

## Sistemas para explotación ferroviaria. Demandas actuales y futuras. Equipamiento e integración



Marcos Reboredo Rodríguez  
Director Departamento de Ingeniería y Sistemas. Revenga Ingenieros S.A.

Las enormes inversiones realizadas en los últimos años en los metropolitanos, las nuevas líneas de alta velocidad, los nuevos tranvías, ... han dinamizado el sector, permitiéndonos “olvidar” por un momento la crisis en el mundo de las operadoras de telecomunicación.

No se entiende la situación actual de los sistemas utilizados en las explotaciones ferroviarias ni tampoco su evolución futura sin hacer mención a una serie de factores relacionados directa o indirectamente con el sector de las telecomunicaciones.

Englobamos tanto a las líneas de tren de largo recorrido, como a las líneas de alta velocidad, metropolitanos, servicio de cercanías y por supuesto a los tranvías (en plena expansión y con numerosos proyectos en marcha).

Estos factores son:

- Las infraestructuras de telecomunicación han pasado de radio-enlaces puntuales y del cable de cobre convenientemente “pupinizado” (todavía en uso para algunos servicios de telefonía o como líneas de respaldo) a cables de fibra óptica que recorren la red ferroviaria y a redes de comunicaciones vía radio, particularizadas en sistemas como

- TETRA (entornos metropolitanos) y GSM-R (entornos de alta velocidad).
- Cada vez es mayor el número de estaciones o apeaderos desatendidos. Ello obliga a hacer disponibles a los viajeros servicios como venta automática de billetes, información audiovisual, seguridad a través de interfonos, cámaras, megafonía.
- Las grandes estaciones explotan sus superficies como entornos comerciales. La publicidad entra en juego a través de la proyección de videos en andenes y vestíbulos.
- La aparición de una nueva filosofía de explotación de transporte de viajeros y mercancías a través de empresas operadoras y un gestor de infraestructuras tendrá sin duda una repercusión directa sobre los servicios ferroviarios actuales y generarán otros desconocidos.
- Las exigencias de los viajeros pasan por elevados porcentajes de disponibilidad, puntualidad y rapidez.
- Las gerencias aumentan año a año su sensibilidad en todos los temas relacionados con la seguridad, accidentes, etc. Los sistemas deberán ser robustos y redundantes.

- El parque móvil de trenes y tranvías se va sofisticando, requieren de comunicaciones cada vez más pesadas en ancho de banda; en definitiva, su tratamiento se hace independiente de su movilidad. Las redes de datos “Wireless LAN” (WIFI) empiezan a ser ya una realidad en estos entornos y proporcionan comunicaciones de banda ancha tren-tierra-tren.
- Los recursos de los operadores o gestores ferroviarios para mantener sus cada vez más complejas instalaciones son insuficientes. Se “externalizan” todo tipo de servicios y se generan otras necesidades como, por ejemplo, el control de calidad de dichos servicios. ...

### SISTEMAS DE INFORMACIÓN Y SERVICIOS

Didácticamente el número y variedad de sistemas que tienen su función en un entorno ferroviario es enriquecedor y con una fuerte componente de telecomunicaciones. Nos podemos encontrar con todo tipo de sistemas y que hacen uso de las más novedosas tecnologías.

Siguiendo una agrupación informal y desde el punto de vista de un fabricante e integrador como Revenga Ingenieros S.A. los entornos ferroviarios se nos presentan como una torre de objetivos (figura): atención al viajero, gestión, explotación, infraestructura, circulación...

En cada uno de los servicios que describiremos a continuación haremos especial hincapié en algún ejemplo concreto para ayudar a entender los conceptos generales que explicamos.

## Atención al viajero

El viajero debe ser el elemento que hay que cuidar y mimar en cualquier servicio de transporte. Demanda información fiable y en tiempo real y que alguien atienda sus quejas o peticiones cuando lo necesita. Su único objetivo es desplazarse empleando el menor tiempo posible y sin molestias. Los sistemas de información audiovisuales, megafonía y teleindicadores, los de *intercomunicación* y los sistemas de vídeo-publicidad, entre otros, cumplen dicha función.

