

Introducción a Núcleo de Redes de Telecomunicaciones

Dr. Ing. José Joskowicz

josej@fing.edu.uy

Instituto de Ingeniería Eléctrica, Facultad de Ingeniería

Universidad de la República

Montevideo, URUGUAY

Versión 1

Mayo 2017

Tabla de contenido

Tabla de contenido.....	2
1 Introducción.....	3
2 Núcleo de red pública basada en tecnología TDM.....	4
2.1 Reseña histórica	4
2.2 Centrales telefónicas TDM.....	5
2.3 Redes Inteligentes (Intelligent Networks).....	10
2.3.1 Conjuntos de capacidades de IN	11
2.3.2 Arquitectura general de IN	13
2.3.3 INAP: Intelligent Network Application Part Protocol.....	16
3 Núcleo de redes corporativas basadas en tecnología TDM.....	24
3.1 Reseña histórica	24
3.2 Centrales telefónicas Corporativas: PBX	25
4 Núcleo de red pública basada en tecnología IP	29
4.1 Reseña histórica	29
4.2 Next Generation Networks (NGN).....	30
4.2.1 Arquitectura de NGN basada en softswitches	32
4.2.2 Conectividad de las redes NGN.....	34
4.2.3 Componentes de NGN.....	36
4.2.4 Señalización ITU-T H.248.....	41
4.2.5 Esquema general de NGN	46
4.2.6 Estandarizaciones de NGN.....	47
4.3 IP Multimedia Subsystem (IMS).....	52
4.3.1 Call Session Control Function (CSCF).....	55
4.3.2 Media Gateway Control Function (MGCF).....	57
4.3.3 Multimedia Resource Function Controller (MRFC)	57
4.3.4 Home Subscriber Server (HSS)	58
4.3.5 Application Server Functional Entity (AS)	60
5 Núcleo de una red corporativa basada en tecnología IP.....	61
5.1 Reseña histórica	61
5.2 Núcleo IP Corporativo	61
Referencias	62

1 Introducción

El “núcleo” de una red de telecomunicaciones es la parte de la red que realiza las tareas principales de control e interconexión, permitiendo que los usuarios se comuniquen entre sí y/o accedan a los servicios ofrecidos por la red (acceso a Internet, acceso a diversos contenidos, etc.).

Los usuarios acceden a los servicios brindados en el “núcleo” de la red a través de las “redes de acceso”.

A su vez, el núcleo de una red se interconecta con otras redes a través de sistemas de transmisión y transporte.

En estas notas se describen en forma muy resumida las características y las diversas tecnologías existentes en los núcleos de red de sistemas de telecomunicaciones públicos y privados.

Se describen las siguientes tecnologías:

- Núcleo de una red pública basada en tecnología TDM
- Núcleo de una red corporativa basada en tecnología TDM
- Núcleo de una red pública basada en tecnología IP (NGN y IMS)
- Núcleo de una red corporativa basada en tecnología IP

2 Núcleo de red pública basada en tecnología TDM

2.1 Reseña histórica

Las ideas que sentaron las bases para las tecnologías digitales de telecomunicaciones tienen sus orígenes en 1937, cuando el Ingeniero Alec Reeves desarrolló la “Modulación por Pulsos Codificados”, o “PCM (Pulse Code Modulation)” [1]. Esta técnica permitió digitalizar el audio telefónico. Sin embargo, debido al limitado avance de la electrónica de la época (basada en el uso de válvulas de vacío), la tecnología recién fue comercialmente viable, y comenzó a utilizarse, sobre fines de la década de 1960. Según [1], *“A principios de 1965, los únicos sistemas PCM en operación comercial comprendían aproximadamente 3000 grupos de 24 canales del tipo T1, todos en los Estados Unidos y alrededor de 12 grupos similares diseñados y utilizados en Italia.”*

La digitalización del audio permitió implementar sistemas de “multiplexación” basadas en la asignación de espacios de tiempo específicos para cada comunicación. Esta tecnología se dio a conocer con el nombre de Multiplexación por División de Tiempo, o Time Division Multiplexing (TDM). La primera central telefónica pública en utilizar la tecnología TDM en su conmutación interna fue la No 4 ESS, en 1976 [2], basada en un diseño del Ingeniero H. Earle Vaughan. Este diseño se había comenzado a desarrollar dos décadas antes, en el proyecto “Experimental Solid State Exchange” (ESSEX) [3].

En el mismo año, se introduce la central telefónica AXE 10 de la firma Ericsson [4], con un aspecto tal como se muestra en la Figura 2.1, tomada de [4].



Figura 2.1

Durante la década de 1980, las centrales telefónicas TDM se popularizaron, reemplazando a las centrales electromecánicas anteriores. En la década de 1990

la tecnología TDM llegó a su punto máximo, reemplazando en la gran mayoría de las redes de telecomunicaciones a sus antecesores analógicos. Aún en la segunda década del siglo XXI, esta tecnología permanece operativa, aunque en muchos casos ya se ha migrado a nuevas arquitecturas, basadas en la conmutación de paquetes, como se describe en la sección 4.

2.2 Centrales telefónicas TDM

La Figura 2.2 muestra un esquema del núcleo de una red TDM clásica. Se distinguen tres “planos” o “capas”:

- El “Plano de usuario”, hace referencia al equipamiento y servicios necesarios para poder conectar o comunicar a los usuarios. Aquí se encuentran, por ejemplo, las partes de las centrales telefónicas que están relacionadas con el tráfico de voz (circuitos de interfaz hacia los terminales de usuario, codecs, etc.)
- El “Plano de control”, por donde circula la señalización que permite el establecimiento y liberación de cada comunicación. Típicamente en una red pública TDM el protocolo de señalización utilizado en el núcleo es el Sistema de Señalización Número 7 (SS7). Dentro del plano de control, se destacan los siguientes elementos:
 - 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 **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.
 - Los **Service Control Point (SCP)** son nodos que permiten acceder a información almacenada en bases de datos. 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.
- El Sistema de Transmisión, encargado de transmitir a distancia grandes volúmenes de comunicaciones y su correspondiente señalización. Una red TDM clásica utiliza sistemas de transmisión basados en jerarquías digitales, por ejemplo Plesiochronous Digital Hierarchy (PDH) o más comúnmente Synchronous Digital Hierarchy (SDH).

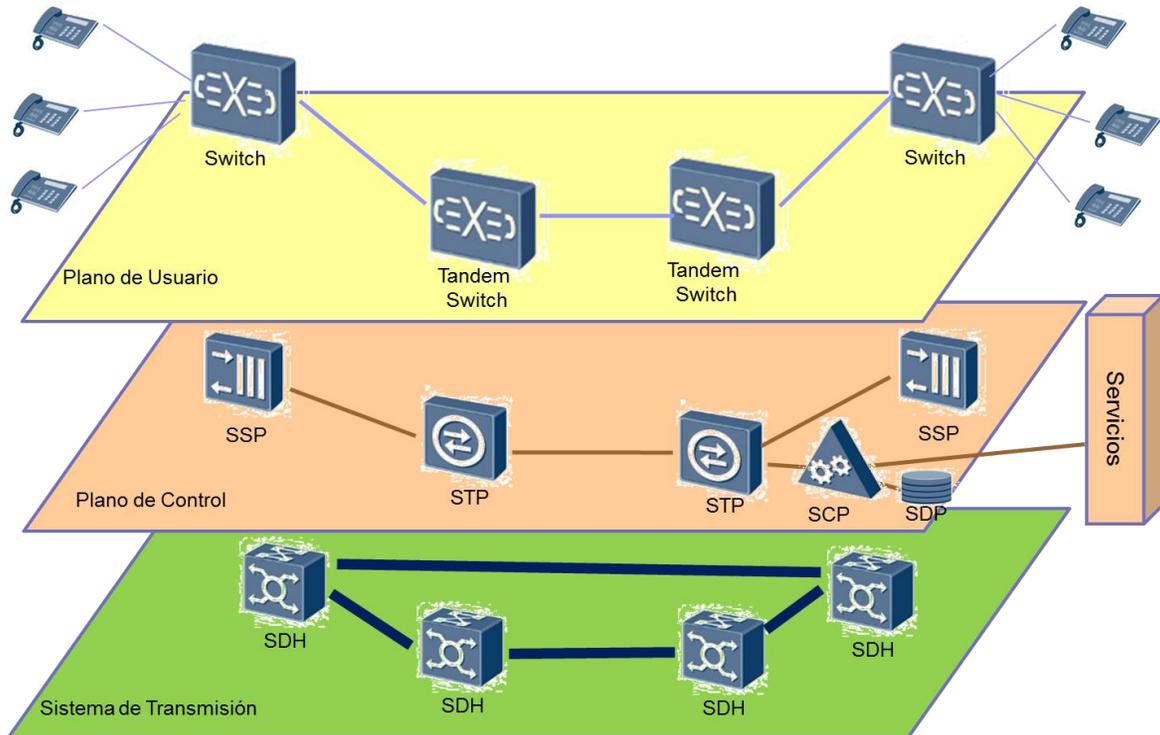


Figura 2.2

El componente principal del núcleo de red TDM es la Central Telefónica TDM. Este equipo consta de diversos componentes, separados por funciones, como se esquematiza en la Figura 2.3. Típicamente está basado en sistemas de Hardware específicamente diseñado y desarrollado para su función. Estos sistemas ocupan un espacio físico considerable. Se puede ver los bastidores o gabinetes que alojan a una central telefónica pública TDM en la Figura 2.4 (foto tomada en el año 2009, y muy similar en aspecto a la mostrada en la Figura 2.1).

En forma genérica, se presentan a continuación los componentes que típicamente conforman a las centrales telefónicas con conmutación del tipo TDM:

CPU

La CPU (Unidad de proceso central) tiene las tareas de control general del sistema. A través de los buses de datos y control, dialoga con los procesadores de la red de conmutación, con los procesadores de las interfaces de los equipos periféricos y con los procesadores de Entrada/Salida.

Los datos temporales de la CPU son almacenados y leídos en la unidad de "Memoria". Los datos permanentes (los que deben permanecer aún con el sistema sin energía, por ejemplo los datos de configuración) son almacenados en la unidad de "almacenamiento no volátil".

Memoria

En esta unidad son almacenados los datos temporales de las comunicaciones (por ejemplo, quien está conectado con quien, los dígitos marcados hasta el momento, etc.). Estos datos se pierden durante una inicialización del equipo (reset).

Almacenamiento no volátil

Hay ciertos datos que deben permanecer a salvo luego de las inicializaciones, o aún con el equipo apagado. Por ejemplo, los datos de configuración no deben perderse en ningún caso. Para ello, los sistemas telefónicos disponen de unidades de almacenamiento no volátil.

Interfaces hacia terminales y troncales

La CPU no controla directamente los diversos dispositivos que se conectan a la Central Telefónica (terminales telefónicos, troncales hacia otras centrales, etc.), sino que esta tarea se realiza a través de circuitos de interfaces. De esta manera, cada circuito de interfaz tiene su propio procesador, quien se encarga de las tareas rutinarias específicas de su interfaz (por ejemplo, sensar el bucle de corriente para los teléfonos analógicos). Los circuitos de interfaz se comunican con la CPU para informar de los cambios de estados de los dispositivos y para intercambiar información referente a los mismos.

Hay diversos tipos de interfaces de equipos periféricos, dependiendo del fabricante y de la tecnología utilizada. Los más clásicos son las interfaces para terminales telefónicos analógicos o digitales (ISDN) y las interfaces troncales (E1, etc.).

Concentrador

Las centrales telefónicas aplican técnicas de “concentración”, permitidas por las teorías de tráfico. Según los principios clásicos de tráfico telefónico, la probabilidad de que todos los usuarios deseen estar comunicados a la vez es muy baja, por lo que pueden aplicarse reglas que permiten tener menos “recursos de conmutación” que terminales conectados.

Señalización

Las centrales telefónicas deben gestionar diversos tipos de señalización. Hacia los terminales analógicos, señalización analógica por corriente de bucle. Hacia los terminales digitales, señalización ISDN. Hacia el resto del núcleo de la red, señalización SS7.

Conmutación

La unidad denominada “Conmutación” es la encargada de realizar las “conexiones” entre los diferentes periféricos. Las tecnologías utilizadas son digitales, con técnicas de conmutación temporal – espacial (TS) o sus variantes (TST, TSST, etc.).

Procesadores de Entrada / Salida

Una funcionalidad fundamental en los equipos de telefonía es la de poder realizar su administración y mantenimiento. Esto generalmente se realiza a través de la

conexión de equipos adicionales, los que se comunican con la CPU por medio de los procesadores de Entrada/Salida. Los equipos se administran y mantienen desde computadoras PC, utilizando emuladores, programas propietarios o páginas web de administración. Estos programas se comunican con la CPU por medio de los procesadores de E/S. Históricamente se utilizaban puertos series RS-232 o RS-422. Actualmente las conexiones pueden ser a través de la red IP.

Sistemas de registro y billing

Es necesario dejar registro de llamadas o “Call Detail Recording” (CDR), a los efectos de calcular los costos de las comunicaciones y poder realizar el cobro de los servicios (billing).

Circuitos Auxiliares

Los circuitos auxiliares son los que brindan los servicios necesarios para el funcionamiento de determinadas facilidades.

Por ejemplo, algunos circuitos auxiliares clásicos son los que permiten generar los “tonos de progreso de la llamada”, es decir, el tono de invitación a marcar, el tono de constancia de llamada (ringback), el tono de ocupado, etc.

Para detectar los tonos DTMF de los teléfonos, hay que disponer de detectores de DTMF, los que deben ser conectados a los teléfonos durante la etapa de marcación. Estos son parte de los circuitos auxiliares, aunque puede estar incluidos en cada una de las tarjetas de interfaces.

Redundancia

Es común que estos equipos dispongan de redundancia en parte de los elementos centrales, por ejemplo la CPU, funciones de conmutación, memorias, fuentes, unidades de almacenamiento y otros dispositivos considerados críticos.

Alimentación de energía

Los sistemas telefónicos son típicamente alimentados con corriente continua (DC). Por lo que se requiere rectificadores y, a los efectos de respaldo, bancos de baterías y generadores eléctricos alimentados con combustible.

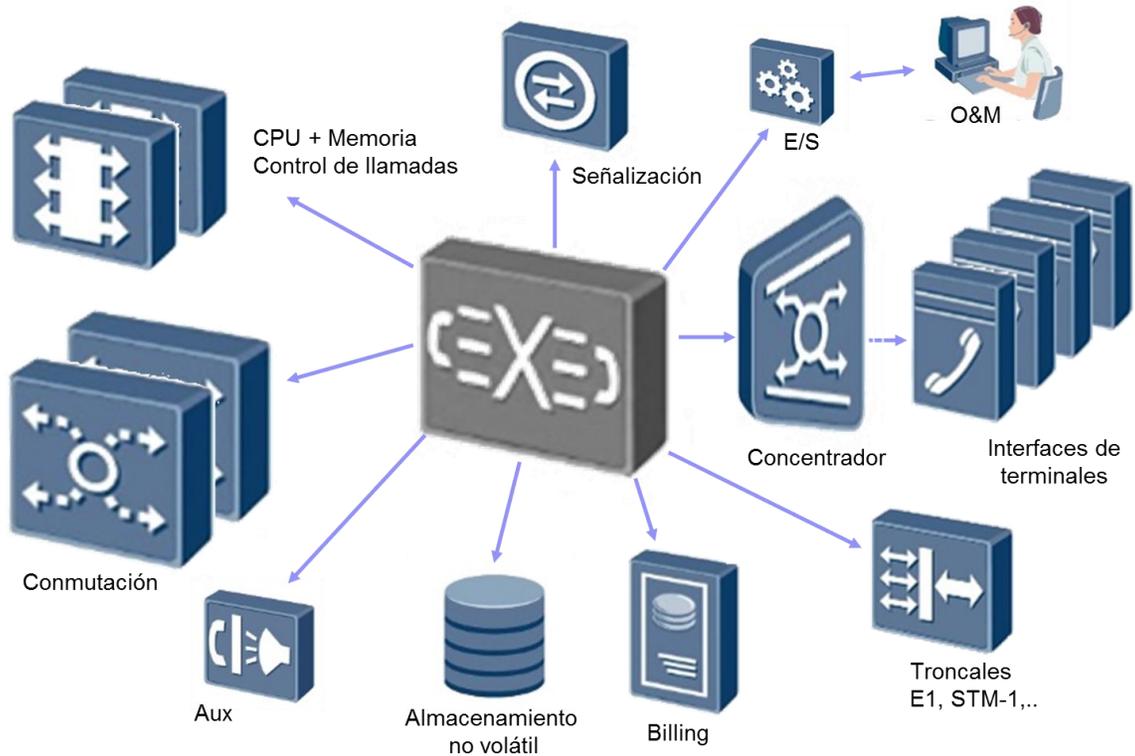


Figura 2.3



Figura 2.4

Las redes clásicas TDM tienen las siguientes características:

- El tráfico predominante es de voz (llamadas telefónicas), de banda angosta. Internamente realizan la conmutación a nivel de canales de 64 kb/s, pensados para ser utilizados con el códec ITU-T G.711.
- Están construidas sobre redes digitales, basada en técnicas de conmutación de circuitos
- El ancho de banda por cada conexión es limitado y predefinido. Una vez establecida una conexión, se garantiza su ancho de banda, a bitrate constante (típicamente 64 kb/s), durante toda la duración de la conexión.
- La calidad de servicio está garantizada. Esto significa que el ancho de banda está siempre disponible y el retardo de transmisión es muy pequeño (típicamente menor a 1 ms)
- Tiene un alto costo de infraestructura, y está basada en componentes de Hardware.
- Las redes se conforman con equipos “propietarios” (diseñados para funcionar en un entorno de “la misma marca”). Si bien hay interoperabilidad, la gestión es independiente para cada equipo.
- La “Inteligencia” está centralizada en la CPU de cada central telefónica

2.3 Redes Inteligentes (Intelligent Networks)

El objetivo principal de “Redes Inteligentes” (Intelligent Networks o IN) [5] es el de proveer servicios de valor agregado al núcleo de la red telefónica TDM, mejorando los servicios brindados por este tipo de redes. La razón principal por la cual se desarrolló IN fue la necesidad de tener una manera más flexible de agregar servicios de valor agregado a las redes existentes. Previo al desarrollo de los estándares de IN, todos los servicios que querían ser agregados dentro de las redes TDM tenían que ser implementados dentro de la propia la red de conmutación de circuitos, lo que se tornaba complejo y poco interoperable entre redes de diferentes operadores.

Sobre fin de la década de 1980, en Estados Unidos se comenzaron a desarrollar mecanismos para para poder agregar funciones de valor agregado a las redes de telecomunicaciones, englobados en lo que se dio a llamar “Advanced Intelligent Networks (AIN)”. Estos conceptos y tecnologías fueron recogidos por ITU, y estandarizados en varias recomendaciones internacionales, las que se desarrollaron durante la década de 1990. El nombre internacionalmente adoptado fue de “Redes Inteligentes” o “Intelligent Networks” (IN).

2.3.1 Conjuntos de capacidades de IN

Los conceptos, arquitectura y protocolos de las Redes Inteligentes fueron estandarizadas por la ITU-T, en las recomendaciones Q.1210 a Q.1299. Las diversas funciones y servicios soportados, así como la arquitectura de red para soportarlos, se definieron progresivamente en diferentes “Conjuntos de Capacidades” o “Capabilities Set”, los que se nombraron como CS-1 (estandarizados en ITU-T Q.1211 [6] en 1993), CS-2 (ITU-T Q.1221 [7] en 1997), CS-3 (ITU-T Q.1231 [8] en 1999) y CS-4 (ITU-T Q.1241 [9] en 2001).

