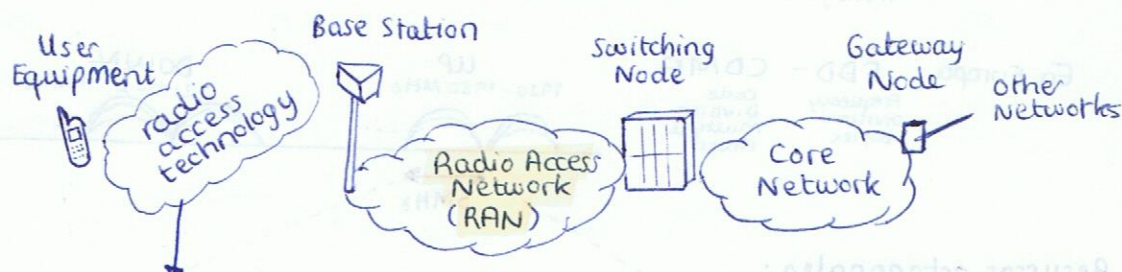


## CONCEPTOS GENERALES DE REDES 2G Y 3G

### Arquitectura



### Espectro de frecuencias

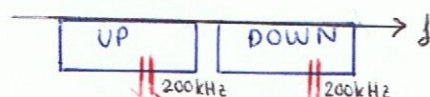
Recurso escaso

Duplexado →

Compartición ↓

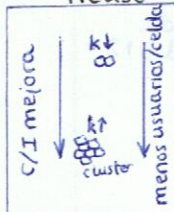
| GSM-900     |             | GSM-1800      |               | UMTS          |               |
|-------------|-------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 880-915 MHz | 925-960 MHz | 1710-1725 MHz | 1805-1880 MHz | 1920-1980 MHz | 2110-2170 MHz |
| UP          | DOWN        | UP            | DOWN          | UP            | DOWN          |
| 900 MHz     |             | 1800 MHz      |               | 2000 MHz      |               |

### Nivel físico GSM (2G)



Distintas portadoras para distintas celdas

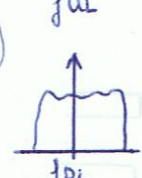
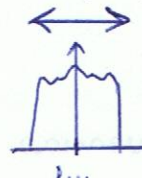
Planificación. Teoría celular Reuso



transpondedor a f<sub>1</sub>

interferencia celda mas proxima con misma f<sub>1</sub> (distancia de reuso)

200kHz



BCH primer slot de 1ª portad.

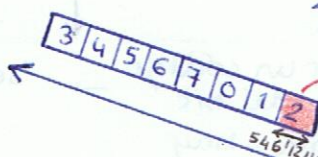
(lo que escucha móvil IDLE por si hay llamadas)

SDCCH (señalización dedicada) (8 subcanales por time slot) (a veces se comparte slot e para BCH y 4 SDCCH's)

SLOT TEMPORAL (546'12 μs)

156'25 bit cada 4'615 ms → 33'9 kbps (duración trama)

22'8 kbps por slot útil (datos + overhead)



Distinto time slot para cada usuario

slot fijo

GPRS: gestión dinámica de slots

slot  $\times 8$  trama  $\xrightarrow{\times 26}$  multitrama  $\xrightarrow{\times 51}$  supertrama  $\xrightarrow{\times 2048}$  hipertrama

**EDGE** 2'6 G: usar varios slots y modular en 8 PSK

### GPRS (2G5)

Paquetes IP (o X.25) sobre GSM

"channels are shared on an 'as-packets-are-needed' basis, rather than dedicated to one user at a time"

Recurso radio = 1 bloque (radioblock) = 4 tramas GSM con uno o varios slots

Bloque a bloque se decide quien transmite y quien no

desde 14'4 kbps (un slot) hasta 115 kbps (8 slots) } average to 56 kbps

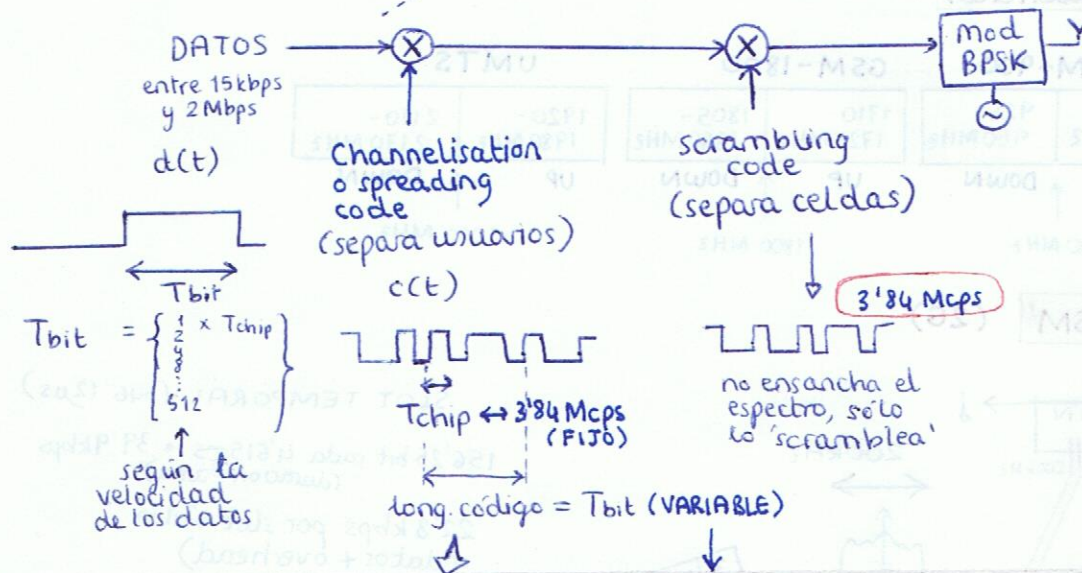
(3G)

- CDMA
- Reuso completo de frecuencias (misma portadora todas las celdas)
- Interferencia inter e intra-celular

En Europa: FDD - CDMA



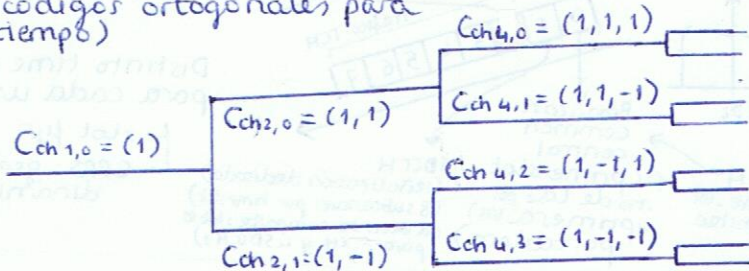
Recursos ortogonales:



En la práctica los códigos no son perfectamente ortogonales porque no están totalmente sincronizados unos usuarios con otros

- cada bit se multiplica por un código de longitud igual a la del bit (a bits mas largos - info lenta - hay más códigos ortogonales para ese tiempo)

## Secuencias OVSF



## Orthogonal Variable Spreading Factor

Hasta 512  
códigos de  
longitud 512

Spreading Factor

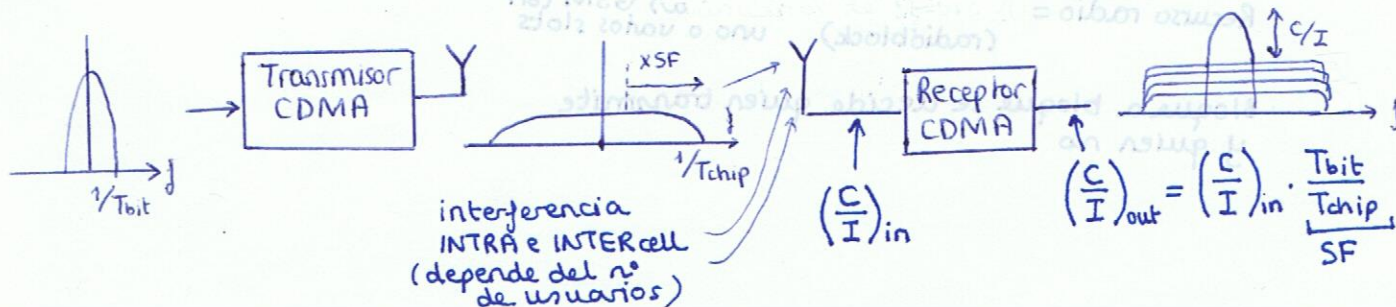
$$T_{\text{chip}} = T_{\text{bit}}$$
 $SF =$  $SF = 2$  $SF = 4$  $SF = 512$ 

- Un código = CPICH (piloto)
- otros códigos (control común)  
 PCCH (Primary control channel)  
 SCCH (secondary " " )

columna  
= familia de códigos Walsh  
de nivel  $m$   
ortogonales entre sí

- resto: TCH  $\rightarrow$   $\left[ \begin{array}{l} \text{- usuarios de 7.5 kbps usan código SF = 512} \\ \text{- usuarios de 960 kbps usan código SF = 4} \end{array} \right.$

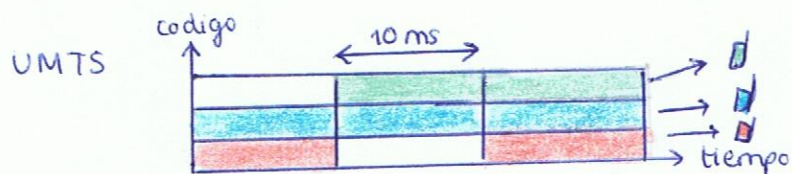
- Los 'hijos' no son ortogonales a sus 'padres' pero sí a sus hermanos.



