

Primera Generación (0G)

Deysi Inca Balseca



Antecedentes

- Se podría decir que el comienzo de los teléfonos celulares puede atribuirse a la innovación en las cabinas de taxis, coches de policía y otros vehículos de servicio donde las radios de dos vías se utilizan para comunicarse entre sí o con una base central.
- En la generación cero aparecen los Mobile Radio Telephone (Teléfono Móvil de Radio) fueron los primeros teléfonos móviles que existieron, los cuales incluían las tecnologías PTT (Push to Talk), MTS (Mobile Telephone System), IMTS (Mejora del servicio de telefonía móvil) y AMTS (Advanced Mobile Telephone System).



Antecedentes

- Los teléfonos móviles de esta generación eran unos radioteléfonos disponibles como un servicio comercial conectado a la red de telefonía fija, con sus propios números, eran una especie de red como la radio policía o el servicio de despacho de taxis.
- Esos teléfonos móviles usualmente eran montados en carros o camionetas, aunque también se fabricaron modelos portátiles (portafolio). Por lo general, el transmisor (Transmisor-Receptor) era montado en la parte posterior del vehículo (su peso era de unos 50 kg) y unido al resto del equipo (auricular, pantalla y teclado) colocado cerca del asiento del conductor.



Antecedentes

- Los teléfonos celulares (cell phone) aparecieron debido a la invención de las células hexagonales en 1947, los ingenieros de Bell Labs en AT&T desarrollaron más a fondo esta tecnología durante los años 60.
- Durante una llamada, la frecuencia del canal no se podía cambiar automáticamente a partir de una célula (área de cobertura de la celda) a otra célula cuando la persona (con su equipo móvil) viajaba del área de una célula al área de otra célula.



Antecedentes

- En los laboratorios de Bell inventaron una solución a dicho problema y la llamaron como el handoff de la llamada, con lo cual la frecuencia del canal se podría cambiar automáticamente a partir de una célula a otra, durante la misma llamada, cuando el usuario móvil viaja de una célula a otra.
- Debido a su pesada construcción, estos teléfonos fueron utilizados principalmente en automóviles.
- Eran vendidos mediante WCC's (Wireline Eran vendidos mediante WCC's (Wireline Common Carriers) (Compañías Telefónicas), RCC's (Radio Common Carriers) (Compañías de Telefonía Móvil Radial).
- Los primeros usuarios fueron Constructores, Agentes Inmobiliarios y Celebrities



Antecedentes

Algunos Hitos de ésta Tecnología fueron:

- Motorola en alianza con Bell operaron el primer servicio de telefonía móvil comercial (bajo MTS) en los Estados Unidos en 1946, como un servicio de Bell.
- El primer sistema automatizado (sin la intervención de operadores) fue el IMTS que estuvo disponible en 1962, ofreciendo discado sin intervención de un Operador.
- La primera red de telefonía móvil europea fue construida en Noruega, bajo la red de Televerket.





Los primeros ejemplos de esta tecnología son:

- La Autoradiopuhelin (ARP) puesta en marcha en 1971 en Finlandia convirtiéndose en el país con la primera red pública comercial de telefonía móvil.
- B-Netz puesta en marcha en Alemania en 1972 se convirtió en la segunda red pública comercial de telefonía móvil (pero la primera que no requiere operadores humanos para conectar las llamadas).



Estándares

Los Estándares de esta generación son los siguientes:

- PTT
- MTS
- IMTS
- AMTS
- IPTS



Estándar PTT (Push To Talk)

- Tal y como su nombre indica Push to talk, (Pulsar Para Hablar), se trata de un estándar que posibilitaba la transmisión y recepción de voz utilizando el mismo ancho de banda. Para esto, PTT discriminaba entre ambos procesos el de transmisión y el de recepción pulsando un botón (pulsar para mandar la voz y soltar para recibir la voz).
- Este estándar se hizo muy popular y se implanto en la mayoría de los equipos de radio de la época. Algunos teléfonos móviles posteriores utilizan una evolución de este estándar denominado PoC (Push to Talk over Cellular).



El Sistema de Telefonía Móvil o MTS

- Era asistido por una operadora en ambas direcciones, es decir, por una operadora en ambas direcciones, es decir, si un usuario recibiese una llamada desde la Red pública conmutada o PSTN (Public Switched Telephone Network), la llamada sería encaminada a un operador móvil, que a su vez la transferiría al teléfono móvil.
- No obstante, para realizar una llamada saliente, era necesario pasar a través del operador móvil, que solicitaría el número móvil que realizaba la llamada y el número de destino, para poner en contacto a ambos usuarios.



El Sistema de Telefonía Móvil o MTS

- Este servicio se originó con el Sistema Bell, y primero fue utilizado en San Luis, Missouri el 17 de junio de 1946. El equipo original pesaba unas 80 libras, e inicialmente sólo poseía 3 canales para todos los usuarios en el área metropolitana.
- Más licencias fueron agregadas posteriormente, llegando a tener un total de 32 canales a través de varias bandas. Este servicio fue utilizado hasta llegados los años 80s en áreas extensas de Norteamérica.
- El protocolo fue sustituido por el IMTS



Estándar IMTS (Improved Mobile Telephone System)

- El Sistema de Telefonía Móvil Mejorado (System): el Sistema de Telefonía Móvil Mejorado fue desarrollado a partir de los años 60, tratando de mejorar los sistemas PTT, ya que la utilización de los dispositivos basados en estos últimos se tornaba incomoda debido a la pulsación repetitiva del botón.
- Así, IMTS fue implementado de tal modo que la emisión y la recepción se efectuaban en anchos de banda diferentes, lo cual eliminaba el sistema de pulsación que caracterizaba de forma tan particular al PTT.



Estándar IMTS (Improved Mobile Telephone System)

- La ejecución de este estándar estuvo destinado al fracaso debido a que los transmisores IMTS requerían de mucha potencia por lo que si no se colocaban lo suficientemente lejos unos de otros las interferencias podían ser bastante molestas.
- Así como también, IMTS disponía de un número de canales muy reducido, lo que hacía que el estándar se mostrará poco efectivo en grandes poblaciones, haciendo que las esperas de establecimiento de llamada fueran interminables, algo que colectivos como los de la policía o los bomberos (usuarios habituales de dispositivos PTT) no podían permitirse.



Advanced Mobile Telephone (AMTS)

- Fue un estándar de ANTES Telefonía Móvil de Avanzada) fue un estándar de telefonía móvil radial perteneciente a la generación cero, usado principalmente en los sistemas portátiles japoneses de radio, es sucesor del HCMTS, y es operado en la banda de los 900 MHz.
- Opera en un rango de banda de 824~894 MHz dividido en dos frecuencias:
 - 824~849 usado para transmitir hacia la radiobase y en
 - 869~894 para recibir desde la radiobase
- Con un consumo de 30 kHz por canal (llamada establecida).



Primeros celulares

- La imagen corresponde a un colosal bloque de 40 kg desarrollado para Ericsson por su filial SRA (Svenska Radioaktiebolaget) en 1956.
- El teléfono móvil operaba en la banda de los 160 MHz en el sistema MTSA (Mobile Telephone System A), el primer sistema de telefonía móvil completamente automático desarrollado por Ericsson.



Primeros celulares

- Apareció un artefacto parecido a los móviles que pesaba unos 20 kilos y que era usado por la policía estadounidense, aunque en realidad era más parecido a un walkie talkie, funcionaba mediante radiofrecuencias, aquí empezó la carrera hacia la perfección y a la miniaturización de los teléfonos móviles.



PRIMERA GENERACIÓN 1G

Deysi Inca Balseca



Generaciones y estándar para celulares

- Son numerosos y normalmente incompatibles de una generación a otra.
- Los digitales ofrecen mejores características, manejo de errores, ancho de banda mejorado a través de compresión, mayor seguridad a través de cifrado y encriptación, lo más importante soportan comunicación de datos más efectiva.



AMPS (Advanced Mobile Phone System)

- En EU por Motorola y AT & T es análoga y opera en la banda entre los 50Mhz y los 800Mhz, soporta 666 canales y en algunas aéreas 832.
- Del total de los canales adjudicados a cada carrier, 21 canales son los canales no conversacionales dedicados a la disposición de llamada, handoff, y el colgado de las llamadas.
- Los restantes canales de comunicaciones se dividen en canales de voz de 30 kHz, con una separación de 45MHz entre los canales de avance(forward) y retroceso(reverse).
- AMPS trabaja sobre la base de transmisión FDMA y FDD, AMPS no maneja los datos.



Narrowband AMPS (N -AMPS) –AMPS de Banda angosta

- Fue igualmente desarrollada por Motorola, N-AMPS mejora la utilización del sistema análogo AMPS.
- LA capacidad del sistema se mejora al partir cada canal de 30 kHz en tres canales de 10 kHz, con esto se triplica la capacidad de AMPS.
- Muy pocas portadoras de USA usan N-AMPS.



Total Access Communications System (TACS) – Sistema de Comunicación de Acceso Total-

- TACS es un derivado de APMS, desarrollado para ser usado en el Reino Unido en la banda de 900 - MHz.
- TACS soporta tanto 600 como 1000 canales, cada uno de 25 kHz, comparado con los 666/832 canales que soporta AMPS.
- Un variado número fue desarrollado, incluyendo TACS de banda angosta (NTACS), TACS extendidos (ETACS), y Sistema de Comunicaciones de Acceso Total Japonés (Japanese Total Access Communications System -JTACS).
- TACS halló aceptación en muy pocos países, ha sido reemplazado en su gran mayoría por GSM, y es actualmente considerado obsoleto en Reino Unido.



Nordic Mobile Telephone (NMT) – Teléfono Móvil Nórdico

- Fue desarrollado y puesto en servicio en los inicios de los años 80 en países escandinavos, incluyendo Dinamarca, Finlandia



Resumen de la Primera Generación)

