

Introducción (1)



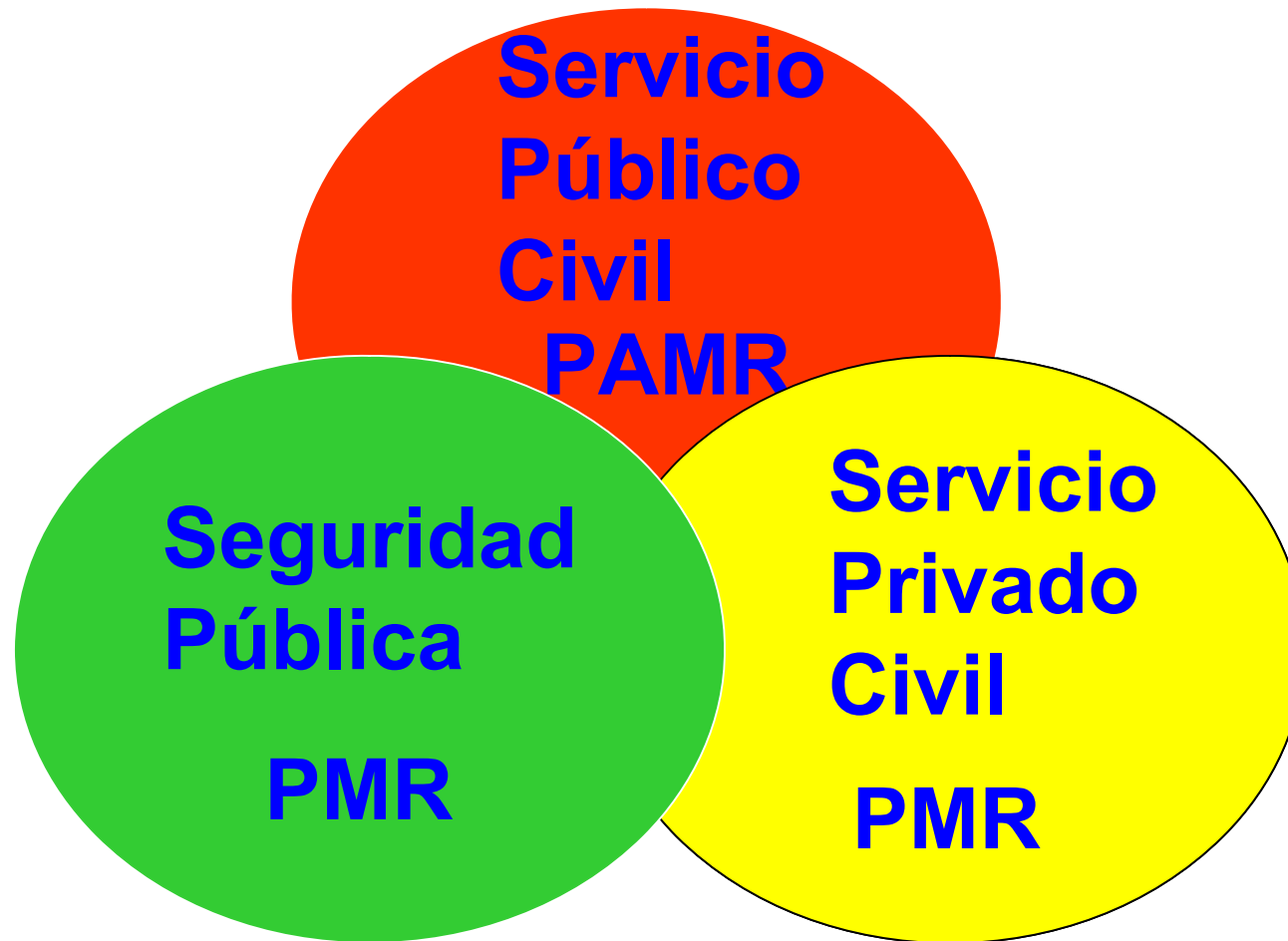
- **TETRA (*Terrestrial Trunked Radio*) es un estándar elaborado por el ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*) que ha reunido propuestas de operadores de redes, administraciones nacionales, fabricantes de equipos y usuarios de servicios móviles para establecer una norma abierta para las comunicaciones móviles digitales troncales.**
- **TETRA abarca desde aplicaciones de redes privadas a grandes sistemas públicos, manteniendo las características básicas de los sistemas PMR (Private Mobile Radio), como son el modo de comunicación directo y la llamada de grupo.**

Introducción (2)

- *Objetivos*
- **Definir un estándar PMR para satisfacer las necesidades actuales y futuras de los usuarios PMR en toda Europa.**
- **Unir los mercados PMR fragmentados en un único mercado común.**
- **Cumplir los requisitos de cooperación de la Policía Europea para permitir la integración europea.**
- **Se ha constituido la organización TETRA MoU que agrupa a organizaciones de usuarios, operadores, fabricante, entidades normativas, centros de pruebas y promotores de programas (software) con el fin de implantar TETRA.**

Introducción (3)

- *Tres mercados clave*

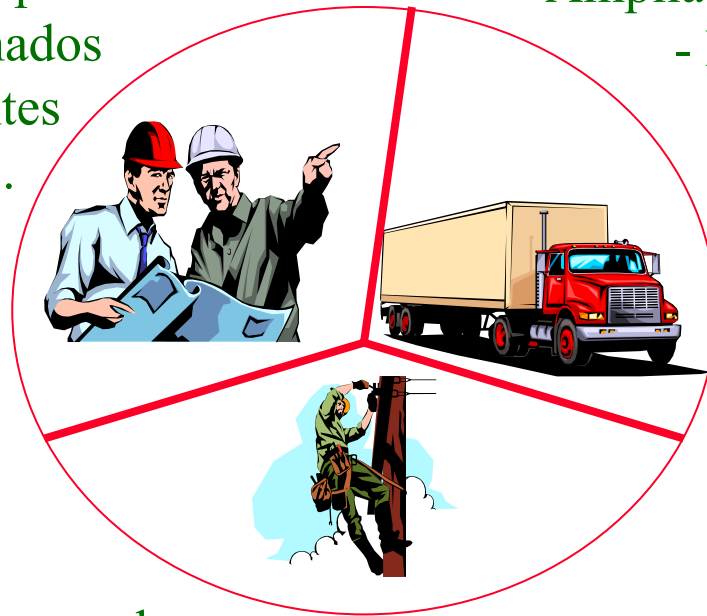


Introducción (4)

- *TETRA reúne las ventajas de las redes públicas y privadas*

TETRA cubre las necesidades de todos los grupos de usuarios PMR:

- Administración independiente de las bases de abonados propios para diferentes organizaciones (p.ej. diferentes distritos policiales)
- Establecimiento de prioridades, grupos dinámicos, etc...



Los operadores pueden crear de forma flexible paquetes de servicios personalizados

La compartición de la red proporciona las ventajas de los grandes sistemas celulares:

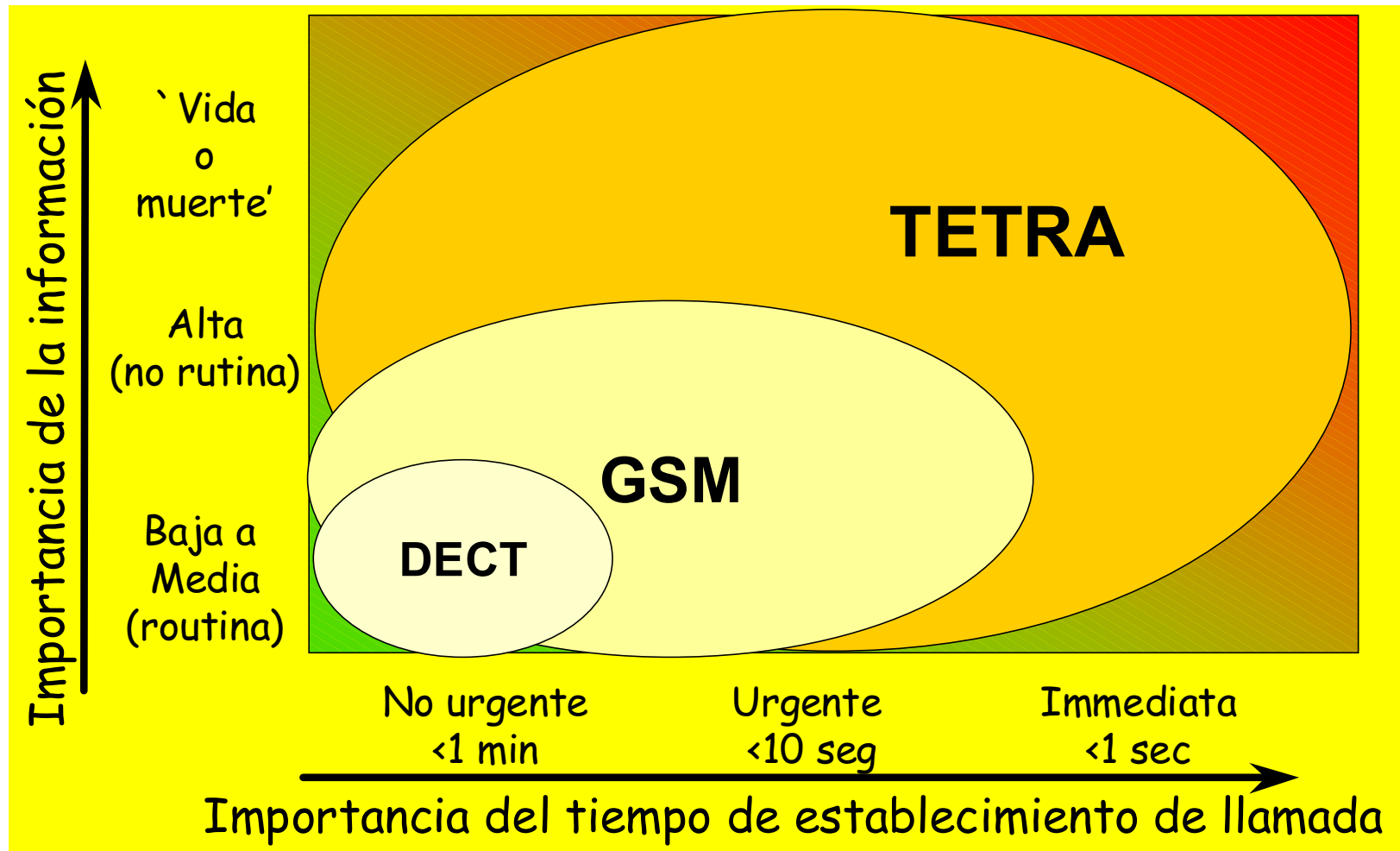
- Amplia cobertura
- Bajos costes
- etc.

