

IL PROGETTO LIAISON E LA COMUNICAZIONE DATI NELLA GESTIONE DI EVENTI EMERGENZIALI COMPLESSI

A. Gambardella*, M. Marzoli, F. De Piccoli***, G. Marasca*****

** Capo del Corpo Nazionale Vigili del Fuoco - Vice Capo Dipartimento Vicario*

*** Dipartimento dei Vigili del Fuoco*

**** Telespazio*

Abstract

Il progetto LIAISON, finanziato dall'Unione Europea nell'ambito del Sesto Programma Quadro, è nato con l'intento di sviluppare nuove tecnologie e servizi di localizzazione LBS (Location Based Services), per migliorare le condizioni di sicurezza e di lavoro delle forze di polizia e di soccorso utilizzando il sistema satellitare GPS/AGPS e, in futuro, il sistema Galileo. Il ruolo di utente finale è stato svolto dalla Polizia del Sussex (UK) per lo scenario Incident Management e il Dipartimento dei Vigili del Fuoco (CNVVF) per lo scenario Fire Brigade.

Mentre il primo scenario è finalizzato alla gestione degli incidenti attraverso l'utilizzo di un set di servizi di localizzazione outdoor su piattaforma GIS, il secondo si focalizza sulla localizzazione indoor delle squadre di intervento per garantirne l'assistenza nelle situazioni di emergenza.

Lo scenario Fire Brigade, è stato da subito individuato come uno tra i più impegnativi e innovativi test case del progetto Liaison; l'interesse suscitato nel Dipartimento dei Vigili del Fuoco derivava dall'esigenza di definire un chiaro percorso tecnologico per sviluppare un'affidabile e sostenibile soluzione per la localizzazione delle squadre di intervento all'interno di edifici senza infrastruttura o con una minima infrastruttura di comunicazione wireless e localizzazione.

Diverse aziende in passato hanno proposto al Dipartimento dei Vigili del Fuoco sistemi capaci di fornire servizi di localizzazione che migliorassero la gestione delle emergenze in specifiche condizioni. Nonostante i notevoli sforzi, molti di questi sistemi si sono dimostrati inefficaci in contesti di reali emergenze, a causa delle molteplici limitazioni legate alle difficili condizioni operative, di performance e procedurali.

A partire da queste esperienze si è rivelata subito evidente la necessità di raggiungere un minimo livello di performance nelle condizioni operative, piuttosto che mettere in campo sistemi di dubbia efficacia. Infatti i sistemi di localizzazione possono essere considerati affidabili solo se effettivamente disponibili ovunque (anche indoor) e per tutte le squadre di soccorso che operano per la stessa emergenza (elevato numero di apparati\strumenti) e soprattutto se viene garantita la comunicazione dati tra gli operatori e il Responsabile delle Operazioni di Soccorso, nonché tra la Sala Operativa e il Responsabile delle Operazioni di Soccorso ed i mezzi coinvolti.

Il presente articolo illustrerà in particolare le performance registrate dalle diverse reti di comunicazioni impiegate nelle diverse fasi del progetto: GPRS, WiFi, WiMax, Tetra e UWB. Il GPRS, potenzialmente utilizzabile in qualsiasi contesto, si è invece dimostrato inefficace a causa della limitata copertura e banda passante nonostante la buona capacità di penetrazione all'interno degli edifici; il WiFi e il WiMax, seppur caratterizzati da elevati data rate, si sono anch'essi rivelati poco performanti a causa della limitatissima capacità di penetrazione. Tutto ciò ha spostato l'attenzione su reti di comunicazione quali il Tetra (poche centinaia di megahertz), reti capaci di attraversare spessori considerevoli di calcestruzzo permettendo una comunicazione efficace anche a distanze di chilometri in campo aperto e agevolmente all'interno di edifici; od in alternativa, le reti multi-hop quali l'Ultra Wide Band che potrebbero ovviare alla scarsa penetrazione delle elevate frequenze al costo di un numero notevole di ripetitori che verrebbero posizionati dagli operatori.

**e ** Ministero dell'Interno*

Dipartimento dei Vigili del Fuoco, del Soccorso Pubblico e della Difesa Civile

P.le Viminale, 1 – 00184 – Roma, Italia

**** Telespazio S.p.A.*

Roma DG

Via Tiburtina, 965 – 00156 – Roma, Italia

Introduzione

Numerose campagne di misura, relative al test case Fire Brigade, sono state condotte presso la Scuola di Formazione Operativa dei Vigili del Fuoco (SFO) di Montelibretti (RM). Le figure sottostanti mostrano l'area di test con particolare riguardo al Tunnel, alla Fire House e al Training Building. Si tratta di strutture, che per la loro diversa natura, hanno fornito indicazioni particolarmente interessanti, sia in termini di performance che di affidabilità, sull'impiego delle seguenti tecniche di comunicazione:

- GPRS (General Packet Radio Service);
- Tetra (Terrestrial Trunked Radio);
- UWB (Ultra Wide Band);
- WiMax (Worldwide Interoperability for Microwave Access);
- Reti mesh WiFi (Wireless-Fidelity);
- ZigBee data.

