



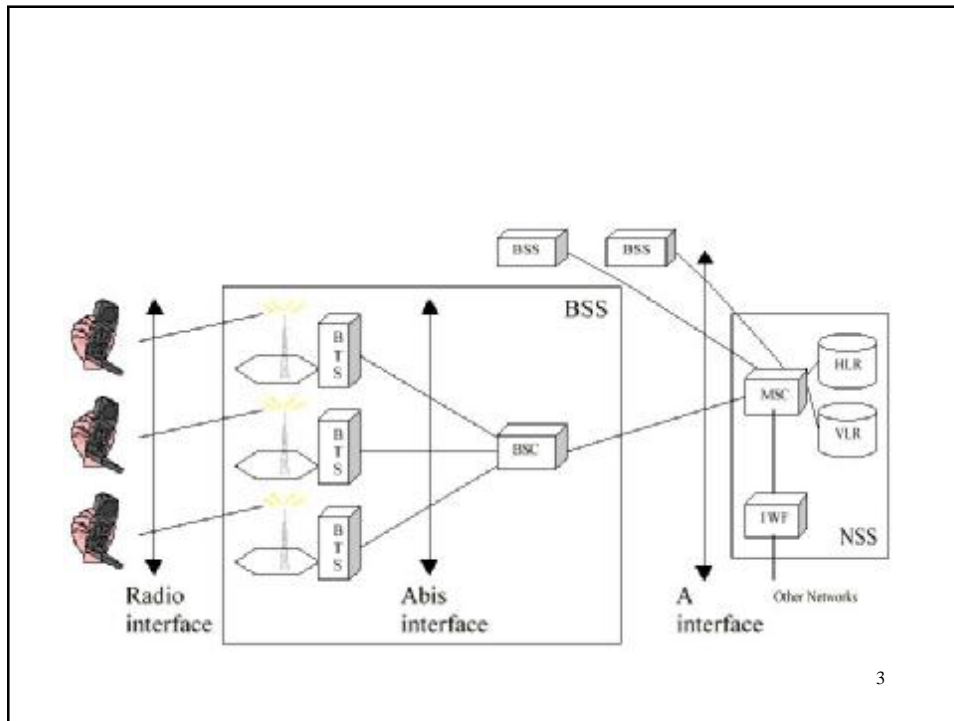
# Global System for Mobile Communications

Interfaz de aire (Um)

J. Casaravilla, 2002

## Objetivos del sistema

- Permitir roaming entre diferentes operadores
- Transportar otros tipos de tráfico aparte de telefonía
- Brindar los servicios de ISDN/PSTN
- QoS similar al sistema analógico
- Encriptación de los datos
- Eficiencia espectral a un costo razonable
- Interconexión con la PSTN (utilizando los sistemas de señalización existentes)



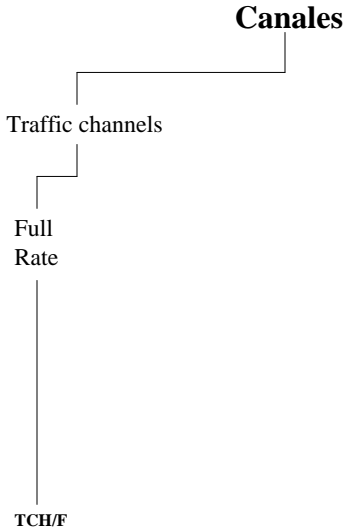
3

## Interfaz de Radio

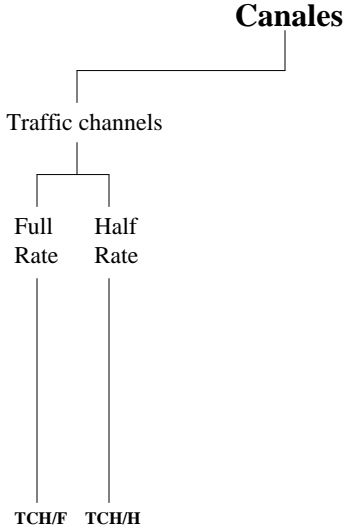
- Transporte de canales de tráfico (voz, datos, SMS), e información de mantenimiento del canal.
- Mecanismo para solicitar un canal aleatoriamente.
- Mecanismo para que el móvil sea avisado de comunicaciones entrantes.
- Soportar la sincronización con la BTS servidora en frecuencia y tiempo.
- Soportar el monitoreo del nivel de potencia de otras radiobases para preparar el handover.
- Transporte de información del sistema.
- Minimizar interferencias y fading.
- Protección de los datos frente a errores (codificación) e intrusos (cifrado).

