

Visión Prospectiva de las Comunicaciones Móviles de Seguridad Pública y Emergencias

Ramon Ferrús, Oriol Sallent, Ramon Agustí

ferrus@tsc.upc.edu, sallent@tsc.upc.edu, ramon@tsc.upc.edu

Dpto. de Teoría de la señal y Comunicaciones. Universidad Politécnica de Catalunya.

Abstract- El acceso a servicios de banda ancha móvil es fundamental para mejorar la eficiencia y efectividad de las comunicaciones de seguridad pública y emergencias. En este artículo se defiende que el modelo de comunicaciones actual, caracterizado por el uso de “tecnologías dedicadas, redes dedicadas y espectro dedicado”, no es válido para sustentar la necesaria evolución de los servicios y sistemas de comunicaciones utilizados hoy en día por las organizaciones PPDR (*Public Protection and Disaster Relief*). A tal efecto, en el artículo se establecen y desarrollan los tres principios clave que, en opinión de los autores, son fundamentales para posibilitar y cimentar dicha evolución: (1) aprovechamiento de las tecnologías del entorno comercial; (2) explotación de estrategias de compartición de infraestructura y redes; y (3) incorporación de principios de compartición de espectro entre PPDR y otras aplicaciones.

I. INTRODUCCIÓN

Las comunicaciones móviles son esenciales para proveer las necesidades operacionales de las organizaciones PPDR (Public Protection and Disaster Relief), tanto en su rutina diaria como en situaciones de emergencia [1].

Hoy en día, las comunicaciones PPDR en Europa se fundamentan en gran medida en el uso de tecnologías PMR (Private/Professional Mobile Radio) como TETRA o TETRAPOL, cuyo despliegue a nivel nacional y/o regional ha supuesto a las administraciones inversiones públicas considerables.

Bajo distintos modelos de propiedad y operación, estas redes suelen compartirse entre distintas organizaciones. Por ejemplo, en España se tiene la red nacional SIRDEE para la Guardia Civil y la Policía Nacional, que se basa en la tecnología TETRAPOL y que es explotada por Telefónica. En Cataluña, la red NEXUS, construida y explotada por Abertis, da servicio a la policía autonómica y bomberos con tecnología TETRA. Así, mientras que varios países (p.ej., Reino Unido) han conseguido unificar la tecnología y las redes para todas las organizaciones de seguridad pública y emergencias, en España el coste de las soluciones TETRA o TETRAPOL y la dispersión de organizaciones, no ha permitido siquiera unificar las redes de emergencia para los servicios de voz.

En cualquier caso, las tecnologías TETRA y TETRAPOL fueron concebidas a principios de 1990s, en paralelo con el desarrollo de los sistemas móviles 2G como GSM, para proporcionar servicios de voz pero con especificidades particularmente adaptadas a los requisitos de operación PPDR, como *push-to-talk* y *call priority*, y que no eran considerados aspectos centrales en el desarrollo de las tecnologías orientadas a la explotación comercial.

Si bien los servicios de voz son esenciales, la evolución en las necesidades del entorno PPDR está forjando una creciente demanda de aplicaciones de datos multimedia, p.ej., el acceso en tiempo real a mapas de alta resolución, transmisión de video, acceso remoto a bases de datos, etc. Todas estas aplicaciones ofrecen un alto potencial para mejorar la efectividad en las actuaciones PPDR [2], pero no pueden satisfacerse con las tecnologías PMR desplegadas hoy en día.

En base a estas consideraciones, parece evidente la necesidad de soluciones para la provisión de servicios de banda ancha móvil para PPDR, y mitigar así el riesgo de que el entorno PPDR perpetúe su menor progreso tecnológico en comparación con la industria móvil comercial.

En este artículo se defiende que el paradigma actual con el que se afrontan las comunicaciones PPDR, basado en el modelo “tecnologías dedicadas explotadas en redes dedicadas y haciendo uso de espectro radioeléctrico dedicado”, no es válido a la hora de proveer las comunicaciones PPDR de banda ancha en el futuro, requiriéndose para ello nuevas aproximaciones que se sustenten en modelos tecno-económicos viables.

