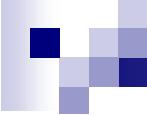




100 ^{años}
PUCP

Interfaz de aire UMTS-HSPA

Ing. Edgar Velarde
edgar.velarde@pucp.pe
blog.pucp.edu.pe/telecom



Bandas UTRA

(3GPP TS 25.106)

Bandas 850 MHz, 1900 MHz para HSPA en el Perú

Banda	Rango de Frecuencias (MHz)		Empresa	Área de Asignación	Cantidad (MHz)
	Ida	Retorno			
850-A	824 - 835	869 - 880	Telefónica Móviles S.A.	A Nivel Nacional	2 x 11
	845 - 846,5	890 - 891,5			2 x 1,5
850-B	835 - 845	880 - 890	América Móvil Perú S.A.C.	A Nivel Nacional	2 x 10
	846,5 - 849	891,5 - 894			2 x 2,5
1900-A	1850 - 1865	1930 - 1945	América Móvil Perú S.A.C.	A Nivel Nacional	2 x 15
1900-D	1865 - 1870	1945 -1950	Nextel del Perú S.A.	A Nivel Nacional	2 x 5
1900-B	1870 - 1882,5	1950 - 1962,5	Telefónica Móviles S.A.	A Nivel Nacional	2 x 12,5
1900-E	1882,5 - 1895	1962,5 - 1975	Nextel del Perú S.A.	A Nivel Nacional	2 x 12,5
1900-F	1895 - 1897,5	1975 - 1977,5	América Móvil Perú S.A.C.	A Nivel Nacional	2 x 2,5
1900-C	1897,5 - 1910	1977,5 -1990	Viettel Perú S.A.C.	A Nivel Nacional	2 x 12,5

Bandas UTRA

Table 5.1: Frequency bands

Operating Band	UL Frequencies UE transmit, Node B receive	DL frequencies UE receive, Node B transmit
I	1920 - 1980 MHz	2110 - 2170 MHz
II	1850 - 1910 MHz	1930 - 1990 MHz
III	1710 - 1785 MHz	1805 - 1880 MHz
IV	1710 - 1755 MHz	2110 - 2155 MHz
V	824 - 849MHz	869 - 894MHz
VI	830 - 840 MHz	875 - 885 MHz
VII	2500 - 2570 MHz	2620 - 2690 MHz
VIII	880 - 915 MHz	925 - 960 MHz
IX	1749.9 - 1784.9 MHz	1844.9 - 1879.9 MHz
X	1710 - 1770 MHz	2110 - 2170 MHz
XI	1427.9 - 1447.9 MHz	1475.9 - 1495.9 MHz
XII	698 - 716 MHz	728 - 746 MHz
XIII	777 - 787 MHz	746 - 756 MHz
XIV	788 - 798 MHz	758 - 768 MHz
XV	Reserved	Reserved
XVI	Reserved	Reserved
XVII	Reserved	Reserved
XVII	Reserved	Reserved
XIX	830 – 845 MHz	875 – 890 MHz
XX	832 – 862 MHz	791 – 821 MHz
XXI	1447.9 – 1462.9 MHz	1495.9 – 1510.9 MHz
XXII	3410 – 3490 MHz	3510 – 3590 MHz
XXV	1850 – 1915 MHz	1930 – 1995 MHz

Separación entre frecuencias del UL y DL

Table 5.2: TX-RX frequency separation

Operating Band	TX-RX frequency separation
I	190 MHz
II	80 MHz
III	95 MHz
IV	400 MHz
V	45 MHz
VI	45 MHz
VII	120 MHz
VIII	45 MHz
IX	95 MHz
X	400 MHz
XI	48 MHz
XII	30 MHz
XIII	31 MHz
XIV	30 MHz
XIX	45 MHz
XX	41 MHz
XXI	48 MHz
XXII	100 MHz
XXV	80 MHz

UTRA Absolute Radio Frequency Channel Number (UARFCN)

The carrier frequency is designated by the UTRA Absolute Radio Frequency Channel Number (UARFCN).

For each operating band, the UARFCN values are defined as follows.

Uplink: $N_U = 5 * (F_{UL} - F_{UL_Offset})$, for the carrier frequency range $F_{UL_low} \leq F_{UL} \leq F_{UL_high}$

Downlink: $N_D = 5 * (F_{DL} - F_{DL_Offset})$, for the carrier frequency range $F_{DL_low} \leq F_{DL} \leq F_{DL_high}$

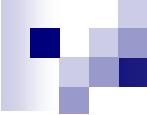
For each operating Band, F_{UL_Offset} , F_{UL_low} , F_{UL_high} , F_{DL_Offset} , F_{DL_low} and F_{DL_high} are defined in Table 5.3 for the general UARFCN. For the additional UARFCN, F_{UL_Offset} , F_{DL_Offset} and the specific F_{UL} and F_{DL} are defined in Table 5.4.

Table 5.3: UARFCN definition (general)

Band	UPLINK (UL)				DOWNLINK (DL)			
	UE transmit, Node B receive	Carrier frequency (F_{UL})	UARFCN formula offset	F_{UL_Offset} [MHz]	UE receive, Node B transmit	Carrier frequency (F_{DL})	range [MHz]	
I	0	1922.4	1977.6	0	2112.4	2167.6		
II	0	1852.4	1907.6	0	1932.4	1987.6		
III	1525	1712.4	1782.6	1575	1807.4	1877.6		
IV	1450	1712.4	1752.6	1805	2112.4	2152.6		
V	0	826.4	846.6	0	871.4	891.6		
VI	0	832.4	837.6	0	877.4	882.6		
VII	2100	2502.4	2567.6	2175	2622.4	2687.6		
VIII	340	882.4	912.6	340	927.4	957.6		
IX	0	1752.4	1782.4	0	1847.4	1877.4		
X	1135	1712.4	1767.6	1490	2112.4	2167.6		
XI	733	1430.4	1450.4	736	1478.4	1498.4		
XII	-22	700.4	713.6	-37	730.4	743.6		
XIII	21	779.4	784.6	-55	748.4	753.6		
XIV	12	790.4	795.6	-63	760.4	765.6		
XV	770	832.4	842.6	735	877.4	887.6		
XX	-23	834.4	859.6	-109	793.4	818.6		
XXI	1358	1450.4	1460.4	1326	1498.4	1508.4		
XXII	2525	3412.4	3487.6	2580	3512.4	3587.6		
XXV	875	1852.4	1912.6	910	1932.4	1992.6		

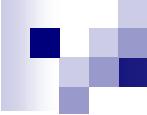
Table 5.4: UARFCN definition (additional channels)

Band	UPLINK (UL)			DOWNLINK (DL)		
	UE transmit, Node B receive	Carrier frequency [MHz]	UARFCN formula offset	UE receive, Node B transmit	Carrier frequency [MHz]	
	UARFCN formula offset	F _{UL} _offset [MHz]	F _{DL} _offset [MHz]			
I	-	-	-	-	-	-
II	1850.1	1852.5, 1857.5, 1862.5, 1867.5, 1872.5, 1877.5, 1882.5, 1887.5, 1892.5, 1897.5, 1902.5, 1907.5	1850.1	1852.5, 1857.5, 1862.5, 1867.5, 1872.5, 1877.5, 1882.5, 1887.5, 1892.5, 1897.5, 1902.5, 1907.5	1932.5, 1937.5, 1942.5, 1947.5, 1952.5, 1957.5, 1962.5, 1967.5, 1972.5, 1977.5, 1982.5, 1987.5	-
III	-	-	-	-	-	-
IV	1380.1	1712.5, 1717.5, 1722.5, 1727.5, 1732.5, 1737.5 1742.5, 1747.5, 1752.5	1735.1	2112.5, 2117.5, 2122.5, 2127.5, 2132.5, 2137.5, 2142.5, 2147.5, 2152.5	-	-
V	670.1	826.5, 827.5, 831.5, 832.5, 837.5, 842.5	670.1	871.5, 872.5, 876.5, 877.5, 882.5, 887.5	-	-
VI	670.1	832.5, 837.5	670.1	877.5, 882.5	882.5	-
VII	2030.1	2502.5, 2507.5, 2512.5, 2517.5, 2522.5, 2527.5, 2532.5, 2537.5, 2542.5, 2547.5, 2552.5, 2557.5, 2562.5, 2567.5	2105.1	2622.5, 2627.5, 2632.5, 2637.5, 2642.5, 2647.5, 2652.5, 2657.5, 2662.5, 2667.5, 2672.5, 2677.5, 2682.5, 2687.5	-	-
VIII	-	-	-	-	-	-
IX	-	-	-	-	-	-
X	1075.1	1712.5, 1717.5, 1722.5, 1727.5, 1732.5, 1737.5, 1742.5, 1747.5, 1752.5, 1757.5, 1762.5, 1767.5	1430.1	2112.5, 2117.5, 2122.5, 2127.5, 2132.5, 2137.5, 2142.5, 2147.5, 2152.5, 2157.5, 2162.5, 2167.5	-	-
XI	-	-	-	-	-	-
XII	-39.9	700.5, 701.5, 706.5, 707.5, 712.5, 713.5	-54.9	730.5, 731.5, 736.5, 737.5, 742.5, 743.5	-	-
XIII	11.1	779.5, 784.5	-64.9	748.5, 753.5	-	-
XIV	2.1	790.5, 795.5	-72.9	780.5, 785.5	-	-
XIX	755.1	832.5, 837.5, 842.5	720.1	877.5, 882.5, 887.5	-	-
XX	-	-	-	-	-	-
XXI	-	-	-	-	-	-
XXII	-	-	-	-	-	-
XXV	810.1	1852.5, 1857.5, 1862.5, 1867.5, 1872.5, 1877.5, 1882.5, 1887.5, 1892.5, 1897.5, 1902.5, 1907.5, 1912.5	845.1	1932.5, 1937.5, 1942.5, 1947.5, 1952.5, 1957.5, 1962.5, 1967.5, 1972.5, 1977.5, 1982.5, 1987.5, 1992.5	-	-



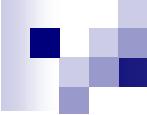
Ejemplo de UARFCN

- ¿Cuál son los UARFCN para las frecuencias centrales de 826.5 MHz y 871.5 MHz que corresponden a los límites inferiores de la banda V (tabla 4)?
 - $N_u = 5 \times (826.5 - 670.1) = 782$
 - $N_d = 5 \times (871.5 - 670.1) = 1007$
- La banda estaría entre:
 - UL: 824 - 829 MHz (frecuencia central: 826.5 MHz)
 - DL: 869 - 874 MHz (frecuencia central: 871.5 MHz)
 - Diferencia entre bandas: 45 MHz (tabla 5.2)

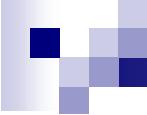


Channel Raster

- El channel raster es de 200 KHz para todas las bandas UTRA, lo que significa que las frecuencias centrales son un múltiple entero de 200 KHz (tabla 5.3)
- Hay bandas UTRA adicionales (tabla 5.4) cuyas frecuencias centrales están desplazadas 100 KHz respecto al channel raster



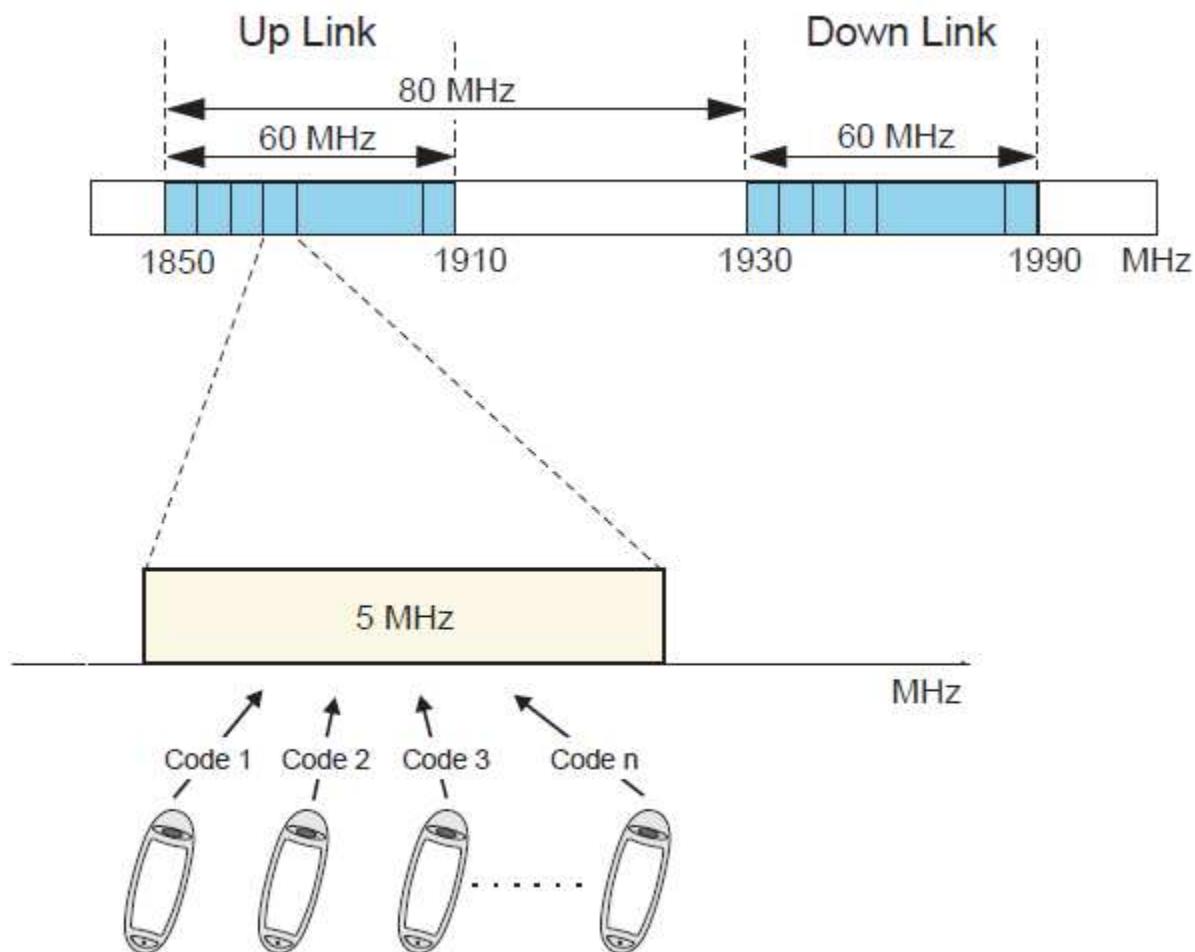
Conceptos de W-CDMA y la interfaz de aire Uu



W-CDMA

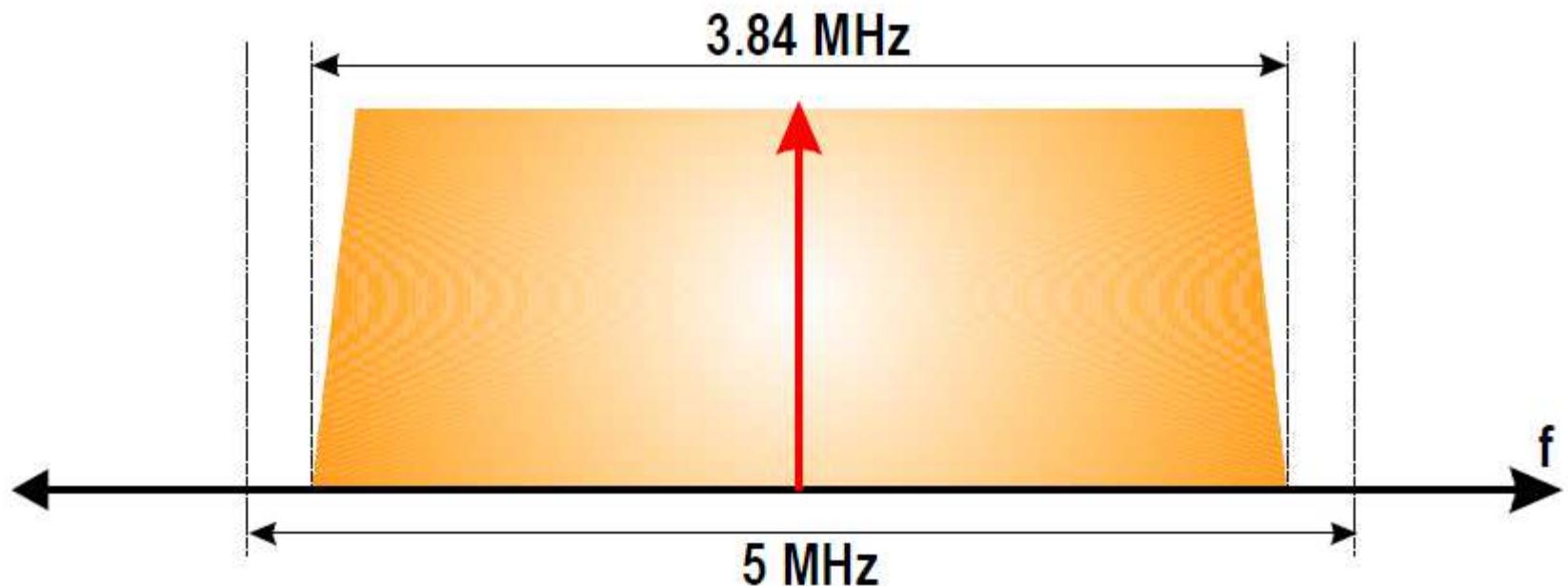
- W-CDMA usa la técnica de spread spectrum
- Esta técnica genera que las señales de radio asociadas a una llamada o sesión sean extendidas por el uso de códigos a través de todo el espectro de banda ancha
- Cada llamada o sesión se diferencia de otras dentro del mismo espectro por el uso de códigos ortogonales
- Se usan códigos OVSF (orthogonal variable spread factor) que tienen la siguientes características:
 - Auto-correlación alta y correlación cruzada baja
 - Mantienen la ortogonalidad entre códigos de longitud variable

