

TEMA 5

REDES DE COMUNICACIONES DIGITALES.

1	Sistema Básico de Comunicaciones. Redes de Comunicación	1
2	El Multiplexado	3
3	La Conmutación	4
4	Las Redes de Acceso	5
5	Fuentes de Información	6
6	El Codificador de Fuente.....	7
7	Características de los Canales de Transmisión.....	7
8	Capacidad del Canal	8
9	Arquitectura de Comunicaciones	8
10	Fiabilidad. Control de Errores	12
11	Control de Flujo.....	14
12	Un Ejemplo de Codificación: Las Comunicaciones Serie.....	14
13	Tipos de Comunicaciones.....	15
14	Entramado de la Información	17
15	Clasificación de las Redes	18
16	Características de la Telecomunicación	19

1 SISTEMA BÁSICO DE COMUNICACIONES. REDES DE COMUNICACIÓN

Los sistemas actuales de telecomunicación tienen por misión la transferencia fiable de información entre una o varias fuentes de información y uno o varios destinatarios mediante señales electromagnéticas.

Una definición de telecomunicación la da la **UIT** (Unión Internacional de Telecomunicaciones)¹ que la define como “toda emisión, transmisión y recepción de signos, señales, escritos e imágenes, sonidos e informaciones de cualquier tipo por hilo, radioelectricidad, medios ópticos u otros sistemas electromagnéticos”.

Un sistema básico de comunicaciones está compuesto por un emisor o fuente de información, un canal y un receptor. El canal es un medio físico que transmite la información entre la fuente y el receptor, caracterizándose por el ancho de banda, el ruido (imperfecciones aleatorias del medio) y las distorsiones (imperfecciones deterministas).

Físicamente el canal está compuesto por una red de transporte, conmutación y multiplexado y una red de acceso. El medio físico más usual para construir estas redes es el cobre, la fibra óptica o el aire. En los dos primeros casos estamos hablando de medios alámbricos, mientras que el último es inalámbrico.

La red de acceso incluye lo que se conoce típicamente como **ADSL** (Asymmetrical Digital Subscriber Line, o Línea de Suscripción Asimétrica Digital)², **RDSI** (Red Digital de

¹ International Telecommunications Union -- **ITU** (Unión Internacional de Telecomunicaciones) Agencia de las Naciones Unidas que coordina los diversos estándares nacionales de telecomunicaciones de forma que las personas puedan comunicarse entre sí independientemente del país donde vivan.

² Asymmetrical Digital Subscriber Line -- **ADSL** (Línea de Suscripción Asimétrica Digital) Tecnología de transmisión de tipo xDSL, que permite a los hilos telefónicos de cobre convencionales una alta velocidad de

Servicios Integrados o ISDN, Integrated Services Digital Network³, **PPP** (Protocolo Punto a Punto o Point-to-Point Protocol)⁴, **Ethernet**⁵ o **WAP** (Wireless Application Protocol o Protocolo de Aplicación de Telefonía Inalámbrica)⁶.

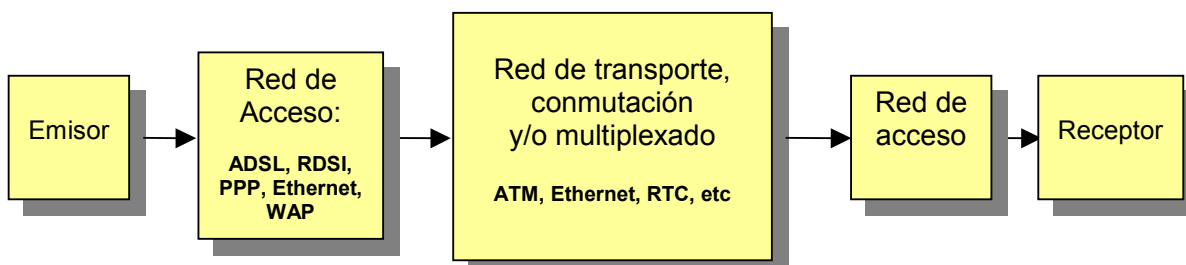


Figura 1. Diagrama de bloques de un sistema de telecomunicación.

La red de transporte a **nivel físico** (cobre, fibra óptica, radioenlace, etc...) es lo que conocemos a **nivel de enlace** como **Ethernet**, **ATM** (Asynchronous Transfer Mode o Modo de Transferencia Asíncrona)⁷, **RTC** (Red Telefónica Conmutada)⁸ o a **nivel de red** como **Internet**⁹.

La red de transporte, multiplexado y conmutación tiene la misión de transportar la información a grandes distancias a uno o varios destinos, optimizando la transmisión y asegurando su fiabilidad (transporte), buscando el camino entre nodos (conmutación) a base de compartir el canal entre varios usuarios (multiplexado).

transmisión. Es la más utilizada actualmente y se denomina asimétrica porque permite más velocidad en la recepción de datos por parte del usuario que en la emisión de datos por éste.

³ Integrated Services Digital Network -- **ISDN** (**RDSI**, Red Digital de Servicios Integrados) Tecnología de transmisión que combina servicios de voz y digitales a través de la red en un solo medio, haciendo posible ofrecer a los clientes servicios digitales de datos así como conexiones de voz a través de un solo 'cable', con una velocidad máxima de transmisión de 128 Kbps. Los estándares de la ISDN los especifica la International Telecommunications Union (ITU).

⁴ Point-to-Point Protocol -- **PPP** (Protocolo Punto a Punto) Protocolo para comunicaciones entre ordenadores mediante una interfaz de serie. Utiliza el protocolo Internet.

⁵ **Ethernet** - Sistema de red de área local de alta velocidad. Se ha convertido en un estándar de red corporativa.

⁶ Wireless Application Protocol -- **WAP** (Protocolo de Aplicación de Telefonía Inalámbrica) Protocolo que permite a los usuarios de teléfonos móviles el acceso a servidores web especializados, visualizando la información en el visor del teléfono.

⁷ Asynchronous Transfer Mode -- **ATM** (Modo de Transferencia Asíncrona) Estándar que define la conmutación de paquetes (cells-- celdas o células) de tamaño fijo con alta carga, alta velocidad (entre 1,544 Mbps. y 1,2 Gbps) y asignación dinámica de ancho de banda. ATM es conocido también como paquete rápido (fast packet).

⁸ Red Telefónica Conmutada -- **RTC** Red de teléfono diseñada primordialmente para la transmisión de voz, aunque pueda también transportar datos, como es el caso de la conexión a Internet a través de la red conmutada.

⁹ **Internet** (La Red, Internet) Red de telecomunicaciones nacida en 1969 en los EE.UU. a la cual están conectadas centenares de millones de personas, organismos y empresas en todo el mundo, mayoritariamente en los países más desarrollados, y cuyo rápido desarrollo está teniendo importantes efectos sociales, económicos y culturales, convirtiéndose de esta manera en uno de los medios más influyentes de la llamada Sociedad de la Información y en la Autopista de la Información por excelencia. Fue conocida como ARPANET hasta 1974.

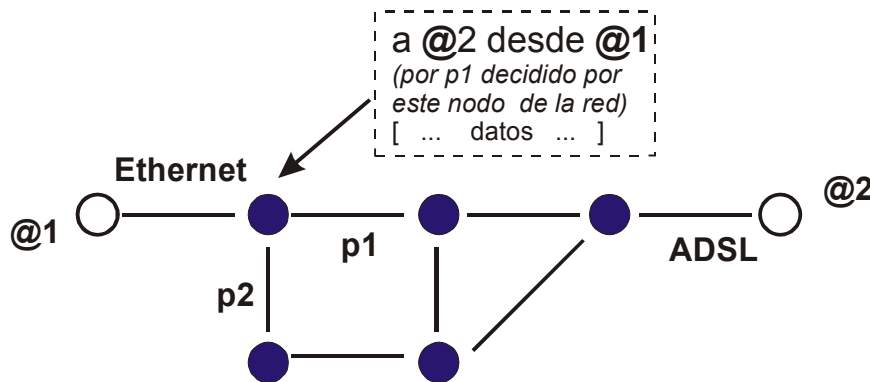


Figura 2. Esquema de envío de datos desde la dirección @1 a la dirección @2. El camino p1 a seguir se decide internamente en la red

2 EL MULTIPLEXADO

El mecanismo de compartir un medio físico, un recurso, entre varios usuarios se denomina multiplexado. Básicamente existen dos tipos de multiplexado el temporal y el frecuencial. La técnica de multiplexado que comparte los recursos temporalmente se denomina TDM (*Time Division Multiplexing*). En este caso el medio físico sólo es utilizado instantáneamente por un único usuario.

