

Fundamentos de Redes de Comunicaciones
Parte 1
Grado en Ingeniería Informática
Guía de Estudio, curso 2025/2026

David Cortés Polo
Universidad de Extremadura

1 de febrero de 2026

Índice

| | |
|--|----------|
| 1. Datos generales | 2 |
| 2. Objetivos | 3 |
| 3. Metodología | 3 |
| 4. Evaluación | 5 |
| 4.1. Criterios de evaluación | 5 |
| 5. Calendario | 6 |
| 6. Programa de teoría | 7 |
| 6.1. 00 - Presentación | 7 |
| 6.1.1. 2 de febrero - Introducción | 7 |
| 6.2. 01 - Introducción de los Fundamentos de Redes | 7 |
| 6.2.1. 3 de febrero - Introducción | 7 |
| 7. Presentación de la Teoría de FRC | 8 |
| 7.1. Desafíos de la asignatura | 8 |
| 7.1.1. Fiabilidad | 8 |
| 7.1.2. Compartición eficiente del medio | 9 |
| 7.1.3. Escalabilidad | 12 |

| | |
|---|-----------|
| 8. Introducción a los Fundamentos de Redes | 13 |
| 8.1. Breve repaso histórico de las telecomunicaciones | 13 |
| 8.2. Las comunicaciones de datos | 17 |
| 8.2.1. Componentes | 18 |
| 8.2.2. Representación de datos | 19 |
| 8.3. Flujo de datos | 20 |
| 8.4. Redes | 22 |
| 8.4.1. Estructuras físicas | 23 |
| 8.5. Modelos de red | 30 |
| 8.5.1. Red de área local (LAN) | 30 |
| 8.5.2. Red de área extensa (WAN) | 31 |
| 8.5.3. Otras clases de redes | 33 |
| 8.5.4. Conmutación | 35 |
| 8.6. Internet | 36 |
| 8.6.1. Acceso a Internet | 38 |
| 8.7. Historia de Internet | 40 |
| 8.7.1. Historia Temprana | 40 |
| 8.7.2. Nacimiento de Internet | 41 |
| 8.7.3. Internet Hoy | 43 |
| 8.8. Normas y su Administración | 44 |
| 8.8.1. Normas de Internet | 44 |
| 8.8.2. Administración de Internet | 46 |
| 8.8.3. Otras organizaciones de estandarización | 47 |

1. Datos generales

| | |
|----------------------------|---|
| Título: | Fundamentos de Redes de Comunicaciones - Parte 1 |
| Titulaciones: | Grado en Ingeniería Informática en Ingeniería de Computadores y en Ingeniería de Software |
| Cuatrimestre: | Segundo curso, segundo cuatrimestre |
| Créditos: | 6 (5 teóricos, 1 prácticos) |
| Horas lectivas: | 3 horas semanales de teoría y 1,5 de prácticas |
| Horario Teoría: | Grupo A: lunes 18:30–19:30, martes y miércoles 17:30–18:30 Grupo B: lunes 19:30–20:30, martes y miércoles 16:30–17:30 |
| Profesor: | David Cortés Polo dcorpol@unex.es Despacho 71, Edificio de Informática - Planta Superior |
| Sedes telemáticas: | https://campusvirtual.unex.es |
| Aulas de teoría: | Aulas C3 y C4 |
| Aulas de prácticas: | Laboratorio Sala Norba |

2. Objetivos

¿Cuáles son las bases para que cualquier red de comunicación funcione? En esta asignatura se intentará dar respuesta a esta pregunta desde los fundamentos de las comunicaciones. Para ello se estudiarán los principios clave del diseño y las técnicas básicas de análisis utilizadas en sistemas de comunicación. Esto es importante, además, porque las ideas técnicas involucradas en las comunicaciones también surgen en muchos otros campos de la ingeniería informática. Por tanto, el estudio de sistemas de comunicación proporciona un excelente contexto para introducir conceptos que son más ampliamente aplicables.

Este curso se va a encargar de cubrir sistemas de comunicación desde el origen de los datos, el cual tiene alguna información que desea transmitir, pasando por los paquetes, en los cuales se dividen los mensajes para la transmisión a través de una red, hasta los bits, cada uno de los cuales es un "0" o un "1", siendo, finalmente, transformados en las señales, que son formas de onda analógicas enviadas a través de enlaces de comunicación físicos (como cables, cables de fibra óptica, radio o ondas acústicas). Estudiamos una variedad de redes de comunicación, desde el enlace más simple de punto a punto, hasta los medios compartidos que comprenden un conjunto de nodos que se comunican compartiendo un medio físico de comunicación común, hasta redes más grandes de múltiples saltos que están conectadas a otras redes para formar redes aún más grandes.

3. Metodología

La asignatura tiene un enfoque eminentemente teórico-práctico. Los conocimientos teóricos necesarios se intercalarán con los prácticos, en gran medida mediante metodologías apoyadas en la resolución de problemas. En las clases teóricas se utilizan transparencias que sirven de guión, aunque también se recomendarán referencias (usualmente documentos disponibles en Internet) para profundizar conocimientos, y complementar con los detalles necesarios para adquirir los conocimientos teóricos necesarios y resolver los problemas prácticos propuestos. En el desarrollo diario, las sesiones docentes incluirán, habitualmente, tanto aspectos teóricos, como prácticos.

Para el desarrollo del temario, hemos dividido la asignatura en cinco partes: una introducción a las redes, la fuente de la comunicación y las tres abstracciones más importantes de la información (bits, señales y paquetes). Por razones pedagógicas, los estudiaremos en el orden que se detalla a continuación.

- **Introducción a fundamentos y los modelos de redes.** En este primer apartado veremos los conceptos base de networking, desde un poco de historia a qué es necesario para que una propuesta llegue a ser estándar de Internet. También analizaremos las diferentes aproximaciones de las pilas de protocolos y porqué son importantes.
- **Nivel Físico.** En este bloque se analizará cómo realmente se envía la información entre una fuente y un destino y porqué aparecen los errores en la red. En esta parte se tratarán diferentes contenidos como la transición entre representaciones en el dominio del tiempo y en el dominio de la frecuencia de las señales.
- **Transmisión digital y multiplexación.** Los problemas principales que abordaremos aquí son cómo modular bits sobre las señales y demodular las señales para recuperar bits, además de comprender cómo se pueden modelar las distorsiones de señales por los canales de comunicación. También en este bloque tendremos en cuenta como maximizar el canal usando las ventajas que nos ofrece el medio físico para poder transmitir una mayor cantidad de información a través de las multiplexaciones.
- **Nivel de enlace.** Los problemas principales que estudiaremos son cómo compartir un medio utilizando un protocolo MAC, a través de protocolos que permiten realizar control de flujo en la comunicación, organizar cómo se comunican las estaciones, así como la como de transporte de datos confiables. Este punto será cubierto principalmente en la **Parte 2** de la asignatura.

4. Evaluación

4.1. Criterios de evaluación

Evaluación continua:

- Teoría: 60 % de la nota total.
- Prácticas: 40 % de la nota total.
- Nota final: Suma de notas, moderada por la interpretación del profesor.
- Mínimo para aprobar:
 - Aprobado en teoría y las prácticas.
 - Asistencia a las clases de prácticas.
 - Entrega de las tareas que se vayan pidiendo en clase en tiempo.

Evaluación teoría: prueba escrita con desarrollo teórico y ejercicios prácticos

Evaluación práctica:

- examen presencial para defensa del proyecto final
- tiene que funcionar en el laboratorio
- realización individual de la modificación de la práctica

Modalidad Global y Evaluación extraordinaria:

- prueba escrita (igualmente si no se aprobó la ordinaria)
- entrega del proyecto final (si no se aprobó la ordinaria)

5. Calendario

| Lunes | Martes | Miércoles |
|---|---|-----------|
| 2 de febrero - Introducción | 3 de febrero - Introducción | ?? |
| ?? | ?? | ?? |
| ?? | ?? | ?? |
| ?? | ?? | ?? |
| ?? | ?? | ?? |
| ?? | ?? | ?? |
| ?? | - | - |

6. Programa de teoría

Programa de la asignatura (el detalle evoluciona según avanza el curso).

6.1. 00 - Presentación

6.1.1. 2 de febrero - Introducción

Presentación de la asignatura

- **Presentación:** Presentación de la temática de la asignatura
- **Presentación:** Detalles de la asignatura: teoría y prácticas, estructura de las clases, evaluación, etc.
- **Presentación:** Materiales de la asignatura: sitios web y documentos fundamentales que tenéis a vuestra disposición.
- **Material:** Transparencias, tema “Presentación”.

Introducción

- **Contenido:** Introducción: [Breve repaso histórico de las telecomunicaciones](#)
- **Material:** Transparencias, tema “Introducción”

6.2. 01 - Introducción de los Fundamentos de Redes

Conceptos clave de las comunicaciones y las redes.

6.2.1. 3 de febrero - Introducción

- **Contenido:** Introducción: [Las comunicaciones de datos](#), [Flujo de datos](#), [Redes](#)
- **Material:** Transparencias, tema “Introducción”

7. Presentación de la Teoría de FRC

La capacidad de transmitir e intercambiar información a través de redes de comunicación globales ha revolucionado la forma en que las personas trabajan, juegan y viven. En marzo del 2000, la Academia Nacional de Ingeniería de Estados Unidos publicó una lista de las 20 tecnologías que tuvieron el mayor impacto en la sociedad del siglo XX ¹, que incluía innovaciones que cambiaron vidas, como la electrificación, los productos químicos, los automóviles y los aviones. Junto a ellos, cuatro logros tecnológicos en el campo de las comunicaciones: la radio y la televisión, el teléfono, Internet y la informática, cuyos fundamentos tecnológicos nos serán de especial interés en esta asignatura.

Sorprende que Internet sólo ocupe el puesto 13, pero la razón dada por el comité es que se implantó masivamente a finales del siglo XX y creen que los impactos más poderosos y los cambios más significativos en Internet se producirán en el siglo XXI. Si miramos retrospectivamente las dos primeras décadas de este siglo, esta visión parece acertada: la ubicuidad de las redes inalámbricas y los dispositivos móviles, el nacimiento de las redes sociales, los contenidos multimedia bajo demanda, la capacidad de comunicarse en cualquier momento y el comercio electrónico están cambiando la forma en la que vivimos hoy en día, desempeñando, también, un papel importante en cambios políticos y sociales. La comunicación es fundamental para nuestra existencia moderna. Es difícil imaginar la vida sin Internet y sus aplicaciones, ni sin algún tipo de dispositivo móvil conectado en red. .

7.1. Desafíos de la asignatura

Tres desafíos fundamentales están en el centro de todos los sistemas de comunicación digital y las redes: la confiabilidad, la compartición de recursos y la escalabilidad. En esta primera asignatura de comunicaciones dedicaremos una gran cantidad de tiempo a los dos primeros aspectos mientras que el tercero se verá de forma introductoria, siendo visto en profundidad en la siguiente asignatura de comunicaciones de la carrera.

7.1.1. Fiabilidad

Existen muchos factores que contribuyen a que una comunicación sea poco fiable y, en este curso, veremos muchas técnicas para mejorar la fiabilidad de la

¹ La podéis encontrar: <https://www.nae.edu/7475/TheEngineeredCentury>

comunicación. El elemento común de todas las técnicas que veremos es que en todas ellas se utilizan de forma creativa y, sobre todo, eficazmente la redundancia para garantizar la confiabilidad mediante el uso de componentes individuales no confiables, aprovechando la independencia (o quizás la poca dependencia) de estos componentes “no confiables” para lograr una transmisión fiable.

El principal desafío es superar una serie de defectos y perturbaciones que se encuentran en las comunicaciones reales, incluido el ruido *gaussiano* y las interferencias que distorsionan o corrompen las señales, lo que puede provocar errores de bit de una comunicación, e incluso hasta la pérdida de paquetes debido a una ráfaga de errores de bits irre recuperables, desbordamientos de las colas de los equipos intermedios, o fallos en los enlaces y en el software de la red. Todos estos problemas degradan la calidad de la comunicación de forma muy importante.

En la práctica, estamos interesados no solo en la fiabilidad, sino también en la velocidad. La mayoría de las técnicas para mejorar la fiabilidad de la comunicación implican alguna forma de redundancia, lo que reduce la velocidad de la comunicación. La esencia de muchos sistemas de comunicación radica en cómo se compensan la confiabilidad y la velocidad entre sí.

Las velocidades de comunicación han aumentado rápidamente con el tiempo. A principios de la década de 1980, los usuarios se conectaban a Internet a través de enlaces telefónicos a velocidades de apenas unos pocos kilobits por segundo, mientras que hoy en día es muy común obtener más de 100 megabits por segundo a través de enlaces inalámbricos y de 1 a 10 gigabits por segundo en los enlaces cableados.

