

Sistemas Telemáticos

resumido por Alexandru Theodor Muntenas²

Capítulo 2

Arquitectura básica de las redes de comunicaciones

Sobre el recurso

- Este resumen es una herramienta de estudio.
- Incluirá los conceptos claves de cada apartado.
- Si fuese necesario, se añadirán esquemas o gráficos para mejorar las explicaciones.
- Este recurso no tiene intencionalidad de ser una presentación de diapositivas. Se usa el formato para mejorar la maquetación.
- Toda la información proviene de la obra de *Sistemas Telemáticos (3ª edición)* de Maciá et al.

Introducción

- A día de hoy predominan dos tipos de redes:
 - La **red telefónica** (diseñada para la transmisión de comunicaciones de voz en tiempo real)
 - La **red de Internet** (para la transmisión de datos, no necesariamente en tiempo real).
- Con el paso de los años, **las redes han evolucionado**, permitiendo la transmisión de señales multimedia en las redes de datos (Internet) y el envío de datos en las redes telefónicas.
- El avance tecnológico ha permitido que el acceso a la red que se hacía mediante cableado se pudiese hacer de forma inalámbrica, también multiplicando sus velocidades de acceso, permitiendo el despliegue de servicios que necesitan mucho ancho de banda.
- La evolución de estas redes apunta **hacia la convergencia de ambas en una única red de comunicación**, capaz de soportar todos los servicios necesarios de la actualidad.

Las redes de telefonía

- Las redes de telefonía están compuestas por:
 - La **red de acceso**: posibilita la conectividad entre los terminales (de diversas tecnologías) de la red con la red troncal.
 - La **red troncal**: se encarga del tránsito de las comunicaciones (llamadas) que se producen entre los diferentes terminales conectados a la red.
- Existen dos tipos fundamentales de redes de telefonía:
 - La **telefonía fija**: servicio a los abonados fijos en la red.
 - La **telefonía móvil**: servicios y acceso a la red a los abonados móviles.

Las redes de telefonía

Evolución de las redes de telefonía

- La red de telefonía fija tiene una estructura estable, pero **la red de telefonía móvil ha estado evolucionando** desde sus inicios.
- Las **primeras comunicaciones** de telefonía inalámbricas (“0G”) eran las que se llevaban a cabo mediante dispositivos walkie-talkie, con comunicaciones **half-duplex** (en una sola dirección al mismo tiempo).
- Luego **surgen los sistemas comerciales con tecnología analógica** (1G), destacando los **sistemas de trunking** (comunicación entre flotas de policías, bomberos, taxis, etc.) o el **estándar DECT** (Digital Enhancement Cordless Telecommunications) que permitió usar teléfonos inalámbricos en el hogar.
- Se consolidan los estándares TACS (Total Access Communication System, en Europa) o AMPS (Advanced Mobile Phone System, en EEUU), aparecen algunos operadores comerciales para la telefonía analógica y luego, los primeros terminales móviles (En España, a partir de 2003 con Moviline).

Las redes de telefonía

Evolución de las redes de telefonía

- Aparece el **estándar GSM** (Global System for Mobile communications) en 1994 en EU, surge el 2G. Se usa **tecnología digital en las comunicaciones entre los terminales y la red**. Aparece el SMS o el envío de datos a velocidad reducida (9,6 Kbps). En la UE, con el proceso de liberalización (ver tema anterior) empiezan a surgir nuevos operadores.
- En 2001, **se desarrolla tecnología para permitir comunicaciones de datos a mayor velocidad** (170 Kbps) sin modificar mucho la infraestructura de telefonía de GSM. Este nuevo estándar recibe el nombre de 2,5G o **GPRS** (General Packet Radio Service). Aparece la navegación web a través del móvil o el MMS.
- Luego surge la tecnología EDGE para aumentar la velocidad de transmisión de datos a 384 Kbps, pero destacó más la **introducción del sistema UMTS** (Universal Mobile Telecommunication System) o 3G en 2004, permitiendo velocidades máximas de 2Mbps. Surgen servicios de acceso en banda ancha o las videoconferencias.
- Se desarrollan los **estándares HSPA** (High Speed Packet Access) aumentando las velocidades a 14,4 Mbps DOWN / 5,76 Mbps UP, y **HSPA +** con velocidades de 168 Mbps DOWN / 22 Mbps UP.

Las redes de telefonía

Evolución de las redes de telefonía

- Surge el **4G** o **LTE** (Long Term Evolution) en 2010 para proporcionar alta velocidad, calidad, seguridad y servicios de bajo coste en una **infraestructura IP** (como la de Internet). Luego evoluciona a *LTE Advanced*. La red permite máximos de 100 Mbps en movimiento y 1 Gbps (DOWN) en reposo.
- A día de hoy existe el **5G**, una red más optimizada para reservar recursos adecuados a diferentes tipos de calidad de servicio. Permite ofrecer servicios diversos:
 - **Servicios de banda ancha móvil mejorados** (mayor velocidad de transmisión de datos y voz).
 - **Comunicaciones de ultra fiables de baja latencia.**
 - **Comunicaciones masivas máquina a máquina (IoT).**
- Se espera que el 5G integre de forma nativa la seguridad.
- El 5G hace uso de un **hardware común para dar todos los servicios**, que se encuentran **separados en redes virtuales** (segmentación de red o *network slicing*) creadas automáticamente, permitiendo la creación de servicios complejos. (Similar a instalar máquinas virtuales en un ordenador.)

