

ANEXO 1

Sistemas Básicos de Telecomunicaciones

Los avances de la tecnología electrónica y la introducción de nuevos servicios, han cambiado la forma de encarar los diseños y operaciones de las redes. Ello nos fuerza a revisar y estudiar las distintas técnicas de conmutación y transmisión. La finalidad y profundidad del análisis de estos sistemas está dada en función y a los fines del correcto tratamiento de las distintas redes y en particular de las redes de acceso digitales, controvertida discusión actual.

Dentro de la planta externa, la red de acceso siempre fue de alta consideración para los planificadores, constructores y para el personal de mantenimiento. Sin embargo, en la actual evolución hacia una red totalmente digital, el acceso pasar a ser de máxima importancia.

Por tal razón, toma vital significación encarar el estudio de los diferentes sistemas tecnológicos de acceso. Tal análisis es tratado en este capítulo. Con estos conocimientos y los expuestos en los siguientes, será posible entender la gran variedad de sistemas disponibles y se podrá encarar con mayor facilidad las distintas planificaciones, diseños y explotación de estas redes. Asimismo, se podrá extender su aplicación a las redes de transporte.

Para efectuar el análisis de los sistemas tecnológicos de telecomunicaciones ideados recientemente, es conveniente primero efectuar una reseña de los sistemas tecnológicos empleados hasta el presente y analizando la caracterización de cada uno de ellos. De ellos, derivan las técnicas que permite la entrega al presente de los nuevos servicios de telecomunicaciones.

Para ello, se efectuará en este capítulo la descripción de los sistemas básicos de transmisión, en la perspectiva de consideraciones del tipo general, con el exclusivo propósito de actualizar al planificador, programador, proyectista, constructor, operador de redes o estudioso del tema, ubicándolo dentro del vasto panorama tecnológico actual.

Este cometido podrá abarcar varios capítulos, por ello en el presente se principia por tratar principalmente a los sistemas analógicos, dejando para el próximo el desarrollo del tratamiento digital.

A. 1. 1. Sistemas de telecomunicación más informática

La fusión de telecomunicaciones e informática (telemática), parte fundamentalmente de la complementación e integración de los sistemas de transmisión en modo circuitos, empleado básicamente en la red de telefonía, con los sistemas de transmisión en modo paquetes, de las redes de datos.

En la red telefónica, con SONET /SDH y DWDM se obtienen altas velocidades en fibra óptica, por ende altas capacidades de transmisión en los enlaces troncales y en los accesos, que con las celdas ATM sobre redes metálicas y sistemas ADSL, se permite llegar hasta el domicilio del usuario. Por otra parte, bajo la arquitectura TCP/IP (la suite IP) se conforma la red Internet que acapara todos los servicios multimedia.

Asimismo se expanden las redes de televisión por cable (CATV) con el aprovechamiento de los servicios satelitales mundiales y la televisión de alta definición HDTV con sus servicios interactivos más los de telefonía, facsímil, datos e Internet.

Del mismo modo, los servicios inalámbricos fijos o los celulares, de telefonía y facsímil digital con manejo de correo electrónico (e-mail), datos, música, fotografía, Internet y televisión. Los sistema

satelitales de televisión directa al hogar DTH TV (Direct to Home TV). Las LAN, redes locales de computadoras, que pasan a constituirse en las MAN y las WAN. La presencia dominante de ámbito mundial de los servicios de Internet, con mensajerías y redes sociales tiene un potencial sin fin.

Así, mediante este bagaje de herramientas, se obtienen nuevos o remozados servicios. Las redes metálicas, en fibra óptica e inalámbrica confluyen en servicios de informática y telecomunicaciones.

A. 1. 2. Transmisión analógica y digital

La transmisión digital transforma los antiguos métodos y redes analógicas. Para el año 2010 se ha programado la exclusividad del estándar de la TV digital, en el mercado de USA, entonces, se pensó que los sistemas analógicos perecerían por completo. Sin embargo, para las actuales redes de cobre diseñadas para el transporte de las señales analógicas, los pulsos emitidos por equipos digitales, deben ser moduladas sobre portadoras de ondas analógicas.

También esta modulación se debe realizar en cuanto se quieran transmitir por sistemas inalámbricos en sistemas móviles, celulares o satelitales, incluso los sistemas fijos inalámbricos del tipo WLL, o las centralitas inalámbricas WPBX.

Por otra parte surgen nuevos sistemas de modulación analógicos para ser empleados sobre las redes de fibra óptica, que aportan altas velocidades digital (terabit/seg), como son los de multiplexación por longitud de onda WDM y DWDM. Por tales razones los sistemas analógicos en cambio de eclipsarse se incrementan.

PROCESOS DE MODULACIÓN

El sentido amplio del término modulación, se emplea para indicar distintos métodos del procesamiento de las señales. Como ser:

Caso 1) Al proceso de conversión de una señal analógica en una señal digital, por ejemplo la modulación por impulso codificado PCM.

Caso 2) Al proceso de multiplexación de las señales con el fin de aumentar la cantidad de canales a transmitir por un medio determinado, por ejemplo el sistema múltiplex por división de tiempo TDM o FDM.

Caso 3) Al proceso de adaptar una señal analógica o digital, a una señal analógica la que permita poder efectuar la transmisión en un cierto medio determinado como ser: par de cobre de un cable multipar, cable coaxial, guía de onda, fibra óptica, sistema HF, radioenlace en VHF, radioenlace en microondas, etc.

En el primer caso se trata la señal analógica con sucesivos métodos hasta obtener la señal deseada PAM o PCM, como veremos mas adelante. A este caso se le podrá llamar codificación o multiplexación. Lo encuadraremos dentro de multiplexación. Este caso se trata exhaustivamente en el capítulo anexo que estudia el tratamiento digital.

En el segundo caso se emplean señales denominadas portadoras, las que trasladan en frecuencia, o en distintas velocidades de b/s, la banda base, logrando transmitir gran cantidad de canales por un único medio físico, cable o radio. A este proceso de modular, montando y situando una señal sobre distintas señales portadoras, de forma tal que puedan ser transmitidos a distancia varios canales, por un medio dado, se le denomina "multiplexación" y se realiza con un sistema múltiplex.

Los sistemas de multiplexación permiten ofrecer múltiples comunicaciones simultáneas, por un único vínculo físico o inalámbrico. El proceso permite la no interferencias entre ellas y lograr ser recuperadas íntegramente en el receptor.

