

1. Capítulo 1: Introducción a las redes de datos

Tres fuerzas diferentes han impulsado constantemente la arquitectura y la evolución de comunicaciones de datos e instalaciones de redes: crecimiento del tráfico, desarrollo de nuevos servicios y avances tecnológicos.

El tráfico de comunicación, tanto local (dentro de un edificio o campus empresarial) como larga distancia, ha permanecido creciendo a un ritmo alto y constante durante décadas. El tráfico de red ya no se limita a voz y datos e incluye cada vez más imágenes y videos.

La necesidad de dar respuesta a los servicios web, el acceso remoto, las transacciones en línea, y las redes sociales significan que es probable que esta tendencia continúe. Por lo tanto, en la mayoría de las organizaciones, los gerentes están constantemente presionados para aumentar la capacidad de comunicación en forma rentable.

A medida que las empresas confían cada vez más en la tecnología de la información, el portfolio de servicios que los usuarios empresariales desean consumir se están expandiendo.

El crecimiento del tráfico de banda ancha está explotando al igual que la cantidad de datos que se transfieren desde dispositivos móviles (teléfonos inteligentes, tabletas, notebooks, ultrabooks, entre otras). Además, los usuarios de dispositivos móviles exigen cada vez más servicios de alta calidad para respaldar sus teléfonos con cámara de alta resolución, transmisiones de video favoritas y audio de alta gama. Similar crecimiento de la demanda se observa en el acceso de línea fija a Internet y redes privadas.

Par poder dar respuesta a semejante demanda de una enorme cantidad de tráfico generado tanto por los consumidores como por los usuarios comerciales, los proveedores de servicios móviles deben seguir invirtiendo en redes de alta capacidad e instalaciones de transmisión. A su vez, el crecimiento de la oferta de redes de alta velocidad a precios competitivos fomenta la expansión de aplicaciones y servicios móviles.

Por lo tanto, a mayor cantidad de servicios, mayor capacidad de tráfico. Como ejemplo, la Figura 1.1 muestra la distribución del tráfico de internet descendente, dividido por categorías, en el mes de Octubre de 2018. Se puede observar que más de la mitad del tráfico descendente corresponde a video. La Figura 1.2 muestra el pronóstico de crecimiento del tráfico mundial de internet dividido por regiones.

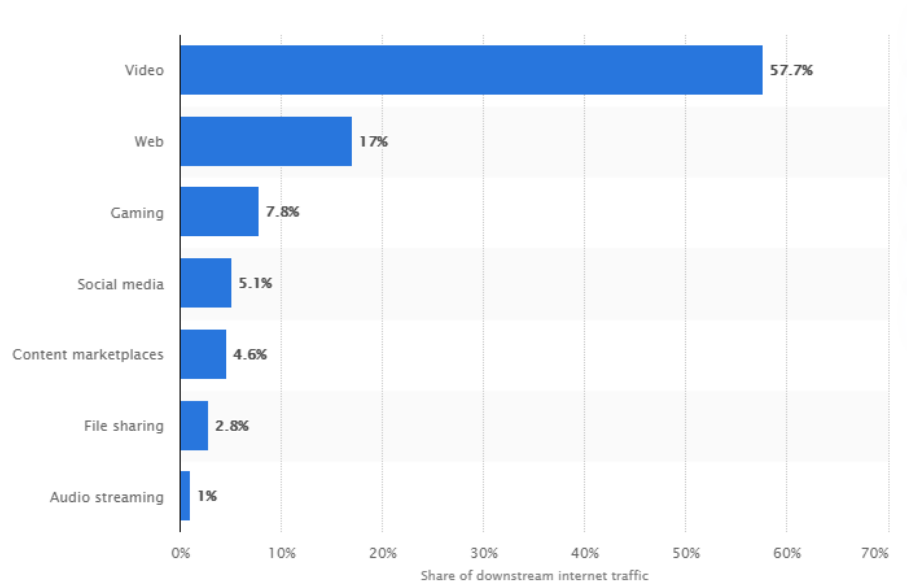


Figura 1.1 – Distribución de tráfico global descendente por categoría mes de Octubre 2018

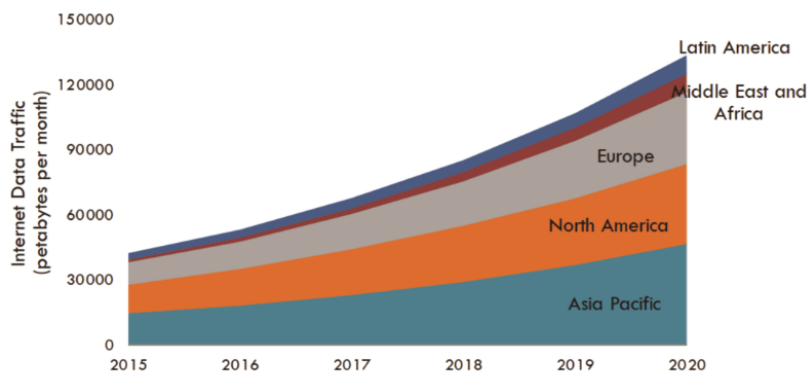


Figura 1.2: Pronóstico de crecimiento del tráfico de Internet (Cisco)

Finalmente, las tendencias tecnológicas permiten proporcionar una mayor capacidad de tráfico y el apoyo de una amplia gama de servicios. Cuatro tendencias tecnológicas son particularmente notables:

- Se mantiene firme la tendencia de una tecnología más rápida y económica, tanto en informática como en comunicaciones. En términos de computación, esto significa computadoras más potentes y grupos de computadoras capaces de soportar aplicaciones más exigentes, como aplicaciones multimedia. En términos de comunicaciones, el uso creciente de la fibra óptica y la conexión inalámbrica de alta velocidad han reducido los precios de transmisión, a la vez que brindan mayor capacidad. Por ejemplo, para telecomunicaciones de larga distancia y enlaces de red de datos, la multiplexación por división de longitud de onda densa (DWDM) permite que el tráfico de comunicación sea transportado por cables de fibra óptica a velocidades de múltiples terabits por segundo. Para el caso de las

redes de área local (LAN), muchas empresas ahora tienen redes troncales Ethernet de 40 Gbps o Ethernet de 100 Gbps. La Figura 1.3 muestra la tendencia de demanda de Ethernet. Como se puede observar, las estadísticas indican que la demanda de velocidad de datos de la red troncal de Internet en la red núcleo se duplica aproximadamente cada 18 meses, mientras que la misma demanda por parte de las aplicaciones LAN en la empresa se duplica aproximadamente cada 24 meses.

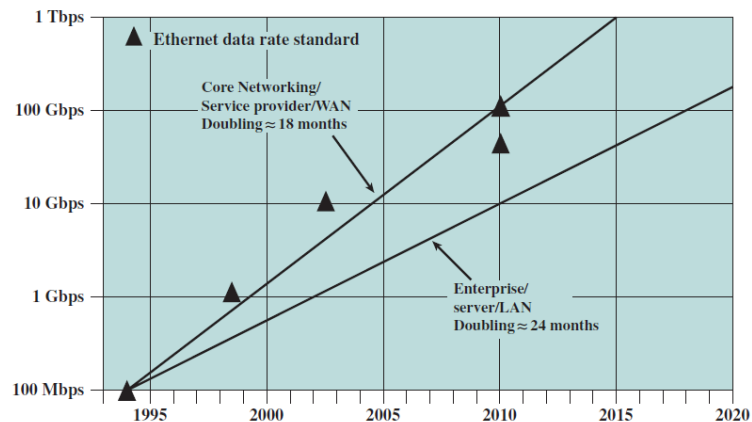


Figura 1.3: Crecimiento pasado y proyectado en la demanda de velocidad de datos de Ethernet en comparación con tasas de datos Ethernet existentes

- Las redes de hoy son más "inteligentes" que nunca. Dos áreas de inteligencia se destacan. Primero, las redes de hoy pueden ofrecer diferentes niveles de calidad de servicio (QoS), que incluye especificaciones para administrar en forma inteligentes paquetes de datos con distintas prioridades, con el objetivo de garantizar un soporte de alta calidad para aplicaciones y servicios. En segundo lugar, las redes actuales ofrecen una variedad de servicios personalizables en las áreas de gestión y seguridad de redes.
- Internet, la Web y las aplicaciones asociadas han surgido como dominantes características en las redes comerciales y personales. La migración "todo sobre IP" continúa y ha creado muchas oportunidades y desafíos para los gerentes de tecnología de la información y las comunicaciones (TIC). Además de explotar Internet y la Web para llegar a clientes, proveedores, y empresas asociadas, se han desarrollado intranets y extranets, para aislar información confidencial, y así mantenerla libre del acceso no deseado.
- La movilidad es el nuevo desafío para los administradores de las TIC y los dispositivos de consumo populares tales como el iPhone, Smartphone y iPad. Estos se han convertido en impulsores de la evolución de redes comerciales y su uso. Si bien ha habido una tendencia hacia la movilidad, durante décadas, la explosión de la movilidad ha ocurrido y ha liberado a los trabajadores desde los confines de la empresa física. Aplicaciones empresariales tradicionalmente

compatible con terminales y computadoras de escritorio de oficina ahora están disponibles en dispositivos móviles. La computación en la nube está siendo adoptada por los principales proveedores de software empresarial, incluidos SAP, Oracle y Microsoft, y esto asegura que se producirán más innovaciones de movilidad. Los expertos predicen que los dispositivos móviles se convertirán en la informática comercial dominante y esa capacidad mejorada para usar información empresarial, recursos y servicios en cualquier lugar y en cualquier momento serán una clara tendencia para los próximos años. Hasta hace muy poco tiempo, en el tecnológico se debatía entre los sistemas operativos Microsoft Windows y las distribuciones Linux, y de repente Android e iOS coparon el mundo.

