Apoyo en la web

Alfaomega Grupo Editor

Comunicaciones

Castro-Fusario

Capítulo 1:

Las comunicaciones
Conceptos básicos

Temas:

- **1.1 Reseña histórica del telégrafo**
- **1.2 Reseña histórica de la telefonía**
- **1.3 Los sistemas de comunicaciones. Las ondas electromagnéticas y el nacimiento de la radio**
- **1.4 Las invenciones del siglo xx que revolucionaron las comunicaciones y la informática**
- **1.5 La computación y las comunicaciones, C&C**
- **1.6 La Sociedad del conocimiento**
- **1.7 Convergencia**
- **1.8 La red Internet**
- **1.9 Los procesos de estandarización y los organismos de normalización**

1.1 Reseña histórica del telégrafo

Telégrafo: *tele* (lejano o a distancia)

graphein (escritura, o escribir

Concepto: poder enviar mensajes escritos a distancia.

1800: Volta inventó la pila eléctrica

1820: Oersted investiga inducción generada por corrientes eléctricas

1833: Gauss desarrolló un aparato para enviar mensajes usando un código de 25 letras basado en una matriz de cinco tres cinco. Con una aguja que giraba a izquierda y derecha, se podían enviar mensajes. Estos se interpretaban según los movimientos de la aguja para saber el contenido de cada texto transmitido.

1837: *Wheatstone y Cooke* desarrollan el primer telégrafo para uso comercial en el Reino Unido

1832: Morse concibe la idea del telégrafo sobre hilos, aplicando a las telecomunicaciones los estudios de Oersted .

Telecomunicaciones: *tele* (lejano o a distancia)
communicatio (comunicación)

Concepto: poder comunicarnos a una distancia que exceda la simple presencia de dos personas o más.

Telefonía: transmitir los sonidos a distancia
"tele" y "phono".

1.2 Reseña histórica de la telefonía

1876: *Bell* patenta el primer teléfono inventado casualmente.
Transmisor y receptor unidos por un conductor metálico.

1879: la patente de Bell reconocida como la única válida.
Bell Telephone Company quedó como la empresa autorizada a explotarla

1877: primeras experiencias en La Habana, Cuba.

1878: primera comunicación telefónica en Buenos Aires.

1878: paneles de conmutación.

1879: competencia entre la Bell y la Western Union.

1881: primer cable interurbamo de 50 millas
Mejorado como cable de par trenzado.

1899: todos los activos de Bell se transfieren a la AT&T

Ya había unos 850.000 teléfonos instalados.

1925: AT&T vende negocios internacionales a la IT&T.

1.3 Los sistemas de comunicaciones. Las ondas electromagnéticas y el nacimiento de la radio

Los sistemas de comunicaciones transmiten la inteligencia generada por el hombre entre dos puntos geográficos distintos.

Debe codificarse en señales que puedan propagarse por los medios de comunicación en forma de ondas electromagnéticas.

Enlace telefónico inalámbrico:

Maxwell y Herz realizan investigaciones

Marconi funda una empresa de telegrafía inalámbrica.

1897: primera estación de radio del mundo.

1899: comunicación telegráfica entre Francia e Inglaterra.

1.4 Las invenciones del siglo xx que revolucionaron las comunicaciones y la informática

1904: *Fleming* patenta la primera válvula de vacío: el diodo.

Comienza la ingeniería electrónica.

1906: *De Forest* inventó la válvula triodo

Esta nueva válvula termoiónica presentaba una grilla además de cátodo y al ánodo. Permite la construcción de los primeros amplificadores de señales.

1907: Carty había producido repetidores mecánicos para las líneas de larga distancia.

1914: servicio telefónico de costa a costa.

1910: Marconi llega a Argentina.
Comunicación entre Argentina, Canadá e Irlanda.

1920 /1930: televisión, teletipo, cable coaxial, radios de frecuencia modulada, radar.

1950/2000: televisión en colores, teléfonos celulares o móviles, computadoras, micro y nanoelectrónica, discos compactos, sistemas de posicionamiento global.

1.5 La computación y las comunicaciones, C&C.

1.5.1 Breve historia de la computadora

El desarrollo de la computadora y las ciencias de la computación produjeron la Revolución Informática.

1944: primer computadora electrónica digital en Londres

Utilizada para hacer criptoanálisis sobre los mensajes cifrados.

Von Neumann propuso un diseño conocido como EDVAC, *Electronic Discrete Variable Automatic Computer (computadora automática electrónica de variable discreta).*

1.5.2 La revolución informática y la sociedad del conocimiento

1945: primeros equipos electrónicos digitales para el tratamiento de la información (Computadoras u ordenadores).

- La Revolución agrícola fue un proceso de crecimiento lineal
- La Revolución industrial tuvo crecimiento geométrico
- La Revolución de Nuevas Tecnologías es un proceso de crecimiento exponencial.

1.5.3 La incorporación de las comunicaciones al fenómeno informático

La informática y las comunicaciones se encuentran altamente integradas con fronteras difusas.

Las tecnologías usadas son las mismas.

No habría necesidad de comunicaciones si no hubiera información que transmitir.

Kobayashi indicó los factores clave para el progreso:

- factor humano (H)
- factor computadora (C)
-factor comunicaciones (C).

1.5.4 La teleinformática y las tecnologías de la información

Teleinformática: telecomunicaciones e informática

El puesto de trabajo individual desplazó al criterio de centro de cómputos.

1.6 La Sociedad del conocimiento

1.6.1 Las fuerzas de cambio

Los cambios tecnológicos llevaron a importantes cambios en todos los frentes que hacen al mundo de la computación y las telecomunicaciones.

1962: Machlup introduce concepto de Sociedad de la Información

FUERZAS DE CAMBIO
Economía
Nuevas Tecnologías
Cambio Regulatorio
SOCIEDAD DE LA INFORMACIÓN
Cambios Tecnológicos
Fuerzas Sociales
FACTORES CLAVES
H
C
C
H: Factor Relaciones Humanas
C: Factor Computación
C: Factor Comunicaciones

1.6.2 Análisis de las fuerzas de cambio

1.6.2.1 Los cambios tecnológicos y las nuevas tecnologías

El desarrollo y el avance constante de nuevas tecnologías han producido en forma paralela un profundo cambio tecnológico.

La investigación logra avances teóricos que se trasladan a la fabricación de componentes y partes de mayor *performance*.

La industria desarrolla productos que generan cambios en la forma de prestar los servicios de telecomunicaciones.

Nanotecnología

Microminiaturización del hardware de comunicaciones y computación.

La cantidad de transistores en un circuito integrado ha ido creciendo, en forma exponencial, según la llamada Ley de Moore.

Ley de Moore es empírica y prevé un crecimiento exponencial.

Cada dos años se duplica la cantidad de transistores por unidad de superficie.

Esto deja de cumplirse al llegar al nivel de átomos.

Números
de transistores
100.000.000.000
10.000.000.000
1.000.000.000
100.000.000
10.000.000
1.000.000
100.000
10.000
1.000
1970
1975
1980
1985
1990
1995
2000
2005
2010
Año
4004
8088
80286
Intel 386
Intel 486
Pentium
Pentium Pro
Pentium II
Pentium III
Pentium 4
Itanium
Itanium2 (1,5 Mb)
Itanium 2 (9 Mb)
Dual-Core Penryn
Quad-Core Penryn
Itanium Tukwila
Cada 18 meses
Cada 24 meses

La fibra óptica y la transmisión de señales por dicho medio

Cambian los paradigmas del diseño de los sistemas de transmisión.

Se deja de transmitir electrones (teoría corpuscular) para transmitir fotones (teoría ondulatoria).

Introducción de la computación en los equipos de telecomunicaciones

Muchos equipos de comunicaciones son computadores para propósitos especiales (centrales telefónicas, router).

Tecnologías ópticas

Cambia los paradigmas para el diseño de los sistemas de transmisión.

Se instala esta tecnología en las redes de área local.

Sistemas de microondas reemplazados por tendidos de fibra óptica monomodo.

Con técnicas WDM divide el ancho de banda de la fibra.

Transmite varias portadoras ópticas de diferente longitud de onda sobre una sola fibra.

Nuevos servicios de telecomunicaciones

Telefonía IP: transmisión de la voz usando la tecnología de conmutación de paquetes.

VoIP: las señales de voz estándar se convierten en paquetes de datos comprimidos

Son transportados a través de redes de datos en lugar de líneas telefónicas tradicionales.

1.6.2.2 Las nuevas ideas en la economía

Algunos de los principios de estas ideas fueron los siguientes:

- Adelantos producidos por el conocimiento.
- Cambio tecnológico.
- Globalización de la economía y de los mercados financieros.
- Auge de las empresas denominadas .com.

Stiftung analiza cinco dimensiones:

- Macroeconómica: son posibles índices más altos de crecimiento sin inflación gracias a mayores índices en el crecimiento de la productividad.
- Tecnológica: el desarrollo tecnológico convierte a la industria informática en la rama clave.
- Microeconómica y de mercado de capital: nuevos tipos de empresa y nuevos criterios de valoración para empresas en los mercados de capital.
- Metaeconómica:
  - a) la información como insumo producto y principio estructural de la economía
  - b) vínculo entre explosión tecnológica y la intensificación de las relaciones de economía de mercado
  - c) vínculo entre explosión tecnológica y tercerización de la economía.
- Social: nueva economía desmejora la situación de los trabajadores no calificados

1.6.2.3 El marco regulatorio de las telecomunicaciones. El proceso de globalización

1974: comienza globalización de las comunicaciones y convergencia de servicios cuando el Departamento de Justicia de los Estados Unidos comienza a deshacer el monopolio de AT&T.

1982: las empresas operadoras de servicios de telefonía se separan.

El holding AT&T mantiene la empresa Western, los Bell Laboratories y la empresa de comunicaciones interurbanas (Long Lines Divisions.)

- Prestadores de servicio no pueden fabricar equipos.
- Tráfico interurbano en libre competencia con igualdad de oportunidades.

1984: el monopolio AT&T quedó disuelto.

Comienza un proceso a nivel mundial:

- Servicios de telecomunicaciones se prestan en competencia para una misma zona.

- En muchos países las empresas estatales pasan a manos privadas.

Aparecen nuevos servicios.

- Las redes se digitalizan salvo en la llegada a los usuarios individuales.

- La computadora es elemento catalizador del continuo cambio tecnológico.

- T*ecnologías de la información y la comunicación (TIC)* estudia|la interacción que genera la convergencia de la informática y las comunicaciones.

1.7 Convergencia

1.7.1 Conceptos generales

Permite al usuario acceder a amplia variedad de servicios de comunicaciones:

- con calidad consistente
- independiente de su ubicación geográfica
- independiente del equipo terminal
- sobre una sola red integrada de comunicaciones

1.7.2 Análisis del concepto de convergencia

La convergencia comercial: ofrecer varios productos (voz, móvil, Internet, mensajes) como un paquete a un precio único.

Independiente de tecnología y equipos.

Convergencia de servicios: un solo proveedor ofrece varios servicios que se acceden desde diferentes clases de terminales

Hay dos variantes:

- Triple Play: incluye en un solo acceso local los servicios de Voz, Internet por banda ancha y Video

-Cuádruple Play: además incluye servicios inalámbricos.

Video conferencia
Internet por banda ancha + telefonía IP
Telefonía fija y móvil
Radiodifusión digital
Televisión digital de alta definición

Convergencia de la red: se pasa de una red a la otra sin que el usuario perciba los cambios y se mantenga la calidad de servicio.

NGN: red basada en la tecnología de conmutación de paquetes capaz de proveer servicios integrados incluyendo los tradicionales telefónicos; utilizando la banda ancha y muy ancha

- explota al máximo los medios de comunicaciones actuales
- emplea tecnologías con QoS (transporte independiente de la infraestructura) - acceso libre para usuarios de diferentes compañías
- permite movilidad (acceso multipunto a cada usuario).

Particularidades:

- Transferencia de datos basadas en conmutación paquetes o de tramas (802.x).
- Separación entre provisión de servicios y el uso de las interfaces de acceso.
- Soporte de amplia gama de servicios.
- Capacidad de proporcionar banda ancha con Calidad de Servicio QoS y transparencia entre extremos de un enlace.
- Convergencia entre servicios fijos y móviles.
- Independencia entre las funciones relacionadas con el servicio y las tecnologías de transporte de la información.
- Adaptación a distintos marcos regulatorios
- Interfuncionamiento con redes de tecnologías anteriores.
- Amplia variedad de servicios sin que el usuario perciba diferencias entre unos y otros.
- Acceso a distintos proveedores de servicio diferentes.
- Identificación resueltos a base a direcciones de IP.

1.7.3 Convergencia y la globalización de la economía

Naisbitt analiza las dos paradojas de la Era de las Nuevas Tecnologías:

- Primera paradoja: "Mientras mayor es la economía del mundo, más poderosos son sus actores más pequeños".
- Segunda paradoja: "Mientras más universales nos hacemos, actuamos en forma más tribal".

Problemas éticos básicos de la globalización:

- Corrupción generalizada en todo el planeta.
- Los negocios, la economía y los derechos humanos.
- Los problemas del medio ambiente.
- La discriminación en los procesos de contratación.

1.8 La red Internet

1.8.1 Consideraciones generales

A partir de 1995, todas las disciplinas que se estudian en el mundo están influenciadas por la red Internet.

1.8.2 Antecedentes históricos

- **1958**: Estados Unidos crea la Agencia de Proyectos Avanzados de Investigación (ARPA).
- 1969: se crea la red ARPANET, que utiliza la conmutación de paquetes.
- 1961: Kleinrock presentó su tesis de doctorado en el MIT Information *Flow In Large Communications Nets* (flujos de información en redes extensas de comunicaciones).

- 1971: los IMP se interconectaron usando este primer protocolo
- 1972: se organiza la International Computer Communication Conference (ICCC) con demostración pública de ARPANET.
- 1984: el Ministerio de Defensa de los Estados Unidos dividió la red en dos diferentes:
  - una que mantuvo el nombre de ARPANET
  - otra nueva, restringida, de carácter y uso militares que se llamó MILNET.
  - Ambas con la misma tecnología y conectadas entre sí, pero con el tráfico controlado entre ellas
  - MILNET se extiende a Europa con el nombre de MINET.
- Se fueron conectando instituciones académicas y comerciales, que utilizaban los mismos protocolos abiertos TCP/IP.
- ARPANET comenzó a llamarse World Wide Internet o simplemente por su última palabra, *Internet*.

1.8.3 Funcionamiento de la red

1.8.3.1 Definición de la red Internet

Red internacional formada por un conjunto de varias redes independientes

- operadas en forma autónoma
- interconectadas por medio de protocolos y procedimientos normalizados como estándares de Internet
- permiten comunicaciones entre dos equipos terminales de cualquier red

1.8.3.2 Equipos que integran Internet y esquema de su topología

- Tres tipos de elementos constituyentes:
- **Equipos terminales de datos** (host) dispositivos con dirección IP
- **Routers o gateways (**enrutadores)
- **Redes:** conjuntos de equipos terminales de datos conectados por vínculos de comunicaciones (cables de cobre, cables coaxiales, enlaces de microondas, fibras ópticas)

1.8.3.3 Identificación de los equipos en la red

Internet identificar todos los equipos terminales en forma unívoca.
El protocolo IP-Internet Protocol permite la conmutación.

Cada host tiene asignado un número que lo identifica dentro de ella, que se denomina dirección IP, compuesto por 32 bits (versión IPv4).

Red Internet
Router
Conectividad hacia el Servidor
SERVIDOR RAIZ RAIZ
Instituto público de Investigación
Organismo
Red LAN
Router
Uso de Protocolos Ruteables
TCP / IP - MPLS - ATM - FRAME RELAY
Universidad B
Red LAN
Router
Banco / empresa
Red LAN
Router
Universidad A
Red LAN 1
Router
Puente
Red LAN 2
Red Pública de Transporte de una TELCO

Pese manejar las direcciones IP de manera más simple y práctica, se utilizan nombres para individualizar los host.

Los nombres se traducen en direcciones numéricas en el momento de utilizarse en la red, mediante un *servidor de resolución de nombres de dominio*.

Hay un procediendo jerárquico que se denomina *sistema de nombres de dominio* (*Domain Name System/DNS*), que utiliza nombres separados por puntos.

2001: se fueron autorizando otros dominios con el concepto de contar con sponsors.

gTLD	Asignado a	Autoridad de asiganción de dominios
biz:	Exclusivamente a organizaciones de negocios	NeuLevel Inc,
info:	Utilizado para servicios de información	Afilias Limited.
name:	Reservado para nombres de personas	Global Name Registry.
pro:	Organizaciones militares de los Estados Unidos	DoD Network Information Center.
aero:	Con Sponsor. Reservado a organizaciones del transporte aéreo	Société Internatonale de Télécommunications Aéronautiques - SITA
coop:	Con Sponsor. Reservado para asociaciones cooperativas	Dot Cooperation LLC
cat:	Con Sponsor. Reservado para la comunidad lingüística catalana	Fundación puntCat
jobs:	Con Sponsor. Reservado a gerentes de recursos humanos	Employ Media LLC
mobi:	Con Sponsor. Reservado a consumidores, proveedores de móviles	mTLD Top Level Domain Ltd.
travel:	Con Sponsor. Organizaciones gubernamentales de los Estados Unidos	VerSign Global Registry Services
pro:	Reservado a profesionales y entidades relacionadas	Public Interest Registry.
museum:	con Sponsor. Reservado para actividades con la industria del turismo	Tralliance Corporation.

*Dominios de alto nivel geográficos (TLD) country code Top Level Domain: do*s letras asignadas a cada país por ISO-3166.

ccDLD	País	Ubicación	ccDLD	País	Ubicación
.ca	Canadá	América del Norte	.cu	Cuba	Caribe
.us	Estados Unidos		.do	República Dominicana	
.mx	México		.ht	Haití	
.ar	Argentina	América del Sur	.pr	Puerto Rico	
.bo	Bolivia		.ag	Antigua Barbuda	
.br	Brasil		.ai	Anguila	
.cl	Chiles		.aw	Aruba	
.co	Colombia		.bb	Barbados	
.ec	Ecuador		.bs	Bahamas	
.gy	Guyana		.dm	Dominica	
.pe	Perú		.gd	Granada	
.py	Paraguay		.jm	Jamaica	
,sr	Surinam		.kn	Saint Kitts and Nevis	
.uy	Uruguay		.ky	Islas Caimán	
.ve	Venezuela		.ic	Santa Lucía	
.gf	Guyana Francesa		.ms	Monserrat	
.es	España	Europa	.tt	Trinidad y Tobago	
.pt	Portugal		.vc	San Vicente y las Granadinas	
.bz	Belice	América Central	.ni	Nicaragua	América Central
.cr	Costa Rica		.pa	Panamá	
,gt	Guatemala		.sv	El Salvador	
.hn	Honduras		.gp	Guinea Ecuatorial	África

Responsabilidad del funcionamiento: ICANN asesorado por el *DNS Root Server System Advisory Committee*.

Hay 13 servicios de raíz distribuidos en Internet:

-cada uno a cargo de un operador perfectamente identificado

-con una única dirección IP

Servidor	Operado por	Ubicación	Direcciones IP
A	VeriSing Naming and Directory Services	Dulles, Virginia, EE.UU.	IP v 4: 198.41.0.4
B	Information Sciences Institute	Marina Del Rey, California, EE.UU.	IP v 4: 192.228.79.201 IP v 6: 001,478.65.53
C	Cogent Communications	Herndon, Virgina; Los Angeles; Nueva York y Chicago	IP v 4: 192.33.4.12
D	University of Maryland	College Park, Maryland, EE.UU.	IP v 4: 128.8.10.90
E	NASA Ames Research Center	Mountain View, California, EE.UU.	IP v 4: 192.203.230.10
F	Internet Systems Consortium, Inc.	Opera 37 sitios:Otawa; Palo Alto; San José; Nueva York; San Francisco; Madrid; Hong Kong; Los Ángeles; Roma; Auckland; San Pablo; Beijing; Seúl; Moscú; Taipei; Dubai; París; Singapur; Brisbane; Toronto; Monterrey; Lisboa; Johanesburgo; Tel Aviv; Jakarta; Munich; Osaka; Praga; Amsterdam; Barcelona; Nairobi; Chennai; Londres; Santiago de Chile; Dhaka; Karachi y Turín.	IP v 4: 192.5.5.24 IP v 6: 2001:500:1035
G	U.S.DOD Network Information Center	Viena, Virginia, EE.UU.	192.112.36.4
H	U.S. Army Research Lab	Aberdeen, Maryland, EE.UU.	IP v 4: 128.63.2.53 IP v 6: 2001:500:1:803f:235
I	Autonomica/NORDunet	Opera 29 sitios: Estocolmo; Helsinki; Milan; Londres; Génova; Amsterdam; Oslo; Bangkok; Hong Kong; Bruselas; Frankfurt; Ankara; Bucarest; Chicago; Washington DC; Tokio; Kuala Lumpur; Palo Alto; Jakarta; Wellington; Johanneburgo; Perth; San Francisco; Nueva York; Singapur; Miami; Ashburn (EE.UU.) Mumbai y Beijing	IP v 4: 192.36.148.17
J	VeriSign Naming and Directory Services	Opera 21 sitios: Dulles, Virginia (2 locaciones); Sterling Virginia (2 locaciones); Mountain View; California; Seattle; Washington; Atlanta; Georgia; Los Ángeles; California; Sunnyvale; California; Amsterdam; Estocolmo; Londres; Tokio; Seúl; Singapur; Sidney; San Pablo; Brasilia; Toronto y Montreal	IP v 4: 192.58.128.30
K	Reseaux IP Europeens -Network Coordination Centre	Londres; Amsterdam; Frankfurt; Atenas; Doha; Milán; Reykjavik; Helsinki; Génova; Poznan; Budapest; Abu Dhabi; Tokio; Brisbane; Miami; >Delhi; Novosibirsk	IP v 4: 193,0.14.129 IP v 6: 2001: 7fd::1
L	Internet Corporation for Assigned Names and Numbers	Los Ángeles, California, EE.UU.	IP v 4: 193.32.64.12
M	WIDE Project	Tokio; Seúl; París y San Francisco.	IP v 4: 202.12.27.33 IP v 6: 2001:dc3::35

1.8.4 Organizaciones que trabajan para Internet

1.8.4.1 La Internet Society

Internet no tiene una autoridad única

ISOC: organización no gubernamental, sin fines de lucro

Fundada en 1991 y registrada en 1992.

1.8.4.2 Internet Architecture Board (IAB)

En 1992 se actualiza el comité técnico consultor ICCB de 1979, con Vinton Cerf en el DARPA denominado ICCB.

1.8.4.3 Internet Engineering Task Force (IETF)

Grupo conformado por técnicos, administradores de red, investigadores, usuarios y otros voluntarios.

Forman grupos de trabajo sobre aspectos técnicos de la red

Tareas específicas:

- Identificar y proponer soluciones relacionadas a problemas operacionales y técnicos.
- Especificar, desarrollar protocolos, solucionar problemas.
- Hacer recomendaciones al IESG respecto de la normalización y el uso de protocolos.
- Facilitar la transferencia de tecnología al Internet Research Task Force (IRTF).
- Foro de intercambios de información dentro de la Comunidad Internet.

1.8.4.4 Internet Engineering Steering Group (IESG)

Grupo Director de Tareas de Ingeniería de la Red internet es la parte de la ISOC responsable de las actividades técnicas que desarrolla el Grupo de Tareas de Ingeniería de Internet (IETF).

1.8.4.5 Internet Research Task Force (IRTF)

Se ocupa de las tareas y las necesidades de la red en el corto plazo. Las actividades de investigación y decisiones orientadas al largo plazo están a cargo de la IRTF.

1.8.4.6 Internet Research Steering Group (IRSG)

Consultor de las tareas que desarrolla el Grupo de Tareas para las Investigaciones de la Red Internet (IRTF).

Desarrollar talleres para investigar cuáles deben ser las prioridades de los temas a investigar para mejorar el funcionamiento de la red.

1.8.4.7 RFC Editor

Los documentos producidos y vinculados a Internet se denominan Request for Comments (RFC).

Son editados por una autoridad que se denomina RFC Editor.

1.8.4.8 Proceso utilizado en Internet para la aprobación de normas y recomendaciones

El proceso de generación de estándares para la normalización y el uso en Internet es una actividad que está bajo la responsabilidad primaria de la Internet Society.

Delega la administración y la organización de estas actividades en:

- Internet Architecture Board (IAB)
- Internet Engineering Task Group (IETG)

Proceso de confección de estándares:

- STATE. Nivel de avance que tiene el desarrollo de un estándar.

- STATUS. Nivel de aceptación que tiene para las autoridades de la red.

Estándar de Internet.

Una especificación será llevada a estándar de Internet cuando:

- haya obtenido una implementación significativa
- experiencia operacional exitosa
- alto nivel de madurez técnica
- provee un beneficio significativo a la comunidad de Internet

Este *state* le asigna al estándar un número de serie STD, y este a su vez retiene su número RFC.

Niveles de requerimiento de una especificación técnica:

- *Requerido (required).*
- *Recomendado (recommended).*
- *Electivo (elective).*
- *De uso limitado (limited use).*
- *No recomendado su uso (not recommended)*

1.8.4.9 Internet Corporation for Assigned Names and Numbers (ICANN)

- Organización civil internacional sin fines de lucro
- Asignar direcciones numéricas para uso del protocolo de Internet
-Administra el sistema de Nombres de Dominio de Primer Nivel Genéricos (gTLD), y de Códigos de Dominios de Países de Primer Nivel (ccTLD), como también el sistema de servidores raíz

1.8.4.10 Internet Assigned Numbers Authority (IANA)

IANA como Departamento de la ICANN es la encargada de coordinar algunos de los aspectos claves que permiten mantener la Red Internet funcionando sin problemas.

Las variadas actividades del IANA pueden ser agrupadas en tres categorías:

- Nombres de dominio
- Recursos de numeración
- Registros de protocolos

Banco del IANA
Asignaciones RIR
Publicitado
Banco del RIR
Hoy
256
192
128
64
0
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012

Los Registros Regionales de Internet distribuyen las direcciones IP en cinco agencias según la zona geográfica que corresponda por delegación del IANA.

AfriNIC
APNIC
ARIN
LACNIC
RIPE NCC

1.9 Los procesos de estandarización y los organismos de normalización

1.9.1 Consideraciones generales

Estandarización: proceso de elaboración de normas sobre una actividad, un producto o un proceso específico

-ordena su especificidad

-simplifica los modelos de partes o sistemas

-permite la interoperabilidad o la capacidad de intercambio de las partes

-mejora las actividades científicas, industriales o económicas

-facilita el comercio y el manejo y la transferencia de la tecnología

1.9.2 Los organismos de estandarización

Hay cuatro organismos principales de estandarización para las comunicaciones y la computación que se describen a continuación.

1.9.2.1 Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT)

Organización internacional del sistema de las Naciones Unidas en la que los gobiernos y el sector privado coordinan los servicios y las redes mundiales de telecomunicaciones.

Fundada en 1865 durante la Primera Convención Internacional Telegráfica por 20 miembros iniciales.

1.9.2.2 Organización Internacional de Estándares (ISO)

Organización vinculada a las Naciones Unidas.

Produce normas internacionales industriales y comerciales.

Facilita el intercambio de bienes y servicios, información y contribuye a la transferencia de tecnologías.

1.9.2.3 Sociedad Internet (ISOC)

Confecciona las normas vinculadas con el funcionamiento de Internet.

1.9.2.4 Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE)

Organización técnico-profesional sin fines de lucro de alcance mundial dedicada a promover la creatividad, el desarrollo, la integración, compartir y aplicar los avances en las tecnologías de la información, la electrónica y las ciencias en general, para beneficio de la humanidad y de los mismos profesionales de estas disciplinas. Como tal es la más grande del mundo, y sirve a los intereses de más de 382.000 miembros en cerca de 150 países.

1.9.3 Otros organismos vinculados a estas actividades

1.9.3.1 American National Standards Institute (ANSI)

Desde 1918 coordina el desarrollo y el uso de patrones, para aumentar la competitividad de las empresas.

1.9.3.2 Electronic Industries Alliance (EIA)

Involucra a más de 1300 fabricantes de equipamiento electrónico de EUA. Genera normas RSxxx.

1.9.3.3 ADSL Forum

Consorcio para perfeccionar estándares para los servicios ADSL.

1.9.3.4 MFA Forum

Foros específicos para tecnologías nuevas: ATM, Frame Relay, etc.
2005: se unen en MFA Forum

-Multiprotocol Label Switching (MPLS)
-Frame Relay
-Asynchronous Transference Mode (ATM)

Apoyo en la web

Alfaomega Grupo Editor

Comunicaciones

Castro-Fusario

Capítulo 2:

Transmisión de señales

Temas:

- 2.1 Señales analógicas y señales digitales
- 2.2 Transmisión de señales analógicas y digitales
- 2.3 Características de la transmisión de señales
- 2.4 Características de las señales utilizadas para la transmisión de señales
- 2.5 Unidades de medida usadas en las telecomunicaciones
- 2.6 La transmisión de señales
- 2.7 Ancho de banda
- 2.8 Señales en banda base
- 2.9 Filtros

2.1 Señales analógicas y señales digitales

2.1.1 Introducción

-Las redes de telecomunicaciones deben transmitir todo tipo de informaciones inteligentes, como voz, audio, datos, textos, imágenes y video.

-Las informaciones se codifican en la fuente y se transforman en señales analógicas o digitales que puedan ser transmitidas por las redes.

-Según el codificador que se utilice, las señales pueden ser de tipo eléctrico, óptico o electromagnético.

2.1.2 Definiciones

Señales analógicas: pueden ser representadas por funciones que toman un número infinito de valores en cualquier intervalo de la variable considerada

Señales digitales: pueden ser representadas por funciones que toman un número finito de valores en cualquier intervalo de la variable considerada

2.2 Transmisión de señales analógicas y digitales

Las señales analógicas se trasmiten por redes analógicas.

Si la red es digital, las señales típicamente analógicas, como la voz, deben ser previamente digitalizadas para su transmisión.

El equipo para efectuar esta transformación se denomina en forma genérica digitalizador o también equipo codec (codificador y decodificador).

Las señales digitales se trasmiten por redes digitales.

En una red digital que se utiliza para la transmisión de la voz,

el equipo terminal telefónico debe estar conectado a un digitalizador antes de que las señales pasen a la red digital.

Esquema de conexión de un equipo terminal analógico a una red digital.

Para trasmitir señales digitales por redes analógicas se usan módems (moduladores/demoduladores) de diferentes tipos.

Los módem ADSL –*Asynchronous Digital Subscriber Line*– permite el acceso a la red telefónica analógica con velocidades típicas de banda ancha para conectarse a Internet.

2.3 Características de la transmisión de señales

Las telecomunicaciones, o simplemente comunicaciones están constituidas por el conjunto de tecnologías que permiten la transmisión a distancia de señales de información.

El medio de comunicaciones, o canal de comunicaciones, es el que permite que las señales generadas en el transductor de la fuente lleguen al transductor del sumidero.

En resumen, un sistema de comunicaciones está compuesto por los elementos siguientes:

- Una fuente y un sumidero o colector.
- Un transductor en la fuente y otro en el sumidero.
- Un medio o un canal de comunicaciones.

El medio de comunicación debe transmitir la información con la mayor fidelidad posible.

Hay fenómenos indeseables tales como:

- Atenuación.
- Distorsión.
- Ruido.
- Retardos de transmisión –*delay*–.

Hay canales analógicos y digitales.

En los analógicos el transductor de la fuente es el micrófono del teléfono, mientras que el del sumidero es el altavoz.

Amplificadores: Las señales que llegan al amplificador están atenuadas respecto de su amplitud original, y las que salen de él tienen un nivel conveniente para que puedan ser detectadas e interpretadas correctamente en el extremo receptor.

Repetidores regenerativos: para aumentar el alcance cuando se utilicen cables de cobre se deben situar en distancias intermedias.

En el caso de las fibras ópticas monomodo se colocan a distancias importantes, del orden de varios kilómetros.

Las señales que arriban al repetidor se observan distorsionadas y las que salen tienen su forma original, y ninguna señal de ruido.

2.4 Características de las señales utilizadas para la transmisión de señales

2.4.1 Aspectos generales

Las señales inteligentes tiene forma variable, pero sus características pueden estudiarse tomando como referencia:

- la función senoidal armónica simple como ejemplo de una señal típica analógica

- la onda cuadrada como ejemplo de una señal digital.

En ambos casos estas funciones son periódicas.

2.4.1 Aspectos generales

Se dice que una función *f(t) es periódica cuando se verifica que,*

$$f(t) = (t + T)$$

y

$$\frac{\partial' f(t)}{\partial t'} = \frac{\partial' f(t+T)}{\partial t'}$$

Donde:

T = período de la función.

2.4.2 Función senoidal armónica simple

Expresión general de la forma:

$$f(t) = A\ sen\ (\omega t + \Phi)$$

La velocidad angular del vector ω, se puede definir como:

$$\omega = \frac{\text{ángulo recorrido}}{\text{tiempo}}$$

Para un ángulo recorrido de 2π radianes, se habrá tardado en recorrerlo un tiempo igual al período T.

Entonces:

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

Luego:

$$T = \frac{2\pi}{\omega}$$

Frecuencia: es el número de ciclos completos por segundo.

Es la inversa del período *T*.

$$T = \frac{1}{f}\,(seg)$$

Resultará, operando convenientemente;

$$\omega = 2\pi f$$

El tiempo *T* se mide en segundos y la frecuencia en Hertz.

$$[Hertz] = \frac{1}{seg}$$

Representamos dos funciones de igual frecuencia y fase, pero distintos valores de amplitud, *A1 y A2;*

Veamos dos señales sinusoidales de distintas frecuencias pero de igual amplitud y ángulo de fase inicial.

$f_1 = 4$ Hz y una segunda $f_2 = 8$ Hz.

Calculemos el período de ambas funciones T_1 y T_2.

$$T\ [seg] = \frac{1}{4Hz} = 0{,}25\ seg \qquad T\ [seg] = \frac{1}{8Hz} = 0{,}125\ seg$$

Observemos el ángulo de la fase inicial en una función senoidal.

En la representación de la función armónica:

$$f(t) = A\ sen\ (\omega\ t + \Phi)$$

f1 (t)
θ = +90º
f2 (t)
θ = +180º
π
2 π
3 π
t

Dicha función para el instante t = 0, resultará ωt = 0,

El valor de la función en el instante t = 0 dependerá del valor del seno del ángulo φ.

si φ = 0 resultará sen φ = 0, y por lo tanto f(0) = 0; y

$$f(0) = A\ sen\ \phi$$

Si $\phi = \frac{\pi}{2}$ resultará $sen\ \frac{\pi}{2} = 1$, y por lo tanto $f\ \frac{\pi}{2} = A\ sen\ \frac{\pi}{2} = A$

Funciones senoidales de distinta frecuencia con ángulo de fase igual a cero.

Se representan dos funciones de igual amplitud y frecuencia, pero una con $\varphi = 0$, *y otra co* $\phi = \frac{\pi}{2}$

Las expresiones de una y otra serán por lo tanto;

$$f(t) = A\ sen\ (\omega\ t)$$

$$f(t) = 1,\ para\ 0 < t < T/2$$

$$f(t) = A\ \ sen\ \ \omega t + \frac{}{2}$$

Podría también expresarse de la siguiente manera;

$$f(t) = A\ cos\ (\omega\ t)$$

Funciones senoidales de ángulos de fase igual a cero e igual a $\pi/2$

2.4.3 Función onda cuadrada

Generada por equipos generadores de pulsos, que se basan en las técnicas de la electrónica digital.

Se representa gráficamente una señal periódica onda cuadrada o rectangular.

Se define matemáticamente a través de las siguientes expresiones:

$$f(t) = A, \text{ para } 0 < t < \frac{T}{2}$$

y,

$$f(t) = -A, \text{ para } \frac{T}{2} < t < T$$

y,

$$f(t) = 0, \text{ para } t = n\frac{T}{2} \text{ ; donde } n = 1, 2, \ldots, n$$

Los conceptos de amplitud, frecuencia y período tienen el mismo significado que en la función senoidal armónica simple.

La frecuencia también se denomina frecuencia de repetición de pulsos (FRP):

$$FRP = \frac{1}{T} \ (PPS)$$

donde: PPS es pulsos por segundo.

En el estudio de las señales digitales aparece un parámetro, muy importante, denominado ancho de pulso *(τ)*.

Función onda cuadrada de amplitud A.

2.4.4 Valor eficaz y valor medio de una señal senoidal: factor de forma

Para analizar la tensión o corriente en un circuito eléctrico es importante conocer el valor eficaz de las mismas, a efectos de poder calcular, por ejemplo, la potencia eléctrica y otros parámetros del circuito.

Se define como valor eficaz de la función f(t): $$Y_e = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T f(t)^2\,dt}$$

Se define como valor medio de la función f(t):

$$Ym = \int f(t)\, dt / T$$

El factor de forma es la relación entre valores eficaz y medio:

$$FF = Ye/Ym$$

2.4.5 Representación de señales armónicas mediante la serie de Fourier

2.4.5.1 Conceptos generales

La relación entre las distintas funciones periódicas es mucho más amplia que la que existe con el factor de forma de la función onda cuadrada.

La serie de Fourier permite llevar a cabo este análisis.

Toda función periódica que cumpla con las denominadas condiciones de **Dirichlet** admite su desarrollo en **serie de Fourier.**

2.4.5.2 Condiciones de Dirichlet

Son necesarias y suficientes para que una función *f(t)* pueda ser desarrollada en serie de Fourier:

- La función f(t) debe ser periódica, de período T.
- La función f(t) debe ser definida y univalente, salvo un número finito de puntos, en el intervalo de integración.
- La función f(t) y su derivada f'(t) deben ser seccionalmente continuas en el intervalo de integración (o continuas por secciones).

2.4.5.3 Desarrollo de la serie y cálculo de los coeficientes.

Toda función que cumpla con las condiciones de Dirichlet admite ser re presentada por una serie de la forma:

$$f(t)=\frac{a_0}{2}+\sum_{n=1}^{n=\infty} a_n cos(n\omega t)+b_n sen(n\omega t)$$

Donde: $\omega=\frac{2\pi}{T}$ siendo T el período de la función f(t).

Los coeficientes de la serie se calculan mediante las siguientes expresiones:

$$a_0 = \frac{2}{T}\int_{-T/2}^{+T/2} f(t)dt$$

$$a_n = \frac{2}{T}\int_{-T/2}^{+T/2} f(t)\cos(n\omega t)\,dt \text{ ; para n = 1, 2, 3, ..., n, ...}$$

$$b_n = \frac{2}{T}\int_{-T/2}^{+T/2} f(t)\,sen(n\omega t)\,dt \text{ ; para n = 1, 2, 3, ..., n, ...}$$

2.4.5.4 Expresión compleja de la serie de Fourier

Para analizar una señal en el dominio de la frecuencia es conveniente recurrir a la llamada expresión compleja del desarrollo en serie de Fourier.