El tercer caso también emplea señales portadoras, pero en este caso se destina al solo efecto de lograr la adaptación de la señal emitida al medio de transporte de la señal, par de cobre, cable co-

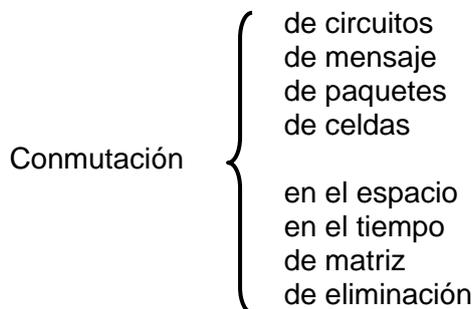
axial, microondas, etc. A este método, para diferenciarlo de los anteriores, lo podremos denominar como “modulación de transmisión”.

Los tres métodos de modulación podrán actuar conjuntamente en un sistema, primero digitalizando la señal analógica, luego multiplexando los canales y por último transmitiendo la señal digital como digital o modulándola nuevamente a señal analógica.

Siempre se requerirán equipos correspondientes en ambos extremos del sistema de transmisión. Para un codificador de señal se necesita en el otro extremo un decodificador, por ejemplo analógico /digital y digital /analógico; cuando empleamos un modulador, se requerirá un demodulador en el extremo lejano y si empleamos un transmisor, se necesita en el otro extremo un receptor.

A. 1. 3. Caracterización de los sistemas

El amplio desarrollo de distintas técnicas de transmisión digital, hace a la utilización de los distintos métodos de conmutación digital con carácter diferenciada:



El desarrollado de cada uno de los métodos nombrados, son tratados mas adelante en este capítulo y en los subsiguientes. Ver en particular el punto 30.8.

Tales métodos de conmutación son complementados en la red por multiplexores de inserción y extracción de canales tributarios ADM (Add / Drop Multiplexer), los sistema de interconexión digital DCS (Digital Cross Connect System), los conmutadores multiprotocolos MPLS (MultiProtocol Label Switching) centrales y periféricos para redes ópticas y los mismos conmutadores ópticos. De tal forma se permite la conmutación distribuida para los distintos servicios, descargando de tráfico a las centrales locales. Estos nuevos procesos son operados tanto eléctrica como óptimamente. Pronto toda la conmutación será efectuada con procesos ópticos.

Al mismo tiempo, los servicios de CATV digitales, cuentan con sistemas de 65, 75 ó mas de 150 canales de televisión emitidos y recepcionados desde cualquier punto del planeta. Ello ha sido posible gracias al desarrollo de las técnicas de compresión de la información.

La transferencia de datos fue tan corriente como la transmisión de la voz gracias a Internet, luego las redes privadas Intranet con circuitos virtuales formando túneles de transmisión y actualmente los sistemas de voz sobre paquetes de datos VoIP ó VoATM. Los multimedios integrados están resultado tan comunes, como la computadora personal portable o la telefonía celular con Internet.

Se emplea el servicio de teclado con reconocimiento vocal, con dos opciones de discado por voz: por nombre, tipo agenda o dígito a dígito. En distintos países este servicio es obligatorio para los usuarios de teléfonos celulares mientras se conduce automóviles. El reconocimiento de voz y de caracteres permite interfaces innovadoras, por ejemplo escrituras y ejecución de mandos sin teclado con pulsado vocal, traducciones de idiomas computarizados, etc.

Las redes de transporte toman el carácter de ultrabandas. Todo esto, avizora disponer pronto de nuevas e insospechadas perspectivas.

Efectuemos el análisis de las principales características de los sistemas, en función de los distintos servicios que definen a las diferentes operaciones de red. Esta revisión, comienza con una serie de definiciones. Las mismas servirán tanto como introducción, como conformación de un marco estructural.

A. 1. 3. 1. Arquitectura de red abierta

En la convergencia de las telecomunicaciones y la computación, la tecnología cambia permanentemente, originando la posibilidad de prestación de otros servicios y creando así, nuevos negocios. Esto se hace posible, al incrementarse sobremanera la inteligencia distribuida de la red, capaz de cursar altas capacidades de tráfico de voz, datos, impresos e imágenes, con distribución y capacidad de la red variable en el tiempo.

El espectacular cambio de la industria electrónica es una de las razones de la convergencia de la computación y las comunicaciones (C&C). Este matrimonio ha creado nuevos medios, que son llamados servicios avanzados de banda estrecha, ancha e intermedia.

Estos nuevos medios son posibles de implementar actualmente, sobre todo por haberse establecido la filosofía de arquitectura abierta ONA (Open Network Architecture). El concepto de arquitectura abierta, corresponde a introducir cualquier tipo de negocios en la conjunción de la explotación en competencia de los diferentes operadores independientes.

Esta calificación ha sido adoptada por la Comisión Federal de Comunicaciones FCC (Federal Communications Commission) de EUA y expandido gracias a la ardua labor ejercida por la organización internacional de estandarización ISO (International Organization Standard), que ha elaborado para ese fin y con esa filosofía, el modelo de referencia denominado sistema de interconexión abierto OSI (Open System Interconnection).

La razón de su éxito ha sido la necesidad de competir mundialmente los operadores de servicios de telecomunicaciones y los proveedores de equipos, abriendo en forma absoluta el mercado de los servicios y de los productos. Las leyes de desregularización obligaron a los operadores a ceder por alquiler sus infraestructuras de redes y equipos, compensando esta obligación con la ventaja de actuar en competencia en las distintas áreas geográficas y con el ofrecimiento de prestación de los distintos servicios.

Los proveedores por si mismo, optaron mediante la formación de distintos forum especializados y el apoyo de asociaciones nacionales e internacionales de estandarización, la apertura del mercado en el ámbito mundial, desechando los estándares propietarios comunes hasta entonces.

Se toma al término arquitectura, como el conjunto de normas que aseguran que todos los componentes de un sistema funcionen coordinadamente. El término sistema se podrá aplicar tan solo a un elemento, como ser una computadora o también a una compleja red de telecomunicaciones.

Asimismo se podrá emplear el término arquitectura indicando no solo a un sistema físico, sino a un plan o esquema global que sirva como estrategia a un diseño dado, por ejemplo de una red.

El diseñador dentro de este marco específico, tomará las partes: formatos, protocolos, programas, paquetes de datos, planes de numeración, métodos de señalización, velocidades de transporte, conexiones, etc. relacionándolos como un único sistema. Se logrará así que, cada elemento de la red pueda interoperar en cualquier tiempo y lugar, permitiendo el uso de dispositivos, programas o servicios diversos.

Los protocolos consisten en reglas que surgen del acuerdo entre procesos equivalentes. Estos procesos integran programas de computadoras (software). Son distinto a las interfaces, que establecen reglas de interfuncionamiento entre entidades de disímiles hardware, por ejemplo entre un módem y una computadora personal PC (Personal Computer).

Los mensajes transmitidos en una red de datos consisten en uno o mas bloques de información a transmitir, texto u ordenes, con caracteres de encabezamiento y con colas de control de sincronismo y errores. A menos que el emisor y el receptor, no se pongan de acuerdo en los tiempos de transmisión del mensaje, esta transmisión no se podrá ejecutar.