IN Capability Set 1

Dentro de los primeros servicios definidos en el CS-1 se encuentran (según descripciones de la recomendación ITU-T Q.1211):

- **Marcación abreviada**
Permite utilizar números cortos o abreviados (por ejemplo, 3 o 4 dígitos), los que se “mapean” a números “reales” dentro del plan de numeración general de la red
- **Distribución de llamadas**
Este servicio permite distribuir las llamadas entrantes a un número de la red hacia distintos destinos, conforme a algún criterio de asignación (por ejemplo, una distribución circular en la que las llamadas son encaminadas a distintos destinos con una carga uniforme). Son “números en colectivo”.
- **Reenvío de llamadas (“Call Forwarding”)**
El reenvío de llamada permite al usuario reenviar todas sus llamadas hacia otro número telefónico, cuando el servicio se halla activado. En este caso, todas las llamadas destinadas al número del usuario se redirigen al nuevo número telefónico.
- **Desviación “sígame” (“Follow me”)**
La desviación “sígame” (o “follow me”) permite al usuario del servicio controlar a distancia el redireccionamiento (o desvío) de las llamadas desde su número telefónico primario a otros destinos. Se permite al usuario actualizar el número telefónico del destino del desvío, desde cualquier teléfono de la red, a medida que se desplaza de un lugar a otro.
- **Desvíos por ocupado o por no contesta**
Este tipo de servicio permite el reenvío de llamadas en caso de ocupado/no respuesta hacia número predeterminados. Por ejemplo, una llamada no atendida podría ser desviada hacia un servicio de correo de voz, o hacia otros números de la red.

- Conferencias
La comunicación en conferencia permite la conexión de múltiples partes en una sola conversación.
- Enrutamiento diferenciado
Este servicio permite a los clientes especificar el encaminamiento de sus llamadas a determinados destinos conforme a diversos criterios, incluyendo la hora del día, el día de la semana, la zona de origen de la llamada, entre otros.
- Identificación de llamadas maliciosas
Este servicio permite al usuario solicitar que se identifique y registre en la red el origen de una llamada entrante específica, sospechosa o maliciosa. El servicio puede ser invocado por el usuario, con acciones de señalización hacia la red telefónica, durante el curso de la llamada (antes de la liberación o finalización de la llamada)
- Cobro revertido (“Freephone”)
Este servicio permite un cobro revertido; el usuario acepta recibir llamadas a su costo y que se le cobre la tasa total de la llamada. Típicamente se destinan números del tipo 800xxxx a estos servicios.
- Servicios de valor agregado (“Premium Rate”)
La tarifa con “cobro adicional” permite cargar a la parte llamante con una tarifa adicional al costo normal, para acceder a algún servicio de valor agregado. Típicamente se destinan números del tipo 900xxxx a estos servicios.

IN Capability Set 2

El segundo conjunto de capacidades, o CS-2, incluye guías de alto nivel que describen como realizar la “gestión de servicios” y la “creación de servicios”.

- Gestión de Servicios
Las funciones de “gestión de servicios” (“Service Management Function”) definen una forma estandarizada para la activación y desactivación (a nivel administrativo) de servicios, para gestionar el perfil de los usuarios y realizar supervisión de tráfico, entre otros.
- Creación de Servicios
Las funciones de “creación de servicios” (“Service Creation Environment Function”) presentan, desde el punto de vista del operador de la red, una manera estandarizada para la creación de nuevos servicios a los usuarios. Esto comprende la especificación, el desarrollo y la verificación de nuevos servicios de valor agregado a ser incorporados en la IN.

IN Capability Set 3

El tercer conjunto de capacidades, o CS-3, incorpora funciones específicas para la movilidad, soporte para “Broadband ISDN” y la integración con redes de datos IP, y soporte para “portabilidad numérica”, entre otras mejoras respecto a CS-2.

- **Movilidad**
IN CS-3 define funciones para el registro de usuarios móviles, su confirmación de identidad y otras funciones relacionadas
- **Broadband ISDN**
ISDN de banda ancha hace referencia a servicios de telecomunicaciones que requieren ancho de banda mayor a 64 kb/s. En IN CS-3 se permiten comunicaciones punto a punto de servicios de “banda ancha”, como por ejemplo, video llamadas.
- **Integración con redes de datos IP**
Se describen algunos aspectos de interconexión entre redes IN TDM con redes IP. Por ejemplo, casos de uso en los que un usuario desea realizar una llamada telefónica desde un navegador web
- **Portabilidad numérica**
Los números telefónicos están típicamente asociados a la ubicación geográfica para los servicios fijos y al operador telefónico para los servicios móviles. La “portabilidad numérica” consiste en poder mantener el número de teléfono, aun cuando el usuario se cambie de operador telefónico, o cuando se mude a otra región geográfica.

IN Capability Set 4

El cuarto conjunto de capacidades, o CS-4, incorpora mejoras a los servicios de portabilidad numérica y a las funciones de integración con servicios basados en redes IP. Dentro de las mejoras de integración con redes IP se resalta la posibilidad de acceder a las redes IN desde servidores SIP, y al soporte de la interconexión con protocolo ITU-T H.248.

2.3.2 Arquitectura general de IN

La arquitectura de las Redes Inteligentes (IN) está basada en la arquitectura de la red TDM clásica y en la señalización número 7, o SS7 [10]. Dentro de IN se definen diversas entidades y funciones, varias de ellas previamente existentes en el núcleo de las redes de telecomunicaciones, pero renombradas o redefinidas dentro del marco de la IN. Las principales funciones, tal como las define la Recomendación ITU-T Q.1211, se describen brevemente a continuación. La Figura 2.5 muestra esquemáticamente la ubicación de cada una de las funciones dentro del núcleo de red de un sistema de telecomunicaciones con soporte de IN.

Funciones relacionadas con el control de la llamada

- **Call Control Function (CCF)**
La función de control de llamada (CCF, Call Control Function) refiere al tratamiento habitual del control de conexiones de las llamadas, que normalmente se da a nivel de las centrales telefónicas clásicas. Se ubica dentro de la propia central telefónica.
- **Service Switching Function (SSF)**
La función de conmutación del servicio (SSF, Service Switching Function) es el componente que implementa la interfaz entre el CCF (las funciones de la central telefónica) y el resto de los componentes de la IN (en particular, el SCF que se describe más adelante).
- **Call Control Agent Function (CCAF)**
La función de agente de control de llamada (CCAF, Call Control Agent Function) proporciona el acceso de los usuarios a la red, y únicamente tiene interfaces y conexiones hacia el CCF.
- **Specialized Resources Function (SRF)**
La función de recursos especializados (SRF, Specialized Resources Function) proporciona recursos (por ejemplo, de audio) a ser utilizadas por los servicios de valor agregado disponibles en IN. Estos recursos son brindados por “periféricos inteligentes” (IP, Intelligent Peripherals) y pueden ser usados para brindar mensajes, recolectar dígitos marcados, acceder a servicios de reconocimiento de voz, entre otros.
- **Call Unrelated Service Function (CUSF)**
La función de servicio no relacionada con la llamada (CUSF, Call Unrelated Service Function), permite la interacción de los usuarios respecto a servicios que no están directamente relacionados a una llamada establecida. Esto permite comunicaciones entre el núcleo de red y el usuario “fuera del contexto de una comunicación establecida”, lo que puede ser requerido para ciertos servicios (por ejemplo, para poder brindar el servicio de “indicación de llamada en espera”).

Funciones relacionadas con el control de servicio

El “control del servicio” se realiza a través de la red de señalización. Dentro de esta red de señalización, el componente SCP (Service Control Point) es el que permite acceder a información o servicios adicionales, externos a la red clásica TDM (ver Figura 2.2). En IN se definen componentes funcionales adicionales, más específicos, los que complementan las funciones de los SCP y SDP.

- **Service Control Function (SCF)**
Con la introducción de IN, el SCP incluye la “Función de Control del Servicio” o “Service Control Function (SCF)”. La función SCF se ubica generalmente en un nodo SCP específico dentro de la red. La función principal del SCF es proveer el ambiente de software que permite la ejecución de los programas o aplicaciones relacionadas a los servicios de valor agregado solicitados por los usuarios de la red IN, y es donde se efectúa el tratamiento relacionado con el servicio.
- **Service Data Function (SDF)**
Los perfiles de los usuarios, sus permisos y restricciones sobre los servicios de IN se incluyen en la “Función de datos de servicio” o “Service Data Function (SDF)”. El SDF puede estar ubicado en el SCP, junto con el SCF o puede estar separado, en un nodo de tipo Service Data Point (SDP).

Funciones relacionadas con la gestión

Las funciones de gestión, establecidas en las CS-2, incluyen

- **Service Management Function (SMF)**
Las funciones de “gestión de servicios” (Service Management Function, SMF) hacen referencia a formas estandarizadas para la activación y desactivación (a nivel administrativo) de servicios, gestionar el perfil de los usuarios, supervisión de tráfico, entre otros.
- **Service Creation Environment Function (SCEF)**
Las funciones de “creación de servicios” (Service Creation Environment Function, SCEF) presentan, desde el punto de vista del operador de la red, una manera estandarizada para la creación de nuevos servicios a los usuarios. Esto comprende la especificación, el desarrollo y la verificación de nuevos servicios de valor agregado a ser incorporados en la IN.
Los servicios pueden ser definidos mediante módulos o bloques funcionales llamados “Service Independent Building Blocks” (SIBs). Como su nombre indica, se trata de bloques constructivos que son independientes de los servicios. Estos bloques implementan funciones sencillas, aplicables a cualquier servicio. Pueden ser concatenados, para implementar servicios complejos, conformando un programa lógico que implementa el servicio, llamado “Service Logic Program” (SLP). Estos programas son los que corren en los SCP, interpretados por los “Service Control Function (SCF)”.
- **Service Management Access Function (SMAF)**
La función de acceso a la gestión de servicio (Service Management Access Function, SMAF) provee las interfaces a los administradores para la gestión de los servicios (por ejemplo, presenta las pantallas de administración)

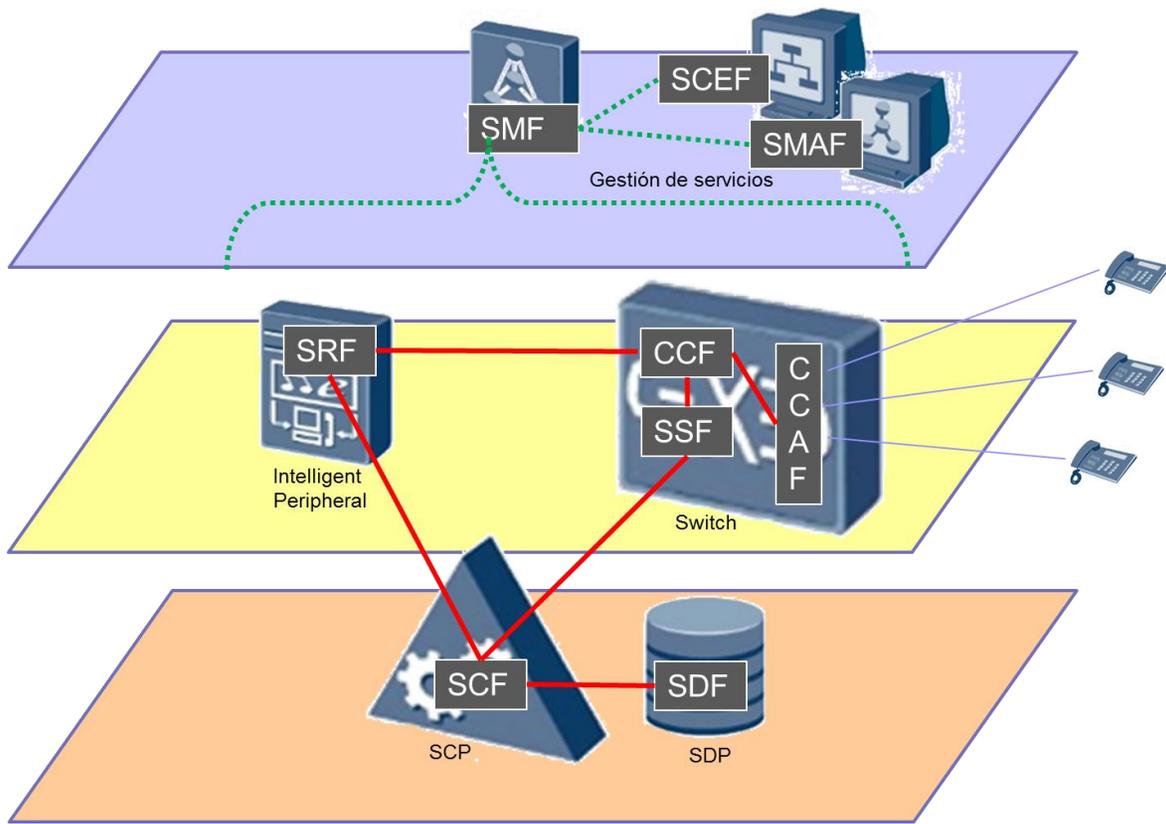


Figura 2.5

2.3.3 INAP: Intelligent Network Application Part Protocol

El objetivo principal de INAP (Intelligent Network Application Part Protocol) es definir el formato del flujo de información entre las diferentes entidades funcionales de una red IN (por ejemplo, entre el SSF y el SCF, o entre el SRF y el SCF). INAP está definido en las Recomendaciones ITU-T Q.12x8. La recomendación ITU-T Q.1208 [11] describe aspectos generales. Las subsecuentes recomendaciones ITU-T Q.1218 [12], ITU-T Q.1228 [13], ITU-T Q.1238 [14] y ITU-T Q.1248 [15] describen las funciones de INAP necesarias para soportar los diferentes conjuntos de capacidades de IN (CS-1, CS-2, CS-3 y CS-4 respectivamente).

INAP corre sobre la pila del protocolo Transaction Capabilities Application Part (TCAP) de SS7, tal como se ejemplifica en la Figura 2.6.

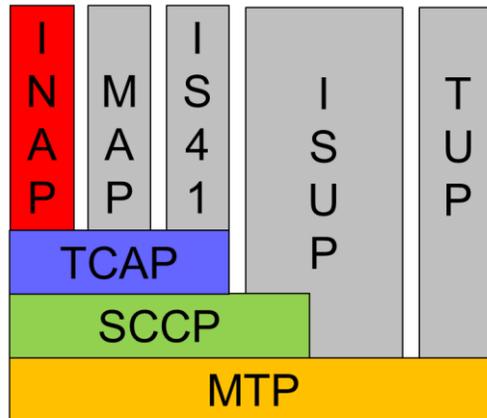


Figura 2.6

Los mensajes INAP que se intercambian entre elementos funcionales de IN consisten en Requerimientos y Respuestas. Los Requerimientos están dados por “Operaciones”, los que tienen una serie de “Argumentos”, dependiendo del tipo de operación. Las respuestas son reconocimientos positivos, o condiciones de error. A modo de ejemplo, se presenta el formato de dos de las muchas operaciones soportadas en INAP, las operaciones “**InitialDP**” y “**Play Announcement**”.

La operación “**InitialDP**” o (“Initial Detection Point”) es enviada por el SSF al SCF, cuando el SSF detecta un evento que no puede resolver (por ejemplo, un usuario marca un “número corto”, un número del tipo 0800 o 0900, entre otros). Estos eventos, dentro de IN, se identifican con los “Trigger Detection Points” (TDP). Cuando se dispara un TDP, es necesario solicitar al SCF instrucciones para poder completar el enrutamiento de la llamada y obtener información de mecanismos de facturación, entre otros aspectos. El SSF debe pasarle al SCF una serie de datos, como argumentos de la función “**InitialDP**”, entre los que se encuentran los dígitos marcados por el usuario y el número del origen. La definición formal y completa de la operación “**InitialDP**” se muestra a continuación:

```
initialDP {PARAMETERS-BOUND : bound} OPERATION ::= {
  ARGUMENT          InitialDPArg { bound}
  RETURN RESULT    FALSE
  ERRORS            {missingCustomerRecord |
                    missingParameter |
                    parameterOutOfRange |
                    systemFailure |
                    taskRefused |
                    unexpectedComponentSequence |
                    unexpectedDataValue |
                    unexpectedParameter
                    }
  CODE              opcode-initialDP
}
-- Direction: SSF → SCF, Timer:  $T_{idp}$ 
-- This operation is used after a TDP to indicate request for service.
```

Los posibles argumentos de la operación (**initialDP**) son varios, y se enumeran a continuación:

InitialDPArg {PARAMETERS-BOUND : bound} ::= SEQUENCE {		
serviceKey	[0] ServiceKey	OPTIONAL,
dialledDigits	[1] CalledPartyNumber { bound}	OPTIONAL,
calledPartyNumber	[2] CalledPartyNumber { bound}	OPTIONAL,
callingPartyNumber	[3] CallingPartyNumber { bound}	OPTIONAL,
callingPartyBusinessGroupID	[4] CallingPartyBusinessGroupID	OPTIONAL,
callingPartysCategory	[5] CallingPartysCategory	OPTIONAL,
callingPartySubaddress	[6] CallingPartySubaddress	OPTIONAL,
cGEncountered	[7] CGEncountered	OPTIONAL,
iPSSPCapabilities	[8] IPSSPCapabilities { bound}	OPTIONAL,
iPAvailable	[9] IPAvailable { bound}	OPTIONAL,
locationNumber	[10] LocationNumber { bound}	OPTIONAL,
miscCallInfo	[11] MiscCallInfo	OPTIONAL,
originalCalledPartyID	[12] OriginalCalledPartyID {bound}	OPTIONAL,
serviceProfileIdentifier	[13] ServiceProfileIdentifier	OPTIONAL,
terminalType	[14] TerminalType	OPTIONAL,
extensions	[15] SEQUENCE SIZE(1..bound.&numOfExtensions) OF	
	ExtensionField {bound}	OPTIONAL,
triggerType	[16] TriggerType	OPTIONAL,
highLayerCompatibility	[23] HighLayerCompatibility	OPTIONAL,
serviceInteractionIndicators	[24] ServiceInteractionIndicators { bound}	OPTIONAL,
additionalCallingPartyNumber	[25] AdditionalCallingPartyNumber { bound}	OPTIONAL,
forwardCallIndicators	[26] ForwardCallIndicators	OPTIONAL,
bearerCapability	[27] BearerCapability { bound}	OPTIONAL,
eventTypeBCSM	[28] EventTypeBCSM	OPTIONAL,
redirectingPartyID	[29] RedirectingPartyID { bound}	OPTIONAL,
redirectionInformation	[30] RedirectionInformation	OPTIONAL,
cause	[17] Cause { bound}	OPTIONAL,
componentType	[18] ComponentType	OPTIONAL,
component	[19] Component	OPTIONAL,
componentCorrelationID	[20] ComponentCorrelationID	OPTIONAL,
iSDNAccessRelatedInformation	[21] ISDNAccessRelatedInformation	OPTIONAL,
iNServiceCompatibilityIndication	[22] INServiceCompatibilityIndication { bound}	OPTIONAL,
genericNumbers	[31] GenericNumbers { bound}	OPTIONAL,
serviceInteractionIndicatorsTwo	[32] ServiceInteractionIndicatorsTwo	OPTIONAL,
forwardGVNS	[33] ForwardGVNS { bound}	OPTIONAL,
createdCallSegmentAssociation	[34] CSAID { bound}	OPTIONAL,
uSIServiceIndicator	[35] USIServiceIndicator { bound}	OPTIONAL,
uSIInformation	[36] USIInformation { bound}	OPTIONAL,
...		
}		

La primera columna de la lista de argumentos representa el nombre del argumento (por ejemplo **serviceKey** o **dialledDigits**). El número entre [] en la segunda columna es el número de argumento. La tercera columna indica el tipo del argumento, por ejemplo *ServiceKey* o *CalledPartyNumber*. Los tipos de argumentos están a su vez definidos en las Recomendaciones de ITU. Por ejemplo, el tipo *CalledPartyNumber* se define como

CalledPartyNumber {PARAMETERS-BOUND : bound} ::= OCTET STRING (SIZE (bound.&minCalledPartyNumberLength.. bound.&maxCalledPartyNumberLength))

-- Indicates the Called Party Number. Refer to Rec. Q.763 for encoding.