Wideband Code Division Multiple Access (WCDMA)

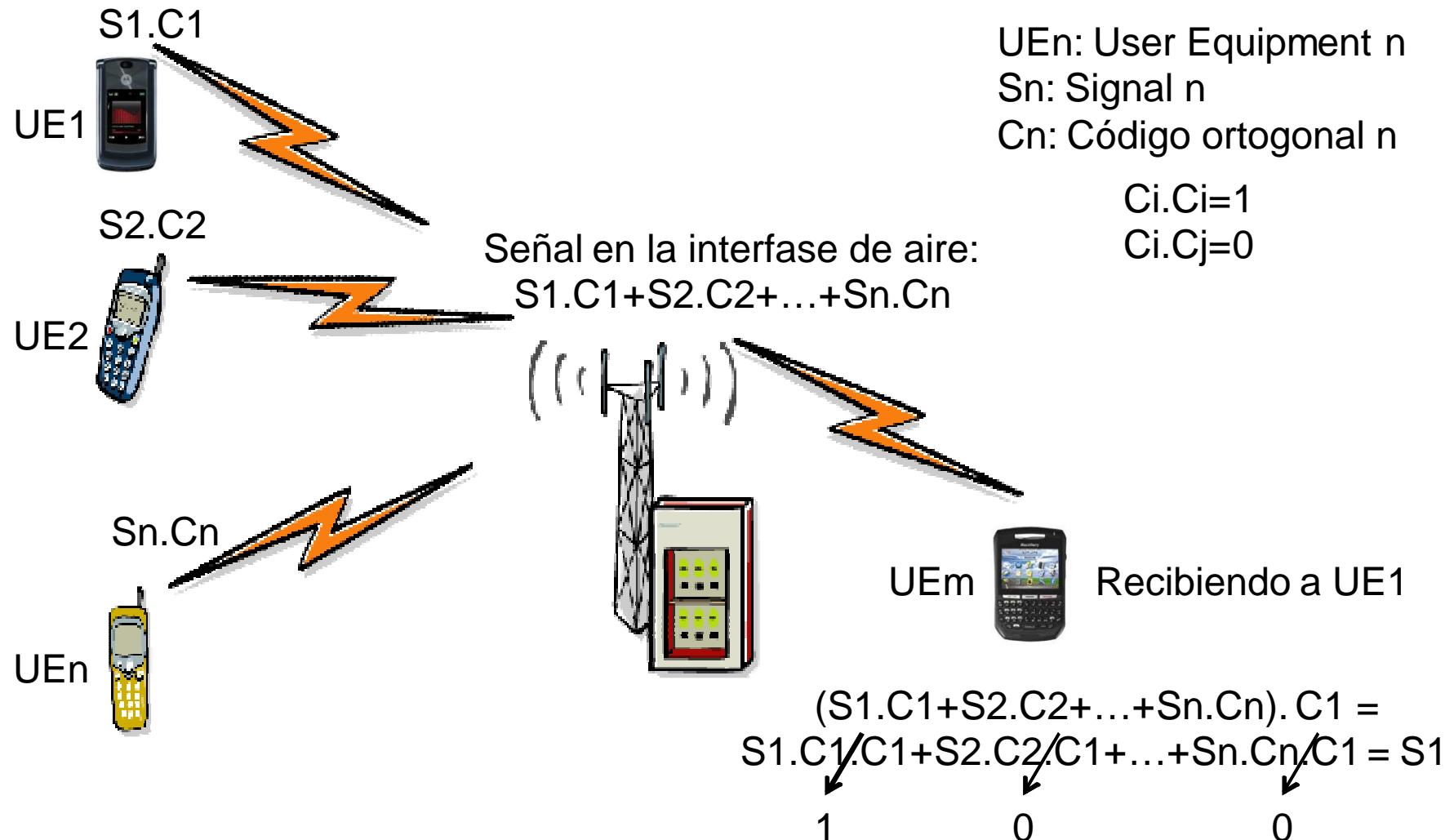


Portadora WCDMA

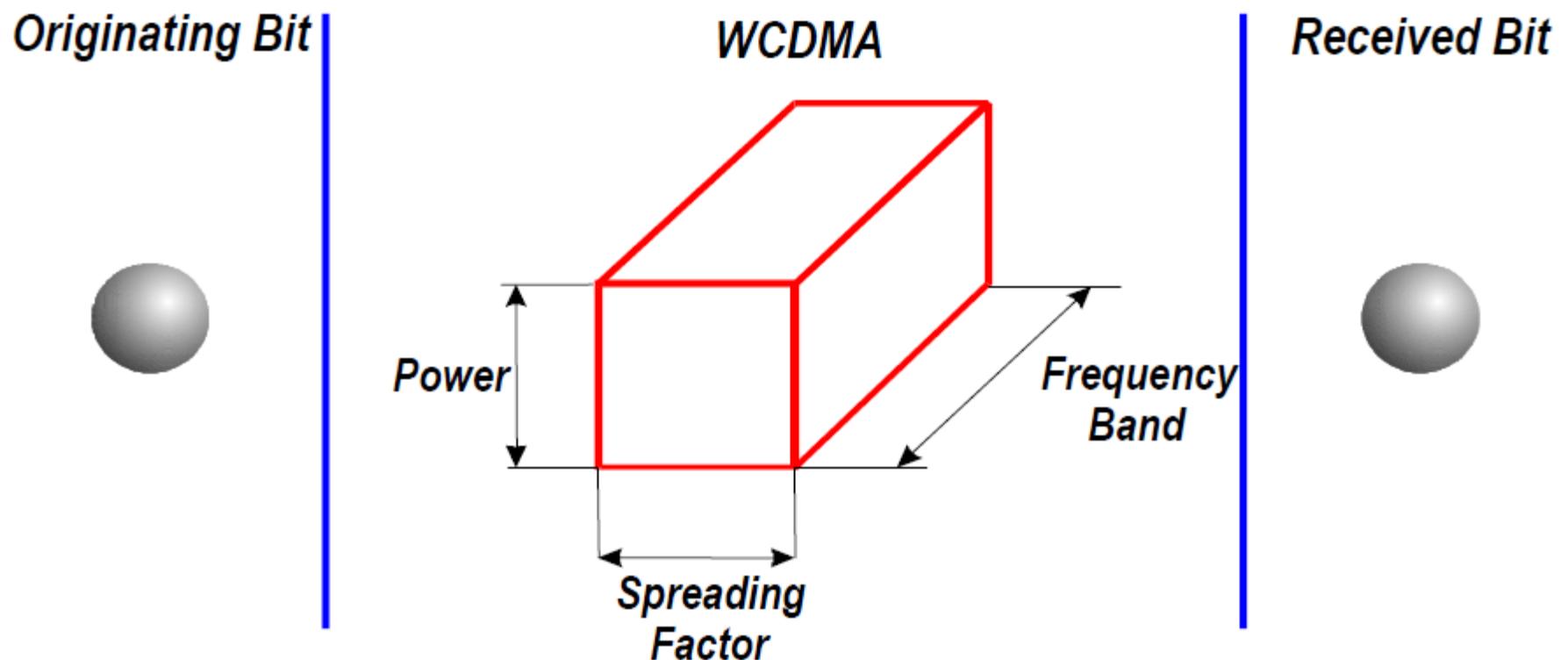
El ancho de banda efectivo es 3.84 MHz

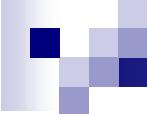


Uso de códigos ortogonales



Relación entre banda de frecuencia, potencia y spreading factor





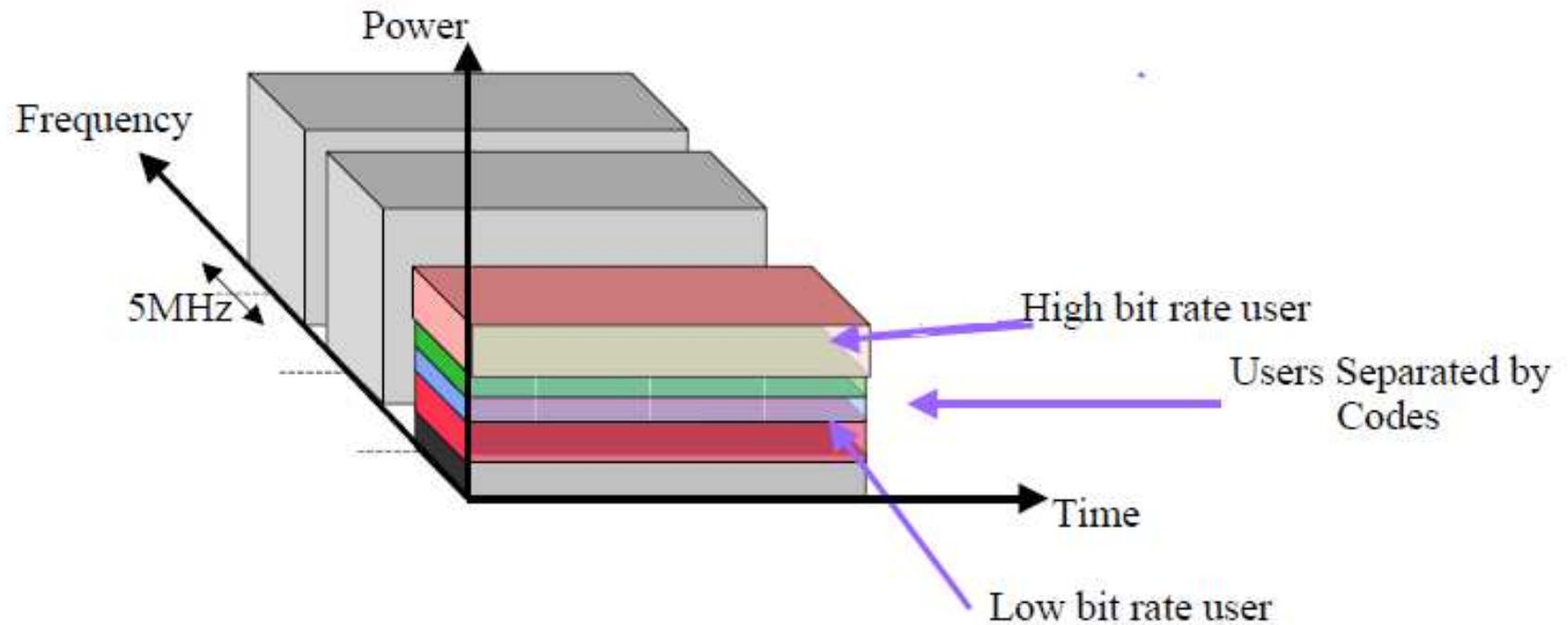
Relación entre spread factor y bit rate

Volumen del cubo permanece constante

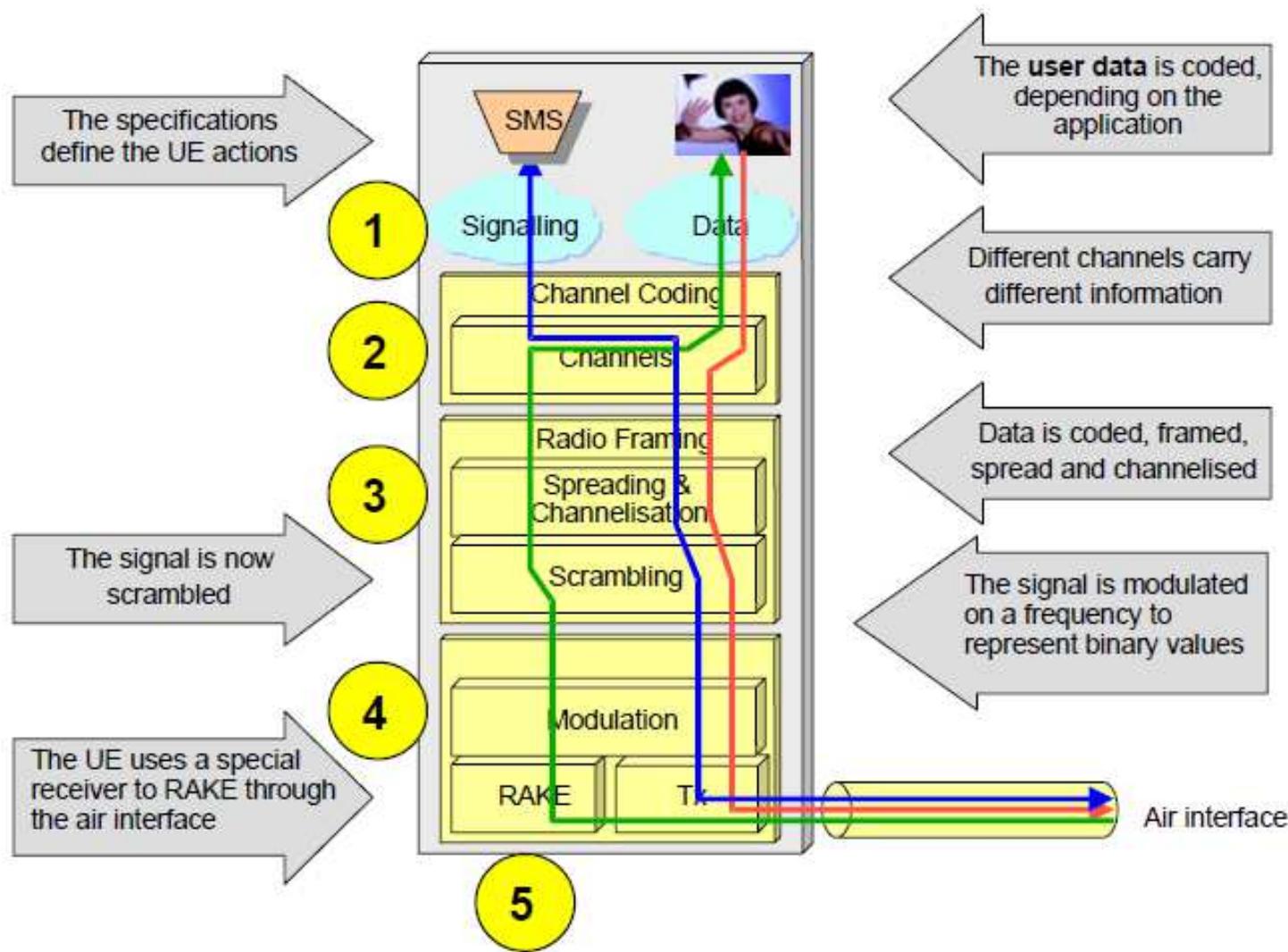
Frequency	Power	Spread factor	Bit rate
Constant	Higher	Lower	Higher
Constant	Lower	Higher	Lower

