







La mobilità sostenibile .....	3
VICSUM e la mobilità sostenibile.....	5
Architetture di bordo veicolo .....	7
Protocolli e infrastrutture di rete: la comunicazione tra veicolo e apparati di bordo strada .....	9
La circolazione delle informazioni nelle reti veicolari .....	13
Il ruolo della multimedialità.....	17
Bibliografia.....	19



Con l'espressione "Mobilità Sostenibile" si indica l'esigenza di avere un sistema di mobilità urbana che, pur consentendo a ciascuno l'esercizio del proprio diritto alla mobilità, sia tale da non gravare eccessivamente sul sistema sociale in termini di:

- inquinamento atmosferico ed emissioni di gas serra;
- inquinamento acustico;
- congestione dovuta al traffico veicolare;
- incidentalità.

Il problema della mobilità urbana deve essere affrontato con urgenza: si valuta che gli ingorghi cittadini in Europa producano costi esterni pari allo 0,5% del prodotto interno lordo. Questa situazione ha portato ad interventi di Comuni e Regioni, che pongono sempre più attenzione alle tematiche ambientali, anche per adempiere ad obblighi di legge (come la normativa sulla qualità dell'aria, DM 60/2002). Si cerca così di ampliare la gamma degli interventi messi in atto. Tra gli interventi più efficaci ci sono innanzitutto il potenziamento del trasporto pubblico locale (con corsie riservate e vie preferenziali, sistemi di integrazione tariffaria, strumenti per l'infomobilità), e l'adozione di adeguati strumenti di pianificazione (come ad esempio il Piano Urbano della Mobilità).

Esistono inoltre diversi interventi innovativi, che si stanno lentamente diffondendo:

- politiche di tariffazione e pricing: pedaggio urbano (accesso a pagamento a strade o a particolari zone urbane), park pricing (sosta su strada a pagamento); park and ride (agevolazione nell'interscambio tra automobile e mezzo pubblico nelle città), crediti di mobilità;
- interventi di gestione della domanda: moderazione del traffico (traffic calming), limitazioni della circolazione veicolare, introduzione di servizi di car sharing e trasporto a chiamata; promozione del car pooling;
- introduzione della figura del mobility manager di area e di azienda;
- redazione del Piano spostamenti casa-lavoro;
- utilizzo di sistemi di Information Technology (ITS) per la gestione dei flussi veicolari (es. instradamenti ai parcheggi urbani, segnalazione traffico sugli assi stradali, segnalazione di servizi agli automobilisti, navigazione satellitare, ...);
- implementazione di sistemi di telelavoro;
- realizzazione dei percorsi sicuri casa-scuola (con specifici progetti pilota è possibile incentivare la mobilità pedonale e ciclabile per gli spostamenti casa-scuola, ottenendo un deciso miglioramento del livello di accessibilità, vivibilità e sicurezza del territorio per i bambini e i ragazzi);
- modi non inquinanti: sviluppo della mobilità ciclabile, con costruzione di piste ciclabili ed implementazione di servizi di bike sharing;
- uso del territorio (Land-Use) e trasporti: pianificazione integrata trasporti e territorio.



DS-357LG

# VICSUM e la mobilità sostenibile

Nato come proposta all'interno del bando "Ricerca industriale e sviluppo precompetitivo 2006", il progetto VICSUM ha scelto l'indirizzo già nella formulazione del proprio acronimo: Vehicle-to-Vehicle-to-Infrastructure Communication for Sustainable Urban Mobility. Guidato dal Politecnico di Torino (Dipartimenti di Elettronica e di Automatica e Informatica), in partnership con il Centro Ricerche Fiat (CRF) e CSP, il consorzio responsabile del progetto ha coerentemente seguito l'orientamento alla mobilità sostenibile concentrando le proprie energie nella definizione, progettazione e, infine, nella realizzazione di scenari di intervento in cui il ruolo cardine è giocato dai sistemi di Information Technology. L'approccio scelto da VICSUM chiama in causa le potenzialità della tecnologia odierna e la visione prospettica della ricerca, proponendosi i seguenti obiettivi:

- definire una rete di comunicazione mobile "ad hoc" (Mobile Ad hoc NETWORK, o MANET) unitamente ad architetture e protocolli in grado di permettere la realizzazione di una comunicazione Vehicle-to-Vehicle (V2V) e Vehicle-to-Infrastructure (V2I);
- sviluppare una piattaforma abilitante ai servizi e alla sua integrazione con ambienti e tool commerciali;
- definire scenari applicativi in questo contesto che sfruttino tale piattaforma.