Por su parte, la operación “**Play Announcement**” puede ser intercambiada entre un SCF y un SRF, solicitando que se brinde un anuncio o un tono a un usuario conectado a la red. Esto puede ser necesario cuando el servicio solicitado por el usuario requiere avisos. Por ejemplo, en un servicio “Premium”, del tipo 0900, es necesario advertir que la llamada tendrá cargos adicionales. La definición de la operación “**PlayAnnouncement**” se muestra a continuación:

```

PlayAnnouncement ::= OPERATION
  ARGUMENT
    PlayAnnouncementArg
  ERRORS {
    Cancelled,
    MissingParameter,
    ParameterOutOfRange,
    SystemFailure,
    TaskRefused,
    UnexpectedComponentSequence,
    UnexpectedDataValue,
    UnexpectedParameter,
    UnavailableResource
  }
  LINKED {
    SpecializedResourceReport
  }

```

En este caso, los argumentos de la operación (**PlayAnnouncementArg**) son los siguientes:

```

PlayAnnouncementArg ::= SEQUENCE {
  informationToSend           [0] InformationToSend,
  disconnectFromIPForbidden [1] BOOLEAN           DEFAULT TRUE,
  requestAnnouncementComplete [2] BOOLEAN           DEFAULT TRUE,
  extensions                 [3] SEQUENCE SIZE(1..numOfExtensions) OF
  ExtensionField             OPTIONAL
  --
  ...
}

```

informationToSend: Es un argumento del tipo *InformationToSend*, e identifica el anuncio o tono que el SRF debe brindar al usuario. Si se trata de un anuncio, el argumento incluye la cantidad de veces que se debe repetir el anuncio, el tiempo entre repeticiones y el tiempo máximo de duración del mensaje. Si se trata de un tono, se identifica el tono y la duración del mismo.

DisconnectFromIPForbidden: Es de tipo “booleano” e indica si el SRF se debe desconectar o no del usuario luego de haber enviado la información solicitada.

requestAnnouncementComplete: Es de tipo booleano e indica si se debe enviar un reporte (**SpecializedResourceReport**) al SCF una vez brindando el anuncio al usuario.

Existe una operación vinculada, **SpecializedResourceReport**, que es la operación de respuesta, que se envía desde el SRF al SCF, si el argumento **requestAnnouncementComplete** es verdadero.

La Figura 2.7 muestra un ejemplo del servicio “Freephone” donde se ve a alto nivel cómo se resuelve el marcado de un número del tipo 0800. Un usuario marca un número 0800xxxx. Este es recibido por la central telefónica (SSP), y el “Trigger Detection Point” (TDP) lo identifica como un número que no puede ser resuelto localmente, y debe ser consultado al SCP. Para ello, se comienza una “transacción” de INAP sobre TCAP, enviando un mensaje **TC_Begin** (de TCAP) y un **InitialDP** (de INAP), el que contiene el número 0800xxxx marcado, así como el número de origen y otra información. El mensaje es recibido por el SCP (o SCF en la terminología IN), quien a su vez, debe realizar una consulta a la base de datos (SDP o SDF), para conocer el número real asociado al 0800xxxx, información de facturación, restricciones del usuario llamante, etc. Esto se realiza mediante el comienzo de otra transacción entre el SCP y el SDP, enviando una operación **Query**. El SDP responde con la información solicitada, y termina la transacción. El SCP, procesa la información recibida, y aplica la lógica que tiene asociada a este tipo de servicio “freephone”. Sobre la transacción abierta con el SSF, el SCF envía el mensaje **ApplyCharging** de INAP, indicando al SSF que la llamada se debe facturar al destino, y no al origen. A continuación, el SCF envía al SSF el número destino asociado al 0800xxxx (por ejemplo, el número yyyyyyyy, asociado a un servicio real), y termina la transacción TCAP. Finalmente, el SSP realiza las funciones propias de alerta y conmutación para conectar al usuario inicial con el destino yyyyyyyy, y aplica las reglas de facturación apropiadas.

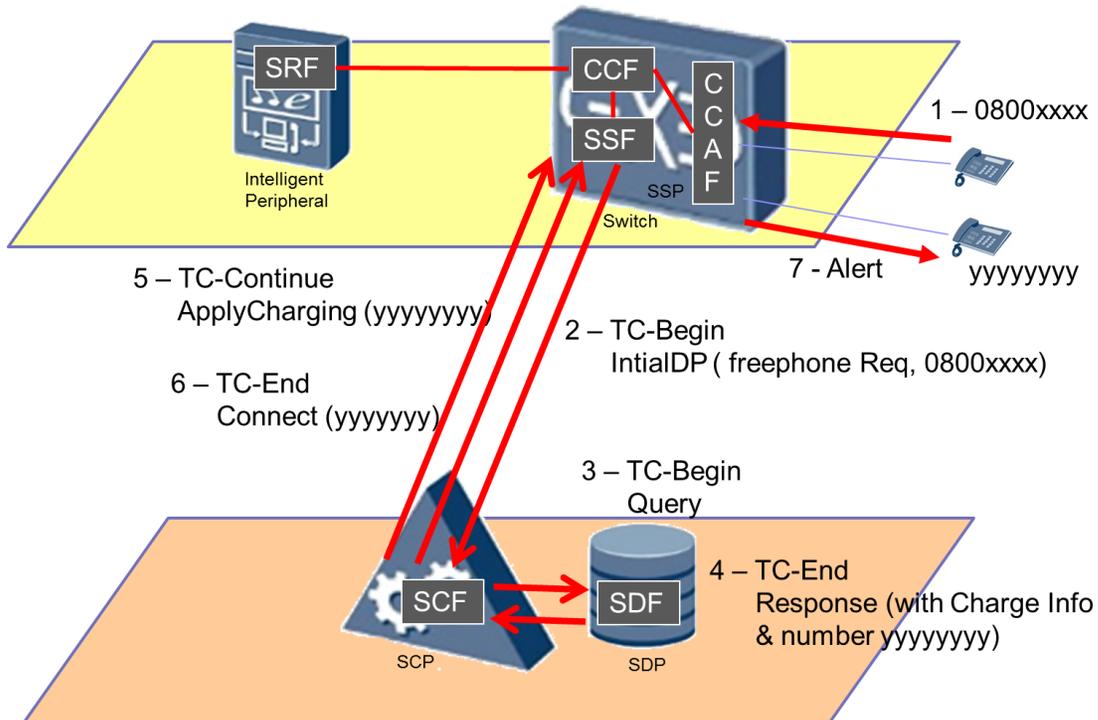


Figura 2.7

La Figura 2.8 muestra un ejemplo donde se ve un posible intercambio de mensajes con la operación “Play Announcement” utilizada como ejemplo. En este ejemplo, la lógica definida en el SCP para cierto tipo de llamada indica que es necesario brindarle un anuncio de audio (podría ser el caso de un servicio 0900, por ejemplo). En este caso, el SCF (desde el SDP), envía la operación “EstablishTemporaryConnection” al SSF (ubicado en el SSP, o en la central telefónica a la que está conectado el usuario), indicando que debe establecer una conexión temporaria con el sistema de anuncios. En forma genérica, este sistema de anuncios es un Intelligent Peripheral, o “IP”, donde se encuentra el elemento funcional SRF. Una vez establecida la conexión (lo que se puede realizar mediante mensajería ISUP, no detallada en la figura), el SCF envía la operación de INAP “PlayAnnouncement” al SRF, indicando el identificador del anuncio a brindar, y solicitando un reporte al finalizar. El SRF brinda el anuncio, eventualmente desconecta la llamada (si corresponde), y al finalizar envía a su vez la operación “SpecializedResourceReport” al SCF, indicando que el anuncio fue brindando.

Es de hacer notar que el anuncio se brinda a través de canales de audio, en el “plano de usuario”, sobre enlaces entre el SRF y el switch, que no se muestran en el diagrama de la Figura 2.8.

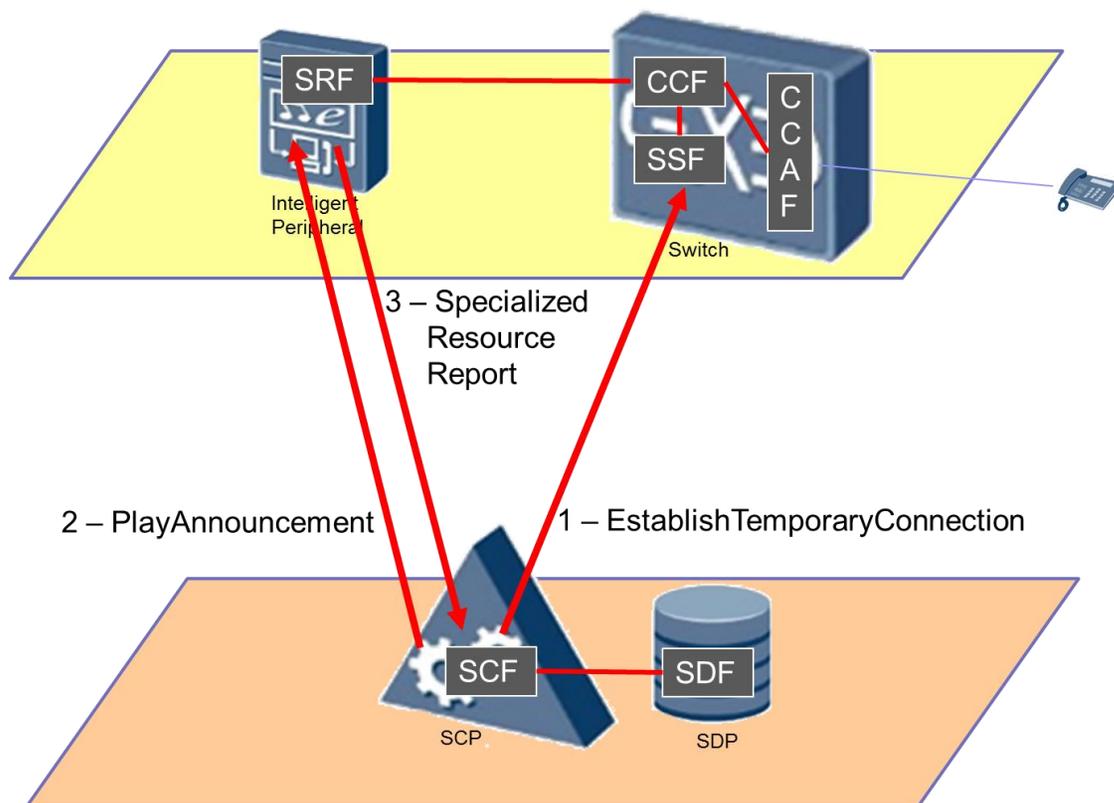


Figura 2.8

Durante la década de 1990, INAP fue el protocolo dominante dentro de las redes de telecomunicaciones con soporte de IN, y funcionó muy apropiadamente para las redes fijas. Fue también la base del proyecto Customized Applications for Mobile Enhanced Logic (CAMEL) [16], donde se aplicaron los mismos conceptos de IN a las redes móviles basadas en GSM.

3 Núcleo de redes corporativas basadas en tecnología TDM

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.

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 “Key Service Unit” (KSU), 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! [17]. Una foto del “teléfono” de este sistema se puede ver en la Figura 3.1, junto con el cable multipar necesario para su conexión,

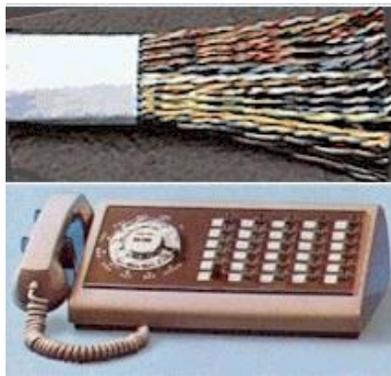


Figura 3.1

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 de interconexión con la red pública, 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 “Private Branch Exchange” (PBX), o “Centrales Telefónicas Privadas”. Las PBX clásicas, también conocidas como Private Access Branch Exchange (PABX) centralizan en una “caja” las líneas urbanas de conexión a la red telefónica pública y los “internos”, o teléfonos de uso corporativo. 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 TDM. La primer PBX con conmutación digital de tecnología TDM fue diseñada en 1972, por Northern Telecom (luego Nortel y actualmente Avaya) [18].

Las PBX con tecnología TDM están dejando su lugar a sistemas con tecnología basadas en software, y con soporte de Voz sobre IP (VoIP), las que se describen en la sección 0. Sin embargo, en la década de 2010, aún existe un gran número de PBX TDM instaladas y totalmente operativas.

3.2 Centrales telefónicas Corporativas: PBX

En la Figura 3.2 se muestra muy esquemáticamente la ubicación de la PBX en una red de telecomunicaciones. Por un lado, la PBX brinda servicio a los teléfonos corporativos, ya sean éstos analógicos, digitales, celulares (o incluso con tecnología IP). Por otro lado, se conecta a los proveedores de servicios telefónicos públicos, sean éstos operadores de redes fijas, de redes celulares o de redes IP.

La arquitectura interna de una PBX no difiere mucho conceptualmente de la arquitectura de las centrales públicas TDM descritas en la sección 2.2, aunque típicamente a una escala menor, y con posiblemente con menores requerimientos. Si bien cada fabricante ha desarrollado su propia arquitectura para estos sistemas, generalmente se ha mantenido una estructura similar a la mostrada en la Figura 3.3. Los componentes principales se han descrito ya en la sección 2.2.

Mayores detalles se pueden ver en [19].



Figura 3.2

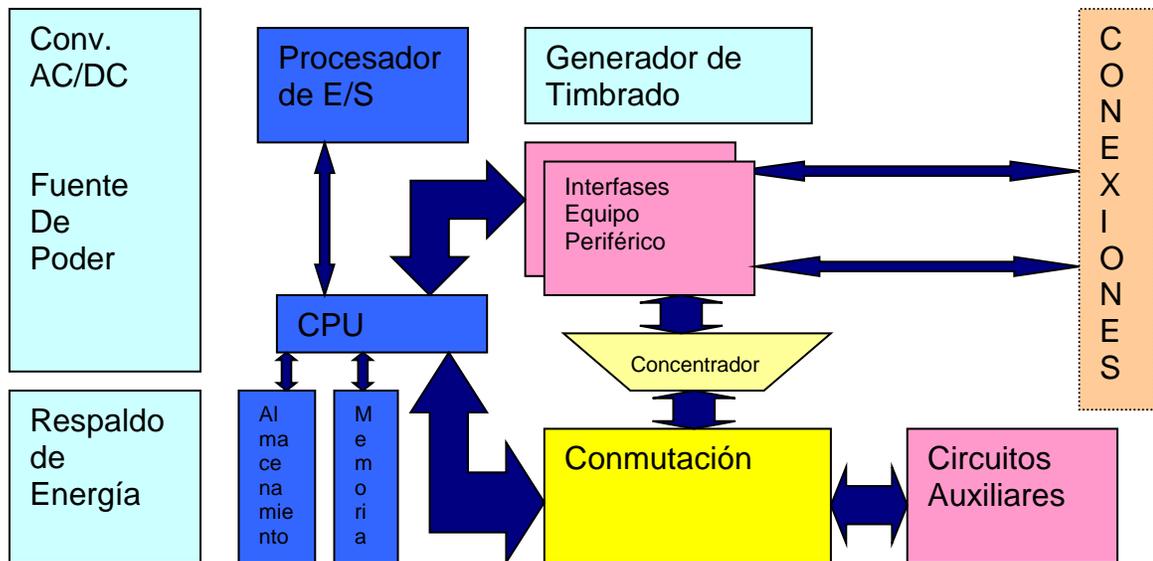


Figura 3.3

Una de las características que distinguen a las PBX corporativas respecto de las centrales telefónicas públicas es el soporte de gran variedad de funciones y facilidades para los usuarios. Si bien no existe un estándar de facilidades, las que

mencionaremos en este capítulo son generalmente soportadas por las PBX del mercado. Asimismo, no existe un estándar para los nombres de las facilidades, por lo que diferentes fabricantes pueden llamar de maneras distintas a facilidades similares.

Las facilidades son las funciones propias de la PBX que permiten obtener beneficios adicionales a simplemente realizar y recibir llamadas. Estas facilidades permiten desde funciones muy sencillas, como transferir llamadas entre teléfonos internos, hasta operaciones muy complejas.

A continuación se enumeran algunos ejemplos de facilidades clásicas disponibles en la mayoría de las PBX [19]:

Transferencia de Llamadas

Permite dejar en espera una llamada recibida o realizada y transferirla (enviarla) a otro teléfono interno o extensión. Para realizar esta operación es necesaria cierta “señalización” especial entre los teléfonos (internos, extensiones o anexos) y la PBX.

Conferencia

La facilidad de conferencia permite que 3 o más personas puedan hablar y escucharse simultáneamente.

Estacionamiento de Llamadas

Permite dejar una llamada en espera y recuperarla desde cualquier teléfono interno de la empresa. La llamada queda en espera en la PBX, liberando el interno para realizar otras llamadas.

Captura de Llamadas

Permite contestar llamadas que están timbrando en otros internos. Las capturas de llamadas pueden ser “dirigidas a un teléfono interno” (se captura un interno en particular), “dirigidas a un grupo” (se captura cualquier interno que este timbrando dentro de un grupo preestablecido), o “dentro del grupo” (se captura cualquier interno que este timbrando dentro del grupo de captura del interno que realiza la operación)

Grupos de Hunting

Permite crear grupos de teléfonos internos donde las llamadas son distribuidas según la ocupación de los mismos. Los “hunting groups” son cadenas o círculos, donde las llamadas son automáticamente redirigidas en caso de que los internos estén ocupados.

Rellamada sobre interno ocupado

Permite que se informe a un interno en el momento en que otro interno queda libre

Llamada en espera

Permite avisar a un interno que está hablando que tiene una llamada esperando ser atendida

Restricciones de telediscado

Habitualmente es posible restringir determinados tipos de llamadas a determinados internos

No molestar

Permite tener privacidad, de manera que no se reciban llamadas aun estando el interno libre

Desvíos de llamadas

Permite redirigir las llamadas de un interno a otro, en caso que el primero esté ocupado, no conteste, etc.

Intrusión ejecutiva

Permite escuchar o escuchar e intervenir en una conversación

4 Núcleo de red pública basada en tecnología IP

4.1 Reseña histórica

Durante la década de 1990, las redes de telecomunicaciones fijas brindaron servicios de telefonía digital, con la posibilidad de utilizar varios servicios adicionales, soportados por las tecnologías de Redes Inteligentes o Intelligent Networks. En este periodo, el tráfico predominante era de voz (llamadas telefónicas), de banda angosta. Cada comunicación podía ser cursada en un canal de 64 kb/s. La conmutación estaba basada en técnicas de conmutación de circuitos y la calidad de servicio era garantizada.

La infraestructura de los operadores telefónicos se basaba en componentes de hardware, con un costo elevado de aprovisionamiento y mantenimiento, ya que mayoritariamente los equipos eran “propietarios” (es decir, diseñados para funcionar en un entorno de “la misma marca”).

Sin embargo, los cambios en el mercado a comienzos de la década de 2000 comenzaron a exigir nuevos requerimientos, entre los que se destacan:

- Demanda de tráfico multimedia (voz, video, multimedia). Las nuevas aplicaciones requieren cursar no solamente voz, sino también audio de alta calidad, video, compartir y enviar documentos e imágenes, entre otro tipo de contenido multimedia. Este tipo de tráfico tiene una demanda creciente.
- Ancho de banda dinámico. El ancho de banda necesario puede cambiar según la aplicación o el tipo de servicio requerido, y puede llegar a varios Mb/s (contrastado con los 64 kb/s para lo que fue diseñada la red clásica TDM). Un servicio de video requiere mayor ancho de banda que un servicio de voz o de audio. Esto lleva a la necesidad de tener flexibilidad en la asignación del ancho de banda a cada sesión.
- Niveles de calidad dependientes del tipo de aplicación utilizada. La calidad del servicio, o QoS, puede ser diferentes, según la aplicación o servicio.