Particularizando en los sistemas de intercomunicación, que son altamente demandados en los proyectos actuales, su evolución es un buen botón de muestra para los servicios de atención al cliente en el entorno ferroviario. Actualmente nos encontramos tanto con instalaciones de intercomunicación propietarias como con sistemas basados en centralitas telefónicas automáticas (PABX's), tecnologías ambas maduras y fiables con capacidades para cientos y miles de abonados. Sin embargo las nuevas redes multi-servicio de banda ancha (SDH/PDH, ATM, Ethernet, DWDM), disponibles ya en estos entornos, dan cabida a soluciones que emplean otras tecnologías como VoIP y permiten la



migración de sistemas tradicionalmente analógicos a tecnologías digitales, con las ventajas que ello comporta. Sobre IP uno de los protocolos más difundidos para interfonía digital es H.323. La solución que resulta se fundamenta en cinco pilares fundamentales:

- *Interfonos* con interfaces analógicos
- *Pasarelas* entre el mundo analógico y el IP
- "*Gatekeepers*" para el control de la señalización, traducción entre numeración y direccionamiento IP, enrutamiento de llamadas, ...
- *MCU* para control de multi-conferencias
- Terminales IP.

Un ejemplo es el sistema de interfonía de estaciones en Metro de Madrid.

## Gestión

La atención presencial de personal propio del operador ferroviario en las estaciones tiende a desaparecer. El operador destina sus recursos a las funciones propias del servicio de transporte de viajeros y a aquellos

críticos para el normal funcionamiento o operación diaria. La seguridad, la limpieza, el mantenimiento de las instalaciones, ... pasan a ser servicios "externalizados" para los cuales se hace fundamental disponer de elementos de control de calidad y asistencia.

Por otro lado, la automatización de procesos se ha convertido en una tarea prioritaria para los nuevos gestores de las infraestructuras ferroviarias. Concretando describiremos algunas aplicaciones que se están llevando a cabo en la parcela de la Identificación por Radiofrecuencia (RFID en sus siglas en Inglés):

- Nos encontramos con nuevos sistemas de identificación RFID en 13,56 MHz cuyos *tags* pasivos se están usando para controlar el acceso a los cuartos de comunicaciones y equipamiento (mantenimiento, instalaciones, personal propio) en las estaciones. También se empiezan a utilizar como sistemas de identificación para realizar ciertos tipos de acciones controladas y para permitir la movilidad de personal →

autorizado en los vestíbulos, y se comienza a asociarlos a sistemas biométricos en entornos de mayor seguridad dentro del mundo ferroviario.

- Otros sistemas de identificación usados a modo de balizas trabajando en las bandas de 400 y 900 Mhz y con *tags activos* se utilizan para identificar los trenes a la salida de las cocheras y talleres con objetivos diversos.
- Con la identificación en 125KHz y con *tags pasivos* especiales se facilita la identificación de ejes de trenes permitiendo el control de uso y envejecimiento.
- Como último ejemplo, en el plano del viajero la tecnología RFID está tomando fuerza para convertirse en el medio de pago y acceso (a modo de tique o abono) predominante a corto-medio plazo.

En general y para todos los casos, los sistemas RFID presentan ventajas frente a otros sistemas de identificación; entre otros, y en el entorno en el que nos encontramos: facilidad de uso, rapidez en la identificación, sin contacto, ahorro en mantenimiento al carecer los equipos de lectura de elementos mecánicos y también las facilidades de seguridad y protección de la información que portan.

## Explotación

La cantidad de equipamiento, de todo tipo, que nos podemos encontrar en cualquier estación es numeroso y muy diverso. Entre ellos destacamos las escaleras mecánicas, ascensores, subestaciones de energía, sistemas de alimentación in-interrumpida, aire acondicionado, ventilación, central de alarmas contra-incendios, iluminación, etc. Todos deberán disponer de algún sistema automático de control tanto manual como remoto. Esto, unido a las necesidades en seguridad de las

instalaciones, hace que el control remoto de estaciones por imágenes de vídeo sea hoy en día indispensable.

