



**Speciale:
CONNECTED TRANSPORT**

3/2018



notiziario tecnico



Il Notiziario Tecnico è un social webzine, in cui è possibile discutere in realtime con gli autori i vari temi trattati negli articoli, restando in contatto su: www.telecomitalia.com/notiziariotecnico

Proprietario ed editore
Gruppo Telecom Italia

Direttore responsabile
Michela Billotti

Comitato di direzione
Enrico Maria Bagnasco
Daniele Franceschini
Gabriele Elia
Elisabetta Romano
Paolo Snidero

Art Director
Marco Nebiolo

Photo
123RF Archivio Fotografico
Archivio Fotografico TIM

Segreteria di redazione
Roberta Bonavita

Contatti
Via Reiss Romoli, 274
10148 Torino
Tel. 011 2285549
Fax 011 2285685
notiziariotecnico.redazione@telecomitalia.it

A questo numero hanno collaborato

Luigi Artusio
Giuseppe Avino
Armando Bazzani
Martin Beltrop
Mauro Boldi
Claudio Casetti
Maurizio Cecchi
Carla Fabiana Chiasserini
Ezio Chiocchetti
Enzo Contini
Carmen Criminisi
Claudio Diotallevi
Gabriele Elia
Maria Pia Galante
Fabrizio Gatti
Roberto Gavazzi
Robert M. Häusler
Roberto Lanzo
Giovanna Larini
Federico Bianco Levrin
Marco Malinverno
Nicola Pio Magnani
Davide Micheli
Giuliano Muratore
Paola Pisano
Luca Piccinelli
Giovanni Romano
Salvatore Scarpina
Aldo Vannelli
Gianluca Zaffiro

Editoriale

Si dice che il mondo dell'auto cambierà più nei prossimi 5 anni che nei 50 appena passati. Personalmente sono d'accordo, perchè il settore dell'auto e della mobilità stanno vivendo una fase accelerata di trasformazione digitale, e questa trasformazione è sia tecnologica che di modelli di business. Per immaginare l'impatto che essa avrà, possiamo ispirarci a quanto il digitale, la connettività e i big data, ovvero il "modello Internet", abbiano stravolto negli ultimi anni settori qualità l'editoria, la musica, i media, la TV, il commercio al dettaglio, il mondo dell'ospitalità, oltre ovviamente quello della comunicazione tra le persone e l'ambiente.

Sebbene le prime avanguardie di questa rivoluzione siano già note, con modelli come Uber o Tesla, il potere "disruptive" del digitale, rappresentato dalla triade connettività - mobilità - big data, si somma nel mondo dei trasporti all'evoluzione tecnologica di base (nella tecnologia per le batterie delle auto elettrica) e alla pressione regolatoria su scala globale (inquinamento, sostenibilità).

Sicuramente a breve vivremo un percorso che aumenterà la sicurezza dei veicoli, grazie ai sistemi di assistenza alla guida sempre connessi alla rete radiomobile; avremo una migliore qualità di vita a bordo, con i servizi telematici e di entertainment a larga banda di alta qualità; arriveremo progressivamente a disporre di forme di guida autonoma, che ci garantiranno maggior libertà su come impiegare il tempo del nostro viaggio, poiché non lo "sprecheremo", guidando.

Nuovi modelli di business basati anche sull'artificial intelligence, nasceranno per il mondo dei trasporti. Le stime degli analisti dicono che nel 2025 il 95% delle

auto saranno "connesse", e che ci saranno oltre 800 milioni di veicoli connessi al mondo. La connettività 4G e poi 5G, i nuovi standard per la sicurezza dei trasporti, il così detto C-V2X, e le soluzioni di edge computing, ne saranno gli abilitatori.