Por ejemplo, un *carril de una autopista* (el recurso) es compartido temporalmente por varios vehículos que circulan uno detrás de otro por el carril. En este ejemplo, el carril multiplexaría temporalmente a varios usuarios.

En el campo de las redes y servicios, el servicio de telefonía utiliza el multiplexaje temporal para transmitir varias conversaciones telefónicas sobre un mismo medio físico, que acostumbra a ser de cobre. La información de cada uno de los usuarios circula secuencialmente sobre el mismo medio físico.

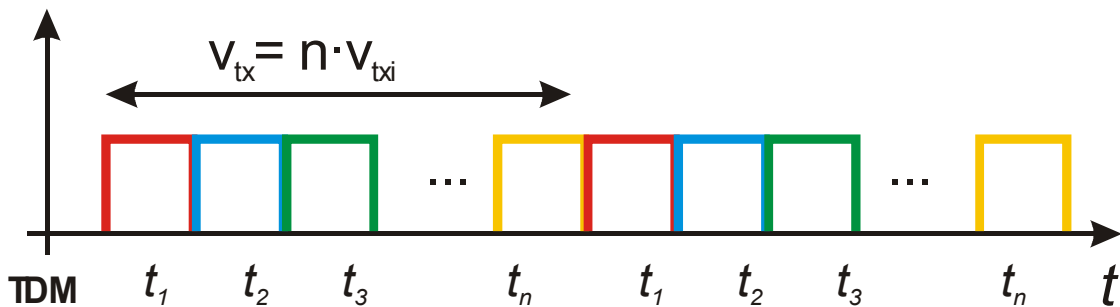
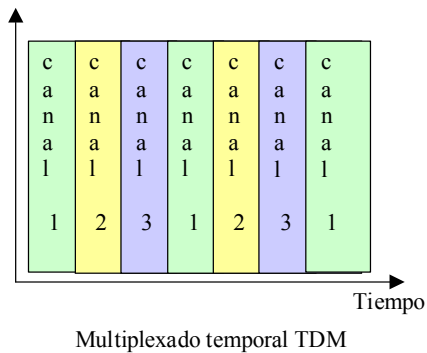


Figura 3. Esquemas del multiplexado TDM.

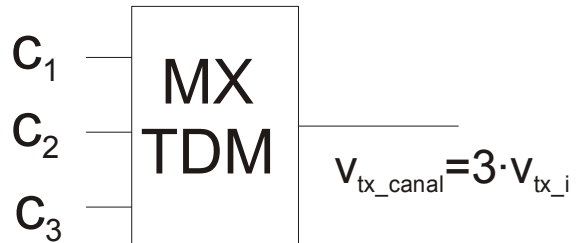
Se deja de transmitir el canal 1 para empezar a transmitir el canal 2, y así sucesivamente, pero manteniendo el sincronismo, sin sufrir ningún tipo de demoras, es decir: $t_1 = t_{TOTAL}/n$, por lo que la velocidad total del medio debe ser n (el número de canales) veces, la velocidad de cada canal: $v_{tx_canal} = n \cdot v_{tx_i}$

Ejemplo:

Tiempo de transmisión de 1 bit: $T_{bit} = 0.1 \mu s$

¿Velocidad necesaria del medio para transmisión de tres canales?

$v_{tx_canal} = 3 / 0.1 \mu s = 3 \cdot 10^7 \text{ bit/s} = 30 \text{ Mbps}$



También existe la posibilidad que varios usuarios utilicen un recurso simultáneamente. La información de cada usuario viaja paralelamente en diferentes canales. En este caso hablamos de multiplexado frecuencial que se denomina FDM (*Frequency Division Multiplexing*).

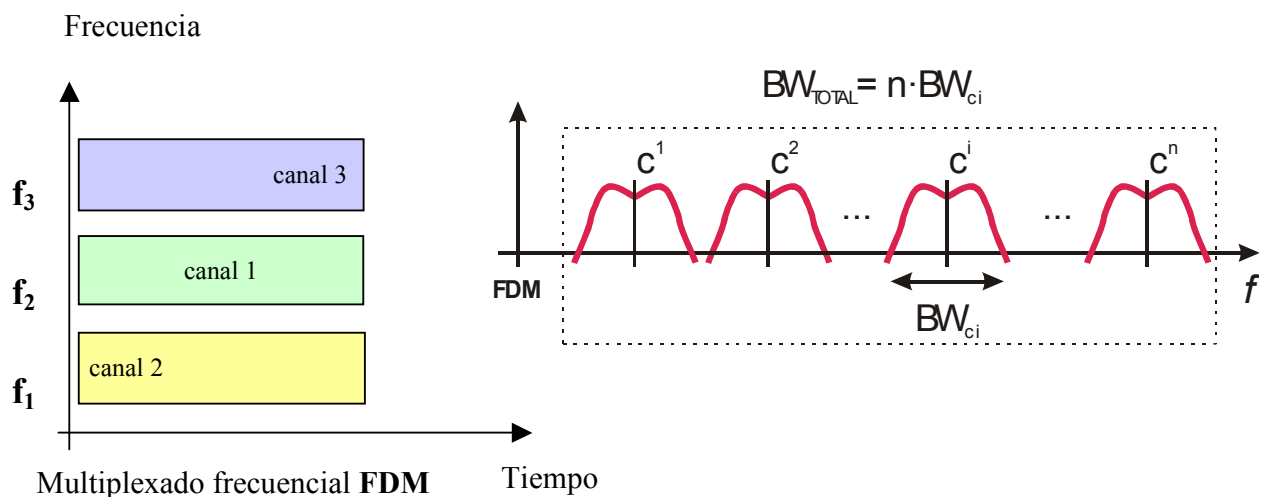


Figura 4. Esquemas del multiplexado FDM.

El espacio como medio de transporte de las ondas hertzianas, permite la transmisión de varias emisiones radiofónicas simultáneamente. Nuestros receptores radiofónicos son capaces de sintonizar uno de los diversos canales FM o AM posibilitando la audición de uno de los programas que se emiten paralelamente en el tiempo.

3 LA CONMUTACIÓN

Las técnicas de conmutación posibilitan la existencia de un camino óptimo entre el emisor y el receptor para transportar información. Los conmutadores son los dispositivos que permiten dirigir los mensajes hacia el destino, interconectados a través de enlaces. Las tablas de encaminamiento relacionan puertos de entrada y puertos de salida, señalando (encaminando) la trayectoria de los paquetes de datos. Estas tablas deben actualizarse periódicamente atendiendo a los cambios que puedan producirse en el comportamiento

de la red. Las técnicas de conmutación eligen un camino óptimo entre el emisor y el receptor para transportar información. Los dispositivos físicos de conmutación son los conmutadores (*switches*) y los encaminadores o *routers*¹⁰.

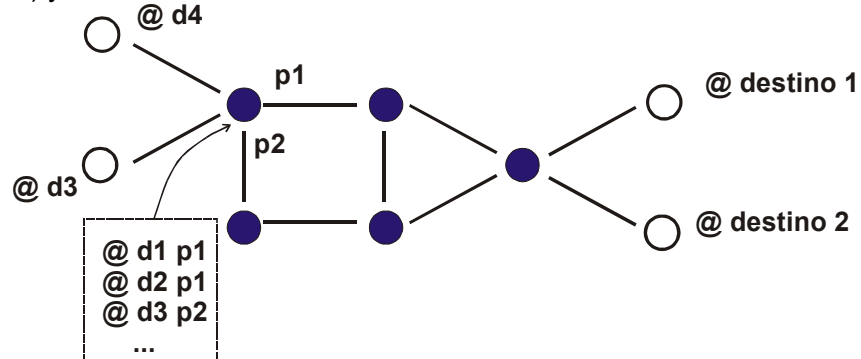


Figura 5. Conmutadores que encaminan datos entre puertos de entrada y salida

4 LAS REDES DE ACCESO

- Las redes de acceso interconectan a los usuarios o destinatarios con la red de transporte. Cubren unas distancias del orden de metros a algunos kilómetros, utilizando medios alámbricos o inalámbricos.
- Normalmente la red de acceso da servicios a un usuario o a un grupo reducido de usuarios. En este último caso el medio físico se multiplexa entre todos los usuarios que lo comparten, necesitándose algún tipo de regla para su utilización. Estas reglas o modos de introducir información en la red de acceso se denominan protocolos de acceso al medio.
- Por ejemplo, los carriles de entrada a una autopista son las redes de acceso a la red de transporte, que es el tronco central de la autopista. Los vehículos pueden entrar si respetan un Ceda el Paso. Esta regla define el mecanismo de acceso al medio.
- La red de acceso del servicio de telefonía se denomina bucle de abonado. El bucle de abonado está compuesto por un par de cobre que conecta cada usuario con la central telefónica más próxima. En este caso cada par de cobre sólo es utilizado por un único usuario, desaprovechándose el recurso cuando no existe una conversación telefónica.
- El servicio de telefonía móvil se basa en una red de acceso inalámbrica que se comparte entre varios usuarios, todos aquellos que mantienen una sesión y están bajo la cobertura de la misma celda. Tanto la telefonía móvil como la fija utilizan multiplexado temporal.