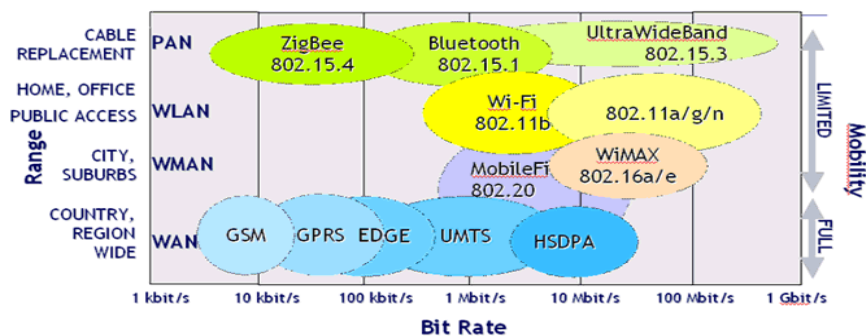


Figura 1: Diagramma comparativo di diverse reti di comunicazione wireless

E' bene sottolineare come queste tecniche siano state testate in condizioni operative reali (presenza di fumo, temperature elevate, differenti concentrazioni di umidità, presenza di strutture metalliche, ambienti sotterranei ecc.) per la trasmissione dei dati di posizione indoor e outdoor (GPS/AGPS) di tutti gli attori presenti su una scena di un intervento di emergenza e per consentire la comunicazione voce tra gli stessi.



Figura 2: Area di Test

GPRS e UMTS – Performance in condizioni operative (affidabilità)

Nell'ambito dei suoi primi quattro Test Case, il progetto LIAISON ha basato la propria connettività su reti GPRS. Nelle previsioni del progetto, anche il test case 'Fire Brigade' individuava nel GPRS e nell'UMTS – laddove disponibile - l'unica rete di comunicazione dati disponibile su tutto il territorio italiano. Già al termine della fase beta si sono potute verificare forti limitazioni anche in un'area relativamente 'semplice', come quella della Scuola di Formazione Operativa di Montelibretti, che sorge a soli 50 Km da Roma, in un'area parzialmente urbanizzata di conformazione prevalentemente pianeggiante.

In particolare, si sono evidenziate le seguenti limitazioni:

- frequenti pause delle comunicazioni senza chiare indicazioni a supporto;
- frequenti interruzioni delle comunicazioni quando in prossimità di altri terminali con comunicazioni aperte in voce (per fini commerciali si dà priorità alle comunicazioni in voce);
- limitato numero di sessioni GPRS aperte contemporaneamente (quattro o cinque al massimo).

Questa ultima limitazione in particolare costituisce un fattore bloccante in quanto impedirebbe l'utilizzo della rete proprio in quegli scenari complessi dove l'alto numero di risorse coinvolte renderebbe particolarmente utile l'utilizzo dei servizi di localizzazione. Questo appare tanto più evidente se si considera che nel progetto non si punta alla mera localizzazione dei mezzi di soccorso, ma si vogliono trasmettere le posizioni di tutto il personale sulla scena: nel concreto, lo scenario messo in campo nella dimostrazione finale di progetto vede coinvolti un totale di 12 mezzi (6 mezzi dei vigili del fuoco, 2 auto di Polizia, 4 autoambulanze) a fronte di 35 soccorritori (19 vigili del fuoco, 4 agenti di polizia, 12 infermieri).

Alla luce di queste risultanze, le successive sperimentazioni sono state condotte utilizzando reti TETRA.

TETRA – Caratteristiche tecniche & Hardware utilizzato

TETRA, acronimo di TERrestrial (o Trans European) Trunked Radio, è un sistema radio digitale. Trunked letteralmente significa "troncato" ma nel contesto delle telecomunicazioni (radio o telefoniche) sta per "comunicazione commutata" nel senso che ogni scambio di informazioni, fonia e dati, avviene dopo l'assegnazione di un canale, da parte delle celle radio in uso. Lo Standard TETRA, che prevede appunto l'allocazione automatica di canali di comunicazione per le chiamate, è stato concepito da ETSI (European Telecommunications Standard Institute) per combinare i vantaggi della telefonia cellulare con i sistemi radiodigitali per lo scambio di pacchetti di dati. Nell'ambito di un progetto, come LIAISON, finalizzato ad una gestione sicura delle emergenze, l'utilizzo della rete TETRA si è dimostrata di grande utilità data la possibilità del maggior controllo sulla flotta dei terminali, della maggiore sicurezza nelle comunicazioni (criptaggio) e della maggiore capacità di traffico fonia e dati rispetto alle reti PMR (Professional Mobile Radio) analogiche.

La risorsa fisica disponibile ai sistemi radio è un'allocazione di parte dello spettro radio; nel TETRA questa risorsa è ripartita contemporaneamente fra frequenza e tempo; infatti in un canale radio di 25 KHz sono contenuti quattro canali (time slot) grazie all'uso della tecnica TDMA (Time Division Multiple Access) ovvero i canali sono allocati nella stessa frequenza ma separati nel tempo.

La comunicazione in voce e trasmissione dati simultanei va da 2,4 a 28,8 Kbs a seconda della quantità di canali utilizzati e dalla loro protezione.

Per la comunicazione voce, è stata impiegata una Base Station sperimentale a 2 canali funzionante nella banda di frequenza 380 – 400 Mhz (banda relativa alla Pubblica Sicurezza) corredata di Terminali Mobili SEPURA SRH 3000, acquisita dal Dipartimento dei Vigili del Fuoco in occasione delle Olimpiadi invernali di Torino 2006. La trasmissione dei dati di localizzazione outdoor/indoor, tramite piccoli messaggi SDS (Short Data Service), è stata invece condotta impiegando un'altra gamma di terminali, accreditati sulla stessa stazione base, ovvero i Nokia THR880i con GPS integrato, funzionanti come terminali mobili e una radio Nokia TMR 880, installata a bordo del mezzo dei vigili del fuoco, funzionante come gateway tra l'infrastruttura di rete e le radio portatili degli operatori. Questi sistemi Tetra ben si prestano a rimpiazzare le attuali radio VHF in quanto permettono funzioni che avvicinano le reti radiomobili cellulari:

- modi di utilizzo degli apparati (Modalità Diretta "DMO" o modalità di Rete);
- identità del chiamante e riconoscimento di chiamate di gruppo (tramite un identificativo detto ISSI);

- chiamate individuali, prioritarie (emergenza), di gruppo e broadcast;
- invio di stati predefiniti e invio di messaggi.



