

NOTAS del curso

Introducción a la ingeniería

Madrid, diciembre de 2007

Jorge Pérez **Vicente Ortega**
Claudio Feijóo **Luis Castejón**

Grupo de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones
Departamento de Señales, Sistemas y Radiocomunicaciones
ETSI Telecomunicación
Universidad Politécnica de Madrid

Introducción a la ingeniería

ÍNDICE

1. CONTENIDOS DEL CURSO (temario)
2. OBJETIVOS Y CONSIDERACIONES GENERALES
3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS
4. ALGUNAS IDEAS FUNDAMENTALES
5. FUENTES DE INFORMACIÓN ADICIONAL RECOMENDADAS

TEMARIO DETALLADO

Capítulo 1

¿QUÉ SON LAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LAS COMUNICACIONES: las TIC?

1. Introducción
2. Concepto de TIC

Capítulo 2

LAS FUENTES DE INFORMACIÓN. CLASES

1. Clases de fuentes de información
2. El mundo analógico vs el mundo digital
3. Requisitos de la información analógica y digital
4. La información multimedia

Capítulo 3

COMPONENTES BASE DE LAS TIC

1. Los Componentes base de las TIC
2. La microelectrónica
3. El software
4. Las infraestructuras de telecomunicaciones
 - 4.1. Diferentes clasificaciones de las redes de telecomunicación
 - 4.2. Esquemas de acceso a los contenidos
 - 4.3. Tipología de redes de comunicaciones
 - 4.4. El acceso a las redes
 - 4.5. Señalización
 - 4.6. Conmutación
 - 4.7. Transmisión
 - 4.8. Interconexión

Capítulo 4

REDES Y SERVICIOS DE COMUNICACIÓN

1. Introducción
2. Las metas de las telecomunicaciones
 - 2.1. Situación actual de las redes de comunicación
3. Regulación, redes y servicios
4. Las Redes de Telecomunicación
 - 4.1. Clasificación de las redes de comunicación
 - 4.2. Red telefónica básica
 - 4.3. Red Digital de Servicios Integrados (RDSI)
 - 4.4. xDSL
 - 4.5. Redes de datos
 - 4.6. Redes corporativas
 - 4.7. Redes de ordenadores

- 4.8. Redes para comunicaciones móviles
- 4.9. Comunicaciones y redes por satélite
- 4.10. Redes terrenales de difusión de TV y radio
- 4.11. Sistema de distribución multimedia multipunto (MMDS)
- 4.12. LMDS
- 4.13. Redes de cable
- 5. Los Servicios de Telecomunicación
 - 5.1. Servicios finales
 - 5.2. Servicios de valor añadido

Anexo A

DESCRIPCIÓN BÁSICA DE INTERNET

INTRODUCCIÓN

- 1. Origen de Internet
- 2. Funcionamiento de Internet
- 3. Arquitectura TCP/IP
- 4. Direcciones IP
- 5. Encaminamiento IP
- 6. Sistema de Nombres de Dominio DNS
- 7. Sintaxis de los nombres y delegación de autoridad
 - 7.1. Asociación entre nombres de dominio y direcciones IP
 - 7.2. Servicios Internet
- 8. Desarrollo actual de internet y previsiones
- 9. El Futuro del TCP/IP y del DNS
- 10. Internet móvil

ANEXO B

Glosario de términos

El sector TIC

1. CONTENIDOS DEL SEMINARIO (temario)

1. ¿Qué son las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones?
2. Las fuentes de información. Clases
3. Componentes base de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones
4. Redes y servicios
5. Caso de estudio: Descripción básica de Internet (Anexo A)

2. OBJETIVOS Y CONSIDERACIONES GENERALES

Este curso es una introducción al **sector de la información y las comunicaciones**. Se pretende que el participante adquiera una visión general sobre los factores que modulan el sector: la tecnología, la regulación y los mercados. Para avanzar en el conocimiento de uno de los sectores de actividad económica más complejos y que mayor interés suscita entre los diversos agentes económicos es fundamental comprender las implicaciones de estos tres factores.

El curso tiene además el propósito de igualar en conocimientos (“homogeneizar”) a los diferentes alumnos con distintos perfiles y hacer que se encuentren en situación parecida en cuanto a conocimientos básicos y un lenguaje común.

También hay que destacar que se trata de un curso con una fuerte carga de “motivación” con respecto al sector de la información y las comunicaciones y con respecto al resto de los cursos que forman la carrera de ingeniería de telecomunicación.

Este texto es fundamentalmente descriptivo sobre la base tecnológica de la electrónica, la informática y las telecomunicaciones, y analiza la evolución sectorial para comprender el por qué de los hechos, la magnitud económica del sector, las redes y servicios de telecomunicaciones, así como las iniciativas políticas de apoyo al desarrollo del sector.

Por último, se debe considerar que es un curso que invita a la reflexión y que repasa todos los aspectos sin entrar en detalles que impedirían adquirir una visión general.

3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Conocer cuáles son los sectores convergentes en las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC).
2. Comprender el fenómeno de convergencia de tecnologías.
3. Identificar los elementos tecnológicos claves de la electrónica, el audiovisual, la informática y las telecomunicaciones.
4. Comprender el fenómeno de convergencia de mercados.
5. Apreciar la importancia que adquiere el usuario de los servicios y las aplicaciones.
6. Manejar el lenguaje básico de las TIC.

7. Comprender los factores de evolución y el entorno actual de las TIC.
8. Conocer las oportunidades del negocio de las TIC y la competencia existente.
9. Entender que las implicaciones regulatorias marcan el desarrollo de las redes y servicios.
10. Conocer las tendencias del sector de la información y las comunicaciones.

4. ALGUNAS IDEAS FUNDAMENTALES

1. Las TIC son el resultado de la convergencia tecnológica en torno a las tecnologías de la electrónica, el software y las infraestructuras de telecomunicaciones de los sectores de la informática, el audiovisual y las telecomunicaciones.
2. Las TIC son el resultado de la convergencia tecnológica y de mercados de los sectores de las telecomunicaciones, la informática y el audiovisual, en uno nuevo denominado sector multimedia.
3. Los distintos sectores colaboran en ocasiones y compiten en otras, como única forma de desarrollar nuevos productos y de ampliar mercados.
4. El usuario pasa a ser el centro de atención de los nuevos desarrollos. Tras años de búsqueda de soluciones exclusivamente tecnológicas, los desarrolladores han percibido que el consumo de información depende fuertemente de la facilidad de acceso y uso a la información.
5. El sector de las telecomunicaciones depende fuertemente de la regulación y de la tecnología.
6. La regulación ha conformado la estructura actual de las redes y servicios de telecomunicaciones.
7. Se ha pasado de una situación en la que en la informática existía un monopolio de hecho y en las telecomunicaciones de derecho, a otra en la que existen multitud de fabricantes de sistemas abiertos y competencia en redes y servicios.
8. Los factores que conforman el sector de las telecomunicaciones son las iniciativas políticas, la regulación y estandarización, la globalización, la colaboración y la competencia entre empresas, el grado de madurez de la tecnología y el cambio social.
9. Las telecomunicaciones tienen una gran importancia en la economía actual, tanto por la magnitud económica directa del sector, como por lo estratégico de disponer de información y conocimiento en tiempo real.
10. Las operadoras de telecomunicaciones se han internacionalizado a pasos acelerados, como consecuencia de la apertura de los mercados en monopolio, mediante alianzas con otras operadoras y con otras empresas del sector de la información y las comunicaciones.
11. Las redes actuales no ponen a disposición de cualquier usuario todas las características deseables de cobertura, ancho de banda, bidireccionalidad, personalización e interactividad.
12. La arquitectura básica de un sistema del sector de la información y las comunicaciones se compone de redes (infraestructuras), servicios y aplicaciones.
13. Internet es el paradigma de la evolución del sector de la información y las comunicaciones.

5. FUENTES DE INFORMACIÓN ADICIONAL RECOMENDADAS

Véase el “programa” de la asignatura (2007-2008).

Capítulo 1

¿QUÉ SON LAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LAS COMUNICACIONES: las TIC?

1. INTRODUCCIÓN

El primer tema del seminario forma parte de la introducción al sector de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. Su objetivo es adquirir una visión general sobre uno de los factores que gobiernan este sector: la tecnología. Más adelante se considerarán aspectos como la regulación, la convergencia de mercados o el impacto en la sociedad.

La comprensión de los fenómenos tecnológicos que se encuentran en la base de la revolución de la información es fundamental para avanzar en el conocimiento de uno de los sectores de actividad económica y social más complejos y que mayor interés suscita en la sociedad.

A través del estudio de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones se pretende conseguir una serie de objetivos específicos:

- Conocer cuáles los sectores convergentes en las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC).
- Comprender el fenómeno de convergencia de tecnologías.
- Identificar los elementos tecnológicos claves de la electrónica, el audiovisual, la informática y las telecomunicaciones.
- Comprender el fenómeno de convergencia de mercados.
- Apreciar la importancia que adquiere el usuario de los servicios y las aplicaciones.
- Manejar el lenguaje básico de las TIC.
- Comprender los factores de evolución y el entorno actual de las telecomunicaciones.
- Entender que las implicaciones regulatorias marcan el desarrollo de las redes y servicios.

Las denominadas Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) ocupan un lugar central en la sociedad y en la economía del fin de siglo, con una importancia creciente. El concepto de TIC surge como convergencia tecnológica de la electrónica, el *software* y las infraestructuras de telecomunicaciones. La asociación de estos tres elementos da lugar a una concepción del proceso y uso de la información, en el que las comunicaciones abren nuevos horizontes y paradigmas.

De una forma empírica se puede comprobar como cada nuevo avance en el sector de las TIC necesita de elementos procedentes de las (Tele)Comunicaciones, la Electrónica, la Informática y el Audiovisual. De esta manera ya no se pueden entender cada una de estas tecnologías por separado, sino que es necesario manejarlas como un todo.

Además, la convergencia no es sólo tecnológica, sino que los sectores a que dan lugar cada una de estas tecnologías -las telecomunicaciones, la informática y el audiovisual- también están convergiendo en los nuevos mercados, llegando incluso a configurarse un nuevo sector de actividad, dotado de una gran relevancia económica: el sector multimedia.

2. CONCEPTO DE TIC

Se denominan **Tecnologías de la Información y las Comunicaciones**, en adelante **TIC**, al conjunto de tecnologías que permiten la adquisición, producción, almacenamiento, tratamiento, comunicación, registro y presentación de informaciones, en forma de voz, imágenes y datos, contenidas en señales de naturaleza acústica, óptica o electromagnética. Las TIC incluyen la electrónica como tecnología base que soporta el desarrollo de las telecomunicaciones, la informática y el audiovisual.

Se va a profundizar en esta definición a partir de los elementos que en ella se citan, los cuales quedan explicados en la figura 1.

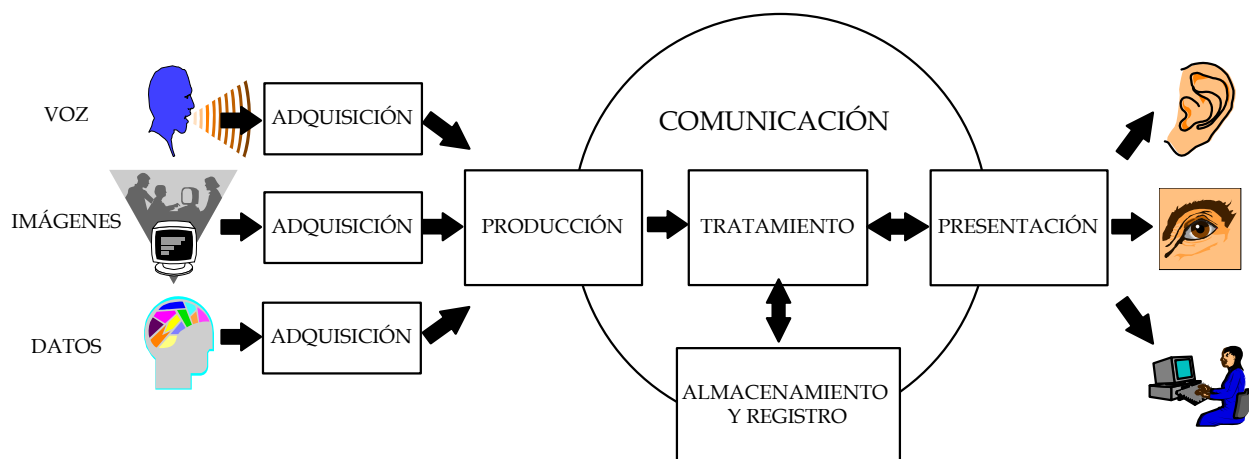


Figura 1. El Proceso de Información

Afirmar el carácter de **tecnología** para este campo del conocimiento y actividad profesional significa que estamos considerando de forma integrada:

- Una **base teórica propia** que sistematiza un conjunto de conocimientos científicos que proceden de distintas disciplinas *básicas* (Física, Matemáticas, etc.) y *aplicadas* (Electrónica, Teoría de la Señal, Algorítmica, etc.).
- Un **conjunto de técnicas**, en el doble sentido de la palabra como artificio y método, que permiten diseñar, construir, fabricar, operar y evaluar sistemas complejos de tratamiento de la información.
- Un **impacto socioeconómico y cultural** profundo que afecta a todos los sistemas sociales y modos de vida.

La convergencia de las tecnologías y los conocimientos científico-técnicos involucrados en la electrónica, la informática y las telecomunicaciones es una realidad fácil de observar al analizar los sucesivos cambios de planes de estudio que han ido cursando los titulados de ingeniería de telecomunicaciones en la última década. Sin embargo, esta convergencia no ha venido acompañada hasta ahora por una convergencia de los mercados.

Esta situación se ilustra en la figura 2, donde se presentan las grandes áreas de conocimiento procedentes de estas disciplinas y su progresiva fusión en lo que hemos denominado Tecnologías de la Información y las Comunicaciones.

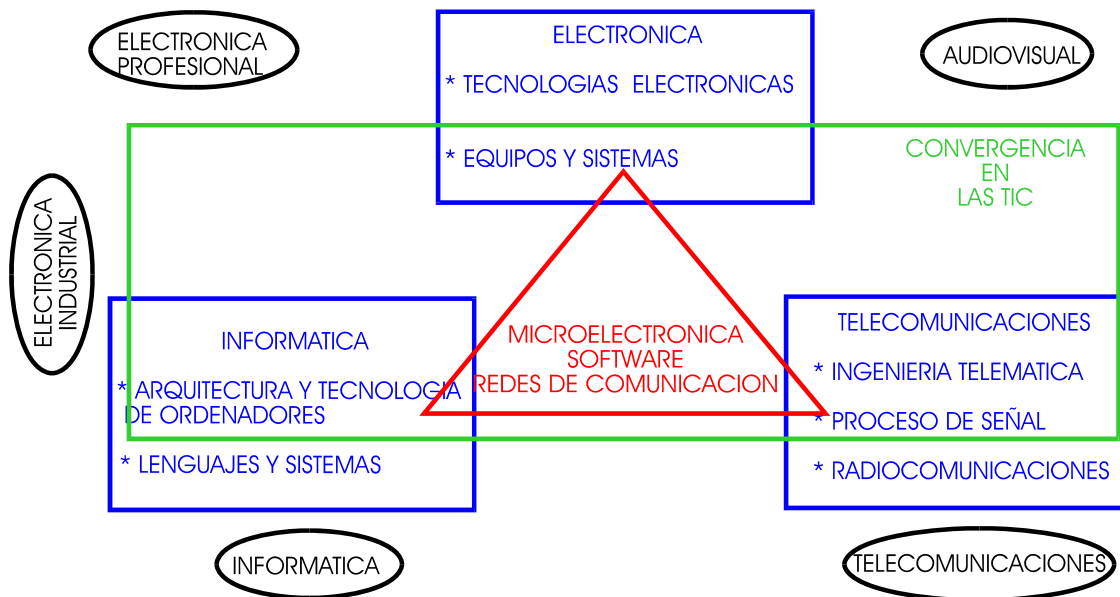


Figura 2. Convergencia de Conocimientos

Capítulo 2

LAS FUENTES DE INFORMACIÓN. CLASES

1. CLASES DE FUENTES DE INFORMACIÓN

Las fuentes de información básica las podemos clasificar en:

- **Voz:** Mecanismo primario para la comunicación humana. Es de naturaleza acústica.
- **Imágenes:** Al igual que la voz, es un mecanismo fundamental para la comunicación humana. La información contenida en una imagen es notoriamente más compleja que la contenida en la voz. De hecho, uno de los mayores logros del cerebro humano es su capacidad para el procesamiento de la información visual. Es de naturaleza óptica.
- **Datos:** Información en forma alfanumérica o simbólica. Evidentemente cualquier información puede ser del tipo datos. Sin embargo, existen fuentes que poseen intrínsecamente este formato como la información contenida en una base de datos o la proveniente del registro de un sismógrafo. Originalmente pueden tener cualquier naturaleza, pero siempre se puede disponer de ellos en forma electromagnética tras el adecuado proceso de conversión.

Por supuesto, la clasificación anterior no es excluyente y pronto encontraremos cómo la voz y las imágenes se pueden transformar en datos.

Un aspecto interesante consiste en considerar la importancia histórica de cada una de estas clases de información en la comunicación. Para la comunicación humana sin medios técnicos, la información clave proviene de la voz. De hecho, parece ser más complicado enseñar a niños carentes de oído que de visión. Cuando se pasa al plano técnico de los sistemas de comunicación, resulta que las primeras redes de comunicación estaban orientadas a datos. De hecho el telégrafo se adelantó en unos cincuenta años al teléfono. Simplemente, era mucho más sencillo técnicamente enviar mensajes codificados con un alfabeto de símbolos básico, como los famosos puntos y rayas del código Morse, que una información que varía en el tiempo como la voz. Y aún tuvieron que pasar casi otros cincuenta años para que se pudiera enviar información compleja de tipo imágenes a través de la televisión.

Más tipos de información

El mundo de la Sociedad Global de la Información está asistiendo a una revolución de los tipos de información existentes. La culpable de todo ello es la capacidad de la tecnología para dar respuesta a las demandas del mercado. Un ejemplo es la realidad virtual que se utiliza para los servicios avanzados de telecompra. Mediante el adecuado interfaz se puede examinar un mercado virtual en el que no sólo se ven las mercancías, sino que además se pueden tocar y sopesar (información procedente del tacto), para comprobar su textura, resistencia, densidad, etc. Otro ejemplo de sistema avanzado, con información menos tradicional y más difícil de clasificar, es el que utiliza una cámara para obtener el estado de atención de la persona que maneja un ordenador, de manera que la información que se le presenta en pantalla responda a su interés. Por supuesto, todas estas nuevas clases de información pueden ser consideradas como de tipo datos.

2. EL MUNDO ANALÓGICO VS EL MUNDO DIGITAL

Cada uno de estos tres tipos básicos de información puede presentarse y utilizarse en formato analógico o digital. Una información **analógica** se representa mediante infinitos valores, mientras que la información **digital** sólo puede tomar dos valores, “0” o “1”, “todo” o “nada”, “verdadero” o “falso”, o cualesquiera otros dos estados claramente definidos y separados. Cada uno de estos valores o estados digitales es lo que constituye un **bit**. Es interesante observar que, por tanto, un solo bit es la cantidad mínima de información posible.

Vale la pena considerar la cuestión de si el mundo físico en el que nos hallamos es analógico o digital. La sorprendente respuesta de la ciencia es que no es ni lo uno ni lo otro. El mundo real es discreto, cuántico, o dicho de otra forma, las magnitudes físicas que lo describen sólo pueden tomar un cierto conjunto de valores, pero no cualquier cantidad arbitraria. Esta respuesta, con ser cierta, complica enormemente la descripción de un sistema macroscópico real, por ello es más útil conceder que el mundo material es fundamentalmente analógico para la mayor parte de las cuestiones prácticas.

Por ello, las magnitudes que describen fenómenos físicos como un sonido (intensidad, duración, timbre, tono, ...) o una imagen (luminosidad, color, contraste, brillo, ...) son analógicas. Entonces, ¿qué sentido tiene hablar de información digital para un mundo analógico?. Evidentemente, hay tremendas ventajas en manejar la información de forma digital.

Se denomina **digitalización** al proceso de conversión de una señal analógica en digital. Hay que decir que una señal es la representación electromagnética de una magnitud física. A continuación se explican detalladamente el proceso de digitalización y los motivos de las ventajas que comporta. Son:

- **calidad y fidelidad.** La información analógica se corrompe fácilmente. Pensemos en una cinta de vídeo o de cassette tradicional que no reproduce exactamente la información original y cuya calidad va decreciendo con el número de veces que la utilizamos. El motivo es que la información original puede tener cualquier valor en un cierto rango. La adición de un pequeño error hace imposible (al menos desde un punto de vista simple) la separación entre señal original y señal corrompida y, por tanto, su recuperación. En cambio, una señal digital sólo puede tener valores definidos. La aparición de un pequeño error es fácilmente eliminada por el sistema al no ser posible que existan valores intermedios de la señal.
- **independencia de la fuente de información.** Como se verá en el siguiente apartado, cada una de las clases de información tiene muy distintas características, lo que implica sistemas técnicos muy distintos para su manejo, piénsese en la diferencia entre el sistema telefónico y la televisión, por ejemplo. En cambio, la información, una vez digitalizada, es completamente similar y tiene los mismos valores, sin importar su fuente original. Los ficheros de un ordenador, compuestos de los mismos bits, pueden contener información de un procesador de texto, de audio, de vídeo o cualquier mezcla de las anteriores.
- **flexibilidad.** ¿Cómo mezclar varios tipos de información analógica?. De formas muy complejas técnicamente. Sin embargo la información digital, al estar constituida por bits, admite la incorporación de cualquier otro conjunto de bits que representen una nueva

- **procesado.** Los sistemas electrónicos (ordenadores) pueden manejar muy sencillamente la información digital para efectuar operaciones complejas sobre ella como pueden ser la **compresión** (eliminación de la redundancia de una información), el **cifrado** (acceso restringido en función de una clave) o la adaptación al canal de comunicaciones. Por supuesto, todo esto es posible con la información en formato analógico, pero de una forma terriblemente más costosa.
- **almacenamiento.** La comparación entre un CD y un disco de vinilo, un conjunto de fotografías o una cinta de vídeo, es la diferencia entre el mundo digital y el mundo analógico. Esta ventaja y la anterior se deben a la naturaleza del mundo *electrónico*, ya que se basan en la facilidad de los chips y transistores para trabajar, modificar y almacenar información que se encuentra precisamente en dos estados.

Los dos escenarios, analógico y digital, quedan reflejados en la figura 3.1. El *módem* es un sistema electrónico que convierte las señales digitales generadas por un ordenador en una señal analógica apta para ser transmitida por una línea telefónica.

Una observación importante es que los datos contenidos en un ordenador son digitales y que la voz y las imágenes se pueden convertir en datos una vez digitalizadas. Asimismo, también conviene señalar que una vez digitalizadas las señales de voz e imágenes se pueden tratar homogéneamente mediante un ordenador, si bien ambos tipos de datos difieren en las capacidades requeridas como se muestra a continuación.

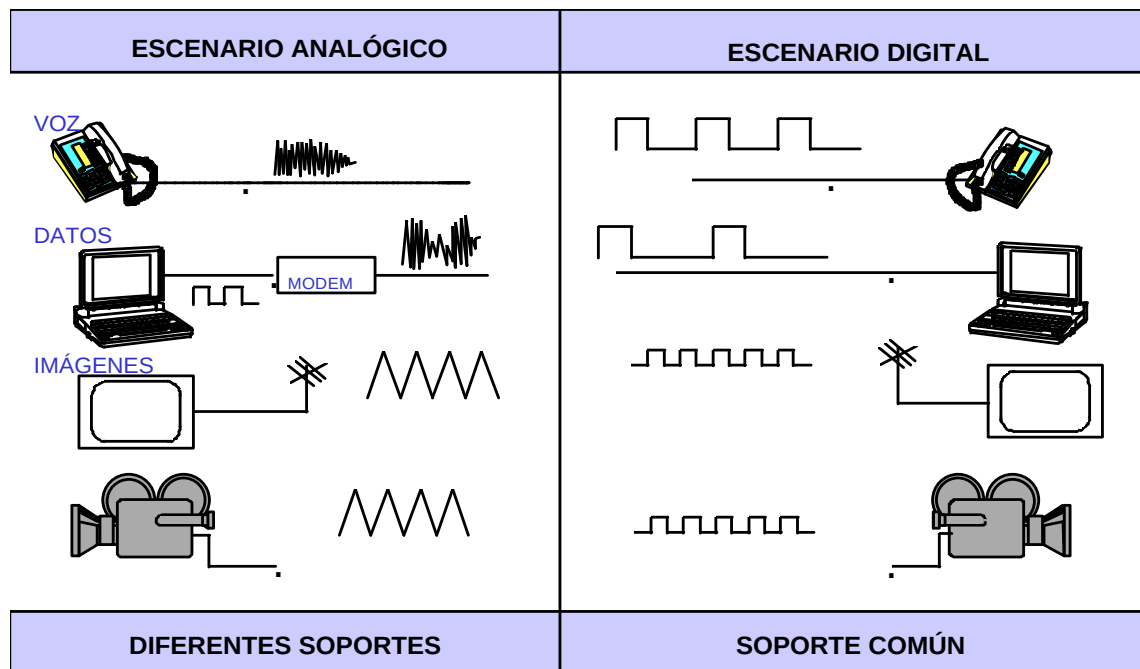


Figura 3. Escenarios analógico y digital

Otra oposición entre lo digital y lo analógico es la que distingue entre **bits y átomos**, cada uno de ellos componentes básicos de sus respectivos mundos. Un visionario como Nicholas Negroponte lo

explica indicando cómo los bits se pueden duplicar infinitamente sin pérdida de información, pueden ser transportados a cualquier distancia en un tiempo pequeñísimo, no pagan aduanas (todavía), y enormes cantidades de ellos se pueden almacenar en un espacio muy reducido. Propiedades, todas ellas, que no poseen en absoluto las mercancías materiales compuestas de átomos.

Telefonía móvil. Lo Digital contra lo Analógico

La telefonía móvil es un buen ejemplo de sistema digital que se puede comparar con su equivalente analógico, de forma que queden patentes sus diferencias. El primer factor que percibe el usuario es la calidad de la comunicación. En España las dos compañías involucradas inicialmente en la telefonía móvil utilizaron ampliamente las ventajas digitales mencionadas para sus guerras comerciales. Una de ellas, por ejemplo, argüía que los cortes y errores de la telefonía móvil analógica podían suponer graves percances a sus usuarios. La otra apostaba con los usuarios la incorporación de un nuevo servicio (faxes, buzón de voz, gestión con el banco, mensajes en la pantalla,) cada mes para su sistema digital. ¿Todo perdido para la telefonía móvil analógica?. Nada de eso, puesto que en general cuenta con la ventaja de precios, tecnología probada, cobertura, De hecho, sin la colaboración de la regulación y la limitación de la competencia probablemente hubieran tardado en aparecer muchos servicios digitales.

3. REQUISITOS DE LA INFORMACIÓN ANALÓGICA Y DIGITAL

Todas las clases de información mencionadas, voz, datos e imágenes, en formato analógico o digital, presentan diferentes requisitos para las funciones que las TIC pueden efectuar sobre ellas.

Su característica básica es la cantidad de información que incorporan por unidad de tiempo. Así, una señal de vídeo compuesta de imágenes es mucho más densa en información que una señal de audio compuesta de sonidos.

La medida de la cantidad de información por unidad de tiempo viene dada por la **anchura de banda y velocidad de transmisión** que requiere su transporte; a mayor cantidad de información por unidad de tiempo, mayor anchura de banda y velocidad de transmisión requeridos. Así, la voz es la señal que menos ancho de banda ocupa y las imágenes la que más. La anchura de banda es la mayor restricción con que se encuentran actualmente las TIC, por lo que en su resolución se centran gran parte de las actividades de investigación y desarrollo que se están acometiendo en este sector. Por supuesto, de la anchura de banda y velocidad de transmisión requeridos por una señal dependen también las capacidades necesarias para su almacenamiento, su procesado o su presentación..

Algunas cifras significativas de los diferentes tipos de información son los siguientes. Un canal telefónico básico (información de audio analógica) requiere algo menos de 4 kHz para ser transmitido con una calidad aceptable. En cambio, una señal de televisión analógica requiere una anchura de banda en torno a los 5 MHz, es decir, un canal 1000 veces más capaz. Algo que explica las dificultades del despliegue de una red de televisión que fuera equivalente a la telefónica, es decir, con su cobertura e interactividad.

Respecto a la información digital, se necesitan unos 64 Kbit/s para transmitir voz de alta calidad, la música de alta fidelidad requiere 1.2 Mbit/s, mientras que el vídeo digital requeriría unos 45 Mbit/s. Ahora bien, prácticamente ningún sistema de comunicaciones a distancia utiliza estas velocidades de transmisión para la información digital. Gracias a las ventajas del procesado digital, la información se puede comprimir eliminando toda la información redundante. Por ejemplo, en una imagen la información de luz y color de un punto es tremendamente parecida a la de los puntos de alrededor, con lo que tan solo es necesario transmitir la información *diferencial*. Así, un canal de vídeo comprimido típico, como los de televisión digital por satélite, puede ocupar alrededor de 1.2 Mbit/s, veinte veces menos la velocidad de transmisión original.

4. LA INFORMACIÓN MULTIMEDIA

Existe una cierta confusión con lo que se entiende por información multimedia. Etimológicamente multimedia sería la compuesta por dos o más clases diferentes de información. En este sentido, una señal de televisión convencional sería multimedia, ya que está compuesta por audio y vídeo. También se entiende por multimedia la información contenida, por ejemplo, en un CD, aunque sean básicamente datos, incluyendo algunos de ellos el resultado de la digitalización de audio y vídeo.

Sin embargo, el concepto de información multimedia también ha sufrido una evolución derivada de la convergencia tecnológica y de mercados. Así para que una información se considere auténticamente multimedia ha de reunir las siguientes características: ser **digital** y tener la capacidad de manejar simultáneamente **audio, vídeo y datos**.

En este sentido se puede decir que la información multimedia es resultado de la convergencia de las TIC y una de las bases de la futura Sociedad Global de la Información.

Capítulo 3

COMPONENTES BASE DE LAS TIC

1. LOS COMPONENTES BASE DE LAS TIC

Existen múltiples factores de índole tecnológica que explican la convergencia de la electrónica, la informática y las telecomunicaciones en las TIC, pero todos se derivan de tres hechos fundamentales:

- Los tres campos de actividad se caracterizan por utilizar un soporte físico común, como es la **microelectrónica**.
- Por la gran componente de **software** incorporado a cualquiera de los productos.
- Por el uso intensivo de **infraestructuras de comunicaciones** que permiten la distribución y deslocalización de los distintos elementos de proceso de la información en ámbitos geográficos distintos.

Cualquiera de los sistemas complejos, aunque cada vez más amigables, que utilizan TIC y que rodean nuestras vidas, desde la TV hasta la red Internet, pasando por la telefonía móvil o la videoconferencia, se construye con estos tres ingredientes básicos. La revolución tecnológica a la que asistimos se funda en los circuitos electrónicos, llamados microprocesadores, que son capaces de interpretar unas órdenes, suministradas mediante el *software*, y que pueden comunicarse con otros sistemas alejados físicamente de ellos mediante las infraestructuras de comunicaciones. Cualquiera de estas tecnologías es básica, no es posible concebir una conexión a Internet sin la electrónica requerida para el PC o el modem de usuario, el *software* para navegar, o las infraestructuras de comunicaciones mediante redes de datos o telefónicas.

La **microelectrónica**, también conocida como *hardware*, está residente en todas las funcionalidades del proceso de información (figura 2.1), pero es en su variante digital dónde la microelectrónica alcanza su máxima potencia. La electrónica está presente en todos los subsistemas del proceso de la información, incluyendo la interacción entre el sistema de procesamiento y el entorno, mediante la captación y presentación de la información, así como, el subsistema de procesamiento y comunicación. No obstante, su mayor potencialidad está en la función de tratamiento de la información. La unidad fundamental de tratamiento de la información es el microprocesador, exponente por excelencia del potencial de desarrollo tecnológico del *hardware*. El microprocesador es el subsistema electrónico que interpreta las órdenes contenidas en el *software*, las procesa y genera una respuesta. La microelectrónica también está presente en todas las funciones de comunicación, almacenamiento y registro, con un sinfín de dispositivos como modems, encaminadores o routers, discos duros, lectores de CD-ROM, escáneres, terminales de usuario (teléfonos, televisores, PDAs), receptores de TV, sintonizadores de TV por satélite, descodificadores de TV digital, etc.

El **software** traslada las órdenes que el usuario da a una computadora mediante interacción con la misma, al lenguaje para la ejecución de órdenes que entiende el microprocesador. En este sentido, el *software* ejerce de intérprete entre el pensamiento humano y los componentes que procesan la información y devuelven una respuesta al usuario, mediante distintos tipos de programas

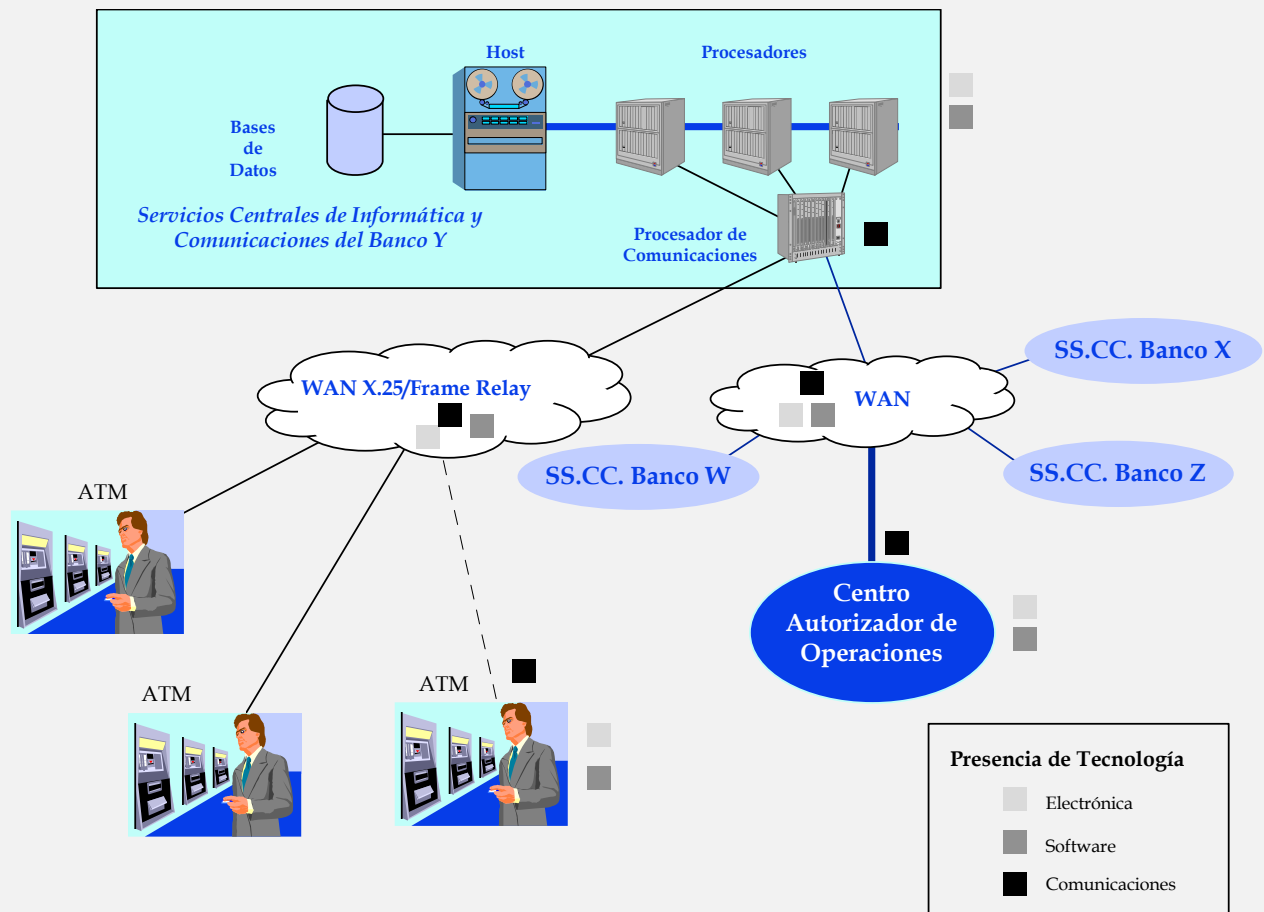
especializados según su cercanía al usuario (procesador de textos) o a la máquina (sistema operativo). El *software* está presente en todas las funcionalidades del proceso de la información, aunque su papel es relevante en el tratamiento de la información. El *hardware* sólo entiende un lenguaje que es el de las señales eléctricas en forma de tensiones eléctricas -lenguaje binario- presentes en sus entradas, por lo que es necesario abstraer de esta complejidad al hombre y poner a su disposición elementos más cercanos a sus modos de expresión y razonamiento para acceder al control del *hardware*.

