

Experiencias en la construcción de redes GSM-R en las líneas de alta velocidad de ADIF



Gregorio Zarcero Muñoz
Director Proyectos
Telecomunicaciones
Ferroviarias de Siemens

Desde el inicio del despliegue de la red GSM-R en España, en la línea de alta velocidad Madrid-Lleida, hasta el día de hoy, han sido muchos los retos que han debido superarse para lograr un sistema de comunicaciones móviles con altos requerimientos de robustez y seguridad. Esta condición es el requerimiento fundamental para que GSM-R sea el soporte de comunicaciones fiable para el sistema de señalización ERTMS/ETCS. En este artículo se analizan los más relevantes.

Introducción al sistema GSM-R

El sistema GSM-R es una adaptación del exitoso sistema europeo GSM al entorno ferroviario. Esta adaptación partió de la reserva de parte del espectro (4+4 MHz) en la banda de frecuencias inmediatamente por debajo de la banda de GSM y E-GSM, permitiendo una capacidad de 19 portadoras de radio. Una ecualización adaptada a la alta velocidad del tren también es una peculiaridad de este sistema. El resto de la arquitectura es similar al conocido sistema GSM con la particularidad de la existencia de una base de datos en la central de

conmutación que gestiona los grupos de llamada (GCR), esencial para determinados tipos de llamada definidas en la operativa asociada a la circulación de trenes (llamada de maniobras, llamada de emergencia ferroviaria, etc.). Con el fin de facilitar la explotación ferroviaria se definieron y desarrollaron una serie de servicios avanzados que utilizan la plataforma de red inteligente, entre otros están los siguientes:

- Llamada funcional que permite asociar un número a cada circulación.
- Direccionamiento según la posición que permite la comunicación del tren con el puesto de control específico de cada punto de la vía.
- Matriz de acceso, habilita o impide comunicaciones entre las diferentes entidades habituales en la operación ferroviaria.

.....

**“El sistema GSM-R es una adaptación del exitoso
sistema europeo GSM al entorno ferroviario”**

.....

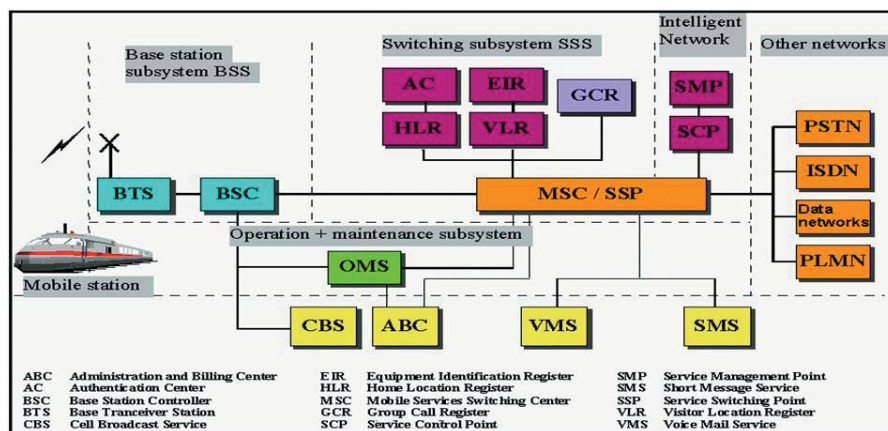
La red GSM-R la completan los terminales embarcados en los trenes y los terminales de mano, de los que están disponibles diferentes modelos según el uso. Existen los llamados terminales de uso general o los terminales de operación, más robustos y con la posibilidad de efectuar llamadas de maniobras.

Un elemento esencial en la red GSM-R es el llamado puesto de control o puesto de *dispatcher* de llamadas. Se trata de un potente terminal que gestiona las comunicaciones con el tren y es capaz de manejar prioridades, colas, llamadas de emergencia y llamadas de grupo, entre otras prestaciones. Es el puesto utilizado por el controlador de tráfico de trenes.

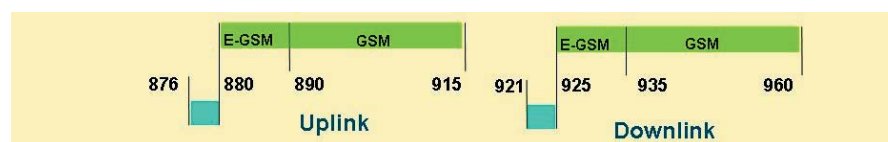
Retos en el despliegue de la red GSM-R

El uso de la tecnología GSM-R en el entorno ferroviario requería enfrentarse a un contexto complejo en los que la electrónica de los equipos de telecomunicaciones, que se ubicaban en las proximidades de líneas de catenaria, se enfrentaba a los efectos perturbadores producidos por un alto voltaje de 25 kV. Además los equipos debían de dar servicio a una traza lineal en la que aparecerían de manera alternada zonas de trincheras, viaductos, túneles y en general zonas de cobertura compleja (pasos elevados, marquesinas en estaciones, etc.)

En este entorno novedoso, del que no existían experiencias previas ni referencias de instalaciones similares, hubo que definir un conjunto completo de modelos de ingeniería que permitieran tomar



Arquitectura del sistema GSM-R.



Banda de frecuencias sistema GSM-R.