Figura 3: Terminali Tetra (Nokia THR880i)

TETRA – Copertura & Analisi di Penetrazione

Il livello di copertura Tetra che si raggiunge nell'Area di Test, tramite l'impiego di una sola Base Station (1 cella Tetra), si aggira attorno ai 3 – 4 Km in campo libero. Ciò è dovuto all'impiego delle basse frequenze (400 MHz) della rete TETRA e alla quasi totale assenza di ostacoli naturali nella zona. Inoltre i numerosi test condotti nel Tunnel e nel seminterrato della Fire House, hanno dimostrato il suo elevato grado di penetrazione attraverso il terreno, le strutture metalliche e muri in calcestruzzo rinforzato, di spessore anche superiore a 40 cm. Nella figura che segue (interfaccia utente del caposquadra) viene mostrato il percorso effettuato da parte del vigile del fuoco "Fire02", equipaggiato con un terminale tetra mobile THR880i, nella Scuola di Formazione Operativa di Montelibretti, durante una campagna di test. Questi risultati mostrano chiaramente l'effettiva trasmissione dei dati di posizione outdoor e indoor in real time, dell'operatore impegnato sulla scena dell'intervento, al caposquadra, tramite la radio Tetra TMR880 configurata come gateway.

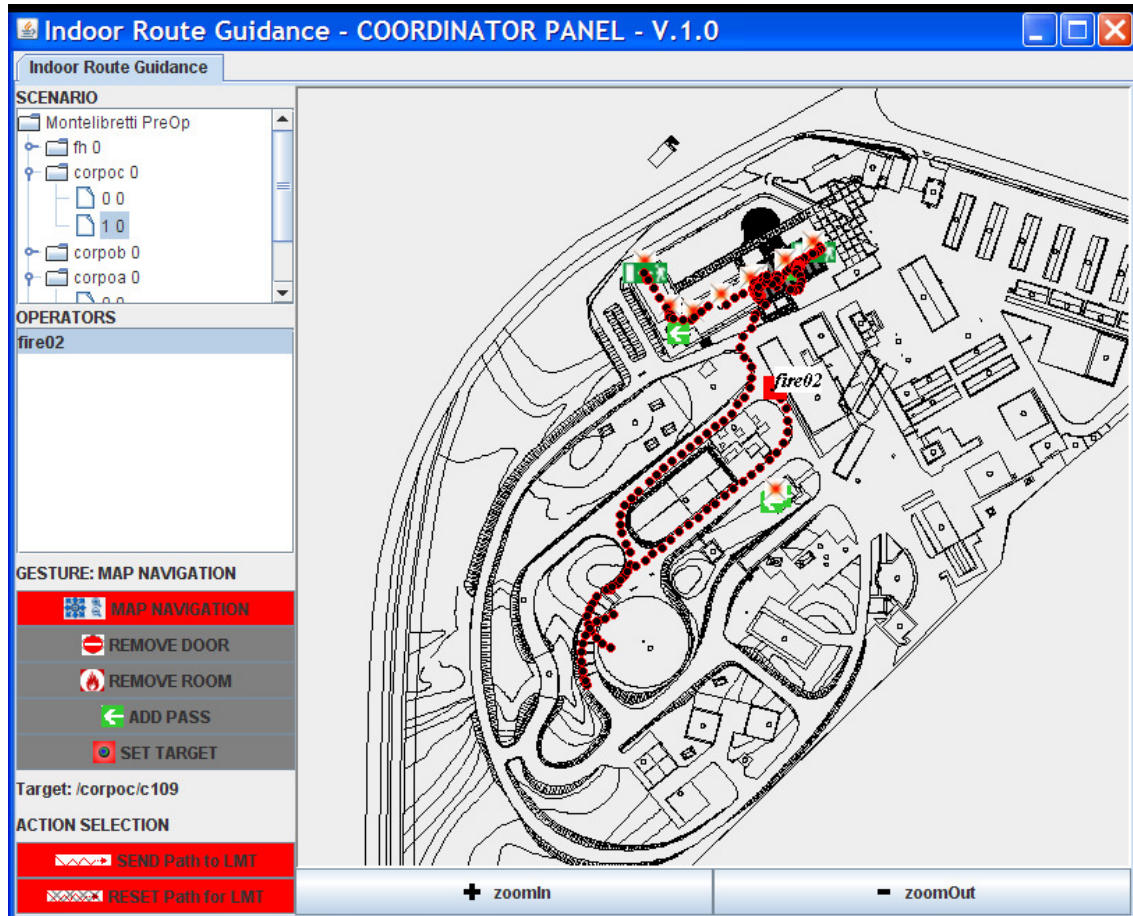


Figura 4: Visualizzazione dati di posizione trasmessi con la rete Tetra

TETRA – Performance in condizioni operative (Affidabilità)

La rete Tetra si è dimostrata altamente performante per la comunicazione voce grazie alla estesa copertura outdoor e penetrazione indoor attraverso tutti i tipi di edificio presi in considerazione. Il Tetra è stato largamente impiegato per la trasmissione della posizione (latitudine, longitudine e quota) dei vigili del fuoco mediante messaggi SDS. La trasmissione dati, nonostante si sia rivelata efficiente e robusta nelle stringenti condizioni operative, consente però un limitato trasferimento d'informazione a causa del suo basso data rate (128 byte per ciascun messaggio SDS) e supportando una densità piuttosto bassa di utenti per area, rispetto ad altre tecnologie. Inoltre, la maggior parte dei terminali Tetra attualmente in commercio si interfacciano ai normali PC/PDA attraverso la porta seriale RS-232, porta non sempre presente sui moderni computer, richiedendo in tal caso l'utilizzo di adattatori seriali USB, che spesso ne limitano l'affidabilità.

