el software de la tarjeta BALCG de 16ISDN se encuentra en la NEHC y cuando se conecta una nueva BALCG se la carga el software desde la NEHC.



Algunas descripciones de estas tarjetas:

ATLCA: tarjeta interfaz de línea. Soporta 30 POTS (pares de hilos de líneas telefónicas analógicas). Esta tarjeta digitaliza la voz (PCM) y la mete en el bus NLC. También soporta el ringing y line testing. Hay una variante que no implementa la generación de señal de "ringing" ni el "Line Testing". Esta variante necesita por lo tanto el uso de la tarjeta DURC (para ringing) y en algunas configuraciones, la tarjeta TACC (para line testing). El modelo ATLCE lo tiene todo junto.

BALC - ISDN BA line card: proporciona un acceso básico ISDN. Hay varios modelos (BALC-C, BALC-B, BALC-F, BALC-G - 16 lines/board or BALC-E-8 lines/board), según las características. La variante BALC-G integra Line Testing, de modo que no sería necesaria una tarjeta TACC para test.

PRCC – ISDN PRA line card, da primarios, y nx64. Concretamente proporciona 4 x E1 transport ports ITU G.703 y ITU G.704

SALC - Subrate (<64Kbps) digital Leased Line card. Sirve para proporcionar una línea digital dedicada de baja velocidad, normalmente contratada por una empresa. Una tarjeta soporta hasta 8 líneas de 72kbs, con un payload de 64kbps cada una como máximo. Las interfaces son X.21-bis/V.28 o V.35.

SLTC - SHDSL line card (tarjetas de enlaces de 2 Mbit bidireccional sobre un solo par de hilos). Se usan entre otras cosas para conectar en cascada varios Litespan

LTAC: tarjetas para proporcionar ADSL1/2/2+ (según el modelo de tarjeta da un tipo u otro de ADSL). Hay modelos desde 4 puertos hasta 24 puertos ADSL

6.6 Acceso DSL

6.6.1 Introducción y nomenclatura

El ADSL surge como mecanismo de acceso a Internet más rápido que los tradicionales:

- 56kbps con MODEM sobre línea analógica (esto es v90/v92). Es asimétrico pues son 56kbps de bajada(downstream) y 33/48 kbps de subida (upstream)
- 64kbps en RDSI (1 canal B). Simétrico (1 canal B de bajada y otro de subida)
- 128kbps en RDSI combinando 2 canales B

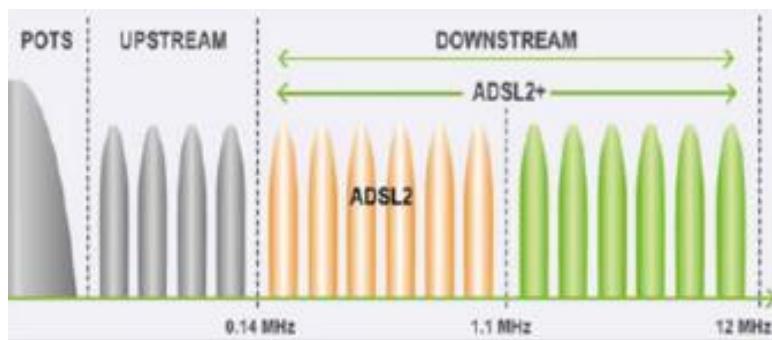
ADSL Es una técnica de modulación para la transmisión de datos a gran velocidad sobre el par de cobre. La primera diferencia entre esta técnica de modulación y las usadas por los módems en banda vocal (V.32 a V.90) es que éstos últimos sólo transmiten en la banda de frecuencias usada en telefonía (300 Hz a 3.400 Hz), mientras que los módems ADSL operan en un margen de frecuencias mucho más amplio que va desde los 24 KHz hasta los 1.104 KHz, aproximadamente.

Otra diferencia entre el ADSL y otros módems es que el ADSL puede coexistir en un mismo bucle de abonado con el servicio telefónico POTS o RDSI básico –BRA-, cosa que no es posible con un módem convencional pues opera en banda vocal, la misma que la telefonía.

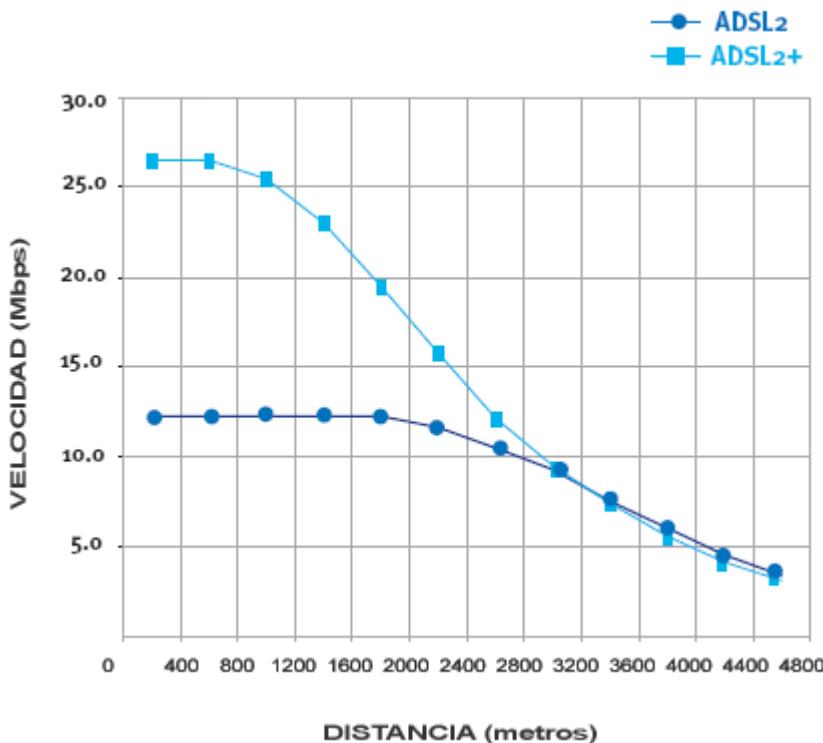
ADSL tiene diferentes velocidades en función de la modalidad. En realidad ADSL es una de las muchas variantes, aunque en España sólo se usa ADSL, ADSL2+, SHDSL y VDSL

- **ADSL** (Asymmetric Digital Subscriber Line). Hasta 8 Megas de bajada a 5km.
- **ADSL2, ADSL2+** :

- ADSL2 es una mejora de ADSL en lo que respecta a corrección de errores (en lugar de "reed solomon" usa otro mecanismo) y además utiliza una modulación mejorada (codificación Trellis de 16 estados y modulación QAM con constelaciones de 1 bit) . Y monitoriza el estado del canal, de modo que si la relación S/N empeora, reduce el tipo de QAM y si aumenta, aumenta dinámicamente la constelación QAM. De este modo se puede dar hasta 12 megas de bajada a 5km
- ADSL2+ es una mejora sobre ADSL2. Proporciona hasta 20 megas si el bucle es corto (no mas de 1,5km). ADSL2+ usa el doble de ancho de banda (y por lo tanto 512 portadoras en lugar de 256)



La siguiente gráfica muestra la comparativa ADSL2 y ADSL2+ . A partir de 3Km de bucle no hay ventaja de ADSL2+



- **HDSL/HDSL2** (high bitrate DSL) : este es simétrico 2Mbit de bajada y 2 de subida pero necesita 2 pares, por lo que está en desuso (lo de "high" es solo por el nombre que le dieron como estándar aunque sea poco "high")
- **SHDSL** (single pair high speed DSL): este es simétrico 2Mbit de bajada y 2 de subida y usa un solo par de hilos
- **SDSL** (Simmetrical single pair bitrate DSL)
- **VDSL**. (Very High DSL) hasta 50 Mbit de bajada, aún en pruebas. Necesita un bucle de abonado muy corto (unos 500metros), por lo que hacen falta casetas cerca de los hogares.
- **UDSL** (Universal DSL)
- **RADSL** (Rate Adaptative DSL)

Esta tabla incluye las velocidades de algunos tipos de XDSL:

DSL	Transferencia de subida	Transferencia de bajada	Longitud bucle abonado	Medio	Simetría
ADSL	16 Kb/s a 640 Kb/s	1.5 Mb/s a 9 Mb/s	6 Km	Par trenzado	Asimétrico
HDSL	1.544 Mb/s	1.544 Mb/s	4 Km	Doble par trenzado	Simétrico
SDSL	1.544 Mb/s	1.544 Mb/s	3 Km	Par trenzado	Simétrico
ADSL	16 Kb/s a 640 Kb/s	1.5 Mb/s a 9 Mb/s	6 Km	Par trenzado	Asimétrico
VDSL	1.6Mb/s a 2.3Mb/s	13Mb/s a 52Mb/s	0.5 – 1.5 Km	Par trenzado	Ambos

En la práctica, teniendo en cuenta la longitud media del bucle de abonado en las zonas urbanas, la mayor parte de los usuarios están en condiciones de recibir por medio del ADSL un caudal superior a los 2 Mbps.

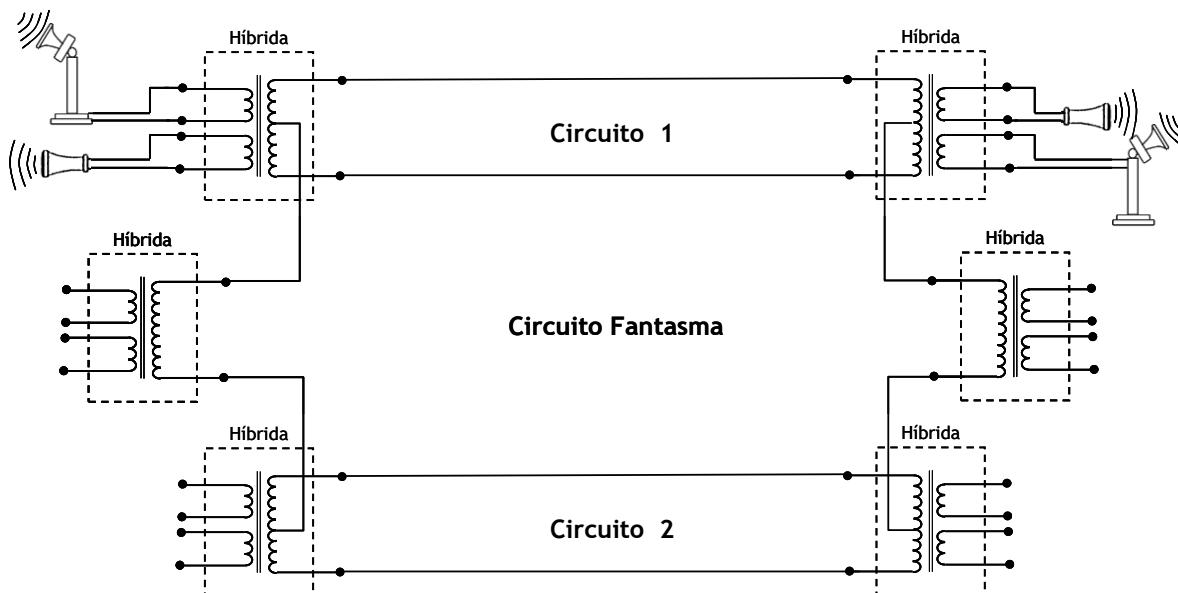
6.6.2 Vectoring y circuito fantasma: ADSL 300Mbps

Una de las más modernas técnicas para aumentar el ancho de banda en ADSL, fruto de la investigación de los laboratorios Bell permite alcanzar los 300 Mbps en bucles de 400m. Actualmente no están comercializadas estas técnicas pero no tardaremos en verlas funcionar.

El sistema se basa en dos conceptos: vectoring y circuito fantasma

El vectoring consiste simplemente en calcular los productos de intermodulación de las portadoras ADSL que transmiten la información. Estos productos no son sino interferencias a otras frecuencias, que provocarán que otras portadoras se modulen a menos bits por símbolo. Si antes de salir del DSLAM hacia el abonado se ecualiza la señal, eliminando estos productos, el ruido disminuye y por lo tanto la modulación de cada portadora puede ser de más bits/símbolo. Esta técnica permite alcanzar una velocidad en downstream de 95 Mb/s @ 400m, frente a la velocidad media de 45 Mb/s @ 400 m que se obtendría sin vectoring lo que representa un aumento en velocidad del 111%.

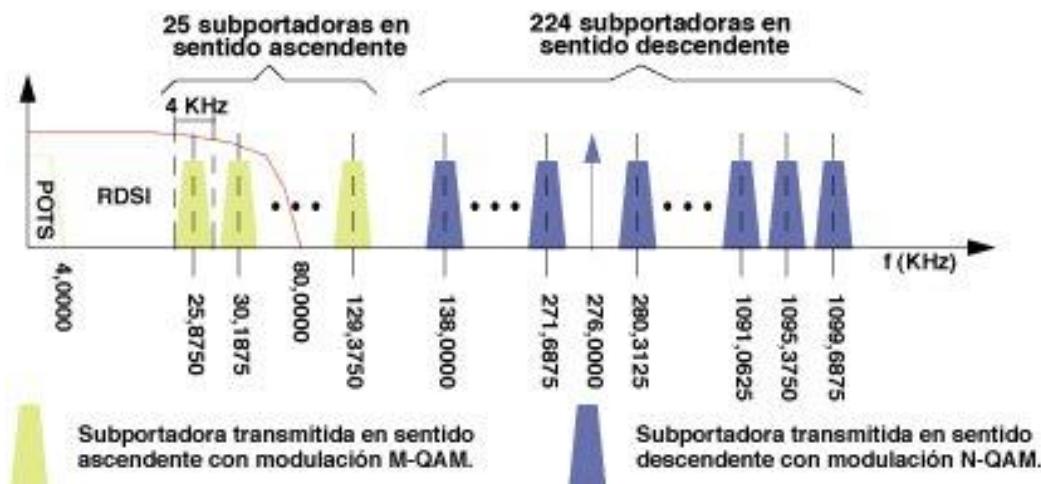
El circuito fantasma es en realidad una vieja idea empleada en los circuitos analógicos de voz para ahorrar cobre. Consistía en sacar un par de hilos más desde dos pares de hilos de dos abonados diferentes, pudiendo dar servicio a 3 abonados.



La aplicación en ADSL de esta técnica consiste en llevar a casa del abonado 2 pares de hilos (bonding) en lugar de uno e introducir un circuito fantasma entre los dos pares, multiplicando así la capacidad de una línea x 3 (alcanzaríamos 300 Mbps). El inconveniente es que tendríamos que llevar dos pares al abonado, lo cual es costoso, pero técnicamente es posible.

6.6.3 Funcionamiento

Se utiliza una modulación con muchas portadoras, y el MODEM que tenemos en el hogar usa todas, a diferentes velocidades en función de su calidad, que es chequeada por el propio equipo.



En una primera etapa coexistieron dos técnicas de modulación para el ADSL: CAP ("Carrierless Amplitude/Phase") y DMT ("Discrete MultiTone").

Finalmente los organismos de estandarización (ANSI, ETSI e ITU) se han decantado por la solución DMT.

El concepto básico de modulación DMT-multitono discreto- es dividir la capacidad del medio de transmisión en subcanales, a los cuales se les asignará

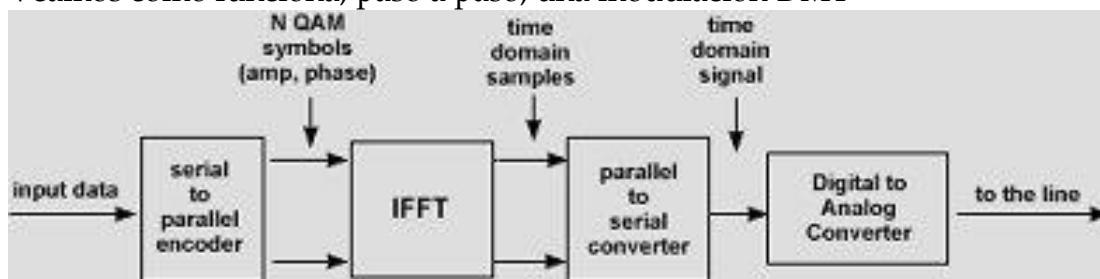
el mayor envío de datos posible, lo que conlleva a maximizar el throughput total.

Básicamente consiste en el empleo de múltiples portadoras (cada portadora es un "tono" y por ello se llama modulación "multi-tono") y no sólo una, que es lo que se hace en los módems de banda vocal. Cada una de estas portadoras (denominadas subportadoras) es modulada en cuadratura (modulación QAM) por una parte del flujo total de datos que se van a transmitir. Estas subportadoras están separadas entre sí 4,3125 KHz, y el ancho de banda que ocupa cada subportadora modulada es de 4 KHz. El reparto del flujo de datos entre subportadoras se hace en función de la estimación de la relación Señal/Ruido en la banda asignada a cada una de ellas. Cuanto mayor es esta relación, tanto mayor es el caudal que puede transmitir por una subportadora. Esta estimación de la relación Señal/Ruido se hace al comienzo, cuando se establece el enlace entre el ATU-R (MODEM de abonado) y el ATU-C (MODEM de la central), por medio de una secuencia de entrenamiento predefinida.

La modulación DMT empleada es bastante complicada, pero el algoritmo de modulación se traduce en una IFFT (transformada rápida de Fourier inversa) en el modulador, y en una FFT (transformada rápida de Fourier) en el demodulador situado al otro lado del bucle. Estas operaciones se pueden efectuar fácilmente si el núcleo del módem se desarrolla sobre un DSP (Digital signal processor).

6.6.3.1 Modulación DMT

Veamos cómo funciona, paso a paso, una modulación DMT



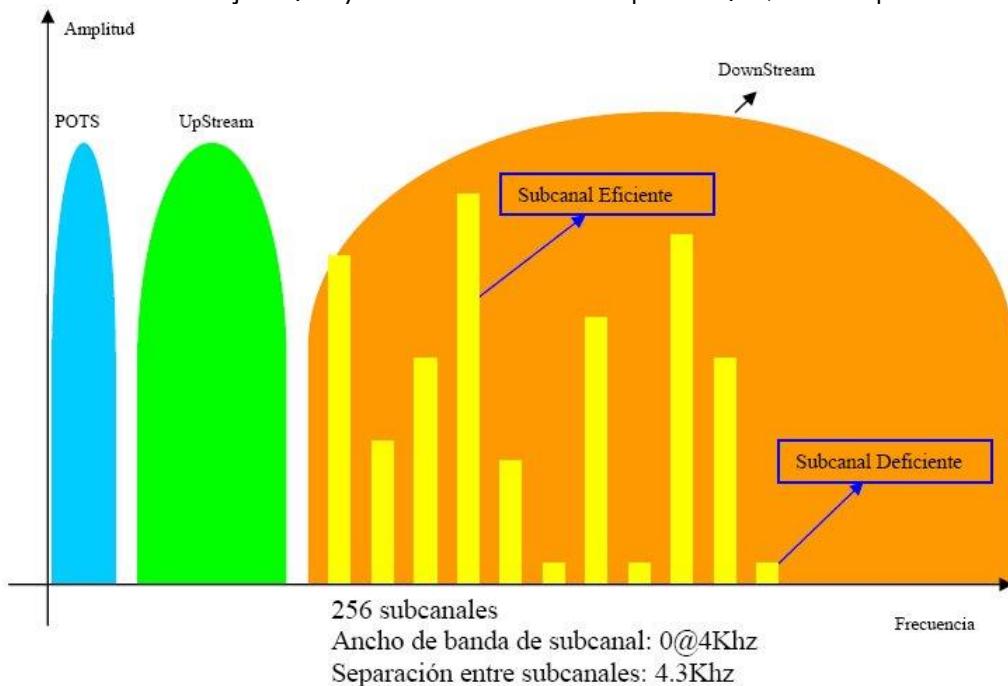
Primero tenemos los datos a transmitir, que es básicamente un chorro de bits. Dichos bits se agrupan en símbolos de varios bits, los cuales serán nuestros símbolos. Cada símbolo a transmitir puede ser muy diferente del anterior y posterior. Se codifican a QAM, de modo que tenemos por cada

muestra una fase y amplitud (un símbolo QAM). Cada símbolo servirá para modular una portadora , de modo que se toman N símbolos QAM para las N sub-portadoras.

Si nos paramos a pensar qué tenemos en ese momento, nos damos cuenta que es una función que dependiendo de la frecuencia ,tenemos un valor (es decir, para cada portadora, tenemos un símbolo). Por lo tanto podemos decir que estamos en el dominio de la frecuencia. Si a esta función (que es discreta ya que toma valores discretos) la pasamos por una transformada de Fourier inversa (IFFT) , estaremos en el dominio del tiempo y podremos enviar las muestras (previo paso por un conversor D/A) a la línea (el bucle del abonado). Concretamente:

- El modulador del ATU-C, hace una IFFT de 512 muestras sobre el flujo de datos que se ha de enviar en sentido "downstream".
- El modulador del ATU-R, hace una IFFT de 64 muestras sobre el flujo de datos que se ha de enviar en sentido "upstream".
- El demodulador del ATU-C, hace una FFT de 64 muestras tomadas de la señal "upstream" que recibe.
- El demodulador del ATU-R, hace una FFT, sobre 512 muestras de la señal "downstream" recibida.

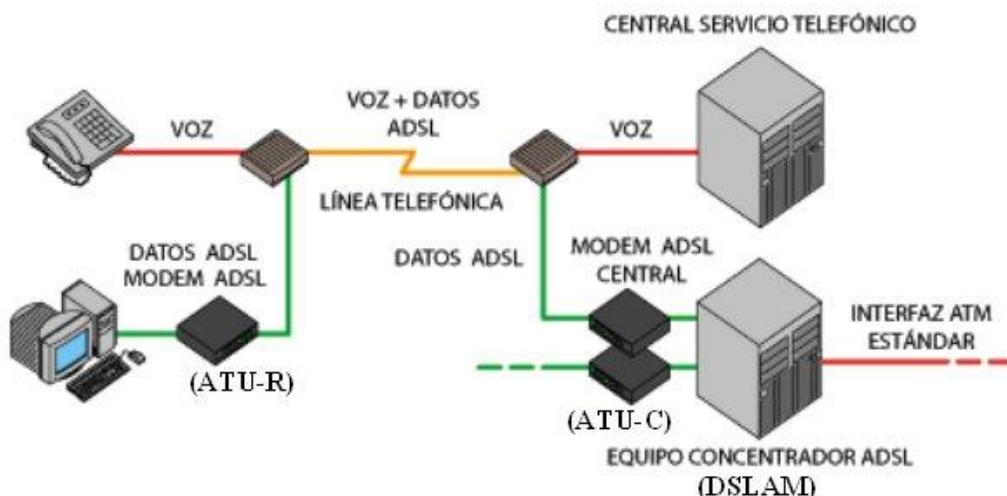
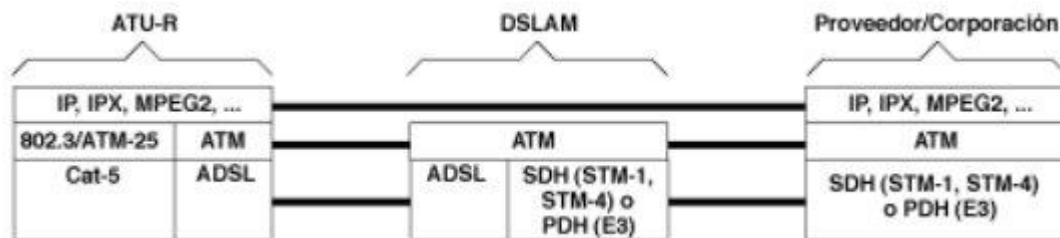
Quedaría entender por qué motivo este sistema tiene una buena eficiencia espectral frente a pasar los datos directamente por el convertidor A/D. La clave está en que se transmite más información en las portadoras con mejor S/N y menos en las de peor S/N, es simplemente eso.



Para ello simplemente se usa 64 QAM o 16QAM, etc. según sea la relación S/N de cada sub-portadora, obteniendo diferentes bits/símbolo y por lo tanto diferentes velocidades en cada sub-portadora. Las diferentes modulaciones QAM utilizadas van de QAM-4 (2 bits /símbolo) hasta QAM-16384 (14 bits /símbolo). De este modo tendremos simultáneamente unas subportadoras moduladas en QAM-4 , otras en QAM-16, otras en QAM-64, etc

6.6.3.2 Elementos del acceso ADSL

Al MODEM en casa del abonado se le llama ATU-R (ADSL Terminal Unit Remote) y al MODEM en la central ATU-C (ADSL Terminal Unit Central). La agrupación de muchos modems en la central se denomina DSLAM



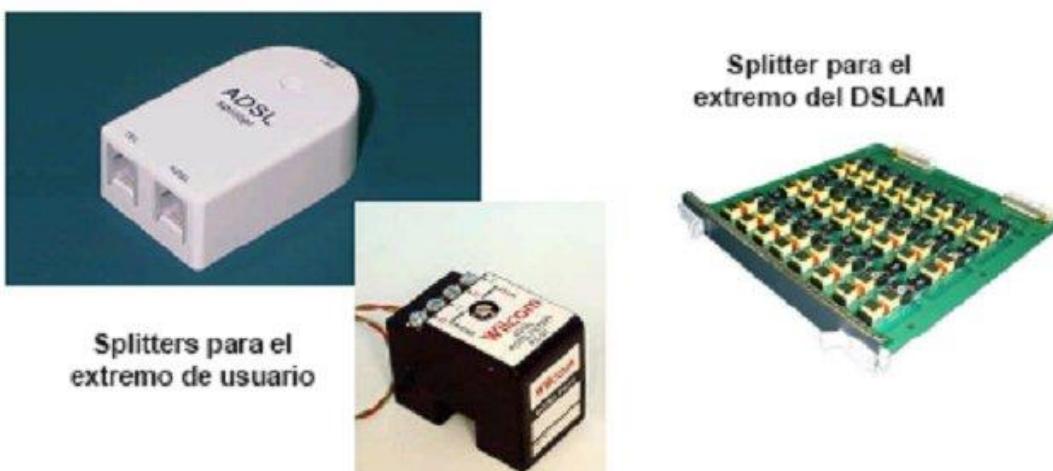
El MODEM del usuario encapsula los datos en celdas ATM antes de transmitirlos sobre el bucle de abonado. Estas celdas ATM llegan al DSLAM, el cual concentra a muchos usuarios sobre un enlace E3 o STM-1 que tiene contra la red ATM del operador.

Podríamos pensar que si la velocidad mínima estándar de ATM son 155Mbps, lo que tenemos en casa con nuestro router ADSL no es una conexión ATM con el DSLAM , pero sí que lo es , solo que con una velocidad mucho mas lenta y permitida en ATM (modo VBR –variable bit

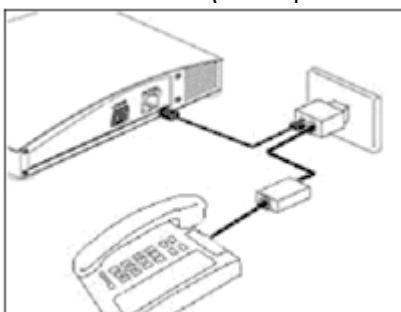
rate-). El DSLAM coge las celdas y al tener tamaños fijos las puede meter (agregando las de muchos abonados) en un STM-1 (STM-1 = OC-3) a 155 Mbps

Una vez que los datos han atravesado la red ATM llegan al BRAS (broadband remote access Server). La función de este nodo es Terminar las sesiones PPP de cada abonado. Estas sesiones se establecen entre el router que el usuario tiene en su casa y el BRAS.

En cuanto a los splitters, algunos DSLAM incluyen los splitter internamente y otros no. Por ejemplo el DSLAM de Lucent (stinger) no incluye los splitters, mientras que el de Alcatel (ASAM) si los incluye en el propio equipo.



Normalmente , en el lado del usuario se utilizan microfiltros en lugar de splitters. La diferencia es que en ese caso, el router debe incorporar internamente un filtro paso alto, y por cada teléfono tenemos que poner un microfiltro (filtro paso bajo).



En la figura aparece un teléfono con microfiltro. El router lleva internamente un filtro paso alto para que no le interfiera la señal de voz.

6.6.3.3 Modem ADSL vs. router ADSL

El MODEM es transparente a la dirección IP. Si usas un MODEM, la IP pública se asigna al PC, pues la sesión PPP es controlada por el PC. Si usas un router, la IP pública se asigna al router, y el router le asigna una dirección privada al PC usando el protocolo DHCP.

6.6.4 Sesiones PPP entre el router y el BRAS (PPP, PPPoA, PPPoE)

El protocolo PPP permite establecer una comunicación a nivel de enlace entre dos computadoras. Generalmente, se utiliza para establecer la conexión a Internet de un particular con su proveedor de acceso a través de un modem telefónico o bien para establecer una conexión a Internet usando un MODEM ADSL (sesión entre el MODEM ADSL y el BRAS del operador). En este ultimo caso (banda ancha) se emplea "PPPoE" o "PPPoA" , que significan respectivamente "PPP over Ethernet" y "PPP over ATM".

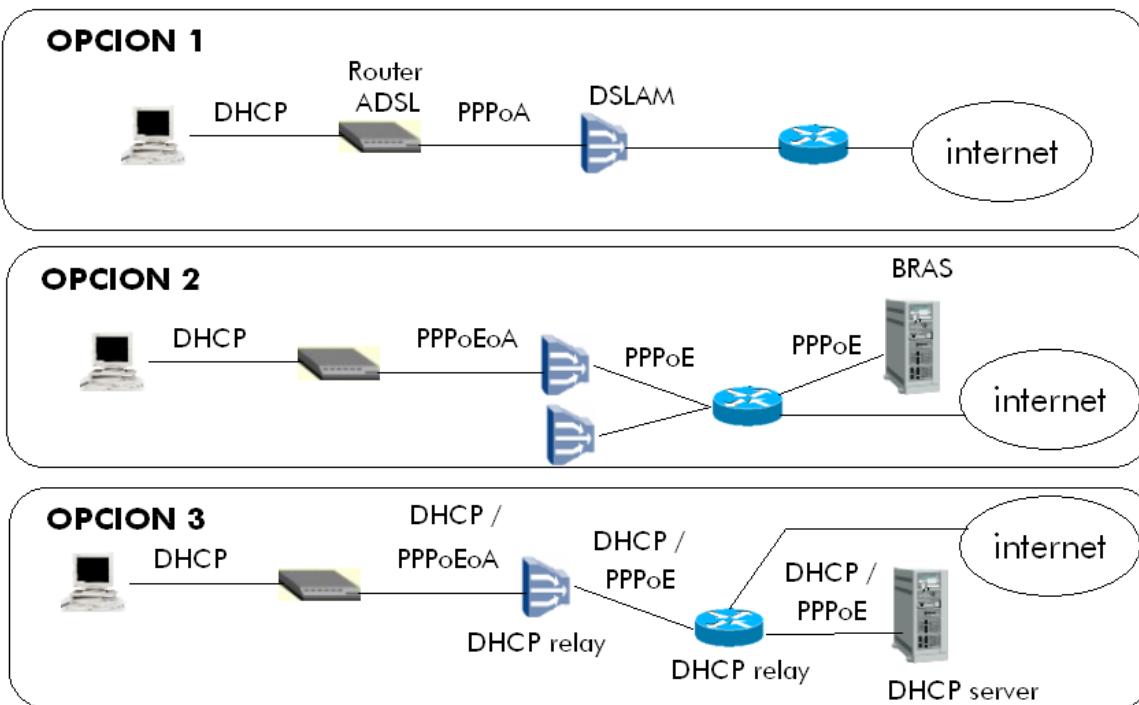
Además del simple transporte de datos, PPP facilita dos funciones importantes:

- Autenticación. Generalmente mediante una clave de acceso (es opcional)
- Asignación dinámica de IP (usando protocolo IPCP). Los proveedores de acceso cuentan con un número limitado de direcciones IP y cuentan con más clientes que direcciones. Naturalmente, no todos los clientes se conectan al mismo tiempo. Así, es posible asignar una dirección IP a cada cliente en el momento en que se conectan al proveedor. La dirección IP se conserva hasta que termina la conexión por PPP. Posteriormente, puede ser asignada a otro cliente.

Actualmente el servicio de acceso a internet evoluciona a un "always-on" en la que los clientes estan 24x7 conectados, y por tanto no sería posible esta multiplexacion estadistica de ips. Precisamente esta es una de las motivaciones de crear IPv6, tener direcciones públicas para cualquier equipo conectado a internet

6.6.4.1 Escenarios de asignación de IP (IPCP y DHCP)

Tenemos 3 posibles escenarios para asignar la dirección IP a un MODEM ADSL



- El DSLAM hace de terminador de sesiones PPP . En este caso decimos que el DSLAM hace de BRAS (broadband remote access Server) . Como el MODEM ADSL es habitual que se conecte por ATM con el DSLAM, usará PPPoA y el DSLAM terminará la sesión PPPoA y asignará la IP de un pool definido en el DSLAM usando el protocolo IPCP con el MODEM ADSL. A veces en este caso el DSLAM puede invocar a un servidor RADIUS para pedirle autorización para conceder la IP al usuario e incluso tipo de IP (fija, dinámica, de un pool específico, etc.)
- El DSLAM no termina las sesiones PPP sino que las termina un BRAS que esta conectado a la red MAN a la que pertenece el abonado, mediante ethernet a un router. En ese caso el tráfico que debe llegar al BRAS debe ser PPPoE y como el abonado usa ATM deberá encapsular eso en ATM es decir PPPoEoA (Point-To-Point Protocol Over Ethernet Over ATM). El DSLAM simplemente envía el tráfico PPP a este BRAS, que es quien termina el PPP y por lo tanto todo el tráfico se va a condensar en el BRAS
- El DSLAM termina el PPP pero no asigna IP, por lo que hace de DHCP relay para enviar los paquetes DHCP a un router, el cual también hará de DHCP relay hasta un DHCP server

6.6.4.2 El protocolo PPP

PPP consta de las siguientes fases:

1. Establecimiento de conexión. Durante esta fase, una computadora contacta con la otra y negocian los parámetros relativos al enlace usando el protocolo LCP. Este protocolo es una parte fundamental de PPP y por ello están definidos en el mismo RFC 1661. Usando LCP se negocia el método de autenticación a utilizar, el tamaño de los datagramas, números mágicos para usar durante la autenticación,...
2. Autenticación. No es obligatorio. Existen dos protocolos de autenticación. El más básico e inseguro es PAP, aunque no se recomienda dado que manda el nombre de usuario y la contraseña en claro. Un método más avanzado y preferido por muchos ISPs es CHAP, en el cual la contraseña se manda cifrada.
3. Configuración de red. En esta fase se negocian parámetros dependientes del protocolo de red que se esté usando. PPP puede llevar muchos protocolos de red al mismo tiempo y es necesario configurar individualmente cada uno de estos protocolos. Para configurar un protocolo de red se usa el protocolo NCP correspondiente. Por ejemplo, si la red es IP, se usa el protocolo IPCP (**Internet Protocol Control Protocol**) para asignar la dirección IP del cliente y sus servidores DNS. El protocolo IPCP básicamente tiene peticiones con un ID y respuestas con el mismo ID y es el que se usa cuando te conectas a Internet. Existe otro protocolo para asignación de IP dinámica llamado DHCP pero este protocolo se usa en ausencia de PPP, es decir, por ejemplo cuando conectas tu PC en una LAN donde hay un servidor de direcciones DHCP. Si tienes un router ADSL, el router pide la dirección pública usando IPCP y asigna direcciones privadas a los PCs conectados usando DHCP.
4. Transmisión. Durante esta fase se manda y recibe la información de red. LCP se encarga de comprobar que la línea está activa durante períodos de inactividad. Obsérvese que PPP no proporciona cifrado de datos.
5. Terminación. La conexión puede ser finalizada en cualquier momento y por cualquier motivo.

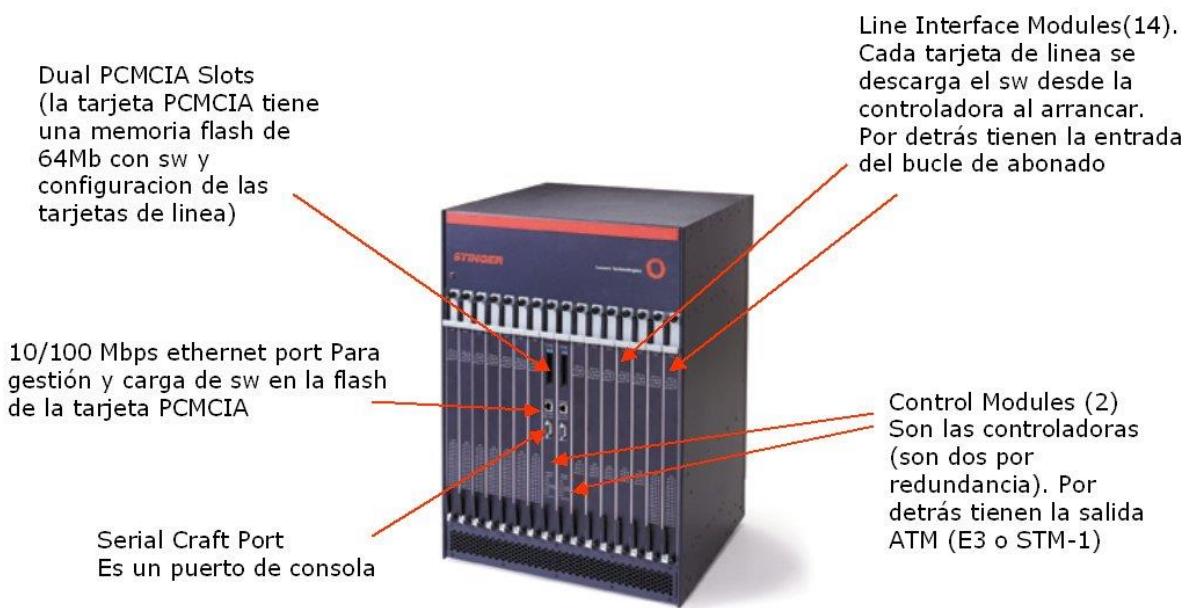
PPP tiene todas las propiedades de un protocolo de nivel de enlace:

- Garantía de recepción.
- Recepción ordenada.

Para ello utiliza la técnica de ventana deslizante.

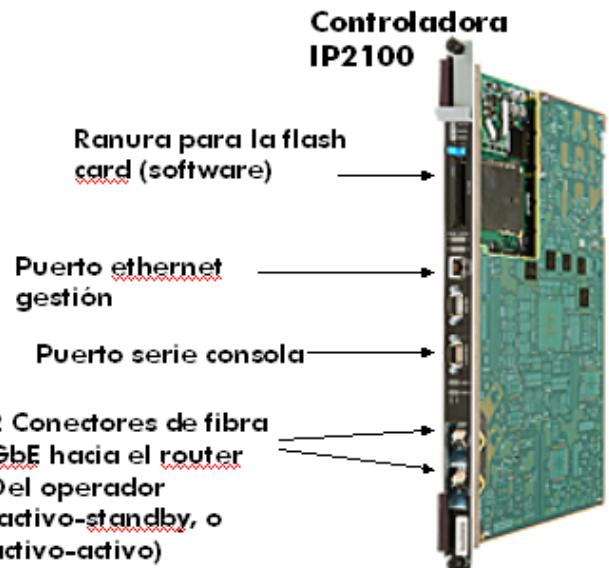
6.6.5 Ejemplo de equipo DSLAM (Stinger)

Las siguientes figuras representan el equipo DSLAM de Lucent, por delante y por detrás:

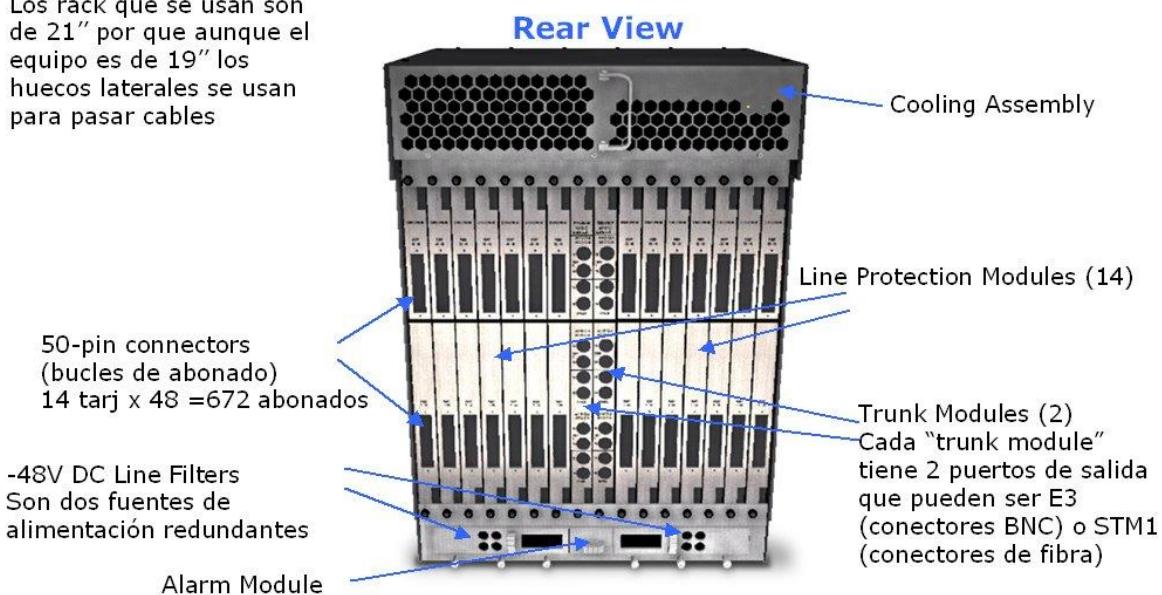


Los Splitters no están incluidos en el equipo por lo que deben instalarse aparte.

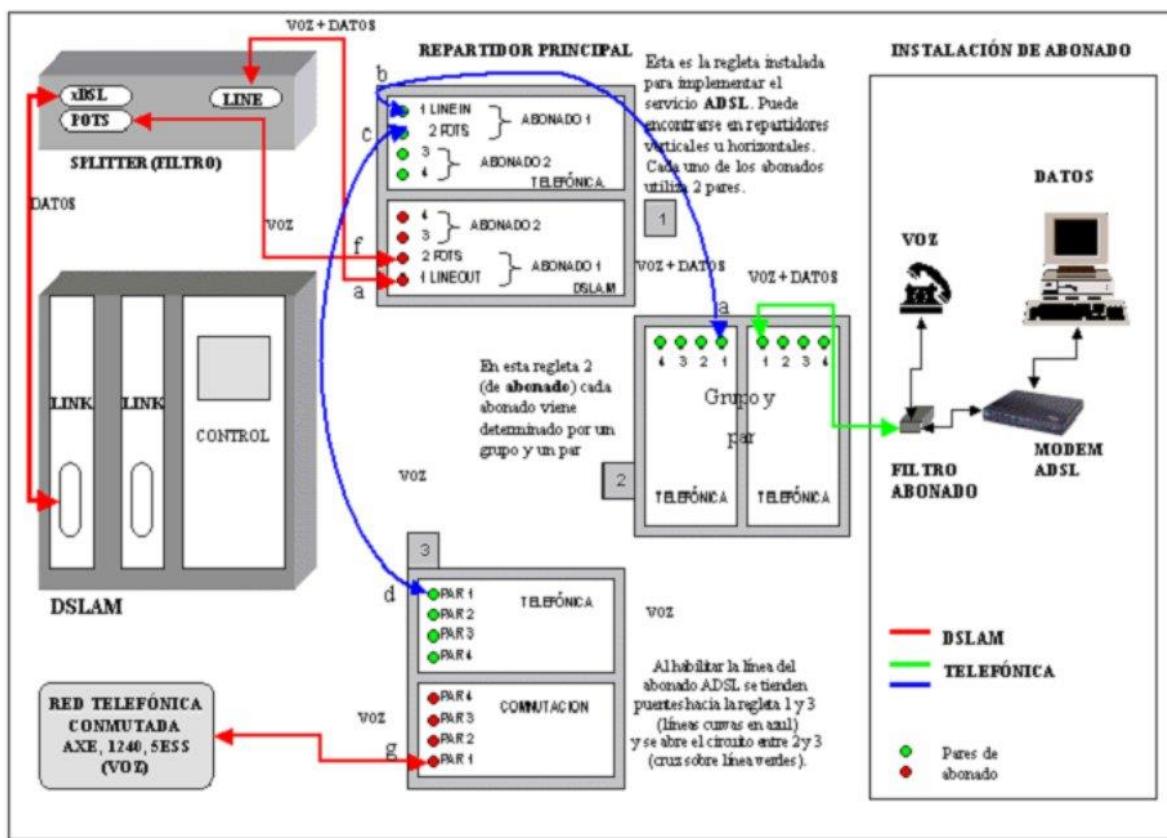
Las tarjetas de línea pueden soportar ADSL, ADSL2+, HDSL, etc. . Hay varios modelos según las necesidades del operador. Por ejemplo hay un modelo de tarjeta que soporta SHDSL (enlaces simétricos de 2Mbit) y grupos IMA (agrupación de varios E1 de forma lógica) y se usan para conectar estaciones base de telefonía móvil. El modelo mas utilizado es el que soporta ADSL. En cuanto a las tarjetas controladoras, hay un modelo que se utiliza para televisión sobre IP y que hace funciones de nivel 3 (enrutamiento). Esta tarjeta tiene salida GE (gigabit Ethernet) y a diferencia del modelo de controladora con salida ATM, ésta tiene la salida hacia el router en la parte frontal.



Los rack que se usan son de 21" por que aunque el equipo es de 19" los huecos laterales se usan para pasar cables



El esquema de conexión en una central es el siguiente:



En el repartidor principal cada abonado tiene un cable que une line-in con line-out y pots in con pots out.

De este modo, para una llamada de voz entrante:

Central conmutada--> repartidor conmutación--> telefónica 1--> 2 pots in-->2 pots out-->splitter pots-->splitter line-->repartidor lineout-->repartidor linein--> abonado

Para salida internet:

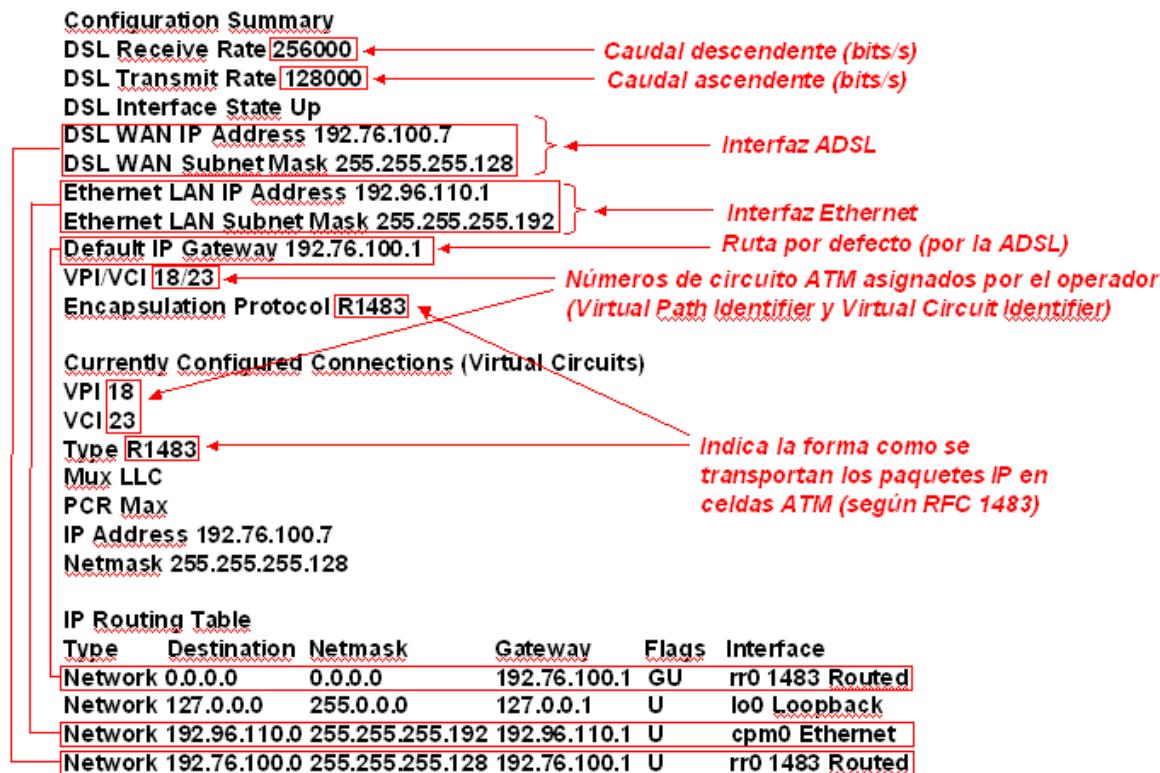
Line in--> lineout--> splitter line-->splitter xdsl-->dslam

Para llamada saliente

Abonado-->line in--> lineout-->splitter line-->splitter pots--> repartidor ppal pots out--> repartidor ppal pots in-->repartidor conmutación in-->repartidor conmutación out --> central de conmutación

6.6.5.1 Configuración de un router

Se muestran a continuación los parámetros de configuración de un router ADSL



6.6.6 Televisión sobre IP (IPTV : miViewTV)

MiViewTV es el producto de Alcatel-Lucent para ofrecer servicio de Televisión sobre IP. Es el que utiliza telefónica para su servicio que comercializa bajo el nombre de “Imagenio”. Consta de las siguientes “piezas”:

- Equipos DSLAM con capacidad IP (soporte de protocolo IGMP)
- Cabecera de TV (no forma parte de MiviewTV aunque sí de la solución de IPTV)
- Servidores web con el portal de TV
- Servidores de video bajo demanda (flujos unicast)
- Servidores que se invocan desde el portal para comprar eventos PPV y VoD con interacción con los servidores de tarificación del operador (“rating”).
- Servidores antifraude
- Servidor OPCH para actualización sw de los setTopBox

En IPTV no se usa PPP porque si queremos servir el mismo canal a N usuarios que dependen del mismo DSLAM, lo mas óptimo es enviar un solo flujo y no N. Si el DSLAM no sabe de IP, entonces no será capaz de enviar a todos los bucles de abonado una copia del flujo de video que está recibiendo.

Para conseguir esto, lo que se hace es dotar a los DSLAM de capacidades de nivel 3 (enrutamiento IP) que básicamente consiste en saber replicar un mismo flujo multicast a N usuarios que solicitan ver el mismo canal de televisión.

Si se usase PPP contra el BRAS (broadband Remote access Server) entonces el flujo completo debería salir desde el BRAS, y por lo tanto el BRAS serviría tantos flujos como usuarios quisieran ver un mismo canal de tv, mientras que si lo hace el DSLAM, el flujo se replica en cada par de hilos de abonado.

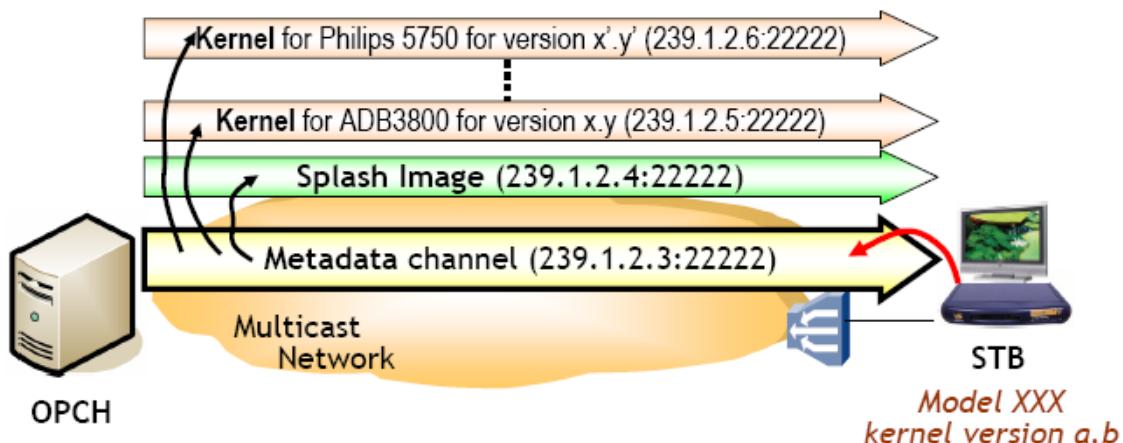
El DSLAM va a recibir TODOS los canales de televisión, es decir, que si por ejemplo hay 80 canales de 2Mbit cada uno (calidad SDTV "Standar Digital TV"), entonces el DSLAM va a recibir 160 Mbit solo para la IPTV. Es decir, es un ancho de banda ocupado permanentemente en la entrada del DSLAM. Como el DSLAM tiene una conexión GigabitEthernet contra un router de la red MAN a la que pertenece, no supone ningún problema ocupar todo ese ancho de banda.

Lo que se hace en estos casos es asociar una IP fija (estática) al STB (set top box) , esto es importante para que no tengamos que solicitar una IP al BRAS vía IPCP sobre PPP (recuerda que no vamos a usar PPP). Por tanto tenemos la IP fija, así como los parámetros de configuración del protocolo IP fijos (default gateway, DNS, etc.) . Ejemplo

I.P.: 10.114.105.218
Máscara: 255.255.255.248
Pasarela/Gateway: 10.114.105.217
OPCH: 239.0.2.10:22222
DNS: 172.26.23.3

OPCH significa Operation Channel. El servidor OPCH es el que envía en un canal de broadcast un fichero de datos XML con parámetros (llamados TOKENS) como :

- URL del portal de TV
- IP del canal de broadcast con las actualizaciones sw para los STB (un canal de broadcast por cada modelo de STB)
- IP del canal de broadcast con un fichero de imagen “splash image” que es el que se muestra al encender el STB. También emite un canal



El portal tiene la guía de TV, con los canales disponibles , los eventos PayPerView, las películas disponibles en VoD (video bajo demanda), etc.

Cada canal de TV es una IP multicast a la que el STB se puede apuntar (operación JOIN del protocolo IGMP). La IP del servidor OPCH es también una IP del rango multicast (desde 224.0.0.0 hasta 239.255.255.255).

A partir de aquí usamos el protocolo IGMP (Internet Group Management Protocol) para apuntarnos a un canal multicast.

El protocolo IGMP funciona como una extensión del protocolo IP. Se emplea para realizar IP multicast, es decir, cuando el envío de datos a una dirección IP puede alcanzar múltiples servidores de una red y/o a todas las máquinas de una subred. Además de utilizarse para pasar información se utiliza para establecer los miembros de la red, pasar información de los miembros y establecer rutas. Otros muchos protocolos hacen uso de las funciones IGMP dentro de sus especificaciones. El protocolo IGMP es usado para la suscripción o anulación de suscripción de/desde grupos de multidifusión.

To receive a multicast transmission, a client interface must join a specific multicast group. A multicast group is a class D IP address range from 224.0.0.0 to 239.255.255.255. Multicast groups from 224.0.0.100 through 224.0.0.160 are reserved for internal use. When data is sent to a valid multicast group, it is multicast to all hosts that have joined that group.

IGMP tiene 3 tipos de mensajes fundamentales:

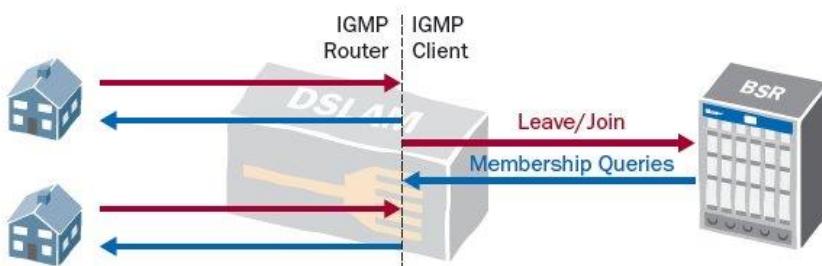
- consulta de miembros de un grupo
- informe de pertenencia
- mensaje para abandonar un grupo

El protocolo IGMP se mantiene entre el DSLAM (nodo multicast) y el STB.

- Todos los mensajes que se intercambian en el protocolo tienen un TTL=1. De este modo los paquetes llegan hasta el router IGMP y nada más, ya que es el primer router el que debe tratarlos.
- Cuando un STB se suscribe a un grupo particular, envía un mensaje de informe (Membership_report) con la dirección del grupo a la que se ha suscrito.
- Periódicamente, los DSLAM envían interrogaciones (Membership_query:general) al grupo 224.0.0.1 (todos los STB).
- Cada STB responde con un informe (Membership report) por cada grupo al que pertenece, incluyendo la dirección de dicho grupo.
- Para evitar una avalancha de respuestas, antes de enviar el informe, cada STB arranca un timer aleatorio que va entre cero y el Máximo Tiempo de Respuesta (campo Max.T. Resp. del paquete IGMP) de la interrogación.

Cada STB solo puede pertenecer a un grupo multicast, de modo que debe de abandonar un grupo si quiere suscribirse a otro (cambio de canal). Ya sabemos como hablan el DSLAM y el STB, pero falta saber como llega el flujo al DSLAM. Básicamente, es lo mismo. El DSLAM está apuntado a varios grupos, tantos como canales diferentes estén viendo los STB que dependen de él. De modo que el DSLAM envía paquetes para apuntarse a grupos a su nodo adyacente y así sucesivamente hasta llegar a la fuente de video. Otra posibilidad, es que al DSLAM lleguen todos los flujos multicast. Así es como funciona Imagenio.

EL DSLAM es por tanto un Proxy IGMP. Es un router IGMP para el STB y un cliente IGMP para el servidor de video o para un router multicast (también llamado Broadcast service router BSR). Hay algunos DSLAM que en lugar de ser **IGMP gateways**, dejan pasar los paquetes IGMP hacia el BSR (a esto se llama **IGMP snooping**), aunque lo bueno es que el DSLAM se comporte como un IGMP gateway, ya que de este modo hay menos tráfico de canales multicast hacia los BSR. En la figura se representa un DSLAM actuando como IGMP gateway

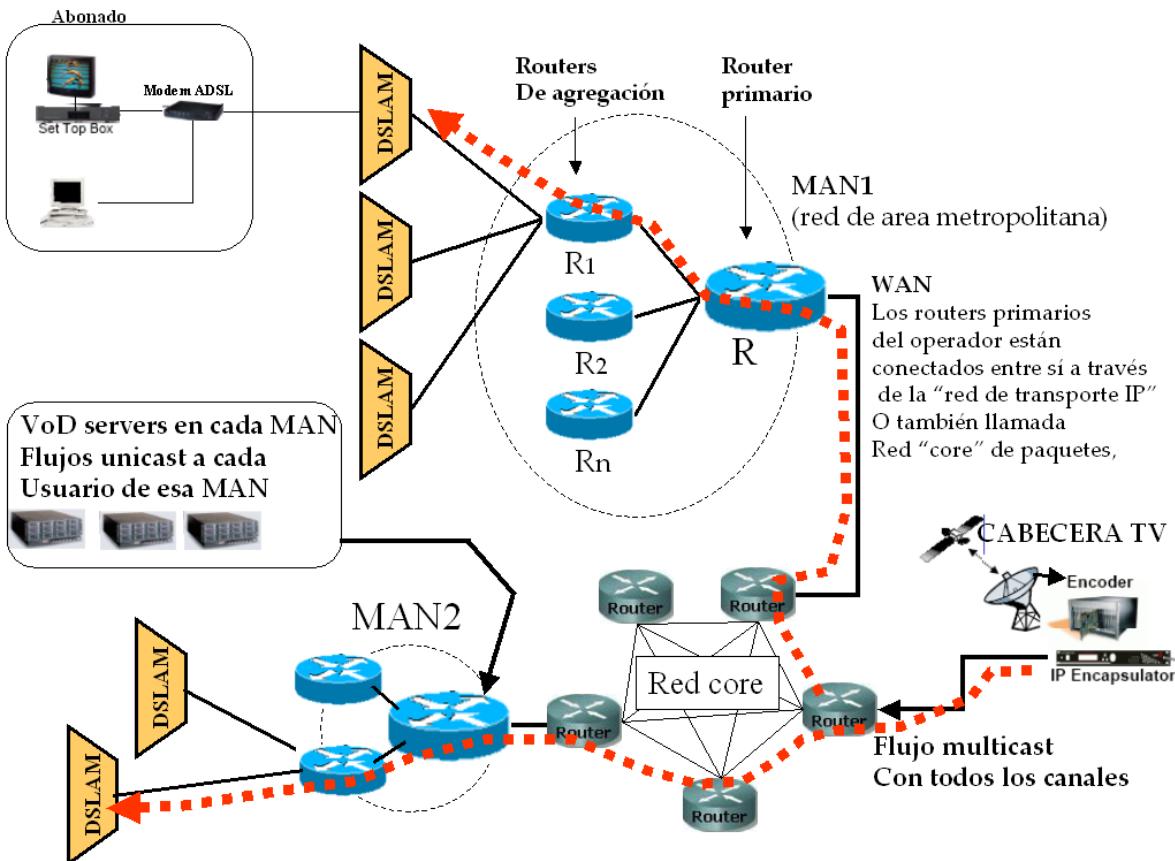


El caso de Stinger solo soporta **IGMP snooping**, de modo que todos los canales multicast llegan al DSLAM y así el DSLAM no tiene que apuntarse (join) a los canales. De este modo el dialogo IGMP es sólo entre el STB y el DSLAM.

IGMP snooping no significa no tener inteligencia ya que al menos, el DSLAM sabe a que puertos (a que usuarios finales) debe entregar los paquetes multicast. Sin la capacidad IGMP snooping, el DSLAM entregaría los paquetes multicast a todos los usuarios, tanto si están apuntados a un grupo multicast como si no lo están. Por ello, en el Stinger hay que activar este parámetro de configuración si se va a usar multicast. Al activarlo, el DSLAM mantiene una lista dinámica con el grupo al que se apunta cada usuario, dicha lista la construye "escuchando" los paquetes IGMP y así cuando llega un paquete multicast, sabe a que usuarios finales entregarlo.

Si se utiliza otro DSLAM con capacidad IGMP gateway, al final los paquetes IGMP llegan al BSR y el BSR debe estar configurado para replicar el flujo multicast de un servidor de video a los DSLAMs que se lo soliciten vía IGMP. Por lo tanto el BSR habrá que configurarlo para que proporcione el servicio de video y hable IGMP con los DSLAM. Toda la gestión del IGMP esta en el BSR y en los DSLAM. Si el DSLAM termina el diálogo IGMP, entonces todos los canales multicast le deben llegar desde la red.

Ejemplo: Los STINGER pueden ser cargados con tarjetas IP2000 control module. Estas tarjetas tienen capacidades IP, y soportan IGMP v1 y v2 en modo snooping. Además, terminan la sesión PPP, es decir actúan como BRAS. De este modo, las sesiones PPP (usadas para acceso a Internet, no para televisión) no atraviesan la red del operador sino que terminan en el DSLAM. Estos DSLAM se pueden conectar directamente a un router IP (a un BSR) en lugar de a un switch ATM (recuerda que ATM es nivel 2 e IP es nivel 3). Además , la conexión es Gigabit Eth, en lugar de SDH. La conexión se hace normalmente a través de un equipo de transmisión (fibra óptica) hasta un router de agregación, el cual a su vez estará conectado a un router primario.



Las conexiones con los usuarios finales son a través de ATM (recuerda que el router ADSL en casa del abonado (CPE) lo que proporciona es IP sobre ATM).

Para dar permiso de acceso a ciertos grupos multicast y a otros no, se puede configurar el DSLAM de modo que se definen "perfils" que se asignan a los usuarios finales. De este modo unos usuarios pueden acceder a determinados servicios multicast con contenidos ampliados (más canales, etc.). Comercialmente se puede ofertar como paquetes de televisión de mayor y menor oferta de canales

Imagenio TV Familiar

Contenidos variados para toda la familia.
El paquete inicial incluye todos los canales generalistas, autonómicos y de TDT, así como más de 30 temáticos. Además, usted puede añadir a continuación otros paquetes temáticos y canales a la carta para personalizar su Imagenio.

Más de 61 Canales de Televisión Incluidos



[...ver todos los canales >>](#)

Imagenio TV Básico

Básicos imprescindibles.
El paquete inicial incluye todos los canales generalistas, autonómicos y de TDT, así como 6 temáticos. Además, usted puede añadir a continuación otros paquetes temáticos y canales a la carta para personalizar su Imagenio.

Más de 30 Canales de Televisión Incluidos



[...ver todos los canales >>](#)

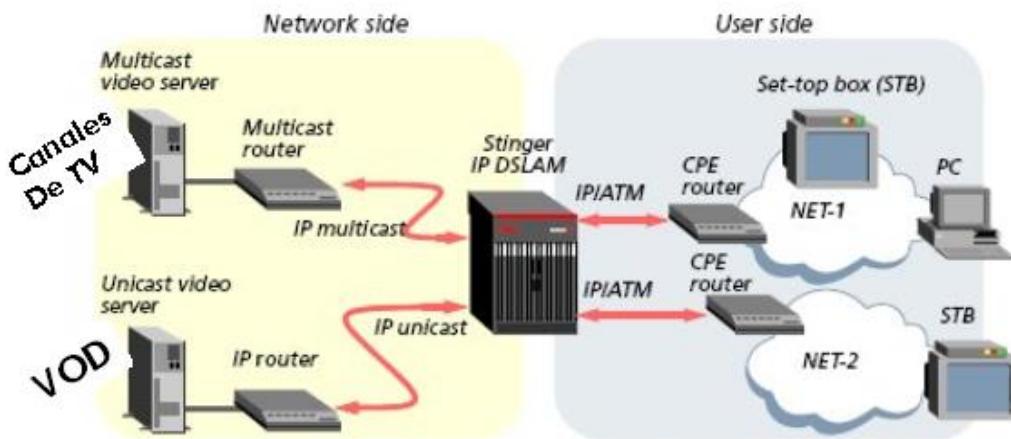
y a nivel de perfil del DSLAM, se traduce en algo como:

```
admin> igmp profiles

IGMP Service Profiles
Service Name : gold-service
  Filter Type : MCAST_FILTER_INCLUSIVE
  Filter List :
    224.255.129.120
    224.225.129.119
Service Name : bronze-service
  Filter Type : MCAST_FILTER_INCLUSIVE
  Filter List :
    224.255.129.119
```

En el ejemplo hemos definido dos perfiles IGMP, que luego se asocian al usuario final. El servicio Gold tiene acceso a dos grupos multicast y el servicio bronze tan sólo a uno de ellos. En cuanto a los servidores de video hay que distinguir entre los canales broadcast de TV y el video bajo demanda

- **Video bajo demanda (VOD):** se usan servidores de video , que emiten un flujo unicast hacia el STB, de modo que tenemos una especie de aparato videoreproductor “virtual”. En España, imagenio utiliza fundamentalmente servidores del fabricante C-COR (caros pero muy potentes).
- **Canales de TV broadcast:** se usan los servidores de video ubicados en la cabecera de televisión y emiten un flujo IP multicast.
- **PayPerView:** son eventos de canales multicast. No se usan los servidores de video de VoD, sino los de la cabecera de TV. Para verlos hay que pagar, pero son flujos multicast emitidos desde la cabecera de TV.



Una vez que los paquetes multicast llegan al router ADSL de casa del abonado, (es decir, llegan al STB), normalmente no se envían por wifi ya que el operador suele instalar el router con un filtro IGMP , para no saturar la interfaz radio, y así poder navegar y ver la tele a la vez. De hecho lo que se hace es configurar un puerto del router para conectar el STB y los otros puertos ethernet quedan para Internet (para conectar un PC)

Además, como la IP del STB es privada y perteneciente a la red del operador (es una ip del rango 10.x.x.x) el router se configura para que no haga NAT de dicha dirección, de modo que hace NAT de la IP del PC a una IP pública válida en Internet, pero no hace NAT de la ip privada del STB, ya que es una IP válida en la red de datos del operador y no va a salir a Internet, sino que se va a quedar en la red de datos del operador, dialogando con el portal de televisión o sus sistemas asociados.

6.6.6.1 Arquitectura software de Imagenio

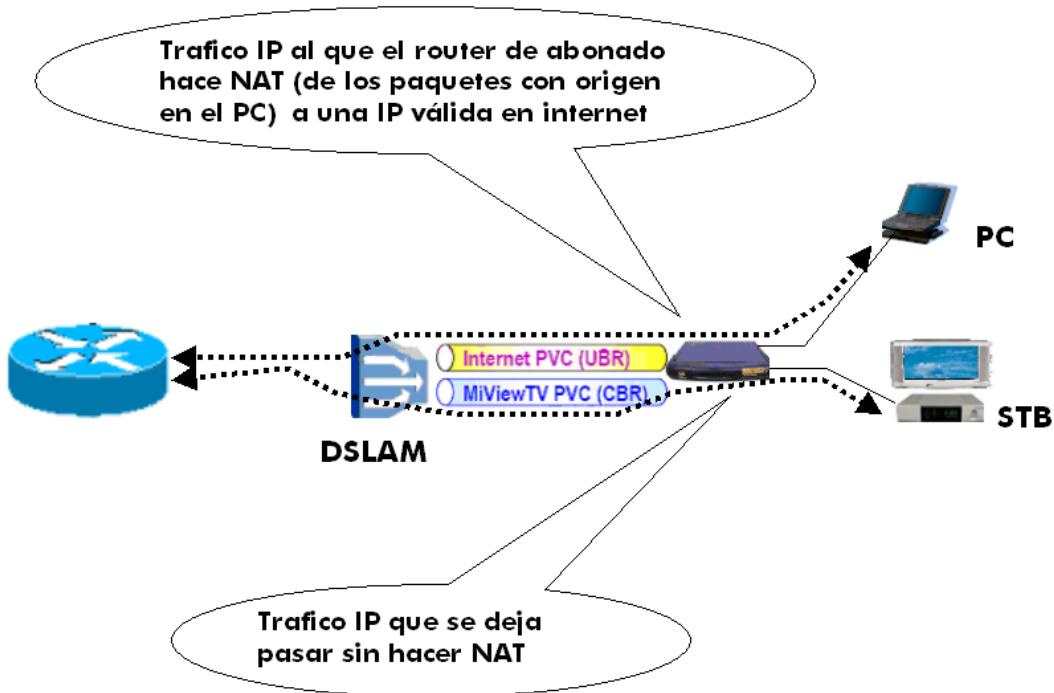
Además de proporcionar el servicio de televisión básico mediante un portal de televisión y capacidades multicast de las redes IP, miViewTV posee un “middleware” implementado sobre un conjunto de servidores para dar diversas funcionalidades, muchas de ellas accesibles desde el portal entre las que se encuentran:

- Base de datos central de usuarios , donde cada usuario es identificado por su dirección IP
- Servidor OPCH para distribución de software a los STB
- Sistema de distribución de contenidos hacia los PoPs (points of presence) . Los PoPs básicamente contienen los servidores de video de cada MAN, donde se almacenan los contenidos de VOD.

- Sistema antifraude: los contenidos PPV son multicast y se transmiten desde la cabecera sin cifrar. Ello significa que un hacker podría tratar de hacer join si averigua la IP multicast de dicho evento. Para evitarlo se hacen análisis de los Join que hace cada usuario. Para ello mediante protocolo Syslog, el DSLAM envía la información de los join a un servidor de la MAN, el cual lo transfiere a un servidor central donde se procesa.
- Sistema de estadísticas (audience metering)
- Sistema de creación de campañas. Mediante este sistema se añaden contenidos publicitarios en canales broadcast, se añaden anuncios de otras películas al comienzo del visionado de un VOD, etc
- Sistema de sondas (se colocan STB en distintos puntos de la red y se recibe en un servidor información de pérdida de paquetes en cada sonda, para cada canal)
- Sistema de videollamada (para hacer una videollamada mediante un cliente sip que forma parte del sw del STB, y una webcam conectada en el puerto USB del STB)
- Servidores “walled garden” . son servidores web con páginas diseñadas para ser visualizadas en el televisor. Se llama “walled garden” y no simplemente “web”, porque desde la IP del STB no se puede salir a Internet, sino tan solo a estos servidores, a los cuales se accede a través de un reverse Proxy (mapea URLs con direcciones privadas a públicas). Otras veces puede haber servidores dentro de la red del operador, con direccionamiento ip privado. Por ejemplo si se va a usar https, es necesario que el servidor se encuentre en la red interna pues de lo contrario, al atravesar un reverse Proxy, el protocolo SSL no funcionará.

6.6.7 Calidad de servicio en ADSL

Como en un enlace ADSL se usa ATM como protocolo de enlace, se pueden definir varios circuitos virtuales permanentes (CVPs) ATM sobre el enlace ADSL entre el ATU-R y el ATU-C. De este modo, sobre un enlace físico se pueden definir múltiples conexiones lógicas cada una de ellas dedicadas a un servicio diferente. Por defecto, normalmente se configura un solo CPV (circuito virtual permanente) para cada abonado, porque se suele dar simplemente servicio de Internet. En el caso de IPTV, se asigna un segundo circuito con calidad de servicio (circuito CBR Constant Bit Rate)



6.6.7.1 Configuración de prioridad del tráfico ATM

En ATM se contemplan diferentes BR (bitrates) : CBR, VBR-rt, VBR-nrt, UBR y ABR,

El servicio **CBR (Constant Bit Rate)** está pensado para cuando se prevé un tráfico de video o voz , con un bitrate constante. Es el que se utiliza en el PVC que transporta el tráfico de video (IPTV). Es un tráfico de alta prioridad. Lo garantizado (el bit rate constante) se define con el parámetro PCR (peak cell rate).

El servicio **VBR (Variable Bit Rate)** está pensado para cuando se prevé un tráfico a ráfagas. Tiene dos modalidades: RT-VBR (Real Time-Variable Bit Rate), con requerimientos de bajo retardo y jitter para aplicaciones en tiempo real (videoconferencia, vídeo bajo demanda, etc.), y NRT-VBR (non real time) para aplicaciones en las que el control del retardo no es tan importante, por ejemplo transferencia de ficheros. En VBR el usuario especifica un caudal medio pero, en función de sus necesidades y del estado de la red, podrá utilizar ocasionalmente caudales superiores, lo cual da mayor flexibilidad y permite ajustar el caudal a las necesidades medias. Para el control de las ráfagas se utiliza el algoritmo del pozal agujereado. En algunos servicios VBR el tráfico excedente sale marcado con el bit CLP. Desde el punto de vista de la red VBR tiene una complejidad superior a CBR.

El servicio **ABR (Available Bit Rate)** es de todas las categorías de servicio que ofrece ATM la que mas se parece a Frame Relay. ABR está pensado para tráfico a ráfagas, se supone que habrá instantes de gran demanda de capacidad seguidos de otros de total inactividad. ABR permite establecer un ancho de banda mínimo garantizado y fijar un valor máximo orientativo. ABR es la única categoría de servicio ATM en la que se prevé que la red suministre control de flujo al emisor para que reduzca el ritmo en caso de congestión; esta circunstancia hace de ABR la categoría de servicio mas apropiada para tráfico de datos, por ejemplo para enviar datagramas IP, pero lo hace poco apropiado para aplicaciones isócronas. Debido a su funcionalidad ABR es la categoría de servicio mas compleja de implementar, por lo que no esta aún muy desarrollada en la práctica.

El servicio **UBR (Unspecified Bit Rate)** puede considerarse el de mas baja calidad. Es en cierto modo equivalente al servicio que ofrece Frame Relay cuando se utiliza un CIR 0. No existe ningún tipo de garantía en cuanto al retardo o ancho de banda, y tampoco se informa al emisor en caso de congestión. UBR utiliza la capacidad sobrante en la red de las demás categorías de servicio; por este motivo UBR será presumiblemente el servicio de menor coste cuando esté disponible comercialmente. Puede utilizarse para enviar tráfico IP cuando el costo sea el factor principal y la calidad de servicio no sea importante (por ejemplo para enviar tráfico de news).

Por último diremos que el ATM forum ha definido una variante del servicio UBR denominada **UBR+**, que consiste en añadir al servicio UBR la posibilidad de especificar una capacidad mínima requerida (parámetro MCR minimum cell rate) . UBR+ sería similar al servicio ABR pero sin el control de congestión.

6.6.7.1.1 Configuración de parámetros de velocidad

Para cada circuito (PVC) se definen distintos parámetros de calidad de servicio:

Velocidad Pico de Celdas (PCR - Peak Cell Rate): Especifica el límite superior del tráfico (en número de celdas ATM por segundo o kbps) que puede ser enviado por una determinada conexión virtual ATM.

Velocidad Sostenible de Celdas (SCR - Sustainable Cell Rate): Especifica el límite superior del tráfico (en número de celdas ATM por segundo o kbps) que en promedio puede ser enviado por una determinada conexión virtual ATM.

Tolerancia de Variación del Retardo de Celdas (CDVT - Cell Delay Variation

Tolerance: Indica la variación de los retardos experimentados por las celdas transferidas, lo cual resulta en un espaciamiento disparejo entre ellas; este parámetro define la cantidad aceptable de dicha variación. Se expresa en milisegundos

Máximo Tamaño de Ráfaga (MBS - Maximum Burst Size): Indica el máximo número de celdas ATM que pueden ser enviadas a la Velocidad Pico de Celdas.

De este modo, además de definir múltiples circuitos sobre un enlace ADSL, se puede dar un tratamiento diferenciado a cada una de estas conexiones, lo que a su vez permite dedicar el circuito con los parámetros de calidad más adecuados a un determinado servicio (voz, vídeo o datos). En la siguiente tabla se presentan los valores de estos parámetros para 4 modalidades de acceso de un operador (aunque tengamos valores diferentes de cada parámetro para subida y bajada, en realidad es el mismo PVC, ya que estos parámetros se definen con dos valores que aplican al downstream y upstream respectivamente).

	Modalidad	PCR (Kbps)	SCR (Kbps)	CDVT (mseg)	MBS (células)
Sentido descendente (Red → Usuario)	A	256	25,6	5	32
	B	512	51,2	3	32
	C	2016	201,6	3 - 0,7	64
Sentido ascendente (Usuario → Red)	A	128	12,8	10	32
	B	128	12,8	10	32
	C	320	32,0	4	32

Cuando un operador ofrece IPTV como telefónica (Imagenio), se utilizan 2 PVC entre el router del abonado y el DSLAM.

Unos valores típicos para el PVC que lleva el tráfico de vídeo pueden ser:

QoS Class CBR

PCR/SCR/MBS //4000/4000/10

Se asigna PCR=SCR para garantizar un flujo continuo de video, con un retardo máximo entre celdas muy pequeño. Si fuese 8000/4000 entonces el settopbox tendría que tener un buen buffer porque el video podría llegar a "tirones". Es decir, que es un tipo de tráfico sin ráfagas.

6.6.7.2 Modos interleaving y Fast-Path

En los DSLAM es posible activar (y normalmente estará activado) el modo INTERLEAVE que comprueba que los datos transmitidos no lleven errores.

Con INTERLEAVE el DSLAM puede corregir errores antes de transmitirlos al

elemento siguiente (un router normalmente). Esto hace que el retardo de la conexión aumente bastante, aunque nos protege de pérdida de paquetes si la calidad del bucle de abonado no es buena.

En cierto sentido el interleave es un modo redundante para las conexiones por TCP, porque el protocolo TCP ya lleva una comprobación de errores. Son las conexiones UDP las que no llevan comprobación de errores y las que necesitan INTERLEAVING en líneas de baja calidad.

El DSLAM también se puede configurar en modo FAST PATH (en vez de en modo INTERLEAVE), con lo que no lleva esa comprobación extra de errores.

En condiciones óptimas de red con INTERLEAVE un ping a una página web del mismo operador puede llevar aproximadamente 80ms o más, mientras que con FAST PATH podríamos estar hablando de 30 ms. En resumen, el modo "interleave" introduce un retardo de unos 25-35ms en el salto hacia el primer router de la red.

6.6.8 Acceso al bucle de abonado por operadores alternativos

6.6.8.1 Acceso ADSL directo (ULL: bucle desagregado)

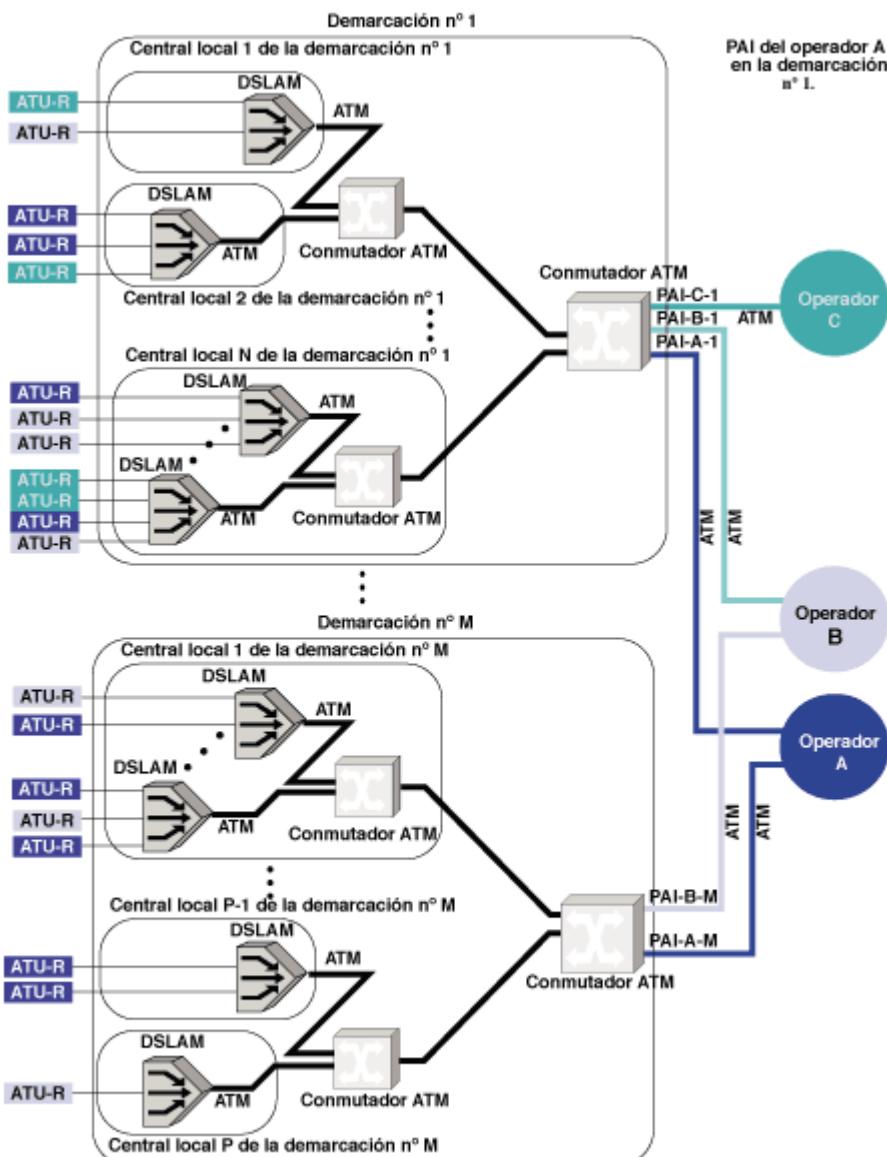
En España el bucle de abonado acaba en un edificio de telefónica, el cual tiene una sala llamada sala OBA donde se ubican los DSLAM de otros operadores.

OBA significa: "Oferta de bucle de abonado"

Esta forma de acceso se conoce en inglés con las siglas ULL (unbundling local loop)

6.6.8.2 Acceso ADSL indirecto

Es cuando el operador no tiene DSLAM en la sala OBA y lo que hace es usar el DSLAM de telefónica y contratar una conexión ATM con telefónica, donde conectan el BRAS. Esto significa que el BRAS contra el que se establecen las sesiones PPP pertenece al operador alternativo y no a telefónica.



6.7 Acceso Cable y par de hilos simultáneo

Cuando un operador llega a casa del abonado con un cable siamés (ver apartado sobre este tipo de cable), se pueden proporcionar servicios de televisión por cable, telefonía e Internet usando diferentes alternativas

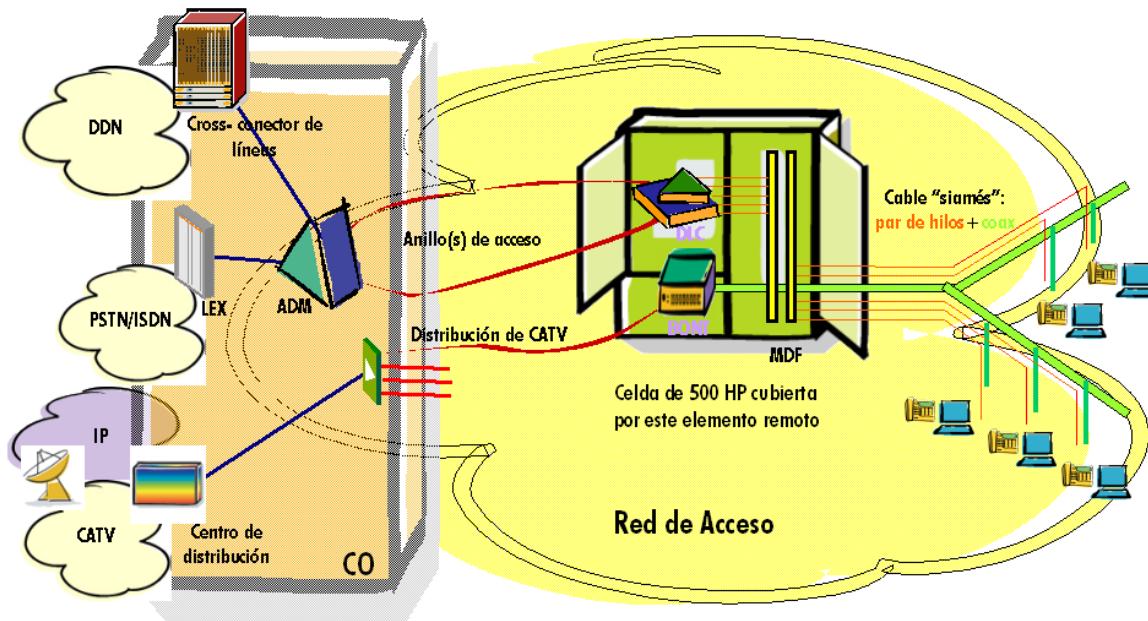
El despliegue masivo de redes de acceso viene de la mano de la liberalización del mercado de las telecomunicaciones: los consorcios que obtuvieron licencia de la Administración para ofrecer servicios competitivos de Telecomunicación, apostaron por el acceso coaxial hasta el cliente final, ofreciendo redes HFC (Hybrid Fibre and Coax) para la distribución de canales de TV analógicos, analógico/digitales o sólo digitales y radio FM

digital: red óptica desde el centro de cabecera hasta el **BONT** (Broadband Optical Network Termination) y eléctrica para cubrir los 600 m de radio de la celda típica que cubre 500 HP (**Home Passed**)

Por otra parte, para el servicio de voz y datos de líneas alquiladas emplazaron DLC remotos en cada celda de 500 HP, usando un armario de exterior compartido entre el DLC, BONT y repartidor de pares. Del repartidor arranca un cable “siamés” que ofrece a cada posible cliente un empalme de coaxial y un par de hilos pegado mecánicamente.

La existencia de este cable siamés permite ofrecer acceso rápido a internet de dos maneras totalmente independientes:

- A través de frecuencias reservadas en el coaxial (para los posibles 500 HP), y separadas de las de CATV en el centro de distribución
- A través de una solución xDSL ofrecida por el DLC, mediante los anillos de acceso que le conectan con la CO (centro de distribución), donde estaría el interfaz con el router de borde de la red IP.



En el caso de ONO , se proporciona Internet mediante ambas modalidades (ADSL y cablemodem), además de televisión por cable.

6.8 Acceso cable

El acceso a servicios por cable comprende dos grupos de servicios:

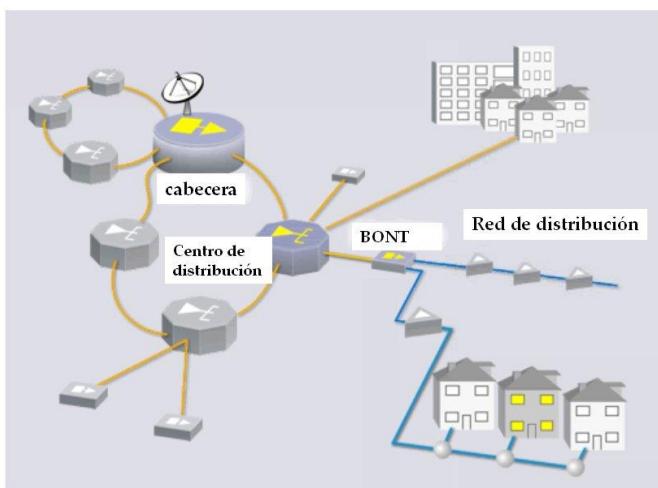
- Servicio de TV: analógica y digital, con o sin canal de retorno para servicios pay per view. Este servicio es el tradicional de las redes de CATV o hibridas fibra óptica -coaxial (HFC)
- Servicio de acceso a internet

6.8.1 Televisión por cable (CATV- HFC)

Nota: Las siglas significan CATV (cable televisión) y HFC (híbrid fiber-coaxial)
Un sistema de televisión por cable consta de los siguientes elementos:

- Cabecera
- Terminal cabecera de red
- Centros de distribución
- Terminaciones de red óptica (BONTs)
- Red de distribución coaxial

Aunque estrictamente hablando la parte de acceso es solo desde las BONTs hasta el usuario, en este apartado se presenta la arquitectura de toda la red, por su sencillez.



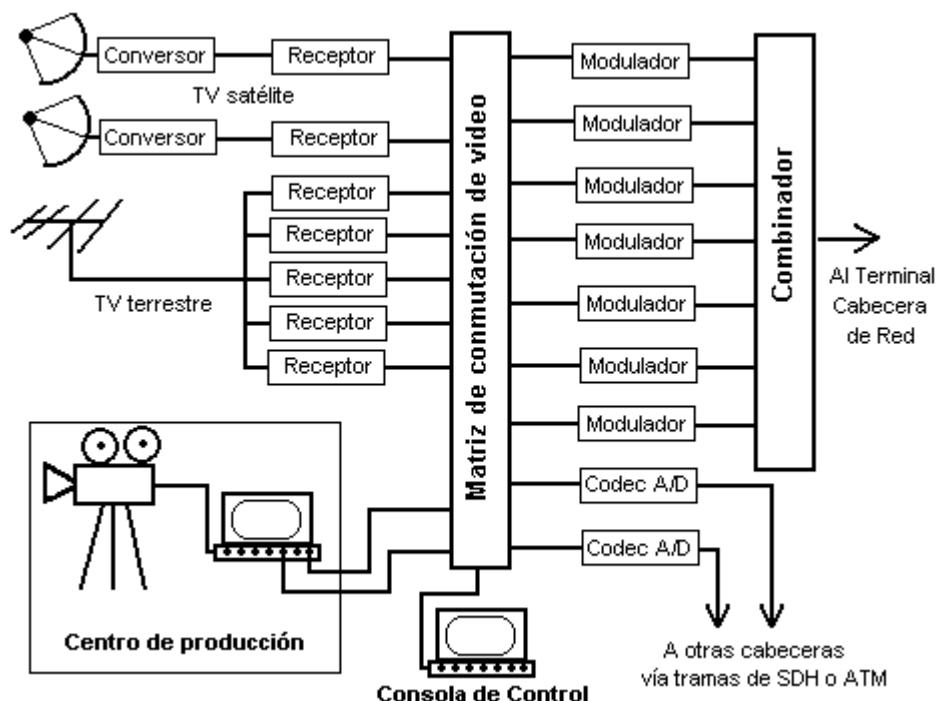
Las frecuencias utilizadas para CATV son:

- Canal de bajada : 86-862 MHz
- Banda de radiodifusión FM: 87.5 – 108 MHz
- Banda reservada a TV digital: 606-862 MHz
- Canal de retorno: 5-55 MHz

A continuación se describe, de forma esquematizada, una que incluye los elementos principales de una red CATV.

6.8.1.1 Cabecera

La Cabecera es el centro de la red encargado de agrupar y tratar los diversos contenidos que se van a transmitir por la red. En la Figura 1, se puede ver como se aplica a una matriz de conmutación señales de vídeo de procedencia muy diversa.



