

Red de Acceso Móvil GSM y UMTS

Ing. Bruno Benedetti
2do semestre 2024

Introducción

Arquitectura de
Redes 2G/3G

Core UMTS/GPRS

Interfaz de Radio
GSM

Interfaz de Radio
WCDMA

Introducción

2G y 3G

- La segunda y tercera generación de redes móviles fueron las precursoras de las redes LTE y NR actuales.
- Hoy en día con uso cada vez menor, pero se siguen manteniendo al aire.
 - Zonas del mundo donde el acceso a tecnologías más nuevas está limitado por baja inversión en despliegue de nuevas generaciones.
 - No todos los móviles soportan 4G o 5G.
 - Algunos móviles soportan 4G o 5G pero no VoLTE o VoNR.
La voz la deben seguir cursando por 2G/3G.
Hay operadores que no están interesados en dar servicios de voz, sólo datos.
- Varios operadores han decidido apagar estas redes en favor de utilizar el espectro para 4G/5G.

Introducción

Estándares de 2G y 3G

- En 2G y 3G no había un único estándar. Pero la familia de estándares de 3GPP (3rd Generation Partnership Project) fueron las más utilizadas.
 - En 2G GSM de 3GPP introdujo la separación SIM de terminal, lo que favoreció independizar al usuario del equipo permitiendo más flexibilidad en los cambios de móviles.
 - También GSM en 2G y UMTS en 3G fueron estándares abiertos, lo que favoreció su adopción masiva.
 - IS-95 y CDMA2000/EVDO fueron utilizados mayormente en Norte América y Corea del Sur.
 - En 3G TD-SCDMA apareció también como variante de UMTS/WCDMA en China.
- El curso cubrirá los temas de 2G/3G pero sólo en GSM/UMTS.

Gen.	3GPP		3GPP2	
	Estándar	Medium Access	Estándar	Medium Access
2G	GSM GPRS/EDGE	FDMA/TDMA	IS-95	CDMA
3G	UMTS HSPA	WCDMA	CDMA2000 EVDO	CDMA

Introducción

Estándares de 2G y 3G

Ericsson Mobility Report – Jun 2024 (Ericsson)

<https://www.ericsson.com/en/reports-and-papers/mobility-report>

Figure 3: Mobile subscriptions by region and technology (percent)

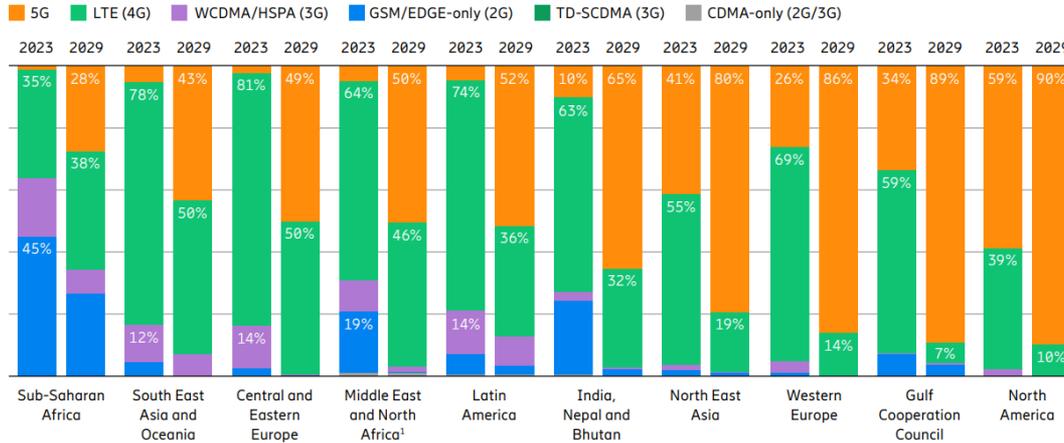
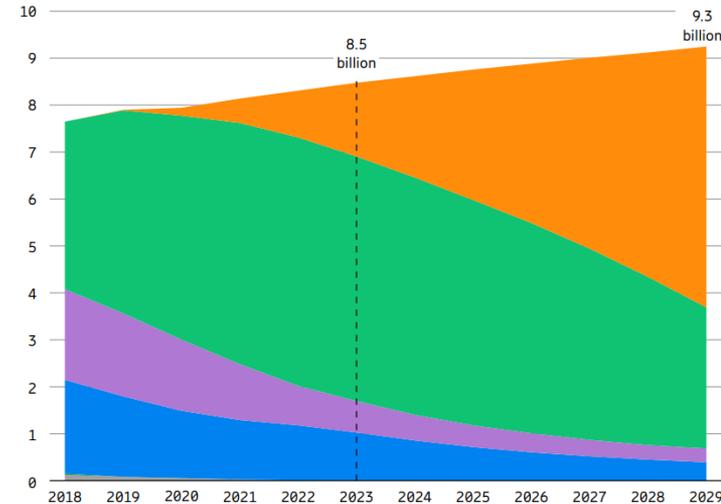


Figure 1: Mobile subscriptions by technology (billion)



Cada vez menos uso de 2G/3G, pero sigue habiendo y el forecast nos dice que seguirá existiendo.

IS-95/CDMA2000 se usó bastante en Norte América y Corea del Sur, zonas que crecen tecnológicamente muy rápido. Con lo cual han ido desapareciendo rápidamente.

Introducción

GSM

- **GSM:** Global System for Mobile communication.
- GSM comenzó siendo un estándar **digital** pensando predominantemente para servicios de **voz**.
- Estándar abierto adoptado por **ETSI** (European Telecommunications Standards Institute) en 1991.
- Separación del equipo del usuario con la **SIM**.
- También permite **Roaming**.
- Interfaz de radio **FDMA/TDMA**.
- **GPRS:** General Packet Radio Service. Se extendió GSM para dar también servicios de **datos** además de voz.
- **EDGE:** Enhanced Data Rates for GSM Evolution. Mejoras en bitrate.
- **GERAN:** GPRS/EDGE Radio Access Network.

Introducción

UMTS

- **UMTS:** Universal Mobile Telecommunications Service.
- Evolución de GSM. Mantiene **inter-operabilidad con red GSM/GPRS**.
- **Más bandas** disponibles respecto a GSM.
- **Mismo core network** que se tenía en GSM/GPRS lo que facilita inter-operabilidad y movilidad entre 3G y 2G.
- Release 99 (R99) → primer release de 3GPP de UMTS. Servicios de **voz y datos**. Max bitrate de 384 kbps DL/UL; aunque típicamente menor.
- **HSPA: High Speed Packet Access.** → Evolución de UMTS para mayores bitrates. Hasta ~84 Mbps DL, típicamente alrededor de 10 Mbps DL, 2 Mbps UL. Adaptación a tráfico “bursty”.
- Interfaz de radio **WCDMA:** Wideband Code Division Multiple Access.
- **UTRAN:** UMTS Terrestrial Radio Access Network.

Introducción

Arquitectura de
Redes 2G/3G

Core UMTS/GPRS

Interfaz de Radio
GSM

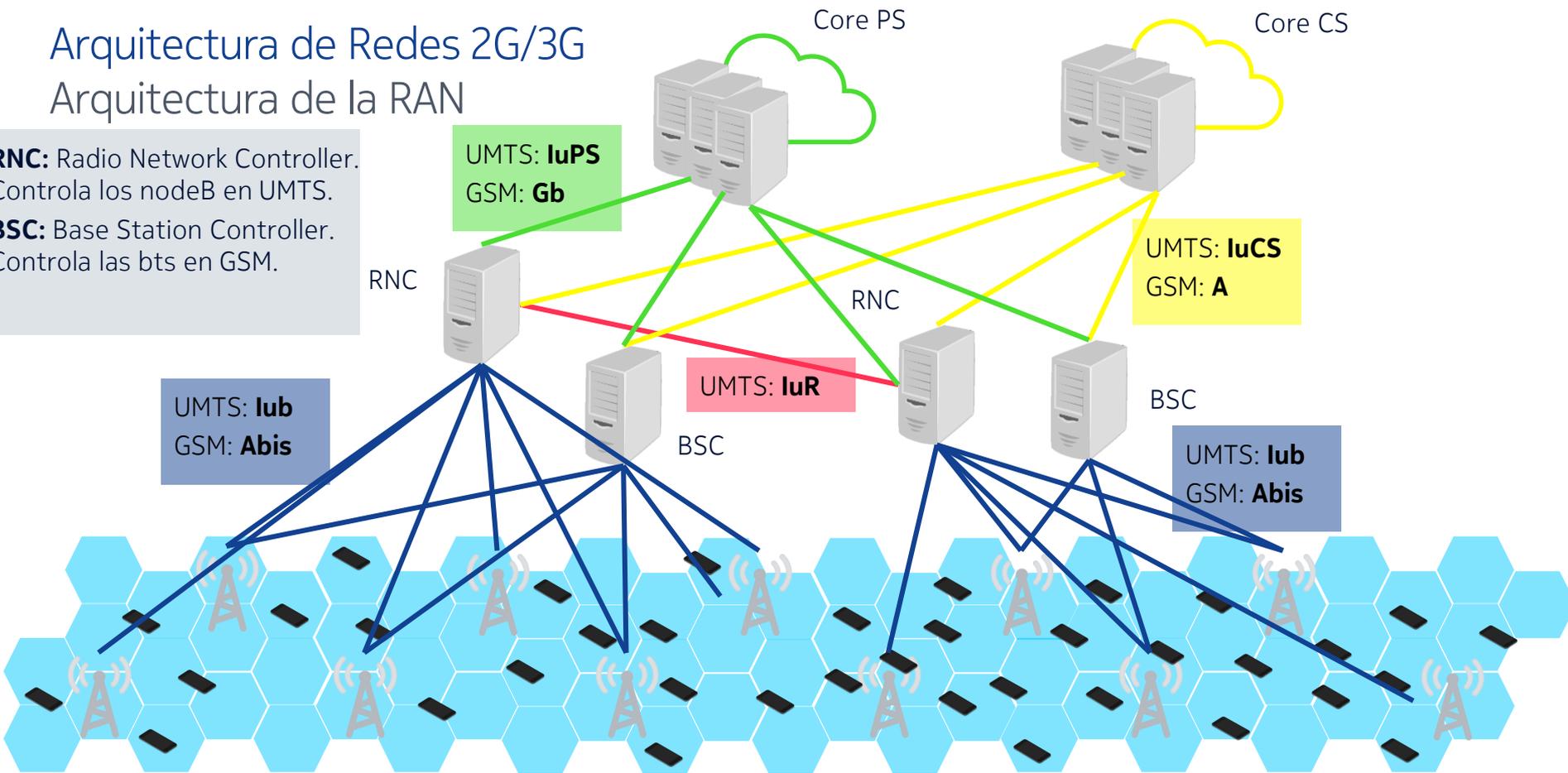
Interfaz de Radio
WCDMA



Arquitectura de Redes 2G/3G

Arquitectura de la RAN

RNC: Radio Network Controller.
Controla los nodeB en UMTS.
BSC: Base Station Controller.
Controla las bts en GSM.