¹⁰ *router* (encaminador, direccionador, enrutador) Dispositivo que distribuye tráfico entre redes. La decisión sobre a donde enviar los datos se realiza en base a información de nivel de red y tablas de direccionamiento.

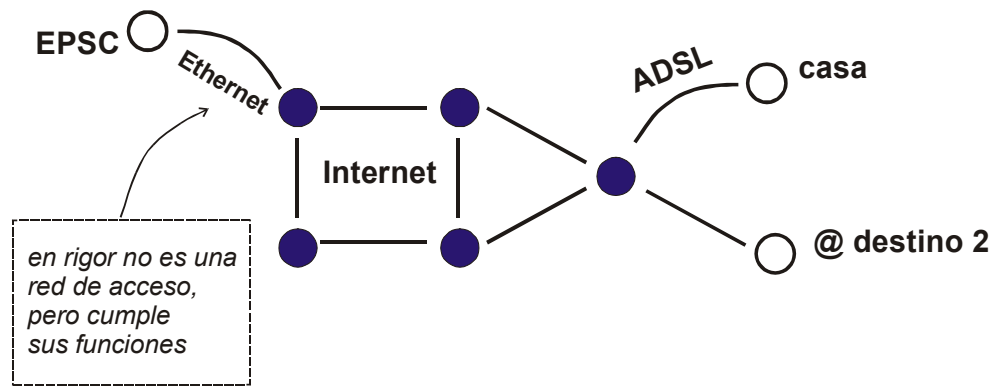


Figura 6. Conexión entre los servidores Web de la EPSC e Internet

5 FUENTES DE INFORMACIÓN

Las fuentes de información generan mensajes que generalmente se transportan eléctricamente u ópticamente. Los mensajes se pueden generar de forma continua o discreta.

Un texto está formado por un conjunto de símbolos definidos en un alfabeto que consta de números, vocales y consonantes. En este caso el texto se puede asimilar al mensaje emitido por una fuente textual que emite símbolos definidos sobre un alfabeto alfanumérico compuesto por números, vocales y consonantes.

Las fuentes discretas lanzan mensajes en instantes predeterminados y de forma periódica. Los boletines radiofónicos de noticias emiten informaciones cada hora. Se podrían asimilar a fuentes discretas cuyo periodo es de una hora.

Las fuentes continuas generan información continuamente. Si asimilamos un reloj a una fuente, las manecillas de las horas, minutos y segundos nos entregan continuamente la información horaria.

Las fuentes de información se pueden clasificar en digitales y analógicas. Las primeras generan mensajes definidos sobre alfabetos de un número de símbolos finito, mientras que las segundas manejan alfabetos infinitos.

Una fuente alfanumérica es digital en la medida que emite mensajes que se crean a partir de un alfabeto de 128 elementos, vocales y consonantes mayúsculas y minúsculas, números, caracteres de puntuación, etc. Las fuentes más usuales son las binarias definidas sobre alfabetos de dos símbolos

Los altímetros se pueden asociar a fuentes analógicas ya que nos indican instantáneamente la altitud en metros.

Los canales pueden transportar o transmitir tanto señales analógicas como digitales. Precisamente, mediante los dispositivos electrónicos digitales, las señales digitales se pueden procesar almacenar y regenerar fácilmente, ofreciendo todo un conjunto de ventajas y prestaciones que las hacen superiores a las señales analógicas. Por ejemplo es imposible regenerar la señal de TV almacenada en una cinta de vídeo, en cambio es factible regenerar una señal digital procedente de un medio de transmisión.

En la actualidad los sistemas que permiten el procesado, el almacenamiento y la transmisión fiable de información digital se denominan sistemas telemáticos.

Dado que los sistemas de telecomunicación se basan en la utilización de señales eléctricas, será necesario incluir un subsistema transductor con el objetivo de recoger toda la información en lenguaje “humano” que se quiera enviar y traducirla a un lenguaje eléctrico.

Algunos ejemplos de transductores son los micrófonos, que convierten la presión sonora en señal eléctrica de audio, la cámara de vídeo, capaz de recoger los fotones de una escena y convertirlos en una señal eléctrica, el escáner que digitaliza textos o contenidos impresos o un tacómetro de un motor que convierte la velocidad de giro en una señal eléctrica.

De forma análoga en el receptor, generalmente existe un transductor que convierte el mensaje de tipo “eléctrico” a una información inteligible por el ser humano. Por ejemplo los altavoces actúan como transductores que convierten las señales eléctricas en ondas de presión que serán procesadas por el sistema auditivo humano, o los tubos de imagen TRC que traducen la señal eléctrica a escenas visuales.

6 EL CODIFICADOR DE FUENTE

Las fuentes de información acostumbran a generar mensajes que contienen información redundante, que se almacena o se transmite por un canal de forma innecesaria. En la medida de lo posible es interesante eliminar todas las redundancias con el objetivo de optimizar el espacio de almacenamiento o reducir la velocidad de transmisión.

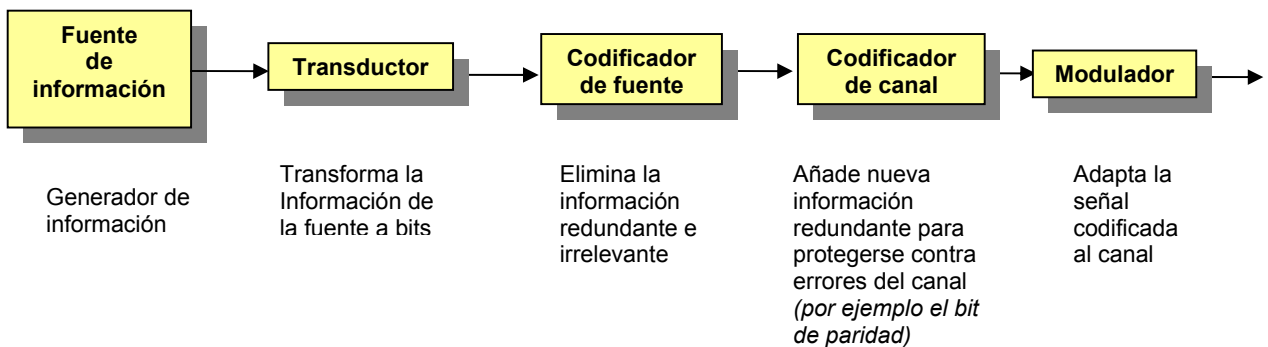


Figura 7. Diagrama funcional de un emisor.

Los dispositivos que eliminan la información redundante de los mensajes se denominan codificadores de fuente o compresores.

7 CARACTERÍSTICAS DE LOS CANALES DE TRANSMISIÓN

Los canales de transmisión transportan la información de los usuarios a través de ondas electromagnéticas. Las modulaciones son un conjunto de mecanismos que posibilitan a la fuente y al destinatario introducir y extraer la información del canal. Los moduladores y desmoduladores son dispositivos que implementan las técnicas de modulación. Los moduladores y desmoduladores adaptan la fuente y el receptor al canal, de modo que la información pueda viajar óptimamente.

Los canales se pueden caracterizar por la velocidad de transmisión de los mensajes, que en los sistemas digitales se expresa en bits por segundo, el ancho de banda y el ruido. El ancho de banda nos indica la velocidad de transferencia de la energía y se expresa en

hertzios (Hz). El servicio de telefonía ofrecido por la Red Telefónica Básica (RTC) tiene un ancho de banda de 300 a 3400 Hz.