Spread factor x bit rate
es constante

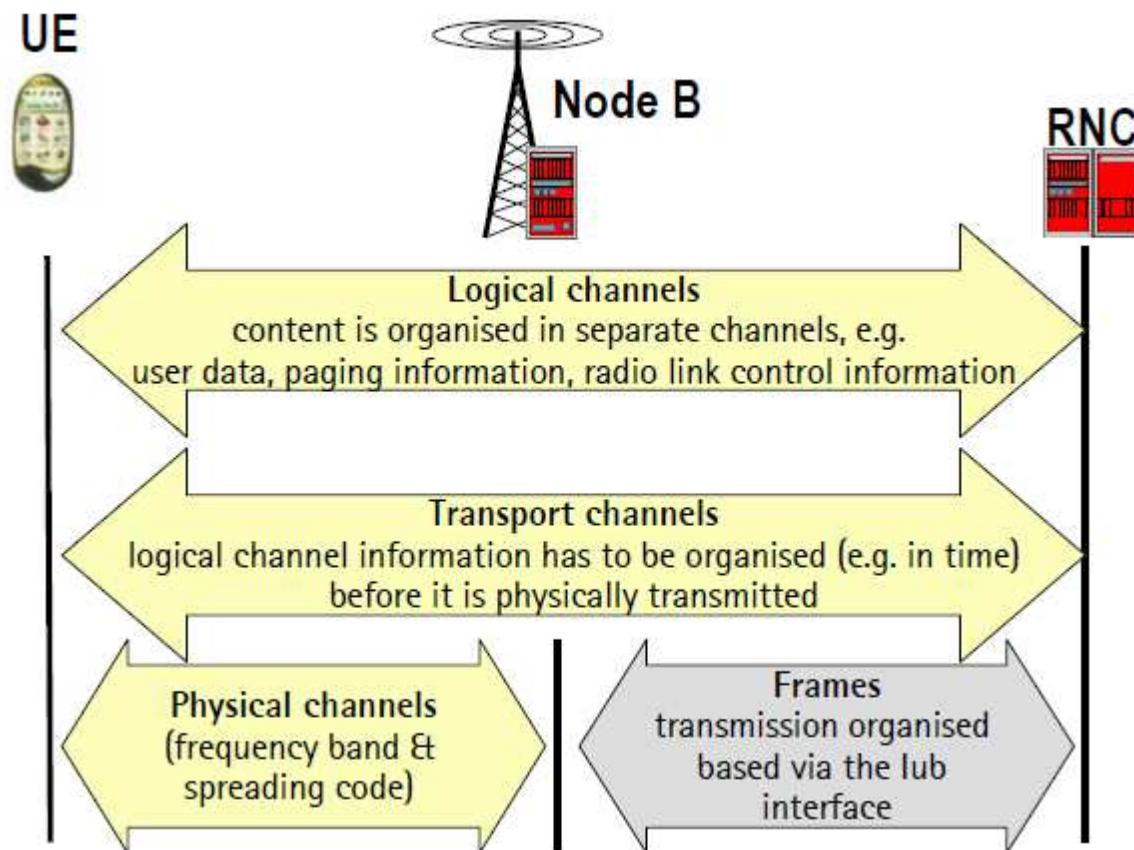
Diferentes porciones de recursos son asignados a llamadas o sesiones



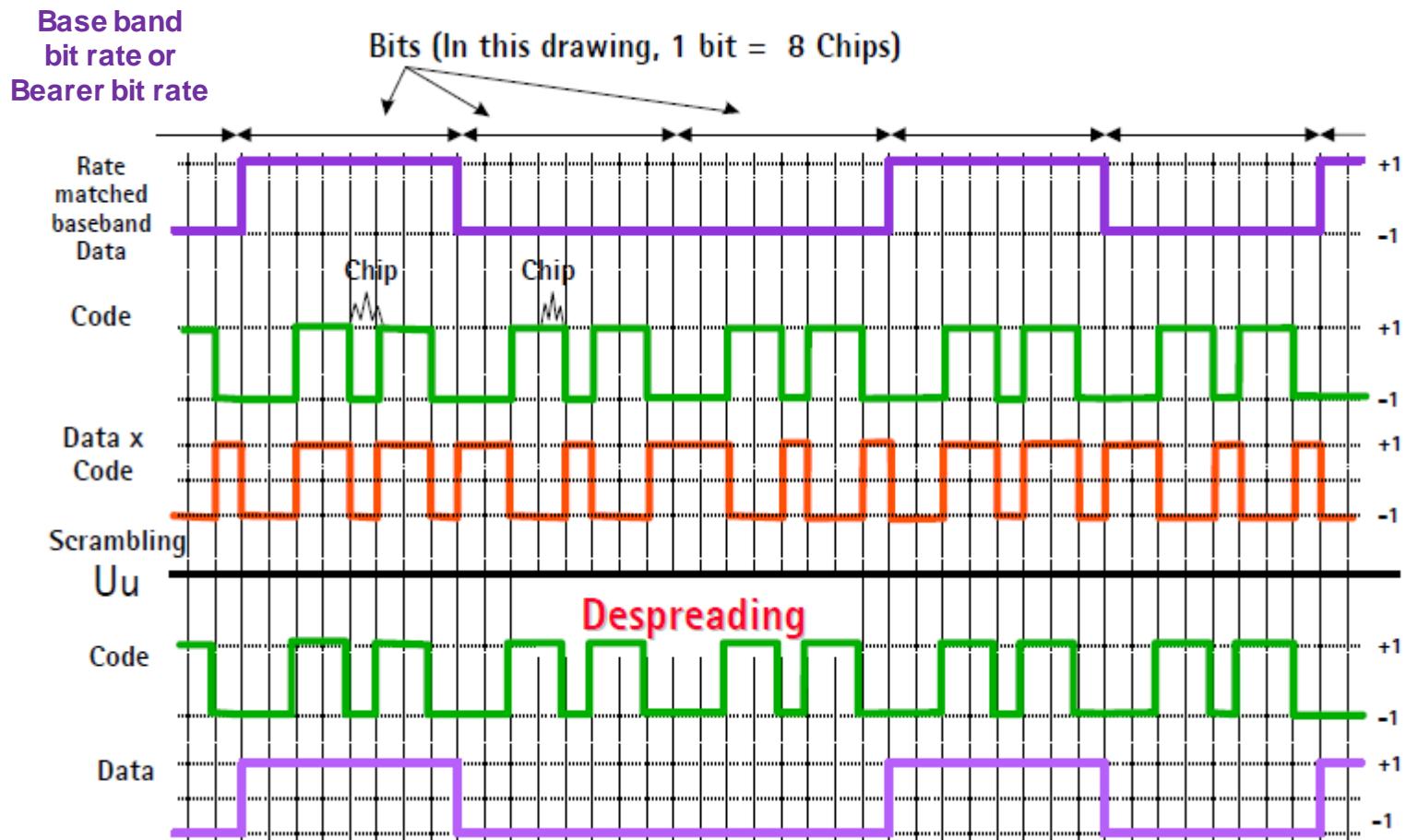
Transmisión y recepción desde un UE



Canales lógicos, de transporte y físicos

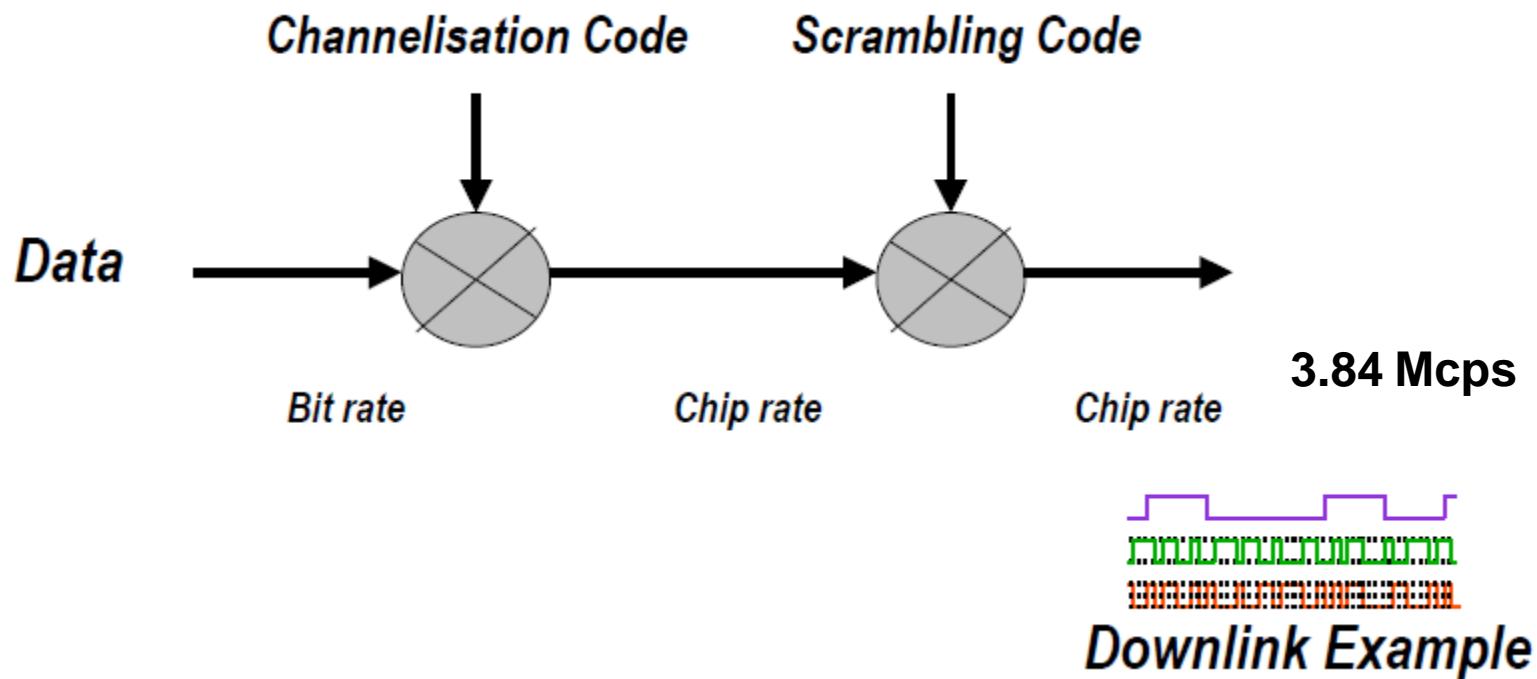


Rate matched baseband data y Chips



¿Qué son los chips?

- Los chips son el producto de los datos “rate matched baseband” por los códigos de canalización
- Los scrambling codes no cambian la tasa de chips

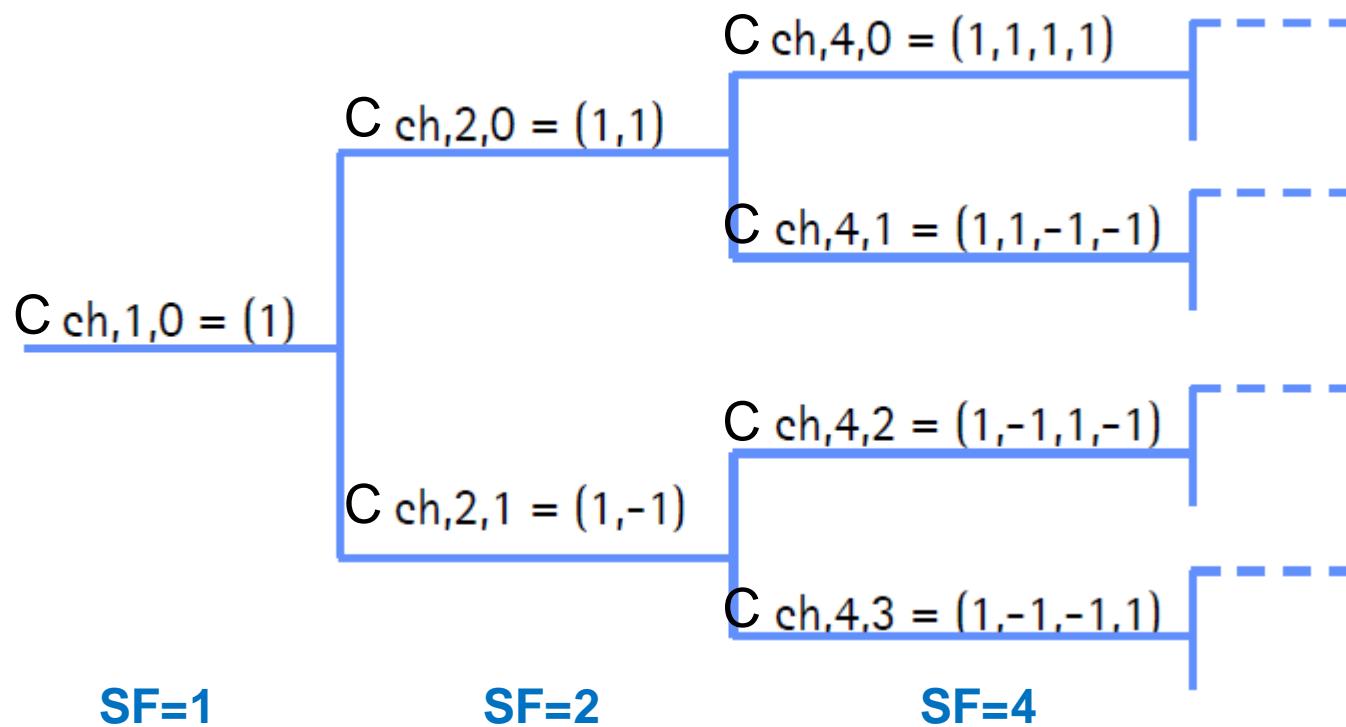


Rate matched baseband data

- Son los datos a los que se les aplicó channel coding y rate-matching, y son la entrada para la etapa de codificación ortogonal
- La tasa de chip máxima es 3.84 Mcps, entonces la tasa de bits del rate matched baseband data (bearer bit rate) es por ejemplo:
 - Si SF=4 → $3,840/4 = 960$ Kbps
 - Si SF=256 → $3,840/256 = 15$ Kbps

Bearer bit rate	15 Kbps	30 Kbps	60 Kbps	120 Kbps	240 Kbps	480 Kbps	960 Kbps
SF	256	128	64	32	16	8	4

Códigos de canalización están organizados en un árbol de códigos OVSF

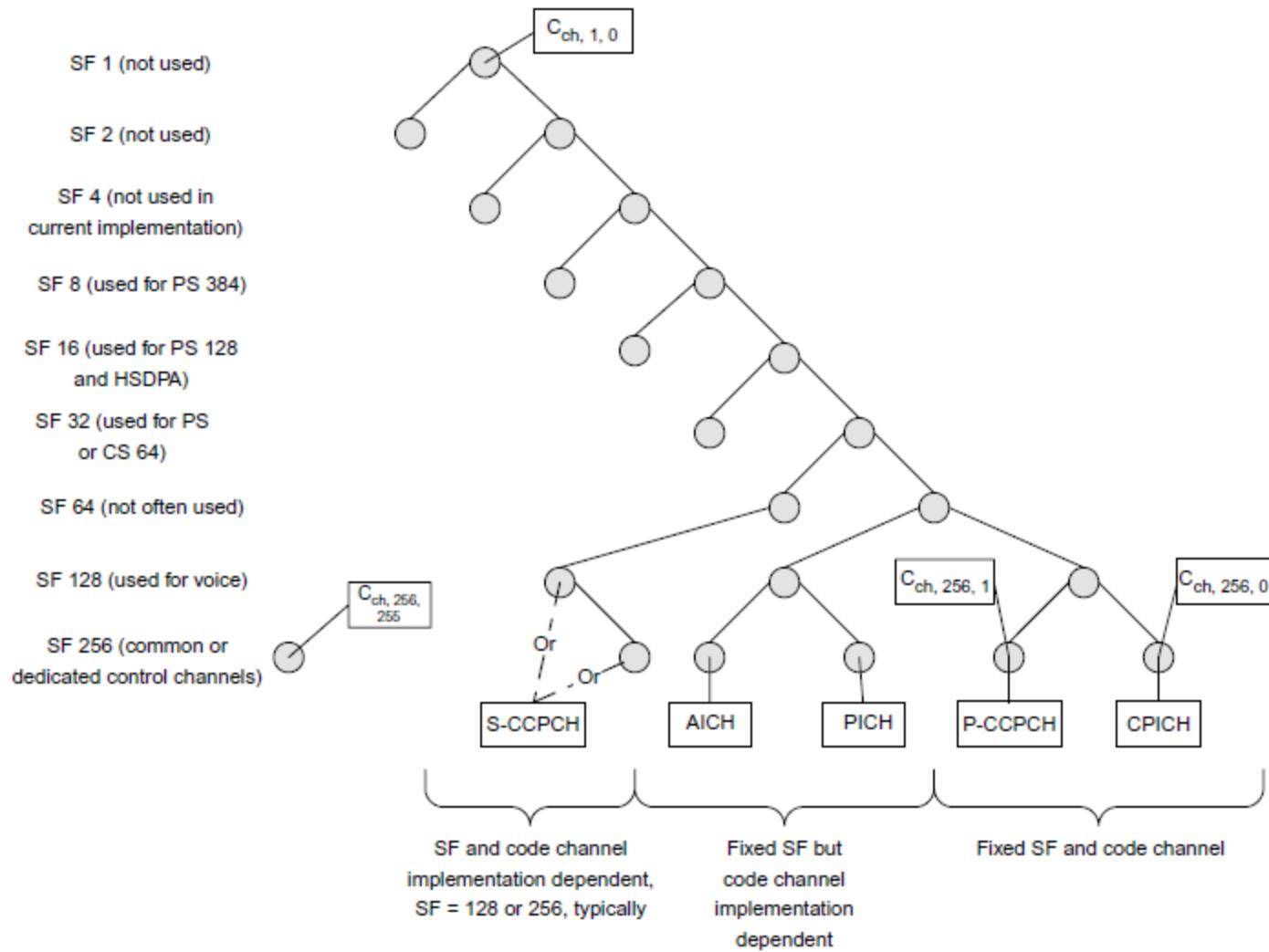


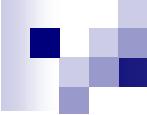
Códigos OVSF: $C_{ch,SF,k}$

SF: spread factor 2^n (uso entre 4 y 256)

k: entre 0 y SF-1

Árbol de códigos OVSF para el DL (Es el mismo árbol pero en forma vertical)