Nella visione VICSUM, la mobilità sostenibile è, in primo luogo, mobilità informata. VICSUM ha definito un'architettura di rete di comunicazione mobile dove i veicoli stessi giocano un ruolo fondamentale nella raccolta di informazioni (sulla viabilità, sui servizi locali, sulle attrattive turistiche, e sull'offerta commerciale) così come nella loro distribuzione e condivisione. I veicoli, tuttavia, non sono gli unici attori di questo scenario: qualunque terminale informatico dotato di interfaccia radio e trasportato da un utente in mobilità (pedonale, così come su veicoli a due o quattro ruote) può agire da generatore, collettore o intermediario nella distribuzione delle informazioni. E lo scenario è completato da apparati di ricetrasmisione posti a bordo strada che raccolgono e convogliano i dati da e verso le reti cablate (garantendo, ad esempio, accesso ad Internet). Inoltre, VICSUM ha definito la mobilità sostenibile in termini di facile accesso alle tecnologie in uso sui veicoli. Rinunciando dall'inizio del progetto a fare ricorso a tecnologie, sì specialistiche per la trasmissione da autoveicoli, ma in fase di standardizzazione e prototipazione, VICSUM ha realizzato le proprie architetture di rete usando apparati WiFi e Bluetooth, dispositivi utente di fascia consumer (laptop, netbook, smart phone) e applicazioni software basate su Java ed operanti su sistemi Linux. In particolare, in linea con i principi della comunità opensource, sia le specifiche della piattaforma hardware sia la versione ottimizzata del software utilizzata nel corso del progetto sono state rese disponibili. Coerentemente con questa visione, i sistemi a bordo veicolo sono stati progettati per comunicare con la centralina di controllo del veicolo mediante la piattaforma standard Blue&Me di FIAT, quindi senza richiedere costosi interventi di modifica dei componenti dell'autovettura.

In questo contesto, gli scenari applicativi sono molteplici e il progetto VICSUM ne ha studiati alcuni, proponendo ed implementando delle soluzioni.

Nelle pagine che seguono, la "visione VICSUM" è articolata nei suoi elementi principali.

◀ Il veicolo VICSUM  
usato come nodo di  
comunicazione mobile  
per le prove su strada.





# Architetture di bordo veicolo

La ricerca orientata alla realizzazione di sistemi ed applicazioni in grado di sfruttare la comunicazione V2V e V2I coinvolge un ampio spettro di attori: produttori automobilistici, operatori stradali, municipalità e società del terziario. Sono innumerevoli e diversificate le possibilità che la comunicazione V2V e V2I apre a ciascuno di questi attori. In questo senso, quindi, sono facilmente giustificabili e comprensibili le diverse iniziative a livello europeo che vedono la comunicazione V2V e V2I protagonista e oggetto di ricerca. SAFESPOT, CVIS, COOPER e SeVeCom, inoltre, rappresentano una selezione dei progetti finanziati dall'Unione Europea, che testimoniano, con i loro numeri, lo sforzo per supportare lo sviluppo della comunicazione V2V e V2I, prendendone in considerazione tutti i punti di vista: dalla definizione di standard di comunicazione, all'architettura di sistema, ai protocolli di comunicazione da adottare fino alla sicurezza (security). Tutti i principali produttori a livello mondiale collaborano attivamente tra loro per lo sviluppo di sistemi cooperativi in grado di estendere i limiti fisici dei sistemi sensoriali di bordo veicolo.

Le possibili ricadute della comunicazione V2V e V2I sono generalmente classificabili in 4 macro aree: sicurezza (safety), efficienza del traffico, intrattenimento e di servizio.

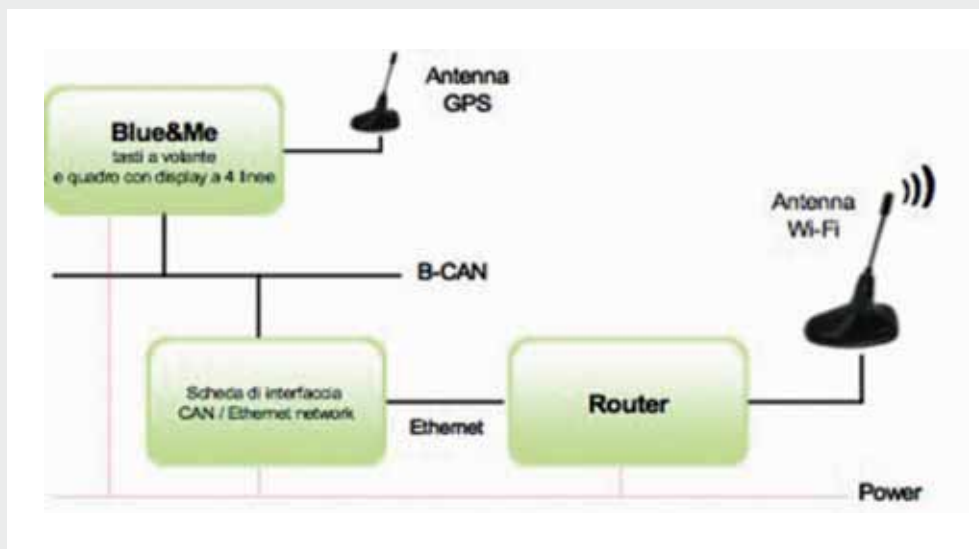
Lo sviluppo e l'integrazione nella piattaforma commerciale Blue&Me dell'architettura wireless sviluppata all'interno del progetto VICSUM è stato uno dei principali compiti del CRF. Le operazioni di integrazione sono state portate a compimento su due veicoli Fiat Grande Punto acquistati all'interno del progetto, a cui si sono aggiunte due vetture analoghe messe a disposizione da CRF. L'obiettivo è la realizzazione di scenari in cui componenti telematici interagiscano e si integrino nell'architettura automotive.

La definizione dell'architettura è un processo che parte con la definizione dei contesti applicativi finali in cui è necessario operare. In questo senso la scelta degli scenari di interesse del progetto VICSUM sono stati i primi elementi ad essere valutati ed analizzati. L'analisi, in successione, ha definito: lo storyboard dell'applicazione, i requisiti utente, i requisiti funzionali, i requisiti hardware e software.