4

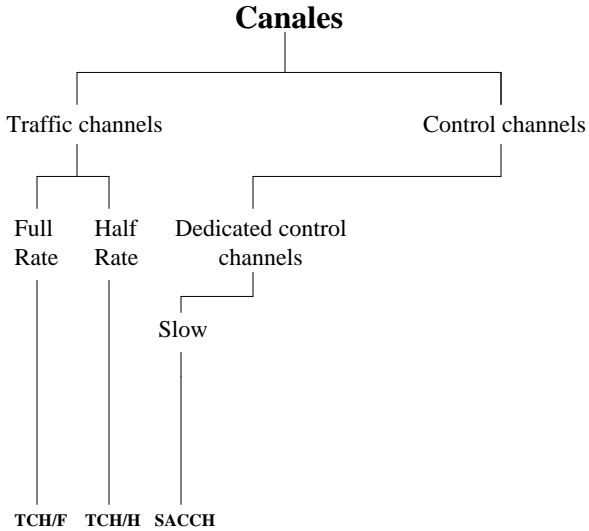
# Interfaz de Radio



# Interfaz de Radio

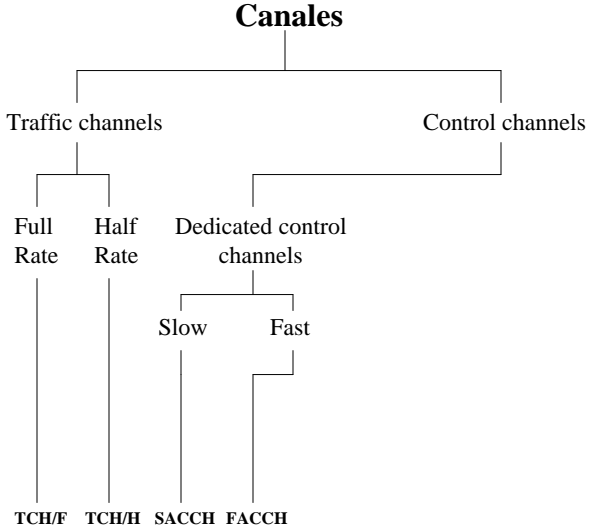


# Interfaz de Radio



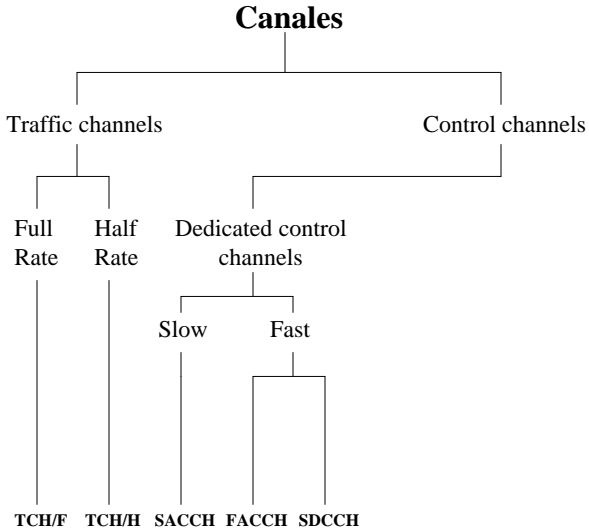
7

# Interfaz de Radio

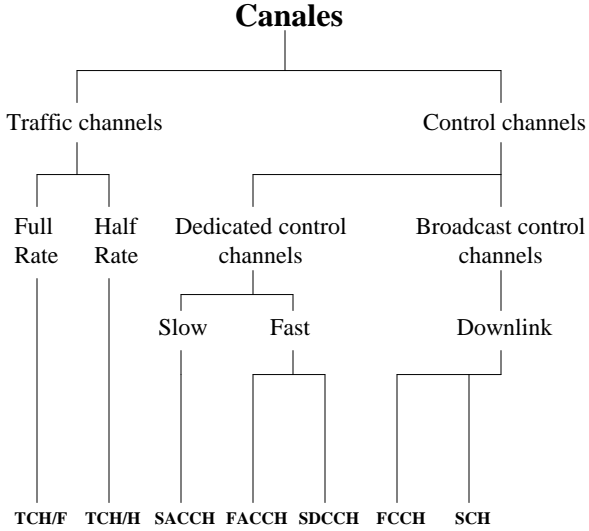


8

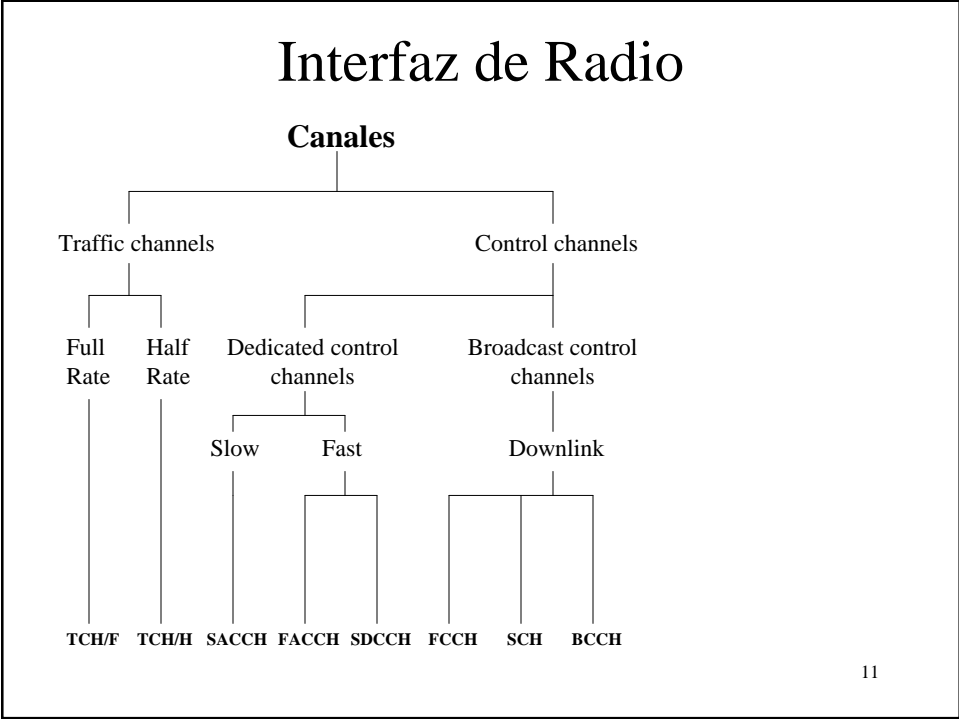
# Interfaz de Radio



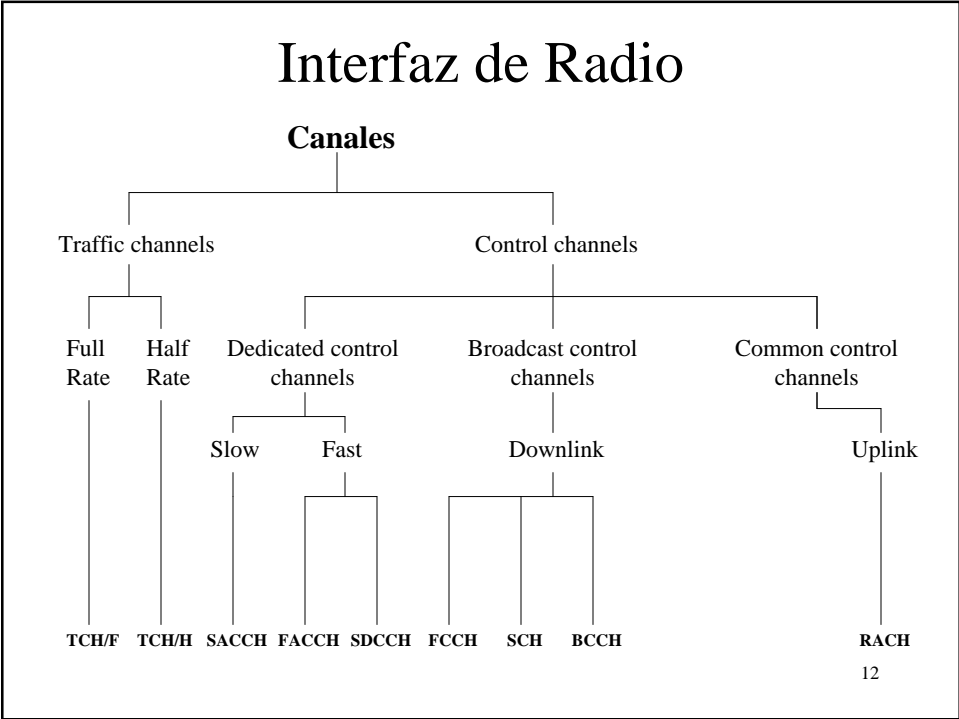
