

# Sistemas de Comunicaciones Móviles. GSM

Diego Méndez Romero

Universidad Carlos III de Madrid

Curso 2017-2018

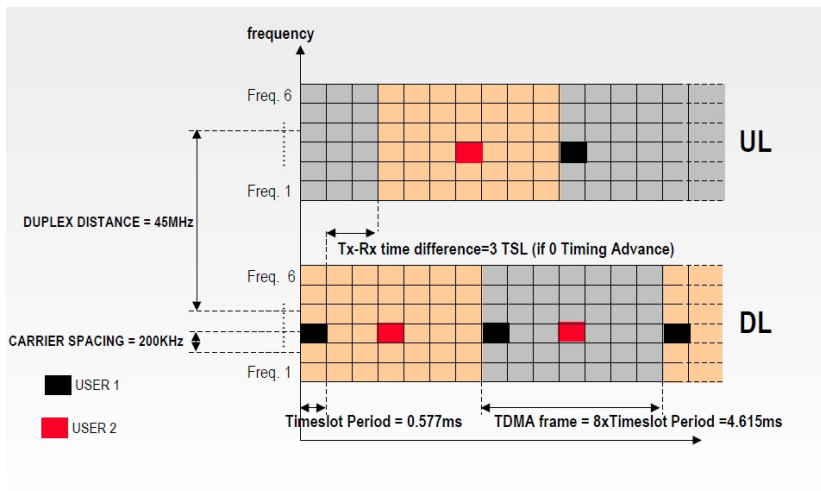
# Índice

- 1 Interfaz aéreo
  - Canales físicos
  - Canales lógicos
- 2 Arquitectura
  - General
  - BSS
  - NSS
  - NMS
- 3 Gestión de recursos radio
  - Frequency Hopping
  - Control de Potencia
  - Transmisión discontinua
  - Partición por reuso
- 4 Mejora de utilización de recursos
  - Funciones de Trunking Gain

# Multiplexación

- Interfaz entre el terminal móvil y la estación base BTS
- MC/TDMA/FDD
  - Multiportadora
    - Múltiples frecuencias en cada UL y DL
  - Time Division Multiple Access
    - 8 slots temporales por portadora para diferentes usos
  - Frequency Division Duplex
    - Separación frecuencial del DL y UL en dos bandas diferenciadas
- Bandas disponibles
  - 850 MHz en EE.UU., Sudamérica y Asia
  - 900 MHz en Europa
  - 1800 MHz en Europa
  - 1900 MHz en Norteamérica

# Multiplexación



# Ráfagas

- Contenido de un slot temporal
  - Agrupación de bits con diferente funcionalidad
  - Intervalos de guarda
- Tipos
  - Normal
    - Bits de tráfico
  - Corrección de frecuencia
  - Sincronización
  - Acceso
  - Relleno
- Agrupadas en multitramas

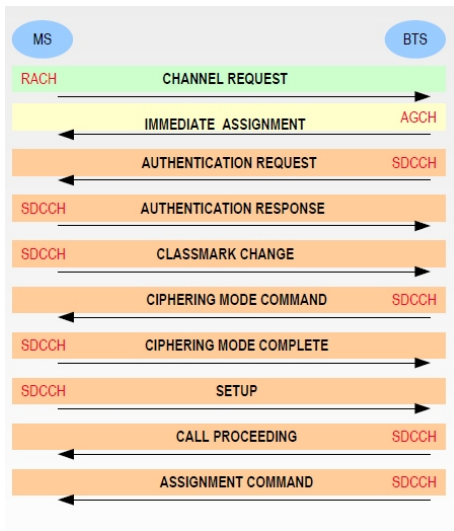
# Tipos de canales

- Canales de tráfico
  - TCH/F (Full Rate)  $\simeq$  13 kbps
  - TCH/H (Half Rate)  $\simeq$  6,5 kbps
- Canales de control dedicados (en ráfagas normales)
  - Slow Associated Control Channel (SACCH)
    - Asociado siempre a un canal de tráfico y transmite información de control dedicada al mantenimiento del enlace
  - Slow Dedicated Control Channel (SDCCH)
    - Señalización para el establecimiento de llamada
  - Fast Associated Control Channel (FACCH)
    - Transmite información de control urgente (reemplaza a un canal de tráfico)