Il risultato di tale processo ha permesso di individuare i componenti generali minimi necessari per la completa realizzazione dell'applicazione. È importante sottolineare l'integrazione/interazione tra tipici dispositivi della comunicazione per reti ad hoc, quali il router wireless, con componenti tipici del settore automotive, come il CAN e la centralina Blue&Me. Tale aspetto di integrazione, come già sottolineato in precedenza, rientra tra gli obiettivi del progetto VICSUM: lo sviluppo, cioè, di un prototipo dimostratore che includa una piattaforma abilitante ai servizi con sistemi veicolo standard.

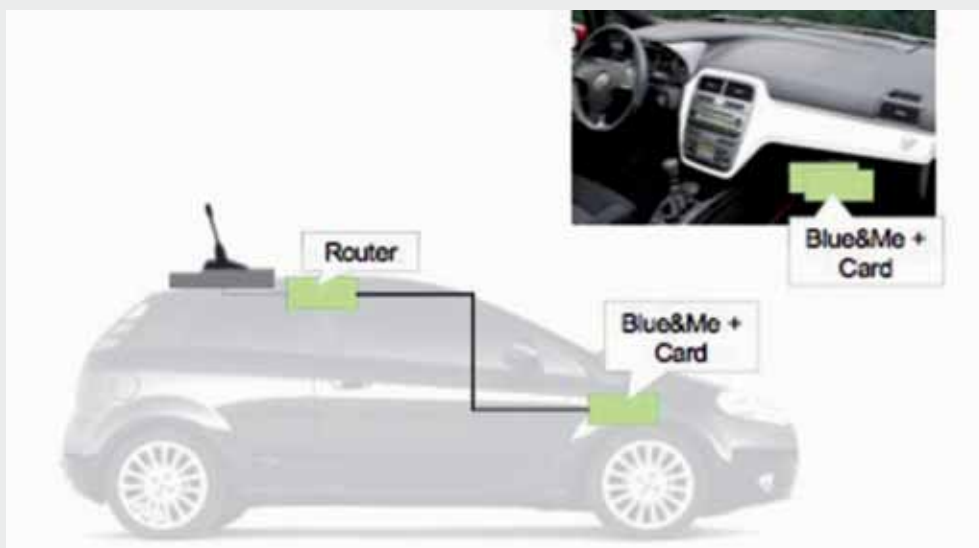
◀ **Dettaglio del tetto di una delle Grandi Punto utilizzate nel corso della sperimentazione. Oltre alla tradizionale antenna per la ricezione delle radio FM, si possono notare due antenne omnidirezionali, utilizzate per gestire le comunicazioni con i nodi mesh installati a bordo strada.**

Lo schema logico di connessione adottato sui veicoli CRF è sintetizzato in figura 1:



◀ Figura 1: schema logico di connessione degli apparati di rete adottato su veicoli CRF.

Nella figura 2 è invece riportato lo schema topologico di disposizione dei componenti sul veicolo dimostratore.



◀ Figura 2: schema logico di connessione degli apparati di rete adottato sui veicoli VICSUM.

# Protocolli e infrastrutture di rete: la comunicazione tra veicolo e apparati di bordo strada

a comunicazione tra l'infrastruttura di rete a bordo strada e i nodi mobili a bordo dei veicoli ha richiesto un sistema in grado di adattarsi rapidamente ai cambiamenti della topologia di rete, legati ai movimenti dei veicoli.


La prima parte dell'attività, condotta in collaborazione tra Politecnico di Torino – Gruppo Reti e CSP, è stata finalizzata all'analisi dei protocolli di instradamento per le reti mesh e per le reti veicolari con l'obiettivo di scegliere quello più idoneo da utilizzare, in base ai requisiti ed alle specifiche definite in collaborazione con gli altri partner. Dopo un'analisi della letteratura esistente sono stati individuati un certo numero di potenziali candidati, rappresentati da protocolli di instradamento ben consolidati (AODV, OLSR, GPSR) e altri più innovativi e sperimentali. La selezione del protocollo adatto è stata quindi affrontata simulando al computer il comportamento dei vari candidati in scenari vicini alle implementazioni reali [routing1], e svolgendo test in laboratorio [routing2]. In base alle risultanze delle simulazioni e dei test si è deciso di utilizzare B.A.T.M.A.N. (Better Approach To Mobile Ad-hoc Networking) [batman] ed in particolare la sua versione definita "advanced", che opera direttamente a livello due della pila ISO/OSI. Questo approccio permette di gestire in modo trasparente la scelta del protocollo di routing (IPv4 o IPv6) ed il trasporto di traffico multicast e broadcast, come richiesto da alcune delle applicazioni sviluppate dai partner di progetto.

La seconda parte dell'attività, in carico a CSP a cui il Politecnico di Torino – Gruppo Reti ha fornito supporto di progettazione, è stata finalizzata all'ottimizzazione di B.A.T.M.A.N. e alla realizzazione di un modulo software denominato Vehicular Manager, il cui compito è quello di cooperare con B.A.T.M.A.N. stesso per gestire le connessioni tra veicoli e tra veicoli ed infrastruttura. L'approccio utilizzato permette di minimizzare i tempi del roaming tra due nodi fissi, riducendo in modo significativo il numero di pacchetti persi e garantendo quindi la continuità di tutte le sessioni dati attive, anche quelle di streaming video.