# Interfaz de Radio



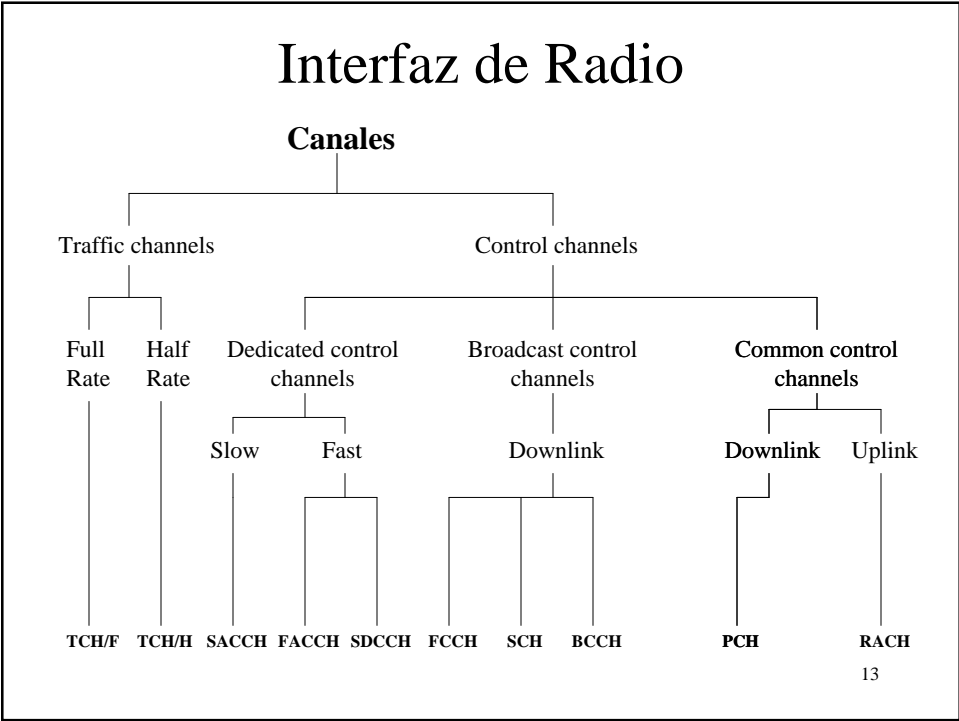
# Interfaz de Radio



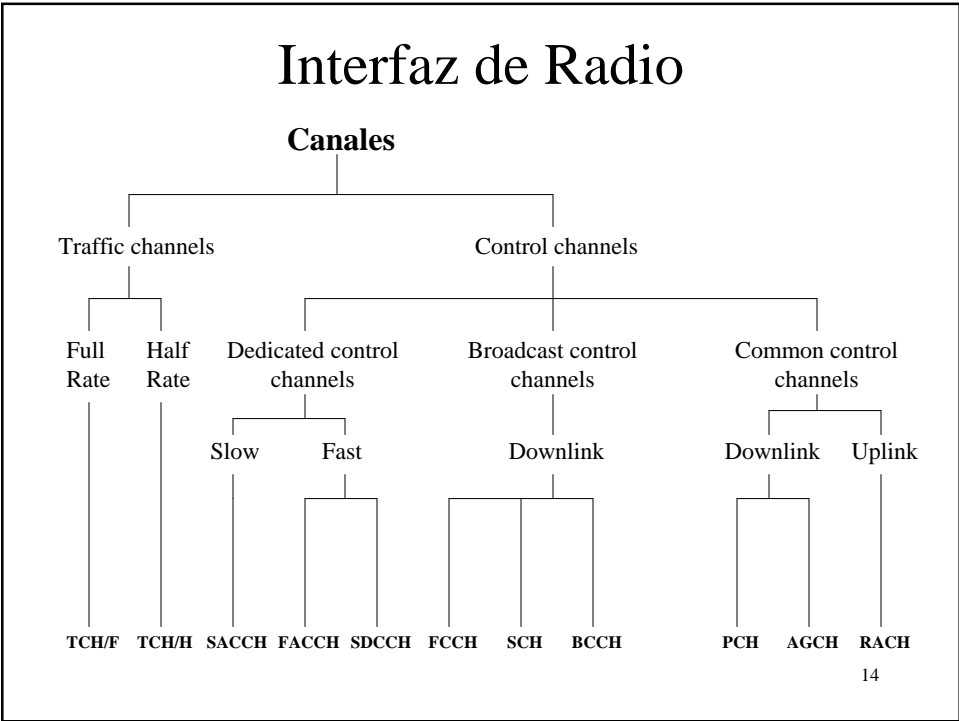
# Interfaz de Radio



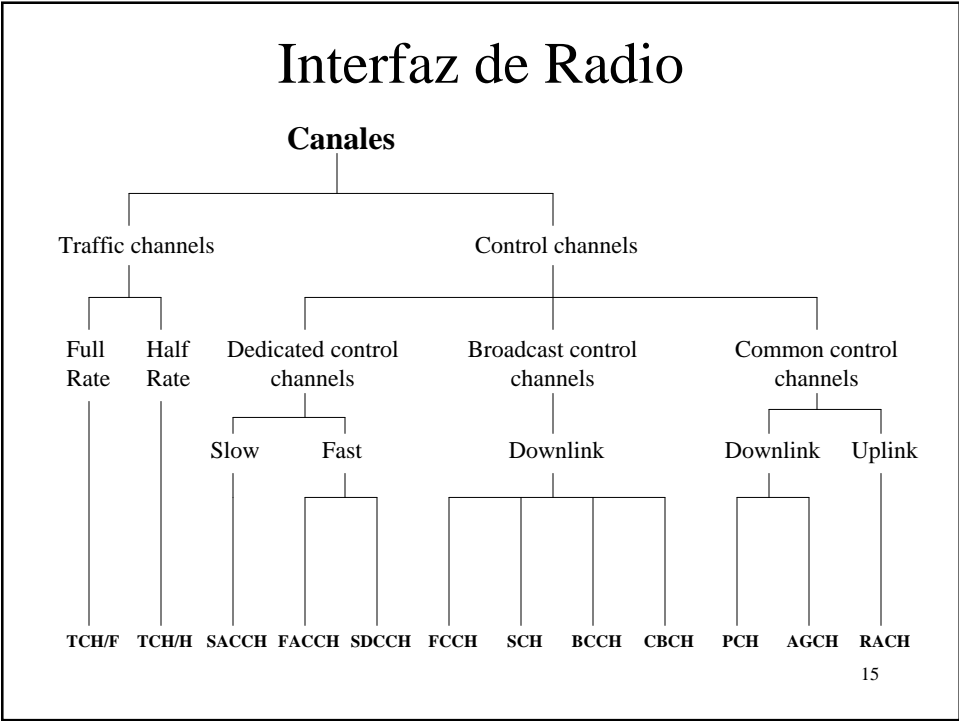
# Interfaz de Radio



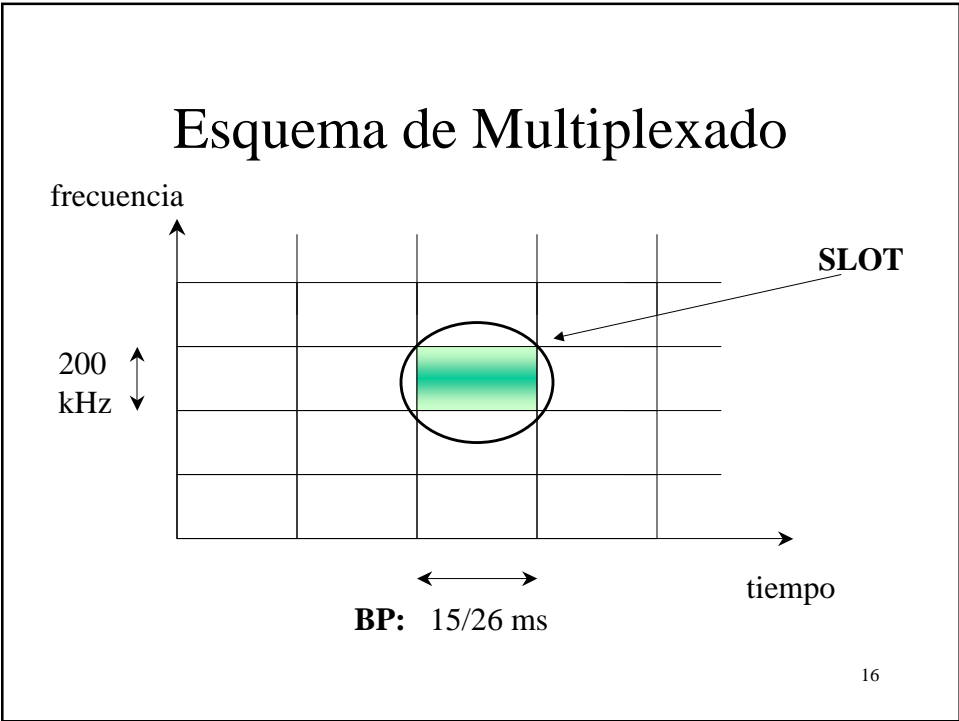
# Interfaz de Radio



# Interfaz de Radio

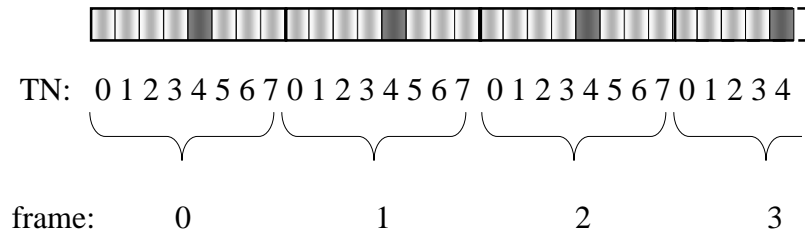