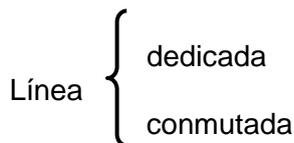
Las distintas señales de órdenes, controles y entendimientos entre máquinas, se realiza mediante señalizaciones cursadas entre ellas. Estas señalizaciones podrán ser dentro de banda, fuera de banda, por canal común o señalización asociada al canal.

Señalizaciones en banda, significa utilizar la misma banda de frecuencias de transmisión que el usuario y fuera de banda cuando se emplean señales de frecuencias distintas a las del usuario. Por canal común se entiende, el empleo de un canal dedicado solo a las señalizaciones, correspondientes a los distintos canales de comunicación. Tal es el SS7, Sistema de Señalización N° 7, de la ITU.

Otra variante es la señalización asociada al canal, donde cada canal tiene su propio subcanal privado de señalización. Estas señalizaciones han sido adaptadas a la transmisión digital, mediante el empleo de bits suplementarios que indican su presencia.

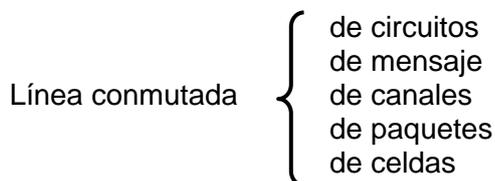
A. 1. 3. 2. Línea dedicada o línea conmutada

Para el transporte de la información entre sistemas, como principio de funcionamiento para lograr la comunicación entre ellos, se debe establecer un circuito o un canal. Tales circuitos o canales podrán tener el carácter físico o virtual (que veremos a continuación) y además, podrán tener la propiedad de línea dedicada o de línea conmutada.



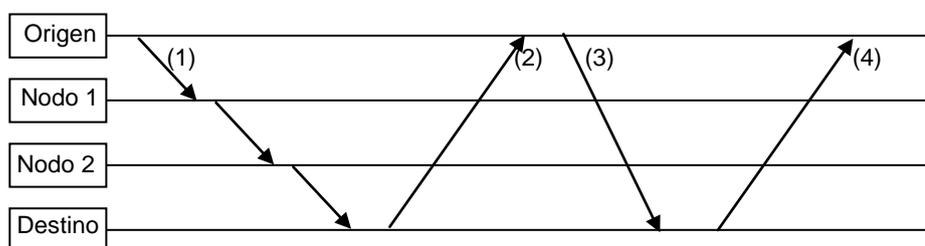
Se denomina línea dedicada a una línea establecida como circuito conectado permanente. Se la conoce también como una línea directa. Es una línea alquilada por un término de tiempo dado de uno o mas meses, para un evento determinado tal como un simposio. Se diferencia de una línea conmutada ya que ésta establece el circuito solo para una llamada solicitada y luego este circuito se deshacer y la línea queda disponible a la espera de otra nueva llamada.

Las líneas conmutadas podrán tener el carácter de conmutación de circuitos, de mensajes, de canales, de paquetes o de celdas:



Conmutación de circuitos, se refiere en cuanto se mantiene un circuito permanente (físico y/o de radio), en un trayecto extremo a extremo, durante una sesión de comunicación.

Al realizarse el pedido de conexión se cursa un mensaje que produce en su recorrido, la asignación de líneas entre los nodos intermediarios, hasta que alcanza el destino solicitado (Fig. 1).



(1) Pedido de conexión, (2) Conexión, (3) Datos, (4) Fin de la comunicación

Fig. 1 - Conmutación de circuitos

Completada esta fase se envía un retorno al origen, que habilita el comienzo del intercambio de información. Una vez establecida la conexión, la transmisión solamente sufre el retardo de propagación por la línea, ya que el flujo no sufre congestión y no existe conversión de códigos o velocidades en los equipos.

Conmutación de mensajes, se refiere a los sistemas en donde la información se organiza en mensajes. Su proceso consiste en que el nodo que recibe el mensaje, procura y asigna en ese momento una línea disponible de salida. Si momentáneamente no es posible lograr esta línea, el mensaje se almacena en memoria, hasta que se disponga de ella. Se refiere a conmutación de mensajes cuando se almacenan los mensajes en nodos intermedios, por el término de dos o más minutos.

Este método se le llama de Almacenamiento y Reenvío (Store & Forward). En el mismo existe la posibilidad de conversión de códigos y /o velocidades. Ejemplo de este método lo tenemos en la red telex (Fig. 2).

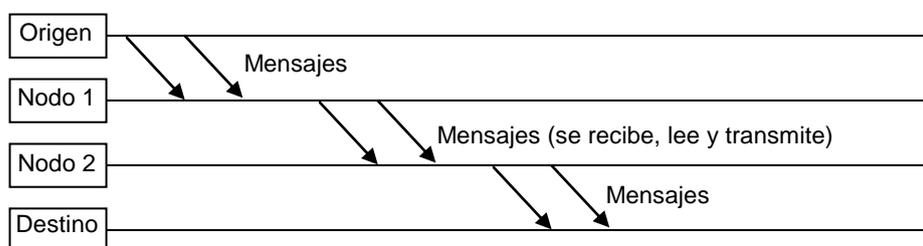


Fig. 2 - Conmutación de mensajes

Conmutación de canales, se refiere en cuanto se utiliza un canal (banda de frecuencias o tramas digitales) con carácter reservado, permanente o semipermanente.

Conmutación de paquetes, se refiere cuando se realiza en una red de datos que dispone de nodos de conmutación de este tipo. En estos nodos, cada mensaje a transmitir, se organiza, emite y procesa en pequeñas tramas digitales denominadas paquetes. Si envían independientemente unos de otros, en la modalidad (Store & Forward).

Si bien se produce almacenamiento similar al caso anterior, aquí los tiempos son sustancialmente menores. A costa de un mayor procesamiento de los paquetes en los nodos, se logra una mayor utilización de canales de comunicación (Fig. 3).

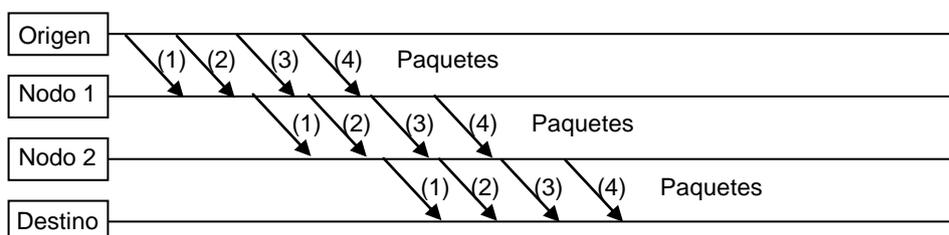


Fig. 3 - Conmutación de paquetes

Estos paquetes tienen un contenido del orden de cientos de bytes. Admite la conversión de códigos y/o velocidades. La red puede organizarse para entregar los paquetes en el orden introducido, método empleado en los circuitos virtuales (ver 24.2.3.) o sin preservar ese orden, como en el modo datagrama (ver 24.2.7.).