Vista dell'interno del nodo mesh utilizzato nel corso del progetto. In primo piano, si può notare una delle due schede miniPCI installate per la gestione dei collegamenti wireless.



Il Vehicular Manager offre al sistema a bordo del veicolo le funzioni di roaming tipicamente implementate in un client WiFi, utilizzando le due interfacce wireless in modo ottimale per gestire la connessione verso l'infrastruttura ed al tempo stesso per cercare i nuovi nodi a cui connettersi, senza dover attendere l'interruzione del collegamento verso l'infrastruttura fissa. È importante osservare che tale software si basa sul paradigma dei



sistemi cognitivi in quanto opera in modo completamente autonomo, basandosi esclusivamente sui parametri locali di B.A.T.M.A.N. e sull'osservazione dell'ambiente in cui il veicolo si trova, attraverso le scansioni effettuate dalle sue interfacce radio.

Parallelamente a questa attività di sviluppo software, è stata progettata e realizzata la piattaforma hardware utilizzata per i test bed, denominata Shelob [shelob]; il sistema embedded sviluppato nel corso del progetto è caratterizzato dalla presenza di due interfacce radio indipendenti, che permettono quindi di gestire in modo ottimale le operazioni di inoltro dei flussi dati ricevuti, senza degradare le prestazioni anche in caso di un elevato utilizzo della rete.

Dal punto di vista tecnico, tale soluzione si basa su prodotti commerciali selezionati in base alla loro flessibilità e alle prestazioni; i nodi wireless realizzati utilizzano una mainboard Alix [alix] realizzata da PCEngines, mentre come interfacce wireless sono state installate due schede miniPCI in grado di operare o solo a 5GHz o in entrambe le bande di frequenze di interesse, a 2,4 e 5GHz.

I modelli scelti sono rispettivamente le Ubiquiti Networks XR5 [ubnt] e le Compex Wireless-AG [compex]; in particolare, le schede Ubiquiti operano solo a 5GHz, ma sono caratterizzate da un'elevata sensibilità, ritenuta essenziale per operare in un ambiente particolarmente complesso dal punto di vista radioelettrico come quello stradale.

Infine, è stato scelto un case metallico, conforme allo standard IP67 (e quindi in grado di resistere anche in condizioni climatiche avverse).

Come sistema operativo è stato utilizzato OpenWRT, su cui sono state fatte ottimizzazioni per adattare alcune delle sue componenti alle specifiche del progetto VICSUM.

In linea con i principi della comunità opensource, sia le specifiche della piattaforma hardware sia la versione ottimizzata di OpenWRT utilizzata nel corso del progetto sono state rese disponibili.

La terza parte dell'attività, svolta interamente da CSP, ha riguardato la progettazione e la realizzazione delle aree di test e dei dimostratori conclusivi del progetto in due diverse zone della città di Torino. Tra questi, i due siti ritenuti più importanti sono quello della linea a dentiera Sassi-Superga, realizzato in collaborazione con GTT, e quello all'interno del parco di Villa Gualino, che ospiterà il workshop conclusivo del progetto.

In particolare, nel caso della linea a dentiera, l'obiettivo è stato quello di creare una infrastruttura di rete mesh in grado di coprire tutta l'estensione (poco più di 3 km) del tracciato della linea da Sassi a Superga. Le vetture che transitano sulla linea sono state equipaggiate con apparati radio simili a quelli installati nell'infrastruttura e sono quindi in grado di inviare al centro di controllo di Sassi informazioni in tempo reale (stream video da telecamere a bordo della vettura, comunicazioni vocali dal conduttore della vettura, dati raccolti da sensori di bordo). La stessa infrastruttura è stata quindi replicata nel parco di Villa Gualino per dimostrare come sia applicabile anche al traffico automobilistico.

Nelle aree di test sono stati selezionati i punti ottimali di installazione dei nodi fissi, tramite misure in campo, con l'obiettivo di creare una copertura wireless continua su tutto il percorso.

In seguito, CSP ha seguito i lavori di predisposizione dell'infrastruttura, di configurazione degli apparati e di validazione del loro funzionamento. Entrambi i test bed sono stati interconnessi con la sede centrale di CSP in modo da poter controllare il loro corretto funzionamento; a tale scopo è stata realizzata un'applicazione web che permette di visualizzare in tempo reale la posizione dei singoli mezzi e lo stato dei collegamenti wireless.

Nel caso del test bed di Villa Gualino, inoltre, si è deciso di alimentare un nodo tramite pannello solare, al fine di dimostrare come la piattaforma hardware Shelob possa operare in completa autonomia, semplificando in modo significativo la scelta dei punti di installazione.

► Apparato installato lungo la Sassi-Superga; oltre al nodo mesh, si possono notare le due antenne utilizzate per gestire i collegamenti con il nodo precedente (omnidirezionale) e con il successivo (direzionale).



► Prima tratta radio della rete mesh VICSUM installata lungo la tramvia a dentiera "Sassi-Superga": il collegamento è tra l'apparato a sinistra e un analogo apparato installato sulla pensilina bianca visibile a valle.