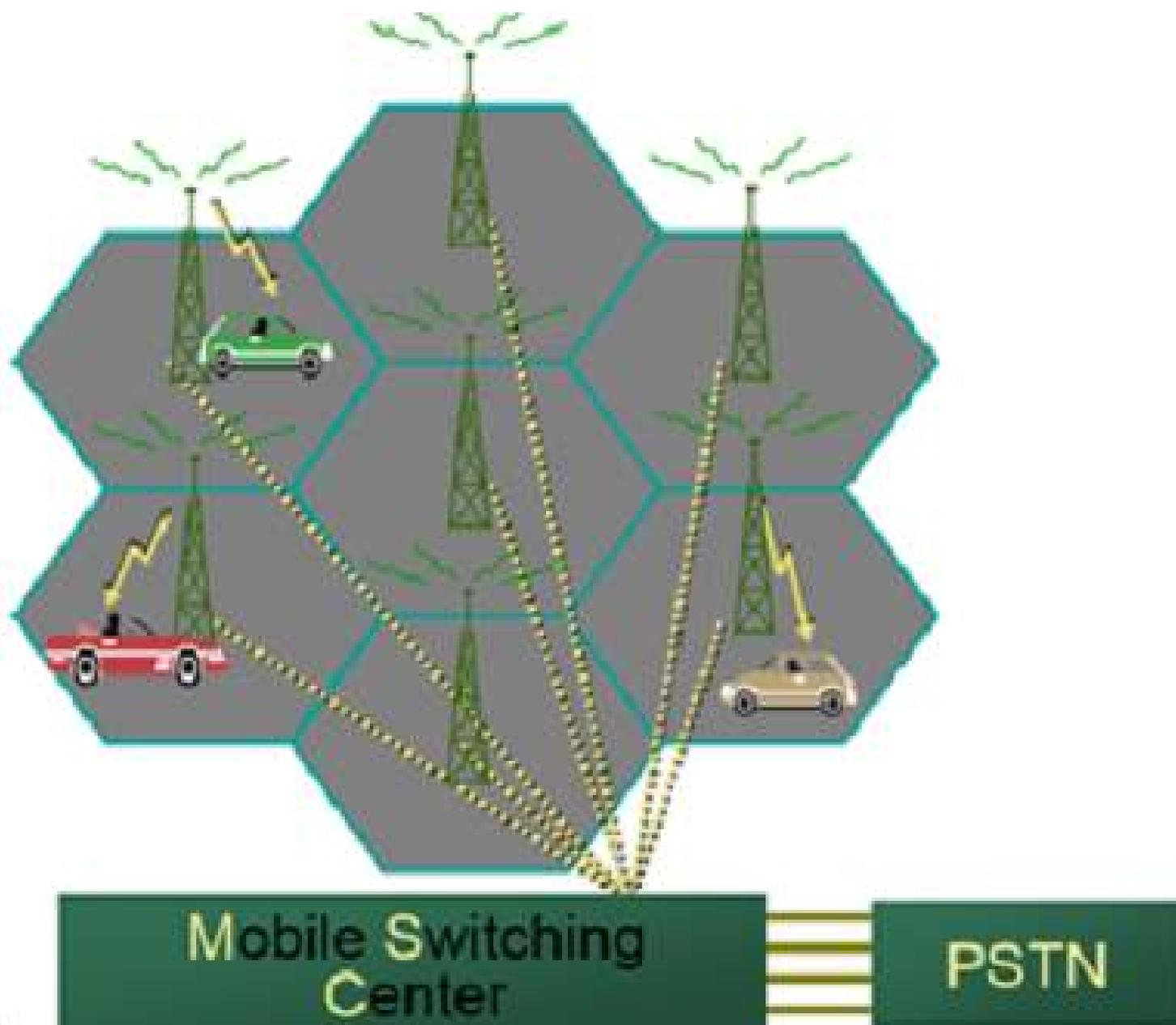
TABLE 11.2 Analog Cellular Standards

Standard	AMPS	ETACS	NTACs	NMT 450	NMT 900
Region	U.S.	UK	UK	Nordic	Nordic
Frequency band, MHz	Tx: 824–849 Rx: 869–894	Tx: 871–904 Rx: 916–949	Tx: 915–925 Rx: 860–870	Tx: 453–458 Rx: 463–468	Tx: 890–915 Rx: 935–960
Carrier spacing, kHz	30	25	12.5	25	12.5
Number of FDM carriers	666/832	1000	400	200	1999
Channels/carrier	1	1	1	1	1
Access method	FDMA	FDMA	FDMA	FDMA	FDMA
Duplex method	FDD	FDD	FDD	FDD	FDD
Channel bit rate ^a	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Modulation method	FM	FM	FM	FM	FM

Note: Tx = Transmission from mobile station to base station; Rx = Receive by mobile station from base station.

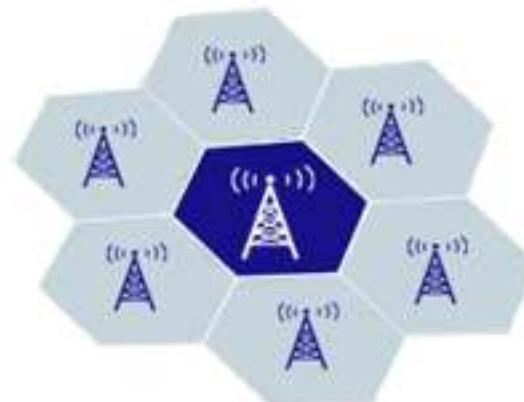
^aSignaling rate.





Funcionamiento

- La idea del sistema celular es la división de la ciudad en pequeñas células o celdas. Una celda es un área de cobertura estipulada para receptores o transmisores que pertenecen a la misma estación base.
- Esta idea permite la re-utilización de frecuencias a través de la ciudad, con lo que miles de personas pueden usar los teléfonos al mismo tiempo. La compañía divide la ciudad en celdas. Las celdas son normalmente diseñadas como hexágonos, en una gran rejilla de hexágonos.
- Cada celda tiene un grupo único de frecuencias, esto evita que haya colisiones.
- Cada celda tiene una estación base que consiste en una torre y un pequeño edificio que contiene el equipo de radio.



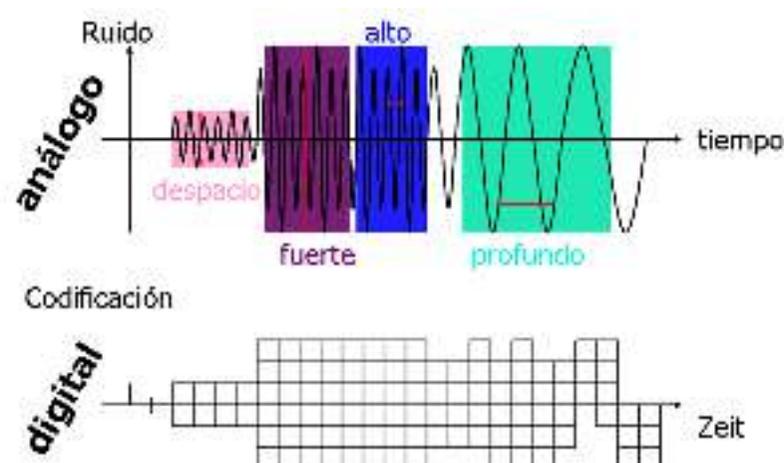
Sistemas Celulares

- La estación central transmite a bajo poder. Los transmisores de bajo poder tienen dos ventajas:
 - Las transmisiones de la base central y de los teléfonos en la misma celda no salen de ésta. Por lo tanto, cada celda puede re-utilizar las mismas 56 frecuencias a través de la ciudad.
 - El consumo de energía del teléfono celular, que generalmente funciona con baterías, es relativamente bajo.
- La tecnología celular requiere un gran número de bases o estaciones en una ciudad de cualquier tamaño.
- Una ciudad grande puede llegar a tener cientos de torres.
- Cada ciudad necesita tener una oficina central la cual maneja todas las conexiones telefónicas a teléfonos convencionales, y controla todas las estaciones de la región.



Tecnología Digital

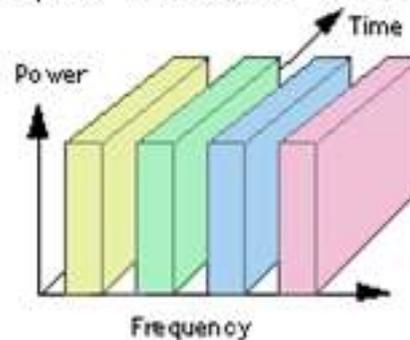
- Los sistemas analógicos no utilizan al máximo la señal entre el teléfono y la red celular. Las señales analógicas no pueden ser comprimidas y manipuladas tan fácilmente como las señales puramente digitales.
- Los teléfonos digitales convierten la voz en información binaria (ceros y unos), y la comprimen. Esta compresión permite que entre 3 y 10 llamadas digitales ocupen el mismo espacio que una llamada del sistema analógico.



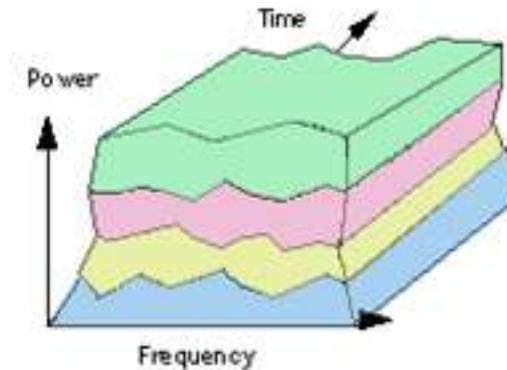
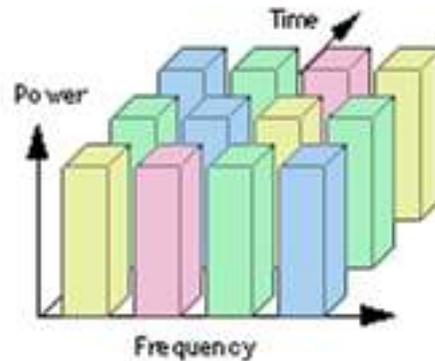
Tecnologías de Acceso Celular

Existen tres tecnologías comúnmente usadas para transmitir información en las redes:

Acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA)



Acceso múltiple por división de tiempo (TDMA)



Acceso múltiple por división de código (CDMA)



Definiciones

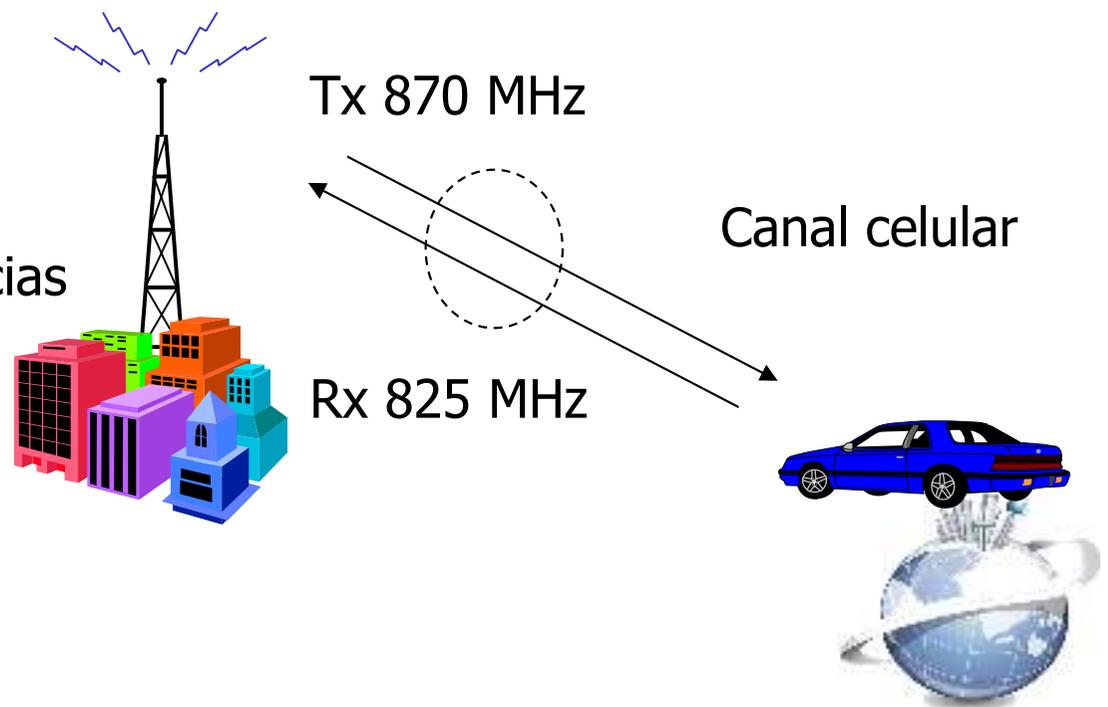
Estaciones móviles

- Contienen un transceiver, una antena y circuitería de control.
- Pueden estar montadas en un vehículo o utilizadas como una unida portátil.
- Se comunican mediante radio con una de las estaciones base.
- Con el proceso de handoff pueden pasar al control de cualquier número de estaciones base durante la duración de una llamada.



Canal Celular

- Ancho de banda: $Bw=30$ KHz
- Modulación: analógica, FM
- Banda de operación: 825 - 870 MHz
- Tipo de acceso: FDMA
- Ruido de canal Gaussiano
- Desvanecimiento de Rayleigh
- Interferencia: misma señal, misma frecuencia, otras frecuencias



Estaciones Fijas

Estaciones Fijas: Estación radioeléctrica no prevista para su utilización en movimiento; entre estas tenemos:

- **Estación Base (BS)**, su movimiento se controla directamente desde una unidad de control (local o remoto), mediante líneas telefónicas o radioenlaces, características: son fuentes/destinatarias de tráfico y envían información señalización.
- **Estación de control (CS)**, utilizada para gobernar automáticamente el funcionamiento de otra estación de radio en un emplazamiento específico, para gestionar una BS o repetidora.
- **Estación repetidora (RS)**, estaciones fijas que retransmiten las señales recibidas, obteniendo una mayor cobertura.



Estaciones Base

- Consisten en varios transmisores y receptores que de forma simultánea manejan comunicaciones full dúplex.
- Generalmente, tienen torres que soportan varias antenas de transmisión y recepción.
- Sirven de puente entre todos los usuarios móviles de la celda y el MSC.
- Conecta al MSC las llamadas simultaneas de los móviles mediante líneas telefónicas o enlaces de microondas.



