

# INTRODUCCIÓN A LA TELEFONÍA

---

---

## 1 La telefonía tradicional

### 1.1 Sistemas analógicos

La red telefónica básica *RTB*, o en la literatura inglesa *PSTN*, fue creada para transmitir la voz humana. Tanto por la naturaleza de la información a transmitir, como por la tecnología disponible en la época en que fue creada, esta es de tipo analógico. Hasta hace poco se denominaba *RTC o Red Telefónica Conmutada*, pero la aparición del sistema *RDSI*<sup>3</sup> (digital pero basado también en la **conmutación de circuitos**), ha hecho que se prefiera utilizar la terminología *RTB* para la primitiva red telefónica (analógica), reservando las siglas *RTC* para las redes conmutadas de cualquier tipo (analógicas y digitales); así pues, la *RTC* incluye la primitiva *RTB* y la moderna *RDSI* (Red Digital de Servicios Integrados). *RTB* es en definitiva la línea que tenemos en el hogar o la empresa, cuya utilización ha estado enfocada fundamentalmente hacia las comunicaciones mediante voz, aunque cada vez más ha ido tomando auge el uso para transmisión de datos como fax, Internet, etc.

Cada línea *RTB* tiene asignada una numeración específica (su dirección telefónica) y está físicamente construida por dos hilos metálicos (conocidos como par de cobre), **que se extienden desde la central telefónica hasta la instalación del abonado** (se conoce también como bucle de abonado). **Cada central atiende las líneas de abonado de un área geográfica determinada.** A su vez, **las centrales telefónicas están unidas entre sí por sistemas más complejos y basados en tecnología digital.** Esta unión de centrales constituye el sistema telefónico nacional que a su vez está enlazado con los restantes del mundo.

En los años 60 las centrales telefónicas, mayoritariamente analógicas, fueron transformando su tecnología a digital. Ello solventó diversos problemas, como los relacionados con la degradación de la señal de voz y la imposibilidad de manejar gran cantidad de llamadas. Del mismo modo, la intención fue también hacer uso de tecnología digital en el bucle local pero, por motivos meramente económicos, el bucle local continuó siendo analógico. Finalmente, la

---

<sup>3</sup> RDSI o Red Digital de Servicios Integrados (ISDN en inglés).

medida que se adoptó fue la de hacer uso de tecnología digital en la comunicación entre las centralitas telefónicas, manteniendo el bucle local analógico, obteniéndose así los **beneficios de la telefonía digital a un precio razonable**. Esta medida dio lugar a lo que se conoce como **RDI o Red Digital Integrada**.

La situación actual para la *RTB* puede clasificarse como híbrida; lo normal es que la transmisión sea todavía analógica en los bucles de abonado de ambos extremos y digital en su tráfico entre centrales (esto requiere una doble conversión, analógico-digital y digital-analógico). Para su digitalización, la señal analógica es muestreada a 8.000 veces por segundo (8 Khz.). El valor de cada muestra puede ser un valor entre 0 y 255 (puede ser representado por 1 byte -octeto-) lo que supone un flujo de datos de 8 KB/s o 64 Kb/s, la cual se denomina calidad de sonido telefónico.

Como hemos visto, se disponga de tecnología *RDSI* o analógica, **se requiere de un enlace desde nuestro hogar hasta la central telefónica de nuestra zona**. Es por ello que es de gran importancia conocer los dos tipos de conexiones telefónicas analógicas existentes, conocidas como *FXS* y *FXO*, es decir, los nombres de los puertos o interfaces usados por las líneas telefónicas y los dispositivos analógicos.

### 1.1.1 *FXS*

La interfaz *Foreign eXchange Subscriber* o *FXS* es el puerto por el cual el abonado accede a la línea telefónica, ya sea de la compañía telefónica o de la central de la empresa. En otras palabras, la interfaz *FXS* provee el servicio al usuario final (teléfonos, módems o faxes).

Los puertos *FXS* son por lo tanto los encargados de:

- **Proporcionar tono de marcado.**
- **Suministrar tensión (y corriente) al dispositivo final.**

Para entender mejor el concepto piense en el caso de un hogar tradicional. La interfaz *FXS* es el punto donde se conectan los teléfonos del hogar. La interfaz *FXS* sería entonces la roseta de telefonía de la casa.



Figura 1-1. Roseta telefónica o *PTR*<sup>4</sup>. Posee la terminación *FXS*

### 1.1.2 *FXO*

La interfaz *Foreign eXchange Office* o *FXO* es el puerto por el cual se recibe a la línea telefónica. Los puertos *FXO* cumple la funcionalidad de enviar una indicación de colgado o descolgado conocida como **cierre de bucle**.

---

<sup>4</sup> *PTR* o Punto de Terminación de Red, el cual separa la red interna del abonado y el cable exterior.

Un ejemplo de interfaz *FXO* es la conexión telefónica que tienen los teléfonos analógicos, fax, etc. Es por ello que a los teléfonos analógicos se les denomina “dispositivos *FXO*”.



Figura 1-2. Dispositivo *FXO*

A modo de resumen se quiere destacar que dos puertos se pueden conectar entre sí con la condición de ser de distinto tipo, es decir, *FXO* y *FXS* son siempre pareja (similar a un enchufe macho/hembra).

En la figura 1-3 se muestra el escenario de un hogar tradicional. Como podemos apreciar siempre se conectan entre sí interfaces de distintos tipo, es decir, *FXS* con *FXO* o viceversa. El teléfono posee una interfaz *FXO* como se muestra en la imagen, el cual es conectado a la roseta de la compañía telefónica *FXS*.