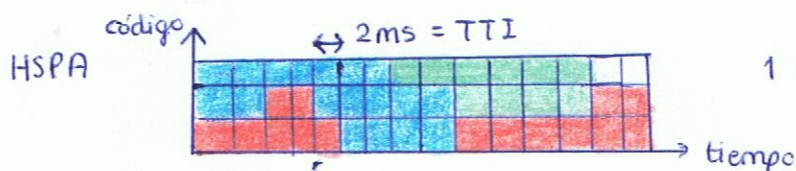
# HSPA (3G5) High Speed Packet Access

- Conectividad a internet implantado sobre UMTS
- Mejora:
  - latencia
  - capacidad
 } uso más eficiente de códigos

| 2002                                        | 2004                           | 2006                       |
|---------------------------------------------|--------------------------------|----------------------------|
| HSDPA                                       | HSUPA                          | HSPA+                      |
| Downlink                                    | Uplink                         |                            |
| D: 14.4 Mbps<br>UL: 384 kbps<br>(como UMTS) | DL: 14.4 Mbps<br>UL: 5.76 Mbps | DL: 42 Mbps<br>UL: 11 Mbps |



UMTS:  
Un código para cada usuario



ventajas:

1. HSPA: "big shared pipe"

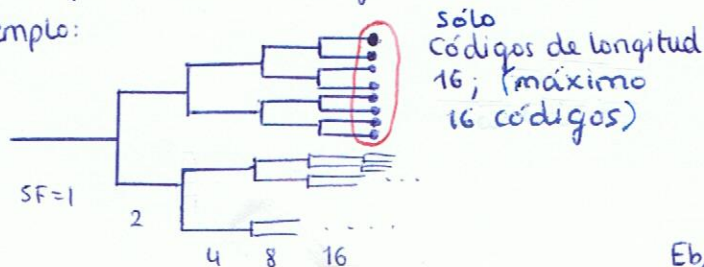
2. Y además, en lugar de modular en BPSK alterna entre QPSK y 16-QAM según  $E_b/N_0$

Rate control  
(Adaptive coding/modulation)

se escoge modulación y tamaño del bloque de transporte en cada TTI

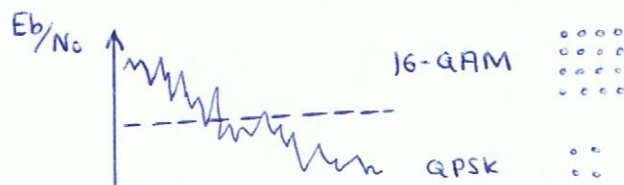
Utilizar parte de los códigos OVFS de UMTS

ejemplo:



Desventajas:

- sólo puede usar códigos de nivel 16
- sacrifica el control de pot. rápido



Conclusiones, planificación inicial:

- determinada por la tecnología de acceso radio
- 2G: planificación condicionada por la asignación de frecuencias y limitada por interferencias entre celdas vecinas
- 3G: planificación inicial simple. Mucho más crítica la gestión dinámica de recursos (especialmente control y asignación de potencia)

Conclusiones: gestión:

- 2G: se centra en el control de acceso a canales físicos y en la gestión de movilidad
- 3G: prioritaria la gestión de potencias, asignación de códigos y control de la congestión

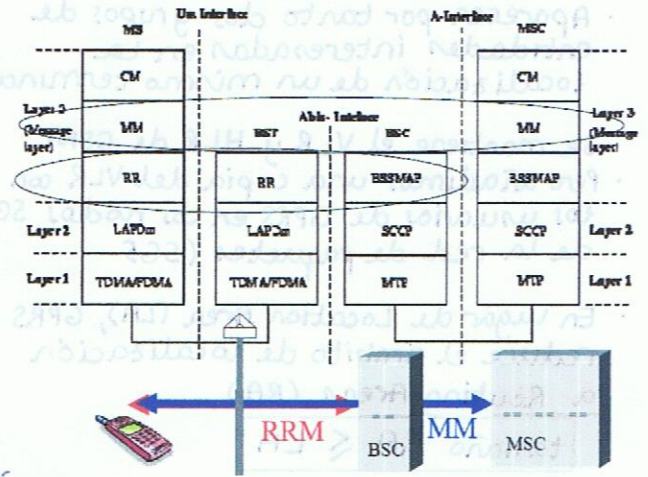
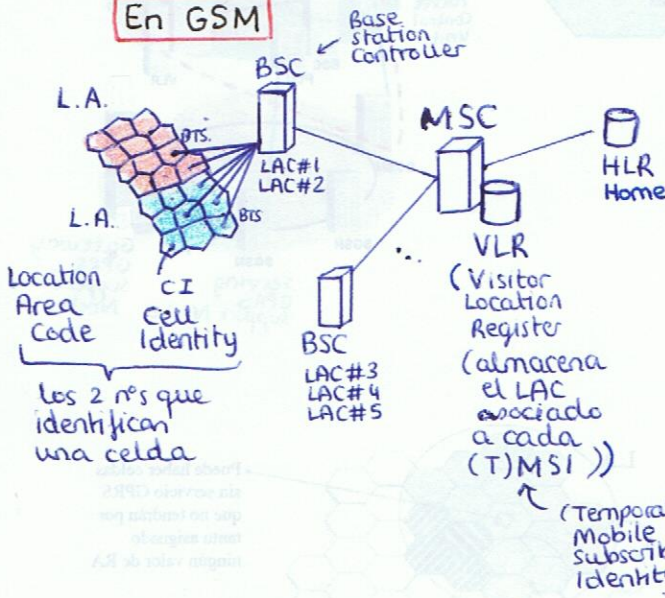


# GESTIÓN DE RECURSOS EN REDES MÓVILES

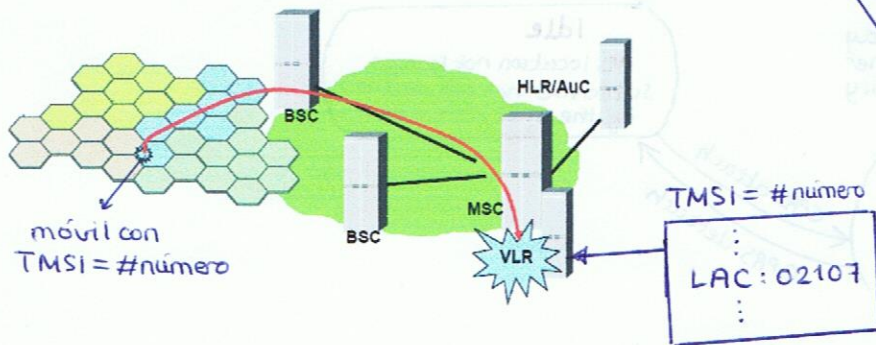
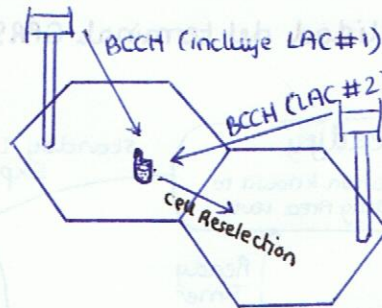
## 1. GESTIÓN DE MOVILIDAD

← Cuando el móvil se mueve estando en IDLE (Hay que poder localizarlo si lo llaman!)

En GSM



- Location Area: El móvil (en IDLE) se mueve por el L.A. sin actualizar registros
- Cualquier mensaje en DownLink de una estación base (BTS) contiene la pareja de números LAC y CI
- El móvil en modo Idle lee esa información del canal BCCH
- Si el móvil detecta cambio de LAC inicia una actualización de registros (L.A. Update)



Cualquier mensaje de búsqueda PAGING se envía por la red únicamente a las celdas del L.A. en el que el móvil está registrado por última vez.