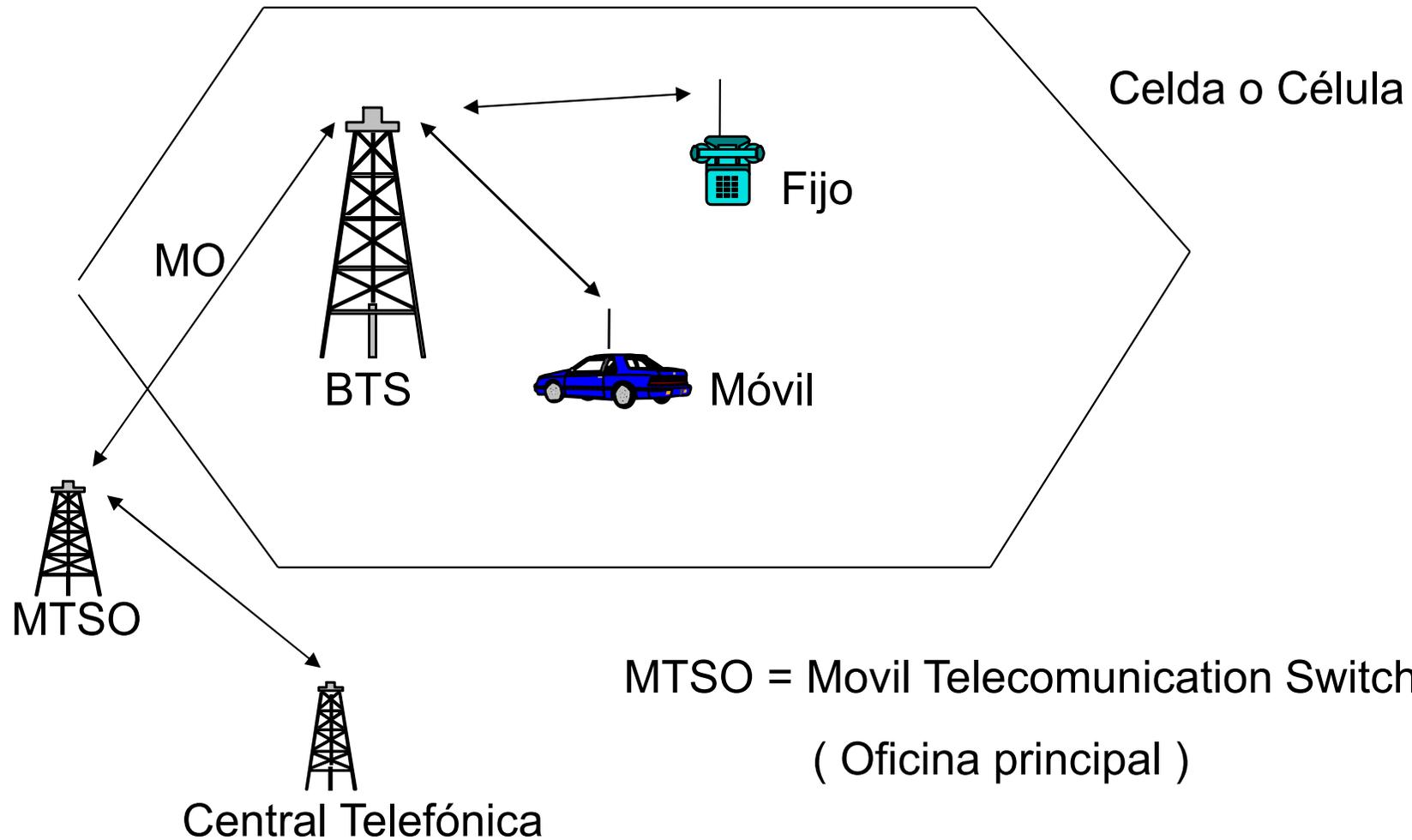
Mobile Switching Center (MSC)

Central de Conmutación Móvil.

- Coordina las actividades de todas las estaciones base y conecta todo el sistema celular a la PSTN.
- Hace las conexiones entre estaciones móviles y usuarios fijos de la PSTN.
- Conecta las llamadas entre las estaciones móviles.
- Un MSC puede conectarse a un MSC remoto, usando la red telefónica o líneas dedicadas y establecer las conexiones entre un usuario móvil local y un usuario móvil remoto.
- Un MSC típico maneja 100.000 abonados y 5.000 conversaciones simultáneas, y maneja todo lo referente a facturación y funciones de mantenimiento.
- Ajusta la potencia transmitida de los móviles (control de potencia).
- Interviene en el handoff cambiando los canales del móvil y la estación base.
- Maneja lo relacionado a facturación.
- En grandes ciudades, un solo carrier puede utilizar varias MSCs



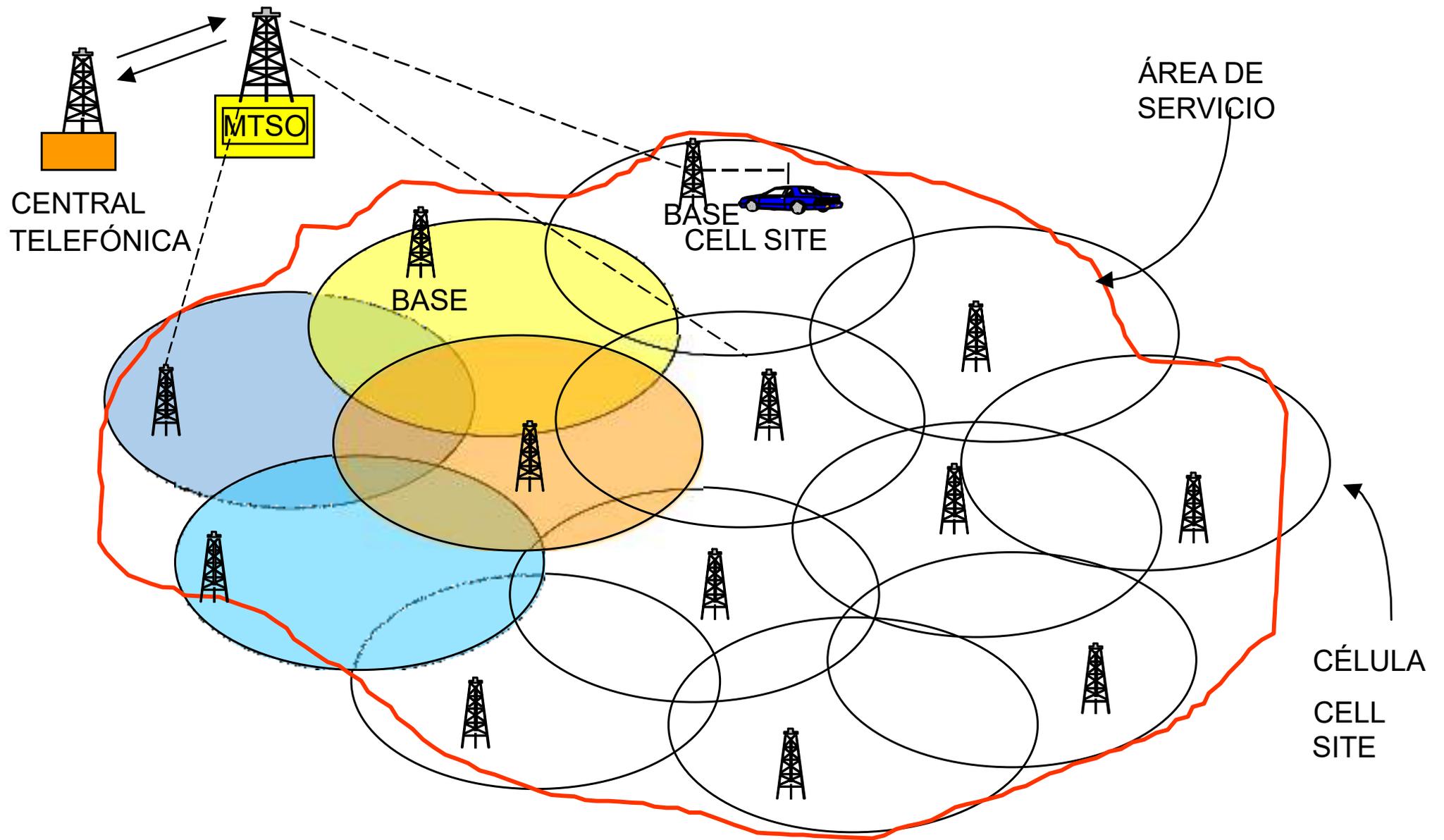
Sistema Celular



MTSO = Movil Telecommunication Switching Office
(Oficina principal)

MO = MicroOndas

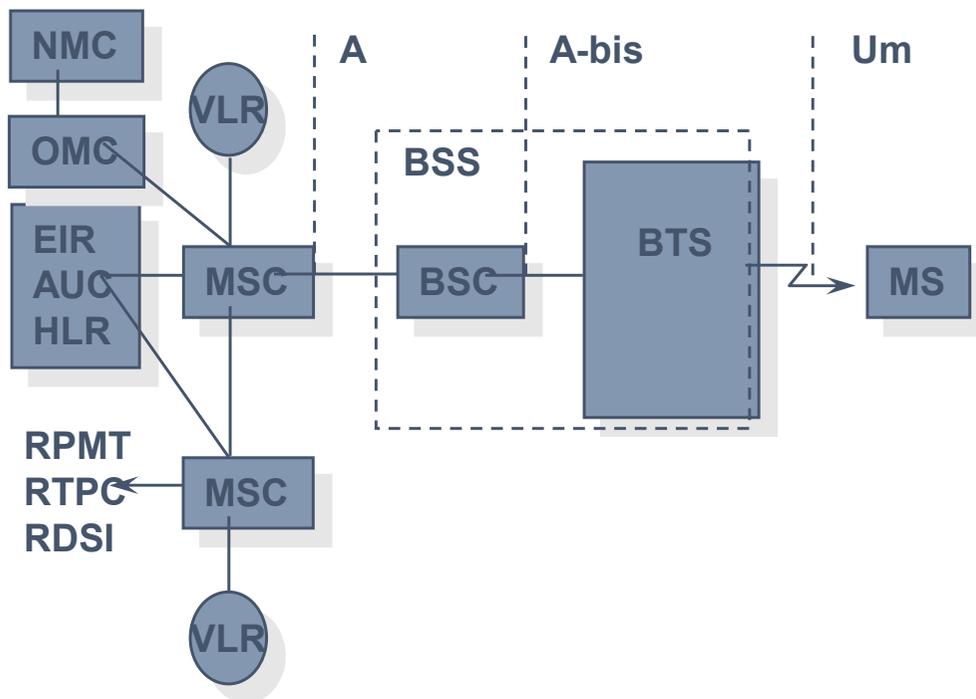




- DIVISION DEL AREA TOTAL EN AREAS PEQUEÑAS (CELULAS)
- CADA CELULA ESTA CONTROLADA POR UNA BASE (CELL SITE)
- TODAS LAS CELLSITE SON CONTROLADAS POR UNA MTSO
- LA MTSO SE INTERCONECTA A UNA CENTRAL TELEFONICA DE TRANSITO



Generalidades sobre el funcionamiento de un sistema celular



- BSC: Controlador de la Estación Base
- BTS: Transceptor de Estación Base
- BSS: Sistema de Estación Base
- MS: Estación Móvil
- MSC: Centro de Conmutación de Móviles
- NMC: Centro de Gestión de Red
- OMC: Centro de Operación y Mantenimiento
- AUC: Centro de autenticación
- EIR: Registro de identidad de equipos
- HLR: Registro de abonados locales
- VLR : Registro de abonados visitantes
- RDSI: Red Digital de Servicios Integrados
- RPMT: Red Pública Móvil Terrestre
- RPTC: Red Pública Telefónica Conmutada



SISTEMA MÓVIL CELULAR 800 MHz

BANDA	MÓVIL	BTS
A	824-835; 845-846.5 MHz	869-880; 890-891.5 MHz
B	835-845; 846.5-849 MHz	880-890; 891.5-894 MHz

Sistemas Analógicos :

AMPS (Advanced Mobile Phone System)

N-AMPS (Narrow-AMPS)

Sistemas Digitales :

TDMA (IS-54)

CDMA (IS-95)