UWB – Caratteristiche tecniche e Hardware utilizzato

Con il termine **ultra wideband** (banda ultra larga) (**UWB**) si indica una tecnologia sviluppata per trasmettere e ricevere segnali mediante l'utilizzo di impulsi di energia in radiofrequenza di durata estremamente ridotta. Questi impulsi sono rappresentati da pochi cicli d'onda di una portante in radiofrequenza e quindi la forma d'onda risultante è estremamente larga. La brevità dell'impulso rende l'UWB poco sensibile alle interferenze dovute alla riflessione dell'onda stessa. La larghezza della banda fa sì che la densità di energia sia molto bassa, questa caratteristica rende le comunicazioni difficilmente intercettabili perché il segnale ha un'intensità simile al rumore di fondo, inoltre non interferisce con le applicazioni già esistenti. All'interno del progetto LIAISON, la tecnologia UWB è stata impiegata per la trasmissione di applicazioni di geolocalizzazione con misure della distanza e della posizione molto precise (fino ad 1 cm), ottenute mediante tecniche di triangolazione. In particolare è stata creata un'infrastruttura temporanea e locale multi-hops, i cui nodi sono di seguito elencati:

- 4 BU - Base Units (10 nella dimostrazione finale di progetto), poste attorno alla Fire House, la cui posizioni assolute nella dimostrazione finale sono determinate usando il servizio RTK (Real Time Kinematic);
- 1 MU - Mobile Units (20 nella dimostrazione finale) per ciascun operatore della squadra di intervento, per consentire la trasmissione e ricezione del segnale radio UWB. Ciascuna unità calcola la posizione relativa rispetto alle altre circostanti, sulla base delle distanze calcolate;
- 4 altre DU - Droppable Units (10 nella dimostrazione finale) posizionate all'interno dell'edificio per evitare la perdita di comunicazione tra le MU a causa dell'attenuazione del segnale causato dalla struttura dell'edificio (spessore e numero di muri da penetrare) e del corpo del personale coinvolto.

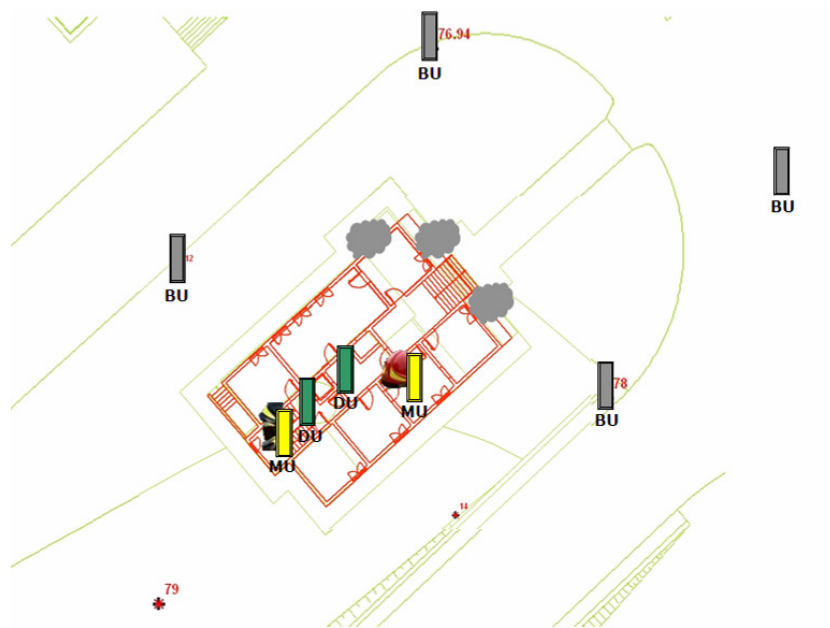


Figura 5: Posizionamento delle BU, MU e DU nella Fire House

Ciascuna di queste unità UWB, oltre a fornire misure real time delle posizioni 3D outdoor/indoor degli operatori, provvedono anche alla loro trasmissione verso un'unità di controllo (CU).

UWB – Copertura & Analisi di Penetrazione

Il grado di copertura del segnale radio UWB all'interno della Fire House è stato misurato durante una specifica campagna di test nelle seguenti condizioni:

- utilizzando un terminale UWB fisso ed uno mobile con una potenza incrementata di +20 dB rispetto a quella nominale (ERP=-24 dBW);
- in presenza di fumo e con finestre e porte chiuse per evitare interferenze dovuti al multipath;
- in presenza di pareti metalliche e muri in calcestruzzo con spessore di circa 40 cm;
- nelle seguenti 4 differenti configurazioni per il terminale fisso:
 - unità posta di fronte all'entrata principale dell'edificio, a circa 7 metri di altezza sul piano stradale;
 - unità posta sul lato nord, a circa 7 metri di altezza sul piano stradale;
 - unità posta sul lato sud, a circa 7 metri di altezza sul piano stradale;
 - unità posta all'interno del piano terra.



Figura 6: Posizionamento dell'unità fissa UWB nelle diverse configurazioni

I risultati hanno dimostrato che la capacità di penetrazione del segnale UWB è confrontabile con quello del WiFi, ovvero limitato alla penetrazione di al massimo due muri, richiedendo così l'impiego di un gran numero di extra unità DU nel caso si vogliano ottenere misure di range con una accuratezza centimetrica.