Figura 1-3. *FXS /FXO* sin centralita

## 1.2 Sistemas digitales

### 1.2.1 *RDSI*

Los trabajos de desarrollo de la Red Digital de Servicios Integrados (*RDSI* o *ISDN*, en inglés *Integrated Services Digital Network*) comenzaron en la década de 80 sin embargo ésta no sería comercializada hasta principios de los años 90. Se esperaba que la *RDSI* pudiera revolucionar la industria de las comunicaciones telefónicas como hoy día se espera que lo pueda hacer la VoIP. Sin embargo, y aunque las compañías telefónicas pusieron mucho empeño en extenderlo al mayor número de lugares posibles, muchos consideran la *RDSI* un fracaso debido a que todo lo que prometía no se pudo llevar a cabo. Lo cierto es que la *RDSI* nunca terminó de despegar ya que cuando lo estaba haciendo surgió otra tecnología que tuvo una implantación mucho más barata y rápida, la *Asymmetric Digital Subscriber Line* o *ADSL*.

La *RDSI* permite que en una línea coexistan múltiples canales, pudiendo contener cada uno de ellos datos, (canales B) o señalización (canales D). Además la *RDSI* no se limita sólo a la transmisión de voz. Cada canal tiene un ancho de banda de 64 Kbps, de forma que pueden

emplearse canales B y D para la transmisión de datos (éstos últimos siempre que no haya datos de señalización). Precisamente esta característica dota a la *RDSI* de una mayor flexibilidad frente a la que poseen las líneas *RTB* ya que los canales pueden ser reconfigurados sobre la marcha para que transmitan voz o datos.

Tal y como se muestra en la figura 1-4 la línea *RDSI* básica también conocida como *BRI* o *Basic Rate Interface* tiene tres canales (dos canales B y un canal D), de forma que pueden realizarse dos llamadas telefónicas de forma simultánea en una única *BRI*. Los usuarios finales de este tipo de línea fueron, en principio, empresas relativamente pequeñas. Desafortunadamente, cuando esta versión de la *RDSI* fue lanzada al público otros tipos de medios y servicios ya habían evolucionado de forma que ofrecían más ancho de banda sin la complejidad y el coste asociados a ésta. Todavía existen algunos usuarios de líneas *BRI* (emplean ésta principalmente para videoconferencia debido a su ancho de banda fijo), pero en la mayoría de los casos se encuentran en proceso de cambio hacia la *ADSL*, cable o algún tipo de tecnología inalámbrica.

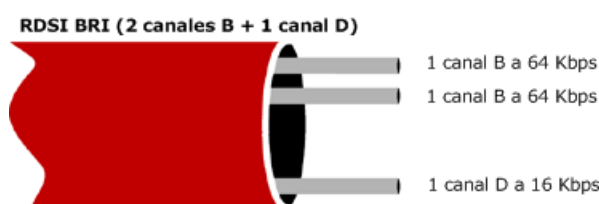


Figura 1-4. Arquitectura de un cable RDSI BRI

A diferencia de la versión *BRI* de *RDSI*, la *PRI* o *Primary Rate Interface* posee dos versiones, una de 31 (30 canales B y 1 canal D) y otra de 24 canales (23 canales B y 1 canal D),<sup>5</sup> lo que permite que puedan realizarse 30 o 23 llamadas telefónicas al mismo tiempo<sup>5</sup> respectivamente. Su implantación ha sido mayor que la de la *BRI* y normalmente constituye la elección para instalaciones de un tamaño considerable. Además, sus costes son proporcionalmente menores que los asociados a *BRI*.

### 1.2.2 *E1/T1*

Un *TI* es un acceso digital que dispone de 24 canales, pudiéndose realizar en todos los canales, menos en uno, una llamada.

Mientras que el *TI* es muy común en Estados Unidos y Japón, en Europa se emplea con mayor frecuencia el *E1*. A diferencia del *TI*, *E1* dispone de 32 canales en vez de 24.

Los accesos *TI* y los accesos *E1* tienen que señalar las llamadas de alguna manera, esto lo consiguen mediante lo que se conoce como *Señalización por Robo de Bit* o *Robbed Bit Signaling*, es decir, que cada cierto tiempo se usa un bit de cada canal para así señalar y enviar información a través de la línea *TI* o mediante multiplexación del bit en un canal común, algo que se emplea sobre todo en Europa (*E1*).

Usar *TI* y *E1* para proporcionar datos y voz a la vez es muy común. En esta ocasión, algunos de los canales de las líneas son asignados para ser usados para datos y otros son asignados para ser usados para voz. Incluso se puede dar el caso de que existan canales sin usar.

---

<sup>5</sup> Los dos tipos de enlaces primarios se denominan *E1* y *T1*. El primero de ellos es utilizado en Europa y Australia, mientras que el segundo se usa en Estados Unidos, Canadá y Japón, fundamentalmente.

Los proveedores de servicios pueden proporcionar en este caso precios más bajos de lo normal, ya que, por ejemplo, unos cuantos canales podrían ser para voz, otros para conectarse a Internet y un último grupo podría ser para conectarse de forma privada a otra oficina de la organización.

En definitiva si se requieren tener por ejemplo de 8 a 16 líneas así como conexión de datos, tanto un *TI* como un *EI* (dependiendo de la zona donde estemos) podrían constituir una buena elección.