En efecto, es posible desarrollar una función que cumple las condiciones de Dirichlet mediante una expresión del siguiente tipo:

$$f(t) = \frac{1}{T} \sum_{n=-\infty}^{n=\infty} C_n \, e^{in\omega t}$$

$$C_n = \int_{-\frac{T}{2}}^{+\frac{T}{2}} f(t) \, e^{-in\omega t} dt$$

2.4.5.5 Espectro de amplitud y de fase de una función periódica

En los sistemas de comunicaciones es necesario conocer el comportamiento de las funciones periódicas, no como funciones del tiempo sino de la frecuencia.

Para ello, definiremos como amplitud

del espectro a la expresión

$$|C_n| = \sqrt{a_n^2 + b_n^2}$$

y fase del espectro a la expresión.

$$_n = arc\ tg\ -\frac{b_n}{a_n}$$

2.4.5.6 Análisis del espectro de amplitud de la señal

Separación entre componentes discretas del espectro: $2\pi/T$

Envolvente de máximos es del tipo sen (x)/x, donde $x=n\omega\tau/2$

Relación entre el período de pulso y el espectro de amplitud.

2.4.5.7 Concepto inicial de ancho de banda

Es el intervalo de frecuencias $\Delta f = f_2 - f_1$, en el cual se concentra la mayor parte de su energía.

Existe una relación inversa entre el ancho de un pulso τ y el ancho de banda Δf cubierto por el espectro de frecuencia.

La mayor parte de la energía estará concentrada entre las frecuencias tal que,

$$0 < f < \frac{1}{\tau}$$

El primer valor para el cual *Cn* se anula puede considerarse como una medida aproximada del ancho de banda:

-es necesario para contener la mayor parte de la energía de la señal

-servirá para diseñar el sistema de comunicaciones

Este valor resulta igual a

$$\omega = \frac{2\pi}{\tau}$$

2.5 Unidades de medida usadas en las telecomunicaciones

2.5.1 Introducción

La transmisión de señales a través de medios de comunicaciones:

-sufre atenuaciones o pérdidas

-se amplifican a través de elementos pasivos o activos

-deben llegar a los receptores con valores que permitan su interpretación y decodificación.

La potencia de la señal útil debe mantenerse en valores:

- lo suficientemente altos para estar separados del nivel del ruido

- lo suficientemente bajos como para que la señal no sufra distorsiones que la tornen inutilizable.

2.5.2 Ganancia de un amplificador

Es la relación entre la potencia de salida y la potencia de entrada.

$$G = \frac{P_S}{P_E}$$

2.5.3 Pérdida

A medida que la señal se va propagando, sea por un conductor o por un medio dieléctrico, la señal se va atenuando y por lo tanto la señal va perdiendo potencia.

Los medios se comportan como si fueran atenuadores.

Pérdida es la relación entre la potencia de salida y la potencia de entrada

$$P_{erd} = \frac{P_S}{P_E}$$

Como $P_S < P_E$, resulta $\frac{P_S}{P_E} < 1$

2.5.4 Amplificadores o atenuadores en cascada

Dos amplificadores (o atenuadores) conectados en cascada están uno a continuación del otro.

La potencia de entrada del amplificador A_2 será la potencia de salida del amplificador A_1.

La ganancia (o pérdida) de ambos será el producto de la ganancia de cada uno.

La ganancia de A_1, *será* $G_{A1} = \frac{P_{S1}}{P_{E1}}$

Luego, la ganancia total será

$$G_{A2} = \frac{P_{S2}}{P_{S1}}$$

$$G_{TOTAL} = \frac{P_{S1}}{P_{E1}} \cdot \frac{P_{S2}}{P_{S1}}$$

$$G_{TOTAL} = \frac{P_{S2}}{P_{E1}}$$

Considerando atenuadores el razonamiento es igual

2.5.5 El decibel

La ganancia expresada en veces da valores poco prácticos, sin relación con el comportamiento del oído humano.

Se prefiere usar el decibel, que es una unidad logarítmica.

Ganancia en decibeles:

$$G(dB) = 10 \log_{10} \frac{P_2}{P_1}$$

Pérdida en decibeles:

$$Perd(dB) = -10 \log_{10} \frac{P_1}{P_2}$$

Para una señal de entrada de *1 Watt* vemos los valores de la ganancia en dB, conociendo la potencia de salida del amplificador.

P salida (Watt)	10	100	1.000	10.000	100.000	1.000.000	10.000.000	100.000.000
Ganancia en db	10	20	30	40	50	60	70	80

En un enlace a la potencia de salida se le suman las ganancias de antenas y se le restan las pérdidas para calcular la potencia recibida.

Ley de **Ohm** compleja para un circuito de corriente alterna.

$V\ [Volt] = I\ [Ampere] \cdot Z\ [Ohm]$

$V\ [Volt] = tensión$

$I\ [Ampere] = corriente$

$Z\ [Ohm] = impedancia$

Donde:

$R = resistencia\ óhmica.$

$j = unidad\ imaginaria.$

$XL = reactancia\ inductiva.$

$XC = reactancia\ capacitiva.$

La impedancia se puede expresar mediante un número complejo Z:

$$Z = R + j\,(X_L - X_C)$$

En el concepto de impedancia se deben considerarse dos términos:

- uno real que es la resistencia óhmica, que no depende de la frecuencia,

-otro imaginario, compuesto por las reactancias inductiva y capacitiva.

2.5.6 El dBm

A diferencia del *dB,* que es una unidad de medida relativa, el dBm es una unidad de nivel absoluto.

Mide la potencia respecto de un valor fijo de 1 mW:

$$dBm = 10 \log \frac{P_s\,[mW]}{1\ mW}$$

Cuando la potencia es menor a *1 mW,* el resultado es negativo.

Para potencias mayores se toma como referencia 1 W y en ese caso la unidad se denomina dBW.

2.5.7 El dBu

El dBu es una unidad de nivel absoluto usada para comparar la tensión de salida respecto de un valor fijo de 0,775 V.

$$dBU = 20 \log \frac{V_s\,[Volt]}{0{,}775\ Volt}$$

Esta unidad es muy usada en telefonía.

El valor de *0,775 V* es un valor que resulta de aplicar una señal de una potencia de 1 mW sobre una impedancia de 600 Ω [Ohm].

Relación entre el *dBm y el dBu:*

$$dBm = 10 \log \frac{P_s\,[mW]}{1\ mW}$$

Pero como $W = \frac{V^2}{Z}$, si a una impedancia de 600 Ω le aplicamos una potencia de 1 mW, tendremos:

$$1\ mW = \frac{0{,}775V^2}{600}$$

Reemplazando *1 mW* por su valor, y la P_s [W] por su expresión:

$$dBm = 10\log\frac{V^2 / Z}{(0{,}775V)^2 / 600}$$

Y operando convenientemente,

$$dBm = 10\log\frac{V^2}{(0{,}775V)^2} + 10\log\frac{600}{Z}$$

$$dBm = 20\log\frac{V}{0{,}775V} + 10\log\frac{600}{Z}$$

Y como $dBu = 20 \log \frac{V}{0{,}775V}$, *resultará,* $dBm = dBu + 10 \log \frac{600}{Z}$

$$dBm = dBu + Factor\ de\ Corrección$$

El factor de corrección es distinto de cero, cuando la impedancia *Z es distinta del valor patrón de 600 Ω.*

2.5.8 El dBmV

El *dBmV* es una unidad de nivel absoluto que se utiliza para comparar la tensión de salida respecto de un valor fijo de 1 mV.

$$dBmV = 20 \log \frac{V_s\{mV\}}{1mV}$$

2.5.9 El Neper

El neper es una unidad relativa usada como alternativa al *dB*.

La base de los logaritmos usados es el número e, en lugar de 10.

$$Neper\,(n) = \frac{1}{2} \ln \frac{P_S}{P_E}$$

Relaciones entre el *dB* y el *Neper:*

$$1\ Neper = 8{,}686\ dB$$

$$1\ dB = 0{,}115\ Neper$$

2.6 La transmisión de señales

2.6.1 La transmisión en medios dieléctricos

Una antena puntual transmite en todas direcciones.

En las antenas reales su geometría condiciona la forma de la onda irradiada.

La propagación de una onda plana tiene dos vectores:

Las ecuaciones de los vectores $\vec{E}$ y $\vec{H}$ para una onda plana con ángulos de fase inicial iguales a *0*, para *t = 0:*

$$E = E_o \cos \omega t$$

$$H = H_o \cos \omega t$$

Donde:

E_o = amplitud de la intensidad del campo eléctrico.

H_o = amplitud de la intensidad del campo magnético.

ω = pulsación de la señal. Valor igual a $\omega = 2\pi f$(frecuencia).

La solución a la ecuación de onda es la siguiente

$$E(t;y) = E_0 \cos \omega \; t - \frac{y}{v}$$

$$H(t;x) = H_0 \cos \omega \; t - \frac{x}{v}$$

Donde:

E_o = amplitud de la intensidad del campo eléctrico.

H_o = amplitud de la intensidad del campo magnético.

v = velocidad de la luz en el vacío.

ω = pulsación de la señal. Valor que resulta igual a $\omega = 2\pi f$ (frecuencia).

Por estar propagándose son funciones simultáneas del espacio y del tiempo.

2.6.2 El espectro de frecuencias electromagnéticas

2.6.2.1 Longitud de onda

Es importante considerar un parámetro que se denomina longitud de onda, y se representa con la letra λ.

Se denomina longitud de onda a la distancia en que la onda recorre un tiempo igual a un período: $\lambda = v\,T$

Donde:

λ = longitud de onda.

v = velocidad de propagación.

T = período de la señal.

Reordenando, esta expresión podrá escribirse como sigue:

$$v = \frac{\lambda}{T}$$

2.6.2.2 Espectro de frecuencia

La finalidad de todo sistema de comunicaciones es el de transmitir información para comunicar dos o más puntos, con la menor tasa de errores posible.

Tipos de comunicaciones:

-punto a punto: se establece un vínculo entre dos equipos geográficamente distantes

-punto a multipunto: desde un equipo se efectúan vínculos hacia varios puntos.

2.6.2.3 Bandas y gráfica del espectro de frecuencia

Espectro de frecuencias es la clasificación de las frecuencias en segmentos, según sus características.

Cada segmento tiene distintas aplicaciones.

La UIT lo ha dividido en bandas que reciben distintas denominaciones.

Nº Banda	Intervalo En Hertz o múltiplos		Longitud de onda hasta		Sigla	Nombre de la banda	Sigla
1	0 a 30	Hz	10.000	Km	-------		Hz = Hertz
2	30 a 300	HZ	1.000	Km	ELF	Frecuencias extremadamente bajas	
3	0,3 a 3	kHz	100	Km	VF	Frecuencias de voz	kH = 10^3 Hertz
4	3 a 30	kHz	10	Km	VLF	Frecuencias muy bajas	kH = kilohertz
5	30 a 300	kHz	1	Km	LF	Frecuencias bajas	
6	0,3 a 3	Mhz	100	M	MF	Frecuencias medias	MH = 10^6 Hertz
7	3 a 30	MHZ	10	M	HF	Frecuencias altas	MH = megahertz
8	30 a 300	Mhz	1	M	VHF	Frecuencias muy altas	
9	0,3 a 3	Ghz	100	cm	UHF	Frecuencias ultra altas	GH = 10^9 Hertz
10	3 a 30	Ghz	10	cm	SHF	Frecuencias súper altas	GH = gigahertz
11	30 a 300	Ghz	1	cm	EHF	Frecuencias extremadamente altas	
12	0,3 a 3	THZ	100	Mm	-------	Luz infrarroja	TH = 10^{12} Hertz
13	3 a 30	Thz	10	Mm	-------	Luz infrarroja	TH = terahertz
14	30 a 300	Thz	1	Mm	-------	Luz infrarroja	
15	0,3 a 3	Phz	100	µm	-------	Luz visible	PH = 10^{15} Hertz
16	3 a 30	Phz	10	µm	-------	Luz ultravioleta	PH = petahertz
17	30 a 300	Phz	1	µm	-------	Rayos x	
18	0,3 a 3	Ehz	100	Pm	-------	Rayos gamma	EH = 10^{18} Hertz
19	3 a 30	Ehz	10	Pm	-------	Rayos cósmicos	EH = exahertz
20	30 a 300	Ehz	1	Pm	-------	Rayos cósmicos	

Bandas según usos más frecuentes	Algunas Aplicaciones	Longitud de Onda metros	Frecuencia Hertz
Muy Baja Frecuencia	Audio - Medicina - Ultrasonidos	>10 km	<30 kHz
Onda larga	Comunicaciones submarinas	<10 km	>30 kHz
Onda Media	Radio AM	<650 m	>650 kHz
Onda Corta	Radio Onda Corta	<180 m	>1.7 Mhz
Muy Alta Frecuencia	Radio FM	<10 m	>30 Mhz
Ultra Alta Frecuencia	Radar - Televisión	<1 m	>300 Mhz
Microondas	Radar	<30 cm	>1.0 GHZ
Infrarrojo Cercano	Telefonía Celular - Microondas - Satélites	< 1mm	>300 Ghz
Infrarrojo	Visores Nocturnos	<2.5 μm	>120 Thz
Luz Visible	Visión del ser humano	<780 nm	>384 Thz
Ultravioleta	Ciencias Forenses - Control de plagas	<200 nm	>1.5 Phz
Rayos X	Medicina	<10 nm	>30.0 Phz
Rayos Gamma	Energía Nuclear	<10 pm	>30.0 Ehz

Espectro Visible
Infrarrojo
Ultravioleta
750 nm
700 nm
650 nm
600 nm
550 nm
500 nm
450 nm
400 nm
Frecuencia extremadamente baja
Onda Media
Onda Larga
Onda Corta
UHF
VHF
Radar
Radio
Microondas
Infrarrojo
UV-A/B/C
Ultravioleta
Rayos X
Rayos Gamma
Rayos Cósmicos
1Mn
1km
1m
1cm
1mm
1µm
1nm
1A
1pm
1fm
Longitud de onda (M)
Frecuencia (Hz)
(1Kilo-Hz)
(1Mega-Hz)
(1Giga-Hz)
(1Tera-Hz)
(1Peta-Hz)
(1Exa-Hz)
(1Zetta Hz)

2.6.3 La transmisión en medios conductores

2.6.3.1 Características de la propagación en medios conductores

Además transmitirse por medio de ondas electromagnéticas, las señales se pueden transmitir a través de medios conductores.

Se usan cables de cobre con distintas geometrías y estructuras de construcción:cables de cobre trenzados, coaxiales, UTP, etc.

La magnitud relacionada con la capacidad que tiene de conducir la corriente eléctrica se denomina conductancia (G)

En un medio conductor es distinta de cero: $G \neq 0$

En casos ideales límites podríamos decir que si un material no conduce la corriente eléctrica tendrá un valor $G = 0$, y si fuera superconductor su valor sería $G \rightarrow \infty$.

La conductancia es la inversa de la resistencia eléctrica y se mide en Siemens [S].

$$G.R=1$$

Dimensionalmente: $[S]=1/\Omega$

Para los cables de cobre la atenuación es función de las características de cada cable y de la frecuencia de la señal transmitida:

$V = I \cdot Z$

$Z = R + j\,(X_L - X_C)$

$R = \rho \cdot 1/S$

donde R: resistencia óhmica [Ω]

ρ : resistividad del metal [Ω.m]

l: longitud del cable [m]

S: sección del conductor [m^2]

2.6.3.2 Efecto pelicular

Otro factor que aumenta la atenuación es la frecuencia.

Además de estar incluida en la expresión de la impedancia también actúa a causa del denominado efecto pelicular (la corriente circula sólo por la periferia del conductor).

Estas corrientes se denominan corrientes de **Foucault.**

Los valores de estas dependen de la rapidez con que varía el campo magnético respecto del tiempo (frecuencia de variación).

Profundidad de penetración es la distancia *d,* medida desde el borde de un conductor cilíndrico en dirección a su eje longitudinal, hasta la cual penetrará la corriente de una frecuencia f .

$$\delta = \sqrt{2 / \omega \,.\, \mu \,.\, \sigma}$$

Donde:

δ = profundidad de penetración *[metro].*

σ = conductividad eléctrica del metal $[S\, m^{-1}]$

μ = permeabilidad magnética $[Henry\, m^{-1}]$

f = frecuencia *[Hertz]*

A la frecuencia de *1 MHz* la sección útil del conductor se reduce fuertemente.

Conclusiones:

- La atenuación será función de la resistencia del conductor.
- A enlaces más largos, mayor atenuación.
- Una forma de disminuir la atenuación es aumentar el diámetro del conductor.
- A mayor frecuencia de la señal que será transmitida a través de conductor, mayor será la atenuación.
- Los fenómenos de atenuación requieren un tratamiento en las redes de comunicaciones que consiste en la instalación de amplificadores.

En las transmisiones de banda ancha utilizando el par telefónico, si el conductor no tiene el diámetro adecuado, el efecto de penetración o pelicular afecta la transmisión.

La atenuación (pérdida) en dB de un cable de cobre se calcula:

$$Perd\ (dB) = \alpha\sqrt{f}\ dB$$

Donde
f = frecuencia.
α = constante especifica para cada cable (geometría y características).

2.7 Ancho de banda

2.7.1 Definición de ancho de banda

Ancho de banda de una señal es el intervalo de frecuencias para las cuales la distorsión lineal y la atenuación permanecen bajo límites determinados y constantes.

$$\Delta f = f_2 - f_1$$

Los límites pueden ser arbitrarios, generalmente se definen para una atenuación de *3 dB* con respecto al valor de la señal a la frecuencia de referencia.

Atenuación de una señal en función de su frecuencia.

Los valores de *f1 y f2* se denominan límites inferior y superior del ancho de banda de una señal.

Para ellos la atenuación de la señal es de –3 dB respecto al valor *f0* de referencia, que se encuentra a 0 dB.

2.7.2 Concepto de ancho de banda

La limitación más importante para el funcionamiento de un sistema de comunicaciones es el ancho de banda del canal.

El ancho de banda está directamente relacionado con la cantidad de información que puede pasar a través del intervalo de frecuencias que él define.

Como T=1/f, para dos valores de T tales que: $T_1 \gg T_1'$

resulta: $f_1 \ll f_1'$

Representemos en un grafico las frecuencias de las armónicas de un caso y del otro.

Vemos que algunas armónicas antes entraban dentro del ancho de banda, pero cuando se aumentar la cantidad de información quedan fuera, estarán atenuadas por el canal de comunicaciones y su aporte a reconstituir la señal será despreciable.

Distribución de las armónicas de una señal dentro del ancho de banda del canal

0 1 0 0 0 0 1 0
Señal Ddigital transmitida 2000 bits/seg
Δ f = ∞ infinito
Δ f = 4000 Hz
Δ f = 900 Hz
Δ f = 300 Hz
Donde
Donde Δ f es el ancho de banda del canal de comunicaciones

Los filtros dejan pasar las frecuencias comprendidas dentro de una banda.

Si el ancho de banda fuese teóricamente infinito:

$$f_1 = 0 \text{ y } f_2 = \infty$$

entonces:

- todas las armónicas de la señal pasarían sin atenuación

-la señal no sufriría deformación alguna.

En la práctica a medida que el ancho de banda se reduce, mayor es la deformación de la señal.

2.7.3 Capacidad de un canal de comunicaciones

La capacidad de un canal está vinculado con la cantidad de información generada en la fuente que puede atravesar el ancho de banda disponible.

El ancho de banda un intervalo de frecuencias se mide en *1/seg*.

Los canales analógicos se miden en hertz o sus múltiplos (kHz, MHz)

Los canales digitales se miden en bps o sus múltiplos (kbps, Mbps).

Ancho de banda requerido por distintos servicios de comunicaciones

Nº	Formas de información	Ancho de Banda [KHZ]
1	Canal telefónico de voz (par de abonado)	3,1
2	Canal de voz analógico por onda portadora	4
3	Música de alta fidelidad (HI FI)	16
4	Disco compacto (CD)	22
5	Canal de voz digital	64 / 65
6	Canal de radio FM	200
7	Canal de televisión (CATV)	6
8	Teleconferencia (a través de redes digitales ISDN)	128 / 256

2.7.4 Curva de ganancia de un amplificador

La ganancia de un amplificador en función de la frecuencia nunca es absolutamente constante.

Esto se debe corregir.

Menor ganancia en un rango de frecuencias restará calidad a la señal porque la forma de onda en la salida será diferente de la que tenía cuando fue generada.

Un amplificador es de mayor calidad que otro cuando, a igual ancho de banda, la curva de respuesta en frecuencia tiene características más planas.

La curva típica de ganancia de un amplificador en función de la frecuencia recibe el nombre de respuesta en frecuencia.

2.8 Señales en banda base

2.8.1 Definición

Son las que, generadas por una fuente de información, no sufren ningún proceso de modulación o tratamiento a su salida.

Se pueden codificar de distintas formas:

-códigos en banda base o códigos de línea

-dependen de las características de la transmisión

2.8.2 Señales unipolares, polares y bipolares

2.8.2.1 Señal unipolar

El valor que representa a un determinado dígito binario, sea éste un cero o un uno, toma siempre la misma polaridad, positiva o negativa, mientras que el otro dígito toma el valor cero.

Dependiendo de la polaridad, se tendrán señales unipolares positivas o negativas.

Se puede representar un 1 o un 0 por encendido o el apagado de una luz.

Señales unipolares positiva y negativa.

2.8.2.2 Señal polar

Los valores que representan a los dígitos binarios *1 y 0* se originan por la conmutación de la línea entre un valor positivo de tensión V_1 y el valor negativo de tensión $-V_1$.

Un valor binario cualquiera tendrá siempre una polaridad determinada, mientras que el otro binario presentará polaridad inversa.

La señal en la línea nunca toma el valor cero.

2.8.2.3 Señal bipolar

Un determinado dígito va tomando valores alternados de polaridad, y el otro dígito adopta siempre el valor cero.

2.8.3 Transmisión en banda base

2.8.3.1 Características generales de las transmisiones en banda base

El uso de transmisiones en banda base es frecuente:

-bajo costo de los equipos usados

-permite extender el alcance de las interfaces digitales.

La utilización de códigos de línea permite solucionar los siguientes aspectos técnicos:

- Eliminar o disminuir la componente continua de la señal.
- Transmitir una señal de sincronismo desde el transmisor hacia el receptor.
- Detectar la presencia de señal en la línea.

2.8.3.2 Características particulares de las transmisiones en banda base

La señal en banda base más simple para la transmisión de la información del usuario es la unipolar NRZ (*non return to zero):*

-la señal no retorna a cero cuando durante todo el ancho de pulso la tensión permanece constante y no toma el valor cero.

-la transmisión de un (uno) 1 corresponde a la emisión de un pulso

-la transmisión de un (cero) 0 corresponde a la no emisión de un pulso.

Es unipolar (ver 2.8.1.1) porque:

-el 1 toma siempre la misma polaridad (positiva o negativa)

-el 0 no tiene polaridad.

A este tipo de señal se la conoce también como señal ON/OFF.

La señal ON/OFF en el dominio del tiempo no tiene suficientes transiciones para excitar un circuito recuperador de la señal de reloj.

Los métodos de codificación en banda base adaptan la señal ON/OFF para las condiciones de la línea de transmisión.

Actuando sobre la forma de la señal eléctrica que representa los bits, se consigue alterar convenientemente el espectro de potencia de la señal transmitida.

Espectro de amplitud de un tren de pulsos.

1
1
0
1
1
1
τ
τ
τ
τ
τ
τ
t
τ = ancho de pulso
Interferencia intersímbolos

2.8.4. Clasificación de las señales en banda base

2.8.4.1 De acuerdo con el ancho de pulso

- Señales NRZ (no retorno a cero): los bits están representados por pulsos ocupan la totalidad del intervalo significativo ancho de pulso.

Intervalo significativo de una señal es el tiempo existente entre dos instantes significativos de ella en la línea.

- Señales RZ (retorno a cero): los bits se representan por pulsos ocupan una parte (la mitad) del intervalo significativo.

Señal NRZ

LA SEÑAL PERMANECE EN ESTADO ACTIVO ("+A" VOLTS) O EN ESTADO PASIVO ("0" VOLTS) DURANTE TODO EL ANCHO DE PULSO τ

Señal RZ

UNIPOLAR +
Amplitud
(volts)
0 1 0 1 0 0 1 1 0
A
0
τ
tiempo
(seg)
LA SEÑAL RETORNA A CERO ANTES QUE FINALICE EL ANCHO DE PULSO τ

2.8.4.2 Según la polaridad

Unipolares

Las señales tienen dos niveles, uno de los cuales es cero.

Combinaciones:

0 y nivel +: unipolar positiva

0 y nivel -: unipolar negativa

Polar

Son códigos cuyas señales tienen dos niveles de diferente polaridad: *[+] y [–].*

Codificación polar utiliza el nivel cero para representar el cero *[0]* lógico y polaridad alternativa *[+] y [–],* al uno [1] lógico.

Bipolar

Los códigos tienen para las señales tres niveles de amplitud:

[+], [0] y [–].

2.8.5 Códigos usados para señales en banda base

2.8.5.1 Conceptos generales

Las señales en banda base se codifican mediante la representación de los símbolos digitales, ceros o unos, en señales eléctricas equivalentes.

Los códigos más usuales son señalados e:

- ⇒ Unipolar sin retorno a cero (NRZ).
- ⇒ Unipolar con retorno a cero (RZ).
- ⇒ Polar sin retorno a cero (NRZ).
- ⇒ Polar con retorno a cero (RZ).
- ⇒ Bipolar con retorno a cero (RZ).
- ⇒ Bipolar sin retorno a cero (NRZ).
- ⇒ Codificación diferencial.
- ⇒ Manchester.
- ⇒ Manchester Diferencial.
- ⇒ MILLER.
- ⇒ HDB - 3.
- ⇒ Código 4B3T (4 binario - 3 ternario).

2.8.5.2 Sin retorno a cero (NRZ)

2.8.5.3 Polar sin retorno a cero (NRZ)

Se asigna polaridad positiva a los unos y negativa a los ceros.

Una corriente continua positiva y otra negativa determinan el estado de cada bit, durante todo el intervalo significativo.

Si bien se pierde el sincronismo, se requiere menor ancho de banda, (los pulsos son más anchos que en señales polares con retorno a cero).

2.8.5.4 Polar con retorno a cero (RZ)

Existirá una corriente positiva breve para los bits que lleven un *1* de información y posteriormente la corriente retornará a cero, durante el tiempo que corresponde a ese bit.

2.8.5.5 Bipolar con retorno a cero

Se utiliza la bipolaridad solamente en forma alternada y para cuando se transmiten unos.

Se disminuye el ancho de los pulsos debido al retorno a cero de la señal antes de finalizado el intervalo significativo.

2.8.5.6 Bipolar sin retorno a cero

Código AMI: utiliza pulsos de mayor duración que los bipolares con retorno a cero

Requiere menor ancho de banda.

2.8.5.7 Codificación diferencial

Dos etapas:

- La primera forma una señal diferencial a ser transmitida.
- La segunda ocurre en el receptor para volver a armar la señal.

Procedimiento:

- Una señal original polar, del tipo NRZ, debe ser muestreada.
- En el instante del muestreo en que se detecta un *1,* se produce un cambio de estado o transición.
- Cuando lo que se detecta es un *0,* significa una no transición.
- Para recuperar la señal original se debe efectuar un nuevo muestreo de la onda recibida, comparándose la polaridad de muestras adyacentes.
- Si ha habido una transición, se está en presencia de un *1;* caso contrario es un 0.
- Ejemplo: entre los estados *t3 y t4* no existe transición alguna, es un 0.

0 1 0 0 1 1 0
Señal original de información NRz
Proceso de muestreo
τ1 τ2 τ3 τ4 τ5 τ6 τ7
INSTANTES DE MUESTREO
Muestreo para recuperar la señal original
τ1 τ2 τ3 τ4 τ5 τ6 τ7
SEÑAL DIFERENCIAL
0 1 0 0 1 1 0
Señal recuperada en recepción

2.8.5.8 Código Manchester

-un bit uno es una transición positiva en la mitad del intervalo significativo

-un bit cero es una transición negativa en la misma ubicación.

No se utiliza la diferencia de valor de los niveles para representar los bits.

Se emplean las fases positivas y negativas de los pulsos, denominadas transiciones.

Posibilita una transición de por lo menos una por bit, simplificando el problema de la recuperación de la señal de reloj.

Código Manchester: Representación de unos y ceros

0 1 0 1 1 0 1
+A
t
SEÑAL UNIPOLAR
- A
t
SEÑAL DE RELOJ
+A
0
- A
t
CÓDIGO MANCHESTER NO DIFERENCIAL

2.8.5.9 Código Manchester diferencial BIFASE

-para la transmisión de un cero se efectúa una transición negativa en la mitad del intervalo significativo

-para el envío de un uno, no se efectúa ninguna transición en la mitad del intervalo; pero si al comienzo de él.

-si el siguiente bit es un cero no se altera la polaridad con la que se lo representa.

SEÑAL UNIPOLAR

CODIFICADOR MANCHESTER

A	B	C
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	0

CODIFICADOR MANCHESTER

T = CIRCUITO DE RETARDO INTRODUCIDO DE VALOR IGUAL AL ANCHO DE PULSO τ

0 1 0 1 1 0 1 0 1
+A
t
SEÑAL UNIPOLAR
t
SEÑAL DE RELOJ
+A
0
- A
T
CÓDIGO MANCHESTER DIFERENCIAL

2.8.5.10 Código MILLER

Para un uno emplea una transición en la mitad del intervalo significativo.

La implementación del codificador y decodificador de Miller (modulador por retardo de fase) es más sencillo que el de Manchester.

1 0 1 1 0 1 0 1
SEÑAL UNIPOLAR
+A
- A
SEÑAL CÓDIGO DE MILLER

2.8.5.11 Código HDB-3

El HDB-3 se basa en el denominado código AMI.

Es un código bipolar sin retorno a cero con tres niveles *[+], [–] y [0]* para representar la información binaria.

El cero se representa siempre con polaridad cero, y el uno, con polaridad alternada *[+] y [–]*.

No posee componente de continua, ni bajas frecuencias.

Cuando aparece una larga secuencia de ceros se pierde la posibilidad de recuperar la señal de reloj.

Cuando hay cuatro ceros se reemplaza la secuencia por otra (000V ó R00V) que depende de la historia

V = 1 se denomina violación

R (relleno) siempre tiene igual polaridad que V

2.8.5.12 Regla de formación del código

- Para decidir qué secuencia emplear, *[000V] o [R00V],* se debe contar la cantidad de unos que hay entre la última violación y la actual.

  -si ese número es par, la secuencia de reemplazo será [R00V]

  -si es impar, se deberá usar [000V].
- El primer pulso de violación de la serie siempre lleva la misma polaridad que el último bit uno transmitido.
- Esto sirve para que en la recepción pueda detectarse, dado que si fuera de datos debería tener polaridad inversa.
- Los pulsos de violación se transmiten con polaridad alternada entre sí.

Señal binaria	Señal binaria
0000	0 -1 +1
0001	- 1 +1 0
0010	- 1 0 +1
0011	0 +1 - 1
0100	+ 1 -1 0
0101	+ 1 0 - 1
0110	+1 -1 +1
0111	0 + 1 +1
1000	0 + 1 0
1001	0 0 + 1
1010	-1 +1 +1
1011	+1 0 0
1100	+ 10 +1
1101	+1 +10
1110	+1 +1 -1
1111	+1 +1 +1

2.8.5.13 Código 4B - 3T - 4 binario - 3 ternario

El código HDB-3 se emplea hasta *34 Mbps* sobre cables de cobre.

Para *140 Mbps* sobre cable coaxial, se emplean otros códigos como el 4B - 3T - 4 binario a 3 ternario.

Se reduce la transmisión de 4 bits a 3 niveles, lo que reduce el ancho de banda necesario en un 25%.

Es un código ternario, dado que reduce 4 bits a 3 bits, mediante el empleo de tres niveles.

2.8.6 Códigos normalizados por el UIT-T

En los sistemas multiplex digitales se usan los códigos de la tabla

Velocidad de transmisión	Código
2 Mbps	HDB - 3
8 Mbps	HDB - 3
34 Mbps	HDB - 3 o 4B3T
140 Mbps	4B3T o CMI

NOTA: estos códigos se emplean para esas velocidades y utilizando como medio de transmisión el cable coaxial

CMI: código de inversión de marcas

2.9 Filtros

2.9.1 Introducción

En los sistemas de comunicaciones surge la necesidad de transmitir señales que contengan un determinado intervalo de frecuencias, mientras que otras deben eliminarse.

Esta función es ejecutada por los filtros.

Muchos medios de transmisión presentan para las señales que por ellos se transmiten características similares a los filtros.

2.9.2 Definición

Son circuitos, sistemas o parte de redes de comunicaciones que presentan características selectivas respecto de las frecuencias.

-la atenuación es variable con la frecuencia

-permite discriminar las señales que pasarán libremente y las que quedarán suprimidas.

2.9.3 Clasificación de los filtros

2.9.3.1 Generalidades

Estos dispositivos se clasifican en:

- pasa bajos
- pasa altos
- pasa banda
-suprime banda

SÍMBOLO	FILTRO DENOMINACIÓN	RESPUESTA EN FRECUENCIA
	Pasa Bajos	Atenuación; 3db; Filtro real ∞ Filtro ideal; Fcs; Δf
	Pasa Altos	Atenuación; 3db; ∞; Fci
	Pasa Banda	Atenuación; 3db; ∞ ∞; Fci Fcs; Δf
	Suprime Banda	Atenuación; 3db; ∞; Fci Fcs; Δf

Δf = Ancho de banda del filtro
Fci y Fcs = Frecuencia de corte inferior y superior

2.9.4 Diseño de filtros

2.9.4.1 Filtros de bobina y condensador

La transmisión de una frecuencia no deseada a través de una red puede evitarse:

- conectando en serie una impedancia de valor alto

-instalando en paralelo una impedancia de bajo valor que derive esa frecuencia a tierra

Señal Pasante
Zs
Zs
Señal de Salida
Señal de entrada
Zp
Señal no deseada
Filtro ``T''
Tierra
Señal Pasante
Zs
Señal de Salida
Señal de entrada
Señal no deseada
Zp
Zp
Filtro ``π''
Tierra

2.9.4.2 Filtros de cristal

Las impedancias necesarias, en serie y paralelo, para construir el filtro se obtienen mediante el empleo de cristales piezoeléctricos.

Los cristales piezoeléctricos, como el cuarzo, tienen la particularidad de desarrollar una diferencia de potencial cuando están sometidos a esfuerzos mecánicos.

2.9.4.3 Filtros activos

Están construidos por amplificadores y una red de realimentación formada por capacitores y resistencias.

La denominación activos se debe a que utilizan fundamentalmente amplificadores operacionales (las resistencias, bobinas y capacitores son elementos pasivos).

Apoyo en la web

Alfaomega Grupo Editor

Comunicaciones

Castro-Fusario

Capítulo 4:

Redes de telecomunicaciones

Temas:

- 4.1 Introducción
- 4.2 Topología de las redes de telecomunicaciones
- 4.3 Arquitecturas de comunicaciones
- 4.4 Funciones ejecutadas por las redes de telecomunicaciones
- 4.5 La red telefónica conmutada
- 4.6 Características de la voz
- 4.7 Función conmutación en la red telefónica
- 4.8 Equipos terminales conectados a la red telefónica
- 4.9 Distintos usos de la red telefónica
- 4.10 Circuitos de dos y de cuatro hilos
- 4.11 Señalización en la red telefónica
- 4.12 Red Inteligente
- 4.13 Redes privadas virtuales
- 4.14 Ingeniería de tráfico

4.1 Introducción

- Las redes de telecomunicaciones incluyen los elementos de hardware y software que permiten intercambiar información entre dos puntos geográficos remotos.
- Casi todas ellas están digitalizadas, e intercambian bits con independencia del contenido de información que los mismos transportan.
- Inicialmente se pensó en la prestación del servicio telefónico, con redes analógicas para la voz.
- En esa época no había computadores que justifiquen una red digital.
- Hoy se piensa en Redes de Telecomunicaciones digitales que funcionan a altas velocidades.

4.2 Topología de las redes de telecomunicaciones

4.2.1 Elementos constitutivos de una red

4.2.1.1 Nodo

Nodo es todo punto de una red al que concurren dos o mas vínculos de comunicaciones, equipado con facilidades que permitan la función de conmutación.

Pueden ser de dos tipos:

Nodos de conmutación: conmutan líneas o paquetes por enrutamiento (centrales telefónicas o routers).

Nodos terminales: permiten conectar los equipos terminales.

4.2.1.2 Vínculos

Son los distintos medios físicos que permiten unir dos nodos cualesquiera de una red.

Un vínculo esta constituido por un medio físico que al unir dos nodos refiere a un tipo de topología en particular.

Un enlace requiere que sea primero establecido y luego mantenido, aunque para tal fin se esté utilizando un vínculo, un nodo o varios.

4.2.1.3 Equipo terminal

-Está compuesto por partes electrónicas.

-Permite ingresar o extraer información inteligente de una red (señales de voz, datos, textos, imágenes) a través de un enlace.

4.2.2 Concepto de topología de una red

Topología es la manera en que están conectados los nodos y los vínculos de una red.

Existen las siguientes topologías básicas:

- Estrella.
- Malla.
- Anillo.
- Barra o bus.

Mediante combinación de éstas se logran topologías mixtas o híbridas.

4.2.3 Aspectos generales que hacen a las distintas topologías

Si la red no tuviera nodos de conmutación, se requeriría un número elevado de enlaces (desde cada terminal, uno a cada terminal).

Número de equipos terminales	Número de enlaces
2	1
3	3
4	6
5	10
10	45
50	1225
100	4950
1000	499500

La topología a usar dependerá de:

- La topografía del lugar.
- El costo de los vínculos.
- La flexibilidad para incorporar nuevos usuarios.
- La *performance* que desee obtener de la red.

4.2.4 Topologías básicas

4.2.4.1 En estrella

Hay un nodo central que concentra y distribuye todo el tráfico, al que están conectados todos los equipos terminales.

4.2.4.2 En malla

No hay un nodo central, todos están conectados entre sí.

Puede ser complementada por vínculos entre nodos no adyacentes (redes en malla total).

Pueden organizarse con equipos terminales solamente en lugar de nodos.

Las Redes de Datos de Área Extendida (WAN) tienen una topología de malla irregular.

Características:

•Baja eficiencia de los vínculos, debido a la existencia de redundancia.

•La redundancia de vínculos posibilitar caminos alternativos y aumenta la confiabilidad de la red.

•Como cada estación esta unida a todas las demás, existe independencia respecto de la anterior.

4.2.4.3 En anillo

Cada equipo terminal esta conectado a los dos que tiene adyacentes, hasta formar entre todos ellos un círculo.