Las imágenes de vídeo se transmiten de formas muy diversas hasta los puntos de control, que pueden ser locales o remotos. Instalaciones con cable coaxial RG59 o RG11 o incluso por pares es lo habitual en la instalación local.

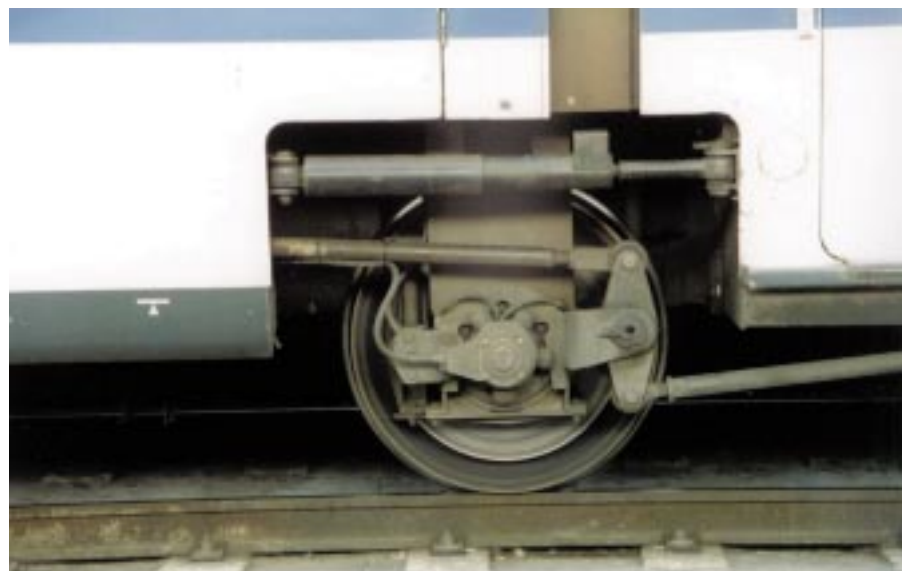
Para la transmisión remota suele hacerse de diversas maneras:

- A través de fibra óptica dedicada (utilizando multiplexación de varias imágenes por una única fibra óptica, incluso audio y datos)
- Utilizando interfaces y canales E1 a 2Mbps digitalizando la imagen a través de sistemas SDH síncronos
- Y últimamente digitalizando, codificando y comprimiendo las imágenes (MJPEG, MPEG1, MPEG2, MPEG4, Wavelet, etc) y empaquetándolas para su transmisión por UDP/IP.

En cuanto al "uso" que se puede hacer con las imágenes, muchos de los controles son simplemente visuales (operadores o personal de

seguridad que ven las imágenes en monitores en tiempo real o grabadas) y otros implementan algoritmos de tratamiento digital de imágenes para objetivos tan diversos como los siguientes:

- realizar conteo de personas (cámaras axiales en las escaleras mecánicas),
- detectar objetos abandonados (cámaras en andenes, vestíbulos, pasillos),
- control de intrusión (detección de movimiento en zonas y horas de inactividad),
- realizar tareas automáticas y con alto nivel de seguridad. Como ejemplo, se utilizan comparaciones de imágenes patrón frente a otras adquiridas en tiempo real para arrancar una escalera mecánica sin necesidad de intervención humana. En algunos entornos ferroviarios puede haber cientos de escaleras de este tipo. La activación manual o remota a primera hora de la mañana utilizando personal supone un coste considerable rápidamente amortizable con este tipo de soluciones.



## Infraestructura

La mejora en las infraestructuras de telecomunicación ha sido, o mejor dicho, está siendo radical. En la actualidad el abanico de soluciones en explotación es muy diverso. Como comentábamos al principio, la red de cables de cobre sigue estando operativa y es normal encontrarse con que es el único medio disponible en muchos apeaderos ya sea en pares o en cuadretes.