### 1.2.3 Otros

Además de las líneas mencionadas anteriormente, existen otros tipos de líneas digitales que son empleadas normalmente para realizar la comunicación de una red a otra. Principalmente se trabaja con las siguientes:

- Las líneas *T3*, proporcionadas a través de cable coaxial o enlace de microondas y que son capaces de transportar 28 *TI*, o lo que es lo mismo, 672 canales. Esto hace que una *T3* tenga un ancho de banda de 44,736 Mbps.
- Las líneas *E3*, proporcionadas únicamente a través de cable coaxial, son capaces de transportar 16 *EI*, lo que hace un total de 512 canales. El ancho de banda de este tipo de líneas es de 34,368 Mbps.
- Las líneas *T4*, proporcionadas tanto a través de cable coaxial como a través de enlace de microondas, son capaces de transportar 168 *TI*, es decir, 4.032 canales, por lo que su ancho de banda es de 274,176 Mbps.
- Por último, la *Synchronous Optical Network (SONET)* y la *Synchronous Digital Hierarchy (SDH)*, proporcionadas a través de fibra óptica. La primera se emplea en Estados Unidos y Canadá, mientras que la segunda lo hace en el resto del mundo. Los anchos de banda de transmisión de datos empleados en estas líneas varían desde los 51,840 Mbps hasta los 39,813 Gbps (aunque teóricamente se podrían alcanzar los 159,252 Gbps).

La relación anterior no es definitiva ya que cada día salen al mercado nuevos estándares de mucha más capacidad, como por ejemplo el novedoso *FTTH*.



Figura 1-5. Cable de fibra óptica

Para la señalización entre redes, además de emplear las técnicas mencionadas anteriormente en *TI* y *EI*, se suele emplear también un método llamado *Signaling System 7 (SS7)*, conocido como *C7* en los países europeos. Éste es un protocolo que aporta ciertas ventajas sobre los otros ya que está basado en conmutación de paquetes y la señalización no se realiza de forma intercalada en la línea de transmisión, sino que se realiza a través de paquetes

que contienen toda la información necesaria al comienzo de la conexión. Esto provoca que toda la información sea enviada de manera más rápida.

## 1.3 Redes móviles

### 1.3.1 GSM (2G)

*GSM* o *Global System for Mobile communications* proveniente en un principio de *Groupe Special Mobile* es el estándar más popular y extendido para teléfonos móviles en todo el mundo. Se comenzó a trabajar en él en la década de los 80 no siendo hasta 1991 cuando la primera red *GSM* fue lanzada, concretamente en Finlandia. Su promotor, la *Asociación GSM*, estima que el 82% del mercado global de teléfonos móviles lo emplea. Precisamente su ubicuidad hace que el *roaming*<sup>6</sup> internacional sea muy común entre los operadores de móviles, permitiendo a los usuarios suscritos a sus servicios emplear sus teléfonos en muchas partes del mundo. Los operadores móviles también se han visto favorecidos por esta implantación tan grande ya que les ha permitido elegir su equipamiento entre multitud de fabricantes de todo el mundo que emplean *GSM* en sus dispositivos.



Figura 1-6. Logotipo GSM

*GSM* difiere de sus predecesores en que ambos canales, tanto el de señalización como el de voz, son en esta ocasión digitales. Por ello se considera a *GSM* como un sistema de telefonía móvil de segunda generación (2G). Además, con *GSM* comenzó a ser mucho más fácil integrar, en los teléfonos móviles, la posibilidad de establecer comunicaciones de datos.

*GSM* es una red celular para dispositivos móviles lo que implica que los terminales se conectarán a ella buscando estaciones base (también conocidas como células o *BTS*, en inglés *Base Telephony Station*) en sus inmediaciones. *GSM* funciona principalmente en cuatro rangos de frecuencias: las bandas de frecuencia de 900 MHz y 1800 MHz son las más comunes, mientras que en algunos países americanos (como Estados Unidos o Canadá) se emplean las bandas de 850 MHz y 1900 MHz debido a que las anteriores se encontraban ya en uso para otras aplicaciones. También existen casos, aunque son poco frecuentes, en los que se emplean las bandas de frecuencia de 400 MHz y 450 MHz. Este hecho se produce por ejemplo en los países escandinavos, donde los dispositivos móviles de primera generación comenzaron empleando esos rangos de frecuencias y decidieron mantenerlos para su uso con *GSM*.

La red existente detrás de *GSM* (y que el usuario corriente no percibe), es bastante grande y compleja. De otra manera sería imposible proporcionar todos los servicios que el usuario final recibe de ésta.

---

<sup>6</sup> Roaming o itinerancia, es un concepto relacionado con la capacidad de un dispositivo para moverse de una zona de cobertura a otra.

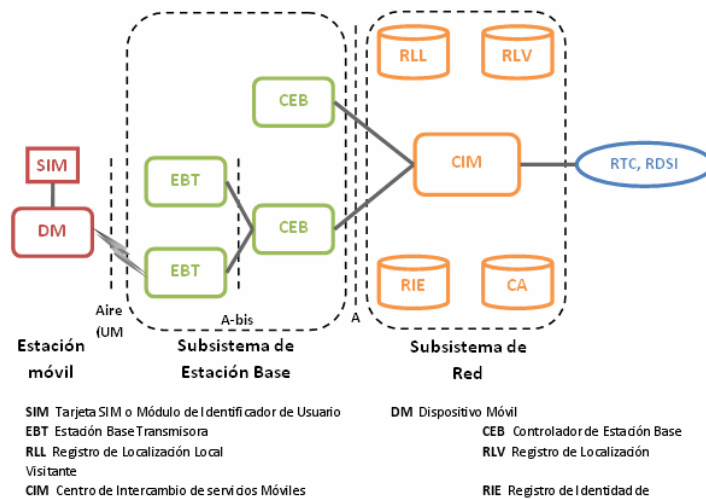


Figura 1-7. Esquema de una red tradicional GSM

*GSM* emplea varios *codecs*<sup>7</sup> de audio para comprimir el sonido transmitido a través de los terminales móviles. Al principio dos *codecs* fueron empleados, *Half Rate* y *Full Rate*, que se llamaban así debido a la relación que éstos guardaban con la forma en la que usaban el canal de transferencia (de forma parcial o de forma completa respectivamente) en el que eran empleados. Ambos *codecs* eran bastante eficientes en cuanto a compresión además de implementar la identificación de partes importantes de audio permitiendo la priorización y protección de dichas partes. A partir de 1997 comenzó a emplearse el *codec Enhanced Full Rate* o *EFR*, que mejoró el estándar y usaba el canal de transferencia completamente.