Las organizaciones de usuarios mantienen los beneficios de las redes privadas:

- Las organizaciones no interfieren en otras comunicaciones.
- Las organizaciones controlan sus propias comunicaciones

Introducción (5)

- *Información en TETRA*



Introducción (6)

- *TETRA versus otros estándares*

Características	TETRA	GSM	DECT	APCO25
Velocidad de datos de usuario	28,8kbs	9,6kbs	144,4kbs	9,6kbs
Canal de tráfico (kHz)	6,25	25	166,6	12,5
Cobertura extensa	✓	✓		
Facilidad de duplexado	✓	✓	✓	
Servicios telefónicos	✓	✓	✓	
Servicios PMR	✓			✓
Prioridad	✓			✓
Establ. de llamadas < 0.3 sec	✓			✓
Llamadas de grupo y difusión	✓	GSM-R		✓
Llamadas en espera	✓			✓
Flexibilidad de tamaño sistema	✓			✓
Autonomía del terminal	✓			✓
Codec robusto de baja velocidad	✓			✓
Voz y datos simultáneos	✓			

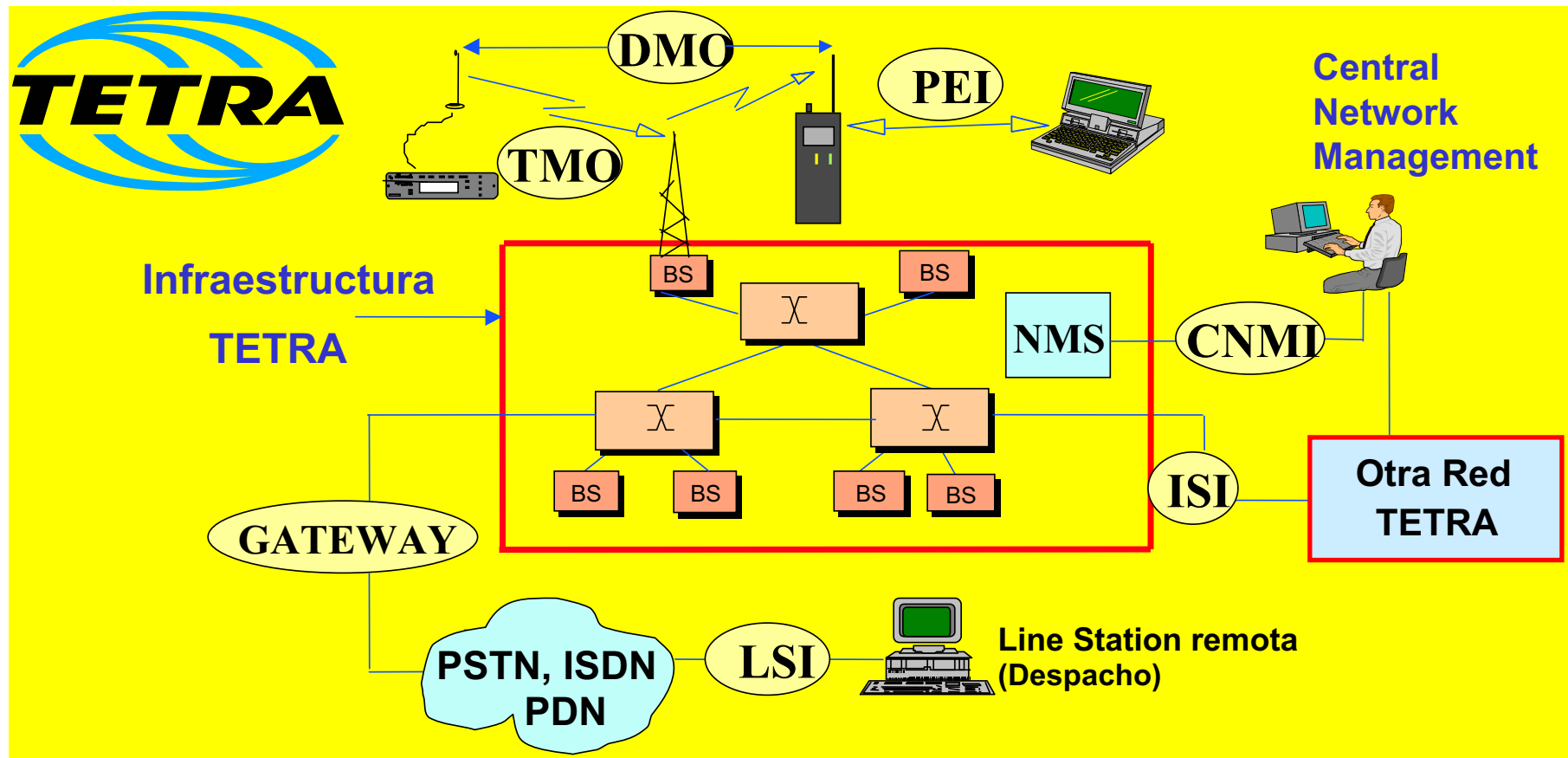
? - parte de extensiones futuras, Fase 2++

Arquitectura de red TETRA (1)

- *Interfaces/Gateways*
 - Air Interface (AI)
 - Trunked Mode Operation (TMO)
 - Direct Mode Operation (DMO)
 - Inter-System Interface (ISI)
 - Peripheral Equipment Interface (PEI)
 - Line Station Interface (LSI)
 - Central Network Management Interface (CNMI)
 - Gateways a PSTN, ISDN y PDN (Packet Data Network)
- *Todas las interfaces/gateways son obligatorios excepto CNMI que es una recomendación*

Arquitectura de red TETRA (2)

- *Red TETRA típica*



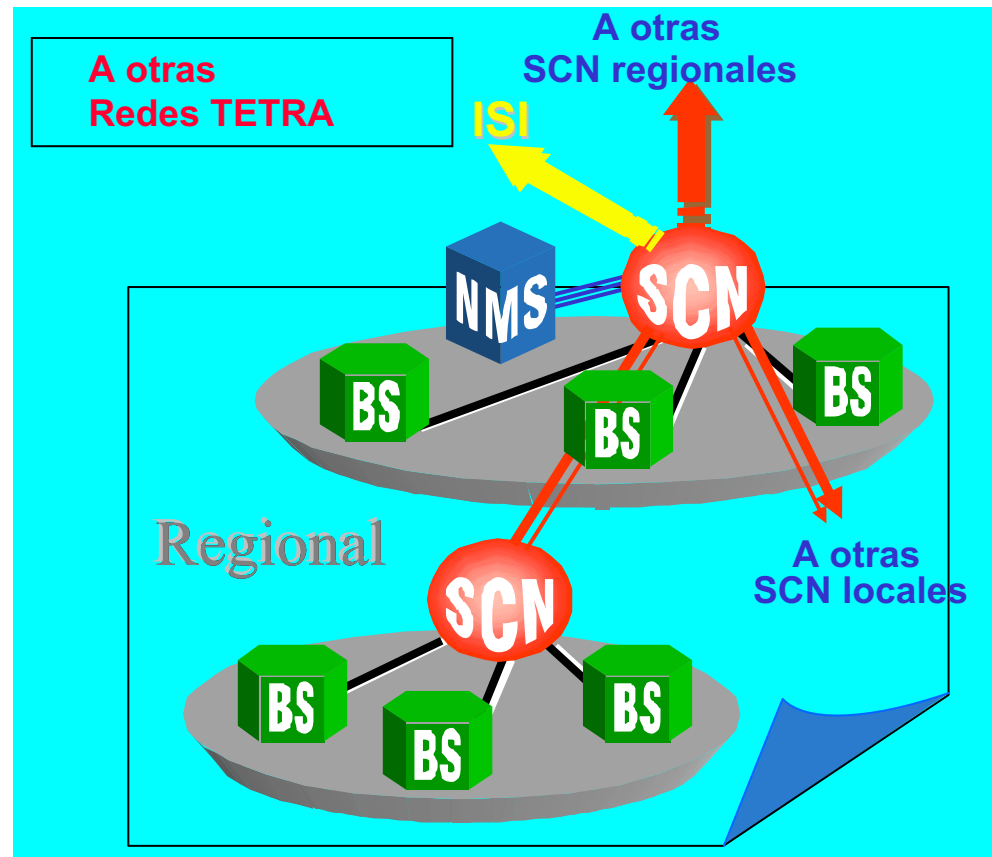
Arquitectura de red TETRA (3)

- *Variantes del Air Interface (AI).*
- **Voz más datos (V+D)**
 - **Trunked Mode (TMO)**
 - **Direct Mode (DMO)**
 - **Free DMO**
 - **Managed DMO**
- **Packet Data Optimised (PDO)**
 - **Banda Estrecha (el estandarizado inicialmente)**
 - **Digital Advanced Wireless Services (DAWS).** En desarrollo en la actualidad.

Arquitectura de red TETRA (4)

- Servicios soportados por ISI

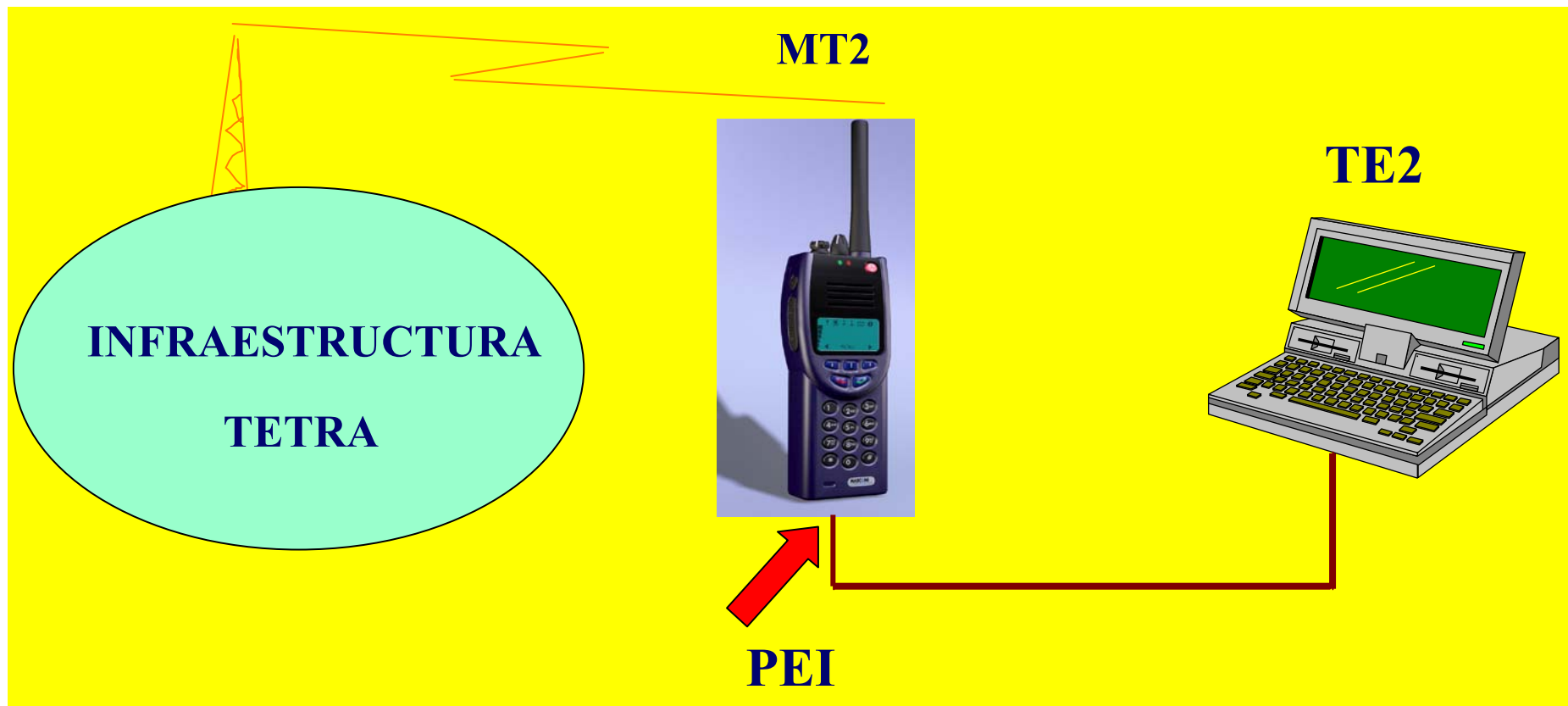
- Llamada individual
- Llamada de grupo
- Gestión de movilidad
- Servicio de datos cortos
- Servicios suplementarios
- Seguridad



- Capa física basada en una conexión digital a 64 kbit/s
- Se mantiene la codificación de voz TETRA
- la información de usuario se codifica a 8 kbit/s
- Multiplexado $N \times 8$ kbit/s según la Recomendación ITU I.460.
- Capas superiores de acuerdo a la pila de protocolos (Protocol Stack) PSS1.