# Tipos de canales

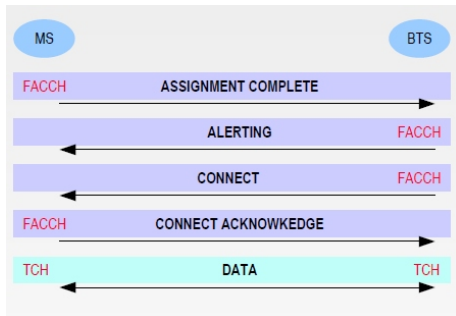
- Canales de control broadcast
  - Broadcast Control Channel (BCCH) (en una ráfaga normal)
    - Transmitir información a los MS de parámetros del sistema: identificación de la celda, área de localización, organización de los canales lógicos (CCCH), etc.
  - Synchronization Channel (SCH) (ráfaga de sincronización)
    - Identifica la BTS sintonizada y se sincroniza con la estructura de trama.
  - Frequency Correction Channel (FCCH) (ráfaga de corrección de frec.)
    - Informa al MS de la frecuencia portadora de la BTS.
- Canales de control común
  - Paging Channel (PCH) (ráfaga normal)
    - Avisa al MS de las llamadas entrantes procedentes de la estación base.
  - Random Access Channel (RACH) (ráfaga de acceso)
    - Se utiliza por el MS para realizar una petición de llamada.
  - Access Grant Channel (AGCH) (ráfaga normal)
    - Concede o niega la llamada solicitada por el móvil.

## Ejemplo de uso de canales lógicos

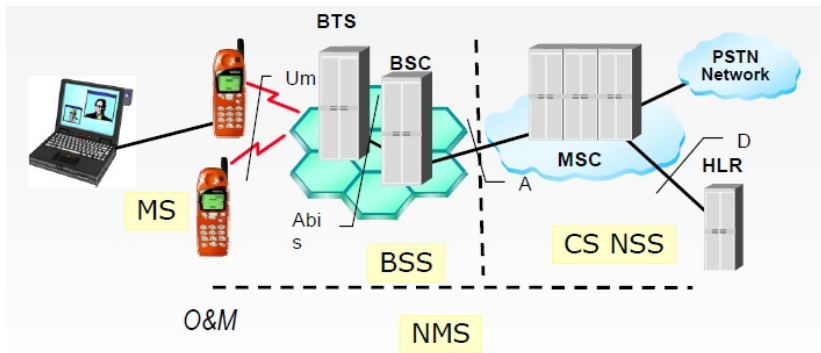




## Ejemplo de uso de canales lógicos



# Esquema general



# Base Station Subsystem

- Gestionar la comunicación desde el punto de vista de radiocomunicación
- Comunica estación móvil con el NSS (*Network and Switching Subsystem*) → conecta al usuario del móvil con otros usuarios
- Componentes
  - BTS: Base Transceiver Station
    - TRX (transceptores) + antenas + elementos de conexión + instalaciones
    - Gestión de canales terrestres BSC-BTS y de radio
  - TRAU /TC: Transcoder and Rate Adaptation Unit
    - Adaptación de canales de voz de PSTN a GSM
  - BSC: Base Station Controller
    - Gestión de los recursos radio de varias BTS.
    - Gestión de canales en el enlace BSC-MSC y BSC-BTS y de los canales radio (control de potencia, configuración de los canales, etc.)