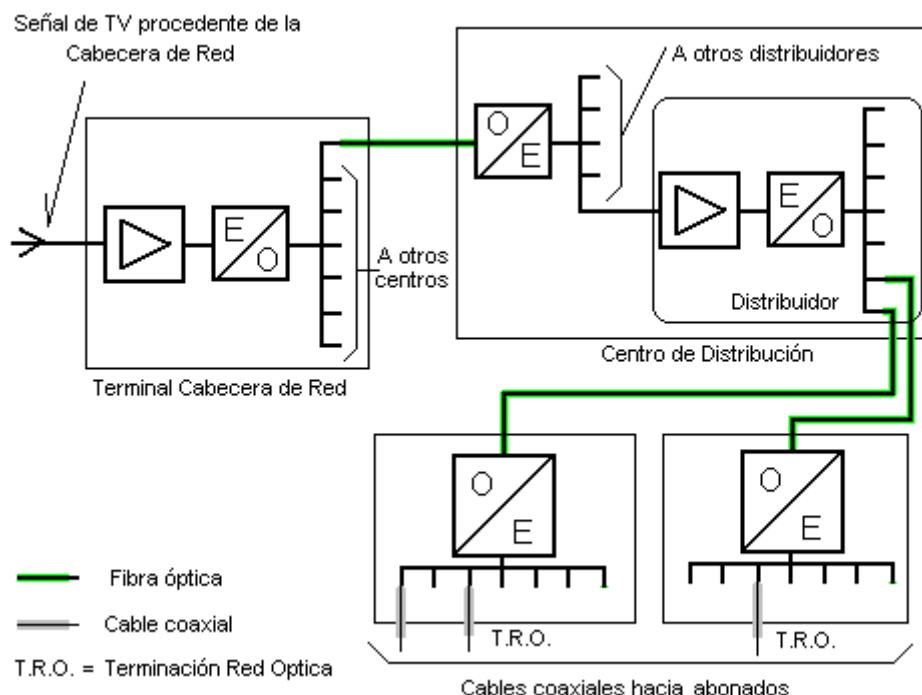
Así tenemos receptores de programas vía satélite, otros de televisión terrestre o señales de vídeo procedentes de un centro de producción local. Por razones de simplificación solo se representan nueve señales de entrada a la matriz, pero su número puede ser mucho mayor, tantas como canales facilite el operador de la red.

Después de pasar por la matriz, las señales de vídeo son moduladas para colocar a cada una de ellas en un canal distinto y poder agruparlas en el combinador para formar la señal compuesta que se enviará al Terminal Cabecera de Red situado en la misma localidad de la Cabecera. Otras señales son injectadas a codificadores analógico/digitales para ser enviados mediante tramas de la red SDH o ATM a cabeceras remotas de redifusión situadas en otras poblaciones distintas de la Cabecera principal. Las funciones de la cabecera son:

- Recepción y procesado de señales (terrestres, satélite, cable, microondas)
- Monitorización y supervisión de la red
- Gestión de servicios y abonados (VOD, PPV, tarificación)
- Gestión del canal ascendente (abonado -cabecera)
- Codificación y distribución de canales digitales
- Codificación de canales de pago

6.8.1.2 Terminal Cabecera de Red

El Terminal Cabecera de Red es el encargado de recibir la señal eléctrica generada en la Cabecera y transformarla en señal óptica para su envío por fibra a los diversos centros de distribución repartidos por la población.



La señal óptica llega al centro de distribución a través de la red de transmisión del operador. Desde el centro de distribución hasta las TRO, se utilizan anillos ópticos de acceso.

En la figura se pueden observar los elementos que componen este terminal así como los encargados de la distribución y reparto, que se describen a continuación.

6.8.1.3 Centro de distribución (nodo primario)

En el Centro de Distribución, la señal óptica se convierte nuevamente en eléctrica y se divide para aplicarla a los distribuidores. En cada distribuidor tenemos un amplificador para elevar el nivel de la señal, atenuada por la división. A continuación la convertimos nuevamente en óptica y mediante fibra se encamina hasta la proximidad de los edificios a servir, es lo que se

denomina fibra hasta la acera, aunque esto no sea enteramente exacto. Estas fibras terminan en las denominadas Terminaciones de Red Óptica.

6.8.1.4 Terminación de Red Óptica (nodo secundario - BONT)

La Terminación de Red Óptica es el último eslabón de la red. Colocadas, generalmente, en zonas comunes de los edificios, como garajes o cuartos de contadores, sirven de terminal de las fibras hasta la acera (Fiber Deep) que portan las señales ópticas que van a ser convertidas nuevamente en eléctricas y aplicadas a un distribuidor para, mediante cables coaxiales, llevar la señal de televisión a los domicilios de los abonados al servicio.

A este aparato también se le llama BONT (broadband optical network Terminal)

La BONT normalmente se ubica en el mismo armario que el DLC (Digital loop carrier), por lo que, por ejemplo en el armario donde se aloja un Litespan 1540, podremos encontrar una BONT. El par de hilos del cable siamés en esos casos se conecta al DLC y el coaxial a la BONT.

Cada nodo terminal da servicio a una celda (conjunto de abonados).

- Tamaño celda: compromiso coste –calidad
- Tipos de celdas:
 - supercelda: 8000 hogares
 - estándar: 2000 hogares
 - minicelda: 500 hogares
 - microcelda: 100 hogares
 - picocelda: < 50 hogares

6.8.1.5 Red de distribución

Es la red de cable que sale desde la BONT. Hay que evitar colocar muchos amplificadores eléctricos en cascada para no degradar la calidad de la señal. Los amplificadores son de exterior por lo que van dentro de una carcasa que lo protege y son telealimentados, es decir, se alimentan mediante el mismo cable coaxial.



Una vez que el cable llega a un edificio, tendremos elementos pasivos llamados distribuidores, con 1 entrada y N salidas , y en cada casa tendremos un derivador. El derivador aísla el cable principal de las

interferencias que se puedan generar en un hogar. Lo normal es que el derivador tenga un par de salidas, pero los hay de 4 salidas y más.



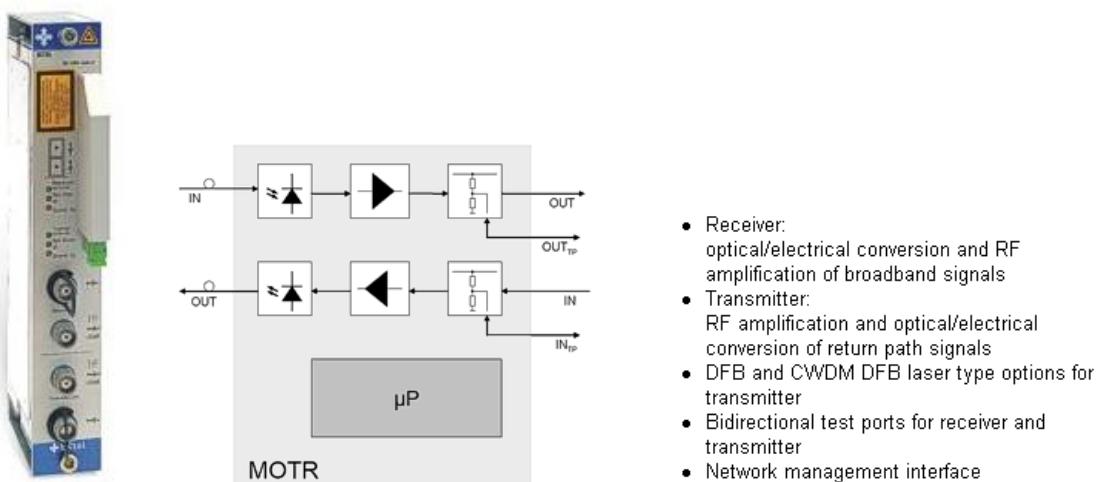
6.8.1.6 Ejemplo de equipamiento CATV-HFC de BKTEL

El equipamiento de una red CATV-HFC necesita de muchos elementos. BKTEL es una empresa que fabrica todos estos elementos. ONO es un ejemplo de operador que utiliza dicho equipamiento.

Familia 1570 BB (broadband) de BKTEL contiene una gama completa de productos con longitudes de onda de 1310 y 1550 nm para transmitir, amplificar y recibir señales de televisión por cable e internet desde una cabecera pasando por los nodos primarios y secundarios hasta las casas de los abonados ya con cable coaxial. El sistema permite la transmisión de señales de TV analógicas y digitales. Algunos de los productos son:

- Transmisores ópticos modulados externa o directamente
- Amplificador desde 8dB hasta 16dB con 1 a 4 salidas
- Splitter ópticos con 1 ó más entradas y salidas
- Receptores ópticos
- Multiplexadores/Demultiplexadores ópticos
- Conmutadores ópticos
- Mecánica de bastidores en 19" y 21"
- Material pasivo para completar el sistema

A continuación se presenta un nodo Terminal óptico (una BONT) con capacidad para transmitir el canal de retorno



La BONT de BKTEL tiene dos fibras ópticas , una para la TV y otra para el canal de retorno. Igualmente tiene dos salidas coaxiales. Internamente tiene un conversor electro/óptico y un amplificador. En ancho de banda es de 47 a 870 MHz para downstream y 5 a 200MHz para upstream (retorno).

En los mismos armarios de exterior donde se mete un nodo de acceso DLC (como Litespan) se coloca una BONT si se quiere dar televisión por cable (usando un cable siamés) y además hace falta un alimentador adicional para proporcionar potencia al cable coaxial, ya que los amplificadores eléctricos usan el cable para telealimentarse.

6.8.1.7 Cálculos de calidad en redes CATV

En una red CATV o CATV-HFC pueden existir cadenas de amplificadores que degraden la calidad de la señal. Hay dos relaciones importantes para describir la calidad de la señal suministrada al usuario:

- La relación C/N (carrier to noise) indicara la calidad de la señal de R.F. transportada por el sistema.
- La relación S/N (signal to noise) indicara la calidad de la señal demodulada en el receptor del abonado.

Se acepta que la distribución de ruido es uniforme en todas las frecuencias y la contribución al ruido del sistema es independiente del numero de canales transportados.

La relación C/N es la relación entre los niveles de portadora de video y nivel de ruido, se expresa en dB.

Para el caso de tener amplificadores de características idénticas, la C/N se calcula como:

$$C/N = C/N_1 - 10 \log n$$

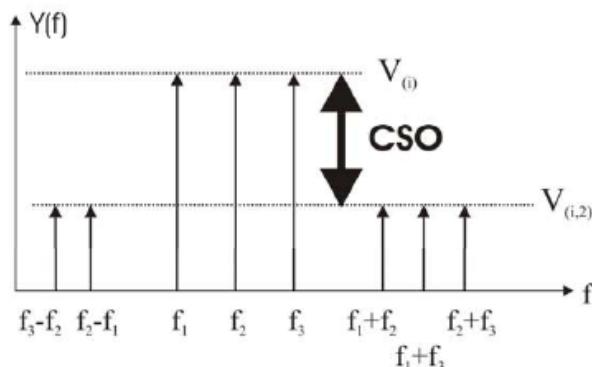
Donde el primer término del segundo miembro representa la relación portadora a ruido de un solo amplificador (especificada por el fabricante

a los niveles de operación recomendados) y n es la cantidad de amplificadores involucrados

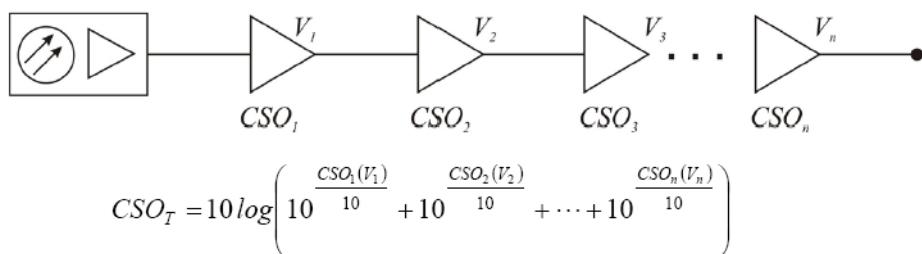
Como un amplificador real tiene una característica de transferencia no lineal, este provoca algún tipo de distorsión a su salida, modificando la forma de la señal. Respecto de la de entrada. El grado y tipo de distorsión se clasifica según sea el orden de esta, esto es el orden de armónicas de la señal de entrada que se generan en el mismo amplificador.

Cuando se aplica señales de entrada con varias portadoras a un amplificador, como es el caso de transmisión de varios canales de TV, aparecerán además de armónicos, productos de intermodulación. Los productos de intermodulación consisten en frecuencias combinación de las frecuencias de entrada (las frecuencias de las portadoras). Esto crea efectos de "moiré" en la pantalla.

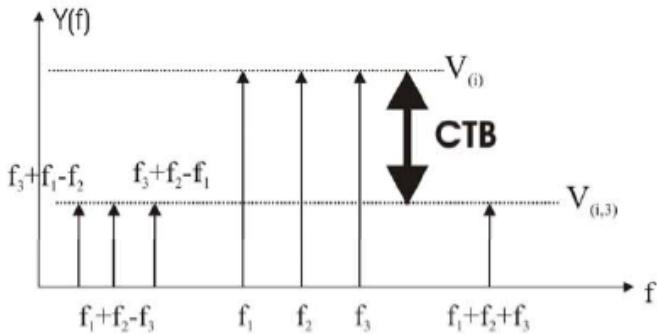
En este aspecto, es conocido en sistemas de cable la Intermodulación de segundo orden (CSO: CompositeSecondOrder).



El cálculo de la CSO para N amplificadores en cascada se efectúa del siguiente modo:



Otro tipo de distorsión, la Intermodulación de 3er orden (CTB Composite triple Beat) son combinaciones de 2 o 3 frecuencias cuya suma del valor absoluto de los factores por los que van multiplicados es igual a 3 ($f_1+f_2+f_3$, $2f_1+f_3$, $2f_1-f_3$, etc.).



La CTB para N amplificadores en cascada se calcula del siguiente modo:

$$CTB_T = 20 \log \left(10^{\frac{CTB_1(V_1)}{20}} + 10^{\frac{CTB_2(V_2)}{20}} + \dots + 10^{\frac{CTB_n(V_n)}{20}} \right)$$

Por último, la modulación cruzada (CXM) es el resultado de la modulación de una señal por intermedio de otra. Básicamente en un sistema PAL una imagen se compone de 625 líneas en 2 cuadros de 312.5 líneas cada uno, y se presentan 50 cuadros por segundo. Esto da una frecuencia de sincronismo horizontal:

$$312.5 \times 50 = 15625$$

El efecto combinado de los distintos canales con la misma frecuencia de sincronismo horizontal distorsiona la imagen, detectándose una banda imprecisa que se desplaza por la pantalla. Es decir, la portadora de 15,6Khz modula las portadoras de los canales un poco, produciendo ese efecto. La CXM tiene la misma fórmula que la CTB.

Los diseños deben cumplir con la normativa vigente en España en cuanto a potencia de la señal y calidad, que se muestra a continuación:

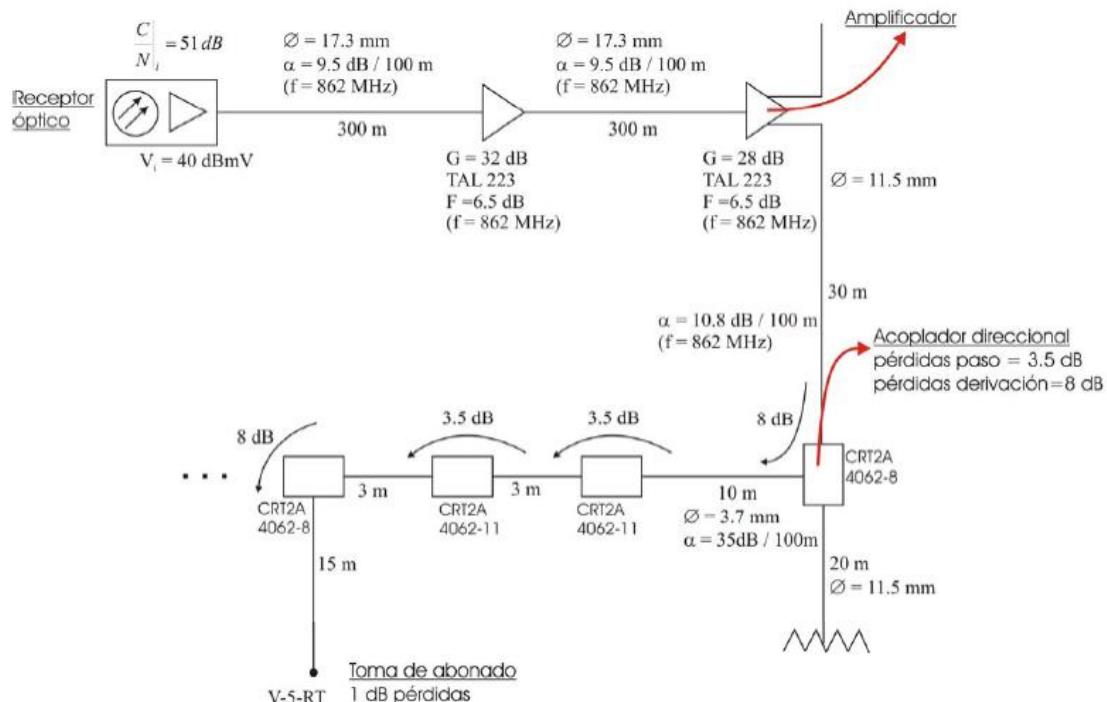
Especificaciones del Real Decreto 2066/1996

Punto Conexión de Red en CATV

Ancho de banda	86 – 862 MHz
Nivel de señal TV	62 – 82 dBμV
Nivel señal FM mono	40 – 70 dB μ V
Nivel señal FM stereo	50 – 70 dB μ V
Diferencia de nivel entre canales	≤ 12 dB
Diferencia de nivel en un canal	$\leq \pm 2$ dB
Portadora / ruido TV (C/N)	≥ 44 dB
Portadora / ruido FM mono	≥ 38 dB
Portadora / ruido FM stereo	≥ 48 dB
Producto intermodulación 2º orden	≤ -52 dB
Triple batido compuesto	≤ -52 dB
Aislamiento entre tomas de usuario	≥ 36 dB

La filosofía de diseño de una red es la siguiente: partiendo de los niveles de calidad requeridos en casa de abonado, y siguiendo una filosofía bottom-up, determinamos la calidad requerida en los nodos de terminación óptica.

A continuación se presenta un ejemplo de una red de distribución con dos amplificadores en cascada y varios derivadores



Los cables coaxiales poseen resistencia en función del tipo de cable. Por ejemplo no es lo mismo un COAX3 que un COAX6 (15ohm/Km.). Además los equipos amplificadores son tele alimentados (se alimentan a través del mismo cable coaxial) , de modo que hay que efectuar los cálculos de

potencia de alimentación requeridos. Dicha potencia la debe proporcionar el nodo de terminación óptico.

La alimentación produce un efecto conocido como "modulación de red" (HUM), que es el efecto que tiene la interferencia de la alimentación de los equipos (60hz) sobre la señal de video. Se detecta como una o mas barras horizontales desplazándose por la pantalla.

6.8.2 Estándar DVB: Televisión Digital

DVB Digital Video Broadcasting. Es el estándar europeo para el sistema de televisión digital y está dividido en tres áreas:

- DVB-T (terrestrial , es decir , la famosa TDT) Banda VHF/UHF. utiliza modulación COFDM
- DVB-S y DBV-S2 (satélite) banda SHF. Utiliza modulación QPSK
- DVB – C (televisión digital por cable). Banda VHF/UHF. Utiliza modulación 64 QAM

Estos estándares definen la capa física y la capa de enlace de datos de un sistema de distribución. Todos los datos se transmiten en flujos de transporte MPEG-2 ("MPEG-2/Vídeo" y "MPEG-2/Audio") con algunas restricciones adicionales (DVB-MPEG). Hay una variante llamada DVB-H ((Digital Video Broadcast

Handheld) para dispositivos móviles.

Para facilitar la conversión, estos estándares también soportan las tecnologías existentes tales como el teletexto (DVB-TXT) y el sincronismo vertical (DVB-VBI). Sin embargo, para muchas aplicaciones hay disponibles alternativas más avanzadas como, por ejemplo, DVB-SUB para los subtítulos.

6.8.2.1 DVB-C

DVB-C presenta las siguientes características:

- Utiliza una modulación 64-QAM, con 6 bits por símbolo.
- El ancho de banda del canal de transmisión es 6-8 MHz. (usa entre 35 y 40Mbps ya que hablamos de 64 QAM). La codificación (a nivel de aplicación) empleada es MPEG-2 , la cual está estandarizada con un ancho de banda variable en función de la calidad que se desee obtener, pero siempre con un mínimo de 4Mbps. Ese es el motivo de que operadores como Ya.com, solo ofrezcan servicio de IPTV a los abonados ADSL cuyo ancho de banda alcanza los 4Mbps. Diferentes canales digitales pueden ofrecer regímenes binarios distintos.
 - Cine ≈ 4 Mbit/s (media)
 - Dibujos animados ≈ 2 Mbit/s (media)

- La señal DVB-C es robusta frente al ruido, presenta una SNR = 30dB.
- La emisión es immune a la interferencia y los retardos son mínimos.
- Se producen ecos debidos a la mala adaptación de impedancias, para evitarlos necesitamos un buen corrector de errores. A la trama binaria antes de enviarla a los abonados, se le aplica una codificación Reed-Solomon² y un Entrelazado convolucional, de cara a la detección y corrección de errores en el extremo receptor.
- En el estándar DVB-C juntamente con la señal de video y audio, viaja la señal de datos (DVB-SI), con la cual podemos acceder a servicios como la EPG (guía de programación electrónica)
- Podemos hacer uso de la televisión interactiva, a través del standard MHP.

DVB-MHP utiliza el lenguaje de programación Java para sus aplicaciones y define la plataforma conocida como DVB-J, basada en la Máquina Virtual de Java (JVM) especificada por Sun Microsystems. DVB-J define un conjunto de APIs (Application Program Interface en inglés) genéricas, situadas entre las aplicaciones y el sistema de software, para proporcionar a las distintas aplicaciones acceso a los recursos disponibles en el receptor.

6.8.2.2 DBV-T

El problema de los ecos se ha solventado en el sistema europeo aplicando la modulación COFDM. En la TDT el flujo binario resultante de codificar la imagen, el sonido y los datos del programa se transmite mediante miles de portadoras entre las que se reparte la energía de radiación. Las portadoras mantienen una ortogonalidad, en el dominio de la frecuencia, su energía se sitúa en el cruce por cero de cualquier otra, lo que facilita la modulación.

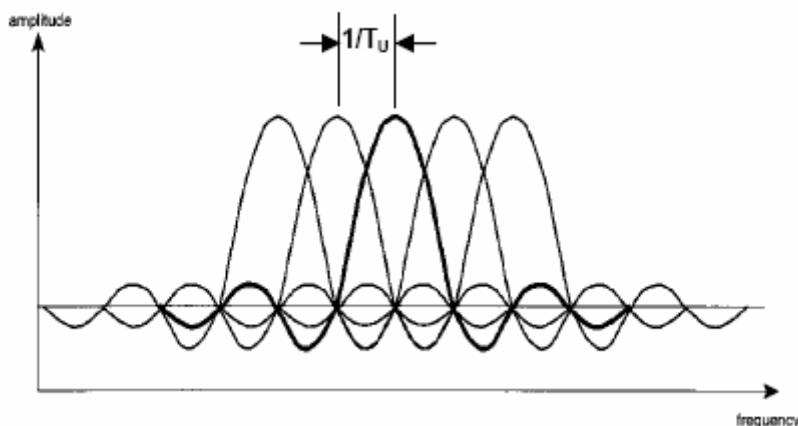
Se divide el flujo de datos binarios en miles de sub-flujos de datos a muy baja velocidad y por tanto elevada duración de bit. Se emite durante un tiempo útil seguido de una parada o tiempo de guarda. Durante el tiempo útil todos los transmisores están sincronizados y emiten en paralelo una parte de bits del flujo binario. De esta manera, en entornos urbanos, las interferencias no degradan sino que mejoran la potencia y relación señal-ruido de la señal recibida. Las posibles reflexiones o rebotes de la señal en

² Los códigos Reed-Solomon son un subconjunto de los códigos BCH (“Bose Chaudhuri Hocquenghem”), perteneciendo, consecuentemente, a la familia de los códigos cíclicos.

obstáculos del entorno (p. Ej. edificios) hacen que las señales se superpongan sumando potencia y mejorando la relación de señal a ruido.

En particular en España se usan 6048 portadoras por cada canal, donde cada portadora transmite 6 bits por símbolo (64QAM), cada 1120 microsegundos,

por lo que sale un flujo resultante de $6048 * 6 * 1/1120\text{microseg} = 34,4 \text{ Mbps}$ pero como la relación de codificación es $2/3$ el flujo de datos es $19,91 \text{ Mbps}$.



La separación entre portadoras se hace igual al inverso del periodo de un símbolo, con lo que la posición de las portadoras en el espectro coincide con los nulos de las portadoras adyacentes (condición de portadoras ortogonales).

La codificación digital de los programas permite que en el ancho de banda disponible en un solo canal UHF 8Mhz se puedan meter 4 canales digitales (cada uno usa $19,91 \text{ Mbps}$ en la actual configuración de TDT en España). Ejemplo:

Canal 65: La Primera, La 2, Canal 24H, Clan/TVE 50
Canal 66: VeoTV, NetTV, Teledeporte, Veo 2
Canal 67: Cuatro, CNN+, 40TV Latino, La Sexta 1
Canal 68: Telecinco, Telecinco Sport, Telecinco Estrellas, Fly Music
Canal 69: Antena 3, Antena 3 Nova, Antena 3 Neox, La Sexta 2

El estándar acepta varios tipos de modulación: QPSK, 16-QAM y 64-QAM. En España se emplea 64-QAM únicamente.

La compresión MPEG-2 utilizada es una compresión con pérdidas. Esto significa que antes de la emisión la calidad del audio y el vídeo en televisión digital es inferior que en televisión analógica. Por lo tanto, lo que

nos garantiza la televisión digital terrestre es una mejor calidad de la señal recibida, no del vídeo y audio. Esto se puede comprobar en la transmisión de los encierros de San Fermín, donde debido a la gran cantidad de movimiento aleatorio y los diversos colores existentes, la compresión MPEG-2 con el ancho de banda asignado genera un vídeo de muy mala calidad aunque, eso sí, se recibe tal y como se envió desde la cabecera.

En la modulación digital terrestre aparece además un nuevo parámetro: modulación jerárquica o no jerárquica. DVB-T permite dos flujos de transporte, uno de alta prioridad (baja velocidad y muy robusto frente al ruido) y otro de baja prioridad que complementa al anterior en cuanto a velocidad y a calidad de imagen (para asegurar cierta calidad de imagen en zonas con una mala cobertura).

6.8.2.3 DVB-H

DVB-H (Digital Video Broadcasting Handheld) es una adaptación del estándar **DVB-T** adaptado a las exigencias de los terminales móviles

La tecnología DVB-H constituye una plataforma de difusión IP orientada a terminales portátiles que combina la compresión de video y el sistema de transmisión de DVB-T, estándar utilizado por la TDT (Televisión Digital Terrestre). DVB-H hace compatible la recepción de la TV terrestre en receptores portátiles alimentados con baterías.

DVB-H ha debido someterse a algunos cambios con respecto al su estándar predecesor DVB-T. Algunos de los cambios más destacables se enumeran a continuación:

Bajo consumo :

El primer problema al que se debía hacer frente era la necesidad de reducir el consumo de esta nueva tecnología dado que está enfocada a terminales portátiles. Para el usuario es importante el hecho de no tener que recargar constantemente el terminal, por lo que debía buscarse una solución que el estándar DVB-T no ofrecía.

Dicha solución recibe el nombre de time-slicing. Time-Slicing significa que los datos que se representan en un servicio particular son repartidos en sistemas portátiles en ráfagas mediante intervalos de tiempo. De modo que cuando el receptor no está recibiendo la ráfaga de datos deseada, el sintonizador está inactivo y por lo tanto está utilizando menos capacidad de batería y gracias a este sistema no pierde tanta carga. A partir de las esperas introducidas por este mecanismo se ahorra hasta un 90% de batería respecto al funcionamiento proporcionado por DVB-T. Además, el mecanismo de time-slicing es especialmente útil para realizar el Handover, ya que En estos periodos de silencio el receptor puede escanear otras

frecuencias para encontrar aquella que le suministre una mayor potencia y llegado el caso, ejecutar el Handover.

Mejora en la recepción :

El segundo problema al que se debía hacer frente tiene lugar en recepción, ya que los terminales portátiles al que se dirige este estándar poseen reducidas dimensiones de las antenas.

El estándar propone la solución llamada MPE-FEC (Multi Protocol Encapsulation/Forward Error Correction), sistema robusto que se engloba dentro de la categoría FEC (Forward Error Correction) y que proporciona una sólida protección ante errores.

Mediante la utilización de MPE-FEC cada datagrama IP, procedente de la ráfaga generada por el time-slicing, es protegido aplicando el código Reed-Solomon RS (255,191). Reed Solomon es un código cíclico (basado en divisibilidad de polinomios). Este tipo de código se encuentra dentro de la categoría FEC (Forward Error Correction), es decir permite la corrección de errores en recepción sin necesidad de retransmisiones.

A pesar de que MPE-FEC es opcional en este estándar, su uso proporciona una notable mejora en la relación portadora a ruido (C/I) y una minimización del efecto Doppler, uno de los principales problemas presentes en los receptores móviles.

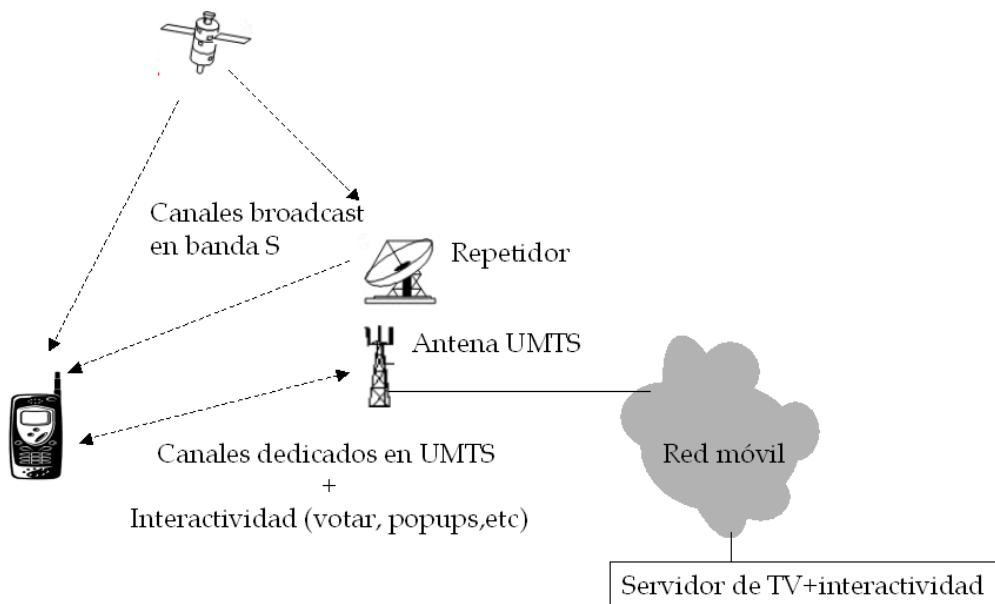
Modo 4k

El modo 4k, que proporciona un total de 4096 portadoras, presenta un compromiso entre calidad de recepción en movimiento y tamaño de la red. Por tanto, dicho estándar introduce un modo adicional a los ya prestados por DVB-T.

Dado que DVB-H está basado en DVB-T es compatible introducir servicios DVB-H en la banda de frecuencia donde se encuentra DVB-T, por tanto, DVB-H al igual que su predecesor utilizan canales aproximadamente de 5 MHz de ancho de banda.

DVB-SH es una evolución de DVB-H, cuya estándar definitivo se ha aprobado en Febrero de 2007, que utiliza la Banda-S (es decir, que la señal la envía un satélite) en lugar de UHF. Así DVB-SH posibilita el uso de cobertura por satélite, además de terrestre. La banda S está comprendida entre 2,17 y 2,2 GHz por lo que está en una posición adyacente a la banda 3G/UMTS . Permite una cobertura total del territorio para el servicio de TV móvil ya que la señal satélite llega a todas partes. Para el interior de edificios o zonas urbanas donde la señal satélite no llega con suficiente potencia se pueden usar repetidores que se colocan junto a las antenas UMTS, de modo que se aprovecha el estudio de cobertura realizado para UMTS, aunque la antena UMTS y el repetidor de banda S son elementos

independientes que radian en bandas independientes (por las que el operador debe pagar una licencia independiente)



6.8.2.4 MHP: Multimedia Home Platform

DVB-MHP (The Multimedia Home Platform) es el estándar definido por el Digital Video Broadcasting (DVB) para ofrecer servicios interactivos en la Televisión digital . Es una versión reducida de la máquina virtual de Java, donde se añaden un conjunto de funcionalidades extras para la adaptación al entorno de televisión.

MHP es independiente de la tecnología de acceso (Cable o ADSL)

Hay diferentes perfiles (mejores y peores) de STB , ya que deben ejecutar java. una plataforma MHP es el servidor de aplicaciones, es decir, es una maquina con la que interactúan las aplicaciones java que se ejecutan en el STB, pero MHP es precisamente la especificación java soportada por los STB.

Puede haber muchas plataformas de aplicaciones MHP, de hecho, tantas como servidores en internet, lo que pasa es que normalmente un operador de cable va a restringir la descarga de aplicaciones al STB , de modo que solo se puedan descargar desde la plataforma del operador, y no desde cualquier servidor potencialmente dañino de internet.

La arquitectura MHP define tres capas:

- Recursos: Procesador MPEG, dispositivos E/S, CPU, memoria, sistema de gráficos....
- Sistema de software: Las aplicaciones no acceden de manera directa a los recursos sino que lo hacen a través del sistema de software, que hace de capa intermedia. El objetivo de esta capa intermedia es el de proporcionar portabilidad para las aplicaciones, de manera que su utilización no dependa de los recursos a utilizar. El sistema de software incluye un administrador de aplicaciones (Navigator) para el control de las aplicaciones que se ejecutan.
- Aplicaciones: Aplicaciones interactivas (también conocidas como Xlets) recibidas a través del canal de broadcast, junto con las señales de audio y vídeo convencionales.

DVB-MHP utiliza el lenguaje de programación Java para sus aplicaciones y define la plataforma conocida como DVB-J, basada en la Máquina Virtual de Java (JVM) especificada por Sun Microsystems. DVB-J define un conjunto de APIs (Application Program Interface en inglés) genéricas, situadas entre las aplicaciones y el sistema de software, para proporcionar a las distintas aplicaciones acceso a los recursos disponibles en el receptor. MHP define también la plataforma DVB-HTML, menos conocida en parte porque su especificación no se completó hasta la versión MHP 1.1 .Este tipo de HTML posee tags específicos para aplicaciones de televisión

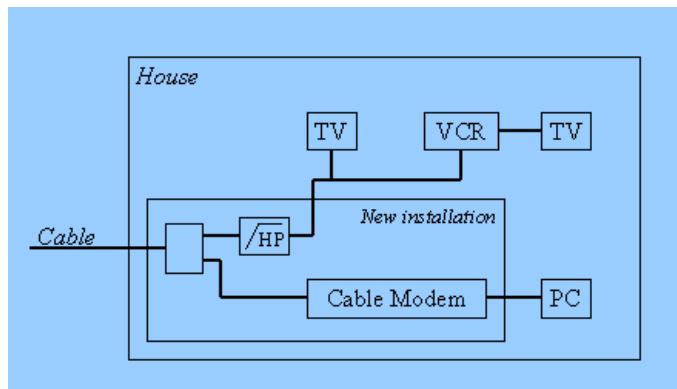
```
<?xml version="1.0"?>
<!DOCTYPE html PUBLIC "-//DVB//DTD XHTML DVB-HTML 1.0//EN"
"http://www.dvb.org/mhp/dtd/dvbhtml-1-0.dtd">
```

Con http ocurre lo mismo, hay un “MHP profile” de http , que afecta fundamentalmente al uso de ciertas cabeceras.

6.8.3 Internet por cable

El ancho de banda real para el servicio de Internet por medio de una línea de cable de TV es de hasta 27 Mbps en el camino de bajada hacia el suscriptor (downstream), con un ancho de banda de aproximadamente 2.5 Mbps para respuestas interactivas en dirección opuesta (canal upstream).

En casa del abonado es necesario un equipo llamado cablemodem, que posee salidas para televisión (coaxial) y ethernet (para el PC)



6.8.3.1 Estándar DOCSIS para cablemodem

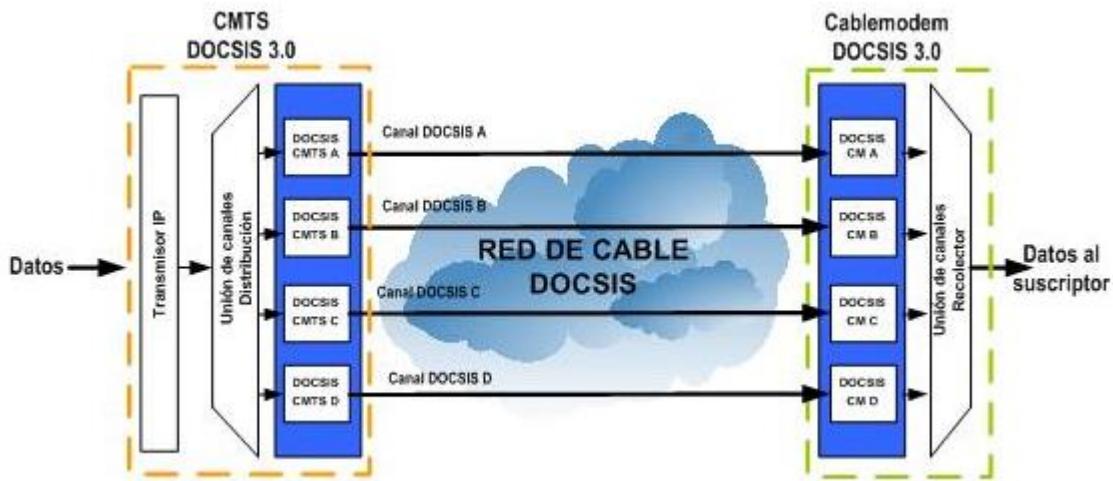
DOCSIS: Data Over Cable Service Interface Specification . El estándar DOCSIS define el nivel físico de acceso, así como los mensajes de control intercambiados entre el servidor de acceso (CMTS: cablemodem termination system) y los cablemodems.

OSI	DOCSIS	
Higher Layers	Applications TCP/UDP IP	DOCSIS Control Messages
Transport Layer		
Network Layer		
Data Link Layer	IEEE 802.2	
	Upstream	Downstream
Physical Layer	TDMA (mini-slots) 5 - 42(65) MHz QPSK/16-QAM	TDM (MPEG) 42(65) - 850 MHz 64/256-QAM ITU-T J.83 Annex B(A)

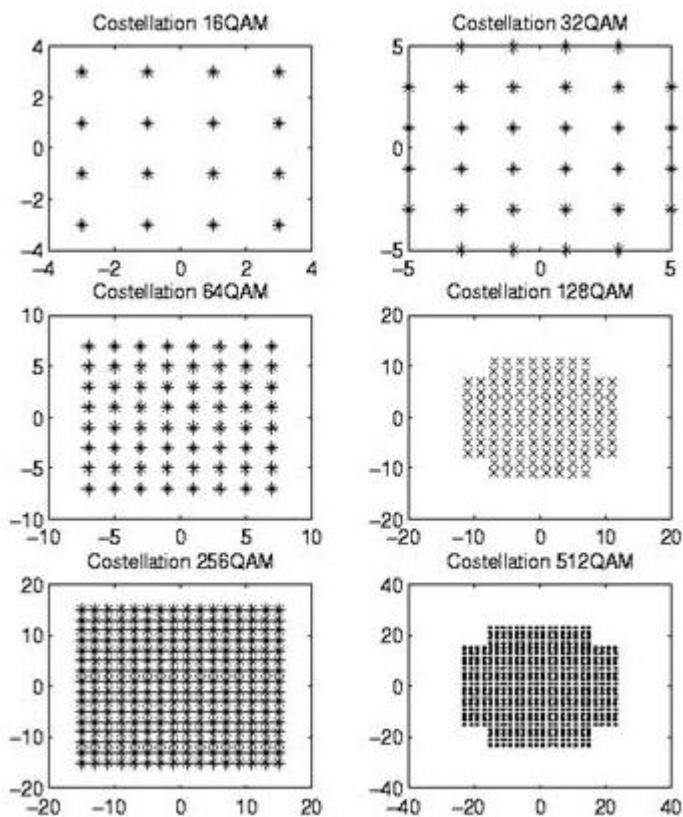
La versión europea de DOCSIS se denomina EuroDOCSIS. La principal diferencia es que, en Europa, los canales de cable tienen un ancho de banda de 8 MHz (PAL), mientras que, en Norte América, es de 6 MHz (NTSC). Esto se traduce en un mayor ancho de banda disponible para el canal de datos de bajada (desde el punto de vista del usuario, el canal de bajada se utiliza para recibir datos, mientras que el de subida se utiliza para enviarlos). También existen otras variantes de DOCSIS que se emplean en Japón.

El 7 de agosto de 2006 salieron a la luz las especificaciones finales del DOCSIS 3.0, cuya principal novedad reside en el soporte para IPv6 y el "channel bonding", que permite utilizar varios canales simultáneamente, tanto de subida como de bajada, por lo que la velocidad podrá sobrepasar los 100 Mbps en ambos sentidos.

Para hacerse una idea de lo que significa “channel bonding”, se muestra la siguiente figura, en la que se modulan 4 canales mediante 64QAM. Si en lugar de hacer esto modulásemos un solo canal a 256QAM, sería mucho mas caro o menos robusto, ya que cuesta mucho mas diferenciar los símbolos en presencia de ruido .



En resumen, es más fiable modular 8 canales a 64QAM que un canal 8 veces más ancho a 512QAM. Y además permite que DOCSIS 3.0 sea compatible con DOCSIS 2.0, ya que la asignación de canales se hace por abonado, de modo que a un abonado con un modem DOCSIS 2.0 se le asignaría un solo canal.

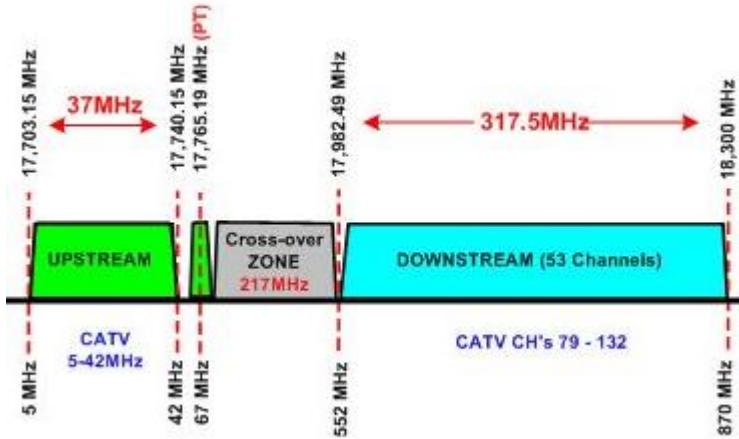


La capacidad típica de DOCSIS 2.0 no es suficiente para canales interactivos de video. Un canal descendente de 6 MHz con 64QAM tiene una tasa nominal de 28 Mbps, mientras que para el retorno un canal de 3.2 MHz con 16QAM, tiene una tasa de 9 Mbps , lo cual no resulta suficiente para ofrecer los servicios multimedia previstos a largo plazo. Para poder ofrecer a cada usuario N canales se deberán disponer canales que se utilizan para programación de televisión.

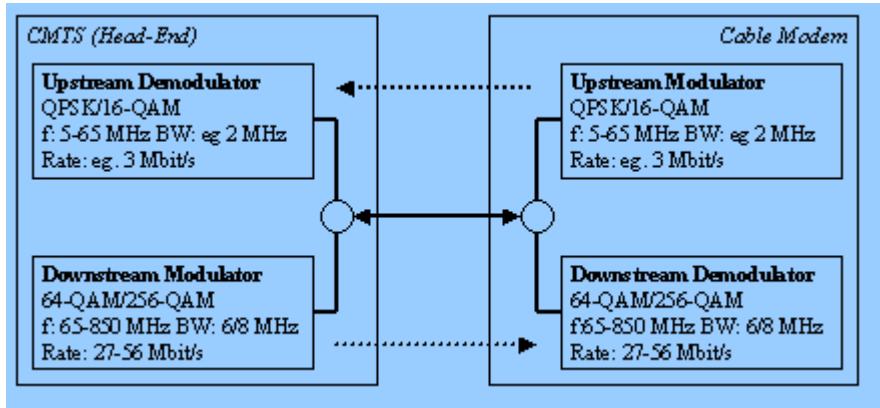
DOCSIS proporciona una gran variedad de opciones disponibles en las capas 1 y 2 del modelo OSI, la capa física (PHY) y la de control de acceso al medio (MAC).

- **Capa física:**

- Ancho de banda del canal: DOCSIS 1.0 y 1.1 especifican un ancho de canal de subida entre 200 KHz y 3,2 MHz. DOCSIS 2.0 especifica 6,4 MHz, pero es compatible con los anteriores. El canal de bajada es de 6 MHz (8 MHz en EuroDOCSIS).



- Modulación: DOCSIS 1.0/1.1 especifica la utilización de una modulación 64-QAM o 256-QAM para el canal de bajada (downstream), y QPSK o 16-QAM para el de subida (upstream). DOCSIS 2.0 además permite 64-QAM para el canal de subida.



- Capa MAC:**

- DOCSIS emplea métodos de acceso determinísticos, específicamente TDMA y S-CDMA. En contraste con CSMA/CD empleado en Ethernet, los sistemas DOCSIS experimentan pocas colisiones.

En la capa MAC, al utilizarse TDMA (acceso de cada cablemodem en un slot de tiempo) tiene gran importancia el cálculo de los offset de tiempo de cada MODEM individual, para que encajen sus transmisiones perfectamente en los slots de tiempo y sean recibidos con la misma potencia en el CMTS. A este proceso de cálculo se le denomina "Ranging".

El funcionamiento se basa en que el CMTS envía unos paquetes especiales (con una MAC especial) usando el canal downstream. Estos paquetes se llaman "minislot allocation packet"

El ancho de banda de cada canal depende tanto del ancho del canal como de la modulación utilizada. Con canales de 6 MHz y 256-QAM la velocidad podría llegar hasta los 38 Mbps, mientras que con canales de 8 MHz y la misma modulación llegaría hasta los 51 Mbps. En el caso de la subida, con un canal de 3,2 MHz y 16-QAM habría disponibles 10 Mbps, aunque en el caso de DOCSIS 2.0 al permitir hasta 6,4 MHz y 64-QAM se puede aumentar hasta 30,72 Mbps.

En las siguientes tablas se pueden apreciar mejor las diferentes combinaciones y sus tasas de transferencia resultantes. Todas están indicadas en Mbps y en valores brutos, es decir sin contar los bits utilizados en la corrección de errores, entre paréntesis se encuentra la velocidad real neta.

DOCSIS	Downstream	Upstream
1.x	42.88 (38) Mbit/s	10.24 (9) Mbit/s
Euro	57.20 (51) Mbit/s	10.24 (9) Mbit/s
2.0	42.88 (38) Mbit/s	30.72 (27) Mbit/s
3.0	+480 Mbit/s	+120 Mbit/s

Un **CMTS** ("Cable Modem Termination System", el equipo que hay en la cabecera de la compañía de cable, equivalente al DSLAM en la tecnología DSL) es un dispositivo que controla los puertos de envío y recepción y conecta la red HFC con internet. Esto significa que, a diferencia de Ethernet, para proporcionar una comunicación bidireccional necesitamos al menos dos puertos físicos - bajada/recepción y subida/envío (downstream y upstream). Debido al ruido en el canal de retorno, hay más puertos de subida que de bajada. Hasta DOCSIS 2.0, los puertos de subida no podían transmitir datos tan rápido como los puertos de bajada, aunque la razón principal de que haya más puertos de subida que de bajada es el ruido de la línea.

Un canal de bajada puede manejar hasta 1.000 cablemódems. Cuando el sistema crece, el CMTS se puede actualizar con más puertos de bajada/subida

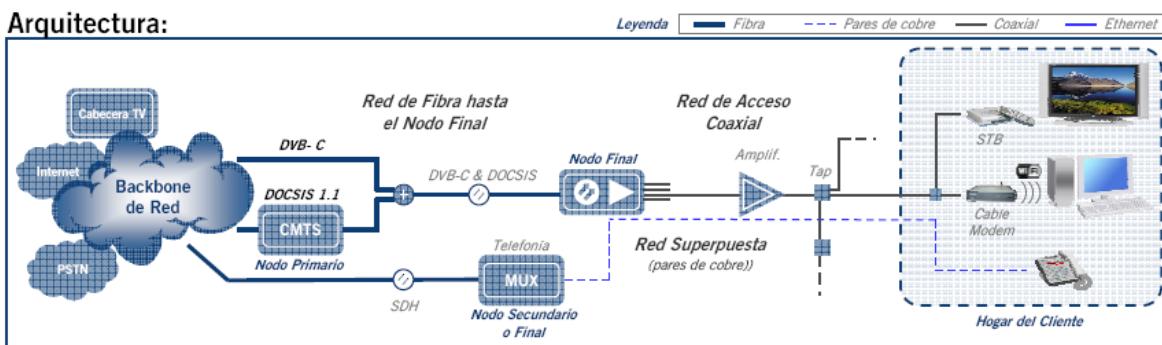
Cisco es líder en sistemas CMTS, mientras que Alcatel-Lucent lo es en sistemas DSLAM . En la figura aparece el CMTS 7256VXR de Cisco



Este equipo tiene una salida Gigabit a la red de datos del operador. Los cables de entrada son coaxiales eléctricos y llegarían al equipo desde las redes de distribución HFC (a veces con transformación optoelectrónica) por lo que cada cable llevaría muchos abonados simultáneos. un CMTS cuesta alrededor de \$15.000 y se puede configurar para tener sobre 1,500 usuarios (Cisco recomienda 1,000 y máximo 1,500).

El CMTS es también llamado “nodo primario” y se encuentra en el mismo lugar físico que los centros de distribución de CATV. La siguiente figura presenta la arquitectura de ONO para Internet por cable.

Arquitectura:



Los operadores de cable tienen un control absoluto de la configuración de los cablemódems, a través del CMTS. Típicamente, para usuarios particulares la velocidad está limitada en función del contrato que tengan suscrito. Los valores concretos se definen en un fichero de configuración que el cablemódem se descarga a través de TFTP cuando establece la conexión con la cabecera del proveedor.

En España, ONO ofrece velocidades como conexión estándar en todo su territorio una velocidad de hasta 4 Mbps de bajada y 300 kbps de subida, aunque van a aumentar la velocidad de dichas conexiones a 6 Mbps manteniendo el ancho de subida, ofreciendo además opciones más caras con 12 Mbps de bajada y 512 Kbps de subida e incluso de 25 Mbps de bajada con 1 Mbps de subida.

Algunos usuarios intentan saltarse el límite de ancho de banda para conseguir acceso total al ancho de banda del sistema (a menudo, 30 Mbps) subiendo su propio fichero de configuración al cablemódem. Este

proceso se conoce como uncapping y es casi siempre una violación de los términos del servicio y, frecuentemente, de la ley.

6.8.3.1.1 Protocolo de Ranging

El módem espera recibir Tres mensajes MAC que el CMTS envia repetidamente en todos los canales de downstream.

- El primer mensaje es el Tiempo de sincronización (SYNC)que provee una referencia de tiempo común a todos los módems.
- El segundo mensaje es un Descriptor del canal de upstream(UCD)donde se especifica frecuencia de transmisión y modulación .
- El ultimo mensaje es un Mapa de asignación de ancho de banda (MAP)que describe cuando puede transmitir y por cuento tiempo.

El procedimiento de ranging involucra un ajuste fino de los parámetros de transmisión :

- Ajuste fino de la Referencia de tiempo.
- Ajuste fino de la Frecuencia de transmisión.
- Ajuste fino del Nivel de transmisión(potencia).

Como cada módem esta a una distancia diferente del CMTS estos ajustes resultan diferentes para cada equipo

1. El módem transmite un mensaje al CMTS durante una ventana de mantenimiento definida en el MAP.
2. El módem transmite su pedido de ajuste de ranking basado en su interpretacion del SYNC y del MAP
3. EL CMTS debe responder al cablemódem.

Si después de un tiempo el cablemódem no recibe respuesta pueden suceder dos cosas:

- Se produjo una colisión con otro cablemódem.
- El nivel de transmisión era muy bajo.

Si el módem no recibe respuesta a su pedido, deja pasar un numero aleatorio de ventanas de mantenimiento y vuelve a transmitir con mayor nivel.

Cuando el CMTS recibe el pedido del módem detecta :

- Desplazamiento dentro de la ventana de mantenimiento.
- Frecuencia de transmisión del módem.
- Nivel de señal recibida en el puerto de upstream.

Basado en esta información el CMTS determina las correcciones y se las envía al cablemódem.

Una vez que el CMTS recibe el pedido de mantenimiento el resto del proceso de ranging se realiza utilizando mini-slots de tiempo sin que exista riesgo de colisiones.

Al recibir la respuesta del CMTS el módem ajusta sus parámetros y emite un segundo pedido de ranging.

El dialogo entre el CMTS y el módem continua hasta que el CMTS queda satisfecho con los parámetros que utiliza el módem :

- Sincronismo con errores inferiores a 1 microseg.
- Frecuencia de transmisión dentro de +/-10 Hz
- Nivel de transmisión dentro de +/-0.5 dB

Este ciclo de ajuste se realiza cuando el módem se conecta por primera vez a la red y se repite según ciclos de mantenimiento pre-establecidos en el CMTS para asegurar una comunicación continua y confiable.

6.9 Acceso FTTH (*fiber to the home*)

Se trata de aumentar el ancho de banda que proporciona ADSL o el cable coaxial y así dar velocidades de acceso a Internet de unos 50 megas , además de mas de un gigabit para canales de TV, etc.

A veces en lugar de FTTH se usan las siglas FTTC (fiber to the curb). Tiene un matiz diferente pues significa que la fibra termina en una caja de empalme donde terminan los bucles locales o donde se conecta el cable coaxial compartido por la manzana. La fibra no llega hasta la casa del abonado, pero sí hasta su manzana.

Hay dos tipos de soluciones: PON (pasive optical network) y AN (active node). Las PON se diferencian de las que tienen nodos activos en que no hay regeneración óptica de la señal, de modo que el alcance es menor, aunque suficiente. Y puesto que los amplificadores ópticos tienen un alto coste, las redes PON son las más interesantes.

Dentro de las redes PON tenemos las GPON y las EPON. La diferencia entre las dos es que GPON puede usar tramas ATM o tramas ethernet y EPON sólo usa tramas ethernet, aunque el funcionamiento es muy parecido.

La UIT aprobó en enero de 2003 la recomendación G.984.1/2/3, conocida genéricamente como **GPON** (Gigabit over Passive Optical Network), que posibilita la explotación de las redes PON hasta regímenes de 2.488 Mbps, soportando los protocolos Ethernet, ATM y TDM.

Paralelamente, y dentro de los desarrollos de EFM (*Ethernet in the First Mile*), el grupo 802.3ah del IEEE ha normalizado las redes **EPON** (*Ethernet over PON*)

Mientras los regímenes binarios de GPON se sustentan en los establecidos para SDH (Synchronous Digital Hierarchy), los regímenes de EPON se alinean con el estándar Gigabit_Ethernet.

Soporte de tasas de transferencia de GPON:

- Simétrico: 622 Mbps y 1.25 Gbps.
- Asimétrico: descendente-> 2.5 Gbps // ascendente -> 1.25 Gbps.

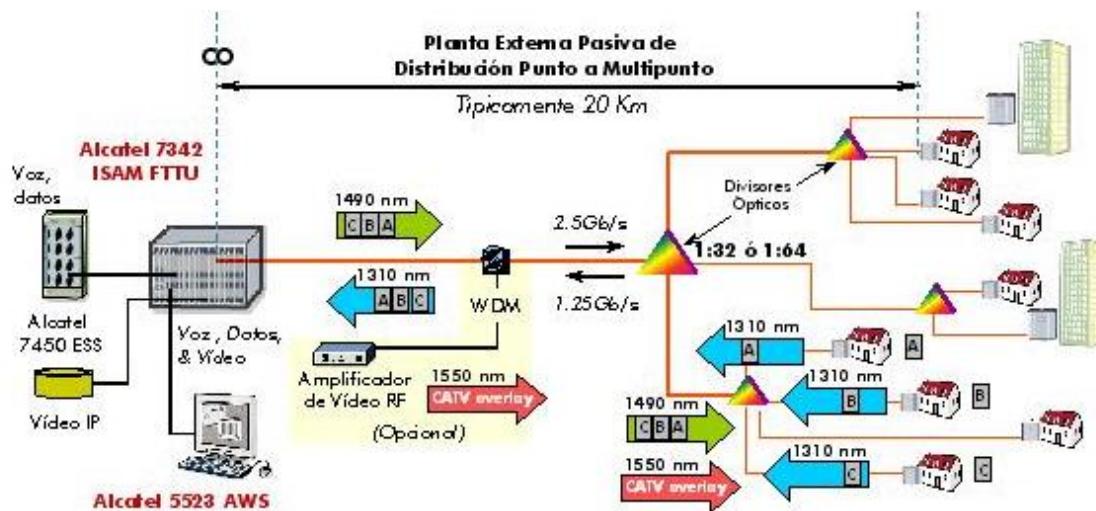
6.9.1 Arquitectura de redes GPON

Puesto que no hay regeneración óptica, el nivel de splitting de la señal no puede ser muy elevado. Normalmente dos niveles de splitting de 1:8 es adecuado (en total sería 1:64). Se puede optar por algo menos , por ejemplo una sola etapa 1:16, pero es más caro, ya que llegamos a menos usuarios con una fibra (y por tanto con un puerto en el equipo de la central, llamado OLT).

La fibra llega hasta el abonado a un punto terminal óptico (PTO) que hace las veces de caja PTR pero para la fibra óptica en lugar de par de hilos o cable siamés. Una diferencia importante es el tamaño de esta caja. Al tener que albergar la fibra sobrante enrollándola, hace falta más espacio, ya que hay un cierto radio de curvatura que debe respetarse para no atenuar la señal.

Hay algunas siglas importantes:

- **PTO**: punto terminal óptico (es el PTR óptico)
- **OLT**: Optical line terminal. Es el DSLAM óptico
- **ONU o ONT**: Optical network unit ó optical network terminal. Hace las veces de MODEM ATU-R, pero óptico.



En la figura se representa una arquitectura típica de una red GPON donde se aprecian algunas cosas significativas:

Se emplea fibra monomodo y la técnica WDM para separar los dos sentidos de transmisión, siendo 1490 nm la ventana de downstream y 1310 la de upstream. A veces en una red GPON se usan dos fibras siendo una para el upstream y la otra para el downstream (ambas cosas están contempladas en el estándar GPON).

6.9.1.1 Downstream

La fibra tiene un ancho de banda de downstream 2.5 Gbps, el cual es compartido por todos los abonados. Este downstream usa la ventana de 1490 nm , y como los divisores ópticos no tienen capacidad de procesamiento, todos los paquetes llegan a todos los abonados. La forma que tiene la OLT de repartir el ancho de banda entre los abonados es mediante un esquema TDM. Se envían celdas ATM de 53 bytes a velocidades desde 155 Mbps (redes "APON³") hasta STM-16 (2488Mbps) . A cada equipo en casa de abonado (ONT) se le asigna un identificador de 3 bytes (dirección ATM) y ello le permite quedarse tan solo con sus paquetes (los que llevan su dirección ATM). Además de las celdas que contienen el tráfico, periódicamente se intercalan celdas PLOAM donde se introduce información de los destinatarios de cada celda e información de operación y mantenimiento de la red.

En el ejemplo tenemos una red con velocidad STM-16. Suponiendo un splitting total de 1:64, tendríamos un downstream individual de 2.5Gbps /64 = 39 Mbps en el peor de los casos , ya que al ser un ancho de banda compartido, cada usuario que no use su ancho de banda amplía el de los demás, ya que podrán disfrutar de más células ATM.

En redes EPON en lugar de ATM siempre se utilizan tramas ethernet, pero es el mismo sistema. En las redes GPON no siempre se usa ATM, también está estandarizado el uso de tramas ethernet (trama 802.3).

6.9.1.2 Upstream

En cuanto al sentido ascendente (upstream) , los usuarios envían sus tramas y la única forma de hacer que no colisionen es mediante un esquema TDMA. Es decir, a cada abonado se asocia un slot de tiempo en el que puede transmitir. Si se trata de una red GPON ATM, con este sistema es

³ APON son las siglas de ATM passive optical network. Fue el primer estandar definido con una velocidad de 155mbit compartido entre todos los usuarios. Mas tarde se estandarizó GPON con hasta 2,5Gbps

suficiente, siempre que la ONT sea capaz de sincronizarse adecuadamente. Por el contrario, si es una red GPON que utiliza tramas ethernet 802.3, dado que dichas tramas tienen longitud variable, se encapsulan usando GFP (generic framing procedure). Generic Framing Procedure (GFP) ITU-T G.7041. Básicamente GFP es una forma de transformar paquetes de longitud variable en paquetes de longitud fija compatibles con tramas SDH o SONET. A GFP también se la llama GPON Encapsulation Method (GEM)

En redes EPON en lugar de TDMA se usa un protocolo de acceso llamado MPCM (multi point control protocol) que evita las colisiones. Este protocolo se basa en paquetes de sincronización paquetes "gate" que envía la OLT sobre el mismo enlace upstream.

Usando TDMA es muy importante determinar la distancia entre la OLT y cada ONT , para que los envíos de paquetes de cada ONT estén perfectamente sincronizados. Al proceso de determinar la distancia se le denomina "ranging". Las ONUs, tras calcular el tiempo que tarda un paquete el llegar desde la OLT, establece un tiempo fijo entre el comienzo de cada frame del enlace downstream para trasmitir sus paquetes. Cada ONU de una misma fibra usará un tiempo diferente, de modo que se repartirán el tiempo entre todas las ONUs.

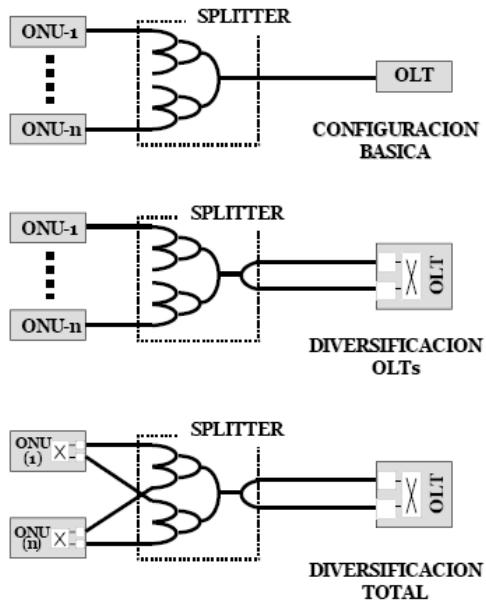
Las arquitecturas PON también han tenido que resolver otro aspecto importante: la dependencia de la potencia de transmisión del equipo OLT con la distancia a la que se encuentra el equipo ONU, que como se ha detallado anteriormente, puede variar hasta un máximo de 20Km. Evidentemente un equipo ONU muy cercano al OLT necesitará una menor potencia de su ráfaga para no saturar su fotodiodo. Los equipos muy lejanos necesitarán que su ráfaga temporal se transmita con una mayor potencia

Por último, es importante destacar que todo el tráfico cursado en la red PON es cifrado mediante DES, ya que al tratarse de un medio de acceso compartido, la encriptación es fundamental

6.9.1.3 Redundancia

Las opciones posibles son:

- Configuración básica, sin redundancia
- Configuración con redundancia en la fibra desde el primer splitter hasta la OLT
- Configuración con redundancia en las fibras que llegan a las ONUs



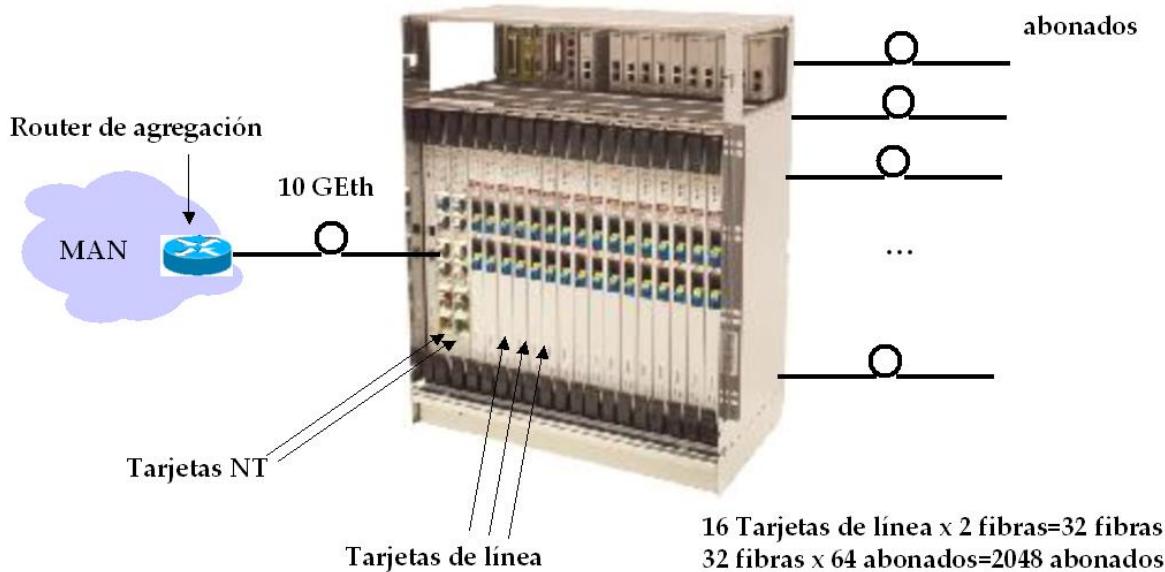
6.9.2 Ejemplo de equipamiento para una red GPON

Se presenta a continuación el equipamiento Alcatel-Lucent de una solución GPON. El OLT, los ONTs y el sistema gestor de los mismos.

6.9.2.1 Optical line Terminal 7342 ISAM OLT

El equipo Alcatel-Lucent 7342 ISAM FTTU está formado por bastidores de 2200 mm x 600 mm x 300 mm. En cada bastidor caben dos armazones del sistema, que son dos nodos independientes, y que alojan cada uno 16 tarjetas de línea GLT2. Cada tarjeta de línea de terminación GPON es dual, es decir, cada tarjeta de línea GLT2 proporciona dos interfaces GPON de hasta 64 abonados. De esta forma la capacidad de un armazón del equipo Alcatel-Lucent 7342 ISAM FTTU es de 2.048 abonados.

Las comunicaciones de voz (telefonía) se pueden cursar mediante un servicio de voz sobre IP. La ONT tiene una salida RJ11 para teléfono analógico y codifica la voz, de modo que se usa voz sobre IP, es decir, que el OLT no se conecta a la red de conmutación, solo a la red IP y el tipo de telefonía que se puede dar es de voz sobre IP, por lo que en la red IP harán falta softswitchs.



Cada fibra óptica (PON line) soporta 2.5 Gb/s downstream y 1.2 Gb/s upstream. Las líneas PON pueden alcanzar hasta 20 km o ser compartidas por 64 abonados , teniendo cada abonado una pérdida dentro de los 28db (28 db es una atenuación de 630 veces, es decir que recibiríamos 1/630 de la potencia emitida).

$$10 \log (\text{potencia señal emitida}/\text{potencia señal recibida}) = 28 \text{ db}$$

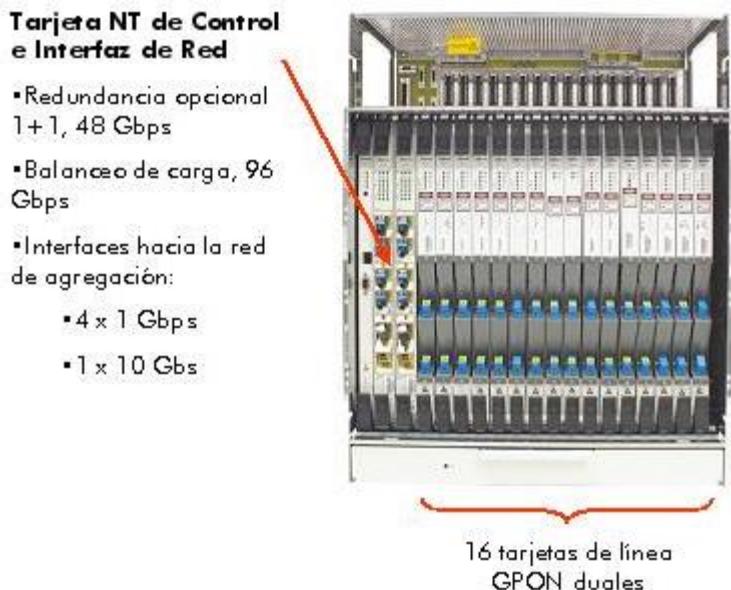
atenuación = $10^{2.8} = 630$

Los servicios son ofrecidos sobre una sola fibra con dos longitudes de onda. Una para tráfico downstream en 1,490 nm, y la otra para upstream traffic en 1,310 nm. Además , existe la posibilidad de utilizar una tercera longitud de onda de 1,550 nm para CATV overlay. Es decir, que podemos meter la televisión por cable existente en esta frecuencia y usar el upstream y el downstream para otros servicios.

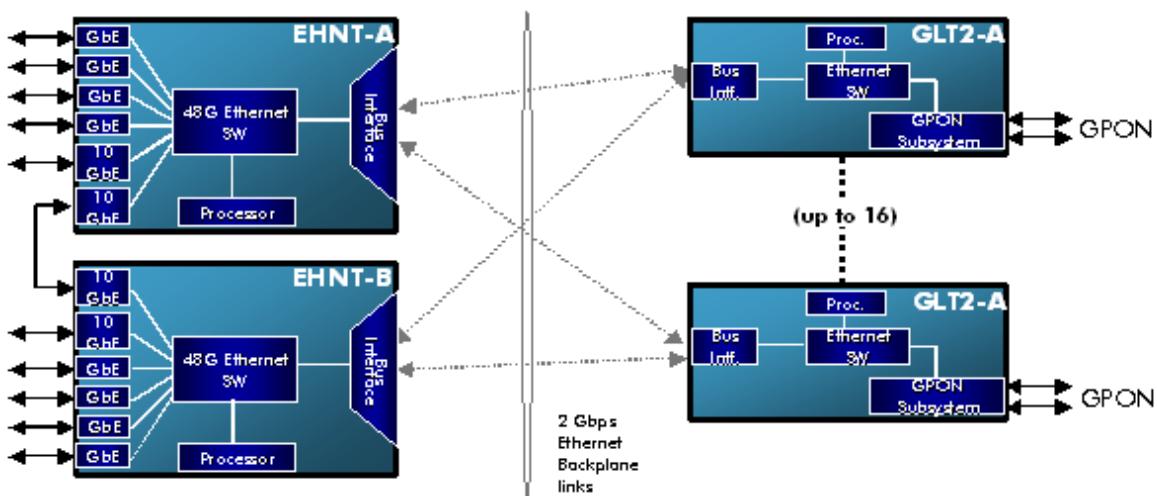
Todo el sistema es gestionado con el Alcatel 5528 Web Access Manager (WAM) or Alcatel 5523 ADSL Work Station (AWS).

El modo de encapsulación implementado es el modo GEM, tal y como se define en los estándares ITU-T G.984.x. Es decir, que se utilizan tramas ethernet y se introducen en paquetes de longitud fija para el upstream TDMA.

Las funciones de control las proporciona la tarjeta NT de control y de terminación de red, que puede ir instalada en redundancia opcional 1+1 o bien en modo de balanceo de carga. Esta tarjeta tiene 48 Gbps de capacidad de conmutación. Proporciona hasta cuatro enlaces Gigabit Ethernet con óptica SFP y un enlace de 10 Gigabit Ethernet, con óptica XFP, hacia la red de agregación. También se equipa una tarjeta ACU de control y recogida de alarmas por armazón.



La tarjeta NT, cuenta con una matriz de 48 Gbps de capacidad. Esta tarjeta cuenta con enlaces de 2 Gbps de capacidad hacia cada una de las tarjetas de línea GPON, capacidad que evolucionará hacia 10 Gbps por tarjeta de línea en versiones futuras del sistema. Los buses entre la tarjeta NT y cada una de las tarjetas de línea GPON son redundantes, para permitir la configuración en redundancia 1+1 opcional de la tarjeta NT o la configuración en balanceo de carga de dicha tarjeta de control. La figura siguiente muestra un esquema de la arquitectura interna del equipo Alcatel-Lucent 7342 ISAM FTTU:



En la figura se aprecia que la tarjeta NT tiene dos salidas de 10GbE, pero lo que se hace es conectar dos tarjetas entre si usando este puerto, de modo que a cada tarjeta le queda un puerto 10GbE para conectarse a la red IP. De este modo tenemos un enlace redundante con el router de agregación (el router de la MAN IP a la que nos conectemos)

El equipo Alcatel-Lucent 7342 ISAM FTTU cuenta con mecanismos de agregación de enlaces hacia la red de agregación así como de un mecanismo STA (spanning tree algorithm) para evitar bucles en la red:

- Agregación de enlaces. Hacia la red MAN el equipo presenta 4 interfaces de tipo Gigabit Ethernet o una interfaz de 10 Gbps. Es posible combinar dos de estos enlaces físicos de red de 1 Gbps en un único enlace lógico para incrementar el ancho de banda proporcionado por el mismo y su disponibilidad. La agregación de enlaces también proporciona balance de carga de forma que la actividad de procesado y de comunicaciones se distribuye entre varios enlaces para que no se sobrecargue uno sólo. El protocolo de control que se utiliza para la agregación de enlaces es el protocolo LACP (Link Aggregation Control Protocol), que es parte de la especificación IEEE 802.3ad. Si un enlace falla, esto es detectado por LACP, que eliminará el enlace del conjunto de enlaces activos agregados. Cuando el enlace vuelve a estar en funcionamiento, LACP volverá a incluirlo en el conjunto de enlaces activos agregados.
- Protocolo rápido de STA (RAPID SPANNING TREE ALGORITHM – IEEE 802.1W). El equipo Alcatel-Lucent 7342 ISAM FTTU da soporte a los protocolos IEEE 802.1d y IEEE 802.1w. El equipo Alcatel-Lucent 7342 ISAM FTTU se puede configurar con varias interfaces de red, que se pueden usar para conectar el equipo a múltiples comutadores Ethernet de la red MAN y proporcionar así redundancia de caminos

para el tráfico cursado por el equipo, a la que previene la existencia de bucles no deseados en la red. Para que una red Ethernet funcione adecuadamente, sólo puede haber un camino activo entre dos estaciones. Múltiples caminos activos entre estaciones causan bucles en la red. Si existe un bucle en la topología de red, se puede producir la duplicación de mensajes. Cuando hay un bucle, algunos conmutadores ven estaciones en dos lados y esta situación hace que el algoritmo de envío duplique tramas. Para proporcionar redundancia de caminos, RSTA define un árbol que expande todos los conmutadores en una red extendida. RSTA fuerza a ciertos caminos redundantes a estar en un estado standby. Si uno de los segmentos de red en RSTA no se puede alcanzar, o bien si su coste cambia, el algoritmo ST reconfigura la topología ST y re establece el enlace activando el camino standby. La operación es transparente a las estaciones finales, que desconocen si están conectadas a un segmento de una red LAN o a una red LAN conmutada de múltiples segmentos.

6.9.2.2 Optical Network Terminal 7342 ISAM ONT

Es la terminación que se instala en la casa del abonado. Existen variantes de exterior, de interior y de tipo MDU (modulares). Un resumen de los distintos tipos de ONT a los que se da soporte se muestra en la figura siguiente:

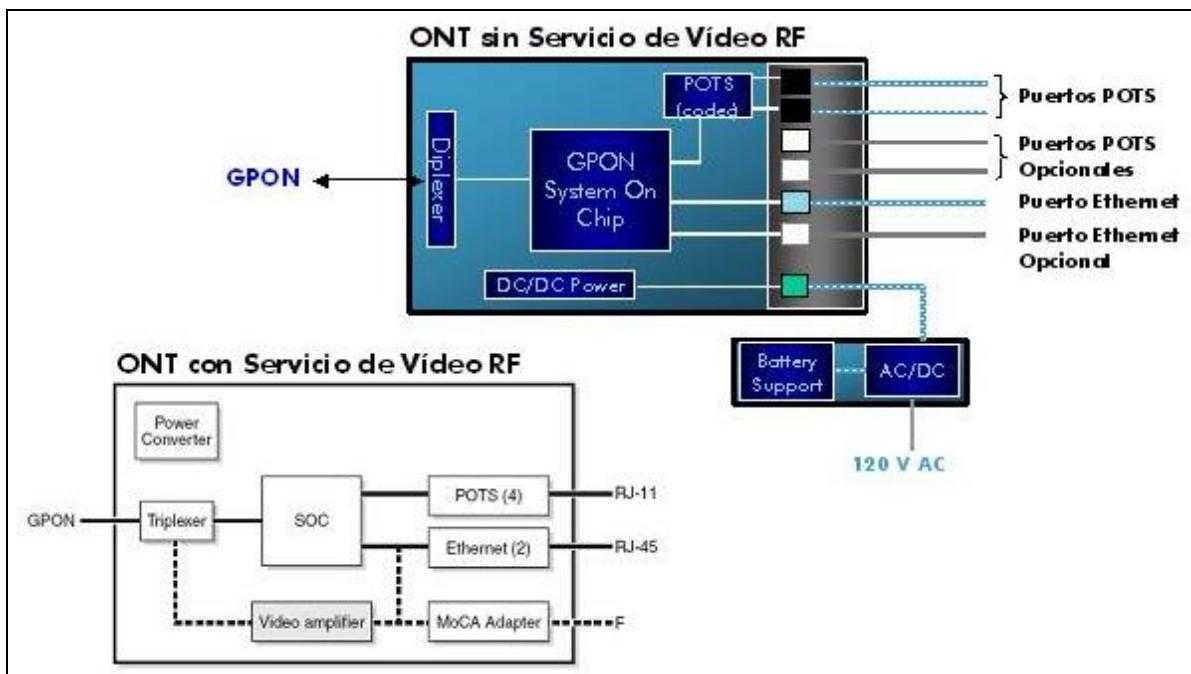
<p>>Series de interior</p> <ul style="list-style-type: none">■ I220/I221;2 POTS;2ETH;Vídeo■ I210;2 POTS;1ETH■ I010;1ETH		<p>Series de Interior</p> <ul style="list-style-type: none">▪ Soporte de H.248 y SIP▪ Soporte de TV RF▪ Soporte de MoCA (Multimedia over Coaxial Alliance)
<p>>Series de exterior</p> <ul style="list-style-type: none">■ O210/O211;2 POTS;1ETH;Vídeo■ O420/O421;4 POTS;2ETH;Vídeo■ O410/O411;4 POTS;1ETH;Vídeo■ O840/O841;8POTS;4ETH;Vídeo		<p>Series de Exterior</p> <ul style="list-style-type: none">▪ Soporte de H.248 y SIP▪ Soporte de TV RF▪ Reforzada en temperatura▪ 12V w/ UPS y baterías optionales
<p>>Series de Negocios</p> <ul style="list-style-type: none">■ B4101/B4111;4 POTS;1ETH;Video;1 E1/DS1■ B8404/B8414;8 POTS;4ETH;Video;4 E1/DS1		<p>Series de Negocios</p> <ul style="list-style-type: none">▪ Soporte de H.248 y SIP▪ Soporte de TV RF▪ Reforzada en temperatura▪ Soporte de E1
<p>>Series Modulares (M300, M301)</p> <ul style="list-style-type: none">■ 8 POTS;4 VDSL2■ 8 POTS;4 ETH		<p>Series Modulares</p> <ul style="list-style-type: none">▪ 48V w/ UPS▪ Montaje en pared o en bastidor

Las Series de Interior de terminales ONT de Alcatel-Lucent están diseñadas para proporcionar servicios Triple Play (TV, teléfono e Internet) a los abonados residenciales. Están diseñadas de acuerdo con los estándares ITU-T y se gestionan desde el sistema Alcatel-Lucent 5523 AWS a través de una interfaz de control y gestión OMCI. Incluyen dos interfaces POTS con conector RJ-11 (opcional) y dos interfaces Fast Ethernet con conector RJ-45 así como, opcionalmente, un conector coaxial de 75 Ohm para vídeo RF. También dan soporte a IGMP para proporcionar servicios de IPTV, así como ITU-T H.248/Megaco o SIP - Session Initiation Protocol para servicios de VoIP. Para los servicios de VoIP se da soporte también al codificador de voz ITU-T G.711, se incluyen las funciones A-Law y U-Law, ruido de confort, supresión de silencios, marcación por tonos, servicios suplementarios etc. Sus dimensiones son de 20,32 cm de altura x 22,86 cm de anchura x 5,33 cm de profundidad, y su peso es de 1,82 kg.

El componente ONT proporciona conexión hacia el componente P-OLT a través de la interfaz GPON por un lado y por otro, interfaces hacia los sistemas de casa del cliente. Hacia la interfaz GPON el terminal ONT proporciona un conector óptico. La señal GPON termina en un triplexor, cuando se requiere señal de TV RF, o en un diplexor. El triplexor o diplexor es un módulo óptico que realiza una conversión óptica / eléctrica. El siguiente elemento del terminal ONT es el dispositivo SoC - System-on-Chip, que proporciona los subsistemas GPON, de voz, de datos y de IP TV. El subsistema de voz proporciona interfaces RJ-11 mientras que los subsistemas de datos y de IP TV proporcionan puertos RJ-45. El servicio de vídeo RF es opcional e independiente de las funciones del elemento SoC. El servicio de vídeo RF se habilita a través de un amplificador de vídeo RF incluido en los terminales ONT que cuentan con esta interfaz adicional, con conector de tipo F. Para el servicio de vídeo RF también se puede usar un adaptador MoCA - Multimedia over Coax Alliance, cuyo propósito es distribuir señales digitales de datos de alta velocidad sobre cable coaxial que esté ya tendido en casa del cliente, algo muy habitual en Norte América.

En caso de tener video RF, la salida es coaxial y se conectaría al SetTop Box, igual que si fuese un coaxial que llegase a través de una red de distribución de CATV

La figura siguiente muestra la arquitectura interna del componente ONT de la solución Alcatel-Lucent 7342 ISAM FTTN:



6.9.2.3 Sistema gestor del OLT y ONTs

La idea del producto es gestionar con un solo sistema el nodo OLT, y los nodos de acceso DSLAM llamados ISAM xDSL (7302 y 7330). Aunque de momento hay un sistema independiente para gestionar el OLT. Este sistema se llama Alcatel-Lucent 5528 WAM (Web-based Access Manager). Este es un gestor de elementos de red basado en entorno web. Puede residir tanto en entorno PC como Solaris y es capaz de gestionar hasta un total de 50 sistemas A7342.

Además de la comunicación a través de red, el sistema WAM puede conectarse con el elemento gestionado directamente mediante puerto serie RS-232.

Para la comunicación entre el servidor A55528 WAM y los elementos gestionados en las redes FTTH se utiliza el protocolo TL1 (Transaction Language 1) que corre sobre UDP/IP. .

Las funciones de Operación, Administración y Mantenimiento (OAM) se gestionan a través de un interfaz de usuario gráfico (GUI). Estas funciones incluyen:

- Configuración de elementos P-OLT y ONT.
- Gestión de alarmas
- Seguridad

6.10 CATV vs. IPTV

La diferencia clave está en la posibilidad de ver varios canales a la vez en CATV y tan sólo uno en IPTV.

En cuanto al canal de retorno, CATV (es decir el estándar DOCSIS) usa un canal de retorno compartido, mientras que en IPTV es dedicado, de modo que las posibilidades de interacción (por ejemplo salir en un canal de TV videollamando para un concurso) podrían ser mayores en IPTV, sin embargo, el canal de retorno de DOCSIS es muy grande, de modo que si no se excede demasiado en el número de usuarios, será suficiente.

Hay quien pueda pensar que IPTV tiene menos calidad porque el ADSL tiene menos ancho de banda. De hecho lo mínimo para poder usar MPEG2 son 4 Mbps. Aunque con MPEG4 (que es lo que se usa en IPTV) podemos hablar de una calidad idéntica. Un canal SDTV ocupa 2Mbit con mpeg4 y un canal HDTV 11 Mbps.

Podemos diferenciar dos tipos de canal: de definición estándar SDTV o de alta definición HDTV. Para un canal del primer tipo sería necesario tener una conexión de 2 Mbps y para un canal del segundo tipo 8 Mbps. Si tenemos varios canales distintos (por tener varios receptores de televisión por ejemplo) necesitaremos más ancho de banda. A este ancho de banda hay que sumar el necesario para la conexión a internet.

Los formatos empleados por IPTV más usualmente son MPEG4 y VC1 (wmv) aunque también se usan los que se listan:

- H.261: Se utilizó para videoconferencia y video telefonía y sirve como base para otros.
- MPEG-1: Logra calidad similar a VHS y además es compatible con todos los ordenadores y casi todos los DVD.
- MPEG-2: Es el usado en los DVD y permite imagen a pantalla completa con buena calidad.
- H.263: Permite bajas tasas con una calidad aceptable. Usado en especial para videoconferencia y videotelefonía.
- MPEG-4 parte 2: Calidad mejorada respecto a MPEG-2
- MPEG-4 parte 10: Es el más usado actualmente por una gran variedad de aplicaciones.
- WMV: Se utiliza tanto para video de poca calidad a través de internet con conexiones lentas, como para video de alta definición. Puede considerarse una mejora del MPEG-4. VC-1 es una especificación video del codec que ha sido estandarizada por la sociedad de los ingenieros de la película y de la televisión (SMPTE) y puesta en ejecución por Microsoft como vídeo de los medios de

Windows (WMV) 9. VC-1 encontrado compartimiento a ser superior a MPEG-2 y a MPEG-4

En España, varias empresas de comunicaciones están empezando a ofrecer IPTV. Telefónica ofrece un servicio de televisión IP bajo el nombre de Imagenio. La compañía de telecomunicaciones Jazztel también ofrece el servicio con el nombre Jazztelia TV. Orange también ofrece su servicio de televisión llamada Orange Tv. Superbanda, también ofrece un servicio de televisión digital. Ya.com (Deutsche Telekom) también ofrece un servicio de IPTV, llamado YACOM TV, que utiliza la tecnología de Microsoft Tv y Alcatel.

En CATV se usa DVB-C con un gran ancho de banda donde se ubican N canales simultáneos. Los canales digitales pueden usar mas Mbps, de hecho usan unos 40Mbps (8Mhz a 64 QAM = 8.000 x 6bit/símbolo = 48.000 bps)

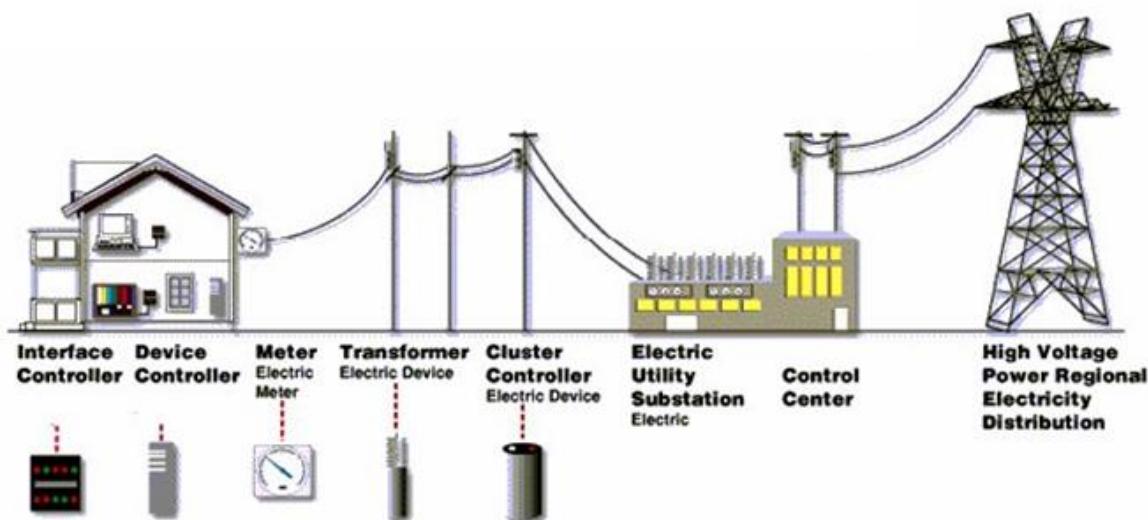
IPTV es mas barato porque no necesitamos una red de distribución de cable, basta con el par de hilos telefónico. Y en cuanto a calidad, si tenemos un ADSL con suficiente capacidad, usando MPEG-4 tenemos la misma calidad que con DVB-C (Mpeg-2).

6.11 PLC: Power Line Communications

El uso de cable eléctrico para la transmisión de información no es una nueva aplicación. En sus orígenes, el uso de Power Line Communications (PLC) se limitaba al control de líneas eléctricas y a la transmisión de las lecturas de los contadores a baja velocidad; más adelante, las empresas eléctricas empezaron a utilizar sus propias redes para la transmisión de datos de modo interno. Sin embargo, fue hasta finales de los 90's que se logró alcanzar velocidades de transmisión de Megabits y al mismo tiempo reducir la interferencia de las señales.

La tecnología de punta PLC permite ofrecer servicios de telecomunicaciones hasta el usuario final a través de la red eléctrica, utilizando la red de distribución de baja tensión existente, entre el centro de transformación y la terminal de red como medio de transmisión de voz y datos. Por lo tanto, la señal PLC comparte la línea eléctrica, aunque hay que destacar que utiliza un rango de frecuencias de bajo tráfico. Este rango espectral se encuentra comprendido entre los 1.6 y los 30 MHZ, hallándose en la banda de HF (high frequency), también llamada "onda corta".

En la figura aparece el camino de los cables eléctricos. La conexión de datos terminaría en el centro de transformación (electric utility substation).



El PLC presenta grandes ventajas competitivas frente al Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL) y el cable (sus principales competidores como solución tecnológica para la provisión de servicios de banda ancha a los mercados masivos y de pequeñas empresas), lo que mantiene abierta una ventana de oportunidad para el desarrollo y lanzamiento comercial de esta tecnología, sobretodo en los países con menor tele-densidad y penetración de Internet.

Además PLC se puede usar no sólo como acceso a Internet, sino también como medio para transmitir señales de datos de un punto a otro de la casa. Mediante un kit (un par de elementos que se conectan a la red eléctrica, es decir, a los enchufes) es posible conectar dos equipos de datos en un hogar a través de la instalación eléctrica de dicho hogar.

En la fotografía se muestra un kit PLC. Cada módulo tiene un enchufe para la red eléctrica y una toma RJ45 para conectar un PC o un router, de modo que podemos tener 2 ordenadores, cada uno conectado a un modulo, comunicándose a través de la red eléctrica del hogar.



7 Red de Acceso y Core móvil

La red de acceso móvil GSM se compone de las antenas (BTS) y estaciones controladoras de antenas (BCS).

La red core se compone del conjunto de centrales de conmutación (MSCs) que permiten las llamadas de voz, así como de los nodos auxiliares (HLR, SMSC, etc) que permiten ofrecer el servicio.

Adicionalmente a esta red core basada en circuitos, existe una “red core de paquetes” para dar servicios de datos, la cual se compone de un par de nodos (SGSN y GGSN) y una red IP compuesta por routers y switches.

A partir de la introducción de LTE (3.9G) , y redes 4G dejan de existir los dos planos diferenciados de circuitos y de datos.

7.1 Frecuencias GSM y 3G

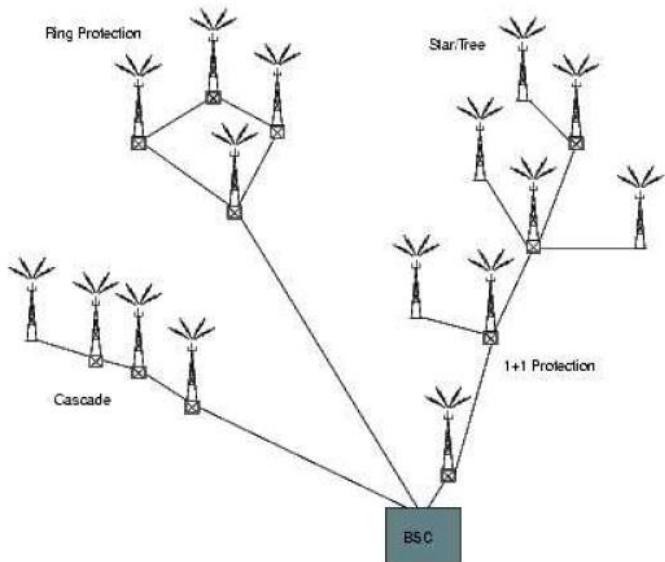
En Europa, el estándar GSM usa las bandas de frecuencia de 900MHz y de 1800 MHz. Sin embargo, en los Estados Unidos GSM usa la banda de frecuencia de 1900 MHz. Por esa razón, los teléfonos móviles que funcionan tanto en Europa como en los Estados Unidos se llaman tribanda (usan 900, 1800 y 850) y aquellos que funcionan sólo en Europa se denominan bibanda.