En opinión de los autores, los sistemas de comunicaciones móviles PPDR de banda ancha del futuro deben fundamentarse en 3 principios: (1) aprovechamiento de las tecnologías del entorno comercial frente al uso de tecnologías dedicadas, (2) explotación de nuevas estrategias en el despliegue de infraestructura y compartición de redes y (3) incorporación de principios de compartición de espectro entre PPDR y otras aplicaciones. En las siguientes subsecciones se desarrollan los argumentos que sustentan estas afirmaciones, que quedan resumidos en la Fig. 1.

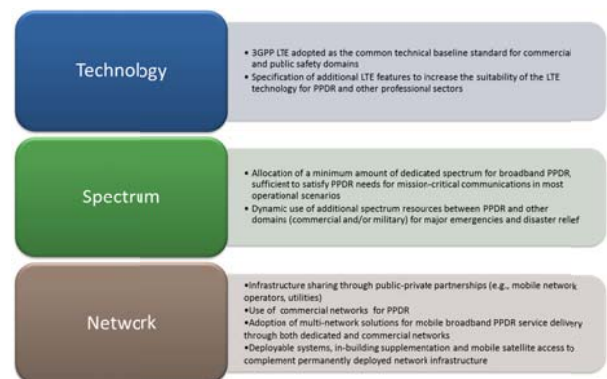


Fig. 1. Impulsores tecno-económicos para el futuro de las comunicaciones PPDR

II. EXPLOTACIÓN DE TECNOLOGÍAS COMERCIALES

Los avances tecnológicos en el entorno comercial se materializan en Long Term Evolution (LTE) como tecnología de banda ancha dominante a nivel mundial. Las primeras redes comerciales LTE se lanzaron a finales de 2009, y en 2013 ya hay más de un centenar de redes LTE en servicio en todo el mundo. La alineación de las tecnologías PPDR con el entorno comercial (LTE) aporta grandes oportunidades para crear y explotar sinergias entre estos dos mundos que hasta la fecha se han mantenido virtualmente separados. Por ejemplo, la comunidad PPDR podría aprovechar las economías de escala que genera una tecnología de masas en lugar de una de nicho de mercado.

La adopción de LTE en el entorno PPDR está ganando adeptos rápidamente en los últimos tiempos. En Estados Unidos, el National Public Safety Telecommunications Council (NPSTC) y otras organizaciones ya se decantaron en 2009 por el uso de LTE para PPDR. Bajo el programa Public Safety Communications Research (PSCR) [3] ya se están llevando a cabo pruebas de conformidad e interoperabilidad de equipos LTE para PPDR y, en setiembre de 2012, se puso en marcha FirstNet, una agencia dentro de NTIA, responsable de llevar a cabo el despliegue y operación de una red LTE para PPDR a nivel nacional [4]. En Europa, el estándar LTE está también cada vez más respaldado como tecnología sobre la que basar la evolución de las redes actuales PMR [5]. En Febrero de 2013, la organización que agrupa a los actores industriales en el ámbito de la tecnología TETRA (TETRA and Critical Communications Association, TCCA), ha publicado una hoja de ruta que recoge las funcionalidades necesarias a incluir en el estándar LTE que le encaucen como la opción tecnológica para la evolución de TETRA [6].