En la figura 4.1 vemos cómo se combinan estos tres elementos que soportan las TIC, para proporcionar al usuario una aplicación concreta compuesta de diferentes servicios. La **capa de aplicaciones** es una integración adecuada de tecnologías dispuestas de forma que el acceso y uso de los servicios sea intuitivo y sencillo para el usuario, con el fin de abstraer al usuario de la complejidad tecnológica residente en los servicios.

Figura 4.1. Los componentes base de las TIC

En el siguiente recuadro encontramos un desarrollo más amplio basado en un caso práctico que nos permite comprender la presencia y la necesidad de las componentes base de las TIC en uno de los entornos más competitivos de la economía, dónde precisamente la tecnología se convierte en una variable estratégica principal para el desarrollo del negocio.

LAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LAS COMUNICACIONES EN LA BANCA



Como ejemplo para comprender lo expuesto en este apartado, analicemos una aplicación muy extendida, la banca electrónica mediante cajeros automáticos, e identifiquemos que componentes base de las TIC encontramos en la misma.

Los requisitos de esta aplicación son:

- Sencillez para el usuario: el cliente de un cajero no tiene porque saber ni marcar el número que identifica al ordenador central de su banco, ni poner en marcha el cajero, ni introducir el código de la transacción que desea realizar. Su única interfaz es un teclado con números y con funciones preprogramadas (aceptar, cancelar o borrar).
- Seguridad: mediante un mecanismo sencillo debe asegurarse que nadie utiliza fraudulentamente una tarjeta que no es suya mediante el número secreto, así como que la

información que viaja por la red no es leída por nadie, o que nadie conecta un cajero a la red y puede hacer operaciones a su libre albedrío.

- Rapidez: en cuestión de segundos el usuario obtiene la aceptación de su operación y el dinero solicitado.

Este modo de operación es radicalmente distinto respecto al de la banca tradicional: el cliente visita el cajero automático para sacar dinero y acude al banco a ser informado sobre nuevos productos, aprovechando las capacidades de los trabajadores, manteniéndose la atención personalizada.

Comenzando con el terminal de usuario, en este caso el cajero automático, vemos que contiene una aplicación que solicita al usuario diversa información: introduzca tarjeta, teclee su número personal, operación deseada, aceptación de la operación y recogida del dinero. Esta aplicación está desarrollada con *software* e interactúa con el *hardware* del cajero (lector de tarjetas de banda magnética, expendedor de billetes, impresora de recibos, etc.) de una manera que abstrae al usuario de la complejidad técnica residente. En determinados momentos, el cajero requiere consultar al ordenador central del banco para conocer los límites de crédito del cliente, las cantidades acumuladas diarias o el estado operativo de la tarjeta, por lo que la aplicación incluye a las comunicaciones como parte fundamental de su flujo de acciones. Para ello, el cajero tiene una unidad de comunicaciones que atiende las peticiones de la aplicación, realizando el necesario empaquetamiento y cifrado de la información a transmitir, que constará de un módem y un controlador de comunicaciones típico de los grandes sistemas de ordenadores centrales.

Es evidente que esta aplicación requiere de unas infraestructuras de comunicación ampliamente extendidas por todo el mundo de manera que cualquier persona puede sacar dinero de un cajero ubicado en cualquier lugar del mundo. En función de la calidad de la red encontraremos conexiones mediante cables de pares de cobre, coaxiales e incluso fibras ópticas. La red de transmisión de datos se ha desarrollado en España principalmente como respuesta a las necesidades de los bancos, siendo el caso español pionero en el mundo en cuanto a despliegue temprano de redes de datos.

En el sistema central del banco se reciben miles de peticiones de autorización desde todos los cajeros distribuidos en España, de manera que el enfoque en el desarrollo del *software* irá orientado a satisfacer el máximo número de peticiones posible mediante distribución de la carga entre distintas unidades de procesamiento. Asimismo, este sistema central está interconectado con todas las consorcios emisoras de tarjetas, a modo de puente entre clientes de otros bancos y sus sistemas centrales respectivos. En el sistema central el *hardware* es de altas prestaciones en términos de rapidez, fiabilidad y disponibilidad, el *software* es multitarea para atender a miles de operaciones y las comunicaciones concentran los propios enlaces y con los de otros sistemas.

La conclusión que se extrae de este caso es que la aplicación de banca electrónica mediante cajeros automáticos no sería posible sin la conjunción de las tres tecnologías base, la electrónica, el *software* y las comunicaciones. La banca es uno de los sectores dónde más uso intensivo se realiza de las TIC, siendo reconocidas éstas como uno de los factores estratégicos para competir en el mercado, no sólo en sus relaciones con sus clientes, sino también en el resto de operaciones que realizan sus empleados: transferencias, desembolsos, domiciliación de recibos, operaciones bursátiles, etc.. La clave está en disponer de los terminales, los programas y las comunicaciones más adecuados a los objetivos del banco, junto a la formación adecuada de las personas.

2. LA MICROELECTRÓNICA

Las distintas revoluciones tecnológicas que se han producido en nuestra historia han introducido, precisamente por ese carácter de revolución, un cambio significativo de los parámetros de explotación de las tecnologías que predominaban y de sus aplicaciones. Ninguna de las revoluciones ha conseguido multiplicar tanto las nuevas aplicaciones como la revolución de la información a la que estamos asistiendo. Esto ha sido posible gracias al enorme efecto multiplicador de la electrónica, conseguido además en un breve periodo de tiempo y a un coste decrecientemente bajo a pasos agigantados.

La tecnología microelectrónica estudia cómo dotar a un circuito o asociación de circuitos agrupados (encapsulados) en una única unidad física, de una mayor **velocidad de proceso**, ocupando el mínimo **volumen** y con un **coste** aceptable, con ciertos compromisos de **consumo energético**. El encapsulamiento consiste en disponer una cubierta común a la asociación de circuitos en lo que se conoce como *chip* o circuitos integrados.

Se habla de la *escala de integración o densidad de integración* como medida del número de circuitos que un *chip* incorpora en su interior por unidad de superficie. La *velocidad de proceso* se define como el número de operaciones que puede realizar un circuito por unidad de tiempo.

Los avances en microelectrónica han permitido la integración a gran escala de circuitos en un solo **chip**, proporcionando componentes *hardware* cada vez más potentes y de menor coste. El *chip* es la unidad mínima de procesamiento de información, estando internamente constituido por millones de componentes elementales como transistores, resistencias, condensadores, etc., cuya asociación y configuración mediante conexiones en un modo apropiado proporciona la funcionalidad específica del circuito.

Los *chips* son contruidos con materiales semiconductores, como el silicio o el germanio, llamados así porque presentan un comportamiento eléctrico característico: dependiendo de las tensiones eléctricas que lo alimenten son conductoras de la electricidad o no. Un material metálico siempre conduce y por el contrario, un aislante no conduce. A diferencia de los anteriores tipos, en los que existe únicamente en un estado definitorio conducción o no, en los semiconductores existe dos estados, el de conducción y el de no conducción. Esta propiedad física puede ser representada mediante un sistema de numeración binario o digital, de ceros y unos, el cual permite al hombre interactuar con el circuito.

La tecnología del silicio continua siendo dominante en la fabricación de componentes microelectrónicos, a pesar de la aparición de los compuestos de elementos del grupo III (semiconductores como Si y Ge) y del V (aislantes como fósforo, arsenio, antimonio y bismuto) de la tabla periódica, en particular el AsGa, de prestaciones superiores.

Hemos introducido el concepto de circuito, indicando que consiste en la asociación de **componentes** electrónicos discretos, la unidad mínima de procesamiento de que dispone la electrónica. Estos componentes realizan funciones muy sencillas y especializadas. En primera instancia, los componentes se clasifican como activos o pasivos, en la medida en que requieren de alimentación externa para funcionar. Así como componentes pasivos tenemos a las resistencias, condensadores, inductancias y diodos. Como componentes activos tenemos a toda la familia de los transistores y sus variantes. Las funciones típicas que realizan los componentes electrónicos son la inversión (diodo), amplificación (transistor), conmutación de señales (transistor) y memorización (transistor), así como, el almacenamiento de energía (condensador, inductancia) y adaptación de la tensión o corriente de un circuito (resistencia).

De esta manera, surge el componente básico de la microelectrónica: el transistor. El transistor realiza tres funciones básicas:

- *Conmutación*: Procesamiento de un conjunto de dígitos o *bits*.

- **Amplificación:** Convertir una tensión de un valor en otro igual pero de mayor valor.
- **Memorización:** Almacenar para su posterior recuperación un valor (por ejemplo, 0 ó 1).

Mediante la asociación de varios transistores se pueden implementar diversas funciones lógicas como la suma (OR), el producto (AND) y la inversión (NOT), las cuales constituyen las funciones únicas y básicas que sabe realizar el conjunto de transistores. A partir de las funciones básicas se implementan operaciones más complejas.

Los componentes electrónicos cada vez más son digitales y menos analógicos. Las características de un *chip* vienen determinadas por el tipo de señales que puede manejar: analógicas y digitales. Para una misma función, en general, es más sencilla realizarla con un circuito digital que con uno analógico, si bien hay áreas donde debido a la potencia de las señales manejadas, la electrónica analógica sigue imperando; un ejemplo puede ser la electrónica industrial para el control de sistemas. Los circuitos analógicos son más sensibles a la temperatura que los digitales, menos fiables, requieren ajustes una vez fabricados, por lo que las economías de escala que se consiguen en su producción son inferiores. Salvo en la electrónica de potencia, se está imponiendo la electrónica digital como consecuencia de los avances en las técnicas de proceso de señal que resuelven problemas cada vez más complejos, incluso en sectores tradicionales de la electrónica analógica como la televisión, con el estándar digital en pleno despliegue.

Los sectores de las TIC se han digitalizado, como consecuencia de la amplia utilización de componentes microelectrónicos. Una vez realizada la transición de lo analógico a lo digital, las industrias que han experimentado un proceso de digitalización en sus tecnologías base, emergen con mayor capacidad de crecimiento, potencial de mercado y satisfacción de los clientes.

Como ya hemos señalado, los criterios que orientan el desarrollo de la microelectrónica son:

- La **escala de integración**, relacionada con el espesor y la longitud del *chip*, es una medida del número de transistores que incorpora un *chip* por centímetro cuadrado. Actualmente estamos hablando de un tamaño de 0,8 micras de las puertas de los transistores implantados en los *chips* (un cabello tiene un grosor de 60 micras).
- La **velocidad de conmutación** que permite realizar operaciones complejas en tiempos reducidos, mediante el cambio del estado de conducción de los componentes. Cuanto menor tamaño tenga un componente, mayor será la velocidad que alcanza.
- El **consumo energético** para conseguir terminales portátiles de poco peso (menor capacidad requerida de las baterías) y mayor fiabilidad por reducción del número de errores debido al calentamiento. Un menor calentamiento también significa una vida más larga.
- El **coste** decreciente con el volumen de producción, tal que haga viable una producción elevada.

La producción de *chips* se realiza bajo **economías de escala**, en un mundo que consume grandes cantidades de *chips* derivado de la elevada dependencia de nuestro sistema socioeconómico de los componentes microelectrónicos. Es por ello por lo que las principales industrias de microelectrónica están sometidas a una evolución vertiginosa para la mejora de las prestaciones de sus componentes, requiriendo ello unas elevadas inversiones en Investigación y Desarrollo (I+D) y en montaje de nuevas plantas de producción. Existe una ley empírica, conocida como ley de Moore, que enuncia que el número de transistores en un chip o circuito integrado se duplica cada dieciocho meses.

No obstante, es importante señalar la presencia de posibles límites físicos en los distintos componentes del *chip*, pues ya se están alcanzando tamaños en los que se dan efectos complejos que empiezan a afectar a las señales que viajan por el interior del chip.

El desarrollo de la microelectrónica no sólo se debe al avance en las técnicas de los semiconductores y la capacidad de integración, ya que existen tecnologías laterales de las que depende especialmente, en términos de limitaciones físicas y reducción de costes. Nos estamos refiriendo a la tecnología de encapsulación y a la tecnología de interconexión entre circuitos integrados. La encapsulación permite reunir bajo una misma cápsula a todo el circuito integrado, protegiéndolo del exterior y proporcionándole resistencia mecánica, pero especialmente proporciona el disipador de calor del circuito integrado, ya que el creciente número de transistores integrados en la misma cápsula implica mayor consumo energético global. La interconexión entre *chips* constituye un reto, tanto por el conexionado entre el circuito integrado y los contactos exteriores con suficiente robustez, como por la limitación en cuanto a velocidad que puede imponer por los efectos parásitos que aparecen con las altas frecuencias.

En la tabla 4-1 se presenta una clasificación general de los distintos subsistemas discretos que se emplean para construir *chips*, mediante el encapsulamiento de varios de ellos en una única cápsula.

La combinación de estos componentes y el concurso de otras tecnologías, en particular las magnéticas, para el almacenamiento y recuperación de información, y las ópticas, con amplias aplicaciones, permite construir el *hardware* de los equipos y sistemas electrónicos que se dirigen a distintos segmentos de mercado, de los que destacan cuatro:

1. Hardware Informático

El hardware diseñado para la informática constituye un amplio conjunto de componentes, subsistemas y sistemas que se integran en los equipos informáticos: periféricos de entrada/salida, periféricos para el almacenamiento de la información, dispositivos de compresión de la información, dispositivos de intercambio de información, dispositivos para *networking*, tarjetas aceleradoras para aplicaciones multimedia, etc.

2. Hardware de Comunicaciones

En este grupo se incluye la microelectrónica que incorporan los equipos y sistemas de telecomunicación que operan en las distintas redes de los operadores de telecomunicación. Son componentes electrónicos y circuitos integrados para transmisores, receptores, equipos de comunicaciones y de conmutación, etc.

3. Hardware de la Electrónica de Consumo

Comprende los componentes de los equipos dirigidos al mercado de gran consumo caracterizado por economías de escala. Incluye equipos receptores de TV, videos, equipos Hi-Fi, radio, etc.

4. Hardware de Electrónica Profesional

La electrónica profesional orienta sus desarrollos hacia aplicaciones específicas, destinadas a satisfacer las especificaciones de un cliente profesional, como los subsectores de la electrónica industrial o de defensa, electromedicina, instrumentación, equipamiento audiovisual profesional, etc.

TIPO	CATEGORÍA	FUNCIÓN
CIRCUITOS ANALÓGICOS	Amplificador	Elevar el nivel de tensión de una señal eléctrica (ganancia)
	Oscilador	Generar una señal con determinadas características de forma de onda y frecuencia
	Conversor	Trasladar la frecuencia de un señal
	Transmisor integrado	Preparar y disponer una señal adaptada a las características de un medio de transmisión
	Receptor integrado	Recibir una señal de un medio de transmisión y prepararla para su presentación
CIRCUITOS DIGITALES	Conversor A/D y D/A	Convertir una señal analógica en digital y viceversa
	Codificador y Decodificador	Transformar unos datos representados según un código, en otros basados en un código distinto, aptos para ser interpretados por otro subsistema y viceversa
	Multiplexor/Demultiplexor	Presentar a la salida una de las señales presentes a su entrada en función de una señal de selección y viceversa
	Registro	Almacenar transitoriamente un conjunto de bits
	Reloj	Generar una señal que gobierna el funcionamiento de un dispositivo en la escala temporal
	Procesador (CPU)	Procesar órdenes indicadas mediante instrucciones en código binario
	Unidad Aritmético Lógica (ALU)	Realizar funciones aritméticas básicas, como sumas, restas e inversiones

Tabla 4-1. Clasificación general de subsistemas

TIPO	CATEGORÍA	FUNCIÓN
MEMORIAS	Volátiles (DRAM, SRAM)	Almacenar un número elevado de bits. El contenido desaparece cuando lo hace la alimentación eléctrica
	No volátiles (ROM, EPROM, Flash)	Almacenar un número elevado de bits. El contenido permanece aún sin alimentación eléctrica
MICROCOMPONENTES	Microprocesador (MPU)	Interpretar órdenes y procesarlas. Incorpora CPU, ALU, registros, decodificador
	Microcontrolador (MCU)	Procesador dedicado a funciones específicas, especialmente de control
	Microperiférico (MPR)	Interactuar con subsistemas externos
	Procesador Digital de Señal (DSP)	Microprocesador orientado específicamente a procesar señales de voz, datos o imágenes a altas velocidades
SUBSISTEMAS LÓGICOS DE APLICACIÓN ESPECÍFICA	Familias lógicas estándar: RTL, DTL, TTL, ECL, AsGa y BiCMOS	Distintas tecnologías y configuraciones diseñadas a la medida, destinadas a resolver aplicaciones específicas. Cada una de las familias presenta características que la adaptan a entornos determinados: rapidez, bajo consumo, coste, etc.
	ASIC: <i>Programmable Logic Devices (PLD), Gate Arrays, Cell-Based Ics y Full-Custom ICs.</i>	Son <i>chips</i> con una estructura interna estándar, programables y configurables a la medida de la aplicación concreta: • PLD: Circuitos que se programan a posteriori por el cliente una vez fabricados para satisfacer aplicaciones específicas • Gate Arrays: Conjunto de puertas lógicas que se conectan en la producción para darle una funcionalidad específica • Cell-Based ICs: ASIC programables manualmente en base a unas máscaras

Tabla 4-1. Clasificación general de subsistemas(continuación)

Las tendencias se resumen en:

- Se están mejorando las técnicas de fabricación de circuitos, lo que permite desarrollar componentes con puntos de acceso o puertas cada vez menores, llegando hasta $0,07\ \mu\text{m}$. El menor tamaño de los componentes implica mayores velocidades soportadas.
- Aunque la escala de integración aumenta, de 4 a 90 millones de transistores por cm^2 , la superficie de los *chips* aumenta con el fin de introducir el máximo número de subsistemas bajo la misma cápsula y reducir los costes en consecuencia.
- La capacidad de las memorias en número de bits almacenados por *chip* aumenta considerablemente, consecuencia de la elevada escala de integración conseguida, que se pone de manifiesto en el factor cercano a 10 con que crece la superficie, frente al factor de 1000 en los bits almacenados.
- El aumento de la escala de integración en los microprocesadores hace posible elevadas velocidades, aunque con ciertos síntomas de saturación.

3. EL SOFTWARE

El *software* o soporte lógico es el conjunto de instrucciones escritas en lenguajes de programación y traducidas posteriormente a dígitos binarios para que sean entendidas por el *hardware*. Está presente en todas las funcionalidades del proceso de la información, pero especialmente en el tratamiento de la información. El *hardware* sólo entiende un lenguaje que es el de las señales eléctricas en forma de tensiones eléctricas, por lo que es necesario abstraer de esta complejidad al hombre y poner a su disposición elementos más cercanos a sus formas de expresión y razonamiento.

Las TIC se caracterizan porque, conforme avanza su desarrollo, la componente software constituye un porcentaje mayor del valor añadido incorporado a los productos. Así, por ejemplo, se calcula que el *software* constituye el 80% del coste de las infraestructuras de telecomunicaciones.

El número de productos de nuestra vida cotidiana que incorporan *software* en su interior es cada vez mayor. Desde ordenadores a juguetes, pasando por electrodomésticos o automóviles, todos ellos se caracterizan porque contienen una inteligencia que hace posible obtener prestaciones desconocidas hasta entonces, con el consiguiente valor añadido que incorpora el producto. El código almacenado en las memorias de los terminales permite conseguir sofisticadas funciones como los teléfonos móviles que son agendas, ya que incorporan como órgano de control a un microprocesador con un programa almacenado que le da inteligencia.

Las instrucciones que reciben los microprocesadores van en un código binario de 0s y 1s, que es el único que entienden, conocido como juego de instrucciones. El manejo de dichos códigos por parte del programador es complejo y poco productivo. Por tanto, cuando se dan instrucciones a los microprocesadores, existe un balance entre comprensión de las instrucciones por parte de la máquina y facilidad de utilización por parte del programador. Esto nos lleva a la siguiente clasificación de los lenguajes en que se pueden dar las instrucciones a los microprocesadores:

- **Código binario o máquina:** las instrucciones son expresadas como combinación de 0s y 1s, o bien en código hexadecimal que ahorra el engorro de teclear 0s y 1s. Determinadas

combinaciones de 0s y 1s significan algo concreto para el microprocesador; esto son las instrucciones. Si a esas instrucciones le acompañan datos, el microprocesador efectuará sobre los datos la operación indicada por la instrucción, por ejemplo sumar 2 más 2. En las memorias de los ordenadores se almacenan las instrucciones en código binario para ser directamente leídas por el microprocesador.

- **Lenguaje ensamblador:** el lenguaje de ensamble es el siguiente paso en abstracción y alejamiento de la complejidad de la máquina. Permite describir las instrucciones binarias mediante mnemónicos que ayudan al programador. De esta manera, el programador escribe en ensamble y con un programa, el ensamblador, se convierte a código máquina. Las instrucciones son específicas para cada modelo de microprocesador.
- **Lenguajes de alto nivel:** son lenguajes independientes del modelo de procesador y que aíslan por completo al programador de cómo el microprocesador ejecuta sus tareas (recursos *hardware* empleados, trasiego de información entre micro y memoria, etc.). El programa encargado de traducir el programa desarrollado en lenguaje de alto nivel a lenguaje máquina se denomina compilador y depende de la arquitectura destino (sistema operativo y familia de microprocesadores).

El balance para decidir qué clase de lenguaje se utiliza para resolver un caso concreto incluye las siguientes variables:

1. Eficiencia del código máquina final generado, en términos del número de instrucciones requeridas por el programa para resolver un problema: en el proceso de desarrollo de un programa, dependiendo del lenguaje, se puede generar mayor cantidad de código ineficiente, a costa de una mayor rapidez en el desarrollo. El desarrollo en lenguaje máquina es el más eficiente.
2. Grado de abstracción logrado, de manera que el programador no tiene por qué conocer la estructura interna de la máquina subyacente, lo que comporta menores costes y tiempos de desarrollo, menos errores, etc. El lenguaje más adecuado es el de alto nivel.
3. Interacción del programa con el exterior; si se desea obtener una integración elevada, la posibilidad de manejar los bytes que llegan del exterior da gran libertad al programador para manipularlos de forma muy rápida. Son programas que realizan tareas repetitivas y sencillas que resuelven rápidamente. El lenguaje de ensamble es óptimo.
4. Realización de tareas complejas en máquinas de propósito específico; existen microprocesadores diseñados expresamente para funciones específicas, los procesadores de señal, dotados de un reducido pero potente juego de instrucciones, que implementan funciones sofisticadas mediante una única instrucción. En la actualidad, cada vez aparecen más productos de este tipo relacionado con el sector multimedia, como los sistemas especializados que procesan vídeo o sonido en tiempo real.

Una vez decidido el tipo de lenguaje, aunque prácticamente la decisión viene prefijada por el entorno en que se va a utilizar la aplicación y la disponibilidad de recursos humanos y técnicos para el desarrollo, podremos entonces decidir qué lenguaje concreto y qué entorno de desarrollo elegimos. En el siguiente recuadro encontramos una descripción general de las variables que condicionan la arquitectura y las herramientas de desarrollo.

CRITERIOS DE DECISIÓN PARA LA ARQUITECTURA DE UNA APLICACIÓN EN ENTORNOS EMPRESARIALES

Los criterios que vamos a utilizar son:

- Sistema operativo: compatible con las aplicaciones del usuario final (NT) o criterios de seguridad o capacidad de proceso con miles de transacciones por segundo (Unix).
- Entorno de ejecución: usuarios siempre locales o usuarios remotos dispersos, incluso por el mundo
- Apertura al exterior: los usuarios pueden acceder al sistema mediante esquemas abiertos tipo Intranet o bien mediante redes con protocolos cerrados
- Acceso a datos mediante la interfaz de usuario: navegador versus aplicación específica

El software está jugando un papel cada vez más innovador en la Sociedad de la Información, posibilitando soluciones a las empresas e introduciendo cambios significativos en los comportamientos de los usuarios finales, tanto en casa, como en el trabajo. La tecnología *software* está presente en todos los procesos de información, ya que dichas funciones son realizadas cada vez con mayor intensidad por ordenadores. Los distintos componentes bases del *software* son:

- **Sistemas Operativos:** Conjunto de programas que gestionan los recursos *hardware* del ordenador, proporcionando las funciones básicas para el resto de aplicaciones desarrolladas. El sistema operativo incluye programas de lo más variado, desde el más bajo nivel, como atender el teclado o un puerto serie, el sistema de visualización del monitor, o el acceso a la memoria RAM y ROM, hasta otras más avanzadas, como el sistema de archivos, la gestión de tareas y procesos, las comunicaciones o los recursos multimedia. Las funciones del sistema operativo más cercanas para el usuario final son las proporcionadas por el interfaz de usuario, desde el interfaz en modo texto, hasta la ya muy extendida interfaz de ventanas.
- **Lenguajes de Programación y Herramientas para la Ingeniería Software:** Los lenguajes de programación, ya explicados anteriormente, utilizan las funciones proporcionadas por el sistema operativo para procesar la información y satisfacer los requisitos de la aplicación. El desarrollo de aplicaciones es una tarea muy compleja que se ve facilitada por un conjunto de utilidades que ayudan al ingeniero *software* a desarrollar, generando de forma automática el código a partir de unas especificaciones en forma gráfica, realizando pruebas sobre el prototipo, reutilizando código, utilizando librerías de procedimientos estándar, etc.
- **Programas de Aplicación:** Una vez programada una aplicación en un lenguaje de programación, el resultado es un programa, el conjunto de los cuáles orientados a satisfacer unos requisitos constituye una aplicación. Las aplicaciones son *software* para la realización de tareas variadas como puedan ser hojas de cálculo, proceso de textos, aplicaciones de gestión comercial, científicas, programas para diseño gráfico, etc.
- **Bases de Datos:** Las aplicaciones que procesan datos que están almacenados en un disco duro de un ordenador, ven simplificadas sus tareas si el acceso y tratamiento de dichos datos es realizado por otros programas especializados en ello. Además, el tiempo de

procesamiento es crítico en las aplicaciones, por lo que las bases de datos proporcionan estructuras de datos optimizadas que reducen dicho tiempo, utilizando ficheros de menor tamaño e interrelacionados denominados tablas en vez de uno único y voluminoso.

En la tabla 4-3, presentamos una clasificación más amplia de las distintas clases de *software*.

TIPO	CATEGORÍA
SISTEMAS OPERATIVOS (SO)	• Sistemas Propietarios: SO desarrollado y controlado por un único suministrador • Sistemas Abiertos: SO desarrollado y controlado por consenso entre suministradores
LENGUAJES	• Propósito general (COBOL, FORTRAN, C): Sus funciones son de tipo general, aunque orientadas a entornos concretos, como aplicaciones de gestión para empresas o científicas • Específico (SQL, PostScript, etc.): Sus funciones están orientadas a resolver problemas específicos, como acceso a base de datos, control de impresoras, etc.
HERRAMIENTAS DE INGENIERÍA SOFTWARE	• Herramientas CASE (<i>Computer Aided Software Engineering</i>): Permiten automatizar el desarrollo de <i>software</i> • Tecnología de objetos: se basa en la reutilización del código para reducir el coste y los tiempos de desarrollo, mediante objetos que tienen propiedades adaptables al problema • Interfaces gráficos de usuarios: conjunto de utilidades para el manejo de ventanas y objetos gráficos • Producción multimedia: herramientas que permiten realizar programas multimedia integrando audio y vídeo
BASES DE DATOS	• Archivo: la estructura de la información está físicamente almacenada en un único archivo • Jerárquicas: existe una estructura lógica jerárquica para acceder a la información, implementada mediante relaciones físicas en el almacenamiento • Relacionales (RDBMS): existe independencia entre la estructura de almacenamiento y la física • Objetos (ODBMS): orientada a manejar datos de tipos complejos y con relaciones complejas • Distribuidas: los datos están almacenados físicamente en distintos lugares

Tabla 4-3: Componentes Básicos del Software

4. LAS INFRAESTRUCTURAS DE TELECOMUNICACIONES

Las infraestructuras de telecomunicaciones transportan la información desde un punto a otro, mediante un conjunto de equipos y medios de acceso, transmisión y conmutación. Proporcionan la capacidad necesaria para mantener una comunicación, ya sea ésta en forma de voz, datos o vídeo. Esta definición incluye todas las necesidades que impone una comunicación, como son tener acceso a la red de comunicación, transportar la información y poner en contacto a los comunicantes que desean intercambiar información. Todo ello dentro de un marco de operación de servicios múltiples que se prestan mediante las mismas redes o en otras distintas que requieren interconexión.

Entre la red telefónica, que hace posible que dos abonados mantengan una conversación, y la red de difusión de TV, mediante la que una estación de TV emite sus programas desde sus estudios hasta los receptores de los televidentes, existen diferencias fundamentales en cuanto a la naturaleza del mensaje que se envía, el sentido de la transmisión, el número de interlocutores que intervienen, etc. Telefonar es hablar con otra persona, mientras que ver la TV es observar que sucede en otro lugar remoto; este hecho condiciona la complejidad de la red.

La diferencia fundamental entre estos dos ejemplos extremos radica en que la red telefónica proporciona un camino para que se comuniquen cualesquiera dos abonados del mundo, mediante la marcación de un número que identifica unívocamente a cada abonado. Cualquier abonado puede comunicarse con cualquier otro y las redes telefónicas extendidas por todo el mundo hacen esto posible. En la difusión de TV, unas imágenes en directo son transmitidas desde los estudios mediante potentes antenas. Esta señal es recibida por los televidentes mediante otra antena y su receptor de TV. La señal de TV siempre está disponible a voluntad exclusiva del usuario.

El sencillo ejemplo presentado pretende poner de manifiesto una característica fundamental de las redes: la **externalidad**. Una red se considera que tiene externalidades cuando cada nuevo usuario que se añade a la red incorpora un valor creciente al resto de abonados, por la posibilidad que tienen de poder comunicar con uno nuevo y compartir información. Esta externalidad se da en la telefonía; tenemos teléfono porque es útil tenerlo, ya que otros que también lo tienen pueden llamarnos o nosotros llamarlos a ellos. Las redes de difusión de TV no se caracterizan por sus externalidades; sólo permiten recibir TV y no para compartir información con otros abonados al servicio, por lo que no nos aporta nada la incorporación de un nuevo abonado, ya que ésta se realiza sin que nadie se aperciba de ello; el único beneficiado es el nuevo suscriptor y, por supuesto, el proveedor del servicio.

La externalidad de una red tiene su coste económico y su complejidad tecnológica. La externalidad requiere interconectar, en ambos sentidos, a usuarios que desean comunicarse mediante cables u ondas. Esto significa que, por lo pronto, ambos tienen que estar conectados a la red mediante su red de acceso, la parte más costosa de las redes por su baja economía de escala -un par de hilos de cobre en exclusiva por abonado-. Además, en las cercanías de sus domicilios hay centrales telefónicas que atienden sus operaciones de descolgado y de recogida del número marcado, estableciendo el camino que ha de seguir la llamada para alcanzar al otro usuario. Esa comunicación sale hacia la central destino del otro abonado utilizando cables de fibra óptica que comparte con otras llamadas durante su duración y libera a continuación para que otros la usen, atravesando centrales telefónicas de larga distancia (provinciales, nacionales e internacionales). Las inversiones requeridas para establecer, desarrollar y mantener una red dotada de externalidad son ingentes y a largo plazo (30 años o más).

A pesar de que la utilización del par de abonado sea muy baja a lo largo del día, las redes de telefonía están diseñadas para que la probabilidad de pérdida sea muy baja, del orden del 2%, es decir, que ante una petición de llamada, la red no es capaz de atenderla por saturación de sus recursos. Este hecho, que el usuario quiera llamar y deba ser atendido, hace que a priori la reserva de recursos por abonado sea muy elevada y su utilización a posteriori sea muy baja, aunque la aleatoriedad de las llamadas permite distribuir estos recursos comunes entre todos los abonados. La teoría del tráfico de telecomunicaciones es la que se encarga de estudiar las características aleatorias del tráfico y de dimensionar adecuadamente los recursos compartidos para proporcionar una calidad de servicio concreta.

Las redes y servicios de telecomunicación conmutadas tienen capacidad potencial para interconectar a cualesquiera de sus usuarios mediante un conjunto de recursos compartidos. Este aspecto es de vital importancia; el coste de los recursos tecnológicos es muy alto, por lo que se han desarrollado distintas técnicas que hacen posible estar conectado a la red, pero sin ocupar recursos de la misma, de manea que el terminal está alerta y es avisado por la red de que tiene información para él, iniciándose entonces una comunicación que ya utiliza los recursos compartidos de la red. Es por ello, por lo que se han definido unas fases por las que atraviesa la comunicación entre dos puntos remotos:

- Establecimiento de la conexión: el usuario que desea comenzar una comunicación lo hace saber a la red, la cuál reserva parte de sus recursos y busca al destinatario y su disponibilidad para recibir información. En esta fase se comprueba la disponibilidad de los recursos compartidos requeridos para establecer la comunicación y se reservan en consecuencia.
- Envío de la información: una vez entablada la conexión, ambos extremos pueden intercambiar información mediante los recursos compartidos que las redes disponen para transportar información.
- Liberación de la comunicación: ante la solicitud de los comunicantes para finalizar la comunicación, la red recupera sus recursos para ponerlos a disposición de otras nuevas conexiones.

