

L'evoluzione delle reti di comunicazione di emergenza verso il 5G e beyond

Dania Marabissi, Romano Fantacci

Il Laboratorio Data Communications and Networks System (DaCoNetS) del Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione dell'Università di Firenze, ha negli anni attivato diverse collaborazioni con il territorio, ed in particolare con importanti realtà industriali svolgendo attività di trasferimento tecnologico e di collegamento tra il mondo della ricerca e quello delle imprese locali e nazionali. In quest'ottica di particolare rilevanza è il Consorzio per le Tecnologie dell'Informazione e delle Comunicazioni (TICom) nato nel 2010 tra l'Università di Firenze e Leonardo S.p.A. con lo scopo di favorire, sviluppare e rendere continuativa la collaborazione tra università ed impresa nelle attività di ricerca scientifica e tecnologica nell'ambito delle tecnologie dell'informazione e della comunicazione e di supporto all'attività formativa con possibilità di svolgere tirocini, tesi e il finanziamento di borse di studio e dottorati. In particolare il Consorzio TICom nasce come naturale evoluzione della stretta collaborazione in essere da tempo tra le parti e precedentemente concretizzatasi con la nascita del Laboratorio di Comunicazioni Avanzate presso la sede della Selex Communications (oggi Leonardo S.p.A.) in Firenze, interamente finanziato dalla Regione Toscana (Nuovo Patto per lo Sviluppo – Area progettuale N°6 «Riorganizzazione dei distretti industriali e dei sistemi produttivi locali»), con la finalità di incentivare e facilitare il trasferimento tecnologico dal settore della ricerca accademica a quello della grande impresa.

Uno dei principali ambiti di ricerca e sviluppo in cui è coinvolto il Consorzio è quello delle comunicazioni wireless professionali, da sempre uno dei core business della parte comunicazioni di Leonardo S.p.A.. In questo ambito, l'evoluzione delle comunicazioni wireless verso soluzioni broadband di nuova generazione sta diventando sempre più indispensabile in molti ambiti di applicazione professionale come quello avionico, dei trasporti e di pubblica sicurezza. In particolare, la possibilità per operatori di pubblica sicurezza e protezione (Public Safety and Security – PSS) di comunicare tra loro

Dania Marabissi, University of Florence, Italy, daniamarabissi@unifi.it, 0000-0002-7075-3556
Romano Fantacci, University of Florence, Italy, romano.fantacci@unifi.it, 0000-0001-5934-3321

Referee List (DOI 10.36253/fup_referee_list)

FUP Best Practice in Scholarly Publishing (DOI 10.36253/fup_best_practice)

Dania Marabissi, Romano Fantacci, *L'evoluzione delle reti di comunicazione di emergenza verso il 5G e beyond*, © Author(s), CC BY 4.0, DOI 10.36253/979-12-215-0975-5.28, in Stefano Selleri, Alberto Tesi, Enrico Vicario (edited by), *Ingegneria Industriale & Ingegneria dell'Informazione per il territorio fiorentino – 2. Ingegneria dell'Informazione*, pp. 107-110, 2026, published by Firenze University Press, ISBN 979-12-215-0975-5, DOI 10.36253/979-12-215-0975-5

e condividere informazioni critiche utilizzando un'ampia gamma di servizi incentrati sui dati è di fondamentale importanza per migliorare le operazioni di PSS, consentendo un migliore coordinamento, una maggiore consapevolezza della situazione, tempi di risposta inferiori e una maggiore efficienza durante l'emergenza. Le attuali reti di comunicazione PSS, come il terrestrial trunked radio (TETRA), TETRA for police (TETRAPOL), or Association of Public-Safety Communications Officials-Project 25 (APCO P25), sono state progettate per fornire un ricco set di servizi orientati alla voce garantendo sicurezza e funzionalità specifiche, ma senza il supporto di servizi avanzati ad alta velocità. Di conseguenza, la transizione delle attuali tecnologie di comunicazione a banda stretta verso sistemi a banda larga basati sugli attuali e futuri standard di comunicazione per sistemi cellulari commerciali viene considerata oramai una necessità da organizzazioni di pubblica sicurezza e governi. Il futuro delle comunicazioni professionali è nelle reti di nuova generazione di tipo Mission Critical che sono state introdotte negli standard di comunicazione cellulare a partire dalla quarta generazione. Infatti, l'uso di una tecnologia comune per le comunicazioni commerciali e PSS consente sinergie e offre nuove opportunità. Inoltre, gli operatori PSS possono sempre beneficiare di un sistema di comunicazione aggiornato evitando così nuovi gap tecnologici. Tuttavia, questa tendenza evolutiva deve tenere conto di alcuni problemi. I costi, i tempi e la disponibilità dello spettro per l'implementazione di una rete dedicata ai servizi di pubblica sicurezza, sono problematiche ancora da risolvere. Inoltre, se da un lato i nuovi standard di comunicazione cellulare offrono grandi potenzialità e capacità di comunicazione, non sono stati progettati per garantire tutti i requisiti essenziali delle comunicazioni PSS. Queste necessitano di infrastrutture resilienti e ampiamente disponibili, in grado di fornire una serie di funzionalità primarie per la connessione di gruppi di persone. In particolare, le reti PSS devono essere in grado di stabilire chiamate vocali individuali e di gruppo rapide e affidabili, utilizzare meccanismi di priorità e di prelazione per la gestione della congestione e delle emergenze. Inoltre, devono consentire il funzionamento in modalità diretta tra i terminali e garantire la sicurezza delle comunicazioni attraverso la crittografia vocale di alto livello. Le soluzioni di condivisione di spettro ed infrastruttura prevedono:

- *Rete e spettro PSS dedicati*: questo è il paradigma attualmente implementato e preferito dagli utenti PSS perché presenta diversi vantaggi in termini di ottimizzazione della rete, gestione e sicurezza. Tuttavia, infrastrutture dedicate implicano lunghi tempi di implementazione e la necessità di ingenti investimenti di sviluppo e mantenimento che rappresentano punti di grande criticità.
- *Servizi PSS su reti commerciali*: fornire servizi PSS su una rete commerciale già implementata è una soluzione economica e rapida, ma ciò renderebbe tutte le funzionalità di rete sensibili non direttamente controllate dagli operatori di rete PSS, con il rischio di non soddisfare vincoli critici. In questo modo, infatti, tutte le funzionalità specifiche dei servizi PSS sarebbero basate su contratti di servizio con l'operatore commerciale, che potrebbero non essere rispettate in situazioni critiche quando solitamente le reti commerciali sono sovraccariche, congestionate e quindi danno origine ad effetti imprevedibili sui servizi a priorità. Inoltre, mentre le reti commerciali sono progettate per fornire grande capacità di comunicazione in ambienti densamente popolati accettando la presenza di aree scoperte, le reti PSS richiedono una copertura completa del territorio che sia altamente resiliente ed affidabile anche in caso di calamità o situazioni critiche, casi in cui di solito le reti commerciali sono spesso gravemente danneggiate perché non sono sufficientemente ridondate. Inoltre, in termini di sicurezza, le reti commerciali possono introdurre maggiori rischi, perché sono aperte a terminali non protetti.

- *Soluzioni ibride*: un adeguato compromesso sembra essere il ricorso a soluzioni ibride, basate su una parziale condivisione dell'infrastruttura e dello spettro, che permette una significativa riduzione dei costi con il soddisfacimento di tutti i requisiti PSS. Inoltre, le soluzioni ibride potrebbero consentire una maggiore flessibilità in termini di utilizzo dello spettro, gestione dei servizi, politiche di accesso radio e copertura del territorio.

In particolare, sono state proposte e studiate soluzioni basate su:

- *due diverse core network* per le due reti, per avere gestioni indipendenti;
- *condivisione parziale della rete di accesso tra reti commerciali e PSS*, con la gestione della parte condivisa mediante approcci di *network slicing* e virtualizzazione delle risorse;
- *una quantità limitata di risorse dedicate esclusivamente alla rete PSS* per fornire almeno i servizi di base (servizi critici). La carenza di spettro dedicato viene risolta utilizzando risorse aggiuntive che possono essere ottenute opportunisticamente dalla rete commerciale al fine di migliorare la gamma e la qualità dei servizi offerti. Ciò ridurrà i costi e garantirà l'affidabilità e la continuità del servizio, in particolare in aree densamente popolate o in situazioni di emergenza in cui si verificano picchi di traffico dati;
- *uso di reti eterogenee* per integrare la copertura cellulare di base con celle di piccole dimensioni dedicate ai servizi PSS, laddove più necessario per fornire capacità extra, o per sopperire ad un guasto, anche senza pianificazione di rete. Tali celle possono operare sia sulle frequenze dedicate che su quelle condivise adottando specifiche politiche di gestione dell'interferenza. In particolare, si prevedono due tipo di small cell;
- *fisse*: posizionate dall'operatore PSS in posizioni strategiche dove il sistema PSS richiede capacità di comunicazione aggiuntiva e un controllo totale dell'accesso alla rete. Per esempio, questo è il caso delle infrastrutture critiche o aree in cui, a causa della bassa densità della popolazione, l'operatore commerciale non è interessato a fornire copertura;
- *dispiegabili ad-hoc*: temporaneamente create per evitare malfunzionamenti e interruzioni in un'area congestionata, dove è previsto un evento occasionale (ad es. evento pubblico) o dove la copertura terrestre diventa non disponibile a causa di disastri naturali o provocati dall'uomo. Tali celle possono essere su veicoli, su ruote o aeree (Unmanned Aerial Vehicle – UAV).