De hecho, el 3rd Generation Partnership Project (3GPP), que estandariza LTE e incorpora mejoras y nuevas funcionalidades en cada nueva versión de las especificaciones, está ya trabajando en mejorar la adecuación de LTE a las necesidades propias de PPDR y otros sectores profesionales (p.ej., transporte, seguridad privada, etc.). Si bien la capacidad de la tecnología LTE para desplegar los servicios de datos demandados por PPDR no se cuestiona, sí que existen discrepancias sobre la capacidad de LTE de ofrecer los servicios de voz actualmente disponibles en las tecnologías PMR con las mismas o mejores prestaciones y menor coste. En este contexto, 3GPP ya ha establecido como áreas estratégicas de trabajo prioritario para su incorporación en LTE Release 12, planificada para Junio de 2014, el soporte de comunicaciones *device-to-device* y de comunicaciones de grupo con funcionalidades *push-to-talk* [7][8]. Las comunicaciones *device-to-device* se tratan en el Work Item (WI) denominado Proximity-based Services (ProSe), mientras que las mejoras de las comunicaciones de grupo corresponden al WI Group Communication System Enablers for LTE (GCSE_LTE). El desarrollo de estas extensiones se prevé que, además de satisfacer las necesidades de PPDR, pueda catalizar a la vez nuevos servicios en el ámbito comercial. De la misma forma, otras mejoras tecnológicas para la provisión de telefonía sobre LTE exigidas desde el propio ámbito comercial, como la mejora de cobertura de la solución de Voz sobre LTE (VoLTE), también contribuyen enormemente a reforzar la adecuación de LTE para las comunicaciones de voz de PPDR.

III. NUEVAS ESTRATEGIAS DE DESPLIEGUE DE INFRAESTRUCTURA DE RED

No hay duda que la solución preferida de los usuarios PPDR para el soporte de las comunicaciones *mission-critical* es el uso de infraestructura de red dedicada, ya que de esta manera pueden asegurarse en mayor medida aspectos como la disponibilidad, seguridad y capacidad.

Sin embargo, puesto que el soporte de servicios de datos de alta velocidad requiere de un número de estaciones base mucho más elevado con respecto al caso de la provisión de servicios de voz, las inversiones necesarias para el despliegue de una red para banda ancha móvil son muy elevadas, hasta el punto que puede resultar inviable para la mayoría de las administraciones públicas poderlas acometer, no sólo en el presente clima económico sino incluso en el caso de encontrarse en condiciones de contorno macroeconómico más favorables. Al margen de las disponibilidades presupuestarias, si se prioriza el uso eficiente de los recursos públicos, parece razonable plantearse otras aproximaciones que sean capaces de satisfacer los requisitos y necesidades de los usuarios PPDR con un coste para los ciudadanos razonable. En este sentido, los autores defienden la introducción de conceptos de *compartición de red* (i.e., *network sharing*) con los operadores comerciales, aprovechando así la masiva infraestructura que ya está desplegada por parte de éstos. La compartición de red es un concepto que puede plantearse a distintos niveles y puede tomar la forma de distintos modelos de colaboración público-privada, y no resulta incompatible con el despliegue de una componente de infraestructura dedicada, tal y como se explicará a continuación.

Partiendo de principios de compartición elementales como la compartición de emplazamientos y mástiles (*passive sharing*) el concepto puede extenderse a la compartición de la de red acceso (*Radio Access Network –RAN- sharing*) y otros elementos activos de la red móvil troncal [9]. Las especificaciones del 3GPP contemplan ya dos arquitecturas de compartición de red: Multi-Operator Core Network (MOCN), que permite conectar redes troncales de varios operadores a la misma red de acceso, y GW Core Network (GWCN), donde, además de la red de acceso, los operadores compartirían parte de los equipos de red troncal.. Derivado del interés por una mayor cooperación que recientemente se aprecia entre los diferentes operadores, 3GPP está también considerando escenarios más complejos que podrían derivar en futuras extensiones [10]. Además, las posibilidades de compartición se extienden más allá de los operadores de telecomunicaciones y pueden abarcar el ámbito de otras *utilities*, que disponen también de amplia infraestructura desplegada (p.ej., torres, tendidos de cable, redes privadas de transporte/backhaul) [11]. En este contexto, en las primeras actuaciones realizadas por la agencia FirstNet en Estados Unidos para el despliegue de la red privada LTE de cobertura nacional, ya se ha puesto de manifiesto la imposibilidad de contruir la red con los fondos iniciales planificados (7 billones de dólares) y la necesidad de recurrir a soluciones de compartición de infraestructura [4].