Una vez comprendamos que las comunicaciones son poco fiables, se podrán desarrollar herramientas eficientes para superar los problemas que surgen. Las técnicas cubrirán tanto los códigos de corrección de errores y el manejo de distorsiones causadas por “interferencia entre símbolos”, a través del uso de un modelo de canal lineal e invariante en el tiempo, y de protocolos de retransmisión para recuperar las pérdidas de paquetes que ocurren por diversas razones, superando los fallos en los enlaces o los nodos.

7.1.2. Compartición eficiente del medio

Según una frase hecha, “*An engineer can do for a dollar what any fool can do for two*”². Esta frase acuñada en el siglo XIX al ingeniero Arthur M. Wellington viene a describir muy bien la problemática que apareció en ese mismo con las

²Fuente: https://en.wikipedia.org/wiki/Arthur_M._Wellington

líneas telefónicas, donde una red de comunicación en la que cada par de nodos está conectado con un enlace dedicado sería imposiblemente cara de construir, incluso para redes de un tamaño moderado (Figura 7.1). Por lo tanto, la compartición de recursos es inevitable (en las redes de comunicación), porque los recursos utilizados para comunicarse no son baratos. En esta asignatura estudiaremos cómo compartir un enlace punto a punto, un medio compartido y, cómo se construirá una red de múltiples saltos entre múltiples nodos.

En esta asignatura estudiaremos la modulación y demodulación, que nos permiten transmitir señales sobre diferentes frecuencias portadoras. En el proceso, podemos asegurar que múltiples conversaciones compartan un medio de comunicación operando en diferentes frecuencias.

Además, en la segunda parte de la asignatura se verán métodos para compartir un medio de comunicación común entre nodos, un problema común en los medios cableados como Ethernet usando técnicas de **broadcast**, tecnologías inalámbricas como redes inalámbricas WLAN (por ejemplo, 802.11 o WiFi), redes de datos móviles (por ejemplo, '4G') y redes satelitales.

De hecho, estudiaremos protocolos de control de acceso al medio (MAC), que son reglas que determinan cómo deben comportarse y reaccionar los nodos en la red, emulando, ya sea el uso compartido del tiempo o el uso compartido de frecuencia en el canal. En el uso compartido de tiempo, a cada nodo se le asigna una duración de tiempo para transmitir datos, sin que ningún otro nodo esté activo. En el uso compartido de frecuencia, dividimos el ancho de banda de comunicación, es decir, rango de frecuencia entre los nodos de manera que asegure un subrango de frecuencia dedicado para las diferentes comunicaciones, y que esas comunicaciones puedan ser transmitidas de forma concurrente sin interferencia. Como veremos, cada aproximación tiene sus bondades y sus posibles usos.

También estudiaremos en menor medida (esto lo veréis en profundidad en la asignatura el siguiente curso) cómo funcionarán las redes con múltiples saltos y como llegarán los paquetes desde un origen a un destino.

De hecho de esta temática se intentará responder a las siguientes preguntas :

- ¿Cómo comparten la red múltiples comunicaciones entre nodos diferentes?
- ¿Cómo van los mensajes de un lugar a otro en la red?
- ¿Cómo podemos comunicar información de manera fiable a través de una red de múltiples saltos? (en lugar de solo sobre un solo enlace o medio compartido)



Figura 7.1: Líneas dedicadas de teléfono, Nueva York finales del siglo XIX.

Las técnicas utilizadas para compartir la red y lograr fiabilidad determinan en última instancia la eficiencia de la red de comunicación. En general, se puede plantear la cuestión de la eficiencia de varias maneras. Un enfoque es minimizar el gasto de capital, CAPEX (equipo de hardware, software, costes de los enlaces) y los gastos operativos, OPEX (personal, costes de alquiler) para construir y operar una red capaz de cumplir con un conjunto de requisitos (como el número de dispositivos conectados, nivel de rendimiento y fiabilidad, etc.). Otro enfoque es maximizar la eficiencia de una red dada al maximizar la cantidad de "trabajo útil" que se puede hacer a través de la red. Se podría medir el "trabajo útil" calculando el rendimiento agregado (en "bits por segundo", o a velocidades más altas, los "megabits por segundo") logrados por las diferentes comunicaciones, la variación de ese rendimiento entre el conjunto de nodos y el retardo promedio (a menudo llamada latencia, medida generalmente en milisegundos) lograda por las transferencias de datos. Nos preocuparemos principalmente por el rendimiento y la latencia en este curso, y no dedicaremos mucho tiempo a las preguntas más amplias (pero no menos importantes) sobre costes CAPEX y OPEX. Últimamente, otro aspecto de la eficiencia que se ha vuelto importante en muchos sistemas de comunicación es el consumo de energía (incluido en la Agenda 2030). Este problema es importante tanto en el contexto de sistemas masivos, como grandes centros de datos, como en dispositivos de computación móvil como portátiles y teléfonos móviles. Mejorar la eficiencia energética de estos sistemas es un problema importante a resolver por los diseñadores de redes.

7.1.3. Escalabilidad

Además de la fiabilidad y el intercambio eficiente, la escalabilidad (es decir, diseñar redes que sean escalables a tamaños grandes) es una consideración a tener en cuenta cuando se diseña una red de comunicación.

8. Introducción a los Fundamentos de Redes

¿Por qué deberíamos estudiar las redes y las comunicaciones de datos? Las muchas razones van desde “Es un campo absolutamente fascinante ” hasta “Tengo que saber cómo conectar mi PC a la red de la empresa” . Pero una de las razones más convincentes es que la tecnología de la comunicación ha invadido prácticamente todos los aspectos de la vida diaria, desde usos profesionales, educativos hasta los recreativos. Se ha vuelto tan omnipresente que o bien lo damos por sentado o simplemente no somos conscientes de sus aplicaciones.

En este capítulo vamos a ver los conceptos básicos de las redes que os ayudarán a comprender mejor el resto de contenidos de la asignatura así como las prácticas. En primer lugar se presentarán las comunicaciones de datos y se definirán sus componentes y los tipos de datos intercambiados. Posteriormente, se definirán qué es una red, su forma de organizarse y los tipos de redes que podemos encontrarnos. Para finalizar este primer tema introductorio, veremos de forma breve la historia de Internet y los estándares y entidades detrás de la estandarización de las comunicaciones.

8.1. Breve repaso histórico de las telecomunicaciones

El campo de las comunicaciones ciertamente no es nuevo: las personas han estado comunicándose desde que los humanos primitivos gruñían y dibujaban imágenes en las paredes de las cuevas. Durante miles de años, las personas se comunicaron usando poco más que palabras, pergaminos, tabletas de piedra y señales de humo. Las formas primarias de enviar información se basaban en los sentidos auditivos y visuales. Oías a alguien hablar o veías las letras y símbolos que definían un mensaje.

Las comunicaciones cambiaron drásticamente en 1837, cuando Samuel Morse inventó el telégrafo. Esta invención hizo posible enviar información utilizando impulsos eléctricos sobre un cable de cobre. Los mensajes se enviaban traduciendo cada carácter en una secuencia de impulsos eléctricos largos o cortos (o en términos menos técnicos, puntos y rayas) y transmitiéndolos. Esta asociación de caracteres con impulsos eléctricos se llamó código Morse. La capacidad de enviar información sin un medio verbal o visual obvio comenzó una secuencia de eventos que cambió para siempre la forma en que las personas se comunican.

Por otro lado, existieron otros investigadores que desarrollaron sus experimentos a basándose en las investigaciones de un físico danés llamado Hans Christian

Ørsted que en 1820 descubrió la conexión entre la electricidad y el magnetismo (experimento cable eléctrico sobre una brújula que desviaba las agujas). Gracias a estos avances, se inspiró el trabajo de André-Marie Ampère para desarrollar la ley de Ampère que explica estos experimentos intentando relacionar la intensidad de corriente del cable y el campo magnético.

De estos descubrimientos, otro gran físico de la época (sin formación teórica) Michael Faraday busca demostrar que si una corriente eléctrica genera magnetismo, si lo contrario también podría ser posible, consiguiendo demostrar esto último. Todas estas teorías quedarían recogidas por el desarrollo teórico de James Clerk Maxwell que define las leyes de Maxwell (1865). Estas leyes fueron confirmadas por otro físico, que estudiaremos más adelante algunas de sus aportaciones, conocido como Heinrich Hertz entre 1886 y 1889.

En 1876, Alexander Graham Bell llevó el telégrafo un paso más allá. En lugar de convertir un mensaje en una secuencia de puntos y rayas, demostró que una voz podía convertirse directamente en energía eléctrica y transmitirse por un cable utilizando voltajes continuamente variables. En el otro extremo del cable, las señales eléctricas se convirtieron de nuevo en sonido. El resultado fue que la voz de una persona podía transmitirse electrónicamente entre dos puntos siempre que existiera una conexión física entre ellos. Para la mayoría de las personas cuyas vidas se basaban solo en lo que podían ver y oír, esta invención era absolutamente increíble y parecía mágica ³.

Los primeros teléfonos requerían un par de cables diferentes para cada teléfono al que deseaba conectarse. Para hacer una llamada, una persona tenía que conectar primero el teléfono a los cables correctos y luego esperar que la persona al otro lado estuviera escuchando. No había campanas ni dispositivos de señalización para interrumpir la cena. Eso cambió en 1877, cuando Thomas Edison inventó el micrófono de carbón, que permitió a los teléfonos amplificar el sonido y mejorar la calidad de la transmisión. Eso cambió con la invención del tablero de conmutación (Figura 8.1), un dispositivo de conmutación que conectaba líneas entre dos teléfonos. Los interlocutores simplemente recogían el teléfono y recitaban el número de la persona a la que deseaban llamar. Los teléfonos aún no habían evolucionado hasta el punto en que las personas tenían que realizar actividades manuales como marcar números o presionar botones. Establecer conexiones era activado por voz. Es decir, un operador escuchaba el número y luego usaba un tablero de conmutación para conectar las líneas telefónicas de una persona con las líneas de otra persona.

Durante los siguientes 70 años, el sistema telefónico creció hasta el punto en

³[Vídeo](#) explicando el funcionamiento.



Figura 8.1: Operadoras usando los tableros de conmutación

que el teléfono se convirtió en un dispositivo común en un hogar. La mayoría de nosotros ni siquiera pensamos en cómo funciona el sistema telefónico. Sabemos que podemos marcar un número y conectarnos con casi cualquier lugar del mundo.

Siguiendo con los desarrollos de Hertz, a finales del siglo XIX y principios del XX existe una gran guerra entre Nikola Tesla, que desarrollo el primer sistema de comunicación inalámbrica, aunque fue Guglielmo Marconi quien conseguía por primera vez que una señal de radio atravesara el océano Atlántico en 1901. Partiendo de estos hallazgos, se desarrollaron en años posteriores el telégrafo inalámbrico, la radio, la transmisión de la televisión por el aire y finalmente, las redes inalámbricas y móviles.

Otro evento importante para las comunicaciones ocurrió en 1945 con la invención de la primera computadora electrónica, ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Calculator). Diseñada para calcular tablas de balística para la Segunda Guerra Mundial, fue el primer dispositivo que realmente podía procesar información electrónicamente. Aunque ENIAC no desempeñó un papel directo en las comunicaciones de datos o computadoras, demostró que los cálculos y la toma de decisiones se podían hacer electrónicamente, una habilidad importante en los sistemas de comunicaciones actuales.

La relación entre las computadoras y las comunicaciones comenzó a surgir después de la invención del transistor en 1947, que permitió construir computadoras más pequeñas y económicas. La nueva generación de computadoras que surgió durante la década de 1960 hizo que nuevas aplicaciones como el procesamiento y enrutamiento de llamadas telefónicas fueran económicamente factibles.

Además, cada vez más empresas compraban computadoras y desarrollaban aplicaciones, y la necesidad de transferir información entre ellas comenzó a crecer. El primer sistema de comunicación entre computadoras era simple pero confiable. Básicamente, consistía en escribir información de una computadora en una cinta magnética, meter la cinta al asiento trasero del automóvil y luego transportar la cinta a otro equipo (hoy en día, las personas todavía hacen lo mismo, aunque la cinta ha sido reemplazada por discos duros o pendrives). Una vez allí, la otra computadora podía leer la información de la cinta. Esta era una forma muy confiable de comunicación, suponiendo que la persona que conducía el automóvil no tuviera un accidente o dejara las ventanas abiertas mientras pasaba por un lavado de autos.

Otro hito en las comunicaciones electrónicas ocurrió con el desarrollo de la computadora personal (PC). La capacidad de tener poder de cómputo en un escritorio generó una forma completamente nueva de almacenar y recuperar información. En la década de 1980, se compraron millones de PC en prácticamente todas las empresas, compañías, escuelas y organizaciones, y también en muchos hogares. El hecho de que tantas personas ahora tuvieran computadoras generó la necesidad de hacer que la información fuera aún más fácilmente accesible.