Arquitectura de red TETRA (5)

- Interfaz de Equipos Periféricos (PEI)



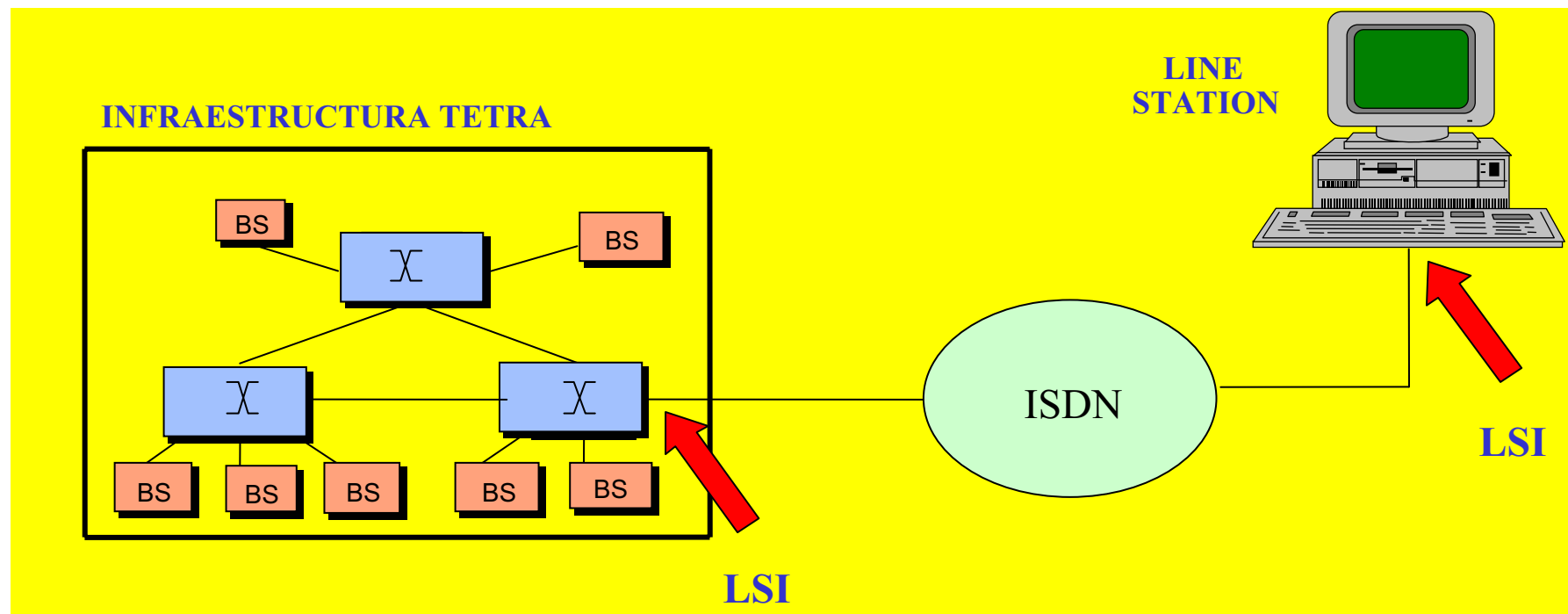
Arquitectura de red TETRA (6)

- Line Station Interface (LSI)

Servicios de voz, datos en modo circuito, datos en modo paquete orientados a conexión y no orientados a conexión, servicio de datos cortos y servicios suplementarios.

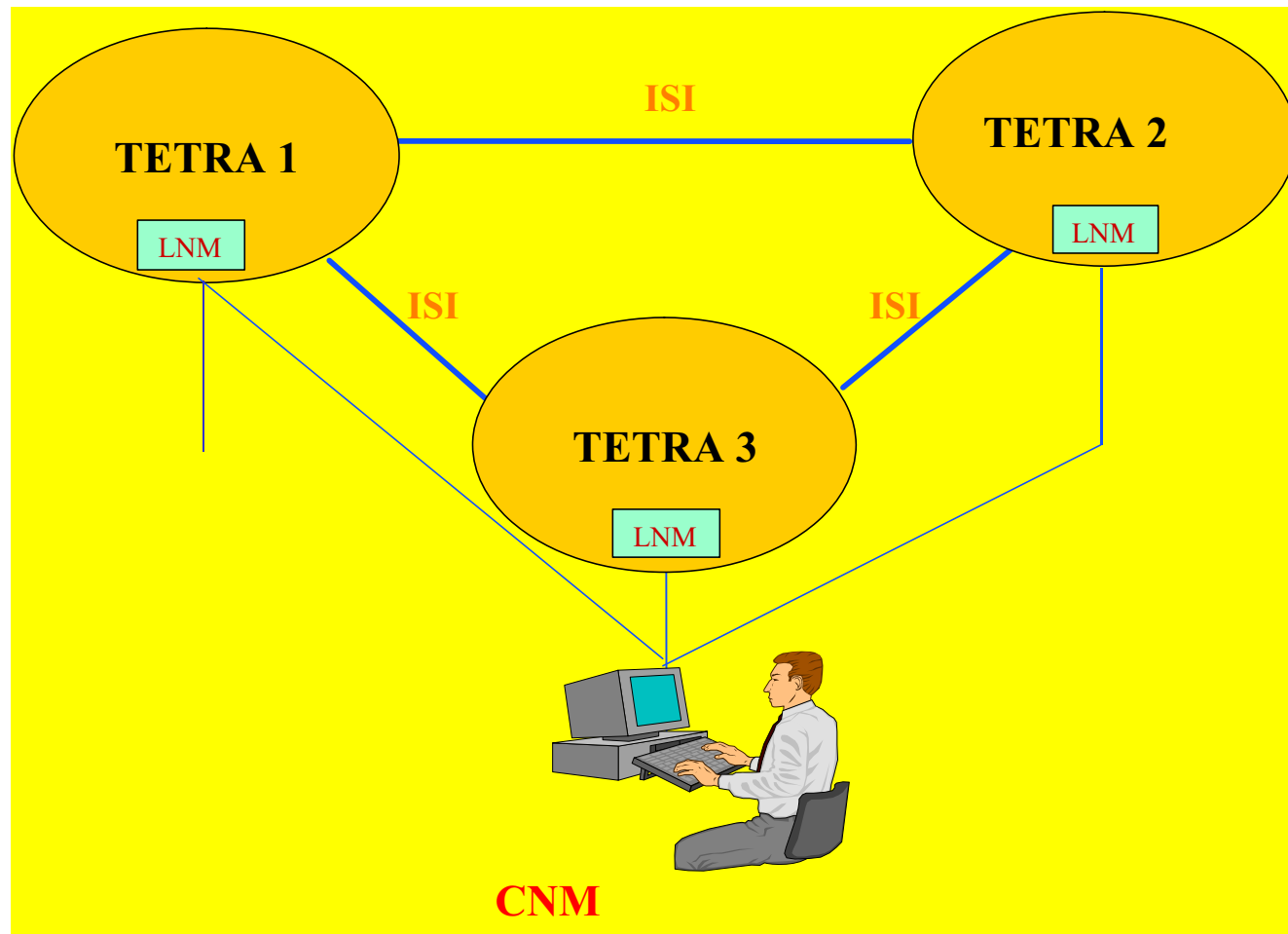
Funciones de control: Movilidad, registro, autenticación.

Conexión a 64 kbps.



Arquitectura de red TETRA (7)

- Central Network Management Interface (CNMI)



Arquitectura de red TETRA (8)

- Central Network Management Interface (CNMI) (cont)

Funciones

- **Administración Central de más de 1 sistema TETRA**
- **Monitorización**
- **Interoperatividad entre diferentes fabricantes de LNM**
- **Gestión de ISI y otros enlaces inter-TETRA**
- **Gestión de roaming en áreas extensas**
- **Servicios:**
 - **Gestión de prestaciones**
 - **Gestión de mantenimiento y fallos**
 - **Gestión de abonados**
 - **Gestión de contabilidad**
 - **Gestión de seguridad**

Arquitectura de red TETRA (9)

- *Gateway con PSTN. Características*

- **Voz en modo transparente:**
 - Punto a punto
 - Punto a multipunto
- **Mantenimiento de la señalización a través del gateway**
- **Cancelación de ecos (full-dúplex)**
- **Respuesta a peticiones de transmisión desde PSTN o dispositivos de detección de voz (VDD: Voice Detection Device) (semidúplex).**
- **Función de codec TETRA**
- **Conversión de numeración**
- **No interacción con servicios suplementarios**

Arquitectura de red TETRA (10)

- Gateway con PDN. Características
 - **Servicios de paquetes de datos:**
 - **Orientados a conexión**
 - **No orientados a conexión**
 - **Red TETRA vista como:**
 - **Nodo de una red de datos**
 - **Terminal de datos**
 - **Protocolo X.25 (X.75 para interacción como nodo)**
 - **Conversión de direcciones a direcciones X.25**

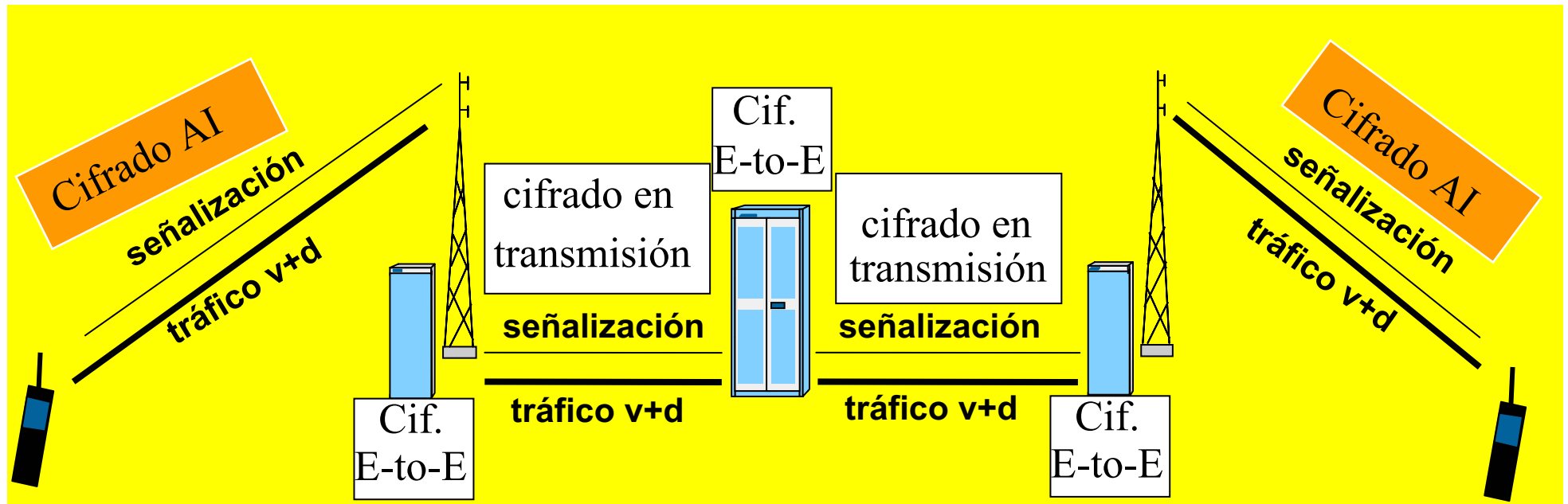
Arquitectura de red TETRA (11)

• Gateway con ISDN. Características

- **Compatibilización de la señalización TETRA y las señalizaciones ISDN y DSS1**
- **Direccionamiento de un usuario TETRA desde ISDN:**
 - **Sub-direccionamiento, un servicio suplementario ISDN**
 - **Marcación directa (DDI: Direct Dial In), un servicio suplementario ISDN**
 - **Marcación en dos etapas**
- **Velocidades primaria y básica.**
- **Datos en Modo Circuito no forman parte del estándar.**
- **Respuesta a peticiones de transmisión desde ISDN o dispositivos de detección de voz (semidúplex)**
- **Transcodificación y adaptación de velocidades a PCM 64 kbps.**