Los autores defienden que, con independencia del posible despliegue de redes privadas LTE para PPDR en ubicaciones específicas, las propias redes móviles comerciales deben jugar un papel relevante en este contexto, y que debería progresarse hacia soluciones de mayor imbricación que las mencionadas hasta ahora, en las que se hiciera uso de la

capacidad de estas redes comerciales para la provisión de servicios PPDR. Si bien el uso tanto de los servicios de voz como de banda ancha móvil es ya habitual hoy en día por parte de los profesionales PPDR en sus operaciones rutinarias, las garantías de funcionamiento y control de su operativa que los profesionales PPDR tienen sobre estos servicios comerciales no permite su consideración como servicios de misión crítica. En este sentido, los autores consideran que deben explorarse acuerdos comerciales con los operadores móviles así como introducir soluciones técnicas que permitieran mejorar la adecuación de dichas redes a los requisitos de la comunidad PPDR. Una solución prometedora [12] sería la adopción de un modelo en que el proveedor de los servicios PPDR tomara la forma de un Mobile Virtual Network Operator (MVNO) que mantuviera el control de las funciones de gestión más críticas (p.e., gestión de los subscribers PPDR, seguridad, *policy control*, etc.) y en la que se hubieran implementado en la red comercial servicios de priorización que permitieran ciertas garantías de capacidad para los servicios PPDR. Avalando este planteamiento, recientemente, la empresa ASTRID, proveedora de servicios de seguridad pública y emergencias en Bélgica mediante una red TETRA, ha desvelado sus planes de establecerse como MVNO para ofrecer servicios de datos a sus usuarios PPDR a través de las redes móviles comerciales de ese país [13]. El uso de capacidad comercial siguiendo el modelo MVNO con funciones de control bajo el dominio del usuario PPDR puede verse como una manera rápida de introducir servicios *broadband* PPDR con bajo nivel de inversión, que puede complementarse progresivamente con el despliegue limitado de redes privadas LTE en áreas concretas (p.ej., centro de grandes ciudades) [12].

Otros complementos indispensables que sin duda pueden también contribuir a un despliegue más eficiente y eficaz de las infraestructuras necesarias para PPDR son la utilización de equipos transportables (i.e., estaciones de base o sistemas (radio + red troncal) transportables que puedan desplegarse de forma rápida en la zona de operación), el empleo de sistemas que permitan mejorar la cobertura en zonas de mala recepción (e.g. extensores de cobertura para interiores de edificios) y la utilización de comunicaciones móviles por satélite (e.g., servicios de datos como BGAN o el futuro Global Express de Inmarsat). La Fig.2 recopila la visión de los autores en cuanto a las redes futuras para soportar comunicaciones PPDR.

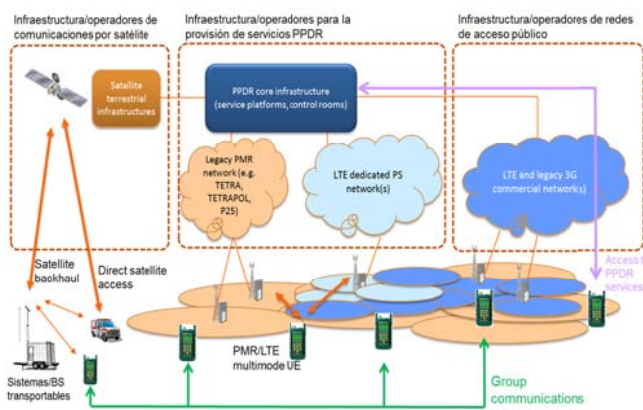


Fig. 2. Visión a nivel de sistema de las redes futuras PPDR

IV. INCORPORACIÓN DE PRINCIPIOS DE COMPARTICIÓN DE ESPECTRO

Obviamente, un aspecto fundamental asociado a cualquier despliegue de tecnología radio es la disponibilidad de espectro radioeléctrico en el que operarla. En el caso de las comunicaciones móviles PPDR, la aproximación tradicional ha sido la asignación de espectro dedicado y de uso exclusivo. Así, las redes TETRA/TETRAPOL disponen de 5+5 MHz en la banda de 400 MHz, hasta la fecha el único espectro para PPDR armonizado a nivel europeo.