Topología utilizada en las denominadas Redes de Área Local (LAN), donde los nodos y los terminales son:

- Estación de Trabajo (*Workstation*)
- Servidor de Archivos (*File Server*).

Dos tipos de topología en anillo:

- **Anillo con control distribuido**

Cada estación está conectada solo a otras dos:

-los datos pasan de un nodo de la red al siguiente mediante repetidores

-la conexión es secuencial hasta cerrar un círculo o anillo

- **Anillo con control centralizado (Lazo o bucle)**

-Uno de los nodos posee mayores atributos que el resto.

-Tiene la responsabilidad de controlar las comunicaciones.

4.2.4.4 En bus o barra

Cada equipo terminal esta conectado a un bus o barra

-circula toda la información

-se distribuye por el procedimiento de difusión.

Usada en las Redes de Área Local (LAN) de norma 802.3 de la IEEE (*Ethernet*)

4.2.4.5 Características comparativas de las topologías básicas

CARACTERISTICA	ESTRELLA	MALLA	ANILLO	BUS
Número de nodos	*Bajo / Medio	Alto	Medio / Alta	Medio / Alta
Confiabilidad	Media	Media	Baja	Media
Facilidad de reconfiguración de la red	Baja	Alta	Baja	Alta
Facilidad de localización de las fallas	Alta	Baja	Alta	Baja
Cantidad de enlaces necesarios	Alta	Alta	Baja	Baja

4.2.5 Topologías híbridas

4.2.5.1 Aspectos generales

Combinación de las topologías básicas (estrella, malla, anillo y bus).

Superan limitaciones:

- Incompatibilidad con el medio de transmisión.
- Limitación en el número de estaciones.
- Limitación en el alcance de las redes.
- Dificultades de operación y/o mantenimiento.
- Baja disponibilidad.

4.2.5.2 Estrella/malla

Presentan características de ambas topologías.

Ejemplo: la red telefónica conmutada

-las centrales con los abonados constituyen una red estrella

-las centrales están conectadas entre sí en malla irregular

4.2.5.3 Jerárquica (estrella/estrella)

Ciertos nodos son tributarios de otros de mayor jerarquía.

4.2.5.4 Anillo/estrella

Topología lógica de anillo con disposición física de estrella.

Utilizada cuando el mantenimiento del anillo es dificultoso, por muchos nodos, y/o tendido físico complicado.

4.2.5.5 Red bus/estrella

Conexionado lógico de bus, conectados físicamente en estrella.

Utilizadas cuando el medio es fibra óptica (tiene dificultades para implementar un enlace punto a multipunto como en bus).

4.2.5.6 Estrella/Anillo

Conectar varias subredes entre sí, aumentando la confiabilidad ante posibles fallas.

4.3 Arquitecturas de comunicaciones

4.3.1 Aspectos generales

Las redes de telecomunicaciones necesitan:

-establecer una comunicación

-controlar el flujo de datos entre las estaciones

-cuando el dialogo finalizo, liberarla

La arquitectura de la red es un conjunto de normas que fijan las reglas para que los equipos terminales puedan comunicarse entre sí.

4.3.2 Concepto de conectividad

Es la posibilidad de interconectar equipos de diferentes marcas y proveedores, integrándolos en redes armónicas con los mismos estándares.

Hay arquitecturas abiertas y propietarias.

Las abiertas tienen como fundamento teórico básico el modelo de capas o niveles, normalizado por la ISO y la UIT-T.

4.3.3 Clasificación de las arquitecturas de comunicaciones

4.3.3.1 Arquitecturas propietarias

- **Arquitectura SNA-Arquitectura de Redes de Sistemas *(Systems Network Architecture)***

Desarrollada por IBM para la interconexión de redes de computadoras con una fuerte centralización:

- un procesador central importante (mainframe)
- computadores medianos
- estaciones bobas (terminales de entrada/salida de texto)

- **Arquitectura DNA-Arquitectura para Redes Distribuidas *(Distributed Network Architecture)***

Basada en siete capas similares a la arquitectura OSI.

Niveles: Enlace Físico, Enlace de Datos, Transporte, Control de Sesión y Servicios de Red, Aplicación de Red, Gestión de Red y Usuario.

- **Arquitectura DSE–Ambiente de Sistemas Distribuídos *(Distributed System Environment)***

Capas denominadas estratos: Enlace, Encaminamiento, Transporte, Sesión y Presentación.

4.3.3.2 Arquitecturas abiertas

- **Arquitectura OSI-Interconexión de Sistemas Abiertos *(Open Systems Interconnection)***

Modelo de referencia diseñada conjuntamente por la Organización Internacional para las Normalizaciones (ISO) y por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT-T).

- **Arquitectura DARPA-Agencia de Proyectos de Investigación Avanzados para la Defensa *(Defense Advanced Research Project Agency)***
- Pertenecen a esta arquitectura, la suite de protocolos conocidos como TCP/IP.

4.3.4 El concepto de la ISO

4.3.4.1 Descripción del modelo

El modelo de la ISO esta compuesto por siete capas.

Para cada una de ellas debe estar definido un protocolo para sus funciones.

El modelo distribuye las funciones que se necesitan cumplir para lograr una comunicación segura y eficiente.

4.3.4.2 Principios considerados para la determinación del número de capas

- El número de capas no debe ser grande.
- El numero de capas debe estar relacionado con la funciones para ejecutar.
- Las fronteras entre una capa y otra deben minimizar el flujo de información.
- Las funciones de una capa deben poder rediseñarse por avances en la tecnología sin alterar los servicios de las capas adyacentes.
- La frontera entre una capa y otra debe estar en donde resulte útil normalizar la interfaz correspondiente a ambas.

4.3.4.3 Relaciones entre las distintas capas

Entorno del Sistema Real
"A" Sistema Abierto
"B" Sistema Abierto
"C" Sistema Abierto
Capas pares
Capas Pares
N
N
N
Medio físico de comunicación
Medio físico de comunicación
Medio físico de comunicación

COMPUTADOR
"A"
FUENTE
COMPUTADOR
"B"
COLECTOR
CAPA DE APLICACION
CAPA DE PRESENTACION
CAPA DE SESIÓN
CAPA DE TRANSPORTE
CAPA DE RED
CAPA DE ENLACE
CAPA FÍSICA
PRTOCOLO DE APLICACIÓN
PROTOCOLO DE REPRESENTACIÓN
PROTOCOLO DE SESIÓN
PROTOCOLO DE TRANSPORTE
PROTOCOLO DE RED
PROTOCOLO DE ENLACE
PROTOCOLO FÍSICO
AH Datos
PH AH Datos
SH PH AH Datos
TH SH PH AH Datos
NH TH SH PH AH Datos
DLH NH TH SH PH AH Datos
PH DLH NH TH SH PH AH Datos
Medio físico de comunicación

4.3.4.4 El modelo de la ISO y la arquitectura TCP/IP

4.3.5 Funciones y servicios de capa

4.3.5.1 Introducción

Los protocolos de capa deben proporcionar servicios a la capa inmediata superior mediante funciones.

Analicemos las funciones de cada capa del modelo.

4.3.5.2 Capa Física

- Conecta al computador con el medio de comunicaciones
- Permite que los *bits* sean transferidos desde este hacia la red y viceversa (comunicación con conmutación) o hacia otro computador (comunicación punto a punto, sin conmutación).
- Establece las especificaciones mecánicas, eléctricas y lógicas para ejecutar los procedimientos necesarios para comenzar, mantener y finalizar la conexión física

4.3.5.3 Capa de enlace

- Establece, mantiene y libera el enlace entre terminales.
- Permite la transferencia ordenada de las tramas trasmitidas.
- Facilita el flujo de información
- Detecta y corrige los errores
- Contiene la dirección de destino.

Esta capa y la capa física son las mínimas necesarias para transferir datos.

4.3.5.4 Capa de red

- Permite direccionar el trafico de paquetes mediante mecanismos de conmutación.
- Establece el camino deben seguir usando la dirección física del receptor.
- Encamina los paquetes hacia su destino de la manera mas eficiente.

4.3.5.5 Capa de transporte

- Permite mantener la integridad de los datos de extremo a extremo (fuente a colector).
- Facilitando el enrutamiento, la segmentación y la unión en el mensaje original.
- Si es necesario, recupera errores.
- Esta capa maneja mensajes.
- Efectuar la transferencia transparente de datos
- Optimizar el uso del servicio de red disponible
- Ofrece la calidad de funcionamiento que necesita cada ente a un costo mínimo.

4.3.5.6 Capa de sesión

- Maneja las disponibilidades de la red.
- Controla las memorias intermedias
- Verifica que la capacidad de procesamiento no se vea saturada
- Sincroniza los equipos terminales
- Verifica la autenticidad del usuario y el tipo de dialogo (símplex, semidúplex o dúplex).

4.3.5.7 Capa de presentación

Se ocupa de:

- la sintaxis de los datos
- la conversión de códigos (transcodificación)
- la encriptación o desencriptación (si fuera necesario su uso)
- la compresión y descompresión de la información

4.3.5.8 Capa de aplicación

- Controla y ejecuta las actividades que requiere una determinada aplicación desde y hacia el extremo remoto.
- Facilita la transferencia de archivos y de mensajes de correo
- Emula terminales virtuales
- Permite el acceso a bases de datos remotas
- Permite el gerenciamiento de la red.

4.4 Funciones ejecutadas por las redes de telecomunicaciones

4.4.1 Introducción

Las funciones básicas son:

- Conmutación.
- Transmisión.

En algunas redes como la telefónica, es necesario contar con la función de señalización.

4.4.2 Conmutación

4.4.2.1 Conceptos generales

Consiste en seleccionar un camino entre muchos posibles para enlazar dos equipos terminales utilizando vínculos.

Ejemplos de conmutadores:

- centrales telefónicas
- *router*
- *switch*, etc.

Técnicas básicas de conmutación:

-de circuitos

-de mensajes

-de paquetes.

4.4.2.2 Conmutación de circuitos

Los conmutadores establecen un camino físico determinado para cada comunicación. Los recursos están disponibles durante todo el tiempo que dura la comunicación.

Hay tres fases:

- Establecimiento de la comunicación.
- Transferencia de la información.
- Desconexión de la comunicación.

Los equipos se denominan llamante y llamado.

Para establecer el circuito se da intervención a los conmutadores de la red.

ETT E
ETT B
ETT D
ETT C
ETT A
ETT F
CU
CT
Canal establecido entre A y B
Canal establecido entre C y D
Canal establecido entre E y F
Central Interurbana de Tránsito
Central Telefónica
Equipo Terminal Telefónico - ETT

4.4.2.3 Conmutación de mensajes

Permite la transmisión de bloques de información digitalizada.

Cada uno de ellos debe contener la dirección origen y la de destino.

Hay procesos de almacenamiento y retransmisión de la información.

Se basa en el almacenamiento de los mensajes en los nodos, donde son encolados a la espera del momento más oportuno para ser retransmitidos.

Similar a la conmutación de paquetes no orientada a la conexión.

ETD C
A1-C B2-C A4-C
C4-F C3-E C2-F C1-D
NODO 1
A R
C1-D
NODO 2
A R
B1-D A2-D C1-D
ETD D
C4-F C3-E C2-F
A1-C B2-C A4-C
B1-D A2-D
C3-E A3-E
ETD E
ETD A
A4-C A3-E A2-D A1-C
NODO 4
A R
B3-F A3-E
NODO 3
A R
C4-F C2-F B3-F
ETT B
B3-F B2-C B1-D
ETD F
NODO
A R
Nodo de conmutación-almacenamiento y retransmisión de mensajes
A4-C
Mensaje Nº 4 generado por el ETD A con destino al ETD C

4.4.2.4 Conmutación de paquetes

La conmutación de paquetes solo puede funcionar con señales digitales.

Los mensajes (compuestos por una sucesión de bits) son divididos en el equipo transmisor en mensajes de tamaño más reducido, denominados paquetes.

A los paquetes se les adiciona toda la información necesaria para que:

-los conmutadores puedan definir la ruta adecuada

-se pueda rearmar el mensaje en el destino.

ETD C
ETD D
ETD B
ETD E
ETT A
ETD F
Router
1
2
3
4
5
6
7
EC2-1
EC2-2
EC2-3
EC2-4
EC2-5
EC2-6
EC2-7
EC2-8
AD1-1
AD1-2
AD1-3
AD1-4
AD1- 5
AD1- 6
Router - Equipo conmutador de paquetes
AD1-1
Paquete AD1-1. Paquete Nº 1 correspondiente al circuito virtual AD1.
Circuito Virtual 1 establecido entre ETD A y ETD D
Circuito Virtual 2 establecido entre ETD E y ETD C

4.4.3 Transmisión

Transportan la información entre los extremos ,
facilitando la comunicación entre los distintos nodos de la red,
mediante vínculos cuya capacidad debe estar en relación directa con el tráfico.

4.5 La red telefónica conmutada

4.5.1 Aspectos generales

Las comunicaciones telefónicas fueron inventados en el siglo XIX.

Muchas de las características de las redes de telecomunicaciones digitales actuales se han originado en la llamada red telefónica conmutada o POTS (*Plain Old Telephone Service*) para los servicios de telegrafía y telefonía.

Actualmente la red telefónica se ha transformado en la Red Soporte que brinda servicios que van mucho mas allá de la telefonía.

4.5.2 Características particulares de la red telefónica

- **La red está siempre allí, donde uno la necesita** (si llega…)
- **Los costos son bajos o razonables.**
  - La UIT-T, establece parámetros para fijar las tarifas de los servicios.
- **El sistema telefónico es abierto para la transmisión de datos.**
  - No necesita autorizaciones especiales

4.5.3 Digitalización de la red

Las redes telefónicas inicialmente eran analógicas, porque la voz es analógica.

Con la tecnología de estado solido y microprocesadores la digitalización avanzó rápidamente.

Han aumentado

-las velocidades de trasmisión

-la cantidad de instrucciones por segundo que pueden procesar los nodos

La digitalización de la red ha traído numerosas ventajas económicas y tecnológicas.

4.6 Características de la voz

4.6.1 Definiciones

Sonido es la propagación por medio de ondas de fenómenos audibles a través de un medio elástico.

Las ondas electromagnéticas se pueden propagar en el vacío, pero el sonido necesita siempre de un medio.

Sonido es la sensación que se produce en el órgano del oído de un observador como consecuencia del movimiento ondulatorio producido por la presión de las moléculas de aire.

Dos formas de analizarlo:

-física: con variables medibles (presión, energía sonora y fenómenos de propagación

-psicológica: sensación producida en cada individuo

4.6.2 Propagación, intensidad y potencia del sonido

La propagación del sonido genera una presión sonora o acústica.

La energía de las ondas sonoras produce un movimiento ondulatorio de las partículas del aire, que ocasiona una variación en la presión estática del mismo.

El nivel de presión sonora determina la intensidad del sonido.

El sonido se propaga mediante el transporte de energía, pero sin transporte de materia, mediante ondas mecánicas a través de medios sólidos, líquidos o gaseosos.

Se generan vibraciones longitudinales que producen variaciones de presión en el medio.

La velocidad de propagación no depende de la longitud de onda sino de:

-las características del medio (en el aire es 340 m/s)

-la temperatura a la que este se encuentre.

Al propagarse las ondas sonoras sufren una atenuación directamente proporcional al cuadrado de la distancia recorrida (el alcance es reducido).

La intensidad de un sonido es la presión sonora por unidad de superficie normal a la dirección de propagación.

Donde:

P = Presión sonora

σ = Superficie normal en la dirección de propagación

Relación entre presión del sonido en dB y valores en Pascal.

Valores de potencia acústica de diferentes sonidos

VARIABLES	Presión Sonido Pa	Nivel Sonido dB
Turbina de un avión	200	140
Umbral de dolor	20	120
Máquina de taladrar o remachar	2	100
Esquina de una ciudad con mucho ruido	0,2	80
Oficina muy ruidosa	-----	70
Conversación en grupo	0,02	60
Automóvil a marcha normal	-----	50
Radio a volumen moderado	0,002	40
conversación íntima	0,0002	20
Susurros	-----	10
Umbral de audición	0,00002	0

4.6.3 Percepción del sonido

Volumen o intensidad (*loudness*) a la percepción subjetiva que tiene el ser humano de un determinado sonido.

Para duplicar una sensación de intensidad, habrá que duplicar también la ganancia en dB y no la potencia .

Un sonido está caracterizado por:

- la intensidad de potencia
- la única frecuencia (única o un conjunto dentro de un ancho de banda).

La frecuencia de un sonido esta vinculada a la velocidad de variación de la presión sonora o tono.

Línea del umbral del dolor
Nivel de intensidad en Phones
120
110
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
Nivel mínimo umbral
Nivel de presión del sonido en dB
120
100
80
60
40
20
0
20
50
100
300
1 KHz
3 KHz
10 KHz
20 KHz
Frecuencia - Hz

Por su tono se clasifican las voces masculinas y femeninas.

TONO	VOCES FEMENINAS	VOCES MASCULINAS
MÁS GRAVE	Contralto	Bajo
↑	Mezzosoprano	Barítono
↓		Tenor
MÁS AGUDO	Soprano	Contratenor

La voz y los instrumentos generan sonidos que no son ondas sinusoidales puras.

4.6.4 Transmisión de la voz por la red telefónica

La red telefónica está diseñada para transportar la voz.

Región auditiva generada por la voz:

Región auditiva generada por la música:

4.7 Función conmutación en la red telefónica

4.7.1 Características del proceso de conmutación

4.7.2 Distintos tipos de conmutadores

- **Centrales locales (Local Exchange-Central Office)**

Son centrales públicas directamente vinculadas al usuario final.

En localidades chicas se instala una Unidad Automática:

-concentra las líneas sin unidad de control

-deriva los pedidos de conmutación a la central local

- **Centrales privadas**

Son conocidos como PABX, son de mediana capacidad, instaladas en empresas, no pertenecen al operador de la red pública.

Están conectadas por medio de enlaces trocales.

Actualmente, son de tecnología totalmente digital.

- **Centrales de tránsito (Tandem Exchange o Toll Center)**

Interconectan a las centrales locales de la red.

No poseen usuarios conectados a ellas, conmutan centrales locales o interurbanas.

Se las conoce como:

- Centros Automáticos Urbanos
- CA Interurbanos
- CA Internacionales

4.7.3 Procesos de conmutación en la red telefónica

Central de
Tránsito Internacional
Ciudad A
CU
Ciudad D
CU
Central de
Tránsito Interurbana
Central de
Tránsito Interurbana
CU
Ciudad B
CU
Ciudad C

4.7.4 Plan de numeración

4.7.4.1 Aspectos generales

Plan de Encaminamiento: establece las rutas, y sus alternativas, para cada uno de los enlaces posibles.

Da lugar a un Plan de Numeración construido sobre la base del orden jerárquico que se desprende de la topología de la red.

Control de los distintos elementos de la Red
NIVEL DE SINCRONISMO, CONTROL Y SEÑALIZACIÓN
Hacia otras Redes Nacionales
CAInt
CAInt
PLANO INTERNACIONAL
CAI
CAI
CAI
CAI
PLANO INTERURBANO
CAU
CAU
CAU
PLANO URBANO
CU
CU
CU
CU
CU
CU
CU
UA
CAInt : Centro Automático Internacional
CAI : Centro Automático Interurbano
CAU : Centro Automático Urbano
CU : Central Urbana
UA : Unidad Automática
Camino Principal
Camino de desborde o secundario

4.7.4.2 Plan de Numeración Telefónico

Códigos de país iberoamericanos y americanos de lengua inglesa

PAÍS	CÓDIGO	REGIÓN	PAÍS	CÓDIGO	REGIÓN
Anguila	1	5	Guayana Francesa	594	5
Antigua	1	5	Guinea Ecuatorial	240	5
Antillas Holandesas	599	5	Guyana	592	5
Argentina	54	5	Haití	509	5
Argentina (Islas Malvinas)	500	5	Honduras	504	5
Aruba	297	5	Islas Caimán	1	5
Bahamas	1	5	Islas Saint Kitts	1	5
Barbados	1	5	Islas San Pedro y Michelon	508	5
Belice	501	5	Islas Turcos y Caicos	1	5
Bolivia	591	5	Islas Vírgenes Británicas	1	5
Brasil	55	5	Jamaica	1	5
Canadá	1	5	Martinica	596	5
Chile	56	5	México	52	5
Colombia	57	5	Montserrat	1	5
Costa Rica	506	5	Nicaragua	505	5
Cuba	53	5	Panamá	507	5
Dominica	1	5	Perú	51	5
Ecuador	593	5	Portugal	351	5
El Salvador	503	5	San Vicente	1	5
España	34	5	Santa Lucía	1	5
Estados Unidos	1	5	Surinam	597	5
Granada	1	5	Trinidad & Tobago	1	5
Guadalupe	590	5	Uruguay	598	5
Guatemala	502	5	Venezuela	58	5

- **Código Nacional de Área**

Facilita el encaminamiento dentro de una red nacional.

Puede tener hasta varios dígitos.

En USA todos los códigos de área tienen siempre tres dígitos.

En muchos países se asigna siempre 10 dígitos a la totalidad del número nacional de un abonado.

-si en el modo local el número tiene ocho dígitos, el código de área tiene dos.

-si tiene seis dígitos, los otros cuatro corresponderán al código de área.

- **Número de abonado local**

Varia entre cinco y ocho dígitos en las redes totalmente automáticas.

La longitud dependerá de la importancia del centro urbano.

Códigos de Acceso: se anteponen al número telefónico del abonado para:

- acceder a una Central de Transito Interurbana (Código de Acceso Interurbano).
- acceder a una Central de Transito Internacional (Código de Acceso Internacional).

4.8 Equipos terminales conectados a la red telefónica

4.8.1 Introducción

Terminales habituales: teléfonos, facsímil y computadoras con módem.

Los equipos facsímil son reemplazados por el uso del correo electrónico.

4.8.2 Teléfonos

- Dos grandes grupos:
  - los equipos normalizados, que pueden ser conectados directamente a la red telefónica,
  - los equipos propietarios, que solamente pueden ser conectados a las centrales privadas para las cuales han sido diseñados.
- Los propietarios tienen funciones especiales.

- Procedimientos de discado

Señales de pulsos: se generan desde los teléfonos con dial rotativo o con teclado digital.

El dial genera pulsos de corriente/no-corriente.

- Procedimientos de discado

Señales multifrecuentes: se generan desde teléfonos con teclado digital. Las señales generadas son dos tonos de distinta frecuencia.

	1209 Hz	1336 Hz	1447 Hz	
Fila 1	1	2	3	697 Hz
Fila 2	4	5	6	770 Hz
Fila 3	7	8	9	852 Hz
Fila 4	*	0	#	943 Hz
	Columna 1	Columna 2	Columna 3	

4.8.3 Facsímiles

Terminal que permite la transmisión de documentos escritos.

Se convierte su contenido en señales eléctricas.

Trabajaban a una velocidad de transmisión razonables y lograban una calidad aceptable.

Clasificados por la UIT-T en cuatro grupos: Clases I a IV.

4.9 Distintos usos de la red telefónica

4.9.1 Consideraciones generales

Las redes telefónicas se emplean para la transmisión de datos ya que:

- El servicio telefónico está disponible en todo el mundo.
- Importantes inversiones de capital han instalado sistemas de transmisión.
- El costo de una red privada se ha tornado accesible mediante la contratación de circuitos arrendados de la red telefónica (red soporte).
- Es un servicio normalizado internacionalmente.
- Los costos son aceptables.

4.9.2.1 Aspectos generales

4.9.2.2 Características especiales de los circuitos conmutados

- Esta transmisión no puede ser pre acondicionada (el enrutamiento puede cambiar en cada comunicación).
- Si la comunicación es muy deficiente se vuelve a efectuar la llamada para buscar un enrutamiento diferente.
- El enlace se desconecta una vez que se termina la comunicación.
- La tarifa está relacionada con el tiempo de la comunicación y la distancia.
- Tienen poca calidad, en comparación con los circuitos arrendados.
- Puede haber ruido impulsivo (poco frecuente en redes digitales)
- La señalización está dentro de la banda de transmisión, los equipos de datos no deben interferir.
- Velocidad de modulación máxima: 3300 Baudios
- Velocidad de transmisión máxima: 52 000 bps.

4.9.3 Los circuitos arrendados

4.9.3.1 Aspectos generales

En circuitos arrendados sobre la red telefónica se puede obtener mejor calidad de transmisión.

4.9.3.2 Características especiales de los circuitos arrendados

- Están conectados a través de los edificios de las centrales urbanas pero no pasan por sus dispositivos de conmutación (sin ruido impulsivo)
- Poseen dispositivos que disminuyen las perturbaciones y la distorsión.
- Los ecualizadores corrigen la distorsión de frecuencia.
- Al seleccionar los pares se buscan los de menores pérdidas.
- Se puede trabajar con mayores velocidades de modulación que en los circuitos conmutados.

4.9.4 Red soporte

Las redes particulares (empresariales) se implementan contratando circuitos arrendados de cuatro hilos(punto a punto) a los operadores de la red telefónica publica.

Los circuitos que se contratan son digitales.

Se debe especificar:

-los puntos que deben ser unidos (inicial y final)

-el ancho de banda que se requiere (bps)

Puede soportar otras aplicaciones diferentes a la telefónica.

Se usan:

- cuando la línea no debe estar nunca ocupada en otra conversación
- cuando los costos de conmutación son mayores que los de arrendar la línea.

4.9.5 Análisis de costos entre servicios conmutados y servicios permanentes

4.10 Circuitos de dos y de cuatro hilos

Circuitos a dos hilos:

- Velocidades de modulación de hasta 3 300 Baudios.
- Puede haber oscilaciones que perturben.
- En datos se obtiene la calidad normal de la norma M.1140 del UIT–T.
- Para señales de voz en líneas largas se colocan amplificadores bidireccionales.

CH
RR
RR
CH
Línea a
2 hilos
Línea a
4 hilos
Repetidores
generativos
Línea a
2 hilos
Par de recepción
RR
Bobina híbrida
Línea a
2 hilos
Cicuito
de
balance
Línea a
4 hilos
Par de transmisión
RR

Circuitos a cuatro hilos:

- Aptos para las comunicaciones dúplex completo (*full dúplex*).
- Niveles de calidad compatibles de la norma M.1120 del UIT–T.
- No requieren el uso de bobinas hibridas.
- Necesitan dos pares de abonado para cada circuito.

4.11 Señalización en la red telefónica

4.11.1 Conceptos generales

- Para intercambiar información entre dos extremos de la red se debe establecer un canal de comunicaciones a través de los vínculos.

4.11.2 Definición

Señalización de un canal de comunicaciones es el intercambio de información relacionada con el establecimiento, mantenimiento, liberación y control de las conexiones y con la gestión de una red de comunicaciones (Recomendación G.702 de la UIT-T).

Este intercambio se realiza a través de información codificada.

4.11.3 Funciones que cumple la señalización

- Establecer y liberar el canal de comunicaciones.
- Proporcionar información acerca del usuario final o destinatario de la llamada.
- Informar sobre el progreso de una llamada.
- Generar señales de alerta, tales como avisos de llamada en espera o de tener descolgado el micro teléfono.
- Proporcionar información sobre la condición de una línea de abonado o de un circuito troncal.
- Envío de señales de congestión y ocupado.
- Asegurar la confiabilidad de las comunicaciones.
- Permitir la ejecución de funciones administrativas y de mantenimiento.

4.11.4 Características de las señales transmitidas

La señalización puede realizarse empleando señales analógicas o digitales.

Las señales analógicas envían en forma continua el estado de la señal

Se debe preservar la forma de la onda durante la transmisión.

Procedimientos :

- Duración de los pulsos (en los sistemas de marcación por pulso).
- Combinación de diferentes tipos de pulso.
- Frecuencia de la señal.
- Presencia o ausencia de la señal (corriente o no corriente).

4.11.5 Funcionamiento de los sistemas de señalización en la red telefónica

4.11.5.1 Generalidades

Hay dos tramos:

-el trayecto del par de abonado (última milla)

-el trayecto entre las centrales que arman el canal de comunicaciones

Hay varios casos:

-ambos usuarios conectados a la misma central

-intervienen solo dos centrales

-la llamada debe pasar por varias centrales hasta llegar al destino.

4.11.5.2 Señalización en el par telefónico entre el teléfono y la central

4.11.5.3 Señalización en los enlaces troncales entre centrales

La señalización se puede trasmitirse de dos formas:

-asociada al canal que transporta la información

-por un canal especifico diferente.

- **Sistemas de señalización por canal asociado**

Presenta una serie de limitaciones y es más antiguo.

Se utiliza en las redes analógicas

Puede ser de dos tipos:

- Sistema dentro de banda.
- Sistema fuera de banda.

CENTRAL B
Canales de Voz entre las centrales A y B
CU
CU
Canal de señalización entre las centrales A y B
CENTRAL A

Usuario A
Central Telefónica 1
Red Telefónica Conmutada
Central Telefónica 2
Usuario B
A solicita a B
Central 1 solicita captura de un canal de voz y otro de señalización
Central 2 reconoce y acepta el pedido. Captura del canal
Envío de la información de la dirección del usuario B
Timbre de llamada
B levanta el microteléfono
Señal B responde
Establecimiento de la conexión y comienzo de la conversación
Si B cuelga primero
Liberación del canal de voz y de señalización hacia atrás
Si A cuelga primero
Liberación del canal de voz y de señalización hacia adelante

4.11.6 Sistema de señalización por canal común

4.11.6.1 Características generales

Sistema CCS7 o ITU–T 7

Posibilitar la señalización entre centrales

Opera con los principios de transmisión de datos por conmutación de paquetes.

Utiliza un amplio conjunto de protocolos de comunicaciones del modelo OSI

Utiliza dos canales separados para:

- señales de voz
- señales de control

4.11.6.2 Características particulares

- Canales separados pueden evolucionar en forma independiente.
- Mayor rapidez en la transmisión.
- Con un único canal de señalización maneja varios canales de información.
- Flexibilidad para introducir cambios o nuevas mejoras en el servicio.
- Normalización internacional.
- Diseño y funcionamiento según el modelo de capas de la ISO.
- Hay variantes usadas por:
  - Modo de Transferencia Asincrónico (ATM)
  - Sistema Global de Comunicaciones Móviles (GSM).

4.11.6.3 Arquitectura de protocolos

4.11.6.4 Tareas que realizan los protocolos del sistema

- MTP 1: Protocolo de Mensajes nivel 1: características físicas, eléctricas y funcionales de canal de señalización y los medios para acceder al mismo.
- MTP 2: Protocolo de Mensajes nivel 2: funciones y procedimientos para la transferencia de mensajes de señalización
- MTP 3: Protocolo de Mensajes nivel 3: funciones de transferencia y los procedimientos que son comunes e independientes de operación de enlaces

- SCCP: funciones adicionales para prestar servicios de red con conexión y sin ella.
- TUP: funciones de señalización de control de las llamadas de telefonía vocal.
- PU-RDSI: funciones de señalización para las Redes Digitales de Servicios Integrados–RDSI.
- TCAP: funciones de la capa de aplicación.

  Protocolos y mensajes para comunicar aplicaciones (base de datos de información de la red, conexión entre distintos conmutadores, reconocimiento del discado, etc.) usando el protocolo SCCP.
- OMAP: facilitar la tarea de los administradores de la red de señalización CCS7.

  Valida la red y diagnostica problemas usando mensajes MTP y SCCP.

4.11.6.5 Red de señalización

4.12 Red Inteligente

4.12.1 Conceptos generales

Red Inteligente–RI (*Intelligent Network–IN*) se aplica sobre las mismas redes de telecomunicaciones clásicas para ofrecer nuevos servicios.

Esto es posible porque:

- Hay movilidad por la miniaturización de los componentes electrónicos.
- Se usan procesadores inteligentes en las redes digitales de transmisión de datos.
- Hay sistemas informáticos embebidos en el hardware de comunicaciones.

4.12.2 Definición, objetivo y alcance

4.12.2.1 Definición

La Red inteligente supone la prestación de nuevos servicios con técnicas de procesamiento de información:

-utilización eficaz de recursos

-uso de sistemas modulares y reutilizables de las funciones de red

-creación y prestación de servicios integrados

-asignación flexible de funciones

-portabilidad

-comunicación normalizada por medio de interfaces independientes del servicio

-control por parte de los usuarios de algunos atributos de servicio específicos

-gestión normalizada de la lógica de servicio

4.12.2.2 Objetivo

Permite la inclusión de más capacidades para prestar servicios

-con independencia de la ejecución de los servicios de red

-en un entorno con múltiples suministradores.

4.12.2.3 Alcance

El concepto de red inteligente se aplica a:

- Red telefónica pública conmutada (RTPC).
- Red móvil (RM).
- Red pública de datos con conmutación de paquetes (RPDCP).
- Red digital de servicios integrados (RDSI)
  - Banda Estrecha-RDSI-BE
  - Banda Ancha-RDSI-BA

4.12.3 Funcionamiento

4.12.3.1 Conceptos generales

En las redes tradicionales los usuarios estaban asociados a conexiones físicas con un número que lo identifica en la red.

4.12.3.2 Estructura de funcionamiento

4.12.4 Servicios

4.12.4.1 Conceptos generales

Servicios clásicos de la red telefónica conmutada pública:

- La hora oficial.
- La guía telefónica.
- Reparaciones.

4.12.4.2 Clases y tipos de servicios

Los servicios de la red Inteligente pueden ser clasificados según las características hacia las que están orientadas:

- Portabilidad del numero local (*Local number portability*–LNP).
- Tarifación.
- Servicios comerciales especiales.
- Movilidad del usuario.
- Servicios comunitarios
- Audiotexto.
- Seguridad.

4.13 Redes privadas virtuales

4.13.1 Concepto y definición

Las Redes Privadas Virtuales proveen un servicio similar a las redes privadas.

Usan los recursos físicos y lógicos de un operador publico, quien emplea sus recursos y el auxilio de su red inteligente para configurarla como una red dedicada.

El hardware de la red puede ser mixto, en parte propio y en parte facilitado por el operador.

4.13.2 Características principales

4.13.2.1 Físicas

El operador provee líneas totalmente dedicadas que se conectan a las Centrales Telefónicas Privadas de la organización.

En lugares con poco personal se proveen líneas dedicadas.

En otros se instalan centrales privadas de capacidad variable.

4.13.2.2 Lógicas

Este tipo de redes pueden tener alguna de las siguientes características:

- Numeración interna única y abreviada.
- Numeración de cada teléfono de la red interna, con identificación en la red publica con un numero único de acceso desde ella.
- Interconexión lógica y física entre las distintas centrales privadas instaladas en la red.
- Tarifas diferenciales.
- Instalación de una Red Intranet de datos.
- Uso especial de equipos firewall de acceso a la red (que pueden ser operados por la empresa o por el propio operador de telecomunicaciones que organiza la red virtual).
- Acceso a la Red Internet.

4.14 Ingeniería de tráfico

4.14.1 Consideraciones generales

4.14.1.1 Definiciones

4.14.1.2 Ejecución de las tareas de ingeniería de tráfico

- El dimensionamiento de centrales y enlaces troncales, ha ido cambiando con la tecnología.
- En una primera época era una tarea casi artesanal.
- Ahora las decisiones surgen de mediciones que hace el software.

4.14.2 Medida del tráfico

4.14.2.1 Definiciones y parámetros utilizados

El tráfico telefónico es de naturaleza aleatoria

Su estudio entra en el campo de la teoría de la probabilidad

Presenta períodos con máximos (hora pico) y mínimos.

Cada usuario realiza llamadas de variadas duraciones.

Intensidad de tráfico es el número de llamadas por unidad de tiempo

Tiempo de retención es el tiempo promedio que dura cada llamada.

4.14.2.2 Concepto de hora pico

4.14.2.3 Unidades de medida del flujo de tráfico

Denominaremos flujo de tráfico sobre un nodo, o en un vínculo de comunicaciones, al producto de la intensidad de tráfico por el tiempo de retención.

La unidad de flujo de tráfico es el *Erlang* en honor a un matemático danés.

4.14.3 Congestionamiento y grado de servicio

4.14.3.1 Concepto de congelamiento

Los nodos de conmutación pueden ser congestionables (blocking) o no congestionables (no blocking).

Los nodos de conmutación instalados como centrales telefónicas de las redes publicas con conmutación están dimensionados para poder atender a N abonados de un total de M conectados.

Cuando se empiezan a establecer conexiones sobre una central, los abonados hasta el numero N obtendrán tono de discar, pero el abonado N + 1 recibirá tono de ocupado (central esta congestionada o bloqueada).

Que no exista la posibilidad de bloqueo resulta antieconómico.

Se diseña para que con el flujo de trafico en la hora pico el equipo no se bloquee.

4.14.3.2 Grado de servicio

El grado de servicio es la probabilidad de que el equipo conmutador pueda bloquearse en la hora pico.

Llamada perdida es la que al primer intento no obtienen el tono de discar.

4.14.3.3 Determinación del grado de servicio

Grado de servicio depende del flujo de tráfico en la hora pico.

Los valores de tráfico pueden llevarse a distintos modelos para calcular el grado de servicio en función del numero de líneas troncales necesarias para evacuar el tráfico recibido sobre una ruta determinada.

Los modelos más utilizados están basados en:

- Modelo de Distribución de Poisson
- Modelo de Distribución de Erlang

Apoyo en la web

Alfaomega Grupo Editor

Comunicaciones

Castro-Fusario

Capítulo 5:

Medios de comunicaciones

Temas:

- 5.1 Introducción
- 5.2 Cables de cobre
- 5.3 Líneas de cobre desnudos
- 5.4 Cables de par trenzados
- 5.5 Cables multipares
- 5.6 Cables coaxiles
- 5.7 Cables de pares trenzados blindados y sin blindar
- 5.8 Cables submarinos de cobre
- 5.9 Radiocomunicaciones
- 5.10 Satélites
- 5.11 Microondas
- 5.12 Guias de onda
- 5.13 Láser
- 5.14 Fibras ópticas
- 5.15 Cables submarinos de fibra óptica

5.1 Introducción

El Equipo Terminal debe tener las características adecuadas que permitan transmitir la información que se desea.

Todo sistema de comunicaciones debe tener:

-un equipo terminal en cada extremo

-transmisores y receptores

-medio físico de comunicaciones

5.2 Cables de cobre

5.2.1 Definición y distintos tipos

Son el medio de comunicaciones más usado

Se usa en las redes de banda ancha con la **tecnología xDSL**.

Variantes:

- Líneas de cobre desnudos.
- Cables de par trenzados.
- Cables multipares.
- Cables multipares de aéreos.
- Cables coaxiles.
- Cables de pares trenzados blindados (para uso en cableado estructurado).
- Cables de pares trenzados sin blindar (para uso en cableado estructurado).
- Cables submarinos de cobre.

5.2.2 Los medios de transmisión basados en conductores de cobre

Los conductores presentan formas constructivas diversas.

