

TRANSMISIÓN DE DATOS

NOTAS DE LECTURA

TECNOLOGÍA B

(III AÑO – II SEM)

(2017-18)

Revisado por

Dra. S. Srinivasa Rao, Profesor

Departamento de Ingeniería Electrónica y de Comunicaciones



COLEGIO MALLA REDDY DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

(Institución Autónoma - UGC, Gobierno de India)

Reconocido bajo 2(f) y 12 (B) de UGC ACT 1956

(Afilado a JNTUH, Hyderabad, Aprobado por AICTE - Acreditado por NBA y NAAC - Grado 'A' - Certificado ISO 9001:2015)

Maisammaguda, Dhulapally (Post Via. Kompally), Secunderabad – 500100, Estado de Telangana, India

COLEGIO DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA MALLA REDDY

III Año B.Tec. Semestre ECE-II

L T/P/CD
4 1/ - /- 3

ELECTIVA PRINCIPAL - II

(R15A0419) COMUNICACIONES DE DATOS

OBJETIVO DEL CURSO:

Las comunicaciones de datos y las redes son las tecnologías de más rápido crecimiento en nuestra cultura actual. El curso intenta

1. Proporcionar una visión general unificada del amplio campo de las comunicaciones informáticas y de datos.
2. Enfatiza los principios básicos y temas de fundamental importancia relacionados con la tecnología y la arquitectura de este campo.
3. Proporciona una discusión detallada de temas de vanguardia.

UNIDAD I:

INTRODUCCIÓN A LAS COMUNICACIONES DE DATOS Y LAS REDES: Organizaciones de normalización para comunicaciones de datos, arquitectura de redes en capas, interconexión de sistemas abiertos, circuitos de comunicaciones de datos, transmisión de datos en serie y en paralelo, arreglos de circuitos de comunicaciones de datos, redes de comunicaciones de datos, conjuntos de protocolos alternativos.

SEÑALES, RUIDO, MODULACIÓN Y DEMODULACIÓN: Análisis de señal, ruido eléctrico y relación señal/ruido, sistemas de modulación analógica, capacidad de información, bits, tasa de bits, baudios y codificación múltiple, modulación digital. **UNIDAD II:**

MEDIOS DE TRANSMISIÓN POR CABLE METÁLICO: Líneas de Transmisión Metálicas, Ondas Electromagnéticas Transversales, Características de las Ondas Electromagnéticas, Clasificaciones de Líneas de Transmisión, Tipos de Líneas de Transmisión Metálicas, Pérdidas en Líneas de Transmisión Metálicas.

MEDIOS DE TRANSMISIÓN DE FIBRA ÓPTICA: Ventajas de los cables de fibra óptica, Desventajas de los cables de fibra óptica, Espectro electromagnético, Diagrama de bloques del sistema de comunicaciones de fibra óptica, Construcción de fibra óptica, Propagación de la luz a través de un cable de fibra óptica, Modos y clasificaciones de fibra óptica, Pérdidas en los cables de fibra óptica, Fuentes de luz, Detectores de Luz, Láseres.

TRANSMISIÓN DIGITAL: Modulación de pulsos, Modulación de código de pulsos, Rango dinámico, Voltaje de señal a cuantificación Relación de voltaje de ruido, Compansión, Velocidad de línea PCM, Multiplexación por división de tiempo, Multiplexación por división de frecuencia, Multiplexación por división de longitud de onda

Unidad III:

SISTEMAS DE COMUNICACIONES INALÁMBRICAS: Polarización Electromagnética, Rayos y Frentes de Onda, Radiación Electromagnética, Atenuación y Absorción de Ondas, Sistemas de Comunicaciones por Microondas, Sistemas de Comunicaciones por Satélite.

INSTRUMENTOS TELEFÓNICOS Y SEÑALES: El circuito de abonado, aparato telefónico estándar, procedimientos básicos de llamadas telefónicas, teléfonos inalámbricos, identificador de llamadas, teléfonos electrónicos, sistemas de buscapersonas.

EL CIRCUITO TELEFÓNICO: El bucle de abonado local, unidades de medida de potencias, arreglos de circuitos de frecuencia de voz, diafonía.

SISTEMAS DE TELÉFONO CELULAR:

Teléfono Celular Analógico de Primera Generación, Sistema de comunicaciones personales, Sistemas de Teléfono Celular de Segunda Generación, N-AMPS, Teléfono Celular Digital, Norte

Resumen de American Cellular y PCS, Sistema global para comunicaciones móviles, Sistema satelital de comunicaciones personales.

Unidad IV:

CÓDIGOS DE COMUNICACIÓN DE DATOS, CONTROL DE ERRORES Y FORMATOS DE DATOS:Comunicaciones de datos Códigos de caracteres, códigos de barras, control de errores, detección de errores, corrección de errores, carácter Sincronización.

Unidad V:

EQUIPOS DE COMUNICACIÓN DE DATOS:Unidad de servicio digital y Unidad de servicio de canal, Módems de comunicación de datos de banda de voz, Módems de banda de voz compatibles con Bell Systems, Diagrama de bloques moderno de banda de voz, Clasificaciones de módems de banda de voz, Módems de banda de voz asíncronos, Módems de banda de voz síncronos, Módem Sincronización, Cable Módems, Probabilidad de Error y Bit Error Rate.

PROTOCOLOS DE ENLACE DE DATOS:Datos: funciones de protocolo de enlace, protocolos orientados a caracteres y bits, modos de transmisión de datos, datos asincrónicos: protocolos de enlace, datos sincrónicos: protocolos de enlace, datos sincrónicos: control de enlace, datos de alto nivel: control de enlace.

LIBROS DE TEXTO:

1. Introducción a las comunicaciones de datos y redes, Wayne Tomasi, Pearson Education.

Libros de referencia

1. Comunicaciones de datos y redes, Behrouz A Forouzan, cuarta edición. TMH.
2. Tecnologías de redes y comunicaciones informáticas, Gallow, segunda edición Thomson
3. Redes informáticas e Internet, Fred Halsll, Lingana Gouda Kulkarni, quinta edición, Pearson Education

RESULTADOS

Al finalizar la materia, el alumno será capaz de:

1. Comprender una visión general unificada del amplio campo de las comunicaciones informáticas y de datos.
2. Enfatiza principios básicos y temas de fundamental importancia relacionados con la tecnología Comprender la arquitectura de este campo
3. Aprenda una discusión detallada de temas de vanguardia.

UNIDAD - Yo

PARTE A

INTRODUCCIÓN A LAS COMUNICACIONES DE DATOS Y LAS REDES:

- Organismos de normalización para comunicaciones de datos
- **Arquitectura de red en capas**
- Sistemas abiertos de interconexión
- Circuitos de comunicaciones de datos
- Transmisión de datos en serie y en paralelo
- Arreglos de circuitos de comunicaciones de datos
- Redes de comunicaciones de datos
- Suites de protocolo alternativo.

PARTE B

SEÑALES, RUIDO, MODULACIÓN Y DEMODULACIÓN

- **Análisis de señal**
- **Ruido eléctrico y relación señal-ruido**
- **Sistemas de modulación analógica**
- **Capacidad de Información**
- **Bits, tasa de bits, baudios**
- **Codificación M-ary, modulación digital.**

Introducción a las comunicaciones de datos:

En Comunicaciones de Datos, *datos* generalmente se definen como información que se almacena en forma digital. *Transmisión de datos* es el proceso de transferencia de información digital entre dos o más puntos. *Información* se define como el conocimiento o inteligencia. Las comunicaciones de datos se pueden resumir como la transmisión, recepción y procesamiento de información digital. Para que se produzcan las comunicaciones de datos, los dispositivos de comunicación deben formar parte de un sistema de comunicación formado por una combinación de hardware (equipo físico) y software (programas). La eficacia de un sistema de comunicaciones de datos depende de cuatro características fundamentales: entrega, precisión, puntualidad y fluctuación.

Un sistema de comunicaciones de datos tiene cinco componentes:

- 1. Mensaje:** El mensaje es la información (datos) a comunicar. Las formas populares de información incluyen texto, números, imágenes, audio y video.
- 2. Remitente:** El remitente es el dispositivo que envía el mensaje de datos. Puede ser una computadora, una estación de trabajo, un teléfono, una cámara de video, etc.
- 3. Receptor:** El receptor es el dispositivo que recibe el mensaje. Puede ser una computadora, una estación de trabajo, un teléfono, una televisión, etc.
- 4. Medio de transmisión:** El medio de transmisión es el camino físico por el cual un mensaje viaja del emisor al receptor. Algunos ejemplos de medios de transmisión incluyen cable de par trenzado, cable coaxial, cable de fibra óptica y ondas de radio.
- 5. Protocolo:** Un protocolo es un conjunto de reglas que rigen las comunicaciones de datos. Representa un acuerdo entre los dispositivos de comunicación.

Organismos de normalización para comunicaciones de datos

Una asociación de organizaciones, gobiernos, fabricantes y usuarios forman las organizaciones de estándares y son responsables de desarrollar, coordinar y mantener los estándares. La intención es que todos los fabricantes y usuarios de equipos de comunicación de datos cumplan con estos estándares. Las principales organizaciones de estándares para la comunicación de datos son:

1. Organización Internacional de Normalización (ISO)

ISO es la organización internacional para la estandarización en una amplia gama de temas. Está compuesto principalmente por miembros del comité de normas de varios gobiernos de todo el mundo. Incluso es responsable de desarrollar modelos que proporcionen un alto nivel de compatibilidad del sistema, mejora de la calidad, productividad mejorada y costos reducidos. La ISO también es responsable de respaldar y coordinar el trabajo de las otras organizaciones de normalización.

2. Unión Internacional de Telecomunicaciones-Sector de Telecomunicaciones (UIT-T)

ITU-T es una de las cuatro partes permanentes de la Unión Internacional de Telecomunicaciones con sede en Ginebra, Suiza. Ha desarrollado tres conjuntos de especificaciones: el *serie V* para la interfaz de módem y la transmisión de datos a través de líneas telefónicas, el *serie X* para la transmisión de datos a través de redes digitales públicas, correo electrónico y servicios de directorio; los *Serie I y Q*.

para la Red Digital de Servicios Integrados (ISDN) y su extensión ISDN de Banda Ancha. Los miembros del UIT-T están formados por autoridades gubernamentales y representantes de muchos países y es la actual organización de normalización de las Naciones Unidas.

3. Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE)

IEEE es una organización profesional internacional fundada en Estados Unidos y está compuesta por ingenieros electrónicos, informáticos y de comunicaciones. Actualmente es la sociedad profesional más grande del mundo con más de 200.000 miembros. Desarrolla estándares de procesamiento de información y comunicación con el objetivo subyacente de promover la teoría, la creatividad y la calidad del producto en cualquier campo relacionado con la ingeniería eléctrica.

4. Instituto Nacional Estadounidense de Estándares (ANSI)

ANSI es la agencia oficial de estándares de los Estados Unidos y es el representante con derecho a voto de los Estados Unidos para la ISO. ANSI es una organización sin fines de lucro completamente privada compuesta por fabricantes de equipos y usuarios de equipos y servicios de procesamiento de datos. La membresía de ANSI está compuesta por personas de sociedades profesionales, asociaciones industriales, organismos gubernamentales y reguladores y bienes de consumo.

5. Asociación de la Industria Electrónica (EIA)

EIA es una asociación comercial estadounidense sin fines de lucro que establece y recomienda estándares industriales. Las actividades de EIA incluyen el desarrollo de estándares, el aumento de la conciencia pública y el cabildeo, y es responsable del desarrollo de la serie de estándares RS (estándar recomendado) para datos y comunicaciones.

6. Asociación de la Industria de las Telecomunicaciones (TIA)

TIA es la asociación comercial líder en la industria de la tecnología de la información y las comunicaciones. Facilita las oportunidades de desarrollo comercial a través del desarrollo del mercado, la promoción comercial, las ferias comerciales y el desarrollo de estándares. Representa a los fabricantes de productos de tecnología de la información y las comunicaciones y también facilita la convergencia de nuevas redes de comunicaciones.

7. Junta de Arquitectura de Internet (IAB)

IAB anteriormente conocido como Internet Activities Board es un comité creado por ARPA (Agencia de Proyectos de Investigación Avanzada) para analizar las actividades de ARPANET cuyo propósito es acelerar el avance de tecnologías útiles para el ejército de EE. UU. IAB es un grupo asesor técnico de Internet Society y sus responsabilidades son:

- I. Supervisa la arquitectura de protocolos y procedimientos utilizados por Internet.
- II. Administra los procesos utilizados para crear estándares de Internet y también sirve como junta de apelación para quejas sobre la ejecución incorrecta del proceso de estandarización.

tercero Responsable de la administración de los diversos números asignados a Internet

IV. Actúa como representante del interés de Internet Society en las relaciones de enlace con otras organizaciones.

V. Actúa como fuente de asesoramiento y orientación para el consejo de administración y los funcionarios de Internet Society en relación con diversos aspectos de Internet y sus tecnologías.

8.Grupo de Trabajo de Ingeniería de Internet (IETF)

El IETF es una gran comunidad internacional de diseñadores, operadores, vendedores e investigadores de redes preocupados por la evolución de la arquitectura de Internet y el buen funcionamiento de Internet.

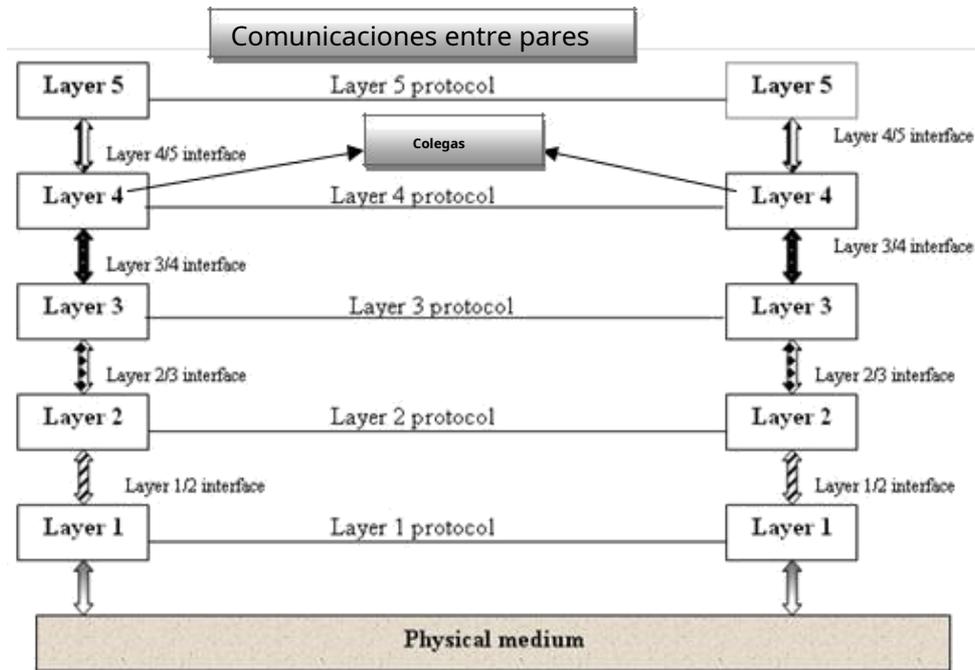
9.Grupo de trabajo de investigación de Internet (IRTF)

El IRTF promueve la investigación de importancia para la evolución de la futura Internet mediante la creación de pequeños grupos de investigación centrados, a largo plazo y que trabajan en temas relacionados con los protocolos, las aplicaciones, la arquitectura y la tecnología de Internet.

Arquitectura de red en capas

Para reducir la complejidad del diseño, la mayoría de las redes están organizadas como una serie de **capas niveles**, cada uno se basa en uno debajo de él. La idea básica de una arquitectura en capas es *para dividir el diseño en pedazos pequeños*. Cada capa se suma a los servicios proporcionados por las capas inferiores de tal manera que la capa superior recibe un conjunto completo de servicios para administrar las comunicaciones y ejecutar las aplicaciones. Los beneficios de los modelos en capas son la modularidad y las interfaces claras, es decir, la arquitectura abierta y la comparabilidad entre los componentes de los diferentes proveedores. Un principio básico es garantizar la independencia de las capas definiendo los servicios proporcionados por cada capa a la siguiente capa superior sin definir cómo se realizarán los servicios. Esto permite cambios en una capa sin afectar otras capas. Los elementos básicos de un modelo en capas son los servicios, los protocolos y las interfaces. A **Servicio** es un conjunto de acciones que una capa ofrece a otra capa (superior). **Protocolo** es un conjunto de reglas que utiliza una capa para intercambiar información con una entidad par. Estas reglas se refieren tanto al contenido como al orden de los mensajes utilizados. Entre las capas se definen las interfaces de servicio. Los mensajes de una capa a otra se envían a través de esas interfaces.

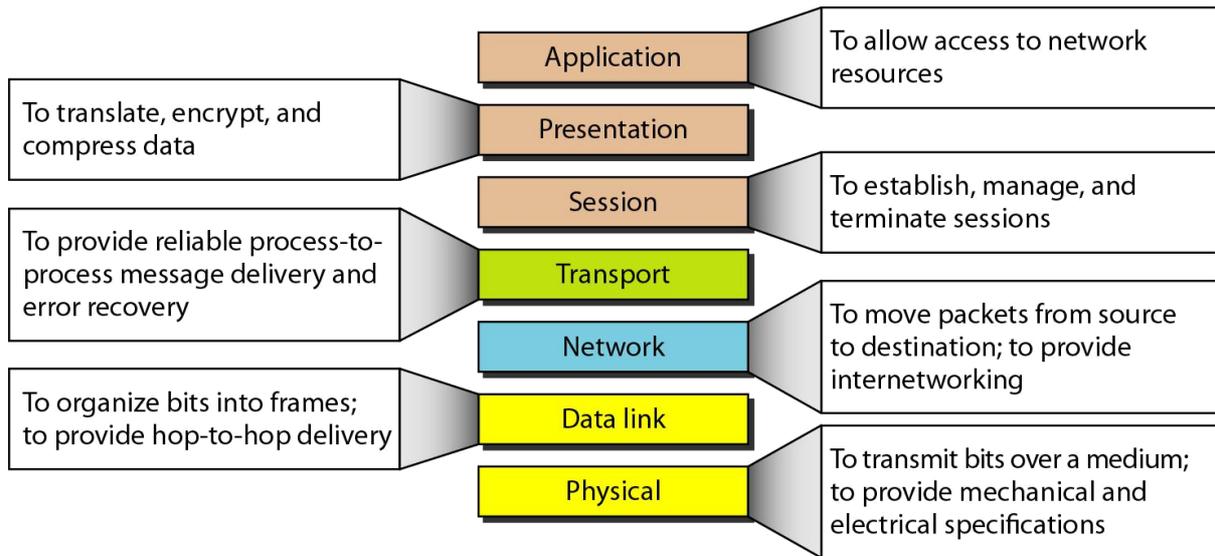
en un *n-capas* arquitectura, la capa n en una máquina mantiene una conversación con el capa n en otra máquina. Las reglas y convenciones utilizadas en esta conversación se conocen colectivamente como *protocolo de capa-n*. Básicamente, un protocolo es un acuerdo entre las partes que se comunican sobre cómo debe proceder la comunicación. La arquitectura de cinco capas se muestra a continuación; las entidades que comprenden las capas correspondientes en diferentes máquinas se denominan **colegas**. En otras palabras, son los pares los que se comunican mediante protocolos. En realidad, no se transfieren datos de la capa n de una máquina a la capa n de otra máquina. En cambio, cada capa pasa datos e información de control a la capa inmediatamente debajo de ella, hasta que se alcanza la capa más baja. Debajo de la capa 1 se encuentra la capa física a través de la cual se produce la comunicación real.



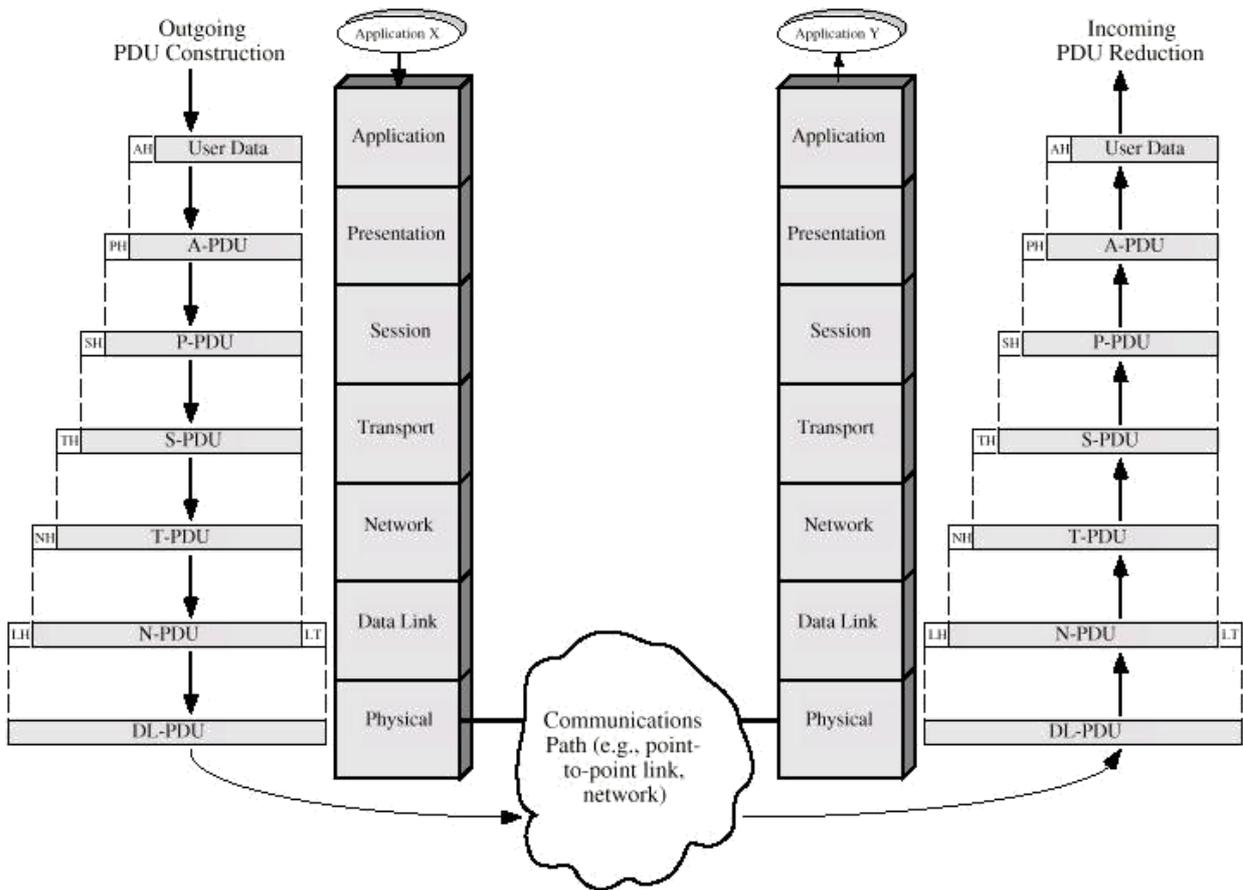
Con arquitecturas en capas, las comunicaciones entre dos capas correspondientes requieren una unidad de datos llamada **unidad de datos de protocolo (PDU)**. Una PDU puede ser un encabezado agregado al comienzo de un mensaje o un avance adjunto al final de un mensaje. Los datos fluyen hacia abajo a través de las capas en el sistema de origen y hacia arriba en la dirección de destino. A medida que los datos pasan de una capa a otra, se agregan y eliminan encabezados y finales de la PDU. Este proceso de agregar o eliminar información de PDU se llama **encapsulación/decapsulación**. Entre cada par de capas adyacentes hay un **interfaz**. Los **interfaz** define qué operaciones y servicios primitivos ofrece la capa inferior a la capa superior adyacente a ella. Un conjunto de capas y protocolos se conoce como **red de arquitectura**. Una lista de protocolos usados por cierto sistema, un protocolo por capa, se llama **pila de protocolos**.

Interconexión de sistemas abiertos (OSI)

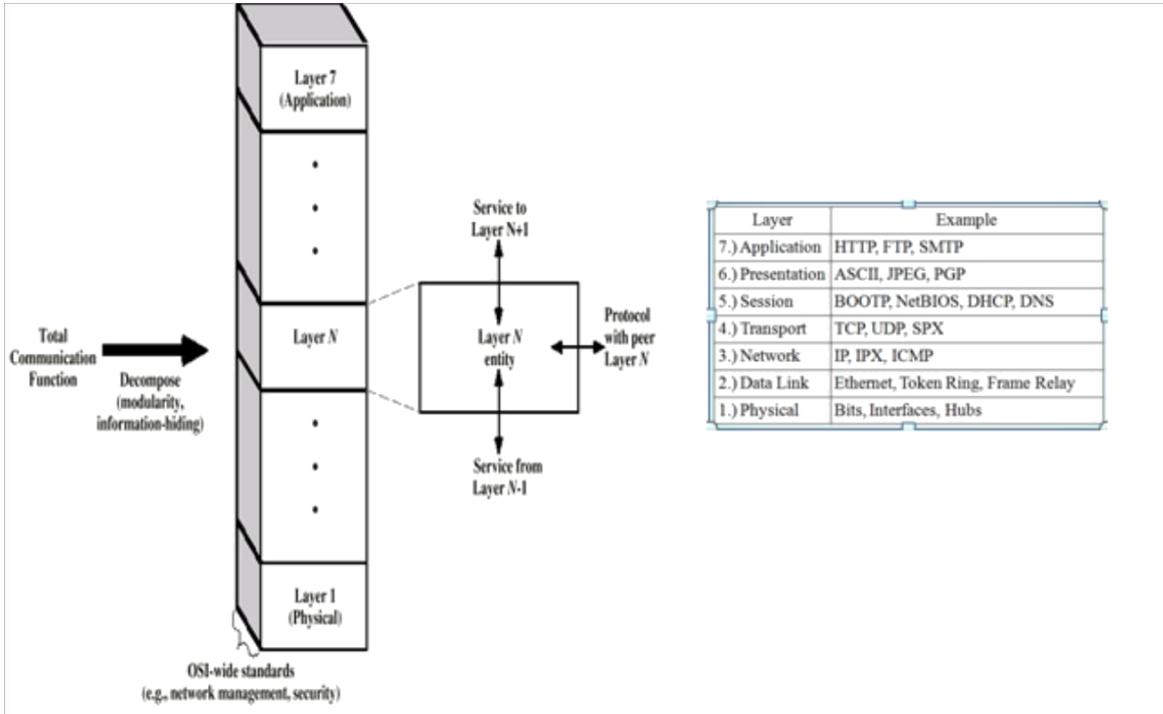
La organización internacional de estándares (ISO) estableció un comité en 1977 para desarrollar una arquitectura para la comunicación por computadora y el modelo OSI es el resultado de este esfuerzo. En 1984, el modelo de referencia de interconexión de sistemas abiertos (OSI) fue aprobado como estándar internacional para la arquitectura de comunicaciones. El término "*abierto*" indica la capacidad de conectar dos sistemas cualesquiera que se ajusten al modelo de referencia y las normas asociadas. El modelo OSI describe cómo la información o los datos pasan de los programas de aplicación (como las hojas de cálculo) a través de un medio de red (como un cable) a otro programa de aplicación ubicado en otra red. El modelo de referencia OSI divide el problema de mover información entre computadoras a través de un medio de red en **SIETE** problemas más pequeños y manejables. Las siete capas son:



Las 4 capas inferiores (transporte, red, enlace de datos y física: capas 4, 3, 2 y 1) se ocupan del flujo de datos de extremo a extremo a través de la red. Las cuatro capas superiores del modelo OSI (aplicación, presentación y sesión, capas 7, 6 y 5) están más orientadas hacia los servicios para las aplicaciones. Los datos se encapsulan con la información de protocolo necesaria a medida que descienden por las capas antes del tránsito de la red.

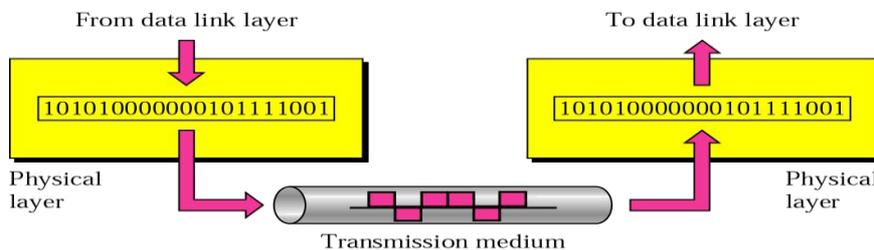


Al igual que con cualquier arquitectura en capas, la información general se agrega a una PDU en forma de encabezados y tráileres. Cada capa proporciona un servicio a la capa superior en la especificación del protocolo. Cada capa se comunica con el software o hardware de la misma capa en otras computadoras.



Capa física *{la capa física es responsable de transmitir bits individuales de un nodo al siguiente}*

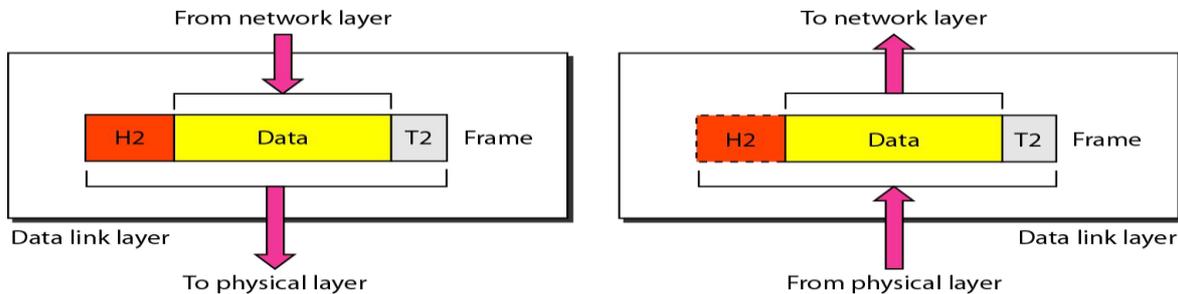
La capa física es la capa más baja de la jerarquía OSI y coordina las funciones necesarias para transmitir un flujo de bits a través de un medio físico. También define los procedimientos y funciones que deben realizar los dispositivos físicos y las interfaces para que se produzca la transmisión. La capa física especifica el tipo de medio de transmisión y el modo de transmisión (simple, semidúplex o dúplex completo) y los estándares físicos, eléctricos, funcionales y de procedimiento para acceder a las redes de comunicación de datos.



Los medios de transmisión definidos por la capa física incluyen cable metálico, cable de fibra óptica o propagación inalámbrica de ondas de radio. La capa física también incluye la *sistema de transporte* Se utiliza para propagar las señales de datos entre puntos de la red. Los sistemas portadores son simplemente sistemas de comunicación que transportan datos a través de un sistema utilizando cables metálicos o de fibra óptica o arreglos inalámbricos como microondas, satélites y sistemas de radio celular.

Capa de enlace de datos (la capa de enlace de datos es responsable de transmitir tramas de un nodo al siguiente)

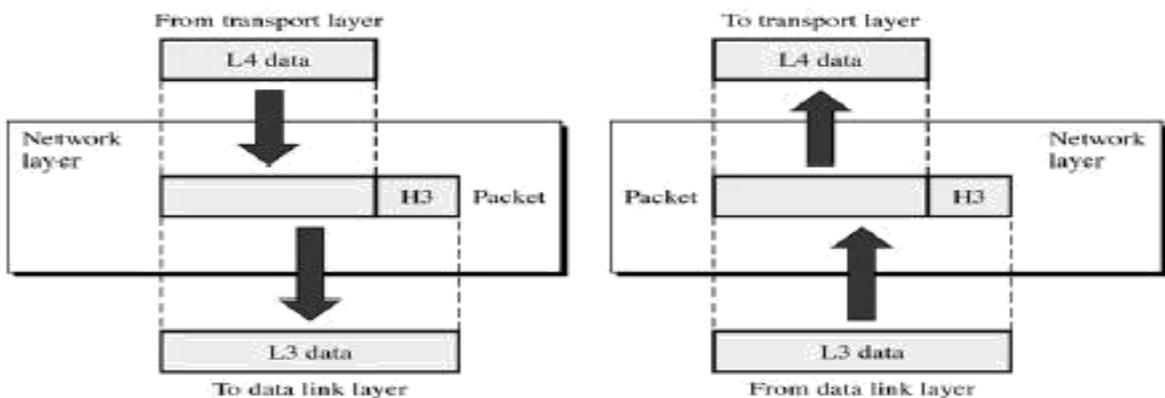
La capa de enlace de datos transforma la capa física, una instalación de transmisión sin procesar, en un enlace confiable y es responsable de la entrega de nodo a nodo. Hace que la capa física parezca libre de errores para la capa superior (capa de red).



La capa de enlace de datos empaqueta los datos de la capa física en grupos denominados bloques, tramas o paquetes. Si los marcos se van a distribuir a diferentes sistemas en la red, la capa de enlace de datos agrega un encabezado al marco para definir la dirección física del remitente (dirección de origen) y/o receptor (dirección de destino) del marco. La capa de enlace de datos proporciona control de flujo, control de acceso y control de errores.

Capa de red es responsable de la entrega de paquetes individuales desde el host de origen al host de destino

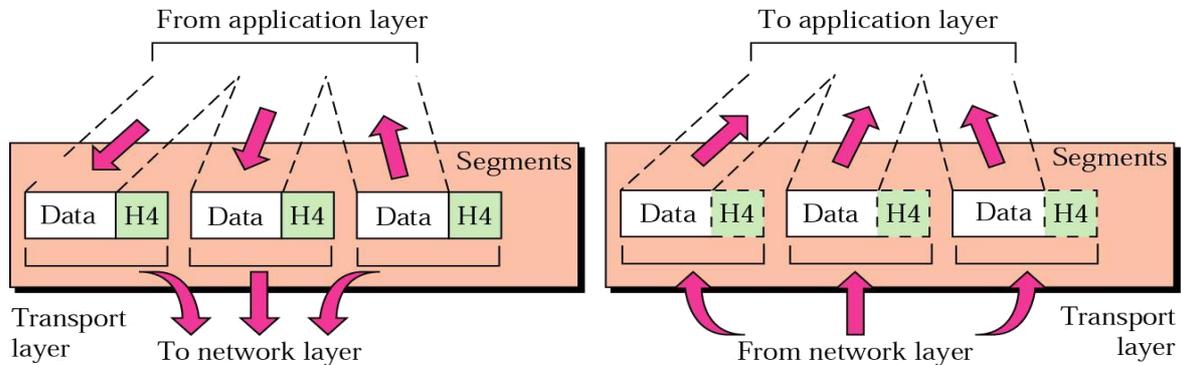
La capa de red proporciona detalles que permiten que los datos se enruten entre dispositivos en un entorno utilizando múltiples redes, subredes o ambas. Este es responsable de direccionar mensajes y datos para que se envíen al destino correcto, y de traducir direcciones y nombres lógicos (como el nombre de una máquina FLAME) en direcciones físicas. Esta capa también es responsable de encontrar una ruta a través de la red hasta la computadora de destino.



La capa de red proporciona a las capas superiores de la jerarquía independencia de las tecnologías de conmutación y transmisión de datos utilizadas para interconectar sistemas. Los componentes de red que operan en la capa de red incluyen enrutadores y su software.

Capa de transporte {es responsable de la entrega de un mensaje de un proceso a otro}

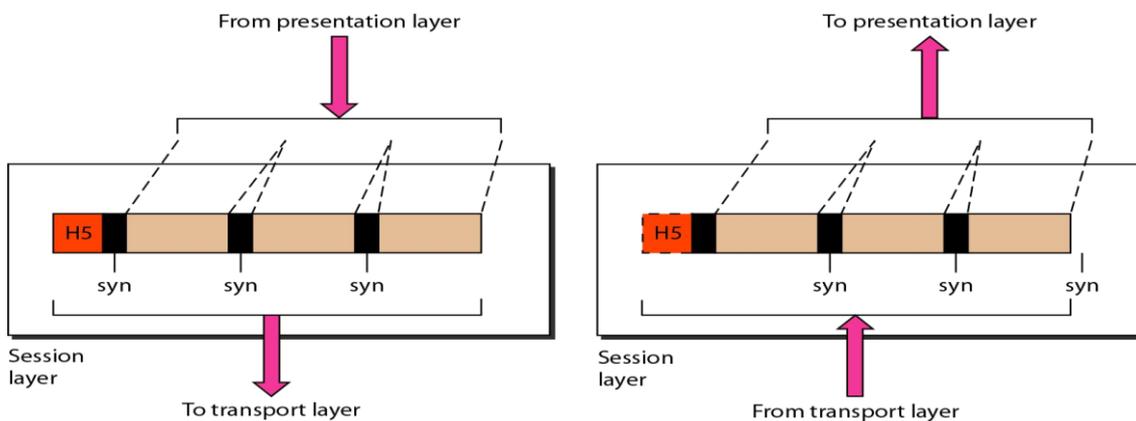
La capa de transporte controla y garantiza la integridad de un extremo a otro del mensaje de datos que se propaga a través de la red entre dos dispositivos, lo que proporciona la información confiable y transparente. transferencia de datos entre dos puntos finales.



Las responsabilidades de la capa de transporte incluyen el enrutamiento de mensajes, la segmentación, la recuperación de errores y dos tipos de servicios básicos para un protocolo de capa superior: orientado a conexión y sin conexión. La capa de transporte es la capa más alta en la jerarquía OSI en términos de comunicaciones y puede proporcionar seguimiento de datos, control de flujo de conexión, secuenciación de datos, verificación de errores y direccionamiento e identificación de aplicaciones.

Capa de sesión {responsable del control de diálogo y sincronización}

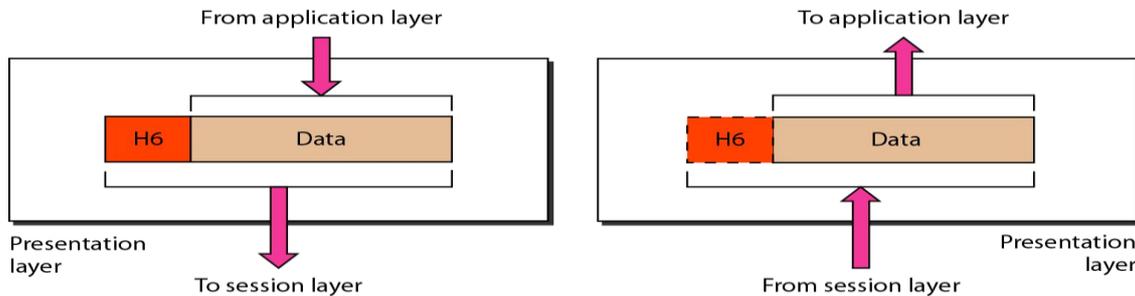
La capa de sesión, a veces denominada controlador de diálogo, proporciona un mecanismo para controlar el diálogo entre los dos sistemas finales. Define cómo iniciar, controlar y finalizar conversaciones (llamadas sesiones) entre aplicaciones.



Los protocolos de la capa de sesión proporcionan las entidades de conexión lógica en la capa de aplicación. Estas aplicaciones incluyen protocolos de transferencia de archivos y envío de correo electrónico. Las responsabilidades de la sesión incluyen procedimientos de inicio y cierre de sesión en la red y autenticación de usuarios. Las características de la capa de sesión incluyen conexiones virtuales entre aplicaciones, entidades, sincronización del flujo de datos con fines de recuperación, creación de unidades de diálogo y unidades de actividad, negociación de parámetros de conexión y servicios de partición en grupos funcionales.

Capa de presentación{responsable de la traducción, compresión y encriptación}

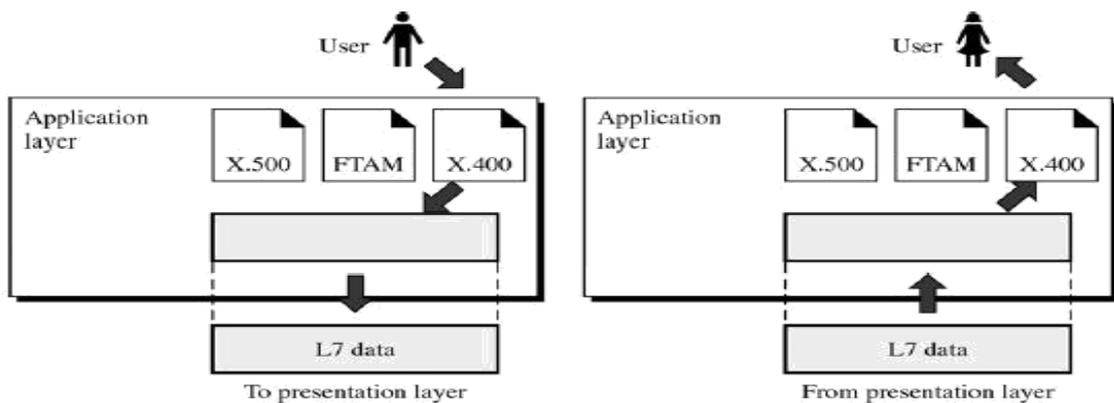
La capa de presentación brinda independencia a los procesos de aplicación al abordar cualquier código o conversión de sintaxis necesaria para presentar los datos a la red en un formato de comunicaciones común. Especifica cómo las aplicaciones del usuario final deben formatear los datos.



La capa de presentación traduce entre diferentes formatos de datos y protocolos. Las funciones de presentación incluyen formateo de archivos de datos, codificación, cifrado y descifrado de mensajes de datos, procedimientos de diálogo, algoritmos de compresión de datos, sincronización, interrupción y finalización.

Capa de aplicación{responsable de la prestación de servicios al usuario}

La capa de aplicación es la capa más alta en la jerarquía y es análoga al administrador general de la red al proporcionar acceso al entorno OSI. La capa de aplicaciones proporciona servicios de información distribuida y controla la secuencia de actividades dentro de una aplicación y también la secuencia de eventos entre la aplicación informática y el usuario de otra aplicación.



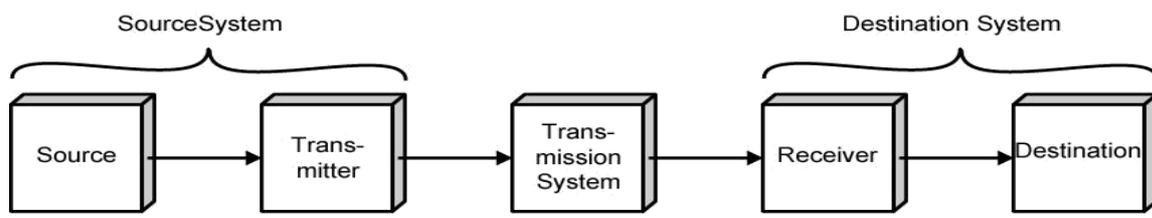
La capa de aplicación se comunica directamente con el programa de aplicación del usuario. Los procesos de aplicación de usuario requieren elementos de servicio de capa de aplicación para acceder al entorno de red. Los elementos de servicio son de dos tipos: CASEs (*elementos de servicio de aplicaciones comunes*) satisfaciendo necesidades particulares de procesos de aplicación como control de asociación, concurrencia y recuperación. El segundo tipo es SASE (*elementos de servicio de aplicación específicos*) que incluyen pila TCP/IP, FTP, SNMP, Telnet y SMTP.

Circuitos de comunicación de datos

El propósito subyacente de un circuito de comunicaciones digitales es proporcionar una ruta de transmisión entre ubicaciones y transferir información digital de una estación (nodo, donde se ubican las computadoras u otros equipos digitales) a otra utilizando circuitos electrónicos. Los circuitos de comunicaciones de datos utilizan equipos e instalaciones de comunicaciones electrónicas para interconectar equipos informáticos digitales. Las instalaciones de comunicación son medios físicos de interconexión de estaciones y se proporcionan a los usuarios de comunicaciones de datos a través de redes telefónicas públicas (PTN), redes públicas de datos (PDN) y una multitud de sistemas privados de comunicaciones de datos.

La siguiente figura muestra un circuito simple de comunicaciones de datos de dos estaciones. Los componentes principales son:

Fuente:-Este dispositivo genera los datos a transmitir; los ejemplos son computadora central, computadora personal, estación de trabajo, etc. El equipo fuente proporciona un medio para que los humanos ingresen datos en el sistema.



(a) General block diagram



(b) Example

Transmisor. - Un transmisor transforma y codifica la información de tal manera que produce señales electromagnéticas que pueden transmitirse a través de algún tipo de sistema de transmisión. Por ejemplo, un módem toma un flujo de bits digital de un dispositivo conectado, como una computadora personal, y transforma ese flujo de bits en una señal analógica que puede ser manejada por la red telefónica.

Medio de transmisión: - El medio de transmisión lleva las señales codificadas del transmisor al receptor. Los diferentes tipos de medios de transmisión incluyen la transmisión de radio en el espacio libre (es decir, todas las formas de transmisión inalámbrica) y las instalaciones físicas, como los cables metálicos y de fibra óptica.

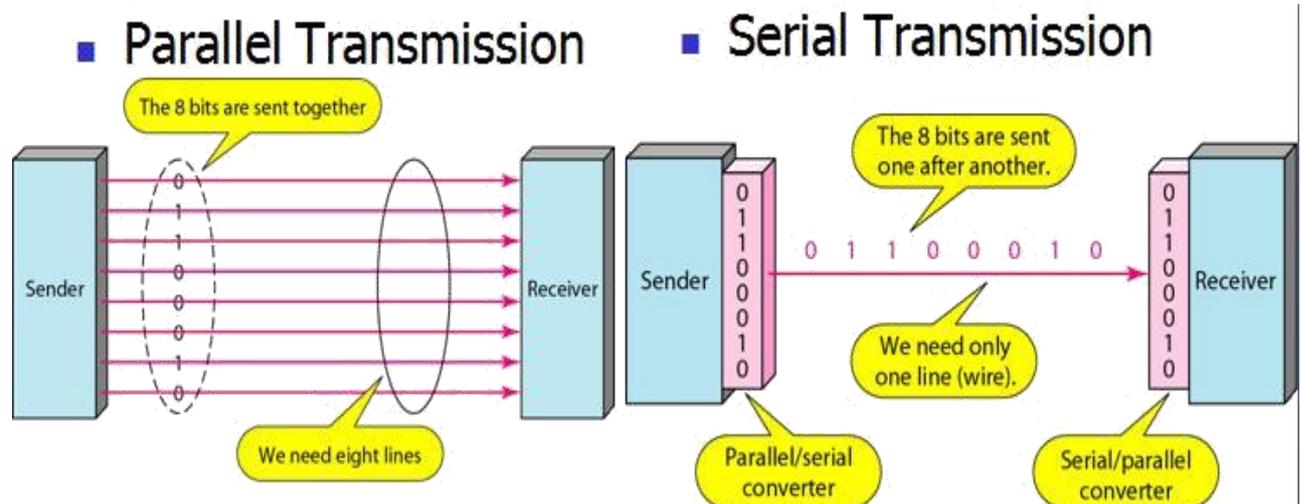
Receptor. - El receptor acepta la señal del medio de transmisión y la convierte en una forma que puede ser manejada por el dispositivo de destino. Por ejemplo, un módem

aceptar una señal analógica proveniente de una red o línea de transmisión y convertirla en un flujo de bits digital.

Destino:-Toma los datos entrantes del receptor y puede ser cualquier tipo de equipo digital como la fuente.

Transmisión de datos en serie y en paralelo

Hay dos métodos de transmisión de datos digitales, a saber **paralelo y serie** transmisiones En la transmisión de datos en paralelo, todos los bits de los datos binarios se transmiten simultáneamente. Por ejemplo, para transmitir un número binario de 8 bits en paralelo de una unidad a otra, se requieren ocho líneas de transmisión. Cada bit requiere su propia ruta de datos separada. Todos los bits de una palabra se transmiten al mismo tiempo. Este método de transmisión puede mover una cantidad significativa de datos en un período de tiempo determinado. Su desventaja es la gran cantidad de cables de interconexión entre las dos unidades. Para palabras binarias grandes, el cableado se vuelve complejo y costoso. Esto es particularmente cierto si la distancia entre las dos unidades es grande. Los cables largos de varios hilos no solo son caros, sino que también requieren una interfaz especial para minimizar los problemas de ruido y distorsión. La transmisión de datos en serie es el proceso de transmitir palabras binarias un poco a la vez.



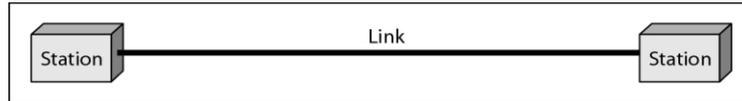
Si bien la transmisión de datos en serie es mucho más simple y menos costosa debido al uso de una sola línea de interconexión, es un método muy lento de transmisión de datos. La transmisión de datos en serie es útil en sistemas donde la alta velocidad no es un requisito. La comunicación paralela se usa para comunicaciones de datos a corta distancia y dentro de una computadora, y la transmisión en serie se usa para comunicaciones de datos a larga distancia.

Arreglos de circuitos de comunicación de datos

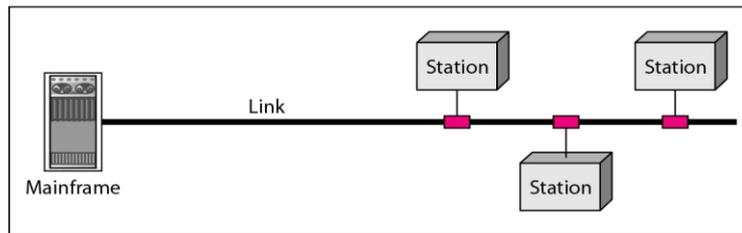
Un circuito de comunicaciones de datos se puede describir en términos de configuración de circuito y modo de transmisión.

Configuraciones de circuito

Las redes de comunicaciones de datos pueden clasificarse generalmente como de dos puntos o multipunto. Ados puntos La configuración involucra solo dos ubicaciones o estaciones, mientras que una multipunto la configuración implica tres o más estaciones.



a. Point-to-point

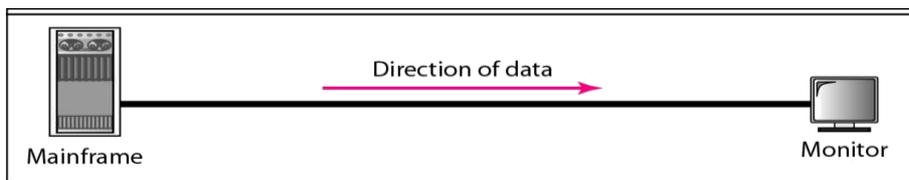


b. Multipoint

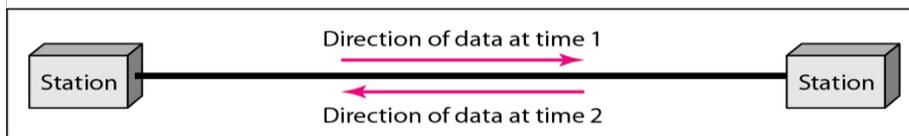
Un circuito de dos puntos implica la transferencia de información digital entre una computadora central y una computadora personal, dos computadoras centrales o dos redes de comunicación de datos. Una red multipunto generalmente se usa para interconectar una sola computadora central (host) a muchas computadoras personales o para interconectar muchas computadoras personales y la capacidad del canal es *Compartido espacialmente*. Los dispositivos pueden usar el enlace simultáneamente o *Multipropiedad*. Los usuarios se turnan

Modos de transmisión

Hay cuatro modos de transmisión para los circuitos de comunicación de datos:



a. Simplex



b. Half-duplex



c. Full-duplex

En **modo simplex (SX)**, la comunicación es unidireccional, como en una calle de sentido único. Solo uno de los dos dispositivos en un enlace puede transmitir; el otro sólo puede recibir. La radiodifusión comercial es un ejemplo. Las líneas simplex también se denominan líneas de solo recepción, solo transmisión o unidireccionales.

En **semidúplex (HDX)** modo, cada estación puede transmitir y recibir, pero no en al mismo tiempo. Cuando un dispositivo está enviando, el otro solo puede recibir, y viceversa. El modo semidúplex se utiliza en los casos en que no es necesaria la comunicación en ambas direcciones al mismo tiempo; toda la capacidad del canal se puede utilizar para cada dirección. La radio de banda ciudadana (CB) es un ejemplo en el que se debe presionar o pulsar para hablar (PTT) durante el envío y la transmisión.

En **modo dúplex completo (FDX)** (llamado dúplex), ambas estaciones pueden transmitir y recibir simultáneamente. Un ejemplo común de comunicación full-duplex es la red telefónica. El modo dúplex completo se utiliza cuando se requiere comunicación en ambas direcciones todo el tiempo. La capacidad del canal debe dividirse entre las dos direcciones.

En **dúplex completo/completo (F/FDX)** modo, la transmisión es posible en ambas direcciones al mismo tiempo pero no entre las mismas dos estaciones (es decir, la estación 1 transmite a la estación 2, mientras recibe de la estación 3). F/FDX solo es posible en circuitos multipunto. El sistema postal se puede dar ya que una persona puede enviar una carta a una dirección y recibir una carta de otra dirección al mismo tiempo.

Redes de comunicaciones de datos

Cualquier grupo de computadoras conectadas entre sí se puede llamar *red de comunicaciones de datos*, y el proceso de compartir recursos entre computadoras a través de una red de comunicación de datos se llama *redes*. Las consideraciones más importantes de una red de comunicaciones de datos son rendimiento, tasa de transmisión, confiabilidad y seguridad.

Componentes, funciones y características de la red

Los principales componentes de una red son las estaciones finales, las aplicaciones y una red que soportará el tráfico entre las estaciones finales. Todas las redes informáticas comparten dispositivos, funciones y características comunes, incluidos servidores, clientes, medios de transmisión, datos compartidos, impresoras compartidas y otros periféricos, recursos de hardware y software, tarjeta de interfaz de red (NIC), sistema operativo local (LOS) y la red. sistema operativo (NOS).

Servidores: Los servidores son computadoras que contienen archivos compartidos, programas y el sistema operativo de la red. Los servidores brindan acceso a los recursos de la red a todos los usuarios de la red y existen diferentes tipos de servidores. Los ejemplos incluyen servidores de archivos, servidores de impresión, servidores de correo, servidores de comunicaciones, etc.

Cientela: Los clientes son computadoras que acceden y usan la red y los recursos de red compartidos. Los equipos cliente son básicamente los clientes (usuarios) de la red, ya que solicitan y reciben servicios de los servidores.

Datos compartidos: Los datos compartidos son datos que los servidores de archivos proporcionan a los clientes, como archivos de datos, programas de acceso a impresoras y correo electrónico.

Impresoras compartidas y otros periféricos: son recursos de hardware proporcionados a los usuarios de la red por los servidores. Los recursos proporcionados incluyen archivos de datos, impresoras, software o cualquier otro elemento utilizado por los clientes en la red.

Tarjeta de interfaz de red: Cada computadora en la red tiene una tarjeta de expansión especial llamada tarjeta de interfaz de red (NIS), que prepara y envía datos, recibe datos y controla el flujo de datos entre la computadora y la red. Mientras transmite, la NIC pasa tramas de datos a la capa física y en el lado del receptor, la NIC procesa los bits recibidos de la capa física y procesa el mensaje en función de su contenido.

Sistema operativo local: Un sistema operativo local permite que las computadoras personales accedan a archivos, impriman en una impresora local y tengan y usen una o más unidades de disco y CD que se encuentran en la computadora. Algunos ejemplos son MS-DOS, PC-DOS, UNIX, Macintosh, OS/2, Windows 95, 98, XP y Linux.

sistema operativo de red: el NOS es un programa que se ejecuta en computadoras y servidores que permite que las computadoras se comuniquen a través de una red. El NOS brinda servicios a los clientes, como funciones de inicio de sesión, autenticación de contraseña, acceso a impresoras, funciones de administración de red y uso compartido de archivos de datos.

Modelos de red

Las redes informáticas se pueden representar con dos modelos de red básicos: cliente/servidor de igual a igual y cliente/servidor dedicado. El método cliente/servidor especifica la forma en que dos computadoras pueden comunicarse con el software a través de una red.

Red cliente/servidor punto a punto : Aquí, todas las computadoras comparten sus recursos, como discos duros, impresoras, etc., con todas las otras computadoras en la red. Los recursos individuales como unidades de disco, unidades de CD-ROM e incluso impresoras se transforman en recursos colectivos compartidos a los que se puede acceder desde cualquier PC. A diferencia de las redes cliente-servidor, donde la información de la red se almacena en una PC de servidor de archivos centralizada y se pone a disposición de decenas, cientos o miles de PC cliente, la información almacenada en redes peer-to-peer está descentralizada de manera única. Debido a que las PC peer-to-peer tienen sus propias unidades de disco duro a las que pueden acceder todas las computadoras, cada PC actúa como cliente (solicitante de información) y como servidor (proveedor de información). La red peer-to-peer es una opción adecuada cuando hay menos de 10 usuarios en la red,

Las ventajas de peer-to-peer sobre los NOS cliente-servidor incluyen:

- No es necesario un administrador de red: la configuración y el
- mantenimiento de la red son rápidos y económicos.
- Cada PC puede hacer copias de seguridad de sus datos a otras PC por seguridad.-
- El tipo de red más fácil de construir, peer-to-peer es perfecto tanto para el hogar como para la oficina.-

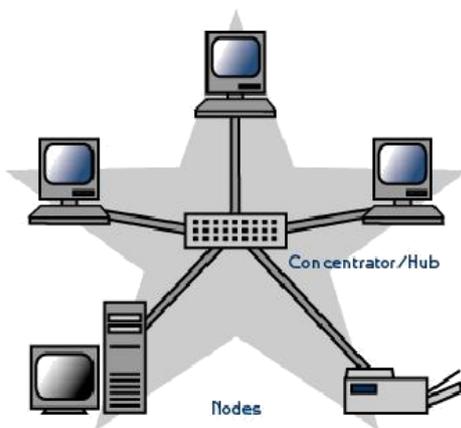
Red dedicada cliente/servidor: Aquí, una computadora se designa como servidor y el resto de las computadoras son clientes. La Arquitectura de Servidor Dedicado puede mejorar la eficiencia de los sistemas de servidores de clientes mediante el uso de un servidor para cada aplicación que existe dentro de una organización. Los servidores designados almacenan todos los programas de aplicaciones y archivos compartidos de la red y funcionan solo como servidores y no se utilizan como cliente o estación de trabajo. Las computadoras cliente pueden acceder a los servidores y transferirles archivos compartidos a través del medio de transmisión. En algunas redes cliente/servidor, las computadoras cliente envían trabajos a uno de los servidores y, una vez que procesan los trabajos, los resultados se envían nuevamente a la computadora cliente.

En general, el modelo de cliente/servidor dedicado es preferible al modelo de cliente/servidor de igual a igual para redes de datos de propósito general.

Topologías de red

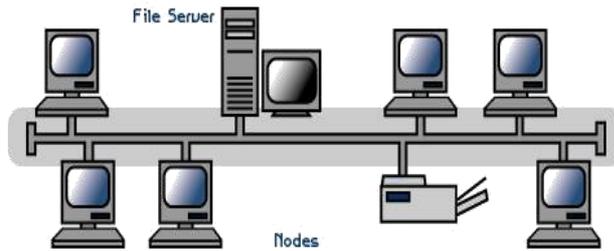
En redes informáticas, *topología* se refiere al diseño de los dispositivos conectados, es decir, cómo se interconectan las computadoras, los cables y otros componentes dentro de una red de comunicaciones de datos, tanto física como lógicamente. La topología física describe cómo se distribuye realmente la red, y la topología lógica describe cómo fluyen realmente los datos a través de la red. Las dos topologías más básicas son punto a punto y multipunto. Una topología punto a punto generalmente conecta dos computadoras centrales para obtener información digital de alta velocidad. Una topología multipunto conecta tres o más estaciones a través de un solo medio de transmisión y algunos ejemplos son *estrella*, *bus*, *anillo*, *malla* e *híbrido*.

Topología en estrella y. Se diseña una topología en estrella con cada nodo (servidor de archivos, estaciones de trabajo y periféricos) conectado directamente a un concentrador, conmutador o concentrador de red central. Los datos de una red en estrella pasan por el concentrador, el conmutador o el concentrador antes de continuar hacia su destino. El concentrador, conmutador o concentrador gestiona y controla todas las funciones de la red. También actúa como un repetidor para el flujo de datos.