Junto con los nuevos requerimientos, la miniaturización de la electrónica y el desarrollo de software agregaron varias características interesantes, entre las que se destacan:

- Todos los elementos de la red pueden tener gran capacidad de procesamiento, incluyendo a los terminales de los usuarios (las redes TDM clásicas parten de la base que los usuarios tienen terminales muy sencillos, con muy poca capacidad local de procesamiento)
- Los servidores de propósitos generales tienen gran capacidad de procesamiento, y pueden reemplazar a los procesadores de propósitos específicos, basados en hardware propietario (y utilizados típicamente en las centrales telefónicas TDM).

- Existen sistemas operativos de propósitos generales con muy buen desempeño de “tiempo real”. Anteriormente, para realizar tareas de “tiempo real” era necesario utilizar sistemas operativos específicos.
- La tecnología de conmutación de paquetes comienza a transitar su fase de madurez, y el protocolo “IP” es universalmente utilizado.

Los nuevos requerimientos, sumado a las posibilidades tecnológicas, dieron lugar al desarrollo de un nuevo concepto aplicable a los núcleos de redes de telecomunicaciones, que se denominó “Redes de Próxima Generación” o “Next Generation Networks” (NGN). La idea subyacente es la de una única red, basada en IP, que pueda transportar y procesar toda la información y servicios demandados por los usuarios, incluyendo voz, video y datos.

Es así que en el año 2003 ITU realiza un seminario de trabajo, donde se sientan las bases de lo que serían las Redes de Próxima Generación, o NGN [20][21]. Como resultado se estandariza la Recomendación ITU-T Y.2001 “Visión general de las redes de próxima generación” en 2004 [22]. Por su parte, el European Telecommunications Standard Institute (ETSI) crea un nuevo comité técnico, denominado “Telecommunication and Internet Converged Services and Protocols for Advanced Networks” o TISPAN, para el desarrollo y estandarización conjunto con ITU del nuevo concepto de NGN. Se toman como base las ideas que se comenzaban a desarrollar por la “3rd Generation Partnership Project” (3GPP) en el “IP Multimedia Subsystem” (IMS). Durante los años 2003 a 2012 TISPAN desarrolla la arquitectura de NGN, en tres versiones o generaciones. Luego, el comité técnico TISPAN fue disuelto [23].

Durante este periodo, los fabricantes de sistemas de telecomunicaciones comenzaron a desarrollar y ofrecer soluciones alineadas con los conceptos de NGN y de IMS, aun cuando los estándares estaban en desarrollo. A su vez, los operadores de servicios de telecomunicaciones, comenzaron a implementar planes de migración, desde las redes clásicas TDM, hacia redes con arquitectura basada en los conceptos de NGN. Luego, las migraciones comienzan a realizarse hacia redes basadas en IMS, con alto grado de estandarización.

4.2 Next Generation Networks (NGN)

La recomendación ITU-T Y.2001 indica que *“El objetivo de la NGN es asegurar que todos los elementos necesarios para la interoperabilidad y las capacidades de red soporten aplicaciones mundialmente a través de la NGN, pero manteniendo el concepto de separación entre transporte, servicios y aplicaciones”*.

A su vez, ITU-T Y.2001 define a NGN como *“Redes basadas en conmutación de paquetes capaces de proveer servicios, incluyendo los servicios de Telecomunicaciones, y capaz de utilizar múltiples tecnologías de transporte y acceso. Las funciones relativas a los servicios son independientes de las tecnologías relacionadas con las capacidades de transporte subyacentes. NGN ofrece acceso irrestricto a los usuarios a proveedores de servicios. Soporta*

movilidad generalizada, lo que posibilitará brindar servicios a los usuarios en forma consistente y prácticamente omnipresente.”

Una de las características de NGN es la separación de los servicios y el transporte, que les permite ser ofrecidos separadamente y evolucionar independientemente. Por tanto, en las arquitecturas conceptuales NGN se realiza una separación clara entre las funciones destinadas a los servicios y las destinadas al transporte, como se esquematiza en la Figura 4.1 tomada de la Recomendación ITU-T Y.2011 [24].

Las funciones de transporte se encargan únicamente del transporte de información digital de cualquier tipo entre dos puntos físicamente separados. El **estrato de transporte** puede estar formado por un conjunto complejo de redes de capa, que constituyen las capas 1 a 3 en el modelo de referencia básico OSI. Si bien las recomendaciones admiten cualquier tipo de transporte, el universalmente utilizado se basa en redes IP.

El **estrato de servicio** puede estar formado por un conjunto de plataformas de servicios diferentes, incluyendo servicios de voz (por ejemplo telefonía clásica), servicios de datos (por ejemplo, basados en web), servicios de video, o cualquier combinación (por ejemplo, video telefonía, servicios multimedia, juegos, etc.)

A su vez, cada estrato está formado por una o varias capas, que están conceptualmente compuestas de un plano de datos (o de usuario), un plano de control y un plano de gestión, como se esquematiza en la Figura 4.1.

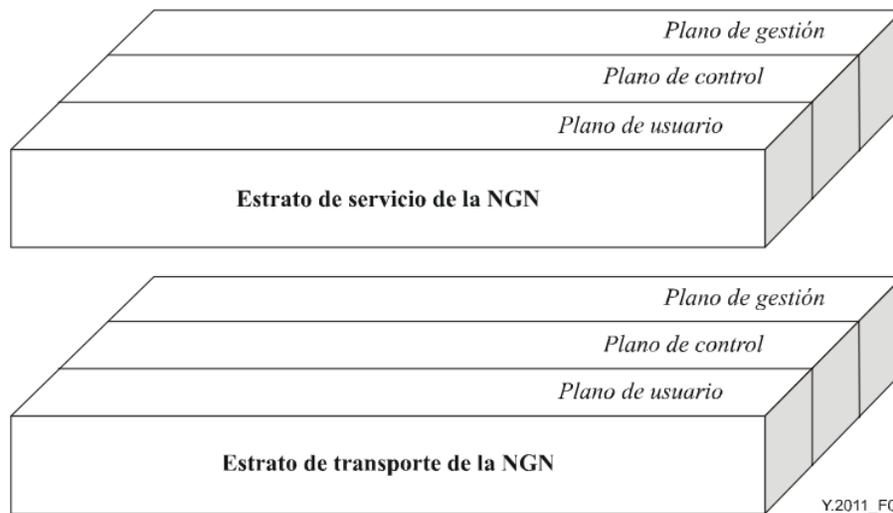


Figura 4.1

La separación en capas no es un concepto nuevo de NGN. Como se describió en la sección 2, las redes TDM ya tenían éste concepto, incluyendo una capa de “servicios” en las redes inteligentes o IN [25]. Esto se esquematiza en la Figura

4.2, donde se pueden identificar planos asociados a aplicaciones, control, recursos, conmutación, acceso y transmisión.

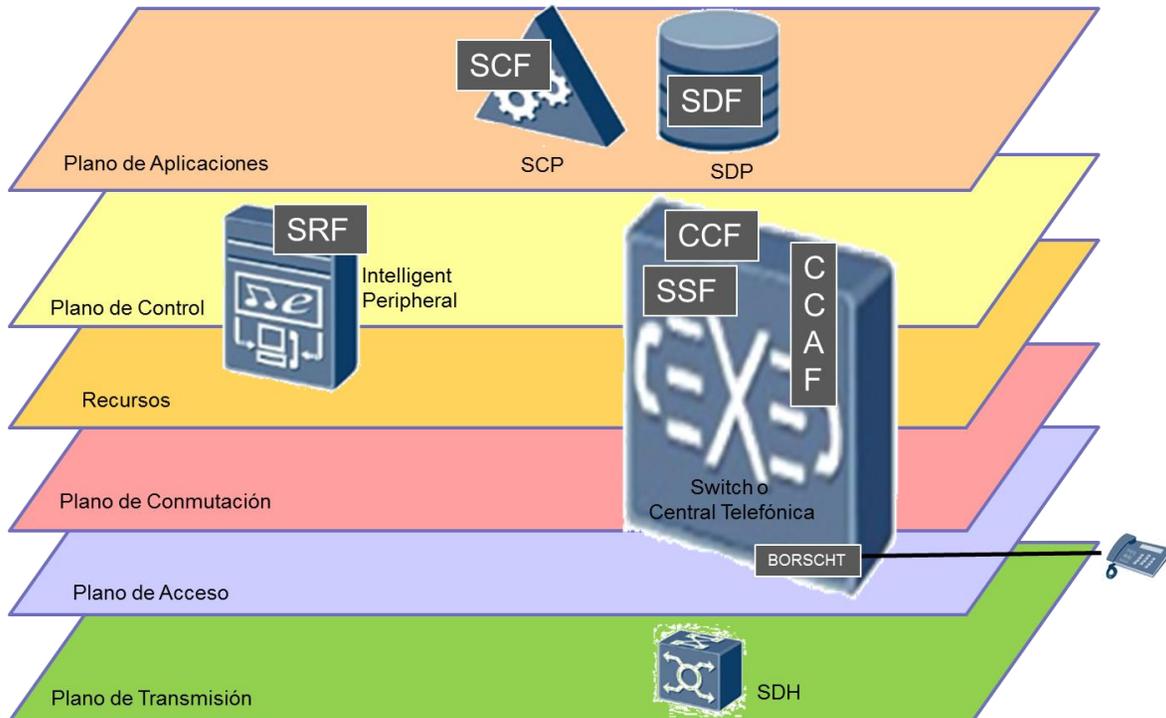


Figura 4.2

Como se observa, muchas de las funciones se realizan en la “Central Telefónica”, aunque conceptualmente pueden quedar claramente diferenciadas en los planos o capas detallados en la figura.

4.2.1 Arquitectura de NGN basada en softswitches

La arquitectura NGN basada en “softswitches” se puede considerar como el primer paso en la evolución de las redes NGN. Aunque actualmente existen arquitecturas más modernas (ver sección 4.3), el “softswitch” ha marcado el inicio de las NGN y ha implementado las primeras versiones de la filosofía de las nuevas redes NGN. También ha servido para validar los principios y características de la arquitectura NGN y sus componentes hacia su próxima evolución [26]. Esta primera implementación de redes NGN no ha sido estrictamente estandarizada, ya que su desarrollo y despliegue fue paralelo al proceso de estandarización. De esta manera, pueden existir varias formas diferentes de implementación, y varias formas de cómo distribuir los diversos componentes dentro de la red y dentro de los “planos” o “capas” establecidos en las arquitecturas de alto nivel de referencia. Sin embargo, el conocimiento general del enfoque arquitectónico típico es importante para la comprensión de las siguientes arquitecturas y principios evolucionados.

El primer gran cambio dentro de las redes NGN respecto a las redes TDM es la tecnología de conmutación utilizada. Las redes NGN utilizan el concepto de conmutación de paquetes, basado en el protocolo IP. De esta manera, el “plano de conmutación” de circuitos, implementado en las redes TDM dentro de las centrales telefónicas, pasa a ser realizado por un núcleo de red basado en switches IP. Los “medios” (audio, video, etc.) deben por lo tanto ser paquetizados sobre IP al ingresar a una red NGN. En una red NGN “pura”, esto se realiza en los propios terminales de usuario. En este tipo de red, el “teléfono”, “video teléfono”, “TV” o cualquiera que sea el dispositivo terminal usado por los usuarios, deben poder ser conectados a una red de paquetes IP directamente, y deben por lo tanto, soportar protocolos de red para el envío y recepción de medios (por ejemplo, deben soportar RTP y RTCP para enviar y recibir contenido multimedia de tiempo real sobre IP).

El segundo elemento determinante de las redes NGN es la realización del “control” mediante aplicaciones de software, que puedan ser ejecutadas sobre servidores y sistemas operativos de propósitos generales. En las redes TDM clásicas, el “plano de control” estaba dominado por procesadores (CPU) típicamente basados en hardware específico y con sistemas operativos propietarios. El elemento que realiza las funciones de control dentro de las redes NGN, basado en software, es el llamado “softswitch”.

Las aplicaciones, que en las redes IN se brindaban a través de las funciones “Service Control Function (SCF)” y “Service Data Function” (SDF), se brindan en NGN mediante servidores de aplicaciones o Application Servers.

Por su parte, el acceso típico a la red NGN se realiza mediante tecnologías de acceso basadas en Fiber To The Home (FTTH) o xDSL (Digital Subscriber Loop), las que permiten tener conectividad de datos hasta los usuarios finales fijos. Sobre esta tecnología es posible conectar directamente terminales IP.

La transmisión, que en las redes TDM se realiza mediante tecnologías de multiplexación y transporte como Synchronous Digital Hierarchy (SDH), en NGN se realiza típicamente con tecnología Multi Label Protocol Switching (MPLS), estandarizado en por la IETF en el RFC 3031 [27]. Este protocolo permite tener routers de muy alta velocidad, implementados en “hardware”, con mayor capacidad que los tradicionales routers IP (el protocolo IP tiene características por la que es más costoso realizar la conmutación “en hardware”). La conmutación de MPLS de alta velocidad es posible debido al uso de etiquetas de largo fijo, factibles de ser resueltas con “lookup-tables”. Estas etiquetas están insertadas en el encabezado de los paquetes, de modo que no hay que “desarmarlos” para acceder a ellas. Con MPLS también es posible satisfacer las necesidades de gestión y asignación de anchos de banda, permite muy alta escalabilidad y satisfacer los requerimientos de calidad de servicio necesarios para el transporte de datos de tiempo real.

La Figura 4.3 muestra esquemáticamente las capas de NGN en relación a las capas de IN. También se ve la asociación de estas capas, con los estratos de servicio y transporte, definidos en la arquitectura general de NGN.

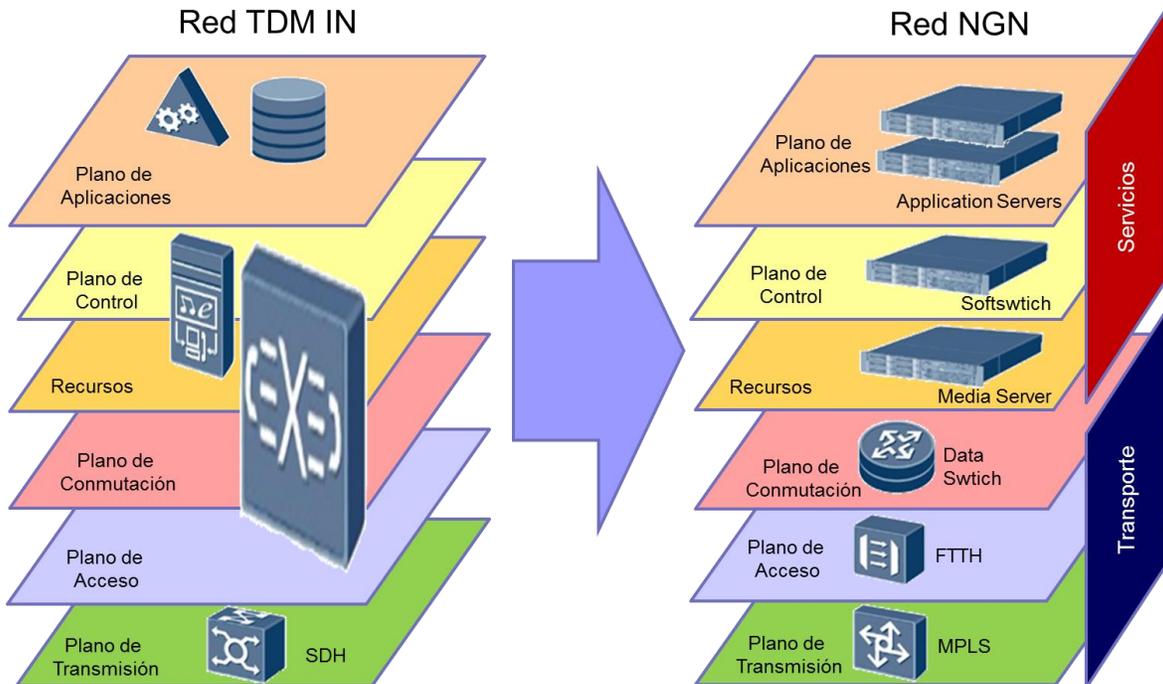


Figura 4.3

4.2.2 Conectividad de las redes NGN

El núcleo de las redes NGN se conectan a diversos componentes: usuarios, servidores de aplicaciones, otras redes NGN y otras redes de telecomunicaciones no NGN. La recomendación ITU-T Y.2012 [28] establece las interfaces de las redes NGN a cada uno de estos componentes, y los define de la siguiente manera (ver Figura 4.4, tomada de ITU-T Y.2012):

User-Network Interface (UNI)

Es la interfaz hacia los usuarios, ya sean usuarios personales con sus terminales (por ejemplo, teléfonos), o usuarios corporativos (por ejemplo, la conexión hacia sistemas de telefonía corporativa). Se espera que estos usuarios sean conectados directamente a través de la red de paquetes IP. Esto genera un punto de vulnerabilidad, ya que los usuarios externos deben tener conectividad con el "núcleo" IP de la red NGN. A los efectos de proteger la red, se incluye en la arquitectura un componente conocido como "Session Border Controller" (SBC). Este elemento se ubica en el "borde" del núcleo de la red NGN, y funciona como una especie de "cortafuegos" ("firewall") para los servicios brindados a los usuarios por la NGN.

Application-Network Interface (ANI)

Es una interfaz que proporciona un mecanismo para las interacciones y los intercambios entre una red NGN y aplicaciones. La ANI ofrece las capacidades y recursos necesarios para la integración con aplicaciones. Esta interfaz soporta únicamente intercambio de información del “plano de control”, sin involucrar la interacción a nivel de medios (o “plano de datos”). La ANI se utiliza para proporcionar conectividad a “proveedores de servicios”, externos a la red NGN. Debe tenerse en cuenta que un operador NGN también puede ser un proveedor de aplicaciones, ya que puede soportar aplicaciones "in-house", sin recurrir a otros “proveedores de servicios” externos.

Network-Network Interface (NNI)

Se corresponde con las interfaces hacia otras redes de telecomunicaciones. Estas redes pueden ser también con tecnología NGN, o redes con tecnología digital, como las redes telefónicas fijas clásicas (PSTN) y las redes móviles clásicas (PLMN). En estos últimos casos, es necesario prever los equipos y mecanismos de integración que permitan “traducir” tanto los medios como la señalización entre las diferentes redes. Estos equipos se conocen como “Media Gateways” y “Signalling Gateways”, respectivamente.

Service-Network Interface (SNI)

Es una interfaz que provee conexión con proveedores de servicios de contenidos, y por lo tanto, la interfaz es a nivel del plano de control y del plano de usuario (medios)

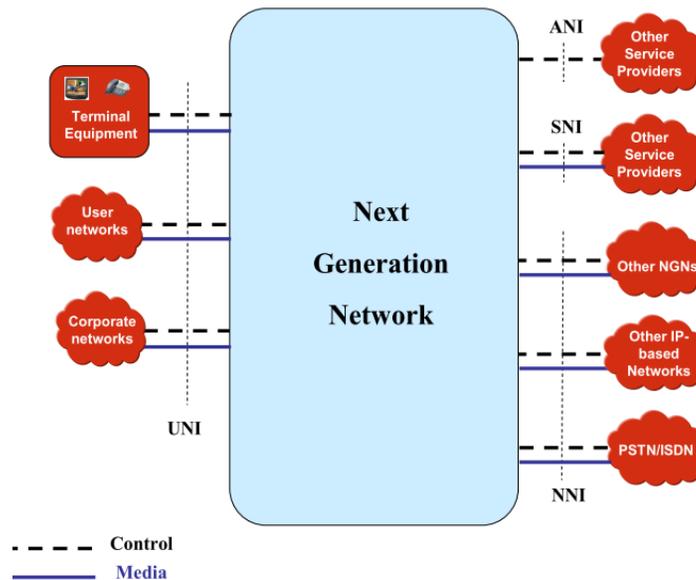


Figura 4.4

4.2.3 Componentes de NGN

Una red típica NGN incluye los siguientes componentes:

4.2.3.1 Softswitch

Es el componente principal del “plano de control” dentro de una red NGN. Como tal, gestiona la señalización de los terminales conectados a la red NGN (que podría utilizar el protocolo H.323 o más típicamente, el protocolo SIP). Esta función también es conocida como “Call agent” o “agente de llamadas”. El softswitch también realiza el control de otros componentes de la red, como los “Media Gateways”. Esta función es conocida como “Media Gateway Controller”.