El estándar *GSM* fue pionero al incluir una alternativa barata a las llamadas de voz a través de la red de telefonía. Esta alternativa es el mensaje de texto, *Short Messaging Service* o *SMS*, soportado hoy día por prácticamente la totalidad de estándares para móvil. También incluía el número de teléfono para emergencias (concretamente en Europa es el 112) que hacía muy fácil a los viajeros el poder contactar con los servicios de emergencias sin tener que conocer el número local de éstos.

Las nuevas versiones del estándar han sido retro-compatibles con los teléfonos *GSM* originales. En la especificación de 1997 el estándar añadió capacidad para transportar paquetes de datos a través del servicio *General Packet Radio Service* o *GPRS*, incluyendo entre otras cosas mensajes multimedia, *Multimedia Messaging Service* o *MMS* o aplicaciones de Internet a través del *Wireless Application Protocol* o *WAP*. *GPRS* es comúnmente conocido como 2,5G, debido a que es una especificación que se encuentra entre la segunda y la tercera generación de telefonía móvil. En la especificación de 1999 se introdujo una mejora en la velocidad de transmisión de datos a través del uso del servicio *Enhanced Data rates for GSM Evolution* comúnmente conocido como *EDGE*.

### 1.3.2 UMTS (3G)

*UMTS* o *Universal Mobile Telecommunications System* es una tecnología de tercera generación (3G) para telefonía móvil. Está estandarizado por *3GPP* (*3rd Generation Partnership Program*), una colaboración entre grupos de telecomunicaciones de varios lugares del mundo para desarrollar una especificación de un sistema de telefonía aplicable globalmente

<sup>7</sup> *Codec* es una abreviatura de codificación-decodificación. Se uso se refiere a la capacidad de codificar y decodificar una señal de audio en un sistema concreto.

y que cumpla las exigencias de ITU IMT-2000. Ese sistema está basado en una evolución de las especificaciones de *GSM*. *3GPP* fue creado a finales de 1998, pero no sería hasta principios de 2000 cuando surgiría la especificación de la primera red *UMTS*.

Las bandas de frecuencia en las que opera *UMTS* varían dependiendo del país, aunque en las estándares original se definían el rango de frecuencias 1885–2025 MHz para la comunicación de móvil a estación base (*uplink* o enlace de subida) y el rango de frecuencias 2110–2200 MHz para la comunicación de estación base a móvil (*downlink* o enlace de bajada). El amplio espectro de frecuencias que emplea *UMTS* ha sido muy criticado ya que retrasó el despliegue en algunos países en los que es lenta la asignación de frecuencias (como en Estados Unidos).

Para los operadores de *GSM* existentes, **la migración de esta tecnología a *UMTS* constituye un camino simple pero costoso**. Esto se debe a que aunque una gran parte de la infraestructura de *UMTS* se comparte con *GSM*, el coste de obtener las nuevas licencias para el espectro de frecuencias, así como implementar *UMTS* en las torres existentes, es alto.

Además de la familia *GSM* de *codecs* de voz, con el desarrollo de *UMTS*, *EFR* dio paso a un *codec* de ratio variable llamado *AMR-Narrowband*. Éste tiene una calidad alta y es robusto contra interferencias cuando es usado empleando el canal de transferencia completamente, mientras que es menos robusto pero mantiene una calidad relativamente alta cuando es usado en buenas condiciones empleando el canal de transferencia de forma parcial.

*UMTS* proporciona una gran mejora en la transferencia de datos con respecto a sus predecesores, pudiendo alcanzar (eso sí, de forma teórica) hasta 14 Mbps. En la práctica se han llegado a alcanzar tasas de transferencia de bajada de 7,2 Mbps, una velocidad muy superior a los 9,6 Kbps que ofrecían los primeros canales de datos empleados en *GSM*. **Esta velocidad de transferencia ha abierto la posibilidad de ejecutar aplicaciones y realizar acciones con nuestros terminales móviles que nos parecían impensables hace tan solo unos años**. A largo plazo, el proyecto *3GPP Long Term Evolution* planea que *UMTS* pueda alcanzar en una tecnología para móviles de cuarta generación (4G) velocidades de bajada de hasta 100 Mbps y de subida de hasta 50 Mbps.

Las primeras redes comerciales *UMTS* fueron lanzadas en 2002 y para promocionarlas se hizo especial énfasis en las posibilidades que éstas brindaban relacionadas con **aplicaciones como la televisión por móvil o la videoconferencia**. Poco a poco, las experiencias en Japón y otros lugares de temprana implantación mostraron que las videoconferencias no eran muy empleadas y que aplicaciones como la televisión por móvil no alcanzaba la demanda esperada empleándose la alta velocidad de transferencia de datos de *UMTS* mayoritariamente para acceder a Internet. De esta forma, **hoy día es común el uso de las redes *UMTS* para acceder a Internet, ya sea directamente desde un terminal móvil o bien desde un ordenador a través de *Wi-Fi*, *Bluetooth*, infrarrojos o *USB***.