También existe una cuarta banda (menos extendida) de 850Mhz para GSM en América, de modo que existen teléfonos cuatribanda 850/900/1800/1900

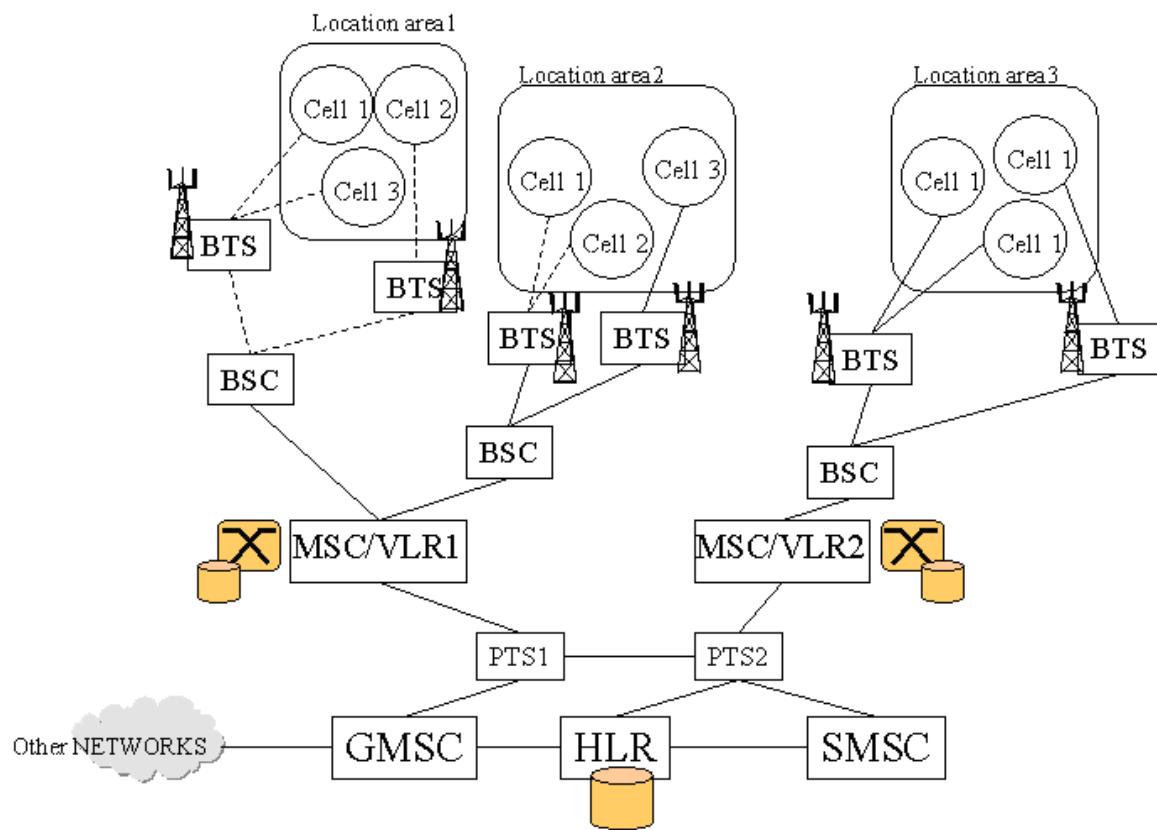
En cuanto al 3G, en Europa se usa la banda 1900 y en America 2100, de modo que también tenemos incompatibilidad en este sentido

7.2 Arquitectura de la red GSM

La red móvil comienza en las antenas, las cuales están conectadas a una Base Station Control siguiendo diferentes configuraciones (anillo, cascada, estrella o árbol)



La imagen mostrada a continuación es una red GSM completa



En la imagen aparecen representados todos los elementos de una red GSM. Las funciones de MSC y VLR siempre van juntas en el mismo equipo, por eso se pintan como un sólo nodo. Igualmente la función de

interconexión con otras redes (GMSC) también suele ser una MSC/VLR, aunque la he pintado diferenciada.

Según el 3GPP un VLR podría controlar a varias MSC pero en la realidad todos los fabricantes meten el MSC y el VLR en el mismo nodo. Incluso lo suelen llamar "VMSC".

7.2.1 Paging y Location Area Code

Cuando enciendes un terminal, éste se comunica con la red a través de la interfaz radio y detecta, gracias al canal de radio broadcast, cual es su "location area code". Nada más encender el teléfono, el msisdn se almacena en el VLR que da soporte a la BSC de la cual depende la BTS que controla la celda en la que se ha encendido el terminal. también en el VLR se almacena cual es tu "Location area code".

El location area code se utiliza para que cuando te quieran enrutar una llamada, hagan un broadcast preguntando por ti (a esto se le llama "paging") sólo en las celdas de tu location area. Si lo hiciesen en toda la red, se desperdiciarían muchos recursos radio.

Si te mueves de una celda a otra, puedes incluso estar hablando y no se nota nada. A esta característica de la red GSM se le llama "handover".

Si te mueves de una celda a otra, pero la segunda pertenece a otro location area, el terminal informa a la red y en el VLR que te da servicio, se actualiza tu nuevo location area.

Si te mueves entre dos celdas que están gestionadas por dos MSC/VLRs distintos, los location areas también serán diferentes y el terminal informará a la red de su nueva ubicación. cuando el segundo VLR apunta que estas en su territorio, notifica a tu antiguo VLR para que te borre.

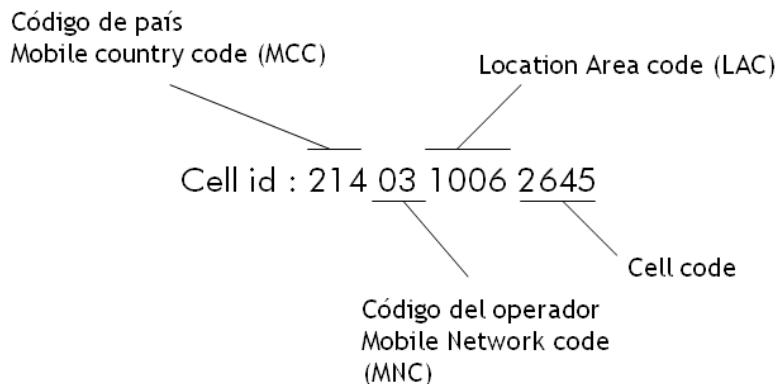
En realidad no es que un VLR notifique al otro. Lo que sucede realmente es que el VLR notifica al HLR y éste notifica al antiguo VLR que te daba servicio.

En definitiva, cada vez que enciendes el terminal, te cambias de location area, etc, un MSC/VLR se entera y el HLR es notificado, por lo que el HLR sabe en todo momento donde estas (en que location area).

Es muy importante que el HLR sepa esto, ya que cuando se te va a enrutar una llamada, la MSC del abonado A, debe consultar al HLR para saber a que MSC debe pedirle que haga un paging, y sobre que location area. Cuando el teléfono B escucha el paging por el canal de broadcast preguntando por él, contesta a la red y la llamada se puede establecer.

En realidad cada vez que un terminal actualiza su posición en la red, lo que actualiza no es el location area, sino el cellid. Lo que pasa es que si

cambias de celda dentro del mismo location area, la red no se entera, por lo que la única información válida (de tiempo real) de localización es la parte del cell id que se corresponde con el location area.



Una curiosidad: seguro que has oído alguna vez por la radio de tu coche unos pitidos justo antes de recibir una llamada. Eso es el "paging" sobre tu location area.

En realidad un operador grande puede tener mas de un HLR, y cada HLR se encarga de gestionar un subconjunto de los MSISDN del operador en cuestión.

Cuando estas en roaming, quedas registrado en el VLR de otro operador, pero a través del GMSC, el HLR de tu operador home es informado de donde estas, concretamente queda registrado el cellid del operador visitado. De este modo si alguien te intenta llamar, en el HLR , gracias al código completo de cell id, se sabe en que país estás y que operador te da cobertura, incluso se sabe tu location area y tu celda (aunque la celda no es fiable).

La MSC/VLR que da servicio a quien te quiere llamar, se conectará a través del GMSC al GMSC del operador al que estas conectado y al final se hará el paging sobre tu location area.

El caso de los mensajes cortos es idéntico. Cuando envías un SMS a alguien, el MSC habla con el HLR para saber a que MSC/VLR entregar el SMS y dicho MSC/VLR hará un paging sobre tu location area. En cuanto contestes se te entrega tu SMS.

Como última consideración, cabe decir que en cada interacción con la red (recepción o envío de SMS, inicio o recepción de llamada) se actualiza tanto el estado del terminal (idle, busy, desconected, etc) como el cell id

en el HLR, porque cada vez que el terminal contesta, lo hace en una celda concreta y el VLR lo apunta y lo notifica al HLR.

El VLR puede contener tanto usuarios de la red home como visitantes, mientras que el HLR solo contiene info de usuarios que pertenecen a la red home.

7.2.2 Handover y roaming

Ya hemos visto lo que es el handover (traspaso de una llamada en curso de una celda a otra). Se llama “hard handover” si hay un instante en que el móvil no esta conectado a ninguna estación base (usado en GSM) y “soft handover” si hay un intervalo en el que el móvil esta conectado a dos estaciones base y por o tanto se usan dos canales simultáneamente (usado en WCDMA). En función de las implicaciones sobre la red hay 4 tipos de escenarios:

- Intra-cell handover. The connection is transferred to another channel on the same BTS.
- Intern inter-cell handover. The connection is transferred to another BTS on the same BSC.
- MSC intern handover. The connection is transferred between BTSs belonging to two different BSCs within one MSC.
- MSC extern handover. The connection is transferred to a BTS within another MSC.

En caso de hacer handover a otra celda que pertenece a otro operador previo al proceso de traspaso de una celda a otra, el terminal debe registrarse en la nueva red.

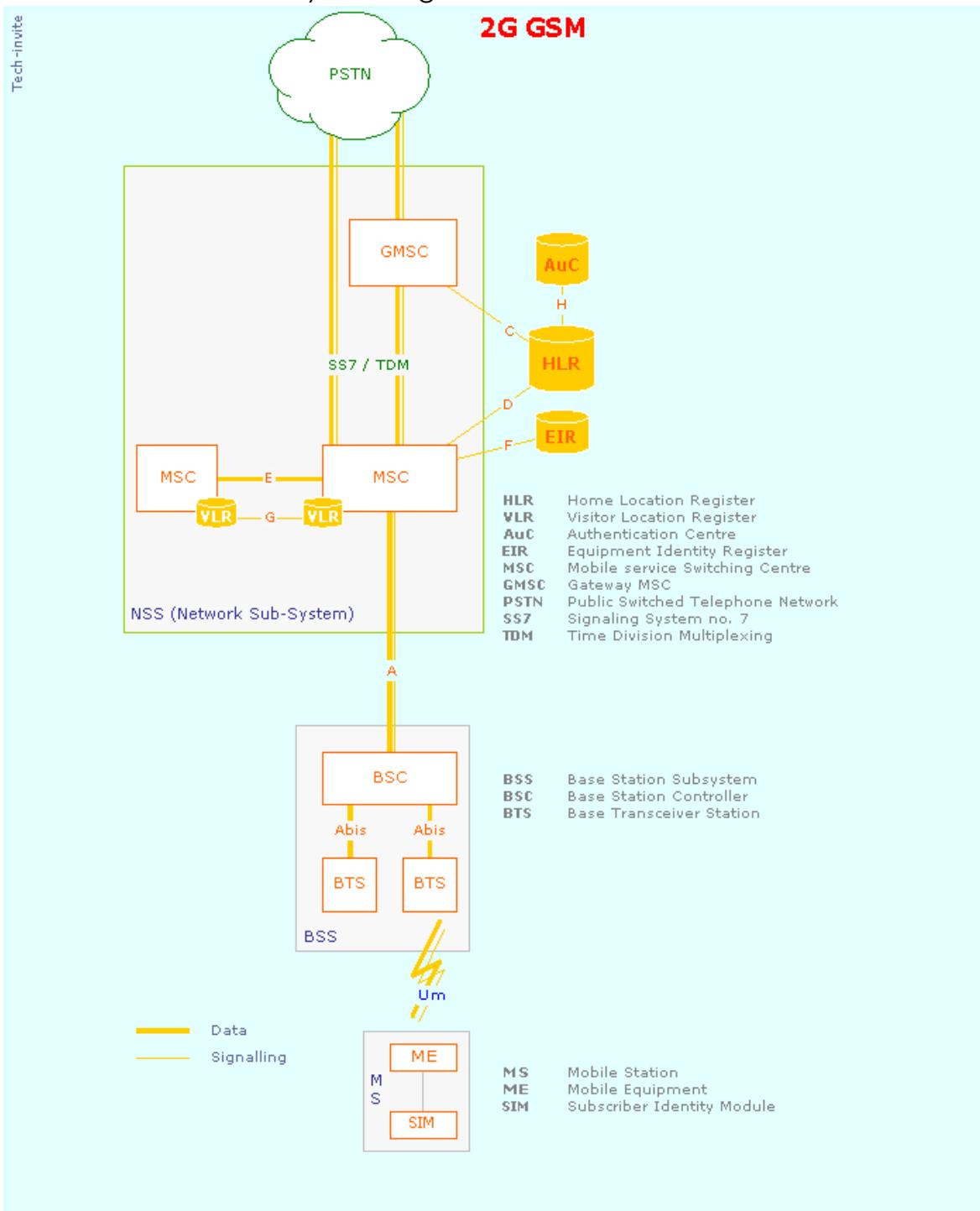
El siguiente procedimiento describe de forma simplificada los casos en los que interviene MSC:

- 1) la BSC detecta que pierde potencia y manda a la MSC una petición de handover
- 2) la MSC busca a la nueva BSC y establece nuevo path, reservando recursos radio. En este punto si el recurso radio no es accesible desde esta MSC, se le pasa la tarea a la MSC que pueda hacerlo. Si hay que hacer handover a una celda de otro operador, entonces se le pasará la tarea a la GMSC
- 3) la MSC envía un comando al móvil para que haga handover , a través de la BSC old, indicando la nueva celda
- 4) si la celda es de otra red, lo primero es registrarse (el móvil se registra en la nueva red con un comando y queda en la VMSC)
- 5) el móvil accede a la nueva celda y la BSCnew informa a la MSC

- 6) la MSC hace un release de los recursos del antiguo path que ya no se usen

7.2.3 Interfaces GSM

A continuación se incluye una figura con todas las interfaces de GSM



7.2.4 Identificadores de abonados

Existen dos identificadores de usuario: El IMSI y el MSISDN. El IMSI identifica al abonado internacionalmente y el MSISDN es el número de teléfono para enrutar la llamada. La diferencia es muy sutil. Dado un número de teléfono (un MSISDN), no sabrías decir a que operador pertenece, aunque sepas el país. Por ejemplo:

Msisdn1: + 34 629 112233 , IMSI1= 214 03 629 112233

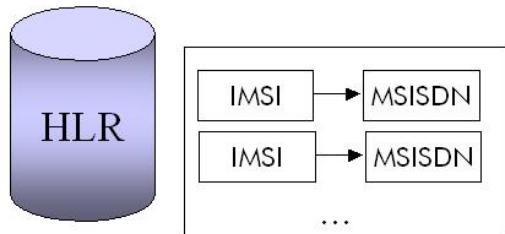
Msisdn2: + 34 629 334455, IMSI2= 214 07 629 334455

Los operadores mantienen una tabla en el HLR que relaciona ambos datos. Cuando llamas a alguien , usas su MSISDN, no su IMSI. Cuando un abonado cambia de operador , puede mantener su MSISDN pero no su IMSI. Sería un lío tener que informar de tu nuevo IMSI a todos tus contactos, por eso es mejor tener un MSISDN

Un IMSI es fácilmente identifiable a que red pertenece, ya que incluye toda la información MCC (3 dígitos) + MNC (2 dígitos) + MSIN (9 dígitos)



El HLR contiene la correspondencia entre IMSI y MSISDN



IMSI - International Mobile Subscriber Identity

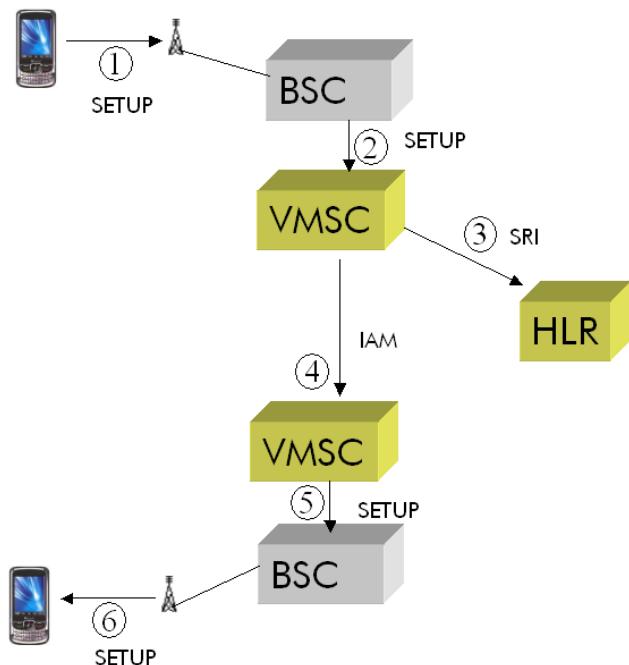
MSISDN - Mobile Directory Number

7.2.5 Enrutamiento de llamadas: SRI (send routing info)

El HLR conoce para cada usuario, en qué LAC se encuentra y de qué MSC depende (cuyo identificador se conoce como MSRN).

Para que una llamada originada por un abonado A llegue a un abonado B, la primera VMSC de la que depende A, debe lanzar una petición al HLR preguntando por el MSRN de B, a esta primitiva se le conoce como "send Routing info". En realidad esta petición MAP la tiene que enviar la GMSC ya que es la única que tiene una tabla con la correspondencia entre los MSISDN y los diferentes HLR del operador, de modo que la GMSC normalmente debe intervenir en esta primera fase.

El HLR contesta indicando cual es la MSC de la que cuelga el abonado B y de este modo , la VMSC puede enrutar la llamada. En la figura se ha simplificado , pero entre A y B podría haber varios saltos (varias MSC que atravesar hasta llegar a la MSC de B)



Si la llamada procede desde otra red, entrará por la GMSC y será la GMSC la que interrogué al HLR con la función SRI.

7.2.6 PTS y portabilidad de números

Las PTS son puntos de transferencia de señalización SS7. Sirven para enrutar a nodos de la red GSM. Dentro de las PTS pueden correr servicios, como por ejemplo, el servicio de portabilidad de números.

El servicio de portabilidad también puede correr en un nodo independiente, de red inteligente. Depende del tipo de PTS que hablemos, se podrán instalar ciertos servicios en ella o no. En caso de que el servicio de portabilidad se ejecute en un nodo de IN, se coloca justo a la entrada del HLR, de modo que todas las peticiones al HLR pasarán por el servicio, para decidir si enrutar el mensaje al HLR o bien al HLR de otro operador. Se amplía esta información en el capítulo dedicado a los servicios de red inteligente

Si tienes un número en un operador y lo quieres portar a otro, todo sigue funcionando gracias a estas tablas de traducción que se cargan en las PTSs.

Dichas tablas de traducción, traducen MSISDNs a IMSIs, de modo que automáticamente sabremos a qué operador pertenece el MSISDN al que pretende llamar el abonado, y en consecuencia, hacia donde enrutar la llamada.

En las PTSs también se asocia el MSISDN con el HLR al que pertenece (un operador puede tener varios HLR), de modo que si un nodo quiere enviar un mensaje a un HLR para consultar un dato de un abonado, en lugar de enrutar al HLR (todos los nodos tienen una dirección SS7) , se enruta poniendo el MSISDN como dirección de destino, y es la PTS la que sabe enrutar a uno u otro HLR.

7.3 Funciones del HLR, AUC y EIR

Normalmente estos 3 nodos definidos por el 3GPP vamos a encontrarlos unidos en una misma máquina, de modo que en general hablaremos de HLR como la suma de las 3 funcionalidades.

Cuando enciendes el teléfono, lo primero que hace es escuchar en el canal de broadcast para saber qué operadores hay disponibles en ese lugar. En caso de existir el operador al que pertenece la SIM, tratará de registrarse en el HLR, enviando un mensaje a la red

El mensaje llegará al HLR a través de una BTS, la cual estará conectada a una BSC, que a su vez está conectada a una VMSC. La VMSC enrutará el mensaje de registro hacia el HLR usando la red de PTSs.

Una vez que la petición llega al HLR, se consulta la base de datos para ver si el usuario existe, si se encuentra en una lista negra, etc. Una vez que estos datos se comprueban, se da OK y el usuario queda registrado en el HLR y en el VLR de la VMSC

La base de datos del HLR contiene el perfil del abonado, el cual contiene info sobre cosas como:

- Activación del servicio de datos
- APNs a los que tiene permitido el acceso (esto se explica en el apartado de GPRS)
- Prepago/postpago
- Número al que redirigir la llamada en caso de ocupado o apagado (normalmente será el número de red inteligente del buzón, como el 123)
- Estado del abonado: ocupado, libre, apagado
- Identificador de celda
- etc

El HLR posee un módulo llamado AUC, que puede ser un nodo diferenciado, el cual sirve para garantizar la privacidad y autenticidad de las comunicaciones. Concretamente realiza la autenticación de la tarjeta SIM ante la red GSM basándose en una prueba de cifrado a la que se reta al móvil.

El GSM utiliza 3 algoritmos de cifrado diferentes:

- A3: Autentificación de la tarjeta SIM ante la red GSM
- A5/1 y A5/2: Algoritmos de cifrado de voz entre el teléfono y la estación base GSM.
- A8: Algoritmo de generación de clave para los algoritmos A5.

Para A3 y A8 se suele emplear el algoritmo COMP128, el cual no es muy seguro, unido al hecho de que 10 de los 64 bits de la clave son siempre cero, probablemente para facilitar el ataque y la consiguiente escucha por parte de cuerpos de seguridad, espionaje, etc.

Para ello, se escucha una conversación telefónica GSM, intentando buscar una serie de patrones en el cifrado. La probabilidad de que aparezcan dichos patrones crece a medida que recibimos la conversación, y al cabo de apenas un par de minutos la probabilidad de encontrarlos es casi una certeza. Por eso en muchos medios se dice que es necesario escuchar la conversación dos minutos; los patrones pueden aparecer en cualquier momento, pero tras dos minutos es casi seguro que habrán aparecido ya.

Por último está el EIR, el cual contiene la lista de IMEIs (número que identifica el terminal). Cada vez que un móvil trata de hacer una llamada, la VMSC de la cual depende, consulta el EIR para garantizar que el móvil no se encuentra en una lista negra. Como he mencionado antes, esta funcionalidad se encuentra normalmente dentro del HLR.

7.4 Mensajes cortos

7.4.1 Envío normal de SMSs en una red GSM

Para una red GSM, el SMSC es un nodo de servicio encargado de recoger los mensajes cortos originados y distribuirlos hacia su destino. El enrutamiento de los mensajes del móvil al SMSC y del SMSC al móvil destino, es realizado por la red GSM. La red GSM se comunica con el SMSC a través de MSCs especiales llamados SMS-gateways. (El SMSC nunca habla directamente con otros elementos de la red, como el HLR!)

Los protocolos involucrados en el envío de SMS son:

- Entre el móvil y el SMSC: SM-TP. Pertenece al nivel de Transporte. Específico para el envío de mensajes cortos. Permitiría incluso otros tipos de direccionamiento para el envío de SMSs a faxes, máquinas teletexto, etc.
- Entre el SMSC y el SMS-Gw (MSC): No hay especificaciones en este protocolo. Pero deberían soportar las funciones de:
 - Alertar al SMSC de que un móvil vuelve a ser alcanzable
 - Interrogación sobre localización del destinatario
- Entre el SMS-Gw y el HLR: MAP/C. Para consultar localización del destinatario y poder enrutar un mensaje al destino.

El escenario normal es el siguiente:

1. El móvil establece una conexión de señalización (como para cualquier otra comunicación) con el SMSC. La transferencia del mensaje en sí, requiere el establecimiento de una conexión especial a nivel de Enlace (SAPI3) y el uso de protocolos de transferencia de mensajes específicos. Sobre esta pila de protocolos, en la capa de transporte, se habla SMTP. Cuando el móvil envía un SMS, en ese protocolo se envía el msj. "SMS-SUBMIT"
2. El ack de las capas inferiores, que recibe el móvil, sólo indica que el mensaje ha sido recibido por el SMSC
3. Si el SMSC es capaz de implementar un ACK del envío del mensaje al destinatario, se enviará en un mensaje SMS diferente.
4. Antes de enviar el mensaje al destinatario, el SMSC debe conocer a qué MSC debe enviarlo, así que pregunta a su SMS-Gw.
5. El SMS-Gw identifica a qué HLR debe solicitar la localización (puede ser el de otra red). Y envía la petición MAP "SEND ROUTING INFO FOR SHORT MESSAGE".

6. El HLR responde, incluyendo la dirección SS7 donde el usuario está conectado, o bien un mensaje de rechazo, porque el usuario no es alcanzable.
7. El SMS-Gw traslada la respuesta al SMSC
8. El SMSC envía el mensaje corto a la dirección SS7 del destinatario, en un mensaje de la capa de transporte SMTP: "SMS-DELIVER"
9. El mensaje se almacena en la SIM del usuario.

Qué pasa si la SIM no tiene suficiente espacio para almacenar el mensaje? Existe un mecanismo de control muy básico en el móvil: el móvil indica a la red cuándo la memoria está llena, o cuándo vuelve a estar disponible. El SMSC no enviará el mensaje hasta que la red le indique que puede enviarlo. Y mientras, el SMSC lo almacena.

Qué pasa si el SMSC decide enviar el mensaje y se produce un error en la red que hace que el mensaje no se entregue?

El MSC/VLR que no pueda entregar el mensaje indica error al SMS-Gw en la respuesta al mensaje MAP/H FORWARD SHORT MESSAGE. El SMS-Gw:

- Indicará al SMSC el fallo
- Indicará al HLR que todavía hay un mensaje para el destinatario que no ha sido enviado (para que el HLR le avise cuando vuelva a estar disponible) con el mensaje MAP/C SET MESSAGE WAITING DATA (introduce marca en el perfil del usuario).

El SMSC lo intentará de nuevo cuando el HLR lo indique. El aviso del HLR al SMS-Gw se realiza con la operación MAP/C ALERT SERVICE CENTER.

7.4.2 Cómo se enrutan los mensajes SMS entre operadoras:

Este sería el procedimiento:

1. Un usuario de red GSM A envía un SMS a un usuario de la red GSM B (El SMS lleva el número del SMSC local al que debe dirigirse, pero también el número B)
2. El SMS es enrutado por la MSC de red A al SMSC de red A
3. Para enrutar el SMS, el SMSC de A interroga a los elementos de su red (vía MAP) dónde está el usuario B, y le dicen que en otra red. Esos mismos elementos hablan por MAP con la red B para saber si se puede enviar el SMS al usuario, y a qué MSC.
4. Si el usuario está conectado, el SMSC envía el SMS, a través de su MSC a la MSC destino. Y esta hará llegar el mensaje al usuario

5. Si el usuario no está conectado, el HLR de red B pone una marca en perfil del usuario indicando que tiene mensajes disponibles en un determinado SMSC. Y mientras el mensaje SMS se queda almacenado en el SMSC origen.

6. Cuando el usuario se vuelva a conectar, por MAP se indicará al SMSC origen que ya puede enviar el mensaje.

En definitiva, para una red GSM, el SMSC es un nodo de servicio encargado de recoger los mensajes cortos originados y distribuirlos hacia su destino.

7.5 USSD

7.5.1 Qué es USSD?

Significa “Unstructured Supplementary Service Data” y es una capacidad de todos los teléfonos GSM, que también se mantiene en 3G.

A diferencia con el servicio SMS que tiene una arquitectura “store-and-forward”, USSD establece una sesión mediante la que se intercambian datos.

Como analogía USSD es similar a Telnet, mientras que SMS es similar a email.

Cuando marcamos un numero USSD y pulsamos llamar, establecemos una conexión con un servidor de aplicaciones USSD y cada tecla que pulsamos le llega instantáneamente al servidor. Los tiempos de respuesta de una aplicación interactiva USSD son mucho mejores que los de un SMS debido a que no hay store & forward y también debido a que cuando un usuario accede a un servicio USSD, se establece una sesión y la conexión radio (canal SDCCH) persiste hasta que el usuario o la aplicación la libera.

Ejemplo de códigos USSD (siempre empiezan por * y terminan por #)

- *101#
- *109*72348937857623#

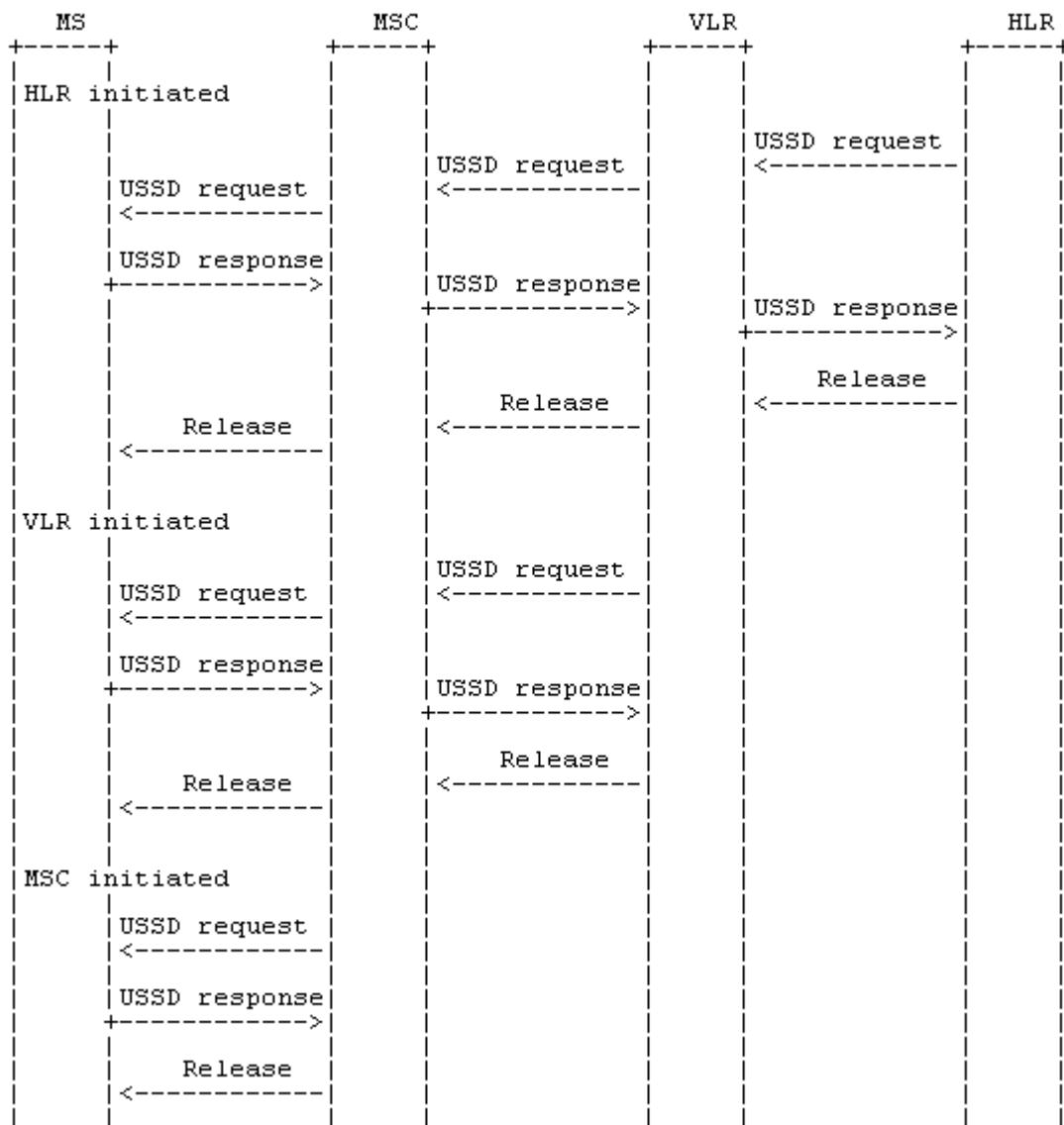
USSD Phase 1, specified in GSM 02.90, only supports mobile initiated operation (pull operation). In the core network the message is delivered over MAP.

USSD Phase 2, specified in GSM 03.90, supports network-initiated operation (pulls and push operation).

Lo que sucede cuando nos conectamos con una aplicación USSD es que nos envía un mensaje de hasta 182 caracteres donde se encuentra embebido un menú, de este modo , pulsando teclas que recibe instantáneamente el servidor, podemos navegar por menús de servicios como resultados deportivos, datos bursátiles, confirmaciones de servicios de pago, etc. Cada vez que pulsamos una tecla podemos recibir un nuevo menú y todo forma parte de la misma sesión. El abonado paga por una sesión USSD y no por cada mensaje. Hay por ejemplo , servicios de chat implementados con este sistema. También USSD es la base de algunos sistemas de pago por móvil como SharEpay, SWAP Mobile en South Africa, Mobiclip en España, M-Pesa en Kenya, y mPay en Polonia.

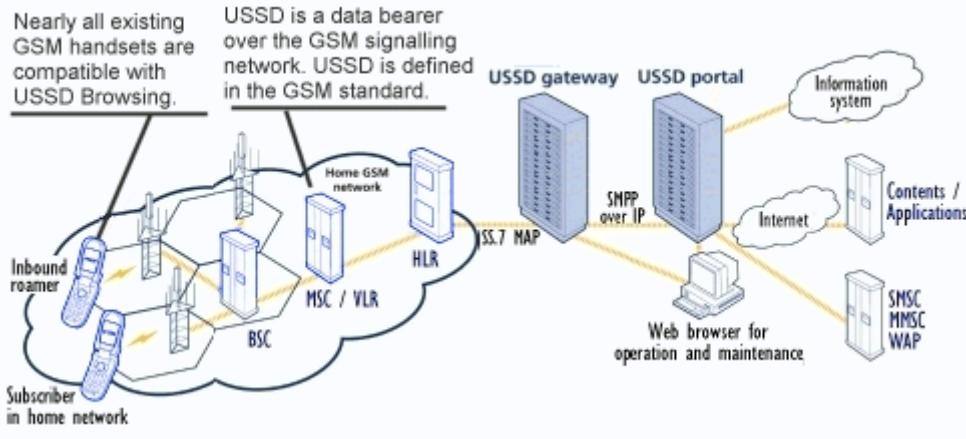
7.5.2 Escenarios USSD

Los mensajes USSD que se envían al abonado pueden ser originados desde una MSC, desde un VLR o desde el HLR. En la práctica el VLR y la MSC es lo mismo (VMSC). La siguiente figura representa 3 escenarios de envío de un mensaje USSD a un abonado (MS) iniciado desde un HLR, desde un VLR y desde una MSC (extraído de 3GPP GSM 03.90 v7.0.0 release 1998)



La aplicación normalmente reside en un nodo externo, de modo que dicho nodo se debe conectar al HLR a través de un Gateway que pase las peticiones de TCP/IP a MAP

Las peticiones que envíe el servidor al USSDgateway, son pasadas a protocolo MAP y enrutadas al HLR, el cual a su vez se las pasará a la MSC de la que depende el abonado y de ahí llegarán a la BSC y a la BTS y por fin, al abonado



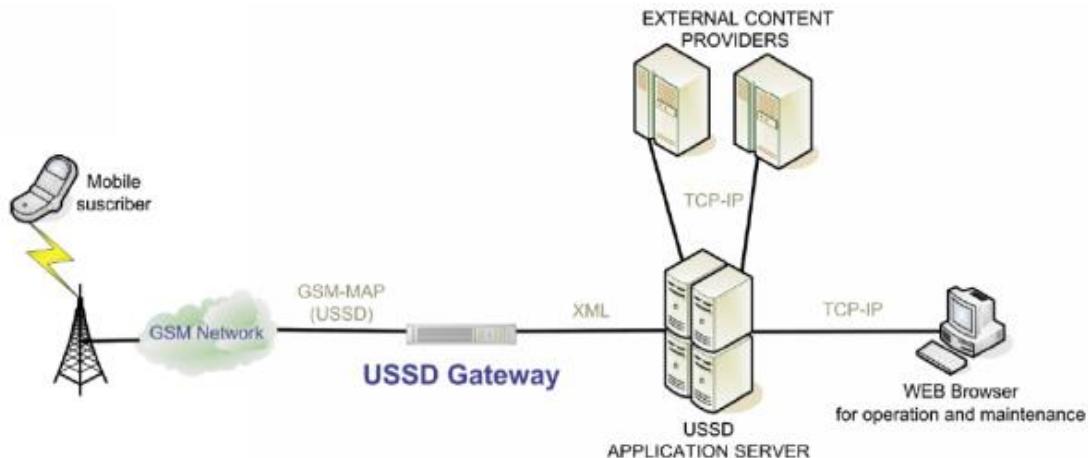
7.5.3 USSD gateway

Por un lado un Gateway de USSD habla MAP con el HLR y por el otro...puede hablar lo que quiera, para eso es un gateway, aunque normalmente se implementan:

- Un interfaz SMPP3.4 (short message peer to peer protocol).
- XML sobre HTTP
- SSMI

El desarrollador de la aplicación escogerá el interfaz que le guste más, de entre los que ofrezca el USSD Gateway del operador. En el caso de usar SMPP, que es normalmente usado para envío de SMS, hay que usar parámetros especiales para soportar USSD (parámetro `ussd_service_op`).

Existen dos primitivas de MAP para enviar y recibir mensajes USSD: USS Request y USS notify.



7.5.4 USSD como bearer

Si en el mensaje que nos llega de 182 caracteres hay embedido una pagina WAP, el USSD puede ser usado como bearer de WAP, simplemente el mensaje debe tener como destinatario el browser de wap resindente en el terminal.

7.5.5 Desventajas de USSD

Como USSD usa el canal SDCCH el cual es también utilizado por GSM para el call-setup, muchas sesiones abiertas de USSD pueden limitar el número de nuevas llamadas que se establecen cuando la red está congestionada, aunque en la práctica no suele suceder.

7.5.6 Ventajas y usos de USSD

Además de las citadas ventajas de rapidez de interacción con el servidor, se encuentra una ventaja importante de seguridad que hace que los sistemas de pago como mobipay adopten este sistema.

Los SMS son fácilmente interceptables, de hecho hay teléfonos como el NOKIA 1100 que estaba muy solicitado por delincuentes debido a que mediante un software permitía suplantar a otro abonado e interceptar sus SMS. Este hecho era usado por los delincuentes para saltarse una de las medidas de seguridad anti-phising de algunos bancos, por ejemplo:

- Un usuario entra en la web de un banco y solicita hacer una transferencia
- El banco le envía un SMS con un identificador llamado TAN (transaction authentication Number) que el usuario debe introducir para continuar con la operación. Una web pirata no enviaría dicho SMS de modo que el usuario podría darse cuenta de que se ha conectado a una web pirata.
- Si el usuario es un hacker y ha interceptado el mensaje y tiene las claves (porque las haya conseguido de algún modo), puede hacer una transferencia y robar dinero a la víctima

USSD no tiene estos problemas y por ello se usa para aplicaciones como recarga de tarjetas prepago y pago por móvil en general. Estos sistemas funcionan básicamente del siguiente modo:

- 1) el abonado contrata mobipay dando sus datos de tarjeta de pago y su msisdn y mobipay le da un PIN secreto para el servicio.
- 2) cuando va a una tienda, a la hora de pagar simplemente indica su msisdn
- 3) una aplicación especial que debe tener la tienda se conecta con el servidor de mobipay, el cual le da un numero de referencia a la compra que se pretende realizar.

- 4) El vendedor le indica la referencia al abonado, el cual inicia una sesión USSD con el servicio mobipay con dicha referencia, entonces mobipay usando esa sesión USSD envía al abonado un menú ofreciéndole la posibilidad de seleccionar la tarjeta con la que quiere pagar y solicitándole un PIN especial de este servicio
- 5) el usuario mete el PIN, y mobipay hace el pago a la tienda.

7.6 GPRS y EDGE

Tanto GPRS como EDGE son tecnologías que permiten los servicios de datos (navegación por internet en general), la única limitación, aparte del ancho de banda es que la conexión de datos no se puede establecer al mismo tiempo que la conexión de circuitos (una llamada de voz)

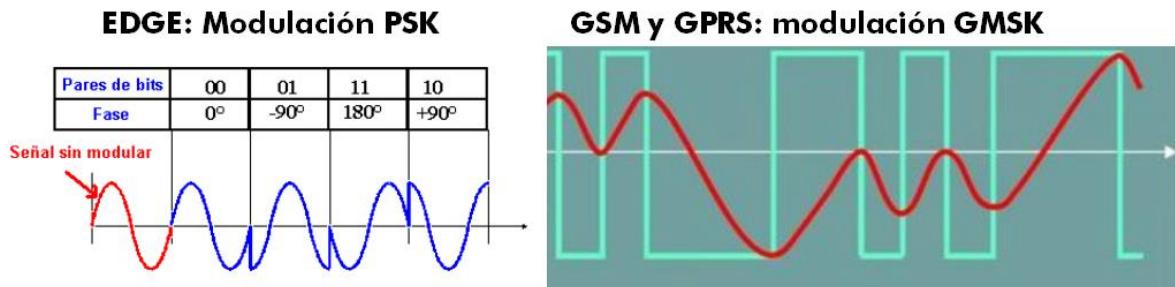
La siguiente tabla resume las velocidades (el throughput, que es lo que importa) de estas tecnologías (son aproximadas, ya que dependen del operador):

Tecnología	Bajada	Subida
GSM	9,6 kbps	9,6 kbps
GPRS	80 kbps	20 kbps
EDGE	200 kbps	59 kbps
3G (UMTS)	384 kbps	384 kbps
3.5G (HSDPA)	1Mbps hasta 3,6Mbps	325 kbps

GPRS utiliza un conjunto de slots de tiempo para transmitir y recibir datos. Cada slot es de 24kbps, por lo que como en GPRS se pueden usar hasta 8 slots simultáneamente, tendríamos un máximo throughput de 170kbps

La diferencia entre GPRS y EDGE es una cuestión de modulación. EDGE usa 8-psk en lugar de GMSK, (gprs usa GMSK). Lo único malo de EDGE es que al transmitir mas bits por símbolo (3 concretamente), es muy malo en condiciones de ruido, pero es capaz de llegar a los 200kbps. En GMSK solo se transmite 1 bit por símbolo, por lo que la velocidad es 3 veces inferior a EDGE.

La figura puedes ver una modulación 4-PSK (ojo, en EDGE se usa 8 PSK, la figura pretende ilustrar PSK, aunque no se muestre exactamente 8-PSK) y una señal GMSK, en la que no se observan cambios bruscos de fase



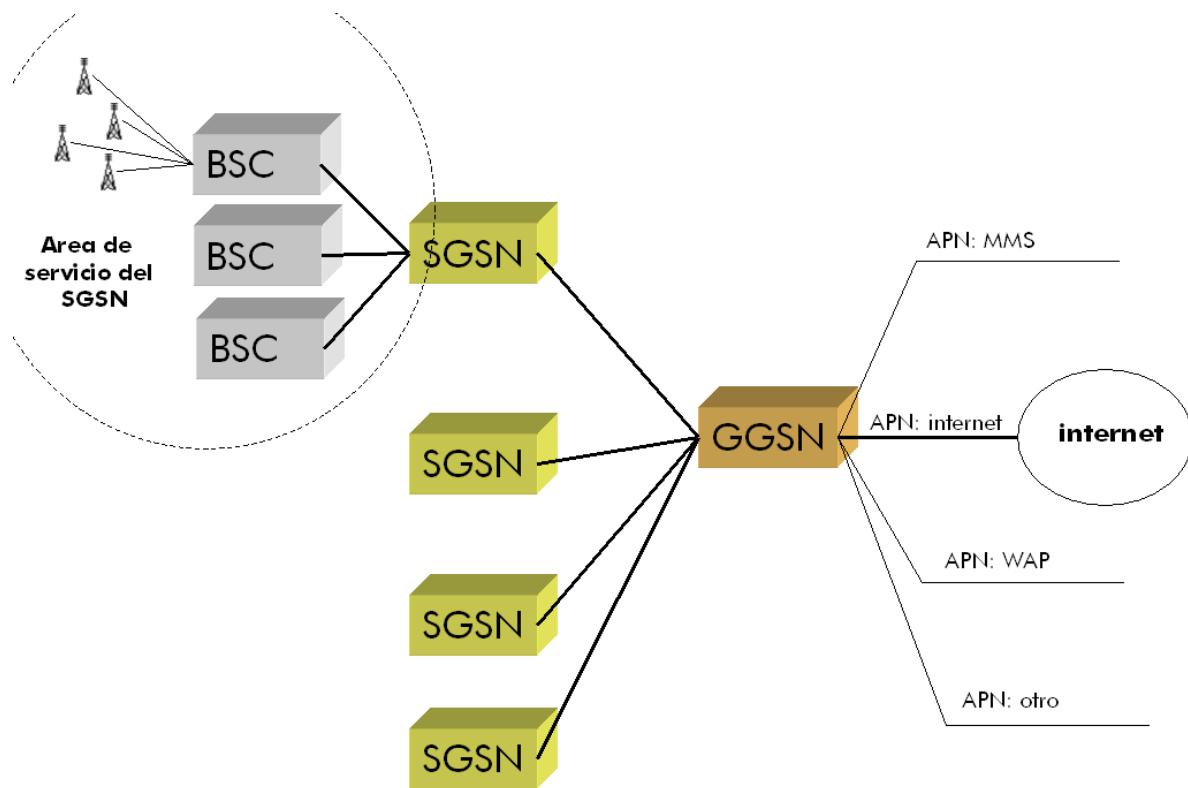
GMSK usa una técnica de cambio de fase suave, por lo que no es capaz de transmitir a la misma velocidad que 8-PSK, donde hay variaciones de fase bruscas. GSM y GPRS usan GMSK pero EDGE, para poder transmitir a mayor velocidad, usa 8-PSK.

7.6.1 Arquitectura de GPRS

La parte de datos se compone de dos piezas: el SGSN y el GGSN.

La razón de la existencia de estos dos nuevos nodos es bien sencilla: Hemos visto en la red de acceso fija que para conectarte a internet por ADSL necesitas un router en casa y un DSLAM . El DSLAM termina las sesiones PPP y asigna una IP publica a tu router ADSL. A partir de ese momento tienes acceso a internet. En las redes móviles, la posibilidad de hacer roaming significa que no basta con un nodo que haga las veces de DSLAM, ya que en ese caso, las direcciones IP de los roamers las otorgaría el operador visitado, y las redes a las que el móvil se pudiese conectar (no solo internet) deberían ser accesibles por el operador visitado. La solución es que “cortemos” por la mitad a este hipotético nodo similar al DSLAM y dejemos el primer trozo en el operador visitado y el segundo trozo en el operador original, de modo que siempre sea el operador al que pertenece el abonado quien le otorgará la dirección IP y el acceso a las redes y servicios que haya contratado.

Hay muchos SGSN, cada uno sirve a un “area de servicio del SGSN”, que no tiene por qué corresponderse con el area de servicio de una VMSC, en general, será un área mayor. En cuanto a los GGSN, hay muchos menos (incluso puede haber uno solo) y muchos SGSN se comunican con el mismo GGSN.



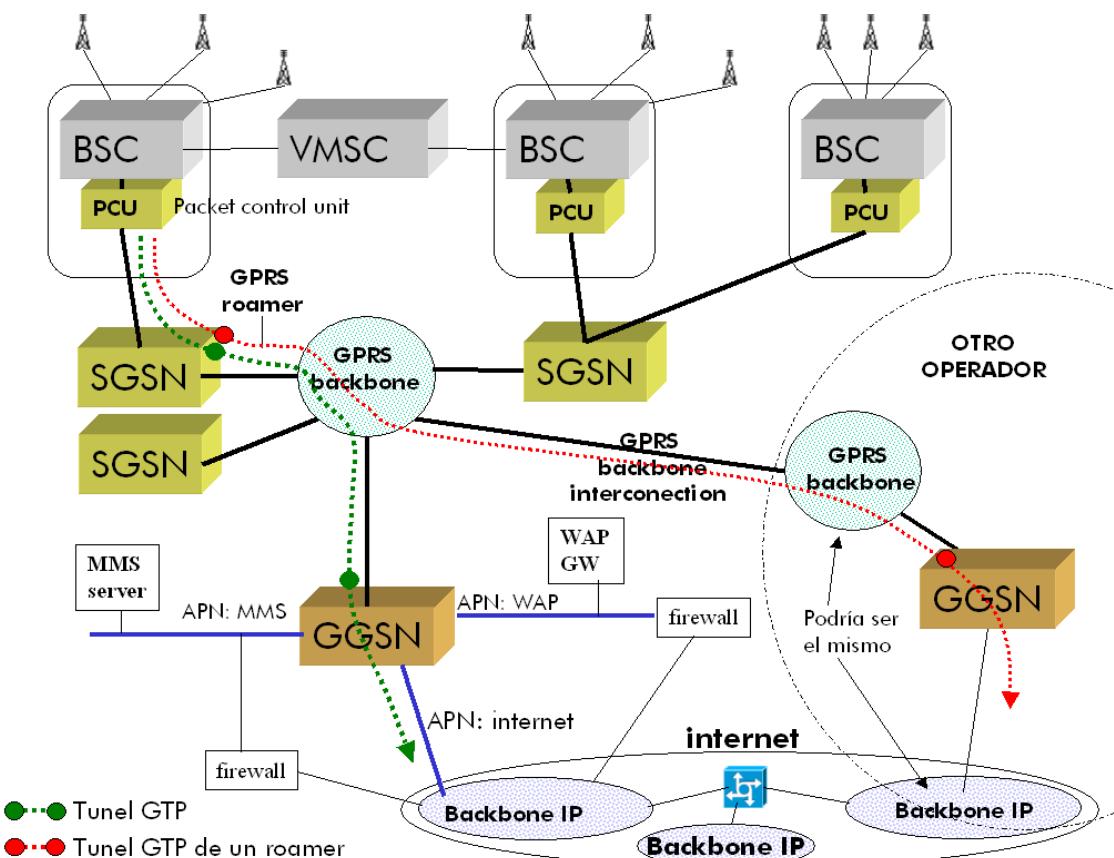
Puede ocurrir que el SGSN que da servicio a la BSC de la cual depende el móvil se encuentre averiado, de modo que le fallaría la conexión de datos hasta que se desplace a una zona donde sirva otro SGSN

Además, el SGSN es el encargado de facturar, es decir, de controlar la cantidad de datos que el usuario envía o recibe, para su posterior cobro

El SGSN es el encargado de pedir al HLR autorización para entrar en el APN (Access Point Network, básicamente se trata de una de las redes a las que tenga acceso el GGSN) que solicite el usuario.

Una vez autorizado por el HLR, el SGSN establece una conexión PPP con el GGSN, algo parecido a lo que hace nuestro router ADSL con el DSLAM, solo que esta vez está basada en un túnel GTP (GPRS Tunnel Protocol) sobre IP. Esto significa que los múltiples SGSN están conectados contra el GGSN a través de un backbone ATM o IP, al que llamaremos "backbone GPRS". Por lo tanto, al igual que los operadores de telefonía fija tienen un backbone IP para proporcionar servicios de datos (internet, VPNs, etc), también los operadores móviles necesitan un backbone IP. Si hablamos de un operador global, el backbone IP podría ser único, para dar internet y todo tipo de servicios de datos, incluyendo internet en el móvil.

En el caso de un roamer, el SGSN que le da servicio se encuentra en la red visitada pero el GGSN que le da servicio se encuentra en su red original. Es el GGSN quien asigna la dirección IP al terminal móvil, por lo tanto la IP es siempre otorgada por el operador al que pertenezca el terminal móvil. Para hacer esto, el GGSN hace una petición a un servidor RADIUS, el cual mantiene centralizadas las direcciones IP disponibles.



El GGSN está conectado a varias redes IP, cada una de ellas se identifica como un APN (access point network). De este modo un terminal móvil puede entrar en una red u otra, en función del APN que haya solicitado al establecer la conexión de datos.

Normalmente hay un mínimo de 3 APNs

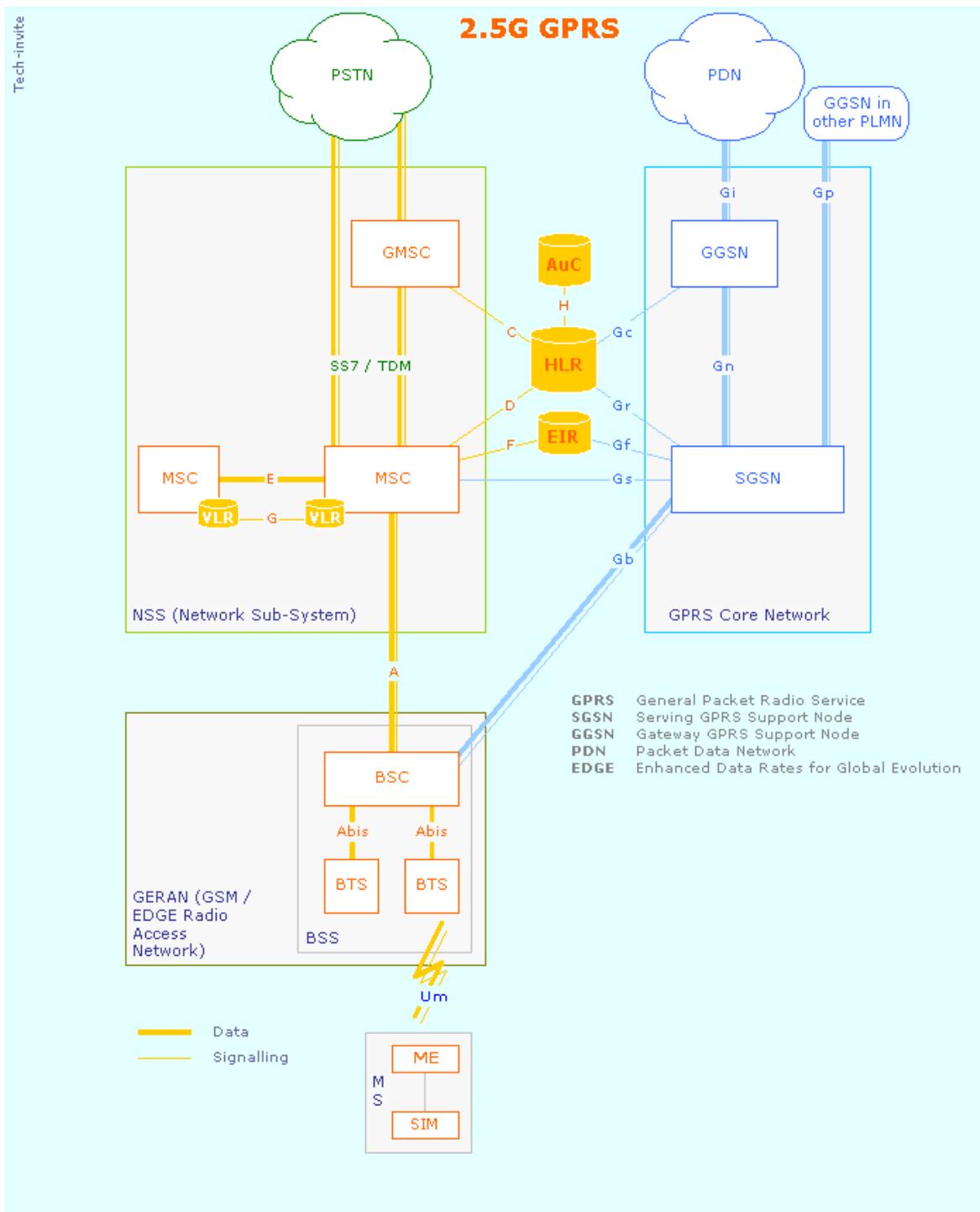
- APN de salida a internet: da simplemente acceso a internet. La IP otorgada al terminal suele ser pública. Para poder usar este APN el terminal debe soportar TCP/IP
- APN de salida a WAP: en este caso todas las comunicaciones pasan por un gateway de WAP, el cual ajusta protocolos IP y WAP, que aun siendo muy parecidos (WAP posee versiones "wireless" de TCP e IP) poseen diferencias que hacen de WAP muy eficiente para descarga de páginas sencillas.

- APN de MMS: este APN solo da acceso al MMS server, para recoger emails. Esto lo suelen usar terminales como la blackberry o similar, donde podemos recibir el correo en el terminal de una forma sencilla, y sin contratar el acceso a internet
- Otros APN: estos otros APN pueden ser de pruebas, para nuevos servicios en fase de desarrollo, para laboratorios, etc y la SIM debe tener permiso de acceso en el HLR. El acceso a estos APN se restringe mediante perfil en el HLR y/o mediante usuario/clave no conocidos (el resto de APNs tienen usuario/clave conocidos y publicados por los operadores)

Tal y como se aprecia en la figura, si no hay acuerdo entre operadores para poder establecer túneles GTP entre el SGSN de uno y el GGSN de otro, los roamers no podrán disfrutar de servicios de datos, aunque ambos operadores ofrezcan GPRS.

Por otro lado, dicho acuerdo implica que cuando el SGSN trate de consultar el HLR para averiguar si tiene permiso para acceder a los servicios de datos que solicita (un APN concreto), deberá ser capaz de lanzar la consulta al HLR del operador origen, ya que es donde se encuentra el profile del roamer. Este dialogo, que es un dialogo MAP (Mobile application Part del SS7) se hace a través de un gateway de MAP entre ambos operadores.

A continuación se incluye una figura resumen de todas las interfaces de GSM/GPRS:



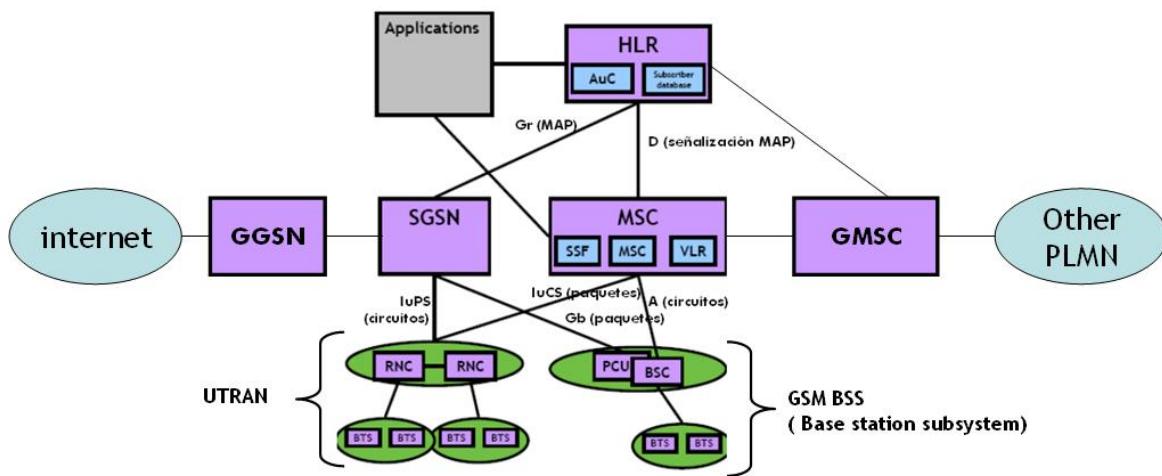
7.7 3G: UMTS phase 1 “R3” (Release 99)

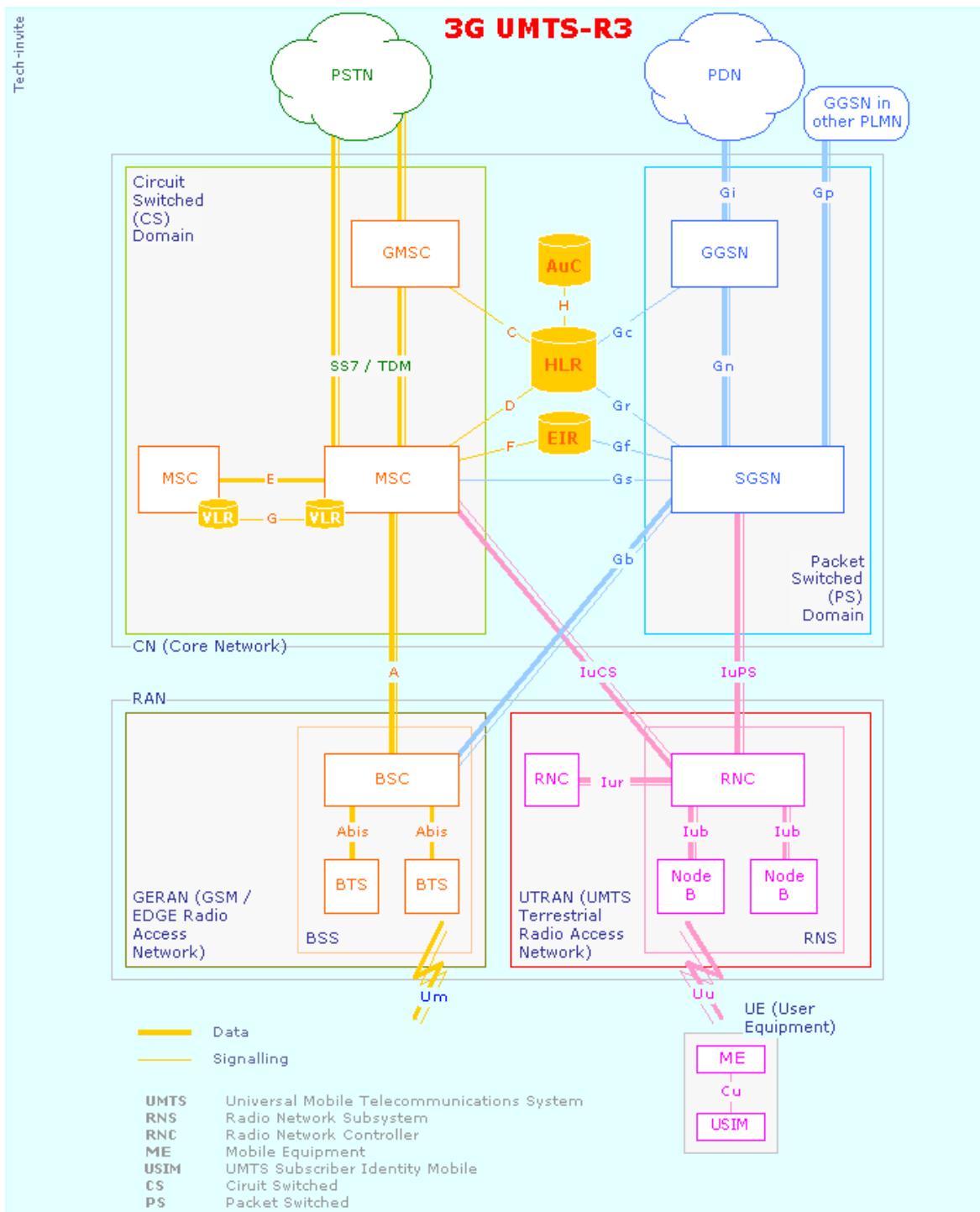
La siguiente figura refleja la arquitectura UMTS en su primera versión (R99, también llamada R3). R99 no aporta grandes novedades respecto GPRS y mantiene dominios separados para circuitos y para paquetes. Tan sólo

cambia la red de acceso radio y aparecen dos nuevas conexiones a la red GSM/GPRS.

La nueva red de acceso radio se llama UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access Network) la cual está basada en W-CDMA (en lugar de TDMA/FDMA). Las interfaces de la UTRAN son:

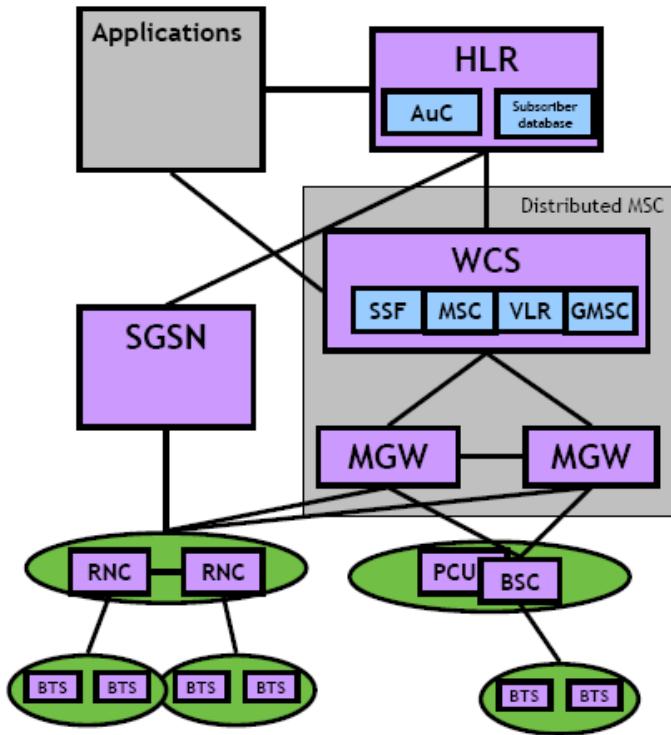
- IuPS: interfaz de datos entre la RNC y el SGSN (paquetes). Está basada en una conexión ATM
- IuCS: interfaz entre la RNC y la MSC (circuitos).





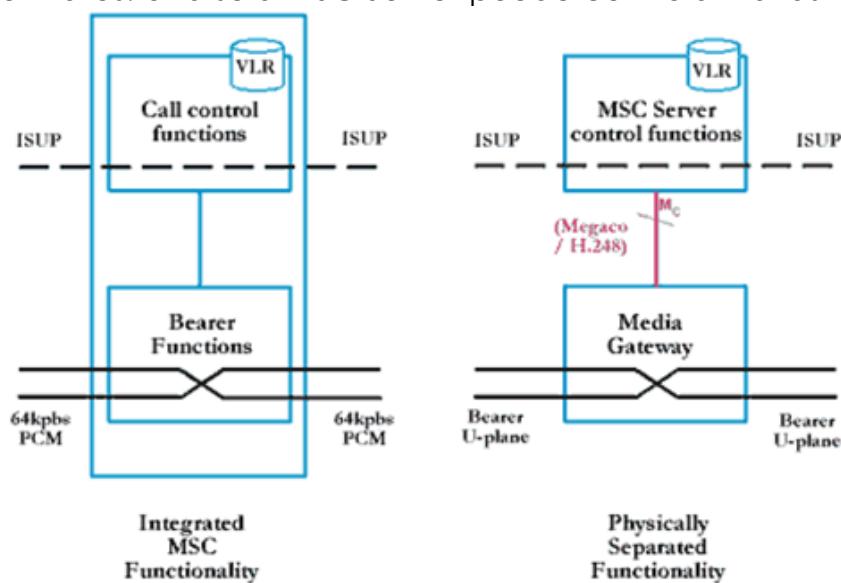
7.8 3GPP Release 4

En UMTS R4 aparece el elemento MSC descompuesto en lo que se denomina MSC distribuída. Internamente la voz es transformada de circuitos a paquetes por las Media Gateways (MG) y enrutadas al Wireless call server (WCS)



En la release 4, la funcionalidad de la MSC se divide en dos entidades:

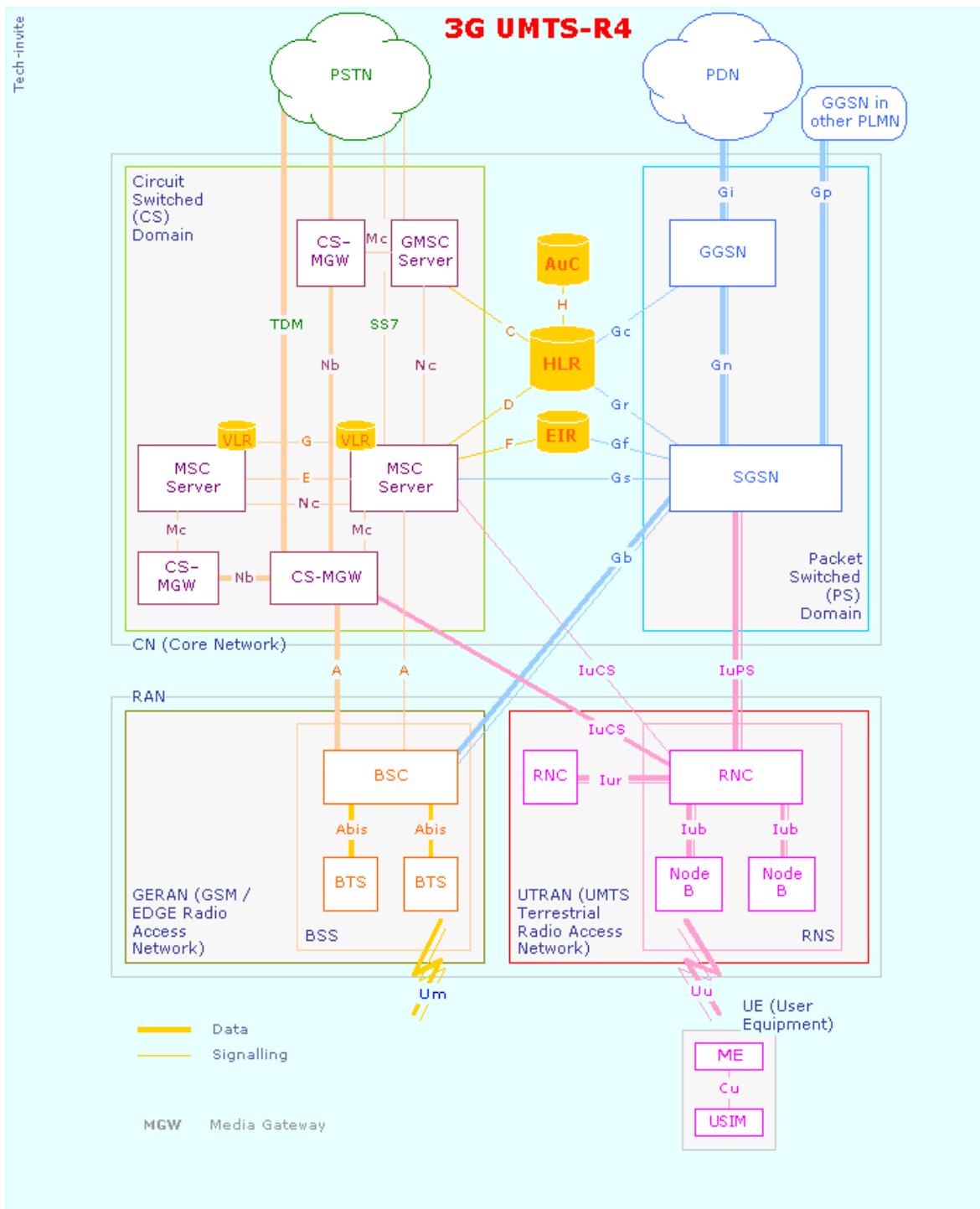
- El MSC Server, a veces la veremos nominada como MSS (MSC-Server) . Proporciona funciones de control de la llamada. En terminología VoIP es un Media gateway controller (MGC). A la MSC server que se conecta a otras redes , el 3GPP la denomina Gateway MSC server.
- El Media Gateway (MGW) , el cual proporciona funciones de conmutación (bearer functions) y de conversión entre diferentes formatos. Una sola MSC Server puede controlar varias MGWs.



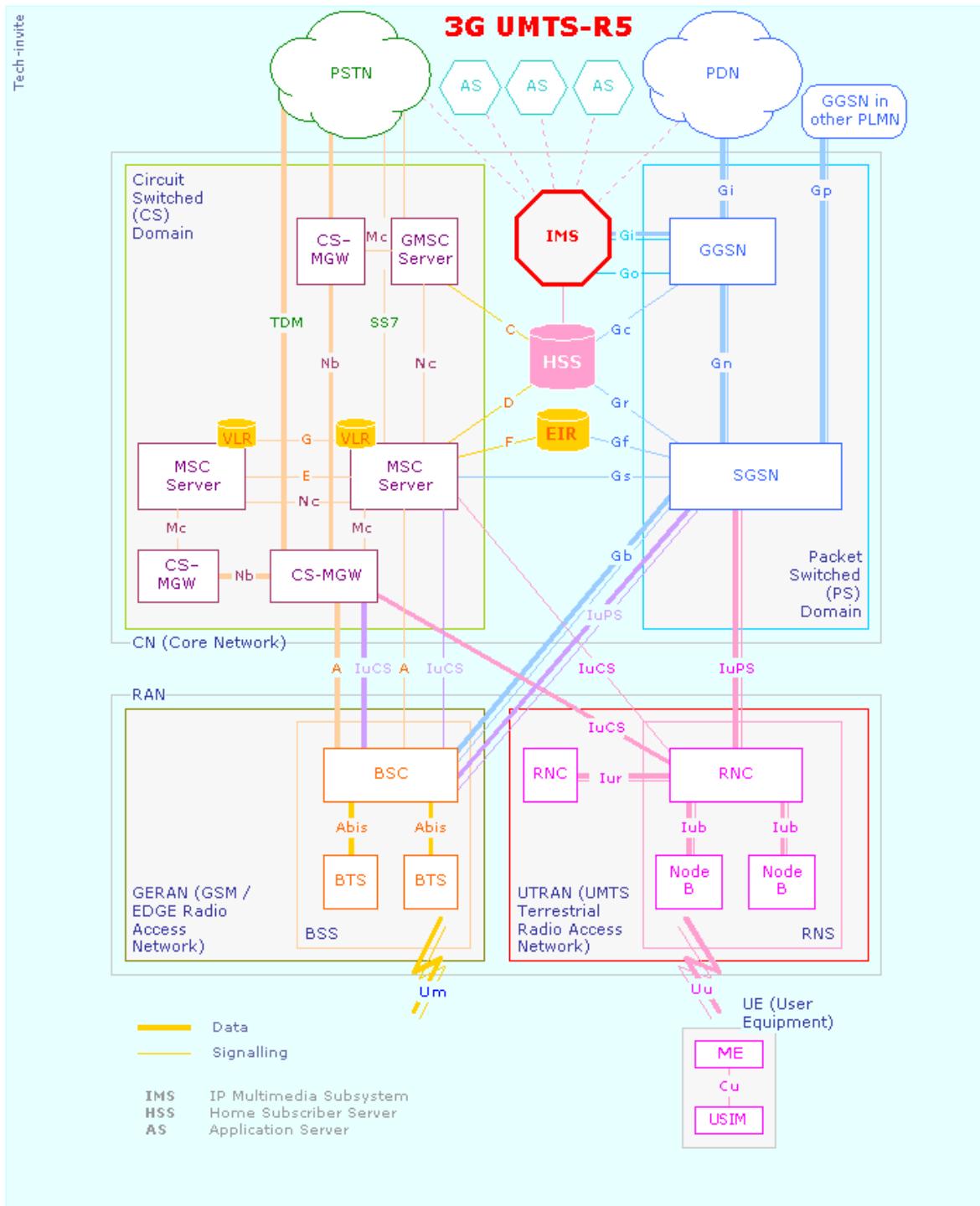
Además de proporcionar las funciones de control de llamada, la MSC Server es responsable del “Mobility Management”. Normalmente la MSC Server contiene la funcionalidad Visitor Location Register (VLR).

Las nuevas interfaces de la R4 son las siguientes:

- Mc: La interfaz Mc es utilizada por la MSC Server para controlar a los Media Gateway(s). El protocolo utilizado en esta interface es una variante de IETF H.248/MEGACO que utiliza un mecanismo estándar de extensión del protocolo.
- Nc: La interfaz Nc es utilizada para intercambiar información de señalización entre múltiples MSC servers que participan de una llamada de voz. El protocolo utilizado en esta interface es BICC (Bearer Independent Call Control).
- Nb: La interface Nb es utilizada para transportar datos (voice packets) entre Media Gateways. Por ejemplo, una MGW puede estar conectada a la UTRAN y otra MGW puede estar conectada a la PSTN, y transferirse paquetes de voz usando este interfaz.



7.9 3GPP Release 5



7.10 Monitorización de enlaces y de interfaz radio

Para un operador es muy importante conocer el estado de todos los enlaces de la red, tanto de voz (IuCS) como de datos (IuPS). Para ello, colocan sondas que proporcionan suministradores como Tektronics en todos los enlaces de la red y centralizan la información, conociendo en todo momento la situación de la red.

Además de estos sistemas de monitorización, también monitorizan la interfaz radio mediante modems situados por toda la geografía y que emulan algunos de sus terminales homologados. El fabricante Germinus tiene equipamiento de este estilo y es utilizado por muchos operadores.

Este es el aspecto de una sonda de tektronics con interfaces STM1 a la salida de una RNC



7.11 Radio 3.5G: HSDPA y HSUPA

La tecnología HSDPA (High Speed Downlink Packet Access) es la optimización de la tecnología espectral UMTS/WCDMA, incluida en las especificaciones de 3GPP release 5 y consiste en un nuevo canal compartido en el enlace descendente (downlink) que mejora significativamente la capacidad máxima de transferencia de información hasta alcanzar tasas de 14 Mbps. Soporta tasas de throughput promedio cercanas a 1 Mbps. HSDPA se utiliza en lo que se denomina 3.5G.

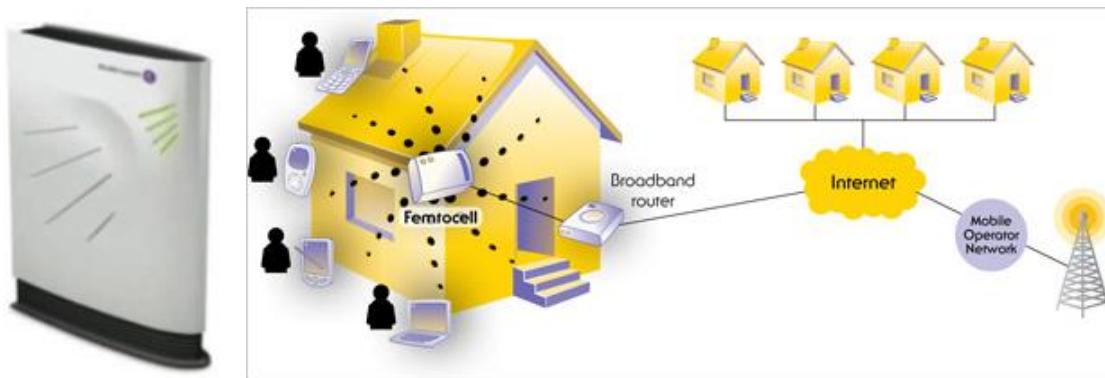
La modulación que se utiliza es simplemente 16QAM. Piensa que aunque usemos CDMA (códigos ortogonales) la modulación podría ser GMSK, PSK, etc. En este caso es 16 QAM, lo cual claramente proporciona mucha capacidad si lo comparamos con GSM/GPRS (GMSK) o con EDGE (8-PSK). Una de los aspectos interesantes de HSDPA es la flexibilidad que aporta al poder cambiar la tasa de codificación; esto forma parte de la tecnología AMR (Adaptive Modulation Rate). De esta manera, la redundancia se adapta a las condiciones del canal radio, haciendo un uso más eficiente

Por último tenemos HDSPA+, también llamada “Evolved HSPA”. Se trata de un HSDPA con 64QAM y proporciona rates de hasta 42 Mbit/s en downlink y 22 Mbit/s en uplink mediante tecnología MIMO (multiple input, multiple output), que básicamente consiste en poner varias antenas emisoras y receptoras para la misma señal.

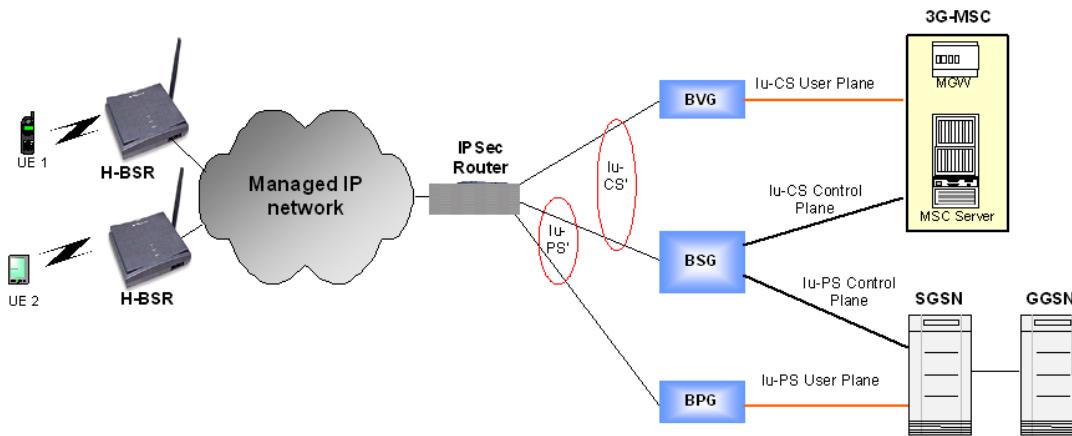
7.12 Femtoceldas

Las femtoceldas son un claro ejemplo de convergencia fijo-móvil en las redes de acceso. Una femtocelda es una estación base en miniatura, que se integra con la red móvil mediante una conexión de banda ancha, generalmente ADSL. Cuando el usuario está dentro de la cobertura de la femtocelda puede acceder a la red móvil. La ventaja es clara en aquellas zonas donde la cobertura de las celdas ordinarias (llamada red “macro”) es mala o insuficiente, por ejemplo en zonas rurales e interiores. También sirve como mecanismo para reducir la inversión en la red macro. Si se compara con otras fórmulas de convergencia fijo móvil, como la que utilizan terminales duales (3G + WiFi), las femtoceldas se caracterizan por emplear un terminal normal 3G.

La diferencia inmediata entre ambas tecnologías GAN (teléfonos duales 3G-wifi) vs. Femtoceldas es que esta última funciona con cualquier terminal 3G, mientras que la primera exige que el terminal sea dual.



A nivel de solución de red, en el lado del operador podemos ver como las interfaces de paquetes y circuitos provenientes de la femtocelda se hacen llegar a las MSC y SGSN mediante tres elementos que manejan interfaces señalización, voz y datos

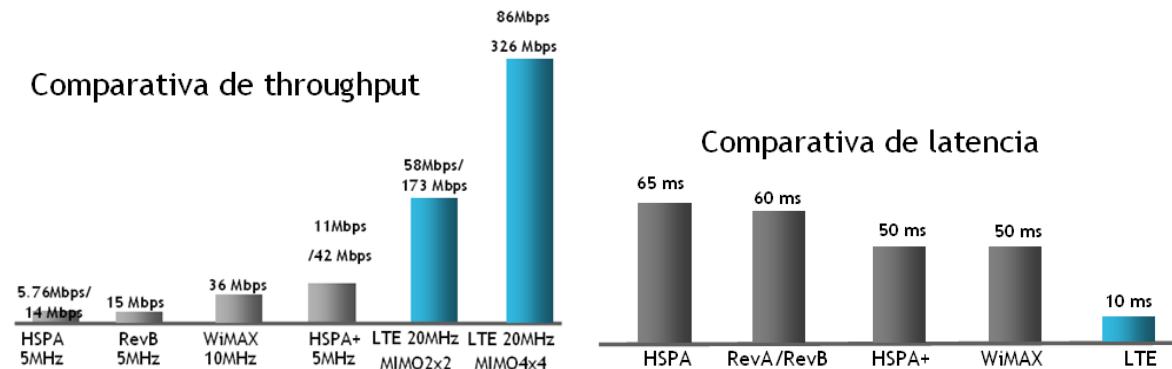


7.133.9G : LTE (Long Term Evolution)

Son el paso siguiente a las redes 3G de telefonía móvil. Esto no es 4G, pero es lo que más se acerca y es una tecnología disponible, que incorpora todos los elementos de 4G, aunque menos ancho de banda. Las redes Long Term Evolution, también conocidas simplemente como LTE. Tardarán unos años en llegar, ya que de momento los operadores están empezando a invertir en HSDPA+.

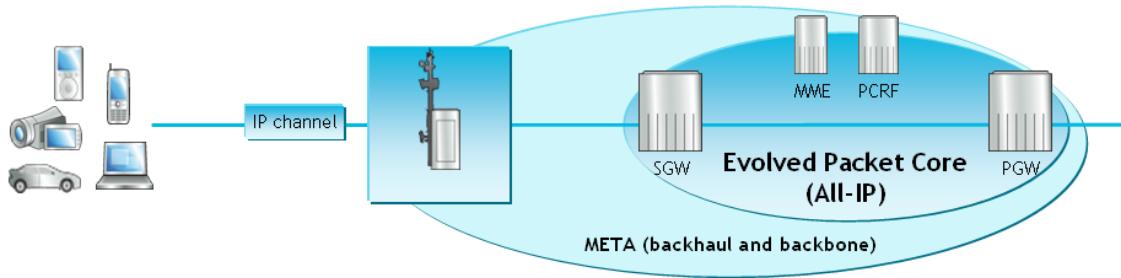
La diferencia fundamental con los sistemas anteriores es la no existencia de circuitos en el lado del usuario. Los terminales LTE llevan clientes de voz sobre IP y la red es totalmente IP (all IP network "AIPN").

Algo importante en LTE es la baja latencia, que va a permitir aplicaciones de juegos en red ("gaming") y similares, que en anteriores sistemas eran imposibles.



Al conjunto de todos los elementos se le denomina SAE (system architecture Evolution). Dentro de la SAE, al conjunto de nodos de acceso radio se le denomina E-UTRAN (evolved UTRAN) y a la parte de la red que

hay tras el nodo de acceso radio se le denomina EPC (Evolved packet Core) aunque a veces se le llama también SAE core.



La parte de acceso radio se compone simplemente de nodos de acceso (eNodeB) que utilizan la modulación OFDMA (Orthogonal frequency-division multiplexing Access). Es la misma que se utiliza en la TDT. Se usan muchísimas portadoras a muy bajo bitrate, moduladas en 16 y 64-QAM. Este tipo de modulación permite soportar condiciones de ruido y/o atenuación así como problemas de rebotes de la señal muy bien, ya que cada símbolo dura mucho tiempo, y el ruido o la inestabilidad de la señal le afecta menos. La banda de frecuencias utilizada son dos. 700Mhz y 2.3 Ghz. También se proponen las bandas exGSM de 900Mhz y 1800Mhz. Probablemente veamos diferencias en las bandas usadas en América y en Europa, como es habitual. Hay interés por usar frecuencias bajas (700 Mhz) ya que la cobertura es mayor, debido a que las frecuencias cuanto más altas, menos capacidad de atravesar objetos tienen.

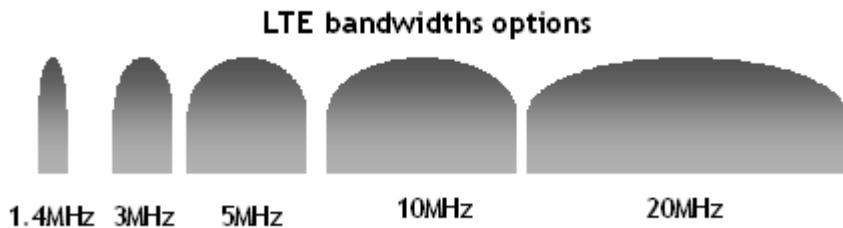
Básicamente en el lado emisor se hace una FFT inversa de cada portadora y en el receptor una FFT, igual que en ADSL. Además se usa una técnica llamada MIMO (multiple input, multiple output) de modo que la señal se recibe en el nodoB a través de N antenas simultáneamente, que permite mejorar la fiabilidad de la señal. La combinación más común va a ser MIMO 2x2: 2 antenas transmitiendo y 2 recibiendo. El estándar 3GPP contempla hasta MIMO 4x4

Existen dos modalidades para la radio TDD y FDD: en TDD se usan las mismas portadoras para el uplink y el downlink, repartiéndose el tiempo, mientras que en FDD se usan unas portadoras para uplink y otras para downlink. El producto eNodeB de ALU soporta TDD.

La capacidad de transferencia del downlink con LTE es de aproximadamente 100Mbps ocupando 20Mhz en la frecuencia, aunque se puede llegar hasta los 320 teóricamente. En cuanto al número de usuarios por celda, es de unos 200 por cada 5 Mhz. de modo que una celda de 20Mhz como mucho tendrá 800 usuarios, es decir, que habrá

muchas antenas en las ciudades, como con los sistemas anteriores. No obstante estas estimaciones son solo válidas con una concurrencia de usuarios muy baja. Si hay 20Mhz y en 20Mhz se pueden meter 100Mbps, son 100 Mbps a repartir entre todos.

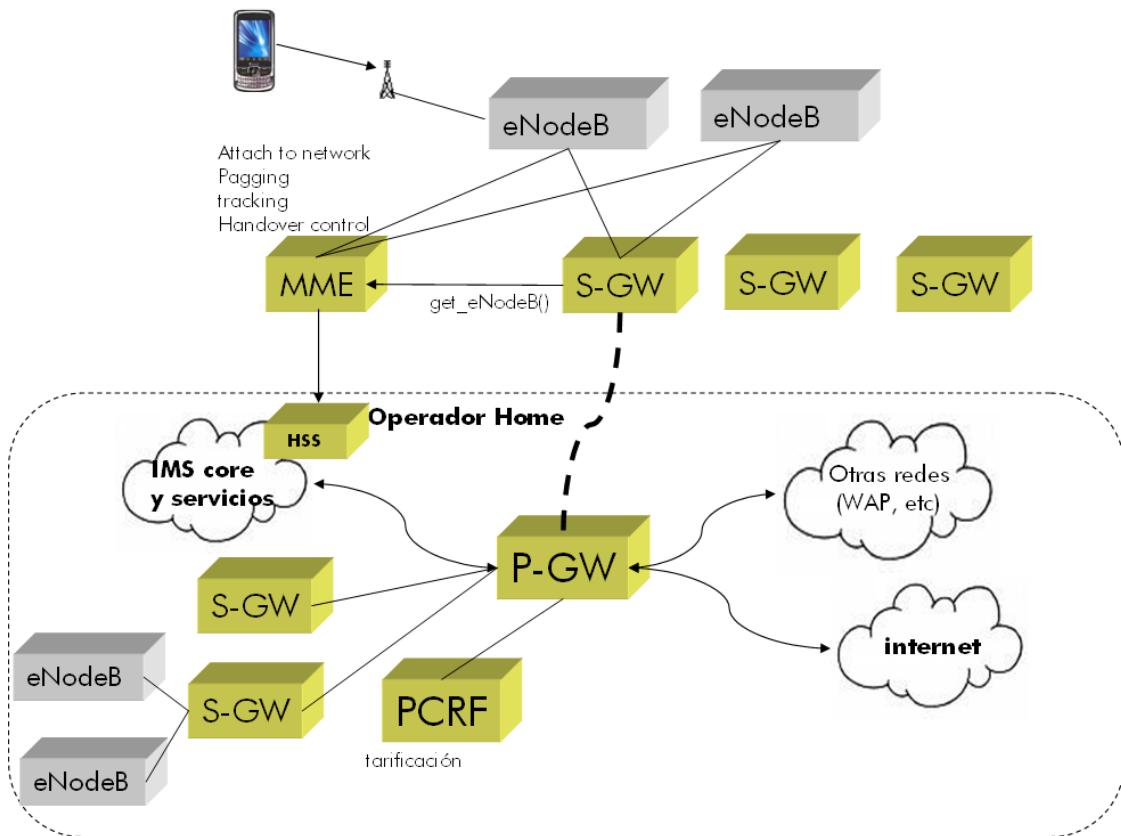
Una característica curiosa de LTE es que se puede usar más o menos ancho de banda, es decir, es escalable, pudiendo usar mas o menos espectro de frecuencia, 1.4, 3, 5, 10, 20 MHz. De este modo, la inversión inicial en los nodos es menor. Esto no significa que haya asignación dinámica de ancho de banda. Simplemente significa que podemos tener una red con algunas celdas de 1.4Mhz, otras de 5Mhz y otras de 20Mhz, dependiendo de las necesidades



El tamaño de las células con un rendimiento óptimo puede ser de hasta 5 Km., de 30 Km. con ligera degradación y hasta 100 km con un rendimiento aceptable. Aunque LTE propone un gran número de celdas pequeñas para homogeneizar la experiencia de usuario y no degradarla a medida que nos alejamos del eNodeB. Para ello se propone diseminar muchas miniceldas por la ciudad, eliminando las BTS macro de las azoteas. Otra propuesta es “LTE advance”, donde aparecen dos propuestas:

- las celdas son proporcionadas por antenas inteligentes direccionales, que apuntan hacia donde lo necesitan los usuarios, para ello usan una malla de dipolos (antenas) que se encienden y apagan.
- Network MIMO o “Collaborated MIMO” que consiste en mezclar la cobertura de N microceldas o el de una celda macro con una micro, para aumentar el ancho de banda

LTE proporciona un alto rendimiento para velocidades de 0 a 15 km/h. La conexión es mantenida en velocidades de 300 a 500 km/h.