GSM

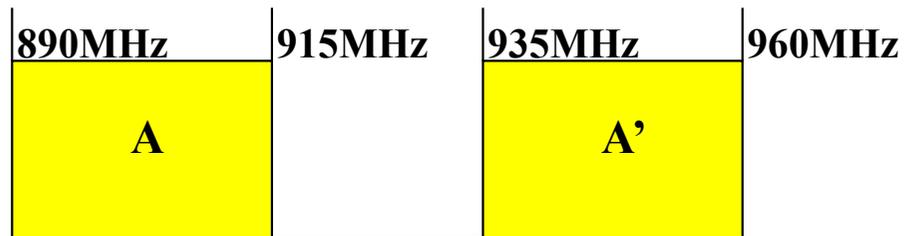


MÓVILES CELULARES

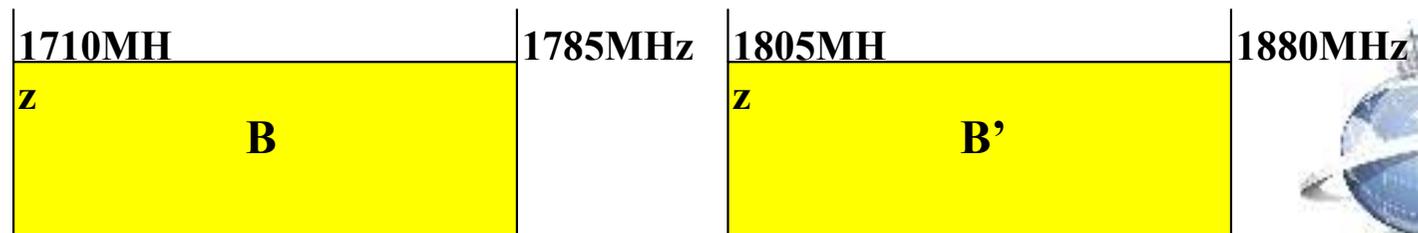
800 MHz



900 MHz

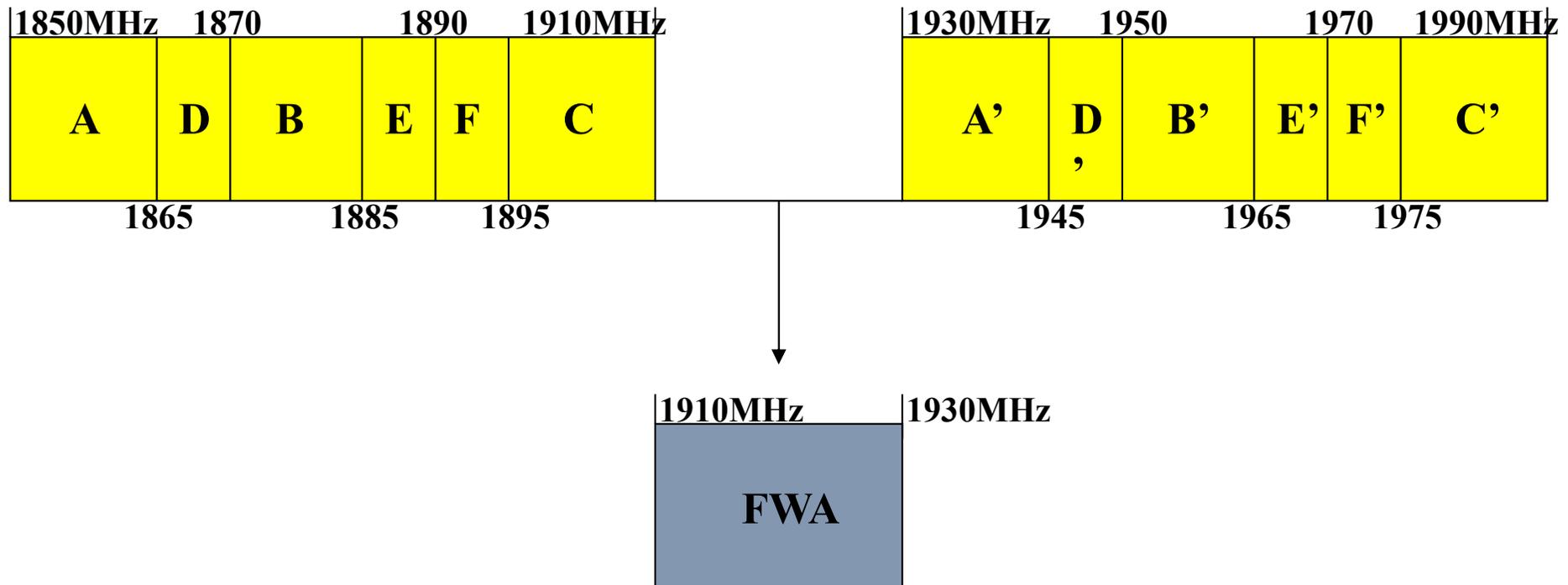


1800 Mhz



MÓVILES CELULARES

Distribución de Frecuencias 1900 MHz



TECNOLOGÍA TDD



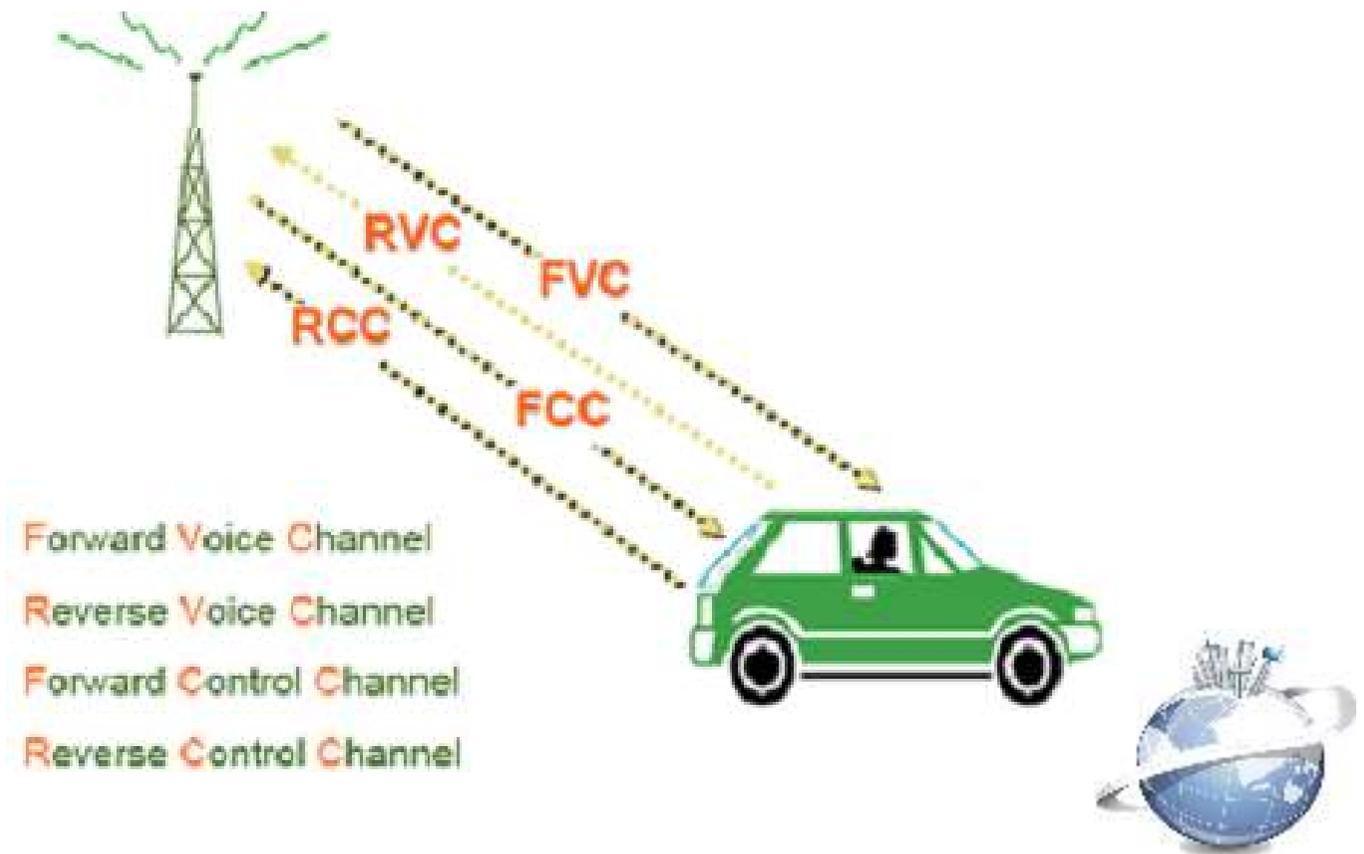
Generalidades

CAI (Common Air Interface)

- Define la comunicación entre la estación base y los móviles.
- Especifica cuatro tipos de canales diferentes:
 - FVC (Forward Voice Channels)
 - Para transmisión de voz desde la estación base hacia los móviles.
 - RVC (Reverse Voice Channels)
 - Para transmisión de voz desde los móviles hacia la estación base.
 - FCC (Forward Control Channels) y RCC (Reverse Control Channels)
 - Responsables por iniciar las llamadas.
 - Sirven como beacons que difunden continuamente los pedidos de tráfico para todos los móviles en el sistema.



- Los forward channels se llaman también downlink channels.
- Los reverse channels se llaman también uplink channels.



CAI (Common Air Interface)

Los canales de control:

- Se denominan también canales de establecimiento (setup channels).
- Están involucrados solo en el establecimiento de una llamada y en mover la llamada a un canal de voz libre.
- Transmiten y reciben mensajes de datos que llevan información de iniciación de la llamada y pedidos de servicio.
 - Los mensajes de supervisión hacia los móviles facilitan cambios de canal durante el establecimiento de la llamada y tienen instrucciones para el handoff (los mensajes se envían en este caso por los canales de voz).
- Son monitoreados por los móviles cuando no tienen una llamada en progreso.
- Los canales de control se definen y estandarizan sobre toda el área geográfica cubierta.
 - Un valor típico para el número de canales de control es el 5% del número total de canales del sistema.



Generalidades

HLR

Son las siglas de "Home Location Register" o base de datos donde se contiene toda la información del usuario pertinente para la provisión del servicio de telefonía móvil. Los sistemas de altas y bajas de los operadores actuarán contra esta base de datos para actualizar las características del servicio de cada cliente. También hay en el HLR información actualizada sobre la situación actual de sus móviles.



Generalidades

VLR

Corresponde a las siglas "Visitor Location Register" o base de datos donde se contiene toda la información del usuario necesaria para la provisión de los servicios durante la utilización de los mismos. El VLR tiene una copia de parte de los datos del HLR, referidos a aquellos clientes que se han registrado en la zona controlada por dicho VLR.



Generalidades

Área de Localización

Está formada por un conjunto de celdas, y determina el área donde se encuentra el móvil y las celdas a través de las cuales se emitirá un mensaje de búsqueda para este móvil, en caso de llamadas entrantes al mismo.