1.1. Transmisión de datos y capacidad de la red

Computadoras personales y las estaciones de trabajo comenzaron a lograr una amplia aceptación en la informática empresarial en principios de la década de 1980 y ahora hemos alcanzado prácticamente el estado del teléfono: un elemento esencial para trabajadores de oficina. Hasta hace relativamente poco, las LAN de oficina proporcionaban funciones básicas de servicios de conectividad: conexión de computadoras personales y terminales a mainframes; y sistemas de rango medio que ejecutaban aplicaciones corporativas y proporcionaban grupos de trabajo con conectividad a nivel departamental o divisional. En ambos casos, patrones de tráfico fueron relativamente ligeros, con énfasis en la transferencia de archivos y el correo electrónico. Las redes LAN que estaban disponibles para este tipo de carga de trabajo, principalmente Ethernet y Token anillo, eran muy adecuadas para este entorno.

En los últimos 20 años, dos tendencias significativas alteraron el papel de la computadora personal y por lo tanto los requisitos en la LAN:

1. La velocidad y el poder de cómputo de las computadoras personales continuaron disfrutando un crecimiento explosivo. Estas plataformas más potentes admiten gráficos intensivos, aplicaciones e interfaces gráficas de usuario cada vez más elaboradas para el funcionamiento de los sistemas.
2. Los sistemas de información de gestión han reconocido a la LAN como una plataforma informática viable y esencial, lo que derivó en desarrollar el enfoque de la computación en red. Esta tendencia comenzó con la informática cliente / servidor, que se convirtió en una arquitectura dominante en el entorno empresarial y más recientemente la evolución de la intranet centrada en la web. Ambos enfoques implican la frecuente transferencia de volúmenes potencialmente grandes de datos en un modelo de transacciones orientadas al “entorno”.

El efecto de estas tendencias ha sido aumentar el volumen de datos a manejar sobre LAN y, debido a que las aplicaciones son más interactivas, se hizo necesario reducir el retraso en la transferencia de datos. La generación anterior de

Ethernet de 10 Mbps y los anillos lógicos de 16 Mbps simplemente no estaban a la altura del trabajo que deben cumplir con estos nuevos requisitos de performance

Los siguientes son ejemplos de requisitos que requieren LAN de mayor velocidad:

- Granjas de servidores centralizadas: en muchas aplicaciones, hay una necesidad de un usuario o aplicación cliente, para poder extraer grandes cantidades de datos de múltiples servidores centralizados llamados granjas de servidores. Un ejemplo es una operación de publicación en color, en el que los servidores suelen contener decenas de gigabytes de datos de imagen que deben ser descargado a estaciones de trabajo. Como el rendimiento de los servidores han aumentado, el cuello de botella se ha desplazado a la red.
- Grupos de trabajo potentes: estos grupos generalmente consisten en una pequeña cantidad de usuarios cooperantes que necesitan transferir archivos de datos masivos a través de la red. Los ejemplos son un grupo de desarrollo de software que ejecuta pruebas en una nueva versión de software o una empresa de diseño asistido por computadora (CAD) que ejecuta simulaciones regularmente de nuevos diseños. En tales casos, grandes cantidades de datos se distribuyen a varias estaciones de trabajo, procesadas y actualizadas a muy alta velocidad para múltiples iteraciones
- Backbone local de alta velocidad: a medida que crece la demanda de procesamiento, las LAN proliferan en un sitio, y la interconexión de alta velocidad es necesaria.

Necesidades de redes corporativas de área amplia

Hace un tiempo en los comienzos de la década de 1990, en muchas organizaciones se hizo hincapié en un modelo centralizado de procesamiento de datos. En un entorno típico de aquel modelo, se podía encontrar importantes instalaciones informáticas en algunas regiones, con oficinas que contaban con mainframes o sistemas de rango medio bien equipados. Estas instalaciones centralizadas podían manejar la mayoría de las aplicaciones corporativas, incluidas las finanzas básicas, contabilidad y programas de personal, así como muchas de las aplicaciones específicas del negocio.

Las oficinas periféricas más pequeñas (por ejemplo, una sucursal bancaria) podían estar equipadas con terminales o computadoras personales básicas conectadas a uno de los centros regionales en un entorno orientado a transacciones.

Este modelo comenzó a cambiar con el correr de la década del 90, y el cambio se aceleró, desde entonces. Muchas organizaciones han dispersado a sus empleados en múltiples y más pequeñas oficinas. Hay un uso creciente del teletrabajo. Lo más significativo, la naturaleza de la estructura de la aplicación ha cambiado. Primero el modelo cliente / servidor y, más recientemente, la computación basada en la intranet, han reestructurado fundamentalmente la organización y el entorno de procesamiento de datos. Ahora hay mucha más confianza en las computadoras personales, estaciones de trabajo y servidores, lo cual ha llevado al menor uso de mainframe centralizado y sistemas de rango

medio. Además, el despliegue prácticamente universal de interfaces gráficas para las pc's de escritorio, permiten al usuario final explotar las aplicaciones gráficas.

La mayoría de las organizaciones, por no decir todas, requieren acceso a internet. De ésta forma, es muy probable que con unos pocos clics del mouse se puedan generar consultas que desencadenen grandes volúmenes de datos. De esta forma, los patrones de tráfico se han vuelto más impredecibles mientras que el promedio la carga ha aumentado en forma dramática.

Todas estas tendencias significan que se deben transportar más datos fuera de las instalaciones LAN y dentro de las redes de área amplia (WAN). Durante mucho tiempo se ha aceptado que, en el entorno empresarial típico, aproximadamente el 80% del tráfico sigue siendo local y aproximadamente el 20% atraviesa un área amplia. Pero esta regla ya no se aplica a la mayoría de las empresas, con un mayor porcentaje del tráfico que ingresa al entorno WAN. Este cambio de flujo de tráfico coloca una mayor carga en las redes troncales de LAN y, por supuesto, en las instalaciones de WAN utilizadas por la sociedad. Por lo tanto, al igual que en el área local, los cambios en los patrones de tráfico de datos corporativos están impulsando la creación de WAN de alta velocidad.

Electrónica digital

La rápida conversión de la electrónica de consumo a la tecnología está teniendo un impacto tanto en Internet como en las intranets corporativas. En la medida que estos nuevos dispositivos proliferan, aumentan drásticamente la cantidad de tráfico de imagen y video transportado por las redes.

Dos ejemplos notables de esta tendencia son los discos versátiles digitales (DVD) y cámaras digitales fijas. Con el DVD de gran capacidad, la industria electrónica por fin encontró un reemplazo aceptable para las cintas del sistema de video casero analógico (VHS). El DVD ha reemplazado la cinta de video utilizada en las grabadoras de videocasetes (VCR) y el CD-ROM en computadoras personales y servidores. El DVD lleva el video a la era digital. Ofrece películas con calidad de imagen que supera a los discos láser, y se puede acceder al azar si se usan los respectivos reproductores de DVD. Vastos volúmenes de datos se pueden acumular en el disco. Con la gran capacidad de almacenamiento de DVD y una calidad vívida, los juegos de PC se han convertido en un software más realista y educativo que incorpora más video.

A raíz de estos desarrollos hay una nueva cresta de tráfico a través de Internet e intranets corporativas, ya que este material se incorpora en sitios web. Un desarrollo de producto relacionado es la videocámara digital. Este producto facilita a las personas y empresas la creación de archivos de video digital en sitios web corporativos e Internet, lo que nuevamente aumenta la carga de tráfico.

Convergencia

La convergencia se refiere a la fusión del tráfico de la telefonía y el tráfico generado por los sistemas de información, técnicas de transmisión de datos que

previamente se desarrollaron en diferentes tecnologías y mercados. Podemos pensar en convergencia en términos de tres capas modelo de comunicaciones empresariales:

1. **Aplicaciones:** son percibidas por los usuarios finales de una empresa. La convergencia en esta capa, integra aplicaciones de comunicaciones, como llamadas de voz (teléfono), correo de voz, correo electrónico y mensajería instantánea; con aplicaciones comerciales, como como colaboración en grupos de trabajo, gestión de relaciones con clientes y otras funciones de back-office. Con la convergencia, las aplicaciones proporcionan características que permiten incorporar voz, datos y video de manera transparente, organizada y con valor agregado. Un ejemplo es la mensajería multimedia, que permite a un usuario emplear una única interfaz para acceder a mensajes de una variedad de fuentes (por ejemplo, correo de voz de oficina, correo electrónico de oficina, buscapersonas y fax).
2. **Servicios empresariales:** en este nivel, el administrador de red se ocupa de la información de la red en términos de los servicios que brinda para soportar aplicaciones. Este debe diseñar, mantener y soportar servicios relacionados con el despliegue de instalaciones basadas en convergencia. También a este nivel, los administradores de red deben lidiar con la red empresarial como un sistema que proporciona funciones. Estos servicios de administración pueden incluir esquemas de autenticación; capacidad gestión para diversos usuarios, grupos y aplicaciones; y provisión de calidad de servicios (QoS).
3. **Infraestructura:** la infraestructura de red y comunicaciones consiste en los enlaces de comunicación, LAN, WAN y conexiones a Internet disponibles a la empresa. Cada vez más, la infraestructura de red empresarial también incluye conexiones de nube privadas y / o públicas a centros de datos que alojan almacenamiento de datos de alto volumen y servicios web. Un aspecto clave de la convergencia en este nivel es la capacidad de transportar voz, imagen y video a través de redes que fueron diseñados originalmente para transportar tráfico de datos. La convergencia de infraestructura también ocurrió para redes que fueron diseñadas para el tráfico de voz. Por ejemplo, video, imagen, texto y datos se entregan rutinariamente a usuarios de teléfonos inteligentes a través de redes de telefonía celular.

En términos simples, la convergencia implica mover la voz a una infraestructura de datos, integrando todas las redes de voz y datos dentro de una organización de usuarios en una infraestructura de red de datos única, y luego extenderla al ámbito inalámbrico. La base de esta convergencia es la transmisión basada en paquetes que usa Internet Protocolo (IP). La convergencia aumenta la función y el alcance tanto de la infraestructura como la base de la aplicación.