Los paquetes de datos de diferentes sistemas tienen ciertos elementos en común, por ejemplo la conformación de sus componentes: encabezado, datos y cola. El encabezado incluye una señal de

alerta que indica la condición de transmisión, las direcciones de origen y destino y la señal de sincronismo.

La sección de datos puede variar entre 512 bytes y 4 KBy (kilobytes). La cola contiene normalmente un código de comprobación de errores llamado comprobación de redundancia cíclica CRC (Cyclic Redundancy Checking). Los códigos de detección de errores consisten en la mejor aplicación de los algoritmos de cálculo con los bits de control.

La conmutación de paquetes, entrelaza la regeneración de pulsos, codificaciones de línea y reconfiguración de las tramas (frames), según método de acceso al medio y procedimientos de transporte. Con trama se refiere a la construcción con bits de paquetes discretos. La definición de bit, byte, celda, trama y paquete se detalla en el Capítulo 25.

Conmutación de celdas, esta técnica se refiere a una red de datos que dispone de nodos de conmutación ATM. En estos nodos, cada mensaje a transmitir, se organiza, emite y procesa en pequeñas unidades denominadas paquetes. Si envían independientemente unos de otros, en la modalidad (Store & Forward).

A. 1. 3. 3. Circuito virtual, SVC ó PVC

Hemos descrito a un sistema de datos como, compuesto por un emisor, el medio de transmisión y al receptor. Se denomina circuitos virtuales a las conexiones lógicas, entre un equipo emisor y un equipo receptor. Estos circuitos no representan un enlace físico real, sino un canal o ancho de banda asignado bajo demanda.

Estos circuitos virtuales podrán tener el carácter temporal o permanente. En los circuitos virtuales de carácter temporales, los circuitos se mantienen activos tanto como la conversación lo requiera. Se los individualiza con las siglas TVC (Temporal Virtual Circuit), aunque generalmente se los designa como circuitos virtuales conmutados SVC (Switched Virtual Circuit).

En los circuitos virtuales permanentes, los circuitos se mantienen activos durante todo el tiempo que los equipos estén en funcionamiento. Se los individualiza con las siglas PVC (Permanent Virtual Circuit).

Circuitos virtuales $\left\{ \begin{array}{l} \text{temporales o conmutados (SVC)} \\ \text{permanentes (PVC)} \end{array} \right.$

En la técnica ATM se puede establecer dos clases de conexiones de circuitos virtuales permanentes, PVC. Las definidas para un trayecto virtual permanente PVPC (Permanent Virtual Path Connection) y las definidas para una conexión de canal virtual permanente PVCC (Permanent Virtual Channel Connection).

Conexión PVC $\left\{ \begin{array}{l} \text{de canal virtual permanente, PVCC} \\ \text{de trayecto virtual permanente, PVPC} \end{array} \right.$

A. 1. 3. 4. Transmisión sincrónica o plesiócrona

Las redes troncales nacionales e internacionales han pasado en rápida transición de analógica a digital, de sistemas de radio a transmisión por fibra óptica y de servicios en Megabit a Perabit. Luego se ha vuelto crítica la condición de obtener una exacta sincronización de la red.

La precisión de la temporización debe ser mantenida desde el componente de conmutación o decodificador digital hasta los extremos de recepción. Se distinguen básicamente los sistemas de transmisión sincrónicos o asincrónicos:

Sistemas de transmisión { sincrónicos
asincrónicos (plesiócrona)

1.- Transmisión sincrónica

Los datos fluyen con una cadencia fija y constante, definida por una base de tiempo que es común para todos los elementos intervinientes en la transmisión.

Se distingue dentro de este tipo de transmisión:

Sistema de transmisión { sincrónico de bit
sincrónico de carácter
sincrónico de mensaje

1a - Con sincronismo de bit, donde la secuencia de datos recibida se interpreta en base a una señal de reloj.

1b - Con sincronismo de carácter, donde el receptor debe detectar el comienzo y final de un carácter.

1c - Con sincronismo de mensaje, donde el receptor debe detectar el comienzo y final de un bloque de mensaje.

2.- Transmisión asincrónica ó plesiócrona

Con el término plesiócrona, se indica la relación entre dos señalizaciones, que disponen de instantes de ocurrencia a iguales velocidades digitales nominales y operan dentro de límites especificados, pero que no dependen de una misma temporización o reloj.

Este tipo de transmisión es originado en los sistemas telex, donde cada carácter era precedido por un bit de arranque (star) que preparaba al receptor para la llegada del carácter y era terminado por uno o dos bit de parada (stop). En nuestro caso el bit de arranque pone en marcha al reloj del receptor que se mantiene en sincronismo solo durante el tiempo que dure la transmisión del carácter ya que el proceso se sincronizará nuevamente con la llegada del próximo carácter.

También los distintos métodos de sincronización podrán categorizarse en términos de la distribución de reloj:

Sistema de sincronismo { sin distribución
con distribución unidireccional
con distribución bidireccional

a) Sistema de sincronismo sin distribución, es el caso plesiócrono, cada nodo de subred contiene un reloj altamente estable que genera una señal de temporización autónoma de elevada precisión.

b) Sistema de sincronismo con distribución unidireccional, es el caso llamado maestro - esclavo. El reloj de referencia se distribuye y las señales fluyen desde un nodo maestro a los nodos esclavos.

c) Sistema de sincronismo con distribución bidireccional, es el caso llamado de sincronización mutua. Cada nodo contiene un reloj y la frecuencia de la señal de temporización de la red se determina como promedio de todas las frecuencias de los nodos.

En computación por otra parte, se denomina transmisión sincrónica cuando la señal de arranque y parada se establece por trama, mientras que se denomina del tipo asincrónica, cuando la señal de arranque y parada se establece por cada byte correspondiente a cada carácter tipográfico (letra, número o signo) transmitido.

La recomendación G.810 del Libro Azul de la CCITT, actual ITU T, describe tres tipos de redes de sincronización nacional:

- a) Una "red totalmente sincronizada", controlada por un solo reloj de referencia.
- b) Un número de "subredes sincronizadas", controladas cada una por un reloj de referencia pero operando plesiócronamente, es decir, en forma autónoma entre ellas.
- c) Una "red totalmente plesiócrona".

Teniendo en cuenta la situación y estado de una red nacional la red digital, el planificador optará por una solución basada en un solo método o combinación de varios.

A. 1. 3. 5. Forma de transmisión, serie o paralelo

Las formas de transmisión varían fundamentalmente en función de los medios empleados y las distancias a cubrir. Se distinguen la forma de transmisión serie o serial, que se emplea generalmente internamente en equipos y la forma de transmisión paralelo, empleado en redes (Fig. 4).

