

Curso: TELECOMUNICACIONES PARA NO TÉCNICOS



UNIDAD 1:

LA ESTRUCTURA DE REDES DE TELECOMUNICACIONES

1.1 Temática de estudio:

La necesidad que varios usuarios de un mismo servicio de telecomunicaciones puedan comunicarse entre si, además, optimizar los medios instalados para tal propósito, ha llevado al concepto de redes de telecomunicaciones.

Estas redes han evolucionado desde formas muy sencillas, pasando luego a redes especializadas y actualmente hacia redes integradas.

Al finalizar la unidad 1 se espera que los participantes puedan comprender los principios básicos de las redes de telecomunicaciones más significativas que son la telefónica (tanto fija como móvil) y datos, así como la importancia de la UIT y CITEI para las tecnologías de información y la comunicación (TIC).

Índice

1.1	Temática de estudio:	1
2	LA INVENCION DEL TELÉGRAFO.....	4
3	CIENCIA, TECNOLOGÍA TRAS LA INVENCION DEL TELÉGRAFO	6
4	LO SIGUIENTE... EL TELÉFONO	8
5	LA INVENCION DEL TELÉFONO	8
6	REDES DE TELECOMUNICACIONES	12
7	ESTRUCTURA DE LA RED TELEFÓNICA.....	25
8	Innovaciones en las redes:	30
9	LA RED DE DATOS. REDES IP. CIRCUITOS VIRTUALES	31
9.1	La red de datos:.....	31
9.2	Las redes IP:.....	32
9.3	Circuitos virtuales:.....	34
9.4	Componentes básicos de las redes:	36
9.5	Clasificación de las redes de datos según su alcance:.....	36
9.6	Softwares:	39
9.7	Hardware:.....	39
9.8	Dispositivos de usuario final:	40
9.9	Servidores:	41
9.10	Almacenamiento en red:.....	43
9.11	Dispositivos de red:	44
9.12	Protocolos de redes:	44
9.13	Por la direccionalidad de los datos:.....	46
9.14	Por grado de autenticación:.....	46
9.15	Por grado de difusión:	46
9.16	Por servicio o función:	47
10	RADIODIFUSION DE SEÑALES	50
11	HISTORIA DEL TELEFONO MOVIL	56
11.1	El inicio	57
11.2	Primera generación (1G): Maduración de la idea	57
11.3	Segunda generación (2G): Popularización.....	58
11.4	Generación de transición (2.5G)	59
11.5	Tercera generación (3G).....	60
11.6	Cuarta Generación (4G): La Actualidad	60
11.7	Las normas de las IMT-Avanzadas (4G) elaboradas por el UIT-R anuncian una nueva era de comunicaciones de banda ancha móvil	61
11.8	¿Qué son las IMT-Avanzadas?	63
12	El enfoque EMeRT con respecto a las tareas:	64
13	Comunicaciones móviles satelitales:	65
14	UIT Y CITEL	68
14.1	UIT	68
9.2	CITEL.....	71
14.2	Funciones de la CITEL:	73
14.3	Asamblea de la CITEL:.....	74
14.4	Links:.....	75
14.5	Acrónimos y glosario.	75
	Apéndice I - Unidad I.....	76
1	LTE - Evolución a Largo Plazo	76
2	LTE - Historia de su evolución.....	77

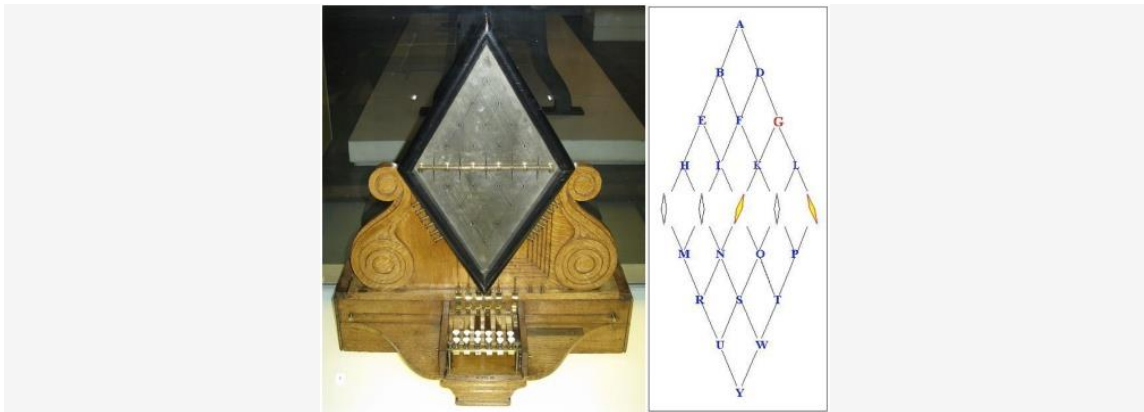
3	LTE Advanced.....	79
4	Aspectos básicos.....	81
5	Requerimientos y objetivos	82
6	Requerimientos de desempeño del Sistema.....	83
7	Picos de Transferencia de Datos y Eficiencia Espectral.....	83
8	Performance de la Celda y su Eficiencia Espectral	84
9	Capacidad de voz.....	85
	Bibliografía.....	86
	Acrónimos	86

2 LA INVENCIÓN DEL TELÉGRAFO¹

Con todo lo que ya se sabía sobre la electricidad, la década de 1830 fue testigo de un desarrollo tremendo en materia de telecomunicaciones. En Estados Unidos, Rusia y Europa, algunas de las mentes más brillantes de la humanidad le daban vueltas a la transmisión de impulsos eléctricos por hilos metálicos, con el objetivo de intercambiar información de forma casi instantánea entre dos puntos lejanos. Para empezar, Carl Friedrich Gauss (sí, ÉL) y Wilhelm Eduard Weber consiguieron tender una línea de comunicación de 1200 metros de longitud que seguía la vía del tren en su ciudad (Göttingen, Alemania). Usaban agujas imantadas y diversos aparatos inventados por ellos mismos (magnetómetros, galvanómetros, conmutadores...) para transmitir impulsos eléctricos de un extremo a otro de un cable. Incluso idearon un código basado en el movimiento de las agujas para entenderse. Así, Gauss y Weber presentaron el primer telégrafo eléctrico en 1833, aunque su alcance era bastante reducido.

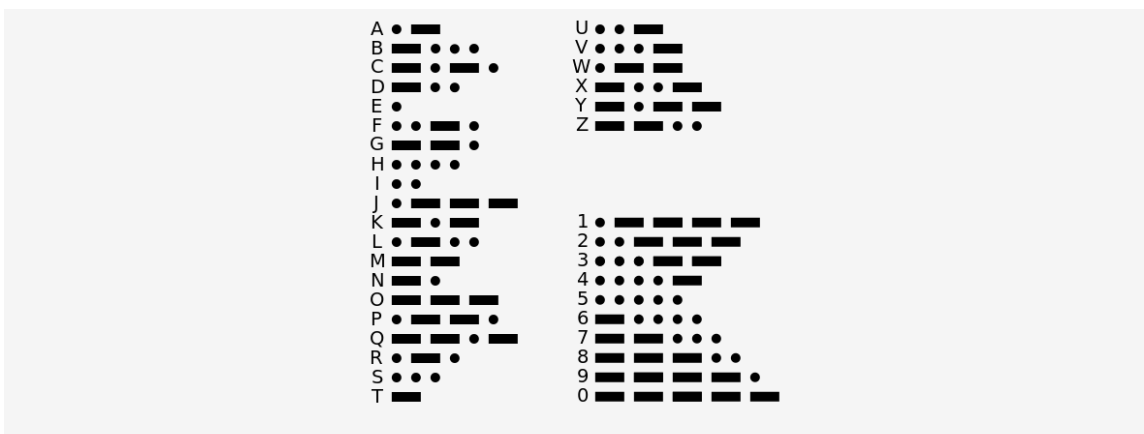
En el Reino Unido destacó el trabajo de William Cooke y Charles Wheatstone, que en 1839 instalaron un telégrafo con un alcance de 21 Km entre las estaciones londinenses de Paddington y West Drayton (todavía existentes, a unos 20 minutos la una de la otra). Fue el primer telégrafo en uso comercial y contaba con una especie de pantalla con agujas que eliminaba la necesidad de aprender código alguno. El emisor y el receptor estaban unidos por cinco cables por los que viajaban otras tantas señales eléctricas, moduladas de tal forma que las agujas apuntaban a la letra que se transmitía en cada momento (figura de abajo). Con este mismo sistema, en 1945 se transmitió un mensaje que inició una nueva era en la actuación de la policía: "Se acaba de cometer un asesinato en Salt Hill y el sospechoso ha sido visto comprando un billete de primera clase para el tren a Londres. Viste de cuáquero con un gran abrigo hasta los pies y está en el último compartimento de segunda clase". El mensaje viajó más rápido que el tren y el asesino (John Tawell, también con historia a sus espaldas) fue arrestado en la estación de destino.

¹ Dr Noresnau. Telecomunicaciones de andar por casa. Universidad de Vigo.2013



El telégrafo de Cooke y Wheatstone, con una representación de las agujas en el momento de recibir una 'G'.

El alcance del telégrafo de Cooke y Wheatstone fue superado por los estadounidenses Samuel Morse y Alfred Vail, que entre 1836 y 1838 desarrollaron un sistema que en lugar de agujas utilizaba unos interruptores accionados por impulsos eléctricos (relés). Este sistema contó con un apoyo decidido por parte del Congreso de EEUU, que al poco tiempo reportó una gran cantidad de dinero a... ¿sus dos inventores? Pues no: a Morse, nada más. Aunque parece probado que Vail fue artífice de muchas de las mejoras técnicas que hicieron posible el despliegue americano del telégrafo, el dinero, la fama e incluso el apelativo del código de puntos y rayas (impulsos eléctricos cortos y largos) que se utiliza todavía hoy a nivel mundial quedaron para Morse, que debía de contar con amigos mejor colocados y mayor presencia mediática. Vail escribió a Morse en 1848 diciendo que dejaba la Washington and New Orleans Telegraph Company porque, con los 900 dólares que le pagaba al año, malamente podía cuidar de sí mismo.



Representación de letras y números en el quizás mal-llamado código Morse. Hasta hace poco, cuando se marcaba un gol sonaba esto por la radio.

Sea como fuere, en la década de 1850 las líneas de telégrafo cubrían ya buena parte de las zonas pobladas de Estados Unidos y Europa. Sin embargo, no fue hasta 1861 que se concluyó la línea telegráfica transcontinental que jubilaría definitivamente al Pony Express. No mucho después, en 1866, se tendió un cable telegráfico trasatlántico entre Estados Unidos e Irlanda, de modo que Europa y América quedaban comunicadas en segundos donde anteriormente un barco tardaba entre 15 días y 2 meses en atravesar el océano.



El SS Great Britain, uno de los barcos que viajaban entre Europa y América a mediados del siglo XIX.

3 CIENCIA, TECNOLOGÍA TRAS LA INVENCION DEL TELÉGRAFO ²

Posted by [noresnau](#)

La prehistoria de los sistemas de telecomunicaciones llegaba hasta las primeras décadas del siglo XIX, en un proceso en que la invención de la imprenta (siglo XV) vendría a ser el equivalente al paso del Paleolítico al Neolítico en la evolución humana. Esa época de sistemas de baja tecnología tocó a su fin en el momento en que la ciencia empezó a desentrañar los misterios de la electricidad, un

² Dr Noresnau. Telecomunicaciones de andar por casa. Universidad de Vigo.2013

fenómeno físico conocido ya desde tiempos de Tales de Mileto, hace cosa de 25 siglos (!). Los primeros estudios habían venido de la mano de pioneros como William Gilbert (británico del siglo XVI, que bautizó el fenómeno tirando de la palabra griega “ἤλεκτρον” = “ámbar”), Otto von Guericke (alemán del siglo XVII, estudioso de los fenómenos de repulsión) y Henry Cavendish (británico del siglo XVIII, que a falta de polímetro medía la intensidad de la corriente eléctrica por el dolor que le producía al atravesar su cuerpo). Luego llegaron grandes contribuciones gracias a Alessandro Volta (milanés, padre de la batería eléctrica), Charles-Augustin de Coulomb (francés, de los primeros que explicaron las cosas a base de fórmulas matemáticas) y Benjamin Franklin (estadounidense, inventor del pararrayos y efigie de los billetes de 100 dólares), entre otros.

En paralelo, estos y otros científicos indagaban sobre las propiedades de los imanes, conocidos ya por los antiguos griegos de Magnesia y utilizados en navegación desde tiempos del chino Shen Kuo. El gran hito llegó en 1819 de la mano del danés Hans Christian Oersted, quien descubrió que la electricidad y el magnetismo son dos caras de la misma moneda. Se suele decir que fue un descubrimiento accidental, ya que Hans estaría experimentando con baterías y corrientes eléctricas cuando observó que sus maniobras hacían que se moviera la aguja de una brújula que tenía sobre la mesa. Sin embargo, parece ser que Oersted llevaba ya años sospechando de la existencia de relaciones entre los fenómenos eléctricos y magnéticos... sin saber que un italiano llamado Gian Domenico Romagnosi había publicado casi 20 años antes un par de reseñas en prensa.



Partiendo de las observaciones de Oersted, el francés André-Marie Ampère empezó a desarrollar en 1820 una teoría matemática del electromagnetismo, apoyándose en una serie de experimentos con cables. Entretanto, el alemán Georg Simon Ohm formulaba relaciones básicas entre las magnitudes físicas que influyen en la aparición de corrientes eléctricas. Y en 1831 llegaban contribuciones del inglés Michael Faraday, genio de la experimentación y negado para las matemáticas, que jugando con cables e imanes demostró que un imán en movimiento puede producir una corriente eléctrica.

4 LO SIGUIENTE... EL TELÉFONO³

Consolidado el telégrafo, en varios lugares del mundo se hacían experimentos para transmitir la voz humana por los mismos hilos. Nuevamente, estamos ante un invento con decenas de padres, pues fueron muchos los que, alentados por la fortuna que había levantado Morse con el telégrafo, quisieron hacer lo propio con lo que unos llamaban “mejoras a la telegrafía”, otros “telégrafo parlante” y otros “teletrófono”, por citar sólo algunos términos. Así se inició una guerra de patentes, demandas y contrademandas.

5 LA INVENCION DEL TELÉFONO

En varios lugares del mundo se hacían experimentos para transmitir la voz humana por los mismos hilos. Hay que decir, no obstante, que antes de ponerse en marcha el teléfono eléctrico existían –e incluso se llegaron a explotar comercialmente!– teléfonos basados en ondas mecánicas como el que todos hemos construido alguna vez con latas o yogures vacíos e hilo. Al tensar el hilo, las bases de los recipientes actúan como un diafragma, que se deforma ante las variaciones de la presión del aire; eso convierte la voz en pequeñas variaciones de tensión que viajan a lo largo del hilo y terminan excitando el proceso contrario (conversión de variaciones de tensión en variaciones de presión acústica) en el otro extremo.



**El teléfono por ondas mecánicas... no tan ineficaz como
solemos pensar.**

Los primeros experimentos con estas cosas formas básicas de modulación y demodulación se atribuyen al británico Robert Hooke, otro de esos genios que tocaban (biología, medicina, cronometría, astronomía, mecánica, microscopía, paleontología, náutica,

³ Dr Noresnau. Telecomunicaciones de andar por casa. Universidad de Vigo.2013

arquitectura, política,...) allá por el siglo XVII. La idea, por simple que parezca, se pudo refinar hasta el punto de que más de 300 patentes permitieron conseguir alcances cercanos a 1 kilómetro. Habida cuenta del alcance del telégrafo eléctrico, el teléfono eléctrico prometía pulverizar las posibilidades del teléfono de ondas mecánicas. El problema tecnológico a resolver tenía tres patas principales, relacionadas con tres partes de la anatomía de un sistema de telecomunicaciones:

1. Modulación: Conseguir que una señal eléctrica representase las variaciones de presión sonora debidas a la voz.
2. Canal: Encontrar la forma de transportar la señal eléctrica de manera suficientemente eficiente.
3. Demodulación: Reconstruir una señal sonora a partir de las variaciones de la señal eléctrica.

A la hora de entrar en los libros de Historia, lo más importante era resolver los puntos 1 y 3, ya que ahí está el asunto de transmitir voz de un lugar a otro a través de señales eléctricas. El punto 2 tiene más que ver con el alcance del invento, cosa que se podía refinar con tiempo y, sobre todo, con el dinero procedente de los primeros despliegues.

Uno de los pioneros en la carrera del teléfono fue el belga Charles Bourseul, que en 1854 publicó resultados según los cuales habría resuelto la parte de la modulación, pero no la de la demodulación. Su idea pasaba por pegar una aguja a un diafragma que captaba las vibraciones del aire (el equivalente a la base del yogur o la lata). Al moverse adelante y atrás, la aguja abría o cerraba un circuito eléctrico, de modo que las vibraciones daban lugar a una señal de impulsos eléctricos muy cortos. Esa señal contenía información, pero Bourseul no supo extraerla, de modo que aquí no hay discusión: él no inventó el teléfono. Sin embargo, tirando de ese mismo esquema de diafragma y aguja, el alemán Johann Philipp Reis demostró en 1862 un sistema con el que, de vez en cuando, conseguía transmitir voz de manera inteligible. El receptor de Reis utilizaba un cable enrollado en torno a una aguja, que se contraía, dando lugar a un pequeño clic, con cada impulso de corriente. Luego sólo quedaba amplificar esos clics, para hacerlos audibles. Para ello, Reis, en sus primeros experimentos, simplemente apoyaba la aguja de calcetar en uno de los agujeros en forma de 'f' de la caja de resonancia de un violín (!). Una vez fue capaz de transmitir con éxito la frase "Das Pferd frisst keinen Gurkensalat" ("el caballo no come ensalada de pepino") que, por lo visto, es particularmente difícil de entender en alemán. Sin embargo, el invento no cuajó porque era muy difícil de ajustar para que funcionase correctamente (principalmente, en la parte de la aguja pegada al diafragma).



¿Quién necesita un altavoz teniendo un violín, o al menos su caja de resonancia?

Independientemente del ingenio de Reis, la modulación a base de impulsos eléctricos malamente podía garantizar un sonido de calidad. Eso no pasaría si se consiguiese hacer variar la corriente eléctrica reproduciendo las variaciones de la presión acústica (como corresponde a un sistema analógico). En esa idea trabajaba desde mediados de siglo el florentino Antonio Meucci, afincado en Nueva York después de un tiempo viviendo en La Habana. Meucci, que ya había hecho aportaciones notables a la tecnología de los teléfonos de ondas mecánicas en la década de 1830, se familiarizó con los fenómenos de la electricidad y el magnetismo mientras estudiaba las posibilidades de tratar el reuma a base de descargas eléctricas (no te rías, que algún día hablarán de nosotros como salvajes por cosas como la quimioterapia). Ya en 1856, Meucci llegó a construir un dispositivo que sí resolvía de manera razonablemente buena los puntos 1 y 3 de antes. Sí, aquello era un teléfono, que Meucci siguió mejorando hasta 1870 construyendo más de 30 prototipos distintos. Sin embargo, Meucci no consiguió encontrar el apoyo financiero para desarrollar comercialmente el proyecto. Siempre había contado con dinero de inversores de esa parte del mundo que hoy llamamos Italia, pero las convulsiones políticas de la época y su declarada amistad con el general Giuseppe Garibaldi frustraron sus intentos de llegar al mercado. Meucci tampoco pudo conseguir apoyo entre inversores estadounidenses.

Con todo, Meucci encontró socios en la comunidad italiana de EEUU para fundar en 1871 la Telettrofono Company. Pronto presentó un trámite previo a la patente con una descripción sumamente vaga e imprecisa del invento. Hablando de cosas tales como “una especie de trompeta parlante” y “sonido concentrado en un cable” sin describir para nada los principios de funcionamiento, Meucci no tenía ninguna posibilidad de hacerse con la patente del teléfono. A mayores, son muchos los rumores y las sospechas de que a este hombre le pusieron todo tipo de trabas burocráticas. Incluso se dice que prestó

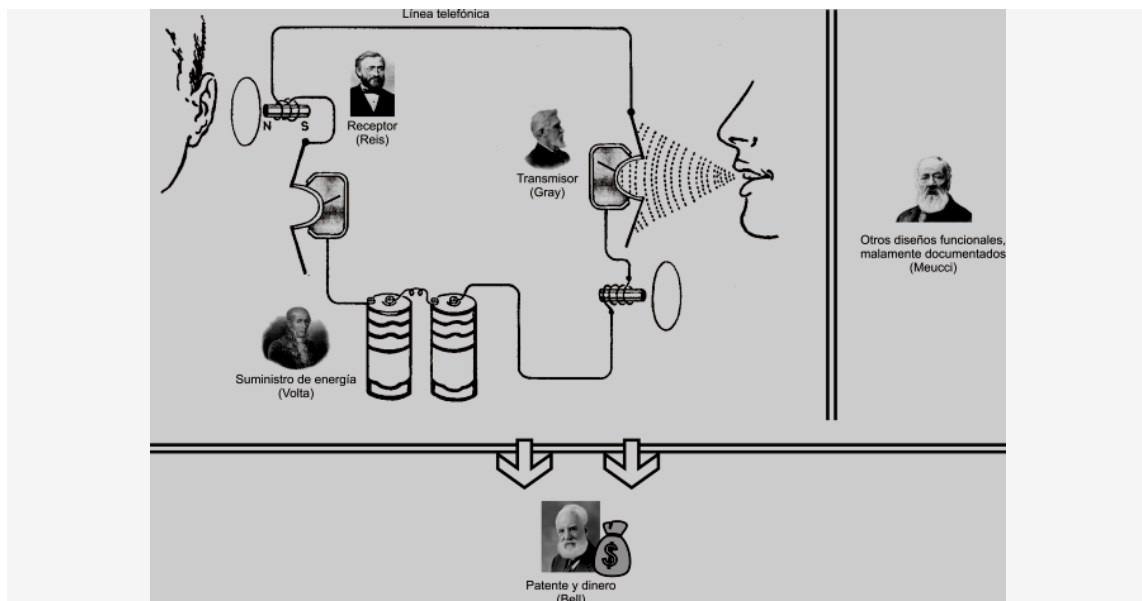
documentos y materiales a determinadas personas... que nunca se los devolvieron.

El caso es que la patente del teléfono cayó en manos del escocés Alexander Graham Bell en 1876. Desde bien pequeño, Bell había destacado en el conocimiento de los procesos del habla y la audición, en gran medida motivado por la sordera progresiva de su madre. Bell había desarrollado varios dispositivos de ayuda a mudos y sordos, con los que pudo experimentar con diferentes representaciones del sonido, desde la parte visible de la articulación de la voz (se dice que él mismo era extremadamente bueno leyendo los labios) hasta la forma que dibujaban las ondas sonoras sobre un cilindro de cristal ahumado (inventó el fonógrafo). El capturar sonidos en señales eléctricas era una opción más, con la que Bell llegó a diseñar un piano que podía transmitir la música a distancia en torno a 1870.

Con estas credenciales, Bell –que, obviamente, sí hablaba buen inglés– encontró apoyo financiero en dos magnates estadounidenses (ojo, magnates, no mangantes) de la época: Gardiner Hubbard y Thomas Sanders. Estos personajes veían en el escocés un potencial con el que evitar perder el tren de otro millonario, William Orton, que llevaba años sacando rendimiento al dinero que invertía en otros dos grandes inventores de la época: los también estadounidenses Thomas Alva Edison (el de la bombilla) y Elisha Gray. Hubbard y Sanders, además de facilitarle a Bell recursos abundantes para sus experimentos, pusieron a su disposición los abogados necesarios para hacer frente a la burocracia y a los litigios que pudieran surgir. Y buena falta hicieron, ya que Bell y Gray presentaron la solicitud de la patente el mismo día y, para colmo, las primeras demostraciones del cacharro de Bell hacían uso de un transmisor inventado por Gray cuyo diseño sólo se había descrito... en la propia solicitud de patente de Gray. ¡Ejem! El aparato se basaba en la misma idea del diafragma con aguja de Bourseul y Reis, con la sofisticación de hacer que la aguja se moviera dentro de un recipiente con un líquido conductor de la electricidad. Así, los movimientos de la aguja hacían fluctuar la corriente eléctrica como mandan los cánones de la tecnología analógica, con lo que la parte de la modulación quedaba bien resuelta, por fin. En el lado de recepción llegaba con poner un cable enrollado en torno a un cilindro metálico como hacía Reis, que se contraería más o menos en función de la corriente eléctrica procedente del emisor. Esos movimientos del cable, que ya no eran simples clics, daban lugar a variaciones de presión acústica, es decir, sonido.

Por todo lo dicho, la invención del teléfono hasta la consecución de la patente por parte de Graham Bell en 1876 podría resumirse en el esquema siguiente. Hay que decir que Bell aportó muy pronto su propio diseño para el altavoz del receptor, que reemplazaría por

siempre al artificio de Reis. Y en 1877 vino Edison con un nuevo tipo de micrófono, que prescindía de agujas para hacer variar la corriente eléctrica; en lugar de eso, el diafragma aplastaba más o menos unos gránulos de grafito metidos en un compartimento.