Para hacer posible esta secuencia ciertamente estándar, las telecomunicaciones han desarrollado distintas técnicas que las satisfacen, adaptándose a ciertas restricciones que imponen las señales que transportan y la definición del servicio. Las técnicas fundamentales en telecomunicaciones que vamos a desarrollar en esta sección, siguiendo el marco general presentado en la figura 5, son:

- El acceso de los usuarios a las redes mediante la red de acceso, lo que constituye el vínculo físico entre usuarios y las redes de comunicación.
- La señalización entre el terminal y la red para conocer su estado, tarificar y encaminar la llamada, así como, las señales intercambiadas entre los distintos sistemas de la red por los que discurre la comunicación.
- Seleccionar, entre los múltiples caminos existentes, aquél que une los extremos en comunicación mediante la conmutación.
- Transportar eficientemente la información mediante la transmisión a largas distancias y salvando diferentes obstáculos naturales.
- La interconexión entre redes diferentes, tanto en la tecnología que las soporta, como en cuanto a que son redes de operadores distintos.

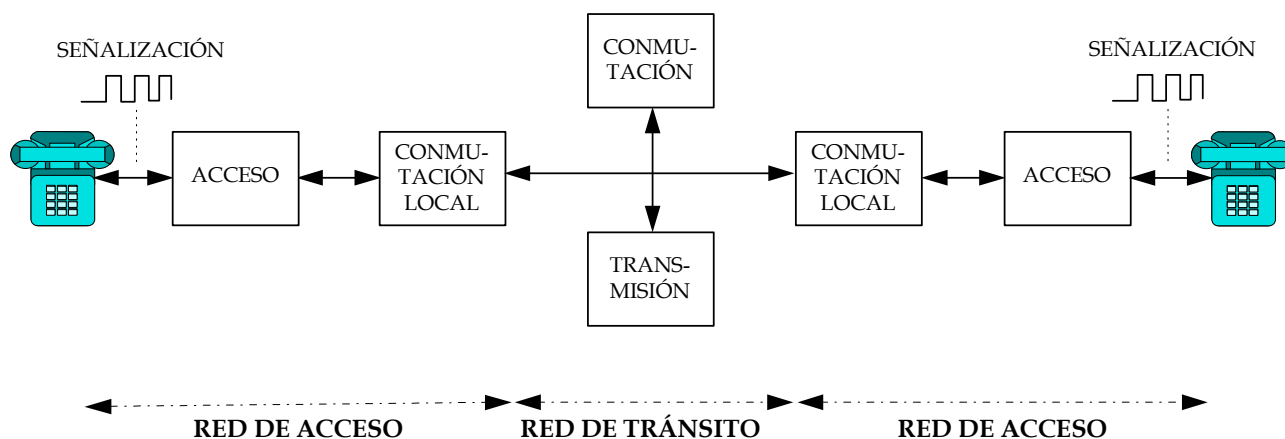


Figura 5. Conceptos de Telecomunicaciones en Redes Telefónicas

Los conceptos anunciados se describen a continuación a lo largo de esta sección, aunque previamente vamos a tratar aspectos generales sobre las comunicaciones que impactan sobre los diseños de las redes.

4.1 Diferentes clasificaciones de las redes de telecomunicación

En la explicación que sigue utilizaremos indistintamente los términos usuario/abonado/terminal, siendo aplicable cualquiera de los conceptos que siguen a los mismos; usuario se suele referir a comunicaciones de voz o de personas ante sus ordenadores o equipos de videoconferencia o usuarios Internet, abonado tiene un concepto más económico y se asocia a aquél usuario que paga periódicamente por disponer del servicio, mientras que terminal hace referencia al equipo electrónico con el que el usuario accede a la red mediante una interfaz estándar.

La Sociedad de la Información se fundamenta en una Infraestructura Global de la Información por la que circula la información adaptada a los modos de comunicación, diversos y cambiantes, que se producen entre los miembros de la misma. Los servicios de comunicaciones han evolucionado desde la telefonía o el télex que predominaban en la década de los setenta, hasta los nuevos modos de comunicación como los móviles, el correo electrónico, o la www, siempre en un contexto cambiante incluso en cuestión de meses.

Atendiendo a la capacidad que tienen los usuarios para intercambiar información, podemos encontrar usuarios o terminales diferentes:

- Transmisores: únicamente emiten información. Son los proveedores de contenidos de las redes. Ejemplo: una estación de TV
- Receptores: únicamente reciben información. Son los consumidores de contenidos de las redes. Ejemplo: un receptor de TV
- Transmisores/receptores: los usuarios pueden emitir y recibir información. Ejemplo: el teléfono

Las redes de comunicación pueden difundir información a múltiples usuarios o exclusivamente intercambiarla entre dos usuarios. Por ello, las redes se diseñan para adaptarse a diferentes esquemas de generación y entrega de la información:

- Redes de difusión: la señal que emite un transmisor es recibida por cualquier terminal conectado a la red, recibiendo todos los usuarios la misma información y a la vez. Ejemplo típico son las redes de TV en cualquiera de sus formas de transporte, cable, satélite o terrenal.
- Redes conmutadas: cualquier usuario conectado a la red puede comunicarse con cualquier otro conectado a la misma, mediante el establecimiento de la conexión entre los terminales extremos. El ejemplo más conocido son las redes de telefonía.
- Redes de difusión con acceso condicional: la señal emitida por un transmisor es recibida por cualquier terminal conectado a la red, recibiendo los terminales la misma información y a la vez, pero a diferencia de las redes de difusión puras, cada usuario puede tener acceso a la información que personalmente ha solicitado al emisor mediante petición previa. La tecnología de acceso condicional es la que permite la personalización de los contenidos que el usuario recibe, incluso mediante las redes de difusión convencionales. En este sentido, este tipo de redes de reciente aparición actúan como redes de difusión virtualmente conmutadas.

El modelo general de red de comunicación incluye un conjunto de usuarios dispersos que pueden desear establecer comunicación entre todos a la vez, o persona a persona, esto es:

- Punto a punto: un usuario entabla comunicación con otro, sin poder ser compartida por terceros la información. Un ejemplo típico es la telefonía o el correo electrónico.
- Punto a multipunto: un usuario o terminal, el “usuario punto”, transmite datos hacia otros muchos, “usuarios multipunto”. En caso de que los “usuarios multipunto” puedan generar información, la información que transmiten cada uno de ellos es recibida exclusivamente por el “usuario punto”, quién a su discreción la hará visible al resto de “usuarios multipunto”. Un ejemplo típico es la difusión de TV, o las aplicaciones de teleeducación por videoconferencia.
- Multipunto a multipunto: todos los usuarios pueden comunicarse simultáneamente con el resto. Un servicio de este tipo lo encontramos en los denominados *chats* de Internet, en los que los usuarios desde sus PCs pueden intercambiar mensajes en tiempo real con otros usuarios también conectados.

Para caracterizar a las redes y servicios de comunicación, debemos distinguir tres características básicas de la comunicación:

- La direccionalidad de la comunicación
- El ancho de banda de la comunicación
- El grado de simetría de la comunicación

Para que se desarrolle una comunicación tiene que existir un camino por el que circule la información, pero este camino puede estar creado en ambos sentidos o en uno único, por lo que tenemos distintas clases de direccionalidad:

- Comunicación unidireccional: la información viaja desde un emisor a un receptor, no existiendo camino de retorno para la comunicación inversa. Este tipo de comunicaciones se suele encontrar en las redes de difusión o distribución (*broadcast*), adoptando estructuras en árbol o en bus. Es posible que el extremo remoto transmita información, pero lo tiene que realizar por una red distinta. Ejemplo: la TV convencional terrenal.

- Comunicación bidireccional o interactiva: la información entre los extremos viaja en los dos sentidos, por el mismo camino, aunque también existen redes en que no tiene por que coincidir los caminos de ida y vuelta. Ejemplo: las redes de telefonía y de datos.
- Soluciones fragmentarias que integran dos redes: una red unidireccional para un sentido de la comunicación es combinada con otra red para el camino de retorno. Estas soluciones fragmentarias permiten tener servicios interactivos de TV, en la que ésta es recibida por la red de difusión terrestre o por satélite, mientras que las selecciones del usuario y sus peticiones de Vídeo a la Demanda (VoD), se envían por la red telefónica.

Como ya indicamos en el capítulo 3, los tipos de información que puede circular por las redes es muy variado, en cuanto a su naturaleza, tratamiento, degradación y lo que aquí nos interesa, de muy distinto ancho de banda. Dentro del ancho de banda de una señal quedan recogidas todas las frecuencias distintas que incorpora la señal. Las variaciones de frecuencia de una señal de voz son muy inferiores a las de una imagen movimiento (vídeo). La tecnología requerida en cada caso es muy distinta; la frecuencia es la variable fundamental que manejan los ingenieros de telecomunicación que diseñan sistemas de comunicaciones en sus aspectos de transporte de señal. Esto obliga a que, para transmitir una señal de TV vía radio o cable y debido a las altas frecuencias que incorpora, llegando a alcanzar típicamente un ancho de banda de 5 MHz, se tenga que modular a altas frecuencias dónde la propagación es adecuada, mediante complejos amplificadores y moduladores. En cambio, la señal de telefonía vocal es de un ancho de banda de 4 KHz, por lo que su amplificación y modulación es muy sencilla, incluso innecesaria en el bucle de acceso, dónde la señal es transportada en banda base durante varios kilómetros sin verse degradada demasiado. Atendiendo a esta diversidad de señales, tenemos la restricción del ancho de banda de las señales que puede ser:

- Voz: el ancho de banda de calidad telefónica es de 4 KHz, mientras que el calidad de emisora FM es de 18 KHz. El sonido de calidad CD (*Compact Disc*) es de 20 KHz. En canales de 4 KHz se puede digitalizar la voz a 64 Kbps, pero mediante técnicas de predicción llegar a velocidades en torno a los 13 Kbps con una calidad aceptable, como en el sistema de telefonía celular digital GSM
- Datos: el rango de variación de su ancho de banda es muy amplio, desde los datos a baja velocidad que puede entregar una estación remota de telemetría (200-300 bps), hasta los datos a alta velocidad que supone una transferencia de ficheros de cientos de MB). En realidad, cada día más cualquier señal, una vez digitalizada, puede ser considerada datos, por lo que el parámetro que realmente interesa es el ratio de compresión de la información que se consigue. Este ratio de compresión depende del tipo de información; del parecido entre muestras adyacentes de la señal y del patrón de repetición de señales.
- Imágenes: una imagen es estática y está compuesta de millones de puntos dotados de un color. Cada punto tiene un código de color, por lo que la cantidad de información contenida en una imagen es igual al número de puntos multiplicado por el número de bits utilizados para codificar el color. Las imágenes pueden contener desde 16 colores distintos hasta millones de colores, si bien el ojo humano por encima de 256 colores se vuelve más insensible al número de colores posibles. Pensemos en una foto digitalizada de 640x420 puntos (268.800 puntos) con 256 colores (8 bits), lo que suponen 262,5 KB.
- Vídeo: una señal de vídeo generada por una cámara contiene gran cantidad de información (imágenes y sonido), no sólo por la variedad cromática que capta sino sobre todo por la captación de imágenes en movimiento. Las variaciones de color por segundo que experimenta cualquiera de los puntos de captura de la cámara son enormes, por lo

que el ancho de banda de la señal de TV de calidad convencional en sistema PAL (625 líneas con 25 líneas por segundo) alcanza el valor de 5 MHz. El vídeo sin comprimir requiere velocidades del orden de 50 Mbps, pero con compresión MPEG-2 podemos conseguir calidad aceptable a 2 Mbps. En vídeo conferencia (vídeo lento a 10 imágenes por segundo) podemos hacerlo con 128 Kbps con audio incluido.

En determinadas aplicaciones, uno de los extremos genera mucha más información que el otro, lo que tiene implicaciones relativas a la ubicación de las infraestructuras de mayor ancho de banda, en el sentido emisor-receptor o en el inverso. El grado de simetría se refiere a la distribución del flujo de información entre los dos extremos de la comunicación, distinguiéndose:

- Servicio Asimétrico: Uno de los extremos de la comunicación genera mucha mayor cantidad de información que la otra parte. El ancho de banda mayor se situará en el camino de emisor a receptor, siendo muy inferior el dispuesto en sentido contrario. Ejemplo: la difusión de TV por cable con retorno o la WWW.
- Servicios Simétricos: Ambos extremos generan parecidas cantidades de información, por lo que la red presenta idénticos anchos de banda en ambos sentidos. Ejemplo: la telefonía

En una aplicación concreta, el conocimiento de las necesidades de intercambio de información entre los usuarios en lo que a cadencia y rapidez se refiere es importante, distinguiéndose los siguientes flujos de información:

- Flujo continuo de información: la voz o el vídeo. La información debe llegar con idéntico retardo y sin desordenar, pues de lo contrario se altera el significado, incluso puede resultar inteligible. Nótese que esta alteración del mensaje es independiente de que la señal esté digitalizada o sea analógica, pues lo fundamental es el tratamiento homogéneo que las redes deben proporcionar estas señales.
- Flujo discontinuo de información: los paquetes de datos. Lo importante de la comunicación de datos es que lleguen y lo hagan sin errores, sin importar especialmente el retardo e incluso el desorden. De manera análoga al correo convencional, un paquete lleva su dirección origen y su dirección destino que es entregado a la red que se encarga de entregarlo en el destino sin errores.

Para que la información enviada por un terminal, sea recibida en el otro extremo, las redes establecen un camino o circuito entre los extremos por el que viaja la información. Los circuitos en las redes de telecomunicación pueden ser:

- Circuito físico permanente o circuito punto a punto: hay aplicaciones en las que es necesario tener una conexión permanente entre dos puntos, de manera que la señal no requiere ser conmutada pues el camino siempre existe. Por ejemplo: interconexión permanente de las LAN de dos oficinas remotas, mediante una línea punto a punto.
- Circuito físico permanente durante la comunicación: cuando se inicia la comunicación se establece un circuito ocupado en exclusiva durante la misma, existiendo una conexión física real entre los extremos. Se suele emplear cuando la naturaleza continua del mensaje transmitido exige recibir la información en tiempo real o, al menos, con un retardo constante. El caso más típico es la red de telefonía que transporta conversaciones, las cuales son en tiempo real, es decir, en una conversación cuando preguntas a tu interlocutor esperas respuesta inmediata, además de que las frases son continuas y no se pueden recibir los distintos trozos de las mismas con diferentes retardos. Los recursos de la red están completamente ocupados en exclusiva por la conversación, independientemente de que en un momento determinado no se esté enviando

información, por lo que es ineficiente en cuanto a utilización de recursos, pero las aplicaciones de voz así lo requieren.

- Circuito virtual: al igual que en los circuitos permanentes, la información durante una comunicación entre los dos extremos viaja siempre por el mismo camino físico, previamente calculado por los sistemas intermedios, pero a diferencia de los circuitos permanentes, la ruta es compartida con otros circuitos virtuales y, por supuesto, los terminales remotos pueden tener varios circuitos virtuales abiertos simultáneamente con diferentes terminales de la red. La esencia está en la naturaleza de la información transmitida, mensajes de datos cuya recepción no precisa ser continua, lo único que interesan es que se entreguen, en el destino, ordenados y sin errores. Los mensajes de datos se fragmentan en paquetes (unidades de información unívocamente identificadas por su cabecera dirección origen y destino) que pueden llegar con diferentes retardos sin que el mensaje se altere. Los recursos de la red están optimizados, puesto que, durante los instantes en que no hay datos a transmitir, el canal es utilizado por otros circuitos virtuales. La eficiencia de utilización de los recursos de la red es alta.
- Circuito inexistente: el usuario entrega la información en distintos paquetes, en este contexto conocidos como datagramas, a la red que se encarga de hacerlos llegar al destinatario sin reservar ningún camino y sin confirmar la recepción correcta de los mismos. En función de la carga de los recursos compartidos, la red envía los mensajes por distintas rutas, por lo que el receptor se encarga de ordenarlos y de solicitar a la otro extremo si alguno se ha perdido. Es el sistema más parecido al sistema postal; las cartas salen con su dirección destino, algunas van en tren o avión y se reciben en distintas fechas, Correos no confirma si se han recibido, siendo el destinatario el que detecta alguna pérdida o deterioro y solicitando al emisor su reenvío.

Otro parámetro que caracteriza las redes de comunicaciones y condiciona su diseño es el grado de movilidad requerido por los extremos de la comunicación:

- Fijos: los usuarios y los terminales están permanentemente fijos, conectados físicamente a las redes mediante un cable o radiocanal.
- Móviles: los usuarios están en movimiento dentro de las zonas de cobertura del servicio, llevando sus terminales que proporcionan a la red las señales que permiten su seguimiento e identificación.
- Mixtos: la demanda de los usuarios busca soluciones que permitan estar conectados con el mismo terminal a las redes fijas cuando están en lugares estables (hogar u oficina) y beneficiarse de sus tarifas, y a las redes móviles cuando estén itinerantes por las zonas de cobertura fuera de sus hogares u oficinas.

Un parámetro que hace referencia al grado de cobertura geográfica de la red, medida en términos de posibilidad de acceso a otros usuarios, es la siguiente:

- Redes con cobertura local: la red tiene una cobertura en torno a entorno reducido, siendo accesibles únicamente los usuarios dentro de la misma, como son las LAN de datos, las centralitas telefónicas, las redes de radiotelefonía en grupo cerrado de usuarios (*trunking*) con cobertura local o los sistemas de buscapersonas.
- Redes con cobertura extensa: la red tiene una cobertura extensa por el territorio, nacional e incluso internacional, siendo posible acceder a cualquier usuario de la misma, como son las redes de telefonía fija, las de telefonía móvil, las redes de área extensa de datos (WAN), Internet o las redes globales por satélite.

En un sistema tecnológico como el de las redes de telecomunicación que utiliza bienes considerados públicos y escasos, como el espectro radioeléctrico y que, además, requiere ingentes inversiones para el despliegue de las redes de comunicación, la compartición de recursos es uno de los objetivos principales del diseño de las redes. Las alternativas en cuanto a compartición de recursos técnicos pueden ser:

- Recursos compartidos: la ingeniería de telecomunicaciones ha desarrollado distintas técnicas de compartición de recursos escasos como el espectro y de generación de economías de escala para aliviar las inversiones, como la fibra óptica o los cables coaxiales. Las técnicas habitualmente utilizadas para ambos requisitos son la Multiplexación por División en el Tiempo (TDM), Multiplexación por División en Frecuencia (FDM), Multiplexación por División en Longitud de Onda (WDM) y la Compartición de Acceso al Medio por Detección de Portadora (CDMA). La economía de escala es muy elevada, pues mediante el tendido de un único cable coaxial pueden viajar por miles de conversaciones simultáneas.
- Recursos no compartidos: en una red de comunicaciones hay una parte que no puede ser compartida porque es la que entrega la información en el domicilio del usuario. Esta parte es el bucle de abonado, por cable o por radio, y constituye la parte más costosa porque requiere tender un cable en exclusiva para cada usuario y que sólo es utilizado un bajo periodo de tiempo al día. La utilización actual del par telefónico en España está en torno a los 10 minutos al día, estando el resto del tiempo sin utilizar. Las técnicas de ahorro de inversiones pasan por acercar las redes a los domicilios o manzanas de cientos de abonados mediante portadores comunes en arquitecturas mixtas de fibra y de cobre (HFC, *Hybrid Fiber Cooper*).

No obstante, un matiz importante que conviene introducir en este punto es la sutileza que existe entre todas estas clasificaciones aplicadas a redes y servicios, pues los parámetros definitorios de una red no tiene por qué aplicarse por extensión a los servicios que soporta. Es decir, la red telefónica es bidireccional, pero si la utilizamos para un servicio de recepción de datos sobre cotizaciones de Bolsa tenemos un servicio unidireccional. Por tanto, la caracterización de las redes es excluyente en cuanto a servicios que puede soportar, mientras que la de los servicios está sujeta a la utilización que se haga de las redes. Una red de difusión de TV (unidireccional) nunca podrá ser utilizada para un servicio interactivo de TV (bidireccional).

4.2 Esquemas de acceso a los contenidos

En un proceso de comunicación tenemos a dos agentes: personas y contenidos. Las personas generan contenidos que pueden proporcionar en tiempo real a otras personas, o bien, generan contenidos que son almacenados para su posterior difusión. Las alternativas posibles en la relación entre persona y contenidos son las siguientes:

- Persona a persona
- Persona a contenidos
- Personas a personas

La comunicación persona a persona utiliza básicamente la voz y el texto, los cuales requieren poco ancho de banda y el flujo de información es simétrico y bidireccional. Si la necesidad de respuesta es instantánea, usaremos la telefonía fija o móvil y las herramientas de trabajo colaborativo. Si la

respuesta es diferida, nos encontramos con los sistemas de buzones vocales, el fax y el correo electrónico.

En las comunicaciones entre persona y contenidos permite que un usuario extraiga desde un servidor una gran cantidad de información de tipo multimedia, con lo cual el ancho de banda requerido es enorme, la asimetría importante y es bidireccional. El usuario sólo envía hacia la red las selecciones que le permiten acceder al contenido deseado y el servidor envía en respuesta gran cantidad de información en tiempo real. Los requisitos de movilidad son escasos, en parte debido a la tecnología disponible. El servicio es unidireccional en los servicios de difusión de TV.

En las comunicaciones de personas a personas, o comunicación entre grupos, se intercambian mutuamente información en forma de creación, consulta, edición y actualización de datos residentes en sistemas diversos; se trata de compartir datos. La posibilidad de que un usuario actúe en ocasiones como generador de información y en otras como consumidor, requiere diseñar redes simétricas, de ancho de banda mediano y por supuesto que sean bidireccionales. La disponibilidad de sistemas basados en ordenadores personales hace posible ofrecer acceso a la información en tiempo real, de manera que todos los usuarios estén utilizando simultáneamente la misma información en todo momento y no existan descoordinaciones por información incoherente. Las posibilidades del acceso móvil son cada vez más importantes hoy en día, no sólo por usuarios de telefonía móvil, sino que ya son habituales personas que acceden remotamente desde las denominadas oficinas móviles.

Todos estos conceptos aparecen resumidos en la tabla 3, en la que se ponen en relación cada esquema de comunicación con su equivalente en las redes de telecomunicación y los parámetros característicos asociados.

TIPO BÁSICO	SERVICIO	Asimetría / Simetría	Bidireccional / Unidireccional	Ancho de Banda	Centralización / Descentralizado	Tiempo Real / Tiempo Diferido	Fijo / Móvil
PERSONA A PERSONA	Telefonía Básica	Simétrico	Bidireccional	Poco	Centralizado	Real	Fijo
	Sistemas Móviles (telefonía, <i>trunking</i>)	Simétrico	Bidireccional	Poco	Descentralizado	Real	Móvil
	Videoconferencia	Simétrico	Bidireccional	Medio	Descentralizado	Real	Fijo
	Correo Electrónico	Simétrico	Unidireccional	Poco	Descentralizado	Diferido	Fijo / Móvil
PERSONA A CONTENIDOS	Servidor Multimedia (WWW)	Asimétrico	Bidireccional	Mucho	Centralizado	Real	Fijo
	Difusión de Noticias mediante Canales de Internet (<i>push technology</i>)	Asimétrico	Unidireccional	Mucho	Centralizado	Real	Fijo
	TV Digital	Asimétrico	Bidireccional	Mucho	Centralizado	Real	Fijo
PERSONAS A PERSONAS	LAN	Simétrico	Bidireccional	Mucho	Descentralizado	Real	Fijo
	<i>Host / Mainframes</i>	Asimétrico	Bidireccional	Poco	Centralizado	Real / Diferido	Fijo
	WAN	Simétrico	Bidireccional	Medio	Descentralizado	Real	Fijo / Móvil

Tabla 3. Caracterización de los esquemas y servicios de telecomunicación

4.3 Tipología de redes de comunicaciones

Atendiendo a la propiedad de las infraestructuras y a la gestión y operación de las redes, éstas se pueden clasificar en:

- **Redes Públicas:** son redes que permiten que cualquier usuario se conecte a ellas y comunicarse con otros usuarios. Son redes cuyo propietario tiene una licencia para operar y se acoge a un conjunto de estándares; son costosas y en la medida de lo posible el licenciatario debe conseguir la máxima cobertura. Es ideal para pequeños empresas que intercambian poco tráfico. Su coste es bajo en cuanto a creación de redes WAN
- **Redes Privadas:** el propietario de las infraestructuras tiene una licencia que le permite interconectar sus redes, mediante la contratación de circuitos alquilados al operador consignatario de los mismos. Las redes son de topología sencilla, pero su creación, operación y mantenimiento suponen cantidades importantes de recursos económicos y humanos, si bien tiene todas las ventajas de los diseños a medida. Es la solución para grandes empresas con edificios dispersos y tráfico elevado, con objeto de optimizar al máximo la inversiones en equipos de comunicaciones y líneas alquiladas
- **Redes Privadas Virtuales (RPV):** Las RPV es un concepto análogo al de red privada pero que se aprovecha de las redes públicas, al no contratar circuitos exclusivos ni operar directamente la red. Existen RPV de voz (p.ej., Ibercom) y de datos (p.ej., Red Uno). Las tarifas del servicio son planas, independientes por tanto del tráfico corporativo. La actualización y el mantenimiento de la red es realizada por el operador de servicios. El perfil de empresa corresponde a empresas con gran cantidad de tráfico corporativo pero que no quieren invertir en equipos de comunicaciones, evitan costes ocultos o no desean preocuparse de la gestión de red
- **Redes Corporativas:** Es el conjunto de recursos de comunicaciones de voz/datos, propios o alquilados que sirven para intercomunicar entre si a los distintos emplazamientos y con el exterior. Puede consistir en una mezcla de red pública, privada o virtual. La diferencia con las privadas y las virtuales está en que integra voz y datos y en que pueden ser líneas propias

4.4 El acceso a las redes

El **acceso** proporciona la conexión a las redes que prestan los servicios de telecomunicaciones. El acceso tiene como función principal recoger las señales que emite nuestro terminal y entregárselas a la red a través de un medio de acceso y viceversa, recibir la señales que la red recoge del comunicante y entregárselas a nuestro receptor. Esta función de acceso se completa con la **central local**, que toma la decisión sobre a qué órgano de la red se envía nuestra petición de servicio para su adecuado tratamiento. El **medio de acceso** más elemental está constituido por un par de hilos de cobre que conecta nuestro teléfono con nuestra central telefónica local, si bien existen

otros con mayor ancho de banda -la fibra óptica o el cable coaxial- o con movilidad -acceso radioeléctrico-. Actualmente el ancho de banda del acceso residencial es un cuello de botella crítico para el desarrollo de la Sociedad de la Información.

4.5 Señalización

Una vez que se accede a la red, tiene que entablarse un diálogo **-la señalización y numeración-** entre el terminal y la red, de modo que ésta conozca el servicio solicitado y lo que es más importante, la red tiene que dirigir la información al punto destino entre los millones de destinos que puede haber apoyándose en la conmutación y en la transmisión.

4.6 Conmutación

Toda comunicación tiene un origen y un extremo que hay que interconectar. La **conmutación** se encarga de conectar los puntos origen y destino de una forma progresiva y transparente al usuario. Para ello, estudia la ruta óptima que conecta ambos puntos y va solicitando a las distintas centrales de tránsito del camino elegido una conexión que le vaya acercando al destino. Una vez llegado al destino requiere una conmutación local que le conecte físicamente al par de hilos de acceso del receptor. Esto es una conmutación de circuitos

En la transmisión de datos se produce una conmutación de paquetes, en la que cada uno de estos paquetes de datos se envía al destinatario por la ruta que se cree más apropiada en cada momento. Esto hace que los paquetes de una misma comunicación puedan llegar por caminos diferentes. Por tanto se requiere una reordenación de paquetes antes de la entrega de la información al destinatario. Obsérvese también que la conmutación de paquetes no requiere un camino físico permanentemente dedicado a la interconexión de los extremos de la comunicación.

4.7 Transmisión

La **transmisión**, por su parte, proporciona el soporte físico sobre el que viaja la información. La conexión entre centrales se realiza mediante los medios de transmisión que concentran cientos de llamadas procedentes de esa central y las transporta por un único cable. La transmisión tiene como objetivos el transporte de información con costes bajos y a la mayor velocidad posible. Ambos objetivos se consiguen utilizando medios de transmisión de alta capacidad basados en un portador que introduzca economías de escala. La fibra óptica es el portador por excelencia, ya que permite transportar cientos de miles de conversaciones telefónicas simultáneas por un único hilo. El coste unitario del circuito vocal desciende drásticamente conforme vamos aprovechando al máximo la capacidad máxima del hilo de fibra óptica. Los medios de transmisión **típicos** son el cable coaxial, el cable de fibra óptica, los radioenlaces y cables de pares apantallados.

En el ámbito audiovisual (televisión) son habituales además los cables coaxiales como medios de transmisión, mientras que en el mundo telemático (redes de área local y extendida) se utilizan los cables de pares, trenzados, coaxiales y fibra óptica, entre otros.

Además siempre es posible utilizar medios de transmisión vía radio en las diferentes frecuencias que componen el espectro radioeléctrico.

4.8 Interconexión

La **interconexión** de redes se ha convertido en uno de los cuellos de botella para la difusión de las TIC. Históricamente han existido dos entornos de difusión de redes de comunicaciones incompatibles entre sí. El entorno *local*, compuesto por las redes de ordenadores de las organizaciones empresariales y el entorno de las telecomunicaciones *públicas* con redes especializadas para cada servicio. Afortunadamente esta situación esta cambiando en estos últimos años gracias a los avances en la estandarización y al despliegue de la Red de Servicios Integrados de los operadores, la cual permite satisfacer las distintas necesidades de comunicación.

Los problemas son:

- Técnicos, en cuanto a direccionamiento de la información: planes de numeración y en redes de datos *networking* TCP/IP, y en cuanto estándares de las interfaces entre equipos
- Tarifarios: cuanto se debe pagar por utilizar las redes de otros
- Separación de redes y servicios: un usuario `puede utilizar la red de acceso para utilizar indistintamente servicios de diferentes proveedores de servicios: larga distancia, etc

Capítulo 4

REDES Y SERVICIOS DE COMUNICACIÓN

1. INTRODUCCIÓN

Las telecomunicaciones, comunicaciones a distancia, o simplemente comunicaciones, tienen unos vectores motores característicos que orientan su evolución tecnológica. Estas líneas de evolución se ven estimuladas extraordinariamente de tiempo en tiempo por la aparición de nuevos objetivos. Este es justamente el caso actual. El capítulo se dedica precisamente a establecer los factores de evolución de las redes y servicios de comunicación, a conocer las características de las redes y servicios actuales y a apuntar las vías de evolución futura de las comunicaciones.

La descripción de los parámetros técnicos que caracterizan a las redes y servicios de comunicación, así como su estructura y arquitectura se encuentran en posteriores cursos.

Para entender el mundo de las telecomunicaciones hay que tener en cuenta que se han desarrollado a partir de la definición de los objetivos que los organismos de regulación realizaban para cada una de las redes y servicios. La miopía o la visión anticipadora de estos organismos son en buena parte responsables del estado actual de las comunicaciones. Por ejemplo, tradicionalmente las redes y servicios se explotaban en monopolio, sin que prácticamente en ningún país se pudieran separar las funciones de operación de red y de provisión de servicios. Por ello, muchas veces la forma en que se prestan actualmente los servicios responde a la búsqueda de soluciones del problema de tener redes en monopolio y servicios en competencia.

El capítulo se extiende particularmente en la definición de las distintas redes de telecomunicación, haciendo énfasis en cómo se configuran las redes para dar servicios, en su parte de acceso y en la de tránsito. Se describen las redes telefónicas, la RDSI, las redes de datos, las redes corporativas, las redes de comunicaciones móviles, las comunicaciones por satélite, las redes de difusión de TV y radio y las redes de cable.

Por último, se describen los servicios de telecomunicaciones, distinguiéndolos entre servicios finales y servicios de valor añadido.

2. LAS METAS DE LAS TELECOMUNICACIONES

Desde un punto de vista histórico, las telecomunicaciones han estado orientadas por dos **factores** tecnológicos básicos:

- La eliminación de la distancia y el tiempo en la transmisión de información.

- La continua reducción del coste de los sistemas.

En la actualidad han aparecido dos nuevos factores:

- La incorporación de inteligencia en la red.
- La integración de los diferentes tipos de información (voz, datos e imágenes).

El objetivo último sería lograr una red universal de comunicaciones capaz de intercambiar cualquier tipo de información con cualquier otro usuario, independientemente de la localización geográfica, incorporando además todas las aplicaciones avanzadas que requieran los usuarios para que su acceso y uso a la información sea más sencillo y eficaz. La figura 7.1 presenta este objetivo.

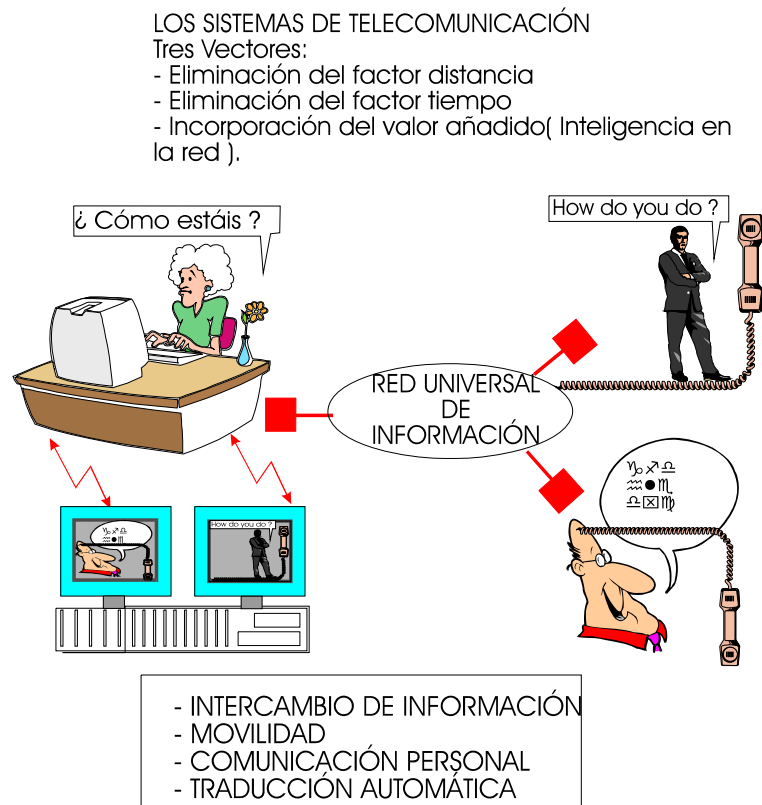


Figura 7.1. Red Universal de Información

La eliminación del **factor distancia** es el objetivo fundamental de las comunicaciones. Algo que se puede pensar que está conseguido, considérense, por ejemplo, los avances en las comunicaciones por satélite o los cables submarinos que unen todos los continentes. En las comunicaciones por satélite el coste del envío de información es prácticamente independiente de la distancia entre los puntos origen y destino de la comunicación.

Con relación al **factor tiempo**, podríamos recordar que en 1492 la Reina Isabel de Castilla tardó seis meses en conocer el descubrimiento del continente americano, o que,

en 1865, el Gobierno Británico tardó doce semanas en tener conocimiento del asesinato de Lincoln, mientras que en 1969 se tardó tan sólo 1,3 segundos en informar de la llegada de Amstrong a la Luna y, además, el evento fue observado por centenares de millones de personas de todo el mundo.