## 2 *VoIP* la nueva revolución

En la década de los 90 un grupo de personas perteneciente al entorno de la investigación, tanto de instituciones educativas como empresariales, comenzaron a mostrar un cierto interés por **transportar voz y video sobre redes *IP***, especialmente a través de intranets corporativas e Internet. Esta tecnología es conocida hoy día como *VoIP*, la cuál consiste en el **proceso de dividir el audio y el vídeo en pequeños fragmentos, transmitir dichos**



**fragmentos a través de una red IP, y reensamblar esos fragmentos en el destino final** permitiendo de esta manera la comunicación.

La idea de la *VoIP* no es nueva ya que hay patentes y publicaciones de investigaciones que datan de varias décadas. La *VoIP* ha tomado un papel central en la autopista de la información para que la red pueda interconectar cada hogar y cada negocio a través de una red de conmutación de paquetes. El despliegue masivo de Internet ha vuelto a reabrir el interés en la *VoIP* a partir de esos años.

## 2.1 Evolución

En 1995, una pequeña compañía llamada *Vocaltec* anunció el lanzamiento del primer **teléfono software para Internet**. Este software era únicamente útil para entablar una comunicación de PC a PC y para ello necesitaba hacer uso de diversos requisitos hardware tales como micrófono, altavoces, tarjeta de sonido y módem. El funcionamiento de este software a día de hoy sigue siendo básicamente igual, transformar la señal de voz en paquetes *IP* una vez comprimida. Sin embargo, esta alternativa a la comunicación telefónica tradicional fue comercialmente un fracaso ya que las conexiones a Internet de las que se disponían, ofrecían un ancho de banda muy escaso.

Durante los años siguientes la tecnología asociada a las redes de datos y las comunicaciones continuó mejorando para ser en 1998 cuando se dieron definitivamente los primeros pasos desde un punto de vista comercial. En este año diversas compañías lanzaron al mercado adaptadores que permitían hacer uso de los teléfonos tradicionales en un entorno *VoIP*. Ello facilitó el acercamiento de la tecnología *VoIP* a los clientes, por lo que algunas empresas importantes se lanzaron al mercado ofreciendo productos y servicios relacionados. Durante el año 1998 la tecnología *VoIP* alcanzaba ya el 1% del tráfico total de voz: su carrera había comenzado.

En 1999, compañías dedicadas a las redes de datos tales como *Cisco* **crearon las primeras plataformas destinadas a empresas capaces de tratar con tráfico *VoIP***. Esto supuso un nuevo impulso a la *VoIP* ya que comenzó a implantarse en muchas empresas. La consecuencia directa fue que la *VoIP* alcanzara en el año 2000 más del 3% del tráfico total de voz.

Las redes de datos siguieron mejorando en años venideros y alrededor del año 2005 ya era fácil para cualquier persona de países desarrollados conseguir una conexión a Internet que cumpliera los requisitos mínimos para **ofrecer una buena calidad de voz y una comunicación fiable a través de *VoIP* reduciendo al mínimo las posibles interrupciones que se pudieran producir durante la conversación**.

Esto supuso otro gran impulso a la *VoIP* y provocó que a día de hoy existan muchas soluciones que hacen uso de esta tecnología. Un ejemplo claro es *Asterisk*, una **centralita telefónica de software libre** que se distribuye bajo licencia *GPL*. Este producto, soportado comercialmente por *Digium* se ha convertido en pocos años en una de las soluciones *IP* más extendidas en diversos ámbitos, tanto el empresarial como el educativo. Otro ejemplo destacable de producto *VoIP* es *Skype*, que fue creado por dos jóvenes universitarios en el año 2003. A diferencia de *Asterisk*, *Skype* hace uso de un protocolo privado que no está basado en un estándar lo que a largo plazo se piensa que limitará a sus usuarios. A día de hoy *Skype* se puede emplear en multitud de plataformas y su uso se encuentra también ampliamente extendido.

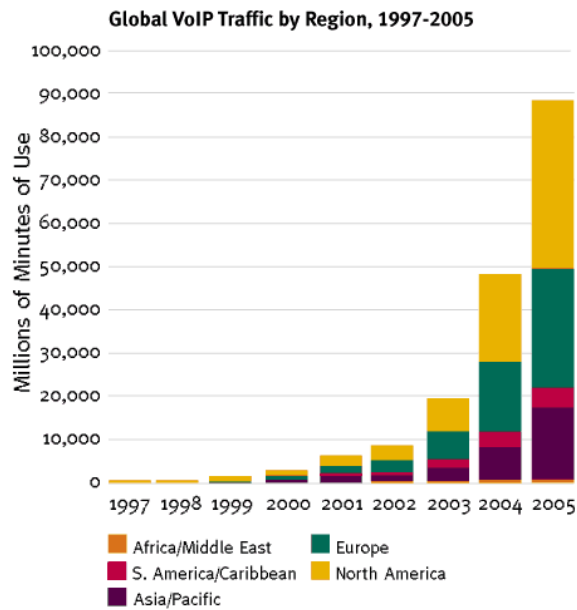


Figura 1-8. Tráfico VoIP en todo el mundo (dividido por regiones)

De un modo u otro, a finales del año 2008 se espera que el negocio relacionado con la VoIP llegue a la impresionante cifra de 5.000 millones de dólares. **El bajo coste de las llamadas a distancia y las nuevas funcionalidades que se están implementando son sólo dos de los alicientes que están provocando esta revolución.**

## 2.2 Ventajas

Aunque VoIP puede definirse de forma abreviada como una tecnología que aprovecha el protocolo TCP/IP para ofrecer conversaciones de voz, lo cierto es que es mucho más que esto. **VoIP puede ser usada para reemplazar la telefonía tradicional en un entorno empresarial, en un pequeño negocio o en casa, o simplemente para añadir ventajas a un sistema de telefonía tradicional.**

Consideremos hacer una llamada a una persona que se encuentra en la otra mitad del globo. ¡Lo primero en que pensaríamos, sin duda, sería la factura de teléfono que tendríamos que pagar! VoIP soluciona este problema y muchos otros.