La estrategia de asignar celdas a L.A. es uno de los problemas de optimización

En GPRS

- [illegible]

Puede haber celdas sin servicio GPRS que no tendrán por tanto asignado ningún valor de RA

```
graph TD; Standby([Standby  
MS location known to  
Routing Area Level]) -- "Packet TX/RX" --> Ready([Ready  
MS location known  
to cell level.  
MS is transmitting]); Ready -- "Ready Timer Expiry" --> Standby; Standby -- "Standby Timer Expiry" --> Idle([Idle  
MS location not known  
Subscriber not reachable  
by the GPRS network]); Idle -- "GPRS attach" --> Ready; Ready -- "GPRS detach" --> Idle;
```

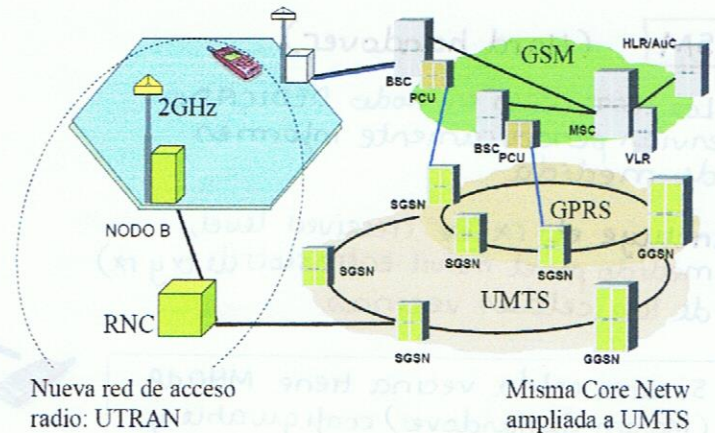
**En UMTS**

- UMTS comparte el núcleo de red con GPRS (SGSNs + GGSNs)

- Tiene nueva red de acceso radio

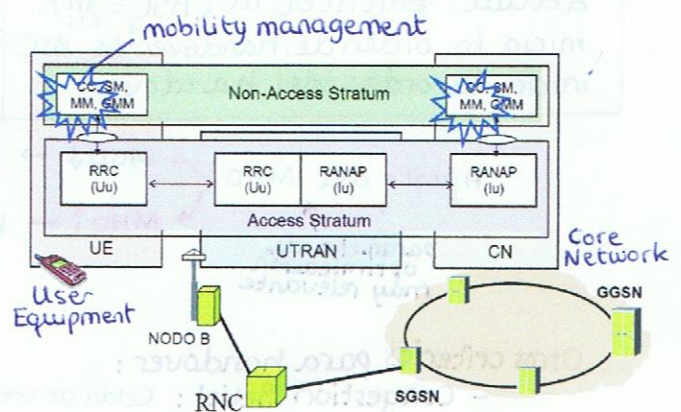
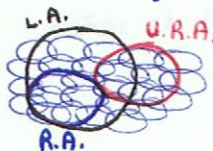
UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access Network)

compuesta de  
Nodos B (estación base)  
RNC



- Nuevo ámbito de localización

URA (UTRAN registration Area)  
Totalmente independiente de las L.A. y R.A.



- Gestión de movilidad jerárquica:

→ MM mediante protocolos de capa 3

- Red de Acceso (UTRAN): Radio Resource Control (RRC) en las SRNC
- Red troncal (CN): circuit switched: MM en MSC/VLR  
Packet Switched: GPRS MM en SGSN

→ cada dominio de la red troncal controla la posición:

si usuario está conectado: a través del SRNC

si no lo está: a nivel de L.A. / R.A.

→ La red de acceso controla la posición con mayor precisión (sólo si el usuario está conectado)

A nivel de U.R.A. o incluso de celda (según el estado del Radio Resource Control RRC)

## 2. HANDOVER Y SELECCION DE CELDA



RxLev: potencia  
RxQual: más calidad a menor nº  
0 (ideal) a 7 (mala)

### GSM (Hard handover)

Los terminales en modo DEDICADO envían periódicamente informes de medida

Incluye el rxlev (received level, medido por el móvil entre slots de tx y rx) de las celdas vecinas

Si una celda vecina tiene MHOdB (Margen de Handover, configurable y no estándar) por encima de la actual, durante tres informes CONSECUTIVOS, entonces la BSC inicia la orden del handover



BTS  
BTS  
BTS

### Measurements report

#### Measurement Report (UL)

RSS Message number: 00011  
TIMESTAMP: 20/4/1999 12:26:40.165 CALL DURATION 00:00:03.780  
LAC:02107 CI:26601 CARRIER 77 TIMESLOT 7

DTX Up: On DTX Down: Off Channel Type: TCH/F + ACCHs

TMSI: 0FE8400A SCCP 034 046 096

|                 |     |                   |    |
|-----------------|-----|-------------------|----|
| RXLEV_UP_NON_PC | 61  | RXLEV_DOWN_NON_PC | 58 |
| RXLEV_UP_PC     | 61  | RXLEV_DOWN_PC     | 58 |
| RXQUAL_UP       | 0   | RXQUAL_DOWN       | 0  |
| BTS_POWER       | 43  | MS_POWER          | 33 |
| PATH_BALANCE    | -13 | TIMING_ADVANCE    | 0  |

|                          |           |           |
|--------------------------|-----------|-----------|
| NCELL1 (bsic: 5 bch: 42) | rxlev: 31 | ndet: -27 |
| NCELL2 (bsic: 1 bch: 44) | rxlev: 24 | ndet: -34 |
| NCELL3 (bsic: 1 bch: 51) | rxlev: 16 | ndet: -42 |

pareja de identificadores de una celda

RxLev de las celdas vecinas

RxLev de la celda actual

Ajuste del MHO

↑  
parámetro de optimización muy relevante

MHO↓ → ping-pong, saltos de una celda a otra debido al fading

MHO↑ → handover tardío → baja calidad de señal

Otros criterios para handover:

- Congestion Relief: Celda de una RAN con carga elevada fuerza handovers
- Direct Retry: Intento de acceso a celda cargada → se le asigna tráfico en celda vecina
- Interlayer: Balancear tráfico entre capas (macro, micro, pico, ...)

### GPRS cell reselection

- GPRS no considera 'traspasos': transmisiones discontinuas
- Tiene esquemas de selección y reselección de celda

↳ mide señal BCCH de celda presente y vecinas

↳ es el MS quien reselecciona la celda

(también puede ejecutarse por la red tras pedir medidas al MS)

No hay handover como tal, interrumpe el servicio y reinicia. (No necesita continuidad de servicio)

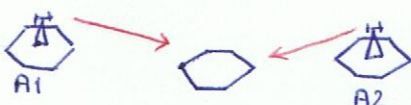
GPRS introduce parámetros adicionales a los de GSM

### Identificador BSIC y BCCH

- BCCH se refiere al nº de portadora que contiene el canal BCCH (será distinto para todas las células de un mismo cluster)
- BSIC: (Base Station Identif. Code): Distingue entre clusters (reutilización de frecuencias)

Importante que una misma celda no tenga 2 vecinas con misma pareja BSIC/BCCH

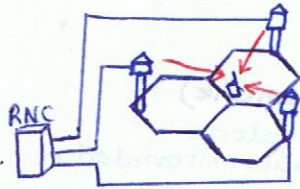
Un móvil haciendo handover podría intentar cambiarse a A1 cuando en realidad la señal buena le llega de A2



**UMTS**

Modos:

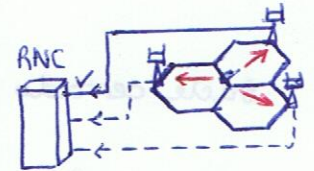
- Hard handover: - conmutación tras liberar recursos del canal antiguo
- Soft handover: - gracias a ser un sistema isofrecuencial, un móvil puede estar conectado a varias estaciones base simultáneamente (por software; tantas estaciones como ramas tenga el receptor RAKE)
- Softer handover: - soft handover entre sectores del mismo Nodo B

Soft handover en downlink:

El móvil recibe la misma info desde varias antenas (RAKE)

Soft handover en uplink:

- La RNC selecciona periódicamente la mejor de las señales recibidas
- Equivale a combinador por selección

Lista de vecinas (Neighbour List) = (Handover monitoring set)

- celdas que el móvil debe monitorizar

Fácil en teoría



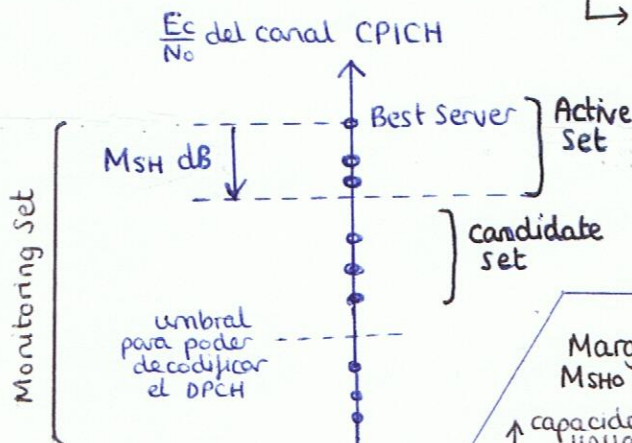
Difícil en la práctica

Handover monitoring set:

- Móvil lee la lista de códigos e intenta decodificar
- **Candidate Set:**
  - Móvil recibe con suficiente calidad como para demodular el DPCH (pueden ser distinta frecuencia y sistema (GSM))
- **Active Set:**
  - las de mayor potencia de entre el Active Set

Best server + las que se reciben con menos de  $M_{SH}$  dB menos margen de soft handover

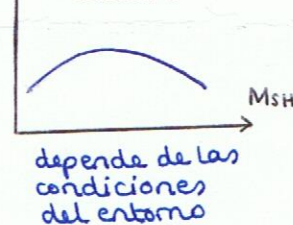
Son las que están asignando un canal DPCH en downlink al UE

Parámetros que monitoriza el UE

- RSCP (Rx signal Code Power)
- RSSI (Rx signal strength Indicator)
- $E_c/N_0$  del piloto CPICH
- BLER: Block Error Rate
- BER: Bit Error Rate
- SIR: signal-to-interference Ratio en canales dedicados
- SFN-CFN (System Frame Number) (Connection Frame Number) diferencia de tiempo entre vecinas