También la evolución de la telecomunicación está regida por la reducción en el **coste de los sistemas**. Tomando como ejemplo la grabación magnética digital para almacenar la información, el coste de un elemento de información se ha reducido en torno al 40% anual en dos decenios. Las comunicaciones terrenales también han disminuido su coste un 11% anual durante ese mismo período. Otro ejemplo son los satélites de comunicaciones: el primero, lanzado en 1965, costó 23.000 \$ por canal telefónico, mientras que en la actualidad el coste de un canal es inferior a 40 \$.

Con todo, el ritmo de innovación que continúan experimentando los terminales, los equipos, las redes y los servicios de telecomunicación augura, un avance significativo en estos factores.

Por otro lado, en un futuro próximo se incorporarán dos nuevos factores, la inteligencia de red y la integración de la información, que podrán reducir los costes de explotación y que permitirán nuevas aplicaciones y usos de la telecomunicación.

La **inteligencia de red** implica la digitalización de la información. Así se puede aprovechar toda la potencia de procesamiento, almacenamiento y presentación de los ordenadores. También implica la personalización de los servicios, adaptando éstos a los requerimientos concretos del usuario. Otro aspecto implícito en la inteligencia de red es la interactividad, de manera que no solamente se recibe información, si no que se puede actuar sobre ella, modificándola y reenviándola.

La convergencia tecnológica y de mercados también impone que las redes y los servicios sean capaces de manejar información de cualquier tipo, independientemente de que originariamente sean datos, imágenes o audio. Esta **integración de información** es lo que se ha definido como multimedia.

2.1 Situación actual de las redes de comunicación

La situación actual parte de un punto en el que las redes de comunicación de cada uno de los sectores que componen el Hipersector de la Información y las Comunicaciones, es decir, telecomunicaciones, informática y audiovisual, ofrecen **soluciones parciales** a los futuros servicios avanzados multimedia, base de la mejora de la calidad de vida que puede ofrecer la Sociedad Global de la Información.

Las actuales redes de telecomunicación pueden conmutar información para personalizar el servicio ofrecido, las redes de televisión pueden difundir grandes cantidades de información y las redes de ordenadores permiten transmitir información almacenada digitalmente. Pero ninguna de las tres redes integra en una única oferta de red la capacidad de conmutación y personalización, el acceso al hogar con gran ancho de banda, el soporte digitalizado y la bidireccionalidad que requieren los servicios avanzados multimedia.

En este sentido, los cuatro **elementos clave** que caracterizan a las redes de comunicaciones y que sería deseable que poseyeran las Infraestructuras Globales de Información (como son denominadas en los EEUU) o Red Universal de Información, son:

- **Conmutación**
- **Capacidad de transmisión**
- **Contenidos digitalizados**
- **Bidireccionalidad**

3. REGULACIÓN, REDES Y SERVICIOS

Como ya se ha puesto de manifiesto, los dos conjuntos de factores decisivos para la evolución de las telecomunicaciones hasta su concepción actual han sido la **tecnología** y la **regulación**. El objetivo básico de esta última era la extensión de un servicio básico de transmisión de información, como el teléfono, a toda la población, es decir, el objetivo principal de las normas que regulaban el sector era asegurar el **servicio universal**.

El escenario típico era el siguiente. Las Administraciones otorgaban los derechos de explotación de los servicios de telecomunicación a organismos directamente vinculados a ellas o mediante concesión a una empresa, bajo la obligación imperativa de extender gradualmente el servicio mediante la instalación de infraestructuras de telecomunicación. De esta manera no existía separación entre operador de redes y de servicios de telecomunicación. El operador de red era propietario de las redes de telefonía y explotaba al mismo tiempo el servicio telefónico.

La extensión del servicio, objetivo principal de la regulación como se ha dicho, impulsaba la instalación de infraestructuras de telecomunicación, como cables, centrales de conmutación y equipos de transmisión, por todo el territorio y con una estructura progresivamente capilar, de tal manera que a cualquier concentración humana llegaba algún cable o enlace vía radio que lo conectase a la red. La red era para servicios de telefonía.

El objetivo de servicio universal de telefonía básica se puede considerar alcanzado en todos los países desarrollados. Tal grado de penetración posibilitó que, para responder a nuevas necesidades de las empresas y de los usuarios residenciales como la transmisión de datos, la red telefónica se utilizara como red de soporte para este nuevo tipo de comunicaciones.

Las Administraciones regularon las nuevas necesidades mediante la concesión a los operadores en monopolio de los derechos de explotación de los nuevas redes y por ende de sus servicios, siguiendo un criterio de optimización de recursos y de rapidez en la extensión de los servicios. Así, se desarrollaron las redes de transmisión de datos que utilizaban como **red de acceso y de transporte** las infraestructuras de la red telefónica y como red de conmutación una red concebida específicamente para encaminar los datos. Esto justifica la existencia de un nuevo servicio, los llamados circuitos punto a

punto o alquilados, que utilizando las infraestructuras de acceso de la red telefónica conectan el terminal del usuario con la red de datos.

En lo que al sector audiovisual se refiere, la regulación también condicionó que las redes y servicios audiovisuales se prestaran en régimen de monopolio por las mismas operadoras telefónicas o por otras dedicadas en exclusiva al transporte de las señales de TV o de radio.

4. LAS REDES DE TELECOMUNICACIÓN

La arquitectura de las redes de telecomunicación se explica con detalle en el anexo A2. De una forma general las redes de comunicación se configuran como una red de acceso que a través de la red de tránsito permite la interconexión de las diferentes redes especializadas: telefónica, datos, RDSI, móviles, mensajería, etc.. Por supuesto, las redes de acceso y de tránsito pueden pertenecer a cualquiera de las redes especializadas. Las más extendidas entre éstas son la de telefonía básica, la de telefonía móvil y la de difusión de televisión. Cada una de ellas tiene, evidentemente, características muy distintas que en general no permiten el acceso a un terminal de comunicaciones cualesquiera. Este esquema genérico queda reflejado en la figura 7.2.

Hasta los años 70 no había más que redes orientadas exclusivamente a telefonía, redes de difusión de radio y TV y redes especializadas para los servicios de comunicaciones móviles profesionales (terrestre, marítimo y aeronáutico). En estos años aparecen los primeros sistemas digitales de conmutación, dotados del software necesario para el tratamiento de llamadas telefónicas que permitía ofrecer algunas facilidades como la tarificación detallada, conversaciones múltiples, etc.

A principios de los 70 comienzan a desarrollarse las primeras redes especializadas de datos, utilizadas fundamentalmente para la transferencia de ficheros entre ordenadores. A finales de los años 80 se introduce en EE.UU. los primeros servicios de inteligencia de red que permiten desarrollar servicios a la medida de las necesidades de clientes específicos.

Destaquemos que la industria informática, no satisfecha con las soluciones ofertadas por las compañías públicas de telecomunicaciones, ha desarrollado sus propias soluciones para redes de datos privadas. Surgieron así arquitecturas propietarias de interconexión de sistemas informáticos como SNA de IBM, DEC de Digital, ... , así como las redes de área local y de área metropolitana. No obstante, estas arquitecturas propietarias en cuanto se extendían más allá de la ubicación de la organización (su edificio, por ejemplo) dependían de la provisión de circuitos alquilados por parte de las operadoras que interconectasen los distintos centros a través de las redes públicas.

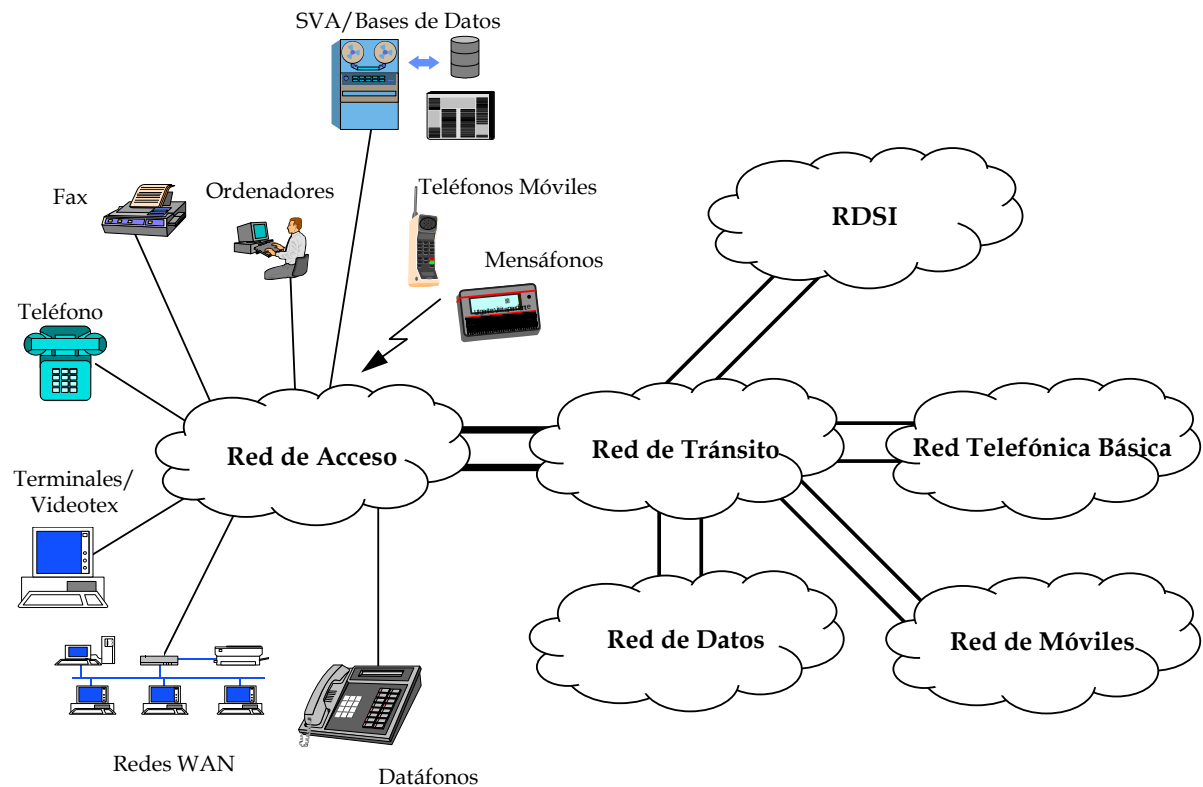


Figura 7.2. Configuración de las Redes de Telecomunicación

4.1 Clasificación de las redes de comunicación

La regulación del sector de las telecomunicaciones en forma de monopolio en gran parte de los países ha ocasionado que el operador de la red sea en numerosas ocasiones a la vez el proveedor de servicios y, en consecuencia, que las redes estén indisolublemente asociadas a la creación de servicios básicos concretos como voz o datos. Este hecho dificulta la separación entre red y servicios, por lo que en alguna ocasión para definir una red se utiliza el servicio que proporciona como parte de su definición.

A continuación se presenta una clasificación de las redes existentes según el tipo de señal que transportan: voz, datos o imágenes.

4.1.1 Redes de Telefonía

- *Red Básica:* servicios de telefonía básica.
- *Red Inteligente:* servicios de telefonía avanzados, como llamadas a cobro revertido, números especiales (gratuitos o tarifa compartida, etc.), servicio de itinerancia, facturación detallada, etc.

- *Red Digital de Servicios Integrados*: integra de forma digital las telefonía con la transmisión de datos (en este sentido podría figurar igualmente en el siguiente apartado). También permite videoconferencia y servicios avanzados.
- *Red Móvil*: los terminales telefónicos son móviles con acceso radioeléctrico.

4.1.2 Redes de Datos

- *Circuitos Alquilados o Punto a Punto*: unión directa entre dos puntos mediante un cable dedicado.
- *Redes Públicas de Datos*: Redes para transmisión de datos accesibles mediante protocolos normalizados.
- *Redes Privadas o Corporativas*: una organización tiene comunicaciones entre todas sus delegaciones, tal como si estuvieran en único edificio.
- *Redes de Área Local*: conexión entre ordenadores en una misma ubicación geográfica (oficina o edificio).
- *Redes de Área Metropolitana*: conexión entre ordenadores situados en ubicaciones de una misma ciudad.
- *Redes de Área Extensa*: conexión entre ordenadores situados en ubicaciones de diferentes ciudades.
- *Internet y conceptos similares (Infovía, Intranet)*: conexión mundial entre ordenadores siguiendo los protocolos TCP/IP.

4.1.3 Redes de Distribución de Televisión

- *Terrenal Vía Radio (VHF-UHF)*: la señal en el receptor procede de una red terrestre de emisores de señal de TV y llega a través de una antena individual o colectiva.
- *Vía Satélite*: la señal en el receptor llega directamente desde un satélite a través de una antena parabólica.
- *Red de Distribución Local Multipunto (LMDS)*: la señal procede de una red terrenal celular que utiliza las bandas de frecuencia de las microondas. La recepción se produce a través de una antena que puede estar en el interior del domicilio.
- *Vía Cable (CATV)*: la señal del receptor llega a través de un cable.

Además de éstas, están surgiendo nuevas redes de comunicaciones que ya tienen en cuenta la convergencia entre los datos (Internet), la telefonía y la difusión audiovisual, como pueden ser las diversas soluciones xDSL, las tecnologías WLL o las comunicaciones móviles de tercera generación como el UMTS.

Cada una de estas redes tiene sus peculiaridades que se comentan a continuación. Las redes mencionadas son típicamente analógicas o digitales, aunque algunas existen en ambas modalidades. Las redes móviles, las soluciones xDSL, las tecnologías WLL y por satélite se examinan en apartados especialmente dedicados.

4.2 Red telefónica básica

Las infraestructuras de telefonía básica son parte fundamental para la prestación de los servicios de telecomunicación en general. Estas infraestructuras incluyen la red que acerca los servicios al domicilio del usuario, el conjunto de equipos de conmutación y de medios de transmisión y, en general, incluyen también un servicio portador de alquiler de circuitos.

Además constituyen la infraestructura más importante y atienden fundamentalmente el servicio telefónico local, interurbano e internacional. El hecho de que esta red sea la única extendida por todas las geografías nacionales ha llevado a las operadoras a implantar sobre esta red el acceso a otras redes, como las de datos, mediante circuitos alquilados y a que sirvan de soporte a otros servicios como los telemáticos o los de valor añadido.

Este tipo de red se configura en dos tramos diferenciados, la red de acceso y la red de tránsito, que, en definitiva, permiten que un cliente de telefonía básica se interconecte a otro distante (figura 7.3).

4.2.1 Red de Acceso

La red de acceso permite la conexión física del equipo del cliente con la **central de conmutación local** que le da entrada a las diferentes redes conmutadas, a través del denominado **bucle de abonado**. La red de acceso se encuentra en régimen de monopolio en numerosos países por lo que otros posibles operadores tendrían que utilizar esta red para acceder a sus clientes.

La red de acceso tiene dos elementos fundamentales:

- El bucle de abonado que es el conjunto de medios que conectan al abonado con la red, ya sea par de hilos de cobre, acceso radioeléctrico, fibra óptica o cable coaxial.
- La central local de conmutación que recoge la petición de llamada y la dirige hacia su destino.

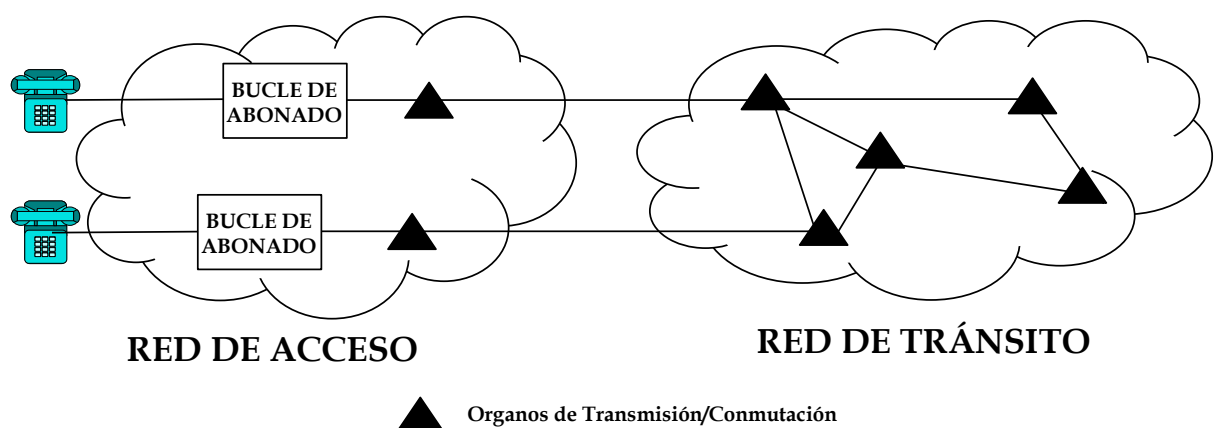


Figura 7.3. Infraestructuras para telefonía básica

El acceso típico esta constituido por cables de pares de cobre, aunque en numerosas partes ya se están instalando cables de fibra óptica en los tramos mas cercanos a la central de conmutación local. Además existen cables y equipos específicamente adaptados para soportar servicios o facilidades especiales, como los de la Red Digital de Servicios Integrados (RDSI). En el contexto actual, la red de acceso está teniendo un triple desarrollo:

- La oferta y extensión del servicio básico, mediante medios convencionales como los cables de pares
- Nuevas soluciones vía radio
- El acceso de banda ancha, mediante cables de fibra óptica en las cercanías del hogar.

Esta última es la que ofrece un mayor interés desde el punto de vista del desarrollo de los nuevos servicios multimedia y de banda ancha, ya que aunque la red de cobre mantiene un cierto crecimiento, sus posibilidades de evolución tecnológica y de soporte de nuevos servicios son limitadas, si bien es cierto que prácticamente cada día surgen innovadoras soluciones tecnológicas dispuestas a aprovechar los bucles de abonado de pares de cobre existentes, como toda la familia de soluciones DSL (*“Digital Subscriber Line”*).

En general las infraestructuras de acceso sobre fibra óptica se están desarrollando en zonas específicas como centros de ciudades y áreas comerciales e industriales..

Respecto a la parte de la red de fibra óptica que conecta cada registro, situado en las inmediaciones de cada manzana de edificios, con las tomas de usuario situadas en sus viviendas, está pendiente de definir si se realizará sobre cable coaxial o sobre fibra óptica, fundamentalmente debido a aspectos regulatorios (desarrollo de reglamentos sobre comunicaciones por cable) y económicos (demanda y relación coste/eficacia). No obstante, a largo plazo el objetivo es llegar con fibra óptica hasta el hogar.

4.2.2 Red de Tránsito

La **red de tránsito** está compuesta por las centrales de conmutación de enlaces y por los cables y equipos de transmisión que se utilizan para interconectarlas entre sí y con la red de acceso, con el fin de transportar el tráfico hacia su destino, ya sea interurbano o internacional. Se construye desde una perspectiva de optimización de recursos técnicos y económicos. Agrupa las distintas llamadas en torno a una **red de enlace** común a todos los abonados, mediante elementos de transmisión y de conmutación.

Los **elementos de transmisión** transportan simultáneamente miles de llamadas por un único cable o canal de radio. Los **elementos de conmutación** buscan la dirección del punto hacia dónde se dirige la información y se encargan de dirigirla (encaminarla) hacia allí. Se ha producido la búsqueda y posterior despliegue de nuevos soportes de transmisión (fibras ópticas, satélites de comunicaciones, etc.) que sean capaces de manejar cantidades crecientes de información.

La red de tránsito está evolucionando muy rápidamente hacia la tecnología digital. La planta instalada de cables de cobre, sean de pares o coaxiales ha permanecido en

volúmenes prácticamente constantes en los últimos años o ha disminuido, ya que se ha producido una instalación masiva de cables de fibra óptica que se considera la tecnología más adecuada para soportar la transmisión de señales a alta velocidad, necesarias para los servicios de banda ancha que permitirán el desarrollo de la Sociedad de la Información.

Esta infraestructura se complementa en numerosos casos con una red de radioenlaces que sirve habitualmente de ruta redundante en todas las grandes vías de tráfico. También se dispone a veces de centros de comunicaciones por satélite y de cables submarinos que, en general, constituyen la pieza clave para el desarrollo de las comunicaciones internacionales.

Otro componente fundamental es la **red inteligente de gestión**. La progresiva digitalización de las redes va permitiendo independizar algunas funciones, como tarificación, encaminamiento, etc, de la ubicación física del terminal, las cuales constituyen las denominadas funciones de red inteligente. La red inteligente de gestión se convierte en un elemento fundamental de la competencia entre operadoras, ya que permite ofrecer nuevos servicios a sus abonados.

Sobre la red telefónica básica se pueden ofrecer una serie de servicios denominados inteligentes. Son fundamentalmente servicios de telefonía avanzados, como llamadas a cobro revertido, números especiales (gratuitos o tarifa compartida, etc.), servicio de itinerancia, facturación detallada, etc. Todos ellos constituyen la denominada Red Inteligente de Telefonía.

La red telefónica básica esta conectada a otras redes que posteriormente se han ido desplegando: redes de datos, redes móviles (analógicas o digitales), Red de Servicios Integrados (RDSI) etc, que veremos a continuación.

4.3 Red Digital de Servicios Integrados (RDSI)

Hasta finales de la década de los 80, el tráfico de telefonía vocal y el de comunicaciones de datos requerían redes diferentes. Las necesidades de transmisión de datos a alta velocidad se resolvían (y resuelven) la mayor parte de las veces mediante líneas alquiladas punto a punto o redes de conmutación de datos.

La idea que subyace tras la RDSI es convertir las señales de audio analógicas en señales digitales que, por tanto, pueden integrarse con el tráfico de datos dentro de la misma red conmutada. Para las comunicaciones de datos, la RDSI ofrece la misma libertad de encaminamiento que la que ha estado disponible para los usuarios del teléfono. La anchura de banda que ofrece la RDSI permite además que la calidad del audio en las conversaciones telefónicas sea similar a la de un equipo de alta fidelidad.

La introducción de la Red Digital de Servicios Integrados (RDSI) proporciona mayor velocidad y más capacidad de transmisión en las telecomunicaciones, tanto en el ámbito nacional como internacional. La RDSI ofrece servicios de transmisión digitalizada de voz, datos e imágenes a 64 Kbit/s, una calidad aceptable para servicios de voz, acceso a servicios de valor añadido, datos o videoconferencia, servicios destinados tanto al mercado residencial como al empresarial. Además, las comunicaciones de estos tipos de

información pueden realizarse de forma simultánea, es decir un usuario puede estar hablando y recibiendo un fax a la vez o transmitiendo datos con su ordenador.

Al operador de red, la RDSI le ofrece la posibilidad de aumentar la capacidad de transporte de tráfico, por lo que puede aumentar la rentabilidad y los ingresos por la explotación de la infraestructura de red existente.

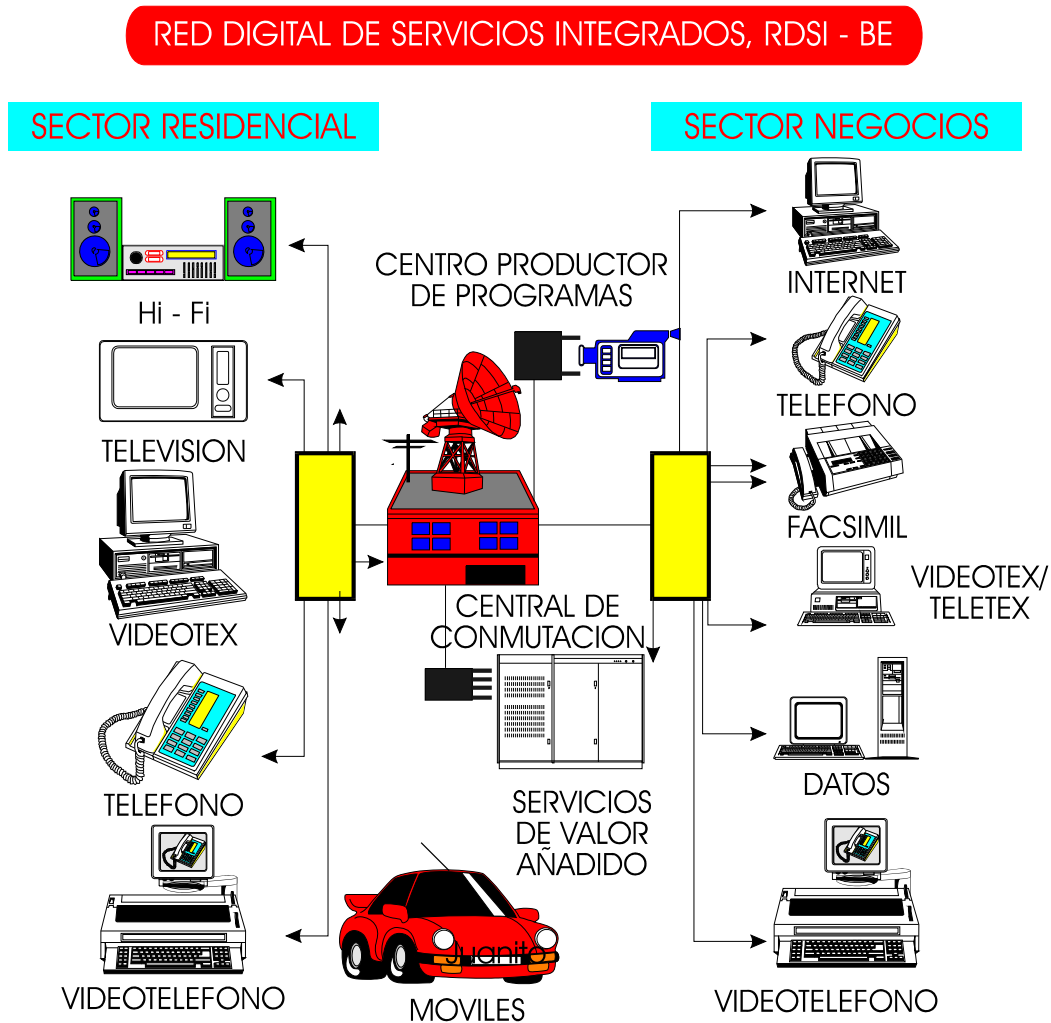


Figura 7.4. Red Digital de Servicios Integrados de Banda Estrecha (RDSI-BE)

El beneficio fundamental de la RDSI es la calidad y velocidad de las comunicaciones, que permite el desarrollo de determinadas facilidades técnicas para la mejora de las telecomunicaciones: rapidez en las llamadas, fiabilidad en las conexiones, eliminación de ruidos en la comunicación, transmisión de datos a alta velocidad, transmisión de textos e imagen de alta definición y color, transmisión simultánea de imagen/voz/datos, videoconferencia y acceso a servicios avanzados.

La RDSI ofrece servicios de red privada virtual y puede admitir todos los servicios que vienen soportando las redes anteriormente citadas con incrementos notables de prestaciones. Además, en el futuro podrá soportar las aplicaciones que se demanden de actividades como: teletrabajo, teleeducación, telemedicina, teleocio, etc.

En la actualidad se comercializa la denominada RDSI-BE (Red Digital de Servicios Integrados-Banda Estrecha). La RDSI-BE está basada en la conmutación y transmisión de circuitos digitales de 64 Kbit/s (figura 7.4).

Sin embargo, pese a todas sus ventajas, el despliegue de la RDSI-BE lleva *congelado* prácticamente desde sus comienzos. Un círculo vicioso de precios altos iniciales y carencia de aplicaciones interesantes parece ser el responsable de este fracaso. Y lo que es más grave (para la RDSI), cada día aparecen nuevas posibilidades de utilización de bucle de abonado tradicional de la red telefónica básica que amenazan con igualar las prestaciones que se obtienen con la RDSI. Dicho de otro modo, podemos estar asistiendo al final de su ventana de oportunidad.

4.4 xDSL

La familia de tecnologías xDSL (*Digital Subscriber Loop*) está diseñada para la transmisión a través de las líneas de cobre actuales, el bucle de abonado habitual del sistema telefónico, de un flujo de información asimétrico y de alta velocidad. Estas tecnologías soportan nominalmente un gran ancho de banda y admiten la utilización de ATM y protocolos TCP/IP a diferentes velocidades.

Las ventajas del xDSL para el despliegue de aplicaciones y servicios convergentes (acceso a Internet) son patentes: ancho de banda, reutilización de infraestructuras instaladas, separación de tráfico de voz y datos, básicamente. Sin embargo, a pesar de las ventajas que presentan, no se está produciendo un rápido despliegue de estos sistemas. Las dificultades tecnológicas principales son:

- se requieren bucles de abonado relativamente modernos y una adecuada proximidad a la central telefónica local
- falta de un estándar definido

No obstante, éstas no parecen ser las causas principales de dicho retraso. Se temía, en un principio, que los usuarios no estuviesen suficientemente cerca de las centrales telefónicas como para tener acceso al servicio, pero, por ejemplo, en EEUU, un 80% y un 90% de las localidades se hallan dentro de la zona de cobertura apropiada. Y en cuanto a la estandarización, el único conflicto real se presenta entre los dos esquemas de codificación de línea DMT (*discrete multitone*) y CAP (*Carrierless Amplitude Phase*) y su compatibilidad.

Los motivos reales del retraso son el miedo de las operadoras de telecomunicaciones a perder los beneficios obtenidos con sus líneas de alta velocidad actuales, los diseños obsoletos de los sistemas de dichas operadoras y el elevado coste de instalación y mano de obra que supone el uso de esta nueva tecnología.

Si a todo ello se suman las inversiones en equipamiento que tiene que hacer tanto el usuario como el operador y los costes del servicio, el resultado es una cierta resistencia a cambiar a DSL en un futuro próximo. De hecho parece necesario captar el interés de otro tipo de clientes, como los teletrabajadores, las SOHO o las PYMES.

Y un último inconveniente más a destacar, las reformas de cableado necesarias en muchas de las instalaciones de los clientes también se suman a los costes de instalación de las operadoras. Nadie espera seriamente instalar una LAN sobre el cable telefónico existente en un edificio de 30 años de antigüedad.

Las únicas fuerzas que pueden realmente forzar a un operador telefónico a desplegar soluciones tipo xDSL son de tipo político y socio económico y se derivan del hecho, por ejemplo, de tener que enfrentar algún tipo de competencia de banda ancha en el acceso.

Después del repaso a los problemas surgidos en el despliegue de los sistemas xDSL, la siguiente tabla presenta cada uno de ellos, destacando sus principales características¹.

Tabla 1. Tecnologías de acceso a través de las redes telefónicas de cobre.

Sistema	Velocidad	Modo	Aplicación
DSL, Digital Subscriber Line	160Kbps	Dúplex	RDSI (voz y comunicación de datos)
HDSL, High data rate DSL	1.544 y 2.048Mbps	Dúplex	Servicios T1/E1 Acceso LAN y WAN Conexión de PBX
SDSL, Single line DSL	1.544 y 2.048Mbps	Dúplex	Servicios T1/E1 Acceso LAN y WAN Conexión de PBX Acceso para servicios simétricos
ADSL, Asymmetric DSL	1.5 a 9Mbps 16 a 640Mbps (distancias de 5 ó 6Km máximo)	Descendente Ascendente	Acceso Internet Vídeo bajo demanda Multimedia interactiva
VDSL (BDSL)	13 a 52Mbps 1.5 a 2.3Mbps (para distancias cortas)	Descendente Ascendente (en un futuro Dúplex)	Acceso Internet Vídeo bajo demanda Multimedia interactiva TV de alta definición

¹ Los datos han sido tomados de la revista BIT (publicada por el COIT/AEIT) , en su artículo “ADSL. Una técnica para aprovechar el bucle de abonado” de enero - febrero 1998.

De todas ellas, ADSL es la tecnología que está siendo desplegada por mayor número de operadores, por lo que se va a considerar en más detalle.

4.4.1 ADSL

ADSL al igual que el resto de las soluciones xDSL no tiene la necesidad de reemplazar los cables existentes, y convierte el par de cobre que va desde la central telefónica hasta el usuario en un medio para la transmisión de aplicaciones multimedia. Su límite se encuentra en velocidades de bajada de hasta 9 Mb/s, lo que significa la posibilidad de llegar hasta el envío simultáneo de algunos canales (tres típicamente) de televisión digital, una fuerte competencia para el cable. Además es un servicio dedicado para cada usuario, con lo que la calidad del servicio es constante y su posibilidad de personalización muy elevada. Como ejemplo, un usuario podría seleccionar qué tres canales de televisión digital ve simultáneamente de una oferta de varios cientos.

ADSL. LINEA DE ABONADO DIGITAL ASIMÉTRICA

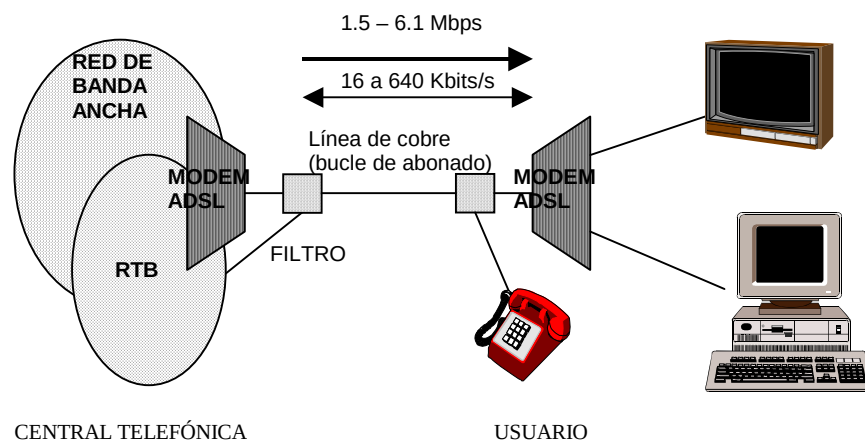


Figura 1. ADSL

Como se puede observar en la Figura 1, los módem ADSL se sitúan uno en la casa del usuario y otro en la central local. Se crean tres canales de información: uno descendente, otro ascendente dúplex y el propio telefónico. Éste último se separa del módem digital mediante filtros, lo que garantiza su funcionamiento ante cualquier fallo del mismo.

La limitación impuesta a un canal telefónico, reduciendo el ancho de banda vocal mediante filtros a 3.1KHz resulta apropiada para transmitir una conversación telefónica y permite multiplexar múltiples comunicaciones sobre un único enlace, pero supone una limitación insalvable para transmitir datos a alta velocidad, desaprovechando toda la capacidad propia del par de cobre que puede llegar a ser de varios MHz. ADSL utiliza el espectro de frecuencias entre 0 y 4KHz de un canal telefónico y el rango comprendido entre 4KHz y 2.2MHz para el envío de datos digitales.

Otra de las dificultades típicas en la instalación del ADSL reside en que es relativamente fácil hacer que una línea telefónica funcione con el mismo, pero las frecuencias que utiliza para transmitir la información suelen causar interferencias en las líneas adyacentes. Dicho de otro modo lo difícil no es hacer que una línea ADSL funcione sino que lo hagan todas las de alrededor.

En la práctica no se está desplegando ADSL sino una serie de versiones reducidas², algunas incluso simétricas y todas ellas con velocidades de subida y bajada menores que lo establecido nominalmente.