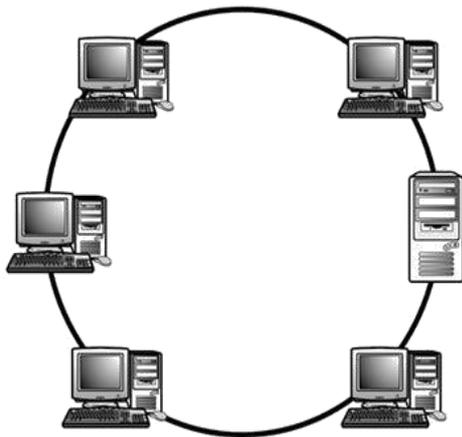
Advantages	Disadvantages
Easily expanded without disruption to the network	Requires more cable
Cable failure affects only a single user	A central connecting device allows for a single point of failure
Easy to troubleshoot and isolate problems	More difficult to implement

Topología del bus: Las redes de bus utilizan una red troncal común para conectar todos los dispositivos. Un solo cable (la red troncal) funciona como un medio de comunicación compartido que los dispositivos conectan o conectan con un conector de interfaz. Un dispositivo que desea comunicarse con otro dispositivo en la red envía un mensaje de difusión al cable que todos los demás dispositivos ven, pero solo el destinatario en realidad acepta y procesa el mensaje. La topología de bus es el método más simple y común para interconectar computadoras. Los dos extremos de la línea de transmisión nunca se tocan para formar un bucle completo. Una topología de bus también se conoce como multipunto o bus lineal o bus horizontal.



Advantages	Disadvantages
Cheap and easy to implement	Network disruption when computers are added or removed
Require less cable	A break in the cable will prevent all systems from accessing the network.
Does not use any specialized network equipment.	Difficult to troubleshoot.

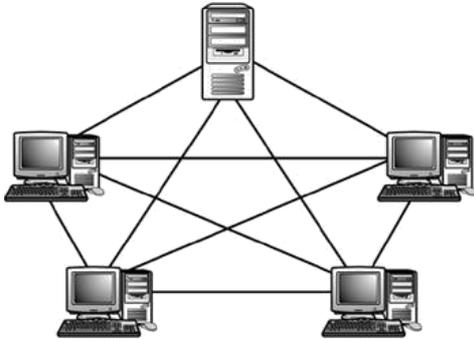
Topología de anillo: En una red en anillo (a veces llamada bucle), cada dispositivo tiene exactamente dos vecinos para fines de comunicación. Todos los mensajes viajan a través de un anillo en la misma dirección (ya sea "en el sentido de las agujas del reloj" o "en el sentido contrario a las agujas del reloj"). Todas las estaciones están interconectadas en tándem (serie) para formar un circuito cerrado o círculo. Las transmisiones son unidireccionales y deben propagarse a través de todas las estaciones del bucle. Cada computadora actúa como un repetidor y la topología de anillo es similar a las topologías de bus o estrella.



Advantages	Disadvantages
Cable faults are easily located, making troubleshooting easier	Expansion to the network can cause network disruption
Ring networks are moderately easy to install	A single break in the cable can disrupt the entire network.

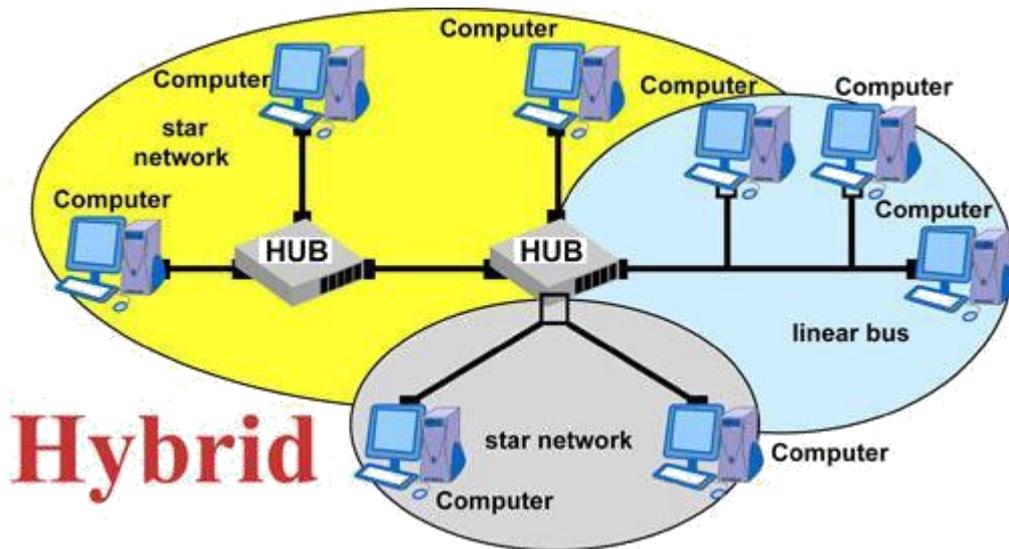
Topología de malla: La topología incorpora un diseño de red único en el que cada computadora en la red se conecta entre sí, creando una conexión punto a punto entre cada dispositivo en la red. A diferencia de cada una de las topologías anteriores, los mensajes enviados en una red de malla pueden tomar cualquiera de varias rutas posibles desde el origen hasta el destino. A

La red de malla en la que cada dispositivo se conecta entre sí se denomina malla completa. Una desventaja es que, una red de malla con n nodos deben tener $n(n-1)/2$ enlaces y cada nodo debe tener $n-1$ Puertos de E/S (enlaces).



Advantages	Disadvantages
Provides redundant paths between devices	Requires more cable than the other LAN topologies
The network can be expanded without disruption to current uses	Complicated implementation

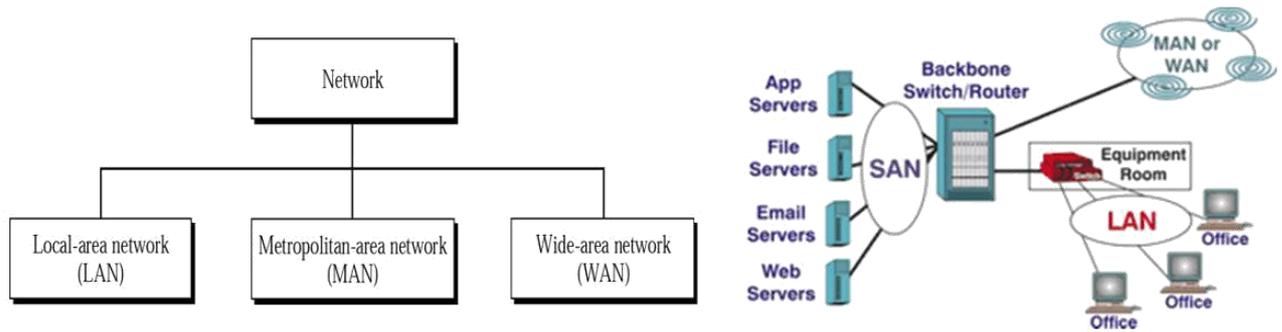
híbrido d.arribaología: Esta topología (a veces llamada topología mixta) simplemente combina dos o más de las topologías tradicionales para formar una topología más grande y compleja. El objetivo principal es poder compartir las ventajas de diferentes topologías.



Clasificaciones de red

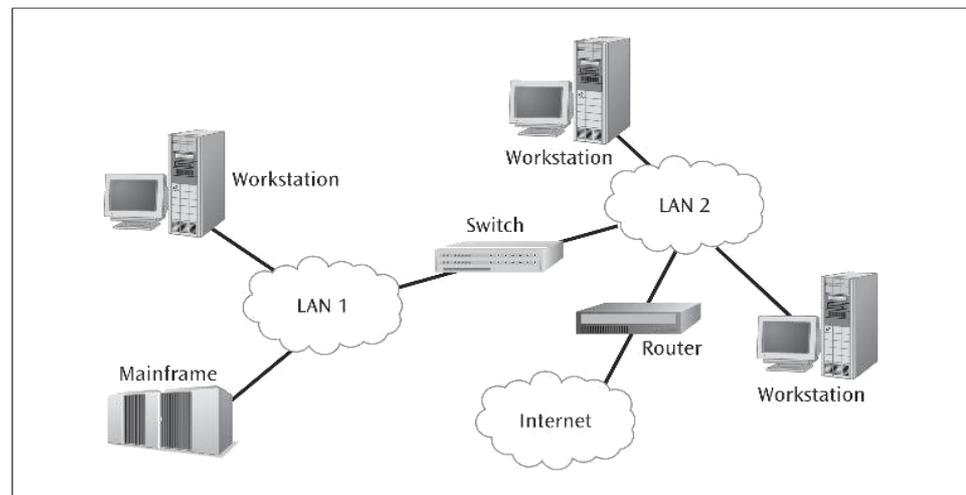
Una forma de categorizar los diferentes tipos de diseños de redes informáticas es por su alcance o escala. Ejemplos comunes de tipos de redes de área son:

- LAN - Red de área local
- WLAN - Red de área local inalámbrica
- WAN - Red de área amplia
- MAN - Red de Área Metropolitana
- SAN - Red de área de sistema, Red de área de servidor o, a veces, Red de área pequeña
- CAN: red de área de campus, red de área de controlador o, a veces, red de área de clúster
- PAN - Red de área personal
- DAN - Red de área de escritorio



Red de área local: Una red de área local (LAN) es una red que conecta computadoras y dispositivos en un área geográfica limitada, como el hogar, la escuela, el laboratorio de computación, el edificio de oficinas o un grupo de edificios muy cerca. Las LAN utilizan un sistema operativo de red para proporcionar comunicaciones bidireccionales a velocidades de bits en el rango de 10 Mbps a 100 Mbps. Además de operar en un espacio limitado, las LAN normalmente también son propiedad, están controladas y administradas por una sola persona u organización. También suelen utilizar ciertas tecnologías de conectividad, principalmente Ethernet y Token Ring.

Figure 7-1
A local area network interconnecting another local area network, the Internet, and a mainframe computer



Ventajas de LAN:

- Comparta recursos de manera eficiente
- La estación de trabajo individual podría sobrevivir a la falla de la red si no depende de otros
- Evolución de los componentes independiente de la evolución del sistema
- Admite hardware/software heterogéneo
- Acceso a otras LAN y WAN
- Altas tasas de transferencia con bajas tasas de error

red de área metropolitana: Una MAN está optimizada para un área geográfica más grande que una LAN, desde varios bloques de edificios hasta ciudades enteras. Su ámbito geográfico se sitúa entre una WAN y una LAN. Una MAN puede ser una red única como la red de televisión por cable o, por lo general, interconecta varias redes de área local (LAN) utilizando una tecnología de red troncal de alta capacidad, como enlaces de fibra óptica, y proporciona servicios de enlace ascendente a redes de área amplia y la Internet. Los MAN suelen funcionar a velocidades de 1,5 Mbps a 10 Mbps y tienen una longitud de cinco millas a unos pocos cientos de millas. Ejemplos de MAN son FDDI (interfaz de datos distribuidos por fibra) y ATM (modo de transferencia asíncrona).

Red de área amplia: Las redes de área amplia son el tipo más antiguo de red de comunicaciones de datos que proporciona transmisión de datos, voz e información de video a larga distancia y velocidad relativamente lenta en áreas geográficas relativamente grandes y muy dispersas, como un país o un continente entero. Las WAN interconectan enrutadores en diferentes ubicaciones. Una WAN se diferencia de una LAN en varios aspectos importantes. La mayoría de las WAN (como Internet) no son propiedad de ninguna organización, sino que existen bajo propiedad y administración colectiva o distribuida. Las WAN tienden a usar tecnología como ATM, Frame Relay y X.25 para la conectividad en distancias más largas.

Red de área mundial: Una WAN proporciona conexiones entre países de todo el mundo. Internet es un buen ejemplo y es esencialmente una red compuesta por otras redes que interconectan prácticamente todos los países del mundo. Las WAN operan de 1,5 Mbps a 100 Gbps y cubren miles de millas.

Red de Área del Campus: una red que abarca múltiples LAN pero más pequeña que una MAN, como en un campus universitario o comercial local.

Red de área de almacenamiento: - conecta servidores a dispositivos de almacenamiento de datos a través de una tecnología como Fibre Channel.

Red de área del sistema: Vincula computadoras de alto rendimiento con conexiones de alta velocidad en una configuración de clúster. También conocida como Red de Área de Clúster.

Columna vertebral del edificio: Es una conexión de red que normalmente transporta tráfico entre LAN departamentales dentro de una sola empresa. Consiste en un conmutador o enrutador para proporcionar conectividad a otras redes, como redes troncales de campus, redes troncales empresariales, MAN, WAN, etc.

Columna vertebral de Campus: Es una conexión de red utilizada para transportar tráfico hacia y desde las LAN ubicadas en varios edificios del campus. Normalmente utiliza cables de fibra óptica para los medios de transmisión entre edificios y opera a tasas de transmisión relativamente altas.

Redes empresariales: - Incluye algunas o todas las redes y componentes anteriores conectados de manera cohesiva y manejable.

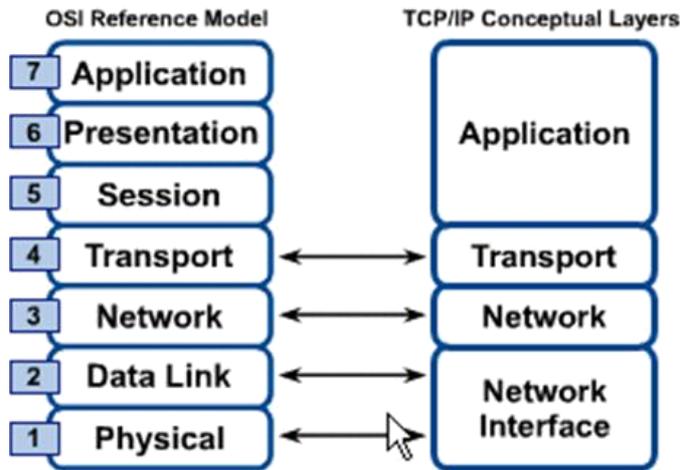
Suites de protocolo alternativo

Los protocolos distintos de OSI que se utilizan ampliamente son TCP/IP y el modelo jerárquico de tres capas de Cisco.

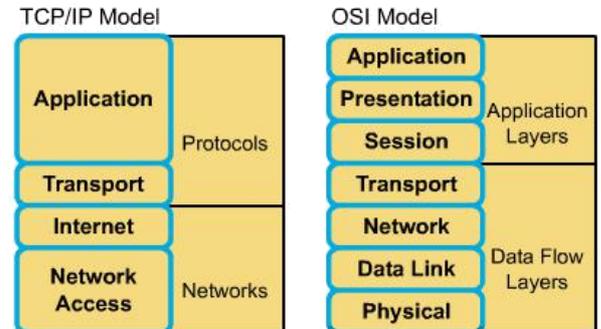
Conjunto de protocolos TCP/IP

El Departamento de Defensa de los Estados Unidos (*Departamento de Defensa*) creó el modelo de referencia TCP/IP porque quería una red que pudiera sobrevivir a cualquier condición, incluso a una guerra nuclear. El modelo de Protocolo de control de transmisión/Protocolo de Internet (TCP/IP) {comúnmente conocido como suite de Internet} es un conjunto de protocolos de comunicación que permiten la comunicación a través de múltiples redes diversas. TCP/IP es un protocolo jerárquico compuesto por tres o cuatro capas. los

La versión de tres capas de TCP/IP contiene las capas de red, transporte y aplicación. La versión de cuatro capas especifica la capa de host a red.



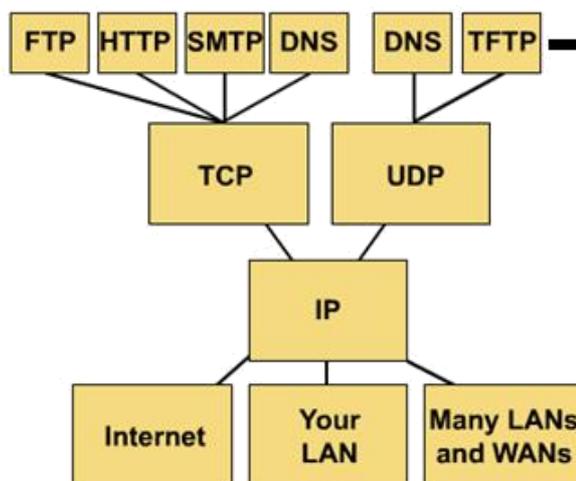
Comparing TCP/IP with OSI



Los diseñadores de TCP/IP consideraron que los protocolos de nivel superior deberían incluir la *sesión* y *presentación* detalles de la capa. Simplemente crearon un *solicitud* capa que maneja protocolos de alto nivel, problemas de representación, codificación y control de diálogo. El TCP/IP combina todos los problemas relacionados con la aplicación en una sola capa y garantiza que estos datos se empaqueten correctamente para la siguiente capa.

El TCP/IP **capa de transporte** se ocupa de los problemas de calidad de servicio de confiabilidad, control de flujo y corrección de errores. Uno de sus protocolos, el protocolo de control de transmisión (TCP), proporciona formas excelentes y flexibles de crear comunicaciones de red fiables, fluidas y con pocos errores. TCP es un *protocolo orientado a conexión*. El otro protocolo es el Protocolo de datagramas de usuario (UDP), que es un protocolo sin conexión.

Protocol Graph: TCP/IP



Protocolos TCP/IP comunes

- Application Layer
- Transport Layer
- Internet Layer
- Network Access

El propósito de **capa de Internet** es enviar paquetes de origen desde cualquier red en la internetwork y hacer que lleguen al destino independientemente del camino y las redes que tomaron para llegar allí. El protocolo específico que gobierna esta capa se denomina **Protocolo de Internet (IP)**. *Determinación de la mejor ruta y conmutación de paquetes* ocurren en esta capa.

La **capa de acceso a la red** también llamada *host a red* La capa se ocupa de todos los problemas relacionados con la entrega física de paquetes de datos mediante tramas o celdas.

Diferencias entre OSI y TCP/IP

- TCP/IP combina los problemas de la capa de presentación y sesión en su capa de aplicación
- TCP/IP combina el enlace de datos OSI y las capas físicas en una sola capa
- TCP/IP parece más simple porque tiene menos capas
- Los protocolos TCP/IP son los estándares en torno a los cuales se desarrolló Internet, por lo que el modelo TCP/IP gana credibilidad solo por sus protocolos. En cambio, típicamente las redes aliadas no se basa en el protocolo OSI, aunque el modelo OSI se utiliza como guía.

Modelo de tres capas de Cisco

Cisco ha definido un modelo jerárquico conocido como modelo jerárquico de interconexión de redes. Este modelo simplifica la tarea de construir una interred jerárquica confiable, escalable y menos costosa porque en lugar de enfocarse en la construcción de paquetes; se enfoca en las tres áreas funcionales, o capas, de la red.

Capa central: esta capa se considera la columna vertebral de la red e incluye los conmutadores de gama alta y los cables de alta velocidad, como los cables de fibra. Esta capa de la red no enruta el tráfico en la LAN. Además, los dispositivos de esta capa no manipulan paquetes. Más bien, esta capa se preocupa por la velocidad y garantiza la entrega confiable de paquetes.

Capa de distribución: Esta capa incluye redes basadas en LAN enrutadores y conmutadores de capa 3. Esta capa garantiza que los paquetes se enruten correctamente entre subredes y VLAN en su empresa. Esta capa también se denomina capa de grupo de trabajo. También proporciona conectividad de red basada en políticas, que incluye:

- **Filtrado de paquetes (firewalling):** Procesa paquetes y regula la transmisión de paquetes en función de su información de origen y destino para crear fronteras de red.-
- **QoS:** el enrutador o los conmutadores de capa 3 pueden leer paquetes y priorizar la entrega, según las políticas establecidas.-
- **Punto de agregación de la capa de acceso:** la capa sirve como punto de agregación para los conmutadores de la capa de escritorio.-
- **Control de difusión y multidifusión:** la capa sirve como límite para los dominios de difusión y multidifusión.-
- **Puertas de enlace de aplicaciones:** la capa le permite crear puertas de enlace de protocolo hacia y desde diferentes arquitecturas de red.-
- La capa de distribución también realiza colas y proporciona manipulación de paquetes del tráfico de red.-

Capa de acceso: esta capa incluye concentradores y conmutadores. Esta capa también se denomina capa de escritorio porque se enfoca en conectar nodos de clientes, como estaciones de trabajo a la red. Esta capa garantiza que los paquetes se entreguen a las computadoras de los usuarios finales. En la capa de acceso, puede:

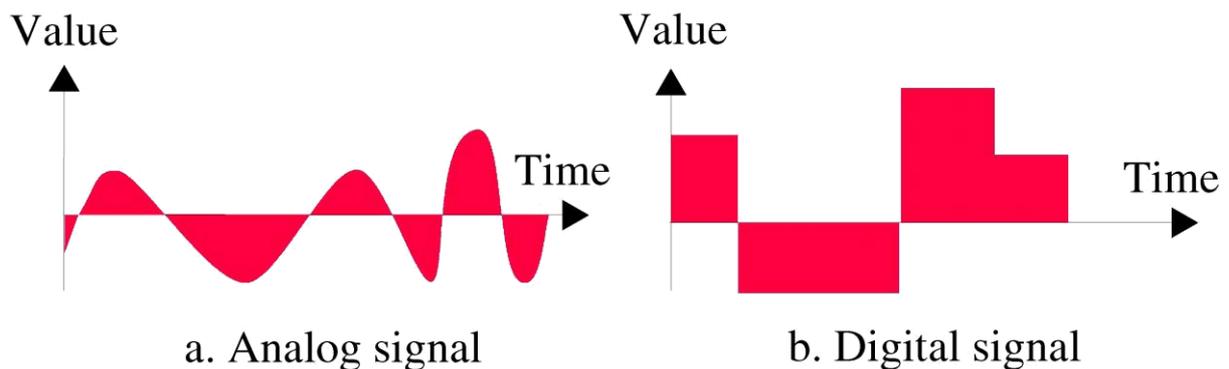
- Habilitar Dirección MAC Filtrado: Es posible programar un interruptor para permitir que solo ciertos sistemas accedan a las LAN conectadas.-
- Crear dominios de colisión separados: un conmutador puede crear colisiones separadas dominios para cada nodo conectado para mejorar el rendimiento.-
- Compartir ancho de banda: puede permitir que la misma conexión de red maneje todos los datos.-
- Manejar el ancho de banda del conmutador: puede mover datos de una red a otra para realizar el equilibrio de carga.-

Los beneficios del modelo jerárquico de Cisco incluyen:

-
- Alto rendimiento: puede diseñar redes de alto rendimiento, donde solo ciertas capas son susceptibles de congestión.
-
- Gestión eficiente y solución de problemas ng: Le permite organizar eficientemente administración de redes y aislar las causas de los problemas de red.
-
- Creación de políticas: puede crear políticas fácilmente y especificar filtros y reglas.
-
- Escalabilidad: puede hacer crecer la red fácilmente dividiendo su red en áreas funcionales.
-
- Predicción del comportamiento: Al planificar o administrar una red, el-El modelo le permite determinar qué le sucederá a la red cuando se le apliquen nuevas tensiones.

Señales, Ruido, Modulación y Demodulación

Las computadoras transmiten datos usando señales digitales, secuencias de niveles de voltaje específicos. Las computadoras a veces se comunican a través de líneas telefónicas usando señales analógicas, que se forman por niveles de voltaje que varían continuamente. Las señales eléctricas pueden estar en forma analógica o digital. Con señales analógicas, la amplitud cambia continuamente con respecto al tiempo sin interrupciones ni discontinuidades. Una onda sinusoidal es la señal analógica más básica.



Las señales digitales se describen como discretas; su amplitud mantiene un nivel constante durante un período prescrito de tiempo y luego cambia a otro nivel. Si solo son posibles dos niveles, se llama señal binaria. Todas las señales binarias son digitales, pero no todas las señales digitales son necesariamente binarias. La conversión de señales de información a una forma diferente se llama **modulación** y el proceso inverso se llama **demodulación**. La señal moduladora es la información y la señal modulada es la **transportador**.

Dos tipos básicos de sistemas de comunicaciones electrónicas son analógicos y digitales. Un sistema de comunicaciones digital analógico es un sistema de comunicaciones en el que la energía se transmite y recibe en forma analógica y también se propaga a través del sistema en forma analógica. Las comunicaciones digitales cubren una amplia gama de técnicas de comunicación, incluidas la transmisión digital y la modulación digital.

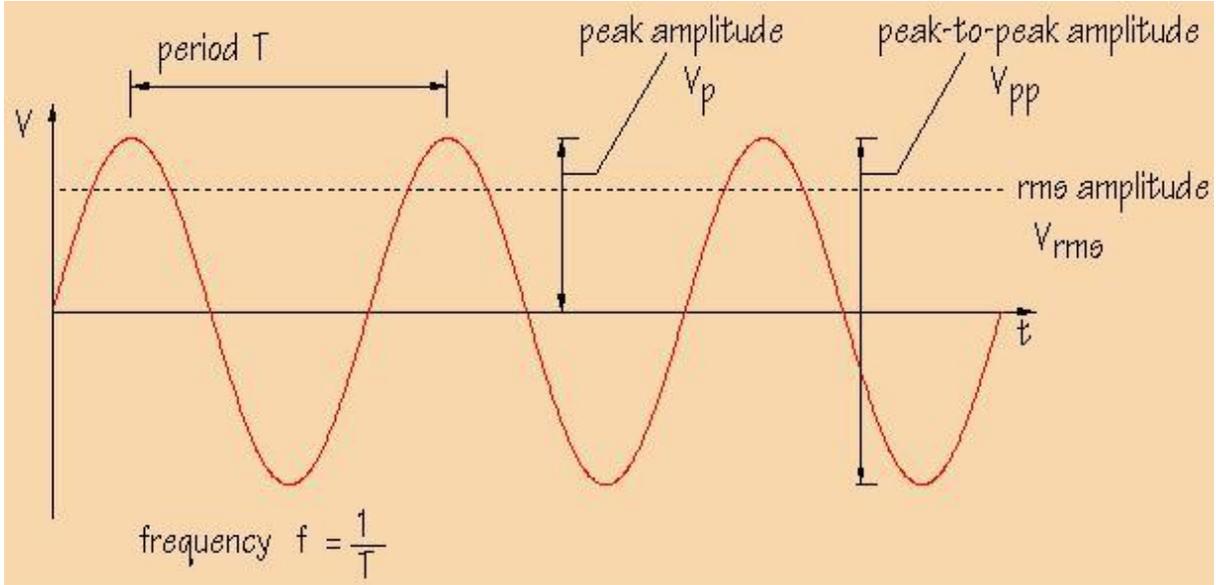
Análisis de señal

El análisis matemático de señales se utiliza para analizar y predecir el rendimiento del circuito sobre la base de la distribución de tensión y la composición de frecuencias de la señal de información.

Amplitud, Frecuencia y Fase

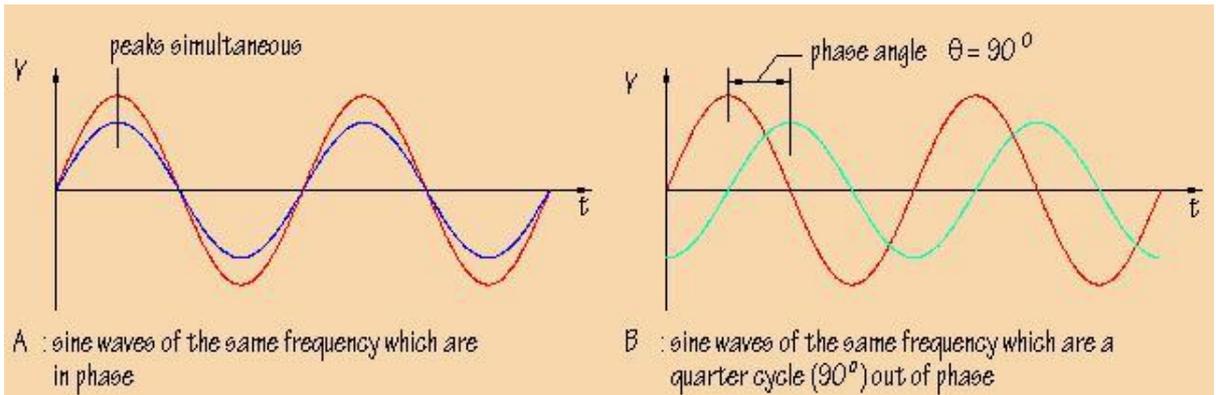
A ciclo es una variación completa en la señal, y la **período** es el tiempo que tarda la forma de onda en completarse en el ciclo. Un ciclo constituye 360 grados (o 2π radianes). Las ondas sinusoidales se pueden describir en términos de tres parámetros: **amplitud, frecuencia y fase**.

Amplitud (A) : Es análogo a magnitud o desplazamiento. La amplitud de una señal es la magnitud de la señal en cualquier punto de la forma de onda. La amplitud de la señal eléctrica generalmente se mide en voltaje. El voltaje máximo de una señal con respecto a su valor promedio se denomina amplitud pico o voltaje pico.

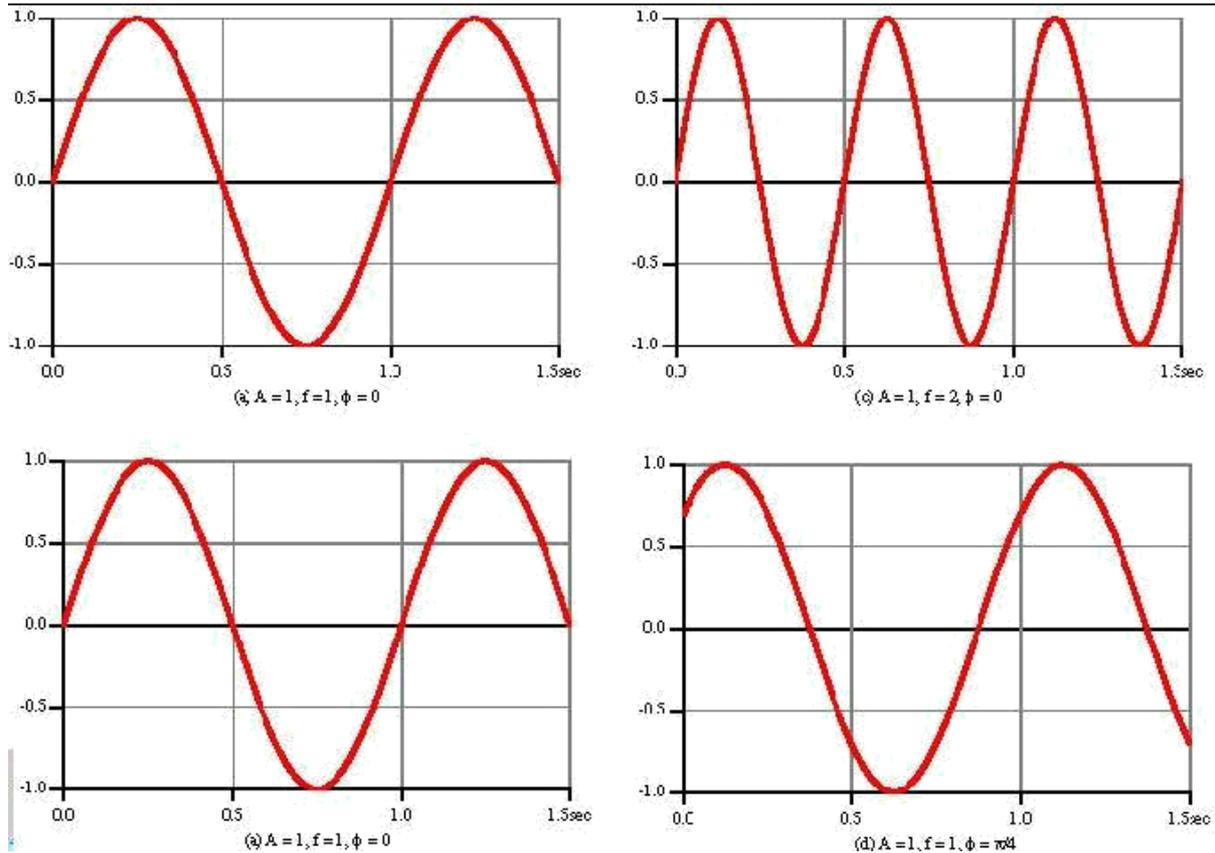


Frecuencia (f) : El tiempo de un ciclo de una forma de onda es su período, que se mide en segundos. La frecuencia es el número de ciclos completados por segundo. La unidad de medida de la frecuencia es el **hercios, Hz**. 1 Hz = 1 ciclo por segundo. La frecuencia de la señal se puede calcular a partir de **$T=1/F$**

Fase (Ø): La fase de la señal se mide en grados o radianes con respecto a un punto de referencia. Un cambio de fase de 180 grados corresponde a un cambio de medio ciclo.



Un cambio de fase de 360 grados corresponde a un cambio de un ciclo completo. Si dos ondas sinusoidales tienen la misma frecuencia y ocurren al mismo tiempo, se dice que son **en fase**, o se dice que están fuera de fase. La diferencia de fase se puede medir en grados y se denomina **ángulo de fase**, θ



Onda sinusoidal variable con respecto a la frecuencia y la fase

Señales periódicas

Una señal es periódica si completa un patrón dentro de un tiempo medible y se caracteriza por amplitud, frecuencia y fase. Matemáticamente, una forma de onda de voltaje de frecuencia única es

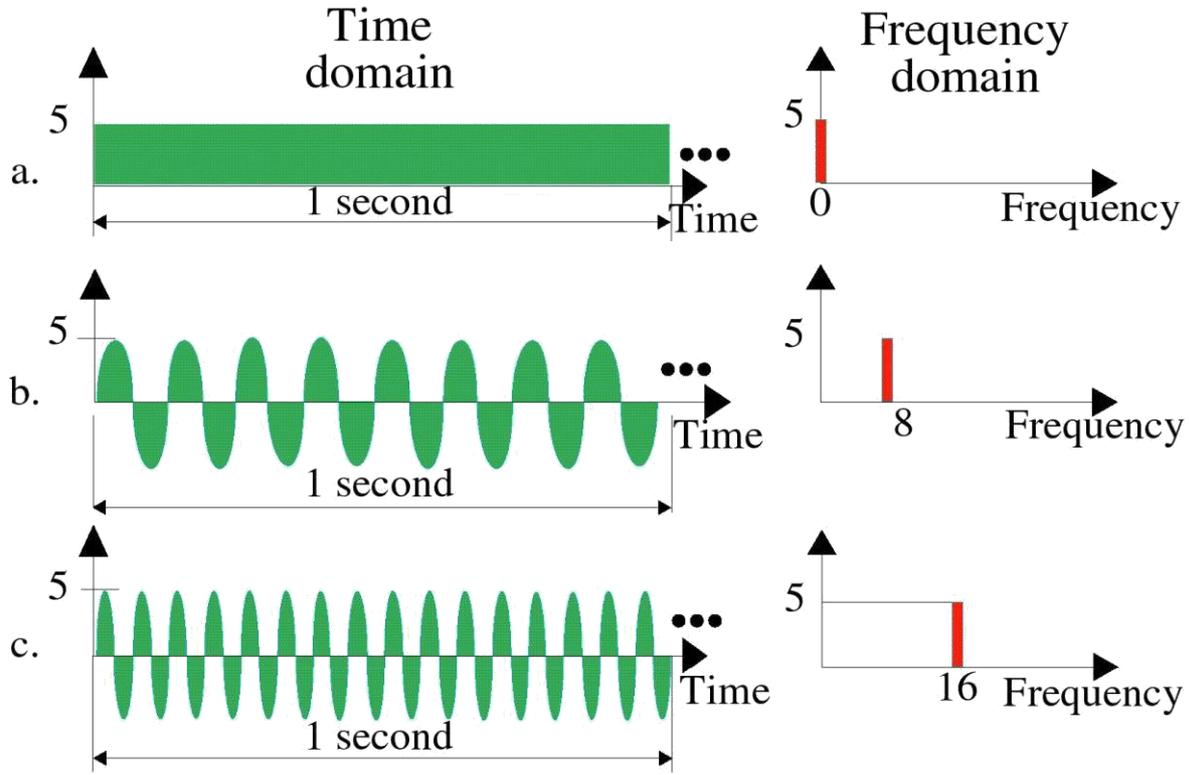
$$Vermont = V \sin(2\pi f t + \theta), \text{ donde}$$

- Vermont es la onda sinusoidal de voltaje variable en el
- tiempo-V es la amplitud máxima en voltios-
- f es la frecuencia en hertz es
- el tiempo en segundos-
- θ es la fase en grados o radianes-

Se llama onda periódica porque se repite a una velocidad uniforme. Una serie de ondas seno, coseno o cuadradas constituyen un ejemplo de ondas periódicas, que se pueden analizar tanto en el dominio del tiempo como en el dominio de la frecuencia.

Dominio del tiempo : El dominio del tiempo es un término utilizado para describir el análisis de funciones matemáticas, o señales físicas, con respecto al tiempo. En el dominio del tiempo, el valor de la señal o función se conoce para todos los números reales, en el caso del tiempo continuo, o en varios instantes separados en el caso del tiempo discreto. Un osciloscopio es una herramienta de dominio del tiempo comúnmente utilizada para visualizar señales del mundo real en el dominio del tiempo. Un gráfico en el dominio del tiempo muestra cómo cambia una señal con el tiempo.

Dominio de la frecuencia : el dominio de la frecuencia es un término utilizado para describir el análisis de funciones matemáticas o señales con respecto a la frecuencia, en lugar del tiempo. Un analizador de espectro es un instrumento de dominio de frecuencia que muestra un gráfico de amplitud versus frecuencia (llamado espectro de frecuencia). El eje horizontal representa la frecuencia y el eje vertical la amplitud mostrando una desviación vertical para cada frecuencia presente en la forma de onda, que es proporcional a la amplitud de la frecuencia que representa.



Ejemplos para el dominio del tiempo y el dominio de la frecuencia

Señales complejas

Cualquier forma de onda repetitiva que se compone de más de una onda sinusoidal o coseno relacionada armónicamente se denomina onda compleja no sinusoidal. La serie de Fourier se utiliza para analizar las ondas periódicas complejas.

Series de Fourier: La serie de Fourier se utiliza en el análisis de señales para representar los componentes sinusoidales de formas de onda periódicas no sinusoidales. A series de Fourier descompone un periódico función o señal periódica en una suma de funciones oscilantes simples, a saber, senos y cosenos. Se puede expresar como:

$$f(t) = A_0 + A_1 \cos\alpha + A_2 \cos2\alpha + A_3 \cos3\alpha + \dots + A_n \cos n\alpha$$

$$+ A_0 + B_1 \sen\beta + B_2 \sen2\beta + B_3 \sen3\beta + \dots + B_n \sen n\beta$$

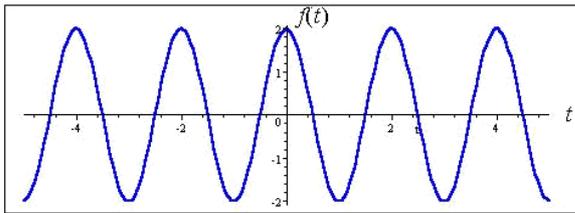
Donde $\alpha = \beta$

Cualquier forma de onda periódica se compone de un componente de CC promedio y una serie de ondas seno o coseno armónicamente relacionadas. Un armónico es un múltiplo entero de la frecuencia fundamental. La frecuencia fundamental es el primer armónico e igual a la

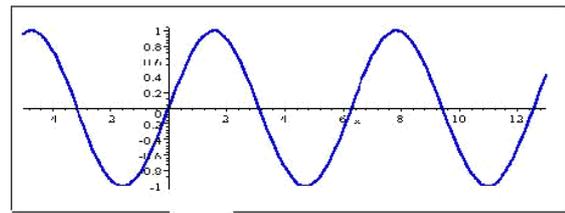
frecuencia (tasa de repetición) de la forma de onda. El segundo múltiplo se llama segundo armónico, el tercer múltiplo se llama tercer armónico y así sucesivamente.

simetría de onda : Describe la simetría de una forma de onda en el dominio del tiempo, es decir, su posición relativa con respecto a los ejes horizontal (tiempo) y vertical (amplitud).

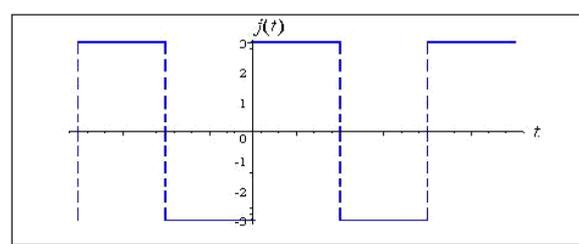
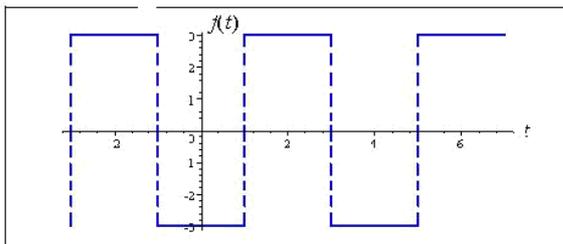
Incluso simetría : Si una forma de onda de tensión periódica es simétrica con respecto al eje vertical, se dice que tiene ejes, o simetría especular, y se denomina función par. Para todas las funciones pares, el Los coeficientes β son cero. Incluso la función satisface la condición. $f(t) = f(-t)$



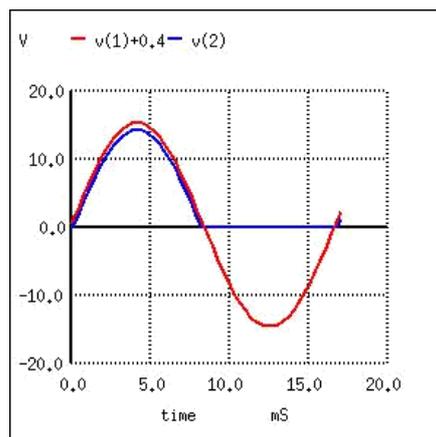
Examples of Even waves: sine wave and square wave



Examples of Odd waves: sine wave and square wave



Simetría extraña : Si una forma de onda de tensión periódica es simétrica con respecto a una línea a mitad de camino entre el eje vertical y el eje horizontal negativo y que pasa por el origen de coordenadas, se dice que tiene que apuntar o sesgar, simetría y se denomina función impar. Para todas las funciones impares, los coeficientes α son cero. La función impar satisface $f(t) = -f(-t)$



Simetría de media onda : Si una forma de onda de tensión periódica es tal que la forma de onda del primer medio ciclo se repite excepto con el signo opuesto para el segundo medio ciclo, se dice que tiene simetría de media onda. La simetría de media onda implica que la segunda mitad de la onda es exactamente opuesta a la primera mitad. Una función con simetría de media onda no tiene que ser par o

impar, ya que esta propiedad solo requiere que la señal desplazada sea opuesta. Las funciones de media onda satisfacen la condición. $f(t) = -f(T+t)/2$

Espectro de frecuencia y ancho de banda

El espectro de frecuencia de una forma de onda consta de todas las frecuencias contenidas en la forma de onda y sus respectivas amplitudes trazadas en el dominio de frecuencia.

El ancho de banda de una señal de información es simplemente la diferencia entre las frecuencias más altas y más bajas contenidas en la información y el ancho de banda de un canal de comunicación es la diferencia entre las frecuencias más altas y más bajas que el canal permitirá pasar a través de él.

Ruido eléctrico y relación señal-ruido

El ruido es cualquier perturbación o distorsión que surge en el proceso de comunicación. El ruido eléctrico se define como cualquier energía eléctrica indeseable que cae dentro de la banda de paso de la señal. Una señal de ruido consiste en una mezcla de frecuencias con amplitudes aleatorias. El ruido puede originarse de varias formas. Las señales de comunicación de datos más prevalentes y que más interfieren son *ruido artificial, ruido térmico, ruido correlacionado y ruido impulsivo.*

Ruido hecho por el hombre : Es el tipo de ruido producido por el hombre. Las fuentes principales son los mecanismos que producen chispas, como los conmutadores de los motores eléctricos, los sistemas de encendido de los automóviles, los equipos de conmutación y generación de corriente alterna y las luces fluorescentes. Es de naturaleza impulsiva y contiene una amplia gama de frecuencias que se propagan en el espacio libre como las ondas de radio. El ruido artificial es más intenso en áreas más densamente pobladas y, a veces, se lo denomina *ruido industrial.*

Ruido térmico : Este es el ruido generado por la agitación térmica de los electrones en un conductor. También se le conoce como ruido blanco debido a su distribución uniforme en todo el espectro de frecuencias electromagnéticas. La densidad de potencia de ruido es la potencia de ruido térmico presente en un ancho de banda de 1 Hz y viene dado por $N_0 = KT$.

El ruido térmico es independiente de la frecuencia y, por tanto, el ruido térmico presente en cualquier

$$N = KTB$$

el ancho de banda es donde N es la potencia de ruido térmico en vatios, k es de Boltzmann

constante en julios por Kelvin, T es la temperatura del conductor en kelvin ($0K = -273 C$), y B es el ancho de banda en hercios. La potencia del ruido a menudo se mide en dBm. De la ecuación anterior, La potencia de ruido en una resistencia a temperatura ambiente, en dBm, es: **$N_{dBm} = -174 dBm + 10 \log B$**

Ruido correlacionado : este ruido está correlacionado con la señal y no puede estar presente en un circuito a menos que haya una señal. El ruido correlacionado es producido por amplificación no lineal e incluye distorsión armónica y distorsión de intermodulación. La distorsión armónica ocurre cuando se producen armónicos no deseados de una señal a través de la amplificación no lineal y también es

llamada distorsión de amplitud. La distorsión de intermodulación es la generación de frecuencias de suma y diferencia no deseadas que se producen cuando dos o más señales se amplifican en un dispositivo no lineal.

Ruido de impulso : Este ruido se caracteriza por picos de gran amplitud y corta duración en el espectro total del ruido. Consiste en ráfagas repentinas de pulsos de forma irregular que generalmente duran entre unos pocos microsegundos y varios milisegundos, dependiendo de su amplitud y origen. En el caso de las comunicaciones de voz, el ruido de impulso es muy molesto ya que genera un chasquido agudo o un sonido crepitante que es devastador en los circuitos de datos.

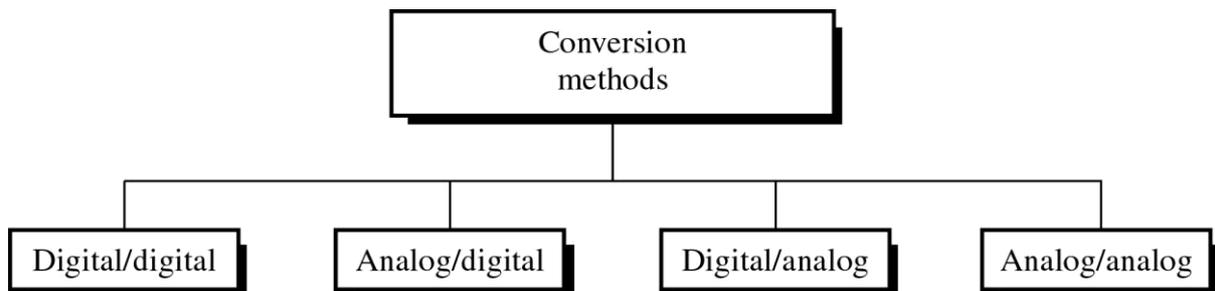
Relación de potencia de señal a ruido :**Relación señal-ruido**(a menudo abreviado **SNR** o **S/N**) se define como la relación entre la potencia de la señal y la potencia del ruido que corrompe la señal. Una relación superior a 1:1 indica más señal que ruido. La relación señal-ruido se define como la relación de potencia entre **señal (información significativa) y el ruido de fondo (señal no deseada)**

$$SNR = \frac{P_{\text{signal}}}{P_{\text{noise}}},$$

donde P es la potencia media en vatios. La relación a menudo expresada en decibeles como $S/N_{(dBm)} = 10 \log_{10}(PS/PN)$

Sistemas de modulación analógica

Una onda sinusoidal tiene tres componentes principales: amplitud, frecuencia y fase y se puede expresar como $V \sin(2\pi f t + \theta)$. Si la señal de información es analógica y la amplitud (V) de la portadora varía proporcionalmente a la señal de información, **Amplitud modulada (AM)** se produce. Si la frecuencia (f) se varía proporcionalmente a la señal de información, **modulación de frecuencia (FM)** y si se varía la fase (θ) proporcionalmente a la señal de información, **modulación de fase (PM)** se produce. La modulación de frecuencia y fase son similares y, a menudo, se combinan y se denominan simplemente **modulación de ángulo**.

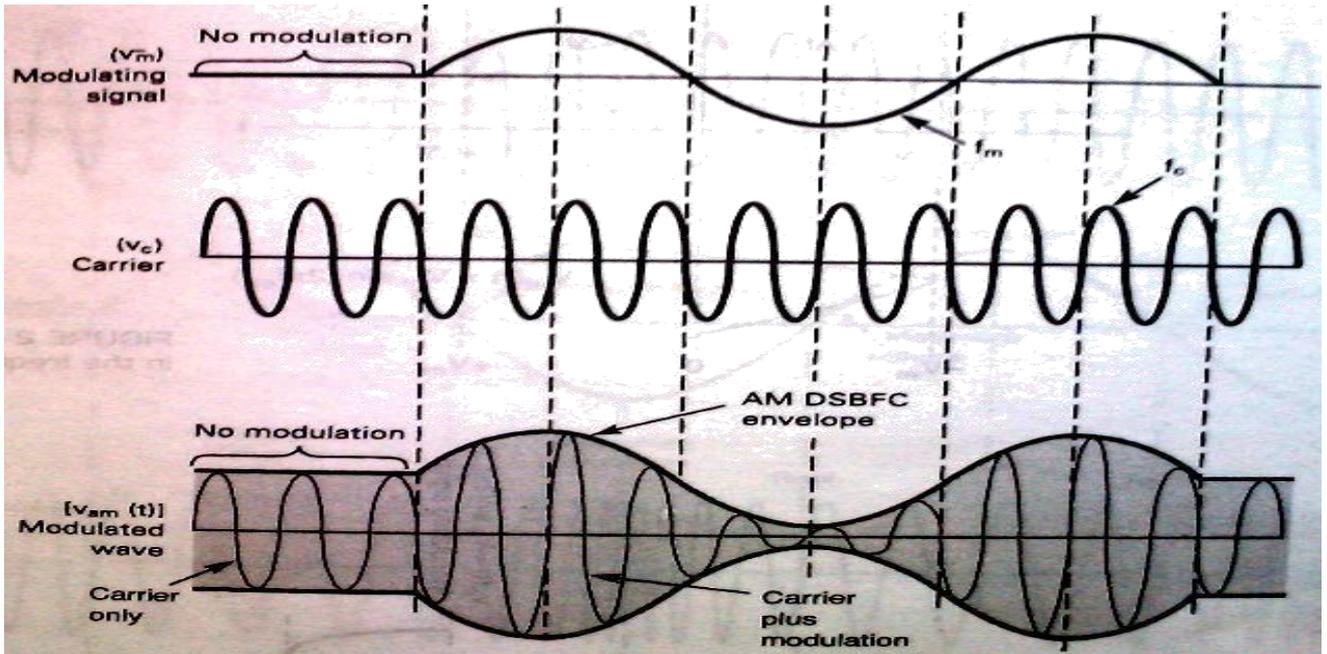


El proceso de imprimir señales de información de frecuencia relativamente baja en una de alta La señal portadora de frecuencia se llama **modulación** y el proceso inverso se llama **demodulación**.

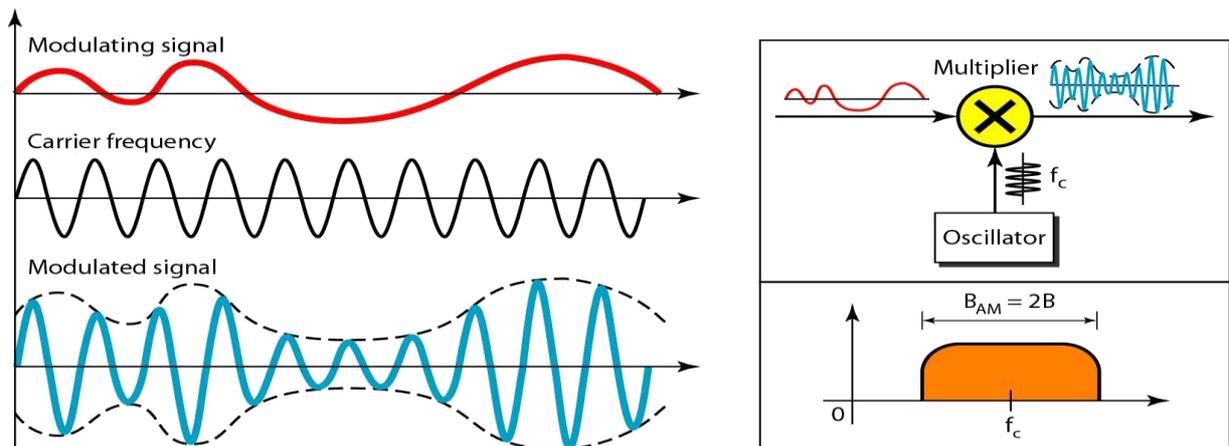
La modulación analógica se usa para la transmisión de señales analógicas convencionales, como voz, música y video, y no es particularmente útil para los sistemas de comunicación de datos.

Amplitud modulada

La modulación de amplitud es el proceso de cambiar la amplitud de una señal portadora de frecuencia relativamente alta en proporción al valor instantáneo de la señal de modulación (información). Los moduladores AM son dispositivos de dos entradas, uno de ellos es una única señal portadora de frecuencia relativamente alta de amplitud constante y la segunda es la señal de información de frecuencia relativamente baja. La siguiente figura muestra la generación de una forma de onda AM cuando una señal de modulación de frecuencia única actúa sobre una señal portadora de alta frecuencia.



Generación AM



Las ventajas de AM son simples de implementar, necesita un circuito con muy pocos componentes y de bajo costo. Las desventajas incluyen el uso ineficiente de energía y el uso de ancho de banda y también propenso al ruido. El ancho de banda total requerido para AM se puede determinar a partir de la ancho de banda de la señal de audio: $B_{AM} = 2B$

Modulación de ángulo

La modulación angular se produce siempre que el ángulo de fase de una señal sinusoidal varía con respecto al tiempo e incluye tanto FM como PM. Siempre que se varía la frecuencia de una señal portadora, también se varía la fase y viceversa. Si la frecuencia de la portadora varía directamente de acuerdo con la señal de información, resulta FM, mientras que si la fase varía directamente, resulta PM.

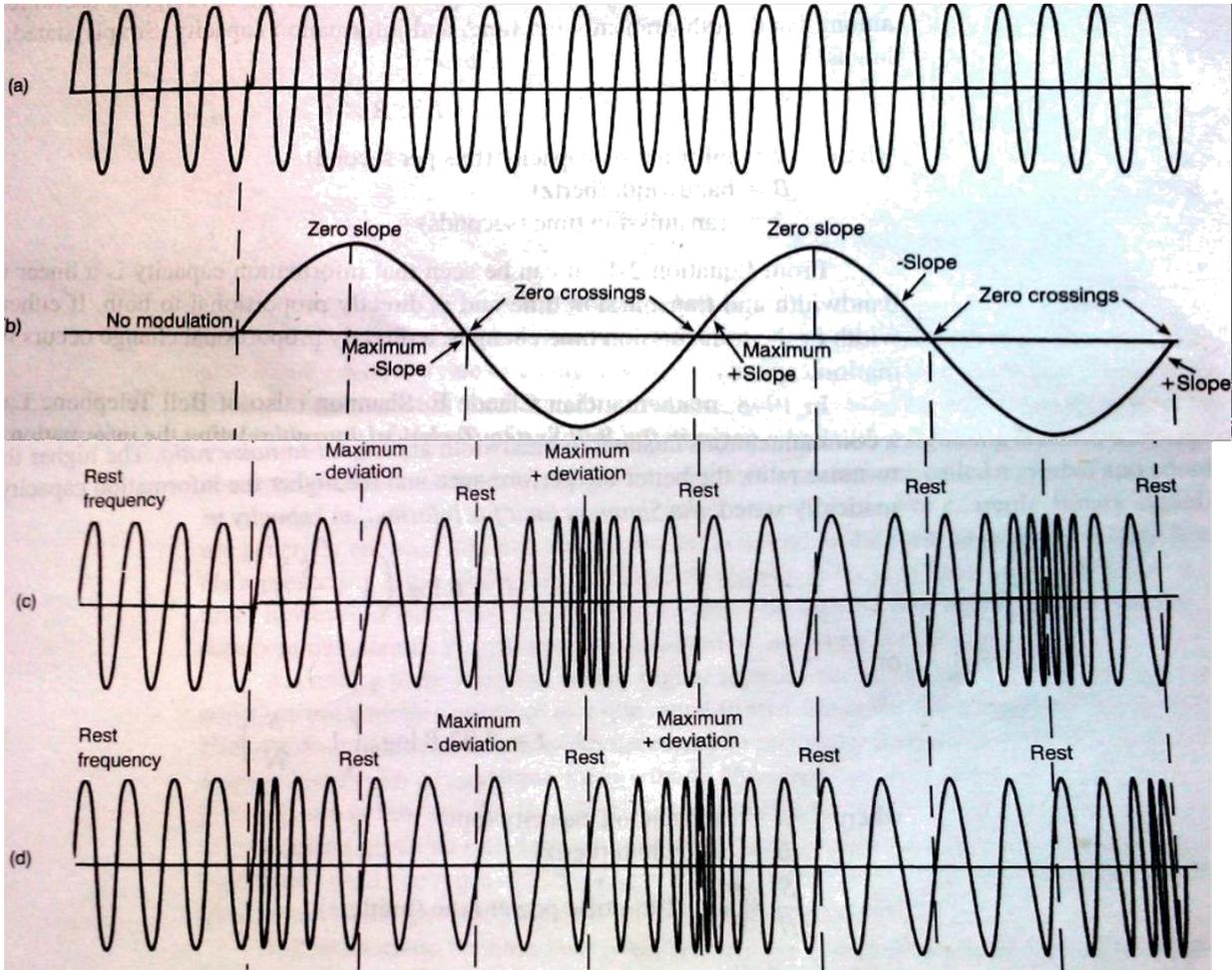
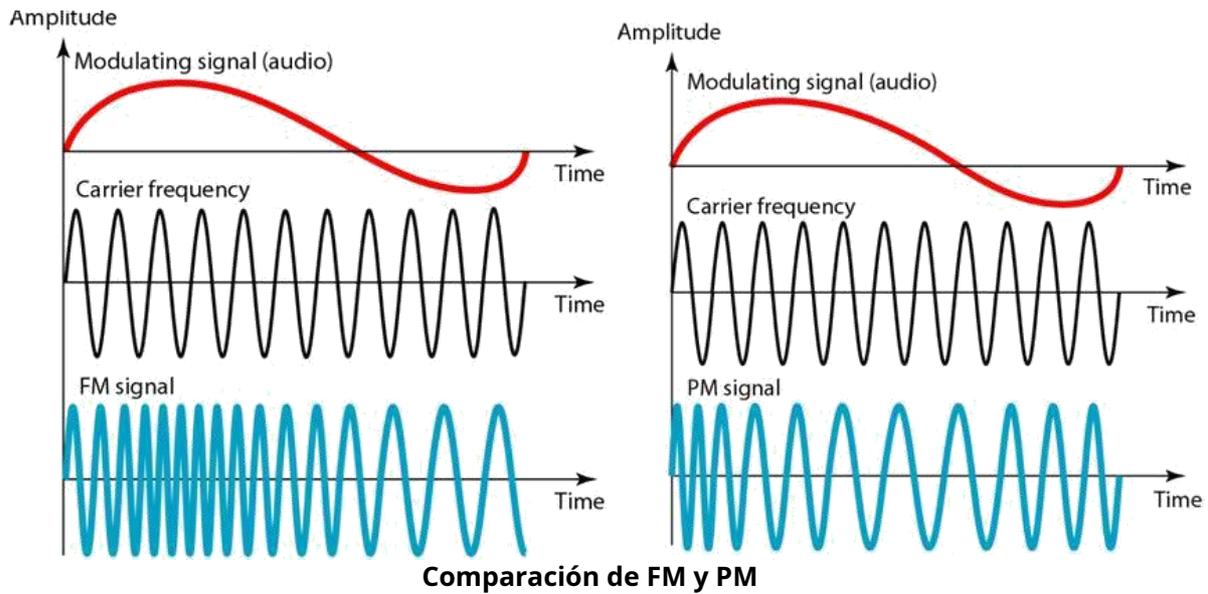


FIGURE 2-16 Phase and frequency modulation of a sine-wave carrier by a sine-wave signal: (a) unmodulated carrier; (b) modulating signal; (c) frequency-modulated wave; (d) phase-modulated wave

La figura anterior muestra la FM y PM de una portadora sinusoidal por una señal de modulación de frecuencia única. Las formas de onda de FM y PM son idénticas excepto por su relación de tiempo (fase). Con FM, la máxima desviación de frecuencia ocurre durante los picos máximos positivos y negativos de la señal de modulación. Con PM, la máxima desviación de frecuencia ocurre durante los cruces por cero en la señal de modulación.



