

Introducción a Sistemas de Señalización

Dr. Ing. José Joskowicz

josej@fing.edu.uy

Instituto de Ingeniería Eléctrica, Facultad de Ingeniería

Universidad de la República

Montevideo, URUGUAY

Versión 1.1

Mayo 2017

Temario

Temario	2
1 Introducción.....	3
2 Señalización entre terminales y el núcleo de la red	6
2.1 Señalización analógica por “corriente de bucle”	6
2.1.1 Reseña histórica	6
2.1.2 Circuito de audio de un teléfono analógico	11
2.1.3 Señalización entre centrales y teléfonos analógicos.....	13
2.1.4 Conexión de teléfonos analógicos a las centrales telefónicas	29
2.1.5 Diagrama de señalización.....	30
2.2 Señalización digital ISDN	31
2.2.1 Reseña histórica	31
2.2.2 Integrated Services Digital Network	32
2.2.3 Señalización entre centrales y teléfonos digitales ISDN	36
2.2.4 Conexión de terminales ISDN a las centrales públicas.....	38
2.3 Señalización IP H.323.....	40
2.3.1 Arquitectura H.323	40
2.3.2 Ejemplos de señalización H.323	49
2.4 Señalización IP SIP.....	55
2.4.1 Mensajería SIP	56
2.4.2 Arquitectura SIP	60
2.4.3 Ejemplos de señalización SIP.....	65
3 Señalización entre sistemas corporativos y el núcleo de la red	67
3.1 Reseña histórica	67
3.2 Señalización analógica por “corriente de bucle”	68
3.3 Señalización digital R2.....	69
3.4 Señalización digital ISDN	71
3.5 Señalización IP	73
4 Señalización dentro del núcleo de la red.....	75
4.1 Reseña histórica	75
4.2 SS7	77
4.2.1 Conceptos básicos.....	78
4.2.2 Componentes de la red de señalización SS7	79
4.2.3 Bloques funcionales de SS7	82
4.3 SIGTRAN	91
4.4 SIP	95
4.5 DIAMETER	97
4.5.1 Conceptos básicos.....	97
4.5.2 Características de DIAMETER.....	97
4.5.3 Mensajes DIAMETER	101
4.5.4 Ejemplos de uso	103
Referencias	105

1 Introducción

Para establecer una comunicación o sesión entre dos dispositivos, es necesario implementar protocolos de señalización, que permitan indicar el destino, el tipo de comunicación deseada, indicar si la comunicación es o no establecida, finalizarla, etc. Adicionalmente, dentro del núcleo de una red de telecomunicaciones, es necesario acceder a bases de datos y diversos sistemas para conocer el perfil y permisos de las partes que quieren participar de una comunicación. Es necesario estandarizar la manera de hacerlo, mediante mecanismo de “señalización” apropiados.

ITU define el concepto de señalización en la Recomendación ITU-T Q.9 como el *“Intercambio de información (de otra forma que no sea mediante la palabra) relacionada específicamente con el establecimiento, la liberación y otras formas de control de las comunicaciones, y con la gestión de la red, en la explotación automática de telecomunicaciones”* [1].

El objetivo de los sistemas de señalización es intercambiar “información de control” entre entidades de un sistema de telecomunicaciones. Esta información de control debe poder, entre otras cosas

- Establecer y liberar comunicaciones
- Acceder a bases de datos o sistemas de información
- Intercambiar información de autenticación, autorización y tarificación
- Gestionar, mantener y monitorizar diferentes elementos de la red

La necesidad de señalización ha estado presente desde los orígenes de la telefonía, y ha evolucionado, con el crecimiento de las redes y la evolución de las tecnologías.

En forma muy genérica la siguiente lámina esquematiza algunos de los diversos protocolos y tecnologías de señalización que conviven dentro de las redes de telecomunicaciones.

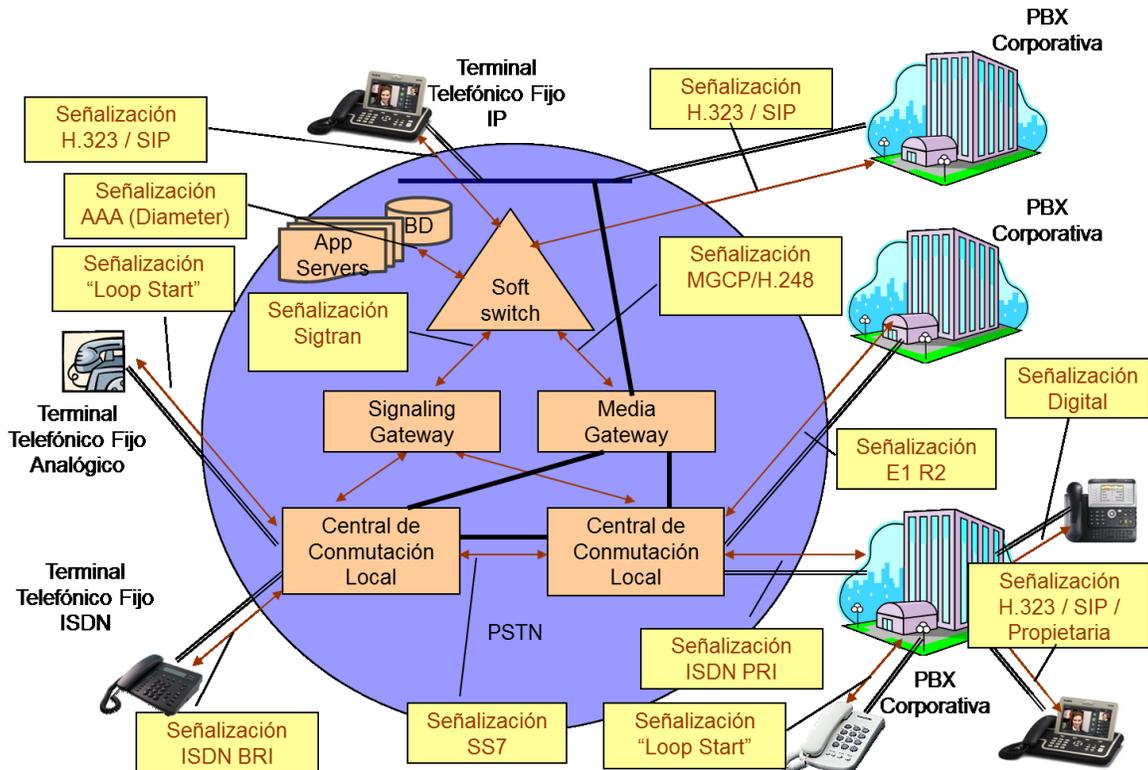


Figura 1.1

Como se puede observar, la señalización existe a todos los niveles en las redes de telecomunicaciones y de telefonía y puede clasificarse de diversas maneras.

- Según la tecnología de transporte:
 - Analógica: La señalización se realiza mediante corrientes, voltajes o frecuencias
 - Digital: La señalización se realiza mediante un canal digital dedicado entre las entidades
 - IP: La señalización se realiza sobre redes de datos IP
- Según las entidades que la intercambian
 - De suscriptor: La señalización se realiza entre la central o núcleo de la red y el terminal de usuario
 - De Suscriptor corporativo: La señalización se realiza entre la central o núcleo de la red y un sistema de comunicaciones corporativo
 - De Troncal: La señalización se realiza entre centrales o dentro del núcleo de la red
- Según el canal por el que se transmite

- En Banda: La señalización se transmite dentro de los mismos canales que los datos que se intercambian en la comunicación (ej.: Banda Vocal)
- Fuera de Banda: La información de control se transmite por canales separados y dedicados
- Según sea de estado o direccionamiento
 - De Línea: Información del estado de la línea: on-hook/off-hook, sonando, etc.
 - De Registro: Información referente a direccionamiento y localización
- Según la asociación directa o indirecta a los canales señalizados
 - Asociada al canal (CAS = Channel Associate Signaling): Un canal de señalización controla y gestiona a un solo canal de datos/voz. Habitualmente comparten el mismo medio físico.
 - Por canal común (CCS = Common Channes Signaling): Un canal de señalización en común controla y gestiona a varios canal de datos/voz

En estas notas se describen las diferentes señalizaciones organizadas según las entidades que la intercambian, y dentro de cada una, según la tecnología de transporte (Analógica, Digital, IP):

- Señalización entre terminales y el núcleo de la red
- Señalización entre sistemas corporativos y el núcleo de la red
- Señalización dentro del núcleo de la red

2 Señalización entre terminales y el núcleo de la red

2.1 Señalización analógica por “corriente de bucle”

Existe gran diversidad de terminales telefónicos funcionando en las redes de telecomunicaciones, con diversas tecnologías, usos y prestaciones. Entre ellos se pueden mencionar terminales telefónicos fijos, con tecnología analógica o digital, terminales telefónicos móviles, con diverso tipo de tecnologías, terminales de software (“softphones”), terminales para uso corporativo, etc. En esta sección se presenta una reseña histórica del terminal telefónico analógico, y se explica en su funcionamiento. Los conceptos sirven como base para comprender cualquier otra tecnología de terminales telefónicos.

2.1.1 Reseña histórica

Los primeros teléfonos instalados por Bell, y por la compañía Western Union en 1876, utilizaban un único hilo de cobre por el que se enviaba tanto la señalización como el audio (el retorno era por tierra). Un ejemplo de este teléfono se ve en la siguiente foto [2]:



Figura 2.1

El sistema de “campanilla” fue ideado y patentado por Thomas A. Watson en 1878, 2 años después de presentada la primer patente de Bell, y ya con la primer central telefónica funcionando en New Haven, Connecticut, con 21 abonados.

En 1881 (con más de 50.000 teléfonos ya en funcionamiento), Graham Bell presentó una patente por un “teléfonos de 2 hilos de cobre”

El sistema de disco conocido hasta hace pocos años, con teléfonos de 2 hilos sin necesidad de cable de tierra, fue originalmente diseñado en 1908. Un ejemplo de este teléfono se ve en la siguiente figura [3]:



Figura 2.2

En 1933 se instalan las primeras centrales telefónicas públicas automáticas en Uruguay, y junto con ellas los primeros teléfonos de disco. En el diario “El Día”, del 26 de febrero de 1933 [4] se lee, junto con varias fotos en huecograbado:

“Lo que se va: Maraña de hilos de alambre, que al menor soplo de viento se enredan, haciendo más inútil todavía el destino supuesto de establecer comunicaciones; altos palos amenazantes de desplomarse, que afean además el panorama de la ciudad; tortura de timbres y confusiones en el diablado aparato que traidoramente llama donde no se le requirió; riesgo y fealdad. Inutilidad...”

“Lo que viene: Sencillez automática en las comunicaciones telefónicas; eliminación de intermediarios que hacen confusos los pedidos, y los interrumpen a destiempo; comunicación directa; sobriedad, práctica. Progreso...”

La siguiente foto, publicada en el mencionado artículo de “El Día”, muestra uno de los nuevos teléfonos automáticos de disco.



Figura 2.3

A comienzos de la década de 1940, en Uruguay se instalaban diversos modelos de aparatos telefónicos, tanto de mesa como de pared. En las siguientes figuras, tomadas del “Manual del Aparatista” de la división Teléfonos de UTE, se ven los modelos de mesa “Siemens”, y “Neophone”, en láminas del año 1943.

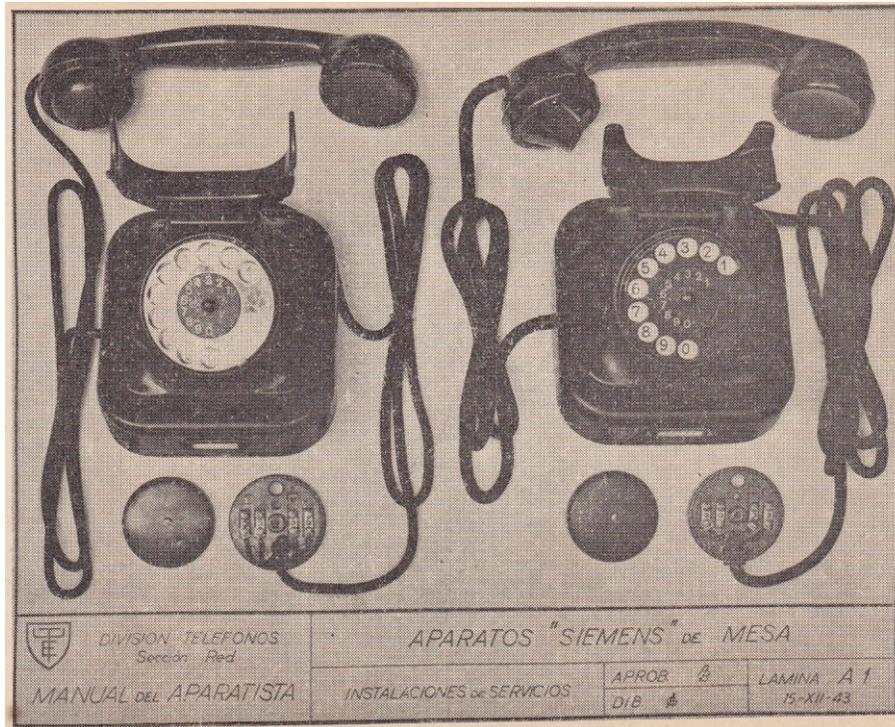


Figura 2.4

Uno de los últimos modelos de teléfonos de disco instalados en Uruguay por ANTEL es el "RFT", mostrado en la siguiente imagen:



Figura 2.5

En 1963 la compañía “Western Electric” lanza al mercado el primer teléfono de tonos, el modelo 1500. Este teléfono tenía 10 botones (0 al 9). El * (asterisco) y el # (numeral) fueron introducidos en 1967, en el modelo 2500. Los teléfonos de tonos están basados en un sistema de señalización diseñado por el Ingeniero L. Schenker en 1960 [5]. La siguiente foto muestra un teléfono de tonos modelo 1500.



Figura 2.6

En Uruguay se comercializaron varios teléfonos de tonos por Antel. Un ejemplo, del modelo “Ariel”, se muestra en la siguiente figura:



Figura 2.7

Con la masificación y universalización de los teléfonos de tonos, los precios de los terminales telefónicos bajaron considerablemente, existiendo actualmente una enorme oferta de modelos, con diversas prestaciones. Los operadores telefónicos han dejado de suministrar los terminales telefónicos, y se ha liberado la adquisición de éstos a los abonados.

2.1.2 Circuito de audio de un teléfono analógico

La función básica de los teléfonos es permitir la conversación bidireccional entre dos personas distantes. Para ello, el teléfono debe tener un auricular y un micrófono, los que se ubican en el microteléfono, o “tubo”. El micrófono utilizado históricamente en los teléfonos analógicos fue diseñado originalmente por Thomas Edison en 1877. El dispositivo ideado por Edison se basa en una interesante propiedad del carbón: su resistencia eléctrica varía con la presión. La idea consistía en disponer una barra compuesta de gránulos de carbón entre dos electrodos. Uno de ellos está fijo, mientras que el otro está unido a un diafragma que se mueve según la presión de aire. De esta manera, la resistencia entre los dos electrodos varía según la presión de aire y por lo tanto la corriente varía según las señales acústicas. Un esquema conceptual se muestra en la siguiente figura:

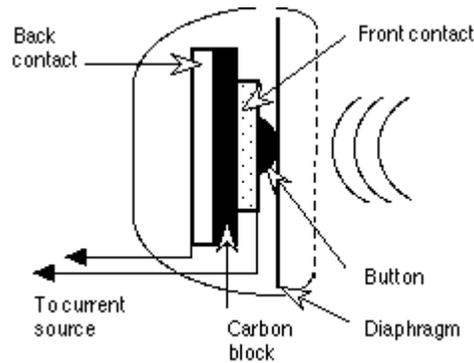


Figura 2.8

Los micrófonos de carbón resultaron ideales para su función, y fueron los utilizados en los teléfonos durante décadas. Una foto de un micrófono de carbón comercial se muestra en la siguiente figura:



Figura 2.9

Con el avance de la electrónica, los amplificadores activos basados en transistores o en circuitos integrados permitieron más recientemente sustituir a los micrófonos de carbón por componentes dinámicos, que generan tensiones variables en función de la presión de aire. Estos pequeños voltajes pueden ser amplificados y procesados electrónicamente, y son los utilizados actualmente en los teléfonos electrónicos, tanto los utilizados en la red fija como en los aparatos celulares.

Ya desde los primeros teléfonos fue necesario resolver varios desafíos respecto al audio. Uno de ellos consistió en poder enviar y recibir audio por un único par. Otro problema consistía en brindar al auricular el retorno apropiado desde el micrófono.

Si este retorno es muy bajo, al tener un oído tapado por el auricular, se tiende a hablar más fuerte. Si el retorno es muy alto, se escucha como “eco”, con una sensación incómoda.

El circuito básico de audio de los teléfonos analógicos se muestra en la siguiente figura. La línea telefónica se esquematiza como una impedancia Z_0 . Esta impedancia incluye la línea telefónica (par de cobre, de hasta algunos kilómetros de largo) y los componentes internos de la placa de abonado en la central telefónica. Los componentes L_1 , L_2 y L_3 conforman un transformador. La resistencia R es un componente interno al aparato telefónico. La señal proveniente desde la línea telefónica queda aplicada sobre las bobinas L_1 y L_2 , en serie, y es inducida en la bobina L_3 , quedando luego aplicada directamente sobre el auricular. La señal generada por el micrófono se divide, parte hacia la línea telefónica a través de L_1 y parte hacia la resistencia interna R , a través de L_2 . Como la corriente que pasa por L_1 es de sentido inverso a la que pasa por L_2 , la inducción sobre L_3 depende de la diferencia de estas corrientes. Esto hace que el audio generado por el micrófono no sea escuchado en el auricular del propio teléfono. Para que esto sea efectivamente así, si las bobinas L_1 y L_2 son del mismo valor, la resistencia R debe ser del mismo valor que la impedancia Z_0 . Sin embargo para lograr cierto retorno en el auricular, la rama $L_2 R$ se diseña con valores ligeramente diferentes a la rama $L_1 Z_0$.

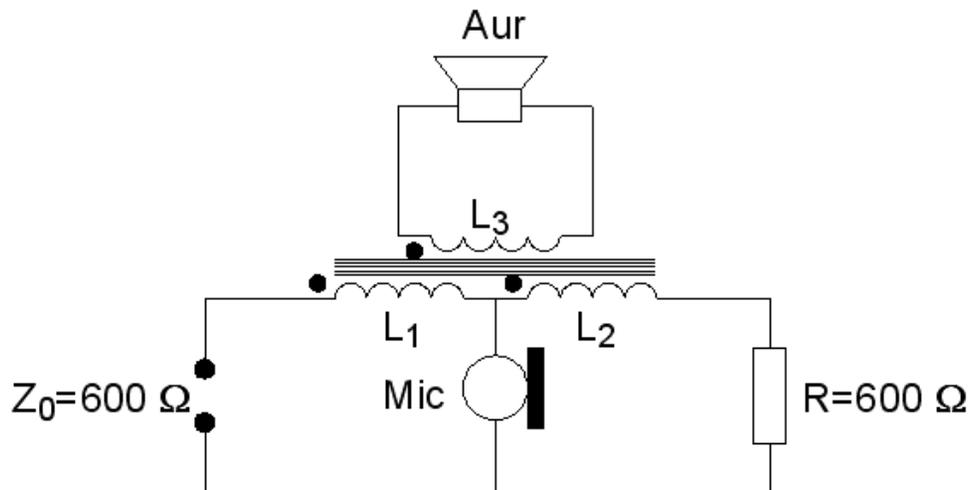


Figura 2.10

2.1.3 Señalización entre centrales y teléfonos analógicos

Para establecer una comunicación telefónica entre dos dispositivos, es necesario implementar protocolos de señalización, que permitan indicar el número discado, la atención de una llamada, etc.

Esta señalización ha estado presente casi desde los orígenes de la telefonía, y desde ese momento, ha sido prácticamente siempre “compatible hacia atrás” en la telefonía analógica. Sin embargo, en la telefonía digital, y en la telefonía IP, existen diversos protocolos de señalización, varios de ellos incompatibles entre sí.

La primera señalización telefónica fue la necesaria para vincular teléfonos entre sí, y rápidamente derivó a la señalización necesaria entre teléfonos y “centrales telefónicas”. Las primeras centrales telefónicas, puestas en funcionamiento en las últimas décadas del siglo XIX, fueron centrales “públicas”. Poco tiempo después comenzaron a instalarse centrales “privadas” (dando servicio a varios teléfonos dentro de una misma empresa, hotel, etc.)

Con el crecimiento de centrales públicas, fue necesario implementar señalizaciones entre ellas. A su vez, con el crecimiento de las centrales privadas, fue necesario implementar señalizaciones entre centrales públicas y centrales privadas, atendiendo a los requerimientos específicos de éstas últimas.

Quizás la señalización más conocida (y a su vez más antigua), es la conocida como “señalización por corriente de bucle” (o “loop start signaling” en inglés). Es la señalización utilizada por los teléfonos conocidos como “analógicos”, o “comunes”.

Esencialmente, la señalización básica que debe existir entre un teléfono y una central telefónica (ya sea un abonado público y la central pública, o un interno de una Empresa y la PBX o sistema telefónico interno), consiste en poder enviar y / o recibir la siguiente información:

- Solicitud de iniciar una conversación
- Seleccionar con quien se desea hablar
- Indicación del progreso de la llamada (timbrando, ocupado, etc.)
- Indicación de recepción de una nueva llamada

Los primeros teléfonos instalados por Bell, y por la Western Union, utilizaban un único hilo de cobre (heredado de las instalaciones telegráficas), por el que se enviaba tanto la señalización como el audio (el retorno era por tierra).

Con el incremento de la cantidad de teléfonos, las interferencias entre ellos hicieron necesario instalar un segundo hilo por cada teléfono. En 1881 (con más de 50.000 teléfonos ya en funcionamiento), Graham Bell presentó una patente por “teléfonos de 2 hilos de cobre”. El sistema de disco conocido hasta hace algunos años, con teléfonos de 2 hilos sin necesidad de cable de tierra, fue originalmente diseñado en 1908. A partir de esa fecha, tanto la señalización como el audio, utilizan un par de cobre, entre el aparato telefónico y la central o PBX.

Este único par, adicionalmente, provee de energía al aparato telefónico, por lo que no es necesario conectar el mismo a fuentes de energía locales (salvo en algunos aparatos de “telefonía rural”, aún en funcionamiento, que requieren de “batería local”, debido a la gran distancia existente entre el aparato y la central telefónica).

Solicitud de iniciar una conversación

La señalización utilizada es a la vez sencilla e ingeniosa. La central telefónica, o PBX, conecta en su extremo del par telefónico, una batería de alimentación (típicamente de 48 V de corriente continua, aunque algunas PBX puede entregar tensiones más bajas, del orden de los 30 V de corriente continua).

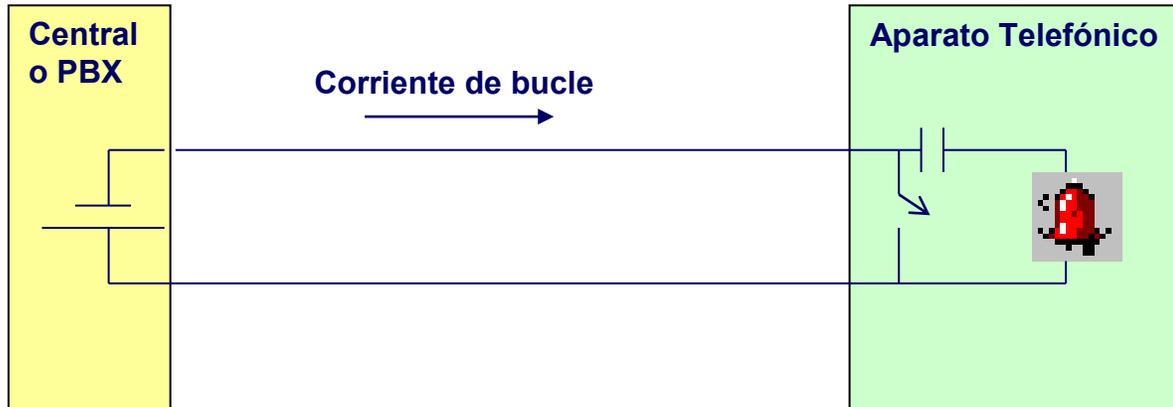


Figura 2.11

Desde esta batería de alimentación (ubicada dentro de la central o PBX), se forma un "bucle" consistente en el par de cobre y el aparato telefónico conectado en su extremo. El aparato dispone de una llave, accionada por la horquilla, que puede abrir o cerrar el bucle de corriente. Con el aparato "colgado", el bucle se encuentra abierto, y por lo tanto no circula corriente. Con el aparato "descolgado", el bucle se cierra, y por lo tanto circula una corriente continua. La resistencia interna del aparato telefónico, sumada a la resistencia de los propios cables de cobre, se diseña para que sea del orden de los 600 Ω .

Un esquema eléctrico simplificado se muestra en la siguiente figura

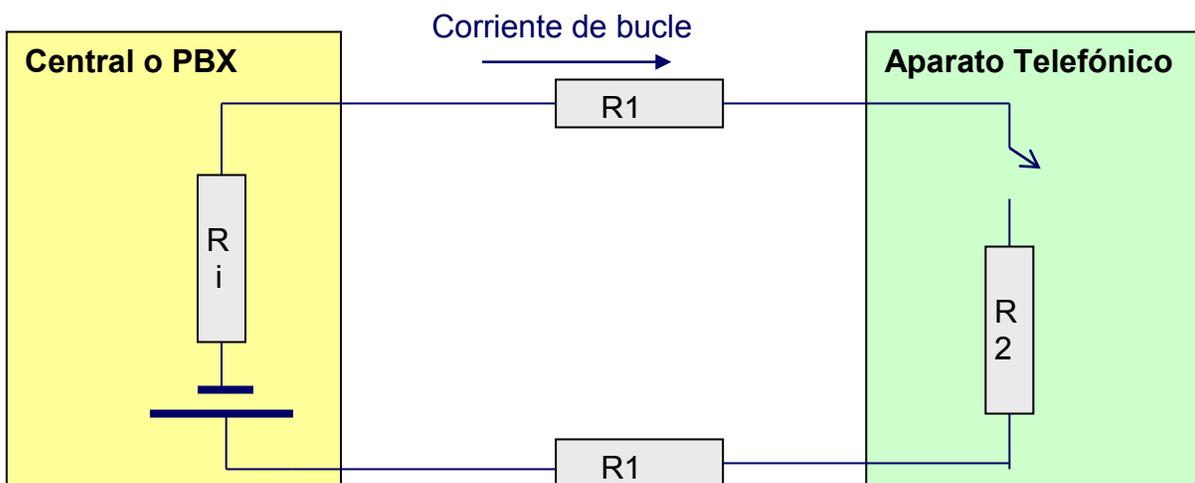


Figura 2.12

Si el voltaje de la batería es V , la corriente de bucle I es

$$I = V / (R_i + 2R_1 + R_2)$$

Donde R_i es la resistencia interna de la fuente, R_1 es la resistencia de cada hilo de cobre y R_2 es la resistencia interna del aparato telefónico.

La resistencia de cada hilo R_1 puede calcularse como

$$R_1 = \rho L/S$$

Siendo ρ la resistividad del cobre, L la distancia del cable y S su sección. El cobre tiene una resistividad aproximada de $\rho = 0,017 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$. Los cables telefónicos típicos tienen un diámetro de 0,5 mm, equivalentes a una sección aproximada de 0,20 mm². Con estos datos, un kilómetro de cable de cobre tiene una resistencia aproximada de

$$R_1 = 0,017 \times 1000 / 0,20 = 85 \Omega$$

Sustituyendo por los valores típicos,

$$I = 48 \text{ V} / (600 \Omega + 2 \times 85 \Omega + 400 \Omega) = 41 \text{ mA}$$

Para iniciar una conversación, el aparato telefónico “descuelga”, cerrando el bucle, y permitiendo el pasaje de corriente. En la Central o PBX, basta disponer de un sensor de corriente para detectar esta situación.

Selección del destino de la conversación

Luego de “descolgar” es necesario seleccionar el destino de la conversación. En los primeros sistemas, esto se realizaba a través de la “operadora”, quien preguntaba con quien se deseaba hablar, y realizaba la conexión manualmente.



Figura 2.13

Los primeros sistemas que implementaron selección del destino en forma automática desde el aparato de origen fueron instalados en 1892, utilizando las ideas patentadas por el Sr. Almon B. Strowger. En 1896, los hermanos John y Charles Erickson, junto con Frank Lundquist, diseñan el primer sistema de “disco”. La idea original surgió durante la estadía de Lundquist en un hotel de Salina, en la que quedó sorprendido por la operación de una pequeña central telefónica privada. Según los propios comentarios de Lundquist: *“Se me ocurrió la idea de que algún día todas esas conexiones se realizarían automáticamente. Paseaba por la recepción del hotel, y examinaba la central telefónica, teniendo estas ideas en mi cabeza. Luego, regresé a casa y comencé a trabajar en esta idea”* [6]. Lundquist y los hermanos Erickson habían trabajado juntos en varios inventos (entre los que se encontraban el diseño de máquinas de “movimiento perpetuo” y motores a explosión), aunque la mayoría de éstos no fueron viables. Sin embargo, vieron en el teléfono de disco, una posibilidad real de un invento rentable.



Figura 2.14

La idea del teléfono de disco consiste en enviar, sobre el mismo par de cobre, una señalización numérica que indique el destino de la conversación. Los teléfonos de disco (o teléfonos decádicos) implementan esta señalización interrumpiendo por periodos cortos de tiempo la corriente de bucle, tantas veces como el dígito “discado”.

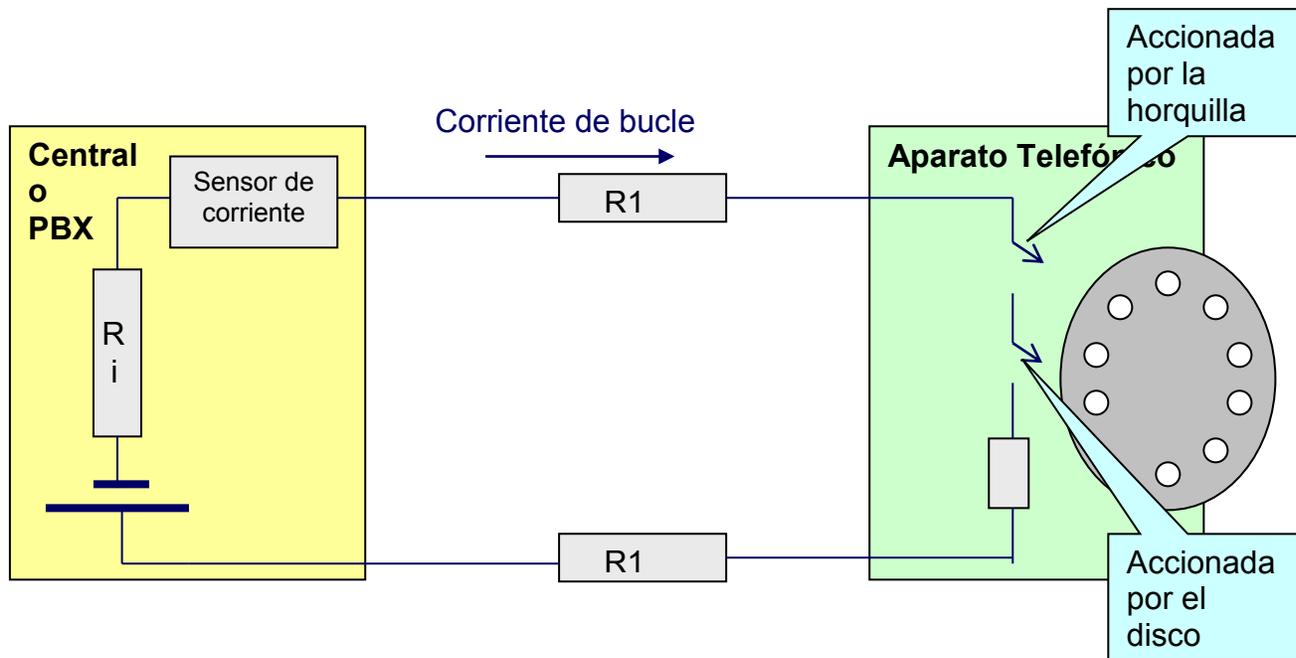


Figura 2.15

Un sistema mecánico, asociado a un disco giratorio, acciona un interruptor eléctrico en forma periódica. El mecanismo es tal que el la cantidad de veces que el interruptor es accionado es proporcional al ángulo al que se giró el disco (y por lo tanto, al número asociado).

