

Tema 3

Redes Inalámbricas de Largo Alcance

Otros escenarios de uso de las comunicaciones móviles

- TETRA
- GSM-R

TETRA

Sistemas de Telefonía Móvil Privada (PMR)

- ▶ Servicios de gestión de flotas de vehículos, servicios de emergencia, ambulancias, policía, protección civil, bomberos, etc
- ▶ Menores prestaciones pero mayor estabilidad y menor mantenimiento.
- ▶ Llamadas muy frecuentes y de poca duración
- ▶ Cobertura local o regional
- ▶ Antiguamente, sistemas analógicos
 - ▶ Comunicaciones en claro, poca flexibilidad, ineficacia espectral, etc
- ▶ Sistemas digitales modernos
 - ▶ **TETRA, TETRAPOL, APCO25**



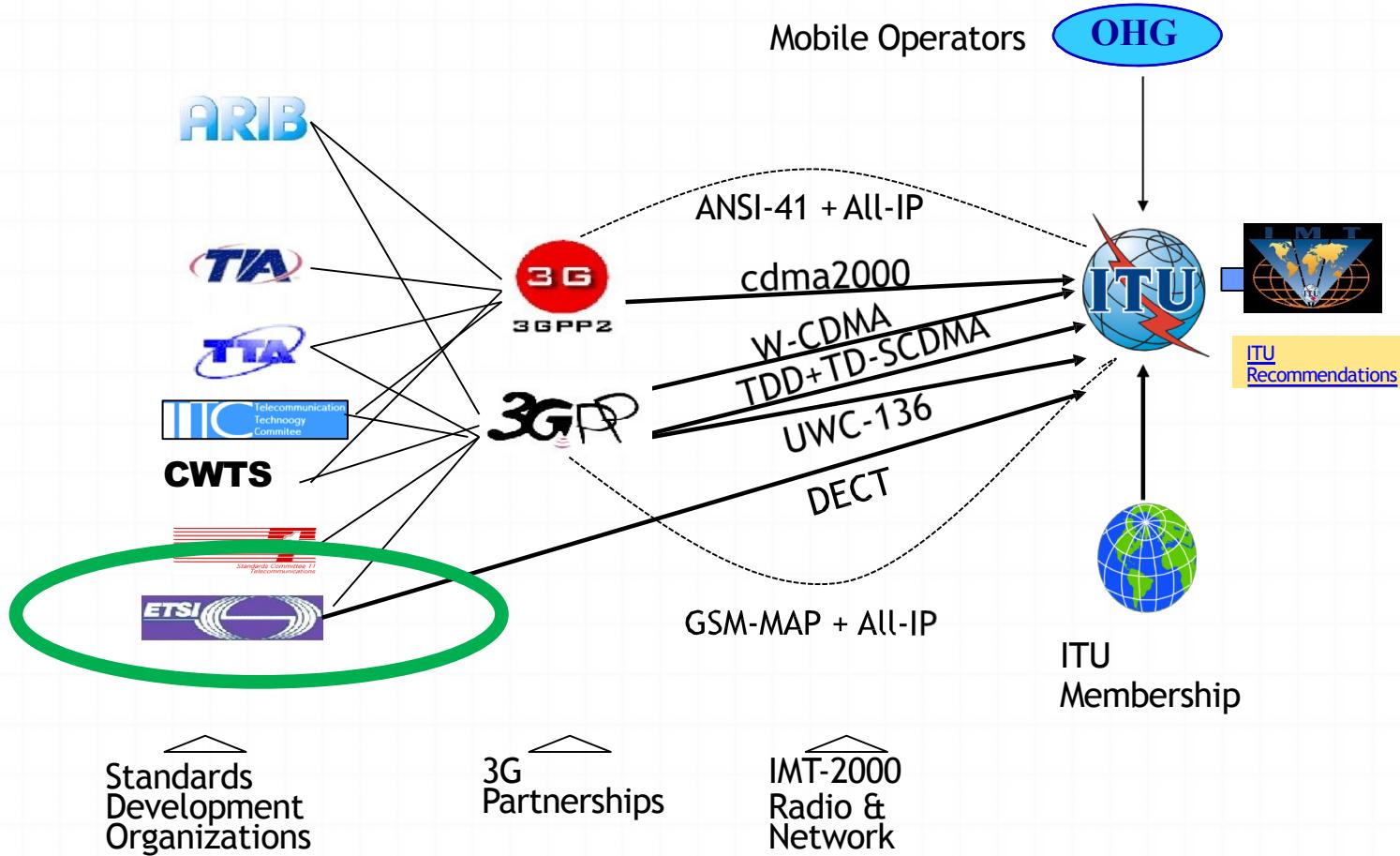
PMR vs redes de operadores públicos de telefonía móvil