UMTS: **IuPS**
GSM: **Gb**

UMTS: **IuCS**
GSM: **A**

UMTS: **Iub**
GSM: **Abis**

UMTS: **IuR**

UMTS: **Iub**
GSM: **Abis**

NodeB: radiobase UMTS.
BTS: radiobase GSM.

UE: User Equipment

Arquitectura de Redes 2G/3G

GERAN

La GPRS/Edge Radio Access Network está compuesta por:

- **BSC:** Base Station Controller.
 - Parte inteligente de la red.
 - Controla varias BTS a su cargo.
 - Responsable por asignación de recursos.
 - Control de admisión.
 - Manejo de movilidad de los usuarios entre las BTS.
 - Se comunica con BTS con interfaz **Abis**.
 - Utiliza interfaz **A** hacia Core CS y **Gb** hacia core PS.
- **BTS:** Base Transceiver Station
 - Trabaja apenas sobre capa física. Muy poca inteligencia.
 - Una BTS pertenece a un único BSC.
 - Aloja más de una celda (por ej. 3).

Arquitectura de Redes 2G/3G

UTRAN

La UMTS Radio Access Network está compuesta por:

- **RNC:** Radio Network Controller.
 - Análogo a BSC en GSM.
 - Asignación de recursos.
 - Gestión de movilidad.
 - Control de admisión.
 - Control de potencia.
 - RNC + NodeBs a cargo = RNS; Radio Network Subsystem.
- **NodeB:**
 - Aloja celdas wcdma.
 - En R99 también con poca inteligencia.
 - Ejecución de Soft-Handover, macro-diversidad.
 - Desde R5 con la introducción de HSDPA comienza a tener mayor rol.
 - Reparto de recursos para HSDPA, HARQ.
 - Reporte de medidas de radio al RNC (ej. potencia utilizada, potencia recibida).

Arquitectura de Redes 2G/3G

UTRAN – Interfaces y protocolos

Uu:

- Entre móvil y el NodeB.
- Interfaz de radio implementada con WCDMA.

IuB:

- Entre NodeB y RNC.
- **NBAP:** NodeB Application Part. Para señalización entre NodeB y el RNC.
- SCTP/IP para el control plane.
- Estandarizada, pero en la práctica no es inter-vendor.

RRC:

- Radio Resource Control.
- Protocolo en UMTS para comunicación entre el UE y el RNC.

NAS:

- Non-Access Stratum.
- Señalización entre UE y el core (MSC en CS y SGSN en PS).

IuR:

- Entre dos RNC.
- **RNSAP:** RNS Application Part. Para señalización entre dos RNC.
- SS7 para control plane.
- Importante en 3G para macro-diversidad.
- Serving RNC: RNC que da servicio al UE.
- Drift RNC: Si en movilidad en conectado el UE pasa a zona de nuevo RNC este recibe tráfico por IuR desde SRNC y reenvía al UE.

Arquitectura de Redes 2G/3G

User Equipment

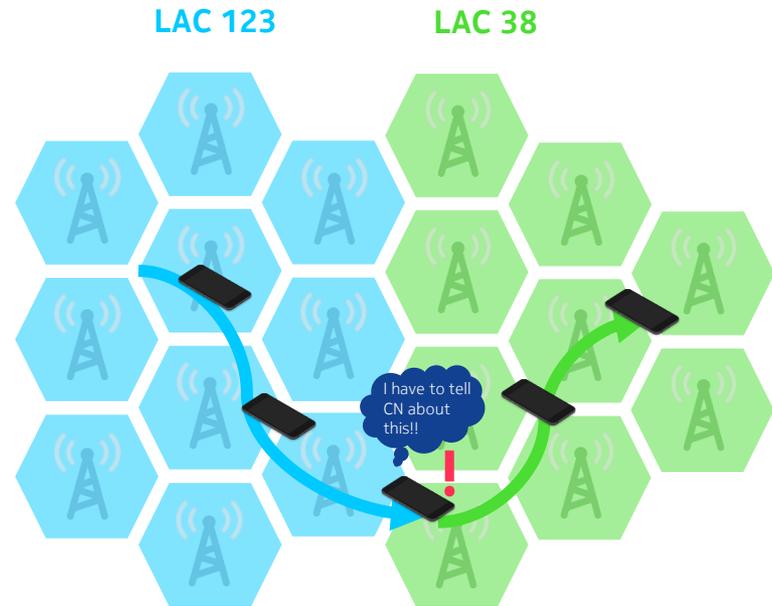
Se refiere como UE, User Equipment, al usuario de la red móvil.

- **IMEI:** International Mobile Equipment Identity.
 - Identificación del equipo móvil.
 - Importante por ejemplo para evitar que un móvil robado se conecte en la red.
- **IMSI:** International Mobile Subscriber Identity.
 - Identificación del usuario en la red.
- **TMSI:** Temporary Mobile Subscriber Identity.
 - Para evitar señalizar seguido el IMSI y evitar exponerlo en la red (sobre todo cuando la comunicación no está encriptada) se utiliza el TMSI en lugar del IMSI.
 - Si no se tiene un TMSI asignado la autenticación deberá ser con IMSI y el core proveerá luego un TMSI.

Arquitectura de Redes 2G/3G

Location Area Code y Routing Area Code

- LAC y RAC son parámetros de celdas que se utilizan para ubicar al UE en el proceso de paging.
- RAC contenido dentro de un LAC.
- Cada vez que el móvil se mueve de un LAC/RAC a otro, debe notificar al core (MSC/SGSN) con un LAU/RAU.
- **LAU:** Location Area Update.
- **RAU:** Routing Area Update.
- Más cantidad de LACs/RACs
→ Zonas más pequeñas, más cantidad de señalización por movilidad.
- Menos cantidad de LACs/RACs
→ Zonas más grandes, mayor cantidad de pagings a las celdas.
- Trade-off entre ambas opciones.



Introducción

Arquitectura de
Redes 2G/3G

Core UMTS/GPRS

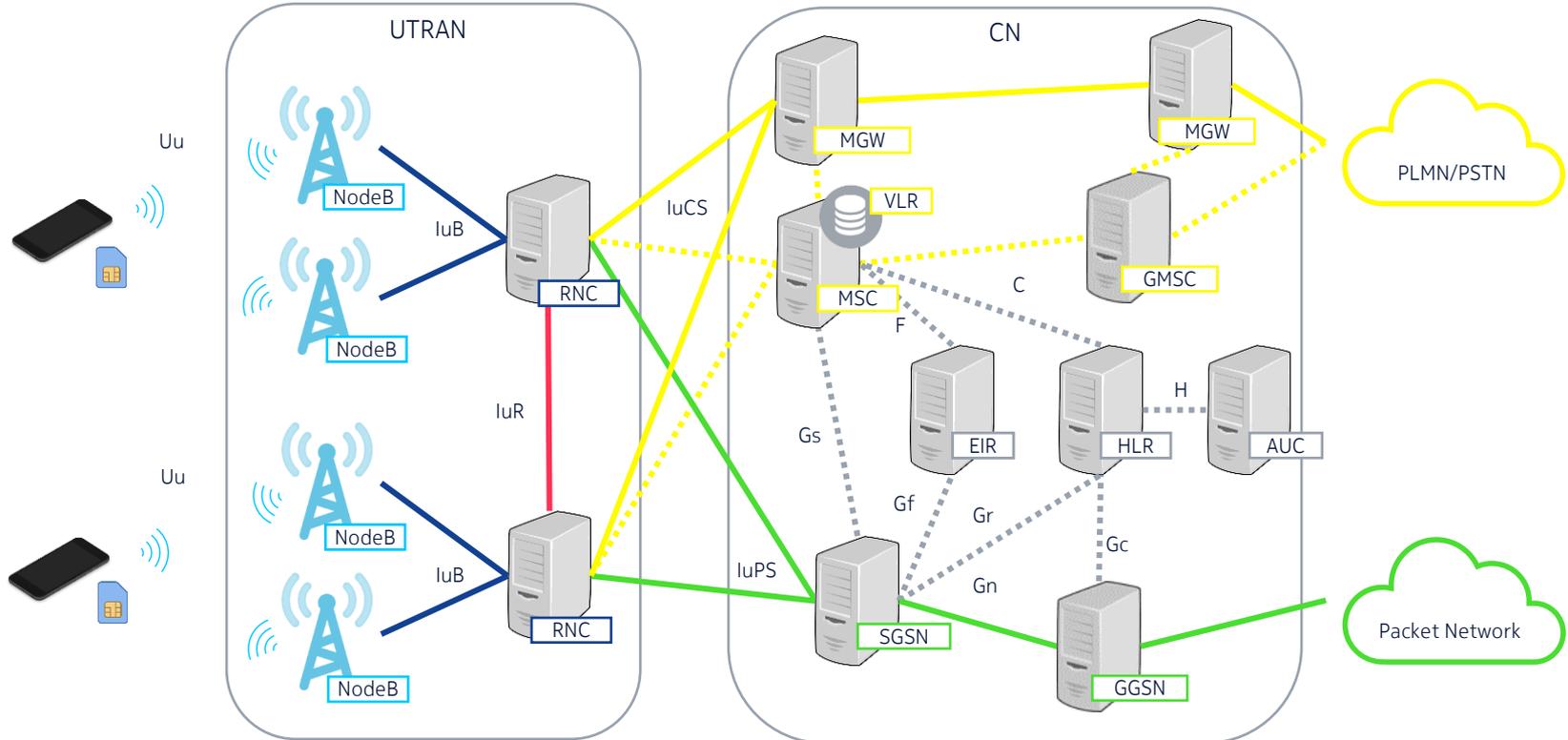
Interfaz de Radio
GSM

Interfaz de Radio
WCDMA

Core UMTS/GPRS

Arquitectura del CN

..... Control Plane only



Core UMTS/GPRS

Core CS

MSC: Mobile Switching Controller

- Enrutamiento de llamadas.
- Tarificación y autenticación.
- Manejo de BSCs/RNCs a su cargo. Movilidad inter-BSC, inter-RNC.
- Ubicación del móvil: LAC → Paging.
- El MSC es encargado de la señalización, el plano de control (CP) de la llamada.
- **VLR:** Visitor Location Register. Base de datos temporal local al MSC. Info de usuarios bajo su servicio.

GMSC: Gateway Mobile Switching Center

- Comunicación hacia otras PSTN o PLMN.
- Encargado de determinar red PLMN o PSTN de destino.

MGW: Media Gateway

- El plano de usuario en tráfico de voz (UP) es manejado por un Media Gateway (MGW).
- Interfaz Mc para comunicación entre MSC y MGW a través de H.248.

