



Centro de operación de SAMUR en la sede del 112 de la Comunidad de Madrid

Trunking y aplicaciones en movilidad

COMUNICACIONES PARA SERVICIOS DE SEGURIDAD Y EMERGENCIAS

POR JUAN JESÚS MUÑOZ ESTEBAN, IVÁN LEDESMA OBELAR Y ROBERTO RUBIO CALATAYUD

Resulta difícil no dejarse llevar en un sector donde constantemente se habla de redes 3G, 3,5G o incluso redes de nueva generación (NGN), que proporcionan anchos de banda asombrosos y sobre las que se construyen servicios altamente sofisticados que integran telefonía fija y móvil. Sin embargo, los gestores de comunicaciones de los cuerpos de seguridad y emergencias tienen los pies en el suelo y otorgan prioridad a la fiabilidad. Por

ello han apostado por una red privada que, si bien puede no ofrece tantas prestaciones, garantiza una estabilidad contrastada: la red privada de comunicaciones móviles TETRA (Terrestrial Trunked Radio) del Ayuntamiento de Madrid, que opera el IAM (organismo autónomo Informática del Ayuntamiento de Madrid).

¿Por qué TETRA?

Históricamente cada uno de los distintos servicios de seguridad y emer-

gencias del Ayuntamiento de Madrid (Bomberos, Policía Municipal y SAMUR), como en otras grandes ciudades, crearon sus propias redes analógicas PMR (Private Mobile Radio) que satisfacían unas necesidades básicas de comunicaciones de voz de sus equipos humanos desplegados por el término municipal de Madrid.

Aquellas redes PMR ofrecían un servicio muy sencillo pero suficiente por entonces para los colectivos usua-

Quando se escribe sobre TIC se tiende a hablar sólo de lo último de lo último, puesto que todo desarrollo o sistema consolidado no permite dar imagen innovadora. Es el ritmo de los tiempos y más en particular del sector TIC. Sin embargo, no podemos olvidar que hay algunos ámbitos donde, sin dejar de ser importante la innovación, lo que cuenta es la solidez probada. Este es el caso de las comunicaciones para servicios de seguridad y emergencias.

rios, caracterizado por la realización de llamadas muy frecuentes y de corta duración: lo justo para enviar una orden y confirmarla; la posibilidad de difundir órdenes desde un centro de mando a todos los terminales sintonizados a un canal; la posibilidad de comunicación directa entre terminales que participan en una intervención en zonas sin cobertura de la red; llamadas de rápido establecimiento para no entorpecer las intervenciones en curso; modo de comunicación semidúplex con una operativa tipo PTT (Push To Talk).

Además de la sencillez del servicio, las redes PMR eran valoradas por su fiabilidad y porque requerían un escaso mantenimiento. Además la operativa de los cuerpos de seguridad y emergencias se adaptaba perfectamente a las facilidades. Otros colectivos como las empresas con flotas de vehículos de transporte o las empresas de infraestructuras también desplegaron sus propias redes PMR que más tarde abandonarían cuando llegó la telefonía móvil.

Está claro que esta situación comportaba ciertos inconvenientes: los esfuerzos para el establecimiento y el mantenimiento de las múltiples redes PMR de cada uno de los servicios de seguridad y emergencia se multiplicaban; debido a las limitaciones de los sistemas analógicos empleados las comunicaciones se hacían en claro, con el consiguiente riesgo especialmente para la Policía Municipal; también como consecuencia de la escasa flexibilidad de los sistemas

analógicos, los servicios adicionales que podían soportar aquellas redes PMR eran casi inexistentes; y por último, pero no menos importante, la ineficacia espectral que comportaba mantener canales radioeléctricos específicos para cada cuerpo en un entorno radioeléctrico próximo a la saturación como es el de la ciudad de Madrid.

