

Técnicas de acceso al medio

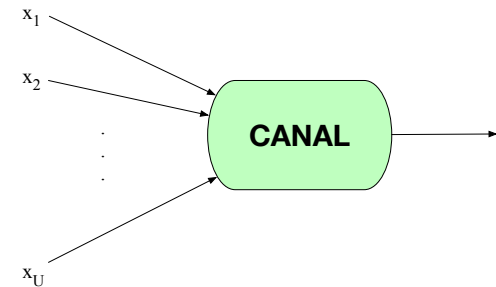
Motivación

- Recursos escasos en un sistema de telecomunicación
 - Ancho de banda
 - Potencia
 - Número de portadoras disponibles
- ¿Qué se hace cuando varios usuarios quieren acceder a estos recursos?
 - Dividir y asignar dichos recursos
 - Frecuencia
 - Tiempo
 - Código

Varias aproximaciones

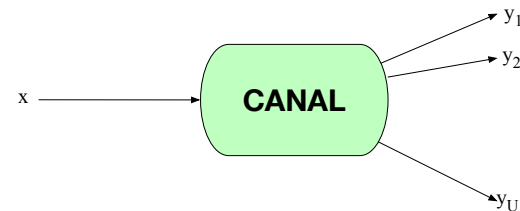
- **MAC** (Multiple-Access Channel)

- Ej.: GSM, Wi-Fi



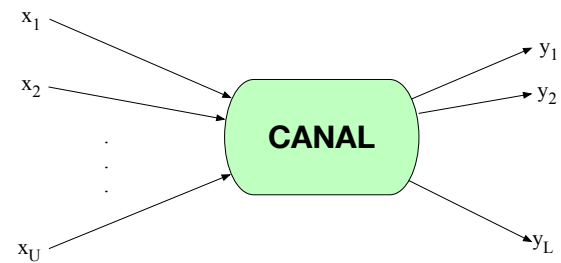
- **BC** (Broadcast Channel)

- Ej.: Radio, TV

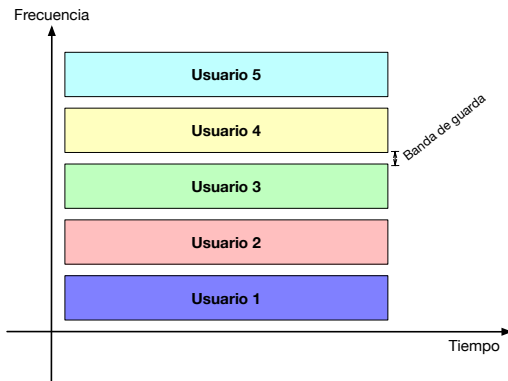


- **IC** (Interference Channel)