También puede realizar otras funciones como enrutamiento, facturación, acceso a diversos servicios y brindar interfaces hacia los servidores de aplicaciones o funciones adicionales.

4.2.3.2 Application Server

Son los servidores que pueden implementar funcionalidades avanzadas y específicas a ciertos servicios y realizar la “lógica” de éstos servicios. Por ejemplo puede proporcionar la lógica de servicios de videoconferencia, servicios de “centros de llamadas” o “call center”, centrales corporativas virtuales o “Virtual PBX”, entre otros muchos casos.

4.2.3.3 Media Server

Proporciona funciones asociadas a “medios”. Por ejemplo, detección de tonos, síntesis y reconocimiento de voz, transcodificación, mezcla de medios para servicios de audio o video-conferencias, etc. Pueden ser utilizados para brindar anuncios, para recibir y almacenar mensajes de voz, y para cualquier función que requiera procesar los “medios” (audio, video, multimedia).

Las redes NGN deben ser interconectadas a otras redes, basadas en TDM. Para ello es necesario incorporar equipos llamados “Pasarelas”, o “Gateways”. Los Gateways permiten la interconexión de equipos TDM hacia la red IP. Por ejemplo, pueden recibir una línea E1 y traducirla a 30 canales IP, o pueden tener contactado directamente un teléfono analógico o ISDN y traducirlo a un terminal SIP sobre IP. Para ello es necesario realizar un proceso de conversión de medios y un proceso de conversión de señalización. El primero es realizado por la función de “Media Gateway”, y el segundo por la función de “Signalling Gateway”. Sin embargo, las pasarelas que manejan medios (audio) y señalización se llaman generalmente simplemente “Media Gateways”.

4.2.3.4 Session Border Controller

El Session Border Controller (SBC) se ubica generalmente en el “borde” del núcleo de la red NGN, a los efectos de proteger la red interna de posibles vulnerabilidades que podrían ser explotadas por los usuarios de la red o por otras redes interconectadas.

Sus funciones principales son las siguientes:

- Protección del core de la red NGN frente a eventuales ataques
- “Ocultar” la red NGN hacia los usuarios y dispositivos ubicados fuera de ella, así como a otras redes interconectadas
- 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

Tanto la señalización (típicamente SIP) como el medio (en formato RTP/RTCP) deben pasar por el SBC, quien los analiza y si corresponde, los reenvía hacia su destino (o los bloquea si hay sospecha de fraude o ataque).

4.2.3.5 Media Gateways

Los Media Gateways son necesarios para la conexión de la red NGN a otras redes “no NGN”, como las redes TDM fija (PSTN) y móvil (PLMN). Las funciones típicas de los Media Gateways son las siguientes:

- “Transcodificación”
Consiste en el cambio del formato de codificación. El audio en las redes TDM digitales utiliza el códec G.711. Sin embargo, en las redes IP el audio puede ser codificado con diversos formatos, dependiendo del ancho de banda y la calidad deseada (entre ellos G.729, G722, etc.).
- Paquetización y mapeo sobre flujos RTP
El audio o video en las redes de datos se transporte sobre paquetes IP, mientras que en las redes TDM no es necesaria la paquetización
- Cancelación de eco
Las redes IP introducen retardos mucho mayores que las redes TDM. Como consecuencia, uno de los problemas que típicamente se presentan en la interconexión entre redes es la aparición de eco [29]. Los Media Gateways suelen tener sistemas de cancelación de eco, por ejemplo, basados en la recomendación ITU-T G.168 [30].
- Detección y mapeo de tonos DTMF
Los tonos DTMF que proveen señalización “de punta a punta” sobre una llamada establecida, pueden tener problemas al ser transmitidos en una red de paquetes IP. Esto es causado por el proceso de transcodificación, ya que algunos codecs utilizados sobre las redes IP no son apropiados para reproducir tonos con la precisión que la señalización DTMF requiere. Por este motivo, se han diseñado diferentes mecanismos para la transmisión de los tonos DTMF dentro de la red IP:

- La recomendación de IETF RFC 2833 [31] (reemplazada por el RFC 4733 [32]) presenta un mecanismo para empaquetar los tonos dentro del protocolo RTP.
- La señalización SIP permite utilizar el método “SIN INFO” (según el RFC 6086 [33]) para enviar los tonos DTMF.

Dado que los Media Gateways son los puntos ubicados entre las redes TDM y las redes NGN, deben detectar los tonos DTMF provenientes de la red TDM y transmitirlos apropiadamente hacia la red IP, y a su vez, detectar la codificación de los mismos desde la red IP y re-generarlos hacia la red TDM.

- Adaptación de señalización (Signalling Gateway)
Las redes TDM utilizan señalización SS7, ISDN o “loop start” para teléfonos analógicos. Las redes NGN utilizan típicamente señalización SIGTRAN o SIP, por lo que es necesario realizar conversiones entre las señalizaciones. Esta función es llevada a cabo por los Signalling Gateways, generalmente ubicados en los mismos equipos que los Media Gateways.

Según el uso y la ubicación en la red, los Media Gateway se puede clasificar en los siguientes tipos:

Trunking Gateways

Son Media Gateways de gran capacidad, ubicados entre las redes TDM y las redes de paquetes IP. Del lado de la red TDM típicamente conectan troncales E1 o STM-1. Manejan señalización ISDN y/o SS7 hacia la red TDM y Sigtran y/o H.248 hacia la NGN. Un ejemplo de un equipo comercial de este tipo se muestra en la Figura 4.5. Un esquema de su ubicación en la red se muestra en la Figura 4.8.



Figura 4.5

Access Gateways

Son Media Gateways que permiten conectar una gran cantidad de usuarios analógicos o ISDN. Son utilizados como reemplazo de las centrales telefónicas

“clase 5”, de manera de conectar a los teléfonos legados de las redes TDM directamente a la red NGN. Manejan señalización ISDN y/o analógica hacia los teléfonos y señalización H.248 hacia la NGN. Un ejemplo de un equipo comercial de este tipo se muestra en la Figura 4.6. Un esquema de su ubicación se muestra en la Figura 4.8.



Figura 4.6

Residential Gateways

Son Media Gateways pequeños, para conectar uno o dos teléfonos analógicos o ISDN. Se ubican en las residencias o casas de los usuarios finales. Pueden estar incluidos dentro de los equipos de terminación de la red de acceso, como los “módems ADSL” o los “Optical Network Terminal (ONT)” de redes FTTH. Hacia el usuario permiten la conexión directa de un teléfono, y hacia la red NGN utilizan señalización SIP (o H.248). Un ejemplo de un equipo comercial de este tipo se muestra en la Figura 4.7. Un esquema de su ubicación se muestra en la Figura 4.8.



Figura 4.7

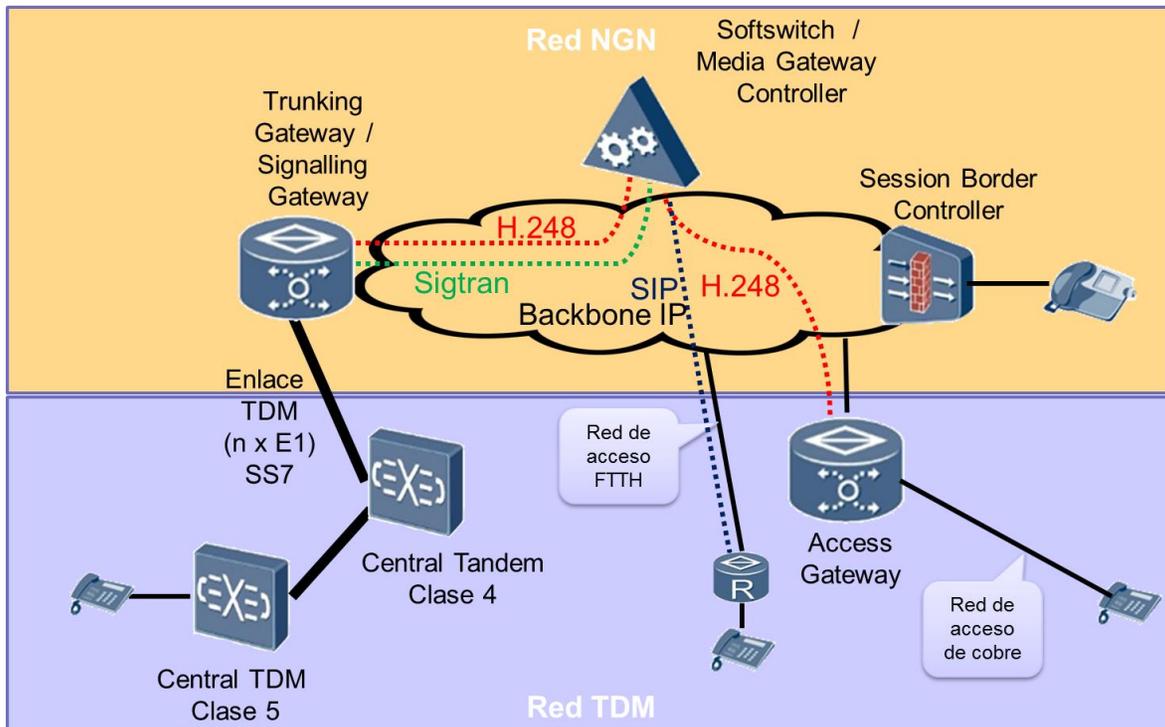


Figura 4.8

4.2.3.6 Media Gateway Controller

Los “Media Gateways” son controlados por el componente conocido como “Media Gateway Controller (MGC). El MGC, que puede estar implementado como parte del “softswitch”, supervisa a los Media Gateways y gestiona todos sus eventos. Por ejemplo, el Media Gateway informa al MGC acerca del estado de descolgado (“off hook”) cuando un usuario tiene intención de iniciar una llamada telefónica, o el MGC envía peticiones al Media Gateway para alertar al usuario llamado (enviar señal de campanilla), entre otras muchas funciones. Los protocolos utilizados para la interacción entre los Media Gateways y su controlador (MGC) han evolucionado, pasando por varios tipos y versiones. Un primer borrador de protocolo de comunicación entre el MGC y los Media Gateways fue presentado en 1998, como Simple Gateway Control Protocol (SGCP) [34]. Tomando como base SGCP, y el protocolo Internet Protocol Device Control (IPDC), se desarrolló por la IETF el Media Gateway Control Protocol (MGCP), publicado originalmente en el RFC 2705 de 1999, y reemplazado luego por los RFC 3435 y 3660 [35]. Estos trabajos se realizaron dentro del grupo de trabajo “MeGaCo” de la IETF, que también publicó el RFC 3525 en 2003 [36], en conjunto con el Grupo de Estudio 16 de ITU-T (“Study Group 16”). Como resultado de este trabajo en conjunto, la ITU-T publicó la Recomendación ITU-T H.248, con el mismo contenido que el RFC 3525, y luego continuó con su desarrollo. En 2008 el RFC 3535 fue re-clasificado como “histórico” en el RFC 5125 [37], y el desarrollo del protocolo se continuó en ITU, en la Recomendación ITU-T H.248 [38].

4.2.4 Señalización ITU-T H.248

El protocolo ITU-T H.248 es muy abstracto en su nomenclatura, y se basa en los conceptos de “contextos” (“context”) y “terminaciones” (“terminations”) [39]. Una “terminación” es el punto de llegada o salida de un flujo de medios. Los parámetros de las “terminaciones” hacen por tanto referencia a las características del medio (voz, video) correspondiente. Un “contexto” es una asociación entre una colección de “terminaciones”. Esto se esquematiza en la Figura 4.9, tomada de ITU-T H.248. Allí se ve el Media Gateway conectado entre la red IP a la izquierda y la red TDM (SCN o Switched Circuit Network) a la derecha. Sobre la izquierda, las “Terminaciones” están asociadas a sesiones de medios o flujos RTP. Sobre la derecha, las “Terminaciones” están asociadas a conexiones TDM (“SCM bearer channels”). El “contexto” relaciona ambas “terminaciones”, siempre que exista una conexión. El “contexto nulo” o “null context” contiene a todas las “terminaciones” que están libres, sin conexión. Un “contexto” puede tener más de dos “terminaciones”, por ejemplo, en casos de conferencias en las que participan más de dos usuarios. También puede contener una única “terminación”, por ejemplo, durante el proceso de establecimiento de una llamada, o cuando es necesario brindarle anuncios generados dentro del Media Gateway a un único usuario.

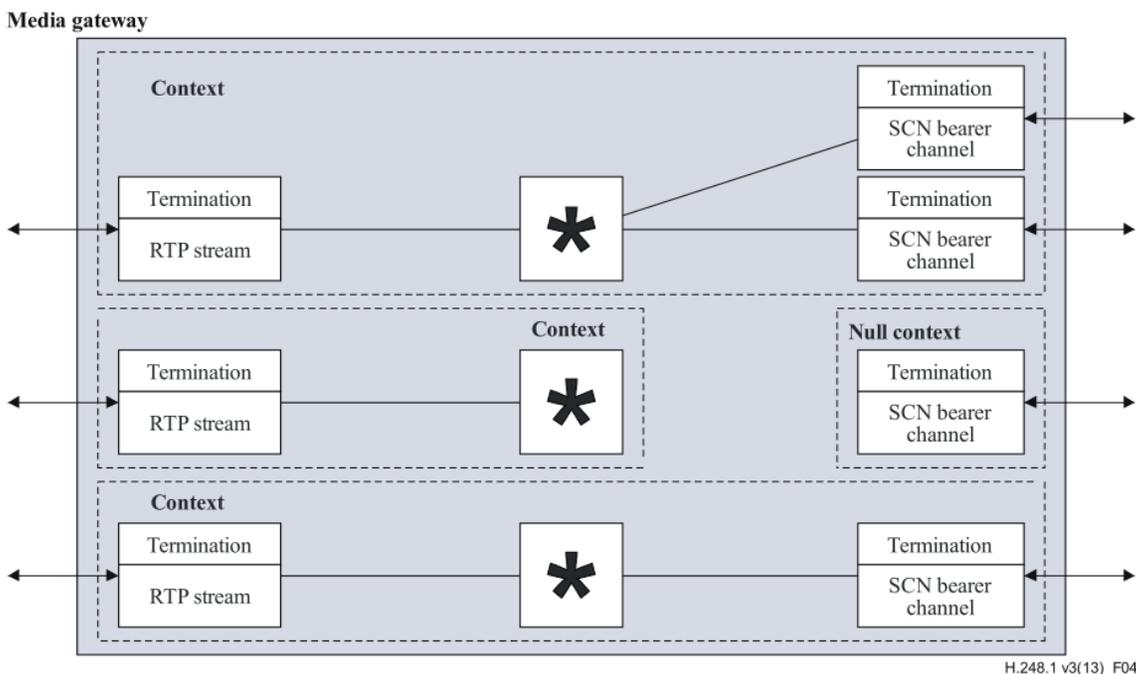


Figura 4.9

El protocolo de control de Media Gateways definido en ITU-T H.248 está basado en un conjunto de comandos entre el MGC y el Media Gateway, según se muestra en la siguiente tabla. La mayoría de los comandos son iniciados por el MGC, para controlar el Media Gateway, aunque otros, como el “Notify” es iniciado por el

Media Gateway hacia el MGC. Los comandos son respondidos con un "Reply", indicando su resultado.

Comando	Descripción
Add	Agrega una "terminación" a un "contexto"
Modify	Modifica las propiedades de una "terminación"
Substract	Desconecta una "terminación" de su "context"
Move	Mueve un "terminación" a otro "contexto"
Audit Value	Devuelve el conjunto actual de propiedades, eventos y estadísticas de una "terminación"
Audit Capability	Devuelve todos los posibles valores de las propiedades de las "terminaciones"
Notify	Permite que el Media Gateway notifique al MGC la ocurrencia de un evento
Service Change	Permite que el Media Gateway notifique al MGC que una "terminación" entra o sale de servicio. También es usado para que el Media Gateway se registre en el MGC, y para anunciar reinicios. También puede ser usado para que el MGC solicita al Media Gateway sacar de servicio una "terminación".

Para ejemplificar, se ha tomado como base los diagramas y textos publicados en [40]. El ejemplo consiste en dos Media Gateways, llamados MG-0 y MG-1, quienes se registran en un Softswitch que cumple las funciones de MGC, como se muestra en la Figura 4.10.

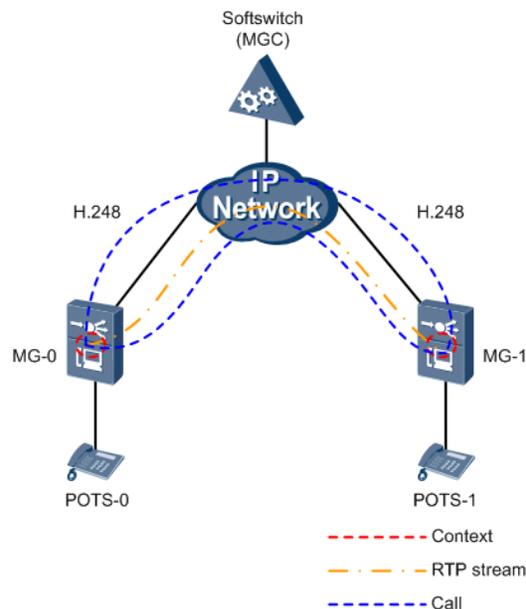


Figura 4.10

Al inicio, los Media Gateways (MG) se registran en el MGC, intercambiando los mensajes indicados en la Figura 4.11:

- 1- El MG envía un comando ServiceChange al MGC.
- 2- El MGC responde con un mensaje Reply.
- 3- El MGC envía el comando Modify al MG, solicitando que el MG detecte las señales de “offhook” de los terminales.
- 4- El MG responde con un mensaje Reply.