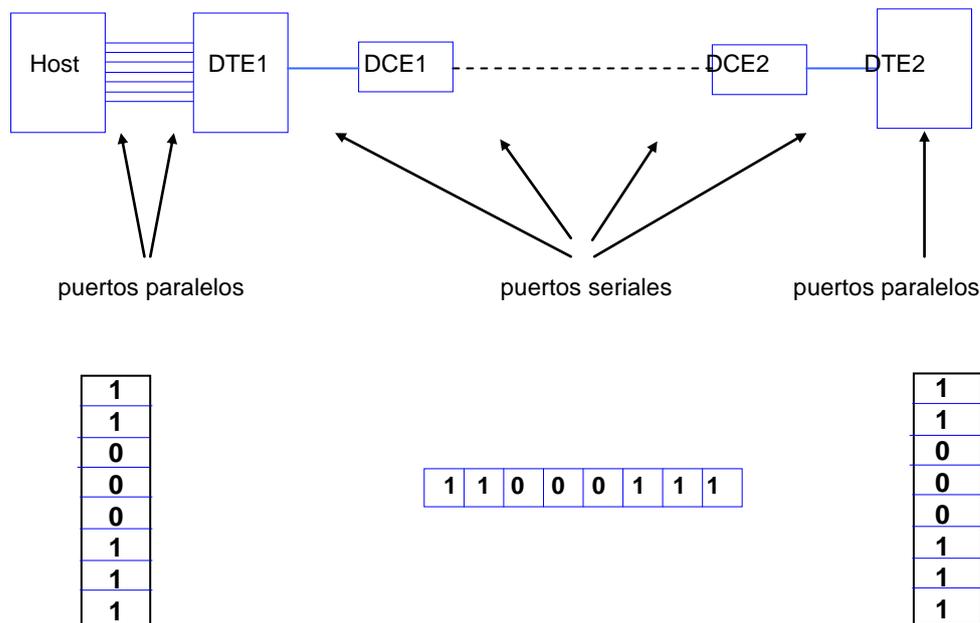


Fig. 4 - Transmisión en serie y en paralelo

Las mayores velocidades se logran en el ámbito de los centros de procesamiento, sin exceder este entorno y los límites de un edificio. En esos casos se emplea la transmisión paralela. Fuera de ese ámbito se emplea la transmisión serial, conexión en serie.

Para la transmisión en paralelo, las señales que conforman un carácter o palabra se transfieren en forma simultánea, es decir, que existirán tantas líneas como cantidad de bit por palabra, más las de control y las de sincronización.

Sistemas de transmisión { serie

paralelo

Para la transmisión en serie, las señales de datos, de sincronismo (clock) y de control se transfieren por un canal único y bit por bit seriados, es decir uno después de otro. En este caso es importante no solo el valor de los datos sino también el instante en que dicho dato debe ser detectado, luego es muy importante su sincronización.

A. 1. 3. 6. Banda base, estrecha, media o ancha

Ya fuese en transmisión analógica o digital se explotan distintos tipos de servicios, los que requerirán cada uno de estos la aplicación de diferentes sistemas.

La capacidad de un enlace, depende del medio físico o inalámbrico empleado para la transmitir la información. Medios diferentes, tienen capacidades diferentes, lo cual se definen en ancho de banda, para los sistemas analógicos en rangos de frecuencias, y para los sistemas digitales, en su equivalente de velocidades expresada en bit /seg.

Se podrán considerar en la transmisión, sistemas de banda base (baseband), de banda estrecha (narrowband) y de banda ancha (broadband).

Sistemas de transmisión {
 en banda base (baseband)
 en banda estrecha (narrowband)
 en banda ancha (broadband)

Aunque los conceptos de banda base, banda estrecha y banda ancha son similares para diferentes sistemas, sus parámetros varían. Se manejan valores particulares, según se trate de una red para telefonía básica, una LAN o una ISDN.

Se denomina transmisión en banda base a la emisión de señales analógicas o digitales cuando se efectúa sin ningún tipo de procesamiento, codificación o multiplexación. Transmitimos sin efectuar jerarquización múltiple, es decir, transmitiendo en sistemas de primer orden. En un sistema digital, se utiliza el total del canal de transmisión para el envío de una señal de datos conformada como un tren de pulsos.

La versión analógica de ancho de banda corresponde al rango de frecuencias, diferencia entre la frecuencia mayor y la menor a transmitir, mientras que en sistemas digitales es la cantidad de bits a transmitir en el tiempo que transcurre entre el primer bit y el último de éstos bits.

Como apreciamos, esta definición de ancho de banda digital se puede valorizar como capacidad o velocidad de transmisión.

Los sistemas de banda estrecha, comprenden tradicionalmente al servicio telefónico básico de hasta 3400 Hz. Con los sistemas N-ISDN se alcanzó hasta los 2 Mb/s de la banda angosta, superada por N-ISDN ya de banda ancha hasta los mas actuales xDSL, como el VDSL2 (Very-high-bit-rate Digital Subscriber Line 2) q permite alcanzar velocidades de hasta 200 Mb/s. Mientras que por sistemas de redes en fibras ópticas o también para la conmutación les corresponden velocidades, en valores de 40 Gigabit/s (10^9 bits), en Terabit/s (10^{12} bits), en Petabit/s (10^{15} bits) y en Exabytes (10^{18} bits), en sistemas q se les suele denominar de ultrabanda (Fig. 5).

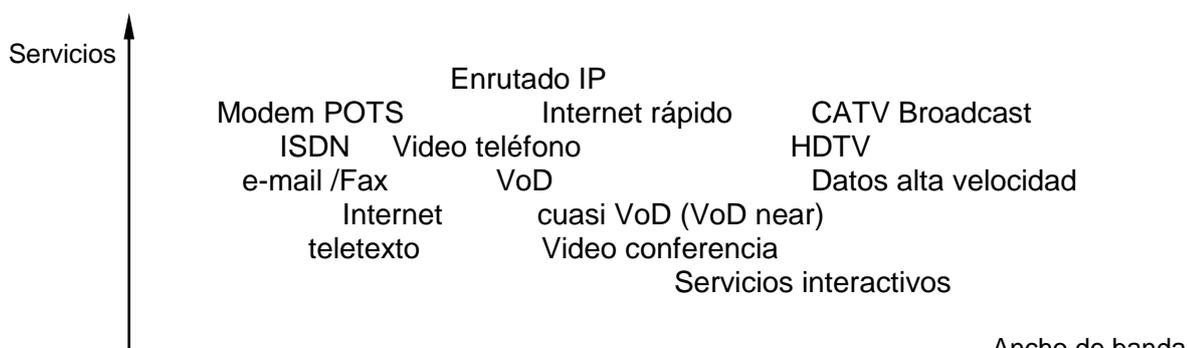


Fig. 5 – Requerimiento de ancho de banda según servicio

Las redes de cables, según sus longitudes disponen de variados ancho de banda. Los cables multi-pares tienen su aplicación en un ancho de banda nominal de 300 Hz hasta varios MHz, según su longitud, diámetro y sistema sustentado.