Sin duda, si se pretende el despliegue de una red LTE dedicada para PPDR, es imprescindible la asignación de cierta cantidad de espectro radioeléctrico en exclusiva, que debe resultar suficiente para proporcionar capacidad de comunicaciones que justifique acometer las inversiones necesarias. Dicho espectro debería situarse por debajo de 1 GHz, para conseguir buenas coberturas [14]. A día de hoy, mientras que por ejemplo en Estados Unidos están ya asignados 10+10 MHz en la banda de 700 MHz, Europa todavía está inmersa en discusiones que deberían llevar a la asignación de espectro armonizado para *broadband* PPDR.

El encargado de esta tarea es el CEPT Project Team FM49 [15], que se inició en Septiembre de 2011, que está considerando dos principales bandas candidatas: 400-470 MHz y 694-790 MHz. Ambas alternativas presentan dificultades. En el primer caso, de armonización. En el segundo caso, porque requeriría un segundo dividendo digital y la reasignación de la difusión de TV. Lógicamente, el problema es complejo, ya que el alto valor comercial de las bandas por debajo de 1 GHz hace que la posible asignación para PPDR comporte un alto coste de oportunidad para las administraciones, que podrían asignarlas para otro uso y obtener ingentes ingresos por las licencias. Así, no se esperan decisiones antes de 2014, y organizaciones industriales como TCCA no visualizan redes LTE dedicadas operando en frecuencias armonizadas hasta más allá de 2020. Con esta perspectiva, en la opinión de los autores la opción MVNO planteada en la sección anterior cobra todavía más sentido, si el ecosistema PPDR pretende disponer de servicios *broadband* en un horizonte temporal más corto.

La designación de espectro de uso exclusivo para PPDR plantea otro hándicap: dado que la necesidad real de espectro para PPDR varía considerablemente en el tiempo y geografía (p.ej., una emergencia con una elevada concentración de efectivos en la zona afectada puede ocasionar importantes picos de demanda en relación al uso rutinario), una asignación para satisfacer un peor escenario podría resultar en un clara infrutilización de ese espectro durante la mayor parte del tiempo. Por ello, en opinión de los autores, resulta imprescindible abordar la problemática de designación y gestión de espectro para PPDR desde el prisma que brindan los avances regulatorios y tecnológicos encaminados a la introducción de soluciones de compartición de espectro [16][17]. En este sentido, cabría plantear una asignación mínima de espectro de uso exclusivo para PPDR que hiciera viable el despliegue de la infraestructura necesaria junto con el acceso, con las garantías necesarias, a espectro adicional necesario en situaciones de picos de demanda, siguiendo modelos de acceso dinámico y compartición de espectro. Dos posibles marcos regulatorios que podrían encauzar esta solución son el acceso oportunista a los denominados "white spaces" en las bandas de TV (i.e., TVWS) [18][19], y/o la explotación de un modelo de uso de

espectro compartido con garantías establecidas en base a licencias de uso, en la línea del concepto Licensed Shared Access (LSA) [20][21]. En la explotación de TVWS, cabría plantear la introducción de un marco regulatorio y soluciones técnicas para el acceso dinámico al espectro capaces de ofrecer un trato preferente a las aplicaciones de PPDR frente a otros usos, en la línea del modelo propuesto por la FCC en Estados Unidos para la futura compartición de la banda de 3.5 GHz [22]. En cuanto al modelo LSA, su principal reto radica en el establecimiento de un marco de compartición que ofrezca determinismo y garantías a todos los usuarios participantes. Tal como se recoge en [23], un posible escenario es el de un usuario comercial (p.ej., un MNO) con una licencia que le otorga derechos de uso de una determinada banda, en la que, además de la licencia del usuario comercial (i.e., incumbent user, en terminología LSA), se establecen una o más licencias adicionales para uso secundario (i.e., licencias LSA) a p.ej., agencias/organismos públicos para la provisión de servicios PPDR. En este escenario, el marco de compartición de espectro especificaría las condiciones de uso de la banda por parte de los diferentes licenciarios (p.ej., condiciones de “pre-emption” de la banda por parte de las autoridades públicas en caso de emergencias, incluyéndose los mecanismos de compensación pertinentes). Un hito importante hacia la elaboración de este tipo de soluciones es el mandato de estandarización M/512 de la Comisión Europea donde se promueve el desarrollo de arquitecturas e interfaces que permitan un uso dinámico del espectro entre aplicaciones comerciales, PPDR y militares [24].