El ancho de banda también nos indica en qué porción del espectro está confinada la energía de la información que se desea transmitir o procesar.

El ruido es inherente a todo medio físico. Existen diversos tipos de ruido, térmico, impulsivo, etc. Cualquier dispositivo posee un ruido térmico debido al movimiento electrónico, que se suma a la información transmitida por la fuente enmascarando el mensaje.

Los canales pueden distorsionar las señales imposibilitando en los casos extremos la recuperación de los mensajes por parte del receptor.

8 CAPACIDAD DEL CANAL

En los sistemas de comunicaciones la velocidad de transmisión (v_{tx} en bits/s o bytes/s) está limitada por las características del medio físico y de la fuente de transmisión. La máxima velocidad de transmisión (independiente del sistema de codificación empleado) se denomina capacidad del canal y es función del ancho de banda del canal, de la potencia de ruido y de la potencia con que la fuente emite un mensaje. La capacidad que se expresa en bits por segundo es $C = W \log_2(1 + P_{señal}/P_{ruido})$, donde W es el ancho de banda y $P_{señal}$, P_{ruido} son las potencias de señal y ruido respectivamente.

La red de acceso de la red telefónica básica está constituida por un par de cobre que enlaza el teléfono con la central local, siendo el ancho de banda de 3100 Hz. y la relación de potencias $P_{señal}/P_{ruido}$ de 30 dB.

Hallar la capacidad máxima que ofrece el bucle de abonado expresado en bits por segundo.

$$30 \text{ db} = 10 \cdot \log_{10} P_{señal}/P_{ruido} \Rightarrow P_{señal}/P_{ruido} = 10^{30/10} = 10^3$$

$$C = 3100 \cdot \log_2(1 + 10^3) = 3100 \cdot \log_{10}(1 + 10^3) / \log_{10}(2) = 30898,4 \text{ bps}$$

9 ARQUITECTURA DE COMUNICACIONES

Para poder analizar o diseñar un sistema de telecomunicación se requiere dividir el sistema en subsistemas menos complejos que realicen un grupo de funciones dentro de un mismo nivel.

En 1980 la ISO¹¹ planteó una arquitectura, llamada OSI (*Open Systems Interconnection*),¹² de siete niveles, físico, enlace, red, transporte, sesión, presentación y

¹¹ International Organization for Standardization -- **ISO** (Organización Internacional para la Normalización) Organización de carácter voluntario fundada en 1946 que es responsable de la creación de estándares internacionales en muchas áreas, incluyendo la informática y las comunicaciones. Está formada por las organizaciones de normalización de sus países miembros.

¹² Open Systems Interconnection -- **OSI** (Interconexión de Sistemas Abiertos) Modelo de referencia diseñado por comités ISO con el objetivo de convertirlos en estándares internacionales de arquitectura de redes de ordenadores.

aplicación, que desempeñan distintas funciones en la transmisión de datos dentro de una red de comunicaciones.

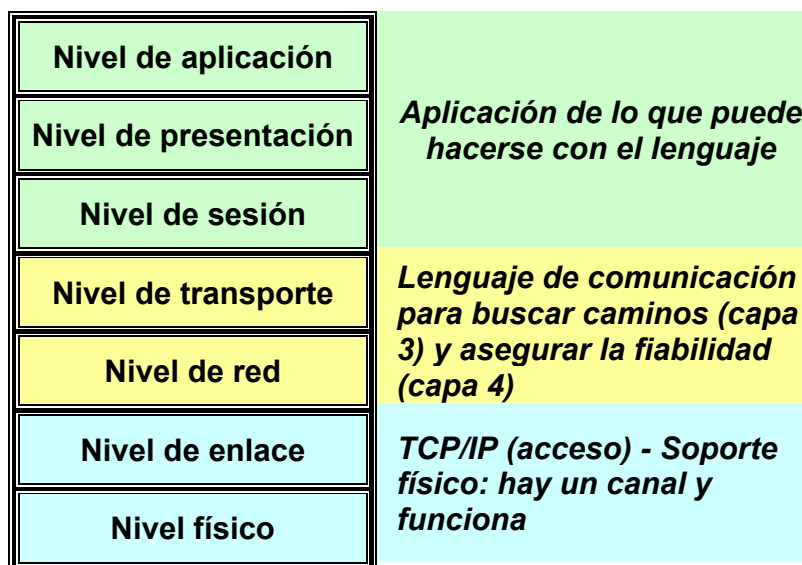


Figura 8. Niveles de la arquitectura OSI de la ISO.

El nivel inferior de la OSI es el nivel físico y el superior el nivel de aplicación. La OSI se caracteriza porque cada nivel recibe servicios solamente del nivel inferior. Esta clasificación no se sigue con total exactitud en la práctica, TCP/IP¹³, por ejemplo, es una pila simplificada (Ethernet).

Son niveles transparentes en el sentido que el usuario “no los ve”, del mismo modo a cuando “no se ve” (no se es consciente) ni el lenguaje ni el canal empleado (encapsulamiento).

En Internet:

- Nivel de Transporte: TCP
- Nivel de Red: IP¹⁴
- Aplicaciones: http¹⁵, smtp¹⁶/pop¹⁷, ftp¹⁸, telnet¹⁹ ...

¹³ Transmission Control Protocol/Internet Protocol -- **TCP/IP** (Protocolo de Control de Transmisión/Protocolo Internet) Sistema de protocolos en los que se basa buena parte de Internet. El primero se encarga de dividir la información en paquetes en origen, para luego recomponerla en destino, mientras que el segundo se responsabiliza de dirigirla adecuadamente a través de la red.

¹⁴ Internet Protocol -- **IP** (Protocolo Internet) Conjunto de reglas que regulan la transmisión de paquetes de datos a través de Internet. La versión actual es IPv4 mientras que en el proyecto Internet2 se intenta implementar la versión 6 (IPv6), que permitiría mejores prestaciones dentro del concepto QoS (Quality of Service).

¹⁵ HyperText Transfer Protocol -- **HTTP** (Protocolo de Transferencia de Hipertexto) Protocolo usado para la transferencia de documentos WWW.

¹⁶ Simple Mail Transfer Protocol -- **SMTP** (Protocolo Simple de Transferencia de Correo) Protocolo que se usa para transferir correo electrónico entre ordenadores. Es un protocolo de servidor a servidor, de tal manera que para acceder a los mensajes es preciso utilizar otros protocolos.

¹⁷ Post Office Protocol -- **POP** (Protocolo de Oficina de Correos) Protocolo diseñado para permitir a sistemas de usuario individual leer correo electrónico almacenado en un servidor. La Versión 3 es la más reciente y más utilizada, llamada POP3.

y las comunicaciones siempre se realizan conforme a una arquitectura cliente/servidor (un cliente pide un servicio que es ofrecido por el servidor).