Las redes coaxiales de 300 KHz, 450 y hasta 750 MHz, mientras que las fibras ópticas, al presente se equipan desde 2 MHz hasta 40 GHz, aunque en laboratorios y para distancias cortas se alcanzan los 100 Gb/s.

Para longitudes reducidas, por ejemplo para "alumbrar" antenas de microondas, se emplean las guías de onda que trabajan en rangos de 3 á 20 GHz.

Para CATV, cada canal analógico tiene un ancho de banda de 6 MHz en un sistema NTSC de USA y de 8 MHz en un sistema PAL de Europa. Luego se podrá operar mas de 65 canales de TV, por cable. En la TV digital se tendrá un ancho de banda que se halla, según el teorema de Nyquist, igual a dos veces la frecuencia máxima del sistema analógico y este valor se le debe multiplicar por un valor de 8, según su codificación, luego $2 \times 6 \text{ MHz} \times 8 = 96 \text{ Mb/s}$.

No obstante, este tan alto valor de ancho de banda para cada canal, se lleva con técnicas de compresión a un ancho de banda de un valor mucho menor. Se obtienen valores de alrededor de 1.5 Mb/s, luego sobre un cable coaxial con los nuevos sistemas se podrán transmitir hasta más de 150 canales.

Estos valores dados son ideales, en la práctica para extensas longitudes las capacidades son menores, a fin de mantener una cierta calidad de transmisión.

Para ciertas longitudes y condiciones de las líneas la transmisión, se produce un cierto decremento de las amplitudes de los pulsos y distorsión en su forma. Por ello, mediante regeneradores de pulso deberán ser restablecidos a su amplitud, ancho y forma original. Estos regeneradores serán colocados en la línea, para cada sentido de transmisión.

En banda base con transmisión óptica, se podrá disponer un sentido de emisión y otro de recepción. Existen dos formas para ello.

Utilizando dos cables uno en cada sentido de transmisión o empleando el mismo cable mediante un sistema de multiplexación por división de tiempo TDM o de longitud de onda WDM. Con el sistema de multiplexación por división de longitud de onda densa DWDM se podrá lograr el transporte de mayor cantidad de canales.

Con estos sistemas, se asignará una cierta ventana óptica, para la emisión en un sentido (1300 nm) y otra ventana para recepcionar en otro sentido (1550 nm). Se asignará cierta banda de frecuencias, por ejemplo de 252 á 276 MHz, para transmitir en un sentido y otra de 60 á 90 MHz, para transmitir en sentido contrario.

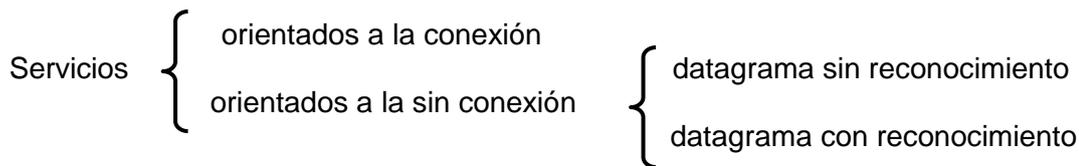
A. 1. 3. 7. Servicios orientados a la conexión o sin conexión

Los servicios se clasificaron según las normas del IEEE en:

Clase 1, Servicio de datagrama no confiable (sin conexión / sin reconocimiento).

Clase 2, Servicio de datagrama confiable (sin conexión / con reconocimiento).

Clase 3, Servicio orientados a la conexión.



Se dice que la modalidad orientada a la conexión, se emplea en las comunicaciones en modo circuito y la segunda orientada a la sin conexión se emplea en el modo paquete.

Las comunicaciones orientadas a la conexión, antes de establecerse el intercambio de información entre dos usuarios, se establece una conexión. Esta conexión se mantiene mientras dura la comunicación y se desconecta al finalizar el envío de datos. Tiene su analogía a un sistema telefónico. Las tramas a enviar se numeran y se aseguran el emisor y el receptor que han llegado todas correctamente y solo una vez. La conexión es del tipo virtual, ya que una vez finalizada la comunicación la misma línea o canal es utilizada por otro usuario.

Para la primera fase de conexión, se debe determinar la ubicación del destinatario, para ello se requiere la dirección de destino, luego la determinación de la ruta y por último el control mediante comprobaciones del acceso. En la fase de transferencias, se envían los datos, controlando y registrando el flujo transmitido. Por último en la fase de desconexión, se liberan todos los recursos asignados a esta conexión, entendiéndose por recursos a un programa de computación, base de datos o archivo y también a sus procedimientos como ser búsqueda, sincronización, presentación de los datos (Fig. 6).

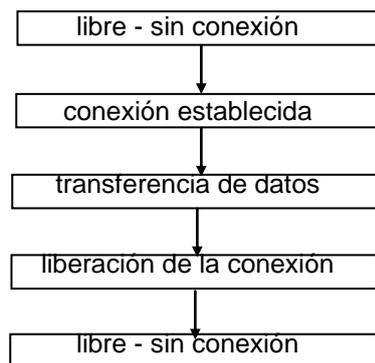


Fig. 6 - Comunicaciones en modo a la conexión

Al establecerse una conexión, se obtiene el reconocimiento del envío correcto al destinatario solicitado, el control de errores de los datos enviados y la entrega ordenada de los paquetes de la información. Además, al establecerse una conexión permanente, quedan liberados los niveles superiores del proceso. Tal método se utiliza en conexiones entre redes de áreas locales LANs, para formar un área extendida WAN.

En las comunicaciones en modo sin conexión, no existe ninguna asociación entre la fuente de la información y su destino. Es análoga al sistema postal. Cada mensaje lleva la dirección de destino. No hay ruta establecida entre los extremos de la comunicación y según el camino y estado del mismo un mensajes podrá llegar antes aún cuando se halla enviado primero. La red pasa directamente del estado libre, al modo de transferencia de datos, finalizado el cual retorna al estado libre (Fig. 7).

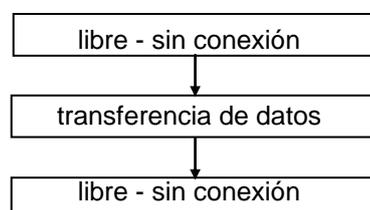


Fig. 7 - Comunicaciones en modo sin conexión

La red de paquetes puede organizarse para entregar los paquete en el orden introducido como en el método empleado para los circuitos virtuales o sin preservar ese orden como en el modo datagrama.