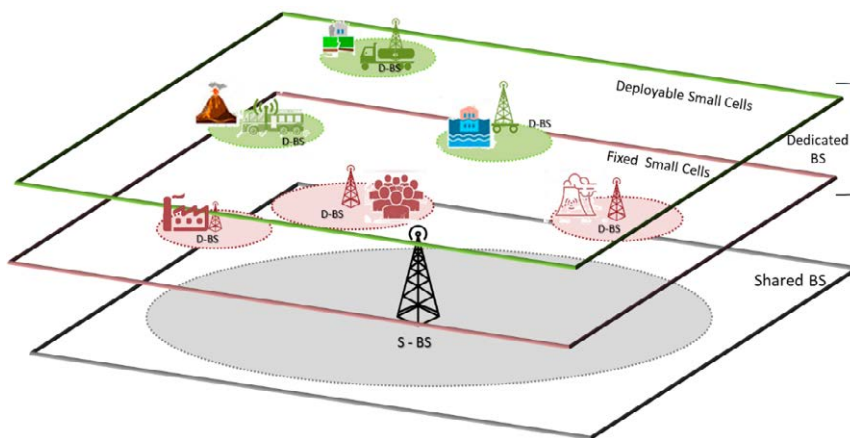


Figura 56 – Scenario ibrido della rete di accesso.

Per quanto riguarda l'intera infrastruttura di rete la soluzione presentata in Figura 57 mostra che le reti commerciali e PSS hanno due distinte core network (EPC), lasciando così all'operatore di PSS la completa gestione della sua rete (come la gestione della mobilità del Mobility Management Entity – MME) e la fornitura di specifici servizi. Le due core network sono connesse ad una rete di accesso condivisa (shared-RAN), che per l'operatore PSS può essere arricchita con celle di più piccole dimensioni dedicate (dedicated-RAN). Di conseguenza, l'operatore PSS sfrutta la RAN a livello nazionale implementata dall'operatore commerciale sulla base di adeguati accordi sul livello di servizio che deve essere garantito, e aumenta la densità dei punti di accesso in alcune aree critiche che aggiungono punti di accesso alla rete riservati agli utenti PSS, dove quindi gli operatori PSS non devono competere con gli utenti commerciali per l'uso delle risorse di comunicazione.

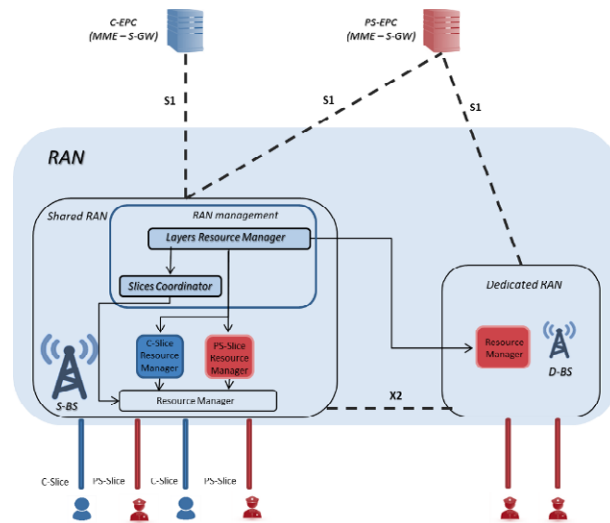


Figura 57 – Infrastruttura di rete.

La gestione della RAN condivisa avviene attraverso un approccio di network slicing che permette di realizzare più reti end-to-end logiche su un'unica infrastruttura fisica. Ogni slice è personalizzata e gestita in modo indipendente per fornire un particolare comportamento del sistema e supportare al meglio specifici servizi. Questo può essere raggiunto mediante la virtualizzazione delle risorse e logiche di partizione, che consentono l'isolamento completo delle risorse fisiche assegnate alle slice. Nello specifico il coordinamento è fatto dal *Layer Resource Manager* (LRM), che alloca risorse virtuali alle due slice (commerciale e PSS), mentre ogni slice adotta proprie politiche di uso delle risorse grazie agli *Slice Resource Manager* (SRM). Le risorse virtuali sono poi mappate in risorse fisiche dal *Resource Manager*.