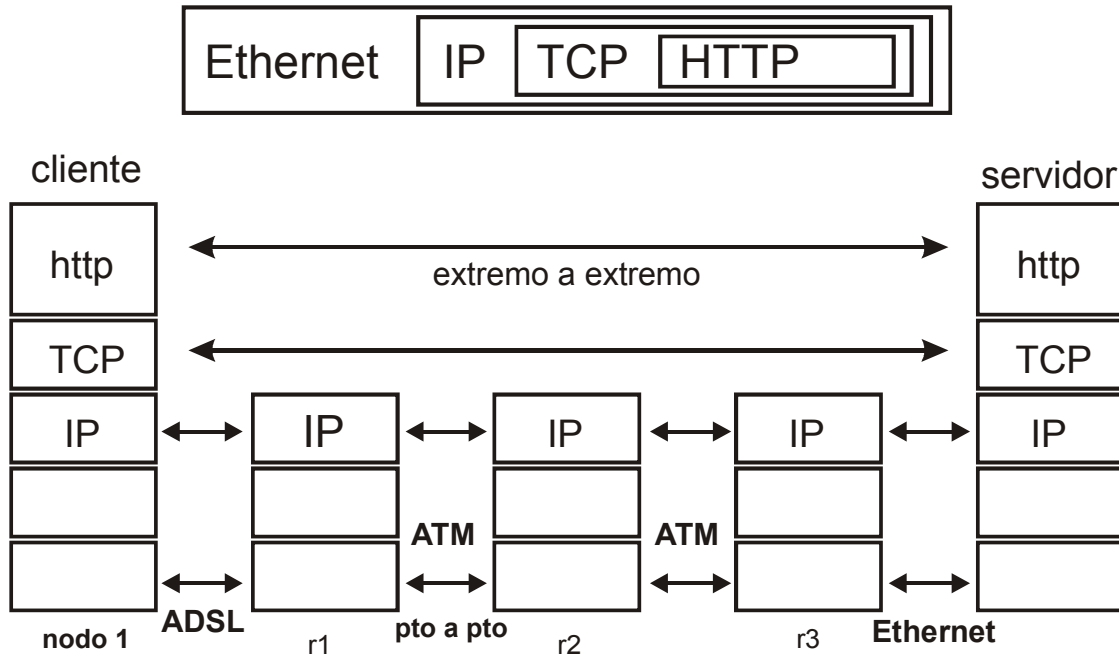
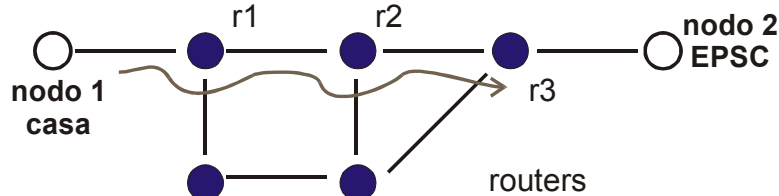


Figura 9. Ejemplo de conexión según el protocolo TCP/IP



Nivel físico

- Define las características mecánicas y eléctricas de los medios físicos de transmisión.
- Tipo de interfaces entre dispositivos: Conectores, etc.
- Características mecánicas: Tamaño, configuración, etc.
- Características eléctricas: Potencia eléctrica, de ruido, etc.
- Tipo de medio físico: Cobre, fibra óptica, cable coaxial.
- Las unidades visibles en este nivel son los bits de información.

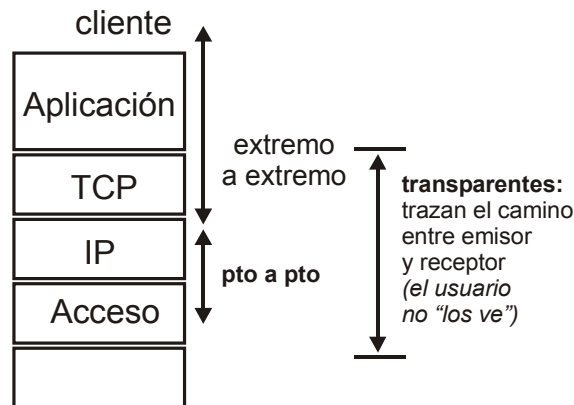
Nivel de enlace

- Tiene la misión de enviar la información digital fiablemente entre dos puntos próximos (adyacentes).
- El nivel de enlace agrupa la información en tramas de longitud fija o variable enviándolas fiablemente a un destino próximo.
- Realiza tareas de envío de información, control de errores y control de flujo.
- Los dispositivos físicos que encaminan la información entre puntos adyacentes se

¹⁸ File Transfer Protocol -- **FTP** (Protocolo de Transferencia de Ficheros) Protocolo que permite a un usuario de un sistema acceder a, y transferir desde, otro sistema de una red. FTP es también habitualmente el nombre del programa que el usuario invoca para ejecutar el protocolo.

¹⁹ Telnet (Telnet) **Telnet** es el protocolo estándar de Internet para realizar un servicio de conexión desde un terminal remoto; hoy es poco utilizado. Es un acrónimo de tele network.

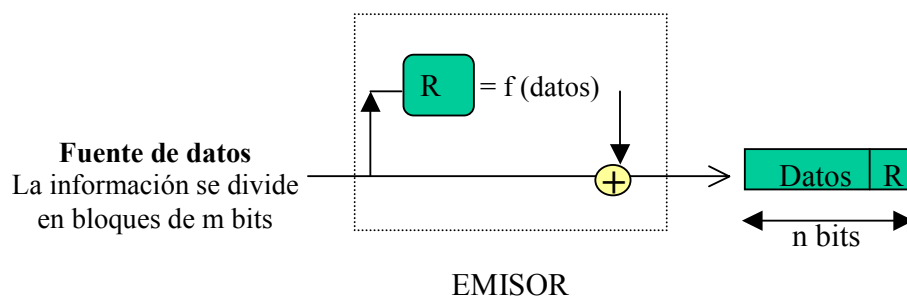
	<ul style="list-style-type: none">- denominan puentes o bridges.- Las unidades visibles en este nivel son las tramas de información.
Nivel de red	<ul style="list-style-type: none">- Este nivel se encarga de hallar un camino “óptimo”, de menor coste, entre el emisor y el o los receptores de información (en redes conmutadas).- El coste de un camino puede ser retardo, ancho de banda, seguridad, coste económico, etc.- Los protocolos que dentro del nivel de red tienen la misión de encaminar o “enrutar” se denominan protocolos de encaminamiento.- Los dispositivos físicos que encaminan la información se denominan routers o encaminadores.- Las unidades visibles en este nivel son los paquetes de información.- Una vez encontrada una ruta entre el emisor y el receptor se transmiten los paquetes sin fiabilidad extremo-extremo.
Nivel de transporte	<ul style="list-style-type: none">- Este nivel suministra el transporte de paquetes de información entre el emisor y el receptor fiablemente. Es decir, cualquier información digital se transmite por el canal y llega al destino libre de errores y ordenada.- El nivel de transporte realiza un control de flujo, control de congestión y control de errores extremo-extremo con el objetivo de “ocultar la red” a los niveles superiores, que ven a la red como un túnel que une el emisor con el receptor, de modo que la información se transporta fiablemente de uno a otro extremo.- Las unidades visibles en este nivel son los mensajes.- Los dispositivos físicos de este nivel y superiores son las pasarelas o gateways.
Nivel de sesión	<ul style="list-style-type: none">- Governa el dialogo de la comunicación, abre un dialogo, lo controla y lo cierra.- Inicialmente la fuente llama al destino negociándose los parámetros de la comunicación (velocidad de transmisión, tipo de dialogo, etc.). Posteriormente se abre el canal de comunicación y se inicia la transmisión de la información, controlándose el estado de la transmisión.- Finalmente, una vez finalizado el envío de la información, el nivel de sesión cierra ordenadamente la comunicación.- El canal que controla la comunicación (apertura, mantenimiento y cierre) se denomina canal de señalización.
Nivel de presentación	<ul style="list-style-type: none">- Este nivel presenta la información al usuario en un formato inteligible. Tiene por misión el intercambio de formatos de la información.- En el caso que una fuente de información generase caracteres alfanuméricos el nivel de sesión realizaría un intercambio de modo que cada carácter alfanumérico lo representaríamos en un alfabeto binario.- El nivel de presentación el receptor realizaría la función contraria intercambiaría los bits por caracteres.
Nivel de aplicación	<ul style="list-style-type: none">- Este nivel trata con las aplicaciones de usuario.- Cada aplicación presenta un interficie persona-máquina o máquina-máquina que es el vínculo de conexión entre el usuario y la aplicación.- Existen diversas aplicaciones de datos, voz, correo electrónico, navegadores, etc.



10 FIABILIDAD. CONTROL DE ERRORES

En un sistema telemático, los receptores reconstruyen el mensaje emitido por la fuente eliminando o mitigando las imperfecciones del canal (ruido y distorsiones) que se suman a la señal recibida. Estas imperfecciones del canal producen errores en la señal reconstruida que tienen que ser detectados y corregidos. El conjunto de técnicas que permiten la detección y corrección de errores se denominan códigos detectores y correctores de errores.

Generalmente en las redes de paquetes clásicas las técnicas de detección de errores se basan en adjuntar al mensaje original una información "extra" o redundante, que permita al receptor de información detectar la existencia de errores.



Codificador de canal

Figura 10. Esquema de un codificador de canal de tipo bloque (n, m) . La longitud de los datos es de m bits y la longitud total de la trama n bits.

La información redundante (R) se obtiene procesando la información original mediante una función matemática o algoritmo $f(\text{datos})$. Esta función $f()$ puede aplicarse de forma periódica sobre los datos de usuario es decir, la información original se trocea en bloques de longitud fija, calculándose para cada uno de ellos una redundancia de longitud fija. A este tipo de códigos de canal se les denomina códigos bloque.