- Como se aprecia en la figura no hay estaciones base controladoras (BSC) sino tan solo eNodeB. Esto es debido a que no hay dos planos de red (circuitos y paquetes), sino solo uno (paquetes) y además esto significa que entre los eNodeB se establece un dialogo a través del MME para possibilitar el handover. El handover lo decide el eNodeB origen, en comunicación con el eNodeB destino.

La interfaz entre el SGW y el PGW se denomina "S5" y es fundamentalmente GTP, (GPRS tunneling protocol), es decir que el SGW hace las veces de SGSN y el PGW hace de GGSN (termina el túnel GPRS y da la salida a Internet). Al igual que en GPRS pueden existir varios SGW por cada PGW.

Hay una interfaz entre el eNodeB y el MME (llamada S1-MME) y otra interfaz entre el SW y el eNodeB S1-U (en algunos documentos empieza a aparecer otro SGW que es el Security Gateway y por ahí pasaría todo el tráfico).

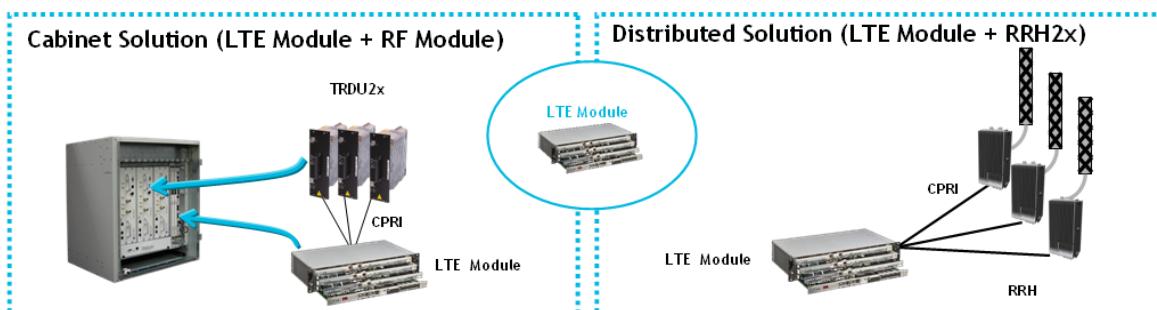
Los componentes del EPC (evolved packet core) son :

- MME (Mobility Management Entity): es el nodo que controla el acceso a la red LTE. Es responsable del Tracking (localización) y del procedimiento de pagging. La celda del abonado ya no se apunta

en el HLR (en GSM residía en el VLR y se propagaba al HLR), sino en el MME. Este nodo, además está involucrado en el procedimiento de "bearer activation/deactivation", es decir, el attach a la red del abonado. Durante el proceso de attach , el MME elige el SGW a asignar al terminal. Además, durante este proceso de attach , autentica al terminal contra el HSS. El MME gestiona también las claves de cifrado. Este nodo también tiene interfaz con el SGSN (interfaz "S3") de las redes 2G/3G , de modo que puede dar acceso de paquetes a un terminal que no sea LTE.

- S-GW (Serving Gateway): enruta todos los paquetes de usuario. Almacena los contextos de los terminales (UE context) y mantiene un tunel GTP con el P-GW , que es por donde sale a internet el abonado.
- PDN-GW (Packet Data Network Gateway): proporciona la conectividad con las redes externas y es el punto de entrada y salida hacia internet o las redes del operador. La conexión de un UE con varios PDN-GW está permitida, a diferencia de GPRS, donde solo una conexión con un GGSN es posible. El P-GW hace también funciones de filtrado de paquetes y intercepción legal.
- El PCRF (para tarificación) se conecta a través de la interfaz "S7" al PGW. Se utiliza para gestionar dinámicamente las calidades de servicio.

El producto de Alcatel Lucent de eNodeB se ofrece en tres modalidades: una "cabinet" que integra los módulos radio y los módulos "LTE" de procesamiento (9412 eNodeB), una solución distribuida (formada por los productos 9326 Digital Unit, que incluye la parte "LTE" de procesamiento, y 9341 RRH, que incluye la parte radio; ambos módulos se conectan por fibra óptica) y otra solución basada en pequeñas celdas (femto, aun en desarrollo, y pico celdas, que se está probando). Las dos primeras soluciones pueden compartir emplazamiento físicas (colocadas en el mismo rack); no se pueden interconectar modulos de la solución "cabinet" a la solución "distribuida" y viceversa.

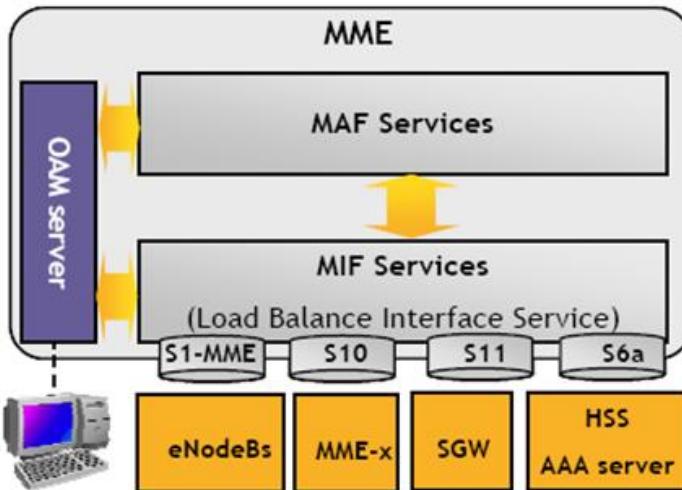


El producto de Alcatel-Lucent S/P GW se basa en el service router 7750 al que se añade un módulo específico



y el MME en una plataforma ATCA (un HW para Carriers estándar "Advanced telecommunications computer architecture") que se puede gestionar con un producto ya existente, el SAM, para gestionarlo remotamente.

En cuanto a su arquitectura, se presentan en el siguiente diagrama sus interfaces, en los que figura el HSS, indispensable para realizar el proceso de attach a la red de un abonado



7.14 Localización móvil

7.14.1 Tipos de localización

Existen varias formas de localizar a un móvil. Se describen a continuación:

Cellid:

Para este tipo de localización basta una consulta hacia el HLR . La operación que debemos invocar sobre el HLR es ATI (Any Time Interrogation) del estándar MAP V3

y este es el aspecto que tiene la operación ATI (lo he sacado de las trazas) :

```
subscriberIdentity msisdn '914356878899f9'H -- " CV " --
requestedInfo { -- SEQUENCE --
    locationInformation NULL,
    subscriberState NULL         extensionContainer -- void --
}
}      gsmSCF-Address '914356064000f8'H -- " CV.@. " --,
extensionContainer -- void --
}
```

El aspecto de la respuesta del HLR viene a ser algo como

msisdn: el numero

age of location information: cuantos minutos han pasado desde la ultima vez que el movil interactuó con la red

status: llega un código , indicando BUSY, NOT_REACHABLE, IDLE ,

cell id: el identificador de la celda donde se encuentra

Cellid ++ (forced refresh)

Consiste en enviar un SMS transparente (el usuario no lo ve) antes de consultar el HLR mediante la operación ATI

Dicho SMS implica hacer un paging en el LAC del abonado y por tanto refrescar la celda en el HLR.

Para hablar con el SMSC , el location server de Alcatel-Lucent utiliza el estandar SMPP v3.4. EN dicho estandar se define un modo de funcionamiento llamado "modo transacción" mediante el cual el SMSC nos avisaría de cuando se ha entregado el SMS al abonado. Una vez recibida dicha confirmación lanzaríamos el ATI. Sin embargo el SMSC de amena (que es de CMG) no soporta dicho modo, de modo que lo que hacemos es simplemente esperar un tiempo prudencial (2 segundos es suficiente) antes de lanzar el ATI

Cellid + Timing advance

Este tipo de localización no se puede obtener mediante una consulta al HLR. Hace falta hablar directamente con la BSC.

En GSM se utilizan timeslots para hablar (pequeños intervalos de tiempo no consecutivos) , además de otras tecnologías para evitar ruido como los

cambios en la frecuencia de emisión, etc. Pues bien, el timing advance es el tiempo que un móvil adelanta la emisión para que cuando la señal que sale del móvil llegue a la antena receptora cuadre exactamente con el comienzo del timeslot.

Dicho tiempo es muy pequeño, ya que las ondas de radio se propagan a la velocidad de la luz , sin embargo es fácilmente medible y nos da una idea de la proximidad o lejanía del móvil a la antena.

Por ejemplo, si estamos a 500 metros de la antena

$$500 = 300.000.000 * \text{TA} \rightarrow \text{TA} = 1.6 \text{ microsegundos}$$

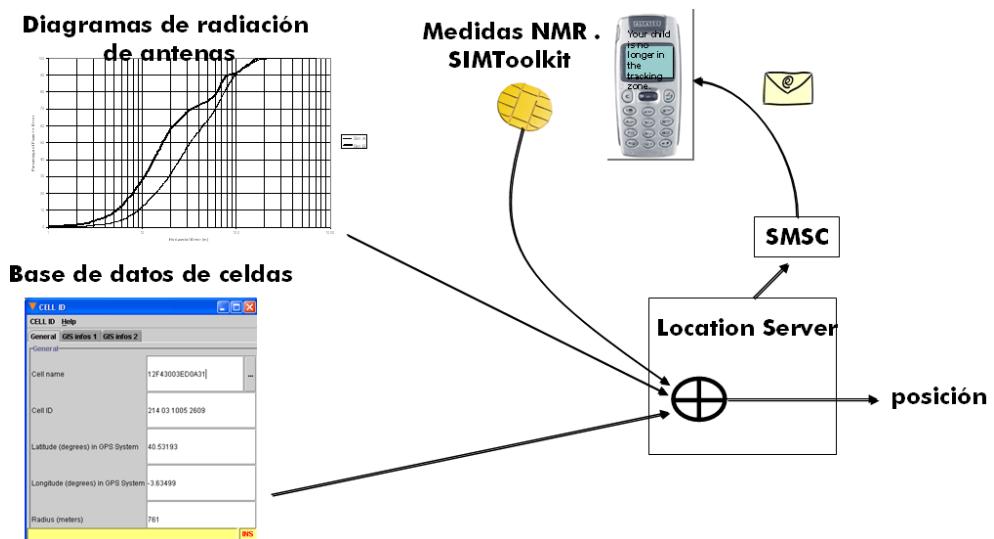
Como ves, dicho tiempo se puede medir con un reloj que funcione a 1 Mhz

El TA se encuentra tanto en el móvil como en la BTS y se puede consultar preguntando a la BSC. Esto lo hace normalmente el nodo estandar "SMLC", que en el caso de amena es el MPC de Ericsson

MNR

Consiste en triangular utilizando las medidas de potencia de las antenas cercanas (hasta 8) al móvil. Para ello debemos preguntarle al móvil por las medidas NMR (medidas de potencia normalizadas) mediante un SMS transparente dirigido a un "User Agent" especial (un user agent es una aplicación que se carga en la SIM)

A continuación debemos triangular dichas medidas en base a los diagramas de radiación de cada una de las antenas (esta información no está normalmente accesible, o es muy difícil acceder a ella , por lo que los operadores nunca usan este sistema). Además hace falta una SIM especial, donde se pueda cargar la aplicación antedicha (una SIM que tenga SIM ToolKit para crear y cargar aplicaciones)



EOTD

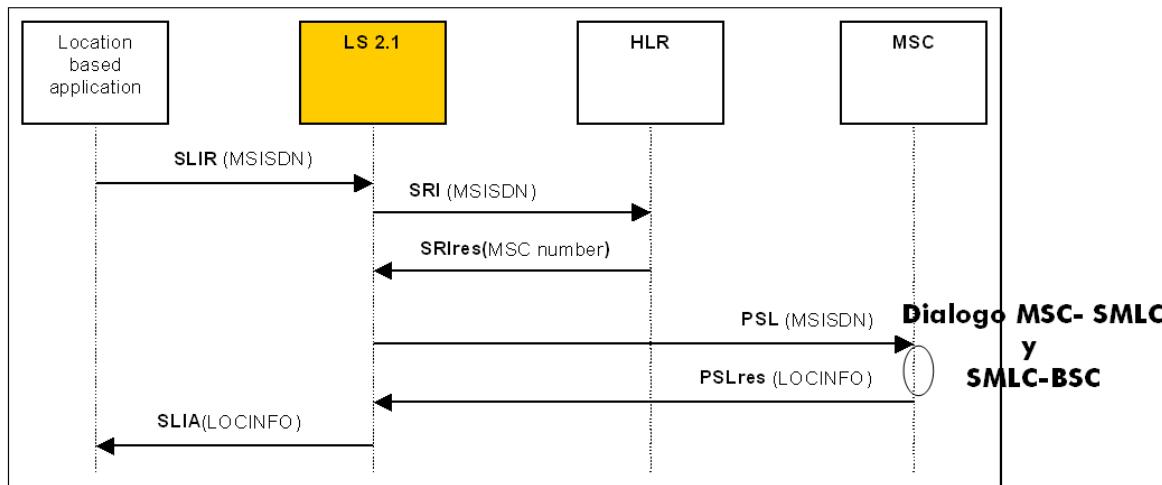
Se parece a NMR pero en lugar de triangular potencias se triangulan tiempos (algo así como triangular Timing advances respecto diferentes antenas). No se usa por el mismo motivo que NMR

LG

Consiste en lanzar una petición al HLR llamada SRI (send routing info for location services) esta operación esta disponible en los HLR de Ericsson version 9, y en producción estaba instalada la versión 8, por lo que usamos la primitiva "send routing info for SMS services", que nos retorna la misma información, concretamente la VMSC de la que depende el abonado.

A continuación interrogamos a la MSC mediante la primitiva PSL y con eso ya obtenemos el timing advance + la celda.

Este sistema es lo mismo que cellid + TA, solo que mediante un dialogo estandar. En amena, cuando interrogamos al MPC lo hacemos vía un protocolo propietario de Ericsson llamado MPP, aunque mediante el interfaz LG, lo podríamos hacer e un modo estandar.

Interfaz Lg : A-GPS**AGPS y EAGPS**

Al móvil se le envía información de sintonización de los satélites que le dan cobertura basándose en la celda en la que está ubicado el Terminal y a continuación el terminal sintoniza dichos satélites y con la info que recibe de ellas (marcas de tiempo y posición) triangula y envía dicha info a un servidor, o bien envía directamente la información recibida al servidor para que éste haga la triangulación.

El servidor dispone de una “red WARN” formada por una o dos antenas GPS que dan cobertura nacional (por ejemplo, en España bastaría con una antena en Madrid, otra en Baleares y otra en Canarias)

EAGPS es igual que AGPS pero con la utilización de la señal EGNOS por parte del servidor (EGNOS señal enviada por satélites geoestacionarios que contiene la corrección del error de la señal GPS).

7.14.2 GPS ,GLONASS, AGPS y EAGPS

GPS y GLONASS son sistemas de localización basados en satélites militares, no geo-estacionarios, de modo que en el cielo, en cada momento tendremos cobertura de un conjunto distinto de satélites. GLONASS es el sistema ruso y GPS el americano

El sistema GPS está formado por 24 satélites y cinco estaciones terrestres, además del receptor del usuario. Estos satélites, a partir de la información incluida en ellos y la que reciben de las estaciones, generan una señal que transmiten a los receptores. Una vez los receptores reciben esta señal, calculan la posición.

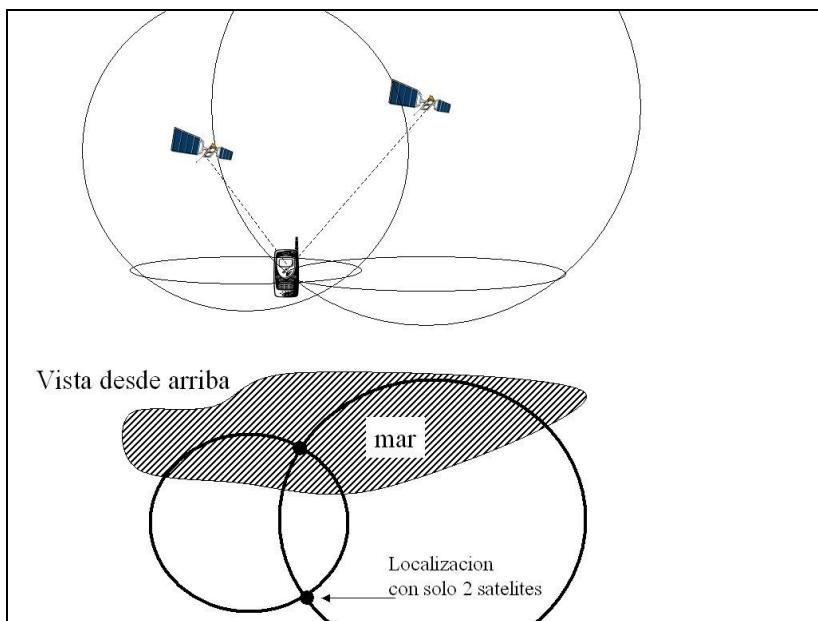
Los satélites envían “**efemérides**”, es decir, mensajes con marcas de tiempo y posición. Un terminal GPS, como el de un taxista escanea permanentemente toda la banda de radiofrecuencias de los satélites en

busca de nuevas señales, ya que al no ser geoestacionarios, va perdiendo la señal de algunos y van entrando otros. Con dichas señales se puede calcular la posición, mediante un proceso llamado "trilateración" a partir de la referencia proporcionada por los satélites en el espacio. Para llevar a cabo el proceso de trilateración, el receptor GPS calcula la distancia hasta el satélite **midiendo el tiempo que tarda la señal en llegar hasta él**. Para ello, el GPS necesita un sistema muy preciso para medir el tiempo, y "sincronizarse" con el satélite en el tiempo.

Para realizar esta sincronización y esta cuenta, los emisores y los receptores del GPS utilizan un método denominado "Pseudo-Random Code" (código seudoaleatorio) o PRC. Este es un sistema complejo, basado en una señal que se envía a 1.575,42 MHz, e incluye un mensaje de estado (posición del satélite, correcciones horarias y otros estados del sistema).

Sabemos la altura a la que se encuentra cada satélite, porque él mismo nos envía esta información. Una vez sincronizado el reloj del receptor con el del satélite, y teniendo en cuenta las señales recibidas del mismo, se calcula la diferencia entre el instante de emisión y el de recepción, y eso nos proporciona la distancia entre el terminal y el satélite (con un simple cálculo puesto que las ondas viajan a velocidad "c").

Una vez que el receptor GPS recibe la posición de **al menos cuatro satélites** y conoce su distancia hasta cada uno de ellos, puede determinar su posición superponiendo las esferas imaginarias que generan. En realidad tan solo hacen falta 3 satélites si suponemos que estamos en la superficie terrestre ya que la Tierra haría las veces de cuarta esfera imaginaria (este es el caso de los teléfonos móviles). Además si de los posibles puntos de intersección, uno está en el mar, se puede descartar, haciendo necesarios solo dos satélites. Para el caso de un avión son necesarios 4 satélites.



Este es el caso mejor, con 2 satélites conseguimos localizar un móvil porque uno de los puntos de intersección es el mar. Normalmente nos hace falta tres satélites.

Si estamos dando un servicio de localización en un país y el otro punto de corte en lugar de irse al mar se va a otro país, también podríamos descartarlo, es cuestión de echarle imaginación.

El Enhanced-GPS se basa en el sistema EGNOS de la unión europea. EGNOS significa: Servicio Europeo de Navegación por Complemento Geoestacionario

Los sistemas de navegación por satélite GPS y GLONASS presentan dos limitaciones: primera, las prestaciones no son suficientes para algunas aplicaciones (como, por ejemplo, la aviación civil) y, segunda, ambas están bajo control militar.

En este contexto, EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay System) surge con el objetivo de mejorar las prestaciones de dichos sistemas de navegación por satélite (GPS y GLONASS). EGNOS consiste en la incorporación de un segmento de tierra que se encargará de procesar las señales de los satélites GPS y GLONASS y de un segmento espacial (satélites geostacionarios) que se encargarán de transmitir a los usuarios las correcciones calculadas por dicho segmento de tierra

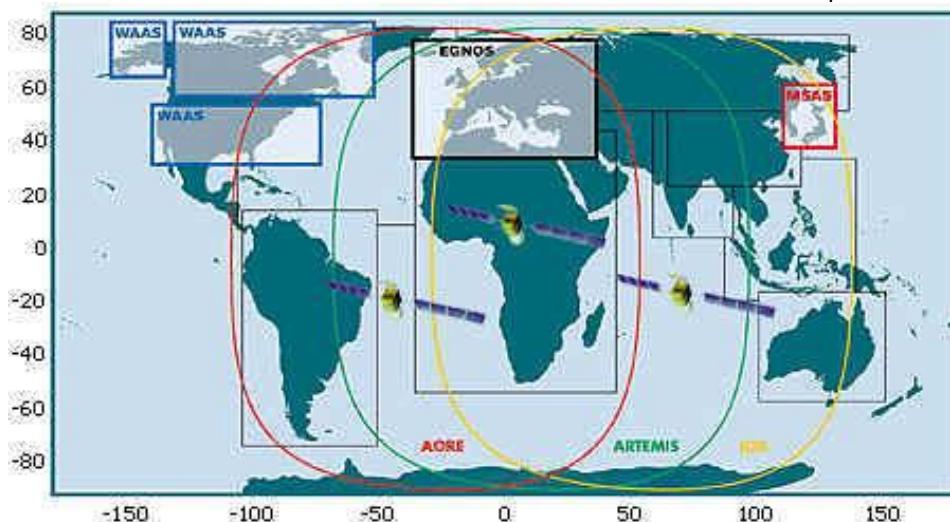
Los terminales GPS no son capaces de recibir la señal de EGNOS, para la que hace falta una antena diferente. En realidad este sistema se parece mucho a AGPS.

Tal y como se ha explicado para el caso AGPS, el AGPS server puede calcular el error de GPS basándose en la posición conocida de la antena o

antenas que forman la WARN y la posición que se calcula para dichas antenas basándose en GPS.

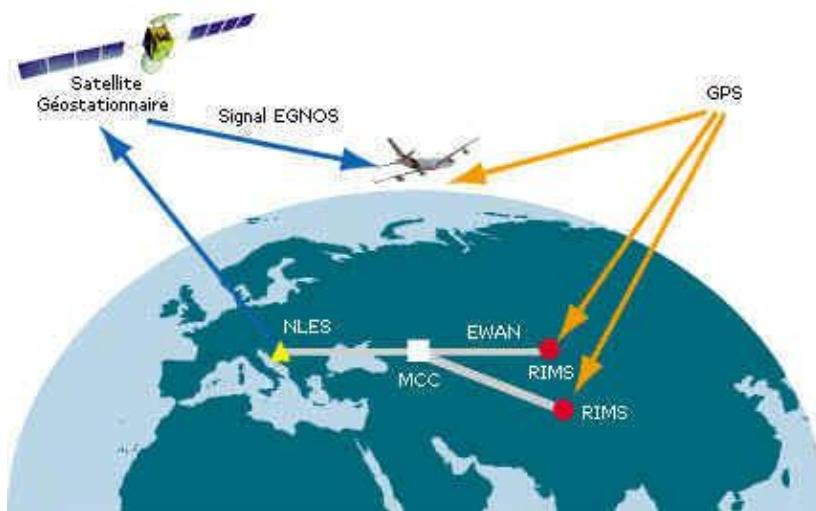
Con EGNOS, el mecanismo de corrección es aun mejor, porque estos satélites no sólo envían efemérides de ellos mismos sino también posiciones exactas de los satélites GPS.

EGNOS tiene 3 satélites, uno de ellos encima de Europa



Para hacer que un satélite de EGNOS envíe información de posición exacta de los satélites GPS, se utiliza el siguiente sistema:

A diferencia de los satélites de GPS y GLONASS, estos tres satélites no llevarán generadores de señales a bordo. Un transpondedor será el encargado de transmitir las señales desde la Tierra a los satélites, donde tendrá lugar el procesado de señales. El segmento de tierra constará de treinta RIMS (Estación Monitora de Telemetría e Integridad), cuatro MCCs (Centro de Control de Misiones) y seis NLES (Estaciones de Tierra de Navegación).



Las estaciones RIMS, cuya situación en tierra se conoce con exactitud, calculan la posición de cada satélite EGNOS y comparan las medidas precisas de posición de GPS y GLONASS con las medidas obtenidas de las señales de sus satélites, y después envían la información a las MCCs. Estos centros determinan la exactitud de las señales del GPS y GLONASS recibidas en cada estación y calculan el error que pueden tener debido a las perturbaciones en la ionoesfera . Todos los datos de desviación son incorporados a una señal y enviados a través de un enlace seguro a las NLES, las cuales están distribuidas por toda Europa y son las encargadas de enviar la señal a los tres satélites EGNOS que la transmiten para ser recibida por los usuarios GPS y GLONASS con un receptor EGNOS.

El móvil no está preparado para recibir la señal de EGNOS, pero podemos conectar un receptor EGNOS al AGPS server (que por tener esta capacidad se le llama EAGPS server)...luego ya tenemos la forma de neutralizar completamente el error introducido por GPS, de forma mas precisa que con AGPS

En el caso de un avión, no necesita un AGPS server, porque si recibe la señal de EGNOS, el solo ya puede corregir lo que le llega de GPS y calcular su posición exacta.

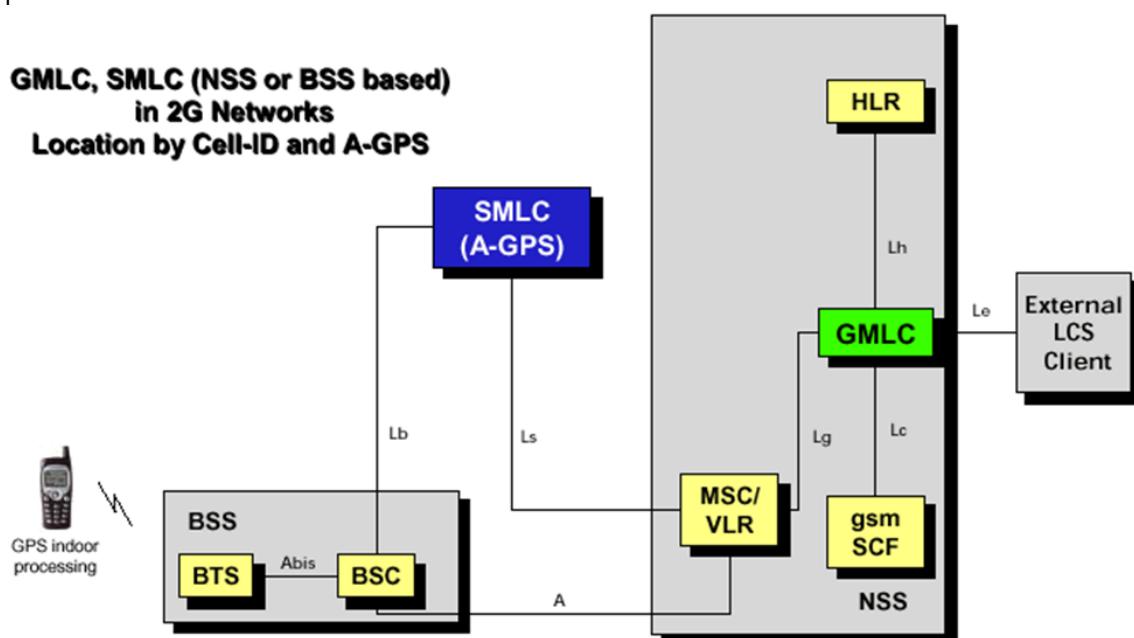
De hecho, un móvil con GPS-EGNOS sería capaz de calcular solo y con precisión su posición, aunque el time to fix sería muy alto, de modo que sigue siendo necesario un EAGPS server.

7.14.3 Soluciones estandar 3GPP de localización

El 3GPP ha definido dos nodos que se utilizan para localizar. Cada uno tiene su función diferenciada. El GMLC es el interfaz a las aplicaciones

clientes (por lo que el API definido para mobility, es decir , el SCS debe residir en el GMLC) y el SMLC es un nodo de ayuda para la localización basada en consultas a la BSC , concretamente permitirá averiguar el timing advance. Al SMLC también se le asigna la función de AGPS server, de modo que permitirá calcular la posición del usuario enviándole la lista de las frecuencias de los satélites visibles en su zona y recibiendo desde el abonado las efemérides de dichos satélites (todo mediante conexión de datos del terminal y el protocolo SUPL)

En principio, en una configuración básica solo es necesario el GMLC ya que mediante consultas al HLR es posible determinar la celda del abonado. EL GMLC de Alcatel se conecta también al SMSC para implementar el "forced refresh"

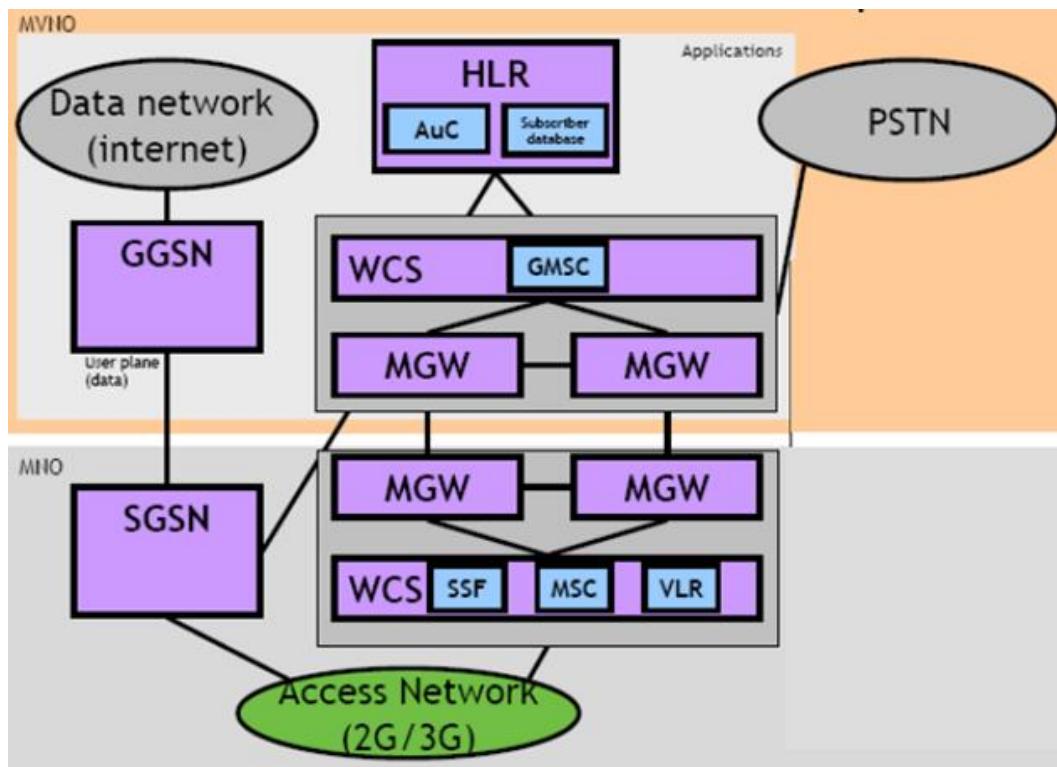


7.15 Mobile Virtual Network Operators (MVNOs)

Un MVNO, Operador Móvil Virtual, es una empresa que sin tener recursos radio (por no tener licencia) o incluso sin tener infraestructuras de comunicaciones, utiliza el valor de su marca para conseguir clientes, alquilando la red de comunicaciones uno o mas operadores reales.

Dependiendo de cuánta parte de infraestructura alquila o posee en propiedad, el MVNO se clasifica como Light o Full MVNO. Uno "light" no tiene nada de infraestructura y tan solo revende minutos. Y también podemos encontrar al MVNO "full" , el cual tiene todo lo que se puede tener, salvo los recursos radio.

Siguiendo el esquema del 3GPP R4, un MVNO puede tener GGSN (el SGSN lo tendría el operador real), HLR, y MSC, siendo la MSC constituida por un conjunto de nodos (MSC distribuída).



La MSC distribuida consta de media gateways y funcionalidad de GMSC para interconexión con otros operadores. Dentro de la MSC distribuida no va a tener VLR, ya que al no tener recursos radio, no tiene sentido.

El HLR del operador virtual deberá ser accesible por los SGSN de otros operadores con los que tenga acuerdos de roaming, además del operador que le da servicio.

Los media gateways hay que conectarlos a enlaces de voz del operador móvil que proporciona el servicio radio. La MGW recibe instrucciones del call server para reservar dichos canales y comutarlos con canales IP, haciendo transcodificación de los mismos en tiempo real. Por ejemplo, tienen que saber convertir los formatos:

AMR (3G radio) --> G.711 (Core)

GSM FR, HFR, EFR --> G.711 (Core)

Todos los MGWs pueden ser colocados en el borde de la red, y el transporte interno puede llevarse a cabo en Voip (con routers IP).

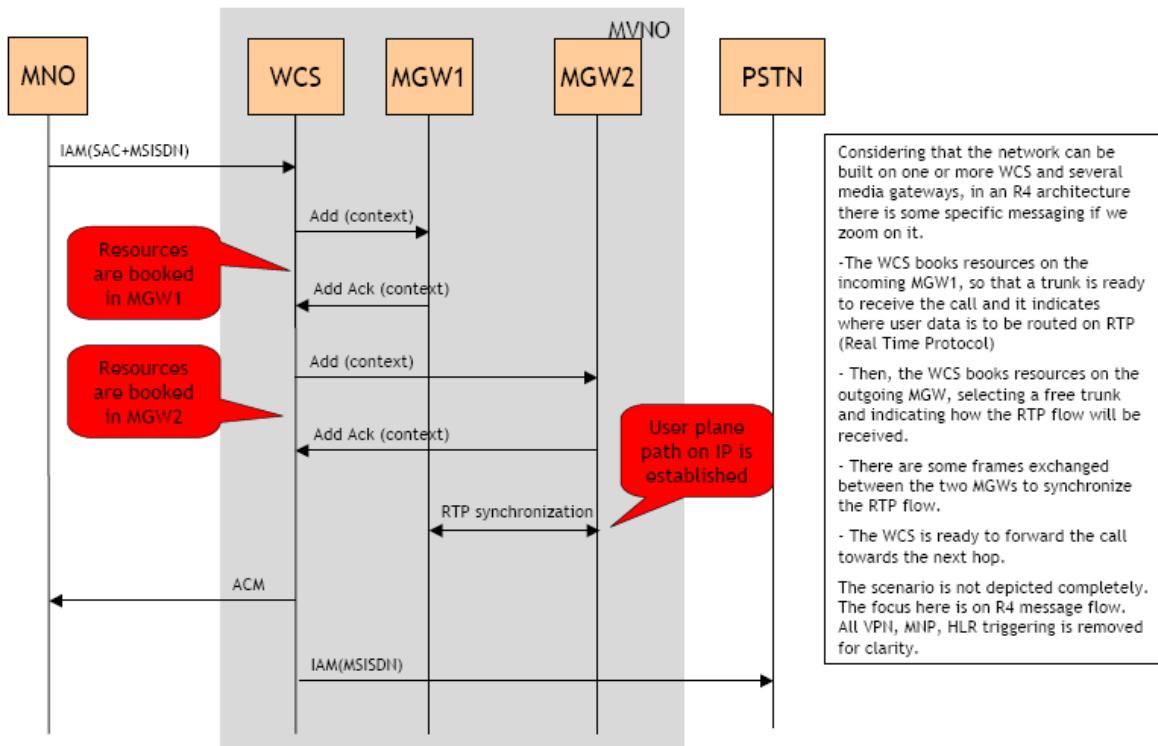
El “call server” (WCS : “wireless call server”) es el nodo que va a controlar los recursos (canales) de las media gateways. El call server es quien maneja la señalización H248 para reservar canales en la media gateway, así como el encargado de disparar la red inteligente si es necesario. Todas las

llamadas, en lo que a señalización se refiere, llegan al call server. Y es el call server quien toma las decisiones de enrutamiento. Es el call server quien lanza la petición SRI hacia el HLR y quien posteriormente enruta la llamada hacia la mediagateway destino, hacia una red PLMN vía GMSC, etc.

Los IMSI del operador virtual no van a ser reconocidos en otro operador que no sea quien le da servicio, por lo que cuando un abonado del operador virtual se encuentre en roaming, utilizará el IMSI del operador real que da servicio al operador virtual, para registrarse en la red visitada.

7.15.1 Llamadas básicas

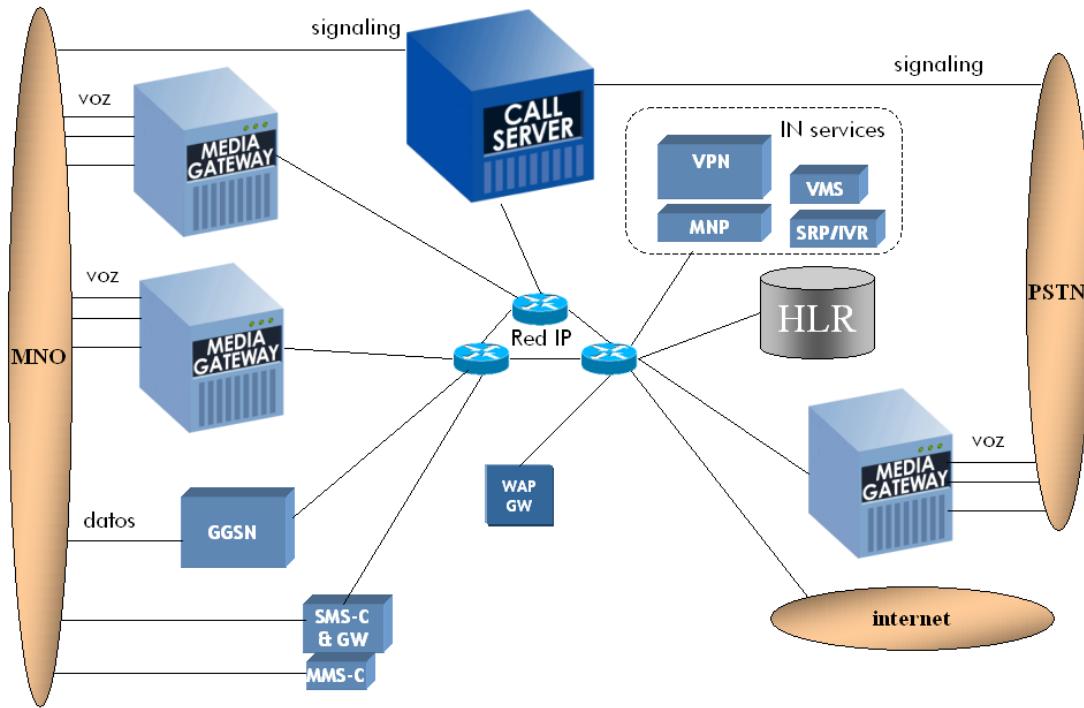
En la figura se representa una llamada que entra desde un operador real (MNO) y sale hacia la red fija (PSTN). En esta llamada se involucran 2 MGW, una de entrada de la llamada y otra de salida. La señalización es manejada enteramente por el call server (Wireless Call Server) y entre las dos MGW, la comunicación es IP (voz sobre IP).



7.15.2 Red MVNO completa

En la figura se representa una infraestructura de red para un MVNO completa, aunque sin incluir los sistemas de provisión y soporte a la operación (llamados comúnmente BSS y OSS)

El elemento mas destacado es el Call server, pues es quien va a manejar la señalización y controlar los recursos, enrutando las llamadas y, en definitiva proporcionando el control de los servicios de voz.



El call server puede tener acceso a :

- Uno o varios MNO (operador móvil) .
- Uno o varios MNO (operador móvil) y a uno o varios PSTN (operador fijo).

Por ejemplo, BT móvil es un operador virtual que se conecta a Vodafone y a BT fija, de modo que las llamadas hacia cualquier número fijo son enrutadas hacia BT fija, quien a su vez enrutará hacia unos u otros operadores fijos dependiendo del abonado llamado.

Como call server se utiliza el Alcatel-Lucent 5060 Wireless Call Server (WCS) , el cual básicamente es un soft-switch para redes móviles NGN 3GPP Release 4/5/6. Soporta las interfaces de señalización GSM/UMTS (BSSAP/RANAP/MAP/SIP), interfaces de señalización tradicionales (SS7/ISUP/MF) así como H.248 y EGCP para la comunicación con los media gateways.

8 Redes NGN y Arquitectura IMS

8.1 Redes NGN

NGN significa Next Generation Networks. Es un nombre más o menos comercial para algo que no está del todo claro qué es. La definición de NGN según la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) es la siguiente:

- En primer lugar, es una red de conmutación de paquetes (no hay TDM)
- Ofrece todos los servicios, utilizando tecnologías de banda ancha y con garantía de Calidad (QoS).
- La tecnología de transporte está separada de los servicios, de modo que el usuario final puede acceder a diferentes Servidores de Aplicaciones
- La NGN soporta movilidad universal y provee servicios uniformes y siempre en línea (always-on).
- NGN es verdaderamente una sombrilla que cubre casi todos los aspectos de las redes como son el nivel troncal, la red metropolitana, acceso y servicios del usuario.
- En el Servicio, NGN significa la red de servicios de Próxima Generación.
- En el Acceso significa toda clase de acceso de banda ancha.
- De cara a la red de Transporte. NGN significa “la nueva generación de Transporte Óptico Inteligente”.

Con esta definición nos hacemos una idea de que la definición de red NGN es un compendio de buenas intenciones, pero no es una arquitectura en particular, ni un conjunto de nodos con funciones definidas. En definitiva, no es nada, salvo una declaración de que las redes TDM están muriendo.

8.2 Arquitectura IMS

IMS (IP Multimedia Subsystem) es una arquitectura NGN para las redes basadas en un core IP. La filosofía es sustituir las comunicaciones basadas en conmutación de circuitos por conmutación de paquetes, para ello hace falta un protocolo de establecimiento y control de sesiones (SIP), nodos que sean capaces de entender dicho protocolo, registrar a los abonados (ya que pueden estar apagados), y proporcionar servicios básicos como los que existen en TDM.

La idea es que se vayan abandonando poco a poco las llamadas basadas en circuitos o bien que mediante gateways se transformen en llamadas (ahora las llamaremos “sesiones”) de datos, basadas en protocolo SIP para señalización y el operador proporcionará por tanto servicios basados en SIP manipulando, controlando y tarificando este tipo de tráfico. Para la transmisión de las sesiones de voz y video se utiliza RTP, que es un protocolo que permite paquetizar cualquier stream (información intercambiada en la sesión) codificado con cualquier codec (AMR, MPEG4, MP3...)

Si los operadores son capaces de garantizar calidad de servicio a los flujos RTP multimedia de las sesiones establecidas mediante protocolo SIP a través de su sistema IMS, entonces estaríamos hablando de que las comunicaciones basadas en circuitos han pasado a ser de datos, pero si la calidad de servicio no se garantiza en estas comunicaciones, entonces sólo serán servicios de datos y las comunicaciones de circuitos tardarán más en morir, porque son las únicas que ofrecen calidad. Actualmente es posible ofrecer calidad de servicio, ya que en las redes IP se puede “priorizar” paquetes etiquetando ciertas cabeceras de los mensajes a la entrada a la red, solo que gestionar como y en qué casos hacerlo no es trivial.

Por otro lado han aparecido otros proveedores de servicio como Yahoo, o Skype, y los operadores tendrán que convivir y interoperar con ellos, de igual a igual para este tipo de servicios.

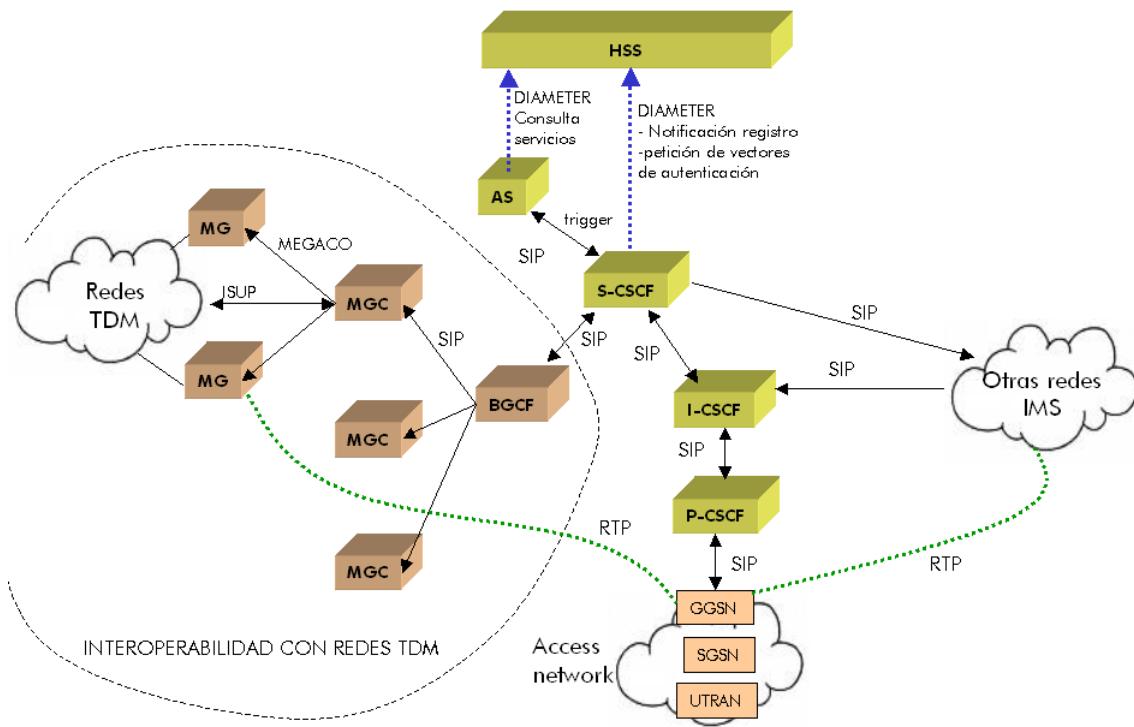
Este estándar ha sido desarrollado inicialmente por el 3GPP para el core de las redes móviles W-CDMA, y ha sido adoptado por:

- 3GPP2 para el core de redes móviles CDMA 2000
- ETSI TISPAN para el core de redes NGN fijas
- ATIS para el core de redes fijas en USA
- CableLabs para el core de redes de cable (Packetcable 2.0)

Además, OMA (Open Mobile Alliance) se ha dedicado a estandarizar los servicios IMS, dejando la estandarización de la arquitectura (y servicios básicos como videollamada y videoconferencia) a 3GPP y 3GPP2.

8.2.1 Elementos de IMS

La arquitectura IMS se sustenta en 4 nodos (puede haber más pero básicos hay 4) y múltiples Application Servers:

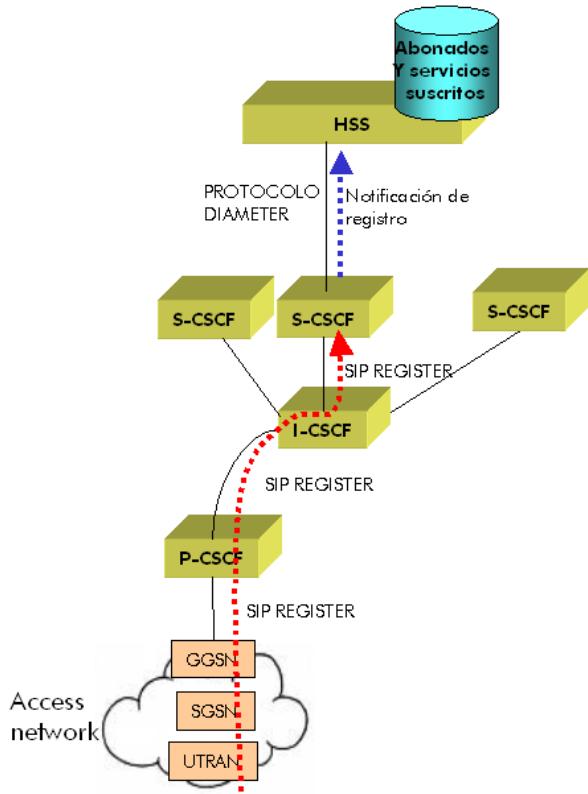


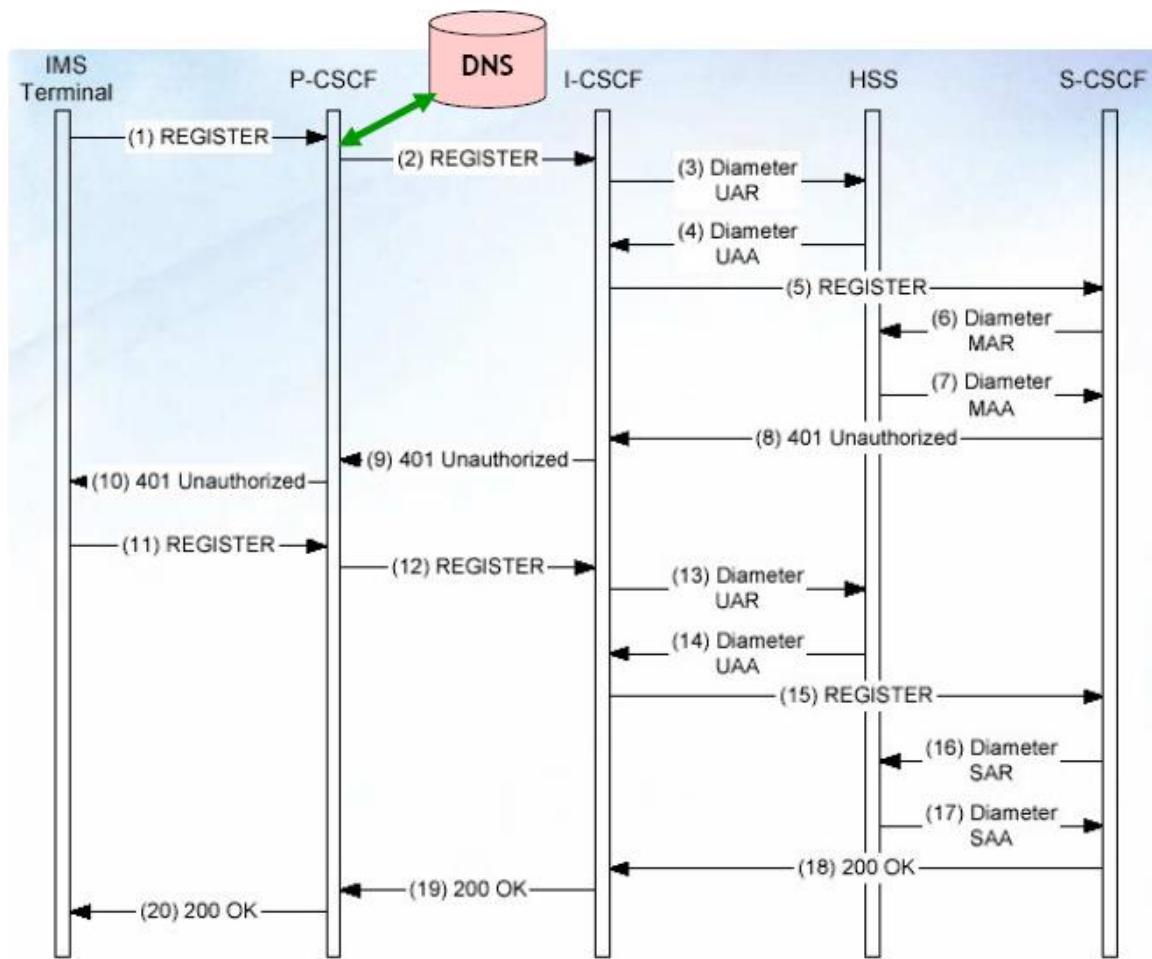
P-CSCF (Proxy-Call Server Control Function): Es un proxy SIP. Todos los paquetes SIP del usuario llegan aquí. Es la única dirección IP que va a conocer el terminal de los nodos de la red IMS. Teóricamente su dirección IP es descubierta por el terminal durante la activación de un contexto PDP para el cambio de mensajes de señalización SIP. La activación del contexto PDP también realiza la asignación de una IP al terminal. Esta dirección también podría forzarse en la configuración de todos los terminales de un operador, pero lo que se pretende es que si el usuario está en roaming, dirija sus paquetes al proxy de la red visitada, de modo que el operador visitado tenga constancia de dichas comunicaciones, aunque redirija a continuación los paquetes al I-CSCF de la red del abonado (red Home).

En un escenario de registro de un abonado, el P-CSCF reenvía el mensaje SIP REGISTER al I-CSCF (Interrogating-Call Server Control Function), el cual a su vez lo reenvía a un S-CSCF (Serving-Call Server Control Function) donde debe registrarse el abonado (puede haber varios S-CSCF y el I-CSCF es quien escoje)

En la figura aparece el proceso simplificado, porque en realidad, para que un usuario se registre necesita enviar dos mensajes REGISTER. Una vez que llega el primero al I-SCSF, se consulta vía DIAMETER al HSS para elegir un S-

SCSF al que reenviar el mensaje REGISTER. Luego el S-CSCF le pide al HSS un vector de autenticación (es decir, una palabra cifrada para que el usuario la descifre), y se le envía un mensaje 401 NOT AUTHORIZED al abonado con dicha prueba. A continuación el abonado envía un segundo mensaje REGISTER en el que incluye como parámetro el resultado de la prueba y con ello, el S-CSCF le permite registrarse y notifica al HSS





S-CSCF (Serving-Call Server Control Function): registro SIP del usuario (tiene embebido el “registrar server”) y también hace de proxy de los mensajes hacia el/los Application server, que son los que proporcionan los servicios.

En un escenario de llamada, los paquetes que llegan al proxy SIP son directamente enviados al S-CSCF, el cual contiene “trigger points” que disparan los servicios, de modo que por ejemplo se puede disparar un servicio ante la llegada de un mensaje SIP “INVITE” a una determinada dirección. La forma en que funciona esto es la siguiente:

Cada vez que llega un método SIP (INVITE, MESSAGE, SUBSCRIBE, etc.) de un determinado usuario ya registrado, el S-CSCF consulta el HSS y extrae el perfil del usuario. Dentro del perfil hay una parte llamada ICF (Initial Filter Criteria) donde se definen filtros basados en métodos y atributos y servidores a los que invocar. Si el filtro de algún IFC coincide con el método, este método SIP se envía al Servidor especificado en el IFC.

Para que se pueda asociar una dirección IP a cada usuario "símbólico", se centraliza la tabla de asociación en un "registrar server" (ubicado en el

CSCF) el cual va a contener todos los usuarios de un dominio, siendo cada dominio identifiable con un operador, por ejemplo: "mari0333@movistar.es".

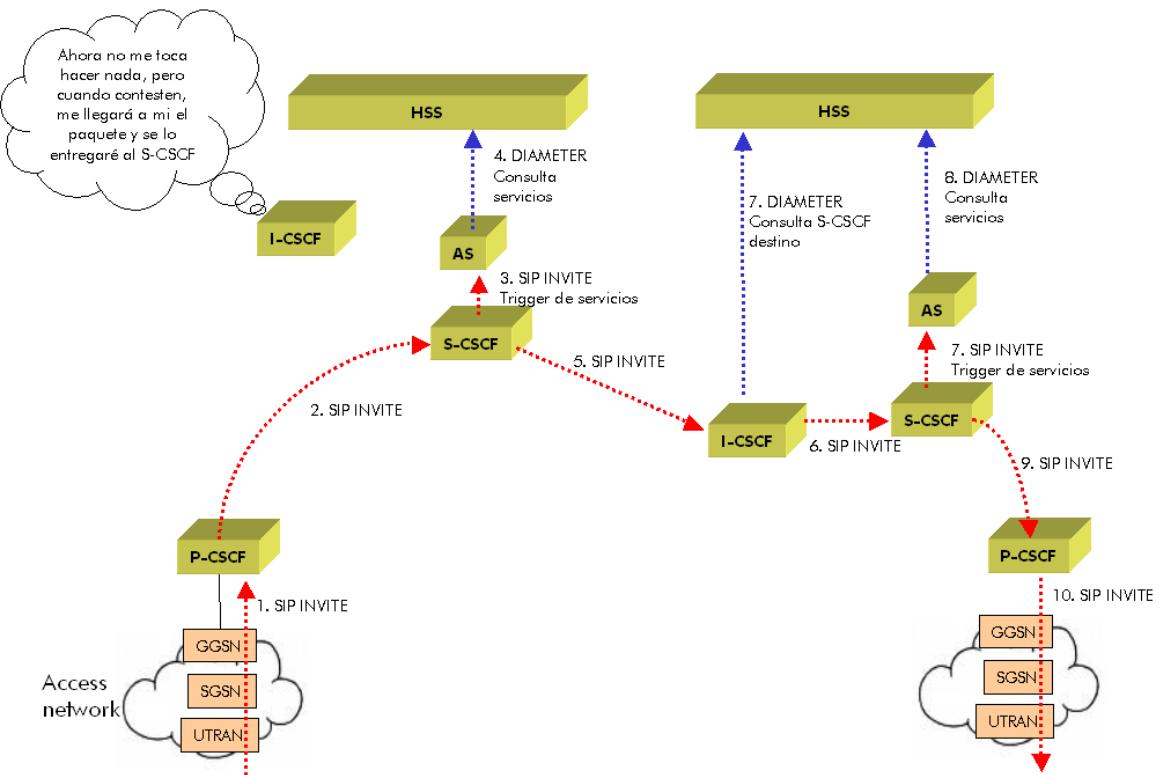
Messenger hace algo parecido, pero utiliza su propio protocolo. En el estándar IMS se utiliza el protocolo SIP, tanto para realizar el registro en la red como para controlar las sesiones multimedia. Es decir , SIP es el protocolo de señalización

para redes IMS. Los mensajes SIP son codificados como mensajes de texto, por lo que son sencillos de analizar, entender y depurar

El S-CSCF a continuación enruta el mensaje SIP (modificado o no por los AS) hacia el S-CSCF del que dependa el abonado. El S-CSCF no se preocupa de saber a qué S-CSCF debe enviar el mensaje, se lo reenvía al I-CSCF, el cual se encarga de ello

I-CSCF (interrogating CSCF): tiene dos funciones

- En la fase de registro de un abonado, reenvía los mensajes REGISTER provenientes del P-CSCF al C-CSCF que le corresponda
- En un escenario de llamada entrante desde otra red, permite o no la entrada a la red de paquetes SIP desde otras redes y los redirige al S-CSCF. Para tomar la decisión de dejar entrar o no un paquete SIP, hace una consulta al HSS sobre el perfil del abonado al cual va dirigido dicho paquete.



La dirección IP del I-CSCF debe ser conocida para que puedan llegar paquetes SIP desde otras redes, por ello, su dirección IP se publica en el sistema de nombres de dominio (DNS) del dominio (utilizando tipo de registros DNS NAPTR y SRV), a fin de que los servidores remotos se pueden encontrar.

HSS (Home Subscriber Server): base de datos de abonados . A los abonados se les llama “entidades IMS”, ya que podría haber entidades diferentes de abonados que también hagan llamadas. Contiene los servicios a los que está suscrito el abonado (user profiles), y realiza funciones de autenticación y autorización, además de proporcionar información sobre la localización física del abonado. Básicamente es lo mismo que el HLR y el AUC juntos. De hecho, les sustituye.

Si hay varios HSS, es necesario mapear el usuario a su HSS, para lo cual puede existir un nodo adicional que hace el mapeo. Éste nodo se llama “Subscriber Location Function” (SLF). El HSS y el SLF se comunican mediante protocolo Diameter.

AS (application servers): proporcionan servicios. Hay una serie de servicios estandarizados por OMA que pueden ser reutilizados por otros servicios no estándar. Hay AS que proporcionan servicios de usuario final (como Mensajería Instantánea, Push to, etc) y hay AS que proporcionan servicios a

otros servicios. Estos últimos se llaman "habilitadores" o "enablers", como el servicio de presencia (por ejemplo, Alcatel-Lucent tiene un servicio enabler de presencia basado en la plataforma A5400 IMS Application Server). Los diferentes "enablers" o "habilitadores" se invocan para construir nuevos servicios no estandarizados (a esto se le suele denominar con la palabra "orquestar", de modo que se puedan construir de forma rápida dichos nuevos servicios. La siguiente lista da una visión general de las capacidades de servicios comunes que están siendo estandarizadas en los organismos de estandarización anteriormente citados:

1. Presencia.
2. Localización.
3. Mensajería.
4. Gestión de movilidad (de terminal y de usuario).
5. Gestión de la sesión.
6. Gestión de la política.
7. Contabilidad.
8. Tarificación.
9. Facturación.

Los componentes de los servicios se alojan en una o más plataformas de suministro de servicio (SDP – "Service Delivery Platforms"). Los habilitadores se pueden exponer como servicios Web descritos con el lenguaje WSDL (Web Services Description Language) y mediante "orquestración" las capacidades de los diferentes SDP se pueden combinar para crear nuevos servicios.

WSDL describe la interfaz pública a los servicios Web. Está basado en XML y describe la forma de comunicación, es decir, los requisitos del protocolo y los formatos de los mensajes necesarios para interactuar con los servicios listados en su catálogo. Un programa cliente que se conecta a un servicio web puede leer el WSDL para determinar qué funciones están disponibles en el servidor. Los tipos de datos especiales se incluyen en el archivo WSDL en forma de XML Schema. El cliente puede usar SOAP para hacer la llamada a una de las funciones listadas en el WSDL

Los servicios que se pueden ofrecer sobre IMS son...los mismos que se pueden ofrecer sin IMS, es decir, son simplemente servicios multimedia y de control de sesiones, ni mas ni menos, como la compartición de video, el control de presencia, la mensajería instantánea (chat), PoC (push to talk over celular), etc., lo que pasa es que en IMS hay una serie de servicios básicos llamados "enablers" o "habilitadores" que están estandarizados por OMA y por lo tanto se pueden utilizar desde cualquier otro servicio que los "orqueste" (es decir, que los combine).

Existe un cierto número de servicios suplementarios de control de sesión como son el desvío de llamadas, el call screening, etc que un operador IMS debe proporcionar para al menos ofrecer los servicios que actualmente se ofrecen con las redes de conmutación TDM y las redes inteligentes. Este conjunto de servicios IMS, ampliado, está contenido en el producto FS5000 de Alcatel-Lucent.

8.2.2 Combinación Circuitos e IMS: nodo BGCF

Hoy en día, debido a que es imposible reemplazar las redes de circuitos de forma inmediata , hay que hacer convivir paquetes y circuitos. La primera generación de arquitecturas IMS incorpora funciones híbridas y algunos terminales muestran interfaces homogéneas para el uso de SIP y/o circuitos.

El operador debe proporcionar el mecanismo para que si un teléfono IMS llama a otro no IMS, la llamada se bifurque en 2, una parte va a la red de paquetes y la otra a la de circuitos. Para ello la red se equipa con Media Gateways y Controladores de Media Gateways (MGCF comúnmente llamados "softswitch") que entiendan la señalización SIP e ISUP y sean capaces de hacer la conversión y manejar los recursos de los Media Gateways

A veces los MGCF necesitan que la señalización ISUP les llegue por IP, de modo que hacen falta otros elementos llamados signaling gateways, que simplemente encapsulan la señalización ISUP en paquetes IP y se la pasan al MGCF

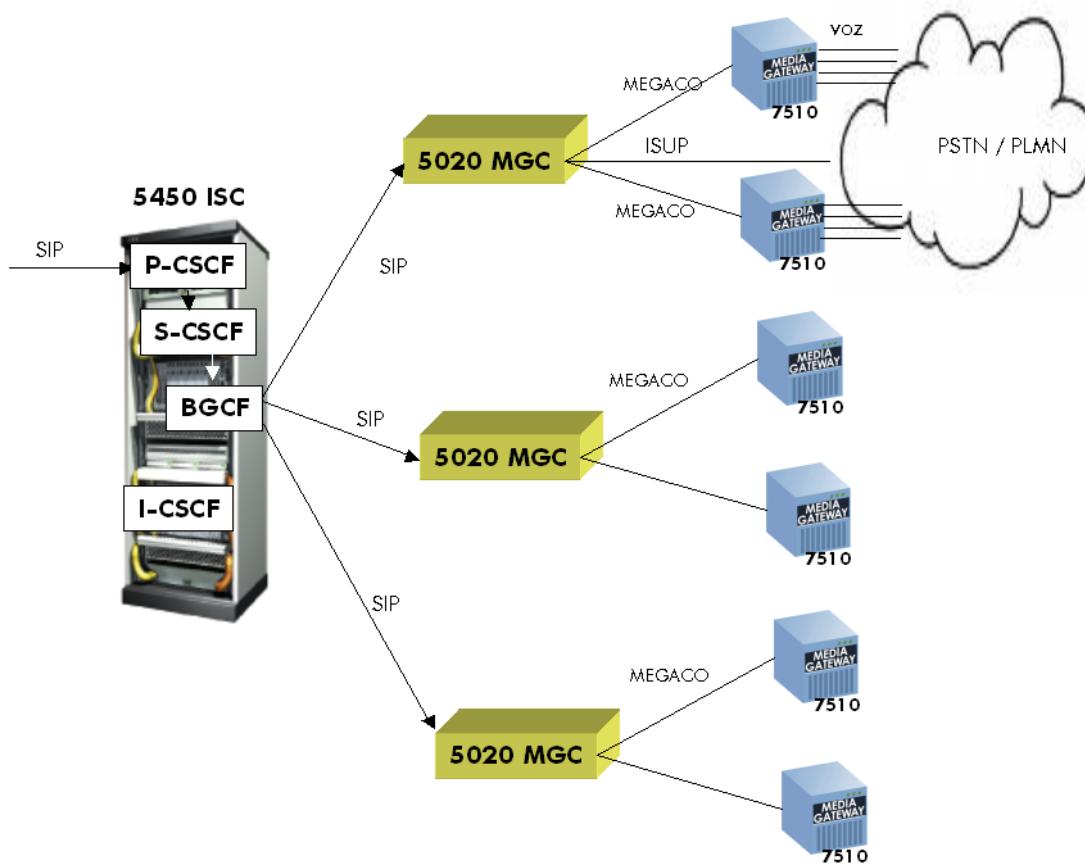
Si tenemos varias redes móviles (PLMN) y fijas (PSTN) hacia las que enrutar la llamada, aparece un nuevo elemento , el BGCF (breakout gateway control function), que escogerá el MGCF adecuado al que enrutar la llamada.

El nodo BGCF forma parte del estándar IMS. El BGCF selecciona la red en la cual el acceso a la red pública comutada (STFC) debe ocurrir. Si el BGCF determina que el acceso va a ocurrir en la misma red en donde el BGCF está localizado, entonces el BGCF selecciona un MGCF. El MGCF manejará la señalización SIP y la ISUP. Si el punto de acceso está en otra red, el BGCF enviará la señalización de esta sesión a un BGCF o MGCF (dependiendo de la configuración) en la otra red. El objetivo final es minimizar el recorrido de la llamada/sesión.

Hay varios equipos de Alcatel Lucent que hacen esta función. Uno de ellos es el 5020 MGC, el cual puede actuar tanto de BGCF como de MGC, o bien se puede usar el 5020 CSC , el cual actúa únicamente como BGCF.

Alcatel Lucent también dispone de un nodo de gran capacidad (10 millones de abonados, llamado 5054 ISC) que integra varios nodos de la

plataforma IMS (P-CSCF, I-CSCF, S-CSCF, BGCF). El 5054 ISC tan solo hay que conectarlo a los AS y al HSS para tener una plataforma IMS completa.



8.2.3 Traslacion de teléfonos a URLs: nodo ENUM

Cuando se intenta establecer una sesión SIP hacia un abonado sin especificar su URI SIP sino su número de teléfono E.164, el S-CSCF debe consultar en el nodo ENUM (Electronic NUMber/Telephone NUmber Mapping). Este nodo Implementa las funciones necesarias para transformar un número de teléfono internacional en una consulta a una base de datos de un servidor DNS, es decir, transforma

por ejemplo tel:+32-9-2316012 -----> sip:jan@unoperadorIMS.com

por lo tanto el S-CSCF debe hacer una consulta al nodo ENUM y luego otra al DNS para obtener la dirección IP del dominio al que pertenece el abonado (en el ejemplo sería “unoperadorIMS.com”), por último el S-CSCF le entrega el paquete SIP al I-CSCF destino. Si no hay S-CSCF destino por no

existir dicho abonado en ningún dominio SIP, la llamada es enrutada desde el S-CSCF hacia el BGCF para que se enrute hacia las redes TDM.

8.2.4 Algunos Servicios Habilitadores (“enablers”)

Antes de pasar a describir los servicios, vamos a ver la lista de métodos SIP que se utilizan y posibilitan los servicios IMS definidos por OMA.

8.2.4.1 Métodos SIP en IMS: SIMPLE

Además de los métodos SIP inicialmente definidos, hay una serie de extensiones del protocolo para hacer posibles los servicios definidos por OMA en IMS, al protocolo SIP con estas extensiones se le llama “SIP SIMPLE” (Session Initiation Protocol for Instant Messaging and Presence Leveraging Extensions) que es un protocolo de mensajería instantánea. SIMPLE aplica SIP a los siguientes problemas:

- Registrar la información de presencia y recibir notificaciones cuando ocurran eventos, por ejemplo cuando un usuario inicia sesión o se va a comer.
- Dirigir una sesión de mensajes en tiempo real entre dos o más participantes.

SIMPLE estaba en desarrollo en 2003 por el IETF. Algunas partes han sido estandarizadas, por ejemplo RFC 3428. Otras partes, en concreto las sesiones de mensajería instantánea, están todavía debatiéndose. Sin embargo muchas implementaciones están ya disponibles, destacando la incluida en Microsoft MSN Messenger.

SIMPLE no es el único protocolo de mensajería instantánea que está siendo desarrollado por el IETF. XMPP es otro protocolo que también tiene el mismo propósito.

Los métodos de SIP son:

invite : Sirve para iniciar las sesiones.

ack: Confirma el establecimiento de la llamada

Bye: Termina una sesión

Cancel: Cancela una invitación pendiente

Register: registra una localización con un servidor Registrar SIP

re-invite : Cambia una sesión actual

Options : permite a un UA preguntar a otro UA acerca de sus capacidades, por ejemplo, para establecer una sesión de video (esto tiene sentido en un servicio de videosharing, donde uno de los usuarios puede querer enviar vídeo a otro).

Extensiones de métodos SIP

Info: para enviar información de control

notify : para notificar cambios de estado de presencia de un usuario, por ejemplo

subscribe : para suscribirse a recibir eventos (que nos llegarán mediante notify)

unsubscribe:

update: permite que un cliente actualice los parámetros de una sesión (tales como el set de media streams y de sus codecs)

message: para enviar mensajería instantánea (chat)

refer : es una redirección sip, algo como un desvío de llamada

prack : es una respuesta "provisional ACK"

Specific Event Notification:

Message Waiting Indication: (reutiliza método notify con otro formato)

publish: permite a un usuario publicar su información de estado

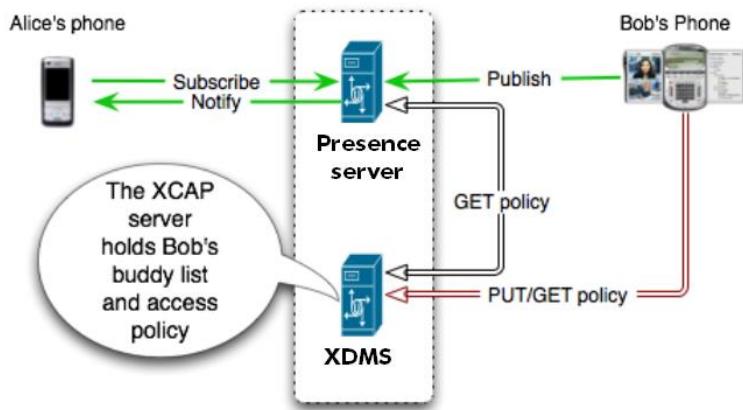
8.2.4.2 Enabler XDM (XDM Server)

Muchas veces hemos usado diferentes servicios o aplicaciones web donde sería interesante que dispusiesen de un mismo repositorio de información de listas de contactos o datos de usuario, etc., de modo que no haya que dar de alta en cada aplicación o servicio todos los datos necesarios para que funcione, incluyendo la tediosa actualización de los mismos.

Para todo ese tipo de datos que pueden compartir los servicios, OMA ha definido el XML Data Management server, cuyo propósito fundamental es manejar grupos, listas de contactos y listas blancas y negras de acceso (para servicios como PoC “Push Over Celular”, IM “Instant Messaging”, presencia, etc). Este enabler definido por OMA por sí sólo no tiene valor, pero al utilizar el mismo repositorio de datos los diferentes servicios (que actuarían como clientes XDM “XDMC”), todos los servicios ganan.

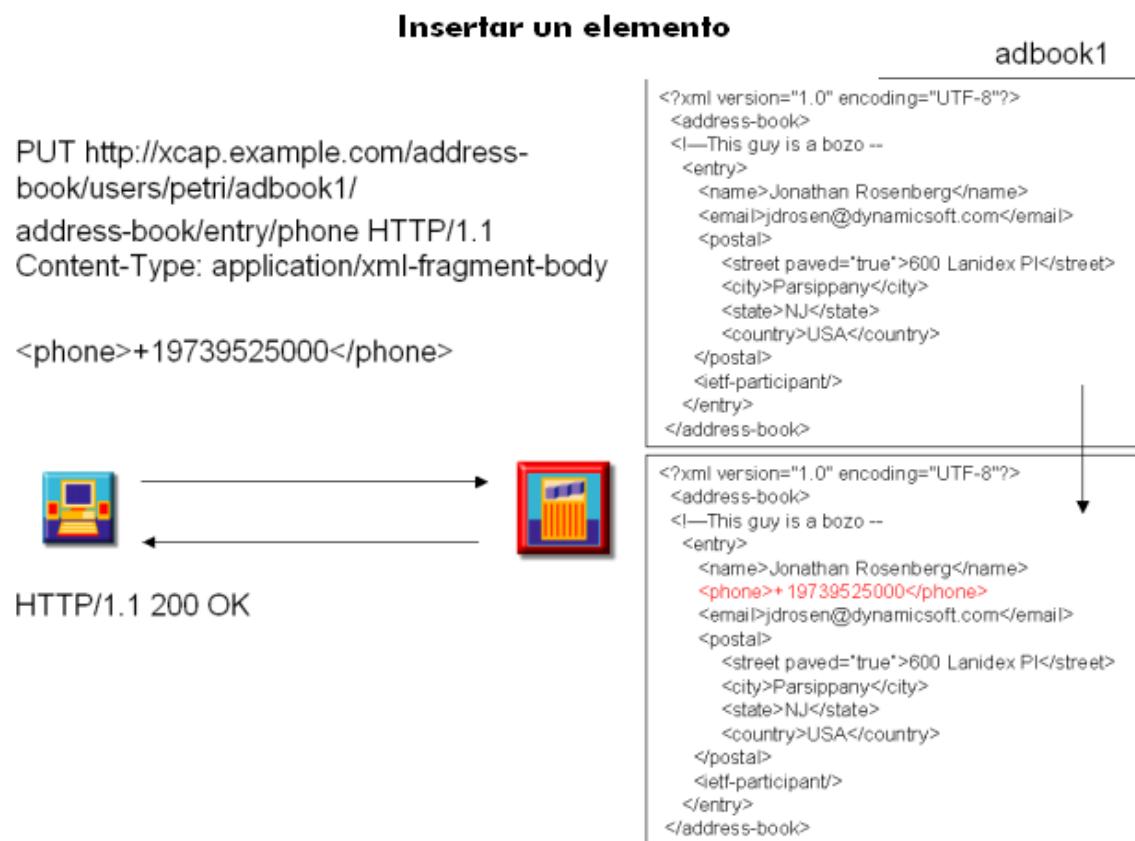
XCAP es el XML Configuration Access Protocol, protocolo definido para acceder al XDM server y leer, manipular y actualizar documentos , usando XCAP URIs(Uniform Resource Identifier) que referencian los documentos.

El XML Document Management Server (XDMS) es una parte esencial de una red IMS. Como almacén de documentos, no solo permite gestionar listas de acceso, sino también todo tipo de información (como información de presencia, o reglas de control de presencia, etc). En general, ningún enabler dispone de un repositorio de datos propio, sino que se apoya en el XDMS.



La interfaz que el XDMC ofrece a los XDMC es http, de modo que los clientes incluyen en sus peticiones HTTP PUT, un fichero XML que contiene la petición XCAP.

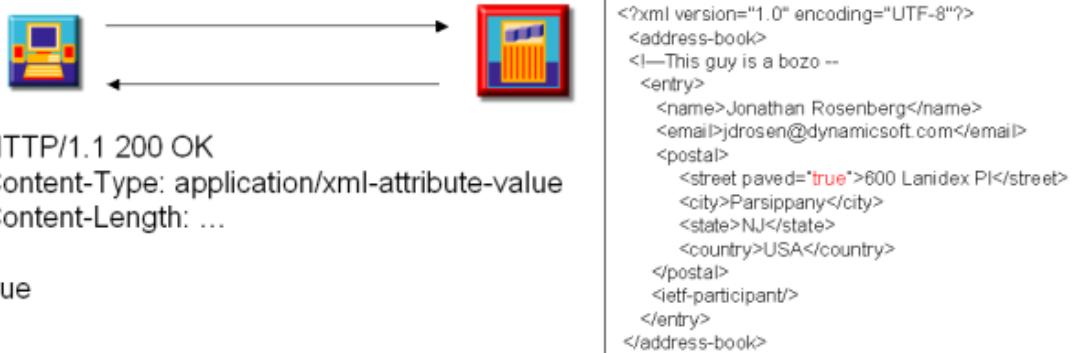
Ejemplos:



Consultar un atributo

GET http://xcap.example.com/address-book/users/petri/adbook1/
address-book/entry/street/@paved HTTP/1.1

adbook1



HTTP/1.1 200 OK
Content-Type: application/xml-attribute-value
Content-Length: ...
true

Del mismo modo que se expone en los ejemplos de consulta de un atributo o inserción de un elemento, se pueden actualizar listas de contactos, o información de presencia, etc.

El XDM también maneja suscripciones a cambio y notificaciones de cambio de los documentos XCAP, de modo que al modificar una lista o un documento XCAP , se notifique automáticamente a los usuarios que se hayan suscrito

8.2.4.3 Enabler de presencia

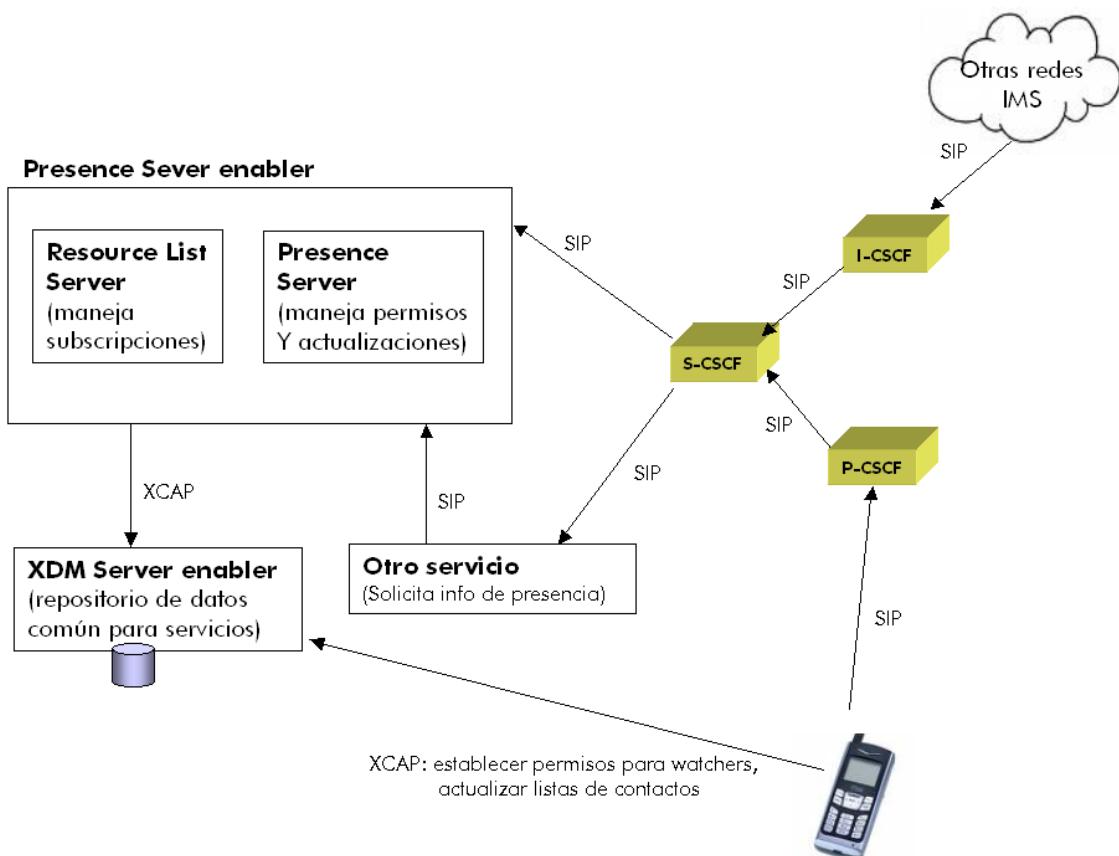
El Enabler Servidor de Presencia proporciona la capacidad para obtener, gestionar y distribuir de forma centralizada la información de presencia de los usuarios IMS de la red. Esta información de presencia será utilizada por otros enablers o servicios (PoC, IM, etc.) para enriquecer la experiencia de usuario incluyendo en los mismos información relativa a la presencia de los usuarios (fundamentalmente su estado)

El enabler de presencia tiene básicamente las interfaces siguientes:

- con el XDMS: XCAP y SIP para leer y actualizar los datos de listas y estado
- con el S-CSCF: SIP (lógicamente, pues cualquier servicio o aplicación solicitará información de presencia a través del S-CSCF).

En un escenario de presencia básicamente hay dos tipos de usuarios (llamados PNA Presence network agent): los “watchers” y los “presentities” (con estos nombres no necesitan aclaración). Un watcher puede suscribirse a una o varias presentities , para obtener info de presencia de

dichas presentities y recibir actualizaciones de su estado. OMA se ha encargado de definir la arquitectura interna del Presence server hasta estos detalles.



El servidor de presencia obtiene la información de presencia de dos elementos:-
-**Presence Network Agents (PNA):** Elementos de la red que enriquecen el documento de presencia usuario a usuario. Ej: PNA de localización, PNA de red GSM, PNA de S-CSCF (si el cliente de presencia no es capaz de publicar su presencia en la red),...

-**Presence User Agents (PUA):** El propio software cliente puede publicar información de presencia. Es interesante en clientes de Set-Top-Box, IMS, PC, etc.

Un servicio puede hacer uso del servidor de presencia directamente, mediante servicios web SIP, sin pasar necesariamente por el S-CSCF. Los usuarios siempre pasan por el S-CSCF en sus métodos SIP. Sin embargo, para actualizar las políticas de permisos, los abonados deben invocar directamente al servicio XDM mediante http (usando XCAP) y enviar los permisos que desean otorgar a sus contactos, así como actualizar su lista de contactos.

El servicio de presencia puede ser disparado por el S-CSCF al registrarse el abonado, cambiando su información de estado, o bien el mismo usuario puede enviar un mensaje SIP de cambio de estado (mensaje SIP "PUBLISH") el cual hará que el S-CSCF dispare el presence server , redirigiéndole dicha petición. Ante este mensaje, el PS actualizará la información en el XDMS usando XCAP y enviará notificaciones (mensaje SIP "NOTIFY") a los usuarios subscriptos a listas que contengan el usuario en cuestión.

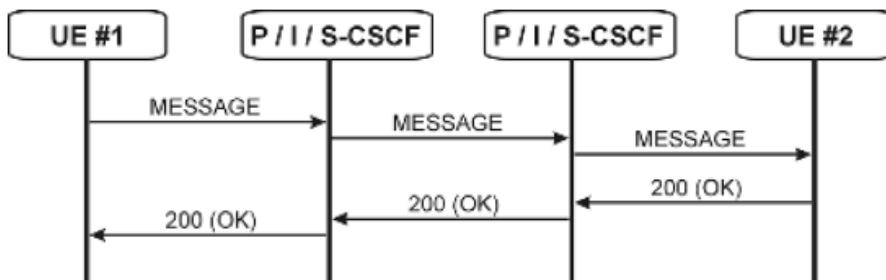
Existen formas de optimizar el tráfico entre el cliente de presencia y el servidor de presencia: por ejemplo suscribirse a la presencia de una lista de usuarios, en lugar de suscribirse a la presencia de los usuarios individualmente. Las notificaciones sobre presencia también se recibirían en un sólo mensaje agregando información de varias presentities. El elemento interno del presence server encargado de esto es el RLS (Resource list server).

Como ves, no es necesario que el servidor de presencia hable con el HSS, ya que el S-CSCF ya lo hace antes de invocar cualquier servicio.

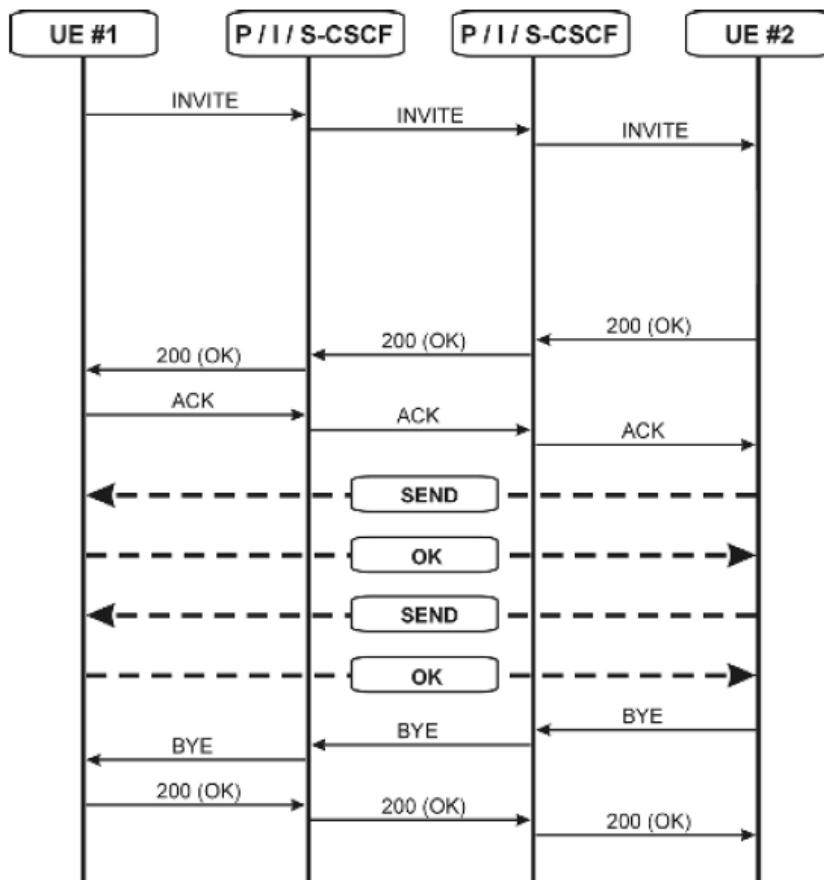
8.2.4.4 Enabler IM (instant messaging) y conferencias

En IMS hay tres tipos de mensajería

- **Mensajería instantánea:** básicamente se usa el mensaje "SIP MESSAGE" para enviar mensajes entre usuarios. En caso de que un usuario se encuentre offline (no registrado) el mensaje llegaría a un Application server (AS) de mensajería (el enabler de IM), el cual almacenaría el mensaje y cuando el usuario se registrase, el AS le entregaría el mensaje pendiente.



- **Mensajería basada en sesión:** es idéntico a IRC (internet Relay chat RFC2810). En este esquema un usuario envía un SIP INVITE al otro y tras aceptar se establece una sesión, en la que se intercambian mensajes basados en el protocolo MSRP (Message Relay protocol). Estos mensajes pueden portar cualquier tipo de datos MIME (Multipurpose Internet Mail Extensions) , de modo que pueden enviarse imágenes, videos, ficheros de cualquier tipo.



Mediante este mecanismo de mensajes y un enabler de mensajería que pueda crear conferencias se puede hacer un multiparty chat. La forma de crear una conferencia es simplemente un INVITE desde el usuario que desea crearla hacia el AS, el cual asocia una URI a dicha conferencia. Esta URI puede ser enviada a cualquier usuario para invitarle a que se una mediante el método SIP REFER.

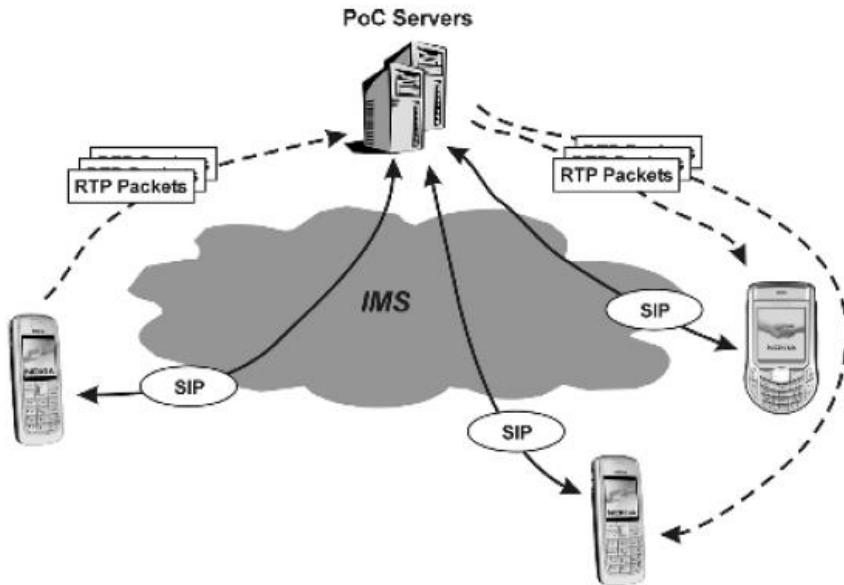
- Mensajería diferida: en IMS se ha adoptado el MMS como formato de mensajería diferida, de este modo se puede recibir en un cliente de IM un MMS proveniente de un usuario legacy que hace uso de su sistema de mensajería diferida convencional.

8.2.4.5 Enabler PoC (Push to talk Over cellular)

El servicio PoC es muy similar al de un walkie-talkie. Básicamente los participantes llaman a un enabler de PoC, mediante un SIP INVITE (o bien invitan a un segundo usuario a PoC y eso desencadena un INVITE desde el enabler de PoC al segundo usuario), y una vez establecida una sesión con dicho enabler, comienza una comunicación multi-unicast. Es decir, cada vez que un usuario pulsa un botón específico de su aplicación PoC, se

envía un flujo de voz (RTP/RTCP) al enabler PoC, el cual debe copiar el flujo y enviárselo a cada participante.

Para manejar grupos de usuarios, el enabler de PoC hará uso del enabler XDMS. Normalmente un servicio de este tipo se ofrecerá combinado, por ejemplo un servicio que combine presencia, PoC e IM integrado en una aplicación que el usuario tendría instalada en su terminal.



8.3 Broker de orquestación de servicios : NG-IN

Cuando comenzaron a surgir las redes inteligentes, los servicios eran pocos (prepago, vpn y poco mas) y simplemente se crean triggers en las MSC para disparar la IN al iniciar una llamada.