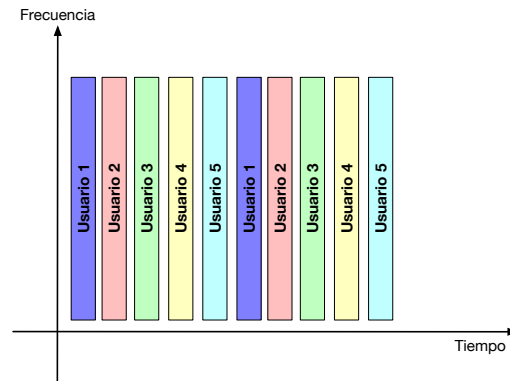
- Ej.: Redes militares



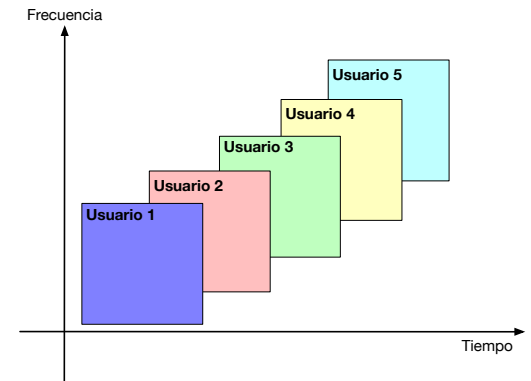
Intuitivamente



A cada usuario se le asigna
una frecuencia
FDMA



A cada usuario se le asigna
un slot de tiempo
TDMA



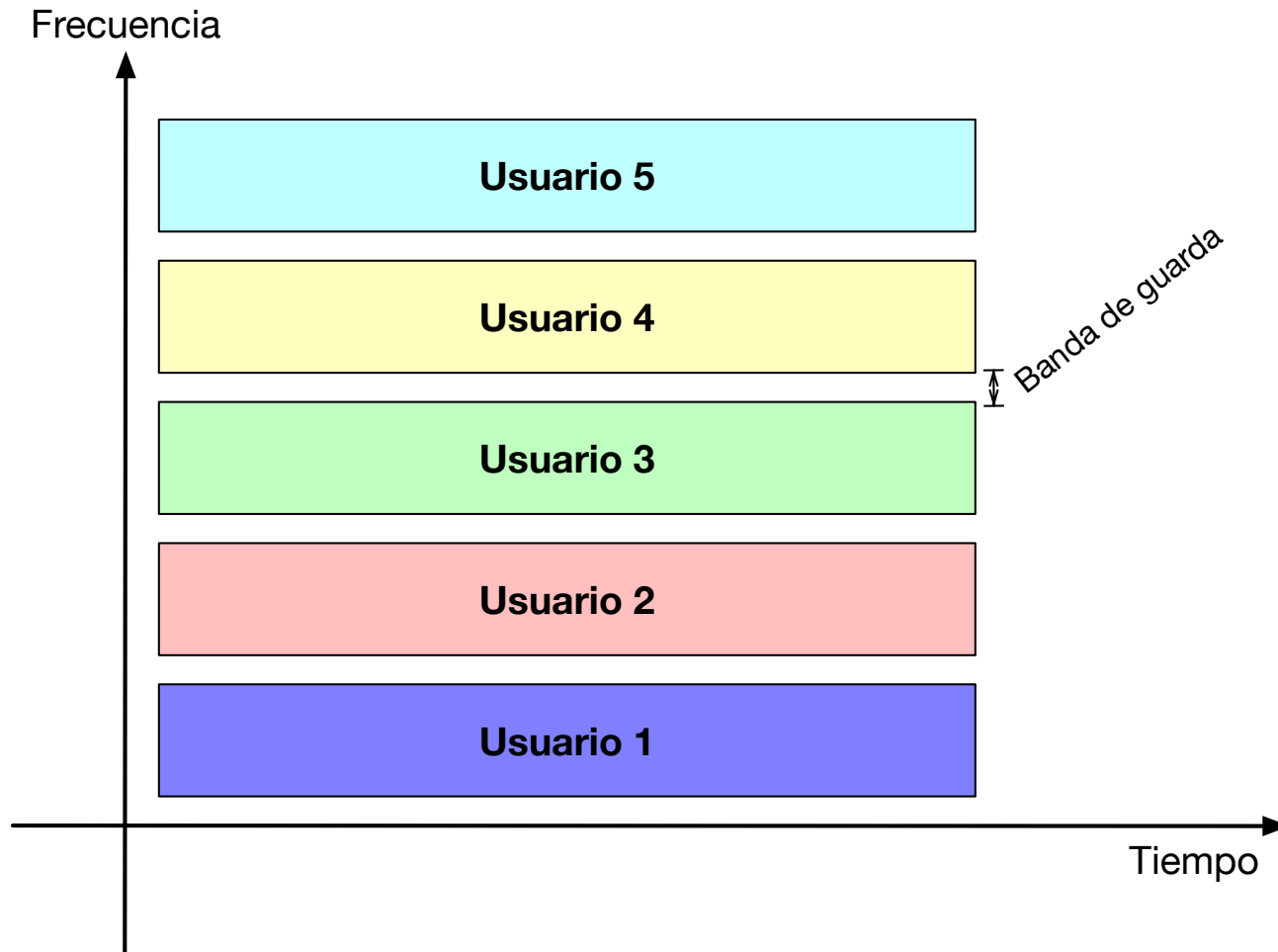
A cada usuario se le asigna
un código
CDMA

Si vemos la telefonía móvil...

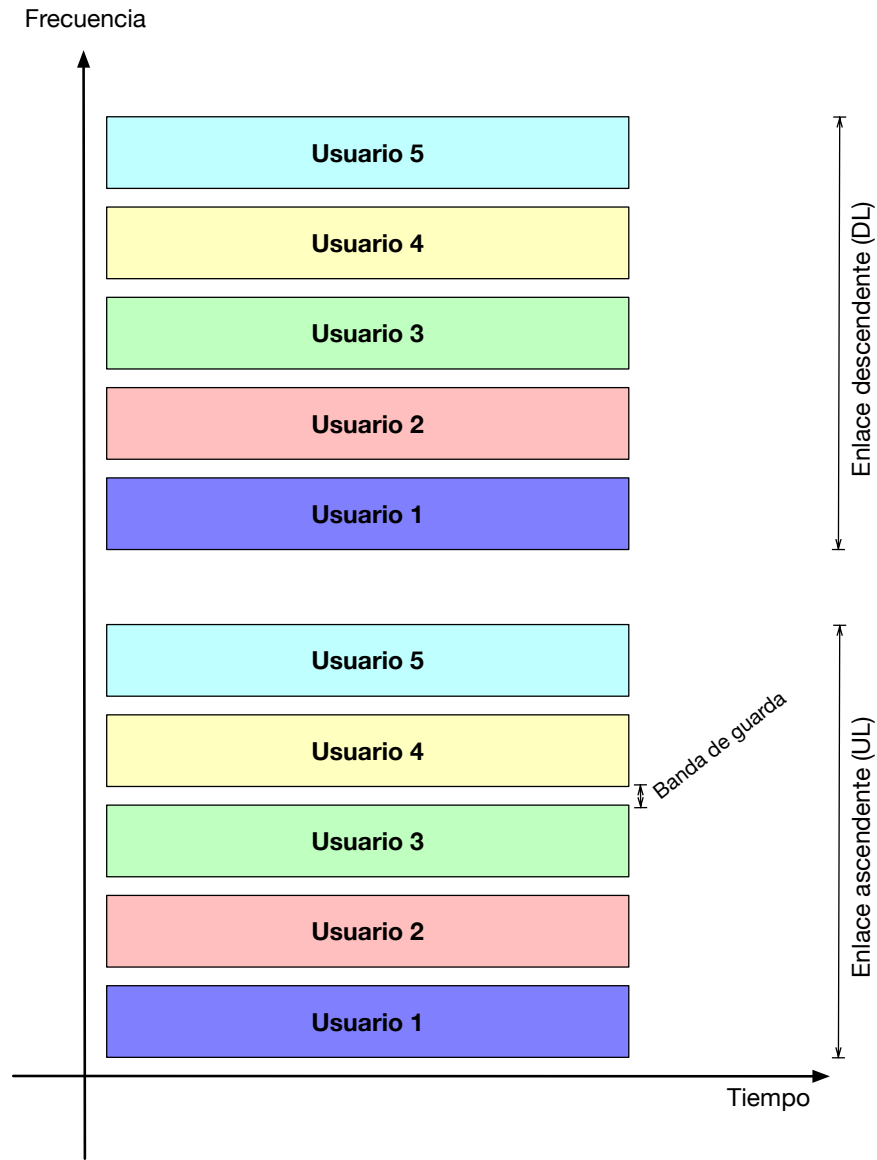
- **1G:** FDMA
- **2.xG:** TDMA (con alguna variación)
- **3.xG:** CDMA
- **4G:** OFDMA + MIMO
- **5G:** NOMA

FDMA

Frequency Division Multiple Access)



FDMA – Full Duplex



FDMA - Ventajas e inconvenientes

- **Ventajas:**

- Compatibles con modulaciones analógicas y digitales
- Implementación muy sencilla

- **Inconvenientes:**

- No aprovecha bien el espectro disponible (en comparación con TDMA y CDMA)
- Es un sistema rígido
- Posible interferencia entre subcanales