Podría parecer que con la aparición de los operadores públicos de telefonía móvil, primero utilizando sistemas analógicos TACS (Total Access Communications System) y AMPS (Advanced Mobile Phone System) y más tarde el estándar digital europeo GSM (Global System for Mobile communications), se cubrirían las necesidades de comunicaciones de los servicios de seguridad y emergencias del Ayuntamiento de Madrid. ¿Por qué no dejar que el operador público se encargue del establecimiento y mantenimiento de la red y contratarle los servicios que el Ayuntamiento requiera? Esa fue la apuesta de muchas flotas privadas. ¿Por qué debería ocuparse el Ayuntamiento de Madrid de mantener su propia red de comunicaciones móviles? Porque hay requisitos específicos de los servicios de seguridad y emergencias.

Las redes públicas de comunicaciones móviles GSM ofrecen comunicaciones digitales de voz, encriptación de las comunicaciones en la interfaz aire, una enorme flexibilidad para el desarrollo de servicios adicionales gracias a la interconexión

con nodos de red inteligente, ciertas capacidades de transmisión de datos y mensajes e interoperabilidad entre distintos fabricantes de equipos de red y de terminales gracias al empleo de un estándar.

Debido a la complejidad de las redes GSM, para el establecimiento se precisan numerosas consultas a bases de datos internas a las centrales de conmutación, dispersas por la red. Los tiempos de establecimiento de llamadas pueden llegar a ser de varios segundos, algo inaceptable para los servicios de seguridad y emergencias. Los recursos de las redes públicas móviles son naturalmente compartidos, con lo que no existe en principio la facilidad para priorizar las llamadas de los equipos de seguridad y emergencias y una llamada podría perderse por falta de canales libres, cosa altamente probable en situaciones críticas, justo cuando los servicios de emergencia más necesitan los recursos. De cara al usuario, la operativa del servicio de las redes GSM es similar a la del servicio telefónico fijo clásico, que difiere considerablemente de la operativa a la que están adaptados los cuerpos de seguridad y emergencias con llamadas de difusión a grupos y funcionamiento tipo PTT. El propio hecho de que la operación y provisioning de usuarios se ponga en manos de un operador público puede ser un riesgo para los cuerpos de seguridad y emergencia, ya sea por motivos de confidencialidad o por falta de agilidad.

Consciente de que las redes públicas »

CUADRO 1. Capacidades de los servicios de voz de TETRA

<i>Capacidades de los servicios de voz TETRA</i>	
▪	Llamada a grupo
▪	Llamada individual
▪	Llamada prioritaria de emergencia
▪	Operativa simple de llamada <i>Push To Talk</i>
▪	Cifrado de comunicaciones
▪	Modo escucha discreta de ambiente controlado desde operador
▪	Modo directo de comunicaciones terminal-terminal
▪	Comunicación terminal-red vía repetidor para operar en zonas sin cobertura

que usaban su estándar GSM no podían cubrir todas las necesidades de algunos colectivos, el ETSI (European Telecommunications Standards Institute) desarrolla su estándar TETRA para comunicaciones móviles privadas orientado a los colectivos usuarios de las antiguas de las redes PMR. TETRA mantiene las características esenciales de la operativa del servicio de voz de los antiguos sistemas PMR analógicos (algo irrenunciable para los servicios de seguridad y emergencias) a la par que añade las capacidades y flexibilidad de un sistema de comunicaciones móviles totalmente digital, manteniendo siempre por delante la fiabilidad, la solidez y la disponibilidad.

El *Cuadro 1* detalla las características de los servicios de voz en el estándar TETRA. Aunque normalmente se conoce TETRA por sus servicios de voz dado que éstos son imprescindibles para la operativa de los cuerpos de seguridad y emergencias, sus capacidades para la transmisión de datos, detalladas en el *Cuadro 2*, permiten el desarrollo de novedosas aplicaciones que facilitan la ges-

ción de los servicios de seguridad y emergencias. Las capacidades para la transmisión de datos se han visto ampliadas en la *Release 2* del estándar TETRA, que se completó en 2005 y que los fabricantes están en proceso de trasladar a sus productos.

TETRA del Ayuntamiento de Madrid

Son las características de TETRA que se han descrito las que llevan en 1999 al Ayuntamiento de Madrid a decidir desplegar una red propia de comunicaciones móviles TETRA basada en el sistema DIMETRA (DIGital Motorola Enhanced Trunked RADIO) del fabricante Motorola.

