

Metro de Madrid. Infraestructuras de Comunicaciones de Explotación



Jesús Vadillo Vallejo
Responsable de la Unidad de Ingeniería, Instalaciones y Obras de Metro de Madrid

La red de comunicaciones de explotación de Metro de Madrid dispone de más de 50.000 Km de fibra óptica, que da servicio a más de 11.000 puertos FastEthernet (100 Mbps) localizados en más de 430 nodos de acceso, interconectados a través de 46 nodos de conmutación y tránsito con más de 700 interfaces de 155 Mbps. Además del transporte e interconexión básica, con más de 100 circuitos E1 definibles entre dos extremos, el sistema soporta los servicios de voz, datos e imagen necesarios para la explotación. La concepción, implantación y soporte multiservicio de esta infraestructura está orientada a la mejora permanente de la calidad de la operación, la garantía de seguridad al viajero y el incremento de la productividad y eficiencia en la operación y el mantenimiento.

CONCEPCIÓN Y EVOLUCIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DE RED Y SERVICIOS

Las infraestructuras están en constante evolución, como no puede ser de otra manera, para dar respuesta a las necesidades de servicios para la operación, el mantenimiento y la seguridad, los tres grandes ejes de la explotación de Metro de Madrid.

Tradicionalmente, los servicios fundamentales estaban divididos por naturaleza, asociando una infraestructura de red a cada naturaleza de servicio, esto es:

- Servicios de voz: Telefonía fija, a su vez con varios tipos de servicio como telefonía de línea, central, etc, radiotelefonía de trenes, radiotelefonía de estaciones. Dentro de este grupo podemos

considerar también dos servicios clave como son la interfonía y la megafonía, de amplia implantación en la red de Metro de Madrid.

- Servicios de datos: En general, toda comunicación de datos entre ordenadores y servidores tanto en aplicaciones de administración, operación, gestión de tráfico (CTC), así como todo lo relacionado con el mundo del telecontrol, desde subestaciones eléctricas a todos y cada uno de los dispositivos en servicio (escaleras mecánicas, torniquetes, cancelas, máquinas expendedoras, iluminación, etc, etc).
- Servicios de video: Sistemas de TV en circuito cerrado para la seguridad y la propia operación (maniobras, comprobaciones, etc). Con una arquitectura de red asociada a cada servicio, típica de cualquier sistema de telecomunicación





en cualquier ámbito durante casi todo “el siglo XX”, son obvias las carencias, limitaciones y problemáticas de coste y mantenimiento. Fundamentalmente, el crecimiento de la red con nuevas estaciones o nuevas líneas, traía consigo el crecimiento de una auténtica tela de araña de redes e infraestructuras diversas asociadas a cada uno de los servicios.

El proceso de convergencia de redes y servicios, tan importante y con tanto impacto en el sector de las TIC, ha sido también determinante en la filosofía y concepción de las infraestructuras base en Metro de Madrid. La base de dicha filosofía puede resumirse en la aplicación correcta de conceptos como red multiservicio, digitalización, normalización de protocolos de comunicaciones, normalización de dispositivos, integración de servicios, sistemas integrados de gestión y monitorización.

De esta forma, la arquitectura de red de Metro de Madrid se asemeja a un despliegue de un operador convencional de comunicaciones con el concepto de servicios integrados y operación y mantenimiento únicos. Es importante señalar que esta evolución no sólo ha sido tecnológica, dado que la tecnología ha sido el medio o el “posibilitador” de dichos conceptos, sino una evolución coordinada en

concepción, diseño, implantación y mantenimiento.

En este sentido, la concepción de la infraestructura de red actual de Metro de Madrid se basa en:

- Un sistema troncal o de transporte de alta capacidad, sobre fibra óptica, implementado principalmente a través de ATM y sistemas SDH, con diversos nodos de tránsito y dos nodos principales.
- Una red de acceso con gran capilaridad con interfaces Ethernet 10/100.

El protocolo base es TCP/IP, independientemente de protocolos específicos en transporte ATM/SDH.

Una característica esencial es la alta disponibilidad de la red, no sólo por su naturaleza multiservicio (una caída supone la indisponibilidad de varios servicios) sino por la criticidad de determinados servicios de explotación. Para ello se dispone de una alta redundancia, tanto mayor cuanto más crítico es el nodo en cuestión; así, partiendo de una redundancia base en los nodos de acceso, con dos interconexiones como mínimo con nodos superiores, se llega a una red completamente mallada de nodos de tránsito.