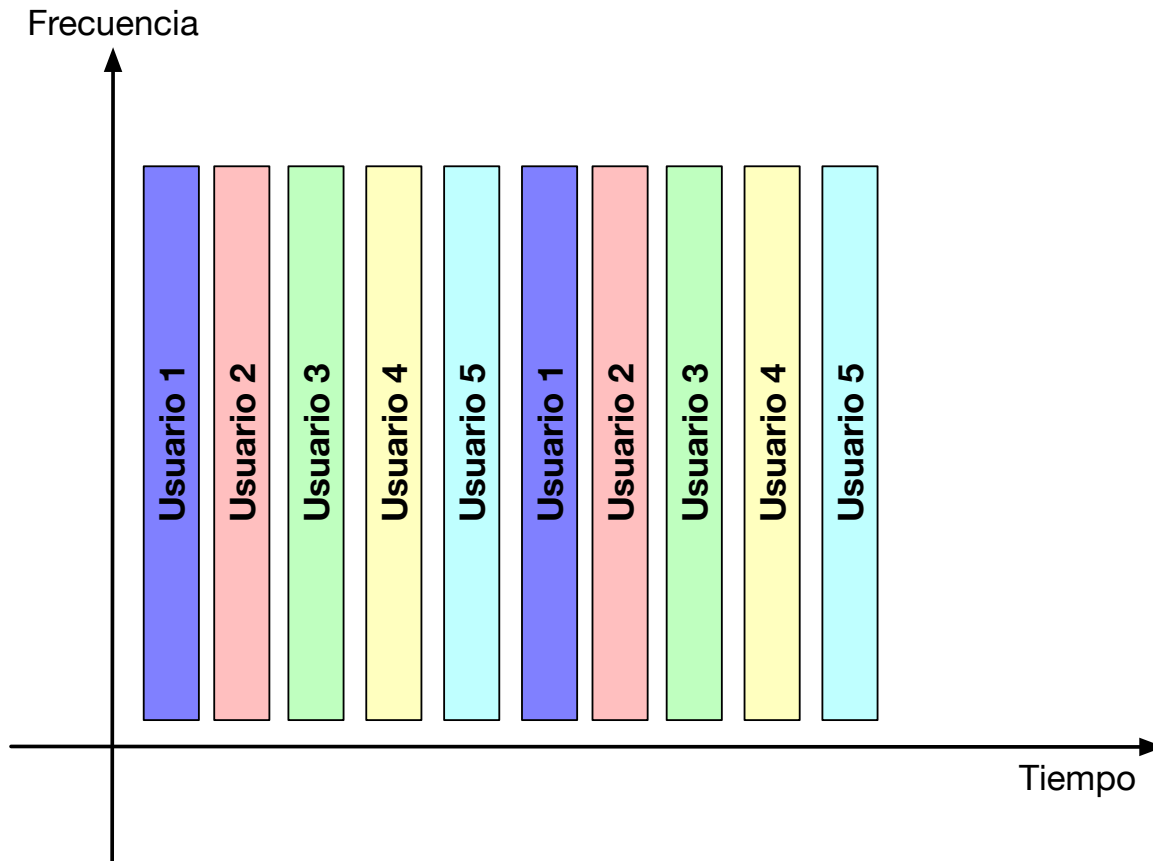
- **Aplicaciones:**

- FM comercial: BW=150kHz, guarda de 25kHz
- Fibra óptica

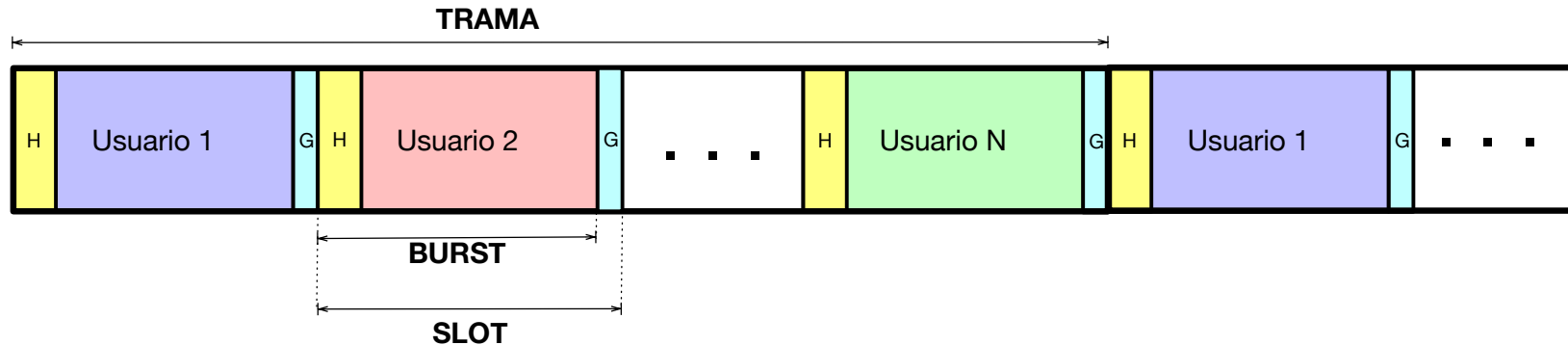
TDMA

(Time Division Multiple Access)