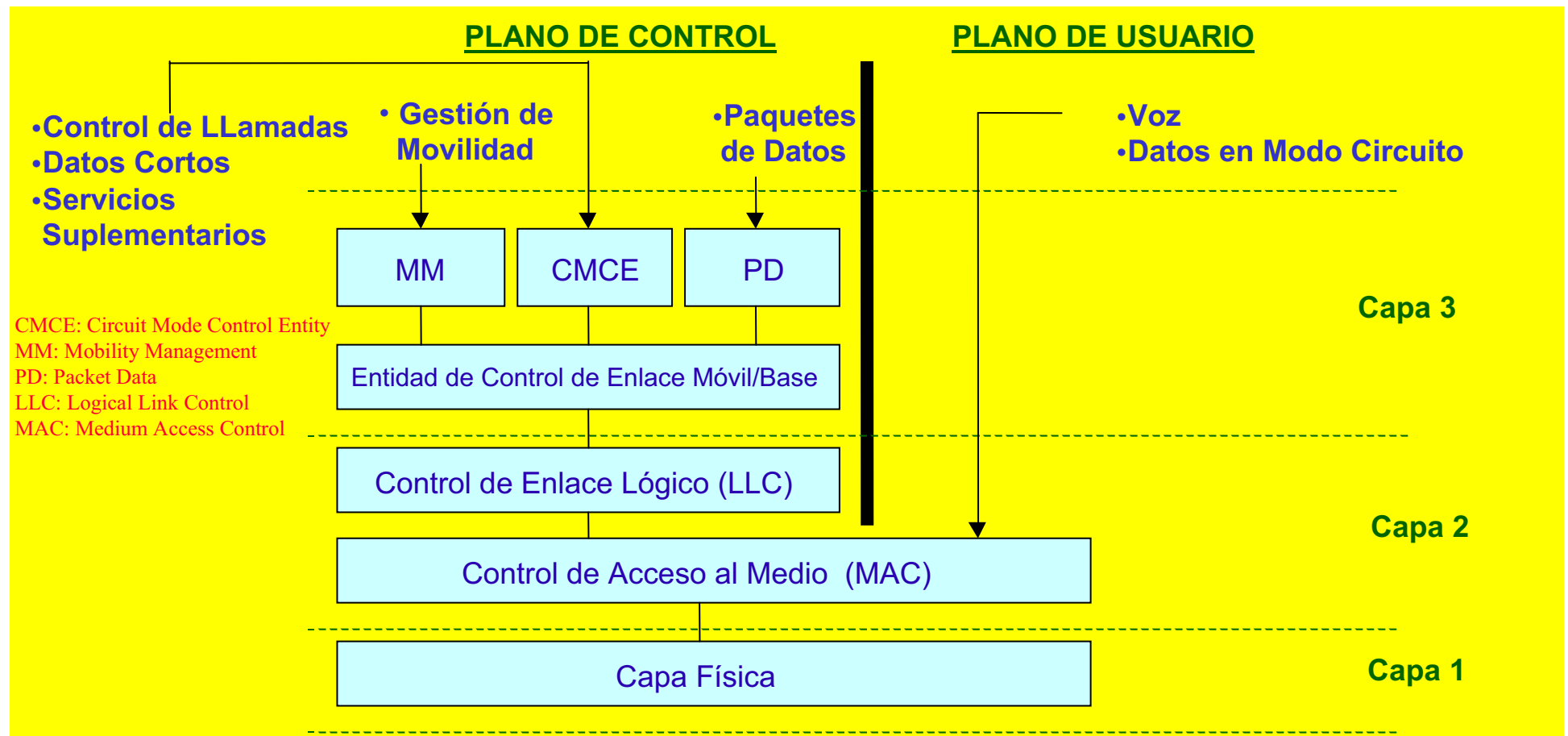
Seguridad en TETRA

- TETRA define:
 - Autenticación
 - Cifrado en el air-interface
- El cliente define:
 - Cifrado en transmisión
 - Cifrado end-to-end (E-to-E)



Modos de operación (1)

- Protocolos en TMO V+D (AI Protocol Stack)



Modos de operación (2)

- *V+D DMO. Escenarios de operación*

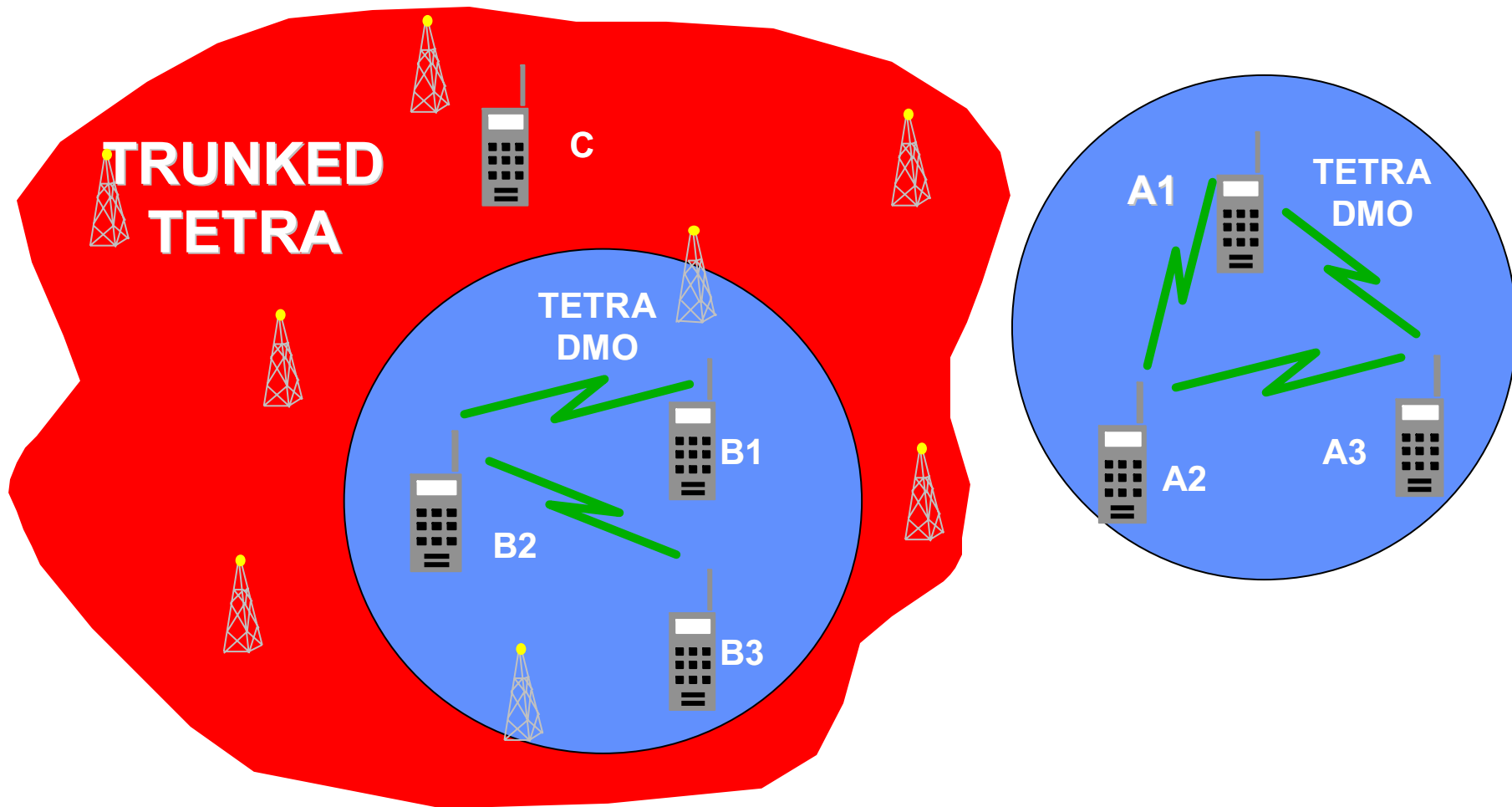
- **Básico.**
- **Dual Watch.**
- **Repetidor:**
 - **Tipo 1A. La misma frecuencia para los enlaces ascendente y descendente.**
Llamada única.
 - **Tipo 1B. Diferentes frecuencias para los enlaces ascendente y descendente.**
Llamada única.
 - **Tipo 2. Soporta dos llamadas simultáneas.**
- **Gateway**

- *V+D DMO. Modos de operación*

- **Comunicación entre terminales DMO:**
 - **Estándar: “Back-to back” o “simplex”**
 - **Extendido: Vía repetidor DMO**
- **Comunicación entre terminales TMO y DMO:**
 - **Con exploraciones periódicas (“scanning”): Dual Watch**
 - **Continuo.: Vía Gateway DMO**

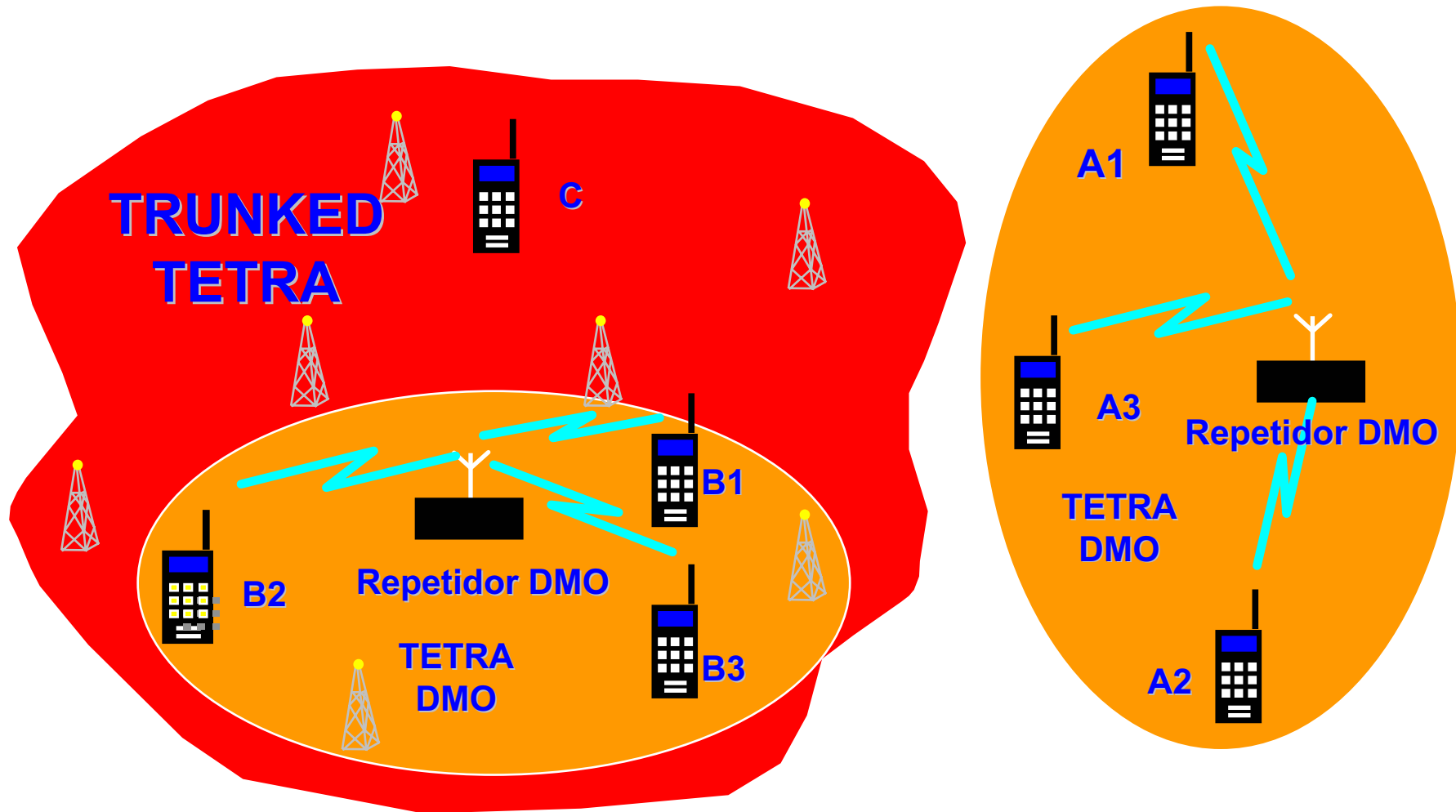
Modos de operación (3)