UWB – Performance in condizioni operative (Affidabilità)

La comunicazione attraverso la tecnologia UWB si è dimostrata robusta ed affidabile, grazie anche al suo elevato data rate (dell'ordine di gigabit/secondo) che consente il trasferimento di grandi quantità di dati nell'unità di tempo. Inoltre la bassa complessità (e quindi bassi costi) e il basso consumo di potenza dei dispositivi fanno ritenere possibile l'adozione di tale tecnologia in scenari di gestione delle emergenze.

WiMAX – Caratteristiche tecniche e Hardware utilizzato

Il WiMAX (acronimo di Worldwide Interoperability for Microwave Access) è una tecnologia che consente l'accesso a reti di telecomunicazioni a banda larga e senza fili. WiMAX si basa sulla famiglia di standard IEEE 802.16, noto anche come WirelessMAN, specializzato nell'accesso senza fili a banda larga del genere punto-multipunto.

Ai fini dei test condotti nell'area di Montelibretti, si è utilizzata una rete Wimax sperimentale a 5.4 GHz con un bit rate di circa 54 Mbit/s, costituita da una Base Station fissa, alloggiata nel mezzo UCL (Unità di Controllo Locale) e da alcuni terminali mobili denominati Access Point (AP), ciascuno dei quali contenente un'antenna ed una batteria per un peso complessivo di circa 15 Kg con 6-12 ore di battery life. La connessione AP con un generico PC/PDA avviene tramite cavo Ethernet.



Figura 7: Terminale mobile dell'infrastruttura Wimax (AP)

WIMAX – Copertura & Analisi di Penetrazione

I test condotti sul campo hanno evidenziato la necessità di visibilità ottica della tecnologia Wimax al fine di evitare prestazioni poco soddisfacenti e connettività ristretta ad aree limitate. La figura seguente illustra il diverso grado di copertura, ottenuto posizionando il mezzo UCL con la base station, di fronte all'edificio didattico a circa 10 metri da esso. La copertura viene assicurata solo nel "corpo b" e "corpo c" (pallini verdi) dell'edificio, risultando invece del tutto assente nel "corpo a" (pallini rossi), oscurato dai primi, penalizzando di conseguenza la trasmissione dei dati di posizione. Tale risultato è stato misurato sulla percentuale di successo di ping scambiati tra il PDA+AP del pompiere indoor e il PDA+AP del caposquadra outdoor.

● Presenza di copertura (>60% ping positivi)

● Assenza di copertura (<=60% ping positivi)

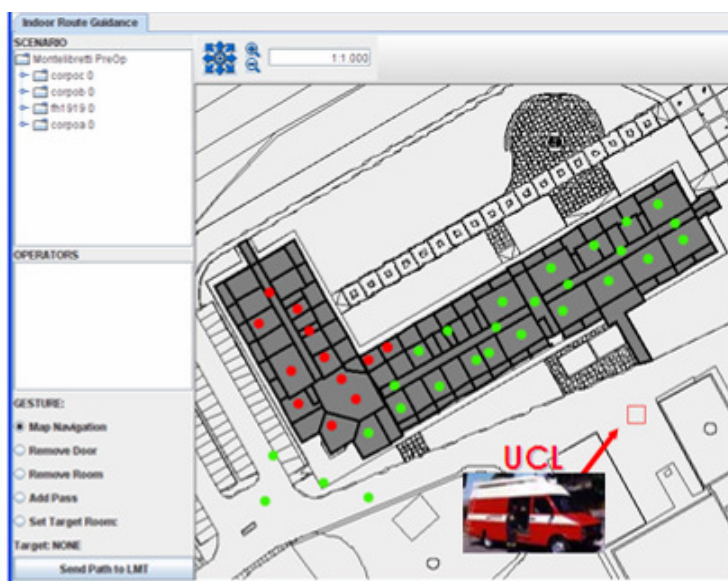


Figura 8: Analisi di copertura del Training Building

Le analisi di penetrazione Wimax sono state condotte anche all'interno della Fire House, al piano terra e al piano seminterrato, con l'UCL posizionato di fronte all'edificio. Il risultato è analogo al precedente, ovvero

forte dipendenza tra la posizione della BS e il numero e spessore dei muri da attraversare con scarsa capacità di penetrazione in ambienti sotterranei.

WIMAX – Performance in condizioni operative (Affidabilità)

La rete Wimax è caratterizzata da un'elevata larghezza di banda e lavora su frequenze piuttosto elevate: ciò comporta la trasmissione di un maggior volume di dati nell'unità di tempo (elevato data rate) a fronte però di una minore capacità di penetrazione all'interno dei muri degli edifici. Per assicurare una copertura Wimax adeguata, sulla base dei risultati conseguiti, è richiesta la visibilità ottica della Base Station e l'adozione di un maggior numero di celle opportunamente dislocate nell'area di intervento. Il potenziale di crescita di tale tecnologia è ad ogni modo piuttosto alto e la realizzazione di una infrastruttura Wimax sull'intero territorio nazionale potrebbe in futuro facilmente sostituire la rete GPRS in tutti gli scenari di gestione delle emergenze.

WiFi e WiFi Mesh – Caratteristiche tecniche & Hardware utilizzato

Wi-Fi, abbreviazione di Wireless Fidelity, è un termine che indica dispositivi che possono collegarsi a reti locali senza fili (WLAN) basate sulle specifiche IEEE 802.11. Le specifiche 802.11 impongono un percorso di certificazione che dovrebbe garantire la totale interoperabilità dei dispositivi da fornitori diversi.