- TDMA: *Time Division Multiple Access*

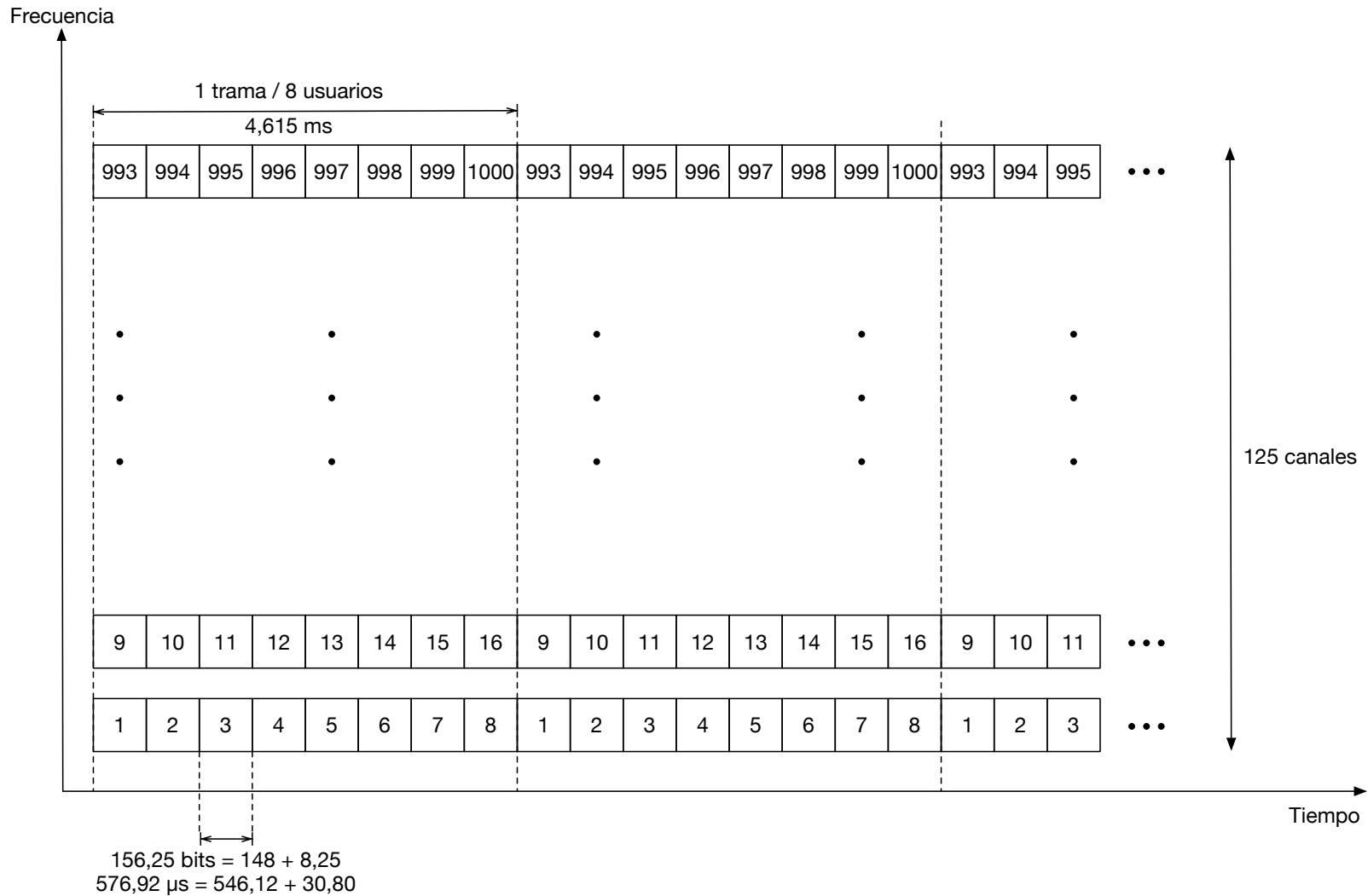


TDMA – Parámetros importantes

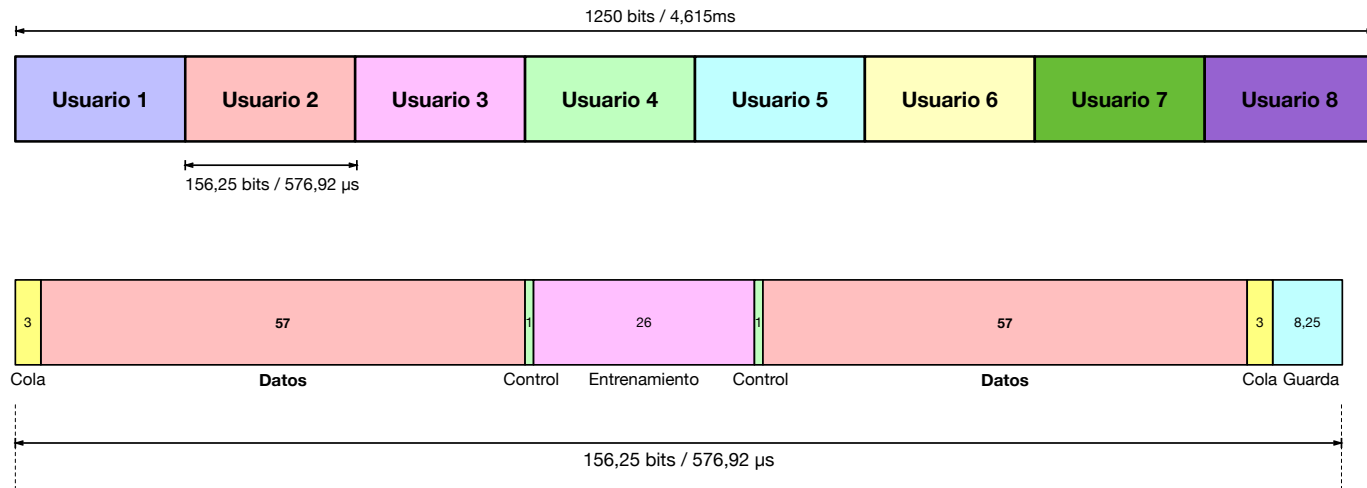


- B_{TRAMA} , T_{TRAMA} : N° de bits y duración de la trama
- N : N° de slots por trama
- B_{SLOT} : N° de bits en cada slot
- B_{BURST} : N° de bits de información por burst:
 - $B_{BURST} = B_{SLOT} - G$
- H : Bits de Overhead por slots
- G : Bits/Tiempo de guarda

Ejemplo: GSM (I)



Ejemplo: GSM (II)