En la década de 1990 surgió la World Wide Web, de forma que se permitió que la información de todo el mundo sea fácilmente accesible desde un equipo personal. Con un clic de un botón del ratón, los usuarios de computadoras pueden acceder a archivos, programas, vídeos y música. Empresas como America Online y CompuServe comenzaron a diseñar una gran cantidad de servicios a sus usuarios, como salas de chat, páginas de anuncios, sistemas de reservas de aerolíneas y más. Las computadoras y las comunicaciones han progresado hasta el punto en que la mayoría de las empresas o escuelas ya no pueden funcionar sin ellas. Nuestra dependencia casi total de ellas exige que las entendamos y sus habilidades y limitaciones.

En España en la década de finales 90, el servicio telefónico se limitaba a hablar por teléfonos fijos, principalmente. La expansión de la telefonía móvil se comenzó con teléfonos de 2º Generación (GPRS) sin conexión a Internet. Con la liberalización del sector de telefonía fija y la llegada de Internet a los hogares tras la aprobación de la Ley General de Telecomunicaciones, comenzaron a aparecer las

primeras conexiones usando la Red Telefónica Básica (RTB), para más tarde pasar a ADSL.

Finalmente, tanto en España como en el resto del mundo, partir del año 2007 trajo consigo el lanzamiento de los primeros smartphones que hicieron cambiar la forma de comunicarse a los usuarios, introduciendo elementos como la tienda de aplicaciones, aplicaciones como Youtube y mensajería instantánea. El crecimiento del consumo de datos continuó con la expansión de redes, como el 4G.

El hogar también evolucionó, con la necesidad de cobertura WiFi en toda la casa para múltiples dispositivos. El aumento del tráfico de redes se vincula al auge del streaming, tanto en movilidad como en el hogar. Finalmente, estamos ante una nueva revolución en las comunicaciones con el surgimiento de nuevas tecnologías como el IoT o la promesa de baja latencia y alto ancho de banda en 5G.

8.2. Las comunicaciones de datos

La **transmisión de datos** es el intercambio de datos entre dos dispositivos a través de alguna forma de medio de transmisión, como un cable. Para que la transmisión de datos sea posible, los dispositivos de comunicación deben ser parte de un sistema de comunicación formado por hardware (equipo físico) y software (programas). La efectividad del sistema de comunicación de datos depende de cuatro características fundamentales: entrega, exactitud, puntualidad y la variabilidad del retardo (conocido como jitter en inglés).

- Entrega. El sistema debe entregar los datos en el destino correcto. Los datos deben ser recibidos por el dispositivo o usuario adecuado y solamente por ese dispositivo o usuario.
- Exactitud. El sistema debe entregar los datos con exactitud. Los datos que se alteran en la transmisión son incorrectos y no se pueden utilizar.
- Puntualidad. El sistema debe entregar los datos con puntualidad. Los datos entregados tarde son inútiles. En el caso del vídeo, el audio y la voz, la entrega puntual significa entregar los datos a medida que se producen, en el mismo orden en que se producen y sin un retraso significativo. Este tipo de entregas se llama transmisión en tiempo real.
- Jitter (variabilidad del retardo). Se refiere a la variación en el tiempo de llegada de los paquetes. Es el retraso inesperado en la entrega de paquetes de audio o vídeo. Por ejemplo, asumamos que los paquetes de video llegan

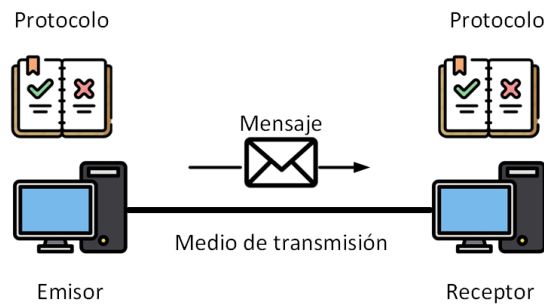


Figura 8.2: Componentes de la comunicación de datos

cada 30 ms. Si algunos llegan en 30 ms y otros con 40 ms, es muy probable que el vídeo se termine parando en algún momento de la reproducción.

8.2.1. Componentes

Un sistema de transmisión de datos consta de cinco componentes.

1. Mensaje. Un mensaje consta de información (datos) que se comunica. Los formatos de información comunes incluyen texto, números, gráficos, audio y video.
2. Emisor. Un emisor es un dispositivo que envía datos en mensajes. Podría ser un equipo portátil, una estación de trabajo, un teléfono móvil, una cámara de video, etc.
3. Destinatario. Un destinatario es un dispositivo que recibe un mensaje. Podría ser un equipo portátil, una estación de trabajo, un teléfono móvil, una cámara de video, un televisor, etc.
4. Medio de transmisión. Un medio de transmisión es la ruta física por la que viaja un mensaje desde el emisor al receptor. Se compone de cables de par trenzado, cables coaxiales, cables de fibra óptica, ondas de radio, luz, etc.
5. Protocolo. Un protocolo es un conjunto de reglas que rigen la transmisión de datos. Esto representa un acuerdo entre los dispositivos que se comunican. Sin un protocolo, dos dispositivos pueden conectarse pero no pueden comunicarse, del mismo modo que una persona que habla francés no puede entender a alguien que sólo habla japonés.

8.2.2. Representación de datos

La información se presenta actualmente bajo distintos aspectos, como texto, números, imágenes, audio y vídeo. **Texto** En la transmisión de datos, el texto se representa como un patrón binario, una secuencia de bits (Os y 1s). Existen distintos conjuntos de patrones binarios para representar símbolos de texto. Cada conjunto se denomina un código y al proceso de representar los símbolos de texto se denomina codificación. Actualmente, el código más usado es el Unicode, que usa 32 bits para representar de forma única un símbolo o carácter usado en cualquier lenguaje del mundo. El American Standard Code for Information Interchange (ASCII), desarrollado hace algunas décadas en Estados Unidos, define ahora los 127 primeros caracteres del Unicode y también se denomina Basic Latin. En la página web vinculada al libro se incluye parte de Unicode.

Números

Los números también se representan como patrones binarios. Sin embargo, un código como ASCII no se usa para representar números; el número se convierte directamente a binario para simplificar las operaciones matemáticas. En la página web vinculada al libro se tratan varios sistemas de numeración distintos.

Imágenes

Las imágenes también se representan como patrones de bits. En su forma más simple, una imagen está compuesta por una matriz de píxeles (picture elements), en la que cada píxel es un pequeño punto. El tamaño del píxel depende de la resolución. Por ejemplo, una imagen se puede dividir en 1000 píxeles o en 10.000. En el segundo caso, hay una representación mejor de la imagen (mejor resolución), pero es necesario usar más memoria para almacenar la imagen.

Después de dividir una imagen en píxeles, se asigna a cada píxel un patrón de bits. El tamaño y el valor de patrón dependen de la imagen. Para una imagen en blanco y negro (por ejemplo, un tablero de ajedrez), un patrón de 1 bit es suficiente para representar un píxel.

Si una imagen no tiene sus píxeles de blanco y negro puro, se puede aumentar el tamaño del patrón de bits para incluir escalas de gris. Por ejemplo, para mostrar cuatro niveles de gris se pueden usar patrones de 2 bits.

Un píxel negro se representaría con 00, un gris oscuro con 01, un gris claro con 10 y un blanco con 11.

Hay varios métodos para representar imágenes en color. Un método es el denominado RGB, llamado así porque cada color se forma como una combinación de

tres colores primarios: rojo (R), verde (G) y azul (B).

Se mide la intensidad de cada color y se le asigna un patrón de bits. Otro método es el denominado YCM, en el que cada color se forma combinando otros tres colores primarios: amarillo, cian y magenta.

Audio

El audio se refiere la grabación y emisión de sonido o música. El audio es por naturaleza distinto del texto, los números o las imágenes. Es continuo, no discreto. Incluso aunque se use un micrófono para cambiar la señal de voz o música en una señal eléctrica, se crea una señal continua.

Vídeo

El vídeo se refiere a la grabación y emisión de una imagen o película. El vídeo se puede producir como una entidad continua (por ejemplo, una cámara de TV), o como una combinación de imágenes, cada una con entidad discreta, preparada para dar sensación de movimiento.

8.3. Flujo de datos

La comunicación entre dos dispositivos puede ser simplex, semiduplex y full-duplex, como se muestra en la Figura 8.3.

Simplex En el modo simplex, la comunicación es unidireccional, como en una calle de sentido único. Solamente una de las dos estaciones de enlace puede transmitir; la otra sólo puede recibir (véase la Figura 8.3(a)). Los teclados y monitores tradicionales son ejemplos de dispositivos simplex. El teclado sólo puede introducir datos, mientras que el monitor sólo puede aceptar datos de salida. **El modo símplex puede usar toda la capacidad del canal para enviar datos en una dirección**

Semiduplex En el modo semiduplex (también se le conoce como half-duplex), cada estación puede tanto enviar como recibir, pero no al mismo tiempo. Cuando un dispositivo está enviando, el otro sólo puede recibir, y viceversa (véase la Figura 8.3(b)). El modo semiduplex es similar a una calle con un único carril y tráfico en dos direcciones. Mientras los coches viajan en una dirección, los coches que van en sentido contrario deben esperar. En la transmisión semiduplex, la capacidad completa de un canal es usada por cualquiera de los dos dispositivos que esté transmitiendo en ese momento. Los walkie-talkies y las radios CB (banda ciudadana, *Citizen's Band*) son ambos sistemas semiduplex. El modo semiduplex se

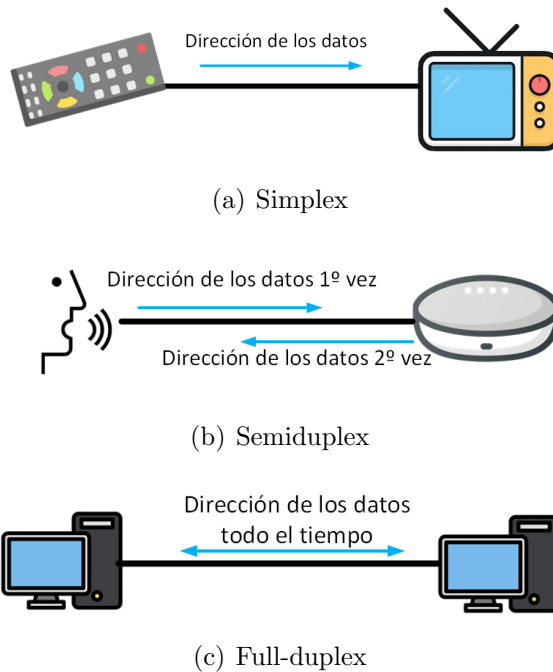


Figura 8.3: Flujo de datos (simplex, semiduplex y full-duplex)

usa en aquellos casos en que la comunicación en ambos sentidos simultáneamente no es necesaria; toda la capacidad del canal se puede usar en cada dirección. **Full-duplex** En el modo full-duplex (también llamado duplex), ambas estaciones pueden enviar y recibir simultáneamente (véase la Figura 8.3(c)). El modo full-duplex es como una calle de dos sentidos con tráfico que fluye en ambas direcciones al mismo tiempo. En el modo full-duplex, las señales que van en cualquier dirección deben compartir la capacidad del enlace. Esta compartición puede ocurrir de dos formas: o bien el enlace debe contener caminos de transmisión físicamente separados, uno para enviar y otro para recibir, o es necesario dividir la capacidad del canal entre las señales que viajan en direcciones opuestas. Un ejemplo habitual de comunicación full-duplex es la red telefónica. Cuando dos personas están hablando por teléfono, ambas pueden hablar y recibir al mismo tiempo. El modo full-duplex se usa en aquellos casos en que la comunicación en ambos sentidos simultáneamente es necesaria. Sin embargo, la capacidad del canal debe dividirse entre ambas direcciones.

8.4. Redes

Una red es un conjunto de dispositivos (conocidos como nodos) conectados por enlaces de un medio físico. Un nodo puede ser una computadora, impresora, o cualquier otro dispositivo capaz de enviar o recibir datos generados por otros nodos de la red. **Procesamiento distribuido** Las redes usan procesamiento distribuido en el aspecto en que una tarea está dividida entre múltiples computadoras. En lugar de usar una única máquina grande responsable de todos los aspectos de un proceso, cada computadora individual (habitualmente una computadora personal o una estación de trabajo) maneja un subconjunto de ellos. **Criterios de redes** Para que sea considerada efectiva y eficiente una red debe satisfacer ciertos criterios. Los más importantes son el rendimiento, la fiabilidad y la seguridad.

Rendimiento

El rendimiento se puede medir de muchas formas, incluyendo el tiempo de tránsito y de respuesta. El tiempo de tránsito es la cantidad de tiempo necesario para que un mensaje viaje desde un dispositivo al siguiente. El tiempo de respuesta es el tiempo que transcurre entre una petición y su respuesta. El rendimiento de una red depende de varios factores, incluyendo el número de usuarios, el tipo de medio de transmisión, la capacidad del hardware conectado y la eficiencia del software. El rendimiento se mide a menudo usando dos métricas: ancho de banda y latencia. A menudo hace falta más ancho de banda y menos latencia. Sin embargo, ambos criterios son a menudo contradictorios. Si se intenta enviar más datos por la red, se incrementa el ancho de banda, pero también la latencia debido a la congestión de tráfico de la red. De todas formas, en el próximo tema veremos estos parámetros con más profundidad.