La central o PBX distingue entre un fin de comunicación (teléfono colgado) o el discado de un dígito en base a la duración de la interrupción de la corriente de bucle. El discado se realiza a “diez pulsos por segundo”, siendo cada dígito representado por 60 ms de bucle abierto y 40 ms de bucle cerrado. Entre cada dígito deben transcurrir como mínimo 250 ms

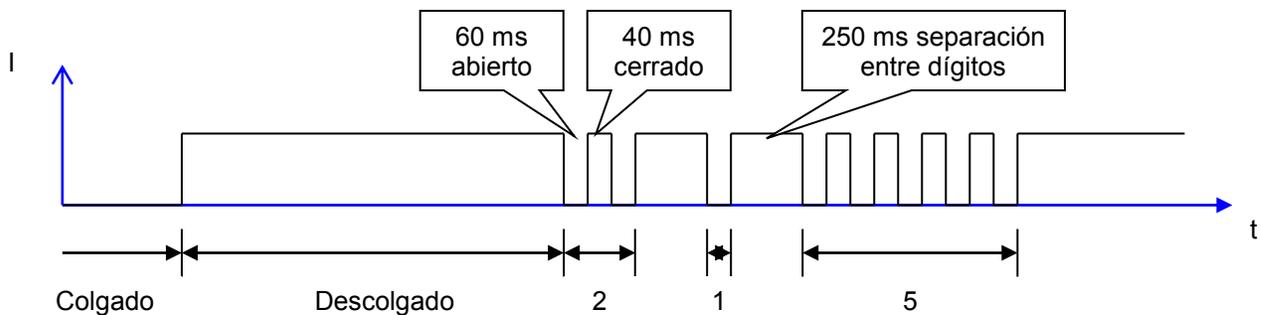


Figura 2.16

El esquema eléctrico de un aparato telefónico de “disco” se muestra en la figura siguiente

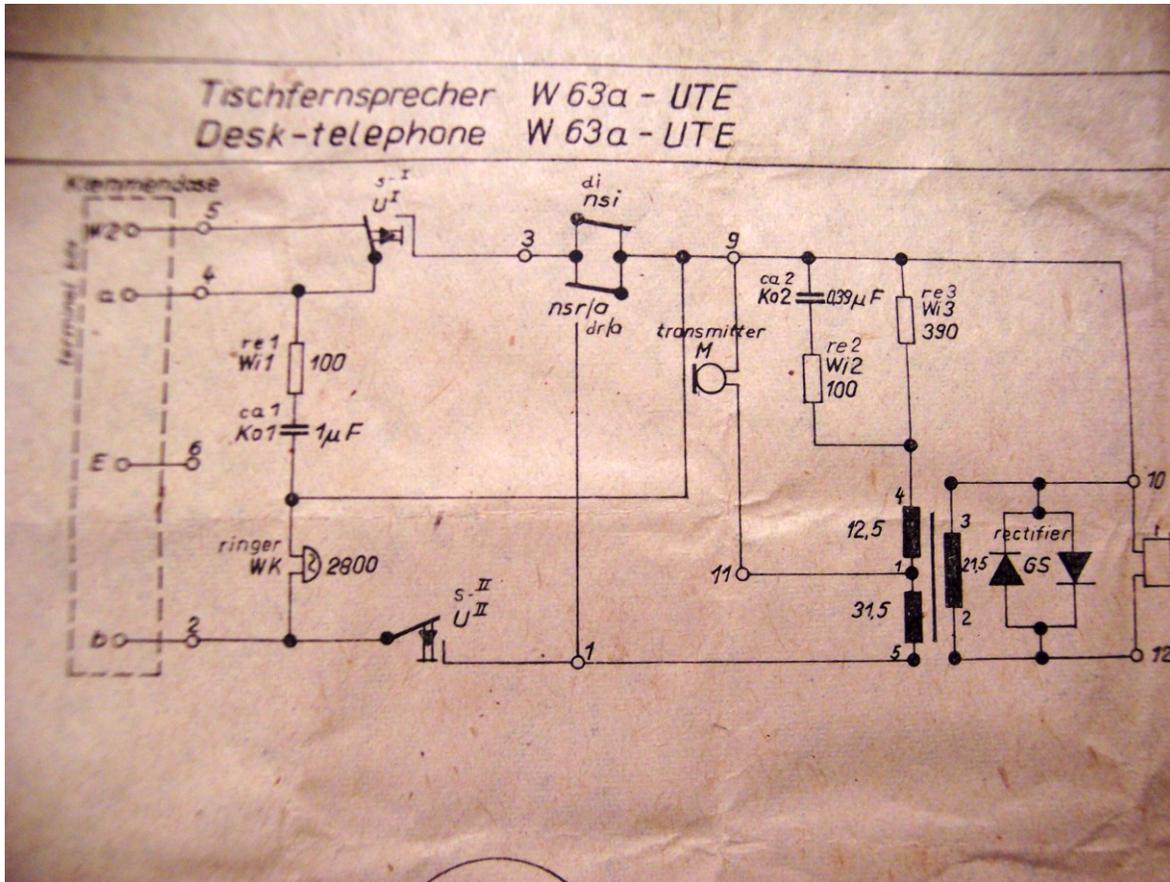


Figura 2.17

La parte posterior del disco se muestra en las siguientes figuras

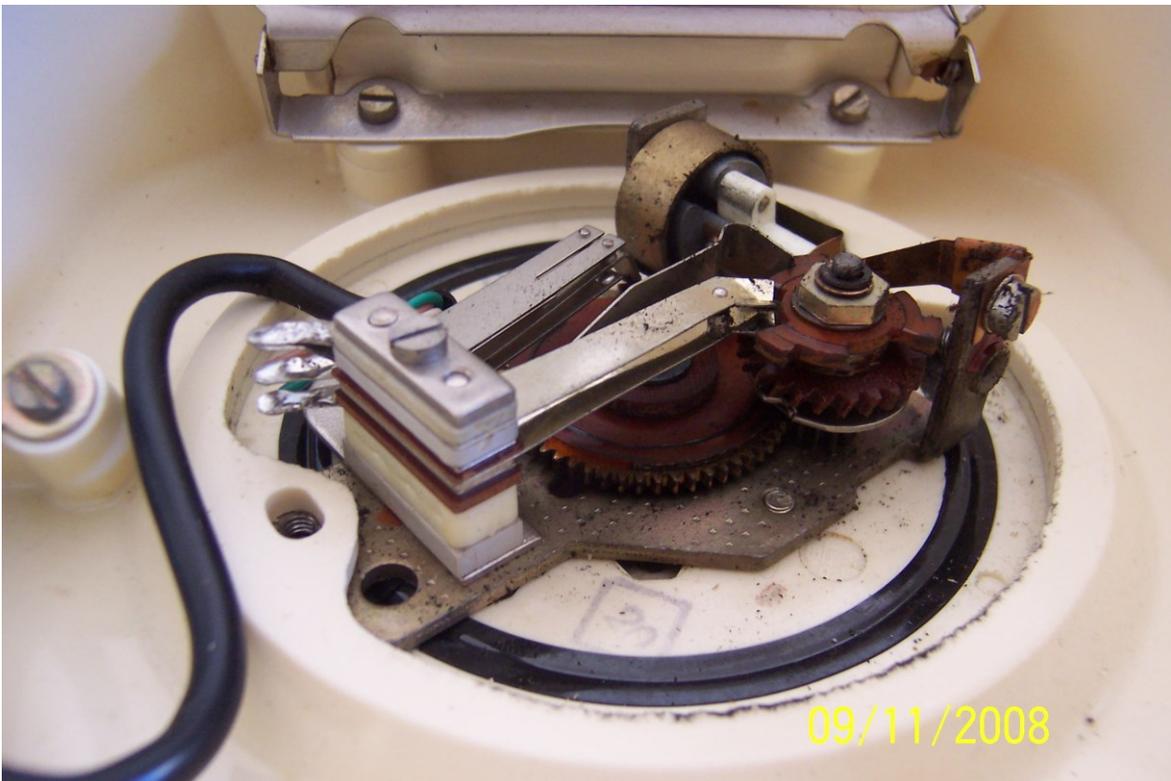


Figura 2.18

Los teléfonos mecánicos, “de disco”, han sido sustituidos casi en su totalidad por teléfonos electrónicos “de tonos”, o “multifrecuentes”. En 1963 la “Western Electric” lanza al mercado el primer teléfono de tonos, el modelo 1500. Este teléfono tenía 10 botones (0 al 9). El * (asterisco) y el # (numeral) fueron introducidos en 1967, en el modelo 2500. Los teléfonos de tonos utilizan una matriz de 4 filas por 4 columnas. Cada fila y cada columna corresponden a una frecuencia determinada. Al pulsar un dígito, el teléfono genera una señal de audio compuesta por la suma de dos frecuencias (la correspondiente a la fila + la correspondiente a la columna del dígito), que pueden ser luego fácilmente detectadas en la central pública, por medio de filtros adecuados. La elección de este sistema de señalización se basa en el trabajo de L. Schenker, de 1960, en el que se estudian varias posibles sistemas de señalización y se concluye que el de tonos multifrecuentes es el mejor [5].

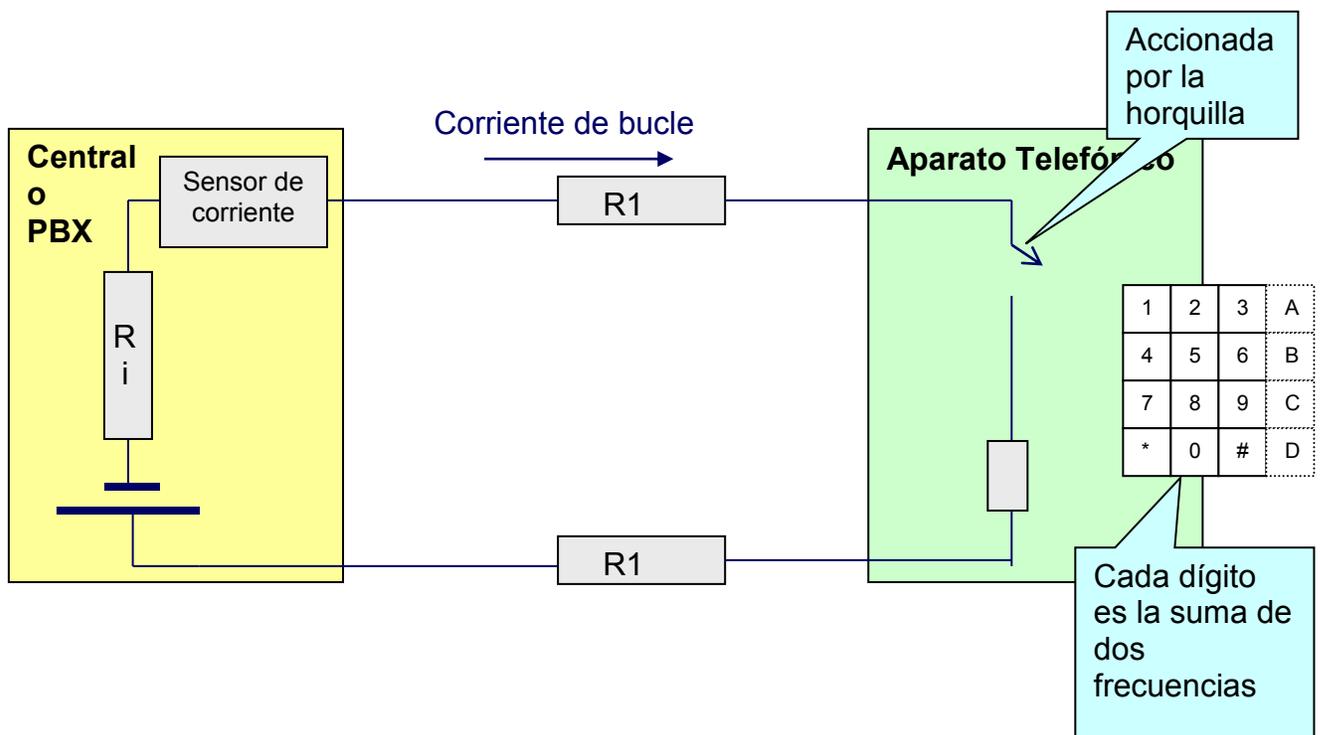


Figura 2.19

Las frecuencias utilizadas se han estandarizado, y permiten un total de 16 “dígitos”. Comúnmente se utilizan solamente 12 de estas 16 combinaciones posibles, comprendiendo los dígitos del 0 al 9 y los símbolos “*” y “#”. La figura muestra las frecuencias propuestas en el artículo de L. Schenker

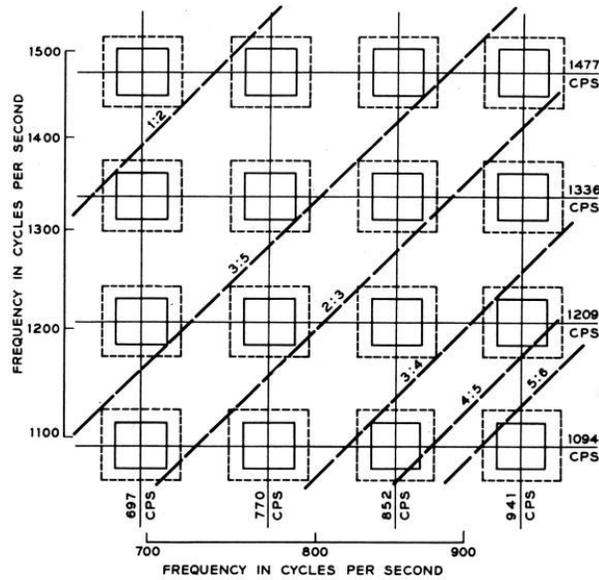


Fig. 5 — "Window" diagram for four-by-four code signal frequencies.

Figura 2.20

Las primeras implementaciones de estos teléfonos utilizaban transistores discretos (recientemente inventados al momento de su diseño) y osciladores basados en bobinas y condensadores para generar las frecuencias adecuadas. La figura muestra el diseño de un teléfono de tonos propuesta en el artículo de L. Schenker

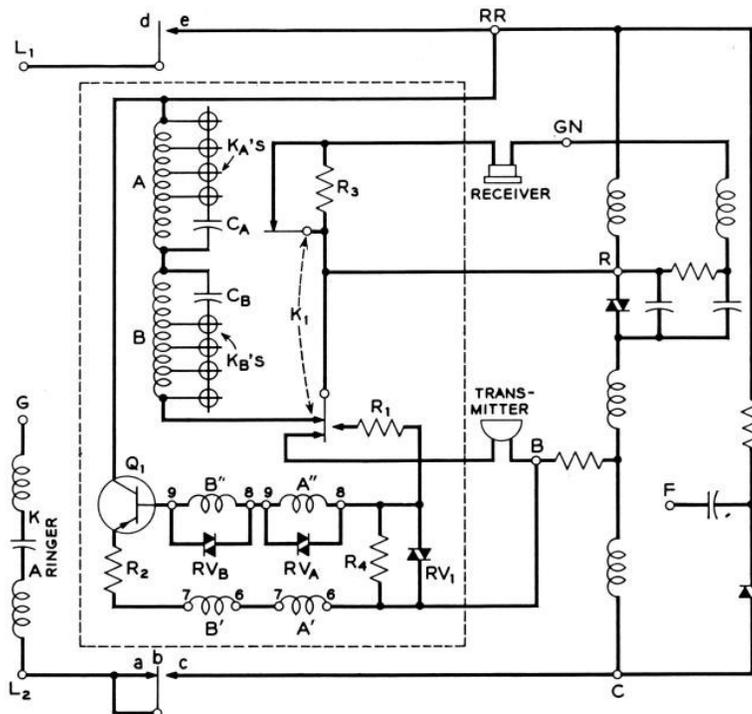


Fig. 7 — Pushbutton caller circuit integrated with 500-type set.

Figura 2.21

En la actualidad, existen circuitos integrados que implementan la generación y detección de estos tonos, conocidos como DTMF (Dual – Tone Multi Frequency)

Esta señalización, que se mantiene ampliamente difundida en la actualidad, tiene varias ventajas frente a la señalización decádica o por pulsos:

- Es más rápida, ya que los tonos pueden ser decodificados en tiempos muy cortos (recordar que en la señalización decádica, el “0” requiere de 1 segundo para ser “discado”)
- Permite tener hasta 16 “caracteres” (aunque normalmente se utilizan 12)
- Es posible implementar señalizaciones “de punta a punta”. La señalización decádica es entre el aparato telefónico y la central o PBX. Nunca “llega” hasta el destino. En cambio, la señalización DTMF, que consiste en tonos audibles, pueden llegar, una vez establecida la conversación, hasta el teléfono destino (es decir, de “punta a punta”). Esto es especialmente útil en varias aplicaciones empresariales (como poder “disca” sobre mensajes de atención automática, por ejemplo).
- No se requieren partes móviles en los aparatos telefónicos.

El discado DTMF está estandarizado en la recomendación Q.23 de la ITU-T [7]

Indicación del progreso de la llamada

Una vez determinado el destino, el mismo puede estar disponible (“libre”), ocupado, o puede ser inaccesible por diversas causas. Los sistemas telefónicos indican el estado del destino a quien origina la llamada mediante diversos mecanismos. Los más comunes consisten en el envío de diversos tipos de tonos audibles, los que pueden ser fácilmente diferenciados e identificados por su cadencia y / o frecuencia. Por ejemplo, estamos acostumbrados a que un destino libre se indique con un tono de “constancia de llamada”, consistente en una cadencia en la que el tono es escuchado por aproximadamente un segundo seguido de un silencio de aproximadamente cuatro segundos. De manera similar, estamos acostumbrados a que un destino ocupado se indique con un “tono de ocupado”, con una cadencia más rápida, de aproximadamente un segundo de tono seguido de un segundo de silencio.

Otros tipos de estados del destino pueden ser señalizados con diversos tipos de tonos y cadencias o con mensajes pregrabados (por ejemplo “el número que ha seleccionado no es correcto...”).

Es de hacer notar que este tipo de señalización no está estandarizada, y puede diferir notoriamente entre distintos equipos, ya sean empresariales (PBX) o públicos.

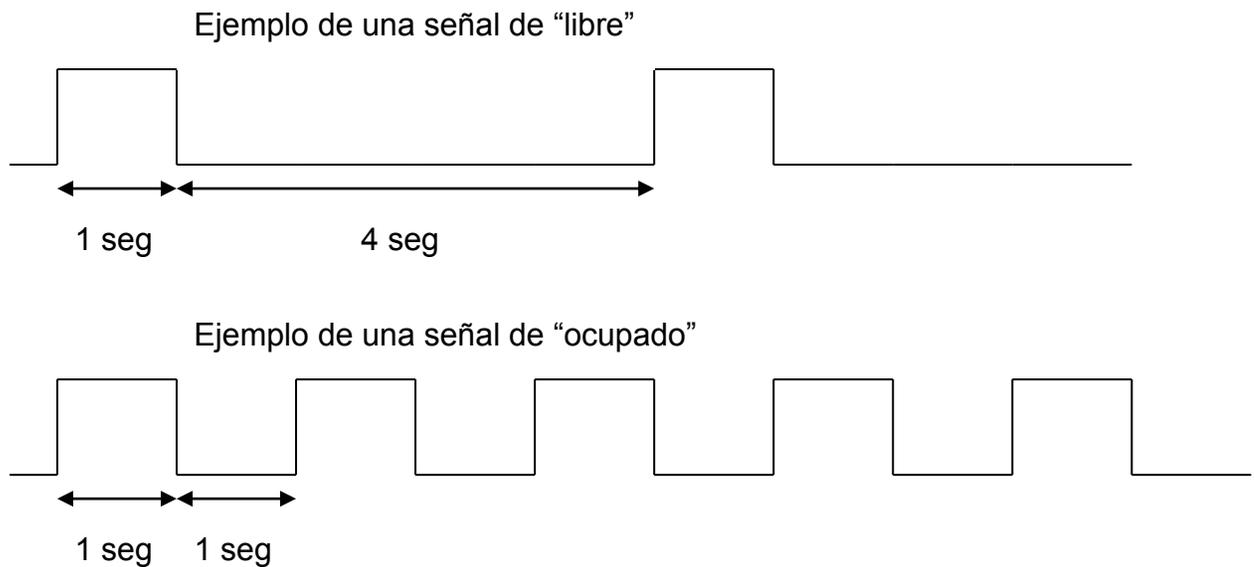


Figura 2.22

Actualmente, algunas compañías telefónicas públicas, especialmente del área celular, ofrecen señalizar la "constancia de llamada" con música o mensajes personalizados.

Este tipo de señalización, ampliamente difundida, es suficiente si quien inicia la llamada es una persona, la que puede fácilmente interpretar los distintos tonos, cadencias o mensajes, aunque los mismos varíen notoriamente en distintos escenarios.

Sin embargo, esto presenta ciertas desventajas, o problemas, cuando quien debe interpretar el progreso de la llamada es una máquina. Esta señalización se basa en la interpretación del audio, algo muy sencillo para el cerebro humano, pero bastante complejo para una máquina.

La señalización por "corriente de bucle" no prevé ningún tipo de señal eléctrica, sencilla de detectar con electrónica simple, para indicar el progreso de una llamada.

Si el destino está libre, eventualmente atenderá la llamada. Cabe preguntarse como se entera de esto quien origina la llamada. En la mayoría de los casos, en la señalización por "corriente de bucle" no existe ninguna señal hacia el originador para indicar que una llamada fue atendida, salvo la voz de quien contesta, con su clásico "¡Hola?". Nuevamente esto puede significar un problema si quien debe "enterarse" de esta situación es una máquina (por ejemplo, una PBX).

Para solucionar este problema, se ha implementado un mecanismo, en la señalización por "corriente de bucle", llamado "Inversión de Polaridad".

El mecanismo denominado “Inversión de Polaridad” (“Battery Reversal”) consiste en que la central telefónica (generalmente las centrales públicas) indiquen el momento en que una llamada es atendida por medio de la inversión de la polaridad del par telefónico del originador de la llamada.

La situación se esquematiza en las siguientes figuras:

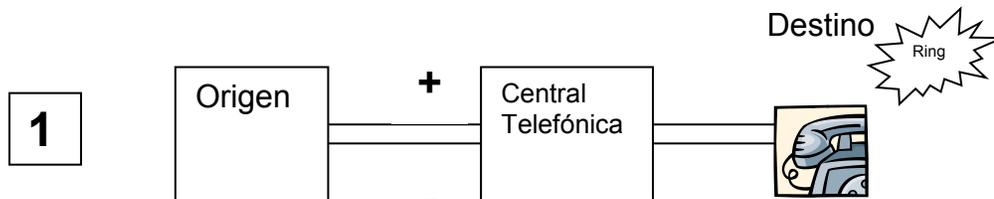


Figura 2.23

Desde una línea origen (que puede ser, por ejemplo, una línea urbana pública conectada a una PBX) se marca el número del destino deseado. El teléfono destino está libre, y timbra. La polaridad de la línea telefónica del origen es la indicada en la figura superior a éste párrafo (secuencia 1).

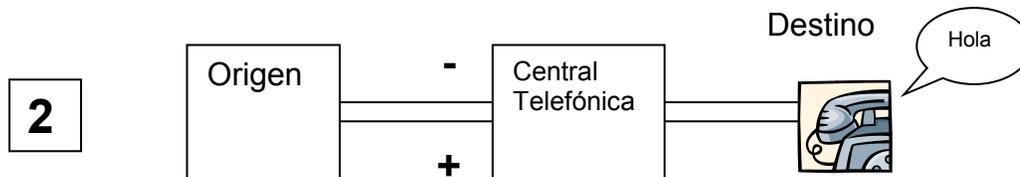


Figura 2.24

El destino atiende la llamada. En ese momento la central telefónica (si tiene activado el mecanismo de “inversión de polaridad”) invierte la polaridad de la línea telefónica del origen (secuencia 2). Esta “señal” hace que la corriente de bucle en el origen cambie de sentido, lo que puede ser detectado fácilmente mediante electrónica sencilla por el originador de la llamada. Esta señal puede ser utilizada, por ejemplo, para comenzar la temporización y / o tasación de la llamada.

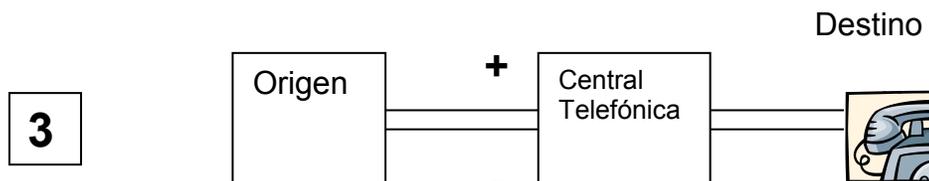


Figura 2.25

El origen corta la comunicación, liberando la línea telefónica. La central telefónica retorna la polaridad de la línea a su estado original (secuencia 3).

Indicación de recepción de una nueva llamada

Desde hace más de un siglo, los teléfonos notifican la recepción de una nueva llamada mediante un timbre o campanilla. El sistema de “campanilla” fue ideado y patentado por Thomas A. Watson (el asistente de Graham Bell) en 1878, dos años después de presentada la primer patente de Bell, y ya con la primer central telefónica funcionando en New Haven, Connecticut, con 21 abonados.

Los primeros teléfonos disponían de una campanilla, accionada por un electroimán que era a su vez accionado por una corriente alterna. Esta corriente alterna, generada en la central telefónica, es transmitida por el par de cobre hasta el aparato telefónico.

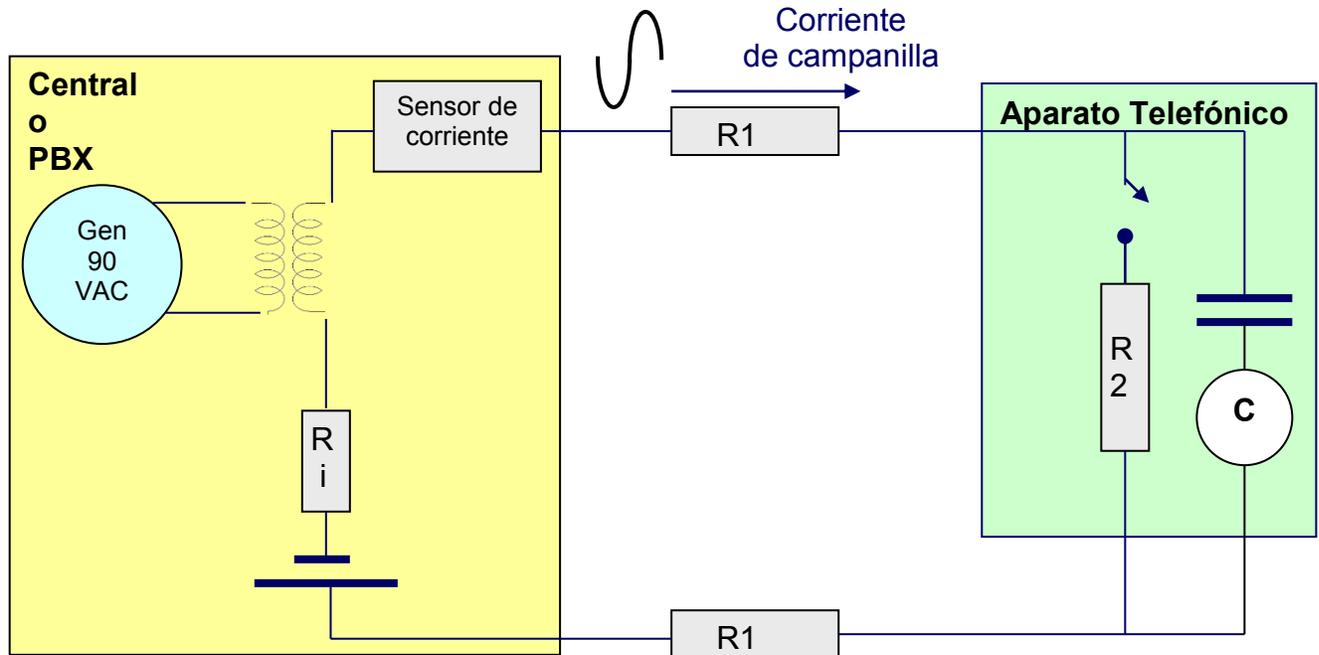


Figura 2.26

La generación de la corriente de timbrado se puede lograr mediante una fuente de tensión alterna, la que se suma a la fuente de continua. Esta corriente alterna, o “corriente de campanilla”, llega hasta el aparato telefónico que se encuentra “colgado”, es decir, con el relé de la horquilla abierto. Un circuito consistente en un condensador y una campanilla en serie entre sí, y puestos en paralelo con el par telefónico, permiten el pasaje de la corriente alterna y bloquean el pasaje de la corriente continua. Esto permite que la campanilla reciba la corriente alterna necesaria para accionarla, mientras el aparato telefónico permanece “colgado”

Esta sencilla señalización se mantiene hasta el momento en la “señalización por corriente de bucle”. Los teléfonos modernos disponen, en lugar de una campanilla, un circuito electrónico que detecta la señal de timbrado, y genera una señal de audio hacia un parlante. De la misma manera, las PBX que reciben líneas urbanas de las centrales públicas, pueden detectar mediante circuitos electrónicos esta “corriente de campanilla”.

La señal de campanilla es de aproximadamente 90 V AC, y 20 o 25 Hz. La siguiente figura muestra una gráfica típica de la tensión en función del tiempo en bornes del terminal telefónico cuando está recibiendo señal de “campanilla”.

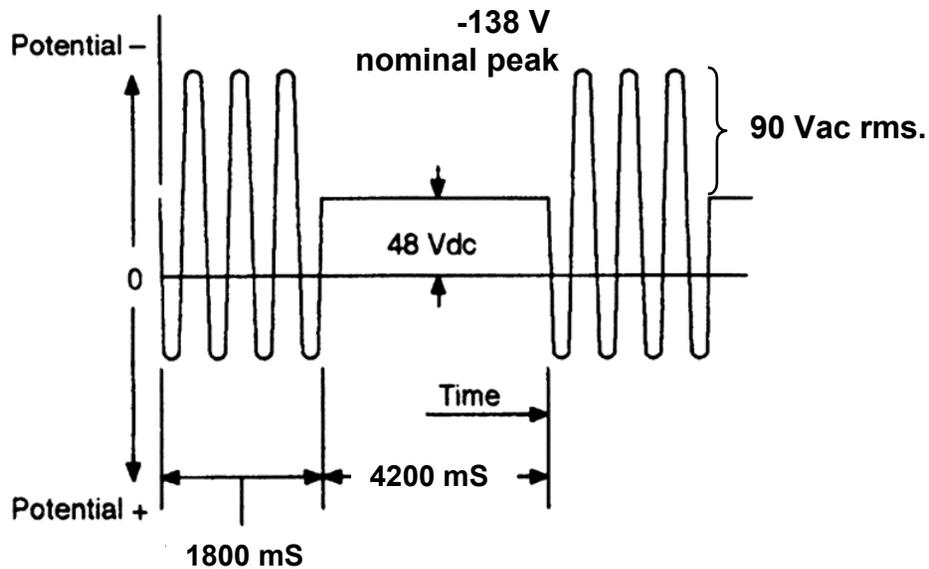


Figura 2.27

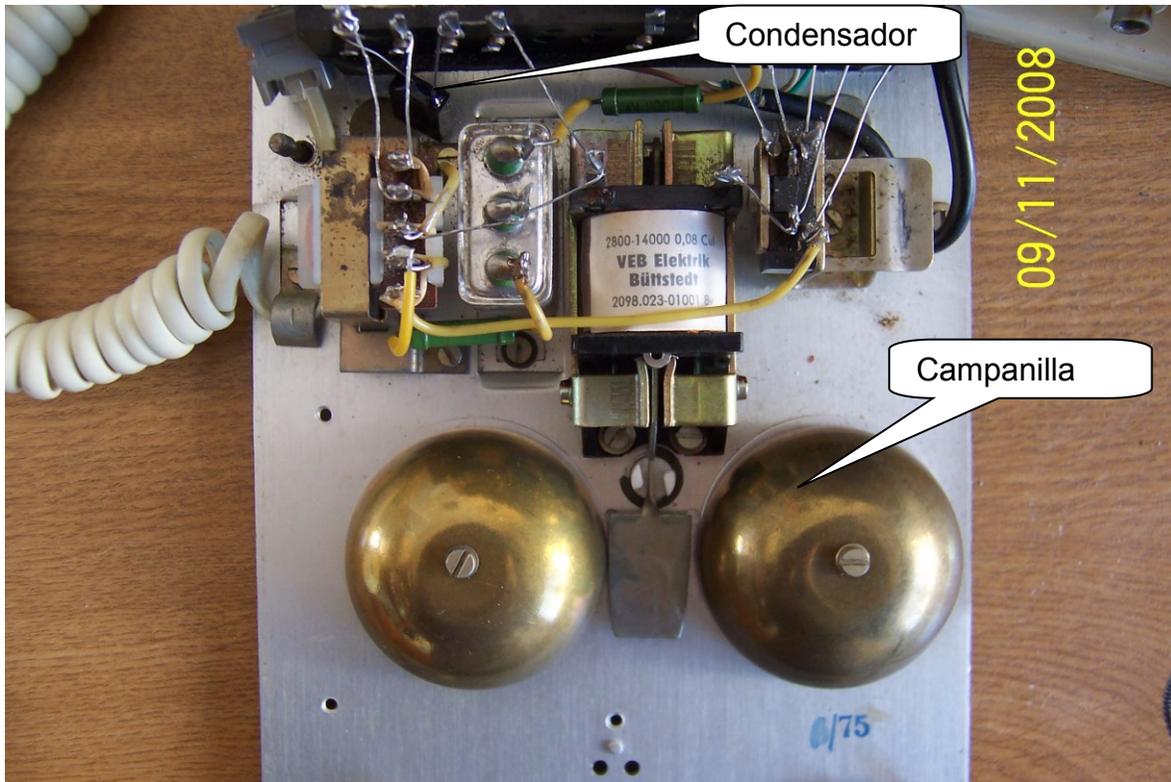
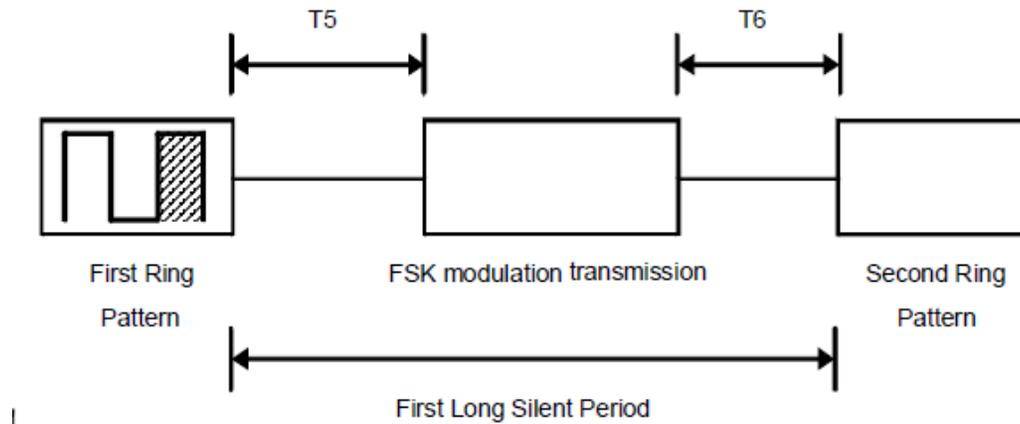


Figura 2.28

Recepción del “Caller ID” o identificación del llamante

Sobre señalización “loop start” es posible recibir información del número que llama (llamado también servicio de “captor” o de “caller id”).

Una forma de hacerlo es utilizar modulación del tipo FSK (Frequency Shift Keying), sobre la cual se modula la información del “Caller ID”. Esta información se envía entre el primer y segundo “ring”. Para efectivamente recibir la información, es necesario esperar hasta que comience el segundo ciclo de corriente de campanilla.



Otra manera de señalar la información del “Caller ID” es enviándola con tonos DTMF antes del primer ciclo de timbrado, sobre el “bucle abierto”. Esta es la forma utilizada en Uruguay.

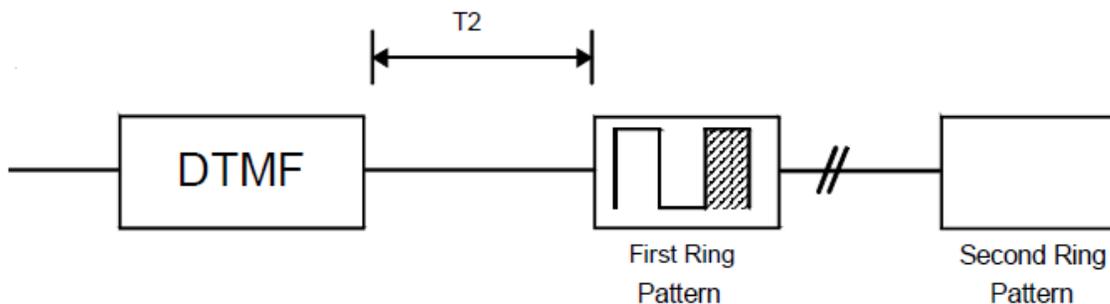


Figura 2.30

2.1.4 Conexión de teléfonos analógicos a las centrales telefónicas

Los teléfonos analógicos se conectan a las centrales telefónicas públicas, o a las centrales telefónicas privadas (PBX) a través de un par de cobre. Este par de cobre es conectado en la central telefónica, en interfaces apropiadas. Estas interfaces disponen de las funciones conocidas generalmente como “BORSCHT”:

Battery: Alimentación de continua (típicamente -48 VDC)

Overvoltage Protection: Protección de sobrevoltaje

Ringing: Generación de “corriente de campanilla”

Supervision: Supervisión de la corriente de bucle
 Codec: Codificador / Decodificador (conversor analógico/digital y digital/analógico)
 Hybrid: Circuito “híbrido” (conversor de 2 a 4 hilos)
 Test: Relé o punto de Verificación (Test)

2.1.5 Diagrama de señalización

A los efectos de visualizar y esquematizar el proceso de señalización, es habitual utilizar “diagramas de señalización”. Estos diagramas consisten en representar la señalización como el intercambio de información entre dos entidades. Cada entidad se representan como una línea vertical, en la que el tiempo corre de arriba hacia abajo. El siguiente diagrama de señalización es un ejemplo para representar el mecanismo “loop start”.