1.2. Modelo de la comunicación entre dos entidades

El propósito fundamental de un sistema de comunicaciones es el intercambio de datos entre dos partes. La figura 1.2.1 presenta un ejemplo particular, que es la comunicación entre una estación de trabajo y un servidor a través de una red telefónica pública. Otro ejemplo es el intercambio de señales de voz entre dos teléfonos a través de misma red. Los siguientes son elementos clave del modelo:

- Fuente: este dispositivo genera los datos a transmitir; ejemplos son los teléfonos y computadoras personales.
- Transmisor: por lo general, los datos generados por un sistema fuente no se transmiten directamente en la forma en que se generaron. Más bien, un transmisor transforma y codifica la información de tal manera que produzca señales electromagnéticas que pueden transmitirse a través de algún tipo de sistema de transmisión. Por ejemplo, un módem toma un flujo de bits digital de un dispositivo conectado como una computadora personal y transforma ese flujo de bits en una señal analógica, la cual puede ser manejada por la red telefónica.
- Sistema de transmisión: puede ser una sola línea de transmisión o una red compleja conectando fuente y destino.
- Receptor: el receptor acepta la señal del sistema de transmisión y la convierte en un formato que puede manejar el dispositivo de destino. Por ejemplo, un módem aceptará una señal analógica proveniente de una red o línea de transmisión y la convertirá en un flujo de bits digital.
- Destino: toma los datos entrantes del receptor.

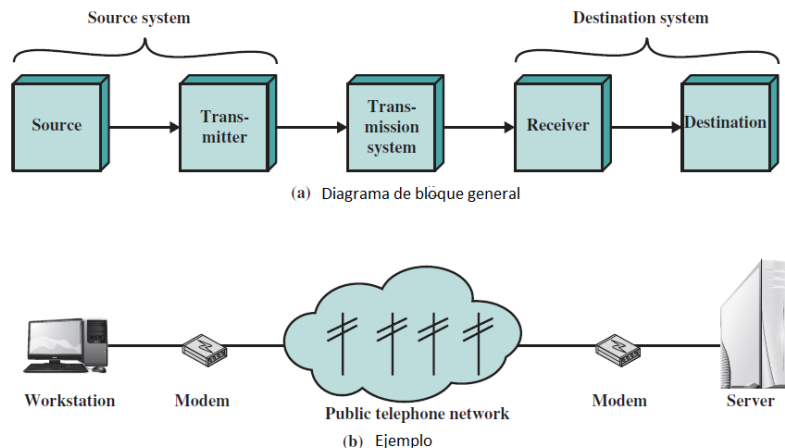


Figura 1.2.1: Modelo de comunicación simplificado

Esta breve y simple descripción, oculta una gran complejidad técnica. Para tener una idea del alcance de esta complejidad, la Tabla 1.2.2 enumera algunas de las

tareas clave que deben realizarse en un sistema de comunicaciones de datos. La lista es algo arbitraria: se pueden agregar elementos; los elementos de la lista podrían fusionarse; y algunos artículos representan varias tareas que se realizan en diferentes "niveles" del sistema.

- El primer elemento, la utilización del sistema de transmisión, se refiere a la necesidad de hacer un uso eficiente de las instalaciones de transmisión que generalmente se comparten entre varios dispositivos de comunicación. Se utilizan varias técnicas (denominadas multiplexación) para asignar la capacidad total de un medio de transmisión entre varios usuarios.

Tabla 1.2.2: Tareas de Comunicación

- | | |
|--|-----------------------|
| ▪ Utilización del sistema de transmisión | ▪ Direccionamiento |
| ▪ Implementación de la interfaz | ▪ Encaminamiento |
| ▪ Generación de la señal | ▪ Recuperación |
| ▪ Sincronización | ▪ Formato de mensajes |
| ▪ Gestión del intercambio | ▪ Seguridad |
| ▪ Detección y corrección de errores | ▪ Gestión de red |
| ▪ Control de flujo | |
-
- Implementación de la interfaz. Normalmente un dispositivo fuente de datos no tiene capacidad para enviarlos a través del enlace o medio de transmisión. Por lo tanto, es necesaria una interfaz entre el dispositivo fuente y el medio de transmisión para que realice esta tarea. Esta interfaz es el transmisor de la Figura 1.2.1(a).
 - Generación de la señal. Le corresponde a la interfaz generar la señal a partir de los datos que le envía el dispositivo fuente. Esta señal deberá tener determinadas características, tales como forma adecuada e intensidad suficiente para que, en primer lugar, sea propagada por el medio y, luego, interpretada correctamente por el receptor.
 - Sincronización. Además de las condiciones expuestas en el párrafo anterior, las señales deben cumplir con la misión de sincronizar el transmisor con el receptor a fin de que éste último esté preparado para recibir las señales cuando las envía el primero. Es decir, el receptor debe saber cuándo comienza la señal y cuándo termina.
 - Gestión del intercambio de datos. En el intercambio de datos, transmisor y receptor deben cooperar para que se lleven a cabo apropiadamente las distintas fases que tiene la comunicación. Por ejemplo, para establecer una conversación telefónica uno de los extremos deberá marcar el número del otro, dando lugar a una serie de señales que harán que el otro teléfono suene. En este ejemplo, el receptor hará que se establezca la llamada descolgando el auricular. Los dispositivos que procesan datos deben realizar otras tareas, además de establecer simplemente la conexión. Por ejemplo, deben acordar si ambos dispositivos pueden transmitir simultáneamente o deben hacerlo por turnos, deben decidir la

cantidad y el formato de los datos que se van a transmitir; también se debe especificar qué hacer si se producen ciertas contingencias como detección de un error. A continuación, se consideran dos ítems que pertenecen a la gestión, pero por su importancia, se los trata en forma individual.

- Detección y corrección de errores. Consiste en asegurar que el mensaje final sea idéntico al que se envió, a pesar de las perturbaciones de cualquier índole que pueda sufrir la señal en el camino.
- Control de flujo. Se debe evitar que un emisor envíe los datos más rápido que lo que puede aceptar el receptor.
- Direccionamiento y encaminamiento. Cuando la comunicación entre dos dispositivos se realiza a través de una red que, además, es compartida por múltiples dispositivos, el sistema fuente deberá indicarle a la red la identidad del dispositivo destino para que solamente él reciba los datos. El encaminamiento o ruteo del dato es una tarea de la red que deberá decidir entre múltiples caminos posibles, el o los caminos adecuados y asegurar la llegada del dato al destino especificado.
- Recuperación. Este es un concepto distinto a la corrección de errores. Está referida a cuando ha ocurrido una contingencia; por ejemplo, ha caído el enlace durante la transmisión de un archivo. Cuando se reanuda la conexión se necesitará un mecanismo de recuperación; es decir se debe decidir, por ejemplo, si se continúa transmitiendo donde se produjo la interrupción, o se transmite todo el archivo nuevamente, o si solo se debe recuperar el estado en que se encontraban los sistemas antes de iniciar la transmisión del archivo.
- Formato del mensaje. Está relacionada con el acuerdo que debe existir entre las dos partes respecto al formato de los datos a intercambiar, como, por ejemplo, el código binario a usar para representar los caracteres.
- Seguridad. El emisor debe asegurarse de que sólo el receptor especificado reciba los datos y no otro. Igualmente, el receptor querrá estar seguro que los datos recibidos no están alterados y son los que realmente envió el emisor especificado.
- Gestión de red. Un sistema de comunicación tiene una complejidad tal que hace necesaria la acción de un gestor de red que configure el sistema, monitoree su estado y rendimiento, reaccione ante fallas y planifique crecimientos futuros. Las tareas mencionadas son realizadas por un administrador de red con la ayuda de algún software específico desarrollado para tales funciones.

1.3. Comunicación de datos

La Figura 1.3.1 proporciona una nueva perspectiva sobre el modelo de comunicaciones de la figura 1.2.1 (a). Analizamos los detalles de esta figura, utilizando el correo electrónico como ejemplo.

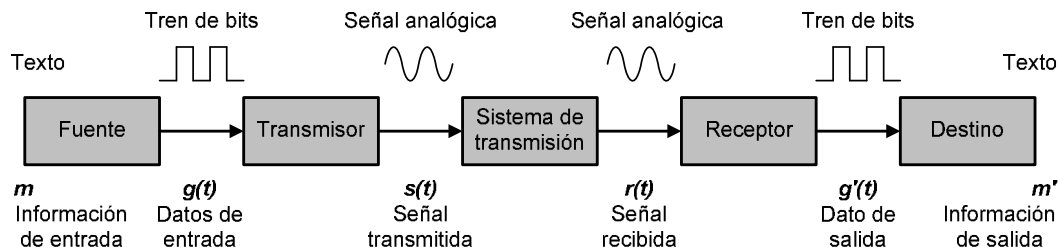


Figura 1.3.1: Modelo de comunicación de datos

Suponga que el dispositivo de entrada y el transmisor son componentes de una computadora. El usuario de la PC desea enviar un mensaje “m” a otro usuario. El usuario activa el paquete de correo electrónico en la PC e ingresa el mensaje a través del teclado (dispositivo de entrada). La cadena de caracteres se almacena brevemente en la memoria principal. Nosotros podemos verlo como una secuencia de bits (g) en la memoria. La computadora personal está conectada a algún medio de transmisión (red local en forma cableada o inalámbrica). Esta red local se conecta un modem/router ADSL (tiene un dispositivo de E/S que cumple las funciones de transmisor). Los datos que genera la computadora son enviados a la entrada del modem ADSL, como una secuencia de cambios de voltaje [$g(t)$] que representan bits en algunos buses de comunicaciones o cable. El transmisor (modem ADSL) se conecta directamente al medio y convierte la entrada a transmitir [$g(t)$] a una señal [$s(t)$] adecuada para la transmisión.

La señal transmitida $s(t)$ presentada al medio está sujeta a una serie de impedimentos, antes de que llegue al receptor. Así, lo recibido, la señal $r(t)$ puede diferir de $s(t)$. El receptor intentará estimar el $s(t)$ original, basado en $r(t)$ y su conocimiento del medio, produciendo una secuencia de bits $g'(t)$. Estos bits se envían a la computadora personal de destino, donde se almacenan temporalmente en memoria como un bloque de bits $g'(t)$. En muchos casos, el sistema de destino intentará determinar si se ha producido un error y, en caso afirmativo, cooperar con el sistema fuente para finalmente obtener un bloque de datos completo y sin errores. Estos datos luego se presentan al usuario a través de un dispositivo de salida, como una impresora o pantalla. El mensaje “m” tal como lo ve el usuario, generalmente será una copia exacta del mensaje original (m).