VoIP tiene también algunas desventajas, sin embargo, las ventajas que puede aportar superan claramente a éstas. A continuación se muestran algunos de los beneficios asociados al uso de VoIP:

- **Disminución en los costes.** VoIP emplea Internet como medio de transporte por lo que el principal coste es la factura mensual de Internet a tu proveedor de servicio o ISP.
- **Más prestaciones.** Algunas de las prestaciones se listan a continuación:
  - **Portabilidad.** Una de las principales prestaciones que presenta VoIP es que es un servicio tan portable como el e-mail, es decir, no limita la

movilidad del abonado, así por ejemplo puedes convertir tu hogar en una parte de la oficina y usar remotamente la voz, el fax o los servicios de datos de tu lugar de trabajo a través de la intranet de la oficina, etc.

- **Fax virtuales.** Los problemas de los servicios de fax sobre *RTC* son el alto coste que conllevan para largas distancias, la atenuación de la calidad en las señales analógicas y la incompatibilidad entre algunas máquinas cuando se comunican. Mediante *VoIP* se pueden enviar también fax, denominados fax virtuales con la ventaja adicional de que ni siquiera necesitaremos una máquina fax para enviar y recibir fax.
- **Conferencias.** No existe limitación en el número de interlocutores. En una línea telefónica tradicional simultáneamente solo es posible la comunicación entre dos personas. Mediante *VoIP* es posible realizar conferencias que permiten a un grupo de personas comunicarse entre sí en tiempo real.
- **Otras prestaciones** que ofrece *VoIP* son el reconocimiento de llamada, posibilidad de crear números virtuales, el contestador automático, etc. Además al basarse en una red de paquetes *VoIP* puede manejar también otros tipos de datos permitiendo la posibilidad de transmitir imágenes, video o texto a la vez que nos estamos comunicando.
- **Mejor integración.** Actualmente en las instalaciones de la mayoría de las empresas se dispone tanto de una red telefónica como de una red local interna para Internet así como otros recursos de la empresa. Mediante *VoIP* todas las comunicaciones de voz se hacen establecen sobre la red *Ethernet* por lo que no se necesita extender la instalación de la red telefónica por toda la empresa.

### 2.3 Arquitectura

Uno de los beneficios que aporta la *VoIP* es que la arquitectura, desde el punto de vista de su distribución, puede ser **centralizada** o **distribuida**. El enfoque centralizado es criticado debido al hecho de no disponer de la suficiente flexibilidad para adoptar las futuras innovaciones tecnológicas. Por otro lado la arquitectura distribuida es más compleja que la arquitectura centralizada. Sea partidario de un enfoque u otro lo que la *VoIP* nos permite es una gran **flexibilidad**.

Sin entrar en debates sobre un enfoque u otro en la figura 2-2 se muestra a modo de ejemplo un entorno *VoIP*.

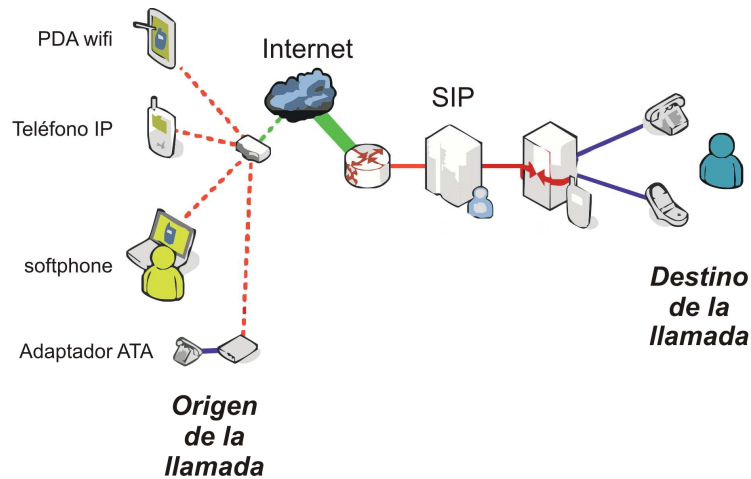


Figura 1-9. Arquitectura

En la figura 2-2 se muestra una arquitectura de *VoIP* muy general, donde se pueden ver los distintos dispositivos que la componen:

- **Teléfono IP.** Es un teléfono similar a un teléfono tradicional con la diferencia que está adaptado para ser utilizado en entornos *IP*.
- **Softphone.** Es un teléfono similar al anterior con la peculiaridad de que este es software.
- **Adaptador ATA.** Es un adaptador que permite conectar un teléfono convencional a una red *IP*.
- **SIP.** Es un protocolo usado por los proveedores de *VoIP* encargado de, entre otras funciones, iniciar y finalizar las llamadas *VoIP*.
- **B2BUA.** Es una entidad intermediaria encargada de procesar las comunicaciones *VoIP* y retransmitirlas a su destino.

A continuación se mostrará de manera más detallada los elementos más significativos de un entorno de *VoIP*.

### 2.3.1 Teléfonos *IP*

Los teléfonos *IP* son una parte importante de la arquitectura *VoIP*. A día de hoy estos terminales han evolucionado (ofreciendo una gran funcionalidad) como videoteléfonos *IP*, soluciones de movilidad basadas en redes *IP*, sistemas multimedia “todo-en-uno” completamente flexibles o unidades capaces de videoconferencia con muchos usuarios. De hecho, la revolución no se producirá debido a la nueva forma que tenemos de conectar los teléfonos cuando se emplea *VoIP*, sino a la posibilidad que darán estos teléfonos de comunicarse de la forma que exactamente se desea.