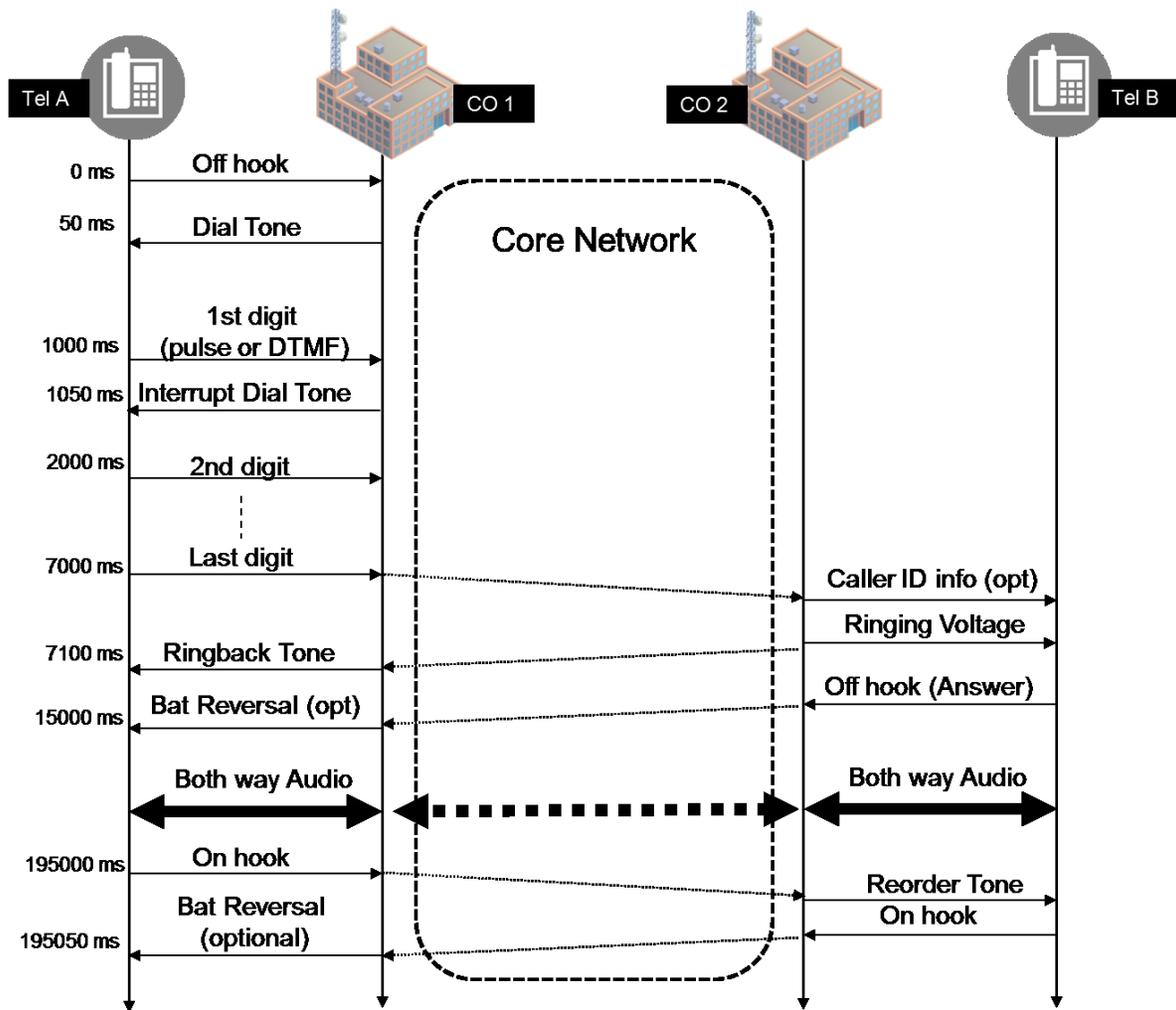


Figura 2.31

El “usuario A” (Tel A) comienza descolgando el tubo en el instante designado como “segundo 0”. Esto produce que circule corriente por el bucle, y la central telefónica a la que está conectado Tel A (indicada como CO 1, o “Central Office 1” en la figura) lo detecte, y envíe tono de invitación a marcar (“Dial Tone”). El usuario A marca el número destino, dígito a dígito. Puede realizarlo por DTMF (si tiene un “teléfono de tonos”), o por pulsos (si tiene un “teléfono de disco”). Los dígitos se reciben y procesan uno a uno en CO 1, hasta obtener la dirección completa de destino. El núcleo de red resuelve la ubicación del destino (mediante señalización de núcleo de red, que se analiza más adelante), y decide que el destino se encuentra en CO 2, otra central telefónica del mismo operador. Mediante mecanismos de señalización interna al núcleo de red, CO 2 informa que el destino (Tel B) está libre y puede recibir la llamada. Si Tel B tiene habilitado el servicio de identificación de llamada entrante, CO 2 envía la información del “caller ID”, como tonos DTMF, hacia Tel B. Inmediatamente, CO 2 envía corriente de campanilla (“Ringing Voltage”) a Tel B, e informa hacia CO 1 (mediante señalización del núcleo de red), que Tel B está timbrando. CO 1 envía hacia Tel A señal de constancia de llamada (“Ringback Tone”). Luego de algunos segundos, Tel B descuelga el tubo y atiende la llamada. CO 2 indica esta situación hacia el núcleo de la red, donde se establece un camino de audio “punta a punta”, entre Tel A en CO 1 y Tel B en CO 2. A su vez, CO 1 es informado que Tel B atendió. Si Tel A tiene habilitado el servicio de “inversión de polaridad”, CO 1 invierte la polaridad en el bucle, para indicar a Tel A que la llamada fue efectivamente atendida. El audio está establecido y Tel A puede conversar bidireccionalmente con Tel B, a través del sistema de conmutación del núcleo de la red. Luego de algunos minutos, Tel A corta la llamada, colgando el tubo e interrumpiendo la corriente de bucle. CO 1 lo detecta, e informa al núcleo de la red, a efectos de liberar los recursos de conmutación, y generar los registros de llamadas correspondientes a la tarificación o facturación. CO 2 recibe la información, y envía “Tono de congestión” (Reorder Tone) hacia Tel B. Finalmente Tel B cuelga, y CO 1 vuelve a invertir la polaridad en Tel A, para dejarla en su estado inicial, previo al inicio de la llamada.

2.2 Señalización digital ISDN

2.2.1 Reseña histórica

Con el avance de la electrónica y la comunicación de datos, es natural pensar que la señalización telefónica analógica, basada en corrientes y voltajes, evolucione hacia una señalización digital, más rica en funciones.

En 1976 la tecnología de la digitalización de la voz estaba madura, y es instalada la primera central telefónica pública que realizaba digitalización de la voz y conmutación digital. Sin embargo, la digitalización se producía dentro de la central telefónica. Los aparatos telefónicos continuaban siendo analógicos, con señalización por corriente de bucle.

A comienzos de la década de 1980 se comenzaron a sentar las bases conceptuales para una nueva red telefónica, con tecnología digital hasta los terminales de usuarios. Esto dio origen a la primera versión de la recomendación I.120 de la CCITT (actualmente ITU-T), que describe lineamientos generales para implementar un nuevo concepto en telefonía: ISDN (“Integrated Services Digital Networks”) o RDSI (“Red Digital de Servicios Integrados”). Con ISDN se proponía llegar digitalmente hasta los usuarios, y brindar servicios de valor agregado de telefonía, video y datos.

Se esperaba que ISDN fuera utilizado para transportar todo tipo de información, incluyendo voz, video y datos. Si bien la tecnología ISDN lo permite, su despliegue no tuvo el éxito que se esperaba a sus comienzos. Varios problemas de incompatibilidades entre diversos fabricantes retrasaron su masificación como servicio público. Para cuando ISDN podría haber crecido, nuevas tecnologías de transmisión de datos (como xDSL o cablemodem) ya estaban ingresando en el mercado, con mejores servicios y a precios más competitivos.

Aun así, los servicios ISDN todavía existen. Adicionalmente, la señalización ISDN ha sido tomada como base para el desarrollo de nuevos protocolos, incluso los basados en IP, por lo que vale la pena comprender su funcionamiento.

2.2.2 Integrated Services Digital Network

ISDN parte de la base del establecimiento de un vínculo digital entre el terminal y el núcleo de la red, sobre el que se transportan los medios (audio, video) y la señalización. La arquitectura se basa en proporcionar canales de medios (audio, video, datos) de 64 kb/s (llamados “Bearer channels” o simplemente “B-channels”) y un canal independiente donde se transporte la señalización de todos los canales de medios (llamado “Data channel” o “D-channel”). Esto se esquematiza en la Figura 2.32.

Un servicio ISDN “básico”, llamado Basic Rate Interface o BRI, consiste en dos canales de medios de 64 kb/s cada uno y un canal de señalización de 16 kb/s. Este es el servicio comercialmente disponible para usuarios residenciales. Un servicio “primario”, llamado Primary Rate Interface o PRI, consiste en 31 canales de medios de 64 kb/s cada uno y un canal de señalización de 64 kb/s. En este tipo de enlaces, típicamente uno de los 31 canales de medios es utilizado para enviar pautas de sincronismo, dejando efectivamente 30 canales de medios en un enlace PRI. Este servicio es típicamente utilizado para interconectar empresas con la red telefónica pública, de manera digital.

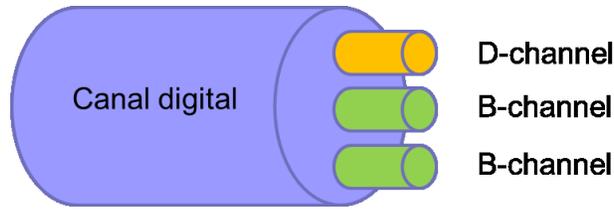


Figura 2.32

Para poder establecer y liberar conversaciones sobre ISDN es necesario definir un protocolo de señalización digital, entre los terminales y el núcleo de la red. El protocolo diseñado en ISDN se envía por el "D-channel", sobre el cual, el aparato y la central telefónica puedan intercambiar mensajes. Esta estructura de mensajes fue estandarizada en las recomendaciones ISDN.

La arquitectura de ISDN se basa en el modelo OSI, de capas, esquematizado en la Figura 2.33. La capa 1 o capa física establece como son los formatos de las "tramas" ISDN. Estas tramas tienen 48 bits de largo, de los cuales 36 contienen datos y 12 se utilizan para control y sincronismo, según las recomendaciones ITU-T I.430 [8] y ITU-T I.431 [9]. La capa 2 o capa de enlace, realiza el control de errores y el control de flujo. Esta capa es llamada LAPD (Link Access Protocol on the D Channel), y está estandarizada en la recomendación ITU-T Q.921 [10]. Un esquema del formato de los mensajes a nivel de LAPD se puede ver en la Figura 2.34. La capa 3, o capa de red, es la que permite el intercambio de información entre origen y destino, mediante la implementación de la mensajería o señalización ISDN y está estandarizada en la recomendación ITU-T Q.931 [11]. Un esquema del formato de los mensajes a nivel de Q.931 se puede ver en la Figura 2.35

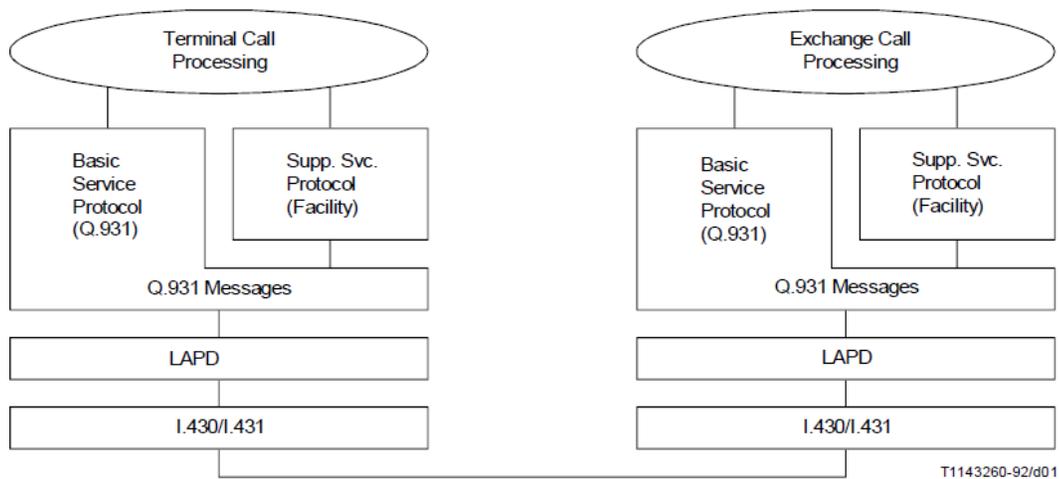


Figura 2.33

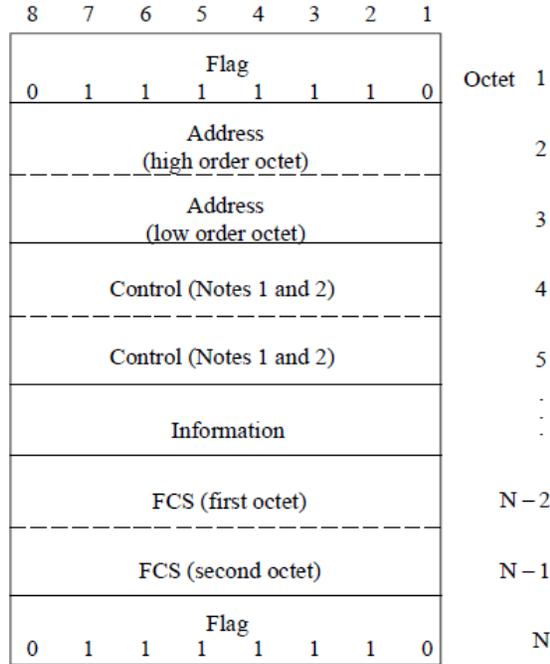


Figura 2.34

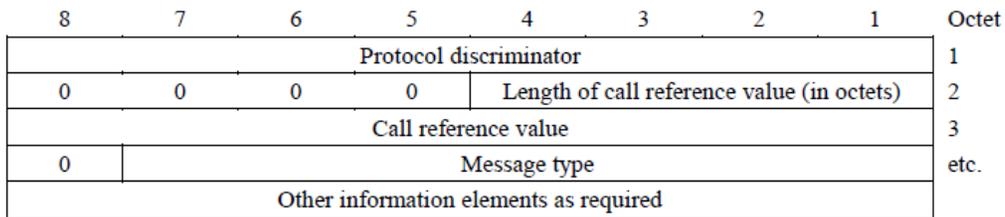


Figure 4-1/Q.931 – General message organization example

Figura 2.35

ISDN especifica dos tipos de terminales, los que son conocidos como “Equipo terminal de tipo 1” (TE1) y “Equipo terminal de tipo 2” (TE2). Los TE1 son equipos ISDN, como por ejemplo teléfonos ISDN, o centrales corporativas que soporten señalización ISDN. Los TE2 son equipos analógicos que requieren cierta conversión para conectarse a líneas ISDN.

Por otra parte, ISDN especifica tres tipos de equipos de interfaz, los que son conocidos como “Terminador de red de tipo 1” (NT1), “Terminador de red de tipo 2” (NT2) y “Adaptadores analógicos” (TA). En la práctica, los NT1 y NT2 generalmente se implementan con un mismo equipo, al que comúnmente se llama “Terminal de red” o “NT”.

Finalmente, entre cada uno de estos equipos de interfaz, ISDN especifica ciertos “puntos de referencia”, los que definen interfaces lógicas. Estos “puntos de referencia” se han denominado con letras que los caracterizan:

- U – Es el punto de referencia entre la central telefónica y el NT1. Es una interfaz de 2 hilos, los que pueden llegar a distancias de varios kilómetros (desde la central pública hasta el edificio dónde se ubica el terminal ISDN)
- T – Es el punto de referencia entre el NT1 y el NT2. Es una interfaz de 4 hilos, y generalmente corta.
- S – Es el punto de referencia entre el NT2 y los terminales ISDN, o los adaptadores TA. Es una interfaz de 4 hilos, y generalmente corta.
- R – Es el punto de referencia entre el TA y los terminales no-ISDN. Para soportar teléfonos analógicos, nuevamente es una interfaz de 2 hilos.

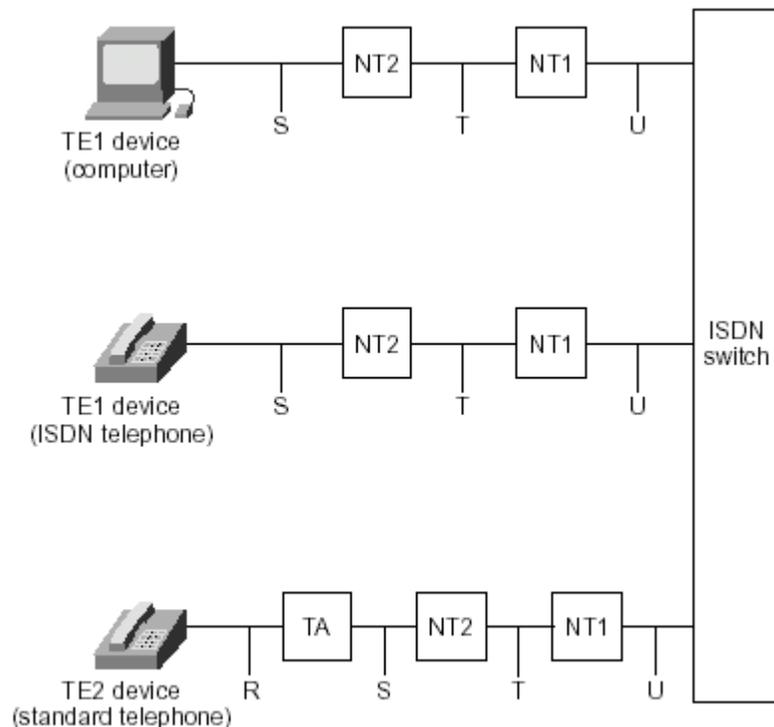


Figura 2.36

Al implementar los NT1 y NT2 con un mismo equipo, los puntos de referencia S y T se convierten en un único punto, al que comúnmente se lo denomina S/T.

Los teléfonos ISDN (que son del tipo TE1), requieren de los equipos de interfaz NT1 y NT2, los que generalmente vienen juntos en un mismo equipo “NT”.

2.2.3 Señalización entre centrales y teléfonos digitales ISDN

La siguiente tabla resume los mensajes utilizados en la señalización ISDN

Bits								
8	7	6	5	4	3	2	1	
0	0	0	0	0	0	0	0	Escape to nationally specific message type (Note)
0	0	0	-	-	-	-	-	<i>Call establishment message:</i>
			0	0	0	0	1	- ALERTING
			0	0	0	1	0	- CALL PROCEEDING
			0	0	1	1	1	- CONNECT
			0	1	1	1	1	- CONNECT ACKNOWLEDGE
			0	0	0	1	1	- PROGRESS
			0	0	1	0	1	- SETUP
			0	1	1	0	1	- SETUP ACKNOWLEDGE
0	0	1	-	-	-	-	-	<i>Call information phase message:</i>
			0	0	1	1	0	- RESUME
			0	1	1	1	0	- RESUME ACKNOWLEDGE
			0	0	0	1	0	- RESUME REJECT
			0	0	1	0	1	- SUSPEND
			0	1	1	0	1	- SUSPEND ACKNOWLEDGE
			0	0	0	0	1	- SUSPEND REJECT
			0	0	0	0	0	- USER INFORMATION
0	1	0	-	-	-	-	-	<i>Call clearing messages:</i>
			0	0	1	0	1	- DISCONNECT
			0	1	1	0	1	- RELEASE
			1	1	0	1	0	- RELEASE COMPLETE
			0	0	1	1	0	- RESTART
			0	1	1	1	0	- RESTART ACKNOWLEDGE
0	1	1	-	-	-	-	-	<i>Miscellaneous messages:</i>
			0	0	0	0	0	- SEGMENT
			1	1	0	0	1	- CONGESTION CONTROL
			1	1	0	1	1	- INFORMATION
			0	1	1	1	0	- NOTIFY
			1	1	1	0	1	- STATUS
			1	0	1	0	1	- STATUS ENQUIRY

Figura 2.37

El establecimiento y liberación de una llamada se realiza mediante el intercambio de mensajes entre el dispositivo (teléfono) y la central telefónica. Un ejemplo del intercambio de mensajes durante una llamada básica se muestra en el siguiente diagrama de señalización.

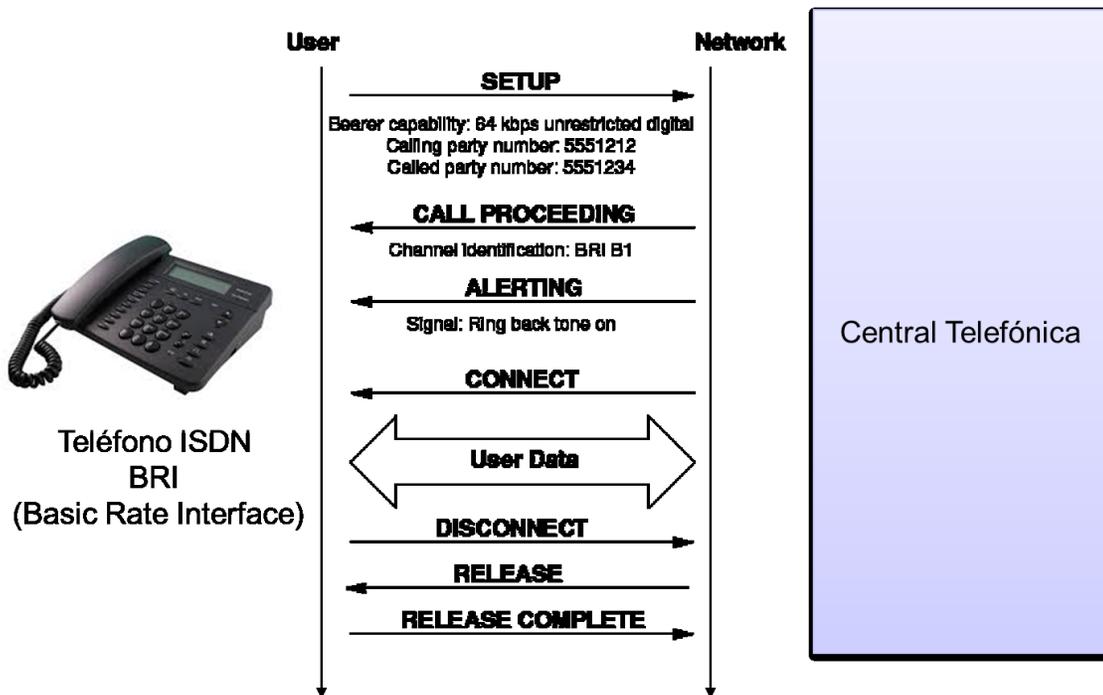


Figura 2.38

El intercambio se da entre el terminal (teléfono) y la central telefónica, no entre ambos extremos. Esto se esquematiza en el siguiente diagrama, donde se ve el establecimiento de la llamada entre un teléfono ISDN y un teléfono analógico, a través de un núcleo de red.

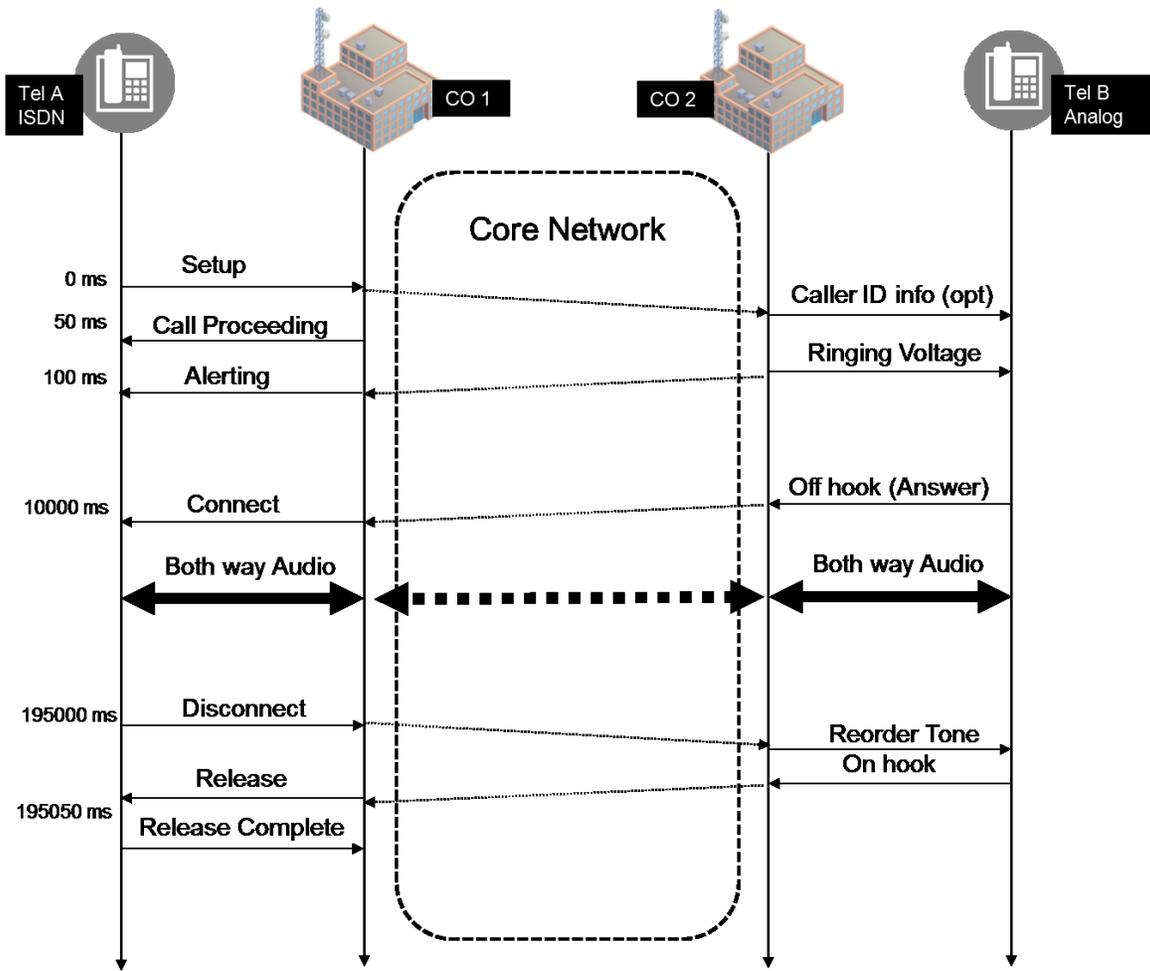


Figura 2.39

2.2.4 Conexión de terminales ISDN a las centrales públicas

La siguiente imagen muestra una caja del tipo "NT1", utilizada típicamente para la conexión de terminales ISDN.



Figura 2.40

El siguiente diagrama muestra las conexiones típicas de terminales ISDN: Una misma caja NT1 puede conectar un teléfono ISDN y un sistema de videoconferencias ISDN (ambas en interfaces S/T) a la red pública (interfaz U).

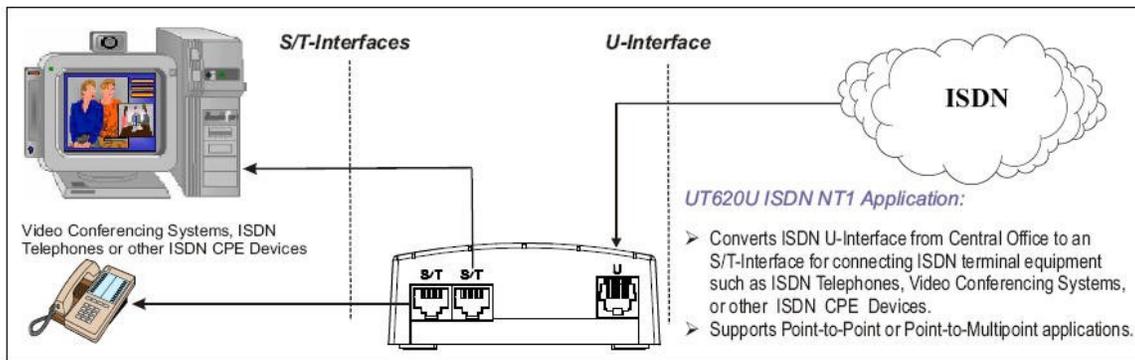


Figura 2.41

2.3 Señalización IP H.323

H.323 (*“AUDIOVISUAL AND MULTIMEDIA SYSTEMS: Infrastructure of audiovisual services – Systems and terminal equipment for audiovisual services”* [12]) es una recomendación de la ITU-T que describe los terminales y demás dispositivos que proveen servicios de comunicaciones multimedia (video, voz y datos) sobre redes de paquetes que no garantizan calidad de servicio (por ejemplo Ethernet con protocolos TCP/IP).

La primera versión de H.323 fue aprobada en 1996 por la ITU-T. La versión 2 fue aprobada en enero de 1998, la versión 3 en 1999, la versión 4 en 2000, la versión 5 en 2003 y la versión 6 en junio de 2006. H.323 es parte de las recomendaciones H.32x (como por ejemplo H.320 para ISDN y H.324 para la PSTN)

H.323 es aplicable a cualquier red conmutada de paquetes, con independencia de los protocolos utilizados en la “capa física”. La red debe proveer protocolos de entrega “confiables” (como por ejemplo TCP - Transmission Control Protocol) y protocolos de entrega “no confiables” (como por ejemplo UDP - User Datagram Protocol). Los protocolos “confiables” proveen mecanismos de confirmación de recepción de paquetes, y retransmisiones, de ser necesarias, para asegurar la correcta recepción de los paquetes enviados. Los protocolos “no confiables” son del tipo “mejor esfuerzo” en la entrega de paquetes, pero no sobrecargan a la red con paquetes de confirmación y eventuales retransmisiones, lo que los hace a su vez más “rápidos”.

2.3.1 Arquitectura H.323

La recomendación ITU-T H.323 extiende los conceptos de la señalización ISDN y los transporte a las redes de datos, que funcionan sobre IP. Esta recomendación define una arquitectura en la que se diferencian los siguientes componentes, como se esquematiza en la Figura 2.42:

- Terminales H.323
- Pasarelas (“Gateways”) para interconectar el “mundo” H.323 con otros sistemas de telecomunicaciones (típicamente la red telefónica pública analógica y digital)
- Controlador H.323 (“Gatekeeper”)
- Unidades de control multipunto (“MCU - Multipoint Control Units”)

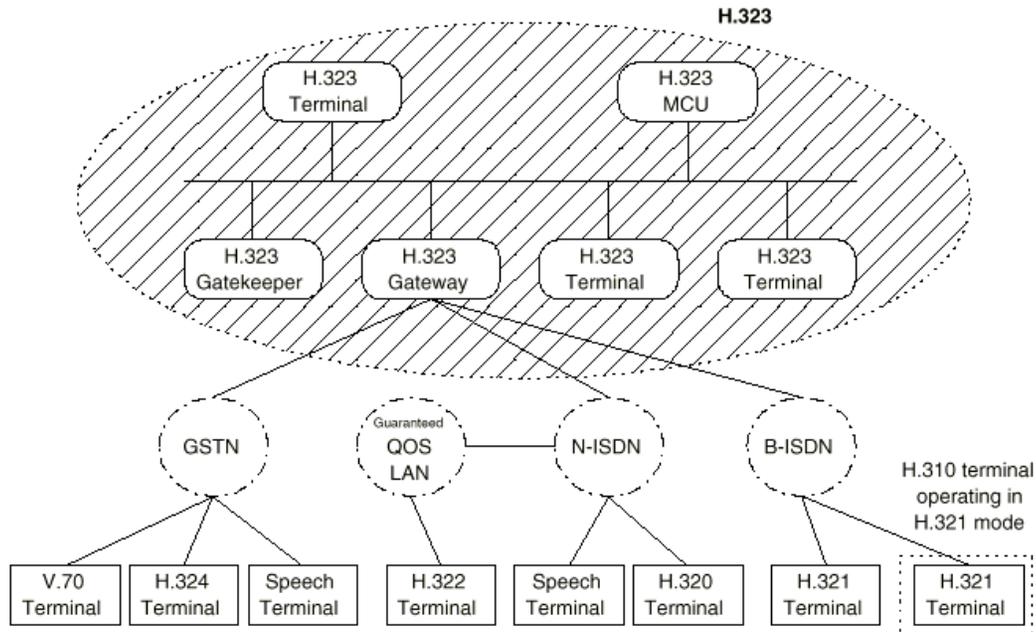


Figura 2.42

2.3.1.1 Terminales

Los terminales H.323 son los “teléfonos multimedia IP”. Estos “teléfonos” pueden ser aplicaciones informáticas, que utilizan las capacidades multimedia del PC (parlantes y micrófono), o terminales físicos de similar aspecto a cualquier teléfono o videoteléfono.

La recomendación establece que esos terminales deben soportar obligatoriamente comunicaciones de voz y opcionalmente comunicaciones de datos y video. La recomendación también establece los protocolos utilizados en la señalización de las llamadas, los mensajes de control, la manera de realizar la multiplexación de estos mensajes, los codecs de audio y video y los protocolos utilizados para el intercambio de datos entre los terminales. Un esquema de un terminal H.323 se muestra en la Figura 2.43.

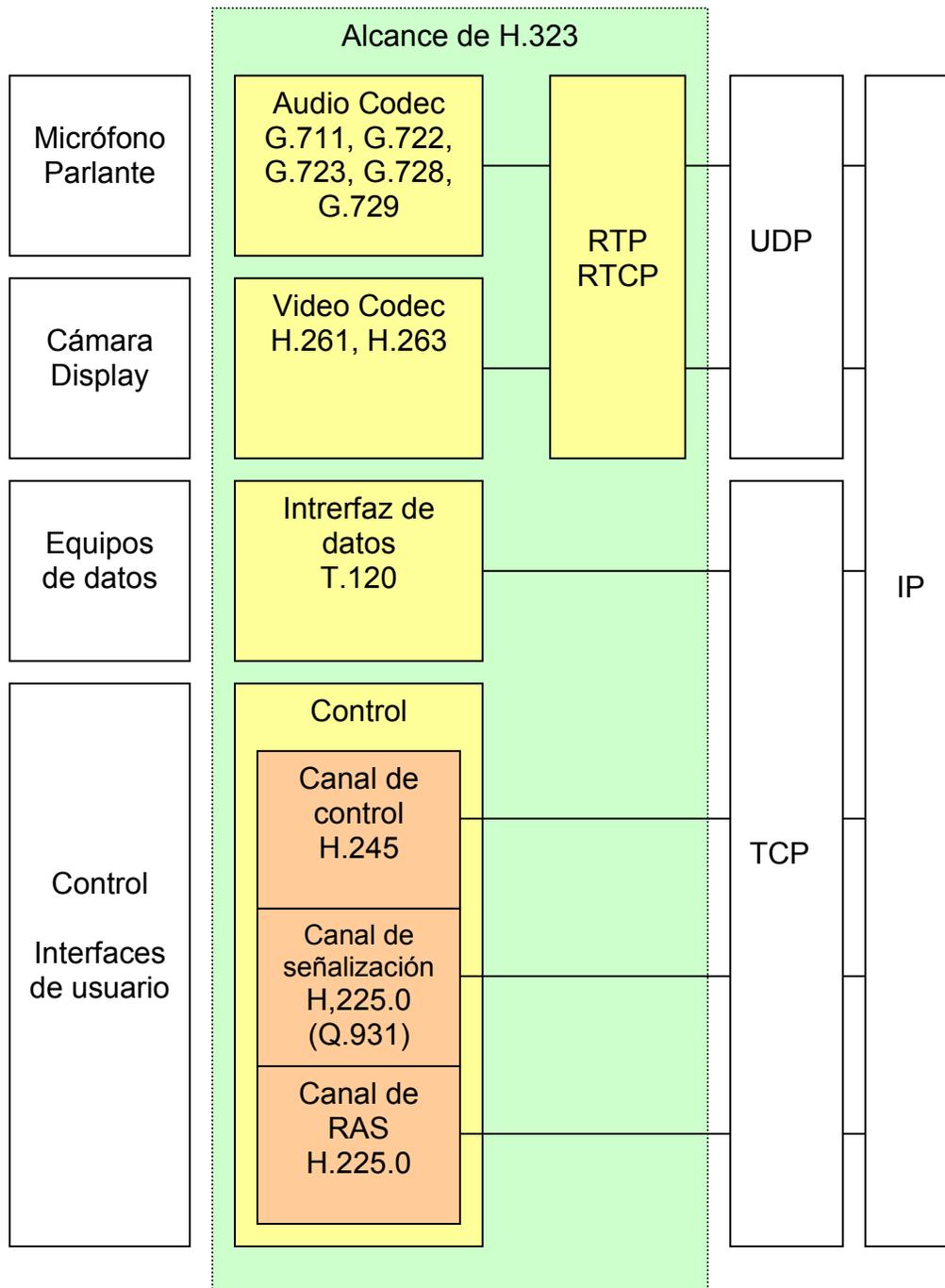


Figura 2.43

Audio Codec

La recomendación H.323 admite los siguientes tipos de codificación de audio (ver capítulo **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.!**):

- G.711 (64 kb/s)

- G.722 (7 kHz speed at 48, 56 and 64K bit/s (hi-fi voice))
- G.728 (16 kb/s)
- G.723.1 (Dual Rate Speed at 6.4 and 5.3K bit/s)
- G.729 (8 kb/s)

Todo terminal H.323 debe obligatoriamente disponer de un codec de audio. Este codec de audio debe soportar como mínimo la codificación G.711 (en “Ley A” y “Ley μ ”), y opcionalmente las otras admitidas por la recomendación H.323. El tipo de codec a utilizar al establecer una comunicación de audio con otro terminal es negociado según la recomendación H.245, por el “canal de control de llamadas”. En una misma comunicación, el terminal H.323 debe ser capaz de utilizar un codec en la recepción y otro diferente en la transmisión.

Si el terminal soporta G.723.1, debe ser capaz de codificar a 5.3 kb/s y a 6.3 kb/s.

El audio generado es “formateado” según la recomendación H.225.0, utilizando los estándares RTP (Real Time Protocol) y RTCP (Real Time Control Protocol).