La red TETRA del Ayuntamiento de Madrid aporta a los servicios de seguridad y emergencias independencia respecto a los posibles problemas en las redes de los operadores públicos de comunicaciones móviles de forma que ante situaciones de crisis en la ciudad de Madrid los servicios públicos podrían seguir operativos. Simultáneamente, los servicios de seguridad y emergencias confían el despliegue, operación y manteni-

miento de la red al IAM, pudiendo así dedicar sus recursos a las tareas que les son más propias.

En el tiempo que media desde el inicio de su despliegue la red ha probado su solidez y su adecuación al tipo de servicios municipales a los que atiende, incluso, lamentablemente, ante situaciones extremas como los brutales atentados del 11 de marzo de 2004 en Madrid. Cuando las redes de los operadores públicos de telefonía móvil resultaban inoperantes por los intentos reiterados de los usuarios por localizar a sus familiares y amigos, Policía Municipal, Bomberos y SAMUR pudieron seguir coordinándose con total garantía gracias a la disponibilidad de una red de comunicaciones móviles exclusiva, gestionando miles de llamadas con un nivel de eficacia impensable para las antiguas redes PMR analógicas.

Hoy en día la red presta servicio a más de 5000 suscriptores entre equipos móviles embarcados en vehículos y equipos portátiles repartidos entre los diferentes servicios de seguridad y emergencias que se comunican entre sí de manera transparente gracias al

CUADRO 2. Capacidades de los servicios de datos de TETRA

<i>Capacidades de los servicios de datos TETRA</i>
<ul style="list-style-type: none">▪ Códigos de status: 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 puede asignar un significado específico en una aplicación centralizada.▪ Servicio de datos cortos (SDS – Short Data Service): servicio similar a los SMS de GSM que permite el envío de mensajes de hasta 140 caracteres empleando los huecos en los canales de señalización de la estación base.▪ Servicio de datos en modo paquete (PDS- 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; pueden agruparse hasta 4 canales de tráfico para obtener anchos de banda de hasta 28,8 kbit/s que quedan en 19,2 kbit/s efectivos.

uso de múltiples grupos operativos. Igualmente el sistema dispone de 20 posiciones de operador en distintas salas de control para el seguimiento y coordinación de las operaciones en la calle.

Sin embargo estas ventajas no se obtienen sin contrapartida e IAM debe realizar un considerable esfuerzo para la gestión y mantenimiento de esta red. Entre las tareas que debe realizar IAM como operador de comunicaciones móviles en autopresntación del Ayuntamiento de Madrid cabe destacar la obtención del Ministerio de Industria de las afectaciones demaniales para el uso del espectro radioeléctrico y el despliegue y mantenimiento de la red con unos objetivos de fiabilidad superiores a los que suele asumir un operador público de comunicaciones móviles, debiéndose asegurar la disponibilidad en horario 24x7.

Fiabilidad y disponibilidad

Toda la configuración de la red TETRA del Ayuntamiento de Madrid ha sido concebida para garantizar la fiabilidad y la disponibilidad de los servicios de comunicación esenciales que soporta, dotando de redundancia a buena parte de los elementos de la red de forma que los servicios se mantengan operativos en situaciones de catástrofe en la ciudad.

Actualmente 12 estaciones base en superficie y otras 3 en túneles críticos ofrecen cobertura radioeléctrica a prácticamente toda la ciudad de Madrid. Con el complemento de varios sistemas de extensión »



Torre de estación base con antenas TETRA y de la red de transmisión por radio

CUADRO 3. Características básicas red TETRA del Ayuntamiento de Madrid

<i>Características básicas red TETRA del Ayuntamiento de Madrid</i>
<ul style="list-style-type: none"> ▪ 15 estaciones base que cubren más del 95 % del municipio ▪ 80 % de los puntos en el interior de la M-40 cubierto por dos o más estaciones ▪ 60 % de los puntos en el interior de Calle 30 cubierto por tres o más estaciones ▪ Conmutador principal respaldado por conmutador secundario en centro de <i>back-up</i> ▪ Red de transmisión en anillo resistente a cortes ▪ Interconexión en proceso con red TETRA de Metro de Madrid. ▪ Interconexión en proceso con red TETRAPOL de Policía Nacional.

de cobertura que extienden la zona de servicio en túneles y zonas de sombra, se alcanza la redundancia que se describe en el *Cuadro 3*. El despliegue óptimo de las estaciones base se complementa con un dimensionamiento adecuado de los canales de tráfico de voz y datos asignados a cada estación base.