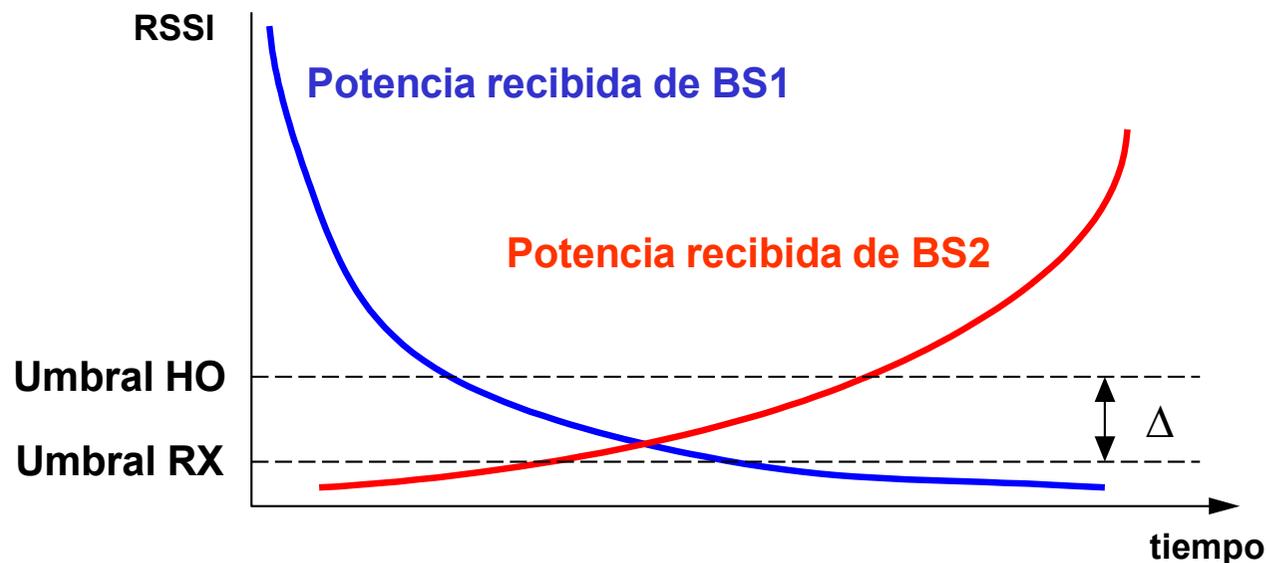


Handovers

- Proceso de transferir una llamada en curso entre dos células cuando el móvil se desplaza
- Cuando la calidad del enlace con la BS actual baja, la comunicación pasa:
 - A una nueva célula (*inter-cell handover*)
 - A otro canal de la misma BS (*intra-cell handover*)
- Hay varios parámetros que se pueden utilizar para caracterizar la calidad de los enlaces
 - RSSI (Received Signal Strength Indicator)
 - BER (Bit Error Rate)
 - C/I
 - Carga (Tráfico actual)
 - ...
- Depende de la posibilidad de medida del sistema
- Puede no ser suficiente realizar medidas puntuales



- Los *handovers* (HO) deben realizarse de manera automática, sin la intervención directa del usuario
- Llevan asociado un incremento de la señalización y consumen tiempo
- Seleccionar un umbral a partir del cual iniciar el proceso de traspaso
 - Normalmente se selecciona un valor ligeramente superior al mínimo necesario para que una comunicación sea factible: $\text{Umbral HO} = \text{Umbral RX} + \Delta$
- Si Δ es grande: se producirían un número elevado (innecesario) de traspasos
- Si Δ es pequeño: habría poco tiempo para completar el traspaso antes de alcanzar el umbral de RX



Tipos de Handovers

Puede haber diferentes clasificaciones de los trasposos; la más habitual atiende a la entidad que toma la decisión de realizar el HO

- Network Controlled HandOff (NCHO)
 - La red es la que tiene la responsabilidad completa en el proceso de trasposo
 - También se encarga de realizar las medidas para conocer la calidad de los enlaces
 - Se utilizó en los sistemas celulares de 1ª generación: AMPS, NMT, TACS
- Mobile Assisted HandOff (MAHO)
 - Para reducir la responsabilidad de la red, el móvil se encarga de monitorizar el estado de los enlaces
 - Envío periódico de la información a la red
 - Se emplea en los sistemas celulares de 2ª generación: GSM, IS-95
- Mobile Controlled HandOff (MCHO)
 - El móvil controla completamente el proceso de trasposo
 - La red puede enviar medidas de calidad a los terminales
 - Se emplea en sistemas de telefonía sin hilos (DECT)



Medidas de rendimiento

- Probabilidad de bloqueo de nuevas llamadas
- Probabilidad de bloqueo de un traspaso
 - Terminación anómala de una llamada
- Probabilidad de realizar un traspaso
 - Tasa de cruce de fronteras entre células
- Tasa de HO por unidad de tiempo
 - La probabilidad de HO se puede determinar a partir de este parámetro y de la duración media de la llamada
- Probabilidad de HO no necesarios
- Retardo entre el momento en el que se inicializa y se completa el HO



Estrategias en los Handovers

- Hay sistemas que tratan las peticiones de traspaso como si fuera una nueva llamada
 - En este caso la probabilidad de no aceptar un HO es igual a la de bloqueo de nuevas peticiones
- Otros sistemas priorizan los HO
 - Se considera que para el usuario es más molesto el terminar una llamada de manera abrupta una vez que ha comenzado
 - **Canal de guarda** (*Guard channel*)
 - Una fracción de los recursos totales se reserva únicamente para las peticiones de HO
 - El resto de recursos se emplea tanto para las nuevas llamadas como para los HO
 - Incrementa la probabilidad de bloqueo de nuevas llamadas
 - Se puede emplear con esquemas de gestión dinámica de recursos
 - **Encolamiento de traspasos** (Queuing of handoffs)
 - Se mantienen las peticiones en el sistema (cuando no hay recursos) durante cierto tiempo
 - Se puede llevar a cabo en el intervalo que va desde el $Umbral_{HO}$ hasta el $Umbral_{RX}$



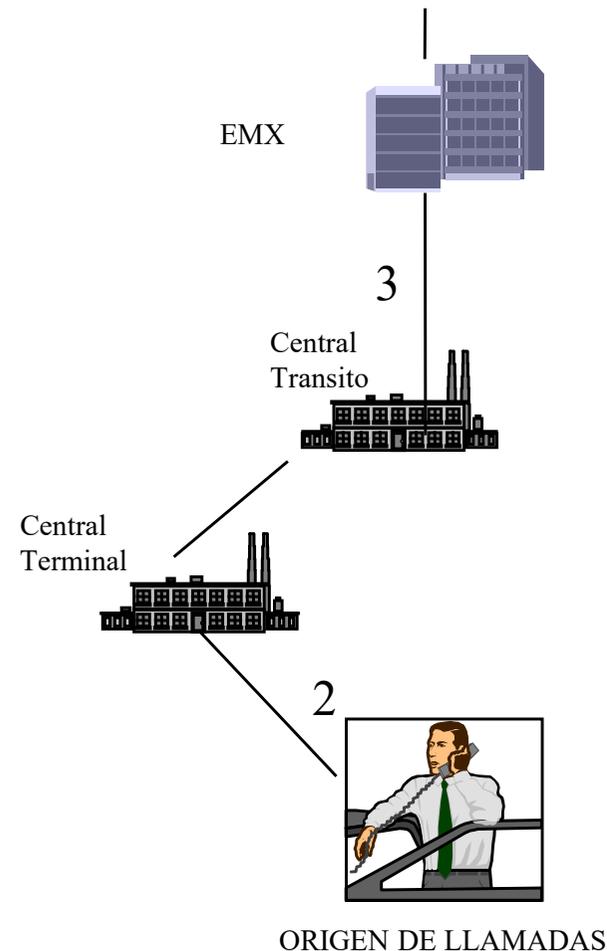
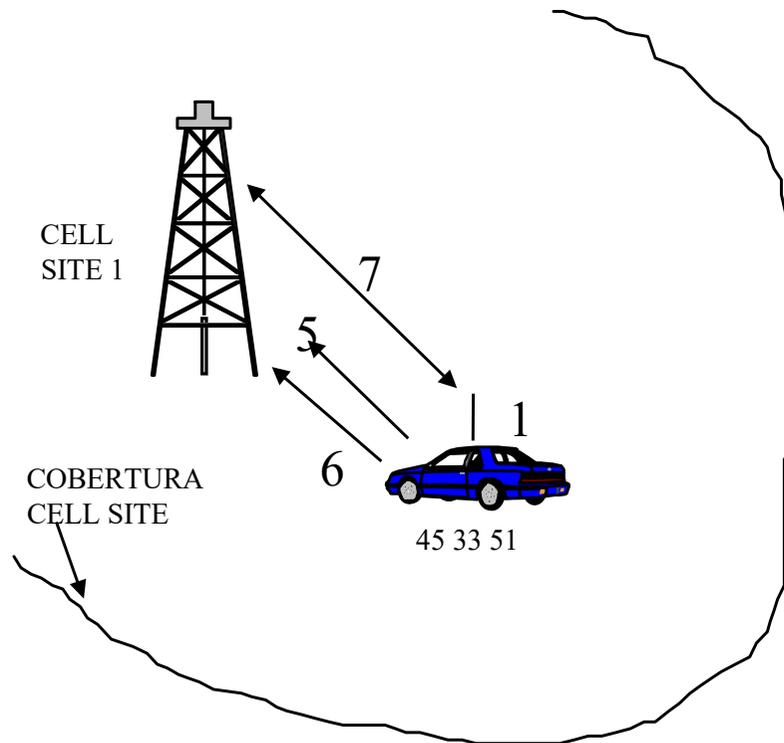
Proceso de Llamada

Encendido del móvil

- Al encender el dispositivo, éste todavía no está involucrado en una llamada.
- Primero realiza un scan(barrido) del grupo de FCCs para determinar el canal de señal más fuerte (de la estación base).
 - La estación base está realizando broadcasts repetitivamente para que los móviles la monitoreen.
 - Dentro de una celda hay uno o varios canales de control (del total decanales de control de todo el sistema, el scan se hace sobre todos los canales del sistema).
 - Lo típico es que la estación base seleccionada sea la más cercana, pero no siempre.
- Una vez seleccionada la estación base se realiza un handshake entre la estación móvil y el MSC.
- Se identifica al móvil y se registra la ubicación del usuario.
- Luego se monitorea el canal de control seleccionado hasta que la señal caiga bajo un nivel útil y se inicia un nuevo proceso de scan.
- Durante el handoff, por ejemplo.
- Una vez realizado el scan y registro, se procede a esperar por mensajes de paging.



PROCESO DE LLAMADA A UNA MÓVIL



- 1-MÓVIL CANAL DE CONTROL
- 2-ORIGEN DE LLAMADA
- 3-INTERCONEXIÓN A EMX
- 4-EMX ENVÍA # A CELL SITES
- 5-CELL SITES LLAMAN A LA MÓVIL POR C.C
- 6-MÓVIL CONTESTA A CELL SITE POR C.C
- 7-CELL SITES ASIGNA CANAL DE COMUNICACIÓN A MÓVIL
- 8-CELL SITE Y EMX SUPERVISAN LLAMADA



Conceptos

- El MIN (mobile identification number) un número de 10 dígitos que se deriva del número de su teléfono.
- El ESN (Electronic Serial Number, que es una clave interna del aparato) un número de 32 bits programado en el teléfono cuando es fabricado.
- El SCM (Station Class Mark) que indica el nivel de potencia máximo para el usuario en particular. Formado por 4 bit, Marca de Clase de Estación



Proceso de Llamada

Llamada destinada a un móvil del sistema e iniciada por un abonado fijo

- El MSC despacha el pedido a ciertas estaciones base del sistema celular.
 - Las que considere necesarias (o todas) basándose en el número (MIN).
- Las estaciones base realizan un broadcast del MIN (Mobile Identification Number) en mensajes de paging (localización) usando todos los canales FCCs asociados a las celdas.
- El MIN es el número telefónico del abonado y se usa también para facturación.
- El móvil recibe el mensaje de paging enviado por la estación base (la estación base que el móvil está monitoreando), compara con su propio MIN, y si concuerdan, se identifica usando un RCC.



Proceso de Llamada

Llamada destinada a un móvil del sistema e iniciada por un abonado fijo

- El móvil envía:
 - El MIN (Mobile Identification Number), ESN (Electronic Serial Number), SCM
 - La estación base transmite el acuse de recibo enviado por el móvil al MSC, informando del intercambio de mensajes (handshake).
- El MSC verifica el par (MIN, ESN) e instruye a la estación base que cambie la llamada a un canal de voz libre dentro de la celda.
 - El MSC mantiene una base de datos con información de las unidades que se han reportado como robadas, y usa sus números de serie para bloquear a las unidades robadas.
 - Es típico tener entre 10 y 60 canales de voz y un solo canal de control en cada estación base de una celda



Proceso de Llamada

Llamada destinada a un móvil del sistema e iniciada por un abonado fijo

- La estación base indica al móvil que cambie las frecuencias de los canales FVC y RVC, a frecuencias que no están siendo utilizadas.
- Se envía otro mensaje (llamado de alerta) por el FVC para instruir al teléfono móvil que timbre, lo que a su vez instruye al usuario que conteste el teléfono.
- Todo lo descrito ocurre en unos pocos segundos y es imperceptible al usuario.