En la actualidad, los teléfonos *IP* son, en su gran mayoría, muy similares al resto de teléfonos tradicionales. Sin embargo, si nos fijamos detenidamente en su aspecto exterior se puede apreciar que existen ciertas diferencias:

- Disponen de al menos un puerto de conexión *RJ-45* en lugar del tradicional *RJ-11*.
- Suelen disponer de pantalla para mostrar información relevante.
- Incorporan varios botones programables que pueden usarse para diferentes funcionalidades.
- Conector de auriculares.

El puerto *RJ-45* de los teléfonos *IP* es un puerto *Ethernet* mediante el cual se conectan a la red. A través de éste puerto, se comunican con cualquier otro dispositivo basado en *IP* que se encuentre en la red, como pueda ser un *proxy* o un enrutador para *VoIP*, otro teléfono *IP*, una puerta de enlace a la *RTC* (para realizar llamadas hacia la red telefónica tradicional) o un *router*.

Ciertos modelos de teléfono *IP* tienen varios conectores *RJ-45* en lugar de uno. En estas ocasiones el teléfono tendrá un *switch* o incluso un *router* integrado, que permite conectar dispositivos como impresoras de red, ordenadores o incluso otros teléfonos *IP*.

Además de lo comentado anteriormente, algunos teléfonos tienen implementada la posibilidad de ser alimentados eléctricamente a través de la red de datos, es decir, la *LAN* proporciona al teléfono la electricidad que necesita para funcionar. Esta tecnología se conoce con el nombre de *Power over Ethernet*<sup>8</sup> (*PoE*).

Los teléfonos *IP* se pueden encontrar a precios asequibles debido principalmente a que existen una gran cantidad de fabricantes, distribuidores y modelos. Dependiendo de sus características y posibilidades podríamos clasificar los teléfonos *IP* en tres categorías:

- **Gama baja.** Constituyen la mayoría y son aquellos que recuerdan más a los teléfonos tradicionales. Éstos proporcionarán un buen servicio para realizar llamadas por *VoIP* a otros terminales de la red o a través de *proxys*, aunque disponen de pocas funcionalidades extra. Entre las mismas cabe destacar el soporte para varios idiomas o la personalización de tonos de llamada y melodías



Figura 1-10. Teléfono de gama baja marca Pheenet

- **Gama media.** Son muy parecidos a los teléfonos *IP* básicos pero añaden nuevas funcionalidades que los anteriores no poseen. Además suelen tener una pantalla más avanzada y grande, así como más conexiones hardware de las que tienen los

---

<sup>8</sup> *Power over Ethernet*: Alimentación eléctrica a través de la Red

básicos. Por ejemplo, es habitual que dispongan de pantalla retroiluminada, capacidades de *VLAN* e incluso la posibilidad de registrar varias líneas con operadores *IP* diferentes.



Figura 1-11. Teléfono IP de gama media marca Linksys

- **Gama Avanzada.** Estos teléfonos suelen incluir pantallas a color y muchas otras funciones extras como la posibilidad de configurar el acceso a un servidor *LDAP* de una organización o acceso *Web* a través de la pantalla del teléfono.



Figura 1-12. Teléfono IP Nortel IP Phone 2007, uno de los últimos modelos de este fabricante en salir al mercado, que incluye entre otras muchas cosas conectividad USB para ratón y teclado, puerto RJ-8 para conectar altavoces y pantalla táctil de 5,7”

**Las funciones propias de los sistemas telefónicos tradicionales** (rellamada, llamada en espera o llamada a tres, etc), **además de muchas otras que no podremos encontrar en estos, se encuentran implementadas en VoIP de dos formas distintas: como funciones del propio teléfono IP o a través de la red IP a la que está conectada dicho teléfono.** Mientras que con la telefonía tradicional todo este tipo de funciones sólo pueden ser accesibles mediante la compra de licencias adicionales, algo que supone un cambio radical con respecto al anterior enfoque y un enorme ahorro para los usuarios de todo este tipo de servicios.

### 2.3.2 Gateways y adaptadores analógicos

Un adaptador de teléfono analógico, normalmente conocido como *Analog Telephone Adaptor* o *ATA*, se puede describir brevemente como un dispositivo que **convierte señales empleadas en las comunicaciones analógicas a un protocolo de VoIP**. Concretamente estos dispositivos se emplean para convertir una señal digital (ya sea *IP* o propietaria) a una señal analógica que pueda ser conectada a teléfonos o faxes tradicionales, y a la inversa, convierte una señal analógica en una señal digital.

Existen diferentes versiones en función de que desee conectar un puerto *FXO* o un puerto *FXS*. Para más información véase el *Capítulo 1.La telefonía tradicional*.



Figura 1-13. Adaptador telefónico para analógico y SIP (Linksys PAP2). Obsérvese que dispone de 2 puertos analógicos (puertos FXS) para conectar dos teléfonos y un puerto RJ-45 para conectividad ethernet.

Estos adaptadores podrían ser descritos como *gateways* ya que su función es justamente la de pasarela entre el mundo analógico y el *IP*. Sin embargo, el uso popular del término *gateway* de telefonía describiría mejor un adaptador telefónico multipuerto, generalmente con funciones de enrutamiento más complejas.



Figura 1-14. Adaptador analógico para interconexión con la RTC, marca Grandstream. Dispone de 8 puertos FXO y dos puertos RJ45 (incorpora router)

Aunque con estos adaptadores telefónicos no se puede disfrutar de todas las funciones y ventajas que ofrece la telefonía *IP*, éstos seguirán existiendo mientras exista la necesidad de conectar estándares incompatibles y viejos dispositivos a nuevas redes. Esta dependencia hacia estos viejos dispositivos irá desapareciendo poco a poco, como lo hizo en su momento la dependencia hacia el módem.