Las redes de telefonía

Evolución de las redes de telefonía

- La creación automática de estas redes virtuales están optimizadas por dos tecnologías:
 - Virtualización de funciones de red (“network function virtualization, NFV)
 - Redes definidas por software (Software defined networks, SDN).
- Estas tecnologías conviven en una misma zona geográfica, pero el 2G y el 3G están cayendo en desuso y siendo desmanteladas por los operadores. No obstante, el 2G sigue siendo relevante porque no en todos los territorios la cobertura o capacidad de 4G y 5G es suficiente o presente.

Las redes de telefonía

La red de acceso para abonados fijos

- Tradicionalmente llamado “**bucle de abonado**” o “**última milla**” (*last mile*). Es el par de cobre que va desde el terminal hasta la primera central de conmutación de la red troncal.
- El terminal se conecta a la roseta, donde empieza el par de cobre, que tendrá varios segmentos conectados entre sí usando empalmes físicos o regletas de empalme. Los cables de los diferentes abonados se juntan hasta formar un cable multipar, que van desde los edificios hasta llegar a la central de conmutación más cercana.



ROSETA

fuelle: <https://monsoybenet.com/mecanismos-de-telefonfa/426-roseta-superficie-no-9102-telef-8435130808783.html>



Caja de Empalme formada por regletas de empalme

fuelle: <https://www.xatakamovil.com/conectividad/101-anos-servicio-telefonico-26-anos-adsl-llega-adios-definitivo-centrales-cobre>



fuelle: <http://elcajondeelectronico.com/cable-multipar/>

Las redes de telefonía

La red de acceso para abonados fijos

- El **bucle de abonado** está dividido en varios segmentos (según la ley de Infraestructuras Comunes de Telecomunicaciones):
 - **Red interior de abonado**: Va desde la roseta o BAT (base de acceso al terminal) hasta el PAU (punto de acceso al usuario, habitualmente en un armario ubicado en la entrada de cada vivienda).
 - **Red de dispersión**: parte del PAU y llega hasta los registros secundarios de planta (donde se agregan los bucles de las viviendas en una planta).
 - **Red de distribución**: une los registros secundarios de las diferentes plantas de un edificio y los conecta con el registro principal, es decir, une los bucles de todos los abonados.
 - **Punto de interconexión**: se encuentra situado en el registro principal del edificio en el que se hace la conexión entre los pares procedentes del operador (pares de entrada) con los pares que van hacia las viviendas (pares de salida).
- Los cables multipar que llegan a los puntos de interconexión suelen agruparse en algunos puntos, los **repartidos de abonado** (se encuentran en el exterior), para luego llegar a la central telefónica más cercana, donde se encuentra un repartidor grande llamado “**repartidor principal de pares de cobre de abonado**” o RPCA, que tiene muchas regletas de interconexión.

Las redes de telefonía

La red de acceso para abonados fijos

- En el RPCA, las regletas que conectan los pares procedentes de los abonados se colocan de forma vertical (*vertical el repartidor*), y por otro lado, las regletas donde se conectan los pares procedentes de la central telefónica se ponen de forma horizontal (*horizontal del repartidor*), que se interconectarán según lo que haga falta.

Las redes de telefonía

La red de acceso para abonados móviles

- La red de acceso se caracteriza por proporcionar un **acceso inalámbrico** a los terminales.
- Las zonas donde se conectan los terminales se llaman “**zonas de cobertura**”.
- La zona de cobertura de una red está **compuesta por celdas o células** hexagonales, que se superponen entre sí para formarla.
- Cada celda tiene un transmisor/receptor que la irradia, las **estaciones base**.

Las redes de telefonía

La red de acceso para abonados móviles

- Como cada operador móvil tiene sus propias estaciones base ofreciendo cobertura para sus abonados, la cobertura llega a solaparse con la de otros operadores.
- Como las coberturas se solapan, se necesita un mecanismo para que el terminal móvil las pueda diferenciar para conectarse al que le corresponda (a la celda de su operador con mayor potencia).
- Como en una misma celda pueden haber varios terminales conectados, las estaciones base deben ser capaces de diferenciarlos.
- Los mecanismos para diferenciar los terminales y las estaciones basen vienen determinados por las tecnologías de red de acceso (GSM, UMTS, LTE, 5G).
- Cada celda tiene su propio identificador “*identificador de celda*” (*cell ID*).

Las redes de telefonía

La red de acceso para abonados móviles

- Como cada operador móvil tiene sus propias estaciones base ofreciendo cobertura para sus abonados, la cobertura llega a solaparse con la de otros operadores.
- Como las coberturas se solapan, se necesita un mecanismo para que el terminal móvil las pueda diferenciar para conectarse al que le corresponda (a la celda de su operador con mayor potencia).
- Como en una misma celda pueden haber varios terminales conectados, las estaciones base deben ser capaces de diferenciarlos.
- Los mecanismos para diferenciar los terminales y las estaciones basen vienen determinados por las tecnologías de red de acceso (GSM, UMTS, LTE, 5G).
- La señal radiada por cada estación base en la celda que genera tiene un identificador único que la identifica, el “*identificador de celda*” (cell ID).