Una característica importante de FM y PM es que pueden brindar una mejor protección al mensaje contra el ruido del canal en comparación con AM. Además, debido a su naturaleza de amplitud constante, pueden soportar la distorsión no lineal y el desvanecimiento de amplitud.

Capacidad de información, bits, tasa de bits, baudios y codificación M-ARY

Capacidad de informaciones una medida de cuánta información se puede propagar a través de un sistema de comunicación y una función del ancho de banda y el tiempo de transmisión. Representa el número de símbolos independientes que se pueden transportar a través de un sistema en una unidad de tiempo determinada. El símbolo digital más básico utilizado para representar información es el **dígito binario, o bit**. **Tasa de bits** es simplemente el número de bits transmitidos durante 1 segundo y se expresa como *bits por segundo (bps)*.

R.Hartley desarrolló una relación útil entre el ancho de banda, el tiempo de transmisión y la capacidad de información llamada **ley de Hartley** dada por:

$$I \propto B \times t$$

Donde, *I* es la capacidad de información en bps, *B* es el ancho de banda en hertz y *t* es el tiempo de transmisión en seg's

Claude E. Shannon proporciona la relación entre la capacidad de información de un canal de comunicación a un ancho de banda y la relación señal-ruido. Cuanto mayor sea la relación señal-ruido, mejor será el rendimiento y también la capacidad de información es mayor. los **Límite de Shannon de la capacidad de informaciones**

$$I = \text{registro } B_2(1 + S/N) \quad \text{O} \quad I = 3,32 B \text{ registro}_{10}(1 + S/N)$$

Donde *I* es la capacidad de información en bps, *B* es el ancho de banda en hertzios y *S/N* es la relación señal/ruido.

Codificación M-aria

M-ario es un término derivado de la palabra binario. M simplemente representa un dígito que corresponde al número de condiciones, niveles o combinaciones posibles para un número dado de variables binarias. Por ejemplo, una señal digital con cuatro condiciones posibles es un sistema M-ario donde $M=4$ y si hay ocho condiciones posibles, entonces $M=8$. El número de bits necesarios para producir un número dado de condiciones se expresa matemáticamente como:

$N = \log_2 M$ o se puede escribir como $N = \log_2 M$, donde N es el número de bits necesarios y M es el número de condiciones, niveles o combinaciones posibles con N bits. De la ecuación se puede decir que si hay un bit, solo son posibles 2 o dos condiciones. Para dos bits son posibles 2 o cuatro condiciones.

Baud y ancho de banda mínimo

Baud, como la tasa de bits es una tasa de cambio. Baud se refiere a la tasa de cambio de la señal en el medio de transmisión después de que se hayan producido la codificación y la modulación. Baud es el recíproco del tiempo de un elemento de señalización de salida, y un elemento de señalización puede representar varios bits de información. Los baudios también se transmiten de uno en uno y un baudio puede representar más de un bit de información. Por lo tanto, la velocidad en baudios del sistema de comunicaciones de datos puede ser considerablemente menor que la tasa de bits.

Según H.Nyquist, las señales digitales binarias se pueden propagar a través de un medio silencioso ideal a una velocidad igual al doble del ancho de banda del medio. El ancho de banda mínimo teórico necesario para propagar una señal se denomina ancho de banda mínimo de Nyquist o, a veces, ancho de banda de Nyquist. Usando señalización multinivel, el Nyquist

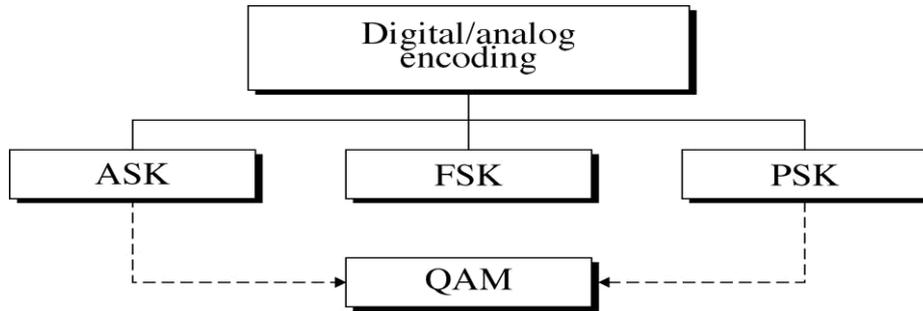
formulación para la capacidad del canal es $C = B \log_2 M$ donde, C es la capacidad del canal en bps, B es el ancho de banda mínimo de Nyquist en hercios y M no es una señal discreta o niveles de voltaje. Si se sustituye N , obtenemos

$B = \text{baudios} = C / N$, donde N es el número de bits codificados en cada elemento de señalización.

Modulación Digital

La modulación digital es la transmisión de señales analógicas moduladas digitalmente entre dos o más puntos en un sistema de comunicaciones. Los sistemas de modulación analógica y digital utilizan portadores analógicos para transportar información a través del sistema, pero la modulación digital utiliza una señal de modulación digital (información). Los sistemas analógicos utilizan únicamente señales analógicas. En, $V \sin(2\pi f t + \theta)$, si la señal de información es digital y la amplitud (V) de la portadora varía proporcionalmente a la señal de información, se produce una señal modulada digitalmente denominada modulación por desplazamiento de amplitud (ASK). Si la frecuencia (f) varía proporcionalmente a la señal de información, se produce modulación por desplazamiento de frecuencia (FSK) y si la fase varía proporcionalmente a la señal de información, se produce modulación por desplazamiento de fase (PSK). Si tanto la amplitud como la fase son

varía proporcionalmente a la señal de información, resulta la modulación de amplitud en cuadratura (QAM).



La modulación digital es ideal para una multitud de aplicaciones de comunicaciones, incluidos los sistemas de cable e inalámbricos. Las aplicaciones incluyen sistemas de comunicación de datos de banda de voz de velocidad relativamente baja, sistemas de transmisión de datos de alta velocidad, sistemas de comunicación digital por satélite y sistemas de comunicación personal (PCS).

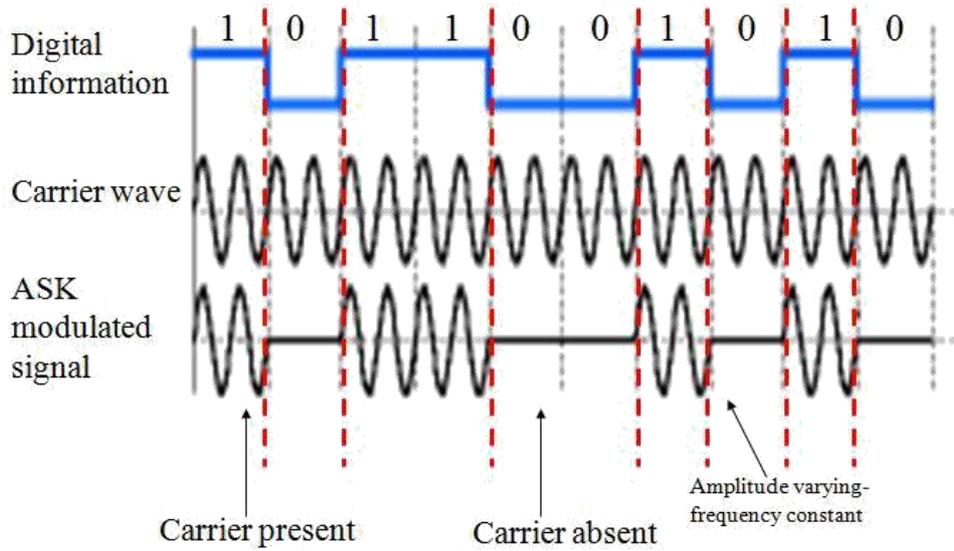
Modulation format	Application
MSK, GMSK	GSM, CDPD
BPSK	Deep space telemetry, cable modems
QPSK, $\pi/4$ DQPSK	Satellite, CDMA, NADC, TETRA, PHS, PDC, LMDS, DVB-S, cable (return path), cable modems, TFTS
OQPSK	CDMA, satellite
FSK, GFSK	DECT, paging, RAM mobile data, AMPS, CT2, ERMES, land mobile, public safety
8PSK	Satellite, aircraft, telemetry pilots for monitoring broadband video systems
16 QAM	Microwave digital radio, modems, DVB-C, DVB-T
32 QAM	Terrestrial microwave, DVB-T
64 QAM	DVB-C, modems, broadband set top boxes, MMDS
256 QAM	Modems, DVB-C (Europe), Digital Video (US)

Keying de desplazamiento de amplitud

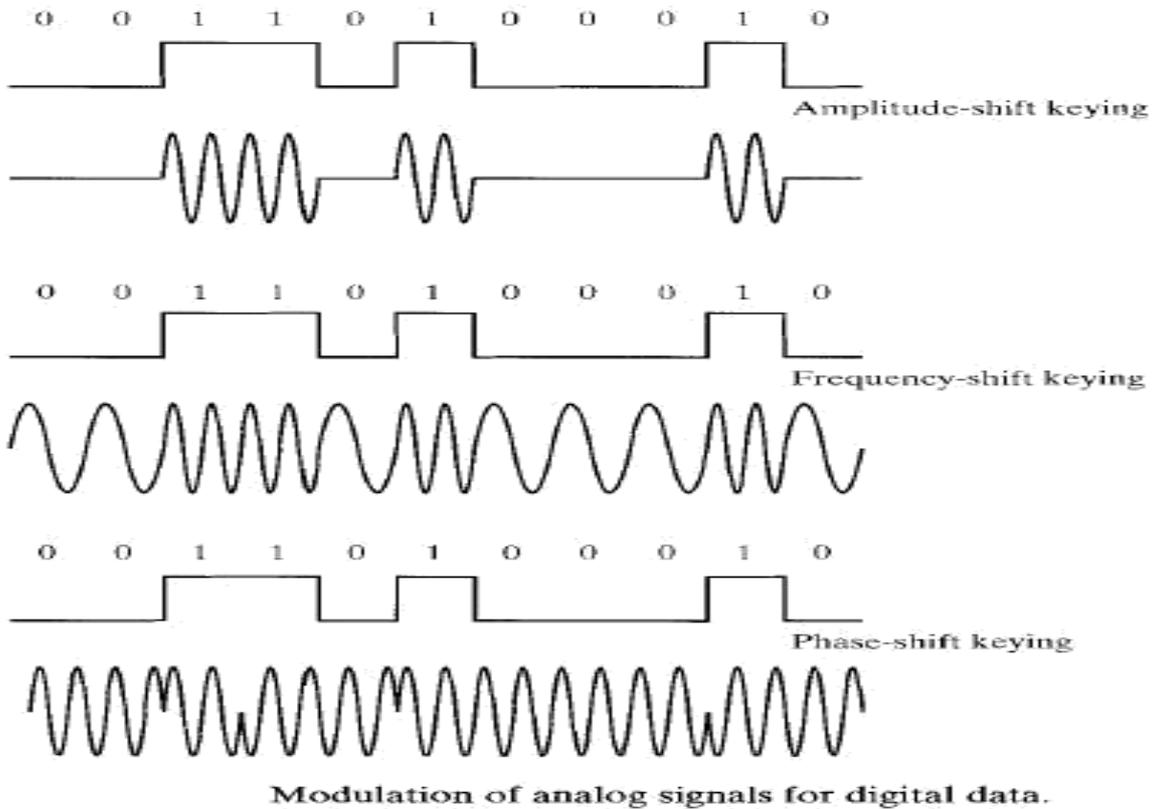
Es la técnica de modulación digital más simple en la que una señal de información binaria modula directamente la amplitud de una portadora analógica. Solo son posibles dos amplitudes de salida y ASK a veces se denomina modulación de amplitud digital (DAM). La modulación por cambio de amplitud se da en términos matemáticos como:

$$v_{aso}(t) = [1 + v_{metro}(t)] [A/2 \cos(\omega ct)]$$

Donde $v_{aso}(t)$ es onda moduladora de desplazamiento de amplitud, $v_{metro}(t)$ es señal de modulación digital (modulación) en voltios, $A/2$ es la amplitud de la portadora no modulada en voltios y ωc es la frecuencia en radianes de la portadora analógica en radianes por segundo.



En la ecuación anterior, para la señal moduladora $v_{metro}(t)$, el 1 lógico está representado por $+1V$ y el 0 lógico está representado por $-1V$. Entonces la onda modulada $v_{aso}(t)$ es cualquiera $A\cos(\omega ct)$ o 0, es decir, el portador está encendido o apagado. ASK a veces se denomina tecla de encendido y apagado (OOK). La tasa de cambio de la forma de onda ASK (baudios) es la misma que la tasa de cambio de la entrada binaria, lo que hace que la tasa de bits sea igual a baudios. Con ASK, la tasa de bits también es igual al ancho de banda mínimo de Nyquist.



Frecuencia de modulación por desplazamiento

FSK es otro tipo de modulación digital simple y de bajo rendimiento. Es similar a FM, excepto que la señal de modulación es una señal binaria que varía entre dos niveles de voltaje discretos. FSK a veces se llama como *binario*FSK (BFSK). FSK se expresa generalmente como

$$v_{fsk}(t) = V_c \cos\{ 2\pi[F_c + v_m(t)\Delta F]t \}$$

Donde $v_{fsk}(t)$ es una forma de onda FSK binaria, $v.c.$ es la amplitud máxima de la portadora analógica en voltios, F_c es la frecuencia central de la portadora analógica en hercios, F_s es el cambio de pico o desplazamiento en la portadora analógica

frecuencia y $v_m(t)$ es la señal de entrada binaria (modulación) en voltios. Para la lógica 1, $v_m(t) = +1$ y para lógica 0, $v_m(t) = -1$ reduciendo la ecuación a F $v_{fsk}(t) = V_c \cos\{ 2\pi[F_c + F]t \}$ y

$$v_{fsk}(t) = V_c \cos\{ 2\pi[F_c - F]t \}$$

A medida que la señal binaria cambia de un 0 lógico a un 1 lógico y viceversa, la frecuencia de salida cambia entre dos frecuencias: una marca o frecuencia de 1 lógico (F_m) y un espacio o 0 lógico frecuencia (f_s). Las frecuencias de marca y espacio están separadas de la frecuencia portadora por la desviación de frecuencia máxima (F) y el uno del otro por $2F$.

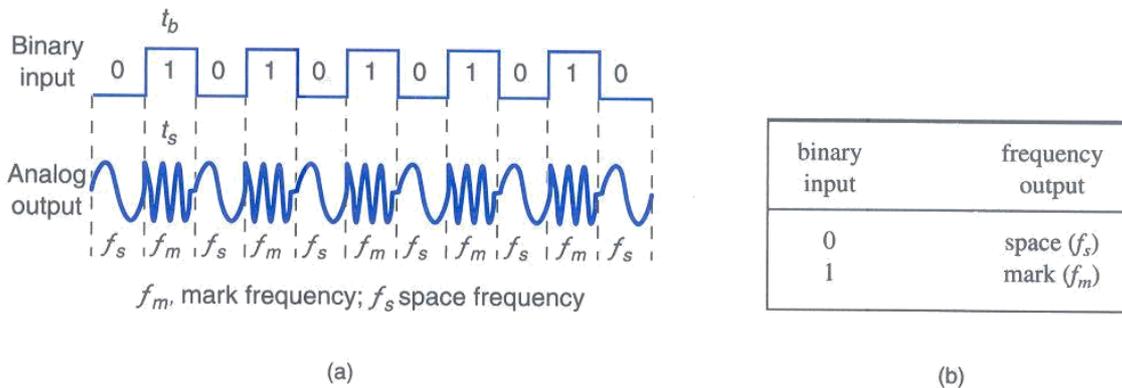


FIGURE 9-4 FSK in the time domain: (a) waveform; (b) truth table

con FSK, **desviación de frecuencia** se define como la diferencia entre la frecuencia de marca o espacio y la frecuencia central o la mitad de la diferencia entre la marca y frecuencias espaciales. La desviación de frecuencia se puede expresar como $F = |f_m - f_s| / 2$

los **baudios** para BFSK se determina colocando $N = 1$, es decir, $\text{baudios} = \text{pensión completa} / 1 = \text{pensión completa}$

los **ancho de banda mínimo** para FSK se determina a partir de;

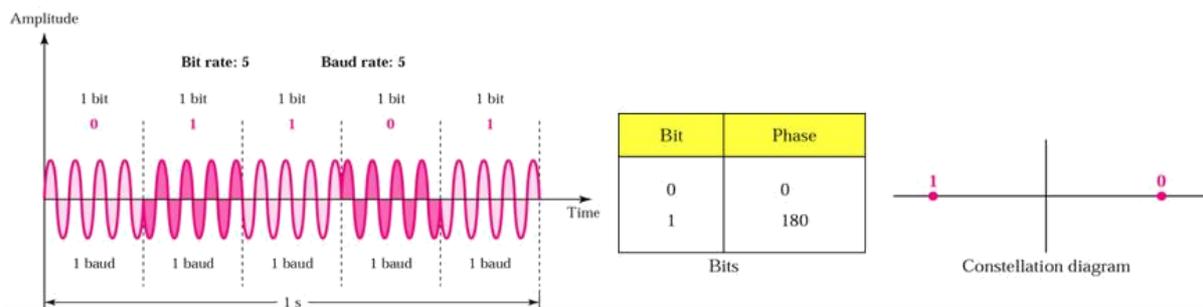
$$B = |(F_s - F_B) - (F_{metro} - F_B)| = |F_s - F_{metro}| + 2F_B. \text{ Pero } |F_s - F_{metro}| = 2F,$$

Por lo tanto, **segundo** $= 2(F + F_B)$, donde B es la desviación mínima de frecuencia del ancho de banda en hercios y F_s es la tasa de bits de entrada.

Keying de cambio de fase

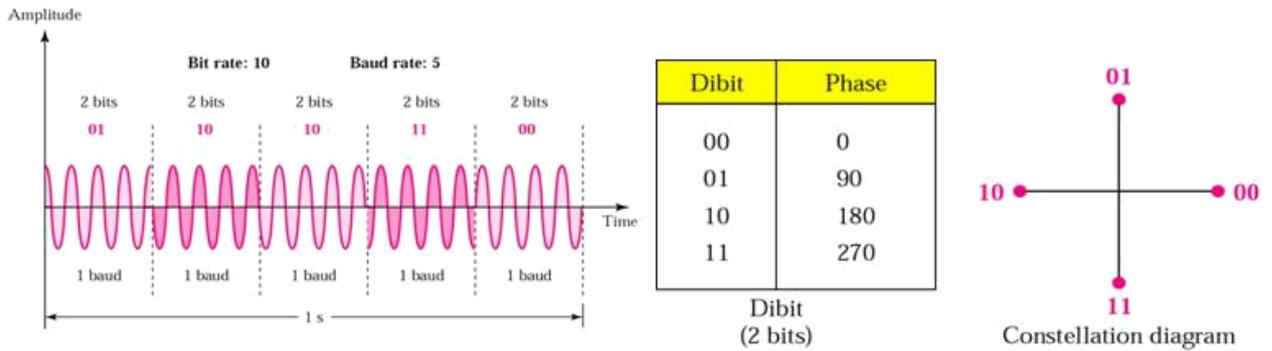
Modulación por cambio de fase (PSK) es un esquema de modulación digital que transmite datos cambiando o modulando la fase de una señal de referencia (la onda portadora). PSK utiliza un número finito de fases; cada uno asignó un patrón único de dígitos binarios. Por lo general, cada fase codifica un número igual de bits. PSK no es susceptible a la degradación del ruido que afecta a ASK ni a las limitaciones de ancho de banda de FSK.

Binario y fases m-ary. Técnica Inorte gram: La técnica PSK más simple se denomina modulación por desplazamiento de fase binaria (BPSK), donde $N = 1$ y $M = 2$. Por lo tanto, con BPSK son posibles dos fases para la portadora. Utiliza dos fases de señal opuestas (0 y 180 grados). La señal digital se divide en el tiempo en bits individuales (dígitos binarios). El estado de cada bit se determina de acuerdo con el estado del bit anterior. Si la fase de la onda no cambia, el estado de la señal permanece igual (0 o 1). Si la fase de la onda cambia 180 grados, es decir, si la fase se invierte, entonces el estado de la señal cambia (de 0 a 1 o de 1 a 0). Debido a que hay dos fases de onda posibles, BPSK a veces se llama **modulación bifásica o modulación por inversión de fase (PRK)**.



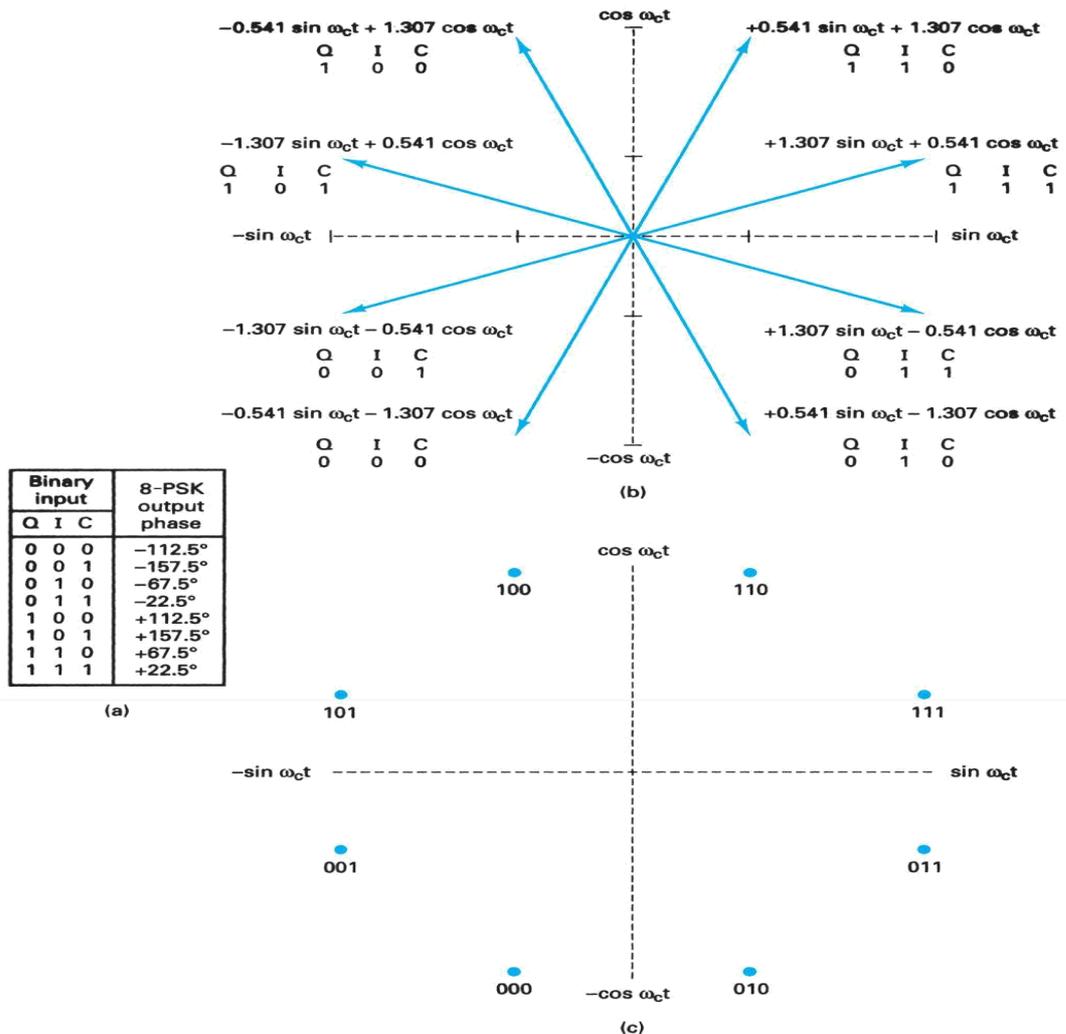
Existen formas más sofisticadas de PSK. En M-ary o modulación por desplazamiento de fase múltiple (MPSK), hay más de dos fases, generalmente cuatro (0, +90, -90 y 180 grados) u ocho (0, +45, -45, +90, -90, +135, -135 y 180 grados). Si hay cuatro fases ($m = 4$), el modo MPSK se llama **modulación por desplazamiento de fase en cuadratura** o modulación por desplazamiento de fase cuaternaria (QPSK), y cada desplazamiento de fase representa dos elementos de señal. Si hay ocho fases ($m = 8$), el modo MPSK se conoce como **modulación por desplazamiento de fase octal (OPSK)**, y cada cambio de fase representa tres elementos de señal. En MPSK, los datos se pueden transmitir a una velocidad más rápida, en relación con el número de cambios de fase por unidad de tiempo, que en el caso de BPSK.

QPSK es un esquema de codificación M-ary donde $N = 2$ y $M = 4$, que tiene cuatro fases de salida posibles para una sola frecuencia portadora que necesita cuatro condiciones de entrada diferentes. Con dos bits, hay cuatro condiciones posibles: 00, 01, 10 y 11. Con QPSK, los datos de entrada binarios se combinan en grupos de dos bits llamados **dibitos**.

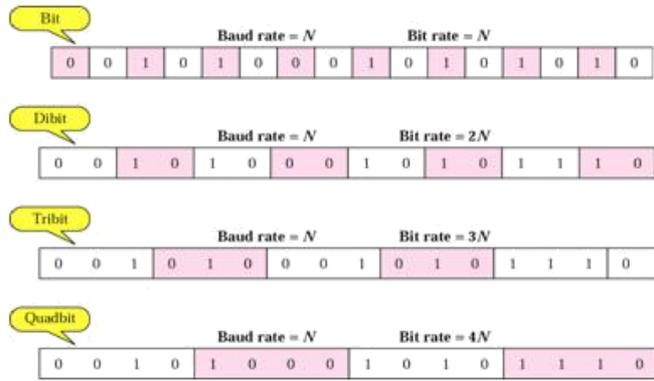
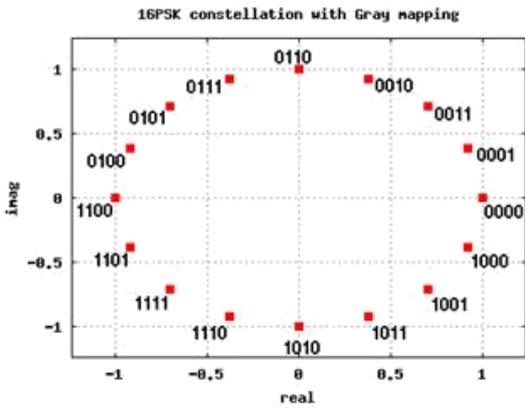


La figura anterior muestra la relación de salida de fase versus tiempo, la tabla de verdad y el diagrama de constelación para QPSK. Una fase de 0 ahora representa 00; 90 representa 01; 180 representa 10; y 270 representa 11. Los datos se pueden transmitir con el doble de eficiencia utilizando 4-PSK que 2-PSK.

Con 8-PSK, se codifican tres bits formando *tributosy* produciendo ocho fases de salida diferentes. Con 8-PSK, N = 3, M = 8, y el ancho de banda mínimo y el baudio son iguales a uno tercero la tasa de bits (fb/3). 8-PSK es 3 veces más eficiente que 2-PSK.



Con 16-PSK, cuatro bits llamados **cuádruple** se combinan, produciendo 16 fases de salidas diferentes. Con 16-PSK, $N = 4$, $M = 16$, y el ancho de banda y baudios mínimos equivalen a un cuarto del bit tasa ($f_B/4$).

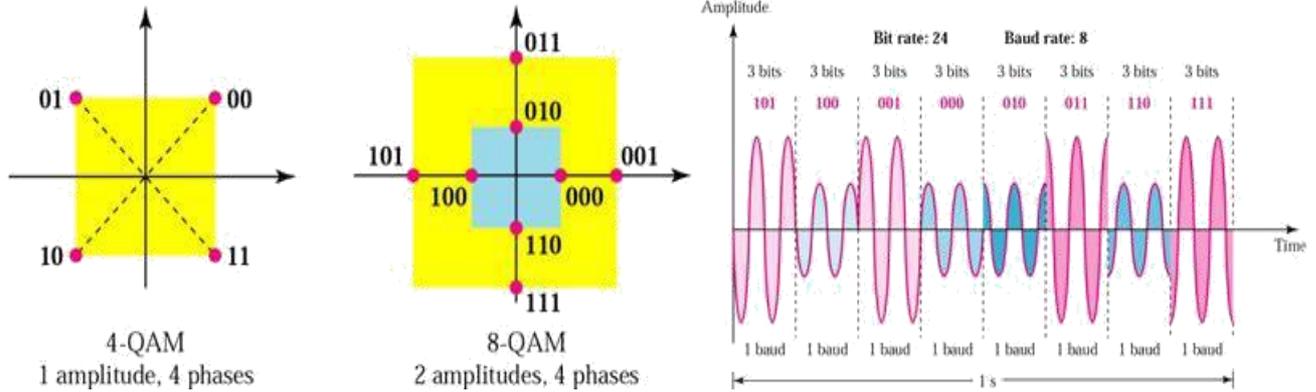


Modulación	Tasa de bits	Codificación Esquema	Banda ancha Eficiencia	Salidas Posible	Mínimo Banda ancha	baudios
PEDIR	norte	bit único	1	2	Fa_B	FB
FSK	norte	bit único	1	2	$> f_B$	FB
BPSK	norte	bit único	1	2	FB	FB
QPSK	2N	Dbits	2	4	$FB/2$	$FB/2$
8-PSK	3N	tribitos	3	8	$FB/3$	$FB/3$
16-PSK	4N	cuadribits	4	dieciséis	$FB/4$	$FB/4$

Modulación de amplitud en cuadratura (QAM)

PSK está limitado por la capacidad del equipo para distinguir pequeñas diferencias de fase. Las limitaciones de ancho de banda hacen que las combinaciones de FSK con otros cambios sean prácticamente inútiles. La modulación de amplitud en cuadratura es una combinación de ASK y PSK para lograr un contraste máximo entre cada unidad de señal (bit, dibit, tribit, etc.). QAM es ampliamente utilizado como esquema de modulación para sistemas de telecomunicaciones digitales. La principal ventaja de QAM sobre PSK es la inmunidad a las degradaciones de transmisión, especialmente las degradaciones de fase que son inherentes a todos los sistemas de comunicación.

En 4-QAM y 8-QAM, el número de cambios de amplitud es menor que el número de cambios de fase. Debido a que los cambios de amplitud son susceptibles al ruido y requieren mayores diferencias de cambio que los cambios de fase, el número de cambios de fase que utiliza un sistema QAM siempre es mayor que el número de cambios de amplitud.



Con 16-QAM, hay 12 fases y tres amplitudes que se combinan para producir 16 condiciones de salida diferentes. Con QAM, siempre hay más fases posibles que amplitud.

Eficiencia de ancho de banda

La eficiencia del ancho de banda se utiliza a menudo para comparar el rendimiento de una técnica de modulación digital con otra. Es la relación entre la tasa de bits de transmisión y el ancho de banda mínimo requerido para un esquema de modulación particular. Representado matemáticamente como:

$$B\eta = \text{tasa de bits de transmisión (bps)} / \text{ancho de banda mínimo (Hz)}$$

Modulation	Encoding Scheme	Outputs Possible	Minimum Bandwidth	Baud	$B\eta$
ASK	Single bit	2	f_b	f_b	1
FSK	Single bit	2	f_b	f_b	1
BPSK	Single bit	2	f_b	f_b	1
QPSK	Dibits	4	$f_b/2$	$f_b/2$	2
8-PSK	Tribits	8	$f_b/3$	$f_b/3$	3
8-QAM	Tribits	8	$f_b/3$	$f_b/3$	3
16-PSK	Quadbits	16	$f_b/4$	$f_b/4$	4
16-QAM	Quadbits	16	$f_b/4$	$f_b/4$	4
32-PSK	Five bits	32	$f_b/5$	$f_b/5$	5
64-QAM	Six bits	64	$f_b/6$	$f_b/6$	6

Note: f_b indicates a magnitude equal to the input bit rate.

Resumen ASK, FSK, PSK y QAM

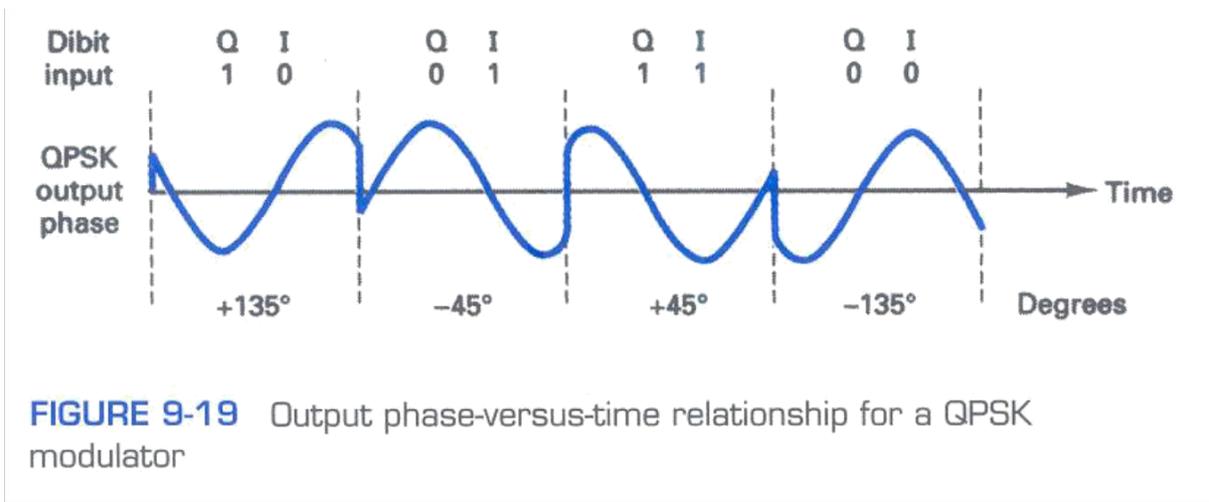
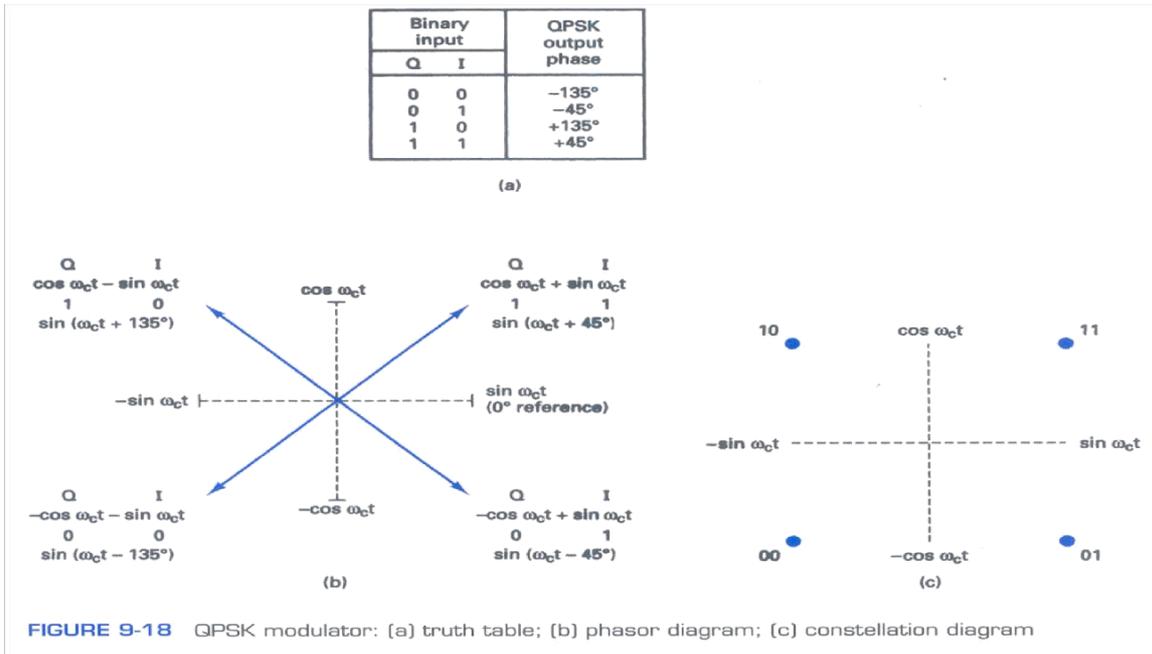
Modulación de código Trellis

Se pueden lograr velocidades de transmisión de datos superiores a 56 kbps a través de circuitos telefónicos estándar utilizando un esquema de codificación llamado modulación de código trellis (TCM) desarrollado por

Dra. Ungerboeck. Combina codificación y modulación para reducir la probabilidad de error, mejorando así el rendimiento de error de bit y utiliza códigos convencionales (árbol).

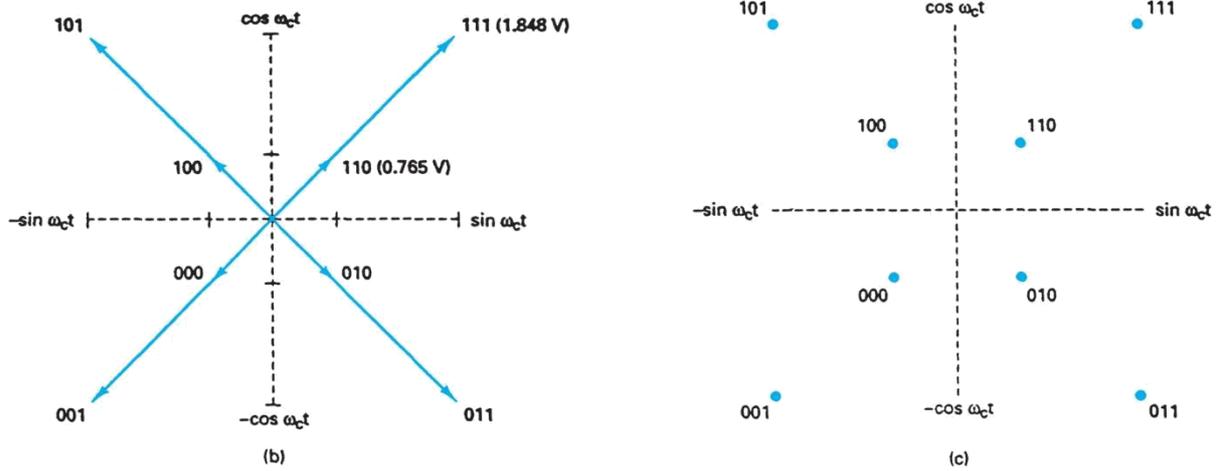
La codificación Trellis define la forma en que se permite que ocurran las transiciones de estado de señal, y las transiciones que no siguen este patrón se interpretan como errores de transmisión. TCM puede mejorar el rendimiento de errores al restringir la forma en que se permite la transición de las señales. TCM mejora el QAM estándar al aumentar la distancia entre los símbolos en la constelación (*llamada distancia euclidiana*).

Apéndice (algunas cifras adicionales)



Binary input			8-QAM output	
Q	I	C	Amplitude	Phase
0	0	0	0.765 V	-135°
0	0	1	1.848 V	-135°
0	1	0	0.765 V	-45°
0	1	1	1.848 V	-45°
1	0	0	0.765 V	+135°
1	0	1	1.848 V	+135°
1	1	0	0.765 V	+45°
1	1	1	1.848 V	+45°

(a)



Modulador 8-QAM: (a) tabla de verdad; (b) diagrama fasorial; (c) diagrama de constelación

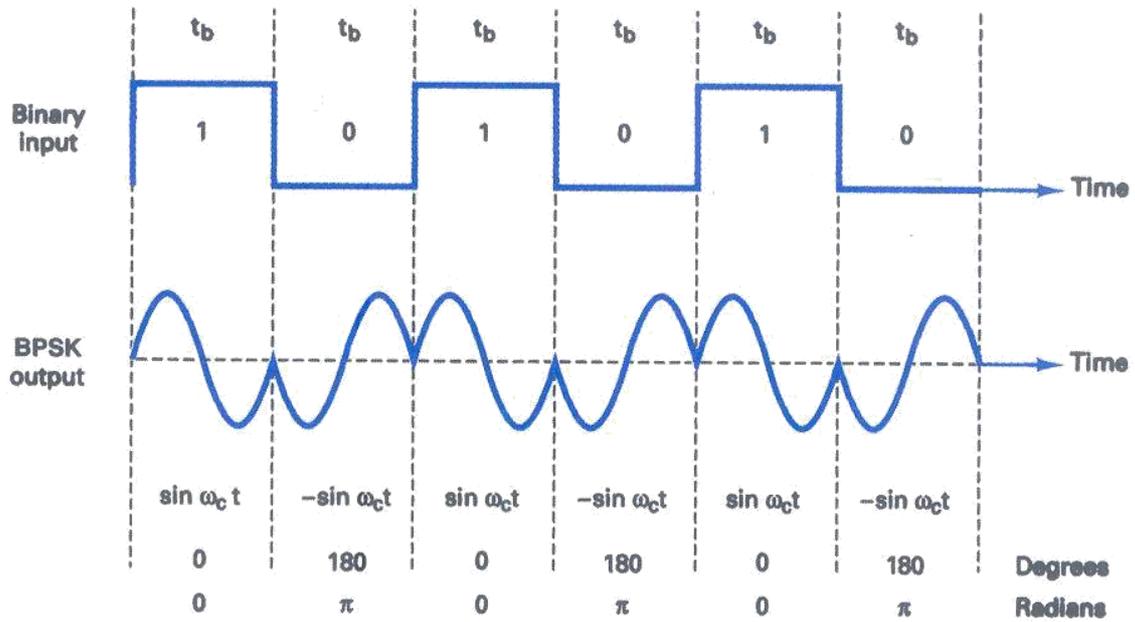


FIGURE 9-15 Output phase-versus-time relationship for a BPSK modulator

Preguntas de tarea

1. En QAM, la amplitud y la fase de la señal transmitida varían. Justifique su respuesta con un diagrama de bloques y un diagrama de constelación.
2. un. Explicar la importancia de la transmisión asíncrona en la comunicación.
B. Escriba la comparación entre transmisión de datos asíncrona y síncrona
3. (a) ¿Qué es la topología? ¿Explicar topologías en comunicaciones de datos?
(b) ¿Cuáles son los diversos tipos de modos de transmisión y explíquelos?
4. (a) ¿Qué son las comunicaciones de datos? Explique brevemente Circuito de comunicación de datos.
(b) ¿Mencione algunas organizaciones estándar para comunicaciones de datos?
5. Dibuje el modelo arquitectónico OSI para interconexión de sistemas abiertos y explique.
6. (a) Explique sobre datos analógicos, técnica de codificación de señales digitales.
(b) ¿Diferenciar entre datos y señales?
7. Dibuje la forma de onda binaria ASK, FSK, PSK y QPSK para la siguiente secuencia 1011.
 - a) Explique la relación entre bits por segundo y baudios para un sistema FSK.
 - b) Determine el ancho de banda y baudios para una señal FSK con una frecuencia de marca de 24 kHz y una tasa de bits de 4 kbps.
 - c) Explique la relación entre
 - i) Ancho de banda mínimo requerido para un sistema FSK y la tasa de bits
 - ii) Frecuencias de marca y espacio
8. a) ¿Qué es un diagrama de constelación? ¿Cómo se usa con PSK?
b) Explique el ancho de banda mínimo requerido para un sistema BPSK y la tasa de bits.
c) Explique M-aria.

UNIDAD - II

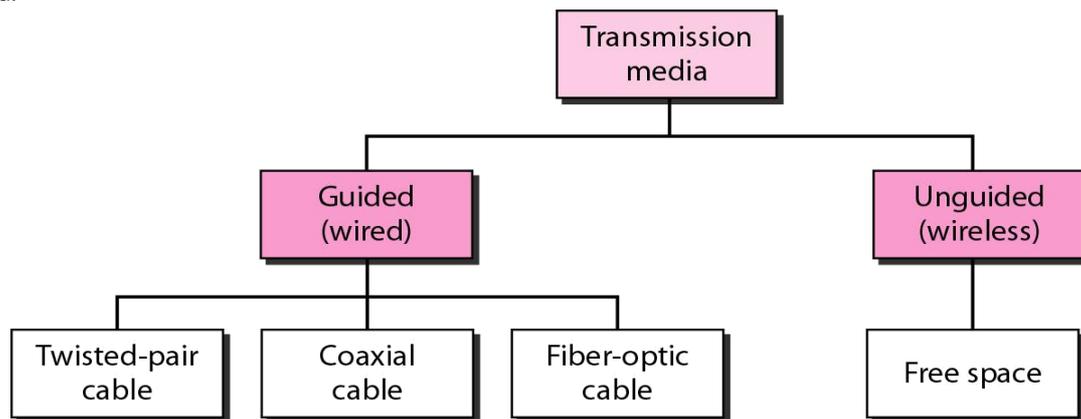
MEDIOS DE TRANSMISIÓN DE CABLE METÁLICO:

Líneas de transmisión metálicas, Ondas electromagnéticas transversales, Características de las ondas electromagnéticas, Clasificaciones de líneas de transmisión, Tipos de líneas de transmisión metálicas, Circuito equivalente de líneas de transmisión metálicas, Propagación de ondas en líneas de transmisión metálicas, Pérdidas en líneas de transmisión metálicas.

Introducción

los **medio de transmisiones** la ruta física entre el transmisor y el receptor en un sistema de transmisión de datos. Está incluido en la capa física de la jerarquía del protocolo OSI. El medio de transmisión suele ser espacio libre, cable metálico o cable de fibra óptica. La información suele ser una señal que es el resultado de una conversión de datos de otra forma.

Los medios de transmisión se pueden categorizar generalmente como *no guiado o guiado*. Los medios de transmisión guiados utilizan un sistema de "cableado" (o algún tipo de conductor) que guía las señales de datos a lo largo de una ruta específica. Las señales de datos están unidas por el sistema de "cableado". Los medios guiados también se conocen como medios encuadrados. El conductor dirige la señal que se propaga hacia abajo. Solo los dispositivos conectados físicamente al medio pueden recibir señales que se propagan por un medio de transmisión guiado. Ejemplos de medios de transmisión guiados son el cable de cobre y la fibra óptica.



Los medios de transmisión no guiados consisten en un medio para que las señales de datos viajen, pero nada que las guíe a lo largo de un camino específico. Las señales de datos no están vinculadas a un medio de cableado y, como tales, a menudo se denominan medios no vinculados. Los medios de transmisión no guiados son sistemas inalámbricos. Las señales que se propagan por un medio de transmisión no guiado están disponibles para cualquiera que tenga un dispositivo capaz de recibirlas.

Una instalación física es aquella que ocupa espacio y tiene peso a diferencia de los medios inalámbricos como la atmósfera terrestre o el vacío e incluye cables metálicos y cables ópticos. Las líneas de transmisión metálicas incluyen alambre de cobre abierto, bifilar y de par trenzado, así como cable coaxial, y las fibras ópticas incluyen fibras con núcleo de plástico y vidrio encapsuladas en varios tipos de materiales de revestimiento.

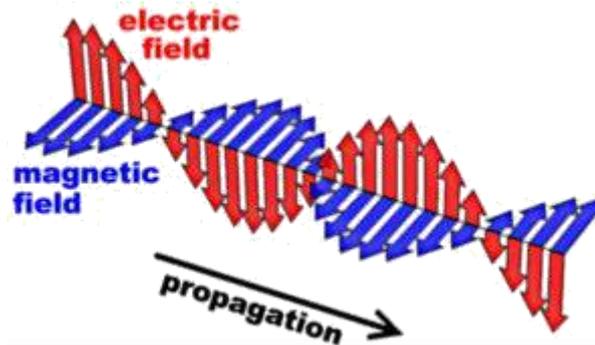
Líneas de Transmisión Metálicas

Una línea de transmisión es un sistema de conductores metálicos que se utiliza para transferir energía eléctrica de un punto a otro mediante el flujo de corriente eléctrica. Son dos o más conductores eléctricos separados por un aislante no conductor (dieléctrico). Puede ser de longitudes variadas.

variando desde unas pocas pulgadas hasta varios miles de millas. Se puede utilizar para propagar CC o CA de baja frecuencia y también frecuencias muy altas, como señales de radiofrecuencia de microondas.

Ondas electromagnéticas transversales

Los dos tipos básicos de ondas son longitudinales y transversales. Con ondas longitudinales, el desplazamiento es en la dirección de propagación. Una onda superficial u ondas de sonido se pueden decir como ejemplos de ondas longitudinales. Con ondas transversales, la dirección o desplazamiento es perpendicular a la dirección de propagación. Las ondas electromagnéticas son ondas transversales.



La propagación de la energía eléctrica a lo largo de una línea de transmisión ocurre en forma de ondas electromagnéticas transversales (TEM). La onda TEM se propaga principalmente en el no conductor que separa los dos conductores de la línea de transmisión. El campo eléctrico (E) y el campo magnético (H) son perpendiculares entre sí en todos los puntos. Esto se conoce como espacio o cuadratura. Las ondas electromagnéticas que viajan a lo largo de una línea de transmisión desde la fuente hasta la carga se denominan *ondas incidentes* y los que viajan desde la carga hacia la fuente se llaman *ondas reflejadas*.

Características de las ondas electromagnéticas

Las tres características principales son la velocidad de onda, la frecuencia y la longitud de onda.

Velocidad de onda: Las ondas viajan a diferentes velocidades según el tipo de onda y las características del medio de propagación. El sonido viaja a 1100 pies/segundo en una atmósfera normal donde las ondas electromagnéticas viajan mucho más rápido. En el espacio libre, es decir, en el vacío, las ondas TEM viajan a la velocidad de la luz, C (aproximadamente a 186,000 millas/seg) y ligeramente más lento en el aire y considerablemente más lento a lo largo de una línea de transmisión.

Frecuencia y longitud de onda: Las oscilaciones de una onda electromagnética son periódicas y repetitivas. La velocidad a la que se repite la onda periódica es su frecuencia. La distancia de un ciclo que ocurre en el espacio se llama longitud de onda y está dada por

$$\text{Distancia} = \text{velocidad} \times \text{tiempo}$$

Si el tiempo de un ciclo se sustituye arriba, obtenemos la longitud de un ciclo que se llama longitud de onda y viene dada por

$\lambda = \text{velocidad} \times \text{período} = v \times T$, donde λ es la longitud de onda, v es la velocidad y T es el período porque $T = 1/f$, podemos escribir $\lambda = v/f$

En cuanto a la propagación en el espacio libre, $v = c$; la longitud de un ciclo es $\lambda = c/f = 3 \times 10^8 \text{ m/s} / f_{\text{ciclos/s}}$

Clasificaciones de líneas de transmisión

Línea de transmisión balanceada

En líneas balanceadas de dos hilos, ambos conductores transportan corriente. Un conductor lleva la señal y el otro conductor en la ruta de retorno. Este tipo de transmisión se llama *transmisión de señal diferencial o balanceada*. Ambos conductores en una línea balanceada transportan corrientes de señal, que son de igual magnitud con respecto a la tierra eléctrica pero viajan en direcciones opuestas.

Las corrientes que fluyen en direcciones opuestas en un par de alambres balanceados se llaman *corrientes de circuitos metalicos* y las corrientes que fluyen en la misma dirección se llaman *corrientes longitudinales*. La principal ventaja del formato de línea balanceada es el buen rechazo del ruido externo. Las formas comunes de línea balanceada son las de dos conductores, que se usan para señales de radiofrecuencia, y las de par trenzado, que se usan para frecuencias más bajas.

Línea de transmisión desequilibrada

Con una línea de transmisión desequilibrada, un cable está en potencial de tierra, mientras que el otro cable está en potencial de señal. Este tipo de línea de transmisión se llama *unipolar o desequilibrado* transmisión de señal. El cable de tierra también puede ser la referencia para otros cables que transportan señales y debe ir a cualquier lugar donde vaya cualquiera de los cables de señal.

Las líneas de transmisión no balanceadas tienen la ventaja de requerir solo un cable para cada señal y solo se requiere una línea de tierra sin importar cuántas señales se agrupan en un conductor. Las líneas de transmisión balanceadas se pueden conectar a líneas de transmisión no balanceadas y viceversa con transformadores especiales llamados *baluns*.

Tipos de líneas de transmisión metálicas

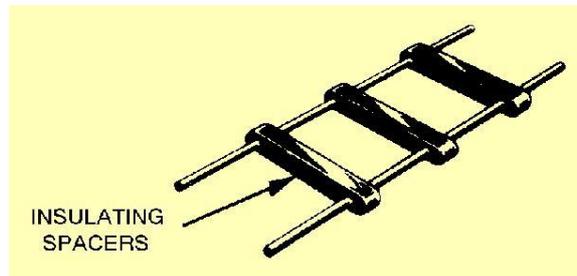
Todos los sistemas de comunicación de datos y las redes informáticas están interconectados hasta cierto punto con cables, que forman la parte más importante del medio de transmisión que transporta señales entre ordenadores.

Líneas de transmisión de conductores paralelos

Las líneas de transmisión de hilos paralelos se componen de dos o más conductores metálicos separados por un material aislante no conductor llamado dieléctrico. Los materiales dieléctricos comunes incluyen aire, caucho, polietileno, papel, mica, vidrio y teflón. Las líneas de transmisión de conductores paralelos más comunes son las de cable abierto, de dos conductores y de par trenzado, incluido el par trenzado sin blindaje (UTP) y el par trenzado blindado (STP).

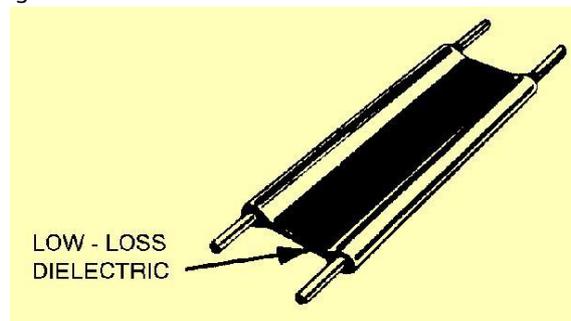
Transmisión de cable abierto n líneas: Son conductores paralelos de dos hilos, muy próximos entre sí y separados por aire. Los espaciadores no conductores se colocan a intervalos periódicos no solo como soporte sino también para mantener constante la distancia entre los conductores. onda TEM

se propaga en el aire entre los conductores, que actúa como dieléctrico. La principal ventaja es su construcción simple.



Dado que no hay protección, las pérdidas por radiación son altas y el cable es susceptible de captar señales a través de la inducción mutua, lo que produce diafonía. El uso principal es en aplicaciones telefónicas estándar de grado de voz.

Cable gemelo: El cable doble es esencialmente lo mismo que la línea de transmisión de cable abierto, excepto que los espaciadores entre los dos conductores se reemplazan con un dieléctrico sólido continuo que garantiza un espaciado uniforme a lo largo de todo el cable.



Se utiliza principalmente para conectar televisores a antenas de techo. Los materiales dieléctricos comunes que se usan con cables de dos conductores son teflón y polietileno.

Línea de transmisión de par trenzado es. Una línea de transmisión de par trenzado (TP) se forma retorciendo dos conductores aislados uno alrededor del otro. Por lo general, varios pares de estos cables se juntan en un cable. El cable puede contener más de cien pares de hilos para comunicaciones a larga distancia. Los cables de par trenzado son los medios más comunes en una red telefónica. Estos cables admiten señales analógicas y digitales y pueden transmitir la señal a una velocidad de 10 Mbps en una distancia corta. El trenzado de cables con diferentes longitudes de trenzado reduce el efecto de la diafonía y la interferencia de baja frecuencia.

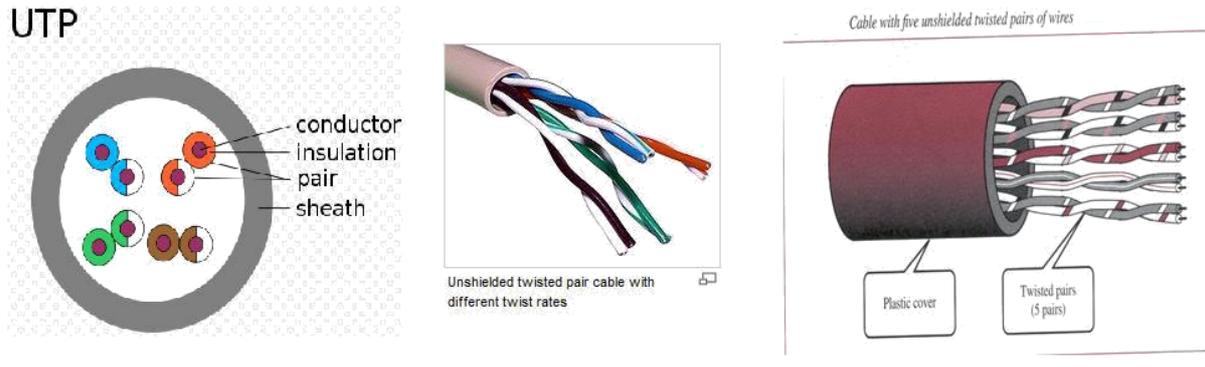


Las líneas de transmisión de par trenzado también son el medio de transmisión elegido para la mayoría de las redes de área local porque el cable de par trenzado es fácil de instalar y relativamente independiente en comparación con los cables coaxiales y de fibra óptica.

Los dos tipos básicos de líneas de transmisión de par trenzado especificados son par trenzado sin blindaje (UTP) y par trenzado blindado (STP).

Unshielded Twisted Pair: Un cable UTP consta de dos hilos de cobre donde cada hilo está encapsulado por separado en aislamiento de PVC (cloruro de polivinilo). El ancho de banda se puede mejorar controlando el número de giros por pie y también la forma en que los múltiples pares se entrelazan entre sí. El número mínimo de giros para cable UTP es de dos por pie.

UTP



Los UTP son más baratos, más flexibles y más fáciles de instalar. Proporcionan soporte suficiente para los sistemas telefónicos y no están cubiertos por aislamiento metálico. Ofrecen un rendimiento aceptable para una transmisión de señal a larga distancia, pero al no estar aislados, se ven afectados por diafonía, condiciones atmosféricas, interferencias electromagnéticas y pares trenzados adyacentes, así como por cualquier ruido generado en las cercanías. La mayoría de los pares trenzados telefónicos no están blindados y pueden transmitir señales a una velocidad de 10 Mbps.

La Asociación de Industrias Electrónicas (EIA) ha desarrollado un estándar para clasificar el cable UTP por calidad; La categoría 1 como la de menor calidad y la categoría 6 como la de mayor calidad.

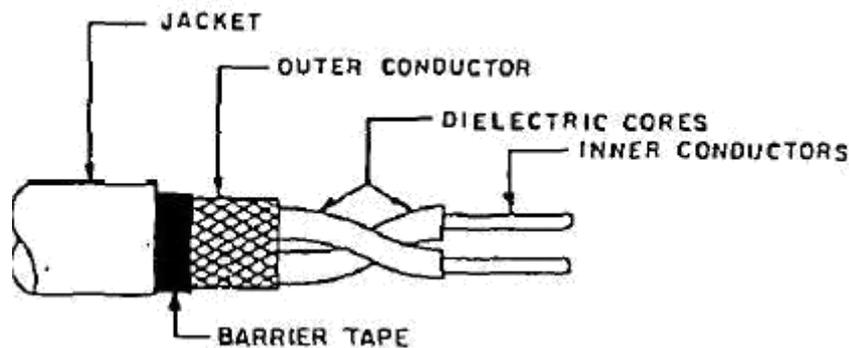
1. Categoría 1: El cableado básico de par trenzado utilizado en los sistemas telefónicos. Este nivel de calidad está bien para la voz pero es inadecuado para la transmisión de datos.
2. Categoría 2: esta categoría es adecuada para transmisión de voz y datos de hasta 2 Mbps.
3. Categoría 3: esta categoría es adecuada para la transmisión de datos de hasta 10 Mbps. Ahora es el cable estándar para la mayoría de los sistemas telefónicos. Al menos tres giros por pie
4. Categoría 4: esta categoría es adecuada para la transmisión de datos de hasta 20 Mbps.
5. Categoría 5: esta categoría es adecuada para la transmisión de datos de hasta 100 Mbps.
6. Categoría 6: CAT-6 es un tipo de cable propuesto recientemente compuesto por cuatro pares de cables capaces de operar a velocidades de transmisión de hasta 400 Mbps.