Con el tiempo el número de servicios es cada vez mayor, y por lo tanto el número de triggers también lo es. Los servicios de IN se invocan secuencialmente, desde la MSC con la simple lógica de la invocación secuencial

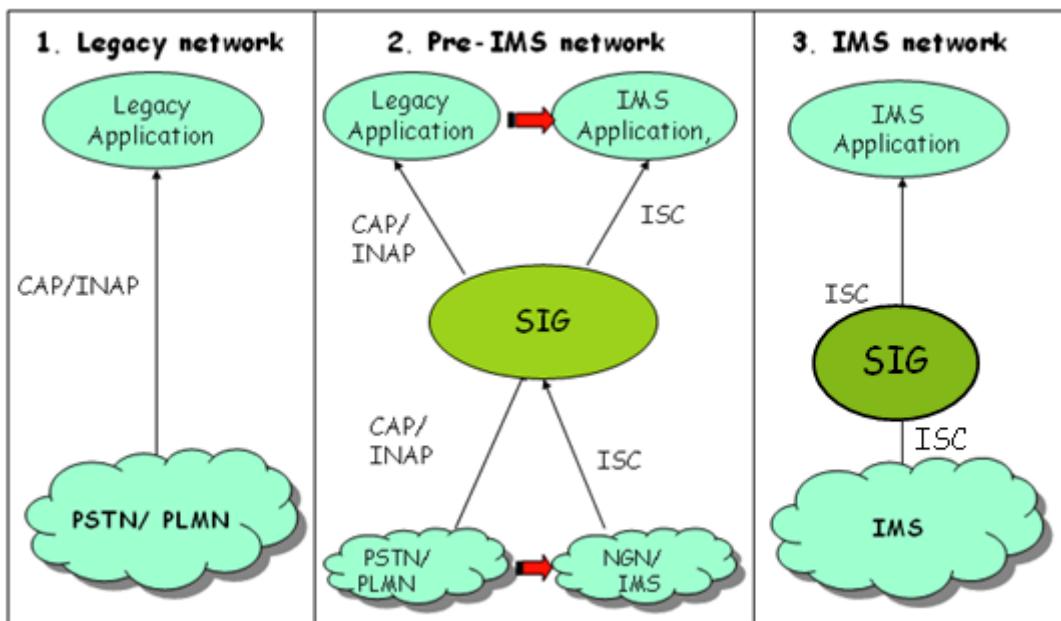
Con la llegada de IMS y las plataformas de servicios abiertas, el número de servicios se eleva y por lo tanto comienza a ser interesante sustituir los triggers de la MSC por un servicio que se encargue de invocar al resto de servicios, con las siguientes ventajas:

- Poder invocar un servicio en función del resultado de otro servicio o en función de una consulta a un nodo, etc. Es decir, lógica en la secuencia de disparo de los diferentes servicios
- Como consecuencia del punto anterior, se pueden simplificar los servicios, puesto que si por ejemplo varios servicios consultan al HLR o al servidor de presencia, en lugar de hacerlo en cada servicio,

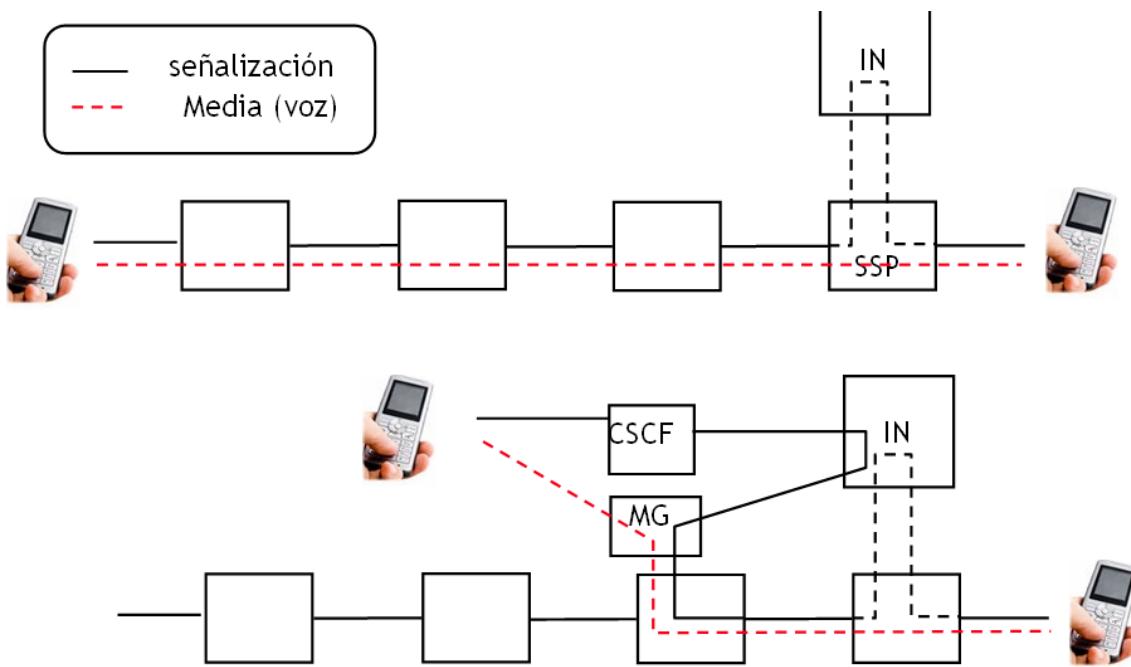
podemos hacerlo una sola vez en el broker y pasarle el resultado a los servicios al invocarlos.

- Como consecuencia del punto anterior, disminuye el tráfico de señalización y el número de peticiones que recibe cada nodo, por lo que se optimiza el dimensionamiento de los servicios y nodos de la red.

Un broker que permita invocar servicios tanto desde el interfaz ISC como desde SS7, es un broker que permite que la red sea “pre-IMS”. La ventaja que esto tiene es posibilitar a usuarios IMS el acceso a servicios tradicionales SS7 ya desarrollados y en funcionamiento (servicios “legacy”).



En las redes pre-IMS, la necesidad de introducir elementos Media Gateways para transformar los flujos de audio/video de circuitos en audio/video de la red IP, implica complicar un poco los escenarios de señalización de los servicios, ya que es necesario “forzar” desde el servicio a que la llamada pase a través de la MG controller, de modo que pueda establecerse un camino para la voz. En la siguiente figura aparece un escenario de circuitos puro donde se dispara la IN en llamada terminante , y un escenario en el que la llamada se origina en paquetes y termina en circuitos. En este segundo caso, la IN debe forzar el paso de la señalización a través de la MG controller



8.4 Equipos para redes NGN

A continuación se presentan algunos de los equipos de que dispone Alcatel-Lucent diseñados para formar parte de redes NGN

8.4.1 Media Gateway Alcatel-Lucent 7510

Un ejemplo de media gateway son los A7510 . El equipo tiene capacidad para manejar flujos IP (RTP) de voz y circuitos de voz.

El subrack puede contener 20 módulos . Los hay de varios tipos:

- Módulo de control: contiene el SW de los demás módulos en una memoria flash card. Cada vez que se inserta un nuevo módulo, la tarjeta de control le actualiza el software. Esta tarjeta de control va colocada en medio y se ponen 2 por redundancia.
- Módulos de circuitos : (CIMs: circuit interface module) para TDM . Cada CIM tiene capacidad para 4 STM-1, de modo que puede recibir hasta $4 * 63 \text{ E1s} * 30 = 7560$ canales de voz (esto es un solo módulo, pero imagina cuantos canales de voz puede soportar con 10 módulos)
- Módulos para paquetes (PIMs- packet interface module): cada uno tiene una interfaz de 1 Gigabit Ethernet. Normalmente vamos a insertarlos en redundancia, y por cada CIM tendremos que insertar un PIM, puesto que un solo CIM recibe $155 * 4 = 620\text{Mbit}$, y al transformarlo a IP, puede llegar a ocupar una cantidad similar

- Módulos de transcodificación (MCM: media conversion module) para realizar la transcodificación de los codecs usados en TDM a IP y viceversa. Un sólo MCM tiene mucha capacidad, de modo que por cada varios CIM/PIM pondremos un solo MCM. El MCM debe hacer transcodificación de voz en ambos sentidos, manejando diversos tipos de codecs (G.711 , AMR, G723, G728, etc)
- Módulos switching (SFM: switching fabric module): estos módulos conectan la salida y entrada de las tarjetas MCM a las PIM y CIM, es decir, hacen la conmutación siguiendo las instrucciones que lleguen por protocolo H248.1



Cada modulo de CIM tiene 4 interfaces STM-1, donde el tipo de enlaces manejados dentro del STM-1 pueden ser E1s, ISDN PRI, V5.2 (se puede conectar un DLC). También hay módulos con interfaz E1 en lugar de STM-1.

En cuanto a la capacidad de procesamiento puede soportar hasta 270 nuevas llamadas por segundo (CAPs) por cada sub-bastidor. Por supuesto llamadas simultáneas soporta miles (todas las posibles)

En cuanto a los protocolos para controlarla mediante un softswitch soporta MEGACO (megaco es un sinónimo de H248) y SIGTRAN (Signalling Transport). Lo mas habitual es que un softswitch (call server, Media gateway controller o llámalo como quieras) se comunique con la media gateway mediante H248.1 para asignar, conmutar y liberar recursos. La razón de que la función de MGC no esté integrada en un mediagateway es tan simple como que con dicha función se pueden controlar muchas mediagateways, ya que manejar la señalización de las llamadas es una tarea muy ligera que puede ser asumida por una sola máquina para miles de llamadas simultáneas.

8.4.2 MediaGateway controller: 5020MGC y MGC-8

Un MGC también se llama comúnmente "softswitch". Tenemos el 5020MGC y también el equipo MGC-8 representado en la figura.



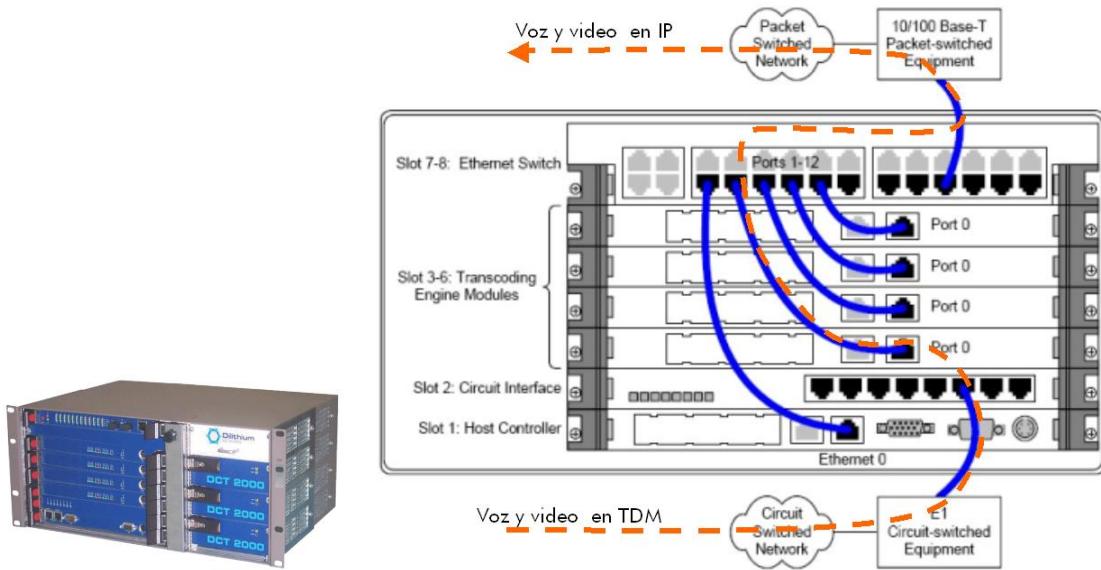
Soporta cientos de miles de usuarios. Se pueden conectar los E1s de señalización directamente. A veces los MGCF necesitan que la señalización ISUP les llegue por IP, de modo que hacen falta otros elementos llamados signaling gateways, que simplemente encapsulan la señalización ISUP en paquetes IP y se la pasan al MGCF . En el caso del 5020MGC no es necesario.

8.4.3 Equipos híbridos MGC + MG

Existen equipos que hacen funciones de MGC y MG simultáneamente, como el Dilithium Gateway (DTG) . Este equipo es un media gateway de video . Por un lado habla ISUP y H324m con las centrales (MSCs) y por otro lado habla SIP o H323

ISUP se usa para establecer los circuitos y H324m es el protocolo estandar con el conjunto de tipos de mensajes, negociación de codecs, etc que se utilizan durante la llamada. Por lo tanto h324m son mensajes que se envían usando el CIC que conseguimos reservar mediante un mensaje ISUP que va por el TS 16 (normalmente)

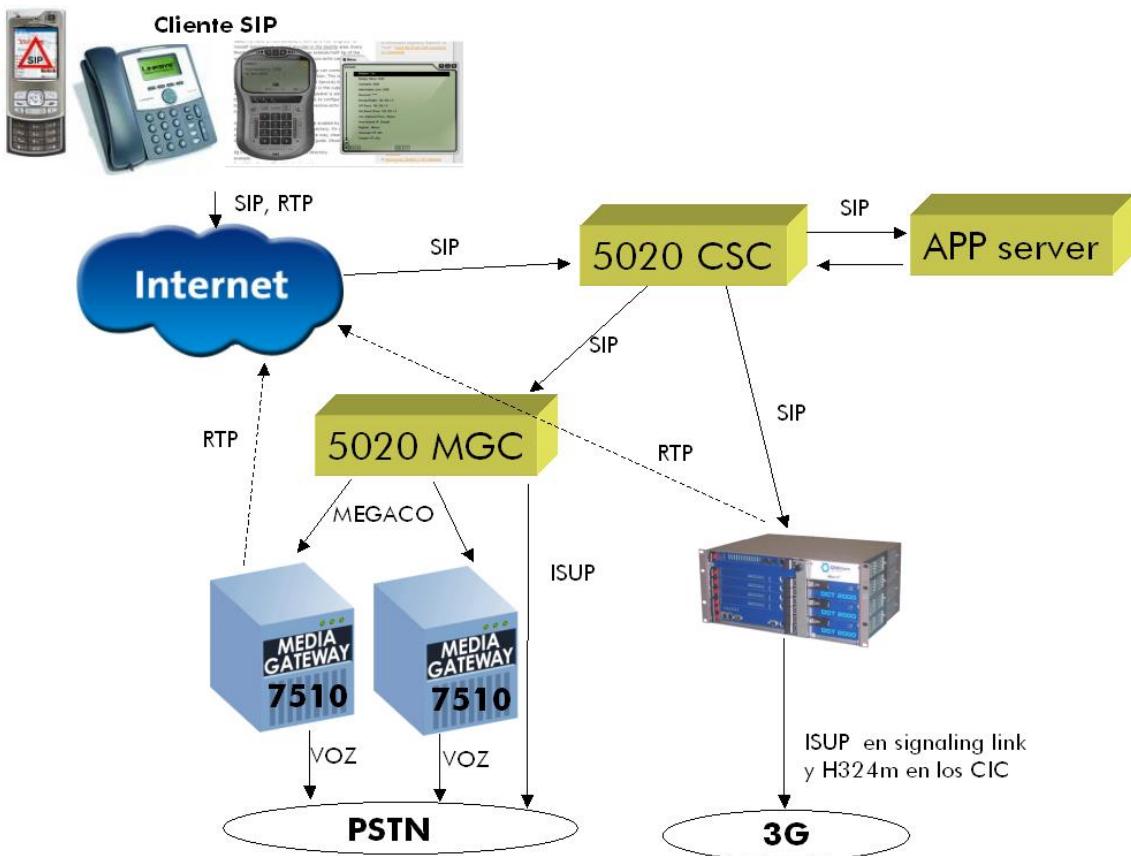
Esto significa que en principio ISUP no sabe si lo que va por el CIC es video, voz , fax, o cualquier cosa. Y en consecuencia, ISUP no tiene parámetros para indicar video. Se hace mediante un prefijo especial



El equipo transcodifica video y audio en tiempo real, lo cual supone mucho más cálculo y por lo tanto el posible retardo derivado de la transcodificación puede perjudicar mucho la comunicación, por lo que el tiempo de transcodificación es un dato fundamental.

Con este tipo de equipos no necesitamos MEGACO pero en concreto este equipo solo soporta 4 E1s lo cual es poquísimo si lo comparamos con una media gateway 7510 y por lo tanto, utilizar un enlace para la señalización de 4 E1s también es muy poco ya que en un solo enlace de señalización se podrían meter miles de canales. Estos equipos se usan en aplicaciones muy concretas de pequeña embergadura. Para grandes despliegues de arquitecturas NGN hacen falta media gateways con capacidad para muchos STM-1

Para esta clase de equipos, podemos decidir en qué casos enviarle una llamada SIP dependiendo de su numeración, lógica de algún servicio, etc usando un elemento llamado Call and Session controller. Este elemento "CSC" puede ser el 5020 CSC de Alcatel- Lucent. El 5020 CSC puede ejecutarse sobre servidores unix (HP Tru64), a diferencia del 5020 MGC y el 7510 MG, los cuales se basan en hardware específico



8.4.4 Clases de softswitches

Los softswitches “imitan” las funciones de las centrales de conmutación:

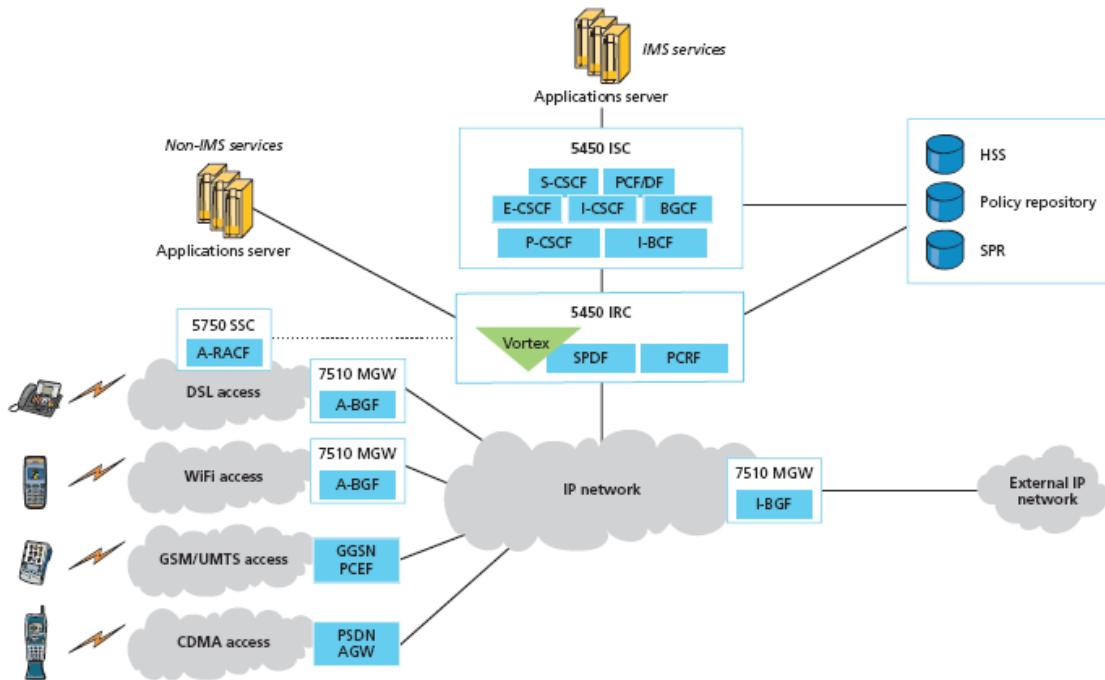
- conectando abonados (clase 5: similar a las centrales locales “CL”)
- interconectando softswitches entre sí (clase 4 o “tandem” : similar a centrales de transito “CT”)
- ofreciendo servicios de larga distancia (clase 3. similar a centrales internacionales “CI”)

La clase 2 y 1 no existen, solo es algo teórico en el caso de que la red telefónica estuviese totalmente jerarquizada a nivel mundial, pero no hay nada por encima a una central internacional.

Con esta clasificación, el 5020MGC es clase 5, y el 5020CSC es clase 4

8.4.5 Equipos 5450 ISC y 5440 IRC

El 5450 ISC Integra una plataforma IMS completa y el 5440 IRC permite la asignación de calidad de servicio sobre la red IP, basándose en las características de las sesiones SIP que se desea establecer.



8.4.6 Feature Server 5000

El Feature Server 5000 es un IMS-compliant Application Server que integra todos los servicios suplementarios de llamada (26 servicios) necesarios para un operador. Tiene capacidad para 1,5 millones de llamadas en hora cargada por lo que en general con dos FS5000 se puede dar servicio a nivel nacional.

Posee los siguientes servicios:

- Anonymous Call Rejection
- Automatic Call Back
- Automatic Recall
- Calling Line ID
- Call Barring
- Call Blocking
- Call Forwarding
- Call Hold
- Call Transfer
- Call Waiting
- Calling Name ID
- Do Not Disturb
- Intercept Referral
- Multiple Directory Numbers

NANPA Vertical Service Codes
Remote Access Service
Ring Back when Free
Selective Call Acceptance/Forwarding/Rejection
Simultaneous Ringing
Three-Way Calling
Voice Messaging System Interface with Message Waiting Indicator
Emergency Service
Carrier Selection
Local Number Portability
Malicious Call Trace
Customer Originated Trace

9 Red de transmisión

9.1 Introducción

La Red de Transporte e Interconexión (R.T.I.) constituye el nivel más bajo de la red de un operador. Los principales "clientes" de la RTI son las Red de conmutación de voz y la Red de Datos.

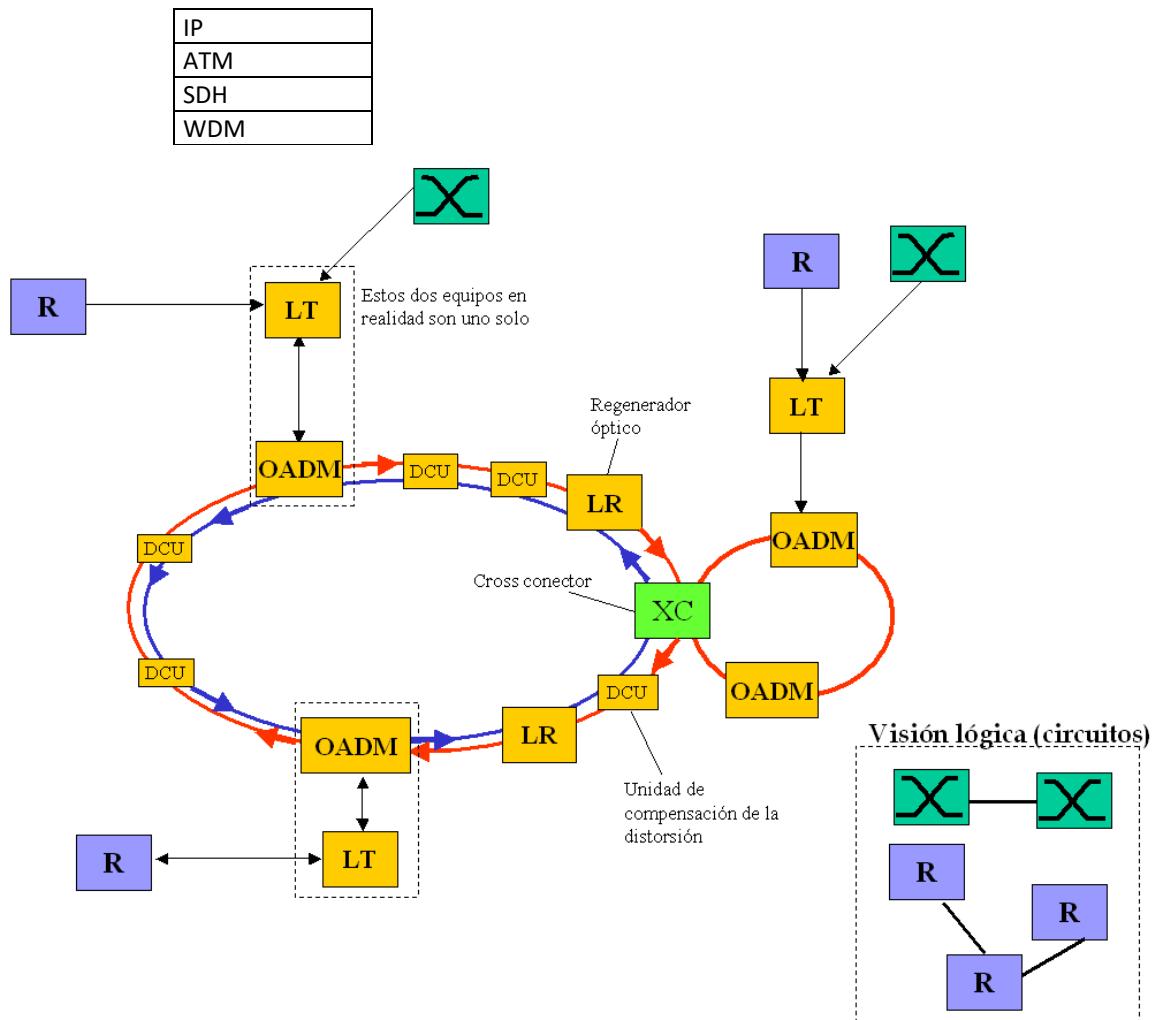
Para los enlaces importantes se usan topologías en anillo, esto es porque, si un enlace se perdiera, hay un camino de tráfico alternativo por el otro lado del anillo. Los operadores pueden minimizar el número de enlaces y fibra óptica desplegada en la red. Esto es muy importante ya que el coste de colocar nuevos cables de fibra óptica sobre el terreno es muy caro (por las obras civiles que implica). Los anillos se conectan entre si por medio de crossconectores ópticos (OXC) . En un OXC se definen los caminos por donde deben viajar el tráfico de un anillo al otro. Un OXC puede interconectar varios anillos y las conexiones que se establecen en el OXC son permanentes, NO hay que verlo como un router o un switch de paquetes sino como un elemento de interconexión casi física.

Una red de transporte puede ser vista como los enlaces y equipos asociados que habilitan tráfico para ser portado entre dos clientes o nodos en una red. Así que los "cables" que unen las centrales de conmutación de voz, o los "cables" que unen los routers IP en realidad no son cables, sino una red de equipos conectados entre si por fibra óptica con caminos topológicamente redundados

La RTI es, en resumen la estructura de red compuesta por cables de fibra óptica, radioenlaces y equipos de transmisión (WDM y SDH) necesarios para establecer circuitos entre los nodos de la red. WDM es un nivel mas bajo que SDH. WDM es algo físico. Un equipo WDM es el que se encarga de meter o sacar lambdas en una fibra y un equipo SDH sabe construir una trama para meterla en una lambda, por lo tanto los equipos SDH son OADMs y crossconectores que "usan" a los equipos WDM. Cuando se conectan equipos a través de una fibra con una sola lambda se dice que es una fibra en blanco y negro ("B/N") mientras que si se usa WDM se dice que es una "fibra coloreada".

La mayoría de las redes desplegadas en la actualidad que ofrecen servicios IP sobre fibras ópticas con WDM, no ofrecen el servicio IP directamente sobre WDM (2 capas), sino que tienen una arquitectura en 3 capas, de modo que una parte de las funciones se realizan en la capa óptica (WDM), otra parte en la capa SDH (en cada longitud de onda se

envían tramas SDH) y a continuación los datagramas IP vienen empaquetados en los contenedores virtuales SDH. Incluso se usa mucho ATM 4 capas, aunque últimamente la capa ATM tiende a desaparecer:

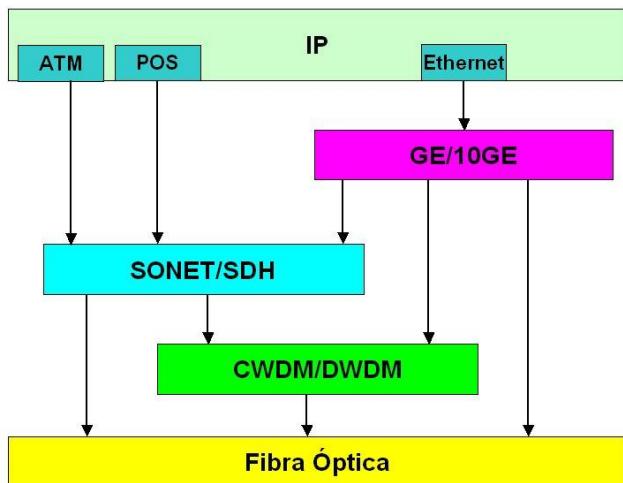


Las conexiones de los routers con los equipos SDH (el LT/OADM) se puede hacer directamente o mediante un switch, normalmente ATM con interfaz OC-3 (STM-1), aunque últimamente ATM esta quedando en desuso porque a velocidades muy elevadas el uso de ATM no es viable, por el trabajo que suponen las tareas de segmentación y reensamblado. No existen interfaces ATM por encima de 2,5 Gb/s (OC-48c o STM-16) y las de más de 622 Mb/s (OC-12c o STM-4) son muy raras.

Por eso lo que se está empezando a hacer es usar POS (packet/PPP over Sonet/SDH) en lugar de ATM. POS es en realidad un protocolo de nivel 2, tipo HDLC. La "S" de POS significa SONET o SDH, tiene doble significado. Y también tiene doble significado la "P" (packet y PPP). Lo de PPP es porque

PoS es un protocolo point to point. Esto significa que todas las conexiones de una maquina terminan en otra. En este contexto, una maquina que use POS, se conectará a otra que use POS, localizadas en dos puntos distintos de la red de transmisión.

El paso siguiente es sustituir las interfaces POS de los routers por interfaces Gigabit Ethernet o 10 Gb Ethernet. Este sistema permite funcionamiento compatible con SONET/SDH STM-64.



Hay muchas variedades de 10GE. Las variedades 10GBASE-SW, 10GBASE-LW y 10GBASE-EW usan el WAN PHY, diseñado para interoperar con equipos OC-192/STM-64 SONET/SDH usando una trama ligera SDH/SONET. WAN PHY encapsula las tramas Ethernet para la transmisión sobre un canal SDH/SONET STS-192c. De este modo tenemos longitudes de trama fijas y podemos cuadrar perfectamente los paquetes 10GE con tramas SDH (STM-64 tiene una velocidad de 9952 Mbps). En el otro extremo (el router que recibe) se debe deshacer el empaquetamiento en tramas de longitud fija para recuperar las tramas ethernet originales.

Las interfaces GE (1 Gbit) no permiten su interoperación directa con SDH porque usan tramas de longitud variable.

La conexión entre el router y el LT se hace mediante fibra óptica **multimodo** (**interfaces mas baratas**) y estos los equipos (el LT/OADM) proporcionan interfaces ópticas mediante las tarjetas denominadas OCI (optical-channel interface), proporcionando interfaces externas GigabitEthernet, 10 Gb Ethernet, ATM, E1s, E3, etc. Los equipos LT se encargan de meter el tráfico entrante en contenedores para introducirlos dentro de la trama SDH (STM-1 o STM-4 o lo que sea) y el OADM (optical add-drop multiplexer) modula esa señal y la mete en la longitud de onda (lambda) adecuada. Normalmente (siempre) el LT y el ADM son funciones que están presentes en el mismo equipo.

9.1.1 ¿Que se puede meter en una lambda?

Sobre una fibra hemos dicho que podemos meter muchas longitudes de onda (muchas lambdas). A cada lambda se la suele llamar señal “no coloreada”. Cuando una fibra transporta muchas lambdas se dice que transporta una señal “coloreada”.

Cada color (cada lambda) puede ser cualquier transmisión SDH. Es decir, puede ser un STM-1, STM-4, STM-16, STM-64 . Dentro de la trama SDH que sea, vamos a encontrar contenedores virtuales que a su vez contienen información de circuitos. Por ejemplo, en un STM-1 podemos encontrar muchos contenedores VC-12 que llevan E1s.

En el caso de utilizarse 10 GBE, vamos a encontrar en un STM-64, una trama SDH que en realidad contiene muchas celdas que se corresponden con trozos de paquetes ethernet. Estas celdas son llamadas WAN PHY y básicamente permiten meter mensajes de longitud variable en una trama (SDH) que tiene longitud fija. Para ello, los mensajes ethernet son segmentados, y reconstruidos en el otro extremo, entendiendo los extremos como las conexiones de los routers. Son los routers con 10GE los que trocean y reconstruyen los paquetes para que se puedan meter en tramas SDH.

Cuando metemos datos ATM es mas sencillo. ATM ya está pensado para meterse en tramas SDH, de hecho fue creado a la vez que SDH con el propósito de meter datos (que no fueran voz) en tramas SDH. Las velocidades definidas en ATM son compatibles con SDH aunque solo llegan hasta STM-16. La velocidad mínima de ATM es la misma que la de STM-1 (155 Mbps), aunque también acepta velocidades variables mucho mas bajas como las utilizadas en ADSL.

9.2 Tipos de Elementos de Red:

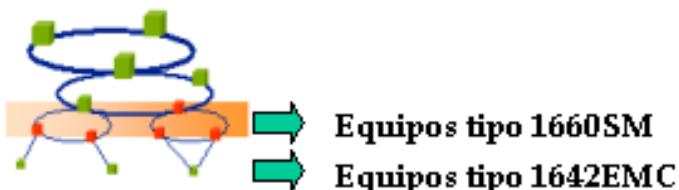
Existen tres funciones básicas en los equipos de transmisión SDH:

- Equipos SDH de tipo “Line Terminal” : son los nodos donde se conectan los elementos finales que pretendemos comunicar (como routers, centrales de conmutación, etc). Estos equipos se llaman “OMSN” optical multiservice node porque implementan la función LT (line Terminal) y la función OADM
- Equipos WDM que a su vez se dividen en larga distancia (“long haul”) y metropolitanos (hasta 100km). Los equipos WDM implementan la función OADM. La función OADM consiste en meter y/o sacar una lambda en una fibra. Simplemente. La lambda la puede construir un LT a partir de tributarios eléctricos.

- Hay dos tipos de equipos , los WDM y los DWDM. La unica diferencia es que los DWDM D-WDM significa Dense WDM y permite meter muchas mas portadoras en una sola fibra, 80 por lo menos). Un ejemplo de estos equipos es el 1626 LM de Alcatel, equipado con las tarjetas adecuadas puede actuar como OADM (optical ADM) o OR (optical repeater ADM)
- Cross-conexión (OCX): a diferencia con las centrales de conmutación telefónica, la conmutación que se hace en un XC optico es fija, es decir, una vez que definimos a nivel de gestion del equipo una crosconexion, ya se queda permanentemente, pues lo que conseguimos con un XC es crear circuitos fisicos, no conmutar paquetes ni establecer/liberar conexiones. A Los XC se les incluye en la categoría de equipos SDH, ya que tienen una matriz de interconexión que trabaja con STM-1
- Tambien hay Regeneradores y repetidores(amplificadores opticos). Así como DCUs (unidades de compensación de la distorsión) para alcanzar mayores distancias. Y por ultimo , hay gestores de los nodos.

9.3 Equipos LT-OADM. Nodos multiservicio

Los equipos que hacen las veces de LT (meter datos en SDH) y OADM (meter/sacar las tramas SDH en una lambda) pueden tener mucha o poca capacidad, aunque funcionalmente hagan lo mismo. Este tipo de equipos en la terminología Alcatel se llaman OMSNs (optical multi service node) porque tienen muchas funciones incorporadas. Constan de las interfaces eléctricas y ópticas y un pequeño crossconector, de modo que se puede construir una trama STM-x a partir de muchos tributarios de distinta velocidad.



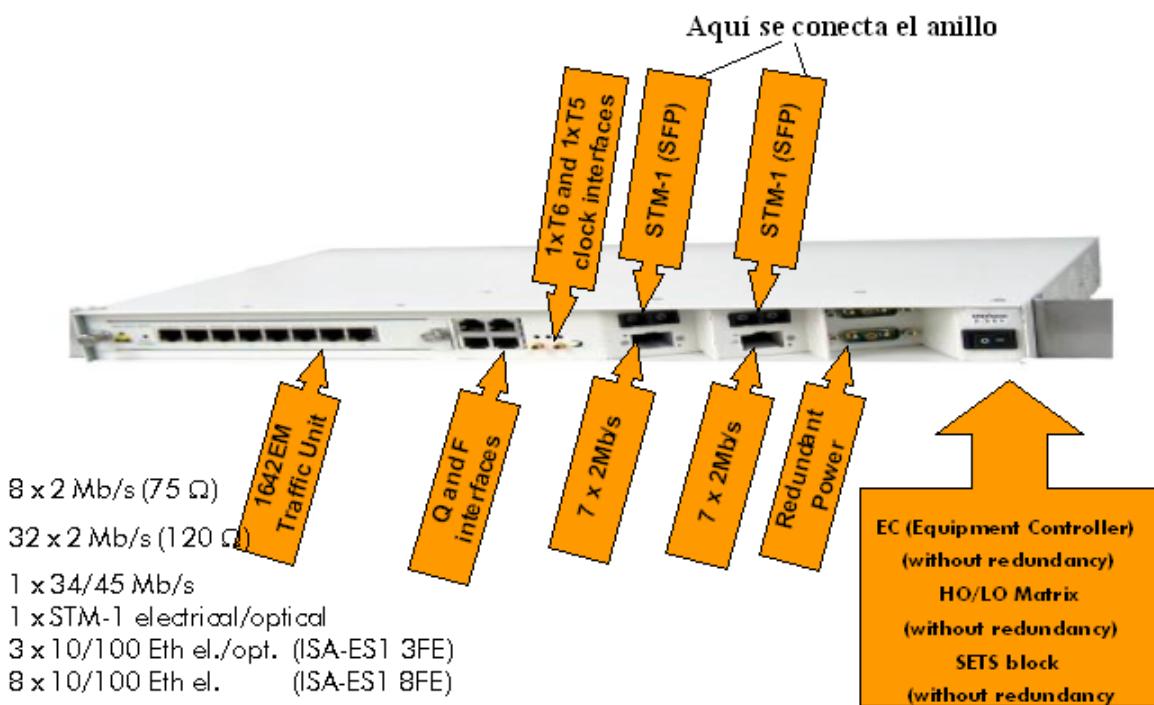
Los equipos “de cliente” como el 1642 son los de menor gama, soportando conexiones de tipo PDH o bien STM-1 como mucho y los equipos 1660SM están a un nivel superior, interconectando anillos STM-4 por lo menos. Ambos tipos de equipo se engloban en lo que se conoce como “metro-access” (acceso metropolitano) de la red de transmisión. Veamos un par de ejemplos

9.3.1 Equipo omsn 1642EMC

Es un equipo que puede ubicarse en casa del cliente, es decir, en la empresa que vaya a hacer uso de los servicios de transmisión del operador. Normalmente una empresa no tiene estos equipos a menos que tenga una necesidad de tráfico muy importante

Las características del equipo son las siguientes:

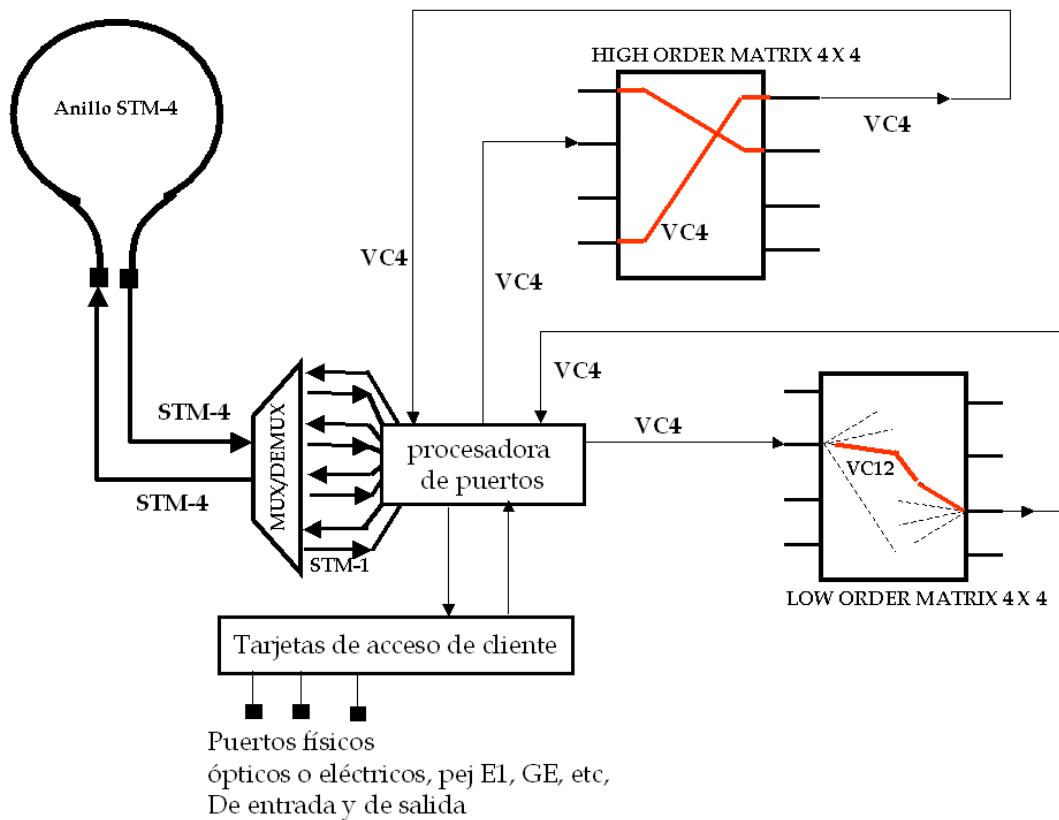
- Non-blocking cross connect matrix
- (4x4 HO, 4x4 LO STM-1 equivalents)
- One external clock input/output
- Integrated Ethernet-switch
- 14 x E1 integrated interfaces
- One tributary slot compatible with 1642EMUX tributaries (including ISA-ES1 3FE / 8FE, 32xE1, 1xE3/DS3, STM-1 ...)
- AC 230V, -48V or -24V DC power supply
- Power redundancy for -48V or -24V DC



Estos equipos, como se aprecia en las características tienen una pequeña matriz de interconexión (un crossconector) SDH , compuesto en realidad por dos matrices. Una llamada HO (high order) y otra llamada LO (Low order). La matriz HO trabaja a nivel VC-4 (un VC4 es un contenedor virtual para meter una señal PDH que ocupa casi todo el STM-1) y la LO puede "despeinar" un VC4 en sus 63 VC12 y commutarlos. Lo de "STM-1

"equivalentes" simplemente significa que estamos hablando de contenedores VC4, que ocupan un STM-1.

Lo ideal sería tener una matriz de 8x8 Low Order pero eso es más caro así que elegimos solo 4xVC4 para despeinarlos y el resto tienen que ir tal cual. Este esquema es idéntico para cualquier equipo de acceso (LT+OADM). Los VC4 o bien comutan en la LO o bien en la HO o bien pasan por la LO (se despeinan) y luego por la HO (se ubican dentro del STM-1).

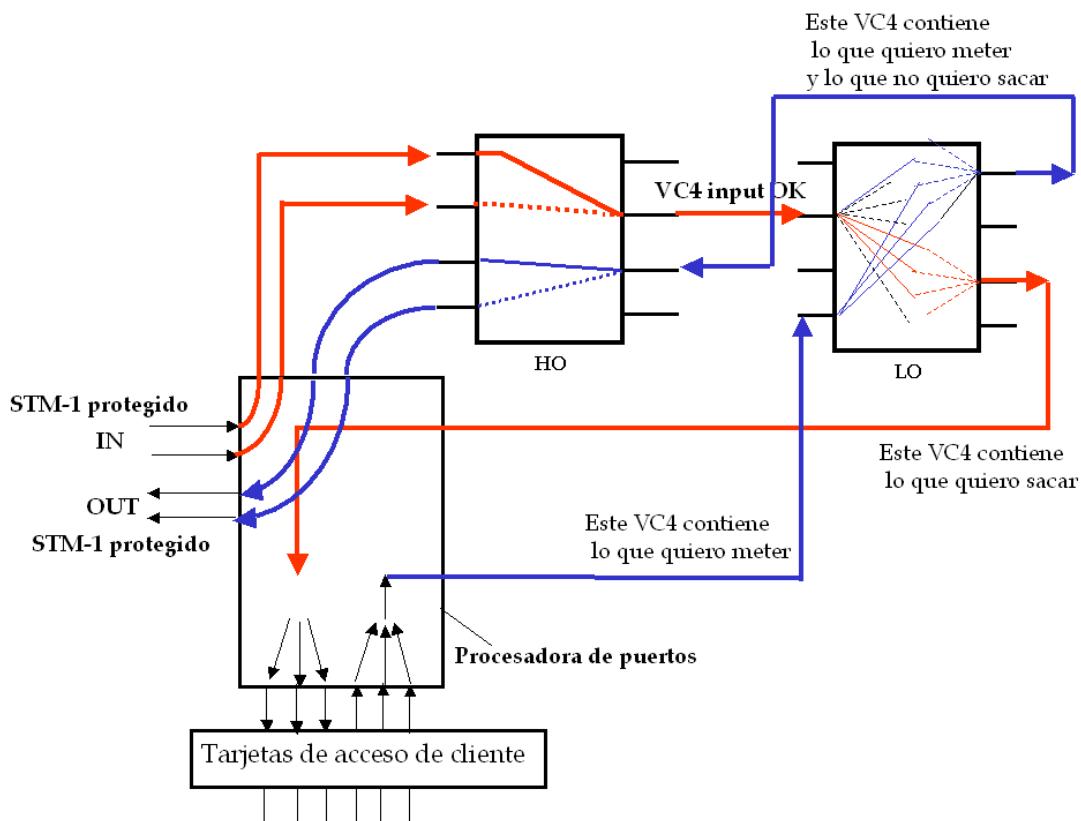


En la figura he dibujado un anillo STM-4 , por generalizar el concepto de omsn, pero en el caso del 1642 EMC , tan solo se puede conectar a un anillo STM-1, de modo que no hay mux/demux. Si no hay más equipos conectados que el emisor y el receptor, el anillo entonces es en realidad un enlace punto a punto.

En el 1642 la la procesadora de puertos y las matrices se encuentran embebidas en la placa madre, al igual que la base de datos donde se almacena la configuración de las conexiones de las matrices y el software (en una memoria flash extraíble) .

Como lo que llega al equipo son STM-1, con la matriz HO podemos implementar protecciones MSP, de modo que si tenemos 2 STM-1 de entrada y 2 de salida. Podríamos coger el STM-1 de entrada, agregar

nuestros tributarios usando la matriz LO y pasar por la matriz HO para implementar protección, de modo que salgamos por el STM-1 de reserva en caso de fallo del STM-1 principal.



En los equipos ópticos de redes SDH existe una funcionalidad de generación y distribución de la frecuencia de reloj a todos los elementos del nodo (ADMs y matrices del crossconnect). A dicha funcionalidad se le llama "SDH Equipment timing source" SETS. Los equipos suelen tener una tarjeta dedicada a esto que mete la señal de sincronismo en un bus para que la coja el resto. En el 1642 esta señal de reloj se puede coger de un puerto específico de reloj. En caso de no usar la entrada de reloj, se usa el STM-1 de entrada como señal de sincronismo. Esto es así en cualquier equipo SDH

En cuanto a las entradas, para entenderlas:

Entradas de reloj:

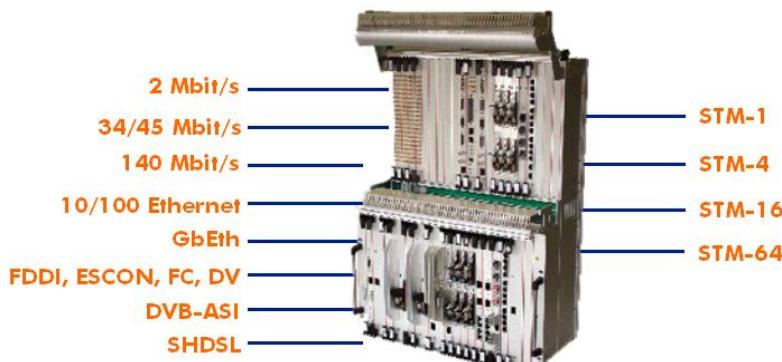
- T3: entrada analógica de 2Mhz
- T4: salida analógica de 2Mhz
- T5: salida digital de 2Mbps
- T6: entrada digital de 2Mbps

Interfaces ópticas (nomenclatura general):

- I-16-1 : 2km (la "I" es de "intra office" y el 16 es de STM-16)
- I-64-1: 2km
- S-16-1 : 15km (la "S" es de short, y el 16 es de STM-16, podría ser cualquier STM)
- L-16-1 : 40km (la "L" es de Long)
- L-16-2 : 80 km

9.3.2 Equipo omsn A1660

Es un equipo de gama muy superior al 1642, y tiene el siguiente aspecto:



Se monta en racks de 19" y se pueden colocar hasta 4 en un solo bastidor

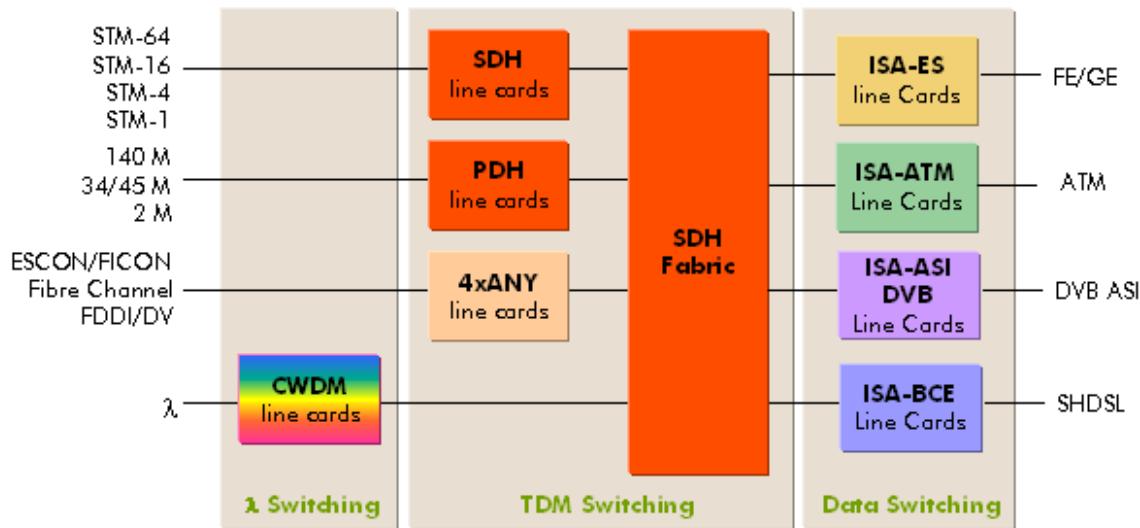
Dos tipos de tarjetas procesadoras de puertos

- ◆ 96x96 HO/64x64 LO matrix
- ◆ 4xSTM-1 equivalents traffic slots
- ◆ 8xSTM-1 equivalents traffic slots (8xENHANCED slots)
- ◆ Equipment protection (1+1, 1:N)
- ◆ Network protection
 - MSP1+1, MSP 1:N (no STM-16)
 - MS-SPRING 2F (STM-16)
 - SNCP/I, SNCP/N, D&C
- ◆ Interfaces up to:
 - 4 x STM-16 (two slots wide)
 - 20 x STM-4
 - 64 x STM-1 electrical/optical
 - 64 x 140Mbit/s
 - 48 x 34/45Mbit/s
 - 378 x 2Mbit/s
 - 112 x 10/100 Mb/s Ethernet (ETH-ATX)
 - 32 x Gb Ethernet
 - 16 x FDDI, ESCON, DV
 - 8 x FICON, Fiber Channel
 - 32 x DVB-ASI
 - 64 x SHDSL
- ◆ External FAN Units

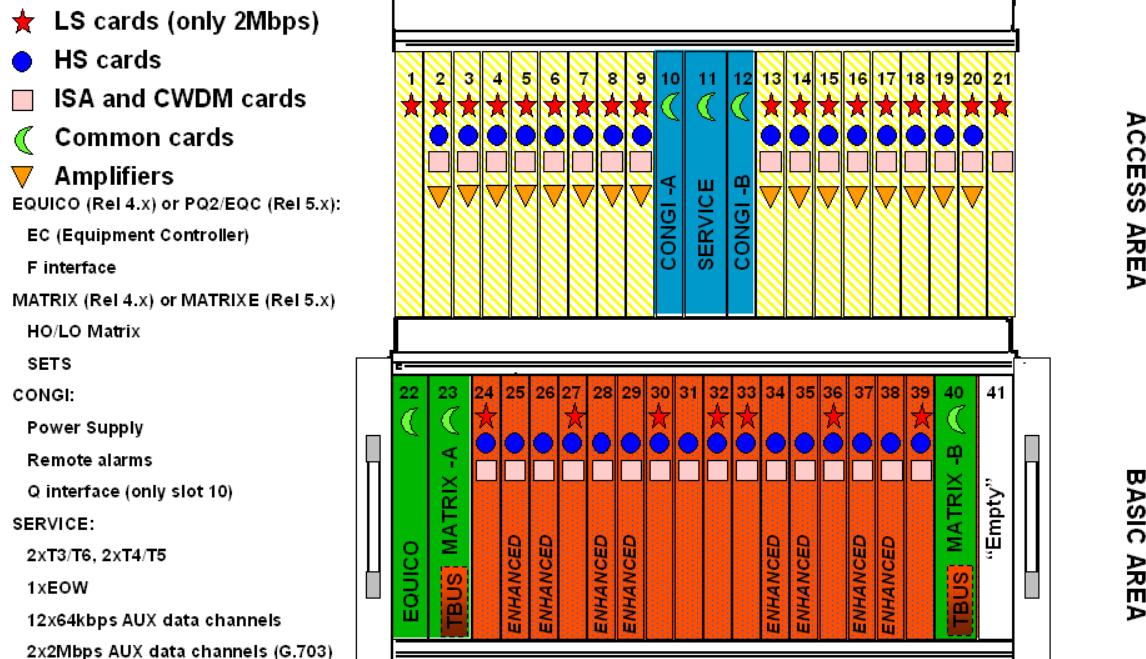
Conección a los anillos

Muchos tipos de tarjetas de acceso

Como se aprecia en las características tiene puertos de todo tipo, incluso soporta WDM, de modo que puede meter varias lambda en una fibra. Este sería el diagrama de bloques del equipo



Este es el aspecto y el tipo de placas que se montan en la estructura:



En el sub-bastidor de acceso se conectan las placas de alimentación y las tarjetas que contienen los puertos físicos

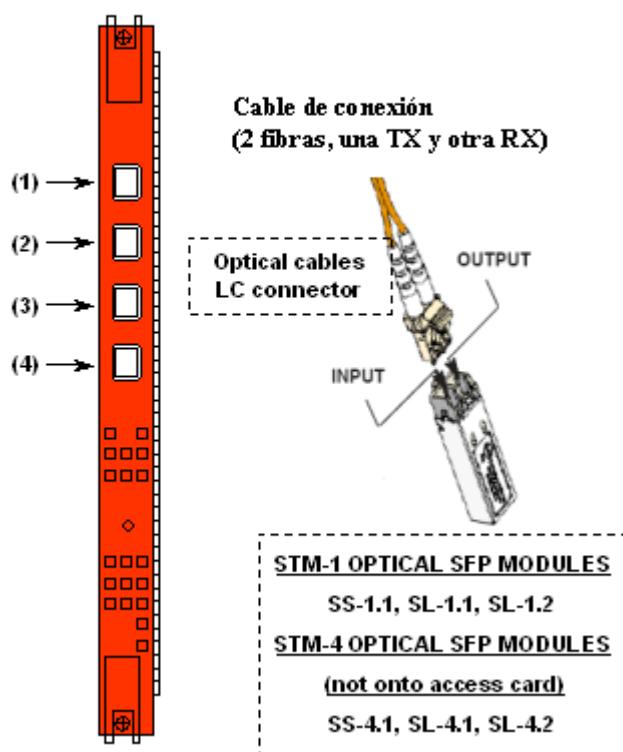
En el sub-bastidor "Basic" se conectan las placas procesadoras de puertos y tambien la tarjeta de matriz, (de la cual hay dos para dar redundancia HW. Este tipo de redundancia se denomina EPS). La tarjeta de matriz contiene tanto la matriz HO como la matriz LO.

La tarjeta controladora se llama EQUICO y esta tarjeta tiene una base de datos donde se almacenan las conexiones de la matriz, así como las conexiones alternativas. Si una ruta falla, la tarjeta EQUICO le dice a la matriz activa que commute el circuito en cuestión a la conexión alternativa.

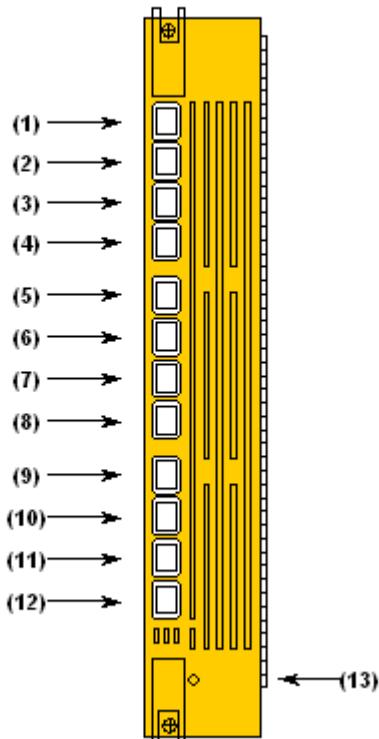
Este equipo tiene la posibilidad de albergar en sus tarjetas de acceso amplificadores integrados tanto en las entradas ópticas como en las salidas, así como DCUs (unidades de compensación de la distorsión) para permitir llegar más lejos con un enlace (lo normal es alcanzar 80km y mediante estos sistemas se llega a 200km)

El aspecto de las tarjetas de acceso será una tarjeta con N puertos físicos (si son ópticos habrá conectores SFP), mientras que el aspecto de las tarjetas procesadoras de puertos puede ser una tarjeta con un simple y triste led, aunque a veces también tienen puertos físicos. En el siguiente ejemplo se muestra una tarjeta procesadora de puertos con 4 puertos donde se puede conectar STM-4 o dejarlo desconectado y su correspondiente tarjeta de puertos con 12 puertos STM-1. Una tarjeta procesadora de puertos normalmente está asociada a varias de acceso.

Tarjeta de puertos P1661-4E

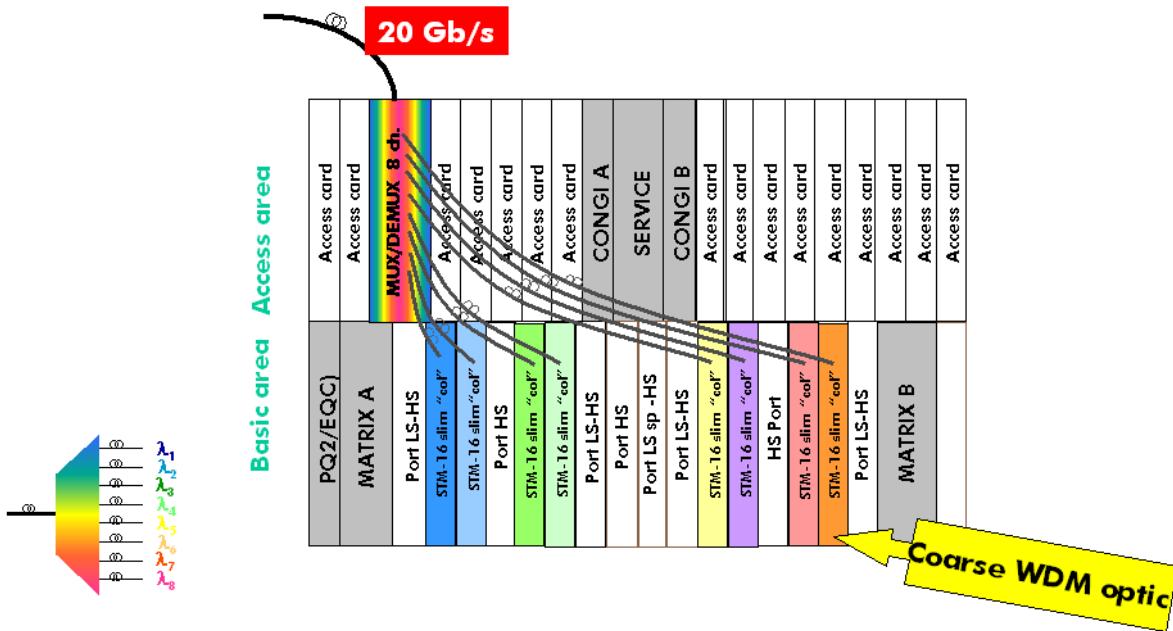


Tarjeta de acceso A120S1E de 12 puertos STM-1



El uso de CWDM en el equipo 1660 se hace a través de una tarjeta multiplexora de 8 lambdas sobre una sola fibra. La placa MUX/DEMUX se coloca en el sub-bastidor de acceso y posee 8 puertos, uno para cada lambda (cada puerto es unidireccional). Existirán 8 tarjetas procesadoras de puertos asociadas a sus correspondientes tarjetas de acceso. De estas 8 tarjetas saldrá una salida de fibra que se conectará a la tarjeta mux (la

tarjeta de puertos envia el tráfico a la matriz a través del bus y de la misma manera la matriz retorna el tráfico conmutado hacia las tarjetas de puertos)

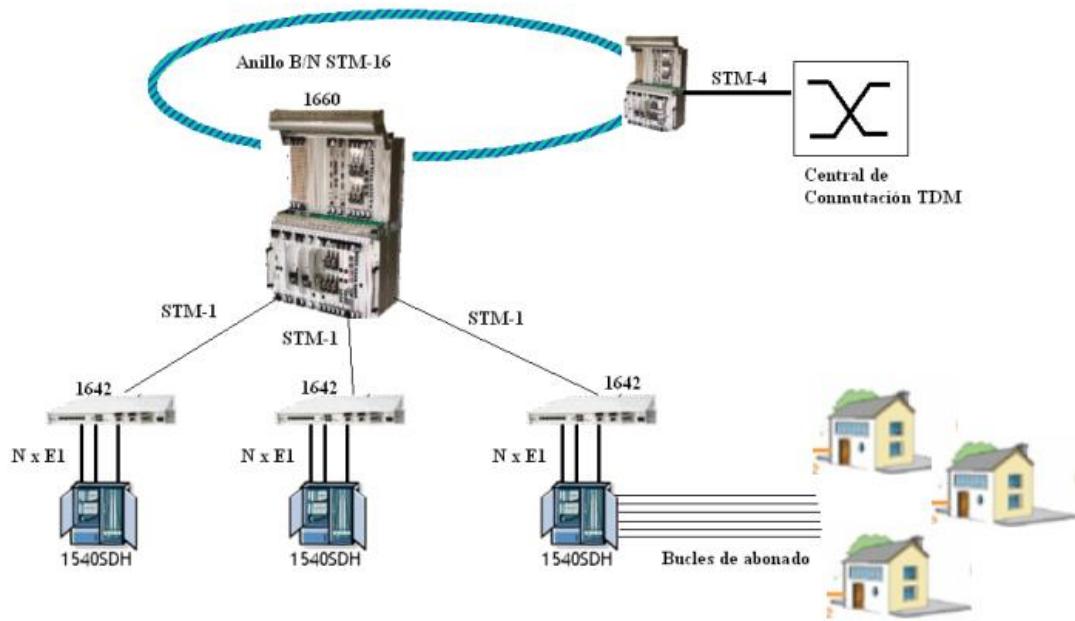


9.3.3 Ejemplo de aplicación

Habiendo visto dos tipos de equipos ya podemos pensar en una aplicación muy usual

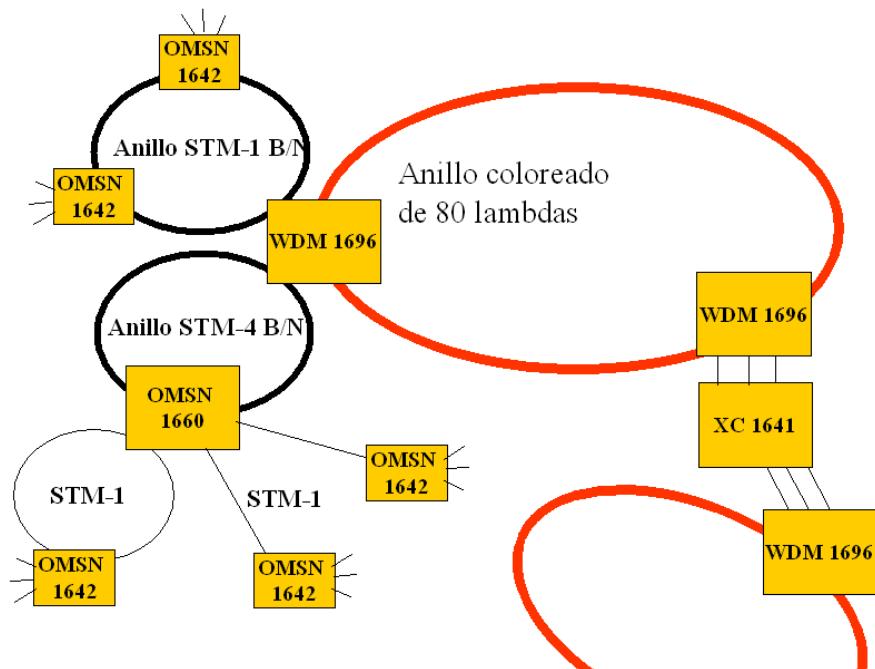
Podríamos conectar equipos Litespan (que no tengan ADM integrado) en equipos 1642 y unirlos con enlaces punto a punto con un equipo 1660, que a su vez conectaríamos a un anillo WDM o un anillo B/N pero de mayor capacidad (STM-4 por ejemplo).

A través de dicho anillo transportaríamos un STM-4 sobre una de sus lambdas que contiene los diferentes STM-1 a una central de conmutación de voz.



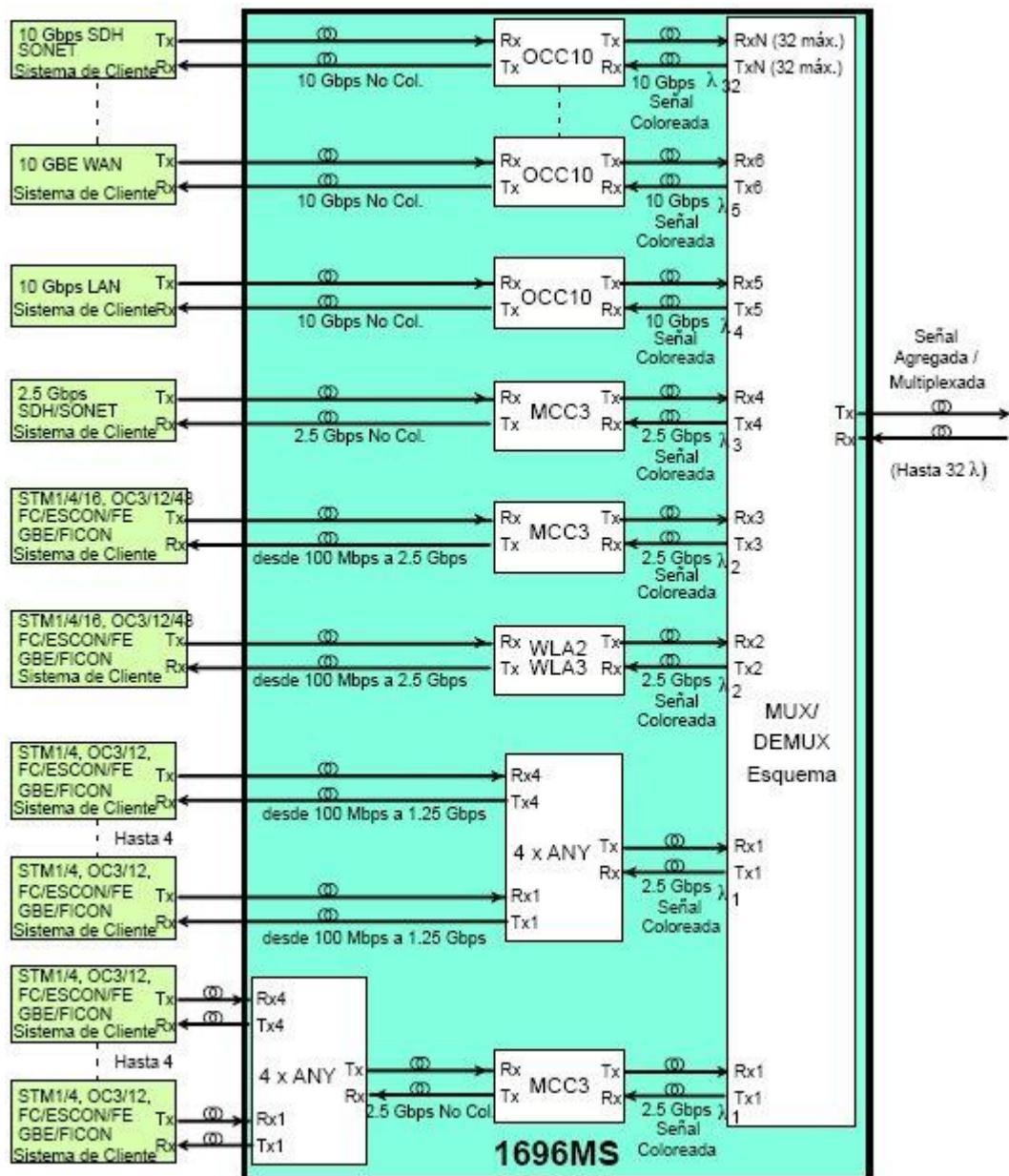
9.4 Equipos WDM metropolitanos y de larga distancia

Los equipos WDM son equipos que agrutan enlaces ópticos coloreados o sin colorear provenientes de diferentes equipos de acceso (metro-access) como el 1642 y el 1660 y encauzan el tráfico a anillos de orden superior, siempre con fibras coloreadas.



9.4.1 Equipo WDM A1696

En la siguiente figura aparece un ADM de alcatel (1696 OADM es un **equipo metropolitano WDM**) con las entradas de cliente de todo tipo. Son señales SDH o bien simplemente señales ethernet, que modulan una portadora. Los routers tienen interfaces 10Gbs LAN o bien POS (packet over sonet, es decir SDH). Las centrales de conmutación de voz tienen interfaces SDH (STM-1 o superior). También se pueden conectar equipos pertenecientes a una SAN (Storage area network) que usen el protocolo "fiber Channel", usando la tarjeta 4xANY



La diferencia entre un equipo de transmisión WDM metropolitano como el 1696MS y un equipo de transmisión de larga distancia (llamados "Long-

Haul" > 100 Km) como el 1626LM es el alcance de la transmisión (mejores parámetros de calidad). Los vanos pueden ser mas largos y normalmente un equipo de larga distancia tiene mas capacidad (mas portadoras en una sola fibra).

9.4.2 Canal Óptico de Supervisión (OSC)

Opcionalmente, a la señal de agregado se puede añadir un canal adicional a 1.510 nm, el Canal Óptico de Supervisión (OSC –optical supervision channel-), antes de emitir la señal óptica hacia la fibra.

El OSC permite a los operadores monitorizar y controlar (gestionar remotamente) el funcionamiento del sistema. Con los datos suministrados por el OSC podemos ver el estado de la sección óptica (control de errores), control de potencia de la salida del láser, etc.

Por ejemplo, en el equipo 1626LM con el fin de supervisar todos los ERs del enlace WDM se proporciona un canal óptico de supervisión de 4864 Mbps (2Mbps OSC + 2Mbps UDC- user data channel-) a 1510nm (longitud de onda fuera de banda) que se añade a la señal de agregado. Este canal es generado mediante la tarjeta de supervisión OSCU1010.

Esta tarjeta proporciona dos transmisores y dos receptores para supervisar las dos direcciones del enlace.

Desde un gestor local o desde el 1353 SH (software de gestión remoto), se puede acceder, remotamente, al estado del ER distante así como enviar comandos, mediante el OSC. Los comandos se envían mediante los 12 Bytes DCC (canal de datos de comunicación) del OSC 8 (protocolo Qecc).

Además, los equipos normalmente pueden monitorizar un circuito (la calidad o "performance monitoring") remotamente, sin necesidad de ir al nodo a sondar, todo mediante conexión remota. A esta monitorización no intrusiva se la llama POM (Path Overhead monitoring) y se basa en la observación de una serie de contadores.

También se puede monitorizar un segmento concreto de un circuito (en lugar de la calidad extremo –extremo de un circuito). A esto se le llama "Tandem connection monitoring". De este modo si un circuito presenta fallos, podemos averiguar cual es la sección que presenta el problema.

Los contadores de calidad que se estudian en los circuitos o segmentos están definidos en el G.826 y básicamente son relativos a bloques (series de bits de tamaño diferente según el tipo de circuito) con errores en un intervalo de segundos.

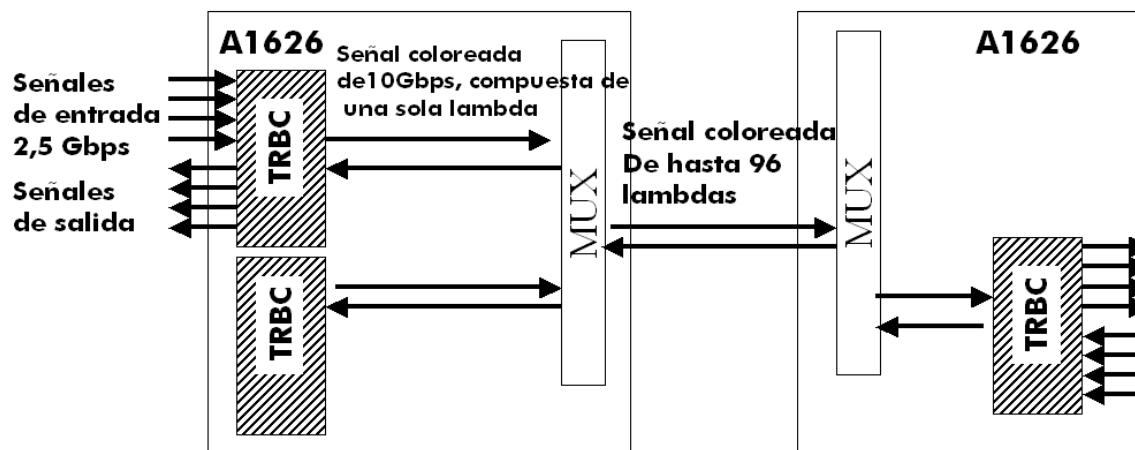
El concepto de SES (severily errored second) es un segundo con mas de 10-3 errores. Si hay muchos de estos, el enlace esta muy mal.

Algunos de los contadores de prestaciones son:

- número de bloques con error (Un bloque con uno o más errores de bit)
- número de segundos con errores de bloque
- número de segundos con muchos (al menos 30) errores de bloque. Esto sería la cuenta de los Severily Errored seconds.
- tiempo de indisponibilidad (períodos con muchos errores)
- segundos consecutivos con muchos errores
- cuenta de bloques con error en el extremo remoto
- segundo con pérdida de trama (pueden llegar bytes pero no hay trama identificable, debido a errores o a pérdida de sincronismo)
- etc

9.4.3 Equipo WDM de larga distancia A1626 Light Manager

Es un equipo WDM de larga distancia que va a implementar la función LT (line Terminal). Aunque puede hacer más cosas, normalmente el A1626 implementará únicamente la terminación de línea y la función de multiplexión, de modo que su utilización es típica en configuraciones punto a punto. Algunos flujos tributarios serán combinados en el terminal de línea para generar un flujo agregado de mayor velocidad y esto será transmitido a un enlace óptico.



El equipo 1626LM de alcatel puede funcionar como LT y como OADM, porque es modular, y dependiendo de las tarjetas con que lo equipemos puede actuar de un modo u otro. El Alcatel 1626 LM se utiliza en aplicaciones terrestres desde "Long-Haul" (Larga distancia, < 600 km) a "Ultra Long-Haul" (Ultra larga distancia, hasta 4500 km) y en aplicaciones submarinas sin repetidores (un sólo vano de 400 Km). Lo que hace este

equipo es meter hasta 80 portadoras de 10Gbps en una fibra, en la tercera ventana (Banda C:1500 nm,)

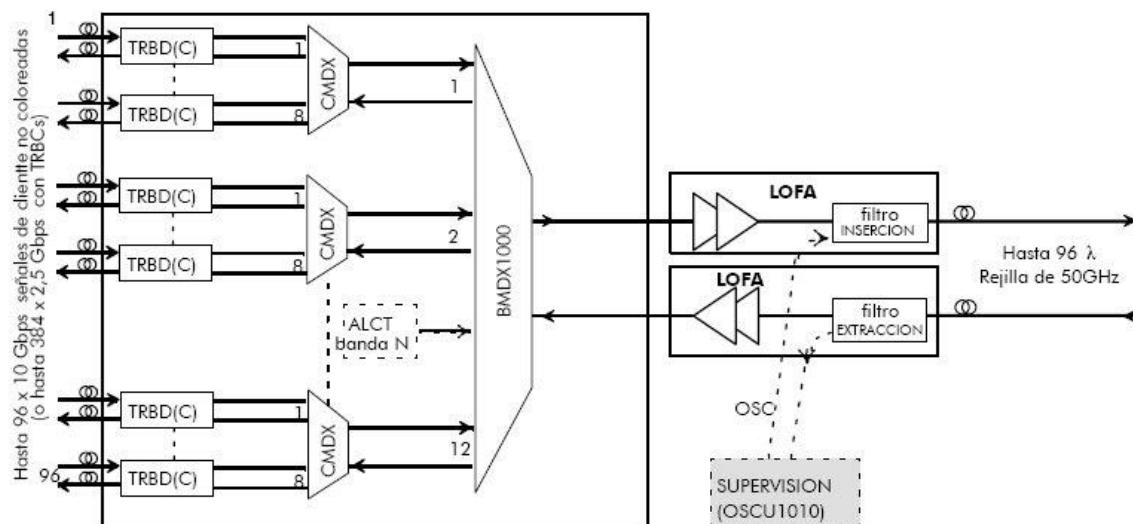


TRBD y TRBC: son transpondedores/amplificadores de canal (una sola lambda). Básicamente la cambian de frecuencia y la amplifican para meterla en el mux

CMDX: son multiplexores/demux de banda (8 canales)

BMDX : es un multiplexor/demux de bandas, y genera la señal final agregada que puede tener hasta 80 lambdas de 10Gb cada una

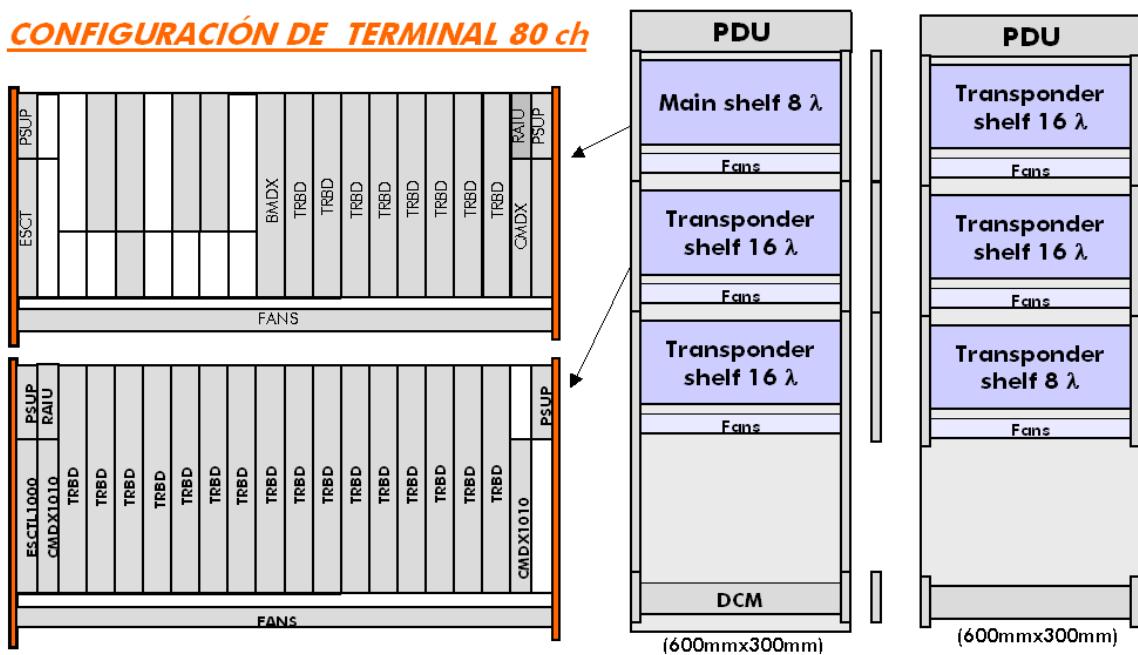
LOFA: amplificador óptico de señal agregada



En el diagrama de bloques aparecen las lambdas a la entrada como "señales no coloreadas", lo cual significa simplemente que no tienen ningún tipo de agregación (una solo lambda en cada fibra).

En la siguiente figura vemos el equipo 1626 en una configuración para soportar 80 lambdas (por lo tanto, necesita 80 tarjetas transpondedoras, que en el dibujo son TRBDs). Todo el conjunto ocupa 2 bastidores.

◆ **CONFIGURACIÓN DE TERMINAL 80 ch**



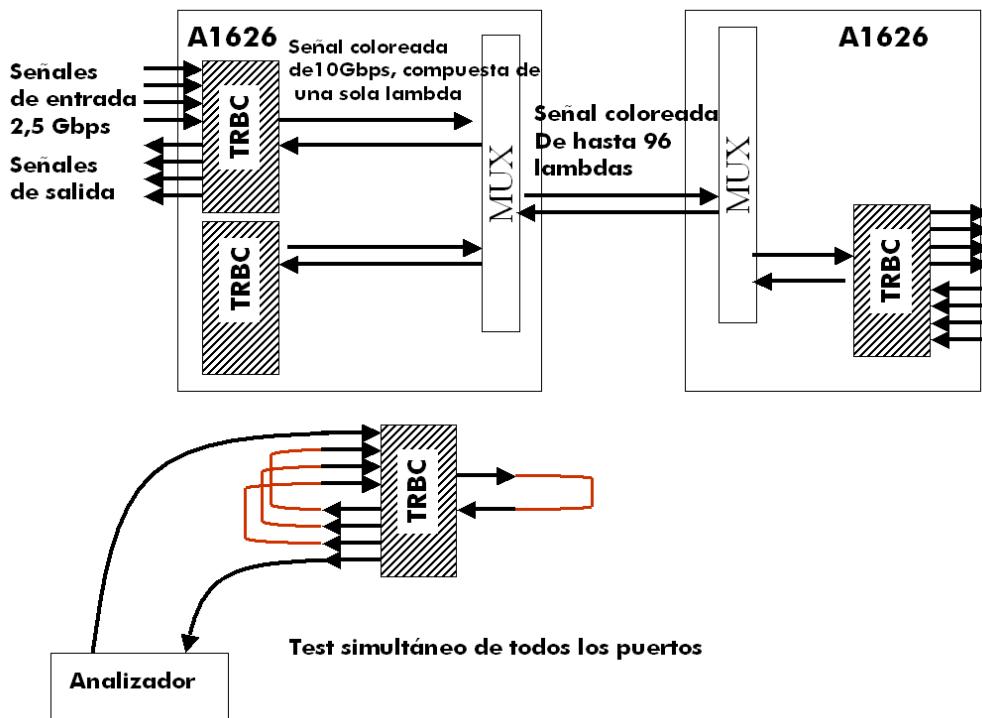
9.4.3.1 Consecuencias de fallo en una TRBC

Si una TRBC (tarjeta transpondedora de un equipo de línea) falla pueden ocurrir dos cosas:

- Fallo total: si se rompe la tarjeta, entran en funcionamiento las protecciones de los anillos y no pasa nada
- Fallo de calidad: como la tarjeta no sabe lo que está transmitiendo, no sabe que importancia ha de darle a la tasa de error de bit. Además, el enlace no comuta, sino que tan solo el equipo LT generaría una alarma. Esto significa que sufriremos las consecuencias de la alta tasa de error. Si tenemos televisión digital, los abonados sufrirán pixelaciones, paradas de imagen, etc de forma continua. Una vez que los abonados denuncien la avería al operador (avalancha de llamadas de queja), un técnico tendrá que realizar una comutación manual de TRBC, anulando dicha ruta para usar la TRBC de una ruta alternativa.

9.4.3.2 Diagnóstico de una tarjeta transpondedora

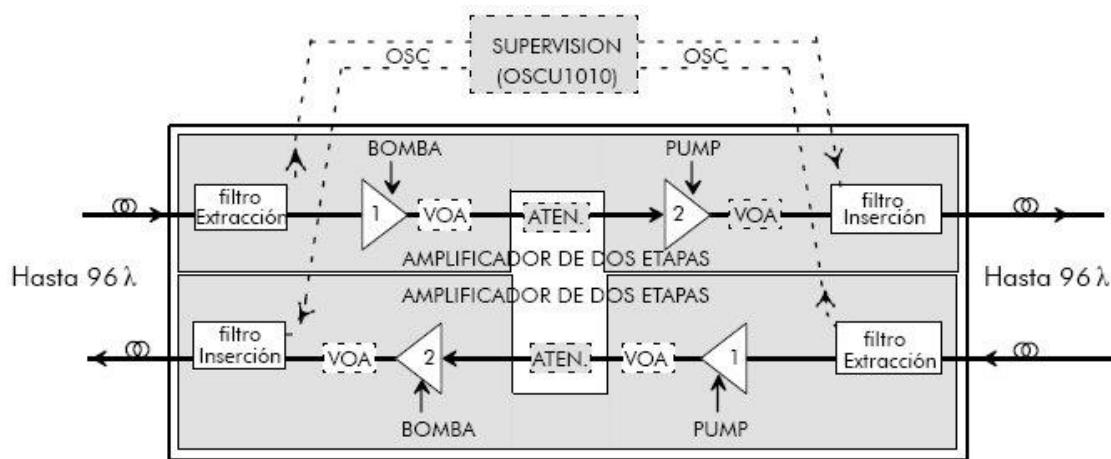
Si una TRBC (tarjeta transpondedora de un equipo de línea) falla, el origen puede ser en algun puerto de señal no coloreada (una sola lambda) o bien en el puerto de la señal coloreada de 10Gb (una sola lambda, aunque coloreada puesto que está ubicada en otra frecuencia). Lo que se hace es puentear entradas con salidas y así hacer pasar una sola señal por todos los puertos de entrada y salida de la tarjeta, de modo que si algo falla, se pone en evidencia.



En la figura aparecen las TRBC conectadas a la MUX (en realidad hay dos niveles de MUX, pues las lambdas se agrupan en "bandas"). Esto se hace así aunque solo tengamos 4 señales de cliente de 2,5Gb, porque si en el futuro aparecen mas señales de cliente, basta con conectar más TRBCs al MUX.

9.4.4 Regeneradores (Repetidores de linea LR)

En la configuración de repetidor de línea el 1626 LM es un amplificador DWDM bidireccional sin funciones de transpondedor ni MUX/DEMUX. El repetidor de línea está formado por dos amplificadores ópticos de línea de doble etapa (formando un amplificador DWDM bidireccional) con el fin de amplificar la potencia óptica de la señal WDM de agregado, evitando la demultiplexación y regeneración de los canales.



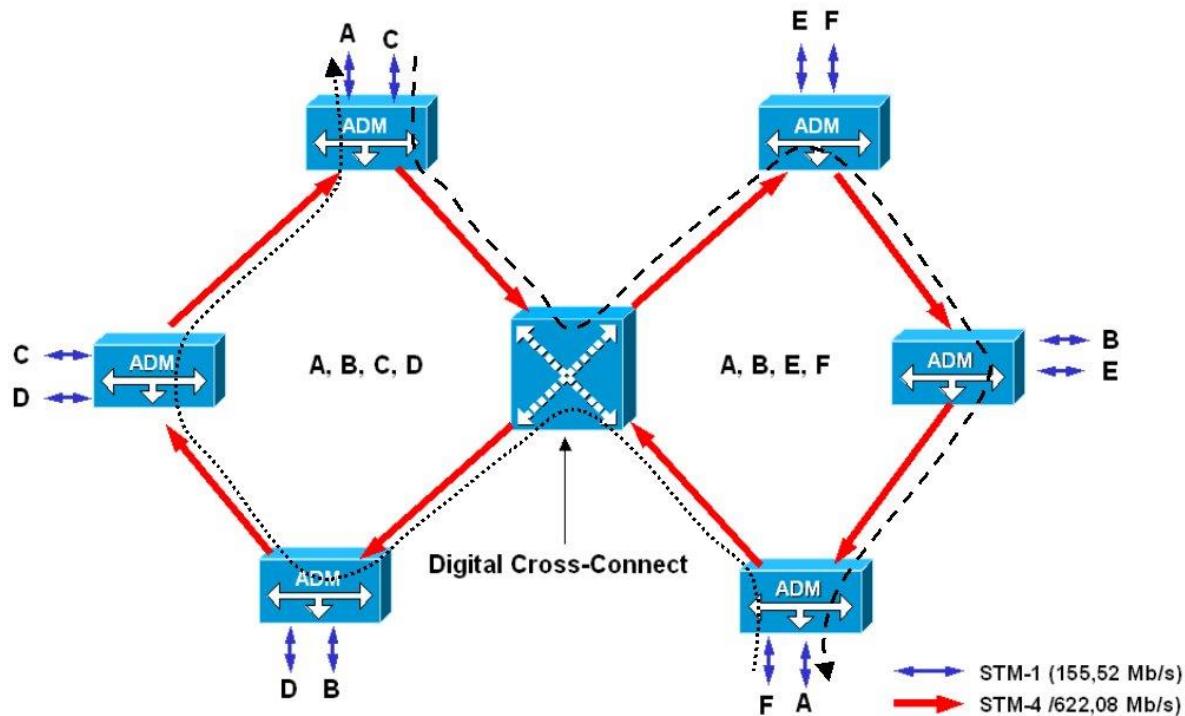
Igual que el 1626LM, hay otros equipos Alcatel que se pueden usar como amplificadores de línea como son el 1640WM y e 1686WM (son equipos más antiguos). A veces en lugar de tirar un viejo 1640WM , se le deja como etapa amplificadora de un 1626LM

9.5 Crossconectores (XC). A1641SX

Son las matrices TST de conmutación. Es muy importante entender que los circuitos no se establecen y liberan dinámicamente sino que se crean de forma permanente para comunicar un origen con un destino. El concepto es muy diferente al de un conmutador de telefonía TDM donde las conexiones se crean y liberan constantemente, al igual que un conmutador (switch) ethernet. Dicho de un modo burdo, un crossconector óptico es el lugar donde se hacen los "empalmes" de los cables.

Periódicamente el operador , debido a su crecimiento, crea nuevos circuitos (nuevos "empalmes") para conectar puntos ubicados en anillos remotos mediante VC-12 u otro tipo de contenedores SDH.

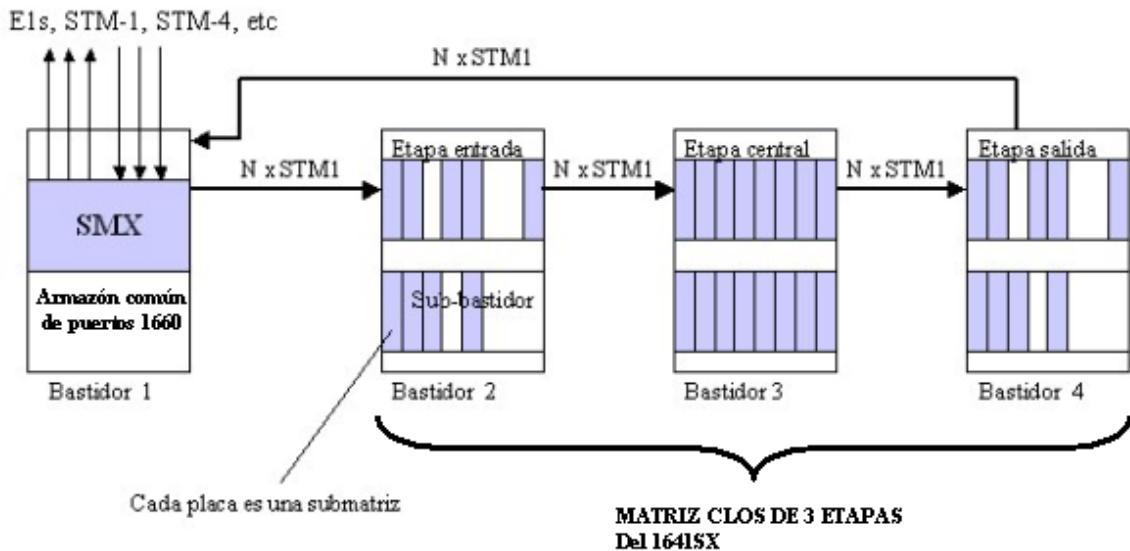
Los XC normalmente conmutan a nivel de circuito VC-12. Son parecidos a los ADM porque extraen y meten circuitos pero además sirven para interconectar anillos. En la figura se muestran dos anillos y 6 circuitos. El circuito A empieza y termina en nodos de diferentes anillos, de modo que atraviesa el XC (lineas de puntos). Al circuito B le ocurriría lo mismo.



El Equipo 1641SX es un crossconnector. Su matriz de interconexión (la pieza mas importante del XC) es una matriz de Clos de 3 etapas (consultar conmutadores en el capítulo de conceptos).