Las redes de telefonía

La red de acceso para abonados móviles – red de acceso GSM (2G)

- La red de acceso GSM se llama “**Base Station Subsystem**” o BSS.
- El terminal que se conecta se llama “**Mobile Station**” o MS.
- Las celdas a las que se conecta el terminal están generadas por una “**Base Transceiver Station**” o BTS.
- Las estaciones base tienen transmisores/receptores que emiten a determinadas frecuencias, cada uno con la suya.
- Las señales de dos BTS adyacentes pueden ser diferenciadas por el MS por la frecuencia en la que se emiten (técnica “**Frequency Division Multiplexing**” o “FDM”).
- Dos células que no se superponen pueden utilizar la misma frecuencia para poder ahorrar espectro radioeléctrico (**reutilización de frecuencias**).
- Para diferenciar las distintas comunicaciones en la BTS, se usa la técnica “**Time Division Multiplexing**” o TDM, que asigna a cada comunicación un turno de tiempo durante el cual envía información, quedando en silencio el resto de tiempo hasta que vuelva a recuperar su turno.

Las redes de telefonía

La red de acceso para abonados móviles – red de acceso GSM (2G)

- Cada transmisor de una BTS puede albergar 8 comunicaciones simultáneas.
- Ampliar la capacidad del BTS implica añadir más transmisores operando en diferentes frecuencias.
- Las BTS están controladas por un “**Base Station Controller**” o BSC, que gestionan los recursos de radio que deben asignarse a cada comunicación, la potencia radiada de las antenas de las BTS y otros parámetros radio.
- **Una BSC puede controlar muchas BTS.**
- La **información de las llamadas pasa por las BSC**, donde son **transcodificadas** al códec “Pulse Code Modulation” o **PCM a 64 Kbps**, para luego ser enviadas a la red troncal.

Las redes de telefonía

La red de acceso para abonados móviles – red de acceso UMTS (3G)

- La red de acceso se llama UMTS o “UMTS Terrestrial Radio” (UTRAN).
- Las técnicas de multiplexado FDM y TDM son reemplazadas por una multiplexación por división de código o técnica de espectro expandido “Wideband Code Division Multiple Access” o WCDMA. Las comunicaciones de los móviles y las estaciones base se realizan en las mismas frecuencias al mismo tiempo. Para diferenciarlas, cada comunicación se codifican con un código diferente.
- Las BTS pasan a llamarse “Nodos B” y los nodos controladores BSC a “Radio Network Controller” o RNC.
- Los RNC funcionan igual que las BSC, pero ahora dos RNC pueden comunicarse entre sí sin pasar por la red troncal.

Las redes de telefonía

La red de acceso para abonados móviles – red de acceso LTE (4G)

- El 4G o LTE (Long Term Evolution) o su variante “LTE Advanced” han permitido aumentar las velocidades de acceso a la red.
- La red de acceso se llama “Enhanced UMTS Terrestrial Radio Access Network” o EUTRAN.
- Para aumentar la velocidad de acceso se hace uso de las tecnologías:
 - WCDMA.
 - “Multiple-Input Multiple-Output” o MIMO, muchas antenas en el receptor o transmisor con el fin de aumentar las eficiencias de las transmisiones.
 - “Orthogonal Frequency Division Multiplexing” o OFDM, permite usar mejor el espectro radioeléctrico, diferenciando las celdas y los dispositivos móviles dentro de las mismas.
- Las estaciones base pasan a llamarse “evolved Node B” o “eNB”, son la fusión de los “Nodos B” y RNC (3G) o los BTS y BSC (2G), y las usan las tecnologías OFDM y MIMO en las transmisiones.
- Las eNB pueden comunicarse entre sí, de forma flexible, mediante una red de paquetes (con tecnología IP), y también se conectan directamente a la red troncal.

Las redes de telefonía

La red de acceso para abonados móviles – red de acceso 5G NR

- La red de acceso se llama “RAN 5G” o “5G New Radio” (5G NR).
- Los “Mobile Stations” pasan a llamarse “User Equipments” o UEs.
- Las estaciones base pasan a llamarse “gNodeB” o gNB (se conectan directamente a la red troncal).
- 5G NR es una evolución y optimización del 4G. Usa un rango mayor de espectro radioeléctrico, y ondas milimétricas (mmWave) para lograr mayor velocidad y capacidad.
- Usa MIMO Masivo, para mejorar la eficiencia espectral y aumentar la capacidad de la red.
- Se hace uso de macroceldas (de amplia cobertura) con celdas pequeñas (*Small Cells*) en áreas con mucha densidad de población.
- En las antenas se introduce el *beamforming* como técnica para dirigir los haces de radiación hacia dispositivos específicos para mejorar la eficiencia y reducir la interferencia de la señal.

Las redes de telefonía

La red de acceso para abonados móviles – red de acceso 5G NR

- Existen dos estándares para implementar el 5G:
 - NSA-5G (Non-Standalone 5G) que reutiliza la red troncal 4G para poder desplegar una red 5G NR para el acceso.
 - SA-5G (Standalone 5G) en el que se desarrolla una red tanto troncal como de acceso completamente nueva.
- El estándar SA-5G permite aprovechar todas las ventajas de adaptación del 5G para aplicaciones específicas.
- A esto se le llama *Network Slicing*, podemos virtualizar y optimizar los recursos de la radio de forma independiente para diferentes usuarios o aplicaciones (es como si tuviésemos creando máquinas virtuales con recursos específicos sobre máquinas físicas).
- Otra ventaja de SA-5G es el “Multi-access Edge Computing”, que acerca los recursos de procesamiento y almacenamiento a los usuarios y dispositivos para mejorar la latencia y el rendimiento. Es decir, podemos delegar parte del procesamiento de información en el *edge*.