- V+D DMO. Escenarios de operación. Back to back



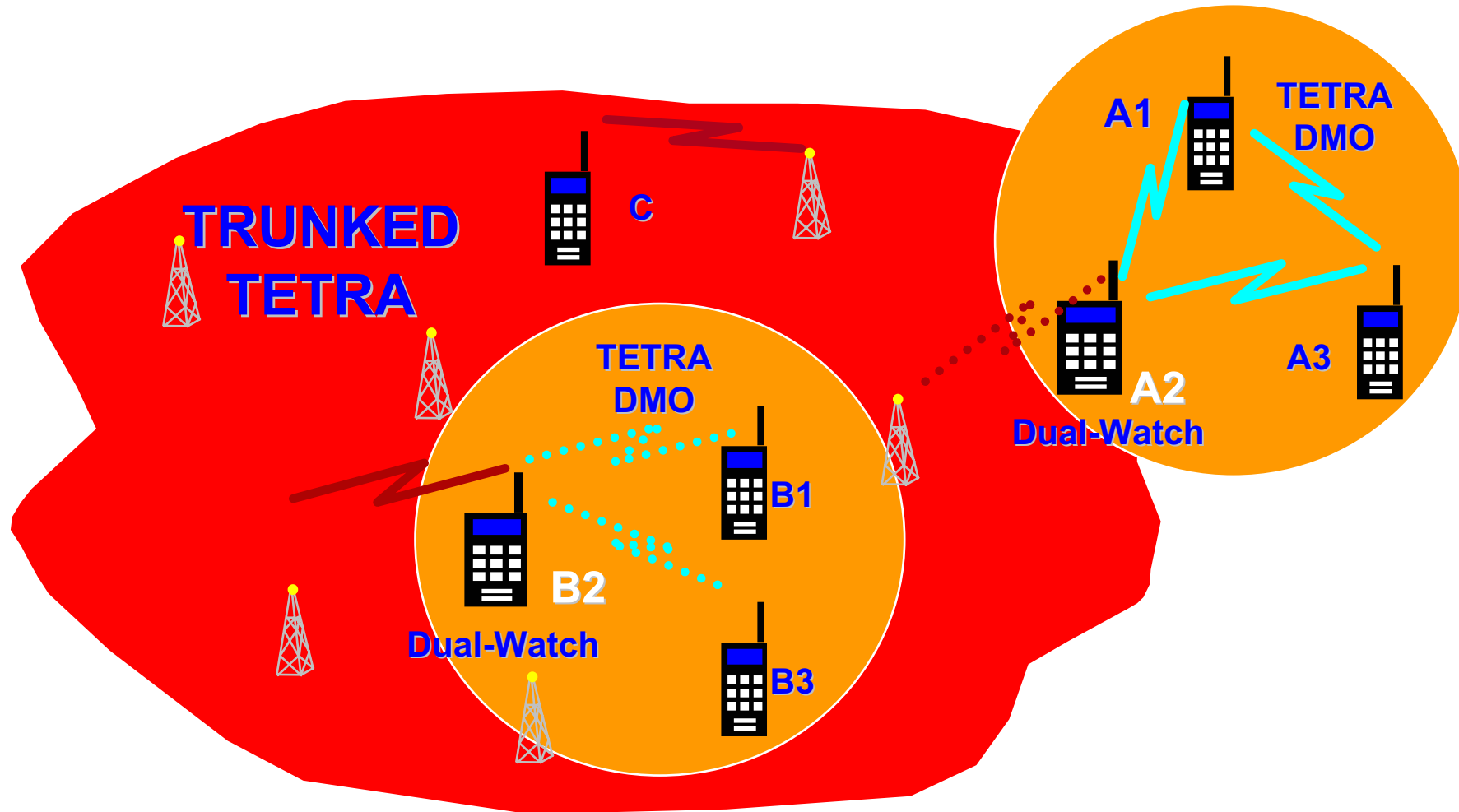
Modos de operación (4)

- V+D DMO. Escenarios de operación. Vía repetidor DMO



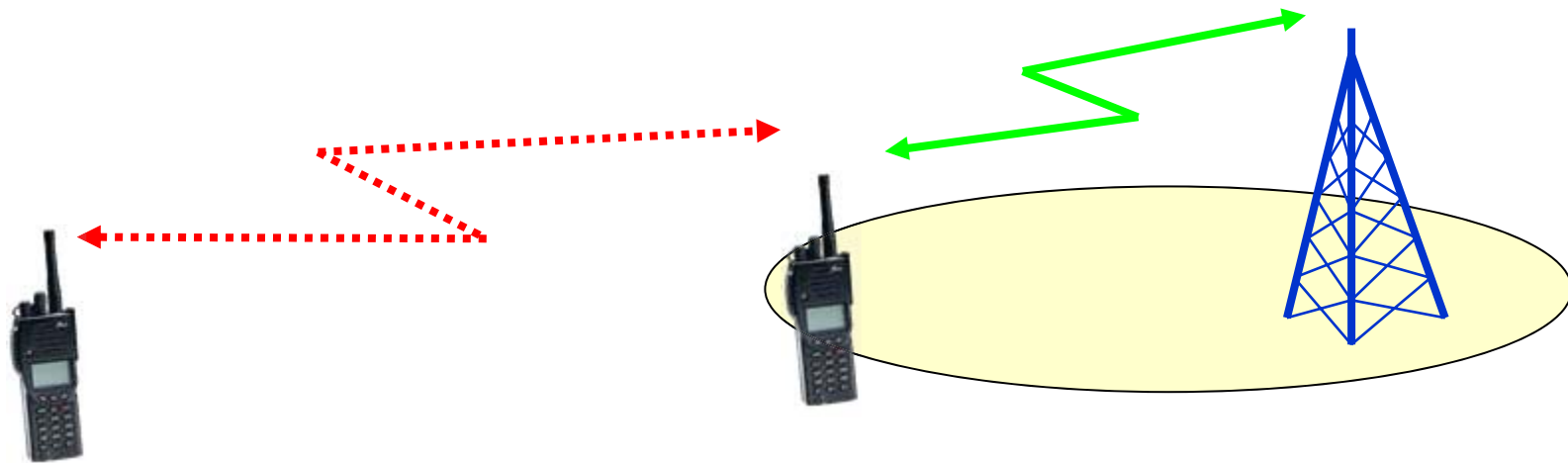
Modos de operación (5)

- V+D DMO. Escenarios de operación. Dual Watch



Modos de operación (6)

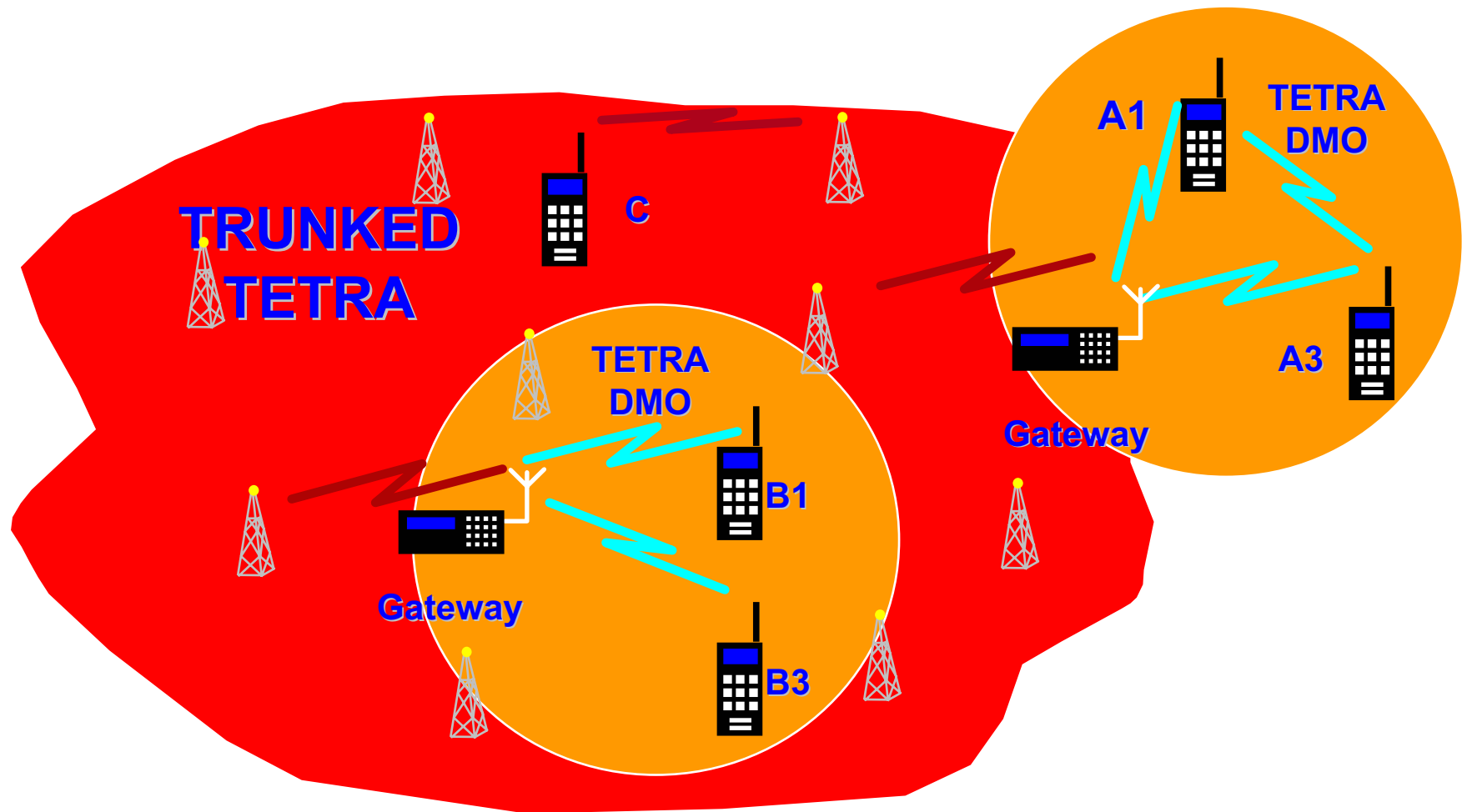
- V+D DMO. Escenarios de operación. Dual Watch (cont)
 - El terminal opera en un modo (*Direct* o *Trunked*) y simultáneamente monitoriza la señalización del otro modo



Mientras el móvil está en reposo (Idle Dual Watch) o con una llamada en curso (Full Dual Watch) en **Direct mode** es alertado cuando se produce una llamada TMO desde un terminal TMO.