4.4.2 ADSL-Lite³

La versión básica de ADSL puede alcanzar velocidades hasta 7-9 Mbps, pero necesita la instalación de un repartidor (*splitter*) que es bastante caro y sobre todo se necesita personal cualificado técnicamente para su instalación por lo que se dispara el coste de esta solución. Además, también se necesita un cableado especial para la red local del usuario que evite que las señales de datos interfieran con el tráfico de voz.

La idea del G.Lite ADSL es bajar la velocidad máxima (hasta 1,5 Mbps) lo que permite usar un filtro que es típicamente del orden de cinco veces más barato, que simplemente usa el enchufe de teléfono y que no requiere ningún cambio en el cableado local. Además, se puede alcanzar a usuarios más lejos de la central que el caso de ADSL.

En la Figura 2, se puede ver la diferencia en el ADSL y el G.Lite ADSL.

² Se ha llegado a proponer que ADSL significa realmente “*All Those ADSLs*”

³También se llamó *Universal DSL* o *Consumer DSL*. Es con el nombre de G.Lite ADSL con el que la UIT aprobó este estándar el 22 de junio de 1999.

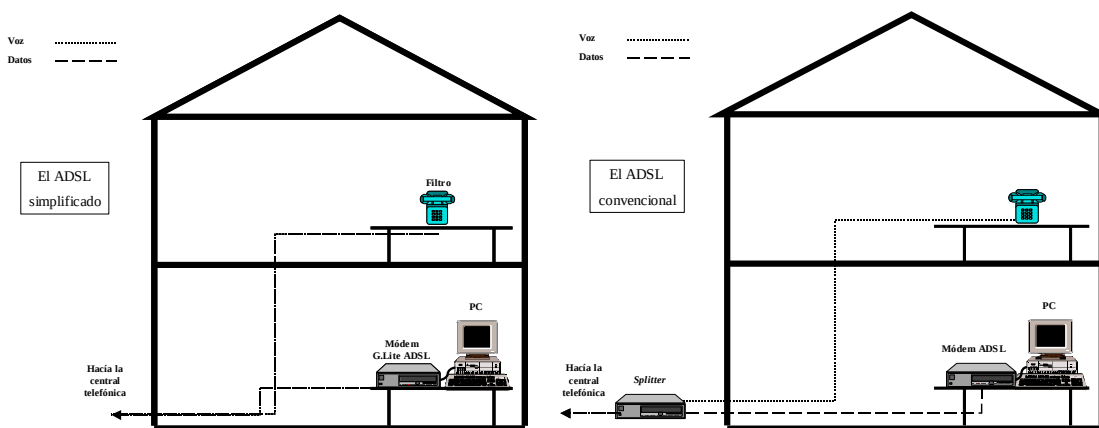


Figura 2. Diferencias entre el ADSL convencional y el G.Lite ADSL

4.5 Redes de datos

Para responder al crecimiento espectacular de la demanda de interconexión de equipos informáticos, los operadores de telecomunicación y los proveedores de servicios de datos se vieron obligados a desarrollar redes especializadas de comunicaciones de datos. Se clasifican en (figura 7.5):

- Redes constituidas mediante circuitos punto a punto (circuitos alquilados).
- Redes públicas de datos.

4.5.1 Circuitos Alquilados

Un circuito dedicado es una conexión punto a punto que posibilita que dos sistemas informáticos o terminales estén conectados permanentemente. La razón de la denominación *alquilado* es que el usuario alquila a la operadora de telecomunicaciones una línea de comunicaciones que garantiza el funcionamiento a una velocidad de transmisión concreta, mientras que el operador dispone en el lado de la central local un equipo de comunicaciones adecuado.

Este tipo de redes es utilizado fundamentalmente por la banca y los servicios financieros para la interconexión de ordenadores, aunque actualmente tiende a ser sustituida por redes de datos. En cualquier caso, los operadores públicos siempre han ofrecido circuitos alquilados punto a punto, de diversas velocidades y calidades, para aquellas aplicaciones informáticas que por las razones que fuere no puedan ser soportadas por las redes públicas de datos.

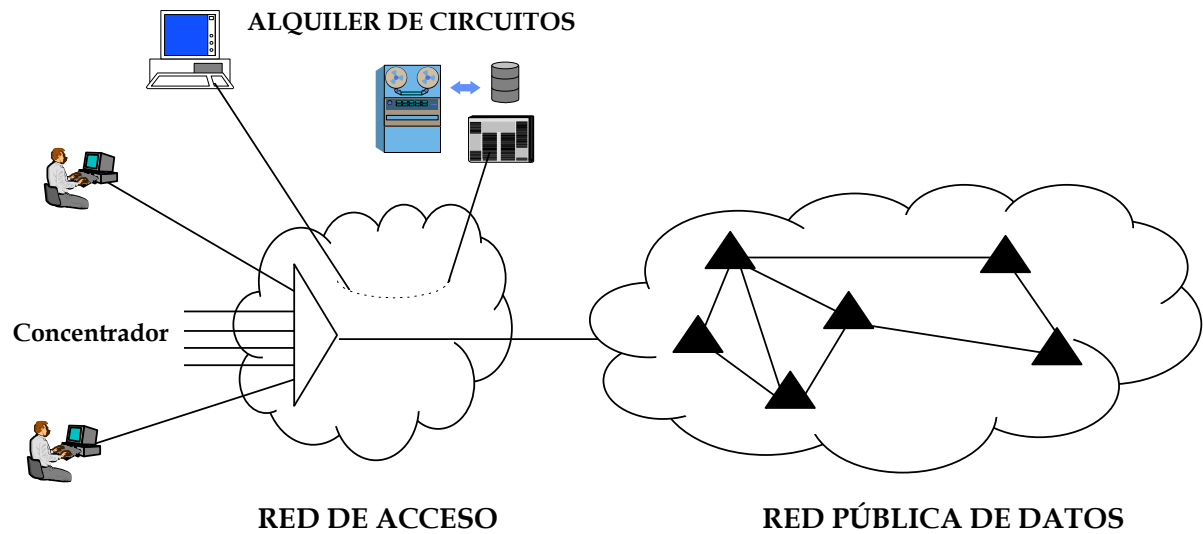


Figura 7.5. Redes de Datos

4.5.2 Redes Públicas de Datos

Son redes diseñadas exclusivamente para comunicaciones de datos mediante la **conmutación de paquetes**. La conmutación de paquetes consiste en estructurar la información en pequeños bloques, denominados **paquetes**, encaminando su transmisión por diversas vías, en función de las sobrecargas de tráfico. La información se obtiene en el receptor, juntando los diferentes paquetes en los que se dividió la información original en el emisor.

La arquitectura de esta red consiste en un conjunto de nodos o conmutadores unidos entre sí mediante enlaces de transición configurados jerárquicamente. Los nodos de los niveles de tránsito se unen en forma de malla, a la vez que están conectados a los nodos o concentradores de la red de acceso. Los terminales de los usuarios se conectan en modo estrella a estos concentradores.

Actualmente las redes soportan dos servicios en competencia, el **X.25** y el **Frame Relay**. La diferencia fundamental entre ambos consiste en que el X.25 se concibió en los años 70, cuando las infraestructuras de comunicaciones eran analógicas y en consecuencia poco fiables y lentas, mientras que el *Frame Relay* se ha concebido en los años 90, basándose en comunicaciones digitales de alta fiabilidad y pocos errores. La influencia de la fiabilidad y de la digitalización en la transmisión sobre la velocidad efectiva de transmisión es muy importante. Una red fiable no requiere retransmitir paquetes de información debido a fallos en la red de comunicaciones, ni recargarla con información extra para el control de errores.

4.6 Redes corporativas

Las redes corporativas o privadas aparecen para resolver el problema de las comunicaciones corporativas de las empresas e instituciones que necesitan comunicarse entre sucursales situadas en distintas localidades geográficas. Las redes corporativas pueden dar servicio de voz y de datos (incluyendo por supuesto videoconferencia).

Por **red privada** se entiende una red de comunicaciones específica y constituida independientemente de las redes públicas, que interconecta las distintas sucursales de una organización. En caso de que la interconexión se realice mediante circuitos alquilados a un operador de telecomunicaciones, se denomina **red privada virtual (RPV)**.

Tradicionalmente las empresas del sector de las infraestructuras, gas, electricidad, ferrocarriles, han tenido autorización para crear sus propias redes privadas de telecomunicaciones para sus servicios de comunicación internos. Pero hoy en día, también las empresas demandan soluciones de este tipo, por homogeneidad de las comunicaciones en sus sucursales y por razones de coste, de manera que tengan un control real sobre sus redes.

Una red privada virtual se define como una red digital multiservicio, integrada en la red telefónica básica, capaz de adelantar alguna de las facilidades de la **RDSI** a aquellos usuarios empresariales situados en el ámbito geográfico donde no llega la RDSI o las necesidades de comunicación no justifican dicha conexión. El cliente puede elegir el número y tipo de línea (convencional, digital, de alta velocidad, etc), en función de sus necesidades. Entre las facilidades mencionadas destacan la gestión telefónica (costos y tráfico por extensión, departamento, etc), buscapersonas, videoteléfono y servicios avanzados de voz.

Las RPV resuelven bien las comunicaciones corporativas de voz y de datos a velocidad moderada, pero apenas aportan nada al auténtico problema que son la **interconexión** y el trabajo cooperativo entre redes de área local y metropolitana, a través de redes de área extensa.

4.7 Redes de Ordenadores

4.7.1 LAN, MAN, WAN

Las Redes de Área Local (LAN) son redes privadas de ordenadores que cubren un solo edificio o un conjunto de ellos y que a lo sumo alcanzan algunos kilómetros de extensión. Se usan para interconectar ordenadores personales y estaciones de trabajo dentro de una organización de forma que se puedan compartir recursos (ficheros, impresoras, ...) e intercambiar información. Una LAN se caracteriza por su extensión, la tecnología de transmisión y su topología.

Una LAN está limitada en tamaño por consideraciones de tiempos y errores de transmisión. Esto que puede parecer una limitación, se convierte una ventaja en cuanto a diseño y gestión de la red.

La tecnología de transmisión de una LAN típica se basa en un medio físico (cable típicamente o más recientemente vía radio o infrarrojos) al que se conectan todas las máquinas. Una LAN tradicional tiene velocidades de transmisión comprendidas entre 10 y 100 Mb/s. Las LAN nuevas funcionan a mayores velocidades y utilizan los nuevos soportes de transmisión.

Las topologías básicas para una LAN son: en bus, en anillo y en estrella. Cada una de ellas tiene ventajas e inconvenientes en cuanto a propagación de errores, número de ordenadores que se pueden interconectar y tiempo requerido para efectuar una transmisión. Por supuesto, son posibles también todo tipo de topologías mixtas.

Las Redes de Área Metropolitana (MAN) consisten básicamente en una versión mayor (en extensión) de las LAN y habitualmente usan similar tecnología de transmisión. Una MAN puede cubrir una serie de oficinas cercanas o incluso una ciudad entera. Una MAN puede soportar comunicaciones de voz y de datos al mismo tiempo o también conectarse con un operador de televisión por cable.

Una MAN típica consiste en uno o dos cables de transmisión y no posee elementos de conmutación, lo que simplifica notoriamente su diseño.

Las Redes de Área Extensa (WAN) cubren un gran espacio geográfico, un país o un continente entero. Su estructura comprende ordenadores de usuario, servidores (*hosts*), medios de transmisión y medios de conmutación.

Los elementos de conmutación son ordenadores especializados a los que llegan dos o más medios de transmisión. Estos ordenadores se suelen denominar nodos de conmutación de paquetes o más simplemente enrutadores (*routers*).

Una WAN puede utilizar cualquier clase de medio de transmisión: líneas de telefonía básica, telefonía móvil, redes dedicadas, cables de TV, satélites, cables submarinos, ..., y su topología es tan complicada como se quiera imaginar. Internet es en este sentido una WAN que cubre el mundo entero

4.7.2 Internet

La red Internet representa el auténtico embrión de las autopistas de la información. Más aún si se tiene en cuenta que se utiliza a diario por millones de personas en el mundo. Muchos de los conceptos, mecanismos y herramientas de las comunicaciones del mañana ya existen hoy en Internet y sólo la falta de mejores infraestructuras básicas de transmisión que permitan disponer de mayores anchos de banda a precios razonables, hacen que muchas partes de Internet se asemejen hoy más a simples carreteras o caminos que a auténticas autopistas.

Desde el punto de vista técnico se puede definir Internet como un inmenso conjunto de **redes de ordenadores** que se encuentran **interconectados** entre sí, dando lugar a la mayor red de redes de ámbito mundial. Sólo es necesario cumplir dos requisitos técnicos para *estar en Internet*: utilizar los protocolos de comunicaciones de Internet (protocolos TCP/IP) y tener una dirección Internet (dirección IP).

Con estas dos condiciones los usuarios de cualquier ordenador en cualquiera de estas redes pueden utilizar las herramientas comunes, muchas veces las mismas que ya utilizan en su entorno local, para comunicarse con cualquier otro usuario o acceder a la

información o recursos de otros ordenadores en otras redes conectadas en cualquier otra parte del mundo.

La característica primordial de Internet es la de ser un **sistema universal de comunicaciones** capaz de acomodar la más absoluta diversidad, permitiendo que todo tipo de equipos (superordenadores, ordenadores personales, impresoras, ...), de todo tipo de fabricantes, puedan comunicarse entre sí de forma transparente, mediante el empleo de todo tipo de redes (locales, metropolitanas, extendidas), todo tipo de tecnologías (Ethernet, Token Ring, FDDI, red telefónica, RDSI, X.25, líneas dedicadas...) y todo tipo de medios físicos de transmisión (cables de cobre, fibra óptica, ondas de radio, satélites ...).

A mediados de los años 80 se producen factores clave en el posterior despegue de Internet. Numerosos fabricantes empiezan a poner en el mercado equipos que utilizan el protocolo **TCP/IP**, convirtiéndolo en estándar *de facto* para la intercomunicación de ordenadores. Así mismo, la proliferación de redes de área local, que interconectan ordenadores en el ámbito de un edificio o *campus*, hace cambiar la tendencia de conectar únicamente al exterior los grandes ordenadores de las instituciones, por la necesidad de conectar redes locales enteras, facilitando así el acceso simultáneo al exterior a multitud de equipos informáticos por organización.

Desde finales de los 80 Internet ha venido experimentando un **crecimiento exponencial** en casi todos sus parámetros. Estos crecimientos tan enormes no tienen precedentes en la historia de las comunicaciones, ni siquiera en la red telefónica, básica o móvil. Otro fenómeno que se viene produciendo en los últimos años ha sido el de la universalización de Internet tanto en el aspecto geográfico como en el del perfil de sus usuarios. Cada vez son más los países que disponen de plena conectividad dentro de Internet. En cuanto al tipo de usuarios, Internet hace ya bastante tiempo que dejó de ser un reducto de científicos e investigadores; cada vez es mayor el porcentaje de usuarios de ámbito empresarial y comercial.

Tal ha sido su éxito que para muchas aplicaciones se ha quedado incluso pequeña. En este sentido ya se han empezado a utilizar redes que son prolongación de la idea original, con la esperanza de tener igual éxito. Este es el caso de Internet 2, inicialmente pensada para interconectar centros de investigación en Norteamérica.

Otros datos indicativos del éxito del paradigma Internet son, por ejemplo, las Intranets. Una Intranet es una red privada que utiliza los mismos protocolos y esquemas de comunicación que Internet. Sin embargo, carece de los problemas de seguridad, disponibilidad y capacidad de ésta.

4.8 Redes para comunicaciones móviles

Hasta los años 80, las comunicaciones móviles de voz se realizaban mediante redes y **servicios especializados móviles** terrestres, marítimos, aeronáuticos, etc. Estas redes daban servicio a las necesidades de comunicaciones profesionales de estos colectivos, mediante redes terrenas o por satélite.

Aunque la **telefonía móvil automática** es relativamente antigua, su despegue se realiza a principios de los 90 (figura 7.7). La telefonía celular analógica y digital es uno de los mercados de mayor expansión, con crecimientos desconocidos hasta hoy en el sector, superiores al 100% anual.

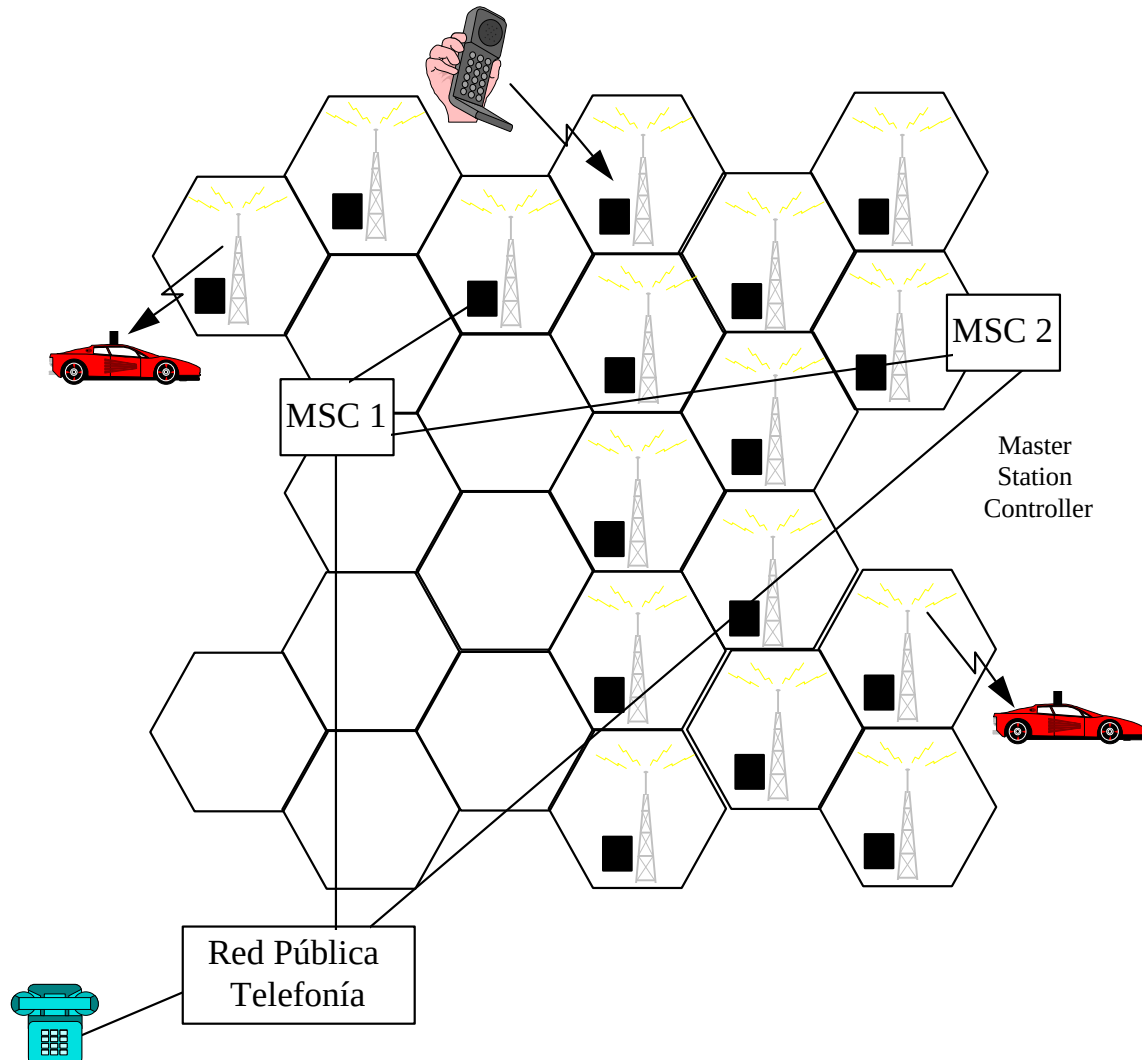


Figura 7.7. Telefonía Móvil Automática

Básicamente existen cinco tipos de redes de móviles: mensajería electrónica (*paging*), radiotelefonía en grupo cerrado (*trunking*), las dedicadas a telefonía celular, servicios móviles a través de sistemas de satélite, y los nuevos sistemas de acceso inalámbrico a centrales de conmutación locales.

4.8.1 Radiobúsqueda (*Paging*)

Consiste en un sistema unidireccional de aviso y mensaje que los usuarios reciben vía radio, a través de un pequeño receptor de bolsillo. Su desarrollo se ha visto frenado por

el de la telefonía móvil celular. Cuenta con cerca de tres millones de abonados en Europa⁴, lo que representa un 5% del mercado de servicios móviles europeo.

Últimamente ha aparecido el proyecto ERMES, como sistema paneuropeo digital de radiomensajería, que permitirá recibir cualquier tipo de mensaje mediante un interfaz radio de 25 Kbit/s.

4.8.2 Radiotelefonía en grupo cerrado de usuarios (Trunking).

Es un sistema de telefonía móvil sin conexión a la red telefónica conmutada que se presta para un grupo limitado de usuarios dentro de un territorio. Para la concesión de este tipo de sistemas, el territorio se suele dividir en zonas donde existe una competencia restringida.

El abaratamiento de los sistemas digitales celulares y la personalización de las comunicaciones hace incierto su futuro, salvo para usuarios muy específicos: policía, bomberos, ambulancias, etc.

4.8.3 Telefonía celular

Se pueden distinguir dos tipos básicos de redes de móviles para telefonía celular actualmente. Las utilizadas para sistemas analógicos y las correspondientes a los nuevos sistemas digitales. Dentro de estas últimas existen diferentes estándares que, supuestamente, deberían converger en un solo estándar mundial.

La telefonía celular permite a los usuarios acceder a la red telefónica desde equipos portátiles. La cobertura de un territorio se consigue dividiéndolo en pequeñas zonas denominadas células. El tamaño de estas varía desde los 20 Km en el medio rural hasta los cientos de metros en el centro de las grandes ciudades. Las potencias moderadas que utilizan las estaciones base y el tipo de propagación de las ondas electromagnéticas a las frecuencias utilizadas, permiten reutilizar las frecuencias asignadas a la red cada tres o cuatro células sin que se produzcan interferencias, con el consiguiente ahorro de espectro electromagnético.

Sistemas analógicos

Estos sistemas se caracterizan por ofrecer coberturas nacionales, estar al límite de su capacidad y no cumplir con las normas estandarizadas internacionalmente. Por ejemplo el sistema TMA-450 emplea modulación analógica de frecuencia y cuenta en Europa con un millón de abonados distribuidos en España, Austria, Benelux, Francia y Países Nórdicos. Una evolución de este ha sido el TACS-900 que permite terminales de bolsillo y señalización fuera de banda.

Sistemas digitales. GSM

Los avances de la tecnología digital hicieron posible la aparición, a principios de los años noventa, de la segunda generación de redes móviles, digitales y con vocación de alcanzar coberturas supranacionales.

El GSM (antes siglas del Grupo Especial para Móviles y actualmente del Sistema Móvil Global de Telefonía) surgió en 1982, con objeto de definir una norma para un único

⁴La tasa de penetración era del 0.9% en Europa en julio de 1995

sistema móvil paneuropeo. Las primeras instalaciones comenzaron en Alemania en 1992. El sistema está basado en tecnología digital y funciona en la banda de 900 MHz combinando técnicas de acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA) y acceso múltiple por división en el tiempo (TDMA). El sistema integra servicios móviles de telefonía (voz digitalizada a 13 Kbit/s), telemáticos (datos a 9600 bit/s) y suplementarios (como multiconferencia).

La siguiente generación de sistemas digitales la constituyen los Sistemas PCN (*Personal Communications Network*). Estos sistemas funcionan en bandas de frecuencias superiores debido a la saturación del espectro y pretenden eliminar algunos inconvenientes de la telefonía digital celular previa.

La continuación prevista pasa por los Sistemas Universales Móviles de Telecomunicaciones (UMTS). El objetivo es tener un sistema telefónico personal válido en cualquier parte y capaz además de transmitir datos a alta velocidad.

4.8.4 Redes de comunicaciones móviles por satélite (MSS)

El paso siguiente de los sistemas de comunicaciones móviles fue el uso de satélites para aumentar la cobertura en las áreas que carecen de infraestructura y/o no es rentable la instalación de una red de comunicaciones celulares. Por ello a partir de 1998 han funcionado con escaso éxito sistemas de comunicaciones móviles por satélite, entre los que destacan las opciones de Iridium y Globalstar.

El objetivo de estos sistemas era no tanto competir con las redes que actualmente existen, sino más bien compartir y complementar sus infraestructuras. En general, todos ellos, cuando se establece una llamada, seleccionan servicio celular o servicio por satélite en función de variables económicas.

Se estima que el 43% de la población mundial no tendrá acceso al servicio de telefonía móvil celular en el año 2004 y, por tanto, este era su mercado potencial.

Como continuación de los sistemas de comunicaciones móviles por satélite pensados para audio, se proyectaron sistemas de comunicaciones globales por satélite para banda ancha

Las ventajas de estos sistemas son que, en primer lugar, son de despliegue rápido (compárese con desplegar cable en todo el mundo) y de acceso universal. Además de esta independencia del lugar geográfico de acceso, puede ofrecer capacidad de personalización con la posibilidad añadida de movilidad por parte del usuario. Los inconvenientes más destacados son que utilizan un recurso doblemente escaso (espectro radioeléctrico y posiciones orbitales), así como la madurez de la tecnología para ofrecer banda ancha a un precio competitivo.

A continuación se examinan sus características con cierto detalle.

En primer lugar se considera una clasificación de los sistemas de satélites en función de la órbita en la que se ubican:

- GEO (Órbita Terrestre Geosíncrona). Los satélites GEO orbitan a 35.848 kilómetros sobre el ecuador terrestre, con un periodo de rotación de 24 horas por lo que parece que están siempre sobre el mismo lugar de la superficie del planeta, por tanto las antenas de seguimiento son estáticas. La órbita sobre el

ecuador es la única que permite que el satélite mantenga una posición fija con relación a la Tierra. Cuando termina la vida útil de los satélites GEO se desplazan a una órbita de estacionamiento unos pocos kilómetros más alejada de lo normal. Sus principales inconvenientes desde el punto de vista de las comunicaciones son la potencia (energía) necesaria para acceder hasta ellos y es el retardo que se produce (latencia), 0.24 segundos, debido a la distancia que debe recorrer la señal desde la Tierra al satélite y del satélite a la Tierra. Esto puede suponer falta de calidad en una conversación telefónica o en una aplicación en tiempo real que requiera una respuesta inmediata, y en particular afecta de forma negativa a muchos protocolos de comunicación de datos, entre ellos el IP de Internet.

- MEO (Satélites de Órbita Terrestre Media). Los satélites en estas órbitas se encuentran a una altura comprendida entre los 10.000 y 20.000 kilómetros. Se tarda alrededor de dos horas para que un usuario situado en una cierta zona necesita cambiar de satélite debido al movimiento de este último. Al situarse a una altura menor que los anteriores se necesita un número mayor de satélites para obtener cobertura mundial, pero la latencia se reduce substancialmente. En la actualidad no existen muchos satélites MEO, y los que hay, se utilizan fundamentalmente para posicionamiento (por ejemplo, para el sistema de radiodeterminación GPS).
- LEO (Órbita Terrestre de Baja Altura). Los LEO orbitan generalmente por debajo de los 5.000 kilómetros. Existen tres tipos de LEO que manejan diferentes cantidades de ancho de banda. Los LEO pequeños están destinados a aplicaciones de bajo ancho de banda (de decenas a centenares de Kb/s), como los buscapersonas. Los grandes LEO pueden manejar buscapersonas, servicios de telefonía móvil y algo de transmisión de datos (de cientos a miles de Kb/s). Los LEO de banda ancha operan en la franja de los Mb/s. En el caso de los satélites LEO, una zona cambia de satélite aproximadamente cada 20 minutos por lo que es necesario situar en órbita el número suficiente de satélites para que siempre exista cobertura y la comunicación se pueda traspasar de una unidad de satélite a otra. Los LEO presentan principalmente dos problemas: la posible saturación de órbitas y la exigencia de una política de substitución de satélites con una periodicidad mayor que en otros sistemas, debido a que el combustible que necesita el satélite para corregir su posición y su mantenimiento en la órbita correcta es tanto mayor cuanto menor es su altura (la vida media de un satélite típico oscila entre los 5 y los 15 años). Cuando finaliza la vida útil de los satélites LEO entran en la atmósfera y se desintegran.

El estado de las sistemas de satélite es el siguiente. Para los servicios de comunicaciones marítimas y aeronáuticas la tecnología madura de los satélites GEO parece ser la más adecuada en el futuro. Estos satélites en órbita geoestacionaria se han utilizado fundamentalmente hasta ahora para aplicaciones de difusión (televisión) y multipunto (VSAT, Very Small Aperture Terminal). Pero para proporcionar servicios personales a terminales portátiles (MSS, Servicios Móviles por Satélite) se está considerando el uso de otras configuraciones orbitales de órbitas bajas y medias (LEO / MEO), que sirven en ocasiones de complemento a las redes terrestres ya desplegadas, donde estas resultan ineficientes o no pueden desplegar. Desde el punto de vista teórico,

el mercado es supuestamente atractivo para los sistemas LEO de cobertura global que ofertan servicios telefónicos (voz, datos, fax), y de datos (acceso a Internet).

De hecho, el primer paso en los sistemas globales por satélite ya se ha dado y consiste en usar las comunicaciones por satélite para un sistema de banda estrecha como es la telefonía móvil global. Para que el terminal de comunicaciones sea auténticamente personal se requiere que el sistema utilice satélites de órbita baja (LEO) y por tanto hace falta un alto número de ellos para que el usuario tenga cobertura en cualquier instante. Este sistema (Iridium), a pesar de las expectativas de crecimiento de la telefonía móvil y a pesar de que efectivamente ofrece soluciones a usuarios de tipo negocios, viajeros, personas que viven en zonas rurales o deshabitadas, o para operaciones de salvamento, etc, no ha tenido ningún éxito en el mercado debido probablemente al precio y fiabilidad de sistema y terminales, así como el coste de la llamada. Este fracaso, ha hecho reconsiderar los proyectos similares existentes y las fechas previstas para el despliegue de soluciones de banda ancha por satélite.

En resumen, las ventajas posibles de los sistemas globales por satélite de banda ancha son:

- Cobertura completa de una región
- Facilidad de despliegue comparada con soluciones terrenales tanto inalámbricas como con cables
- Menor coste comparado con un despliegue de igual cobertura

Frente a estas ventajas, tiene como inconvenientes:

- Necesidad de uso de frecuencias elevadas (18, 30, 36, 46, 56 GHz) para poder disponer del suficiente ancho de banda en el espectro radioléctrico
- Satélites no disponibles actualmente
- Tecnología no madura
- Falta de capacidad para dar suficiente recursos de transmisión a un número de usuarios muy grande simultáneamente

4.8.5 Telecomunicaciones digitales sin hilos (DECT)

Los sistemas de acceso inalámbrico a centrales de conmutación locales utilizan una tecnología similar a la de la telefonía celular. El estándar más difundido es el DECT (“Telecomunicaciones Europeas Digitales Sin Hilos”).

Esta red proporciona movilidad completa dentro de un cierto área de servicio, de la misma manera que lo hace un sistema telefónico celular. Esta destinada a utilizarse en grandes edificios de oficinas, hospitales, almacenes, etc.

El DECT funciona en un entorno celular tridimensional. Típicamente puede proporcionar comunicaciones a 50.000 usuarios en un kilómetro cúbico. Las celdas tienen un tamaño del orden de 200 metros. El Instituto Europeo de Normas de Telecomunicación (ETSI) ha asignado para el DECT una banda de frecuencias entre los 1.880 y los 1.900 MHz. El canal de comunicaciones DECT proporciona 32 Kbit/s utilizando diferentes frecuencias portadoras y acceso por división en el tiempo. También es posible utilizar varias ranuras de tiempo a la vez para configurar un canal

de comunicaciones de banda ancha que puede alcanzar, teóricamente, los 384 Kbit/s. Este último canal permite utilizar aplicaciones como la videotelefonía.

4.8.6 Tecnologías IMT-2000

Las siglas IMT-2000 (“International Mobile Telecommunications”) identifican a todo el conjunto de sistemas pertenecientes a la tercera generación de comunicaciones móviles. A veces a esta tercera generación de comunicaciones móviles se la denomina como 3G (“3rd Generation”).

La telefonía móvil digital que ahora disfrutamos se denomina segunda generación de telefonía móvil (2G). En Europa (y parte de Asia y África) esto implica usar la tecnología de tipo GSM. En otras partes de Asia y América, se utilizan otras tecnologías de segunda generación de telefonía móvil no compatibles con GSM.

Las dos principales características que diferencian a las tecnologías IMT-2000 de los sistemas de segunda generación predecesores, como por ejemplo GSM, son su superior capacidad de transmisión y la posibilidad de tener el terminal móvil siempre conectado a la red. La mayor capacidad de transmisión implica que los usuarios podrán disfrutar de una amplia gama de servicios multimedia, incluyendo voz, audio, vídeo y datos. Ejemplos de esta capacidad pueden ser la posibilidad de tener información audiovisual en el terminal móvil o el acceso de banda ancha a Internet. La conexión permanente del terminal a la red de comunicaciones permite, entre otras posibilidades, ofrecer servicios personalizados al usuario en función de su ubicación y tarificarle, no por tiempo de conexión, sino por la capacidad y el tipo de aplicaciones que demanda de la red de comunicaciones.

Existe también una denominada segunda generación avanzada de comunicaciones móviles (a veces denominada 2G+) que puede hacer de puente entre la segunda y la tercera generación, entre las que existe un salto tecnológico brusco. El exponente más conocido de esta segunda generación avanzada es la tecnología GPRS, recién comenzada a desplegarse en España.

La elección de las tecnologías y estándares que componen IMT-2000 exigió un largo proceso de consenso entre operadores, fabricantes de equipos y organismos de normalización. El objetivo de la nueva generación de telefonía móvil era el de establecer un sistema global de comunicaciones de banda ancha que pudiera utilizarse en cualquier parte del mundo, incluyendo además como elemento del sistema la posibilidad del acceso por satélite. Para llevarlo a cabo se recurrió a la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) como foro en el que se debatiese el contenido y los requisitos de la tercera generación.

El procedimiento escogido para seleccionar las tecnologías IMT-2000 pasó por la evaluación de las tecnologías candidatas por parte de los miembros de la UIT dispuestos para ello, seguida de una fase de consenso en la que todos los informes serían analizados y discutidos hasta llegar a una decisión común.

La tercera generación de comunicaciones móviles o lo que es equivalente IMT-2000 contempla dos tipos de redes de acceso⁵ inalámbrico distintas, una terrestre (al igual

⁵ Una red de comunicaciones tiene dos partes básicas. La red de acceso que es la más próxima a los usuarios y la red de transporte que concentra el tráfico de comunicaciones procedente de la red de acceso para encaminarlo a su

que GSM, por ejemplo) y otra por satélite, compuestas a su vez por varias tecnologías. En la actualidad las tecnologías para la red de acceso terrestre de tercera generación están mucho más desarrolladas que las de satélite.