- ▶ Ventajas de GSM
 - ▶ Comunicaciones digitales
 - ▶ Cifrado de las comunicaciones en la interfaz radio
 - ▶ Flexibilidad para el desarrollo de servicios adicionales a la voz
 - ▶ Capacidad de transmisión de datos y mensajes
 - ▶ Interoperabilidad entre fabricantes de equipos y terminales gracias al empleo de un estándar
- ▶ Desventajas de GSM
 - ▶ Tiempos de establecimientos de llamadas elevados
 - ▶ Pueden llegar a ser de varios segundos
 - ▶ Debidos a las consultas internas que se deben realizar para localizar al terminal
 - ▶ Recursos de red compartidos
 - ▶ Servicios orientados a llamadas punto a punto
 - ▶ Problemas de confidencialidad

TETRA

- ▶ TETRA - Trans-European Trunked RAdio o Terrestrial Trunked RAdio
 - ▶ Primer estándar de radiocomunicaciones **digitales** móviles para aplicaciones privadas (**PMR -private mobile radio**)
 - ▶ Los primeros estándares de TETRA empezaron a desarrollarse en 1990 para cubrir las necesidades de los usuarios de las antiguas redes PMR. El primer estándar vio la luz en 1995 y la primera red fue desplegada en 1997.
 - ▶ **TCCA** (TETRA and Critical Communications Association) (1994), organización industrial que impulsa la tecnología TETRA
 - ▶ Estándar regulado por la **ETSI** (European Telecommunications Standards Institute)

Organigrama ITU (Unión Internacional de Telecomunicaciones)



Ventajas de TETRA

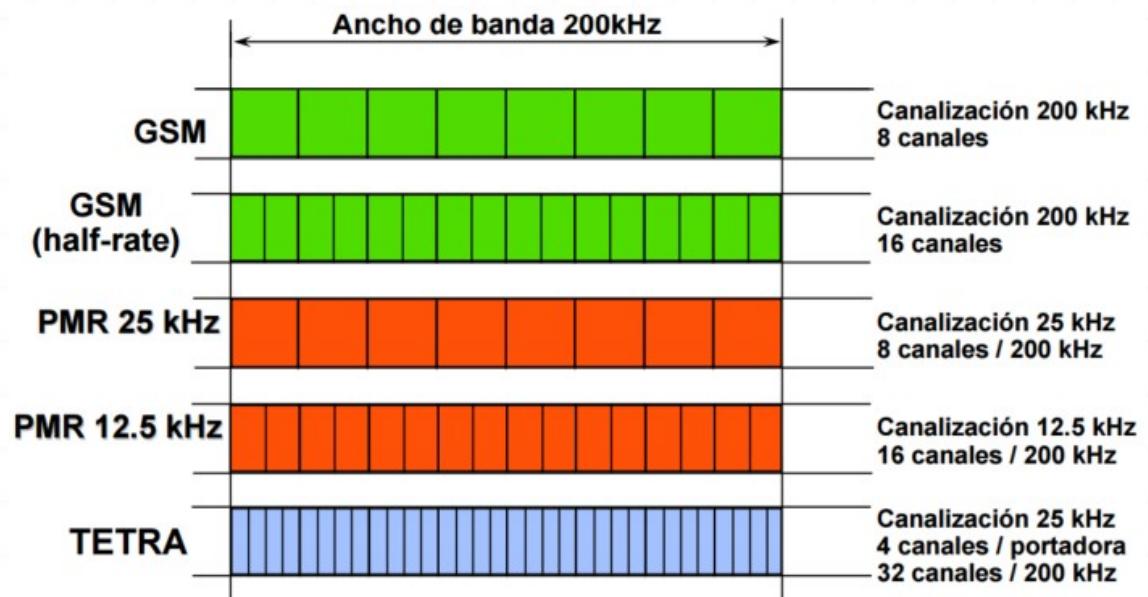
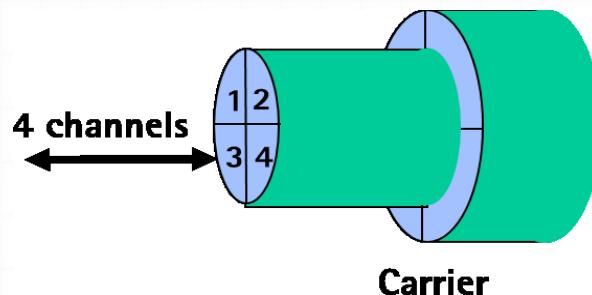
- ▶ El sistema TETRA ha sido diseñado para trabajar en **la banda de frecuencias de 400 MHz**, lo cual significa que **la cobertura de las estaciones fijas de radio son superiores** a las que en igualdad de potencia radiada se obtienen con los sistemas celulares que trabajan en la banda de 900 MHz; lo que quiere decir que con un menor número de estaciones radio se obtiene la misma cobertura.
- ▶ TETRA es el estándar de **mayor eficiencia espectral** para los sistemas de comunicaciones móviles, ya que solo se precisan 25 KHz del espectro de frecuencias para disponer de cuatro canales radio.
- ▶ En ausencia de cobertura, **los dispositivos pueden comunicarse directamente** (modo walkie-talkie) o utilizando otros dispositivos como gateways
- ▶ Terminales **específicos para cada necesidad**: portátiles (dispositivos móviles), vehiculares y bases fijas.
- ▶ **Seguridad de comunicación**: desde sus orígenes, TETRA ha sido diseñado para aplicaciones en las que la seguridad de las comunicaciones es esencial; en base a ello se seleccionó el tipo de modulación y la velocidad de transmisión.