Video Codec

La codificación de video es opcional en H.323, por lo que pueden existir terminales H.323 que no dispongan de facilidades de video. Sin embargo, si el terminal H.323 dispone de facilidades de comunicaciones de video, debe adecuarse a los siguientes codificadores:

- H.261 (n x 64 kb/s)
- H.263 (< 64 kb/s)

H.261 QCIF es obligatorio si el terminal dispone de facilidades de video. Otros modos de H.261 y H.263 son opcionales.

El tipo de codec a utilizar al establecer una comunicación de video con otro terminal, la velocidad de transmisión, el formato de la imagen y las opciones de los algoritmos utilizados, son negociados según la recomendación H.245, por el “canal de control de llamadas”.

Un mismo terminal puede soportar a la vez varios canales de video, tanto en la transmisión como en la recepción. Asimismo, en una misma comunicación, el terminal H.323 debe ser capaz de utilizar un codec en la recepción y otro diferente en la transmisión.

El video generado es “formateado” según la recomendación H.225.0, utilizando los estándares RTP (Real Time Protocol) y RTCP (Real Time Control Protocol).

Interfaz de datos

Los terminales H.323 pueden establecer comunicaciones de datos con otros terminales H.323 (por ejemplo, para compartir documentos). Para ello, pueden abrir “canales de datos”, los que pueden ser bidireccionales o unidireccionales.

La recomendación T.120 provee un estándar de interoperabilidad para el intercambio de datos entre terminales H.323 y otro tipo de terminales (por ejemplo, terminales H.324, H.320 y H.310).

RTP (Real-Time Transport Protocol)

El protocolo RTP, basado en el RFC 3550 (ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), establece los principios de un protocolo de transporte sobre redes que no garantizan calidad de servicio para datos “de tiempo real”, como por ejemplo voz y video.

El protocolo establece la manera de generar paquetes que incluyen, además de los propios datos de “tiempo real” a transmitir, números de secuencia, marcas de tiempo, y monitoreo de entrega. Las aplicaciones típicamente utilizan RTP sobre protocolos de red “no confiables”, como UDP. Los “bytes” obtenidos de cada conjunto de muestras de voz o video son encapsulados en paquetes RTP, y cada paquete RTP es a su vez encapsulado en segmentos UDP.

RTP soporta transferencia de datos a destinos múltiples, usando facilidades de “multicast”, si esto es provisto por la red.

RTCP (RTP Control Protocol)

El RFC 3550 también detalla el protocolo de control RTCP. Los paquetes RTCP son enviados periódicamente y contienen indicadores de la calidad del enlace, y otros datos acerca de la fuente y destino de la comunicación. Estos indicadores incluyen la cantidad de paquetes enviados, la cantidad de paquetes recibidos perdidos y el “jitter” en el receptor. El RFC 3550 no establece que deben hacer las aplicaciones (terminales H.323 en este caso) con los indicadores recibidos, sino que esto queda librado a cada implementación. Los usos típicos están relacionados con el cambio de codecs, y el reporte de problemas, locales, remotos o globales.

Canal de control H.245

Los terminales H.323 utilizan uno o varios “canales de control” para enviar y recibir mensajes desde y hacia otros terminales y dispositivos H.323 (gateways, gatekeepers, etc.). El protocolo utilizado en estos canales de control está

determinado en la recomendación H.245 (*“Line transmisión of non-telephone signals – Control protocol for multimedia communication”* (ver [13])) de la ITU-T. Los mensajes definidos en H.245 incluyen el intercambio de las capacidades de cada terminal, la apertura y cierre de canales lógicos, mensajes de control de flujo y comandos e indicadores generales.

Los terminales deben mantener un canal de control H.245 por cada llamada en la que el terminal esté participando. Dado que un terminal puede estar participando en forma simultánea en varias llamadas, puede tener también varios canales de control H.245 abiertos.

Canal RAS H.225.0 (Registration, Admission and Status)

El canal de “RAS” es utilizado entre los terminales y el Gatekeeper (Ver 2.3.1.3). A través de éste canal, el terminal realiza las funciones de registro, admisión, solicitud de ancho de banda, status, etc. Este canal de señalización es independiente del canal de control H.245 y del canal de señalización de llamadas. En ambientes de red dónde no se dispone de Gatekeepers (recordar que los gatekeepers son opcionales en una red H.323), el canal de RAS no es utilizado por los terminales. En ambientes de red dónde se dispone de un Gatekeeper, el canal de RAS debe ser abierto entre el terminal y el gatekeeper, antes de ser abierto cualquier otro canal entre terminales.

El protocolo utilizado en el canal RAS está descrito en la recomendación de la ITU-T H.225.0 *“Call signalling protocols and media stream packetization for packet-based multimedia communication systems”* [14]

Canal de señalización H.225.0

El canal de señalización del terminal H.323 utiliza funciones de señalización del protocolo H.225.0 para establecer conexiones con otro terminal H.323. Este canal de señalización es independiente del canal de RAS y del canal de control H.245. El canal de señalización es abierto por el terminal antes de establecer el canal de control H.245.

En ambientes de red en los que no hay Gatekeeper, el canal de señalización es establecido directamente entre dos terminales. En ambientes de red en los que se dispone de un Gatekeeper, el canal de señalización es abierto entre el propio terminal y el Gatekeeper, o entre el propio terminal y otro terminal, de acuerdo a lo indicado por el Gatekeeper.

La recomendación H.225.0 utiliza los mensajes descritos en la recomendación Q.931 [15], utilizada en ISDN

2.3.1.2 Gateways (Pasarelas)

Los gateways o pasarelas, realizan la función de interconexión entre las redes H.323 y otras redes de comunicaciones, como la red pública conmutada (PSTN – Public Switched Telephony Network) analógica y digital, o redes “SIP”. El esquema de funcionamiento se muestra en la Figura 2.44.

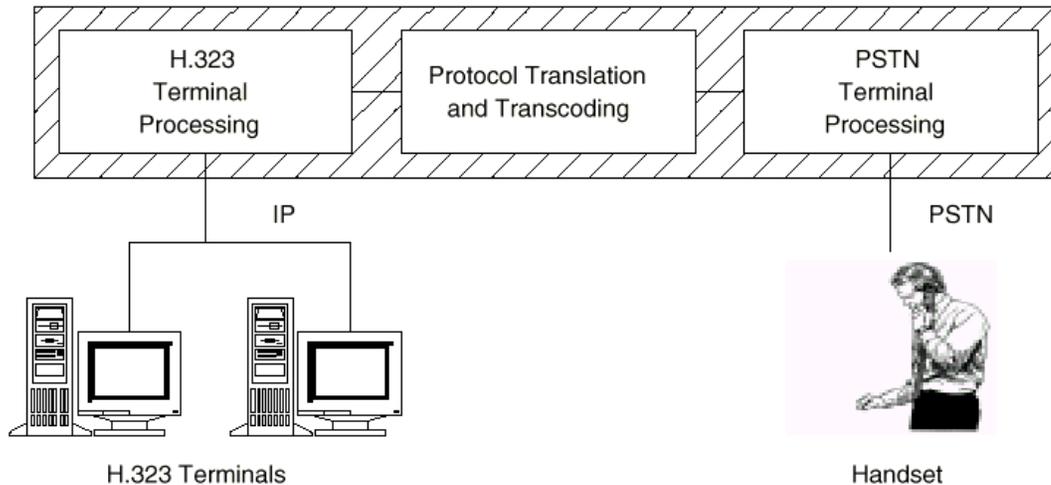


Figura 2.44

Los gateways son responsables de adaptar el audio, video y los datos, así como también la señalización, entre los formatos propios de H.323 y otras redes de telecomunicación, de manera transparente para los usuarios.

Los terminales H.323 pueden comunicarse con otros terminales H.323 de la misma red en forma directa, sin utilizar gateways. En redes donde no es necesario tener comunicación con terminales externos a la propia red, no es necesario disponer de gateways. Por ello, son elementos opcionales en la recomendación H.323

Hacia la red H.323, el gateway presenta las características de un terminal H.323 (o de un MCU – Multipoint Control Unit), y hacia la red PSTN, el de un terminal telefónico (de acuerdo al tipo de red a la que esté conectado, podrá presentar las características de un teléfono analógico, ISDN, etc.)

Los gatekeepers conocen la existencia de gateways, ya que esto es especificado en el momento en que el gateway se registra en el gatekeeper.

La recomendación no detalla la manera en que deben implementarse los gateways. Pueden ser parte del mismo equipo donde reside el gatekeeper, ser equipos independientes, etc.

2.3.1.3 Gatekeeper

Las redes H.323 pueden disponer de un elemento centralizador de control y servicios telefónicos, llamado en la recomendación “Gatekeeper”. Se puede pensar en este componente como “la Central telefónica H.323”. Si bien es opcional en la recomendación H.323, en la práctica, debe existir y proveer, como mínimo, los siguientes servicios:

Traducción de direcciones

Una de las funciones principales del Gatekeeper es traducir un número telefónico, o un “alias” a la dirección de red apropiada (por ejemplo, la dirección IP). Para ello, el Gatekeeper debe disponer de una tabla de traducción de direcciones, que se actualiza cada vez que un dispositivo (por ejemplo un terminal H.323) se registra o de-registra en el Gatekeeper.

Control de Admisión

El Gatekeeper puede autorizar o negar el acceso (registro) a la red H.323, utilizando mensajes descritos en la recomendación H.225.0. Las reglas de decisión para autorizar o negar el acceso no son parte de la recomendación.

Control de Ancho de Banda

El Gatekeeper debe soportar la mensajería H.225.0 respecto a la asignación de ancho de banda. Mediante los protocolos adecuados, puede indicar a cada terminal el ancho de banda total disponible según el tipo de llamada, las categorías de los terminales, etc.

Gerenciamiento de su “Zona”

Un Gatekeeper define una “Zona H.323”. Los terminales, gateways y MCUs registrados en el mismo Gatekeeper pertenecen a la misma “zona”. El Gatekeeper debe brindar como mínimo los servicios descritos anteriormente para todos los dispositivos de su “Zona”.

En forma adicional a los servicios indicados, el Gatekeeper puede brindar cualquier otro tipo de servicios adicionales, como por ejemplo:

Señalización para el control de llamadas

Cuando una red H.323 dispone de un Gatekeeper, la señalización para el establecimiento y liberación de llamadas puede realizarse directamente entre dos terminales, o a través del Gatekeeper. El Gatekeeper puede asumir la función de centralizador de señalización, de manera que los terminales tengan que utilizarlo para las funciones de señalización de llamadas.

Autorización de llamadas

Mediante el uso de señalización H.225.0, el Gatekeeper puede autorizar o negar llamadas solicitadas desde los terminales. Las razones para autorizar o negar llamadas pueden incluir criterios de restricciones de ciertos terminales, horarios del día, etc. La recomendación no establece cuales deben ser estos criterios, los que quedan librados a los fabricantes.

Una red puede tener más de un Gatekeeper, los que pueden comunicarse entre sí. Los protocolos de comunicación utilizados entre dos o más Gatekeeper no están especificados en la recomendación.

2.3.1.4 MCU – Multipoint Control Unit (Unidad de control multipunto)

El “MCU” provee soporte para realizar conferencias, entre 3 o más terminales. Se compone de unidades “Controladoras Multipunto” (MC – Multipoint Controller) y “Procesadores Multipunto” (MP – Multipoint Processor)

Controladoras Multipunto (MC – Multipoint Controller)

Los controladores multipunto (MC) proveen las funciones de control necesarias para la implementación de conferencias de 3 o más terminales.

Los MC realizan el intercambio de capacidades entre los terminales de la conferencia, de manera de establecer un modo común a todos los participantes.

Como parte del establecimiento de una conferencia, los terminales se conectan a un MC utilizando el canal de control H.245.

Procesadores Multipunto (MP – Multipoint Processor)

A diferencia de los MC, que se encarga exclusivamente del control de las conferencias, los MP reciben los canales de audio, video y/o datos de los terminales, los procesan, y los redistribuyen nuevamente a los terminales.

Los MP son los encargados de realizar la conmutación o mezcla del audio y video proveniente de los terminales, y redistribuirlo hacia los terminales.

El MP puede decidir “conmutar” el audio o video, de manera de enviar hacia todos los terminales de la conferencia el audio o video proveniente de uno de los terminales, o “mezclar” el audio y video, de manera de enviar hacia todos los terminales la suma del audio y video proveniente de todos los otros. En el caso de video, la mezcla puede consistir en enviar hacia un mismo terminal varios cuadrantes, cada uno con el video proveniente desde los otros terminales.

El criterio utilizado para realizar las mezclas o la conmutación es determinado por el MC.

El MCU mínimo puede consistir de un único MC y ningún MP. En este caso, las funciones de mezcla y conmutación de audio y video deberán ser provistas por los propios terminales. Un MCU típico, que soporte conferencias centralizadas, se compone de un MC y un MP. Un MCU típico que soporte únicamente conferencias descentralizadas, se compone de un MC y un MP con soporte únicamente la recomendación T.120 (datos)

2.3.2 Ejemplos de señalización H.323

En la Figura 2.45 se muestra un esquema del inicio de llamada básica (“Direct Call”) H.323, entre dos terminales, con la existencia de un “Gatekeeper” en la red. El Terminal 1 solicita autorización al Gatekeeper, y luego envía un “Setup” directamente al Terminal 2. El Terminal 2 solicita a su vez autorización al Gatekeeper, hace timbrar su dispositivo, y finalmente envía la confirmación de la conexión al Terminal 1.

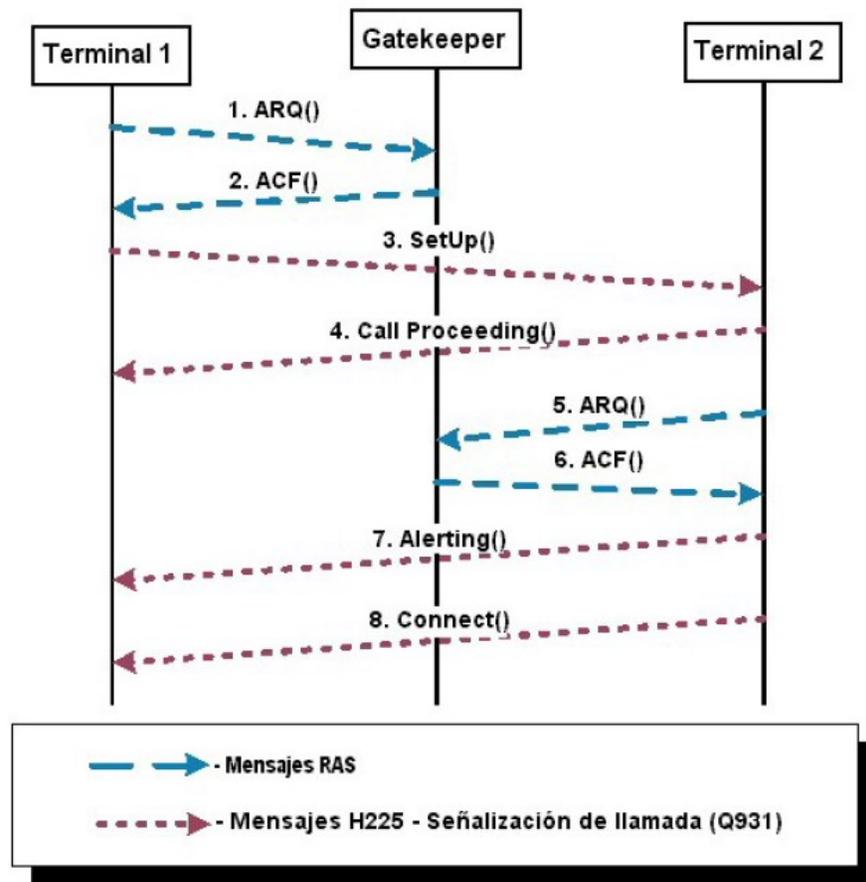


Figura 2.45

Una vez enviada la señal de “Connect”, los terminales intercambian información acerca de sus capacidades y abren los canales lógicos para el establecimiento de los flujos del medio (audio / video), como se muestra en la Figura 2.46

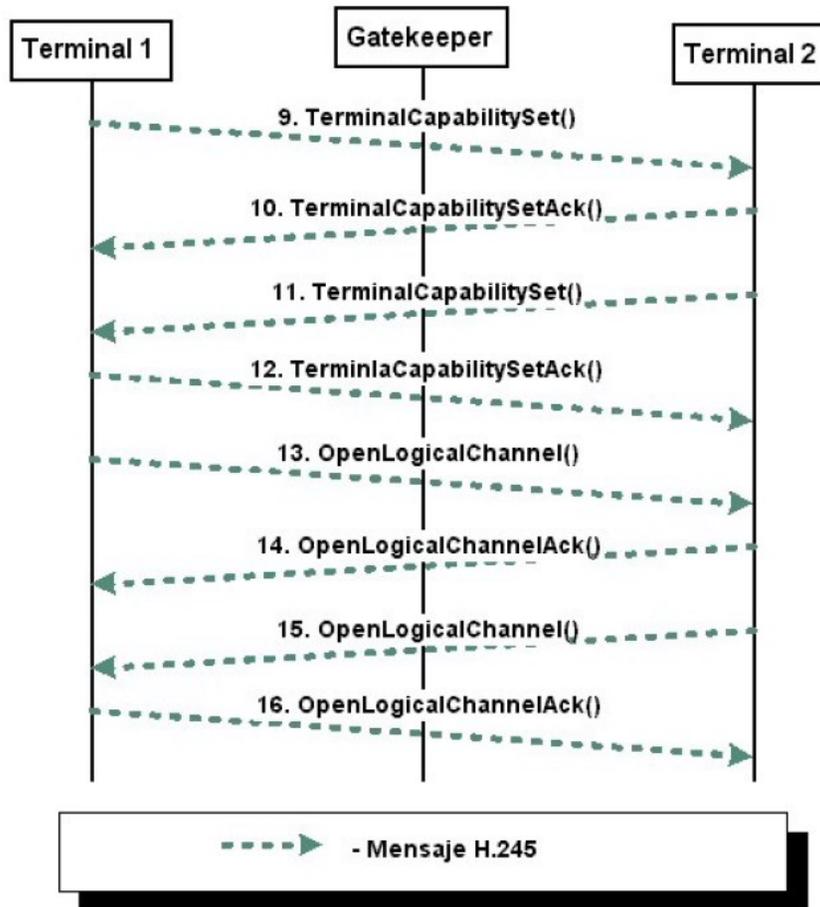


Figura 2.46

Una vez intercambiada la información capacidades (codecs soportados, etc.) y de establecer los puertos RTP (canales lógicos), se establecen los flujos del medio (audio / video), a través e mensajes RTP, como se puede ver en la Figura 2.47. Finalmente, la llamada es liberada, y los terminales se desregistran del Gatekeeper, como se muestra en la Figura 2.48.

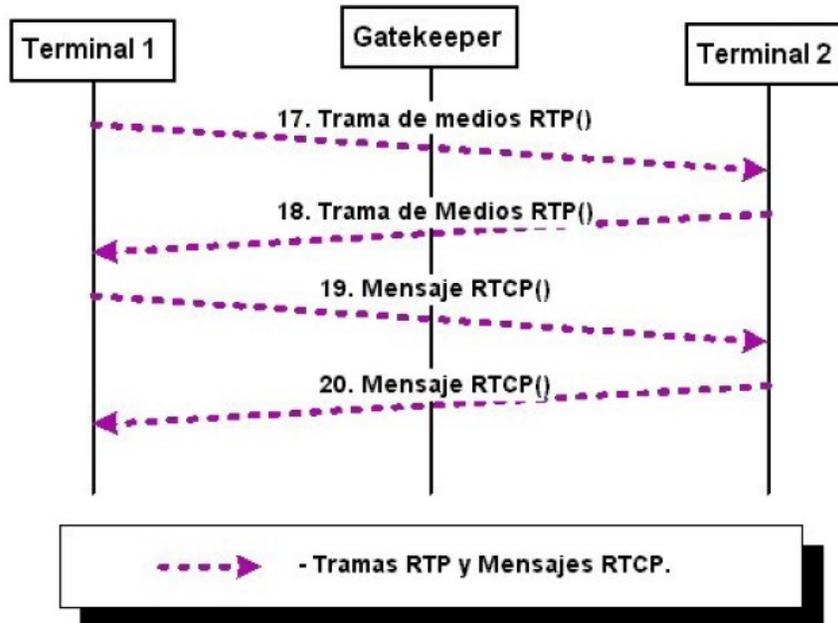


Figura 2.47

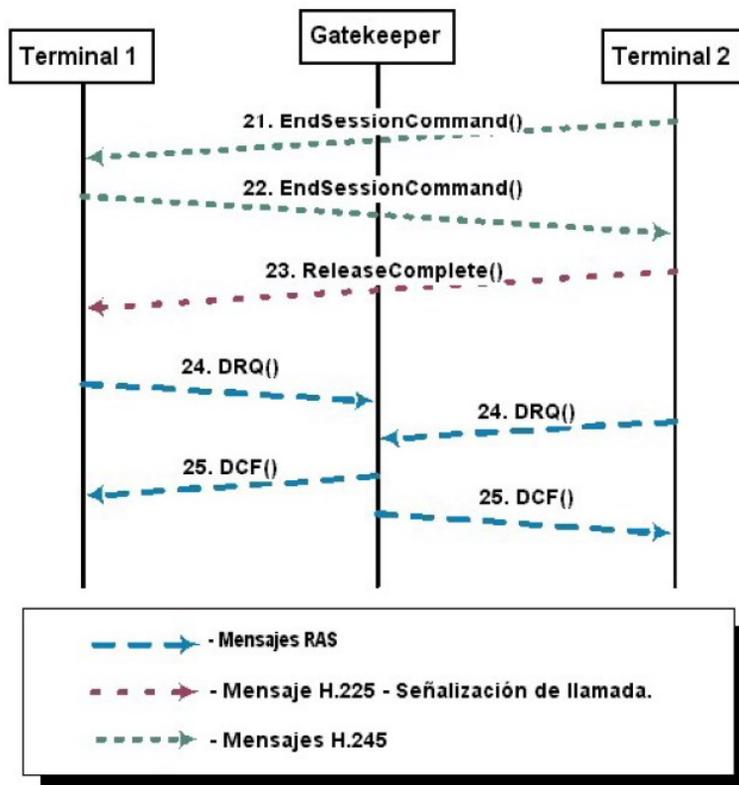


Figura 2.48

En algunas cosas, el Gatekeeper puede indicar que él mismo debe interponerse en la señalización telefónica, a los efectos de control, tarificación, o gestión. Este tipo de llamadas, conocidas como “Gatekeeper Routed”, se ilustra en la Figura 2.49. En este caso, el Gatekeeper queda en el medio de la señalización H225 (Q.931).

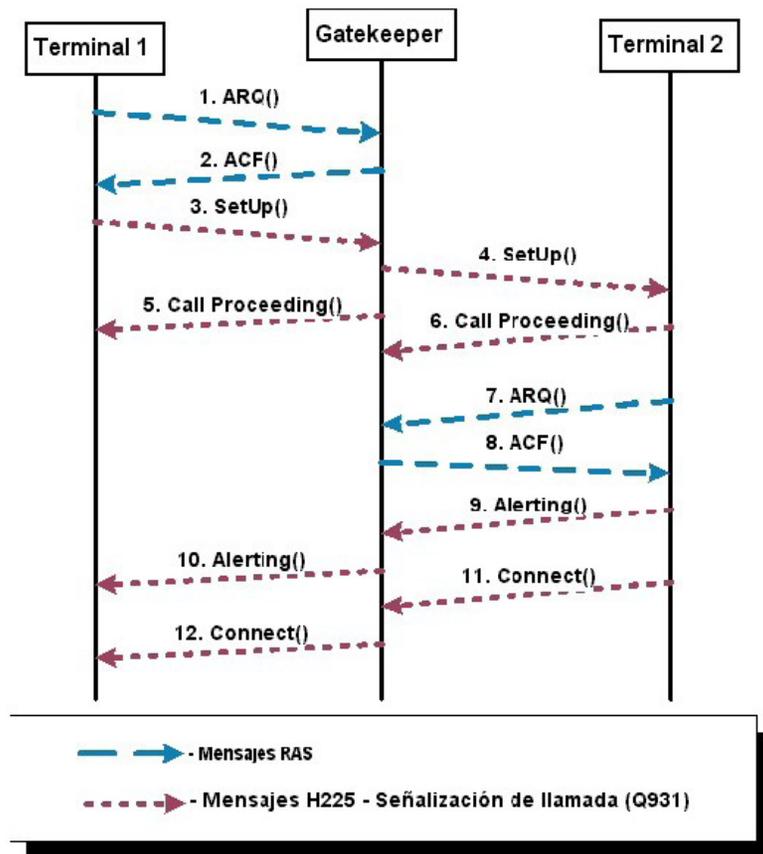


Figura 2.49

El intercambio de capacidades puede continuar siendo de Terminal a Terminal, como se muestra en la Figura 2.50, al igual que el flujo de medios (audio / video) RTP. Finalmente, para la desconexión de llamada, vuelve a intervenir el Gatekeeper, como se ve en la Figura 2.51.

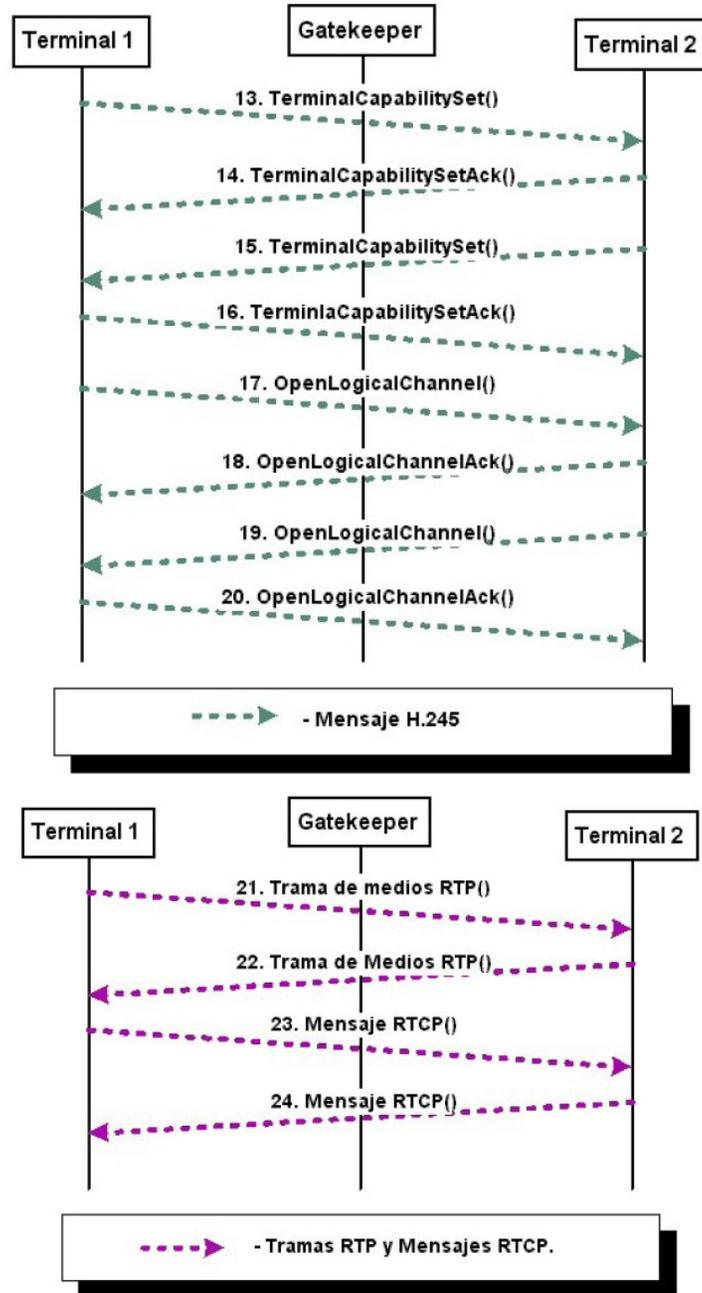


Figura 2.50

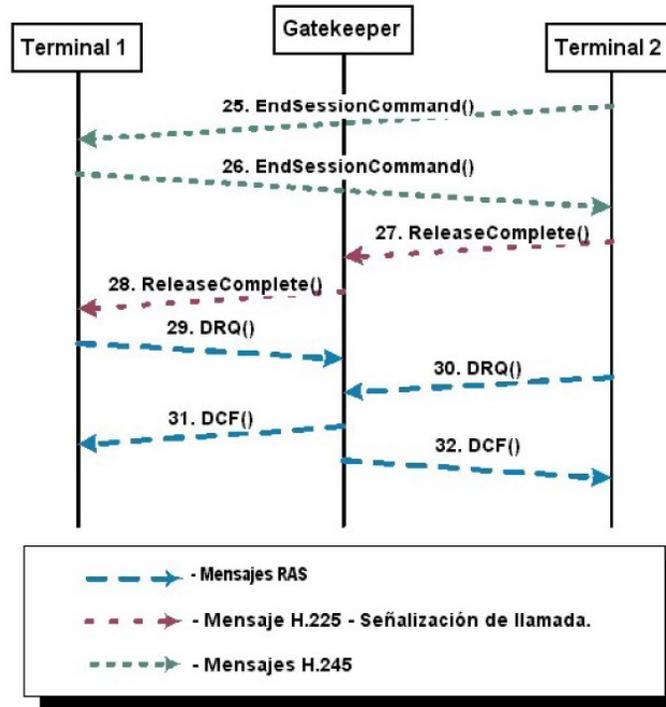


Figura 2.51

En la Figura 2.52 se puede ver una captura de una llamada real H.323 entre dos dispositivos, en este caso, sin la presencia de un Gatekeeper. En este ejemplo se muestra la señalización hasta el momento del establecimiento de la llamada (no se muestra la desconexión luego del audio).

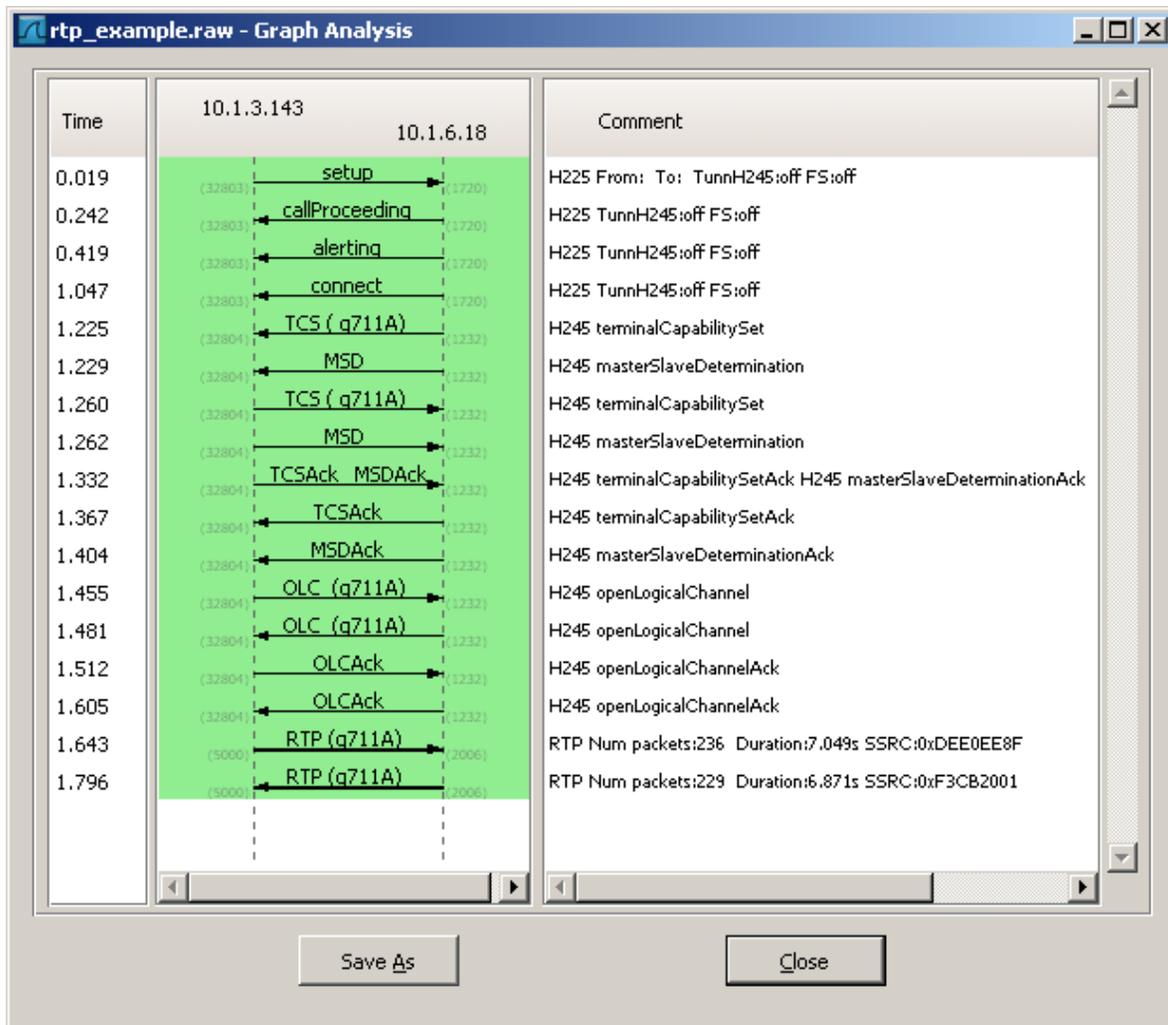


Figura 2.52

2.4 Señalización IP SIP

En marzo de 1999 es aprobado el RFC 2543, por el grupo de estudio MMUSIC del IETF, dando origen oficial al protocolo SIP (Session Initiation Protocol). SIP tiene sus orígenes a fines de 1996, como un componente del “Mbone” (Multicast Backbone), El Mbone, era una red experimental montada sobre la Internet, para la distribución de contenido multimedia, incluyendo charlas, seminarios y conferencias de la IETF. Uno de sus componentes esenciales era un mecanismo para invitar a usuarios a escuchar una sesión multimedia, futura o ya establecida. Básicamente un “protocolo de inicio de sesión” (SIP).

En junio de 2002, el RFC 2543 fue reemplazado por un conjunto de nuevas recomendaciones, entre las que se encuentran los RFC 3261 al 3266 [16][17][18][19][20][21].

Una completa introducción a SIP puede leerse en [22].

A nivel de los operadores de telecomunicaciones, la señalización SIP es soportada en el núcleo de la red por una “Central Telefónica SIP”, llamada típicamente “Softswitch”, ya que en las implementaciones habituales es un componente de software, en contraste a las tecnologías de centrales telefónicas TDM, basadas en hardware.

2.4.1 Mensajería SIP

La mensajería SIP está basada en el esquema “Request” – “Response” de HTTP. Esto presenta ciertas ventajas, sobre todo para los familiarizados con las tecnologías HTTP. A diferencia de H.323, todos los mensajes son de texto plano, y por lo tanto fáciles de interpretar (recordar que en H.323, los mensajes eran binarios).

Para iniciar una sesión se envía un mensaje de “Request” a una contraparte de destino. El destino recibe el “Request”, y lo contesta con el correspondiente “Response”. Un ejemplo del establecimiento de una comunicación “peer to peer” se muestra en la Figura 2.53.