Las redes de telefonía

La red troncal

- Cuando se establecen comunicaciones entre los usuarios, **la red troncal es la que transfiere la información entre los usuarios**.
- La red troncal transporta los datos de las comunicaciones, permite localizar a los usuarios y comprobar si un usuario tiene permisos para la ejecución de ciertos servicios, etc.
- Cada operador tiene su red troncal.
- **Antes** (2G y 3G), había una **red troncal distinta dependiendo de la información a transmitir** (voz o datos).
- **Ahora** (4G y 5G), **una única red troncal** puede transmitir la información de voz y datos. Ambas tecnologías convergen.
- Los nodos principales que forman la red troncal para la **transmisión de voz** son las **centrales telefónicas o de conmutación**. Son nodos con interfaces hacia la red de acceso (abonados) y enlaces con las que se conectan con otras centrales.

Las redes de telefonía

Arquitectura de la red troncal de abonados fijos

- Tradicionalmente la red de abonados fijos se llama “Red Telefónica Conmutada” (RTC) o “Red Telefónica Básica” (RTB). O en inglés “Public Switched Telephone Network” (PSTN).
- La red troncal de abonados fijos está compuesta por la conexión de diferentes centrales de la red, formando un tejido que permite encaminar las diferentes llamadas de unos abonados a otros, las centrales de conmutación.
- Estas centrales están unidas entre sí mediante enlaces de transmisión, donde las llamadas se agrupan (multiplexan) para su transmisión en paralelo.
- Las centrales de conmutación conectadas a los bucles de abonados reciben el nombre de “centrales de abonados”.
- Las que no, “centrales de tránsito”, que simplemente llevan las llamadas desde una central hacia otra.

Las redes de telefonía

Arquitectura de la red troncal de abonados fijos

- Las centrales telefónicas se organizan siguiendo una estructura jerárquica:
 - **Centrales locales** (nivel local): aquí se encuentran conectados los bucles de abonado.
 - **Centrales primarias** (nivel sectorial): que agrupan todo el tráfico telefónico de una población, pueden estar conectadas entre sí.
 - **Centrales tándem**: son centrales intermedias que refuerzan las centrales primarias quitándoles la carga de tráfico procedente entre centrales locales determinadas.
 - **Centrales secundarias**: agrupan el tráfico telefónico a nivel de provincia, pueden estar conectadas entre sí
 - **Centrales terciarias**: agrupan el tráfico telefónico a nivel nacional, pueden estar conectadas entre sí.
 - **Centrales internacionales**: agrupan el tráfico de llamadas internacionales.
- Cada operador telefónico tiene su propia red de centrales telefónicas.
- Para que un abonado llame desde un operador a otro, se debe posibilitar la **interconexión de redes**, es decir, que las centrales de un operador estén conectadas con las centrales de otros operadores. Habitualmente esta conexión se hace a nivel nacional o internacional (centrales terciarias / intern.).

Las redes de telefonía

Arquitectura de la red troncal 2G

- En el estándar GSM, las centrales telefónicas reciben el nombre de “**Mobile Switching Center**” o MSC, y transportan señales de voz y localizan a los abonados, encaminan las llamadas, etc.
- Además del MSC, la red troncal de un operador móvil GSM tiene:
 - **Home Location Register** o HLR, que es una base de datos que contiene información técnica (no del cliente) sobre todos los abonados de un operador y a los servicios que tiene acceso dicho abonado (ej: su número real de abonado, si puede realizar llamadas internacionales, enviar SMS, hacer llamadas premium, etc.)
 - **Visitor Location Register** o VLR, es una base de datos que se encuentra en cada central con abonados (BSC, RNC o eNB), que contiene una copia de la info. del HLR correspondiente a cada abonado que está bajo la cobertura de la MSC asociada al VLR.
 - **Equipment Identity Register** o EIR, es una base de datos que almacena info. sobre los terminales de la red. Esta es la que contiene también una lista con aquellos terminales que no pueden recibir servicio por parte de la red, por ejemplo, haber sido denunciados por robo.
 - **Authentication Center** o AuC, se encarga de cifrar y proteger cada comunicación que se transita.
 - **Short Message Service Center** o SMSC, nodo que se encarga de recoger y enviar mensajes cortos que se envían a la red.

Las redes de telefonía

Arquitectura de la red troncal 2,5G

- Partimos de la base anterior, la del 2G, pero le **añadimos la nueva tecnología asociada**, el GPRS, que permitió el envío de tráfico de datos a una mayor velocidad que antes.
- Se añaden nuevos nodos:
 - **Packet Communication Unit** o PCU, insertado en la BSC que comprueba una comunicación es de voz o datos, redirigiéndola al servicio correspondiente solicitado.
 - **Serving GPRS Support Node** o SGSN, es como un MSC solo que para el GPRS.
 - **Gateway GPRS Support Node** o GGSN, es un nodo que conecta la red del operador a Internet, y también determina la calidad de servicio con la que un abonado se conecta, los servicios que tiene activo y realizar la tarificación correspondiente.

Las redes de telefonía

Arquitectura de la red troncal 3G

- Se renombran algunos nodos y se reorganizan las funcionalidades de forma más coherente.
- Lo más destacable es que el MSC se divide en dos nuevos nodos, uno dedicado a transportar las señales de voz, el “Media Gateway” y otro dedicado a gestionar las llamadas (localizar abonados, permitir su movilidad, encaminar las llamadas, etc.), “MSC Server”.