# Esquema de Multiplexado



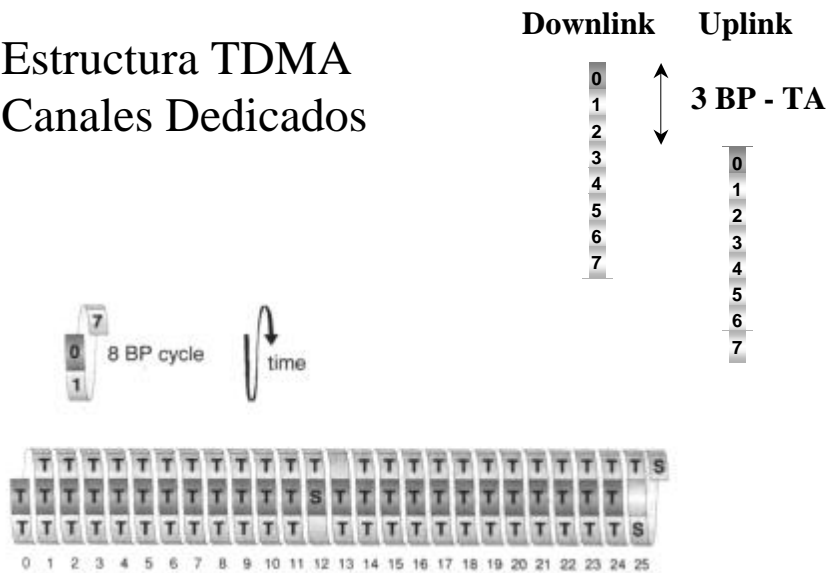


## Estructura TDMA Numeración de timeslots



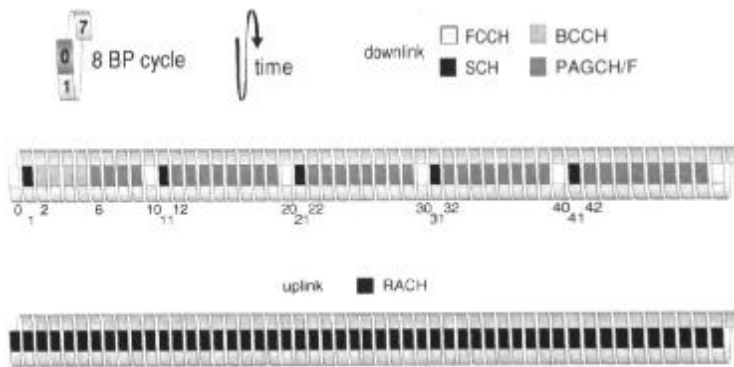
17

## Estructura TDMA Canales Dedicados



18

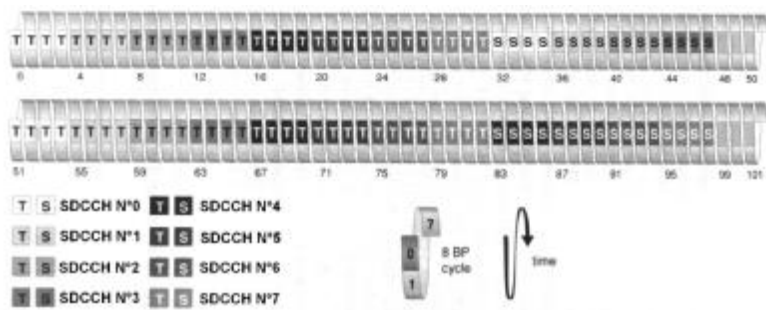
## Estructura TDMA Canales Comunes



Ejemplo para una celda de capacidad normal