Frecuencias de funcionamiento

- ▶ En Europa para los servicios de emergencia se han reservado las bandas de frecuencia 380-383 MHz y 390-393 MHz.
- ▶ Para sistemas civiles se han reservado las siguientes bandas 410-430 MHz, 870- 876 MHz / 915-921 MHz, 450-470 MHz, 385-390 MHz / 395-399,9 MHz

Características técnicas

- ▶ Sistema **celular**
- ▶ Soporta **conmutación de circuitos y conmutación de paquetes**
- ▶ Asignación de frecuencias a cada celda
- ▶ FDMA y TDMA
 - ▶ La voz y los datos son transmitidos en formato digital y multiplexados en distintos instantes de tiempo
 - ▶ Frecuencias con 4 canales por portadora y 25 kHz de espaciado entre portadoras
 - ▶ Permite alcanzar velocidades de datos de 7.2 kbps por slot asignado



Características técnicas

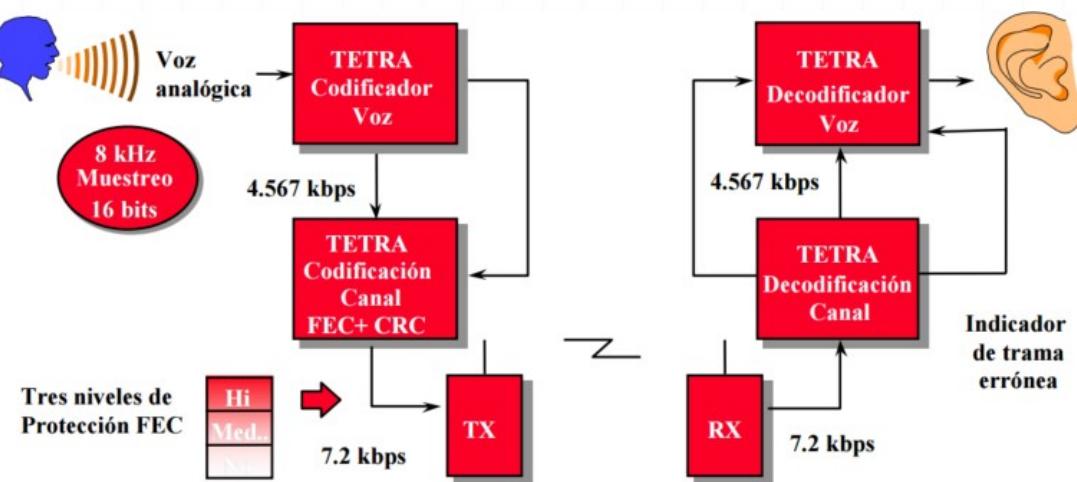
- ▶ **Tiempos de establecimientos de llamadas cortos**
 - ▶ El establecimiento de llamada se produce en menos de **300 ms** y cantidad que puede reducirse hasta los 150 ms en el modo DMO (en GSM se requiere varios segundos)
 - ▶ Lo cual resulta particularmente importante para servicios de emergencia
- ▶ Soporta comunicaciones **punto a punto** y **punto a multipunto**
- ▶ Destaca su eficiente soporte de las **llamadas de grupo**
- ▶ Modo de **operación directo** entre terminales
- ▶ Funcionalidades de **seguridad avanzadas**
 - ▶ Los datos digitalizados son cifrados antes de su transmisión
- ▶ Posibilidad de comunicaciones a **altas velocidades** >400 km/h
- ▶ **Prioridades en la llamadas**