# La circolazione delle informazioni nelle reti veicolari

L'infomobilità è un campo relativamente nuovo e decisamente interessante, sia nell'ambito della ricerca scientifica che in quello industriale. Molti dei numerosi progetti di ricerca attivi in questo campo, e VICSUM non fa eccezione, partono dalla definizione e dalla caratterizzazione delle reti di infomobilità, dal punto di vista della rete (topologia, tipo e natura del mezzo fisico) e dei nodi (mobilità, funzionalità). Ciò che maggiormente caratterizza le reti di infomobilità è il loro essere soggette a rapidi e imprevisi cambiamenti. Questo è dovuto al fatto che i nodi che le compongono sono in massima parte mobili (cioè cambiano la loro posizione nel tempo) e dinamici, ossia che possono entrare nella rete o abbandonarla rapidamente e senza preavviso.

L'evoluzione della tecnologia degli apparati di comunicazione portatili ha determinato il proliferare del numero di interfacce radio presenti sui dispositivi che gli utenti portano con sé o installano a bordo dei propri veicoli. Oltre alle tecnologie cellulari (da GSM a HSPA), buona parte degli "smart phone" in commercio vanta anche interfacce WiFi e Bluetooth. Nell'ottica di proporre agli utenti alternative all'uso della rete cellulare (con vantaggi di calo della congestione per quest'ultima e di risparmio per gli utenti), VICSUM ha inteso studiare soluzioni che promuovano l'accesso ai servizi di infomobilità attraverso apparati di comunicazione radio a corto raggio che possano essere disseminati in aree urbane e in luoghi di transito extraurbani. Ove l'assenza di infrastruttura non permettesse l'accesso diretto ai servizi, VICSUM ha studiato lo sviluppo di meccanismi di comunicazione "device-to-device" che siano in grado di convogliare le richieste degli utenti in mobilità (ad esempio, la richiesta di percorso multimodale) dall'utente stesso fino al più vicino apparato di infrastruttura, usando terminali di altri utenti come relay.

Il protocolli di rete coinvolti sono quelli definiti dai vari standard della famiglia IEEE 802.11, in particolare quelli che consentono la comunicazione in modalità "ad hoc", da terminale a terminale senza infrastruttura. Questa

scelta è riconducibile alla politica di VICSUM, già sottolineata in precedenza, di dimostrare come sistemi di infomobilità efficaci siano realizzabili già con apparati "off the shelf", ossia disponibili in commercio senza richiedere l'impiego o lo sviluppo di costosi prototipi. Il Politecnico di Torino – Gruppo Reti si è dedicato allo sviluppo di applicazioni che indirizzino in maniera intelligente la consegna delle informazioni verso la (o dalla) infrastruttura di accesso.

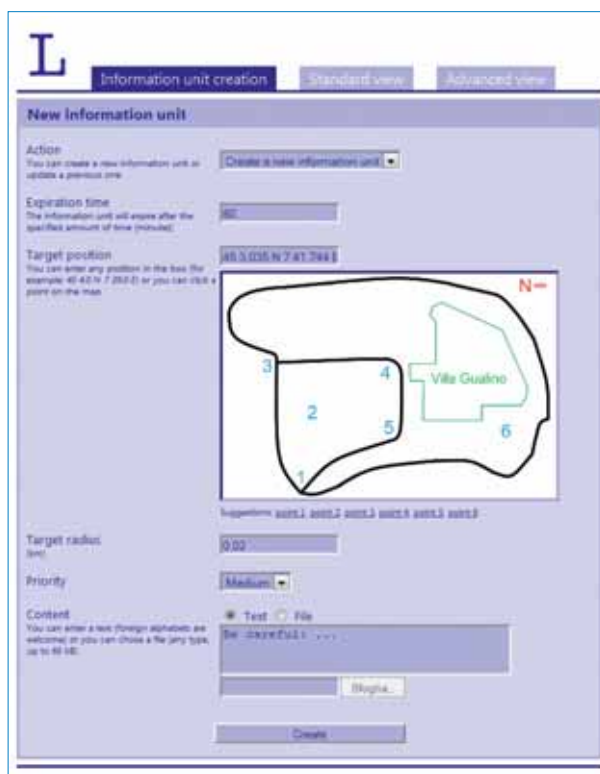
Interfaccia di controllo dell'applicazione LINGER: permette un monitoraggio costante dell'identità dei nodi LINGER a portata radio, dell'attività di scambio dei contenuti e dei parametri del sistema.

The screenshot shows the LINGER application control interface. At the top, there is a navigation bar with three tabs: "Information unit creation", "Standard view", and "Advanced view". Below the navigation bar, the interface is divided into several sections:

- Reachable nodes:** Lists "Daisy Goofy".
- Recent events (last log records):** Displays a list of events including "DELETION from carried for expiration 1@Goofy+G125 1", "NEW CARRIED received 13@Daisy+G11 8", "DELETION from known for out-of-pose 1@Goofy+G125 1", "NEW KNOWN from carried 1@Goofy+G125 1", "NEW CARRIED received 1@Goofy+G125 1", "DELETION from known for expiration 1@Alessandro-PC+G241 1", and "DELETION from carried for expiration 1@Alessandro-PC+G241 1".
- System state:** Provides details about the node "Alessandro-PC", including "Bearing functionalities: on", "Multicast address: /238.0.0.1", "Public UDP port: 50000", "Private UDP port: 65463", "Network interface: not set", "POLL interval: 500 ms", "INFO interval: 1000 ms", "Minimum managed priority: LOW", and "Max speed: 30 km/h".