En la figura se muestra un esquema de un codificador de tipo bloque (n, m) . El mensaje emitido por la fuente se trocea de m en m bits formando a la salida bloques de m bits que están compuestos por los datos de usuario (m bits) y la redundancia (n-m bits).

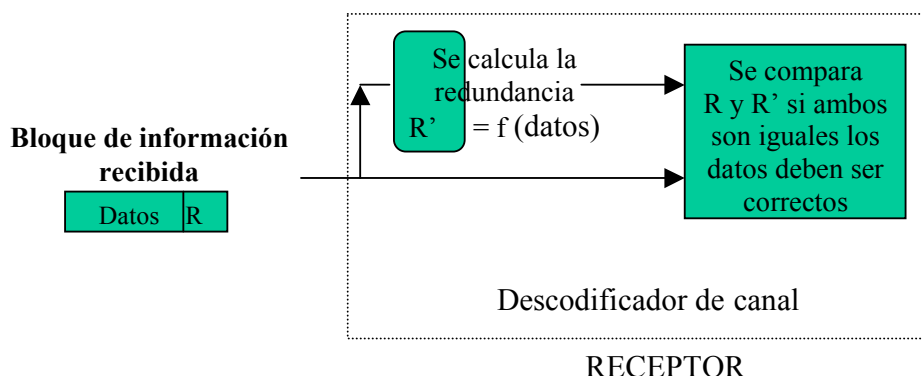


Figura 11. Esquema de un decodificador de canal de tipo bloque.

También existe la posibilidad de codificar la información de forma continua. Para ello a la información original se le añade permanentemente la información redundante. En este caso se habla de codificación convolucional.

La información generada por el codificador de canal se introduce al modulador para ser adaptada y transmitida al medio físico de transmisión. En el receptor, el desmodulador adapta la señal recibida del canal al decodificador de canal que tiene por misión reconstruir el mensaje emitido por la fuente a ser posible libre de errores.

Los decodificadores se construyen con funciones matemáticas o algoritmos que realizan funciones o procedimientos inversos a los realizados por los codificadores de canal. La complejidad, eficiencia y bondad de estos dispositivos depende de una buena elección de las funciones de codificación. Para reconstruir el mensaje original los decodificadores pueden emplear dos mecanismos el FEC (*Forward Error Control*) y el ARQ (*Automatic Repeat reQuest*).

En las técnicas FEC la información redundante es suficiente para detectar y corregir los errores y reconstruir el mensaje original. Las técnicas ARQ detectan la existencia de errores en la información reconstruida, de modo que en el caso de detectar un bloque erróneo solicitan al emisor su reenvío. Los mecanismos ARQ emplean códigos bloque y necesitan un canal de retorno que interconecte el receptor con el emisor que sirve para comunicar el reenvío del bloque erróneo. Los mecanismos ARQ se utilizan en los sistemas de transmisión de datos convencionales que disponen de canales de retorno como son, las redes de área local, Internet, etc.

Los mecanismos FEC requieren procesos de cálculo complejos y no necesitan canales de retorno. Se aplican en los nuevos sistemas de transmisión de datos como son la emisión de canales de TV digital terrestre (*Digital Video Broadcasting*) basados en el estándar MPEG II²⁰. La aplicación de estas técnicas se ha iniciado en la década de los 90 gracias a

²⁰ Motion Picture Experts Group -- **MPEG** (Grupo de Expertos en Películas) Sistema de codificación digital de imágenes en movimiento. La versión 2 de este estándar permite un buen nivel de compresión del espacio que ocupan dichas imágenes en soportes digitales.

MPEG-1 Audio Layer-3 -- MP3 (Estrato de Audio 3 de MPEG-1) Método de grabación y reproducción digital de audio que permite una buena calidad de sonido, teniendo los ficheros obtenidos un tamaño razonable. Su rápida popularización a través de Internet ha causado grave preocupación a las empresas del ramo y a los organismos encargados de la protección de los derechos de autor.

la disponibilidad de dispositivos microelectrónicos y procesadores de comunicaciones que permiten el procesamiento de la información en tiempo real.

11 CONTROL DE FLUJO

Son unos procedimientos que evitan el desbordamiento del receptor a partir del control de la tasa del emisor. En el caso que el canal este libre de errores ninguna trama se puede perder, llegar fuera de orden o tener errores. El mecanismo de control de flujo más simple es el de parada y espera.

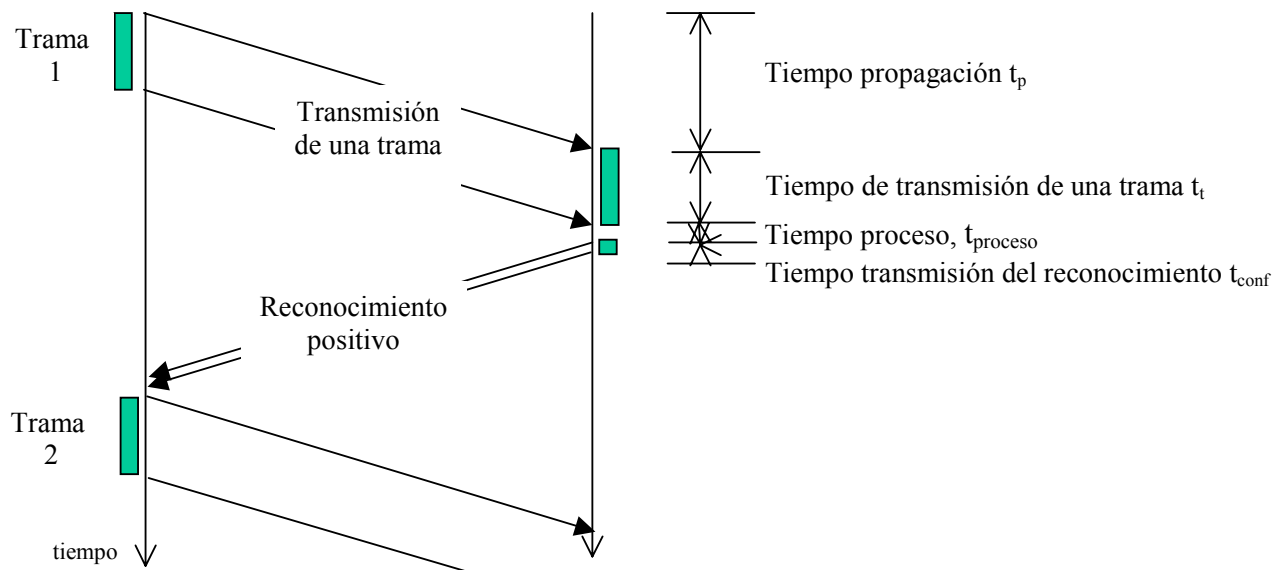


Figura 12. Mecanismo de control de flujo de parada y espera.

12 UN EJEMPLO DE CODIFICACIÓN: LAS COMUNICACIONES SERIE

Las comunicaciones serie son uno de los mecanismos de telecomunicación digital más comúnmente empleados entre dos dispositivos de transmisión de datos cuya proximidad es del orden de alguna decena de metros. Las comunicaciones serie se utilizan para transferir ficheros (información digital) entre dos PC a través de sus puertos serie, o transferir información entre un PC y un módem (*Modulator-DEModulator*), entre otras aplicaciones.

Según la arquitectura OSI este protocolo podría residir en los niveles físico, de enlace y de transporte, pero no de red, ya que no necesita trabajar con direcciones.

Inicio trama	Información usuario	Paridad par	Fin trama	Inicio trama	Información usuario	Paridad impar	Fin trama
0	1 1 0 0 1 0 1 0	0	1	0	1 1 0 0 1 0 1 0	1	1
0	1 0 1 0 1 0 1 1	1	1	0	1 0 1 0 1 0 1 1	0	1

Paridad par
Paridad impar

Figura 13. Ejemplos de cálculo de paridad par e impar.

Las comunicaciones serie o comunicaciones asíncronas se caracterizan por transmitir el mensaje de usuario en bloques fijos de 7, 8, 9 o 10 bits introduciendo un bit de redundancia que se basa en la paridad de los datos.

El bit de redundancia puede ser de paridad par o impar dependiendo de la paridad del número de unos lógicos que contiene el bloque de información más la redundancia.