Modos de funcionamiento

- ▶ Soporta tres modos de funcionamiento

- ▶ Voz + Datos (V+D)

- ▶ Es el más usado. Este modo permite commutar entre las transmisiones de voz y datos, incluso puede soportar las dos al mismo tiempo usando diferentes “slots” del mismo canal
- ▶ Soporte de comunicaciones full-dúplex
- ▶ Voz 4,567 kbps + Redundancia en la codificación > 7,2Kbps



Modos de funcionamiento

- ▶ Modo de operación directa (DMO)
 - ▶ Soporta voz y datos
 - ▶ No soporta comunicaciones Full-duplex
 - ▶ Comunicación fuera de área de cobertura de la estación base
 - ▶ Cobertura de 400m - 2Km
- ▶ Packet Data Optimized (PDO)
 - ▶ Modo optimizado para la transmisión de datos

Servicios de voz

- ▶ Llamada individual
- ▶ Llamadas de grupo
- ▶ Servicio de difusión (broadcast)
- ▶ Llamada prioritarias de emergencia
- ▶ Llamadas Push to Talk, modo directo de comunicaciones terminal-terminal
- ▶ Comunicación terminal via repetidor (otro terminal) para operar en zonas sin cobertura
- ▶ Cifrado de las comunicaciones

Servicios de datos

► Servicio de datos cortos

- ▶ Servicio similar a los SMS de GSM que permite el envío de mensajes de hasta 140 caracteres.

► Mensajes de estado

- ▶ Envío de códigos numéricos en huecos prefijados de los canales de señalización entre la estación base y los terminales; a cada código numérico se le asigna un significado específico
- ▶ El servicio de mensajes de estado tiene un tiempo de respuesta prácticamente instantáneo.
- ▶ Los mensajes son datos enteros de 16 bits (longitud fija). Hay 32768 valores posibles para uso de aplicación y otros 32768 valores están reservados para futuros requisitos del estándar.

► Servicios de datos en modo paquete (Packet Data Service):

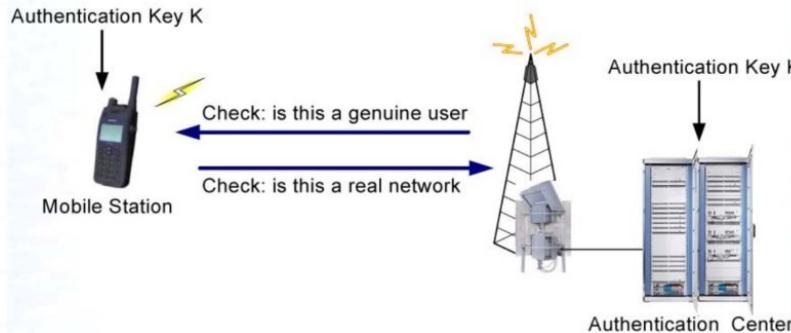
servicio que permite el envío de datos encapsulados en paquetes IP empleando canales de tráfico específicos para datos o compartidos con los servicios de voz; se pueden agrupar hasta cuatro canales de tráfico de datos para obtener anchos de banda de hasta 28,8 kbits/s.