Margen  $M_{SH}$  óptimo

capacidad en usuarios



depende de las condiciones del entorno

Ventajas de Soft Handover

- Introduce MACRODIVERSIDAD (reduce efecto del Fading)
- Reduce potencia TX
- Reduce interferencias
- Aumenta capacidad

DIVERSIDAD en UMTS

Intrínseca:

- Multitrayecto (RAKE)
- Frecuencia (WCDMA)
- Temporal (entrelazado)

Mecanismos

Soft handover

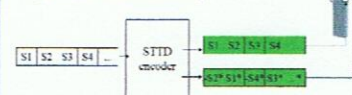
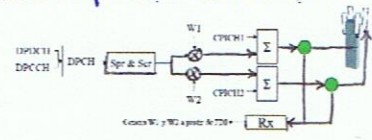
Transmission Diversity (TD)

- Site selection (SSTD)
- Space Time (STTD)
- Time Switch (TSTD)
- Close Loop Mode (CLMTD)

- Site selection (SSTD): el móvil indica a la red la estación a la que mejor recibe de su active set. la red mantiene recursos para el móvil en todo el active set pero tx sólo la mejor → baja  $M_{SH}$  óptimo → mejora capacidad

space Time (STTD)

Space Time Transmit Diversity

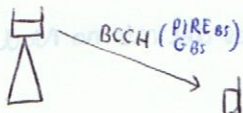
close Loop Mode (beamforming)

### 3. CONTROL DE POTENCIA

#### GSM

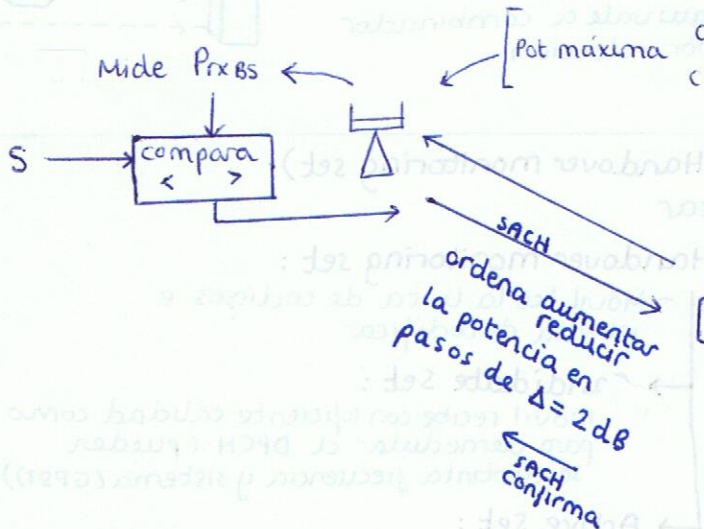
##### Bucle abierto:

- Para acceder el móvil por 1ª vez al RACH



- MS mide  $P_{rx} = P_{IREBS} - L + G_{MS}$
- Calcula  $L$  (supone  $L_{up} = L_{down}$ )
- Calcula  $P_{tx}$  necesaria para el RACH (no debe superar la máxima potencia aceptada en la celda, indicada en el BCCH)

##### Bucle cerrado (control uplink)



##### (control downlink)

- Clase 1: 320W
- Clase 8: 2'5W
- no obligatorio
- EM notificar intensidad rx
- EB corrige su potencia

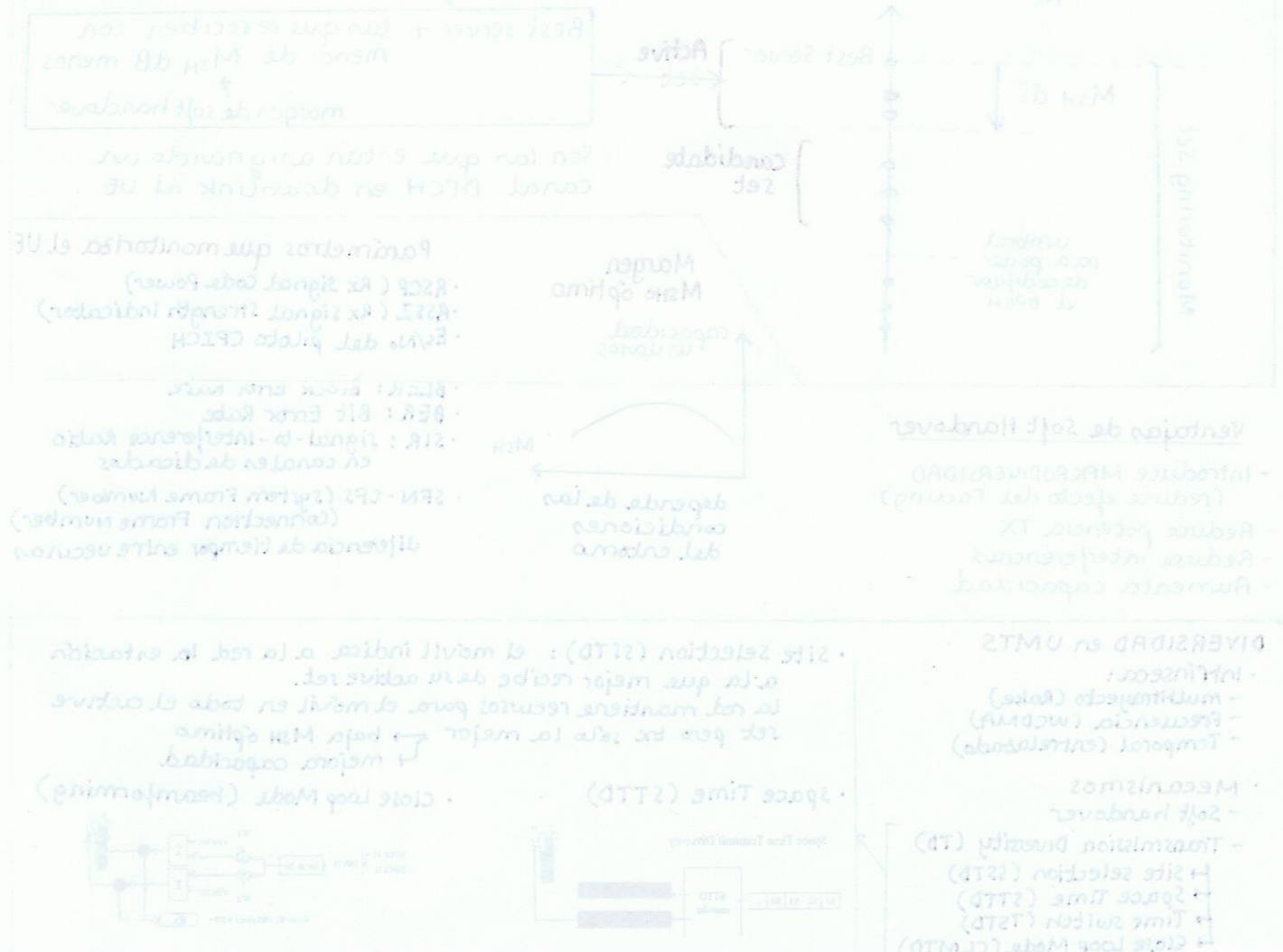
Potencia mínima: 20mW

Potencia máxima:

- Clase 1: 20W
- Clase 2: 8W
- Clase 3: 5W
- Clase 4: 2W
- Clase 5: 0'8 W



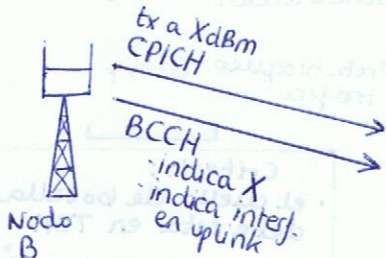
GSM-phase 2  
y DCS-1800  
menor potencia



**UMTS**

→ importantísimo en UMTS (la potencia de los usuarios limita la capacidad)  
EFECTO CERCA-LEJOS

