

# Resumen R1

---

## 2.6: La red telefónica conmutada

Las redes de telefonía móvil han cambiado durante los años, pero desde que el teléfono fue inventado por Alexander Graham Bell, prácticamente se ha mantenido la misma estructura de red de comunicación por más de 100 años. Conforme más personas iban adquiriendo teléfonos para su uso particular, las ciudades se llenaban de más cables, lo cual generaba un gran problema. Entonces se decidió por hacer una mejora en el sistema ya implementado.

En vez de tener un cable de cobre conectado de teléfono a teléfono (para evitar crear una red enorme de puros cables), se creó un sistema con un conmutador centralizado, donde los teléfonos estaban conectados al conmutador. Esto fue una solución, pero después generó un problema, y era que se complicaba cuando se querían hacer llamadas a largas distancias, ya que los cables no podían ser tan largos. Entonces se rediseña el sistema con conmutador centralizado, a un sistema de jerarquías con niveles. Como Estados Unidos es un país grande y cuenta con grandes estados, si el teléfono al que se llama está conectado a otra oficina central, se tiene que usar un procedimiento diferente. Cada oficina central tiene varias líneas salientes a uno o más centros de conmutación cercanos, llamados oficinas interurbanas o, si están dentro de la misma área local. Estas líneas se llaman troncales de conexión interurbanas. Si sucede que tanto la oficina central de quien llama como la de quien es llamado tienen una troncal de conexión a la misma oficina interurbana, la conexión se puede establecer dentro de la oficina interurbana. El sistema telefónico consiste en tres componentes principales: 1. Circuitos locales (cables de par trenzado que van hacia las casas y las empresas). 2. Troncales (fibra óptica digital que conecta a las oficinas de conmutación). 3. Oficinas de conmutación (donde las llamadas pasan de una troncal a otra).

En Estados Unidos se estaba creando un monopolio en la telefonía, por lo que se decidió separar en varias empresas. Estaba AT&T y Compañías Operativas de Bell, se dividió en más de 160 LATAs (Áreas de Acceso y Transporte Local) y dentro tiene una LEC (Portadora de Intercambio Local). Se encontraban las IXC (Portadora Entre Centrales) como parte de la telefonía.

Cuando una computadora desea enviar datos digitales sobre una línea analógica de acceso telefónico, es necesario convertir primero los datos a formato analógico para transmitirlos sobre el circuito local. El módem es el que realiza esta conversión, los datos se convierten a formato digital en la oficina central de la compañía telefónica para transmitirlos sobre las líneas troncales que abarcan largas distancias. Si en el otro extremo hay una computadora con un módem, es necesario realizar la conversión inversa (digital a analógico) para recorrer el circuito local en el destino. Las líneas de transmisión (en el medio de transmisión) tienen tres problemas principales: atenuación, distorsión por retardo y ruido. La atenuación es la pérdida de energía conforme la señal se propaga hacia su destino. Los diferentes componentes de Fourier se propagan a diferente velocidad por el cable, esa diferencia de velocidad ocasiona una distorsión de la señal que se recibe en el otro extremo. El ruido es energía no deseada de fuentes distintas al transmisor.

En los módems, la modulación de amplitud se usan dos niveles diferentes de amplitud para representar 0 y 1, respectivamente. En la modulación de frecuencia, conocida también como modulación por desplazamiento de frecuencia, se usan dos (o más) tonos diferentes. En la forma más simple de la modulación de fase la onda portadora se desliza de modo sistemático 0 o 180 grados a intervalos espaciados de manera uniforme. Líneas digitales de suscriptor proporcionan el acceso a Internet mediante la transmisión de datos digitales

transmitidas a través del par trenzado de hilos de cobre convencionales de la red telefónica básica o conmutada, constituida por estas líneas. Los servicios con mayor ancho de banda que el servicio telefónico común se denominan en ocasiones como de banda ancha, aunque en realidad es un término más de marketing.

La gran ventaja de circuitos locales inalámbricos es que la tecnología está bien desarrollada y que el equipo se consigue con facilidad. La desventaja consiste en que el ancho de banda total disponible es modesto y deben compartirlo muchos usuarios de una enorme área geográfica. Debido a la dificultad de construir circuitos integrados de silicio que operen a esas velocidades, el problema fue resuelto con la invención de circuitos integrados de arseniuro de galio, lo que abrió las bandas milimétricas para la radiocomunicación.

Las compañías telefónicas han desarrollado esquemas complejos para multiplexar muchas conversaciones en una sola troncal física. Estos esquemas de multiplexión se pueden dividir en dos categorías principales: FDM (Multiplexión por División de Frecuencia) y TDM (Multiplexión por División de Tiempo). En FDM el espectro de frecuencia se divide en bandas de frecuencia, y cada usuario posee exclusivamente alguna banda. En TDM los usuarios esperan su turno (en round-robin), y cada uno obtiene en forma periódica toda la banda durante un breve lapso de tiempo. Cuesta prácticamente lo mismo instalar y mantener una troncal de ancho de banda alto que una de ancho de banda bajo entre dos oficinas de conmutación. La multiplexación es la técnica de combinar dos o más señales, y transmitir las por un solo medio de transmisión. La principal ventaja es que permite varias comunicaciones de forma simultánea. Entre los tipos de multiplexación se encuentran: por división de frecuencia, por división de longitud de onda, por división de tiempo.