La scelta dei terminali da coinvolgere nel transito di informazioni è stata fatta attraverso algoritmi posizionali e algoritmi che privilegiano la stima delle aree in cui la densità di terminali (e quindi la probabilità di trovare molti terminali che collaborano) è maggiore. È richiesta la collaborazione degli apparati utente coinvolti che devono avere installato il software opportuno sui propri terminali (nonché la preventiva autorizzazione a fungere da "tramite", che può essere anche concessa contestualmente all'installazione del software). Le tipologie di applicazioni sviluppate sono due: la dislocazione guidata delle informazioni e l'abbonamento alla ricezione di informazioni di pubblica utilità. Il primo scenario, attraverso un'applicazione denominata "LINGER" [linger] prevede di sfruttare la rete interveicolare per trasmettere informazioni puntuali verso un'area target, di raggio ampio a piacere, il cui centro è individuato dalle coordinate GPS: sfruttando la comunicazione collaborativa tra veicoli e terminali mobili (anche trasportati da pedoni), le informazioni possono essere trasmesse da punti diversi della città verso l'area target e ivi lasciate circolare per essere raccolte da utenti interessati. Ad esempio, in seguito alla segnalazione raccolta da un veicolo che ha assistito ad un incidente, la centrale operativa del trasporto pubblico può comunicare in tempo reale ai veicoli che si trovano a transitare nelle vicinanze dell'incidente di scegliere percorsi alternativi. La segnalazione è affidata a veicoli in transito vicino alla centrale operativa e da questi trasmessa di veicolo in veicolo, selezionando tramite GPS solo i veicoli che consentono all'informazione di avvicinarsi all'area target e di essere poi lì confinata.

L'applicazione per l'abbonamento a informazioni di pubblica utilità, denominata FIGARO [figaro], fa ricorso a modelli di interazione molto usati nelle reti sociali (modelli Pub/sub): un terminale mobile, detto agent, può dichiarare il suo interesse per un tipo di informazione (ad esempio, distributori di benzina nei dintorni, con relativi prezzi). Tale dichiarazione è ceduta alla rete interveicolare, e quindi raccolta e registrata da un'entità centrale, detta broker.



◀ Interfaccia utente dell'applicazione LINGER: sono visibili le opzioni che consentono la creazione di un contenuto (messaggio, foto...) e la sua dislocazione in una posizione target.





Quest'ultima instruisce i possessori dell'informazione (altri veicoli agent nelle vicinanze) a fornirla al terminale che ne ha fatto richiesta (il quale potrà a sua volta diventare poi fornitore di quella informazione per altri terminali).

Le problematiche che sono state studiate in questo contesto, oltre ai meccanismi di registrazione e di migrazione degli agent attraverso diversi broker, hanno riguardato la stima della reputazione degli agent e l'introduzione di incentivi, per evitare fenomeni di utilizzo poco collaborativo delle risorse di rete.

Il CRF ha studiato inoltre casistiche riguardanti le comunicazioni da veicoli di emergenza. In un primo caso, ha preso in esame e dimostrato come, mediante la comunicazione da veicolo ad infrastruttura, sia possibile adattare e modificare, in situazioni di effettiva emergenza, la viabilità semaforica di uno o più incroci con l'obiettivo di favorire il transito di mezzi di soccorso o della pubblica autorità. Inoltre, mediante la comunicazione da veicolo a veicolo, ha evidenziato come sia possibile utilizzare un qualsiasi veicolo per generare o trasportare informazioni di servizio utili per il guidatore in transito su determinate strade. Tale applicazione permette quindi di fornire informazioni sulla presenza di lavori in corso o incidenti, anche in tratti o punti della rete viaria non dotati di infrastrutture dedicate o per effettuare interventi tempestivi.



FIAT

Punto

5710


Il contributo principale dell'Internet Media Group [img] del Politecnico di Torino al progetto VICSUM ha riguardato lo studio e l'implementazione di un'architettura software per lo streaming di informazioni multimediali su reti wireless interveicolari.

In un contesto di trasmissione di contenuti multimediali su una rete dati a commutazione di pacchetto, la consegna dello stream multimediale si basa su protocolli di rete (RTP/UDP/IP) che non garantiscono una consegna affidabile delle informazioni, ammettendo pertanto una perdita della qualità del media durante la sua fruizione.

In uno scenario con reti cablate, a causa dell'elevata affidabilità del mezzo di trasmissione, questo fenomeno è poco visibile, al contrario, in uno scenario wireless le variazioni di affidabilità del canale di trasmissione possono causare perdite significative di informazioni e la fruizione di contenuti audio e video rischia di risultare completamente insoddisfacente per l'utente finale. L'obiettivo alla base della definizione dell'architettura di streaming è stato quindi quello di realizzare un sistema in grado di proteggere le informazioni multimediali dalle perdite nella rete, mantenendo al tempo stesso la piena compatibilità con gli standard definiti dall'Internet Engineering Task Force (IETF) [ietf] per il trasporto delle informazioni multimediali su reti a pacchetto. Un ulteriore obiettivo è stato quello di realizzare una suite di streaming open source da rilasciare con licenza GPL, in modo da garantire la libera fruizione delle tecnologie sviluppate. In base a questo secondo, ma non meno basilare principio, la suite di streaming che ha costituito l'ambiente di base per lo sviluppo del progetto è stata, per la parte server, il progetto LSCube [lscube] già dell'Internet Media Group afferente al Dipartimento di Automatica e Informatica del Politecnico di Torino, e per la parte client, il progetto Mplayer [mplayer].