Fiabilidad

Además de por la exactitud en la entrega, la fiabilidad de la red se mide por la frecuencia de fallo de la misma, el tiempo de recuperación de un enlace frente a un fallo y la robustez de la red ante una catástrofe.

Seguridad

Los aspectos de seguridad de la red incluyen protección de datos frente a accesos no autorizados, protección de datos frente a fallos y modificaciones e implementación de políticas y procedimientos para recuperarse de interrupciones y pérdidas de datos.

8.4.1. Estructuras físicas

Antes de hablar sobre las redes, es necesario definir algunos atributos de una red.

Tipo de conexión

Una red está formada por dos o más dispositivos conectados a través de enlaces. Un enlace es el medio de comunicación físico que transfiere los datos de un dispositivo a otro. A efectos de visualización, es sencillo imaginar cualquier enlace como una línea que se dibuja entre dos puntos. Para que haya comunicación, dos dispositivos deben estar conectados de alguna forma al mismo enlace simultáneamente. Hay dos configuraciones de línea posibles: punto a punto y multipunto (véase la Figura 8.4).

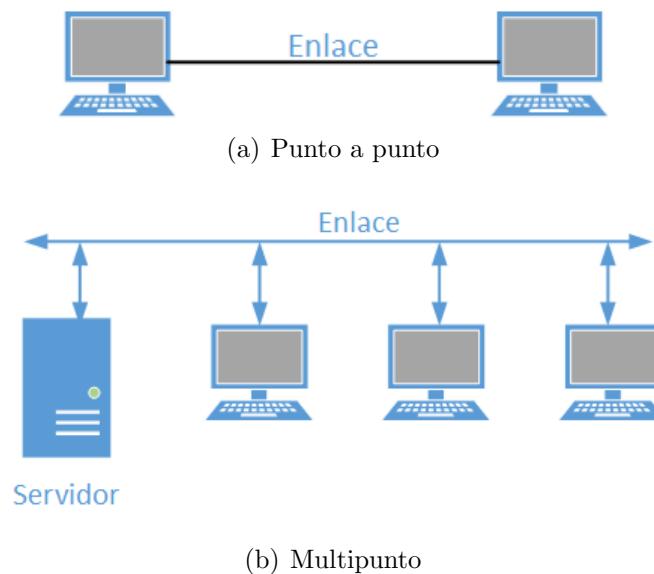


Figura 8.4: Tipo de conexión, punto a punto, multipunto)

Punto a punto Una conexión punto a punto proporciona un enlace dedicado entre dos dispositivos. Toda la capacidad del canal se reserva para la transmisión entre ambos dispositivos. La mayoría de las configuraciones punto a punto usan cables para conectar los extremos, pero también son posibles otras opciones, como las microondas o los satélites de enlace (Figura 8.4(a)). Cuando se cambian los canales de una televisión con control remoto mediante mando a distancia por infrarrojos, se establecen conexiones punto a punto entre el mando a distancia y el sistema de control de la televisión.

Multipunto Una configuración de línea multipunto (también denominada

multiconexión) es una configuración en la que varios dispositivos comparten el mismo enlace (Figura 8.4(b)). En un entorno multipunto, la capacidad del canal es compartida en el espacio o en el tiempo. Si varios dispositivos pueden usar el enlace de forma simultánea, se dice que hay una configuración de línea compartida espacialmente. Si los usuarios deben compartir la línea por turnos, se dice que se trata de una configuración de línea de tiempo compartido.

Topología física

El término topología física se refiere a la forma en que está diseñada la red físicamente. Dos o más dispositivos se conectan a un enlace; dos o más enlaces forman una topología. La topología de una red es la representación geométrica de la relación entre todos los enlaces y los dispositivos de los enlaces entre sí (habitualmente denominados nodos). Hay cuatro posibles topologías básicas: malla, estrella, bus y anillo.

Topología en malla. En una topología en malla, cada dispositivo tiene un enlace punto a punto y dedicado con cualquier otro dispositivo. El término dedicado significa que el enlace conduce el tráfico únicamente entre los dos dispositivos que conecta. Para hallar el número de enlaces físicos necesarios en una malla con n nodos completamente conectados, es necesario considerar primero si cada nodo debe estar conectado a todos los demás. El nodo 1 debe estar conectado a $n-1$ nodos, el nodo 2 a $n-1$ nodos y, finalmente, el nodo n debe estar conectado a $n-1$ nodos. Por tanto, se necesitan $n(n-1)$ canales físicos. Sin embargo, si cada enlace físico permite comunicación bidireccional (modo duplex), se puede dividir el número de enlaces por 2. En otras palabras, se puede decir que en una red en malla completamente conectada se necesitan los siguientes enlaces físicos duplex.

$$\frac{n(n-1)}{2} \quad (8.1)$$

Para acomodar tantos enlaces, cada dispositivo de la red debe tener $n-1$ puertos de entrada/salida (E/S) (véase la Figura 8.5) para poder estar conectado a las restantes $n-1$ estaciones.

Una malla ofrece varias ventajas sobre otras topologías de red. En primer lugar, el uso de los enlaces dedicados garantiza que cada conexión sólo debe transportar la carga de datos propia de los dispositivos conectados, eliminando el problema que surge cuando los enlaces son compartidos por varios dispositivos. En segundo lugar, una topología en malla es robusta. Si un enlace falla, no inhabilita todo el sistema. En tercer lugar, está la ventaja de la privacidad o la seguridad. Cuando un mensaje viaja a través de una línea dedicada, solamente lo ve el receptor adecuado. Las fronteras físicas evitan que otros usuarios puedan tener acceso a los mensajes.

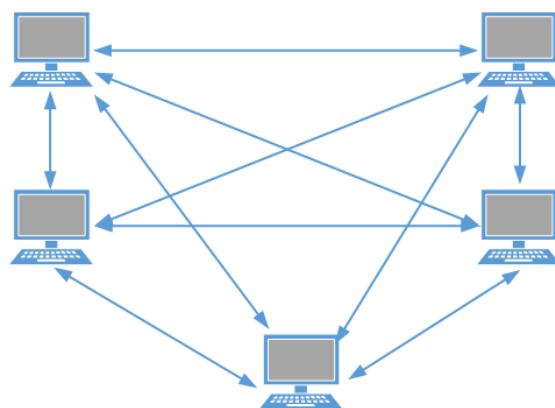


Figura 8.5: Topología de una malla completamente conectada

Finalmente, los enlaces punto a punto hacen que se puedan identificar y aislar los fallos más fácilmente. El tráfico se puede encaminar para evitar los enlaces de los que se sospecha que tienen problemas. Esta facilidad permite que el gestor de red pueda descubrir la localización precisa del fallo y ayudar a buscar sus causas y posibles soluciones.

Las principales desventajas de la malla se relacionan con la cantidad de cable y el número de puertos de entrada/salida necesarios. En primer lugar, la instalación y reconfiguración de la red es difícil, debido a que cada dispositivo debe estar conectado a cualquier otro. En segundo lugar, la masa de cables puede ser mayor que el espacio disponible para acomodarla (en paredes, techos o suelos). Y, finalmente, el hardware necesario para conectar cada enlace (puertos de E/S y cables) pueden ser prohibitivamente caros. Por estas razones, las topologías en malla se suelen instalar habitualmente en entornos reducidos - por ejemplo, en una red troncal que conecte las computadoras principales de una red híbrida que puede incluir varias topología más.

Un ejemplo práctico de topología en malla es la conexión de las oficinas regionales de teléfonos, en las que cada oficina necesita estar conectada a todas las demás.

Topología en estrella. En las topologías en estrella cada dispositivo solamente tiene un enlace punto a punto dedicado con el controlador central, habitualmente llamado concentrador. Los dispositivos no están directamente enlazados entre sí. A diferencia de la topología en malla, la topología en estrella no permite el tráfico directo de dispositivos. El controlador actúa como un intercambiador: si un dispositivo quiere enviar datos a otro, envía los datos al controlador, que los retransmite al dispositivo final (véase la Figura 8.6).

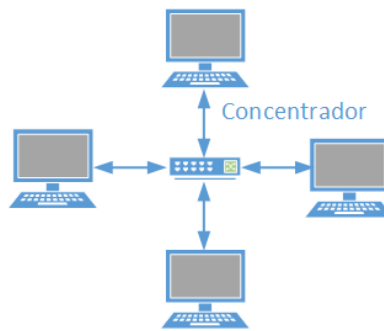


Figura 8.6: Topología de una estrella conectando cuatro estaciones

Una topología en estrella es más barata que una topología en malla. En una estrella, cada dispositivo necesita solamente un enlace y un puerto de entrada/salida para conectarse a cualquier número de dispositivos.

Este factor hace que también sea más fácil de instalar y reconfigurar. Además es necesario instalar menos cables y la conexión, desconexión y traslado de dispositivos afecta solamente a una conexión: la que existe entre el dispositivo y el concentrador.

Otra ventaja de esta red es su robustez. Si falla un enlace, solamente este enlace se verá afectado. Todos los demás enlaces permanecen activos. Este factor permite también identificar y aislar los fallos de una forma muy sencilla. Mientras funcione el concentrador, se puede usar como monitor para controlar los posibles problemas de los enlaces y para puentear los enlaces con defectos.

Una gran desventaja de la topología en estrella es la dependencia que toda la topología tiene de un punto único, el concentrador. Si el concentrador falla, toda la red muere.

Sin embargo, aunque una estrella necesita menos cable que una malla, cada nodo debe estar enlazado al nodo central. Por esta razón, en la estrella se requiere más cable que en otras topologías de red (como el árbol, el anillo o el bus).

La topología en estrella se usa en redes de área local (LAN, Local Area Network). Las redes LAN de alta velocidad usan a menudo una topología en estrella con un concentrador central.

Topología de bus. Todos los ejemplos anteriores describen configuraciones punto a punto. Sin embargo, una topología de bus es multipunto. Un cable largo actúa como una red troncal que conecta todos los dispositivos en la red (véase la Figura 8.7).

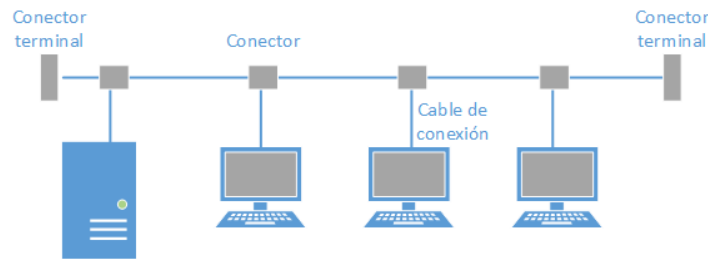


Figura 8.7: Topología de un bus conectando cuatro estaciones

Los nodos se conectan al bus mediante cables de conexión (latiguillos) y sondas. Un cable de conexión es una conexión que va desde el dispositivo al cable principal. Una sonda es un conector que, o bien se conecta al cable principal, o se pincha en el cable para crear un contacto con el núcleo metálico. Cuando las señales viajan a través de la red troncal, parte de su energía se transforma en calor, por lo que la señal se debilita a medida que viaja por el cable. Por esta razón, hay un límite en el número de conexiones que un bus puede soportar y en la distancia entre estas conexiones.

Entre las ventajas de la topología de bus se incluye la sencillez de instalación. El cable troncal puede tenderse por el camino más eficiente y, después, los nodos se pueden conectar al mismo mediante líneas de conexión de longitud variable. De esta forma se puede conseguir que un bus use menos cable que una malla, una estrella o una topología en árbol. Por ejemplo, en una estrella cuatro dispositivos situados en la misma habitación necesitarían cuatro cables de longitud suficiente para recorrer todo el camino hasta el concentrador.

Un bus elimina esta redundancia. Solamente el cable troncal se extiende por toda la habitación. Cada línea de conexión únicamente tiene que ir hasta el punto de la troncal más cercano.

Entre sus desventajas se incluye lo dificultoso de su reconfiguración y del aislamiento de los fallos. Habitualmente, los buses se diseñan para tener una eficiencia óptima cuando se instalan. Por tanto, puede ser difícil añadir nuevos dispositivos. Como se dijo anteriormente, la reflexión de la señal en los conectores puede causar degradación de su calidad. Esta degradación se puede controlar limitando el número y el espacio de los dispositivos conectados a una determinada longitud de cable. Añadir nuevos dispositivos puede obligar a modificar o reemplazar el cable troncal.