La red de acceso inalámbrico se define como el conjunto de las diferentes tecnologías que permiten llevar las comunicaciones en el último tramo hasta el usuario final, por medio del espectro, es decir vía radio y por tanto sin cables (inalámbrico). El acceso terrestre emplea antenas situadas en la superficie, mientras que el acceso satelital utiliza satélites que orbitan alrededor de la Tierra. La Figura 3 muestra la diferencia entre ambas redes de acceso.

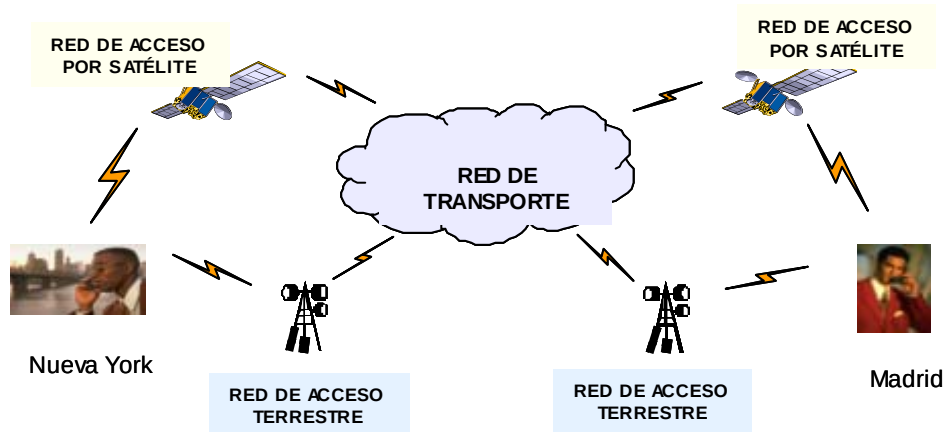


Figura 3. IMT-2000. Acceso terrestre y acceso por satélite

Aunque existen diferentes posibilidades para la red de transporte de las diferentes tecnologías IMT-2000, la tecnología escogida no es esencialmente distinta de la que sería necesaria para la red de transporte de cualquier otro operador de comunicaciones avanzado, por lo que no es significativa su consideración aquí.

Durante el proceso de deliberación se presentaron diez candidaturas para la tecnología de acceso terrestre, de entre las que se seleccionaron cinco, y seis para la satelital, que fueron aprobadas en su totalidad. Las tecnologías de acceso por satélite no son relevantes en la actualidad para la tercera generación de comunicaciones móviles, sin que ello quiera significar que no puedan adquirir importancia en el futuro.

El acceso terrestre está constituido por cinco tecnologías, que se corresponden en la actualidad con cuatro sistemas. Todas ellas se ajustan a unos principios básicos definidos en las Recomendaciones de la UIT. Este hecho sin embargo no garantiza, a priori, que un terminal basado en una de las tecnologías pueda funcionar en una red basada en otra. En la tabla siguiente se presentan estos sistemas:

destino. Es importante notar que en un sistema de comunicaciones móviles la red de acceso es inalámbrica (es decir, vía radio, sin cables) y consiste en el enlace entre el terminal y una estación situada en las cercanías. La red de transporte puede tener tanto partes inalámbricas como con cables, y no es esencialmente distinta de cualquier otra red de transporte de cualquier otro sistema de comunicaciones.

Sistema	UTRA		MC CDMA 2000	UWC-136	DECT
Tecnología de acceso	CDMA	CDMA/TDMA	CDMA	TDMA	TDMA/FDMA

A continuación se explica la procedencia de cada uno de ellos.

UMTS (“Universal Mobile Telecommunication System”) incluye una tecnología de transporte (que evolucionará de una forma similar al transporte de Internet, previsiblemente) y una tecnología de acceso terrestre, que es UTRA (UMTS Terrestrial Radio Access). UMTS es la propuesta europea incluida en IMT-2000 e implica un gran salto de tecnología con respecto a la actual telefonía móvil de segunda generación en Europa de tipo GSM. Por tanto, UMTS no permite, en general, reutilizar las infraestructuras desplegadas para el sistema GSM.

MC CDMA2000 es una propuesta de origen norteamericano como evolución compatible de la tecnología de segunda generación CDMAOne actualmente en uso en EEUU.

UWC-136 es una propuesta mixta europea - norteamericana evolucionada de forma compatible a partir de una tecnología de transición entre segunda generación y tercera denominada EDGE (“Enhanced Data Rates for GSM Evolution”). De hecho, en general se utiliza el propio término EDGE para referirse a esta tecnología IMT-2000. El propio EDGE es una evolución avanzada de GSM, que también contempla la posibilidad de partir de GPRS⁶. De esta manera, EDGE es un salto tecnológico pequeño desde GPRS y mayor desde GSM.

DECT es un sistema de bucle de abonado inalámbrico, es decir, de telefonía convencional pero donde la red de acceso es sin cables. No es actualmente un sistema de telefonía móvil, ya que los usuarios no tienen cobertura fuera de un cierto área limitado de funcionamiento original. Su conversión a IMT-2000 implica dotarle de las capacidades necesarias para que se convierta en un verdadero sistema de comunicaciones móviles donde los usuarios pueden tener cobertura en cualquier zona donde el sistema esté disponible⁷.

Las diferencias entre el UMTS y el resto de tecnologías IMT-2000 son de dos tipos: las debidas a las tecnologías de acceso implicadas, y las derivadas del grado de reutilización que permite de las infraestructuras ya desplegadas.

Por tecnología de acceso se entiende el conjunto de técnicas destinadas a optimizar el uso del espectro radioeléctrico. Con ello se consigue aumentar la capacidad de los sistemas de comunicación. Existen básicamente tres tipos de tecnologías de acceso (que se pueden combinar entre sí). La tecnología TDMA (“Time Division Multiple Access”) permite compartir el acceso entre varios usuarios haciendo que cada uno de ellos utilice un cierto espacio de tiempo asignado. La tecnología FDMA (“Frequency Division

⁶ GPRS se explica en el apartado siguiente

⁷ Esta capacidad de cobertura en cualquier zona se denomina “roaming”. Por tanto, el DECT actual carece de esta capacidad de “roaming”.

Multiple Access”) permite compartir el acceso entre varios usuarios haciendo que cada uno de ellos utilice una frecuencia ligeramente distinta. Por último, la tecnología CDMA (“Code Division Multiple Access”) permite compartir el acceso entre varios usuarios haciendo que cada uno de ellos utilice un código distinto para cifrar su comunicación. Como ejemplo, GSM utiliza una mezcla de TDMA y FDMA. Por supuesto todas ellas son incompatibles entre sí. UMTS puede utilizar tanto CDMA como una mezcla de CDMA y TDMA. Desde el punto de vista técnico, las tecnologías que utilizan CDMA parecen ser las más eficientes.

Es importante destacar que existe una forma de poder utilizar un mismo terminal con diferentes tecnologías de acceso y es mediante terminales “duales” (o equivalente) capaces de manejar diferentes tecnologías simultáneamente. Por supuesto, esto no hace compatibles las tecnologías, sino tan solo transparentes al usuario. El precio de estos terminales es mayor que los que solo utilizan una tecnología, pero la evolución de la electrónica y las economías de escala, pueden hacer irrelevante esta diferencia. Como ejemplos de estos terminales duales, los actuales terminales GSM también pueden funcionar en la banda superior (sistema DCS), o dicho de otro modo, Amena, que solo tiene asignada esta banda superior, comercializa prácticamente en exclusiva terminales duales.

El grado de reutilización de infraestructuras de UMTS con respecto a GSM es menor que el de CDMA2000 con respecto a CDMAOne o DECT con respecto al DECT actual. Por ello (y por la falta de terminales y equipamiento), es dudoso que se implemente UMTS directamente, y es más probable, como se explica en el siguiente apartado, el paso por GPRS y/o EDGE (ver Figura 4).

4.8.7 Tecnologías GSM / GPRS. Comparativa con IMT-2000

Las siglas GSM identifican al estándar europeo de comunicaciones móviles de segunda generación. Este sistema digital fue pensado inicialmente para ofrecer servicios de voz y transmisión de datos a baja velocidad sustituyendo así a la anterior generación de telefonía móvil analógica. Con este sistema se unificaban las comunicaciones móviles a nivel europeo, ya que hasta su aparición no existía un sistema común para toda Europa. Sin embargo fenómenos como la globalización, la convergencia tecnológica o el crecimiento de Internet han propiciado que las necesidades de comunicación de los usuarios cambien, desbordando la capacidad de GSM. La necesidad de aumentar la capacidad del sistema para dar soporte a la demanda de nuevos servicios ha propiciado la aparición de sistemas que, utilizando hasta donde sea posible la misma infraestructura que GSM, optimizan su funcionamiento. Tal es el caso del sistema GPRS (“General Packet Radio Services”).

El sistema GPRS es una evolución de GSM que permite aumentar la velocidad de transmisión y recepción de datos, realizando pequeñas modificaciones en los sistemas de acceso e incorporando tecnologías de conmutación de paquetes en la red de transporte. El aumento de la capacidad permite responder a las necesidades actuales de los usuarios haciendo que GPRS sirva como transición entre la segunda y la tercera generación de telefonía móvil.

Existen dos posibles caminos para llegar al sistema UMTS. El primero de ellos consiste en realizar un cambio drástico en la red para pasar directamente de GSM a UMTS. La

otra alternativa prevé diferentes etapas de transición de forma que se produzca una evolución gradual.

La primera etapa de este proceso introduciría la tecnología de conmutación de paquetes con el sistema GPRS. Además GPRS aumenta la velocidad de transmisión de GSM lo que permite soportar nuevas aplicaciones y servicios. De esta forma, se puede, por ejemplo, cambiar el método de tarificación de los servicios de acceso móvil a Internet, pasando del cobro por tiempo de conexión al cobro dependiente de la información o las aplicaciones utilizadas.

Desde la tecnología GPRS existen otras dos posibles soluciones hacia UMTS. Una de ellas consistiría en implantar UMTS, cuando la tecnología estuviese suficientemente madura, sustituyendo a GPRS. La otra posibilidad contempla la migración hacia un nuevo sistema, EDGE, con capacidades superiores a las de GPRS, ya próximo a los sistemas de tercera generación. El sistema EDGE no se puede desplegar directamente a partir de GSM si previamente no se han introducido cambios en la red de transporte y de acceso para adaptarlas a la conmutación de paquetes.

Aunque las dos vías son posibles, la implantación de EDGE supondría un nuevo cambio en los terminales de usuario, además de una adaptación de la propia red de acceso. En cambio la posibilidad de prolongar la vida de GPRS no supondría una inversión adicional. La decisión final dependerá de que como se comporte el mercado y de si la capacidad de GPRS es suficiente para dar soporte a las necesidades de los usuarios hasta la llegada de la tercera generación de comunicaciones móviles.

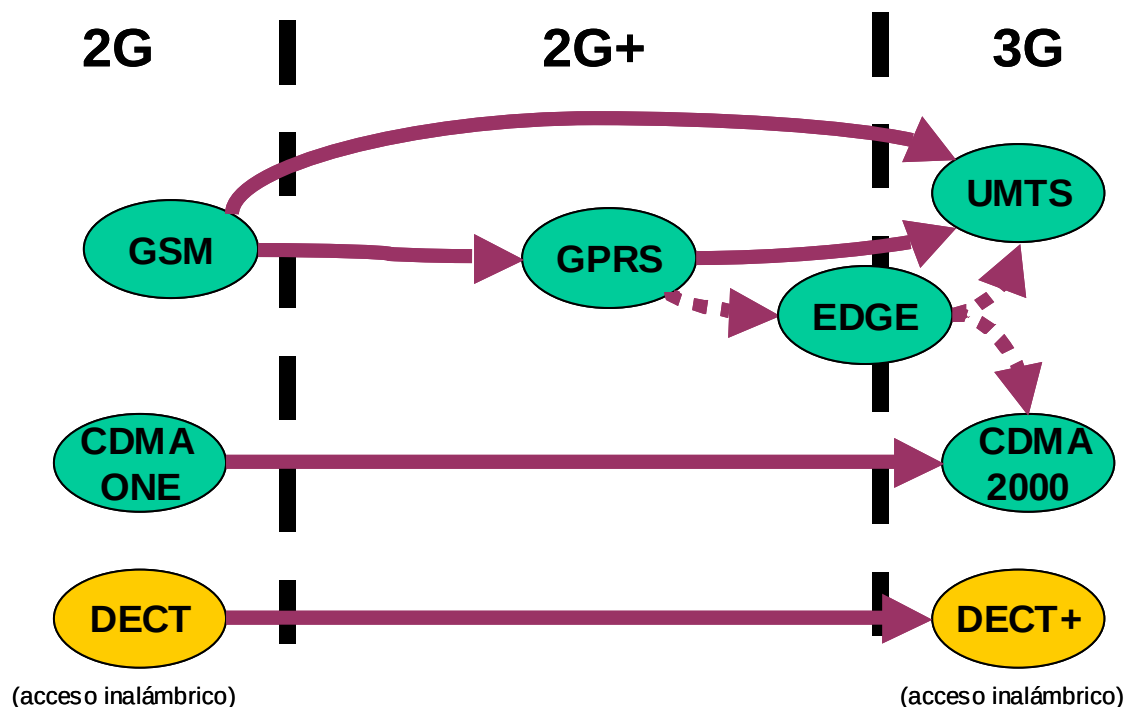


Figura 4. Transiciones posibles entre 2G y 3G

Por tanto, la principal diferencia de GSM / GPRS con IMT-2000 es la propia concepción de los sistemas. La filosofía de GSM era la de ofrecer una solución digital a las comunicaciones móviles para sustituir a los sistemas analógicos predecesores. Este estándar se adoptó a nivel europeo y no era compatible con los múltiples estándares americanos o japoneses. Además la capacidad de GSM no soporta servicios multimedia por lo que su funcionalidad queda casi exclusivamente reducida los servicios de voz. GPRS aumenta la capacidad de transmisión de GSM pero supone una solución transitoria hasta la aparición de los sistemas IMT-2000.

Los sistemas IMT-2000, sin embargo, se conciben como una solución global de comunicaciones móviles con la capacidad suficiente como para ofrecer servicios multimedia, además de los ya clásicos de voz. Además la ruptura tecnológica con GSM es importante ya que se emplean tecnologías de acceso distintas.

La Figura 4 muestra las transiciones posibles entre los sistemas de segunda generación y tercera generación con los pasos intermedios mencionados.

La tabla siguiente muestra las velocidades máximas de diferentes sistemas de comunicaciones móviles y ejemplos de servicios para los usuarios.

	Velocidad de transmisión	Ejemplos de servicios
GSM	9600 bps	Voz, acceso a Internet a baja velocidad
GPRS	172 kbps (máxima)	Voz, acceso a Internet a velocidad media, difusión interactiva de audio comprimido, vídeo interactivo de calidad baja
UMTS	2 Mbps (máxima)	Voz, acceso a Internet de alta velocidad, servicios audiovisuales interactivos, servicios personalizados dependientes de la ubicación

4.9 Comunicaciones y redes por satélite

Las redes por satélite surgen en los años 60 con el lanzamiento de los primeros satélites de comunicaciones. El objetivo de estos satélites era proporcionar comunicaciones transoceánicas como soporte alternativo a los cables submarinos. Más tarde, con el desarrollo de los servicios de televisión y las retransmisiones en directo el objetivo de los nuevos satélites fue satisfacer las necesidades de ancho de banda de la señal de vídeo. En los últimos años, se están desarrollando sistemas basados en satélites para aplicaciones de transmisión de datos y redes corporativas.

Las comunicaciones por satélite se **clasifican** en:

- Comunicaciones transoceánicas de voz.
- Transporte de señales de televisión.
- Difusión directa de TV por satélite.

- Redes VSAT.

Una posibilidad de crear redes privadas es la instalación de una **red VSAT**. Consiste en instalar una red de terminales de satélite de bajo coste dotados con parábolas de pequeño tamaño. Los terminales VSAT permiten transmitir a 64 Kilobits por segundo entre sucursales dispersas geográficamente. Las redes VSAT para aplicaciones corporativas están en principio pensadas para comunicaciones de datos, no siendo posible las comunicaciones de voz por no existir sistemas de conmutación pensados para este tipo de redes.

Las redes de satélites para transmisión de televisión han cobrado nueva actualidad gracias al advenimiento de la televisión digital por satélite. Este servicio permite enviar alrededor de cuatro canales de televisión de alta calidad por dónde antes solo se podía transmitir un sólo canal de televisión analógica. Además, gracias a la digitalización, es posible obtener servicios avanzados del tipo Internet o Pago Por Visión, utilizando como canal de retorno interactivo la línea telefónica convencional. Este mismo tipo de argumentos son válidos para las redes de difusión de TV y radio del siguiente apartado cuando comiencen a ser digitalizadas.

4.10 Redes terrenales de difusión de TV y radio

El sector audiovisual en general, y el de la televisión en particular, ocupa un lugar destacado en la Sociedad de la Información de nuestros días, ya que es el servicio más extendido y con mayor tasa de penetración en los hogares, siendo su principal utilidad la información, el entretenimiento y la formación.

La televisión y la radio requieren sistemas de transmisión específicos, adaptados a sus características: **anchura de banda** de la señal de TV y unidireccionalidad. La **unidireccionalidad** se manifiesta en el sentido de la transmisión; en la TV convencional se transmite únicamente desde el centro emisor a los receptores. Las redes de difusión no incorporan conmutación, ya que no es necesario dirigir la información a un punto concreto, sino difundirla a todo el territorio.

La televisión actual es unidireccional en cuanto al sentido de la transmisión de los contenidos o programas desde el radiodifusor u operador de red al televidente. La actitud de este último es meramente pasiva y no puede ejercer ninguna acción directa sobre dichos contenidos; el servicio no es interactivo. Estas limitaciones requieren buscar soluciones que permitan la prestación de servicios audiovisuales, manteniendo sus características de manejo de altos volúmenes de información y añadiendo la personalización del servicio. El objetivo es que el usuario controle lo que ve y cuándo lo quiere ver, desde su casa e interactuando a través de las redes con un servidor de vídeo digital.

El camino hacia los servicios avanzados multimedia para los operadores de redes de televisión pasa entonces por la digitalización de sus redes.

Las actuales infraestructuras de difusión de televisión terrenal están básicamente constituidas por dos grandes núcleos: la red de transmisión y la red de difusión. Para enviar los distintos canales de TV se utiliza la red de transporte de radioenlaces que

discurre a lo largo de todo el territorio, hasta llegar a los centros reemisores desde donde se reenvía la señal a los receptores de los hogares.

4.10.1 Red de Transmisión

Los operadores de las redes terrenales de difusión de TV y radio pueden transmitir, además de la distribución de la señal de televisión, todo tipo de señales, en especial de telecomunicaciones de negocios, así como facilitar el servicio portador de transmisión de datos, de telefonía en grupo cerrado de usuarios o de telefonía móvil automática, entre otros.

Estas redes terrenales se suelen completar con una red de transmisión por satélite.

4.10.2 Red de Difusión

La red de difusión está constituida por las instalaciones transmisoras para cada programa de TV ubicadas en los centros de difusión.

4.11 Sistema de distribución multimedia multipunto (MMDS)

El primer sistema MMDS⁸ apareció en EEUU en 1960 para la distribución de programas de vídeo analógicos. Estos sistemas surgieron como una ampliación del MDS (Microwave Distribution System), en lo que constituyó la primera explotación comercial de la banda de 2GHz para la distribución directa al abonado de un canal de televisión por pago. Posteriormente fueron concedidas licencias para servicios multicanal, lo que supuso una alternativa al cable (analógico).

La banda de frecuencias dedicada a MMDS depende de la regulación local. En los EEUU se reservan las bandas de 2.5-2.7GHz y 27.5-28.35GHz. Algunos países europeos como Grecia, Gran Bretaña y Alemania han adoptado la banda de 40.5-42.5GHz. El tamaño de la celda depende del rango de frecuencias utilizado y del entorno que rodea al sistema, pudiendo oscilar su radio entre 4 y 50Km.

Un canal de 8MHz MMDS ofrece 38Mbps de capacidad unidireccional con modulación 16-QAM. Recientes desarrollos permiten interactividad entre los usuarios finales y las estaciones base. Dos soluciones parecen ser las más indicadas para esta interactividad a través de canales de bajada. La primera usa una fracción del espectro asignado al sistema, la otra aprovecha la línea telefónica. La interactividad digital MMDS parece ser indicada para sistemas de vídeo bajo demanda o para facilitar el acceso a Internet (a velocidades de 128Kbps y superiores), motivo este último por el cual la demanda ha

⁸El significado de las siglas MMDS no está del todo claro, puesto que se manejan varias. Por un lado puede ser "Multimedia Multipoint Distribution System" y, por otro, Microwave Multimedia Distribution System"

experimentado un crecimiento. La evolución de la tecnología de voz sobre IP permite también señalar la posible utilización de la banda para este tipo de servicio.

Este sistema ha experimentado un gran despliegue en la década de los 90, ya que pasó de los 200.000 abonados en 1992 al millón en 1999. Pero no es comparable con las cifras globales de otros sistemas de difusión de televisión que permiten interactividad: 65 millones de usuarios de televisión por cable y más de 5 millones de televisión multicanal por satélite en los EEUU en el mismo período. También hay que considerar en las comparaciones que en los 186MHz de ancho de banda disponible típicamente para este servicio solo es posible la transmisión de 31 canales, mientras que los servicios por cable poseen 150 canales y los sistemas digitales por satélite de distribución directa disponen de 60 – 80 canales.

Los sistemas MMDS han tenido más éxito en las zonas rurales, donde las inversiones para el cable no están justificadas. Por otra parte, las ventajas económicas propias de los sistemas inalámbricos (baja inversión inicial en equipo y costes de implantación proporcionales al número de abonados) hacen que el servicio pueda resultar atractivo a un determinado sector del mercado.

En 1995 empezaron a surgir dos tecnologías que han modificado la situación de los sistemas MMDS: la disponibilidad de equipos de compresión digital a costo relativamente bajo y de sistemas de acceso con ancho de banda compartido para la transmisión (bi-direccional) de datos. Las tecnologías de compresión digital permiten el paso de 31 a 155 canales (compresión 5:1). Las tecnologías de transmisión de datos con acceso compartido empezaron a utilizarse en 1997, primero con equipos de transmisión inalámbrica con protocolo TDM en la bajada (modulación 64-QAM, tres portadoras por cada canal de 6MHz, cada una con capacidad de 10Mbps) y con retorno por línea telefónica.

Dada la popularidad de éste tipo de servicios, la FCC (Federal Communications Commission), Autoridad Reguladora de EEUU, ha autorizado el uso del espectro para la transmisión inalámbrica bi-direccional, incluyendo el camino de retorno. En la actualidad el retorno se implanta en la banda de 2.150-2.162GHz con modulación QPSK o DQPSK.

El LMDS (ver apartados posteriores) es una extensión del MMDS digital cuyo objetivo es convertirse en una plataforma multiservicios para el acceso de banda ancha del usuario.

La Figura 5 muestra la arquitectura típica de un sistema MMDS con retorno por línea telefónica.

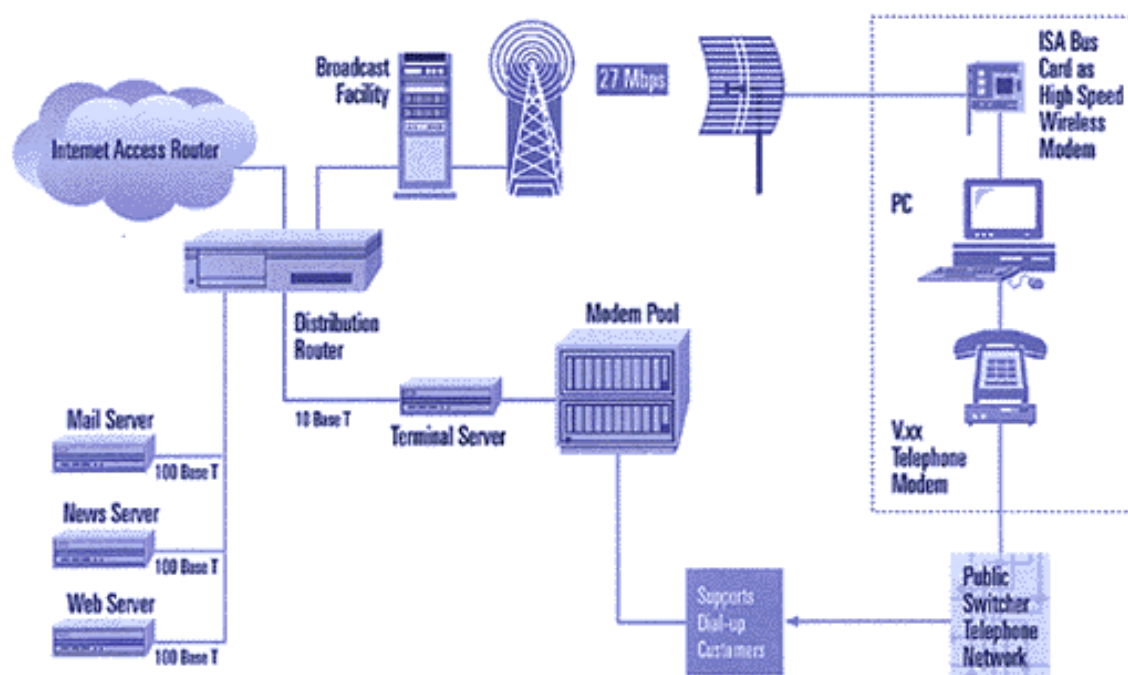


Figura 5. MMDS

4.12 LMDS

El servicio de distribución local multipunto (LMDS) emula los servicios prestados por las redes de televisión por cable, pero sin hacer uso de una red cableada o de fibra, al permitir capacidad amplia de canales y una interactividad limitada mediante acceso radioeléctrico en la banda de microondas.

Este sistema está suscitando el interés de radiodifusores y operadores de red como alternativa al desarrollo del cable en determinadas áreas, aunque no existe unanimidad respecto de cuál es su escenario de aplicación más adecuado.

Los sistemas LMDS⁹ tienen su origen a finales de los 80 en los EEUU. Se diseñaron originalmente para la transmisión de televisión multicanal en FM en la banda de 27.5-29.5GHz. Posteriormente la FCC, encargada, entre otras materias, de la regulación del espectro en los EEUU, autorizó su uso para transmisiones bidireccionales punto-multipunto en las bandas de 27.5-28.25GHz y 31-31.3GHz. Dada la gran cantidad de aplicaciones para las que el sistema está capacitado, la FCC decidió no imponer una canalización fija de la banda, dejando esta decisión en manos del operador del servicio correspondiente.

⁹ Las siglas LMDS se corresponden en su acepción más habitual con "Local Multipoint Distribution System"

El sistema LMDS presenta unas prestaciones similares a los estadios iniciales de despliegue del cable, constituyendo una alternativa más barata y rápida para este despliegue. En este sentido también conviene señalar que a día de hoy la tecnología LMDS no está completamente madura y, por ejemplo, el canal de retorno aún no ofrece una solución válida para una interactividad sin limitaciones.

Los operadores que trabajan con esta tecnología cuentan con las mismas barreras de entrada que el resto de las operadoras que pretenden ofrecer paquetes de servicios integrados de TV, Internet y Telefonía. En primer lugar el despliegue de infraestructuras lleva asociado diversas complicaciones. Hay que considerar el incremento del coste por abonado pasado, si resulta rentable la instalación de la cabecera, de la recepción, de las infraestructuras de acceso, de las antenas, etc. Concretamente, para un operador LMDS, las dificultades más señaladas son la instalación de la red troncal, la disponibilidad tecnológica y la regulación en temas de espectro, licencias y competencia. Se ha de tener en cuenta además que uno de los principales obstáculos para el rápido desarrollo comercial de los sistemas LMDS ha sido la carencia de un estándar para su interoperabilidad.

Los sistemas LMDS, al igual que los MMDS, pueden optar por un entorno de transmisión analógico o digital, por frecuencias comprendidas entre los 2.5GHz y los 40GHz¹⁰ o por combinaciones de distintos parámetros para adaptar la superficie (radio de entre 3Km y 9Km) y densidad de usuarios de la celda de cobertura a sus objetivos. Se pueden destacar algunas consideraciones tecnológicas como el hecho de contar con ventanas espectrales más favorables a la propagación, con posibilidad de recepción directa, reflejada y con repetidor, con antenas receptoras pequeñas, con polarización y con posibilidad de reutilización de frecuencias.

Las ventajas que presenta el LMDS en relación con el cable son la rapidez del despliegue (6-8 meses frente a 5-7 años), su rentabilidad en zonas de densidad de usuarios intermedia y su menor coste de mantenimiento. A pesar de ello estos sistemas han tenido una escasa utilización para aplicaciones de distribución multicanal en los EEUU. Por otra parte, la FCC concedió licencias de LMDS en la mayor parte de sus zonas metropolitanas en marzo de 1998 y desde entonces se viene produciendo una consolidación del número de empresas dispuestas a comercializar el servicio.

En EEUU existen dos bandas que ofrecen servicios inalámbricos fijos tipo punto-multipunto: en 24 y en 38GHz. Estas bandas están canalizadas y se dedican exclusivamente a datos. Debido a la canalización existente y el ancho de banda disponible se sigue designando como LMDS solamente al servicio multimedia y multiportadora de banda ancha existente en 28GHz.

Los servicios a ofrecer por el sistema LMDS dependen de consideraciones locales como la situación competitiva, la densidad de posibles abonados, etc. Son capaces de soportar servicios tales como vídeo multicanal digital, telefonía, vídeo bajo demanda, teleconferencias y servicios de datos de alta velocidad. Pero fundamentalmente se perfilan cuatro tipos de usos: acceso rápido a Internet, redes privadas de datos

¹⁰ Por ejemplo, existe un LMDS canalizado en la banda de 26 GHz que tan solo ofrece espectro en bandas de 50 MHz y, por tanto, es válido para un bucle de abonado inalámbrico, pero no ofrece los mismos servicios que un LMDS de banda ancha en, por ejemplo, 28 GHz y que puede disponer de 500 MHz de ancho de banda

(incluyendo Intranets), telefonía y transporte troncal de datos. Las aplicaciones de más interés de este momento son el acceso a Internet y el servicio de datos para empresas medianas y pequeñas.

La Figura 6 ofrece un diagrama de un sistema genérico LMDS.

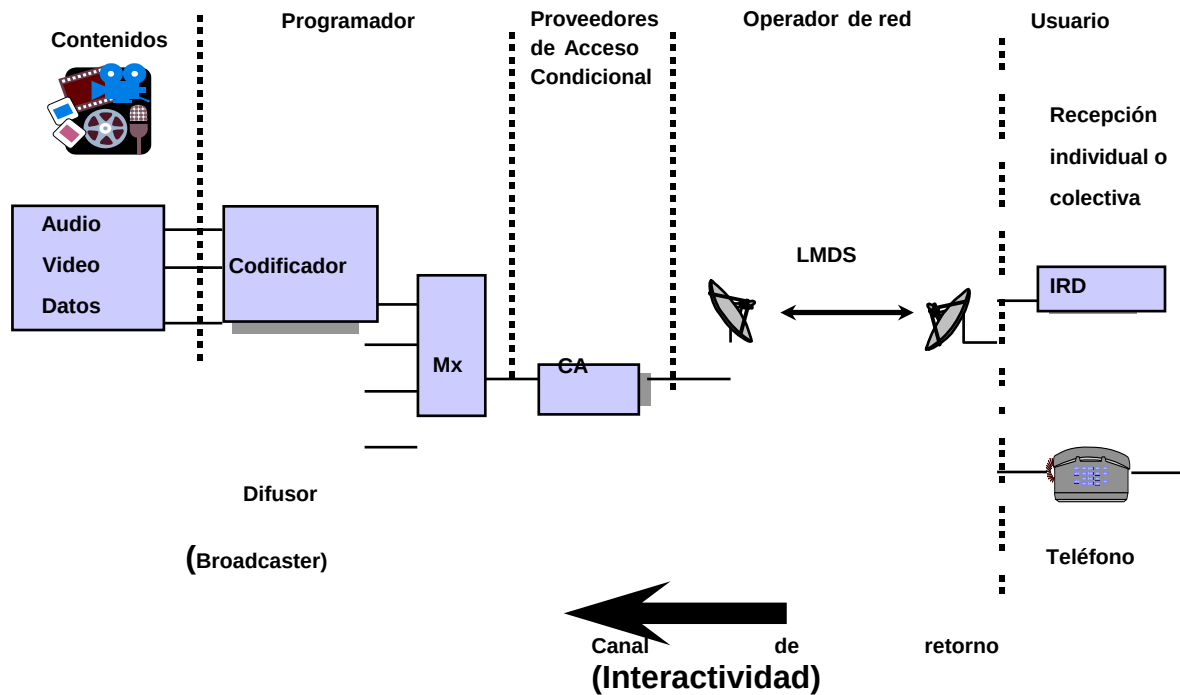


Figura 6. Sistema genérico LMDS

Hay algunas circunstancias que impiden el desarrollo del sistema MMDS, como son la falta de atribución de espectro y la carencia de un sistema normalizado de distribución de televisión. En la mayor parte de los países, la disponibilidad de frecuencias está limitada al estar las bandas más apetecibles dedicadas a otros servicios. También la posibilidad de que sea una competencia al desarrollo del cable es un factor que se está teniendo muy en cuenta desde el ámbito regulatorio.

4.13 Redes de cable

Finalmente estarían las redes de distribución vía cable de TV (CATV). Su característica diferencial respecto a las de difusión es que la señal viaja por cable y no por el aire y además, la señal se distribuye únicamente a aquellos abonados con conexión física a la red.

Las redes de cable parten de las cabeceras, donde se inyecta la señal de TV conteniendo los distintos canales, y a través de una red jerárquica se van segregando a manzanas y portales.

Las redes de cable convencionales (y analógicas) son **unidireccionales** y no incorporan conmutación. Tienen gran capacidad de transporte de información.

En cuanto a la evolución de la televisión por cable, su objetivo inicial fue proporcionar servicios de televisión de pago a sus abonados, en competencia con otros medios de distribución o difusión de televisión, tanto de pago como abiertos. Su objetivo actual es facilitar al abonado un buen número de servicios de telecomunicaciones en general, en competencia ó asociación con los operadores de telecomunicaciones existentes. El primero de éstos, y de hecho el más rentable para los operadores de CATV es el servicio telefónico básico. El otro servicio suministrado es el de acceso a Internet.

Para este último se utiliza el llamado *módem de cable*, basado en las actuales redes por cable, que permite la interactividad y la transferencia asimétrica de datos a gran velocidad, integrando servicios de TV con acceso a servicios *on line* como Internet.

El módem de cable es originalmente una solución híbrida puesto que permite reutilizar la planta de cable para difusión de televisión ya instalada. Hay que tener en cuenta que las redes de cable fueron construidas específicamente para transportar imágenes de televisión, por lo que utilizan cables coaxiales de banda ancha, en lugar de líneas dedicadas de par de cobre.

Este no es el caso de España en general, puesto que la mayor parte del cable es de muy reciente instalación. Sin embargo, variantes de este tipo de módem son las que se utilizan en el despliegue de la televisión por cable.

El módem de cable está logrando un despliegue más rápido que el del módem ADSL en aquellas zonas en las que existía cable desplegado, notoriamente los EEUU. Sin embargo sus usuarios son básicamente hogares y no empresas.