Ahora considere una conversación telefónica. En este caso la entrada al teléfono es un mensaje “m” en forma de ondas sonoras. Las ondas sonoras son convertidas por el teléfono en señales eléctricas de la misma frecuencia. Estas señales son transmitidas sin modificación por la línea telefónica. De ahí la señal de entrada $g(t)$ y las señales transmitidas $s(t)$ son idénticas. La señal $s(t)$ sufrirá cierta distorsión sobre el medio, de modo que $r(t)$ no será idéntico a $s(t)$. Sin embargo, la señal $r(t)$ se convierte nuevamente en una onda de sonido sin ningún intento de corrección o mejora de calidad de señal. Por lo tanto, “m” no es una réplica exacta de “m”. Sin embargo, el mensaje de sonido recibido es generalmente comprensible para el oyente.

La discusión hasta ahora no toca otros aspectos clave de las comunicaciones de datos, incluyendo técnicas de control de enlace de datos para controlar

el flujo de datos y detectar y corregir errores, y técnicas de multiplexación para la transmisión eficiente.

Transmisión de información

El componente básico de cualquier infraestructura de red empresarial es la línea de transmisión. Gran parte de los detalles técnicos de cómo se codifica y transmite la información que debe cruzar una línea no tiene ningún interés real para el gerente comercial. El gerente está preocupado por si la instalación en particular proporciona la capacidad requerida, si su confiabilidad es aceptable, a un costo mínimo. Sin embargo, hay ciertos aspectos de la tecnología de transmisión que un gerente debe comprender para hacer las preguntas correctas y tomar decisiones correctas.

Una de las opciones básicas que enfrenta un usuario de negocios es el medio de transmisión. Para su uso dentro de las instalaciones comerciales, esta elección generalmente depende completamente del negocio. Para comunicaciones de larga distancia, la elección depende de un proveedor de comunicaciones. En cualquier caso, los cambios en la tecnología son rápidos y es necesario conocer cuáles son las nuevas prestaciones.

De particular interés son la transmisión de fibra óptica y la transmisión inalámbrica (por ejemplo, comunicaciones satelitales y celulares). Estos dos medios están impulsando la evolución de la transmisión de comunicaciones de datos. La disponibilidad cada vez mayor de circuitos de comunicación de fibra óptica está cooperando con la baja en los costos del canal de transmisión. Desde principios de la década de 1980, el crecimiento del mercado de sistemas de transmisión de fibra óptica no tiene precedentes. Durante los últimos 10 años, el costo de la transmisión de fibra óptica se ha reducido en más de un orden de magnitud, y la capacidad de tales sistemas ha crecido casi rápidamente. Casi todos los enlaces de comunicaciones telefónicas de larga distancia en Argentina y los enlaces de mayor velocidad en Internet consisten en cable de fibra óptica.

Debido a su alta capacidad y sus características de seguridad (la fibra es difícil de “pinchar”), se está utilizando cada vez más en edificios de oficinas y redes de área local para llevar la creciente carga de información comercial. El uso extendido de la fibra óptica está impulsando avances en tecnologías de conmutación de comunicación y arquitecturas de gestión de redes.

El uso creciente del segundo medio (transmisión inalámbrica), es el resultado de la tendencia hacia las telecomunicaciones personales universales y el acceso universal a las comunicaciones. El primer concepto se refiere a la capacidad de una persona para usar cualquier sistema de comunicación en cualquier momento y en cualquier lugar, idealmente a nivel mundial. Lo segundo se refiere a la capacidad de usar el dispositivo informático preferido en una amplia variedad de entornos para conectarse a servicios de información (por ejemplo, tener una computadora portátil, teléfono inteligente, o tableta que funcionará igualmente bien en la oficina, en la calle y en un avión, autobús o tren).

Las LAN inalámbricas se han convertido en componentes comunes de la empresa, así como redes de pequeñas oficinas / oficinas domésticas, teléfonos inteligentes y las tabletas con capacidades inalámbricas se están convirtiendo rápidamente en dispositivos de usuarios corporativos con una gran capacidad de comunicación. La movilidad tiene el potencial de liberar un mayor rendimiento en todos los niveles comerciales: personal, de grupo de trabajo y de toda la empresa. Esto proporciona una convincente justificación para una mayor inversión empresarial en tecnologías inalámbricas.

A pesar del crecimiento en la capacidad y la caída en el costo de las instalaciones de transmisión, los servicios de transmisión siguen siendo el componente más costoso de una comunicación para la mayoría de las empresas. Por lo tanto, el gerente necesita estar al tanto de las técnicas que aumentan la eficiencia del uso de estas instalaciones. Los dos enfoques principales para mayor eficiencia son multiplexación y compresión. La multiplexación se refiere a la capacidad de varios dispositivos para compartir una instalación de transmisión. Si cada dispositivo necesita la instalación solo una fracción del tiempo, luego un acuerdo para compartir permite el costo de la instalación para extenderse a muchos usuarios. Compresión, como su nombre lo indica, implica reducir los datos para que la transmisión sea más barata y de menor capacidad

Transmisión y Medios de Transmisión

La información puede ser comunicada convirtiéndola en una señal electromagnética y transmitiendo esa señal sobre algunos medios de transmisión, como una línea telefónica de par trenzado. Los medios de transmisión más utilizados son líneas de par trenzado, cable coaxial, cable de fibra óptica y microondas terrestres y satelital. Las velocidades de datos que se pueden lograr y la velocidad a la que los errores pueden ocurrir dependen de la naturaleza de la señal y del tipo de medio.

Técnicas de comunicación

El envío de información a través de un medio de transmisión implica mucho más que simplemente insertar una señal en el medio. Se debe determinar la técnica utilizada para codificar la información en una señal electromagnética. Hay varias formas de hacerlo, y la elección afecta el rendimiento y la fiabilidad. Además, la transmisión exitosa de información implica un alto grado de cooperación entre los diversos componentes.

Se debe acordar la interfaz entre un dispositivo y el medio de transmisión. Se deben implementar mecanismos controlar el flujo de información y recuperarse de su pérdida o la corrupción. Estas últimas funciones son realizadas por un protocolo llamado control de enlace de datos.

Eficiencia de transmisión

Un costo importante en cualquier instalación de red para transmitir datos, voz y video a través de grandes distancias, es el costo de transmisión. Debido a esto, es importante maximizar la cantidad de información que se puede transportar sobre un recurso determinado durante un espacio de tiempo y a la vez minimizar la capacidad de transmisión necesaria para satisfacer una determinada necesidad de envío de la información. Dos formas de lograr estos objetivos son la multiplexación y la compresión.

Las dos técnicas se pueden usar por separado o en combinación. Las técnicas de multiplexación más comunes son: división de frecuencia, división de tiempo síncrono, división de tiempo estadística y división por longitud de onda, siendo esta última, la que mayor crecimiento está experimentando.

Nuevos tipos de datos: Multimedia

Con la creciente disponibilidad de acceso de banda ancha a Internet se ha generado un mayor interés en las aplicaciones multimedia basadas en la Web y en Internet. Los términos multimedia y aplicaciones multimedia se usan con bastante soltura en la literatura y en publicaciones comerciales, y no hay una definición única del término multimedia. A continuación, se definen algunos términos con el propósito de unificar los conceptos:

- **Medios:** Se refiere a la forma de información e incluye texto, imágenes fijas, audio y video.
- **Multimedia:** Interacción humano-computadora que involucra texto, gráficos, voz y video. Multimedia también se refiere a dispositivos de almacenamiento que se utilizan para almacenar contenido multimedia.
- **Streaming de medios:** Se refiere a archivos multimedia, como videoclips y audio, que comienzan a reproducirse inmediatamente o dentro de segundos después de ser recibido por una computadora desde Internet o la Web. Por lo tanto, el contenido de los medios es consumido en la medida que el servidor va entregando el mismo, en lugar de esperar hasta que se descargue el archivo completo

Tipos de medios

Por lo general, el término multimedia se refiere a cuatro tipos distintos de medios: texto, audio, gráficos y video.

Desde una perspectiva de la comunicación, el término texto se explica por sí mismo y hace referencia a la información que se puede ingresar a través de un teclado y que se puede leer directamente y es posible imprimir. La mensajería de texto, la mensajería instantánea y el correo electrónico de texto (excepto HTML) son ejemplos comunes, como así también lo son las salas de chat y los tableros de mensajes. Sin embargo, el término a menudo es utilizado en el sentido más amplio de datos que pueden almacenarse en archivos y bases de datos y que no encaja en las otras tres categorías. Por

ejemplo, la base de datos de una organización puede contener archivos de datos numéricos, en los que los datos se almacenan en un formato más compacto que el formato de los caracteres imprimibles.

El término audio generalmente abarca dos rangos diferentes de sonido. Voz, o habla, se refiere a los sonidos producidos por el mecanismo del habla humana. En general, se requiere un ancho de banda modesto (menos de 4 kHz) para transmitir la voz. Telefonía y aplicaciones relacionadas (por ejemplo, correo de voz, teleconferencia de audio y tele-marketing) representan los sistemas más tradicionales de la tecnología de las comunicaciones de voz.

Se necesita un espectro de frecuencia más amplio para admitir aplicaciones de música, incluida la descarga de archivos de música.

El servicio de imágenes admite la comunicación de imágenes individuales, gráficos, o dibujos. Las aplicaciones basadas en imágenes incluyen facsímil, diseño asistido por computadora (CAD), publicación e imagen médica. Las imágenes se pueden representar en un formato de vector gráfico, como el que se usa en programas de dibujo y archivos PDF. En una trama formato gráfico (Raster Graphics Format), una imagen se representa como una matriz bidimensional de puntos, denominada píxeles¹. El formato JPG comprimido se deriva de un formato de gráficos tipo raster.

El servicio de video lleva secuencias de imágenes en el tiempo. En esencia, el video utiliza una secuencia de imágenes de barrido de trama.

La figura 1.3.2 muestra la taxonomía del concepto multimedia visto en tres dimensiones: tipo de media, aplicaciones y tecnología requerida.