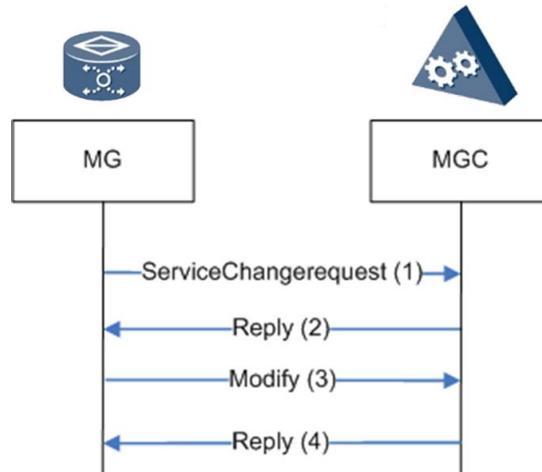


Figura 4.11

Cuando un usuario realiza una llamada a otro usuario, la secuencia de eventos se esquematiza en el diagrama de señalización de la Figura 4.12:

- 1- MG-0 detecta el descuelgue (“offhook”) del usuario A0 y lo notifica al MGC utilizando el comando Notify.
- 2- Cuando el MGC recibe el evento de “offhook”, el MGC envía un “digitmap” al MG-0 (a través de un comando Modify), solicitándole que proporcione tono de invitación a marcar (“dial tone”) al usuario A0, y al mismo tiempo, que recolecte los dígitos marcados.
- 3- El usuario A0 marca el número de destino por DTMF. El MG-0 recolecta los dígitos y los reenvía al MGC (a través de un comando Notify).
- 4- El MGC envía el comando Add al MG-0, para crear un “contexto” y agregar la “terminación” RTP del lado IP y la “terminación” analógica del usuario A0 dentro del “contexto”.
- 5- Luego de creado el “contexto”, el MG-0 responde al MGC con un Reply. La respuesta contiene una descripción de la sesión creada en el entorno IP, incluyendo la dirección IP y el Puerto UDP en el que se recibirán los paquetes RTP en el MG-0.
- 6- El MGC envía el comando Add al MG-1 para crear un “contexto” y agregar una “terminación” del lado IP y una del lado “analógico” para el usuario A1.
- 7- Luego de creado el “contexto”, el MG-1 responde al MGC, indicando en la respuesta sus datos de la sesión IP.
- 8- El MGC envía el comando Modify al MG-1, para que se le envíe señal de campanilla al usuario analógico A1, y el comando Modify al MG-0 para enviarle señal de constancia de llamada (ringback tone) al usuario A0.

- 9- Cuando se detecta que el usuario A1 descuelga (“offhook”), el MG-1 notifica del evento al MGC. El MGC envía un comando Modify para detener la señal de constancia de llamada (ringback tone) al usuario A0 y otro comando Modify para detener la señal de campanilla al usuario A1.
- 10-El MGC envía los datos de descripción de la sesión de MG-0 al MG-1 y viceversa utilizando el comando Modify. De esta manera, los MG pueden intercambiar audio RTP directamente (es de hacer notar que el MGC no participa en el intercambio de medios).
- 11-El MG-0 detecta que el usuario A0 cuelga (“onhook”) y lo notifica al MGC a través de un comando Notify.
- 12-El MGC envía un comando Modify al MG-1, para modificar el modo de RTP a “receive-only”.
- 13-El MGC envía un comando Modify al MG-1 solicitando brindar un tono de “ocupado” o “re-order” al usuario A1.
- 14-El MGC envía el commando Subtract al MG-0, solicitando liberar los recursos ocupados por el usuario A0.
- 15-Cuando el usuaurio A1 cuelga, el MG-1 lo detecta (“onhook”) y notifica al MGC a través de un comando Notify.
- 16-El MGC envía el commando Subtract al MG-1, solicitando liberar los recursos ocupados por el usuario A1.
- 17-En este punto, todos los Recursos quedaron liberados, y la llamada entre A1 y A2 fue completada.

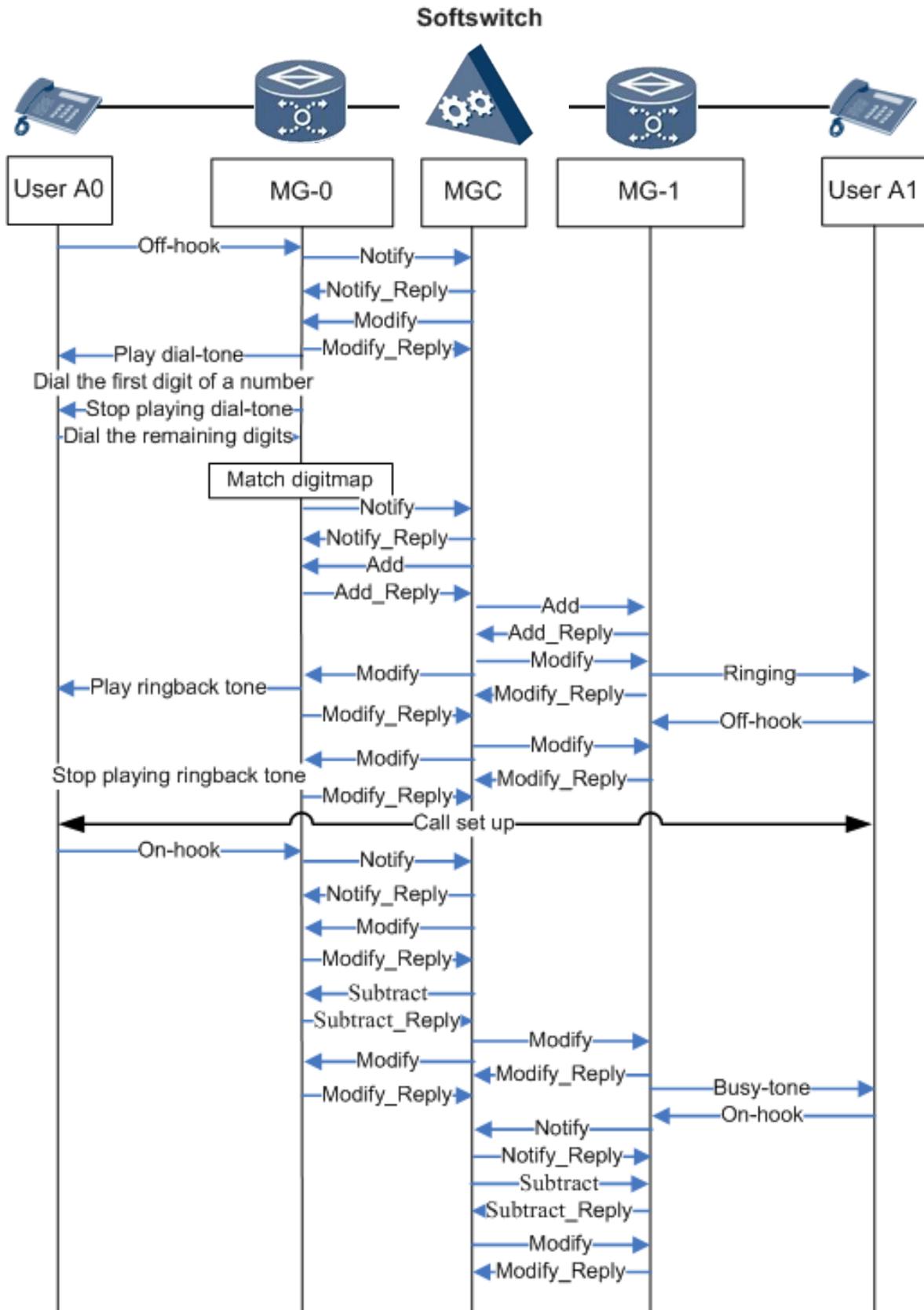


Figura 4.12

4.2.5 Esquema general de NGN

Un esquema general de una red NGN y sus interconexiones se puede ver en la Figura 4.13. En dicha figura también se muestra esquemáticamente la señalización intercambiada entre los diferentes componentes. Se resaltan las redes de “Telefonía tradicional” (redes fijas y móviles TDM), la “emulación” de los servicios tradicionales, utilizando teléfonos analógicos o ISDN sobre NGN, y la red de telefonía sobre IP. Similarmente, en la Figura 4.14 se muestran los flujos de medios, analógicos, digitales e IP.

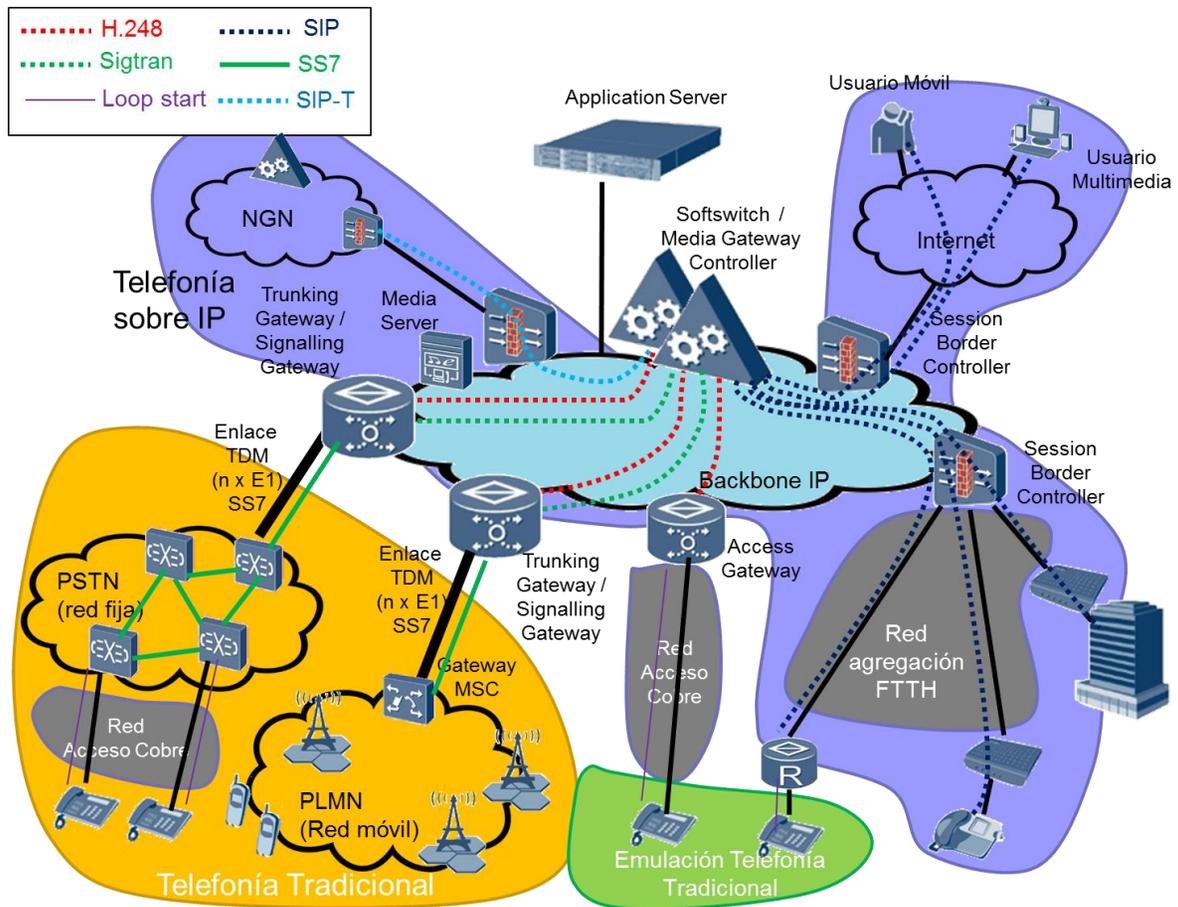


Figura 4.13

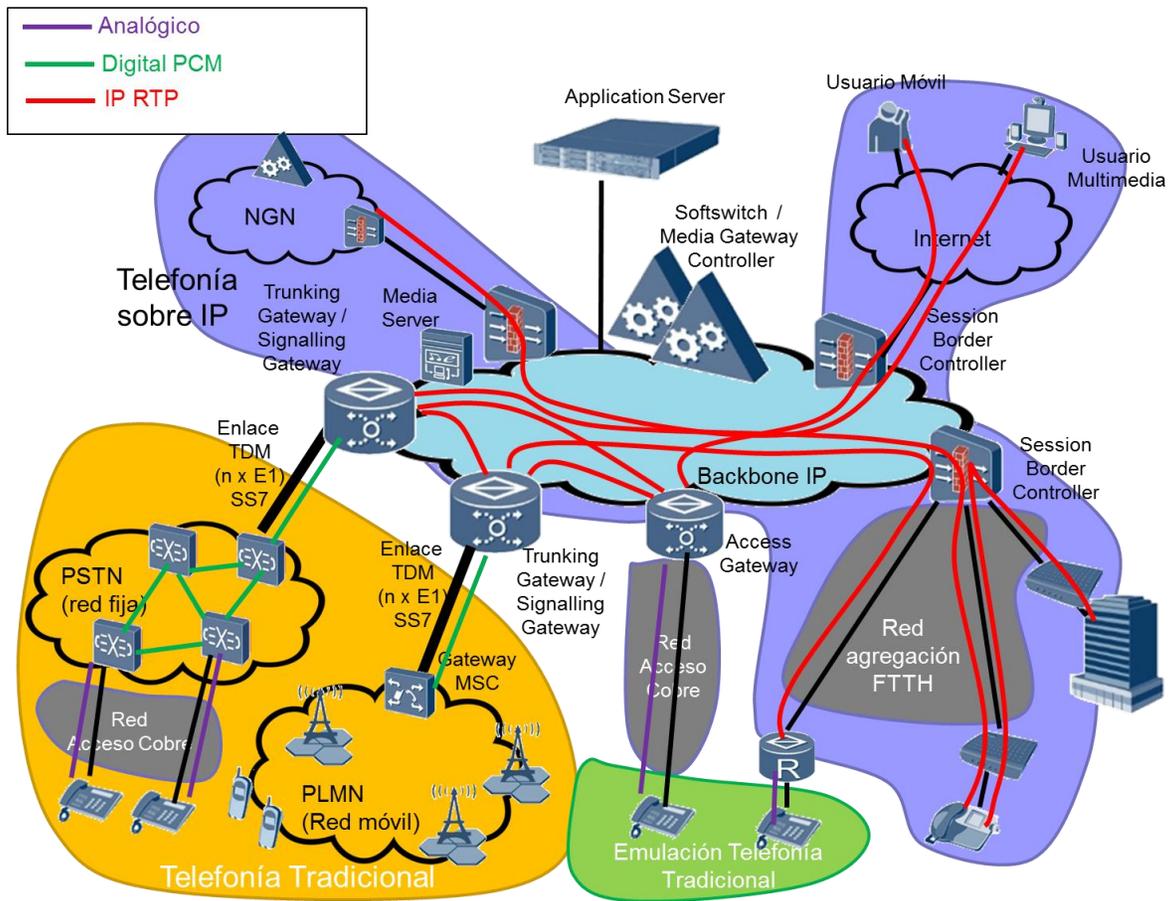


Figura 4.14

4.2.6 Estandarizaciones de NGN

La recomendación ITU-T Y.2012 [28] establece un marco conceptual para los requisitos funcionales y la arquitectura de las redes NGN. Esta recomendación define las “Entidades Funcionales” (“Functional Entities” o FE) de la NGN y designa “Puntos de Referencia” que permitan definir flujos de información a través de ellos. La arquitectura funcional proporcionada en esta recomendación permite una distinción entre los aspectos de definición y especificación de los servicios prestados por la NGN y la implementación real de las tecnologías de red utilizadas para soportar dichos servicios.

La Figura 4.15 muestra la arquitectura de alto nivel, tal como es presentada en ITU-T Y.2012. Las funciones principales de NGN se dividen en funciones de *estrato de servicio* y funciones de *estrato de transporte*, tal como se introdujo en la sección 4.2. Adicionalmente, se pueden observar otras funciones, como las relacionadas a la *gestión general del sistema* (*Management Functions*) y la *gestión de identidad de los usuarios* (*Identity Management Functions*). La gran mayoría

de los conceptos descritos en forma abstracta en la recomendación se han cubierto y descrito en las secciones anteriores, de forma más “práctica”.

4.2.6.1 Estrato de Transporte (Transport Stratum)

El estrato de transporte provee los servicios de conectividad IP a los usuarios de NGN, identificando en este estrato las siguientes entidades funcionales:

- **Funciones de red de acceso (Access Network Functions)**
Las funciones de la red de acceso se encargan del acceso de los usuarios finales a la red NGN. El tráfico procedente de estos accesos es “agregado” hacia la red principal. Dentro de las funciones de acceso se deben establecer mecanismos de control de QoS, filtrado de paquetes, clasificación y marcado de tráfico, entre otras funciones. Además, la red de acceso proporciona soporte para la movilidad.
- **Funciones de transporte en el núcleo (Core Transport Functions)**
Las funciones transporte en el núcleo son las responsables de garantizar el transporte de información en toda la red NGN. Proporcionan los mecanismos para garantizar la calidad del transporte sobre la red de paquetes.
Estas funciones proporcionan mecanismos de QoS que se ocupan directamente del tráfico de usuarios, incluyendo la gestión de búferes, estrategias de encolamiento, filtrado de paquetes, clasificación de tráfico, marcado y capacidad de “cortafuegos” (firewall), entre otras.
- **Funciones de Pasarela (Gateway Functions)**
Las funciones de “gateway” proporcionan mecanismos para interconectarse con usuarios finales u otras redes de otras tecnologías.
Las funciones de “Gateway” se pueden controlar directamente desde las funciones de control de servicio o mediante las funciones de control de transporte.
- **Funciones de manejo de medios (Media Handling Functions)**
Las funciones de manejo de medios proporcionan procesamiento de recursos de medios especializados para la provisión de servicios, tales como generación de señales de tono, anuncios o transcodificación.
- **Funciones de borde (Edge Functions)**
Las funciones de borde se utilizan para el procesamiento de medios y control, cuando el tráfico agregado procedente de diferentes redes de acceso ingresa en la red principal de transporte; Incluyen funciones relacionadas con el soporte de QoS y el control de tráfico.
Las funciones de borde también se utilizan entre redes de transporte de núcleo.

Se identifican también los siguientes elementos de control dentro del estrato de transporte:

- **Resource and Admission Control Functions (RACF)**

El RACF proporciona una visión abstracta de la infraestructura de la red de transporte a las funciones de control de servicio (ver Service Control Functions, SCF, más adelante) y hace que las funciones de los estratos de servicio sean “agnósticas” a los detalles de la infraestructura de transporte, tales como topología de red, conectividad, utilización de recursos y mecanismos de QoS, entre otros.

El RACF interactúa con el SCF (del estrato de servicios) y las funciones de transporte (del estrato de transporte) para una variedad de aplicaciones (por ejemplo, llamadas basadas en SIP, transmisión de vídeo, etc.) que requieren el control del recurso de transporte NGN.

- **Network Attachment Control Functions (NACF)**

Las funciones de control de conexión de red (NACF) proporcionan mecanismos de registro a nivel de acceso para los usuarios finales, para acceder a servicios NGN. Estas funciones proporcionan mecanismos de identificación y autenticación a nivel de estrato de transporte, gestionan el espacio de direcciones IP de la red de acceso y autentican las sesiones de acceso de los usuarios. Para ello, el NACF accede a una base de datos de perfiles de usuario a nivel del estrato de transporte (“Transport User Profile”)

- **Mobility Management and Control Functions (MMCF)**

El MMCF proporciona mecanismos para lograr la movilidad de los usuarios, si las condiciones de la red lo permiten. El MMCF no depende de tecnologías de acceso específicas y permite funciones de “handover” a través de diferentes tecnologías.

4.2.6.2 Estrato de Servicio (Service Stratum)

El estrato de servicio incluye los aspectos relativos al “control” de los servicios y el soporte de aplicaciones, identificando en este estrato las siguientes entidades funcionales:

- **Service Control Functions (SCF)**

Las funciones de control de servicio (SCF) incluyen funciones de control de recursos, registro, autenticación y autorización de usuarios a nivel de servicio. También pueden incluir funciones para controlar recursos de medios, es decir, recursos especializados y “gateways” a nivel de la señalización.

- **Content Delivery Functions (CDF)**

Las funciones de entrega de contenido (CDF) reciben contenido de las aplicaciones, lo almacenan, procesan y entregan a las funciones de usuario final, utilizando las capacidades de las funciones de transporte bajo el control de las funciones de control de servicios.

- **Application support functions and service support functions (ASF&SSF)**

Las funciones de soporte de aplicaciones y servicios (ASF & SSF) incluyen las funciones de registro, autenticación y autorización a nivel de aplicación. Estas funciones están disponibles para los grupos funcionales de "aplicaciones" y "usuarios finales". Las funciones de ASF & SSF trabajan junto con las funciones de SCF para proporcionar a los usuarios finales acceso a las aplicaciones y los servicios NGN que solicitan.