Lógicamente, la evolución ha supuesto una nueva concepción de los servicios, aspecto clave en el proceso de convergencia, mediante la

digitalización integral y la transmisión como datos a través de protocolos normalizados (TCP/IP). A su vez, se ha mantenido la operativa de ciertos servicios convencionales dado que responden a los procesos establecidos en la operación y explotación del servicio: por ejemplo, la telefonía de estaciones (estaciones adyacentes entre sí).

En este sentido, las transformaciones más destacables se detallan a continuación:

Voz: Centralitas digitales que soportan todo el tráfico de los diferentes servicios de telefonía, inteconectadas a través de enlaces E1 soportados por la red multiservicio y directamente por interfaces IP. En este punto, la transformación de los servicios es más profunda con la introducción de sistemas VoIP (voz sobre IP) que integran sobre la misma red la interfonía y la megafonía. Este hecho permite una serie de prestaciones adicionales a nivel de servicios finales, con el desarrollo de aplicaciones específicas para la explotación y la atención al viajero; por ejemplo, es posible fijar la cámara más próxima al interfono que acaba de ser pulsado por un viajero de forma que se tenga un conocimiento más preciso de la situación.

Datos: El primer paso ha sido, lógicamente, la estandarización de TCP/IP como protocolo en sistemas y aplicaciones de explotación. Paulatinamente se está produciendo la migración progresiva de interfaces de telecontrol hacia Ethernet-IP de forma que todos los elementos sean tratados como un nodo más de la red (desde una subestación eléctrica hasta una escalera mecánica). Este hecho posibilita, además de una gestión única y centralizada, un desarrollo más sistemático e integrado de las aplicaciones de explotación.

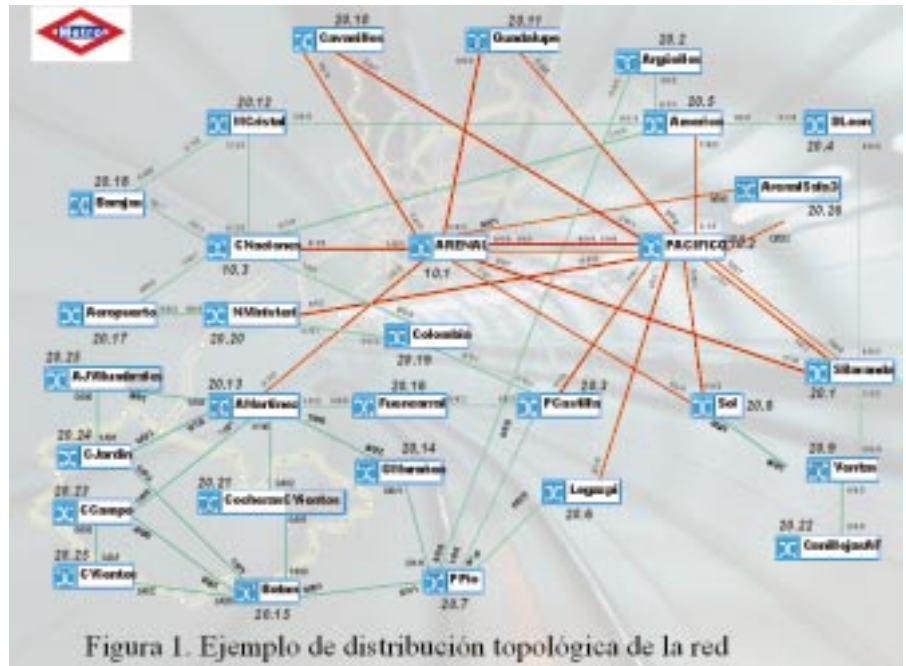
Video: Digitalización y codificación de toda la red de TV en circuito →

cerrado, con indudables ventajas: grabación local y centralizada de forma normalizada, desarrollo de aplicaciones basadas en las imágenes para la explotación (detección de presencia, por ejemplo para parada/marcha de escaleras mecánicas, etc), visualización de cualquier cámara desde cualquier punto de la red, actualización tecnológica independiente de los sistemas de codificación respecto al soporte de red, etc. Actualmente, el sistema soporta más de mil cámaras digitalizadas todas accesibles desde el puesto de mando o desde cualquier punto que se defina, lo que no existe, que sepamos, en otras instalaciones a nivel mundial.

En general, las ventajas de la concepción de red multiservicio desarrollada en Metro de Madrid, aplicable a todos los servicios, son básicamente:

- Crecimiento modular sencillo y controlado: extendiendo una única red se extienden todos los servicios. Implantación muy rápida, acorde con los espectaculares crecimientos de la red de Metro que han tenido lugar en los últimos años.
- Operación y mantenimiento únicos e integrados.
- Menor coste total (red+servicios) tanto en infraestructuras como en operación y mantenimiento.
- Actualización tecnológica de los servicios independiente de la red, normalmente con otro "timing" (más rápido) y muy enfocado en costes y alcance.
- Extensión de los servicios a los trenes y, en general, posibilidad de implementar soluciones para la movilidad.