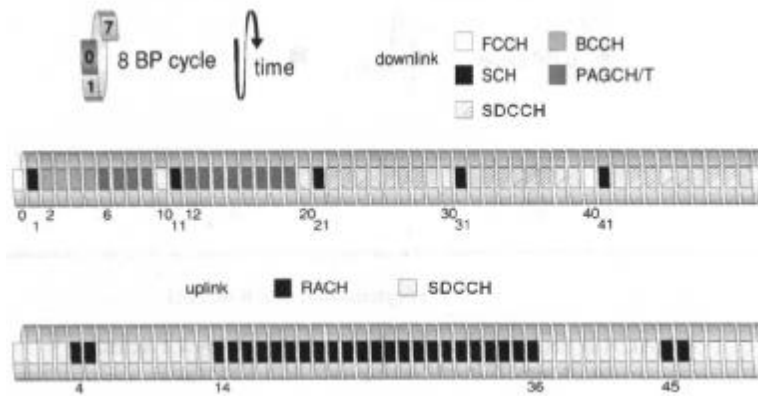
19

## Estructura TDMA Canal SDCCH



20

## Estructura TDMA Canales Comunes (2)



Ejemplo para una celda de baja capacidad

21

## Estructura FDMA

Ancho de banda especificado

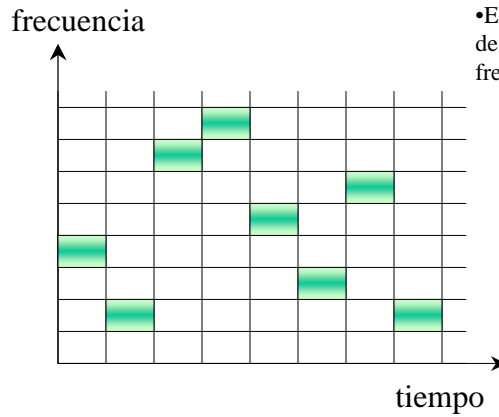
	Uplink	Downlink
GSM900	890 – 915 Mhz	935 – 960 Mhz
DCS1800	1710 – 1785 Mhz	1805 – 1880 Mhz