La matriz está compuesta de una tarjeta por cada submatriz, insertada en un sub-bastidor. Como hay 3 etapas, hay 3 sub-bastidores, que contienen las tarjetas (matrices) insertables de cada etapa respectivamente, además cada sub-bastidor está redundado para tolerancia a fallos. La etapa central se equipa a la máxima capacidad y las etapas de entrada y de salida se pueden equipar de acuerdo al tráfico, de modo que se crece en función de las necesidades.

Ademas, como las tarjetas de matriz trabajan con STM-1, en caso de que sea necesario conectar un STM-4 o un STM-16, primero hay que desagregarlo en varios STM-1. Para ello se usa lo que se denomina Matriz SMX, que tiene funciones de desagregación (demultiplexión temporal). Esta matriz envía todos los STM-1 a las sub-matrices de la etapa de entrada de la matriz de conmutación, usando cables que van de un bastidor a otro y vuelve a agregar a la salida. Si la entrada son E1s, entonces lo que hace es agregar , ya que la entrada de las submatrices es siempre STM-1



Este equipo además viene equipado con otras muchas tarjetas que dan diferentes funcionalidades , como:

- NAU: es la tarjeta de gestión (en realidad es un PC industrial con Linux). Cuando una tarjeta nueva es insertada en el sistema (por ejemplo una SMX o una tarjeta de protección de circuitos EPS), la NAU lo detecta y le telecarga la configuración para que comience a funcionar.
- Tarjeta de sincronización
- Tarjetas procesadoras de puertos “P4S1”
- Controladoras de subrack “SPB”
- etc

La matriz está disponible en dos configuraciones básicas: 384 y 960 STM-1s equivalentes de capacidad.

Las unidades de puertos de 2 Mb/s, 34 Mb/s, STM-1 eléctrico/ óptico, STM-4 y STM-16 y los elementos comunes (excepto las matrices, NAUs y puertos de 45 Mb/s) son las mismas tarjetas del 1660 SM. De hecho, el crossconector 1641SX se monta junto con un “armazón común de puertos” que no es otro que el 1660 con unas placas de matriz modificadas. En lugar de insertar placas de matriz normales, se insertan placas “SMX”, pero la funcionalidad es la misma: despeinar los circuitos SDH (STM-4, STM-16,etc) en STM-1 que es lo que necesita la matriz de interconexión del 1641SX.

Las unidades de puertos disponibles son:

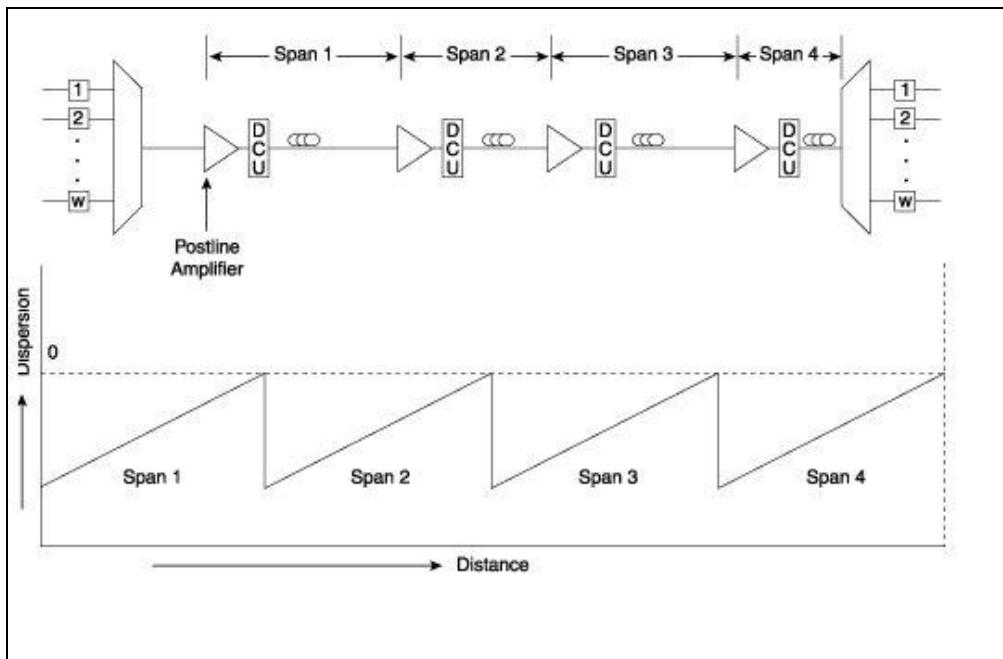
2 Mb/s	Puerto de 2 Mb/s
34 Mb/s	Puerto de 34 Mb/s
45 Mb/s	Puerto de 45 Mb/s
STM-1e	Puerto STM-1 eléctrico

STM-1e/o	Puerto STM-1 eléctrico/óptico
STM-4	Puerto STM-4 óptico
STM-16	Puerto STM-16 óptico
EQUICO	Controlador de armazón de puertos (utilizada para enrutamiento de canales DCC)
CONGIH	Accesos de alimentación y de control del armazón de puertos.
MATRIX	SMX – matriz de interconexión
SERVICE	Interfaces de sincronización (para distribución de sincronismo entre armazón común de puertos y MCB)
CXB 40	Matriz Etapa Central 40x40 para capacidades de 384 y 960
EXB 32	Matriz Etapa Final 24x32
CDB	Distribución de reloj
SPB	Procesador satélite de armazón
MCB	Tarjeta de reloj
NCC	Controlador de comunicaciones
NAU	Control del sistema

La versión 6.3-3 del 1641SX dispone de puertos de 2 Mb/s, 34 Mb/s, 45 Mb/s, STM-1, STM-4 y STM-16. La capacidad máxima de interconexión (definida por la capacidad de la matriz) es de 960 STM-1s equivalentes. La funcionalidad de I/O del sistema se consigue con la adaptación e integración del armazón del equipo 1660SM (por ello, llamado armazón común de puertos), excepto para el caso de los interfaces de 45Mb/s

9.6 Dispersion Compensation Units (DCUs)

En cada vano , para evitar la dispersión se colocan cada varios km (30 por ejemplo) un equipo DCU



Hay dos técnicas para compensar la dispersión: precompensación y postcompensación. Tal como su nombre indica, una se aplica antes de introducir la señal en el sistema y la otra, después. En el caso de precompensación, se puede colocar la DCU después del amplificador postline.

Por ejemplo, una SMF (single mode fiber) tiene un valor de dispersión típico de 16 ps/nm-km, lo cual significa que cada kilómetro de fibra, un pulso a 10Gb/s (que tiene un ancho de 100 ps) se expande aproximadamente 16 ps. Como más de 1600 ps de dispersión produciría errores para una señal de 10Gb/s, no podremos tener vanos mayores de 100km, y entre vano y vano pondremos una DCU.

9.6.1 Tramos aereos y soterrados

Con frecuencia los operadores alquilan vanos de fibra a operadores de electricidad, de modo que en el mismo cable aereo que transporta la electricidad se tiende una fibra óptica protegida con una goma.

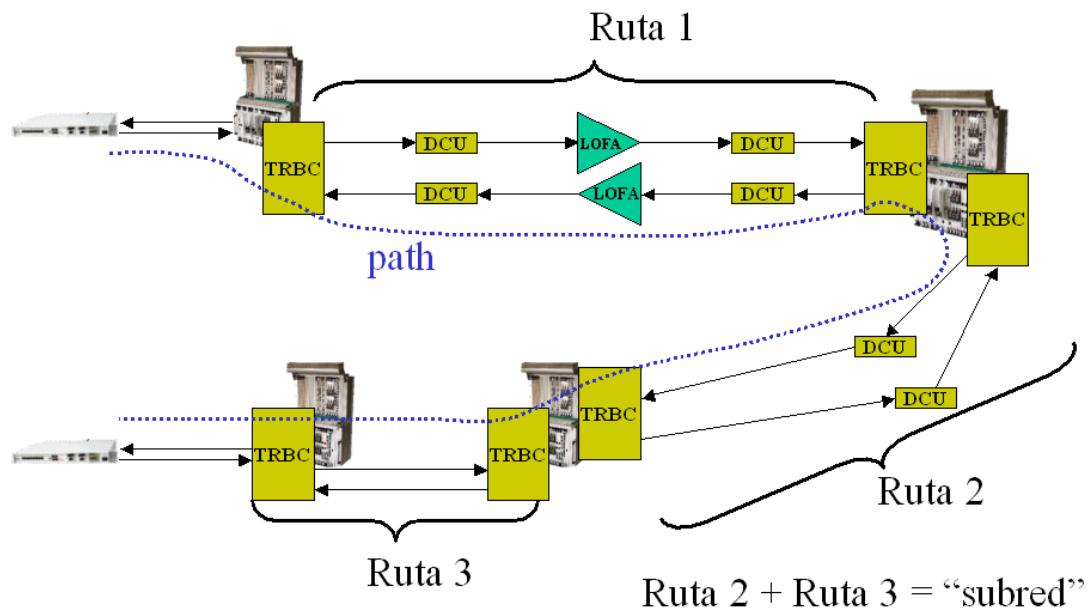
Estas fibras suelen tener mayor atenuación que las fibras que se encuentran bajo tierra, pudiéndose perder incluso 3dB en un vano debido al calor, la curvatura, etc

9.7 Protección de circuitos

Para pasar a describir los distintos tipos de protección, es necesario manejar los siguientes términos

- Un camino (un path) es un conjunto de rutas encadenadas con un origen y un destino del tráfico
- Una ruta o sección es un vano entre dos nodos

- Una subred es un trozo de un camino, es decir, una o mas rutas encadenadas.



"Protección de camino punto a punto" y "protección de camino de subred" pueden ser aplicados tanto para caminos de alto orden como de bajo orden (tanto para VC-4 como para VC-12).

9.7.1 Protección de Camino:

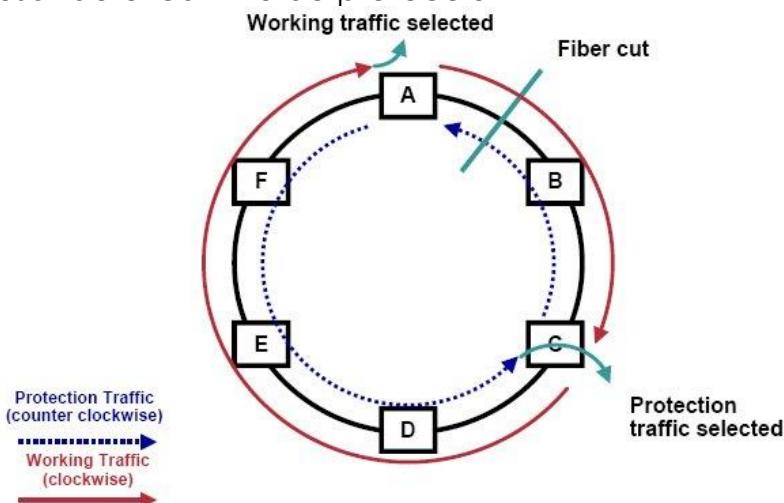
Este tipo de protección implica duplicar el tráfico en forma de contenedores virtuales los cuales son introducidos en la red y transmitiendo esta señal simultáneamente en dos direcciones a través de la red.

Un camino de protección dedicado porta el tráfico en una dirección y el camino operativo porta la señal a través de otra ruta diferente. El elemento de red que recibe las señales compara la calidad de los dos caminos y la señal de mayor calidad es seleccionada. Ésta será nombrada como la ruta activa. Ante un evento de fallo en la ruta activa el extremo receptor conmutará al otro camino, a la ruta de protección.

Un ejemplo especial de este tipo de mecanismo es el "**anillo de camino de protección**". Según el tráfico entra al anillo es transmitido simultáneamente en ambas direcciones en torno al anillo. La selección es hecha por el nodo de salida de la mejor de las dos conexiones, o en caso de que la fibra sufra un corte, seleccionará la conexión operativa.

La siguiente figura representa dos nodos A y C que se comunican entre sí. El nodo A envía el tráfico tanto por el enlace principal como por el camino

de protección. Al cortarse la fibra, el nodo C extrae la señal enviada por A usando el camino de protección



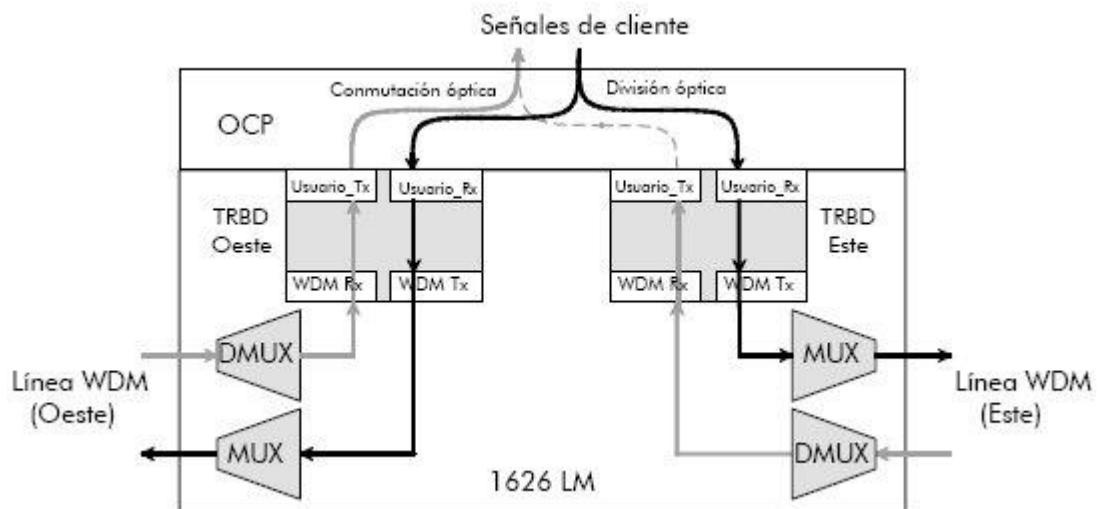
9.7.2 SNCP (Sub-Network Connection Protection)

Esta protección detecta el fallo en el enlace principal y conmuta automáticamente en menos de 50 ms al enlace de reserva sin que se vean afectados los datos transmitidos

SNCP es similar a camino de protección, pero en el cual, el camino de protección dedicado involucra conmutación en ambos extremos del camino (gastando recursos extremo a extremo), mientras que la conmutación SNCP puede ser iniciada en un extremo de la ruta y llegar hasta un nodo intermedio (gastando recursos solo en la parte protegida del camino). La red puede ser descompuesta con un número de subredes interconectadas. Con cada protección de subred se proporciona un nivel de ruta y la conmutación automática de protección entre dos caminos es proporcionada en las fronteras de subred.

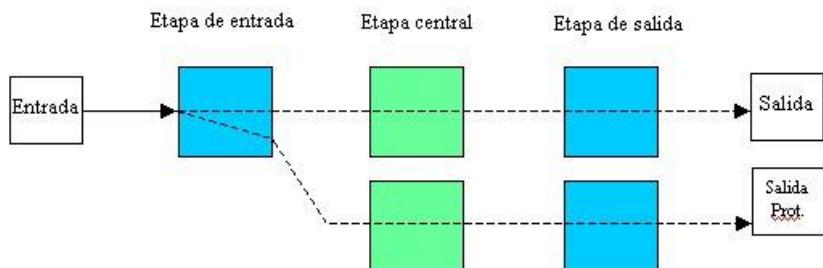
La selección de la señal de mayor calidad se realiza, no únicamente por el elemento de red en el extremo del camino, sino que también en nodos intermedios a la salida de cada subred que es atravesada por la ruta.

El mecanismo se basa en un OCP que hace conmutación (es decir, selección de la mejor señal) y división (para meter la señal de cliente en ambos caminos del anillo). En la figura aparece la expresión "señales de cliente", siendo el cliente la red de datos IP o la red de conmutación de voz/video.

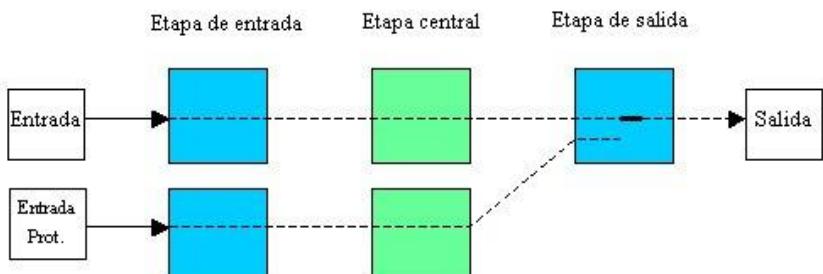


Cuando hablamos de implementar SNCP en un nodo intermedio, estamos hablando de un crossconnector óptico, o al menos de un equipo con matriz (un OADM, como un omsn de Alcatel-Lucent) el cual en medio del trayecto de una señal, la divide para obtener una señal redundante.

La implementación en crossconnector se hace en la etapa de entrada de la matriz de conmutación, de modo que es la primera matriz la que hace la bifurcación (el broadcast) :



La implementación en el nodo de salida del SNCP se hace en la etapa de salida de la matriz, de modo que es la ultima matriz la que escoge la mejor señal :



Una variante de SNCP es la llamada Fast facility protection (FFP), que se puede implementar en los OXC (optical cross conectores). Consiste este mecanismo en hacer la selección de la mejor señal usando el mecanismo

de reorganización, de este modo, si en lugar de hacer la bifurcación en la etapa de entrada lo hacemos en la etapa central y en lugar de hacer la selección de la mejor señal (en otro crosconector lejano) en etapa de salida, lo hacemos en etapa central, podemos usar la reorganización (reglas de bennes) para comutar en menos de 50 ms. Si no hacemos esto, comutariamos en 3 segundos (" lo que se conoce como SNCP lenta").

9.7.3 Protección MSP: para secciones (= rutas)

Protección de Línea de la Sección de Multiplexación (MSP). opera con una sección de tráfico ubicada entre dos nodos adyacentes. Entre estos dos nodos hay dos enlaces separados o dos diferentes fibras: la operativa y la de protección. Ante un evento de fallo del enlace, la señal entrante debe ser comutada de la fibra activa a la de protección. Hay dos tipos diferentes de protección de Sección de multiplexación (MSP):

- **Protección 1:1** es un esquema de doble extremo. **El tráfico es inicialmente enviado por el enlace activo únicamente.** Se detecta un fallo en el extremo contrario cuando no recibimos tráfico por un periodo prolongado de tiempo. Una señal es enviada al extremo transmisor que dispara las comutaciones de protección, enviando el tráfico hacia la línea de back-up en ambos extremos. Esto significa que tráfico de baja prioridad puede ser portado por el canal de protección mientras el tráfico viaje por el canal operativo. Este tráfico se perderá cuando se inicia un proceso de comutación de protección.

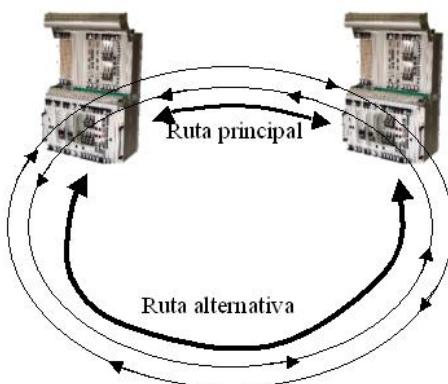
- **Protección 1:n** es similar al tratado 1:1 con la excepción de que varios canales operativos pueden ser protegidos por un único canal de back-up.

- **Protección 1+1 MSP donde el tráfico es inicialmente enviado tanto por la ruta activa como por la ruta de protección.** Si se detecta una pérdida de tráfico, en el extremo receptor se comienza un proceso de comutación hacia el camino de protección. No hay necesidad de enviar señalización hacia atrás, aunque de todos modos, la sección de standby no puede ser utilizada para otro tráfico presentando unos altos requerimientos de capacidad de fibra.

MSP protege tráfico entre dos elementos de red adyacentes, pero únicamente el enlace entre esos dos nodos, no aportando protección ante un fallo total de un elemento de red. Otra limitación es que requiere de diversos caminos físicos para fibra activa y de protección. Si ambas fibras se encuentran en la misma conducción y ésta es dañada, los dos caminos, el operativo y el de protección, se perderían.

Dos rutas alternativas deben ser dispuestas entre dos nodos adyacentes. Estas consideraciones se han de tener en cuenta cuando desplegamos este tipo de esquema de protección.

Si usasemos MSP con una ruta alternativa en topología de anillo podríamos evitar que la ruta principal y la de reserva se encontrasen en la misma conducción. Los anillos aseguran que entre cada par de nodos hay un camino físico diferente que puede ser usado como ruta de protección. El problema es que normalmente un anillo no está compuesto por 2 equipos (es decir, dos rutas) sino que habrá muchos equipos y la ruta alternativa no será una ruta, sino una subred compuesta de varias rutas, y por lo tanto MSP no se podrá aplicar. Por ello en anillos usaremos SNCP o mejor MS-SPRING, y en las rutas del anillo podremos usar MSP como primer mecanismo básico de protección.



9.7.4 Protección Anillos autorecuperables:MS-SPRING

Hay diferentes tipos de esquemas de anillos de protección. Estos pueden ser divididos en los que protegen la capa de sección y los que protegen la capa de camino. A su vez, estos pueden ser subdivididos en esquemas Unidireccionales y Bi-direccionales. Dos tipos de mecanismos de anillos autorecuperables serán considerados:

- Anillos bidireccionales de protección de camino (anillos de protección dedicada o anillos de protección de caminos).
- Anillos bidireccionales de protección compartida (SPRings).

9.7.4.1 Anillos de protección dedicada

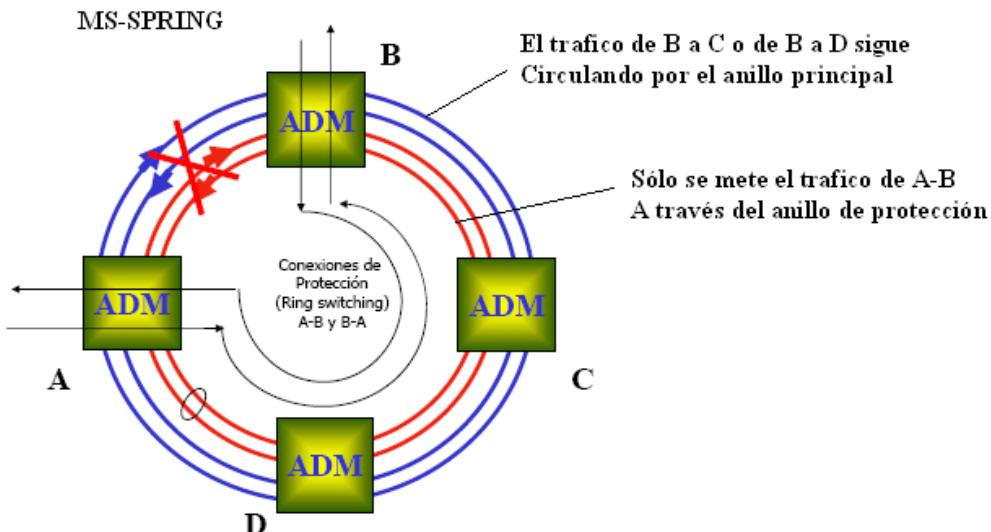
Son un tipo de protección de camino dedicado, aplicado a un anillo. Al entrar el tráfico al anillo por un nodo A es enviado simultáneamente por ambas direcciones en torno al anillo. Una dirección puede ser considerada como camino de trabajo "w" y la otra dirección el camino de protección "p".

El nodo receptor seleccionara la señal de mayor calidad. Por ejemplo asumimos que la mejor calidad es la de la señal "w"; ante un evento de rotura de fibra óptica entre A y B en "w", B seleccionará el tráfico del camino "p". **Es decir, conmuta TODO el anillo a la vez.** Conmutar todo el anillo a la vez (es decir, conmutar todo el tráfico al anillo de reserva) es un poco absurdo porque si solo podemos meter tráfico en uno u otro anillo, significa que ante una conmutación de anillo, se queda todo el tráfico desprotegido (ya que entonces no se dispone de un anillo al que conmutar si falla el de reserva). Por este motivo los anillos dedicados no se usan.

9.7.4.2 MS-SPRING: Anillos de Protección Compartida

Los anillos de protección compartida de la sección de multiplexación, comúnmente llamados "MS-SPRing" son unos mecanismos de protección de anillo. A diferencia del anillo de protección dedicado, el tráfico es enviado solo por una ruta en torno al anillo. No existe un camino de protección dedicado por cada ruta en producción, en cambio esta reservada capacidad del anillo para protecciones y esta puede ser compartida para la protección de diversos circuitos en producción. La conmutación de protección es iniciada a nivel de sección de modo similar a la protección lineal para de la sección de multiplexación (MSP); ante un evento de fallo, todo el tráfico de la sección es conmutado. Este mecanismo se puede llevar a cabo salvando una importante cantidad de capacidad frente al mecanismo de anillo de protección dedicado, permitiendo al operador incrementar el número de circuitos activos en el anillo.

La ventaja en capacidad que se puede conseguir con MS-SPRing con respecto a un anillo con protección de ruta dedicada es obvia: no se usa el camino (=anillo) de protección, sino solo el tramo necesario que se haya roto en el anillo de trabajo, por lo que quedan rutas (= tramos) de protección disponibles para proteger otros tramos de otros anillos.



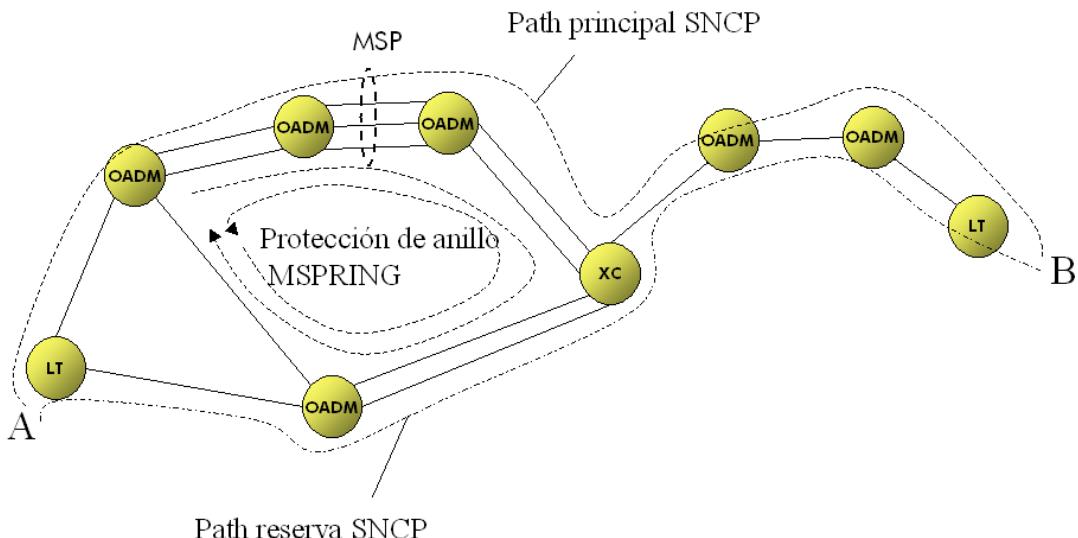
A la protección MS-SPRING también se le llama 2F-MS-SPRING (2 fibras) o NF-MS-SPRING(n-1 fibras de protección).

9.7.5 Comparativa de mecanismos de protección

A modo de resumen:

- **camino de protección dedicado vs anillo de protección dedicado:** es lo mismo
- **camino de protección dedicado vs SNCP:** ambos gastan el camino de protección, pero SNCP se recupera ante caídas de varios tramos del camino de trabajo y el de protección
- **SNCP vs MS-SPRING:** SNCP conmuta todo el tráfico de la subred, mientras que ms-spring solo conmuta el tráfico afectado. SNCP se usa en tráfico de acceso y MS-SPRING en tráfico backbone.
- **MSP vs MS-SPRING:** msp es una protección de sección, pero ms-spring es para un camino (=anillo) completo. Si se cae un nodo del anillo, MSP no lo soluciona, pero MS-SPRING si. Si la red es un anillo, se usa msspring. Si es mallada, se usa MSP o SNCP.

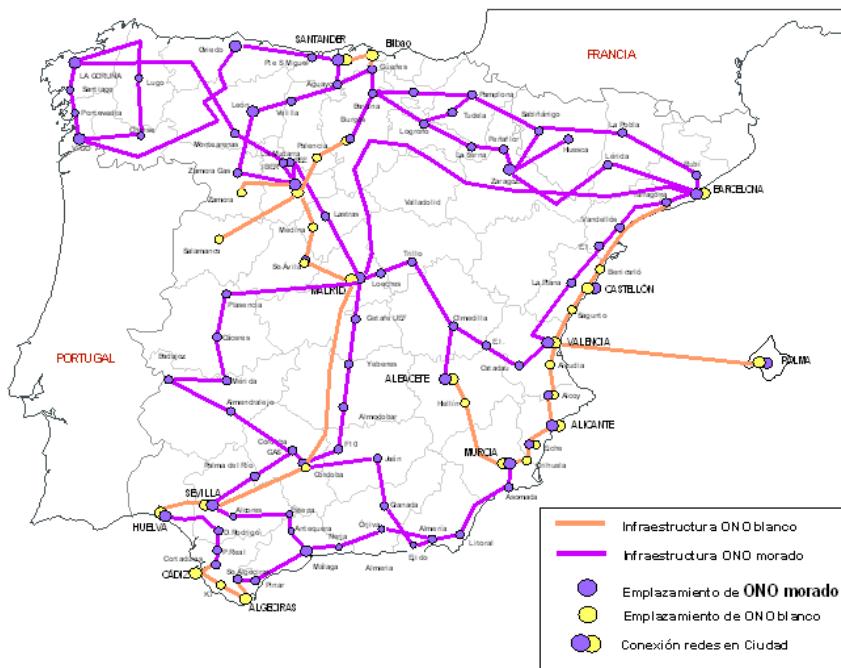
Ahora vamos a ver como varios mecanismos de protección se superponen mediante el siguiente dibujo:



El path A-B se protege con SNCP, asociando una ruta de reserva. Vemos que entre 2 OADMs puede haber MSP de modo que aunque se caiga un enlace puede entrar en servicio el de reserva de modo que la protección MSP evita que tenga que actuar la protección SNCP. Además pueden caer más enlaces dentro del anillo y entrar la protección de anillo MS-SPRING. Finalmente si se cae por ejemplo el primer enlace entre el LT y un OADM, entonces entraría el path de reserva SNCP.

9.8 Ejemplo de red

En la figura se presenta la topología de una red real de transmisión. Se corresponde con la topología física de alto nivel de ONO del año 2006, donde aparecen reflejados los enlaces más importantes.



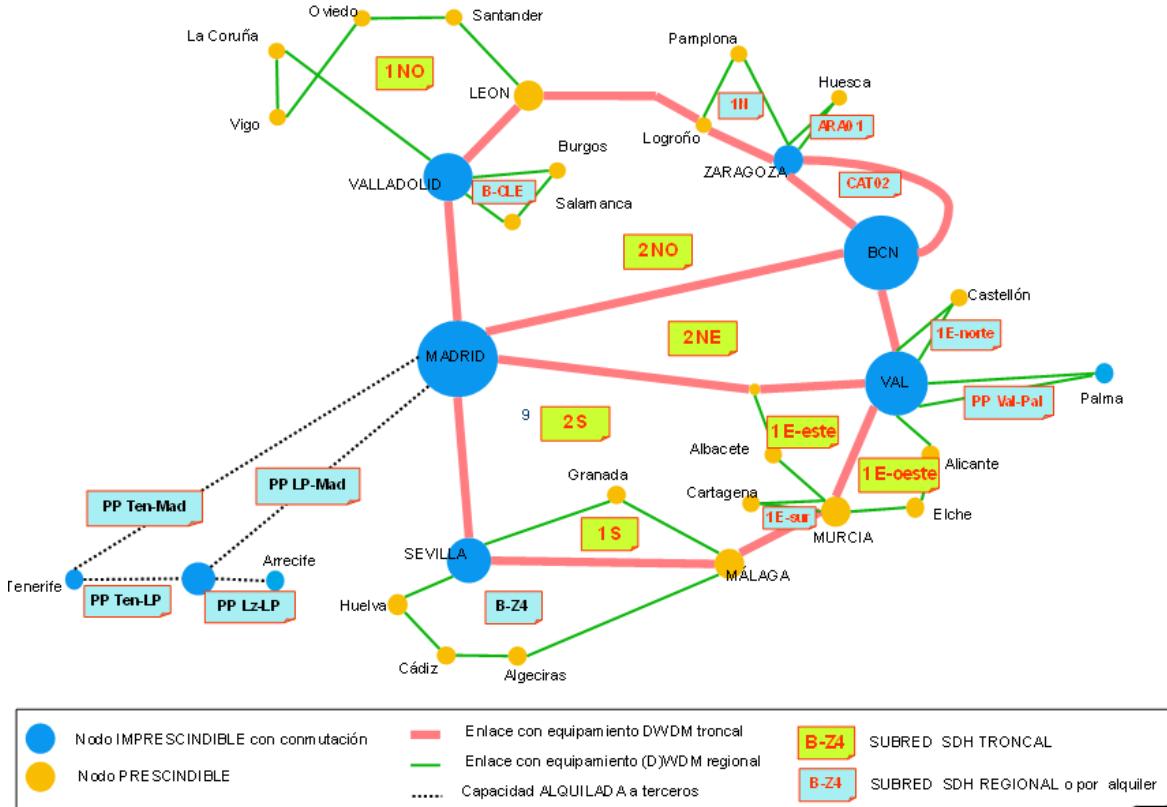
No aparecen anillos “redondos” claramente identificables. Sin embargo, podemos imaginar anillos mayores y menores, y puntos donde distintos anillos se tocan. En los puntos donde dos anillos se tocan hay un crossconector.

El crossconector hay que configurarlo, es decir, hay que dar de alta todos los circuitos que queremos establecer. Son circuitos fijos. El crossconector no se dedica a comutar constantemente como un switch IP, sino que mediante un Terminal de gestión se configuran los circuitos (siempre con dos alternativas por si un camino falla) y una vez creado el circuito, así se queda. Hoy existe lo que se denominan crossconectores inteligentes como el Alcatel-lucent 1678, los cuales se usan para construir redes malladas con restauración. Estos crossconectores se comportan como switches IP, es decir, hablan unos con otros para establecer los circuitos dinámicamente.

En la figura no están representados los anillos metropolitanos, sino tan solo los anillos de larga distancia (anillos troncales o “subredes” trócales). A los anillos también se les llama subredes.

En la siguiente figura aparece representado un trozo de la figura anterior, destacando cuales son los anillos creados sobre dicha topología. Aparecen anillos troncales y anillos regionales. Los anillos regionales son mas pequeños y de menor capacidad pero tambien son de larga distancia, ya que los enlaces son de mas de 100 km (usarán equipos A1626 por ejemplo). Por supuesto todos los enlaces de anillos troncales y regionales son larga distancia WDM

En cuanto a los anillos metropolitanos, no aparecen reflejados en la figura. A veces se hacen anillos, y otras veces simplemente se hacen enlaces punto a punto hasta el crossconector, usando equipos de corta distancia (equipos metropolitanos como el A1696) y no se suelen poner amplificadores en dichos enlaces punto a punto, ya que al ser cortas distancias, no suelen ser necesarios. Tan solo son necesarios los DCUs.



9.9 Redes malladas con restauración

Tras este nombre tan pomposo básicamente se encuentra la aplicación de la tecnología de los switches normales (un switch IP mantiene tablas dinámicas de enrutamiento) a los crossconectores ópticos.

La idea es simplemente mantener una tabla de conexiones dinámicas, de modo que si falla una conexión, se pueda establecer una nueva conexión para un circuito sin necesidad de definirla manualmente. Para ello los crossconectores deben hablar entre sí, de modo que sepan a dónde encaminar los paquetes. El equipo de ALU que implementa esta tecnología es el 1678.

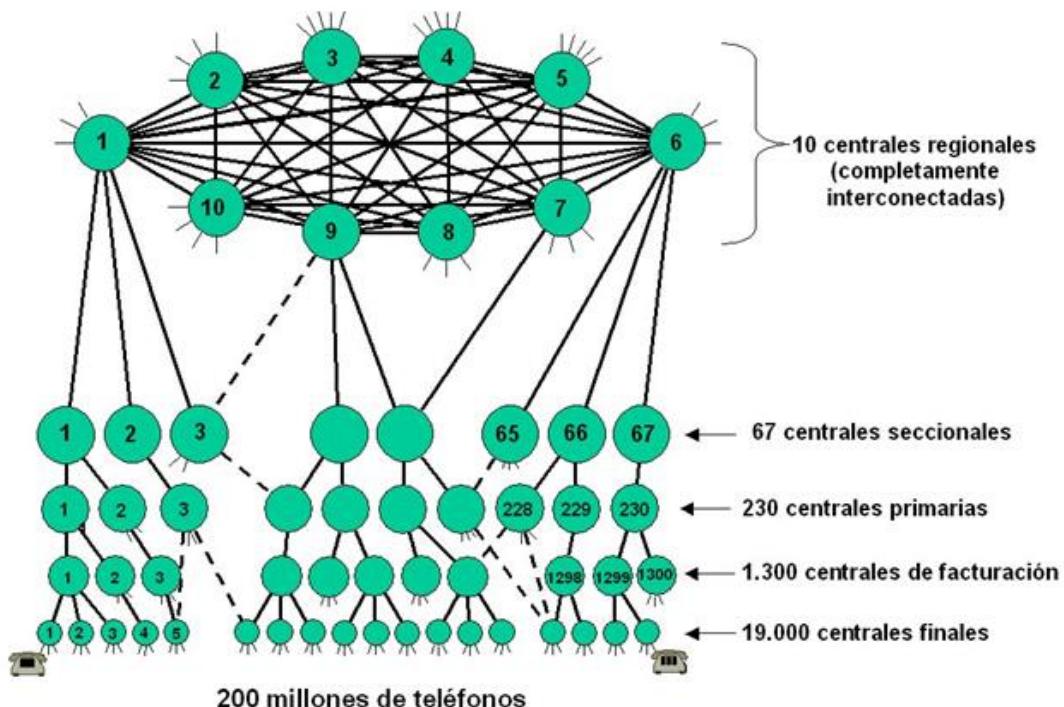
Tenemos implementaciones de redes con más de 100 nodos interconectados que crean y destruyen conexiones dinámicamente, de forma estable. La tolerancia a fallos o cortes de la red es óptima.

10 Red de conmutación

10.1 Descripción general

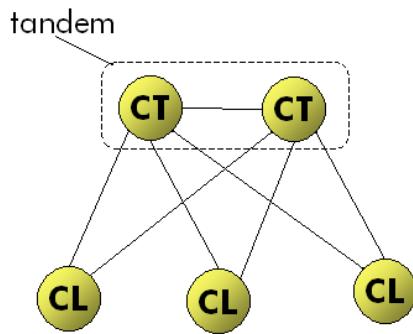
Antiguamente las redes de telefonía eran jerárquicas, con muchos niveles, aunque a veces se abrían caminos entre centrales locales de mucho tráfico, como en la siguiente figura

Estructura jerárquica de una red de conmutación telefónica convencional



Hoy en día, la red conmutada se ha simplificado y podemos hablar tan sólo de tres tipos de centrales:

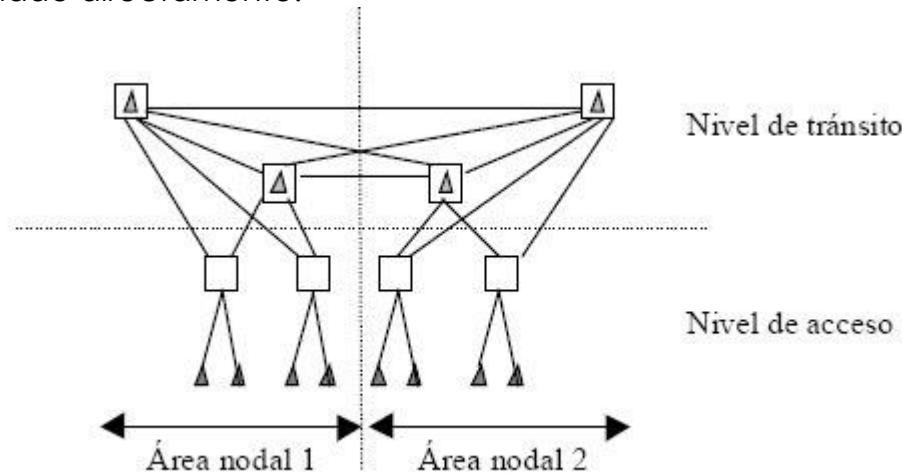
- Centrales Locales (conectadas jerárquicamente con 2 o mas centrales de transito usando SDH). De ellas dependen directamente los abonados. A veces llega el par de hilos directamente a la central y otras veces llega un enlace V5 concentrando a muchos abonados que se conectan a través de un nodo de acceso (DLC)
- Centrales de tránsito (llamadas tandem) : conectadas en malla (todas con todas, usando SDH). Estas centrales no tienen abonados directos. Se agrupan en pares, de modo que una central local siempre está conectada a dos centrales de tránsito, las cuales se dice que forman un "tandem". De ese modo si se cae una central de tránsito, todo el tráfico es enruteado a través de la otra. Sin embargo si se cae una central local...se quedan los abonados sin servicio de teléfono.



- Centrales internacionales

Además de estos tipos de centrales, existe el concepto de RSSU (equipo remoto de conmutación y multiplexión). Antiguamente eran equipos que usaban un protocolo propietario con la central de la que dependían por lo que era necesario que la RSU y la central fuesen del mismo fabricante. Posteriormente se estandarizó el V5, como interfaz para conectar equipos cuya función fuese la de agregar abonados en un enlace contra la central.

La función de una RSU, aun pudiendo conmutar (según el fabricante) se usa solo para agregar abonados. Hoy en día en lugar de las RSU propietarias se usan nodos DLC (digital loop carrier) que hacen las veces de RSU y además proporcionan otros servicios (xDSL, voip, etc.). El Litespan (alcatel) o el Anymedia (lucent) son ejemplos de este tipo de equipos (se representa con un triangulito). A estos nodos de acceso se les denomina DLC (Digital Loop Carrier) porque son los equipos que reciben el bucle de abonado directamente.



Una de los cambios en la evolución del concepto de red de acceso tradicional es la substitución del área de cobertura de las centrales de conmutación (Local Exchange –LEX–), por elementos RSU (remote subscriber unit) o por DLC (Digital Loop Carrier).

De esta manera, se reduce el número de centrales locales de conmutación en el área objeto de estudio a, en el caso extremo, una sola central, de la que cuelgan decenas/cientos de elementos DLC: el área cubierta por dicha central pasa de los típicos 5 Km a distancias de 100 Km o superiores.

10.2 Central Alcatel 1000 S12

En este apartado vamos a ver la arquitectura general de una central de conmutación.

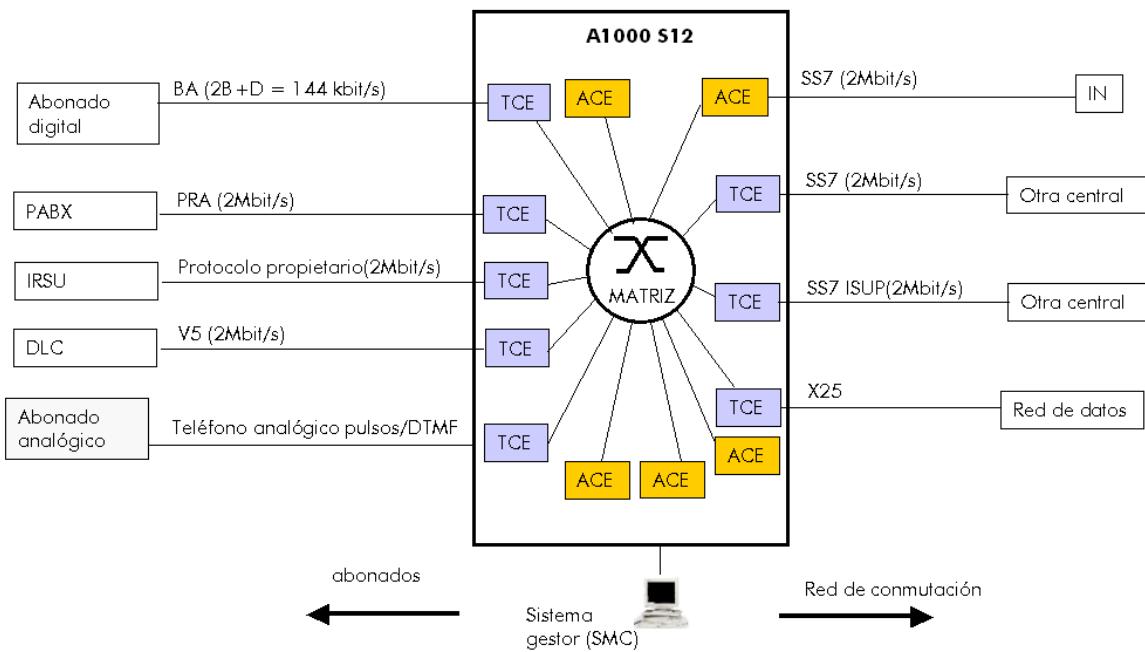
La central ocupa un gran número de bastidores, por lo que necesita un espacio relativamente grande para su instalación. Es modular y escalable, pudiendo dar servicio desde 512 hasta 100.000 abonados.

Todos los bastidores comparten una señal de reloj de 8Mhz mediante un sistema de distribución consistente en un par de placas por bastidor que reciben la señal de la placa de reloj maestra del equipo y la reparten al resto de placas.

10.2.1 Descripción general

La siguiente figura representa las interfaces de la central, que básicamente son:

- Enlaces v5 con los equipos DLC
- Enlaces propietarios de 2Mbit con las RSU del mismo fabricante (llamadas IRSU)
- Enlaces de bucles de abonado
- Enlaces RDSI para dotar de teléfono y datos al usuario (enlaces BA y PRA)
- Enlaces E1 con otras centrales
- Enlaces con red inteligente



Dentro de la central contemplamos dos tipos de elementos:

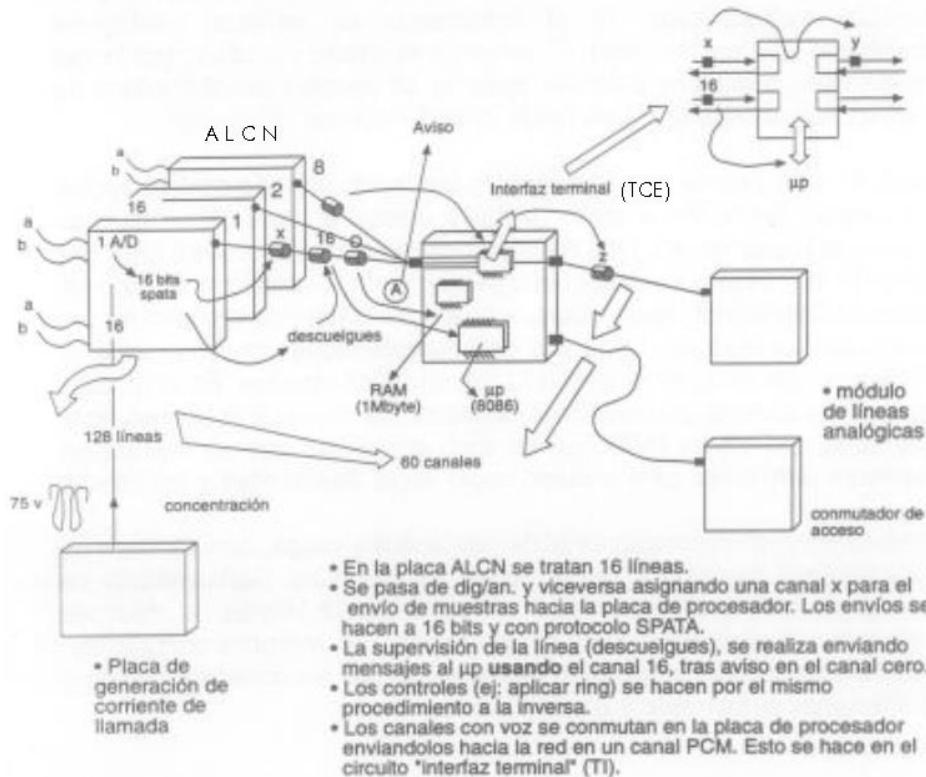
- TCE: Terminal control element: para conectar abonados o enlaces. Hay muchos tipos de TCE según lo que permita conectar. Los hay de abonado analógico (ASM), de abonado digital (ISM), mixto (ISM), de enlace digital con una PABX (DTM), de conexión de una RSU (RIM)
- ACE: auxiliar control element: para dotar de lógica las decisiones de la central (los ACE son por ejemplo para generar CDRs de facturación ACECHR, para disparar la red inteligente SACEIN, para analizar el número llamado y tomar decisiones de enrutamiento SCALSVL, etc)

Todos los elementos (TCEs y ASMs) se comunican a través de la matriz, es decir, la matriz no solo se usa para conmutar canales de voz sino para poner en comunicación cualquier par de placas. La comunicación es por medio de mensajes , por lo que a los elementos se les llama FMM (finite message machine) pues su cometido es recibir mensajes , realizar una tarea interna y emitir mensajes salientes a otros elementos

Para entender como funciona, vamos a describir el escenario de una llamada simple (de forma simplificada y omitiendo muchos pasos y elementos implicados)

- 1) Una placa donde termina el bucle de abonado , llamada ACLN. Esta placa concentra 16 abonados y hace la conversión A/D. También transforma los eventos (cuelgue,

descuelgue..) en códigos. A ese juego de códigos se le llama protocolo SPATA y se transmite por el canal 16 , siendo los otros 16 (del 0 al 15) para transmitir las muestras de voz de los 16 abonados. La placa ALCN (junto con otras 8) se conecta directamente (no a través de la matriz) a una placa TCE de abonado que en total maneja 128 abonados analógicos.



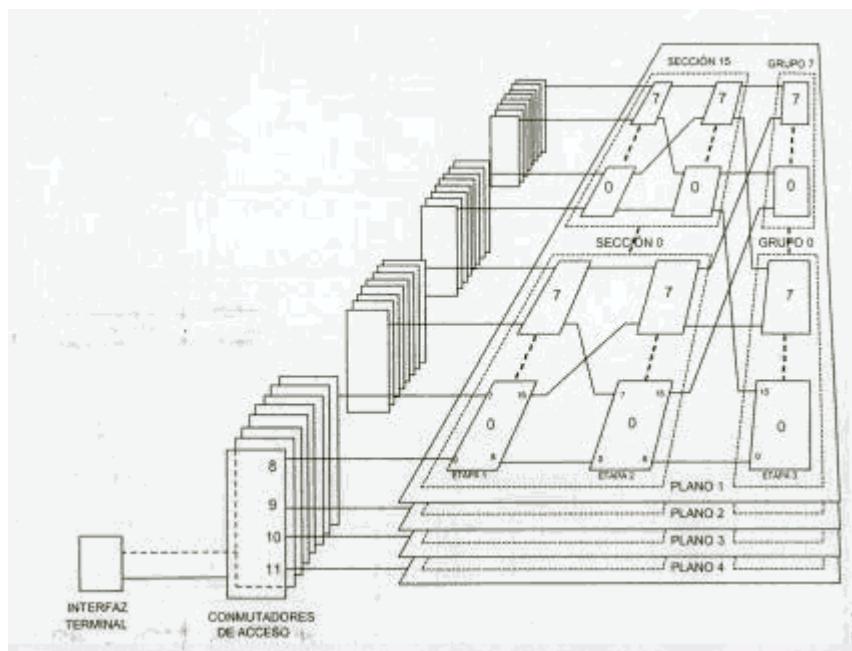
- 2) El TCE de abonados analógicos (llamado ASM- Analog Subscriber Module-) recibe el descuelgue y comienza a recibir tonos de marcación
- 3) El ASM le pasa un mensaje a través de la matriz a un ACE de control de servicios y llamadas de línea (llamado SCALSVL) . En este mensaje se indican los primeros dígitos del número llamado (el prefijo). El SACE lo analiza y puede que con eso ya tenga suficiente para saber a donde debe enrutar la llamada (a qué TCE destino) a menos que sea un abonado local, en cuyo caso pedirá más dígitos al TCE origen para su análisis.
- 4) Una vez que el SACE le ha dicho al TCE origen cual es el TCE destino, se ponen en comunicación a través de la matriz, estableciendo dos caminos para la voz.
- 5) A continuación el TCE destino habla con la placa ALCN correspondiente si se trata de un abonado local. Si se trata de

un abonado de otra central, el TCE destino será un TCE de enlace, el cual hablará usando ISUP con otra central, hasta que se pueda establecer el camino extremo a extremo (TCE origen a TCE destino).

10.2.2 Matriz de conmutación (SN)

La matriz o “red de conmutación” (switch network) está formada por una red de switches. Los TCE y los ASM se conectan a la matriz a través de unos elementos llamados comutadores de acceso, que conectan con la verdadera matriz.

Cada TCE se conecta a dos comutadores de acceso. En la figura aparece representada la matriz. Cada rectangulito es una placa que se inserta en el bastidor.



La matriz se compone de muchos módulos switch (módulo de conmutación) interconectados entre sí. No parece una matriz de Clos, en primer lugar porque la entrada y la salida es la misma etapa, pero al final es lo mismo. Si recordamos la condición de no bloqueo:

k es el número de salidas de las matrices de la primera etapa (igual al número de matrices de etapa intermedia)

n es el número de entradas de las matrices de la primera etapa

k es el número de matrices de la etapa intermedia. Debe ser $\geq 2n - 1$

En el S12 tenemos una tercera etapa que es en realidad una etapa intermedia ya que allí las conexiones dan la vuelta hacia la primera etapa , la cual actua tanto de entrada como de salida

La primera y segunda etapa en realidad son una sola porque lo que se denomina "sección" es en realidad un grupo de 16 matrices (8 de 1^a etapa y 8 de 2^a) interconectadas completamente, por lo que lo podemos considerar como una submatriz de la matriz de Clos

Dicha submatriz hace las veces de entrada y de salida , por lo que tenemos:

16 secciones = 8 entrada + 8 salida (donde aunque cada matriz tiene conexiones en las dos direcciones podemos decir que se asimila el conjunto de 15 matrices a 8 unidireccionales de primera etapa y 8 unidireccionales de etapa final, siendo cada una de estas 8 submatrices de 32 salidas y 32 entradas

cada una de estas 8 matrices tiene 8 x 8 salidas, es decir 64 , que es el número de matrices de etapa intermedia (3^a etapa del S12)

$$n=32$$

$$k=64 \geq 2n-1$$

De modo que la matriz del S12 es una matriz de Clos sin bloqueo y "plegada". Y si esto fuera poco, es redundante hasta 4 veces , de modo que se pueden romper armarios y placas , como todas las placas de matriz estan distribuidas por toda la instalación, la central de conmutación tendría que sufrir mucho para llegar a bloquearse por falta de recursos

Comuta a nivel temporal dentro de cada modulo switch (slot de una vía) y a nivel espacial entre módulos (vías de 2Mbit)

Los módulos switch estan organizados en 3 etapas. La conexión entre dos puntos puede establecerse en la primera etapa, en la segunda o en la tercera si es que no se puede en primera ni en segunda debido a la lejanía de los TCE a conectar o a la alta ocupación de conexiones.

La tercera etapa es especial porque tiene aparentemente el doble de entradas y ninguna salida (en la tercera etapa las conexiones "dan la vuelta")

Además existen varios "planos" que no son sino varias matrices de 3 etapas. Si la conexión no se puede establecer por un plano, se establecerá por otro. En realidad el tráfico no llena un plano y a continuación se comienza a usar el siguiente sino que el tráfico es distribuido igualmente por todos los planos. Si un plano completo falla, con el resto de planos es suficiente para asumir toda la conmutación.

Siempre se equipan al menos 2 planos, aunque lo normal son 3 planos y hasta 4 en centrales de mucho tráfico.

10.2.3 Gestión del análisis de prefijos

Para que un abonado se ponga en comunicación con otro debe marcar un numero (DN: Destination Number) que identifica de forma única al abonado llamado. Cuando este número llega a la central comienza un proceso de análisis del número marcado. Este proceso es llevado a cabo por el subsistema de análisis de prefijos del S12

El subsistema de análisis de prefijo es un módulo software capaz de encontrar el destino de una llamada a partir de la información recibida de la fuente de tráfico que origina la llamada en la central. También es el encargado de definir la lista de tareas que serán necesarias para que la comunicación pueda establecerse a dicho destino.

La información que recibe dicho subsistema es el número marcado por el abonado llamado y las características de la fuente de tráfico. El subsistema consta de una FMM (finite message machine) llamada PATED (prefix analysis and task element definition) . Esta FMM está localizada dentro del :

- ACE SCALSVL para el caso de que la fuente sea un abonado , y
- ACE SCALSVT para el caso de que la fuente sea un enlace de entrada (una vía de 30 canales)

Los tipos de fuente de tráfico que puede tener una central son muchos. Por ejemplo abonados normales, abonados móviles, operadoras, enlaces digitales,etc. Los tipos de fuentes de tráfico se les agrupa en lo que llamamos "sourcecode". Por ejemplo para diferenciar una nueva ERSU Que se conecta a la central de otras ERSU existentes, se creará un origen de acceso nuevo. El "sourcecode" que contiene dicho nuevo origen será tambien nuevo, pues el sourcecode identifica todo a la vez. Es decir, el sourcecode es un identificador que identifica de forma única una lista de parámetros (origen de acceso, plan de numeración, arbol de dígitos, origen de señalización, origen de emergencia, origen de tarificación,etc).

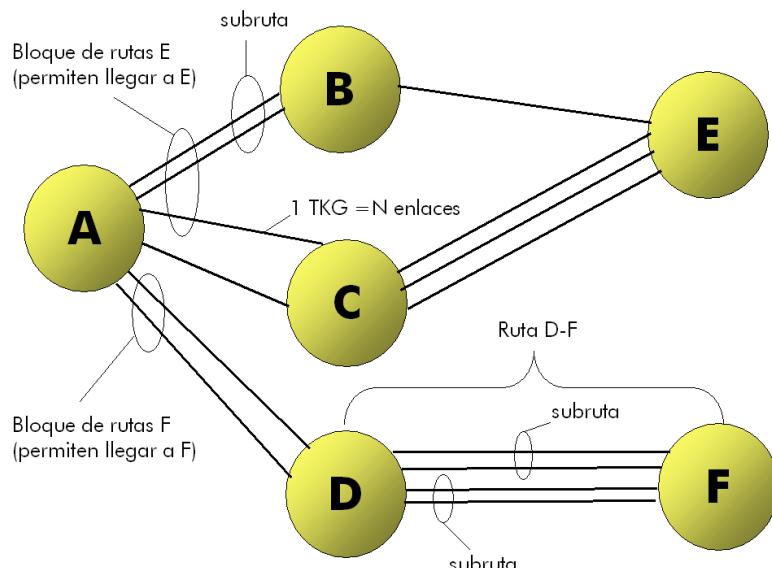
En España el plan de numeración es el E164

En cuanto al arbol de dígitos son un conjunto de tablas en las que están definidos todos los prefijos posibles. A partir del análisis del arbol de dígitos el PATED obtiene un CPX ("prefijo condensado"). EL CPX obtenido en una llamada es una lista de destinos por cada tarea que haya que realizar. Cada destino es la referencia a un elemento para enrutar la voz, para enrutar la señalización, para enrutar en caso de emergencia, para tarificar, etc

Las tareas asociadas al enrutamiento de una llamada pueden depender, además del destino de enrutamiento, del origen de enrutamiento y del tipo de llamada, de la fecha en la que se realiza la llamada. De esta manera se puede conseguir que una llamada efectuada en día laborable sea enrutada como llamada saliente y que la misma llamada efectuada un domingo sea enrutada a una locución, por ejemplo. Este sería una especie de servicio ARS básico (advanced routing service) . La red inteligente proporciona mediante el ARS una gran flexibilidad de enrutamiento que no proporciona la central.

10.2.4 Administración de bloques de rutas y de enlaces

La estructura de enlaces de las centrales viene representada en el siguiente diagrama



Enlace: A veces hay confusión con este término. Un enlace dentro de este contexto es un canal dentro de una vía de 2Mbit que une directamente dos centrales o una central y una PABX. Por lo tanto , un TKG se compone de N enlaces , siendo N un múltiplo de 30, ya que cada TKG está compuesto de varias vías de 2Mbit

Grupo de enlaces (TKG trunk group): grupo de enlaces que unen dos centrales de idéntico tipo de señalización . Puede haber TKG entrantes, TKG salientes y TKG bidireccionales. En estos últimos los canales (a los que llamaremos indiferentemente enlaces) a veces funcionan como entrada y a veces como salida, según convenga.

Ruta: una ruta está definida por dos centrales unidas entre si por varios TKG. Por lo tanto un TKG pertenece a una ruta.

Subruta: está compuesta por uno o mas TKG del mismo tipo (pertenecientes a la misma ruta e idéntica señalización). Por lo tanto un TKG pertenece a una subruta y una subruta pertenece a una ruta

Bloque de rutas: es una clasificación diferente de las subruturas. Es un conjunto de subruturas pertenecientes a diferentes rutas que cumplen unas prestaciones en cuanto a capacidad y señalización. Aunque las diferentes subruturas de un bloque conecten con diferentes centrales, se supone que permiten llegar a un mismo destino último

10.2.4.1 TCEs de enlace

Los enlaces asociados a un TKG pertenecen físicamente a un TCE de enlaces determinado. El tipo de señalización que es capaz de soportar un enlace viene determinado por el hardware y el software del TCE de enlaces al que pertenece. Existen distintos tipos de TCE y cada uno es capaz de soportar distintos tipos de señalizaciones.

Los distintos tipos de TCE de enlaces son:

DCASTCE: sólo soporta señalización por canal asociado (CAS)

DISUPTCE: soporta N7 ISUP

IPTMN7: soporta todas las señalizaciones N7

PTMPRA: maneja los accesos primarios ISDN

IPTMX25: maneja las conexiones X25

La selección de un enlace (o canal) dentro de un TKG puede ser cíclica o secuencial. En el caso de enlaces bidireccionales, pueden ser tomados a la vez por las dos centrales que une, de modo que una de las dos siempre tendrá la prioridad. Cuando dos centrales están unidas por enlaces bidireccionales, habrá unos cuantos sobre los que la central A tenga la prioridad y otros sobre los que la prioridad la tenga la central B. Normalmente se usan estrategias:

FIFO: para los enlaces sobre los que la central tiene prioridad. Cuando se libera un enlace pasa al final de la cola, usándose de este modo todos los enlaces por igual.

LIFO: para los enlaces sobre los que la central no tiene la prioridad. Cuando se libera un enlace pasa al principio de la cola, usándose de este modo los mismos enlaces casi siempre

La búsqueda de un enlace libre siempre se realizará sobre la cola FIFO, y en caso de estar todos ocupados se intentará seleccionar un enlace de la cola LIFO.

10.2.5 Administración de tarifas

El subsistema de tarificación se compone de tres tareas:

Análisis de tarifa: procedimiento para asociar una tarifa a una llamada. Para ello hay que tener en cuenta el tipo de tráfico (local, zonal, interzonal, internacional y facilidad) en función del número llamante y llamado. En realidad en lugar del número llamante y llamado se usa el "código de origen" y el "código de destino" que son códigos que se asocian a, por ejemplo todos los abonados que pertenecen a una misma ERSU. Dentro de una tarifa el coste depende del calendario (franja horaria, tipo de día..). El ACE SCALSCL/T : realiza las funciones de análisis de tarifa (FMM CHAN) y control de todo el proceso de tarificación (FMM CGC)

Generación de pulsos de tarificación: se generan de forma periódica durante la llamada. Dependiendo del tipo de tarifa se puede generar un solo pulso al principio o de forma periódica. A estos pulsos se les suele llamar también "pasos" y su periodicidad depende, entre otras cosas de la legislación. El TCE L/TTCE se encarga de generar los pulsos (concretamente la FMM LCG) durante una llamada.

Grabación de registros de tarificación: los registros detallados se vuelcan en cinta periódicamente. El ACE: SACECHRG: y concretamente los FMM MCC, AMA y LTL se encargan de generar los registros de llamada (también llamados registros de tarificación o CDRs)

10.3 Señalización N7

10.3.1 Protocolos de ANSI SS7

La pila de protocolos SS7 Comprende un conjunto de protocolos con diferentes propósitos

SS7 protocol suite	
Layer	Protocols
Application	INAP, MAP, IS-41... TCAP, CAP, ISUP, ...
Transport	SCCP
Network	MTP Level 3
Data link	MTP Level 2
Physical	MTP Level 1 ...

Los tres niveles inferiores forman lo que se conoce como MTP (message transference part). Básicamente proporciona un servicio de envío y recepción de mensajes , similar al protocolo IP, solo que con otro tipo de direcciones llamados “Point Codes”. Al igual que en IP, una central puede tener varios “point codes” y así pertenecer a distintas redes de señalización.

Las centrales de comutación no tienen algoritmos como los Routers IP para saber por donde tienen que encaminar un mensaje para que llegue a un destino, por lo que las tablas de enrutamiento se definen a mano en la central. Si una central no sabe a donde tiene que enviar un mensaje para que le llegue a un destino, se lo enviará a la central que tenga definida por defecto, y dicha central se supone que sabrá a donde enrutar ese mensaje. A veces encontramos centrales que solo tienen esta función, la de recibir y enviar mensajes de señalización. A estos nodos se les llama PTS (punto de transferencia de señalización). El S12 actúa como central y como PTS simultáneamente, y no se instala como simple PTS. Otros fabricantes venden equipos que actúan sólo como PTS. La decisión de instalar nodos PTS en la red o no hacerlo, depende del número de centrales de la red y se explica en un apartado posterior

Los protocolos de aplicación usan el SCCP, que es algo así como el TCP del mundo de la comunicación telefónica. En lugar de “puertos TCP” usa “Sub System Numbers”, pero es el mismo concepto. Estos protocolos son:

ISUP: para reservar enlaces entre centrales con objeto de establecer una llamada

INAP: IN application part: para dialogar con la IN, controlando el estado de la llamada y disparando a la IN ante eventos, así como mensajes desde la IN para enrutar a un destino u otro, etc

CAP: CAMEL Application part : igual que INAP

MAP: mobile Application part : específico de la red móvil. Es como INAP solo que tiene funciones específicas válidas solo en la red móvil, como por ejemplo, la actualización de la posición y estado que hace el VLR sobre el HLR, o la posibilidad de interrogar al HLR con la primitiva ATI que nos da la posición del abonado, etc

10.3.2 Señalización TUP vs ISUP

EL TUP (telephony user part) era utilizado para establecer y liberar llamadas de voz (no de datos). No usa SCCP y debido a la limitación de las llamadas de datos, fue reemplazado por ISUP.

ISUP Es usado para llamadas ISDN y no ISDN y es parte de la señalización ANSI SS7 para remplazar TUP, el cual no soporta la transmisión de datos

10.3.3 Señalización ISUP

ISUP es usado para llamadas ISDN y no ISDN. Las centrales lo hablan entre si con el objetivo de reservar circuitos para las llamadas.

Una vez reservados los circuitos correspondientes de cada tramo de la llamada, el teléfono destino comenzará a sonar.

10.3.4 Mensajes ISUP intercambiados por las centrales

10.3.4.1 Campos de cabecera

Existe un campo común en todos los mensajes llamado SIF (Signaling Information Field). En dicho campo se coloca la dirección origen y destino

Optional part	Variable mandatory	Fixed mandatory	Message type	Circuit identification code	Routing label
---------------	--------------------	-----------------	--------------	-----------------------------	---------------

Routing label: Está integrado por el Origination Point Code (OPC), con el cual se identifica al punto de señalización origen; por el Destination Point Code (DPC), el punto hacia a donde se dirige el mensaje y el Signalling Link Selection (SLS), el cual identifica al enlace escogido para transmitir el mensaje y así distribuir la carga en los enlaces.

Circuit identification code: (CIC) identifica el circuito de voz para el cual se ha mandado el mensaje.

Message type: El código del mensaje, con el cual se puede identificar el formato establecido que lleva la información. Ejemplos:

IAM = 00000001 (inicio de llamada)

REL = 00001100 (liberación de llamada)

ACM = 00000110 (significa que el circuito ha sido reservado)

ANM = 00001001 (significa que el destino ha descolgado)

Existen otros tipos de Mensajes ISUP , auxiliares

BLA= Blocking Acknowledgment

CMC= Call Modification Complete

CPG= Call Progress (para notificar el ringing)

RES= Resume

Fixed mandatory part: Parámetros obligatorios para el mensaje mandado, los cuales es necesario que se especifiquen sus valores en el mensaje, ejemplos de estos parámetros en un mensaje IAM:

- Nature of connection- status de la conexión establecida, si incluye satélite, supresor de eco, etc
- Calling Party Category - Identifica si es un abonado normal, el lenguaje de la operadora, etc
- Forward Call Indicator - si la llamada es nacional, interfuncionamiento de redes, preferencia ISUP, etc

Variable Mandatory: Parámetros obligatorios variables en longitud, en donde se especifica información que no es de longitud fija, como puede ser el número desde donde se hace la llamada, el número a llamar, etc.

Optional part: Parámetros Opcionales, como su nombre lo indica, es información que no es vital y que bien puede no ser incluida en el mensaje, ejemplo de esto: Número llamado inicialmente, número de redirecciónamiento, número de la parte llamante, etc. Estos parámetros para poder ser identificados se tienen que especificar proporcionando su código así como también su longitud total en octetos, por ejemplo:

Número para tarificación = 11101011

Selección de Red de Tránsito = 00100011

10.3.4.2 Campos de datos

Después del Campo de Información de Señalización (Signaling Information Field), de tamaño fijo y obligatorio, un mensaje ISUP contiene una parte de tamaño variable que depende del tipo de mensaje que se haya enviado. Los mensajes más comunes son:

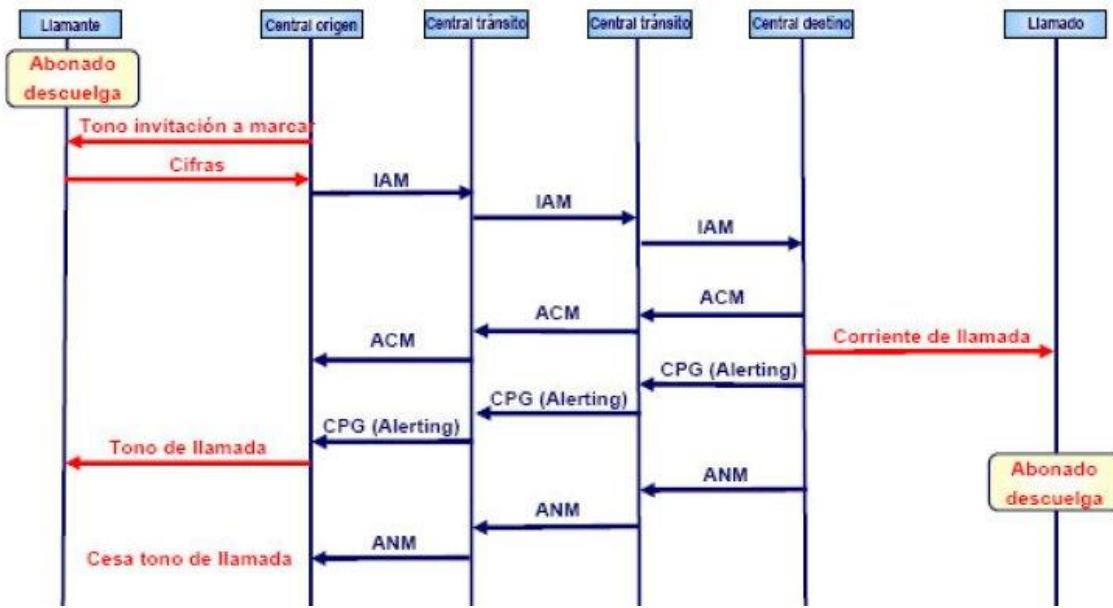
Mensaje de Dirección Inicial(IAM) - Primer mensaje enviado para informar al switch, que la llamada ha de ser establecida en el CIC contenido en el mensaje. Contiene el número del llamado y el llamador, tipo de servicio y algún parámetro opcional más.

Mensaje de Dirección Completa (ACM) - Mensaje devuelto por el último switch cuando el suscriptor es llamado y la llamada comienza.

Mensaje de Respuesta (ANM) - Enviado cuando el suscriptor coge el teléfono. Normalmente la carga comienza en este momento

Liberación (REL) - Enviado para limpiar la llamada cuando el suscriptor es enganchado.

Liberación completo (RLC) - Reconocimiento de la liberación de la llamada - el timeslot queda ocioso y puede ser usado otra vez. Esto es enviado también (sin mensaje REL precedente) si el switch terminador determina que la llamada no puede ser completada. El switch terminador también manda un "valor de causa" para explicar la razón del fallo

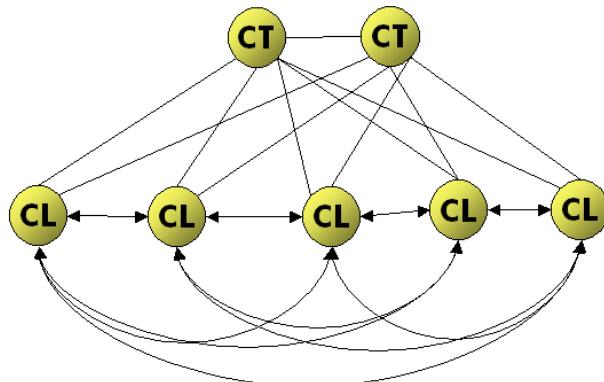


10.3.5 Para qué sirven las PTS

A veces encontramos centrales que solo tienen esta función, la de recibir y enviar mensajes de señalización. A estos nodos se les llama PTS (punto de transferencia de señalización). El S12 actúa como central y como PTS simultáneamente, y no se instala como simple PTS. Otros fabricantes venden equipos que actúan sólo como PTS. La decisión de instalar nodos PTS en la red o no hacerlo, depende del número de centrales de la red.

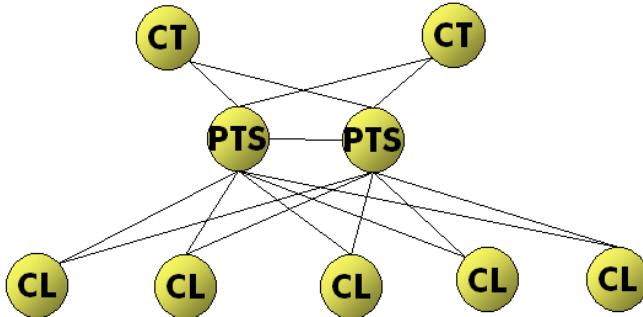
Resulta que las placas que manejan la señalización son caras. Si tenemos muchas centrales (por ejemplo Telefónica de España tiene alrededor de 800) conseguir que las centrales locales hablen entre sí y con las de tránsito implica muchos enlaces entre centrales, lo cual implica muchas placas de señalización.

$$7 \text{ centrales} = 7 * 6 = 42 \text{ (contando 2 veces cada uno)} \rightarrow 21 \text{ enlaces}$$



Sin embargo si usamos PTS, podemos ahorrar muchos enlaces de señalización (muchas placas). Las centrales van a estar igualmente conectadas entre sí pero solo por enlaces de voz (sin necesidad de placas de señalización)

$$7 \text{ centrales} = 7 * 2 + 1 = 15 \text{ enlaces}$$

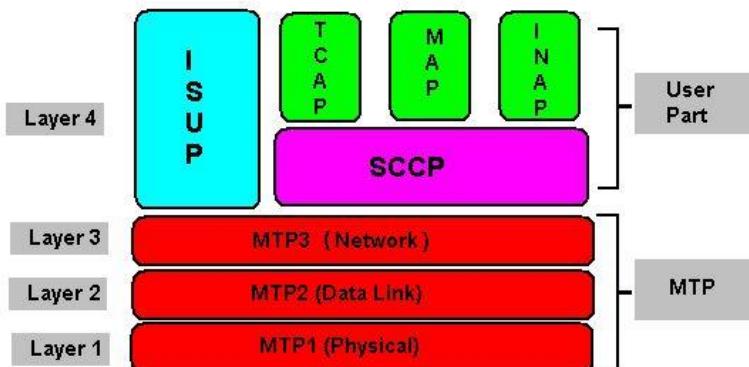


Si este modelo se replica en la red muchas veces, ahorramos muchas placas de señalización. Por ejemplo ONO solo tiene 27 centrales y no usa apenas PTS porque no merece la pena, supondría un ahorro muy pequeño.

10.4 Tipos de enruteamiento en SS7

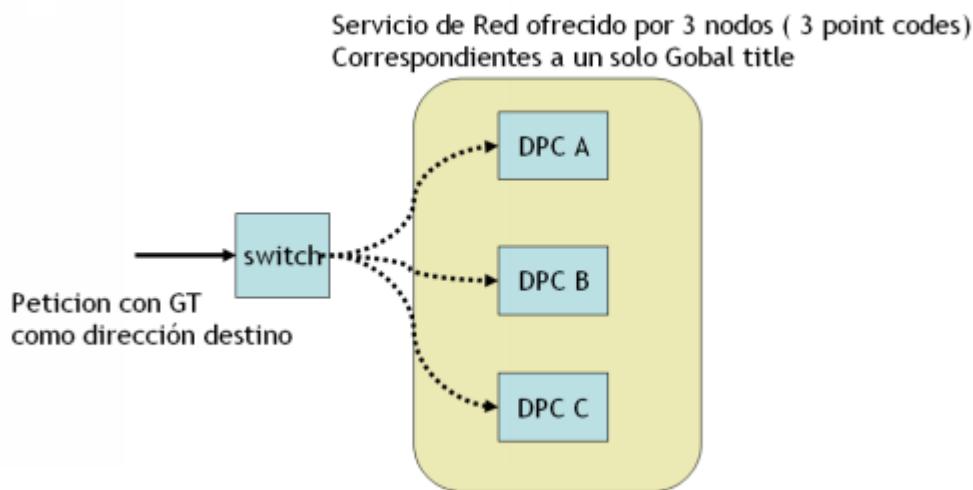
En SS7 hay dos formas de enrutar:

- DPC + SSN : esto sería algo parecido a dirección IP + puerto. En la pila de protocolos de SS7 , la capa MTP pone como dirección de destino un DPC (destination point code) y en la capa SCCP se pone el SSN que identifica un servicio dentro de un nodo, por ejemplo un servicio de red inteligente en un nodo SCP. Como ves en ISUP no hay SCCP de modo que solo se puede enrutar por DPC



The SS7 Protocol Stack Model

- Global title: un GT es un numero que identifica un dialed Number, es decir cuando llamas por tlf, el SSP traduce el GT que has marcado a un DPC, que se corresponderá con la central de destino. Este sistema también sirve para enrutar a un numero de destino que puede cambiar en función de alguna lógica de servicio. No existe algo parecido en TCP/IP. Se podría decir que una GT es un numero que hace las veces de IP y puerto a la vez. Adicionalmente, un GT se puede corresponder con un conjunto de DPCs con sus SSN correspondientes, de modo que la red decide a que DPC enrutar en función de la carga de la red



Si por ejemplo marcas un numero de teléfono y el SSP no sabe enrutar, puede hacer una query a un STP y le contesta con el DPC+SSN, o simplemente con el DPC. Esta query sería una query TCAP. El STP podría contestar con un DPC distinto cada vez, para proporcionar balanceo de carga entre diferentes DPCs. Otra posibilidad es simplemente que el SSP delegue lo que no sabe enrutar en otro SSP, de modo que le envía un IAM de ISUP y el SSP que lo recibe intenta averiguar con sus tablas a donde enrutar la llamada



Una de las utilidades es por ejemplo el envío de una petición al HLR desde un nodo de red inteligente. Si queremos conocer la localización de un usuario y tenemos 8 HLRs en la red, podemos enviar un mensaje MAP a un STP y enlazarlo por global title (activando el indicador en la capa SCCP) y como dirección de GT pondremos el MSISDN y en el DPC pondremos simplemente el STP. En ese caso el STP leerá el mensaje, verá que está

activado el GT y enviará el mensaje al HLR donde se encuentre ese abonado de acuerdo a sus tablas internas.

Hay escenarios un poco más rebuscados, en los que el GT no se corresponde con un número de abonado, sino que debe direccionar a un servicio de red inteligente. Por ejemplo en un periférico inteligente, al que llega un IAM de ISUP, para que el SRP pueda a continuación mandar una petición CS1 contra el servicio de red inteligente que ha provocado ese IAM, debe extraer el numero del Called y usarlo como GT y además se debe marcar en la cabecera SCCP que el mensaje ha de ser enrutado por GT (ver apartado dedicado al SRP-Specialized Resource Point). La cabecera SCCP es muy larga pero contiene, entre otras cosas, esto que muestro a continuación, que son los campos para llenar la GT. Como ves una GT es lo mismo que un número de teléfono, con su plan de numeración, naturaleza de dirección, etc

	Octets								Bits				GTI =									
	8	7	6	5	4	3	2	1	0001	0010	0011	0100										
a	Translation Type (TT)								A	P	P	P										
b	Numbering Plan		Encoding Scheme						A	A	P	P										
c	-	Nature of Address							P	A	A	P										
d	Digit		Digit																			
GTA									P	P	P	P										
n	Digit/Filler																					

Figure 15.2-2. Global title format. P, Octet is present; A, octet is absent. (From Rec. Q.713. Courtesy of ITU-T.)

Pues bien, en el IAM que llega desde el SCP, nos llega un CPN (called party number). Este mensaje nos llega enrutado por DPC, porque ISUP no usa cabecera SCCP, y cada operador mete el GT (que es para el SCCP que se usará posteriormente) en el mensaje IAM en campos y subcampos variopintos. No deja de ser una chapuza ad hoc, es una forma de pasarnos el GT en un campo que es para meter un called, pero al fin y al cabo es un numero

En un IAM en el Called y el calling nos llegan así:

```

19 V | 0000 1000 | Called Party Number LI = 8 octet(s)
20 V | 0|0000011 | Nature of address = national (significant) number
21 V | 1|0010000 | Numbering plan = ISDN
22 V | 1011|1001 | Address Signal = 9B911105444F

```

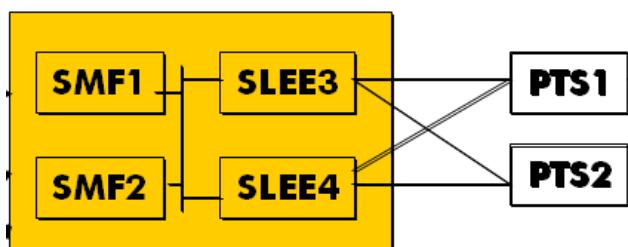
- 32 O | 0000 0111 | Calling Party Number LI = 7 octet(s)
- 33 O | 1|0000011 | Nature of address = national (significant) number
- 34 O | 0001|0001 | Numbering plan = ISDN; presentation allowed
- 35 O | 0011|1001 | Address Signal = **935022061**

quien nos llama es el 935022061 pero ese es el abonado que llamó al servicio de IN. El called es lo que importa, es decir el 9B911105444F. ese numero lo ponemos como GT para nuestro envío hacia el SCP y listo

El STP al que le llega el mensaje supuestamente tiene unas tablas con las que puede saber a qué DPC y SSN enrutar dicho mensaje, en cuya cabecera SCCP se dice que se usa el GT y se pone el CPN como valor de la GT, pero también puede simplemente ir cambiando la dirección MTP (el point code) de nodo a nodo y al final llega al SCP, el cual debe saber entender el GT para saber a qué servicio y diálogo dentro de ese servicio entregar el mensaje.

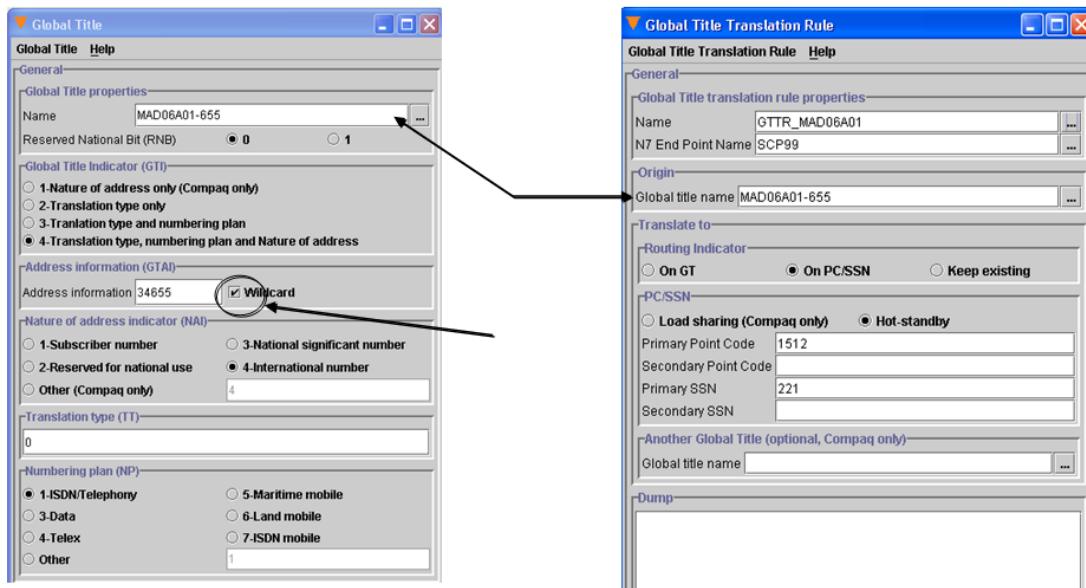
Para configurar un nodo para que enrute por GT, podemos dar de alta todos los posibles GT (millones de abonados) o simplemente dar de alta algunos prefijos y decidir en base a esos prefijos a qué PTS le mandamos el mensaje para que lo enrute.

Por ejemplo, en un servicio de localización, tenemos lo siguiente:
 Para el prefijo "34 65.." las peticiones MAP dirigidas al HLR (que no sabemos cuál es porque el operador tiene muchos) se enruta a la PTS-2 (PC=1512) y en caso de que la conexión no funcione, se enruta a la PTS-1 (PC=1511).



Las PTS saben enrutar al HLR donde se encuentra el abonado definido por la GT.

Aquí se muestra la configuración. Dada una GT (un MSISDN o un prefijo en este caso) se transforma en la dirección DPC+SSN de una PTS. EN este ejemplo aparece marcado el enrutamiento DPC/SSN pero lo normal es que mantengamos el enrutamiento “on GT” y se lo mandemos al DPC de la PTS simplemente, para que sea la PTS la que enrute al destino en función de la GT



10.5 Servicios suplementarios ofrecidos por una central

Los servicios suplementarios son los servicios de telecomunicación que modifican o complementan el servicio básico de telefonía. La variedad de servicios ofrecidos depende de la central. Para servicios más complicados es necesario el uso de un nodo de red inteligente. A continuación se muestran los más clásicos ofrecidos por las centrales.

AVISO : (despertador local) : Con este servicio hacemos que se nos efectúe una llamada a nuestro número de teléfono a la hora que anteriormente hallamos programado.

MARCACIÓN MULTIFRECUENCIA : Este servicio permite que el aparato telefónico señalice con la central enviando unas frecuencias en un código establecido para cada dígito (código 2 entre 5), de tal forma que cada tecla que pulsamos, ponemos en la línea 2 frecuencias que serán interpretadas debidamente en la central.

INDICACIÓN DE LLAMADA EN ESPERA : El abonado que tenga este servicio activado recibirá, cuando se encuentre en conversación y una tercera persona intenta comunicar con él, un tono especial (tono de indicación de llamada en espera) que le avisará de esta circunstancia. En este momento, se podrá optar por ignorar esa llamada, o bien retener al abonado con quien se encontraba comunicado y establecer comunicación con la llamada que le acaba de entrar.

CONSULTA Y CONFERENCIA A TRES : Este servicio permite que teniendo una comunicación establecida, retenerla y establecer otra con un tercero

(llamada de consulta). Una vez hecha esta selección y mediante códigos adecuados en su teléfono podrá o bien hablar con uno de sus corresponsales (reteniendo al otro), o establecer comunicación simultánea entre los tres corresponsales (conferencia a tres).

DESVÍO DE LLAMADA : Cuando se tenga activado este servicio, las llamadas dirigidas a su teléfono serán desviadas hacia otro previamente definido.

LÍNEA DIRECTA SIN MARCACIÓN : Este servicio permite establecer comunicaciones con un número N (local, nacional o internacional), programado previamente, sin más que descolgar el microteléfono y dejar transcurrir un pequeño intervalo de tiempo (7 segundos). Si durante esos siete segundos se realiza cualquier otra operación no se hace efectiva la "marcación directa".

TELEVOTO : El abonado que tiene instalado este servicio y por medio de un circuito auxiliar instalado en casa del abonado, tiene la posibilidad de contabilizar las llamadas que se efectúen desde dicha línea.

DESVÍO DE LLAMADA SI OCUPADO : Este servicio permite que todas las llamadas que se dirijan a un teléfono, cuando éste se encuentre ocupado, sean desviadas a otro número que se haya programado en el momento de la activación.

INTERCOMUNICADOR LOCAL : Permite al abonado con esta facilidad, efectuar una llamada sobre su propia línea, con el fin de establecer una comunicación entre su aparato telefónico y otro conectado en la misma línea.

10.5.1 Servicios suplementarios del S12

En el caso del S12, los servicios se subdividen en diferentes categorías según el tipo de abonado. Se citan a continuación todos ellos a modo ilustrativo, sin entrar en cada uno.

10.5.1.1 Servicios Suplementarios POTS.

- Restricción de tráfico entrante (Incoming Call Barring, ICB).
- Llamada en Espera (Call Waiting, CW).
- Identificación de llamada maliciosa (Malicious Call identification, MCI).
- Consulta y Conferencia a 3 (Three Party Services, 3PTY).
- Línea Directa Diferida sin Marcación (Fixed Destination Call, FDC).

- Llamada de aviso local ó despertador (Alarm Call, ALC).
- Desvío de llamada incondicional o inmediato (Call Forwarding Unconditional, CFU).
- Desvío de llamada en ausencia de respuesta (Call Forwarding No Replay, CFNR).
- Rellamada a cliente ocupado (Call Completion on Busy Subscriber, CCBS).
- Prohibición de recibir llamadas desviadas (Incoming Forwarded Call Barring, IFCB).
- Restricción de tráfico originado sín/con control del usuario (Outgoing Call Barring, OCB/OCB-UC).
- Intercepciones: Clientes Morosos, líneas fuera de servicio o líneas vacantes (Interception: Bad Payer, Line Out of Services, Vacant Line, INT: BP, LOS, VL).
- Acceso a buzon de voz basado en CFB/CFNR (Voice Mail, VoM).
- Desvío de llamada en caso de ocupado (Call Forwarding on Busy, CFB).
- Teletax (Home Meter, HM). * 'soportado solo sobre líneas directas'
- Corriente de llamada personalizada (Distinctive Ringing, DR).
- Lectura contador global (Reading of Meters Global Counter, ROM_GC).
- Lectura contador última llamada (Reading of Meters Last Call, ROM_LC)
- Límite de credito (Credit Limit, CRL).
- Indicación de mensaje en espera por cambio de tono (Message Wait Indication by tone modification, MWI).
- Gestión de buzon de voz basado en TCAP (TCAP Voice Mail, T-VoM).
- Cambio de palabra clave (Security Tool, ST).

10.5.1.2 Servicios Suplementarios POTS- CLASS.

- Presentación del número de la línea llamante. (Calling Line Identification Presentation for Analog Subscribers, CLIP-A).
- Restricción de la presentación del número de la Línea Llamante (Calling Line Identification Restriction for Analog Subscribers, CLIR-A).
- Retorno de llamadas indicando fecha y hora (Call Return with Date and Time, CR-D&T).
- Edición de listas de números para servicios selectivos (Selective Services List Edition, SLE).
- Rechazo selectivo de llamadas (Selective Call Rejection, SCREJ).
- Corriente Selectiva de llamadas (Selective Ringing, SR).

- Desvío Selectivo de Llamadas (Selective Call Forwarding, SCF).
- Aceptación selectiva de llamadas (Selective Call Acceptance, SCA).
- Indicación de llamada en espera selectiva (Selective Call Waiting, SCW).
- Rechazo de llamada anónima (Anonymous Call Rejection, ACR).
- Presentación de Identificación de la Línea Llamante durante fase de conversación (Calling Line Identification Presentation for Analog Subscriber in conversation phase, CLIP-AA).