Características similares:

- Conductividad del material directamente relacionada con su atenuación por kilometro.
- Diámetro y la separación entre los conductores.
- Características del dieléctrico utilizado.
- Capacidad mutua entre conductores.
  - Ambos se comportan entre si como si fueran capacitores.
  - La capacitancia mutua es la capacidad que presentan cada uno de ellos respecto del otro
- Resistencia mecánica que ofrecen para su instalación.
- Facilidad con que pueden ser manipulados.
- Aspectos que hacen a sus detalles constructivos.

5.3 Líneas de cobre desnudos

5.3.1 Características generales

- Alto costo de mantenimiento o de ampliación de sus recorridos.
- Ancho de banda limitado.
- Fuerte dependencia de factores meteorológicos o inclemencias del tiempo
- Propensas a acciones de vandalismo
- Posibilidad de capturar ruido exógeno, o generación de diafonía por defectos constructivos.

5.3.2 Detalles constructores y operativos

Líneas abiertas a dos hilos sobre postes con dos alambres sobre aisladores cerámicos en travesaños horizontales a *0,5 m*.

Los postes son de palmera previamente tratados con creosota para mayor duración.

COBRE: Conductores de 3, 4 y 5 mm
BRONCE: Conductores de 1,5, 2 y 3 mm
HIERRO GALVANIZADO: Conductores de 2, 3, 4 y 5 mm

5.4 Cables de par trenzados

5.4.1 Características generales

- Escasa inmunidad frente a las interferencias producidas por campos electromagnéticos externos y al ruido impulsivo.
- Bajo costo, y por lo tanto amplio uso en distintas partes de la red.
- Posibilidad de presencia de diafonía.
- Ancho de banda máximo reducido.
- Resistencia eléctrica del par: disminuye cuanto mayor es el diámetro del conductor y aumenta con la distancia.
- El uso limitado por el **efecto pelicular**, más evidente a mayor velocidad .
- El alto valor de **capacitancia mutua** entre sus conductores produce efecto similar.

5.4.2 Características eléctricas

5.4.3 Detalles constructivos y operativos

5.4.3.1 Estructura general

Las corrientes circulan en sentido contrario creando campos electromagnéticos opuestos que se anulan entre sí.

Los pares trenzados se construyen blindados para evitar interferencia externa.

Recubiertos por una capa metálica entre las aislaciones.

Aumenta el costo, pero permite grandes velocidades a cientos de metros.

Normalizados por la ***American Wire Gauge* - AWG**, en valores enteros denominados calibres.

5.4.3.2 Empleo y características de los conductores

Se aplica en:

-redes internas con las centrales telefónicas privadas

-circuito terminal de llegada a los usuarios.

En redes telefónicas publicas se denominan **pares de abonado** (bucle de abonado).

Se usan los calibres 22 y 24.

Transmiten señales analógicas como digitales.

En analógico se necesitan amplificadores cada 10 o 20 km.

En digitales se necesitan repetidores regenerativos cada 2 a 4 km.

Los conductores son de alambre de cobre electrolítico recocido y de sección circular. Resistencia máxima normalizada de *0,017241 Ohm x mm2/m*, a *20° C* de temperatura.

5.5 Cables multipares

5.5.1 Definición y uso

Cables multipares tienen un número variable de pares trenzados.

5.5.2 Distintos tipos

Se instalan en forma subterránea, aérea o utilizando ductos.

5.5.3 Cables multipares subterráneos o para instalación en ductos

5.5.3.1 Definición y uso

Tienen elementos aislantes o están en ductos que los protejan de su deterioro o destrucción.

Desde 6 pares hasta miles de pares.

5.5.3.2 Detalles constructivos

- Aislación

Par Número	Color del aislación	
	Conductor Nº 1	Conductor Nº 2
1	Blanco	Azul
2	Blanco	Anaranjado
3	Blanco	Verde
4	Blanco	Marrón
5	Blanco	Gris oscuro
6	Rojo	Azul

Diámetro del conductor conductor aislado (mm)	Diámetro exterior máximo del (mm)
1,10	0,40 y 0,50
1,40	0,65
1,70	0,80 y 0,90

- Formación de los pares de conductores

Los conductores son aislados, trenzados de a pares según el color de aislación

- Cableado

Cables normalizados: 6, 10, 18, 20, 30, 50, 80, 100, 150, 200, 300, 400, 600, 900, 1200, 1500, 1800 o 2200 pares.

- Pares de reserva

Para reemplazar pares defectuosos o por el crecimiento de la red hay pares de reserva (10% del total).

- Envoltura y cubierta exterior

Los pares trenzados se recubren totalmente con una cinta de material **dieléctrico no higroscópico** resistente a la humedad y aplicado en forma helicoidal o longitudinal (protección contra el calor)

Se aplica una cubierta protectora de polietileno o copolimero de etileno con blindaje de polietileno/aluminio/polietileno laminado.

El cierre de las puntas se efectúa con capuchones en ambos extremos.

Los capuchones en el extremo interno de la bobina tienen válvulas tipo **cámara de automóvil.**

Hay capuchón de plástico termo contraíble con adhesivo.

- Presurización de los cables

Se suministra una presión interior de **gas seco** para eliminar la humedad interna.

Los cables menores de 50 pares no se presurizan.

Gas: **aire, nitrógeno o bióxido de carbono**.

La presurización se logra mediante la instalación de equipos presurizadores.

Los cables con sustancias especiales impiden el paso de la humedad hasta los conductores sin presurizador.

Estos cables han sido reemplazados por el cable coaxil y la fibra óptica.

5.5.3.3 Procedimientos de prueba de los cables

- Pruebas eléctricas

-Resistencia eléctrica de los conductores

Se determina la resistencia eléctrica promedio de los diferentes conductores.

Se mide en corriente continua aplicada sobre un tramo de cable de longitud conocida a 20° C de temperatura.

Diámetro del conductor (mm)	Resistencia óptima (Ohms/km) Promedio máximo
0,40	143,0
0,50	91,4
0,65	54,5
0,80	35,7
0,90	28,2

-Capacidad mutua

Dada la proximidad entre los conductores de los pares existe una capacidad entre ellos denominada **capacidad mutua**.

Nº de pares (para todos los calibres de conductores)	Capacidad mutua (microfaradio/km) Promedio máximo
Cables de hasta 10 pares	0,058
Cables con más de 10 pares	0,056

-Resistencia de aislación

La resistencia de aislación de cada conductor se determina midiéndolo contra todos los demás, unidos entre si, y también contra el blindaje de aluminio del cable.

Aplicando $500\ V$ de corriente continua se mide la resistencia de aislación, que debe ser mayor que $15\ M\Omega\ .\ km$.

5.5.3.3 Procedimientos de prueba de los cables

- Pruebas físicas

-Resistencia a la tracción y alargamiento de rotura de la aislación

Se usan trozos de aislación separados (**probetas)**.

Se someten a la tracción registrando los valores donde:

-comienza el alargamiento del material (resistencia a la tracción mínima)

- la rotura del material (alargamiento de rotura mínimo).

Tipo de aislamiento	Material	Resistencia a la tracción mínima (da n/cm^2)	Alargamiento de rotura mínima (%)
Sólido	Polietileno tipo I y II	100	300
	Cop. Propileno etileno	200	300
Celular c/capa exterior sólida	Polietileno tipo I y II y Cop. Propileno etileno	70	125

- Pruebas de aislación del polietileno y del copolímero de propileno/etileno

-Unidad de contracción

Se toma una muestra de cada color de aislación de 150 mm de largo.

Se aplica aire caliente (entre 115 y 130 ° C) a presión atmosférica durante 4 horas.

Se mide la contracción producida en la longitud del aislante de cada muestra.

-Índice de escurrimiento

Aplicable a la aislación solida.

No debe exceder para el **polietileno tipo I** más de 60% del valor obtenido sobre la materia prima.

5.5.4 Cables multipares aéreos

5.5.4.1 Definición y uso

Cuentan con los elementos de sostén adecuados.

Contienen entre 100 y 300 pares con conductores de 0,5 mm.

5.5.4.2 Detalles constructivos

5.6 Cables coaxiles

5.6.1 Definición y uso

Son dos conductores concéntricos: uno interno o central y uno externo, que lo rodea. Construidos con cobre electrolítico.

Usado para el envío de señales de televisión por cable, denominados CATV.

Cables de varios conductores se usaban en redes interurbanas.

Antes fue empleado en las LAN, ahora reemplazado por el cable UTP.

5.6.2 Detalles constructivos

Conductor central
Vaina PVC exterior
Conductor exterior
Dieléctrico o aislamiento entre conductores

Aislamiento exterior
Aislamiento; espesor 6,18 mm
Conductor central; diámetro 4,95 mm
Conductor exterior; diámetro alambres 0,25 mm

Coaxial tipo	Eléctricas				Operativas					
	Impedancia $Z_0 = [\Omega] \pm 2$	Capacidad C[pF/m]	Velocidad de Propagación $V_0 = [\%]$	Tensión máxima $U_{máx} = [kV]$	Atenuación a 20° C α =[dB/100m]					
					1000	1000	1000	1000	1000	1000
Rg174 A/U	50	101	66	1,5	12,80	23,0	29,2	39,4	61,0	98,4
RG122 /U	50	101	66	1,9	5,90	14,2	23,0	36,1	56,0	95,2
RG58 C/U	50	101	66	1,9	4,90	12,0	17,0	26,0	38,0	65,0
RG223 /U	50	101	66	1,9	4,30	10,0	14,0	20,0	29,0	45,0
RG223 /U	50	101	66	1,9	3,90	9,5	15,8	23,0	33,0	54,2
RG 213 /U	50	101	66	5,0	2,00	4,9	7,0	10,5	15,5	26,0
RG9 B/U	50	101	66	5,0	2,20	5,4	7,6	11,5	17,5	30,0
RG21 4/U	50	101	66	5,0	2,20	5,4	7,6	10,9	17,0	28,9
RG21 8/U	50	101	66	11,0	0,75	1,8	3,0	4,6	7,0	12,0
RG17 7/U	50	101	66	11,0	0,78	1,8	3,1	4,6	7,9	14,5

5.6.3 Características eléctricas

5.6.3.1 Capacidad e inductancia

La **capacidad** y la **inductancia** por unidad de longitud de estos cables se pueden calcular por medio de las siguientes expresiones:

$$Capacidad = \frac{24,16\ E}{\log \frac{D}{d}} \left[\frac{pF}{m}\right]$$

$$Inductancia = 0,463 \log \frac{D}{d} + 0,522.10^{-6}\ \frac{R}{f} \left[\frac{\mu H}{m}\right]$$

5.6.3.2 Impedancia característica de los cables coaxiles

La **impedancia característica** se puede calcular como la división entre la **tensión** aplicada y la **corriente** absorbida en un cable de longitud infinita.

Se puede calcular en base a su geometría:

-relación entre el diámetro del **conductor central** y el **exterior**

-la **constante dieléctrica del material aislante**.

5.6.3.3 Atenuación

La **atenuación** es la pérdida de potencia a una determinada frecuencia expresada en decibeles por cada kilometro de cable.

La atenuación depende de la temperatura, que incrementa la resistividad

Atenuación dB/km	Frecuencia MHz
0,59	0,06
1,27	0,30
2,32	1,00
8,01	12,00
14,67	60,00
40,7	300,00

5.6.4 Respuesta de los cables coaxiles a la transmisión de señales digitales

Cuando se transmiten pulsos a través de los cables coaxiles se producen distorsiones en la transmisión.

El **tiempo de crecimiento** de un pulso: intervalo para que crezca desde un 10% hasta 90% del valor máximo.

Si el cable fuese ideal:

-el **tiempo de crecimiento** debería ser cero

-no habría distorsión del pulso.

Tiempo de elevación
(m/s)
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
100 ms
50 ms
20 ms
10 ms
100
200
300
400
Longitud del cable

Amplitud (volts)
Sobreimpulso u overshot
originado en el cable
250
200
150
100
50
0
Escalón original
que se aplica
en el cable
1,0
2,0
3,0
4,0
Tiempo en segundos

5.6.5 Velocidad de propagación de las señales

Está determinada por la **constante dieléctrica del material aislante** que separa al conductor central del conductor exterior.

La velocidad se expresa como un **porcentaje de la velocidad de propagación de la luz** en el espacio libre.

Cable coaxial con material dieléctrrico	Tiempo de retardo (m seg/Ft)	Velocidad (%)
Polietileno sólido	1,54	65,9
Polietileno espumoso	1,27	80,0
Polietileno y aire	1,15 - 1,21	84 a 88
Teflón sólido	1,46	69,4
Elastipar	1,50	66
Teflón expandido	1,27	85

5.6.6 Designación de los cables coaxiles

La norma más conocida es la de las Fuerzas Armadas de EE.UU: **MIL C -17 E**

Define unas siglas para identificar a cada tipo de cable y sus características físicas y eléctricas.

Las siglas tienen tres partes:

-las letras **RG (radiofrecuencia/gobierno)**

-un número progresivo para cada tipo de cable

-la letra **U (universal)**

Las versiones se identifican con una letra delante de la letra **U (A/U**, **B/U**, etc.).

Para la elección de cada cable coaxil se deben tener en cuenta los siguientes tres parámetros :

- Impedancia característica.
- Frecuencia de trabajo.
- Atenuación máxima.

5.6.7 Cables coaxiles de varios conductores

5.6.7.1 Definición y uso

Se usan para la transmisión de señales de comunicaciones (voz, datos e imágenes). Aptos para ser instalados en forma subterránea o aérea.

5.6.7.2 Detalles constructivos

En los tendidos subterráneos el empleo de cables múltiples baja costos.

Tienen un alma de acero que facilita la instalación.

Los cables coaxiles se colocan dentro de tubos.

Dentro del **mazo** se instalan **cables cuadretes de cobre** para circuitos telefónicos de frecuencia de voz.

Hay elementos para presurizar.

Tienen cubierta exterior de plomo de mas de 2 mm.

5.7 Cables de pares trenzados blindados y sin blindar

5.7.1 Conceptos generales sobre el cableado estructurado

Se instala simultáneamente tres tipos de redes a cada puesto de trabajo:

- Red para la **transmisión de datos**, que permita organizar una **Red de Área Local**;
- Red de cables multipares de cobre que posibilite el funcionamiento de la **Red Telefónica**,
- Red de **Red de Energía Eléctrica**.

Es un sistema de cableado de telecomunicaciones para edificios que soportar una amplia gama de productos sin necesidad de ser modificado, y permite reconfigurar la topología de las redes sin efectuar nuevos tendidos de cables hacia los puestos de trabajo.

5.7.2 Características generales de los cables UTP y STP

Los cables **UTP** o **STP** son clasificados en siete categorías según las normas TIA (1 al 7).

El cable **STP** es similar al UTP pero tiene una cubierta protectora y además una lámina externa de aluminio o de cobre trenzado alrededor del conjunto de pares para reducir el ruido eléctrico.

UTP - Sin apantallar ➡ Unshielded Twisted Pair

STP - Apantallado ➡ Shielded Twisted Pair

Cuatro pares tranzados - ocho cables

STP = Cables de cobre aislados dentro de una cubierta protectora
UTP = Cables de cobre aislados dentro de una cubierta

Dentro de cada categoría existe una clase especial con aislación exterior **plenum.**

En caso de fuego producen una llama pequeña con mínimo humo.

5.7.3 Características particulares de los cables UTP y STP

5.7.3.1 Aspectos generales

Las especificaciones están normalizadas por la TIA y por la ISO.

Son muy similares pero usan terminología diferente.

En las normas TIA el rendimiento se caracteriza por categoría.

En las normas ISO el mismo se divide en **clases** y sus componentes por **categorías**.

5.7.3.2 Cables de las categorías 1 a 4

- **UTP - Categoría 1**: (telefonía analógica, no apto para la transmisión de datos).
  Un solo par de cables de cobre trenzados.
- **UTP - Categoría 2**: (telefonía analógica y digital hasta 4 Mbps).
  Cuatro pares de cables de cobre trenzados.
- **UTP - Categoría 3**: (voz y datos hasta 10 Mbps)
  Redes de Área Local con tecnologías **Token Ring** de 4 Mbps o **Ethernet**.
  Cuatro pares de cables de cobre trenzados, con una trenza cada 10 cm.
  Atenuación cada 100 m: **13,1 dB a 10 Mbps**.
- **UTP - Categoría 4**: (telefonía digital hasta 20 Mbps)
  Redes de Área Local con tecnologías **Token Ring** de 16 Mbps o **Ethernet**.
  Cuatro pares de cables de cobre trenzados.

5.7.3.3 Cables para uso en velocidades de 100 Mbps o mayores

Ancho de Banda [Mhz]	Normas TIA		Normas ISO	
	Cables	Componentes	Cables	Componentes
100	Categoría 5/5e	Categoría 5/5e	Clase D	Categoría 5/5e
250	Categoría 6	Categoría 6	Clase E	Categoría 6
500	Categoría 6A	Categoría 6A	Clase E A	Categoría 6A
600	Categoría 7	Categoría 7	Clase F	Categoría 7
1000	Categoría 7A	Categoría 7A	Clase F A	Categoría 7A

5.7.3.4 Características de cada norma

- **UTP - Categoría 5 y 5e/Clase D: (v**oz y datos en **Redes de Área Local 100BASE – T** a 100 Mbps). Cuatro pares de cables de cobre trenzados.

  Atenuación cada 100 m: **8,2 dB** a **16 Mbps** y **22,0 dB** a **100 Mbps**.
- **UTP - Categoría 6 y 6A/Clase E y EA: (**voz y datos hasta *1.000 Mbps)*

  Redes de Área Local con tecnología **Ethernet**.

  Actualmente muy usado por rendimiento y relación de precio-calidad.
- **Categoría 7 y 7A/Clase F y FA:**

  Mínimo de atenuación/diafonía a la interferencia en valores de *600 MHz* y *1.000 MHz*.

  Construcción blindada brinda una excelente **compatibilidad electromagnética** (disminuye los efectos del acoplamiento entre elementos eléctricos o electrónicos).

5.7.3.5 Parámetros más representativos de cada categoría o clase

Parámetros	Categoría - Clases				
	5e / D	6 / E	6A / E_A	7 / F	7A / F_A
Frecuencia [MHz]	1 - 100	1 - 250	1 - 500	1 - 600	1 - 1000
Atenuación [dB] (1)	24	21,3 / 21,7	20,9	20,8	20,3
Pérdida NEXT [dB] (2)	30,1	39,9	39,9	62,9	65
Pérdida ACRF [dB] (2)	17,4	23,3	23,3 / 25,5	44,4	47,4
Pérdida Retorno [dB] (2)	10	12	12	12	12
Delay de propagación [ns]	548	548	548	548	548

5.8 Cables submarinos de cobre

5.8.1 Definición y uso

Compuestos por coaxiles para la transmisión de señales aptos para ser instalados bajo la superficie del mar.

Son obsoletos y fueron reemplazados por la **fibra óptica**.

5.8.2 Breve reseña histórica

1832 a 1836: Morse desarrolla el telégrafo eléctrico.

1844: servicio entre Washington y Baltimore.

1850: cable submarino para conectar Inglaterra con el continente europeo.

1866: cable entre Europa y América.

5.8.3 Detalles constructivos

Los cables coaxiles submarinos son similares a los usados para tendidos terrestres, aunque tienen mucha mayor calidad y aislación.

La vida útil es del orden de los veinticinco años con no más de dos fallas.

5.9 Radiocomunicaciones

5.9.1 Definición y uso

Intercambian información mediante la transmisión y recepción de ondas electromagnéticas que utilizan el aire o el vacío como dieléctrico.

Se propagan a la velocidad de la luz: 300.000 km/s

Nombre	Abreviatura ITU	Intervalo de frecuencias	Longitud de Onda	Servicios
Baja frecuencia Low Frequency	LF	30 - 30 kHz	10 - 1 km	Móvil marítimo - Radionavegación Radio faros
Media frecuencia Mediun Frequency	MF	300 - 3000 kHz	1 km - 100 m	Radiodifusión
Alta frecuencia High Frequency	HF	3 - 30 MHz	100 - 10 m	Radioaficionados Comunicaciones Onda corta
Muy alta frecuencia Very high Frequency	VHF	30 - 300 MHz	10 - 1 m	TV - Radio FM Radio llamadas Radioaficionados
Ultra alta frecuencia Ultra high Frequency	UHF	300 - 3000 MHz	1 m - 100 mm	Microondas - Comu- nicaciones móviles TV
Súper alta frecuencia Super high Frequency	SHF	3 - 30 GHz	100 - 10 mm	Microondas Satélites
Extra alta frecuencia Extremely high Frequency	EHF	30 . 300 Ghz	10 - 1 mm	Satélites - Radionavegación Radionavegación Satelital

5.9.2 Características de las ondas de radio

Cuando se aplica una señal a una antena, los electrones en el metal oscilan y generan una corriente eléctrica que produce un campo magnético concéntrico al conductor.

Los campos eléctricos y magnéticos resultantes varían en forma y valor siguiendo las variaciones de la señal generando una onda electromagnética que se propaga.

Velocidad de ondas de radio es igual a la de la luz: *300.000 km/s*.

En el aire y en el vacío la velocidad es la misma.

5.9.3 Propagación de las ondas de radio

5.9.3.1 Definición y conceptos generales

Propagación es el conjunto de fenómenos por el cual las ondas enlazan puntos geográficos distantes a través de medios dieléctricos.

Depende de las distintas zonas geográficas (superficie del mar, zona desértica).

Las ondas de radio se propagan en función a su frecuencia de emisión de acuerdo a los siguientes modos:

- Propagación por onda terrestre.
- Propagación por onda reflejada espacial o ionosférica.
- Propagación por onda directa.

5.9.3.2 Propagación por onda terrestre

Es una combinación de la propagación por **onda de superficie** y por **onda espacial**.

La **onda espacial** tiene dos componentes:

-**onda directa** (o transmisión por línea de vista)

-**onda reflejada en la superficie de la Tierra**.

Ambas parten en forma simultanea de la antena transmisora.

El rayo que se refleja en la tierra llega a la antena receptora con retraso.

La diferencia entre las distancias determina la intensidad de la señal en el receptor.

El fenómeno se denomina **interferencia de ondas**.

5.9.3.3 Propagación por onda reflejada espacial o ionosférica

La ionósfera es una zona formada por las ondas electromagnéticas provenientes del Sol.

Cuando una onda ultravioleta choca contra los átomos de los gases existentes en la atmosfera, algunos electrones salten a una órbita exterior absorbiendo energía.

Si se desprende el electrón de su átomo, el núcleo queda cargado (**ion positivo)**.

La densidad de iones depende de la radiación solar y de la densidad de la atmosfera.

Las capas ionizadas de la atmosfera (**ionósfera)** forman un casquete esférico alrededor de la superficie terrestre que causan una propagación diferente.

Tierra
D
E
F1
F2
Capas de la ionósfera
59
100
200
250 - 340
Altura en kilometros

Las antenas emiten radiación electromagnética que se dirige a la ionosfera con un **ángulo incidente (**α).

Cada antena tiene un diagrama de radiación con direcciones de mayor intensidad.

La propagación depende de: frecuencia, ángulo de emisión, altura y densidad de ionosfera.

Durante el recorrido por el interior de la ionósfera hay refracción aumentando el ángulo de emisión α según la Ley de Snell.

Conforme avanzan el ángulo se hace cada vez mayor y los rayos salen de la ionosfera alcanzando la superficie de la Tierra a una gran distancia del transmisor.

La propagación por onda reflejada espacial o ionosférica depende de la frecuencia, y hay una **frecuencia crítica**.

5.9.3.4 Propagación por onda directa

Propagación en línea recta: la onda viaja sin tocar el terreno ni la ionosfera.

Se usa en bandas de frecuencias muy elevadas, frecuencias ultra elevadas y superiores.

- **Distancia al horizonte**: Es la distancia cubierta por una onda que se propaga en línea recta hasta rozar tangencialmente la superficie de la Tierra.
- **Distancia de alcance visual**: Es la máxima distancia a la cual pueden instalarse dos antenas, de alturas determinadas, sobre la superficie de la Tierra si se desea que se establezca entre ambas una comunicación en línea recta.

Donde:

D: Distancia al horizonte en kilómetros

H: Altura de la antena en metros

Distancia de alcance visual
Dist. al horizonte
de la antena Nº 1
Dist. al horizonte
de la antena Nº 2

Onda de radio
de (VHF)
Espacio exterior
Antena Nº 1
transmisora
Antena Nº 2
receptotora
Tierra

5.10 Satélites

5.10.1 Definición y uso

Se usan uno o más satélites como punto medio para lograr la reflexión de las ondas para llegar a un punto distantes sin alcance visual.

5.10.2 Referencia histórica

Los satélites de telecomunicaciones están ubicados en la denominada **órbita geosincroestacionaria.**

Hay sistemas con satélites ubicados en otras orbitas, medias y bajas.

Órbita de transferencia geosincrónica
Órbita circular baja
36000 km
Órbita geoestacionaria

5.10.3 Las organizaciones internacionales para la provisión de servicios satelitales

5.10.3.1 Aspectos generales

Los servicios satelitales están operados por varios consorcios internacionales.

Más de 60 empresas proporcionan servicios internacionales, regionales y nacionales.

Hay gran cantidad de satélites en órbitas geoestacionarias en las **Bandas C** y **Ku.**

Varios proyectos para instalar satélites de orbita baja en la **Banda Ka**.

Deben competir en precios y servicios con las redes de cables de fibras ópticas.

5.10.3.2 Consorcio INTELSAT

1964: la **Resolución Nº 1721 de las Naciones Unidas** funda el **primer consorcio internacional** llamado **INTELSAT** (*International Telecommunication by Satellite*). 1965: primer satélite (**Early Bird-**pájaro madrugador) o **Intelsat I.**

Servicios de voz y televisión (480 canales de voz) entre EE.UU. y Europa.

Los miembros del consorcio son más de 140 países.

2001: pasa a ser una empresa privada (INTELSAT Ltd.) con sede en Luxemburgo.

5.10.3.3 INTERSPUTNIK

1971: el bloque de países socialistas formó el segundo Consorcio Internacional, constituido inicialmente por 8 países miembros, entre ellos Cuba.

En 2008 contaba con 25 países incluyendo a Alemania Federal y Nicaragua.

Usan un grupo de satélites geoestacionarios entre los 14° Oeste y 166° Este.

El operador es la **Compañía Rusa de Satélites de Comunicaciones** (*Russian Satellite Communications Company*), que es distribuidora de otros operadores.

5.10.3.4 INMARSAT

1979: tercer consorcio creado por la **OMI para** comunicaciones marítimas.

Integrada por 94 países que supervisa:

- La seguridad en el mar según lo establece la OMI.
- Coordinación de comunicaciones para búsqueda y rescate.
- Seguridad aeronáutica (normas y métodos recomendados por la **Organización de Aviación Civil Internacional – OACI)**.
- Sistema internacional para la **Identificación Seguimiento de Buques de Largo Alcance – LRTI** (*Long Range Identification and Tracking*).

5.10.3.5 ARABSAT

1976: la Liga árabe crea la **Organización Árabe para las Comunicaciones por Satélite – ARABSAT** (*Arab Satellite Communications Organization*).

1985: lanzan el primer satélite (Arabsat-1ª).

2011: cinco satélites en tres posiciones orbitales

- 20° Este: Arabsat - 2B
- -26° Este: BADR-4, BADR-5 y BADR-6
- -30,5° Este: Arabsat – 5A.

Transporta 400 canales de televisión y 160 emisoras de radio.

Cubre más de 100 países de Oriente Medio, África, Europa y Asia Central.

5.10.3.6 EUTELSAT

1977: crean la **Organización Europea de Telecomunicaciones por Satélite** (*European Telecommunications Satellite Organization*).

1983: primer satélite

2005: con 30 lanzamientos abarca un 14% del mercado.

2005: se crea un *holding* (Eutelsat Communications).

Posee 27 satélites en orbita y dispone de 20 posiciones geoestacionarias.

Cubre desde la posición 15° Oeste hasta los 75° Este.

Presta servicios a Europa, Oriente Medio, África, parte de Asia y América.

5.10.3.7 ASIASAT

1988: en Hong Kong se funda la **Organización Asiática de Satélites - ASIASAT** (*Asian Satellite Organization*)

1990: primer satélite.

2011: opera tres satélites (AsiaSat 3S, 4 y 5)

Brinda conectividad a 50 países de la región.

Actualmente es una empresa privada: **ASIASAT** (*Asia Satellite Telecommunications Company Limited*).

5.10.4 Clasificación de los distintos tipos de satélites

5.10.4.1 Aspectos generales

Un satélite permanece en órbita si la fuerza centrífuga que genera su rotación alrededor del planeta iguala la fuerza de atracción de la Tierra.

Son repetidores de comunicaciones desde y hacia la Tierra.

La zona de cobertura depende de:

- la órbita
- la antenas
- la potencia de transmisión

5.10.4.2 Satélites de órbita baja (LEOS)

- A 800 km de altura se necesitan 90 minutos para dar una vuelta completa a la Tierra.

  1991: Satélite europeo ERS – 1

  Para una estación terrestre permanece solo unos pocos minutos disponible.
- Para un servicio continuo es necesario contar con muchos satélites (50 a 100).
- Requieren bajas potencias de transmisión (menor consumo y costo).
- La recepción se puede efectuar por antenas omnidireccionales.
- Ambas particularidades los hacen aptos para comunicaciones personales móviles.
- Lanzamientos son de bajo costo debido a la altura de la orbita.
- Bajo retardo o *delay* (10 ms) : favorece las comunicaciones de datos.

5.10.4.3 Satélites de órbita media

- Las órbitas duran de seis a ocho horas (permanece visible entre una y dos horas).
- Para un servicio continuo es necesario diez satélites en dos planos a 45° respecto del Ecuador para una cobertura mundial.
- Requieren potencias mayores que los satélites en orbitas bajas.
- Lanzamientos de costos menores que los satélites geoestacionarios, pero mayores a los de orbitas bajas.
- El retardo o *delay* esta en el orden de los 70 ms.

5.10.4.4 Satélites de órbita geoestacionaria

- Periodo de rotación igual al de la Tierra (parecen permanecer fijos en el espacio con disponibilidad de 24 horas).
- Para un servicio continuo basta con un solo satélite para unir dos puntos que puedan ser vistos por él, y tres para cubrir toda la Tierra.
- Requieren altas potencias de transmisión, antenas costosas del tipo parabólico, y amplificadores de bajo ruido (LNA).

120º
Satélite 3
Satélite 1
Radio
terrestre
6370 km
120º
120º
Órbita
geoestacionaria
Satélite 2

- Usan antenas omnidireccionales.
- Aptos para las comunicaciones personales móviles.
- La cantidad de satélites que pueden operar en la orbita geoestacionaria esta limitada por las interferencias de los satélites ubicados a ambos lados.
- Los lanzamientos tienen costos muy elevados.
- Retardo o *delay* muy alto (menor a 480 ms entre estaciones terrestres)
- En telefonía genera ecos indeseados y obliga a usar canceladores de eco.

5.10.4.5 Satélites de órbitas altamente elípticas

- Aptos para las cubrir las zonas polares.
- Periodo de rotación de 12 horas, con ocho horas útiles.
- Tres satélites para servicio continuo.

5.10.5 Componentes de un sistema de comunicaciones por satélite

5.10.5.1 Aspectos generales

Elementos fundamentales:

- Segmento espacial o satélite.
- Segmento terrestre o estaciones terrestres.
- Sistemas de seguimiento, telemetría y control.
- Otros sistemas auxiliares y complementarios.

5.10.5.2 Segmento espacial o satélite

Satélite ubicada en el espacio con vida útil de 8 a 18 años.

Recibe señales desde la tierra, las amplifica, cambia la frecuencia de la portadora, y las retransmite a otras estaciones terrenas.

El *hardware es* de alta calidad por las severas condiciones ambientales.

Un satélite está compuesto de los siguientes subsistemas principales:

- Estructura del satélite
- Subsistemas de comunicaciones o *payload* (carga útil)
- Subsistemas de generación y distribución de potencia
- Subsistemas de estabilización
- Subsistemas de control de temperatura

5.10.5.3 Segmento terrestre o estaciones terrestres

Caracterizadas por el tamaño de la antena, la potencia de transmisión, sensibilidad de recepción, capacidad de canales que manejan, modos de acceso, etc.

Procesan las señales, luego son multiplexadas por división de tiempo y finalmente enviadas al transmisor, que se encarga de amplificarlas y transmitirlas a la antena con la frecuencia y la potencia adecuada.

La calidad está dada por la relación entre su **ganancia con relación al ruido total**.

Según su empleo y capacidad final, las podríamos clasificar en los siguientes tipos:

- Estaciones de alta capacidad
- Estaciones de media capacidad
- Estaciones de pequeña capacidad
- Estaciones terrestres móviles

5.10.5.4 Sistemas de seguimiento, telemetría y control

Los sistemas de seguimiento mantienen la posición orbital dentro de 0,5°.

Las estaciones reciben datos de la posición, altura, alarmas, nivel de potencia, etc.

Mediante computadoras se calcula de la posición correcta y se envían comandos a los motores/cohetes para corregir la posición.

5.10.6 Características de los sistemas de comunicaciones satelitales

5.10.6.1 Servicios fijos, con o sin conmutación

Comunicaciones **punto a punto**, o **punto multipunto**

Sobre uno o más satélites.

Señales analógicas o **digitales según** el **transponder** que tenga instalado.

5.10.6.2 Servicios de difusión

Comunicaciones **punto multipunto** entre una estación con **transmisión y recepción** y muchas estaciones con **recepción**.

Las receptoras brindan servicio a **un único usuario final** o distribuyen la señal recibida mediante redes (**CATV)**.

5.10.6.3 Servicios móviles

Comunicaciones **punto a punto** o **punto multipunto** entre dos o más estaciones con **transmisión y recepción**.

Una estación es fija, conectada a la red publica, y la otra es una **estación móvil.**

Ejemplo: sistema **Iridium** operado por **Iridium Communications Inc.**

5.10.7 Formas de acceso al satélite

5.10.7.1 Aspectos generales

Hay limitaciones por ancho de banda y cantidad de satélites.

Para mejor aprovechamiento se han perfeccionado los métodos de acceso (MA).

Según los *transponder* manejan señales analógicas o digitales.

5.10.7.2 Single Channel Per Carrier (SCPC)

Canal Único por Portadora: una sola señal de una frecuencia y ancho de banda determinado (voz, radiodifusión o video).

Tecnología muy simple, de bajo costo fácil implementación, variados anchos de banda (desde un canal de voz de 64 kbps hasta el ancho de banda total del *transponder* de 36 MHz).

5.10.7.3 Multi Channel Per Carrier

Varios canales por portadora: para mayor caudal de datos.

Combinar múltiples señales de voz en un flujo de bits, para modular una portadora utilizando la técnica de banda lateral única.

Todos los canales son multiplexados por división de frecuencia y luego modulados en una única señal de radiofrecuencia que se envía posteriormente al satélite.

Desventaja: todas las señales deben ser enviadas a un solo lugar para ser combinadas para la transmisión.

Es muy eficiente cuando el tráfico es intenso.

5.10.7.4 Companded Frequency Division Multiplex

Multiplexación por división de frecuencia con compansión: permite ampliar la capacidad de ancho de banda disponible hasta casi el doble.

Los canales de voz son comprimidos en amplitud y modulados.

Al ser recibidos son demodulados y expandidos.

En un *transponder* de 36 MHz se pueden acomodar 2100 canales de voz.

5.10.7.5 Time Division Multiplexer Asynchronous

Se usa con señales digitales.

Multiplexación asincrónica por división de tiempo: varias estaciones terrestres, utilizando la misma portadora, envíen en diferentes instantes pequeñas ráfagas de datos o *bursts*.

Los datos están multiplexados por división de tiempo dentro de una trama, donde cada estación utilizara un *slot* de tiempo.

El *transponder*, recibe la trama completa, la amplifica, convierte la frecuencia para su devolución a la tierra y la retransmite a la estación terrestre receptora correspondiente.

5.10.7.6 Satellite Switched/Time Division Multiplexer Asynchronous

Similar al anterior, pero en el satélite hay un conmutador que redirecciona las señales, enviando cada estación transmisora al destinatario que corresponde.

La conmutación en el satélite es operada desde tierra.

5.10.8 Eco

Los satélites geoestacionarios están ubicados a 35.780 km de distancia de la tierra.

La velocidad de propagación de la luz es de 300.000 km/s.

La señal electromagnética tiene un retraso de 0,12 segundos de Tierra al satélite.

Para un solo salto satelital, el retardo total será de 0,24 segundos.

Un eco de 0,24 s es perceptible por el oído humano.

Es necesario usar **canceladores de eco.**

Las comunicaciones con vías de transmisión y recepción diferentes (cuatro hilos o **dúplex completo)** no presentan eco.

5.11 Microondas

5.11.1 Definición y uso

Trabajan en la banda de frecuencias ultra elevadas - UHF y aun mas altas.

Usan un haz radioeléctrico como si fuera un rayo de luz para establecer un enlace punto a punto entre dos estaciones.

Si no están en la misma visual deben utilizar estaciones repetidoras intermedias para armar circuitos de varios miles de kilómetros.

La curvatura de la Tierra o la topografía del lugar limita el alcance del haz directo. La Tierra difracta las señales y pueden alcanzar distancias más allá del horizonte.

La capacidad es elevada y multiplexando el ancho de banda se pueden transmitir, señales de velocidades muy elevadas.

5.11.2 Características generales

Las estaciones intermedias reciben el nombre de **estaciones repetidoras** y pueden ser activas o pasivas.

Tienen como funciones básicas la **recepción**, la **amplificación** o la **regeneración**, según se trate de señales analógicas (ya en desuso) o digitales, y la posterior **retransmisión** hacia la siguiente estación (retransmisora o terminal).

Actualmente la totalidad de los enlaces son totalmente digitales.

La instalación de microondas requiere la autorización de la **autoridad nacional** que regula el uso del espectro.

La cantidad de frecuencias disponibles es escasa.

Para que las antenas **se vean ópticamente hay** un límite por la curvatura de la Tierra.

A mayores frecuencias se debe disminuir la distancia por la mayor atenuación.

Intervalo de frecuencias expresados en GHz	Longitud de salto expresados en km
1,5 a 2,5	60
4 a 6	50
7 a 8	45
11 a 13	25 a 35
15 a 20	10 a 20
30	5
40 a 60	2 a 0,5

5.11.3 Microondas analógicas

5.11.3.1 Aspectos generales

Las microondas analógicas transmitían canales telefónicos y de televisión. Aún existen algunas instalaciones de este tipo.

Ancho de Banda MHz	Banda asignada MHz
8,0	1850 a 1990
0,8	2130 a 2150
0,8	2180 a 2200
10,0	6575 a 6875
20,0	12200 a 12700

5.11.3.2 Estaciones repetidoras

- Repetidoras pasivas: dos antenas parabólicas conectadas entre si por un trozo de guía de onda.

  No se amplifica la señal recibida, no necesita alimentación.