In effetti allo stato attuale il WiFi è la modalità più usata per la connessione wireless sia in ambito domestico che in ambito aziendale. Le ragioni della diffusione sono legate sia al basso costo dei punti di accesso (Access Points) che alla combinazione di data-rate e copertura, ideali per la connettività domestica: ogni computer portatile di recente fabbricazione è equipaggiato con un dispositivo WiFi e il costo di un Access Point è largamente inferiore ai 100 Euro. Il WiFi si è molto diffuso anche in ambito professionale/aziendale, anche grazie alla recente adozione di standard di sicurezza di livello elevato (IEEE 802.11i, Wireless Protected Access versione 1 e 2).

Il WiFi utilizza la banda ISM a 2.45GHz, condividendo la stessa con altri dispositivi quali Bluetooth, WPAN-CSS e Zigbee. La banda è suddivisa in un definito numero di canali (13 in Europa) e gli Access Points possono utilizzare uno qualsiasi dei canali a disposizione; di solito viene mantenuto il canale preimpostato (tipicamente 1, 6 o 11), sia per semplicità di configurazione che per ridurre l'interferenza tra i canali.

Nella forma più diffusa (802.11g) il WiFi ha le seguenti caratteristiche:

- frequenza centrale di 2.45GHz
- data rate fino a 54Mbps, tipicamente attorno a 10Mbps
- copertura di circa 100 metri in esterno
- copertura non superiore a 30 metri in interno
- potenza massima emessa 100mW per limiti di legge.

La larga diffusione ha generato una veloce saturazione della banda disponibile: per questo lo standard è stato esteso ed è ora disponibile una serie di canali WiFi anche a 5GHz. Il nuovo standard 802.11n, adottato dai prodotti più nuovi, ha le seguenti caratteristiche migliorate:

- frequenza centrale di 2.45GHz o 5GHz.
- data rate fino a 248Mbps, tipicamente attorno a 70Mbps
- copertura fino a 250 metri in esterno
- copertura fino a 70 metri in interno
- potenza massima emessa 100mW per limiti di legge.

Le reti WiFi supportano fin dal principio il protocollo TCP-IP, condizione indispensabile per la diffusione di qualunque tecnologia di telecomunicazione.

Nella fase beta del progetto Liaison è stata allestita una rete WiFi composta da 12 Access Points (ZyXEL G-3000) nell'atrio e nel corpo A dell'edificio didattico della Scuola. Il corpo A si sviluppa su due piani per

un'estensione complessiva di 1200Mq circa, incluso l'atrio, quindi si è installato un Access Point ogni 100mq circa.



Figura 9: ZyXEL G-3000

WiFi e WiFi Mesh – Copertura & Analisi di Penetrazione

La copertura, ridondante per la comunicazione nell'edificio, secondo le specifiche 802.11g, doveva servire anche per la localizzazione all'interno dell'edificio stesso usando la tecnica del “fingerprinting”. Tale tecnica richiede che ogni punto dell'edificio sia in copertura di un numero cospicuo di Access Points. Come esempio nella figura 9 viene riportata la simulazione della potenza ricevuta (RSSI, Received Signal Strength Intensity) da 6 Access Points collocati all'interno del primo piano del “corpo A” dell'edificio didattico. Nonostante le piccole distanze in gioco si possono notare numerose aree di colore azzurro-blu, indice di scarsa copertura. Le misure effettuate hanno confermato i risultati della simulazione.

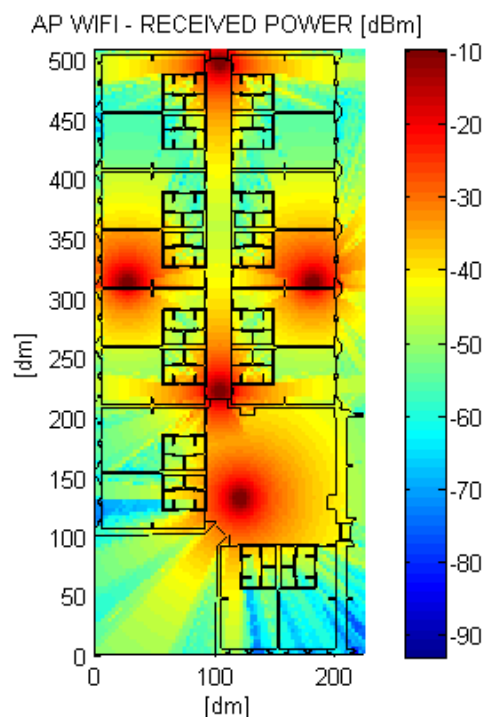


Figura 10 : Simulazione della RSSI sul “corpo A” dell'edificio didattico della SFO dei Vigili del Fuoco di Montelibretti

Nella fase pre-operativa del progetto LIAISON il WiFi è stato scartato come tecnologia di localizzazione indoor ed è stato impiegato unicamente per la comunicazione dei dati. Poiché lo scenario della dimostrazione prevedeva la copertura di un'area piuttosto vasta all'esterno dell'edificio, si è optato per l'uso del WiFi a maglia (WiFi mesh), realizzando una rete ad-hoc composta da 6 Access Points dislocati a distanze di non più di 100 metri uno dall'altro. Per limiti di tempo è stato adottato il protocollo di mesh nativo degli Access Points a disposizione (Zyxel G-3000); tale protocollo permette di avere fino a 6 “routers” nella maglia e

gestisce anche in modo nativo il “roaming” dei dispositivi mobili. La creazione della rete usando tale protocollo è piuttosto complessa perché:

1. è necessario registrare su ogni Access Point della rete l'indirizzo fisico (MAC address) di tutti gli altri;
2. è necessario registrare preventivamente ciascun dispositivo mobile su ogni Access Point per garantire il “roaming”.