Servicios suplementarios

- ▶ Entrada tardía (“Late Entry”): permite a terminales introducirse en la llamada de grupo al registrarse en el mismo aunque ésta estuviera iniciada.
- ▶ Creación de grupos dinámicos (DGNA)
- ▶ Prioridad de llamadas (valores entre 0 y 15).
- ▶ Monitorización de llamadas desde el centro de control.
- ▶ “Ambience Listening”: escucha del ruido de ambiente de un terminal en el centro de control
- ▶ Desvío de llamadas (si ocupado, si inaccesible, incondicional)
- ▶ ...

Seguridad

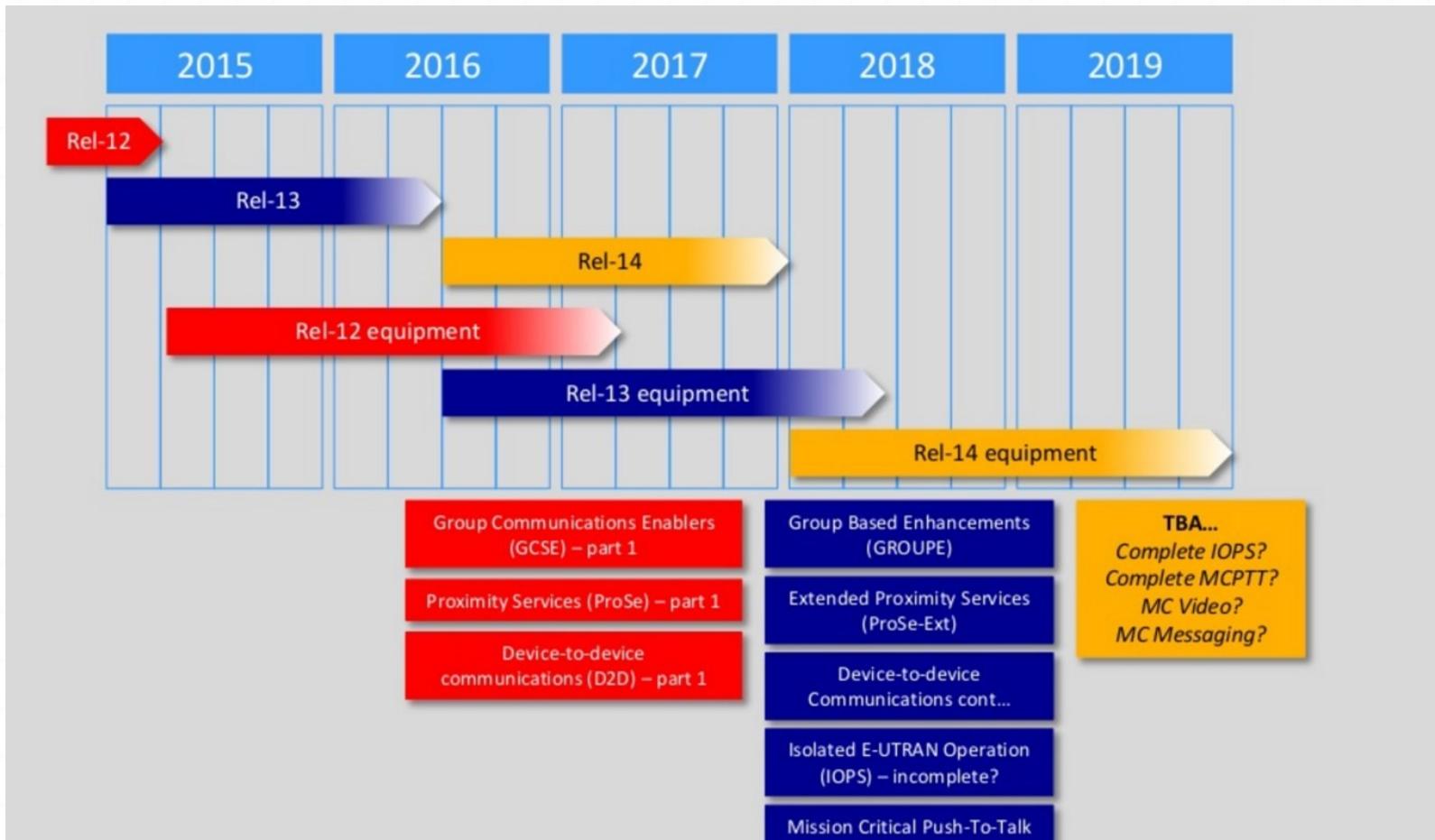
- ▶ El estándar TETRA proporciona niveles altos de seguridad y cifrado de comunicaciones
 - ▶ Autenticación de abonados en la infraestructura
 - ▶ Cifrado interfaz aire
 - ▶ Cifrado extremo a extremo (End2End)