Las redes de telefonía

Arquitectura de la red troncal 4G

- La red de datos y voz se unifican en una sola red basada en la tecnología IP, que recibe el nombre de “Evolved Packet Core” o EPC.
- La transmisión de voz se hace sobre tecnología de voz sobre IP (Voice over LTE o VoLTE), que necesita arquitecturas como “IP Multimedia System” (lo veremos un poco más adelante).
- La red de acceso EUTRAN que contiene las eNB, se conecta con la EPC a través de dos posibles interfaces: MME o S-GW.
- Los nodos más importantes que aparecen en la EPC son:
 - “Mobile Management Entity” o MME, que se encarga de establecer las llamadas, gestionar la movilidad de abonados, el registro en la red de los móviles... (plano de control) y asignar a cada móvil la pasarela S-GW que debe ser utilizada por dicho usuario.
 - “Serving Gateway” o S-GW, nodo que actúa de pasarela para el tráfico “plano de usuario” (tráfico de datos de navegación o de las propias llamadas de voz del usuario) de un móvil registrado en la red LTE. Este nodo es asignado por la MME según criterios geográficos y reparto de carga en la red.
 - “Packet Data Networks Gateway” o PDN-GW, el nodo donde se dirige el tráfico de la S-GW. Realiza la interconexión con otras redes de datos como Internet, IMS, redes privadas, etc. En la interconexión, se podría filtrar (como cortafuegos) los datos que transitan el nodo, monitorear el tráfico enviado por los usuarios para tarificar. Un usuario puede hacer uso de varias PDN-GW.

Las redes de telefonía

Arquitectura de la red troncal 4G

- Los nodos más importantes que aparecen en la EPC son:
 - “Home Subscriber Server” o HSS, nodo equivalente al HLR de la red GSM.
 - “Policy and Charging Rules Function” o PCRF, nodo que asiste en el establecimiento de portadoras de datos definiendo las políticas para estas. Por ejemplo, para determinar la calidad de servicio de las portadoras a establecer para las llamadas. Además es una interfaz de control de las redes de datos, por ejemplo, para gestionar el control y la tarificación de las llamadas que se producen a través de la red IMS.

Las redes de telefonía

Arquitectura de la red troncal 5G

- La red troncal recibe el nombre de “5G Core” o 5GC.
- La implementación NSA-5G reutiliza la red troncal 4G para desplegar una red 5G NR para el acceso.
- La implementación SA-5G despliega una red completa (troncal y acceso).
- La red troncal 5GC hace uso de las tecnologías “Software Defined Networks” o SDN para poder controlar y reconfigurar de forma automática equipos de red (conmutadores, routers, etc.) de forma remota y “Network Function Virtualization”, que reemplaza las funciones (o al menos algunas) de los nodos tradicionales por un equivalente virtual implementado en software, permitiendo su creación y destrucción (al igual que las máquinas virtuales) en tiempo real para cumplir con las necesidades bajo demanda.
- La arquitectura de la red 5GC se basa en:
 - 1) Separar las funciones entre el plano de usuario (el tráfico transportado por la red) y el plano de control (el tráfico derivado de la interacción con las funciones de la red).
 - 2) Modularizar las funciones usando NFV.
 - 3) Donde se pueda, definir procedimientos como servicios.
 - 4) Hacer que cada función de red pueda interactuar directamente con otra.

Las redes de telefonía

Arquitectura de la red troncal 5G

- La arquitectura de la red 5GC se basa en:
 - 5) Tener un marco de autenticación unificado para poder integrar diferentes protocolos de autenticación según las necesidades de la red.
 - 6) Admitir funciones de red “sin estado”, es decir, necesitan capacidades de cómputo sin almacenamiento.
 - 7) Soportar el negociado de capacidades de los terminales y los nodos de la red, para poder adaptar la red y los protocolos a las características de estos.
 - 8) El acceso simultáneo a los servicios.
 - 9) Soportar la itinerancia o *roaming* realizando el encaminamiento local en la red visitada.
- En el 5GC, cada función es un servicio (principio de “Service Oriented Architecture” o SOA), y cada función de red proporciona uno o más servicios en la red, implementados, escalados y gestionados de forma independiente siguiendo el concepto de “Service Based Interface” o SBI.
- Los servicios interactúan entre sí a través de “Application Programming Interfaces” o APIs, que usan protocolos de control comunes basados en HTTP/2.
- Cada llamada API es una solicitud de servicio y la respuesta proporciona la información o acción requerida.

Las redes de telefonía

Arquitectura de la red troncal 5G

- La red central se encuentra compuesta por varias funciones de red virtualizadas y desacopladas que pueden ser gestionadas y escaladas de forma independiente.
- Las principales funciones que conforman el 5GC son:
 - “Access and Mobility Management Function” o AMF, que gestiona la movilidad y la conexión de los dispositivos.
 - “Session Management Function” o SMF, que maneja la configuración y gestión de sesiones de datos.
 - “User Plane Function” o UPF, que encamina el tráfico de datos del usuario.
 - “Policy Control Function” que define y aplica políticas de control de calidad de servicio y manejo de recursos.
 - “Authentication Server Function” o AUSF, que proporciona autenticación segura para los dispositivos.
 - “Unified Data Management” o UDM, similar a la función realizada por el HSS en LTE.
 - “Network Repository Function” o NRF, que lista las funciones de red disponibles y especifica cómo se deben de usar los servicios ofertados.
 - “Network Exposure Function” o NEF, que regula el acceso a las APIs de las funciones de red.
 - “Network Slice Selection Function” o NSSF, que selecciona cada “Network Slice” (“red virtual” con determinadas características) de red apropiado según los usuarios o las aplicaciones.
 - “Application Function” o AF, las aplicaciones que utilizarán los otros servicios de la red.