Aportes de algunos de los protagonistas de la invención del teléfono. Pronto veremos que al sistema del dibujo le faltan muchas cosas para funcionar al nivel de lo que esperamos hoy en día...

Ya con los Laboratorios Bell en marcha, Bell comandó el desarrollo de numerosas innovaciones técnicas que hicieron posible el despliegue masivo de líneas telefónicas por Estados Unidos y Europa, lo que nos mete de lleno en el siglo XX. En paralelo, tuvo que lidiar con todo tipo de denuncias, terminando con un récord de más de 600 decisiones judiciales a favor y 0 en contra.

6 REDES DE TELECOMUNICACIONES⁴

Un sistema de telecomunicaciones consiste en una infraestructura física a través de la cual se transporta la información desde la fuente hasta el destino, y con base en esa infraestructura se ofrecen a los usuarios los diversos servicios de telecomunicaciones (figura 1). En lo sucesivo se denominará "red de telecomunicaciones" a la

⁴ Kustra y Tujsnaider. Comunicaciones Digitales. Volumen I y II. AHCIET. Madrid 1988

infraestructura encargada del transporte de la información. Para recibir un servicio de telecomunicaciones, un usuario utiliza un equipo terminal a través del cual obtiene entrada a la red por medio de un canal de acceso. Cada servicio de telecomunicaciones tiene distintas características, puede utilizar diferentes redes de transporte, y, por tanto, el usuario requiere de distintos equipos terminales. Por ejemplo, para tener acceso a la red telefónica, el equipo terminal requerido consiste en un aparato telefónico; para recibir el servicio de telefonía celular, el equipo terminal consiste en teléfonos portátiles con receptor y transmisor de radio, etcétera.

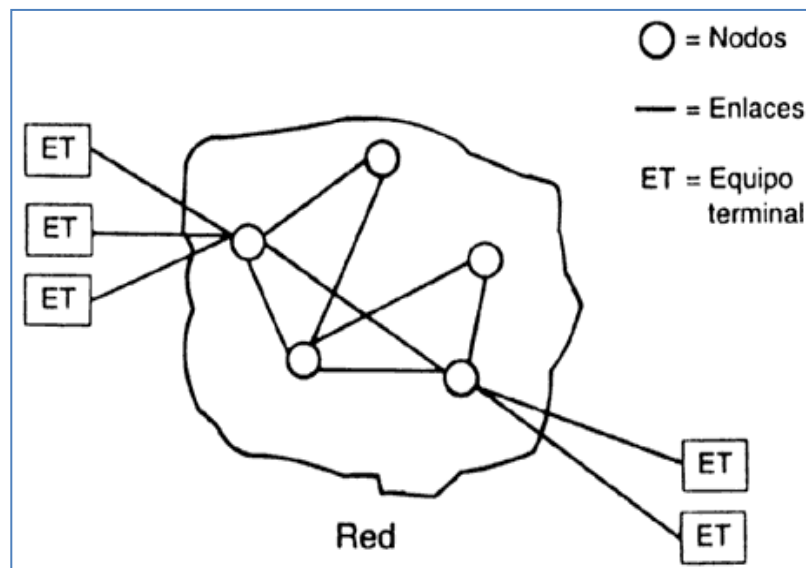


Figura 1. Red y equipo terminal.

Desde el punto de vista de su arquitectura y de la manera en que transportan la información, las redes de telecomunicaciones pueden ser clasificadas en:

- a) **Redes conmutadas.** La red consiste en una sucesión alternante de nodos y canales de comunicación, es decir, después de ser transmitida la información a través de un canal, llega a un nodo, éste a su vez, la procesa lo necesario para poder transmitirla por el siguiente canal para llegar al siguiente nodo, y así sucesivamente (figura 2).

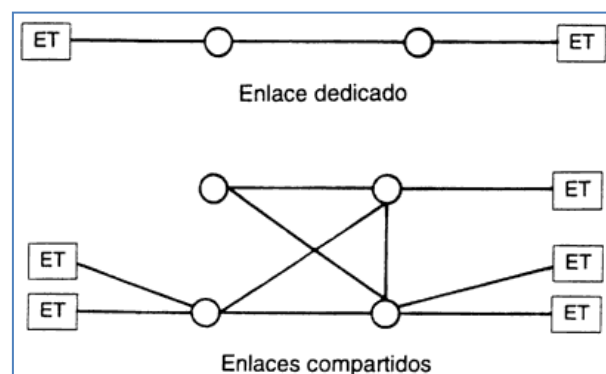


Figura 2. Red conmutada

Existen dos tipos de conmutación en este tipo de redes: conmutación de paquetes y conmutación de circuitos.

Por otra parte, en la conmutación de circuitos se busca y reserva una trayectoria entre los usuarios, se establece la comunicación y se mantiene esta trayectoria durante todo el tiempo que se esté transmitiendo información (figura 3).

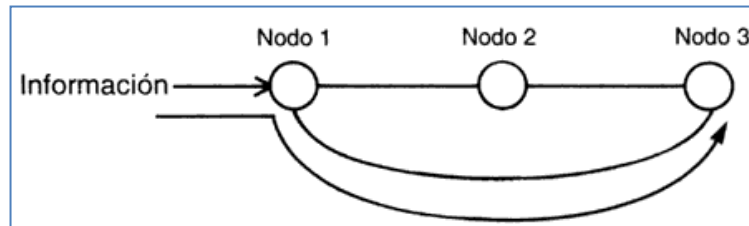


Figura 3. Conmutación de circuito.

En la conmutación de paquetes, el mensaje se divide en pequeños paquetes independientes, a cada uno se le agrega información de control (por ejemplo, las direcciones del origen y del destino), y los paquetes circulan de nodo en nodo, posiblemente siguiendo diferentes rutas (**principio básico de las redes IP o protocolo de Internet**). Al llegar al nodo al que está conectado el usuario destino, se re ensambla el mensaje y se le entrega (figura 4). Esta técnica se puede explicar por medio de una analogía con el servicio postal. Supongamos que se desea enviar todo un libro de un punto a otro geográficamente separado. La conmutación de paquetes equivale a separar el libro en sus hojas, poner cada una de ellas en un sobre, poner a cada sobre la dirección del destino y depositar todos los sobres en un buzón postal. Cada sobre recibe un tratamiento independiente, siguiendo posiblemente rutas diferentes para llegar a su destino, pero una vez que han llegado todos a su destino, se puede re ensamblar el libro.

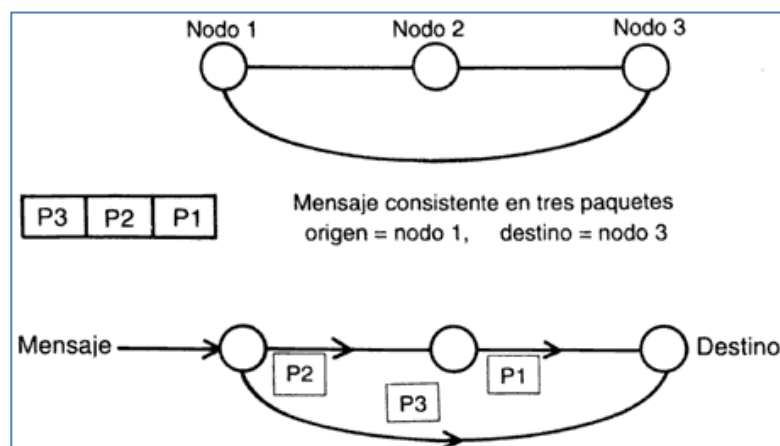


Figura 4. Conmutación de paquetes

La **conmutación de paquetes** es un método de envío de datos en una red de computadoras. Un paquete es un grupo de información que consta de dos partes: los datos propiamente dichos y la información de control, que indica la ruta a seguir a lo largo de la red hasta el destino del paquete. Existe un límite superior para el tamaño de los paquetes; si se excede, es necesario dividir el paquete en otros más pequeños.

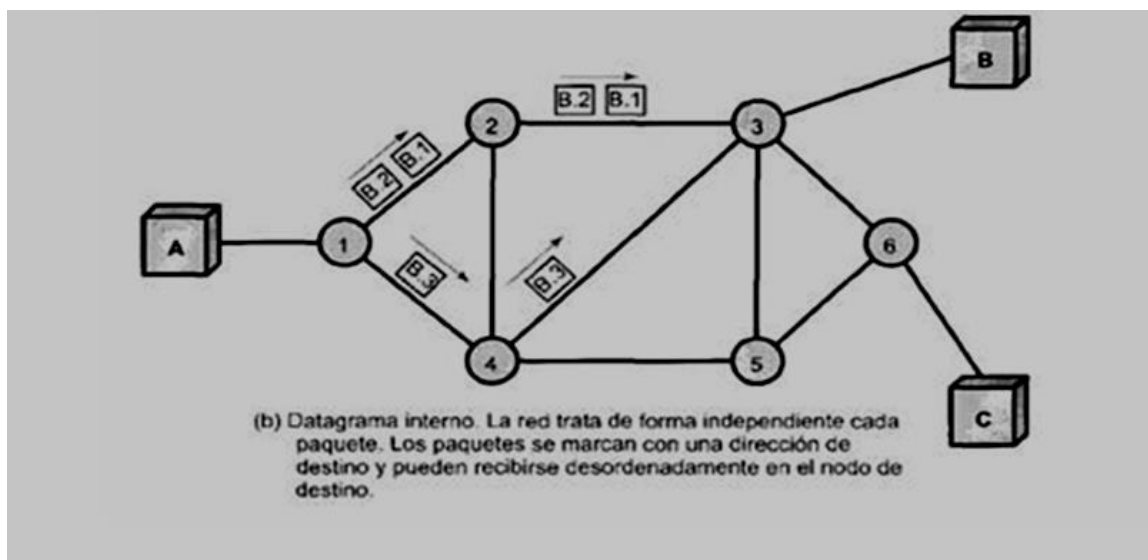
Entre las ventajas de conmutación de paquetes:

- Los paquetes forman una cola y se transmiten lo más rápido posible.
- Permiten la conversión en la velocidad de los datos.
- La red puede seguir aceptando datos aunque la transmisión sea lenta.
- Existe la posibilidad de manejar prioridades (si un grupo de información es más importante que los otros, será transmitido antes que dichos otros).

Para la utilización de la conmutación de paquetes se han definido dos tipos de técnicas: los datagramas y los circuitos virtuales.

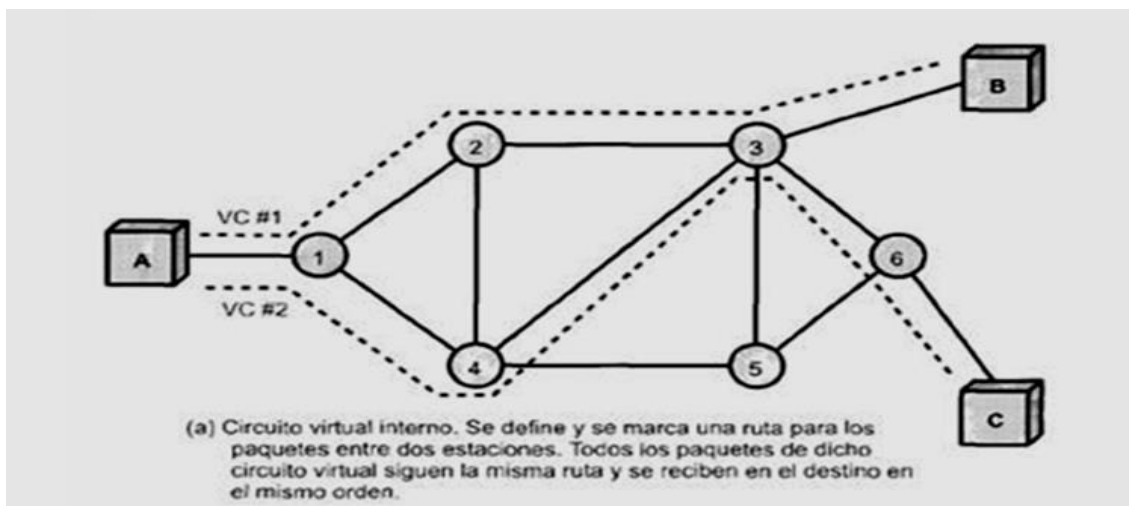
En datagrama:

- Internet es una red de datagramas.
- No todos los paquetes siguen una misma ruta.
- Un paquete se puede destruir en el camino, cuya recuperación es responsabilidad de la estación de origen (esto da a entender que el resto de paquetes están intactos).



En circuito virtual:

- Son los más usados.
- Su funcionamiento es similar al de la Red de conmutación de circuitos (la diferencia radica en que en los circuitos virtuales la ruta no es dedicada, sino que un único enlace entre dos nodos se puede compartir dinámicamente en el tiempo por varios paquetes).
- Previo a la transmisión se establece la ruta previa por medio de paquetes de petición de llamada (pide una conexión lógica al destino) y de llamada aceptada (en caso de que la estación destino esté apta para la transmisión envía este tipo de paquete); establecida la transmisión, se da el intercambio de datos, y una vez terminado, se presenta el paquete de petición de liberación (aviso de que la red está disponible, es decir que la transmisión ha llegado a su fin).
- Cada paquete tiene un identificador de circuito virtual en lugar de la dirección del destino.
- Los paquetes se recibirán en el mismo orden en que fueron enviados.



Para establecer una comunicación con esta técnica se requiere de una señal que reserve los diferentes segmentos de la ruta entre ambos usuarios, y durante la comunicación el canal quedará reservado precisamente para esta pareja de usuarios.

Desde sus comienzos, en la Red coexisten computadoras de muy diverso tipo, por lo que se hizo necesario un protocolo común y único, de forma que todas pudieran entender e interpretar correctamente la información que circula. Este protocolo se denominó TCP/IP. En realidad son dos acrónimos distintos; TCP son las siglas de "Transmisión Control Protocol", mientras que IP significa "Internetwork Protocol", fueron propuestos originariamente por ARPA (Defensa Americana) como estándar de comunicaciones para intercomunicar las pocas redes existentes en aquellos momentos.

Concretamente, IP es un estándar que subyace en todas las comunicaciones de la red. Incluye todas las especificaciones necesarias para hacer inteligible a cualquier máquina la información contenida en cada datagrama (paquete) transmitido. Entre otras, el tamaño normalizado de las cabeceras; remite; códigos de control; de integridad, etc. Uno de sus elementos más destacados lo constituye un sistema universal y unificado para establecer las "Direcciones" de los ordenadores de la red. A esto se le denomina **Dirección IP** ("Internet Protocol Address").

Así pues, en principio **IP** es el encargado de la transmisión de los datos; que sea posible su tránsito de un ordenador a otro. Mientras que **TCP** es el encargado de juntar los paquetes, pedir los que faltan (en su caso) y finalmente ordenarlos, puesto que, como hemos visto, la Red no garantiza la llegada de todos los paquetes ni tampoco que su llegada sea en orden. En realidad, **TCP** se encarga de "negociar" con el equipo remoto determinados parámetros que determinan algunos detalles del modo en que se realizará la transmisión (por ejemplo el tamaño de los paquetes). Una comunicación en Internet es siempre un activo diálogo entre máquinas, incluso cuando aparentemente solo estamos "recibiendo" información. Por ejemplo, al descargar un fichero.

Distintos tipos de redes:

La función de una red de telecomunicaciones consiste en ofrecer servicios a sus usuarios, y cuando ésta es utilizada para que sobre ella se ofrezcan servicios de telecomunicaciones al público en general (por ejemplo, la red telefónica) se le denomina una red pública de telecomunicaciones. Cuando alguien instala y opera una red para su uso personal, sin dar acceso a terceros, entonces se trata de una red privada de telecomunicaciones: una red de telecomunicaciones utilizada para comunicar a los empleados y las computadoras o equipos en general, de una institución financiera, es una red privada. Los usuarios no pueden transmitir información en todas las redes. Por ejemplo, en televisión o radiodifusión, los usuarios son pasivos, es decir, únicamente reciben la información que transmiten las estaciones transmisoras, mientras que, en telefonía, todos los usuarios pueden recibir y transmitir información.

Redes de difusión:

En este tipo de redes se tiene un canal al cual están conectados todos los usuarios, y todos ellos pueden recibir todos los mensajes, pero solamente extraen del canal los mensajes en los que identifican su dirección como destinatarios. Aunque el ejemplo típico lo constituyen los sistemas que usan canales de radio, no necesariamente tienen que ser las transmisiones vía radio, ya que la difusión puede realizarse por medio de canales metálicos, tales como cables coaxiales. En la figura 5 se presentan ejemplos de redes de difusión

con diferentes formas y arreglos de interconexión (topologías), aplicables a redes basadas en radio o en cables. Lo que si puede afirmarse es que típicamente las redes de difusión tienen sólo un nodo (el transmisor) que inyecta la información en un canal al cual están conectados los usuarios.

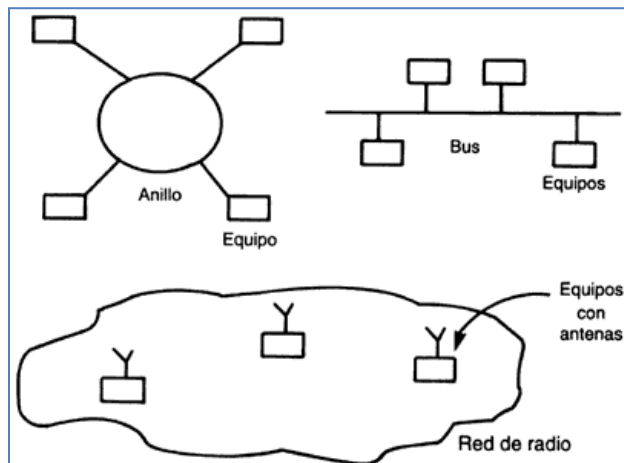
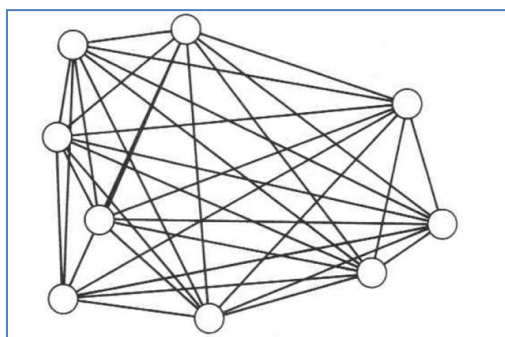


Figura 5. Anillo, bus, red con radio

Para todas las redes cada usuario requiere de un equipo terminal, por medio del cual tendrá acceso a la red, pero que no forma parte de la misma. De esta forma, un usuario que desee comunicarse con otro utiliza su equipo terminal para enviar su información hacia la red, ésta transporta la información hasta el punto de conexión del usuario destino con la red y la entrega al mismo a través de su propio equipo terminal.

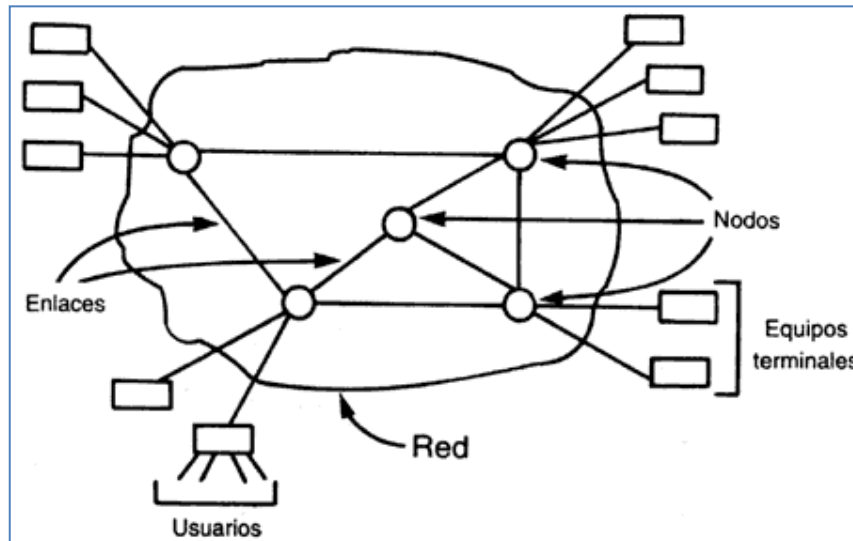
Red telefonica:

Una manera elemental es unir todos los abonados telefónicos entre si como muestra la figura debajo (los círculos indican un abonado telefónico). Pero evidentemente esto no es práctico por la cantidad de enlaces que habría que poner.



Una forma más lógica sería la que indica la figura debajo donde todos los abonados de una determinada área están conectados por un

enlace a una central local (el círculo indica central local o nodo) y el rectángulo es el terminal del abonado o teléfono. De acuerdo al número discado la central enruta o encamina la comunicación. O sea hace un puente o cruce que se denomina conmutación.



En la figura debajo hacemos un poco de historia y vemos una operadora realizando llamadas en forma manual (los famosos cordones de la operadora). Con ellos realizaba la conmutación, es decir, unía los abonados o realizaba la conmutación que hablamos con los cordones de operadora. Fue en los comienzos de la telefonía.

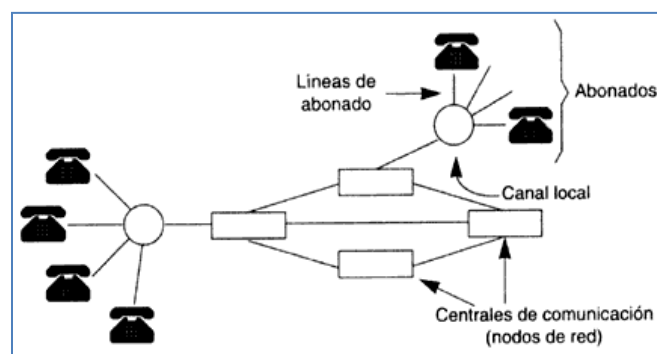


La red telefónica es, sin duda alguna, la más compleja, la de mayor cobertura geográfica, la que mayor número de usuarios tiene, y ocasionalmente se ha afirmado que es "el sistema más complejo de que dispone la humanidad". Permite establecer una llamada entre dos usuarios en cualquier parte del planeta de manera distribuida, automática, prácticamente instantánea. Ésta es el ejemplo más importante de una red con conmutación de circuitos.

Una llamada iniciada por el usuario origen llega a la red por medio de un canal de muy baja capacidad, el canal de acceso, dedicado precisamente a ese usuario denominado línea de abonado. En un extremo de la línea de abonado se encuentra el aparato terminal del usuario (teléfono o fax) y el otro está conectado al primer nodo de la red, que en este caso se llama central local. La función de una central consiste en identificar en el número seleccionado la central a la cual está conectado el usuario destino y enrutar la llamada hacia dicha central con el objeto de que ésta le indique al usuario destino que tiene una llamada por medio de una señal de timbre. Al identificar la ubicación del destino, reserva una trayectoria entre ambos usuarios para poder iniciar la conversación. La trayectoria o ruta no siempre es la misma en llamadas consecutivas, ya que ésta depende de la disponibilidad instantánea de canales entre las distintas centrales.

Con esta arquitectura es muy probable que dos llamadas entre una pareja de usuarios ocupen diferentes rutas, lo cual frecuentemente se refleja también en la calidad de la llamada que los usuarios perciben.

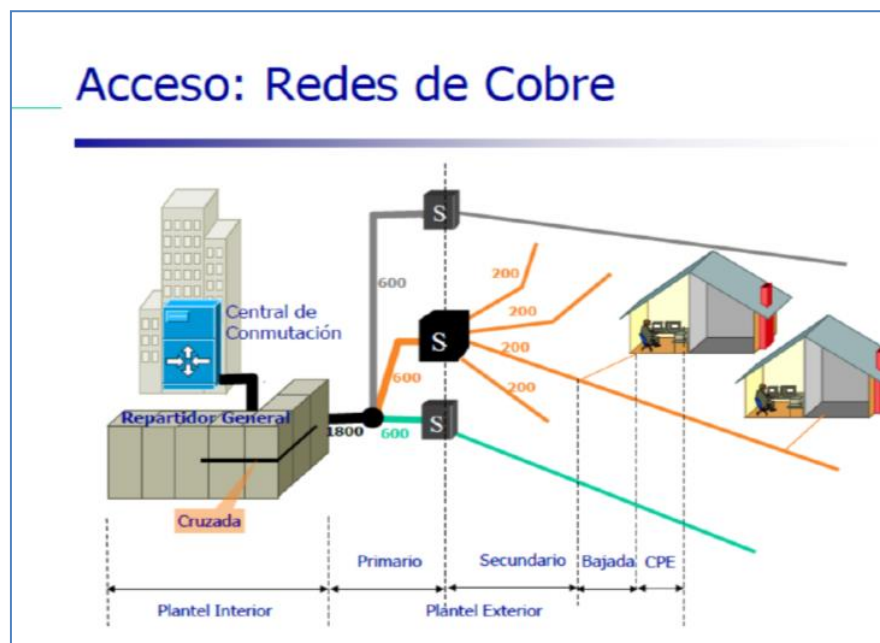
Es evidente que por la dispersión geográfica de la red telefónica y de sus usuarios existen muchas centrales locales. Las centrales locales están enlazadas entre sí por medio de canales de mayor capacidad, de manera que cuando ocurran situaciones de alto tráfico no exista un bloqueo considerable entre las centrales. Existe una jerarquía entre las diferentes centrales que le permite a cada una de ellas enrutar las llamadas de acuerdo con los tráficos que se presenten.