  Repetidoras pasivas planas: son de mayor rendimiento y están constituidas por una lamina de aluminio de aproximadamente 1,20 m x 1,80 m.
- Repetidoras activas: están constituidas por dos antenas (receptora y transmisora) y además, circuitos electrónicos que amplifican la señal recibida antes de retransmitirla a la estación siguiente.

5.11.4 Microondas digitales

5.11.4.1 Aspectos generales

Se utilizan métodos de modulación para **señales multinivel**.

En la actualidad todos los sistemas de microondas nuevos son digitales.

5.11.4.2 Métodos de modulación para señales digitales

Los métodos de modulación para señales digitales son los siguientes:

- **- 2 PSK, 4 PSK y 8 PSK**
- **- 16 QAM, 64 QAM, 128 QAM, 256 QAM y 512 QAM**.

5.11.4.3 Los métodos PSK y QAM

PSK (*Phase Shift Keying*) es modulación por desplazamiento de fase.

Hay variación de la fase de la portadora según se transmita un uno o un cero.

Secuencia binaria	Fase de la portadora
00	0º
01	90º
11	180º
10	270º

5.11.4.4 Relación entre el método de modulación y el ancho de banda

Sistema de modulación	Ancho de banda necesario (MHz)			
	34 Mbps	68 Mbps 34 Mbps x2	100 Mbps 34 Mbps x3	140 Mbps 34 Mbps x 4
2 PSK	34,4	68,8	103,2	139,3
4 PSK	17,2	34,4	51,6	69,7
8 PSK	11,5	22,9	34,4	46,4
16 QAM	8,6	17,2	25,8	34.8
64 QAM	5,7	11,5	17,2	23,2

Método de modulación	Número de bits por baudio	Ancho de banda necesario
2 PSK	1	140 MHz
4 PSK	2	70 MHz
8 PSK	3	47 MHz
16 QAM	4	35 MHz
32 QAM	5	28 MHz
64 QAM	6	23 MHz
128 QAM	7	20 MHz
256 QAM	8	14 MHz
512 QAM	9	10 MHz

5.11.4.5 Características de las microondas digitales

Permiten la regeneración de los pulsos.

La regeneración posibilita mayor tolerancia al ruido y a las interferencias.

No se propagan las sucesivas adiciones de ruido y/o distorsión.

5.11.5 Características de las antenas de microondas

Omnidireccionales: irradian energía en todos los sentidos con igual intensidad

Se emplean en estaciones centrales que deben transmitir en distintas direcciones.

Direccionales: la energía es concentrada en un delgado haz.

Permiten transmitir con muy baja potencia.

Las antenas parabólicas proporcionan una **ganancia** y una **directividad** muy alta.

Mayores dimensiones aumentan la ganancia y el costo.

Compuestas por:

- el **alimentador** o **elemento activo**, que recibe la señal del transmisor por la guía de onda
- el **reflector** tiene la forma de un plato con curvatura de segundo grado (**reflector parabólico)**.

Las grandes parábolas reflectoras deben instalarse en torres muy resistentes, por su peso y por la mayor carga por la presión del viento.

5.11.6 Equipo de reserva

Se instalan equipos de reserva para aumentar la confiabilidad.

Sistemas **1 + 1:** un equipo operando y otro en reserva.

En caso de falla del equipo principal, el secundario o toma la transmisión.

Con el equipo de reserva se facilitan las tareas de mantenimiento.

5.12 Guías de onda

5.12.1 Definición y uso

Conduce señales de longitudes de onda micrométrica en distancias cortas.

Conecta la antena y los equipos transmisor y receptor.

Las frecuencias del **orden de varios GHz tienen altas** pérdidas en cables de cobre ya que:

-los cables **radian energía**

-la corriente tiende a circular solamente por la superficie (e**fecto pelicular)**.

5.12.2 Características generales

Son tubos huecos, de una longitud de 5 a 15 m de largo y de secciones tales que permitan la propagación de las ondas electromagnéticas en su interior.

Por su atenuación se debe reducir su longitud.

Las pérdidas aumentan cuando disminuye la longitud de onda.

5.12.3 Aspectos técnicos

La transmision de la energía no es por las paredes de la guía sino por su dieléctrico, normalmente aire tratado.

La energía se propaga por ondas electromagnéticas que se van reflejando en las paredes de la guía siguiendo una forma en **zigzag**.

Las leyes son las de los campos eléctrico y magnético (Leyes de Maxwell y complementarias).

5.13 Láser

5.13.1 Definición y uso

Hay equipos ópticos e inalámbricos con emisores de un haz de luz coherente que permite transmitir señales.

FSO: enlaces ópticos sin cables para enlaces punto a punto dentro de ciudades.

Está limitado por la distancia máxima de propagación del haz de luz (decena de kilómetros).

5.13.2 Características generales

El láser permite comunicaciones con **gran ancho de banda**.

Hay limitaciones en la atmósfera por turbulencias, niebla, lluvia, humedad, etc.

En el espacio puede ser un medio de muy alta eficacia.

Se busca modular las señales de los **transmisores láser** mediante medios mecánicos o efectos electroópticos.

5.13.3 Principio de funcionamiento del láser

5.13.3.1 Fluorescencia

Un átomo en reposo tiene una energía *E1*.

Recibe una cantidad de energía *ΔE* por el bombardeo con un **fotón**

Cambiara a un nivel *E2* (nivel de excitación).

En ese nivel es inestable y regresa al estado inicial *E1*, emitiendo un **quantum** de energía de luz (**fluorescencia** que dura pocos milisegundos).

5.13.3.2 Emisión estimulada

Si un átomo está en el nivel de excitación *E2* y otro fotón lo bombardea, ocurre un proceso denominado **emisión estimulada**.

Hay emisión de un **fotón** sin esperar el retorno al nivel *E1* de reposo.

Frecuencia (MHz)	Longitud de onda (cm)	Dimensiones exteriores (cm)	Atenuación (dB/m)
26500 - 40000	0,9	0,71 x 0,355	0,51 - 0,58
8200 - 12400	3,2	2,28 x 1,03	0,10 - 0,15
2600 - 3950	10,0	7,22 x 3,49	0,02 - 0,05
1120 - 1700	25,0	16,50 x 8,25	0,01 - 0,07

5.13.4 Distintos tipos de láser

- **Láser gaseoso:** mezclas de **helio** (He/2) y **neón** (Ne/10) en tubos de vidrio y excitados por descargas eléctricas.
- **Láser líquido:** fluidos orgánicos estimulados por luz de alta potencia.
- **Láser sólido:** cristales como el **rubí** excitado por lámparas de **tungsteno (**W/74).
- **Láser semiconductor:** junturas $p - n$ excitadas por corriente eléctrica.

  Fácil de modular y útil en los sistemas de telecomunicaciones.

5.13.5 Evolución futura del láser

Los láser convencionales requieren fuente de alta tensión para **ionizar el gas**

Los láser con semiconductores son de pequeñas dimensiones y no requieren fuente de alta tensión.

5.13.6 Equipos de comunicaciones láser

5.13.6.1 Características generales

Los enlaces de comunicación por laser (FSO) son fáciles de instalar y el usan frecuencias no reguladas.

Los equipos de uso comercial alcanzan 5 km, los militares superan los 10 km.

Son inmunes a las interferencias electromagnéticas o radioeléctricas, aunque son afectados por la niebla, lluvia o nieve.

5.13.6.2 Estructura de un enlace

El transmisor usa longitudes de onda entre los 780, 850, 980, o 1550 nm

Llegan hasta 10 micrones.

Transmisor
Modulador
Fotodetector
Receptor
Receptor
Transmisor
Enlace Duplex

5.13.6.3 Características del equipamiento

La distancia es inversamente proporcional al ancho de banda disponible.

Características	Equipo 1	Equipo 2	Equipo 3	Equipo 4
Rango de alcance	4.000 m	2.000 m	500 m	500 m
Ancho de banda disponible	34 Mbps	155 Mbps	622 Gbps	9,6 Gbps
Potencia consumida	35 W	35 W	45 W	45 W
Longitud de onda del haz	980 nm	980 nm	850 nm	780 nm

5.14 Fibras ópticas

5.14.1 Definición

Revolucionaron las telecomunicaciones por su mayor ancho de banda.

Hay enlaces digitales a velocidades de varios Tbps.

Este medio es un fino hilo conductor de vidrio, o plástico.

Transportar la luz en la banda de los infrarrojos (no visible).

Permite velocidades muy altas con tasa de errores muy bajas.

5.14.2 Uso

- **Redes de Área Extendida - WAN** de alta capacidad.
- Distribución en **Redes Urbanas** usando multiplexación de la **Jerarquía Digital Sincrónica** con **anillos ópticos urbanos** (*Fiber in the Loop - FITL*).
- Redes de **Televisión por Cable** (CATV).
- Areas geográficas con **alta radiación electromagnética**.
- Instalaciones de cableado estructurado (cableado vertical y puestos alejados)
- Si hay probabilidad de condiciones atmosféricas desfavorables.
- En la instalación de cables submarinos.

5.14.3 Detalles constructivos de la fibra óptica

Dos capas: núcleo o core y recubrimiento o clad.

Cada una tiene un índice de refracción que mide la relación entre la velocidad de la luz en el vacío respecto de la velocidad de propagación en otro medio.

El índice de refracción de la velocidad de la luz en el vacío es $n = 1$.

El núcleo tendrá un índice de refracción $n1$ y el recubrimiento uno $n2$.

La ley de Snell explica porqué la luz no se escapa del núcleo.

El índice de refracción del núcleo debe ser mayor que el del recubrimiento.

Para pérdidas mínimas a través de la cubierta, la relación entre ambos índices debe ser de alrededor del *1%*.

Fibras monomodo: núcleo de *9 μm* de diámetro y recubrimiento de *125 μm*.

Fibras multimodo: núcleo de *50 ó 62,5 μm* y recubrimiento de *125 μm*.

5.14.4 Principios de funcionamiento

5.14.4.1 La propagación de la luz

Ley de Snell: $n_1 . sen\ \theta_1 = n_2 . sen\theta_2$

Refracción total:

θ_1 : Ángulo de incidencia

θ_2 : Ángulo de refracción

5.14.4.2 Cono de aceptación

El cono de aceptación define un θ ángulo de apertura función de los índices de refracción.

Es el formado por la dirección del núcleo de la fibra y una de las generatrices del cono.

5.14.4.3 Atenuación de la luz

Es la pérdida de la potencia óptica del haz de luz que viaja por la fibra.

Se mide en *dB/km* y es función de la longitud de onda.

En ciertas longitudes de onda (ventanas) la atenuación de la luz resulta mínima.

5.14.4.4 Ancho de banda de una fibra óptica

Los límites del ancho de banda de las fibras nunca se expresan en frecuencia (Hz) sino en longitudes de onda (nanómetros).

Solamente se pueden usar los anchos de cada una de las tres ventanas.

El ancho de banda disminuye a medida que nos alejamos de la fuente.

Esto se debe a fenómenos de dispersión de la luz (modal y cromática).

La dispersión se incrementa con la distancia.

El ancho de banda se expresa en **GHz por kilómetro.**

T_d = Ensanchamiento del pulso debido a la dispersión

5.14.5 Tipos de fibra óptica

- **Monomodo:** como las dimensiones del núcleo son comparables a la longitud de onda de la luz, hay un solo modo de propagación y no hay dispersión.
- **Multimodo:** contiene varios modos de propagación y hay dispersión.

A su vez, se subdividen en:

- **Índice Escalón:** con dispersión, reducido ancho de banda, bajo costo
- **Índice Gradual:** más costosas pero de gran ancho de banda.

	Variación del ìndice de refracción	Estructura de la fibra	Modos de propagación
MULTIMODO índice escalón			
MULTIMODO índice gradual			
MONOMODO			

Dispersión del pulso de luz es el ensanchamiento a medida que se propaga por la fibra.

En el extremo final los rayos de luz llegan con tiempos de arribo diferentes.

Este proceso limita el ancho de banda de la fibra.

Hay relación directa entre ancho de banda, la capacidad de transmision de información y el perfil del índice de refracción, que dependen del tipo de fibra óptica.

5.14.6 Pérdidas en las fibras ópticas

5.14.6.1 Aspectos generales

Las pérdidas disminuyen la **potencia de luz,** originan **reducción en el ancho de banda** del sistema y se debe bajar la velocidad de transmisión.

De todos los medios físicos las fibras ópticas presentan las menores perdidas a iguales distancias:

- atenuaciones del orden de **0,2 dB/km** para fibras monomodo

5.14.6.2 Pérdidas por dispersión modal

Es la de mayor importancia en las fibras multimodo, debido a la diferencia en los tiempos de propagación de los rayos de luz (modos), ya que cada uno toma diferentes caminos.

El pulso se ensancha y hay menor amplitud.

5.14.6.3 Pérdidas por dispersión cromática

Se produce si el emisor no genera luz monocromática, como el caso del LED.

El índice de refracción depende de la longitud de onda.

Al emitirse diferentes longitudes de onda, viajan a velocidades diferentes.

Hay ensanchamiento del pulso y disminución de su amplitud, pero menor que la dispersión modal.

5.14.6.4 Pérdidas por absorción y radiación

Depende de la construcción de las fibras ópticas.

Pérdidas por absorción: por las impurezas agregadas al **silicio** para obtener índices de refracción diferentes entre el núcleo y el recubrimiento.

Estas impurezas absorben la luz y la transforman en calor.

Hay imperfecciones como dobleces, discontinuidades, que originan radiaciones indeseadas que disminuyen la potencia.

5.14.6.5 Pérdidas por acoplamiento

Se deben al desacoplamientos entre distintas partes del circuito óptico: transmisor/fibra, fibra/fibra y fibra/receptor.

5.14.6.6 Pérdidas por dispersión de Rayleigh

En la construcción se trabaja el silicio en un estado **estado plástico** que al solidificarse produce **irregularidades submicroscópicas**.

Cuando reciben un rayo de luz producen **difracción** (pérdidas de Rayleigh).

5.14.7 Cables ópticos mono y multifibra

Cable óptico con varias fibras una protección que lo recubre y elementos que dan solidez o cables tensores de acero para facilitar su tendido.

Se construyen cables ópticos multifibra para su tendido en edificios por ductos y para instalaciones aéreas, subterráneas o submarinas.

Vaina exterior
Protección
Vaina polietileno
Recubrimiento de sujeción
Fibra óptica

5.14.8 Sistema optoelectrónico

5.14.8.1 Definición de sistema optoelectrónico

Emisores de luz (LED y laser) transforman una señal eléctrica en fotones que viajan por la fibra.

Fotodetectores que convierten los fotones en electrones.

-APD: Foto Detector

-PIN/FET: Foto Detector y Transistor por Efecto de Campo

5.14.8.2 Emisores de luz LED y LASER

Característica técnica	LED	LASER
Tipo de luz emitida	Incoherente	Coherente
Potencia óptima emitida	Baja (Fig. 5 - 49)	Alta (Fig. 5 - 49)
Potencia frente a longitud de onda. (Ancho espectral)	Grande (Fig. 5 - 50)	Pequeño (Fig. 5 - 50)
Direccionamiento de la luz	Menor	Mayor
Tiempo de crecimiento Tiempo necesario para que la tensión pase de 10% al 90% de ese valor típico	100 ns	1 ns
Confiabilidad	Mayor	Menor
Vida útil	Aprox. 10^5 h	Aprox. 10^5 h
Necesidad de circuitos estabilizadores y de enfriamiento	No	SI
Ruido modal (Distorsión de amplitud)	Bajo	Alto
Costo	Bajo	Alto

P (mW)
5
4
3
2
1
Láser
Umbral
Led
0
100
200
300
400
Corriente de excitación (mA)

5.14.8.3 Características del transmisor

Se denomina transmisor al emisor de luz **LED** o **LASER** con sus circuitos excitadores.

Nota: El ancho espectral del láser es más estrecho que el del diodo LED; típicamente de 1 a 6 nm para el primero, y de 25 a 40 nm, para el segundo.

5.14.8.4 Receptores de luz: APD, PIN, PIN/FET

Semiconductores de estado solido con juntura **P – N** que genera una corriente eléctrica proporcional al numero de fotones que capta.

Los detectores mas comunes son:

- Diodo: PIN.
- Fotodiodo de avalancha: APD.
- Fotodetector y transistor por efecto de campo: PIN/FET.
- La eficiencia de un fotodetector APD es mucho mayor que la correspondiente a un PIN.

5.14.8.5 Características técnicas de los fotodetectores APD, PIN Y PIN/FET

En los sistemas ópticos, se utilizan los siguientes conceptos:

- Eficiencia cuántica: número de electrones generados por efecto cuántico al incidir un cierto número de fotones en un detector.
- Corriente de pérdida: la que circula por la juntura sin la presencia de luz.
- Potencia de ruido equivalente (PRE): mínima señal que es posible detectar.
- Ruido cuántico: debido a la conversión fotón/electrón, depende de la potencia óptica incidente.
- Tiempo de crecimiento (*rise time)*: lo que tarda la señal desde el 10% hasta el 90% del valor final (tiempo de respuesta).

5.14.8.6 Características del receptor

Elemento fotodetector con una o mas etapas amplificadoras.

Rango del nivel de entrada limitado por el fotodetector.

-potencia mínima (la menor señal detectable)

-potencia máxima (satura el receptor).

La mínima señal detectable es un dato para calcular la longitud máxima de la fibra óptica sin emplear repetidores.

5.14.8.7 Elementos accesorios en una instalación optoelectrónica

Aparte del transmisor, del receptor y la de fibra óptica necesitaran los siguientes elementos accesorios:

- Repetidores.
- Empalmes.
- Conectores.
- Acopladores.

5.14.8.8 Repetidores

- **Repetidor analógico:** detecta, amplifica y retransmite la señal.

  El ruido generado por sus componentes degrada la señal.

  Hay límite al número y ubicación de los repetidores.
- **Repetidor digital**: regeneran la señal digital original.

  No hay limitación al número de repetidores.

5.14.8.8 Repetidores

5.14.8.9 Empalmes

Conexiones permanentes entre fibras ópticas.

Los núcleos deben estar alineados con el emisor y el receptor.

Dos tipos de técnicas para el empalme:

- **Por fusión**: une y calienta hasta que se fusionan

  Pérdidas de *0,2 dB*.

- **Mecánico**: une fibras con extremos cortados y limpios pasando luz de una fibra a otra.

  Pérdidas de *0,5 dB*.

5.14.8.10 Conectores

Interconexiones desconectables.

Las superficies de las fibras deben ser planas y estar enfrentadas entre si en forma paralela.

Conectores a tope: con extremos cortados y limpios la pérdida es 0,5 dB.

Lentes colimadores: si se raya la superficie de la lente no es tan critico como que una ralladura en la superficie de la fibra.

Pérdidas de *1 dB*.

5.14.8.11 Acopladores

Distribuyen la luz que circula por una fibra entre varias otras.

Dos tipos de acopladores:

- Acoplador T: extrae un haz de luz del haz principal.
- Acoplador Estrella: la luz inyectada por una fibra sale por todas las otras.

5.14.9 Aplicaciones especiales en las redes de datos

5.14.9.1 Aspectos generales

Las formas mas usadas son:

- Fibra oscura.
- Enlaces WDM/DWDM/CWDM.

5.14.9.2 Fibra oscura

No están siendo iluminadas.

5.14.9.3 Fibras con tecnología WDM, DWDM y CWDM

Multiplexación por longitud de onda: transmite múltiples señales en diferentes longitudes de onda a través de una sola fibra.

Cada señal se modula en un **único color** dentro del espectro.

5.14.9.4 Características de estas tecnologías

Ventajas:

- Permiten incrementar la capacidad de las fibras ópticas existentes.
- Disminuyen el número de fibras ópticas necesarias.
- Posibilitan el crecimiento gradual de la capacidad del enlace a medida que se requiera.

5.15 Cables submarinos de fibra óptica

5.15.1 Definición y estructura

Tendido por el fondo de un lecho marino conectan puntos en la costa con grandes anchos de banda.

Construcción:

-núcleo con muchas fibras con tecnología DWDM.

-capa de polietileno (aislante para prevenir la penetración de agua o hidrógeno).

-tubo de cobre (lleva corriente eléctrica a los repetidores o monitorea el sistema)

-capa de alambres de acero (armazón para resistencia mecánica)

- capa de polietileno impermeabilizante.

5.15.1 Definición y estructura

1. Polietileno
2. Cinta de Mylar
3. Alambres de acero trenzado
4. Barrera de aluminio resistente al agua
5, Policarbonato
6. Tubo de cobre o aluminio
7. Petrolate
8. Fibras ópticas

5.15.2 Tipos de cables submarinos y accesorios

Según la profundidad en la cual opere el cable, existen dos tipos:

- Cable armado: (de 0 hasta 1500 m) con altos niveles de protección.
- Cable ligero (0 a 7000 m) menos protegido.

5.15.3 Elementos accesorios del cables

5.15.3.1 Repetidores

Amplificación de la señal óptica

Son elementos activos que necesitan alimentación.

Se provee por el tubo de cobre del cable y el circuito se cierra usando la tierra oceánica.

5.15.3.2 Derivados de ramales

Derivar cable de fibra óptica hacia los ramales.

5.15.3.3 Cajas de empalme

Une diferentes cables de fibra (cables con diferentes protecciones), incluyendo el conductor de corriente y la protección.

5.15.4 Proceso de instalación del cable submarino

El tendido y el mantenimiento son complejos y tienen alto costo (hay corrientes submarinas, terremotos, anclas y las redes de arrastre).

El cable y los repetidores son elementos muy caros y el tendido lo realizan barcos especiales en una operación controlada por computadores.

El barco tiene una estación terminal que controla las operaciones y tiene el equipo alimentador.

El cable se amarra tierra en el lugar donde se va a conectar y luego se sigue la ruta calculada por posicionamiento satelital y cálculos geofísicos.

La instalación comprende los cables, los empalmes, los amplificadores, los moduladores y multiplexores ópticos, cada 40 o 60 km.

5.15.5 Futuro del cable submarino

Su futuro es brillante.

Hay unos 70 sistemas de cableado submarino de fibra óptica instalados en todos los océanos.

La longitud es mayor a los 450.000 km en cuatro regiones:

a) Océano Pacifico–Asia

b) Océano Atlántico

c) Europa–Asia

d) Sudamérica.

Chicago
New York
Hacia EUROPA
Los Ángeles
Florida
USA
San Juan
Puerto Barros
Guatemala
Puerto San José
Guatemala
St Croix
Ft Amador
Bogotá
Cali
Buenaventura
Fortaleza
Brasil
Lima
Perú
Salvador
Arica
Chile
San Pablo
Rio de Janeiro
Brasil
Santos
Brasil
Córdoba
Valparaiso
Chile
Buenos
Aires
Santiago
Las toninas

Apoyo en la web

Alfaomega Grupo Editor

Comunicaciones

Castro-Fusario

Capítulo 6:

La capa física

Temas:

- 6.1 Introducción
- 6.2 Tipos de transmisión
- 6.3 Modos de transmisión
- 6.4 La capa física
- 6.5 Interfaces y buses en modo paralelo
- 6.6 Buses e interfaces en modo serie
- 6.7 Sincronismo

6.1 Introducción

Sistema de comunicaciones: **transporta información desde su fuente hasta un sumidero utilizando un canal.**

La fuente genera un **mensaje** que un **transductor** convierte en **señales eléctricas**.

En el otro extremo se realizará el proceso inverso.

Las **señales eléctricas** necesitarán de un **transmisor** que se encarga de adaptar las señales eléctricas al **canal de comunicaciones**, y de un **receptor** que haga las funciones inversas.

6.2 Tipos de transmisión

6.2.1 Método símplex

Una estación siempre actúa como fuente y la otra siempre como colector.

6.2.2 Método semidúplex

Una estación A y otra estación corresponsal B actúan durante un periodo como fuente y colector, pero posteriormente intercambian su función.

6.2.3 Método dúplex

Dos estaciones, A y B, actúan a la vez como fuente y colector, pueden transmitir y recibir información en forma simultánea.

Los servicios dúplex para poder ser prestados requieren tres condiciones:

- Medio físico capaz de transmitir en ambos sentidos.
- Sistema de transmisión capaz de enviar y recibir a la vez.
- Protocolo de comunicaciones que lo permita.

6.3 Modos de transmisión

6.3.1 Introducción

Se necesitan procedimientos muy precisos para enviar y recibir información, para saber exactamente dónde comienza y dónde finaliza cada conjunto de bits que componen los campos que constituyen los paquetes transmitidos.

6.3.2 Transmisión en modo paralelo

6.3.2.1 Definición

Los *n* bits que componen cada byte o carácter se transmiten en un solo ciclo de reloj.

6.3.2.2 Características de la transmisión en modo paralelo

- Se usa en las computadoras para realizar la transferencia interna de los datos.
- Códigos de 8 bits por byte: en cada ciclo se transfieren los 8 bits de cada carácter simultáneamente.

- Dos formas de transmisión en paralelo:
  - Hay *n* líneas diferentes (una por bit)
  - Hay una única línea que envía cada bit por multiplexación de frecuencias.
- Se usa para transmitir muchos bytes por segundo y no hay problemas de sincronización entre extremos.
- No se usa para más de decenas de metros ya que el tiempo de llegada de los bits difiere de una línea a otra.

6.3.3 Transmisión en modo serie

6.3.3.1 Definición

Los bits que componen cada carácter se transmiten con cada ciclo de reloj, a razón de un bit por ciclo.

6.3.3.2 Características de la transmisión en modo serie

- Se envía un bit después del otro hasta completar cada carácter.
- Es típico de los sistemas teleinformáticos.
- Las señales transmitidas deben pasar al modo paralelo al llegar a los equipos informáticos.

  Este proceso de transformación se denomina **deserialización**.
- Las señales se transforman del modo paralelo al modo serie por **serialización**.
- La secuencia de los bits transmitidos se efectúa siempre por orden de pesos crecientes –*n1*, *n2*,…, *n8*–, es decir, al revés de como se escriben las cifras en el sistema de numeración binario, donde los pesos crecientes se escriben siempre a la izquierda.
- Cuando se transmite con bit de paridad, este se transmite siempre en último término.

8 líneas de entrada
Interfaz paralelo
1
1
0
0
1
0
1
0
Reloj
Canal de transmisión paralelo
Primer bit transmitido
0 1 0 1 0 0 1 1
Canal de transmisión múltiple

6.3.3.3 Receptor-Transmisor Asincrónico Universal (UART)

Dispositivo que controla un puerto serie

Convierte los datos transmitidos en modo paralelo por el bus interno en modo serie, y viceversa (procesos de serialización y deserialización).

Construida por circuitos integrados o chips, que pueden ser parte de la placa base de un computador, de un modem o de un equipos con puerto serie.

Manejar las interrupciones de los dispositivos conectados al puerto.

Se puede programar:

- Velocidad de transmisión.
- Paridad (par o impar).
- Longitud del bloque.
- Bits de parada.

6.4 La capa física

6.4.1 Generalidades

La comunicación a nivel de capa física entre dos equipos se realiza a través de interfaces o buses digitales estandarizados.

La normalización permite interconectar diferentes equipos de diferentes fabricantes.

Interfaz o bus digital estándar: conjunto de normas mecánicas, eléctricas y lógicas que permiten que las señales digitales puedan ser transmitidas a través de un vinculo físico.

6.4.2 Normalización de las interfaces de la capa física

6.4.2.1 Aspectos generales

Finalidades:

- Asegurar la compatibilidad mecánica de su conector.
- Establecer niveles de tensión máxima y mínima y características eléctricas de cada circuito
- Establecer las señales en cada contacto del conector
- Determinar relaciones lógicas para mantener el dialogo entre los equipos.

6.4.2.1 Aspectos generales

Niveles de normalización de las interfaces de la capa física:

6.5 Interfaces y buses en modo paralelo

6.5.1 Generalidades

Hay un conjunto de interfaces y buses normalizados por los propios fabricantes de hardware.

Intercambian información entre componentes internos del computador y periféricos.

Ventajas: aumenta la velocidad de transmisión en distancias cortas.

También se pueden lograr altas velocidades con buses en modo serie.

6.5.2 Características técnicas de algunas interfaces o buses en modo paralelo

6.5.2.1 Interfaz ATA

Advance Technology Attachment (ATA) empleada para interconectar el motherboard con los discos rígidos y los dispositivos de almacenamiento y de lectura (CD–ROM o DVD).

Mantenida y actualizada por el Comité Técnico N.° 13 del Comité Internacional para los Estándares en Tecnología de la Información (*Technical Committee # 13 of The International Committee for Information Technology Standards* INCITS), del Instituto Nacional NSI).

6.5.2.2 Interfaz IEEE 1284 - Centronics

Interfaz en paralelo, bidireccional, con velocidad máxima de *150 kbyte* por segundo (depende del software).

Intercambiar *8 bits* por unidad de tiempo en forma simultánea.

El puerto de la impresora (LPT) intercambia de 25 tipos de señales diferentes (control: 4; estado: 5; datos: 8 y tierra: 8).

- Las **señales de control :**controlan la interfaz y señalizan durante el establecimiento de la comunicación.

  Ponen a los valores normales de la impresora tal como fueron ajustados, insertar líneas en cada retorno de carro, indicar que las líneas de datos están activas con valores validos, etc.
- Las s**eñales de estado (*status*) :** indican falta de papel, ultimo carácter recibido, indicador de ocupado, impresora en línea, etc.
- Las **señales de datos:** intercambian un bit por cada byte transmitido desde el computador a la impresora.

  Hay nuevas versiones que permiten flujo bidireccional.
- Las **señales de tierra** son el retorno de cada una de las líneas utilizadas para la transmisión de los datos.

18171615141312111 0 9 8 7 6 5 4 3 2 1
36353433323130292827262524232221 2019

18171615141312111 0 9 8 7 6 5 4 3 2 1
36353433323130292827262524232221 2019

Estándar IEEE 1284: puede operar en cinco modos diferentes.

•**Modo de compatibilidad** o Centronics: unidireccional con velocidades de 50 a 150 kbps.

•**Modo *nibble:*** unidireccional, transmite subconjuntos de 4 bits por unidad de tiempo por las líneas reservadas para los canales de estado. (Permite la compatibilidad con el estándar BiTronics de HP).

•**Modo *byte:*** transmite 8 bits por unidad de tiempo por las líneas de datos (de 50 a 150 kbps).

•***Enhanced Parallel Port*** (EPP o Puerto Paralelo Mejorado): modo semidúplex a 2 Mbps.

Usa menos bits auxiliares, lo que evita sobrecargar a la CPU del computador.

•***Extended Capability Port*** (ECP o Puerto de Capacidad Ampliado): modo semidúplex con acceso directo a la memoria del computador, y llega a 2,5 Mbps.

6.6 Buses e interfaces en modo serie

6.6.1 Recomendaciones RS 232-V.24

6.6.1.1 Consideraciones generales

Las más difundidas son las interfaces descriptas por dos normas parecidas pero no iguales:

- **V.24** de la UIT-T
- **RS 232** de la EIA (actualmente **TIA 232)**.

6.6.1.2 Características técnicas principales

- Distancia máxima entre equipos: 15 metros (50 pies).
- Velocidad máxima de transferencia de datos: 20 kbps.
- Cantidad máxima de usuarios por conectar: 2 usuarios (enlaces punto a punto).

  Esta recomendación no acepta interconexiones del tipo multipunto.
- Susceptible al ruido existente en el medio ambiente.
- Rangos de voltaje de trabajo para el intercambio de señales de:

  + 3 a 25 Volt.

  - 3 a - 25 Volt.
- Codificación en banda base NRZ-L.

6.6.1.3 Principales limitaciones que presenta

- Reducida velocidad de transferencia de datos (hoy es limitante).
- Distancia máxima entre equipos insuficiente para algunas aplicaciones.

Los 15 metros son suficientes para la conexión de un modem de datos a un computador.

En algunas aplicaciones se necesita simultáneamente velocidad y distancia.

La norma estipula una capacitancia máxima de 2500 pF total entre puntas; valor que se alcanza a los 15 metros.

6.6.1.4 Características de normalización para el nivel mecánico

Para la interfaz RS 232 se utiliza un conector tipo **Cannon** de 25 contactos, especificado en la ISO 2110, conocido como DB 25.

Si se necesitan menos contactos se puede utilizar el conector normalizado ISO 4902/ TIA 564, conocido como DE-9.

DE-9

6.6.1.5 Características de normalización para el nivel eléctrico

- V.28: circuitos asimétricos para equipos con componentes discretos. Hasta 20 kbps (bajas velocidades).
- V.10: circuitos asimétricos para equipos con circuitos integrados. De 20 a 100 kbps (altas velocidades).
- V.11: circuitos simétricos para equipos con circuitos integrados. Hasta 10 Mbps (muy altas velocidades).

6.6.1.6 Características de normalización para el nivel lógico

- Dos clases de circuitos: Primarios y Secundarios.

  Para cada uno de ellos se indica el sentido de las señales (hacia ETCD o ETD).

- Características y funciones de los circuitos:

  Señales de datos desde el ETD:

  - por el Circuito N° 103 (contacto 2) para transmitir

  - por el Circuito N° 104 (contacto 3) para recibir.

- Si el ETCD utilizara canal secundario desde el ETD:

  -Circuito N° 118 (contacto 14) para transmitir

  -Circuito N° 119 (contacto 16) para recibir.

Tipo de señal	Nº de circuito	Nº de Contacto	Denominación	Señales	
				Hacia el ETCD	Desde el ETCD
Señales de datos	103	2	transmisión de datos	X	
	104	3	recepción de datos		X
	118	14	transmisión de datos (sec)	X	
	119	16	recepción de datos (sec)		X
Señales de tiempo	113	24	sincronismo en transmisión	X	
	114	15	sincronismo men transmisión		X
	115	17	sincronismo en recepción		X
Señales de control	105	4	petición de emisión	X	
	106	5	preparado para transmitir		X
	107	6	módem preparado		X
	108/1	20	conéctese el a.d.d.a. línea	X	
	108/2	20	terminal de datos preparado	X	
	109	8	detector de portadora en línea		X
	110	21	detector de calidad de señales en línea	X	X
	111	23	selector de velocidad binaria		X
	125	22	detector de señal de llamada	X	
	126	11	selector de frecuencia de transmisión	X	
	120	19	transmisión señales línea (sec)		X
	121	13	listo para transmitir (sec)		X
	122	12	detector de señales de línea recibido (sec)		
Conexión a tierra	101	1	tierra de protección		
	102	7	tierra de señalización o retorno común		

a.d.d. = aparatos de datos
(sec) = canal secundario o de retorno

Tipo de señal	Nº de circuito	Denominación	Señales	
			Hacia el ETCD	Desde el ETCD
Señales de tiempo	128	sincronismo en recepción		
	131	temporizadores para los caracteres recibidos		
Señales de control	112	selector de velocidad binaria		X
	116	selector de instalaciones (r)	X	
	117	indicador de instalaciones (r)		
	123	detector de calidad de señales (sec)		X
	124	selección grupos de frecuencia	X	
	127	selección de la frecuencia de recepción	X	
	129	petición de recibir	X	
	130	transmitir el tono (sec)	X	
	132	retorno al modo no datos	X	
	133	preparado para recibir	X	
	134	datos recibidos presentes		X
	136	nueva señal	X	
	140	conexión en bucle	X	
	141	conexión en bucle total	X	
	142	indicador de prueba		X
	191	respuesta vocal transmitida	X	
	192	respuesta vocal recibida		X
Conexión a tierra	120a	tierra de señalización o retorno común de equipo de datos		
	102b	retorno común del módem		
	102c	retorno común		

(r) = de reserva
(sec) = canal secundario o de retorno

Diagrama en bloques de un ETCD

Señales:

1: Entrad de datos desde el terminal o computador
2: Reloj para mantener el sincronismo de los datos de entrada al módem
3: Salida de datos desde el módem hacia el terminal o computador
4: Reloj para mantener el sincronismo de los datos de entrada al terminal o computador
5: Señal de datos recibidos
6: Señal de preperado par transmitir
7: Señal de petición de transmisión

Descripción de algunos procedimientos

Tipo de señal	Estado de línea en función del tiempo (H: nivel Alto L: Nivel Bajo)
108/1 Terminal conectado a la línea (Terminal Dispuesto)	H H L Terminal dispuesto L
107 Módem dispuesto	H H L Módem dispuesto L Establecimiento de la comunicación / Transmisión de datos / Corte de la comunicación

Si se tratase de circuitos dedicados, estas operaciones serían innecesarias.

Circuito	Tipo de señal	Estado de la línea en función del tiempo
109	Detección de señal de portadora de línea	H L Indicación del módem B que la portadora módem A está en línea
103	Transmisión de datos desde el módem A	L 1 0 0 1 1 0 1 1 1 1 0 0
104	Recepción de datos desde el módem B	
113/114	Reloj de transmisión	
105	Reloj de recepción	

6.6.2 Recomendación V.35

6.6.2.1 Aspectos generales

Norma de 1968 del Comité Consultivo Internacional Telegráfico y Telefónico (CCITT) para modem de datos de banda ancha:

- transmisión a 48 kbps
- usa circuitos del grupo primario de 60 a 108 kHz (FDM).

Es obsoleta y en 1988 se desaconsejó el uso.

6.6.2.2 Características de normalización para el nivel mecánico

Conector hembra conocido como M34 Winchester de 34 pines (norma ISO 2593).

6.6.2.3 Características de normalización para el nivel eléctrico

Combina señales balanceadas y no balanceadas.

Señales de control son **no balanceadas.**

Señales de datos y de **sincronismo:** solamente **balanceadas** (evitan problemas por la tierra común de la interfaz RS 232).

6.6.2.4 Características de normalización para el nivel lógico

Se utiliza para velocidades de 56 a 2048 kbps (puede llegar a 34 Mbps).

Tipo de señal	Nº de Circuito	Función
Tierra	102	Tierra de referencia para los circuitos de enlace
Datos	103	Transmisión de datos
Datos	104	Recepción de datos
Control	105	Petición de transmitir
Control	106	Preparado para transmitir
Control	107	ETCD preparado
Control	109	Detector de portadora en línea
Sincronismo	114	Sincronismo de transmisión
Sincronismo	115	Sincronismo de recepción

6.6.3 Recomendación X.21

6.6.3.1 Consideraciones generales

Desde 1969 se plantean las líneas de abonado digitales.

En 1972 salen la Recomendación X.21 y la X.21 bis.

Especifica la manera en que el ETD establece y libera las llamadas mediante el intercambio de señales con el ETCD.