Las ventajas de UTP son que es fácil de terminar, los costos de instalación son menores y se pueden ejecutar más líneas a través de los mismos conductos de cableado. Las desventajas de UTP son que es un poco ruidoso y propenso a las interferencias.

Category	Specification	Data Rate (Mbps)	Use
1	Unshielded twisted-pair used in telephone	< 0.1	Telephone
2	Unshielded twisted-pair originally used in T-lines	2	T-1 lines
3	Improved CAT 2 used in LANs	10	LANs
4	Improved CAT 3 used in Token Ring networks	20	LANs
5	Cable wire is normally 24 AWG with a jacket and outside sheath	100	LANs
5E	An extension to category 5 that includes extra features to minimize the crosstalk and electromagnetic interference	125	LANs
6	A new category with matched components coming from the same manufacturer. The cable must be tested at a 200-Mbps data rate.	200	LANs
7	Sometimes called SSTP (shielded screen twisted-pair). Each pair is individually wrapped in a helical metallic foil followed by a metallic foil shield in addition to the outside sheath. The shield decreases the effect of crosstalk and increases the data rate.	600	LANs

Categorías de cables de par trenzado sin blindaje

Shielded Twisted Pair Cable de par estándar (STP) mi: El cable STP es una línea de transmisión paralela de dos hilos que consta de dos conductores de cobre separados por un material dieléctrico sólido. Los cables y el dieléctrico están encerrados en una funda de metal conductor llamada lámina. Si la manga está tejida en una malla, se llama trenza.

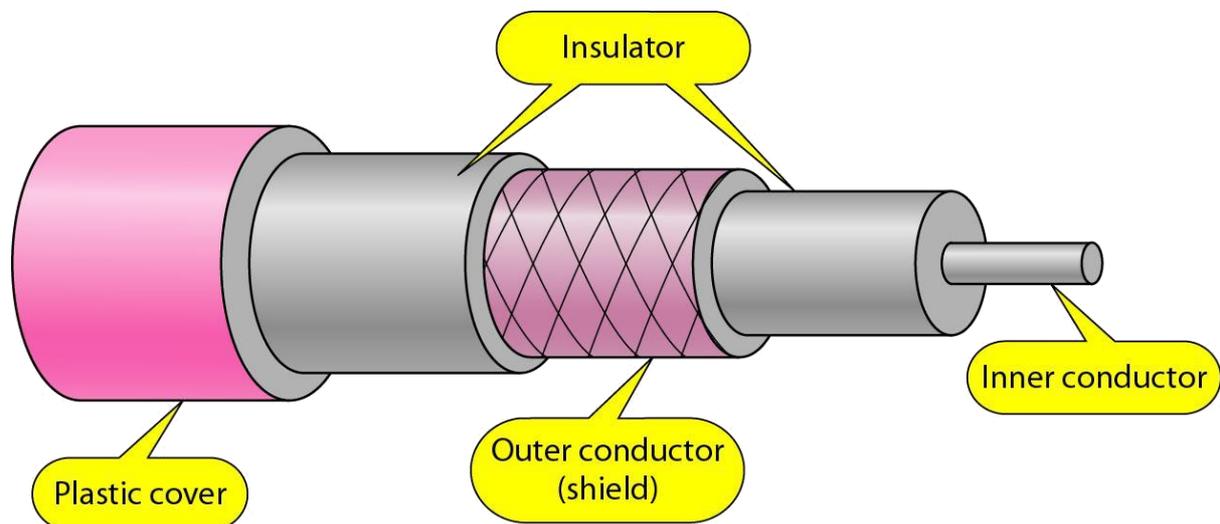


La carcasa metálica evita la penetración de ruido electromagnético. Los requisitos de materiales y fabricación hacen que STP sea más caro que UTP pero menos susceptible al ruido.

Cabina Plenum ~~le~~. Los cables Plenum son los cables (o alambres) eléctricos o de telecomunicaciones que se instalan en espacios de aire ambiental en el interior de muchos edificios comerciales y residenciales. Es una práctica común enrutar cables de comunicación y similares para computadoras, dispositivos de datos y sistemas de alarma a través de cámaras de aire en construcciones de edificios. Si se produce un incendio en un edificio que incluye plenums o elevadores, la construcción de plenums no ignífugos permitiría que el fuego se propague muy rápidamente por todo el edificio. Por lo general, los cables de datos plenum tienen dos o más pares de conductores aislados en una cubierta común. El aislamiento puede estar hecho de varios tipos de aislamiento ignífugo. Un plenum se define como un compartimento o cámara a la que se conectan uno o más conductos de aire y que forma parte del sistema de distribución de aire de la estructura. Los cables plenum tienen una pluralidad de conductores de par trenzado rodeados por una cubierta. Los pares trenzados generalmente tienen todos la misma torsión o sustancialmente la misma torsión. Un aislamiento ignífugo típico y ampliamente utilizado para conductores en cables plenum de datos es el etileno-propileno fluorado. El cable plenum de categoría 5 fabricado con pares trenzados revestidos de conductores aislados debe cumplir una serie de requisitos eléctricos establecidos por la especificación 568A de EIA/TIA.

Líneas de transmisión coaxiales (concéntricas)

Debido a la llegada de los modernos cables de par trenzado UTP y STP, el cable coaxial se ve cada vez menos en las redes informáticas, pero aún tiene una gran importancia en los sistemas analógicos, como las redes de distribución de televisión por cable. El cable coaxial básico consta de un conductor central rodeado por un material dieléctrico (aislamiento), luego un blindaje concéntrico (distancia uniforme desde el centro) y finalmente una cubierta exterior de protección ambiental de caucho. Un cable coaxial con una capa de aislamiento de aluminio y una capa de blindaje trenzado se denomina *dobles blindajes* si hay dos capas de lámina aislante y dos capas de blindaje de metal trenzado, se llama *blindaje cuádruple*.



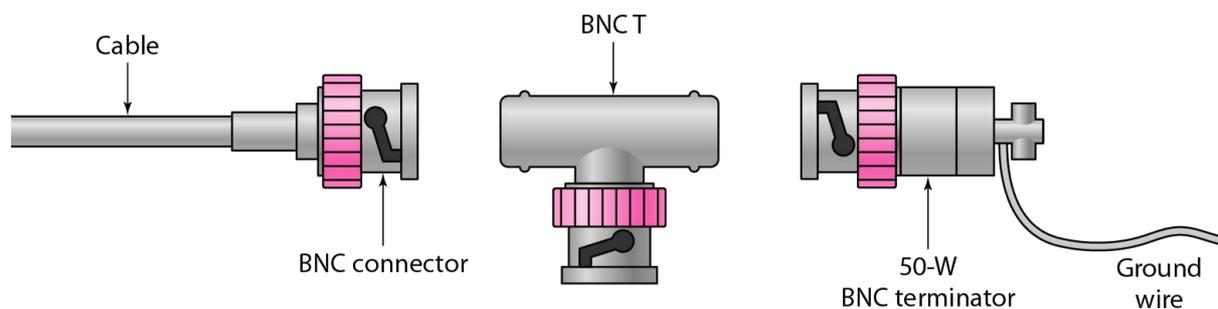
Existen dos tipos básicos de cables coaxiales: *rígido lleno de aire* y *sólido flexible*. Los cables rígidos llenos de aire son relativamente caros y difíciles de mantener. Los cables coaxiales son capaces de operar a velocidades de bits más altas que sus contrapartes de hilos paralelos, son muy seguros que los cables de par trenzado, se pueden usar en largas distancias, son inmunes a la radiación externa y emiten poco por sí mismos. Las desventajas de las líneas de transmisión coaxiales son su baja relación costo-rendimiento, baja confiabilidad y alto mantenimiento.

El sistema de numeración RG utilizado con cables coaxiales se refiere a cables aprobados por el Departamento de Defensa de EE. UU. (DoD).

<i>Category</i>	<i>Impedance</i>	<i>Use</i>
RG-59	75 Ω	Cable TV
RG-58	50 Ω	Thin Ethernet
RG-11	50 Ω	Thick Ethernet

Categorías de cables coaxiales

Para conectar el cable coaxial a los dispositivos, es necesario utilizar conectores coaxiales. El tipo de conector más común es el conector Bayone-Neill-Concelman, o BNC. Los conectores BNC a veces se denominan montaje de bayoneta, ya que se pueden girar o desconectar fácilmente.



Hay tres tipos: el conector BNC, el conector BNC T, el terminador BNC. Las aplicaciones incluyen redes de televisión por cable y algunas LAN Ethernet tradicionales como 10Base-2 o 10-Base5.

Circuito equivalente de línea de transmisión metálica

Las características de una línea de transmisión están determinadas por sus propiedades eléctricas como la conductividad del cable, la constante dieléctrica del aislador y sus propiedades físicas como el diámetro del cable y la separación entre conductores. Estas propiedades a su vez determinan las constantes eléctricas primarias: *resistencia en serie (R)*, *inductancia en serie (L)*, *capacitancia en derivación (C)* y *conductancia en derivación (G)*. La resistencia y la inductancia ocurren a lo largo de la línea, mientras que la capacitancia y la conductancia ocurren entre los conductores.

Impedancia característica

Para una transferencia de potencia máxima de la fuente a la carga, una línea de transmisión debe terminar en una carga puramente resistiva igual a la impedancia característica de la línea de transmisión. La línea de transmisión almacena energía en su inductancia y capacitancia distribuidas.

Usando la ley de Ohm, la impedancia característica es simplemente la relación entre el voltaje de la fuente (E_o) y la corriente de línea (I_o), dada por

$Z_o = E_o / I_o$, donde Z_o es la impedancia característica en ohmios, E_o es el voltaje de la fuente en voltios y I_o es la corriente de la línea de transmisión en amperios.

- La impedancia característica de una línea de transmisión paralela de dos hilos con un dieléctrico de aire puede ser determinado a partir de sus dimensiones físicas $Z_o = 276 \log D/rw$ - donde D es la distancia entre el centros de los dos conductores y R es el radio de los conductores.

- La impedancia característica de un cable coaxial también se puede determinar a partir de su

$$Z_o = \frac{138}{\sqrt{\epsilon_r}} (\log D/d)$$

dimensiones: donde, D es el diámetro interior del conductor y ϵ_r es constante dieléctrica relativa del material aislante.

Propagación de ondas en líneas de transmisión metálicas

Las ondas EM viajan a la velocidad de la luz a través del vacío y casi lo mismo a través del aire, pero viajan considerablemente lentamente en las líneas de transmisión metálicas, donde el conductor es generalmente cobre y los materiales dieléctricos varían según el tipo de cable.

Factor de velocidad y constante dieléctrica

factor de velocidad se define como la relación entre la velocidad real de propagación de una onda electromagnética a través de un medio dado y la velocidad de propagación a través del vacío. Matemáticamente, dado como:

$V_f = V_{pags} / C$, donde V_f es factor de velocidad, V_{pags} es la velocidad real de propagación y c es la velocidad de propagación a través del vacío (3×10^8 m/s).

Constante dieléctrica es simplemente la permitividad relativa de un material. La constante dieléctrica depende del tipo de material aislante utilizado. La velocidad a la que se propaga una onda EM a lo largo de una línea de transmisión varía con la inductancia y la capacitancia del

cable. El tiempo se puede dar como: $T = \sqrt{LC}$. La inductancia, la capacitancia y la velocidad de propagación se pueden dar mediante la fórmula, **velocidad × tiempo = distancia**

Por lo tanto, $V_{pags} = \text{Distancia} / \text{Tiempo} = D / T$ que se puede escribir como $V_{pags} = D / \sqrt{LC}$

Si la distancia se normaliza a 1 metro, la velocidad de propagación para una línea de transmisión sin pérdidas es $V_{pags} = 1 / \sqrt{LC}$

Pérdidas en la Línea de Transmisión Metálica

La potencia de la señal se pierde en una línea de transmisión de diferentes formas: *pérdida de conductor*, *pérdida de radiación*, *pérdida de calentamiento dieléctrico*, *pérdida de acoplamiento* y *corona*. Todas estas pérdidas se agrupan y se especifican como pérdida de atenuación en decibelios por unidad de longitud.

Pérdidas de conductores: A medida que la corriente eléctrica fluye a través de una línea de transmisión metálica, existe una pérdida de potencia inherente e inevitable debido a la resistencia finita presente en la línea. Esta pérdida se denomina pérdida del conductor o pérdida de calentamiento del conductor y es simplemente una pérdida de potencia.

Pérdidas por radiación: Las pérdidas por radiación e inducción son similares en el sentido de que ambas son causadas por los campos que rodean a los conductores. Las pérdidas por inducción ocurren cuando el campo electromagnético alrededor de un conductor atraviesa cualquier objeto metálico cercano y se induce una corriente en ese objeto. Las pérdidas por radiación se reducen protegiendo adecuadamente el cable. Por lo tanto, los cables STP y coaxiales tienen menos radiación que los cables UTP, bifilar y abierto.

Pérdidas de acoplamiento: La pérdida de acoplamiento ocurre cada vez que se realiza una conexión hacia o desde una línea de transmisión o cuando dos secciones de la línea de transmisión se conectan entre sí. Las discontinuidades son los lugares donde se encuentran materiales diferentes y tienden a calentarse, irradiar energía y disipar potencia.

Corona: Corona es una descarga luminosa que se produce entre los dos conductores de una línea de transmisión, cuando la diferencia de potencial entre ellos supera la tensión de ruptura del aislador dieléctrico. Cuando ocurre corona, la línea de transmisión se destruye.

MEDIOS DE TRANSMISIÓN DE FIBRA ÓPTICA:

Ventajas de los cables de fibra óptica, Desventajas de los cables de fibra óptica, Espectro electromagnético, Diagrama de bloques del sistema de comunicaciones de fibra óptica, Construcción de fibra óptica, La física de la luz, Velocidad de propagación, Propagación de la luz a través de un cable de fibra óptica, Modos y clasificaciones de fibra óptica, Comparación de Fibra Óptica, Pérdidas en Cables de Fibra Óptica, Fuentes de Luz, Detectores de Luz, Láseres.

Un sistema de comunicaciones ópticas es aquel que utiliza la luz como portadora de información. Utilizan cables de fibra de vidrio o plástico para contener las ondas de luz y guiarlas de manera similar a como se guían las ondas EM a través de un medio de transmisión metálico.

Ventajas de los cables de fibra óptica

- Mayor ancho de banda y mayor capacidad de información: La onda de luz ocupa el rango de frecuencia entre 2×10^{12} Hz a 37×10^{12} Hz. Esto hace que la capacidad de transporte de información de la fibra óptica cables es mucho mayor.
- Inmunidad a la diafonía: Dado que los cables de fibra óptica utilizan fibras de vidrio y plástico, que no son conductores de corriente eléctrica, no hay campo magnético presente. Sin medios de inducción magnética sin diafonía.
- Inmunidad a interferencias estáticas: Como los cables de fibra óptica no son conductores, son inmunes a la interferencia electromagnética (EMI) causada por rayos, motores eléctricos, relés, luces fluorescentes y otras fuentes de ruido eléctrico.
- Inmunidad ambiental: Las fibras ópticas son más inmunes a los extremos ambientales. Ellos puede operar sobre grandes variaciones de temperatura y tampoco se ven afectados por líquidos corrosivos y gases
- Seguridad y conveniencia: Como solo hay fibras de vidrio y plástico, no hay corrientes eléctricas ni los voltajes están asociados con ellos. También se pueden utilizar aro- y cualquier liquido volátil y gases sin preocuparse de que provoquen explosiones o incendios.
- Menor pérdida de transmisión: Fibras ópticas ofrecen menos atenuación de la señal en largas distancias. Por lo general, es menos de 1 dB/km
- Seguridad: Las fibras ópticas son más seguras ya que es casi imposible acceder a ellas porque ellos no irradian señales. No existen bucles de tierra entre las fibras ópticas, por lo que son más seguro.
- Durabilidad y fiabilidad: Los cables ópticos duran más y son más fiables que los metálicos instalaciones porque los cables de fibra tienen una mayor tolerancia a los cambios en el medio ambiente. condiciones y son inmunes a los materiales corrosivos.
- Ciencias económicas: El costo de los cables de fibra óptica es el mismo que el de los cables metálicos. Los cables de fibra tienen menos pérdidas y requieren menos repetidores, lo que a su vez requiere una instalación más baja y costos generales del sistema.

Desventajas de los cables de fibra óptica

- Costos de interfaz: Como los cables ópticos deben conectarse a instalaciones electrónicas estándar que requieren interfaces caras
- Fuerza: Los cables ópticos tienen menor resistencia a la tracción que los cables coaxiales. Necesitan una capa extra de Kevlar y también una cubierta protectora de PVC. La fibra del culo también es frágil, lo que los hace menos atractivo en caso de que se requiera portabilidad de hardware

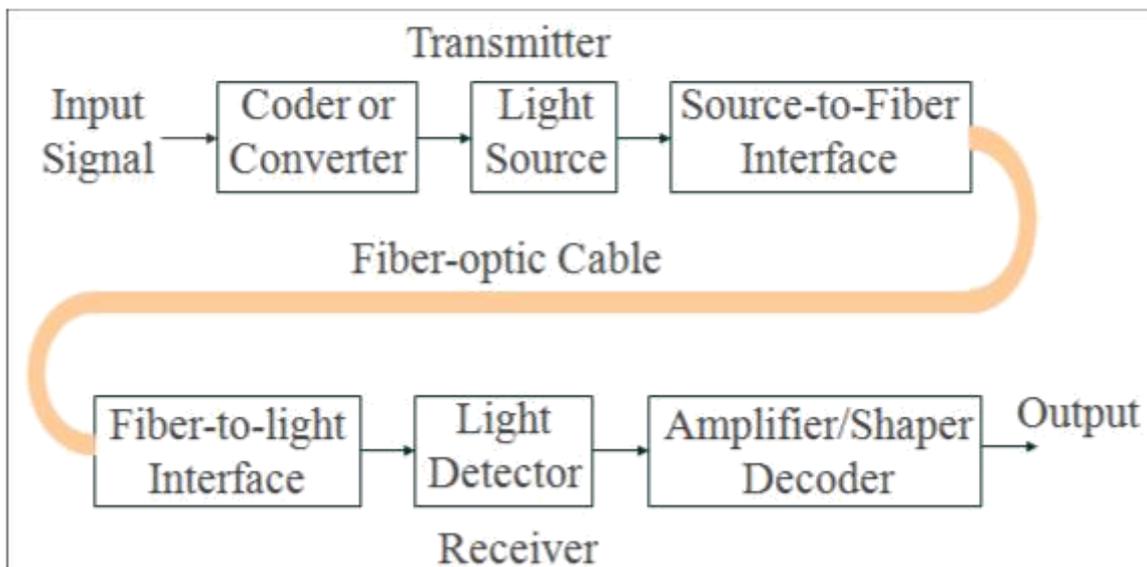
- Energía eléctrica remota: Ocasionalmente, la energía eléctrica ~~ver~~ debe proporcionarse a las interfaces remotas, que no se puede lograr usando cables ópticos
- Pérdidas por flexión : Doblar el cable provoca irregularidades en las dimensiones del cable, resultando en la pérdida de potencia de la señal. También, -los cables ópticos son propensos a defectos de fabricación provocando una pérdida excesiva de potencia de la señal.
- Herramientas, equipos y capacitación especializados : Se requieren herramientas especiales para empalmar y reparar cables y equipo de prueba especial para hacer r- medidas de contorno. Técnicos trabajar con cables ópticos requiere habilidades y capacitación especiales.

Espectro electromagnético

El **espectro electromagnético** es el rango de todas las posibles frecuencias de radiación electromagnética. El "espectro electromagnético" de un objeto es la distribución característica de la radiación electromagnética emitida o absorbida por ese objeto en particular. La frecuencia del espectro se extiende desde las frecuencias subsónicas (unos pocos hercios) hasta los rayos cósmicos (10 Hz). El espectro de frecuencia de la luz se puede dividir en tres bandas generales.

1. *Infrarrojo*: La banda de frecuencias que es demasiado alta para ser vista por el ojo humano con longitudes de onda que oscilan entre 770 nm y 10 nm. Las fibras ópticas generalmente operan en la banda infrarroja.
2. *Visible*: La banda de frecuencias de luz a la que el ojo humano responderá con longitudes de onda que oscilan entre 390nm y 770nm. Esta banda es visible al ojo humano.
3. *Ultravioleta*: La banda de frecuencias de luz, que son demasiado bajas para ser vistas por el ojo humano con longitudes de onda que oscilan entre 10nm y 390nm.

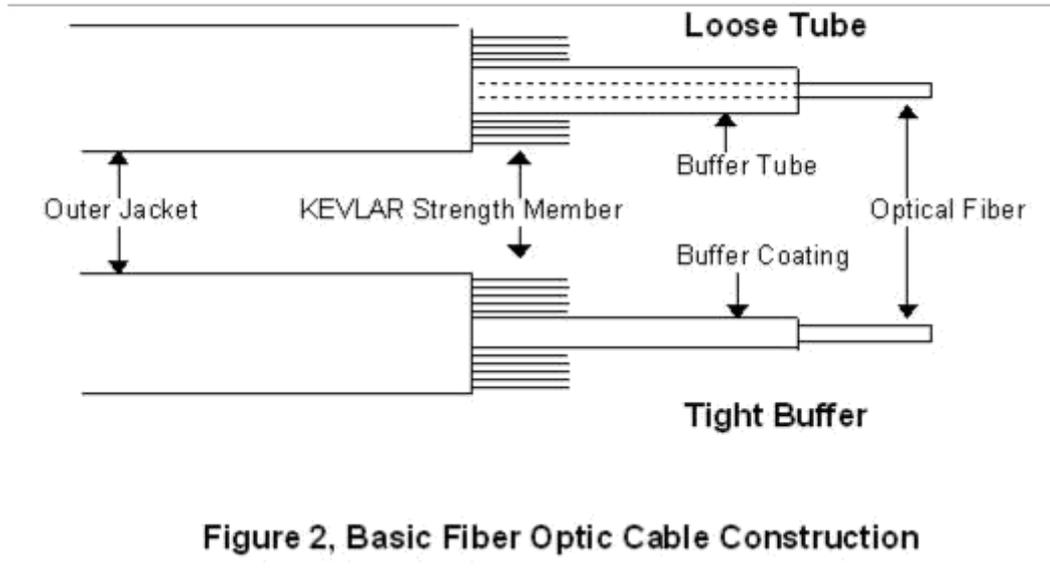
Diagrama de bloques del sistema de comunicaciones de fibra óptica



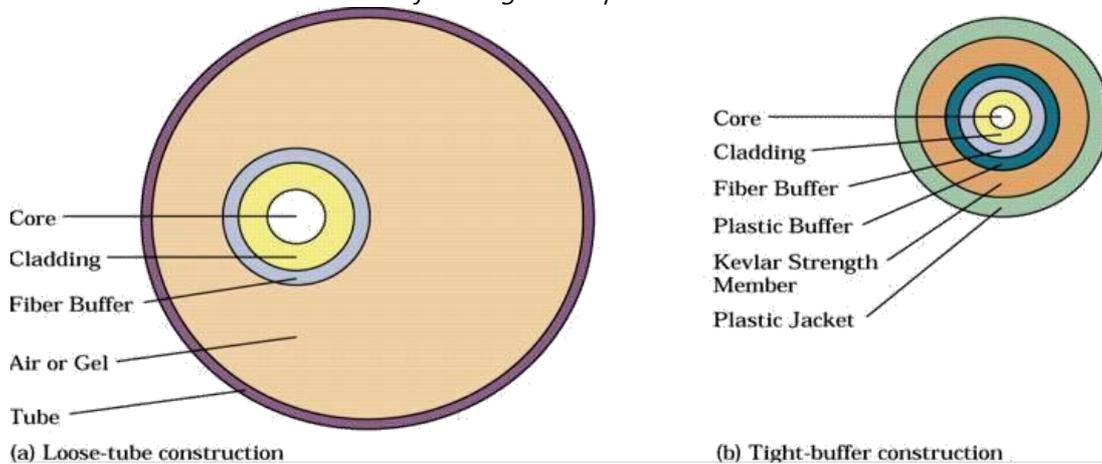
Los tres bloques de construcción principales son el transmisor, el receptor y el cable de fibra óptica. El transmisor se compone de un convertidor de voltaje a corriente, una fuente de luz y una interfaz de fuente a fibra. La guía de fibra es el medio de transmisión, que es un ultrapuro

vidrio o un cable de plástico. El receptor incluye una interfaz de fibra a interfaz, un fotodetector y un convertidor de corriente a voltaje.

Construcción de fibra óptica



Hay dos tipos básicos de cable de fibra óptica. La diferencia es si la fibra puede moverse libremente dentro de un tubo con un diámetro mucho mayor que la fibra o si está dentro de una cubierta relativamente ajustada. Se les conoce como *tubo suelto* y *mortiguador apretado* cabos



Ambos métodos de construcción tienen ventajas.

- Cables de tubo holgado: toda la tensión de la tracción del cable es absorbida por los miembros de resistencia del cable y la fibra puede expandirse y contraerse con la temperatura.
- Los cables de protección ajustada son más baratos y generalmente más fáciles de usar

Física de la luz

Albert Einstein y Max Planck demostraron que cuando la luz es emitida o absorbida, se comporta como una onda electromagnética y también como una partícula llamada fotón, que posee energía proporcional a su frecuencia. Esto se conoce como Ley de Planck. Establece que “cuando la luz visible o la radiación electromagnética de alta frecuencia ilumina una superficie metálica, se emiten electrones”. Se expresa matemáticamente como:

$$E_p = hf,$$

donde *episodios* la energía de los fotones en julios, h es la constante de Planck y f es la frecuencia de la luz

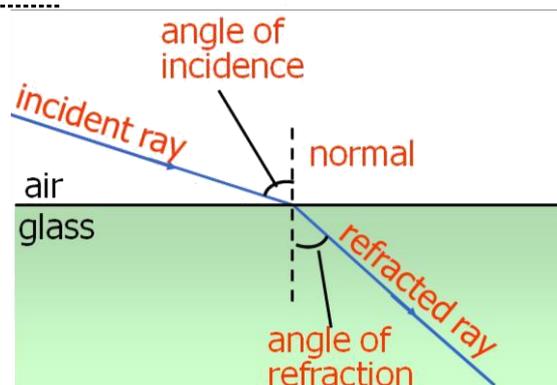
El proceso de descomposición de un nivel de energía a otro nivel de energía se llama *decaimiento espontáneo o emisión espontánea*. El proceso de pasar de un nivel de energía a otro se llama *absorción*.

La potencia óptica mide la velocidad a la que las ondas electromagnéticas transfieren energía luminosa. Se describe como el flujo de energía luminosa que pasa por un punto dado en un tiempo específico. Expresado matemáticamente como:

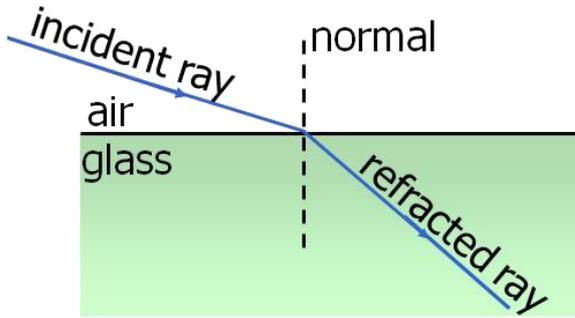
$P = d(\text{energía})/ d(\text{tiempo}) = dQ/ dt$, donde P es la potencia óptica en vatios y dQ es la carga instantánea en julios

Velocidad de propagación

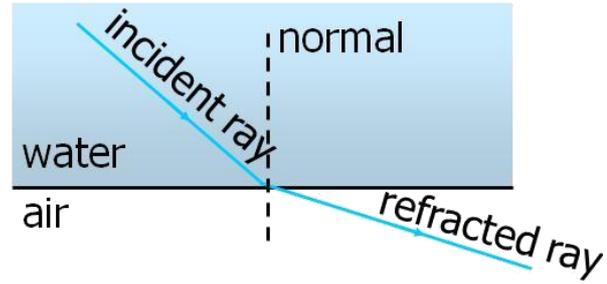
Refracción: La refracción es la curvatura de la luz cuando la luz pasa de un medio a otro. El ángulo entre el rayo de luz y la normal cuando sale de un medio se llama *Ángulo de incidencia*. El ángulo entre el rayo de luz y la normal cuando entra en un medio se llama *ángulo de refracción*.



Cuando una onda electromagnética se reduce al pasar de un medio a otro de material más denso, el rayo de luz cambia de dirección o se refracta (curva) hacia la normal. Cuando una onda electromagnética pasa de un material más denso a un material menos denso, el rayo de luz se refracta alejándose de lo normal. La normal es simplemente una línea imaginaria trazada perpendicularmente a la interfaz de los dos materiales en el punto de incidencia.



From Air to Glass: Light is bent **towards** the normal



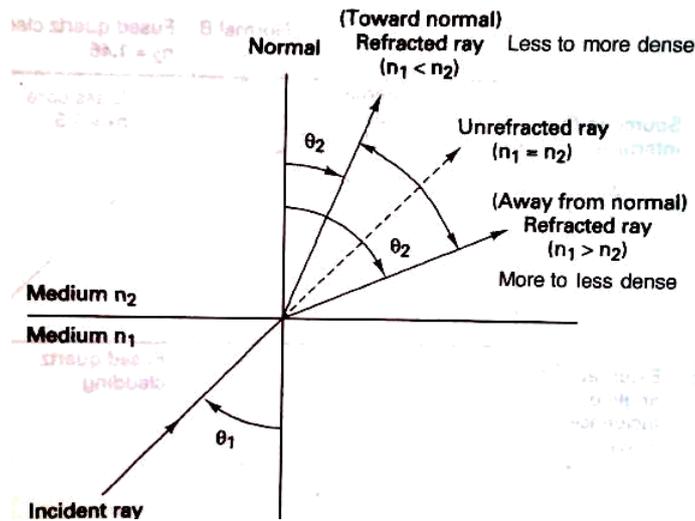
From Water to Air: Light is bent **away** from the normal

Índice de refracción: El índice de refracción es simplemente la relación entre la velocidad de propagación de un rayo de luz en el espacio libre y la velocidad de propagación de un rayo de luz en un material dado. Dada por,

$n = c/v$, donde n es el índice de refracción y c es la velocidad de la luz (m/seg) y v es la velocidad de la luz en un material dado (m/seg). Los índices típicos de refracción de algunos materiales se dan a continuación:

Material	Refractive index
Glass	1.5 – 1.7
Water	1.33
Air	1.0001
Diamond	2.0 - 2.42
Vacuum	1.0

de snell Ley. Esta relación entre los ángulos de incidencia y refracción y los índices de refracción de los dos medios se conoce como **La ley de Snell**. La ley de Snell se aplica a la refracción de la luz en cualquier situación, independientemente de cuáles sean los dos medios.



Modelo refractivo para la Ley de Snell

La Ley de Snell se expresa matemáticamente como:

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

Donde, n_1 es el índice de refracción del material 1, n_2 es el índice de refracción del material 2, θ_1 es el ángulo de incidencia y θ_2 es el ángulo de refracción.

Ángulo crítico: El ángulo de incidencia se denomina ángulo crítico (θ_c), que se define como el ángulo de incidencia mínimo en el que un rayo de luz puede incidir en la interfaz de dos medios y dar como resultado un ángulo de refracción de 90 grados o mayor. El rayo de luz tiene que viajar desde el medio de mayor índice de refracción al de menor índice de refracción. Expresado como:

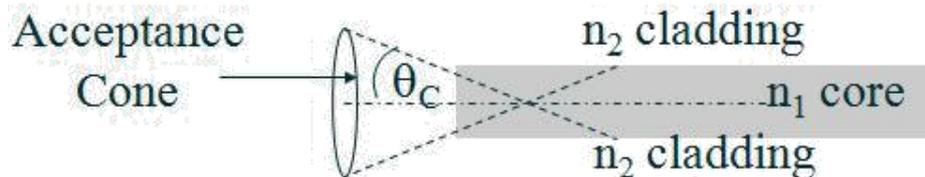
$$\theta_c = \arcsin\left(\frac{n_2}{n_1}\right)$$

Ángulo de aceptación, cono de aceptación y apertura numérica: Para que un rayo de luz se propague por el cable, debe incidir en la interfaz interna del núcleo/revestimiento en un ángulo mayor que el ángulo crítico.

$$\theta_{in}(máx) = \arcsin\left(\sqrt{n_1^2 - n_2^2}\right)$$

Donde, $\theta_{in}(máximo)$ es el ángulo de aceptación o el semiángulo del cono de aceptación. Define el ángulo máximo en el que los rayos de luz externos pueden incidir en la interfaz aire/vidrio y seguir propagándose por la fibra.

Girando el ángulo de aceptación alrededor del eje de la fibra, se obtiene un patrón de cono, llamado como cono de aceptación de la entrada de fibra. El cono de aceptación es el ángulo dentro del cual la luz es aceptada en el núcleo y puede viajar a lo largo de la fibra. Lanzar una onda de luz será más fácil para un cono de aceptación grande.



La apertura numérica (NA) se usa para describir la capacidad de recolección de luz o de recolección de luz de una fibra óptica. Cuanto mayor sea la magnitud de NA, mayor será la cantidad de luz externa de la fibra

que va a aceptar. Descrito como, $NA = \sin \theta_{in}$, $NA = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$. Por lo tanto, se puede escribir:

$$\theta_{in} = \arcsin NA$$

Propagación de la luz a través de un cable de fibra óptica

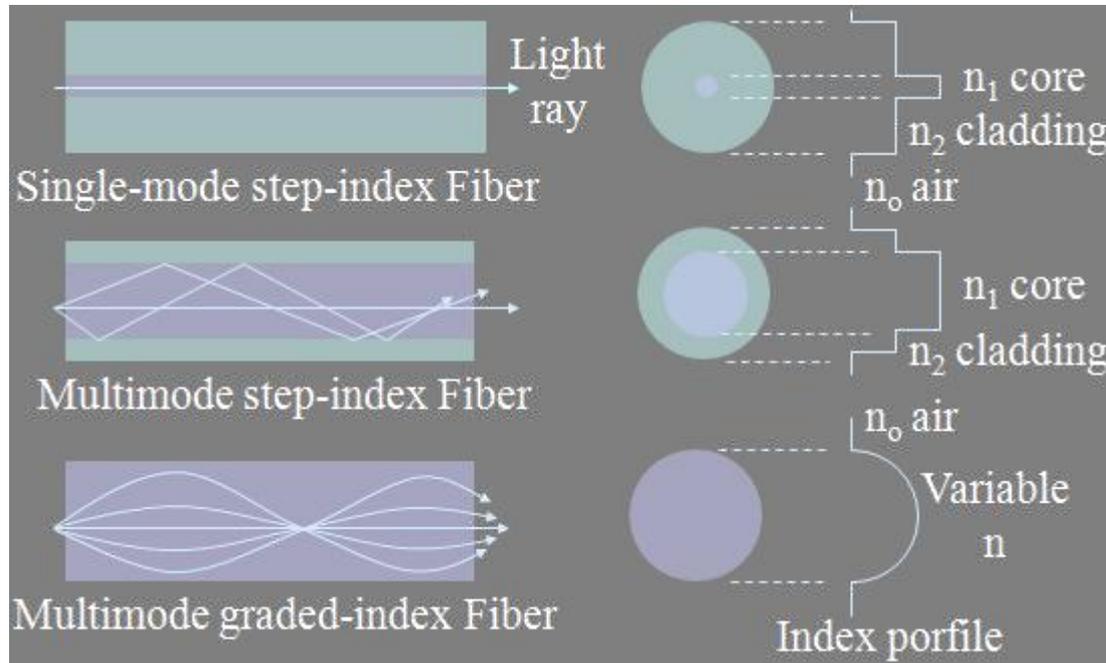
La luz se puede propagar mediante refracción o reflexión y la forma en que se propaga la luz depende del modo de propagación y el perfil de índice de la fibra.

METRO modos de propagación

Modo simplemente significa camino. Si solo hay un camino para que los rayos de luz tomen un cable, se llama monomodo y si hay más de un camino, se llama multimodo. En monomodo, la luz viaja directamente por el centro del cable, mientras que en multimodo, los rayos de luz se propagan por el cable en forma de zigzag siguiendo varios caminos. El número de modos posibles para un cable dado puede estar dado por:

$$N \approx \left[\frac{\pi d}{\lambda} \sqrt{(n_1^2 - n_2^2)} \right]$$

Donde N es el número de modos, d es el diámetro del núcleo, λ es la longitud de onda, n1 es el índice de refracción del núcleo y n2 es el índice de refracción del revestimiento.



I Índice Perfil

El perfil de índice de una fibra óptica es una representación gráfica de la magnitud del índice de refracción a lo largo de la fibra. La figura anterior muestra los perfiles de índice de tres tipos de fibras. Están presentes dos tipos básicos de perfiles de índice. Aíndice escalonado La fibra tiene un núcleo central con un índice de refracción uniforme. Aíndice graduado la fibra no tiene revestimiento y el índice de refracción del núcleo no es uniforme. Es más alto en el centro del núcleo y disminuye gradualmente con la distancia hacia el borde exterior.

Modos y clasificaciones de fibra óptica

Tres tipos prácticos de configuraciones de fibra óptica: índice escalonado monomodo, índice escalonado multimodo e índice graduado multimodo.

Único -Paso de modo -Índice Fibra Óptica: La fibra tiene un núcleo central que es lo suficientemente pequeño como para que esencialmente solo haya un camino para el rayo de luz a través del cable. En la mayoría de los casos, el revestimiento exterior es aire, lo que hace que esta fibra tenga un amplio ángulo de aceptación exterior, lo que facilita su acoplamiento a una fuente de luz. Pero, este tipo de fibra es muy débil y difícil de empalmar o terminar. Un enfoque más práctico será la fibra monomodo de índice escalonado que tiene un revestimiento que no sea aire. Esto sería físicamente más fuerte que la fibra revestida de aire, pero el ángulo crítico será mayor, lo que dará como resultado un ángulo de aceptación pequeño. Esto hace que sea difícil acoplar la luz a la fibra desde una fuente de luz.

ventajas:

- Dispersión mínima: todos los rayos toman el mismo camino, el mismo tiempo para viajar por el cable. Un pulso se puede reproducir en el receptor con mucha precisión.-
- Menos atenuación puede funcionar en una distancia más larga sin repetidores.-
- Mayor ancho de banda y mayor tasa de información-
- Dificultad para acoplar la luz dentro y fuera del pequeño núcleo. Se requiere una fuente de luz altamente directiva (láser). Los módulos de interfaz son más caros.

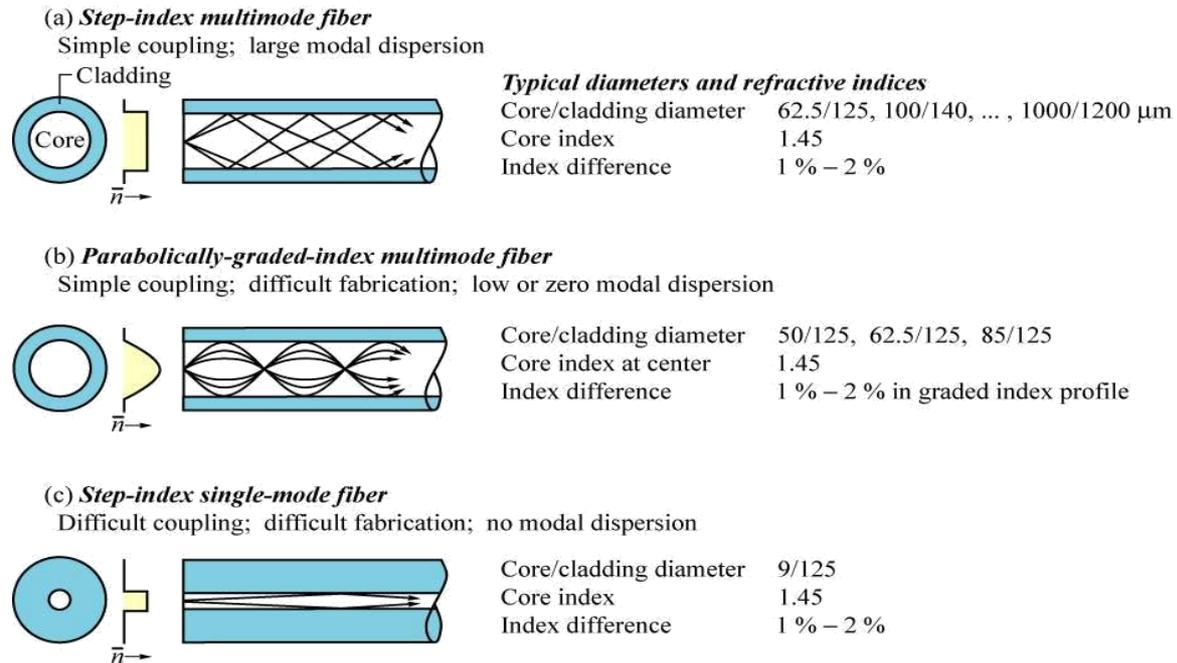


Fig. 22.1. (a) Step-index multimode fibers allow for the propagation of several optical modes. (b) Parabolically graded-index multimode fibers allow for the propagation of several modes with similar propagation constant. Graded-index multimode fibers have a lower modal dispersion than step-index multimode fibers. (c) Step-index single-mode fibers have a small core diameter and no modal dispersion.

E. F. Schubert
Light-Emitting Diodes (Cambridge Univ. Press)
www.LightEmittingDiodes.org

Óptica de índice escalonado multimodo / Fibras: Son similares a las fibras monomodo de índice escalonado excepto que el núcleo central es mucho más grande con la configuración multimodo. Este tipo tiene una gran apertura de luz a fibra y, por lo tanto, permite que entre más luz externa en el cable. Los rayos de luz viajan por el cable en forma de zigzag y se reflejan continuamente en el límite de la interfaz. Los rayos de luz viajan en muchos caminos a medida que se propagan por la fibra. Por lo tanto, todos los rayos de luz no siguen el mismo camino y no tardan la misma cantidad de tiempo en recorrer la longitud del cable.

Ventajas

- Estos son relativamente caros y fáciles de fabricar.
- Es más fácil acoplar la luz dentro y fuera de la fibra de índice escalonado multimodo, ya que tienen una apertura de fuente a fibra relativamente grande.

Desventajas

- Como los rayos de luz viajan en diferentes caminos, se produce una gran diferencia en los tiempos de propagación. Entonces, los rayos que viajan hacia abajo tienen una tendencia a dispersarse. En consecuencia, el pulso de luz que se propaga hacia abajo está más distorsionado que otros tipos de fibras.-
- Menos anchos de banda y menor tasa de transferencia de información en comparación con otros tipos.-

Fibra óptica de índice graduado multimodo: Estas fibras se caracterizan por un núcleo central con un índice de refracción no uniforme. La densidad de cables es máxima en el centro y disminuye gradualmente hacia el borde. El rayo de luz se propaga a través de la refracción. A medida que la luz se propaga a través del núcleo hacia el centro, se cruza con un medio menos denso a uno más denso. En consecuencia, los rayos de luz se refractan constantemente, lo que da como resultado una curvatura continua de los rayos de luz. Los rayos de luz tardan aproximadamente la misma cantidad de tiempo en recorrer la longitud de la fibra. Este cable se utiliza principalmente para comunicaciones de larga distancia.

Pérdidas en Cables de Fibra Óptica

La pérdida de potencia en los cables de fibra óptica a menudo se denomina atenuación y da como resultado una reducción de la potencia de la onda de luz a medida que viaja por el cable. En general, la pérdida de potencia total se expresa como:

$A(\text{dB}) = 10 \log (P_{\text{out}} / P_{\text{in}})$ donde $A(\text{dB})$ es la reducción total del nivel de potencia, atenuación y

P_{out} es la potencia de salida del cable y P_{in} es la potencia de entrada del cable. Las fibras multimodo tienden a tener más atenuación que los cables monomodo debido a la mayor dispersión de la onda de luz.

Las pérdidas de transmisión en las fibras ópticas dan como resultado una reducción de la potencia de la luz, lo que reduce el ancho de banda del sistema, la tasa de transmisión de información, la eficiencia y la capacidad general del sistema. Las pérdidas predominantes son:

Pérdidas por absorción: Es similar a la disipación de potencia en los cables de cobre, ya que las impurezas de la fibra absorben la luz y la convierten en calor. Tres factores principales contribuyen a las pérdidas por absorción.

- Absorción ultravioleta:- Causada por electrones de valencia en el material de sílice a partir del cual se fabrican las fibras.-
- Absorción infrarroja: - Resultado de fotones de luz que son absorbidos por los átomos de las moléculas del núcleo de vidrio.-
- Absorción de resonancia de iones: - Provocada por iones OH⁻ en el material. Las moléculas de hierro, cobre y cromo también provocan la absorción de iones.

Pérdidas de dispersión de leigh: La dispersión de la luz de Rayleigh se debe a pequeños cambios localizados en el índice de refracción del núcleo y el material de revestimiento. Dos causas principales para esto:

- El primero se debe a una ligera fluctuación en la mezcla de ingredientes. Los cambios aleatorios debido a esto son imposibles de eliminar por completo.-
- La otra causa es un ligero cambio en la densidad a medida que la sílice se enfría y solidifica. Cuando el rayo de luz incide en dichas zonas, se dispersa en todas las direcciones. La cantidad de dispersión-

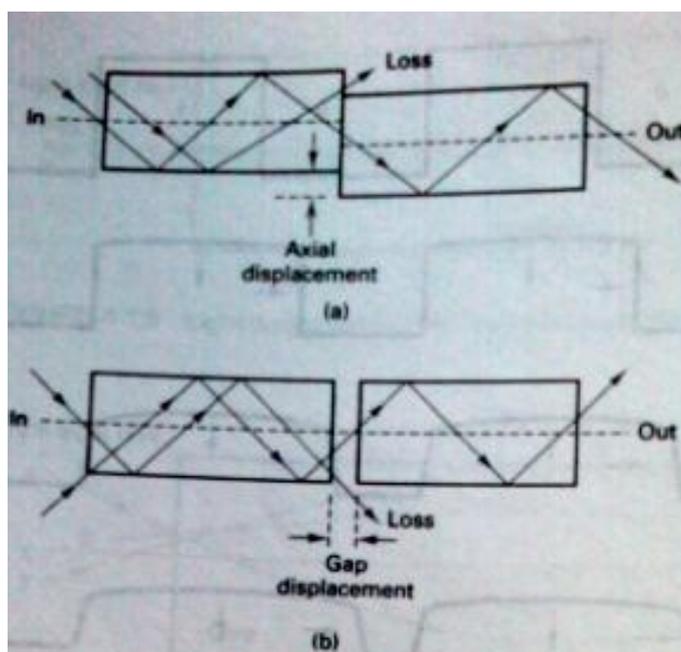
depende del tamaño de la discontinuidad en comparación con la longitud de onda de la luz. Entonces, la longitud de onda más corta sufre la mayor dispersión.

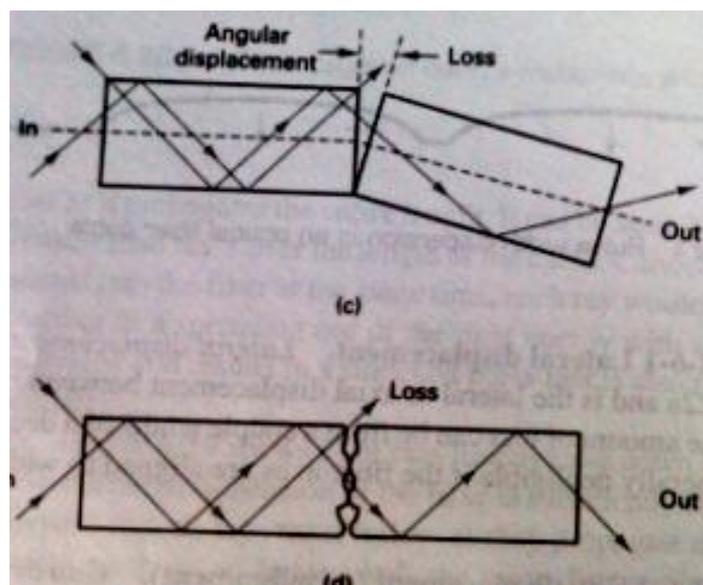
Distorsión o WDispersión de longitud media: Los rayos de luz que se emiten simultáneamente desde un LED y se propagan por una fibra óptica no llegan al otro extremo de la fibra al mismo tiempo, lo que da como resultado un deterioro denominado distorsión cromática. Ocurre solo en fibras con un solo modo de transmisión y puede eliminarse utilizando fuentes de luz monocromáticas como el diodo láser de inyección (ILD).

Pérdidas por radiación: Estos son causados predominantemente por pequeños dobleces y torceduras en el fibra. Los dos tipos de curvas son: microcurvas y curvas de radio constante. La microflexión se produce como resultado de las diferencias en las tasas de contracción térmica entre el núcleo y el material de revestimiento y da como resultado una curvatura del material a lo largo del eje de la fibra y representa una discontinuidad donde se produce la dispersión de Rayleigh. Los dobleces de radio constante son causados por presión y tensión excesivas y generalmente ocurren cuando las fibras se doblan durante la instalación.

Dispersión modal: La dispersión modal (llamada dispersión de pulsos) es causada por la diferencia en los tiempos de propagación de los rayos de luz que toman diferentes caminos por una fibra y ocurre solo en fibras multimodo. Puede reducirse considerablemente utilizando fibras de índice gradual y eliminarse casi por completo utilizando fibras monomodo de índice escalonado. Si se emiten tres rayos de luz en la fibra al mismo tiempo, cada rayo llegaría al otro extremo en un momento diferente, lo que provocaría una dispersión de la energía de la luz con respecto al tiempo. Esto se llama dispersión modal.

Pérdidas de acoplamiento: -Estas pérdidas son causadas por conexiones físicas imperfectas. Estas ocurren en tres tipos de uniones: conexiones de fuente de luz a fibra, conexiones de fibra a fibra y conexiones de fibra a fotodetector. Son causados por uno de los siguientes problemas de alineación:





- **Lateral**- Desplazamiento: Es el desplazamiento lateral o axial entre dos tramos de cables de fibra contiguos.
- Desplazamiento del espacio (desalineación): cuando se realizan empalmes en óptica a fibras, las fibras deberían en realidad tocar. Cuanto más separadas están las fibras, mayor es la pérdida de luz.
- **Desplazamiento angular**: es a veces- se llama desplazamiento angular y si es menor de 2 grados, el la pérdida será normalmente inferior a 0,5 dB.
- Acabado superficial imperfecto: los extremos de dos fibras contiguas deben estar muy pulidos y encajar perfectamente. Si la fibra termina **une** menos de 3 grados fuera de la perpendicular, el las pérdidas serán normalmente inferiores a 0,5 dB.

Fuentes de luz

Las fuentes de luz se utilizan en la comunicación por fibra óptica para generar pulsos de luz en longitudes de onda propagadas eficientemente por la fibra óptica. También deben producir suficiente energía para permitir que la luz se propague a través de la fibra sin causar distorsión en el cable o el receptor. Dos tipos de fuentes de luz prácticas utilizadas para generar luz para sistemas de comunicaciones de fibra óptica: diodos emisores de luz (LED) y diodos láser de inyección (ILD).

Emisión de luz tintineodiodos: Un LED es un diodo de unión pn, generalmente hecho de un material semiconductor como el arseniuro de aluminio y galio (AlGaAs) o el fosfuro de arseniuro de galio (GaAsP). Los LED emiten luz por emisión espontánea: la luz se emite como resultado de la recombinación de electrones y huecos. Los LED pueden proporcionar una salida de luz cuando están polarizados hacia adelante. El LED tiene una baja potencia de salida, una velocidad de conmutación más lenta y un mayor ancho espectral, por lo tanto, más dispersión. Estas deficiencias hacen que no sea útil para comunicaciones de alta velocidad y larga distancia. La salida del LED no es coherente y la eficiencia de acoplamiento es muy baja.

Inyección La ser Diodo: Los ILD son similares a los LED y actúan de manera similar por debajo de un cierto umbral de corriente. Por encima del umbral de corriente, el ILD oscila y se produce la emisión de láser. A medida que la corriente pasa a través de un diodo de unión pn con polarización directa, se emite luz por emisión espontánea a una frecuencia determinada por la brecha de energía del material semiconductor. los

La potencia de salida radiante de ILD es más directiva que el LED. Después de que ocurre el láser, la potencia óptica aumenta dramáticamente, con pequeños aumentos en la corriente de excitación. Ventajas

1. Los ILD emiten luz coherente (ordenada) en comparación con la luz incoherente (desordenada) emitida por LED. Por lo tanto, los ILD tienen un patrón de radiación más directo, lo que facilita el acoplamiento de la luz emitida por el ILD en un cable de fibra óptica. Se reducen las pérdidas por acoplamiento y también se pueden utilizar fibras pequeñas.
2. La potencia de salida radiante de ILD es mayor que la de un LED. Por lo general, la potencia de salida para un ILD es de 5 mW y solo de 0,5 mW para LED. Esto permite que los ILD proporcionen una mayor potencia de accionamiento y se pueden usar para operar en distancias más largas.
3. Los ILD se pueden usar a velocidades de bits más altas que los LED
4. Los ILD generan luz monocromática, lo que reduce la dispersión cromática o de longitud de onda.

Desventajas

1. Los ILD suelen ser 10 veces más caros que los LED
2. Como los ILD funcionan con potencias más altas, tienen una vida útil corta
3. Los ILD dependen más de la temperatura que los LED

Detectores de luz

Normalmente se utilizan dos dispositivos para detectar energía luminosa en receptores de comunicaciones de fibra óptica: diodos PIN (tipo p-intrínseco -tipo n) y APD (fotodiodos de avalancha). Los diodos PIN son el dispositivo más común utilizado y funcionan justo al contrario de un LED. Los APD son más sensibles que los pin diodos y requieren menos amplificación adicional. Las desventajas de los APD son los tiempos de transmisión relativamente largos y el ruido adicional generado internamente debido al factor de multiplicación de avalancha.

Características de los detectores de luz

1. Capacidad de respuesta: una medida de la eficiencia de conversión de un fotodetector. Es la relación entre la corriente de salida de un fotodiodo y la potencia óptica de entrada y tiene la unidad de amperios/vatio.
2. Corriente oscura: la corriente de fuga que fluye a través de un fotodiodo sin entrada de luz.
3. Tiempo de tránsito: el tiempo que tarda un portador inducido por la luz en viajar a través de la región de agotamiento de un semiconductor. Determina la tasa de bits máxima posible
4. Respuesta espectral: el rango de valores de longitud de onda a los que responderá un fotodiodo determinado.
5. Sensibilidad a la luz: la potencia óptica mínima que un detector de luz puede recibir y aún producir una señal de salida eléctrica utilizable.

Láseres

Láser significa amplificación de luz estimulada por la emisión de radiación. Se trata de la concentración de la luz en un haz muy pequeño y potente. Hay cuatro tipos de láseres:

1. *láseres de gas*: Los láseres de gas utilizan una mezcla de helio y neón encerrada en un tubo de vidrio. Se emite un flujo de ondas de luz coherentes cuando se descarga una corriente eléctrica en el gas. La salida de onda de luz continua es monocromática (un color)

2. *Láseres líquidos*: Utilizan colorantes orgánicos encerrados en un tubo de vidrio como medio activo. Un poderoso pulso de luz excita el tinte orgánico.
3. *Láseres sólidos*: Usan un cristal sólido y cilíndrico como el rubí, como medio activo. Ambos extremos del rubí están pulidos y paralelos y el rubí es excitado por una lámpara de tungsteno conectada a una fuente de alimentación de ca. Produce una onda continua.
4. *Láseres semiconductores*: Están hechos de uniones pn de semiconductores y se denominan comúnmente diodos láser de inyección. El mecanismo de excitación es una fuente de alimentación de CC que controla la cantidad de corriente al medio activo. La luz de salida se modula fácilmente, lo que la hace muy útil en muchos sistemas de comunicación electrónica.

Características del láser

Uso de todo tipo de láseres.

1. un material activo para convertir la energía en luz láser.
2. una fuente de bombeo para proporcionar potencia o energía
3. óptica para dirigir el haz a través del material activo a amplificar
4. óptica para dirigir el haz hacia un estrecho y poderoso cono de divergencia
5. un mecanismo de retroalimentación para proporcionar una operación continua
6. un acoplador de salida para transmitir potencia fuera del láser

TRANSMISIÓN DIGITAL

Modulación de pulsos, Modulación de código de pulsos, Rango dinámico, Voltaje de señal a cuantificación Relación de voltaje de ruido, Códigos PCM lineales versus no lineales, Compansión, Velocidad de línea PCM, Modulación delta PCM y PCM diferencial

transmisión digital es la transmisión de señales digitales entre dos o más puntos en un sistema de comunicaciones. Las señales pueden ser binarias o cualquier otra forma de pulsos digitales de nivel discreto. Con los sistemas de transmisión digital, se requiere una instalación física, como un par de hilos, un cable coaxial o un cable de fibra óptica para interconectar los diversos puntos dentro del sistema.

La transmisión digital tiene varias ventajas sobre la transmisión analógica:

- Una ventaja importante es la inmunidad al ruido como d- Las señales digitales son inherentemente menos susceptibles que señales analógicas a la interferencia causada por el ruido.
- Las señales digitales son más adecuado que las señales analógicas para procesar y combinar usando una técnica llamado multiplexación.
- Los sistemas de transmisión digital son más resistentes a los sistemas análogos al ruido aditivo porque utilizan regeneración de señal en lugar de amplificación de señal.
- Las señales digitales son más fáciles de medir y evaluar que las señales analógicas.

Desventajas:

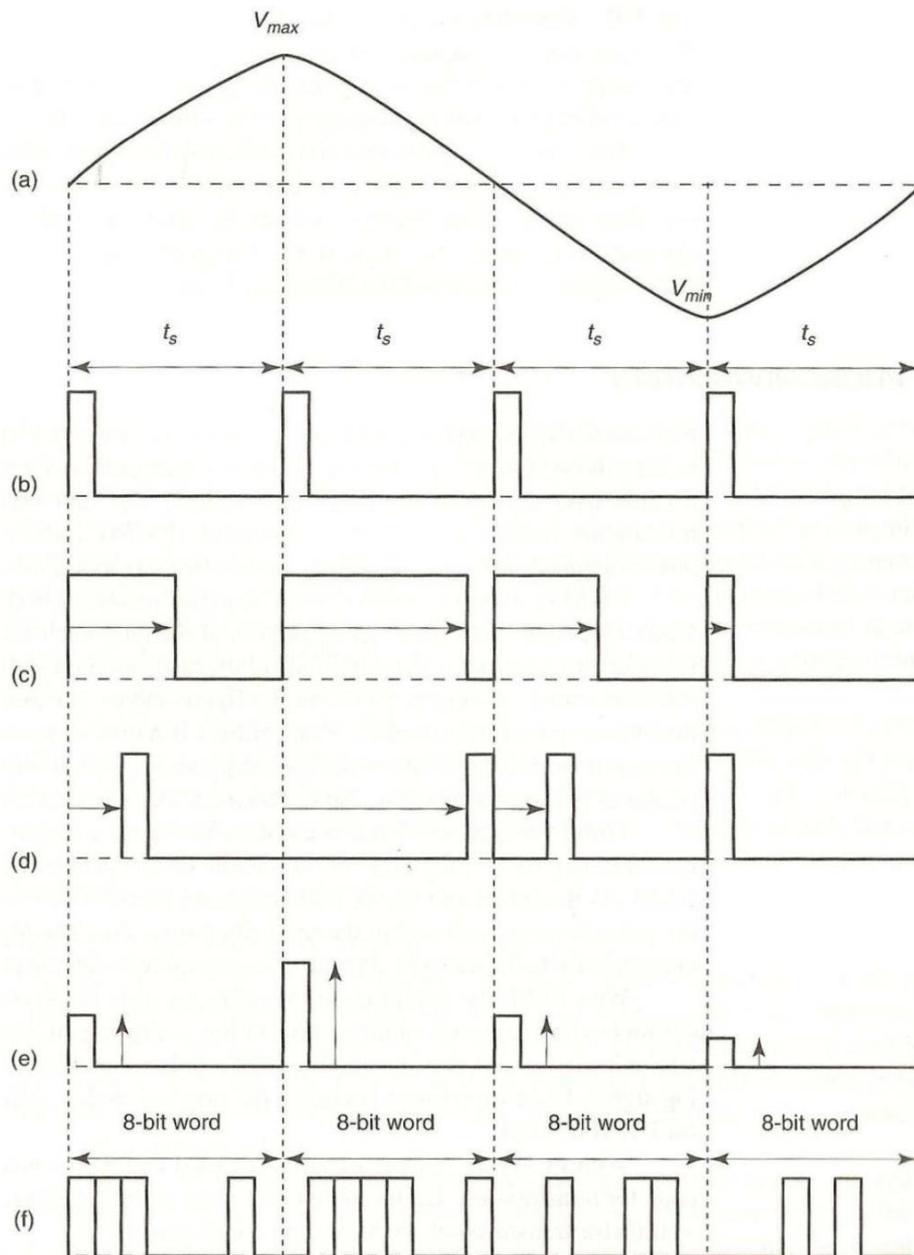
- La transmisión de señales analógicas codificadas digitalmente requiere más ancho de banda que simplemente transmitir el señal analógica original, lo que la hace costosa.
- También conversión de señales analógicas en pulsos digitales antes y después de la transmisión requiere circuitos de codificación y decodificación.
- Tiempo preciso se requiere sincronización entre los relojes en transmisores y receptores en digital transmisión
- Los sistemas de transmisión digital son incompatibles con los sistemas de transmisión analógicos más antiguos.