Arquitectura de una red telefónica

Los enlaces entre los abonados y las centrales locales son normalmente cables de cobre, pero las centrales pueden comunicarse entre sí por medio de enlaces de cable coaxial, de fibras ópticas o de canales de microondas. En caso de enlaces entre centrales ubicadas en diferentes ciudades, se usan cables de fibras ópticas y enlaces satelitales, dependiendo de la distancia que se desee cubrir. Como las

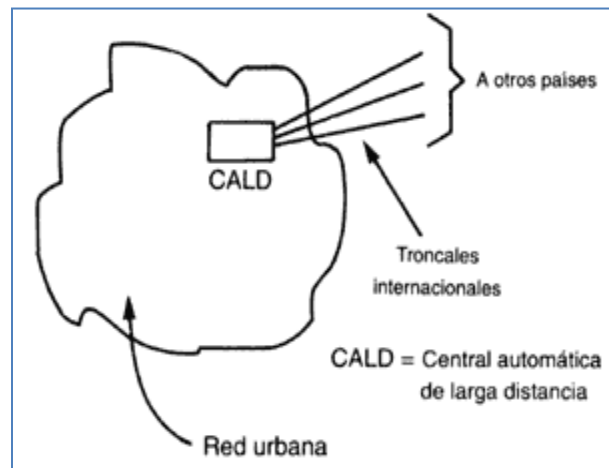
necesidades de manejo de tráfico de los canales que enlazan centrales de los diferentes niveles jerárquicos aumentan conforme aumenta el nivel jerárquico, también las capacidades de los mismos deben ser mayores en la misma medida; de otra manera, aunque el usuario pudiese tener acceso a la red por medio de su línea de abonado conectada a una central local, su intento de llamada sería bloqueado por no poder establecerse un enlace completo hacia la ubicación del usuario destino (evidentemente cuando el usuario destino está haciendo otra llamada, al llegar la solicitud de conexión a su central local, ésta detecta el hecho y envía de regreso una señal que genera la señal de "ocupado").



La red telefónica está organizada de manera jerárquica. El nivel más bajo (las centrales locales) está formado por el conjunto de nodos a los cuales están conectados los usuarios. Le siguen nodos o centrales en niveles superiores, enlazados de manera tal que entre cuanto sea la jerarquía, mayor será la capacidad que los enlaza. Con esta arquitectura se proporcionan a los usuarios diferentes rutas para colocar sus llamadas, que son seleccionadas por los nodos mismos de acuerdo con criterios preestablecidos, tratando de que una llamada no sea enrutada más que por aquellos nodos y canales estrictamente indispensables para completarla (se trata de minimizar el número de canales y nodos por los cuales pasa una llamada para mantenerlos desocupados en la medida de lo posible).

Asimismo existen nodos (centrales) que permiten enrutar una llamada hacia otra localidad, ya sea dentro o fuera del país. Este tipo de centrales se denominan centrales automáticas de larga distancia. El inicio de una llamada de larga distancia es identificado por la central por medio del primer dígito (en Argentina un 0, en México,

un "9"), y el segundo dígito le indica el tipo de enlace (nacional o internacional (en Argentina otro 0); en este último caso, le indica también el país de que se trata). A pesar de que el acceso a las centrales de larga distancia se realiza en cada país por medio de un código propio, el identificador del país señala sin lugar a dudas cuál es el destino final de la llamada. El código de un país es independiente del país que origina la llamada.



Llamadas a diferentes países

Cada central realiza las siguientes funciones básicas:

1. Cuando un abonado levanta el auricular de su aparato telefónico, la central lo identifica y le envía una "invitación" a marcar.
2. La central espera a recibir el número seleccionado, para, a su vez, seleccionar una ruta del usuario fuente al destino.
3. Si la línea de abonado del usuario destino está ocupada, la central lo detecta y le envía al usuario fuente una señal ("tono de ocupado").
4. Si la línea del usuario destino no está ocupada, la central a la cual está conectado dicho usuario genera una señal para indicarle al destino la presencia de una llamada.
5. Al contestar la llamada el usuario destino, se suspende la generación de dichas señales.
6. Al concluir la conversación, las centrales deben desconectar la llamada y poner los canales a la disposición de quien coloque nuevas llamadas a partir de ese momento.
7. Al concluir la llamada se debe contabilizar el costo de la misma, para que al final del periodo de facturación, se le cobre al usuario que la inició.

El servicio que tradicionalmente ha sido ofrecido al público en general por medio de la red pública telefónica, es el de comunicación de voz, es decir, la transmisión bidireccional de señales de voz, con el objeto de que dos usuarios puedan establecer y sostener una conversación. Este servicio, como ya se ha explicado, tiene básicamente dos componentes: 1) etapa de señalización, que incluye la selección del número del destinatario, la identificación de una ruta por medio de la conmutación, la reservación de la misma y el timbrado, y 2) etapa de transmisión, que consiste en la conversión de las señales acústicas en señales eléctricas, su transporte a través de los medios de comunicación, y la conversión de señales eléctricas nuevamente en acústicas para ser entregadas al destinatario.

Utilizando la red telefónica, pueden ser transmitidos documentos impresos o escritos; esto es lo que se conoce como "facsimile" o "fax". Este servicio que ofrece también la red telefónica se originó en Japón, debido a la dificultad de transmitir los caracteres escritos del japonés vía un procesador de texto. La penetración del servicio en el mercado se vio fuertemente impulsada por el establecimiento y adopción de normas internacionales desde una etapa temprana de su desarrollo (la falta de estas normas fue una desventaja definitiva para muchos otros servicios). Hasta hace unos 15 años se podía considerar la tecnología del facsimile como un gigante dormido, pero su uso se incrementó notablemente al legalizarse y liberalizarse en muchos países, y debido al avance de la tecnología, permitiendo transmisiones de alta velocidad y alta calidad, lo cual también tuvo como consecuencia la reducción del costo de los aparatos de fax y una simplificación en su operación. Actualmente hay definición de normas para facsimile a color. De hecho, están en desarrollo sistemas nuevos que serían una mezcla de lo que actualmente es el facsimile y las fotocopadoras. Los tiempos de transmisión se han reducido de seis a menos de un minuto por página tamaño carta; las resoluciones han aumentado al pasar de 1728 pixels ("pixel" proviene del inglés "picture element") hasta 3 456 pixels por línea barrida, y al cambiar de 3.85 pixels/mm hasta 15.75 pixels/mm.

Para su transmisión, un equipo de fax hace un recorrido por medio de un haz a través de todo el documento que será transmitido, identificando, para cada punto del mismo, la intensidad del color, y asignándole una señal eléctrica. En este caso, se realiza la conversión de una señal óptica en una señal eléctrica; esta última puede entonces ser transmitida a través de la red telefónica, como si fuera una señal de voz. En este proceso, el protocolo que tienen que realizar los equipos terminales, que consiste en intercambiar señales para acordar, entre otros factores, el tiempo de inicio de la transmisión y la velocidad de la misma, es más complicado. Una vez que ésta ha sido iniciada, el equipo receptor realiza el mismo recorrido sobre la hoja de papel, a la misma velocidad, y va

imprimiendo las señales ópticas que, a su vez, están basadas en las señales eléctricas que recibe.

Considerando la amplia cobertura de la red telefónica y los desarrollos tecnológicos de las últimas décadas, muchos esfuerzos se han dirigido hacia la posibilidad de transmitir señales digitales sobre la misma infraestructura, lo cual aumenta de manera considerable la cantidad de servicios que podrían ser ofrecidos por medio de esta red. La red telefónica es una red de transporte de bits (unos y ceros), sin importarle la fuente o el servicio que genera dichos bits. El razonamiento para lograr lo anterior es el siguiente: si a través de la red telefónica se pueden transmitir señales eléctricas que corresponden al rango de frecuencias que genera el hombre al producir sonidos hablados, entonces, si se generan tonos en este mismo rango que correspondan a los símbolos binarios "1" y "0" se podrían realizar transmisiones digitales binarias. Este proceso se conoce como modulación, y, el inverso, es decir, extraer del canal o de la red los tonos para generar nuevamente los símbolos binarios, es la demodulación. Con base en estos dos términos, los equipos que realizan estas operaciones para transmisión de datos, se denominan modems. Los modems han evolucionado rápidamente: en la década de los sesenta podían ser transmitidos hasta 300 bits por segundo (bps) con un éxito aceptable; posteriormente, pasando por etapas de 600, 1200, etc. se ha logrado contar con modems disponibles comercialmente que manejan tasas o velocidades de transmisión de 56.000 bps para acceso con discado (dial up) que está en desuso y hasta un valor típico de 6 Mbps para ADSL (línea digital sincrónica asimétrica) que es un caso típico en un hogar donde existe una computadora que se conecta a la línea telefónica a través de un modem para acceder al proveedor de servicios de Internet. Se comparte la línea telefónica usando Internet y telefonía de voz. Incluso puede haber adicionalmente servicio de video (triple play).

Existen valores muy superiores a los 6 Mbps que mencionamos y este es un valor típico. Con esto se inició la comunicación entre computadoras y entre equipos digitales, en general utilizando la red pública telefónica. Por ejemplo, en sus orígenes, esto permitió realizar lo que en los años setenta se conocía como "procesamiento remoto", es decir, contando con una terminal de computadora, un par de modems (uno para cada extremo del canal de comunicaciones) y una línea telefónica, se podía interactuar remotamente con una computadora sin tener que estar físicamente en el mismo lugar que la máquina.

Al igual que en el caso de los equipos de fax, también fue indispensable el establecimiento de reglas claras que permitieran la comunicación entre los modems, para compensar efectos de retrasos en la red (originados por la conmutación) y, desde luego, por los efectos del ruido en las líneas. Estos logros en materia de transmisión

de datos fomentaron el desarrollo de nuevos servicios de telecomunicaciones por medio de la red telefónica. Por ejemplo el videotexto (actualmente tiende a desaparecer con el uso de Internet), originalmente concebido como un servicio de información que emplearía monitores de televisión para desplegar texto originado en bases de datos remotas, transmitido a través de líneas telefónicas de la red pública, la cual era accesada por medio de un módem de baja velocidad (en 1986 había 100 000 terminales en la Gran Bretaña, 45 000 en la República Federal de Alemania, 25 000 en España, 20 000 en Holanda y Japón, y 15 000 en Italia, pero el éxito más grande corresponde sin duda a Francia, en donde había cerca de 2 millones de usuarios). Otros ejemplos, y sin pretender que esto sea exhaustivo, consisten en servicios tales como la consulta remota a bases de datos, correos electrónicos (envío de mensajes entre computadoras), transmisión de archivos entre computadoras, y, en general, servicios que exploten las ventajas de las técnicas de procesamiento digital de señales.

Las centrales modernas (los nodos de la red) están basadas en sistemas totalmente digitales, lo cual contribuye a que se puedan ofrecer al usuario servicios tan sencillos como conferencias de voz, transmisión de datos y videoconferencias, y tan rudimentarios como dar de alta la línea de un nuevo usuario, indicar el número que llama, transferir llamadas a otro número telefónico, etc. La clave para explotar el potencial de la infraestructura digital está, por una parte, en el hardware, y por la otra en el software, cada día de mayor importancia.

Muchas de las funciones que ahora realizan las centrales también pueden ser efectuadas por conmutadores privados, que en realidad son pequeñas centrales telefónicas (en España se les llama "centralitas"). Entre ellas están la búsqueda de personas, la selección y la configuración de grupos, la disponibilidad de distintos modos de operación para diferentes horarios, la restricción de llamadas de larga distancia y la asignación de privilegios en general a cada una de las extensiones, el almacenamiento de información sobre llamadas y de las extensiones que las originaron, la puesta en espera de llamadas, la disponibilidad de directorios en línea, etcétera.

7 ESTRUCTURA DE LA RED TELEFÓNICA⁵

7.1.1 Redes locales (este concepto es para la red telefónica). Luego veremos el de datos o redes de computadoras). Las redes

⁵ Stalling Williams. Comunicaciones y redes de computadoras. 7ma edición. Prentice Hall. Año 2013

locales se dividen en tres subtipos, de acuerdo al tamaño del área y a la dimensión del desarrollo urbano.

a) Redes rurales

La principal característica de este tipo de red es la amplia dispersión de los abonados alrededor de un pueblo pequeño o de tamaño mediano. Hay limitadas alternativas para la ubicación de las centrales. Las líneas de abonados son mucho más largas que aquéllas de las áreas urbanas y metropolitanas y, por tanto, se requiere equipo especial de transmisión para proveer el servicio telefónico.

7.1.1.1 b) Redes urbanas

Estas redes se caracterizan por el hecho de que se necesitan varias centrales locales principales a las cuales los abonados se conectan directamente. Es necesario hacer estudios de planificación para encontrar las ubicaciones óptimas, el área y la capacidad de las centrales locales.

7.1.1.2 c) Redes metropolitanas grandes

Estas redes se caracterizan por la alta concentración de abonados en el área de la red. Se requiere una gran cantidad de centrales locales para conectar al abonado. Son necesarios estudios de planificación para optimizar la red.

7.1.1.3 d) Redes de mediana y larga distancia

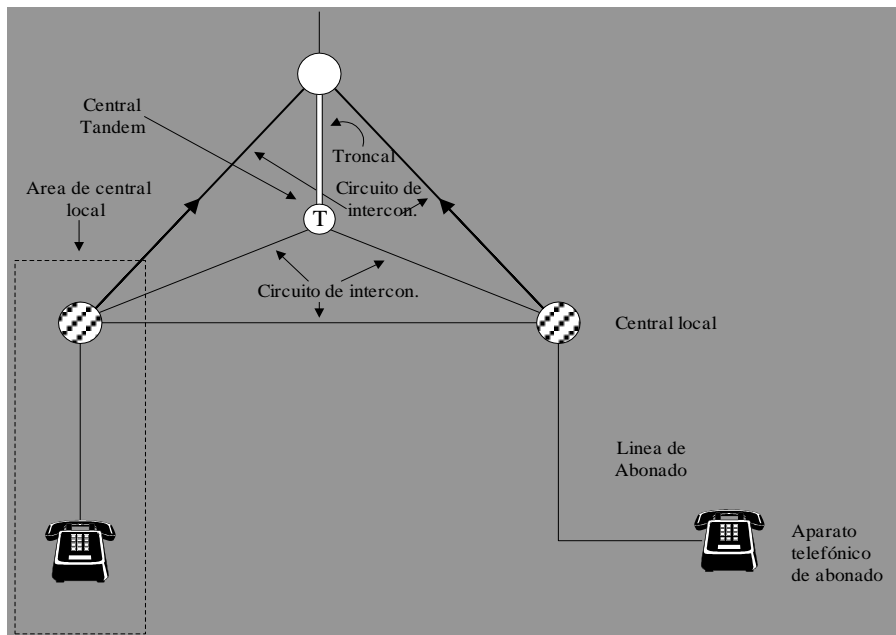
Las redes de mediana y larga distancia conectan diferentes áreas locales. Este tipo de red generalmente es jerárquica con uno, dos o tres niveles, dependiendo del número de estas áreas y del tráfico total transportado en la red.

7.1.1.4 e) Red internacional

Esta red comprende centros de tráfico internacional y enlaces de transmisión a otros países.

7.1.2 Generalidades:

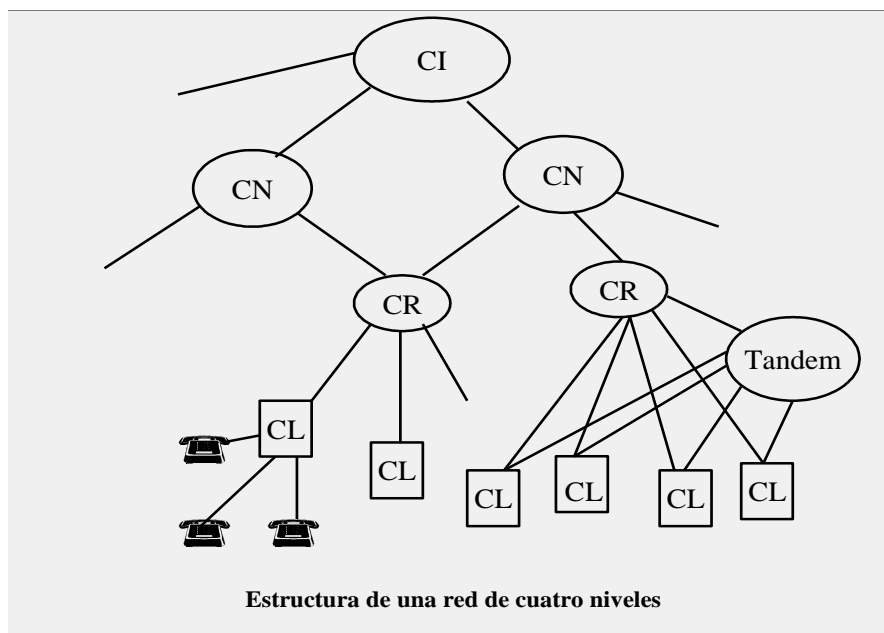
Los sistemas de conmutación local, la planta externa para interconexión y los circuitos de abonados conforman la red local. En la figura debajo se muestra una red local para una pequeña área metropolitana.



Abajo se dan algunos términos útiles para redes locales:

- **Centrales locales:** Estas son las centrales a las cuales los abonados están conectados.
- **Línea de abonado:** El circuito que conecta los aparatos telefónicos de los abonados a la central local.
- **Área de central local:** El área de la central local y la red de abonado.
- **Circuito de interconexión directo:** Los circuitos entre dos centrales locales.
- **Centro primario:** El centro al cual las centrales locales están conectadas y a través del los cuales se transportan conectores troncales (larga distancia).
- **Circuitos de interconexión troncal:** La red de interconexión entre centrales locales y su centro primario, que puede participar en conexiones de larga distancia (inclusive internacional).
- **Central tándem:** La central a través de la cual se sirve el tráfico de otras centrales.

Por ejemplo, frecuentemente se utiliza la estructura de la figura a continuación, constituida por cuatro niveles: por un lado, la central local conecta a los usuarios de una misma área entre ellos, mientras que el tráfico hacia otras centrales es desviado hacia la central regional de tránsito. Similar es la tarea de la central nacional, que opera en nivel superior. La central internacional gestiona el tráfico hacia el exterior.



En áreas metropolitanas de gran densidad existe a veces un nivel intermedio entre la central regional y las centrales locales: este nivel, llamado tandem, que comparte con el control regional la tarea de dirigir el tráfico telefónico entre las centrales locales, pero al contrario de las centrales regionales, no puede enrutar llamadas hacia los niveles superiores: sólo ayuda en la gestión del tránsito local y puede utilizarse en caso de falla de comunicación entre una central local y la central regional de tránsito.

Otro asunto de importancia creciente, es la relación entre las centrales de conmutación y los nudos de la red que están estructurados para proveer servicios suplementarios.

- **Redes de línea de abonado:** Esta red conecta al abonado a las centrales locales.
- **Red de interconexión y troncal:** Las redes de interconexión (junctions) y troncal (trunks) son necesarias para servir el tráfico entre centrales locales y entre éstas y las centrales primarias.

Redes de Larga Distancia:

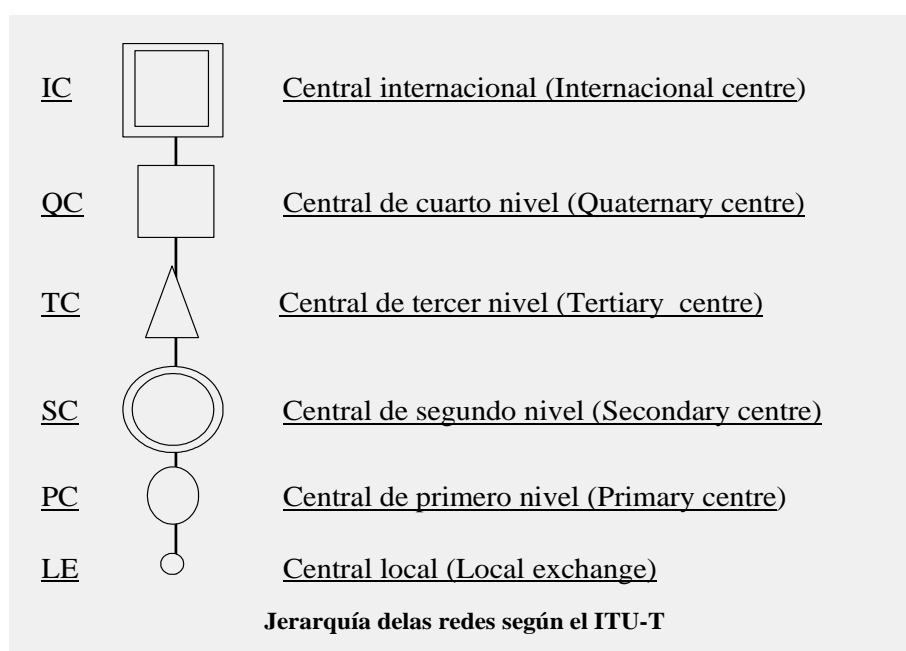
Los valores altos de tráfico y bajo costo de circuitos favorecen conexiones en malla entre centrales. Esta es la regla en redes locales donde hay áreas con grandes centrales y con cortas distancias entre ellas. A diferencia de la red de larga distancia, los valores de tráfico son más bien pequeños y el costo del circuito es muy alto. Como un

resultado de este argumento, la red interurbana es más del tipo red en estrella que del tipo en malla.

7.1.3 Nomenclatura:

Hay mucha confusión en los términos que se aplican a sistemas de larga distancia. El término "larga distancia" se usa en vez del término americano "toll" y del término inglés "trunk". El término "interconexión" (interconnection o junction) se usa para una conexión de corta distancia entre centrales.

- **Centros primarios:** Centros a los cuales están conectadas centrales locales y vía los cuales se establecen conexiones de larga distancia.
- **Centros secundarios:** Centros a los cuales se conectan centros primarios, de modo que puedan establecerse las conexiones de larga distancia.
- **Centros terciarios.** Centros a los cuales se conectan los centros secundarios.
- De acuerdo al tamaño de la red pues existir Centros Cuaternarios y Quinarios que son Centros a los cuales se conectan los centros terciarios y cuaternarios respectivamente.
- **Circuitos troncales:** Estos son circuitos que interconectan los centros primarios, secundarios, terciarios, etc.



7.1.4

7.1.5 Sistemas de transmisión troncal:

La mayoría de los sistemas de transmisión troncal son:

- Radioenlaces de relevo
- Cables coaxiales
- Cables de fibra óptica

7.1.5.1

8 Innovaciones en las redes:

En las telecomunicaciones, generalmente las innovaciones se introducen a partir de la red de enlace o troncal, y en particular, en los tramos de larga distancia. Esta tendencia se debe a que la mayor cantidad de tráfico y el alto nivel de calidad requerido se encuentran en esta parte de la red.

Esta dinámica de desarrollo se ha producido, por ejemplo, en los dos fenómenos principales que han transformado el escenario de las telecomunicaciones durante los últimos años: la digitalización y la introducción de conexiones de fibra óptica.

Aunque ambas modificaciones se han introducido paulatinamente, hoy la digitalización alcanza casi la totalidad de las conexiones telefónicas y de datos, y comienza a aparecer en el sector de la radiodifusión, hasta ahora un campo casi exclusivamente analógico.

También las fibras ópticas, con enormes ventajas en términos de capacidad y confiabilidad, han sustituido casi por completo las conexiones en cobre en los niveles superiores e intermedios de las redes, y se acercan cada vez más a las conexiones de usuarios.

Sin embargo, con la introducción de las conexiones de fibra óptica, en una primera fase, se presentaron algunos problemas relacionados con la estructura y las características de la red preexistente.

Como consecuencia de estos inconvenientes, organismos internacionales, entes gubernamentales y empresas manufactureras y de servicios, en un clima de cooperación global, trataron de solucionar algunos de estos asuntos. Finalmente, con la introducción del SDH (red digital sincrónica), se logró reducir una parte de los problemas mencionados, como por ejemplo, el problema de los estándares diferentes y del dropping (extracción e inserción) desde señales de alto nivel nacional, regional y local.