Modos de operación (7)

- V+D DMO. Escenarios de operación. Gateway



Modos de operación (8)

- *V+D DMO. Servicios*

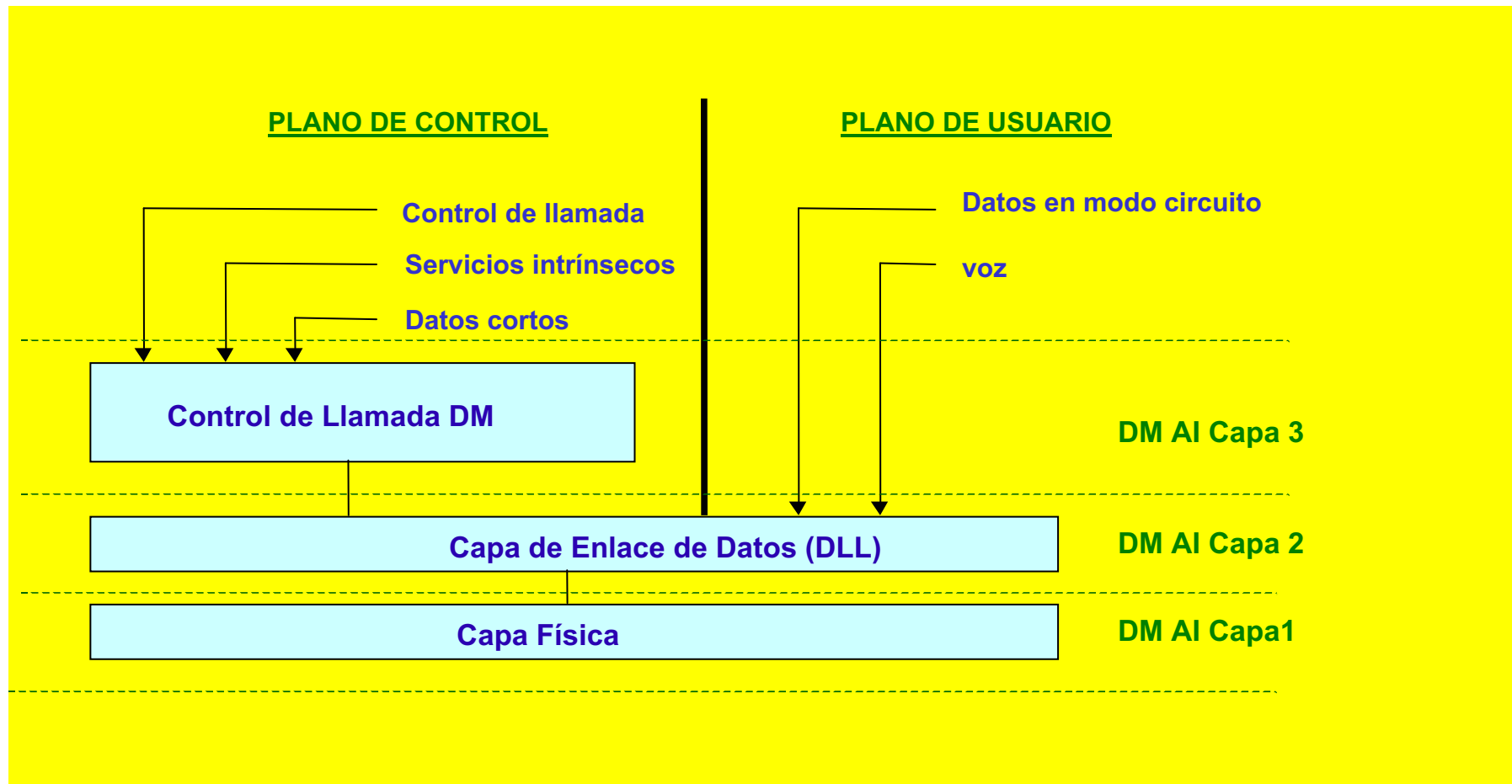
- **Servicios básicos**
 - **Voz (semidúplex). Llamadas individuales y de grupo**
 - **Datos en modo circuito. Un único slot (hasta 7,2 kbit/s) con alta o baja protección.**
 - **Servicios de datos cortos (SDS) y status**
- **Incorporación tardía**
- **Llamada de emergencia**
- **Identificación del grupo que habla.**
- **Seguridad**
 - **Cifrado en el AI**
 - **Autenticación**
 - **Mecanismos de cifrado end-to-end**

Modos de operación (9)

- **V+D DMO. Beneficios y aplicaciones**
 - **Proporciona servicio fuera de la zona de cobertura del sistema trunking**
 - **Proporciona servicio “fallback”**
 - **cuando el sistema no es operativo (fallos y averías)**
 - **En áreas con cobertura mala o nula**
 - **Proporciona servicio local restringido (p. ej. en operaciones especiales) dentro del sistema trunking**
 - **Es una de las principales características diferenciadoras con los sistemas públicos celulares (GSM...)**

Modos de operación (10)

- Protocolos en DMO V+D (AI Protocol Stack)



Características radioeléctricas

- Banda de frecuencias: En torno a los 400 MHz.
- Multiacceso: TDMA con 4 intervalos por trama.
- Modulación: $\pi/4$ -DQPSK con filtros conformadores del tipo coseno realizado con $\beta = 0,35$.
- Velocidad de transmisión: 36 kbps. (18 kbaudios).
- Canalización de 25 kHz. por portadora.
- Relación portadora/interferencia cocanal: $C / I = 19$ dB.
- Modelos de propagación: Estático, zona rural, zona urbana típica, zona urbana desfavorable, terreno ondulado y quasi-síncrono. Velocidades de hasta 200 km/h.
- Control de potencia en los transmisores.
- Emisiones no deseadas en primer canal adyacente < 60 dB y en segundo y tercero < 70 dB. (Se requiere el uso de técnicas de linealización de amplificadores de potencia).

Características Básicas

- Tiempo de establecimiento de la llamada < 300 ms.
- Calidad de la voz: Mejor que en los sistemas analógicos:
 - Vocoder tipo ACELP (*Algebraic Code Excited Linear Predictive*) a 4,567 kbps.
- Utilización de codificación de canal tipos bloque y convolucional, así como entrelazado, para protección frente a errores.
- Transmisión de datos a 2,4 kbps., 4,8 kbps y 7,2 kbps según protección con la utilización de un único slot por trama.
- Posibilidad de transmisión multislot (datos).
- Régimen binario neto: hasta 28,8 kbps.

Estructura TDMA

- Las llamadas vocales utilizan un único canal.
- Las llamadas de datos pueden utilizar hasta 4 canales.
- Voz y datos pueden ser transmitidos simultáneamente en ranuras temporales (timeslots) diferentes.

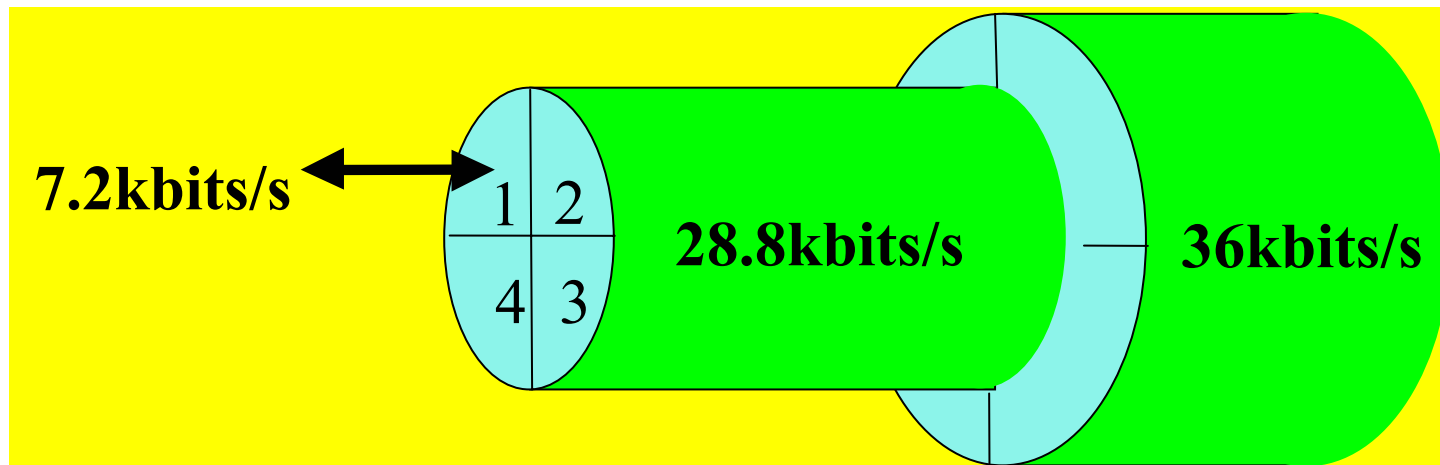


Eficiencia espectral



Servicios de transmisión de datos (1)

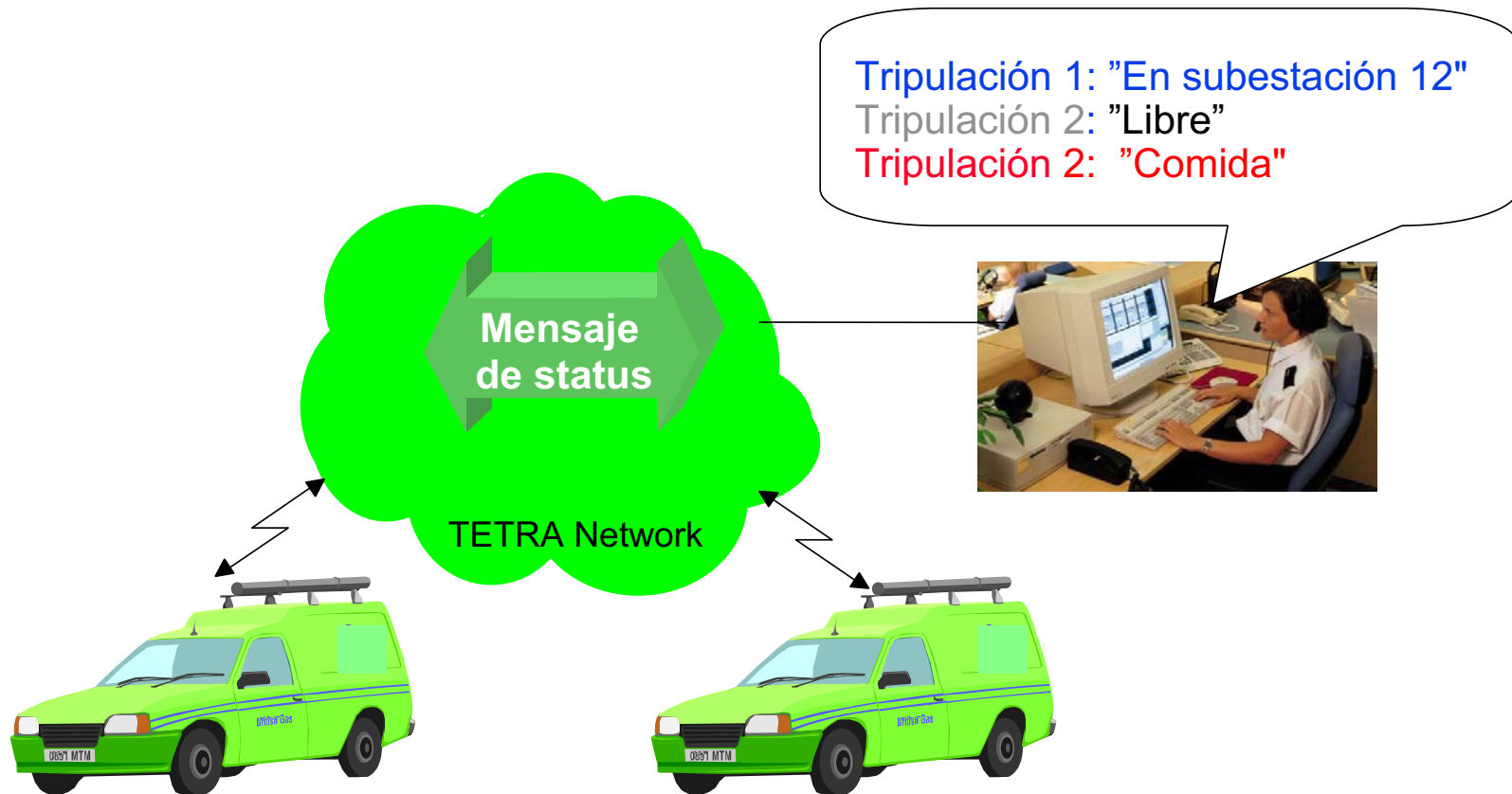
- Mensajes de status
- Datos cortos (SDS: *Short Data Service*)
- Paquetes de datos IP
- Datos en modo circuito