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La no disponibilidad de comunicaciones de banda ancha móvil bloquea hoy en día el desarrollo de múltiples aplicaciones y servicios de datos de banda ancha que podrían mejorar significativamente la capacidad de respuesta a escenarios y situaciones de emergencia.

El despliegue de una red dedicada de banda ancha móvil para PPDR requiere una inversión que se adivina inviable para ser acometida por la administración pública de manera autónoma. Ante ello, este artículo ha defendido una propuesta basada en los principios de *network sharing* y *spectrum sharing* que ofrezca puntos de encuentro y convergencia entre el entorno PPDR y el entorno comercial, buscando modelos *win-win*.

La solución propuesta aboga por el uso de la tecnología LTE en el dominio PPDR como base que permita la creación y explotación de sinergias con el dominio comercial.

En cuanto a su componente de *network sharing*, la solución propuesta se fundamenta en la explotación de redes comerciales LTE mediante un modelo MVNO/Roaming que ofrezca el control de funciones críticas (autenticación, provisión del servicio, perfiles de usuario, etc.) y las garantías suficientes a los usuarios PPDR. Para ello, la regulación y adopción de una solución para la gestión de la priorización de tráfico PPDR es fundamental para ofrecer garantías de acceso a la capacidad de la red en situaciones de congestión. En todo caso, y sobre la base de una tecnología común LTE, el uso de redes comerciales se plantea de manera compatible con un futuro despliegue (limitado) de una red dedicada para PPDR. Por otra parte, se considera

también relevante el papel que pueden jugar las estaciones base desplegadas así como el uso de conexiones por satélite.

La solución propuesta, en cuanto a su componente de *spectrum sharing*, aboga por una solución mixta donde se combine la explotación de espectro dedicado para servicios PPDR de banda ancha con espectro compartido con usuarios comerciales, sin comprometer la provisión de servicios PPDR en situaciones de alta demanda. En opinión de los autores, el modelo LSA actualmente en desarrollo ofrece un marco adecuado para la formulación de este tipo de solución. Asimismo, cabría favorecer el desarrollo de disposiciones específicas en una futura regulación del acceso a TVWSs que otorguen un trato preferente a las aplicaciones PPDR en situaciones de emergencia.

Dado que la concepción de un modelo consistente para la provisión de servicios futuros PPDR involucra múltiples dimensiones, el proceso de *consensus building* con todos los agentes implicados (p.ej., administración, fabricantes, operadores) se adivina complejo, requiriendo de estudios y análisis tanto técnicos como económicos así como acompañarse del marco regulatorio apropiado.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha contado con el soporte del Ministerio de Economía y Competitividad de España así como de fondos FEDER a través del proyecto ARCO (ref. TEC2010-15198).