Bit Inicio	Información usuario (6 a 8 bits)	Bit Paridad	Bit Fin
------------	----------------------------------	-------------	---------

Figura 14. Estructura sintáctica de un bloque RS-232.

Las comunicaciones serie también se caracterizan por enviar los datos por el canal en banda base, sin modular, adaptando la señal del puerto a las características del canal con la utilización de un código denominado RS-232.

13 TIPOS DE COMUNICACIONES

En las redes telemáticas el mecanismo de la comunicación se puede producir:

- entre personas, por ejemplo una sesión de videoconferencia entre dos interlocutores,
- persona-máquina, como es la búsqueda de información en una base de datos,
- máquina-máquina como es la transferencia de información entre dos ordenadores.

Cada uno de estos tipos de comunicaciones tiene unos requerimientos de tiempo, tipo de dialogo, etc.

Cuando intervienen diversos usuarios y destinatarios pueden existir distintos tipos de comunicaciones: *unicast*, *multicast*, *broadcast* y *anycast*.

La comunicación *unicast* se caracteriza por transferir la información de una fuente a un solo usuario, es una comunicación establecida entre un solo emisor y un solo receptor en una red, mientras que la *multicast* la información de la fuente se transfiere a múltiples nodos de la red y, por lo tanto, a múltiples usuarios, típicamente a un grupo reducido de ellos.

Una comunicación telefónica es una comunicación *unicast*, sólo intervienen un emisor y un receptor.

En la comunicación *broadcast* la fuente emite para la totalidad de los usuarios. Las emisoras de radiodifusión o de TV crean emisiones que pueden ser recibidas por todos los receptores de radio o TV. Es un término utilizado originariamente en el mundo de la radio y de la televisión para indicar que sus emisiones las puede recibir cualquiera que sintonice una emisora. Hoy en Internet se emite también radio y televisión en modo *broadcast*, de hecho la misma *WWW* es un medio de este misma naturaleza.

En *anycast* la petición de comunicación va dirigida a cualquier posible receptor, de entre los cuales sólo uno establece la comunicación (Ethernet).

En las redes telemáticas cuando un usuario desea conocer la dirección de un nodo remoto realiza una petición a un grupo de servidores de nombres recibiendo respuesta de uno solo de ellos. Esta comunicación es de tipo *multicast*.

Las comunicaciones entre dos o más dispositivos acostumbran a ser bidireccionales, es decir existe un diálogo entre ambos, que no es más que un intercambio recíproco de información. Por ejemplo el servicio telefónico establece un diálogo vocal entre dos o más interlocutores, sin embargo la difusión de un canal de TV terrestre es una comunicación unidireccional, la emisora emite información en un solo sentido hacia un conjunto de receptores.

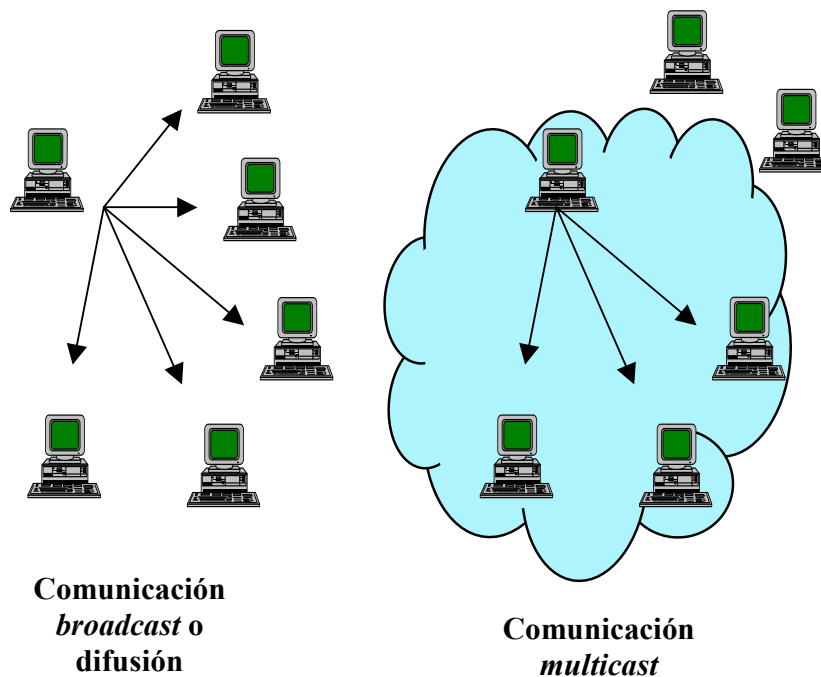


Figura 15. Comunicaciones broadcast y multicast.

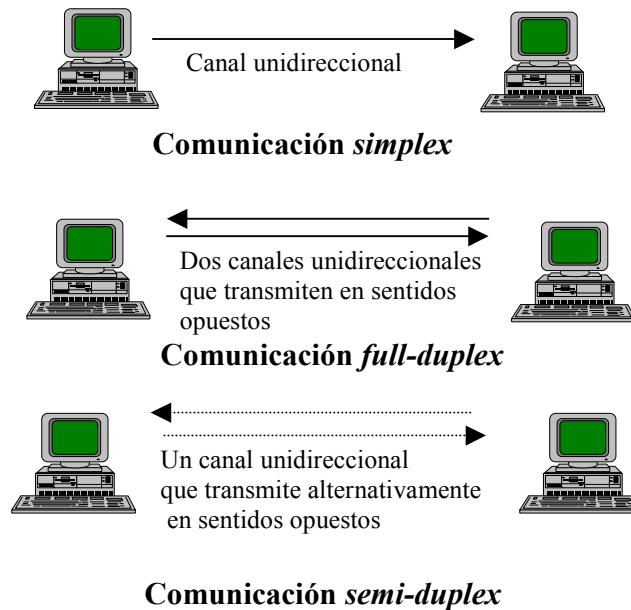


Figura 16. Comunicaciones *simplex*, *full-duplex* y *semi-duplex*.

Al modo de comunicarse unidireccionalmente se denomina comunicación *simplex*, mientras que la transmisión bidireccional simultánea se denomina *full-duplex*. También es posible transmitir información bidireccionalmente de modo que en cada instante de tiempo sólo circule en un único sentido. A este tipo de comunicaciones se denomina *semi-duplex*, utilizándose el canal unidireccionalmente en cada instante de tiempo.

14 ENTRAMADO DE LA INFORMACIÓN

Situémonos en los niveles de enlace, red y transporte de la OSI. En las redes de conmutación de paquetes, la información digital se procesa, transmite o almacena en tramas que son unidades mínimas de información de longitud fija o variable. La trama transporta información de usuario e información adicional, que hace que los datos de usuario lleguen al destino fiablemente.

Las tramas tienen una estructura sintáctica que las hace autocontenidas. La información de las tramas se ordena por campos que contienen tanto información de usuario como información adicional.

Todas las tramas transportan información acerca de quién las ha generado, dirección origen, y a quién van dirigidas, dirección destino.

Generalmente cada nodo de una red de conmutación de paquetes tiene una dirección única. Normalmente las direcciones se expresan en notación binaria cuyas longitudes oscilan entre 32, 48, 128 o 170 bits.

Al ser las tramas de longitud variable es necesario que exista un patrón binario que identifique el inicio y el fin de trama. El patrón binario del inicio se puede utilizar para sincronizar el receptor. El patrón binario no puede repetirse en ningún campo de la trama que no sea el de inicio o fin, ya que en caso contrario provocaría falsas tramas en el receptor.

En las tramas es necesario transportar una información de control que gobierna el estado de la transmisión. Esta información facilita al receptor las tareas de secuenciar la información, controlar el flujo de datos o mitigar la congestión. La información de control se transporta en el campo de control de la trama.

Inicio trama	Dirección destino	Dirección origen	Control	Información usuario	Detección de errores (FCS)	Fin trama
--------------	-------------------	------------------	---------	---------------------	----------------------------	-----------

Figura 17. Formato sintáctico de una trama.

Si se desea fiabilidad en la transmisión de una trama es necesario introducir de forma inteligente, una “información extra” de modo que el receptor pueda detectar la existencia de errores en la información de usuario. Esta información redundante se transporta en el campo denominado *Frame Check Sequence* (FCS) o secuencia de comprobación de trama. Por tanto las tramas estarán formadas por unos campos de inicio de trama, dirección destino, dirección origen, control, datos de usuario, FCS y fin de trama.