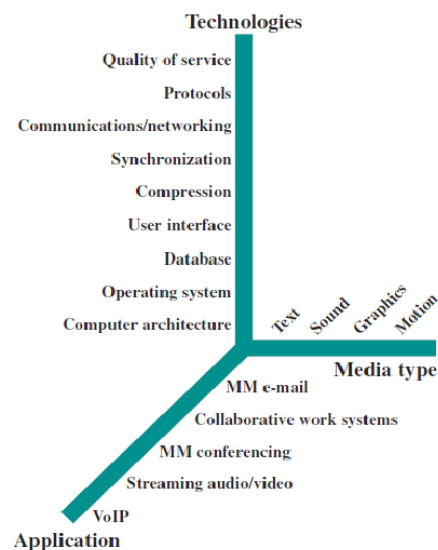


Figura 1.3.2: Taxonomía multimedia

¹ píxel, o elemento de imagen, es el elemento más pequeño de una imagen digital al que se le puede asignar un nivel de gris. De manera equivalente, un píxel es un punto individual en una representación de matriz de puntos de una imagen.

Tecnologías Multimedia

Se describe algunas de las tecnologías que pueden observarse en la Figura 1.3.2:

- **Compresión:** el video digitalizado y, en menor medida, el audio, pueden generar una enorme cantidad de tráfico en una red. Una aplicación de transmisión que se entrega a muchos usuarios, genera un aumento dramático del tráfico. En consecuencia, las normas tienen desarrollado métodos para producir ahorros significativos a través de la compresión. Los estándares más notables son JPG para imágenes fijas y MPG para video.
- **Comunicaciones / redes:** esta amplia categoría se refiere a la transmisión y tecnologías de red (por ejemplo, SONET, ATM) que pueden admitir grandes volúmenes tráfico multimedia
- **Protocolos:** una serie de protocolos son fundamentales para soportar tráfico multimedia. Un ejemplo es el Protocolo de transporte en tiempo real (RTP), el cual es diseñado para soportar tráfico inelástico (tráfico que no se adapta fácilmente, si es que lo hace, a los cambios en el retraso y el rendimiento a través de internet). RTP utiliza almacenamiento en búfer y estrategias de descartes, para asegurar que el tráfico sea recibido por el usuario final en un modelo continuo. Otro ejemplo es el Protocolo de inicio de sesión (SIP), un protocolo de control de nivel de aplicación para configurar, modificar y finalizar sesiones en tiempo real entre participantes a través de una red de datos IP.
- **Calidad de servicio (QoS):** Internet y sus capas inferiores (redes LAN y WAN) deben incluir una capacidad de QoS para proporcionar diferentes niveles de servicio a diferentes tipos de tráfico de aplicaciones. Una capacidad de QoS puede manejar prioridades, restricciones de retraso, restricciones de variabilidad de retraso y otros requisitos similares.

Aplicaciones multimedia

Internet, hasta hace poco, estaba dominado por aplicaciones de recuperación de información, correo electrónico y transferencia de archivos, además de interfaces web que enfatizaban texto e imágenes.

Cada vez más, Internet se está utilizando para aplicaciones multimedia que involucran cantidades masivas de datos para visualización y soporte de interactividad en tiempo real.

La transmisión de audio y video es quizás la más conocida de tales aplicaciones. Un ejemplo de una aplicación interactiva es un entorno de capacitación virtual que implica simulaciones distribuidas e interacción del usuario en tiempo real.

Algunos otros ejemplos se muestran a continuación:

Tabla 1.3.3: Dominio multimedia y aplicaciones

Dominio	Ejemplo de Aplicación
Gestión de la Información	Hipermedia, base de datos multimedia, recuperación basada en contenido
Entretenimiento	Juegos de computadora, video digital, audio (MP3 y MP4)
Telecomunicaciones	Video conferencias, espacios de trabajo compartido, comunidades virtuales
Publicación / Entrega de información	Capacitación en línea, libros electrónicos

1.4. Comunicación de datos utilizando redes

En su forma más simple, la comunicación de datos entre dos dispositivos se realiza directamente a través de una conexión punto a punto por un medio de transmisión. Esta solución no se usa habitualmente en la práctica debido a algunos de los siguientes motivos, o a ambos:

- Los dispositivos están alejados. Sería muy costoso, por ejemplo, tender una línea dedicada de cientos de kilómetros entre dos dispositivos.
- Hay un conjunto de dispositivos que requieren comunicarse, cada uno con el resto. Para tener una idea de la complicación que resulta de conectar mediante líneas dedicadas a varios dispositivos, considérese, por ejemplo, si se debiera tender líneas entre cada par de computadores existentes en la Quinta Agronómica de la UNT.

En la Figura 1.4.1 se observa que cuando el número de dispositivos crece, la cantidad de enlaces dedicados entre ellos crece notablemente más rápido (b). Se puede demostrar que el número de enlaces dedicados entre cada par de dispositivos se obtiene de la siguiente expresión:

Número de enlaces entre dispositivos = $n(n - 1)/2$, donde n es el número de dispositivos.

Así, por ejemplo, para 6 dispositivos se necesitan 15 enlaces dedicados, mientras que para 50 dispositivos se necesitarán 1225 enlaces. Se observa que, para valores grandes de n , el número de enlaces necesarios se aproxima a $n^2/2$; es decir, mientras el número de dispositivos crece en forma lineal, la cantidad de enlaces crece cuadráticamente.

Como conclusión de lo expuesto puede afirmarse que, salvo situaciones muy particulares, la solución de tender enlaces dedicados entre cada par de dispositivos es desaconsejable por lo impráctica y costosa. Por consiguiente, en casi todos los casos en que se necesita intercambiar información entre varios dispositivos, la mejor solución es utilizar los servicios de una red de comunicación.

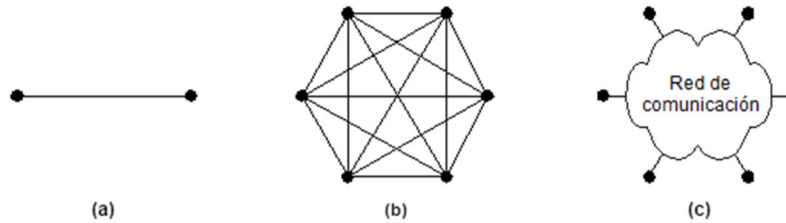


Figura 1.4.1: Conexión de dos puntos (a), conexión de "n" puntos (b), conexión de "n" puntos utilizando una red de datos

Tipos de Redes de dispositivos para transmitir datos

Una red de dispositivos (computadores, tabletas, notebooks, teléfonos inteligentes, entre otros) está compuesta por el conjunto de dispositivos ubicados en los extremos, más la red de comunicación que los comunica. No existe una taxonomía aceptada universalmente dentro de la cual quepan todas las redes de computadores. No obstante, como una primera aproximación al conocimiento de las mismas, resulta útil separarlas de acuerdo a la superficie que cubren. Desde ese punto de vista las redes se pueden clasificar en:

- Red de área personal (Personal Area Network, PAN) es una red dispositivos cercanos a una persona los cuales están interconectados.
- Red inalámbrica de área personal (Wireless Personal Area Network, WPAN), es una red de ordenadores inalámbrica para la comunicación entre distintos dispositivos (ordenadores, puntos de acceso a internet, teléfonos celulares, PDA, dispositivos de audio, impresoras) cercanos al punto de acceso. Estas redes normalmente son de unos pocos metros y para uso personal, así como fuera de ella. El medio de transporte puede ser cualquiera de los habituales en las redes inalámbricas.
- Red de área local (Local Area Network, LAN), es una red que se limita a un área especial relativamente pequeña tal como un cuarto, un solo edificio, una oficina, o un avión.
- Red de área local inalámbrica (Wireless Local Area Network, WLAN), es un sistema de comunicación de datos inalámbrico flexible, muy utilizado como alternativa a las redes de área local cableadas o como extensión de estas.
- Red de área de campus (Campus Area Network, CAN), es una red de ordenadores de alta velocidad que conecta redes de área local a través de un área geográfica limitada, como un campus universitario, una base militar, hospital, etc.
- Red de área metropolitana (Metropolitan Area Network, MAN) es una red de alta velocidad (banda ancha) que da cobertura en un área geográfica más extensa que un campus, pero aun así limitado. Por ejemplo, una red que interconecte los edificios públicos de un municipio dentro de la localidad por medio de fibra óptica.

- Red de área amplia (Wide Area Network, WAN), son redes informáticas que se extienden sobre un área geográfica extensa utilizando medios como: satélites, cables interoceánicos, Internet, fibras ópticas públicas, etc.
- Red de área de almacenamiento (Storage Area Network, SAN), es una red concebida para conectar servidores, matrices (arrays) de discos y librerías de soporte, permitiendo el tránsito de datos sin afectar a las redes por las que acceden los usuarios.
- Red de área local virtual (Virtual LAN, VLAN), es un grupo de ordenadores con un conjunto común de recursos a compartir y de requerimientos, que se comunican como si estuvieran adjuntos a una división lógica de redes de ordenadores en la cual todos los nodos pueden alcanzar a los otros por medio de broadcast (dominio de broadcast) en la capa de enlace de datos, a pesar de su diversa localización física. Este tipo surgió como respuesta a la necesidad de poder estructurar las conexiones de equipos de un edificio por medio de software, permitiendo dividir un conmutador en varios virtuales.

Redes LAN

Las LAN se caracterizan por lo siguiente:

- Extensión. Puede abarcar desde el espacio de una oficina hasta varios edificios cercanos. Usualmente una LAN está formada por computadores y dispositivos contenidos en un edificio de varios pisos, o en varios edificios distantes no más de pocos cientos de metros. Por ejemplo, la red que interconecta los computadores de un block del Centro Universitario Ing. Roberto Herrera (Quinta Agronómica) es una LAN
- Propiedad. Normalmente una LAN es de propiedad de la institución cuyos dispositivos están conectados a dicha red. Esto tiene dos implicancias importantes respecto de la institución:
 - ✓ Debe tenerse especial cuidado en la elección de la LAN por la inversión económica que ello significa en comparación con la conexión a una WAN que es normalmente es mucho menor.
 - ✓ La responsabilidad de la administración de la red es exclusiva de la institución propietaria.
- Velocidad. La velocidad de transmisión de una LAN es alta a muy alta, normalmente 1 Gbps en el borde de la red hasta varios Gigabps (10 GbE, 40 GbE y 100 GbE) en el backbone² de la red.