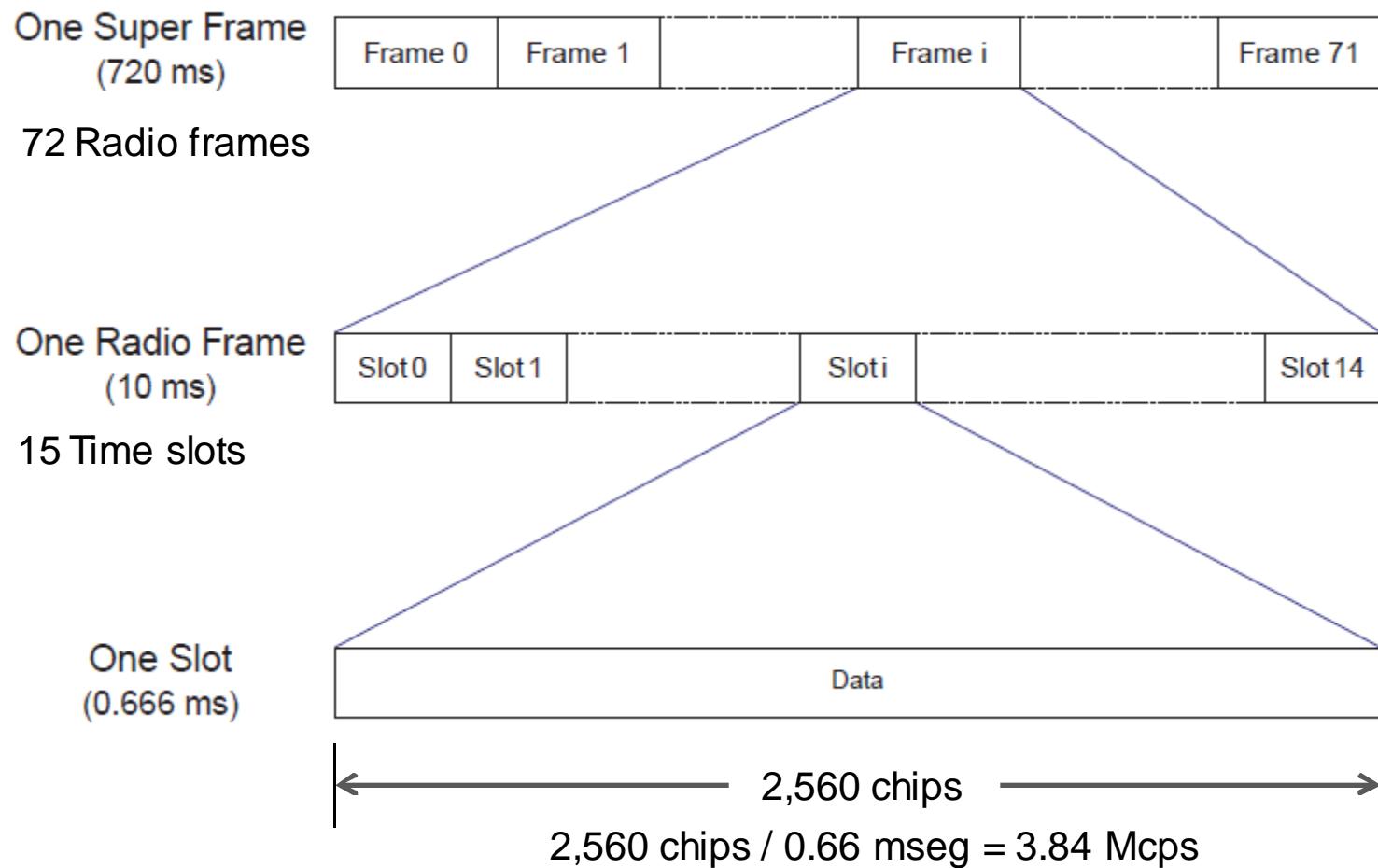




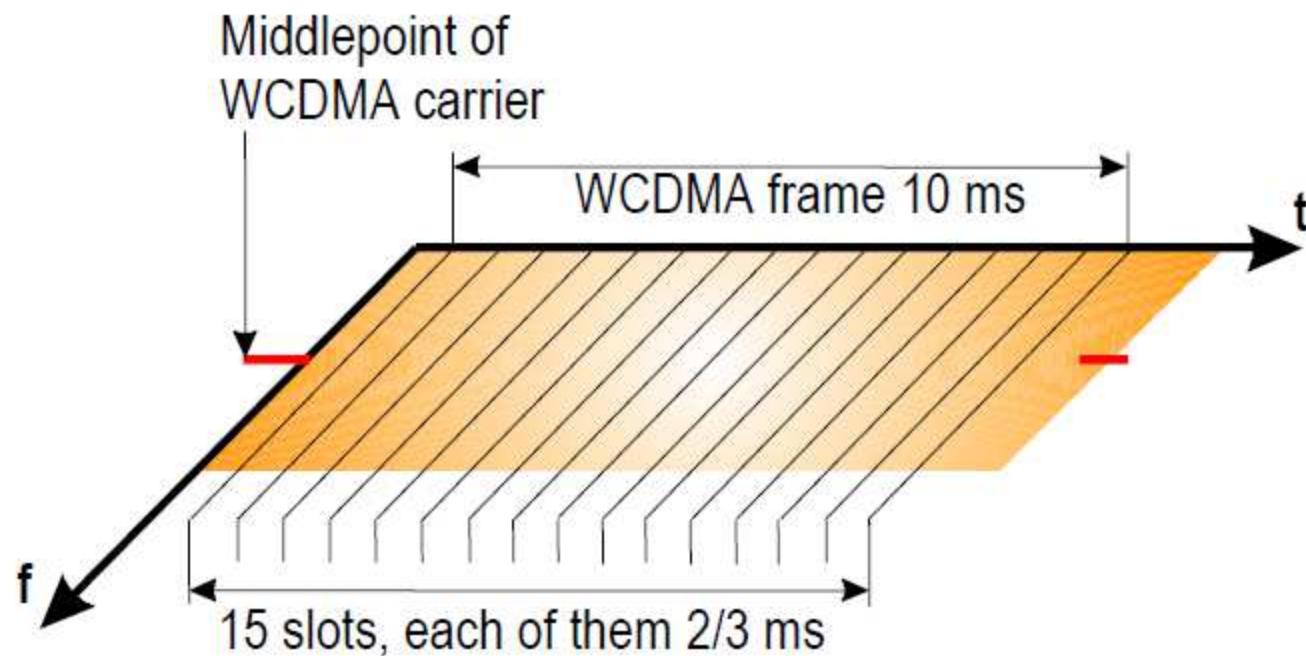
Algunos canales físicos

- CPICH (Common Pilot Channel): Siempre usa el código de canalización Cch,256,0 y es usado para determinar el scrambling code de la celda
- P-CCPH (Primary Common Control Physical Channel)
- PICH (Paging Indicator Channel)
- AICH (Acquisition Indicator Channel)
- S-CCPCH (Secondary Common Control Physical Channel)

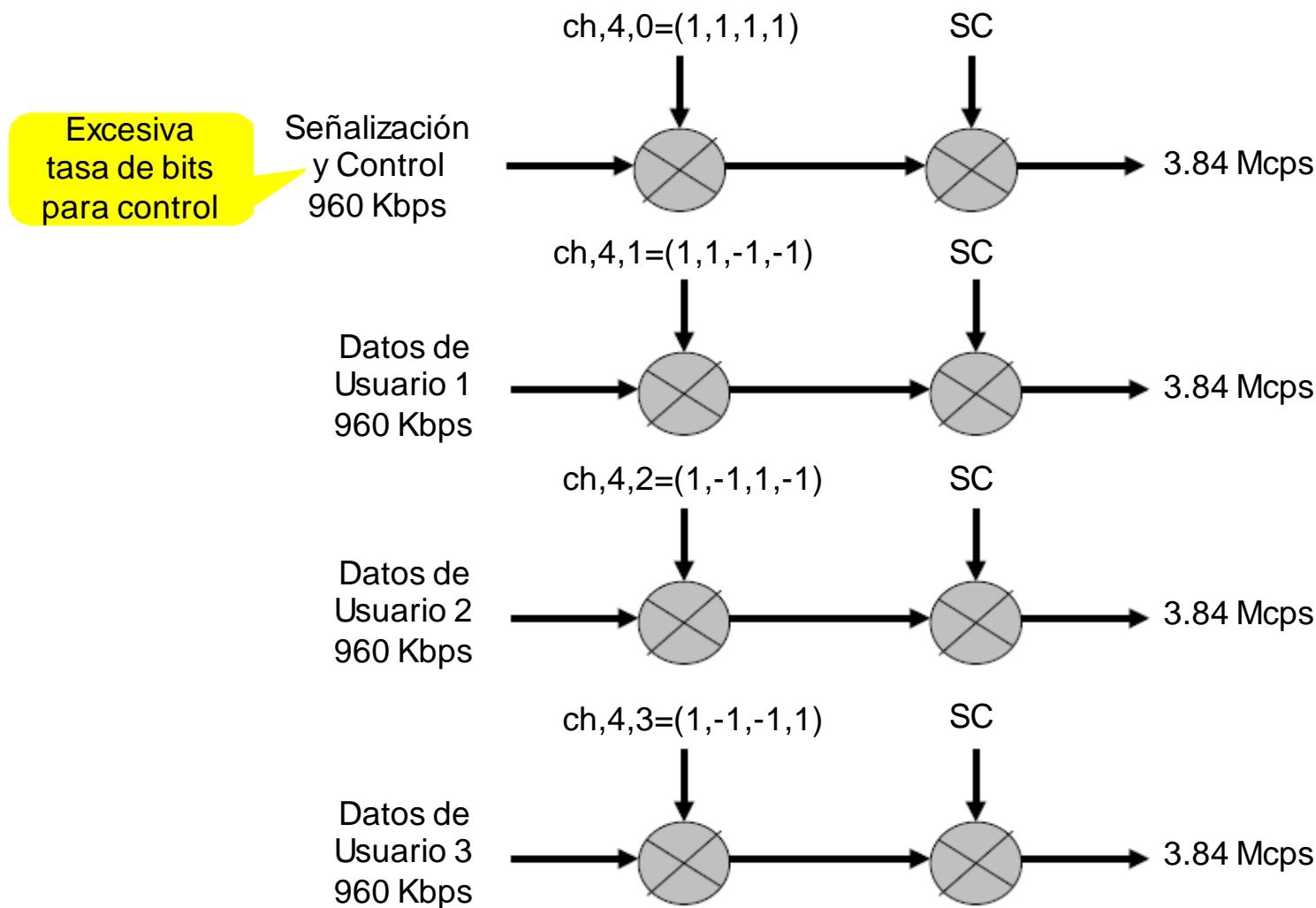
Los canales físicos están organizados en tramas W-CDMA



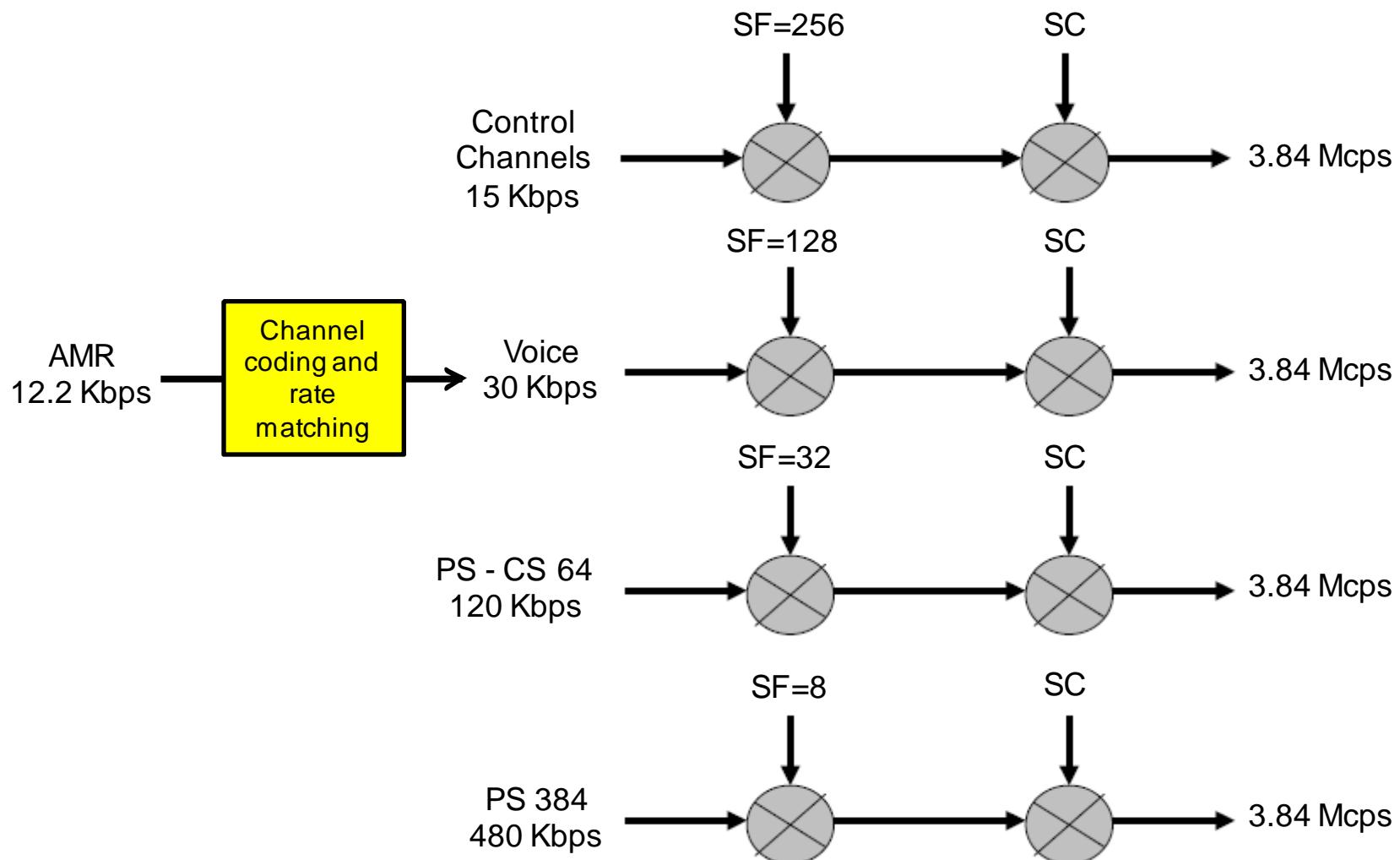
Un Radio Frame está conformado por 15 slots



Para SF=4 ($960\text{Kbps} \times 4 = 3.84\text{ Mcps}$)