15 CLASIFICACIÓN DE LAS REDES

Las redes de transmisión de datos se pueden clasificar atendiendo a la extensión geográfica que dan servicio, a su titularidad, ancho de banda que ofrecen, o al modo de transferencia que utilizan (técnicas de multiplexado, conmutación y transporte).

Atendiendo a la extensión geográfica se dividen en:

- Redes locales: distancias del orden de metros a una decena de kilómetros. Ejemplos: LAN²¹, Token-Ring²², Ethernet.
- Redes metropolitanas: distancias metropolitanas del orden de 100 kilómetros. Ejemplos: DQDB.
- Redes de área extensa: distancias de abasto regional, nacional o internacional. Ejemplos: Red Telefónica básica, Red Digital de Servicios Integrados de Banda Estrecha (RDSI).

Según su titularidad se dividen en:

- Privadas: gestionadas por organismos privados. Ejemplos: redes de área local.
- Públicas: gestionadas por operadores de telecomunicaciones. Ejemplos: redes de telefonía móvil (GSM²³, etc.).
- Corporativas: utilizan recursos mixtos (p.e. redes bancarias, redes de emergencias, etc.)

²¹ Local Area Network -- **LAN** (Red de Área Local) Red de datos para dar servicio a un área geográfica máxima de unos pocos kilómetros cuadrados, por lo cual pueden optimizarse los protocolos de señal de la red para llegar a velocidades de transmisión de Gbps (gigabits por segundo).

²² **Token Ring** (red en anillo) Una red en anillo es un tipo de LAN con nodos cableados en anillo. Cada nodo pasa constantemente un mensaje de control token (prenda, señal) al siguiente, de tal forma que cualquier nodo que tenga un token puede enviar un mensaje.

²³ Global System for Mobile communication -- **GSM** (Sistema Global para comunicaciones Móviles) Sistema compatible de telefonía móvil digital desarrollado en Europa con la colaboración de operadores, Administraciones Públicas y empresas. Permite la transmisión de voz y datos.

Las redes pueden utilizar distintos modos de transferencia como son:

- Conmutación de circuitos. Mientras dura la comunicación el camino físico que une el emisor con el receptor es empleado totalmente por el usuario. La red telefónica básica y la telefonía móvil utilizan conmutación de circuitos.
- Conmutación de paquetes. El camino físico que se emplea para transportar la información entre el emisor y el receptor se comparte con otros usuarios. El medio físico se multiplexa entre todos los usuarios. Ejemplos: Redes de conmutación rápida de paquetes (*Frame Relay*).
- Modo de transferencia asíncrono. Combina las facilidades de conmutación de paquetes y conmutación de circuitos. Redes de banda ancha (RDSI-BA).

Las redes también se pueden clasificar según los servicios que soportan:

- Vocales: telefonía,...
- Datos: facsímil, terminal virtual, transferencia de ficheros, ...
- Multimedia: hipertexto (WWW), correo multimedia, ...
- Videotelefonía: voz sobre IP,...
- Videoconferencia: H.323,...
- Difusión o *broadcast*: TV analógica, TV digital, ...
- Integrados: integración de servicios de banda estrecha (RDSI-BE) o banda ancha (RDSI-BA).

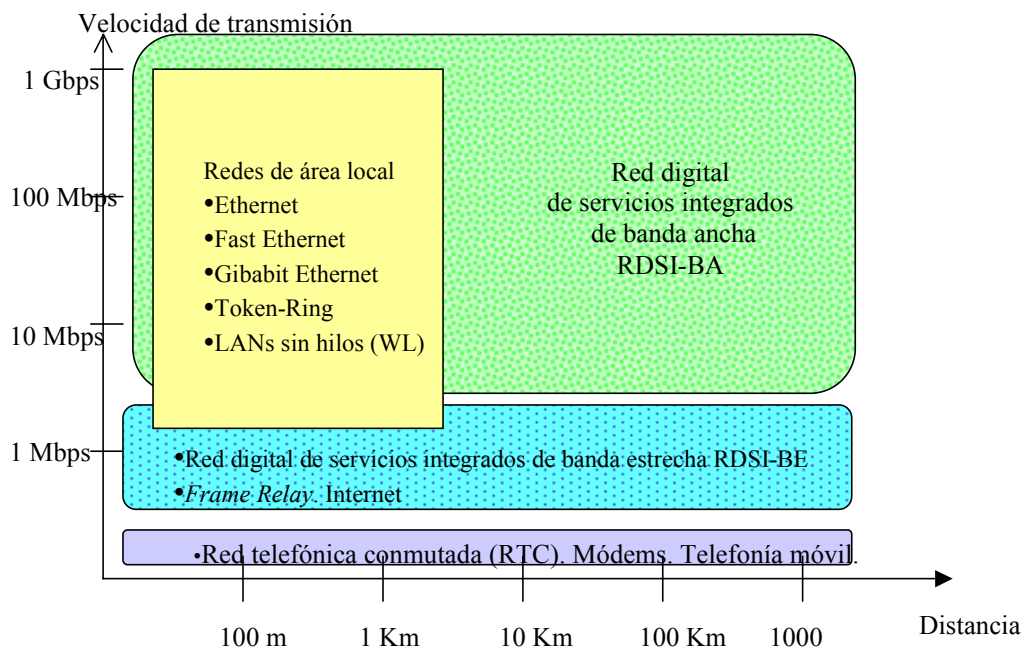


Figura 18. Clasificación de las redes en función de la distancia geográfica y el ancho de banda.

16 CARACTERÍSTICAS DE LA TELECOMUNICACIÓN

La transmisión de información a través de las redes telemáticas presenta un conjunto de elecciones que debemos realizar sobre sus características:

- *Medio físico de transmisión*
¿Qué medio físico utilizaremos para interconectar un emisor con un receptor de información?
- *Direccionamiento*
¿Cómo diferenciamos a los distintos emisores y receptores de información de forma única?
- *Encaminamiento*
¿Cómo podemos alcanzar el destino de forma óptima?
- *Fiabilidad*
¿Cómo podemos transferir la información de forma fiable?
- *Integridad de la información*
¿Cómo se sincroniza la velocidad de emisión de un mensaje con la capacidad de proceso del receptor?
- *Formateo de la información*
¿De qué modo se transmite un mensaje digital?
- *Reglas del diálogo*
¿Qué protocolo utilizará el emisor y el receptor para establecer mantener y liberar un dialogo, que posibilite la transferencia de información?

ÍNDICE DE TÉRMINOS

ADSL	Línea de Suscripción Asimétrica Digital	2
<i>anycast</i>	unidifusión	15, 16
ARQ	Petición Automática de Repetición	13
ATM	Modo de Transferencia Asíncrona	2
<i>broadcast</i>	difusión amplia	15, 16, 19
Ethernet		2, 9, 16, 18
FDM	Multiplexado por División en Frecuencia	4
FEC	Control de Errores	13
ftp	Protocolo de Transferencia de Ficheros	10
GSM	Sistema Global para comunicaciones Móviles	18
http	Protocolo de Transferencia de Hipertexto	10
Internet		2, 6, 9, 13
IP	Protocolo Internet	9, 10, 19
ISO	Organización Internacional para la Normalización	8, 9
LAN	Red de Área Local	18
MPEG	Grupo de Expertos en Películas	14
<i>multicast</i>	multidifusión	15, 16
OSI	Interconexión de Sistemas Abiertos	8, 9, 14, 17
pop	Protocolo de Oficina de Correos	10
PPP	Protocolo Punto a Punto	2
RDSI	Red Digital de Servicios Integrados	2, 18, 19
<i>routers</i>	encaminador	5, 11
RTC	Red Telefónica Conmutada	2, 8
smtp	Protocolo Simple de Transferencia de Correo	10
TCP	Protocolo de Control de Transmisión	9, 10
TDM	Multiplexado por División en el Tiempo	3, 4
telnet	Terminal Remoto	10
Token-Ring	red en anillo	18
UIT	Unión Internacional de Telecomunicaciones	1
<i>unicast</i>	unidifusión	15, 16
WAP	Protocolo de Aplicación de Telefonía Inalámbrica	2

Fuente: Glosario básico inglés-español para usuarios de Internet (de Rafael Fernández Calvo): http://www.ati.es/novatica/glosario/glosario_internet.html