La possibilità di aggiornare il firmware degli Access Points con uno dei nuovi e più efficienti protocolli per la realizzazione di MANET (Mobile Ad-hoc NETWORKS) è stata considerata, ma scartata per mancanza di tempo e per la immaturità dei prodotti stessi. Non appena saranno disponibili firmware e stack protocollari secondo lo standard 802.11s (WiFi mesh standard) le misure verranno ripetute.

La Figura 10 mostra lo scenario operativo della dimostrazione con evidenziate le posizioni degli Access Points. L'area circolare più chiara identifica la zona di interesse. Gli Access Points erano alimentati con batterie da 12Volt.

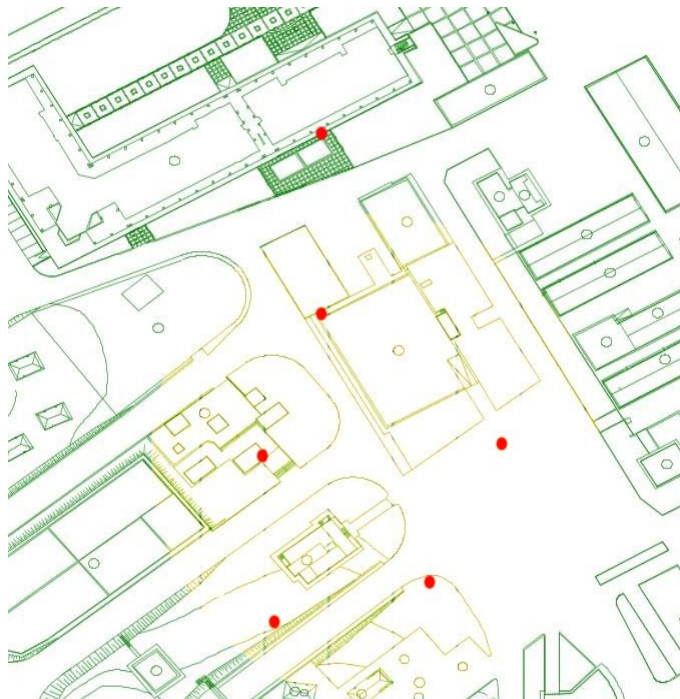


Figura 10: Dislocazione degli Access Points WiFi

WiFi e WiFi Mesh – Performance in condizioni operative (Affidabilità)

In sintesi i risultati sono i seguenti.

- Il WiFi è una tecnologia da considerare per la realizzazione veloce di reti TCP-IP in scenari di emergenza.
- È importante poter realizzare reti a maglia di dispositivi WiFi, in modo agile, usando protocolli di routing aperti e con supporto per il roaming dei dispositivi mobili.
- La distanza utile tra 2 Access Points adiacenti non deve superare i 70 metri, usando antenne omnidirezionali.
- Con dei piccoli accorgimenti, quali antenne direzionali, è possibile connettere Access Points distanti anche 200 metri e più.
- In caso di problemi nel collegamento tra dispositivi mobili e WiFi, la modalità di riconnessione non è indicata per un uso in situazioni di emergenza.
- Il costo di una rete a maglia di dispositivi WiFi auto-alimentati è decisamente più contenuto di quello di altre tecnologie (TETRA, WiMax, UWB).
- La sovrapposizione con Bluetooth e ZigBee può provocare inconvenienti.

ZigBee – Caratteristiche tecniche & Hardware utilizzato

ZigBee è un insieme di specifiche e protocolli per l'utilizzo di dispositivi radio basato sullo standard 802.15.4 per le reti radio personali (WPAN, ossia Wireless Personal Area Networks):

E' nato come alternativa semplice ed economica ad altre reti quali il Bluetooth, in contesti dove la durata della batteria e la sicurezza delle comunicazioni sono più importanti della larghezza di banda. Il protocollo ZigBee è stato concepito fin dall'inizio come rete a maglia.

Come per il WiFi esiste un consorzio, la ZigBee Alliance, che associa produttori di specifiche e apparati per garantire l'interoperabilità dei prodotti.

ZigBee utilizza le frequenze delle bande industriali, scientifiche e medicali (ISM) in due intervalli:

- 868MHz
- 2.4GHz, in condivisione con WiFi e Bluetooth.

Poiché l'uso tipico è per il controllo strumentale, i dispositivi ZigBee generalmente includono sia un microcontroller a 8, 16 o 32 bit, sia un trasponder RF, il tutto ad un costo molto contenuto.

L'uso tipico delle reti ZigBee è per la domotica, il controllo industriale, la raccolta di dati da sensori, l'interconnessione di dispositivi a breve distanza.

L'architettura di rete è piuttosto sofisticata e flessibile, permettendo una gerarchia ottimizzata di dispositivi. Esiste un unico coordinatore di questa gerarchia, lo ZigBee coordinator(ZC), che orchestra il funzionamento della rete stessa e la interconnette ad altre reti (ad esempio TCP/IP) e che mantiene lo stato della rete e le regole di protezione della stessa (chiavi di cifratura dei dati, ecc.). La rete è costituita da ZigBee Routers (ZR) che smistano il traffico dei pacchetti dati da e verso il coordinatore, gestendo in modo autonomo l'instradamento e la formazione della topologia di rete. Al livello finale stanno gli ZigBee End Device (ZED), ossia i sensori stessi.

A livello fisico la rete ha un protocollo CDMA/CA, simile a quello di una ordinaria rete Ethernet, ma ottimizzato per il trasporto su onde radio. La codifica del segnale avviene tramite DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum).

La creazione della topologia di rete avviene tramite il protocollo AODV (Ad-hoc On-demand Distance Vector), uno dei migliori protocolli di mesh attualmente disponibili, candidato anche per l'uso nelle reti WiFi.