Fuente	Señales	PIN	Ficha	PIN	Señales	Fuente
Común	Tierra de la señal (SG)	B		A	Tierra de chasis (GND)	Común
ETCD	Preparado para recibir (CTS)	D		C	Petición para transmitir (RTS)	ETD
ETCD	Detección portadora de línea (DCD)	F		E	Equipo listo para recibir (DSR)	ETCD
ETCD	Indicación de llamada (RI)	J		H	Terminal listo para recibir (DTR)	ETD
-	No asignada	L		K	No asignada	-
-	No asignada	N		M	No asignada	-
ETCD	Recepción de datos (A)	R		P	Transmisión de datos (A)	ETD
ETCD	Recepción de datos (B)	T		S	Transmisión de datos (B)	ETD
ETCD	Recepción de sincronismo (A)	V		U	Sincronismo del terminal (A)	ETD
ETCD	Recepción de sincronismo (B)	X		W	Sincronismo del Terminal (B)	ETD
-	No asignada	Z		Y	Transmisión de sincronismo (A)	ETD
-	No asignada	BB		AA	Transmisión de sincronismo (B)	ETD
-	No asignada	DD		CC	No asignada	-
-	No asignada	FF		EE	No asignada	-
-	No asignada	JJ		HH	No asignada	-
-	No asignada	LL		KK	No asignada	-
-	No asignada	NN		MM	No asignada	-

6.6.3.2 Características de normalización para el nivel mecánico

Conector de 15 contactos (ISO 4903 o DA 15).

Solamente son utilizados ocho contactos.

6.6.3.3 Características de normalización para el nivel eléctrico

Hay dos especificaciones: una para circuitos no equilibrados y otra para circuitos equilibrados.

Recomendación X.26: transmisión **asimétrica** y circuito **desbalanceado**.

Equivalente a la Recomendación **V.10**:

X.26 (V.10): características eléctricas de circuitos de intercambio desequilibrados, de doble corriente, de uso general con equipos integrados en el campo de las comunicaciones de datos.

Recomendación X.27: circuito **balanceado** y transmisión **simétrica**.

Alcanzar hasta 10 Mbps, dependiendo de la distancia.

Equivalente a la Recomendación **V.11:**

X.27 (V.11): características eléctricas de circuitos de intercambio equilibrados, de doble corriente, de uso general con equipos integrados en el campo de las comunicaciones de datos.

6.6.3.4 Características de normalización para el nivel lógico

- Descripción de los circuitos.
- La norma establece cuatro tipos de circuitos:
  – Circuitos de datos
  – Circuitos de control
  – Circuitos de sincronización
  – Circuitos de tierra
- Características de los procedimientos
  – Establecimiento de la llamada
  – Transferencia de datos: es dúplex y se realiza por los circuitos T y R
  – Liberación de la llamada: se produce por la vuelta a 0 (estado inactivo) de los circuitos C e I.
  – Sincronismo: el circuito S se utiliza para la sincronización del ETD y del ETCD (comunicaciones sincrónicas). El circuito B se usa opcionalmente.

ETD que llama
ETD
ETCD
T
R
C
I
1
0
Datos
Desde el ETD
Desde el ETCD
Interfase lista
Req. De llamada
Conexión en progreso
Listo para TX/RX Datos
ETD levanta Req. de Tx
ETCD lista
Interfase lista
ETCD levanta confirmación

ETCD
ETD llamado
ETD
T
R
C
I
1
0
Datos
Desde el ETD
Desde el ETCD
Interfase lista
Llamada aceptada
Listo para TX/RX Datos
ETD levanta la señal de habilitación
ETCD lista
Interfase lista
ETCD levanta habilitación

6.6.4 Interfaz USB

6.6.4.1 Consideraciones generales

La interfaz USB es similar a la RS 232 o a la IEEE 1242 (Centronics) pero permite conectar múltiples dispositivos al mismo tiempo, por cuanto funciona como un bus.

***Universal Serial Bus* (USB):** desarrollada y estandarizada en 1995 por un conjunto de empresas.

Versiones:

- **Versión 1.0 *Low Speed USB (***1996) hasta 1,5 Mbps.
- **Versión 1.1 *Full speed USB (***1998) hasta 12 Mbps.
- **Versión 2.0 *High speed USB (***2000) hasta 480 Mbps.
- **Versión 3.0 *Superspeed USB (***2008) hasta 5 Gbps.

6.6.4.2 Características particulares

- Permite la interconexión de diferentes dispositivos y equipos.
- Juego de conectores adaptado para distintas aplicaciones.
- La interfaz estandarizada, simple, práctica y económica.
- No requiere un conjunto de diferentes cables o conectores.
- Permite la **conexión en caliente(conexión de** dispositivos encendidos)

  USB 2.0 habla de ***attach/removal***

  USB 3.0 habla de ***hot insertion/removal***.
- ***Plug and Play:*** el sistema operativo identifica automáticamente un dispositivo ni bien este es conectado y carga el drive apropiado para que el mismo esté inmediatamente operativo.

- Como bus admite **hasta 127 periféricos** (no todos a la vez).
- **Proporciona energía eléctrica** a ciertos dispositivos conectados a la interfaz USB, que no requieren un elevado consumo de potencia.
- **Bajo costo** de implementación.
- Protocolo complejo ejecutado fundamentalmente por el equipo que tiene los periféricos conectados.

6.6.4.3 Características técnicas

- Soporta en **tiempo real** voz, datos, audio y video.
- Protocolo mixto que trabaja en modo **sincrónico** para la transferencia de datos y en modo **asincrónico** para la de mensajes.

  Para interconectar un disco rígido usa la modalidad ***best effort***.
- Longitud máxima de cables:
  - USB 1.1 3 metros
  - USB 2.0 5 metros;
- Las versiones son compatibles entre ellas.
- Funciona en modo serie y el intercambio de datos es bidireccional.
- En la versión 2.0 funciona en modo ***half- dúplex***.

CARACTERÍSTICAS	APLICACIONES	ATRIBUTOS
LOW-SPEED Equipos interactivos 10 - 100 Kbps	Teclados Mouses Juegos Periféricos Varios Equipos derealidad virtual	Bajo costo Fácil de usar Conexión y desconexión dinámica Conectividad de Múltiples Periféricos
FULL-SPEED Telefonía, Audio, Video Comprimido 500 Kbps - 10 Mbps	RTPC Banda Ancha Audio Micrófonos	Bajo costo Fácil de usar Latencia y Ancho de Banda Garantizados Conectividad de Múltiples Periféricos
HIGH-SPEED Video, Almacenamiento 25 - 400 Mbps	Video Almacenamiento Aplicaciones dinámicas Banda Ancha	Bajo costo Fácil de usar Gran Ancho de Banda Conexión y desconexión dinámica Conectividad de Múltiples Periféricos Latencia y Ancho de Banda Garantizados
SUPER SPEED Video, Almacenamiento Hasta 5 Gbps	RTPC Banda Ancha Audio Micrófonos	Bajo costo Fácil de usar Gran Ancho de Banda Conexión y desconexión dinámica Conectividad de Múltiples Periféricos Latencia y Ancho de Banda Garantizados

6.6.4.4 Características de normalización para el nivel mecánico

Características de los conectores:

- Simplicidad de conexión, requiere muy poca fuerza y es difícil estropearlo.
- No se requieren tornillos, clips o sujetadores
- Diseño robusto y contactos eléctricos están protegidos por cápsulas metálicas, revestidos con material aislante.

Pin	Nombre	Color del cable	Descripción
1	VCC	Rojo	+ 5 v
2	D -	Blanco	Datos -
3	D+	Verde	Datos +
4	GND	Negro	Tierra

Los hilos se denominan D+ y D-

Señalización diferencial en semidúplex para combatir los efectos del ruido electromagnético en enlaces mas largos (estos no pueden tener mas de 5 m).

Interconexión de dos dispositivos que funcionan con el bus USB:

Hay otro tipo de conectores (Mini–A, Mini–B, Micro–AB y Micro–B) para distintas aplicaciones.

6.6.4.5 Características de normalización para el nivel eléctrico

La normalización del nivel eléctrico de la interfaz USB comprende los aspectos que hacen a la señalización, la distribución de potencia y otras especificaciones que corresponden a la capa física.

En la operación ***High-Speed (***480 Mbps), el cable debe estar conectado en cada extremo a través de una resistencia a tierra mitad de la impedancia diferencial del cable, o sea 45 Ω.

Señales:

- La tensión entre positivo y tierra: 5,25 Volt ≥ V ≥ 4,75 Volt (5 V — 5%).
- La corriente para USB 2.0 es de 500 mA para cinco dispositivos externos.

  Para USB 3.0 es de 900 mA para seis dispositivos.

6.6.4.6 Características de las señales en banda base que utiliza

Para la transmisión de paquetes utiliza el código banda base NRZI.

La codificación de un “0” es representada por un cambio de nivel.

La transmisión de un “1” es representada sin cambio.

6.6.4.7 Conexión de dispositivos a través de hub

La conexión de varios dispositivos a un solo computador se puede hacer de dos maneras:

-mediante la existencia de varios puertos USB

-mediante la existencia de un ***hub*** que centralice las conexiones.

En el computador la conectividad permite que varios dispositivos periféricos se conecten directamente a el mediante el ***root hub*** (hub raiz), administrado por el hardware de la USB.

Se pueden instalar varios puertos sobre el mismo ***mother board*** (placa madre).

Si la cantidad de periféricos no supera la cantidad de puertos disponibles, cada uno de ellos quedara conectado directamente al ***root hub***.

La topología es de tipo estrella, con centro en el ***root hub***, y con los hub externos puede tomar la forma de árbol descendente.

Los equipos pueden tener distintas versiones de la interfaz.

Los *hub* externos se pueden instalar en cascada hasta en cinco niveles.

6.6.4.8 Características de normalización para el nivel lógico

La USB tiene un **único controlador** dentro del *host*.

Los dispositivos no pueden utilizar el bus a menos que su controlador en el *host* los autorice.

El controlador permitirá que los dispositivos se comuniquen de a uno a la vez.

El ancho de banda disponible varía según la versión de la interfaz que está instalada.

Cuando un dispositivo se conecta a un puerto USB, el *host* le solicita la información de los *drivers* disponibles, lo habilita y le asigna una dirección en el bus (proceso de numeración).

Nunca dos dispositivos pueden conectarse en forma directa entre si, sólo a través del *host*.

El protocolo funciona con cuatro tipos diferentes de paquetes.

Son identificados por medio de un campo que se denomina **Campo Identificador de Paquetes (PIF *Packet Identifier Field*)**.

6.6.4.9 Tipos de transmisión

- Transmisión a granel: para transmitir datos libres de errores (si se detecta un error debe volver a repetirse)

  Se usa la transmisión asincrónica (desde un teclado o hacia una impresora).
- Transmisión de señales isócronas: se usa el modo sincrónico para su transmisión.

  No se corrigen errores y se usa para la transmisión de audio o de video, donde importa la transmisión en tiempo real y no la pérdida de información o los errores.
- Transmisión de señales de control: se usa para el envío de comandos y operaciones vinculadas para determinar el estado de los dispositivos.

  La transmisión se hace por ráfagas y no tiene periodicidad.
- Transmisión de señales de interrupciones: para comunicar dispositivos que necesitan mandar o recibir datos infrecuentemente.

6.6.4.10 Características principales de la versión USB 3.0

- Preserva el modelo de funcionamiento y de ser de un bus con una notable sencillez.
- Es compatible con todas las versiones anteriores.
- Mejora significativamente la velocidad máxima de transferencia.
- Proporciona mas potencia a los dispositivos conectados.
- Posee una arquitectura de dual-bus:

  -uno funciona para ejecutar la función denominada *SuperSpeed* (bus 3.0)

  -el segundo ejecuta las funciones que requieren las versiones anteriores para permitir la compatibilidad (1.0, 1.1. y 2.0).
- Agrega al cable de conexión dos pares mas para ejecutar las funciones del bus *SuperSpeed*.
- Para permitir la operación de los cuatro cables que se agregan al cable de conexión, el conector, si bien es compatible con las versiones anteriores, agrega cuatro nuevos contactos.
- Aumenta las funciones de la capa de enlace, haciendo mas flexible su funcionamiento.

6.6.4.11 Diferencias significativas entre las versiones 2.0 y 3.0

Características	Versión 2.0 high speed	Versión 3.0 superspeed
Velocidad de transmisión	Low Speed 1,5 Mbps; Full Speed 12 Mbps y High Speed 480 Mbps.	5 Gbps
Interfase de datos	Semiduplex con dos alambres. Señalización diferencial. Transmisión unidirecciional.	Dual simplex con cuatro alambres. Transmisión bidireccional simultánea. Señalización diferencial, con utilización separada para el uso desde USB 2.0.
Cable de transmisión de las señales de datos	Dos alambres para señales Low Speed, Full Speed o High Speed.	Seis alambres: Cuatro para transmisión Super Speed; y dos para las modalidades de la USB 2.0
Protocolo utilizado en el bus	Tráfico de paquetes transmitidos en la modalidad broadcast a todos los dispositivos. El host interroga (sondea[67]) a cada uno de los dispositivos.	Tráfico de paquetes ruteados en formas explícita. El host mantiene con cada uno de los dispositivos un flujo de vtráfico asincrónico.
Potencia del bus	Proporciona potencia para dispositivos de bajo consumo o en estado latente configurados de todas sus versiones (de Low a High Speed).	Trabaja de la misma manera que USB 2.0 con un 50% de incremento para dispositivos sin configurary hasta 80 si está configurado.
Estado de los puertos	El hardware del puerto detecta las conexiones; y el software del sistema usa comandos para la transición al estado habilitado.	El Hardware detecta las conexiones y pone al puerto en estado operacional listo para la comunicación de datos.

6.6.5 Interfaz FireWire-IEEE 1394

6.6.5.1 Consideraciones generales

Bus que opera en la capa física.

Interconecta a muy alta velocidad en modo serie.

Usado para la transferencia de datos en tiempo real de dispositivos multimedia, tales como videocámaras, dispositivos de audio y video.

La comunicación no depende de un control centralizado.

Es un modelo de protocolo ***peer-to-peer***.

6.6.5.2 Características particulares

- Opera en forma totalmente digital, evitando las conversiones.
- Conectores con dimensiones reducidas y cable delgado.
- Enlaces punto a punto hasta una distancia de 4,25 metros con topología de árbol.

  Con repetidores puede ser extendido hasta los 100 metros o más con cable UTP o fibra.
- Permite la conexión ***Plug and Play***.
- Soporta hasta 64 dispositivos sobre una red.
- Permite la conexión en cadena (denominada Daisy Chained), es decir, sin necesidad de contar con un *hub* o un *switch*.
- Interconecta dos o mas dispositivos sin necesidad de que la interfaz requiera de un computador para su funcionamiento.
- Puede trabajar en modo sincrónico o asincrónico.

6.6.5.3 Características técnicas del cable y los conectores

Los cables y conectores utilizan seis o cuatro contactos.

Dos pares llevan las señales de datos y un par, las de alimentación de potencia. También pueden usarse cables sin alimentación de energía.

Conector de 4 pin	Conector de 6 pin	Señales	Descripción
	1	Tensión	+30v unregulater DC
	2	Tierra	TIERRA
1	3	datos B	Par trenzado B
2	4	datos B	
3	5	datos A	Par trenzado A
4	6	datos A	

6.6.5.4 Diferentes estándares

- **Norma IEEE-1394-1995 (FireWire):** estándar original denominado FireWire 400.

  Puede transferir datos a 100, 200 y 400 Mbps en modo semidúplex (valores aproximados).

  Cada modo se conoce como S100, S200 y S400.

  Estándar S400: cable hasta 72 metros y con conector de seis contactos puede recibir potencia del orden de 7/8 W.
- **Norma IEEE-1394a-2000 (FireWire):** mejora de la original mantiene compatibilidad.

  Incorpora un conector con cuatro contactos y un cable con cuatro conductores (sin energía).
- **Norma IEEE-1394b-2002 (FireWire):** conocida como FireWire 800 o S800.

  Transfiere hasta 800 Mbps en modo dúplex.

  Cambia codificación y señalización (antes *data/strobe* o Modo Alfa, ahora esquema *8B10B)*.

  Compatible con sistemas anteriores al S400, pero hay incompatibilidad en los conectores y cables (adaptadores).
- **Norma IEEE-1394c-2006 (FireWire):** conocida como S800.

  Usa conectores RJ-45 categoria 6a.
- **Norma IEEE-1394d-2009 (FireWire):** en el 2009 se busca superar 6 Gbps.

6.6.6 Comparación entre USB y IEEE 1394

- USB es protocolo maestro-esclavo, pero IEEE 1384 es un protocolo *peer-to-peer* (más eficiente).
- USB requiere un computador para elcontrolador y su *hub root* .

  FireWire no tiene ese requisito, cualquier nodo puede controlar la red.
- USB proporciona una tensión de línea de 5 V y hasta 500 mA de corriente (2,5 W de potencia).

  IEEE 1394 puede suministrar hasta 30 V y hasta 60 W (típico es menor de 20 W).
- USB es simple y de muy bajo costo.

  FireWire es para equipos de mayor requerimiento (aplicaciones en modo sincrónico como audio y video).
- USB conecta teclados, mouse, impresoras, memorias *flash* o dispositivos de almacenamiento de baja capacidad .

  IEEE 1394 conecta discos rígidos externos de gran capacidad, equipos de audio, filmadoras o equipos de video.
- IEEE 1394 posee mayor ancho de banda y menos latencia que USB.

6.7 Sincronismo

6.7.1 Concepto de sincronismo

El receptor debe adquirir una señal de reloj para alinear los bits recibidos.

El sincronismo es fundamental en los sistemas de transmisión, para que diferentes equipos intercambien datos sin errores.

Diferentes partes de un sistema alinean sus escalas de tiempo o a adoptan una base de tiempo común.

6.7.2 La escala del tiempo

Un reloj mide el tiempo por métodos aproximados o de mucha precisión.

Forma simple: un generador de oscilaciones y un contador de las mismas.

(Si sabemos cuanto dura cada oscilación, podemos saber el tiempo transcurrido).

El reloj puede usar el movimiento mecánico de un péndulo o la vibración de átomos en un cristal como el cuarzo.

La unidad de tiempo es el segundo, antes definido como la 86 400 ava parte de la duración del día solar medio.

Actualmente la medición del segundo se efectúa tomando como base el Tiempo Atómico (TA).

La escala del tiempo debe reflejar necesariamente los cambios de velocidad de la rotación de la tierra para evitar errores en la navegación.

En la escala UTC el tiempo es medido utilizando relojes atómicos.

Cuando la diferencia entre el tiempo atómico y el basado en la rotación de la tierra se aproxima a un segundo, se introduce un salto de un segundo entero en la escala UTC (***leap second)*** una vez por año.

La escala UTC comienza a las 00:00:00 horas en meridiano de Greenwich y finaliza a las 23:59.59.

La superficie terrestre fue dividida en 24 husos horarios.

6.7.3 Las funciones de las distintas señales de tiempo

Las señales de tiempo tienen funciones horarias y funciones patrones.

Función horaria: los relojes presentar una escala horaria en tiempo real.

Ejemplo: la hora UTC o la hora oficial.

Para generar la señal horaria los relojes toman una señal de un reloj externo con mucha mayor precisión.

Sincronismo de tiempo: alinea a través de las redes la hora **UTC**.

Función patrón: proporcionada por los relojes de alta precisión para asegurar el sincronismo de tiempo y de frecuencia.

Sincronismo de frecuencia: distribución de señales de tiempo para sincronizar los distintos equipos de una red .

Cada red tiene sus propios relojes patrones primarios y secundarios.

Estándar primario: señal referencia para la sincronización de frecuencia de otros relojes.

Ejemplo: relojes de cesio.

E**stándares secundarios:** fuente de referencia para la sincronización que debe ser sincronizado por una fuente primaria.

Ejemplo: relojes de rubidio o de cuarzo.

6.7.4 Distintos tipos de sincronismo

6.7.4.1 Sincronismo de bit

Procedimiento para determinar el momento en que se debe empezar a contar un bit y para asegurar que se mantenga su periodo constante.

Se genera una señal de reloj que sincroniza el flujo de datos del código en banda base.

Otra técnica extraer la señal de sincronización de la propia señal recibida.

Alternativas del sincronismo de bits: el periodo se puede empezar a contar al principio, durante un estado intermedio o al final.

La frecuencia del reloj que muestrea la línea de comunicaciones debe ser mucho mayor que la velocidad con que llegan los datos por la misma línea.

El sincronismo de bit permite :

-en un receptor conocer con precisión los datos recibidos

- en un repetidor regenerativo regenerar las señales digitales deformadas.

6.7.4.2 Sincronismo de byte

Procedimiento para determinar el comienzo y la finalización de la transmisión de un byte o carácter.

Muy importante en el caso de la transmisión asincrónica.

6.7.4.3 Sincronismo de trama

Procedimiento para sincronizar la unidad de datos que se utiliza en el nivel de enlace.

Hay un mecanismo de detección de errores en un campo especifico de la trama.

Estrategias de sincronización de tramas:

- Cuando el receptor pierde el sincronismo de trama, realinea a través de los bits de sincronismo.
- Cuando está sincronizado se controlan los delimitadores.

6.7.4.4 Sincronismo de paquetes

Técnica de paquetes: divide el mensaje en segmentos y agrega una cabecera.

Los paquetes son ruteados según el estado de la red y la programación de los conmutadores de paquetes o *routers*.

Los paquetes pueden ser de longitud variada o fija.

Paquetes de longitud fija son llamados comúnmente celdas.

El intercambio de paquetes es efectiva para integrar datos, voz u otro tipo de trafico en tiempo real en una sola red.

Características:

- Debido a las colas dentro de la red, los paquetes sufren demoras (o *delay*) aleatorias
- Los paquetes de una misma fuente son ruteados en forma independiente, cada uno puede seguir un camino diferente en la red y podrían arribar a sus destinos desordenados.
- No es factible recuperar el sincronismo a nivel de paquetes en el extremo receptor sin incorporar procedimientos específicos independientes del sincronismo a nivel de bits de la capa física.

6.7.4.5 Sincronismo de red

El sincronismo de red distribuye señales de tiempo y frecuencia desde los relojes patrones a los distintos equipos utilizando los vínculos existentes.

Funciones:

- Sincronizar los relojes patrones.
- Alinear los relojes ubicados en los equipos
- Sincronizar las redes satelitales, las móviles y sus respectivos terminales.
- Alinear las fases de los distintos conjuntos de antenas.
- Permitir el posicionamiento para facilitar la navegación.

6.7.5 Los relojes utilizados en la red

6.7.5.1 Los relojes patrones

Las características principales son: **exactitud**, **estabilidad a corto** y **a largo plazo**.

Relojes patrones de cesio son el **estándar primario.**

Son osciladores atómicos que operan en la frecuencia de resonancia del Ce 133.

Los relojes patrones de cesio no requieren un ajuste de frecuencia pero admiten la introducción de una señal externa de referencia de sincronismo.

Relojes patrones para **estándar secundario** son los relojes de **rubidio** o de **cuarzo**.

6.7.5.2 Características de calidad de los relojes patrones

La red de sincronismo permite que los relojes se vayan sincronizando en el siguiente orden:

Cesio - Rubidio - Cuarzo.

La calidad de los relojes es definida sobre la base de dos parámetros: estabilidad y precisión.

Estabilidad es la capacidad de generar intervalos de tiempo o de frecuencia de valores constantes, a través de periodos prolongados.

P**recisión** es la relación entre el resultado de la comparación entre

-los valores medidos

-los valores reales.

Un reloj puede tener un error de frecuencia importante (por ser poco preciso), pero el error se puede mantener constante en el tiempo (por ser muy estable).

6.7.6 Transmisión asincrónica

6.7.6.1 Introducción

En el receptor se debe identificar en qué partes del mensaje recibido se producen las transiciones.

La trasmisión asincrónica lo hace analizando los caracteres.

6.7.6.2 Descripción del procedimiento asincrónico

- Antes de que el sistema se active, la línea siempre se encuentra en estado de tensión máxima (un “1”).
- El bit de arranque indica donde empieza el carácter transmitido

  Corresponde a una señal de mínima tensión en la línea (un ”0”)
- Luego se transmiten los bits de datos que se almacenan en una memoria intermedia
- El bit o los bits de parada se encargan siempre de volver a colocar la señal en el nivel máximo
- Mientras no vuelva a recibirse un bit de arranque, la señal quedara en reposo en el nivel máximo.

6.7.6.3 Características de la transmisión asincrónica

- Los terminales asincrónicos se denominan terminales en modo carácter.
- La transmisión asincrónica se denomina también arrítmica o de start-stop.
- La transmisión asincrónica se utiliza a velocidades de modulación de hasta 1 200 baudios.
- Si se utiliza un bit de arranque y dos de parada en la transmisión de una señal con un código de 7 bits mas uno de paridad, el rendimiento es del 72% (8 bits de 11 transmitidos).
- Entre dos caracteres puede mediar cualquier separación en tiempo.

Ventajas y desventajas:

- En caso de errores se pierde siempre una cantidad pequeña de caracteres
- Bajo rendimiento de transmisión (hay bits de sincronismo por cada carácter)
- Permite el uso de equipamiento económico y tecnología menos sofisticada.
- Se adecúa más fácilmente en aplicaciones donde el flujo transmitido es más irregular.
- Son especialmente aptos cuando no es necesario lograr altas velocidades.

D = tiempo variable entre caracteres
Bit de parada = 1,5 d
d = duración de cada bit

6.7.7 Transmisión sincrónica

6.7.7.1 Introducción

Se desea mayor proporción de bits útiles (información) respecto del total.

Tecnologías mas sofisticadas permiten transmisión conjunta de señales de sincronismo con las señales de datos.

6.7.7.2 Descripción del procedimiento sincrónico

Hay dos relojes, uno en el receptor y otro en el transmisor.

La información útil es transmitida entre dos grupos de Bytes denominados delimitadores llamados *flag* (bandera).

Un grupo delimitador es el de encabezado, que se encarga de resincronizar los relojes (osciladores), y el de terminación, que suele cumplir varias funciones.

Los relojes deben permanecer estables durante un tiempo largo (osciladores con precisión superior a 1:100 000).

Los relojes se resincronizan periódicamente usando códigos de banda base.

6.7.7.3 Características de la transmisión sincrónica

- Los bloques transmitidos tiene entre 128 y 1 024 Bytes.

  Si son cortos se pierde rendimiento.

  Si son largos, en caso de errores se demora la retransmisión.
- La señal de sincronismo en el extremo fuente puede ser generada por el equipo terminal de datos o por el equipo modem (nunca ambos simultáneamente).
- Rendimiento de la transmisión sincrónica:

  -con bloques de 1 024 Bytes

  -se usan no más de 10 Bytes de cabecera y terminación

  -rendimiento supera el 99%.

Ventajas y desventajas:

- Alto rendimiento en la transmisión.
- Los equipamientos necesarios son de tecnología mas compleja y de costos más altos.
- Aptos para transmisiones de altas velocidades (superiores a 1200 baudios).
- El flujo de datos es más regular.
- Si hay errores de transmisión, hay muchos bytes para retransmitir

Dos tipos de procedimientos sincrónicos relacionados con los protocolos:

-orientados al bit

-orientados al carácter.

Apoyo en la web

Alfaomega Grupo Editor

Comunicaciones

Castro-Fusario

Capítulo 7:

Modulación y digitalización de señales

Temas:

- 7.1 Introducción
- 7.2 Modulación
- 7.3 Modulación por onda continua
- 7.4 Equipos Módem
- 7.5 Módem banda base
- 7.6 Redes de acceso utilizando tecnologías xDSL
- 7.7 Cable Módem
- 7.8 Modulación por pulsos
- 7.9 Digitalización
- 7.10 Modulación digital de pulsos

7.1 Introducción

Las señales de características digitales deberán ser convertidas en señales analógicas para posibilitar su transmisión en redes telefónicas.

Esta tarea se realiza a través de equipos denominados **módem**.

Las señales de características analógicas deberán ser convertidas en señales digitales para posibilitar su transmisión en redes de datos.

Esta tarea se realiza a través de equipos denominados c**ódex** .

Las operaciones de **digitalización** y de **modulación** tienen sus inversas que se denominan **decodificación** y **demodulación**.

Los equipos **códec** y los equipos **módem** usan técnicas totalmente diferentes.

7.2 Modulación

7.2.1 Definición

Ciertas características de una onda (portadora) se modifican en función de otra onda (moduladora), que contiene la información a transmitir.

La onda en condiciones de ser transmitida se denomina señal modulada.

La señal moduladora que contiene la información puede tener características analógicas o digitales.

El proceso inverso se denomina **demodulación:** la señal modulada recibida es procesada, recuperando la señal moduladora que contiene la información.

7.2.2 Clasificación de las técnicas de modulación

- Métodos de Modulación
  - Modulación por onda contínua
    - Modulación de amplitud (ASK-Amplitud Shift Keying)
    - Modulación de Frecuencia (FSK-Frecuency Shift Keying)
      - FSK de banda angosta
      - FSK de banda ancha
    - Modulación de fase (PSK-Phase Shift Keying)
      - OSK convencional
      - DPSK diferencial (differential Phase Shift Keying)
      - Modulación multifase y multinivel
        - 4 PSK
        - 8 PSK
        - 16 PSK
        - 16 QAM
        - M QAM
  - Modulación por pulsos
    - Analógica
      - Modulación de pulsos de amplitud (PAM)
      - Modulación de pulsos por duración o variación de pulsos (PDM)
      - Modulación de pulsos por variación de la posición del pulso (PPM)
    - Digital
      - Modulación codificada de pulsos (PCM)
      - Modulación delta (DM)
      - Modulación delta adaptativa
      - Modulación diferencial CM o de Q niveles

7.3 Modulación por onda continua

7.3.1 Introducción

Una señal portadora (con forma de onda sinusoidal) modifica su amplitud, frecuencia o fase en función de la señal moduladora.

$f_p = \frac{1}{T_p}$ = frecuencia de la portadora

A_p = amplitud máxima de la portadora

T_p = período de la portadora

$\omega_p = 2\pi f_p$ = pulsación de la portadora

θ_p = fase de la portadora

$p(t)$ = amplitud máxima de la portadora

7.3.2 Modulación de amplitud (AM)

7.3.2.1 Definición

El parámetro de la señal senoidal de la portadora que se hace variar es la amplitud.

Cuando la señal moduladora es de origen digital, la modulación de la portadora está representada por corrientes de amplitudes distintas.

Modulación de amplitud (AM) en el caso de señal modulante digital se denomina *ASK (Amplitude Shift Keying)*.

Dos tipos de modulación de amplitud:

- Por variación del nivel de la onda portadora.
- Por supresión de onda portadora.

7.3.2.2 Variación del nivel de la onda portadora

Hay que diferenciar si la señal moduladora es analógica o digital.

La señal analógica es:

$$a(t) = A.\text{sen}\,(\omega_a \,.\, t + \theta_a)$$

Donde $\omega_a << \omega_p$ para que haya una envolvente de modulación.

a(t)
Sin modulación
Comienzo de la modulación
A
t
Señal moduladora
m(t)
Señal modulada
A_p
t
Portadora
sin modular
Portadora modulada

d(t)
Sin modulación
t
Señal moduladora
m(t)
t
Señal modulada

7.3.2.3 Por supresión de la onda portadora

Se usa en sistemas telegráficos, donde la señal modulada varían entre:

-amplitud A para la transmisión del dígito 1

-la supresión de la portadora para la transmisión del dígito 0.

7.3.2.4 Proceso de un modulador en amplitud

En un modulador AM se agrega un filtro de salida para reducir el efecto de las frecuencias armónicas indeseables y conformar la señal de salida.

En la modulación de amplitud existe un desplazamiento en frecuencia del espectro de la señal moduladora original.

Señal moduladora
espectro de frecuencia

Espectro desplazdo
en - f_p

Espectro desplazado
en + f_p

7.3.3 Modulación de frecuencia

7.3.3.1 Definición

El parámetro de la señal senoidal de la portadora que se hace variar según la señal moduladora que contiene la inteligencia a transportar, es la frecuencia.

Cuando la señal moduladora es de origen analógico, la señal modulada varía su frecuencia dentro de valores contínuos.

Cuando la señal moduladora es de origen digital, la señal modulada toma un número discreto de valores de la frecuencia, iguales al número de valores que corresponden a la señal moduladora.

a(t)
Señal a
t
Señal moduladora
m(t)
Señal b
t
Modulación de amplitud
m(t)
Señal c
t
Modulación de frecuencia

Señal digital d(t) moduladora

Modulación de amplitud

Modulación de frecuencia

7.3.3.2 Fundamentos teóricos del proceso de modulación en frecuencia

La frecuencia f y la pulsación ω difieren en una constante $2\,\pi$.

En una señal modulada en frecuencia, la frecuencia es diferente a cada instante, y la señal modulada no puede representarse mediante una expresión sinusoidal ordinaria: $f(t) = A\ .\ sen\ (\ \omega.t\ )$

sino por una función sinusoidal generalizada: $f(t) = A\ .\ sen\ \theta(t)$.

El ángulo $\theta(t)$ se modula en frecuencia por la señal: $a(t) = A\ .\ sen\ \omega_a t$

La frecuencia instantánea es: $\omega_i = \omega_p + \Delta\omega\ .\ cosen\ \omega_a t$

Donde: -desviación de frecuencia: $\Delta\omega\ =\ k\ .\ \omega_a\ .\ A$

-índice de modulación: $\beta\ = \Delta\omega\ /\ \omega_a$

Para una señal binaria *d(t)* la expresión de una onda modulada en frecuencia (FSK) vale:

$$m(t) = P \,.\, \cos\left[\, 2p\,(f_p + d(t)\,.\,\Delta f)\, t \,\right]$$

donde:

f_p es la frecuencia central de la portadora

d(t) es la señal digital de banda base de dos niveles

Δf es la desviación de frecuencia

7.3.3.3 Caso práctico de modulación en frecuencia de una señal digital

Los antiguos módems según las normas V.21 y V.22 de la UIT utilizaban este tipo de modulación con:

- portadoras en 1.080 y 1.750 Hz
- desviaciones de 100 Hz hacia ambos extremos

7.3.3.4 Modulación de frecuencia de banda angosta

Si el índice de modulación (relación entre frecuencias modulante y modulada) es pequeño ($\beta < 2/\pi$) se tiene una señal de modulación de frecuencia de banda angosta.

Diferencia con el espectro de modulación en amplitud: las bandas laterales están en cuadratura de fase con respecto a la portadora.

El ancho de banda de la modulación de frecuencia de banda angosta, es igual al de la modulación de amplitud y vale *2 fm*.

fm : máxima componente de frecuencia de la señal modulante

7.3.3.5 Modulación de banda ancha

Las ventajas de la modulación FSK sobre el método ASK se hacen importantes cuando β es grande ($\beta > \pi/2$).

Esto aumenta la protección contra el ruido e interferencias, superando a la modulación de amplitud, pero usando mayor ancho de banda.

7.3.4 Modulación de fase

7.3.4.1 Definición

El parámetro de la portadora que se hace variar es la fase.

La amplitud y la frecuencia de la portadora permanecen constantes.

Dos alternativas:

- PSK convencional: las variaciones de fase se refieren a la fase de la portadora sin modular.
- PSK diferencial: las variaciones de fase se refieren a la fase de la portadora del estado inmediatamente anterior al considerado.

7.3.4.2 Fundamentos teóricos del proceso de modulación de fase

Hay discontinuidades de fase al comienzo y al final de cada intervalo *T*.

Son las transiciones de *0* a *1* o de *1* a *0* producidas por la señal moduladora.

Sistema modulador en 2 PSK: es una llave electrónica controlada por la señal de datos (binaria) que conmuta entre la portadora y su versión invertida (desfasada 180°).

El radio de la circunferencia es igual a 1 y representa la amplitud normalizada de la portadora

Forma de onda de la portadora correspondiente a una sucesión binaria cualquiera donde exista por lo menos una transición entre 0 y 1 ó 1 y 0:

7.3.4.3 Modulación multifase

La fase de la onda portadora puede tomar secuencialmente M valores posibles separados entre si por un ángulo definido por la expresió

$$\theta = \frac{2\pi}{M}$$

Si M = 4 tenemos el método 4 PSK o QPSK: hay cuatro valores diferentes de fase para las cuatro posibles combinaciones de una secuencia de dos bits.

Nº de Secuencia	Secuencia de bits	Fase asignada
1	00	0º
2	01	90º
3	11	180º
4	10	270º

En un periodo de transmisión de un dibit se están transmitiendo en realidad dos bits.

Comparando 2 PSK con 4 PSK se ve que el ancho de banda de este último es la mitad.

El sistema 4 PSK es más sensible a los fenómenos de interferencia y aumenta la tasa de error

Secuencia de bits	Dibit A	Dibit B	Fase
00	0	0	0º + 45º = 45º
01	0	1	0º - 45º = 315º
11	1	1	180º + 45º = 225º
10	1	0	180º + 45º = 135º

Diagrama vectorial para modulación en fase 4 PSK:

(Cada fase representa un grupo de 3 dígitos binarios o tribits)

Nº de Secuencia	Dígitos binarios	Fase asignada
1	011	0º
2	010	45º
3	000	90º
4	001	135º
5	101	180º
6	100	225º
7	110	270º
8	111	315º

Diagrama de fase de una señal 8 PSK: los tribits asignados a cada fase corresponden al denominado Código Gray.

En los sistemas 16 PSK la fase de la portadora puede tomar 16 valores discretos diferentes.

7.3.4.4 Modulación multinivel

Hay modulación en amplitud de dos señales portadoras desfasadas 90° entre sí.

En la modulación QAM se usan dos portadoras independientes en cuadratura moduladas en amplitud.

7.4 Equipos Módem

7.4.1 Distintos tipos de equipos módem

En función del circuito de datos se clasifican en:

- Módem de rango vocal.
- Módem banda base.
- Cable módem.
- Módem ADSL.
- Equipos excitadores de línea o driver.

7.4.2 Características de los módem de rango vocal

7.4.2.1 Introducción

Está muy difundido transmitir señales digitales por la Red Telefónica Conmutada.

Los códec al ingreso de la central hacen imposible la transmisión en modo digital.

Se requiere un **módem de rango vocal**.

7.4.2.2 Definición de módem de rango vocal

El módem de rango vocal, o módem (modulador/demodulador) convierte las señales digitales provenientes de un ETD en señales analógicas aptas para ser transmitidas eficazmente por la Red Telefónica.

7.4.3 Funciones de los módem de rango vocal

7.4.3.1 Funciones básicas

- **La codificación y decodificación:** la codificación consiste en transformar los datos recibidos del equipo terminal en códigos que tengan en cuenta los factores que hacen más eficiente la transmisión de señales a distancia.

  Esos códigos se denominan Códigos de Línea y adaptan la señal digital a la línea de transmisión.

- **La modulación y la demodulación**: la modulación consiste en el proceso por el cual las señales digitales generadas por el equipo terminal de datos son transformadas en señales analógicas, que conservan la misma información que la generada por aquellos equipos.

D(t)
t
Señal digital
$m_a(t)$
t
Modulación de amplitud $A_1 = 2$
$m_f(t)$
t
Modulación de frecuencia $f_1 = 2$
$m_{f1}(t)$
t
Modulación de fase $\varphi = 180°$
$M_{f2}(t)$
t
Modulación de fase diferencial $\varphi = 180°$

7.4.3.2 Funciones complementarias

Recepción y transmisión de señales: desde y hacia el equipo terminal de datos a través de una interfaz digital estándar le permite al modem el intercambio de información con cualquier equipo terminal de datos.