# Base Station Subsystem

- Interfaces de comunicación
  - A → MSC-BSC
    - Gestión del BSS
    - Manejo de llamadas
    - Gestión de la movilidad
  - Abis → BSC-BTS
    - Utilización de tramas E1/T1
    - Dos tipos de enlaces: canales de tráfico a 64 Kbps (voz o datos) y de señalización BSC-BTS a 16 Kbps
    - PCM cable, fibra óptica o radioenlace
  - Um (aéreo) → MS-BTS
    - Permite a los MS acceder a los servicios y utilidades del sistema GSM

# Network Switching Subsystem

- Funcionalidad
  - Control de llamadas
    - Identificar al usuario
    - Autenticar al usuario
    - Establecer y liberar la llamada
  - Gestión de movilidad
    - Paging (aviso de llamadas)
    - Handover
    - Localización
    - Roaming
  - Tarificación
  - Establecimiento de servicios

# Network Switching Subsystem

- Elementos
  - MSC (Mobile Switching Center)
    - Sistema que conecta sistema radio (BSS) con los sistemas fijos (PSTN, otros MSC)
  - VLR (Visitor Location Register)
    - Información temporal local a cada MSC con los usuarios conectados a él
  - HLR (Home Location Register)
    - Contiene la información completa sobre el suscriptor móvil (identidad, servicios contratados,...)
  - EIR (Equipment Identity Register)
    - Verificación e identificación del terminal
  - AuC (Authentication Center)
    - Autenticación de usuario

# Network Management System

- Funcionalidades
  - Gestionar las comunicaciones entre usuarios GSM y usuarios de otras redes
  - Gestión de la configuración
  - Gestión de fallos
  - Gestión de rendimiento

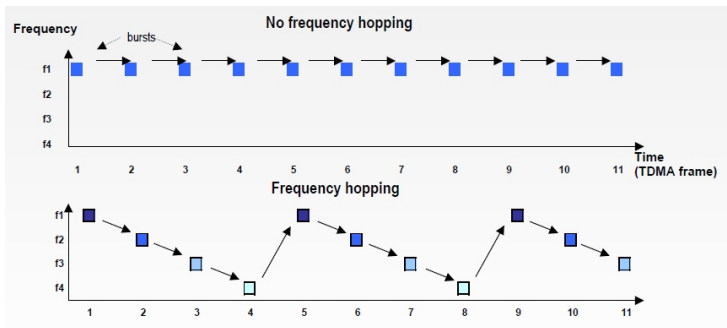
# Necesidad

- En entornos urbanos y terrenos abruptos, ocurre el fenómeno del multitrayecto múltiple
- Fenómeno de fading
  - Depende de la frecuencia
  - Dos móviles con distinta frecuencias muy próximos pueden sufrir muy diferente rendimiento
  - Unas ráfagas están muy deterioradas cuando se reciben y otras no
- Interferencia
  - Pueden existir en la misma red frecuencias con más interferencias que otras
- Aunque se usen técnicas de interleaving y códigos robustos que den un resultado dentro de los márgenes a ambos canales, se debe intentar igualar su rendimiento medio



# Frequency Hopping

- Definición
  - Cambio de la frecuencia portadora en el enlace radio entre el móvil y la estación base BTS
- En GSM, se cambia la frecuencia tras la transmisión de cada trama (4.615ms)

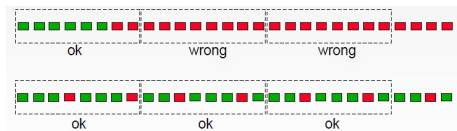


# Frequency Hopping

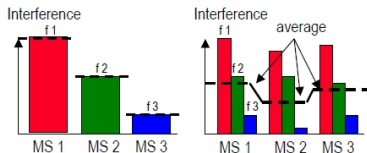
- Modos
  - Salto secuencial (o cíclico)
    - Orden consecutivo
    - 1-2-3-4-1-2-3-4
  - Salto aleatorio
    - Siguiendo secuencias pseudo-aleatorias
    - 63 Diferentes
    - 1-3-2-4-2-3-4-1