22

## Slow Frequency Hopping

- Técnica por la cual un canal se transmite a diferentes frecuencias para cada intervalo de tiempo

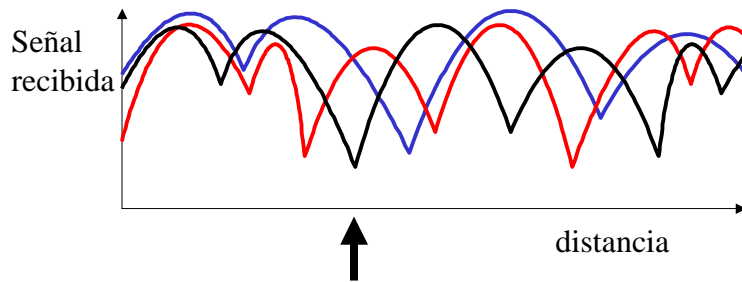
- El termino **Slow** indica que la velocidad de cambio de frecuencia es menor que la frecuencia de modulación.



23

## Efectos de Diversidad del Frequency Hopping

- Diversidad en frecuencia



24

## Efectos de Diversidad del Frequency Hopping

- Diversidad en frecuencia – Dependencia con la velocidad

Longitud de onda:  $\lambda_{900\text{MHz}} \sim 30 \text{ cm}$ ,  $\lambda_{1800\text{MHz}} \sim 15 \text{ cm}$

Velocidad del móvil vs longitud de onda

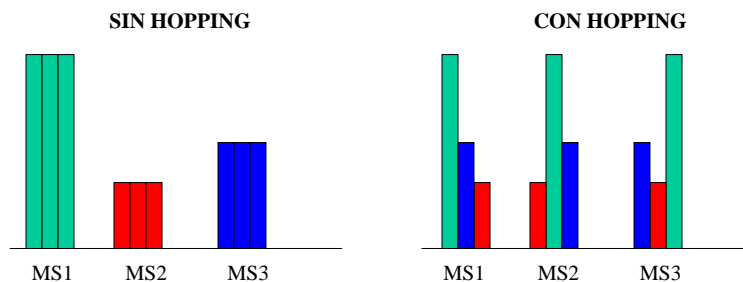
	3.6 km/h (1 m/s)	50 km/h (~14 m/s)
TCH/FS (20ms p/trama)	$2 \text{ cm} \ll \lambda$	$28 \text{ cm} \sim \lambda$

La performance del canal TCH/FS, mejora utilizando FH a bajas velocidades debido a diversidad en frecuencia. A altas velocidades el efecto es nulo.

25

## Efectos de Diversidad del Frequency Hopping

- Diversidad de interferentes



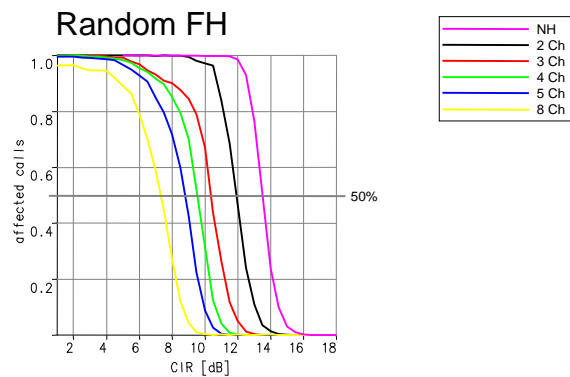
El FH promedia las interferencias de varias fuentes, permitiendo un diseño según el caso de interferencia promedio en lugar del peor caso (como es en sistemas analógicos tradicionales).

26

# Planificación de redes FH

## C/I requerido en redes FH-GSM

(TU3, affected call  $\Leftrightarrow$  FER (Frame Erasure Rate) > 2%)



Shift: 7 dB  $\zeta$  13.5 dB  
Ganancia: 6.5 dB

27

## Secuencias de Hopping

Existen 2 parámetros que describen el algoritmo de Hopping:

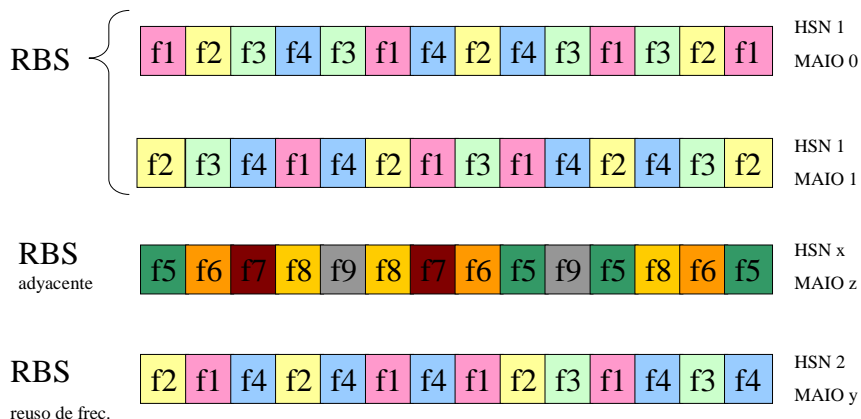
HSN (Hopping sequence number):  $\{0 - 63\}$

MAIO (Mobile Allocation Index Offset):  $\{0 - (n-1)\}$

(con n: frecuencias de hopping)