Uso de distintos SF para diferentes servicios

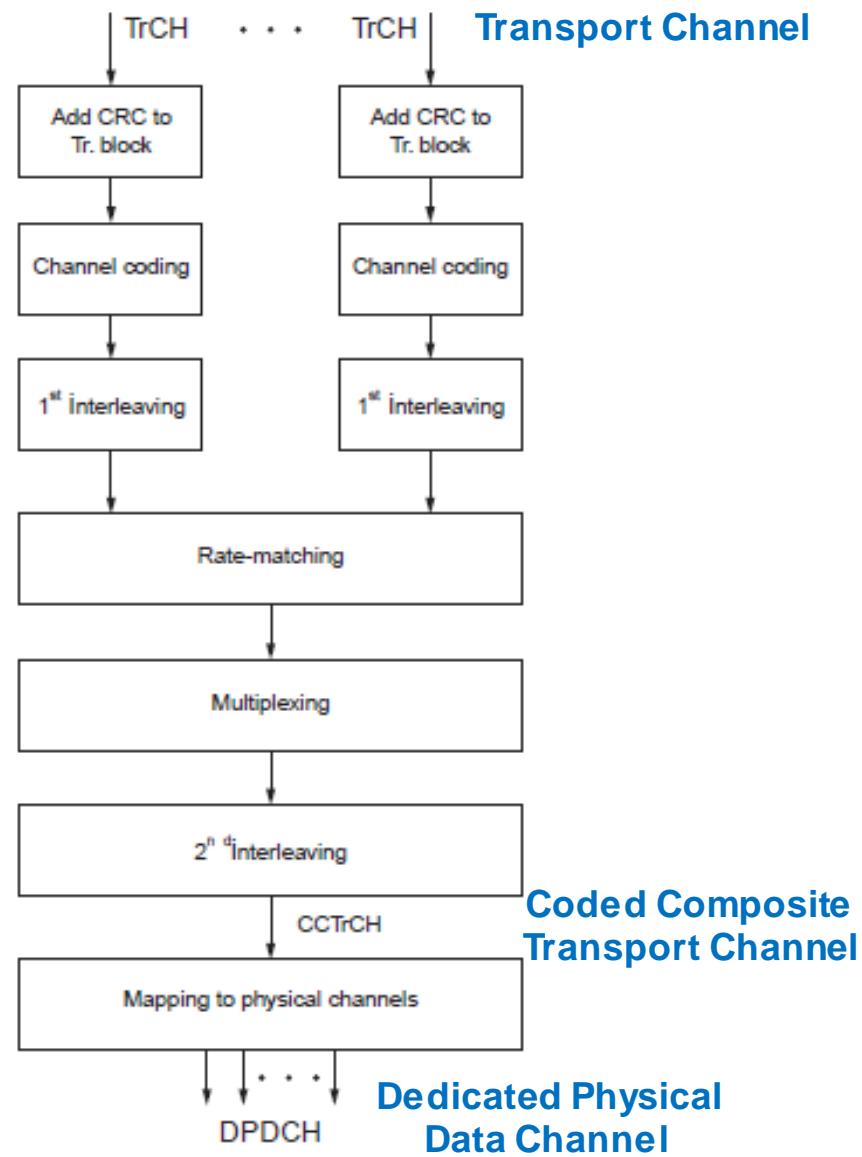


Disponibilidad de códigos de canal para diferentes servicios

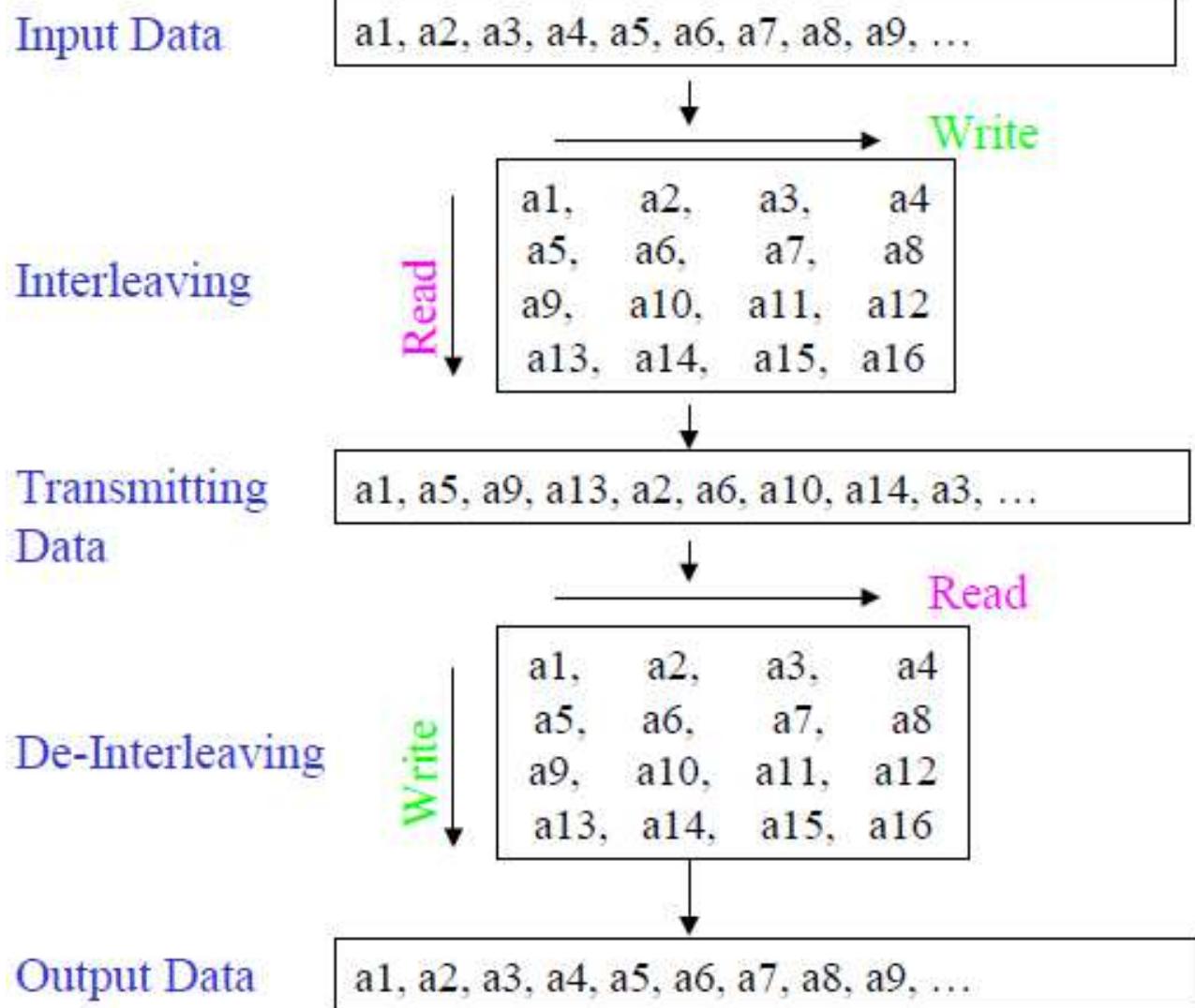
Service	Minimum OVSF length	Number of OVSF available	Carried Erlangs @ 2% GoS	Trunking efficiency
Voice, AMR	128	125	112	90%
CS 64	32	31	22	71%
PS 64	32	31	22	71%
PS 128	16	15	9	60%
PS 384	8	7	3	43%

Trunking efficiency = Carried Erlangs / Number of OVSF available

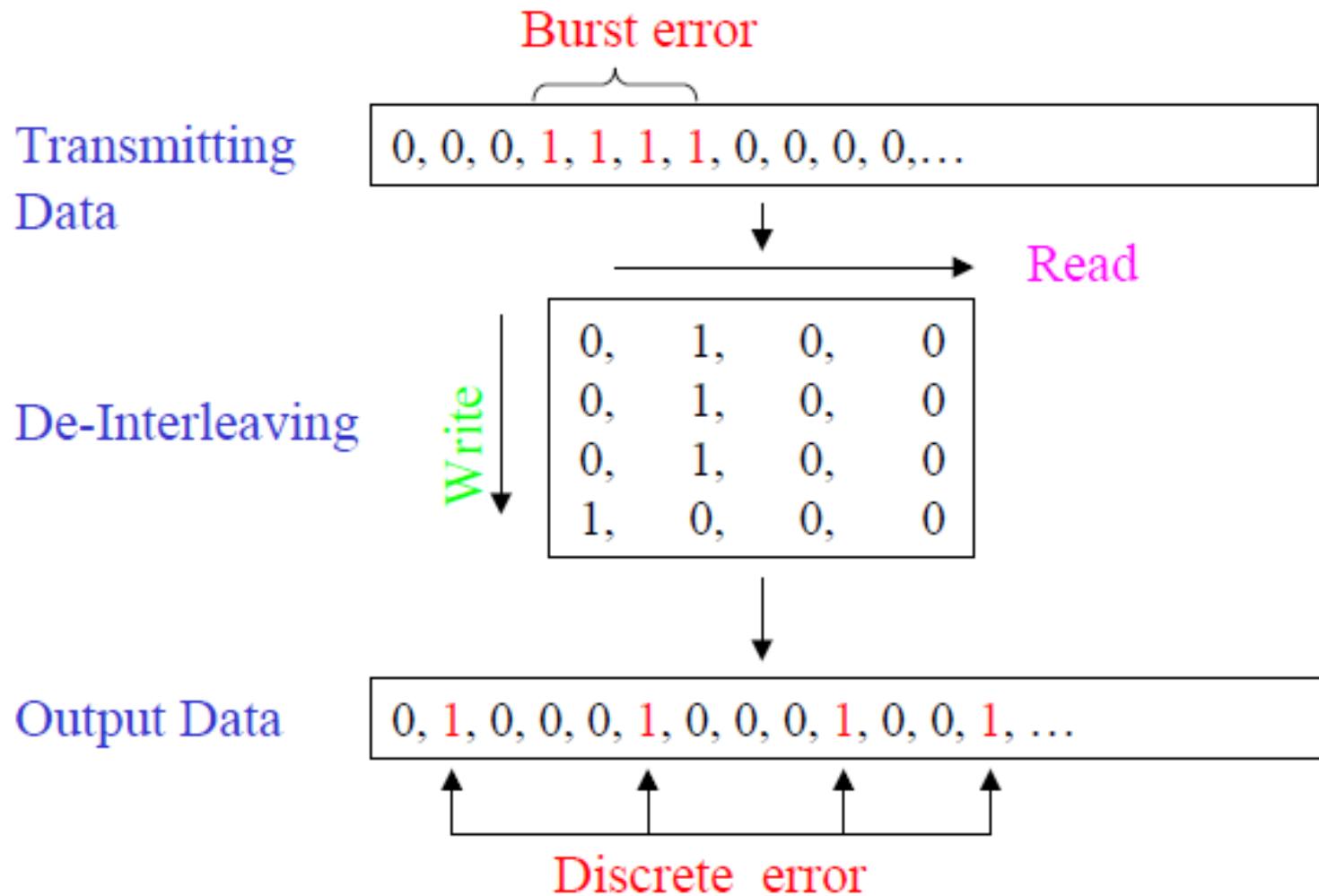
Channel coding y rate matching



Interleaving

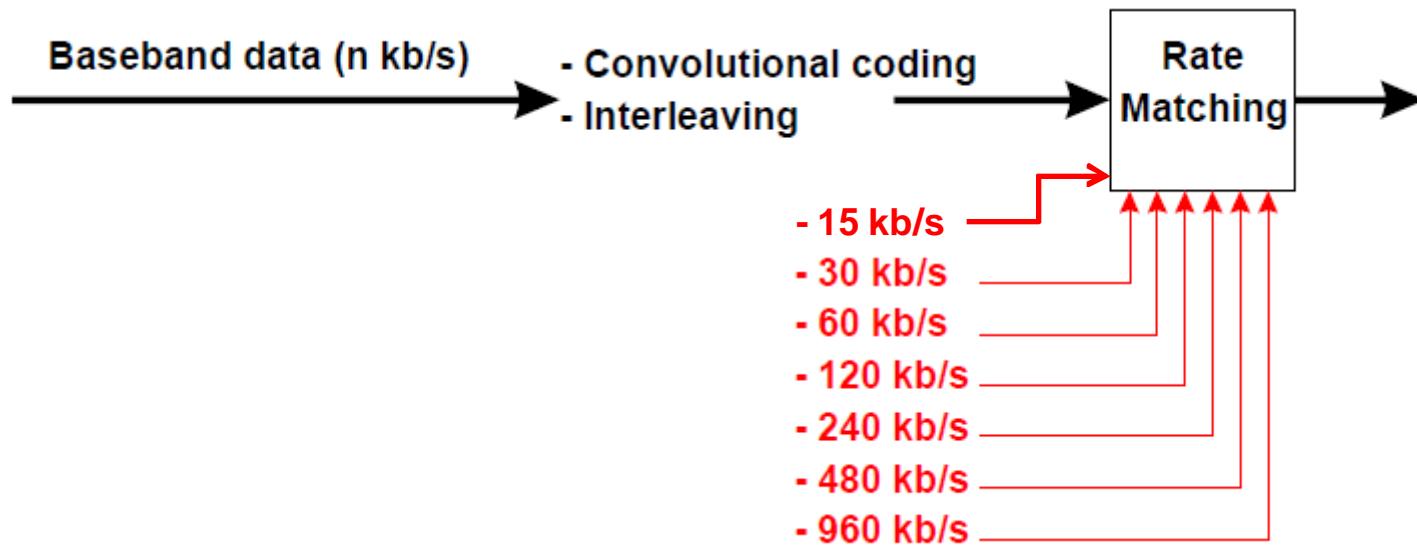


El interleaving robustece la señal ante fadings



Rate matching

- El algoritmo de rate matching permite aumentar la cantidad de bits para obtener la tasa fija de bearer bit
- En algunos casos, se realiza el puncturing para remover algunos bits del channel coding



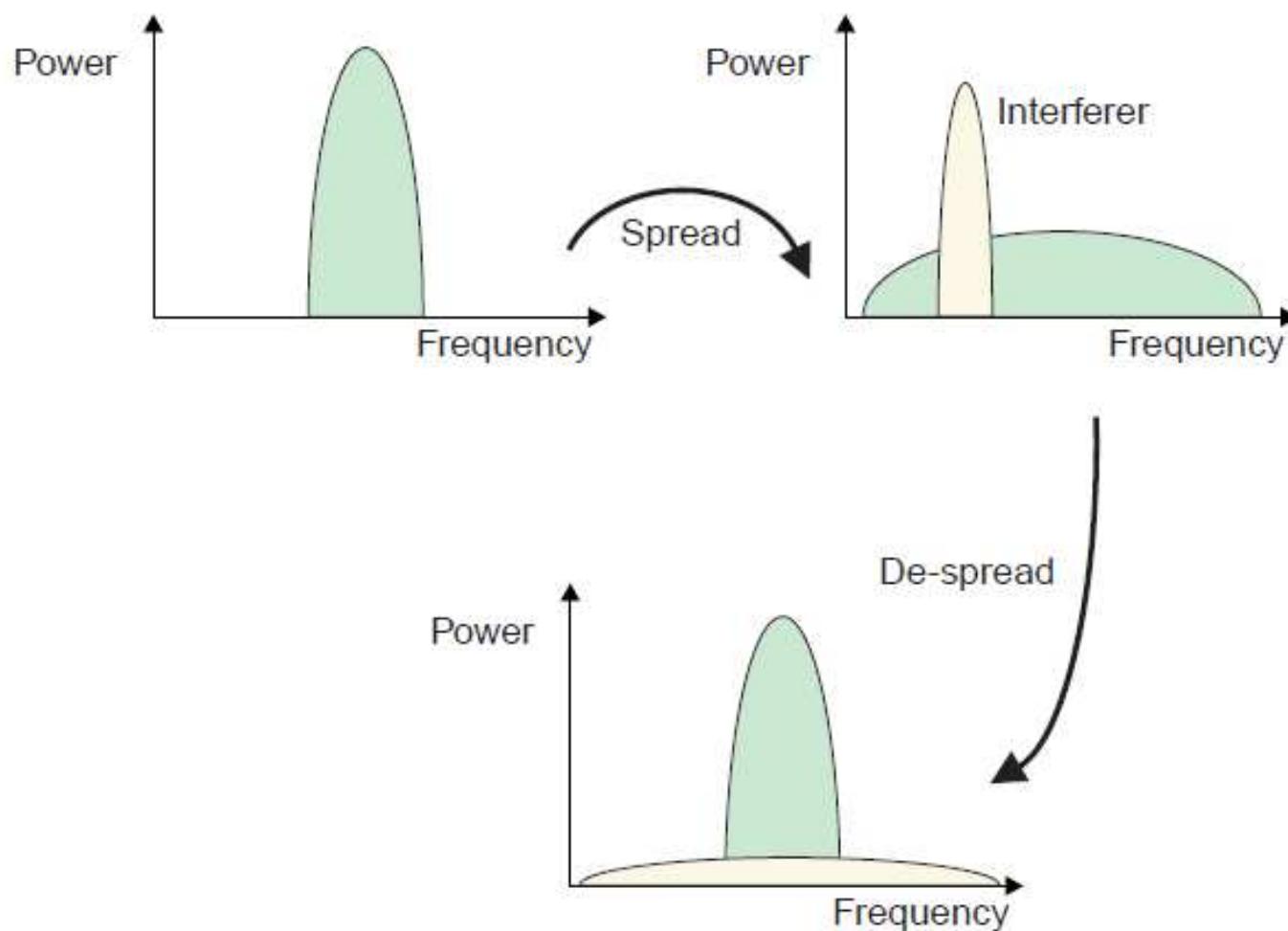
Processing Gain (Gp) es el Spread Factor