Desventajas de TETRA

- ▶ Menor densidad de usuarios que en redes GSM debido a la modulación realizada
- ▶ Precio de los terminales mucho mayor al estar dirigido a sectores diferentes y no disponer de un mercado de clientes masificado
- ▶ Transferencia de datos mucho más lentas, aunque haya continuas mejoras (versiones) en el estándar de esta tecnología
- ▶ Menor Debido a la baja frecuencia utilizada, puede causar interferencias con dispositivos electrónicos sensibles, como marcapasos

Proceso de estandarización del 3GPP de los nuevos servicios para comunicaciones críticas y disponibilidad de los desarrollos



GSM-R

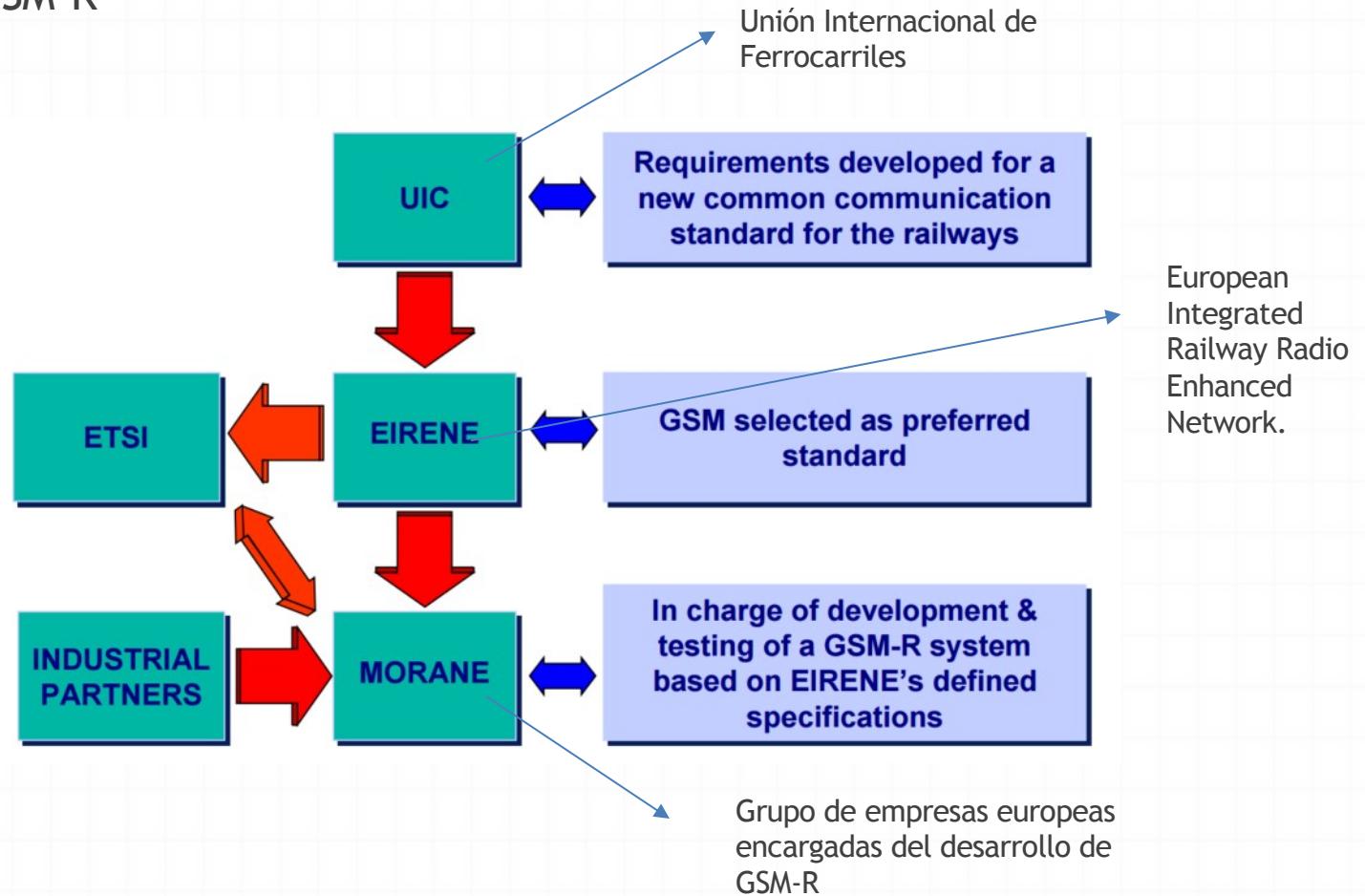
Principales características de GSM-R

- ▶ GSM-Railway o Global System for Mobile Railways
- ▶ Red privada dedicada a las comunicaciones ferroviarias
- ▶ Empleo de antenas situadas a lo largo de la vía
- ▶ Basado en GSM con bandas de frecuencias distintas

- ▶ GSM-R=GSM+ASCI (Advanced Speech Call Items)
 - ▶ ASCI proporciona la posibilidad de que una red GSM tradicional ofrezca servicios de comunicación a grupos cerrados de usuarios, teniendo la posibilidad de que estos servicios esté limitados a una zona geográfica concreta.
 - ▶ Prioridades y preferencias
 - ▶ GSM-R puede manejar distintos niveles de prioridad en la llamadas

Definición de GSM-R

- ▶ Evolución desde los sistemas analógicos hasta la estandarización de la tecnología GSM-R



Funciones específicas

Railway Operation Aspects	Functional Addressing	Allows a user or an application to be reached by means of a number which identifies the relevant function and not the physical terminal
	Presentation of Functional Numbers	Presents visual information about the call destination and origination via user to user signalling
	Access Matrix	Provides access control within/among groups of users
	Location Dependent Addressing	Provides the routing of mobile originated calls to the correct controller
Telecom-munication Services - Advanced speech call items (ASCI)	eMLPP	enhanced Multi-Level Precedence and Preemption allowing resource preemption for priority calls
	VBS	Voice Broadcast Services allowing groups of users to receive common information
	VGCS	Voice Group Call Service allowing groups of users to make calls within/among the groups