Igualmente, los emplazamientos de las estaciones base han sido acondicionados para garantizar la disponibilidad del servicio, con sistemas de climatización y suministro de energía bien dimensionados, sistemas de alimentación ininterrumpida, baterías de reserva y conexión a grupo electrógeno para soportar fallos en el suministro de las compañías eléctricas y sistemas de seguridad y supervisión del emplazamiento.

La interconexión e inteligencia de la red la proporciona una central de conmutación y gestión SwMI (Switching and Management Infraestructura en la terminología de TETRA) situada en el moderno Centro Integrado de Seguridad y Emergencias

Municipales (CISEM). La localización del SwMI en el CISEM facilita la integración de los recursos de comunicaciones de la red TETRA con los sistemas de mando y control de las salas de operación de los cuerpos de seguridad y emergencias que allí se ubican. Adicionalmente y con el consabido fin de garantizar la disponibilidad del servicio ante fallos en el conmutador principal, existe un conmutador de respaldo en otro punto de la ciudad a más de 2 km de distancia.

Una red de transmisión por radioenlaces proporciona la conectividad de las estaciones base con las centrales de conmutación. Además de la redundancia en los equipos de radioenlace, la topología física en anillos de la red de transmisión permite el enrutamiento automático del tráfico ante caídas de enlaces. Igualmente existen rutas de respaldo predefinidas para la conexión de las estaciones base con el conmutador secundario en caso de emergencia.

Interconexiones al exterior

Evidentemente, aunque el objetivo de la red TETRA del Ayuntamiento sea la atención a grupos cerrados de usuarios, las necesidades de coordinación de los equipos de seguridad y emergencias del Ayuntamiento de Madrid con otros servicios municipales y con otros cuerpos de seguridad y emergencias no municipales requieren la interconexión con otras redes públicas y privadas.

Gracias a los interfaces estándar para la interconexión con PABX (Private Automatic Branch eXchange) y redes de telefonía pública tipo RDSI (Red Digital de Servicios Integrados) existentes en las centrales de conmutación de la red TETRA ha sido posible la conexión directa mediante un enlace primario con la red privada municipal de telefonía fija. Sin embargo esta posibilidad de realizar llamadas a extensiones telefónicas fijas está limitada a determinados perfiles de usuario para evitar la ocupación indebida de valiosos recursos radio.

Igualmente están en proceso de

integración diversas pasarelas entre la red TETRA del Ayuntamiento y las redes de otros servicios de seguridad y emergencias no municipales (Policía Nacional, Metro de Madrid, etc.); estas pasarelas permiten:

- comunicación directa con los operadores de control de Policía Nacional a través de un grupo de comunicación prefijado y recibido en la sala de control de Policía Nacional.

- disponibilidad de un grupo de comunicación Policía Municipal-Policía Nacional para intervenciones sobre el terreno en las que ambos cuerpos deben de actuar de manera conjunta.

- disponibilidad de varios grupos de comunicación dentro de la red TETRA de Metro de Madrid que permitirían a los servicios de seguridad y emergencias municipales comunicarse con el exterior empleando sus propios terminales TETRA a través de la red de Metro.

Aplicaciones de datos

El aumento progresivo del ancho de banda disponible para la transmisión de datos de las redes de comunicaciones móviles, primero con GPRS (Global Packet Radio Service) y luego con UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) y HSDPA (High Speed Downlink Packet Access), han permitido poner a disposición del personal municipal que desempeña sus funciones sobre el terreno toda clase de aplicaciones en movilidad (geolocalización de usuarios o vehículos, acceso a bases de datos municipales, actualización in situ de datos, control remoto de equipos de medida, etc.). La demanda de este tipo de aplicaciones es creciente por los servicios de gestión municipal y para soportarlas el Ayuntamiento de Madrid hace uso de los servicios de

un operador público de comunicaciones móviles a través de su contrato de comunicaciones.