REFERENCIAS

- [1] ITU-R M.2033 1 report, “Radiocommunication objectives and requirements for public protection and disaster relief”, 2003
- [2] LEWP-RCEG (Radio Communication Expert Group of the Law Enforcement Working Party of the European Council), “Draft PS Applications Catalogue”, available at [http://www.cept.org/Documents/fm-49/4618/FM49\(12\)001_PS-applications-catalogue](http://www.cept.org/Documents/fm-49/4618/FM49(12)001_PS-applications-catalogue)
- [3] Public Safety Communications Research (PSCR) Program, US Department of Commerce – Boulder Laboratories. Official website at <http://www.pscr.gov/>
- [4] F. Craig Farrill, “FirstNet Nationwide Network (FNN) Proposal”, First Responders Network Authority, Presentation to the Board, September 25, 2012. Available at http://www.ntia.doc.gov/files/ntia/publications/firstnet_fnn_presentation_09-25-2012_final.pdf
- [5] Mehdi Nouri, “Selection of a Broadband Technology for TETRA”, Chairman of TC TETRA Working Group 4 (High-Speed Data). Presentation available online at TETRA Association website: <http://www.tetramou.com/Library/Documents/Files/Presentations/FutureVision2009Nouri.pdf>
- [6] Critical Communications Broadband Group in TCCA, “Mission Critical Mobile Broadband: Practical standardisation & roadmap considerations”, White paper, February 2013
- [7] 3GPP TR 22.803, “Feasibility Study for Proximity Services (ProSe) (Release 12)”, May 2012
- [8] 3GPP TD SP-120421, Work Item Description: “Group Communication System Enablers for LTE”, June 2012
- [9] GSMA white paper “Mobile Infrastructure Sharing”, available online at <http://www.gsm.org/documents/gsm.pdf>
- [10] 3GPP TR 22.852 V1.2.0, “Study on RAN Sharing Enhancements (Release 12)”, January 2013
- [11] “A How-to Guide – FirstNet Edition”, white paper by Alcatel Lucent, 2012. Available at http://enterprise.alcatel-lucent.com/private/images/public/si/pdf_publicSafety_howto.pdf
- [12] EU FP7 Project HELP, http://cordis.europa.eu/projects/rcn/97890_en.html. Last visit Apr. 2013
- [13] Christian-Mouraux, “ASTRID High Speed Mobile Data MVNO”, PMR Summit, Barcelona, September 18, 2012
- [14] ETSI TR 102 628, “Additional spectrum requirements for future Public Safety and Security (PSS) wireless communication systems in the UHF frequency”, August 2010

- [15] CEPT ECC FM49 on "Radio Spectrum for Public Protection and Disaster Relief (PPDR)", Working documents available at public website: <http://www.cept.org/ecc/groups/ecc/wg-fm/fm-49/page/terms-of-reference>
- [16] Ferrús, R.; Sallent, O.; Baldini, G.; Goratti, L.; , "Public Safety Communications: Enhancement Through Cognitive Radio and Spectrum Sharing Principles," Vehicular Technology Magazine, IEEE , vol.7, no.2, pp.54-61, June 2012
- [17] COM(2012) 478 final, "Promoting the shared use of radio spectrum resources in the internal market", European Commission, September 2012
- [18] Federal Communications Commission (FCC), "Third Memorandum Opinion and Order - Unlicensed Operation in the TV Broadcast Bands", Document FCC 12-36, April 2012
- [19] Ofcom, "Implementing Geolocation, Summary of consultation responses and next steps", September 2011
- [20] CEPT ECC FM Project Team 53 on "Reconfigurable Radio Systems (RRS) and Licensed Shared Access (LSA)". Public website: <http://www.cept.org/ecc/groups/ecc/wg-fm/fm-53/page/terms-of-reference>
- [21] ETSI TC RRS, "Mobile Broadband Services in the 2 300 MHz – 2 400 MHz Frequency Band under Licensed Shared Access Regime", TR 103 113, March 2013.
- [22] FCC, Notice of Proposed Rulemaking (FCC 12-148), "Amendment of the Commission's Rules with Regard to Commercial Operations in the 3550-3650 MHz Band", December 2012
- [23] ECC Report, "Licensed Shared Access Regulatory Framework", work in progress. Draft version available at [http://www.cept.org/Documents/fm-53/10254/FM53\(13\)17_Proposal-on-draft-ECC-Report-on-LSA](http://www.cept.org/Documents/fm-53/10254/FM53(13)17_Proposal-on-draft-ECC-Report-on-LSA)
- [24] European Commission, M/512, " Standardisation mandate to CEN, CENELEC and ETSI for Reconfigurable Radio System", November 2012