- El Spread Factor también es conocido como Processing Gain (Gp) que puede ser expresado en función de los anchos de banda usados como sigue:

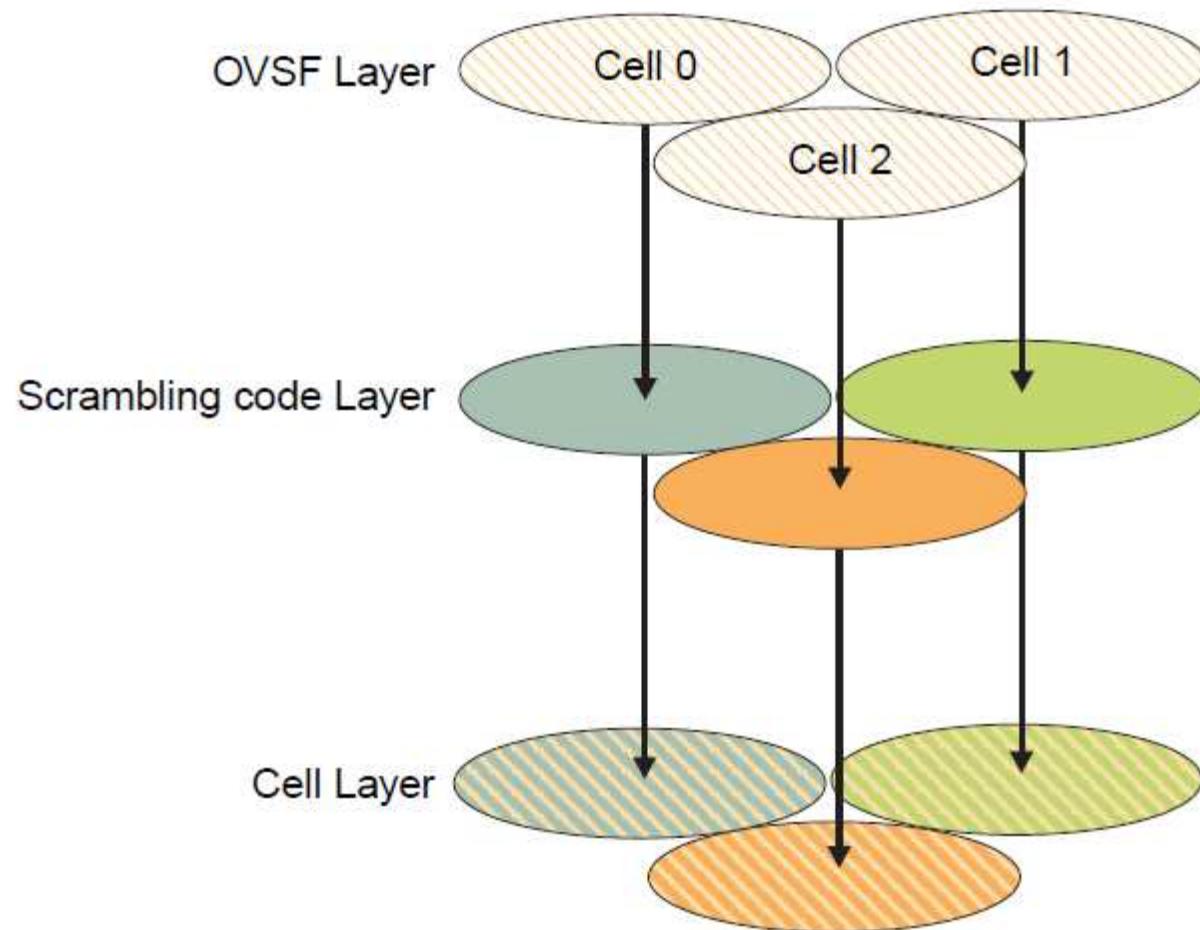
$$G_p = \frac{B_{Uu}}{B_{Bearer}} = \frac{\text{System Chip Rate}}{\text{Bearer Symbols Rate}} = \text{Spreading Factor}$$

- El Gp se traduce como ganancia en la recepción contra la interferencia porque la reduce en el de-spreading

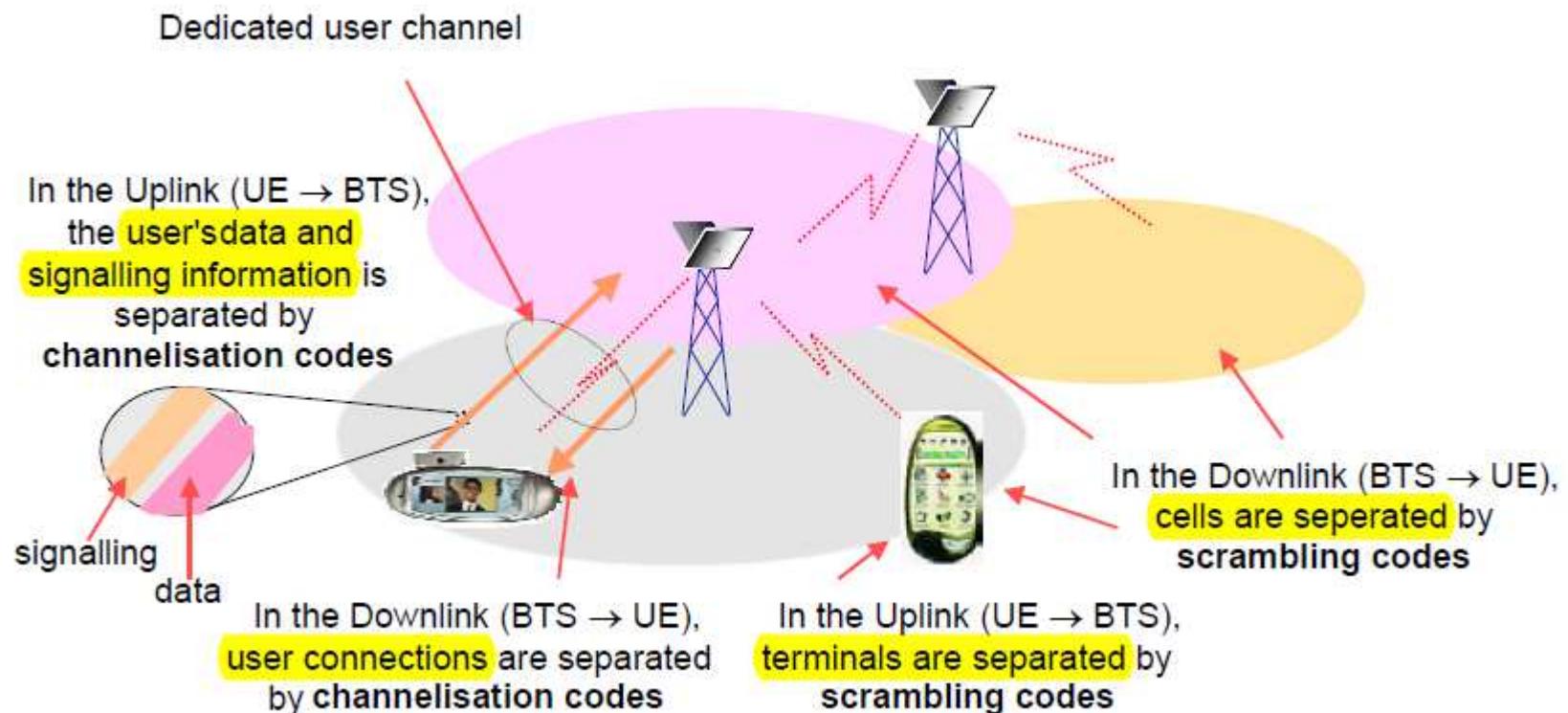
La ganancia de procesamiento reduce la interferencia en el de-spreading



Uso de los scrambling codes en el DL



Diferencia entre los channelisation codes y los scrambling codes en el UL y DL

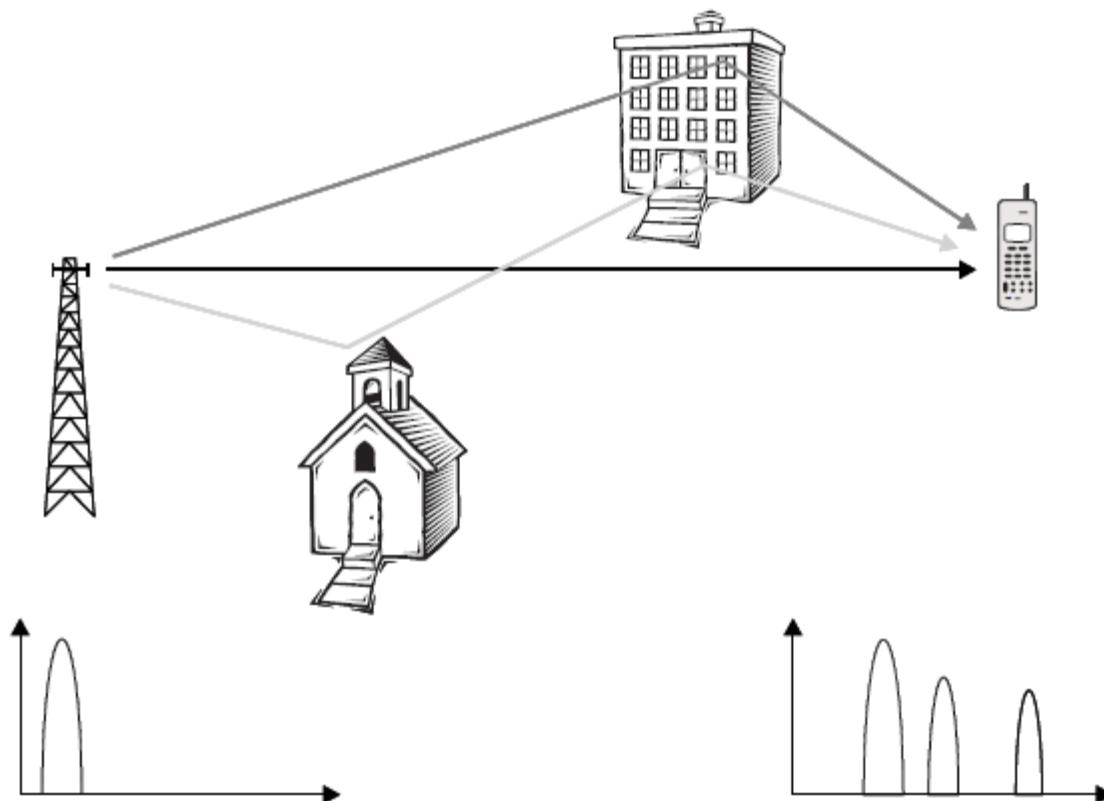


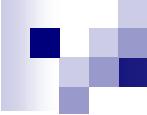
Resumen del uso de los channelisation codes y scrambling codes

	Channelisation code	Scrambling code
Usage	Uplink: Separation of physical data and control channels from the same terminal Downlink: Separation of downlink dedicated user channels	Uplink: Separation of terminals Downlink: Separation of sectors (cell)
Length	Variable (depends on the user allocation)	Fixed
Number of codes	Depends on the spreading factor (SF)	Uplink: Several millions Downlink: 512

Señales multicamino

- Las señales que llegan a un receptor pueden ser interpretadas como una superposición de varias señales idénticas con diferentes fases y amplitudes

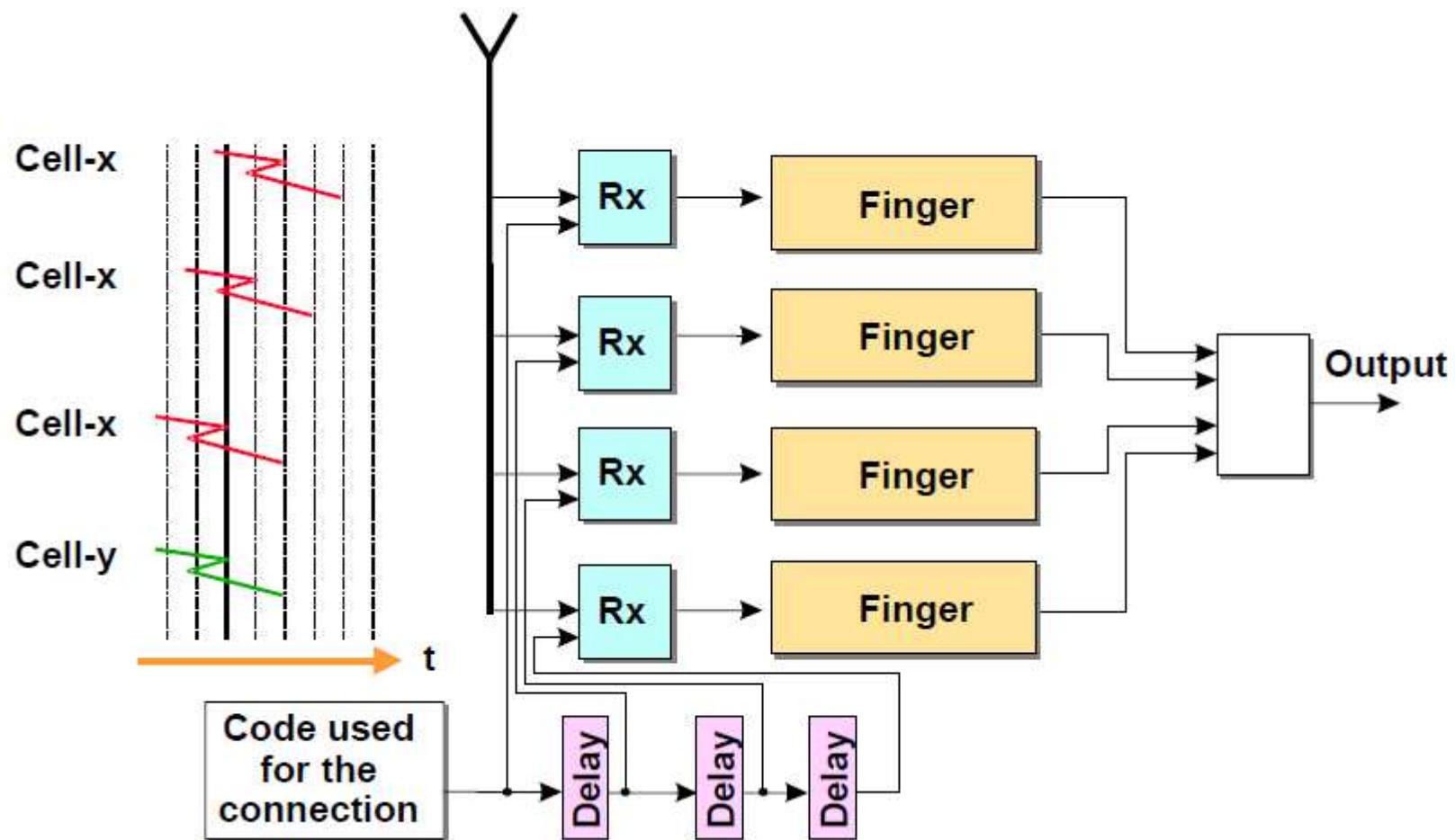


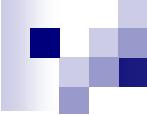


Receptor RAKE

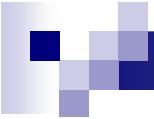
- El receptor RAKE con K fingers tiene las funciones de generación de códigos; ajuste de los retardos, fases y ganancias de las señales recibidas
- La potencia de las señales transmitidas puede ser muy baja porque una vez que son recibidas se correlacionan, se alinean en retardo y fase en cada uno de los dedos (micro-diversidad), luego se suman dando como resultado una señal más intensa comparativamente
- Un UE puede ser conectado a varios Node B al mismo tiempo para propósitos de handover