4.2.6.3 Funciones de usuarios (End User Functions)

A nivel de NGN no se realizan ningún tipo de descripción acerca de las diversas interfaces, aplicaciones o dispositivos que pueden utilizar los usuarios de la red. Únicamente se prevé que pueden ser fijas o móviles.

4.2.6.4 Funciones de Gestión (Management Functions)

La gestión es una de los aspectos fundamentales de cualquier red, incluyendo la red NGN. Las funciones de gestión aplican a todos los estratos, incluyendo los estratos de transporte y de servicios. En forma general, las funciones de Gestión deben cumplir las áreas comúnmente llamadas FCAPS:

- **Fault management** (gestión de fallas o incidentes)
- **Configuration management** (gestión de configuración de cada elemento)
- **Accounting management** (gestión de contabilidad, incluyendo el "billing")
- **Performance management** (gestión de desempeño)
- **Security management** (gestión de seguridad)

4.2.6.5 Funciones de Gestión de Identidad (Identity Management Functions)

Las capacidades del Identity Management Functions (IdM) se utilizan para validar la identidad de una entidad. En NGN se considera que una entidad es *cualquier cosa* que puede ser identificada de manera única. Ejemplos de entidades incluyen suscriptores, usuarios, elementos de red, aplicaciones de software, servicios y dispositivos.

En la arquitectura de referencia de NGN, es posible que las funciones relacionadas con IdM residan en diferentes planos (por ejemplo, plano de usuario, de control y de gestión) y en diferentes estratos (por ejemplo, estrato de servicio y estrato de transporte).

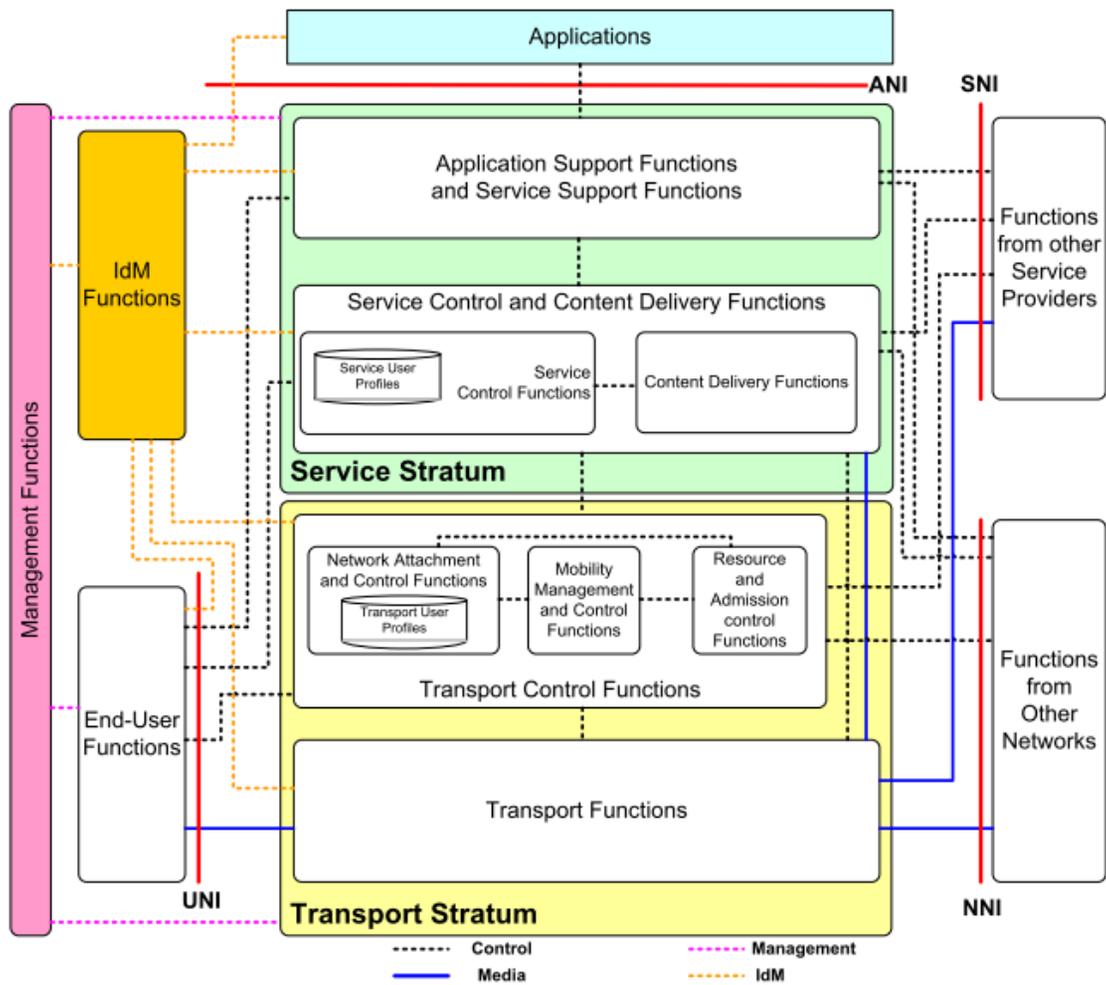


Figura 4.15

Sobre la base de la arquitectura de alto nivel descrita y esquematizada en la Figura 4.15, se definen Elementos Funcionales (FE) y Puntos de Referencia (Reference Points). A modo de ejemplo, en Figura 4.16 se muestra los Elementos Funcionales del módulo SCF. Cada Elemento Funcional está identificado y descrito en ITU-T Y.2012, al igual que cada Punto de Referencia. Por ejemplo, el FE S-8 "Access Gateway Control" especifica los mecanismos para realizar el control de los "Access Gateways", a través de los Puntos de Referencia S-T2 y S-TC3. Estos puntos de referencia conectan con Elementos Funcionales del estrato de transporte, donde se ubican los "Access Gateways".

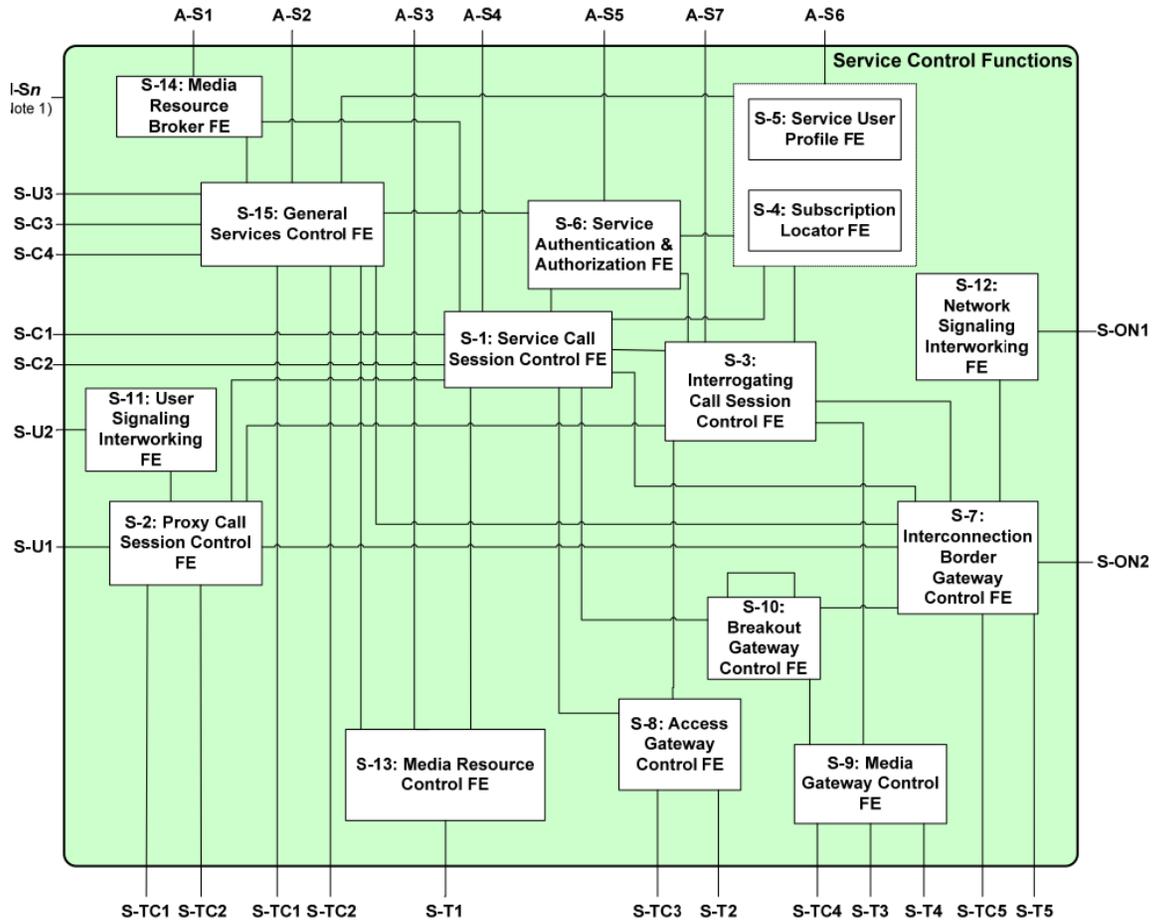


Figura 4.16

4.3 IP Multimedia Subsystem (IMS)

La definición del “Subsistema Multimedia IP” (IMS, IP Multimedia Subsystem) fue desarrollado inicialmente por el organismo de normas de red móvil 3GPP, para la provisión de servicios multimedia sobre servicios móviles de tercera generación [41]. Se trata de una arquitectura de sistema “abierto” con soporte para un amplio rango de servicios de telecomunicaciones basados en protocolo IP. Su definición original fue adaptada para el soporte de la señalización SIP, y fue tomada por ITU para incorporarlo al modelo general de NGN, lo que quedó plasmado en la recomendación ITU-T Y.2021 [42].

Un esquema muy simple de la arquitectura IMS se muestra en la Figura 4.17, donde se puede ver un componente central con la función de controlar las sesiones multimedia (CSCF, Call Session Control Function), conectado a una

base de datos de usuarios (HSS, Home Subscriber Server) y a servidores de aplicaciones (AS, Application Servers), y que a su vez puede controlar recursos de medios (MRF, Media Resources Functions) y pasarelas de medios (MGF, Media Gateway Functions).

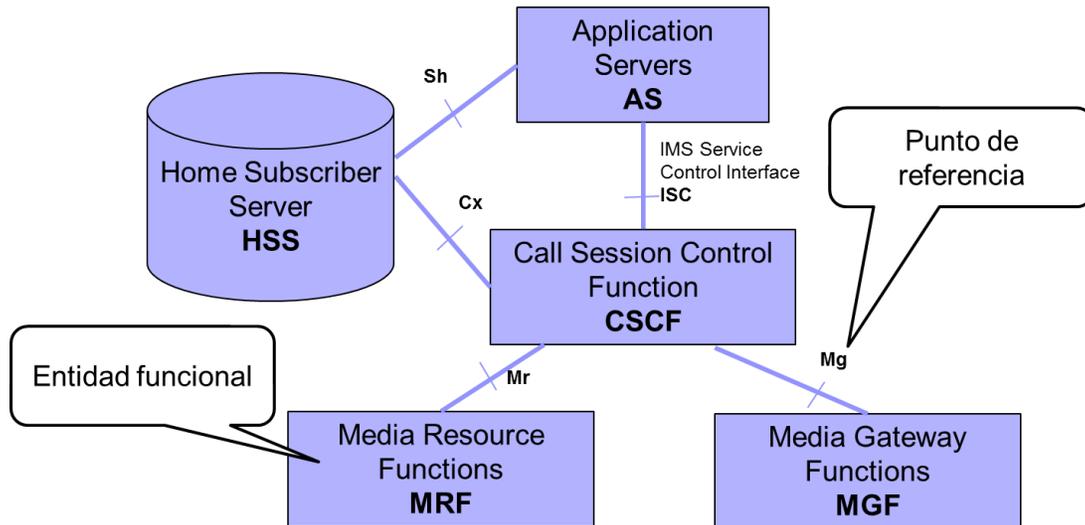
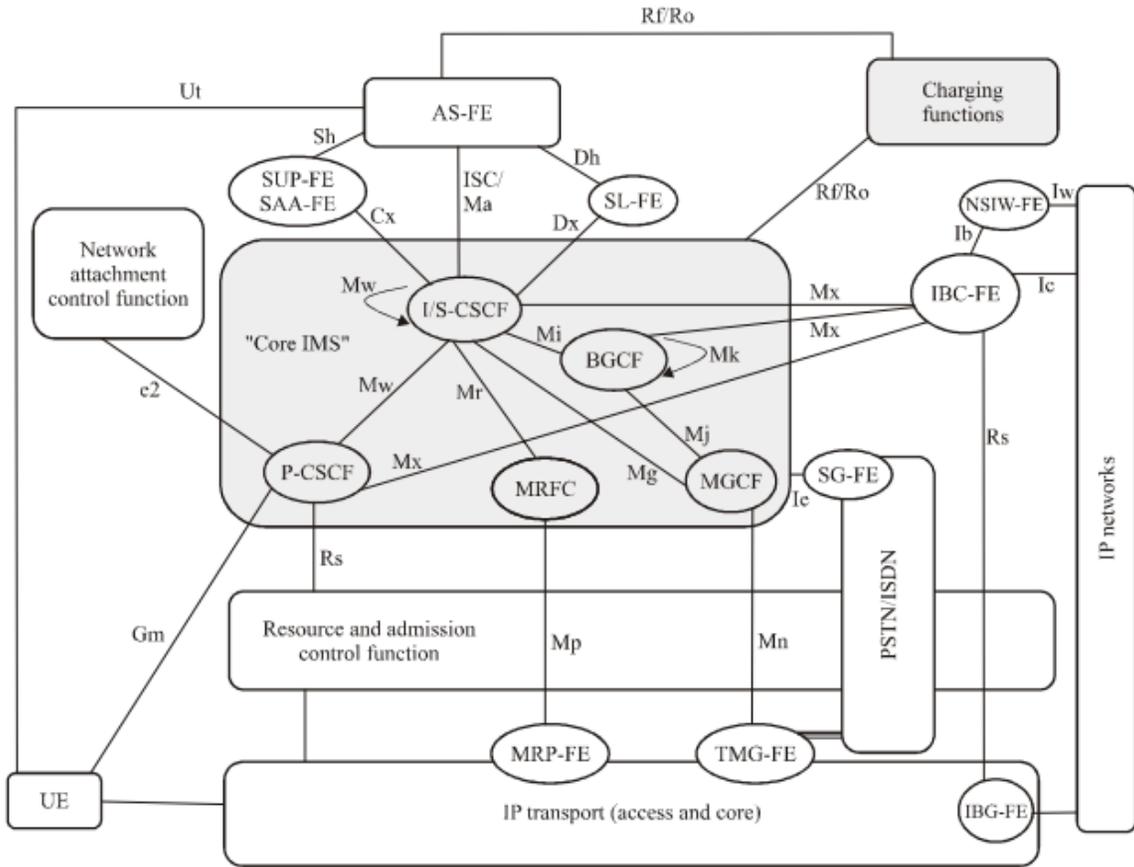


Figura 4.17

IMS define una colección de “entidades funcionales” y “puntos de referencia” ubicados en el *estrato de servicio* de una red NGN, para el soporte de servicios basados en SIP. Estos elementos son básicamente los mismos que fueron definidos por ETSI en la recomendaciones TS 123 002 [43] y TS 23 228 [44]. La Figura 4.18, tomada de ITU-T Y.2021, muestra en forma esquemática los elementos definidos en IMS por ITU en el contexto de NGN y la Figura 4.19, tomada de TS 23 228 muestra en forma esquemática los elementos definidos en IMS por la 3GPP en el contexto de servicios móviles. Ambos coinciden ampliamente en sus principales elementos, los que se describen a continuación.

Este texto no pretende ser exhaustivo, sino únicamente introductorio. Se pueden consultar las referencias para comprender las funciones detalladas de cada uno de los elementos funcionales, y los puntos de referencia que los intercomunican.



Y.2021_F6-1

Figura 4.18

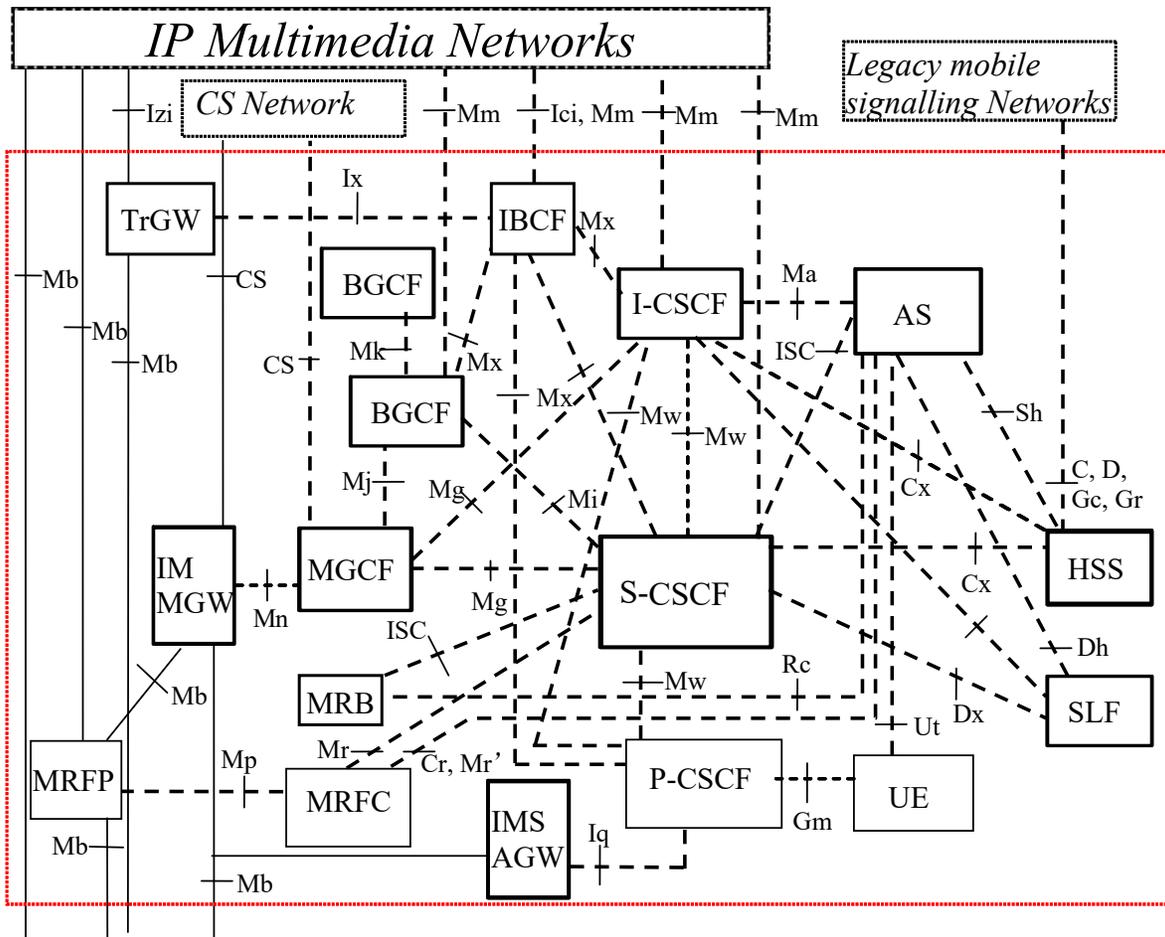


Figura 4.19

4.3.1 Call Session Control Function (CSCF)

La función de control de sesión de llamada (CSCF, Call Session Control Function) establece, supervisa, mantiene y libera sesiones multimedia, y gestiona las interacciones de servicio del usuario. Este es el elemento central de control dentro de la red IMS.