Este módem precisa un tendido de cable nuevo o la modificación de los existentes si eran de los tradicionales. También es posible utilizar retorno por vía telefónica con las consiguientes limitaciones.

El módem de cable permite conseguir velocidades de hasta 30Mbps, pero la línea se comparte entre todos los usuarios, degradándose el servicio conforme aumente el número de ellos o con un incremento del tráfico.

En la Figura 7 se ve la estructura de la conexión de cable que cubre entre 500 y 750 domicilios. El ancho de banda utilizado es, típicamente, de 27Mbps hacia el usuario, y 2Mbps hacia la cabecera. Los clientes necesitan un adaptador Ethernet y un módem para cable propietario, que suele ser proporcionado por la operadora en régimen de alquiler. Una vez establecido el enlace, el acceso siempre se encuentra disponible, no es necesario efectuar una llamada al ISP o a la oficina central corporativa.

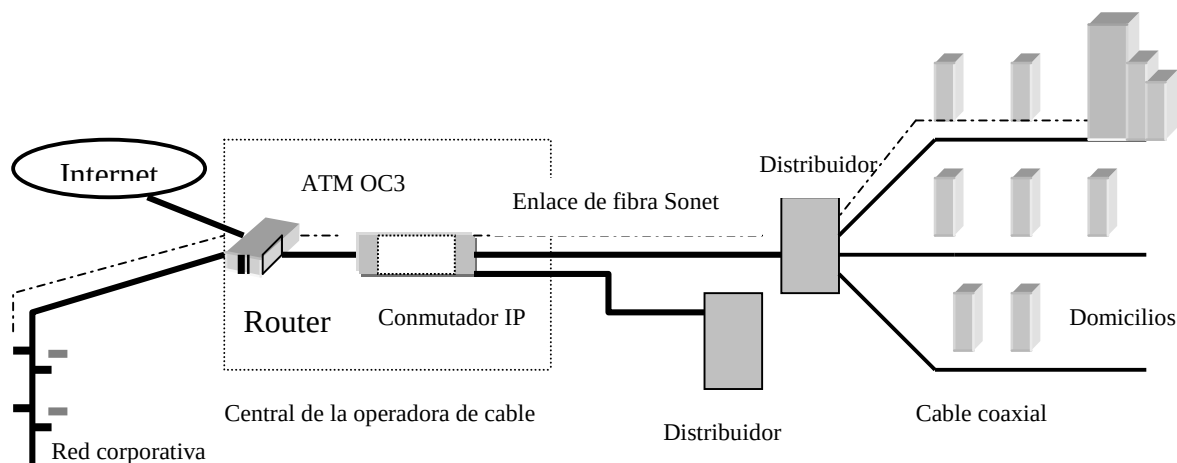


Figura 7. Conexión de cable.

Hay espacio suficiente para la programación televisiva, ya que el servicio de datos solo requiere utilizar 6MHz de la banda disponible (el equivalente a un canal de televisión analógico).

Aunque la mayoría de las operadoras de cable ofrecen servicios de acceso a Internet, también existe la posibilidad de proporcionar una conexión directa a la LAN. Se requerirá un enlace de alta velocidad entre la cabecera de la operadora y las oficinas centrales de la empresa, para ello las operadoras o emplean su propia estructura o alquilan enlaces dedicados a otras operadoras. Otra posibilidad es que los usuarios se conecten a sus oficinas a través de Internet, confiando la seguridad a la encriptación ofrecida por las VPN (redes privadas virtuales).

El principal problema del cable es el coste y la lentitud del despliegue.

5. LOS SERVICIOS DE TELECOMUNICACIÓN

Como ya hemos planteado, la regulación y la tecnología han condicionado la oferta de servicios de telecomunicación. Esto ha impuesto una clasificación de servicios inseparable de las redes y su regulación:

- Los **Servicios Finales**, que se prestan a través de las redes de telecomunicación y sus terminales.
- Los **Servicios de Valor Añadido** que ofrecen prestaciones adicionales.

En torno a la clasificación de los servicios hay una diversidad de opiniones derivadas del hecho regulatorio y de quién proporcione el servicio, por lo que con intención de hacer más comprensible la clasificación, se han distinguido dos grandes grupos: los

finales y los de valor añadido. Básicamente, la diferencia está en que en el servicio final se da exclusivamente con la red y el terminal y el de valor añadido utiliza el servicio final para incluir nuevas funciones.

5.1 Servicios finales

Los servicios finales de telecomunicaciones están asociados a cada una de las distintas redes de telecomunicaciones por lo que, dado que ya se han descrito en los apartados anteriores, no se va a profundizar en ellos. En muchos países han estado en monopolio, pero en los últimos años se están liberalizando. Sin ánimo de ser exhaustivos, los servicios finales son, por ejemplo:

- Telefonía básica.
- Telefonía móvil.
- Transmisión de datos
- Servicio móvil de datos
- Radiotelefonía en grupo cerrado o *trunking*.
- Mensajería alfanumérica o *paging*.
- Difusión terrenal de TV.
- Servicio de difusión directa por satélite de TV (DBS)
- Distribución Multimedia Multipunto (MMDS)
- Televisión por Cable (CATV).
-

5.2 Servicios de valor añadido

Los servicios de valor añadido a las redes de telecomunicación, también llamados **servicios transaccionales**, tienen como objetivo satisfacer las necesidades de los usuarios de obtener o comunicar información en cualquier momento, en cualquier formato, de forma sencilla y usando los terminales clásicos de los servicios de telecomunicación.

Hasta hace poco tiempo, el acceso a los servicios transaccionales tenía que hacer frente a las barreras del coste, la incompatibilidad y la complejidad técnica. En la actualidad estas barreras tienden a desaparecer, haciendo más fácil la utilización por parte de los usuarios de los servicios de telecomunicación, lo que está incidiendo en los procesos de producción, de distribución, de compra y de venta de productos y servicios.

5.2.1 Servicios Audiomáticos

Son aquellos servicios que utilizan como soporte físico de acceso el terminal telefónico, y la voz como mecanismo de comunicación (figura 7.8). La característica más

destacable de estos servicios es su accesibilidad, dado el grado de universalización del teléfono en las sociedades modernas. Entre los servicios audiomáticos habría que mencionar a:

- Los *pasivos*, que aprovechan la red inteligente, es decir, aquéllos en que el usuario llama a un número de teléfono donde puede recibir información de su interés, sea información turística, empresarial, administrativa, etc.
- Los *interactivos*, en los cuales el usuario puede seleccionar a través de un teléfono distintas opciones de información: la mensajería vocal, que permite disponer de un buzón de correo telefónico
- Los de *radiomensajería*, que unen al servicio anterior el carácter móvil
- Los de *multiaudioconferencia*, que permite celebrar una conversación simultánea a través del teléfono entre grupos de personas.

5.2.2 Servicios Videomáticos

Son los servicios de valor añadido de transmisión de imágenes, tal como el servicio de multivideoconferencia, también llamado telereunión, que permite celebrar una reunión entre personas situadas en distinto lugar.

Además de la videoconferencia, hay que mencionar el videoteléfono como una tecnología que puede difundirse ampliamente en la sociedad, sustituyendo al teléfono. Las aplicaciones de este servicio son múltiples: diálogo persona a persona, conversación incluyendo la discusión interactiva de documentos, participación en conferencias de videoteléfonos, acceso a videoconferencias o teleconferencias audiográficas, acceso a sistemas de mensajería de vídeo, teleeducación, telecompra, consultas médicas audiovisuales, comunicaciones para sordomudos, etc.

5.2.3 Servicios Telemáticos

Los servicios telemáticos se basan en la utilización de ordenadores que se conectan a través de redes de transmisión de datos o mediante módem a la red telefónica. Hoy en día son de uso corriente, favorecidos enormemente por la expansión de la red Internet. Algunos de estos servicios son:

Facsímil o Fax

Permite transmitir y recibir a distancia cualquier documento al convertirlo en gráficos que se transmiten por la línea telefónica.

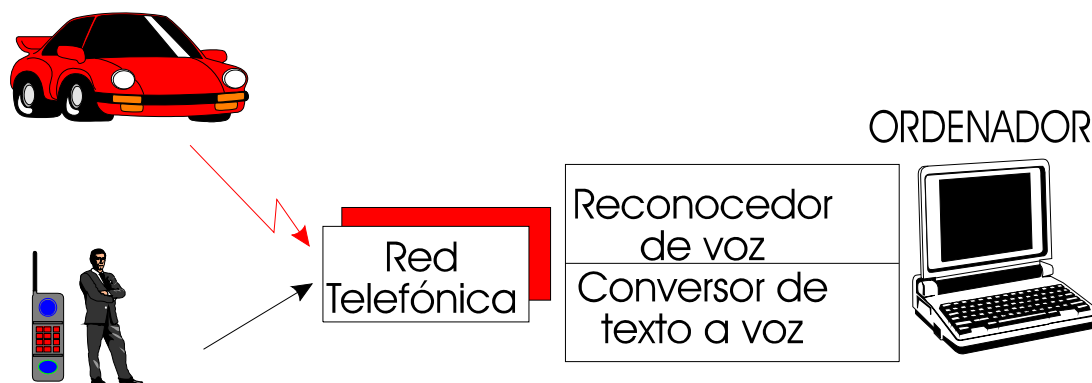


Figura 7.8. Servicios audiomáticos

Teletex

Servicio de transferencia automática de textos incorporados a la señal de TV.

Videotex

Este se basa en la utilización de redes públicas de telecomunicación y utiliza televisores comunes para su recepción.

EDI (Electronic Document Interchange)

La información es un elemento vital en la organización empresarial actual. El Intercambio Electrónico de Documentos (EDI) es una de las herramientas más eficaces en el tratamiento de la información, que hace posible la transmisión electrónica de documentos normalizados de ordenador a ordenador, a través de redes de datos. EDI sustituye el papel como soporte físico de los documentos comerciales más habituales, pedidos, órdenes de entrega, albaranes, etc. Las ventajas más destacables del EDI son la mayor rapidez en las transacciones comerciales, la rápida elaboración y envío de documentos, la disminución de errores y la reducción de stocks mediante la planificación de entregas y la realización de pedidos con ciclos más cortos.

Correo Electrónico o E-mail

Intercambio normalizado de mensajes a través de aplicaciones para ordenadores y de la transmisión de datos, entre personas identificadas por su dirección de correo electrónico. Los mensajes contienen textos, datos o gráficos que el usuario puede recibir de forma transparente. El envío es sencillo; basta con conocer la dirección de e-mail del destinatario.

Transmisión de Ficheros

Envío y recepción de información digital sea cual sea su formato.

Acceso remoto a recursos

Posibilidad de acceder a un ordenador distante y utilizar sus capacidades (CPU, memoria, disco duro, ...) para ejecutar aplicaciones en él.

World Wide Web (WWW)

Sistema de hipertexto soportado por la red Internet, que permite conectarse transparentemente a los servidores de información que muestran esta información y enlaces con otras informaciones relacionadas a través de documentos HTML (Hyper

Text Mark Language). Permite *navegar* por la información dispuesta en cualquier servidor del mundo de forma instantánea.

Transferencia Electrónica de Fondos

Permite operaciones de pago mediante tarjeta de crédito para la compraventa de bienes y servicios.

Acceso a Base de Datos

Acceso a base de datos a través de la red telefónica o de datos.

Servicios de Teleacción

Control a distancia de sistemas a través de las telecomunicaciones: telealarma, telemedida y telecontrol.

Anexo A

DESCRIPCIÓN BÁSICA DE INTERNET

1. INTRODUCCIÓN

En este tema, dedicado a las características de la red Internet, se pretende hacer un resumen de todos los aspectos tecnológicos implícitos en la administración de nombres y direcciones en Internet. Este resumen, aunque riguroso, no pretende entrar en detalles excesivamente técnicos, para los que se remite oportunamente al lector a las fuentes más recomendables.

El tema se ha dividido en apartados dedicados a:

- Origen de Internet.
- Funcionamiento de Internet como interconexión de redes, encaminamiento de información dirigida hacia direcciones IP y su relación con el sistema de nombres DNS.
- Servicios de Internet.
- Agentes que intervienen genéricamente en Internet y relacionados, por tanto, con la cuestión de la numeración IP y la asignación de nombres.
- Desarrollo actual de Internet y previsiones.
- Nuevas versiones de los protocolos IP y del DNS.¹¹

2. ORIGEN DE INTERNET

El origen de Internet puede situarse a comienzos de la década de los años 70, en plena guerra fría, fruto de la investigación para el entorno militar de los EEUU.

Desde los años 60 venían desarrollándose teorías sobre sistemas de comunicación basados en conmutación de paquetes¹², en vez de la tradicional conmutación de circuitos¹³. El objetivo era disponer de redes de comunicación que pudieran seguir funcionando aun cuando alguno de sus elementos fallara o quedara inservible.

¹¹ Al final del capítulo existe un glosario de términos, con breves definiciones y comentarios de los términos más interesantes utilizados en el informe.

¹² Ver glosario.

¹³ Ver glosario

En 1962, la Agencia de Proyectos de Investigación Avanzada (ARPA¹⁴), vinculada al Departamento de Defensa de los EEUU, comenzó el estudio de este tipo de comunicaciones y, en 1968, inició un programa para el desarrollo de una red de conmutación de paquetes. Se creó un proyecto que dio forma y fundamento a la primera red “embrión” de lo que luego sería Internet, ARPANET.

La idea de no contar con ningún recurso vulnerable a posibles fallos en los sistemas es común en las aplicaciones militares, donde la fiabilidad es muy importante. Por este motivo, cuando se construyó ARPANET, se dotó a cada Nodo de Conmutación de Paquetes (PSN¹⁵) de la red con, al menos, dos líneas de conexión alquiladas hacia otros PSN, y con un software que se adaptaba automáticamente a los fallos seleccionando rutas alternativas. Como resultado, ARPANET continuaba operando aún en el caso de que alguno de los circuitos de datos fallara.

El protocolo original de comunicaciones de ARPANET fue el NCP (*Network Control Protocol*), el cual estuvo operativo entre 1971 y 1972. Esta es la fecha que muchos consideran como de verdadero comienzo del funcionamiento de ARPANET. A partir de entonces, su arquitectura y protocolos evolucionaron, hasta tomar su forma actual entre 1977 y 1979, época en la que se terminaron de definir los protocolos TCP/IP (*Transmission Control Protocol / Internet Protocol*).

Puede decirse que Internet, tal y como hoy lo conocemos, se inició alrededor de 1980, cuando ARPANET comenzó a transformar todas las máquinas (ordenadores, fundamentalmente) conectadas a sus redes en máquinas con los nuevos protocolos TCP/IP. Esta transición hacia la tecnología Internet se completó en 1983, momento a partir del cual ARPA comenzó a obligar a que todos los sistemas que se conectaran a ARPANET utilizaran TCP/IP. Al mismo tiempo, se dividió ARPANET en dos redes separadas, una para las investigaciones experimentales (que conservó el nombre de ARPANET) y otra para usos militares (MILNET).

Por otra parte, y dándose cuenta de que la comunicación en red pronto sería crucial para la investigación científica, la Fundación Nacional de Ciencias (NSF¹⁶) de los EEUU comenzó a asumir un papel activo en la expansión de Internet, tratando de hacerla llegar al mayor número posible de científicos. Para conseguirlo creó la red conocida como NSFNET, la cual se construyó según una jerarquía de tres niveles: una red a modo de “columna vertebral¹⁷” a nivel nacional; un conjunto de redes de “nivel medio” o “nivel regional”, cada una de las cuales abarcaba una pequeña área geográfica; y un conjunto de “campus” o redes de “acceso”, donde los investigadores se podían conectar desde, por ejemplo, su ordenador. Las redes de campus se conectaban a las de nivel medio y éstas, a su vez, a la red de columna vertebral, la cual se unió a su vez a ARPANET.

¹⁴ Siglas de Advanced Research Projects Agency.

¹⁵ Siglas de Packet Switching Node.

¹⁶ Siglas de National Science Foundation.

¹⁷ También llamada “backbone” o “red troncal”.

Con el tiempo, la red troncal de NSFNET fue desarrollándose¹⁸ , incrementando su tamaño y capacidad, hasta convertirse, al mismo tiempo que ARPANET declinaba, en la red principal de Internet. En abril de 1995 el Gobierno de los EEUU decidió no continuar con la financiación de NSFNET, debido en parte al creciente uso comercial de la red; momento a partir del cual NSFNET comenzó a traspasar el tráfico de su red troncal hacia redes comerciales, recuperando de nuevo su carácter de servicio a la comunidad científica. Actualmente¹⁹ , el backbone de Internet está gestionado en cooperación con MCI²⁰ y es conocido como vBNS (very high speed Backbone Network Service).

Sin embargo, el alcance y desarrollo de Internet no se ha circunscrito exclusivamente ni al ámbito geográfico estadounidense, ni al mundo universitario o científico, ni ha dependido únicamente de fondos gubernamentales. Desde el momento en que ARPANET y NSFNET se unieron, el crecimiento de la red se tornó exponencial. Pronto se sumaron redes de Canadá, Europa y el Pacífico. Universidades y grandes corporaciones de todo el mundo se conectaron a Internet. Pequeñas y medianas empresas comenzaron a conectarse a partir de los años 90. Además, muchas compañías comenzaron a utilizar protocolos TCP/IP en sus redes corporativas, aún sin formar parte de la red Internet..

¹⁸ Al “primer backbone” de NFSNET (56 Kbps) le sucedieron un “segundo backbone” (448 Kbps) y un “tercer backbone” (primero a 1.544 Mbps, luego a 45 Mbps).

¹⁹ *TC/IP Tutorial and Technical Overview*. IBM. Sexta edición. Octubre, 1998.

²⁰ Actualmente MCI-Worldcom, operador de telecomunicaciones estadounidense.

En sus orígenes, el número de máquinas conectadas era mínimo, al igual que los servicios que de ella se obtenían. Las capacidades de comunicación eran bajas: desde 2,5 Kbps hasta un máximo de 50 Kbps. A finales de 1969, 4 máquinas estaban conectadas a ARPANET y el número de usuarios en potencia no superaba la centena. En 1990, 3000 redes formaban parte del conjunto Internet, con unas 200000 máquinas conectadas. En 1992, ya eran más de un millón de máquinas. En 1995, decenas de miles de redes unidas conectaban millones de máquinas que daban acceso a decenas de millones de usuarios.

3. FUNCIONAMIENTO DE INTERNET

¿Qué es Internet? Internet es un conjunto de redes de comunicación interconectadas²¹ con extensión mundial.

¿Qué significa exactamente formar parte de Internet? Puede decirse que una máquina “está en Internet” si²²:

- Emplea los protocolos TCP/IP,
- tiene una dirección IP que la identifique en la red y
- puede enviar paquetes IP de información a otras máquinas conectadas a Internet.

De este modo, por ejemplo, el mero hecho de que un ordenador pueda enviar o recibir correo electrónico no es suficiente como para poder considerarlo, desde un punto de vista técnico, como parte de Internet. Cuando un ordenador personal se conecta a un Proveedor de Servicios Internet (ISP²³) a través de un modem²⁴, el ISP le asigna una dirección IP temporal, que será utilizada para intercambiar (entre sus máquinas y la del usuario) los paquetes IP de datos necesarios como para que el usuario pueda, por ejemplo, leer o enviar correo. En este caso, el ordenador sólo formó parte de Internet, rigurosamente hablando, mientras estuvo conectado al ISP.

Tampoco formaría parte de Internet un ordenador de una empresa que, aun manejando los protocolos TCP/IP para comunicarse con el resto de ordenadores de la misma empresa, no pudiera hacerlo con cualquier otro fuera de este ámbito. Es importante notar que esta Internet privada, o Intranet, puede tener sus propios esquemas de gestión de numeración y nombres (dominios).

A efectos de este tema, se considerará la red Internet como un conjunto integrado de redes (subredes) a las que se conectan sistemas. Estos sistemas pueden estar dedicados, bien a dar servicios Internet a los usuarios finales (hosts), bien a unir las subredes entre

²¹ Internet es una contracción de interconnected network (red interconectada).

²² Andrew S. Tanenbaum. *Computer Networks*. Prentice-Hall. 1996.

²³ Siglas de *Internet Service Provider*.

²⁴ Ver glosario.

sí para que la información pueda transmitirse de una a otra (routers²⁵); a veces, incluso, ambas cosas (ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

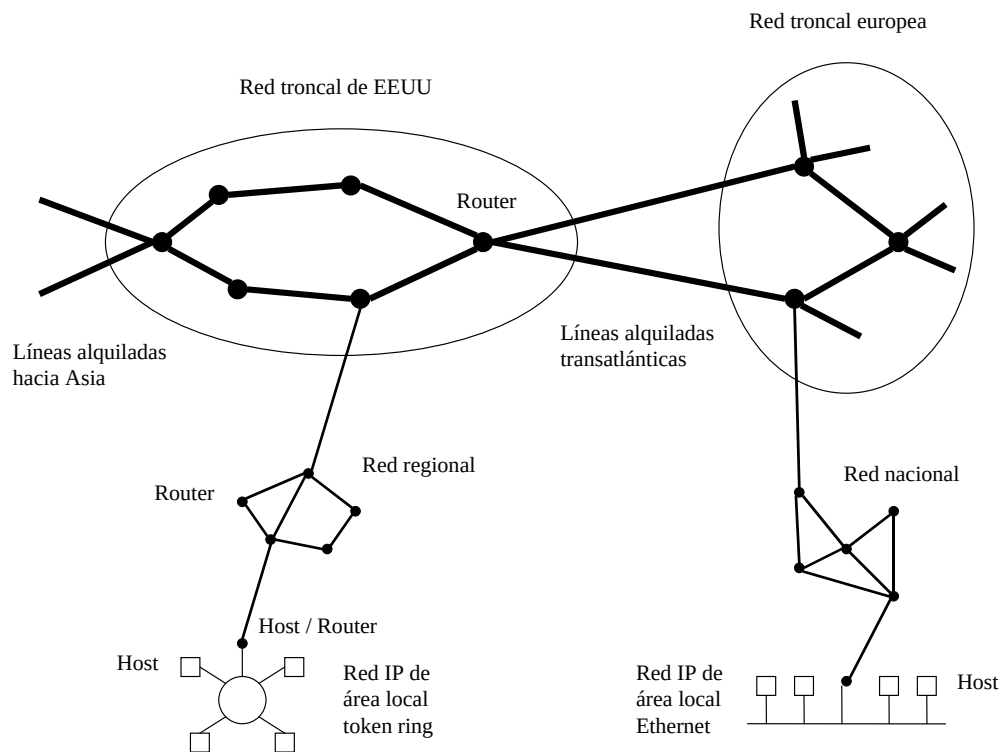


Figura 3.1 Representación simplificada de la Red Internet

Los hosts se comunican entre sí empleando los protocolos de comunicación TCP/IP, enviándose paquetes de datos con su dirección IP y la dirección IP destino, que “viajan” por Internet de subred en subred a través de los routers hasta el host destino; y, lo que es fundamental, esto se realiza independientemente del tipo (o tecnología) de subred al que están conectados los hosts, o por las que van a pasar los paquetes. Esto significa que Internet es en gran medida independiente del tipo físico de red que la soporta: cables de pares, coaxiales, fibra óptica, satélites y enlaces de microondas.

Conviene comentar que puede darse el caso de que algunos sistemas (tanto hosts como routers) estén conectados a varias subredes a la vez (en el modelo planteado se entiende que los routers siempre lo están, como mínimo, a dos), en cuyo caso necesitarían varias direcciones IP que les identifique en cada subred. También puede darse el caso de que un sistema maneje varias conexiones con una misma subred, necesitando para ello varias direcciones de esa subred. Por otro lado, hay que tener en cuenta que si un sistema se mueve, por ejemplo, de una subred a otra, no se puede conservar la/s dirección/es que tenía el equipo en la subred de la que procedía, puesto que esto alteraría gravemente el procedimiento para encaminar la información. En este sentido, es muy complicada la “portabilidad de direcciones”. Dicho todo lo anterior, se debe

²⁵

En realidad, y dependiendo del tipo de interconexión, pueden ser bridges, routers o gateways.

hacer la siguiente precisión: aunque para entender mejor lo que sigue a continuación se considerará que una dirección IP identifica a un sistema en Internet, en realidad las direcciones IP especifican las conexiones que los sistemas tienen a Internet.

4. ARQUITECTURA TCP/IP

Un usuario de un sistema conectado a Internet percibe que realmente lo está por el hecho de disfrutar de los servicios Internet que éste le ofrece: correo electrónico, *www*²⁶, etc. El usuario no tiene que preocuparse por cómo viaja la información en el seno de Internet, ni por cómo se “entienden” las máquinas entre ellas. Por otra parte, el modo de comunicarse físicamente entre los sistemas debería de ser siempre indiferente al contenido de dicha comunicación²⁷.

Por este motivo, la tecnología TCP/IP se diseñó según una arquitectura con una serie de niveles, en la que cada nivel se “encarga de hacer su labor”, apoyándose en el servicio que le ofrece el nivel inmediatamente anterior, para, a su vez, servir de apoyo al nivel inmediatamente superior (Figura 4.1). Estos niveles son los siguientes:

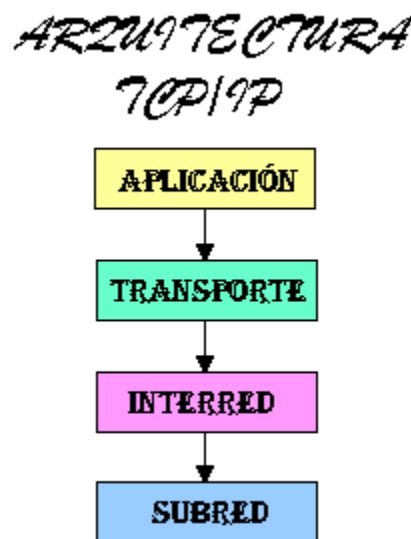


Figura 4.1 Niveles TCP/IP

- *Nivel de subred:* Se conoce por subredes a todas las que integran el conjunto de Internet, cada una de las cuales puede basarse en una tecnología distinta. El nivel de

²⁶ Siglas de *World Wide Web*.

²⁷ Esto es cierto para el concepto de Internet “tradicional”. En una Internet actual/futura con servicios y aplicaciones en tiempo real (como la difusión de audio o vídeo) el modo de comunicación no es indiferente al tipo de contenidos, puesto que en este caso los retardos, por ejemplo, afectan a la calidad percibida del servicio.

subred está implementado, en cada caso, por los protocolos propios de la tecnología de subred empleada²⁸ : Ethernet, X.25, ATM, etc., y que utilizan hosts y routers para comunicarse “físicamente” entre ellos.

- *Nivel de internet*: Se apoya sobre el nivel de subred y está implementado por el protocolo IP (Internet Protocol). Este protocolo, que por decisión de diseño es no fiable²⁹ y no orientado a conexión³⁰, se encarga de que los paquetes de información (datagramas IP) que intercambian los sistemas “viajen” por la red desde su origen hasta su destino, esto es, se encarga de su encaminamiento. Su principal finalidad es la de ocultar la heterogeneidad de las distintas subredes que integran Internet, cada una de las cuales pueden presentar tecnologías diferentes, ofreciendo un servicio independiente de ellas.
- *Nivel de transporte*: Se apoya sobre el nivel de inter-red y está implementado por dos protocolos alternativos:
 - *TCP*³¹: Recoge la información proveniente del nivel de aplicación para dividirla convenientemente y colocarla (encapsularla) en los datagramas que maneja el IP, volver a juntarla en la recepción y reenviar aquellos datagramas que pudieran perderse en el camino, reordenando los recibidos en el orden correcto. Cumple por tanto con los requisitos de fiabilidad y de ser orientado a conexión, pero su principal inconveniente es la complejidad.
 - *UDP*³²: Utiliza el IP para transportar la información entre sistemas, agregando la capacidad de poder distinguir entre varias aplicaciones destino dentro de un mismo sistema. Es no orientado a conexión y no fiable, pero es más sencillo que el TCP y puede resultar más útil que éste cuando se trabaja en entornos de alta fiabilidad en la transmisión de los mensajes.
- *Nivel de aplicación*: Se apoya sobre el nivel de transporte y en él se incluyen los protocolos propios de las aplicaciones con las que interactúa el usuario: www, correo electrónico, transferencia de archivos, acceso remoto, etc.

5. DIRECCIONES IP

Como ya se ha señalado, Internet está formado por un conjunto de subredes unidas mediante routers o encaminadores, a las cuales se conectan hosts que intercambian información entre sí, tanto dentro, como fuera del ámbito de la subred a la que están conectados. Para que esta información llegue a siempre al destino correcto, es crucial un sistema de direccionamiento adecuado a este tipo de arquitectura, que permita acceder a

²⁸ Ver glosario.

²⁹ Ver glosario.

³⁰ Ver glosario.

³¹ Siglas de *Transmisión Control Protocol* (Protocolo de Control de Transmisión).

³² Siglas de *User Datagram Protocol* (Protocolo de Datagrama de Usuario).

las distintas subredes que componen Internet, y a los hosts y routers que están conectados a ellas; y todo ello independientemente de la tecnología que presente cada una de las subredes. Este sistema lo proporciona el protocolo IP.

Las direcciones IP tienen una longitud de 32 bits, lo que teóricamente permite la utilización de más de 4000 millones de direcciones diferentes (2³²). Sin embargo, como se verá más adelante, muchas de ellas se pierden debido a la forma de asignar dichas direcciones.

Los 32 bits se dividen en dos campos (Figura 5.1): subred y sistema.

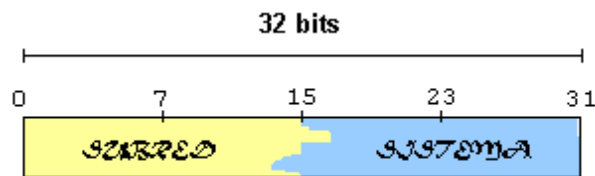


Figura 5.1 Formato de las Direcciones IP

Con objeto de proporcionar una mayor flexibilidad a la asignación de direcciones, el protocolo IP permite cinco tipos de direcciones:

- *Clase A:* Los 8 primeros bits (el primer octeto) identifican una subred y el resto a un sistema en concreto dentro de la subred (Figura 5.2). Este tipo de direcciones es el ideal para el caso de subredes con un gran número de sistemas conectados (hasta más de 16 millones). Sin embargo, no resulta conveniente para subredes con pocos sistemas porque se desperdiciarían multitud de direcciones. Las direcciones de este tipo han de comenzar con su primer bit a '0', para distinguirlas del resto.

•

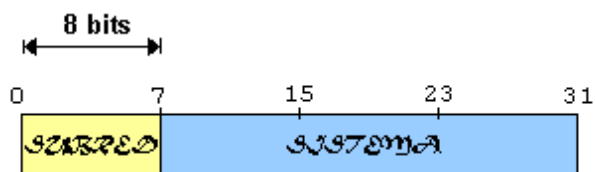


Figura 5.2 Dirección IP del Tipo A

- *Clase B:* El campo subred se corresponde con los dos primeros octetos y el de sistema con los dos últimos (Figura 5.3). Esta clase es la ideal para subredes de tamaño medio (hasta 65636 sistemas conectados). Estas direcciones han de tener su primer bit a '1' y el segundo a '0'.

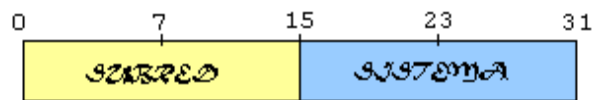


Figura 5.3 Dirección IP del Tipo B

- *Clase C*: El campo subred se corresponde con los tres primeros octetos y el de sistema con el último (Figura 5.4). Esta clase de direcciones está pensada para subredes pequeñas, con pocos equipos (no más de 256). En este caso, los tres primeros bits han de ser '110'.

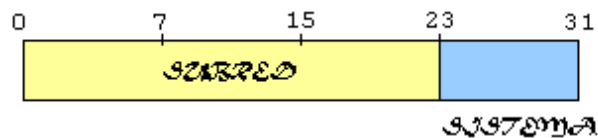


Figura 5.4 Dirección IP del Tipo C

- *Clase D*: Esta clase está pensada para direcciones de multicast (multidifusión o multidespacho). La idea es definir un conjunto de sistemas al que se le asocia una dirección de este tipo, de tal manera que mandando información a esa única dirección les llegue a todos ellos, sin tener que mandar la misma información varias veces a distintas direcciones. Los cuatro primeros bits de estas direcciones han de ser '1110'.
- *Clase E*: Las direcciones de esta clase están reservadas para usos futuros. No obstante, se ha definido que sus primeros bits sean '11110'.

Aún bajo esta clasificación, existen una serie de direcciones que pueden considerarse como especiales (ver figura 9)³³:

³³ Douglas E. Comer. *Redes Globales de Información con Internet y TCP/IP*. Prentice-Hall 1996.

todos 0		Significa “este sistema” y se usa durante el arranque del sistema.
todos 0	sistema	Significa “un sistema en esta subred” y se usa en el arranque.
todos 1		Para difusión a todos los sistemas de la subred. Nunca es una dirección válida de origen.
subred*	todos 1	Para difusión dirigida a todos los sistemas de la subred indicada. Nunca es una dirección válida de origen.
* número de bits según el tipo de subred		
127*	nada (a menudo todos 1)	Loopback: para enviarse algo “a uno mismo”. Nunca debe aparecer en una red.
* en binario		

Figura 5.5 Formas Especiales de Direcciones IP

No obstante lo anterior, y para evitar en la medida de lo posible el desperdiciar direcciones, o lo que es lo mismo, para aprovechar al máximo la capacidad del espacio de direccionamiento IP (que es limitado, problema que cada día resulta más acuciante), en la práctica se utilizan las llamadas “extensiones de subred y superred”. Estas extensiones consisten, bien en que varias subredes compartan una dirección de subred común, para de este modo usar una dirección del tipo B en vez de varias del tipo C; bien para que una misma subred use varias direcciones de subred y de este modo usar varias direcciones C en vez de una B. Claro está, es necesario tanto modificar los procedimientos de encaminamiento de la información, como que todos los sistemas que se conectan a las redes afectadas entiendan estos cambios.

El direccionamiento IP actual, conocido como IPv4 se agota. La tabla siguiente presenta la situación actual:

Clase	Asignadas	Crecimiento
A	115 (91%)	No posible
B	8361 (51%)	Alto
C	128709 (6%)	Muy alto

Esta situación es aún más dramática si se piensa que a día de hoy solamente un ordenador tiene una dirección IP, pero que en el futuro (ya existen comercialmente) tendrán direcciones IP las impresoras, los discos duros, los teléfonos de todo tipo, los electrodomésticos, etc., con lo que resulta imprescindible el aumento de direcciones IP posibles. Además, tal como se señalará en el apartado correspondiente a las nuevas

versiones de los protocolos IP, el protocolo IPv4 tiene importantes limitaciones relativas a:

- Seguridad y autenticación³⁴.
- Soporte de aplicaciones en tiempo real como videoconferencia, etc.
- Autoconfiguración.

El nuevo protocolo previsto, llamado informalmente IPng ("nueva generación IP") y oficialmente IPv6, aporta soluciones a todos estos problemas además de algunas otras novedades. Se considerará en el apartado de nuevas versiones de los protocolos IP.