Mientras la llamada está en progreso

- El MSC ajusta la potencia transmitida del móvil y realiza handoffs, si es necesario.
 - Handoff consiste en cambiar las estaciones bases y “los canales de la unidad móvil” para mantener la calidad de la llamada mientras el abonado entre y sale del rango de cobertura de las estaciones base.
 - Se aplica señalización de control especial a los canales de voz para que el móvil pueda ser controlado por la estación base y el MSC.



• **Llamada destinada a un móvil del sistema e iniciada por un abonado fijo**

MSC		Receives call from PSTN. Sends the requested MIN to all base station.			Verifies that the mobile has a valid MIN, ESN pair.	Requests BS to move mobile to unused voice channel pair.		Connects the mobile with the calling party on the PSTN.
Base Station	FCC		Transmits page (MIN) for specified user.				Transmits data message for mobile to move to specific voice channel.	
	RCC			Receives MIN, ESN, Station Class Mark and passes to MSC.				
	FVC							Begin voice transmission.
	RVC							Begin voice reception.
Mobile	FCC		Receives page and matches the MIN with its own MIN.				Receives data messages to move to specified voice channel.	
	RCC			Acknowledges receipt of MIN and sends ESN and Station Class Mark.				
	FVC							Begin voice reception.
	RVC							Begin voice transmission.

Llamada originada por un móvil del sistema celular a un abonado fijo.

- El móvil monitorea los canales de control para determinar si puede transmitir (si canal tiene actividad).
 - Chequea el FCC para ver si puede transmitir, cuando no se detecta actividad puede transmitir en el canal de control reverso correspondiente (RCC).
- El móvil envía un pedido de iniciación de llamada por el RCC, mas:
 - El MIN (mobile identification number, ESN (Electronic Serial Number)

El par MIN/ESN es una marca única para su teléfono, y así la compañía sabe a quién cobrar la cuenta. Cuando su teléfono transmite su par MIN/ESN, es posible "escucharlo" con un escáner y capturar el par. Con el equipo adecuado es fácil modificar un teléfono para que contenga el par MIN/ESN, y de esa forma se puede hacer llamadas ilegales



Llamada originada por un móvil del sistema celular a un abonado fijo.

- El número al que se está llamando.
- El SCM (Station Class Mark) que indica el nivel de potencia máximo para el usuario en particular. Formado por 4 bit, Marca de Clase de Estación
- La estación base de la celda recibe la información y la envía al MSC.
- La MSC valida el pedido, realiza la conexión al número llamado usando la PSTN e instruye a la estación base y al móvil para que se cambien a un par (FVC, RVC) de canales no utilizados.



- Llamada originada por un móvil del sistema celular a un abonado fijo.

Base Station	FCC			Receives call initiation request from base station and verifies that the mobile has a valid MIN, ESN pair.	Instructs FCC of originating base station to move mobile to a pair of voice channels.		Connects the mobile with the called party on the PSTN.	
	RCC	Receives call initiation request, and MIN, ESN, Station Class Mark.						
	FVC							Begin voice transmission.
	RVC							Begin voice reception.
Mobile	FCC					Receives page and matches the MIN with its own MIN. Receives instruction to move to voice channel.		
	RCC	Sends a call initiation request along with subscriber MIN and number of called party.						
	FVC							Begin voice reception.
	RVC							Begin voice transmission.

time →

Canales para AMPS en USA

- Este ejemplo ilustra como dividir los canales en subconjuntos y se asignan estos subconjuntos a celdas diferentes para minimizar la interferencia de canales adyacentes.
- Número de canales de AMPS en USA
 - Inicialmente operaba con 666 canales dúplex (1983).
 - Numerados del 1 al 666.
 - En 1989, la FCC asignó 10 MHz adicionales, agregando 166 canales.
 - Numerados del 667 a 799 y 991 a 1023.
 - Esto explica la extraña posición de los canales en el espectro de frecuencia y su numeración.
- Actualmente se tiene un total de 832 canales full dúplex.



Frecuencias de operación

- Canales de reversa 824 a 849 MHz.
- Ejemplo: canal 1 en 825.030 MHz.
- Canales forward de 869 a 894 MHz.
- Ejemplo: canal 1 en 870.030 MHz.

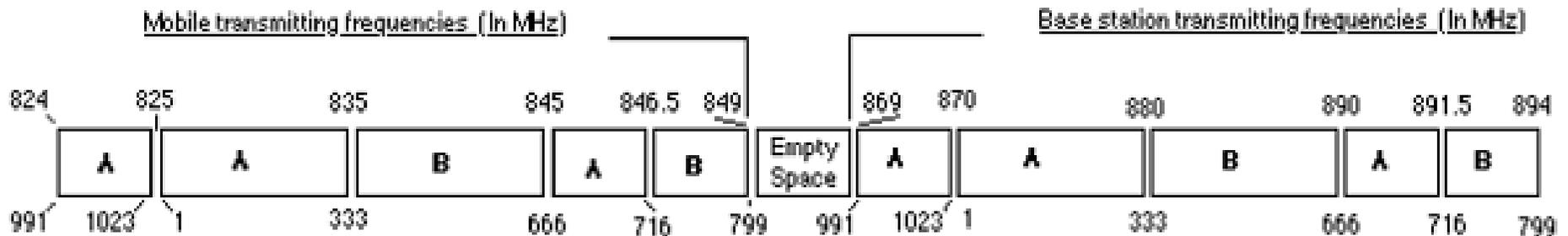
El par de canales simplex destinados a una conversación están separados por 45 MHz.

- Se escogió esta separación para poder tener en los receptores de las estaciones móviles duplexer altamente selectivos pero de bajo costo



Canales para AMPS en USA

- Para incentivar la competencia, la FCC licenció los canales a dos operadores competidores, cada uno recibió la mitad de los canales



Canales para AMPS en USA

De los 416 canales de cada operador, 395 son canales de voz y 21 son canales de control.

- Bloque A
 - Voz: 1 a 312
 - Extendidos: (667 a 716) y (991 a 1023)
 - Control: 313 a 333
- Bloque B
 - Voz: 355 a 666
 - Extendidos: (717 a 799)
 - Control: 334 a 354

Los 395 canales de voz se dividen en 21 subconjuntos

- (1A,...7A), (1B,...7B), (1C,...7C)
- Cada subconjunto tiene alrededor de 19 canales.
 - Ejemplo subconjunto 1A contiene
 - (1,22,43,64,85,106,127,148,169,190,211,232,253,274,295,670,691,712,1003)
 - La separación entre canales adyacentes dentro de una misma celda, dentro de un mismo subconjunto, es de 21 canales.
 - Canal 313 es de control.



AMPS Channel Allocation for A and B Side Carriers

1A	2A	3A	4A	5A	6A	7A	1B	2B	3B	4B	5B	6B	7B	1C	2C	3C	4C	5C	6C	7C
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63
64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84
85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105
106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126
127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147
148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168
169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189
190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210
211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231
232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252
253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273
274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294
295	296	297	298	299	300	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	-	-	-
313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	667	668	669
670	671	672	673	674	675	676	677	678	679	680	681	682	683	684	685	686	687	688	689	690
691	692	693	694	695	696	697	698	699	700	701	702	703	704	705	706	707	708	709	710	711
712	713	714	715	716	-	-	-	-	991	992	993	994	995	996	997	998	999	1000	1001	1002
1003	1004	1005	1006	1007	1008	1009	1010	1011	1012	1013	1014	1015	1016	1017	1018	1019	1020	1021	1022	1023

A
SIDE



AMPS Channel Allocation for A and B Side Carriers

1A	2A	3A	4A	5A	6A	7A	1B	2B	3B	4B	5B	6B	7B	1C	2C	3C	4C	5C	6C	7C	
354	355	356	357	358	359	360	361	362	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375
376	377	378	379	380	381	382	383	384	385	386	387	388	389	390	391	392	393	394	395	396	397
398	399	400	401	402	403	404	405	406	407	408	409	410	411	412	413	414	415	416	417	418	419
420	421	422	423	424	425	426	427	428	429	430	431	432	433	434	435	436	437	438	439	440	441
442	443	444	445	446	447	448	449	450	451	452	453	454	455	456	457	458	459	460	461	462	463
464	465	466	467	468	469	470	471	472	473	474	475	476	477	478	479	480	481	482	483	484	485
486	487	488	489	490	491	492	493	494	495	496	497	498	499	500	501	502	503	504	505	506	507
508	509	510	511	512	513	514	515	516	517	518	519	520	521	522	523	524	525	526	527	528	529
530	531	532	533	534	535	536	537	538	539	540	541	542	543	544	545	546	547	548	549	550	551
552	553	554	555	556	557	558	559	560	561	562	563	564	565	566	567	568	569	570	571	572	573
574	575	576	577	578	579	580	581	582	583	584	585	586	587	588	589	590	591	592	593	594	595
596	597	598	599	600	601	602	603	604	605	606	607	608	609	610	611	612	613	614	615	616	617
618	619	620	621	622	623	624	625	626	627	628	629	630	631	632	633	634	635	636	637	638	639
640	641	642	643	644	645	646	647	648	649	650	651	652	653	654	655	656	657	658	659	660	661
662	663	664	665	666	-	-	-	717	718	719	720	721	722	723	724	725	726	727	728	729	730
731	732	733	734	735	736	737	738	739	740	741	742	743	744	745	746	747	748	749	750	751	752
753	754	755	756	757	758	759	760	761	762	763	764	765	766	767	768	769	770	771	772	773	774
775	776	777	778	779	780	781	782	783	784	785	786	787	788	789	790	791	792	793	794	795	796
797	798	799																			

B
SIDE



AMPS en USA

- Se utiliza un patrón de reutilización $N=7$ con provisiones para sectorización y cell splitting.
- SIR=18 dB para un rendimiento satisfactorio del sistema, obtenido con antenas direccionales de 120 grado

AMPS Parameters

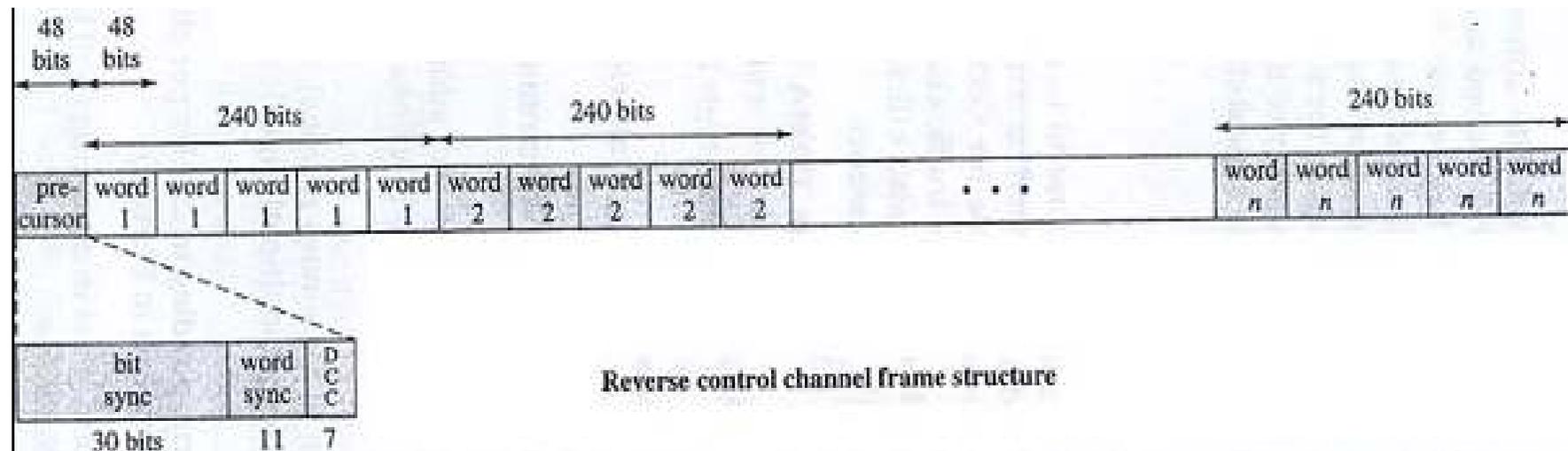
Base station transmission band	869 to 894 MHz
Mobile unit transmission band	824 to 849 MHz
Spacing between forward and reverse channels	45 MHz
Channel bandwidth	30 kHz
Number of full-duplex voice channels	790
Number of full-duplex control channels	42
Mobile unit maximum power	3 watts
Cell size, radius	2 to 20 km
Modulation, voice channel	FM, 12-kHz peak deviation
Modulation, control channel	FSK, 8-kHz peak deviation
Data transmission rate	10 kbps
Error control coding	BCH (48, 36,5) and (40, 28,5)