² Se denomina así a la zona de la red donde se concentra la mayor cantidad del tráfico de datos.

- Configuraciones. Son diversas, las más habituales son las LAN conmutadas o conectadas a través de switches y las LAN inalámbricas³, conectadas en general a través de puntos de acceso (Access Point).

LAN Conmutadas

Se denominan así porque la comunicación entre los dispositivos de usuario es a través de uno o más conmutadores (switches) interconectados entre sí. Las más comunes son las que responden a la norma Ethernet. También se usan LAN ATM basadas en tecnología ATM en un entorno local. Las LAN conmutadas que utilizan fibra óptica como medio de transmisión en el backbone pueden transmitir a muy altas velocidades.

LAN Inalámbricas

Son habituales en entornos de oficinas. La tecnología inalámbrica es también muy utilizada en MAN y WAN en voz y datos; además, se usa para interconectar varias LAN ubicadas en el ámbito urbano y suburbano. Las redes inalámbricas proporcionan ventajas evidentes en términos de movilidad y facilidad de instalación y configuración. La velocidad de transmisión es menor que en las LAN conmutadas con fibra óptica.

MAN

Las MAN se caracterizan por lo siguiente:

- Extensión. Se extiende sobre toda una población o conjunto de poblaciones cercanas. Por ejemplo, una red MAN típica se podría extender sobre San Miguel de Tucumán, Tañ Viejo, Banda del Río Salí, Manantial y Yerba Buena.
- Propiedad. Pueden ser de propiedad pública o privada.
- Velocidad. Con el uso de la fibra óptica, las MAN pueden transmitir en el backbone a muy altas velocidades 10 Gigabps o más.
- Configuraciones. Las más usuales son soluciones basadas en extensiones metropolitanas de Ethernet o redes inalámbricas.

WAN

Las WAN se caracterizan por lo siguiente:

- Extensión. Pueden llegar a cubrir desde una población hasta un continente. Un ejemplo de WAN es la Red de Interconexión Universitaria - RIU - que interconecta las universidades nacionales de Argentina. Otro ejemplo es la red de telefonía pública que provee el servicio en una provincia, una región o un país.

³ Son aquellas redes que usan como medio de transmisión el aire, a través del cual se desplazan ondas electromagnéticas que transportan la señal.

Conmutación de Circuitos

Para proporcionar una conexión entre dos dispositivos a través de una red de conmutación de circuitos, debe establecerse un camino de comunicación dedicado antes de enviar el mensaje. El camino es una secuencia de enlaces físicos conectados por los nodos. En cada enlace se dedica un canal exclusivo para la conexión de cada par de dispositivos.

Una vez establecido el camino dedicado, el dato generado por la estación fuente es transmitido tan rápido como sea posible hasta la estación destino. Esto significa que, en cada nodo, el dato de una conexión es enviado sin retardo por un canal de salida ya establecido. Las redes basadas en la conmutación de circuitos son las más antiguas y fueron diseñadas para transmitir voz; por ello, el ejemplo más común de red de conmutación de circuitos es la red telefónica.

Conmutación de Paquetes

En una red de conmutación de paquetes no se utiliza una vía de transmisión dedicada a través de la red. En lugar de ello, el mensaje es enviado en una secuencia de paquetes de datos que pasan de nodo en nodo siguiendo algún camino entre los dispositivos fuente y destino. En cada nodo el paquete es recibido, almacenado temporariamente y, luego, transmitido al próximo nodo. Las redes de conmutación de paquetes fueron diseñadas para hacer eficiente la comunicación entre dispositivos informáticos como, por ejemplo, las conexiones entre computadores o entre un computador y sus terminales. Existen dos modos de transmisión en conmutación de paquetes:

Transmisión en modo datagrama. Es el modo más tradicional de enviar paquetes de datos por una red de conmutación de paquetes y consiste en fraccionar el mensaje en paquetes de datos o datagramas. Cada paquete lleva parte de los datos del mensaje más información de control que se agrega como, por ejemplo, la dirección del dispositivo fuente y la del dispositivo destino, entre otra información. Cuando el paquete enviado por el dispositivo fuente llega al primer nodo de conmutación de la red, éste inspecciona su dirección destino y decide una ruta enviándolo al nodo correspondiente. Esta operación se repite en cada nodo hasta que el paquete es entregado al dispositivo destino. Así, cada paquete es tratado en forma individual por cada nodo de la red.

Una WAN normalmente presenta varias alternativas de rutas posibles entre dos dispositivos extremos debido a la existencia de enlaces redundantes entre los nodos. Esto le otorga confiabilidad a la red puesto que, si un enlace se cae o está congestionado, el nodo puede decidir el envío de los paquetes por otros enlaces alternativos que están en dirección del destino final.

Transmisión en modo circuito virtual. Es otro modo de comunicar paquetes por una red de conmutación de paquetes. En este caso, antes de enviar el mensaje, el dispositivo fuente establece con el destino una conexión lógica siguiendo un camino a través de los nodos de la red por el que deberán transitar todos los

paquetes del mensaje. Esta conexión lógica se denomina circuito virtual y son los dispositivos de usuario y nodos involucrados en dicha conexión los encargados de establecerla, mantenerla, y luego finalizarla cuando correspondiere.

MPLS

Multiprotocol Label Switching (MPLS) es un conjunto de especificaciones del grupo (IETF, Internet Engineering Task Force) para incluir información de enrutamiento e ingeniería de tráfico en los paquetes. Por lo tanto, MPLS comprende una serie de protocolos interrelacionados, los cuales se puede denominar “suite de protocolos MPLS”. Puede ser usado en redes IP, pero también en otros tipos de redes de conmutación de paquetes. MPLS se utiliza para garantizar que todos los paquetes en un flujo particular tomen la misma ruta en un “backbone”. Es un servicio muy ofrecido por empresas de telecomunicaciones y proveedores de internet. Esta suite de protocolos soporta voz y video en tiempo real, como así también acuerdos de nivel de servicio garantizado (SLA, Service Level Agreement)

ATM

El modo de transferencia asíncrono, a veces denominado “reenvío de celdas”, es la culminación de desarrollos en conmutación de circuitos y conmutación de paquetes. ATM puede ser visto como una evolución de Frame Relay. La diferencia más obvia entre Frame Relay y ATM es que Frame Relay utiliza paquetes de longitud variable, llamados marcos, y ATM utiliza paquetes de longitud fija, llamados celdas. Al igual que con Frame Relay, ATM proporciona poca sobrecarga para el control de errores, dependiendo de la confiabilidad inherente del sistema de transmisión y en capas superiores de lógica en los sistemas finales para atrapar y corregir los errores. Al usar una longitud de paquete fija, se reduce la sobrecarga de procesamiento. El resultado es que ATM diseñado para trabajar en el rango de 10 y 100 Mbps, y en el rango de Gbps.

ATM también se puede ver como una evolución de la conmutación de circuitos. En la conmutación de circuitos, solo los circuitos de velocidad de datos fijos están disponibles para el sistema final. ATM permite definir múltiples canales virtuales con velocidades de datos que son dinámicamente establecidas en el momento en que se crea el canal virtual. Al usar celdas pequeñas de tamaño fijo, ATM es tan eficiente que puede ofrecer un canal de velocidad de datos constante.

1.5. Internet: la gran interred

Internet evolucionó de ARPANET, que fue desarrollado en 1969 por la Agencia de Proyectos de Investigación Avanzada (ARPA) del Departamento de Defensa de los EE. UU. Fue la primera red operativa de conmutación de paquetes. ARPANET inició operaciones en cuatro lugares Hoy el número de hosts es de cientos de millones, el

número de usuarios está en los miles de millones, y el número de países participantes cerca de 200. El número de conexiones a Internet continúa creciendo exponencialmente.

La red tuvo tanto éxito que ARPA aplicó la misma tecnología de conmutación de paquetes para las comunicaciones por radio (radio por paquetes) y comunicación por satélite (SATNET). Debido a que las tres redes operaban en muy diferentes entornos de comunicación, los valores apropiados para ciertos parámetros, como como tamaño máximo de paquete, fueron diferentes en cada caso. Frente al dilema de integrar estas redes, Vint Cerf y Bob Kahn de ARPA desarrollaron métodos y protocolos para interconexión de redes, es decir, comunicación a través de múltiples, redes de paquetes conmutados. Publicaron un artículo muy influyente en mayo 1974 [CERF74] describiendo su enfoque sobre un Protocolo de Control de Transmisión. La propuesta fue refinada y los detalles completados por la comunidad ARPANET, con importantes contribuciones de participantes de redes europeas que finalmente condujeron al desarrollo de la suite de protocolos TCP/IP

En esencia, Internet opera de la siguiente manera: Un host puede enviar datos a otro host en cualquier lugar de Internet (el mundo). El host de origen divide los datos que se enviarán en una secuencia de paquetes, llamados datagramas IP o paquetes IP. Cada paquete incluye una dirección numérica única del host de destino. Esta dirección se conoce como dirección IP, porque la dirección se transporta en un paquete IP. Basado en esa dirección destino cada paquete viaja a través de una serie de enrutadores y redes desde la fuente al destino. Cada enrutador, cuando recibe un paquete, toma una decisión de enrutamiento y reenvía el paquete en su camino hacia el destino.