RED TELEFÓNICA

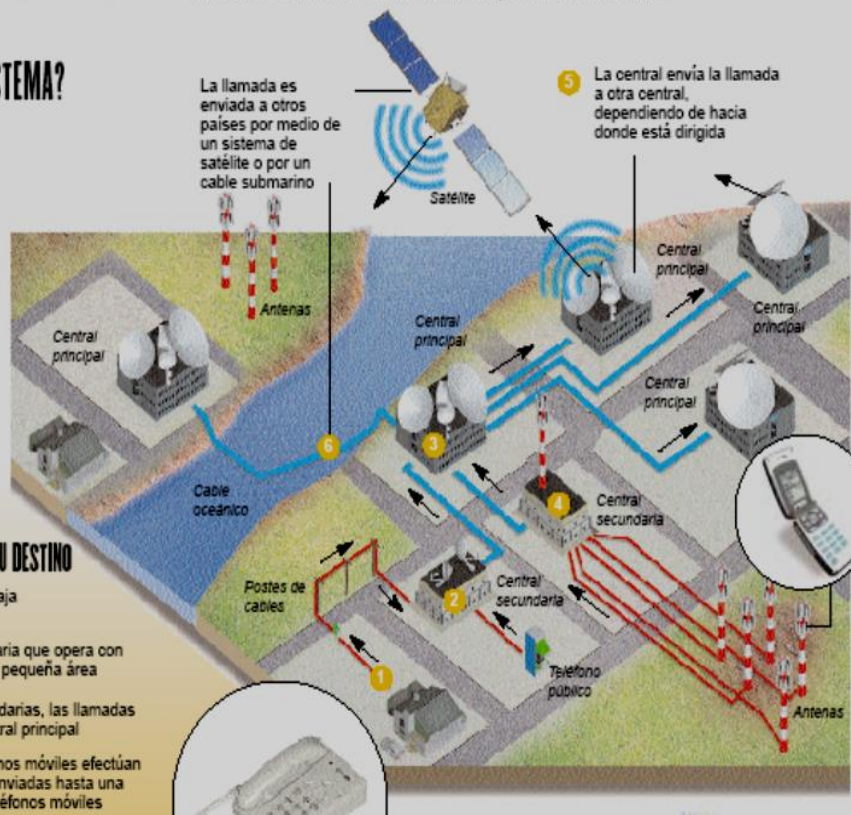
El teléfono transmite instantáneamente una comunicación a cualquier parte, convirtiendo el sonido en señales eléctricas y viceversa. Al principio un operador se encargaba de atender las llamadas, pero poco después, el sistema ya se iniciaba con la marcación de un número. En los últimos tiempos, los teléfonos ni siquiera necesitan estar conectados entre sí por medio de cables.

¿CÓMO FUNCIONA EL SISTEMA?

Cada teléfono tiene un número asignado y consta fundamentalmente de un auricular, un micrófono (transmisor) que recibe las ondas de sonido y las transforma en impulsos eléctricos, un altavoz (receptor) que convierte la señal en sonido, un teclado y una unidad electrónica. Otra función se activa cuando no se atiende la llamada, permitiendo la comunicación a través de mensajes grabados que se oyen más tarde, incluso desde un lugar alejado del teléfono. La conexión entre una central y los distintos aparatos conforma la red telefónica.

CÓMO LLEGA UNA LLAMADA A SU DESTINO

- 1 La señal llega hasta una caja telefónica exterior
- 2 Existe una central secundaria que opera con todos los teléfonos de una pequeña área
- 3 Desde las centrales secundarias, las llamadas son enviadas hasta la central principal
- 4 Las llamadas de los teléfonos móviles efectúan el mismo recorrido y son enviadas hasta una central secundaria para teléfonos móviles



9 LA RED DE DATOS. REDES IP. CIRCUITOS VIRTUALES ⁶

9.1 La red de datos:

Una red de computadoras, también llamada red de ordenadores, red de comunicaciones de datos o red informática, es un conjunto de equipos informáticos y software conectados entre sí por medio de dispositivos físicos que envían y reciben impulsos eléctricos, ondas electromagnéticas o cualquier otro medio para el transporte de datos, con la finalidad de compartir información, recursos y ofrecer servicios.

Como en todo proceso de comunicación se requiere de un emisor, un mensaje, un medio y un receptor. La finalidad principal para la creación de una red de computadoras es compartir los recursos y la información en la distancia, asegurar la confiabilidad y la disponibilidad de la información, aumentar la velocidad de transmisión de los datos y reducir el costo general de estas acciones. Un ejemplo es Internet, la cual es una gran red de millones de computadoras ubicadas en distintos puntos del planeta

⁶ Las redes IP. Publicado 27 de septiembre 2011 en Tecnología.

interconectadas básicamente para compartir información y recursos. La estructura y el modo de funcionamiento de las redes informáticas actuales están definidos en varios estándares, siendo el más importante y extendido de todos ellos el modelo TCP/IP.

9.2 Las redes IP:

Internet es IP. En realidad IP significa Internet Protocol, es decir, protocolo entre redes. Internet, la que se escribe con mayúscula, en realidad no es sólo IP, es un modelo TCP/IP. Vamos a ver todo esto que significa.

El protocolo IP es un protocolo muy potente para conectar diferentes redes, y para encaminar el tráfico hacia el destino adecuado. Los routers, que son los equipos de red que hablan IP, funcionan como los carteros. Imagínate cómo funcionaría la oficina de correos, sí, la de toda la vida, esa que ya nadie usa. Todas las cartas que llegan son separadas, por ejemplo, en cuatro grupos: locales, provinciales, nacionales, internacionales. Cada uno de esos cuatro grupos a su vez volvería a dividirse en por ejemplo en el caso de las internacionales, a Europa, a América, etc. Esa clasificación se realiza en función del destino de las cartas, que te recuerdo que aparece en la parte delantera del sobre.

Los paquetes IP serían como una carta con su sobre, y tendría la siguiente información:

- el destino, es decir, hacia donde va ese paquete, su dirección IP destino,
- el remitente, es decir, quién escribe la carta o quién está enviando el paquete IP, la dirección IP origen.
- la carta propiamente dicha, lo que va dentro del sobre, iría dentro del paquete IP, sería la información útil que se está transportando, tu correo electrónica, la página del banco...

El router, que haría de cartero, cogería un paquete IP, miraría su dirección IP destino, y se iría a buscar en una tabla que tiene a buen recaudo y que se llama tabla de routing. En esta tabla aparecen todos los posibles destinos que se pueden alcanzar desde ese router, agrupados en lo que se llama siguiente salto o next hop.

Es decir, IP seleccionaría, de todos los routers vecinos con los que está conectado directamente, el adecuado, y le lanzaría el paquete, pero sin prestar atención a si el paquete llega correctamente a su destino o no. Su trabajo ha terminado, al menos de momento. Si Internet fuera solo IP no funcionaría, porque los paquetes perdidos nunca llegarían a su destino.

Ahora hablamos de los acompañantes del IP, porque aunque una red se diga de ella que es una red IP, este protocolo no es el único que se habla en dicha red. Está acompañado de muchos y diversos compañeros de batalla, y entre todos hacen posible la comunicación a través del mundo.

Tendríamos un protocolo que se llama TCP (Transport Control Protocol) que estaría mirando por encima del IP, y viendo que los paquetes que el IP manda llegan correctamente a su destino. Si hay algún problema y el paquete no alcanza su destino final, el TCP le dirá al IP, oye vuelve a lanzar este paquete porque no ha llegado, y el IP, que es muy obediente, retransmitirá el paquete de nuevo. Este es el modelo que funciona en Internet, al menos por ahora...

Para aplicaciones como navegar por Internet, da igual que un paquete llegue antes que otro, o que no lleguen ordenados tal y como salieron del origen. Pero hay otras aplicaciones, como por ejemplo la voz y el vídeo, en las que no tiene ningún sentido que lleguen los paquetes fuera de su momento temporal. Si un paquete se pierde, es mejor que no se retransmita, porque cuando llegue a su destino, no va a poder ser utilizado, ya que la frase a la que pertenece o el fotograma del que forma parte, ya ha pasado. En estos casos no se utilizan protocolos como el TCP, que no son válidos para aplicaciones en tiempo real, sino que en su lugar se utilizan protocolos del tipo UDP (User Datagram Protocol), que no retransmiten los paquetes perdidos y se centran en enviarlos cumpliendo los plazos.

El IP también se rodea de lo que se denomina protocolos de routing, que son los que rellenan la tabla de routing, recordemos que era donde el router miraba para saber por dónde tenía que sacar el paquete que estaba analizando. Hay muchos tipos de protocolo de enrutado, y siguen diferentes filosofías, desde los más simples como el RIP (Routing Information Protocol), que rellenan la tabla de manera estática e inamovible, a los más complejos como el OSPF (Open Short Path First) o BGP (Border Gateway Protocol) que hablan entre ellos para saber en cada momento cual es el mejor camino para llegar a cualquier sitio. En este caso, por lo tanto, las tablas de rutas están continuamente actualizándose, y así el router sabe cuál es el mejor camino para llegar a cada destino. Es como tú cuando conduces, sueles coger una ruta habitual, pero si escuchas en la radio que hay un atasco, o es viernes y tu experiencia te dice que lo habrá, seleccionas otro camino alternativo, que son más kilómetros pero vas a tardar menos tiempo. Eso es lo que hacen los protocolos de routing.

También tenemos al amigo MPLS (Multiprotocol Label Switch) que corre en toda red IP que se precie. El protocolo IP necesita de mucha capacidad de procesamiento, y la escalabilidad es complicada cuando tenemos miles, millones de redes a las que podemos llegar. Por eso, en los núcleos de las redes IP, no se habla en IP, se habla en MPLS, y

sólo en los bordes de la red IP, que son los que se conectan con otras redes IP, se habla IP puro y duro. Con el MPLS en el núcleo de la red, tengo más control sobre mi tráfico, ya que lo que hace es etiquetar caminos, y todos los paquetes que vayan por el mismo camino tendrán la misma etiqueta. Sería algo parecido a este ejemplo, imagínate que te vas con todos tus amigos de fin de semana. En vez de ir 20 coches, como todos vais al mismo sitio, alquilas un bus. Los routers, que también hablarán MPLS, en lugar de mirar todas y cada una de las direcciones IP destinos de todos y cada uno de los paquetes, sólo tendrá que mirar la etiqueta para decidir el camino por el que envía el paquete.

Internet, no es ni más ni menos, que todas las redes IP del mundo interconectadas entre ellas...todas o casi todas. Cada red IP tiene asociado bloques concretos de direcciones IP, de manera que sabiendo la dirección IP, sabes donde tienes que ir....algo parecido a los códigos postales que usamos en las ciudades. Juntando todos estos protocolos conseguimos un medio maravilloso de comunicación con posibilidades todavía desconocidas.

9.3 Circuitos virtuales:

Un **circuito virtual** (VC por sus siglas en inglés) es un sistema de comunicación por el cual los datos de un usuario origen pueden ser transmitidos a otro usuario destino a través de más de un circuito de comunicaciones real durante un cierto periodo de tiempo, pero en el que la conmutación es transparente para el usuario. Un ejemplo de protocolo de circuito virtual es el ampliamente utilizado TCP (Protocolo de Control de Transmisión).

Es una forma de comunicación mediante conmutación de paquetes en la cual la información o datos son empaquetados en bloques que tienen un tamaño variable a los que se les denomina paquetes. El tamaño de los bloques lo estipula la red. Los paquetes suelen incluir cabeceras con información de control. Estos se transmiten a la red, la cual se encarga de su encaminamiento hasta el destino final. Cuando un paquete se encuentra con un nodo intermedio, el nodo almacena temporalmente la información y encamina los paquetes a otro nodo según las cabeceras de control. Es importante saber que en este caso los nodos no necesitan tomar decisiones de encaminamiento, ya que la dirección a seguir viene especificada en el propio paquete.

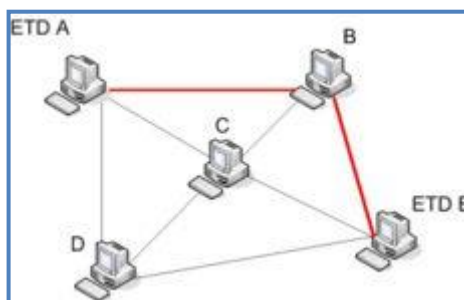
Las dos formas de encaminación de paquetes son: **datagrama y circuitos virtuales**.

En los circuitos virtuales, al comienzo de la sesión se establece una ruta única entre las ETD (entidades terminales de datos) o los host extremos. A partir de aquí, todos los paquetes enviados entre estas entidades seguirán la misma ruta.

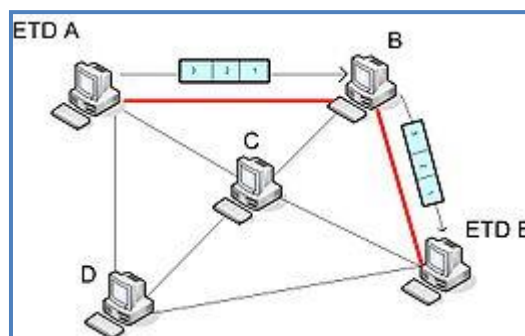
Las dos formas de establecer la transmisión mediante circuitos virtuales son los circuitos virtuales conmutados (SVC) y los circuitos virtuales permanentes (PVC).

Los **circuitos virtuales conmutados (SVC)** por lo general se crean ex profeso y de forma dinámica para cada llamada o conexión, y se desconectan cuando la sesión o llamada es terminada. Como ejemplo de circuito virtual conmutado se tienen los enlaces ISDN. Se utilizan principalmente en situaciones donde las transmisiones son esporádicas. En terminología ATM esto se conoce como conexión virtual conmutada. Se crea un circuito virtual cuando se necesita y existe sólo durante la duración del intercambio específico.

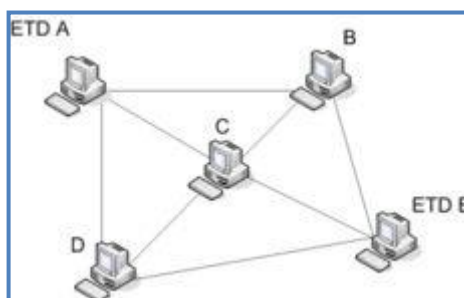
- La ETD (equipo terminal de datos). A solicita el envío de paquetes a la E.



- Cuando la conexión ya está establecida se comienzan a enviar los paquetes de forma ordenada por la ruta uno tras otro.



- Cuando la ETD E recibe el último paquete, se libera la conexión, por lo que el circuito virtual deja de existir.



También se puede establecer un **circuito virtual permanente (PVC)** a fin de proporcionar un circuito dedicado entre dos puntos. Un PVC es un circuito virtual permanente establecido para uso repetido por parte de los mismos equipos de transmisión. En un PVC la asociación es idéntica a la fase de transferencia de datos de una llamada virtual. Los circuitos permanentes eliminan la necesidad de configuración y terminación repetitivas para cada llamada. Es decir se puede usar sin tener que pasar por la fase de establecimiento ni liberación de las conexiones. El circuito está reservado a una serie de usuarios y nadie más puede hacer uso de él. Una característica especial que en el SVC no se daba es que si dos usuarios solicitan una conexión, siempre obtienen la misma ruta.

9.4 Componentes básicos de las redes:

Para poder formar una red se requieren estos elementos: hardware, software y protocolos. Los elementos físicos se clasifican en dos grandes grupos: dispositivos de usuario final (hosts) y dispositivos de red. Los dispositivos de usuario final incluyen los computadores, impresoras, escáneres, y demás elementos que brindan servicios directamente al usuario y los segundos son todos aquellos que conectan entre sí a los dispositivos de usuario final, posibilitando su intercomunicación.

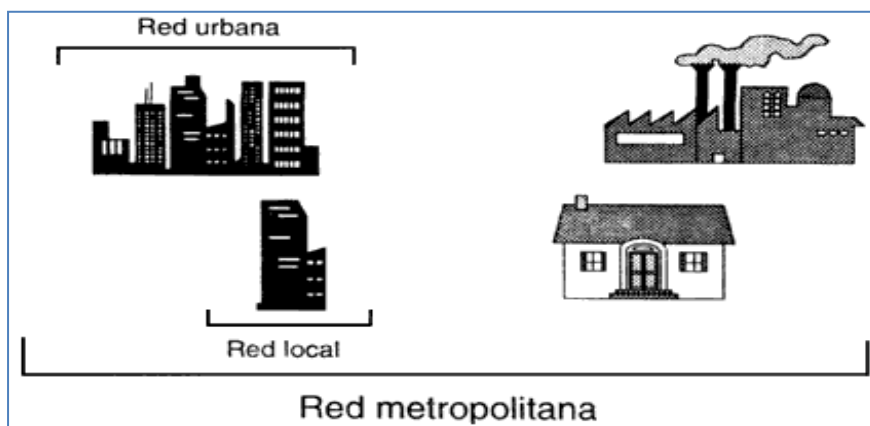
El fin de una red es la de interconectar los componentes hardware de una red , y por tanto, principalmente, las computadoras individuales, también denominados hosts, a los equipos que ponen los servicios en la red, los servidores, utilizando el cableado o tecnología inalámbrica soportada por la electrónica de red y unidos por cableado o radiofrecuencia. En todos los casos la tarjeta de red se puede considerar el elemento primordial, sea ésta parte de un ordenador, de un conmutador, de una impresora, etc. y sea de la tecnología que sea (ethernet, Wi-Fi, Bluetooth, etc.)

9.5 Clasificación de las redes de datos según su alcance:

- **Red de área personal** o PAN (Personal Area Network) en inglés: es una red de ordenadores usada para la comunicación entre los dispositivos de la computadora cerca de una personal.
- **Red inalámbrica de área personal** o WPAN (Wireless Personal Area Network): es una red de computadoras inalámbrica para la comunicación entre distintos dispositivos (tanto computadoras, puntos de acceso a Internet, teléfonos celulares, PDS, dispositivos de audio, impresoras) cercanos al punto de acceso. Estas redes normalmente son de unos pocos metros y para uso personal, así como fuera de ella. El medio de

transporte puede ser cualquiera de los habituales en las redes inalámbricas pero las que reciben esta denominación son habituales en Bluetooth.

- **Red de área local** o LAN (Local Área Network): es una red que se limita a un área especial relativamente pequeña tal como un cuarto, un solo edificio, una nave, o un avión. Las redes de área local a veces se llaman una sola red de localización. No utilizan medios o redes de interconexión públicos. Ver que el concepto de red de área local para datos es un poco distinto al que utilizamos para la red telefónica.
- **Red de área local inalámbrica** o WLAN (Wireless Local Area Network): es un sistema de comunicación de datos inalámbrico flexible, muy utilizado como alternativa a las redes de área local cableadas o como extensión de estas.
- **Red de área de campus** o CAN (Campus Area Network): es una red de computadoras de alta velocidad que conecta redes de área local a través de un área geográfica limitada, como un campus universitario, una base militar, hospital, etc. Tampoco

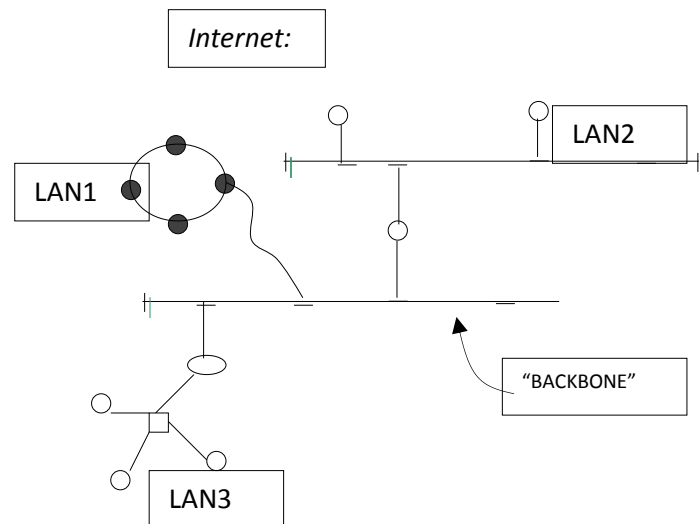


utiliza medios públicos para la interconexión.

- **Red de área metropolitana** (metropolitan area network o MAN, en inglés): es una red de alta velocidad (banda

ancha) que da cobertura en un área geográfica más extensa que un campus, pero aun así limitado. Por ejemplo, una red que interconecte los edificios públicos de un municipio dentro de la localidad por medio de fibra óptica.

- **Redes de área amplia** o WAN (Wide Area Network): son redes informáticas que se extienden sobre un área geográfica extensa utilizando medios como: satélites, cables interoceánicos, Internet, fibras ópticas públicas, etc.



- **Red de área de almacenamiento**, en inglés SAN (Storage Area Network): es una red concebida para conectar servidores, matrices (arrays) de discos y librerías de soporte, permitiendo el tránsito de datos sin afectar a las redes por las que acceden los usuarios.
- **Red de área local virtual** o VLAN (Virtual LAN): es un grupo de computadoras con un conjunto común de recursos a compartir y de requerimientos, que se comunican como si estuvieran adjuntos a una división lógica de redes de computadoras en la cual todos los nodos pueden alcanzar a los otros por medio de broadcast (dominio de broadcast) en la capa de enlace de datos, a pesar de su diversa localización física. Este tipo surgió como respuesta a la necesidad de poder estructurar las conexiones de equipos de un edificio por medio de software, permitiendo dividir un conmutador en varios virtuales.

Uno de los desarrollos más sorprendentes de los últimos años es indudablemente la posibilidad de conectar todas las redes de cobertura limitada en una red global que, al menos en teoría, permite enlazar y comunicar usuarios ubicados en cualquier parte del mundo. Esto es lo que ha dado origen a términos como globalización de la información. Actualmente existen redes de telecomunicaciones que permiten comunicación telefónica instantánea entre dos usuarios de dos países del planeta, que envían información financiera entre instituciones de dos países cualesquiera, que envían señales de televisión de un país a otro, o que permiten localizar personas por medio de receptores de radio en muchos países del mundo.

Como ya ha sido mencionado, las componentes de una red son un conjunto de nodos y otro de canales que permiten que los primeros se comuniquen. A continuación se proporcionarán detalles acerca de estos componentes.

9.6 Softwares:

Sistema operativo de red: permite la interconexión de ordenadores para poder acceder a los servicios y recursos. Al igual que un equipo no puede trabajar sin un sistema operativo, una red de equipos no puede funcionar sin un sistema operativo de red. En muchos casos el sistema operativo de red es parte del sistema operativo de los servidores y de los clientes, por ejemplo en Linux y Microsoft.

Software de aplicación: en última instancia, todos los elementos se utilizan para que el usuario de cada estación, pueda utilizar sus programas y archivos específicos. Este software puede ser tan amplio como se necesite ya que puede incluir procesadores de texto, paquetes integrados, sistemas administrativos de contabilidad y áreas afines, sistemas especializados, correo electrónico, etc. El software adecuado en el sistema operativo de red elegido y con los protocolos necesarios permite crear servidores para aquellos servicios que se necesiten.

9.7 Hardware:

Tarjeta de red: Para lograr el enlace entre las computadoras y los medios de transmisión (cables de red o medios físicos para redes alámbricas e infrarrojos o radiofrecuencias para redes inalámbricas), es necesaria la intervención de una tarjeta de red, o NIC (Network Card Interface), con la cual se puedan enviar y recibir paquetes de datos desde y hacia otras computadoras, empleando un protocolo para su comunicación y convirtiendo a esos datos a un formato que pueda ser transmitido por el medio (bits, ceros y unos). Cabe señalar

que a cada tarjeta de red le es asignado un identificador único por su fabricante, conocido como dirección MAC (Media Access Control), que consta de 48 bits (6 bytes). Dicho identificador permite direccionar el tráfico de datos de la red del emisor al receptor adecuado.

El trabajo del adaptador de red es el de convertir las señales eléctricas que viajan por el cable (ej: red Ethernet) o las ondas de radio (ej: red Wi-Fi) en una señal que pueda interpretar el ordenador.

Estos adaptadores son unas tarjetas PCI que se conectan en las ranuras de expansión del ordenador. En el caso de ordenadores portátiles, estas tarjetas vienen en formato PCMCIA o similares. En los ordenadores del siglo XXI, tanto de sobremesa como portátiles, estas tarjetas ya vienen integradas en la placa base.

Adaptador de red es el nombre genérico que reciben los dispositivos encargados de realizar dicha conversión. Esto significa que estos adaptadores pueden ser tanto Ethernet, como Wireless, así como de otros tipos como fibra óptica, coaxial, etc. También las velocidades disponibles varían según el tipo de adaptador; éstas pueden ser, en Ethernet, de 10, 100, 1000 Mbps o 10000 o mucho mayor, y en los inalámbricos, principalmente, de 11, 54, 300 Mbps o mucho mayor.

9.8 Dispositivos de usuario final:

Computadoras personales: son los puestos de trabajo habituales de las redes. Dentro de la categoría de computadoras, y más concretamente computadoras personales, se engloban todos los que se utilizan para distintas funciones, según el trabajo que realizan. Se incluyen desde las potentes estaciones de trabajo para la edición de vídeo, por ejemplo, hasta los ligeros equipos portátiles, conocidos como netbooks, cuya función principal es la de navegar por Internet. Las tabletas se popularizaron al final de la primera década del siglo XXI, especialmente por el éxito del iPad de Apple.

Terminal: muchas redes utilizan este tipo de equipo en lugar de puestos de trabajo para la entrada de datos. En estos sólo se exhiben datos o se introducen. Este tipo de terminales, trabajan unido a un servidor, que es quien realmente procesa los datos y envía pantallas de datos a los terminales.