Se comunica con la base de datos que contiene el perfil de los usuarios, definida como "Home Subscriber Server" o HSS en ETSI TS 123 002, y compuesta por los elementos funcionales "Service Authentication and Authorization" (SAA) y "Service User Profile" (SUP) en ITU-T Y.2021 (ver más adelante).

También se comunica con los servidores de aplicaciones (AS) y los controladores de pasarelas y de recursos (MGCF, MRFC, ver más adelante).

El CSCF puede ser dividido en tres elementos funcionales:

- **Proxy CSCF (P-CSCF)**

Es el primer punto de contacto para el usuario dentro del subsistema IMS. Los usuarios realizan los inicios de las sesiones hacia este servidor. Las

peticiones que recibe, las dirige hacia el S-CSCF (si se trata de un usuario de la propia red), como se esquematiza en Figura 4.20, tomada de TS 23 228.

- **Serving CSCF (S-CSCF)**

Se encarga de realizar el registro de los usuarios y mantener el estado de las sesiones dentro de la red. Mantiene las conexiones con los servidores de aplicaciones y con la base de datos de los perfiles de usuarios (HSS), por lo que puede decidir si se le brinda o no un determinado servicio a un determinado usuario. Es, en definitiva, el controlador central de IMS.

- **Interrogating CSCF (I-CSCF)**

Es el punto de contacto dentro del IMS para las conexiones con otras redes. Puede proveer funciones THIG (Topology Hiding Interworking Gateway) para proteger a su propia red, ocultando direccionamiento interno. A modo de ejemplo, en la Figura 4.21 (tomada de TS 23 228) se muestra esquemáticamente el proceso de registro de un usuario itinerante (que solicita registro en una red que no es la suya propia). En este caso, el P-CSCF de la red visitada recibe la solicitud del usuario, detecta que el usuario no es de su propia red (por ejemplo, sobre la base de su dirección de "dominio"), y reenvía la solicitud al I-CSCF de la red correspondiente. El I-CSCF solicita a la base de datos de perfiles del usuario (HSS) la dirección del S-CSCF que le corresponde al usuario, y le reenvía la solicitud de registro. El S-CSCF es quien decide, consultando el perfil del usuario en la base de datos HSS, si le concede o no el registro.

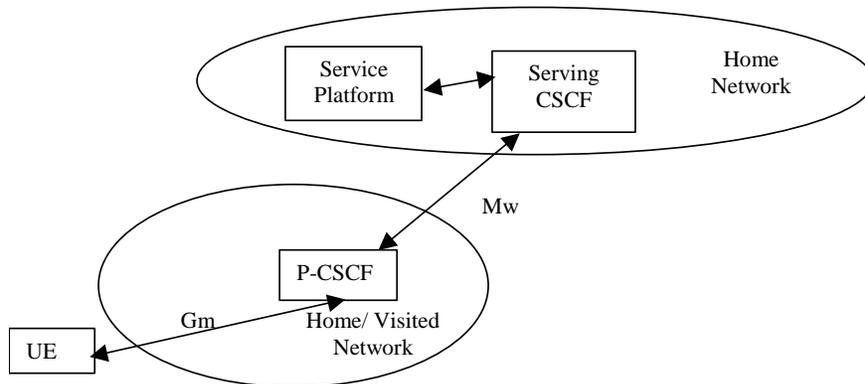


Figura 4.20

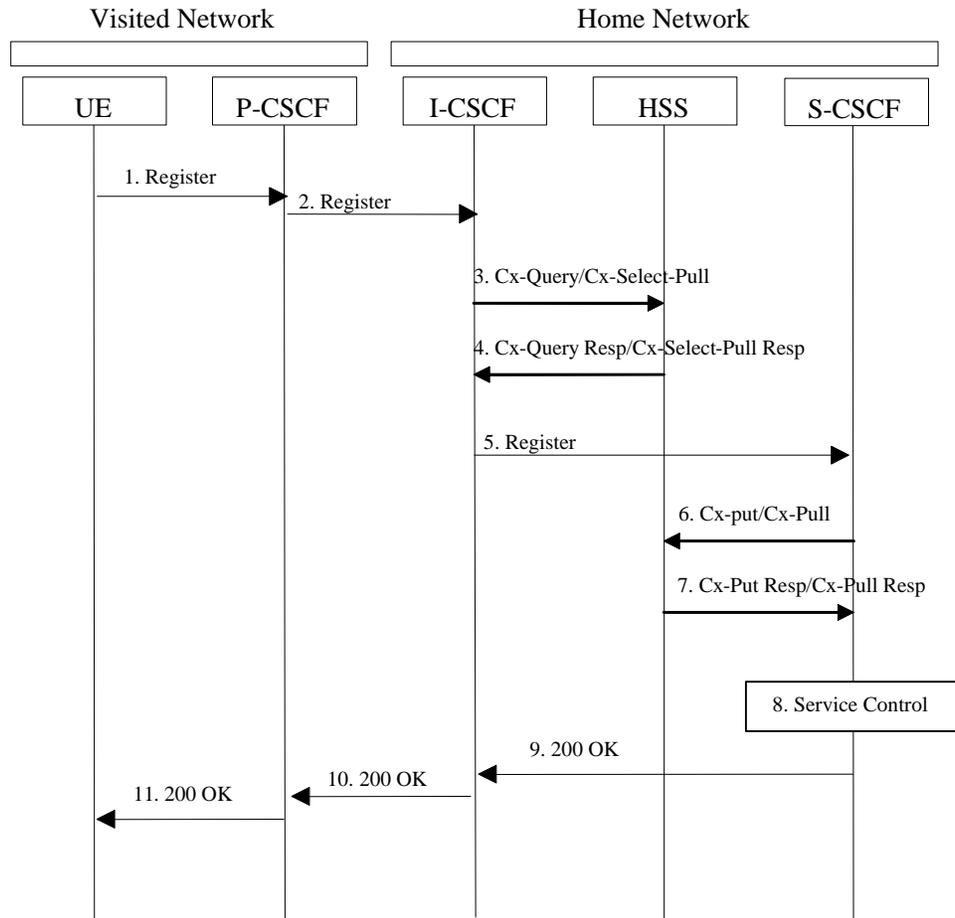


Figura 4.21

4.3.2 Media Gateway Control Function (MGCF)

La función de control de pasarelas (MGCF, Media Gateway Control Function) provee los mecanismos de control de los Media Gateways. Es decir, offician de “Media Gateway Controllers”. El MGCF se comunica con la entidad funcional TMG-FE (Trunking Media Gateway Functional Entity), ubicado en la capa o estrato de transporte, que es en definitiva quien realiza las funciones de “Media Gateway”.

El Breakout Gateway Control (BGCF) es encargado de seleccionar la red de interconexión requerida en cada caso, en función de tablas de ruteo, y sobre esta base, seleccionar el MGCF apropiado (si se trata de un destino dentro de la red TDM).

4.3.3 Multimedia Resource Function Controller (MRFC)

El controlador de recursos multimedia (MRFC Multimedia Resource Function Controller) gestiona los servidores de medios (“Media Servers”) que pueden brindar anuncios, alojar conferencias, brindar tonos, entre otras funciones

relacionadas al procesamiento del medio (audio, video). Se comunica con la entidad funcional MRP-FE (Multimedia Resource Processor Functional Entity), ubicado en la capa o estrato de transporte, que es quien efectivamente realiza el procesamiento del medio (audio, video). Por otra parte, es controlado por el S-CSCF y/o por los servidores de aplicaciones (AS, Application Server). Esto se esquematiza en la Figura 4.22, tomada de TS 23 228, donde también se detallan los puntos de referencia (Cr, Mr, Mr', Mp, etc.).

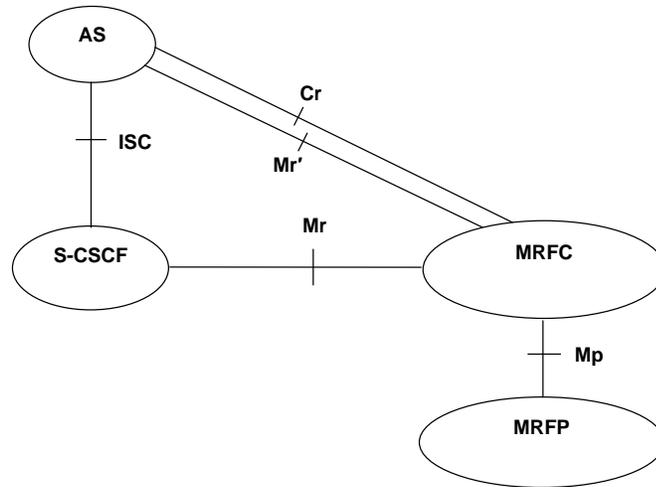


Figura 4.22

4.3.4 Home Subscriber Server (HSS)

El HSS es la base de datos “maestra” de los usuarios. Es la entidad que contiene la información relacionada con los suscriptores, para dar apoyo al resto de las entidades funcionales que manejan llamadas o sesiones.

El HSS es responsable de mantener la siguiente información relacionada con el usuario:

- Identificación de usuarios, numeración y datos de direccionamiento
- Información del perfil de usuario.
- Información de seguridad del usuario: información de control de acceso a la red, que permitan realizar la autenticación y las autorizaciones.
- Información de la ubicación del usuario a nivel inter-sistema: el HSS admite el registro del usuario y almacena la información de ubicación entre sistemas.

Esta base de datos es utilizada por gran cantidad de elementos en una red de telecomunicaciones, incluyendo al IMS. En la Figura 4.23, tomada de TS 123 002, se muestra en forma genérica los diversos sistemas y sub-sistemas que acceden o consultan al HSS, y sus puntos de referencia o interfaces. Entre ellos, se destaca el CSCF (a través del punto de referencia Cx) y los AS (a través del punto de referencia Sh), ambos componentes de la IMS.

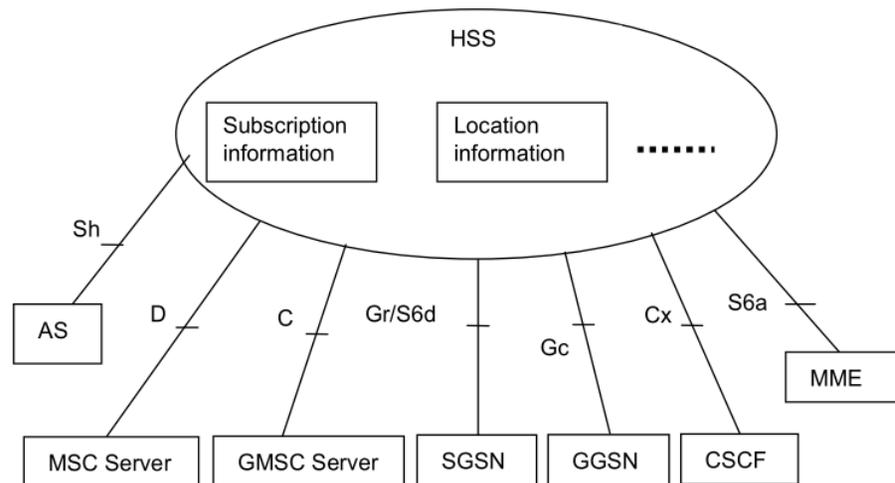


Figura 4.23

Dentro del HSS el servicio SAA (Service Authentication and Authorization), se encarga de la autorización y autenticación de los usuarios. Al momento que un usuario se registra en la red, el CSCF consulta al SAA acerca de las credenciales del usuario. Esto típicamente se realiza con protocolos del tipo AAA, como por ejemplo Radius, aunque en los ambientes de IMS es típicamente utilizado el protocolo Diameter para estos fines. Ver esquema en la Figura 4.24, donde el SAA se esquematiza como AAA.

El SUP (Service User Profile), es la propia base de datos, contiene gran cantidad de información referente a cada usuario. Una vez que el usuario se registra y es validado, el CSCF descarga la información de su perfil, consultado al SUP. Esta operación también puede ser realizada mediante comandos del protocolo Diameter. Ver esquema en la Figura 4.24, donde el SuP se esquematiza como una base de datos.

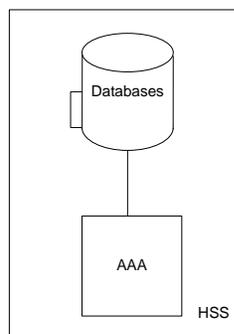


Figura 4.24

4.3.5 Application Server Functional Entity (AS)

Los servidores de aplicaciones son los encargados de ejecutar la lógica de los servicios necesarios (por ejemplo, lo necesario para implementar un “desvío de llamadas” u otras funciones más complejas que los usuarios tengan habilitadas). Pueden existir varios servidores de aplicaciones en una red IMS, con diferentes funciones. Normalmente estos servidores se comunican con el CSCF (más precisamente con el S-CSCF) utilizando el protocolo SIP, aunque pueden utilizar otros protocolos. Pueden officiar de “B2BUA” (Back to Back User Agent), y quedar “enlazados” en las sesiones, tomando acciones no solo durante el establecimiento de las sesiones, sino durante toda su duración. Esto permite separa una sesión en dos “medias sesiones”, como se esquematiza en la Figura 4.25, tomada de TS 23 228.

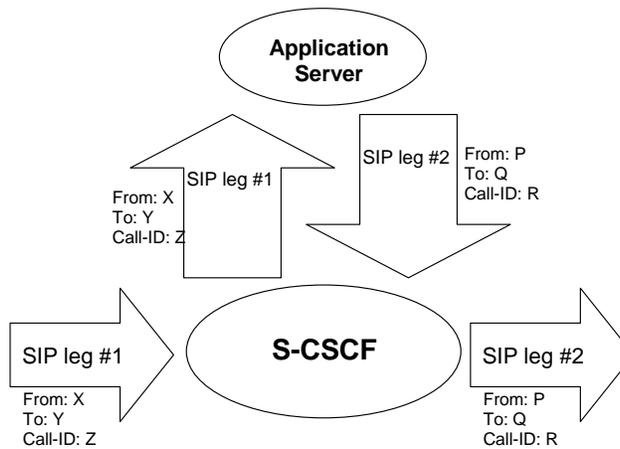


Figura 4.25

5 Núcleo de una red corporativa basada en tecnología IP

5.1 Reseña histórica

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”).

A SER DESARROLLADO EN PROXIMAS EDICIONES.

5.2 Núcleo IP Corporativo

A SER DESARROLLADO EN PROXIMAS EDICIONES.

Referencias

- [1] “The past, present and future of PCM”, Alec H. Reeves, IEEE Spectrum, pp 58-63, May 1965
- [2] “Looking backward and looking forward: Right or Wrong”, John R. Pierce, IEEE Communication Magazine, May 1979
- [3] “ESSEX—A CONTINUING RESEARCH EXPERIMENT IN TIME-SEPARATION COMMUNICATION”, D. B. JAMES and H. E. VAUGHAN, Proceedings of the IEE - Part B: Electronic and Communication Engineering Vol. 107, Issue 20, November 1960
- [4] “Presentation of AXE 10 switching system”, John Meurlig, Ericsson Review Vol 2, 1976
- [5] “Intelligent Networks: Principles and Applications”, John Anderson, IET, 2002
- [6] Recomendación ITU-T Q.1211 “Introduction to Intelligent Network Capability Set 1”, 03/1993
- [7] Recomendación ITU-T Q.1221 “Introduction to Intelligent Network Capability Set 2”, 09/1997
- [8] Recomendación ITU-T Q.1231 “Introduction to Intelligent Network Capability Set 3”, 12/1999
- [9] Recomendación ITU-T Q.1231 “Introduction to Intelligent Network Capability Set 4”, 07/2001
- [10] Introducción a Sistemas de Señalización, José Joskowicz, 2017
- [11] Recomendación ITU-T Q.1208 “General aspects of the Intelligent Network Application protocol”, 09/1997
- [12] Recomendación ITU-T Q.1218 “Interface Recommendation for IN CS-1”, 10/1995
- [13] Recomendación ITU-T Q.1228 “Interface Recommendation for IN CS-2”, 09/1997
- [14] Recomendación ITU-T Q.1238 “Interface Recommendation for IN CS-3”, 06/2000

- [15] Recomendación ITU-T Q.1238 “Interface Recommendation for IN CS-4”, 07/2001
- [16] “3GPP TS 23.078”, Customised Applications for Mobile network Enhanced Logic (CAMEL) Phase 4, Release 14, 2017-03
- [17] Breve Historia de las Telecomunicaciones, José Joskowicz, Instituto de Ingeniería Eléctrica, Facultad de Ingeniería, Febrero 2013
- [18] Northern Electric – A Brief History, David Massey, Bell System Memorial
- [19] Conceptos de Telefonía Corporativa, Instituto de Ingeniería Eléctrica, Facultad de Ingeniería, José Joskowicz, 2013
- [20] Overview and Status of NGN Standardization Activities at ITU-T, Naotaka Morita†, Hideo Imanaka, Osamu Kamatani, Takumi Oba, and Koji Tanida, NTT Technical Review, Vol. 5 No. 11 Nov. 2007
- [21] Overview of the Next Generation Network, Shuji Esaki † , Akira Kurokawa, and Kimihide Matsumoto, NTT Technical Review, Vol. 5 No. 6 Nov. 2007
- [22] Recomendación ITU-T Y.2001 “Visión general de las redes de próxima generación”, 2004
- [23] Next Generation Networks, <http://www.etsi.org/technologies-clusters/technologies/past-work/next-generation-networks> , ETSI
- [24] Recomendación ITU-T Y.2011 “Principios generales y modelo de referencia general de las redes de próxima generación”, 2004
- [25] Network Convergence: Services, Applications, Transport, and Operations Support, Hu Hanrahan, Wiley, 2007
- [26] NGN (Next Generation Networks) – Selected Topics, Pavol Podhradský, Ján Dúha, Peter Trúchly, Juraj Blichár, Czech Technical University in Prague
- [27] RFC 3031 – “Multiprotocol Label Switching Architecture”, IETF, 2001
- [28] Recomendación ITU-T Y.2012 “Functional requirements and architecture of Next Generation Networks”, 2010
- [29] Calidad de Voz y Video, José Joskowicz, Universidad de la República, 2015
- [30] Recomendación ITU-T G.168 “Digital Network echo cancellers”, 2007
- [31] RFC 2833 – “RTP Payload for DTMF Digits, Telephony Tones and Telephony Signals”, IETF, 2000

- [32] RFC 4733 – “RTP Payload for DTMF Digits, Telephony Tones and Telephony Signals”, IETF, 2006
- [33] RFC 6086 – “Session Initiation Protocol (SIP) INFO Method and Package Framework”, IETF, 2011
- [34] “Simple Gateway Control Protocol (SGCP)”, IETF, Internet Draft, 1998
- [35] RFC 3660 “Basic Media Gateway Control Protocol (MGCP) Packages”, IETF, 2003
- [36] RFC 3525 “Gateway Control Protocol Version 1”, IETF, 2003
- [37] RFC 5125 “Reclassification of RFC 3525 to Historic”, IETF, 2008
- [38] Recomendación ITU-T H.248.1 “Gateway Control Protocol”, 2013
- [39] “Signaling and Switching for Packet Telephony”, Matthew Stafford, Artech House, 2004
- [40] AR150 Configuration Guide – Voice, Huawei, [on line]
<http://support.huawei.com/enterprise/docinforeader.action?contentId=DOC1000051574&partNo=10062>
- [41] “The 3G IP Multimedia Subsystem (IMS): Merging the Internet and the Cellular Worlds”, Gonzalo Camarillo, Miguel A. García-Martin, Wiley, 2006
- [42] Recomendación ITU-T Y.2021 “IMS for Next Generation Networks”, 2006
- [43] Recomendación ETSI TS 123 002 “Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); Universal Mobile Telecommunications System (UMTS); LTE; Network architecture (3GPP TS 23.002 version 11.6 Release 11)”, 2013
- [44] Recomendación ETSI TS 23 228 “3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Services and System Aspects; IP Multimedia Subsystem (IMS); Stage 2 (Release 14)”, 2017