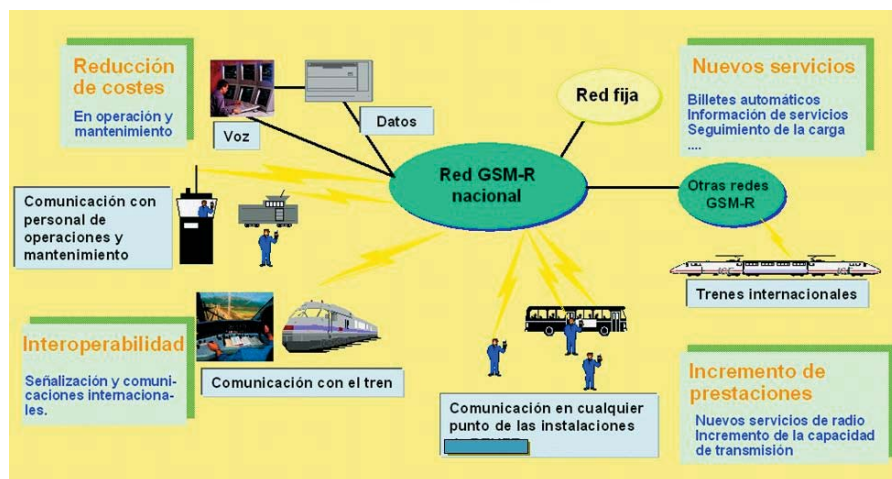
las decisiones constructivas correctas. Era necesario garantizar el servicio con la inversión prevista. Esta ingeniería involucraba especialmente a los cálculos de cobertura electromagnética, a la definición de los mecanismos de protección de equipos y personas y a los cálculos de los elementos de obra civil ubicados en las proximidades de las vías, especialmente las cimentaciones de las torres de comunicaciones y todo lo relacionado con la instalación de equipamiento en el interior de los túneles.

Los modelos de propagación, utilizados habitualmente en la ingeniería de redes móviles, debían ser afinados con el comportamiento que la señal radioeléctrica tenía en

el entorno de una traza de alta velocidad. Para lograrlo se han realizado múltiples medidas de cobertura hasta caracterizar completamente el comportamiento radioeléctrico en los diferentes entornos habituales en la traza.

El paso de los trenes a alta velocidad, haciendo uso de una catenaria de 25.kV, produce interferencias electromagnéticas y fluctuaciones serias de tensión en los equipos de telecomunicación ubicados en la proximidad de la vía. Este hecho podía poner en riesgo tanto la calidad de la señal como dañar los equipos que son alimentados con el voltaje proveniente de la catenaria que al paso del tren sufre fuerte fluctuaciones. Para evitar estos ries-

“El uso de la tecnología GSM-R en el entorno ferroviario requería enfrentarse a un contexto complejo”



Escenario de servicios del sistema GSM-R.

gos se analizó y caracterizó el comportamiento de estos efectos. Esta información determinó la selección de elementos de protección, esquema de conexionado y soluciones de puestas a tierra que han permitido un funcionamiento estable del sistema.

En lo referente a los elementos de obra civil se han extremado los parámetros de seguridad aplicados a los elementos a construir. En este sentido, por ejemplo, las torres de telecomunicación han sido dimensionadas para soportar vientos de hasta 200 km/h y los elementos de sujeción de antenas y cables radiantes en los túneles soportarán con holgura la alta presión que el paso de los trenes por los túneles va a ejercer sobre estos elementos. Los trabajos de ingeniería realizados en este ámbito garantizan que ningún elemento instalado en la traza para dar el servicio de telefonía móvil pondrá en riesgo en ningún caso la seguridad de la circulación del tren.

Otra área donde se extremó el análisis de ingeniería fue la de dotar del máximo de redundancia al sistema GSM-R para lograr la máxima disponibilidad del sistema.

Se estudiaron también todas las posibles incidencias que podían afectar a la pérdida del servicio. El resultado de este análisis fue la aplicación de los siguientes conceptos:

- Red GSM-R de doble capa
- Suministro eléctrico para los equipos proveniente de dos fuentes diferentes (edificios técnicos y catenaria)
- Equipamiento dotado con redundancia interna en fuentes de alimentación y tarjetas de reserva en esquema 1+1 o n+1.
- Conexión de las estaciones base en anillos con ruta alternativa
- Uso de fibras ópticas diferentes para cada capa y por recorridos que no se solapan en ningún punto.

Con todo lo expuesto, podemos decir que la red GSM-R desplegada por ADIF se ha construido con los más altos niveles de fiabilidad y

seguridad. La valiosa experiencia acumulada garantiza el éxito de la construcción de nuevas líneas hasta el completo despliegue del servicio de telefonía móvil GSM-R en la red ferroviaria española.

La red GSM-R es ahora un potente medio de comunicaciones fiables y seguras que podrá ser utilizado por ADIF para desplegar múltiples servicios que podrán mejorar substancialmente sus capacidades y procesos en las áreas de operación, mantenimiento, seguridad, atención a los viajeros, etc. Adicionalmente a su principal uso como medio de comunicación y control de los trenes, el GSM-R podrá ser utilizado, entre otras aplicaciones de interés, para gestionar con mayor eficacia las tareas de mantenimiento, garantizar la seguridad de las instalaciones y enviar alarmas y señales de telemando por radio como alternativa redundante al uso de la fibra óptica.

Estos servicios se llevarán a cabo mediante las instalaciones previstas de plataformas de localización de terminales móviles, nuevos servicios de red inteligente, plataforma de envío de mensajes cortos SMS, etc. El uso de la tecnología GPRS en la red GSM-R potenciará la utilización de estos servicios, optimizando el espectro radioeléctrico disponible. El envío de datos e imágenes sin comprometer las esenciales comunicaciones del tren, ampliará las posibilidades de uso del sistema que repercutirá en un mejor servicio, reduciendo los costes de operación y mantenimiento. ♦

“La red GSM-R desplegada por ADIF se ha construido con los más altos niveles de fiabilidad y seguridad”