# Beneficios

- Conversión de errores en ráfaga a errores puntuales
- Errores puntuales corregibles mediante técnicas de codificación y interleaving

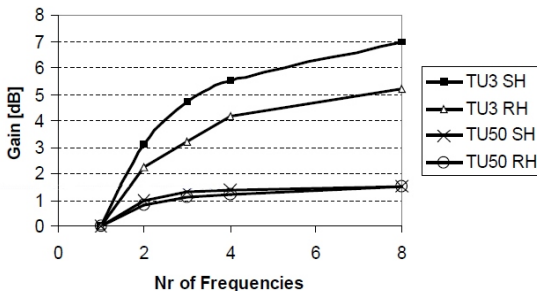


- Reparto de errores entre usuarios
- Calidad media para todos



# Beneficios

- Ganancia de frequency hopping
  - Depende del modelo de propagación
    - TU3 Typical Urban 3km/h
    - TU50 Typical Urban 5km/h
  - Depende del modo
    - RH Random Hopping
    - SH Sequential Hopping



# Generalidades

- Definición
  - Incrementar o decrementar la potencia transmitida por BTS o MS en función de las condiciones radio en cada instante
- Dos tipos
  - Control de Potencia en Downlink
    - De BTS a MS
    - Reducir la interferencia en la red
    - El MS recibe la potencia justa y necesaria para operar correctamente
  - Control de Potencia en Uplink
    - De MS a BTS
    - Reducir consumo de batería del móvil
    - Reducir interferencia en UL

# Control de Potencia DL

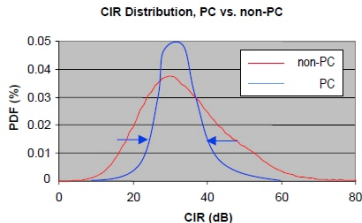
- Ajuste de potencia de la BTS en función de *Measurement Reports*
- Algoritmo
  - El MS mide la potencia recibida y la calidad del enlace
    - Medidas cada  $x$  slots y promediado en 480 ms (4 multitramas)
  - MS manda *reports* cada 480 ms con el canal SACCH
  - BTS recibe los *reports* y decide
  - En el siguiente slot, la potencia se modifica
    - Si los *reports* son negativos, incremento de  $a$  dB
    - Si los *reports* son positivos, decremento de  $b$  dB
    - Si los *reports* son estables, mantener potencia actual
- Los parámetros  $x$ ,  $a$  y  $b$  se configuran a través del NMS

# Control de Potencia UL

- Ajuste de potencia transmitida del MS
  - Suficiente para alcanzar la BTS (cobertura)
  - Considerando  $C/I$  en UL
- Rango dinámico entre mínimo y máximo del MS
- Algoritmo
  - BTS toma medidas cada 480 ms
  - BSC decide que debe realizar el MS
  - BSC se lo comunica al MS
  - MS modifica su configuración

## Beneficios

- Mantiene un ventana de calidad aceptable sin problemas de cobertura
- Distribución C/I
  - Usuarios con buena calidad reducen potencias
  - Usuarios con mala calidad aumentan potencias
  - El resto, no cambia
- No corrige fast fading (procedimiento muy lento)
- Adapta la interferencia
- Mejor uso de recursos  $\Rightarrow$  Mejorar la capacidad





# DTX

- Motivación
  - La mayoría de las comunicaciones en sistemas móviles son de voz (activas menos de la mitad de tiempo)
- DTX → *Discontinuous transmission*
  - Evitar transmisión aérea en periodos de silencio
  - Ambos UL y DL
- Desde el transmisor...
  - Se detecta el inicio y parada de un silencio
  - Se comunica al lado opuesto ambos eventos
- En el receptor...
  - Decodifica las tramas de silencio como ruido de fondo
- Beneficios
  - Reduce la potencia necesaria a la mitad
  - Reducción de interferencia (3 dB de media)
  - Ampliación de la batería del MS