### 2.3.3 Dispositivos GSM/UMTS

Los teléfonos móviles son dispositivos electrónicos de pequeño tamaño empleados para realizar comunicaciones de voz o datos a través de una conexión a una estación base que pertenecerá a una determinada red de telefonía móvil. Éstos han supuesto una auténtica revolución en nuestra manera de comunicarnos.

Desde el punto de vista de la *VoIP* se pueden encontrar dispositivos que integran ambas tecnologías, p.e. *SIP* y *GSM*. Además la integración es más sencilla que la tecnología analógica tradicional ya que no dependen de conversiones intermedias a analógico, permitiendo enviar toda la señalización existente entre ambas redes de forma transparente y fiable.



Figura 1-15. Gateway GSM-IP para interconexión directa de redes GSM e IP. Fabricante 2N, modelo VoiceBlue Enterprise (4 líneas GSM, Proxy SIP y H323)

### 2.3.4 Softphones

Los *softphones* son **teléfonos implementados por software**. Éstos proporcionarán a un dispositivo que no sea un teléfono, como un ordenador o una *PDA*, las funcionalidades de un teléfono *VoIP*. Para que esto sea posible no es necesario que el dispositivo en cuestión sea muy potente, simplemente se necesita un equipo de audio adecuado y alguna forma de conectarse a una red *TCP/IP*.

El más conocido y usado es el *X-lite*, aunque también existen muchos otros que presentan buenas funcionalidades.

El concepto de teléfono está hoy día en constante evolución, lo que hace difícil en ocasiones diferenciar lo que es un *softphone* de lo que no lo es. La comunicación *VoIP* está presente en programas de mensajería instantánea por poner un ejemplo, pero sólo el tiempo dirá si éstos pueden llegar a ser considerados *softphones*. En este documento, **el término *softphone* se refiere a un software ejecutable en ordenadores u otros dispositivos que tenga el aspecto de un teléfono, se use como cualquier teléfono y cuya funcionalidad principal sea la de realizar llamadas telefónicas.**





Figura 1-16. Softphone Zoiper, puede trabajar con el protocolo SIP o IAX, y dispone de una versión gratuita y otra comercial



Figura 1-17. X-lite de CounterPath, uno de los softphones más empleados hoy día y se encuentra disponible para varios sistemas operativos

**La principal ventaja de un softphone sobre un teléfono VoIP hardware es el coste.** En muchas empresas se debe instalar como mínimo en cada escritorio un ordenador y un teléfono. Si pudiéramos quitar el teléfono de todos esos escritorios se produciría un claro ahorro. Además hay una gran cantidad de softphones y la mayoría de sistemas operativos ya vienen con alguno instalado por defecto.

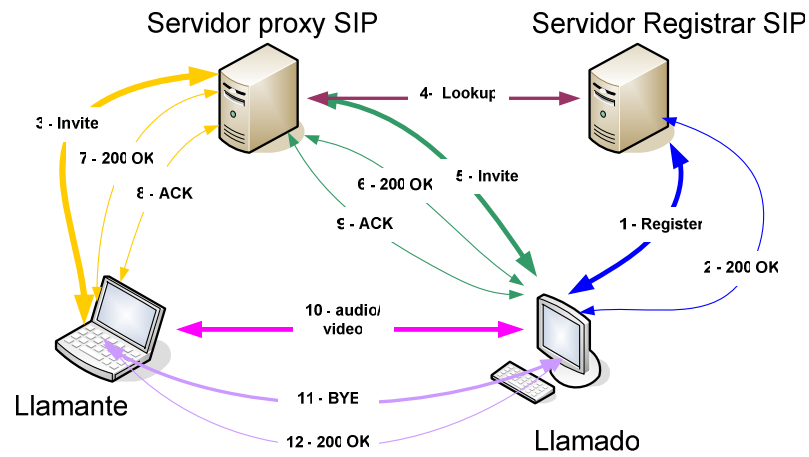
Los softphones tienen por delante un largo camino hasta que puedan ser aceptados por la mayoría de usuarios. A la costumbre de usar un teléfono tradicional, se une el grave inconveniente de que al tener el teléfono en el ordenador se añaden complicaciones extras. Por ejemplo, si tenemos una caída de tensión o un corte eléctrico, el reinicio del PC siempre es mucho más problemático y lento que un hardphone. Sin embargo es una alternativa a tener muy en cuenta.

### 2.3.5 Proxy's y enrutadores

Dentro de la arquitectura de VoIP es necesario el uso de ciertos elementos que permitan ordenar el tráfico telefónico y a la vez poner en contacto a los diferentes usuarios de las redes implicadas.

Tal y como trabajan los routers con los datos en general, recibiendo y enviando peticiones desde y hacia otras máquinas, los protocolos implicados en VoIP necesitan

igualmente que alguien o algo encamine sus peticiones hacia los usuarios finales, a fin de establecer una conversación. Esta tarea la realizan los *proxys* o enrutadores, encargándose de rutar la señalización hacia los sitios adecuados en función de las indicaciones pertinentes que cada protocolo implementa. En la *figura 1-18* puede verse un esquema de rutado en un entorno *SIP*.



*Figura 1-18. Esquema de rutado en un entorno SIP*

Existen multitud de implementaciones para servidores *proxy*, aunque entre las más usadas se encuentran las distribuciones de código abierto *SER*, *Kamailio* y *OpenSIPS*. Estos paquetes son capaces de gestionar gran cantidad de peticiones por segundo, haciendo un gran trabajo de rutado gracias a un diseño óptimo en su código base.