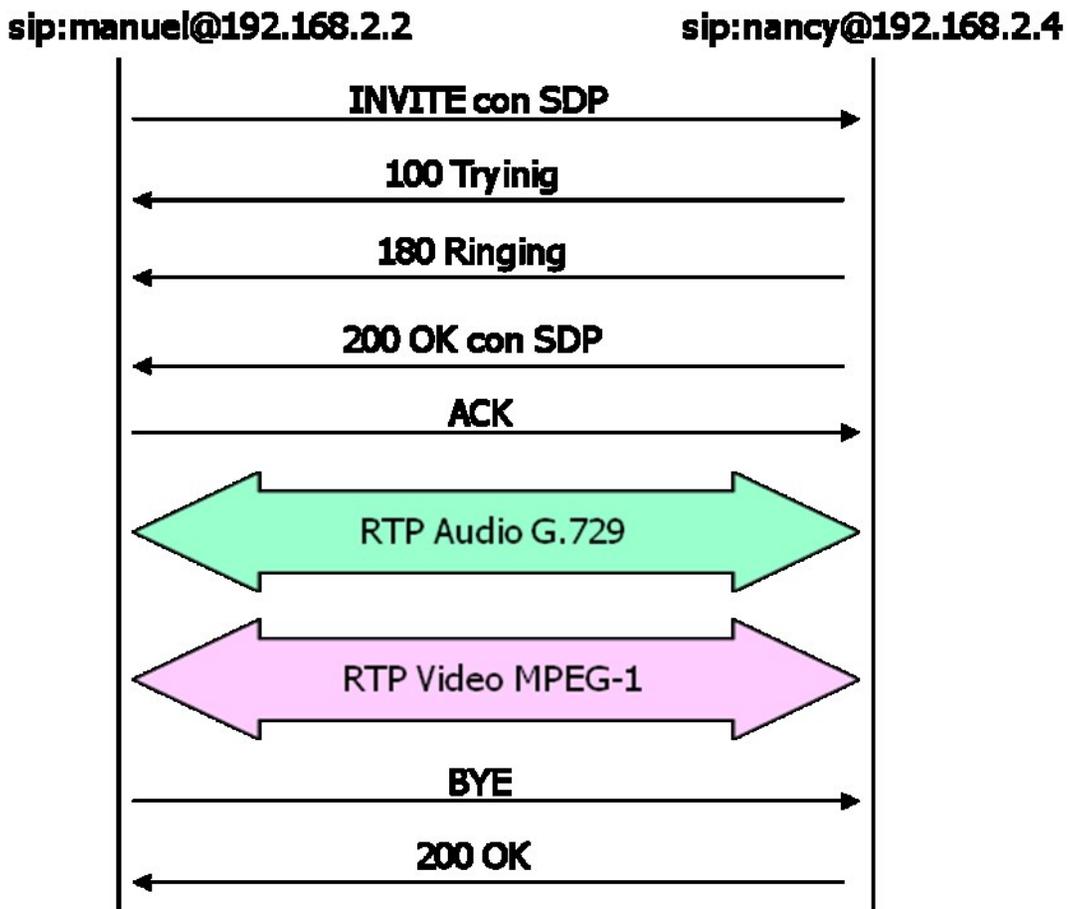


Figura 2.53

Los mensajes de “Request” tiene el formato

<Método> <URL> <SIP-Version>

Por ejemplo: INVITE sip:pepe@fing.com SIP/2.0

La siguiente tabla resume los métodos SIP

Método	Descripción
INVITE	A session is being requested to be setup using a specified media
ACK	Message from client to indicate that a successful response to an INVITE has been received
OPTIONS	A Query to a server about its capabilities
BYE	A call is being released by either party
CANCEL	Cancels any pending requests. Usually sent to a Proxy Server to cancel searches
REGISTER	Used by client to register a particular address with the SIP server
SUBSCRIBE	Used to request status or presence updates from the presence server
NOTIFY	Used to deliver information to the requestor or presence “watcher.”
REFER	Used to referring the remote user agent to a web page or another URI
MESSAGE	Used to transport instant messages (IM) using SIP
UPDATE	Used to modify the state of a session without changing the state of the dialog
INFO	Used by a user agent to send call signaling information to another user agent with which it has an established media session
PRACK	Provisional ACK. Used to acknowledge receipt of reliably transported provisional responses (1xx)

Las respuestas (“Response”) tienen el formato

<SIP-Version> < Status-Code> <Reason>

Por ejemplo: SIP/2.0 404 Not Found

La siguiente tabla resume las respuestas SIP

Respuesta	Descripción	Ejemplo
1xx	Informational – Request received, continuing to process request.	180 Ringing 181 Call is Being Forwarded 183 Session Progress
2xx	Success – Action was successfully received, understood and accepted.	200 OK

3xx	Redirection – Further action needs to be taken in order to complete the request.	300 Multiple Choices 302 Moved Temporarily
4xx	Client Error – Request contains bad syntax or cannot be fulfilled at this server.	401 Unauthorized 408 Request Timeout
5xx	Server Error – Server failed to fulfill an apparently valid request.	503 Service Unavailable 505 Version Not Suported
6xx	Global Failure – Request is invalid at any server.	600 Busy Everywhere 603 Decline

Para comprender mejor el formato de los mensajes SIP, se analizará con más detalle el método “INVITE”.

El método “INVITE” contiene varios campos que forman un “cabezal”. Este cabezal incluye atributos que proporcionan información adicional acerca del mensaje. En el “INVITE” se incluye un identificador único de la llamada, la dirección del destino, la dirección del origen, e información acerca del tipo de sesión que se quiere establecer.

Un ejemplo del cabezal de “INVITE” es el siguiente:

```
INVITE sip:pepe@fing.com SIP/2.0
Via: SIP/2.0/UDP pc33.montevideo.com;branch=z9hG4bK776asdhds
Max-Forwards: 70
To: Pepe <sip:pepe@fing.com>
From: Alicia <sip:alicia@abc.com>;tag=1928301774
Call-ID: a84b4c76e66710@pc33.montevideo.com
CSeq: 314159 INVITE
Contact: <sip:alicia@pc33.montevideo.com>
Content-Type: application/sdp
Content-Length: 142
```

La primer línea del mensaje contiene el nombre del método (“INVITE” en el ejemplo anterior). Las líneas siguientes contienen el resto de los campos del cabezal.

Los detalles de la sesión, como por ejemplo el tipo de medio, el codec o la frecuencia de muestreo, no son descriptos en el cabezal SIP. El cuerpo del mensaje SIP contiene una descripción de estos parámetros, codificados en un formato conocido como SDP (Session Description Protocol). Este mensaje SDP (no mostrado en el ejemplo anterior) es transportado en el mensaje SIP de manera similar a como se transporta un documento adjunto en un mensaje de e-mail. El formato SDP se estandariza en el RFC 2327 [23]

Un ejemplo del mensaje anterior, incluyendo el cuerpo SDP, se muestra a continuación:

```
INVITE sip:pepe@fing.com SIP/2.0
Via: SIP/2.0/UDP pc33.montevideo.com;branch=z9hG4bK776asdhds
```

```
Max-Forwards: 70
To: Pepe <sip:pepe@fing.com>
From: Alicia <sip:alicia@abc.com>;tag=1928301774
Call-ID: a84b4c76e66710@pc33.montevideo.com
CSeq: 314159 INVITE
Contact: <sip:alicia@pc33.montevideo.com>
Content-Type: application/sdp
Content-Length: 142

v=0
o=AGarcia 2890844526 2890842807 IN IP4 126.16.64.4
s=Phone Call
c=IN IP4 100.101.102.103
t=0 0
m=audio 49170 RTP/AVP 0
a=rtpmap:0 PCMU/8000
```

El formato de cada renglón de SDP es `<tipo>=<valor>`. `<tipo>` es siempre un único carácter, y se diferencian mayúsculas de minúsculas. El formato de `<valor>` depende del `<tipo>` al que corresponda. No puede haber espacios al lado del "=", ni antes ni después.

En este ejemplo, SDP contiene:

- Versión del protocolo (v)
- Origen (o)
o=<username> <session id> <version> <network type> <address type>
 <address>
- Nombre de la sesión (s)
 Debe haber un único campo de nombre de sesión.
- Datos de la conexión (c)
c=<network type> <address type> <connection address>
 <network type> = IN para Internet
 <address type> = IP4 para IP version 4
 <connection address> Es la dirección IP, que puede ser una dirección de multicast. Puede incluirse un valor de TTL (Time To Live), luego de la dirección IP, separada con el símbolo "/", por ejemplo:
 c=IN IP4 224.2.1.1/127
- Temporizadores (t)
t=<start time> <stop time>
 Indica las horas de comienzo y fin de una sesión.
- Medios (m)
m=<media> <port> <transport> <fmt list>

<media> puede ser "audio", "video", "application", "data" and "control"
<port> Puerto para el stream de medios
<transport> Para IP4, típicamente es RTP/AVP, indicando que se utiliza el transporte RTP
<fmt list> Es el formato del audio o video transportado (Ver **¡Error!** **No se encuentra el origen de la referencia.**)

- Atributos (a)
a=<attribute>:<value>
a=<attribute>

El campo "a" permite definir atributos, tanto a nivel de la sesión como a nivel de cada uno de los medios. Puede haber varios campos de atributos. Éstos pueden ser propiedades, del tipo a=<flag>, o atributos, del tipo a=<attribute>:<value>

2.4.2 Arquitectura SIP

SIP utiliza una arquitectura del tipo "Cliente-Servidor", y tiene los siguientes componentes:

- Terminales SIP (SIP User Agents)
- Servidores SIP (Registrar, Proxy, Redirect, Location, Presence)
- Pasarelas SIP (Gateways)

2.4.2.1 Terminales SIP

Los terminales SIP, al igual que los H.323 son "teléfonos multimedia IP". Estos "teléfonos" pueden ser aplicaciones informáticas, que utilizan las capacidades multimedia del PC (parlantes y micrófono), o terminales físicos de similar aspecto a cualquier teléfono o videoteléfono.

Los terminales SIP, llamados "SIP User Agents", pueden iniciar y recibir "sesiones" SIP. Cada terminal dispone de un "User Agent Client" (UAC) y un "User Agent Server". Los UAC son los encargados de iniciar requerimientos SIP hacia otros terminales. Los UAS son quienes escuchan y atienden los requerimientos remotos.

Así como los terminales telefónicos clásicos se identifican mediante su número de teléfono, o número de abonado, y los terminales H.323 mediante su "alias", los terminales SIP se identifican a través de su "dirección SIP". El direccionamiento en SIP utiliza el formato de URLs de Internet: *sip:nombre@dominio*

Los terminales SIP pueden soportar servicios de presencia, incorporando agentes de presencia (PA= Presence Agent). En estos casos son capaces de recibir solicitudes de subscripciones y generar notificaciones de cambios de estados. Un PA soporta un paquete de eventos de presencia, el que incluye los métodos SUBSCRIBE y NOTIFY.

2.4.2.2 Servidores SIP

Registrar Server

Es un servidor de registro de usuarios SIP. Los usuarios (agentes SIP) solicitan su registro en este servidor, mediante el intercambio de mensajes SIP. Un servidor de registro acepta solamente el método REGISTER, rechazando cualquier otro método con una respuesta 501 (Not Implemented). La información de los usuarios registrados es puesta a disposición de otros servidores, como los Proxies o Redirect.

Proxy Server

Es un servidor que atiende las solicitudes y las redirige. Para ubicar el destino, puede consultar un servidor de ubicaciones (Location Server). La Figura 2.54 esquematiza el funcionamiento de con un SIP Proxy Server. Por ejemplo, el Server podría ser un “softswitch” dentro del núcleo de una red de telecomunicaciones que soporta usuarios SIP

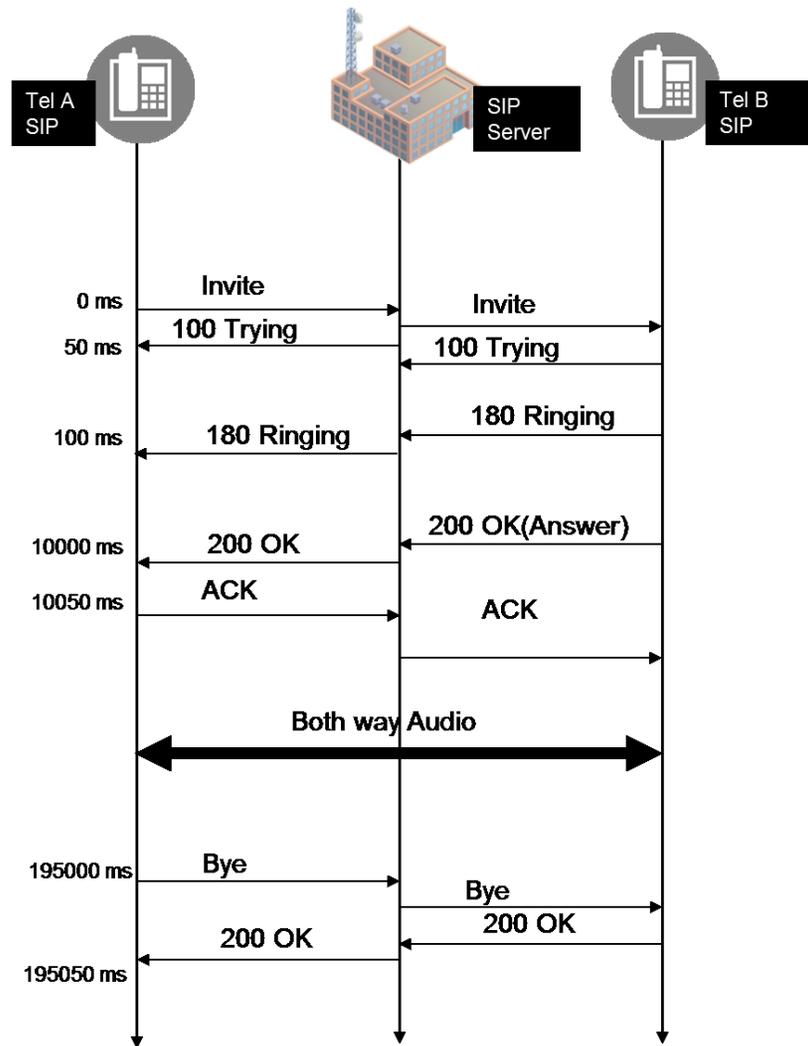


Figura 2.54

Los servidores Proxy tienen las siguientes características:

1. Un servidor Proxy no origina requerimientos (request), únicamente responde a requerimientos provenientes de agentes
2. No tiene capacidad de medios (audio, video, etc.). El medio viaja directamente entre los terminales o "pares".
3. No cambia ni interpreta los cuerpos de los mensajes. Se basa exclusivamente en los campos del cabezal del mensaje.

Un uso típico de servidores Proxy se ve en la Figura 2.55 [22]:

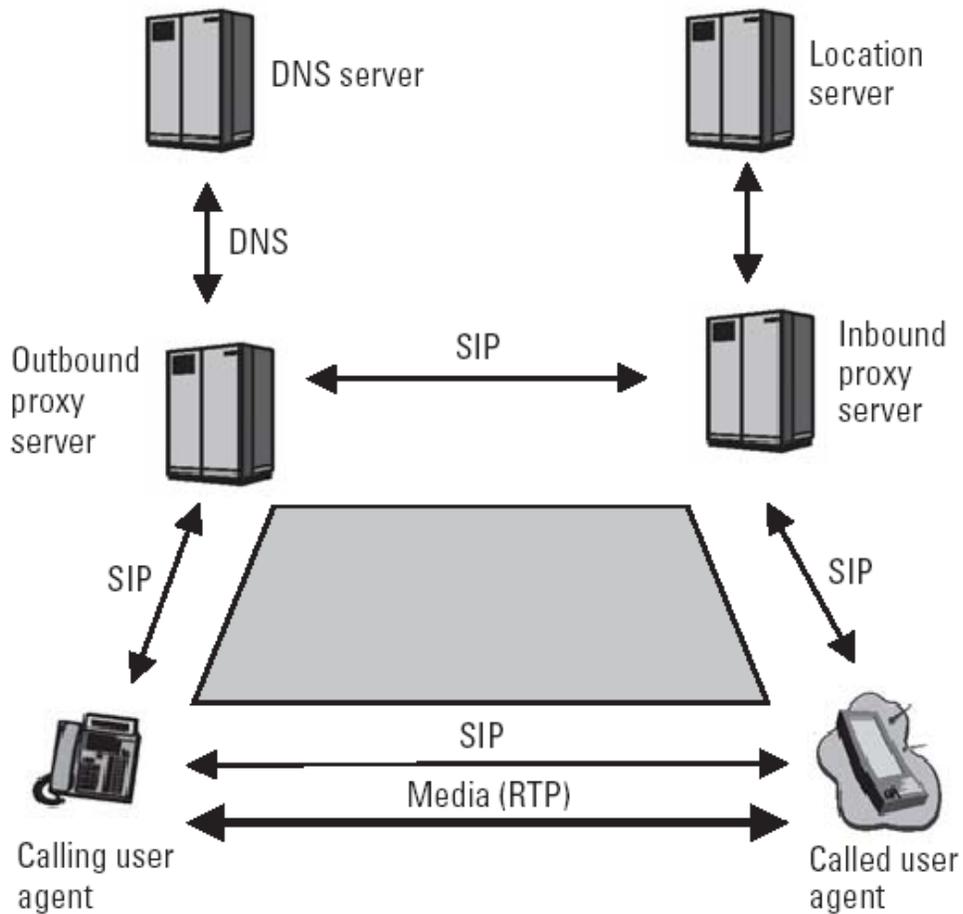


Figura 2.55

Redirect Server

Es un servidor de redireccionamiento. A diferencia del "Proxy", no interviene en el establecimiento de la comunicación, sino que informa la manera de ubicar al destino final. La Figura 2.56 esquematiza el funcionamiento de SIP Redirect.

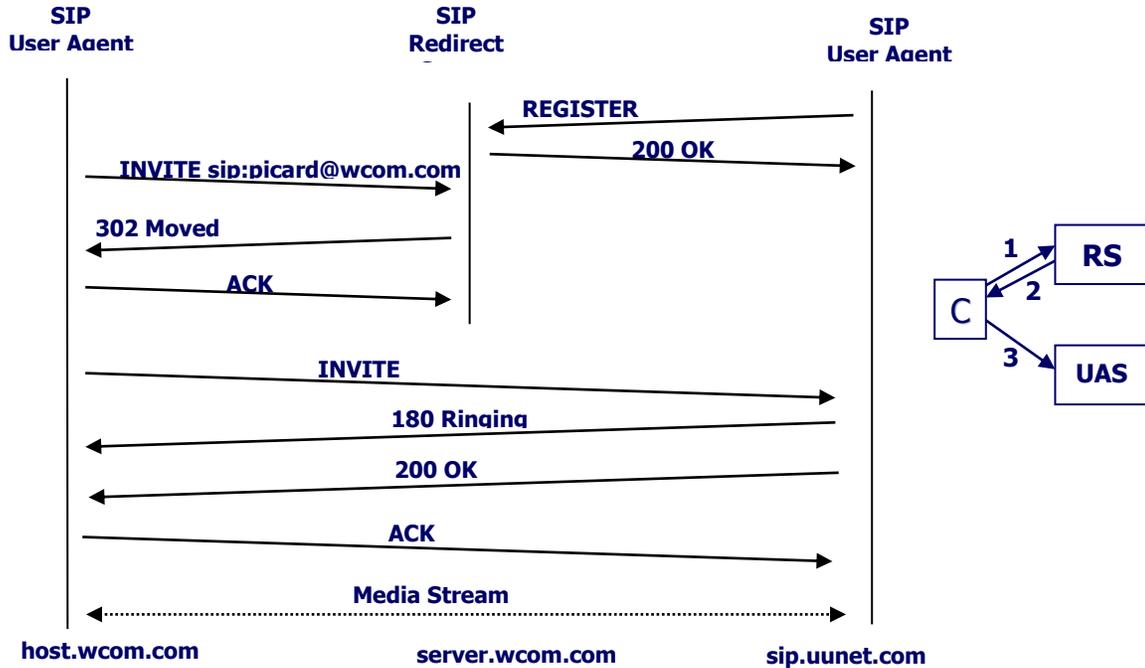


Figura 2.56

Location Server

Es un servidor de búsqueda. Puede ser consultado para obtener la dirección final de un usuario SIP.

Presence Server

Un servidor de presencia es un equipo que en ciertas ocasiones actúa como un agente de presencia y envía información de presencia a otros agentes, y en otras ocasiones actúa como proxy, redirigiendo las solicitudes de subscripciones a otros agentes de presencia.

Todos estos servidores funcionales pueden, en la práctica, estar incorporados en un único servidor, por ejemplo, un Softswitch dentro del núcleo de una red de telecomunicaciones pública.

2.4.2.3 Gateway SIP

Al igual que en H.323, existen pasarelas SIP hacia la PSTN y también hacia H.323. Los gateways son responsables de adaptar el audio, video y los datos, así como también la señalización, entre los formatos propios de SIP y otras redes de telecomunicación, de manera transparente para los usuarios.

En redes dónde no es necesario tener comunicación con terminales externos a la propia red, no es necesario disponer de gateways.

2.4.3 Ejemplos de señalización SIP

La figura Figura 2.57 muestra la señalización en una llamada SIP.

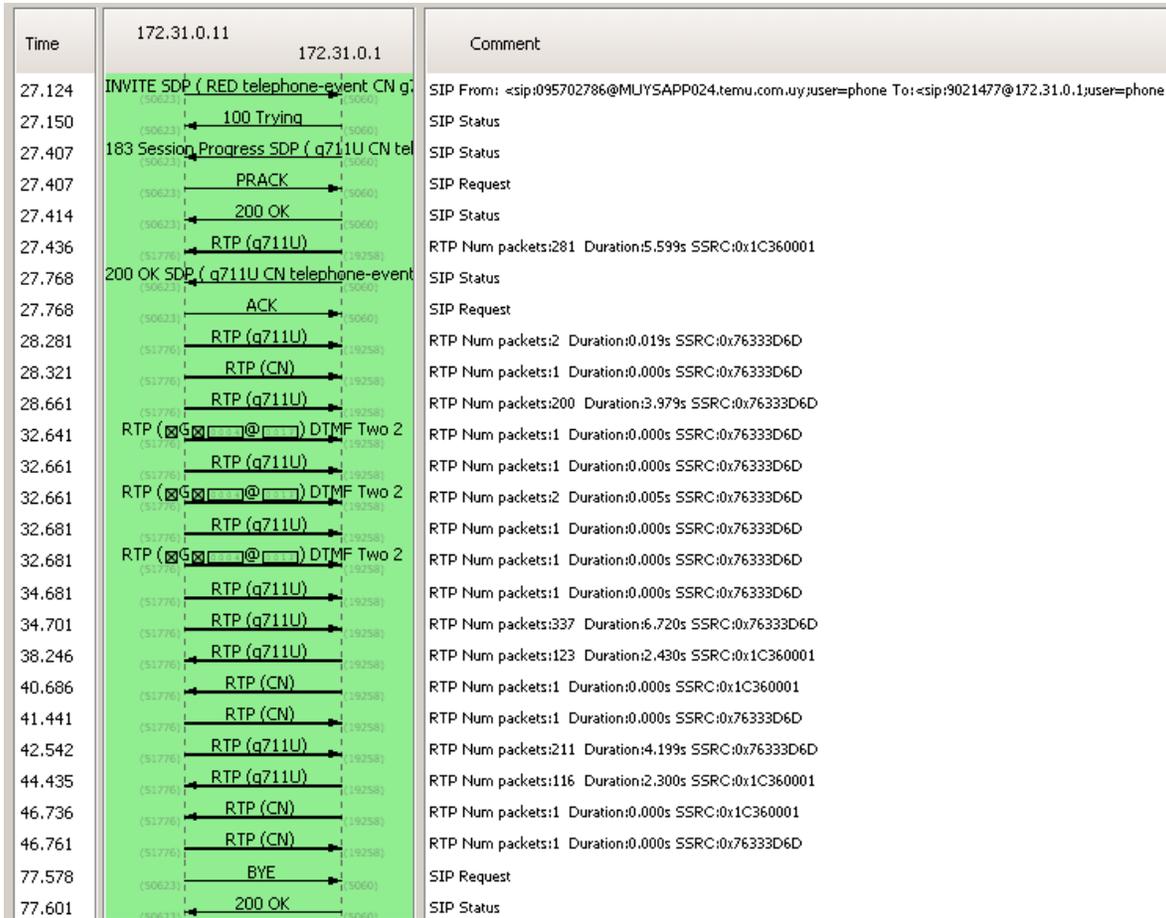


Figura 2.57

La llamada comienza con un “INVITE” del Terminal 1 (172.31.0.11 en este ejemplo) hacia el Terminal 2 (172.31.0.1 en este ejemplo). El Terminal 2 responde con un “Trying” e inmediatamente después con un “Session Progress”. Este mensaje habilita a conectar el audio desde el Terminal 2 hacia el Terminal 1, a los efectos de poder enviar la señal de “Ring Back” o constancia de llamada. El terminal 1 responde con “PRACK” o “Provisional ACK”, el Terminal 2 lo reconoce con un OK y comienza el envío de paquetes de audio RTP (por ahora en forma unidireccional).

Cuando el Terminal 2 atiende la llamada, éste envía un “OK” con cuerpo SDP, intercambian información de codecs y demás capacidades, y comienza el intercambio del medio (paquetes RTP).

En este ejemplo, se ve que como parte del protocolo RTP se utiliza el codec G.711 ley mu, con supresión de silencios y “Comfort Noise”

3 Señalización entre sistemas corporativos y el núcleo de la red

3.1 Reseña histórica

La comunicación de voz en las empresas ha sido una necesidad permanente, desde los inicios de la telefonía. Las soluciones de comunicaciones brindadas a las empresas han evolucionado, desde la instalación de un único teléfono para toda una empresa a finales del siglo XIX, hasta los actuales sofisticados sistemas de “comunicaciones unificadas”.

Los primeros sistemas telefónicos empresariales automáticos fueron conocidos con el nombre de “Key Systems”, o “Sistemas de Teclas”. Estos sistemas electromecánicos, que comenzaron a difundirse en la década de 1920, consistían en conectar varias líneas urbanas a distintos botones o teclas de un mismo aparato telefónico. Cada aparato telefónico era conectado con varios cables. Típicamente por cada línea telefónica se utilizaban 3 pares: Uno para la línea telefónica, otro para señalización y otro para controlar una luz asociada a la tecla de la línea telefónica. En una caja central, conocida como “KSU” (Key Service Unit), se realizaban todas las conexiones y empalmes necesarios. En 1958, las Compañías Bell lanzaron al mercado el “Call Director”, un sistema “key system” ¡que requería 150 pares para cada uno de sus aparatos telefónicos! [24]



Generalmente cada tecla asociada a una línea disponía de una indicación luminosa, que indicaba si la línea estaba libre u ocupada. Cuando se deseaba realizar una llamada, se oprimía un botón de línea urbana libre. Las llamadas podían ser “transferidas” entre “teléfonos” indicando a otra persona que oprima el botón correspondiente a la línea en cuestión.

Viendo un aparato telefónico de uno de estos sistemas, queda claro el nombre de “sistema de teclas” (o “key system”). Este tipo de arquitectura, muy simple desde el punto de vista conceptual, comenzó a tener sus dificultades. A medida que las empresas crecían, necesitaban más líneas urbanas, lo que implicaba disponer de más teclas en los “teléfonos”. Cada nueva línea debía ser cableada hasta cada teléfono. Las teclas de los teléfonos eran mecánicas, y el desgaste continuo inducía a fallas y falsos contactos frecuentemente. Con más de 10 o 12 líneas, los “Key Systems” se convertían en sistemas muy poco manejables.

Los “Key Systems” dejaron su lugar a las PBX (Private Branch Exchange), o “Centrales Telefónicas Privadas”. Las PBX clásicas, también conocidas como PABX (Private Access Branch Exchange) centralizan en una “caja” las líneas urbanas y los “internos”, o teléfonos. Cada teléfono se conecta con uno o dos

pares a la PBX. Las funciones de conectar líneas a teléfonos, o teléfonos entre sí, se realiza en forma centralizada, en la PBX. Las primeras PBX consistían en sistemas electromecánicos. En la siguiente generación de sistemas PBX se utilizó tecnología de conmutación digital. La primer PBX con conmutación digital fue diseñada en 1972, por Northern Telecom (actualmente Nortel) [25]. Las PBX con conmutación digital están dejando su lugar a sistemas con tecnología de VoIP (Voz sobre IP). Sobre el año 2000 fueron comercializadas las primeras PBX que combinaban tecnología de conmutación digital y VoIP, conocidas como sistemas “híbridos”. Poco después comenzaron a tener difusión los sistemas basados únicamente en telefonía IP (“Full IP”). Según datos de la Consultora Dell’Oro de enero de 2009, el 90% de las PBX comercializadas a nivel mundial en 2008 ya tenían capacidad de telefonía IP. Si bien se puede apreciar un notorio incremento de ventas de sistemas corporativos basados en tecnologías IP, aún existe una gran base instalada de sistemas “clásicos”, los que estarán activos por muchos años.

En esta sección se describe la forma en que los sistemas de PBX corporativos se pueden conectar al núcleo de red pública, y en particular, la señalización utilizada.

3.2 Señalización analógica por “corriente de bucle”

La señalización analógica, por “corriente de bucle” o “loop start”, descrita en la sección 2.1, puede ser utilizada también para conectar PBX corporativas con la red pública. En este caso, las “líneas urbanas analógicas”, en vez de ser conectadas a aparatos telefónicos, son conectadas a un sistema de PBX corporativo. Estos sistemas disponen de hardware apropiado (conocidos como “Interfaz de Línea Urbana”), el que “emula” ser un teléfono analógico hacia la red pública, tal como se muestra en la Figura 3.1.

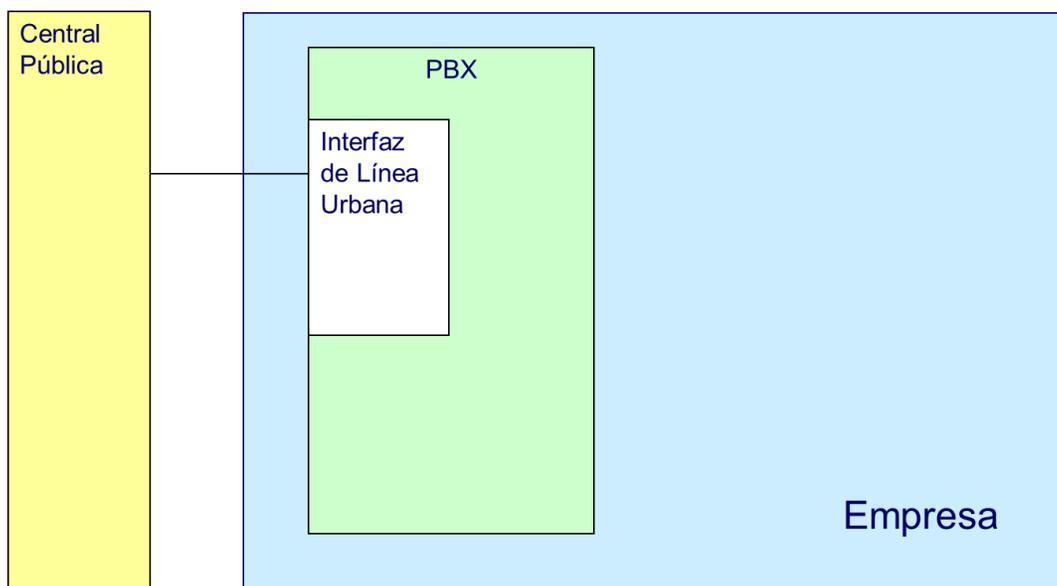


Figura 3.1

Dado que las empresas requieren poder establecer varias comunicaciones simultáneamente, típicamente contratan varias líneas telefónicas analógicas. Estas líneas pueden ser agrupadas en “Colectivos”, que permiten tener un único número público conocido, pero recibir llamadas por cualquiera de las líneas que pertenecen a dicho “Colectivo”.

3.3 Señalización digital R2

La mayoría de las PBX admiten conexión a la red pública a través de servicios digitales del tipo “E1” (o “T1” en Estados Unidos y algunos otros países). Estos servicios brindan acceso telefónico en paquetes de 30 (para E1) o 23 (para T1) canales de voz, multiplexados en un enlace digital y codificados con tecnología PCM (Pulse Code Modulation) en formato G.711 en “ley A” (para E1) o “ley mu” (para T1). Cada canal de voz se transmite a 64 kb/s (producto de la codificación G.711). Adicionalmente hay canales de señalización y sincronismo. La trama E1 tiene un canal de 64 kb/s de señalización y un canal de 64 kb/s de sincronismo, mientras que la trama T1 tiene un canal de señalización de 64 kb/s y un bit de sincronismo. Esto lleva a que un enlace E1 tenga una velocidad de 2.048 kb/s y un enlace T1 una velocidad de 1.544 kb/s. En Uruguay y la gran mayoría de los países de Europa y América latina se utiliza E1, mientras que en Estados Unidos, el Caribe y Japón se utiliza T1.

Uno de los primeros servicios digitales de este tipo se conoció como “servicio E1 R2” o “con señalización R2”, el que se popularizó fuera de Estados Unidos (dónde la señalización utilizada es similar, pero sobre servicios T1 con señalización “R1”). Este tipo de servicio consiste en brindar 30 “líneas telefónicas”, digitalizadas, y transportadas sobre una línea E1 entre el núcleo de la red pública y la PBX corporativa. Para señalar el establecimiento y liberación de cada canal, se utiliza un protocolo de señalización llamado “R2”, estandarizado en las recomendaciones ITU-T Q.400 – 490 [26].

La siguiente figura ejemplifica el formato de una “trama E1”:

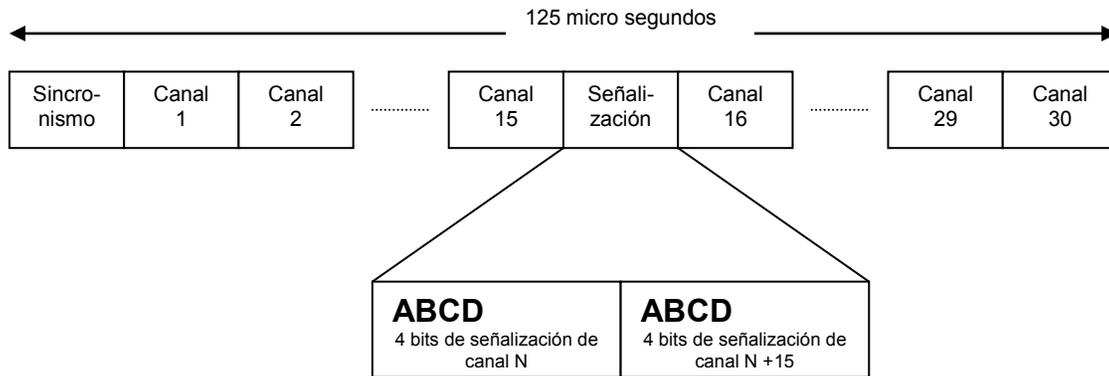


Figura 3.2

Cada canal tiene asociado 4 bits (conocidos como bits ABCD) que se utilizan para la señalización de línea (básicamente emulan la señal de campanilla y la corriente de bucle del canal). Cada trama incluye la señalización correspondiente a 2 canales. Cada canal, por tanto, refresca su señalización cada 16 tramas ($125 \mu\text{s} \times 16 = 2 \text{ ms}$)

Cada trama es unidireccional, por lo que un enlace E1 cuenta con 2 tramas, una de "ida" y otra de "vuelta".

Los bits ABCD de señalización se utilizan para indicar el estado de la línea. Por ejemplo, cuando el canal N se encuentra libre, los bits ABCD asociados al canal N toman los valores 1011, tanto en la trama de "ida" como en la de "vuelta". Cuando la PBX quiere iniciar una llamada por el canal N, cambia el valor de sus bits ABCD correspondientes al canal N al valor 0011 ("Seizure") en la trama de "ida". La central pública reconoce la toma de línea con los valores 0011 ("Seizure Acknowledge") en la trama de "vuelta".

Una vez "tomado" un canal, la PBX debe marcar el número deseado. Esto es realizado mediante la señalización de "registro" R2 (MFC-R2). Esta señalización consiste en el intercambio de tonos, a través del canal de audio, entre la PBX y la central pública.

Mayores detalles sobre el protocolo R2 puede encontrarse en el capítulo 12 de [27], y en el documento "Señalización R2 Digital" [28]

La ITU ha normalizado el formato de las tramas E1 R2, aunque admite variantes que pueden ser utilizadas por cada país o por cada fabricante.

La siguiente Figura 3.3 muestra como es la conexión física de un servicio digital de este tipo, entre el núcleo de la red pública (PSTN) y la central privada PBX. El prestador de telefonía pública arrienda los módem HDSL necesarios para poder transmitir por uno o dos pares de cobre la señal de 2 Mb/s. Estos modems pueden ser conectados directamente a las PBX.

A través de este tipo de interfaces es posible contar con servicios adicionales por parte de la red pública, como lo son el de “Identificación del llamante” (“Caller ID”) y “Servicio de Discado Directo Entrante” (“DID – Direct Inward Dialing”).

La señalización digital R2 ya no se comercializa en sistemas nuevos, pero aún existen varios servicios instalados y en funcionamiento con esta señalización.