Electrónica del Hogar: las tarjetas de red empezaron a integrarse, de forma habitual, desde la primera década del siglo XXI, en muchos elementos habituales de los hogares: televisores, equipos multimedia, proyectores, videoconsolas, teléfonos celulares, libros electrónicos, etc. e incluso en electrodomésticos, como frigoríficos, convirtiéndolos en partes de las redes junto a los tradicionales ordenadores.

Impresoras y otros elementos: muchos de estos dispositivos son capaces de actuar como parte de una red de ordenadores sin ningún otro elemento, tal como un print server, actuando como intermediario entre la impresora y el dispositivo que está solicitando un trabajo de impresión de ser terminado. Los medios de conectividad de estos dispositivos pueden ser alámbricos o inalámbricos, dentro de este último puede ser mediante: Ethernet, Wi-Fi, infrarrojo o bluetooth. En algunos casos se integran dentro de la impresora y en otros por medio de convertidores externos. Otros elementos son los escáneres y lectores de CD rom.

9.9 Servidores:

Son los equipos que ponen a disposición de los clientes los distintos servicios. En la siguiente lista hay algunos tipos comunes de servidores y sus propósitos:

- **Servidor de archivos:** almacena varios tipos de archivo y los distribuye a otros clientes en la red. Pueden ser servidos en distinto formato según el servicio que presten y el medio: FTP, HTTP, etc.
- **Servidor de impresión:** controla una o más impresoras y acepta trabajos de impresión de otros clientes de la red, poniendo en cola los trabajos de impresión (aunque también puede cambiar la prioridad de las diferentes impresiones), y realizando la mayoría o todas las otras funciones que en un sitio de trabajo se realizaría para lograr una tarea de impresión si la impresora fuera conectada directamente con el puerto de impresora del sitio de trabajo.
- **Servidor de correo:** almacena, envía, recibe, enruta y realiza otras operaciones relacionadas con el e-mail para los clientes de la red.
- **Servidor de fax:** almacena, envía, recibe, enruta y realiza otras funciones necesarias para la transmisión, la recepción y la distribución apropiadas de los fax, con origen y/o destino una computadora o un dispositivo físico de telefax.
- **Servidor de telefonía:** realiza funciones relacionadas con la telefonía, como es la de contestador automático, realizando las funciones de un sistema interactivo para la respuesta de la voz, almacenando los mensajes de voz, encaminando las llamadas y controlando también la red o Internet, etc. Pueden operar con telefonía IP o analógica.
- **Servidor proxy:** realiza un cierto tipo de funciones en nombre de otros clientes en la red para aumentar el funcionamiento de ciertas operaciones (p. ej., prefetching y depositar documentos u otros datos que se soliciten muy frecuentemente). También

«sirve» seguridad; esto es, tiene un firewall (cortafuegos). Permite administrar el acceso a Internet en una red de computadoras permitiendo o negando el acceso a diferentes sitios web, basándose en contenidos, origen/destino, usuario, horario, etc.

- **Servidor de acceso remoto:** (RAS, del inglés Remote Access Service): controla las líneas de módems u otros canales de comunicación de la red para que las peticiones conecten una posición remota con la red, responden las llamadas telefónicas entrantes o reconocen la petición de la red y realizan los chequeos necesarios de seguridad y otros procedimientos necesarios para registrar a un usuario en la red. Gestionan las entradas para establecer las redes virtuales privadas, VPN.
- **Servidor web:** almacena documentos HTML, imágenes, archivos de texto, escrituras, y demás material web compuesto por datos (conocidos normalmente como contenido), y distribuye este contenido a clientes que la piden en la red.
- **Servidor de streaming:** servidores que distribuyen multimedia de forma continua evitando al usuario esperar a la descarga completa del fichero. De esta forma se pueden distribuir contenidos tipo radio, vídeo, etc. en tiempo real y sin demoras.
- **Servidor de reserva:** o stand by server: tiene el software de reserva de la red instalado y tiene cantidades grandes de almacenamiento de la red en discos duros u otras formas del almacenamiento disponibles para que se utilice con el fin de asegurarse de que la pérdida de un servidor principal no afecte a la red. El servidor de reserva lo puede ser de cualquiera de los otros tipos de servidor, siendo muy habituales en los servidores de aplicaciones y bases de datos.
- **Servidor de autenticación:** es el encargado de verificar que un usuario pueda conectarse a la red en cualquier punto de acceso, ya sea inalámbrico o por cable, basándose en el estándar 802.1x y puede ser un servidor de tipo RADIUS.
- **Servidores para los servicios de red:** estos equipos gestionan aquellos servicios necesarios propios de la red y sin los cuales no se podrían interconectar, al menos de forma sencilla. Algunos de esos servicios son: servicio de directorio para la gestión de los usuarios y los recursos compartidos, Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP) para la asignación de las direcciones IP en redes TCP/IP, Domain Name System (DNS) para poder nombrar los equipos sin tener que recurrir a su dirección IP numérica, etc.

- **Servidor de base de datos:** permite almacenar la información que utilizan las aplicaciones de todo tipo, guardándola ordenada y clasificada y que puede ser recuperada en cualquier momento y en base a una consulta concreta. Estos servidores suelen utilizar lenguajes estandarizados para hacer más fácil y reutilizable la programación de aplicaciones, uno de los más populares es SQL.
- **Servidor de aplicaciones:** ejecuta ciertas aplicaciones. Usualmente se trata de un dispositivo de software que proporciona servicios de aplicación a las computadoras cliente. Un servidor de aplicaciones gestiona la mayor parte (o la totalidad) de las funciones de lógica de negocio y de acceso a los datos de la aplicación. Los principales beneficios de la aplicación de la tecnología de servidores de aplicación son la centralización y la disminución de la complejidad en el desarrollo de aplicaciones.
- **Servidor de monitorización y gestión:** ayudan a simplificar las tareas de control, monitorización, búsqueda de averías, resolución de incidencias, etc. Permiten, por ejemplo, centralizar la recepción de mensajes de aviso, alarma e información que emiten los distintos elementos de red (no solo los propios servidores). El SNMP es un de los protocolos más difundidos y que permite comunicar elementos de distintos fabricantes y de distinta naturaleza.

Y otros muchos dedicados a múltiples tareas, desde muy generales a aquellos de una especificidad enorme.

9.10 Almacenamiento en red:

En la redes medianas y grandes el almacenamiento de datos principal no se produce en los propios servidores sino que se utilizan dispositivos externos, conocidos como disk arrays (matrices de discos) interconectados, normalmente por redes tipo SAN, o NAS. Estos medios permiten centralizar la información, una mejor gestión del espacio, sistemas redundantes y de alta disponibilidad.

Los medios de copia de seguridad suelen incluirse en la misma red donde se alojan los medios de almacenamiento mencionados más arriba, de esta forma el traslado de datos entre ambos, tanto al hacer la copia como las posibles restauraciones, se producen dentro de esta red sin afectar al tráfico de los clientes con los servidores o entre ellos.

9.11 Dispositivos de red:

Los equipos informáticos descritos necesitan de una determinada tecnología que forme la red en cuestión. Según las necesidades se deben seleccionar los elementos adecuados para poder completar el sistema. Por ejemplo, si queremos unir los equipos de una oficina entre ellos debemos conectarlos por medio de un conmutador o un concentrador, si además hay un varios portátiles con tarjetas de red Wi-Fi debemos conectar un punto de acceso inalámbrico para que recoja sus señales y pueda enviarles las que les correspondan, a su vez el punto de acceso estará conectado al conmutador por un cable. Si todos ellos deben disponer de acceso a Internet, se interconectarán por medio de un router, que podría ser ADSL, Ethernet sobre fibra óptica, broadband, etc.

Los elementos de la electrónica de red más habituales son:

- Conmutador, o switch
- Enrutador, o router
- Puente de red, o bridge
- Puede de red y enrutador o brouter
- Punto de acceso inalámbrico o WAP (Wireless Access Point).

9.12 Protocolos de redes:

Existen diversos protocolos, estándares y modelos que determinan el funcionamiento general de las redes. Destacan el modelo OSI y el TCP/IP. Cada modelo estructura el funcionamiento de una red de manera distinta.

9.12.1 Por tipo de conexión:

Medios guiados:

- El **cable coaxial** se utiliza para transportar señales electromagnéticas de alta frecuencia que posee dos conductores concéntricos, uno central, llamado vivo y uno exterior denominado malla o blindaje, que sirve como referencia de tierra y retorno de las corrientes; los cuales están separados por un material dieléctrico que, en realidad, transporta la señal de información.
- El **cable de par trenzado** es una forma de conexión en la que dos conductores eléctricos aislados son entrelazados para tener menores interferencias y aumentar la potencia y disminuir la diafonía de los cables adyacentes. Dependiendo de la red se pueden utilizar, uno, dos, cuatro o más pares.

- La **fibra óptica** es un medio de transmisión empleado habitualmente en redes de datos; un hilo muy fino de material transparente, vidrio o materiales plásticos, por el que se envían pulsos de luz que representan los datos a transmitir.

Medios no guiados:

- **Red por radio** es aquella que emplea la radiofrecuencia como medio de unión de las diversas estaciones de la red.
- **Red por infrarrojos** permiten la comunicación entre dos nodos, usando una serie de leds infrarrojos para ello. Se trata de emisores/receptores de ondas infrarrojas entre ambos dispositivos, cada dispositivo necesita al otro para realizar la comunicación por ello es escasa su utilización a gran escala. No disponen de gran alcance y necesitan de visibilidad entre los dispositivos.
- **Red por microondas** es un tipo de red inalámbrica que utiliza microondas como medio de transmisión. Los protocolos más frecuentes son: el IEEE 802.11b y transmite a 2,4 GHz, alcanzando velocidades de 11 Mbps; el rango de 5,4 a 5,7 GHz para el protocolo IEEE 802.11a; el IEEE 802.11n que permite velocidades de hasta 600 Mbps o mas; etc.

Por relación funcional:

- **Cliente-servidor** es la arquitectura que consiste básicamente en un cliente que realiza peticiones a otro programa (el servidor) que le da respuesta.
- **Peer-to-Peer** o red entre iguales, es aquella red de computadoras en la que todos o algunos aspectos funcionan sin clientes ni servidores fijos, sino una serie de nodos que se comportan como iguales entre sí.

Por tecnología:

- **Red Point-to-Point** es aquella en la que existe multitud de conexiones entre parejas individuales de máquinas. Este tipo de red requiere, en algunos casos, máquinas intermedias que establezcan rutas para que puedan transmitirse paquetes de datos. El medio electrónico habitual para la interconexión es el conmutador, o switch.
- **Red broadcast** se caracteriza por transmitir datos por un sólo canal de comunicación que comparten todas las máquinas de la red. En este caso, el paquete enviado es recibido por todas las máquinas de la red pero únicamente la destinataria puede procesarlo. Los equipos unidos por un concentrador, o hub, forman redes de este tipo.

Por topología física:

- La **red en bus** se caracteriza por tener un único canal de comunicaciones (denominado bus, troncal o backbone) al cual se conectan los diferentes dispositivos.
- En una **red en anillo** cada estación está conectada a la siguiente y la última está conectada a la primera.
- En una **red en estrella** las estaciones están conectadas directamente a un punto central y todas las comunicaciones se han de hacer necesariamente a través de éste.
- En una **red en malla** cada nodo está conectado a todos los otros.
- En una **red en árbol** los nodos están colocados en forma de árbol. Desde una visión topológica, la conexión en árbol es parecida a una serie de redes en estrella interconectadas salvo en que no tiene un nodo central.
- En una **red mixta** se da cualquier combinación de las anteriores.

9.13 Por la direccionalidad de los datos:

- **Simplex o unidireccional:** un equipo terminal de datos transmite y otro recibe.
- **Half-duplex**, en castellano semidúplex: el método o protocolo de envío de información es bidireccional pero no simultáneo bidireccional, sólo un equipo transmite a la vez.
- **Full-duplex**, o dúplex: los dos equipos involucrados en la comunicación lo pueden hacer de forma simultánea, transmitir y recibir.

9.14 Por grado de autenticación:

- **Red privada:** es una red que solo puede ser usada por algunas personas y que está configurada con clave de acceso personal.
- **Red de acceso público:** una red pública se define como una red que puede usar cualquier persona y no como las redes que están configuradas con clave de acceso personal. Es una red de computadoras interconectados, capaz de compartir información y que permite comunicar a usuarios sin importar su ubicación geográfica.

9.15 Por grado de difusión:

- Una **Intranet** es una red de ordenadores privados que utiliza tecnología Internet para compartir dentro de una organización parte de sus sistemas de información y sistemas operacionales.
- **Internet** es un conjunto descentralizado de redes de comunicación interconectadas que utilizan la familia de

protocolos TCP/IP, garantizando que las redes físicas heterogéneas que la componen funcionen como una red lógica única, de alcance mundial.

9.16 Por servicio o función:

- Una **red comercial** proporciona soporte e información para una empresa u organización con ánimo de lucro.
- Una **red educativa** proporciona soporte e información para una organización educativa dentro del ámbito del aprendizaje.
- Una **red para el proceso de datos** proporciona una interfaz para intercomunicar equipos que vayan a realizar una función de cómputo conjunta.

Algunas características de las redes de datos:

- Duración de la llamada: La diferencia más importante entre voz y datos está en que las llamadas de voz tienen una duración media de 3 minutos, mientras que las de datos pueden durar varias horas.
- Retardo del tráfico: Un retardo de 200 ms es aceptable para una red de datos en tiempo real. Lo más usual es un retardo de unos 500 ms. El tráfico de datos Batch no tiene problemas con el retardo, pero para transmisión de voz de alta calidad el retardo del tráfico no puede ser mayor a 50 ms. Por lo tanto el retardo del tráfico variable hace que la transmisión de voz sea afectada. Los paquetes de voz han de ser distribuidos al receptor a una frecuencia uniforme.
- Control de errores: Lo más importante para el tráfico de datos es que los errores puedan ser controlados, detectados, o preferiblemente detectados y corregidos. El mecanismo de corrección algunas veces sólo es posible realizarlo por contexto y requiere retransmisión para recuperarlo. En el caso de la voz no es factible el retardo de tiempo de las recuperaciones y no tiene en cuenta errores ocasionales o ráfagas de errores.

La nube:

Cloud Computing o la nube es la vertiente de la informática y telecomunicaciones que trata de convertir ciertos productos en servicios, ofrecidos a través de Internet. ¿Qué quiere decir esto? Quiere decir que ya no necesitamos comprar un producto para poder utilizarlo y disfrutar de sus ventajas, sino que podemos beneficiarnos de él sin necesidad de hacer la inversión inicial de hardware, a través de la Red. La información se almacena en servidores de Internet y se envía a cachés temporales de cliente, es decir, ordenadores de sobremesa y portátiles, teléfonos móviles, tabletas, etc.

¿Qué ventajas tiene llevarse los servicios a la nube?

La principal ventaja es el ahorro de costes para los clientes, ya que desaparece la inversión inicial (compra de equipamiento normalmente, pero además mantenimiento, consumo eléctrico. Adicionalmente, si lo que tenemos en la nube son datos, ahorramos en dispositivos de almacenamiento. Pero existen otras muchas ventajas, como pueden ser la capacidad de prestar servicios en cualquier lugar, la rapidez de implantación de estas soluciones frente a las soluciones físicas, ya que se eliminan tiempos de entrega de material, instalaciones... Además, tener los servicios en La Nube permite realizar actualizaciones automáticas, sin necesidad de que sea el propio usuario final quien lo haga, con lo que también ahorramos tiempo.

¿Tiene algún inconveniente?

El principal inconveniente que tiene es que el acceso a los servicios o contenidos está ligado irremediabilmente a la disponibilidad de una conexión a Internet. Si no hay conexión, no hay posibilidad de acceder a ellos.

Otro inconveniente de las soluciones tipo Cloud puede ser más bien de mentalidad... miedo al cambio. A todos se nos pasa por la cabeza que la información que se guarda en la nube está accesible por cualquiera, y es que la información de la empresa debe recorrer diferentes nodos para llegar a su destino, cada uno de ellos (y sus canales) son un foco de inseguridad. Por suerte, los proveedores de este tipo de servicios cuidan mucho la seguridad para evitar posibles ataques.

La casa, conectada mediante Wi-Fi

Sin cables de ningún tipo, una red inalámbrica permite compartir Internet de alta velocidad, y vincular computadoras y periféricos.



UBICACION

Tratar de colocar el punto de acceso lejos de ventanas o paredes que den al exterior.



CONTRASEÑA

Reemplazar la clave predeterminada del punto de acceso por una personal.



SSID

Mejor no propagarlo. Si se toma pública se está invitando a cualquiera a entrar.



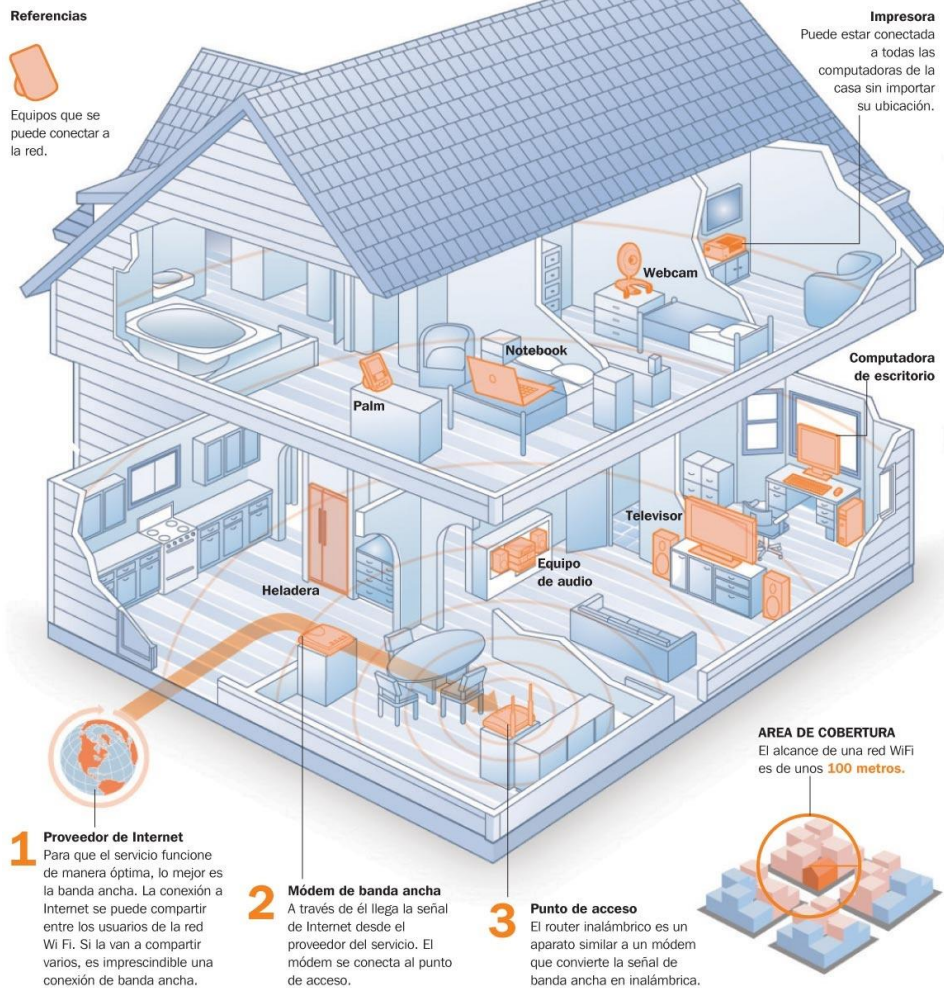
ENCRIPCIÓN

Conviene activarla. Los puntos de acceso vienen con un sistema de codificación de datos llamado WEP.

Referencias



Equipos que se puede conectar a la red.



1

Proveedor de Internet

Para que el servicio funcione de manera óptima, lo mejor es la banda ancha. La conexión a Internet se puede compartir entre los usuarios de la red Wi Fi. Si la van a compartir varios, es imprescindible una conexión de banda ancha.

2

Módem de banda ancha

A través de él llega la señal de Internet desde el proveedor del servicio. El módem se conecta al punto de acceso.

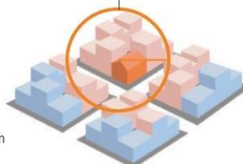
3

Punto de acceso

El router inalámbrico es un aparato similar a un módem que convierte la señal de banda ancha en inalámbrica.

AREA DE COBERTURA

El alcance de una red WiFi es de unos **100 metros**.





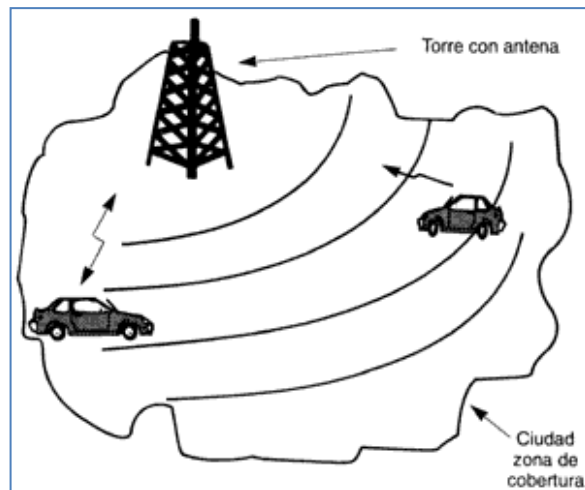
10 RADIODIFUSION DE SEÑALES⁷

Dentro de estos servicios existen dos clases: los bidireccionales y los unidireccionales. En el conjunto de los primeros se describirá la operación de la telefonía celular y su evolución hacia los servicios personales de comunicación (denominados PCN por su nombre en inglés - Personal Communication Networks (PCS) - Personal Communication Systems) - y, debido al interés que en la actualidad ha despertado, se describirá también el funcionamiento de sistemas de supervisión y control de flotillas de vehículos. Como servicio representativo de la segunda clase se analizará la radiolocalización de personas.

La radiotelefonía celular surgió como un avance importante de la radiotelefonía tradicional. En esta última, los conceptos de la red son muy similares a los de la red telefónica pública, con la excepción de que el acceso a la red por parte del usuario es por medio de un canal de radio, con sus equipos terminales correspondientes. En el servicio

⁷ Kuhlmann y Alonso Concheiro. Información y telecomunicaciones. Fondo Cultura Económica. México. 01-03-2013. ISBN 978-968-16-6927-0

tradicional de radiotelefonía se cuenta con una sola estación base, es decir, una estación que realiza funciones de transmisión y de repetición. En las transmisiones se utilizan potencias extremadamente grandes, logrando así una gran zona de cobertura. Sin embargo, si durante una conversación un usuario se sale de la zona de cobertura, la conversación se interrumpe ya que este sistema no tiene capacidad de conmutación.



Radiotelefonía móvil tradicional

Cada usuario tiene asignado un canal de radio con una frecuencia fija para acceder la red, lo cual hace ineficiente el uso del espectro radioeléctrico, ya que, si uno de los usuarios con canales asignados en algún momento no lo utiliza, ese o esos canales estarían desocupados. En la figura se puede ver que el número de usuarios de este tipo de sistema está limitado por el número de canales con que cuenta la red para ofrecer el servicio.

La radiotelefonía tradicional fue evolucionando hacia el concepto de "telefonía celular", con base en dos objetivos: aumentar la calidad de los servicios que pueden ser ofrecidos, y aumentar, compartiendo las frecuencias, la utilización del espectro radioeléctrico, lo cual dio como resultado el aumento del número de usuarios de la red. Los primeros teléfonos móviles fueron introducidos en 1946, pero la primera red de telefonía celular fue puesta en operación en Japón en 1979 y en ese mismo año se inició la operación experimental de una red con 2 000 usuarios en Chicago. La primera red comercial de telefonía celular en Estados Unidos fue puesta en operación en 1983, y para 1987 existían en ese país 312 redes celulares operando en 205 ciudades.

Daremos un ejemplo típico de dos operadores regionales que tienen asignadas dos bandas en la región que le corresponde: una para la comunicación del equipo móvil hacia las bases y otra para la

comunicación de las bases hacia las unidades móviles. La asignación de frecuencias S se muestra en el siguiente cuadro:

Frecuencia es una magnitud que mide el número de repeticiones por unidad de tiempo de cualquier fenómeno o suceso periódico.

Para calcular la frecuencia de un suceso, se contabilizan un número de ocurrencias de este teniendo en cuenta un intervalo temporal, luego estas repeticiones se dividen por el tiempo transcurrido. Según el Sistema Internacional (SI), la frecuencia se mide en hercios (Hz), o MHz (Megahertz) que son 1.000.000 de Hz.

Banda	Móvil (MHz)	Base (MHz)
A	824-835, 845-846.5	869-880, 890-891.5
B	835-845, 846.5-849	880-890, 891.5-894

Cada una de las bandas, a su vez, está dividida en canales que ocupan 30 kHz cada uno, por lo cual, en cada banda caben 333 canales (o conversaciones simultáneas). Vale la pena resaltar que en cada región puede haber cualquier cantidad de células, usando cada una de ellas un determinado conjunto de estos 333 canales, siempre y cuando no sean utilizados los mismos canales en células adyacentes. Cada uno de estos canales funciona como canal de acceso a la red para los usuarios, por medio de equipos terminales que son teléfonos portátiles, consistentes en una unidad de control, un radiorreceptor, un radiotransmisor y su antena. Por otra parte, las oficinas de conmutación contienen todos los elementos necesarios para control de llamadas, interconexión con la red telefónica, contabilidad y facturación.