10.5.1.3 Servicios Suplementarios RDSI en Accesos Básicos.

- Presentación de Identificación de la Línea Llamante (Calling Line Identification Presentation, CLIP).
- Restricción de la Identificación de la Línea Llamante (Calling Line Identification Restriction, CLIR).
- Presentación de la Identificación de la Línea Conectada (Connected Line Identification Presentation, COLP).
- Restricción de la Identificación de la Línea Conectada (Connected Line Identification Restriction, COLR).
- Subdirecciónamiento (Subaddressing, SUB).
- Marcación directa de extensiones (Direct Dialling, DDI).
- Múltiples números de abonado (Multisubscriber Number, MSN).
- Portabilidad de Terminales (Terminal Portability, TP).
- Información de tarificación (Advice Of Charge, AOC).
- Llamada en Espera (Call Waiting, CW).
- Retención de Llamadas (Call Hold, CH).
- Grupo cerrado de usuarios (Closed User Group, CUG).
- Desvío de Llamada Incondicional o inmediato (Call Forwarding Unconditional, CFU).
- Desvío de Llamada en Caso de Ocupado (Call Forwarding Busy, CFB).
- Desvío de Llamada en Ausencia de Respuesta (Call Forwarding No Reply, CFNR).
- Consulta y Conferencia a 3 (Three Party Service, 3PTY).
- Información usuario-usuario (User-to-User Infomation, UUI).
- Línea Directa sin Marcación (Fixed Destination Call, FDC) Modo estímulo.
- Restricción de Tráfico Originado (Outgoing Call Barring, OCB) Modo estímulo.
- Rellamada a cliente ocupado (Call Completion to Busy Subscriber, CCBS).
- Desvío de llamada (Call Deflection, CD).

- Llamada maliciosa basada en identidad de número A (Malicious Call Identification, MCI).
- Multiconferencia no concertada (Add On Conference, ADOC).
- Acceso a buzón de voz basado en CFB/CFNR (Voice Mail, VoM).
- Gestión de buzón de voz basado en TCAP (TCAP Voice Mail, T-VoM).
- Indicador de llamada en espera por TCAP(Message Wait Indicator, MWI).
- Cambio de palabra clave (Security Tool, ST)
- Transferencia explícita de llamada (Explicit Call Transfer, ECT).

10.5.1.4 Servicios Suplementarios RDSI en Accesos Primarios.

- Presentación de Identificación de la Línea Llamante (Calling Line Identification Presentation, CLIP).
- Restricción de la Identificación de la Línea Llamante (Calling Line Identification Restriction, CLIR).
- Presentación de la Identificación de la Línea Conectada (Connected Line Identification Presentation, COLP).
- Restricción de la Identificación de la Línea Conectada (Connected Line Identification Restriction, COLR).
- Subdirecciónamiento (Subaddressing, SUB).
- Marcación directa de extensiones (Direct Dialling, DDI).
- Información de tarificación (Advice of Charge, AOC).
- Grupo cerrado de usuarios (Closed User Group, CUG).
- Información usuario-usuario (User to User Information, UUI).
- Desvío de llamada (Call Deflection, CD).

10.5.1.5 Servicios Portadores RDSI

- Conversación.
- Audio 3,1 KHz.
- 64 Kbit/s.

10.6 Servicio CENTREX

Las empresas, básicamente, disponen de dos opciones a la hora de solucionar sus necesidades de comunicaciones telefónicas. La primera es contratar tantas líneas públicas como necesite -una por cada puesto de trabajo-, y la segunda disponer de una centralita o PBX, conectada a la red pública mediante uno o varios enlaces y que facilita las extensiones que se necesitan dentro del recinto de la empresa.

Cada una de estas soluciones presenta sus ventajas e inconvenientes, siendo adecuadas según qué circunstancias, por lo que ha aparecido una tercera opción, el Centrex (Central Office Exchange Service), que trata de agrupar los beneficios de una y otra en la misma, descartando sus inconvenientes.

Emplear una PBX cuando el número de extensiones y/o enlaces es reducido puede resultar en algunos casos costoso para la empresa, ya que la inversión inicial a realizar en la compra del equipo puede ser alta y tener un período largo de amortización. Una solución a esta problemática la da el servicio Centrex proporcionado por algunos operadores telefónicos públicos

Un concepto clave en Centrex es el de "grupo" ya que aunque físicamente el servicio puede parecer como un simple conjunto de líneas, cada una de ellas conceptualmente pertenece a un grupo específico con funcionalidad y tarificación propia

Para los clientes también supone una serie de ventajas el reemplazar la PBX por el Centrex: no son necesarias grandes inversiones en equipamiento ni en líneas de enlace entre PBX caso de múltiples emplazamientos, la gestión y el mantenimiento lo proporciona el operador y pueden disponer de las mismas facilidades que proporciona cualquier PBX -plan de numeración privado, no tarificación de las llamadas internas, etc.-, pagando sólamente por las que contrate, contando con los mismos o incluso mayores niveles de fiabilidad ya que la disponibilidad de una central pública es más alta que la de una privada.

Una funcionalidad muy importante para las empresas es la de ACD, que representa para muchas la base de su negocio. Tradicionalmente, el ACD se ha basado en la PBX, pero ya es posible obtenerlo a través del operador público, por lo que compañías pequeñas que no podían invertir en la adquisición de la PBX ahora pueden tenerlo con un coste muy inferior; además, no se necesita que todos los agentes tengan que estar físicamente alrededor de la PBX situada en el domicilio de la empresa, sino que pueden estar distribuidos por toda la red, con lo que se facilita el teletrabajo al tiempo que se reducen costes y se gana en calidad de atención y disponibilidad del servicio.

En el caso del S12, el servicio CENTREX tiene las siguientes características generales:

- Servicio desplegable en entornos mono-multicentrales:
- Grupo centrex formado por líneas individuales (líneas analógicas POTS y/o accesos básicos RDSI), grupos centrex formados por líneas compartidas (PABXs analógicos y PABXs RDSI con BAs) ó combinaciones de ambas (centrex multigrupo).
- Posición de operadora: sobre líneas analógica POTS y/o accesos básicos RDSI.

- Plan de numeración privado.
- Acceso a buzón de voz.
- Función servicio jefe – secretario.
- Función servicio de noche.
- Locuciones personalizadas.

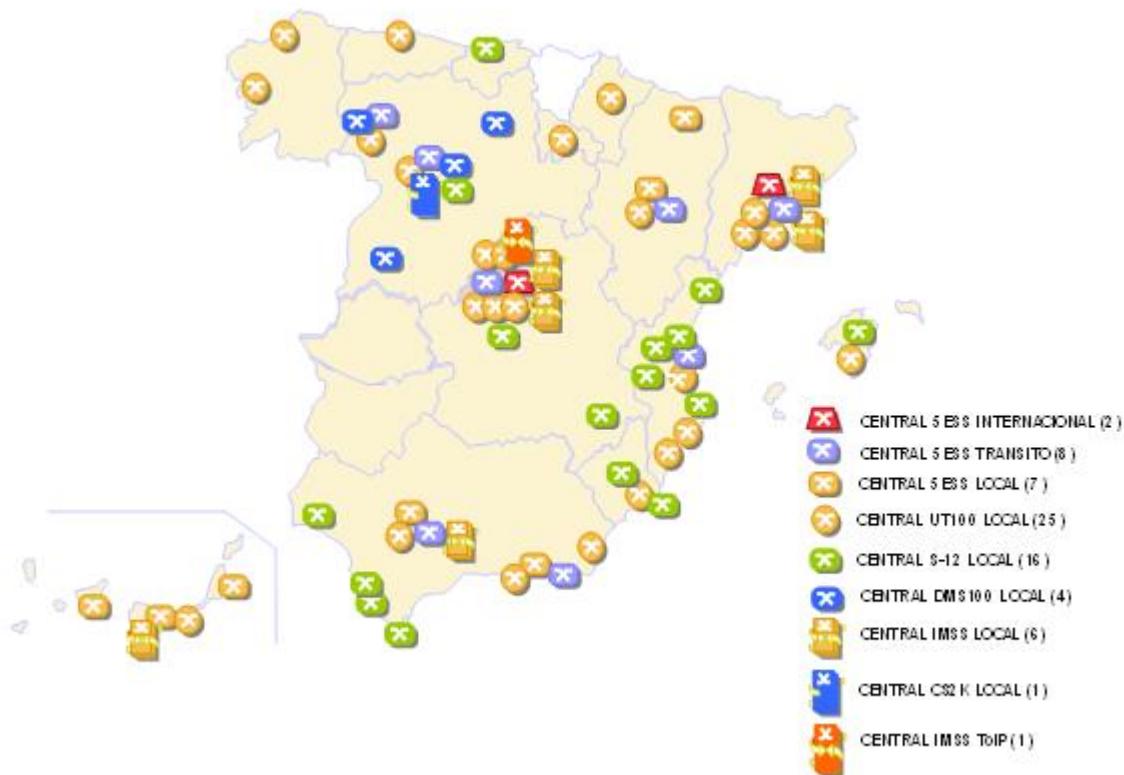
10.7 Ejemplo de una red de conmutación

Se describe a continuación la red de conmutación de ONO del año 2006. Está compuesta por centrales de diferentes fabricantes interconectadas entre sí.

Esta red está formada por 16 centrales con tecnología Alcatel 1000 S12, 25 centrales con tecnología Italtel UT-100, 6 centrales con tecnología iMSS de Italtel, 17 centrales con tecnología Lucent 5ESS y 4 centrales con tecnología Nortel DMS 100. Estas centrales de conmutación se encuentran distribuidas a lo largo de las principales ciudades en las que opera ONO. También hay un Call Server CS2000 de Nortel en Valladolid y 1 Call Server IMSS ToIP de Italtel en Madrid.

Todas estas centrales se encuentran interconectadas entre ellas formando una arquitectura jerárquica con amplios niveles de redundancia en cuanto a encaminamientos de voz y datos así como de señalización.

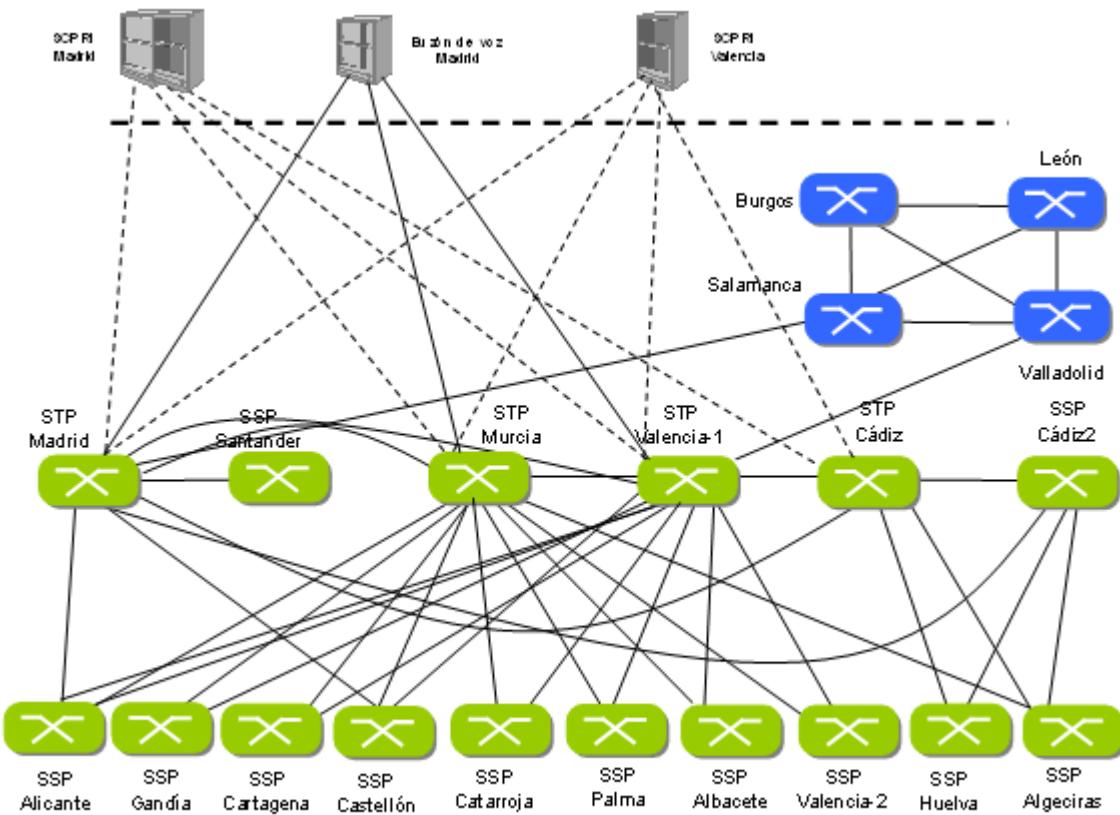
Seguidamente puede verse, la distribución actual de las centrales y la arquitectura de interconexión entre las centrales de conmutación:



El servicio de telefonía en la Comunidad Valenciana, Castilla – La Mancha, Región de Murcia, Cantabria, Mallorca, Huelva y Cádiz, está siendo ofrecido por una red compuesta por 16 centrales Alcatel S-12, donde 4 de ellas actúan con funcionalidad STP.

Para el servicio de telefonía de la comunidad de Castilla y León, se dispone de 4 centrales DMS-100 de Nortel. Actualmente el crecimiento de nuevos clientes en esta demarcación se realiza sobre un callserver CS2000 de Nortel.

En la siguiente figura aparece la topología general de esta parte de la red de conmutación.



En las comunidades de Aragón, Cataluña, Andalucía, Canarias, Navarra, Galicia, Asturias, Madrid, Baleares, C. Valenciana y Castilla-León se presta servicio de telefonía con centrales de Tecnología UT-100 e IMSS de Italtel y centrales 5ESS de Lucent que actúan como SSP.

Por otro lado, existen 8 centrales de tecnología Lucent 5ESS que actúan como capa de tránsito y STP de señalización con la RI y en ciertas interconexiones en la red y 2 centrales Lucent ubicadas en Barcelona y Madrid que actúan como centrales internacionales.

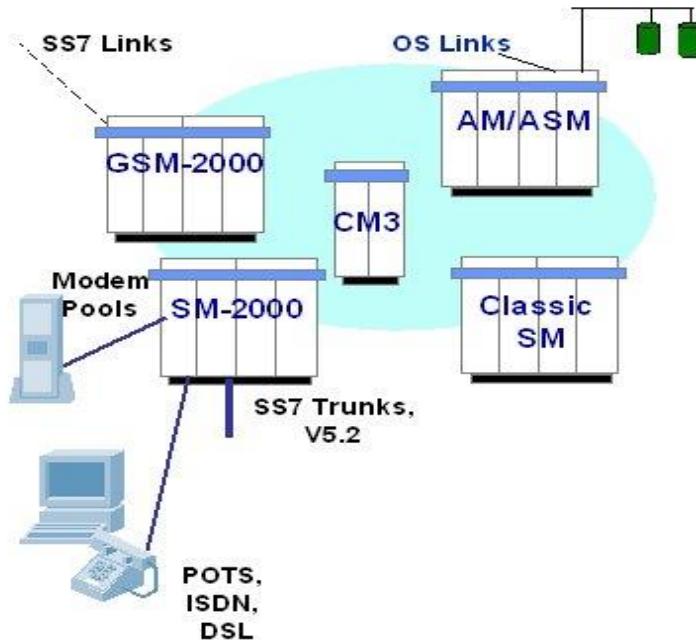
10.8 central de conmutación 5ESS

El sistema 5ESS es una central digital universal, que puede funcionar como central local, tránsito o internacional o como PTS en una red inteligente. Puede servir a una comunidad pequeña con menos de 100 abonados o a un área metropolitana grande, dando servicio a más de 100000 abonados. El 5ESS utiliza una conmutación del tipo T – S – T (tiempo– espacio – tiempo).

El sistema de conmutación 5ESS tiene un diseño modular, es decir; el hardware se

divide en tres tipos principales de módulos de equipos: el SM (switching module), el CM (communication module) y el AM (admin. Module)

En la figura aparece un esquema de las piezas de una central 5ESS



Hay muchos tipos de módulos de conmutación (SMs). El SM-2000 es el de mayor capacidad. Cada módulo ocupa varios bastidores. Todos los SM se conectan al módulo de comunicaciones, el cual establece los trayectos entre módulos SM

para completar comunicaciones de voz y datos.

El CM conmuta mensajes entre todos los módulos. Los SM están conectados

al CM mediante enlaces de fibra óptica (Enlaces NCT). Dos enlaces de NCT transportan los datos y los mensajes entre cada SM y el CM. Cada enlace NCT está compuesto por dos fibras ópticas, una para transmitir datos (del SM al CM) y la otra para recibir datos. Con los enlaces NCT se establecen 512 canales o rutas de comunicación entre

cada SM y el CM. Cada enlace transporta 256 de estos canales, multiplexados temporalmente en 256 intervalos de tiempo, estos se numeran secuencialmente del 0 al 511. Un enlace lleva los intervalos de tiempo pares (TX) y el otro los impares (RX).

El SM realiza la mayoría de las tareas de procesamiento de llamadas del 5ESS. Cada SM tiene una capacidad máxima de 4096 líneas analógicas o 500 enlaces analógicos (o 480 enlaces digitales). Se pueden añadir SM al

sistema, con un máximo de 192 SM por sistema. Los SM se conectan con los RSSUs a través de fibra óptica, usando interfaces V5.2.

Hay un tipo especial de módulo SM, el El RSM (remote switching module) está diseñado para poblaciones pequeñas que no tienen demanda (es el RSSU del 5ESS)

suficiente como para poner un 5ESS completo. El RSM puede estar situado a una distancia de 242 km como máximo de una central principal.

El RSM está conectado a un HSM mediante enlaces MIC. Se pueden interconectar hasta 4 RSM.

El ORM es un RSM conectado ópticamente al HSM, es decir, mediante fibra óptica, la distancia de separación con la central principal es de varios kilómetros. Es un módulo útil cuando tenemos una zona urbana muy grande, pudiendo distribuir ORM por toda ella.

El SM realiza funciones de llamadas de abonado, como por ejemplo:

- Llamada en espera.
- Marcación abreviada.
- Desvío de llamadas.
- Llamadas de conferencia.

Ejemplo de una llamada

El proceso es el siguiente:

- Los SM solicitan un trayecto de llamada de red mediante mensajes de control al AM.
- El AM envía comandos al CM y mensajes de control al SM destino seleccionado para establecer el trayecto de voz o datos.
- El CM comunica datos de llamada desde un SM a otro en intervalos de tiempo asignados temporalmente. Estos intervalos de tiempo se utilizan sólo durante el tiempo que dura la comunicación, quedando libre cuando esta termina.
- El AM debe encontrar un número de intervalos de tiempo en los enlaces NCT de ambos SM (origen y destino) que esté libre.
- Una vez encontrado el intervalo de tiempo libre en ambos SM, el AM informa a los SM del intervalo de tiempo que deben emplear para establecer la llamada.

10.9 Red inteligente

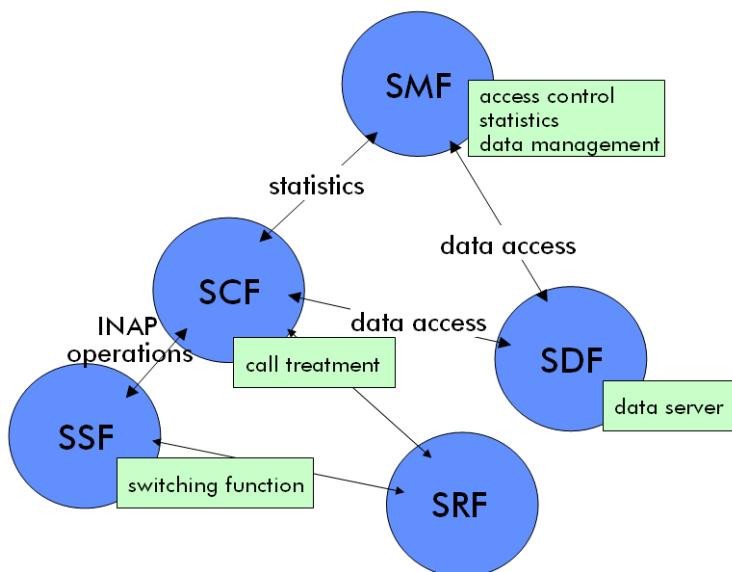
Para poder proporcionar servicios de valor añadido sobre la red telefónica básica se ha creado el concepto de red inteligente, que no son sino un conjunto de nodos de red capaces de proporcionar servicios tales como números de tarificación especial como 800, desvíos de llamada condicionales en función del llamante o la hora del día, redes privadas

virtuales (VPN), televoto, servicios de navegación mediante menús por tonos DTMF, etc

10.9.1 Fundamentos y arquitectura de OSP

La OSP (Open service Platform) es la solución de Alcatel Lucent para red inteligente. Consta de elementos de gestión (PSMF – Service management function) y de elementos de servicio (SLEE Service logic Execution environment). El SLEE ejecuta la lógica de la llamada, que tradicionalmente se llama SCP (service control point).

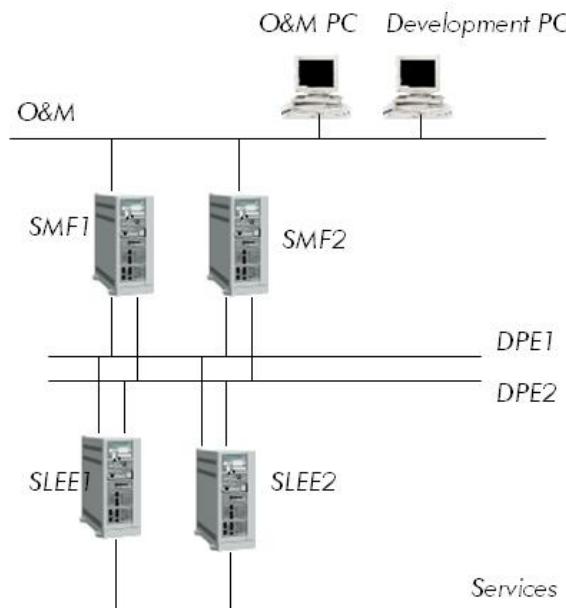
Además de estos elementos existen otros auxiliares como el SRP (nodo que puede poner locuciones y recoger DTMF del usuario) y SDF (base de datos).



El SSF es la función de switching, que normalmente se encuentra en la central del operador donde se conectan los enlaces SS7 del SLEE. El dialogo con la red suele ser protocolo CS1

La arquitectura de estos nodos es distribuida, pudiendo tener arquitecturas de SLEE en activo/standby o en reparto de carga. En cuanto al SMF se suele configurar en activo/standby ya que se trata de un elemento de gestión.

Además de las conexiones SS7, muchas veces hay servicios que necesitan una pata IP, porque manejen llamadas IMS o porque tengan interfaz http, como es el caso de las interfaces de los servicios de localización. En todos estos casos, la arquitectura suele ser como la representada, con una red de gestión, una red doble de comunicaciones internas llamada “DPE” y una red de servicios. La red DPE sirve para la comunicación interna de procesos de la plataforma.

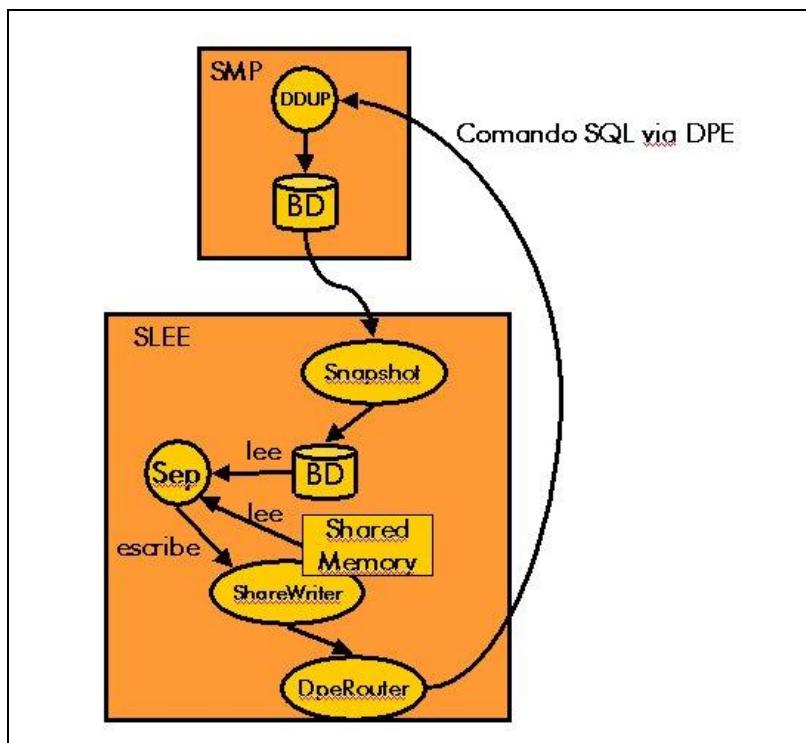


10.9.1.1 Procedimientos de actualización de datos:DDUP y snapshot

Las lógicas que corren en los SLEEs de una OSP nunca escriben en base de datos. Tan solo leen. Para escribir utilizan la shared memory, que es una especie de pequeña base de datos en ram. Para que los cambios en dicha shared memory sean conocidos por el resto de slees, hay que subir las modificaciones al SMP y desde ahí, al resto de slees, con los mecanismos conocidos como DDUP (subida al SMP) y snapshot (Bajada a los slees).

- El ddup (dynamic data update) recibe (vía DPE) comando SQL y actualiza la base de datos del SMP. El ddup "vive" en el SMP.
- El snapshot "vive" en el SLEE y periódicamente accede a la base de datos remota del SMP y modifica la suya. Cada servicio tiene su propio snapshot, de modo que puede haber tantos snapshots como servicios

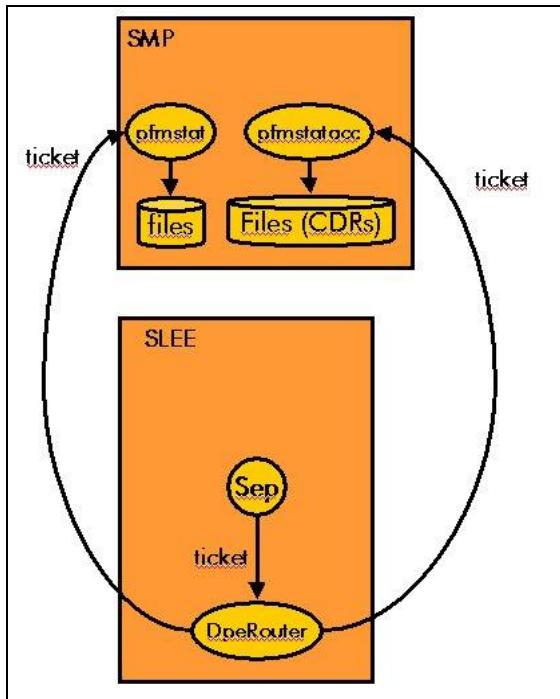
El snapshot actualiza los datos que en el SMP tienen un timestamp distinto al del SLEE. El periodo con el que entra el snapshot es configurable



10.9.1.2 CDRs y estadísticas

El ticket (mensaje DPE) que se genera para estadísticas (servicio pfmstat) es el mismo que se utiliza para accounting (pfmstatacc).

Los tickets suben des SLEE al SMP via DPE router, pero con el "recovery flag" activo, para que aunque no se pueda entregar al SMP, no se pierda y se reintente la entrega más tarde.



pfmstat es un servicio que corre en el SMP. Utiliza su propio directorio para guardar los ficheros de estadísticas. Dichos ficheros son de tamaño fijo y se van aglutinando datos segun los criterios de cada subscripción. Una configuracion típica es tener almacenados los ultimos 7 dias , los ultimos 3 meses y los ultimos 2 años. De este modo cuando un dia se sale de nuestra ventana de tiempo de 7 dias, pasa a ser aglutinado en el mes.
La OSP también proporciona estadísticas de uso de hardware (CPU, RAM, swap, discos, etc)

pfmstatacc

es un servicio que corre en el SMP. Va guardando los CDRs en un directorio. Los ficheros .axx son los ficheros de accounting que aun estan abiertos. Estos fichero se cierran por tiempo o por tamaño. Mientras están abiertos, su extensión es ".axx", cuando se cierran pasan a ".acc"

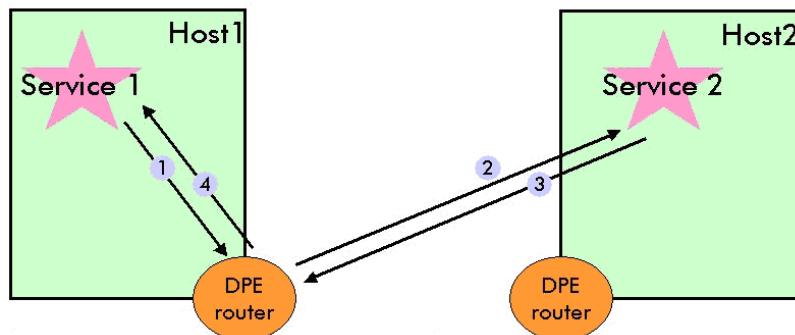
A partir de los fichero acc podemos generar hd (historical data) que son los mismos CDRs pero solo con los campos que nos interesan, y durante el periodo que nos interese.

Los ficheros HD se pueden generar desde el gui mediante el objeto "historical data" o bien con una shell (a veces se hace, aunque lo logico es programar una tarea periodica de generacion de HD desde el "scheduler" de la plataforma. El operador suele comerse los ficheros hd generados cada noche o con la periodicidad acordada. El formato del hd se acuerda con el operador(que campos quieren).

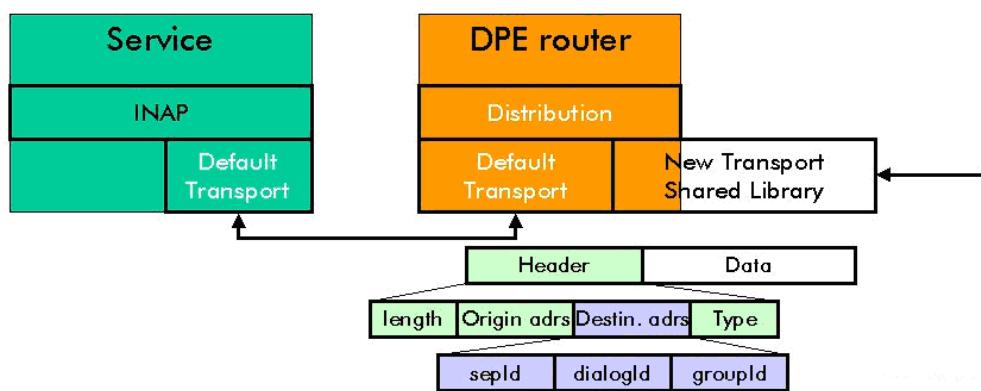
10.9.1.3 Comunicacion entre procesos: DPE

en cada maquina hay un dpe router. El DPE router recibe mensajes dirigidos a un SEP group y lo enruta a uno de los seps, haciendo loadsharing . Cuando se envía un mensaje de un SEP a otro, pasa por un solo dpe router (el de la maquina local). Si el dpe router local esta caido, el mensaje se envía al dpe router remoto (tambien se puede balancear el trafico entre dpe routers, que de hecho, es lo normal).

El dpe recovery es un repositorio de mensajes DPE que no se han podido entregar por alguna causa. Solo los mensajes marcados con un flag especial son guardados en caso de entrega fallida. Tal es el caso de los tickets de llamada (CDRs).



La siguiente figura muestra un detalle del contenido de las cabeceras de los mensajes DPE. Cuando el destino es un SepGroup en lugar de un Sep, el DpeRouter entrega el mensaje siguiendo una politica de loadsharing o activostandby, etc. El DpeRouter sabe en cada momento (gracias a la distribution table) que seps hay disponibles y a que grupos pertenecen.



10.9.1.4 Alta disponibilidad y balanceo de carga

Los cluster que componen el SMP funcionan en modo activo-coldStandby, de manera que solo hay activo un nodo. El basculamiento lleva unos minutos, debido a que deben montar los discos que manejaba el nodo caido y arrancar todos los procesos de plataforma.

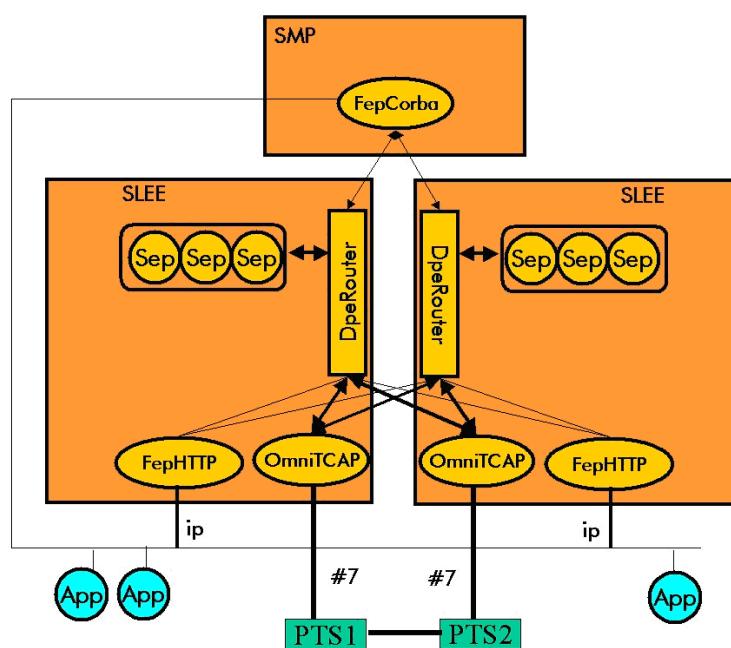
En cuanto a los slees pueden funcionar en reparto de carga o en activo-hotStandby. Hotstandby significa que los procesos están arrancados y pueden recibir peticiones de inmediato, por lo que nunca hay pérdida de servicio debido a un basculamiento.

Dentro de cada SLEE, los seps pertenecientes a un mismo servicio, se les hace pertenecer a un mismo sepgroup y el DpeRouter les reparte la carga. Además, se puede definir en qué CPU corre cada sep.

Cada Slee puede tener uno o más enlaces #7 y permite que se pueda balancear el tráfico entre ellos, tanto de entrada como de salida.

Los SLEES pueden tener también interfaces IP (para manejar peticiones http, corba, etc que exigen los nuevos servicios como son los SCSs de Parlay).

A modo de ejemplo, esta es la arquitectura del SCS de localización (location server) instalada en un operador móvil español.



Cada SLEE tiene un único enlace, pero el omniTCAP está en balanceo de carga por lo que si falla un link, todo va por el link del otro nodo.

El servicio esta diseñado para trabajar en modo activo-hotStandby, debido a que los datos de localizacion de cada abonado no se propagan via DDUP+snapshot al resto de SLEES. Esto es lógico, ya que dicho proceso puede consumir medio minuto, tiempo que puede hacer que el dato de localizacion ya no sea suficientemente reciente, por lo que se opta por una arquitectura hostStandby.

La configuración en loadSharing es posible aunque se perdería la ventaja de la cache de localización, a menos que las peticiones entren a un nodo u otro en función de la numeración (msisdn).

La entrada de las peticiones puede ser HTTP (para protocolo LIF). En ese caso el fep http trabaja en loadsharing, de modo que las peticiones se transforman a DPE y entran al nodo activo. Allí la logica las resuelve y se retorna la respuesta por el mismo fep por el que entró.

Para resolver las peticiones, los seps del servicio deben hacer uso de los links #7, a traves del omniTCAP, el cual esta en loadsharing, por lo que se utilizan ambos enlaces.

10.9.1.5 Dimensionado de CAPs , transacciones y enlaces

Capacidad en CAPs vs Transacciones

La capacidad de una plataforma se mide en transacciones. Una transacción, a groso modo es un diálogo (un mensaje en cada dirección) entre dos entidades. Cada escenario de llamada puede involucrar un número de transacciones diferente. Por ejemplo, el siguiente escenario tiene 2 TR

```
pc --invite--> osp (1.1)
pc<---invite---osp (2.1)
pc----486busy-->osp (2.2)
pc<---486busy---osp (1.2)
```

Según el tipo de transacción la capacidad es diferente. Por ejemplo, en una OSP se soportan aproximadamente 2,5 veces mas transacciones de circuitos que de IMS. La capacidad en transacciones normalmente la vamos a tener tabulada para cada tipo de máquina.

El número de transacciones deben ser calculadas para cada escenario, por lo tanto el numero de CAPs soportadas depende del escenario, aunque el numero de TPS (Transacciones por segundo) máximo soportado es constante. Para cada escenario debemos hacer un cálculo de TPS . Lo normal es tomar un scenario medio del servicio y calcular sus TR y a continuacion , sabiendo cuantas TR aguanta la máquina, calcular los CAPs máximos. Todo siempre suponiendo un 80% de CPU usage como máximo.

Para la capacidad de enlaces la formula que debemos usar es:

$$\text{links} = \text{TR} \times 120 \times 8 / 64k \times 0,4 ,$$

Según esta formula si consideramos 1 solo link, para ver cuantas TR aguanta, tenemos

$$64k \times 0,4 / 120 \times 8 = 26 \quad \text{osea que 1 link aguanta 26 TR}$$

La fórmula se podría leer (y explicar) simplemente: "bytes por segundo enviados y recibidos / bytes por segundo que puede soportar un link"

Para un servicio sencillo, como un Number portability, podemos identificar 1CAP a una TR. El mensaje medio de señalización mide unos 120 bytes, de ahí el número 120 de la fórmula.

Siendo precisos en realidad un mensaje de establecimiento (un IDP) son 56 bytes + 30 de cabecera = 83 bytes en lugar de 120 .

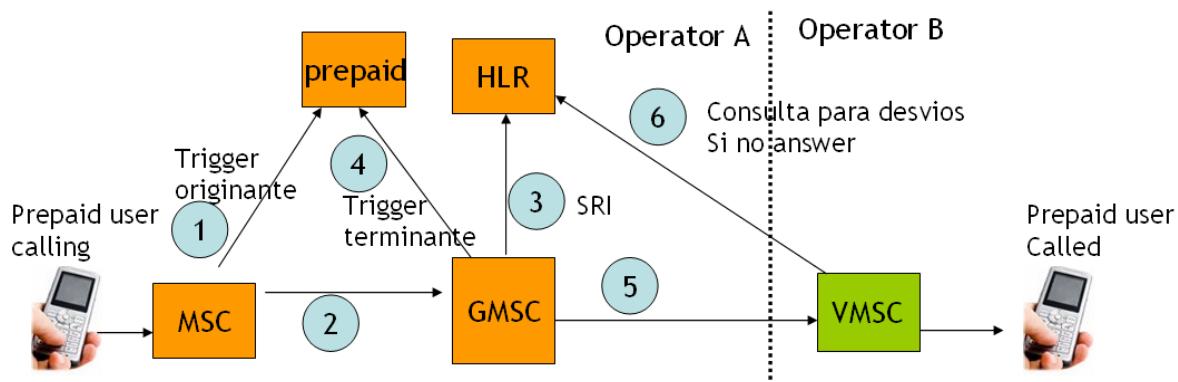
Por otro lado, una llamada básica en la que llega un IDP y se contesta con un CONTINUE son 2 mensajes, pero el continue ocupa muy poco, son muy pocos bytes, por lo tanto podemos hablar de un solo mensaje de 120 bytes

$$1 \text{ mensajes} \times 120 \text{ bytes} \times 8\text{bit} = 960 \text{ bit}$$

$64\text{Kbit} / 960\text{bit} = 66$ llamadas por segundo, pero como la ocupacion máxima de un link no es del 100% sino del 70% como mucho (debido a temas de sincronización y rollos así), y en la formula ponemos 40% (es muy conservador) tenemos un máximo de $66 \times 0,4 = 26$ llamadas/segundo

10.10 Escenarios de disparo de una IN: originante y terminante

Hay dos escenarios: llamada originante y llamada terminante.



En el caso de una llamada originante, la central encargada de disparar el servicio de IN es la que le da servicio al usuario llamante.

En caso de que el servicio a invocar sea terminante, es la central que le da servicio al llamado, aunque en una red móvil, es la GMSC en lugar de la central que le da servicio al llamado.

Los triggers disparan la IN en función del perfil del abonado, el cual se encuentra en el HLR en una red móvil. Hay servicios que hay que invocarlos tanto en escenario originante como en escenario terminante. Por ejemplo, el servicio prepago hay que invocarlo antes de reservar los recursos hasta el llamado, para comprobar que el abonado llamante tiene saldo (escenario originante) y si el llamado es un prepago en roaming, entonces hay que invocar al prepago desde la GMSC para comprobar que tiene saldo y puede pagar su parte de la llamada.

10.11 Specialized Resource Point (SRP)

El SRP , también llamado periférico inteligente, es el elemento encargado de poner locuciones y recoger entradas de usuario (DTMF y reconocimiento de voz).

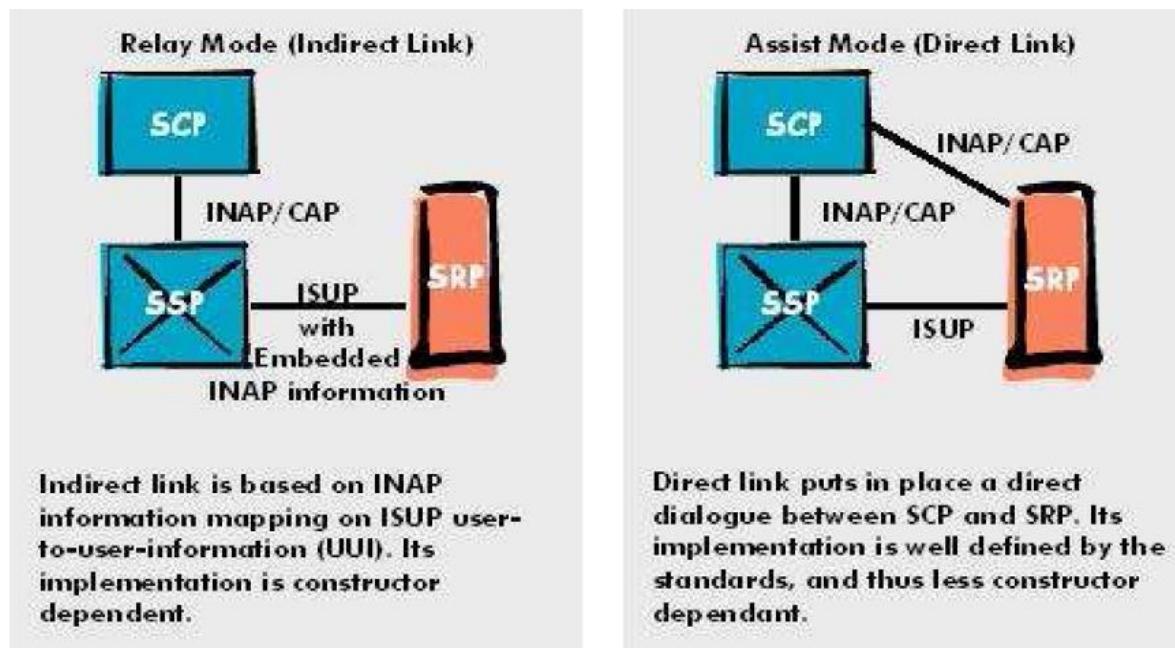
Los servicios de inteligente tan solo trabajan con señalización, por lo que si necesitamos voz, este elemento adicional es necesario. Algunos ejemplos de servicios que necesitan locuciones son

- ring back tones (RBT)
- red privada virtual (VPN)
- Enrutado de llamada inteligente (ARS)
- Servicio prepago
- Calling cards

Alcatel-Lucent cuenta con el producto 5900 SRP , que además de las funciones básicas que realiza un SRP, cuenta con un intérprete de VXML de modo que una locución puede corresponderse con un menú interactivo de voz y DTMF.

La señalización soportada en el 5900 SRP es INAP CS1/ CS2 y CAMEL phase 2, aunque se pueden incorporar otros protocolos (para ONO se incorporó ASERI)

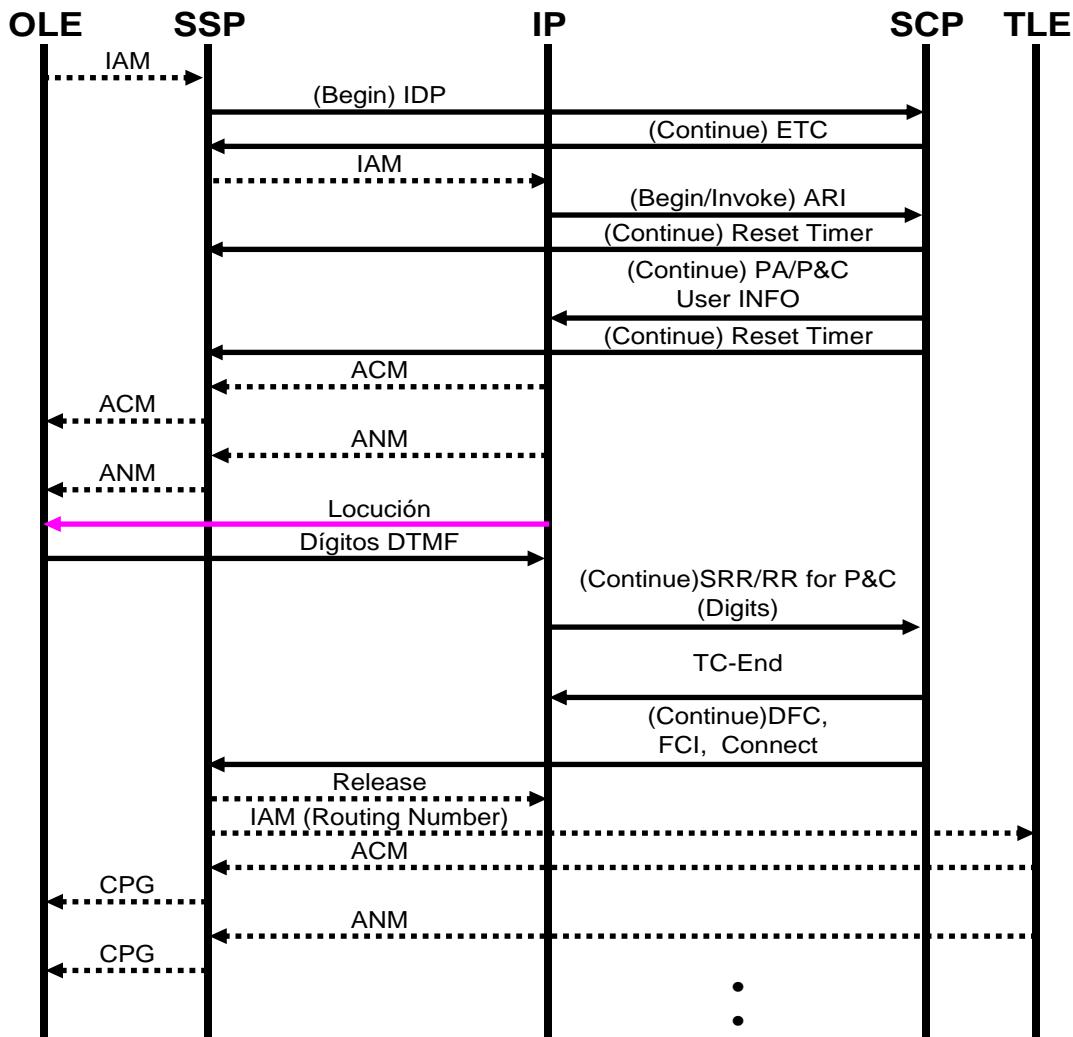
Hay dos modos de funcionamiento, aunque el más habitual es “assist mode” en el que el SRP y el SCP intercambian información mediante CS1



En una llamada donde la red inteligente (el SCP) necesita poner una locución al usuario, se desvia la llamada hacia el SRP, al que le llega una petición ISUP (una operación IAM) que contiene información sobre como contactar al SCP bien en un campo específico llamado SCFid o bien como parte del campo "called Party Number".

En ese momento el SRP le pide al SCP via CS1 instrucciones sobre lo que debe hacer (que locución poner, etc) mediante una operación llamada ARI (assist request instructions). A continuación el SCP puede pedirle al SRP que ponga una locución o que recoja tonos DTMF mediante las operaciones PA (play announcement) y/o P&C (prompt & collect).

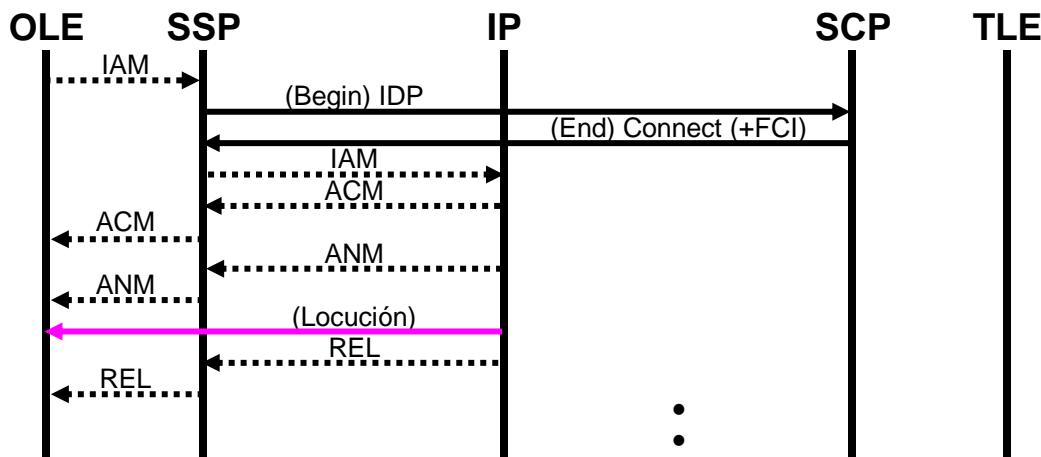
En la siguiente figura se muestra el flujo de mensajes entre la central (OLE: originating local exchange) el SSP (que normalmente forma parte de la central), el IP (periférico inteligente o SRP), el SCP y la TLE (terminating local Exchange).



- Initial DP: El SSP pide instrucciones al SCP para tratar la llamada.
- ETC (Establish Temporary Connection): El SCP da al SSP una numeración con la cual efectuar una conexión temporal al IP.
- Initial Address Message. El SSP inicia la conexión con el IP
- ARI (Assist Request Instructions). El IP al recibir el IAM del SSP genera este mensaje que envía al SCP mediante Traducción de Título Global para pedir instrucción al SCP sobre qué locución debe enviar.
- Reset Timer. Posibles refrescos del Time-out enviado por el SCP para que el SSP no temporice la llamada.
- Play Announcement – Prompt and Collect User Information (PA/PACUI): El SCP envía la identidad de la locución al IP. Se envían como parámetros un número que identifica el servicio de IN que invoca al SRP y el Correlation ID. El Correlation ID es un número aleatorio identificativo del diálogo abierto con el SCP.

- Address Complete Message + Locución. Si la locución se tarifica al llamante se envía también el ANM.
- DTMF: El SSP recoge los dígitos multifrecuencia marcados por el usuario y se los pasa al IP. Sólo tras el envío de una operación PACUI, no tras PA.
- Specialized Resource Report /Return Result (SRR/RR): el IP envía en esta operación los dígitos marcados por el usuario en el caso del envío de una operación PACUI.
- Disconnect Forward Connection (DFC): El SCP da instrucción al SSP de desconectarse del IP. Con ello se cancela el circuito de voz entre el SSP y el IP.
- Connect: Instrucción al SSP de conectarse con el teléfono de destino, si la lógica de la llamada continúa con una conexión a destino tras la locución intermedia.

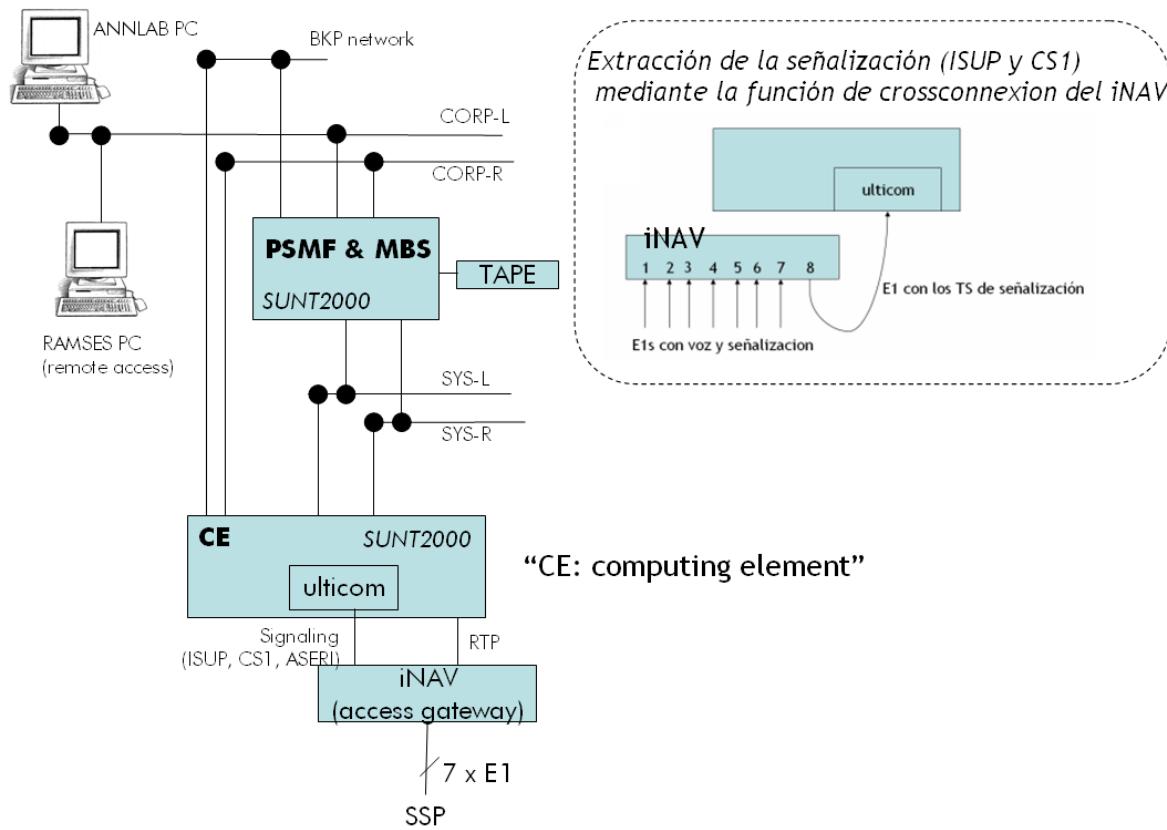
En el escenario que hemos visto se ha representado una “locución intermedia”, de modo que el SCP mantiene el control de la llamada, simplemente manda una operación ETC al SSP para que temporalmente conecte al llamado con el SRP. En caso de que la locución sea terminante, el SCP lo que hace es mandar una operación Connect al SSP y libera la llamada. Es un caso más sencillo:



El flujo de mensajes es el siguiente:

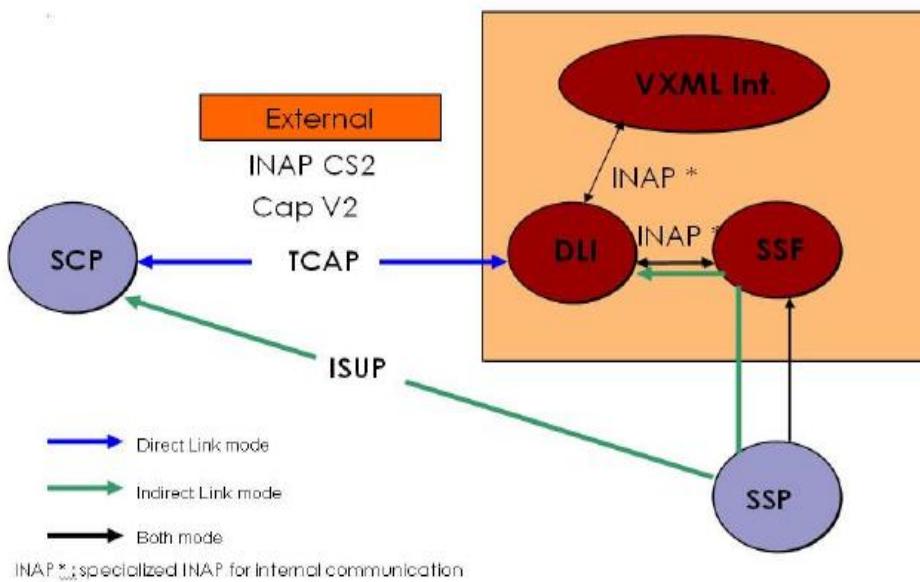
- Initial DP: El SSP pide instrucciones al SCP para tratar la llamada.
- Connect: El SCP da al SSP una numeración con la cual efectuar una conexión al IP. En el Called se envía entre otras cosas el ID del locución que se requiere.
- Initial Address Message. El SSP inicia la conexión con el IP
- Address Complete Message + Locución. Si la locución se debe tarificar al llamante se enviará también el ANM o un CON.
- Release.

La arquitectura del SRP de Alcatel-lucent es la siguiente:



La conexión entre el CE con el access Gateway sirve para:

- Enviar flujos RTP desde los procesos software del CE con ese propósito (son los procesos llamados HBMR host based media resource). Estos flujos se envían a un RTP router del iNAV y luego el iNAV los introduce en los TimeSlots de los E1s.
- Enviar señalización desde el access Gateway hacia la ulticom del CE. Esta señalización es tanto ISUP como CS1. La señalización ISUP es procesada por un modulo del onebox llamado "SSF" (se llama así porque hace las funciones de SSF) y la CS1 la procesa otro módulo llamado "DLI"



En cuanto al despliegue de las nuevas locuciones se hace mediante la herramienta AnnLab , que posee un proceso servidor en cada PSMF y un elemento cliente en cada CE (puede haber varios CE colgando de un PSMF). Las locuciones se almacenan bien en el disco local del CE, o bien en un servidor externo.

10.12 Servicios clásicos de red inteligente

En este apartado se van a describir algunos servicios clásicos de red inteligente

10.12.1 Pre pago

El servicio se basa en un disparo de la IN en escenario originante. El diálogo de INAP entre el SSF y el SCP permite hacer un seguimiento de una llamada en tiempo real, informando al SCP sobre la misma cuando se cumple el intervalo de tiempo fijado por éste.

Gracias a este mecanismo, el SSF puede ir solicitando al SCP tramos de tiempo, al cabo de los cuales comunica al SCP el estado de la llamada y recibe nuevos tramos o no, en función de la existencia de saldo disponible.

Es importante que el SCP conozca las tarifas de los distintos tipos de llamada y para ello suele tener conexión con el SDP, donde se almacena este tipo de información.

10.12.2 VPN

Una red privada virtual consiste fundamentalmente en un plan de numeración corto y una tarifa especial para llamadas entre el personal de una empresa.

Para hacerlo funcionar básicamente se dispara la IN en escenario de llamada originante, y en función del usuario llamado se realiza una traducción para poder enrutar la llamada a su destino. Además, en la llamada saliente el servicio VPN coloca el número corto del llamante, en lugar de su MSISDN.

10.12.3 Portabilidad de números

El servicio consiste en poder migrar un número de un operador a otro. Para ello se mantiene una base de datos a nivel nacional que tiene todos los números de abonados portados.

El funcionamiento es el siguiente:

- el servicio MNP se pone como intermediario del HLR para contestar a la petición SRI (Send routing info) que es la petición de traducción MSISDN-->IMSI
- si el abonado llamado no es portado, entonces el MNP no lo tiene y reenvia la petición SRI al HLR
- hay dos nodos que hacen la petición SRI : el GMSC y el GSMSC.
- la CMT tiene una base de datos central. Por las noches los operadores la leen y se sincronizan con ella, enviando las nuevas altas y leyendo los cambios
- un operador está obligado a comunicar las altas de abonados portados (abonados que le vengan de otro operador) a la CMT
- un operador puede optar por usar dos tipos de portabilidad : directa o indirecta

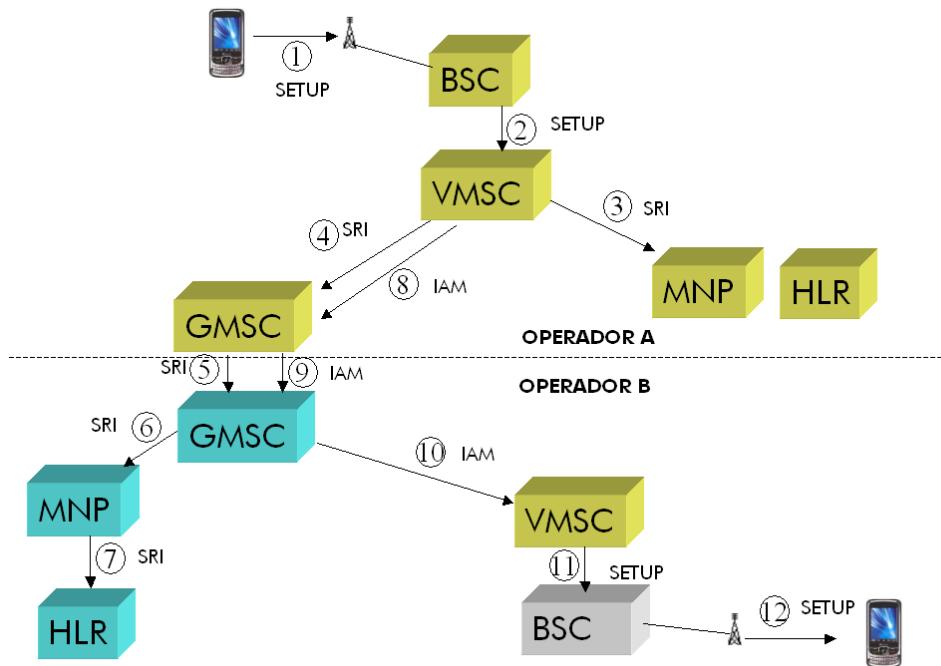
Directa: no cuesta dinero

Indirecta: cuesta dinero y nadie la usa

Directa: simplemente el operador lee la base de datos de la CMT cada día o cada x días y se sincroniza. Luego cuando le llega una llamada, mira su base de datos y como ya está sincronizada pues sabe que tal usuario es de Telefónica porque originalmente era de Orange pero se portó.

Indirecta: el operador envía las altas a la CMT pero no sincroniza su base de datos. En ese caso, una llamada hacia un número que originalmente era de Telefónica se enruta hacia Telefónica y Telefónica contesta diciendo que ese abonado es de Orange y entonces, se enruta a Orange.

En ese caso el operador tiene que pagar a Telefónica porque le ha ayudado a enrutar la llamada

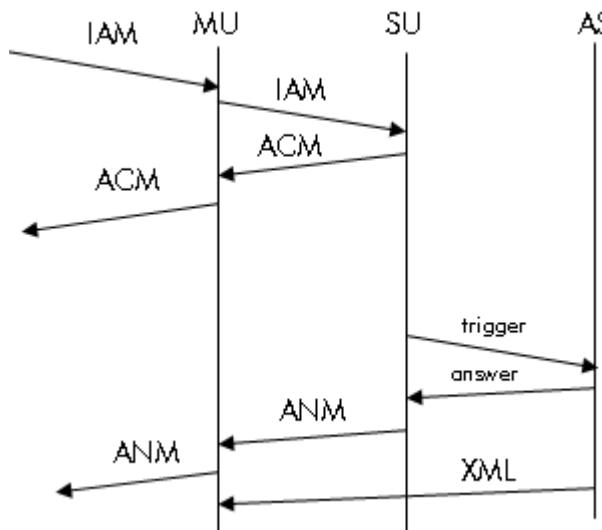


10.12.4 Buzón de voz

Este es el servicio más complejo. Se trata de un servicio que debe dialogar con el usuario por medio de menús DTMF y permitir depositar mensajes (el servicio debe ser invocado si el llamado no contesta) y leerlos (el servicio debe ser invocado al marcar un número definido por el operador).

Este tipo de servicio se basa en lógicas escritas en VXML que representan los diferentes menús. Ejecutar estas lógicas implica poner locuciones y recoger tonos DTMF. Esto es lo que hace el multimedia browser de Alcatel-Lucent

La arquitectura se basa en tres capas. En la figura están representados las Media Units (MU), Service Units (SU) y Application server



Al llegar una llamada ISUP, la Media unit reenvia la señalización a la signaling unit (SU) , la cual va a manejar la señalización de la llamada. La SU invoca al AS para determinar si el usuario está provisionado y para recuperar los mensajes del abonado, de modo que en VXML pueda haber un mensaje con algo como "tiene 3 mensajes nuevos". La MU al recibir este VXML, gracias a sus tarjetas multimedia conexiones E1 de voz, puede poner las locuciones necesarias al usuario.

El repositorio de mensajes debe ser un sistema de almacenamiento común a las MUs y de rápido acceso. Este repositorio en realidad es accedido a través de un interfaz de email IMAP.

El servicio debe ser capaz de enviar notificaciones de mensajes nuevos por SMS o realizar llamadas salientes a los abonados para indicarles que hay nuevos mensajes en su buzón. Existen otras facilidades como la personalización del saludo de bienvenida, posibilidad de enviar los mensajes como ficheros de audio a una aplicación residente en un teléfono iphone, etc.

Si a todo esto unimos la capacidad de manejar videomensajes, ofrecer una interfaz de vídeo para teléfonos 3G gracias al multimedia browser, y tener interfaz IMS, estamos ante uno de los servicios más complejos de la red.

10.13 Centralitas de empresa

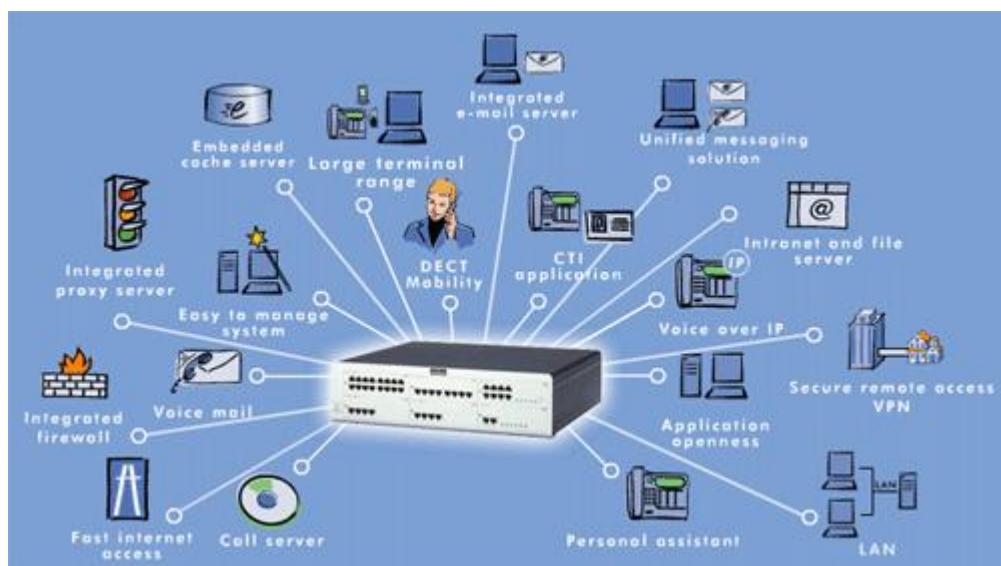
Cuando necesitamos muchas líneas de teléfono en lugar de solo una, es habitual contratar un acceso primario y conectar a dicho acceso una centralita, a la cual conectamos todos los teléfonos. Tal es el caso de muchas empresas.

Las centralitas, como la gama OmniPCX de Alcatel-Lucent, además, permiten una serie de ventajas adicionales como son:

- buzones de voz propios
- call-center (servicio de distribución de llamadas)
- posibilidad de usar teléfonos DECT inalámbricos
- posibilidad de conectar teléfonos IP (esto es una gran ventaja porque permite aumentar muchísimo el número de terminales conectados)
- servicio de directorio LDAP de empresa (de modo que podamos escribir el apellido en el terminal y llamemos directamente entre empleados)
- softphone (telefono sw instalable en pc) como es el "4980" de ALU, integrado con el servicio de directorio
- operadora automática (que básicamente es un menú que se presenta al usuario para que mediante DTMF se pueda escoger a quien se conecta con el llamante)
- posibilidad de crear una arquitectura distribuida entre sedes, con conexión IP entre las sedes

A modo de ejemplo se citan las características del producto Alcatel-Lucent OmniPCX office 5

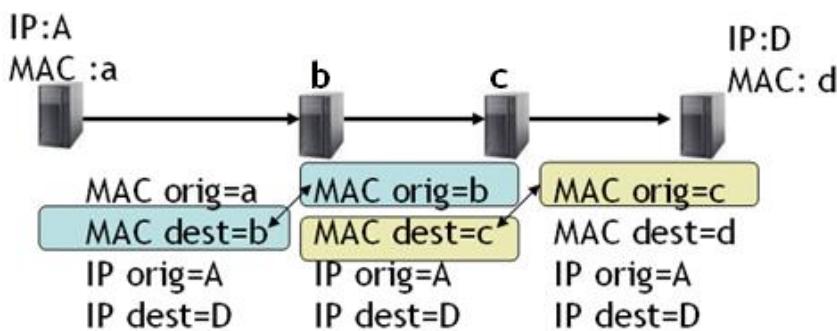
- Para entre 60 y 100 usuarios
- Hasta 110 usuarios IP Desktop, 75 usuarios IP Softphone, 60 usuarios On-site mobile
- 16 puertos analógicos, hasta 16 estaciones base DECT
- 1 T2 (en algunos países, T2 sustituye a T1) o 24 enlaces analógicos
- Mensajería vocal avanzada: 8 puertos, 200 horas
- Hasta 8 mensajes de bienvenida de la empresa
- 10 minutos de música de espera personalizada
- 4 idiomas del sistema



11 Red de Datos IP

11.1 Introducción rápida a IP

Las direcciones IP identifican a un host a nivel 3, es decir, de extremo a extremo.(luego veremos que esto no es del todo cierto). Esto implica que en cada salto , la dirección a nivel 2 (MAC Ethernet por ejemplo) va cambiando.



Una tarjeta Ethernet tiene una dirección MAC y sobre esa interfaz física (esa MAC) puede haber muchas direcciones IP. Una dirección IP sería equivalente a una dirección postal completa, que te identifica de forma unívoca dentro del planeta y permite que te llegue una carta desde cualquier parte del mundo a tu casa, mientras que una dirección MAC solo te identifica dentro de un mismo dominio de difusión (que puede ser algo tan tonto como un cable donde sólo hay 2 entidades o algo más grande con múltiples entidades cuando el dominio es más amplio, como en una red wifi).

Cuando dos hosts están conectados directamente o por medio de un switch (un switch no pone MACs ni tiene IPs) y uno desea enviar un mensaje al otro, simplemente envía un mensaje broadcast ARP (ARP no es IP, es un protocolo de nivel 2 llamado "Address Resolution Protocol") , interrogando por la MAC del host que tenga la IP con la que quiere comunicarse. El host que tiene dicha IP contesta con su MAC y a partir de ahí, pueden enviarse mensajes entre ellos porque son conocen sus MACs.

Para que un host A envíe un mensaje IP a un host B al que no está conectado directamente, debe de conocer la MAC del nodo al que entregar el mensaje. Para ello el nodo A debe tener una "tabla de rutas" en la que se indica a qué nodo (al que llamaremos Gateway) entregaremos el paquete en función de la IP del nodo B destino. Normalmente se define un "default Gateway" para todas aquellas direcciones que no estén especificadas en la tabla. El default Gateway

normalmente es en realidad un router, que a su vez tiene tablas de rutas. Por lo tanto los pasos son:

- 1) host A consulta la tabla de rutas y decide a que router entregar el paquete
- 2) Se envía un mensaje ARP de broadcast preguntando por la MAC de dicho router.
- 3) Se recibe la MAC y con ella ya no necesitamos volver a mandar el mensaje ARP en envíos sucesivos a este nodo
- 4) Enviamos el paquete IP al router. A nivel Ethernet tendrá como destino la MAC del router pero si entramos en la parte de datos del mensaje Ethernet veremos un mensaje IP con dirección de destino el nodo B

Las direcciones IP están compuestas por 4 bytes separadas por puntos. Algunas direcciones importantes (elegidas así porque sí, no hay un motivo específico):

192.x.y.z : direccionamiento privado (no enrutable en Internet)

172.x.y.z : direccionamiento privado (no enrutable en Internet)

10.x.y.z : direccionamiento privado (no enrutable en Internet)

127.0.0.1 :dirección de loopback

Las tablas de rutas normalmente se especifican como los prefijos telefónicos. Es decir que podemos decir “ las direcciones ip que empiecen por 10011.1010.111 las mando a tal router”. A esos “prefijos” se les llama subredes. Como esto se especifica en binario, cuando lo decimos en decimal puede ser un poco liso pero se trata simplemente de decir cuantos bits de la dirección se corresponden con la subred y cuantos especifican al host dentro de una red. Ejemplo:

Dirección IP:	159.23.35.50
Máscara:	255.255.240.0
Nomenclatura alternativa:	159.23.35.50 / 20

El 20 indica que los primeros 20 bits identifican a la subred. En binario:

159.23.35.50	10011111 00010111 00100011 00110010
255.255.240.0	11111111 11111111 11110000 00000000

Por lo tanto la dirección de la red son los primeros 20 bits

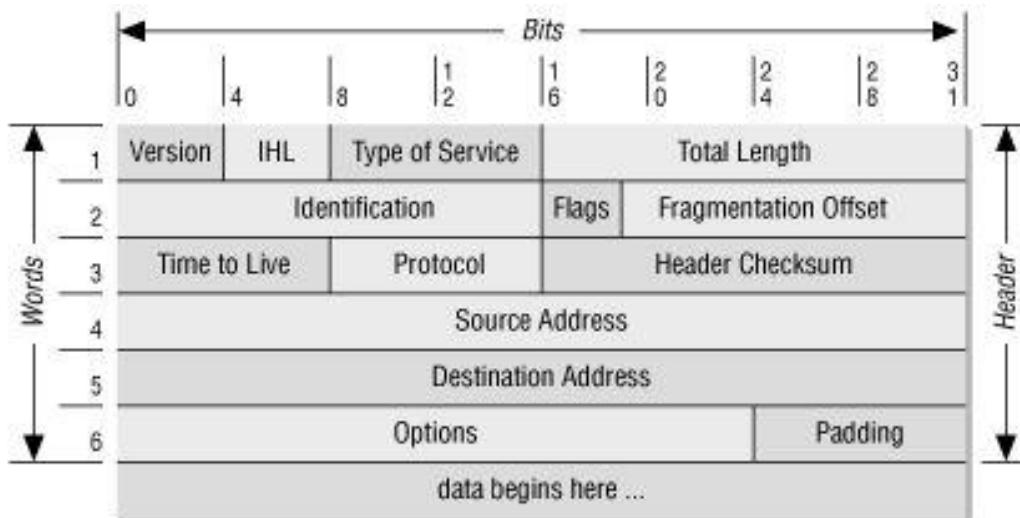
red:	10011111 00010111 00100000 00000000
en decimal	159.23.32.0

La dirección de broadcast se hace poniendo a 1s todos los bits que identifican al host, es decir cogemos la dirección de red y completamos con 1s

Broadcast	10011111 00010111 00101111 11111111
En decimal:	159.23.47.255

Inicialmente se definieron las clases de redes A,B y C, con máscaras de red de 255.0.0.0, 255.255.0.0 y 255.255.255.0 respectivamente. Este esquema asignaba de forma fija un número de redes a cada clase y un número de equipos máximo por red; p.e.j. en una clase C, tendremos 2^{24} redes con un máximo de 256 equipos por red; mientras que una clase A podría crear 256 redes con 2^{24} equipos en cada una. La fragmentación del espacio global de direccionamiento de esta forma resultaba bastante inflexible y no se adapta adecuadamente a las necesidades actuales de la Red, por lo que actualmente el concepto de clase de red está en desuso

Por último decir que cada paquete IP tiene un TTL (time to live) que especifica el número de routers que puede atravesar, para evitar loops



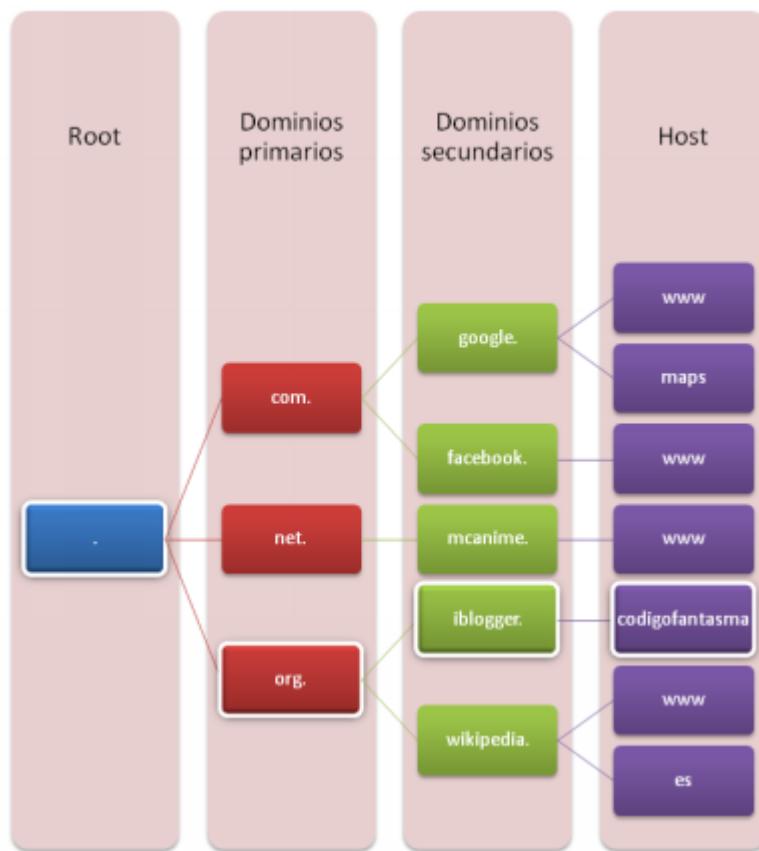
En nuestra casa , nuestra oficina , normalmente usamos direccionamiento privado y el router al que nos conectamos hace un NAT (network address translation) antes de sacar el mensaje a Internet. Esto significa que si conectamos varios ordenadores a un mismo router y llega un paquete desde el exterior a dicho router , ¿a qué ordenador debería entregarlo? La respuesta depende del caso:

- Si previamente desde algun ordenador interno se ha establecido una conexión TCP/IP con un host externo, entonces el router apunta puertos TCP origen y destino y a que ordenador (ip privada, MAC) pertenece dicha conexión y gracias a ello el router sabe a que ordenador entregar el mensaje.
- Si la iniciativa de conexión llega desde el exterior, el mensaje se descarta, a menos que tengamos definida una “regla de NAT” en el router mediante la que podemos indicar que los mensajes que lleguen desde determinado host y vayan dirigidos a tal puerto se los envíe a un ordenador concreto.

Por último queda saber como es posible que podamos conectarnos a un host usando un navegador y el nombre de dominio (del estilo www.mihost.com) . La solución adoptada en internet es simplemente tener un servicio de traducción llamado DNS.

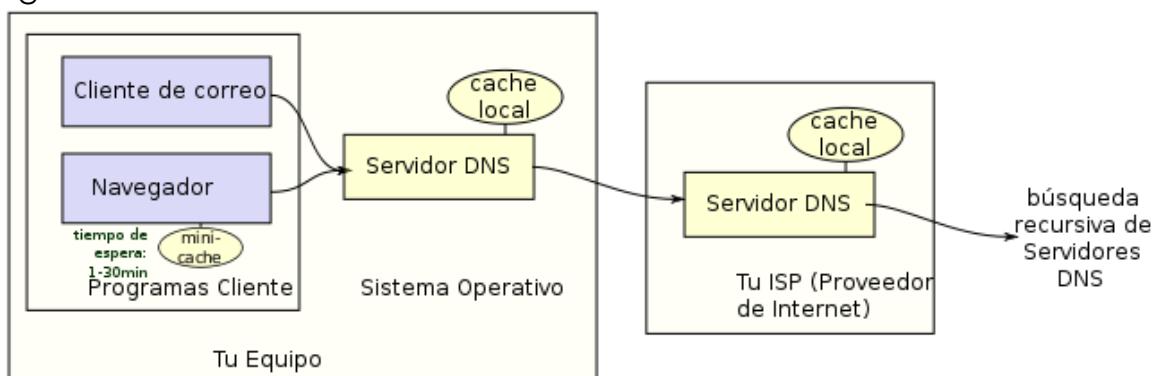
11.1.1 Servidores DNS

Existen en internet 13 servidores de dominio primarios (llamados TLD “Top Level Domains”). Estos Top Level domains son org, com, es, net, etc. A estos servidores se conectan otros servidores de dominio secundarios en cascada. Todos van replicando información hasta llegar a tu proveedor de internet , que tiene su propio servidor DNS con el que el ordenador de tu casa se puede conectar para traducir nombres de dominio a direcciones IP. El Puerto de un servidor DNS siempre es el 53.



Incluso los PCs de los usuarios cachean las tablas DNS por lo que el uso de peticiones DNS se minimiza. A veces erróneamente hay quien piensa que un ataque a los servidores principales de dominio paralizaría internet, pero esto no es cierto, gracias a las caché del resto de servidores DNS.

El único modo de dejar fuera de combate internet es atacar los servidores DNS de todos los proveedores de internet (ISP) y aun así en realidad internet seguiría funcionando pero los usuarios residenciales no podrían navegar porque los links de las páginas web usan nombres de dominio en lugar de direcciones IP.



11.2 TCP y UDP

El protocolo TCP (transmission control protocol) añade un dato más al direccionamiento IP, el puerto. Esto permite diferenciar varias aplicaciones en la misma máquina (en la misma IP). TCP además tiene otras funciones, como reordenar los paquetes en el destino (podrían llegar desordenados) o eliminar los paquetes que lleguen duplicados.

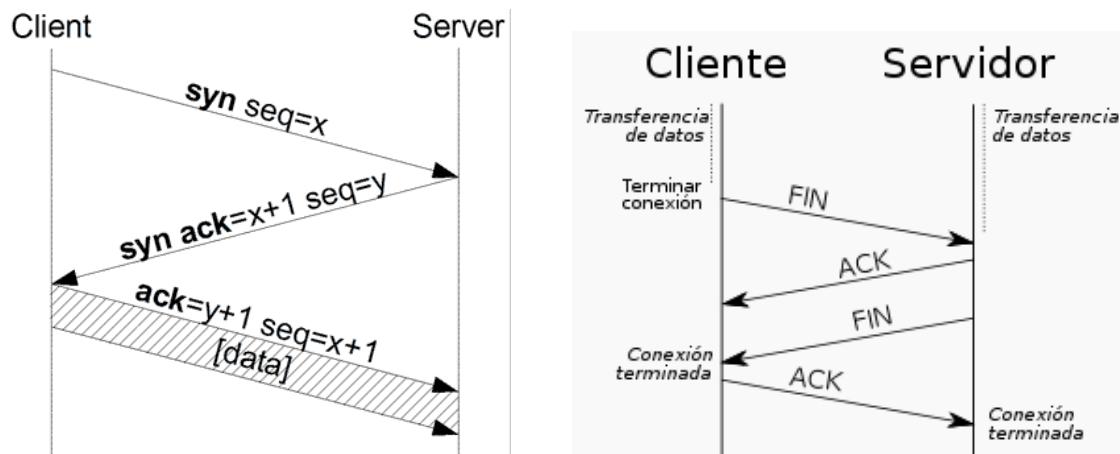
Los campos mas importantes de la cabecera TCP son el puerto origen y el puerto destino, de 16 bit cada uno.

La mayoría de los protocolos de aplicación usan TCP, como http, SMTP, FTP, etc

UDP se diferencia de TCP en que no es obligatorio confirmar la recepción de los paquetes, por lo que no hay retransmisión de paquetes no confirmados. Esta modalidad es útil en videostreaming, donde es muy importante que lleguen los paquetes del instante actual y no sirve de nada que nos reenvíen un paquete que perdimos de un fotograma hace varios segundos

11.2.1 Establecimiento y cierre de sesión TCP

El protocolo TCP se establece en 3 pasos. Es interesante notar que existe un número de secuencia generado por cada lado, ayudando de este modo a que no se puedan establecer conexiones falseadas (spoofing).

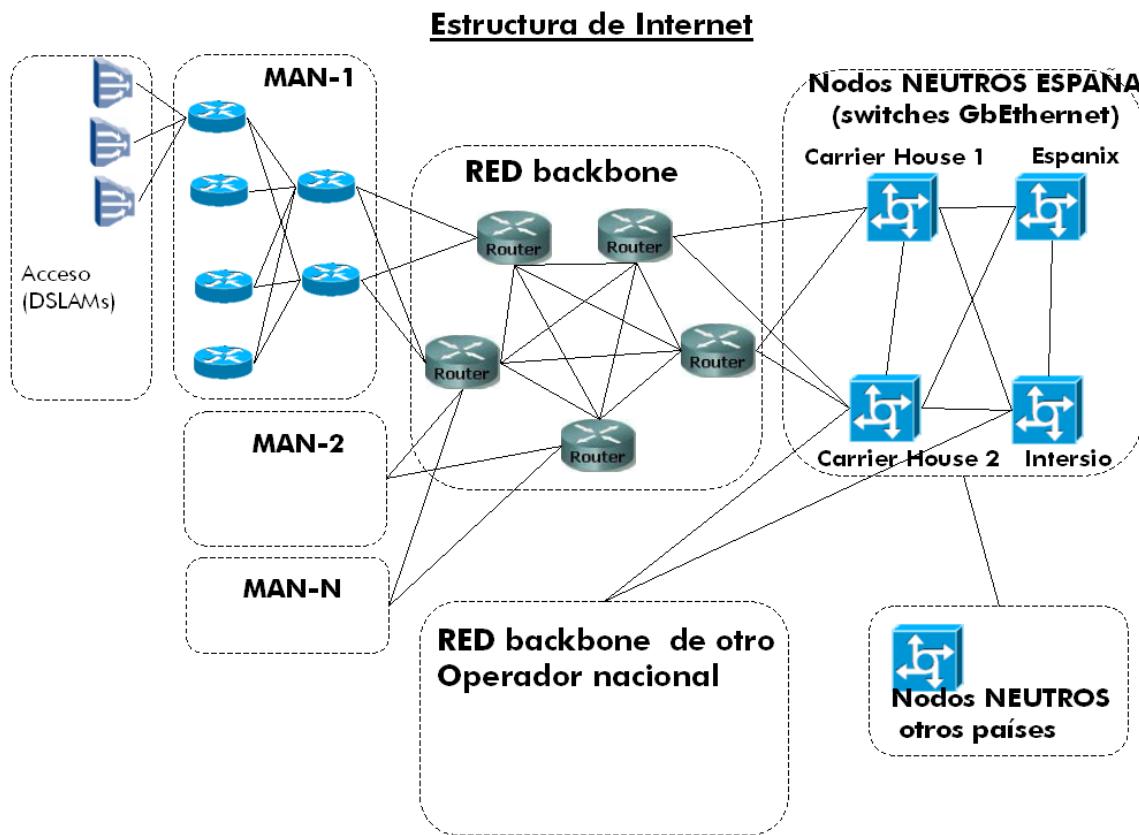


El cierre tal y como muestra la figura, también se efectúa en 3 pasos. Si pensamos en lo que ocurre cuando nos conectamos a un servidor web para visualizar una página en nuestro navegador, tendremos como mínimo 8 mensajes: 3 de establecimiento, 1 de datos, y 4 de cierre. Normalmente tendremos muchos más mensajes porque por cada objeto incrustado en la página web (una imagen por ejemplo) se realiza una conexión, descarga y cierre independiente. Para agilizar esto los servidores web se configuran con una opción llamada **keep alive** que permite reutilizar una misma

conexión para descargarse diferentes archivos (texto e imágenes de una página web)

11.3 Arquitectura de Internet

La siguiente figura representa de forma completa, sencilla y precisa cual es la estructura de Internet.



El tipo de equipamiento que se suele utilizar, podría ser:

- **DSLAMs:** Alcatel ISAM o Stinger (Ono, telefonica)
- **MANs:** para los routers conectados a los DSLAMs, 7450 y para los routers conectados a la red core, 7750 (Ono)
- **Red Backbone o “Red core” o “red de transporte” o “red troncal”:** routers cisco 12000 (ono) o bien Alcatel 7750 (Vodafone). El término backbone significa “columna vertebral” lo cual encaja con el significado de esta red.
- **Nodos neutros:** Switches Cisco 6509 o cisco 6513 de 10Gigabit Ethernet (caso de espanix)

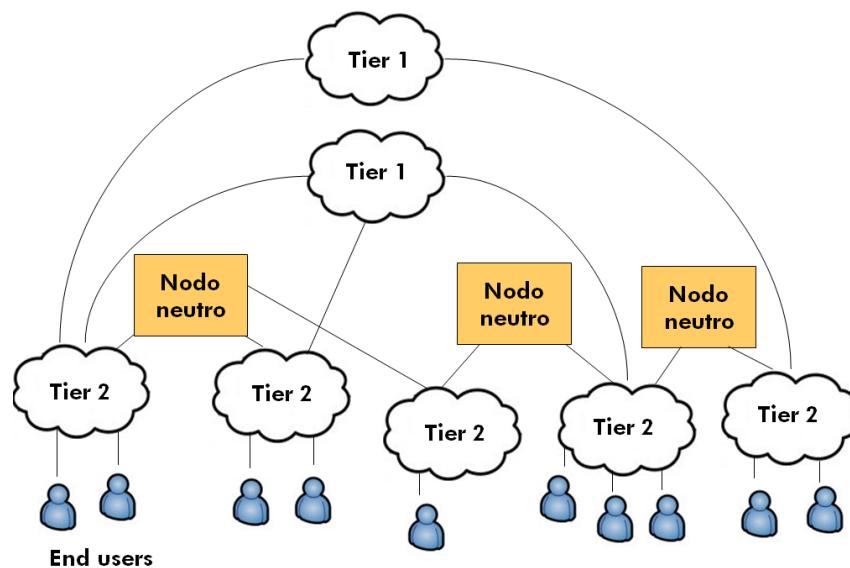
Existen operadores que en lugar de tener redes de acceso para usuarios finales y backbone, tan solo tienen redes backbone donde se

interconectan otros operadores. Estos operadores se les llama ISP de nivel 1 y a los operadores que se conectan a ellos, ISPs de nivel 2

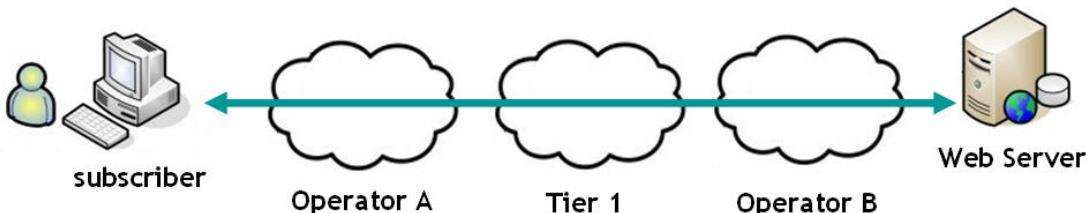
Los ISP de nivel 1, se conocen también como troncales Internet. Los Tier 1 son: AOL, AT&T, Global Crossing, Level3, Verizon Business, NTT Communications, Qwest, Cogent, SprintLink y Telefónica International Wholesale Services (TIWS).

Un ISP de nivel 2 (Tier 2) normalmente tiene una cobertura regional o nacional, y se conecta a sólo unos pocos ISP de nivel 1. Por tanto, con el fin de alcanzar una porción grande de Internet global, un ISP de nivel 2 necesita encaminar su tráfico a través de los ISP de nivel 1 a los que está conectado. Un ISP de nivel 2 se dice que es un usuario de los ISP de nivel 1 a los que está conectado y el ISP de nivel 1 se dice que es un proveedor del usuario. Una red de nivel 2 puede elegir también conectarse a otras redes de nivel 2, en cuyo caso el tráfico puede fluir entre las dos redes sin tener que pasar por una red de nivel 1 (tráfico "peering").

Las conexiones entre los ISPs se realizan en el nodo neutro. Los tier1 no se conectan en el nodo neutro sino que cada ISP (cada tier 2) se conecta a 1 o más tier1 para alcanzar a otros ISP lejanos. Una red de nivel 1, no compra tránsito del IP de ninguna otra red para alcanzar cualquier otra porción de Internet.



En el caso más complejo, en una comunicación entre un usuario de internet y un servidor estarán involucrados el ISP del usuario, el ISP del servidor web y un tier1



Existe un Producto de Alcatel-lucent llamado AppGlide, que permite optimizar el tráfico p2p que se intercambia con enlaces de peering y con enlaces con los Tier1. El trafico peering es en principio gratuito y optimizando ese tráfico el operador consigue ahorros considerables.