Técnicas de control del flujo: permiten que el modem pueda compensar las diferencias entre las velocidades a las que recibe la información desde el ETD y a las que transmite a la línea telefónica.

Ecualización: permite brindar un nivel de salida constante e independiente de la frecuencia que se está transmitiendo.

Protecciones: se toman precauciones para evitar picos de tensión en la línea de transmisión

7.4.3.3 Funciones especiales

- Discado y recepción automática de llamadas
- Almacenamiento y procesamiento de la información (reducido)
- Detección y corrección de errores
- Compresión de datos
- Servicios de voz
- Servicios de facsímil
- Multiplexado de canales

7.4.3.4 Módem con canal auxiliar

Aprovechan el ancho de banda disponible de un canal telefónico de 3100 Hz, dividen a este en un canal principal y uno o dos canales auxiliares.

7.4.4 Los canales telefónicos analógicos

7.4.4.1 Características de los canales telefónicos

La banda de transmisión esta dividida en canales de 3100 Hz.

Es suficiente para la transmisión de voz, pero insuficiente para velocidades de datos altas.

El espectro de la señal de datos debe adaptarse al canal telefónico.

7.4.4.2 Utilización de módem en los canales telefónicos analógicos

La transmisión esta afectada por perturbaciones tales como el ruido y la distorsión.

Su efecto sobre la transmisión de datos es importante, pues aumenta significativamente la tasa de error.

Las señales analógicas de voz tienen una relación elevada entre la potencia máxima y la potencia media pero las señales de datos poseen una relación mucho menor, dado que su potencia media es elevada.

Se disminuye la potencia media de las señales de datos, lo que disminuye la relación señal/ruido.

Los módems de rango vocal pueden ser divididos en:

- equipos de baja velocidad, que fueron los primeros que se utilizaron en mercado
- equipos de alta y muy alta velocidad (inteligentes y no inteligentes).

7.4.4.3 El sincronismo de los módems

Los módems de datos de frecuencia de voz pueden ser asincrónicos o sincrónicos según el tipo de señal de datos que manejen.

Los modems sincrónicos usan señales de reloj en las interfaces digitales.

Norma	V_M	$V_{T\ máx}$	F_p	Modulación	Modo	Tipo	Enlace
V.21	300 baudios	300 bps	Canal Nº 1: 1800 Hz Canal Nº 2: 1750 Hz	FSK	Asincrónico	Dúplex	RTC
V.22	600 baudios	1200 bps	Canal Nº 1: 1200 Hz Canal Nº 2: 2400 Hz	PSK	Asincrónico Sincrónico	Dúplex	RTC
V.22 bis	600 baudios	2400 bps	Canal Nº 1: 1200 Hz Canal Nº 2: 2400 Hz	QAM	Asincrónico	Dúplex	RTC
V.23	1200 baudios 75 baudios	2400 bps	Canal Nº 1: 1700 Hz Canal Nº R_1: 390 Hz Canal Nº R_0: 450 Hz	FSK	Asincrónico Sincrónico	Dúplex	RTC
V.26	1200 baudios	2400 bps	Canal Nº 1: 1700 Hz	PSK	Sincrónico	Dúplex	4 hilos
V.26 bis	1200 baudios	2400 bps	Canal Nº 1: 1800 Hz	PSK	Sincrónico	Semi-dúplex	RTC
V.26 ter	1200 baudios 75 baudios	2400 bps	Canal Nº 1: 1800 Hz Canal Nº R_1: 390 Hz Canal Nº R_0: 450 Hz	PSK	Asincrónico Sincrónico	Dúplex	RTC
V.27	1600 baudios	4800 bps	Canal Nº 1: 1800 Hz	DPSK	Sincrónico	Dúplex	2 hilos
V.27 bis	1600 baudios	4800 bps	Canal Nº 1: 1800 Hz	DPSK	Sincrónico	Dúplex	2 hilos
V.27 ter	1600 baudios	4800 bps	Canal Nº 1: 1800 Hz	DPSK	Sincrónico	Dúplex	RTC
V.29	2400 baudios	9600 bps	Canal Nº 1: 1700 Hz	QAM	Sincrónico	Dúplex	4 hilos
V.32	2400 baudios	9600 bps	Canal Nº 1: 1800 Hz	QAM/TCM	Asincrónico	Dúplex	RTC

7.4.5 Módems de media y alta velocidad

7.4.5.1 La Red Internet y la necesidad de equipos módem más veloces

- Hay incremento del tráfico telefónico y de los ingresos de los prestadores de este servicio.
- Aparecen Empresas Proveedoras de accesos a la red.
- Las empresas comerciales e instituciones usan páginas *World Wide Web*.
- Aumenta el tamaño de los paquetes de información de textos, gráficos u otros de diversa índole.
- En todas las organizaciones se crean LAN que permiten a cada computadora acceder a Internet
- Las aplicaciones intensivas transfieren gran cantidad de información.

Norma	V_M	$V_{T\ máx}$	F_p	Modulación	Modo	Tipo	Enlace
V.32 bis	2400 baudios	14400 bps	Canal Nº 1: 1800 Hz	QAM/TCM	Asincrónico	Dúplex	RTC
V.33	2400 baudios	14400 bps	Canal Nº 1: 1800 Hz	QAM/TCM	Asincrónico	Dúplex	4 hilos
V.34	3429 baudios	33600 bps	Varios	QAM/TCM	Sincrónico	Dúplex	RTC

7.4.5.2 Características particulares de la Recomendación V.34

Los módems de la Recomendación V.34 trabajan sobre la Red Telefónica Conmutada muy cerca del límite de la Ley de Shannon.

La Recomendación V.34 admite varias velocidades de modulación.

Cuando superan la barrera de los 2400 Baudios dependen de la calidad del canal.

7.4.6 Módems de muy alta velocidad inteligentes

7.4.6.1 Aspectos generales

Los **ISP** (proveedores de Internet) están conectadas en modo digital a la Red Internet y en modo analógico a la Red telefónica Conmutada.

Enlaces digitales:

-E1 (compuestos por 30 canales de 64 kbps)

-T1 (compuestos por 24 canales de 56 kbps)

-SDH (155 Mbps) o SONET (51 Mbps)

-**NGN** a través de vínculos Ethernet

Servidor o
servicio Internet
Enlace
digital
T1 ó T2
56 ó
64 Kbps
Módem Server
V.90
Red telefónica
pública conmutada
33600 bps
(máximo)
Local loop
analógico
Computador
del cliente
Instalación del cliente
Instalación del proveedor
de servicios Internet

7.4.6.2 Características principales

Recomendación V.90 o V.92: la conexión requiere dos tipos de módem:

- Del lado del usuario: Módem cliente.
- Del lado del proveedor: Módem servidor.

Características:

- La conexión es asimétrica (velocidades distintas).
- Los módem se configuran diferentes:
  - el lado servidor trasmite en alta velocidad (bajada)
  - el lado cliente trasmite en baja velocidad (subida)

Conversor
sincrónico/asincrónico
Módem
Red de
comunicaciones
Módem
ETD sincrónico
ETD asincrónico
DISPOSITIVO SINCRÓNICO
DISPOSITIVO ASINCRÓNICO

7.4.6.3 Funciones que prestan los módems inteligentes

7.4.6.3.1 Aspectos generales

- Capacidad de procesamiento y almacenamiento de datos.
- Procedimientos de establecimiento de la comunicación.
- Modulación QAM, con codificación entrelazada o *Trellis Coded Modulation*.
- Control del flujo de datos.
- Compresión, detección o corrección de errores.
- Operación como equipo facsímil.

7.4.6.3.2 Capacidad de procesamiento y almacenamiento de datos

Tienen un microprocesador que les permite realizar funciones en forma automática

o preprogramadas por *hardware* o por *software*.

Por hardware: hay llaves de posición de dos posiciones (DIP Switches) para elegir opciones.

Por software: se programan por comandos Hayes (desarrollados por *Hayes Microcomputer Incorporated* , aceptados como un estándar de facto.

Funcionan con distintos esquemas de modulación y de velocidades (multinorma).

- Configuración por comandos externos Hayes o Comandos AT (la inicialización del módem es mediante la secuencia AT).
- Hay comandos principales (normalizados) y extendidos (propietarios).
- Memorias de registro: almacenan parámetros de operación (Registros S).

COMANDO	FUNCIONES GENERALES	PARTICULARES
A	Facilita el modo de respuesta en forma manual.	
B	Selecciona el tono de respuesta y la velocidad de trabajo.	B0 = UIT - T. B1 = Normas Bell. B_N = Distintas velocidades.
D	Selecciona el modo de discar por la red telefónica.	DP = Por pulsos. DT = Por tonos. D_N = Otras variantes.
E	Habilita o deshabilita el eco en la pantalla.	E0 = Sin eco E1 = Con eco.
F	Permite seleccionar modo Dúplex o Semidúplex.	
H	Fuerza al módem a simular colgar o descolgar el microteléfono.	E0 = Colgar. E1 = Descolgar.
I	Solicita información sobre el equipo.	I0 = Código de identificación del producto. I1 = Identificación de la ROM. I_N = Otras informaciones.
L	Regula el volumen del parlante del equipo.	L0 = Mínimo. L_N = Otros valores interdios. L4 = Máximo.
M	Activa o desactiva el parlante.	
O	Permite volver a conectar la línea.	
Q	Habilita o deshabilita el envío de códigos de resultado.	
S	Permite leer y mostrar el valor almacenado en un registro.	
V	Muestra los códigos de resultado en forma numérica o escrita.	
X	Habilita un conjunto de facilidades del equipo. Siempre el valor de default es el máximo.	X= = Incluye un conjunto mínimo de prestaciones. X_N = Agrega prestaciones al conjunto mínimo. X4 = Conjunto máximo de prestaciones.
Y	Activa o desactiva señales de respuesta, o pausas.	
Z	Permite reinicializar el equipo.	

7.4.6.3.3 Procedimientos de establecimientos de la comunicación

Los módem están capacitados para trabajar a diferentes velocidades para obtener una velocidad de transmisión muy próxima al valor máximo que puede sustentar el canal en cada conexión.

El equipo, al establecer el enlace, tratará siempre de conectarse a la máxima velocidad posible que sea compatible en ambos lados del canal de comunicaciones.

Para cada comunicación conmutada podrá haber una calidad diferente en función del encaminamiento que la red haya establecido.

Las velocidades menores a la máxima se suelen denominar velocidades de repliegue, que irán siendo cada vez mas bajas a medida que la calidad del canal sea menor.

- Procedimiento de negociación: se realiza mediante un sondeo de línea, que consiste en determinar capacidades de los módems y los denominados parámetros de modulación.

Se usa un conjunto de instrucciones denominadas Secuencias INFO.

Los resultados del sondeo fijan la velocidad de modulación y de transmisión más convenientes.

Las Secuencias INFO se trasmiten a 600 bps, con modulación de fase diferencial DPSK.

La velocidad de modulación puede ser diferente en cada sentido de la comunicación (velocidades asimétricas).

7.4.6.3.4 Modulación QAM: la Recomendación V.29

Permiten obtener velocidades de hasta 9600 bps a través de líneas dedicadas a cuatro hilos, con señales multinivel de 16 valores (cuatro bits por Baudio/ cuadribits) usando la modulación en cuadratura QAM.

Se transmite un tren de datos aleatorios que se divide en grupos de cuatro bits de datos consecutivos(cuadribits).

El primer bit de cada cuadribit (Q1) determinar la amplitud de la señal

Los tres siguientes (Q2, Q3 y Q4), se codifican mediante un cambio de fase con relación a la fase del elemento precedente.

FASE ABSOLUTA	AMPLITUD RELATIVA	Q1	Q2	Q3	Q4	CAMBIO DE FASE
0º	3	0	0	0	1	0º
	5	1	0	0	1	
45º	$\sqrt{2}$	0	0	0	0	45º
	$3\sqrt{2}$	1	0	0	0	
90º	3	0	0	1	0	90º
	5	1	0	1	0	
135º	$\sqrt{2}$	0	0	1	1	135º
	$3\sqrt{2}$	1	0	1	1	
180º	3	0	1	1	1	180º
	5	1	1	1	1	
225º	$\sqrt{2}$	0	1	1	0	225º
	$3\sqrt{2}$	1	1	1	0	
270º	3	0	1	0	0	270º
	5	1	1	0	0	
315º	$\sqrt{2}$	0	1	0	1	315º
	$3\sqrt{2}$	1	1	0	1	

Constelación para la Recomendación V.29.

Cuadribits	Cambio de fase	Amplitud relativa	Cuadribits	Cambio de fase	Amplitud relativa
0001	0º	3	1001	0º	5
0000	+ 45º	$\sqrt{2}$	1000	+ 45º	$3\sqrt{2}$
0010	+ 90º	3	1010	+ 90º	5
0011	+ 135º	2	1011	+ 135º	3 2
0111	+ 180º	3	1111	+ 180º	5
0110	+ 225º	2	1110	+ 225º	3 2
0100	+ 270º	3	1100	+ 270º	5
0101	+ 315º	$\sqrt{2}$	1101	+ 315º	$3\sqrt{2}$

7.4.6.3.5 Modulación QAM con codificación entrelazada

Modulación Trellis por codificación entrelazada: permite mayor eficiencia en canales con un ancho de banda limitado (frecuencia vocal).

Recomendación V.32 usa la codificación entrelazada o Trellis:

— Funcionamiento en modo dúplex, tanto a través de la RTC como de circuitos arrendados a dos hilos punto a punto.

— Uso de técnicas de compensación de eco para la separación de los canales.

— Modulación de amplitud en cuadratura para cada canal con transmisión síncrona en línea a 2400 Baudios.

— A la velocidad de transmisión máxima de 9.600 bps permite utilizar dos esquemas de modulación:

-clásico con 16 estados de portadora y cuatro bit por Baudio

(2400 x 4 = 9600 bps)

-otro con codificación entrelazada con 32 estados de portadora

(cinco bits por Baudio).

90 °
1011
1001
1110
1111
1010
1000
1100
1101
180 °
0 ° (Re)
0001
0000
0100
0110
0011
0010
0101
0111
270 °

90 °
11111
11000
01000
00101
01010
10010
10101
10011
10100
00000
01111
00010
01101
00011
180 °
0 °
11001
11110
11010
11101
00111
01001
00110
01011
00100
10000
10111
10001
10110
01110
00001
01100
11100
11011
270 °

90 °
0110000 0111000
1100000 1111001 1101000 1110001
0010011 0101001 0010111 0100001 0010101
1011101 1000011 1011111 1000111 1011011 1000101
0110101 0001101 0110100 0001111 0111100 0001011 0111101
1100101 1111011 1100100 1111010 1101100 1110010 1101101 1110011
0010001 0101011 0010010 0101010 0010110 0100010 0010100 0100011 0010000
1011000 1000001 1011100 1000010 1011110 1000110 1011010 1000100 1011001 1000000
0001000 0110111 0001100 0110110 0001110 0111110 0001010 0111111 0001001
180 °
0 °
1100111 1111111 1100110 1111110 1101110 1110110 1101111 1110111
0011001 0101111 0011010 0101110 0011110 0100110 0011100 0100111 0011000
1010000 1001001 1010100 1001010 1010110 1001110 1010010 1001100 1010001 1001000
0000000 0110011 0000100 0110010 0000110 0111010 0000010 0111011 0000001
1100011 1111101 1100010 1111100 1101010 1101010 1101011 1110101
0101101 0011011 0101100 0011111 0100100 0011101 0100101
1010101 1001011 1010111 1001111 1010011 1001101
0000101 0110001 0000111 0111001 0000011
1100001 1111000 1101001 1110000
0101000 0100000
270 °

7.4.6.3.6 Control del flujo de datos

- Un módem recibe bits de información desde el equipo terminal de datos fuente, los procesa y luego los envía a la interfaz que posee con la red.

La información en ambas interfaces puede estar a distintas velocidades por lo que poseen una memoria intermedia (*buffer)*.

Las razones de estas diferencias de velocidades son:

-corrección de errores de recepción

-compresión y descompresión de datos

-desequilibrio entre lo que se recibe y lo que se envía.

- **Método RTS/CTS**: usa las señales de control de la interfaz serie.

  Petición para transmitir (*Request To Send):* envía el ETD por Circuito 105 - Preparado para transmitir (*Clear To Send):* respuesta del ETCD por Circuito 104

Cuando el ETCD no puede seguir recibiendo datos desde el ETD, procede a desactivar el Circuito 104 llevando su valor a cero, y esa señal indicara al ETD que debe cesar la transmisión.

Se denomina *hardware flow control* .

No es necesario ningún procesamiento de datos para detener el flujo de los mismos

7.4.6.3.6 Control del flujo de datos

- **Método XON/XOFF:** usa dos caracteres de control que el ETCD manda al ETD para indicar que puede enviar datos o que debe detener el flujo de ellos.

ASCII No 17 (XON): Dispositivo de Control No 1 - *Device Control # 1*.

ASCII No 19 (XOFF): Dispositivo de Control No 3 - *Device Control # 3*.

Se denominación *software flow control*

Este procedimiento requiere procesamiento e introduce demoras.

- **Método ENQ/ACK:** se usa las señales

  -petición (Enquire-ENQ) antes de comenzar la transmisión por parte del ETD

  -aceptación (Acknowledge-ACK) aceptación del ETCD.

Es un procedimiento de *software*.

7.4.6.3.7 Detección, corrección de errores y comprensión de los datos

Recomendación V.42: procedimientos de corrección de errores para los ETCD que utilizan la conversión de modo asíncrono a modo síncrono.

La comunicación con el computador es en modo asincrónico, mientras que la comunicación de modem a modem es sincrônica usando protocolos HDLC.

Características:

- Utiliza el procedimiento de detección de errores, denominado – CRC.
- La corrección de errores, cuando estos son detectados, se efectúa por medio de un procedimiento de retransmisión automática.
- Cuando el modem corresponsal no posee la facilidad de realizar el control de errores por medio de los procedimientos de esta recomendación, el mismo es omitido en forma automática.
- El intercambio de datos entre el ETD y el módem se hace por medio de la interfaz V.24.

7.4.6.3.8 Operación del módem como equipo facsímil

Recomendación V.32 bis o mejores permiten trabajar como facsímiles o para voz.

Facsímil está de acuerdo a la Recomendación V.17 (1991):

-velocidades de transmisión de hasta 14.400 bps

-velocidades de repliegue a 12.000, 9600 y 7200 bps

-velocidades de modulación de 2400 Baudios

-modulación QAM y Codificación Entrelazada

Recomendación T.30: Equipos Terminales y Protocolos para los Servicios de Telemática (Anexo F: Procedimiento de transmisión facsímil del Grupo 3):

-usa modulación semidúplex de la Recomendación V.34

-velocidades de hasta 33.600 bps.

7.4.7 Características técnicas y operativas de un módem

Velocidad de modulación	Tensión de alimentación
Velocidad de transmisión	Frecuencia de alimentación
Número de bits por Baudio	Sistema de portadora
Modo de transmisión	Tipo de actualización
Tipo de explotación	Requerimientos del canal
Tipo de línea a utilizar	Banda pasante
Calidad de la línea a utilizar	Distorsión
Interfase a utilizar con el ETD	Relación señal/ruido
Origen de la señal de sincronismo	Supresión de eco
Base de tiempo interna y externa	Codificación de las señales
Sensibilidad de recepción	Llamad automática
Consumo de potencia	Contestación automática
Tipo de modulación	Posibilidad de trabajo multipunto

7.5 Módem banda base

Utilizan la transmisión digital codificada y son aptos para distancias cortas en líneas especiales.

Es un “módem” que no hace modulación y demodulación sino codificación y decodificación

Utilización importante para:

•Instalaciones en radios urbanos y en cortas distancias.

•Necesidad de trabajar a velocidades altas (mas de 33.600 bps).

•Fácil instalación, puesta a punto y mantenimiento.

•Necesidad de interconectar circuitos digitales, como puede ser la de interconectar dos equipos *router* a traves de un vinculo digital de 64 kbps o de velocidad aun mayor.

Características:

•Velocidades seleccionables desde 300 bps a 2048 Mbps y aun mas en algunos casos especiales.

•Uso de líneas de pares metálicos a 2 o 4 hilos.

•Codificación en banda base del tipo codificación diferencial o similar.

•Sincronismo de bit (proporcionado por el equipo terminal o por el propio módem).

•Interfaz con el equipo terminal, normalizada en los términos de la Recomendación V.24.

7.6 Redes de acceso utilizando tecnologías xDSL

7.6.1 Concepto de redes de banda ancha

El concepto de Acceso de Banda Ancha se aplica a velocidades no inferiores a 2 Mbps.

Se usan redes ya desplegados de amplia cobertura geográfica y con llegada a los usuarios finales ya establecidas:

-cables de cobre utilizados en la red telefónica (tecnologías denominadas xDSL)

-cables coaxiles empleados en las redes de distribución de señales de televisión (normas DOCSIS con equipos cable módem).

7.6.2 Características de la red de cables de cobre

Las empresas telefónicas aprovechan la infraestructura instalada (1.400.000.000) de líneas fijas telefónicas que utilizan pares de cobre para prestar el servicio.

Ancho de banda cercano a 1 Mbps

Surge la idea de digitalizar parcialmente la línea de abonado para ofrecer servicios de transmisión de datos a alta velocidad.

Hay dificultades en el par de abonado si se usan inductancias para disminuir la atenuación (los efectos capacitivos limitan a 6 km).

Las líneas así suplementadas por inductancias se denominan **par de abonado cargado**.

dB
km
1,90
1,70
1,50
1,20
0,95
0,70
0,5
0,25
Sin carga
Para cables
AWG 22
= 88 mH
= 66 mH
f [KHz]
0
1
2
3
4

7.6.3 Las Tecnologías xDSL

Parámetros :

- Distancias máximas de utilización.
- Velocidades del tráfico descendentes y ascendentes.
- Mercado al que están dirigidas.
- Utilización simultánea sobre pares telefónicos o cables de uso exclusivo.
- Características de simetría de los canales.
- Codificación de las señales digitales.
- Cantidad de pares requeridos.

ABREVIATURA	DENOMINACIÓN
ADSL/DSL2+	Línea Digital de Abonado Asimétrica Asymmetric Digital Subscriber Line
RADSI	Línea Digital de Abonado Asimétrica de Velocidad Variable Rate Adaptive Asymmetric Digital Subscriber Line
HDSL/HDSL1	Línea de Abonado de Alta Velocidad Higth Bit Rate Digital Subscriber Line
SDSL	Línea Digital de Abonado Simétrica Symmetric Digital Subscriber Line
VDSL	Línea de Digital Abonado de Muy Alta Velocidad Very Higth-Speed Digital Subscriber Line

7.6.4 Tecnología ADSL

7.6.4.1 Generalidades

ADSL se presta sobre un único par de cobre por el que se brinda el servicio telefónico.

El canal descendente tiene mayor velocidad que el canal ascendente ya que en Internet el volumen de información recibida es mucho mayor que la enviada desde el usuario.

Velocidades mayores a los módems de datos de rango vocal

Solución de bajo costo para conectar a una LAN a la Red Internet.

7.6.4.2 Arquitectura ADSL

Elementos:

- Un par de cables de cobre (utilizado simultáneamente para el servicio telefónico).
- Un módem ADSL en el domicilio del usuario final (denominado ATU-C).
- Un equipo denominado DSLAM en el edificio donde está ubicada la central telefónica del proveedor (denominado ATU-R).
- Dos *splitter* en ambos extremos.

Recomendación UIT G.992.1 : administra el ancho de banda en los pares de cobre en tres canales diferentes.

El canal de voz analógico está separado del módem digital mediante filtros contenidos en el *splitter,* incorporados a los módems en ambos extremos.

En la central telefónica del operador, los módems DSLAM están instalados en bastidores y se conectan a la Red Internet mediante enlaces Ethernet o ATM.

7.6.4.3 Funcionamiento del ADSL

Del lado del usuario el módem (ATU-C) tiene incorporado un *splitter* que divide en:

-un canal analógico para señales vocales

-dos canales digitales para datos: descendente de alta velocidad y ascendente de velocidad menor).

Arquitectura de varios enlaces ADSL administrados por un DSLAM.

Un DSLAM funcionalidades en el nivel 2 del modelo OSI.

Para encaminar el tráfico hacia diferentes destinos debe conectarse a un *router* de nivel 3.

El DSLAM tiene **cancelación de eco** para evitar las interferencias por intermodulación.

Tecnología ADSL usa código de línea **DMT**, también conocida como **OFDM**.

Consiste en dividir el ancho de banda en un conjunto de subportadoras ortogonales de diferentes frecuencias. Cada subportadora se modula con QAM o PSK.

Amplitud
Voz
Canal Ascendente
Canal Descendente
Frecuencia
0 - 4 kHz
20 kHz
130 kHz
140 kHz
1 MHz
4
6
30
31
225
Canales

7.6.4.4 Las últimas versiones del estándar

Los fabricantes han desarrollado equipos para mayores velocidades para brindar otros servicios (televisión bajo demanda, juegos de video en línea, videoconferencia).

ESTÁNDAR	DENOMINACIÓN	AÑO	OBSERVACIONES
ITU G.992.1	ADSL (G.DMT)	1999	Actualizada en 2003
ITU G.992.1 Anexo A	ADSL	1999	Sobre RTPC
ITU G.992.1 Anexo B	ADSL	1999	Sobre ISDN
ITU G.992.2	ADSL (G.Lite)	1999	Lite - Actualizada en 2003
ITU G.992.3/4	ADSL2	2009	
ITU G.992.3 Anexo J	ADSL2	2009	
ITU G.992.3 Anexo L	RE-ADSL2	2009	
ITU G.992.4	ADSL2	2002	Sin Splitter
ITU G.992.5	ADSL2+	2009	
ITU G.992.5 Anexo L	ADSL2+	2009	
ITU G.992.5 Anexo M	ADSL2+M	2009	Alcance extendido - Reach Extended

Las mejoras buscan incrementar la velocidad descendente.

ADLS2 plus: hasta 24 Mbps (evolución del sistema ADSL y ADSL2).

Distribución de frecuencias y velocidades máximas:

7.6.4.5 Características del estándar ADSL ventajas y desventajas

- Permite la operación telefónica y navegar por la Red Internet.
- No requiere una infraestructura especial, reusando la planta externa existente.
- Los operadores no afrontan grandes gastos.
- Menor costo del servicio y del tiempo de instalación.
- Velocidad mayor que con módems de frecuencia vocal.
- Respecto de **Cable Módem** tiene velocidad constante e independiente de los usuarios conectados.
- Permite la telefonía IP a costos mucho menores que la telefonía clásica.
- Los enlaces ADSL pueden ser usados como red de *back-up* de redes WAN empresariales.

7.7 Cable Módem

7.7.1 Introducción

7.7.1.1 Las redes de distribución de señales de televisión por cable

La televisión se inicio con la recepción por medio de antenas.

La limitación del número de canales el ruido y la calidad de la señal hizo rentable la construcción de redes alámbricas hasta el hogar.

Cabecera
Cable coaxial 75 Ω
Red de Distribución de Televisión por Cable
Empalme
Amplificador unidireccional

Red de Fibra Óptica
Red de Cable Coaxial
Nodo
Cabecera
Anillo de fibra óptica
Monomodo
Nodo
Final
Óptico
Eléctrico
Conversor
Cable coaxial 75 Ω
Nodo

7.7.1.2 Los servicios que presta una red de distribución de señales de televisión por cable

El Cable Modem permite proveer servicios con protocolos que establecer un canal transparente entre la cabecera y el usuario final:

- Televisión analógica.
- Televisión Digital.
- Radio difusión FM.
- Radio digital.
- Acceso a la Red Internet.
- Telefonía.
- Servicios multimedio con calidad de servicio.
- Administración de los servicios.

Servicios
Canal ascendente
Radio difusión FM
Radio Digital
Televisión analógica
Televisión Digital
Canal descendente
42
750
Frecuencia [Mhz]

7.7.2 Arquitectura de una red híbrida de cable para la transmisión de televisión, datos, voz y otros servicios

7.7.2.1 Consideraciones generales

Son redes con topología de anillos entrelazados y derivaciones en estrella.

Tres tipos de anillos: primarios, secundarios y finales.

El anillo primario o troncal es la columna vertebral de la red, conectado a la cabecera donde se envían las señales a la red.

Las redes utilizan fibras monomodo con amplificadores bidireccionales.

A partir de los anillos finales se efectúa la conversión óptico/ eléctrica y se procede a su distribución a los usuarios a través de una topología en estrella por cables de cobre.

Anillo Secundario
Nodo Óptico Primario
Anillo Secundario
Nodo Óptico Primario
Cabecera
Anillo primario
Anillo Final
Conversor öptico - Eléctrico
Cable coaxial 75 Ω
Nodo Óptico Primario

7.7.2.2 Estructura del circuito de datos con cable módem

El circuito de datos se establece entre el cable modem del usuario y el S**istema de Terminación del Cable Módem - CMTS** (*Cable Modem Termination System*) de la cabecera que puede atender a un número importante de usuarios finales.

Entre ambos equipos el transporte de datos se efectúa por medio de la Red Híbrida de fibra y coaxiles (HFC).

El CMTS está en la cabecera del operador, conectado al *Backbone* de la red.

Se conecta a Internet mediante enlaces de datos de alta capacidad con un proveedor de servicios de red utilizando un *router* como equipo de acceso

7.7.2.3 Equipo del Sistema de Terminación del Cable Módem

Un CMTS entrega la información necesaria al cable modem para configurarse:

-Entrega al ETD del usuario conectado a un cable módem una dirección IP utilizando el protocolo **DHCP** (hay una lista de direcciones IP dinámicas y se van asignando a los clientes).

-Entrega fecha y hora para almacenar los eventos de acceso de los usuarios.

-Facilita al cable modem el proceso de registro y de privacidad de la línea mediante protocolo **TFTP**.

7.7.2.4 Equipo Cable Módem

Los equipos cable módem pueden ser externos o internos.

-Los externos se conectan directamente al computador por Ethernet o USB.

Trabajan con la mayoría de los sistemas operativos y plataformas de *hardware*.

Tienen incorporado un *splitter* que permite conectar a ellos el televisor y el computador.

-Los internos se colocan como una tarjeta adicional a un bus PCI.

Domicilio del usuario
SPLITTER
Conversor
Óptico - Eléctrico
Nodo Final
Nodo Final
Nodo Final
Nodo Final
Anillo Final
Cable coaxial 75 Ω

Diagrama en bloque de un cable modem:

- Sintonizador de radiofrecuencia.
- Demodulador.
- Capa MAC.
- Interfaz del control de datos.
- Modulador.
- Transmisor de radio frecuencia.

7.7.3 Las especificaciones DOCSIS

7.7.3.1 DOCSIS, Cable Labs Europa y CableLabs

DOCSIS es un conjunto de estándares para transmisión de datos sobre redes de televisión por cable.

Disponibles en la página **Docsis.org**

Utilizan esquemas de modulación QAM y QPSK RF.

Dos tipos de normas DOCSIS:

- europeas (EuroDocsis): canales de 8 MHz con Norma PAL, elaboradas por **Cable Europe Labs**
- americanas: canales de 6 MHz con Norma NTSC, elaboradas por **CableLabs**.

7.7.3.2 Características generales del estándar DOCSIS

Numerosas variantes de frecuencias, velocidades, esquemas de modulación, etc.

En los distintos países hay diferencias en el ancho de banda asignado.

Las velocidades máximas dependen del esquema de modulación utilizado.

Uso	Modulación	Bit x Byte	Número de niveles	Observaciones
Canal ascendente	QPSK	2	4	En desuso
Canal ascendente	QAM	4	16	
Canal ascendente	QAM	5	32	Solo en algunos cables módem
Canal descendente	QAM	6	64	También en canales ascendentes
Canal descendente	QAM	8	256	

7.7.3.3 Características de la prestación del servicio de conectividad a la Red Internet

Comunicación de datos entre el CMTS y el cable modem a través de la Red Hibrida.

Usa especificaciones DOCSIS y protocolos TCP/IP transparente a los medios usados: fibra óptica y cable coaxial.

Según el ancho de banda y la modulación será la velocidad máxima.

En el nodo final un convertidor transformara las señales ópticas en eléctricas y las entrega a los usuarios (con su cable modem).

La cantidad de usuarios por canal dependerá del nivel de servicio.

Varia entre 100 y 500 por nodo final para el uso de canal de 6 MHz.

Versión	Canal descendente			Canal ascendente	
	Máximo de canales	Velocidad máxima		Máximo de canales	Velocidad máxima
		DOCSIS	EURODOCISIS		DOCSIS/EURODOCISIS
1.0	1	42.88 Mbps	55.62 Mbps	1	10.24 Mbps
2.0	1	42.88 Mbps	55.62 Mbps	1	30.72 Mbps
3.0[1]	No están definidos	42.88 Mbps	55.62 Mbps	No están definidos	30.72 Mbps

7.7.3.4 Esquemas de protocolos utilizados en las normas DOCSIS

7.7.4 Comparación entre la tecnología XDSL y Cable Módem

CARACTERÍSTICA	CABLE MÓDEM	ADSL
Fecha de desarrollo	1990	1987
Cableado utilizado	Coaxial 75 Ω más fibra óptica	Par telefónico
Multiplexación	Si - TDMA	No
Codificación	QAM	DMT
Ancho de banda utilizado	Descendente (NTSC) 6 MHz	Descendente 160 a 1.104 kHz
	Descendente (PAL) 8 MHz	
	Ascendente 2 Mhz	Ascendente 2 Mhz
Velocidades máximas	55,62 Mbps . EURODOCSIS	20 mbps (ADSL2+ - Anexo J)
Requiere amplificadores	Si - Bidireccional	No
Soporte de QoS	Si	Si
Telefonía	Si	Si
Alcance geográfico	Teóricamente ilimitado	± 6 km según el par
Servicios adicionales posibles	Si	No - Solo telefonía
Es alternativa a redes WAN	No	Si

7.8 Modulación por pulsos

7.8.1 Definición

La señal moduladora modifica una señal portadora constituida por un tren de pulsos.

Los parámetros que pueden ser alterados son los siguientes:

- Amplitud.
- Periodo.
- Posición del pulso.

t: tiempo entre el inicio de un periodo y el comienzo de un pulso.

Dos trenes de pulsos de idéntica amplitud y periodo, con distintas posiciones de pulsos. (t_1 y t_2).

7.8.2 Clasificación de la modulación por pulsos

7.8.2.1 Modulación por pulsos analógica

El tren de pulsos puede ser modulado tomando infinitos valores.

Métodos: - PAM (Modulación de Amplitud de Pulso)

- PDM (Modulación por Duración de Pulso)
- PPM (Modulación por Posición de Pulso)

7.8.2.2 Modulación por pulsos digital

El tren de pulsos puede ser modulado tomando un numero finito de valores.

Métodos: - PCM (Modulación por Pulsos Codificados)

- Modulación Delta
- Modulación Delta Diferencial, etc.

7.8.3 Ventajas de la modulación por pulsos

Ventajas respecto de la modulación por onda continua:

- La potencia transmitida puede estar concentrada en ráfagas cortas, en lugar de entregarse en forma continua (hay almacenamiento y retransmisión a alta velocidad).
- Permiten realizar procesos de multiplexado.
- Mayor nivel de calidad que los otros procedimientos de modulación vistos antes.

Desventajas:

- Las señales analógicas deben ser convertidas en digitales y luego nuevamente en analógicas.
- Las transmisiones digitales requieren un mayor ancho de banda para transmitir señales analógicas.
- Las señales digitales requieren sincronización del transmisor y receptor.

7.8.4 Modulación de pulsos analógica

7.8.4.1 Concepto general

7.8.4.2 Modulación de pulsos por amplitud

PAM: la señal de salida aumenta o disminuye su amplitud siguiendo la señal moduladora. La duración de los pulsos o su ubicación no es alterada.

Es similar a la modulación de amplitud pero la portadora no es una onda sinusoidal sino un tren de pulsos rectangulares (que por serie de Fourier es una onda sinusoidal fundamental y todas sus armónicas).

PAM es un paso intermedio para PCM y TDM.

7.8.4.3 Modulación de pulsos por variación del ancho del pulso

PDM: la señal de salida aumenta o disminuye la duración de su periodo siguiendo la señal moduladora.

La amplitud de los pulsos o su ubicación no es alterada por dicha señal .

Respecto a la modulación PAM: - ventajas (amplitud de pulsos es constante)

-inconvenientes (requiere mayor ancho de banda).

7.8.4.4 Modulación de pulsos por modificación de la posición del pulso

PPM: la señal de salida se retarda o avanza siguiendo la señal moduladora.

El ancho y la amplitud de los pulsos permanecen inalterados.

Ventaja sobre PDM: la información reside en la posición del tiempo de los bordes de los pulsos, no en los mismos pulsos en si.

PDM y PPM se utilizan en comunicaciones especiales, y en aplicaciones militares.

7.9 Digitalización

7.9.1 Introducción a las redes digitales

La irrupción de la electrónica digital y los computadores en los sistemas de comunicaciones ha llevado a la migración de los primitivos sistemas analógicos hacia los de tecnología digital.

Se deben convertir las señales analógicas en digitales.

La digitalización de la voz se extiende a las señales de video, la música de alta fidelidad, imágenes y otros servicios que deben conservar sus características al ser digitalizadas.

7.9.2 Antecedentes del muestreo: el Teléfono de Reis

1861: un contacto de platino acoplado a un diafragma abría o cerraba un circuito.

7.9.3.2 Aplicación del Teorema de Nyquist o del Muestreo

Dada una función cuya energía esta enteramente contenida en un ancho de banda cuya frecuencia máxima es *fmax*, si se muestrea a una frecuencia igual o mayor a *2 fmax* (ancho de banda finito), la función original puede ser totalmente recuperada por medio de un filtro pasa bajos ideal.

La frecuencia mínima de muestreo será: $f_{m_{min}} = 2 f_{max}$

Una señal de ancho de banda finito Δf puede ser satisfactoriamente definida por un conjunto de muestras instantáneas tomadas a una frecuencia de muestreo f_N mayor que el doble del ancho de banda Δf de la señal que se va a muestrear.

La frecuencia de muestreo mínima es la **Frecuencia de Nyquist**.

Las muestras pueden tomarse de dos maneras:

- con muestreo uniforme: los periodos de tiempo T son iguales

-con muestreo no uniforme: los periodos T son diferentes

(requiere exactitud de las muestras e información de sincronismo).

7.9.4 Cuantificación

7.9.4.1 Conceptos generales y definición

Transformación de los niveles de amplitud continuos de la señal muestreada en un conjunto de niveles discretos establecidos.

Cada muestra deberá tomar un valor que este en correspondencia con un número natural dentro de un conjunto numérico previamente establecido.

Cada valor del conjunto elegido recibe el nombre de nivel cuántico.

La cantidad de niveles cuánticos son potencias de 2 (64, 128 o 256).

7.9.4.2 Error de cuantificación

La cuantificación implica una pérdida de información y será imposible reconstruir la señal analógica original a partir de la señal cuantificada.