## 2.7: El sistema de telefonía móvil

El sistema telefónico se divide en dos partes: planta externa (los circuitos locales y troncales, puesto que están fuera de las oficinas de conmutación) y planta interna (los conmutadores, que están dentro de las oficinas de conmutación). Actualmente se utilizan dos técnicas de conmutación diferentes. Conmutación de circuitos: el equipo de conmutación del sistema telefónico busca una trayectoria física que vaya desde su teléfono al del receptor, y conmutación de paquetes: establecen un límite superior al tamaño del bloque, lo que permite almacenar los paquetes en la memoria principal del enrutador y no en el disco. Al asegurarse de que ningún usuario pueda monopolizar una línea de transmisión durante mucho tiempo, las redes de conmutación de paquetes pueden manejar tráfico interactivo.

El sistema telefónico tradicional no podrá satisfacer a un grupo de usuarios específico. Los usuarios ahora esperan realizar llamadas telefónicas desde aviones, automóviles, albercas y mientras corren en el parque. Dentro de algunos años también esperan poder enviar correo electrónico y navegar por Web desde cualquier ubicación. En consecuencia, hay demasiado interés en la telefonía inalámbrica. Los teléfonos inalámbricos se dividen en dos categorías: teléfonos inalámbricos (son dispositivos que consisten en una estación base y un teléfono que se venden en conjunto para utilizarse dentro de una casa) nunca se utilizan para la conectividad de redes. La otra categoría es teléfonos móviles: se utiliza para la comunicación de datos y voz de área amplia. Han pasado por tres generaciones distintas, con tecnologías diferentes:

1. Voz analógica: . Este sistema utilizaba un solo transmisor grande colocado en la parte superior de un edificio y tenía un solo canal que servía para enviar y recibir. Para hablar, el usuario tenía que oprimir un botón que habilitaba el transmisor e inhabilitaba el receptor. La estación base consiste en una computadora y un transmisor/receptor conectado a una antena. En un sistema pequeño, todas las estaciones base se conectan a un mismo dispositivo llamado MTSO (Oficina de Conmutación de Telefonía Móvil).

2. Voz digital: En la actualidad hay cuatro sistemas en uso: D-AMPS, GSM, CDMA y PDC. PDC sólo se utiliza en Japón y básicamente es un D-AMPS modificado para compatibilidad hacia atrás con el sistema analógico japonés de primera generación. A veces se utiliza el nombre PCS (Servicios de Comunicaciones Personales) para indicar el sistema de segunda generación (digital). En un teléfono móvil D-AMPS, la señal de voz capturada por el micrófono se digitaliza y comprime utilizando un modelo más refinado que los esquemas de modulación delta y de codificación de predicción que analizamos anteriormente. La compresión toma en cuenta propiedades del sistema de voz humano para obtener el ancho de banda de la codificación PCM estándar de 56 a 8 kbps o menos. La compresión se crea mediante un circuito llamado vocoder (Bellamy, 2000). La compresión se realiza en el teléfono, en lugar de en la estación base, para reducir el número de bits que se envían a través del enlace de aire. Con la telefonía fija, no hay beneficio de hacer que la compresión se realice en el teléfono, debido a que la reducción del tráfico a través del circuito local no incrementa la capacidad del sistema. D-AMPS a nivel mundial, se utiliza un sistema llamado GSM (Sistema Global para Comunicaciones Móviles).
3. Voz y datos digitales (Internet, correo electrónico por ejemplo): se creó un diseño llamado Telecomunicaciones Móviles Internacionales (IMT-2000) para este tipo de red. Los servicios básicos que se supone que la red proporcionará a sus usuarios son: 1. Transmisión de voz de alta calidad. 2. Mensajería (lo cual reemplazará al correo electrónico, a los faxes, a SMS, a los salones de conversación). 3. Multimedia (reproducir música, ver vídeos, películas, televisión). 4. Acceso a Internet (navegar por Web, incluyendo páginas con audio y vídeo).

## 2.8: Televisión por cable

Las redes de televisión por cable se han convertido en una alternativa para la conectividad de redes fija, entre el cual hay varios tipos. Televisión por antena comunal: Se concibió en la década de 1940 como una forma de proporcionar mejor recepción a las personas que viven en las áreas rurales o altas. El sistema consistió inicialmente en una antena grande en la cima de una montaña para captar la señal de televisión, con un amplificador head end, para reforzarla y un cable coaxial para enviarla a las casas de las personas. Conforme el número de suscriptores crecía, se unían cables adicionales al cable original y se agregaban nuevos amplificadores. La transmisión era de una vía, del amplificador head end a los usuarios.