Correspondencia entre las aplicaciones y las funciones

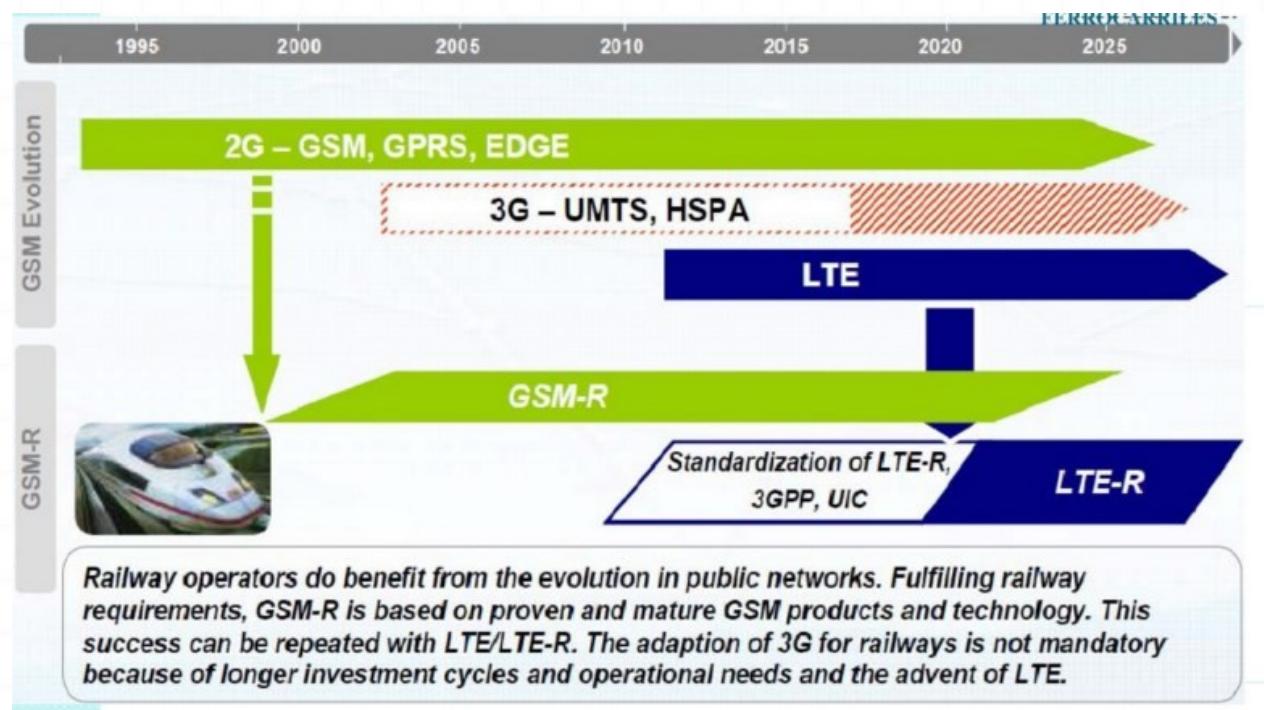
Train Controller calling train driver	Functional addressing, eMLPP
Controller informing group of train or users in its area	Functional addressing, eMLPP Voice Broadcast service
Train driver calling train controller	Location dependent addressing eMLPP
Driver communicating with other on-train drivers	Multi-party call, eMLPP on-board wired system
Preparation of shunting	Voice Group Call Service, eMLPP (low priority)
Conducting shunting movement	Voice Group Call Service, eMLPP (high priority) link assurance signal
Emergency call (general, shunting,...)	eMLPP with fast call setup, Voice Group Call Service
High priority call; no resources available in BSS	eMLPP- Resource pre-emption

Prestaciones del sistema GSM-R

- ▶ Tiempo de establecimiento de la conexión extremo a extremo < 5 seg.
- ▶ Tiempo de conexión de una llamada de emergencia < 2 seg.
- ▶ Probabilidad de fallo en el establecimiento de la conexión < 10^{-3}
- ▶ Probabilidad de desconexión < 10^{-4}
- ▶ Tasa de error de bits para el canal de tráfico < 10^{-4} durante el 90 % del tiempo
- ▶ Retardo extremo a extremo máximo/datos: 700 mseg.
- ▶ Retardo extremo a extremo medio/datos: de 400 a 500 mseg.
- ▶ Retardo extremo a extremo medio/voz: 90 mseg.
- ▶ Retardo de un mensaje de texto (SMS) < 30 seg el 95% de los mensajes
- ▶ Velocidad de transmisión datos: entre 9,6 Kbps 4,8 Kbps y 2,4 Kbps
- ▶ Probabilidad de pérdida de la conexión durante el handover < 10^{-4}
- ▶ Duración máxima del handover (tiempo de corte de la comunicación): 300 ms.
- ▶ Tiempo máximo para indicar la perdida de conexión < 1 seg
- ▶ Probabilidad de fallo (1) < 10^{-3}

LTE-R como alternativa a GSM-R

- ▶ Existe un informe favorable de la Unión Internacional de Ferrocarriles (UIC)
- ▶ LTE es sencillo, presenta elevada eficiencia espectral, bajo retardo y bajo coste de despliegue
- ▶ Basada en una arquitectura IP con soporte para calidad de servicio



Bibliografía

- Comunicaciones móviles, Jose María Hernando Rábanos, Editorial Universitaria Ramón Areces
- Tetra Association, <http://www.tetra-association.com>
- Digital Mobile Communications and the TETRA System, John Dunlop, Demessie Girma, James Irvine, John Wiley & Sons, 2013
- UIC - International Union of Railways, GSM-R, <https://uic.org/gsm-r>