Además, un fallo o rotura en el cable del bus interrumpe todas las transmisiones, incluso entre dispositivos que están en la parte de red que no falla. Esto se

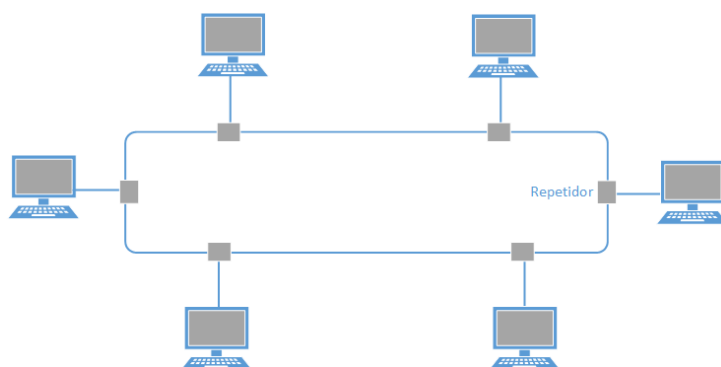


Figura 8.8: Topología en anillo conectando seis estaciones

debe a que el área dañada refleja las señales hacia la dirección del origen, creando ruido en ambas direcciones. La topología de bus fue una de las primeras usadas en el diseño de las redes de área local. Las redes Ethernet (que son también redes LAN) pueden usar una topología de bus, pero actualmente son menos populares debido al rendimiento de éstas con respecto a la configuración en estrella usando conmutadores.

Topología en anillo. En una topología en anillo cada dispositivo tiene una línea de conexión dedicada y punto a punto solamente con los dos dispositivos que están a sus lados. La señal pasa a lo largo del anillo en una dirección, o de dispositivo a dispositivo, hasta que alcanza su destino. Cada dispositivo del anillo incorpora un repetidor. Cuando un dispositivo recibe una señal para otro dispositivo, su repetidor regenera los bits y los retransmite al anillo (véase la Figura 8.8).

Un anillo es relativamente fácil de instalar y reconfigurar. Cada dispositivo está enlazado solamente a sus vecinos inmediatos (bien físicos o lógicos). Para añadir o quitar dispositivos, solamente hay que mover dos conexiones. Las únicas restricciones están relacionadas con aspectos del medio físico y el tráfico (máxima longitud del anillo y número de dispositivos). Además, los fallos se pueden aislar de forma sencilla. Generalmente, en un anillo hay una señal en circulación continuamente. Si un dispositivo no recibe una señal en un período de tiempo especificado, puede emitir una alarma. La alarma alerta al operador de red de la existencia del problema y de su localización.

Sin embargo, el tráfico unidireccional puede ser una desventaja. En anillos sencillos, una rotura del anillo (como por ejemplo una estación inactiva) puede inhabilitar toda la red. Esta debilidad se puede resolver usando un anillo dual o un conmutador capaz de puentear la rotura.

La topología en anillo fue usada por IBM en sus redes de área local Token Ring. Actualmente, la necesidad de LAN de alta velocidad ha hecho esta topología menos popular.

Tipos de tráfico En cualquier nodo emisor al transmitir información a través de la red a otros nodos puede hacerlo de varias formas dependiendo de su destinatario. Estas son: Unicast, Multicast y Broadcast.

Unicast. Con este tipo de tráfico, la información es enviada desde una única interfaz de salida (del emisor) a una única interfaz de destino, de forma que sólo hay dos equipos involucrados en la comunicación. Es el método de transmisión más usado en Internet. Aunque distintos usuarios soliciten la misma información de un servidor este solo responderá uno a uno. Por ejemplo, el servidor web sirviendo páginas.

Broadcast. La transmisión broadcast es aquella que difunde la información de forma simultánea a todos los nodos de red. Es el método de comunicación más generalizado y el más intensivo ya que requiere de una gran cantidad de mensajes, dependiendo del número de hosts en la red. Las transmisiones broadcast pueden ser usadas de forma abusiva para crear ataques en la red.

Multicast. Este método de transmisión se caracteriza por ser el que envía de una interfaz de salida un grupo de interfaces de destino simultáneamente, es similar al broadcast sólo que en multicast se envía a un grupo específico y el broadcast envía a todos los nodos de red. Gracias a este método de transmisión se ahorra una gran cantidad de ancho de banda al dirigir la información sólo al grupo seleccionado y la mayor parte de los datos son enviados en una sola transmisión.

La Figura 8.9 describe los tres tipos.

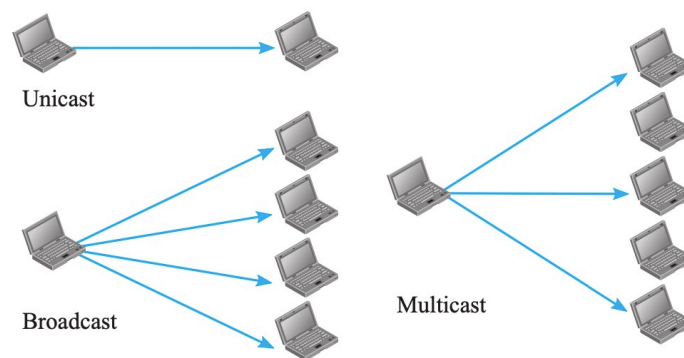


Figura 8.9: Tipos de transmisión de la información por la red

8.5. Modelos de red

Después de definir las redes en la sección anterior y discutir sus estructuras físicas, es necesario analizar los diferentes tipos de redes que encontramos en el mundo hoy en día. Los criterios para distinguir un tipo de red de otro son difíciles y a veces confusos. Utilizamos algunos criterios, como el tamaño, la cobertura geográfica y la propiedad, para hacer esta distinción. Después de discutir dos tipos de redes, LAN y WAN, definimos el switching, que se utiliza para conectar redes y formar una red de interconexión (una red de redes).

Clases de redes. Actualmente, cuando se habla de redes, se suele hablar de dos clases principales: redes de área local y redes de área extensa. La categoría a la que pertenece una red se determina por su tamaño. Una LAN cubre normalmente un área menor de 3 km.; una WAN puede extenderse a nivel normal. Las redes de tamaño intermedio se denominan habitualmente redes de área metropolitana y se extienden decenas de kilómetros.

8.5.1. Red de área local (LAN)

Una **red de área local (LAN)** es, generalmente, una red privada donde se conectan algunos dispositivos. Por ejemplo, en una única oficina, un edificio o un campus. Dependiendo de las necesidades de una organización, una LAN puede ser tan simple como dos equipos y una impresora en una oficina, o puede extenderse por toda una empresa e incluir dispositivos de audio y videoconferencia. Cada dispositivo en una LAN tiene un identificador, una dirección, que define de manera única el dispositivo en la LAN (por ejemplo, en Ethernet 802.3 es la dirección MAC). Un paquete es enviado por un dispositivo a otro lleva tanto la dirección del dispositivo de origen como la del dispositivo de destino.

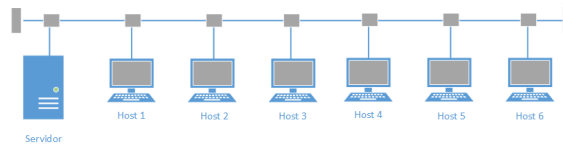
En el pasado, todos los dispositivos en una red estaban conectados a través de un cable común (topología en bus), lo que significaba que un paquete enviado de un dispositivo a otro era recibido por todos los dispositivos (esto se conoce como la técnica de **broadcast**). El destinatario previsto conservaba el paquete; los demás, al no ser destinatarios, descartaban el paquete.

Hoy en día, la mayoría de las LAN utilizan un switch (conmutador) que tiene cierta inteligencia implementada en el hardware, que es capaz de reconocer la dirección de destino del paquete y guiar el paquete a su destino sin enviarlo a todos los demás dispositivos. El switch descongestiona el tráfico en la LAN y permite que más de un par de dispositivos se comuniquen entre sí al mismo tiempo, siempre que no haya un origen y destino común entre ellos. Es importante señalar que

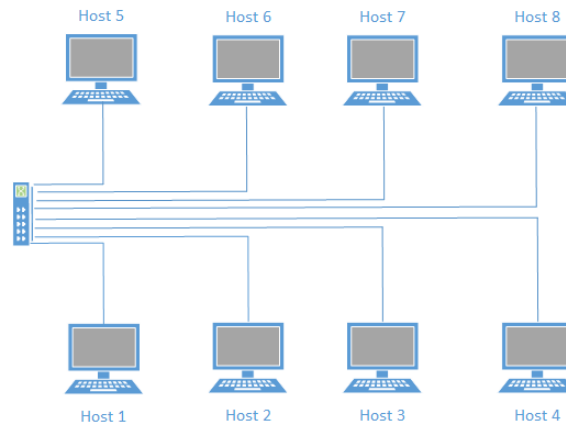
la definición anterior de una LAN no establece el número mínimo o máximo de dispositivos en una LAN. La Figura 8.10 muestra una LAN utilizando ya sea un bus o un switch.

Las primeras LAN tenían tasas de datos en un rango de entre 4 y 16 megabits por segundo (Mbps). Sin embargo, actualmente las velocidades se han incrementado y la velocidad estándar, actualmente, son los 1000 Mbps.

Las LAN pueden tener la funcionalidad de usarse de forma aislada, permitiendo el intercambio de recursos entre dispositivos, o la interconexión de dispositivos restringidos. Por ejemplo, redes de cálculo o redes de gestión de servidores. Por lo general, y como veremos en breve, las LAN de hoy en día están conectadas entre sí y a las WAN (que se discutirán a continuación) para ampliar el grado de interconexión de los equipos.



(a) LAN usando un único cable (Legacy)



(b) Lan usando un switch (actual)

Figura 8.10: Tipo de conexión, punto a punto, multipunto)

8.5.2. Red de área extensa (WAN)

Una red de área extensa (WAN, Wide Area Network) es también una interconexión de dispositivos capaces de comunicarse. Sin embargo, existen algunas

diferencias entre una LAN y una WAN. Una LAN suele tener un tamaño limitado, abarcando una oficina, un edificio o un campus; una WAN tiene un alcance geográfico más amplio, abarcando una región, un país o incluso el mundo. Una LAN interconecta dispositivos finales; una WAN interconecta dispositivos de conexión, como switches, routers o módems. Una LAN normalmente es de propiedad de la organización que la utiliza, mientras que una WAN generalmente es construida y gestionada por empresas de comunicaciones y alquilada a una organización, la cual la utiliza. Dos ejemplos distintos de WANs: WANs punto a punto y WANs conmutadas.

WAN punto a punto

Una WAN punto a punto es una red que conecta dos dispositivos comunicantes a través de un medio de transmisión (cable o aire). Veremos ejemplos de estos WAN cuando discutamos cómo conectar las redes entre sí. La Figura 8.11 muestra un ejemplo de un WAN punto a punto.



Figura 8.11: WAN punto-a-punto

WAN conmutado

Un WAN conmutado es una red con más de dos extremos. Un WAN conmutado, como veremos en breve, se utiliza en la columna vertebral de la comunicación global hoy en día. Podemos decir que un WAN conmutado es una combinación de varios WAN punto a punto conectados por switches. La Figura 8.12 muestra un ejemplo de un WAN conmutado.

Interconexión

Hoy en día, es muy raro ver una LAN o una WAN de forma aislada; están conectadas entre sí. Cuando dos o más redes están conectadas, forman una **interconexión** de redes o **internet**. Como ejemplo, supongamos que una organización tiene dos oficinas, una en la costa este y otra en la costa oeste. Cada oficina tiene una LAN que permite que todos los empleados en la oficina se comuniquen entre sí. Para facilitar la comunicación entre empleados de diferentes oficinas, la administración alquila un WAN dedicado punto a punto a un proveedor de servicios, como una compañía telefónica, y conecta las dos LAN. Ahora la empresa tiene una red de interconexión o una internet privada (**con i minúscula**). La comunicación entre oficinas es ahora posible. La Figura 8.13 muestra esta interconexión.