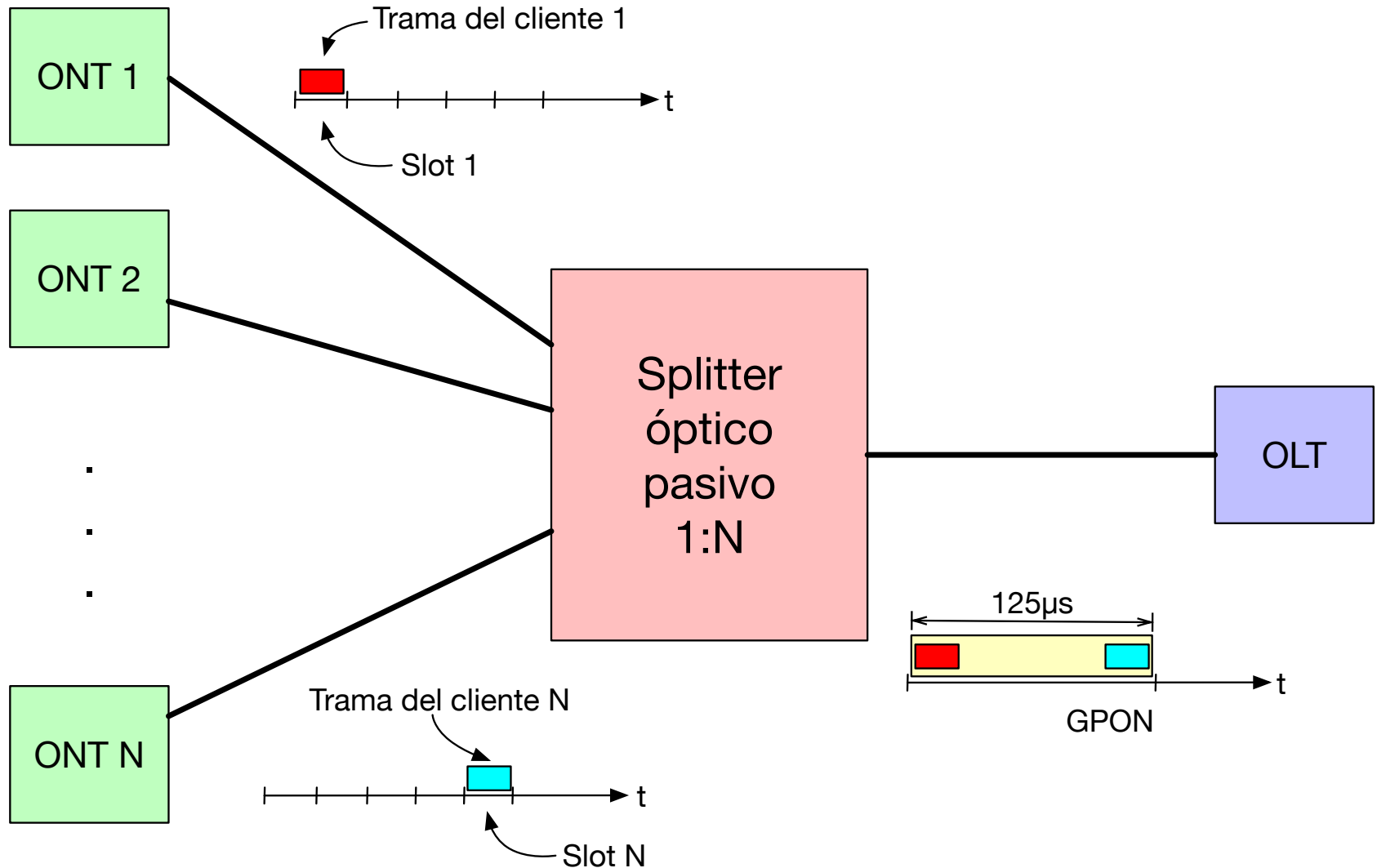


- $B_{SLOT} = 156,25 \text{ bits}$
- $B_{BURST} = 148 \text{ bits}$
- $H = 34 \text{ bits}$
- $G = 8,25 \text{ bits}$
- $T_{SLOT} = 576,92 \mu s$
- $T_{BURST} = 546,12 \mu s$
- $T_{TRAMA} = 4,615 \text{ ms}$

$$C = \frac{B_{BURST}}{T_{BURST}} = \frac{148}{546,12} = 271 \text{ kbps}$$

$$R_{bU} = \frac{B_{BURST} - H}{T_{TRAMA}} = \frac{114}{4,615 \text{ ms}} = 24,7 \text{ kbps}$$

Ejemplo: Enlace ascendente PON



TDMA – Ventajas e inconvenientes

- **Ventajas:**

- Versatilidad. Se pueden asignar más o menos slots a cada usuario
- Buen rendimiento espectral

- **Inconvenientes:**

- Complejidad. Requiere sincronización estricta
- Limitada a sistemas digitales

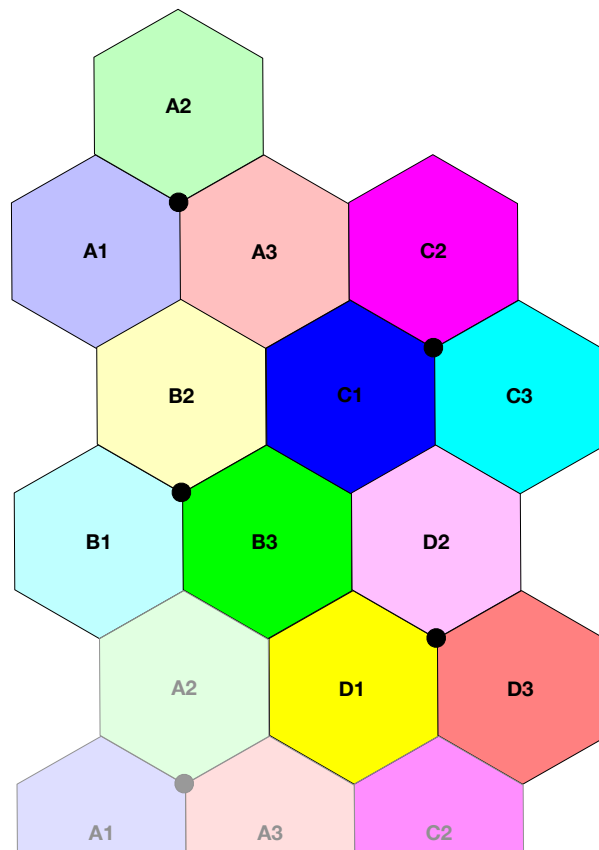
- **Aplicaciones:**

- Telefonía móvil 2.xG (en combinación con FDMA)

SDMA

(Spatial Division Multiple Access)

- Se utilizan antenas directivas para cubrir distintas zonas del espacio con distintos haces de radiación.