Core UMTS/GPRS

Core PS

SGSN: Serving GPRS Support Node

- Gestión de movilidad.
- Registro y autenticación de usuario
- Tarificación.
- Localización de usuario: Routing Area Code (RAC; análogo al LAC en Cs).
- Interactúa con HLR para información de usuario (tipo de tarificación, servicio contratado, etc.).

GGSN: Gateway GPRS Support Node

- Interconexión entre el core GPRS y redes IP externas.
- Servicio de NAT para intercomunicación entre el móvil y la PDN.
- Gestión de pools de direcciones IP y QoS para la conexión.
- Anclaje del usuario en movilidad inter-RAT (entre tecnologías)

Core UMTS/GPRS

Bases de Datos

HLR: Home Location Register

- Base de datos permanente de usuarios.
- Posee información de IMSI, MSISDN, VLR actual. Importante en ruteo de llamadas.
- Compartido por más de un MSC

AuC: Authentication Center

- Se utiliza para autenticación de los usuarios de acuerdo al IMSI.
- Cifrado de la comunicación con el móvil.

EIR: Equipment Identity Register

- Base de datos de terminales inhabilitados en la PLMN a través del IMEI.
- Generalmente integrada al HLR.

Core UMTS/GPRS

Interfaces

luCS:

- Entre MSC y RNC para el control plane.
- User Plane se ancla en MGW (Media Gateway).
- En 3G señalización con protocolo **RANAP**: RAN Application Part.

luPS:

- Entre SGSN y RNC para el control plane.
- User Plane:
 - GPRS con SMDCP.
 - UMTS con GTP-U.
- En 3G protocolo señalización con protocolo **RANAP**: RAN Application Part.

MAP:

- Interfaces dentro del CN utilizan MAP para señalización.
- Mobile Application Part, aplicación sobre SS7.

GTP-C:

- Excepción a lo anterior.
- Se usa en interfaz Gn entre los GSNs para Control Plane.
- GTP-U para User Plane.

Arquitectura e Interfaces de Red LTE

GTP: GPRS Tunneling Protocol

- Protocolo de comunicación entre GSNs y en IuPS.
- Se sigue usando en LTE y 5G.
- Encapsulamiento de user plane.
- Separa streams de información en túneles.
- Utiliza UDP para transporte.
- IPs de origen y destino corresponde a los SGW y PGW involucrados.
- A nivel de UDP el puerto utilizado identifica la versión y uso de GTP (GTP-U GTP-C GTP').
- En el encabezado GTP se define el TEID.
 - TEID: Tunnel Endpoint ID. Permite diferenciar una comunicación en particular del resto.
- GTP-C: control plane.
- GTP-U: user plane.

Core UMTS/GPRS

PDP Context

- **PDP:** Packet Data Protocol
- **PDP Context:** Información de la sesión del suscriptor.
 - Dirección IP
 - IMSI
 - TEID entre los GSNs.
 - QoS
 - APN
 - GMM State
- Para poder traficar primero necesito una IP: activar el PDP Context.
- El GGSN es el encargado de interpretar los paquetes IP con destino al usuario en base a la información del PDP Context.
- El GGSN a su vez debe ocultar la topología de la red móvil hacia el exterior.
- Desde el exterior no se tiene visibilidad sobre los túneles GTP establecidos en la red móvil.

Core UMTS/GPRS

APN

APN: Access Point Name

- Identifica a una Packet Data Network (PDN) accesible desde el CN y por tanto accesible para el UE.
- Representa red IP externa accesible al móvil y su pool de IPs asociado al GGSN.
- Conjunto de parámetros para conectividad (IP, máscara, QoS, DNSs).
- El Access Point queda identificado con el APN.
- Dentro del GPRS CN el APN apunta al GGSN que tiene asociada la PDN correspondiente.

Introducción

Arquitectura de
Redes 2G/3G

Core UMTS/GPRS

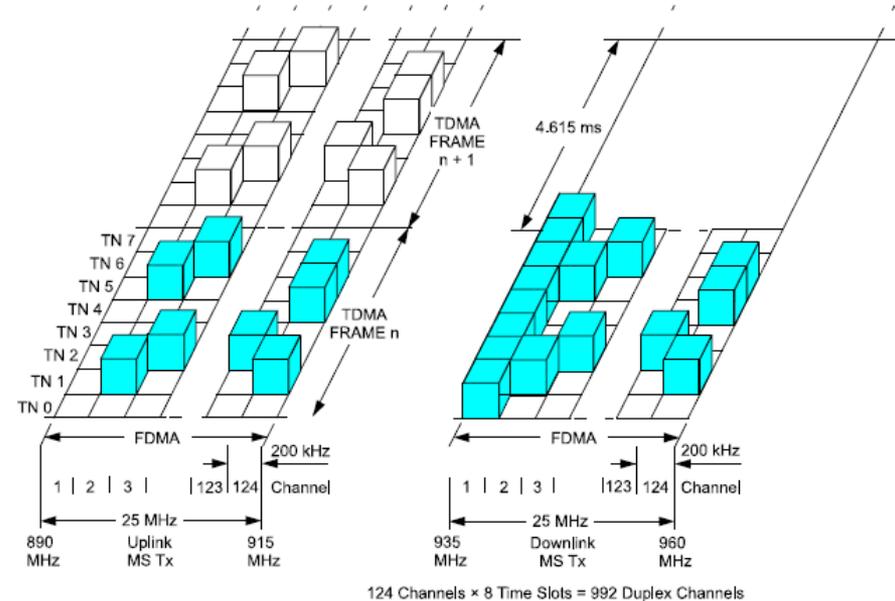
Interfaz de Radio
GSM

Interfaz de Radio
WCDMA

Interfaz de Radio GSM

Acceso al Medio

- Separación DL y UL con FDD.
- Se reparten canales en frecuencia y tiempo.
- **FDMA**
 - Frequency Division Multiple Access.
 - Ancho de banda de hasta 25 MHz en GSM850 / GSM900 y 75 MHz en GSM1800.
 - El ancho de banda disponible se divide en portadoras de 200 kHz.
- **TDMA**
 - Time Division Multiple Access.
 - Se utilizan tramas de 8 Time Slots (TS) en cada portadora.
 - Cada TS tiene una duración de 0,577 ms para un total de 4,615 ms. Incluye guarda para ISI.
 - Los TS son también denominados canales físicos.
- Modulación: GMSK; 1 bit/symbol.



Interfaz de Radio GSM

Traffic Channels

- TCH: Traffic Channel para voz / signaling.
- **TCH/F:** Full Rate.
 - Se asigna un TS en cada frame.
 - 13 kbps.
- **TCH/H:** Half Rate.
 - Se asigna un TS frame por medio.
 - 6.5 kbps.
- **PDTCH:** Packet Data Traffic Channel.
 - Dependiendo de lo que el móvil soporte, puede utilizar uno o más TS.
 - 4 coding-schemes de distinta redundancia. Hasta 20 kbps por TS.
 - **EDGE:** nueva modulación 8PSK y más coding-schemes. Hasta 60 kbps por TS.
MCS: Modulation and Coding Scheme.

Multislot Class	Max DL TS	Max UL TS	Max Total TS	Coding Scheme	Data Rate por TS (kbps)
1	1	1	2	CS-1	8
2	2	1	3	CS-2	12
3	2	2	3	CS-3	14,4
4	3	1	4	CS-4	20
5	2	2	4		
6	3	2	4		
7	3	3	4		
8	4	1	5		
9	3	2	5		
10	4	2	5		
11	4	3	5		
12	4	4	5		
30	5	1	6		
31	5	2	6		
32	5	3	6		
33	5	4	6		
34	5	5	6		

MCS	Modulación	Data Rate por TS (kbps)
1	GMSK	8,8
2	GMSK	11,2
3	GMSK	14,8
4	GMSK	17,6
5	8PSK	22,4
6	8PSK	29,6
7	8PSK	44,8
8	8PSK	54,4
9	8PSK	59,2

EDGE

Introducción

Arquitectura de
Redes 2G/3G

Core UMTS/GPRS

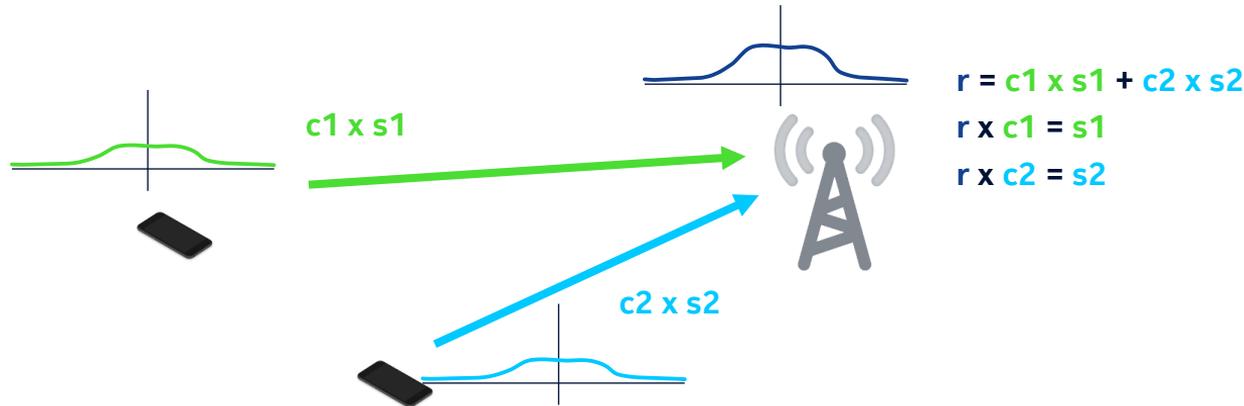
Interfaz de Radio
GSM

Interfaz de Radio
WCDMA

Interfaz de Radio WCDMA

Funcionamiento General

- Implementada sobre **WCDMA: Wideband Code Division Multiple Access**.
- Los usuarios usan todos el mismo canal de 3.84 MHz y al mismo tiempo.
- Contando ancho de banda por filtro SRRC + guardas: portadoras de **ancho de banda 5 MHz**.
- FDD pero las hay variantes TDD: TD-CDMA.
- La división entre ellos es a partir de códigos distintos.
- Dos códigos son ortogonales si:
 - En Rx al multiplicar por el código correcto obtengo sólo el mensaje original.
 - En Rx al multiplicar por el código incorrecto no obtengo nada a la salida.



Interfaz de Radio WCDMA

Códigos Ortogonales

Ortogonalidad de los códigos:

- Se puede construir un conjunto de códigos de largo variable que cumplan ortogonalidad entre sí.
- Largo del código: cantidad de chips / symbol. Cada symbol que se transmitirá se debe multiplicar por este código.
- WCDMA: tengo una señal de **narrowband** la multiplico por un código ortogonal de cierto largo y obtengo señal **wideband**.
- Importante sincronismo!! Si un código lo multiplico por el código “corrido” no cumpla con hipótesis de ortogonalidad.