Las redes de telefonía

Arquitectura de la red inteligente

- Conforme ha pasado el tiempo, se hizo necesario aportar valor añadido a la red troncal, como:
 - Implementar planes de precios adaptadas a las necesidades de cada usuario.
 - La posibilidad de tener tarjetas de prepago en vez de contratos.
 - Servicios geolocalizados que ofrece consejos sobre cómo, por ejemplo, encontrar una farmacia de guardia.
- Los operadores pueden aprovechar este tipo de servicios para mejorar sus oportunidades de negocio, sin embargo, dependiendo de la arquitectura de la red, nuevos servicios tendrían que ser descartados debido a que su coste de implantación es demasiado elevado (tiempo, esfuerzo, dinero...)
- Se propone una modificación a la red troncal para poder poner en marcha nuevos servicios con facilidad (**arquitectura de red inteligente**).

Las redes de telefonía

Arquitectura de la red inteligente

- La red inteligente se basa en añadir algunas funcionalidades a la red troncal, las más relevantes desde el punto de vista de la red son:
 - “Service Switching Point” o SSP, que se añade a las centrales telefónicas o MSC. Cuando se produce un evento específico, la central puede contrastar la información con algún nodo de la red inteligente. (Ej: llamada realizada por abonado pre-pago, consultar si tiene saldo para hacer la llamada).
 - “Service Data Point” o SDP, son los nodos que almacenan la información que permite ejecutar un servicio determinado. (Ej: contiene el saldo restante para cada línea de prepago).
 - “Service Control Point” o SCP, el intermediario entre las SSP y los SDP.

Las redes de telefonía

Arquitectura de la red IMS

- Es la red “**IP Multimedia System**”, diseñada para soportar funcionalidades de gestión y transmisión de contenidos multimedia en tiempo real.
- Sobre los años 2002 surgen los primeros diseños de red IMS, pero los operadores de red no llegaban a ver posibles beneficios una vez realizadas las inversiones.
- Lo más destacado de la llegada del 4G y 5G fue que **las llamadas de voz se van a realizar sobre una red de tipo IMS**.
- De forma simplificada, una red IMS está compuesta por:
 - **Red IP**, no forma parte de la IMS, pero es la **red de la que procede el tráfico que alcanza la red IMS**, puede ser Internet, o una red LTE o 5G.
 - “**Call Session Control Function**” o CSCF, que se encarga de establecer y liberar las llamadas de voz o servicios multimedia. Se divide en tres módulos diferentes, según la función que realizan:
 - **Serving** (S-CSCF), que se encarga de realizar las gestiones con el usuario final para **establecer o liberar llamadas multimedia**.
 - **Proxy** (P-CSCF), hace de **interfaz con la red IP**, implementa **mecanismos de seguridad** (cifrado e integridad de las comunicaciones), **controla el flujo de información que entra y sale de la red IMS**. Hace de **pasarela para los mensajes entre el usuario y el S-CSCF**.

Las redes de telefonía

Arquitectura de la red IMS

- De forma simplificada, una red IMS está compuesta por:
 - “**Call Session Control Function**” o CSCF, que se encarga de establecer y liberar las llamadas de voz o servicios multimedia. Se divide en tres módulos diferentes, según la función que realizan:
 - **Interrogating** (I-CSCF), **punto de contacto para los mensajes procedentes de otras redes IMS**. Se dedica a buscar el S-CSCF adecuado para gestionar los mensajes que vienen a la red, partiendo de la información obtenida del HSS.
 - “**Home Subscriber Server**” o HSS, equivalente al HSS de la red LTE, y suele implementarse ambos como una única base de datos para dar servicio a la red LTE e IMS.
 - “**Application Server**” o AS, servidores que implementan las aplicaciones y servicios a los que los usuarios tendrán accesos, invocados a través de los CSCF. (Ej: los asociados a la telefonía, como el buzón de voz o desvío de llamadas, el envío de SMS a través de APIs, etc.).
- La red IMS está preparada para enviar o recibir llamadas procedentes de redes fijas (PSTN) o móviles 2G/3G, donde los “Media Gateways” son capaces de traducir la información entre los formatos de ambos tipos de red, garantizando que sean interconectables.

Las redes de telefonía

Arquitectura de Internet

- La necesidad de compartir recursos informáticos entre diferentes usuarios, dio lugar a tecnologías que permitieran conectar los ordenadores.
- La primera conexión se remonta a finales de los 60', entre varias universidades americanas, red conocida como ARPANET o "Advanced Research Project Agency Network".
- Desde entonces, se han desarrollado nuevas tecnologías de interconexión y protocolos, predominando TCP/IP, que ha dado lugar a Internet.
- Esta sección es simplemente una introducción de la arquitectura.