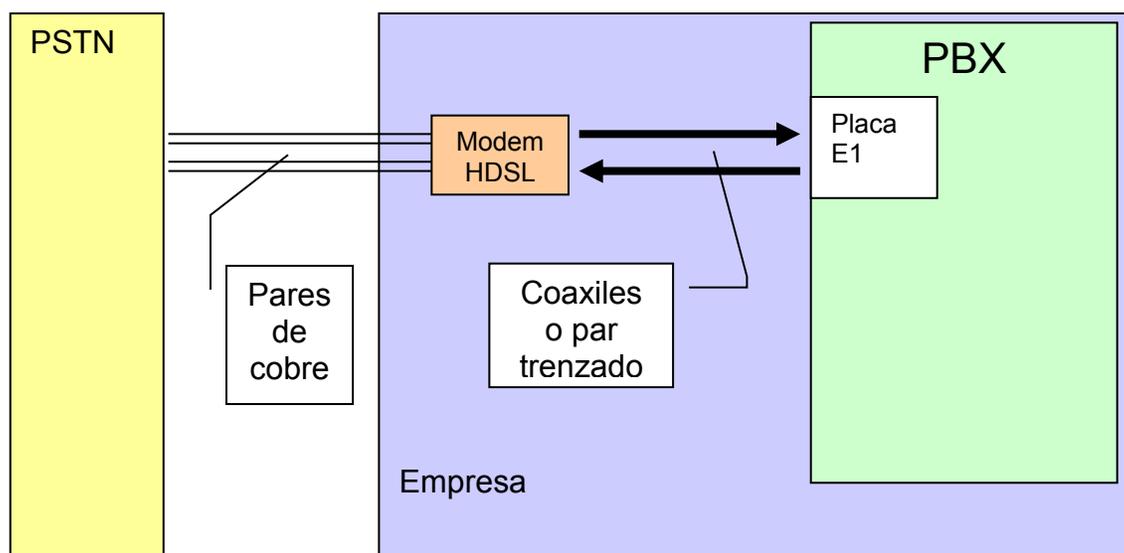


Figura 3.3

3.4 Señalización digital ISDN

La mayoría de las PBX admiten conexión a la red pública a través de servicios ISDN, los que pueden ser de “Acceso Básico” (“BRI – Basic Rate Interface”) o de “Acceso Primario” (“PRI – Primary Rate Interface”). Las interfaces de Acceso Básico proveen dos canales de voz o datos, de 64 kb/s cada uno y un enlace de señalización de 16 kb/s. Las interfaces de Acceso Primario proveen 30 canales de voz o datos de 64 kb/s y un canal de señalización de 64 kb/s.

Los conceptos de ISDN para la conexión entre una PBX y una red pública son los mismos explicados en 2.2, donde se aplicaban a la conexión entre la red pública y un teléfono digital.

A través de los enlaces ISDN es posible obtener servicios de valor agregado, como identificación del llamante, identificación del número llamado (DNIS), etc. Con la contratación del servicio Primario (PRI), el prestador de telefonía pública arrienda, junto con el servicio, los módem HDSL necesarios para poder transmitir

por uno o dos pares de cobre la señal de 2 Mb/s. Estos modems pueden ser conectados directamente a las PBX.

Los enlaces BRI son entregados por la oficina pública con interfaces S/T o U. Estos tipos de interfaces están estandarizados. La interfaz S/T es de 4 hilos y la interfaz U es de 2 hilos. La conversión entre estas interfaces se realiza mediante una “caja” llamada “NT” o “NT1” (Network Terminator). Un esquema de conexión de una línea BRI a una PBX corporativa se puede ver en la Figura 3.5

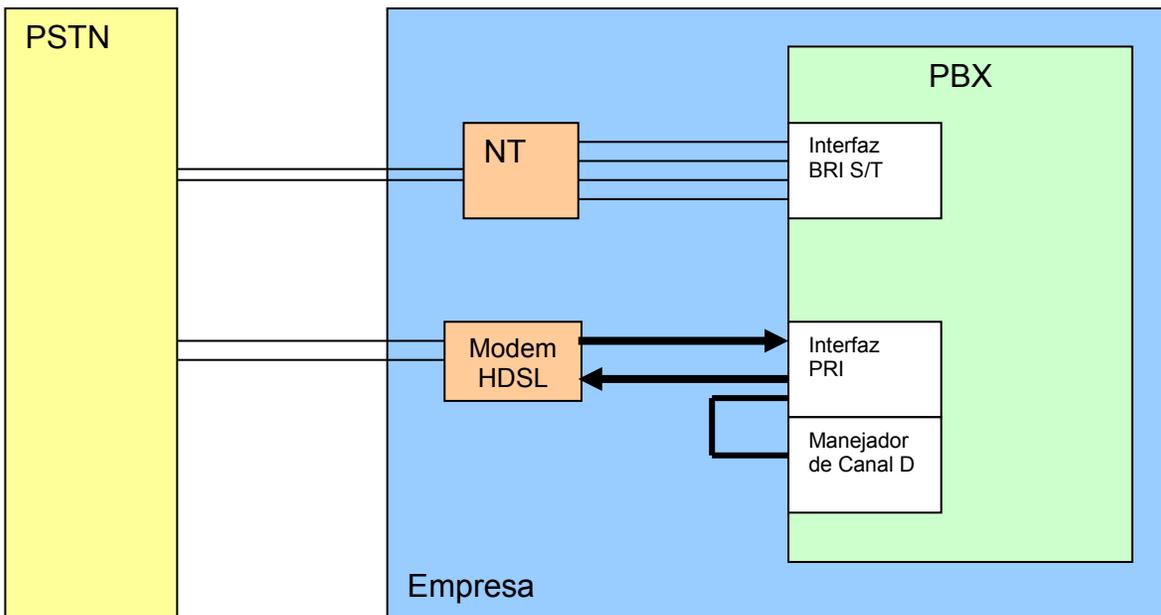


Figura 3.4

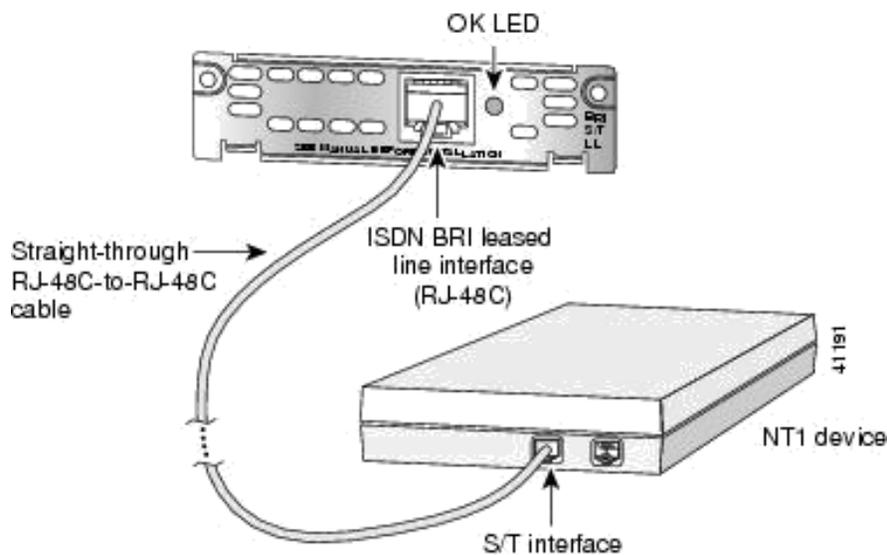


Figura 3.5

El servicio PRI brinda 30 canales de voz (de 64 kb/s cada uno) cuya señalización es enviada por un único canal de datos (canal D, también de 64 kb/s). Los 30 canales de voz y el canal de datos son “multiplexados” en el tiempo, formando una “trama digital”. Esta trama digital requiere de otros 64 kb/s adicionales para permitir el sincronismo en la transmisión, llegando, por lo tanto a una velocidad de trama de 2.048 kb/s.

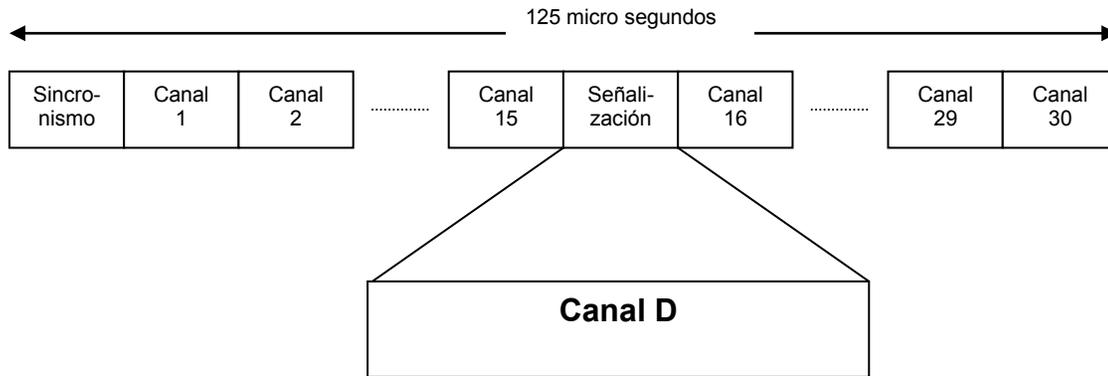


Figura 3.6

3.5 Señalización IP

Se está comenzando a ofrecer a nivel corporativo conexiones del tipo “líneas urbanas” (“troncales”) directamente sobre IP, con señalización SIP. Este tipo de servicios propone una serie de ventajas, entre las que se pueden mencionar las siguientes:

- Se puede manejar un número muy importante de canales de audio bajo un mismo “troncal”. En telefonía digital, típicamente los “troncales” tiene 30 líneas, utilizando tecnología E1.
- Es posible comprar la cantidad justa de canales requeridos (con tecnología E1, la modularidad es de 30 canales), aunque esto depende de la oferta comercial.
- No hay necesidad de cableados, borneras, etc. El servicio se entrega directamente sobre una red de datos IP
- Ofrece servicios equivalentes a la tecnología TDM (Caller ID, DID, DNIS, etc.)
- En sistemas corporativos con soporte para teléfonos IP, al utilizar conexiones IP a la red pública, se elimina la necesidad de utilizar Media Gateways.

Se espera un marcado crecimiento en estas tecnologías disponibles hacia el mercado corporativo en los próximos años.

Para conectar “líneas urbanas” IP entre una empresa y un operador de telefonía es necesario realizar una interconexión de las redes IP. Esto supone ciertos riesgos, tanto para la empresa que contrata el servicio, como para el operador telefónico. Por esta razón es común utilizar equipos que restrinjan el tipo de acceso entre ambas redes, y controlen las sesiones IP que se establecen. Estos equipos tienen el nombre genérico de Session Border Controller o SBC. Se pueden ubicar en las oficinas del prestador de servicios, en las oficinas de la empresa que contrata el servicio, o en ambos lados. En la siguiente figura se muestra su ubicación dentro del ámbito corporativo.

Las funciones más comunes de los SBC son las siguientes:

- Protección de las redes corporativas frente a eventuales ataques
- “Ocultar” la red corporativa hacia el operador de telefonía y viceversa
- Soportar cambios en los formatos de encriptación de la señalización y del medio
- Manipulación de mensajería (típicamente SIP), para adaptarlo entre diferentes sistemas
- Priorización del tráfico de voz (gestión de QoS)
- Transcodificación de medios

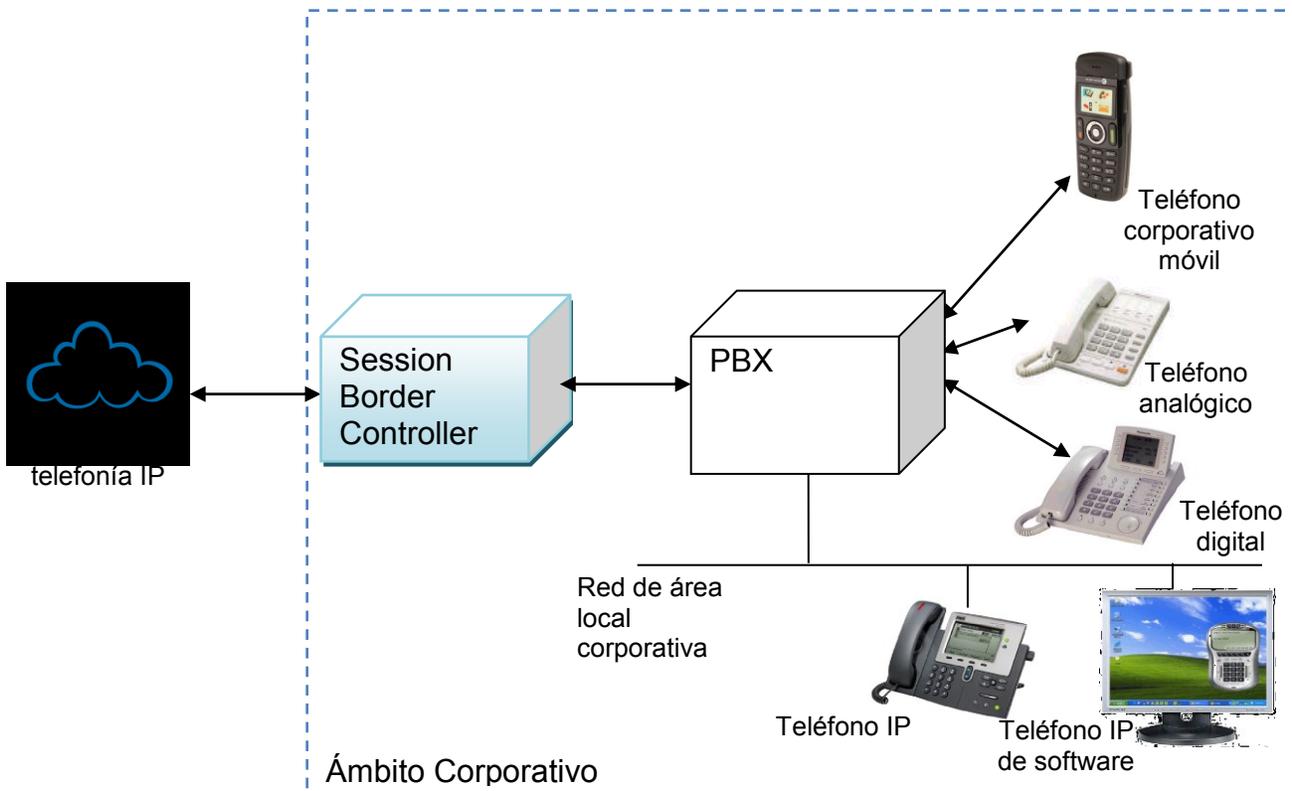


Figura 3.7

4 Señalización dentro del núcleo de la red

4.1 Reseña histórica

Poco después del inicio de la telefonía, fue necesaria la interconexión entre diferentes centrales telefónicas. A los efectos de poder realizarlo de manera estandarizada, se desarrollaron mecanismos de señalización “entre centrales” o de “troncales”, los que fueron evolucionando hasta los actuales protocolos de señalización que se utilizan dentro del núcleo de las redes de telecomunicaciones.

El primer sistema de señalización de este tipo fue desarrollado en 1934, y fue llamado “Sistema de señalización Número 1”, “Signaling System Number 1”, o simplemente SS1. Este protocolo de señalización era muy sencillo, y consistía en el intercambio de un tono de 500 Hz, modulado a 20 Hz, para representar la señal de campanilla. Pocos años después, en 1938, el “Sistema de señalización Número 2” o “Signaling System Number 2”, incorporó la posibilidad de seleccionar el destino automáticamente entre centrales, mediante el intercambio de pulsos representados por tonos de 600 Hz y 750 Hz. El “Sistema de señalización Número 3” fue un sistema utilizado para señalar canales unidireccionales, con sus primeras implementaciones en la década de 1950 y con servicios que funcionaron hasta la década de 1970 [29].

El “Sistema de Señalización Número 4” o SS4, estandarizado actualmente como Recomendación ITU-TQ.120 – Q.139 [30] fue publicado originalmente en el Fascículo VI.2 del Libro Azul de la CCITT y había sido estandarizada por la CCIF en 1954. Se trata de la primera estandarización acerca de la señalización telefónica internacional, que soporta efectivamente marcación automática. En forma similar a las anteriores, la señalización se realiza mediante el intercambio de tonos de diferente frecuencia entre las centrales telefónicas.

El “Sistema de Señalización Número 5” o SS5, estandarizado actualmente como Recomendación ITU-TQ.140 – Q.180 [31] fue publicado originalmente en el Fascículo VI.2 del Libro Azul de la CCITT, siendo su estandarización del año 1964. Fue utilizado en líneas E1 y T1 entre centrales telefónicas. Está basado en el intercambio de dos frecuencias (2400 Hz y 2600 Hz), combinadas con tonos “multifrecuentes”, combinación de dos las siguientes frecuencias: 700, 900, 1100, 1300, 1500 o 1700 Hz. Un ejemplo de esta señalización, tomada del Anexo I de [31], se puede ver en la Figura 4.1.

TABLE I
Semi-automatic (SA) and automatic (A) terminal traffic



Figura 4.1

El "Sistema de Señalización Número 6" o SS6 fue estandarizado en el año 1968, y actualmente es conocido como Recomendación ITU-TQ.251 – Q.300 [32] (fue publicado anteriormente en el Fascículo VI.3 del Libro Azul de la CCITT). SS6 fue el primer sistema de *señalización digital* utilizado en telefonía. Se trata de un protocolo basado en el intercambio de mensajes digitales.

El "Sistema de Señalización Número 6" puede utilizarse para controlar la conmutación de circuitos internacionales, regionales o nacionales. Está concebido para el uso bidireccional de los circuitos de conversación. Este sistema elimina por completo la señalización dentro del circuito de audio, introduciendo el concepto de "Señalización por Canal Común" (CCS o "Common Channel Signalling"), por el que se transmiten todas las señales correspondientes a un conjunto de circuitos de conversación. Estos nuevos enlaces digitales de señalización, interconectados

a través de “centros de tránsito” y de “puntos de transferencia”, forman una nueva red digital, o un nuevo “plano de control”, encargado de transportar la señalización correspondientes a la totalidad de los enlaces de circuitos telefónicos dentro del núcleo de la red.

En 1980 se estandariza el “Sistema de Señalización Número 7” o SS7, en la serie de Recomendaciones ITU-TQ.7xx. Este sistema de señalización, una evolución del anterior SS6, ha tenido muy amplia difusión y ha sido adoptado por la gran mayoría de los operadores de sistemas de telecomunicaciones desde fines de la década del 1980 hasta la actualidad. Aun cuando actualmente los núcleos de red de telecomunicaciones utilizando nuevos protocolos, SS7 continúa siendo un protocolo difundido y utilizado internacionalmente.

Con el despliegue y popularización del transporte de datos por IP, se desarrolló en 1999 un sistema de transporte de señalización sobre IP, llamado SIGTRAN (SIGnalling TRANsport, y publicado por IETF como RFC 2719 “Framework Architecture for Signaling Transport”. Sigtran fue diseñado para transportar de forma confiable la señalización SS7 e ISDN.

También sobre 1999 se estandarizó el protocolo SIP (Session Initiation Protocol), y comenzó a ser utilizado en diversos ámbitos, incluyendo el núcleo de las redes de telecomunicaciones.

La proliferación de los terminales móviles y las conexiones de un mismo usuario desde diversos puntos de la red, dio origen al uso de protocolos de “Autenticación” y “Autorización” dentro de las redes de telecomunicaciones. En redes fijas, los usuarios están asociados a su terminal, y dentro de la red de telecomunicaciones alcanza con tener protocolos para señalar el inicio y fin de las comunicaciones, y para resolver algunos aspectos respecto a servicios especiales y su forma de cobro. Al tener usuarios que se pueden conectar desde diversas ubicaciones, es necesario resolver previamente la autenticación de quien intenta iniciar una sesión, y adicionalmente, su perfil de autorizaciones (qué permisos y restricciones tiene el usuario respecto a los servicios ofrecidos por la red). Esto dio origen al desarrollo y uso del protocolo “Diameter” (estandarizado originalmente en 2003) dentro del núcleo de la red de telecomunicaciones. Diameter es el sucesor del protocolo “Radius”, utilizado originalmente como mecanismo básico para la autenticación y autorización de usuarios.

4.2 SS7

La recomendación ITU-T Q.700 [33] presenta una buena introducción al sistema de señalización número 7 o SS7. El objetivo global de SS 7 consiste en proporcionar un sistema de señalización por canal común (CCS, Common Channel Signalling) de aplicación general, normalizado internacionalmente:

- Optimizado para el funcionamiento en redes de telecomunicaciones digitales junto con centrales telefónicas “TDM” con “control por programa almacenado”.
- Que pueda satisfacer las exigencias presentes y futuras (al momento de su creación) respecto de la transferencia de información para el diálogo entre procesadores dentro de las redes de telecomunicaciones para el control de las llamadas, de control a distancia y de señalización de gestión y mantenimiento.
- Que ofrezca un medio seguro de transferencia de información en la secuencia correcta y sin pérdidas ni duplicaciones.

El sistema fue diseñado para satisfacer las exigencias de la señalización de control de las llamadas para servicios de telecomunicaciones tales como telefonía y también para la transmisión de datos con “conmutación de circuitos”.

El objetivo de SS7 abarca tanto la señalización relacionada con circuitos (establecimiento y liberación de sesiones o llamadas) como la no relacionada con circuitos. Por ejemplo:

- Señalización de establecimiento y liberación de llamadas, tanto para usuarios o dispositivos analógicos como digitales (ISDN).
- Interacción con bases de datos de la red y puntos de control del servicio (por ejemplo, validación de capacidades de usuarios, traducción centralizada de numeración, etc.).
- Gestión de comunicaciones móviles (red móvil terrestre pública).
- Mecanismos para la administración y el mantenimiento de redes.

El protocolo está optimizado para trabajar sobre enlaces digitales de 64 kb/s o sus múltiplos.

4.2.1 Conceptos básicos

Una red de telecomunicaciones a la que da servicio un sistema de señalización por canal común está compuesta de un número de nodos de conmutación y proceso, interconectados por enlaces de transmisión. Para comunicar cada uno de éstos nodos utilizando SS7 se requiere convertir a estos nodos en “puntos de señalización” (SP o “Signalling Points”) de la red SS7. Además es necesario interconectar estos puntos de señalización de tal manera que la información de señalización (datos) de SS7 pueda transferirse entre ellos. Estos enlaces de datos son los *enlaces de señalización* (SDL o “Signalling Data Links”) de la red de señalización SS7. A través de estos enlaces se envían mensajes de señalización, llamados genéricamente unidades de señalización (SU o “Signalling Units”).

4.2.2 Componentes de la red de señalización SS7

Puntos de Señalización (SP o Signalling Points)

Cada nodo o “entidad” en una red de señalización SS7 actúa como un “punto de señalización” o Signalling Point (SP). Cada uno de estos nodos tiene, dentro de la red SS7, un identificador, llamado “Punto de Código” o Point Code (PC) de 14 bits. Este identificador tiene alcance local, dentro de una determinada red SS7, y típicamente son asignados y regulados por la autoridad nacional de Telecomunicaciones. A nivel internacional, para la interconexión de redes, los PC son gestionados por la ITU, de acuerdo a la recomendación ITU-T Q.708. El formato establecido es el indicado en la Figura 4.2.

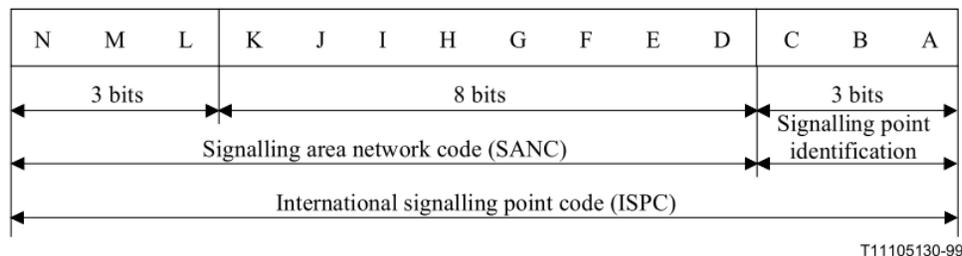


Figura 4.2

Los primeros tres bits identifican la zona geográfica a nivel mundial, y los siguientes 8 el área geográfica. Centroamérica y Sudamérica tienen el identificador “7” (111). Uruguay tiene asignado los Signalling Area Network Code (SANC) 7-096 y 7-097, lo que permite tener hasta 16 códigos de puntos de señalización internacionales. Cada punto de conexión internacional (asignado a un operador de telefonía con conexión internacional) dentro de cada área tiene diferente identificación de Signalling Point Indication (SPI), configurando de ésta manera diferentes y únicos International Signalling Point Codes (ISPC).

A nivel nacional, por ejemplo en Uruguay, la asignación de PC está realizada por URSEC, en el marco del “Plan Nacional de Señalización”. En este plan nacional, los 14 bits del PC se dividen en dos secciones, una estructura de 6 bits para la identificación del bloque, y 8 bits para la asignación interna de hasta 256 Códigos de Punto de Señalización Nacionales, aunque también se admiten otras distribuciones.

Según su función específica, los SP pueden ser clasificados en:

- Service Switching Point (SSP)
- Signalling Transfer Point (STP)
- Service Control Point (SCP)
- Service Data Point (SDP)

Los **Service Switching Point (SSP)** son los nodos SS7 ubicados en los puntos donde hay terminales de usuarios. Son por tanto, los puntos de “ingreso” o “egreso” a la red SS7. En el caso de la red de Telefonía Fija, los SSP son parte de las Centrales Telefónicas Clase 5, o pueden ser equipos directamente conectados a estas centrales telefónicas. Los SSP crean paquetes de señalización (SU - Signaling Units) y los envía a otros SP. La Figura 4.3 muestra un esquema donde dos centrales telefónicas fijas, que tienen usuarios directamente conectados, ofician de SSP y se comunican entre sí mediante un enlace de señalización SS7.

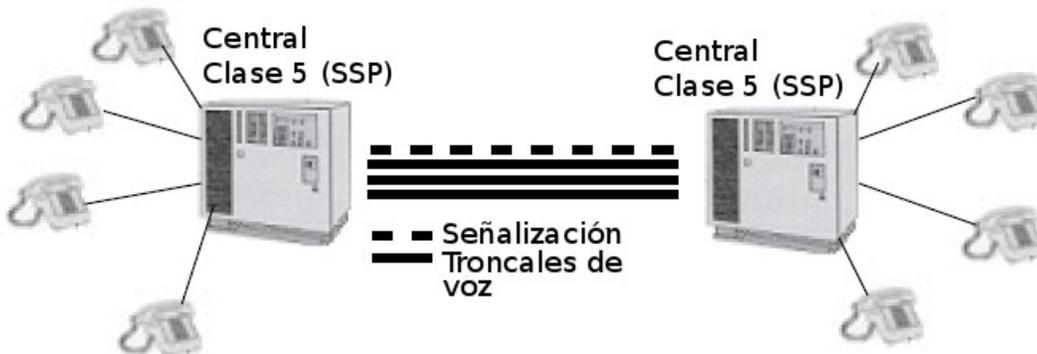


Figura 4.3

Los **Signalling Transfer Point (STP)** son enrutadores de mensajes de señalización dentro de una red SS7. Posibilitan la interconexión de nodos (por ejemplo SSP) que tienen enlaces directamente entre sí. Estos nodos no tienen enlaces de medios (voz, datos de usuarios) asociados, sino que únicamente gestionan los mensajes de señalización SS7. Típicamente se ubican dentro del núcleo de la red, y en la interconexión entre redes. En la Figura 4.4 (tomada de ITU-T Q.705 [34]) se muestra un diagrama donde dos SSP distantes A y F, se interconectan a través de una red de cuatro puntos de transferencia de señalización (STP). Esto proporciona la posibilidad de enviar mensajes de señalización por varios caminos, y ninguna falla puntual en los STP B,C,D o E pueden dejar sin comunicación a los SSP.

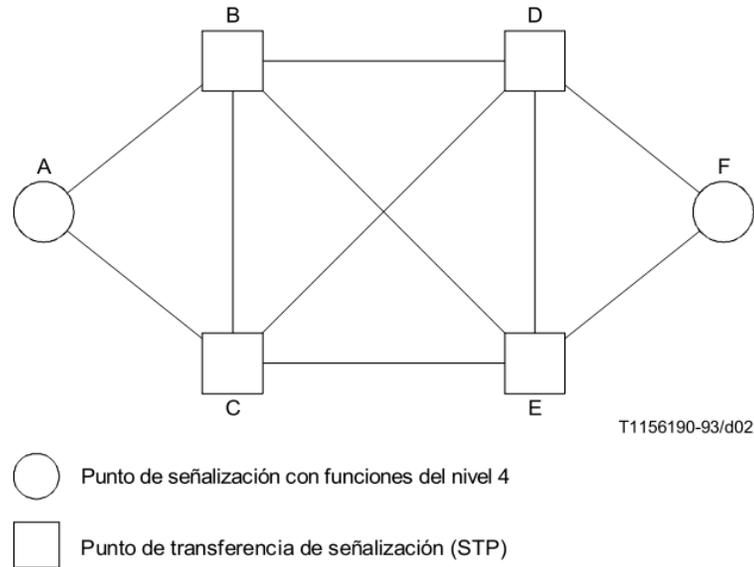


Figura 4.4

Los **Service Control Point (SCP)** son nodos que permiten acceder a información almacenada en bases de datos. Esta información puede ser de diverso tipo. Por ejemplo, información para el procesamiento avanzado de llamadas, información de subsistemas de otros nodos, resolución de números de servicios de valor agregado (0800, 0900), servicios de centros de mensajería, información de facturación, acceso a servicios basados en localización geográfica, entre otros.

Las bases de datos son llamadas **Service Data Point (SDP)**. Se trata de bases de datos que contiene información acerca del suscriptor y/u otro tipo de información necesaria para hacer posible el funcionamiento de diferentes servicios. Un ejemplo son los clientes pre-pago. El crédito de cada cliente se almacena en el SDP y los nodos que requieren esta información, realizan las consultas a través de un SCP (por ejemplo, interrogando periódicamente al SDP para conocer el crédito remanente).

Enlaces de señalización

La interconexión entre nodos de señalización (SP) se realiza mediante enlaces de señalización o **Signalling Data Links (SDL)**, definidos en la recomendación ITU-T Q.702 [35]. El sistema de señalización por canal común utiliza enlaces digitales para transportar mensajes de señalización entre dos puntos de señalización. Estos SDL generalmente tienen un tasa de 64 kb/s. Varios enlaces de señalización (SDL) que interconectan directamente dos puntos de señalización y se utilizan como un módulo constituyen un *conjunto de enlaces de señalización* o **signalling link-set**. De esta manera se puede ampliar el ancho de banda de señalización, repartiendo mensajes entre los diferentes SDL de un mismo signalling link-set. Adicionalmente, si un enlace falla, el resto de los enlaces del link-set continúan funcionando, dotando de mayor confiabilidad al sistema de señalización.

La Figura 4.5 muestra esquemáticamente la interconexión de los componentes de la red de señalización SS7. Los SSP (por ejemplo, centrales telefónicas clase 5 con usuarios conectados) se conectan a dos STP, a efectos de tener caminos de señalización redundantes. Los STP se interconectan en el núcleo de la red de señalización por varios caminos redundantes, y a su vez, tienen conexión con SCPs. En este esquema, la red cuenta con dos SCP, también a efectos de brindar redundancia, conectados a su vez a sus respectivos SDPs. Todos los nodos son conectados con SDLs.

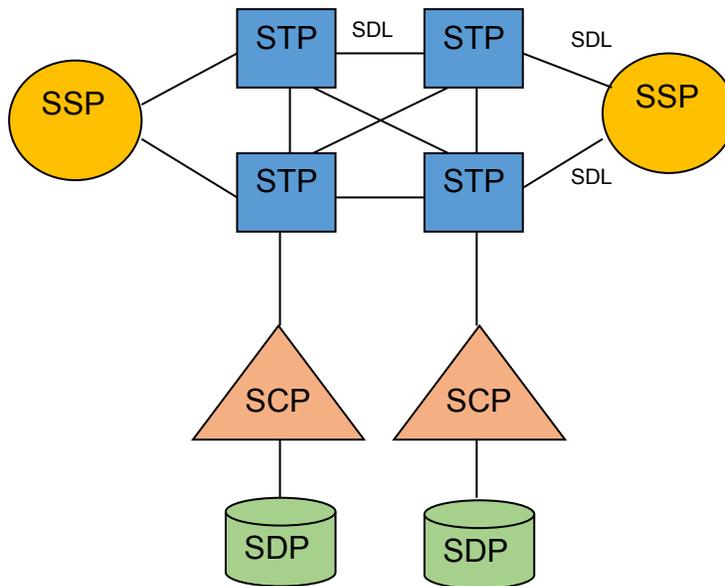


Figura 4.5

4.2.3 Bloques funcionales de SS7

SS7 comprende los siguientes bloques funcionales:

- Parte de Transferencia de Mensajes (Message Transfer Part - MTP)
- Parte Usuario de Telefonía (Telephone User Part - TUP)
- Parte Usuario de RDSI (ISDN User Part - ISUP)
- Parte Control de Conexión de Señalización (Signalling Connection Control Part - SCCP)
- Capacidades de transacción (Transaction Capabilities – TC o TCAP)

El principio fundamental de la estructura del sistema de señalización se basa en la división de funciones: Por una parte, la transferencia de mensajes (MTP), común a toda la señalización y, por otro lado, diferentes protocolos de señalización en función de los requisitos de los “usuarios de la señalización”. El término “usuario”,

en este contexto, se refiere a cualquier entidad funcional que utilice servicios de señalización, basado en la capacidad de transporte proporcionada por la parte de transferencia de mensajes (MTP).

La Figura 4.6 (tomada de ITU-T Q.700) muestra esquemáticamente la pila (o “stack”) de protocolos SS7, comparándola con el modelo estándar de capas ISO/OSI (sobre la izquierda de la figura).

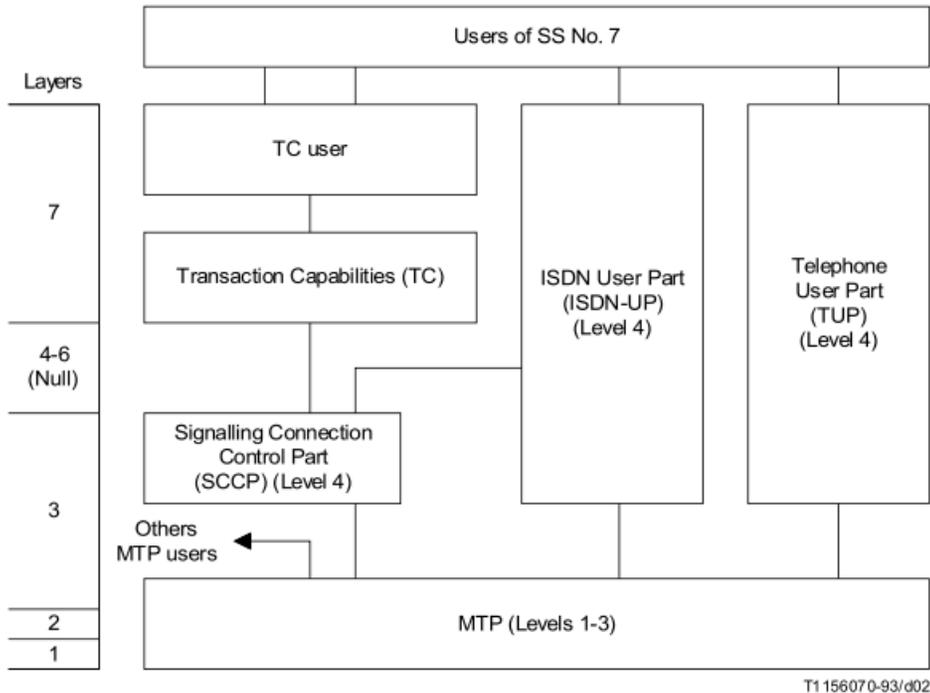


Figura 4.6

4.2.3.1 Message Transfer Part - MTP

La función de la parte de Transferencia de Mensajes (**MTP**) es servir como sistema de transporte, proporcionando una transferencia fiable de mensajes de señalización entre las entidades que se comunican. Esta capa se puede dividir, a su vez, en tres sub-capas o niveles, que siguen la estructura del modelo ISO/OSI, como se esquematiza en la Figura 4.7 (tomada de ITU-T Q.700). Por sobre ellas, se ubican las “Partes de Usuario” o “User Parts” (como TUP, ISUP o SCCP)

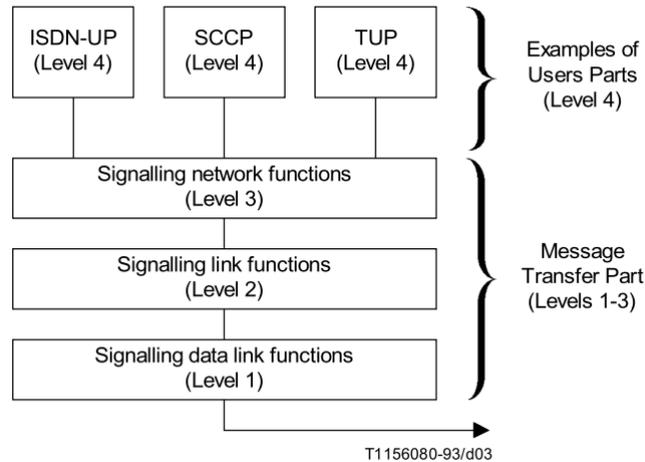


Figura 4.7

El nivel 1 de MTP, equivalente a la “capa física” del modelo ISO/OSI y define las características físicas, eléctricas y funcionales de un enlace de datos de señalización y los medios para acceder al mismo. Esta capa convierte los datos de los mensajes (bits) en señales eléctricas, y se encarga del mantenimiento del enlace físico.