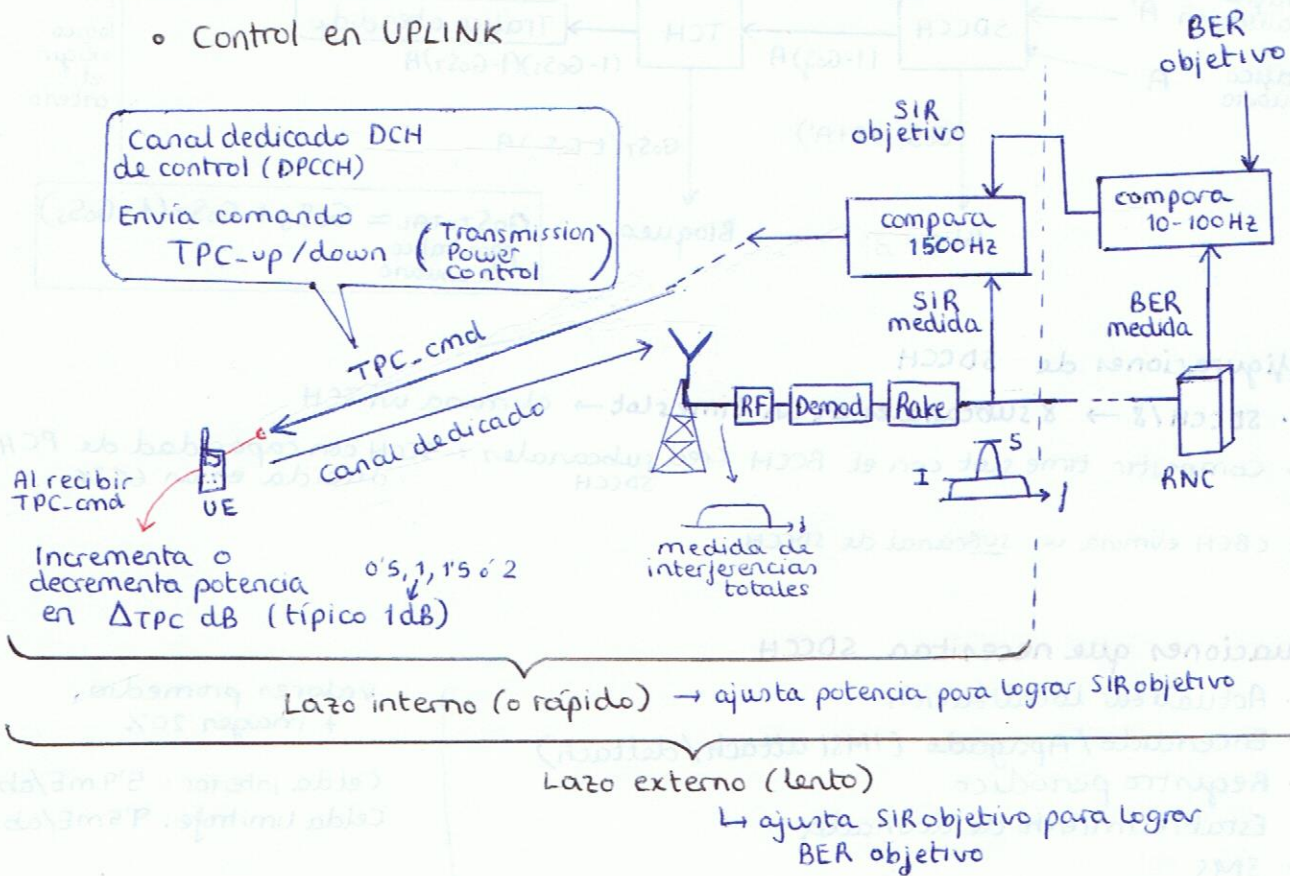
• **Lazo abierto** (sólo uplink) ¿con qué potencia transmito el RACH? <sup>petición de acceso</sup>



- calcula pérdidas de propagación
- calcula interferencias que podría soportar el nodo B
- calcula la potencia de tx requerida

• **Lazo cerrado**

• Control en UPLINK



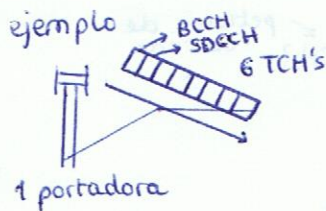
• Control en DOWNLINK

cambian papeles la UE y el nodo B

#### 4. CONTROL DE ADMISIÓN

#### GSM

En GSM los recursos están muy claros; si no hay recursos se bloquea (Tablas Erlang-B)



Peticiones  
- de señalización  
SDCCH  $\rightarrow 2.73$  Erlangs  
- de tráfico  
TCH  $\rightarrow 9.5$  mE/abonado

nº subcanales SDCCH

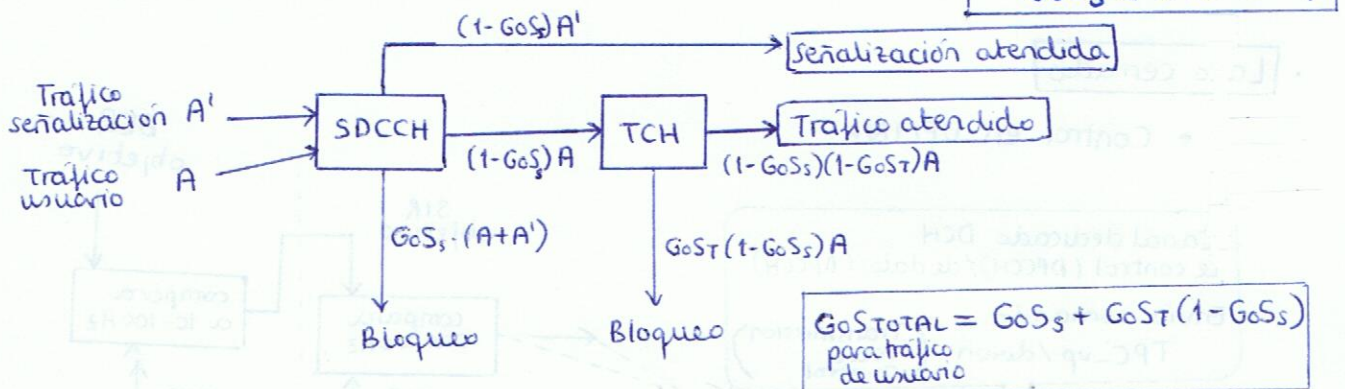
Tablas de Erlang-B

Prob. bloqueo señalización  $GoS_s$

Prob. bloqueo tráfico  $GoS_T$

↑ canales ocupados en la hora cargada

• Esquema de admisión:



• Configuraciones de SDCCH

- SDCCH/8  $\rightarrow$  8 subcanales en un time slot  $\rightarrow$  elimina un TCH
- Compartir time slot con el BCCH  $\rightarrow$  4 subcanales + BCCH con capacidad de PCH reducida en un 66%
- CBCH elimina un subcanal de SDCCH

• Situaciones que necesitan SDCCH

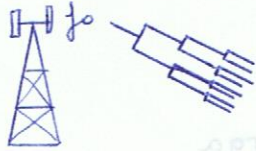
- Actualizar localización
- Encendido / Apagado (IMSI attach/dettach)
- Registro periódico
- Establecimiento de llamada
- SMS
- Acceso en falso

valores promedio  
+ margen 20%

Celda interior: 5.9 mE/abonado  
Celda limítrofe: 9.5 mE/ab

**UMTS**

CAC: Aceptar el establecimiento (o modificación) de una Radio Access Bearer (RAB) en función de la carga de las células



Límite de carga:

- Códigos disponibles (no suele ser limitante)
- Límite por interferencias

↓  
el límite está mucho menos claro que en GSM

Interferencias en uplink

$$\left( \frac{E_b}{I_{total}} \right)_j = \frac{P_{rxj} \cdot SF_j}{\sum_{i \neq j} I_i + P_N} \quad I_{total}$$

ruido térmico

Definimos:

- Factor de carga

$$\eta_u = 1 - \frac{P_N}{I_{total}}$$

si  $M=1 \rightarrow \eta=0$  (pocos usuarios)

si  $M \rightarrow \infty \rightarrow \eta=1$  (muchos usuarios)



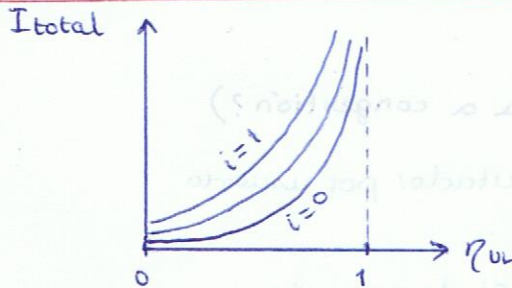
efecto de congestión: usuarios ven mucha interferencia y piden TODOS subir la potencia

- considerando interferencias intra e inter-celulares

$$I_{total} = I_{own} + I_{other} + P_N$$

entonces

$$\eta_{ul} = \frac{P_N}{I_{own} + I_{other} + P_N} = \left( 1 + \frac{I_{other}}{I_{own}} \right) \cdot \eta_{ulown}$$



- Radio Access Bearer (RAB)

Petición

el servicio requiere llegar hasta la Core Network

- Tipo de tráfico
- Tasa binaria
- Retraso admitido
- Errores de transmisión (detectados y residuales) permitidos
- Entrega paquetes en secuencia Si/No
- Formato de las SDU permitida
- Prioridades

- Radio Bearer (RB) → el servicio sólo requiere llegar a la UTRAN

Parámetros:

- Lossless (si/no)
- Modo AM/UM/TM
- Canal dedicado o común
- Transport formats (TTI, tamaño CRC,...)
- Tipo de codificación
- Factor de ensanchado