No es problema porque el oído humano solo puede percibir diferencias finitas de intensidad.

Error de cuantificación: diferencia entre: - la señal de entrada *S(t)* y

- su versión cuantificada *C(t)*.

También se lo denominar ruido de cuantificación o distorsión por cuantificación.

7.9.4.3 Distintos tipos de cuantificación

Cuantificación uniforme o lineal: los distintos niveles cuánticos tienen la misma medida.

El error de cuantificación es constante e independiente de la señal.

Apto para sistemas que requieren errores de cuantificación bajos y que usan un elevado número de niveles cuánticos.

Esta cuantificación no es apta para señales de bajo nivel (el error de cuantificación constante es del orden de la señal)

En telefonía los usuarios tienen variados niveles de intensidades de la voz, con diferencias de 30 dB.

Tensión de salida
del cuantificador
C(t)
Curva A
- 8
- 6
- 4
- 2
2
4
6
8
S(t)
Tensión de
entrada
C(t)
Pulsos modulados en
amplitud y cuantificados
- 12
- 10
- 8
- 6
- 4
- 2
2
4
6
8
S(t)
Señal analógica
Instantes
de muestreo
T_m
$f_m - 1/T_m$
Error de
cuantificación
(Diferencia entre la señal analógica
y los pulsos cuánticos)

Cuantificación no uniforme: los distintos niveles cuánticos se comprimen en proximidades al valor cero y se expanden hacia los extremos.

Equivale a hacer pasar una señal digital en banda base por un compresor y luego por un cuantificador uniforme.

7.9.4.4 Compansión

Se realiza en los sistemas que emplean cuantificación no uniforme.

Consiste en comprimir la señal en la fuente y descomprimirla en destino.

Se aplica una ley del tipo logarítmica (leyes de cuantificación).

7.9.4.5 Leyes de Cuantificación

Se usan dos tipos de leyes de características logarítmicas denominadas Ley μ y Ley A.

Están definidas por el UIT – T en la norma G.711.

En la práctica no se aplican tal como han sido definidas sino que se usar un procedimiento que disminuye el costo sin perder las ventajas.

El procedimiento por trazos consisten en dividir las curvas de cada una de las leyes en segmentos de recta (la Ley A en 13 segmentos y la Ley μ en 15).

El objetivo es tener una relación señal/ruido de cuantificación constante para todo nivel de señal, para lo cual se debe utilizar una cuantificación no uniforme.

Cuando la señal es pequeña se toman más niveles cuánticos, reduciéndose dicho ruido.

Cuando la señal es alta se toman menos niveles, el ruido aumenta y la relación señal/ruido es la misma.

7.9.5 Codificación

Convierte los pulsos cuantificados en un grupo de pulsos binarios de amplitud constante.

Pulsos PAM	Señal digital codificada
Niveles de Amplitud (en volts)	Código binario
0	000
1	001
2	010
3	011
4	100
5	101
6	110
7	111

7.10 Modulación digital de pulsos

7.10.1 Diferentes tipos

- Modulación por pulsos codificados.
- Modulación delta.
- Modulación delta adaptiva.
- Modulación por pulsos codificados diferenciales.

7.10.2 Ventajas de la modulación digital

- Calidad de transmisión uniforme: los repetidores regenerativos se encargan de mantener el nivel de calidad con independencia de la distancia y el medio usado para constituir físicamente el canal.
- No se usan modems sino Equipos Terminales del Circuito de Datos.
- Permiten la integración de servicios, transformando señales de voz, textos, datos e imágenes en señales digitales que usan los medios de transmisión con independencia del servicio.
- Permiten optimizar:
- — Los sistemas de codificación.
- — Los sistemas de seguridad.
- — Los sistemas de control de errores.
- — Los costos de fabricación.

7.10.3 Modulación por pulsos codificados

7.10.3.1 Definición

Transmisión de información analógica en forma de señales digitales mediante un proceso continuo de muestreo, cuantificación y codificación.

7.10.3.2 Descripción

La técnica de PCM es la opción más utilizada

La amplitud y el periodo de cada pulso son constantes.

Cada pulso representa un bit de información.

El transmisor tiene cuatro etapas:

- Sistema de filtros pasa bajos.
- Muestreador.
- Cuantificador.
- Codificador.

El receptor tiene tres etapas:

- Regeneración
- Decodificador
- Filtro de reconstrucción de la señal original.

Circuito integrado
Canal de comunicación
F
M
C
Co
ETD
Fuente
Filtro pasa
bajos
Muestrador
Cuantificador
Codificación
Enlace
satelital
RR
RR
RR
Repetidores
regenerativos
Enlace
satelital
Circuito integrado
F
De
Ci
Canal de comunnicaciones
ETD
colector
Filtro de
reconstrucción
Decodificador
Circuito de
regeneración

7.10.3.3 Ruido en los sistemas PCM

Los sistemas PCM son sensibles a dos tipos de ruido:

- Ruido de cuantificación: es el que se produce en el transmisor durante el proceso de cuantificación.
- Ruido de transmisión: ruido blanco o gaussiano, función del medio usado.

La cantidad de repetidores regenerativos será función del ruido, de la atenuación y del medio.

7.10.3.4 Características técnicas de los sistemas PCM

- Calidad de la transmisión casi independiente de la distancia.
- Bajo costo de implementación para enlaces de mediano alcance.
- Economía en combinación con la conmutación digital: no hay costo adicional de conversión analógico/digital.
- Integración de los servicios: voz, datos, télex, video
- Un canal PCM básico tiene una capacidad de 64.000 bps (o 56.000 bps).
- Nuevos medios de transmisión: los medios de transmisión de banda ancha, como las microondas o la fibra óptica, son mas aptos para la transmisión digital que para la analógica.

7.10.4 Variantes de la modulación por pulsos codificados

7.10.4.1 Conceptos generales

En el sistema PCM clásico se codifican todas las muestras obtenidas.

Puede ser que las muestras sucesivas estén fuertemente correlacionadas (en la transmision de imágenes, muchas veces el fondo de las mismas permanece constante).

En ese caso no resulta necesario el envío de la totalidad de las muestras y el uso de gran ancho de banda.

Las señales PCM son siempre los mismos bytes o conjuntos de bytes muy parecidos que se pueden eliminar.

Una manera de aprovechar este fenómeno es la modulación delta y la denominada modulación PCM diferencial de Q niveles.

7.10.4.2 Modulación delta (DM)

Consiste en la generación de una onda escalonada que siga las variaciones de la señal de entrada.

Se emplean impulsos de igual polaridad si crece la señal, o de polaridad contraria si disminuye.

d(t) = pulsos provenientes del generador de pulsos

e(t) = señal analógica de entrada al modulador elta

p(t) = pulsos de salida del modulador delta

s(t) = señal de aproximación escalonada

Instantes de muestreo

d(t) Señal del generador de pulsos

s(t) Señal escalonada

a(t) Señal de salida del amplificador diferencial

p(t) Señal de salida del modulador delta

7.10.4.3 Modulación delta adaptativa

Este sistema soluciona los dos inconvenientes existentes en la modulación delta: el ruido granular y la sobrecarga de pendiente.

Como ambas distorsiones están originadas en el tamaño del escalón, con la modulación delta adaptativa se ajusta el valor de este en función de la variación de la señal de entrada.

7.10.4.4 Modulación PCM diferencial

Este sistema combina el método de modulación delta con la codificación propia de los sistemas PCM.

Reemplaza el modulador de pulsos por un dispositivo cuantificador – muestreador que genera pulsos iguales en polaridad que los de salida de un modulador delta, pero con amplitud proporcional a la diferencia entre la señal de entrada y la señal escalonada.

Dicha señal, correspondiente a cada muestra de error cuantificada, es transmitida como una palabra código de n bits.

Cada palabra de n bits permite representar a uno de los M niveles posibles de cuantificación que puede tomar cada muestra de error *(M = 2n)*.

Combina la simplicidad de la modulación delta con la ventaja de la codificación multinivel del PCM.

Apoyo en la web

Alfaomega Grupo Editor

Comunicaciones

Castro-Fusario

Capítulo 8:

Tecnologías para el transporte de señales

Temas:

- 8.1 Introducción
- 8.2 Multiplexación
- 8.3 Multiplexación por división de frecuencia (FDM)
- 8.4 Multiplexación por división de tiempo (TDM)
- 8.5 Multiplexación por división de tiempo estadística (STDM)
- 8.6 Redes ópticas
- 8.7 Transmisión sincrónica
- 8.8 Comunicaciones por redes ópticas
- 8.9 Jerarquía digital sincrónica
- 8.10 SONET - Synchronous Optical Network
- 8.11 Interrelación entre SONET y SDH
- 8.12 El futuro de las redes ópticas.

8.1 Introducción

8.1.1 La crisis del ancho de banda

La crisis del ancho de banda obligó a la digitalización de las redes hasta el usuario final.

Los pares telefónicos solo eran aprovechados hasta el límite de los *3400 Hz*.

Para enviar más que un canal telefónico se hace **multiplexación** del **ancho de banda**.

Tecnologías xDLS por cables de cobre hacen multiplexación:

-canal para voz

-banda de protección

-canal para datos.

8.1.2 Exaflood: un fenómeno de las crisis del ancho de banda

La crisis del ancho de banda y el aumento en las expectativas de los consumidores por servicios rápidos han dado lugar al fenómeno *Exaflood* o **Diluvio Digital.**

El nombre deriva de la palabra *exabyte*

1 EB = 1.000.000.000.000.000.000 B = 10^{18} B

Alude a la avalancha de datos transmitidos a muy altas velocidades que afecta las redes y exige inversiones.

Los proveedores buscan reducir los costos del transporte de grandes volúmenes de tráfico a través de servicios innovadores.

8.1.3 Los requerimientos de ancho de banda de distintos sectores

Hay necesidad de mayores anchos banda para:

- Empresas comerciales
- Organismos gubernamentales.
- Investigación y educación superior.
- Usuarios residenciales.

8.1.4 Distintas variantes para mejorar la capacidad de un canal

- Transmisiones multinivel: limitado por la relación señal ruido.
- Aumentar la velocidad de modulación
- Enviar varias comunicaciones simultáneas usando multiplexación
- Utilizar al máximo el ancho de banda disponible en el medio con el hardware necesario.

8.1.5 La idea de multiplexar

Multiplexación: técnica que permite que por un único canal físico de comunicaciones puedan cursarse varias comunicaciones simultáneas, sin que estas interfieran entre sí.

Los equipos que realizan estas funciones reciben el nombre de **multiplexores**.

Estos equipos pertenecen también al grupo que conforma el denominado **circuito de datos**.

8.2 Multiplexación

8.2.1 Definición de multiplexación

Multiplexar es repartir un único canal de comunicaciones de capacidad C entre n_i subcanales de entrada de capacidades C_i cuya suma de velocidades no puede superar el valor C.

8.2.2 Uso de las técnicas de multiplexación

- Proporcionan una solución rápida a la crisis del ancho de banda
- Utilizan plenamente el ancho de banda disponible en cada medio
- Permite mezclar canales de distintas capacidades.
- Proporcionar bifurcaciones sobre distintos circuitos.
- Permite enviar varios mensajes simultáneos entre dos puntos.
- Permiten ahorro de costos.

8.2.3 Técnicas de multiplexación

- Multiplexado por división de frecuencia (**FDM** - *Frequency Division Multiplexing)*.
- Multiplexado por división de tiempo (**TDM** - *Time Division Multiplexing)*.
- Multiplexado por división de tiempo estadístico (**STDM** - *Statistical Time Division Multiplexing)*.

Los sistemas de multiplexado pueden utilizar técnicas denominadas plesiócronas o sincrónicas.

8.3 Multiplexación por división de frecuencia

8.3.1 Definición y breve reseña histórica

Divide el ancho de banda en subcanales independientes.

Cada subcanal tiene un rango de frecuencias diferente dentro del ancho de banda total.

Los primeros multiplexores por división de frecuencia utilizaron técnicas de modulación por amplitud: cada canal usaba un tono de frecuencia distinta, que se hacía nula o no de acuerdo a la señal digital proveniente del terminal.

8.3.2 Esquemas de funcionamiento de la multiplexación por división de frecuencia

La multiplexación por división de frecuencia **divide** el ancho de banda disponible en el circuito de datos en varios **subcanales independientes**.

Cada subcanal está separado del anterior y del posterior por una denominada **banda de protección**.

Los equipos terminales que utilizan cada subcanal toman parte del ancho de banda del canal todo el tiempo.

8.3.3 Formación del esquema básico de multiplexación por división de frecuencia

Dos maneras diferentes de ensamblar los canales:

-Sistemas de Pregrupos con Traslación

-Traslación de Canales Simples.

Sistemas de pregrupos con translación:

- Combina tres canales de 4 kHz (incluye la banda de protección) en un pregrupo
- Canales modulados en banda lateral con supresión de portadora (reduce el ruido y facilita la demodulación en el receptor)

Combina cuatro pregrupos separados por 12 kHz sobre portadoras en las frecuencias de 84, 96, 108 y 120 kHz.

Forman un **Grupo Básico** de 12 canales en la banda entre

60 y 108 kHz.

0,3 a 3,4 Khz
cada canal
Canal 1
Canal 2
Canal 3
Canal 4
Canal 5
Canal 6
Canal 7
Canal 8
Canal 9
Canal 10
Canal 11
Canal 12
84 KHz
96 KHz
108 KHz
120 KHz
60 KHz
Ancho de Banda
108 KHZ

Traslación de canales simples: cada canal de 4 kHz es modulado sobre una portadora diferente para cada uno de los 12 canales que forman el grupo primario.

Cada canal es modulado en amplitud por una de 12 portadoras diferentes.

CANAL DE VOZ	FRECUENCIA DE LA PORTADORA	ANCHO DE BANDA USADO
Canal 1	64 KHz	60 a 64 KHz
Canal 2	68 KHz	64 a 68 KHz
Canal 3	72 KHz	68 a 72 KHz
Canal 4	76 KHz	72 a 76 KHz
Canal 5	80 KHz	76 a 80 KHz
Canal 6	84 KHz	80 a 84 KHz
Canal 7	88 KHz	84 a 88 KHz
Canal 8	92 KHz	88 a 92 KHz
Canal 9	96 KHz	92 a 96 KHz
Canal 10	100 KHz	96 a 100 KHz
Canal 11	104 KHz	100 a 104 KHz
Canal 12	108 KHz	104 a 108 KHz

8.3.4 Formación de órdenes superiores de multiplexación de las jerarquías analógicas

Las técnicas que permiten formar esquemas con un mayor número de canales están basadas en el armado de combinaciones que dependen de la norma.

Ancho de frecuencia de voz	Ancho de banda (kHz)				
1	0 - 4	1 (12 cm)	1 (60 canales)	1 (300 canales)	1 (900 canales)
2	4 - 8	2 -	2 -	2 -	2 -
3	8 - 12	3 -	3 -	3 -	3 -
4	12 - 16	4 -	4 -		
5	16 - 20	5 -	5 -		
6	20 - 24				
7	24 - 28				
8	28 - 32				
9	32 - 36				
10	36 - 40				
11	40 - 44				
12	44 - 48				
		Total 60 canales	Total 300 canales	Total 900 canales	Total 2700 canales
Grupo Primario		Grupo Secundario	Grupo Terciario	Grupo Cuaternario	Grupo Quinario
Ancho de Banda		Ancho de Banda	Ancho de Banda	Ancho de Banda	Ancho de Banda
48 kHz 60-108 kHz		240 kHz 312-552 kHz	1200 kHz 312-1552 kHz	3716 kHz 312-4028 kHz	12026 kHz 312-12338 kHz

8.3.5 Utilización del concepto de multiplexación por división de frecuencia en otras aplicaciones

8.3.5.1 Acceso múltiple por división de frecuencia

Es una multiplexación que maneja varios protocolos en radiocomunicaciones (telefonía móvil).

Divide el ancho de banda en varios canales en función del servicio.

Se accede al medio a través de uno de los canales disponibles.

Los usuarios utilizarán el ancho de banda asignado sin interferirse entre sí.

Esta técnica es utilizada en sistemas GSM (telefonía móvil de segunda generación).

8.3.5.2 Utilización del espectro para los servicios de radiodifusión

Las ondas medias se usan para la radiodifusión comercial de modulación en amplitud.

En el espectro de 530 a 1.600 kHz se distribuyen las estaciones de AM.

Cada una transmite con una frecuencia de portadora distinta modulando en doble banda lateral de 10 kHz.

Las estaciones de frecuencia modulada comerciales operan en las muy altas frecuencias, en la banda de 87,5 MHz a 108 MHz con una separación de 100 kHz.

En otros pocos países se utilizan bandas de resguardo de 50 o 200 kHz.

8.3.5.3 Multiplexación por división de longitud de onda

Las frecuencias muy elevadas, como las utilizadas para los rayos de luz, se caracterizan por su longitud de onda más que por su frecuencia.

Se puede aumentar el ancho de banda disponible en los enlaces de fibra óptica al enviar por una única fibra varios canales diferentes, cada uno con su propia longitud de onda.

8.3.5.4 Multiplexación por división de frecuencias ortogonales (OFDM)

Se envía un conjunto de subcanales con ondas portadoras ortogonales de diferentes frecuencias separadas por anchos de banda pequeños, moduladas con distintas tecnologías digitales (QAM o PSK) aplicable a:

- Tecnología PLC
- Redes inalámbricas IEEE 802.11a, g y n (Wi-Fi).
- Redes de telefonía celular de cuarta generación (4G): tecnología denominada LTE.
- Acceso de banda ancha móvil: IEEE 802.20/IEEE 802.16e (WiMax).
- Sistemas para transmisión digital de señales de audio y vídeo (DTV o DTT).

8.4 Multiplexación por división de tiempo

8.4.1 Introducción y definición

Divide el tiempo de transmisión de una secuencia de datos transmitida por un único canal de comunicaciones en subcanales de comunicaciones independientes entre sí, donde a cada subcanal se le asigna un segmento de dicho tiempo.

Usando un canal de transmisión se crean **ranuras de tiempo** que el **multiplexor** adjudica a los subcanales o señales de entrada de una manera determinada.

El multiplexor procederá a armar una trama con los datos aportados por los subcanales.

.

Ejemplo de esquema de funcionamiento
A
B
C
D
E
ETD
TDM
Multiplexor
Trama
a b c d e
Medio de comunicación
Trama
a b c d e
TDM
Multiplexor
A
B
C
D
E
ETD

8.4.2 Esquema de funcionamiento de la multiplexación por división de tiempo

8.4.2.1 Procedimiento general

La multiplexación la podría hacer un conmutador rotativo electrónico en el trasmisor, que toma secuencialmente muestras de cada señal correspondientes a cada subcanal.

En el receptor existi con el del transmisor.

8.4.2.2 Armado de las tramas

Dos formas para adjudicar las ranuras de tiempo o *slots:* -entramado de bits

-entramado de caracteres.

Entramado de bits: cada período de tiempo o *slot* se ajusta para que transporte un solo bit de cada terminal También es denominado dígito por dígito o *digit interleaving*.

Cada trama está formada por los bits de sincronismo y por un bit de cada terminal.

Esta técnica es económica en cuanto a la electrónica, no requiere almacenamiento

Entramado de caracteres: se denomina entrelazado o entramado de caracteres (palabras) y se emplea para señales compuestas por un grupo de caracteres que deben mantener su integridad.

La llave rotativa del multiplexor deberá detenerse en cada entrada de canal mientras está siendo transferido el carácter.

Es necesario algún tipo de almacenamiento local mientras se espera la siguiente transferencia.

En la multiplexación por división de frecuencia los equipos terminales que utilizan cada subcanal toman todo el ancho de banda del canal, parte del tiempo.

8.4.3 Formación del esquema básico de multiplexación digital

La técnica de modulación por pulsos codificados presenta numerosas ventajas sobre los sistemas analógicos.

La digitalización de las señales permite el uso de repetidores regenerativos.

Estos evitan que el ruido, la atenuación y la distorsión pasen a la sección siguiente.

8.4.4 Sincronización

El multiplexor y el demultiplexor deben tener los relojes de tiempo sincronizados para evitar que los bits transmitidos no lleguen en el orden adecuado y así puedan ser entregados al canal de salida al que pertenecen.

Es necesario agregar bits de sincronismo para evitar errores en la transmisión de las tramas.

Estos bits permiten sincronizar el flujo que ingresa al demultiplexor para separar correctamente los distintos bits que forman cada muestra y de esta manera entregarla al canal correspondiente para que sea transmitida a su destino.

8.4.5 Formación de órdenes superiores de multiplexación de la jerarquía digital plesiócrona

Los sistemas de primera generación del tipo TDM se denominan técnicamente **Sistemas Plesiócronos.**

El conjunto de los distintos niveles forma la **Jerarquía Digital Plesiócrona**.

Definido por la UIT - T en su Recomendación G.701.

En la **Jerarquía Digital Plesiócrona (PDH)** como en la **Jerarquía Digital Sincrónica (SDH)** el primer nivel corresponde al Grupo Básico de 2,048 Mbps.

Hay tres jerarquías de multiplexación: norma europea, americana y japonesa.

Orden	Velocidad de transmisión	Cantidad de bits por trama	Duración de la trama μs	N° de Canales
1	2,048 Mbps	256	125,00	30
2	8,448 Mbps	848	100,38	120
3	34,368 Mbps	1536	44,69	480
4	139,264 Mbps	2904	20,85	1920
5	564,992 Mbps	2688	4,70	7680

VF
Primario
30 canales de información
1° orden 2,048 Mbps
1
2
3
4
Secundario
120 canales
2° orden 8,448 Mbps
Terciario
480 canales
3° orden 34 Mbps
Cuaternario
1920 canales
4° orden 140 Mbps
Quinario
7680 canales
5° orden 560 Mbps

La norma japonesa respeta la norma americana en sus dos primeros órdenes, pero comienza a diferir en la forma de armar los órdenes tres y cuatro.

Orden[16]	Velocidad de transmisión	Grupos de orden inferior	Número de canales
DS1/T1	1,544 Mbps	---	24
DS2/T2	6,312 Mbps	4	96
DS3/T3	44,736 Mbps	7	672
DS4/T4 (E)	139,264 Mbps	3	2016
DS4/T4	274,176 Mbps	6	4032
DS5/T5	564,992 Mbps	12	8064

NOTA: Los órdenes DS4/T4 (E); DS4/T4 y DS5/T5 la cantidad grupos de orden inferior se refieren al grupo DS3/T3

Orden	Velocidad de transmisión	Grupos de orden inferior	Número de canales
1	1,544 Mbps		24
2	6,312 Mbps	4	96
3	32,064 Mbps	5	480
4	97,728 Mbps	3	1440

8.5 Multiplexación por división de tiempo estadística

8.5.1 Introducción

Statistical Time Division Multiplexing (STDM), es una variante de la **TDM** **q**ue trata de aprovechar los tiempos muertos de transmisión en las líneas.

8.5.2 Esquema de funcionamiento de la multiplexación por división de tiempo estadística

Se denominan **estadísticos** por asignar un régimen de tiempo de transmisión a los terminales según una base estadística y no **igual valor temporal para cada equipo terminal**.

La base estadística se determina en función de la actividad de los terminales.

Se pueden aprovechar todos los segmentos de transmisión.

Se reduce el número de caracteres de sincronismo utilizando tramas largas.

Canal A
A2
A1
Canal B
B2
B1
Canal C
C2
C1
Canal D
D2
D1
MULTIPLEXOR
Multiplexación por división de tiempo
D1
B2
C1
A1
B1
Canal de comunicaciones
Multiplexor estadístico
A2
C2
D2
D1
B2
C1
A1
B1
DEMULTIPLEXOR
Canal A
Canal B
Canal C
Canal D
Intervalos MUERTOS
Intervalos con datos

8.6 Redes ópticas

8.6.1 Introducción

8.6.1.1 Reseña histórica

Los primeros experimentos fueron desarrollados en 1952 por **Kapany**, quien utilizó los trabajos realizados en 1870 por el físico irlandés **John Tyndall** .

Los primeros usos en medicina son de 1956.

8.6.1.2 Definición y características

Redes ópticas poseen nodos interconectados por enlaces de fibra óptica.

Son capaces de proporcionar funciones de transporte, multiplexación, enrutamiento y gestión, constituyendo una capa de bajo nivel denominada Capa de Transporte Óptica sobre la cual pueden funcionar diversas tecnologías que permiten dar conectividad utilizando las mismas como Capa Física del Modelo OSI.

Las señales portadoras digitales son independientes de los protocolos de los usuarios.

Ver Recomendación G.872de la UIT.

La Capa de Transporte Óptico permite brindar servicio a distintas capas de diferentes protocolos.

ATM e IP pueden ser soportados por distintos medios.

SDH y SONET operan sobre la capa de transporte óptica.

La Capa de Transporte Óptico requiere fibras ópticas, *transponder*, multiplexores, amplificadores y otros dispositivos.

8.6.1.3 Ventajas de las redes ópticas

- Grandes anchos de banda.
- Compatibles con los servicios de voz, datos y vídeo.
- Anchos de banda variables y escalables con una latencia adecuada.
- Avances tecnológicos continuos, en especial en DWDM.
- Cables construidos con muchas fibras .
- Son inmunes a las interferencias electromagnéticas.
- Poseen tasas de errores reducidas.
- Atenuación muy baja, permite grandes distancias sin amplificadores.
- Mayor seguridad que los enlaces de cable de cobre o los inalámbricos.
- Operación sumamente flexible.
- Excelente rentabilidad para sus operadores.

8.6.2 Sistemas ópticos WDM, CWDM, DWDM

8.6.2.1 Fibras ópticas

Corning Glass Incorporated introdujo las primeras fibras ópticas en el año 1970.

Fibra de vidrio purificada apta para comunicaciones con atenuación de 20 dB/km para la longitud de onda de 633 nm (láser de helioneón).

El primer uso por la AT&T con fibras multimodo fue un enlace a 45 Mbps.

Con las fibras monomodo se alcanzaron velocidades 10 veces mayores en tramos de 30 km.

Banda	Denominación	Intervalo [nm]	Observaciones
O	Original	1260 - 1360	Original
E	Extendida	1360 - 1460	Extended
S	Longitudes de ondas cortas	1460 - 1530	Short wavelength
C	Convencional	1530 - 1565	Conventional
L	Longitudes de ondas largas	1565 - 1625	Long wavelength
U	Longitudes de ondas ultra largas	1625 - 1675	Ultra long wavwlength

1994: IBM lanza el primer equipamiento de fibras ópticas monomodo que utilizaba el concepto de WDM.

Con atenuación media de 0,2 dB/km se logra 200 Mbps en enlaces de 43 a 50 km en modo bidireccional (un par de fibras).

Se puede multiplexar la longitud de onda inicialmente en ocho canales, posteriormente en diez y luego a cuarenta operando en la banda C (tercera ventana).

8.6.2.2 Sistemas de transmisión por fibras

Un sistema de transmisión DWDM está compuesto por equipos *transponder* y multiplexor en ambos extremos de la fibra y amplificadores para mantener la amplitud.

8.6.2.3 Sistemas unidireccionales y bidireccionales

Los sistemas WDM sobre una única fibra pueden funcionar en forma unidireccional o bidireccional (en dos ventanas)

Usando una sola ventana para la transmisión en ambos sentidos se deben utilizar dos fibras: una para transmisión y otra para recepción.

Las normas que utilizan los fabricantes se denominan:

-DWDM (*dense*) Multiplexación Densa

-CWDM (*coarse*) Multiplexación Gruesa

λ1
λ2
λ3
λn
Transponder
Mux
Amplificador óptico
Demux
Transponder
λ1
λ2
λ3
λn
Fibra óptica "A"
λ´1
λ´2
λ´3
λ´n
Transponder
Demux
Amplificador óptico
Mux
Transponder
λ´1
λ´2
λ´3
λ´n
Fibra óptica "B"

λ1
λ2
λ3
λn
Transponder
Mux
Demux
Transponder
λ1
λ2
λ3
λn
Fibra óptica
λ´1
λ´2
λ´3
λ´n
Transponder
Demux
Mux
Transponder
λ´1
λ´2
λ´3
λ´n

8.6.2.4 Capacidad de las fibras

DWDM permite distintas configuraciones:

- 40 canales separados a 100 GHz
-80 canales separados a 50 GHz
-160 canales separados a 25 GHz.

Cuanto mayor es el número de canales, menor es la velocidad a la que se puede transmitir por cada uno.

Hay sistemas de distintos fabricantes:

-80 canales de 2,5 Gbps (200 Gbps en total)
-40 canales de 10 Gbps (400 Gbps)
-80 canales de 10 Gbps (800 Gbps).

8.6.2.5 Atenuación en la propagación de las señales ópticas

La propagación a través del sistema sufre atenuaciones debido a las fibras, los acopladores, multiplexores, *transponder*, etc.

Para restaurar el nivel de calidad se utilizan regeneradores que convierten señales ópticas a eléctricas y nuevamente en ópticas.

Actualmente se usan **amplificadores ópticos** que no requieren la conversión óptica- eléctrica–óptica y permite transmitir señales ópticas a distancias mucho mayores.

8.6.2.6 Amplificador de fibra dopada con Erbio

Los amplificadores ópticos utilizan fibras dopadas con tierras raras, en particular erbio ionizado en forma trivalente (erbio Er3+) cuyo número atómico es 68.

Utilizan el fenómeno de emisión estimulada introducido por Einstein en 1917.

La emisión espontánea se reparte por igual en todas las direcciones del espacio, mientras que la emisión estimulada tiene lugar en la misma dirección y sentido del haz de luz que actúa como estimulador.

8.6.2.7 Amplificador de Raman

Utilizan la **Dispersión Raman** (*Raman Scattering*) o **Efecto Raman,** descubierta . en el año 1922 por el físico indio **Raman e**n el trabajo *Difracción Molecular de la Luz*.

Hay una interacción no lineal entre la señal óptica y una señal generada por una bomba de gran potencia implementada con diodos láser que generan ondas continuas.

Las fibras monor dopadas con tierras ra

8.6.2.8 Amplificador óptico de semiconductores

Son diodos láser sin espejos finales con fibras unidas en cada extremo.

Poseen una capa antireflectante y una guía de onda cortada en ángulo para evitar que se comporte como un láser.

Trabajan entre los 1310 y 1550 nm en modo bidireccional

Comparados con los EDFA, tienen menos ganancia, altas perdidas por acoplamiento, mayor factor de ruido, fuerte dependencia de los efectos derivados de la polarización y un comportamiento no muy lineal en elevadas velocidades.

8.6.2.9 Funciones que realizan los distintos tipos de hardware óptico

8.7 Transmisión sincrónica

8.7.1 Introducción

8.7.2 Historia y características

El primer estándar sincrónico es de los Laboratorios Bellcore: *Synchronous Optical Network (SONET).*

La normalización comenzó en 1984 y en 1985 forman en el **subcomité T1X1 del Comité T1 (**ANSI).

Desafíos:

a) SONET debe trabajar en un ambiente plesiócrono sin perder su naturaleza sincrónica.

b) Resolver incompatibilidades entre el grupo básico europea (2,048 Mbps) y americana (1,544 Mbps).

SONET parte de una velocidad básica de 51,84 Mbps (canal STS-1)

Los anchos de banda mayores son múltiplos enteros de dicha velocidad.

Un tributario virtual es una estructura utilizada para el transporte de una velocidad menor a un STS-1.

8.8 Comunicaciones por redes ópticas

8.8.1 Topología de las redes ópticas de comunicaciones

Las fibras ópticas se utilizan en Redes de Área Local, en anillos ópticos y en enlaces punto a punto.

En enlaces punto a punto donde las fibras usen WDM en cada extremo se instalan terminales multiplexores para extraer los canales que transporta cada fibra.

Hay equipos ***crossconnect*** y ***add/drop*** con un anillo óptico.

También podrían establecerse enlaces punto a punto con derivaciones utilizando un add/drop en la mitad del recorrido.

También podría establecerse un enlace con derivaciones utilizando en forma conjunta equipos cross-connect y add/drop.

8.8.2 Funciones de transporte y conmutación en redes ópticas

Las redes con anillos ópticos permiten que ante un corte en una parte del anillo, el tráfico automáticamente se redirecciona para que las dos partes en las que el anillo quedó dividido permanezcan con servicio.

Los tiempos para esta conmutación son menores a los 50 milisegundos.

Los equipos cross-connect permiten:

- la conmutación de las tramas, o parte de ellas
- transportar tramas desde un anillo hacia otro anillo adyacente

Las tramas deben contener información de servicio, además de los usuarios para que puedan direccionarse hasta alcanzar su destino final.

Esto facilita el intercambio de grupos plesiócronos entre usuarios aunque no pertenezcan al mismo anillo óptico.

8.8.3 Clasificación de las redes ópticas de transporte

La clasificación clásica es en área local, metropolitana y extensa.

Esto no coincide con los criterios de las redes ópticas, donde mayor cubrimiento geográfico supone mayor capacidad posible.

Diferentes tipos de redes:

- Redes de Acceso.
- Redes Metropolitanas.
- Redes Regionales (LH) Alta Capacidad o de Larga Distancia.
- Redes Continentales o Submarinas (ULH) de muy Alta Capacidad o de Ultralarga Distancia.

80 λ
BACKBONE DE
ULTRA ALTA CAPACIDAD
40 λ
BACKBONE DE
MUY ALTA CAPACIDAD
8 λ
BACKBONE DE
ALTA CAPACIDAD
GATEWAY
ÓPTICO
GATEWAY
ÓPTICO
BACKBONE DE
ACCESO
BACKBONE DE
ACCESO
Servicios de
Telecomunicaciones
entre extremos
ETD
ETD
ETD
ETD
REDES CONTINENTALES
O SUBMARINAS
Ultra larga distancia
REDES DE AREA EXTENSA
Muy larga distancia
REDES METROPOLITANAS
Larga distancia
REDES DE ACCESO
Media distancia
RED DE ÁREA LOCAL
Corta distancia

8.9 Jerarquía digital sincrónica

8.9.1 Características generales

El sistema **SDH** transporta las señales tributarias habituales de los sistemas plesiócronos y puede dar cabida a los nuevos servicios.

Hay cinco niveles jerárquicos que parten de una velocidad básica de 155,22 Mbps (N = 1)

Se logran mayores velocidades variando el N.

Denominación	Velocidad exacta	N	Número de canales	Velocidad simplificada
STM - 1	155,520 Mbps	1	1.890	155 Mbps
STM - 4	622,060 Mbps	4	7.560	620 Mbps
STM - 16	2488,320 Mbps	26	30.240	2,5 Gbps
STM - 64	9953,280 Mbps	64	120.960	10 Gbps
STM - 256	39813,120 Mbps	256	483.840	40 Gbps

Repetidores
Multiplexor
NODO
Equipo
de
línea
Sección
Línea
Camino (path)
Equipo
de
línea
Multiplexor
NODO

8.9.2 Estructura de las tramas SDH

Las tramas plesiócronas se analizan en una dimensión, pero las SDH se analizan en dos.

La trama *Synchronous Transport Modules - STM - N* (Módulo para el Transporte Sincrónico para el nivel **N**) en una dimensión tiene dos secciones diferenciadas:

-*Section Overhead - SOH* (encabezado de sección)

-*Payload* (capacidad total de carga de la trama).

Módulo de Transporte Sincrónico STM – 1 :

-tiene 270 columnas de 9 bytes = 2.430 bytes/trama

-hay 8 bits por byte y 8.000 tramas por segundo

-luego son 2.430 x 64.000 = 155,520 Mbps

8.9.3 Contenedores virtuales: transporte de señales PDH

El sistema SDH puede transportar señales multiplexadas por equipos PDH.

Se han definido los Contenedores Virtuales (VC) que permiten transportar la información útil (Capacidad Neta de Carga).

La trama STM – 1 tiene dos partes fundamentales:

- el encabezamiento de sección
- el contenedor virtual.

Número	Designación del Contenedor	Velocidad de la multiplexación PDH
1	VC - 11	1,544 Mbps
2	VC - 12	2,048 Mbps
3	VC - 2	6,048 Mbps
4	VC - 3	34,368 y 44, 736 Mbps
5	VC - 4	139,264 Mbps

La capacidad total neta de carga de una trama se podrá llenar con variadas combinaciones de contenedores que podrán transportar sistemas tributarios plesiócronos de orden inferior.

Se pueden formar contenedores de orden superior con combinaciones de orden inferior.

Contenedor Virtual	Combinaciones posibles con otros valores
VC - 4 - 139,264 Mbps	Una señal cuaternaria plesiócrona de igual valor Tres contenedores VC - 3 (34,368 ó 44,736 Mbps)
VC - 3 - 34,368 ó 44,736 Mbps	7 contenedores VC - 2 28 contenedores VC - 11 21 contenedores VC - 12 Combinaciones de los anteriores, sin superar el valor máximo

8.10 SONET

Las características son muy similares a la Jerarquía Digital Sincrónica.

Varia la forma de las tramas y las velocidades de cada nivel.

La **Jerarquía SONET** tiene velocidades normalizadas a partir de STS-1 (51,84 Mbps).

Los niveles se denominan"OC – n" (*Optical Carrier).*

NIVELES		VELOCIDADES		
OPTICO	ELECTRICO	ENCABEZAMIENTO	UTIL	TOTAL
OC - 1	STS - 1	1,728 Mbps	50,112 Mbps	51,840 Mbps
OC - 3	STS - 3	5,184 Mbps	150,336 Mbps	155,520 Mbps
OC - 9	STS - 9	15,552 Mbps	451,008 Mbps	466,560 Mbps
OC - 12	STS - 12	20,736 Mbps	601,334 Mbps	622,080 Mbps
OC - 18	STS - 18	31,104 Mbps	902,016 Mbps	933,120 Mbps
OC - 24	STS - 24	41,472 Mbps	1.202,688 Mbps	1.244,160 Mbps
OC - 36	STS - 36	62,208 Mbps	1.804,032 Mbps	1.866,240 Mbps
OC - 48	STS - 48	82,994 Mbps	2.405,376 Mbps	2.488,320 Mbps
OC - 96	STS - 96	165,888 Mbps	4.810,752 Mbps	4.976,640 Mbps
OC - 192	STS - 192	331,776 Mbps	9.621,504 Mbps	9.953,280 Mbps
OC - 768	STS - 768	1.327,104 Mbps	38.486,016 Mbps	39.813,120 Mbps

8.11 Interrelación entre SONET y SDH

8.12 El futuro de las redes ópticas

Se desea que las próximas generaciones de redes ópticas brinden muy alta velocidad.

Inicialmente las redes de 10 Gbps pasaron a 40 Gbps, 100 Gbps y aun mayores.

Se desea reducir el costo de transportar grandes volúmenes de tráfico.

Los nuevos conceptos sobre las arquitecturas de transporte están orientados a combinar las tecnologías de transporte óptico con las de enrutamiento.

Hay *hardware* óptico de conmutación como lo son los *switchs* y *routers ópticos* que usan protocolos IP y logran altas velocidades a costos razonables.