11.3.1 Red de acceso de datos

Esta formada por los nodos de acceso de datos, normalmente DSL (es decir DSLAMs como Stinger o ISAM o ASAM). También pueden ser nodos multiservicio (DLCs) como Litespan.

Los DSLAM se conectan mediante dos enlaces gigabit a un router o a dos. El hecho de usar dos enlaces es por dotar al sistema de más redundancia, aunque se conecten al mismo router.

Las conexiones con los abonados normalmente se hacen a través de un router ADSL que tiene interfaz IP sobre ethernet en el lado de usuario y ip sobre ATM en el lado hacia el DSLAM. En routers VDSL la conexión es ethernet en todo momento con lo que desaparece el último tramo ATM. Además de este tipo de conexión, también podemos tener RDSI, cable modem (DOCSIS) u otras formas de acceso de datos.

Respecto al protocolo de conexión PPP, PPPoA, PPPoE, PPPoEoA, y asignación de IP (IPCP, DHCP) todo viene detallado en el capítulo de acceso.

11.3.2 Redes MAN

Aunque el concepto de una red MAN puede ser aplicado a un parque empresarial o a un campus universitario, lo que un operador posee como MAN es una red donde puede viajar tráfico con direccionamiento público pero también existe la posibilidad de que haya tráfico con direccionamiento privado , de algún servicio específico del operador, como por ejemplo la IPTV.

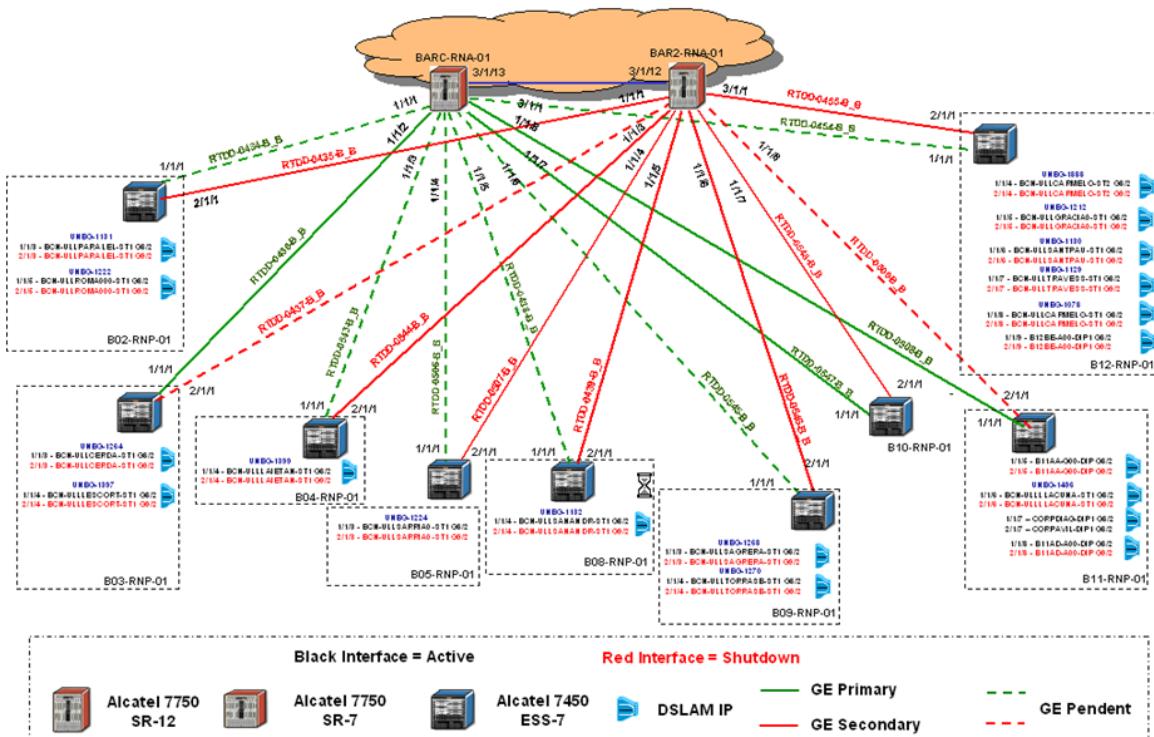
Si te fijas en el router adsl de tu casa verás varios led: uno es de tráfico de LAN, otro de WLAN (Wireless LAN) y otro de WAN (conexión a Internet). El tráfico que saca el router desde el PC hacia Internet sale con una IP pública, así que saltas de una LAN a una WAN aparentemente sin pasar por ninguna MAN, pero no es así. Realmente todo el tráfico que sale del

router entra en la MAN de tu demarcacion y luego entra en la red de transporte y por último, si es necesario llega hasta un nodo neutro, momento en el que salta a la red de otro operador, nacional o internacional.

Normalmente una MAN se construye con:

- Dos o mas routers primarios (entendiendo “primarios” como routers donde entra el tráfico desde los DSLAM). Cada router primario se conecta a dos routers de “agregación” por redundancia
- Dos o mas routers de “agregación”, entendiendo como router de “agregación” el que agrega el tráfico de los routers primarios). A su vez, los routers de agregación se conectan a dos o mas routers de la red de transporte.

Cada demarcacion (que puede agrupar a una o mas provincias) puede tener una o dos redes MAN según su envergadura. La siguiente figura representa una de las dos redes MAN del operador ONO. En ella se ven los DSLAM (modelo STINGER) conectados a los routers Alcatel-Lucent 7450 y tambien vemos como hay dos routers de agregación 7750 conectados entre si y a todos los routers primarios a traves de dos enlaces gigabit, para dotar a las conexiones de redundancia.



El protocolo de enrutamiento que se utiliza típicamente dentro de una MAN es RIP (Routing internal protocol), aunque también hay otros (OSPF, IS-IS...)

11.3.3 Red Backbone

Un operador posee una única red backbone compuesta de routers de alta capacidad interconectados entre sí de forma redundante.

Algunos routers de la red Backbone se conectan a los switches de un nodo neutro para interconectarse con las redes backbone de otros operadores (enlaces peering). Las rutas entre redes backbone (también llamados sistemas autónomos) se comunican por un protocolo de tipo EGP (external gateway protocol), como puede ser BGP. Lo que nunca se publica son rutas a direcciones IP privadas que solo son válidas dentro del backbone, como las direcciones IP de IPTV.

11.3.4 Nodos neutros

El propósito de estos centros es el intercambio directo de datos de modo que la información fluya de forma rápida y directa, además de realizar este intercambio sin coste alguno (salvo una cuota mensual por pertenecer a asociación Espanix, o del nodo neutro en cuestión). En la actualidad los puntos neutros consisten típicamente en varios switches a los que se conectan cada uno de los ISP participantes.

Normalmente los operadores que se conectan a un nodo neutro hacen balance del tráfico de cada uno hacia el otro y en función de la resta se compensan económicamente. Algunos nodos neutros importantes:

ESPAÑIX Punto neutro español.
EUSKONIX Punto Neutro Vasco de Internet
ATLANNIX Punto neutro de Canarias
CATNIX Punto neutro de Cataluña
MADIX Punto neutro de Madrid
GALNIX Punto neutro de Galicia
PARIX Punto neutro de París
TorIX Punto neutro de Canada
PAIX Punto neutro de EEUU

Pueden existir nodos neutros a distintos niveles: local, regional, nacional, etc. Concentrando de ese modo el tráfico de Internet con el fin de conseguir una mayor velocidad ya que de este modo, si tenemos un nodo neutro a nivel de una ciudad, por ejemplo, el tráfico entre hosts de esa ciudad no deberá viajar por otras (potencialmente otros continentes) antes de llegar a su destino. De este modo se ven beneficiados los usuarios ya que el tráfico dirigido entre compañías asociadas al punto neutro se realizará a gran velocidad. Hoy en día los ISP locales tienden a desaparecer, de modo que el acceso a Internet lo proporcionan grandes compañías de telecomunicación que operan a nivel nacional, concentrando el tráfico en unos pocos nodos neutros.

Entre 2 o más operadores pueden establecerse nodos neutros que permiten optimizar sus redes, de modo que para enrutar tráfico desde un usuario de orange en Valencia a otro usuario de ONO en Valencia sería deseable que existiese un punto neutro en Valencia, de modo que el tráfico no tenga que ir a hasta un nodo neutro en Madrid.

Como ejemplo, Espanix se aloja en el CPD de Banesto desde 1997, disponiendo de una sala propia dedicada de 100 m, con acceso personalizado y exclusivo para miembros de la Asociación (telefonica, vodafone, ono, yacom, T systems, rediris, servicom, Orange, Jazztel, Euskaltel, Fujitsu, communitel, colt, BT, ATT, etc, etc). Diariamente conmuta mas de 100Gbit/s tal y como aparece en la gráfica. Para más información, visita <http://www.espanix.net/>



Hoy en dia internet está evolucionando para solucionar los retos que el gran consumo de ancho de banda está generando:

- ofrecer a los usuarios esa capacidad
- ser capaz de ofrecer un servicio de calidad, ya que actualmente los operadores ofrecen un downlink de "hasta 20 megas", pero los usuarios no pagan "hasta 20 euros" sino que pagan cuotas fijas. La calidad de servicio aun no se puede asegurar, al menos para usuarios domésticos.

11.4 Switches, Routers y service Routers

Los elementos de interconexión de redes IP son típicamente de tres tipos

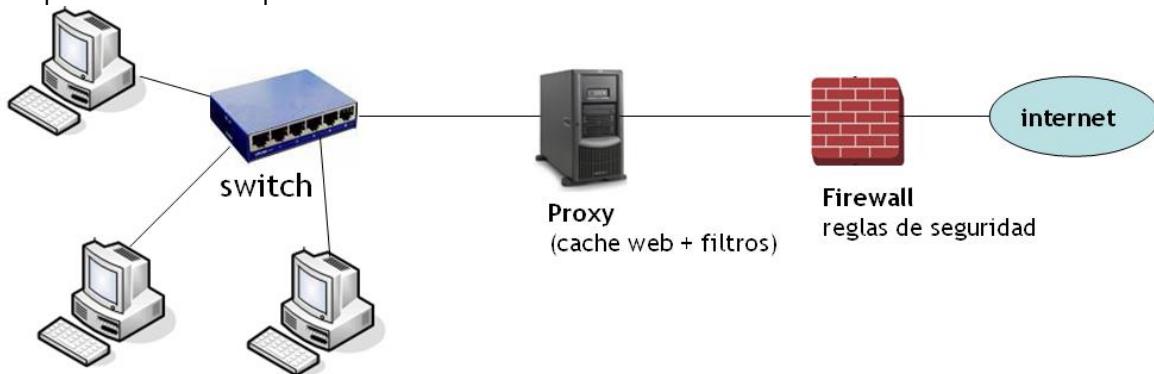
Switches: conectan enlaces a nivel ethernet. Esto quiere decir que no enrutan, no leen la cabecera IP, sino simplemente la MAC de nivel 2 y su utilidad reside en poder conectar un host a N , usando una sola toma ethernet. Así por ejemplo podemos conectar muchos hosts a un mismo router para enrutar todas las peticiones de todos los hosts a otras redes.

Routers: leen la cabecera IP y toman decisiones de enrutamiento en base a tablas, bien estáticas o bien dinámicas.

Service Routers: son routers de gama alta, usados por operadores y que permiten además de enrutar, ofrecer servicios como VPRN, VPLS y VLL o pseudowire. Estos servicios se explican más adelante, pero básicamente van a proporcionar la posibilidad de interconectar hosts remotos a nivel 2, por lo que desde un host se podrá alcanzar la IP privada del otro. Son servicios que suelen contratar las empresas con distribución geográfica.

11.5 Firewalls, servidores proxy y NAT

Los cortafuegos pueden ser implementados en hardware o software, o una combinación de ambos. Se utilizan con frecuencia para evitar que los usuarios de Internet no autorizados tengan acceso a redes privadas, especialmente intranets. Todos los mensajes que entran o salgan de la intranet pasan a través del cortafuegos, que examina cada mensaje y bloquea aquellos que no cumplen los criterios de seguridad especificados, como poseer determinada IP o rango de puertos tanto en origen como en destino. A veces implementan la funcionalidad NAT, aunque no es algo propio del concepto de firewall.



Un servidor proxy sirve para permitir el acceso a Internet a todos los equipos de una organización a través de un único equipo. La ventaja de un Proxy es la seguridad, puesto que la gente solo tendrá lo que pida el proxy, que está bajo estricto control de las personas que lo gestionen (habitualmente el departamento de IT de una empresa). Dentro del proxy se pueden establecer “filtros” de modo que se restringe el acceso a contenidos “no adecuados o inseguros” a los empleados de una empresa. La

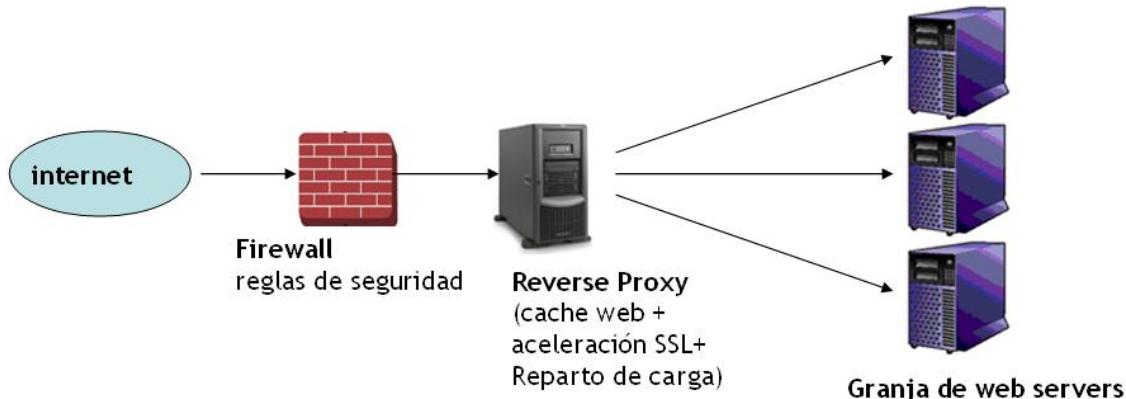
comunicación, por tanto, se establece PC-Proxy y Proxy-Destino, estableciendo claramente una barrera de seguridad.

En una oficina normalmente se tiene un Proxy. La dirección se configura en los PCs de forma manual y estos se comunican con el proxy usando un protocolo (SOCKS o HTTP típicamente) para indicarle al proxy la URL que quieren descargar. Cuando el proxy recibe la petición, busca la URL resultante en su caché local. Si la encuentra, podrá ahorrarse mucho tráfico. También se puede usar un proxy para usar otros protocolos como Telnet, ftp o cosas más complejas.

La funcionalidad proxy no hace NAT propiamente dicho, aunque como las peticiones de los clientes terminan en el proxy y es el proxy quien hace una petición al servidor final, la dirección IP origen que llega al servidor es la del proxy, en lugar de la del cliente original.

Existe un tipo de proxy llamado proxy abierto o proxy público, que reside en internet y nos permite conectarnos a través suyo a otros servidores, para de este modo mantener el anonimato de nuestra IP , mandar spam, etc.

Si el proxy se encuentra en el lado del servidor, se le denomina “reverse proxy” y suele hacer la función de ofrecer una única IP de un servicio que ofrece una granja de servidores web, por lo tanto efectúa balanceo de carga entre ellos y habitualmente también funciona como caché para imágenes y contenidos estáticos



NAT: Típicamente es lo que tenemos en casa, y es una función más primaria en la que se hace una multiplexación N:1 de direcciones IPs. Muchos clientes con una IP típicamente privada (aunque podría ser pública pero esto último carece de mucho sentido y solo se da por motivos históricos como en Alcatel-Bell Labs o en Berkley) salen a Internet con una única IP pública, aprovechando la posibilidad de multiplexar conexiones jugando con el puerto TCP/UDP origen. Este mecanismo no ejerce ningún

control en salida (a diferencia del proxy), ya que el PC se conecta "directamente" al destino sin saber que hay un elemento intermedio que esta "manipulando" el paquete IP generado por el PC y esta sobreescribiendo los campos de IP origen (cambiando la IP del PC por la IP publica real) y potencialmente tambien manipulando el puerto origen TCP/UDP (y obviamente deshaciendo el cambio en las respuestas). En este caso no existe seguridad puesto que es posible conectarse en salida a cualquier lado con cualquier protocolo ya que la funcion NAT es transparente a estos efectos.

Por ultimo, si queremos establecer una conexión originada desde un host en internet contra un ordenador que se encuentra con una IP privada tras un router(a un CPE de abonado por ejemplo) debemos crear lo que se conoce como regla de NAT en el router, ya que el router no sabe a que ordenador entregar el paquete y por tanto podríamos decirle por ejemplo que los paquetes que provengan de una determinada dirección los enrute a un ordenador concreto de los que tiene conectado.

Existe otro concepto llamado NAT transversal, que se utiliza cuando dentro de la carga de datos de los paquetes hay información de IPs o puertos que se van a usar y es necesario utilizarla para dar coherencia a un paquete que ha sufrido un NAT, o para saber cual es el origen real de dicho mensaje o para establecer una nueva regla de NAT basándose en esa información. Tal es el caso de protocolos como CORBA o SIP. La tecnica de NAT Transversal consiste por tanto en inspeccionar los paquetes de ese protocolo (lo que implica un extra de inteligencia en el NAT) que le permita crear de forma dinámica las reglas de NAT Bidireccional en función de la información contenida en los paquetes intercambiados cliente-servidor.

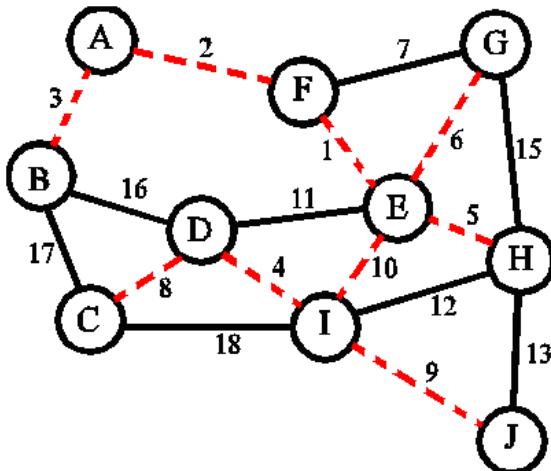
11.6 Spanning Tree

Es un protocolo de nivel de enlace cuya función es la de gestionar la presencia de bucles en topologías de red debido a la existencia de enlaces redundantes (necesarios en muchos casos para garantizar la disponibilidad de las conexiones). El protocolo permite a los dispositivos de interconexión activar o desactivar automáticamente los enlaces de conexión, de forma que se garantice que la topología está libre de lazos. Los bucles infinitos ocurren cuando hay rutas alternativas hacia una misma máquina o segmento de red de destino. Estas rutas alternativas son necesarias para proporcionar redundancia, ofreciendo una mayor fiabilidad. Si existen varios enlaces, en el caso que uno falle, otro enlace puede seguir soportando el tráfico de la red.

Un router puede evitar este tipo de reenvíos indefinidos. La solución consiste en permitir la existencia de enlaces físicos redundantes, pero

creando una topología lógica libre de lazos. STP permite solamente una trayectoria activa a la vez entre dos dispositivos de la red (esto previene los bucles) pero mantiene los caminos redundantes como reserva, para activarlos en caso de que el camino inicial falle.

Este algoritmo cambia una red física con forma de malla, en la que existen bucles, por una red lógica en árbol en la que no existe ningún bucle. En la figura vemos en rojo y discontinuo los enlaces elegidos por spanning tree como enlaces activos de la red.



Si la configuración de STP cambia, o si un segmento en la red redundante llega a ser inalcanzable, el algoritmo reconfigura los enlaces y restablece la conectividad, activando uno de los enlaces de reserva.

Existen varias variantes del Spanning Tree Protocol, debido principalmente al tiempo que tarda el algoritmo utilizado en converger. Una de estas variantes es el "Rapid Spanning Tree Protocol".

11.7 Protocolos de enrutamiento

11.7.1 Sistemas autónomos

En Internet, un Sistema Autónomo (Autonomous System, AS) es un conjunto de redes y dispositivos router IP que se encuentran administrados por una sola entidad. Podemos asimilar un sistema autónomo con una red de datos de un operador (es decir, su red backbone y sus redes MAN).

Diferentes sistemas autónomos se comunican entre sí mediante routers que implementen un protocolo EGP (exterior gateway protocol). En la práctica todos los operadores usan BGP como protocolo de tipo EGP. Dentro de un sistema autónomo, se utiliza un protocolo de enrutamiento de tipo IGP (interior gateway protocol).

11.7.2 Protocolos tipo IGP (interior gateway protocol)

Hay varios extendidos como son RIP, IGRP, EIGRP, OSPF y IS-IS

11.7.2.1 RIP

RIP son las siglas de Routing Information Protocol (Protocolo de encaminamiento de información). Es un protocolo de puerta de enlace interna o IGP (Internal Gateway Protocol) RIP utiliza UDP para enviar sus mensajes y el puerto 520.

Se utiliza para distribuir las rutas dentro de una red backbone y dentro de las MAN, hasta los DSLAM. Hoy en día ya solo se usa para que los DSLAM publiquen sus rutas en el router al que están conectados, ya no se usa como protocolo de red backbone. RIP también se usa en conexiones hacia clientes empresariales con CPEs pequeños, en general se usa contra dispositivos que requieren un número muy limitado de rutas.

Los DSLAM envían paquetes RIP al router del cual depende. De este modo se publican las rutas a las direcciones IP de los usuarios finales. En lugar de publicar una ruta por cada usuario, lo que hace el DSLAM es publicar una ruta por cada pool de IP. El router a su vez publica una ruta en el DSLAM, pero sólo una ruta, la ruta por defecto para el DSLAM que consiste en enviarle todos los paquetes.

RIP calcula el camino más corto hacia la red de destino usando el algoritmo del vector de distancias. La distancia o métrica está determinada por el número de saltos de router hasta alcanzar la red de destino.

RIP no es capaz de detectar rutas circulares, por lo que necesita limitar el tamaño de la red a 15 saltos. Cuando la métrica de un destino alcanza el valor de 16, se considera como infinito y el destino es eliminado de la tabla (inalcanzable).

La métrica de un destino se calcula como la métrica comunicada por un vecino más la distancia en alcanzar a ese vecino. Teniendo en cuenta el límite de 15 saltos mencionado anteriormente. Las métricas se actualizan sólo en el caso de que la métrica anunciada más el coste en alcanzar sea estrictamente menor a la almacenada. Sólo se actualizará a una métrica mayor si proviene del enrutador que anunció esa ruta.

Las rutas tienen un tiempo de vida de 180 segundos (3 minutos). Si pasado este tiempo, no se han recibido mensajes que confirmen que esa ruta está activa, se borra. Estos 180 segundos, corresponden a 6 intercambios de información

Por otra parte, tiene la desventaja que, para determinar la mejor métrica, únicamente toma en cuenta el número de saltos (por cuántos routers o equipos similares pasa la información); no toma en cuenta otros criterios

importantes, como por ejemplo ancho de banda de los enlaces. Por ejemplo, si tenemos una métrica de 2 saltos hasta el destino con un enlace de 64 kbps y una métrica de 3 saltos, pero con un enlace de 2 Mbps, lamentablemente RIP tomará el enlace de menor número de saltos aunque sea el más lento.

Los mensajes RIP pueden ser de dos tipos:

- Petición: Enviados por algún enrutador recientemente iniciado que solicita información de los enrutadores vecinos.
- Respuesta: mensajes con la actualización de las tablas de enrutamiento. Existen tres tipos:
 - Mensajes ordinarios: Se envían cada 30 segundos. Para indicar que el enlace y la ruta siguen activos.
 - Mensajes enviados como respuesta a mensajes de petición.
 - Mensajes enviados cuando cambia algún coste. Se envía toda la tabla de routing.

11.7.2.2 OSPF

Open Shortest Path First (frecuentemente abreviado OSPF) es un protocolo de enrutamiento jerárquico de pasarela interior o IGP (Interior Gateway Protocol), que usa el algoritmo Dijkstra enlace-estado (LSA - Link State Algorithm) para calcular la ruta más corta posible. Usa cost como su medida de métrica. Además, construye una base de datos enlace-estado idéntica en todos los enrutadores de la zona

La métrica por defecto usada en OSPF es el ancho de banda. En un router CISCO el coste de un enlace se calcula como $10^8/\text{bandwidth}$ (bps). Por ejemplo si tenemos un enlace Ethernet a 10 Mbps el coste sería $10^8 / 10^7 = 10$, mientras que un modem a 56 Kbps tendría un coste de $10^8 / 56 * 10^3 = 1785$. El SPF es un algoritmo de mínimo coste. Podemos modificar el coste de un enlace de dos maneras: (1) modificando el valor del coste en la interfaz de ese enlace con el comando "ip ospf cost" donde cost tiene un valor entre 1 y 65535 o (2) modificando el valor del bandwidth en la interfaz que permite calcular el coste con el comando "bandwidth value". Fijaros que NO estáis cambiando la velocidad real del enlace, solo el coste de cara a calcular el camino más corto.

Existen cinco tipos de mensajes del protocolo OSPF. Uno de ellos es el mensaje "HELLO", con el que se identifican los vecinos y van creando un mapa local. También hay mensajes de petición de estado de enlace, para monitorizar los enlaces de los nodos vecinos.

El fundamento principal en el cual se basa un protocolo de estado de enlace es en la existencia de un mapa de la red el cual es poseído por todos los nodos y que regularmente es actualizado. Para llevar a cabo este propósito la red debe de ser capaz de entre otros objetivos de:

- Almacenar en cada nodo el mapa de la red.
- Ante cualquier cambio en la estructura de la red actuar rápidamente, con seguridad si crear bucles y teniendo en cuenta posibles particiones o uniones de la red.

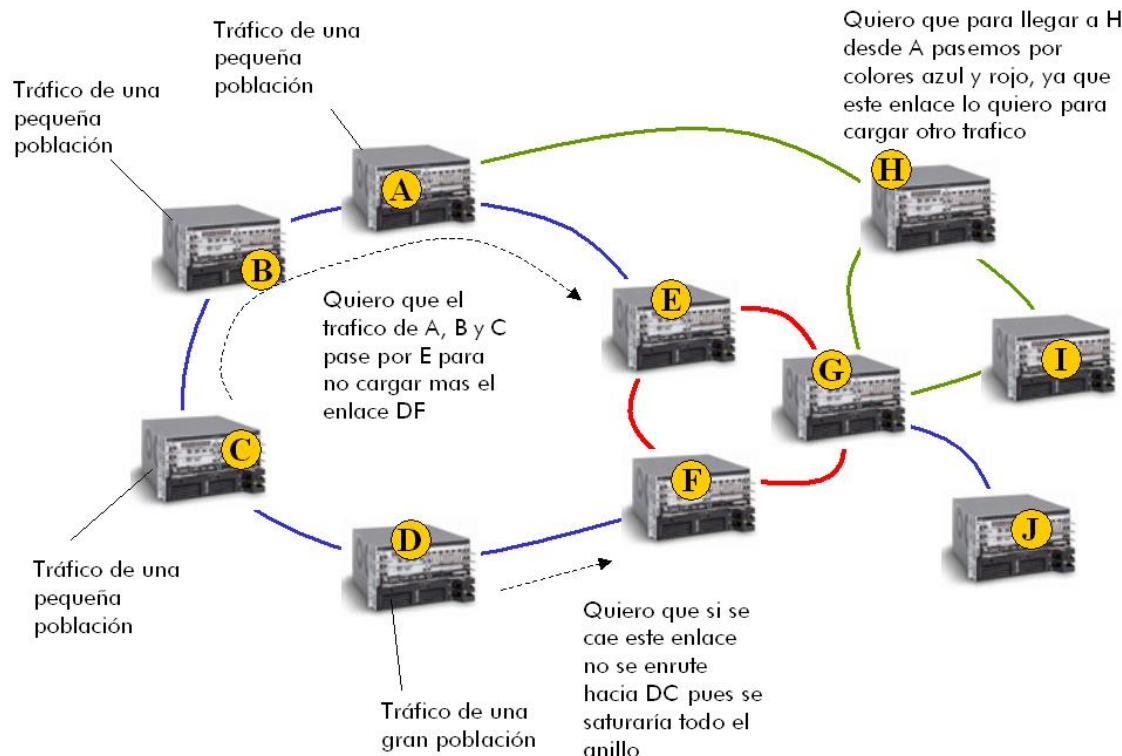
Un cambio en la topología de la red es detectado en primer lugar o por el nodo que causo el cambio o por los nodos afectados por el enlace que provoco el cambio. El protocolo o mecanismo de actualización la información por la red debe ser rápido y seguro, y estos son los objetivos del protocolo de inundación y de intercambio o sincronización empleado en OSPF. Este mecanismo de inundación consiste en el paso de mensajes entre nodos, partiendo el mensaje del nodo o nodos que han advertido el cambio, tal que cada nodo envía el mensaje recibido por todas sus interfaces menos por la que le llega siempre y cuando no haya recibido ese mensaje, para ello cada mensaje cuenta con un identificador de mensaje o contador de tiempo para constatar su validez.

11.7.2.3 CSPF y ingeniería de tráfico

Es una variante de OSPF con restricciones (constraints). Es una optimización de OSPF, en la que el encaminamiento no solo se basa en la topología de la red y el estado de cada enlace sino tambien en la posibilidad de definir restricciones basadas en la red. Normalmente las restricciones serán del tipo:

- quiero que este tráfico pase por tal nodo
- quiero que este tráfico no pase por tal nodo o zona de la red

De este modo se asigna el camino en función de los requisitos o "constraints" del tráfico entrada. El CSPF nace para las redes MPLS y solo se utiliza en este contexto. Las constraints suelen ser de tipo topológico, elegidas por el operador para repartir adecuadamente el tráfico en la red.



Una vez asignado un Path a un tráfico, éste se ve sometido a los algoritmos para proporcionar calidad de servicio (colas y prioridades).

11.7.2.4 ISIS

El protocolo ISIS es el IGP mas usado en operadores. Entre sus ventajas sobre OSPF estan su mejor manejo de redes grandes y sus mejores tiempos de convergencia, aparte de su simplicidad de arquitectura.

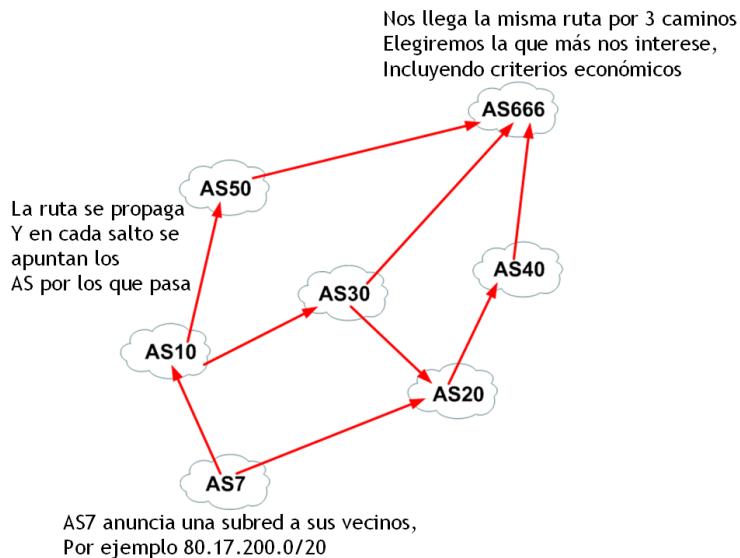
11.7.3 Protocolos EGP (External Gateway Protocol)

Los protocolos de routing externo son los que se utilizan para interconectar Sistemas Autónomos. En los protocolos de routing interno como RIP, OSPF o ISIS la prioridad era buscar rutas óptimas atendiendo únicamente al criterio de minimizar la 'distancia' medida en términos de la métrica elegida para la red (retardo, numero de saltos, etc). Por el contrario en los protocolos BGP (y el caso más extendido es BGP-4, que es el estándar de-facto) se toman decisiones de encaminamiento basándose en criterios externos de tipo político, económico, administrativo, etc...

Los IGP, por la forma en que estan diseñados, no pueden soportar la carga de rutas que hay por internet (actualmente unas 350.000, lo cual duplica la cifra del año 2002 y continua creciendo) y tampoco estaban pensados para tener topologías de red gigantescas, por eso surgió la necesidad de tener un protocolo de routing de borde o frontera que permitiera

intercambiar la información de routing relevante entre grandes redes (AS) de forma eficiente y por eso se empezó a diferenciar entre IGPs y EGPs. BGP-4 se diseñó desde cero pensando justo en estos problemas.

BGP es el gran "pegamento" de Internet, lo que mantiene unidas las redes y condiciona el por dónde van nuestros datos al saltar de operador a operador. Aun siendo un protocolo complejo tan sólo utiliza 4 mensajes, que se intercambian usando TCP (puerto 179). Para identificar a cada sistema autónomo usa números (ASN Autonomous system number) de 16 bit. Al principio de internet había cierta promiscuidad a la hora de asignar números de AS, por lo que al comenzar a agotarse el organismo RIPE empezó a asignar a todos los nuevos AS un numero de 4 bytes, y reserva los de 2 bytes que quedan para el caso de que un operador no tenga equipamiento que lo soporte y no quede mas remedio que darle un numero de 2 bytes.



Cuando dos router intercambian información de routing se denominan Peers o Neighbors (vecinos). Una actualización de la tabla de rutas se propaga a los routers vecinos. Por defecto sólo un camino es conservado en la tabla de rutas BGP (a menos que se active balanceo de carga) y es el que se propagada a otros routers. La decisión entre distintos caminos al mismo destino se realiza mediante varios atributos, entre los que se incluye la ponderación que el operador asigna por razones económicas o políticas. Cuando a un router le llega la misma ruta por dos sitios diferentes, elige (por defecto) aquella que pasa por menor numero de AS. BGP puede establecer dos tipos de peering iBGP y eBGP.

- iBGP define el peering entre dos vecinos BGP dentro del mismo AS. Es decir, que entre los routers “frontera” de un mismo AS hablan iBGP. Por ejemplo, se puede utilizar iBGP en los AS de tránsito (un tier 1).

Los AS de tránsito reenvían el tráfico desde un AS hacia otro. La diferencia con un protocolo IGP es que ahora hablamos de rutas aprendidas externas al propio AS.

- eBGP describe el peering BGP entre routers frontera con sus vecinos de diferentes AS

Todas las decisiones de los routers BGP se toman en local, con la información de las rutas proporcionada por sus vecinos.

Un AS path es la recolección de saltos de sistemas autónomos por los que ha pasado una ruta desde su origen. Ocasionalmente se modifica artificialmente este trayecto (prepend) para forzar que los vecinos aguas abajo vean un camino más largo para un determinado prefijo, haciendo que el tráfico destinado a él considere otra alternativa.

Si queremos visualizar el “mapa de carreteras de internet”, podemos consultar en los routers las distintas alternativas que hay para llegar a un punto (hasta donde te encuentras) desde distintos sitios siguiendo los AS path de cada operador. De esta forma puedes dibujar las interconexiones entre ellos y hacerte una idea sobre la topología global de la Red.

11.8 MPLS

Las redes MAN y Backbone de los operadores suelen ser redes con capacidad MPLS. Esta capacidad va a permitir crear servicios basados en “circuitos virtuales”, una característica no existente en una red ip convencional. Las ventajas mas grandes de MPLS son la posibilidad de hacer ingeniería de tráfico (que ayuda a optimizar el uso de red y de alguna manera a mejorar la QoS) y los tiempos de restauración superiores al IGP (sub-50 ms frente al segundo).

En una red IP convencional, los paquetes que entran por un nodo se enrutan hasta el nodo destino sin garantías de ancho de banda ni de orden de paquetes recibidos/entregados (debido a que IP es un protocolo no orientado a conexión).

Además los protocolos IGP (como OSPF) tienen la desventaja de que no tienen en cuenta el ancho de banda usado en cada enlace de modo que saturan los caminos primarios, infrautilizando rutas alternativas.

Por ejemplo, para ofrecer servicios de enlace entre dos sedes, garantizando su ancho de banda, es necesario usar un circuito virtual (que en este contexto se llaman “túneles MPLS” o LSP “label switched path”).

También puede servir para ofrecer un servicio de ipTV, garantizando tanto el ancho de banda disponible como la cadencia (que no haya inestabilidades en la cadencia de entrega de paquetes)

Los circuitos MPLS normalmente no se crean y se borran dinámicamente bajo demanda sino que se configuran en la red del operador (por ejemplo porque lo pide una empresa entre dos de sus sedes) y son permanentes.

11.9 Elementos y etiquetas de MPLS

MPLS significa Comutación Multi-Protocolo mediante Etiquetas. Lo de multiprotocolo es porque aunque se use en redes IP, se podría usar esta técnica en redes basadas en otro protocolo, no necesariamente IP.

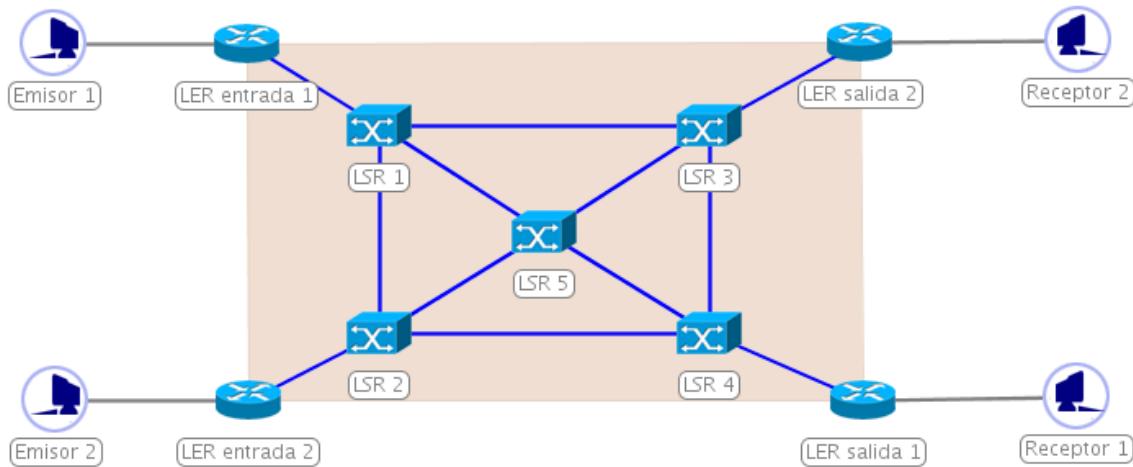
MPLS funciona anexando un encabezado a cada paquete. Dicho encabezado contiene una o más "etiquetas", y al conjunto de etiquetas se le llama pila o "stack". Cada etiqueta consiste de cuatro campos:

- Valor de la etiqueta de 20 bits.
- Prioridad de Calidad de Servicio (QoS) de 3 bits. También llamados bits experimentales "EXP".
- Flag de apilamiento de cabeceras MPLS. Si es 0 entonces detrás viene otra cabecera MPLS . Si es 1, entonces detrás viene la cabecera IP
- Tiempo de Vida (TTL) de 8 bits. Al entrar en la zona MPLS se copia el de la cabecera IP. Dentro de la zona MPLS se decrementa el TTL de la cabecera MPLS en cada salto y al salir de la zona MPLS , se copia el TTL de la cabecera MPLS a la cabecera IP

Un paquete puede llevar varias etiquetas (por eso se llama label stack a la cabecera MPLS) , tal y como se ilustra en la figura:



En MPLS la comutación de paquetes está basada en etiquetas y se realiza entre la capa 2 y la capa 3 (no depende del encabezado ip), estas etiquetas son agregadas antes del ingreso a la red MPLS y son eliminadas cuando los paquetes salen de ella. La arquitectura de una red MPLS se presenta en la siguiente figura



- LER (Label Edge Router): elemento que inicia o termina el túnel (agrega y quita las etiquetas). Es el punto de entrada/salida a la red MPLS. Un router de entrada se conoce como Ingress Router y uno de salida como Egress Router. Ambos se suelen denominar Edge Label Switch Router, ya que se encuentran en los extremos de la red MPLS.
- LSR (Label Switching Router): elemento que conmuta etiquetas.
- LSP (Label Switched Path): nombre genérico de un camino MPLS (para cierto tráfico o FEC), es decir, del túnel MPLS establecido entre los extremos. Un LSP es sólo unidireccional.
- LDP (Label Distribution Protocol): el protocolo para la distribución de etiquetas MPLS.
- FEC (Forwarding Equivalence Class): nombre que se le da al tráfico que se encamina bajo una etiqueta. Subconjunto de paquetes tratados del mismo modo por el comutador. En una red hay tantas FEC como clases de calidad de servicio

Cuando un paquete no etiquetado entra a un ruteador de ingreso y necesita utilizar un túnel MPLS, el ruteador primero clasificará el paquete en una FEC dependiendo del tipo de tráfico, luego inserta una o más etiquetas en el encabezado MPLS recién creado. Acto seguido el paquete salta al ruteador siguiente según lo indica el túnel.

En el ruteador de egreso donde la última etiqueta es removida, solo queda la "carga transportada", que puede ser un paquete IP o cualquier otro protocolo. Por tanto, el ruteador de egreso debe forzosamente tener información de ruteo para dicho paquete debido a que la información para el envío de la carga no se encuentra en la tabla de etiquetas MPLS.

En MPLS el camino que se sigue está prefijado desde el origen (se conocen todos los saltos de antemano): se pueden utilizar etiquetas para identificar cada comunicación y en cada salto se puede cambiar de etiqueta

(mismo principio de funcionamiento que VPI/VCI en ATM, o que DLCI en Frame Relay).

Cada etiqueta representa un salto y un camino es un conjunto de saltos. A ese conjunto de etiquetas asociada a un camino se le llama tunel MPLS o LSP o simplemente path

Paquetes destinados a diferentes IPs pueden usar el mismo camino LSP (pertener al mismo FEC). Los paquetes con el mismo destino y tratamiento de QoS (Quality of service) se agrupan en una misma etiqueta. Las etiquetas se pueden apilar, de modo que se puede encaminar de manera jerárquica.

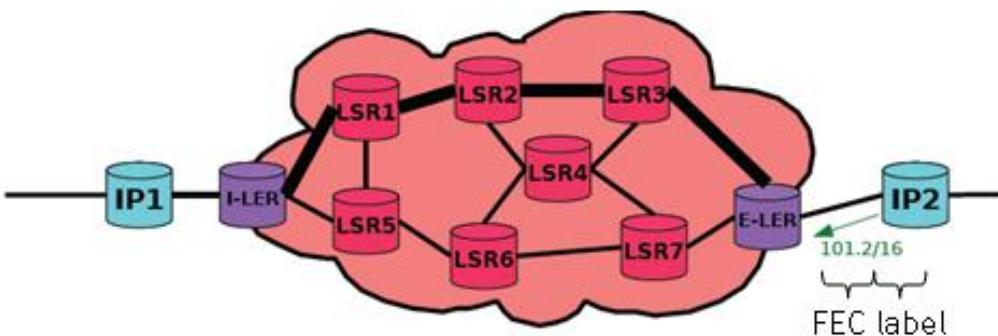
11.10LDP: Label distribution protocol

Para poder enviar los paquetes por un determinado LSP, es necesario un protocolo de distribución de etiquetas, también llamado “de señalización”. Este protocolo trabaja creando y distribuyendo etiquetas para las rutas aprendidas con un protocolo de encaminamiento propiamente dicho. Este protocolo de encaminamiento suele ser OSPF o ISIS en redes que usan MPLS para el forwarding de paquetes.

El protocolo de distribución de etiquetas más habitual el MPLS se llama LDP (Label Distribution Protocol)

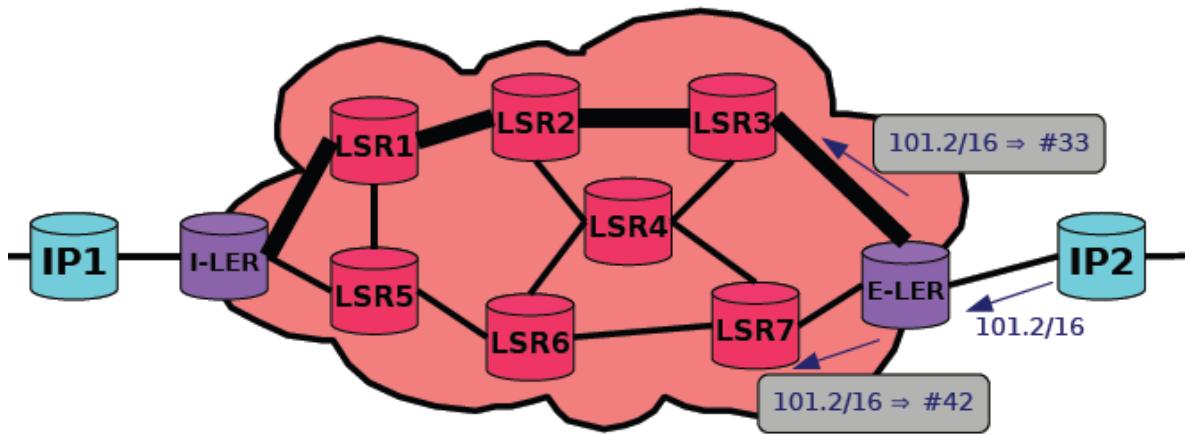
Las etiquetas se distribuyen corriente-arriba: desde el E-LER hasta el I-LER (es decir, en el sentido inverso al que llevará el tráfico). Cuando el E-LER descubre una red que alcanza, crea una etiqueta para ella y lo comunica a sus LSR vecinos

Los LSR van distribuyendo su etiqueta a sus vecinos corriente arriba, hasta que llega la información al I-LER.



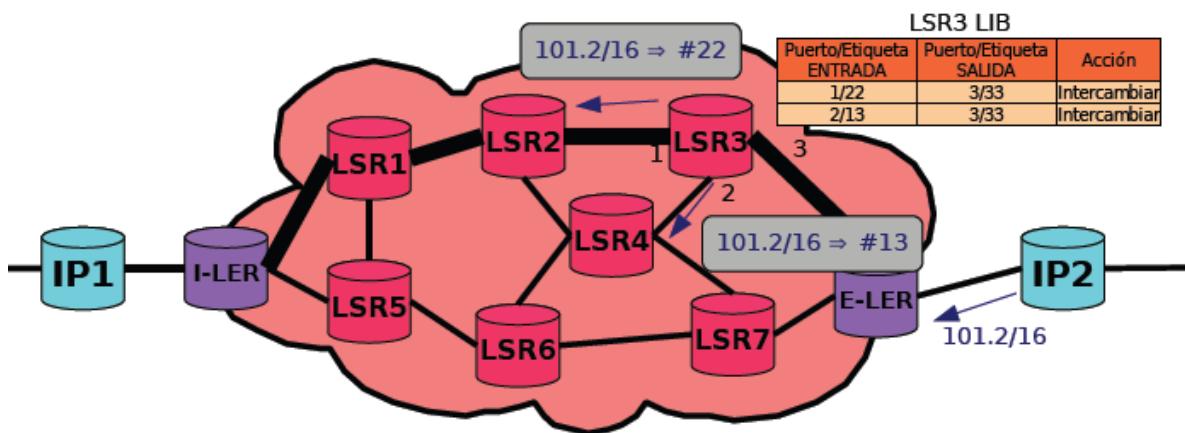
Una FEC podría ser simplemente una dirección de red, pero se puede mejorar agrupándolas por tipo de tráfico, de modo que haya varias FEC por cada subredes o que varias subredes usen el mismo FEC.

Veamos un ejemplo de funcionamiento: IP2 anuncia la red 101.2/16 al E-LER



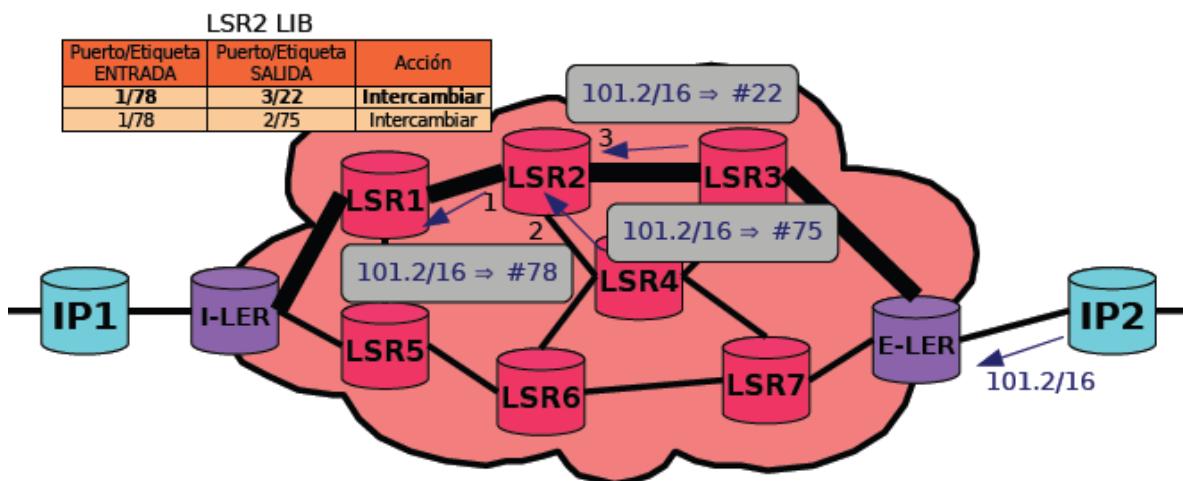
E-LER le adjudica una etiqueta local a esta ruta y la propaga a sus LSRs adyacentes (LSR3 y LSR7)

- La etiqueta sólo tiene sentido para el LSR que la distribuye (E-LER en este caso)
- La etiqueta puede ser diferente para cada enlace por el que se anuncia.



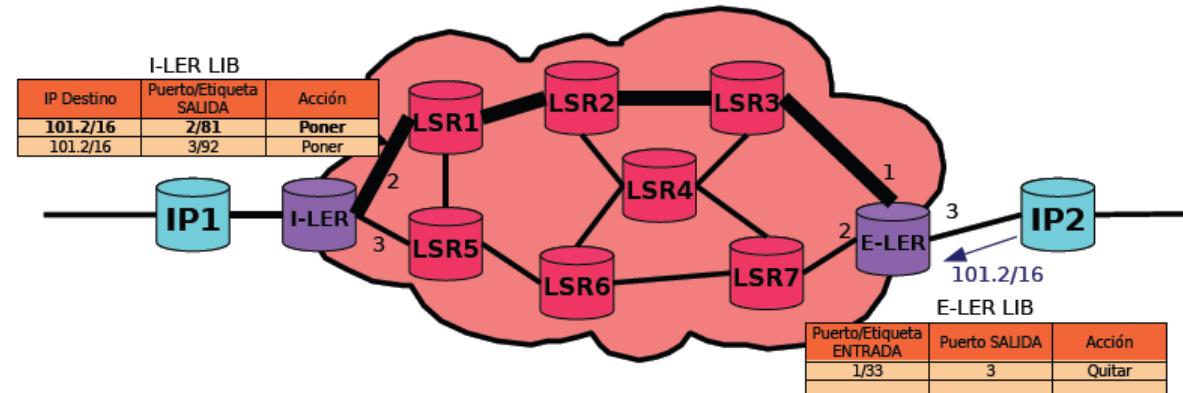
LSR3 le adjudica una etiqueta local a la ruta, y la propaga.

- LSR3 actualiza su LIB (Label Information Base), que será la que utilice para el forwarding de paquetes.
- De esta forma, la ruta aprendida por el E-LER va avanzando hacia el I-LER.



Cuando un LSR (p.ej. LSR2) tiene rutas alternativas para una red dada, elige la mejor de acuerdo con el protocolo de encaminamiento subyacente (OSPF o BGP, normalmente).

- Normalmente mantiene en su LIB las alternativas, por si hubiera problemas en la ruta elegida.



Una vez ejecutado LDP , podemos enrutar usando MPLS. EL primer paso es que el I-LER pone la primera etiqueta en función de la dirección de destino y la "clase de tráfico" (FEC). Al pasar por un LSR (p.ej. LSR2) se cambian las etiquetas y se encamina el paquete según su LIB, y así sucesivamente hasta el E-LER , que quitaría la última etiqueta y pasaría el datagrama a IP2.

Con LDP hemos aprendido como enrutar paquetes mediante etiquetas, de una forma rápida. Para ello previamente la red tiene que haber aprendido el coste de todos los enlaces mediante OSPF o ISIS. Una vez que la tabla de enlaces está actualizada por OSPF, podemos crear tuneles LSP manualmente o bien dejar que la red etiquete sola. En definitiva, LDP no implica que ya no usemos OSPF.

Cuando creamos un tunel MPLS, lo que hacemos es ponerle un nombre al conjunto de etiquetas entre dos puntos de la red, y dicho tunel lo

construimos con características de calidad garantizadas extremo a extremo.

11.11 Servicios IP proporcionados por una red IP/MPLS

Básicamente es uno solo: una VPN, que a su vez se puede construir de 3 modos:

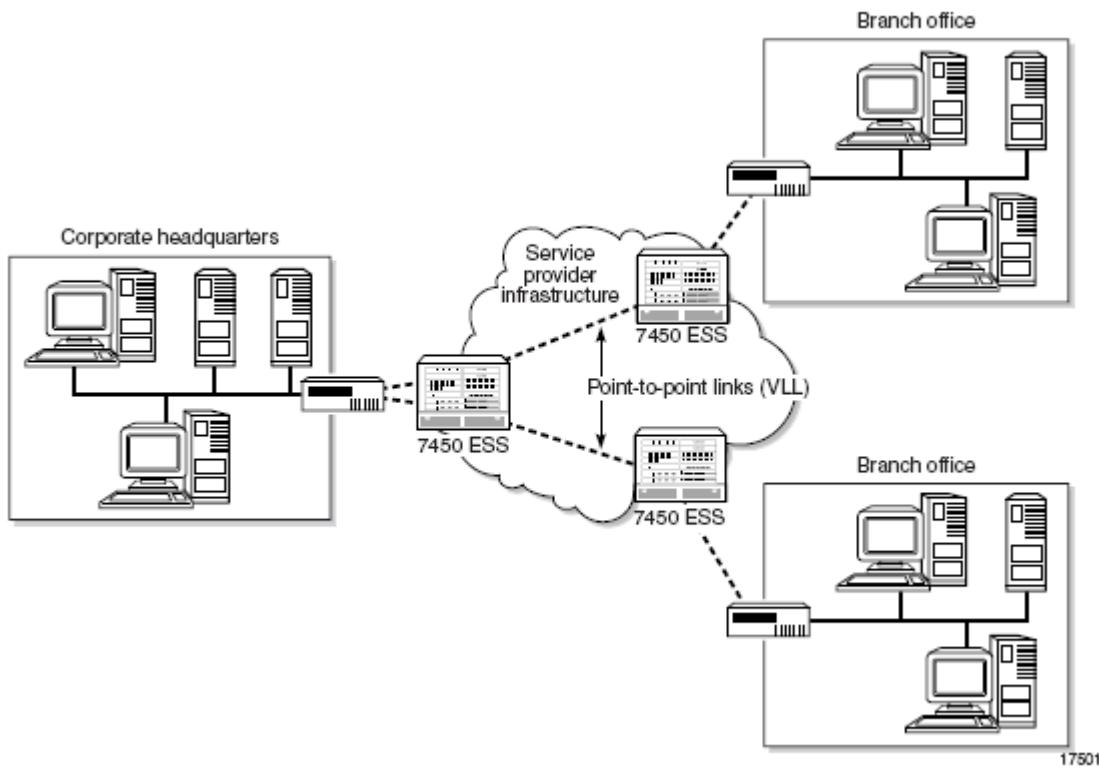
- Layer 3 multipoint VPN , también conocida como “IP VPN” o “Virtual Private Routed Network” (VPRN)
- Layer 2 point-to-point VPNs. Es una colección de líneas dedicadas “Virtual Leased Lines”(VLL)
- Layer 2 multipoint VPNs o también llamada “Virtual private LAN Service” (VPLS)

Para hacer una VPN hace falta primero construir una malla de túneles MPLS, sobre la que se basa el servicio, ya sea VPLS o VPRN.

Un caso particular de VPN es cuando solo hay dos sedes que interconectar, en este caso la VPN degenera en un simple túnel MPLS, al que llamamos VLL

11.11.1 VLL: Virtual Leased Line

De cara al cliente , este servicio aparece como una leased line TDM tradicional entre 2 sites. Es decir, es una línea dedicada punto a punto con un ancho de banda garantizado.



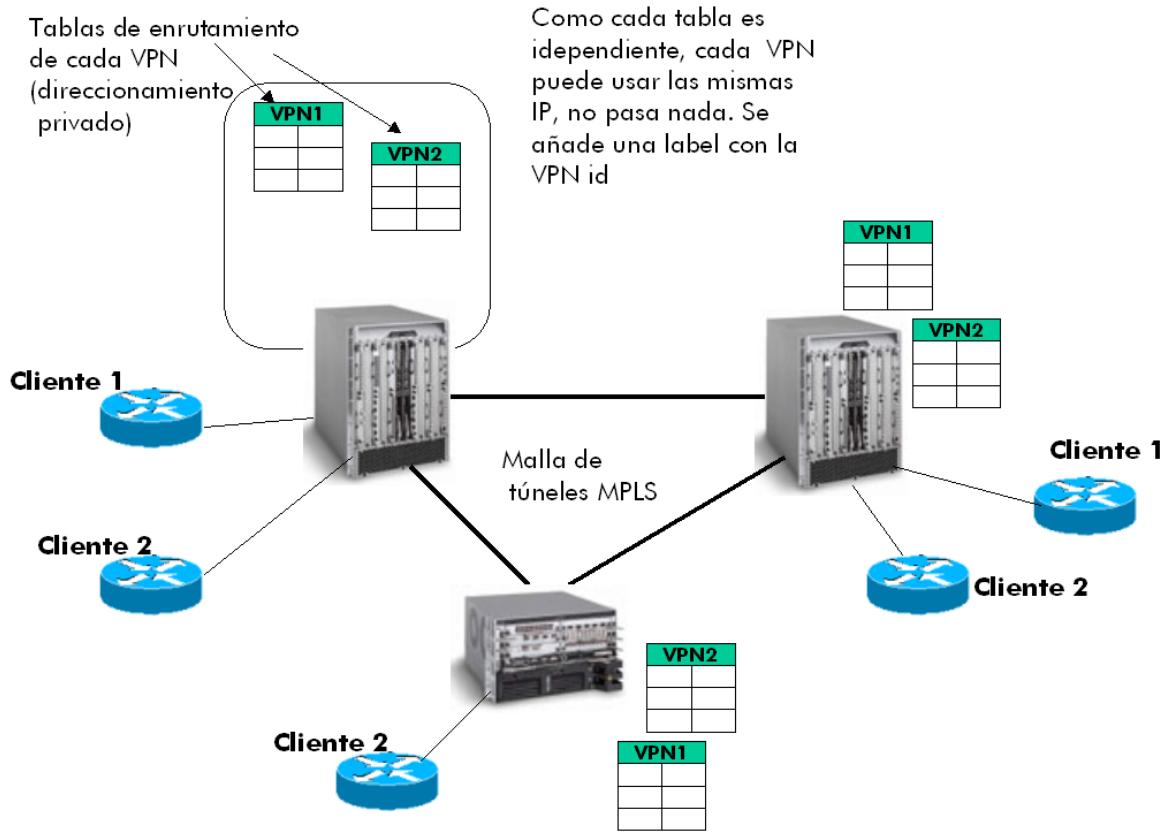
En realidad es una forma de proporcionar una comunicación ethernet punto a punto sobre una red IP/MPLS. A una conexión VLL tambien se la llama "Virtual Private Wire Service" (VPWS) o EoMPLS (Ethernet over MPLS). VLL utiliza el encapsulamiento pseudo-wire que permite trasnportar trafico Ethernet mediante un tunel MPLS sobre una red backbone IP/MPLS

11.11.2 VPRN : Virtual Private Routed Network

Una VPRN es una VPN multipunto, a diferencia de una simple conexión VPN que básicamente es una conexión punto a punto en la que un usuario se conecta a la red de su empresa usando un cliente VPN que cifra el tráfico y un terminador de tunel VPN que descifra el trafico y el cual asigna una IP privada.

Una VPRN se basa en el concepto de router virtual, es decir: un router en lugar de tener una tabla de enrutamiento, tendrá N tablas independientes, de modo que podrá enrutar trafico independientemente. Cada VPRN usará una de estas tablas, de modo que tendremos un router virtual dentro de un router por cada VPRN que creemos.

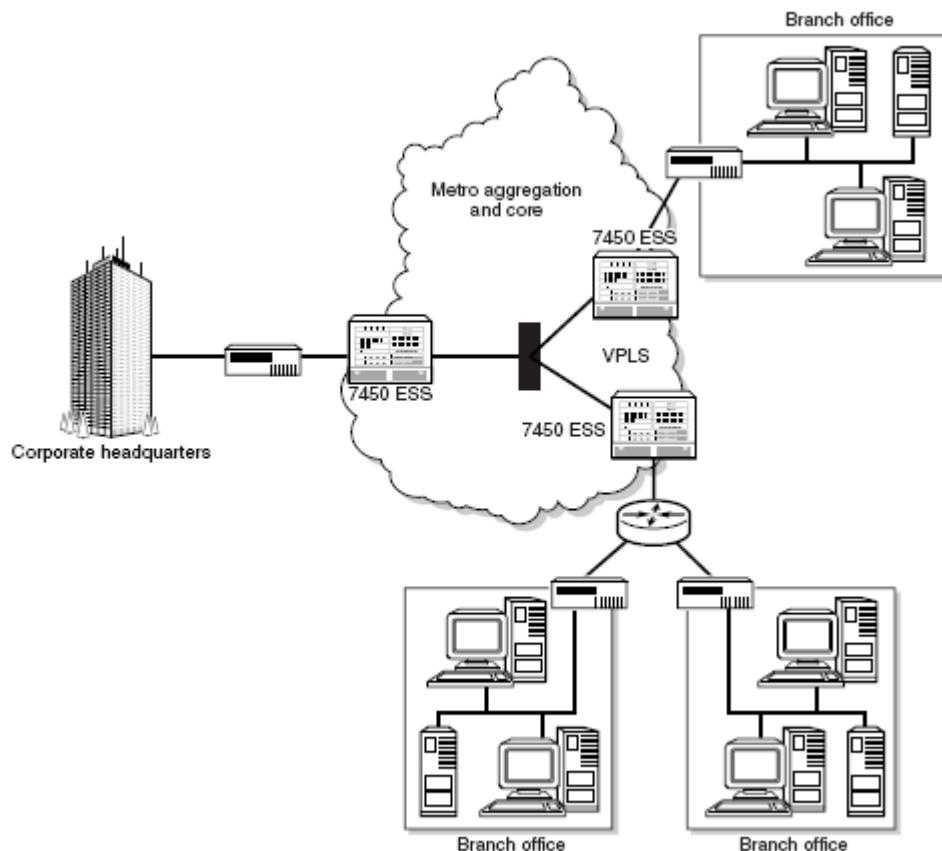
Además, el trafico en una VPRN no se cifra necesariamente. Hay Routers que pueden cifrar este trafico, pero en principio no es necesario porque no hay visibilidad de dicho trafico entre unos y otros clientes.



11.11.3 VPLS: Virtual Private Lan

Virtual private LAN service (VPLS) es una forma de proporcionar conectividad a nivel 2 de tipo multipunto a multipunto, usando MPLS. La funcionalidad conseguida es la parecida que con VPRN. Mientras que una VPRN consigue que toda la red se comporte como un único router desde el punto de vista del cliente, una VPLS consigue que toda la red se comporte como un único switch para el cliente.

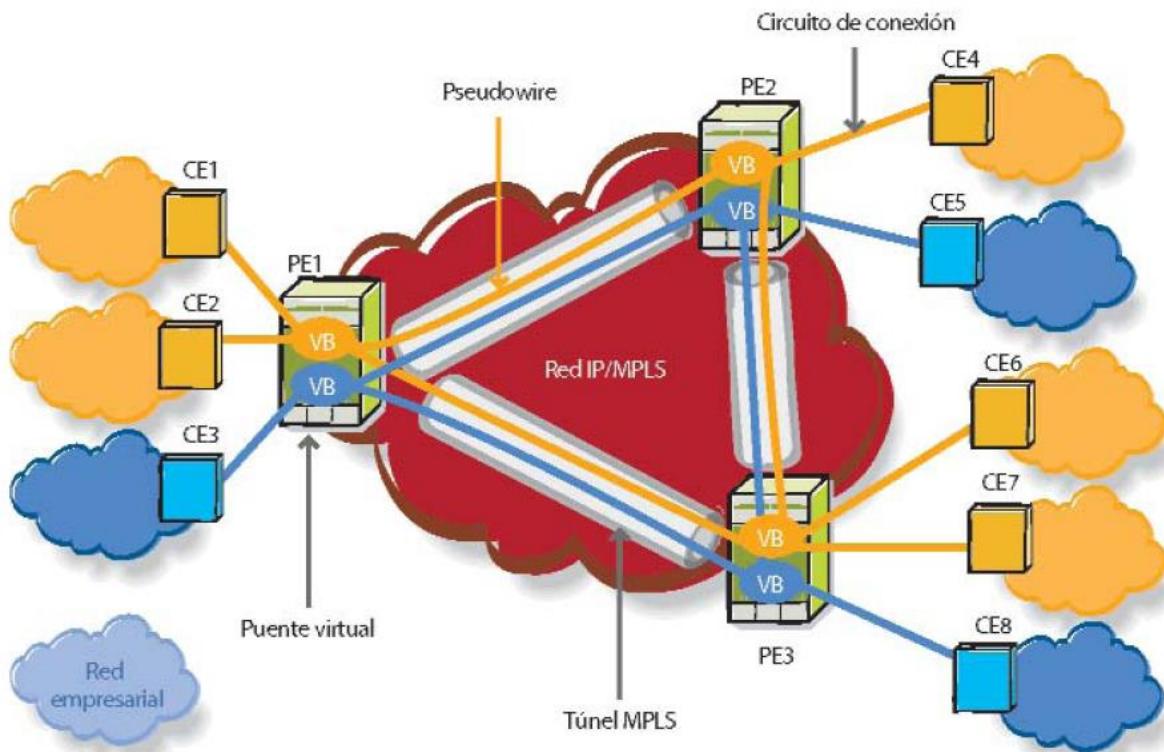
En la figura la VPLS aparece representada como un switch virtual, (la cajita negra) al que se conectan los routers de acceso 7450, de algún modo la red "emula" este switch.



Para emular el switch, los routers de acceso al backbone (los 7450 que pertenecen a cada MAN) establecen conexiones VLL hacia los routers 7750 del backbone. Y los 7750 construyen el switch “emulado”.

11.11.3.1 Como funciona una VPLS

La forma de construir este switch es simplemente crear túneles MPLS desde todos los routers a todos los routers, es decir, creamos una “malla” de túneles MPLS (llamados tambien LSP label switched path). Cada tunel MPLS estará compuesto por uno o varios pseudowires (PW)



Todos los nodos que participan en una VPLS están conectados todos con todos mediante tuneles MPLS, comportándose estos tuneles MPLS como el "backplane" del switch que pretenden emular, y por tanto creando una estructura interna libre de bucles donde no es necesario ningún mecanismo anti-loops (OJO, esto es EXACTAMENTE lo mismo que hace una VPRN, solo que ese todos-con-todos de tuneles MPLS se comportan como el backplane del ROUTER que pretenden emular)

En la figura aparece representado como :

- CE: client equipment. Puede ser un router que tiene el cliente en sus oficinas
- PE: es un router con capacidad MPLS de la red del operador (es decir, un LER: Label edge router).
- Túnel MPLS: puede transportar muchos tipos de tráfico, es decir, puede estar compuesto por varios pseudowires de diferentes anchos de banda y calidades de servicio.

Cuando un router LER recibe un paquete con una MAC origen y una MAC destino, apunta en una base de datos (llamada FIB) que, por ejemplo, en el puerto físico "1/1/2:0" tiene conectado un host con dicha MAC. A continuación, y puesto que dicho puerto está asignado a una VPLS por configuración, le pone una etiqueta al paquete que identifica la pertenencia a una VPLS concreta, y lo manda por todos los tuneles MPLS

menos por donde le llegó (a esto se le llama técnica split horizon y sirve para evitar bucles).

Cuando los routers adyacentes reciben el paquete, lo primero que harán será apuntar que para llegar a la MAC origen del paquete hay que enviar los paquetes a través del router que les acaba de enviar dicho paquete.

A continuación repiten el proceso de inundar sus propios puertos de salida. Entonces, si la MAC destino se encuentra conectada a algún puerto contestará a la MAC origen y el router apuntará que en dicho puerto tiene conectada la MAC destino. Para entregar dicho paquete a la MAC origen lo único que tiene que hacer es consultar su tabla FIB y verá que simplemente tiene que enrutar el paquete por el túnel MPLS desde donde le llegó el paquete original.

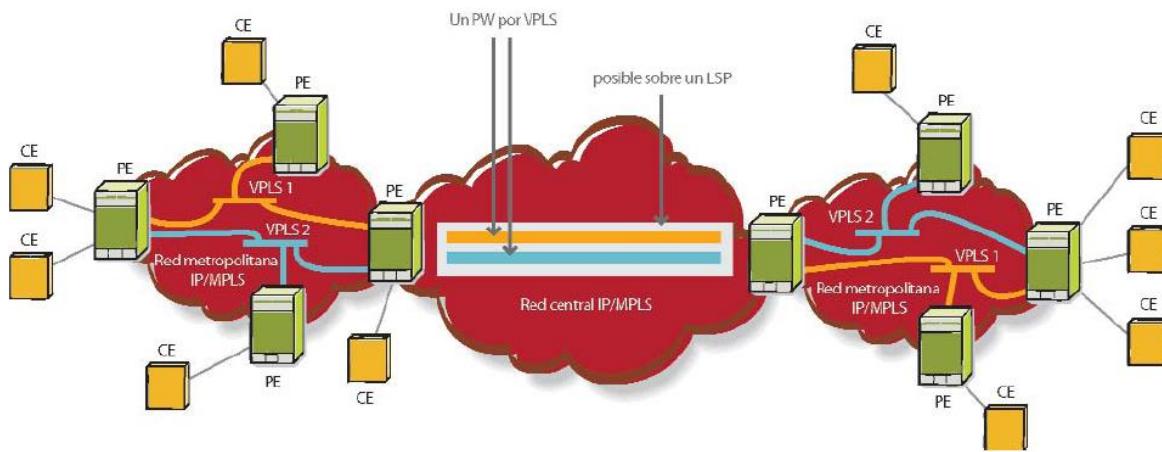
Poco a poco se va construyendo cada nodo su propia FIB, que en definitiva es una tabla de enrutamiento para cada VPLS. En dicha tabla aparece algo como

VPLS id	MAC	localizacion	Como llegar
101	M1	remoto	Túnel a PE2
101	M2	local	Puerto 1/2/22:0
101	M3	remoto	Túnel a PE1
102	M4	remoto	Túnel a PE1
102	M5	local	Puerto 1/3/22:0

11.11.3.2 VPLS jerárquico (H-VPLS)

El VPLS jerárquico permite que los servicios VPLS se extiendan por múltiples redes metropolitanas sin necesidad de crear una malla total de túneles entre todos los routers de las dos redes.

Para ello se crea una conexión entre dos routers de las dos redes llamada spoke pseudowire, por la que se introduce todo el tráfico intermetropolitano.



11.12 Ejemplo Service Router Alcatel-Lucent 7X50

Es uno de los service Routers con tecnología más avanzada del mercado. Está disponible en tres tipos de chasis segun las necesidades



Dentro de un Service router hay diferentes partes:

- los MDA son los media dependent adapters: hay MDAs de 10Gb, ethernet, STM, es decir, los MDA reciben las señales y se las pasan electricamente a las IOM, las cuales procesan los paquetes y toman las decisiones de enrutamiento en base a las tablas de etiquetas. Esto permite independizar las placas IOM del tipo de interfaz (normalmente óptico). Las MDAs las hay de 40 Gb y de 100Gb, aparte de que tambien las hay CES y las ASAP (Any Service Any Port) que son ATM/FR/SDH todo en uno. Otro tipo de tarjetas MDA son las ISA, que nos dan cosas como IPSEC, Application Assurance, NAT.
- los IOM son los Input/output modules . a veces se las llama "tarjetas de linea". Hay varias versiones segun su capacidad. Entre otras cosas ponen y quitan etiquetas mpls a los paquetes y el numero de etiquetas diferentes que pueden manejar en sus tablas de

enrutamiento depende de si es una IOM-1 , una IOM-2 o una IOM-3. El IOM hace la clasificación (= etiquetado) y schedule de los paquetes.

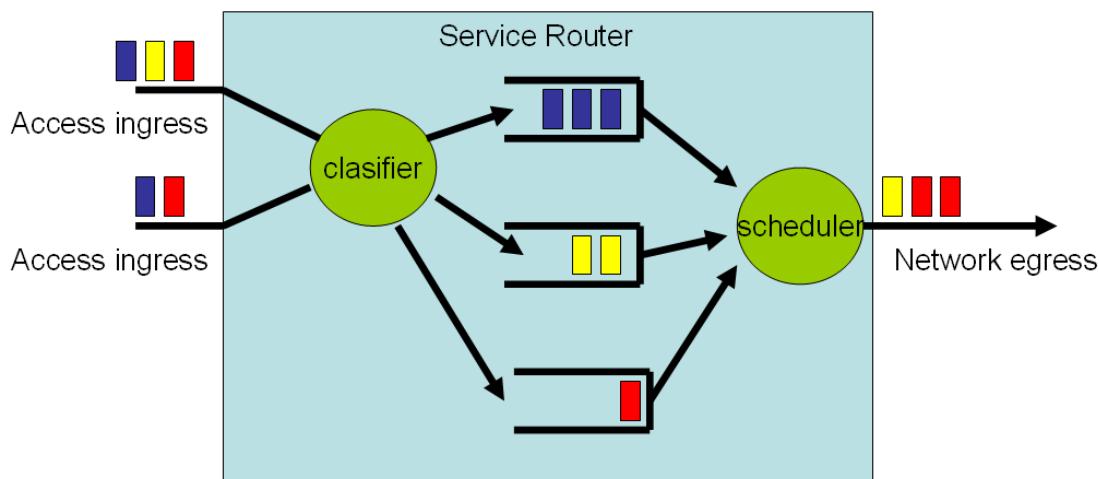
- Switch fabric o módulo de conmutación: es lo que permite conectar cualquier entrada con cualquier salida, es decir, donde se conmutan los paquetes a nivel espacial.

A nivel lógico un IOM del router se compone de un clasificador de paquetes y un planificador ("scheduler"), así como un conjunto de colas. Dentro de cada cola hay prioridad, aunque solo 2 valores (high y low)

Dentro del router, cada FC (cada FEC MPLS) tiene su cola. Paquetes que pertenecen a diferentes clases de servicio entran en diferentes colas, de modo que podemos equiparar el significado de clase de servicio con el de cola.

Un scheduler tiene N interfaces por las que entran paquetes. Los paquetes pasan por una función de **clasificación** y se meten en diferentes colas en función de la clase de servicio (la forwarding class FC) que se les asigne. En cada cola se meten los paquetes de una sola FC. Luego esas colas pasan por el **scheduler** y se reordenan antes de salir por la interfaz de salida.

Las colas de alta prioridad estarán siempre vacías o casi vacías, de no ser así aumentaría la latencia.



Antes de que se llene una cola y se descarten paquetes por cola saturada, a veces se usa una técnica llamada RED (random early detection) consiste en tirar paquetes aleatoriamente antes de que la cola se llene.

Esto tiene como consecuencia que el emisor/es de paquetes TCP suele adaptar su throughput de salida y la cola finalmente aguanta sin llenarse.

Los routers de Alcatel-Lucent soportan 8 forwarding classes y para cada FC, dos prioridades, de modo que tenemos 16 prioridades en total, sin embargo si se usa la cabecera MPLS para la QoS nos quedamos con 8 clases de servicio, ya que el campo de QoS en MPLS sólo tiene 3 bits. Esta es la nomenclatura que se suele usar para las forwarding classes:

BE (best effort) : prioridad low

NC: high

AF (assured) : low y high

EF (expedited) : high

L2 high

H1 high

H2 high

Puede mirarse el campo ToS (Type Of Service) a nivel IP al recibir el paquete y asignar la FC y la prioridad en función del valor que traiga. A ese valor se le llama DSCP (que ganas de poner nombres diferentes a una misma cosa...). Pero normalmente eso no se hace. Simplemente se pone el ToS en función de otros parámetros como IP origen, destino o puertos

En la interfaz de comandos del router podemos consultar la tabla que mapea los valores DSCP (de 0 a 7) con el valor en hex del campo ToS (que son las FC) .

Con DSCP (osea usando el campo ToS de la cabecera IP) tenemos a nuestra disposición los 16 valores de prioridad (8 FC con dos prioridades cada una)

Lo más importante es entender que el proceso de clasificación y marcado (ya sea a nivel IP o a nivel MPLS) solo se realiza una vez , en el ingress node y es un proceso costoso, pero los nodos siguientes de la red se ahorran ese trabajo, a menos que saltemos a otro sistema autónomo, en cuyo caso debido a la incompatibilidad de la numeración usada, se tiene que volver a remarcar.

12 Índice detallado

1	Agradecimientos	4
2	Objetivo	5
3	Conceptos muy básicos	7
3.1	Transformada de Fourier	7
3.1.1	Serie de Fourier	7
3.1.2	Transformada de Fourier (FT y DFT)	10
3.1.3	Ejemplo de programación DFT	12
3.1.4	Funcionamiento de un MODEM con IFFT.....	14
3.1.5	Coste computacional y FFT.....	16
3.1.6	Convoluciones: programación de filtros.....	16
3.2	Teorema de Nyquist y ley de Shannon	18
3.2.1	Teorema de Nyquist	18
3.2.2	Eficiencia de un canal.....	21
3.2.3	Ley de Shannon	21
3.3	Tráfico telefónico: Erlangs.....	22
3.3.1	Dimensionamiento de circuitos	23
3.3.2	Fuente de llamadas poissoniana.....	25
3.3.3	Tu propia calculadora de tráfico	25
4	Conceptos básicos.....	29
4.1	Conceptos económicos: CAPEX , OPEX, ARPU, EBITDA	29
4.2	Estructura de costes de un proyecto	31
4.3	Deterioros en la transmisión: atenuación, distorsión, dispersión.....	32
4.3.1	Relación señal ruido.....	32
4.3.2	Distorsión y dispersión ópticas	34
4.3.3	Distorsión de amplificadores eléctricos.....	35
4.4	Transpondedores	35
4.4.1	Descripción de un subsistema transpondedor óptico	36
4.5	Modems.....	38
4.5.1	Modulación digital de modems telefónicos	38
4.5.2	Modulación digital de modems ADSL.....	40
4.5.3	Modulación digital en telefonía móvil	41
4.5.4	Modulación digital de DVB-T: TDT.....	41
4.5.5	Modems de cable coaxial	43
4.6	Cables telefónicos.....	43
4.6.1	Par de hilos	43
4.6.2	Coaxial.....	45
4.6.3	Cable siamés	46
4.7	Fibra óptica	47
4.8	Multiplexión	50
4.8.1	Multiplexión en frecuencia FDM (y WDM)	50

4.8.1.1	FDM	50
4.8.1.2	WDM y D-WDM	51
4.8.1.3	C-WDM	51
4.8.2	TDM	52
4.8.3	CDM	52
4.9	Transmisión por radio	52
4.9.1	GSM Y CDMA	55
4.9.1.1	Técnica GSM.....	55
4.9.1.2	Técnica CDMA de “espectro ensanchado”	58
4.9.1.3	CDMA y WCDMA	62
4.9.2	WIFI Y WIMAX.....	62
4.9.2.1	WI-FI (wireless Fidelity)	62
4.9.2.2	WIMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access)	
63		
4.9.2.3	Comparativa	65
4.10	SDH y PDH	65
4.10.1	PDH.....	65
4.10.2	SDH (o JDS)	66
4.10.2.1	Multiplexación en SDH	67
4.11	ATM.....	71
4.11.1	Ethernet vs ATM.....	73
4.11.2	Circuitos “virtuales” ATM	73
4.11.3	IP sobre ATM	75
4.11.3.1	filosofía.....	75
4.11.3.2	Funcionamiento	75
4.11.4	ATM usando la red de transmisión.....	77
4.12	Pseudo-Wire	78
4.13	RDSI , o ISDN.....	78
4.13.1	Conexión de datos RDSI vs. ADSL	79
4.14	Comutadores	79
4.14.1	Comutadores de paquetes	79
4.14.2	Comutadores de circuitos.....	80
4.14.2.1	Comutadores de circuitos espaciales	80
4.14.2.2	Mecanismos de re-organización de conexiones	82
4.14.2.3	Ejemplo de matriz de conmutación óptica TST	83
4.14.2.4	Ejemplo de matriz de conmutación TST telefónica	84
4.14.2.5	Comutación temporal.....	84
5	Red completa	86
6	Red de Acceso Fija	87
6.1	Nodos de acceso	87
6.2	Qué hay en tu barrio	88
6.3	Conexión de los POTs a los DLCs o a la LEX	90
6.4	Interfaz V5 entre nodos de acceso (DLC) y la central (LE)	91
6.4.1	Protocolos de señalización en Interfaces V5	93

6.4.2	Conexiones físicas entre DLCs y la central	94
6.5	Ejemplo de DLC: Litespan 1540	95
6.5.1	Arquitectura	98
6.5.1.1	Tarjetas de control y tipo server.....	100
6.5.1.2	Tipos de tarjetas de línea.....	101
6.6	Acceso DSL.....	103
6.6.1	Introducción y nomenclatura	103
6.6.2	Vectoring y circuito fantasma: ADSL 300Mbps	106
6.6.3	Funcionamiento.....	107
6.6.3.1	Modulación DMT	108
6.6.3.2	Elementos del acceso ADSL.....	110
6.6.3.3	Modem ADSL vs. router ADSL	111
6.6.4	Sesiones PPP entre el router y el BRAS (PPP, PPPoA, PPPoE) ...	112
6.6.4.1	Escenarios de asignación de IP (IPCP y DHCP).....	112
6.6.4.2	El protocolo PPP.....	113
6.6.5	Ejemplo de equipo DSLAM (Stinger)	114
6.6.5.1	Configuración de un router	117
6.6.6	Televisión sobre IP (IPTV : miViewTV)	118
6.6.6.1	Arquitectura software de Imagenio.....	125
6.6.7	Calidad de servicio en ADSL.....	126
6.6.7.1	Configuración de prioridad del tráfico ATM	127
6.6.7.2	Modos interleaving y Fast-Path.....	129
6.6.8	Acceso al bucle de abonado por operadores alternativos.	130
6.6.8.1	Acceso ADSL directo (ULL: bucle desagregado)	130
6.6.8.2	Acceso ADSL indirecto	130
6.7	Acceso Cable y par de hilos simultáneo	131
6.8	Acceso cable	132
6.8.1	Televisión por cable (CATV- HFC)	133
6.8.1.1	Cabecera	133
6.8.1.2	Terminal Cabecera de Red	135
6.8.1.3	Centro de distribución (nodo primario)	135
6.8.1.4	Terminación de Red Óptica (nodo secundario - BONT)..	136
6.8.1.5	Red de distribución	136
6.8.1.6	Ejemplo de equipamiento CATV-HFC de BKTEL.....	137
6.8.1.7	Cálculos de calidad en redes CATV	138
6.8.2	Estándar DVB: Televisión Digital	142
6.8.2.1	DVB-C	142
6.8.2.2	DBV-T.....	143
6.8.2.3	DVB-H.....	145
6.8.2.4	MHP: Multimedia Home Platform.....	147
6.8.3	Internet por cable	148
6.8.3.1	Estándar DOCSIS para cablemodem	149
6.9	Acceso FTTH (fiber to the home).....	156
6.9.1	Arquitectura de redes GPON.....	157

6.9.1.1	Downstream.....	158
6.9.1.2	Upstream	158
6.9.1.3	Redundancia.....	159
6.9.2	Ejemplo de equipamiento para una red GPON.....	160
6.9.2.1	Optical line Terminal 7342 ISAM OLT.....	160
6.9.2.2	Optical Network Terminal 7342 ISAM ONT	164
6.9.2.3	Sistema gestor del OLT y ONTs	166
6.10	CATV vs. IPTV	167
6.11	PLC: Power Line Communications	168
7	Red de Acceso y Core móvil	171
7.1	Frecuencias GSM y 3G.....	171
7.2	Arquitectura de la red GSM	171
7.2.1	Paging y Location Area Code.....	173
7.2.2	Handover y roaming	175
7.2.3	Interfaces GSM	176
7.2.4	Identificadores de abonados	177
7.2.5	Enrutamiento de llamadas: SRI (send routing info)	178
7.2.6	PTS y portabilidad de números	178
7.3	Funciones del HLR, AUC y EIR	179
7.4	Mensajes cortos	181
7.4.1	Envío normal de SMSs en una red GSM	181
7.4.2	Cómo se enrutan los mensajes SMS entre operadoras:	182
7.5	USSD	184
7.5.1	Qué es USSD?	184
7.5.2	Escenarios USSD	185
7.5.3	USSD gateway.....	186
7.5.4	USSD como bearer	187
7.5.5	Desventajas de USSD	187
7.5.6	Ventajas y usos de USSD	187
7.6	GPRS y EDGE	188
7.6.1	Arquitectura de GPRS	189
7.7	3G: UMTS phase 1 "R3" (Release 99)	193
7.8	3GPP Release 4	195
7.9	3GPP Release 5	199
7.10	Monitorización de enlaces y de interfaz radio	200
7.11	Radio 3.5G: HSDPA y HSUPA	200
7.12	Femtoceldas.....	201
7.13	3.9G : LTE (Long Term Evolution)	202
7.14	Localización móvil.....	207
7.14.1	Tipos de localización.....	207
7.14.2	GPS ,GLONASS, AGPS y EAGPS	211
7.14.3	Soluciones estandar 3GPP de localización	215
7.15	Mobile Virtual Network Operators (MVNOs)	216
7.15.1	Llamadas básicas	218

7.15.2	Red MVNO completa	218
8	Redes NGN y Arquitectura IMS	221
8.1	Redes NGN.....	221
8.2	Arquitectura IMS	221
8.2.1	Elementos de IMS	222
8.2.2	Combinación Circuitos e IMS: nodo BGCF.....	229
8.2.3	Traslacion de teléfonos a URLs: nodo ENUM	230
8.2.4	Algunos Servicios Habilitadores ("enablers").....	231
8.2.4.1	Métodos SIP en IMS: SIMPLE.....	231
8.2.4.2	Enabler XDM (XDM Server)	232
8.2.4.3	Enabler de presencia.....	234
8.2.4.4	Enabler IM (instant messaging) y conferencias	236
8.2.4.5	Enabler PoC (Push to talk Over cellular)	237
8.3	Broker de orquestación de servicios : NG-IN	238
8.4	Equipos para redes NGN	240
8.4.1	Media Gateway Alcatel-Lucent 7510.....	240
8.4.2	MediaGateway controller: 5020MGC y MGC-8	242
8.4.3	Equipos híbridos MGC + MG	242
8.4.4	Clases de softswitches	244
8.4.5	Equipos 5450 ISC y 5440 IRC	244
8.4.6	Feature Server 5000	245
9	Red de transmisión	247
9.1	Introducción.....	247
9.1.1	¿Que se puede meter en una lambda?	250
9.2	Tipos de Elementos de Red:	250
9.3	Equipos LT-OADM. Nodos multiservicio	251
9.3.1	Equipo omsn 1642EMC.....	252
9.3.2	Equipo omsn A1660	255
9.3.3	Ejemplo de aplicación.....	258
9.4	Equipos WDM metropolitanos y de larga distancia.....	259
9.4.1	Equipo WDM A1696.....	260
9.4.2	Canal Optico de Supervisión (OSC)	261
9.4.3	Equipo WDM de larga distancia A1626 Light Manager	262
9.4.3.1	Consecuencias de fallo en una TRBC	264
9.4.3.2	Diagnóstico de una tarjeta transpondedora.....	264
9.4.4	Regeneradores (Repetidores de linea LR)	265
9.5	Crossconectores (XC). A1641SX	266
9.6	Dispersion Compensation Units (DCUs)	269
9.6.1	Tramos aereos y soterrados	270
9.7	Protección de circuitos	270
9.7.1	Protección de Camino:	271
9.7.2	SNCP (Sub-Network Connection Protection)	272
9.7.3	Protección MSP: para secciones (= rutas)	274
9.7.4	Protección Anillos autorecuperables:MS-SPRING	275

9.7.4.1	Anillos de protección dedicada	275
9.7.4.2	MS-SPRING: Anillos de Protección Compartida	276
9.7.5	Comparativa de mecanismos de protección	277
9.8	Ejemplo de red.....	278
9.9	Redes malladas con restauración	280
10	Red de conmutación	281
10.1	Descripción general	281
10.2	Central Alcatel 1000 S12.....	283
10.2.1	Descripción general.....	283
10.2.2	Matriz de conmutación (SN)	286
10.2.3	Gestión del análisis de prefijos	288
10.2.4	Administración de bloques de rutas y de enlaces	289
10.2.4.1	TCEs de enlace	290
10.2.5	Administración de tarifas	291
10.3	Señalizacion N7	291
10.3.1	Protocolos de ANSI SS7	291
10.3.2	Señalizacion TUP vs ISUP	292
10.3.3	Señalizacion ISUP	293
10.3.4	Mensajes ISUP intercambiados por las centrales	293
10.3.4.1	Campos de cabecera	293
10.3.4.2	Campos de datos	294
10.3.5	Para qué sirven las PTS	295
10.4	Tipos de enrutamiento en SS7.....	296
10.5	Servicios suplementarios ofrecidos por una central.....	300
10.5.1	Servicios suplementarios del S12.....	301
10.5.1.1	Servicios Suplementarios POTS.....	301
10.5.1.2	Servicios Suplementarios POTS- CLASS.....	302
10.5.1.3	Servicios Suplementarios RDSI en Accesos Básicos.	303
10.5.1.4	Servicios Suplementarios RDSI en Accesos Primarios.....	304
10.5.1.5	Servicios Portadores RDSI.....	304
10.6	Servicio CENTREX.....	304
10.7	Ejemplo de una red de conmutación	306
10.8	central de conmutación 5ESS	308
10.9	Red inteligente	310
10.9.1	Fundamentos y arquitectura de OSP	311
10.9.1.1	Procedimientos de actualización de datos:DDUP y snapshot 312	
10.9.1.2	CDRs y estadísticas.....	313
10.9.1.3	Comunicación entre procesos: DPE	315
10.9.1.4	Alta disponibilidad y balanceo de carga	316
10.9.1.5	Dimensionado de CAPs , transacciones y enlaces	317
10.10	Escenarios de disparo de una IN: originante y terminante	318
10.11	Specialized Resource Point (SRP)	319
10.12	Servicios clásicos de red inteligente	324

10.12.1	Pre pago	324
10.12.2	VPN	325
10.12.3	Portabilidad de números.....	325
10.12.4	Buzón de voz	326
10.13	Centralitas de empresa.....	327
11	Red de Datos IP	331
11.1	Introducción rápida a IP	331
11.1.1	Servidores DNS	334
11.2	TCP y UDP.....	336
11.2.1	Establecimiento y cierre de sesión TCP	336
11.3	Arquitectura de Internet.....	337
11.3.1	Red de acceso de datos	339
11.3.2	Redes MAN.....	339
11.3.3	Red Backbone	341
11.3.4	Nodos neutros	341
11.4	Switches, Routers y service Routers	342
11.5	Firewalls, servidores proxy y NAT	343
11.6	Spanning Tree	345
11.7	Protocolos de enrutamiento	346
11.7.1	Sistemas autónomos	346
11.7.2	Protocolos tipo IGP (interior gateway protocol)	346
11.7.2.1	RIP.....	347
11.7.2.2	OSPF	348
11.7.2.3	CSPF y ingeniería de tráfico	349
11.7.2.4	ISIS	350
11.7.3	Protocolos EGP (External Gateway Protocol)	350
11.8	MPLS.....	352
11.9	Elementos y etiquetas de MPLS	353
11.10	LDP: Label distribution protocol	355
11.11	Servicios IP proporcionados por una red IP/MPLS	358
11.11.1	VLL: Virtual Leased Line	358
11.11.2	VPRN : Virtual Private Routed Network	359
11.11.3	VPLS: Virtual Private Lan	360
11.11.3.1	Como funciona una VPLS	361
11.11.3.2	VPLS jerárquico (H-VPLS)	363
11.12	Ejemplo Service Router Alcatel-Lucent 7X50	364
12	Índice detallado.....	368