⇒ [Se puede despejar:

$$P_{rxj} = \frac{(E_b/I_{tot})_j \cdot P_N}{SF_j \cdot (1 - \eta_{ul})}$$

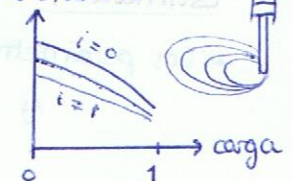
y sabiendo:

$$P_{rxj} = \frac{P_{txj}}{L_o \cdot d^{\alpha}}$$

se deduce

**CELL BREATHING**

distancia



Radio de celda TAMBIÉN depende de la carga en celdas vecinas

## Criterios de admisión

- Interferencias en UL

$$I_{old} + \Delta I \leq I_{target}$$

- Potencia tx en DL

$$P_{tx} + \Delta P \leq P_{tx\ target}$$

potencia disponible en la estación

- Disponibilidad de recursos

- Criterio de carga

$$\eta_{UL} + \Delta L \leq \eta_{max}$$

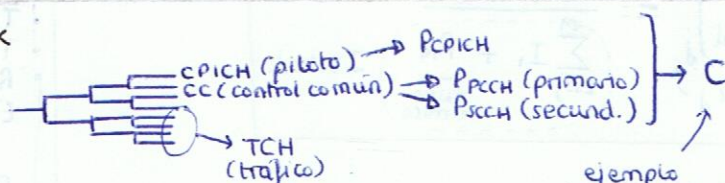
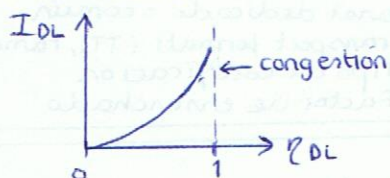
$$\eta_{DL} + \Delta L \leq \eta_{max}$$

Definición: carga endowlink

$$\eta_{DL} = \frac{P_{tx} - c}{P_{total} - c}$$

NOTA: las celdas pequeñas necesitan menor  $P_{tx}$  y por tanto tienen menor  $\eta_{DL}$

Lógicamente,  $\eta_{DL}$  es un buen indicador de las interferencias en downlink



## Estimación

- Los parámetros  $\eta_{UL}$ ,  $\eta_{DL}$  deben estimarse (promediados, estimación estadística, ...)

$$ej \hat{\eta}_{UL} = 1 - \frac{P_N}{P_{SSI}}$$

- El nodo B realiza medidas
- Las envía al RNC
- RNC actualiza el estado de carga de la celda

## Control de congestión (qué hacemos si se llega a congestión?)

En DL: denegamos incrementos de potencia solicitados por usuario

En UL: reducimos la  $(E_b/I_{nt})$  objetivo

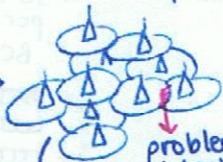
- reducimos tasa de transferencia de usuarios de paquete

- Handover  $\rightarrow$  inter-Frequency  
 $\rightarrow$  inter-System

## Estructura celular y técnicas de acceso GSM

## Concepto celular

- aumenta capacidad
- reduce potencia

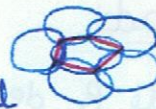


- ¿forma de células?
- cobertura circular
- zona servicio = mejor enlace = hexagonal

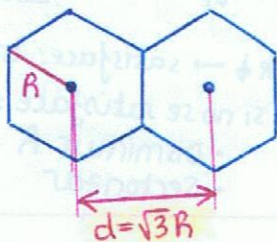
problema serio  
interferencia  
co canal

Distancia de reuso (D)

- canales se reparten entre un cluster de células (k)
- dentro de mismo cluster cada célula usa frecuencias distintas



## Geometría celular



$$S_{\text{celda}} = \frac{3\sqrt{3}}{2} R^2$$

$$S_{\text{rombo}} = S_{\text{cluster}} = \frac{D^2 \sqrt{3}}{2}$$

Patrones celulares

nº células por cluster

$$k = \frac{1}{3} \left( \frac{D}{R} \right)^2 = \frac{S_{\text{cluster}}}{S_{\text{celda}}}$$

factor de reutilización

$$q = D/R = \sqrt{3k}$$

$$k = \frac{1}{3} (i^2 + j^2 + i \cdot j)$$

{1, 3, 4, 7, 12}

siempre habrán exactamente 6 celdas en el anillo co canal (sea cual sea k)

## Interferencias co canal

General:

$$\frac{C}{I} = \frac{(P_{tx} \cdot cte / d_c^\gamma)}{\sum (P_{txi} \cdot cte / d_{xi}^\gamma)} = \frac{d_c^{-\gamma}}{\sum (d_{xi}^{-\gamma})}$$

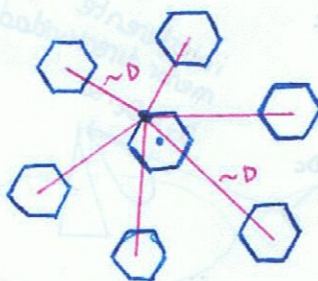
si hay downlink  
cte → cte · α<sub>downlink</sub>  
ya que la cte incluye la directividad

$$\frac{C}{I} = \frac{d_c^{-\gamma}}{\sum (d_{xi}^{-\gamma} \cdot \alpha_{downlink})} = \frac{d_c^{-\gamma}}{\sum d_{xi}^{-\gamma}} \cdot \alpha_{downlink}$$

sin downlink  
reduciendo cada interf. en 2dB, la cte tot mejora 2dB  
no N · α!!

Downlink:

caso peor:



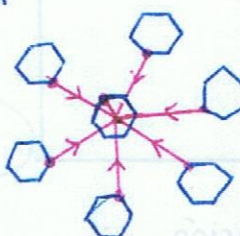
aprox:

$$\frac{C}{I} = \frac{R^{-\gamma}}{\sum_6 D^{-\gamma}} = \frac{1}{6} \frac{R^{-\gamma}}{D^{-\gamma}}$$

$$\frac{C}{I} = \frac{1}{6} \left( \frac{D}{R} \right)^{\gamma} \text{ downlink}$$

Uplink

peor caso:



$$\frac{C}{I} = \frac{R^{-\gamma}}{\sum (D-R)^{-\gamma}} = \frac{R^{-\gamma}}{6(D-R)^{-\gamma}}$$

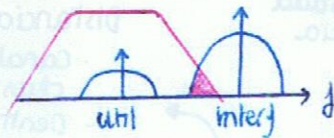
$$\frac{C}{I} = \frac{1}{6} \left( \frac{D-R}{R} \right)^{\gamma} = \frac{1}{6} \left( \frac{D}{R} - 1 \right)^{\gamma}$$

γ: modelo de propagación al planificar

## Interferencia de canal adyacente

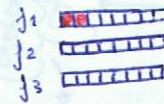
caso peor:  
receptor cerca del  
tx interferente

Filtros no ideales



→ estrategia de asignación  
de frecuencias

↳ ser más bondadoso con la  
portadora que tenga  
BCCH y SDCCH



## Tráfico y capacidad

• La  $\frac{C}{I}$  no depende de  $R$ , depende de  $(\frac{D}{R})$  que permanece siempre cte para una misma  $k$

DOWNLINK  $\frac{C}{I} = \frac{C}{\sum I_i} \stackrel{\text{peor caso}}{=} \frac{A^{-\gamma}}{\sum D_i^{-\gamma}} = \frac{1}{n} \cdot \left(\frac{D}{R}\right)^{\gamma}$

sin sectorizar  $n=6$   $\frac{C}{I} = \frac{1}{n} \left(\frac{D}{R}\right)^{\gamma} = \frac{1}{n} \sqrt{3k}^{\gamma}$

total  $N$  canales → reuso en cada cluster  
⇒  $\frac{N}{k}$  canales/celda

Tráfico ofrecido por celda  $A[E] = E_r B \left( \frac{N}{k} \text{ canales}, P_b \% \right)$

$A[E] = S_{\text{celda}} [m^2] \cdot \rho [ab/m^2] \cdot e [E/ab]$

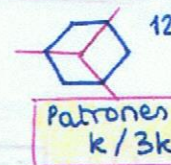
$S_{\text{celda}} = \frac{3\sqrt{3}R^2}{2}$

CRITERIO  $GoS \leq 0.25 GoS$

$k$  { interena  $k \uparrow \rightarrow \frac{C}{I} \uparrow$  • mejorar aún más con downtilt  
interena  $k \downarrow \rightarrow$  satisfacer tráfico si no se satisface: (más usuarios por celda)  
• Disminuir  $R$   
• Sectorizar

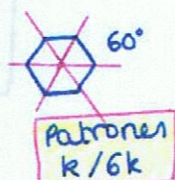
## Mejoras capacidad

• Sectorizar:



sólo 2 celdas interferentes (caso óptimo)  
• 3 si el antenaro apunta mal

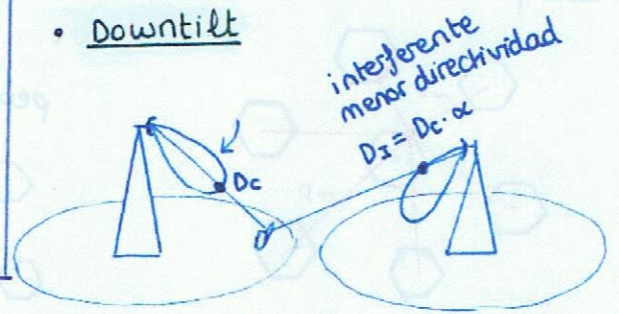
$\frac{C}{I} = \frac{1}{n} \left(\frac{D}{R}\right)^{\gamma}$  en downlink  $n=3$



sólo UNA celda interferente

$\frac{C}{I} = 1 \cdot \left(\frac{D}{R}\right)^{\gamma}$  en downlink  $n=1$

• Downtilt



$\frac{C}{I} = \frac{(k/R^{\gamma})}{\sum_{i=1,2,3,6} (k \cdot \alpha / D^{\gamma})} = \frac{1}{6} \left(\frac{D}{R}\right)^{\gamma} \cdot \alpha$