El modo datagrama es un símil de un servicio de mensajería sin aviso de recepción. Cuando se envía un mensaje no se conoce el estado del destinatario, ni si éste recibió el mensaje. Es decir, que la recepción del mensaje no es garantizada. No existe control de acceso ni detección de errores. El mensaje es limitado a la memoria disponible (buffer) del receptor.

El modo datagrama sin aviso de recepción, se utiliza en conexiones LAN o de fibra óptica, donde la tasa de error es muy baja y se puede considerar de alta confiabilidad. Al no realizarse funciones de control de errores, de flujo o contador estadístico, se obtienen rendimientos elevados.

Se considera que la probabilidad de error es tan baja que se pierde tiempo haciendo comprobaciones inútiles. También este sistema sin conexión y sin confirmación de recibo, se utiliza cuando se quiere transmitir información en tiempo real, típicamente para los servicios de voz y video. En estos casos, el retardo producido en las sucesivas comprobaciones afectaría el servicio en sí.

Contrariamente, para los casos que la confiabilidad es importante, se puede proporcionar el servicio operacional de datagrama con acuse de recibo. Tal prestación es el servicio de petición y respuesta, donde el emisor envía un mensaje y el receptor debe contestar al remitente que se halla incluido en el mismo. Se emplea en sistemas de redes inalámbricas.

A. 1. 3. 8. Transmisión punto a punto, a multipunto o de difusión

La transmisión unidireccional de paquetes en modo sin conexión, puede tomar la forma de transmisión punto a punto, punto a multipunto o de difusión general.

Transmisión punto a punto, llamado también unicast, se refiere a un equipo emisor (origen) que transmite solo a un determinado equipo receptor (destino). Punto a multipunto o multicast, se refiere, cuando es generada desde un origen y es transmitida (o copiada) a varios equipos (o nodos) receptores, uno por vez. Mientras que de difusión general o broadcast, se refiere a la emisión y transmisión hacia varios equipos con recepción simultánea de todos a la vez.

La acción de transmitir a multipuntos (multicating), se realiza hacia un subconjunto de equipos del sistema, con recepción simultánea de todos estos a la vez. En la transmisión por difusión (broadcasting), se propaga simultáneamente a todos los destinos. En este sistema el o los canales son compartidos por todas las máquinas. Es decir, que pueden recibir todo un mensaje dado, sin embargo, podrán responder solo aquellas a las que les atañe el mensaje.

Transmisión de paquetes en modo sin conexión	{	<ul style="list-style-type: none"> punto a punto (unicast) multipunto (multicastig) en difusión (broadcasting)
--	---	---

En transmisión de paquetes punto a punto, empleado en redes con muchos ramales, la ruta es asignada para cada segmento del trayecto (path) extremo a extremo. La asignación es en forma aleatoria y dependiente de las características de la red y de los equipos.

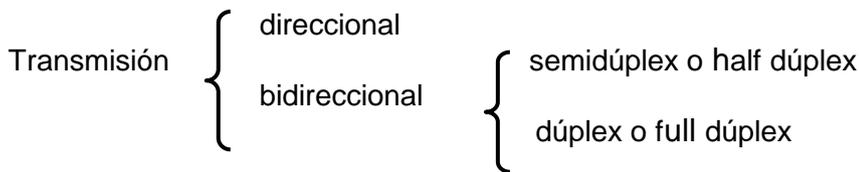
En su recorrido visita varias máquinas hasta llegar a la dirección de destino del paquete. Los paquetes podrán contener algoritmos de ruteo que determinan el mejor camino a seguir.

En el caso de transmisión en modo sin conexión punto a punto, multipunto o también en el caso de difusión, la comunicación comienza y termina en una unidad de datos del tipo de datagrama.

Para los distintos casos, se podrán emplear pares dedicados o conmutados en distintos medios de transmisión. El medio o red a transmitir la información podrá ser variada, pares de cobre trenzados, cables coaxiales, guías de onda, fibras ópticas, sistemas de VHF, UHF o microondas terrestre o satelitales.

A. 1. 3. 9. Carácter de la transmisión dúplex o semidúplex

La comunicación en la red de datos, al igual que otras redes para telecomunicaciones, podrá tener diferente carácter de transmisión:



Indicamos como transmisión direccional (o comunicación simplex) la transmisión en un sentido de transmisión y bidireccional en los dos sentidos de transmisión.

Se denomina semidúplex o HDX (Half Dúplex) cuando se emplean ambos sentidos de transmisión, pero no en forma simultánea, el transmisor termina su emisión y espera la respuesta, es decir se realiza en un solo sentido de transmisión por vez, por un solo medio, como ser un par.

La acepción dúplex o FDX (Full Dúplex) se emplea cuando se emiten mensajes simultáneamente en ambos sentidos. Podrá ser full dúplex con el empleo de un par para transmitir y otro para recibir, o por un único par como en el caso de telefonía.

A. 1. 3. 10. Procesamiento del flujo de señales

Un sistema de transmisión efectúa el procesamiento del flujo de señales, a través de distintos pasos por ejemplo, codificación: para darle un cierto formato que facilite su transmisión; multiplexado: para enviar varios canales simultáneamente por un mismo medio con un mejor aprovechamiento del mismo; encriptado: para preservar el secreto de la información y modulación: para adecuarlo a un determinado medios de transporte.

Entran en juego distintos procesos para la transmisión de las señales por red física o radiada, que pasaremos a analizar con más detalles (Fig. 8).



Fig. 8 - Distintos procesamientos de las señales

Debido a que en el sentido amplio, el término modulación se emplea para indicar distintos métodos del procesamiento de las señales. Sus nombres conducen muchas veces a confusión, por ello aunque usemos los términos ya establecidos por la costumbre, deberemos tener en cuenta diferenciarlos según la enumeración señalada anteriormente (Fig. 9).

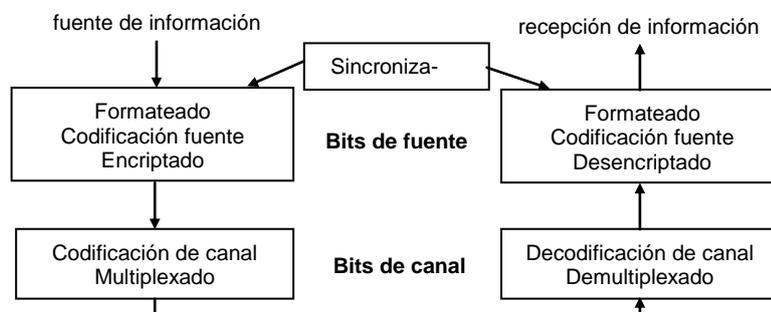


Fig. 9 - Diagrama en bloques de un sistema de transmisión

En cualquiera de estos procesos de transmisión, siempre se requerirán equipos equivalentes en ambos extremos del mismo. Para un transmisor, se necesita en el otro extremo un receptor, para un codificador de señal, se necesita en el otro extremo un decodificador.