Internet a través de cable: Con el tiempo el sistema de televisión por cable creció y los cables entre las distintas ciudades se reemplazaron por fibra de ancho de banda alto, similar al sistema telefónico. Un sistema con fibra para distancias considerables y cable coaxial para las casas se conoce como sistema HFC (Red Híbrida de Fibra Óptica y Cable Coaxial). Los convertidores electro-ópticos que interactúan entre las partes óptica y eléctrica del sistema se llaman nodos de fibra. Debido a que el ancho de banda de la fibra es mucho mayor al del cable coaxial, un nodo de fibra puede alimentar múltiples cables coaxiales. En los vecindarios, muchas casas comparten un solo cable, mientras que en el sistema telefónico, cada casa tiene su propio circuito local privado. Cuando el mismo cable se utiliza para el acceso a Internet, el hecho de que haya 10 o 10,000 usuarios tiene mucha importancia. Si un usuario decide descargar un archivo muy grande, ese ancho de banda se les resta a otros usuarios. Entre más usuarios habrá más competencia por el ancho de banda, el sistema telefónico no tiene esa propiedad particular.

Asignación de espectro: Deshacerse de todos los canales de TV y utilizar la infraestructura de cable tan sólo para el acceso a Internet tal vez generaría una cantidad considerable de problemas con clientes por ejemplo. Se necesita encontrar una manera de que las televisiones e Internet coexistan en el mismo cable. La solución elegida fue introducir canales ascendentes en la banda de 5–42 MHz y utilizar las frecuencias en el extremo superior para el flujo descendente. Debido a que todas las señales de televisión son descendentes, es posible

utilizar amplificadores ascendentes que funcionen en la región de 5–42 MHz y amplificadores descendentes que sólo funcionen a 54 MHz y mayor. Por lo tanto se obtiene una asimetría en los anchos de banda de los flujos ascendente y descendente debido a que hay disponible más espectro arriba del espectro de la televisión que abajo. Los cables coaxiales largos no son mejores para transmitir señales digitales que los circuitos locales largos, por lo que también se necesita la modulación analógica.

Módems de cable: Es un tipo especial de módem diseñado para modular y demodular la señal de datos sobre una infraestructura de televisión por cable. En telecomunicaciones, Internet por cable es un tipo de acceso de banda ancha a Internet. El acceso a Internet requiere un módem de cable, un dispositivo que tiene dos interfaces: una en la computadora y la otra en la red de cable. La interfaz módem a computadora es directa, en la actualidad, con frecuencia es la Ethernet a 10-Mbps. Los módems de cable, al igual que los ADSL, siempre están activos. Establecen una conexión cuando se encienden y la mantienen todo el tiempo que tengan energía, debido a que los operadores de cable no cobran por el tiempo de conexión. El módem explora los canales descendentes en busca de un paquete especial que el amplificador head end transmite periódicamente para proporcionar parámetros del sistema a los módems que se acaban de conectar. Al encontrar este paquete, el nuevo módem anuncia su presencia en uno de los canales ascendentes. El amplificador head end responde asignando al módem a sus canales ascendente y descendente. Estas asignaciones pueden cambiarse más tarde si el amplificador head end estima que es necesario balancear la carga. Mediante el proceso alineación (ranging), el módem determina su distancia con respecto al amplificador head end enviándole un paquete especial y tomando el tiempo que tarda en llegar la respuesta. El amplificador head end también asigna a cada módem una mini ranura a fin de utilizarla para solicitar el ancho de banda ascendente. Los canales descendentes se manejan de manera diferente que los ascendentes. Por un lado, sólo hay un emisor (el amplificador head end) por lo que no hay contienda ni necesidad de mini ranuras, lo que en realidad es multiplexión estadística por división de tiempo.

ADSL en comparación con el cable: Los dos utilizan fibra óptica en la red dorsal. El cable utiliza cable coaxial y ADSL cable de par trenzado. La capacidad de carga teórica del cable coaxial es de cientos de veces más que el cable de par trenzado. Sin embargo, la capacidad máxima del cable no está disponible para los usuarios de datos porque la mayor parte del ancho de banda del cable se desperdicia en cosas inútiles como por ejemplo programas de televisión. Conforme un sistema ADSL adquiere usuarios, este incremento tiene muy poco efecto en los usuarios existentes, debido a que cada usuario tiene una conexión dedicada. Con el cable, conforme más personas se suscriban al servicio de Internet, el rendimiento de los usuarios existentes disminuirá. El único remedio es que el operador de cable divida los cables ocupados y conecte de forma directa cada uno a un nodo de fibra óptica, pero eso demanda tiempo y dinero. La conclusión es que ADSL y el cable son parecidos pero también diferentes. Ofrecen servicios comparables y en algún momento podrían tener precios comparables.