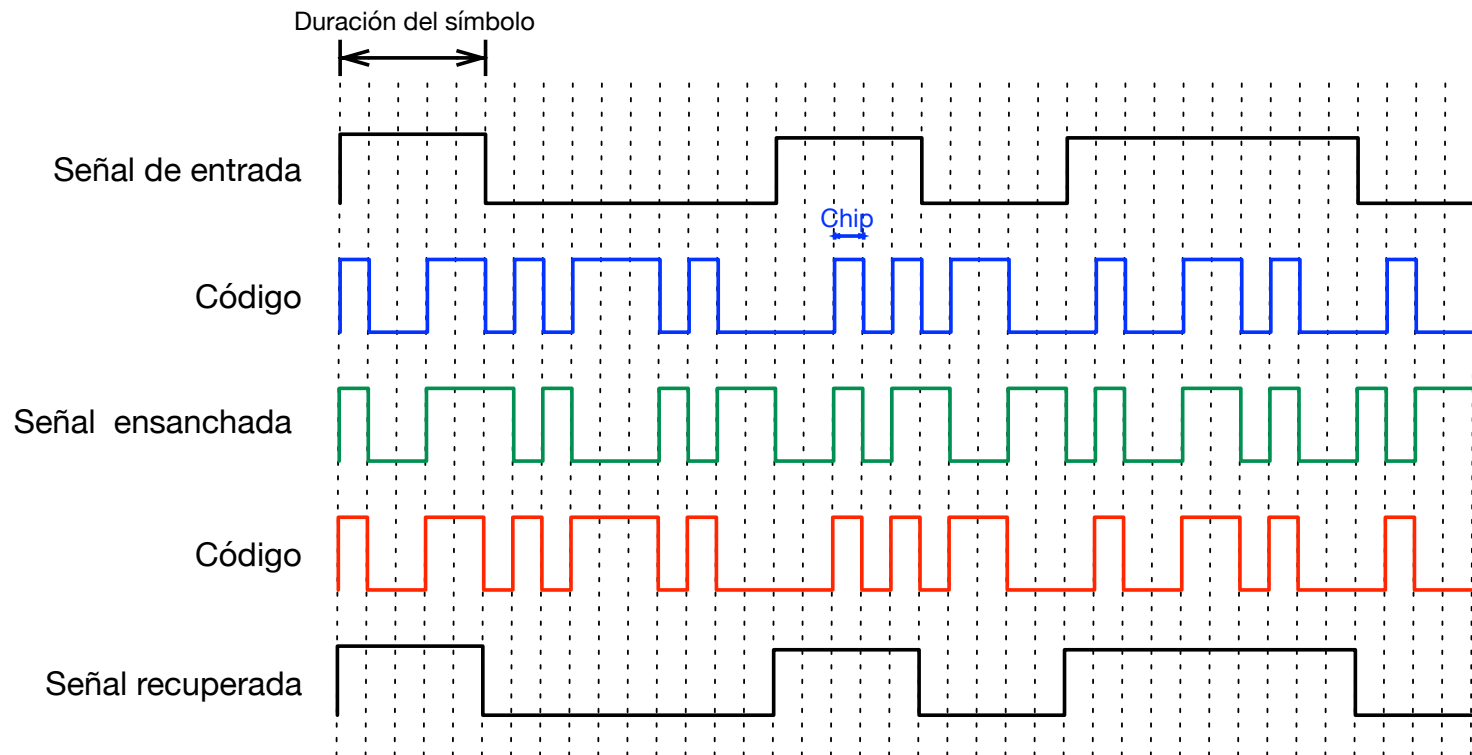
CDMA

(Code Division Multiple Access)

- Los usuarios transmiten simultáneamente y en las mismas frecuencias.
- ¿Cómo se separa cada comunicación?
 - Técnicas de espectro ensanchado (SS, *Spread Spectrum*):
 - **DS: Direct Sequence**
 - **FH: Frequency Hopping**
 - TH: Time Hopping

Técnicas DS (I)

- Cada usuario dispone de un código que utiliza para “codificar” la señal enviada:



Técnicas DS (II)

- Sólo aquellos usuarios con el código correcto podrán interpretar la señal recibida. Para el resto será indistinguible del ruido.
- La probabilidad de error para un sistema con M usuarios es:

$$P_e = Q \left(\frac{1}{\sqrt{\frac{M-1}{3P_g} + \frac{N_0}{2E_b}}} \right) \xrightarrow{\text{Si no hay ruido}} P_e = Q \left(\sqrt{\frac{3P_g}{M-1}} \right)$$

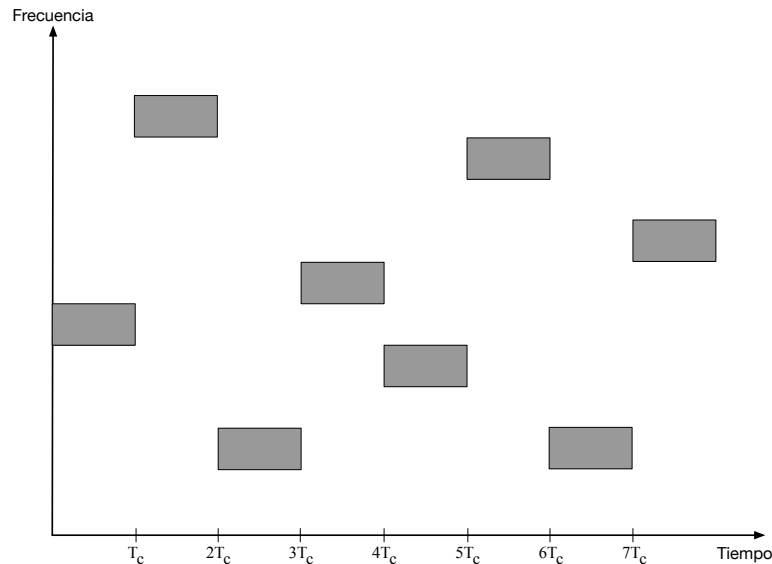
$$P_g = \frac{W_c}{W_x}: \text{ganancia del proceso}$$

Problema cerca-lejos

- Es uno de los principales problemas de los sistemas CDMA.
- Caso típico: telefonía móvil
- Puede haber problemas al detectar una señal débil en presencia de otras de mayor potencia
- Solución: técnicas de control de potencia
- Ventaja adicional: ahorro de batería

Técnicas FH

- Surgieron en la II Guerra Mundial como técnicas para guiar torpedos sin poder ser detectados por el enemigo
- La señal va saltando de una frecuencia a otra siguiendo una secuencia pseudoaleatoria.