Modulación de pulso

El proceso de muestrear señales de información analógica y luego convertir esas muestras en pulsos discretos y luego transportar los pulsos desde una fuente a un destino a través de un medio de transmisión físico se llama **Modulación de pulso**. La modulación de pulso implica la comunicación mediante un tren de pulsos recurrentes. Hay cuatro tipos diferentes de técnicas de modulación de pulso.

Ancho de pulso h. mesmodulación (PWM): El ancho de un pulso de amplitud constante varía proporcionalmente a la amplitud de la señal analógica en el momento en que se muestrea la señal. A veces se denomina modulación de duración de pulso (PDM) o modulación de longitud de pulso (PLM). Es muy popular en circuitos digitales debido a su fácil generación y sus aplicaciones incluyen reguladores de voltaje y amplificadores de audio clase D.

Modulación de posición de pulso (PPM): La posición de un pulso de ancho constante dentro de un intervalo de tiempo prescrito varía según la amplitud de la muestra de la señal analógica. Se usa comúnmente en comunicaciones sobre fibras ópticas ya que el desvanecimiento por trayectos múltiples es mínimo. También se usa en comunicaciones para aviones/automóviles RC, etc., ya que la demodulación es fácil y permite un receptor de bajo costo.



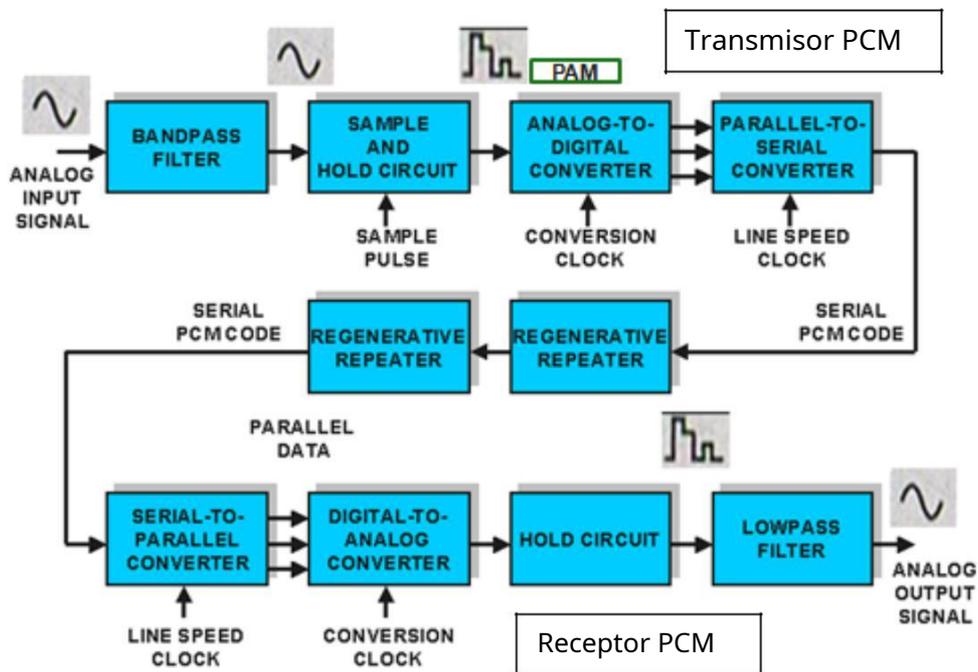
Modulación de pulsos: (a) señal analógica; (b) pulso de muestra; (c) PWM; (d) ppm; (e) PAM; (f) MCP

Modulación de amplitud de pulso (PAM METRO): La amplitud de un ancho constante, un ancho constante y una posición constante varía según la amplitud de la muestra de la señal analógica. Se parece más a la señal analógica original que a las formas de onda para PWM o PPM. Los módems telefónicos más rápidos que 300 bits/seg y Ethernet usan PAM.

Modulación de código de pulso (PCM): La señal analógica se muestrea y luego se convierte en un código binario serial de n bits para su transmisión. Cada código tiene el mismo número de bits y requiere el mismo tiempo de transmisión. Las aplicaciones incluyen audio digital en computadoras y CD.

Modulación de código de pulso

PCM, inventado por Alex H. Reeves en 1937, es el método preferido de comunicaciones dentro de la red telefónica pública conmutada porque con PCM es fácil combinar voz digitalizada y datos digitales en una única señal digital de alta velocidad y propagarla a través de redes metálicas o cables de fibra óptica. Con PCM, los pulsos son de longitud y amplitud fijas. PCM es un sistema binario en el que un pulso de falta de pulso dentro de un intervalo de tiempo prescrito representa las condiciones de 1 lógico o 0 lógico.



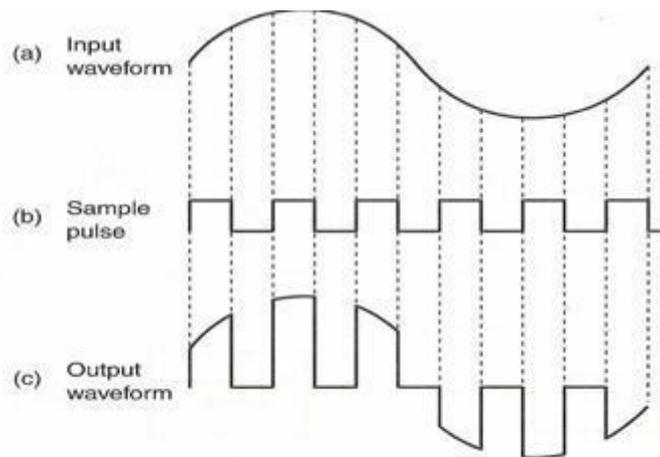
La figura anterior muestra un diagrama de bloques simplificado de un sistema PCM simple de un solo canal. *los filtro de paso de banda* limita la frecuencia de la señal de entrada analógica al rango de frecuencia de la banda de voz estándar de 300 Hz a 3000 Hz. *los circuito de muestreo y retención* muestrea periódicamente la señal de entrada analógica y convierte esas muestras en una señal PAM múltiple. *los convertidor de analógico a digital (ADC)* convierte las muestras PAM en códigos PCM paralelos, que se convierten en datos binarios en serie en el *convertidor paralelo a serie* luego enviado a la *línea de transmisión* como pulsos digitales en serie. *repetidores* se colocan a distancias prescritas para regenerar los pulsos digitales.

En el lado del receptor, el *convertidor de serie a paralelo* convierte los pulsos en serie recibidos de la línea de transmisión en códigos PCM paralelos. *los convertidor de digital a analógico (DAC)* convierte los códigos PCM paralelos en señales PAM multinivel. *los circuito de espera* es básicamente un filtro de paso bajo que convierte las señales PAM a su forma analógica original. Un circuito integrado que realiza las funciones de codificación y decodificación PCM se denomina códec (codificador/decodificador).

Muestreo PCM

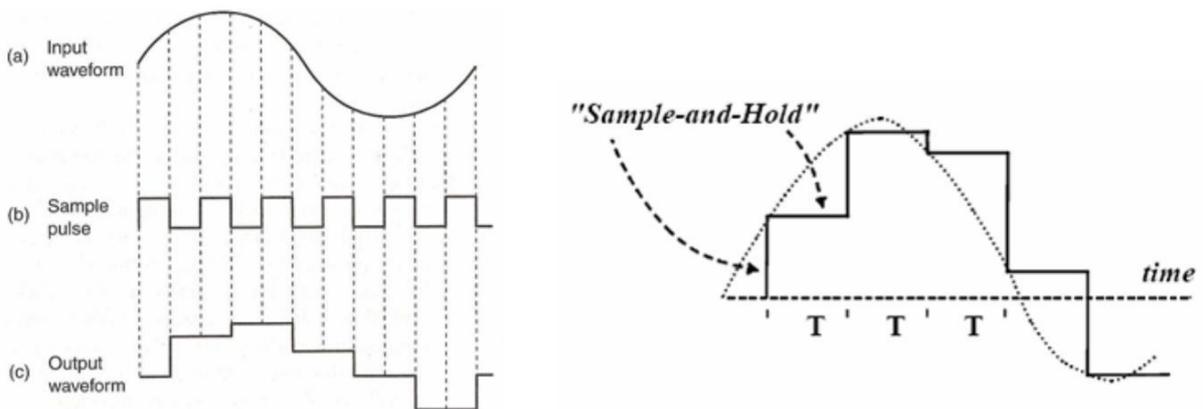
El circuito de muestreo en un transmisor PCM muestrea periódicamente el voltaje de entrada analógico que cambia continuamente y convierte esas muestras en una serie de pulsos de amplitud constante, que se pueden convertir más fácilmente en código PCM binario. Existen dos técnicas básicas para realizar el muestreo.

naturaleza al sáamplificando: En el muestreo natural, la amplitud del pulso adopta la forma de onda analógica durante el período del pulso de muestreo. El espectro de frecuencia de la salida muestreada es diferente al de una muestra ideal.



Natural sampling

Muestreo de superficie plana: Se logra en un circuito de muestreo y retención. Su propósito es muestrear periódicamente el voltaje de entrada analógico que cambia continuamente y convertir esas muestras en una serie de niveles de voltaje PAM de voltaje constante. Con el muestreo de parte superior plana, el voltaje de entrada se muestrea con un pulso estrecho y luego se mantiene relativamente constante hasta que se toma la siguiente muestra.



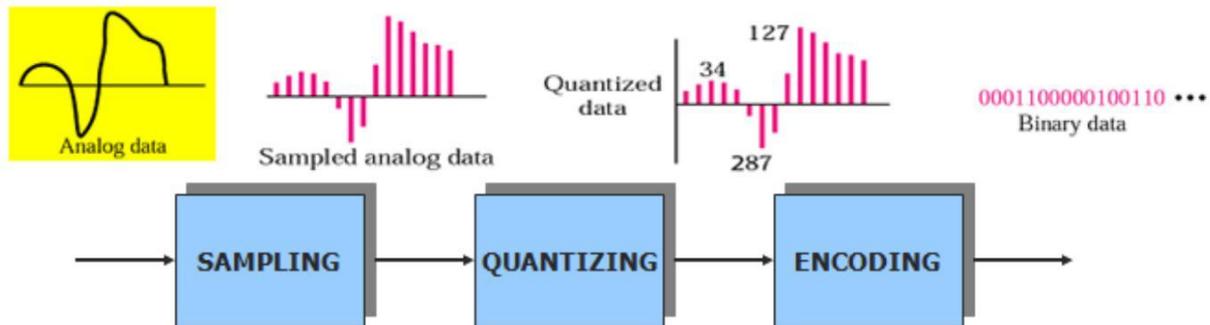
Muestreo de superficie plana

El muestreo de superficie plana introduce menos distorsión de apertura que el muestreo natural y puede funcionar con un convertidor de analógico a digital más lento.

Tasa de muestreo

Teorema de muestreo de Nyquist establece que para que una muestra se reproduzca con precisión, la tasa mínima de muestreo, f_s debe ser el doble de la frecuencia de entrada más alta, f_a . Matemáticamente, la frecuencia mínima de muestreo de Nyquist, f_s es $f_s \geq 2f_a$, donde f_s es la frecuencia mínima de muestreo de Nyquist en hercios y f_a es la frecuencia de entrada analógica máxima en hercios.

Si f_s es menos del doble f_a , es decir $f_s < 2f_a$, **alias o doblar distorsión** ocurre. Esto puede solucionarse utilizando un filtro antisolapamiento antes del muestreo para suprimir el componente antes del muestreo.



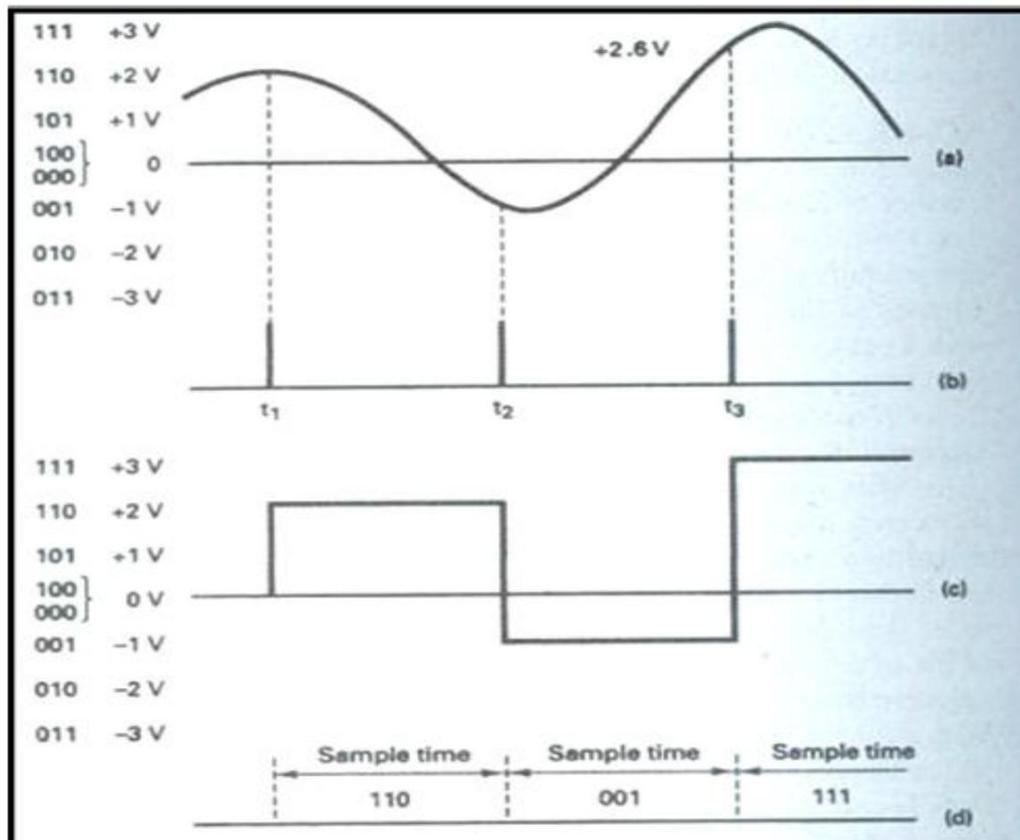
La cuantización y el código binario doblado

cuantizaciones el proceso de convertir un rango continuo de valores en un rango finito de valores discretos. Esta es una función de los convertidores de analógico a digital, que crean una serie de valores digitales para representar la señal analógica original. Se requiere cuantificación para convertir la señal analógica en un código PCM con un número limitado de combinaciones. Tomando un ejemplo, una onda sinusoidal con amplitud pico de 5v, variando entre +5V y -5V pasando por todas las amplitudes entre ellos. Un código PCM podría tener sólo ocho bits, lo que equivale a solo 2^8 o 256 combinaciones y, para convertirlos, los valores de onda sinusoidal deben redondearse.

Sign	Magnitude	Decimal Value	Quantization Range
1	11	+3	+2.5 - +3.5
1	10	+2	+1.5 - +2.5
1	01	+1	+0.5 - +1.5
1	00	+0	+0 - +0.5
0	00	-0	-0 - -0.5
0	01	-1	-0.5 - -1.5
0	10	-2	-1.5 - -2.5
0	11	-3	-2.5 - -3.5

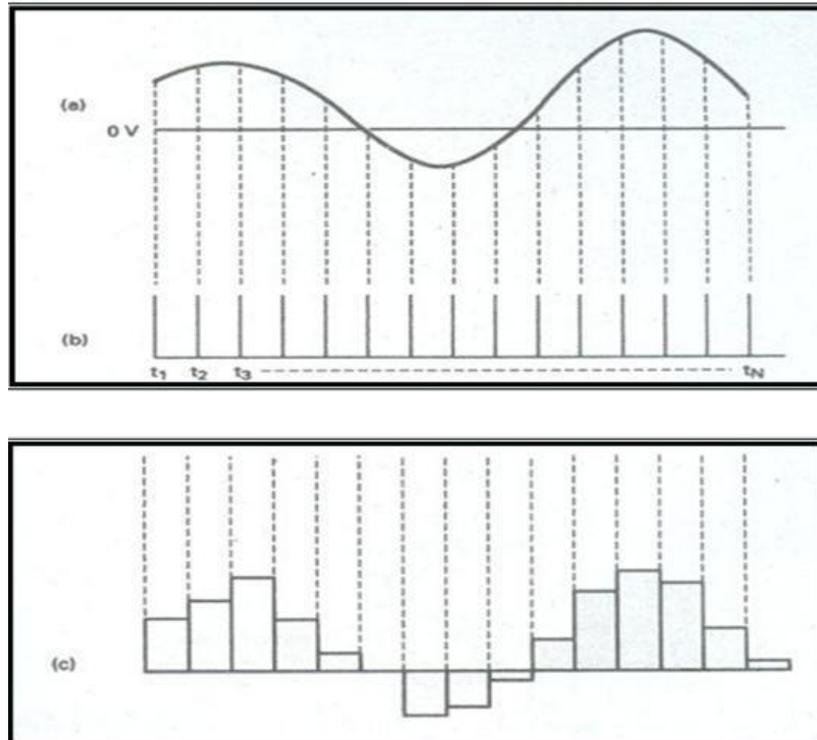
La tabla anterior muestra el código PCM de tres bits, que es un código de magnitud de signo de tres bits con ocho combinaciones posibles (cuatro +ve y cuatro -ve). El bit más a la izquierda es el bit de signo (1 = + y 0 = -), y los dos bits restantes más a la derecha representan la magnitud. Este tipo de código se llama código binario doblado porque los códigos en la mitad inferior de la tabla son una imagen especular exacta de los códigos en la parte superior excepto por el bit de signo. La diferencia de magnitud entre pasos adyacentes se llama intervalo de cuantización o cuanto (1V para la tabla anterior). Para el código anterior, la magnitud de señal máxima que se puede codificar es +3V (111) o -3V (011) y la mínima es +1V (101) o -1V (001). Si la magnitud de la muestra excede el intervalo de cuantificación más alto, distorsión de sobrecarga (limitación de pico) ocurre.

La asignación de códigos PCM a magnitudes absolutas se denomina cuantificación. La magnitud de un cuanto también se llama resolución. Es igual al voltaje del bit menos significativo. (Vlsb) del código PCM. Cuanto menor sea la magnitud de un cuanto, mejor será la resolución y con mayor precisión la señal cuantificada se parecerá a la señal analógica original.



(a) Señal de entrada analógica; (b) pulso de muestra; (c) PAM; (d) código PCM

Cada voltaje de muestra se redondea al nivel de cuantificación disponible más cercano y luego se convierte a su código PCM correspondiente. La señal PAM en el transmisor es esencialmente la misma señal PAM producida en el receptor. Por lo tanto, cualquier error de redondeo en la señal transmitida se reproduce cuando el DAC del receptor vuelve a convertir el código en analógico. Este error se llama el error de cuantificación (Qe), que también es ruido de cuantificación (qn). La señal cuantificada que se muestra arriba se asemeja aproximadamente a la señal de entrada original con un código PCM de tres bits, resultados de baja resolución y solo se toman tres muestras de la señal analógica.



Como se muestra arriba, la calidad de la señal PAM se puede mejorar usando un código PCM con más bits, reduciendo la magnitud del cuanto y mejorando la resolución. Además, el muestreo de las señales analógicas a un ritmo más rápido aumenta la calidad y la señal PAM se parece mucho a la señal analógica. Se da error de cuantización por

$$Q_e = \frac{V_{MIN}}{2} = \frac{\text{Resolution}}{2}$$

Gama dinámica

Es la relación entre la magnitud más grande posible y la magnitud más pequeña posible (que no sea 0V) que puede ser decodificada por el convertidor de digital a analógico en el receptor. Matemáticamente,

$DR = \frac{V_{max}}{V_{min}}$, donde, DR es el rango dinámico y Vmin es el valor cuántico (resolución) y Vmax es la magnitud de voltaje máxima que pueden discernir los DAC de los receptores. El rango dinámico se puede expresar en decibelios como

$$DR_{(dB)} = 20 \log \frac{V_{max}}{V_{min}}$$

o $DR_{(dB)} = 20 \log (2^n - 1)$, donde n es el número de bits PCM.

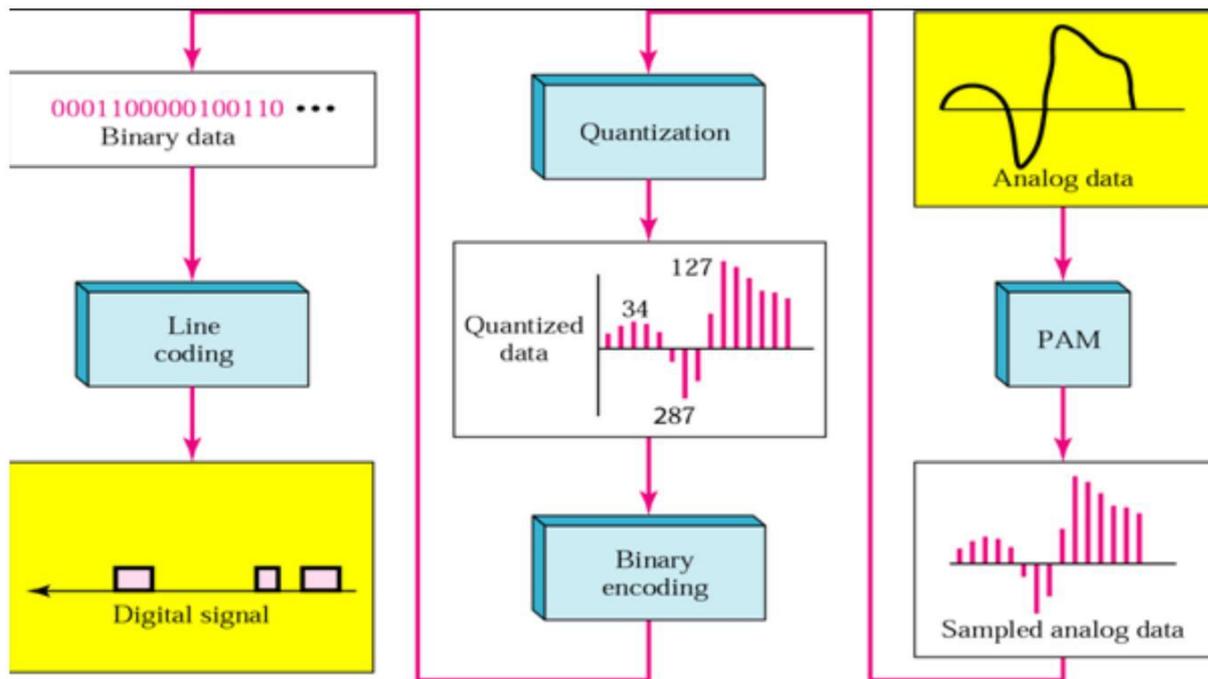
Voltaje de la señal: Relación de voltaje de ruido de cuantificación

El ruido de cuantización máximo es la mitad de la resolución. Por lo tanto, la peor relación voltaje de señal a voltaje de ruido de cuantificación (SQR) posible ocurre cuando la señal de entrada está en su amplitud mínima. Matemáticamente, el voltaje SQR en el peor de los casos es 2.

Para los códigos PCM lineales, la relación entre potencia de señal y potencia de ruido de cuantificación se determina mediante la fórmula:

$$SQR_{(dB)} = 10 \log \frac{v^2/R}{(q^2/12)/R}$$

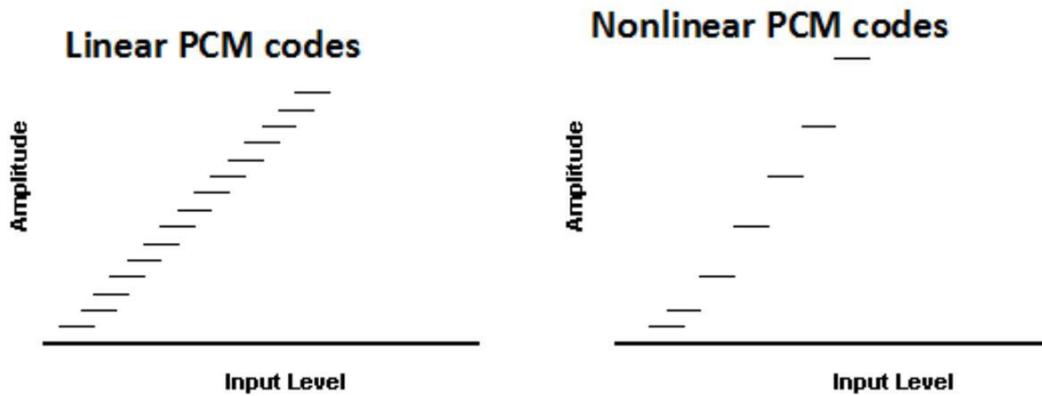
Donde, R es la resistencia en ohmios, v es el voltaje de la señal rms en voltios, q es el intervalo de cuantificación en voltios, v^2/R es la potencia de señal promedio en vatios y $(q^2/12)/R$ es la potencia de ruido de cuantificación media en vatios.



De señal analógica a códigos digitales PCM

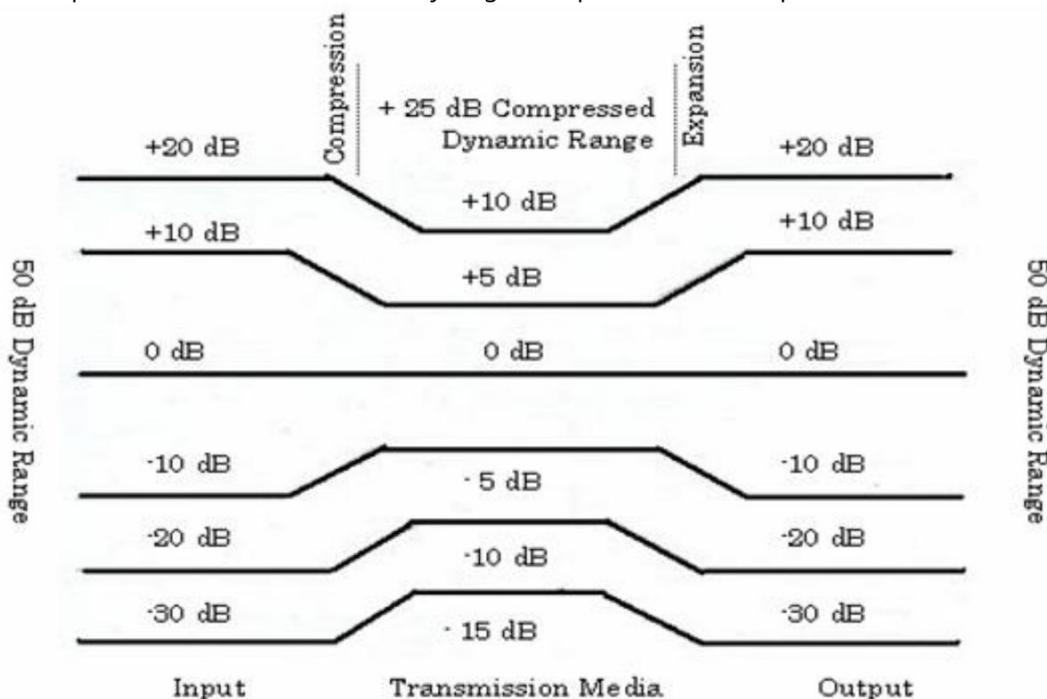
Códigos PCM lineales versus no lineales

- Códigos lineales: cambio de magnitud entre dos pasos sucesivos en uniforme
 - La resolución/precisión es la misma para la señal de amplitud más baja y más alta
 - SQR para señal de baja amplitud es menor que SQR para señal de mayor amplitud
- No lineal: el tamaño del paso aumenta con la amplitud de la señal de entrada
 - Más códigos en la parte inferior
 - La distancia entre códigos sucesivos es mayor para señales de mayor amplitud
 - V_{max}/V_{min} aumenta



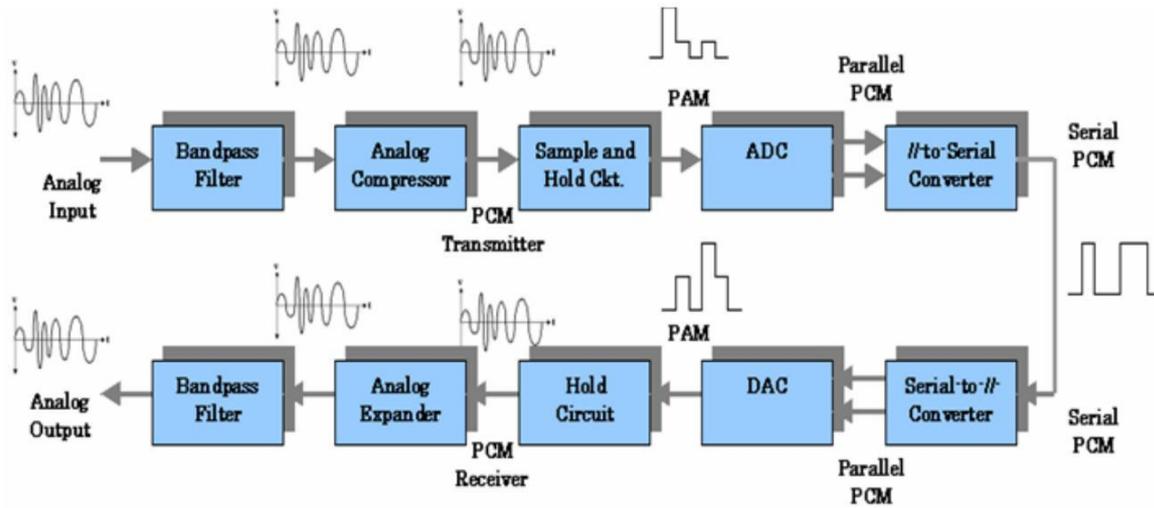
Compansión

Companding es el proceso de comprimir y expandir y es un medio de aumentar el rango dinámico de un sistema de comunicaciones. Las señales analógicas de mayor amplitud se comprimen antes de la transmisión y luego se expanden en el receptor.



Una señal de entrada analógica con un rango dinámico de 50 dB se comprime a 25 dB antes de la transmisión y luego se vuelve a expandir en el receptor. Con PCM, la compansión se puede lograr utilizando técnicas analógicas o digitales.

Compansión analógica

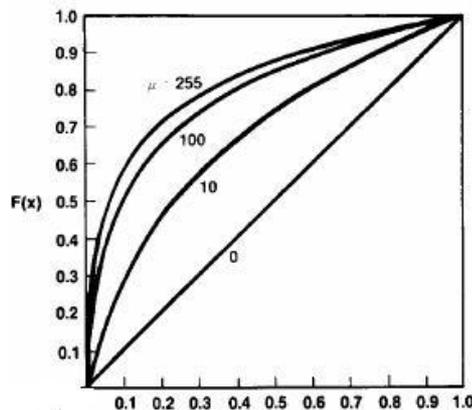


Sistema PCM con compansión analógica

En el transmisor, el rango dinámico de la señal analógica se comprime, se muestrea y luego se convierte a un código PCM lineal. En el receptor, el código PCM se convierte en una señal PAM, se filtra y luego se vuelve a expandir a su rango dinámico original. Existen dos métodos de compansión analógica (también llamados códigos log-PCM).

--**Compansión de leyes:** μ -law es un esquema de compansión utilizado en la red telefónica para obtener más dinámica a las muestras de 8 bits que está disponible con codificación lineal. Características de compresión para μ -Leyes

$$V_{out} = \frac{V_{max} \ln(1 + \mu \{V_{in} / V_{max}\})}{\ln(1 + \mu)}$$



--Ley Características de compresión--

Donde,

- Vmax = amplitud máxima de entrada analógica sin comprimir (voltios)
- Vin = amplitud de la señal de entrada en un instante de tiempo particular (voltios)
- μ = parámetro utilizado para definir la cantidad de compresión (sin unidades)
- Vout = amplitud de salida comprimida (voltios)

El gráfico muestra las curvas de compresión para varios valores de μ . Cuanto mayor sea el μ , más compresión y también para $\mu = 0$, la gráfica es lineal.

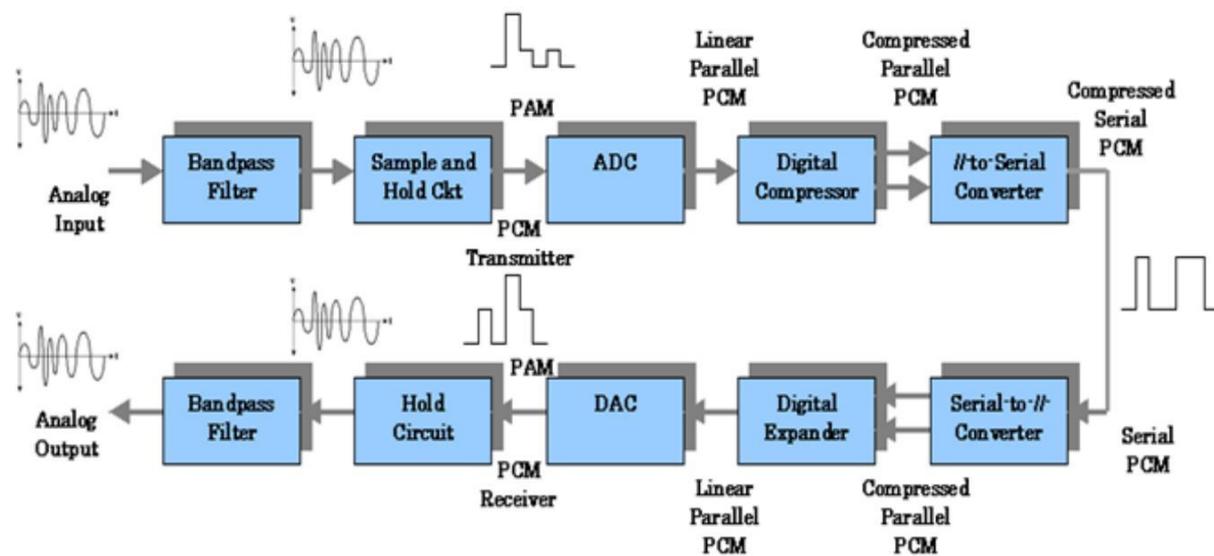
A-Ley :En Europa, el ITU-T ha establecido la compresión-expansión de ley A que se utilizará para aproximar la compresión-expansión logarítmica verdadera. La característica de compresión para la compresión-expansión de ley A es

$$V_{out} = V_{max} \frac{AV_{in}/V_{max}}{1 + \ln A} \quad 0 \leq \frac{V_{in}}{V_{max}} \leq \frac{1}{A}$$

$$V_{out} = V_{max} \frac{1 + \ln(AV_{in}/V_{max})}{1 + \ln A} \quad \frac{1}{A} \leq \frac{V_{in}}{V_{max}} \leq 1$$

Compansión digital

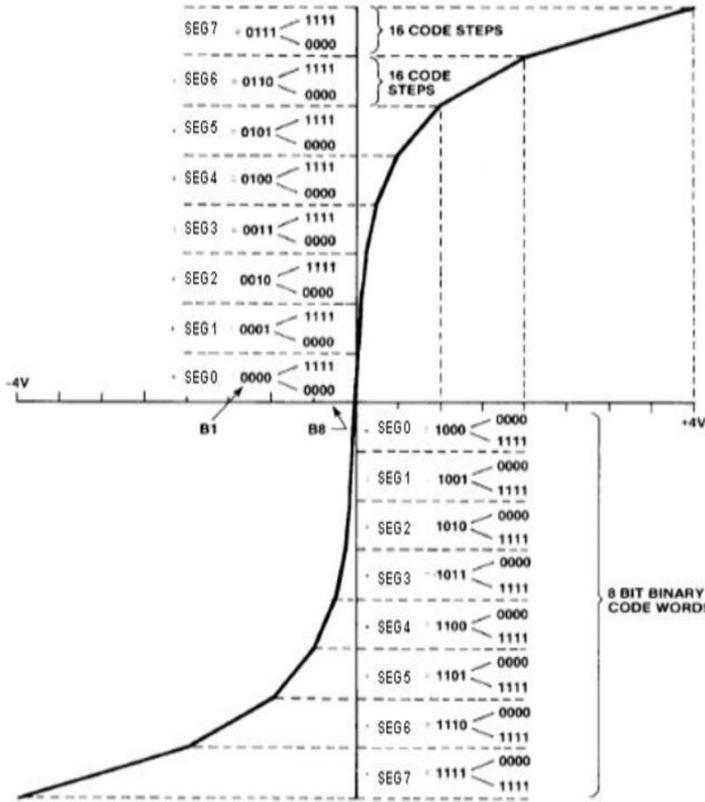
La compactación digital implica la compresión en el transmisor después de que la muestra de entrada se haya convertido en un código PCM lineal y luego la expansión en el receptor antes de la decodificación PCM.



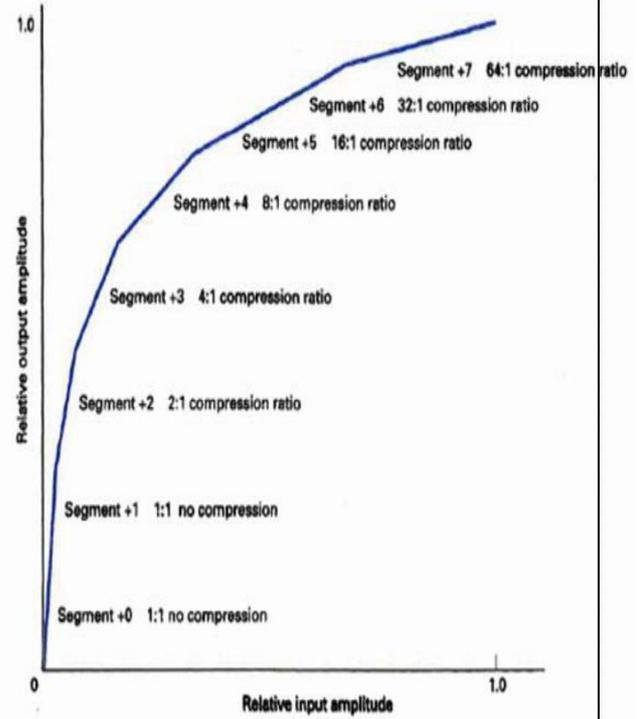
Los sistemas PCM comprimidos digitalmente recientes utilizan un código PCM lineal de 12 bits y un código PCM comprimido de ocho bits. Las curvas de compresión y expansión se parecen mucho a las curvas μ law analógicas con $\mu = 255$.

La siguiente figura muestra una curva de compresión digital de 12 a 8 bits solo para valores positivos. Para valores negativos, es idéntico pero simplemente inverso. Aunque hay 16 segmentos, este esquema se llama compresión de 13 segmentos porque la curva para los segmentos +0, +1, -0 y -1 es una línea recta.

El algoritmo de compresión digital para un código comprimido lineal de 12 bits a ocho bits es bastante simple y el código comprimido consta de un bit de signo, un identificador de segmento de tres bits y un código de magnitud de cinco bits que especifica el intervalo de cuantificación dentro del segmento especificado.



Escala de 13 segmentos



μ-255 características de compresión

SIGN BIT	3-BIT SEGMENT IDENTIFIER	4-BIT QUANTIZATION INTERVAL			
		A	B	C	D
1 = +	000 TO 111				
0 = -		0000 TO 1111			

Formato de código comprimido μ-255 de ocho bits

SEGMENT	12-BIT LINEAR CODE	8-BIT COMPRESSED CODE
0	s0000000ABCD	s000ABCD
1	s0000001ABCD	s001ABCD
2	s000001ABCDX	s010ABCD
3	s00001ABCDXX	s011ABCD
4	s0001ABCDXXX	s100ABCD
5	s001ABCDXXXX	s101ABCD
6	s01ABCDXXXXX	s110ABCD
7	s1ABCDXXXXXX	s111ABCD

8-BIT COMPRESSED CODE	12-BIT RECOVERED CODE	SEGMENT
s000ABCD	s0000000ABCD	0
s001ABCD	s0000001ABCD	1
s010ABCD	s000001ABCD1	2
s011ABCD	s00001ABCD10	3
s100ABCD	s0001ABCD100	4
s101ABCD	s001ABCD1000	5
s110ABCD	s01ABCD10000	6
s111ABCD	s1ABCD100000	7

Tabla de codificación y decodificación μ-255

En la tabla de codificación que se muestra arriba, las posiciones de bits designadas con una X se truncan durante la compresión y luego se pierden. Los bits designados por A, B, C, D junto con el bit de signo se transmiten tal cual. La señal analógica se muestrea y convierte en un código de magnitud de signo lineal de 12 bits. El bit de signo se transfiere directamente a un código comprimido de ocho bits. El número de segmento en el código de ocho bits se determina contando el número de ceros iniciales en la porción de magnitud de 11 bits del código lineal, comenzando con el bit más significativo y luego restando el número de ceros iniciales de 7, que es el número de segmento. El número de segmento se convierte en un número binario de tres bits y se inserta en el código comprimido de ocho bits como identificador de segmento. Los cuatro bits de magnitud (A, B, C,

<u>Segment</u>	<u>12-Bit linear code</u>		<u>12-Bit expanded code</u>	<u>Subsegment</u>	
7	s111111111111	}	64 : 1	s111111000000	15
	s111110000000				
7	s111101111111	}	64 : 1	s111101000000	14
	s111100000000				
7	s111011111111	}	64 : 1	s111011000000	13
	s111010000000				
7	s111001111111	}	64 : 1	s111001000000	12
	s111000000000				
7	s110111111111	}	64 : 1	s110111000000	11
	s110110000000				
7	s110101111111	}	64 : 1	s110101000000	10
	s110100000000				
7	s110011111111	}	64 : 1	s110011000000	9
	s110010000000				
7	s110001111111	}	64 : 1	s110001000000	8
	s110000000000				
7	s101111111111	}	64 : 1	s101111000000	7
	s101110000000				
7	s101101111111	}	64 : 1	s101101000000	6
	s101100000000				
7	s101011111111	}	64 : 1	s101011000000	5
	s101010000000				
7	s101001111111	}	64 : 1	s101001000000	4
	s101000000000				
7	s100111111111	}	64 : 1	s100111000000	3
	s100110000000				
7	s100101111111	}	64 : 1	s100101000000	2
	s100100000000				
7	s100011111111	}	64 : 1	s100011000000	1
	s100010000000				
7	s100001111111	}	64 : 1	s100001000000	0
	s100000000000				
	s1ABCD				

Los segmentos 2 a 7 se subdividen en subsegmentos más pequeños. Cada segmento consta de 16 subsegmentos correspondientes a las 16 condiciones posibles para los bits A, B, C y D (0000 - 1111). En el segmento 2 hay dos códigos por subsegmento y en el segmento 3 hay cuatro. El número de códigos por subsegmento se duplica con cada segmento subsiguiente. Entonces, en el segmento 7, cada subsegmento tiene 64 códigos. En el decodificador, el más significativo de los bits truncados se reinserta como 1 lógico. Los bits truncados restantes se reinsertan como 0. Esto minimiza la magnitud del error introducido por el proceso de compresión y expansión.

Error de compresión digital

La magnitud del error de compresión no es la misma para todas las muestras. Sin embargo, el porcentaje máximo es el mismo en cada segmento (a excepción de los segmentos 0 y 1, donde no hay error de compresión), que se calcula usando:

$$\% \text{ error} = \frac{12\text{-bit encoded voltage} - 12\text{-bit decoded voltage}}{12\text{-bit decoded voltage}} \times 100$$

Cada función realizada por un codificador y decodificador PCM ahora se logra con un solo chip de circuito integrado llamado *códec*. Algunos de los códecs desarrollados más recientemente se denominan chips combinados, ya que incluyen un filtro antialiasing (paso de banda), un circuito de muestreo y retención, un ADC en transacción y un DAC, un circuito de retención y un filtro de paso de banda. en la sección de recepción.

Velocidad de línea PCM

La velocidad de línea es la tasa de datos a la que los bits PCM en serie se sincronizan desde el codificador PCM hacia la línea de transmisión. La velocidad de la línea depende de la frecuencia de muestreo y la cantidad de bits en el código PCM comprimido. Matemáticamente, es:

$$\text{line speed} = \frac{\text{samples}}{\text{second}} \times \frac{\text{bits}}{\text{sample}}, \text{ donde}$$

La velocidad de línea es la tasa de transmisión en bits por segundo, muestras/segundo es la tasa de muestreo (f_s) y bits/muestra es el número de bits en el código PCM comprimido.

Modulación Delta PCM y PCM diferencial

La modulación delta PCM utiliza un código PCM de un solo bit para lograr la transmisión digital de señales analógicas. Aquí, solo se transmite un único bit, que simplemente indica si la muestra actual es mayor o menor en magnitud que la muestra anterior. Si la muestra actual es mayor en magnitud que una muestra anterior, se transmite un 1 lógico y si es más pequeña, se transmite un 0 lógico.

La modulación de código de pulso diferencial (DPCM) aprovecha las redundancias de muestra a muestra en las formas de onda típicas del habla. Con DPCM, se transmite un código binario proporcional a la diferencia en la amplitud de dos muestras sucesivas en lugar de un código binario de una muestra real. Como el rango de diferencias de muestra es menor que el rango de amplitudes de muestra individuales, se requieren menos bits para DPCM que para PCM convencional.

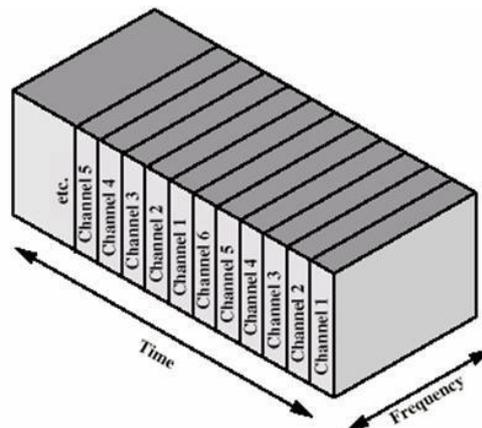
MULTIPLEXACIÓN Y PORTADORAS T

Multiplexación por división de tiempo, Sistema de portadora digital T1, Jerarquía de multiplexación digital norteamericana, Codificación de línea digital, Sistemas de portadora T, Multiplexación por división de tiempo europea, Multiplexación por división de tiempo estadística, Sincronización de cuadros, Multiplexación por división de frecuencia, Multiplexación por división de longitud de onda, Síncrono Red Óptica

La multiplexación es la transmisión de información desde más de una fuente a más de un destino a través del mismo medio de transmisión. La multiplexación se logra en varios dominios, como el espacio, el tiempo, la fase, la frecuencia y la longitud de onda.

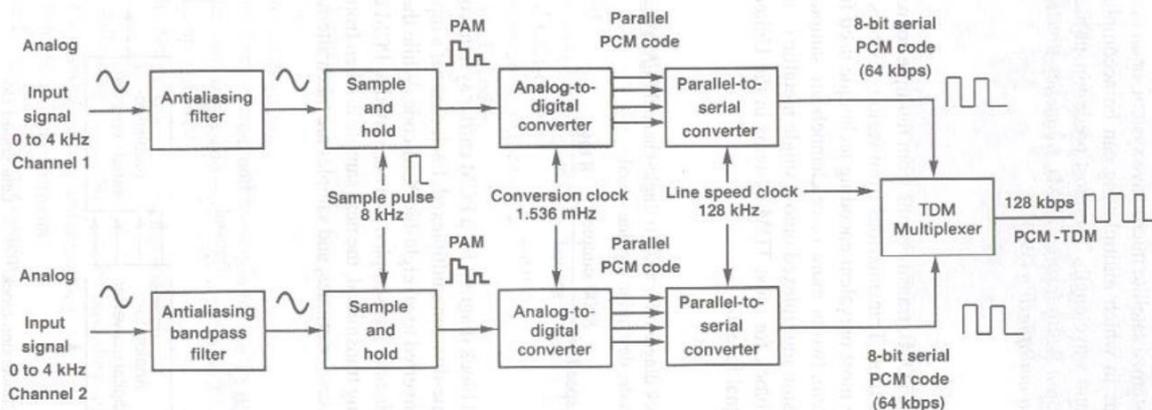
Multiplexación por división de tiempo

Con el sistema TDM, la transmisión desde múltiples fuentes ocurre en el mismo medio de transmisión pero no al mismo tiempo. La transmisión de varias fuentes se intercala en el dominio del tiempo. Las dos formas básicas de TDM son: TDM síncrono (STDM) y TDM asíncrono (o) estadístico (STATDM)

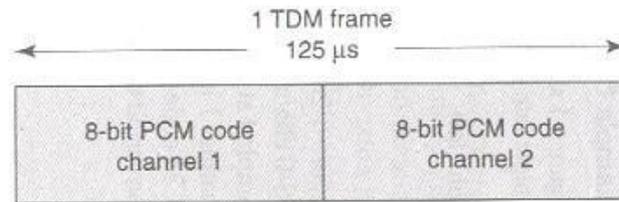


En TDM síncrono, el intervalo de tiempo 'x' se asigna solo al usuario m y no puede ser utilizado por ningún otro usuario u otro dispositivo. Las líneas telefónicas T-1 y ISDN son ejemplos comunes de multiplexación por división de tiempo síncrona. Las redes TDM asíncronas asignan intervalos de tiempo solo cuando se van a utilizar y los eliminan cuando están inactivos. STATDM se utiliza en aplicaciones de alta densidad y alto tráfico.

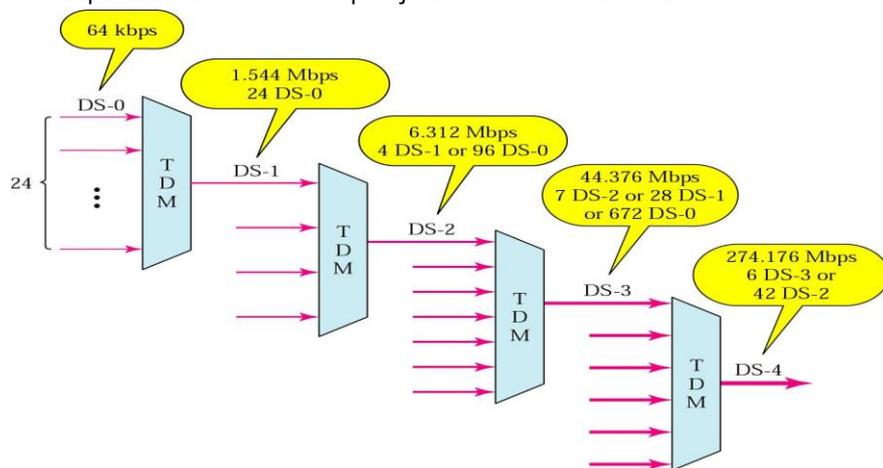
Con el sistema PCM-TDM, se muestrean dos o más canales de voz, se convierten en códigos PCM y luego se multiplexan por división de tiempo en un solo cable metálico o de fibra óptica.



La figura anterior muestra un diagrama de bloques para un sistema portador PCM compuesto por dos canales DS-0 que han sido multiplexados por división de tiempo. La entrada de cada canal se muestrea alternativamente a una frecuencia de 8 kHz y se convierte en un código PCM de ocho bits. Mientras se transmite el código PCM para el canal 1, el canal 2 se muestrea y convierte a código PCM. Cuando es el turno de transmitir el código PCM del canal 2, se toma la siguiente muestra del canal 1 y se convierte a código PCM. Este es un proceso continuo.



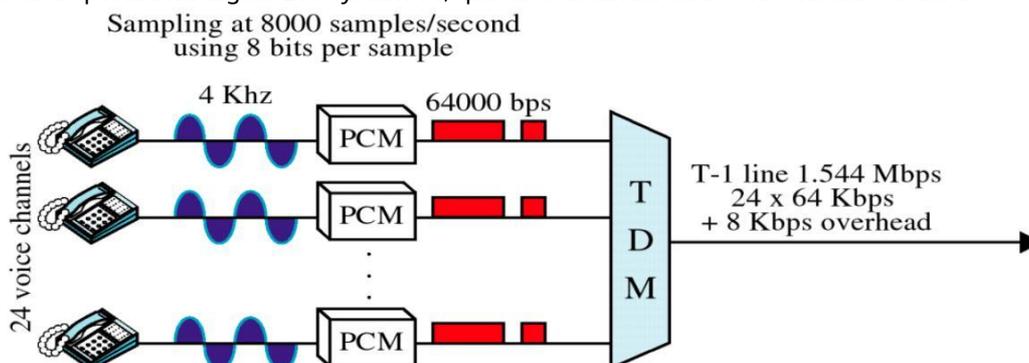
El multiplexor es simplemente un interruptor digital controlado electrónicamente con dos entradas y una salida. Un código PCM de ocho bits de cada canal se denomina *trama TDM* y el tiempo que se tarda en transmitir una trama TDM se llama *pedazo de tiempo* y es igual al recíproco de la frecuencia de muestreo. La figura anterior muestra la asignación de tramas para un sistema PCM de dos canales. El código PCM para cada canal ocupa un intervalo de tiempo fijo dentro de la trama TDM total.

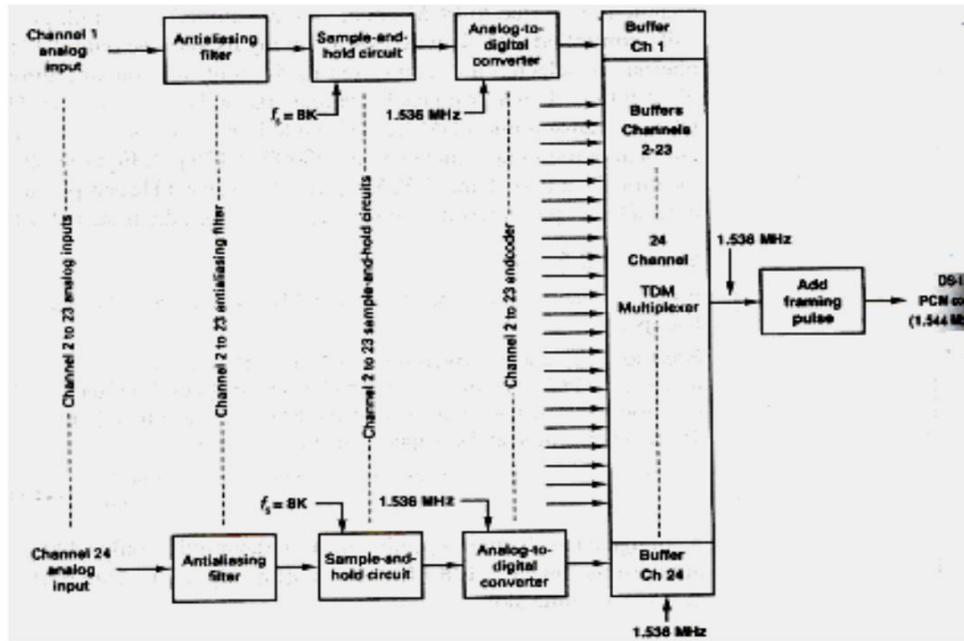


Jerarquía DS

Sistema de portador digital T1

Un sistema portador digital es un sistema de comunicaciones que utiliza pulsos digitales en lugar de que las señales analógicas para codificar información. La siguiente figura muestra un diagrama de bloques del sistema de portadora digital Bell system T1, que es el estándar telefónico norteamericano.



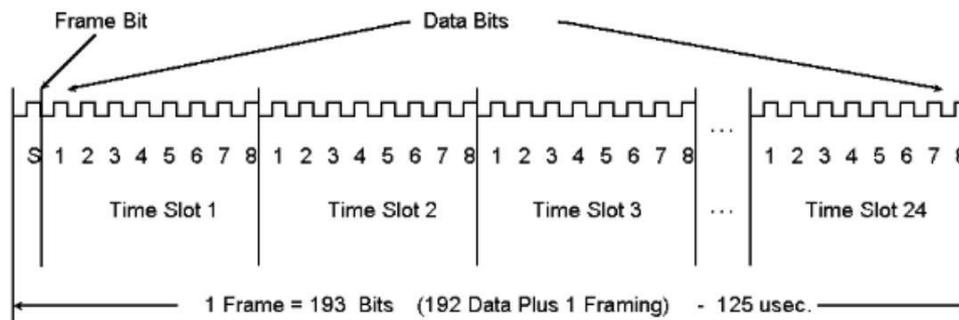


Un sistema de portadora T1 por división de tiempo multiplexa muestras codificadas PCM de 24 canales de banda de voz para su transmisión a través de un solo par de hilos metálicos o un cable de fibra óptica. El multiplexor tiene 24 entradas independientes y una salida multiplexada por división de tiempo. Las 24 señales de salida PCM se seleccionan secuencialmente y se conectan a través del multiplexor a la línea de transmisión. Para convertirse en un operador T1, el sistema debe codificarse en línea y colocarse en cables acondicionados especiales llamados líneas T1.

Una parte de transmisión de un banco de canales codifica digitalmente los 24 canales analógicos, agrega información de señalización en cada canal y multiplexa el flujo digital en el medio de transmisión. La parte receptora invierte el proceso. Cada uno de los 24 canales contiene un código PCM de ocho bits y se muestrea 8000 veces por segundo. Cada canal se muestrea a la misma velocidad, pero es posible que no al mismo tiempo. La velocidad de la línea se calcula como:

$$\frac{24 \text{ channels}}{\text{frame}} \times \frac{8 \text{ bits}}{\text{channel}} = 192 \text{ bits/frame} \Rightarrow \frac{192 \text{ bits/frame}}{\text{frame}} \times \frac{8000 \text{ frames}}{\text{second}} = 1.536 \text{ Mbps}$$

Más tarde, se agrega un bit adicional llamado bit de trama a cada cuadro. El bit de trama ocurre una vez por trama y se recupera en el receptor y su objetivo principal es mantener la sincronización de trama y muestra entre el transmisor y el receptor TDM.