Interfaz de Radio WCDMA

Spreading Codes

Códigos de Spreading:

- A los códigos ortogonales se les denomina códigos de spreading, pues la energía de la señal se distribuye en un ancho de banda mayor. La cadencia de la señal original se multiplica por el largo del código.
- **SF**: Spreading Factor. Largo del código.
- $\text{data_rate} \times \text{SF} = \text{chip_rate} = 3.84 \text{ Mcps}$. \rightarrow chip_rate fijado por sistema.

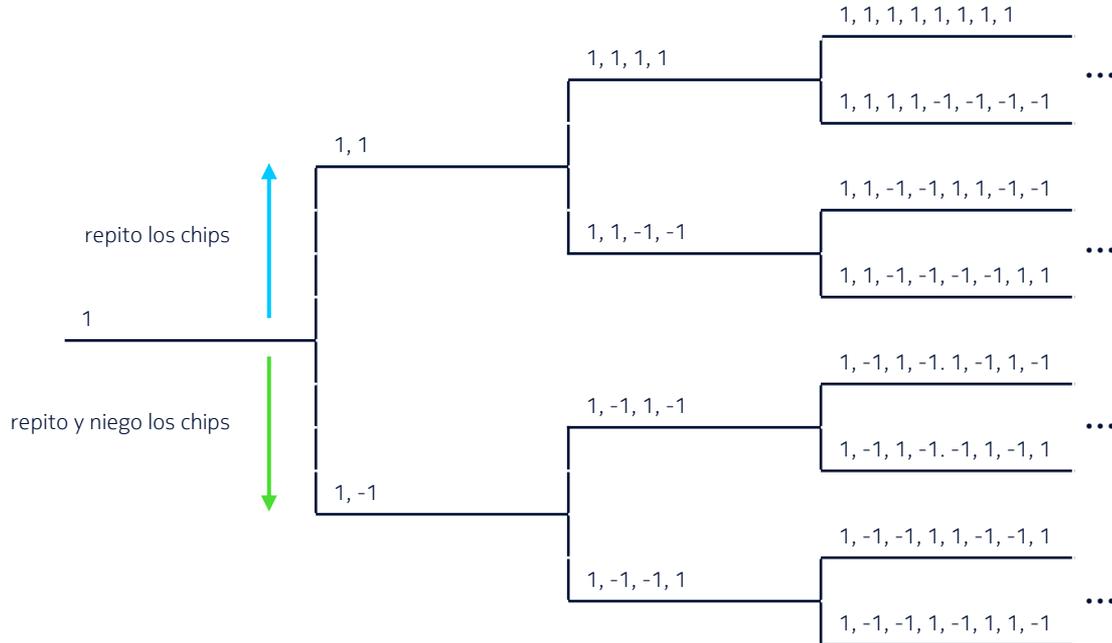


Interfaz de Radio WCDMA

Códigos OVSF

En UMTS los códigos utilizados son los OVSF codes:

- **O**rtogonal **V**ariable **S**preading **F**actor codes.
- Se construyen creando un árbol de códigos.

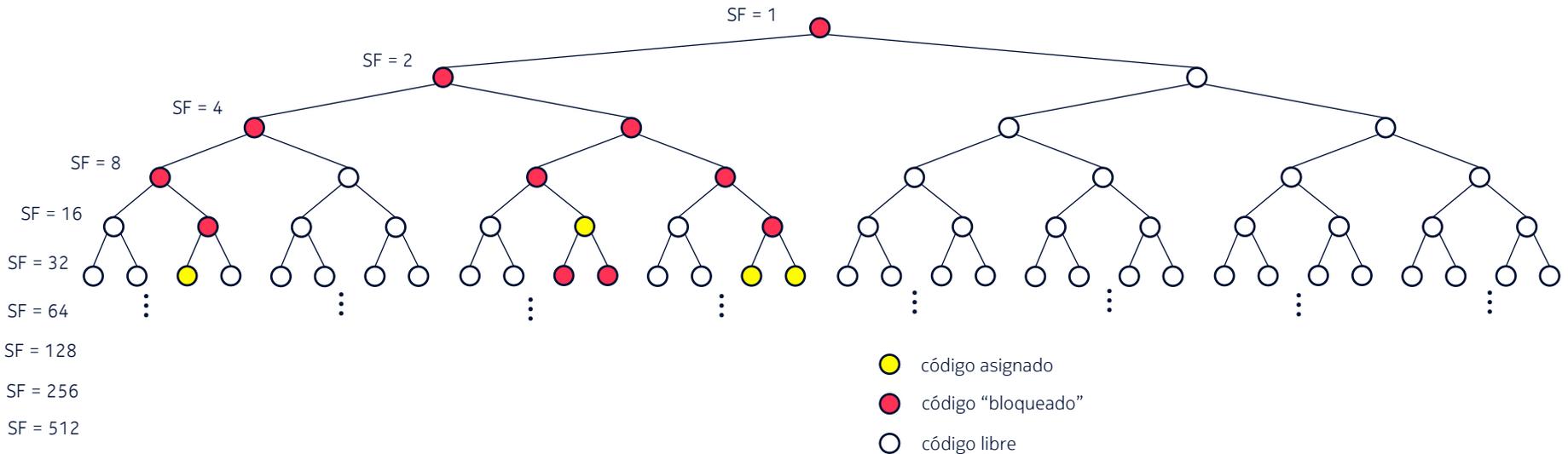


Interfaz de Radio WCDMA

Channelization Codes

Los códigos ortogonales también se denominan “channelization” codes.

- Cada canal tiene un código asignado. Lo determina el RNC.
- Un usuario puede tener más de un código. Por ejemplo uno para signaling y otro para tráfico de voz.



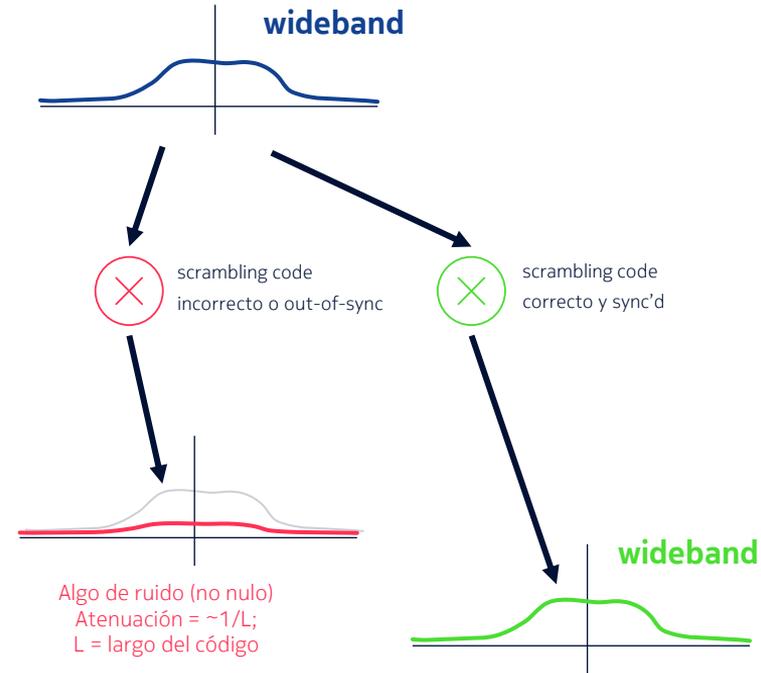
Interfaz de Radio WCDMA

Scrambling Codes

La hipótesis de sincronismo es difícil de garantizar:

- Los móviles no están sincronizados entre sí, no todos enviarán al mismo tiempo.
- Diferencias por multi-camino, distintas distancias a la rbs...
- Los códigos de scrambling ayudan a hacer frente a la falta de ortogonalidad por falta de sincronismo.
- Código de **spreading** desfasado → no garantiza que señal indeseada se anule.
- Código de **scrambling** desfasado → no anula señal indeseada pero la minimiza.
- Cuando acierto al código de scrambling y en el comienzo del mensaje veo pico en potencia recibida como consecuencia del acierto. El acierto debe de ser tanto a nivel de código correcto como comienzo de la señal deseada.

Los códigos de scrambling (**SC**) sirven para sincronizar con quien transmite, en DL móvil sincronizar con trama DL, en UL para que la celda se sincronice con cada usuario en el comienzo del mensaje.

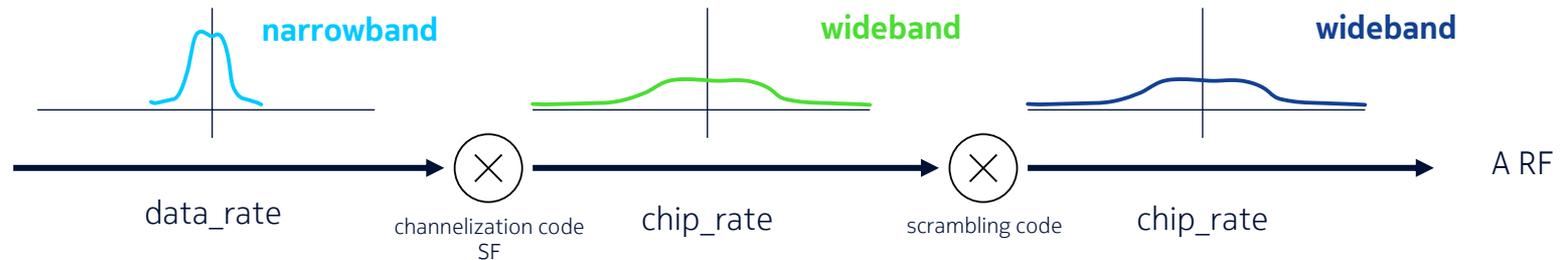


Interfaz de Radio WCDMA

Scrambling Codes

Los códigos de scrambling

- También se les llama pseudo-aleatorios (PN; Pseudo-Noise).
- Cuanto más largos mejor mayor atenuación al multiplicar por código incorrecto o en desfasaje.
- Se utilizan códigos de 38400 chips. El chip-rate es el mismo de 3.84 Mcps. La señal no se ve extendida como con los códigos de spreading.
- Al utilizar un chip-rate alto (3.84 Mcps) eso me permite utilizar códigos de scrambling de tamaño largo.