Los requisitos detallados de los enlaces de datos de señalización se especifican en la Recomendación ITU-T Q.702 [35].

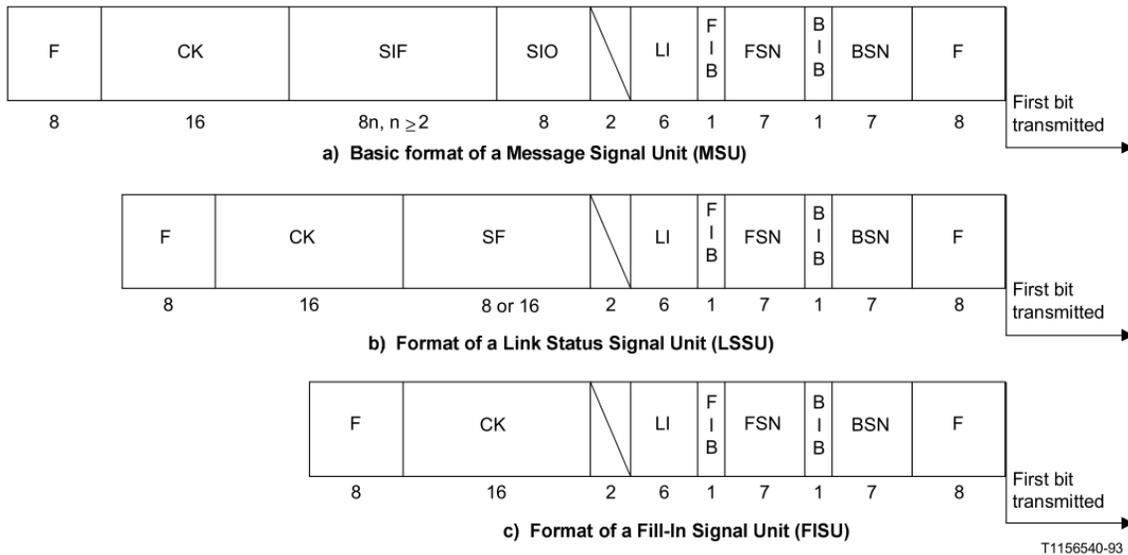
El nivel 2 de MTP, equivalente a la “capa de enlace” del modelo ISO/OSI, define las funciones y procedimientos para la transferencia de mensajes por un determinado “enlace de datos de señalización” (nivel 1), así como las funciones y procedimientos relacionados con dicha transferencia. Esta capa de nivel 2 asegura la *transmisión confiable* del mensaje sobre el enlace de señalización (nivel 1). Es la responsable de realizar el ensamblado de los mensajes, en paquetes o tramas denominados Signaling Units (SU). Implementa control de flujo, validación de la secuencia del mensaje, control de errores y retransmisión de mensajes en caso que sea necesario. También monitorea permanentemente los enlaces y reporta su estado a los efectos de la operación y el mantenimiento.

Los requisitos detallados de las funciones del enlace de señalización se indican en la Recomendación ITU-T Q.703 [36].

A nivel de esta capa, se distinguen tres tipos de mensajes:

- Message Signal Unit (MSU): Son los mensajes que transportan información entre los extremos, por ejemplo, mensajes para el establecimiento y liberación de llamadas, consultas a bases de datos, etc.
- Link Status Signal Unit (LSSU): Son mensajes que describen el estado de sanidad del enlace.
- Fill-In Signal Unit (FISU): Son mensajes de “relleno”, que se envían para mantener el enlace activo cuando no hay otra información útil para transmitir.

Los tipos de mensajes se distinguen por medio del indicador de longitud, que figura en todas las unidades de señalización (SU). Los campos de cada mensaje se pueden ver en la Figura 4.8, extraída de ITU-T Q.703.



- BIB Backward Indicator Bit
- BSN Backward Sequence Number
- CK Check bits
- F Flag
- FIB Forward Indicator Bit
- FSN Forward Sequence Number
- LI Length Indicator
- n Number of octets in the SIF
- SF Status Field
- SIF Signalling Information Field
- SIO Service Information Octet

Figura 4.8

La función de detección de errores se realiza mediante 16 bits de control colocados al final de cada unidad de señalización (campo CK en la Figura 4.8). Los bits de control se generan por el emisor del mensaje a partir de los bits precedentes de la SU según un algoritmo especificado. En el terminal receptor se controlan estos bits, y si de acuerdo con el algoritmo, son inconsecuentes con los bits precedentes de la SU (lo que indica presencia de errores), se descarta la SU.

Dado que cada SU contiene un número secuencial (FSN en la Figura 4.8), es fácil detectar la pérdida de SUs. El sistema de señalización de nivel 2 prevé dos posibles mecanismos de corrección de errores, un método básico y un método de retransmisión cíclica preventiva. El objetivo es asegurar a las capas superiores que todos los mensajes sean recibidos y en estén ordenados en la secuencia correcta.

El nivel 3 de MTP, equivalente a la “capa de red” del modelo ISO/OSI, define las funciones de transferencia y los procedimientos que son comunes a, e independientes de, la operación de los distintos enlaces de comunicación. Estas funciones están agrupadas en dos categorías principales:

- Funciones de tratamiento de los mensajes de señalización: Funciones que transfieren el mensaje al enlace de señalización o parte de usuario que corresponda.
- Funciones de gestión de la red de señalización: Funciones que controlan en cada instante el encaminamiento de los mensajes y la configuración de las facilidades de la red de señalización. En caso de fallo de la red de señalización, se controlan reconfiguraciones para preservar o restablecer la capacidad normal de la transferencia de mensajes.

Los requisitos detallados para las funciones de la red de señalización se describen en la Recomendación ITU-T Q.704 [37].

El encaminamiento, la discriminación y la distribución de mensajes MTP de nivel 3, se basan en una “etiqueta de encaminamiento”, que contiene la información para entregar el mensaje a su punto o nodo de destino. Esta etiqueta de encaminamiento tiene una longitud de 32 bits y se coloca al comienzo del campo de información de señalización (SIF); su estructura se muestra en la Figura 4.9. El DPC (Destination Point Code) indica el punto de destino del mensaje y OPC (Originating Point Code) señala el punto de origen del mensaje. El campo de selección de enlaces de señalización (SLS, Signalling Link Selection) se utiliza, cuando corresponde, para efectuar reparto de carga entre varios enlaces de señalización.

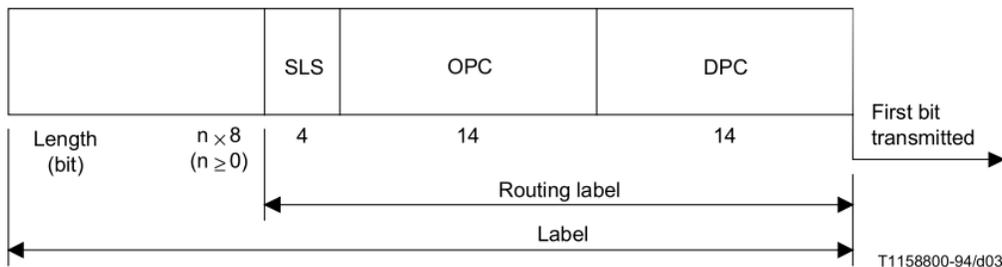


Figura 4.9

Por “encima” de MTP se ubican las “funciones de usuario” SS7, que son:

- la parte usuario de ISDN (ISUP)
- la parte usuario de telefonía (TUP)
- la parte control de conexión de señalización (SCCP)

4.2.3.2 Telephony User Part - TUP

La “parte de usuario de Telefonía” (**TUP**) se define en las Recomendaciones ITU-T Q.721 a Q.725 donde se establecen las forma de transportar señalización de control de llamada telefónicas básicas dentro de SS7. Fue el primer “usuario” de MTP estandarizado por ITU, y ha sido reemplazado en la práctica por ISUP.

4.2.3.3 ISDN User Part - ISUP

La “parte usuario de ISDN” (**ISUP**) se define en las Recomendaciones ITU-T Q.761 a Q.764 y Q.766. ISUP comprende las funciones de señalización requeridas para proporcionar servicios y facilidades de usuario en una red ISDN, así como también en redes analógicas y mixtas analógicas/digitales.

Como es habitual en protocolos de este tipo, el procedimiento de control de llamadas básicas se divide en tres fases: establecimiento de la llamada, fase de transferencia de datos o conversación y fase de liberación de la llamada. Los mensajes de ISUP se utilizan para establecer y terminar las diferentes fases de una llamada, dentro de una red SS7.

El detalle de todos los mensajes ISUP se describe en ITU-T Q.762. Algunos de los mensajes más relevantes son los siguientes:

IAM	Initial Address Message Mensaje enviado para iniciar una llamada, donde se solicita la toma de un circuito o canal de conversación, y se transmiten origen y destino
ACM	Address Complete Message Mensaje enviado “hacia atrás”, para indicar que se han recibido todos los datos necesarios para encaminar la llamada hacia el destino
CPG	Call Progress Mensaje enviado indicando el “progreso” de la llamada (por ejemplo, “alerting”)
ANM	Answer Message Mensaje enviado “hacia atrás” para indicar que la llamada ha sido respondida
REL	Release Message Mensaje enviado en uno u otro sentido, para indicar que el circuito se libera y queda preparado para pasar al estado de reposo, cuando se reciba el mensaje de “liberación completa”.
RLC	Release Complete Message Mensaje enviado en uno u otro sentido como respuesta a la recepción de un mensaje de liberación (RLS)

La Figura 4.11 muestra un ejemplo del uso de ISUP dentro de la red SS7, para señalar el establecimiento y liberación de una llamada entre un usuario digital ISDN y un usuario analógico, conectados a centrales telefónicas diferentes dentro de una misma red

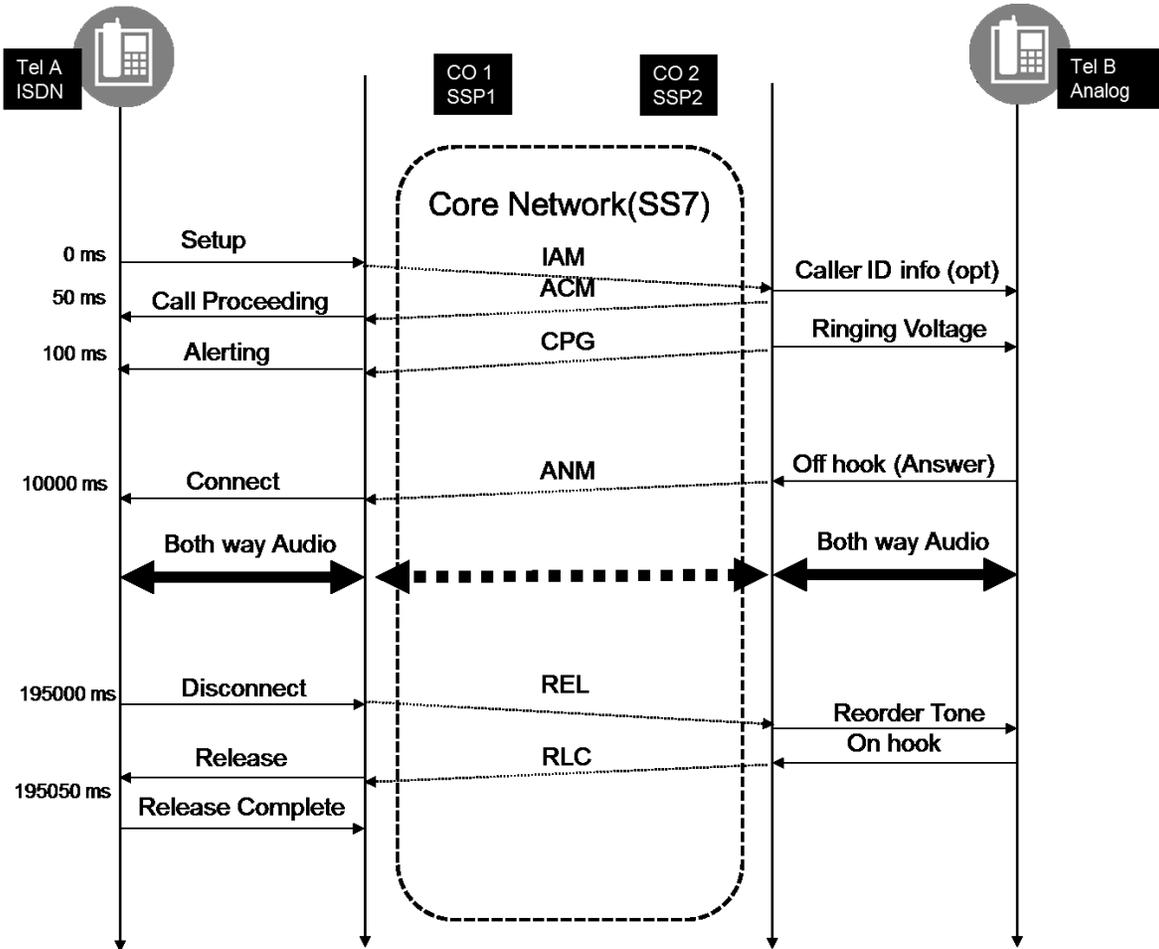


Figura 4.10

4.2.3.4 Signalling Connection Control Part - SCCP

La “parte de Control de Conexión y Señalización” (**SCCP**) se define en las Recomendaciones ITU-T Q.711 a Q.716. SCCP permite señalización no orientada al establecimiento y liberación de llamadas, como lo son TUP o ISUP (por ejemplo, señalización para el acceso a información que se encuentra en una base de datos). También realiza funciones de direccionamiento adicionales a MTP. La combinación de MTP y SCCP se denominan “Parte de Servicio de Red” o “Network Service Part” (**NSP**), convirtiéndose en la capa de transporte para los servicios de las capas superiores (por ejemplo, TCAP). En una red SS7 puede suceder que diferentes aplicaciones o bases de datos se encuentren en un mismo nodo de la red, y por lo tanto, tengan el mismo PC (Point Code). En este caso, no

alcanza con el destino (DPC) indicado a nivel de MTP para identificar la aplicación que debe recibir el mensaje. Se requiere de un nivel de direccionamiento adicional, que es resuelto en la capa SCCP. A estos efectos, SCCP utiliza “número de sub-sistemas” o **SSN** (Sub System Numbers), de modo de direccionar mensajes a diferentes aplicaciones dentro de un mismo nodo de SS7.

SCCP, conceptualizado como la capa de transporte NSP para los servicios de capas superiores, soporta tres tipos de elementos de información para identificar las direcciones de origen y destino de los mensajes:

- Punto de Código de Señalización (Signalling Point Code - PC)
- Número de Sub Sistema (Sub System Number - SSN)
- Título Global (Global Title – GT)

Como se mencionó, el número de subsistema identifica una función o aplicación específica dentro de un determinado punto de señalización. El Global Title (GT) es una dirección que no tiene un contenido explícito de información que permita el encaminamiento en la red de señalización. Por ejemplo, puede ser un número especial marcado por un usuario. Este tipo de “dirección” requiere una función de traducción. Por ejemplo, un número de cobro revertido, del tipo “0800”, no tiene asociado un destino directamente, sino que debe ser “traducido” a un número conocido en la red. Esta traducción, llamada Global Title Translation (GTT) debe ser realizada en alguno de los nodos de la red SS7, asociado a un Signalling Transfer Point (STP). Un caso de uso para la determinación del destino de un número de cobro revertido se muestra en la Figura 4.11, basada en [38]. Allí se muestra como un usuario marca un número de cobro revertido (08001234). Este número no puede ser directamente resuelto por las tablas de ruteo (que contienen números dentro del plan de numeración habitual, pero no números del tipo 0800), y debe ser enviado a un elemento de la red de señalización que lo “traduzca”. De esta manera, la dirección de destino es etiquetada como “Global Title”, y enviada al SCP que contiene la base de datos SDP que conoce el número “real” asociado al servicio 08001234. Este número (29021234 en el ejemplo de la figura) es devuelto “hacia atrás” y la llamada es luego enrutada al destino correcto.

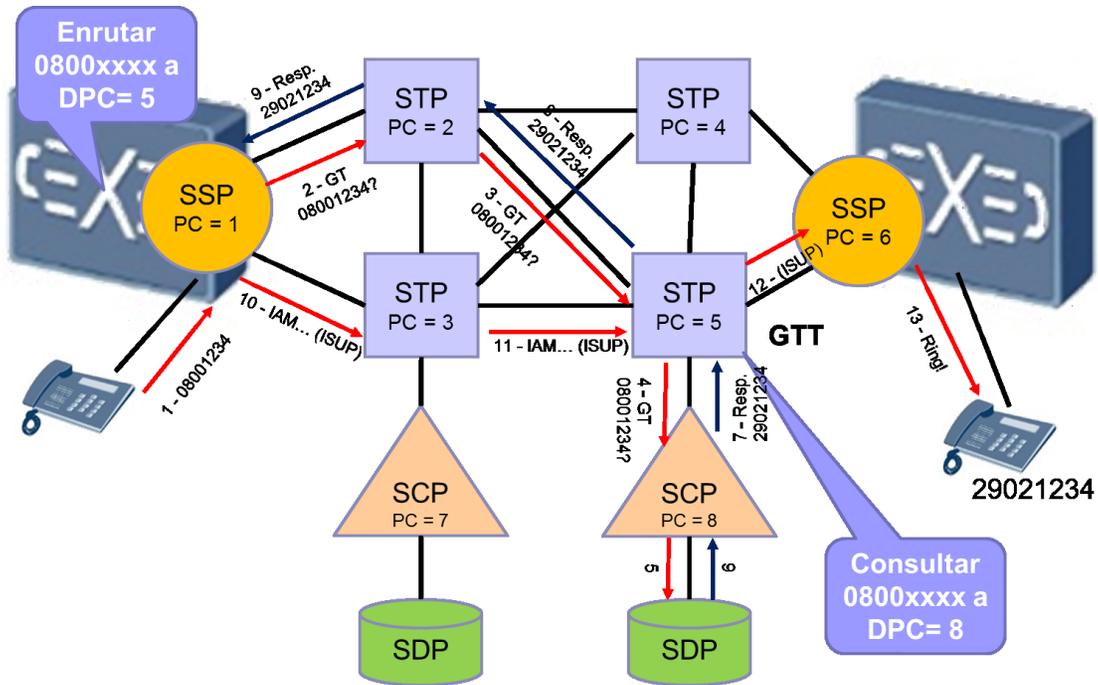


Figura 4.11

4.2.3.5 Transaction Capabilities - TCAP

Las capacidades de transacción se definen en las Recomendaciones ITU-T Q.771 a Q.775. La TCAP proporciona los medios para establecer comunicaciones no relacionadas con el circuito entre dos nodos de la red de señalización. Por motivos históricos, las siglas TC o TCAP pueden ser utilizadas indistintamente, aunque "TACP" es más conocida. TCAP se ubica, en el modelo de capas, por encima de "Network Service Part" (NSP), compuesto por SCCP y MTP, y por tanto utiliza las opciones de direccionamiento soportadas por SCCP.

Su propósito principal es facilitar "diálogos" entre máquinas o subsistemas de una red. Se utiliza un identificador de transacción para diferenciar cada diálogo. Un diálogo tiene un comienzo (TC_BEGIN), una continuación (TC_CONTINUE) y un fin (TC_END). Dentro de cada diálogo, las "usuarios" o capas superiores a TCAP intercambian mensajes.

Las siguientes aplicaciones son ejemplos de "usuarios TCAP":

- Aplicaciones de servicio móvil (por ejemplo, servicios de "Roaming")
- Registración, activación e invocación de servicios suplementarios que implican facilidades especializadas (por ejemplo, servicio de llamadas gratuitas, servicio con tarjeta de crédito)
- Intercambio de información de señalización no relacionada con el control de circuitos
- Aplicaciones de explotación y mantenimiento (por ejemplo, interrogación/respuesta, transferencia masiva de datos).

Cuando la TCAP es utilizada en un servicio de red del sistema SS7, se utilizan las opciones de direccionamiento soportadas por la SCCP.

Algunos de los servicios que utilizan TCAP son los siguientes:

- INAP: Intelligent Network Application Protocol. Capa de aplicación de señalización para redes inteligentes (IN). Provee varias capacidades, una de las más usuales es el mapeo de números 0800 y 0900.
- MAP: Provee capa de aplicación de señalización para redes móviles GSM y UMTS y proveer servicios a usuarios móviles como acceso a HLR, VLR, Equipment Identity Register, Authentication Center, SMS, SGSN, etc.

4.3 SIGTRAN

Con el despliegue y popularización del transporte de datos por IP, se desarrolló en 1999 un sistema de transporte de señalización sobre IP, llamado SIGTRAN (SIGnalling TRANsport), y publicado por IETF como RFC 2719 “Framework Architecture for Signaling Transport” [39]. Sigtran fue diseñado para transportar de forma confiable la señalización SS7 e ISDN sobre redes IP.

Sigtran traduce o transporte mensajes MTP de SS7 en mensajes IP. Esto se realiza en dispositivos encargados de “traducir” señalización entre sistemas digitales TDM de SS7 a sistemas de paquetes IP, llamados “Signalling Gateways” o “Pasarelas de Señalización”.

El modelo de capas de Sigtran se muestra en la Figura 4.12. Allí se puede ver como diferentes elementos de SS7 son reemplazados por nuevos elementos de Sigtran, brindando a las capas superiores los mismos servicios que se brindan en SS7.

El nivel 1 de MTP (o MTP-1) se reemplaza en Sigtran por el protocolo **SCTP**/IP. Stream Control Transmission Protocol (SCTP), estandarizado en el RFC 4960 [40], ofrece ventajas sobre los protocolos tradicionales como TCP y UDP y lo hacen más adecuado para transportar mensajes de señalización SS7.

El nivel 2 de MTP (o MTP-2) se reemplaza en Sigtran por las capas **M2UA** (MTP-2 User Adaptation), definida en el RFC 3331 [41] o **M2PA** (MTP-2 Peer to Peer Adaptation Layer), definida en el RFC 4165 [42]. M2UA adapta la capa superior (MTP-3) directamente al protocolo SCTP, y permite el intercambio de mensajes punto a punto entre pares MTP-3 que pueden estar en nodos SS7 o Sigtran. Por ejemplo, puede ser utilizado para conectar un SSP (dentro de una red SS7) con un Media Gateway Controller (MGC, dentro de una red IP) en un enlace “punto a punto”. Para ello, se puede disponer de un Signalling Gateway (SGW) entre la red digital TDM y la red IP, como se muestra en la Figura 4.13.

La capa M2UA es una “pasarela”, a nivel de MTP-2, entre un nodo SS7 y un nodo Sigtran. Como tal, no tiene una dirección SS7 (PC), ya que no implementa las funciones completas de MTP-3 (únicamente lo necesario para traducir mensajes MTP-2 de SS7 a Sigtran).

Alternativamente, la capa llamada M2PA implementa un “nodo SS7”, que implementa también la capa MTP-3 y tiene por tanto una dirección CP de SS7.

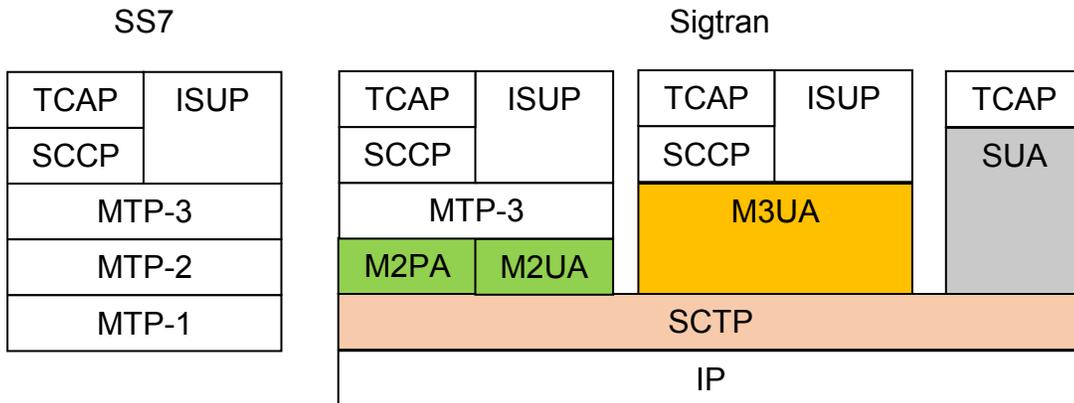


Figura 4.12

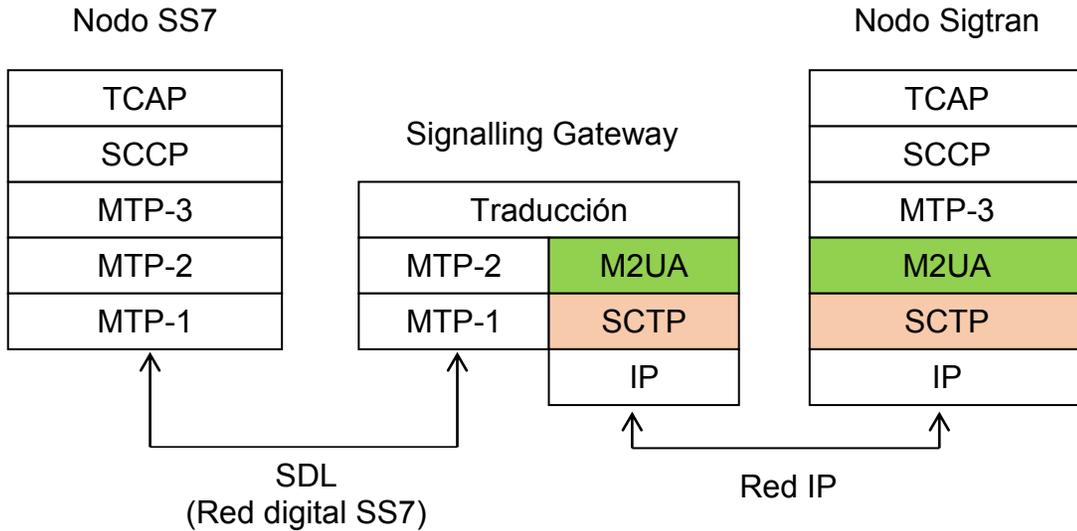


Figura 4.13

En la Figura 4.14 se ve una captura de un mensaje Sigtran. Se pueden observar las capas IP / SCTP, M2UA, MTP-3, ISUP. En la Figura 4.15 se ven los detalles de la capa MTP-3, en particular, la “etiqueta de encaminamiento” (“routing label”), donde se muestran los valores del DPC y OPC. En la Figura 4.16 se ve el mensaje ISUP, donde se observa que se trata de un mensaje “Initial Address” (IAM) y dentro de él, se detallan los números de teléfonos del origen y del destino, entre otra información ISDN.

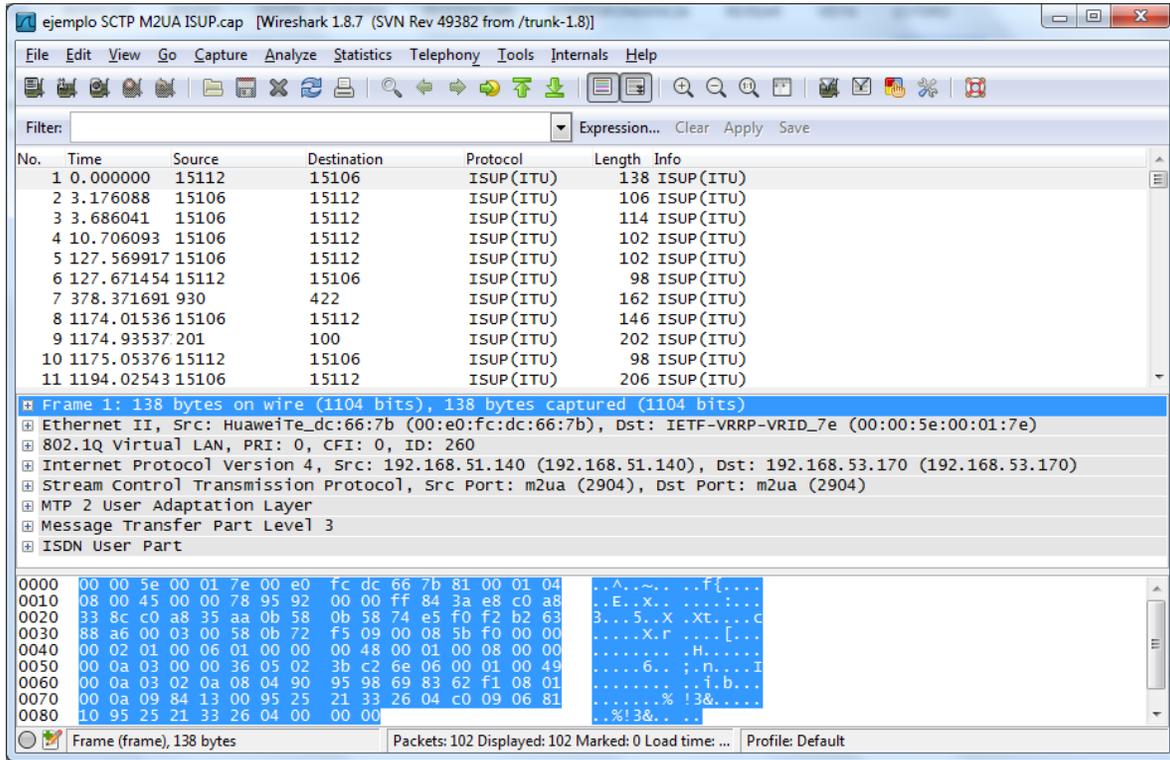


Figura 4.14

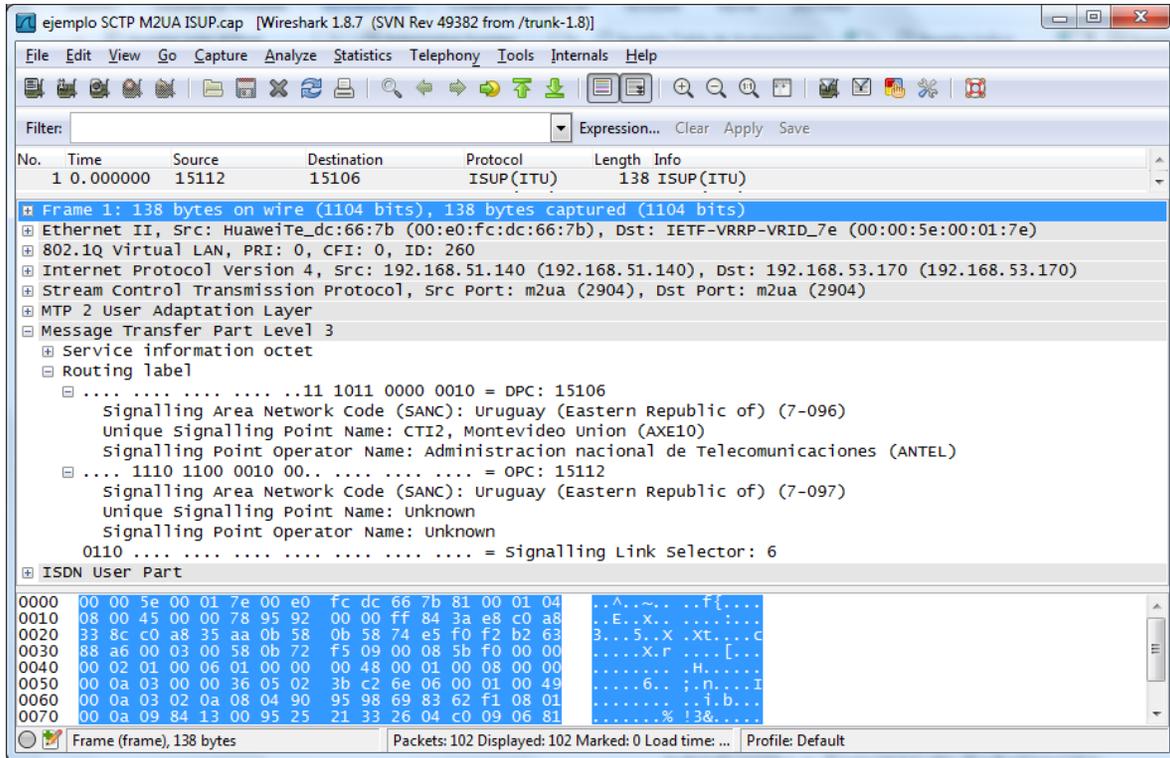


Figura 4.15

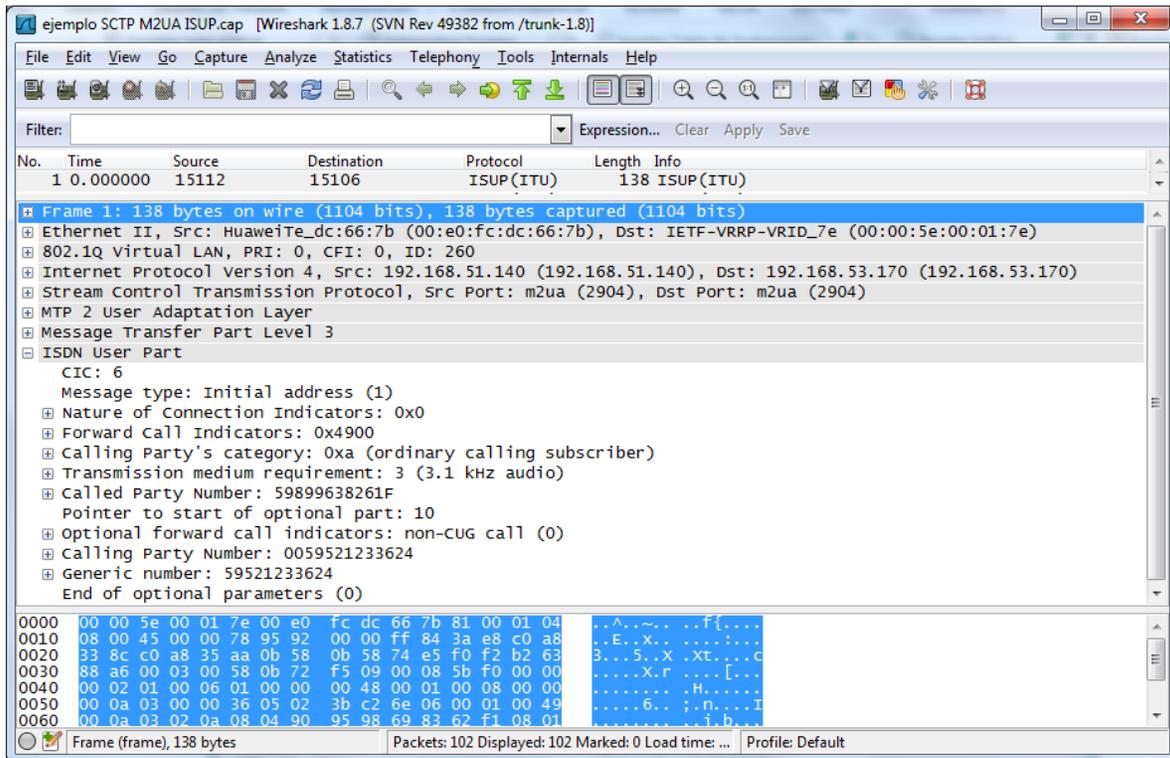


Figura 4.16

El nivel 3 de MTP (o MTP-3) se reemplaza en Sigtran por la capa **M3UA** (MTP-3 User Adaptation), definida en el RFC 4666 [43]. Un nodo que implementa M3UA posee una dirección SS7 (PC), y su función, desde la red SS7, puede ser similar a la de un STP, pero que rutea mensajes hacia nodos Sigtran que están conectados en la red IP.