La definizione dell'architettura di streaming per il progetto è partita da un'analisi sul campo di pregi e difetti delle soluzioni di protezione delle informazioni disponibili nella letteratura scientifica, che ha evidenziato come l'efficacia di queste tecniche in uno scenario wireless di tipo interveicolare sia maggiore adoperando più tecniche congiuntamente. L'analisi realizzata ha inoltre permesso di individuare le tecniche di protezione delle informazioni migliori da adottare in funzione dello scenario di riferimento, trasmissione live o on demand. Valutando le criticità dello streaming multimediale live su reti wireless ad alta mobilità (vincoli su massimo ritardo consentito e percentuale di pacchetti persi) si è individuato come in tali scenari le tecniche migliori di protezione delle informazioni da adottare siano quelle denominate Forward Error Correction (FEC), con codici di protezione degli errori a bassa complessità e latenza. Inoltre la trasmissione di pacchetti multimediali in ordine diverso da quello di produzione (uso di tecniche di interleaving) permette di ridurre la dimensione dei burst di perdite, incrementando le performance delle tecniche FEC e di riflesso la qualità percepita della risorsa multimediale proposta all'utente.

In uno scenario di tipo on demand, le criticità della trasmissione della risorsa multimediale sono leggermente differenti: parte dello stream può infatti essere memorizzato in un buffer di ricezione, ammettendo quindi requisiti meno stringenti sul ritardo di consegna delle



informazioni trasmesse. I maggiori ritardi di trasmissione consentiti in questo secondo scenario fanno sì che le tecniche migliori di protezione delle informazioni siano quelle basate su ritrasmissioni dei pacchetti persi, che il client può nuovamente richiedere al server di streaming in caso di necessità, implementando di fatto un meccanismo di feedback nella rete. Le tecniche di robustezza delle informazioni proposte per i due scenari di riferimento permettono un ottimo recupero delle perdite dei pacchetti multimediali, senza però voler garantire la completa ricezione di tutti i dati, concetto di semi-reliability, in quanto in caso di canale wireless altamente inaffidabile è preferibile riprodurre i flussi video tollerando alcune perdite, ma garantendo bassi ritardi.

Le quattro soluzioni proposte per la protezione delle informazioni multimediali (FEC, codici a correzione di errore a complessità lineare, interleaving e ritrasmissioni) sono state implementate, secondo gli standard dell'IETF, nella suite di streaming nell'arco temporale dell'intero progetto, e le performance ottenute valutate sia in modo simulativo sia tramite trasmissioni reali in scenari interveicolari.

Il risultato fondamentale del contributo dell'Internet Media Group al progetto VICSUM è quindi una suite di streaming con caratteristiche avanzate di protezione delle informazioni trasmesse, libera da brevetti e con soluzioni innovative per la robustezza della trasmissione multimediale su reti wireless ad alta mobilità basate su messaggi di feedback tra trasmettitore e ricevitore. La suite sviluppata può essere utilizzata con successo da aziende operanti nel settore della diffusione dei contenuti multimediali, intrattenimento a bordo veicolo, automotive e/o della videosorveglianza per la creazione di servizi di streaming multimediale da bordo veicolo volti, ad esempio, ad interpretare il comportamento del guidatore. Per testare in uno scenario mobile la validità delle tecniche implementate si è provveduto a realizzare con successo il porting del server di streaming su piattaforme wireless embedded basate su sistema operativo OpenWRT [openwrt], rilasciato anch'esso con licenza open source, mantenendo pertanto l'impronta di soluzione libera da brevetti data originariamente alla suite di streaming. Da sottolineare anche l'impulso alla ricerca e innovazione che il software prodotto può generare, come piattaforma di test per nuovi protocolli di trasmissione, per nuove tecniche di protezione delle informazioni e per la creazione di nuovi servizi basati sulla multimedialità. A tal proposito è stata sviluppata una libreria per la ricezione dei flussi streaming denominata Libnemesi, che presto si prevede sia integrata nel player multimediale VLC [vlc]. Inoltre l'utilizzo di protocolli standard fa sì che la suite di streaming prodotta possa essere utilizzata anche come importante strumento didattico all'interno dei corsi universitari di multimedia e networking.

Parte dell'attività di studio svolta all'interno del progetto ha riguardato poi la caratterizzazione e analisi di algoritmi di protezione adattativa dello streaming multimediale per il particolare scenario di trasmissioni wireless interveicolari. I risultati sono stati oggetto di pubblicazione su atti di conferenze internazionali.