28

## Diseño para FH



29

## Control de Potencia

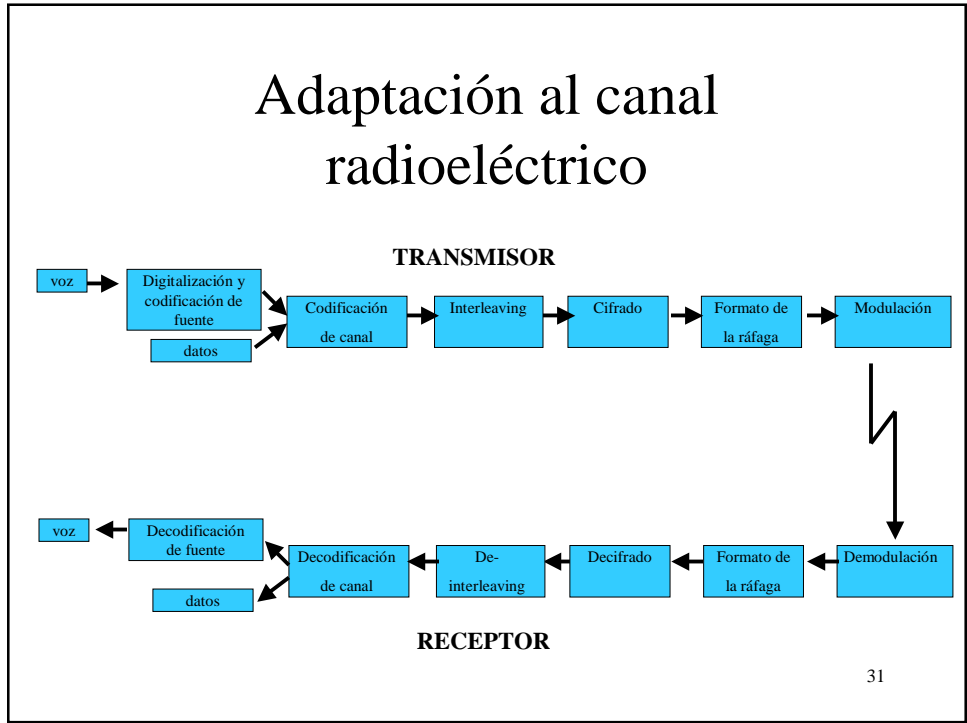
Power class	GSM 400 & GSM 900 & GSM 850 Nominal Maximum output power	Tolerance (dB) for conditions	
		normal	extreme
1	-----	±2	±2,5
2	8 W (39 dBm)	±2	±2,5
3	5 W (37 dBm)	±2	±2,5
4	2 W (33 dBm)	±2	±2,5
5	0,8 W (29 dBm)	±2	±2,5

GSM 400 and GSM 900 and GSM 850			
Power control level	Nominal Output power (dBm)	Tolerance (dB) for conditions	
		normal	extreme
0-2	39	±2	±2,5
3	37	±3	±4
4	35	±3	±4
5	33	±3	±4
6	31	±3	±4
7	29	±3	±4
8	27	±3	±4
9	25	±3	±4
10	23	±3	±4
11	21	±3	±4
12	19	±3	±4
13	17	±3	±4
14	15	±3	±4
15	13	±3	±4
16	11	±5	±6
17	9	±5	±6
18	7	±5	±6
19-31	5	±5	±6

30

# Adaptación al canal radioeléctrico



31

# Codificación

- Códigos convolucionales

Bloque fuente	100100110101	
Agregado de bits finales	100100110101000	
Delay 1 bit	100100110101000	
Delay 2 bits	100100110101000	
Delay 3 bits	100100110101000	
1ra secuencia de conv	110010001001001	$D^3+D+1$ (15 bits)

32



# Codificación

- Códigos convolucionales

Bloque fuente	100100110101	
Agregado de bits finales	100100110101000	
Delay 1 bit	100100110101000	
Delay 2 bits	100100110101000	
Delay 3 bits	100100110101000	
1ra secuencia de conv	110010001001001	$D^3+D+1$ (15 bits)
2da secuencia de conv.	101001011110111	$D^3+D^2+1$ (15 bits)

33

# Codificación

- Códigos convolucionales

Bloque fuente	100100110101	
Agregado de bits finales	100100110101000	
Delay 1 bit	100100110101000	
Delay 2 bits	100100110101000	
Delay 3 bits	100100110101000	
1ra secuencia de conv	110010001001001	$D^3+D+1$ (15 bits)
2da secuencia de conv.	101001011110111	$D^3+D^2+1$ (15 bits)
Puncturing	1 1 0 0 1 1 1 1	(8 bits)
Block transmitido	<b>11101010000011001101011</b>	(23 bits)

34

# Codificación

## •Fire Codes

Es del tipo CRC y permite encontrar errores de a grupos utilizando un polinomio generador  $(X^{23}+1)(X^{17}+X^3+1)$  el cual agrega 40 bits al mensaje original. Se pueden detectar grupos de errores de hasta 11 bits y corregirlos.

## •Códigos de Paridad

Se utilizan para detectar errores. Depende de la cantidad de bits agregados la cantidad de errores que pueden detectar

35

# Codificación e Interleaving

Canal	Tasa de bits (Kbit/s)	Bloque de entrada	Codificación	Bloque de salida	Interleaving
TCH/FS	Ia	50	Parity (3 bits) Convolutacional ½	456	En 8 ráfagas
		132	Convolutacional ½		
		78	Ninguna		
TCH/F9.6	12	240	Convolutacional ½ Puncturing 1 de 15	456	En 22 ráfagas
SCH		25	Paridad (10 bits) Convolutacional ½	78	En 1 ráfaga del tipo S
RACH		8	Paridad (10 bits) Convolutacional ½	36	En 1 ráfaga de acceso
SDCCH, SACCH, BCCH, PCH, AGCH		184	Fire Code 224/184 Convolutacional 1/2	456	En 4 ráfagas