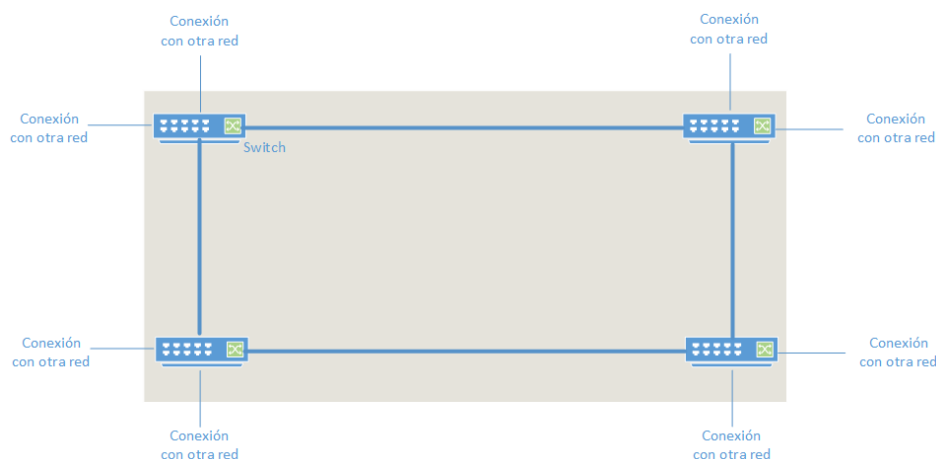


Figura 8.12: WAN Conmutada

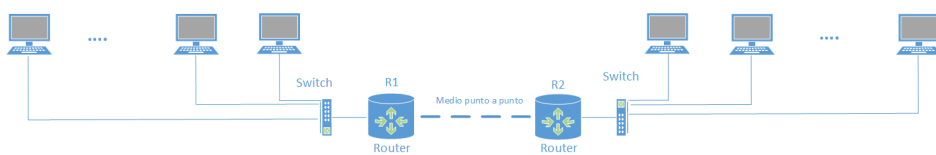


Figura 8.13: Una interconexión de dos LANs a través de una WAN punto-a-punto

Cuando un host en la oficina de la costa oeste envía un mensaje a otro host en la misma oficina, el router bloquea el mensaje, pero el switch dirige el mensaje al destino. Por otro lado, cuando un host en la costa oeste envía un mensaje a un host en la costa este, el router R1 enruta el paquete al router R2, y el paquete llega al destino.

La Figura 8.14 muestra otra internet con varias LAN y WAN conectadas. Una de las WAN es un WAN conmutado con cuatro switch.

8.5.3. Otras clases de redes

Redes de área metropolitana (MAN) La red de área metropolitana (MAN, Metropolitan Area Network) tiene un tamaño intermedio entre una LAN y una WAN. Normalmente cubre el área de una ciudad. Está diseñada para clientes que necesitan una conectividad de alta velocidad, normalmente a Internet, y tiene puntos de conexión extendidos por la ciudad o parte de ella. Un buen ejemplo de MAN es la parte de red de una compañía telefónica que puede producir una línea DSL a los clientes. Otro ejemplo es la red de TV por cable, diseñada originalmente

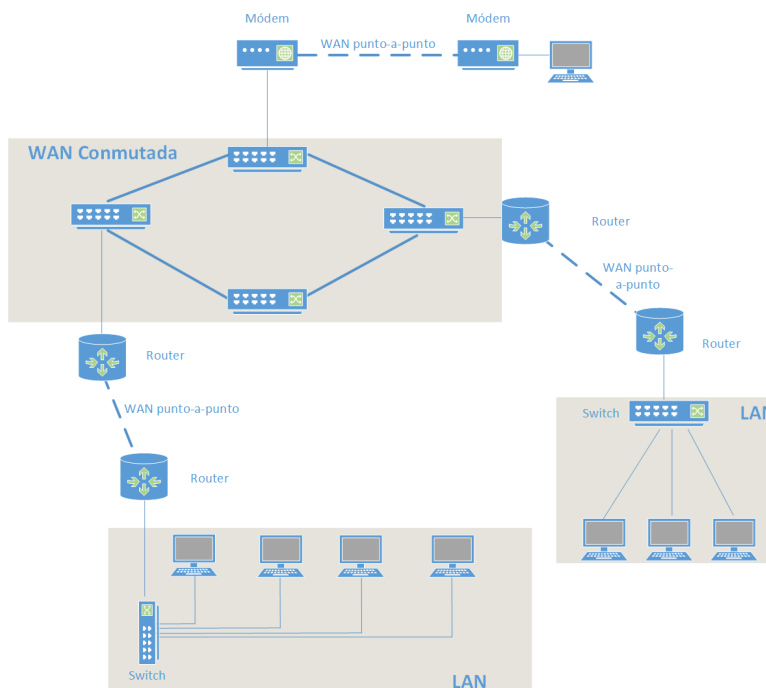


Figura 8.14: Una red heterogénea construida con cuatro WANs y tres LANs

para la TV por cable, pero usada actualmente para proporcionar conexiones de alta velocidad a Internet.

Red de área personal (PAN) Una PAN sirve a una sola persona. Por ejemplo, si tienes un teléfono inteligente y un reloj conectados, es muy probable que hayas configurado una PAN que comparte y sincroniza contenido, como mensajes de texto, correos electrónicos, fotos y más, entre ambos dispositivos.

Red de área de almacenamiento (SAN) Una SAN es una red especializada que proporciona acceso a almacenamiento a nivel de bloques, ya sea almacenamiento compartido en red o almacenamiento en la nube que, para el usuario, parece y funciona como una unidad de almacenamiento físicamente conectada a un equipo.

Red privada virtual (VPN) Una VPN es una conexión segura de punto a punto entre dos puntos finales de red. Una VPN establece un canal cifrado que mantiene la identidad del usuario y las credenciales de acceso, así como cualquier dato transferido, inaccesibles para los hackers.

8.5.4. Conmutación

Una red interconectada (una inter-red) es, normalmente, una red conmutada en la que un switch conecta al menos dos enlaces juntos. Un switch debe enviar datos de una red a otra cuando sea necesario. Los dos tipos más comunes de redes conmutadas son las redes de conmutación de circuitos y las redes de conmutación de paquetes. Discutimos ambos a continuación.

Red de conmutación de circuitos

En una red de conmutación de circuitos, hay una conexión dedicada, llamada circuito, siempre disponible entre los dos sistemas finales; el switch solo puede activarla o desactivarla. La Figura 8.15 muestra una red conmutada muy simple que conecta cuatro teléfonos a cada extremo. Hemos utilizado teléfonos en lugar de computadoras como un sistema final porque la conmutación de circuitos era muy común en las redes telefónicas en el pasado, aunque parte de la red telefónica hoy en día es una red de conmutación de paquetes.



Figura 8.15: Una red basada en conmutación de circuitos

En la Figura 8.15, los tres teléfonos en cada lado están conectados a un switch. El switch conecta un teléfono en un lado con un teléfono en el otro lado. La línea gruesa que conecta dos switches es una línea de comunicación de alta capacidad que puede manejar cuatro comunicaciones de voz al mismo tiempo; la capacidad puede ser compartida entre todos los pares de teléfonos. Los switches utilizados en este ejemplo tienen tareas de reenvío pero no capacidad de almacenamiento.

Examinemos dos casos. En el primer caso, todos los teléfonos están ocupados; las tres personas en un sitio están hablando con las tres personas en el otro sitio; la capacidad de la línea gruesa se utiliza completamente. En el segundo caso, solo un teléfono en un lado está conectado a un teléfono en el otro lado; solo se utiliza una tercera parte de la capacidad de la línea gruesa. Esto significa que una red de conmutación de circuitos es eficiente solo cuando está funcionando a su plena capacidad; la mayor parte del tiempo, es ineficiente porque está trabajando a capacidad parcial. La razón por la que necesitamos que la capacidad de la línea gruesa sea tres veces la capacidad de cada línea de voz es que no queremos que la

comunicación falle cuando todos los teléfonos en un lado quieran estar conectados con todos los teléfonos en el otro lado.

Red de conmutación de paquetes

En una red informática, la comunicación entre los dos extremos se realiza en bloques de datos llamados paquetes. En otras palabras, en lugar de la comunicación continua que vemos entre dos teléfonos cuando se están utilizando, vemos el intercambio de paquetes de datos individuales entre las dos computadoras. Esto nos permite que los switches funcionen, tanto para almacenar, como para reenviar porque un paquete es una entidad independiente que se puede almacenar y enviar más tarde.

La Figura 8.16 muestra una pequeña red de conmutación de paquetes que conecta tres equipos de un sitio con tres equipos en otra localización.

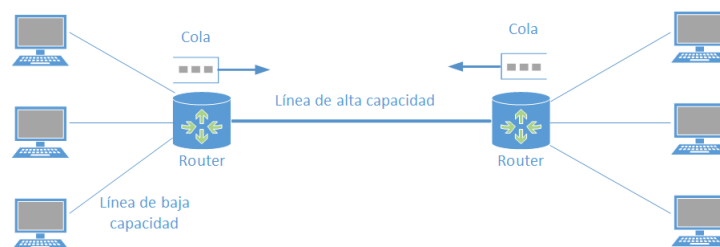


Figura 8.16: Una red basada en conmutación de paquetes

Un router (enrutador) en una red de conmutación de paquetes tiene una cola que puede almacenar y reenviar el paquete. Ahora supongamos que la capacidad de la línea gruesa es solo el doble de la capacidad de la línea de datos que conecta las computadoras a los routers. Si solo dos equipos (uno en cada sitio) necesitan comunicarse entre sí, los paquetes no deben esperar en el router. Sin embargo, si los paquetes llegan a un router cuando la línea gruesa ya está funcionando a plena capacidad, los paquetes deben ser almacenados y reenviados en el orden en que llegaron. Los dos ejemplos simples demuestran que una red de conmutación de paquetes es más eficiente que una red de conmutación de circuitos, pero los paquetes pueden encontrar algunos retrasos.

8.6. Internet

Como discutimos anteriormente, una red interconectada o inter-red son dos o más redes que pueden comunicarse entre sí. La inter-red más notable se llama

Internet (I mayúscula) y está compuesta por miles de redes interconectadas. La Figura 8.17 muestra una vista conceptual (no geográfica) de Internet.

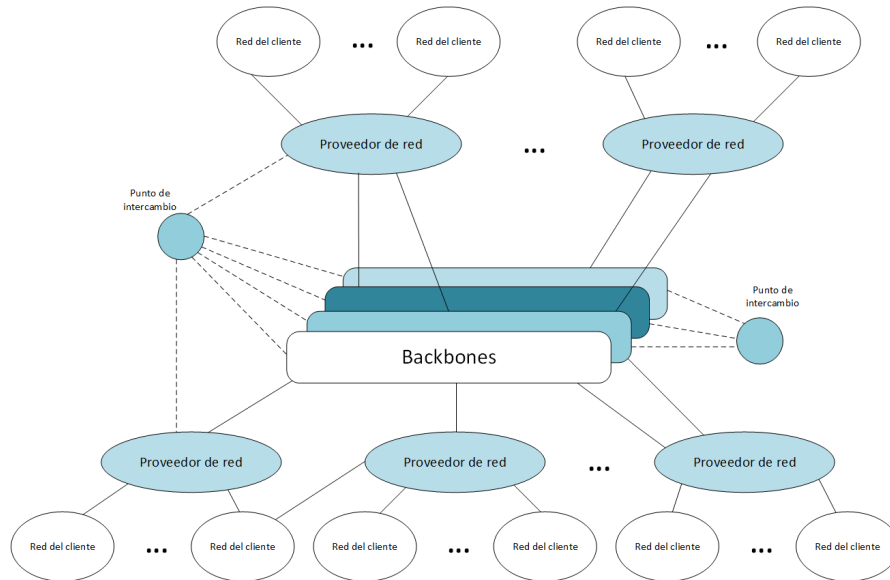


Figura 8.17: Internet hoy

La figura 8.17 muestra Internet como varios backbones, redes de proveedores y redes de clientes. En el nivel superior, los backbones son grandes redes propiedad de algunas compañías de comunicaciones como Telefónica, France Telecom, Verizon (MCI), AT&T y NTT. Las redes de backbone están conectadas a través de sistemas de conmutación complejos llamados puntos de intercambio (o neutro). En el segundo nivel, hay redes más pequeñas, llamadas redes de proveedores, que utilizan los servicios de los backbones por una tarifa. Las redes de proveedores están conectadas a los backbones y a veces a otras redes de proveedores. Las redes de clientes son redes en el borde de Internet que realmente utilizan los servicios proporcionados por Internet. Pagan tarifas a las redes de proveedores por recibir servicios.

Los backbones y las redes de proveedores también se llaman Proveedores de Servicios de Internet (ISP). A menudo, a los backbones se les conoce como ISP internacionales; a las redes de proveedores a menudo se les conoce como ISP nacionales o regionales.

8.6.1. Acceso a Internet

Hoy en día, Internet es una red de interconexión que permite que cualquier usuario forme parte de ella. Sin embargo, el usuario necesita estar físicamente conectado a un ISP. La conexión física se realiza normalmente a través de un WAN punto a punto. En esta sección, describimos brevemente cómo esto puede suceder a través de diferentes mecanismos.

Usando Redes Telefónicas

Hoy en día, la mayoría de las residencias y pequeñas empresas tienen servicio telefónico, lo que significa que están conectadas a una red telefónica. Dado que la mayoría de las redes telefónicas ya se han conectado a Internet, una opción para que las residencias y pequeñas empresas se conecten a Internet es cambiar la línea de voz entre la residencia o empresa y el centro telefónico a un WAN punto a punto. Esto se puede hacer de tres maneras.

- Servicio de marcación. La primera solución es añadir a la línea telefónica un módem que convierte los datos en voz. El software instalado en el ordenador marca el ISP e imita la realización de una conexión telefónica. Desafortunadamente, el servicio de marcación es muy lento, y cuando la línea se utiliza para la conexión a Internet, no se puede utilizar para la conexión telefónica (de voz). Solo es útil para residencias pequeñas y es un mecanismo en desuso.