AMPS en USA

Canales de Control

- Los datos en cualquier tipo de canal (FCC, RCC) se transfieren en tramas.
- Formato de trama para un RCC
 - Considerando los overheads, la tasa de transmisión es de unos pocos cientos de bps.
 - Ejemplos de mensajes RCC incluyen pedido de inicialización de llamadas, repuestas a pagings y otras confirmaciones



AMPS en USA

Canales de Control

Formato de trama para un RCC

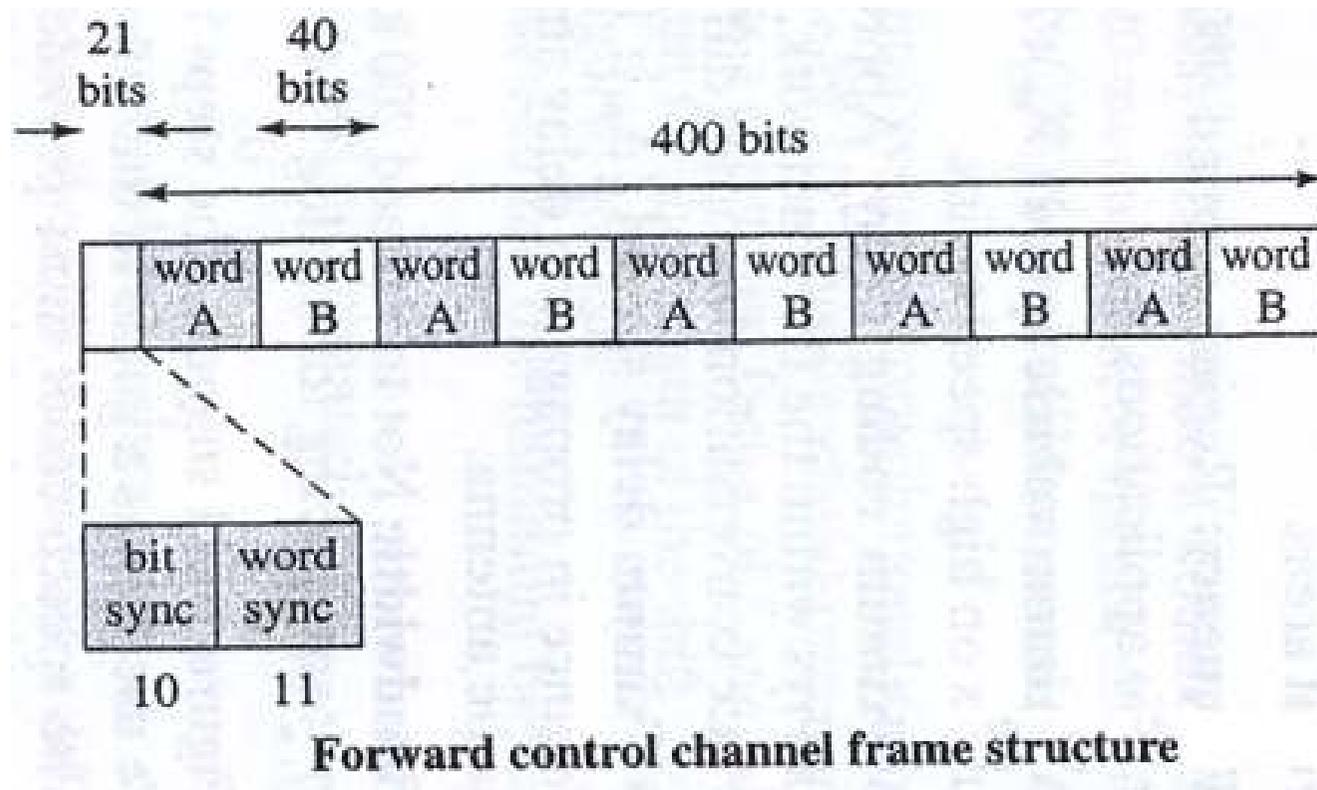
- Inicia con 48 bits del campo denominado “precursor” (preámbulo).
- 30 bits para sincronización a nivel de bit (0s y 1s alternados).
- 11 bits para una palabra de sincronización (111000100010).
- 7 bits para el DCC (Digital Color Code).
 - Para distinguir las transmisiones en celdas co-canales.
 - Es un identificador único de una estación base y sirve como una dirección de destino para la trama RCC.
- Luego se transmiten entre 1 y 6 palabras de datos.
 - Para mejorar la confiabilidad, cada palabra es transmitida 5 veces en la misma trama.
 - Cada palabra es de 48 bits (36 bits de datos y 12 bits para control de errores).
 - Se usa una versión simplificada de un código BCH de $(n, k, t) = (63, 51, 5)$
 - Se usa una lógica de mayoría para recuperar la palabra en la estación base.



AMPS en USA

Canales de Control

- Formato de trama para un FCC



AMPS en USA

Canales de Control

Formato de trama para un FCC

- Ejemplos de mensajes FCC: mensajes para pagings y para asignación de frecuencias.
- Inicia con 21 bits
 - 10 bits para sincronización a nivel de bit.
 - 11 bits para una palabra de sincronización.
- Luego se transmiten 2 palabras de datos.
 - Para mejorar la confiabilidad, cada palabra es transmitida 5 veces en la misma trama.
 - Cada palabra es de 40 bits.
 - 28 bits de datos.
 - 12 bits para control de errores (se usa una versión simplificada del código BCH).
- Cada trama FCC provee información sobre el estado (libre u ocupado) de la trama RCC correspondiente, usando bits busy/idle.
 - Se inserta un bit cada 10 bits de la trama (421 bits permiten insertar 42 bits).
 - El tamaño total de la trama es $(421 + 42=463)$



AMPS en USA

Canales de Control

- Formato de trama para un FCC
- El tamaño total de la trama es 463 bits, de los cuales $2 \cdot 28$ bits son de datos.
- La tasa efectiva es por lo tanto $56/463 \cdot 10 \text{ kbps} = 1.2 \text{ kbps}$.



- Canales de Control
- Formato de trama para un FCC
- El tamaño total de la trama es 463 bits, de los cuales $2 \cdot 28$ bits son de datos.
- La tasa efectiva es por lo tanto $56/463 \cdot 10 \text{ kbps} = 1.2 \text{ kbps}$



Mientras los canales de voz están en uso, tres técnicas de señalización se usan para mantener supervisión entre la estación base y la estación móvil.

Wideband Data

- Los datos se transmiten en modo blank and burst a 10 kbps
- La unidad móvil o la estación base pueden insertar una ráfaga de tráfico, deshabilitando la transmisión de voz en FM (y SAT, que se explica luego) por cerca de 100 ms y reemplazándola con mensajes codificados con FSK.
- Los comandos se usan para intercambiar mensajes urgentes como:
 - Cambios de nivel de potencia.
 - Iniciar Handoffs.
- Señales de supervisión
- SAT (Supervisory Audio Tone)
- ST (Signaling Tone)



TAREA

- Los fraudes telefónicos,
- ¿Cómo se realizan?.
- Medidas para mitigar



Funciones del Sistema Celular

- Algunas funciones adicionales del sistema:
- Bloqueo de llamadas
 - Durante la inicialización de la llamada desde un móvil, todos los canales asignados a la estación base pueden estar ocupados.
 - La unidad móvil realiza un número pre-configurados de intentos.
 - Si no se encuentra algún canal vacío se presenta el tono de ocupado al usuario.
- Terminación de una llamada
 - Cuando uno o ambos usuarios cuelgan, el MSC es informado y los canales en las dos estaciones base (o una BS) se liberan.
- Llamada interrumpida
 - Durante una llamada, debido a interferencia o a niveles bajos de señal.
 - El BS interrumpe la llamada si no puede mantener el nivel de señal mínimo requerido por cierto periodo de tiempo e informa al MSC.



Generalidades

Registro

Es el proceso mediante el cual un móvil comunica a la red que está disponible para realizar y recibir llamadas. La red, por su parte, llevará a cabo una serie de intercambios de información con sus bases de datos antes de permitir o "registrar" al móvil. Gracias a este registro, la red sabrá en cada momento dónde localizar dicho móvil en caso de llegarle una llamada entrante.

"Roaming"o "Itinerancia"

Es la capacidad que ofrece una red móvil para poder registrarse en cualquier VLR de la red.

Actualmente, este concepto está comúnmente asociado al registro de un móvil en una red distinta de la propia.



Señalización

Por señalización se entiende toda comunicación dedicada a gestionar los recursos del sistema para permitir la comunicación. Al hablar de comunicaciones celulares, se va a tratar de forma diferente la señalización asociada a la transmisión de radio y la relativa a la propia estructura de red. Como se verá más adelante, ambos "tipos" de señalización sirven a los mismos propósitos, y sólo se diferencian por el tipo de entidades a las que ponen en comunicación.

Funcionalmente, se podría distinguir entre:

- Señalización destinada a la gestión de los recursos de radio;
- Señalización destinada a la gestión de la movilidad; y,
- Señalización destinada al establecimiento de la comunicación, que, además, puede ser común con otros sistemas de comunicación y, en particular, debe ser compatible con las redes fijas a las que las redes celular se conectan.



Ejercicios

- Una línea está ocupada durante 1 hora entonces cursa un tráfico de 3600 llamadas segundos que a 36 llamadas de 100 segundos de duración cada una, o a cualquier otra combinación que resulte en 3600 llamadas por segundo. Si 100 usuarios solicitan una llamada con una duración promedio de 3 minutos entonces el tráfico es:

$$A = \frac{(\#usuarios)(tiempo de duración de la llamada)}{(\#llamadas cursadas)}$$

$$A = \frac{(100)(3 * 60)}{(3600)}$$

$$A = 5 \text{ Erlands}$$

$$1 \text{ ccs} = (100 \text{ llamadas} * \text{segundo})$$



Ejercicios

Si una red llega 10 llamadas por minuto y cada una dura en promedio 3 minutos, entonces el tráfico promedio ofrecido es:

$$A = (3 \text{ minutos})(10 \text{ llamadas} \cdot \text{minuto})$$

$$A = 30 \text{ Erlands}$$

Si el tráfico es de 5 Erland y el grado de servicio es 0.01

Erlang B Traffic Table

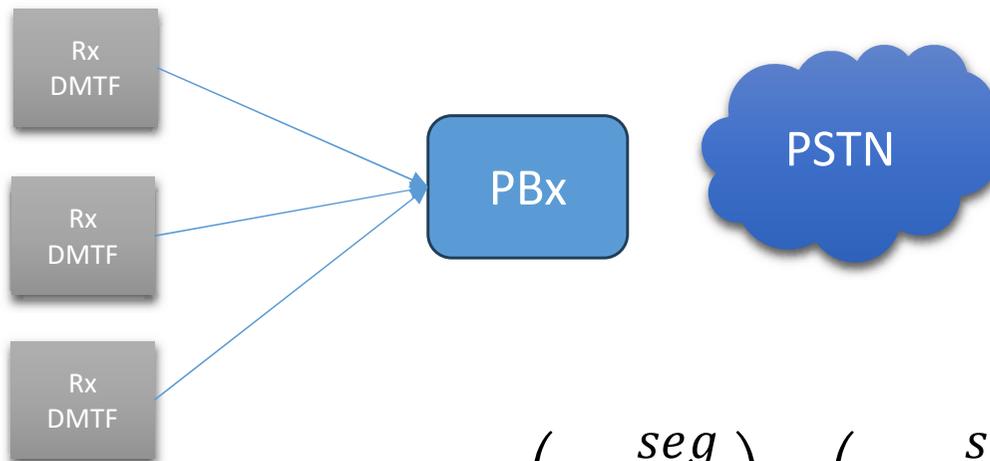
Maximum Offered Load Versus B and N
B is in %