Ante los requisitos de mayores anchos de banda y la especificación de sistemas digitales de transporte más robustos, con protecciones de camino, por ejemplo del tipo 1:1 ó 1:N, surgen nuevos equipos pensados para trabajar sobre protocolos como IP, que se ven reforzados por previsiones de oportunidad de negocio (alquiler de fibras ópticas a operadores de telecomunicación: telefonía móvil en plena expansión, "carriers", ...).

Esto ha provocado que en los últimos 5 años todos los operadores ferroviarios (metropolitanos, RENFE, cercanías) completasen sus infraestructuras con una red de fibra óptica que recorre todo el territorio nacional. De ellas sólo una mínima parte está siendo usada para los servicios propios, otra parte están alquiladas y una última en desuso. Esta red de fibra óptica genera a su vez sus propias necesidades en cuanto a mantenimiento se refiere:

- Monitorización automática y periódica (medidas de reflectometría, medidas de pérdidas ópticas, ...)
- Documentación detallada del tendido y nivel de dedicación.
- Localización exacta a través de planos GIS de todos los componentes de la red: tendido del cable, cuartos de comunicaciones, repartidores, cajas de empalme, segregaciones, arquetas. Esto



permitirá tiempos de resolución de averías mínimos y optimización de los recursos humanos necesarios.

- Gestión de alarmas de averías con avisos a móviles y conexión remota a través de un explorador e Internet para su localización exacta sin necesidad de desplazarse a un repartidor próximo a la avería para localizarla utilizando un reflectómetro (OTDR) portátil.

En lo que respecta al equipamiento vía radio, desde siempre se han instalado puntualmente enlaces radioeléctricos con capacidades de ancho de banda de 2Mbps. Estos se siguen manteniendo cuando no hay más remedio para mantener la comunicación entre dos puntos discretos.

Pero los nuevos sistemas de radio utilizados buscan otros objetivos, pensando sobre todo en mantener la comunicación tren-tierra de forma permanente en todo su trayecto y de una forma segura. Los requisitos de comunicaciones son proporcionados de manera más o menos limitada por sistemas tipo TETRA y en mayor medida por GSM-R, especificado para entornos ferroviarios.

GSM-R junto con el sistema de control de trenes automático (ETCS)

formarán parte del Sistema de Gestión de Tráfico de Trenes Europeo (ERTMS). Inicialmente, en España, se dispondrá de GSM-R en las líneas de alta velocidad.

También las soluciones "Wireless LAN" (IEEE 802.11's) empiezan a formar parte de las redes en los entornos ferroviarios como sistemas de banda ancha para las comunicaciones tren-tierra-tren en metropolitanos. Si bien en un principio no serán usadas para servicios críticos, es una buena prueba de fuego que servirá de punto de partida para conocer su potencialidad.

## Circulación

Podemos indicar que también en los subsistemas relacionados con la circulación de trenes las telecomunicaciones juegan su papel. Todo tipo de información de los elementos que hay en la vía así como la posición de los trenes se transmiten y se muestran a nivel de sinóptico en grandes paneles en los puestos de mando.

Para finalizar, podemos considerar como subsistema de circulación el destinado a la comunicación de voz. Sirva este último párrafo de pequeño homenaje a los sistemas de *telefonía selectiva*. La telefonía selectiva es un sistema de comunicación de voz para la regulación del tráfico, ampliamente utilizado a nivel nacional e internacional en diferentes versiones y especificados para su funcionamiento en los entornos ferroviarios. Aún hoy en día no es sencillo conseguir alcanzar su funcionalidad y filosofía de operación a través del uso de las nuevas tecnologías. Dichos sistemas están extendidos a nivel nacional, se siguen manteniendo y se instalan otros nuevos en los que se incorporan ya aplicaciones software, gestión por IP, etc que hacen su operación más amigable sin perder su robustez.