Como resultado de este bit extra, cada trama contiene ahora 193 bits y la velocidad de línea para un sistema de portadora digital T1 es de 1,544 Mbps. { 193 bits × 8000 fotogramas = 1,544 Mbps}

Bancos de canales tipo D

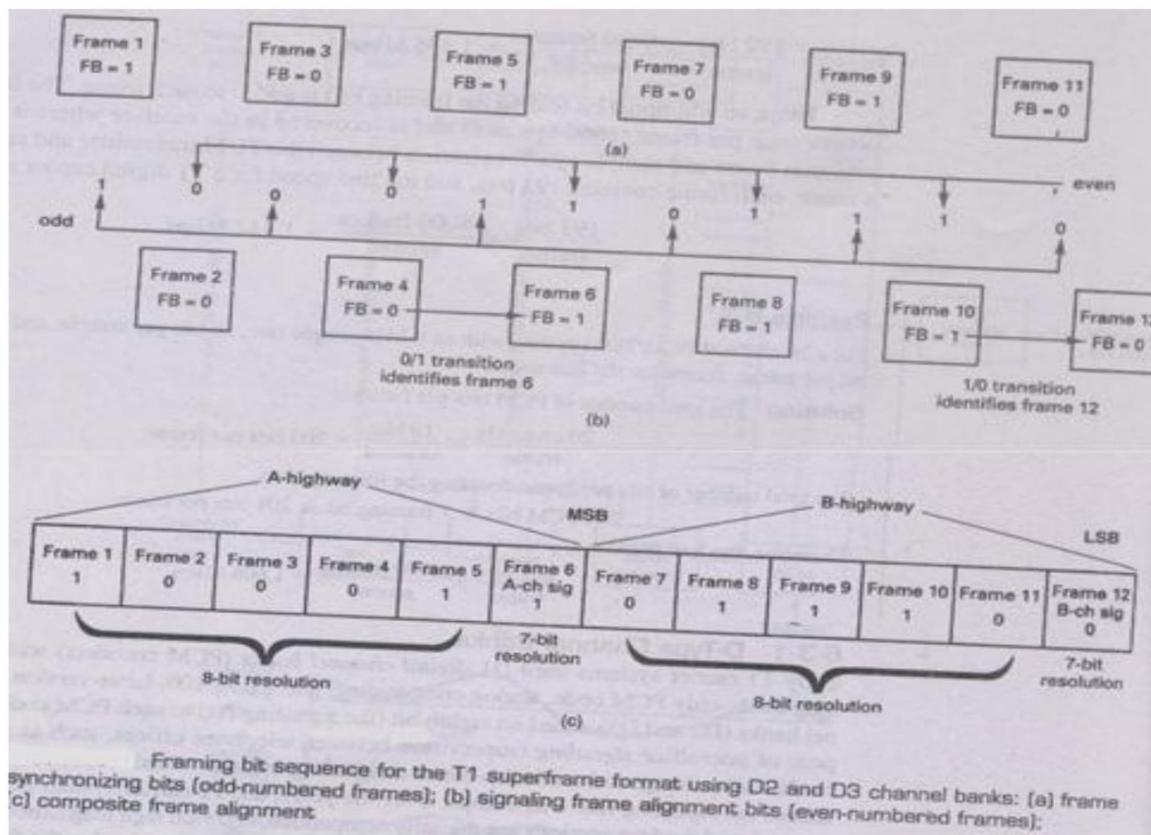
El banco de canales tipo D hace referencia a los términos utilizados en la tecnología T1. Channel Bank define el tipo de formato que se requiere para la transmisión en el troncal T1. El propósito de un Channel Bank en la compañía telefónica es formar la base de multiplexación y demultiplexación de los 24 canales de voz (DS0). El banco de canales tipo D es uno de los tipos de bancos de canales que se utilizan para señales digitales. Hay cinco tipos de bancos de canales que se utilizan en el sistema: D1, D2, D3, D4 y DCT (Troncal de operador digital).

Los sistemas portadores T1 anteriores usaban bancos de canales digitales D1 (codificadores PCM) con un código PCM de solo magnitud de siete bits, compansión analógica y un $\mu = 100. = 255$.

Formato TDM de supertrama

La velocidad de señalización de 8 kbps utilizada con los primeros bancos de canales digitales era excesiva para la señalización en circuitos de voz telefónicos estándar. Por lo tanto, con los bancos de canales modernos, un bit de señalización se sustituye solo en el bit menos significativo (LSB) de cada sexto cuadro. Por lo tanto, cinco de cada seis cuadros tienen una resolución de ocho bits, mientras que uno de cada seis cuadros (el cuadro de señalización) tiene solo una resolución de siete bits.

Debido a que solo cada sexto cuadro incluye un bit de señalización, es necesario que todos los cuadros estén numerados para que el receptor sepa cuándo extraer el bit de señalización. Además, debido a que la señalización se logra con una palabra binaria de dos bits, es necesario identificar los bits más y menos significativos (MSB y LSB, respectivamente) de la palabra de señalización. Se ideó un formato Superframe como se muestra a continuación.



Dentro de cada supertrama hay 12 tramas numeradas consecutivamente (1 a 12). Los bits de señalización se sustituyen en las tramas 6 y 12, el MSB en la trama 6 y el LSB en la trama 12. Las tramas 1 a 6 se denominan autopista A, y la trama 6 se designa como trama de señalización del canal A. Los cuadros 7 a 12 se denominan la vía B alta, y el cuadro 12 se designa como el cuadro de señalización del canal B. Por lo tanto, además de identificar las tramas de señalización, las tramas sexta y duodécima también deben identificarse positivamente. Para identificar los cuadros 6 y 12, se utiliza una secuencia de bits de cuadro diferente para los cuadros pares e impares. Los fotogramas impares (fotogramas 1, 3, 5, 7, 9 y 11) tienen un patrón 1/0 alterno y los fotogramas pares (fotogramas 2, 4, 6, 8, 10 y 12) tienen un patrón 00 1110 repetitivo. Como resultado, el patrón de bits de trama combinado es 1000 11011100. Los fotogramas impares se utilizan para la sincronización de fotogramas y muestras y los fotogramas pares se utilizan para identificar los fotogramas de señalización de los canales A y B (fotogramas 6 y 12). La trama 6 se identifica mediante una transición 0/1 en el bit de trama entre las tramas 4 y 6. La trama 12 se identifica mediante una transición 1/0 en el bit de trama entre las tramas 10 y 12.

Los bancos de canales D4 multiplexan por división de tiempo 48 canales telefónicos de banda de voz y funcionan a una velocidad de transmisión de 3.152 Mbps, que es un poco más del doble de la velocidad de línea para los bancos de canales D1, D2 o D3 de 24 canales porque con los bancos de canales D4, en lugar de transmitir un único bit de trama con cada trama, se utiliza un patrón de sincronización de trama de 10 bits.

La velocidad de línea se calcula como: el número total de bits es $8 \text{ bits/canal} \times 48 \text{ canales} = 384 \text{ bits/trama}$. Se agregan 10 bits adicionales por trama: por lo tanto, 394 bits/trama . Por lo tanto, la velocidad de línea del sistema DS-1C es $394 \times 8000 = 3.152 \text{ Mbps}$.

Formato de supertrama extendido

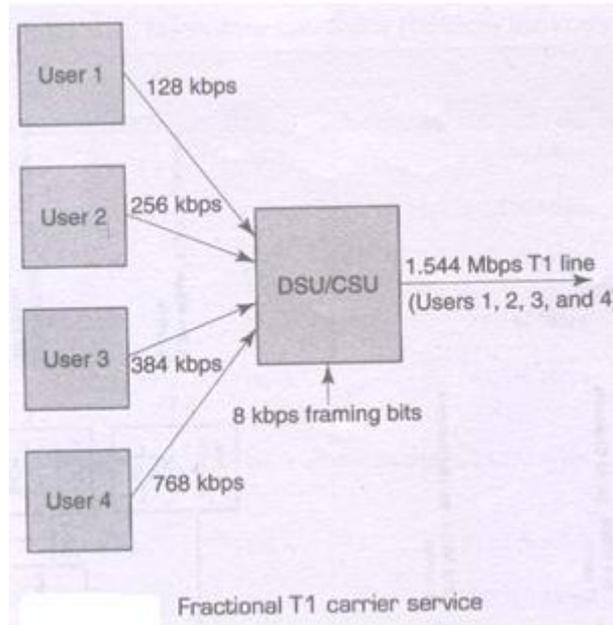
En telecomunicaciones, un **Súper marco extendido (FSE)** es un estándar de trama T1, a veces llamado marco D5 porque se usó por primera vez en el banco de canales D5, inventado en la década de 1980. Requiere una sincronización menos frecuente que la supertrama anterior o el formato D-4, y proporciona pruebas en línea y en tiempo real de la capacidad del circuito y las condiciones de funcionamiento.

En ESF, una supertrama tiene una longitud de 24 tramas y el bit 193 de cada trama se utiliza como bit de trama. Solo 6 de los 24 bits de trama se utilizan para la sincronización de tramas. Los bits de sincronización de tramas se producen en las tramas 4, 8, 12, 16, 20 y 24 y tienen una secuencia de bits de 001011. Se utilizan seis bits de trama adicionales en las tramas 1, 5, 9, 13, 17 y 21 para la detección de errores. código llamado CRC-6 (comprobación de redundancia cíclica). Los 12 bits de trama restantes proporcionan un canal de gestión llamado enlace de datos de instalaciones (FDL). Los bits FDL ocurren en los marcos 2, 3, 6, 7, 10, 11, 14, 15, 18, 19, 22 y 23.

El formato de supertrama extendida admite una palabra de señalización de cuatro bits con bits de señalización proporcionados en el segundo bit menos significativo de cada canal durante cada sexta trama. El bit de señalización en el cuadro 6 se denomina bit A, en el cuadro 12 se denomina bit B, en el cuadro 18 se denomina bit C y en el cuadro 24 se denomina bit D. Estos flujos de señalización a veces se denominan canales de señalización A, B, C y D (o carreteras de señalización).

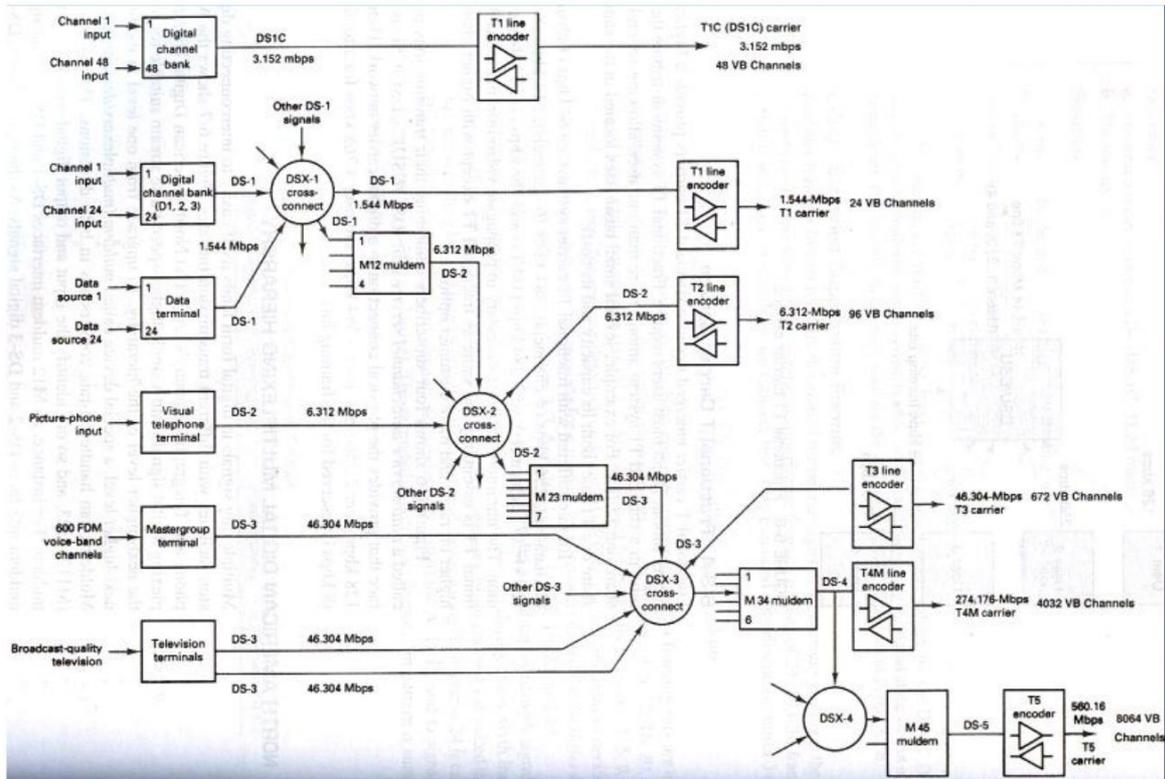
Servicio Fraccionario T Carrier

La portadora T fraccional surgió porque los receptores T1 estándar brindan una mayor capacidad (es decir, una tasa de bits más alta) que la que requieren la mayoría de los usuarios. Los sistemas T1 fraccionados distribuyen los canales (es decir, bits) en un sistema T1 estándar entre más de un usuario, lo que permite que varios suscriptores compartan una línea T1. Las tasas de bits que se ofrecen con los sistemas portadores T1 fraccionales son 64 kbps (1 canal), 128 kbps (2 canales), 256 kbps (4 canales), 384 kbps (6 canales), 512 kbps (8 canales) y 768 kbps (12 canales), siendo 384 kbps (1/4 T1) y 768 kbps (1/2 T1) los más comunes. La velocidad de datos mínima necesaria para propagar información de video es de 384 kbps.



La figura anterior muestra cuatro suscriptores que combinan sus transmisiones en una unidad especial llamada *unidad de servicio de datos/unidad de servicio de canal* (ESD/CSU). Una DSU/CSU es una interfaz digital que proporciona la conexión física a una red de operador digital. Al usuario 1 se le asignan 128 kbps, al usuario 2 - 256 kbps, al usuario 3 - 384 kbps y al usuario 4 - 768 kbps para un total de 1.536 kbps (8 kbps están reservados para el bit de trama).

Jerarquía de multiplexación digital norteamericana



La figura anterior muestra la Jerarquía Digital Norteamericana de la Compañía Estadounidense de Teléfonos y Telégrafos (AT&T) para multiplexar señales digitales en un único flujo de pulsos de mayor velocidad adecuado para la transmisión en el siguiente nivel superior de la jerarquía. Un dispositivo especial llamado **muldem** (multiplexores/demultiplexores) se utiliza para actualizar de un nivel en la jerarquía al siguiente nivel superior. Manejan conversiones de tasa de bits en ambas direcciones y se designan como M12, M23, etc., que identifican las respectivas señales digitales de entrada y salida. Como se muestra, un muldem M12 interconecta señales digitales DS-1 y DS-2. Además, las señales DS-1 pueden multiplexarse o codificarse en línea y colocarse en cables especialmente acondicionados llamados **líneas T1**.

Las señales digitales se enrutan en ubicaciones centrales llamadas **conexiones cruzadas digitales (DSX)**, que son convenientes para realizar interconexiones parcheables y mantenimiento de rutina y resolución de problemas. Cada señal digital (es decir, DS-1, DS-2, etc.) tiene su propio conmutador digital (DSX-1, DSX-2...).

Codificación de línea digital

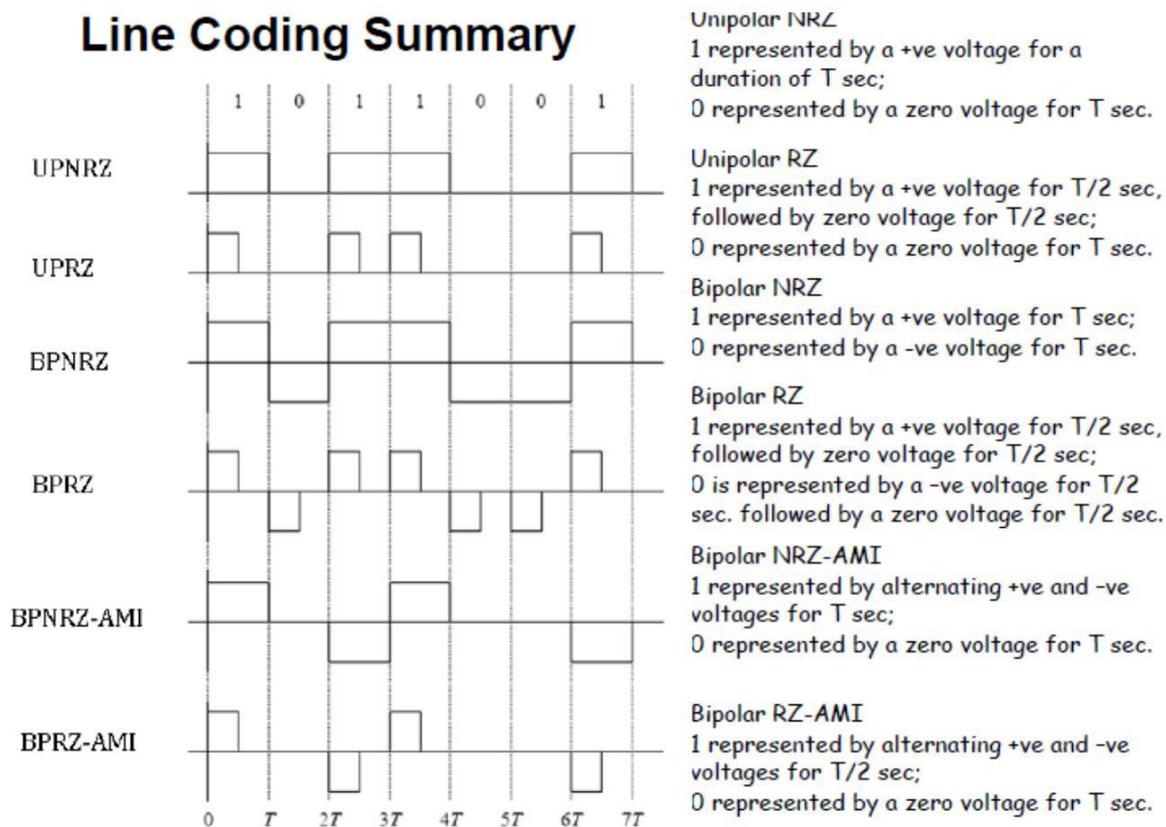
Implica convertir los niveles lógicos estándar a una forma más adecuada para la transmisión por línea telefónica. Deben tenerse en cuenta seis factores

Tensiones de transmisión y componente de CC: Los voltajes o niveles de transmisión se pueden categorizar como **unipolar (UP) o bipolar (BP)**. La transmisión unipolar implica la transmisión de un solo nivel de voltaje distinto de cero (ya sea +ve o -ve para 1 lógico y 0 V para

0 lógico). En la transmisión bipolar, están involucrados dos voltajes distintos de cero (voltaje +ve para 1 lógico e igual voltaje -ve para 0 lógico).

Ciclo de trabajo: El ciclo de trabajo de un pulso binario se puede utilizar para categorizar el tipo de transmisión. Si el pulso binario se mantiene durante todo el tiempo del bit, esto se llama sin retorno a cero (NRZ). Si el tiempo activo del pulso binario es menor al 100% del tiempo de bit, se llama volver a cero (RZ). Los voltajes de transmisión unipolares y bipolares se pueden combinar con RZ o NRZ de varias maneras para lograr un esquema de codificación de línea particular. Inversión de marcas alternativas (AMI) El esquema involucra dos niveles de voltaje distintos de cero (-V +V), pero ambas polaridades representan 1 lógicos y 0V representa 0 lógico

Line Coding Summary



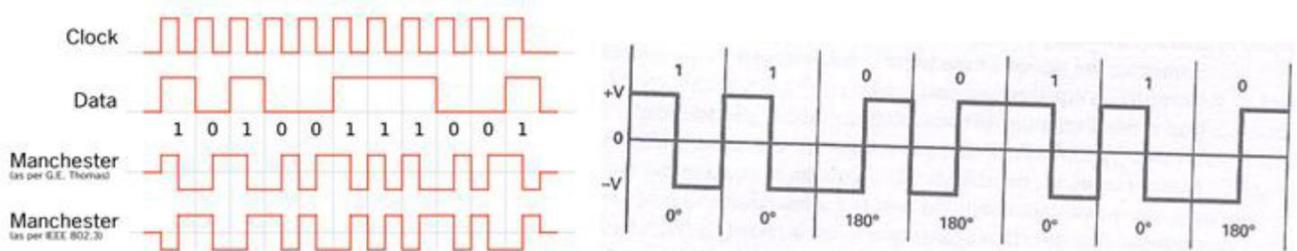
Con la codificación NRZ, una cadena larga de 1 o 0 lógicos produce una condición en la que un receptor puede perder su referencia de amplitud para la discriminación entre los 1 y los 0 recibidos. Esta condición se llama corriente continua vagando.

Requisitos de ancho de banda: El ancho de banda mínimo requerido para propagar una señal digital codificada en línea está determinado por la frecuencia fundamental más alta, que a su vez está determinada por la secuencia binaria del peor de los casos (transición más rápida). Para UPNRZ y BPNRZ, el peor de los casos es alternar la secuencia 1/0, lo que hace que la frecuencia fundamental más alta sea la mitad de la tasa de bits ($F_b/2$). Con BPRZ, ocurre para 1 y 0 lógicos sucesivos que hacen que el ancho de banda mínimo sea igual a la tasa de bits F_b . Con BPRZ-AMI, la peor condición es dos o más 1 lógicos consecutivos y el ancho de banda mínimo es la mitad de la tasa de bits ($F_b/2$).

Recuperación de bit de reloj y trama: Para mantener la sincronización de bits de trama y reloj, debe haber suficientes transiciones en la forma de onda de datos. Entre todos, BPRZ es el mejor esquema de codificación para la recuperación del reloj, ya que se produce una transición en cada posición, independientemente de si el bit es 1 o 0.

Detección de errores: Con la codificación UPNRZ, BPNRZ, UPRZ y BPRZ, no hay forma de determinar si los datos recibidos tienen errores. Sin embargo, con la codificación BPRZ-AMJ, un error en cualquier bit provocará una violación bipolar (BPV: la recepción de dos o más lógicas consecutivas es con la misma polaridad). Por lo tanto, BPRZ-AMI tiene un mecanismo integrado de detección de errores. Los portadores T usan BPRZ-AMI, con +3 V y -3 V que representan el 1 lógico y 0 V que representan un 0 lógico.

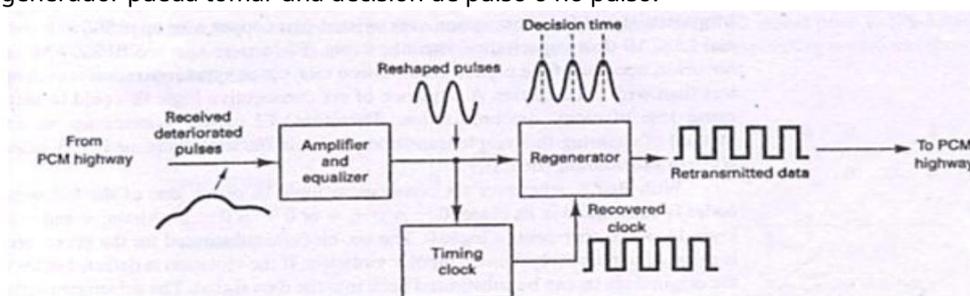
bifase digital: *bifase digital* (a veces llamado *el código de Manchester difase*) es un tipo popular de codificación de línea que produce un fuerte componente de temporización para la recuperación del reloj y no se desvía de la corriente continua. Bifase es una forma de codificación BPRZ que utiliza un ciclo de una onda cuadrada en fase para representar un 1 lógico y un ciclo de una onda cuadrada a 180° para representar un 0 lógico.



Los códigos Manchester siempre tienen una transición en la mitad de cada período de bit y, según el estado de la señal, también pueden tener una transición al comienzo del período. Además, suponiendo la misma probabilidad de 1 y 0, el voltaje de CC promedio es de 0 V y no hay desviación de CC. Una desventaja de bifase es que no contiene medios de detección de errores.

Sistemas portadores en T

Las portadoras T se utilizan para la transmisión de señales digitales multiplexadas por división de tiempo con codificación PCM. Las señales digitales se deterioran a medida que se propagan a lo largo de un cable y se colocan repetidores regenerativos a intervalos periódicos. Tiene tres bloques funcionales: un *amplificador/ecualizador*, *un circuito de recuperación del reloj de tiempo*, y *el regenerador* sí mismo. El amplificador/ecualizador filtra y da forma a la señal digital entrante y eleva su nivel de potencia para que el circuito regenerador pueda tomar una decisión de pulso o no pulso.



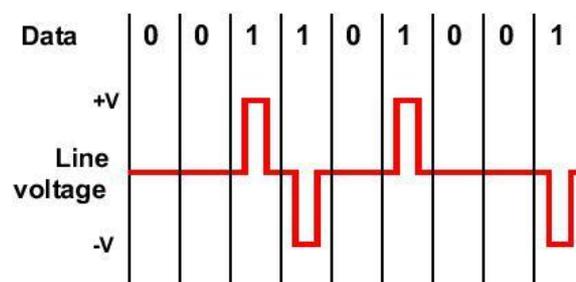
El circuito de recuperación del reloj de temporización reproduce la información de temporización de los datos recibidos y proporciona la información de temporización adecuada al regenerador para que las muestras se puedan realizar en el momento óptimo, minimizando la posibilidad de que se produzca un error. Un repetidor regenerativo es simplemente un detector de umbral que compara el voltaje muestreado recibido con un nivel de referencia y determina si el bit es 1 lógico o 0 lógico. El espaciado de los repetidores está diseñado para mantener una relación señal-ruido adecuada para un rendimiento sin errores. .

Sistema portador T1

Los sistemas de portadora T1 fueron diseñados para combinar técnicas PCM y TDM para la transmisión de 24 canales de 64 kbps con cada canal capaz de transportar señales o datos telefónicos de banda de voz codificados digitalmente. La tasa de bits de transmisión (velocidad de línea) para una portadora T1 es de 1,544 Mbps. Usando TDM, T1 divide este ancho de banda en 24 canales DS-0 individuales, muestreando cada canal 8000 veces por segundo. Por lo tanto, 8×8000 muestras por segundo dan a cada uno de los 24 canales DS-0 una velocidad de datos de 64 kbps. Los 24 canales DS-0 combinados tienen una velocidad de datos de 1.544 Mbps; este nivel de señal digital se llama DS-1. Por lo tanto, las líneas T1 a veces se denominan líneas DS-1.

La inversión de marca alternativa (AMI) es el tipo de codificación de línea que se utiliza para las líneas T1. Eléctricamente, la señal transmitida en una línea T1 es una señal bipolar de retorno a cero (RZ). Esto simplemente significa que cada bit lógico 1 se transmite como un pulso positivo o negativo, después de lo cual el voltaje de línea siempre vuelve a cero. Un bit 0 lógico se transmite como un voltaje cero en la línea. Este formato se conoce como AMI porque cada 1 bit lógico (pulso o marca) es de polaridad opuesta al anterior.

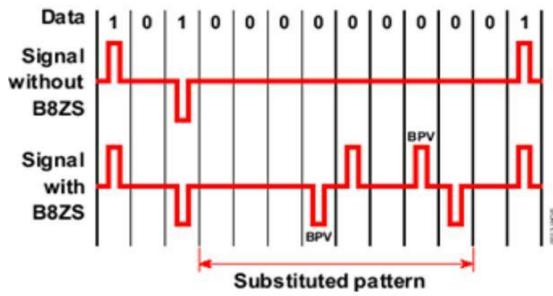
Alternate mark inversion (AMI)



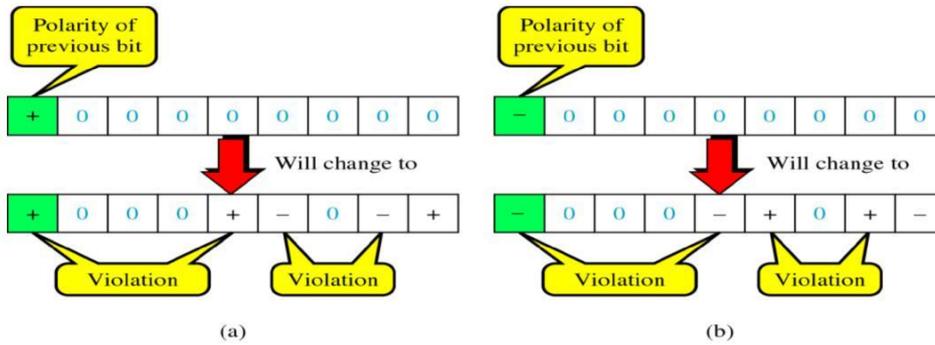
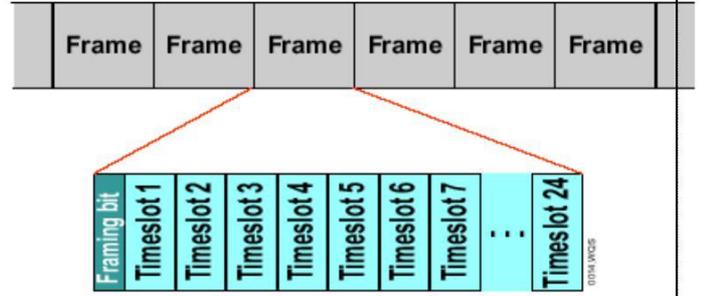
Un beneficio adicional del formato bipolar AMI es que permite la detección de errores de línea. Si un problema de línea hace que se elimine un pulso o que se transmita un pulso no deseado, se producirán dos pulsos consecutivos con la misma polaridad en la línea, lo que se denomina violación bipolar (BPV).

Con los portadores T1 modernos, una técnica llamada *Sustitución binaria ocho ceros* (B8ZS) se utiliza para garantizar que se produzcan suficientes transiciones en los datos para mantener la sincronización del reloj. Aquí, cada vez que se encuentran ocho ceros consecutivos, los ocho ceros se sustituyen por uno de dos patrones especiales, ya sea **+0+0000-0+0-000**. El + y - representan condiciones bipolares de lógica 1 y un 0 indica una condición de lógica 0.

Bipolar 8-zero substitution (B8ZS)—ones density enforcement on T1 lines



T1 frame—24 timeslots per frame, 8000 frames per second



El patrón de ocho bits que sustituye a los ocho ceros consecutivos es el que deliberadamente induce violaciones bipolares en las posiciones de bit cuarto y séptimo. Luego, este código se interpreta en el extremo remoto de la conexión. Una línea T1 completa de 1,544 Mbps contiene 24 líneas T1 fraccionarias (abreviadas como FT1), cada una con un ancho de banda de 64 kbps.

Algunas de las limitaciones de los servicios T1 son: son muy costosos, el costo de instalación también es muy alto y, en algunos casos, la utilización inadecuada del ancho de banda.

Sistema portador T2

Los portadores T2 multiplexan por división de tiempo 96 canales de voz o datos de 64 kbps en una sola señal de datos de 6.312 Mbps para la transmisión a través de un cable de cobre de par trenzado hasta 500 millas a través de un cable metálico especial LOCAP (baja capacitancia). Las velocidades de transmisión más altas hacen que la sincronización del reloj sea aún más crítica. Entonces, un método alternativo llamado sustitución binaria seis ceros (B6ZS) se utiliza para garantizar que se produzcan amplias transiciones en los datos.

B6ZS Example:

Original data:	0	-	0	0	0	0	0	0	0	+	0	-	+
After substitution:	0	-	<u>0</u>	-	<u>+</u>	<u>0</u>	<u>+</u>	<u>-</u>	0	+	0	-	+
Original data:	0	+	0	0	0	0	0	0	0	-	0	+	-
After substitution:	0	+	<u>0</u>	<u>+</u>	<u>-</u>	<u>0</u>	<u>-</u>	<u>+</u>	0	-	0	+	-

Siempre que ocurran seis ceros lógicos consecutivos, **0+0+-0+0-** se sustituye, y este código se selecciona para crear una violación bipolar en el segundo y cuarto bit de los patrones sustituidos.

Sistema portador T3

Los portadores T3 multiplexan por división de tiempo 672 canales de voz o datos de 64 kbps para la transmisión a través de un solo cable coaxial 3A-RDS. La tasa de bits de transmisión es de 44.736 Mbps y la técnica de codificación utilizada con portadoras T3 es sustitución binaria de tres ceros (B3ZS).

Sistema de transporte T4M

Los portadores T4M multiplexan por división de tiempo 4032 canales de voz o datos de 64 kbps para transmitir a través de un solo cable coaxial T4M hasta 500 millas. La velocidad de transmisión es muy alta (274,16 kbps), lo que hace que los patrones de sustitución no sean prácticos. Transmiten señales digitales NRZ unipolares codificadas.

Sistema portador T5

Los portadores T5 multiplexan por división de tiempo 8064 canales de voz o datos de 64 kbps y los transmiten a 560,16 Mbps a través de un solo cable coaxial.

Multiplexación por división de tiempo europea

En Europa, se utiliza una versión diferente de las líneas portadoras T denominadas líneas E. Con el sistema E1 básico, una trama de 125 μs se divide en 32 intervalos de tiempo iguales. El intervalo de tiempo 0 se utiliza para un patrón de alineación de cuadros y para un canal de alarma. El intervalo de tiempo 17 se utiliza para un canal de señalización común (CSC). La señalización de los 30 canales de banda vocal se realiza en el canal de señalización común. En consecuencia, 30 canales de banda de voz se multiplexan por división de tiempo en cada trama E1. Cada ranura tiene ocho bits. Entonces, el número de bits por cuadro se da como:

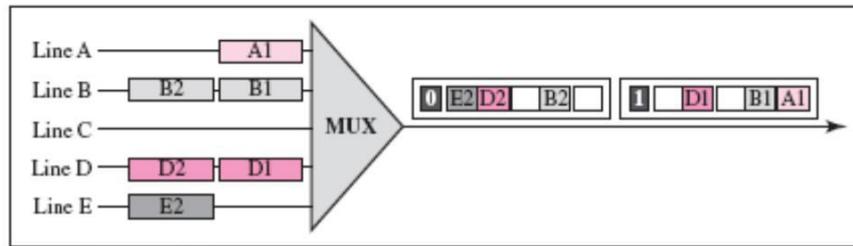
$$\frac{8 \text{ bits}}{\text{time slot}} \times \frac{32 \text{ time slots}}{\text{frame}} = 256 \text{ bits/frame}$$

Y la velocidad de línea se puede dar como **256 bits/cuadro × 8000 cuadros/segundo = 2,408 Mbps**

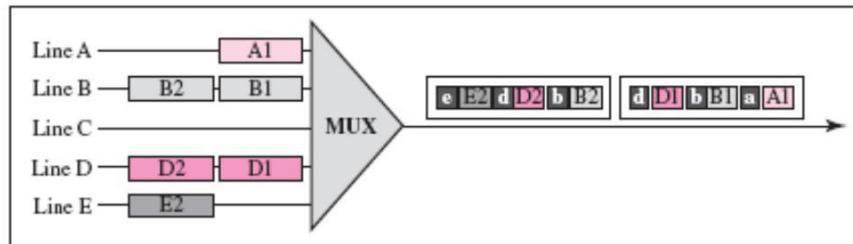
Multiplexación estadística por división de tiempo

La multiplexación por división de tiempo estadística es un método para transmitir varios tipos de datos simultáneamente a través de un solo cable o línea de transmisión. STA-TDM se usa a menudo para administrar datos que se transmiten a través de una red de área local (LAN) o una red de área amplia (WAN). Un multiplexor TDM estadístico aprovecha las pausas naturales en las transmisiones mediante la asignación dinámica de intervalos de tiempo según la demanda. Como un sistema TDM síncrono, un mux estadístico tiene un número finito de líneas de entrada de datos de baja velocidad con una línea de salida de datos multiplexados de alta velocidad, y cada línea de entrada tiene su propio codificador digital y búfer. Con el mux estadístico, *hay pocas* líneas de entrada y *frangas* horarias disponibles ($k > n$). El multiplexor escanea los búferes de entrada, recopilando datos hasta que se llena una trama, momento en el cual se transmite la trama. En el extremo receptor, el demultiplexor elimina los datos de los intervalos de tiempo y los distribuye a sus búferes de salida correspondientes. Los multiplexores estadísticos requieren

tasa de datos más baja que los multiplexores síncronos. Además, pueden admitir más usuarios que operen a la misma velocidad de transmisión.



a. Synchronous TDM



b. Statistical TDM

Con la multiplexación estadística, los bits de control deben incluirse en la trama. La siguiente figura muestra el formato de trama general para un multiplexor TDM estadístico.



(a) Overall frame

La trama incluye una bandera de inicio y una bandera de finalización para indicar el inicio y el final de la trama, un campo de dirección que indica el dispositivo de transmisión, un campo de control, una subtrama TDM estadística y un campo de secuencia de verificación de trama (FCS), que proporciona detección de errores. .



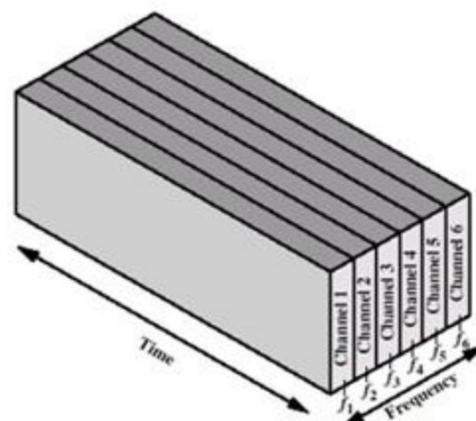
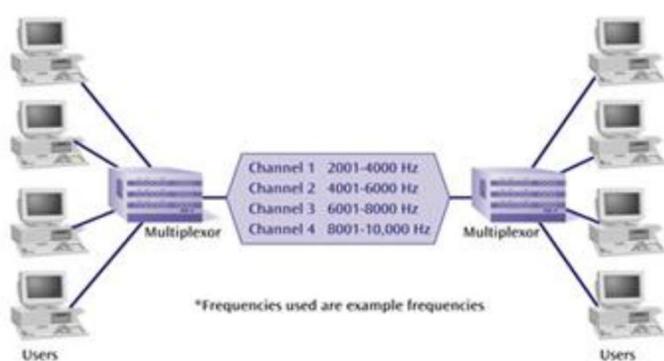
(b) Subframe with one source per frame

La figura anterior muestra el marco cuando solo se transmite una fuente de datos. El dispositivo transmisor se identifica en el campo de dirección. El campo de datos es variable y este esquema funciona bien en tiempos de cargas ligeras, pero ineficiente para cargas pesadas.



(c) Subframe with multiple sources per frame

La figura anterior muestra una forma de mejorar la eficiencia al permitir que se incluya más de una fuente de datos en un solo marco.



En la figura-b anterior, cinco fuentes de señal se alimentan a un multiplexor que modula cada señal en una frecuencia diferente (f_1 , f_2 , f_3 , f_4 , f_5). Para evitar interferencias, los canales están separados por bandas de protección, que son porciones no utilizadas del espectro. Con FDM, cada usuario tiene su propia circuitería de modulación, un transmisor, un receptor y un demodulador. El canal es común para todos los usuarios. Dado que cada transmisor utiliza una portadora de una frecuencia diferente, no hay interferencia a menos que las bandas laterales o las portadoras se asignen incorrectamente y, por lo tanto, se superpongan. Las transmisiones de AM, FM y TV por cable son los ejemplos más comunes de FDM, donde cada estación usa una banda de frecuencia diferente.

Ventajas de FDM:

1. En el sistema FDM, los usuarios pueden agregarse al sistema simplemente agregando otro par de moduladores de transmisor y demoduladores de receptor.
2. El sistema FDM admite el flujo de información dúplex completo que requieren la mayoría de las aplicaciones
3. El problema de ruido para la comunicación analógica tiene menos efecto.

Desventajas de FDM:

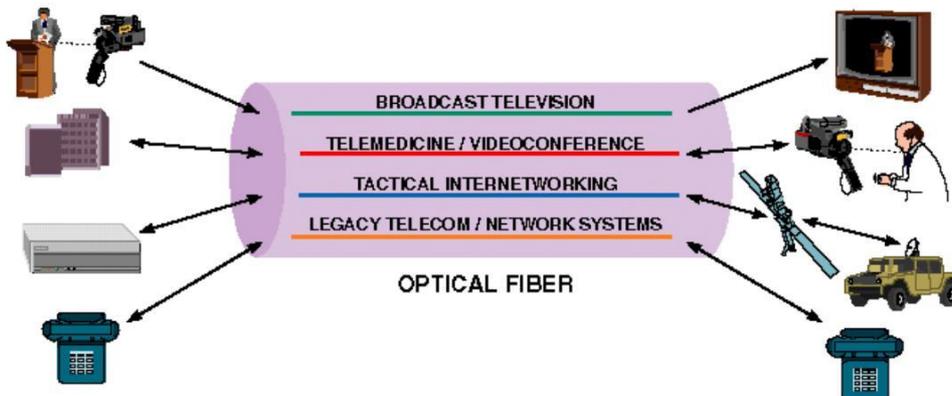
1. El costo inicial es alto, lo que incluye el cable entre los dos extremos y los conectores asociados para el cable.
2. El problema de un usuario a veces puede afectar a otros
3. Cada usuario requiere una frecuencia portadora precisa.

Multiplexación por División de Longitud de Onda

WDM implica la transmisión de múltiples señales digitales utilizando varias longitudes de onda sin que interfieran entre sí. Esta tecnología permite que muchas señales ópticas se transmitan simultáneamente por un solo cable de fibra. También se conoce como multiplexación por división de onda.

WDM se logra mediante la modulación de diodos láser de inyección, que transmiten ondas de luz altamente concentradas en diferentes longitudes de onda (es decir, en diferentes frecuencias ópticas). Por lo tanto, WDM está acoplando luz en dos o más longitudes de onda discretas dentro y fuera de una fibra óptica. Cada longitud de onda es capaz de transportar grandes cantidades de información en forma analógica o digital, y la información ya puede ser multiplexada por división de tiempo o frecuencia.

WAVELENGTH DIVISION MULTIPLEXING



- BETTER USE OF EXISTING FIBER BANDWIDTH
- TRANSPARENT TO DATA FORMAT AND RATE
- CHANNELS ARE INDEPENDENT
- COMMERCIALLY MATURE FOR POINT-POINT LINKS



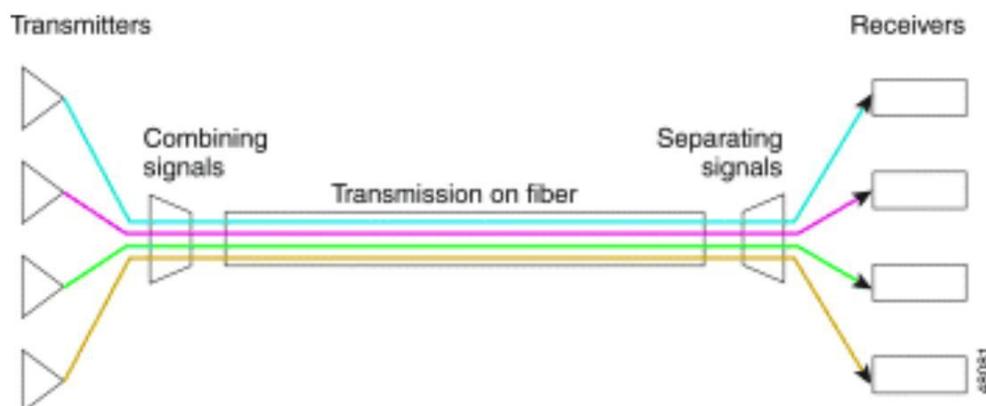
Ventajas de WDM:

1. La capacidad mejorada como transmisión full-duplex también es posible con una sola fibra.
2. WDM es inherentemente más fácil de reconfigurar (es decir, agregar o eliminar canales)
3. El uso de componentes ópticos lo hace más simple, más confiable y, a menudo, menos

Desventajas costosas de WDM:

1. Las señales no se pueden colocar tan cerca en el espectro de longitud de onda que interfieran entre sí.
2. La intensidad general de la señal debe ser aproximadamente la misma para cada longitud de onda, lo que puede no ser posible.
3. Las ondas de luz que transportan WDM están limitadas a un circuito de dos puntos o una combinación de muchos circuitos de dos puntos que pueden ir solo donde va el cable.

La multiplexación por división de longitud de onda densa (DWDM) es una técnica de transmisión de fibra óptica que emplea longitudes de onda de luz para transmitir datos en paralelo por bit o en serie por carácter.



ventajas:

- ▶ Independencia de protocolo y tasa de bits
- ▶ Mayor capacidad general a un costo mucho menor
 - La inversión actual en la planta de fibra se puede optimizar por un factor de al menos 32
- ▶ Transparencia
 - Arquitectura de la capa física Admite formatos de datos y TDM como ATM, Ethernet Gigabit, etc
- ▶ Escalabilidad
 - Utilizar abundancia de fibras oscuras en áreas metropolitanas y redes empresariales

Desventajas:

- ▶ Dispersión
 - Dispersión cromática
 - Dispersión del modo de polarización
- ▶ Atenuación
 - Intrínsecas: Dispersión, Absorción, etc.
 - Extrínsecos: estrés de fabricación, medio ambiente, etc.
- ▶ Mezcla de cuatro ondas
 - Naturaleza no lineal del índice de refracción de la fibra óptica.
 - Limita la capacidad del canal del sistema DWDM

Advantages and disadvantages of multiplexing techniques

Multiplexing Technique	Advantages	Disadvantages
Frequency Division Multiplexing	Simple Popular with radio, TV, cable TV Relatively inexpensive All the receivers, such as cellular telephones, do not need to be at the same location	Analog signals only Limited by frequency ranges
Synchronous Time Division Multiplexing	Digital signals Relatively simple Commonly used with T-1 and ISDN	Wastes bandwidth
Statistical Time Division Multiplexing	More efficient use of bandwidth Packets can be various sizes Frame can contain control and error information	More complex than synchronous time division multiplexing
Dense Wavelength Division Multiplexing	Very high capacities over fiber Scalable Signals can have varying speeds	Cost Complexity
Code Division Multiplexing	Large capacities Scalable	Complexity

Red óptica síncrona (SONET)

La red óptica síncrona es un sistema de multiplexación similar a los convencionales. La multiplexación por división de tiempo, excepto SONET, se desarrolló para usarse con fibras ópticas. SONET es el nombre de una familia estándar de interfaces para enlaces ópticos de alta velocidad. Estos comienzan en 51,84 Mbps, lo que se conoce como nivel de transporte síncrono 1 (STS-1). Se compone de 28 señales DS-1. Cada señal DS-1 es equivalente a un solo sistema de portadora digital T1 de 24 canales. Con STS-1, es posible extraer o agregar señales DS-1 individuales con el desmontaje completo de todo el marco. OC-48 es el segundo nivel de multiplexación SONET. Tiene una velocidad de bits de transmisión de 2,48 Gbps.

Aplicaciones SONET:

1. Redes troncales de alta velocidad
2. Arquitectura básica para RDSI-BA
3. Arquitectura básica para cajero automático
4. Redes ópticas de alta velocidad para comunicaciones de datos.

Preguntas

1. a) ¿Qué es un sistema portador T? ¿Qué es un sistema de portador T fraccional? Describa en detalle los diversos sistemas de portadores de T.
b) Compare WDM y DWDM y también enumere las ventajas y desventajas de WDM.

2. a) ¿Qué entiendes por compansión? Comparar compansing analógico y digital
b) ¿Qué es SQR y dar su relación con la resolución, el rango dinámico y el máximo número de bits en un código PCM.

3. a) ¿Cuál es la diferencia entre FDMA, TDMA y CDMA?
b) ¿Qué es la velocidad lineal y cómo se determina?

4. a) ¿Qué es el formato TDM de supertrama y supertrama extendida? Explique con un ejemplo.
b) ¿Qué es la sincronización de cuadros y cómo se logra en el sistema PCM-TDM?

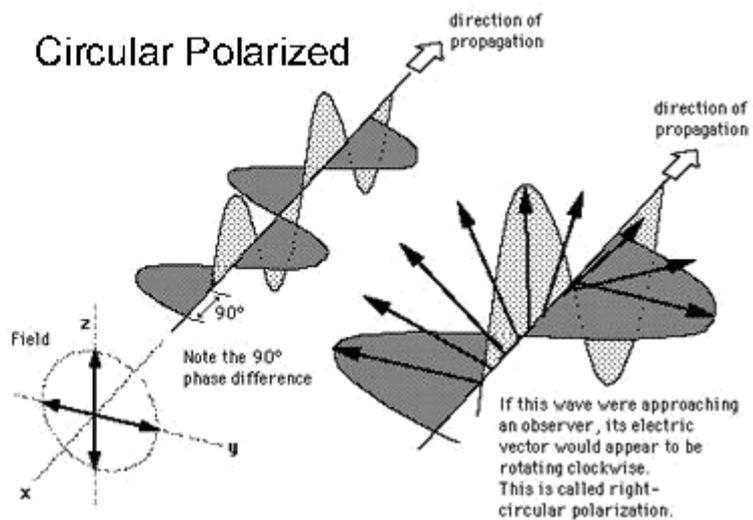
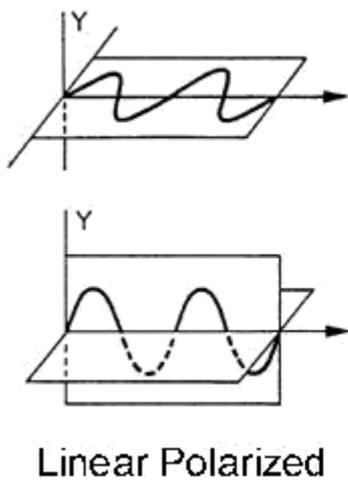
UNIDAD - III

SISTEMAS DE COMUNICACIONES INALÁMBRICAS

Polarización electromagnética, rayos y frentes de onda, radiación electromagnética, frente de onda esférico y la ley del inverso del cuadrado, atenuación y absorción de ondas, propiedades ópticas de las ondas de radio, propagación terrestre de ondas electromagnéticas, salto de distancia, pérdida de trayectoria en el espacio libre, sistemas de comunicaciones por microondas, comunicaciones por satélite

Con **Wisconsinreal ess com unicación sistemat Sra**, las señales electromagnéticas se emiten desde una antena, se propagan a través de la atmósfera terrestre (aire) o el espacio libre (vacío) y luego son recibidas (captadas) por otra antena. A veces, no es práctico interconectar físicamente dos equipos. Por lo tanto, el espacio libre o la atmósfera terrestre se utilizan a menudo como medio de transmisión. La propagación de ondas electromagnéticas en el espacio libre a menudo se denomina propagación de radiofrecuencia (RF) o simplemente propagación de radio. Las comunicaciones inalámbricas incluyen sistemas de radio de microondas terrestres y satelitales, sistemas de transmisión de radio, radio móvil bidireccional y teléfono celular.

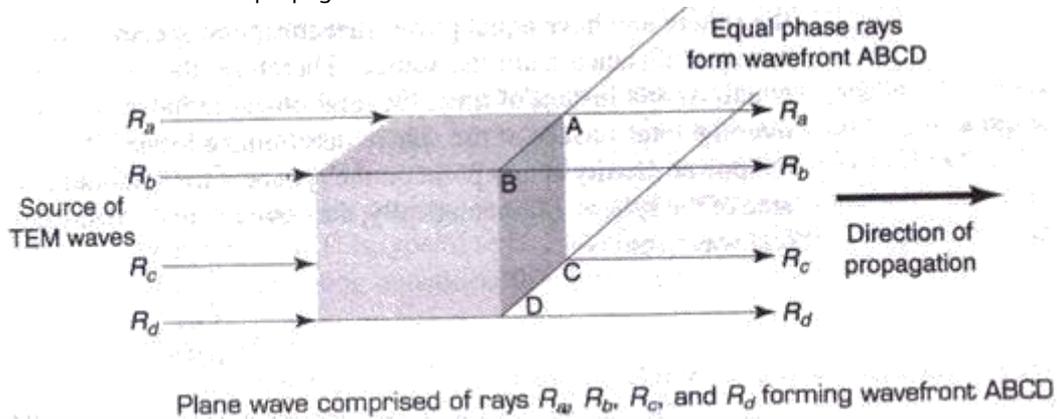
Polarización Electromagnética



Las ondas electromagnéticas se componen de un campo eléctrico y otro magnético a 90 grados entre sí. Los **polarización** de una onda electromagnética plana es simplemente la orientación del vector del campo eléctrico con respecto a la superficie terrestre. Si la polarización permanece constante, se describe como **polarización lineal**. Las polarizaciones horizontal y vertical son dos formas de polarización lineal. una ola **es polarizado horizontalmentesi** el campo eléctrico se propaga paralelo a la superficie de la tierra, y la onda **es polarizado verticalmentesi** el campo eléctrico se propaga perpendicularmente a la superficie terrestre. La onda se describe como si tuviera **polarización circularsi** el vector de polarización gira 360 grados, la onda se mueve una longitud de onda a través del espacio y la intensidad del campo es igual en todos los ángulos de polarización. Cuando la intensidad del campo varía con los cambios en la polarización, esto se describe como **polarización elíptica**. Una onda giratoria puede girar en cualquier dirección. Si el vector gira en el sentido de las agujas del reloj, es **diestro**, y si el vector gira en sentido antihorario, se considera **zurdo**.

Rayos y frentes de onda

Los rayos y los frentes de onda se utilizan para analizar las ondas electromagnéticas. Un rayo es una línea trazada a lo largo de la dirección de propagación de una onda electromagnética. Los rayos se utilizan para mostrar la dirección relativa de propagación.



Un frente de onda muestra una superficie de fase constante de ondas electromagnéticas. Un frente de onda se forma cuando se unen puntos de igual fase en rayos que se propagan desde la misma fuente. La figura anterior muestra un frente de onda con una superficie que es perpendicular a la dirección de propagación (rectángulo ABCD). Cuando una superficie es plana, su frente de onda es perpendicular a la dirección de propagación. Una fuente puntual es una ubicación única desde la cual los rayos se propagan por igual en todas las direcciones (es decir, una fuente isotrópica). El frente de onda generado a partir de una fuente puntual es simplemente una esfera con radio R y su centro ubicado en el punto de origen de las ondas.

Radiación electromagnética

El flujo de ondas electromagnéticas (energía) en la dirección de propagación se denomina radiación electromagnética. La velocidad a la que la energía pasa a través de un área de superficie dada en el espacio libre se llama densidad de potencia, generalmente expresada en vatios por metro cuadrado. Matemáticamente, Densidad de poder $P = EH$, donde P es la densidad de potencia (vatios/m²), E representa la intensidad del campo eléctrico rms (voltios/metro) y H representa la intensidad del campo magnético rms (amperios vueltas/metro).

Frente de onda esférico y ley del cuadrado inverso

Afrente de onda esférico se obtiene mediante un radiador isotópico. Todos los puntos a la distancia R (radio) de la fuente se encuentran en la superficie de la esfera y tienen densidades de potencia iguales. En un instante de tiempo, la potencia total radiada $P_{radical}$ se distribuye uniformemente sobre la superficie total de la esfera. Por lo tanto, la densidad de potencia en cualquier punto de la esfera es la potencia radiada total dividida por el área total de la esfera y se puede dar como,

$$PAG = P_{AGSradical} (4\pi R^2)$$

La densidad de potencia se vuelve más pequeña a medida que aumenta la distancia desde la fuente isotrópica. La potencia radiada total es la misma. Pero como el área de la esfera aumenta en proporción directa al cuadrado de la distancia desde la fuente, la densidad de potencia es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia desde la fuente. Esta relación se llama ley del cuadrado inverso.

Atenuación y absorción de ondas

Cuando las ondas se propagan a través del espacio libre, se dispersan, lo que resulta en una reducción de la densidad de potencia. Se llama atenuación en holas y ocurre tanto en el espacio libre como en la atmósfera terrestre. La atmósfera de la Tierra contiene diferentes partículas que absorben energía electromagnética, provocando una reducción de potencia, denominada como absorción / sistema operativo. La reducción de la densidad de potencia con el aumento de la distancia equivale a una pérdida de potencia y se denomina atenuación de onda. Debido a que se debe a la propagación esférica de la onda en el espacio, a veces se le llama atenuación espacial. Matemáticamente, la atenuación de onda es

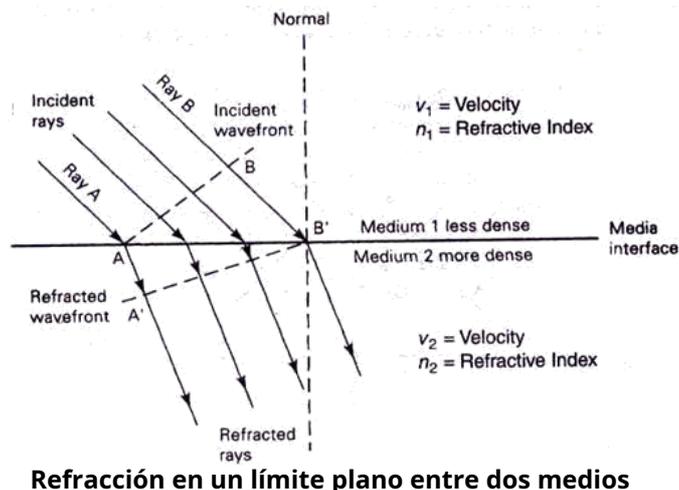
YA= 10 registro (P1/P2), donde **YA** representan la atenuación de onda en dB, P1 es la densidad de potencia en el punto 1 y P2 es la densidad de potencia en el punto 2.

La atmósfera de la Tierra no es un vacío y consiste en átomos, moléculas de varias sustancias como gases, líquidos y sólidos, que son bastante capaces de absorber ondas EM. A medida que la onda se propaga, la energía se transfiere de la onda a los átomos y moléculas y esta transferencia se conoce como wAV e absorp tion es análogo a la pérdida de potencia I2R. Una vez absorbida, la energía se pierde para siempre y provoca una reducción en la densidad de potencia.

Propiedades ópticas de las ondas de radio

El comportamiento de la propagación en el espacio libre se ve alterado por efectos ópticos como la refracción, la reflexión, la difracción y la interferencia.

Refracción: electromagnético refracciones el cambio de dirección de una onda electromagnética cuando pasa oblicuamente de un medio a otro medio con diferente densidad (índice de refracción).

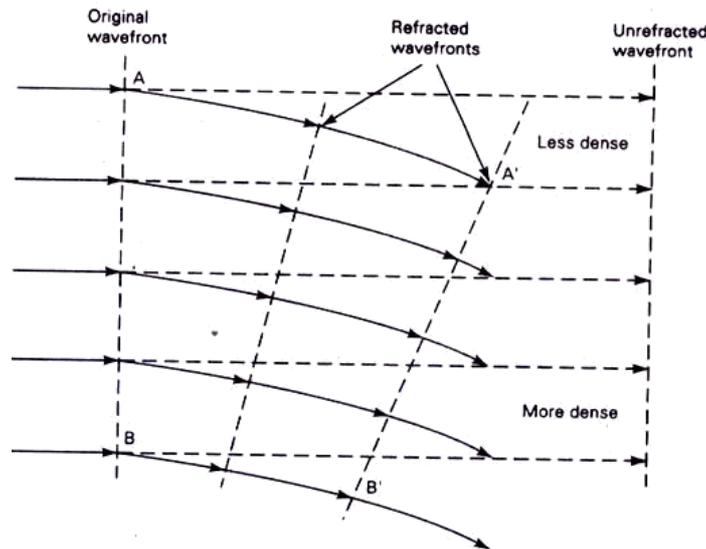


Cada vez que un rayo pasa de un medio menos denso a uno más denso, se desvía hacia la normal (línea imaginaria trazada perpendicularmente a la interfaz en el punto de incidencia). Por el contrario, cada vez que un rayo pasa de un medio más denso a uno menos denso, se desvía efectivamente de la normal. Los *Ángulo de incidencia* es el ángulo formado entre la onda incidente y la normal, y la *ángulo de refracción* es el ángulo formado entre la onda refractada y la normal. La ley de Snell establece que,

$$\sin\theta_1 \left(\frac{n_1}{n_2}\right) = \sin\theta_2$$

, donde θ_1 y θ_2 son ángulos de incidencia y refracción y n_1 y n_2 son índices de refracción de material 1 y material 2.

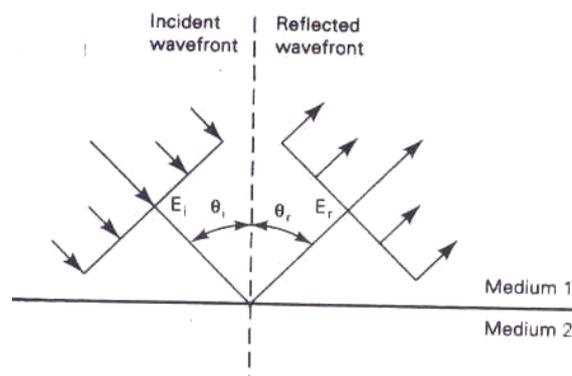
La refracción también ocurre cuando un frente de onda se propaga en un medio que tiene un gradiente de densidad que es perpendicular a la dirección de propagación. La siguiente figura muestra la refracción del frente de onda en la atmósfera terrestre (que tiene un índice de refracción de gradiente).