El servicio para el que inicialmente fue concebida la radiotelefonía celular fue similar al de la telefonía por medio de la red telefónica pública, es decir, comunicaciones de voz, pero con esquemas de acceso similares a los de la radiotelefonía tradicional, es decir, por medio de canales de radio. Las ventajas que se esperaba que la telefonía celular tendría sobre la red telefónica tradicional son:

- a) los equipos terminales (es decir, los aparatos telefónicos) son portátiles y no requieren de un enlace de cable para tener acceso a la red telefónica,

- b) un equipo terminal puede desplazarse dentro del área de cobertura sin interrumpir la comunicación,
- c) por medio de un equipo de telefonía celular se pueden establecer conversaciones con equipos telefónicos conectados a la red telefónica tradicional,
- d) el número de usuarios de una red puede aumentar casi sin límite debido a la posibilidad de reutilizar frecuencias, de reducir tamaños de células y de explotar adecuadamente las complejas técnicas de codificación.

La tecnología celular es diferente de los conceptos que la precedieron, al menos en lo referente a la posibilidad de reutilizar frecuencias. Con sistemas convencionales de radio, el objetivo era tener la mayor cobertura posible con cada una de las estaciones fijas, usando antenas montadas en altas torres, con potencias de transmisión grandes.

A cada estación le corresponde un grupo de canales y la configuración del sistema no cambia a lo largo del tiempo. Con las redes celulares las potencias radiadas por las estaciones base se mantienen al mínimo, de manera tal que, en combinación con antenas localizadas a las alturas mínimas, se pueda garantizar la cobertura deseada con la calidad requerida. Con ello se logra que muchas células no adyacentes usen las mismas frecuencias sin interferir las transmisiones de unas con las de otras (en esto precisamente consiste la reutilización de frecuencias).

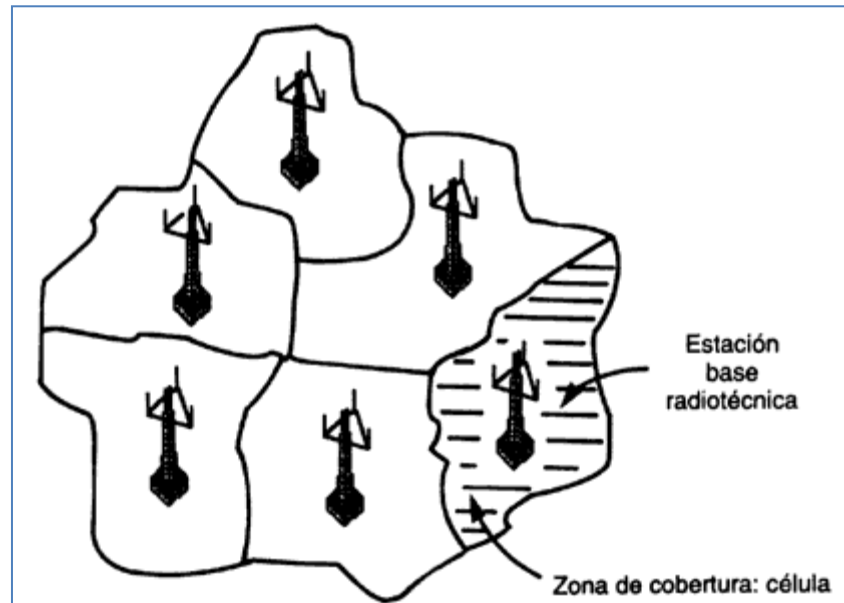
Este revolucionario concepto está basado en las siguientes ideas: un canal de radio para una conversación telefónica consiste en un par de frecuencias, una para cada dirección de envío (base a móvil y móvil a base). Se insiste en que células adyacentes tienen que utilizar distintas frecuencias, ya que, en caso contrario, habría interferencia entre las conversaciones que las usaran. Para ilustrar este punto recordemos que en ocasiones, al viajar por alguna carretera y estar escuchando radio llega un momento en que se pueden escuchar simultáneamente dos estaciones sin modificar la sintonía del receptor.

Conforme uno avanza disminuye la intensidad de una de ellas y aumenta la de la otra. Este efecto es similar al descrito en las redes celulares.

Debe estar claro que células geográficamente separadas sí pueden emplear los mismos conjuntos de frecuencias sin que haya un efecto perjudicial entre las conversaciones que las usen. La limitante que existe en cuanto al número de usuarios del servicio en una célula se debe a la cantidad de frecuencias que se tienen asignadas en esa célula. Sin embargo, si se reduce el tamaño de las células, lo cual equivale a reducir el área de cobertura de las mismas (esto se logra

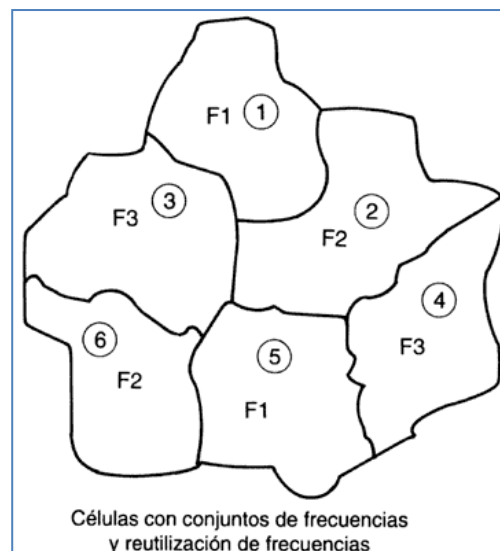
disminuyendo la potencia transmitida, la altura de las antenas de las bases o ambas) se puede aumentar el número total de usuarios de una red, debido a que, si bien el número de usuarios por célula no aumenta, sí se incrementa el número total de células.

Desde luego que cada célula, independientemente de su tamaño, debe tener una estación base, cuyas transmisiones (combinación de Antena y potencia transmitida) cubra el área deseada.



La figura es la configuración de un sistema celular con estaciones base.

La arquitectura de una red celular se muestra en la figura debajo. En ella puede ser identificado el hecho de que células no adyacentes utilizan los mismos conjuntos de frecuencias.



Por ejemplo, las células 1 y 5 de la figura utilizan los conjuntos de frecuencias F1, mientras que las células 2 y 6 tienen a su disposición los conjuntos F2.

El servicio más importante que se ofrece por medio de una red celular es el de comunicación de voz, el cual opera de la siguiente manera. En las llamadas originadas en la unidad móvil, cuando un usuario activa su teléfono, se realiza un proceso de búsqueda por el canal de control para identificar un canal con buena recepción. Generalmente éste está asignado a la base más cercana. Esta búsqueda es controlada por el equipo móvil y se realiza cuando el equipo no se está utilizando en una conversación. Una vez identificado el canal que será utilizado, la unidad móvil se considera inicializada y lista para establecer una comunicación.

Después de esto, se envía el número seleccionado (correspondiente al usuario que se desea llamar) hacia la estación base, misma que envía esta información a la unidad de conmutación, que es la encargada de localizar la célula en la que está ubicada la unidad buscada. Una vez identificada, se le asigna un canal, se le notifica que tiene una llamada y se puede iniciar la conversación. Cuando la llamada se origina en un aparato de la red pública telefónica, se hace llegar la solicitud a la central celular de conmutación, la cual se encarga de localizar al usuario destino y de hacer la señalización correspondiente.

Al terminar una conversación, ambos usuarios liberan los canales de radio asignados para esa conversación y las unidades móviles reactivan el monitoreo de la calidad de los canales. Finalmente, si durante la conversación de una unidad en movimiento se detecta que la unidad ha salido de la zona de cobertura de una célula (por medio de las intensidades de las señales en los canales de control), el sistema le asigna a esta conversación una nueva frecuencia (o sea, un nuevo canal de radio) y se realiza la nueva asignación sin que el usuario se percate de ello.

11 HISTORIA DEL TELEFONO MOVIL⁸



Estación base de telefonía móvil (celular).



Martin Cooper, utilizando un Motorola DynaTAC.

La historia del teléfono móvil se remonta a los inicios de la Segunda Guerra Mundial, donde ya se veía que era necesaria la comunicación a distancia de un lugar a otro, es por eso que la compañía Motorola creó un equipo llamado Handie Talkie H12-16, que es un equipo que permite el contacto con las tropas vía ondas de radio cuya banda de frecuencias en ese tiempo no superaban los 600 kHz.

Comenzaron a perfeccionar y amoldar las características de este nuevo sistema revolucionario ya que permitía comunicarse a distancia. Fue así que en los años 1980 se llegó a crear un equipo que ocupaba recursos similares a los Handie Talkie pero que iba destinado a personas que por lo general eran grandes empresarios y debían estar comunicados, es ahí donde se crea el teléfono móvil y marca un hito

⁸ Forouzan. Transmisión de datos y redes de comunicación 2da edición. Mc Graw Hill. 2011

en la historia de los componentes inalámbricos ya que con este equipo podría hablar a cualquier hora y en cualquier lugar.

11.1 El inicio

Los primeros sistemas de telefonía móvil civil empiezan a desarrollarse a partir de finales de los años 40 en los Estados Unidos. Se popularizó el uso de sistemas FM gracias a su superior calidad de audio y resistencia a las interferencias. El servicio se daba en las bandas de HF y VHF.

Los primeros equipos eran enormes y pesados, por lo que estaban destinados casi exclusivamente a su uso a bordo de vehículos. Generalmente se instalaba el equipo de radio en el maletero y se pasaba un cable con el teléfono hasta el salpicadero del coche.

Una de las compañías pioneras que se dedicaron a la explotación de este servicio fue la americana Bell. Su servicio móvil fue llamado System Service. No era un servicio popular porque era extremadamente caro, pero estuvo operando (con actualizaciones tecnológicas) desde 1946 hasta 1985.

El 3 de abril de 1973 se realiza la primera llamada desde un teléfono móvil, por el directivo de Motorola, Martin Cooper. Fue a su mayor rival en el sector, Joel Engel, de los Bell Labs de AT&T, y la hizo desde una calle de Nueva York.

En conclusión, el teléfono móvil se hizo portátil cuando Motorola culmina el proyecto DynaTAC 8000X, el que es presentado oficialmente en 1984, año en que se empezó a comercializarlo.

11.2 Primera generación (1G): Maduración de la idea

En 1981 el fabricante Ericsson lanza el sistema NMT 450 (Nordic Mobile Telephony 450 MHz). Los equipos 1G pueden parecer algo aparatosos para los estándares actuales pero fueron un gran avance para su época, ya que podían ser trasladados y utilizados por una única persona.

En 1986, Ericsson modernizó el sistema, llevándolo hasta el nivel NMT 900. Esta nueva versión funcionaba prácticamente igual que la anterior pero a frecuencias superiores (del orden de 900 MHz). Esto permitió dar servicio a un mayor número de usuarios y avanzar en la portabilidad de los terminales.

Además del sistema NMT, en los 80 se desarrollaron otros sistemas de telefonía móvil tales como: AMPS (Advanced Mobile Phone System) en EEUU y TACS (Total Access Communication System).

El sistema TACS se utilizó en España con el nombre comercial de MoviLine. Estuvo en servicio hasta su extinción en 2003.

11.3 Segunda generación (2G): Popularización

En la década de 1990 nace la segunda generación, que utiliza sistemas como GSM, IS-136, iDEN e IS-95. Las frecuencias utilizadas en Europa fueron de 900 y 1800 MHz.

El desarrollo de esta generación tiene como piedra angular la digitalización de las comunicaciones. Las comunicaciones digitales ofrecen una mejor calidad de voz que las analógicas, además se aumenta el nivel de seguridad y se simplifica la fabricación del Terminal (con la reducción de costos que ello conlleva). En esta época nacen varios estándares de comunicaciones móviles: D-AMPS (EE. UU.), Personal Digital Cellular (Japón), cdmaOne (EE. UU. y Asia) y GSM.

Muchas operadoras telefónicas móviles implementaron Acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) y Acceso múltiple por división de código (CDMA) sobre las redes Amps existentes convirtiéndolas así en redes D-AMPS. Esto trajo como ventaja para estas empresas poder lograr una migración de señal analógica a señal digital sin tener que cambiar elementos como antenas, torres, cableado, etc. Inclusive, esta información digital se transmitía sobre los mismos canales (y por ende, frecuencias de radio) ya existentes y en uso por la red analógica. La gran diferencia es que con la tecnología digital se hizo posible hacer Multiplexión, tal que en un canal antes destinado a transmitir una sola conversación a la vez se hizo posible transmitir varias conversaciones de manera simultánea, incrementando así la capacidad operativa y el número de usuarios que podían hacer uso de la red en una misma celda en un momento dado.

El estándar que ha universalizado la telefonía móvil ha sido el archiconocido GSM: Global System for Mobile Communications o Groupe Spécial Mobile. Se trata de un estándar europeo nacido de los siguientes principios:

- Buena calidad de voz (gracias al procesado digital).
- Itinerancia (Roaming).
- Deseo de implantación internacional.
- Terminales realmente portátiles (de reducido peso y tamaño) a un precio asequible.
- Compatibilidad con la RDSI (Red Digital de Servicios Integrados).
- Instauración de un mercado competitivo con multitud de operadores y fabricantes.

Realmente, GSM ha cumplido con todos sus objetivos pero al cabo de un tiempo empezó a acercarse a la obsolescencia porque sólo ofrecía

un servicio de voz o datos a baja velocidad (9.6 kbit/s) y el mercado empezaba a requerir servicios multimedia que hacían necesario un aumento de la capacidad de transferencia de datos del sistema.

**

Bits por segundo o b/s, en una transmisión de datos, es el número de impulsos elementales (1 ó 0) transmitidos en cada segundo.

Los bits por segundo como unidad del SI Sistema Internacional de Unidades son utilizados para expresar la velocidad de transmisión de datos o bit rate. Con frecuencia se usa bps, que para el SI significaría "bits por segundos"

Téngase en cuenta que una velocidad de transmisión expresada en bits por segundo dividida entre 8, equivale a la velocidad bytes por segundo. Puesto que un byte se compone de 8 bits.

**

Es en este momento cuando se empieza a gestar la idea de 3G, pero como la tecnología CDMA no estaba lo suficientemente madura en aquel momento se optó por dar un paso intermedio: 2.5G.

En 1997, Philippe Kahn decidió crear una cámara de fotos y que se comportara de esta forma. Utilizó la óptica de una cámara Casio QV-10, y un teléfono Motorola Star Tac, desarrolló un software adecuado para compartir con sus amistades, mediante un mensaje de correo electrónico.

11.4 Generación de transición (2.5G)

Dado que la tecnología de 2G fue incrementada a 2.5G, en la cual se incluyen nuevos servicios como EMS y MMS:

- **EMS** es el servicio de mensajería mejorado, permite la inclusión de melodías e iconos dentro del mensaje basándose en los SMS (mensaje corto); un EMS equivale a 3 o 4 SMS
- **MMS** (Sistema de Mensajería Multimedia) Este tipo de mensajes se envían mediante GPRS y permite la inserción de imágenes, sonidos, videos y texto. Un MMS se envía en forma de diapositiva, la cual cada plantilla solo puede contener un archivo de cada tipo aceptado, es decir, solo puede contener una imagen, un sonido y un texto en cada plantilla, si se desea agregar más de estos tendría que agregarse otra plantilla. Cabe mencionar que no es posible enviar un vídeo de más de 15 segundos de duración

Para poder prestar estos nuevos servicios se hizo necesaria una mayor velocidad de transferencia de datos, que se hizo realidad con las tecnologías GPRS y EDGE.

- **GPRS** (General Packet Radio Service) permite velocidades de datos desde 56 kbit/s hasta 114 kbit/s.
- **EDGE** (Enhanced Data rates for GSM Evolution) permite velocidades de datos hasta 384 kbit/s.

11.5 Tercera generación (3G)

3G nace de la necesidad de aumentar la capacidad de transmisión de datos para poder ofrecer servicios como la conexión a Internet desde el móvil, la videoconferencia, la televisión y la descarga de archivos. En este momento el desarrollo tecnológico ya posibilita un sistema totalmente nuevo: UMTS (Universal Mobile Telecommunications System).

UMTS utiliza la tecnología CDMA (code división multiplex Access), lo cual le hace alcanzar velocidades realmente elevadas (de 144 kbit/s hasta 7.2 Mbit/s, según las condiciones del terreno).

UMTS ha sido un éxito total en el campo tecnológico pero no ha triunfado excesivamente en el aspecto comercial. Se esperaba que fuera un bombazo de ventas como GSM pero realmente no ha resultado ser así ya que, según parece, la mayoría de usuarios tiene bastante con la transmisión de voz y la transferencia de datos por GPRS y EDGE.

11.6 Cuarta Generación (4G): La Actualidad

La generación 4, o 4G es la evolución tecnológica que ofrece al usuario de telefonía móvil un mayor ancho de banda que permite, entre muchas otras cosas, la recepción de televisión en Alta Definición. Hoy en día existe un sistema de este nivel operando con efectividad solo con algunas compañías llamado LTE long term evolution (hay también Wimax).

La tendencia es máxima velocidad con máxima movilidad. La fibra óptica tiene máxima velocidad pero baja movilidad. En la figura se observa los distintos sistemas en función de la movilidad y la velocidad de transmisión.

(Ver al final de la Unidad el Apéndice de la nueva tecnología LTE)

avances hacia el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) de las Naciones Unidas."

"Aunque muchos estiman que los objetivos fijados para las IMT-Avanzadas son sumamente ambiciosos, me complace observar que todos los interesados en el sector de las redes inalámbricas móviles han logrado afrontar este problema", indicó Valery Timofeev, Director de la Oficina de Radiocomunicaciones de la UIT, que expresó su agradecimiento por los esfuerzos en la materia desplegados en todo el mundo. "Espero que la Recomendación UIT-R relativa a las IMT-Avanzadas tenga gran incidencia en el desarrollo de las tecnologías de banda ancha móvil más modernas."

Tras el éxito alcanzado por los sistemas IMT-2000 (3G) definidos por la UIT, el UIT-R lanzó en 2002 la iniciativa IMT-Avanzadas (4G) y su visión estratégica sobre el futuro de las IMT. Posteriormente, estableció los servicios, el espectro y los requisitos de funcionamiento de las IMT-Avanzadas, así como un proceso de evaluación detallado. En colaboración permanente con el sector industrial, las seis propuestas recibidas por la UIT en octubre de 2009 fueron objeto de una evaluación rigurosa, con el apoyo de la labor de grupos de evaluación externos e independientes establecidos en todo el mundo. El consenso obtenido en dicho sector y la armonización de esas seis propuestas impulsada por el UIT-R ha permitido su unificación en las dos tecnologías aprobadas. Estas tecnologías pasarán ahora a la etapa final del proceso de las IMT Avanzadas, que prevé para principios de 2012 la elaboración de una Recomendación UIT-R que describirá exhaustivamente normas técnicas relativas a estas tecnologías de radiocomunicaciones.

Las IMT-Avanzadas (4G) proporcionan una plataforma mundial en la que se concebirá la próxima generación de servicios móviles interactivos que facilitarán un acceso más rápido a los datos, capacidades de itinerancia más perfeccionadas, servicios de mensajería unificada y servicios multimedios de banda ancha.

Stephen Blust, Director de Radio Standards, AT&T, y Presidente del Grupo de Trabajo 5D del UIT-R, expresó también su agradecimiento a todos los colaboradores del sector industrial, a las autoridades gubernamentales y a la UIT, que han hecho posible el éxito alcanzado en el proceso de las IMT-Avanzadas.

La estrecha colaboración entre los Miembros del UIT-R y el sector de la industria mundial de las redes inalámbricas en los trabajos sobre

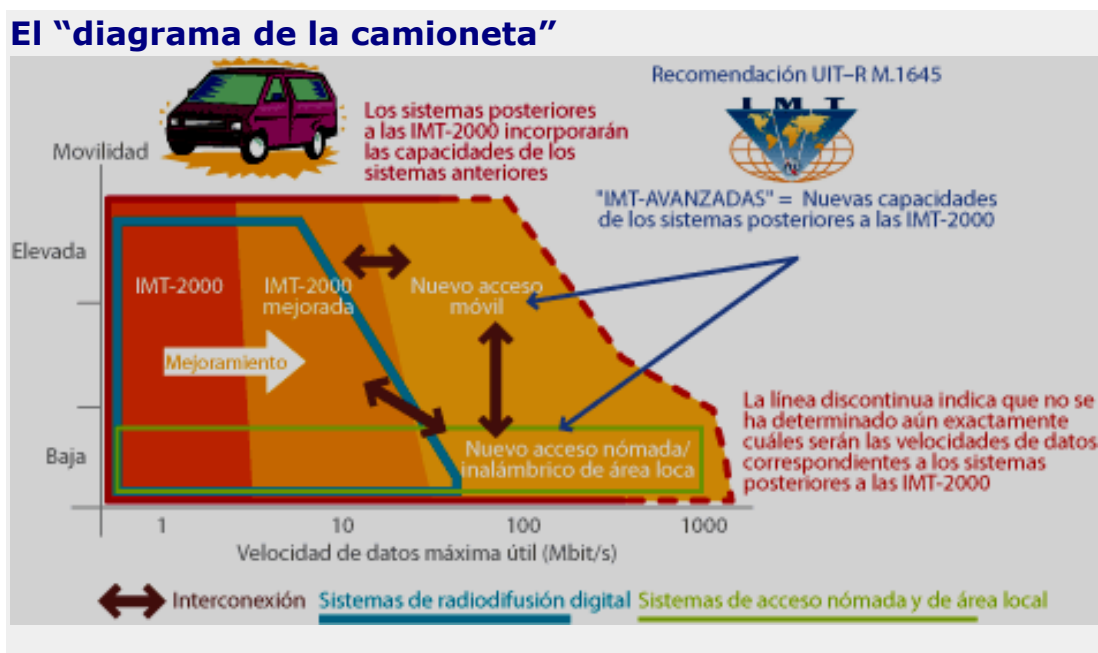
las IMT-Avanzadas es una muestra clara de que estas tecnologías constituyen la opción privilegiada en materia de banda ancha

inalámbrica móvil 4G, aprobada por la UIT, para la información, la comunicación y el esparcimiento.

11.8 ¿Qué son las IMT-Avanzadas?¹⁰

Las telecomunicaciones móviles internacionales avanzadas (IMT-Avanzadas) remiten a sistemas móviles que incluyen nuevas capacidades IMT, las cuales van más allá de las que caracterizaban a las IMT-2000. Dichos sistemas proporcionarán acceso a una amplia gama de servicios de telecomunicaciones (incluidos los servicios móviles avanzados), soportados por redes móviles y fijas cada vez más basadas en paquetes. Dicho de otro modo, las IMT-Avanzadas (o 4G) sobrepasarán la tecnología de tercera generación (3G).

Los sistemas IMT avanzados soportarán aplicaciones de baja a alta movilidad en una gama muy amplia de velocidades de datos para responder a las exigencias de los usuarios y los servicios en múltiples entornos de usuario. Estos sistemas contarán también con capacidades que les permitirán ofrecer aplicaciones multimedios de gran calidad en el marco de un número considerable de servicios y plataformas, que aportarán un significativo mejoramiento a la calidad de funcionamiento y de servicio. Esto puede verse en el “diagrama de la camioneta” (véase la Figura debajo) que hemos adaptado a partir de la Recomendación UIT-R M.1645 preparada por el Sector de Radiocomunicaciones de la UIT (UIT-R).



Según puede apreciarse en la Resolución UIT-R 56, las IMT-2000 y las IMT-Avanzadas se conocen colectivamente por su nombre raíz,

¹⁰ Stephen Blust. Desarrollo de la IMT avanzadas. Grupo de trabajo 5D UIT-R.

IMT. Y la UIT es una organización reconocida internacionalmente a la que se ha encargado definir las próximas generaciones de tecnologías inalámbricas globales, basándose en su trabajo sobre las IMT.

El UIT-R sigue avanzando en sus actividades con el fin de concluir los documentos que exigen las definiciones mencionadas, y durante largos años ha mantenido consultas con la comunidad mundial por conducto del Grupo de Trabajo 8F y dentro del ámbito de la Cuestión UIT-R 229-1/8 "Futuros desarrollos de la IMT-2000 y sistemas posteriores a las IMT-2000". Se han publicado ya varias Recomendaciones e Informes de gran importancia para documentar las IMT-2000 y sentar bases de las IMT-Avanzadas.

Respondiendo a lo solicitado por la Asamblea de Radiocomunicaciones de 2007 (AR-07), las actividades sobre las IMT se están realizando en el seno de la nueva Comisión de Estudio 5, a la que pertenecen, entre otros, el Grupo de Trabajo 5D. La AR-07 revisó la Cuestión de estudio original, denominada actualmente Cuestión UIT-R 229-2/5 "Futuros desarrollos de las IMT-2000 y sistemas posteriores a las IMT-2000", con objeto de tomar en consideración la función consistente en proseguir el desarrollo y el mejoramiento de las IMT-2000, así como el mandato de abordar todos los aspectos de las IMT-Avanzadas. En la Cuestión mencionada y las Resoluciones conexas de la AR-07 y de la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones de 2007 (CMR-07), se preconiza la continuación de este trabajo esencial sobre las IMT.