Interfaz de Radio WCDMA

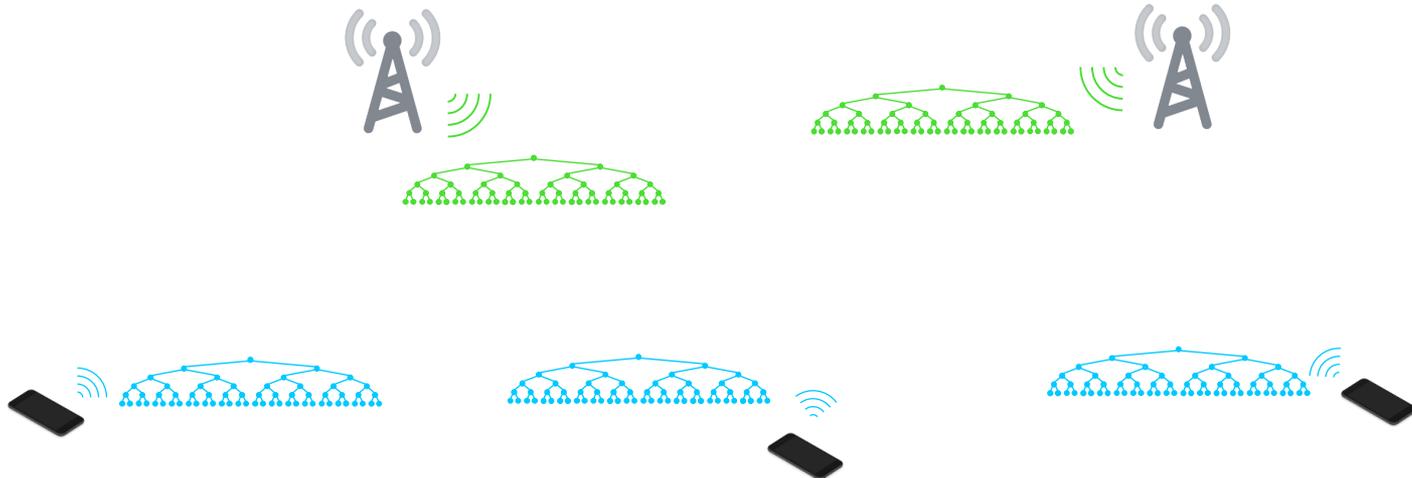
Scrambling Codes

En DL:

- Permiten que los móviles se sincronicen a distintas celdas.
- Cada celda tendrá su propio árbol OVSF en el cuál repartirá códigos.
- Se asigna de ante-mano un código por celda. 512 posibles, requiere cierto planning de la red. No se pueden repetir en zonas relativamente cercanas.

En UL:

- Permiten que la celda se sincronice con cada móvil por separado.
- Cada usuario tendrá su propio árbol OVSF para alojar allí sus canales.
- Se le asigna a cada móvil un código distinto en el acceso inicial.



Interfaz de Radio WCDMA

Inter-Symbol Interference

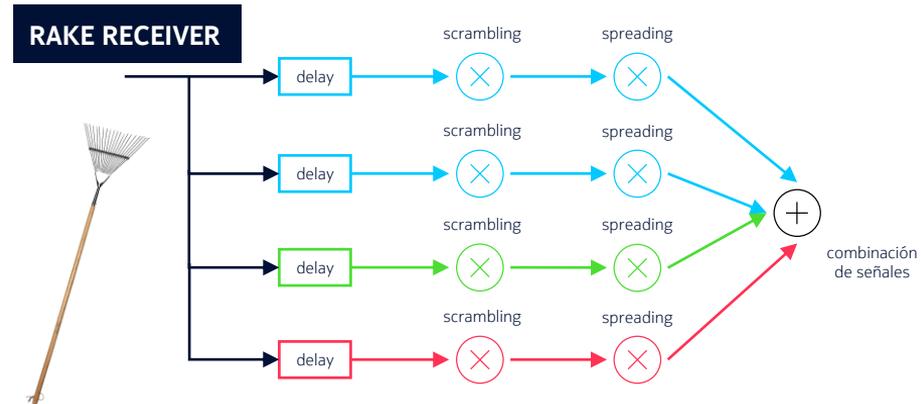
- Los códigos de scrambling permiten que cuando detecto el comienzo de una señal veo una ganancia en energía de la señal.
- Cuando le erro al código de scrambling o a la ubicación la señal se atenúa.
- Esto me permite hacerle frente a la interferencia inter-symbol. Al utilizar un código de scrambling sólo recuperaré un camino; sus copias se atenuarán.
- Se cumple si mi granularidad temporal es mucho menor que el delay spread del canal.

Interfaz de Radio WCDMA

Rake Receiver

Los códigos de scrambling permiten entonces sincronizarnos. Además la transmisión es para todas las celdas en la misma frecuencia y al mismo tiempo, sólo separo por códigos. Entonces:

- Por un lado, puedo aprovechar la diversidad de multi-camino, sincronizándome a cada camino por separado.
- Además, en DL puedo recibir de varias celdas al mismo tiempo para tener más diversidad de caminos.
 - Los scrambling codes de cada celda me permiten adaptarme al delay que corresponda.
 - Contra: aumento de potencia en DL genera aumento de interferencia en el sistema.
- En UL mi señal puede ser captada por celdas distintas con delays distintos para luego ser recombinaada. El móvil manda en todas las direcciones, mejor aprovechar de todas las celdas que puedan escuchar.

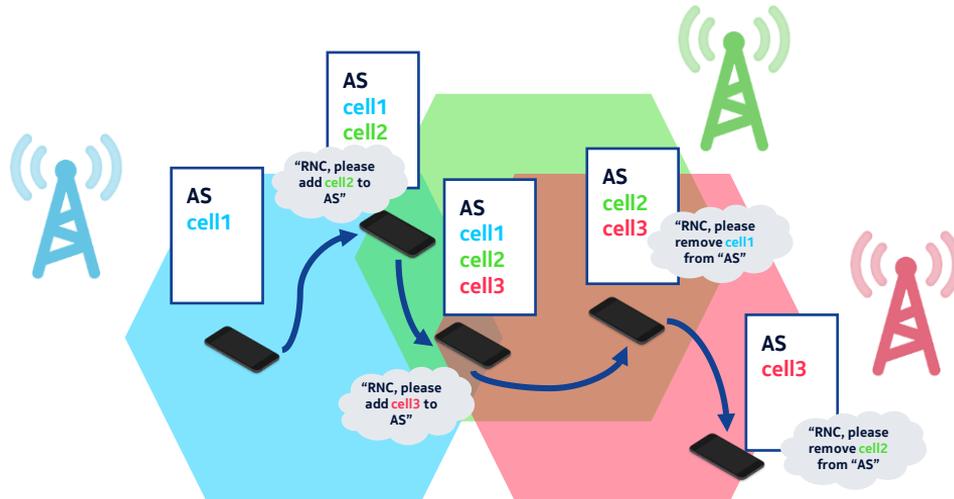


Interfaz de Radio WCDMA

Macro-diversidad

Como consecuencia de lo anterior, puedo acordar estar conectado en más de una celda al mismo tiempo.

- **Active Set (AS):** conjunto de celdas a las que estoy conectado. Cada una me asignó un código dentro de su árbol. Puedo tener típicamente hasta 3-4 celdas en el AS.
- **Soft Handover (SHO):** agregar / quitar celdas al Active Set. Se le llama *soft* pues no tengo que cortar nunca la conexión con la red, siempre tengo alguna celda en el AS.
“Softer HO”: dentro de mismo NodeB.

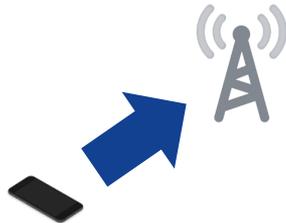


Interfaz de Radio WCDMA

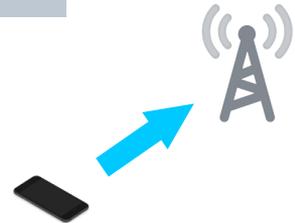
Control de Potencia

- En los sistemas CDMA el control de potencia es de gran importancia al compartir el canal en frecuencia y tiempo.
- **UL Near-Far Problem:** sin control de potencia, un móvil cercano a la rbs y otro lejano transmitiendo a la misma potencia. Un móvil cercano puede saturar el receptor de la celda.
- En **DL** los códigos de scrambling no son perfectos. Puede tener interferencia por pérdida de ortogonalidad en escenario de multi-camino además de interferencia inter-celda.
- **Control de potencia:** definir la potencia UL de los móviles de forma tal que es la mínima necesaria para la comunicación que quiero. También en DL limitar la potencia del código para evitar polucionar otros canales.
- **Outer Loop Power Control (OLPC):** ajuste SIR (Signal-to-Interference Ratio) objetivo según medidas de BLER (BLock Error Rate).
- **Inner Loop Power Control (ILPC):** ajuste potencia para mantener SIR con TPC (Transmit Power Control) command.
 - $SIR < SIR_{target} \rightarrow$ aumentar potencia! TPC up.
 - $SIR > SIR_{target} \rightarrow$ bajar potencia! TPC down.

Near-far problem



Con control de potencia

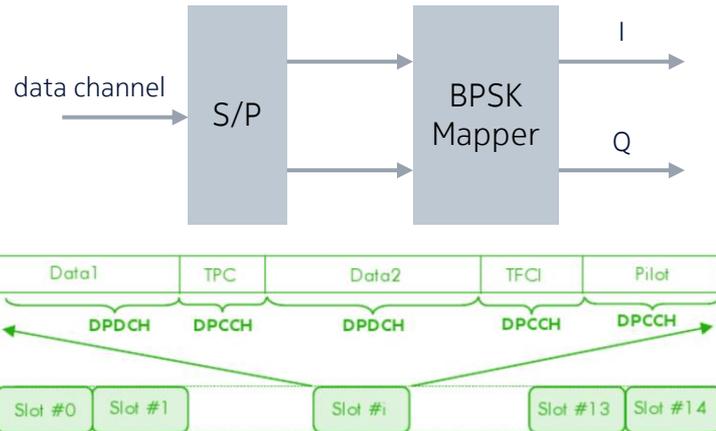


Interfaz de Radio WCDMA

Modulación

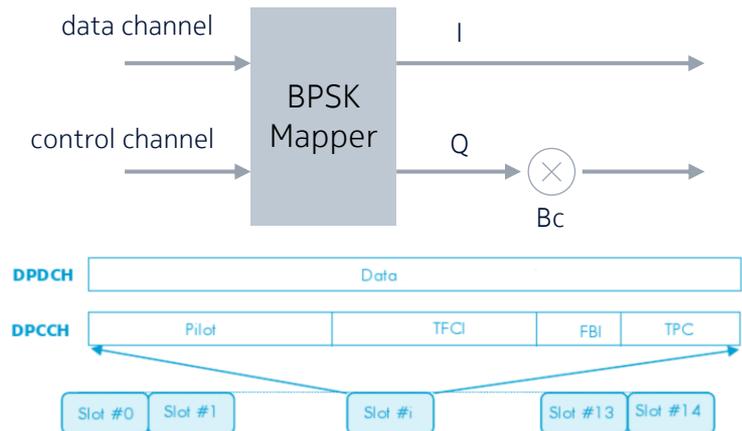
DL:

- Modulación QPSK.
- La señal se separa en 2 streams independientes, cada uno modulado en BPSK.
- Canales de datos y control se multiplexan en el tiempo. Control refiere a capa física. No señalización L3.
- Control de potencia: el canal de control se envía en forma continua.
- Hasta SF8 con bitrate de 384 kbps.