Receptor RAKE





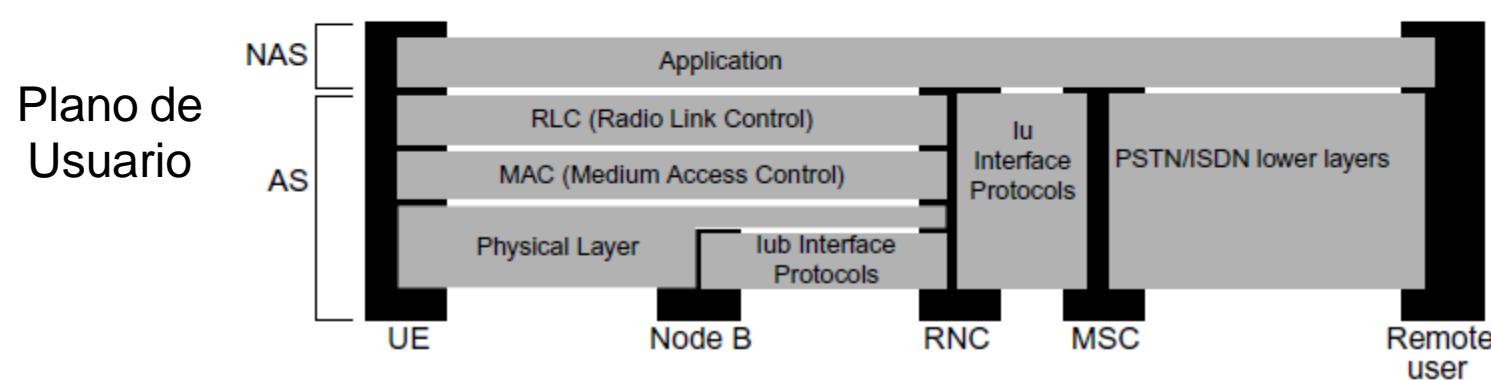
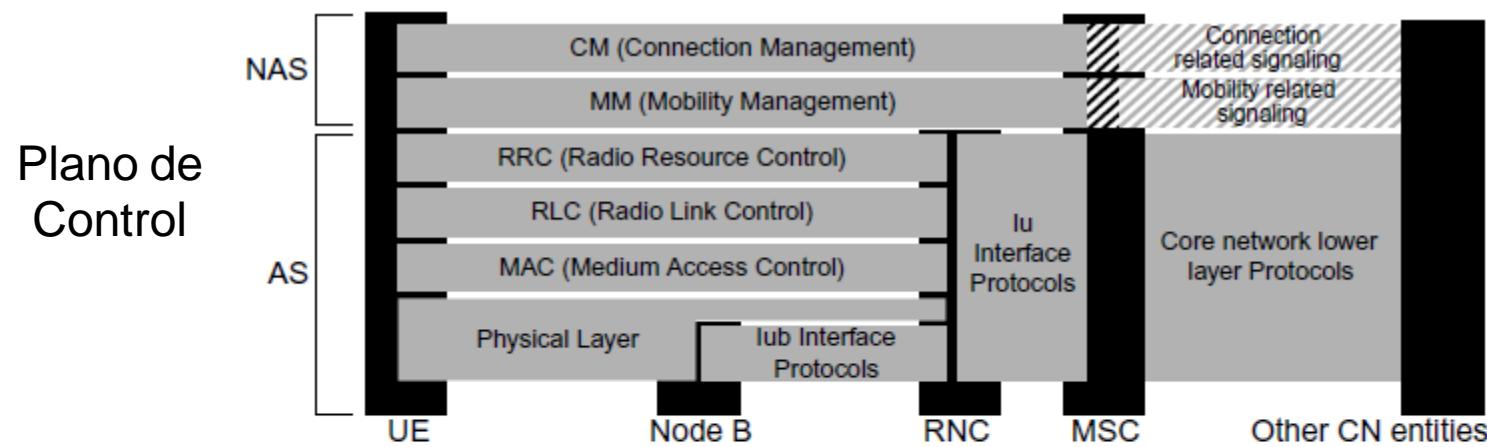
Capas y protocolos de la Interfaz de aire



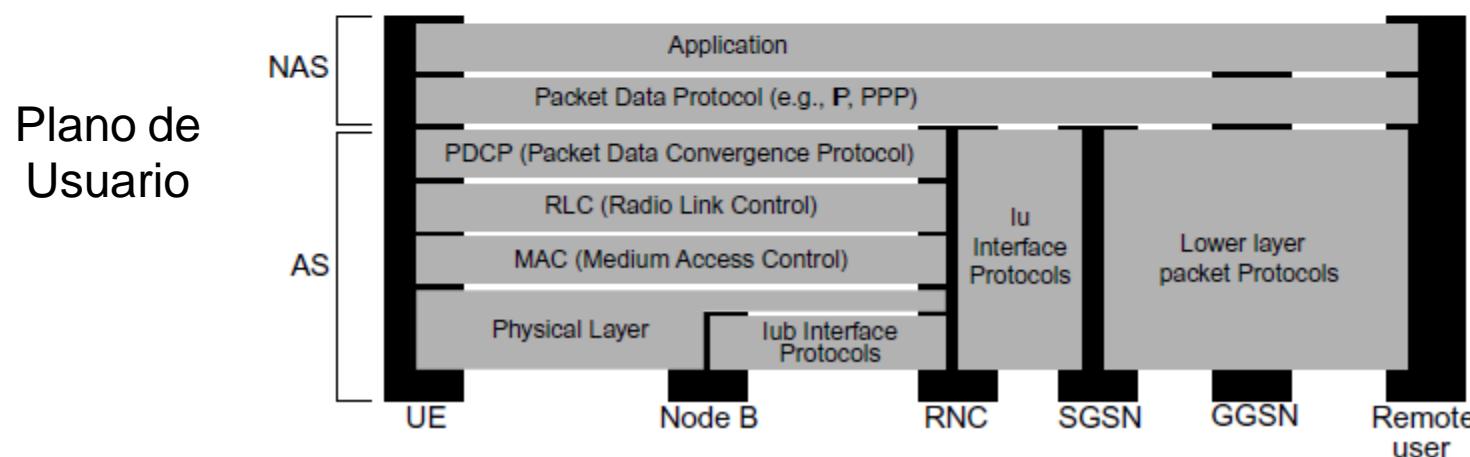
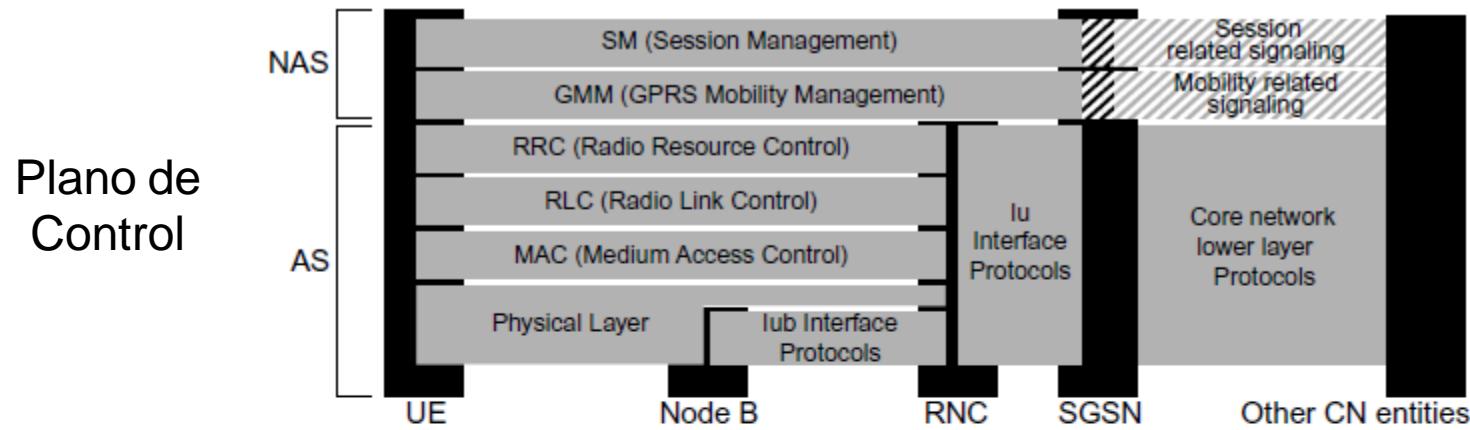
Capas de protocolos y Planos de control y usuario

- Desde el punto de vista de red se tiene:
 - Access Stratum (AS): capa de protocolos que maneja las funciones de acceso de radio
 - Non-Access Stratum (NAS): capa de protocolos que maneja las funciones a nivel de core network
- Se tienen dos planos:
 - Control Plane: datos de control
 - User Plane: datos de usuario

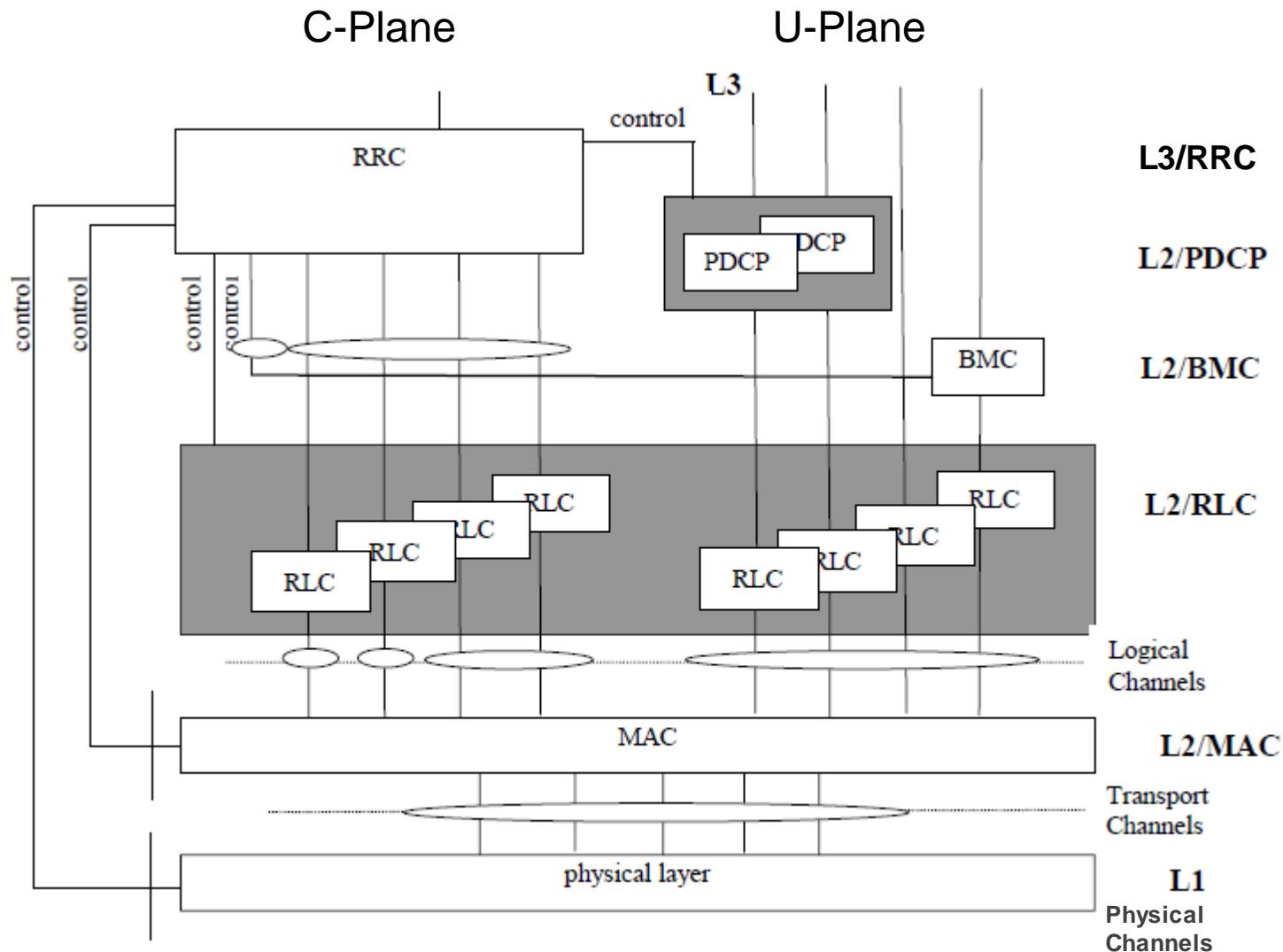
Capas de los planos de Control y Usuario en el dominio CS (Circuit Switched)



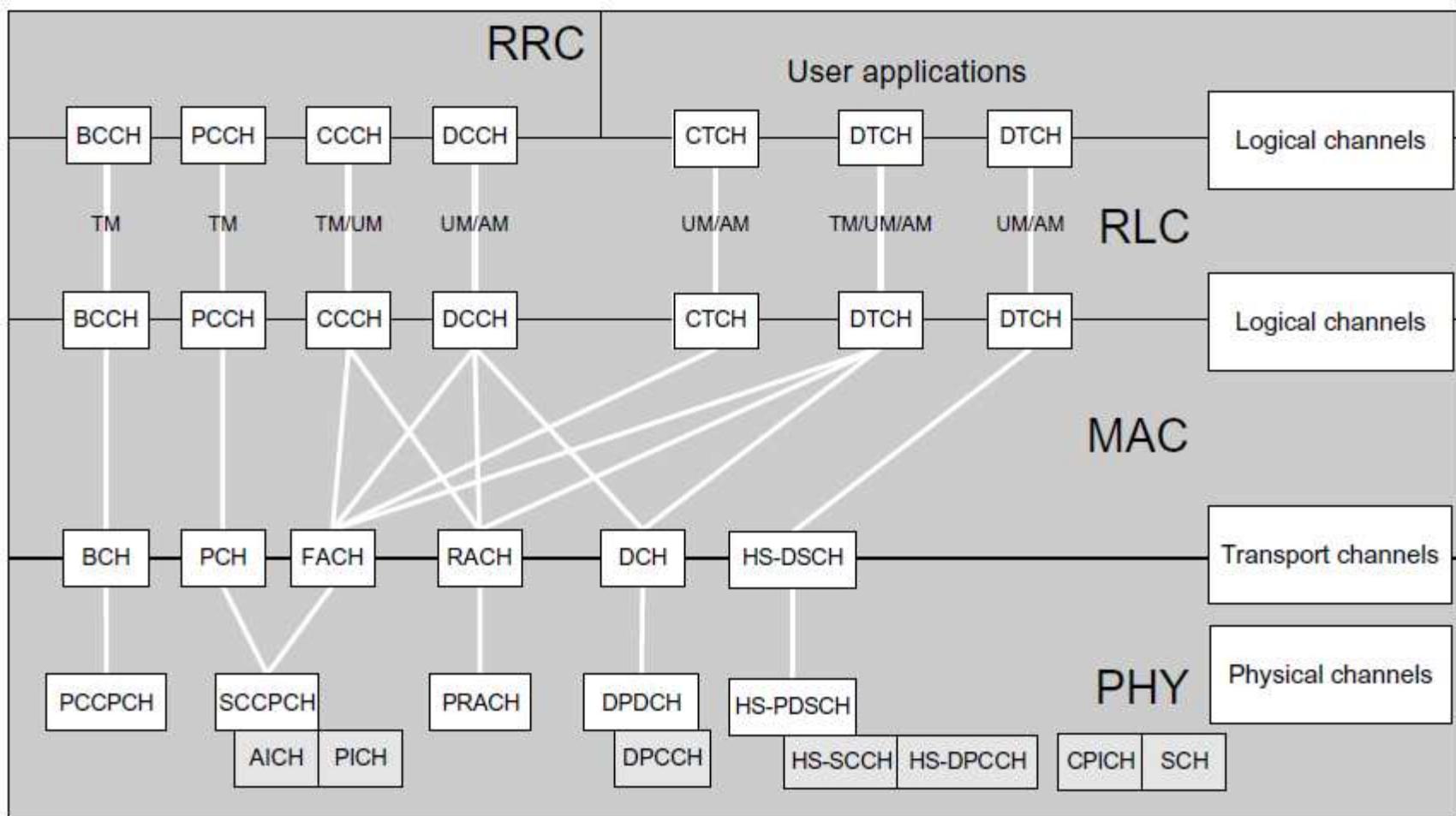
Capas de los planos de Control y Usuario en el dominio PS (Packet Switched)

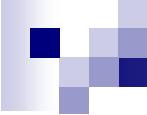


Protocolos de la interfaz de aire



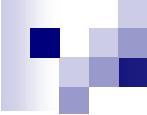
Mapeo de canales lógicos, de transporte y físicos