SCCP en SS7 puede ser reemplazado por **SUA** (SCCP User Adaptation). SUA transporta los mensajes SCCP generados por capas superiores (por ejemplo TCAP) hacia nodos Sigtran.

4.4 SIP

El protocolo SIP, descrito en 2.4, puede también ser utilizado en el núcleo de las redes de telecomunicaciones. Los “softswitches”, característicos de las redes de nueva generación (NGN), soportan este protocolo para la conexión de usuarios finales, tanto residenciales como corporativos. Un softswitch tiene las funciones de “SIP Server”, por ejemplo, la función de SIP Registrar y SIP Proxy.

Para proteger al núcleo de la red, es usual que se utilicen elementos del tipo Session Border Controllers (SBC). Estos componentes, de manera similar a los descritos en 3.5, tienen las siguientes funciones

- Protección de las redes del operador o prestador de servicios frente a eventuales ataques
- “Ocultar” la red del operador hacia los usuarios
- Soportar cambios en los formatos de encriptación de la señalización y del medio
- Manipulación de mensajería (típicamente SIP), para adaptarlo entre diferentes sistemas
- Priorización del tráfico de voz (gestión de QoS)
- Transcodificación de medios

SIP puede también ser utilizado para transportar mensajes SS7 ISUP, para lo cual se definió la variante SIP-T (SIP for Telephones), definida en el RFC 3372 [44]. Esta variante permite interconectar dos redes SS7, a través de una red de señalización SIP. Un ejemplo se puede ver en la Figura 4.17. En este caso, la PSTN 1 dialoga con la PSTN 2, cursando la señalización a través de una red NGN que contiene dos “Softswitches”. Ambas PSTNs están interconectadas con la red NGN a través de Signalling Gateways (SGW) y Trunk Gateways (TGW). Los SGW realizan la traducción de SS7 a SIP-T, la que es recibida por los SoftSwitchs, que actúan como SIP-Proxies. En la Figura 4.18 se muestra un esquema de señalización, donde se ven las traducciones de la señalización SS7 a SIP-T, en el

borde entre la red SS7 y la red SIP (por razones de espacio y claridad, la figura no muestra la segunda parte de la señalización, que es simétrica).

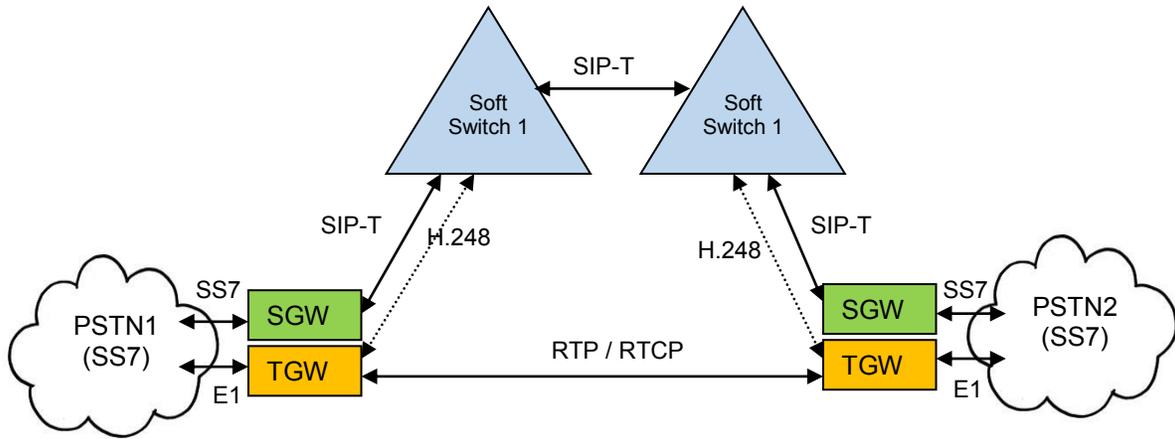


Figura 4.17

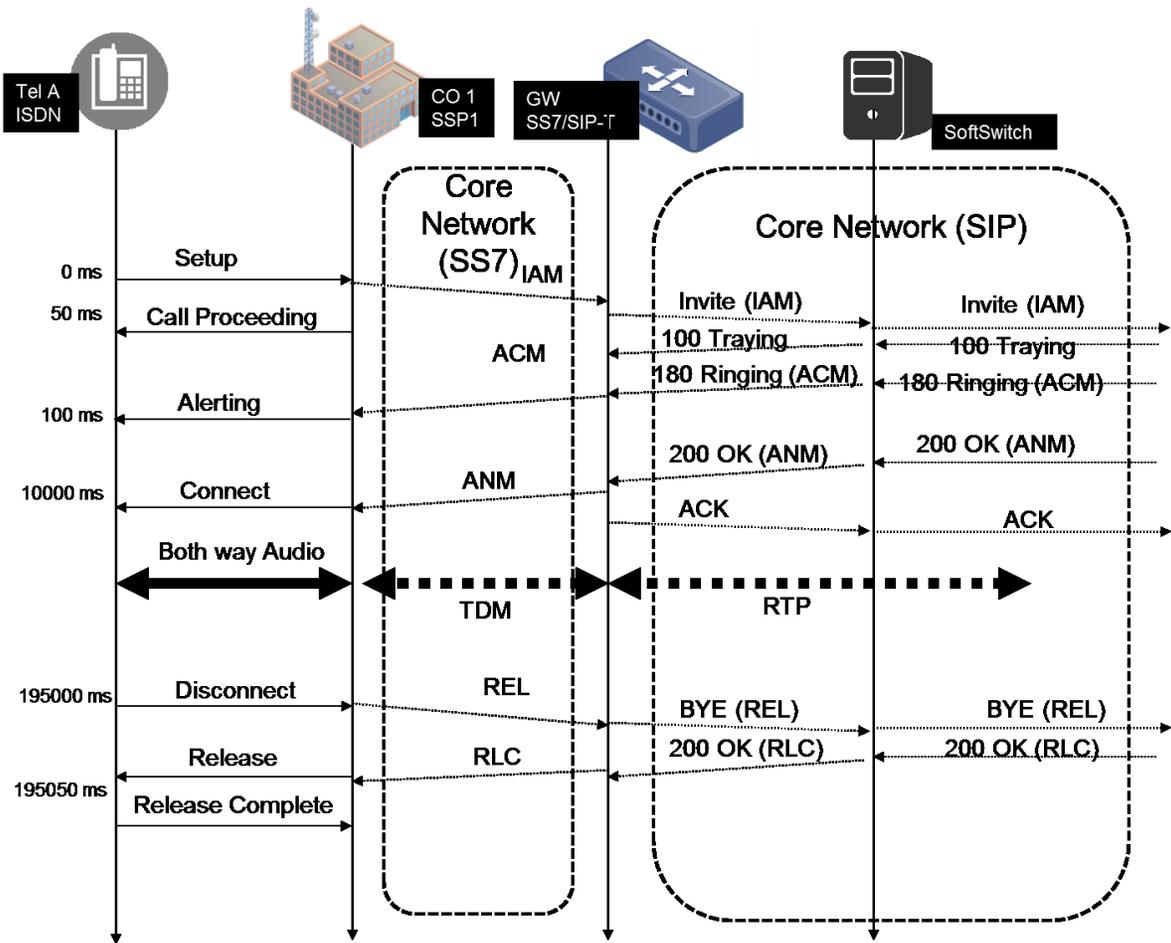


Figura 4.18

4.5 DIAMETER

4.5.1 Conceptos básicos

DIAMETER es un protocolo diseñado para suministrar servicios conocidos como AAA (“Authentication”, “Authorization”, “Accounting”), para aplicaciones que involucran acceso a redes o aplicaciones con usuarios móviles. Diameter está estandarizado en el RFC 6733 [45] y se ha basado en el protocolo RADIUS (Remote Authentication Dial-In User Service). RADIUS había sido diseñado originalmente para validar a los usuarios que accedían a servicios de Internet mediante módems o servicios xDSL. El usuario accede mediante un nombre de usuario y una contraseña, y la validación del mismo se realiza en un servidor (por ejemplo un servidor Lightweight Directory Access Protocol o LDAP) accedido mediante el protocolo RADIUS, donde se comprueba que la información es correcta utilizando esquemas de autenticación como PAP, CHAP o EAP. Si es aceptado, el servidor autorizará el acceso. Actualmente RADIUS está estandarizado en el RFC 2865 [46]. Un esquema básico de esto se puede ver en la Figura 4.19.

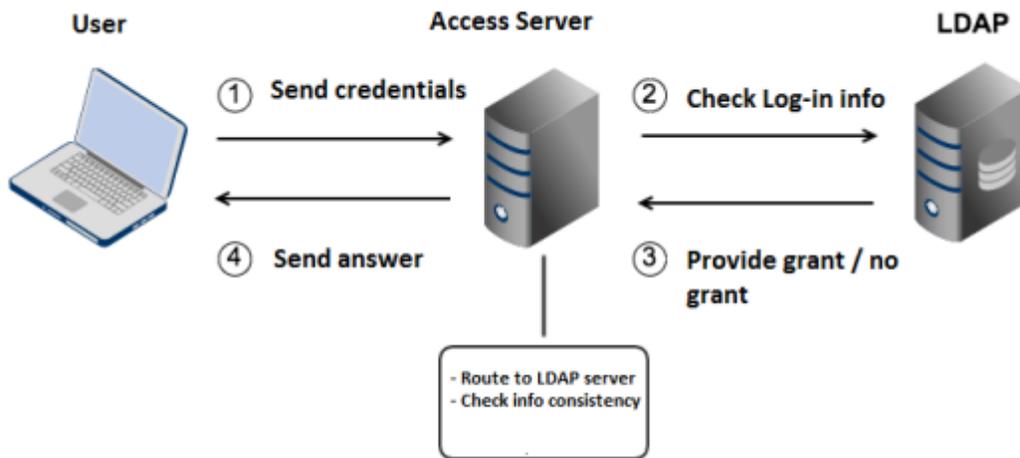


Figura 4.19

4.5.2 Características de DIAMETER

Sin embargo, RADIUS fue considerado poco flexible, poco seguro y poco confiable para ser utilizado en forma general dentro de los núcleos de las redes de telecomunicaciones. Es por ello que se define un nuevo protocolo, al que llaman “DIAMETER” (el doble de RADIUS!), donde se establecen varias mejoras para superar las debilidades de RADIUS. Dentro de las mejoras respecto a su antecesor, se destacan:

- **Confiabilidad y seguridad en la capa de transporte**
Mientras que Radius corre sobre UDP, Diameter corre sobre TCP o SCTP, como se muestra en la Figura 4.20 (ambos protocolos considerados más confiables y seguros que UDP). Adicionalmente, Diameter provee soporte para TLS/TCP y DTLS/SCTP, estandarizando el soporte de mecanismos de transmisión seguros.

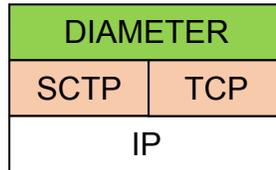


Figura 4.20

- **Mecanismos de fail-over**
Radius no estandariza mecanismos de fail-over. Como corre a nivel de UDP, no hay procedimientos de hand-shaking definidos. En contraste, Diameter soporta ‘acuses de recibo’ (ACKs) a nivel de capa de aplicación y define algoritmos de fail-over apropiados.
- **Soporte de agentes Diameter**
Si bien pueden existir “Proxies” de Radius, estas funciones no están estandarizadas. Diameter define específicamente diversos “agentes”, como lo son Proxys, Redirects y Relays.

Los “agentes” pueden ser “stateless” o “stateful”. Los primeros (agentes stateless), no conocen ni mantienen el estado de la sesión entre fuente y destino. Simplemente mantienen temporalmente el estado de la transacción en curso (“Request and Answer”). Al recibir la respuesta al último requerimiento, el agente “stateless” quita toda información relativa a este requerimiento de su memoria. Los segundos (agentes stateful) mantienen en su memoria la información de la sesión establecida entre fuente y destino, durante todo el tiempo que ésta esté activa.

Los agentes **Relays** son agentes de Diameter que aceptan y enrutan los mensajes de otros nodos hacia su destino, en función de la información que contiene el mensaje y las tablas de enrutamiento. No analizan el contenido de los mensajes, únicamente los encabezados con la información necesaria para el correcto enrutamiento. Son stateless, y básicamente offician de “enrutadores Diameter”.

Los agentes **Proxys** son similares al Relay. Al igual que éstos, los agentes proxy enrutan los mensajes Diameter usando tablas de enrutamiento. Sin embargo, difieren de los Relays, ya que modifican los mensajes para implementar la aplicación de ciertas políticas. Esto requiere que los proxys mantengan el estado de las conexiones (son stateful) para asegurar el uso

de recursos, proporcionar control de admisión y proporcionar aprovisionamiento. Se ve un ejemplo en la Figura 4.21, tomada de [47].

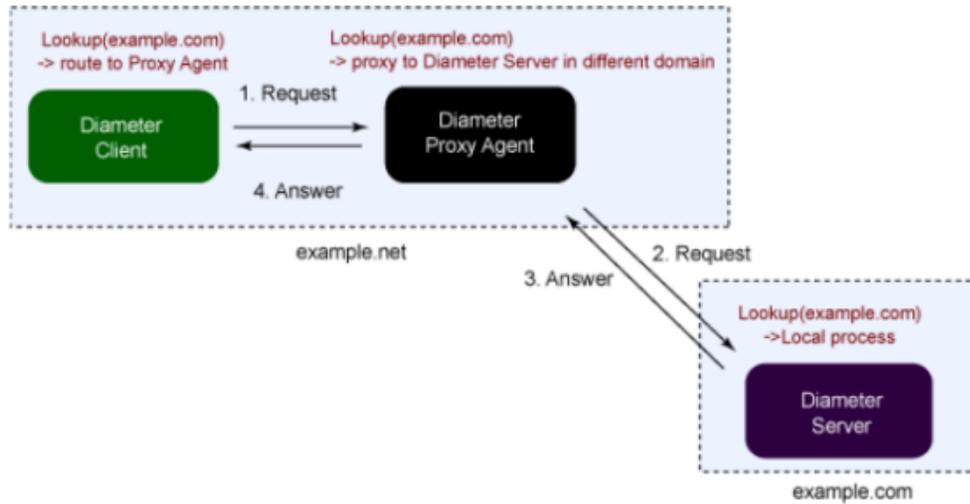


Figura 4.21

Los agentes **Redirect** son útiles en escenarios donde la configuración de enrutamiento Diameter está centralizada. Un ejemplo es un agente de redireccionamiento que proporciona servicios a diversos agentes Diameter, pero no desea ser cargado con la retransmisión de todos los mensajes del sistema. En este caso, el agente Redirect simplemente entrega a cada Relay o Proxy la información de redirección necesaria, pero el enrutamiento en sí mismo es realizado por el Proxy o Relay. Este escenario es ventajoso, ya que no requiere que todos los nodos sean actualizados con la misma información de enrutamiento cuando existen cambios. Se ve un ejemplo en la Figura 4.22.

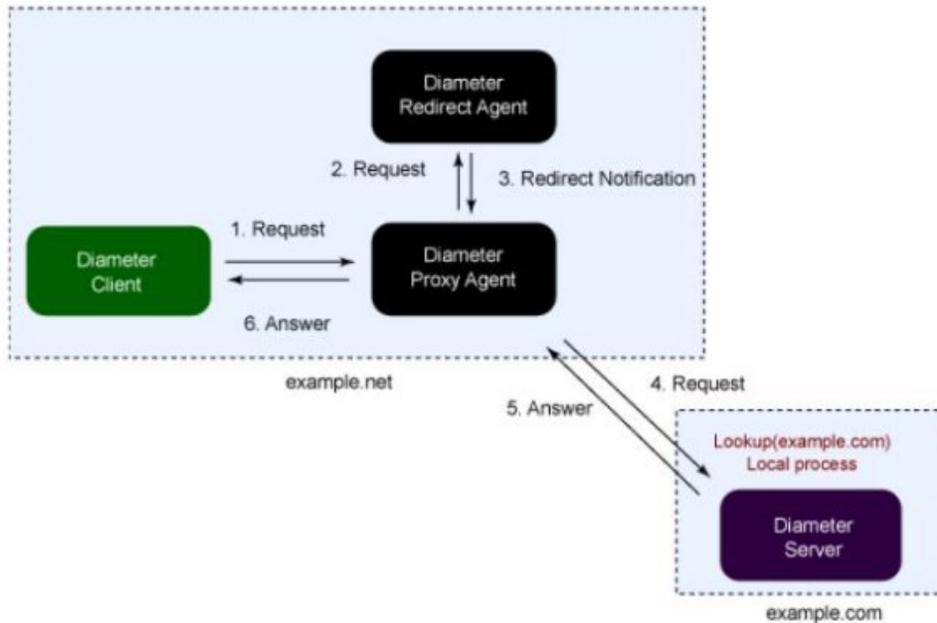


Figura 4.22

Diameter no es compatible con Radius, pero existen técnicas de despliegue que permiten realizar una transición de sistemas que operen con Radius hacia Diameter. Entre ellas, existen Gateways de señalización que traducen de Radius a Diameter y viceversa. El agente **Translation** se encarga de las traducciones de pedidos de otros protocolos a Diameter, por ejemplo es el Gateway entre Radius y Diameter. Se ve un ejemplo en la Figura 4.23.



Figura 4.23

- Soporte de mensajes iniciados por servers (no clientes)
 Un mensaje iniciado por un server implica que el servidor toma el rol de “iniciador” de comunicación, en vez del cliente, como es el caso habitual. Por ejemplo, un servidor podría solicitar una re-autenticación a un cliente, mediante un mensaje iniciado por el servidor. Radius soporta este tipo de mensajes, pero en forma opcional. Diameter lo hace mandatorio.

- **Negociación de capacidades**
Radius no dispone de mensajes de “negociación de capacidades”. Diameter estandariza el soporte de mensajes para la negociación de capacidades. Parte de la información intercambiada contiene:
 - Identidad
 - Versión de protocolo soportada
 - Aplicaciones Diameter soportadas
 - Mecanismos de seguridad soportadosEste proceso se implementa mediante el intercambio de mensajes del tipo “Capabilities Exchange”, implementados con los mensajes CER (Capability Exchange Request) y CEA (Capability Exchange Answer).
- **Peer discovery y configuración**
Las implementaciones de Radius típicamente requieren que la identidad de los respectivos peers (sea nombre o dirección IP) sea manualmente provisionada, junto con los “secreto compartidos”. Diameter implementa el descubrimiento dinámico a través de registros DNSs.

4.5.3 Mensajes DIAMETER

Diameter es un protocolo basado en mensajes. La información se intercambia en base transacciones del tipo “Request”/“Answer” entre cliente y servidor. Cada mensaje contiene un encabezado y una carga útil de datos variable, como se ve en la Figura 4.24. El cabezal contiene el código de comando (“Command Code”), que determina el tipo de “Request” a realizar. La definición base de Diameter tiene muy pocos Command Codes definidos, pero permite extenderlos según las necesidades de cada aplicación. Los Command Codes definidos en la definición base son los siguientes [45]:

Command Name	Abbrev.	Code
Abort-Session-Request	ASR	274
Abort-Session-Answer	ASA	274
Accounting-Request	ACR	271
Accounting-Answer	ACA	271
Capabilities-Exchange-Request	CER	257
Capabilities-Exchange- Answer	CEA	257
Device-Watchdog-Request	DWR	280
Device-Watchdog-Answer	DWA	280
Disconnect-Peer-Request	DPR	282
Disconnect-Peer-Answer	DPA	282
Re-Auth-Request	RAR	258
Re-Auth-Answer	RAA	258
Session-Termination-Request	STR	275
Session-Termination-Answer	STA	275

Como se puede ver, el protocolo base solo define Command Codes de tarificación (Accounting), pero no de Autenticación y Autorización. Estos últimos pueden ser agregados por las aplicaciones que lo requieran.

La carga útil contiene un conjunto de parejas “Atributo”/“Valor”, llamadas AVP (Attribute / Value Pair). Los AVP son las unidades básicas de información, y hacen que el protocolo sea extremadamente flexible, al admitir de forma genérica que se intercambie entre cliente y servidor cualquier tipo de atributos. Diameter define un conjunto básico de atributos, pero permite que otras aplicaciones, o extensiones del protocolo, definan y utilicen otros atributos. La única restricción es mantener el formato de los AVP especificada en el protocolo.

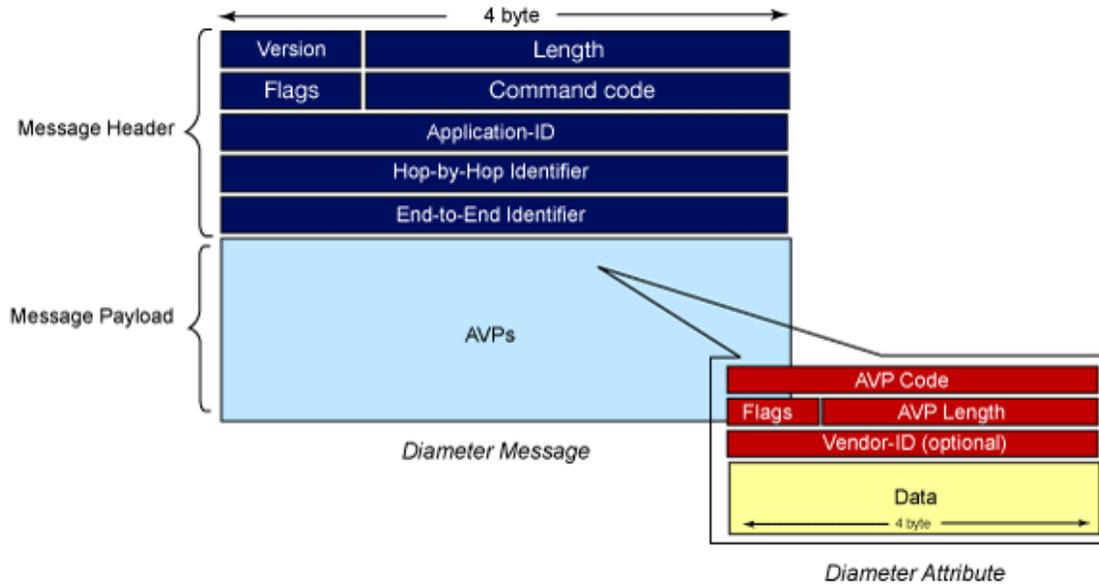


Figura 4.24

El diagrama de señalización de la Figura 4.25 muestra una sesión Diameter típica entre un cliente y un servidor

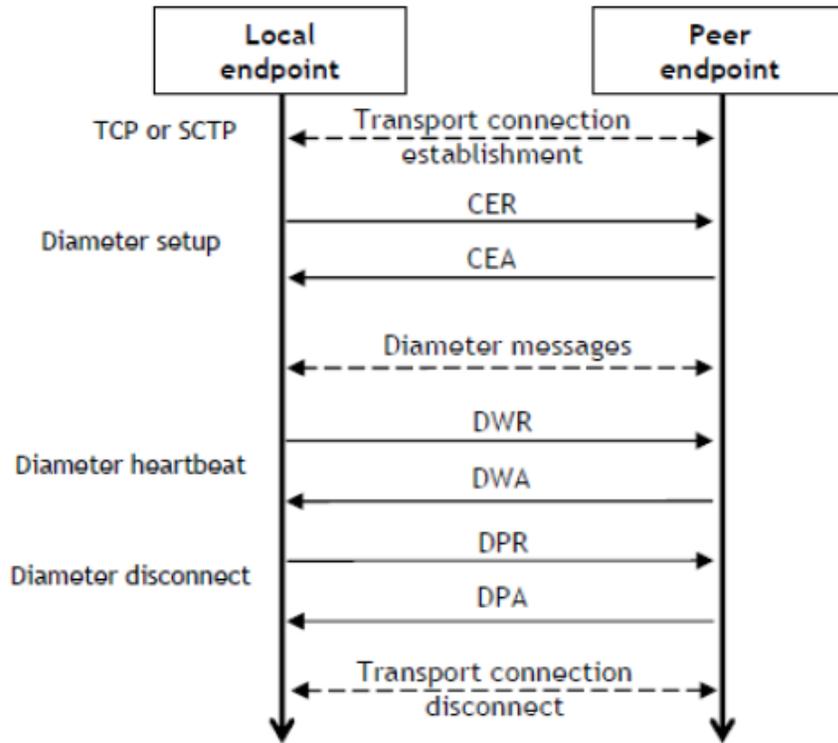


Figura 4.25

4.5.4 Ejemplos de uso

Existen diversas aplicaciones dentro de los núcleos de red de telecomunicaciones que utilizan el protocolo Diameter. Cada aplicación tiene su Application-ID (ver el cabezal en la Figura 4.24), asignado por la IANA [48]. Entre ellos hay aplicaciones para control de crédito (Application-ID = 4), para autenticación y autorización de usuarios SIP (Application-ID = 6), para autenticación y autorización de usuarios en redes LTE (Application-ID = 16777251), entre otras muchas.

A modo de ejemplo, se describe el funcionamiento de Diameter para la aplicación de Control de Crédito, estandarizada en el RFC 4406 [49]. Para esta aplicación se definen los siguientes nuevos comandos.

Command-Name	Abbrev.	Code
Credit-Control-Request	CCR	272
Credit-Control-Answer	CCA	272

El diagrama de señalización de la Figura 4.26 muestra un ejemplo de uso de Diameter en una red SIP, donde se dispone de un servidor de Autorización y Contabilidad (Accounting) y un servidor de Control de Crédito. Se omiten los

mensajes de setup (CER), heartbeat (DWR) y disconnect (DPR), por claridad. El usuario "Tel A" se registra en el SIP Server (podría ser un softswitch en el núcleo de una red de telecomunicaciones). Para validar la identidad, el SIP Server consulta, utilizando Diameter, al servidor de Autorización (mediante el mensaje User Authorization Request UAR). En este caso se hace uso de la extensión de Diameter para SIP, definida en el RFC 4740 [50]. Una vez que el usuario está registrado, puede solicitar el inicio de una sesión (por ejemplo, puede llamar a Tel B). Al realizarlo, el SIP Server consulta el "crédito" del usuario A, mediante el mensaje Credit Control Request (CCR). Si hay crédito disponible, permite iniciar el proceso de establecimiento de llamada hacia Tel B (en el ejemplo, otro usuario SIP). Cuando el usuario B responde, se actualiza el crédito de A (mediante el mismo mensaje CCR, pero en este caso con información de actualización), y se comienza el registro detallado de la llamada en el servidor de "Accounting", mediante el mensaje Accounting Request (ACR). Cuando la llamada finaliza, se actualiza el total del crédito consumido con CCR, y se finaliza el registro de la llamada con el mensaje ACR.

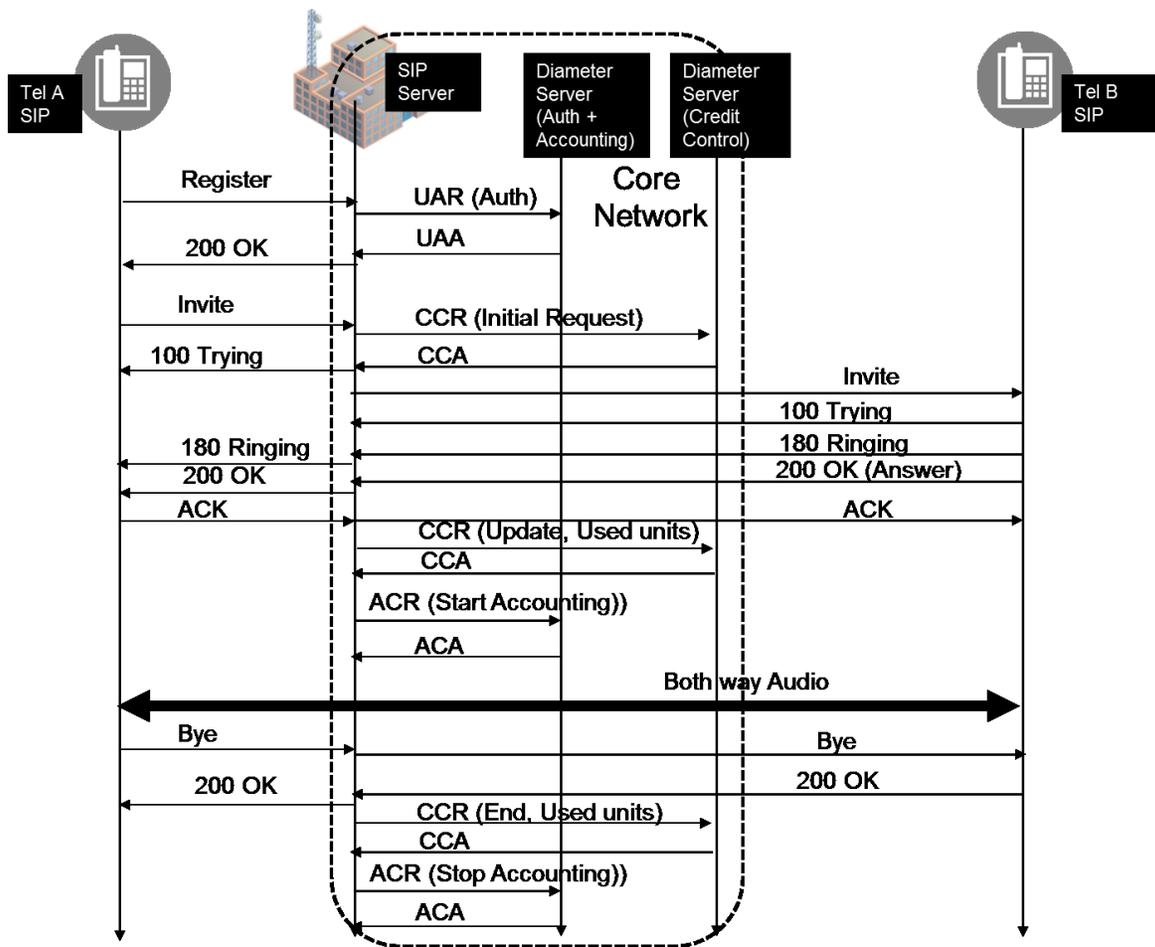


Figura 4.26

Referencias

- [1] Recomendación ITU-T Q.9: "VOCABULARIO DE TÉRMINOS RELATIVOS A LA CONMUTACIÓN Y LA SEÑALIZACIÓN", 1998
- [2] <http://www.sciencemuseum.org.uk>
- [3] <http://www.collection.poehlchen.de>
- [4] Diario El Día, Edición en Hecograbado
Montevideo, Febrero 26 de 1933, Año 2, número 22
- [5] Pushbutton Calling with a Two-Group Voice Frequency Code
THE BELL SYSTEM Technical Journal, Volume XXXIX, January 1960
L. Schenker
- [6] Lindsborg News-Record, July 6, 1923
- [7] Recomendación ITU- T Q.23: "Technical features of push-button telephone sets"
- [8] Recomendación ITU-T I.430 "ISDN User Network Interfaces: Basic User-Network Interface Layer 1 Specification", 1995
- [9] Recomendación ITU-T I.431 "ISDN User Network Interfaces: Primary Rate User-Network Interface Layer 1 Specification", 1993
- [10] Recomendación ITU-T Q.921 "ISDN User Network Interfaces: Data Link Layer Specification", 1997
- [11] Recomendación ITU-T Q.931 "ISDN User Network Interfaces: Layer 3 specification for basic call control", 1998
- [12] Recommendation H.323 Version 7: "Packet-based multimedia communications systems", ITU-T (December 2009)
- [13] Recommendation H.245 Version 16 "Control protocol for multimedia communication" , ITU-T (May 2011)
- [14] Recommendation H.225.0 Version 7: "Call signalling protocols and media stream packetization for packet-based multimedia communication systems", ITU-T (December 2009)
- [15] Recommendation Q.931: "ISDN user-network interface layer 3 specification for basic call control", CCITT (May 1998)

- [16] RFC 3261: SIP: Session Initiation Protocol. J. Rosenberg et al. June 2002
- [17] RFC 3262: Reliability of Provisional Responses in Session Initiation Protocol (SIP) J. Rosenberg et al., June 2002
- [18] RFC 3263: Session Initiation Protocol (SIP): Locating SIP Servers. J. Rosenberg et al. June 2002
- [19] RFC 3264: An Offer/Answer Model with Session Description Protocol (SDP) J. Rosenberg et al. June 2002
- [20] RFC 3265: Session Initiation Protocol (SIP)-Specific Event Notification AB. Roach, June 2002
- [21] RFC 3266: Support for IPv6 in Session Description Protocol (SDP) S. Olson et al, June 2002
- [22] SIP: Understanding the Session Initiation Protocol. — 2nd ed. — (Artech House telecommunications library) ISBN 1-58053-655-7, Alan B. Johnston, 2004
- [23] RFC 2327: SDP: Session Description Protocol M. Handley et al., April 1998
- [24] Breve Historia de las Telecomunicaciones
José Joskowicz
Instituto de Ingeniería Eléctrica, Facultad de Ingeniería, Marzo 2009
- [25] Northern Electric – A Brief History
David Massey
Bell System Memorial
- [26] Recomendación ITU-T Q.400-490 “Specification for Signaling System R2”, 1988
- [27] “PC Telephony” 4th edition
Bob Edgar (1997)
- [28] Señalización R2 Digital
Especificación UY.EG.CC.002.rev 2, 3/12/1996
ANTEL Sistema de Telecomunicaciones
- [29] The Telecommunications Illustrated Dictionary
July K. Petersen, CRC Press, 2002

- [30] Recommendation ITU-T Q.120 – Q.139: “Specifications of Signalling System No. 4”, ITU-T (1988)
- [31] Recommendation ITU-T Q.140 – Q.180: “Specifications of Signalling System No. 5”, ITU-T (1988)
- [32] Recommendation ITU-T Q.251 – Q.300: “Specifications of Signalling System No. 6”, ITU-T (1988)
- [33] Recommendation ITU-T Q.700: “Introduction to CCITT Signalling System No. 7”, ITU-T (1993)
- [34] Recommendation ITU-T Q.705: “SS7 – Signalling Network Structure”, ITU-T (1993)
- [35] Recommendation ITU-T Q.702: “SS7 – Signalling Data Link”, ITU-T (1993)
- [36] Recommendation ITU-T Q.703: “SS7 – Signalling Link”, ITU-T (1999)
- [37] Recommendation ITU-T Q.704: “SS7 – Signalling Network Functions and Messages”, ITU-T (1996)
- [38] MECHANISMS FOR NEXT GENERATION NETWORKS SERVICES INTEGRATION ACROSS HETEROGENEOUS NETWORKS, Fernando Medioroz, Master of Science in Telematics Engineering, 2016
- [39] RFC 2719 “Framework Architecture for Signaling Transport” (1999)
- [40] RFC 4960 “Stream Control Transmission Protocol” (2007)
- [41] RFC 3331 “Signaling System 7 (SS7) Message Transfer Part 2 (MTP2) - User Adaptation Layer” (2002)
- [42] RFC 4165 “Signaling System 7 (SS7) Message Transfer Part 2 (MTP2) - User Peer-to-Peer Adaptation Layer (M2PA)” (2005)
- [43] RFC 4666 “Signaling System 7 (SS7) Message Transfer Part 3 (MTP3) - User Adaptation Layer (M3UA)” (2006)
- [44] RFC 3372 “Session Initiation Protocol for Telephones (SIP-T):Context and Architectures” (2002)
- [45] RFC 6733 “Diameter Base Protocol” (2012)

- [46] RFC 2865 “Remote Authentication Dial In User Service (RADIUS)” (2000)
- [47] Introduction to Diameter, Jeffrey Liu, Steven Jiang, and Hicks Lin (2006)
<https://www.ibm.com/developerworks/library/wi-diameter/>
- [48] Authentication, Authorization, and Accounting (AAA) Parameters,
<http://www.iana.org/assignments/aaa-parameters/aaa-parameters.xhtml>
- [49] RFC 4006 “Diameter Credit-Control Application” (2005)
- [50] RFC 4740 “Diameter Session Initiation Protocol (SIP) Application” (2006)