Nella banda a 2.4GHz la larghezza di banda è di 256Kbps per canale e scende a 20Kbps a 868 MHz, anche se esistono diversi modi ad-hoc per aumentare il data-rate a 64kbps e più.

Lo standard ZigBee definisce un protocollo a due livelli: livello fisico (PHY) e Media Access Control (MAC), volutamente per permettere la facile realizzazione su architetture con scarsa RAM e potenza di calcolo quali i microcontrollori a 8 bit.

Tipicamente un nodo ZigBee trasmette a 1mW di potenza, anche se i nuovi dispositivi a 2.4GHz possono trasmettere alla stessa potenza del WiFi.

La portata dipende dalla frequenza. A 2.4GHz la portata è di 30/50 metri all'esterno e scende a 10 metri circa all'interno degli edifici. A 868MHz la portata in interno passa a 20/30 metri. Usando 100mW di potenza a 2.4GHz è possibile avere una portata di 300 metri in esterno e 50 metri in interno, superiore rispetto al WiFi.

A livello applicativo lo standard ZigBee prevede la trasmissione di dati a pacchetto; ogni pacchetto porta un payload utile fino a 64 bytes e si possono concatenare fino a 4 pacchetti in un singolo messaggio, anche se l'uso di pacchetti multipli è poco efficiente.

ZigBee – Performance in condizioni operative (Affidabilità)

Nel progetto LIAISON gli ZigBee sono stati impiegati unicamente come sensori di prossimità e non come veri e propri dispositivi di comunicazione.

Tuttavia i risultati, pur se parziali, sono i seguenti.

- Le reti di sensori ZigBee sono molto affidabili.

- Il data-rate è sufficiente per la maggior parte delle applicazioni, anche se all'aumentare del numero di hops le prestazioni della rete calano in maniera sensibile.
- I dispositivi attualmente presenti sul mercato non sembrano ancora sufficientemente robusti dal punto di vista meccanico/elettrico.
- Il consumo di potenza è realmente basso, permettendo diversi mesi di operatività con alimentazione da batteria AA.
- Non esiste alcuna standardizzazione dei formati dati applicativi e non esiste ancora una sufficiente interoperabilità tra i dispositivi dei diversi fabbricanti.
- 64 bytes sono sufficienti per la trasmissione della posizione e di brevi messaggi opportunamente codificati e specializzati per le applicazioni di emergenza.

Conclusioni

Sebbene il GPRS sia l'unica rete di comunicazione dati a copertura nazionale disponibile oggi in Italia, appare evidente la necessità di una rete con analoga o migliore copertura che sia svincolata da fini commerciali. In questa ottica, il Dipartimento dei Vigili del Fuoco sta attualmente sperimentando l'utilizzo di canali dedicati nella frequenza radio VHF in uso per la trasmissione dati a basso data rate. In termini di copertura del territorio e affidabilità, la rete VHF dei Vigili del Fuoco è superiore alle reti GPRS/UMTS, ma la bassa frequenza limita in modo drastico la quantità di dati che è possibile trasmettere e di conseguenza i servizi da attivare.

L'eventuale futura disponibilità di una infrastruttura nazionale TETRA si presenterebbe come una ottima soluzione, in particolare per le caratteristiche di scalabilità e per la possibile interoperabilità tra i diversi enti preposti al soccorso. Diversamente, l'adozione di ulteriori stazioni radio base TETRA stand-alone quali quella dell'UCL sperimentale messo a disposizione per i test sopra descritti non sembra offrire analoghi vantaggi.

Nelle more dell'eventuale adozione e messa in campo di una infrastruttura nazionale TETRA, la trasmissione dati su canale radio VHF può offrire prestazioni sufficienti alla trasmissione dei dati di posizionamento GPS/GALILEO dei mezzi di soccorso. Quei servizi basati sulla localizzazione ed assistenza remota, che trovano impedimento nelle limitazioni di banda del canale radio VHF, potranno invece poggiare su un'affidabile rete locale wireless a servizio dei soccorritori nello scenario di intervento, che faccia perno su un numero limitato di mezzi diversamente connessi (GPRS, SAT, ...), in grado di fungere da nodo di smistamento tra la rete locale e la Sala Operativa, e di conseguenza la rete nazionale.

Stando alle risultanze delle sperimentazioni condotte, le necessità di comunicazione dati tra un nodo esterno (il mezzo di soccorso) e il personale distribuito all'interno dell'edificio - o del complesso di edifici - oggetto dell'intervento non trovano una risposta in architetture punto-multipunto. Al contrario, le notevoli difficoltà di penetrazione radio poste da una pluralità di muri e solai di diversi spessori e materiali di costruzione possono essere superate in modo credibile nell'immediato futuro solo grazie alla flessibilità offerta da una rete locale wireless con topologia di mesh, i cui nodi HW siano opportunamente distribuiti dal personale di soccorso stesso.

Anche in scenari complessi (NBCR) una rete locale wireless affidabile con topologia di mesh con supporto per messaggistica breve e che supporti il TCP/IP sembra essere la direzione da percorrere. Sebbene non sia ancora chiaro se una tale rete debba essere basata su UWB, WiFi o WiMax, queste sembrano essersi dimostrate le tecnologie più promettenti.

Circa invece le necessità di garantire una connettività TCP/IP sufficiente alla gestione di scenari emergenziali complessi - almeno sufficiente all'accesso ad internet - il satellite rimane ancora il migliore candidato, ma richiede un'attenta analisi dei protocolli di scambio dati per evitare i colli di bottiglia dovuti ai ritardi di trasmissione.