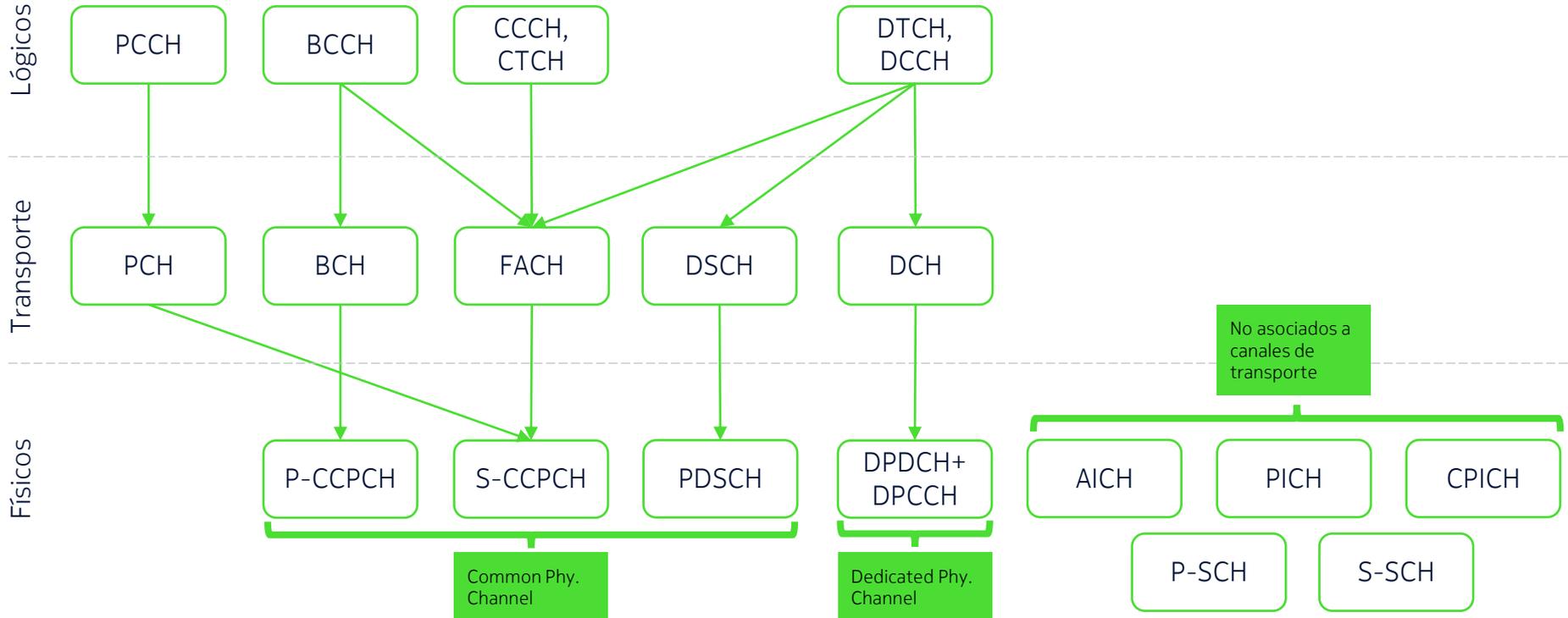
UL:

- Modulación BPSK.
- Canal de datos se envía por I.
- Canal de control se manda por Q a distinta potencia.
- Hasta SF8 con bitrate de 384 kbps.



Interfaz de Radio WCDMA

Canales Downlink



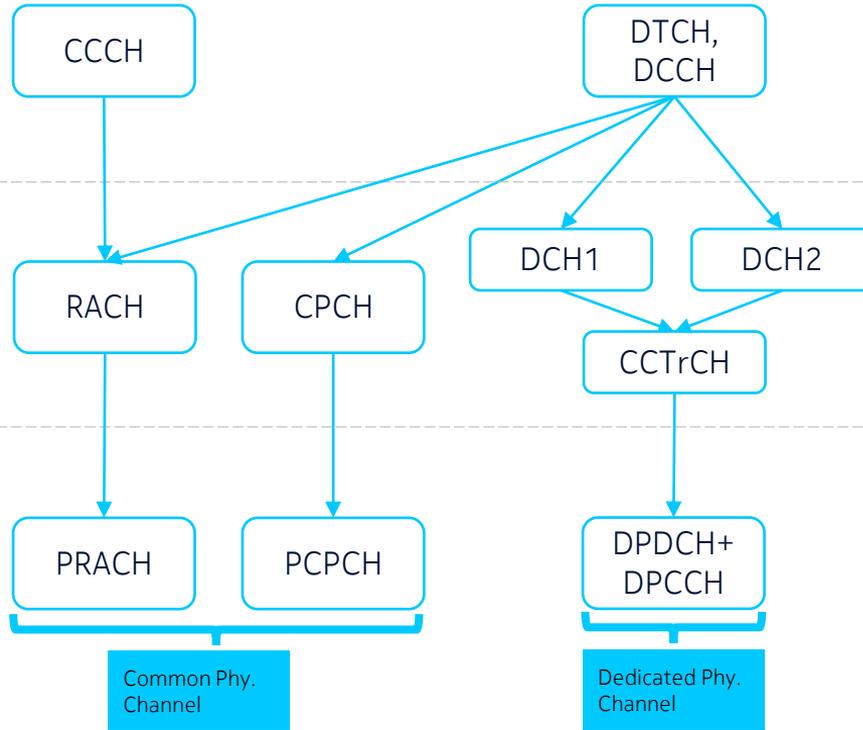
Interfaz de Radio WCDMA

Canales Uplink

Lógicos

Transporte

Físicos



Interfaz de Radio WCDMA

CPICH

Common **P**ilot **C**hannel.

- Canal piloto de referencia para estimar el canal y ecualizar.
- Se envía una señal ya conocida por el móvil que el móvil puede buscar para encontrar la celda.
- Permite también detectar el SC de la celda.
- Se utilizan medidas de este canal para criterios de movilidad:

RSCP [dBm]

- **R**eceived **S**ignal **C**ode **P**ower.
- Potencia en promedio en Rx del canal piloto CPICH.

RSSI [dBm]

- **R**eceived **S**ignal **S**trength **I**ndicator.
- Total de potencia recibida.

EcNo [dB]

- **E**nergy **C**hip **N**oise.
- $EcNo = RSCP / RSSI < 0 \text{ dB}$
- **Influye la carga de la propia celda y sus vecinas!**

Al medir en toda la banda también se miden canales de control y de tráfico que aumentan la potencia total recibida RSSI.

Carga alta → RSSI alto → EcNo bajo.

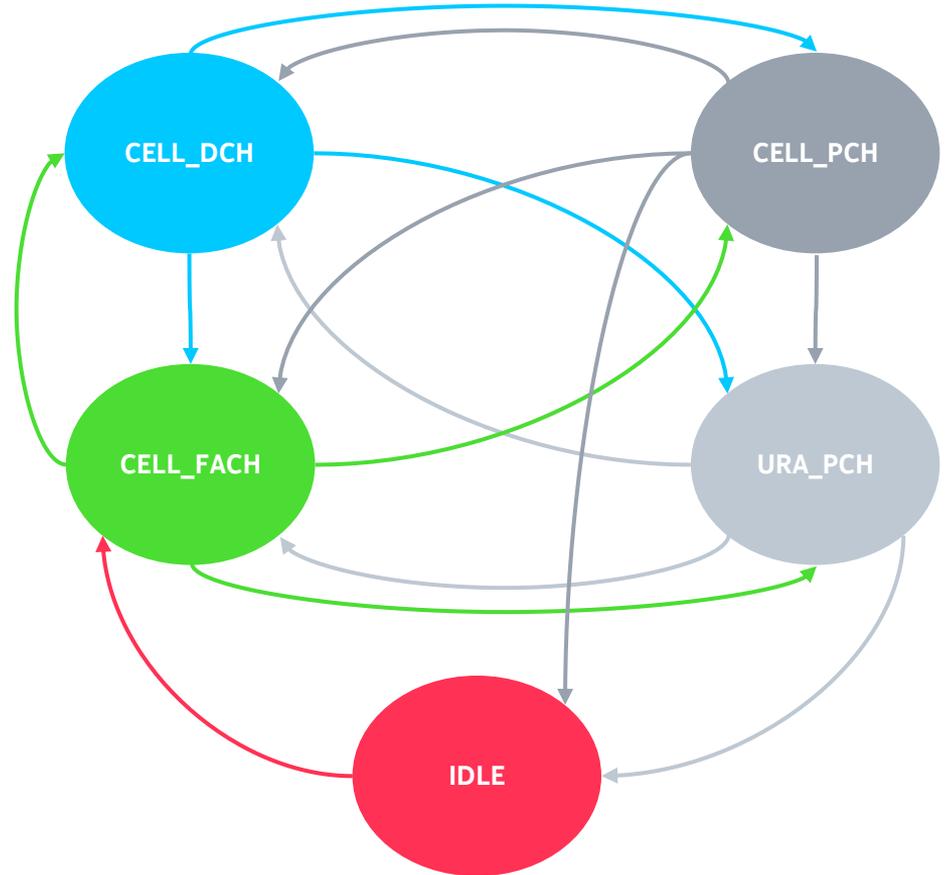
Carga baja → RSSI bajo → EcNo alto.

Interfaz de Radio WCDMA

RRC States

Con el objetivo de reducir la latencia en el establecimiento, se definen distintos estados del RRC.

- Móvil está (casi) siempre con un RRC activo.
- El RNC mantiene info de RRC.
- El RRC se libera al pasar a idle, y hay menos uso de estado idle.
- Para el CN se mantiene conectado mientras no esté en idle. Si tiene datos para enviarle se los enviará al RNC en luPS.