⁴

- Servicio DSL. Desde la llegada de Internet, algunas compañías telefónicas han mejorado sus líneas telefónicas para proporcionar servicios de Internet de mayor velocidad a las residencias o pequeñas empresas. El servicio DSL también permite que la línea se utilice simultáneamente para la comunicación de voz y datos.

Cuando se utiliza el acceso mediante DSL, la compañía telefónica del cliente también actúa como ISP. El módem DSL de cada cliente utiliza la línea telefónica existente (hilo de cobre de par trenzado) para intercambiar datos con un multiplexor de acceso DSL (DSLAM), ubicado en la central de la compañía telefónica local. El módem DSL de la vivienda toma los datos digitales y los traduce a tonos de alta frecuencia para su transmisión a través de los hilos telefónicos hasta la central; las señales analógicas de una gran cantidad de esas viviendas son vueltas a traducir a datos digitales en el DSLAM.

⁴[Marcación Modem](#)

La línea telefónica residencial transporta simultáneamente los datos y las señales telefónicas tradicionales, las cuales se codifican a frecuencias distintas:

- Un canal de descarga de alta velocidad, en la banda de 50 kHz a 1 MHz.
- Un canal de carga de velocidad media, en la banda de 4 kHz a 50 kHz.
- Un canal telefónico ordinario bidireccional, en la banda de 0 kHz a 4 kHz.

Usando Redes de Cable

En las últimas dos décadas, cada vez más usuarios han comenzado a utilizar servicios de televisión por cable en lugar de antenas para recibir las emisiones de televisión. Las compañías de cable han estado mejorando sus redes de cable y conectándose a Internet. Una residencia o un pequeño negocio pueden conectarse a Internet usando este servicio. Proporciona una conexión de mayor velocidad, pero la velocidad varía dependiendo del número de vecinos que utilizan el mismo cable. Los principales proveedores de servicios son R y ONO (actualmente integrada en Vodafone).

Para dar servicios de cable, normalmente se usa fibra óptica para conectar el terminal de cabecera del cable a una serie de nodos de área situados en el vecindario, a partir de los cuales se utiliza cable coaxial para llegar a todos los domicilios. El acceso por cable a Internet requiere el uso de un módem especial, que se conoce como módem por cable. Al igual que un módem DSL, normalmente el módem por cable es un dispositivo externo que se conecta a un PC de la vivienda a través de un puerto Ethernet. En el terminal de cabecera del cable, un sistema CMTS (Cable Modem Termination System, Sistema de terminación del módem de cable) cumple una función similar al DSLAM de la red DSL —transformar a formato digital la señal analógica enviada por los modems de cable de las viviendas.

Usando fibra óptica Los servicios de fibra hasta el hogar (FTTH) son desplegados A través de esta tecnología, se realiza la instalación y el uso de fibra óptica desde una central de conmutación a edificios individuales como residencias y empresas para proporcionar acceso a Internet de alta velocidad. FTTH aumenta drásticamente las velocidades de conexión disponibles para los usuarios de computadoras en comparación con las tecnologías que ahora se utilizan en la mayoría de los lugares.

Existen varias tecnologías que compiten por la distribución a través de fibra óptica desde las centrales a los hogares. La red de distribución óptica más simple se denomina fibra directa, en la que existe una fibra que sale de la central hasta cada domicilio. Sin embargo, lo más habitual es que cada fibra saliente de la central

sea compartida por muchas viviendas y esta no se divida en fibras individuales específicas del cliente hasta llegar a un punto muy próximo a las viviendas. Hay disponibles dos arquitecturas de distribución de fibra óptica que llevan a cabo esta separación: las redes ópticas activas (AON, Active Optical Network) y las redes ópticas pasivas (PON, Passive Optical Network).

Usando Redes Inalámbricas

La conectividad inalámbrica se ha vuelto cada vez más popular en los últimos tiempos. Un hogar o una pequeña empresa puede utilizar una combinación de conexiones inalámbricas y con cable para acceder a Internet. Con el crecimiento del acceso inalámbrico a WAN (4G y 5G), un hogar o una pequeña empresa puede conectarse a Internet a través de una WAN inalámbrica sin necesidad incluso de contratar servicios cableados.

Conexión Directa a Internet

Una gran organización o una gran corporación pueden convertirse en un proveedor de servicios de Internet local y estar conectada a la Internet. Esto puede hacerse si la organización o la corporación arrienda una WAN de alta velocidad de un proveedor de portadores y se conecta a un ISP regional. Por ejemplo, una gran universidad con varios campus puede crear una red de Internet y luego conectar la red a Internet.

8.7. Historia de Internet

Ahora que tenemos una visión general de Internet, vamos a ver de dónde venimos, viendo de forma breve la historia de Internet. Veremos, con esta historia, cómo ha evolucionado de una red privada a una global en menos de 40 años.

8.7.1. Historia Temprana

Antes de 1960 existían algunas redes de comunicación, como las redes telegráficas y telefónicas. Estas redes eran adecuadas para la comunicación a velocidad constante en esa época, lo que significa que después de que se realizaba una conexión entre dos usuarios, se podía intercambiar el mensaje codificado (telegrafía) o la voz (telefonía). Por otra parte, una red de ordenadores debería poder manejar datos en ráfagas, lo que significa que los datos se reciben a velocidades variables en momentos diferentes. El mundo tenía que esperar a que se inventara la red de conmutación de paquetes.

Nacimiento de las Redes Conmutadas por Paquetes La teoría de la conmutación por paquetes para el tráfico intermitente fue presentada por primera vez por Leonard Kleinrock en 1961 en el MIT. Al mismo tiempo, otros dos investigadores, Paul Baran en el Rand Institute y Donald Davies en el Laboratorio Nacional de Física en Inglaterra, publicaron algunos artículos sobre redes de comunicación de paquetes.

ARPANET A mediados de la década de 1960, las computadoras mainframe que estaban gestionadas por organizaciones de investigación de Estados Unidos, estaban aisladas. Los ordenadores de distintos fabricantes eran incapaces de comunicarse entre sí. La Advanced Research Project Agency (ARPA) del Departamento de Defensa (DoD) de EE.UU. estaba interesada en buscar una forma de conectar ordenadores para que los investigadores pudieran compartir sus hallazgos, reduciendo así los costes y la duplicación de esfuerzos.

En 1967, en una reunión de la Association for Computer Machinery (ACM), ARPA presentó sus ideas para ARPANET, una red pequeña de ordenadores conectados. La idea era que cada ordenador (no necesariamente del mismo fabricante) estuviera conectado a una computadora especializada, llamada Interface Message Protector (IMP). Las IMP, a su vez, estarían conectadas entre sí. Cada IMP sería capaz de comunicarse con otras IMP, así como con el ordenador conectado a la misma.

En 1969, ARPANET era una realidad. Cuatro nodos de la Universidad de California en Los Angeles (UCLA), la Universidad de California en Santa Barbara (UCSB), el Stanford Research Institute (SRI) y la Universidad de UTA, estaban conectados a través de IMP para formar una red. Un software denominado protocolo de control de red (NCP, Network Control Protocol) proporcionaba la comunicación entre los ordenadores.

8.7.2. Nacimiento de Internet

En 1972, Vint Cerf y Bob Kahn, ambos miembros del núcleo del grupo de ARPANET, colaboraron en lo que denominaron un proyecto de interconexión de redes (Internetting Project). Querían enlazar redes disímiles para que un anfitrión de una red (host) pudiera comunicarse con un anfitrión de otra. Había muchos problemas que superar: diversos tamaños de paquetes, diversas interfaces y diversas velocidades de transmisión, así como diferentes requisitos de fiabilidad. Cerf y Kahn idearon la idea de un dispositivo llamado gateway que sirviera de hardware intermediario para transferir datos de una red a otra.

TCP/IP El histórico documento de 1973 de Cerf y Kahn esbozó los protocolos para lograr la entrega de datos de extremo a extremo. Esta fue una nueva versión del NCP. Este documento sobre el protocolo de control de transmisión (TCP) incluía conceptos como la encapsulación, el datagrama y las funciones de una pasarela. Una idea radical era la transferencia de la responsabilidad de la corrección de errores de la IMP a la máquina anfitriona. Esta Internet ARPA se convirtió ahora en el centro del esfuerzo de comunicación.

En esta época, la responsabilidad de ARPANET fue transferida a la Agencia de Comunicación de Defensa (DCA). En octubre de 1977, se demostró con éxito una Internet que consistía en tres redes diferentes (ARPANET, radio de paquetes y satélite de paquetes). La comunicación entre las redes era ahora posible.

Poco después, las autoridades tomaron la decisión de partir el TCP en dos protocolos: Transmission Control Protocol (TCP) e Internetworking Protocol (IP). IP sería responsable de manejar el enrutamiento de datagramas, mientras TCP sería el responsable de funciones de más alto nivel, como la segmentación, el reagrupamiento y la detección de errores. El protocolo de interconexión pasó a conocerse como TCP/IP.

En 1981, bajo un contrato del Departamento de Defensa, la Universidad de Berkeley modificó el sistema operativo UNIX para incluir el TCP/IP. Esta inclusión de software de red junto con un sistema operativo popular hizo mucho por la popularidad de las redes de Internet. La implementación abierta (no específica del fabricante) del UNIX de Berkeley dio a cada fabricante una base de código de trabajo sobre la cual podían construir sus productos.

En 1983, las autoridades abolieron los protocolos originales de ARPANET, y el TCP/IP se convirtió en el protocolo oficial de ARPANET. Aquellos que querían usar Internet para acceder a un ordenador en una red diferente tenían que estar ejecutando en TCP/IP.

MILNET En 1983, ARPANET se dividió en dos redes: Red Militar (MILNET) para usuarios militares y ARPANET para usuarios no militares.

CSNET Otro hito en la historia de Internet fue la creación de CSNET en 1981. La Red de Ciencias de la Computación (CSNET) fue una red patrocinada por la National Science Foundation (NSF). La red fue concebida por universidades que no reunían los requisitos para unirse a ARPANET debido a la ausencia de vínculos con el Departamento de Defensa. CSNET era una red menos costosa; no había enlaces redundantes y la tasa de transmisión era más lenta.

A mediados de la década de 1980, la mayoría de las universidades estadouniden-

ses con departamentos de ciencias de la computación formaban parte de CSNET. Otras instituciones y empresas también estaban formando sus propias redes y utilizando TCP/IP para interconectarse. El término Internet, originalmente asociado con redes conectadas financiadas por el gobierno, ahora se refería a las redes conectadas que utilizaban protocolos TCP/IP.

NSFNET Con el éxito de CSNET, la NSF patrocinó en 1986 la National Science Foundation Network (NSFNET), una columna vertebral que conectaba cinco centros de supercomputación ubicados en todo Estados Unidos. Se permitió el acceso a esta columna vertebral a las redes comunitarias, una línea T-1 (tipo de red troncal telefónica) con una velocidad de datos de 1,544 Mbps (24 canales de voz digitales de 64 Kbps), brindando así conectividad en todo Estados Unidos. En 1990, ARPANET fue oficialmente retirada y reemplazada por NSFNET. En 1995, NSFNET volvió a su concepto original de una red de investigación.

ANSNET En 1991, el gobierno de EE. UU. decidió que NSFNET no era capaz de soportar el tráfico de Internet que aumentaba rápidamente. Tres empresas, IBM, Merit y Verizon, crearon una organización sin ánimo de lucro llamada Advanced Network & Services (ANS) para construir una nueva columna vertebral de Internet de alta velocidad llamada Advanced Network Services Network (ANSNET).

8.7.3. Internet Hoy

Hoy en día, presenciamos un crecimiento rápido tanto en la infraestructura como en las nuevas aplicaciones. Internet hoy es un conjunto de redes que brindan servicios a todo el mundo. Lo que ha hecho tan popular a Internet es la invención de nuevas aplicaciones.

World Wide Web La década de 1990 vio la explosión de aplicaciones de Internet debido al surgimiento de la World Wide Web (WWW). La Web fue inventada en el CERN por Tim Berners-Lee. Esta invención ha añadido aplicaciones comerciales a Internet.

Multimedia Los desarrollos recientes en las aplicaciones multimedia, como la voz sobre IP (telefonía), el video sobre IP (videoconferencias), el intercambio de vídeos (YouTube) y la televisión sobre IP (IP Tv), han aumentado el número de usuarios y la cantidad de tiempo que cada usuario pasa en la red. Esto lo estudiaremos con mayor detalle en la asignatura de Redes Móviles y Multimedia de 4º de Ing. Software.

Aplicaciones Peer-to-Peer La interconexión de pares también es un nuevo ámbito de comunicación con mucho potencial, ya que en muchos aspectos funcionan

sin clientes ni servidores fijos, sino una serie de nodos que se comportan como iguales entre sí. En los últimos años han sido muy famosas por el intercambio de ficheros y de contenidos multimedia.