N/B	0.01	0.05	0.1	0.5	1.0	2	5	10	15	20	30	40
1	.0001	.0005	.0010	.0050	.0101	.0204	.0526	.1111	.1765	.2500	.4286	.6667
2	.0142	.0321	.0458	.1054	.1526	.2235	.3813	.5954	.7962	1.000	1.449	2.000
3	.0868	.1517	.1938	.3490	.4555	.6022	.8994	1.271	1.603	1.930	2.633	3.480
4	.2347	.3624	.4393	.7012	.8694	1.092	1.525	2.045	2.501	2.945	3.891	5.021
5	.4520	.6486	.7621	1.132	1.361	1.657	2.219	2.881	3.454	4.010	5.189	6.596
6	.7282	.9957	1.146	1.622	1.909	2.276	2.960	3.758	4.445	5.109	6.514	8.191
7	1.054	1.392	1.579	2.158	2.501	2.935	3.738	4.666	5.461	6.230	7.856	9.800
8	1.422	1.830	2.051	2.730	3.128	3.627	4.543	5.597	6.498	7.369	9.213	11.42
9	1.826	2.302	2.558	3.333	3.783	4.345	5.370	6.546	7.551	8.522	10.58	13.05
10	2.260	2.803	3.092	3.961	4.461	5.084	6.216	7.511	8.616	9.685	11.95	14.68
11	2.722	3.329	3.651	4.610	5.160	5.842	7.076	8.487	9.691	10.86	13.33	16.31
12	3.207	3.878	4.231	5.279	5.876	6.615	7.950	9.474	10.78	12.04	14.72	17.95
13	3.713	4.447	4.831	5.964	6.607	7.402	8.835	10.47	11.87	13.22	16.11	19.60
14	4.239	5.032	5.446	6.663	7.352	8.200	9.730	11.47	12.97	14.41	17.50	21.24
15	4.781	5.634	6.077	7.376	8.108	9.010	10.63	12.48	14.07	15.61	18.90	22.89
16	5.339	6.250	6.722	8.100	8.875	9.828	11.54	13.50	15.18	16.81	20.30	24.54
17	5.911	6.878	7.378	8.834	9.652	10.66	12.46	14.52	16.29	18.01	21.70	26.19
18	6.496	7.519	8.046	9.578	10.44	11.49	13.39	15.55	17.41	19.22	23.10	27.84



Ejercicios

Consideremos un centro de atención al cliente online vía telefónica a través de tonos DTMF. El tiempo completo de la fase de marcado de un dígito DTMF se asume a ser de 20s, incluye la invitación de marcado y todas las opciones. Se esperan 10 000 llamadas en la hora pico y se requiere que el porcentaje de bloqueo sea inferior a 0.1%. Se desea calcular la cantidad de receptores de DMTF que se necesitan:



$$A_u = \left(20 \frac{\text{seg}}{\text{hora}}\right) = \left(20 \frac{\text{seg}}{60 * 60}\right) = 5.55 \text{ mE}$$
$$A_{Total} = A_u * 10\ 000 = 55 \text{ Erland}$$

$A_{Total}=55 \text{ Erland}$ con la probabilidad de 0,1%
son 77 receptores DMTF



Ejercicios

Una red celular debe dar servicio en una zona con una densidad de tráfico $4E/km^2$, la probabilidad desbloqueo objetivo es del 1%. Se utiliza un sistema FDMA/TDMA con 8 intervalos de portadora, cada celda tiene asignada 3 portadoras. En cada celda se utiliza 2 canales físicos para señalización (común y dedicada) y el resto para el tráfico.

$$\#canales = (3 \text{ portadoras})(8 \text{ intervalos})$$

$$\#canales = 24 \text{ canales}$$

$$\#canales_{\text{útiles}} = (24 \text{ canales}) - (2 \text{ canales señalización})$$

$$\#canales_{\text{útiles}} = 22 \text{ canales}$$

$$P_b = 1\%$$

$$A_c = 13,65 \text{ Erland}$$

Calcule el radio máximo de la celda

$$S_{\text{celda}} = \frac{13,65}{4E/km^2}$$

$$S_{\text{celda}} = 3,412 \text{ Km}$$

$$\pi R^2 = 3,412 \text{ Km}$$

$$R = 1,0422 \text{ Km}$$



22 canales $P_b = 1\%$

Erlang B Traffic Table

Maximum Offered Load Versus B and N

B is in %

N/B	0.01	0.05	0.1	0.5	1.0	2	5	10	15	20	30	40
1	.0001	.0005	.0010	.0050	.0101	.0204	.0526	.1111	.1765	.2500	.4286	.6667
2	.0142	.0321	.0458	.1054	.1526	.2235	.3813	.5954	.7962	1.000	1.449	2.000
3	.0399	.1517	.1938	.3499	.4553	.6022	.8994	1.271	1.803	1.999	2.633	3.489
4	.1347	.3634	.4373	.7012	.8694	1.092	1.525	2.045	2.591	2.943	3.391	5.021
5	.4331	.6486	.7821	1.132	1.361	1.657	2.219	2.881	3.484	4.010	5.189	6.596
6	.7282	.8987	1.146	1.622	1.909	2.276	2.980	3.758	4.443	5.109	6.514	8.191
7	1.034	1.392	1.379	2.133	2.501	2.833	3.738	4.666	5.461	6.230	7.856	9.800
8	1.422	1.830	2.651	2.759	3.128	3.627	4.343	5.597	6.493	7.369	9.213	11.42
9	1.856	2.303	2.559	3.333	3.783	4.343	5.370	6.546	7.571	8.522	10.38	13.03
10	2.260	2.873	3.037	3.961	4.461	5.094	6.216	7.511	8.516	9.685	11.95	14.68
11	2.722	3.329	3.651	4.610	5.160	5.842	7.076	8.487	9.691	10.86	13.33	16.31
12	3.207	3.878	4.231	5.279	5.876	6.613	7.950	9.474	10.78	12.04	14.72	17.95
13	3.713	4.447	4.831	5.964	6.607	7.402	8.835	10.47	11.87	13.22	16.11	19.60
14	4.239	5.032	5.446	6.663	7.352	8.200	9.730	11.47	12.97	14.41	17.50	21.24
15	4.781	5.634	6.077	7.376	8.108	9.019	10.63	12.48	14.07	15.61	18.99	22.89
16	5.339	6.250	6.722	8.199	8.875	9.828	11.54	13.39	15.18	16.81	20.30	24.54
17	5.911	6.878	7.378	8.824	9.632	10.66	12.46	14.52	16.29	18.01	21.70	26.19
18	6.496	7.519	8.046	9.578	10.44	11.49	13.39	15.55	17.41	19.22	23.10	27.84
19	7.093	8.170	8.724	10.33	11.23	12.33	14.32	16.58	18.53	20.42	24.51	29.50
20	7.701	8.831	9.412	11.09	12.03	13.18	15.25	17.61	19.65	21.64	25.92	31.15
21	8.319	9.501	10.11	11.86	12.84	14.04	16.19	18.65	20.77	22.85	27.33	32.81
22	8.945	10.18	10.81	12.64	13.65	14.90	17.13	19.69	21.98	24.06	28.74	34.46
23	9.583	10.87	11.52	13.42	14.47	15.76	18.08	20.74	23.03	25.28	30.15	36.12
24	10.23	11.56	12.24	14.20	15.30	16.63	19.03	21.78	24.16	26.50	31.56	37.78
25	10.88	12.26	12.97	15.00	16.13	17.51	19.99	22.83	25.39	27.72	32.97	39.44

Ejercicios

Una estación base de un sistema FDMA/TDMA tiene 14 canales físicos (intervalos) destinados a cursar el tráfico de voz. Una llamada utiliza un solo canal físico en el que se multiplexa el tráfico y la señalización asociada. De acuerdo a las estadísticas recogidas por la base en la hora de carga el porcentaje medio de ocupación de un canal físico de tráfico es de 57.4% (valor promedio para todos los canales físicos de tráfico). Se sabe además que el tráfico generado por cada usuario es de 20mE.

$$\#canales = 14$$

$$A = 57.4\%$$

$$A_u = 20mE$$

$$A_{celda} = (0,574)(14 \text{ canales})$$

$$A_{celda} = 8,036 \text{Erlang}$$

$$M = \frac{A_{celda}}{A_u} = \frac{8,036 \text{Erlang}}{20m \text{Erlang}}$$

$$M = 410 \text{ móviles}$$



14 canales $A=8,036\text{Erlang}$ $P_b = 2\%$

Erlang B Traffic Table: *Maximum offered load versus B and S*

S/B	0.01%	0.02%	0.1%	0.5%	1%	2%	5%	10%	15%	20%	30%	40%
1	.0001	.0005	.0010	.0050	.0101	.0204	.0526	.1111	.1765	.2499	.4285	.6666
2	.0042	.0021	.0057	.1053	.1526	.2234	.3919	.5654	.7962	.9829	1.409	2.000
3	.0086	.0047	.1008	.3490	.4564	.6022	.8994	1.271	1.602	1.900	2.683	3.680
4	.0147	.0083	.0898	.7012	.8094	1.092	1.528	2.045	2.501	2.915	3.890	5.021
5	.0219	.0136	.1321	1.132	1.361	1.837	2.218	2.981	3.454	4.010	5.128	6.696
6	.0302	.0186	1.148	1.622	1.909	2.276	2.960	3.758	4.244	4.808	6.318	8.190
7	1.054	1.392	1.578	2.157	2.501	2.935	3.738	4.666	5.461	6.230	7.856	9.799
8	1.422	1.830	2.051	2.730	3.127	3.627	4.543	5.597	6.498	7.369	9.212	11.42
9	1.826	2.302	2.557	3.333	3.782	4.345	5.370	6.546	7.551	8.521	10.58	13.04
10	2.260	2.803	3.092	3.960	4.461	5.084	6.215	7.510	8.616	9.685	11.95	14.68
11	2.721	3.329	3.651	4.610	5.160	5.841	7.076	8.427	9.491	10.56	12.83	16.81
12	3.207	3.878	4.181	5.279	5.876	6.614	7.930	9.474	10.78	11.94	14.72	17.98
13	3.713	4.446	4.738	5.948	6.627	7.401	8.834	10.47	11.97	13.22	16.11	19.60
14	4.230	5.032	5.316	6.613	7.332	8.203	9.729	11.47	12.96	14.41	17.30	21.24
15	4.761	5.634	6.077	7.375	8.108	9.090	10.63	12.48	14.07	15.61	18.30	22.89
16	5.309	6.250	6.721	8.099	8.875	9.828	11.54	13.50	15.18	16.81	20.30	24.53
17	5.871	6.878	7.378	8.833	9.651	10.66	12.46	14.53	16.29	18.01	21.70	26.19
18	6.446	7.519	8.045	9.578	10.44	11.49	13.38	15.55	17.40	19.21	23.10	27.84
19	7.032	8.169	8.724	10.53	11.23	12.33	14.31	16.58	18.52	20.42	24.51	29.50
20	7.630	8.831	9.411	11.09	12.03	13.18	15.25	17.61	19.65	21.63	25.92	31.15
21	8.248	9.501	10.11	11.86	12.84	14.04	16.19	18.63	20.77	22.85	27.32	32.81
22	8.886	10.18	10.81	12.63	13.65	14.93	17.13	19.69	21.90	24.06	28.73	34.46
23	9.543	10.87	11.52	13.42	14.47	15.76	18.08	20.74	23.03	25.28	30.14	36.12
24	10.21	11.56	12.24	14.20	15.29	16.63	19.03	21.78	24.16	26.50	31.56	37.78

Ejercicio

- Una red celular debe dar el servicio a una zona con una densidad de tráfico de $3E/km^2$. La probabilidad de bloqueo objetivo es de 1%. Se utiliza un sistema FDMA/TDMA con 4 intervalos de portadora, cada celda tiene asignadas 4 portadoras. Se utiliza un canal físico para señalización (común y dedicada) y el resto del tráfico.

- a. Calcular el radio máximo de la celda

$$\#líneas = (4portadoras)(4intervalos) - 1(señalización)$$

$$\#líneas = 15 canales$$

$$P_b = 1\% \quad A_{celda} = 8,8750$$

$$S_{celda} = \frac{8,875}{3E/km^2} = 2,702 km^2$$

$$S_{celda} = \pi r^2$$

$$r = 0,97Km$$

- a. Calcule el número de portadoras necesario si aumenta el tráfico al doble