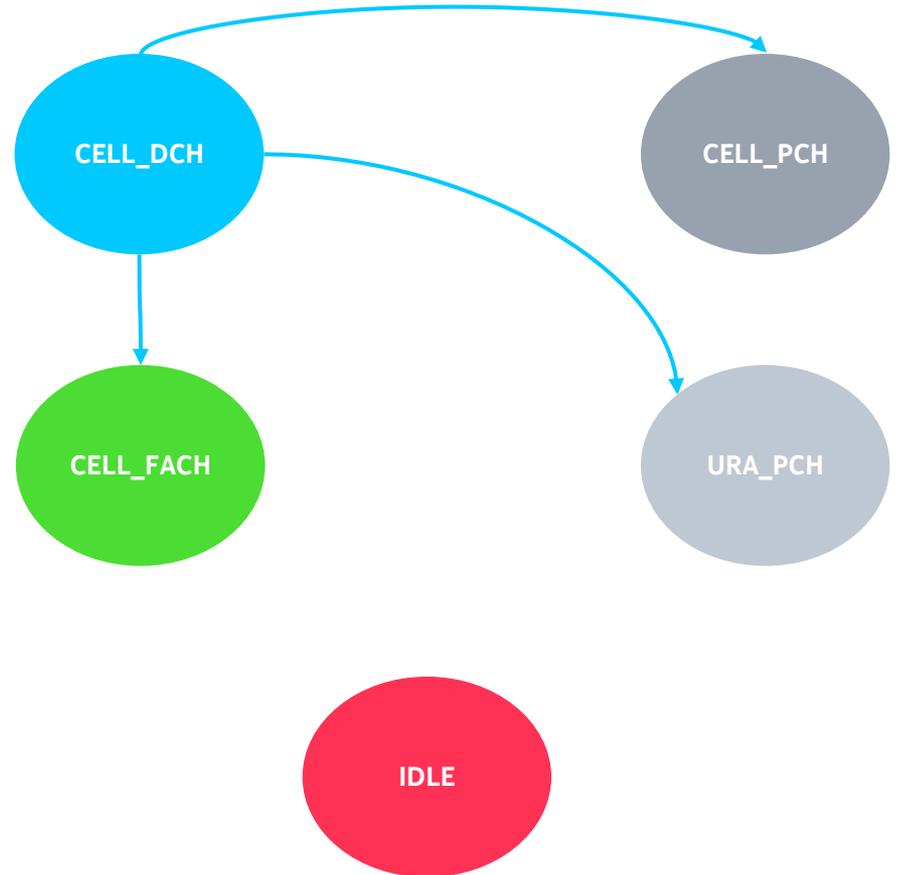
Interfaz de Radio WCDMA

RRC States

DCH: Dedicated CHannel.

En CELL_DCH:

- El móvil tiene recursos dedicados (al menos un channelization code).
- Si el tráfico baja se lo puede pasar a CELL_FACH o si directamente no traficaré más dispara SCRI (Signaling Connection Release Indicator) y pasa a CELL_PCH o URA_PCH.
- Este proceso es una funcionalidad desde release R8 y se denomina Fast Dormancy.

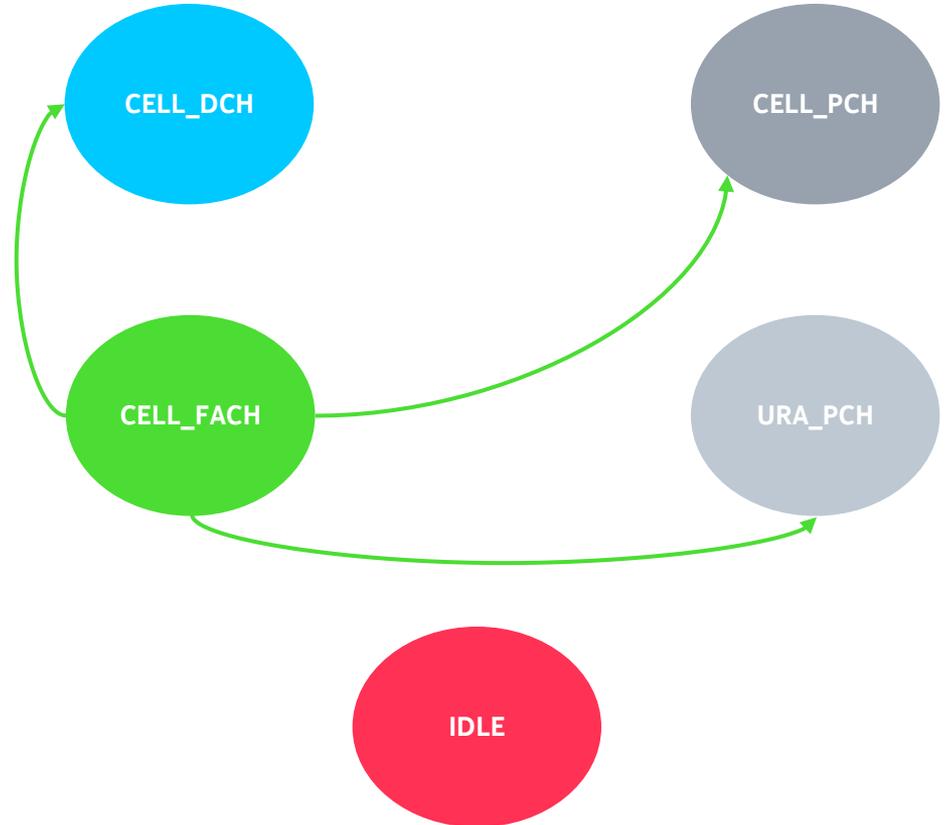


Interfaz de Radio WCDMA

RRC States

FACH: Forward Access CHannel.

- Se utiliza el canal de FACH que utiliza recursos del canal físico SCCPCH para el envío de tráfico DL.
- Si el tráfico es muy bajo esta estado intermedio permite no ocupar un código dedicado al usuario.
- Si el tráfico aumenta el móvil vuelve a CELL_DCH.
- Si pasa cierto tiempo sin tráfico va a CELL_PCH o URA_PCH.

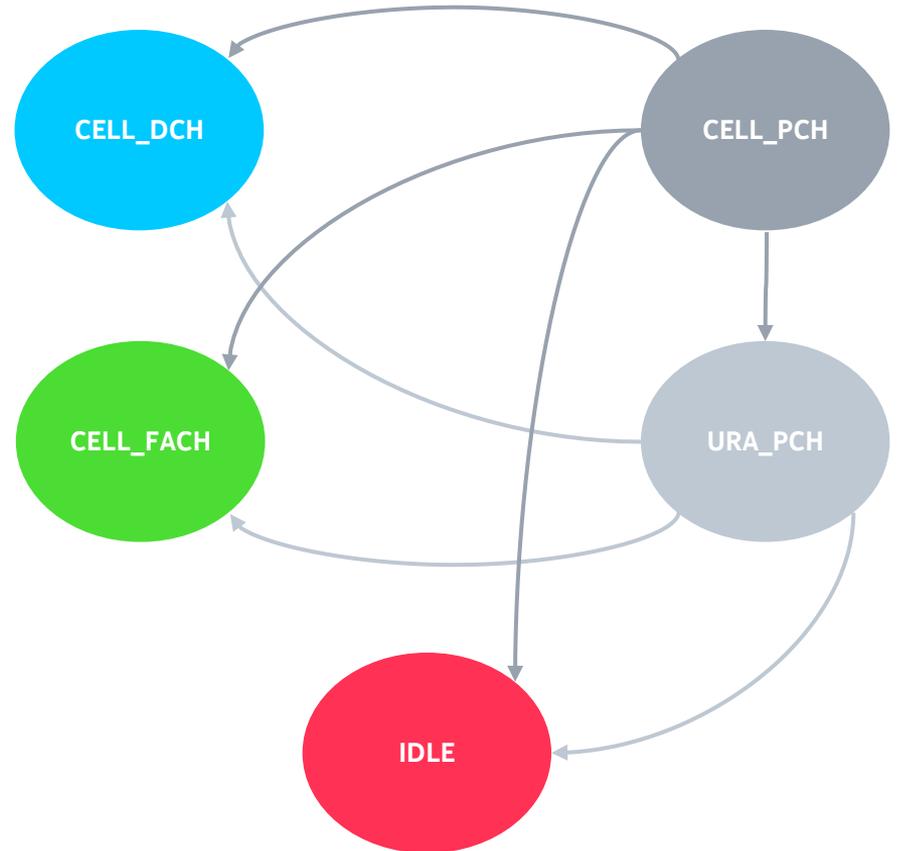


Interfaz de Radio WCDMA

RRC States

PCH: Paging Channel.

- En CELL_PCH y URA_PCH el móvil no puede traficar. Necesita solicitar recursos en FACH o DCH mediante mensaje de CELL_UPDATE mediante RACH.
- En CELL_PCH el RNC conoce la ubicación del móvil a nivel de celda, si tiene que enviarle tráfico será con un paging a la celda. Cada vez que reselectiona a otra celda el móvil debe notificar al RNC.
- En URA_PCH el RNC conoce la ubicación del móvil a nivel de URA, conjunto de celdas del RNC. Si tiene que enviarle tráfico enviará paging al URA. Cada vez que cambie de URA el móvil debe notificar al RNC.
- CELL_PCH permite no enviar pagings a muchas celdas. URA_PCH permite que móviles que pueden cambiar seguido de una celda a otra eviten tener que señalar cada vez.
- Después de un tiempo (largo) en PCH, el móvil puede pasar a idle.



Interfaz de Radio WCDMA

HSDPA

High Speed Downlink Packet Access.

- Introducido en R5 (2005). Móviles posteriores a este release lo soportan.
- Mejoras en transferencias de datos para el DL.
- En R99 la asignación de códigos es semi-estática. Cuando el móvil entra a la celda se le configuran los correspondientes códigos de canalización; por ej. uno para señalización y otro para tráfico.
- Esto se adapta bien a tráfico persistente como una llamada de voz... pero no a tráfico de datos que es a ráfagas o bursty.
- HSDPA introduce:
 - Asignación dinámica de códigos SF16. A cargo del NodeB que toma más responsabilidades.
 - Time Transmission Interval (TTI) de 2 ms.
 - HARQ → ACK/NACK a nivel de capa MAC entre UE y NodeB.
 - Modulación 16 QAM.
 - CQI: Channel Quality Indicator. Valor del 1 al 30 de estado del canal.

Interfaz de Radio WCDMA

HS-DSCH

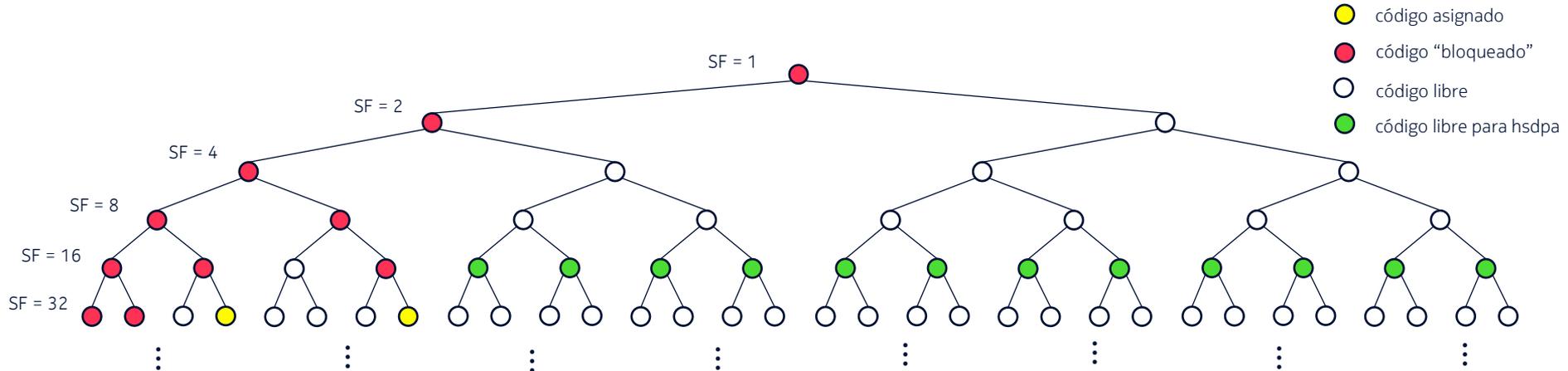
- En cada TTI asigno códigos DL del árbol a distintos usuarios.
 - TTI = 2 ms.
 - Reparto de hasta 15 códigos entre 4 UEs/TTI.
 - Puedo dar los 15 códigos SF16 a un único usuario → mayor uso del árbol OVFS por usuario (antes hasta 1 SF8).
 - Canal HS-SCCH → señalización de asignación de códigos.
 - Canal HS-DSCH → canal compartido de transmisión de datos al que se asignan códigos dinámicamente.
 - El nodeB se encarga de asignación de recursos en HS-DSCH.
 - Sistema WCDMA/TDMA.
 - Sin macro-diversidad en DL:
 - Evitar uso elevado de potencia en sistema.
 - Requeriría asignación cada 2 ms.