Es interesante señalar que dentro de la clase A existe un rango de direcciones dedicadas a sistemas privados, de tal manera que no haya posibilidad de que interfieran con las direcciones públicas de Internet. Estas direcciones son las que van en el rango comprendido entre xxxx y xxxx (la notación punto se explica a continuación). Como ejemplo, el sistema de acceso a la información Infovía utilizaba este rango de direcciones para construir una red similar a Internet, con idénticos protocolos y aplicaciones, pero aislada de Internet, a menos que el usuario se diera de alta en un ISP para tener acceso a Internet desde esta red privada. Por supuesto, este ISP debía contar al menos con una conexión a la red Infovía y otra a Internet.

Debido a que una dirección de 32 bits es difícilmente manejable o memorizable por parte de las personas, lo más normal es expresar las direcciones empleando la conocida como "notación punto". Consiste en traducir, por separado, cada uno de los cuatro octetos de bits de la dirección, de binario a decimal. Por ejemplo:

10000000 00001010 00000010 00011110

se escribe

128.10.2.30

Con esta notación, los siguientes rangos son los correspondientes a cada tipo de dirección (nótese que no todos los valores están disponibles, puesto que están reservados para usos especiales)³⁵:

Clase A	De la 0.1.0.0 a la 126.0.0.0
Clase B	De la 128.0.0.0 a la 191.255.0.0
Clase C	De la 192.0.1.0 a la 223.255.255.0
Clase D	De la 224.0.0.0 a la 239.255.255.255
Clase E	De la 240.0.0.0 a la 247.255.255.255

Aún así, el manejo de direcciones IP no resulta demasiado cómodo. Para resolver este problema se hace uso de los llamados "nombres IP". Esta solución pasa por asignar nombres, con significado comprensible para el usuario, a los sistemas. La traducción entre nombres y direcciones IP se realiza mediante el servicio DNS³⁶, que será descrito

³⁴ Ver glosario.

³⁵ Douglas e. Comer. Op. Cit.

³⁶ Siglas de *Domain Name System* (Sistema de Nombres de Dominio).

más adelante. Por supuesto, la utilización de este servicio DNS tiene otras ventajas desde el punto de vista de las aplicaciones, del usuario, de negocio, etc.

6. ENCAMINAMIENTO IP

Pueden darse dos casos de transmisión de información entre hosts conectados a Internet:

- *Transmisión directa:* Cuando la información que envía un host está dirigida a otro host que está conectado a su misma subred. En este caso el primero conoce la dirección IP del segundo y le puede enviar la información directamente (Figura 6.1).



Figura 6.1 Transmisión directa

- *Transmisión indirecta:* Cuando el host origen envía información a otro host que no está directamente conectado a su subred. En este caso, el proceso de comunicación es el siguiente (Figura 6.2):

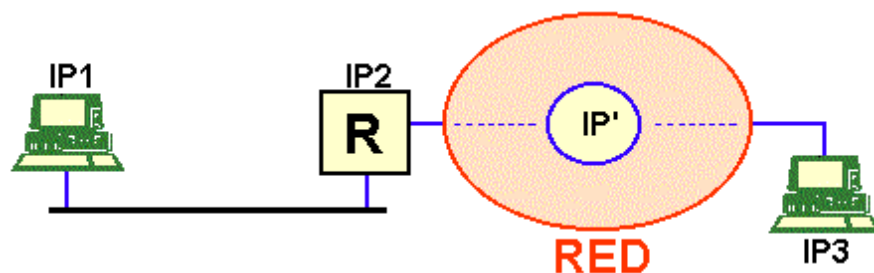


Figura 6.2 Transmisión Indirecta

- Como el host tiene constancia del resto de sistemas conectados a su subred, reconoce que el host con el que quiere comunicarse no está entre ellos, por lo cual
- envía la información al router que conecta su subred con el resto de subredes de Internet, para que
- el router consulte unas tablas de encaminamiento que le permiten decidir, en función de la dirección IP del host destino, a qué dirección de subred (el router

puede estar conectado a varias subredes) enviar el mensaje, para que éste siga su camino de router en router hasta el host destino (Figura 6.3).

Destino	Dirección IP del Siguiente
IP3	IP`
....	

Figura 6.3 Tabla de Encaminamiento o Rotulado

7. SISTEMA DE NOMBRES DE DOMINIO DNS

Como ya se ha comentado, resulta mucho más sencillo manejar nombres con significado comprensible para las personas que una larga secuencia de números para identificar a los sistemas. En este caso, se hace necesario disponer de un sistema para traducir estos nombres (que usan los usuarios) a sus correspondientes direcciones IP (que utilizan los protocolos TCP/IP). Este sistema es el DNS. También es necesario a veces el procedimiento inverso, denominado "resolución inversa" que transforma direcciones IP en nombres.

El conjunto original de nombres utilizados a través de Internet formaba un espacio de nombres "plano", esto es, cada nombre consistía en una secuencia de caracteres sin ninguna estructura formal alguna. Una administración central gestionaba el espacio de nombres y determinaba si un nuevo nombre era apropiado (se prohibían nombres nuevos que crearan conflictos con los ya existentes, nombres ofensivos, etc.). Las ventajas de este sistema eran que los nombres podían ser convenientes (al antojo de cada cual) y cortos (si así se deseaba), mientras sus inconvenientes eran que la posibilidad de conflictos crecía a medida que crecía el número de nombres asignados y que la carga de trabajo de la administración central se incrementaba cada vez más.

La solución pasaba por implantar un sistema que descentralizara el mecanismo de asignación de nombres, mediante el cual se delegara la autoridad de partes del espacio de nombres y se repartiera la responsabilidad de la traducción de nombres y direcciones³⁷. Este sistema jerárquico sería el DNS.

El DNS tiene dos dimensiones:

- Una dimensión abstracta: que especifica la sintaxis de los nombres y las reglas para delegar la autoridad respecto a los mismos.
- Una dimensión concreta: que especifica la implantación de un sistema informático distribuido³⁸ que transforma eficientemente los nombres en direcciones.

³⁷ Douglas E. Comer, op. Cit.

³⁸ Ver glosario.

7.1 Sintaxis de los nombres y delegación de autoridad

El DNS se vale de un sistema de nombres jerárquico, conocido como “nombres de dominio”. Un nombre de dominio consiste en una secuencia de etiquetas separadas por puntos, p.ej.:

etsit.upm.es

En el ejemplo de arriba, el dominio de nivel inferior es etsit.upm.es (el nombre de dominio para la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación de la Universidad Politécnica de Madrid), el segundo nivel de dominio es upm.es (el nombre de dominio para la Universidad Politécnica de Madrid) y el nivel superior es (el dominio correspondiente a España).

Continuando con el ejemplo, si la máquina que proporciona correo electrónico a los alumnos de esta Escuela se llamara “alumnos”, y puesto que esta máquina depende del dominio de dicha Escuela, ésta sería conocida por el resto de la red Internet como:

alumnos.etsit.upm.es

Por supuesto este nombre tiene una traducción única en dirección IP.

Llegados a este punto, conviene señalar que no es posible distinguir el nombre de un subdominio del nombre de sistemas particulares atendiendo sólo a la sintaxis del nombre de dominio. Así pues, es posible que exista una máquina del dominio upm.es llamada

maquina.upm.es

aun cuando

etsit.upm.es

sea nombre de un subdominio.

También conviene señalar que el DNS no discrimina entre mayúsculas y minúsculas en los nombres.

Como se verá, el estándar del servicio DNS especifica un espacio de nombres jerárquico con valores arbitrarios para las etiquetas. Aunque es muy importante destacar que la tecnología DNS se puede utilizar con otras etiquetas, si se desea, la mayoría de usuarios sigue la jerarquía de etiquetas utilizada por el sistema de dominio oficial de Internet. Hay dos razones fundamentales para ello³⁹:

- El esquema de Internet es completo y flexible. Se puede adaptar a una gran variedad de organizaciones y permite seleccionar entre una jerarquía de nombres bien de tipo geográfico, bien de tipo organizacional.
- Al seguir el estándar, las localidades pueden conectar sus instalaciones TCP/IP a la red global de Internet sin tener que cambiar nombres.

La jerarquía geográfica (nombres de dominio geográficos) divide el universo de máquinas por países. De este modo, las máquinas de España quedan bajo el dominio de

³⁹ Douglas E. Comer. Op. Cit.

nivel superior es. La otra alternativa, la jerarquía organizacional (nombres de dominio genéricos), permite que las organizaciones se agrupen en función de su tipología. (Ver Figura 7.1).

Nombre de dominio	10.4.1.1 Significado
Com	Organizaciones comerciales
Edu	Universidades e instituciones académicas
Gov	Agencias gubernamentales
Mil	Organizaciones militares
Net	Principales centros de soporte de la Red
Org	Organizaciones no incluidas en los puntos anteriores
Arpa	Dominio temporal de ARPANET (obsoleto)
Int	Organizaciones internacionales
código de país	País en particular (según esquema geográfico)

Figura 7.1 Dominios de Internet de Nivel Superior y su Significado⁴⁰

Volvamos al ejemplo anterior para aclarar la relación existente entre la jerarquía de nombres y la autoridad para asignarlos. Decíamos que a una máquina llamada “alumnos” de la E.T.S.I. de Telecomunicación de la Universidad Politécnica de Madrid le corresponde el nombre oficial alumnos.etsit.upm.es. El nombre de esta máquina fue aprobado y registrado por el administrador de la subred de la E.T.S.I. de Telecomunicación. Este administrador ha debido recibir previamente autorización para administrar el subdominio etsit.upm.es de la autoridad encargada de la gestión de la red universitaria de la UPM, quien a su vez debe haber recibido permiso para administrar el subdominio upm.es de la autoridad que gestiona el dominio es.

7.2 Asociación entre nombres de dominio y direcciones IP

El mecanismo proporcionado por el DNS para convertir nombres en direcciones, se apoya en una serie de sistemas independientes, pero que trabajan cooperativamente, llamados “servidores de nombres”, que realizan la asociación nombre-a-dirección.

La forma más fácil de entender cómo trabaja un servidor de dominio es imaginando un árbol que se corresponda con la jerarquía ya explicada (ver Figura 7.2).

⁴⁰ Recientemente se han aprobado nuevos nombres de dominio de Internet de Nivel Superior (gTLDs) pero todavía no se encuentran operativos.

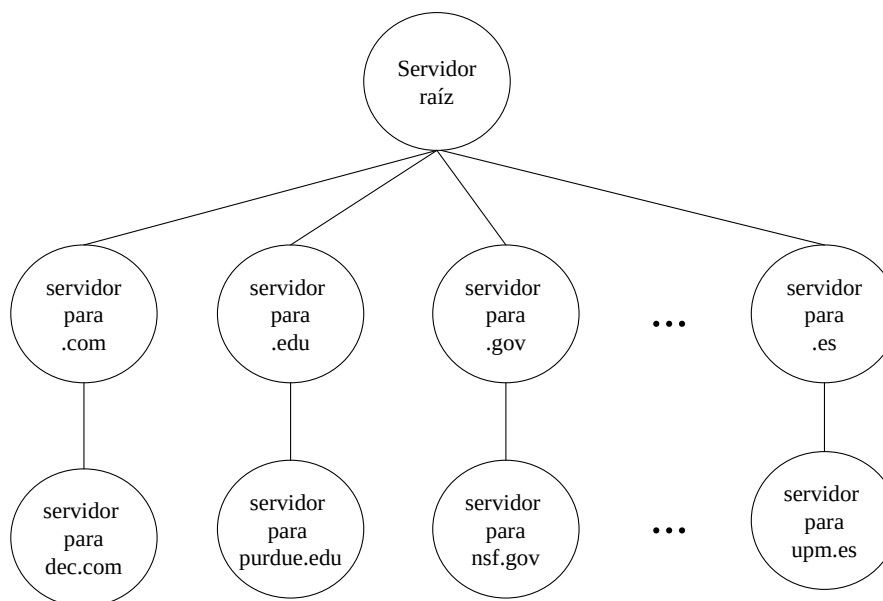


Figura 7.2 Diagrama Conceptual de la Resolución de Nombres de Dominio

En la raíz del árbol se encontraría un servidor que reconoce el dominio de nivel superior de cualquier nombre (.com, .edu, .gov, ..., .es) y que, por tanto, sabe qué servidor (según qué dominio) es el adecuado, para proseguir con la resolución de la dirección. Los servidores de nombres del siguiente nivel (.com, .edu, .gov, ..., .es) reconocen todos los subdominios correspondientes a su dominio y saben qué servidor (según qué subdominio) es el adecuado para continuar con la resolución. Y así sucesivamente hasta llegar al último nivel del nombre, donde el correspondiente servidor de nombres realiza la conversión definitiva del nombre a la dirección IP (y a veces, tal como se ha señalado, la resolución inversa).

Según este esquema, cuando una entidad u organización ha obtenido permiso para administrar un subdominio, ésta necesita establecer un servidor de nombres de dominio para su subdominio y enlazarlo dentro del árbol.

En la práctica, la relación entre la jerarquía de nombres y el árbol de nombres no es tan rígida como se ha presentado. El árbol de servidores tiene pocos niveles, puesto que un solo servidor puede llegar a tener toda la información relativa a partes extensas de la jerarquía de nombres. De hecho, las organizaciones a menudo reúnen la información de todos sus subdominios en un solo servidor. De este modo, un servidor raíz podría contener toda la información acerca de la raíz y de los dominios de nivel superior, y cada organización utilizaría un solo servidor para sus nombres (Figura 7.3).

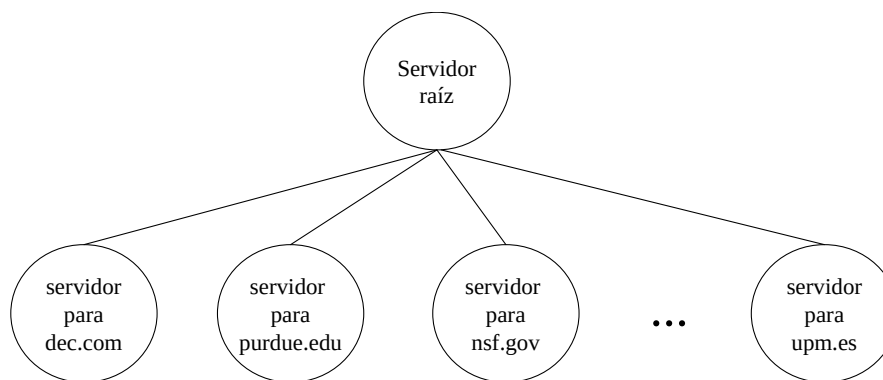


Figura 7.3 Modelo más realista de las relaciones entre servidores de nombres de dominio

Visto de abajo a arriba: cuando un servidor de nombres de dominio recibe una solicitud, verifica si el nombre señala un subdominio sobre el cual tenga autoridad; en ese caso, traduce el nombre a una dirección de acuerdo con su base de datos y envía una respuesta; si el servidor de nombres no puede resolver la traducción, entonces habría de continuarse con la búsqueda por el “árbol” de servidores hasta dar con el servidor capaz de resolverla. No obstante, una solución bastante empleada para evitar tener que extender la búsqueda cuando la traducción no puede resolverse directamente, pasa por que cada servidor disponga de una memoria de nombres utilizados recientemente (name caching). De este modo, un servidor de nombres, tras haber comprobado que no tiene autoridad sobre el subdominio al que se refiere el nombre, y antes de redirigir la búsqueda hacia otros servidores, puede mirar a ver si ese nombre está entre los que tiene guardados como usados recientemente, ahorrándose, en caso de éxito, tiempo y esfuerzo de búsqueda.

Como ya se ha señalado anteriormente, también existe la posibilidad de realizar las llamadas resoluciones inversas, esto es, obtener un nombre de dominio a partir de una dirección IP. Estas resoluciones se solicitan recurriendo a un dominio especial, in-addr.arpa, de la siguiente manera: si la dirección IP de un sistema cuyo nombre DNS se quiere averiguar es, por ejemplo (en notación punto).

aaaa.bbbb.cccc.dddd

se ha de enviar el siguiente nombre (del dominio especial in-addr.arpa) desde el sistema que solicita la resolución al servidor de nombres local.

dddd.cccc.bbbb.aaaa.in-addr.arpa

para que desde allí se inicie una búsqueda por el árbol de servidores de nombres hasta dar con uno que sea capaz de realizar la asociación. Para que este tipo de resoluciones sea eficiente⁴¹, el servidor de dominio raíz de Internet mantiene una base de datos de direcciones IP válidas, junto con información acerca de los servidores de nombres de dominio que pueden resolver cada dirección.

⁴¹ Douglas E. Comer, op. Cit.

8. SERVICIOS INTERNET

Todos los servicios disponibles para los usuarios hacen uso de las direcciones IP (puesto que, como se ha dicho, éstas son necesarias para que los sistemas puedan comunicarse entre sí) pero, además, también lo hacen de los nombres de dominio DNS. Merece la pena destacar en este sentido que el nombre:

www.etsit.upm.es

requiere que algún servidor de nombres lo traduzca a una dirección IP, de manera que el usuario pueda navegar hasta esta página web.

Algunos de los servicios más importantes de los que un usuario puede disfrutar a través de Internet, y que hacen uso de las direcciones y nombres explicados, son:

- E-mail⁴² (correo electrónico): Permite al usuario escribir mensajes a, o recibir de, cualquier otro usuario que disponga del mismo servicio. Es uno de los más populares: una gran cantidad de gente en todo el mundo maneja a diario docenas de mensajes, que utiliza para comunicarse con el exterior. Su uso continua creciendo.
- WWW: Permite al usuario acceder a sistemas conectados a Internet que disponen de información en un formato especial conocido como “páginas web”. Estas páginas web se presentan al usuario conteniendo texto, imágenes, sonido y vídeo, además de enlaces a otras páginas. El usuario puede trasladarse automáticamente de página en página, de la misma u otra máquina, si más que utilizar estos enlaces.
- News (noticias): Los grupos de noticias o newsgroups son foros especializados donde los usuarios con intereses comunes pueden intercambiar mensajes o noticias. Existen miles de estos grupos en los que se discute sobre cualquier tema: informática, ciencia, deportes, política, etc.
- Acceso remoto: Usando aplicaciones específicas (Telnet, etc.) los usuarios pueden acceder desde un sistema conectado a Internet a cualquier otro sistema en el que dispongan de una cuenta⁴³.
- *Compartición de recursos*: Los usuarios pueden disponer de forma común de algún tipo de recurso (impresoras, discos duros, aplicaciones, ...) a través de las redes de comunicaciones
- *Transferencia de ficheros*: Usando la aplicación FTP un usuario puede transferir o copiar ficheros desde cualquier sistema conectado a Internet al suyo.
- *Telefonía IP*:
- *Vídeoconferencia*:
- *Trabajo cooperativo*:

⁴² Abreviatura de *electronic mail*.

⁴³ Ver glosario.

- *Canales de difusión:*
- *Difusión de audio y vídeo en tiempo real ("streaming"):*

9. DESARROLLO ACTUAL DE INTERNET Y PREVISIONES

Actualmente pueden distinguirse en Internet los siguientes tipos de redes⁴⁴:

- **Redes troncales:** grandes redes cuya función es la de interconectar otras redes entre sí. Actualmente son NFSNET en EEUU y EBONE en Europa, además de otras redes troncales de tipo comercial. Ofrecen capacidades de, como máximo, 155 Mbit/s o 622 Mbit/s.
- **Redes regionales:** que conectan, por ejemplo, universidades y centros de investigación, como en España RedIris.
- **Redes comerciales:** que proveen acceso a sus clientes a las redes troncales, o bien redes de empresa para uso interno con salida a Internet.
- **Redes locales:** cubren, por ejemplo, un campus universitario.

En algunos casos, en especial redes de empresa, militares o gubernamentales, el tráfico entre ellas y el resto de Internet está restringido⁴⁵.

Pocos podían imaginar hace unos años la importancia que Internet iba a tener en el que hacer diario de empresas, centros educativos y hogares.

Hoy en día es posible acceder a través del *www* a todo tipo de información, de cualquier parte del mundo y desde un simple ordenador personal. Esto bien podría compararse con una biblioteca de dimensión mundial, en la que se encuentran disponibles todo tipo de contenidos y que es accesible desde cualquier parte del planeta.

También es posible escuchar emisoras de radio de cualquier parte del mundo vía Internet, con calidad similar a la de las emisiones en AM. Pronto, cuando se den ciertas condiciones relativas al ancho de banda necesario para estos servicios, se podrá disfrutar de radio con calidad FM o vídeo bajo demanda⁴⁶.

Muchas empresas ya han decidido utilizar la tecnología Internet para implementar sus sistemas de información, tanto a nivel interno como externo. Esto ha sido posible gracias a los últimos avances en el terreno de la seguridad, que permiten a las empresas delimitar claramente los canales de información internos de los externos.

El comercio electrónico, o que las empresas ofrezcan sus productos o servicios a través de Internet, está adquiriendo una importancia creciente. Lejos queda la concepción de

⁴⁴ IBM, op. Cit.

⁴⁵ Esto se consigue por medio de *firewalls*: máquinas cuya función es interconectar redes interponiendo un sistema de seguridad. Su función es básicamente la de un router pero controlando qué máquinas acceden a la red que salvaguardan y a qué servicios.

⁴⁶ Def de vídeo bajo demanda.

Internet como medio de desarrollo científico. Internet ya es, y aún lo será más, un sitio donde hacer dinero.

La telefonía IP, esto es, a través de Internet, es ya una realidad. Con ella, el coste de una llamada de larga distancia se equipara al de una llamada local, lo cual rompe dramáticamente con la estructura tarifaria telefónica tradicional.

Lo cierto es que, por un lado, el continuo desarrollo de la tecnología, y por otro, el hecho de que no existan leyes que pongan límites a las actividades que se puedan llevar a cabo a través de Internet, hacen tarea imposible predecir con certeza lo que habrá de suceder. Lo único que parece del todo claro es que Internet crecerá en tamaño (sistemas conectados), extensión (a todas las partes del mundo) y capacidad (caudal máximo de información).

10. EL FUTURO DEL TCP/IP Y DEL DNS

La tecnología Internet ha estado funcionando bien durante más de una década. ¿Existe alguna razón por la que debiera cambiarse?⁴⁷

En primer lugar, ya se encuentran disponibles nuevas tecnologías de red, aparte de la tradicional de circuitos alquilados punto a punto, capaces de aportar mayor capacidad, fiabilidad, accesibilidad, etc., y/o menor coste. Entre ellas se encuentran las líneas punto a punto vía satélite, sistemas de satélites múltiples coordinados, soluciones con microondas, etc.

En segundo lugar, con el tiempo van surgiendo nuevas aplicaciones que requieren de ciertas condiciones especiales. Este ha sido el caso de las aplicaciones multimedia⁴⁸. Las comunicaciones en tiempo real de audio y vídeo, de enorme éxito actual, han creado la necesidad de disponer de protocolos que puedan garantizar la entrega de información con retardos fijos, además de sincronizar audio y vídeo con flujos de datos.

En tercer lugar, el tráfico de información intercambiada en Internet crece constantemente y a gran ritmo, por varios motivos. El más evidente es el número creciente de sistemas conectados. También es cierto que el “usuario tipo” de Internet ha cambiado. Ahora, un público muy heterogéneo (no solo académicos o científicos) demanda todo tipo de servicios para satisfacer sus necesidades de tipo comercial, de entretenimiento, etc. y lo hace a cualquier hora del día (no sólo durante el trabajo). Por otro lado, las aplicaciones que incluyen transmisión de vídeo y audio (de las más demandadas actualmente), generan más tráfico que las aplicaciones que sólo transfieren texto (las tradicionales). Una buena parte de culpa la tienen también las herramientas de búsqueda⁴⁹ en Internet, que generan una cantidad importante de tráfico.

⁴⁷ Douglas aE. Comer, op. Cit.

⁴⁸ Una buena def. de multimedia.

⁴⁹ Una buena def. de buscador.

En cuarto lugar, conforme Internet se expande hacia nuevos países e industrias, surgen nuevas autoridades administrativas responsables de administrar la red, presentándose la necesidad de adaptar aplicaciones y protocolos a los nuevos modelos administrativos.

En quinto lugar, el espacio de direcciones IP se está agotando y resulta evidente que no va a ser capaz de responder al crecimiento de Internet.

De hecho, ya está desarrollada una nueva versión del protocolo IP, la IPv6, llamada a sustituir en breve a la versión vigente del IP, la IPv4, que se ha mantenido operativa casi sin cambio alguno desde la introducción del IP a finales de los 70. Los objetivos que han inspirado esta nueva versión han sido⁵⁰:

- Soportar la conexión a Internet (direccionamiento) de tantos sistemas como sea necesario.
- Reducir el tamaño de las tablas de encaminamiento de los routers.
- Simplificar el protocolo para posibilitar una transmisión más rápida.
- Mejorar las condiciones de seguridad: autenticación⁵¹ y privacidad de la información transmitida.
- Proporcionar una atención especial a cada tipo de servicio, sobre todo a los de tiempo real.
- Mejorar las posibilidades del multicasting.
- Posibilitar la portabilidad de direcciones de los sistemas.
- Dejar “la puerta abierta” a futuras evoluciones del protocolo.
- Permitir la coexistencia de nuevos y viejos protocolos durante años.

11. INTERNET MÓVIL

Las comunicaciones móviles de segunda generación han posibilitado un gran crecimiento del sector en Europa. El empleo del sistema GSM como estándar de telefonía móvil permitió el desarrollo de nuevas infraestructuras de comunicaciones en las que los operadores de telefonía móvil acometieron grandes inversiones. Estas inversiones se vieron respaldadas por la progresiva aceptación del servicio móvil de voz por parte de los usuarios, a los que se unieron los servicios de transmisión de datos y de mensajería (SMS).

En un corto espacio de tiempo los servicios de telefonía móvil se han extendido a un gran número de europeos, consiguiendo una gran penetración del servicio, próxima a la

⁵⁰ Andrew S. Tanenbaum, op. Cit.

⁵¹ Reconocimiento (y habilitación) de los usuarios con permiso para manejar o acceder a información o recursos de la subred.

saturación (como es el caso de Noruega, Suecia, Finlandia o España). Se puede afirmar que Europa ha liderado el sector de las telecomunicaciones móviles en los últimos años, superando a EEUU. Así la Unión Europea considera que las comunicaciones móviles son un elemento clave para alcanzar a EEUU en el desarrollo de la Sociedad de la Información.

La necesidad de responder a la demanda de nuevos servicios móviles, basados en la convergencia del mundo Internet con las tradicionales comunicaciones de voz, junto con el interés de la UE por aprovechar la ventaja competitiva sobre EEUU para avanzar en el desarrollo de la sociedad europea, ha fomentado el desarrollo de los nuevos sistemas móviles de Tercera Generación (en adelante 3G). Sin embargo los múltiples condicionantes del entorno como son el reparto del espectro, los procesos de licitación (concursos, subastas) y los elevados precios pagados en ellos, la necesidad de acometer grandes inversiones en el despliegue de la nueva red de 3G y la incertidumbre tecnológica existente, principalmente en la fabricación de terminales, pueden poner en peligro su puesta en marcha. Además el éxito en Japón de i-mode como servicio de acceso a Internet, a mitad de camino entre los sistemas de 2G y 3G (conocidos como sistemas de Segunda Generación y Media o 2,5G) está modificando la configuración del sector.

Por un lado el precio pagado por los operadores para obtener una licencia UMTS, así como la polémica surgida por los métodos de concesión, pueden significar un importante lastre que comprometa el futuro del negocio 3G y su viabilidad económica, ya que al coste de las licencias se une el elevado volumen de las inversiones necesarias para desplegar la red. Este hecho puede provocar que los operadores no tengan capacidad económica suficiente como para ofrecer sus servicios a unos precios que resulten atractivos para los consumidores, provocando un posible rechazo masivo al nuevo sistema. Además las últimas previsiones apuntan a que los fabricantes y suministradores de equipos no tendrán lista una oferta de terminales adecuada antes del final del 2003, lo que provocará un retraso significativo en la comercialización de los servicios 3G, inicialmente prevista para el presente año.

Por otro lado, el enorme impacto causado por el sistema de acceso a Internet móvil 2,5G japonés, conocido por el nombre comercial de i-mode, está demostrando que antes de implementar los sistemas 3G es necesario desarrollar una tecnología intermedia que no suponga una ruptura tecnológica radical con la actual 2G. De este modo sistemas como el GPRS (ya disponible en Europa) permitirían a los operadores generar una nueva fuente de ingresos para compensar el desembolso económico realizado en la obtención de las licencias UMTS y comprometido por las inversiones a realizar y, al mismo tiempo, probar qué servicios y aplicaciones ‘engancharán’ a los usuarios en el futuro, dando tiempo a que la tecnología 3G madure.

Estos problemas han sido identificados desde la Comisión Europea, para la que “los elevados costes de las licencias, la fragmentación de las condiciones de los concursos, la ausencia de experiencia en servicios 3G, así como las dificultades técnicas de la industria” son los principales factores de riesgo de este problema.

La solución al problema es compleja ya que no existen precedentes de este tipo en la industria europea. Sin embargo, en Japón, gracias al desarrollo de sistemas de 2,5G, con

i-mode como máximo exponente, se están sentando las bases para el despliegue de los futuros sistemas 3G.

Parece por tanto muy adecuado evaluar las implicaciones que el modelo de negocio de un sistema 2,5G como i-mode, de gran éxito en Japón, puede tener en la industria de las comunicaciones europeas y particularmente en España, uno de los países de la UE con mayor índice de penetración móviles.

Anexo B

GLOSARIO DE TÉRMINOS

ATM	“Modo de Transferencia Asíncrono”. Sistema de envío de información que permite manejar señales con diferente ancho de banda y capaz de adaptarse a los requisitos del usuario.
Autenticación	Proceso que asegura la identidad del usuario o de la información que éste maneja.
Bridge	Sistema que interconecta redes a nivel de “enlace” (según la estructura de niveles OSI). Puede decirse que son transparentes al IP, puesto que cuando un sistema envía paquetes de información IP a otro sistema a través de un bridge, éste recoge y manda directamente los paquetes sin realizar ninguna función aparte de la mera retransmisión. Sirve para interconectar, por ejemplo, varias redes locales en una red más extensa.
CA – Acceso Condicional	Es la posibilidad de que el usuario autorizado acceda a información personalizada y, eventualmente, segura.
Conmutación de circuitos	Una red de comunicaciones basada en conmutación de circuitos reserva completamente un canal de comunicaciones para una cierta transmisión de información todo el tiempo que dure ésta, independientemente de que realmente se utilice al máximo de su capacidad. Un ejemplo típico de red de conmutación de circuitos es la red que soporta el servicio telefónico básico. En esta red existe un canal de comunicaciones abierto para la comunicación entre dos abonados al servicio, independientemente de las pausas que existan o de que uno de ellos, por ejemplo, no interviniera en la conversación.
Conmutación de paquetes	Una red de conmutación de paquetes se basa en que la información (digital) se divide en partes (paquetes) antes de transmitirse. A continuación a cada paquete se le asigna una dirección de destino y se envía de forma independiente del resto a través de la red. De esta forma en la red tienen que existir unos elementos, encaminadores ("routers") de la información, que dirigen los paquetes de información por el camino que creen más adecuado en cada momento para este envío de información. Obsérvese que en una red de conmutación de paquetes, varios paquetes de información pueden compartir las infraestructuras de comunicación al no requerir cada uno de ellos más que una parte de los recursos del sistema.
Correo electrónico	También conocido como “e-mail”. Aplicación informática que mediante redes de ordenadores trasmite textos y datos desde un remitente a un destinatario, identificando ambos con sus direcciones.
Cuenta	Recursos y espacio informático al que un usuario puede acceder tras identificarse e introducir una clave.

DNS	"Domain Name System". Sistema de dominio de nombres usado para convertir direcciones IP numéricas en nombres más fácilmente entendidos, usados y recordados por el usuario.
Ethernet	Protocolo de red e área local (LAN), basado en compartir el canal de comunicaciones entre varios sistemas. En este protocolo un sistema escucha el canal y si está vacío transmite su información. Si se produce una colisión (porque varios sistemas transmiten al mismo tiempo) espera un tiempo aleatorio para volver a intentarlo.
Ftp	Protocolo Internet para la transferencia de ficheros (o archivos) entre sistemas.
Gateway	Sistema que interconecta redes a niveles superiores al de "red" (según la estructura de niveles OSI), esto es, a más alto nivel que bridges o routers. Se utiliza para interconectar redes diseñadas para propósitos distintos.
Herramienta de Búsqueda en Internet	La información en Internet se encuentra dispersa y es necesario contar con algún procedimiento que permita encontrarla rápida y eficientemente.
Host	Ordenador que tiene una presencia constante en Internet y que suministra algún tipo de servicio Internet a usuarios.
IP	"Internet Protocol". Protocolo de Internet. Usado con la numeración identificativa de las direcciones origen y destino de los paquetes de información en Internet
Módem	MOdulador-DEModulador). Equipo electrónico que adapta las señales digitales que genera un terminal, por ejemplo un ordenador, a las características de la red de comunicaciones a la que se conecta.
Multimedia	Información digitalizada y por tanto independiente de que originalmente contuviera audio, vídeo o datos al mismo tiempo.
News	Mensajes intercambiados en los foros de noticias (newsgroups) de Internet.
Proxy	Los operadores de red y los proveedores de acceso a Internet duplican los contenidos más frecuentemente accedidos por los usuarios a los que dan servicio con el fin de hacer más eficiente el acceso hasta la información
Protocolo fiable	Protocolo que incorpora mecanismos para asegurar que la transmisión de datos se efectúa sin errores.
Protocolo orientado a conexión RFC	Protocolo que procede, previo a la comunicación de datos, a establecer un canal de comunicación dedicado entre origen y destino.
Router	Sistema que interconecta redes a nivel de "red" (según la estructura de niveles OSI). Ha de entender el direccionamiento IP para permitir, y tomar decisiones acerca de, el encaminamiento de los paquetes de información IP, tratando de optimizar el camino a seguir en la transmisión y el tamaño

	óptimo de los mismos.
Sistema distribuido	Los recursos del sistema no se encuentran en una sola máquina, sino que son compartidos por diferentes elementos.
Streaming	Técnica para la transmisión de datos que permite procesarlos como un flujo (stream) continuo y constante. De esta forma no es necesario descargar completamente una información para utilizarla, si no que se va presentando al usuario lo que va llegando.
Telnet	Aplicación de acceso remoto que permite a un usuario acceder a un sistema distante desde otro sistema conectado a Internet, y trabajar con el segundo como si del primero se tratara.
Token ring	Protocolo de red de área local (LAN), basado en compartir el canal de comunicaciones entre varios sistemas. En este protocolo un sistema transmite cuando se apropia de un testigo (token) que circula por la red, cuando termina la transmisión libera el testigo para que otro sistema pueda transmitir.
Video bajo demanda	Emisión audiovisual personalizada a petición del usuario.
WebTV	Dispositivo que, genéricamente, permite la navegación por Internet a través del televisor convencional.
www	World Wide Web.
X.25	Protocolo de red de área extendida (WAN), orientado a conexión y fiable, de capacidad variable (habitualmente 64Kbps), una tasa de fallos casi despreciable y una gran cobertura (típicamente un país). Tiene el inconveniente de requerir mucha información extra para posible corrección de errores.