Servicios de transmisión de datos (2)

- Mensajes de status

- Considerable ahorro en comunicaciones rutinarias de voz
- Gestión mejorada de recursos

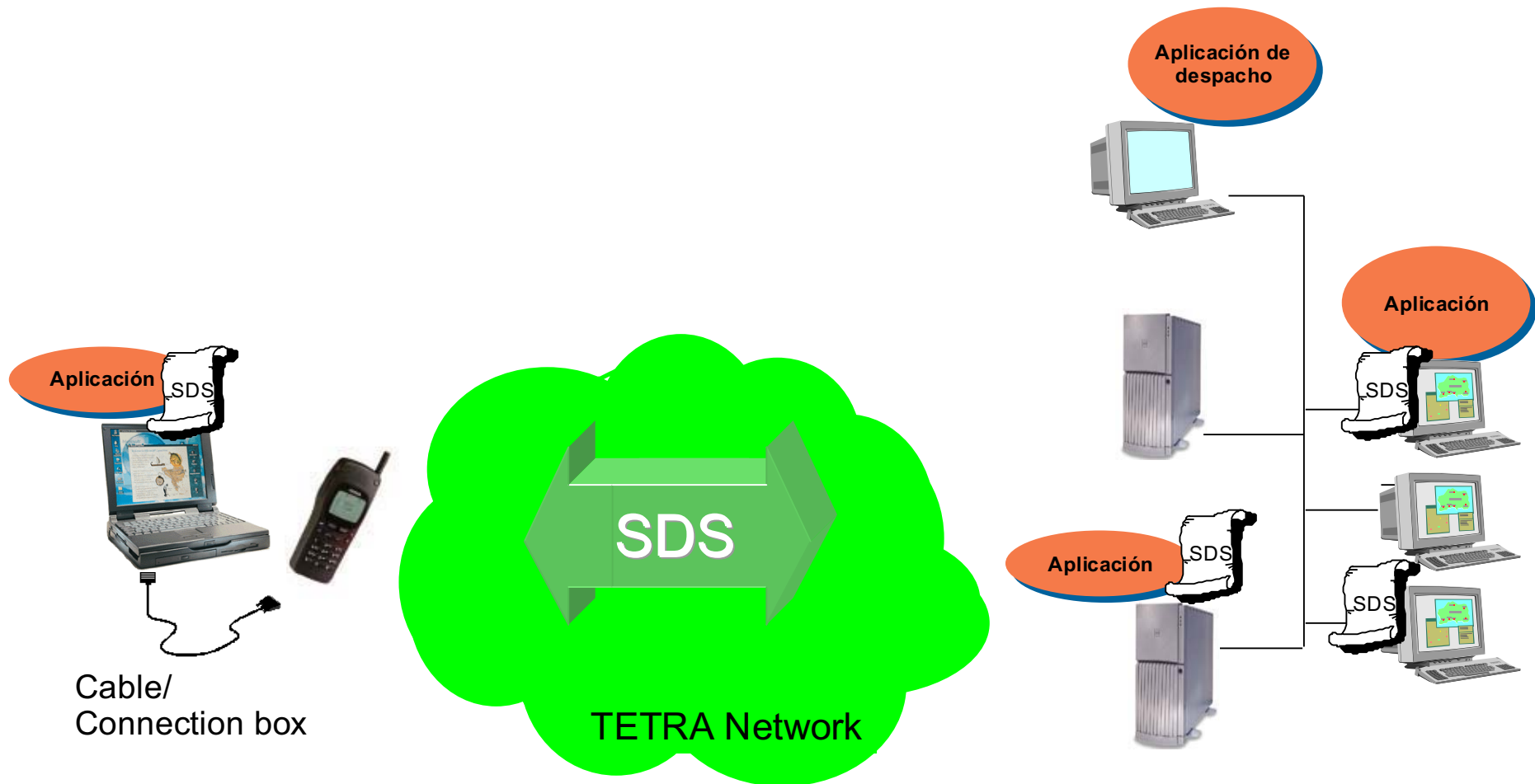


Servicios de transmisión de datos (3)

- *Mensajes de status (cont)*
 - Los mensajes son datos enteros de 16 bits (longitud fija).
 - Hay 32768 valores posibles para uso de aplicación.
 - 32768 valores están reservados para futuros requisitos del estándar.
 - No son apropiados para indicar la posición (AVL), pero se utilizan en otras aplicaciones de gestión de flotas.
 - Permiten rápidas transmisiones extremo a extremo con mínima carga del canal de radio.
 - Es posible enviar mensajes de status a grupos.

Servicios de transmisión de datos (4)

- Mensajes cortos
- Comunicación adecuada y eficiente para órdenes de trabajo e informes.
- Los mensajes largos se pueden enviar segmentándolos en varios SDS.

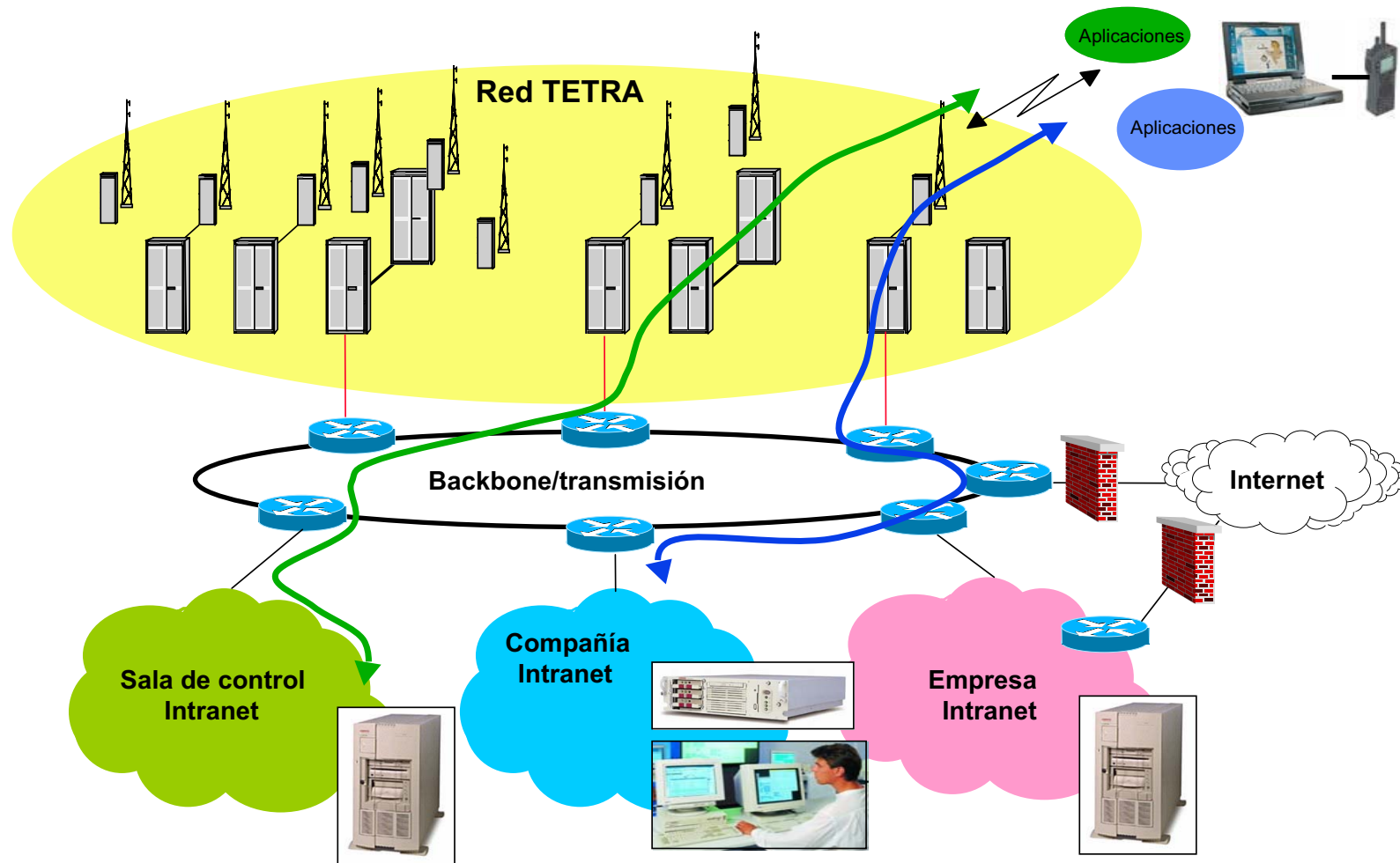


Servicios de transmisión de datos (5)

- *Mensajes cortos (cont)*
 - **Existen 4 tipos de mensajes cortos:**
 - **SDS-1: mensajes de 16 bits. Valores 0 - 65535. Están libres para los diseñadores de aplicaciones. Tienen diferentes cabeceras de PDU (Protocol Data Unit) que los mensajes de status**
 - **SDS-2: mensajes de 32 bits. Todos los valores están libres para los diseñadores de aplicaciones.**
 - **SDS-3: mensajes de 64 bits. Todos los valores están libres para los diseñadores de aplicaciones.**
 - **SDS-4. Mensajes de longitud variable (hasta 2047 bits). GPS y WAP utilizan este tipo de mensajes.**
 - **Permiten comunicaciones rápidas (menos de 0,5 seg.) con pequeña carga del canal de radio.**
 - **Es posible enviar SDS a grupos.**

Servicios de transmisión de datos (6)

- Paquetes de datos IP



Servicios de transmisión de datos (7)

- *Paquetes de datos IP (cont)*
 - **El protocolo IP se adapta bien al tráfico a ráfagas: Permite tiempos de sesión largos**
 - **Los recursos radio se economizan.**
 - **Existen muchos productos disponibles en el lado del Cliente y del Servidor**
 - **Numerosas aplicaciones pueden utilizar la red IP**
 - **Soportan roaming y handover**
 - **Con un timeslot, la velocidad bruta es de 4,8 kbit/s**
 - **Se le aplica el cifrado en AI. Se aplica ARQ.**

Servicios de transmisión de datos (8)

• Resumen de Datos en TETRA

Modos DATOS	DATOS MODO CIRCUITO (Kbit/s)				SERVICIO DE DATOS CORTOS (SDS)					PAQUETES DE DATOS (PD)	
	1-slot	2-slots	3-slots	4-slots	STATUS	USER DEFINED DATA (bits)				Orientados a conexión (CONS)	Sin conexión (S-CLNS)
	2.4 hi 4.8 lo 7.2 no	4.8 hi 9.6 lo 14.4 no	7.2 hi 14.4 lo 21.6 no	9.6 hi 19.2 lo 28.8 no	número bits	tipo 1	tipo 2	tipo3	tipo4		
TETRA Variantes						16	32	64	hasta 2047		
V+D	●	●	●	●	● 16	●	●	●	●	●	●
DMO	●				● 16	●	●	●	●		
PDO										●	●

hi = alta protección; lo = baja protección; no = sin protección

Servicios y aplicaciones (1)