Cuando empleamos un multiplexor y un modulador en el extremo cercano, se solicitará un demultiplexor y un demodulador en el extremo lejano.

Modulación, para poder efectuar la mejor transmisión por un medio dado, se emplea sistemas moduladores que adecuan la señal a ese medio, como ser: par de cobre de un cable multipar, cable coaxial, guía de onda, fibra óptica; o radiar por un sistema de alta frecuencia (HF), radioenlace de muy alta frecuencia (VHF), vínculo entre centrales de microondas, terminales satelitales, etc.

Mediante el proceso de modulación las señales son convertidas haciéndolas compatibles con las características del medio de transmisión. En este caso también se emplean señales portadoras, pero en esta ocasión es al solo efecto de lograr la adaptación de la señal emitida al medio de transporte de la señal: par de cobre, radio enlace, fibra óptica, etc. Se emplea para ello diversas técnicas: de amplitud, en cuadratura, de frecuencia, de fase, etc.

Sea el caso de una línea telefónica, la misma ha sido diseñada al efecto del envío de ondas vocales analógicas, luego para poder efectuar la transmisión de datos de computadoras, se deberá modular la señal transformándola de digital a señales analógicas de banda vocal. Esta función la llevan a cabo los módems, moduladores y demoduladores, ubicados ambos en los extremos emisor y receptor.

Conversión, se denomina al proceso de transformar una señal analógica llevándola a señal digital, por ejemplo la llamada ordinariamente como modulación por impulso codificado PCM, o su operación opuesta pasando de digital a analógica. En un extremo de la línea se podrá disponer la conversión analógica / digital (A/D) y en el otro extremo la conversión digital / analógica (D/A), para disponer de una línea con transmisión digital. Este proceso se lleva a cabo por los códec (codificadores / decodificadores).

También se podrá realizar la conversión de una señal a otra digital para lograr su mejor transmisión, empleando para ello las unidades de servicio de datos DSU (Data Service Unit) y las unidades de servicio de canal CSU (Channel Service Unit).

Multiplexación, se denomina al proceso de transmitir múltiples comunicaciones simultáneas, por un único medio físico, cable, fibra o inalámbrico por radiotransmisión.

A fin de utilizar los recursos de transmisión, equipos y cables, con el mayor aprovechamiento, se utilizan sistemas de multiplexación, los que transmiten múltiples mensajes simultáneamente

Sistema múltiplex por

- división de frecuencia, FDM (Frequency Division Multiple)
- división en el tiempo, TDM (Time Division Multiple)
- división de código, CDM (Code Division Multiplexing)
- div. de longitud de onda, WDM (Wavelength Division Multiplexing)
- división de polaridad, PDM (Polarization Division Multiple)

división de espacio, SDM (Space Division Multiplex)

En el caso de la FDM, se emplean señales portadoras las que trasladan de la banda base a distintas gamas de frecuencia. En este proceso se montan las señales sobre sobandas de frecuencias especificadas, de forma tal que puedan ser transmitidos varios canales, por un mismo medio.

En el sistema de TDM el proceso de modulación de señales analógicas, se realiza empleando técnicas digitales en el ámbito del tiempo. Se asigna un intervalo de tiempo a cada usuario. Se opera identificando intervalos de tiempo periódicamente.

En el sistema de CDM se asigna un código distinto por usuario.

En el sistema de WDM, se actúa por identificación de diferentes longitudes de onda, similar al FDM (se usa en sistemas de fibras ópticas).

En el sistema de PDM se emplea la polarización horizontal o vertical, para sistemas de radioenlaces, mientras que podrá ser del tipo circular derecha o izquierda, para transmisiones satelitales.

En el sistema de SDM, se asignan distintos spots (haz enfocado), para sistemas de radioenlaces terrestres o satelitales.

Codificación de línea, se emplea para su adaptación al transporte por la misma. Ejemplos de esta codificación son el no retorno a cero NRZ, con retorno a cero RZ, con inversión alternada de marcas AMI, de alta densidad bipolar HDB3 o el mB/nB.

Encriptado, se emplea para preservar el secreto de la información. Los mensajes originales para ser encriptados (plain text), son transformados por una función clave (key), luego transmitidos como texto cifrado (ciphertext), de forma que un intruso no pueda conseguir descifrarlo. El receptor al conocer la clave puede descifrar el mensaje. Como eventualmente la clave podrá ser conocida por el "enemigo", se emplea un método que utiliza la combinación de dos claves una pública (conocida por un grupo de usuarios) y otra privada (conocida solo por el emisor y el receptor del mensaje). La eficacia de una clave es su código y su longitud. El arte de diseñar cifradores se llama criptografía y el de descifrar mensajes se denomina criptoanálisis.

Scambleado, se trata de la reorganización de los bits dentro de un mensaje, de forma tal que sean revueltos (scrambled) en la emisión y reordenados al estado primitivo en la recepción. Esta reorganización de los bits se hace de tal forma que los datos del usuario no puedan interferir el proceso normal de detección. Por ejemplo, del principio o final de las celdas en un sistema ATM.

Codificación de canal, se emplea para mantener una cierta tasa de error o conferirle inmunidad a interferencias de ruidos o a desvanecimiento, con el fin de incrementar la performance de las comunicaciones. La codificación de canal se refiere al tratamiento de la forma de onda a los fines de que el proceso de detección incurra en la menor cantidad de errores posible. También este tipo de codificación, podrá consistir en producir mejores secuencias de datos, introduciendo bits redundantes para detectar y /o corregir errores. Frecuentemente, con cualesquiera de estos procedimientos se reduce la probabilidad de error pero a expensas de ocupar un mayor ancho de banda;

Acceso múltiple, se emplea a fin de compartir un recurso en un acceso múltiple, con un esquema de acceso dinámicamente variable. Se emplean las técnicas FDMA, TDMA, CDMA y WDMA.

Duplexión, es la técnica mediante la cual, en una comunicación celular, se permite efectuar la conexión simultánea móvil- base (subida) y base - móvil (bajada).

En la duplexión por división de frecuencia (FDD) se asigna distinta banda para las portadoras de subida, que para la de bajada. En la duplexión por división de tiempo (TDD) se asigna sobre la misma portadora distintos intervalos de tiempos (método ping-pong).

Los métodos descritos podrán actuar conjuntamente. Por ejemplo en un sistema, primero se podrá digitalizar una señal analógica, luego multiplexar y codificar sus canales y por último transmitir la señal modulada.

Amplificación y regeneración de pulsos, en la transmisión analógica por un cable, se produce una cierta atenuación de la onda, la que es restablecida a su amplitud original mediante amplificadores analógicos. En la transmisión digital la deformación o solapado de los pulsos se ajusta mediante la regeneración de los pulsos.

---ooo0ooo---