Las redes de telefonía

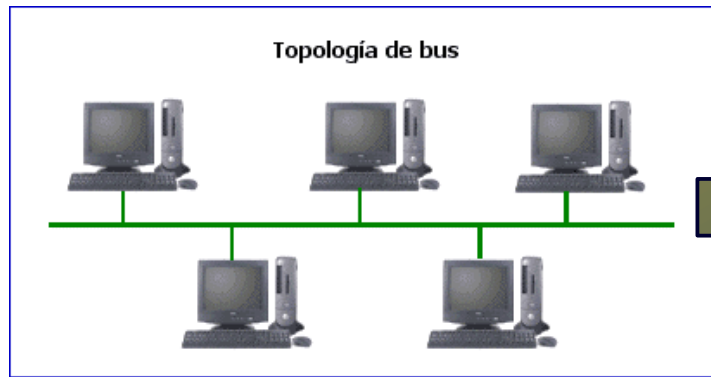
Conexionado de ordenadores con medios compartidos

- La conexión entre dos ordenadores requiere (como mínimo) un medio físico compartido entre ambos para permitir la comunicación. Puede ser *guiado* (la señal se queda confinada en el medio, ej: cables ethernet) o *no guiados* (las señales se propagan de forma abierta, ej: comunicaciones inalámbricas, como el Wi-Fi).
- La conexión básica entre dos ordenadores recibe el nombre de “Local Area Network” o LAN. Tradicionalmente para referirse a ordenadores ubicados en un ámbito local (distancias menores de 1km), aunque nosotros nos referiremos a la **conexión entre ordenadores que comparten un medio físico**, independientemente de la distancia que haya entre ellos.
- La **interconexión entre ordenadores situados entre sí a grandes distancias** recibe el nombre de “Wide Area Networks” o WAN.
- Los **ordenadores o equipos conectados a la red para compartir recursos o información** suelen llamarse **hosts**, pues estos dispositivos albergan servicios que se ofrecen al usuario final, o permiten su acceso a través de la red.
- La tecnología de conexión que se suele usar en las LAN es “Ethernet 802.3”, y la implementación del medio compartido más habitual es mediante el uso de un equipo intermedio (“concentrador”), que retransmite la señal recibida por una de sus entradas al resto de interfaces de salida con los otros nodos, simulando la existencia de un medio compartido.

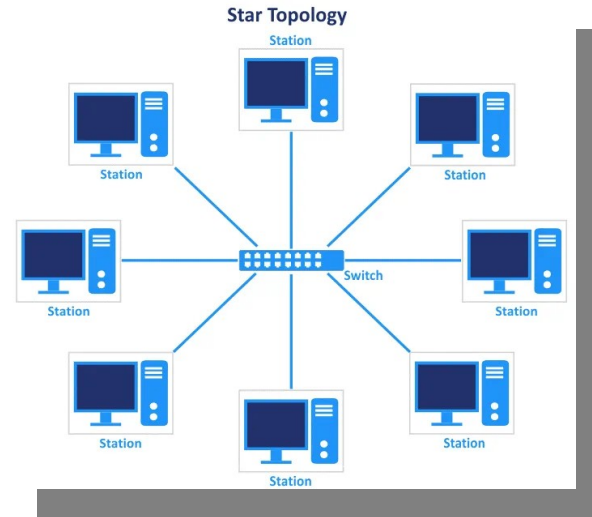
Las redes de telefonía

Conexionado de ordenadores con medios compartidos

- En la actualidad los concentradores han sido sustituidos por equipos más inteligentes, los **switches**, capaces de retransmitir la señal entrante a aquel o aquellos hosts destinatarios de la misma.
- Una LAN con un medio físico compartido se implementa con un conmutador con un conexionado en estrella:



fuelle: http://usuaris.tinet.cat/acl/html_web/redes/topologia/topologia_2.html



fuelle: <https://www.nakivo.com/es/blog/types-of-network-topology-explained/>

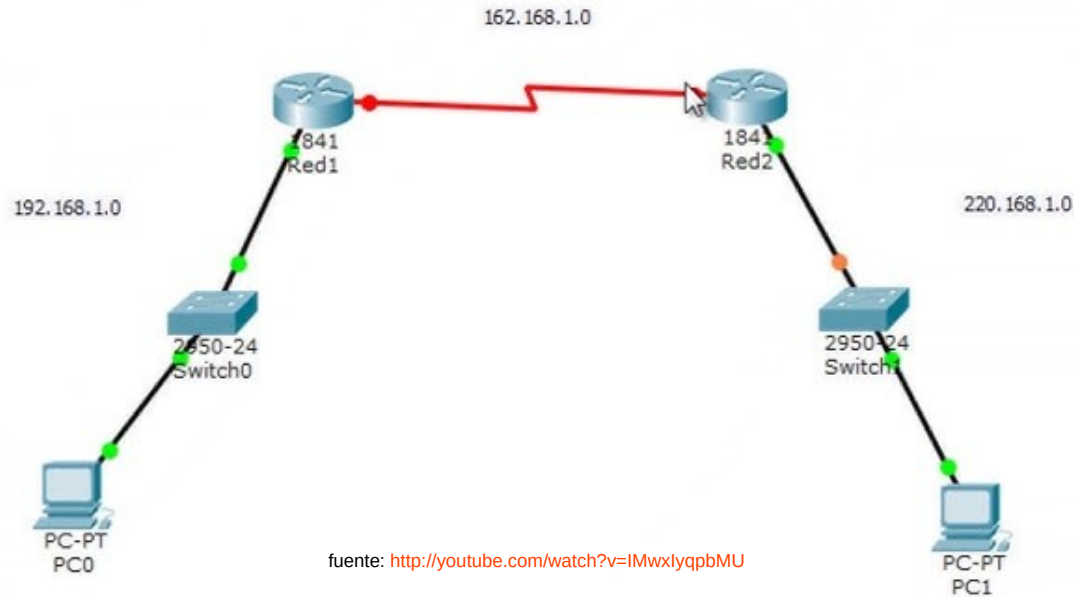
Las redes de telefonía

Interconexión de subredes

- No todos los ordenadores pueden compartir el mismo medio físico entre sí.
- Existen configuraciones de red con varias LAN.
- Podemos interconectarlas para formar una red completa.
- Como las LAN son componentes de la Red Completa, pasan a llamarse **subredes**.
- Internet es una interconexión de multitud de subredes a nivel mundial. Suele recibir el nombre de “red de redes”.
- Se usa un **router** para encaminar el tráfico procedente de una subred hacia la/s otra/s.