Basándose en un proceso abierto, el Grupo de Trabajo 5D ha establecido una hoja de ruta para el futuro que va más allá de las comunicaciones móviles 3G y que abarca, entre otras cosas, un equilibrio entre el espectro, los mercados y los servicios, por una parte, y los aspectos tecnológicos por otra. Estos elementos y los de reglamentación resultan indispensables para contribuir al éxito del desarrollo de la telefonía móvil inalámbrica y atender a las necesidades de los usuarios. En 2008 el Grupo de Trabajo 5D concluirá sus trabajos relativos a las fases a corto plazo de las IMT-Avanzadas, aprobando los correspondientes requisitos, procesos y plazos. En dichos trabajos, el UIT-R ha contado con el pleno apoyo de la industria mundial de telefonía inalámbrica y de las administraciones y, a este respecto, hay que señalar que están prosperando las importantes relaciones de asociación entre el UIT-R y la industria (bajo los auspicios de la Resolución UIT-R 9-3).

12 El enfoque EMeRT con respecto a las tareas:

EMeRT es un acrónimo formado por los cuatro siguientes factores esenciales y relacionados entre sí que resultan necesarios para

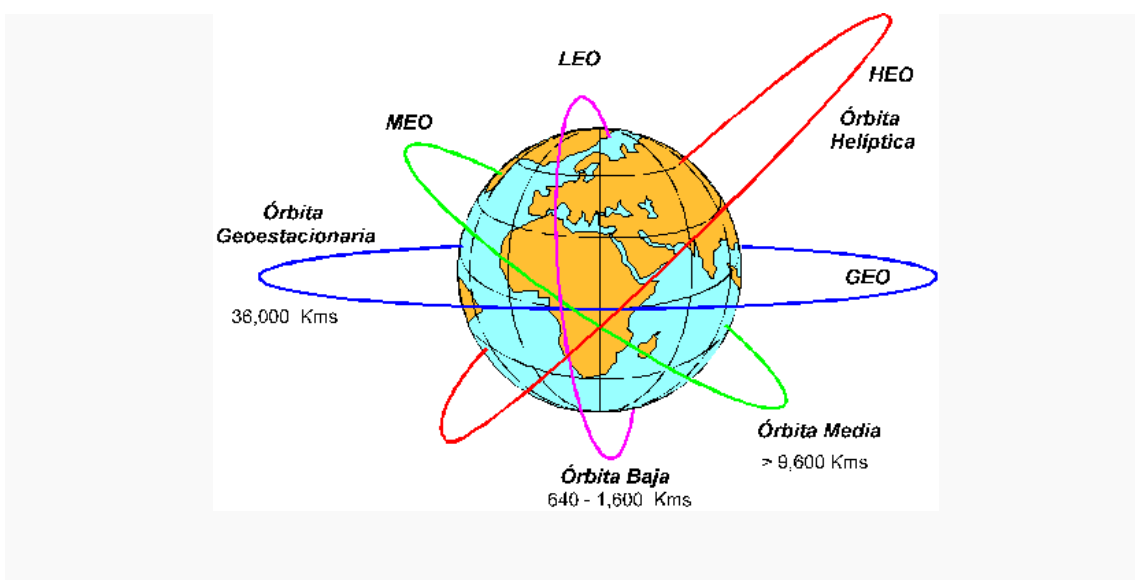
apoyar las tecnologías inalámbricas de la información y la comunicación (TIC):

- El **ESPECTRO**, que es el recurso natural de las comunicaciones inalámbricas.
- El **Me**RCADO, que no sólo incluye las necesidades de los usuarios y su demanda de servicios, sino que es también el motor económico de los modelos empresariales.
- La **RE**GLAMENTACIÓN, que abarca la autorización para utilizar el espectro y proporciona controles para cerciorarse de que el recurso natural que representa el espectro sea compartido adecuadamente por los titulares de las correspondientes licencias.
- La **TE**CNOLOGÍA, que hace posible la utilización del espectro necesario para prestar los servicios y las capacidades que requiere el consumidor, de conformidad con los criterios especificados por la reglamentación.

Hay que señalar que no puede prescindirse de ninguno de estos elementos y todos ellos deben abordarse de manera colectiva en los planos internacional, regional y nacional.

13 Comunicaciones móviles satelitales:¹¹

Un satélite actúa básicamente como un repetidor situado en el espacio: recibe las señales enviadas desde la estación terrestre y las reemite a otro satélite o de vuelta a los receptores terrestres.



¹¹ Stalling Williams. Comunicaciones y redes de computadoras. 7ma edición. Prentice Hall. Año 2013

Los satélites son puestos en órbita mediante cohetes espaciales que los sitúan circundando la Tierra a distancias relativamente cercanas fuera de la atmósfera. Los tipos de satélites según sus órbitas son:

- Satélites LEO (Low Earth Orbit, que significa órbitas bajas). Orbitan la Tierra a una distancia de 160-2000 km y su velocidad les permite dar una vuelta al mundo en 90 minutos. Se usan para proporcionar datos geológicos sobre movimiento de placas terrestres y para la industria de la telefonía por satélite.
- Satélites MEO (Medium Earth Orbit, órbitas medias). Son satélites con órbitas medianamente cercanas, de unos 10.000 km. Su uso se destina a comunicaciones de telefonía y televisión, y a las mediciones de experimentos espaciales.
- Satélites HEO (Highly Elliptical Orbit, órbitas muy elípticas). Estos satélites no siguen una órbita circular, sino que su órbita es elíptica. Esto supone que alcanzan distancias mucho mayores en el punto más alejado de su órbita. A menudo se utilizan para cartografiar la superficie de la Tierra, ya que pueden detectar un gran ángulo de superficie terrestre.
- Satélites GEO. Tienen una velocidad de traslación igual a la velocidad de rotación de la Tierra, lo que supone que se encuentren suspendidos sobre un mismo punto del globo terrestre. Por eso se llaman satélites geoestacionarias. Para que la Tierra y el satélite igualen sus velocidades es necesario que este último se encuentre a una distancia fija de 35.800 km sobre el ecuador. Se destinan a emisiones de televisión y de telefonía, a la transmisión de datos a larga distancia, y a la detección y difusión de datos meteorológicos.

Un **teléfono satelital** es un tipo de teléfono móvil que se conecta directamente a un satélite de telecomunicaciones. Proveen, en general, una funcionalidad similar a la de un teléfono móvil terrestre con servicios de voz, SMS y conexión a Internet de banda ancha.

Dependiendo de la arquitectura de la red satelital pueden contar con coberturas globales como Inmarsat, y Globalstar o coberturas regionales como Thuraya y Terrestar.

Los teléfonos satelitales tienen un tamaño comparable al de los dispositivos móviles de los años 1990, equipados generalmente con una antena plegable que debe extenderse hacia el cielo antes de iniciar la llamada. El primer teléfono satelital con un tamaño cercano a un teléfono celular móvil fue el Iridium 9500.

Los teléfonos satelitales están diseñados para comunicarse en áreas remotas, donde la infraestructura de telecomunicaciones es limitada o inexistente. Ejemplos de ello son montañas, zonas de recreación

alejadas, vuelos interoceánicos, mar abierto, casas de descanso, etc. Asimismo son de gran ayuda en situaciones de desastre donde la infraestructura de comunicaciones convencionales ha sufrido daños. En casos como los terremotos de Chile 2010 fueron de particular utilidad y se recibieron donaciones de ayuda por parte de organismos como la OEA y empresas privadas.

Los teléfonos satelitales generalmente se entregan con una numeración que incluye un código de país especial. Por ejemplo, los teléfonos satelitales de Inmarsat cuentan con el código +870, mientras que los teléfonos satelitales Iridium cuentan con el código +8816. Algunos sistemas de telefonía satelital cuentan con códigos de país de acuerdo a la estación terrena que utilicen, como en el caso de Globalstar y Thuraya.

Un teléfono satelital reciente es el IsatPhone pro de Inmarsat el cual comenzó su servicio global en junio del 2010. Incorpora un GPS, una batería de Ion-Litio de hasta 100 horas en espera, servicios bluetooth y es el teléfono satelital más robusto contando un grado de protección IP 54.

Los costos de los equipos varían de acuerdo al fabricante y red si bien los nuevos modelos oscilan entre 1000 y 1500 USD FOB USA. El costo por minuto de comunicación de voz oscila entre 1.00 y 1.50 USD FOB USA. Generalmente para poder proveer el servicio de telefonía satelital es necesario obtener una licencia o concesión por parte del ente regulador de telecomunicaciones como ocurre con los operadores de telefonía celular.

14 UIT Y CITEL¹²

14.1 UIT

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) es el organismo especializado de las Naciones Unidas para las tecnologías de información y la comunicación (TIC).

La UIT es la organización intergubernamental más antigua del mundo, con una historia que se remonta más de 130 años hasta 1865, fecha de la invención de los primeros sistemas telegráficos. La UIT es responsable de la atribución de frecuencias radioeléctricas y las órbitas de satélite, y de la normalización y el desarrollo de las TIC en el mundo. La UIT se ha comprometido a conectar a todos los habitantes del mundo y a proteger el derecho fundamental de todos a comunicar.

La UIT...

- Desarrolla estándares que facilitan la interconexión eficaz de las infraestructuras de comunicación nacionales con las redes globales, permitiendo un perfecto intercambio de información, ya sean datos, faxes o simples llamadas de teléfono, desde cualquier país;
- Trabaja para integrar nuevas tecnologías en la red de telecomunicaciones global, para fomentar el desarrollo de nuevas aplicaciones tales como Internet, el correo electrónico y los servicios multimedia;
- Gestiona el reparto del espectro de frecuencias radioeléctricas y de las órbitas de los satélites, recursos naturales limitados utilizados por una amplia gama de equipos incluidos los teléfonos móviles, las radios y televisiones, los sistemas de comunicación por satélite, los sistemas de seguridad por navegación aérea y marítima, así como por los sistemas informáticos sin cable;
- Trabaja para mejorar la accesibilidad a las telecomunicaciones en el mundo en desarrollo a través del asesoramiento, la asistencia técnica, la dirección de proyectos, los programas de formación y recursos para la información, y fomentando las agrupaciones entre las empresas de telecomunicaciones, los organismos de financiación y las organizaciones privadas;
- Engloba a 188 Estados Miembros y a más de 450 entidades del sector privado, que trabajan juntos para desarrollar sistemas de telecomunicaciones mejores y más asequibles, y

¹² www.itu.int

para ponerlos a disposición del mayor número posible de personas.

Sectores de la UIT:

Está compuesta por tres sectores:

- UIT-T: Sector de Normalización de las Telecomunicaciones
- UIT-R: Sector de Normalización de las Radiocomunicaciones
- UIT-D: Sector de Desarrollo de las Telecomunicaciones

La sede de la UIT se encuentra en Ginebra, Suiza.

UIT-R (Radiocomunicaciones):

El Sector de Radiocomunicaciones de la UIT (UIT-R) desempeña un papel fundamental en la gestión del espectro de frecuencias radioeléctricas y de las órbitas de los satélites, recursos naturales limitados que suscitan una demanda creciente por parte de un gran número, cada vez mayor, de servicios como el servicio fijo, móvil, de radiodifusión, de radioaficionados, de investigación espacial, de telecomunicaciones de emergencia, de meteorología, de los sistemas mundiales de posicionamiento, de observación del medio ambiente y de comunicaciones que se encargan de la seguridad de la vida humana en la tierra, en el mar y en el aire.

Su misión es garantizar la utilización racional, equitativa, eficaz y económica del espectro de frecuencias radioeléctricas por todos los servicios de radiocomunicaciones, incluidos los que emplean órbitas de satélites, así como realizar estudios y adoptar Recomendaciones sobre las radiocomunicaciones.

Más de 5000 especialistas de organizaciones y administraciones de telecomunicaciones y TIC de todo el mundo participan en las Comisiones de Estudio de Radiocomunicaciones a fin de preparar las bases técnicas para las Conferencias de Radiocomunicaciones, elaborar Recomendaciones UIT-R (normas de radiocomunicaciones) e Informes y recopilar manuales de radiocomunicación.

UIT-T (Normalización):

Las normas internacionales de TIC evitan costosas batallas comerciales sobre las tecnologías preferidas y, para las empresas de los mercados emergentes, instauran la igualdad de condiciones en el acceso a nuevos mercados. Suponen una ayuda esencial para los países en desarrollo en la creación de su infraestructura y el fomento del desarrollo económico y, a través de las economías de escala,

pueden reducir los costes para todos: fabricantes, operadores y consumidores.

Desde su creación en 1865, el UIT-T ha impulsado un enfoque para la elaboración de normas basado en las contribuciones y el consenso, en el que todos los países y empresas, con independencia de su tamaño, disponen de idénticos derechos para influir en la elaboración de las Recomendaciones UIT-T. Desde sus inicios como organismo normalizador del intercambio telegráfico internacional, a través de su papel formador en materia de telecomunicaciones, y en el actual ecosistema convergente de las TIC, el UIT-T ha proporcionado las mejores herramientas del mundo a la comunidad global de la normalización y se mantiene como el único organismo verdaderamente global de normalización de las TIC.

La Oficina de Normalización ejerce de secretaría a las Comisiones de Estudio del UIT-T a través de sofisticados métodos de trabajo electrónicos e instalaciones de vanguardia en Ginebra dando cabida a los seis idiomas oficiales de la Unión – árabe, chino, español, francés, inglés y ruso. Con un funcionario de elección a su frente con el título de Director, es el órgano responsable de proporcionar cohesión al proceso de elaboración de normas del UIT-T.

Las Comisiones de Estudio del Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT reúnen a expertos de todo el mundo para elaborar normas internacionales conocidas como Recomendaciones UIT, que actúan como elementos definitorios de la infraestructura mundial de las TIC. Las normas resultan indispensables para la interoperabilidad de las TIC, y cuando intercambiamos mensajes de voz, vídeo o datos, las normas hacen posibles las comunicaciones globales asegurando que las redes y dispositivos de TIC de los distintos países utilizan un mismo lenguaje.

UIT-D (Desarrollo):

La función del Sector de Desarrollo de las Telecomunicaciones (UIT-D) consiste en facilitar y mejorar el desarrollo de las telecomunicaciones mediante actividades de asesoramiento y asistencia técnica directa. En el marco de sus actividades, el Sector proporciona asesoramiento en materia de política, reglamentación, financiación de las telecomunicaciones, opciones tecnológicas de bajo costo, y ofrece asistencia en la gestión de recursos humanos y la elaboración de iniciativas encaminadas al desarrollo rural y al acceso universal. Mediante todas esas actividades, el Sector de Desarrollo de las Telecomunicaciones y su órgano ejecutivo, la Oficina de Desarrollo de las Telecomunicaciones (BDT), insisten principalmente en fomentar asociaciones con el sector privado, a fin de encauzar el impulso comercial del sector hacia las necesidades de las naciones en desarrollo.

Contribuir a la creación de entornos reglamentarios y de mercados propicios, tecnologías de desarrollo y redes eficientes y nuevas y nuevas aplicaciones de TIC, promover la inclusión digital de las personas con discapacidad, emprender actividades de capacitación, fortalecer la Ciberseguridad, contribuir al desarrollo de redes de telecomunicaciones de emergencia e impulsar la contribución de las TIC al seguimiento y la mitigación del cambio climático. Toda esta labor se apoya en la elaboración de estadísticas e indicadores de referencia.

La última Conferencia Mundial de Desarrollo de las Telecomunicaciones de la UIT tuvo lugar en Dubai, Emiratos Árabes Unidos, del 30 de marzo al 10 de abril de 2014.

9.2 CITEL¹³

La Comisión Interamericana de Telecomunicaciones (CITEL) es una entidad de la Organización de los Estados Americanos, establecida por la Asamblea General, por resolución AG/RES. 1224 (XXIII-O/93), de conformidad con el Artículo 53 de la Carta de la Organización. La CITEL tendrá autonomía técnica en el desempeño de sus funciones, dentro de los límites de la Carta de la Organización, del Estatuto de la CITEL y los mandatos asignados por la Asamblea General de la Organización.

Los países miembros de la Organización de los Estados Americanos (OEA) se han comprometido a aunar esfuerzos para promover y alcanzar un desarrollo económico y social con equidad. Igualmente han reconocido el papel fundamental de las telecomunicaciones como herramienta para la consecución de dicho objetivo. En tal sentido han hecho especial énfasis en la necesidad de cimentar y promover la modernización y la coordinación de las telecomunicaciones en la región. (Carta de la OEA, Artículos 30 y 41).

Todos los elementos de la labor de la CITEL, ya sea la coordinación de las normas necesarias para facilitar el despliegue de infraestructuras y el suministro de servicios de telecomunicaciones, la armonización del espectro de frecuencias radioeléctricas para reducir el costo de la prestación de servicios inalámbricos, la capacitación sobre tecnologías de información y comunicaciones (TIC) o la ayuda a los países en la elaboración de sus estrategias de desarrollo de las telecomunicaciones, tienen por objeto el contribuir al desarrollo económico y social de la región.

Objetivos de la CITEL:

¹³ <https://www.citel.oas.org>

1. Facilitar y promover por todos los medios a su alcance, el continuo desarrollo de las telecomunicaciones/tecnologías de la información y la comunicación (TIC) (en adelante telecomunicaciones/TIC), en el hemisferio en pro del desarrollo sostenible y sustentable.
2. Promover y estimular la existencia de telecomunicaciones/TIC, adecuadas que contribuyan al proceso de desarrollo integral de la Región, con especial interés en las zonas insuficientemente atendidas.
3. Organizar, promover y evaluar la realización periódica de reuniones de técnicos y expertos para estudiar la planificación, financiamiento, construcción, operación, normalización, asistencia técnica, mantenimiento y demás asuntos relacionados con el uso y la explotación de las telecomunicaciones/TIC en las Américas.
4. Propugnar por la unificación de criterios y normas técnicas para la instalación, operación y mantenimiento de los sistemas, con el fin de obtener el máximo provecho de las instalaciones disponibles para cada país y para la región en general dentro del marco de la normalización global de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) y otras organizaciones de normalización que correspondan.
5. Promover y estudiar la asistencia técnica, según se acuerde con los gobiernos de los países respectivos, priorizando las necesidades de los países en desarrollo.
6. Propugnar el perfeccionamiento y armonización de los procedimientos administrativos, financieros y operativos para la planificación, instalación, mejora, mantenimiento y operación de las redes de telecomunicaciones/TIC de los Estados miembros de la CITEI, dentro del marco de las recomendaciones de la UIT, así como de otras organizaciones internacionales y regionales, que estimulen la masificación de los servicios, el uso de nuevas tecnologías, la generación de empleos y el despliegue de infraestructuras en zonas insuficientemente asistidas.
7. Recomendar estudios y promover la adopción de acuerdos oficiales entre los gobiernos de los Estados miembros de la Organización, relativos a la planificación, instalación, mantenimiento y operación de los sistemas de telecomunicaciones/TIC del hemisferio.
8. Promover y alentar el estudio y difusión de la problemática asociada al impacto en el medio ambiente y cambio climático de las telecomunicaciones y su vinculación con las TIC, en

consonancia con las políticas desarrolladas por la UIT y otros organismos relevantes en esta materia.

14.2 Funciones de la CITELE:

1. Actuar como órgano asesor principal de la Organización en todos los asuntos relacionados con las telecomunicaciones/TIC en el hemisferio.
2. Promover o emprender estudios y programas que permitan el desarrollo ordenado de las redes de telecomunicaciones/TIC, utilizando los sistemas más adecuados y eficientes de que se disponga.
3. Mantener contacto permanente con los diversos organismos internacionales, gubernamentales o no, relacionados con las telecomunicaciones/TIC, y promover la coordinación de sus actividades con los Estados miembros de la Organización.
4. Solicitar la cooperación de organizaciones gubernamentales mundiales o regionales, en especial de la UIT, la Unión de Telecomunicaciones del Caribe y las entidades internacionales dedicadas a las telecomunicaciones/TIC que gozan de carácter consultivo ante las Naciones Unidas o mantienen relaciones de cooperación con la Organización.
5. Analizar y proponer diversas formas de financiamiento que apoyen los planes y proyectos de la CITELE.
6. Reunir y difundir entre los Estados miembros de la CITELE información pertinente al cumplimiento de sus objetivos, así como toda otra información que sea de interés, incluyendo la evaluación de dichos resultados.
7. Estudiar los aspectos de política y regulación de las telecomunicaciones/TIC a nivel regional.
8. Estudiar los problemas jurídicos relacionados con las transmisiones directas vía satélite, con el fin de preparar proyectos de acuerdos interamericanos en la materia y formular una posición uniforme de los Estados miembros de la CITELE sobre dicho asunto ante los organismos mundiales pertinentes.
9. Preparar estudios sobre políticas públicas en materia de telecomunicaciones/TIC.
10. Formular recomendaciones en el campo de las telecomunicaciones/TIC a los gobiernos de los Estados miembros de la CITELE, teniendo en cuenta las efectuadas por la UIT, así como de otras organizaciones apropiadas.

11. Promover la investigación y desarrollo de tecnología referida a las telecomunicaciones/TIC.
12. Considerar otros asuntos relacionados con la cooperación interamericana en el campo de las telecomunicaciones/TIC que le encomiende la Asamblea General o los Consejos de la Organización.
13. Promover el desarrollo de nuevas aplicaciones que estimulen la inclusión de los países de la región en la sociedad del conocimiento.
14. Revisar y evaluar la efectividad de la cooperación técnica con la UIT y otras organizaciones regionales e internacionales de forma continua.
15. Definir mecanismos para una plena participación de todos los Estados miembros en las reuniones de la CITEI, así como para incrementar el número de Miembros Asociados.

14.3 Asamblea de la CITEI:

Es el máximo órgano de la CITEI. Sirve de foro para que las más altas autoridades de Telecomunicaciones de los Estados miembros de la CITEI compartan ideas y tomen decisiones para el cumplimiento de sus objetivos.

- **Comité Directivo Permanente (COM/CITEI)**

Es el comité asesor de la CITEI en todo lo relacionado a las Telecomunicaciones/Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC).

- **Comité Consultivo Permanente I (CCP.I)**

Es el comité asesor de la CITEI en todo lo relacionado a las Telecomunicaciones/Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC).

- **Comité Consultivo Permanente II (CCP.II)**

Es el comité asesor de la CITEI en todo lo relacionado a las Radiocomunicaciones incluyendo Radiodifusión.

- **Comité de Coordinación**

Está conformado por: El Presidente Comité Directivo Permanente (COM/CITEI). El Vicepresidente Comité Directivo Permanente (COM/CITEI). Los Presidentes de los Comités Consultivos Permanentes (CCP).

- **Secretaría de la CITEI**

La Secretaría está compuesta por el Secretario Ejecutivo, designado por el Secretario General de la Organización en

consulta con los miembros del COM/CITEL, y el personal profesional y administrativo que el Secretario General designe.⁵

Bibliografía

1. Kuhlmann y Alonso Concheiro. Información y telecomunicaciones. Fondo Cultura Económica. México. 01-03-2013. ISBN 978-968-16-6927-0
2. Kustra y Tujsnaider. Comunicaciones Digitales. Volumen I y II. AHCET. Madrid 1988
3. Stalling Williams. Comunicaciones y redes de computadoras. 7ma edición. Prentice Hall. Año 2013
4. Forouzan. Transmisión de datos y redes de comunicación 2da edición. Mc Graw Hill. 2011
5. Fundamentos básicos de telecomunicaciones. Telefónica. Enero del 2.000
6. Stephen Blust. Desarrollo de la IMT avanzadas. Grupo de trabajo 5D UIT-R.
7. Seis opciones tecnología mundial de banda ancha inalámbrica 4G.
8. Las redes IP. Publicado 27 de septiembre 2011 en Tecnología.
9. Dr. Noresnau. Telecomunicaciones de andar por casa. Universidad de Vigo.2013

14.4 Links:

- <http://www.3gpp2.org/>
- <http://www.3gamerica.org/>
- <http://www.itu.int>
- <https://www.citel.oas.org>

14.5 Acrónimos y glosario.

<http://www.zonagratis.com/curiosidades/DicTelefonica/S.htm>

Diccionario de acrónimos de Telefónica.

Apéndice I - Unidad I

1 LTE - Evolución a Largo Plazo

Evolución a Largo Plazo (LTE) es el paso más reciente en la evolución de los sistemas de telecomunicaciones móviles.

Las comunicaciones móviles nacieron en la época de los cincuenta con el desarrollo el concepto de celdas. El uso de celdas ha permitido aumentar la capacidad de una red de comunicaciones móviles, mediante la división del área de cobertura en pequeñas celdas, y el reuso de unas pocas frecuencias.