# Partición por reuso

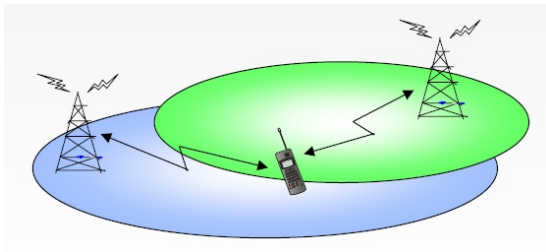
- Principio
  - Uso de diferentes capas con diferente distancia de reuso
  - Generalmente dos capas: Reuso estrecho y amplio
  - Underlay - Reuso estrecho para MS próximos a BTS
  - Overlay - Reuso amplio para MS lejos de BTS
- Underlay
  - Para una C/I mínima, a mayor potencia de portadora, mayor interferencia admitida, menor factor de reuso
  - Menor reuso  $\Rightarrow$  Mayor número de frecuencias
  - Mayor número de frecuencias  $\Rightarrow$  Más capacidad
- Overlay
  - Para una C/I mínima, a menor potencia de portadora, menor interferencia admitida, mayor factor de reuso
  - Mayor reuso  $\Rightarrow$  Menor número de frecuencias
  - Menor número de frecuencias  $\Rightarrow$  Menor capacidad
  - Menor capacidad para un número de usuarios también menor

# Necesidad

- Problema
  - Carga no homogénea
  - Áreas Hotspot
  - Picos de tráfico
- Solución
  - Sobredimensionar
    - Muy caro para el operador
  - Funciones *Trunking Gain*
    - Mejorar el uso de recursos
    - Balance de carga
    - Compartir tráfico entre celdas próximas

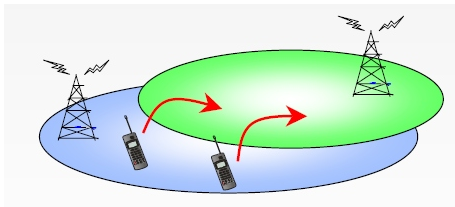
## Reintento directo

- Utilizado durante el establecimiento de llamadas
- Cuando un usuario es bloqueado en su celda...
  - Llamada redirigida a otra celda
  - No percibido por usuario
- Requiere solapamiento entre celdas



# Handover por motivos de tráfico

- Balance de carga
  - Si mi celda no puede, me transfiere a otra cercana
- Después de...
  - Fase de señalización
  - Establecimiento de llamada
- Procedimiento
  - Umbral de carga
  - Comprobación de usuarios
  - Traspaso (handover) de usuarios



# GSM Half Rate

- Incluido en especificación GSM inicial
  - Codificación de voz Full-rate (FR)
  - Codificación de voz Half-rate (HR)
- HR
  - Creado para reserva de recursos
  - Un canal por cada dos usuarios
  - Menos TRX (módulo de transmisión)
- Trasmisión de menos información
  - No afecta a la calidad del enlace
  - Afecta a la calidad subjetiva del usuario

## GSM Half Rate

- No utilizado de manera general
  - Poca calidad sonora
- Situaciones de carga elevada
  - Algunos usuarios con HR
  - Evitar problemas de bloqueo
  - Móviles cambian de HR a FR y viceversa
- Adaptive Multi-Rate (AMR) Audio Codec
  - Mejorar la calidad sonora
  - Selección adaptativa según necesidades

# AMR

- Formato de compresión de audio optimizado para la codificación de voz (combina el uso de FR y HR)
- Balance entre:
  - Protección frente a errores
  - Calidad sonora de la voz
- Códec de voz de banda estrecha de múltiples velocidades, que codifica señales de banda estrecha a velocidades de bits variables que van desde 4,75 hasta 12,2 kbps (habla peaje de la calidad a partir de 7,4 kbps).
- Mejor calidad sonora para cada situación en función de condiciones radio



## AMR

Tradeoff Speech Encoding vs Channel Protection