	TTI = N	TTI = N + 1	TTI = N + 2	TTI = N + 3	TTI = N + 4	TTI = N + 5
[Code #16 blocked by R99 codes]						
[Code #15 blocked by R99 codes]						
UE1	UE1	UE1	UE4	UE2	UE3	
UE1	UE1	UE1	UE4	UE2	UE3	
UE1	UE1	UE1	UE4	UE2	UE3	
UE1	UE1	UE1	UE4	UE2	UE3	
UE2	UE1	UE1	UE4	UE1	UE3	
UE2	UE1	UE1	UE4	UE1	UE3	
UE2	UE2	UE1		UE1	UE5	
UE2	UE2			UE3	UE5	
UE3	UE2			UE3	UE5	
UE3	UE2			UE3	UE5	
UE3			UE1	UE4	UE5	
UE3			UE1	UE4	UE5	
UE3			UE1	UE4	UE5	
UE3			UE1	UE4	UE5	

Interfaz de Radio WCDMA

HS-DSCH

- El árbol sigue siendo compartido con el resto de los canales, incluyendo canales dedicados de usuarios para señalización o tráfico de voz/datos.
 - Usuarios con HSDPA igualmente tienen que tener señalización y utilizarán al menos un código R99.
 - Más tráfico de voz → menos códigos SF16 disponibles en el árbol.



Interfaz de Radio WCDMA

AMC

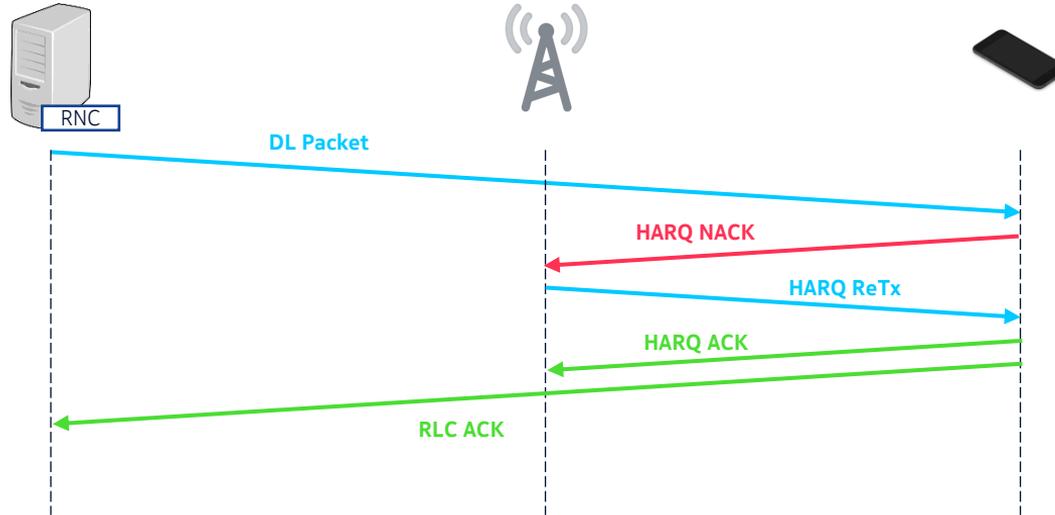
- **A**daptive **M**odulation and **C**oding.
- Se define el CQI: Channel Quality Indicator.
- Medida de 1..30 adimensionada que el móvil comunica a NodeB indicando estado del canal.
 - CQI = 1: SINR bajo. Utilizar modulación robusta, menos bits/symbol y con más redundancia.
 - CQI = 30: SINR alto. Utilizar modulación más espectralmente eficiente.
- Dos posibles modulaciones:
 - QPSK: 2 bits/symbol.
 - 16QAM: 4 bits/symbol.

Interfaz de Radio WCDMA

HARQ

Hybrid **A**utomatic **R**epeat **r**e**Q**uest.

- Con el HARQ se busca agilizar el ACK/NACK para re-transmitir rápidamente si es necesario.
- Es el NodeB el encargado de procesar el paquete de capa MAC y evaluar con CRC si llegó bien o no.
- Se reduce el delay en la retransmisión.
- Sigue habiendo ACK/NACK a nivel de capa RLC si en AM (Acknowledge Mode).



Interfaz de Radio WCDMA

Throughput HSDPA

- $\text{symbol_rate} \times \text{SF} = \text{chip_rate}$
- $\text{symbol_rate} = \text{chip_rate} / \text{SF} = 3.84 \text{ Mcps} / 16 \text{ c/sym} = 240 \text{ ksym/s}$
- 16QAM: 4 bits/sym \rightarrow bitrate = 960 kbps.
- Hasta 15 códigos \rightarrow bitrate total = **14.4 Mbps**.
- Con codificación del canal, por ej. 3 bits útiles + 1 bit de paridad: 10.8 Mbps.

Interfaz de Radio WCDMA

HSUPA

High **S**peed **U**plink **P**acket **A**ccess.

- Introducido en R6 (2006). Móviles posteriores a este release lo soportan.
- Mejoras en transferencias de datos para el UL. También pensado para tráfico de datos tipo ráfaga.
- HSUPA introduce:
 - **Asignación dinámica de UL power.** Si necesito más bitrate pido más potencia.
 - Time Transmission Interval (TTI) de 2 ms o 10 ms.
 - UL HARQ → ACK/NACK a nivel de capa MAC entre UE y NodeB.
 - Uso de SF2 y SF4.
 - Canales nuevos en DL.
 - Happy bit.
- Bitrate de hasta 5.7 Mbps.

Interfaz de Radio WCDMA

Nuevos Canales para HSUPA

DL:

- E-AGCH. Reparto inicial de potencia.
- E-RGCH. Ajuste de potencia delta sobre lo que determina E-AGCH. Utilizado en macro-diversidad para potencia relativa.
- E-HICH: Transmisión del ACK/NACK de HARQ.

Macro-diversidad

- En UL el móvil ya está mandando a todos lados (omni). Esto permite tener macro-diversidad en UL sin aumentar interferencia de sistema como sucedía en DL con el aumento del umbral.
- Potencia controlada con E-RGCH.

UL:

- E-DPDCH. Datos de usuario.
- E-DPCCH. Control asociado a E-DPDCH.

Interfaz de Radio WCDMA

Throughput HSUPA

- $\text{symbol_rate} \times \text{SF} = \text{chip_rate}$
 - SF4: $\text{symbol_rate} = 3.84 \text{ Mcps} / [4 \text{ c/sym} * 1 \text{ b/sym}] = 960 \text{ kbps}$.
- Varias opciones para E-DCH:
 - SF4: 960 kbps.
 - SF2+SF4: 2.8 Mbps
 - SF2+2xSF4: 3.8 Mbps
 - 2xSF2+2xSF4: 5.7 Mbps
- Happy Bit.
 - Indicador sencillo, 1 o 0, de si el móvil está conforme con asignación de potencia o si tiene datos pendientes aún que no está pudiendo enviar al radio por falta de recursos.
 - Si el móvil no está “happy” se le deben dar grants de potencia para mejorar el bitrate del UE.
- Macro-diversidad.
 - En UL el móvil ya está mandando a todos lados (omni). Aprovechar para tener macro-diversidad.
 - Potencia controlada con E-RGCH.

Interfaz de Radio WCDMA

F-DPCH

Fractional DPCH permite optimizar los recursos R99 del árbol OVSF.

- Todo usuario HSPA debe tener en principio un código R99 para señalización L3 (SRB; Signaling Radio Bearer).
- Idea: pasar SRB over HSPA... pero necesito DPCCH para control de potencia!
- Alternativa: multiplexo en el tiempo el control DPCCH de varios usuarios dentro del mismo código de canalización.
- De esta manera, enviando el SRB por HSPA puedo optimizar los recursos del árbol y conseguir tener más códigos disponibles para HS-DSCH u otros usos.

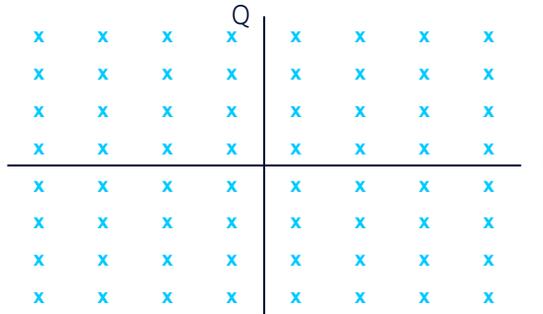
Interfaz de Radio WCDMA

HSPA+

HSPA+ introduce los siguientes aspectos:

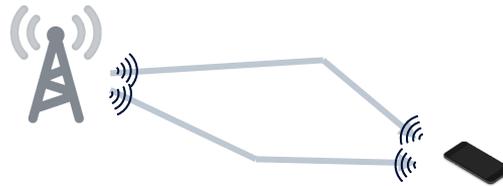
64 QAM

- 6 bits/symbol, cuando tenía hasta 4 bits/symbol.
- $\text{bitrate_max} = 14.4 \text{ Mbps} \times 6/4 = 21.6 \text{ Mbps}$.



2x2 DL MIMO

- **M**ultiple **I**nput **M**ultiple **O**utput.
- Utilizar 2 Tx y recibir en UE en 2 Rx.
- Duplico el tráfico
→ $\text{bitrate_max} = 42 \text{ Mbps}$.



DC-HSPA

- **D**ual **C**arrier HSPA.
- Recibir en el mismo UE por 2 portadoras WCDMA contiguas al mismo tiempo.
- Duplico el tráfico
→ $\text{bitrate_max} = 84 \text{ Mbps}$.



Bibliografía



Bibliografía

Documentos de Interés

- **Introduction to 3G mobile communications**
Juha Korhonen
- **From GSM to LTE-Advanced Pro and 5G**
Martin Sauter
- **UMTS Networks and Beyond**
Cornelia Kapper
- **WCDMA/HSPA + GSM/GPRS**
sharetechnote.com