8.8. Normas y su Administración

En el debate sobre la Internet y su protocolo, a menudo vemos una referencia a una norma o a una entidad administrativa. En esta sección presentamos estas normas y entidades de administración.

8.8.1. Normas de Internet

Una norma de Internet es una especificación exhaustivamente probada que es útil y seguida por aquellos que trabajan en Internet. Por tanto, es una regulación formal que debe ser seguida y existe un procedimiento estricto mediante el cual una especificación obtiene el estatus de estándar de Internet. El camino comienza como un borrador (draft). Un borrador es un documento de trabajo (un trabajo en progreso) sin estado oficial, con una vigencia de seis meses. A solicitud de las autoridades de Internet, un borrador puede publicarse como Request For Comments (RFC). Cada RFC se edita, se le asigna un número y se pone a disposición de todas las partes interesadas. Los RFC pasan por niveles de madurez y se categorizan según su nivel de requisito.

Niveles de Madurez Un RFC, durante su vida, cae en uno de los seis niveles de madurez: norma propuesta, prouyecto de norma, norma de Internet, histórico, experimental e informativo (Figura 8.18).

- Norma propuesta. Una norma propuesta es una especificación que es estable, bien entendida y con suficiente interés para la comunidad de Internet. En este nivel, la especificación suele ser probada e implementada por varios grupos diferentes.
- Estándar de Internet. Un proyecto de estándar alcanza la categoría de estándar de Internet tras comprobarse que su implementación ha tenido éxito.
- Histórico. Los RFC históricos son significativos desde una perspectiva histórica. Han sido sustituidos por especificaciones posteriores o nunca han superado los niveles de madurez necesarios para convertirse en un estándar de Internet.

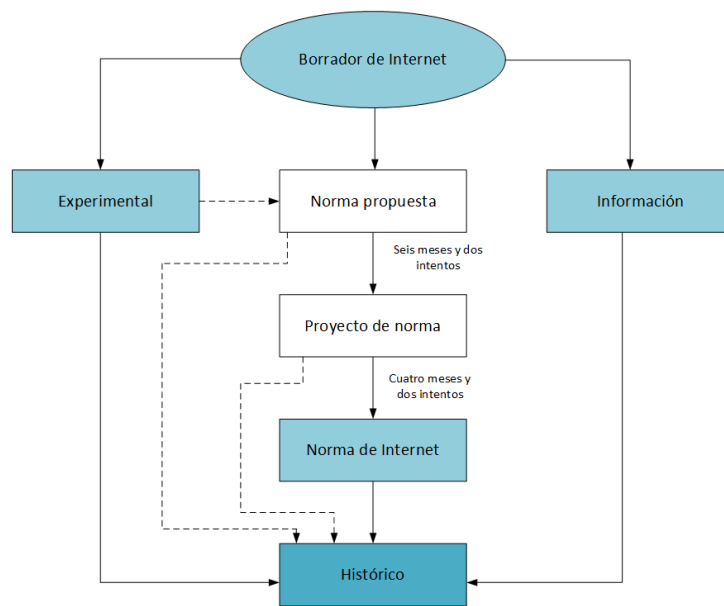


Figura 8.18: Niveles de madurez de un RFC

- **Experimental.** Un RFC clasificado como experimental describe el trabajo relacionado con una situación experimental que no afecta al funcionamiento de la Internet. Tal RFC no debe implementarse en ningún servicio funcional de Internet.
- **Informativo.** Un RFC clasificado como informativo contiene información general, histórica o tutorial relacionada con Internet. Normalmente lo escribe alguien de una organización que no es de Internet, como un distribuidor.

Niveles de Requisitos Los RFC se clasifican en cinco niveles de requisitos: requerido, recomendado, electivo, uso limitado y no recomendado.

- **Requerido.** Se exige un RFC si debe ser implementado por todos los sistemas de Internet para lograr una conformidad mínima. Por ejemplo, IP e ICMP (Capítulo 14) son protocolos requeridos.
- **Recomendado.** No se requiere un RFC etiquetado como recomendado para la conformidad mínima; se recomienda por su utilidad.
- **Optativo.** No se requiere ni se recomienda un RFC etiquetado como optativo. Sin embargo, un sistema puede utilizarlo en su propio beneficio.

- De uso limitado. Un RFC etiquetado como de uso limitado solo debería utilizarse en situaciones limitadas. La mayoría de los RFC experimentales entran en esta categoría.
- No recomendado. Un RFC etiquetado como no recomendado es inapropiado para su uso general. Normalmente un RFC histórico (descontinuado) suele entrar en esta categoría.

8.8.2. Administración de Internet

La Internet, cuyas raíces se encuentran principalmente en el ámbito de la investigación, ha evolucionado y ha ganado una base de usuarios más amplia con una importante actividad comercial. Diversos grupos que coordinan las cuestiones relativas a Internet han guiado este crecimiento y desarrollo. La Figura 8.19 muestra la organización general de la administración de Internet.

ISOC La Internet Society (ISOC) es la organización internacional sin fines de lucro creada en 1992 para prestar apoyo al proceso de elaboración de normas para la Internet. La ISOC logra esto manteniendo y apoyando a otros órganos administrativos de Internet como IAB, IETF, IRTF e IANA. La ISOC también promueve la investigación y otras actividades académicas relacionadas con la Internet.

IAB La Junta de Arquitectura de Internet (Internet Architecture Board o IAB) es el asesor técnico de la ISOC. Los principales objetivos de la IAB son supervisar el desarrollo continuo del conjunto de protocolos TCP/IP y prestar asesoramiento técnico a los miembros de la comunidad de Internet que realizan investigaciones. El IAB logra esto a través de sus dos componentes principales, el Grupo de Tareas de Ingeniería de Internet (IETF) y el Grupo de Tareas de Investigación de Internet (IRTF). Otra responsabilidad del IAB es la gestión editorial de las RFC, descrita anteriormente. La IAB es también el enlace externo entre la Internet y otras organizaciones y foros de estándares.

IETF El Grupo de Trabajo de Ingeniería de Internet (Internet Engineering Task Force o IETF) es un foro de grupos de trabajo gestionado por el Grupo Directivo de Ingeniería de Internet (IESG). El IETF se encarga de identificar los problemas operacionales y proponer soluciones a estos problemas. El IETF también desarrolla y revisa las especificaciones destinadas a ser normas de Internet. Los grupos de trabajo se agrupan en áreas, y cada área se concentra en un tema específico. Actualmente se han definido nueve áreas. Las áreas incluyen aplicaciones, protocolos, enrutamiento, gestión de redes de próxima generación (IPng) y seguridad.

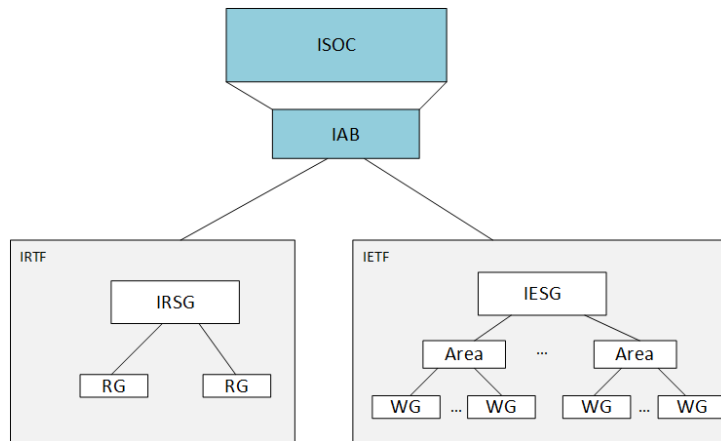


Figura 8.19: Administración Internet

IRTF El Internet Research Task Force (IRTF) es un foro de grupos de trabajo, gestionado por el Grupo Directivo de Investigación de Internet (IRSG). El IRTF se centra en temáticas de investigación a largo plazo relacionados con los protocolos, aplicaciones, arquitectura y tecnología de Internet.

8.8.3. Otras organizaciones de estandarización

Los estándares son desarrollados mediante la cooperación entre comités de creación de estándares, foros y agencias reguladoras de los gobiernos. Comités de creación de estándares Aunque hay muchas organizaciones que se dedican a la definición y establecimiento de estándares para datos y comunicaciones, en América del Norte se confía fundamentalmente en aquellos publicados por los siguientes organismos:

- The International Organization for Standardization (ISO). El ISO es un organismo multinacional cuyos miembros provienen fundamentalmente de los comités de creación de estándares de varios gobiernos a lo largo del mundo. El ISO es activo en el desarrollo de la cooperación en los ámbitos científicos, tecnológicos y de las actividades económicas.
- The International Telecommunications Union-Telecommunication Standards Sector (ITU-T). A principios de la década de los setenta un cierto número de países estaba definiendo estándares nacionales para telecomunicaciones, pero a pesar de ello seguía habiendo muy poca compatibilidad internacional. Las Naciones Unidas respondieron a este problema formando, como parte de su

Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU), un comité, denominado Comité Consultivo para la Telefonía y la Telegrafía Internacional (CCITT). Este comité estaba dedicado al desarrollo y establecimiento de estándares para telecomunicaciones en general y para la telefonía y los sistemas de datos en particular. El 1 de marzo de 1993, el nombre de este comité se cambió a Unión Internacional de Telecomunicaciones-Sector de Estándares de Telecomunicaciones (ITU-T).

- The American National Standards Institute (ANSI). A pesar de su nombre, el Instituto Nacional Americano para la Estandarización (ANSI) es una corporación completamente privada sin ánimo de lucro que no tiene ninguna relación con el gobierno federal de Estados Unidos. Sin embargo, todas las actividades de ANSI están orientadas hacia el desarrollo de Estados Unidos y sus ciudadanos tienen una importancia primordial.
- The Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). El Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE, Institute of Electrical and Electronics Engineering) es la mayor sociedad profesional de ingeniería del mundo. De ámbito internacional, sus objetivos son el desarrollo de la teoría, la creatividad y la calidad de los productos en el campo de la ingeniería eléctrica, la electrónica y la radio, así como otras ramas relacionadas de la ingeniería. Como uno de sus objetivos principales, el IEEE prevé el desarrollo y adopción de estándares internacionales para computación y comunicación.
- The Electronic Industries Association (EIA). En la línea de ANSI, la Asociación de Industrias Electrónicas es una organización sin ánimo de lucro dedicada a la promoción de aspectos de la fabricación electrónica. Sus objetivos incluyen despertar el interés de la educación pública y hacer esfuerzos para el desarrollo de los estándares. En el campo de la tecnología de la información, la EIA ha hecho contribuciones significativas mediante la definición de interfaces de conexión física y de especificaciones de señalización eléctrica para la comunicación de datos.
- El 3GPP es una asociación que se financió en diciembre de 1998 para establecer el estándar y la especificación para el desarrollo de una red de sistema 3G basada en la evolución de GSM. Desde entonces han sido los desarrolladores de las nuevas versiones de las redes móviles (4G y 5G).
El proyecto cubre las tecnologías de comunicaciones móviles, incluido el acceso radio, el Core de la red y los servicios, describiendo una descripción completa del sistema.

Foros El desarrollo de la tecnología de las telecomunicaciones se está produ-

ciendo más rápidamente que lo que permite la habilidad de los comités de estandarización para ratificar los estándares. Los comités de estandarización son organizaciones procedimentales y actúan lentamente por naturaleza. Para acomodar la necesidad de tener modelos de trabajo y acuerdos y facilitar los procesos de estandarización, muchos grupos de interés especial han desarrollado foros compuestos por miembros que representan las empresas interesadas. Los foros trabajan con las universidades y los usuarios para probar, evaluar y estandarizar nuevas tecnologías. Concentrando sus esfuerzos en una tecnología en particular, los foros son capaces de acelerar la aceptación y el uso de esa tecnología en la comunidad de las telecomunicaciones. Los foros presentan sus conclusiones a los organismos de estandarización.

Agencias reguladoras Toda la tecnología de comunicaciones está sujeta a regulación por las agencias del gobierno tales como la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC) en Estados Unidos. El objetivo de estas agencias es proteger el interés público mediante la regulación de la radio, la televisión y las comunicaciones por cable. El FCC tiene autoridad sobre el comercio interestatal e internacional en lo relativo a comunicaciones.

Créditos



©2025 David Cortés Polo

Algunos derechos reservados.

Este artículo se distribuye bajo la licencia
“Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional” de Creative Commons,
disponible en

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>

Reconocimiento especial a: Hari Balakrishnan, Christopher J. Terman, George C. Verghese.

6.02 Introduction to EECS II: Digital Communication Systems. Massachusetts Institute of
Technology: MIT OpenCouseWare, <https://ocw.mit.edu/>. License: Creative Commons

BY-NC-SA.

Reconocimiento especial a: Fernando Pérez de Vega por su formulario para la asignatura