36

## Cifrado

- Se realiza un XOR con una palabra clave pseudo randomica que se deriva del numero de slot y una semilla gestionada por medio de señalización al comienzo de la comunicación

37

## Formato de la ráfaga

**Ejemplo de ráfaga Normal (todos los canales excepto FCCH, SCH y RACH)**

Tail	Información	Secuencia de Entrenamiento	Información	Tail
3	58	26	58	3

**Ejemplo de ráfaga de acceso (RACH)**

Tail	Secuencia de Entrenamiento	Información	Tail
7	41	36	3

**Ejemplo de ráfaga de sincronización (SCH)**

Tail	Información	Secuencia de Entrenamiento	Información	Tail
3	39	64	39	3

**Ráfaga de corrección de frecuencia (FCCH) : todos los bits 0**

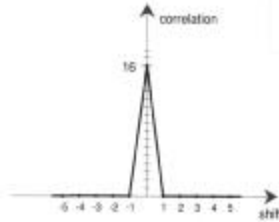
38

# Formato de la ráfaga

## •Secuencias de entrenamiento

Training Code (TSC)      Training sequence bits sequence (BN61, BN62 .. BN86)

0	(0,0,1,0,0,1,0,1,1,1,0,0,0,0,1,0,0,0,1,0,0,1,0,1,1,1)
1	(0,0,1,0,1,1,0,1,1,1,0,1,1,1,1,0,0,0,1,0,1,1,0,1,1,1)
2	(0,1,0,0,0,0,1,1,1,0,1,1,1,0,1,0,0,1,0,0,0,0,1,1,1,0)
3	(0,1,0,0,0,1,1,1,1,0,1,1,0,1,0,1,0,0,0,1,0,0,0,1,1,1,0)
4	(0,0,0,1,1,0,1,0,1,1,1,0,0,1,0,0,0,0,0,1,1,0,1,0,1,1)
5	(0,1,0,0,1,1,1,0,1,0,1,1,0,0,0,0,0,1,0,0,1,1,1,0,1,0)
6	(1,0,1,0,0,1,1,1,1,0,1,1,0,0,0,1,0,1,0,0,1,1,1,1,1)
7	(1,1,1,0,1,1,1,1,0,0,0,1,0,0,1,0,1,1,1,0,1,1,1,1,0,0)



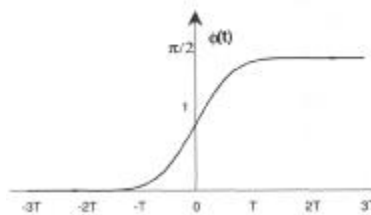
39

# Modulación

- Se utiliza modulación en fase GMSK con  $BT=0.3$

$$A(t) \cdot \cos(\omega t + \varphi(t))$$

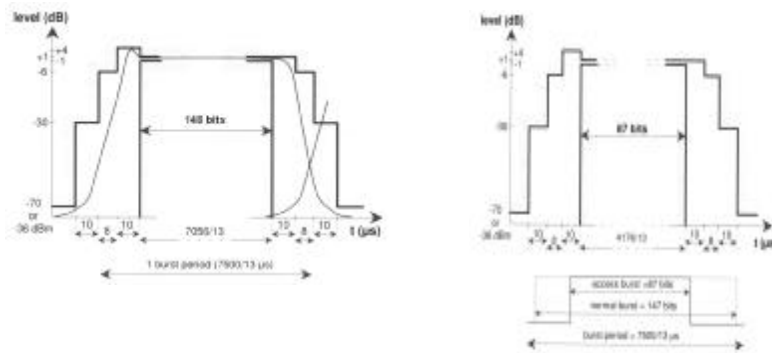
$$\text{donde } \varphi(t) = \varphi_0 + \sum k_i \phi(t - iT)$$



40

# Modulación

- La Amplitud no lleva la información pero esta acotada al tiempo de slot.



41

# Modulación

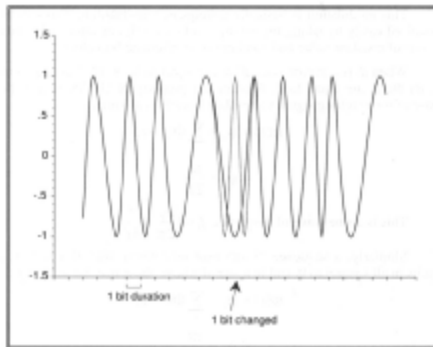


Figure 4.29 – Effect of one bit on the modulated signal

Two bit sequences differing by a single bit are used to modulate a carrier at a frequency of 0.25 times the baud rate (one cycle every four bits), using GMSK and the GSM step function  $\Phi(t)$ : the effect of the change is negligible outside a window of 3 bit periods.

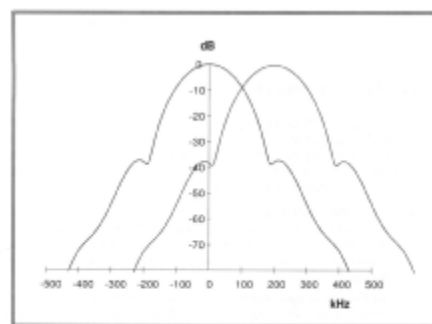


Figure 4.30 – GMSK modulation spectrum

The spectrum of the GMSK modulation used in GSM is shown here for two adjacent central frequencies separated by 200 kHz. The overlap is not negligible and frequency planning must take the effect of adjacent channel interference into account.

42

## Resumen

Se ha visto a lo largo de esta presentación los siguientes aspectos.

- Introducción al sistema GSM
- Canales lógicos de la interfaz de aire
- Esquema de multiplexado (TDMA, FDMA, FH)
- Adaptación al canal Radioeléctrico