Las redes de telefonía

Interconexión de subredes



En la parte izquierda se encuentra la subred A y en la derecha la subred B

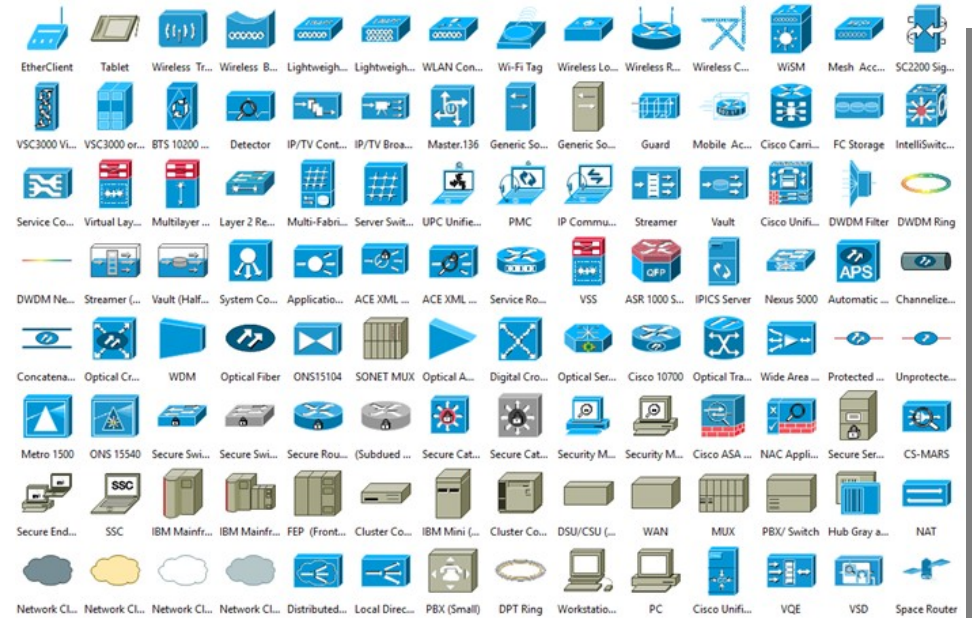
Las redes de telefonía

Otros componentes en Internet

- En Internet existen múltiples tipos de equipos (a parte de los mencionados) para cumplir determinadas funcionalidades, que ofrecen servicios a los usuarios finales, para implementar determinadas tecnologías para la transmisión de datos o para gestionar la infraestructura de la red.
- Para representar estos equipos se suele utilizar los diagramas de CISCO como un estándar de facto.
- Destacan los siguientes grupos de componentes:
 - **Cortafuegos** (*firewalls*), que monitorizan y regular el tráfico que pasa a través de ellos, con vista a implantar políticas de seguridad en las redes que protegen.
 - **DSLAM** o “Digital Subscriber Line Access Multiplexer”, equipos que permiten la conexión a Internet de un abonado con tecnología DSL (destaca el ADSL). Estos equipos se comunican con *routers* de misma tecnología, que reciben la señal del hogar del abonado.
 - **Servidores**, *hosts* que implementan servicios en Internet, como servidores web (WWW), de video streaming, de correo, etc.

Las redes de telefonía

Otros componentes en Internet



Algunos diagramas de CISCO

fuelle: <https://edraw.wondershare.es/cisco-networks-symbols.html>

Las redes de telefonía

Arquitectura general e Internet

- Internet es la interconexión de multitud de subredes a nivel mundial.
- Estas subredes acceden a un *núcleo de la red* que permite la interconexión real de todas ellas.
- Estos núcleos son multitudes de subredes formadas por *routers* y *switches* pertenecientes a las telecos, que firman acuerdos de interconexión o *peering* entre ellos, para enviar el tráfico de unos a otros.
- Los operadores de red que ofrecen acceso a Internet reciben el nombre de “Internet Service Providers” o ISP. El acceso se da mediante paquetes comerciales que dependen del país y el operador.
- Dependiendo de la cantidad de tráfico que un operador afronta, existen tres categorías:
 - ISP de nivel 1: son las ISP que forman el núcleo más importante de Internet y por el que circula el tráfico a velocidades muy elevadas. Tienen routers y switches de alta capacidad que permiten enviar el tráfico a distancias muy largas. Destacan AOL, AT&T, Deutsche Telekom, entre otros.
 - ISP de nivel 2: son las ISP que tienen cobertura regional o nacional, se suelen conectar a dos o tres ISP de nivel 1 (proveedoras de servicio), aunque a veces también se interconectan entre sí para que el tráfico pueda fluir entre las dos redes sin pasar por una red de nivel 1.

Las redes de telefonía

Arquitectura general e Internet

- Dependiendo de la cantidad de tráfico que un operador afronta, existen tres categorías:
 - **ISP de acceso**: proporcionan acceso a **pocos abonados**, se encuentran conectados a algún ISP de nivel 2.
- Los abonados pueden acceder a los equipos de acceso de los ISP a través de distintas tecnologías, destaca el ADSL o de banda ancha para LAN (mediante líneas de transmisión dedicadas que se alquilan al ISP).

Sistemas Telemáticos

resumido por Alexandru Theodor Muntenas²

Capítulo 2

Arquitectura básica de las redes de comunicaciones