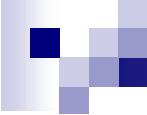
Canales Lógicos

- BCCH (Broadcast Control Channel): Canal de DL para el broadcast de información de control del sistema
- PCCH (Paging Control Channel): Canal de DL usado para el envío de paging a los UEs
- CCCH (Common Control Channel): Canal bidireccional para información de control entre la red y los UEs, cuando los UEs no tienen una conexión RRC con la red
- DCCH (Dedicated Control Channel): Canal bidireccional punto a punto para transmisión de información de control dedicada entre un UE y la red, luego de establecer una conexión RRC
- CTCH (Common Traffic Channel): Canal unidireccional punto a multipunto para transferencia de información dedicada a todos o a un grupo específico de UEs
- DTCH (Dedicated Traffic Channel): Canal bidireccional punto a punto dedicado a un UE para la transferencia de información de usuario



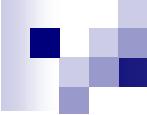
Canales de Transporte

- BCH (Broadcast Channel): Transporta el BCCH
- PCH (Paging Channel): Transporta el PCCH
- FACH (Forward Access Channel): Usado para transportar canales de control y de tráfico comunes y dedicados
- RACH (Random Access Channel): Usado por el UE para el envío de información de acceso inicial a la red
- DCH (Dedicated Channel): Usado para transportar el canal de control dedicado (DCCH) y el canal de tráfico dedicado (DTCH) para un determinado UE
- HS-DSCH (High-Speed Downlink Shared Channel): usado solo para transportar información desde el Nodo B a los usuarios



Canales Físicos

- CPICH (Common Pilot Channel): Usado por los UEs para identificación de la celda, estimación de canal y referencia de fase para otros canales físicos del DL ($C_{CH}, 256, 0$)
- SCH (Synchronization Channel): Usado por el UE para detectar la presencia de una portadora WCDMA (Primary SCH: P-SCH), y sincronización de los radio frames (Secondary SCH: S-SCH)
- PCCPH (Primary Common Control Physical Channel): Transporta el BCH
- SCCPCH (Secondary Common Control Physical Channel): Transporta los canales PCH y FACH
- AICH (Acquisition Indicator Channel): Usado por el Nodo B para reconocer la recepción de los mensajes preámbulos en el PRACH
- PICH (Paging Indicator Channel): usado para informar a un grupo de UEs que deben decodificar un mensaje de paging. Permite que los UEs entren en modo “sleep” para ahorro de batería

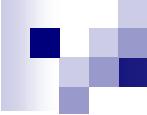


Canales Físicos

- PRACH (Physical Random Access Channel): Transporta el RACH
- DPDCH (Dedicated Physical Data Channel): Transporta el DCH
- DPCCH (Dedicated Physical Control Channel): Usado para transportar información relacionada a la operación de la capa física, por ejemplo el control de potencia
- HS-PDSCH (High-Speed Physical Downlink Shared Channel): Transporta el HS-DSCH
- HS-SCCH (High-Speed Shared Control Channel): Usado para transportar información de control específica al HS (High Speed)
- HS-DPCCH (High-Speed Dedicated Physical Control Channel): usado por el UE para transportar el Channel Quality Indicator (CQI)



Mediciones de los UE

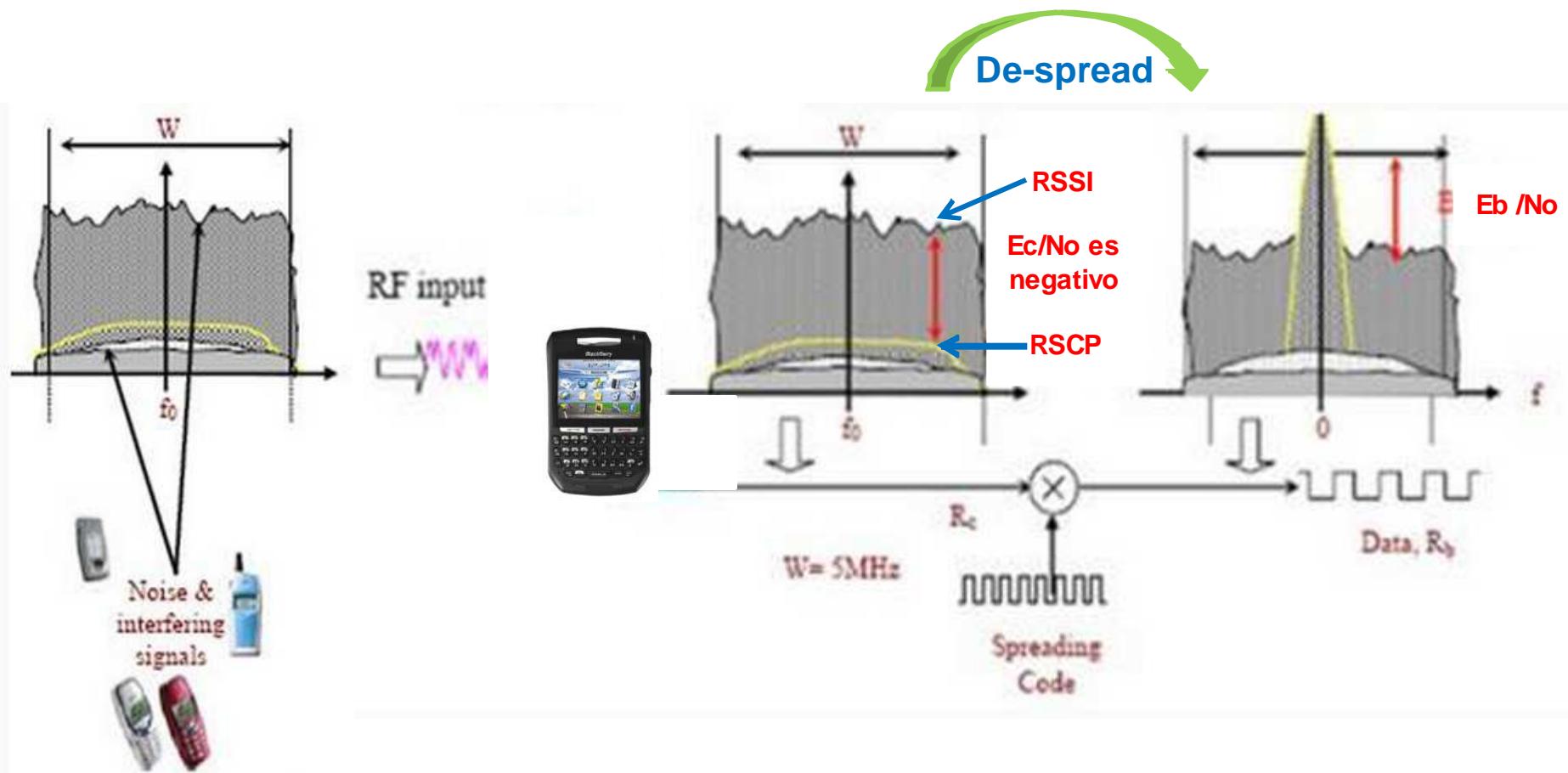


RSCP, RSSI, Ec/No (3GPP TS 25.125)

- CPICH RSCP: Received Signal Code Power, the received power on one code measured on the Primary CPICH.
- UTRA carrier RSSI: The received wide band power, including thermal noise and noise generated in the receiver, within the bandwidth defined by the receiver pulse shaping filter.
- CPICH Ec/No: The received energy per chip divided by the power density in the band. The CPICH Ec/No is identical to CPICH RSCP/UTRA Carrier RSSI.

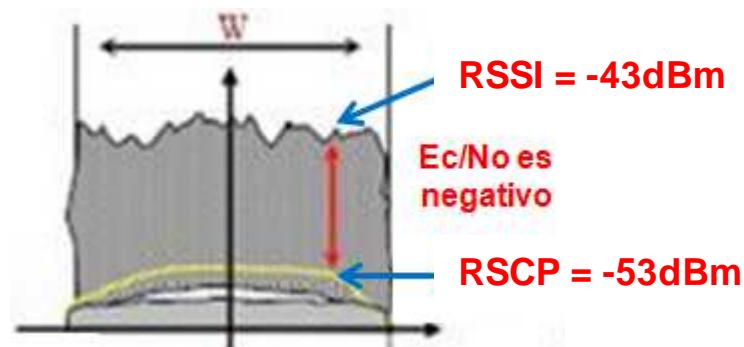
$$Ec/No = RSCP/RSSI$$

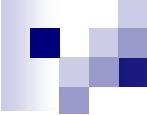
$$Eb/No = Ec/No \times G_p$$



RSCP, RSSI, Ec/No

- $\text{Ec}/\text{No} = \text{RSCP}/\text{RSSI}$
- $\text{Ec}/\text{No} (\text{dB}) = \text{RSCP} (\text{dBm}) - \text{RSSI} (\text{dBm})$
- $\text{RSCP} \geq -95 \text{ dBm}$, de acuerdo al 3GPP TS 25.304 (UE procedures idle mode and procedures for cell reselection in connected mode)
- Por ejemplo:
 - Downlink: 885 a 890 MHz, frecuencia central: 887.50 MHz
 - UARFCN: 1087
 - RSCP = -53 dBm
 - Ec/No = -10 dB
 - RSSI = RSCP - Ec/No
 - RSSI = $-53 - (-10) = -43 \text{ dBm}$





Mediciones comunes para un operador móvil

Valores aceptables
OUTDOOR 3G

RSCP > -98 dBm y Ec/No > -13dB

Ejemplos:

- RSCP entre -75 y -60dBm y Ec/No entre -9 y -6
- RSCP entre -80 y -75dBm y Ec/No entre -10 y -9
- RSCP entre -90 y -85dBm y Ec/No entre -12 y -10

Valores aceptables
INDOOR 3G

RSCP > -80 dBm y Ec/No > -9dB

Ejemplo:

- RSCP entre -80 y -75dBm y Ec/No entre -9 y -6

Evolución de HSPA y HSPA+

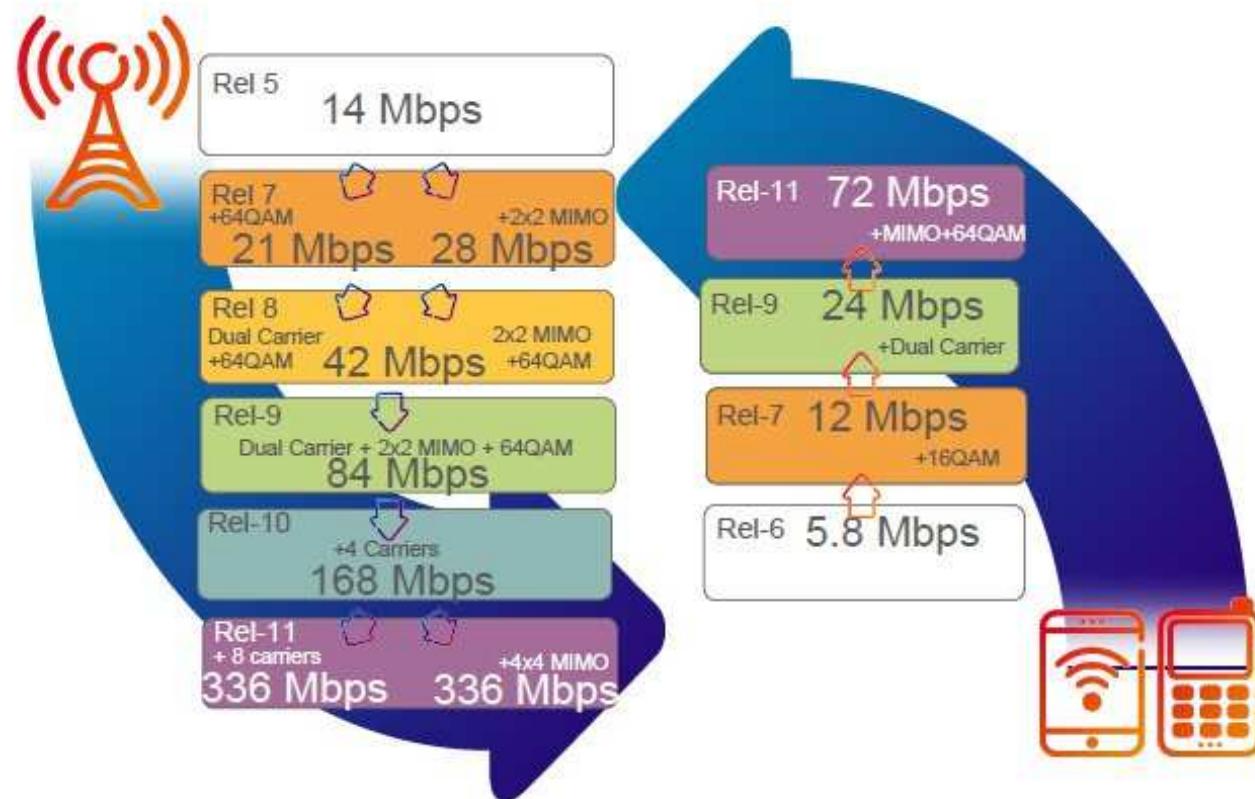
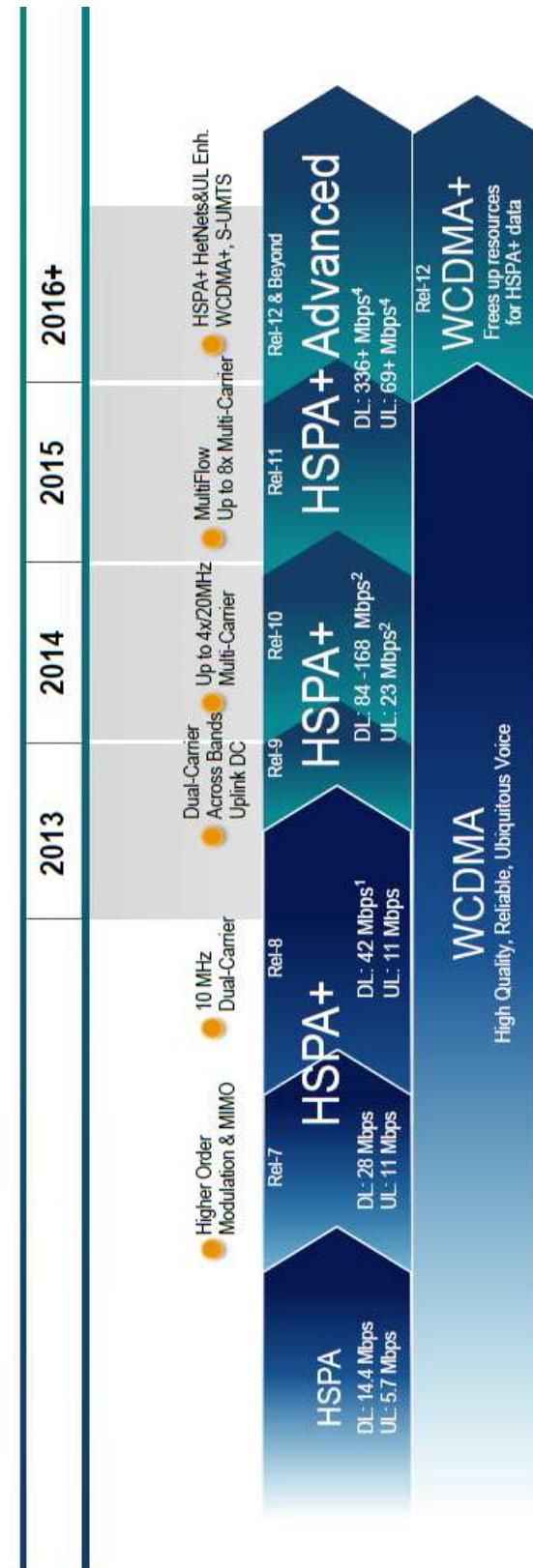


Figure 1: HSPA evolution – Peak data rates

Via: 3g4g.blogspot.com



HSPA+ continues to evolve



¹ Rel-8 reaches 42 Mbps by combining 2x2 MIMO and HOM (64QAM) in 5 MHz, or by utilizing HOM (64QAM) and multi-carrier in 10 MHz.

² Rel-9 combines multi-carrier and MIMO in 10 MHz to reach 84 Mbps. Uplink multi-carrier doubles uplink peak data rate to 23 Mbps in 10 MHz.

³ Rel-10 expands multi-carrier to 20 MHz to reach up to 88 Mbps with 2x2 MIMO.

⁴ Rel-11 expands multi-carrier up to 40 MHz to reach 36 Mbps with 2x2 MIMO, or 20MHz with 4x4 MIMO. Uplink 2x2 MIMO reaches 69Mbps.

Commercial
Note: Estimated commercial dates.

Via: The 3G4G Blog - blog.3g4g.co.uk

Created 4/16/2013