M. Reineri, C. Casetti, C.-F. Chiasserini, Routing Protocols for Mesh Networks with Mobility Support, IEEE ISWCS'09, Siena, Italia, Settembre 2009

S. Annese, C. Casetti, C.-F. Chiasserini, P. Cipollone, A. Ghittino, M. Reineri, Assessing Mobility Support in Mesh Networks, ACM WINTECH'09, Pechino, Cina, Settembre 2009

D. Borsetti, M. Fiore, C. Casetti, C.-F. Chiasserini, Cooperative Support for Localized Services in VANETs, ACM MSWiM'09, Tenerife, Spagna, Ottobre 2009

F. Malandrino, C. Casetti, C.-F. Chiasserini, Pub/Sub Content Sharing for Mobile Networks, ACM MobiHoc'09, New Orleans, USA, Maggio 2009

#### Risorse web:

<http://www.open-mesh.org/>

<http://rd.csp.it/content/shelob-open-platform>

<http://www.pcengines.ch/alix.htm>

<http://www.ubnt.com/products/xr5.php>

<http://www.cpx.com/>

<http://media.polito.it/>

<http://www.ietf.org/>

<http://lscube.org/>

<http://www.mplayerhq.hu/>

<http://openwrt.org/>

<http://www.videolan.org/vlc/>

La pubblicazione VICSUM è stata curata da Claudio Casetti, Andrea Ghittino, Antonio Servetti, Stefano Cosenza.  
Fotografie di Massimo Schiro e Alessandro Bernard.

© 2009 - Politecnico di Torino, CSP Innovazione nelle ICT S.c.ar.l., Centro Ricerche Fiat. Tutti i diritti riservati.

La presente pubblicazione è distribuita da Politecnico di Torino, CSP Innovazione nelle ICT S.c.ar.l., Centro Ricerche Fiat con la licenza Creative Commons "Attribuzione - Non commerciale - Condividi allo stesso modo - 2.5 Generico Licence Italia", reperibile presso il seguente sito Internet: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/it/>.

Qui di seguito si riporta un sintetico riassunto della licenza ("Commons Deed") e delle facoltà concesse da Politecnico di Torino, CSP Innovazione nelle ICT S.c.ar.l., Centro Ricerche Fiat, attraverso essa. Il Commons Deed ha valore puramente informativo, non ha valore legale e il suo testo non compare nella licenza vera e propria, alla quale si rinvia. Qualunque altro diritto o attività non espressamente concessi in licenza sono da ritenersi riservati ai sensi della legge sul diritto d'autore.



Attribuzione - Non commerciale - Condividi allo stesso modo 2.5 Italia

Tu sei libero:

- di riprodurre, distribuire, comunicare al pubblico, esporre in pubblico, rappresentare, eseguire e recitare quest'opera;
- di modificare quest'opera.

Alle seguenti condizioni:



**Attribuzione.** Devi attribuire la paternità dell'opera nei modi indicati dall'autore o da chi ti ha dato l'opera in licenza.



**Non commerciale.** Non puoi usare quest'opera per fini commerciali.



**Condividi allo stesso modo.** Se alteri o trasformi quest'opera, o se la usi per crearne un'altra, puoi distribuire l'opera risultante solo con una licenza identica a questa.

- Ogni volta che usi o distribuisi quest'opera, devi farlo secondo i termini di questa licenza, che va comunicata con chiarezza.
- In ogni caso, puoi concordare col titolare dei diritti d'autore utilizzi di quest'opera non consentiti da questa licenza.

Le utilizzazioni consentite dalla legge sul diritto d'autore e gli altri diritti non sono in alcun modo limitati da quanto sopra.

Politecnico di Torino, CSP Innovazione nelle ICT S.c.ar.l., Centro Ricerche Fiat, OFFRONO LA PUBBLICAZIONE IN LICENZA "COSÌ COM'È" E NON FORNISCONO ALCUNA DICHIARAZIONE O GARANZIA DI QUALSIASI TIPO CON RIGUARDO ALL'OPERA, SIA ESSA ESPRESSA OD IMPLICITA, DI FONTE LEGALE O DI ALTRO TIPO, ESSENDO QUINDI ESCLUSE, FRA LE ALTRE, LE GARANZIE RELATIVE AL TITOLO, ALLA COMMERCIALIZZABILITÀ, ALL'IDONEITÀ PER UN FINE SPECIFICO E ALLA NON VIOLAZIONE DI DIRITTI DI TERZI O ALLA MANCANZA DI DIFETTI LATENTI O DI ALTRO TIPO, ALL'ESATTEZZA OD ALLA PRESENZA DI ERRORI, SIANO ESSI ACCERTABILI O MENO. ALCUNE GIURISDIZIONI NON CONSENTONO L'ESCLUSIONE DI GARANZIE IMPLICITE E QUINDI TALE ESCLUSIONE POTREBBE NON ESSERE APPLICABILE IN ALCUNI CASI.

SALVI I LIMITI STABILITI DALLA LEGGE APPLICABILE, IL LICENZIANTE NON SARÀ IN ALCUN CASO RESPONSABILE NEI CONFRONTI DEL LICENZIATARIO A QUALUNQUE TITOLO PER ALCUN TIPO DI DANNO, SIA ESSO SPECIALE, INCIDENTALI, CONSEGUENZIALE, PUNITIVO OD ESEMPLARE, DERIVANTE DALLA PRESENTE LICENZA O DALL'USO DELL'OPERA, ANCHE NEL CASO IN CUI IL LICENZIANTE SIA STATO EDOTTO SULLA POSSIBILITÀ DI TALI DANNI. NESSUNA CLAUSOLA DI QUESTA LICENZA ESCLUDE O LIMITA LA RESPONSABILITÀ NEL CASO IN CUI QUESTA DIPENDA DA DOLO O COLPA GRAVE.



Con la partecipazione di



Con il contributo di