Refracción de frente de onda en un medio degradado

El medio es más denso cerca del fondo y menos denso cerca de la parte superior (atmósfera superior). Por lo tanto, los rayos que viajan en las capas superiores de la atmósfera viajan más rápido que los rayos que viajan cerca de la superficie terrestre y, en consecuencia, el frente de onda se inclina hacia abajo. La inclinación se produce de forma gradual a medida que avanza la ola.

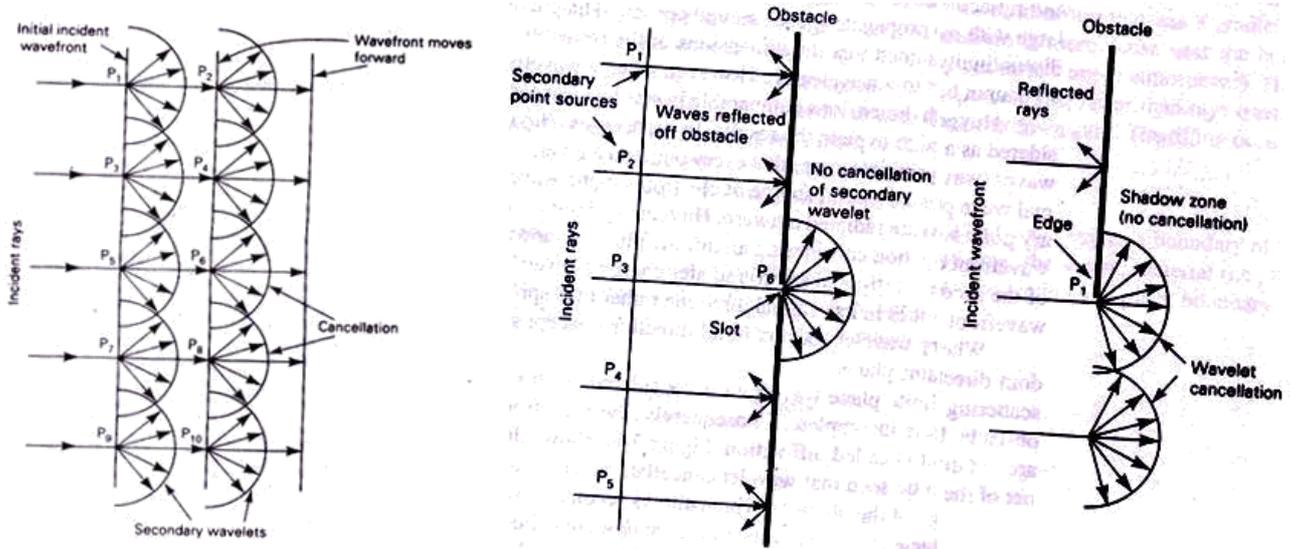
Reflexión: Onda electromagnética *reflexión* ocurre cuando una onda incidente choca con un límite de dos medios y parte o la totalidad de la energía incidente no ingresa al segundo material (es decir, se refleja). La siguiente figura muestra la reflexión de ondas electromagnéticas en un límite plano entre dos medios.



Como todas las ondas reflejadas permanecen en el medio1, el ángulo de reflexión es igual al ángulo de incidencia ($\theta_i = \theta_r$). La relación entre la potencia reflejada y la incidente es Γ , expresado como $\Gamma = P_{AGS} / P_{AGS}i$ donde Γ es el coeficiente de reflexión y P_r y P_i son la potencia incidente y reflejada.

Para conductores perfectos, $\Gamma = 1$ y toda la potencia incidente se refleja. La reflexión también ocurre cuando la superficie reflectante es irregular. Cuando un frente de onda incidente golpea una superficie irregular, se dispersa aleatoriamente en muchas direcciones. Tal condición se llama *difuso* *reflexión*, mientras que la reflexión de una superficie perfectamente lisa se llama *de espejo* (como espejo) *reflexión*.

Difracción: *Difracción* se define como la modulación o redistribución de energía dentro de un frente de onda cuando una densidad pasa cerca del borde de un objeto opaco. La difracción es el fenómeno que permite que la luz o las ondas de radio se propaguen (asomen) por las esquinas. El principio de Huygen establece que cada punto de un frente de onda esférico determinado puede considerarse como una fuente puntual secundaria de ondas electromagnéticas desde las que se irradian otras ondas secundarias (ondículas). El principio de Huygen se ilustra a continuación.

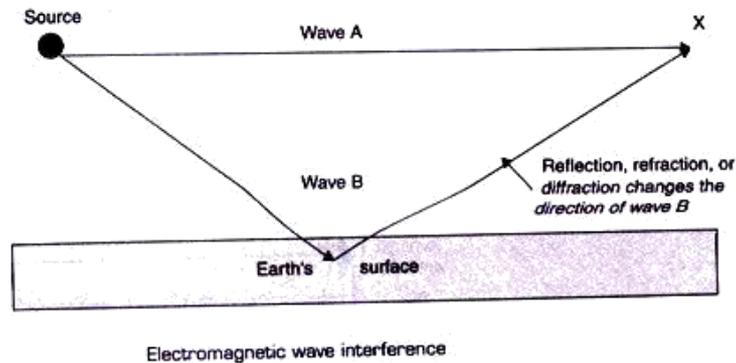


La primera figura muestra la propagación normal de la onda considerando un plano infinito. Cada fuente puntual secundaria (P_1, P_2 y así sucesivamente) irradia energía hacia el exterior en todas las direcciones. Pero, el frente de onda continúa en su dirección original en lugar de expandirse porque la cancelación de las ondas secundarias ocurre en todas las direcciones excepto en línea recta. Por lo tanto, el frente de onda permanece plano. Cuando se considera un frente de onda plano finito, como en la segunda figura, la cancelación en direcciones aleatorias es incompleta. Entonces, el frente de onda se extiende o se dispersa. Este efecto de dispersión se llama difracción.

La tercera figura muestra la difracción alrededor del borde de un obstáculo. Se puede ver que la cancelación de wavelet ocurre solo parcialmente. La difracción se produce alrededor del borde del obstáculo, lo que permite que las ondas secundarias se "cuelen" por la esquina del obstáculo en lo que se llama *zona de sombra*.

Interferencia m: Onda de radio *interferencia* Ocurre cuando dos o más ondas electromagnéticas se combinan de tal manera que se degrada el rendimiento del sistema. Interferencia, por otro

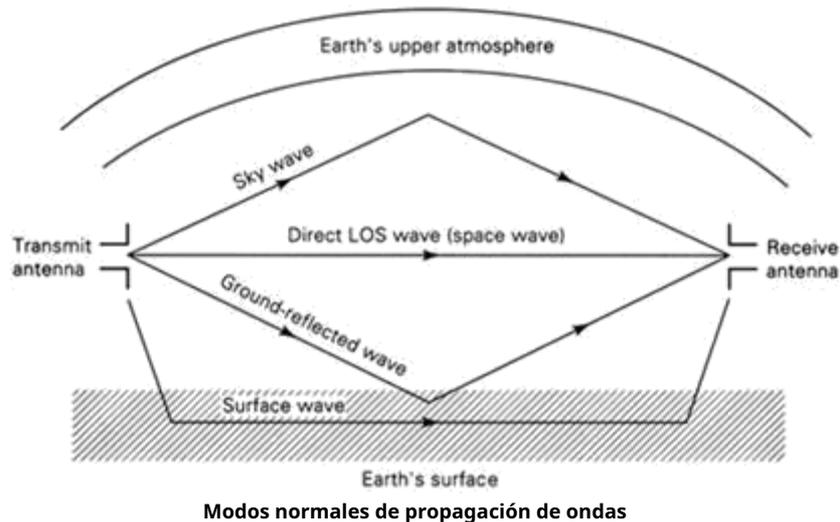
lado, está sujeto al principio de *superposición lineal* de ondas electromagnéticas y ocurre cuando dos o más ondas ocupan simultáneamente el mismo punto en el espacio.



En la figura anterior, se puede ver que, en el punto X, las dos ondas ocupan la misma área en el espacio. Sin embargo, la onda B ha recorrido un camino diferente al de la onda A y, por lo tanto, sus ángulos de fase relativos pueden ser diferentes. Si la diferencia en la distancia recorrida es un múltiplo integral impar de la mitad de la longitud de onda, se produce un refuerzo. Si la diferencia es un múltiplo par-integral de la mitad de la longitud de onda, se produce la cancelación total.

Propagación Terrestre de Ondas Electromagnéticas

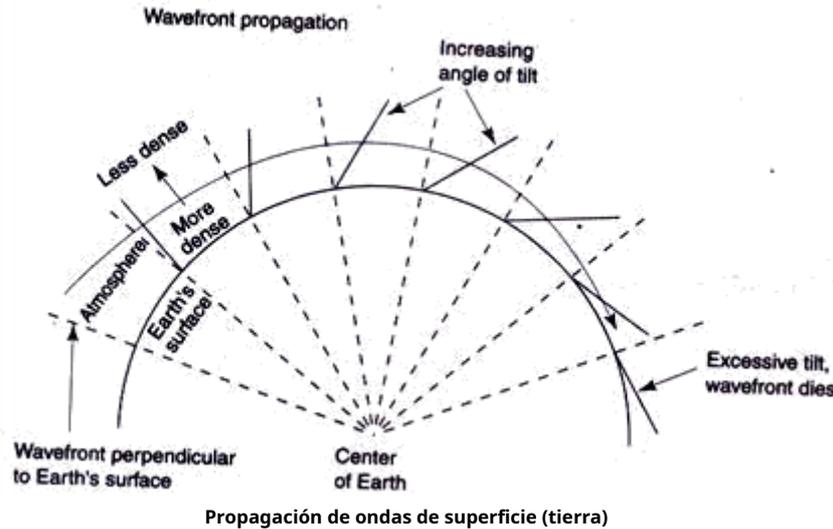
Las ondas electromagnéticas que viajan dentro de la atmósfera terrestre se denominan ondas terrestres y las comunicaciones entre dos o más puntos de la tierra se denominan radiocomunicaciones terrestres. Hay tres modos de propagación de ondas EM dentro de la atmósfera terrestre: propagación de ondas terrestres, propagación de ondas espaciales y propagación de ondas celestes.



suelo d wahe propagado ción. Las ondas de superficie son las ondas electromagnéticas que viajan a lo largo de la superficie de la tierra y también se denominan ondas superficiales. Las ondas de tierra deben estar polarizadas verticalmente y el campo eléctrico cambiante induce voltajes en la superficie de la tierra, lo que hace que fluyan corrientes que son muy similares a las de una línea de transmisión. Las ondas de superficie se atenúan a medida que se propagan debido a la presencia de resistencia y pérdidas dieléctricas en la superficie terrestre. Las ondas de superficie se propagan mejor sobre una superficie que es un buen conductor, como el agua salada y mal sobre áreas secas del desierto. También pérdidas en terreno

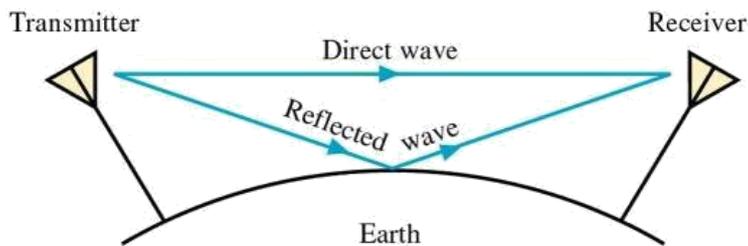
las ondas aumentan rápidamente con la frecuencia, la propagación de la onda terrestre se limita a frecuencias inferiores a 2 MHz

La siguiente figura muestra la propagación de la onda terrestre. Debido a la densidad del gradiente de la tierra, la onda de superficie se propaga alrededor de la tierra y permanece cerca de su superficie.



La frecuencia y el terreno sobre los que se propaga la onda de superficie deben seleccionarse cuidadosamente para garantizar que el frente de onda no se incline demasiado y simplemente se dé la vuelta, quede plano sobre el suelo y deje de propagarse. La comunicación por ondas de superficie se utiliza comúnmente para las comunicaciones de barco a barco y de barco a tierra, para la radionavegación y para las comunicaciones móviles marítimas.

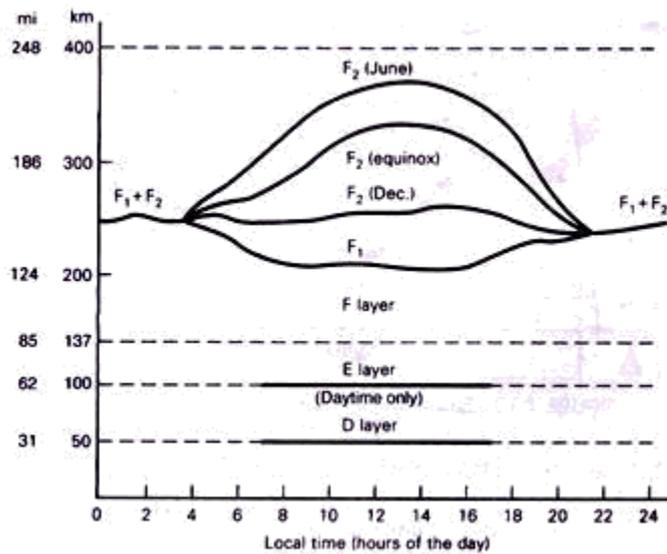
Propagación de ondas espaciales: Incluye la energía radiada que viaja en las pocas millas inferiores de la atmósfera terrestre. Las ondas espaciales incluyen ondas reflejadas tanto directas como terrestres.



Las ondas directas viajan esencialmente en línea recta entre las antenas de transmisión y recepción. Y esta propagación con ondas directas se denomina comúnmente *línea de visión* (LOS) *transmisión*. La propagación directa de ondas espaciales está limitada por la curvatura de la tierra. *Ondas reflejadas en el suelo* son ondas reflejadas por la superficie de la tierra a medida que se propagan entre antenas transmisoras y receptoras. La intensidad del campo en la antena receptora depende de la distancia entre las dos antenas (atenuación y absorción) y de si las ondas directas y reflejadas en el suelo están en fase (interferencia). La curvatura de la tierra presenta un horizonte de propagación de ondas espaciales comúnmente llamado *horizonte radial*. Debido a que las condiciones en la atmósfera inferior de la Tierra están sujetas a cambios, el grado de refracción puede variar con el tiempo. Una condición especial llamada *propagación de conductos* ocurre cuando la densidad del

la atmósfera inferior es tal que las ondas electromagnéticas pueden propagarse dentro del conducto a grandes distancias, haciendo que se propaguen alrededor de la tierra siguiendo su curvatura natural.

Cielo W Cra Propagación: Las ondas electromagnéticas que se dirigen por encima del nivel del horizonte se denominan *ondas del cielo*. Las ondas del cielo se irradian hacia el cielo, donde son reflejadas o refractadas de regreso a la tierra por el *ionosfera*. Debido a esto, la propagación de las ondas del cielo a veces se denomina *propagación ionosférica*. La ionosfera es la parte superior de la atmósfera terrestre y se encuentra aproximadamente entre 50 y 400 km (31 y 248 millas) sobre la superficie terrestre. Debido a la composición no uniforme de la ionosfera y sus variaciones de temperatura y densidad, es *estratificado*. Esencialmente, tres capas componen la ionosfera (las capas D, E y F) y se muestran a continuación:

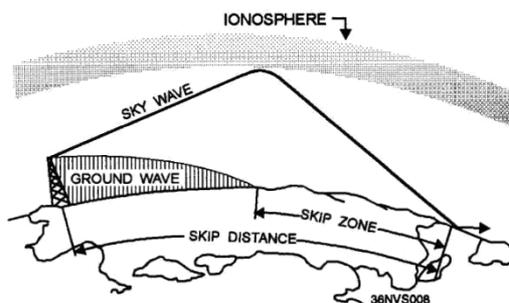


Capas ionosféricas

Las tres capas de la ionosfera varían en ubicación y en *densidad de ionización* con la hora del día. La ionosfera es más densa durante los momentos de máxima luz solar. Debido a que la densidad y la ubicación de la ionosfera varían con el tiempo, los efectos que tiene sobre la propagación de ondas de radio electromagnéticas también varían.

Distancia de salto

La *distancia de salto* es la distancia desde el transmisor hasta el punto donde la onda del cielo regresa por primera vez a la tierra. La distancia de salto depende de la frecuencia y el ángulo de incidencia de la onda, y del grado de ionización.



La ZONA DE SALTO es una zona de silencio entre el punto donde la onda terrestre se vuelve demasiado débil para la recepción y el punto donde la onda del cielo regresa por primera vez a la Tierra. El tamaño de la zona de salto depende de la extensión de la cobertura de la onda de superficie y la distancia de salto. Cuando la cobertura de la onda de superficie es lo suficientemente grande o la distancia de salto es lo suficientemente corta como para que no se produzca una zona de silencio, no hay zona de salto.

Pérdida de trayectoria en el espacio libre

En telecomunicaciones, **pérdida de trayectoria en el espacio libre (FSPL)** es la pérdida en la potencia de la señal de una onda electromagnética que resultaría de una trayectoria con línea de visión a través del espacio libre, sin obstáculos cercanos que provoquen reflexión o difracción. Con la pérdida de trayectoria en el espacio libre, en realidad no se pierde energía electromagnética; simplemente se esparce a medida que se propaga lejos de la fuente, lo que da como resultado una menor densidad de potencia. También se conoce como pérdida por dispersión, que se produce simplemente por la ley del inverso del cuadrado. La pérdida por propagación es una función de la distancia desde la fuente y la longitud de onda (frecuencia) de la onda electromagnética. Matemáticamente, la pérdida de trayectoria en el espacio libre es proporcional al cuadrado de la distancia entre el transmisor y el receptor, y también proporcional al cuadrado de la frecuencia de la señal de radio.

$$\begin{aligned} \text{FSPL} &= \left(\frac{4\pi d}{\lambda} \right)^2 \\ &= \left(\frac{4\pi d f}{c} \right)^2 \end{aligned}$$

Donde:

λ es la longitud de onda de la señal (en metros),

f es la frecuencia de la señal (en hercios),

d es la distancia desde el transmisor (en metros),

c es la velocidad de la luz en el vacío, 2.99792458×10^8 metros por segundo

Para aplicaciones de radio típicas, es común encontrar medidas en unidades de MHz y en d km, en cuyo caso la ecuación FSPL se convierte en

$$\text{FSPL(dB)} = 20 \log_{10}(d) + 20 \log_{10}(f) + 32.45$$

Sistemas de comunicación por microondas

Las microondas se describen generalmente como ondas electromagnéticas con frecuencias que rango de aproximadamente 500 MHz a 300 GHz. Debido a sus altas frecuencias, las microondas tienen longitudes de onda relativamente cortas. Los sistemas de microondas se utilizan para transportar servicios telefónicos de voz de larga distancia, redes de área metropolitana, redes de área amplia e Internet. Existen diferentes tipos de sistemas de microondas que operan en distancias que varían de 15 millas a 4000 millas de longitud. Los sistemas de microondas intraestatales o de servicio alimentador generalmente se clasifican como de corta distancia porque se utilizan para transportar información a distancias relativamente cortas, como entre ciudades dentro del mismo estado. Los sistemas de microondas de larga distancia son los que se utilizan para transportar información a distancias relativamente largas, como

aplicaciones de rutas interestatales y troncales. Las capacidades del sistema de radio por microondas van desde menos de 12 circuitos telefónicos de grado de voz hasta más de 22,000 canales de voz y datos.

Ventajas de la comunicación por radio de microondas:

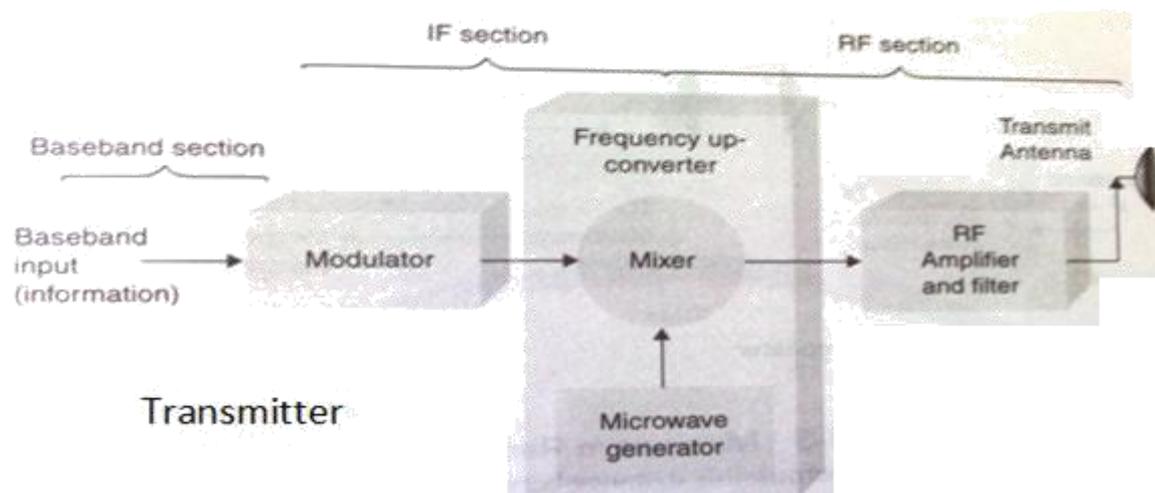
1. Los sistemas de radio no requieren una adquisición de derecho de paso entre estaciones.
2. Cada estación requiere la compra o arrendamiento de solo una pequeña área de terreno.
3. Debido a sus altas frecuencias operativas, los sistemas de radio de microondas pueden transportar grandes cantidades de información.
4. Las frecuencias altas significan longitudes de onda cortas, que requieren antenas relativamente pequeñas
5. Las señales de radio se propagan más fácilmente alrededor de obstáculos físicos, como agua y montañas altas.
6. Los sistemas de microondas requieren menos repetidores para la amplificación.
7. Las distancias entre los centros de conmutación son menores.
8. Se minimizan las instalaciones subterráneas.
9. Se introducen tiempos de retardo mínimos.
10. Existe una diafonía mínima entre los canales de voz.

Desventajas de los sistemas de radio por microondas:

1. Los circuitos electrónicos utilizados con frecuencias de microondas son más difíciles de analizar.
2. Los componentes convencionales, como resistencias, inductores y capacitores, son más difíciles de fabricar e implementar a frecuencias de microondas.
3. Los componentes del microondas son más caros.
4. El tiempo de tránsito del transistor es un problema con los dispositivos de microondas.
5. La amplificación de la señal es más difícil con las frecuencias de microondas.

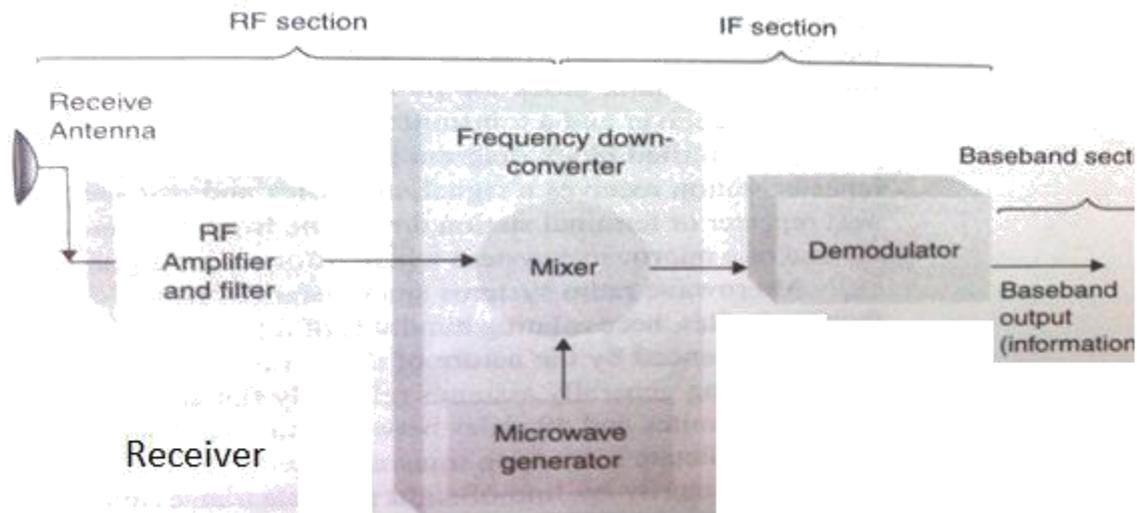
Enlace de radio de microondas

La siguiente figura muestra un enlace de radio de microondas simplex. el transmisor incluye modulador, mezclador, generador de microondas y varias etapas de amplificación y filtrado.



El modulador puede realizar modulación de frecuencia o alguna forma de modulación digital como PSK o QAM. La salida del modulador es una portadora de frecuencia intermedia (IF) que ha sido modulada o codificada por la señal de entrada de banda base. La señal de banda base es simplemente la

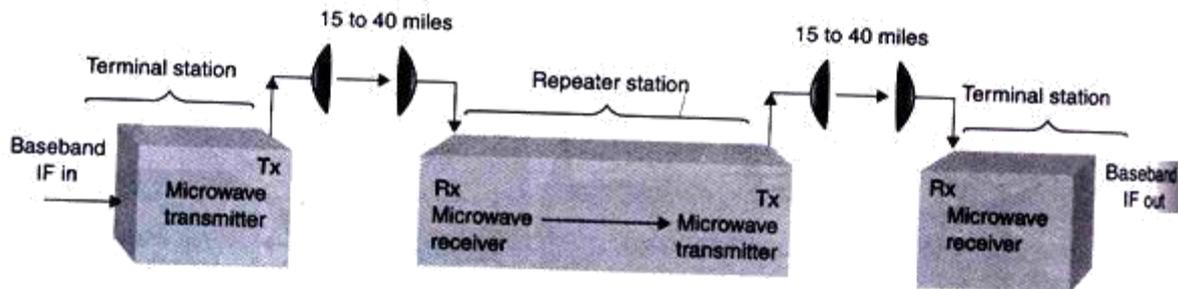
información. El mezclador y el generador de microondas (oscilador) se combinan para realizar una conversión ascendente de frecuencia a través de una mezcla no lineal. El convertidor ascendente es para traducir frecuencias IF a frecuencias de microondas RF.



El receptor consta de un amplificador de radiofrecuencia (RF), un convertidor descendente de frecuencia y un demodulador. El amplificador y el filtro de RF aumentan el nivel de la señal recibida para que el convertidor descendente pueda convertir las señales de RF en señales de FI. El demodulador puede ser para FM, PSK o QAM. La salida del demodulador son las señales originales de banda base (información).

Repetidores de radio de microondas

Con sistemas de más de 40 millas o cuando las obstrucciones geográficas bloquean la ruta de transmisión, se necesitan repetidores. Un repetidor de microondas es un receptor y un transmisor colocados espalda con espalda en el sistema.



La estación repetidora recibe una señal, la amplifica y la remodela, y luego la retransmite al siguiente repetidor o estación terminal que se encuentra debajo de ella. Una estación terminal es simplemente una estación al final de un sistema de microondas donde las señales de información se originan y terminan.

Sistemas de comunicación por satélite

Un satélite es un cuerpo celeste que orbita alrededor de un planeta. En otros términos, un satélite es un vehículo espacial lanzado por humanos que orbita la Tierra u otro cuerpo celeste. Los satélites de comunicación son satélites hechos por el hombre que orbitan alrededor de la Tierra y brindan una multitud de servicios de comunicaciones a una amplia variedad de consumidores, incluidos suscriptores militares, gubernamentales, privados y comerciales. El objetivo principal de los satélites de comunicaciones es

retransmitir señales entre dos o más estaciones terrenas. Un repetidor de satélite se denomina transpondedor y un satélite puede tener muchos transpondedores. Las transmisiones hacia y desde los satélites se clasifican como bus o carga útil. El bus incluye mecanismos de control que soportan la operación de carga útil. La carga útil es la información real del usuario. Los satélites utilizan muchas de las mismas bandas de frecuencia que los sistemas de radio de microondas terrestres.

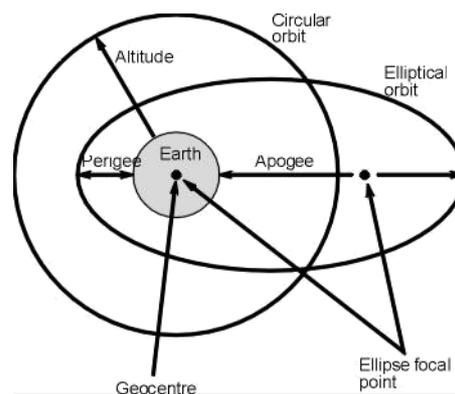
Categorías de elevación de satélite

Los satélites generalmente se clasifican como de órbita terrestre baja (LEO), órbita terrestre media (MEO) u órbita terrestre geosincrónica (GEO).

- Los satélites LEO operan en el rango de frecuencia de 1,0 GHz a 2,5 GHz. La principal ventaja es que la pérdida de trayecto entre las estaciones terrenas y los vehículos espaciales es mucho menor, lo que da como resultado potencias de transmisión más bajas, antenas más pequeñas y menos peso. Un ejemplo es el sistema de telefonía móvil por satélite de Motorola, Iridium.-
- Los satélites MEO operan en la banda de frecuencia de 1,2 GHz a 1,67 GHz y orbitan entre 6000 millas y 12,000 millas sobre la tierra. Un ejemplo es el sistema de posicionamiento global basado en satélites del DOD, NAVSTAR.
- Los satélites geosíncronos o geoestacionarios operan principalmente en el espectro de frecuencia de 2 GHz a 18 GHz con órbitas a 22 300 millas sobre la superficie terrestre. Orbitan en un patrón circular con una velocidad angular igual a la de la tierra y tienen un tiempo orbital de aproximadamente 24 horas (es decir, lo mismo que la tierra).-

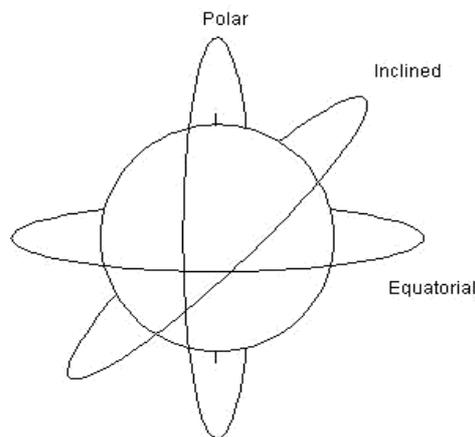
Órbitas de los satélites y patrones orbitales

Los satélites se clasifican como síncronos o no síncronos. Los satélites síncronos orbitan la tierra sobre el ecuador con la misma velocidad angular que la tierra y, por lo tanto, parecen estar estacionarios y permanecen en la misma ubicación con respecto a un punto dado de la tierra. Los satélites asincrónicos giran alrededor de la Tierra en un patrón circular o elíptico, como se muestra a continuación.

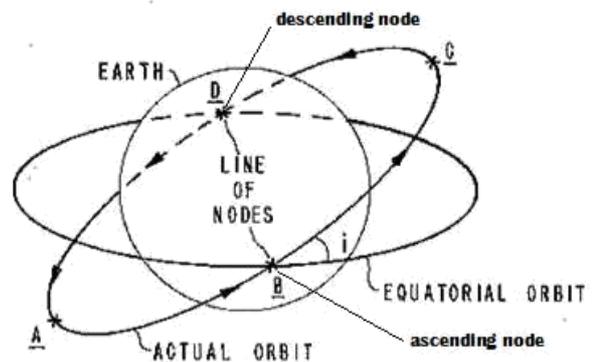
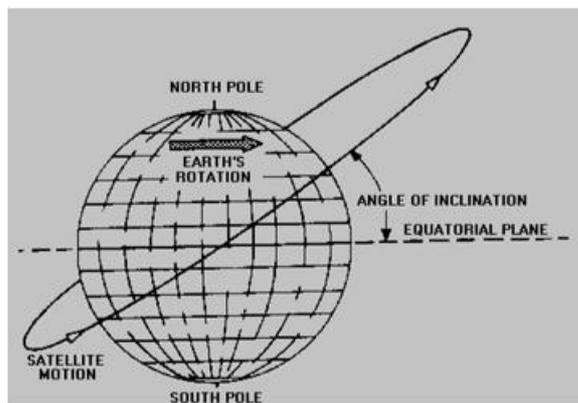


En órbita circular, la velocidad o rotación es constante. Con órbitas elípticas, la velocidad de un satélite es mayor cuando el satélite está más cerca de la tierra. El punto de una órbita elíptica más alejado de la Tierra se llama **apogeo**, y el punto de la órbita más cercano a la tierra se llama **perigeo**. Si la rotación del satélite tiene la misma dirección que la rotación de la Tierra con una velocidad angular mayor que la de la Tierra, la órbita se llama **órbita progradada o posígrada**. Si está en dirección opuesta con una velocidad angular menor que la de la Tierra, entonces se llama **órbita retrógrada**. Los satélites asincrónicos giran en una órbita progresiva, lo que resulta en un cambio de posición continuo con respecto a una posición fija en la tierra. Se necesita un equipo de rastreo tan costoso y complicado para ubicar y bloquear las antenas en la pista del satélite.

De un número infinito de trayectorias orbitales posibles, solo tres se utilizan para los satélites de comunicación: inclinada, ecuatorial o polar. Cuando los satélites orbitan la Tierra, ya sea en una órbita circular o elíptica, la órbita del satélite forma un plano que pasa por el centro de gravedad llamado **geocentro** de la tierra.



Inclinado Las órbitas son prácticamente todas las órbitas excepto aquellas que viajan directamente sobre el ecuador o directamente sobre los polos norte y sur.



El ángulo de inclinación es el ángulo entre el plano ecuatorial de la tierra y el plano orbital de un satélite medido en sentido antihorario en el punto de la órbita donde cruza el plano ecuatorial de sur a norte y este punto se llama **nodo ascendente**. Si va de norte a sur, se llama **nodo descendente**. Los ángulos de inclinación varían entre 0 grados y 90 grados. La línea que une ambos nodos a través del centro de la tierra se llama **línea de nodos**.

Un *órbita ecuatoriales* cuando el satélite gira en una órbita directamente sobre el ecuador, generalmente en una trayectoria circular. Con una órbita ecuatorial, el ángulo de inclinación es de 0 grados. Todos los satélites geosíncronos están en órbitas ecuatoriales. A *órbita polares* cuando el satélite gira en una trayectoria que lo lleva sobre los polos norte y sur en un patrón orbital que es perpendicular al plano ecuatorial. El ángulo de inclinación de un satélite en órbita polar es de casi 90 grados. El 100% de la superficie terrestre se puede cubrir con un solo satélite en órbita polar. Los satélites en órbitas polares giran alrededor de la Tierra en una órbita longitudinal, mientras que la Tierra gira sobre su eje en una rotación latitudinal.

Satélites geosíncronos

También conocido como *geoestacionario*, se refiere al movimiento de los satélites de comunicaciones donde el satélite gira alrededor del globo sobre el ecuador, en un movimiento que está sincronizado con la rotación de la tierra. Debido a esta sincronización, el satélite parece estar estacionario y también ofrecen una operación continua en el área de visibilidad. Las órbitas geosíncronas son circulares. Solo hay una órbita terrestre geosíncrona, que está ocupada por una gran cantidad de satélites.

GRAMO miosync Hrono nosotros orbit requi remetro mi Nuevo Testamento s: El requisito más importante es que la órbita debe tener un ángulo de elevación de 0 grados. También deben orbitar en la misma dirección que la rotación de la tierra con la misma velocidad angular. Usando la tercera ley de Kepler, se puede demostrar que los satélites geosíncronos deben girar alrededor de la tierra en un patrón circular a 42 164 km del centro de la tierra. La circunferencia de la órbita de un satélite geosíncrono es

$C = 2 \pi (42\ 164\ \text{km}) = 264\ 790\ \text{km}$, y la velocidad (v) es **$v = 264\ 790\ \text{km} / 24\ \text{h} = 6840\ \text{mph}$**

clara que orbe eso: Sinónimo de órbita geoestacionaria. Se llama así porque el destacado autor Arthur C. Clarke fue la primera persona en darse cuenta de que esta órbita sería útil para los satélites de comunicación. La órbita de Clarke cumple con las especificaciones de compensación concisas para órbitas de satélites geosíncronos: (1) estar ubicada directamente sobre el ecuador, (2) viajar en la misma dirección que la rotación de la Tierra con una velocidad de 6840 mph, (3) tener una altitud de 22,300 millas sobre la tierra y (4) completar una revolución en 24 horas

GRAMO Ventajas y desventajas del satélite geosíncrono: _____

Algunas de las ventajas son,

1. Los satélites geosíncronos permanecen casi estacionarios con respecto a una estación terrena dada; por lo tanto, no se requiere equipo de seguimiento costoso en las estaciones terrenas.
2. Los satélites geosíncronos están disponibles para todas las estaciones terrenas dentro de su *sombra* 100% del tiempo. La sombra de un satélite incluye todas las estaciones terrenas que tienen una ruta de línea de vista hacia el satélite.
3. No es necesario cambiar de un satélite geosíncrono a otro mientras orbitan por encima. En consecuencia, no hay interrupciones de transmisión debido a los tiempos de conmutación.

Las desventajas son;

1. Una desventaja obvia de los satélites geosíncronos es que requieren dispositivos de propulsión sofisticados y pesados a bordo para mantenerlos en una órbita fija.
2. Los satélites geosíncronos de gran altitud introducen retrasos de propagación mucho más largos. El retardo de propagación de ida y vuelta entre dos estaciones terrenas a través de un satélite geosíncrono suele oscilar entre 500 ms y 600 ms.
3. Los satélites geosíncronos requieren niveles de potencia de transmisión más altos y receptores más sensibles debido a las distancias más largas y las mayores pérdidas de trayectoria.
4. Se requiere habilidad espacial de alta precisión para colocar un satélite geosíncrono en órbita y mantenerlo allí.

Ángulos de observación del satélite

Se deben determinar dos ángulos para garantizar que la antena de la estación terrena apunte directamente al satélite: **el acimut y el ángulo de elevación**. Ambos juntos se conocen como **ángulos de mirada**. Con los satélites geosíncronos, los ángulos de observación de las antenas de las estaciones terrenas deben ajustarse solo una vez, ya que el satélite permanecerá en una posición determinada de forma permanente, excepto por variaciones menores. La pinta en la superficie de la tierra directamente debajo del satélite se usa para identificar su ubicación y se llama **punto subsatélite(SSP)** y para satélites geosíncronos, SSP debe caer en el ecuador.

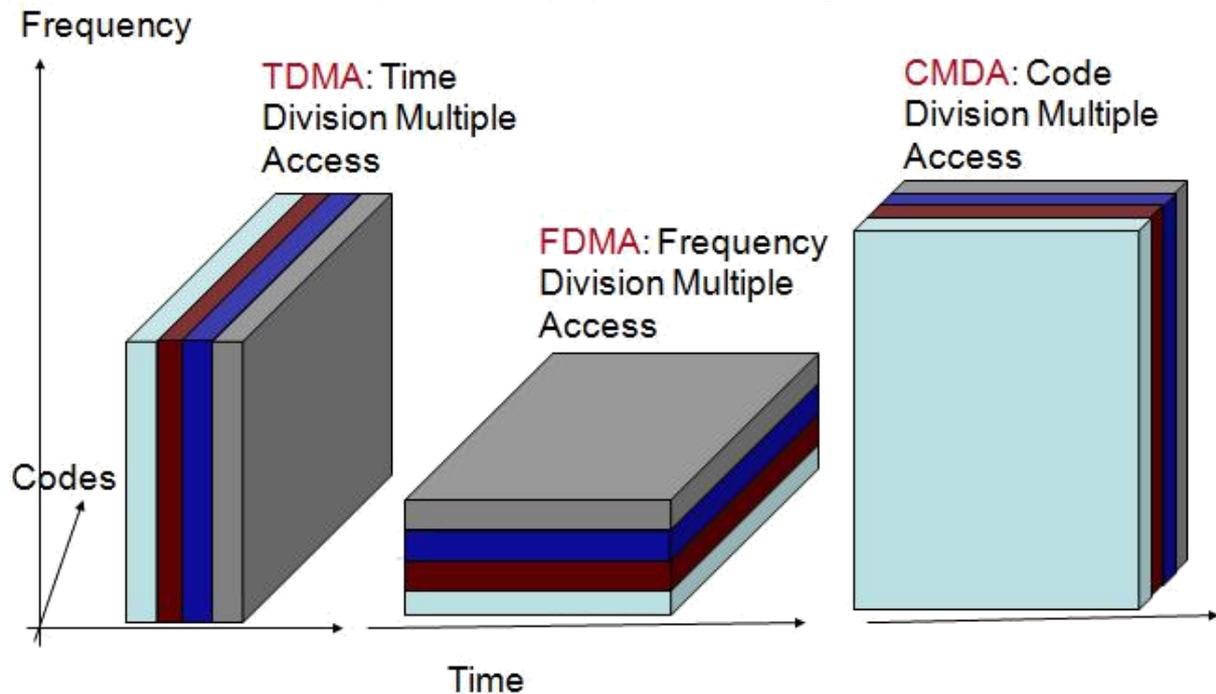
Patrones de radiación de la antena satelital: Huellas

La representación geográfica del área de la tierra iluminada por la radiación de la antena de un satélite se denomina *huella* o a veces un *mapa de huellas*. En esencia, la huella de un satélite es el área de la superficie terrestre desde la que el satélite puede recibir o transmitir. La forma de la huella de un satélite depende de la trayectoria orbital del satélite, la altura y el tipo de antena utilizada. Cuanto más alto esté el satélite, más superficie terrestre podrá cubrir.

El patrón de radiación de la antena de un satélite a veces se denomina haz. El haz más pequeño y más directivo se denomina haz puntual, seguido de haces zonales, haces hemisféricos y haces terrestres (globales).

Arreglos de Acceso Múltiple por Satélite

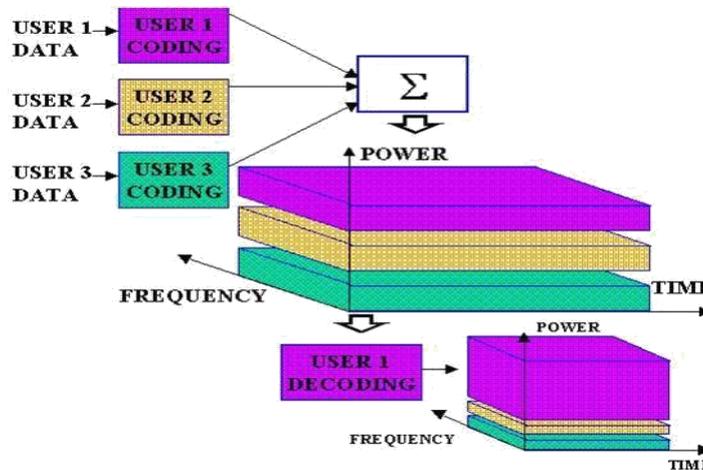
El acceso múltiple por satélite implica que más de un usuario tiene acceso a uno o más transpondedores dentro de la asignación de ancho de banda de un satélite. Los tres más utilizados arreglos de acceso múltiple son **acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA)**, **acceso múltiple por división de tiempo (TDMA)** y **acceso múltiple por división de código (CDMA)**.



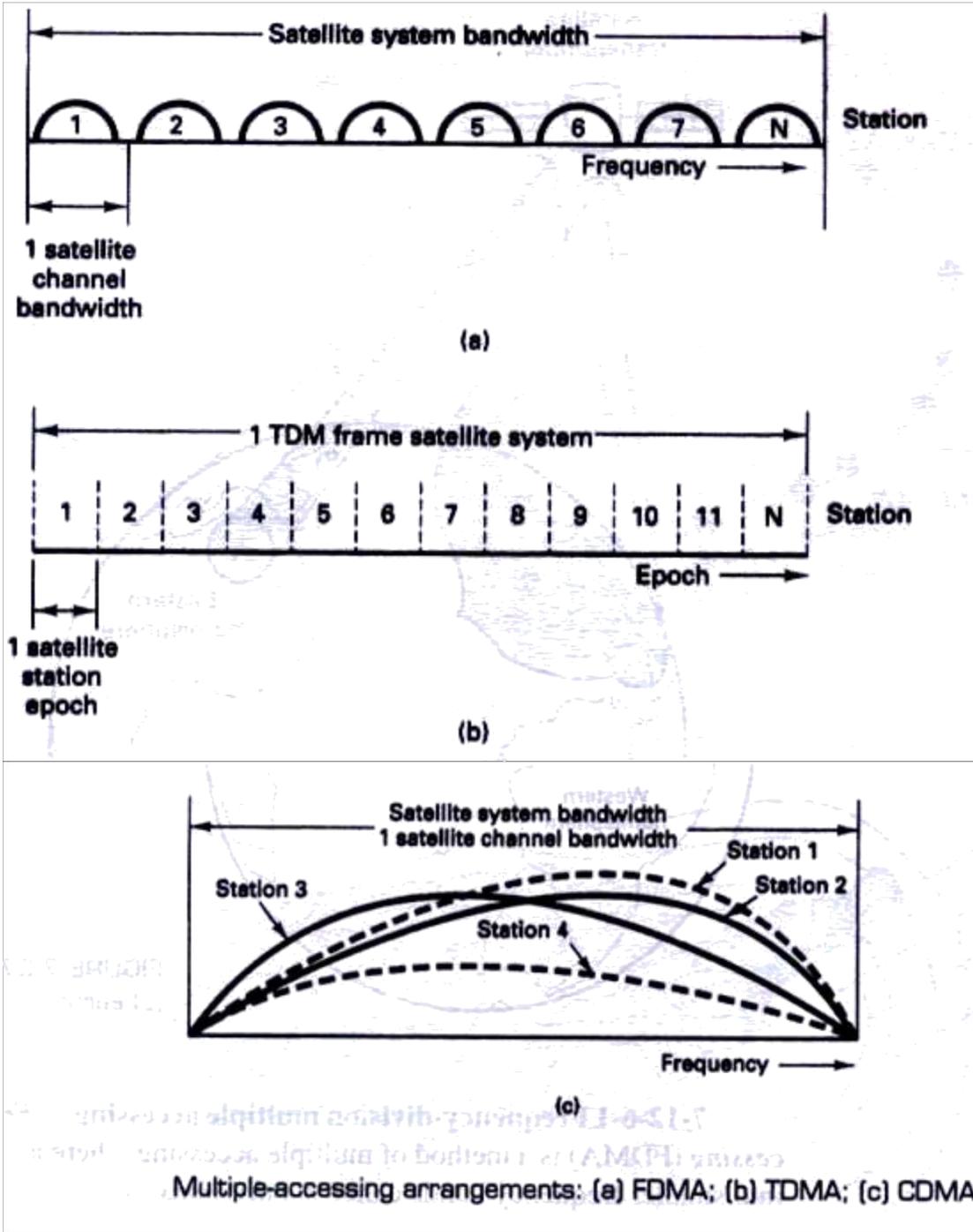
frmi qtu norteC y divi svo norte metro ult Ipl cada uno CC esoen gramo: FDMA es un método de acceso múltiple en el que un ancho de banda de RF determinado se divide en bandas de frecuencia más pequeñas denominadas subdivisiones. Las transmisiones FDMA están separadas en el dominio de la frecuencia y deben compartir el ancho de banda total disponible del transpondedor, así como la potencia total del transpondedor. Se utiliza un mecanismo de control para garantizar que dos o más estaciones terrenas no transmitan en la misma subdivisión al mismo tiempo. Esencialmente, el mecanismo de control designa una estación receptora para cada una de las subdivisiones. Por lo tanto, con FDMA, la transmisión puede ocurrir desde más de una estación al mismo tiempo, pero las estaciones transmisoras deben compartir la potencia asignada y dos estaciones no pueden utilizar el mismo ancho de banda.

Tyo soy mi-di vis ion metro ult ipyo mia CC eso En g: TDMA es el método de acceso múltiple predominante que se utiliza en la actualidad. TDMA es un método de multiplexación por división de tiempo de portadoras moduladas digitalmente entre estaciones terrenas participantes dentro de una red de satélite utilizando un transpondedor de satélite común. Con TDMA, cada estación terrena transmite una breve ráfaga de información durante un intervalo de tiempo específico dentro de una trama TDMA. Las ráfagas deben estar sincronizadas para que la ráfaga de cada estación llegue al satélite en un momento diferente, evitando así una colisión con la portadora de otra estación. Las transmisiones TDMA están separadas en el dominio de sintonía, y con TDMA, el ancho de banda y la potencia del transpondedor se utilizan para cada transmisión, pero solo durante un intervalo de tiempo prescrito. Por lo tanto, con TDMA, la transmisión no puede ocurrir desde más de una estación al mismo tiempo. Sin embargo,

C oda-div is ion metro ult Ipl cada uno Cce ss En g: CDMA se basa en el uso de una técnica de modulación conocida como **espectro ensanchado**. Los usuarios están separados tanto por frecuencia como por tiempo.



Debido a que no hay limitaciones en el ancho de banda, a veces se hace referencia a CDMA como *acceso múltiple de espectro ensanchado* (SSMA). Con CDMA, todas las estaciones terrestres transmiten dentro de la misma banda de frecuencia y, para todos los fines prácticos, no tienen limitaciones sobre cuándo pueden transmitir o sobre qué frecuencia portadora. Por lo tanto, con CDMA, todas las estaciones utilizan todo el ancho de banda del transpondedor de satélite de forma continua. La separación de señales se logra con técnicas de cifrado/descifrado de envolvente



Comparación: Tanto en FDMA como en TDMA, solo se asigna un suscriptor a un canal a la vez. Ninguna otra conversión puede acceder a este canal hasta que finalice la llamada del suscriptor o hasta que el sistema transfiera la llamada original a un canal diferente. Los datos de voz tienden a ser de naturaleza explosiva. La mayor parte del tiempo, no se envían datos a través del canal. Esta ineficiencia tiende a limitar la capacidad del sistema. Los inconvenientes anteriores se superan en esta tercera técnica en la que los usuarios se distribuyen tanto en frecuencia como en tiempo en el mismo canal. Esta es una combinación híbrida de FDMA y TDMA. Por ejemplo, *salto de frecuencia* puede emplearse para garantizar que durante cada intervalo de tiempo sucesivo, las bandas de frecuencia asignadas a los usuarios se registren de manera aleatoria. Una ventaja importante de CDMA sobre FDMA y TDMA es que puede proporcionar una comunicación segura.

Preguntas

1. ¿Qué es una onda de radio? ¿Cuáles son las propiedades ópticas de las ondas de radio? Explique todos los detalles de cómo se relacionan con la propagación de ondas de radio.
2. ¿Qué se entiende por pérdida de trayectoria en el espacio libre de una onda electromagnética? Da la ecuación matemática en forma de decibelios. Determine, en dB, la pérdida de trayectoria en el espacio libre para una frecuencia de 6 GHz que recorre una distancia de 50 km.
3. ¿Cuáles son los tres modos de propagación terrestre de las ondas electromagnéticas? Explicar.
4. ¿Qué es un acuerdo de acceso múltiple por satélite? Enumere y describa, en detalle con diagramas claros, las tres formas de arreglos de acceso múltiple por satélite.
5. Explique el término distancia de salto, la huella del satélite y dé las ventajas de los satélites geosíncronos.
6. Enumere las ventajas y desventajas de las comunicaciones por microondas sobre las instalaciones de transmisión por cable.
7. Comparar FDMA, TDMA y CDMA

SISTEMAS DE TELÉFONO CELULAR

Teléfono celular analógico de primera generación, Sistema de comunicaciones personales, Sistemas de telefonía celular de segunda generación, N-AMPS, Teléfono celular digital, Estándar interino, Resumen de PCS y celular norteamericano, Sistema global para comunicaciones móviles, Sistema satelital de comunicaciones personales

Introducción

El sistema celular fue desarrollado para proporcionar *móvil telefonía: teléfono* "en cualquier momento y en cualquier lugar". La telefonía celular es un concepto a nivel de sistema, que reemplaza un solo transmisor de alta potencia con una gran cantidad de transmisores de baja potencia para la comunicación entre dos dispositivos en una gran área geográfica. El objetivo principal de la red de telefonía celular es proporcionar comunicación inalámbrica entre dos dispositivos en movimiento, llamados *estaciones móviles* entre una unidad móvil y una unidad estacionaria, comúnmente denominada *línea fija* o *unidad fija*. Para dar cabida a una gran cantidad de usuarios en una gran área geográfica, el sistema de telefonía celular utiliza una gran cantidad de transmisores inalámbricos de baja potencia para crear *células*. Los niveles de potencia variables permiten que las celdas se dimensionen de acuerdo con la densidad de suscriptores y la demanda dentro de una región en particular.

Una *célula* es una unidad geográfica básica de un sistema celular. El término celular proviene de la forma de panel de las áreas en las que se divide una región de cobertura. Las celdas son estaciones base que transmiten sobre pequeñas áreas geográficas que se representan como hexágonos. A medida que los usuarios móviles viajan de una celda a otra, sus conversaciones se transfieren entre *células*. Los canales (frecuencias) utilizados en una celda se pueden reutilizar en otra celda a cierta distancia, lo que permite la comunicación de un gran número de estaciones utilizando un número limitado de frecuencias de radio. En resumen, el concepto básico de reutilización permite que un número fijo de canales sirva a un número arbitrariamente grande de usuarios. Un clúster es un grupo de celdas y ningún canal se reutiliza dentro de un clúster.

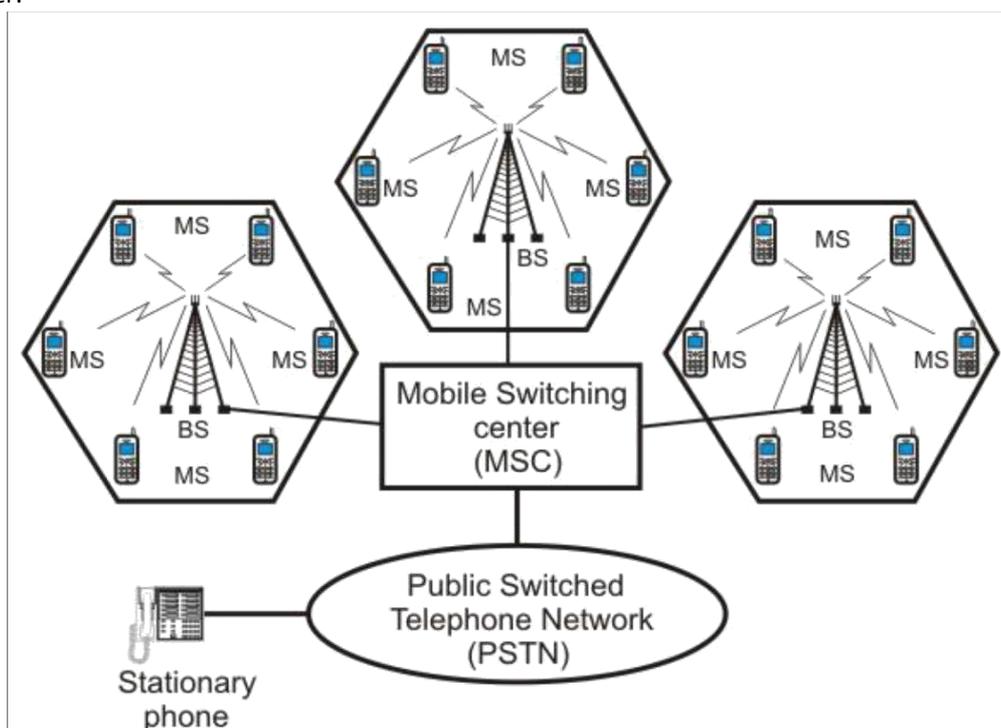
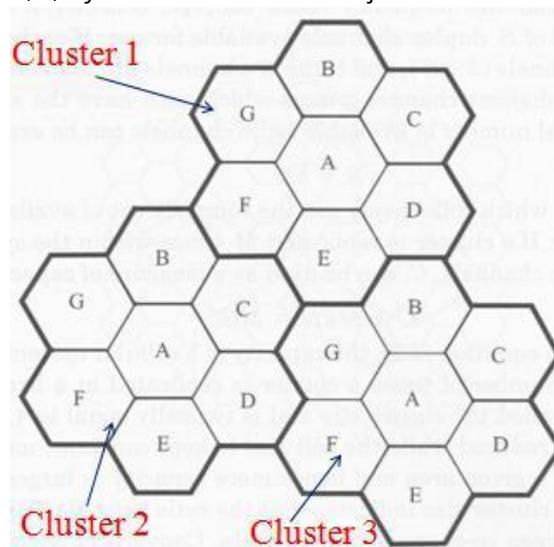


Diagrama esquemático de un sistema de telefonía celular.

Como se muestra arriba, un sistema celular se compone de los siguientes componentes básicos:

- **Estaciones Móviles (MS):** Teléfonos móviles, que es utilizado por un usuario para comunicarse con otro usuario-
- **Célula:** Cada área de servicio celular se divide en pequeñas regiones llamadas celdas (5 a 20 Km)-
- **Estaciones base (BS):** Cada celda contiene una antena, la cual es controlada por una pequeña oficina.-
- **Centro de conmutación móvil (MSC):** Cada estación base está controlada por una oficina de conmutación, llamada centro de conmutación móvil.

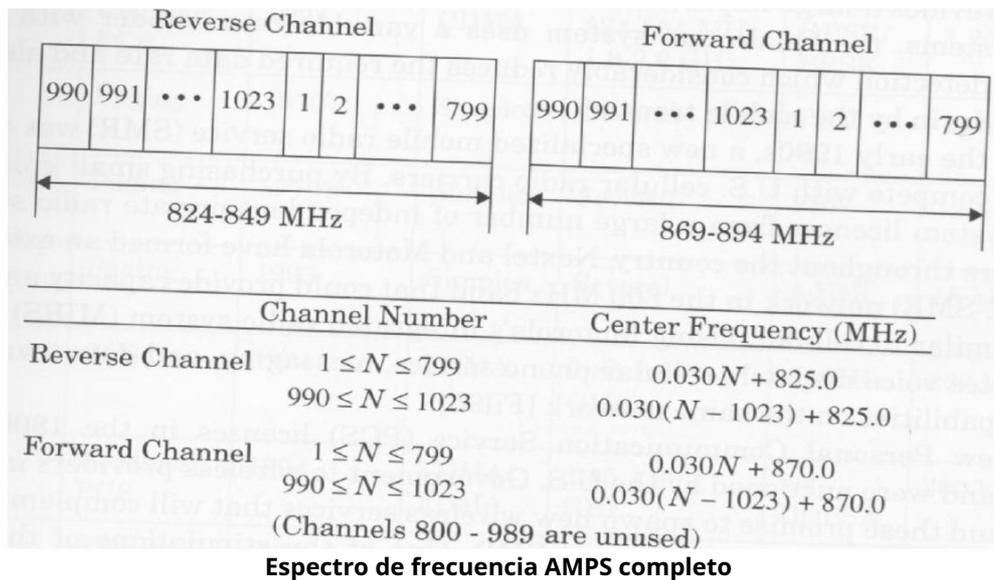
Reutilización de frecuencias es el proceso en el que se puede asignar el mismo conjunto de frecuencias (canales) a más de una celda, siempre que las celdas estén separadas por una distancia suficiente. La figura muestra un área geográfica de cobertura de radio celular que contiene tres grupos de celdas llamados clústeres. Cada grupo tiene siete celdas y a todas las celdas se les asigna el mismo número de canales de telefonía celular full-duplex. Las celdas con la misma letra usan el mismo conjunto de frecuencias de canal. A, B, C, D, E, F y G denotan los siete conjuntos de frecuencias.



Manos libres: En cualquier instante, cada estación móvil está lógicamente en una celda y bajo el control de la estación base de la celda. Cuando una estación móvil sale de una celda, la estación base nota que la señal de la MS se desvanece y solicita a todas las BS vecinas que informen la intensidad que están recibiendo. Luego, la BS transfiere la propiedad a la celda que recibe la señal más fuerte y el MSC cambia el canal que transporta la llamada. El proceso se llama *manos libres*. Hay dos tipos de traspaso; Traspaso duro y traspaso suave. En un *traspaso duro*, que se utilizó en los primeros sistemas, una MS se comunica con una BS. Cuando una MS se mueve de la celda A a la celda B, la comunicación entre la MS y la estación base de la celda A primero se interrumpe antes de que se inicie la comunicación entre la MS y la estación base de B. Como consecuencia, la transición no es suave. El traspaso duro a menudo se denomina como *romper antes de hacer*. Los traspasos duros están destinados a ser instantáneos para minimizar la interrupción de la llamada. Los ingenieros de red perciben una transferencia dura como un evento durante la llamada. Para una transición suave de una celda (digamos A) a otra (digamos B), una MS continúa hablando tanto con A como con B. A medida que la MS se mueve de la celda A a la celda B, en algún momento se interrumpe la comunicación con la base anterior. estación de la celda A. Esto se conoce como *traspaso suave* (también llamado como hacer antes de romper). Un traspaso suave puede implicar el uso de conexiones a más de dos celdas, por ejemplo, las conexiones a tres, cuatro o más celdas pueden ser mantenidas por un teléfono al mismo tiempo. Los traspasos más suaves son posibles cuando las celdas involucradas en el traspaso tienen un solo sitio de celda.