- *Nuevas aplicaciones de valor añadido:*
 - **Vídeo lento.**
 - **Imágenes de incidentes.**
 - **Vigilancia de carreteras, edificios, etc.**
 - **Transmisión de imágenes fijas.**
 - **Identificación de sospechosos, huellas digitales.**
 - **Imágenes de heridos (asistencia médica de urgencia).**
 - **Consultas de bases de datos.**
 - **Partes de incidentes.**
 - **Planos.**
 - **Correo electrónico.**
 - **Archivos de texto. Archivos de ordenador.**
 - **Validación de tarjetas de crédito.**

Servicios y aplicaciones (2)

- *AVL- Automatic Vehicle Location*

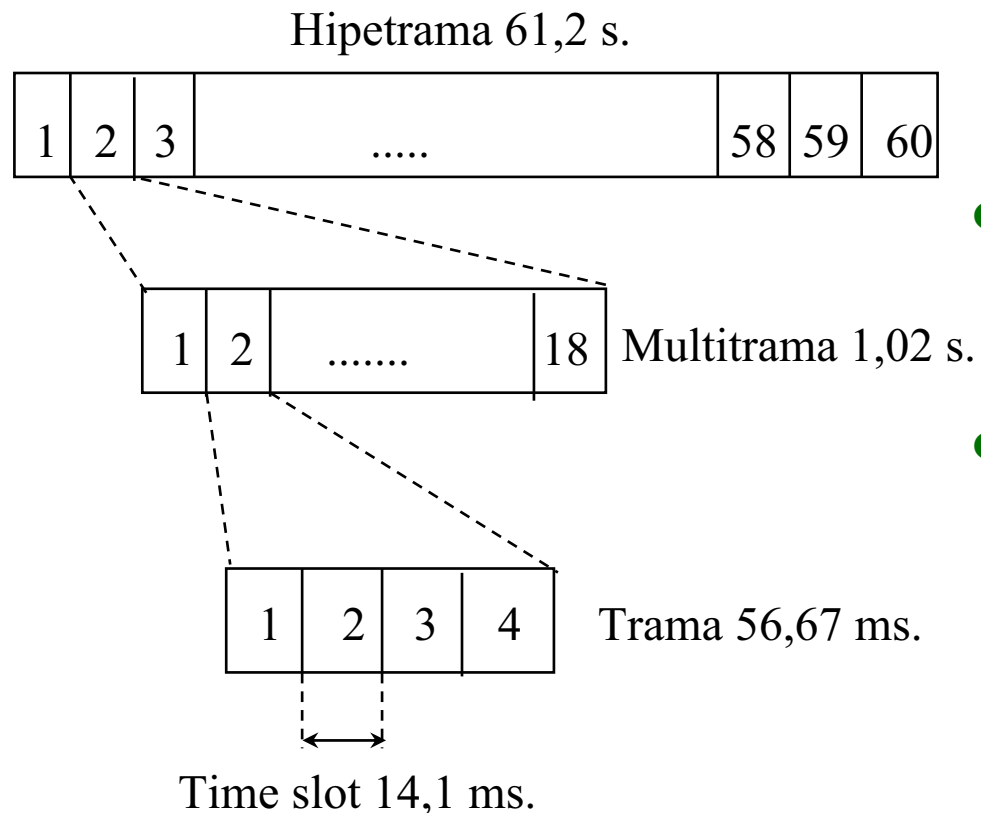


- Mensajes SDS.
- No se necesitan terminales de radio extra en el vehículo



Canales lógicos en TETRA (1)

Multiacceso en TETRA V + D.



- La trama 18 se denomina *trama de control*.
- Las tramas correspondientes a los enlaces ascendente y descendente están desplazadas en dos time slots. Así no es necesario el duplexor de antena.

Canales lógicos en TETRA (2)

Canales

- **Canales lógicos:** Comunicación lógica entre dos partes de un sistema, atendiendo exclusivamente a su descripción formal y no a su realización física.
 - Canales de control (CCH):
 - *Canal de control de difusión, BCCH.*
 - *Canal de linealización, LCH.*
 - *Canal de señalización, SCH.*
 - *Canal de asignación de acceso, AACH.*
 - *Canal sustraído, STCH.*
 - Canales de tráfico (TCH).

- **Canales físicos:** Un canal físico está constituido por un radiocanal (dos frecuencias) y un intervalo de tiempo (time slot). Cada radiocanal ofrece cuatro canales físicos.

Canales lógicos en TETRA (3)

Canales lógicos

- **Canales de control (CCH).** Transportan exclusivamente mensajes de señalización e información de datos en modo paquete.
 - **BCCH (Broadcast Control Channel).** Es un canal descendente de uso común por todas las MS por el que se difunde información general. Hay dos tipos:
 - **Canal de difusión de red, BNCH (Broadcast Network Channel).** Envía información sobre la red e identidades de las BS.
 - **Canal de difusión de sincronización, BSCH (Broadcast Synchronization Channel).** Se envían datos a las MS para el ajuste de su frecuencia, sincronización temporal y de las secuencias de aleatorización.

Canales lógicos en TETRA (4)

Canales lógicos (cont)

- ***LCH (Linearisation Channel)***. Es un período de tiempo reservado para la linealización de sus transmisores. Hay dos clases:
 - ***Canal de linealización común, CLCH (Common Linearisation Channel)***, compartido por todas las MS.
 - ***Canal de linealización de estación base, BLCH (Base Station Linearisation Channel)***, utilizado por las BS.
- ***SCH (Signalling Channel)***. Se utiliza para los mensajes de señalización común compartido por todas las MS, si bien transporta mensajes concretos para una MS o para un grupo de ellas. Se requiere al menos un SCH por BS. Existen tres categorías:

Canales lógicos en TETRA (5)

Canales lógicos (cont)

- **Canal de señalización completo, SCH/F (Full Size Signalling Channel).** Canal bidireccional que transporta paquetes de datos de señalización del máximo tamaño permitido.
- **Canal de señalización descendente de tamaño mitad, SCH/HD (Half Size Down-link Signalling Channel).** Canal descendente con paquetes de datos de señalización de tamaño mitad del paquete completo.
- **Canal de señalización ascendente de tamaño mitad, SCH/HU (Half Size Up-link Signalling Channel).** Canal ascendente con paquetes de datos de señalización de tamaño mitad del paquete completo.

Canales lógicos en TETRA (6)

Canales lógicos (cont)

- ***AACH (Access Assignment Channel)***. Indica, para cada canal físico, la asignación de los intervalos ascendente y descendente.
- ***STCH (Stealing Channel)***. Intercambia señalización urgente asociada a cada llamada, por lo que forma parte de un TCH. Se reemplazan los bits de información de la ráfaga por bits de señalización. En el modo de funcionamiento semidúplex, el STCH es unidireccional.
- ***Canales de tráfico (TCH)***. Transportan mensajes de voz o datos con conmutación de circuitos:
 - ***TCH/S***. Para la transmisión exclusiva de voz.
 - ***TCH/7,2***. Para la transmisión de voz y datos a 7,2 kbps netos.
 - ***TCH/4,8***. Para la transmisión de voz y datos a 4,8 kbps netos.
 - ***TCH/2,4***. Para la transmisión de voz y datos a 2,4 kbps netos.

Canales lógicos en TETRA (7)

Canales físicos

- Toda célula dispone de una dotación de radiocanales de dos frecuencias. La frecuencia superior de cada pareja se usa para el enlace descendente y la inferior para el ascendente.
- De entre los canales de la dotación hay uno (que puede ser el único existente) en cuyo primer intervalo se insertan los canales de control. A este radiocanal se le llama *radiocanal principal* de la célula.
- Hay tres clases de canales físicos:
 - *Canal físico de control: CP (Control Physical Channel).*
 - *Canal físico de tráfico: TP (Traffic Physical Channel).*
 - *Canal físico no asignado: UP (Unallocated Physical Channel).*

Canales lógicos en TETRA (8)

Canales físicos (cont)

- El tipo de canal físico utilizado en un intervalo determinado se indica en el canal lógico AACH transmitido en ese intervalo.
- El canal físico de control, CP, está dedicado en exclusiva al CCH. Hay dos tipos:
 - *Canal de control principal*, establecido en el primer intervalo de la trama del radiocanal principal de la célula.
 - *Canal de control ampliado*, que se utiliza, en adición al principal, cuando se necesita más capacidad de señalización.
- Los canales físicos de tráfico están dedicados en exclusiva al TCH. El canal físico no asignado se emplea para la transmisión de información de difusión y mensajes de relleno y no se atribuye a ninguna MS en particular.

Canales lógicos en TETRA (9)

Ráfagas

- Los mensajes de control y de tráfico se insertan en las tramas TDMA en forma de ráfagas o paquetes discontinuos de bits. En cada intervalo se acopla una ráfaga que puede llegar a tener hasta 510 bits.
- Se han definido 7 tipos de ráfagas.



Ráfaga ascendente de control



LB: Ráfaga ascendente de linealización

Canales lógicos en TETRA (10)

Ráfagas (cont)

34	4	216	22	10	216	4	4
R y LPA	TB	SSN1	TS	SP	SSN2	TB	GP

NUB: Ráfaga ascendente normal

		BBK							
12	2	216	14	22	16	216	2	10	
TS	pa	BKN1		TS		BKN2	pa	TS	

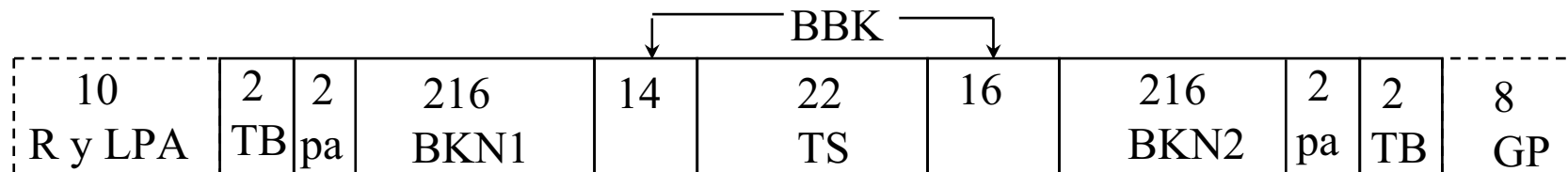
NDB: Ráfaga continua descendente normal

12	2	80	120 Synch.	38	30	216	2	10
TS	pa	FC	BKN1	TS	BBK	BKN2	pa	TS

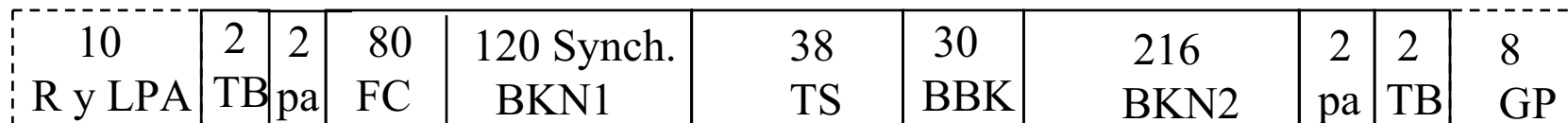
SB: Ráfaga continua descendente de sincronización

Canales lógicos en TETRA (11)

Ráfagas (cont)



Ráfaga discontinua descendente normal



Ráfaga discontinua descendente de sincronización

BBK: Bloque de difusión

BKN 1,2: Bloque de datos 1,2.

ETS: Secuencia de entrenamiento ampliada.

FC: Bits de corrección de frecuencia.

LPA: Linealización del amplificador de potencia.

pa: Ajuste de fase.

R: Margen de subida de potencia.

SB: Bits de sincronización.

SP: Bits de reserva.

SSN 1,2: Subintervalo 1,2.

TB: Bits de cola.

TS: Secuencia de entrenamiento normal.