Debido a la naturaleza de nuestro servicio (trenes), los sistemas radio siempre han sido claves como parte de la infraestructura de red. Inicialmente, los sistemas de



radiotelefonía de trenes han posibilitado la comunicación permanente, al menos de la voz. Recientemente, Metro de Madrid ha sido uno de los operadores de transporte pioneros a nivel mundial en el desarrollo de soluciones de comunicaciones basadas en el estándar TETRA para usuarios localizados en trenes y en estaciones.

EL FUTURO YA ES NUESTRO PRESENTE

Con los conceptos expuestos y el espíritu innovador que siempre ha caracterizado a Metro de Madrid en diferentes ámbitos, el proceso de convergencia de redes y servicios continua en Metro a través de la implantación de nuevos sistemas de comunicación tren-tierra de banda ancha y multiservicio, así como el desarrollo completo de la movilidad con el acceso a los sistemas de explotación desde terminales portátiles y dispositivos PDA. El objetivo de continua mejora de la calidad de servicio al viajero a través

de actuaciones en la operación, el mantenimiento y la seguridad así lo demandan. En este sentido, entre las últimas actuaciones tecnológicas destacan:

- Comunicación tren-tierra de banda ancha. Basada en sistemas WLAN (inicialmente 802.11b), pero con la implantación de sistemas específicos tales como:
 - Adecuación a los sistemas de transmisión más adecuados en los túneles, en este caso el cable radiante, mediante la translación de las bandas iniciales (2,4 Ghz y 5 Ghz) a bandas específicas. Este hecho posibilita también la migración de sistemas 802.11x sin necesidad de cambiar los sistemas radiantes y toda la infraestructura básica de transmisión.
 - Sistemas específicos para la agregación y control del ancho de banda, de forma que se garanticen servicios en tiempo real (voz, imagen) así como canales de reserva redundantes con activación automática.
 - Sistemas de seguridad



Figura 2. Movilidad e integración de todos los servicios

específicos, tanto a nivel de dispositivos como a nivel de sistemas de información en general.

- Adecuación industrial a las condiciones específicas del entorno ferroviario y, en particular, en túneles y trenes.
- Comunicación con dispositivos tipo PDA:
 - Estudios detallados de las coberturas y proyectos específicos de despliegue para garantizar la calidad de servicio en todo momento.
 - Adecuación de las aplicaciones de explotación a la naturaleza del terminal (tipo de pantalla, teclado, etc).
 - Garantía de calidad de servicio en las aplicaciones en tiempo real (voz, imagen).
 - Sistemas de agrupaciones de tráfico, balanceo y disponibilidad de canales redundantes.

En principio, y dado que la integración de los servicios es total, se pretende que el tren sean una red local más, totalmente comunicada en todo momento con la red fija, de forma de además de la telefonía, interfonía, megafonía y telecontrol se disponga de las imágenes de video para explotación y seguridad: posibilidad de ver los andenes antes y después de llegar a una estación o visualizar el interior de cualquier tren

desde el puesto de mando.

El proyecto, conocido internamente como **TEBATREN** (Telecomunicaciones de Banda Ancha para Trenes), después de tres años de I+D, está siendo implementado ya en explotación en Línea 8 (Nuevos Ministerios-Aeropuerto-Barajas), teniendo ya reconocimiento internacional, dado su carácter pionero a todos los niveles..

CONCLUSIONES

El proceso de convergencia de redes y servicios, desarrollado inicialmente en los propios operadores

de servicios de telecomunicación, ha llegado a otros sectores, como el ferroviario. Su efecto está siendo especialmente relevante, no solo facilitando la modularidad y la rapidez en el despliegue, siendo en la propia operación y mantenimiento de los sistemas. El impacto más visible es en la propia disponibilidad de servicios avanzados e integrados (voz, datos, imagen) en cualquier punto y en cualquier momento, incluyendo los trenes. Este hecho posibilita, además, una demanda sostenida de aplicaciones y servicios de explotación avanzados de banda ancha, complementaria a los operadores y a largo plazo. Metro de Madrid ha invertido más de 60 millones de euros en los últimos cuatro años en infraestructuras y servicios de telecomunicaciones, para dar soporte a sus operaciones de explotación, lo que puede dar una idea de la relevancia de este sector.

En nuestro caso, es destacable nuestra incorporación a la innovación en estas áreas, con apuestas decididas en I+D que, sin duda, están dando ya sus frutos para nuestro sector particular pero que pueden ser extrapolables en otros entornos que utilicen las TIC.



Figura 3. Visualización del interior de un tren en una PDA