CDMA – Ventajas e inconvenientes

- **Ventajas:**

- Señal transmitida con baja densidad espectral de potencia -> afecta poco a otros sistemas
- Privacidad
- No existen slots de transmisión
- Uso eficiente del espectro
- Disminución de problemas por multitrayecto -> Receptor RAKE

- **Inconvenientes:**

- El rendimiento se degrada al aumentar los usuarios
- Problema de cerca-lejos

OFDMA

(Orthogonal Frequency Division Multiple Access)

- Los datos se reparten entre varias sub-portadoras ortogonales, equiespaciadas en frecuencia.

$$\int_0^T \cos(2\pi f_k t) \cos(2\pi f_i t) = 0 \quad \forall k \neq i$$

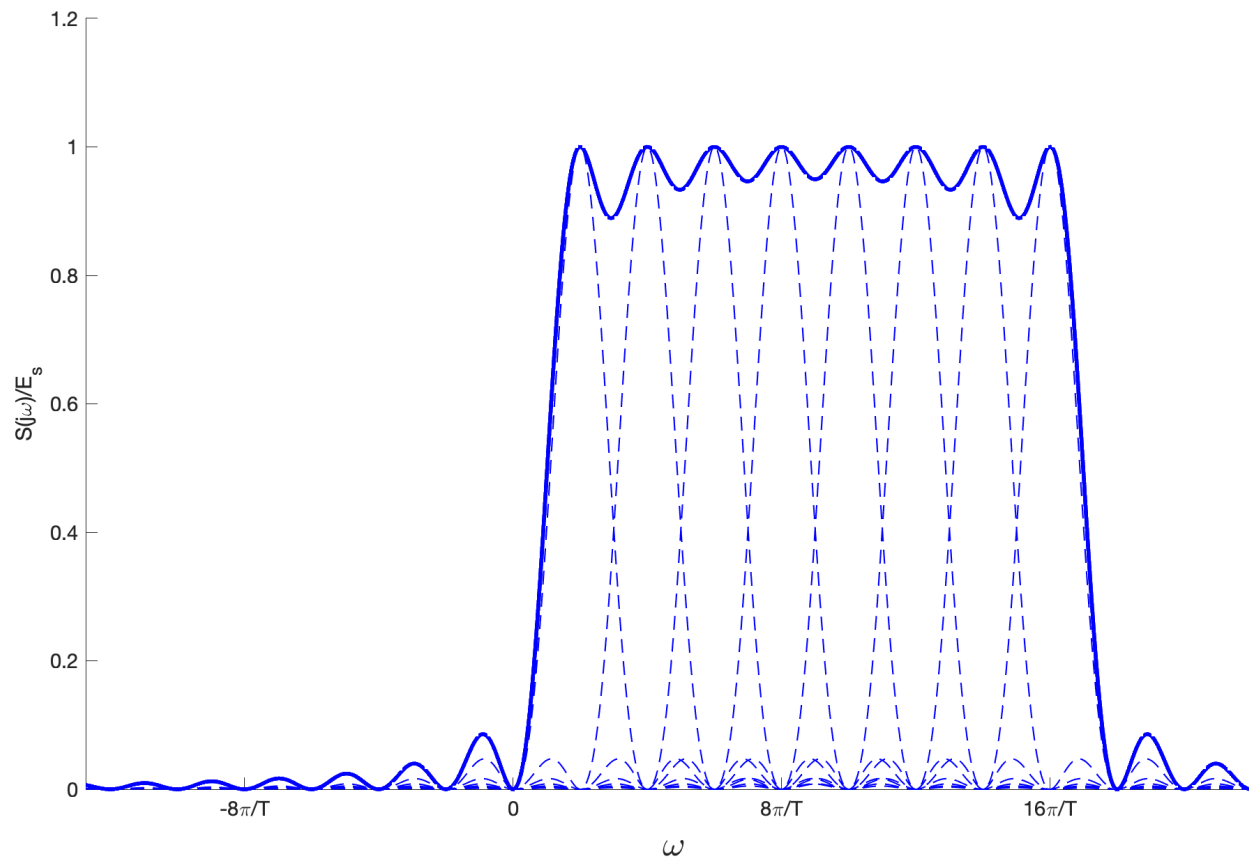
- Cada una de ellas funciona como un canal que transporta sus propios datos.
- Puede verse como una técnica de espectro ensanchado.

OFDMA

- ¿Cómo se aplica esta idea al acceso múltiple?
- Se asigna a cada usuario un cierto número de portadoras entre las que reparte el flujo total de datos
- Cada subflujo, modula a cada portadora.
- A cada usuario se le puede asignar, en cada slot de tiempo, un cierto número de portadoras ortogonales.