La figura 1.5.1 muestra los elementos claves que forman parte de la gran interred: Internet:

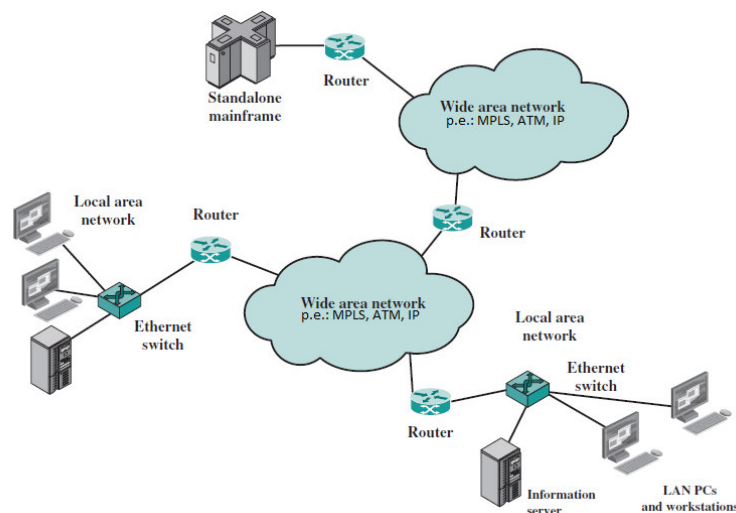


Figura 1.5.1: Elementos de internet

Arquitectura de Internet

Internet hoy está formado por miles de redes jerárquicas superpuestas. Debido a esto, no es práctico intentar una descripción detallada de la arquitectura o topología de Internet. Sin embargo, se puede desarrollar un esquema de las características generales de la misma. La Figura 1.5.2 ilustra la discusión.

Un elemento clave de Internet es el conjunto de hosts conectados a él. En pocas palabras, un host es un o un dispositivo que puede intercambiar datos a través de una interface que lo conecta a la red. Hoy en día ese dispositivo puede ser una notebook, tableta, Smartphone, e incluso autos, entre otros. Todos ellos, pueden ser agrupados en una LAN, esa es una configuración típica en las organizaciones. Los hosts y las LAN están conectados a un proveedor de servicios de Internet (ISP) a través de un punto de presencia (POP). La conexión se realiza en una serie de pasos que comienzan con el equipo de las instalaciones del cliente (CPE), el cual es instalado localmente en la organización, para conectarse en su interior con la LAN y en forma exterior con el Punto de Presencia (POP) del proveedor de internet.

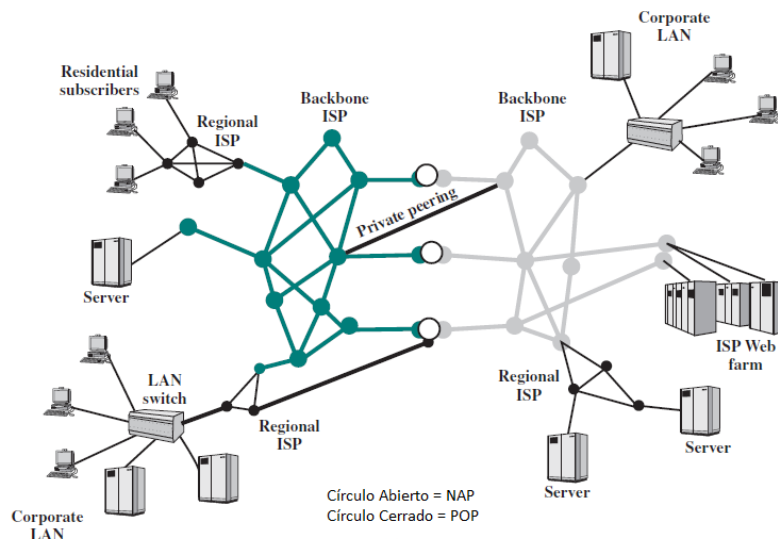


Figura 1.5.2: Arquitectura de Internet

Equipo de instalaciones del cliente (CPE): Equipos de telecomunicaciones que se encuentran en las instalaciones del cliente (ubicación física). Ejemplos de este equipamiento son los módems digitales, routers, decodificadores de TV, routers hogareños (DSL⁴ por cobre o por fibra).

Proveedor de Servicios de Internet(ISP): Una compañía que brinda a otras compañías o individuos acceso o presencia en Internet. Un ISP tiene el equipamiento y el acceso a

⁴ Servicio de internet de banda ancha que los IPS ofrecen a los clientes hogareños

la línea de telecomunicaciones necesarios para tener un POP en Internet para brindar el servicio al área geográfica asignada.

Punto de acceso a la red (NAP): es una infraestructura física a través de la cual los proveedores de servicios de internet (ISP) intercambian el tráfico de Internet entre sus redes. En la argentina también se conocen como IXP (Internet Exchange Point)

CABASE es la Cámara Argentina de Internet. Todos los años publica un mapa donde se pueden observar los IXPs en funcionamiento en Argentina. La figura 1.5.3 muestra el número y la ubicación de los IXP's publicados en 2019:

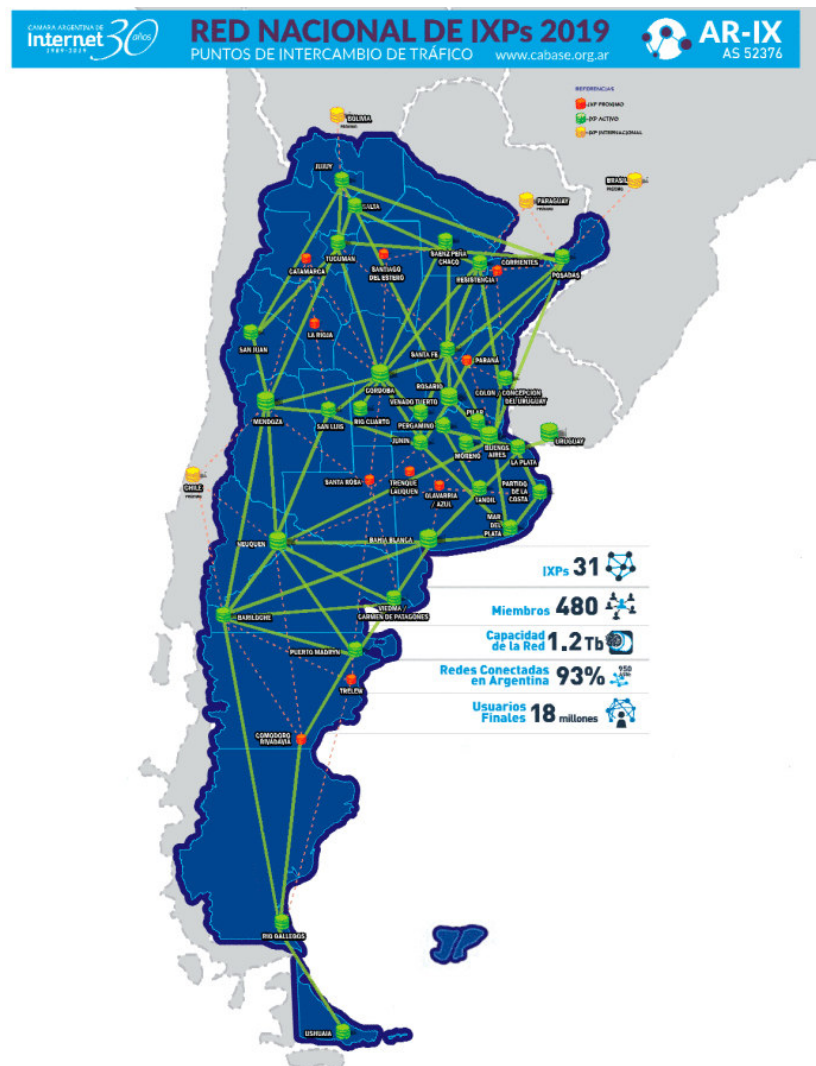


Figura 1.5.3: Puntos de intercambio de tráfico ISP en Argentina 2019

Proveedor de servicios de red (NSP): Una empresa que brinda servicios de red troncal a un proveedor de servicios de Internet. Por lo general, un ISP se conecta a un punto

llamado intercambio de Internet (IXP) que representa a un ISP regional, el cual a su vez se conecta a una red troncal NSP. En Argentina, brindan este servicio (entre otras empresas) Telecom, Telefónica, Silica Networks (Grupo Datco), Level3 (recientemente adquirida por CenturyLink).

Punto de presencia (POP): Un sitio que tiene una colección de equipos de telecomunicaciones, generalmente se refiere a sitios del ISP o compañía telefónica. Un ISP POP es el borde de la red del ISP; las conexiones de los usuarios son aceptadas y autenticadas allí. En el caso de Tucumán, un ejemplo de ISP POP son las instalaciones de Tucumán BBS o de ARLAB (ISP activos en el año 2020).

1.6. Estándar

Desde hace tiempo la industria ha aceptado la necesidad de contar con estándares o normas para definir las características físicas y de procedimiento de los equipos de comunicaciones. La estandarización proporciona una serie de ventajas a usuarios y fabricantes, siendo las más importantes:

- Permite que productos de hardware y software de diferentes fabricantes se interconecten y puedan comunicarse. De esta forma proporciona al usuario de mayor flexibilidad en la selección y uso de dichos productos.
- Asegura potencialmente un amplio mercado para fabricantes y usuarios. Esto estimula la producción masiva; por ejemplo, el uso de integración a gran escala (LSI) o a muy gran escala (VLSI).

Estándar de Internet

En la ingeniería de redes informáticas, un Estándar de Internet es una especificación normativa de una tecnología o metodología aplicable a Internet. Los Estándares de Internet son creados y publicados por el Grupo de Trabajo de Ingeniería de Internet (IETF).

Las contribuciones de ingeniería al IETF comienzan como un Borrador de Internet, pueden promoverse a una Solicitud de Comentarios y eventualmente convertirse en un Estándar de Internet.

Un Estándar de Internet se caracteriza por su madurez técnica y utilidad. El IETF también define un Estándar Propuesto como una especificación menos madura pero estable y bien revisada. Un Proyecto de Norma es una tercera clasificación que se discontinuó en 2011. Un Proyecto de Norma fue un paso intermedio que se producía después de un Estándar Propuesto, pero antes de un Estándar de Internet.

Internet se basa en estándares técnicos que permiten que los dispositivos, servicios y aplicaciones sean inter operativos en una amplia y diversificada red de redes. Al centrarse en la interoperabilidad del tráfico entre redes, los estándares de Internet

describen los protocolos sin prescribir características de dispositivos, modelos empresariales ni contenidos.