Aunque las capacidades de transmisión de datos que ofrece la red TETRA del Ayuntamiento de Madrid son mucho más modestas (equiparables a las que ofrecían las primeras redes GSM) que los deslumbrantes anchos de banda del orden de los Mbit/s por segundo que ofrecen los operadores públicos, es posible crear aplicaciones en movilidad de gran utilidad que además se benefician de la fiabilidad y disponibilidad que ofrece una red propia y para uso exclusivo de los servicios de seguridad y emergencias del Ayuntamiento de Madrid. Así frente a la incertidumbre en cuanto a los tiempos de acceso a datos o de entrega de mensajes en las redes públicas móviles, el dimensionamiento de canales en cada estación base y el número de usuarios limitado, permiten acotar los tiempos y generan confianza en los usuarios en los servicios de datos TETRA.

De las aplicaciones actualmente operativas en los servicios de seguridad y emergencias del Ayuntamiento de Madrid que usan las capacidades de transmisión de datos de TETRA cabe destacar:

SAMUR – Aplicación para la asignación de siniestros a los recursos desplegados (bases, ambulancias) basada en el envío de mensajes del servicio de datos cortos (Short Data Service) de TETRA y seguimiento de las mismas mediante el envío de códigos de status de TETRA desde los terminales que éstos llevan. Es de destacar la gran eficiencia de este sistema de operación dado que toda la gestión de una intervención se realiza sin consumir canales de voz y empleando sólo recursos en los canales de señalización. »



Bastidor con estación base del sistema DIMETRA



Bastidor con equipos para la interconexión con otras redes TETRA

La red privada TETRA del Ayuntamiento de Madrid es la única capaz de ofrecer, en situaciones extremas, las garantías de fiabilidad y disponibilidad que requieren sus más de 5000 suscriptores, y que las redes públicas de comunicaciones móviles no pueden ofrecer

Policía Municipal – Actualmente existe una aplicación que permite el posicionamiento geográfico de las patrullas a pie mediante el envío de la situación a una aplicación residente en el centro de control de Policía Municipal. Los terminales TETRA portátiles de que disponen los policías municipales incorporan un dispositivo GPS que capta la posición y la envía mediante el SDS a la aplicación de localización en el centro de control. Dado que el SDS emplea los canales de señalización del sistema para el envío de tramas con la localización, la frecuencia de envío tramas está optimizada para evitar el colapso de la estación base a la que se encuentra enganchado el terminal.

Los vehículos de policía municipal emplean una aplicación similar a la anterior con la ventaja de que los dispositivos embarcados pueden emplear tanto el servicio GPRS de un operador público como el servicio SDS de TETRA para el envío de su posición según la disponibilidad de cada red.

Bomberos – Empleando el servicio de datos cortos (SDS) de la red TETRA se envían al centro de control de bomberos la posición y estado de sus vehículos desde los terminales TETRA embarcados en los mismos.

Conclusiones

El servicio que presta TETRA es muy adecuado para las necesidades concretas de seguridad y emergencia. No cabe duda de que en el futuro la demanda de aplicaciones móviles, como ocurre en otros ámbitos, crecerá hasta igualar o superar a la de voz. Y el ancho de banda requerido superará (supera ya) al que puede ofrecer TETRA. Llegado este momento, habrá que valorar la necesidad de una red ¿privada? de datos con las

prestaciones y fiabilidad adecuadas. La demanda hacia los servicios de Telecomunicaciones crece a medida que aumenta la dependencia de la sociedad. TETRA no puede competir en voz con operadores públicos en la cobertura dentro de edificios, ni con UMTS en velocidad de datos. Pero cuando ocurre lo peor, al menos nos queda TETRA 📞



Juan Jesús Muñoz Esteban
Jefe de Servicio de Telefonía y Radiocomunicaciones
Informática del Ayuntamiento de Madrid



Iván Ledesma Obelar
Jefe de Departamento de Telefonía Móvil
Informática del Ayuntamiento de Madrid



Roberto Rubio Calatayud
Jefe de División de Radiocomunicaciones
Informática del Ayuntamiento de Madrid