Reducir cada interferencia en A dB mejora la  $\frac{C}{I}$  en A dB (y no 6A)

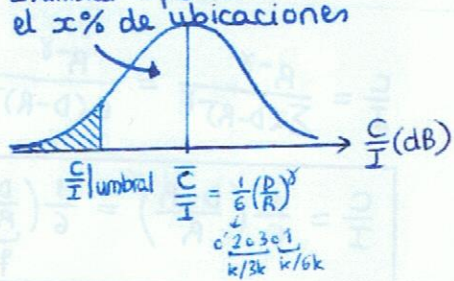
NOTA: fdp de  $\frac{C}{I}$  i.e. normales (dBm)

señal recibida: log normal con  $d_c$   
señal interferente: log normal con  $d_z$

⇒  $\frac{C}{I} \rightarrow$  fdp normal en dB

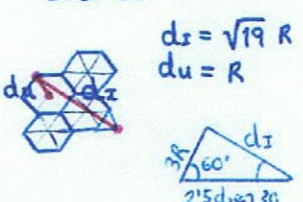
$\sigma_{\frac{C}{I}} = \sqrt{\sigma_c^2 + \sigma_z^2} = \sqrt{2} \sigma$

ej:  $\frac{C}{I}$  umbral superada en el  $x\%$  de ubicaciones



Cálculo exacto de  $\frac{C}{I}$  con sectorización

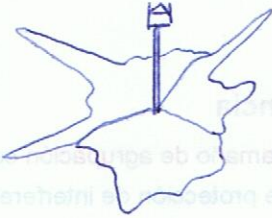
ej:  $R=4$  sect  $60^\circ \rightarrow 4/24$



$\frac{C}{I} = (\sqrt{3})^{\gamma}$

## Limitaciones del diseño inicial

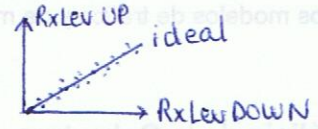
### Cobertura irregular



### Cobertura desbalanceada (UL/DL)



Lo ideal es que se igualen los balances de potencia UP y DOWN



### Tráfico (bloqueo)

$k \downarrow$   
y si no: - disminuir R  
- sectorizar

### Interferencias

interesa  $k \uparrow$   
- planificar  $\frac{C}{I}$  con cierto margen de Fading

- ganancia de antenas
- ganancia por diversidad
- margen de fading
- pérdidas del alimentador y el combinador en tx y rx
- sensibilidad receptor
- pérdidas de propagación máximas en UL y DL se calculan de lo anterior

## Planes de frecuencia

- Restricciones básicas:
- $\frac{C}{I}$  co canal  $\geq 9$  dB en GSM
  - $\frac{C}{I}$  canal adyacente  $\geq -3$  dB en GSM

- Restricciones adicionales:
- Separación de frecuencias
  - Dentro de misma celda
  - Entre celdas vecinas

### Matriz de vecindades

- el n° de vecinas de una celda está limitado
- HO sólo tiene lugar entre celdas definidas como vecinas
- cada relación de vecindad se puede configurar por separado
- para un estado inicial ayudarse de simulaciones best-server (pero nunca te puedes fiar)

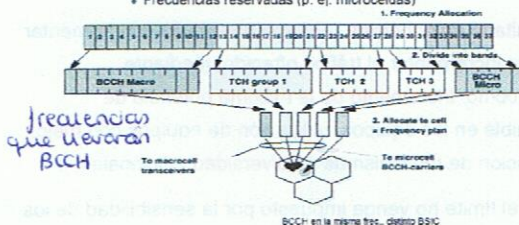
### Matriz de restricciones

(Debe verificarse con medidas reales)  
(distancia entre frecuencias portadora para cada par de sectores)



- El operador divide su banda de frecuencias:

- BCCHs
- Otras portadoras / Frecuencias de hopping
- Frecuencias reservadas (p. ej. microceldas)



### Tipos de frequency-hopping

#### Banda base:

- un transmisor para cada frecuencia
- tantas frecuencias como transmisores

#### Sintetizado:

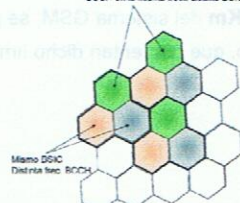
- los transmisores pueden sintonizarse a cada una de las frecuencias de salto

Ejemplo: - 18 para BCCHs

60 canales - 36 para hopping: 9 grupos de 4 frecuencias sin reutilización

- 6 reservadas

| Grupo de frecuencias de hopping | A1 | B1 | C1 | A2 | B2 | C2 | A3 | B3 | C3 |
|---------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Canales                         | 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 |



## Proceso de dimensionamiento

### 1.- Análisis del Tráfico

- Identificación de los **entornos** en el escenario de planificación
- Cálculo de la **densidad de tráfico** ( $E_r/Km^2$ ) ofrecido para cada uno de los entornos, tanto para **tráfico de usuario** como para **tráfico de señalización**, utilizando los **modelos de tráfico** y de **movilidad** pertinentes

### 3.- Análisis de la Cobertura

- Cálculo de un radio celular  $R_0$  tal que se verifique la **viabilidad radioeléctrica** de los enlaces establecidos en la célula: **Link Budget**
- El radio  $R_0$  será normalmente el obtenido en el **análisis del enlace ascendente**, aunque es conveniente verificar también la viabilidad del enlace descendente
- El sistema GSM establece un **límite superior** de **35 Km** en el radio que pueden tener las células, que corresponde con la máxima distancia a la que puede encontrarse un terminal móvil para evitar problemas debidos al retardo de propagación

- Para cada uno de los **entornos** se realizan los pasos 2, 3 y 4

### 2.- Análisis de la Interferencia

- Determinación del menor **tamaño de agrupación** celular que satisfaga la relación de protección de interferencia cocanal
- Obtención del **número de radiocanales** disponibles en cada célula, dividiendo el número total de ellos entre el tamaño de la agrupación

### 4.- Análisis de la Capacidad

- A partir del radio  $R_0$  obtenido en el análisis de cobertura, y teniendo en cuenta la densidad de tráfico ofrecido en el entorno, se obtiene en **tráfico total ofrecido** en la célula (usuario + señalización)
- Utilizando el modelo de tráfico **Erlang-B**, se calcula el número de canales necesarios para cursar el tráfico ofrecido, tanto de usuario ( $C_u$ ) como de señalización ( $C_s$ ).  
A partir del número de canales obtenido se determina el número de portadoras necesarias

a) Número necesario de canales igual que número de canales disponibles: **Correcto**, radio celular  $R_0$ .

b) Número necesario de canales mayor que el número de canales disponibles: **Incorrecto**

- El sistema está **limitado en capacidad** (entorno urbano): hay que reducir el radio celular  $R_0$  para disminuir el tráfico ofrecido, reduciendo la potencia máxima de transmisión de las estaciones por debajo de la máxima disponible
- Otra posibilidad es utilizar ciertas funcionalidades que permitan aumentar la relación de protección de interferencia cocanal y con ello el tamaño de la agrupación, con lo que se tendrían mayor número de canales disponibles por célula: **frequency hopping**, **transmisión discontinua**, **control de potencia**, ...

c) Número necesario de canales menor que el número de canales disponibles: **Incorrecto**

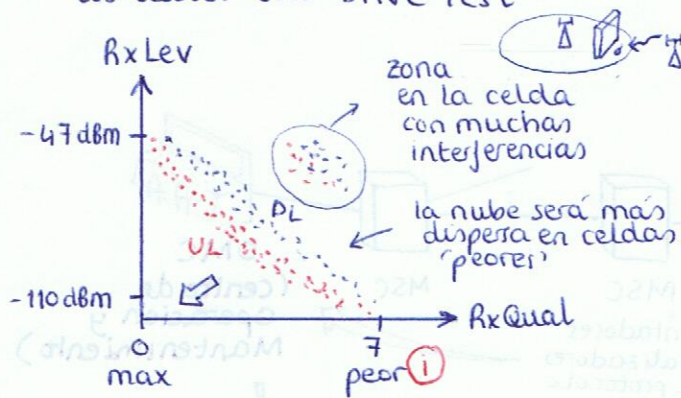
- El sistema está **limitado en cobertura** (entorno rural): hay que aumentar el radio celular para incrementar el tráfico ofrecido, mediante mecanismos tales como: **incremento de la máxima potencia de transmisión** disponible en los equipos, utilización de equipos con **mejor sensibilidad**, utilización de mecanismos de **diversidad** adicionales, ...
- En el caso de que el límite no venga impuesto por la sensibilidad de los receptores, sino por los **35 Km** del sistema GSM, se podrían utilizar **equipos de rango extendido**, que aumentan dicho límite a **70 Km**

| Grupo de hopping |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| C3               | B3 | A3 | C2 | B2 | A2 | C1 | B1 | A1 | C0 | B0 | A0 |
| 8                | 9  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 10 | 11 | 12 |
| 16               | 17 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 18 | 19 | 20 |
| 24               | 25 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 26 | 27 | 28 |





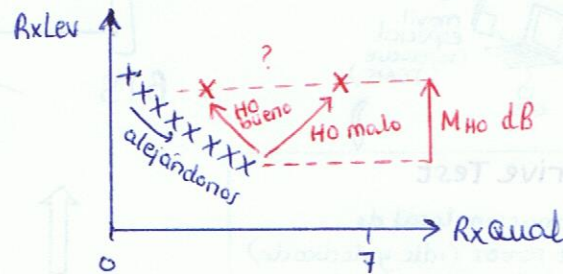
Representación muy útil de los datos del Drive Test



Lo ideal es estar cerca del origen (mucha calidad con poca potencia)

## Ajuste del Margen de Handover

Sabemos que tras un handover, el RxLev del móvil mejorará  $M_{Ho}$  dB. ¿Pero qué pasará con RxQual? Idealmente debería mejorar también.