Internet depende de diversos tipos de estándares técnicos, que desarrollan diversas organizaciones. Entre dichos estándares se incluyen, por ejemplo: estándares y protocolos desarrollados por la Fuerza de Tareas de Ingeniería de Internet (IETF), así como estándares de infraestructuras de telecomunicaciones desarrollados por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU); estándares de hardware desarrollados por organismos tales como el Instituto de ingenieros eléctricos y electrónicos (IEEE), y estándares sobre aplicaciones y software, como, por ejemplo, los desarrollados por el Consorcio World Wide Web (W3C).

Entidades que producen estándares

Distintas organizaciones trabajan para garantizar que los estándares que desarrollan contribuyan a la estabilidad y continuidad de Internet y las refuercen. Sin embargo, estas organizaciones tienen distintos enfoques y procesos, distintas estructuras de afiliación (o ninguna, en el caso de la IETF), etc.

Los organismos tienen responsabilidades de estandarización distintas, pero complementarias. Por ejemplo, la IETF no estandariza hardware de transmisión, ya que eso es responsabilidad de organizaciones tales como la IEEE. Tampoco estandariza especificaciones especializadas de World Wide Web, como, por ejemplo, HTML y XML, que son responsabilidad del W3C. La IETF sí estandariza todas las capas de protocolos que se encuentran en el espacio intermedio, desde el protocolo IP hasta aplicaciones generales como el correo electrónico y HTTP.

Ya sean estándares relacionados con el software, el hardware o las infraestructuras, cada uno de ellos desempeña un papel importante a la hora de contribuir al éxito y a la creciente ubicuidad de Internet. Garantizar que las adecuadas organizaciones dedicadas a la elaboración de estándares cooperen y trabajen de forma activa y conjunta para lograr la máxima eficacia, evitando de este modo duplicaciones, confusiones en el mercado y usos ineficientes de los recursos, es esencial en este mundo de telecomunicaciones, informática e Internet cada vez más convergentes. Las organizaciones participantes en el desarrollo de estándares son:

ISOC

Internet Society (ISOC) es la sede organizativa de la Fuerza de Tareas de Ingeniería de Internet (IETF), el Consejo de Arquitectura de Internet (IAB), el Grupo de Dirección de Ingeniería de Internet (IESG) y la Fuerza de Tareas de Investigación de Internet (IRTF), las secciones de investigación y establecimiento de estándares de la comunidad de Internet.

<http://www.isoc.org/>

IETF

La Fuerza de Tareas de Ingeniería de Internet (IETF) es una gran comunidad de estandarización abierta e internacional compuesta por diseñadores, operadores, proveedores e investigadores de redes, que se ocupa de la evolución de la arquitectura y el normal funcionamiento de Internet. La IETF es responsable de las especificaciones de los principales protocolos de Internet, como, por ejemplo, IP (v4 y v6), así como HTTP (el protocolo de comunicaciones de World Wide Web)

<http://www.ietf.org/>

IAB

El IAB (Consejo de Arquitectura de Internet) funciona como un comité de la IETF. Entre sus responsabilidades se incluyen la supervisión²⁴ de los aspectos arquitectónicos de las actividades de IETF, la supervisión y el cuestionamiento del proceso de desarrollo de estándares de Internet y el nombramiento del RFC Editor. El IAB es también responsable de la gestión de los registros de parámetros de protocolos de la IETF.²⁵

<http://www.iab.org/>

IESG

El IESG (Grupo de Dirección de Ingeniería de Internet) es responsable de la gestión técnica de las actividades de la IETF y los procesos de elaboración de estándares de Internet. Es también responsable de las acciones asociadas con la entrada en la vía de estándares de Internet y con el movimiento a lo largo de dicha vía, incluida la aprobación final de especificaciones como estándares de Internet.

<http://www.ietf.org/iesg/>

W3C

El W3C (Consorcio World Wide Web) desarrolla tecnologías de interoperabilidad (especificaciones, directrices, software y herramientas) para World Wide Web. El W3C es un foro internacional dedicado a la información, el comercio, la comunicación y el entendimiento colectivo. Uno de los logros más importantes del W3C es la especificación estándar de HTML, que es el lenguaje de publicación de World Wide Web.

<http://www.w3.org>

IEEE

El IEEE (Instituto de ingenieros eléctricos y electrónicos) es una organización internacional que desarrolla estándares tecnológicos eléctricos y electrónicos. Muchos de los estándares de IEEE son esenciales para las tecnologías de red y las ciencias informáticas. Algunos ejemplos de tecnologías clave son los estándares de conexión de fibra óptica, Bluetooth, WiFi y Ethernet.

<http://www.ieee.org/index.html>

ITU-T

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU) es una agencia especializada de las Naciones Unidas que se ocupa de aspectos relacionados con la tecnología de la comunicación y la información. La ITU coordina el uso global compartido del espectro radioeléctrico, fomenta la cooperación internacional en la asignación de órbitas para satélites, trabaja para mejorar la infraestructura de telecomunicaciones en países en vías de desarrollo y realiza recomendaciones que fomentan la interconexión de sistemas de comunicaciones. ITU-T (el sector de normalización de las telecomunicaciones de la ITU) realiza recomendaciones sobre telecomunicaciones a nivel internacional. Las recomendaciones presentadas por el ITU-T no son específicas de Internet, pero dado que una parte del tráfico de Internet circula por redes de telecomunicaciones, ITU-T forma parte del gran ecosistema.

<http://www.itu.int/ITU-T/>

Request For Comment (RFC)

Los Request for Comments, más conocidos por sus siglas RFC, son una serie de publicaciones del grupo de trabajo de ingeniería de internet que describen diversos aspectos del funcionamiento de Internet y otras redes de computadoras, como protocolos, procedimientos, etc. y comentarios e ideas sobre estos. Según su grado de madurez los RFC's puede tener uno de los siguientes estados:

- ✓ **Estándar (en inglés standard).** Es una norma
- ✓ **Estándar borrador (en inglés draft standard).** El IAB está considerando activamente este protocolo como un posible protocolo estándar. Existe una posibilidad que cambie, esos cambios serán hechos en un borrador del protocolo antes de liberarlos como estándar.
- ✓ **Estándar propuesto (en inglés proposed standard).** Es una propuesta que debe considerar el IAB para su estandarización en el futuro. Es probable la revisión del protocolo
- ✓ **Experimental (en inglés experimental).** Es una especificación experimental que no debería implementarse a no ser que esté participando en el experimento y ha coordinado su uso del protocolo con el desarrollador del protocolo.
- ✓ **Informativo (en inglés informational).** Los protocolos desarrollados por otras organizaciones o que en general están fuera del alcance del IAB deben publicarse como RFC's informativos. Este tipo de protocolos pueden en algunos casos también estar recomendados para su uso en Internet por IAB.
- ✓ **Histórico (en inglés historic).** Es poco probable que pasen a ser estándares en Internet porque los han reemplazado los desarrolladores más tarde o por falta de interés. La segunda forma de clasificación define el grado de cumplimiento necesario de la norma dentro de Internet
- ✓ **Requerido (en inglés required).** Es de cumplimiento obligado. Por ejemplo, el RFC del protocolo IP
- ✓ **Recomendado (en inglés recommended).** Aquellas que, si no son cumplidas, no impiden la conexión a Internet, pero afectan de manera importante a la prestación

y acceso a los servicios. La noción general es que si se va a hacer algo como esto debería hacer exactamente esto. Por ejemplo, el RFC de TCP

- ✓ **Electivo (en inglés elective).** Aquellas que, aunque no son entendidas como de aplicación general, sí son necesarias para un cierto servicio concreto. Por ejemplo, la de SMTP para acceder al correo electrónico
- ✓ **Uso limitado (en inglés limited use).** Está para usar en circunstancias limitadas. Esto puede ser debido a su estado experimental, naturaleza específica, funcionalidad limitada o estado histórico.
- ✓ **No recomendado (en inglés not recommended).** Aquellas que no se recomiendan para uso general. Esto puede ser debido a su funcionalidad limitada, naturaleza específica o estado experimental o histórico.

La figura 1.6.1 muestra el ciclo de vida de un estándar:

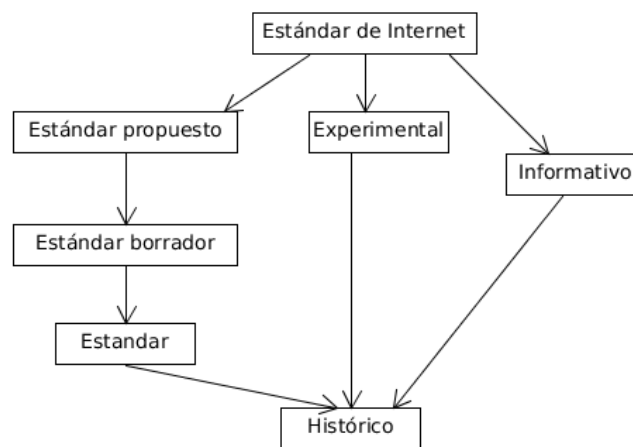


Figura 1.6.1: Ciclo de vida de un estándar

Un RFC muy famoso es el 791, el estándar que define los detalles del protocolo IP. A continuación, se muestra el encabezado de este primer documento que constituyó la base para la identificación de un host en la gran interred: “Internet”.

RFC: 791

INTERNET PROTOCOL
DARPA INTERNET PROGRAM
PROTOCOL SPECIFICATION
September 1981

prepared for

Defense Advanced Research Projects Agency
Information Processing Techniques Office
1400 Wilson Boulevard
Arlington, Virginia 22209

by

Information Sciences Institute
University of Southern California
4676 Admiralty Way

Marina del Rey, California 90291

September 1981

Internet

Protocol

TABLE OF CONTENTS

PREFACE	
iii	
1. INTRODUCTION	1
1.1 Motivation.....	1
1.2 Scope	1
1.3 Interfaces	1
1.4 Operation	2
2. OVERVIEW	5
2.1 Relation to Other Protocols.....	9
2.2 Model of Operation	5
2.3 Function Description	7
2.4 Gateways	9
3. SPECIFICATION.....	11
3.1 Internet Header Format	11
3.2 Discussion	23
3.3 Interfaces	31
APPENDIX A: Examples & Scenarios	34
APPENDIX B: Data Transmission Order	39
GLOSSARY	41
REFERENCES	45