Teléfono celular analógico de primera generación

AMPS (Sistema de telefonía móvil avanzada) se inventó en Bell Labs y se implementó inicialmente en los EE. UU. a principios de la década de 1980. Las frecuencias asignadas a AMPS por la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC) oscilan entre 824 y 849 MHz en canales inversos (móvil a base) y 869 a 894 MHz en canales directos (base a móvil). La transmisión simultánea en ambas direcciones en un modo de transmisión se denomina dúplex completo (FDX) o simplemente dúplex. El dúplex por división de frecuencia (FDD) se usa con AMPS y ocurre cuando se proporcionan dos bandas de frecuencia distintas a cada usuario. Se utiliza un dispositivo especial llamado duplexor en cada unidad móvil y estación base para permitir la transmisión y recepción simultáneas en canales dúplex. Las transmisiones desde las estaciones base a las unidades móviles se denominan enlaces directos, mientras que las transmisiones desde las unidades móviles a las estaciones base se denominan enlaces inversos. En 1989, la FCC agregó un espectro de frecuencia adicional de 10 MHz a la banda original de 40 MHz, lo que aumentó los canales símplex a un total de 832 (416 dúplex completo).



Los 832 canales se dividen en cuatro categorías:

1. Control (base a móvil) para gestionar el sistema.
2. Localización (de la base al móvil) para alertar a los usuarios móviles sobre llamadas para ellos.
3. Acceso (bidireccional) para establecimiento de llamadas y asignación de canales.
4. Datos (bidireccional) para voz, fax o datos.

Cada canal físico tiene 30 kHz de ancho y está dedicado a una sola estación móvil para la duración de la llamada mientras el móvil está en la celda actual. Cada llamada utiliza un canal directo dedicado emparejado con un canal inverso dedicado en un desplazamiento de 45 MHz. Algunos de los pares de canales (21 de ellos) se utilizan con fines de control en el entorno AMPS. Cosa análoga *modulación de frecuencia (FM)* con una desviación de 8 kHz se utiliza en *canales de tráfico*, que transmiten conversaciones de voz. Binario *modulación por desplazamiento de frecuencia (FSK)* a 10 kbps, una técnica de modulación digital, se utiliza en *canales de control* utilizado para la señalización.

Códigos de identificación AMPS: El sistema AMPS utiliza varios códigos de identificación para cada unidad móvil. Los **bits de identificación minoritaria (MIN)** es un código binario de 34 bits, que es el número de teléfono del teléfono programado que se usa para llamar al suscriptor. Este identificador programado está asociado con el abonado y se almacena en una memoria no volátil borrable en el teléfono. El segundo identificador es el **número de serie electrónico (ESN)**, que es una característica de fabricación de la unidad móvil. Este identificador es permanente y está asociado al equipo físico. Tiene una longitud de 32 bits, y los primeros 8 bits identifican al fabricante. El tercer código de identificación es de cuatro bits **marca de clase de estación (SCM)**, que indica si el terminal tiene acceso a los 832 canales o no. El SCM también especifica la potencia máxima radiada por la unidad. El **identificador del sistema (SID)** es un código binario de 15 bits emitido por la FCC a una empresa operadora cuando emite una licencia para brindar servicio celular AMPS en un área. Las empresas operadoras locales asignan un bit de remolque digital **columna o compañía de mi (CCD)** y un **supervisor de red para el operador (SAT)** a cada una de sus estaciones base para ayudar a las unidades móviles a distinguir una estación base de una estación base vecina.

Canales de control AMPS: Los canales de control se usan en los sistemas de telefonía celular para permitir que las unidades móviles se comuniquen con la red celular a través de las estaciones base y se usan para originar y terminar llamadas y para obtener información del sistema. Con el sistema AMPS, los canales de voz son FM analógicos, mientras que los canales de control son digitales y emplean FSK. Las estaciones base transmiten en el canal de control directo (FCC) y escuchan en el canal de control inverso (RCC). Todas las estaciones base AMPS transmiten continuamente datos FSK en la FCC para que los teléfonos celulares inactivos puedan mantener un bloqueo en la FCC más fuerte, independientemente de su ubicación. La unidad de un suscriptor debe estar bloqueada en una FCC antes de que pueda originar o recibir llamadas.

Sistema de comunicaciones personales

La FCC define el teléfono móvil PCS como “una familia de servicios de radiocomunicaciones móviles o portátiles, que proporciona servicios a individuos y empresas y está integrado con una variedad de redes de la competencia”. PCS es la implementación norteamericana del estándar europeo GSM. Las diferencias entre los sistemas PCS y los sistemas de telefonía celular estándar generalmente incluyen, entre otras, las siguientes:

(1) tamaño de celda más pequeño, (2) todas las funciones digitales y (3) adicionales. Los sistemas celulares generalmente clasificados como PCS incluyen IS-136 TDMA, GSM e IS-95 CDMA.

El concepto fundamental de PCS es asignar a cada unidad móvil un PTN que se almacena en una base de datos en la red de señalización común SS7. La base de datos realiza un seguimiento de dónde están las unidades móviles. Cuando se realiza una llamada para una unidad móvil, la red de inteligencia artificial SS7 determina hacia dónde se debe dirigir la llamada. La red PCS es similar a

Sistema D-AMPS en el que el MTSO almacena tres bases de datos esenciales: registro de ubicación del hogar, registro de ubicación de visitantes y registro de identificación de equipos.

El HLR es una base de datos que almacena información sobre el usuario, incluida la información de suscripción del hogar y también los servicios complementarios como llamada en espera, llamada en espera, desvío de llamadas, etc. suscritos por el usuario. El VLR almacena información sobre suscriptores en un área de servicio de MTSO en particular, como si la unidad está encendida o apagada y si alguno de los servicios complementarios está activado o desactivado. El EIR almacena información relativa a la identificación y tipo de equipo que existe en la unidad móvil. El EIR también ayuda a la red a identificar unidades móviles robadas o fraudulentas.

Algunos de los servicios que ofrecen los sistemas PCS son:

- Modo disponible: Permite que todas las llamadas pasen por la red al abonado excepto un número mínimo de números de teléfono que se pueden bloquear.
- Modo de pantalla: es PCS equivalente a la identificación de llamadas. El nombre de la persona que llama aparece en la pantalla de las unidades móviles, lo que permite a los usuarios filtrar las llamadas. Las llamadas no contestadas son automáticamente reenviadas a un destino de reenvío especificado por el suscriptor.
- Modo privado: aquí, todas las llamadas, excepto las especificadas por el suscriptor, se reenvían a un destino de reenvío sin que suene el teléfono del suscriptor.
- Modo no disponible: no se permite el paso de llamadas. Al suscriptor. Entonces, todas las llamadas son reenviadas automáticamente a un destino de reenvío.

La principal desventaja de PCS es el costo de la red. El empleo de celdas pequeñas requiere el uso de más estaciones base, lo que equivale a más transceptores, antenas y circuitos troncales. Las redes PCS dependen en gran medida de la red de señalización SS7 para interconectarse con otras redes telefónicas y bases de datos.

N-amperios

El servicio de telefonía móvil avanzada de banda estrecha (NAMPS) es una versión mejorada de los sistemas AMPS. NAMPS es un sistema de manejo de llamadas celulares que utiliza técnicas de señalización digital para dividir los canales de voz de banda ancha de 30 kHz existentes en tres canales de voz de banda estrecha de 10 kHz. Cada subcanal de 10 kHz es capaz de manejar sus propias llamadas. El resultado es una capacidad de canal de voz tres veces mayor que la que proporciona el sistema AMPS tradicional.

Con anchos de banda estrechos, los canales de voz son más vulnerables a las interferencias que los canales AMPS estándar y requerirían un factor de reutilización de frecuencia más alto. Esto se compensa con la adición de un esquema para evitar interferencias llamado **Interferencia reportada móvil (MRI)**, que utiliza expansión de voz para proporcionar silenciamiento de canal de voz sintético. Los teléfonos móviles NAMPS están fabricados para funcionar en modo dual y son compatibles con los sistemas AMPS tradicionales. Los sistemas N-AMPS utilizan AMPS estándar

canales de control para establecer y terminar llamadas. Las unidades móviles N-AMPS son capaces de utilizar **cuatro tipos de trasposos**: *Wisconsin de channordeste yo a Wisconsin de channordeste yo (30kHz zt o 3 0kHz), Wisconsin de channordeste yo a n/A rro baño canal (30.kHz zt o 1.0kHz z), nar canal de fila a narRo wchan.nortemi yo (1.0kHz zt o 1 0kHz) un nar AyC hAna yot o ancho micanal yo (1.0k.Hz a 30k.Hz)*. Para concluir, con N-AMPS, la capacidad del usuario se puede expandir subdividiendo los canales existentes (división de banda), dividiendo las celdas en subceldas más pequeñas (división de celda) y modificando los patrones de radiación de la antena (sectorización).

Teléfono celular digital

Con la base de clientes en rápida expansión mientras trabajaba con el espectro de frecuencia asignado sin cambios, era un problema creciente para las compañías celulares. Los sistemas de telefonía celular digital tienen varias ventajas inherentes sobre los sistemas de telefonía celular analógica, que incluyen una mejor utilización del ancho de banda, más privacidad e incorporación de detección y corrección de errores. En consecuencia, el **Cellular digital de Estados Unidos (USDC)** El sistema fue diseñado y desarrollado con la intención de admitir una mayor densidad de usuarios dentro de un espectro de frecuencia de ancho de banda fijo. Los sistemas de telefonía celular que utilizan modulación digital, como USDC, se denominan celulares digitales. Los sistemas celulares de USDC cumplen con IS-54, que especifica la operación de modo dual y la compatibilidad con versiones anteriores con AMPS estándar y, por esta razón, también se conocen como **AMPERIOS digitales (D-AMPS o DAMPS)**. El sistema USDC tiene una banda de frecuencia adicional en 1,9 GHz que no es compatible con la asignación de frecuencia AMPS.

Acceso múltiple por división de tiempo

USDC utiliza acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) así como FDMA. Sin embargo, TDMA permite que más de una unidad móvil use un canal al mismo tiempo al dividir aún más las transmisiones dentro de cada canal celular en intervalos de tiempo, uno para cada unidad móvil que usa ese canal. A diferencia de los sistemas AMPS FDMA, con los sistemas USDC TDMA, los suscriptores de unidades móviles solo pueden mantener un canal mientras están hablando en él. Durante las pausas u otras pausas normales en una conversación, los usuarios deben ceder su canal para que otras unidades móviles puedan usarlo. Esta técnica de tiempo compartido aumenta significativamente la capacidad de un sistema, lo que permite que más suscriptores de unidades móviles utilicen un sistema prácticamente al mismo tiempo dentro de un área geográfica.

Una trama de transmisión TDMA de USDC consta de seis intervalos de tiempo de igual duración que permiten que cada canal AMPS de 30 kHz admita tres usuarios de tasa completa o seis de tasa media. Por lo tanto, USDC ofrece hasta seis veces la capacidad del canal que AMPS. Las ventajas de los sistemas digitales de acceso múltiple TDMA sobre los sistemas analógicos AMPS FDMA se detallan a continuación:

1. El acceso múltiple en el dominio del tiempo permite un aumento de tres a seis veces en el número de suscriptores móviles que utilizan un solo canal celular.

2. Las señales digitales son mucho más fáciles de procesar que las señales analógicas, ya que la mayoría de las técnicas modernas de modulación están desarrolladas para usarse en un entorno digital.
3. Las señales digitales (bits) se pueden cifrar y descifrar fácilmente, lo que protege contra las escuchas.
4. Todo el sistema telefónico es compatible con otros formatos digitales, como los utilizados en computadoras y redes informáticas.
5. Los sistemas digitales inherentemente brindan un entorno más silencioso (menos ruidoso) que sus contrapartes analógicas.

Norma provisional de EIA/TIA 54

En 1990, la Asociación de Industrias Electrónicas y la Asociación de la Industria de Telecomunicaciones (EIA/TIA) estandarizaron el sistema USDC/AMPS de modo dual como Interim Standard 54 (IS-54), Equipo de suscriptor de modo dual celular. Usando IS-54, un operador de telefonía celular podría convertir cualquiera o todos sus canales analógicos existentes en digitales. Para lograr una operación de modo dual, IS-54 proporciona canales de control digital y canales de voz analógicos y digitales. Las unidades móviles de modo dual pueden operar en modo digital o analógico para voz y acceder al sistema con el canal de control digital AMPS estándar. IS-54 especifica una tasa de 48,6 kbps por canal de voz de 30 kHz dividida entre tres usuarios simultáneos. A cada usuario se le asignan 13 kbps, y los 9,6 kbps restantes se utilizan para la sincronización y la sobrecarga de control.

Canales de control USDC e IS-136.2

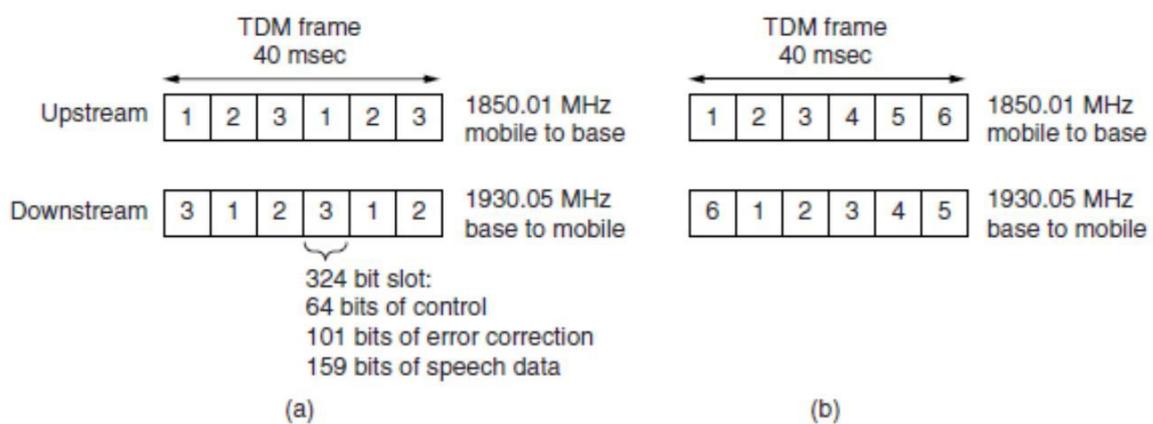
El estándar IS-54 USDC especifica los mismos 42 canales de control primarios que AMPS y 42 canales de control adicionales llamados canales de control secundarios. Por lo tanto, USDC ofrece el doble de canales de control que AMPS y, por lo tanto, es capaz de proporcionar el doble de capacidad de tráfico de control dentro de un área de mercado determinada. Para mantener la compatibilidad con los sistemas de telefonía celular AMPS existentes, los principales canales de control directo e inverso en los sistemas celulares USDC utilizan las mismas técnicas de señalización y esquema de modulación (FSK) que AMPS. Sin embargo, un nuevo estándar IS-136.2 reemplaza FSK con modulación $\pi/4$ DQPSK para los 42 canales de control secundarios USDC dedicados, lo que permite que las unidades móviles digitales operen completamente en el dominio digital. El estándar IS-136.2 se llama North American-Time Division Multiple Accessing (NA-TDMA). IS 136 fue desarrollado para proporcionar una serie de nuevas funciones y servicios. También se proporciona un "modo de suspensión" adicional que ahorra energía.

El estándar IS-54 especifica tres tipos de canales: canales de control analógicos, canales de voz analógicos y un canal de control digital FSK binario de 10 kbps (DCCH). El estándar IS-136 proporciona los tres canales anteriores y uno adicional: un canal de control digital con una tasa de señalización de 48,6 kbps en canales de control exclusivos de USDC. El nuevo canal de control digital incluye varios canales lógicos con diferentes funciones, entre ellos el canal de acceso aleatorio (RACH), el canal SMS punto a punto, paginación y respuesta de acceso (SPACH); el canal de control de difusión (BCCH) y el canal de retroalimentación de canal compartido (SCF).

- RACH: Es un canal unidireccional que utilizan las unidades móviles para solicitar acceso al celular -sistema telefónico.
- SPACH: se utiliza para transmitir información desde la base a una estación móvil específica y la información transmitida en el canal SPACH incluye tres subcanales lógicos separados:
 - Mensajes SMS punto a punto, mensajes de paginación y mensajes de respuesta de acceso.
- BCCH: Es un acrónimo que hace referencia al F-BCCH, E-BCCH y S-BCCH. El canal de transmisión rápida (F-BCCH) transmite parámetros de estructura del canal de control digital (DCCH). Las unidades móviles utilizan información F-BCCH cuando acceden inicialmente al sistema para determinar el comienzo y el final de cada canal lógico en la trama DCCH. El canal de control de transmisión extendido (E-BCCH) transporta información sobre las celdas TDMA y analógicas vecinas y mensajes opcionales, como información de emergencia, mensajes de fecha y hora, etc. El canal de transmisión de SMS- (S-BCCH) es un canal lógico utilizado para enviar -mensajes cortos a unidades móviles individuales.
- SCF: se utiliza para admitir la operación del canal de acceso aleatorio al proporcionar información sobre qué intervalos de tiempo puede usar la unidad móvil para acceder a- tencia y también si un móvil la transmisión RACH anterior de la unidad se recibió con éxito.

Canal de voz digital de USDC

Al igual que AMPS, a cada canal de voz de USDC se le asigna un ancho de banda de 30 kHz tanto en el enlace directo como en el inverso. Con USDC, cada canal puede admitir hasta tres usuarios móviles de tarifa completa simultáneamente mediante el uso de modulación digital y un formato TDMA llamado North American Digital Cellular (NADC). Cada canal de voz de radiofrecuencia en la banda de frecuencia AMPS FDMA total consta de una trama TDMA de 40 ms compuesta por seis intervalos de tiempo que contienen 324 bits cada uno. El costo promedio por suscriptor por equipo de estación base es más bajo con TDMA ya que cada transceptor de estación base puede ser compartido por hasta seis usuarios a la vez.



(a) A D-AMPS channel with three users. (b) A D-AMPS channel with six users.

E-TDMA : General Motors Corporation implementó un esquema TDMA denominado E-TDMA {TDMA ampliado o mejorado}, que incorpora seis usuarios de tasa media que transmiten a la mitad de la tasa de bits de los sistemas TDMA USDC estándar. Los sistemas E-TDMA también incorporan interpolación de voz digital (DSI) para asignar dinámicamente más de un usuario a un intervalo de tiempo, eliminando el silencio en las llamadas. En consecuencia, E-TDMA puede manejar aproximadamente 12 veces el tráfico de usuarios que los sistemas AMPS estándar y cuatro veces el de los sistemas que cumplen con IS-54.

Cada intervalo de tiempo en cada cuadro de canal de voz de USDC contiene cuatro canales de datos: tres para control y uno para voz digitalizada y datos de usuario. El canal de tráfico digital (DTC) full-duplex transporta información de voz digitalizada y consta de un canal de tráfico digital inverso (RDTC) y un canal de tráfico digital directo (FDTC) que transportan información de voz digitalizada o datos de usuario. Los tres canales de supervisión se detallan a continuación:

- *Código de color de verificación digital codificado (CDVCC)*: Su propósito es proporcionar co-canal -identificación similar a la señal del SAT-transmitido en el sistema AMPS. es de 12 bits mensaje transmitido en cada intervalo de tiempo.
- *Canal de control asociado lento (SACCH)*: Es un canal de señalización para la transmisión de mensajes de control y supervisión entre la unidad móvil digital y la estación base mientras la unidad móvil está involucrada en una llamada. La unidad móvil también lo utiliza para informar las mediciones de intensidad de la señal de las estaciones base vecinas, por lo que cuando sea necesario, la base -la estación puede iniciar un traspaso asistido por móvil (MAHO).
- *Canal de control asociado rápido (FACCH)*: Es un segundo canal de señalización para la transmisión de mensajes de control y supervisión especializados y de tráfico entre la estación base y las unidades móviles. Es un tipo de transmisión en blanco y en ráfaga que cuando se transmite reemplaza el habla digitalizada.-información con mensajes de control y supervisión dentro de la franja horaria de un suscriptor.

Esquema de modulación digital USDC

Para lograr una tasa de bits de transmisión de 48,6 kbps en un canal de voz AMPS de 30 kHz, se requiere una eficiencia de ancho de banda (espectral) de 1,62 bps/Hz, el FSK binario es incapaz. Los canales de control y voz de USDC utilizan una técnica de modulación por desplazamiento de fase diferencial simétrica conocida como DQPSK $\pi/4$ o modulación por desplazamiento cuadrifásico diferencial $\pi/4$, que ofrece varias ventajas, como un rechazo cocanal mejorado y eficiencia de ancho de banda. En el modulador DQPSK $\pi/4$, los bits de datos se dividen en dos canales paralelos que producen un cambio de fase específico en la portadora analógica, y dado que hay cuatro pares de bits posibles, hay cuatro cambios de fase posibles usando un modulador I/Q en cuadratura y el cuatro cambios de fase son $\pi/4$, $-\pi/4$, $3\pi/4$ y $-3\pi/4$, que definen ocho posibles fases de la portadora.

Norma Interina 95

Estándar Interino 95 (IS-95) es el primer estándar celular digital basado en CDMA de Qualcomm. El nombre comercial de IS-95 es **cdmaOne**. IS-95 también se conoce como TIA-EIA-95. CDMA permite que los usuarios se diferencien entre sí por un código único en lugar de una asignación de frecuencia o tiempo y, por lo tanto, tiene varias ventajas sobre los sistemas celulares TDMA y FDMA, como mayor capacidad, mejor rendimiento y confiabilidad. IS-95 está diseñado para ser compatible con los sistemas analógicos existentes (AMPS).

CDMA

IS-95 especifica un sistema CDMA de espectro ensanchado de secuencia directa y no siguen los principios de canalización de los sistemas tradicionales de radiocomunicaciones celulares. En lugar de dividir el espectro de frecuencia asignado en canales de ancho de banda estrecho, uno para cada usuario, la información se transmite (difunde) en un espectro de frecuencia muy amplio con hasta 20 unidades de suscriptores móviles que utilizan la misma frecuencia portadora dentro de la misma banda de frecuencia. IS-95 no es asimétrico, ya que especifica una modulación diferente y una técnica de difusión para los canales directo (QPSK digital) e inverso (OQPSK digital). En el canal directo, la estación base transmite simultáneamente datos de usuario desde todas las unidades móviles actuales en esa celda usando diferentes secuencias de ensanchamiento (códigos) para las transmisiones de cada usuario. Se transmite un código piloto con los datos del usuario a un nivel de potencia superior, lo que permite que todas las unidades móviles utilicen una detección coherente. En el enlace inverso, todas las unidades móviles responden de manera asíncrona (es decir, sin limitaciones de tiempo o duración) con un nivel de señal constante controlado por la estación base. El codificador de voz que se utiliza con IS-95 es el codificador predictivo lineal excitado por código (QCELP) de Qualcomm de 9600 bps. El vocoder convierte un flujo de datos comprimidos de 8 kbps en un flujo de datos de 9,6 kbps.

Ventajas de CDMA:

- Diversidad de frecuencia: las deficiencias de transmisión dependientes de la frecuencia tienen menos efecto en la señal.
- Resistencia multirayecto: los códigos de chip utilizados para CDMA presentan una baja correlación cruzada y una baja autocorrelación.
- Privacidad: la privacidad es inherente ya que el espectro ensanchado se obtiene mediante el uso de señales similares al ruido.
- Degradación elegante: el sistema solo se degrada gradualmente a medida que más usuarios acceden al sistema.

Limitaciones de CDMA

- Interferencia automática: las transmisiones que llegan de múltiples usuarios no están alineadas en los límites del chip a menos que los usuarios estén perfectamente sincronizados.
- Problema de cerca-lejos: las señales más cercanas al receptor se reciben con menos atenuación que las señales más lejanas.

- Transferencia suave: requiere que el móvil adquiera la nueva celda antes de renunciar a la anterior; esto es más complejo que la transferencia dura utilizada en los esquemas FDMA y TDMA.

Asignaciones de canales y frecuencias CDMA

A cada canal IS-95 se le asigna un espectro de frecuencia de 1,25 MHz para cada canal de comunicaciones CDMA unidireccional. Un solo canal de radio CDMA ocupa el mismo ancho de banda que aproximadamente 42 canales de voz AMPS de 30 kHz. Pero debido a la ventaja de reutilización de frecuencias de CDMA, CDMA ofrece aproximadamente una ventaja de 10 a 1 canales sobre los AMPS analógicos estándar y una ventaja de 3 a 1 sobre los AMPS digitales de USDC. Cada canal CDMA tiene un ancho de 1,23 MHz con una separación de frecuencia de 1,25 MHz entre portadoras adyacentes, lo que produce una banda de protección de 200 kHz entre los canales CDMA. Hay hasta nueve portadoras CDMA disponibles para el operador de banda A y B en el espectro de frecuencia AMPS.

Para el canal directo (enlace ascendente), los datos del suscriptor se codifican utilizando convolucional codificación con tasa $\frac{1}{2}$, intercalada y ensanchada por uno de los 64 códigos Walsh ortogonales. Para los canales de enlace descendente, se usa una estrategia de difusión diferente ya que la señal recibida de cada unidad móvil toma una ruta de transmisión diferente y, por lo tanto, llega a la estación base en un momento diferente. Se utiliza una tasa de codificación convolucional de $\frac{1}{3}$ y secuencias largas para separar las señales de diferentes usuarios en el enlace inverso (CDMA).

A cada unidad móvil en una celda dada se le asigna una secuencia de difusión única que asegura una separación casi perfecta entre las señales de diferentes unidades de suscriptores y permite la diferenciación de transmisión entre usuarios. Todas las señales en una celda en particular están codificadas utilizando una secuencia pseudoaleatoria de 2 chips de longitud. Esto reduce la frecuencia de radio ¹⁵interferencia entre móviles en celdas vecinas que pueden estar utilizando la misma secuencia de dispersión y proporciona las características espectrales de banda ancha deseadas. Dos técnicas comúnmente utilizadas para expandir el espectro son el salto de frecuencia y la secuenciación directa.

Espectro ensanchado por salto de frecuencia : FH – CDMA es un tipo de tecnología de espectro ensanchado que permite que muchos usuarios compartan el mismo canal empleando un patrón de salto único para distinguir la transmisión de diferentes usuarios. El tipo de espectro ensanchado en el que la portadora salta aleatoriamente de una frecuencia a otra se denomina espectro ensanchado FH. Un formato de modulación común para el sistema FH es el de modulación por desplazamiento de frecuencia M-aria (MFSK). La combinación se conoce como FH/MFSK.

Una de las principales ventajas del salto de frecuencia es que se puede implementar en una banda de frecuencia mucho más grande que la posible para implementar la dispersión DS, y la banda puede no ser contigua. Otra gran ventaja es que el salto de frecuencia proporciona resistencia a la interferencia de acceso múltiple y no requiere control de potencia para evitar problemas de cerca y lejos. La secuencia en la que se seleccionan las frecuencias debe ser conocida tanto por el transmisor como por el receptor antes del comienzo de la transmisión. Cada transmisor en

el sistema tiene una secuencia de salto diferente para evitar que un suscriptor interfiera con las transmisiones de otros suscriptores que usan la misma frecuencia de canal de radio.

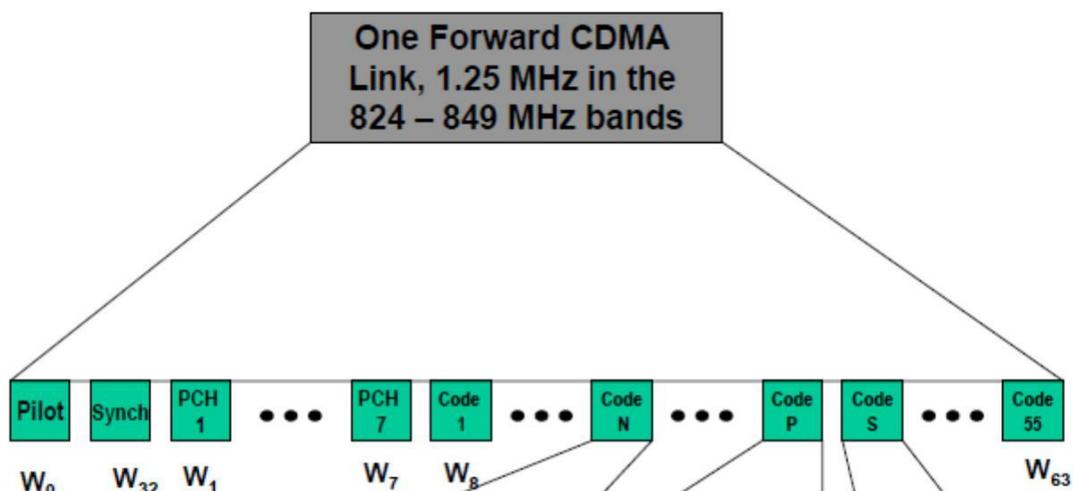
Espectro extendido de secuencia directa : Aquí, se agrega un código pseudoaleatorio de alta tasa de bits a una señal de información de baja tasa de bits para generar una señal pseudoaleatoria de alta tasa de bits muy parecida al ruido que contiene tanto la señal de datos original como el código pseudoaleatorio. El código debe ser conocido tanto por el transmisor como por el receptor previsto. El receptor al detectar la transmisión de secuencia directa, simplemente resta la señal pseudoaleatoria de la señal de recepción compuesta para extraer los datos de información.

Agregar una señal pseudoaleatoria de alta tasa de bits a la información de voz hace que la señal sea más dominante y menos susceptible a la interferencia, lo que permite una transmisión de menor potencia y, por lo tanto, una menor cantidad de transmisores y receptores menos costosos.

Canales de tráfico CDMA

Los canales de tráfico CDMA constan de un canal de enlace descendente (estación base a unidad móvil) y un canal de enlace ascendente (estación móvil a estación base). El canal de tráfico de enlace descendente consta de hasta 64 canales, incluido un canal de transmisión utilizado para el control y canales de tráfico utilizados para transportar información del suscriptor.

El enlace directo utiliza el mismo espectro de frecuencia que AMPS (824-849 MHz). Están presentes cuatro tipos de canales lógicos, es decir, un piloto, uno de sincronización, 7 de radiobúsqueda y hasta 63 canales de tráfico. Todos estos canales comparten la misma asignación de frecuencia CDMA de 1,25 MHz. Los canales de tráfico se identifican mediante una secuencia distinta de código largo específica del usuario, y cada canal de acceso se identifica mediante una secuencia distinta de código largo de canal de acceso.

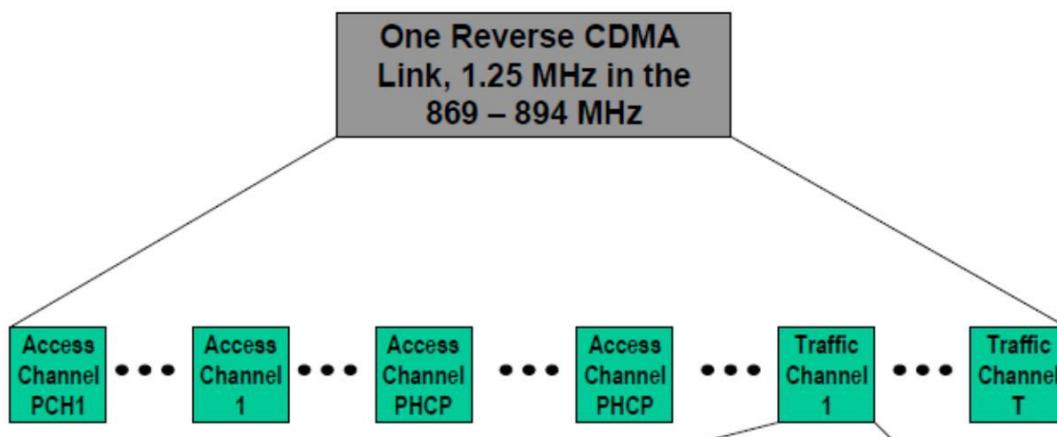


El canal piloto incluye en cada celda con el propósito de proporcionar una señal para el receptor que se utilizará para adquirir temporización y proporcionar una referencia de fase para una demodulación coherente. También lo utilizan las unidades móviles para comparar la intensidad de la señal entre las estaciones base para determinar cuándo debe iniciarse un traspaso. El piloto no contiene información, pero es la señal más fuerte en el enlace directo y contiene al menos el 20% de la potencia total.

en el enlace directo. El canal de sincronización utiliza un código Walsh W32 y la misma secuencia pseudoaleatoria y desplazamiento de fase que el canal piloto, lo que permite que cualquier receptor que pueda adquirir la señal piloto lo demodule. El canal de sincronización transmite mensajes de sincronización a las unidades móviles y opera a 1200 bps. Una vez que el móvil está sincronizado con la estación base, el canal de sincronización se ignora.

Los canales de búsqueda se utilizan para transmitir información general (es decir, comandos y páginas) al móvil. Cuando se establece una llamada, los comandos y la asignación del canal de tráfico se envían al canal de búsqueda. Una vez que se establece un canal de tráfico, el móvil ignora el canal de búsqueda. Los canales de paginación son opcionales y su número puede oscilar entre cero y siete. Un solo canal piloto de 9600 bps normalmente puede admitir alrededor de 180 páginas por segundo para una capacidad total de 1260 páginas por segundo. Los datos sobre el canal de tráfico se agrupan en tramas de 20 ms. Los datos primero se codifican convolucionalmente y luego se formatean y se intercalan para compensar las diferencias en las tasas de datos reales. La señal resultante se propaga con código Walsh con una secuencia pseudoaleatoria larga a una velocidad de 1,2288 Mcps/s.

El transmisor de canal de radio de enlace ascendente consta de canales de acceso y hasta 62 canales de tráfico de enlace ascendente. El canal de acceso es utilizado por el móvil cuando no está asignado a un canal de tráfico. Los canales de acceso son utilizados por el móvil para registrarse en la red, originar llamadas, responder a llamadas y comandos desde la estación base y transmitir mensajes generales a la estación base. Los mensajes de canal de acceso típicos incluyen acuses de recibo y número de secuencia, mensajes de parámetros de identificación móvil y parámetros de autenticación. El canal de acceso es un canal de acceso aleatorio con cada suscriptor del canal identificado de forma única por sus códigos pseudoaleatorios.



El canal de tráfico de enlace ascendente funciona en un modo de velocidad de datos variable y los canales de acceso funcionan a una velocidad fija de 4800 bps. El canal de tráfico inverso se utiliza cuando hay una llamada. Los datos del suscriptor en el transmisor del canal de radio de enlace ascendente también se agrupan en marcos de 20 ms, se codifican convolucionalmente, se intercalan en bloques, se modulan mediante una modulación ortogonal de 64 arcos y se propagan antes de la transmisión.

Potencia radiada CDMA

IS-95 especifica procedimientos complejos para regular la potencia transmitida por cada unidad móvil. El objetivo es hacer que todas las señales de dirección inversa dentro de un solo canal CDMA lleguen a la estación base con aproximadamente la misma intensidad de señal (± 1 dB), lo cual es esencial para el funcionamiento de CDMA. Como las rutas de la señal cambian continuamente con las unidades en movimiento, las unidades móviles realizan ajustes de potencia hasta 800 veces por segundo bajo el control de la estación base. Las estaciones base instruyen a las unidades móviles para que aumenten o disminuyan su potencia transmitida en incrementos de 1 dB.

Cuando una unidad móvil se enciende por primera vez, mide la potencia de la señal recibida desde la estación base. La unidad móvil supone que la pérdida de señal es la misma en cada dirección y ajusta su potencia de transmisión en función del nivel de potencia de la señal que recibe de la estación base. Este proceso se denomina ajuste de potencia de bucle abierto. Las unidades móviles utilizan la siguiente fórmula para calcular su potencia de transmisión:

$$P_{AGS} \text{ dBm} = -76 \text{ dB} - P_r$$

donde P_t es la potencia de transmisión en dBm y P_r es la potencia de recepción en dBm.

Con CDMA, en lugar de limitar la potencia de transmisión máxima, se especifica la potencia radiada isotrópica efectiva mínima y máxima (EIRP). La potencia máxima radiada de las estaciones base está limitada a 100 W por canal CDMA de 1,23 MHz.

Sistema global para comunicaciones móviles

A lo largo de la evolución de las telecomunicaciones celulares, se han desarrollado varios sistemas sin el beneficio de especificaciones estandarizadas. Esto presentaba muchos problemas directamente relacionados con la compatibilidad. El estándar GSM está destinado a abordar estos problemas. GSM fue el primer sistema de telefonía celular totalmente digital del mundo diseñado para utilizar los servicios de señalización SS7 y una red de datos totalmente digital llamada red digital de servicios integrados (RDSI) para proporcionar una amplia gama de servicios de red. GSM es ahora el estándar más popular del mundo para nuevos teléfonos celulares y equipos de comunicaciones personales.

Ventajas de GSM

-
- Comunicación: móvil, comunicación inalámbrica, soporte para servicios de voz y datos
-
- mafia total**-idad: acceso internacional, la tarjeta con chip permite el uso de puntos de acceso de diferentes proveedores
-
- Conectividad mundial: un número, la red maneja todas las ubicaciones.
-
- Alta capacidad: mejor eficiencia de frecuencia, celdas más pequeñas, más clientes por celda.
-
- Alta calidad de transmisión: alta calidad de audio- y confiabilidad para telefonía inalámbrica e ininterrumpida llamadas a velocidades más altas (por ejemplo, desde automóviles, trenes).

Servicios GSM

Los servicios telefónicos GSM se clasifican en términos generales en tres categorías: servicios portadores, teleservicios y servicios complementarios. Los teleservicios son principalmente servicios de voz que brindan a los suscriptores la capacidad completa de comunicarse con otros suscriptores. Los servicios de datos brindan la capacidad necesaria para transmitir señales de datos apropiadas entre dos puntos de acceso creando una interfaz a la red. Algunos de los servicios de suscripción se dan a continuación:

- multifrecuencia de doble tono (DTMF): DTMF es un esquema de señalización de tonos utilizado para diversos fines de control a través de la red telefónica, como el control remoto de un contestador automático.-
- grupo de faxtercero: GSM admite facsímil del grupo 3 de CCITT. Esto permite que un fax conectado a GSM se comuniquen con cualquier fax analógico en la red.-
- servicio de mensajes cortos: un mensaje que consta de 160 caracteres alfanuméricos se puede enviar hacia o desde una estación móvil. Si la estación móvil está apagada o no está en el área de cobertura, el mensaje se almacena y luego se vuelve a ofrecer para garantizar que se reciba el mensaje.-
- transmisión celular: se puede transmitir un mensaje de un máximo de 93 caracteres a todos los suscriptores móviles en un área geográfica determinada. Las aplicaciones típicas incluyen advertencias de congestión de tráfico e informes sobre accidentes.-
- correo de voz: este servicio es en realidad un contestador automático dentro de la red controlado por el suscriptor. Las llamadas se pueden desviar al buzón de correo de voz del suscriptor, que luego puede ser consultado por el suscriptor a través de un código personal.-
- correo fax: con este servicio, el suscriptor puede recibir fax en cualquier máquina de fax.-

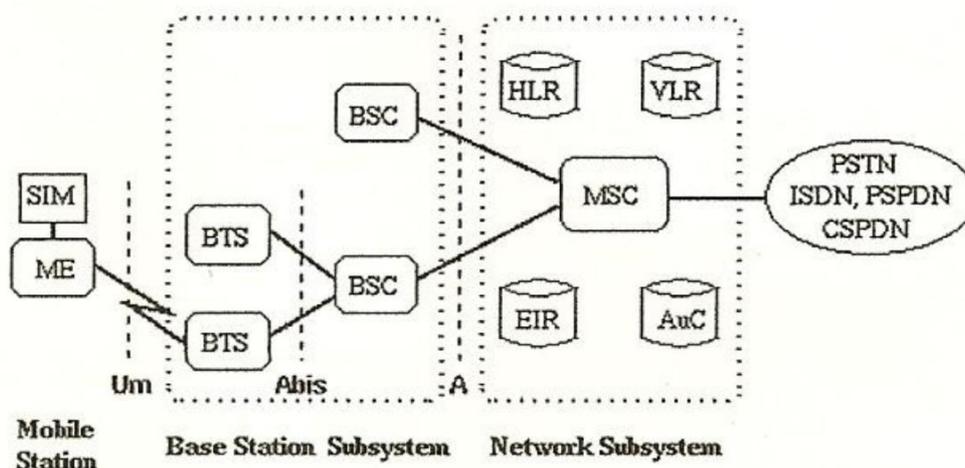
GSM admite un conjunto de servicios complementarios que pueden complementar y respaldar tanto los servicios de telefonía como los de datos. Estos están definidos por GSM y se denominan servicios generadores de ingresos. Algunos de ellos se enumeran a continuación:

- Desvío de llamadas: Le da al suscriptor la capacidad de desviar las llamadas entrantes a otro número si la unidad llamada no está disponible, no responde o está ocupada.-
- restricción de llamadas salientes: este servicio hace posible que un suscriptor evite todas las llamadas salientes-
- restricción de llamadas entrantes: permite al suscriptor evitar las llamadas entrantes por completo o si está en roaming-
- aviso de cargo: El servicio AoC proporciona al suscriptor móvil una estimación de los cargos de la llamada.-
- llamada en espera: Este servicio permite al suscriptor interrumpir una llamada en curso y luego restablecer la llamada.-
- llamada en espera: Permite que el abonado móvil sea notificado de una llamada entrante durante una conversación. El suscriptor entonces puede contestar, rechazar o ignorar la llamada entrante.-

- servicio multiparte: Permite a un suscriptor móvil establecer una conversación multiparte, es decir, una comunicación simultánea entre tres y seis usuarios.-
- grupos cerrados de usuarios: los CUG son generalmente comparables a un PBX. Son un grupo de suscriptores que solo son capaces de llamarse a sí mismos y a ciertos números.-
- presentación/restricción de la identificación de la línea llamante: estos servicios proporcionan a la parte llamada el número de red digital de servicios integrados (RDSI) de la parte llamante.-

arquitectura GSM

La red GSM se divide en tres sistemas principales: el Subsistema de Conmutación de Red (NSS), el Subsistema de Estación Base (BSS) y el Sistema de Operación y Soporte (OSS). Los elementos básicos de GSM se muestran a continuación:



SIM Subscriber Identity Module	BSC Base Station Controller	MSC Mobile services Switching Center
ME Mobile Equipment	HLR Home Location Register	EIR Equipment Identity Register
BTS Base Transceiver Station	VLR Visitor Location Register	AuC Authentication Center

Subsistema de conmutación de red: El NSS es responsable de realizar el procesamiento de llamadas y las funciones relacionadas con el suscriptor. El sistema de conmutación incluye las siguientes unidades funcionales:

- **HLR (Home Location Register):** Es una base de datos utilizada para el almacenamiento y gestión de suscripciones. HLR almacena datos permanentes sobre suscriptores, incluido un perfil de servicio de suscriptores, información de ubicación y estado de actividad. Cuando un individuo compra una suscripción del proveedor de PCS, él o ella está registrado en el HLR de ese operador.
- **VLR (Visitor Location Register):** Es una base de datos que contiene información temporal sobre los suscriptores que necesita el MSC para atender a los suscriptores visitantes. VLR siempre está integrado con el MSC. Cuando una MS viaja a una nueva área de MSC, el VLR conectado a ese MSC solicitará datos sobre la estación móvil del HLR. Más tarde si el móvil necesita hacer una llamada, VLR tendrá toda la información necesaria para la configuración de llamadas.

- **Afij los nti Califörniati èñ cèñt ejem(AUC):** Una unidad llamada AUC proporciona autenticación y cifrado en parámetros que verifican la identidad de los usuarios y aseguran la confidencialidad de cada llamada
- **Equipajs mètros tì güaridati ty rëgiströi ester (EIR):** Es una base de datos que contiene información sobre el equipo que evita que las llamadas sean robadas, no autorizadas o defectuosas estaciones móviles.
- **METRO oB'islasudoestè'èsoçh Inörte grämöcen tmi r(SRA C):** El MSC realiza la conmutación de telefonía- funciones de el sistema. Controla las llamadas hacia y desde otros sistemas telefónicos y de datos.

Subsistema de estación base (BSS): Todas las funciones relacionadas con la radio se realizan en el BSS, que también se conoce como subsistema de radio. Proporciona y gestiona rutas de transmisión de radiofrecuencia entre unidades móviles y MSC. Consta de muchos controladores de estaciones base (BSC) y estaciones transceptoras base (BTS).

- **Bäsèš tã tiö nörtecontrolãr tódos ejem s(B SC):** El BSC proporciona todas las funciones de control y enlaces entre el MSC y BTS. Es un interruptor de alta capacidad que proporciona funciones como- como traspaso, datos de configuración de celda y control de niveles de potencia de radiofrecuencia (RF) en -BTS. Un número de BSC son atendidos por y MSC.

- **Trã bäsèñsc mIV'er štãti èñ (BT S):** El BTS maneja la interfaz de radio a la estación móvil. El BTS es el equipo de radio (transceptores y antena) necesarios para el servicio cada celda de la red. Un grupo de BTS está controlado por un BSC.

Sistema de Operación y Soporte: El centro de operaciones y mantenimiento (OMC) está conectado a todos los equipos del sistema de conmutación y al BSC. La implementación de OMC se denomina sistema de operación y soporte (OSS). El OSS es la entidad funcional desde la cual el operador de la red monitorea y controla el sistema. El propósito de OSS es ofrecer al cliente un soporte rentable para las actividades operativas y de mantenimiento centralizadas, regionales y locales que se requieren para una red GSM. OSS proporciona una descripción general de la red y permite a los ingenieros monitorear, diagnosticar y solucionar problemas de cada aspecto de la red GSM.

La estación móvil (MS) consiste en el equipo móvil (el terminal) y una tarjeta inteligente denominada Módulo de identidad del suscriptor (SIM). La SIM proporciona movilidad personal, de modo que el usuario puede tener acceso a los servicios suscritos independientemente de un terminal específico. Al insertar la tarjeta SIM en otro terminal GSM, el usuario puede recibir llamadas en ese terminal, realizar llamadas desde ese terminal y recibir otros servicios suscritos.

El equipo móvil está identificado de manera única por International Mobile Equipment Identidad (IMEI). La tarjeta SIM contiene la Identidad de suscriptor móvil internacional (IMSI) que se utiliza para identificar al suscriptor en el sistema, una clave secreta para la autenticación y otra información. El IMEI y el IMSI son independientes, lo que permite la movilidad personal. La tarjeta SIM puede estar protegida contra el uso no autorizado mediante una contraseña o un número de identidad personal.

Subsistema de radio GSM

GSM utiliza dos bandas de frecuencia de 25 MHz que se han reservado para el uso del sistema en todas las empresas miembros. La banda de 890 MHz a 915 MHz se usa para transmisiones de la unidad móvil a la estación base (transmisiones de enlace inverso) y la banda de frecuencia de 935 MHz a 960 MHz se usa para la transmisión de la estación base a la unidad móvil (transmisiones de enlace directo). GSM utiliza dúplex por división de frecuencia y una combinación de técnicas TDMA y FDMA para proporcionar a las estaciones base acceso simultáneo a múltiples unidades móviles. Las bandas de frecuencia directa e inversa disponibles se subdividen en canales de voz de 200 kHz de ancho denominados números absolutos de canales de radiofrecuencia (ARFCN). El número ARFCN designa un par de canales directos e inversos con una separación de 45 MHz entre ellos. Cada canal de voz se comparte entre ocho unidades móviles que utilizan TDMA.

Cada uno de los suscriptores del canal ARFCN ocupa un intervalo de tiempo único dentro de la trama TDMA. Las transmisiones de radio en ambas direcciones tienen una velocidad de 270,833 kbps utilizando la modulación por desplazamiento mínimo gaussiano binario (GMSK) con una velocidad de transmisión de canal efectiva de 33,833 kbps por usuario.

Sistema satelital de comunicaciones personales

Sin embargo, los servicios de comunicaciones personales por satélite utilizan satélites de órbita terrestre baja (LEO) y de órbita terrestre media (MEO) que se comunican directamente con unidades de telefonía móvil pequeñas y de baja potencia. La intención de la telefonía móvil PCSS es proporcionar las mismas funciones y servicios que ofrecen los proveedores tradicionales de telefonía celular terrestre. Los teléfonos PCSS podrán realizar o recibir llamadas en cualquier momento y en cualquier parte del mundo. El Sistema de Satélites de Comunicación Personal (PCSS) es la madre del sistema de satélites Iridium.

El Sistema Iridium es una red de comunicaciones personales inalámbricas por satélite que permite una amplia gama de servicios de telefonía móvil, incluidos voz, datos, redes, facsímil y buscapersonas. El Iridium utiliza una arquitectura de telefonía basada en GSM para proporcionar una red telefónica conmutada digitalmente y la función de roaming global está diseñada en el sistema. A cada suscriptor se le asigna un número de teléfono personal y recibirá solo una factura, sin importar en qué país o área use el teléfono.

VENTAJAS

-
- Menos dependencia de las redes alámbricas
-
- tiempo de conversación continuo
-
- Menos interrupciones
-
- No es necesario que esté en el mismo espacio que la puerta de enlace

DESVENTAJAS

- Alto riesgo asociado con el diseño, construcción y lanzamiento de satélites.
- Alto costo para la red terrestre y la infraestructura de interfaz.
- Los transceptores de baja potencia y modo dual son más engorrosos y caros.

APLICACIONES

- Servicio de telefonía celular fija
- Servicio telefónico complementario y de respaldo en campos de:
 - Fabricación
 - Militar
 - Gobierno
 - Transporte

Comparación entre iridio y los sistemas de satélite tradicionales: -

- El iridio es- el primer satélite móvil en incorporar procesamiento digital sofisticado a bordo en cada satélite.
- Cobertura global completa por un solo sistema de red inalámbrica.
- Único proveedor de soluciones de voz y datos verdaderamente globales.
- Con este sistema el suscriptor nunca escuchará un mensaje llamado "FUERA DE COBERTURA ÁREA". Esta lista proporciona solo algunas de las listas absolutamente inagotables de comparaciones.

Apéndice diagramas

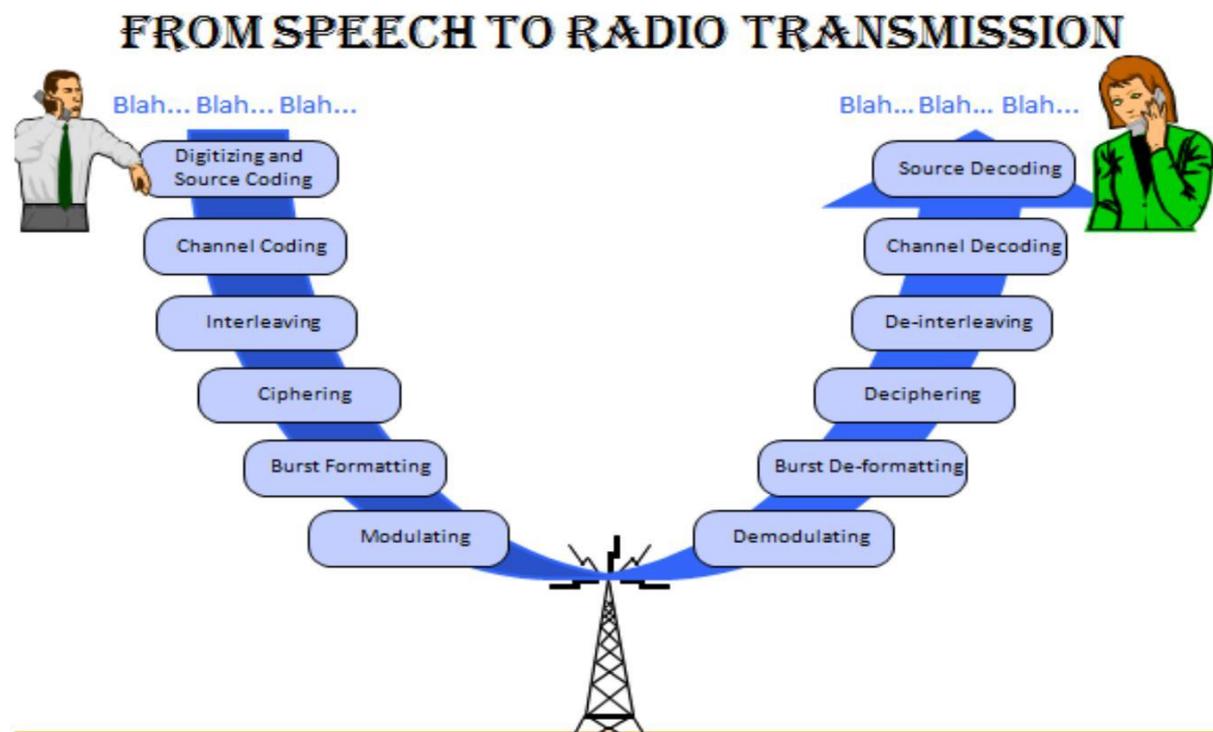
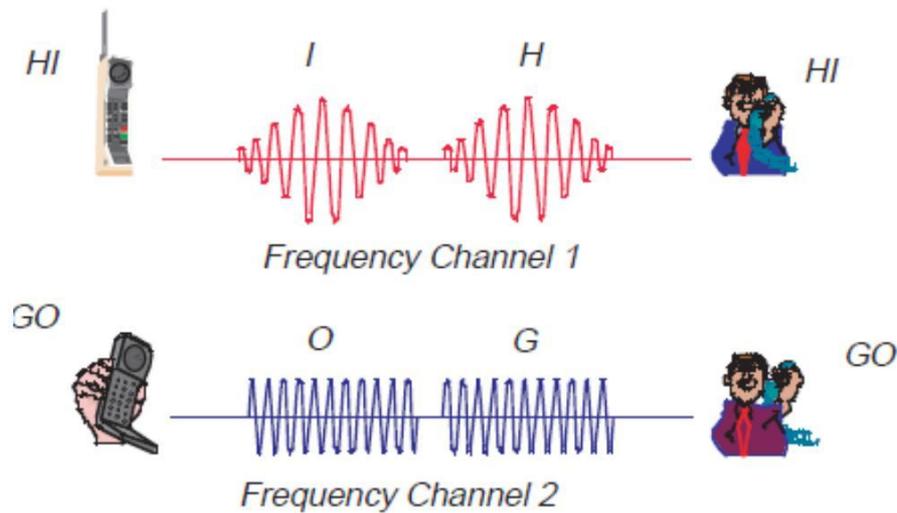


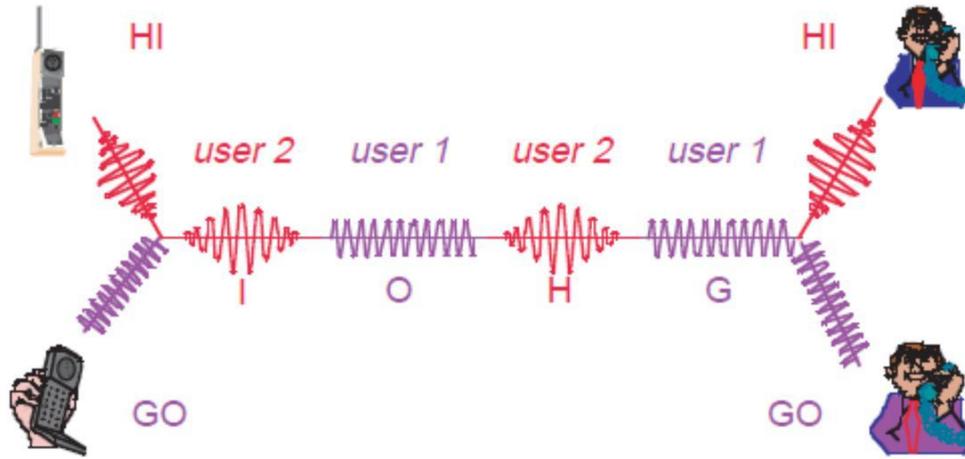
Table 1.1 Major Mobile Radio Standards in North America

Standard	Type	Year of Introduction	Multiple Access	Frequency Band	Modulation	Channel Bandwidth
AMPS	Cellular	1983	FDMA	824-894 MHz	FM	30 kHz
NAMPS	Cellular	1992	FDMA	824-894 MHz	FM	10 kHz
USDC	Cellular	1991	TDMA	824-894 MHz	$\pi/4$ -DQPSK	30 kHz
CDPD	Cellular	1993	FH/ Packet	824-894 MHz	GMSK	30 kHz
IS-95	Cellular/ PCS	1993	CDMA	824-894 MHz 1.8-2.0 GHz	QPSK/ BPSK	1.25 MHz
GSC	Paging	1970's	Simplex	Several	FSK	12.5 kHz
POCSAG	Paging	1970's	Simplex	Several	FSK	12.5 kHz
FLEX	Paging	1993	Simplex	Several	4-FSK	15 kHz
DCS-1900 (GSM)	PCS	1994	TDMA	1.85-1.99 GHz	GMSK	200 kHz
PACS	Cordless/ PCS	1994	TDMA/ FDMA	1.85-1.99 GHz	$\pi/4$ -DQPSK	300 kHz
MIRS	SMR/PCS	1994	TDMA	Several	16-QAM	25 kHz

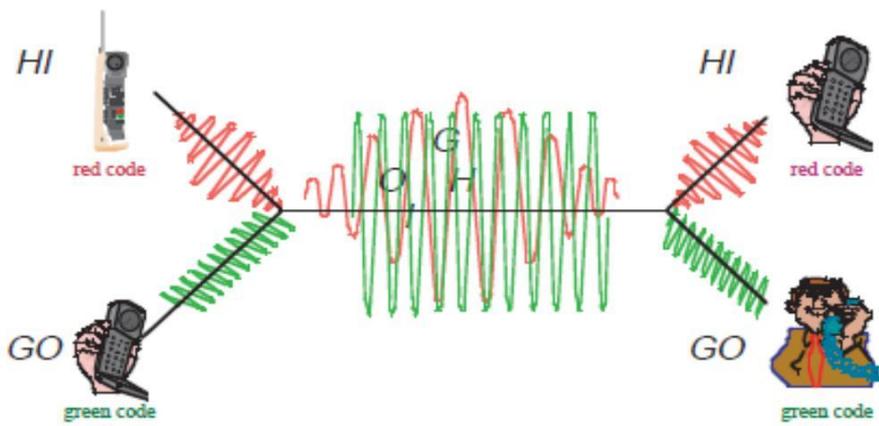
Esquemas de Acceso Múltiple: CÓMO FUNCIONA



AMDF



TDMA



CDMA

Preguntas

1. (a) ¿Qué es un Sistema Celular digital? Enumerar las ventajas de un sistema celular digital
(b) Explique las clasificaciones de la potencia radiada CDMA. Determine la potencia de transmisión para una unidad móvil CDMA que recibe una señal de la estación base a -100dB
2. (a) ¿Qué es el sistema de telefonía celular GSM? Describir los servicios ofrecidos por GSM
(b) ¿Qué se entiende por traspaso falso? ¿Cuáles son los cuatro tipos de traspasos posibles con N-AMPERIOS? Comparar el sistema celular macro y el sistema celular digital
3. (a) ¿Qué es el sistema de telefonía celular N-AMPS? Explicar el funcionamiento del sistema de telefonía celular N-AMPS
(b) Enumere los parámetros básicos de GSM y describa brevemente el sistema de radio GSM.
4. (a) ¿Cuáles son los tres subsistemas principales de GSM? Describir en detalle, la arquitectura del sistema GSM
(b) Explique con diagramas los canales de tráfico CDMA
5. (a) Explique el esquema TDMA utilizado con USDC y sus ventajas
(b) ¿Qué es un esquema para evitar interferencias?
- 6.(a) Resuma las ventajas y desventajas de PCSS sobre los sistemas telefónicos celulares terrestres.
(b) Describa brevemente el esquema E-TDMA.