OFDMA (II)

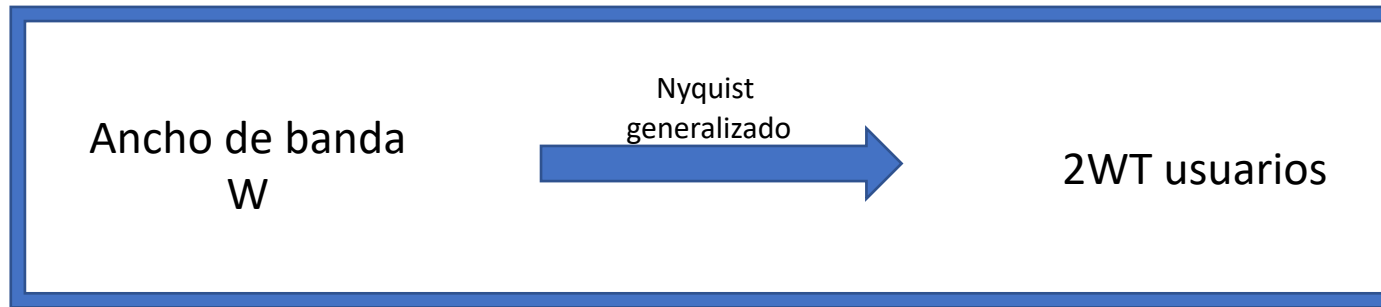
- Ejemplo: espectro de 8 señales OFDM



OFDMA (III)

- Ventajas:
 - Se reduce el riesgo de interferencia entre subcanales
 - Robusto frente a multitrayecto
 - No es necesario utilizar filtros pasobanda como en FDMA
- Inconvenientes:
 - Es necesaria una sincronización estricta
- Aplicaciones:
 - Wi-Fi (IEEE 802.11)
 - WiMax (IEEE 802.16)

OFDMA (IV)



- Alternativas:
 - No asignar los pulsos de forma permanente. Técnicas CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection) (e.g. Ethernet)
 - Usar señales “casi” ortogonales → Interferencia multiacceso (MAI)

OFDMA vs. FDMA

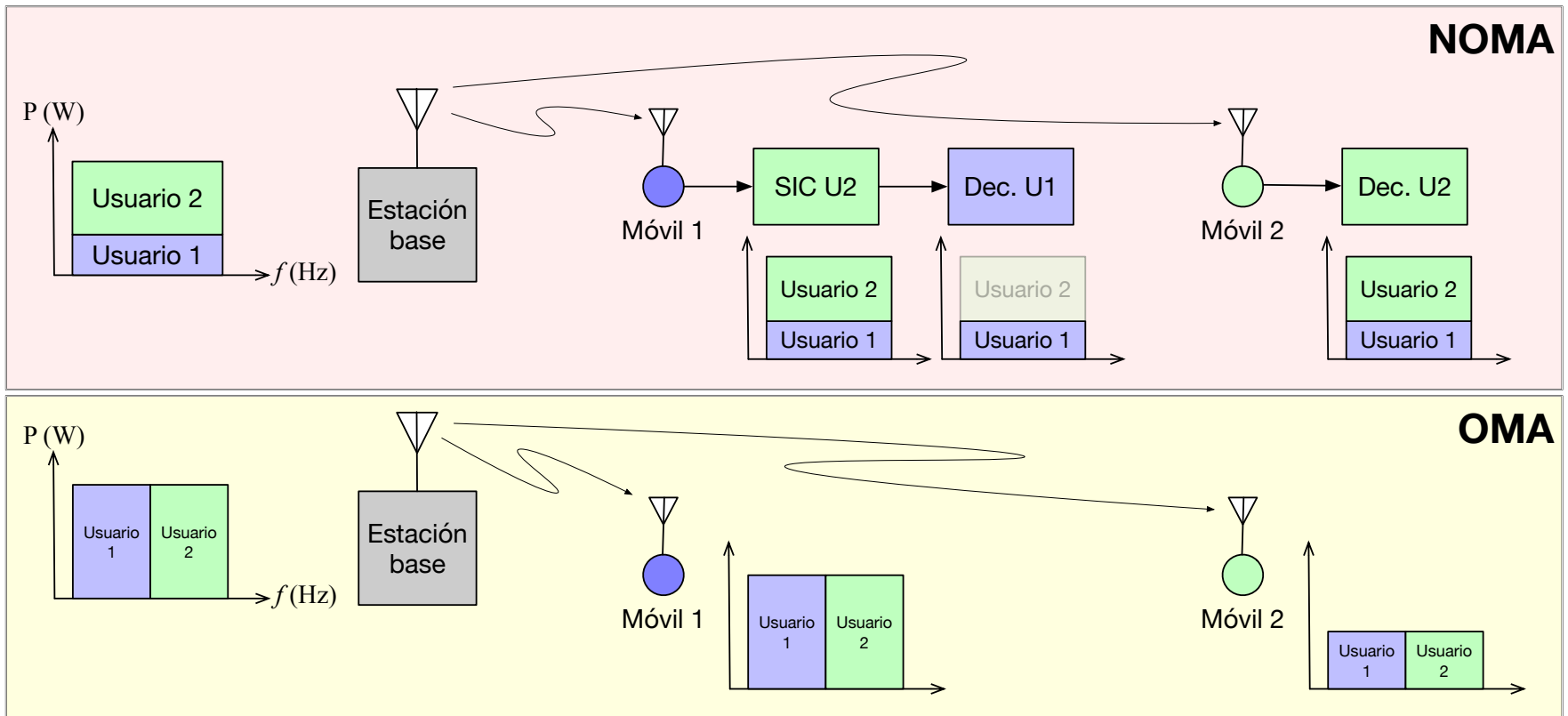
- OFDMA es **más eficiente** en ancho de banda
- OFDMA permite **mayor velocidad** de datos que FDMA
- OFDMA es **menos robusto** frente a interferencia multitrayecto.

OFDMA vs. CDMA

- En OFDMA la información se transmite utilizando varias **portadoras ortogonales**.
- En CDMA, todos los usuarios **comparten frecuencias**, y se utilizan códigos.
- CDMA permite **comunicaciones más seguras** en entornos ruidosos

NOMA

(NonOrthogonal Multiple Access)



NOMA vs OMA

- En OMA, cada frecuencia se asigna a un usuario, aunque tenga malas condiciones de canal -> **Afecta a todo el sistema**
 - NOMA comparte la misma frecuencia con todos los usuarios
- En OMA, los usuarios con mejores condiciones de canal tienen mayor prioridad -> **Problema con conexiones masivas**
 - NOMA proporciona mejores condiciones y menor latencia
- NOMA es **prácticamente compatible** con las arquitecturas actuales.

NOMA vs. OFDMA