## Problemas con la lista de vecinos

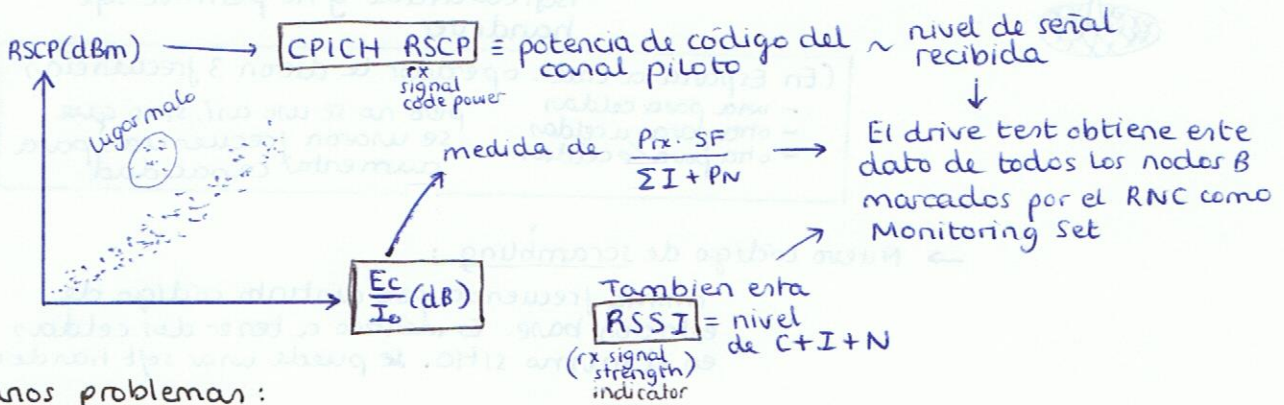
- Missing Neighbour: - Drop Rate - Ho Failure
- Not Reported Neighbour: la vecina no cabe en el monitoring set
- Problemas más graves:
  - Vecinas cocanal (misma frec.) → intentamos reportar sobre la portadora de mi vecina pero medimos la nuestra
  - Dos vecinas con misma pareja BCCH/BSIC → no se sabe cual estoy reportando y a cual hay que cambiar

Asimetría



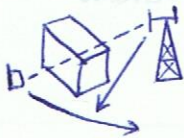
Ho sólo en una dirección

Representación útil de datos del Drive Test :



Algunos problemas:

- Poor coverage: típicamente debido a reutilizar los emplazamientos de 2G
- Pilot surprise



No le da tiempo a reconfigurar el active set.  
Recibe por tanto INTERFERENCIAS que pueden tirar la llamada

- Pilot pollution:

- Cuando el Active set está al máximo tamaño pero aún hay señales de mucha potencia que son interferentes (debido a no estar en el Active Set)

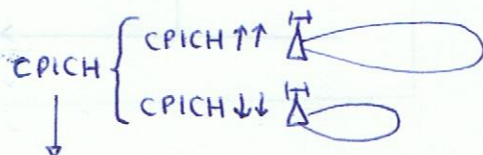
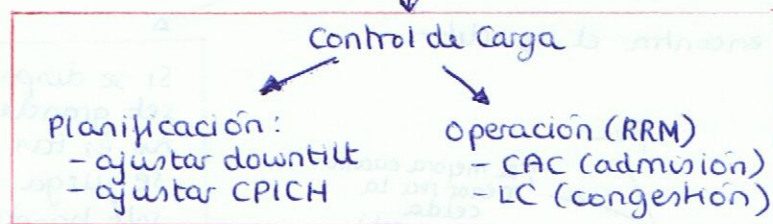
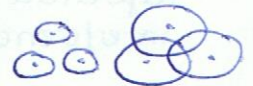
[El limitado tamaño del AS es un problema grave de CDMA]

- especialmente en zonas con mucha densidad de celdas
- también en campo abierto → celdas con mucho alcance

## Planificación 3G

Inicialmente parece que es fácil desplegar 3G (única frecuencia) pero...

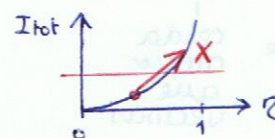
¿qué tamaño consideramos al planificar? → cell breathing!!  
¿cómo ajustamos los tamaños?



sólo los usuarios a los que les llega el CPICH pueden decodificar qué celda es y cómo conectarse

Recuerda límite interf. en UL

$$\eta_{UL} = 1 + \frac{P_N}{I_{tot}} = (1+i) \eta_{UL_{own}}$$



Estimar  $\Delta I$   
 $I_{old} + \Delta I \leq I_{objetivo}$ ?  
CAC

También hay capacidad en DL limitada por la pot máxima de la EB

$$\eta_{DL} = \frac{P_{tx} - C}{P_{max} - C} \leftarrow \text{pot. de canales CPICH, PCCH y SCCH}$$

## ¿Cómo aumentar la capacidad en DL?

- Limitada por códigos



→ Nueva portadora: duplica capacidad PERO ya no es isofrecuencial y no permite soft handover

(En España a cada operador le dieron 3 frecuencias  
 - una para celdas  
 - otra para  $\mu$  celdas  
 - otra para  $p$  celdas  
 pero no se usó así, sino que se usaron frecuencias para aumentar capacidad

→ Nuevo código de scrambling :

misma frecuencia, pero distinto código de estación base. Es idéntico a tener dos celdas en el mismo sitio. se puede usar soft handover

- Limitada por alcance/potencia



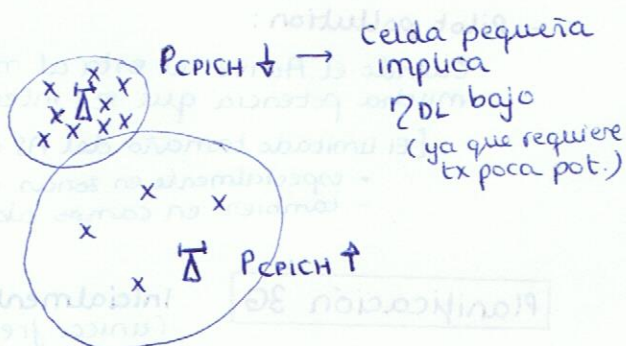
→ Usar amplificador de más potencia

→ Jugar con el CPICH

## Relación entre CPICH de celdas vecinas

- Lo deseable en uplink es que una celda de tráfico denso sea pequeña

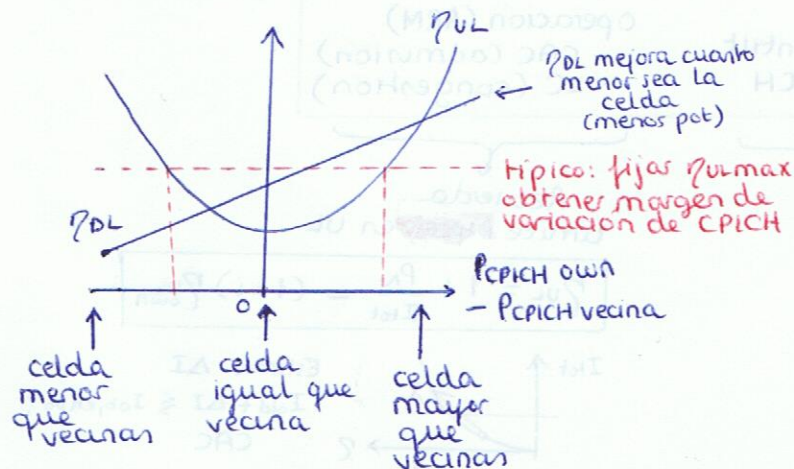
conviendría ajustar los CPICH a la densidad de tráfico →



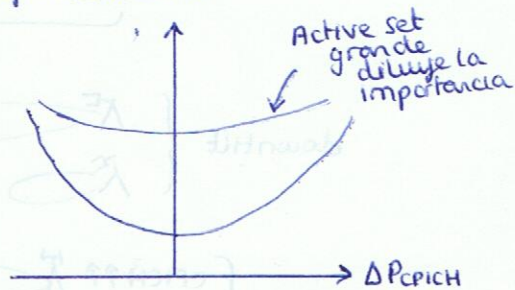
- pero que pasa si nos pasamos de diferencia? Aparecen problemas de interferencia de celdas vecinas

$$\gamma_{UL} = (1 + \frac{P_{CPICH}}{P_{UL}}) \gamma_{ULown}$$

Por tanto hay que encontrar el equilibrio



Si se dispone de un active set grande, este efecto ya no es tan fuerte, ya que se juega con el estado de soft handover



Fijando  $\gamma_{ULmax}$  se obtiene un rango de ajuste para el CPICH