En la época de los ochenta se introdujeron los primeros sistemas de comunicaciones móviles a gran escala, conocidos como "Sistemas de Primera generación". Esta primera generación de tecnologías se basaban en moduladores analógicos:

- AMPS: Analogue Mobile Phone System, utilizado en América.
- TACS: Total Access Communication System, utilizado en partes de Europa.
- NMT: Nordic Mobile Telephone, utilizado en partes de Europa
- J-TACS: Japanese Total Access Communication System, utilizados en Japón y Hong Kong.

La movilidad entre países y operadoras (Roaming), fue posible con la introducción de los "Sistemas de Segunda Generación", la cual determino el inicio de la era digital con GSM (Global System for Mobile Communications). GSM se convirtió en un estándar robusto, inter-operable y ampliamente aceptado en el mundo.

La penetración universal de teléfonos GSM en países desarrollados había proporcionado una facilidad de comunicación nunca antes posible, primero por los mensajes de voz y texto y más tarde también por servicios de datos y el amplio desarrollo del Internet.

La disponibilidad de comunicaciones móviles, junto con el aumento en la demanda, proporciono el contexto adecuado para la inversión en investigación y desarrollo de nuevos sistemas con capacidades más avanzadas. Esto genero una serie de actualizaciones que posibilitaron ampliar las capacidades de transmisión de datos, mediante la mejora de la eficiencia espectral que proveían nuevas tecnologías de capa física. La evolución del GSM culmina con el desarrollo del sistema actualmente conocido como LTE: la evolución a plazo largo de UMTS (Universal Mobile Telecommunications System).

En esta primera introducción nos enfocaremos primero en los aspectos básicos de LTE, para luego poder entender el procedimiento de acceso a la red para un Equipo de Usuario (UE – User Equipment) a medida que se avance en el módulo.

2 LTE - Historia de su evolución

En el caso de LTE, las especificaciones emanan del 3GPP (3rd Generation Partnership Project), que nació en 1998 con el objetivo de especificar 3G (UTRA-FDD y UTRA-TDD). También se encarga de mantener y desarrollar las especificaciones de GERAN (GSM- EDGE). La red de acceso radio se especifica en el marco del TSG RAN, que se organiza en cinco grupos de trabajo: WG1 (capa física), WG2 (capas 2 y 3), WG3 (interfaces fijos de la red de acceso), WG4 (aspectos de RF y RRM) y WG5 (conformidad de terminales).

Los documentos del 3GPP se estructuran en Releases, cada una de ellas caracterizada por la incorporación de un conjunto de funcionalidades destacadas en relación a la versión anterior. Así, la que se llamó R99 (por el hecho de que se congeló en diciembre de 1999) supuso el primer conjunto de especificaciones UMTS. Seguidamente, tras la llamada R4, se completó en marzo de 2002 la R5 que incluye por ejemplo HSDPA. Tres años después se incorpora HSUPA así como MBMS en R6.

En la R7 (septiembre de 2007) se incluye HSPA+, mientras que LTE/SAE se asocian ya a R8 y posteriores. Puede decirse que el primer paso hacia LTE se llevó a cabo en noviembre de 2004, cuando 3GPP TSG RAN organizó un Workshop sobre “RAN Evolution” en Toronto (Canadá), en el que se presentaron unas 40 contribuciones con ideas, propuestas, etc. En el propio Workshop se identificaron una serie de requisitos de alto nivel, como un coste por bit reducido, mejora en la provisión de servicios, flexibilidad en el uso de las bandas frecuenciales, arquitectura simplificada con interfaces abiertos, consumo de potencia en el terminal razonable, etc. También se puso de manifiesto que el esfuerzo de estandarización que esta evolución, bautizada como E-UTRAN (Evolved UTRAN), llevaría asociado sólo resultaría justificable si las mejoras fueran significativas.

En diciembre de 2004 se creó el Study Item “Evolved UTRA and UTRAN” para la evolución hacia una tecnología de acceso de elevada velocidad de transmisión, baja latencia y optimizada para la transmisión de paquetes, de modo que con ello quedase asegurada la competitividad de las soluciones 3GPP en un horizonte temporal largo. En particular, algunos de los objetivos de E-UTRA y E-UTRAN son:

- Velocidades de transmisión de pico de 100 Mbps en downlink y 50 Mbps en uplink, mejorando la velocidad de transmisión obtenible en el extremo de la célula.
- Mejora de la eficiencia espectral en un factor 2-4 con respecto a la Release 6.
- Latencia del plano de usuario en la red de acceso radio inferior a 10 ms.
- Ancho de banda escalable.
- Interoperabilidad con sistemas 3G y sistemas no 3GPP.

Tras considerarse y discutirse múltiples propuestas sobre la capa física, protocolos radio, arquitectura de red, aspectos de RF, consideraciones de complejidad, etc., algunas de las características principales incorporadas fueron:

- Esquema de acceso radio OFDMA en el downlink y SC-FDMA en el uplink.
- Soporte de packet scheduling en el dominio temporal y frecuencial.
- Simplificaciones en la MAC y en el modelo de estados RRC, así como reducción del número de canales de transporte (no hay canales dedicados).
- Funcionalidades de packet scheduling, ARQ e HARQ terminadas en eNodeB.
- Simplificación de la arquitectura E-UTRAN y descentralización de la misma.

A partir de este Feasibility Study se pasó al desarrollo de tareas de especificación (Work Items, WI). Para cada WI se establece un título y ámbito técnico, se define su resultado esperado (Technical Specification o Technical Report) e impacto sobre otros WIs así como el calendario de tareas. La primera versión completa de las especificaciones LTE se aprobó en diciembre de 2007. Durante 2008 el trabajo del 3GPP se centró en la finalización de Release 8, aunque también se han ido desarrollando con intensidad aspectos de Release 9 y Release 10. Las especificaciones de Release 8 quedaron congeladas en diciembre de 2008, lo que significa que no se pueden añadir nuevas funcionalidades a esta versión, si bien se continúa el trabajo para completar los contenidos acordados.

Cabe destacar que las capacidades y prestaciones de E-UTRA y E-UTRAN establecidas corresponden a los objetivos fijados en la fase inicial de desarrollo de LTE, de manera que las prestaciones finalmente alcanzadas en muchos casos pueden superar los objetivos iniciales. Por ejemplo, la velocidad de pico teórica alcanzable en el

downlink para 2×20 MHz (FDD), 64-QAM y 4×4 MIMO resulta de 326 Mbits/s.

No obstante, si bien por la propia necesidad de sintetizar las capacidades de un sistema se tiende a proporcionar la velocidad de transmisión de pico, en términos de evaluación de prestaciones las principales métricas a considerar deben ser de otro tipo (por ejemplo, el percentil 95 de la distribución bits/s/MHz/célula). Así mismo, siendo una buena referencia la cota teórica a nivel de enlace, es fundamental evaluar las prestaciones a nivel de sistema en entornos realistas (a través de simulaciones en una primera instancia y medidas de campo en una segunda). En el contexto de la ITU, UTRA y E-UTRA (LTE) son el pariente europeo de la familia IMT- 2000, ya que en realidad IMT-2000 no es una tecnología de acceso radio en sí misma, sino una familia de tecnologías que cumplen los requisitos establecidos por la ITU para IMT-2000 y que son aprobadas por la propia ITU.

Cabe mencionar que en ITU-R M. 1457-7 (Revisión 7 del documento), aprobado en octubre de 2007, se incluyó también el estándar IEEE 802.16 (WiMAX), como un nuevo miembro de IMT-2000. Dentro también de las familias IMT-2000 se encuentra CDMA-2000 y UMB (Ultra Mobile Broadband), que constituyen el equivalente a UMTS y LTE en el marco de 3GPP2, y que en el recorrido desde 2G (con IS-95) hasta la evolución de 3G ha supuesto el principal polo de competencia a las tecnologías 3GPP. No obstante, el desarrollo de UMB ha quedado paralizado desde finales de 2008, cuando algunos de los principales motores de las comunicaciones móviles (Qualcomm, Verizon, etc.) se inclinaron por LTE.

3 LTE Advanced

Al tiempo que las especificaciones de UMTS R99 se estaban completando, la ITU inició las primeras consideraciones en la concepción de soluciones más allá de IMT-2000, conocido actualmente como IMT-Advanced y referido como 4G. La Resolución 228 (WRC-2000 y revisada en WRC-03) invitó a la ITU-R a estudiar en detalle los aspectos técnicos y operativos relativos al futuro desarrollo de IMT-Advanced.

El marco general y los objetivos están definidos en la Recomendación ITU-R M.1645. Por su parte, la Resolución ITU-R 57 establece los principios y criterios esenciales para el desarrollo de Recomendaciones para la interfaz radio IMT-Advanced. La ITU-R Circular Letter 5/LCCE/2 de marzo de 2008 invita a la presentación de propuestas candidatas para la interfaz radio IMT-Advanced. La Revision 1 del documento IMT-ADV/2-E de agosto de 2008 establece el calendario de desarrollo de IMT-Advanced.

El 7 de octubre de 2009 el 3GPP presentó la propuesta "LTE Release 10 & beyond (LTE-Advanced)", completando así el Step3 de dicho proceso (recepción de candidatos). El documento de referencia para el 3GPP en este punto lo constituye la TR 36.912 v9.0.0. Previendo el inicio del proceso IMT-Advanced en el seno de ITU, el 3GPP inició en marzo de 2008 el Study Item LTE-Advanced. El calendario del 3GPP está alineado con el calendario de la ITU, de manera que se espera completar las especificaciones de la Release 10 en la primera parte de 2011. Sin embargo, la visión dentro del 3GPP es que LTE-Advanced no debe limitarse a cumplir los requerimientos de IMT-Advanced, sino que debe perseguir unos objetivos mucho más ambiciosos.

LTE se concibe como el punto de inicio para una transición suave hacia el acceso radio 4G (esto es, IMT-Advanced) o, en otras palabras, LTE-Advanced es la evolución de LTE. En este sentido, LTE-Advanced debe asegurar toda una serie de requisitos en relación a la compatibilidad hacia atrás con LTE Release 8. En cuanto a compatibilidad espectral, LTE-Advanced debería poderse desplegar en bandas ocupadas por LTE. Así mismo, el equipamiento LTE debería poder incorporar las funcionalidades LTE-Advanced con una complejidad y coste razonablemente bajos.

Los requerimientos de LTE-Advanced establecidos en TR 36.913 distinguen diferentes categorías: generales, capacidades (velocidad de transmisión de pico, latencias), prestaciones del sistema (eficiencia espectral, throughput en el extremo de la célula, movilidad, cobertura, etc.), despliegue (espectro, coexistencia e interoperación con legacy RATs, etc.), arquitectura E-UTRAN y migración, complejidad, coste, etc.

Para poder satisfacer los requerimientos establecidos (por ejemplo, soporte de velocidades de pico de hasta 1 Gbit/s en downlink y 500 Mbit/s en uplink), son necesarias una serie de mejoras técnicas con respecto a LTE (Release 8). Algunas de las principales componentes técnicas de LTE-Advanced son:

- Agregación de banda hasta 100 MHz, por ejemplo a partir de agregar múltiples componentes de 20 MHz para poder alcanzar un ancho de banda de 100 MHz y así proporcionar las velocidades de transmisión más elevadas previstas en los requerimientos.
- Extensión de soluciones multi-antena, con hasta 8 niveles en el downlink y 4 niveles en el uplink, para así incrementar las velocidades de transmisión alcanzables sobre el enlace.
- Coordinated multipoint transmission and reception (CoMP), que permite mejorar las prestaciones observables en el extremo de la célula a través de efectuar la transmisión/recepción desde distintas células. CoMP es un término relativamente general, que incluye diferentes tipos de coordinación (packet scheduling,

beam-forming, etc.) entre transceptores separados geográficamente.

- Repetidores, como mecanismo para mejorar la cobertura y reducir el coste de despliegue.

4 Aspectos básicos

El espectro radioeléctrico es un medio compartido entre diversas tecnologías, lo que implica que la interferencia es difícil de mitigar. Como consecuencia, existen organismos reguladores, en particular la UIT-R (Unión Internacional de telecomunicaciones, sector de la comunicación de radio) que desempeñan un papel muy importante para ayudar la coexistencia entre múltiples tecnologías.

Las porciones del espectro radioeléctrico asignado a las tecnologías de comunicaciones móviles se identifican como parte de la familia Telecomunicaciones Móviles Internacionales (IMT – Internacional Mobile Telecommunications).

3GPP, Third Generation Partnership Project es actualmente el grupo de desarrollo de normas dominante para los sistemas de comunicaciones móviles y se describirá con más detalle a continuación.

Dentro de la evolución de 3GPP, tres familias de tecnologías de acceso son evidentes:

- 2G: GSM/GPRS/EDGE se basaron en la multiplexación en tiempo y frecuencia (TDMA/FDMA).
- 3G: marcó la entrada de la multiplexación por códigos, Code Division Multiple Access
- (CDMA), siendo conocida como CDMA de banda ancha o simplemente WCDMA.
- 4G: LTE ha adoptado Orthogonal Frequency-Division Multiple Access (OFDMA), que es la tecnología de acceso dominando la evolución más reciente de todas las normas de telecomunicaciones móviles.

LTE fue diseñado desde el principio con el objetivo de evolucionar la tecnología de acceso de radio bajo el supuesto de que todos los servicios serían basados en la conmutación de paquetes. Además de la evolución en el método de acceso, LTE es acompañado por la evolución de su arquitectura de red, denominada bajo el término “System Architecture Evolution” (SAE), el cual incluye la Red Núcleo de Paquetes Evolucionada (EPC – Evolved Packet Core). Juntos, LTE y

SAE comprenden el Sistema de Paquetes Evolucionado (EPS – Evolved Packet System), donde tanto el núcleo de la red como el acceso de radio son de conmutación de paquetes.

LTE se beneficia de los avances más recientes en comprensión de datos, y la evolución de la tecnología HSPA y HSPA+, especialmente aquellas en relación a las optimizaciones de la pila de protocolos, mientras que también adopta una tecnología radicalmente nueva sin las limitaciones de compatibilidad con versiones anteriores y ancho de banda escalable.

LTE puede funcionar en modos FDD (Frequency-Division Duplex) y TDD (Time-Division Duplex) en un marco armonizado, diseñado también para apoyar la evolución de TD-SCDMA (Time Division Synchronous Code Division Multiple Access), que ha sido desarrollado en 3GPP como una rama adicional de la ruta de acceso de la tecnología UMTS, esencialmente para el mercado chino.

5 Requerimientos y objetivos

Años atrás, cuando LTE comenzaba a definirse un nuevo Elemento de Estudio formal fue creado en 3GPP, el cual tenía como objetivo específico el de crear una tecnología de acceso que asegure competitividad por un marco de tiempo de más de 10 años.

Los requisitos pueden resumirse como sigue:

- Reducir el consumo de potencia a un nivel más razonable para el terminal móvil.
- Brindar una alta tasa transferencia de datos.
- Efectivizar el uso del espectro radioeléctrico, tanto en bandas preexistentes como nuevas.
- Reducir el costo por bit, lo que implica mejorar la eficiencia espectral.
- Permitir la movilidad transparente, incluso entre las tecnologías de acceso diferentes.
- Reducir retrasos de establecimiento de la conexión y transmisión de datos.
- Desarrollar una Arquitectura de Red simplificada y más eficiente.
- Aumentar la eficiencia de transmisión de datos en los bordes de las celdas, donde la cobertura es marginal, para proporcionar uniformidad de prestación de servicios.

La Alianza de Operadores de Red, que se unen bajo el nombre de Next Generation Mobile Networks (NGMN), propuso sus requisitos, los cuales sirvieron como una referencia adicional para el desarrollo y la

evaluación del diseño de LTE. Tales requisitos también guiarán el desarrollo de la próxima fase de LTE, LTE Avanzado (LTE Advanced). Para llevar a cabo los objetivos propuestos, el diseño del sistema LTE abarca tanto en la especificaciones para la interfaz de radio y como para la arquitectura de la red.

6 Requerimientos de desempeño del Sistema

La mejora en la performance fue el requerimiento más importante que exigían los operadores de redes. La **Tabla 1** resume los requisitos de rendimiento en base a los cuales se diseñó la primera versión de LTE. Muchos de los valores se dan relativos a la versión disponible más avanzada de UMTS, que en el momento de la definición de los requisitos de LTE fue HSDPA/HSUPA versión 6.

7 Picos de Transferencia de Datos y Eficiencia Espectral

Cuando se comparan las capacidades de diferentes tecnologías de comunicaciones móviles se pone gran énfasis en las capacidades máximas de transferencia de datos. Mientras que esto puede ser un indicador de cuán tecnológicamente avanzado es el sistema, puede no ser un diferenciador clave en la práctica, debido a que hay diversos escenarios de uso para un sistema de comunicaciones móviles que afectan la percepción del usuario.

Además, es relativamente fácil diseñar un sistema que puede proporcionar velocidades de datos pico muy alta para usuarios cercanos a la estación base, donde la interferencia de otras células es baja y técnicas tal como MIMO puede utilizarse en su mayor medida. Es mucho más difícil proporcionar altas velocidades de datos con buena cobertura y movilidad, pero son exactamente estos últimos aspectos los que contribuyen más firmemente a la satisfacción de los usuarios. La tasa máxima puede definirse como el rendimiento máximo asumiendo que el ancho de banda completo está asignado a un único usuario, el cual posee la más alta modulación y el esquema de codificación posible, y el número máximo de antenas compatible. La cantidad de datos de control (canales de control, las señales piloto, guarda de intervalos, etc.) se estiman y se toman en cuenta para un punto dado de funcionamiento.

La máxima eficiencia espectral, se obtiene dividiendo la tasa máxima por la asignación de espectro utilizado.

En LTE, la tasa de datos pico para Downlink y Uplink se han fijado a 100 Mbps y 50 Mbps respectivamente, dentro de un ancho de banda de 20 MHz, correspondiente a la eficiencia espectral pico de 5 y 2,5 bps/Hz respectivamente. En implementaciones típicas, los usuarios se

encuentran a distancias variables de la estación base en una celda, donde las condiciones de propagación de las señales son raramente ideales, y además los recursos disponibles deben ser compartidos entre muchos usuarios. En consecuencia, a pesar de que las tasas de datos de pico reclamadas de un sistema son realmente alcanzables en las condiciones ideales, es raro para un solo usuario poder experimentar las velocidades de datos pico durante un período sostenido.

		Requerimientos	Comparación con la Release 6	Información adicional
Downlink	Transmisión de datos pico	> 100 Mbps	7 × 14.4 Mbps	LTE, 20 MHz FDD. Referencia: HSDPA en 5 MHz, FDD, solo una antena de transmisión
	Eficiencia espectral pico	> 5 bps/Hz	3 bps/Hz	
	Eficiencia espectral promedio	> 1.6 – 2.1 bps/Hz/cell	3 – 4 × 0.53 bps/Hz/cell	LTE: Mux espacial 2 × 2. Referencia: HSDPA, receptor Rake, 2 antenas de rx
	Eficiencia espectral al borde de la celda	> 0.04 – 0.06 bps/Hz/user	2-3 × 0.02 bps/Hz	Como arriba. Se asumen 10 usuarios por celda
Uplink	Transmisión de datos pico	> 50 Mbps	5 x 11 Mbps	LTE, 20 MHz FDD. Referencia: HSDPA en 5 MHz, FDD, solo una antena de transmisión
	Eficiencia espectral pico	> 2.5 bps/Hz	2 bps/Hz	
	Eficiencia espectral promedio	> 0.66 – 1.0 bps/Hz/cell	2 – 3 × 0.33 bps/Hz	LTE: 20MHz FDD, solo una antena de tx. Referencia: HSDPA, receptor Rake, 2 antenas de recepción
	Eficiencia espectral al borde de la celda	> 0.02 – 0.03 bps/Hz/user	2 – 3 × 0.01 bps/Hz	Como arriba. Se asumen 10 usuarios por celda
Sistema	Latencia del plano de usuario	< 10 ms	1/5	De estado inactivo a activo
	Latencia en el establecimiento de la conexión	< 100 ms		
	Ancho de banda de operación	1.4 - 20 MHz	5 MHz	
	Capacidad VoIP	NGMN: > 60 sesiones/MHz/cell		

8 Performance de la Celda y su Eficiencia Espectral

El rendimiento a nivel de celda es un factor importante para determinar el costo de implementación. Para evaluar LTE, se adoptó un modelo de tráfico cola llena (es decir, suponiendo que se dispone de un flujo constante e ininterrumpido de datos transmitidos hacia el usuario) y una carga de sistema relativamente alta, típicamente 10 usuarios por cada celda.

Los requisitos se definieron en términos de los siguientes parámetros:

- Promedio de rendimiento de celda [bps/celda] y eficiencia espectral [bps/Hz/celda].
- Promedio de rendimiento de usuario [bps/usuario] y eficiencia espectral [bps/Hz/usuario].
- Rendimiento de usuario en borde de celda [bps/usuario] y eficiencia espectral [Hz/bps/usuario]. La métrica utilizada para esta evaluación es el rendimiento de usuario de percentil 5, obtenido de la función de distribución acumulativa del rendimiento del usuario.

Para la comparación, se optó como referencia a UMTS versión 6, donde se suponía que la terminal y la estación base utilizaban una sola antena para transmisión y dos para recepción.

Para la evaluación de LTE, el uso de dos antenas para transmitir y recibir fue asumido en la estación base. En el terminal, se optó por dos antenas de recepción, pero una única para transmitir. Los requisitos originales para las métricas a nivel de celda sólo se expresaron como ganancias relativas en comparación con la establecida en la versión 6. Los valores absolutos proporcionados en la **Tabla 1** se basan en las evaluaciones de la performance del sistema de referencia.

9 Capacidad de voz

A diferencia del modelo de tráfico de cola llena (como la descarga de archivos) el cual es típicamente tolerante al retraso y no requieren una velocidad de datos garantizada, el tráfico en tiempo real tales como Voz sobre IP (VoIP) tiene restricciones de demora bastantes exigentes. Es importante establecer los requerimientos de capacidad para tales servicios, un reto particular para sistemas de conmutación de paquetes tal como LTE el cual se basa en la asignación de recursos de manera dinámica.

El requisito de capacidad de voz del sistema se define basado en el número de usuarios VoIP a los que se les provee el servicio, dado un modelo de tráfico particular y limitaciones de demora. En dicho modelo, un usuario de VoIP se considera no satisfecho si más de un 2% de los paquetes de VoIP no llegan con éxito al receptor de radio dentro de 50 ms y por lo tanto son descartados. Esto supone un retraso promedio de punto a punto general (desde el terminal móvil a otro terminal móvil) por debajo de 200 ms. La capacidad del sistema para VoIP, puede definirse como el número de usuarios presentes por celda, cuando más de un 95% de los usuarios están satisfechos. El grupo de operadores de red (NGMN) expresaron como preferencia la capacidad de soportar 60 sesiones de VoIP satisfechas por MHz – un

aumento de dos a cuatro veces lo que normalmente es posible en el caso de la versión 6. Esta es un área donde hay margen para seguir mejorando LTE en versiones posteriores. (Ver **Tabla 1**)

Bibliografía

- Erik Dahlman, Stefan Parkvall, Johan Sköld and Per Beming "3G Evolution HSPA and LTE for Mobile Broadband" Año 2007
- R-REC-M.1645/e
- Ericsson Mobility Report June 2017.pdf

Acrónimos

Listado de abreviaturas utilizado el Telecomunicaciones Móviles

2G – Second Generation
3G – Third Generation
3GPP – Third Generation Partnership Project
3GPP2 – Third Generation Partnership Project 2
4G – Fourth Generation
8-PSK – Octagonal Phase Shift Keying
AAS – Adaptive Antenna Systems
AGW – Access Gateway
AMR – Adaptive Multi Rate
ANSI – American National Standards Institute
ARQ – Automatic Repeat Request
ARPU – Average Revenue Per User
ATM – Asynchronous Transfer Mode
AWGN – Additive White Gaussian Noise Channel
BCCH – Broadcast Control Channel
bps – bits per second
BRS – Broadband Radio Service
BSC – Base Station Controller
BTS – Base Transceiving Station
C/I – Carrier to Interference Ratio

CAPEX – Capital Expenditure
CDF – Cumulative Distribution Function
CDMA – Code Division Multiple Access
CMOS – Complementary Metal Oxide Semiconductor
CP – Cyclic Prefix
CPC – Continuous Packet Connectivity
CRM – Customer Relationship Management
dB – Decibel
DSL – Digital Subscriber Line
DTM – Dual Transfer Mode
D-TxAA – Double Transmit Adaptive Array
DVB-H – Digital Video Broadcasting Handheld
E-DCH – Enhanced Dedicated Channel
EBCMCS – Enhanced Broadcast Multicast Services
EDGE – Enhanced Data Rates for GSM Evolution
EGPRS – Enhanced General Packet Radio Service
eNodeB – Evolved Node B
EPS – Evolved Packet System
ERP – Enterprise Resource Planning
ETRI – Electronic and Telecommunications Research Institute
ETSI – European Telecommunications Institute
E-UTRAN – Enhanced UMTS Terrestrial Radio Access Network
EV-DO – One Carrier Evolved, Data Optimized
EV-DV – One Carrier Evolved, Data Voice
FCC – Federal Communications Commission