Questa trasformazione è parte integrante di un percorso più grande che comprende l'evoluzione delle smart city in senso lato: trasporti efficienti, il miglioramento della mobilità e la sostenibilità sono tra i grandi obiettivi delle nuove smart city, che si avvarranno di un approccio nuovo e potente dei big data, generati dai sensori e dagli oggetti urbani in generale. E come per l'automotive, anche nelle smart city la rete, sempre più efficiente, diffusa e aperta allo sviluppo di servizi da Terzi tramite API ed exposure, sarà un fattore chiave. Basti pensare che il 30% del traffico di alcune città è generato semplicemente dal movimento di auto in ricerca del parcheggio. Oppure consideriamo quanto la logistica della consegna porta a porta, che può essere automatizzata con robot a guida autonoma, cambierà il volto dell'e-commerce. Le città del futuro utilizzeranno sempre più i dati anche in real time per il loro funzionamento e per gestirne la complessità crescente. Le reti saranno la cerniera tra questi mondi, che devono considerarsi evoluzione e rivoluzione di trasporti, logistica e mobilità da cui usciranno smart transport e smart city profondamente trasformati, confido, in meglio ■

Elisabetta Romano, CTO di TIM

Indice



Ezio Chiochetti, Fabrizio Gatti, Giovanna Larini, Gianluca Zaffiro

Smart Mobility: come cambia il ruolo dell'Operatore

Con il termine Smart Mobility si fa riferimento all'innovazione dei sistemi di trasporto tramite una gestione intelligente e altamente tecnologica degli spostamenti di persone e merci per ridurre gli sprechi di tempo e denaro,



Maurizio Cecchi, Carmen Criminisi, Gabriele Elia, Roberto Gavazzi

Overview sui trial europei

Le tecnologie digitali che si sono sviluppate, e si stanno evolvendo in questi ultimi anni, sono state sempre più introdotte anche nel mondo dell'automotive, su strada e sui veicoli, costituendo quindi l'insieme dei sistemi di trasporto intelligente ITS (Intelligent Transport Systems).



Claudio Diotallevi

Futuro della mobilità: la parola a Ericsson

Autonomous Driving promises to increase road safety and to ensure mobility for those unable to drive, or to enable industrial use cases in logistic or enterprise areas like port or warehouses.



Martin Beltrop

Futuro della mobilità: la parola a Nokia

Autonomous Driving, as well as new concepts in the area of shared mobility, are intensively debated these days. Environmental aspects, improved traffic safety as well as the time we all spend in traffic jams in big cities are drivers to re-think our current mobility concepts.



Luca Piccinelli

Futuro della mobilità: la parola a Huawei

Le automobili hanno una crescente necessità di connessione automatizzata. Ci troviamo infatti, in forza di un'analisi recentemente effettuata dal nostro centro di ricerca di tecnologia mobile europeo, tra il secondo e terzo livello di automazione, nella fase di transizione tra la "partial automation" e la "condi-



Maria Pia Galante, Nicola Pio Magnani, Giovanni Romano

L'evoluzione dello standard 3GPP C-V2X

Il 5G intende rispondere alle esigenze di una molteplicità di settori industriali che fino ad oggi dovevano rivolgersi a soluzioni verticali ad hoc, e intende quindi allargare l'ecosistema radiomobile ai mercati adiacenti, proponendosi come la piattaforma tecnologica della nuova rivoluzione industriale.



Paola Pisano

Torino Smart Road

Le tecnologie digitali che si sono sviluppate, e si stanno evolvendo in questi ultimi anni, sono state sempre più introdotte anche nel mondo dell'automotive, su strada e sui veicoli, costituendo quindi l'insieme dei sistemi di trasporto intelligente ITS (Intelligent Transport Systems).



Davide Micheli, Giuliano Muratore, Aldo Vannelli

La mobilità di breve e lungo raggio con le innovative misure radiomobili e l'Intelligenza Artificiale

I servizi digitali basati sui Big Data dei Telco Operator giocano ormai un ruolo importante nella comprensione dei fenomeni urbani.



Robert M. Häusler

IoT's, Citizens, Cities and Communities, network everyone!

It is not enough to connect devices together, if the human remains on track, said trend researchers and Mercedes-Benz Consulting Customer Management experts.



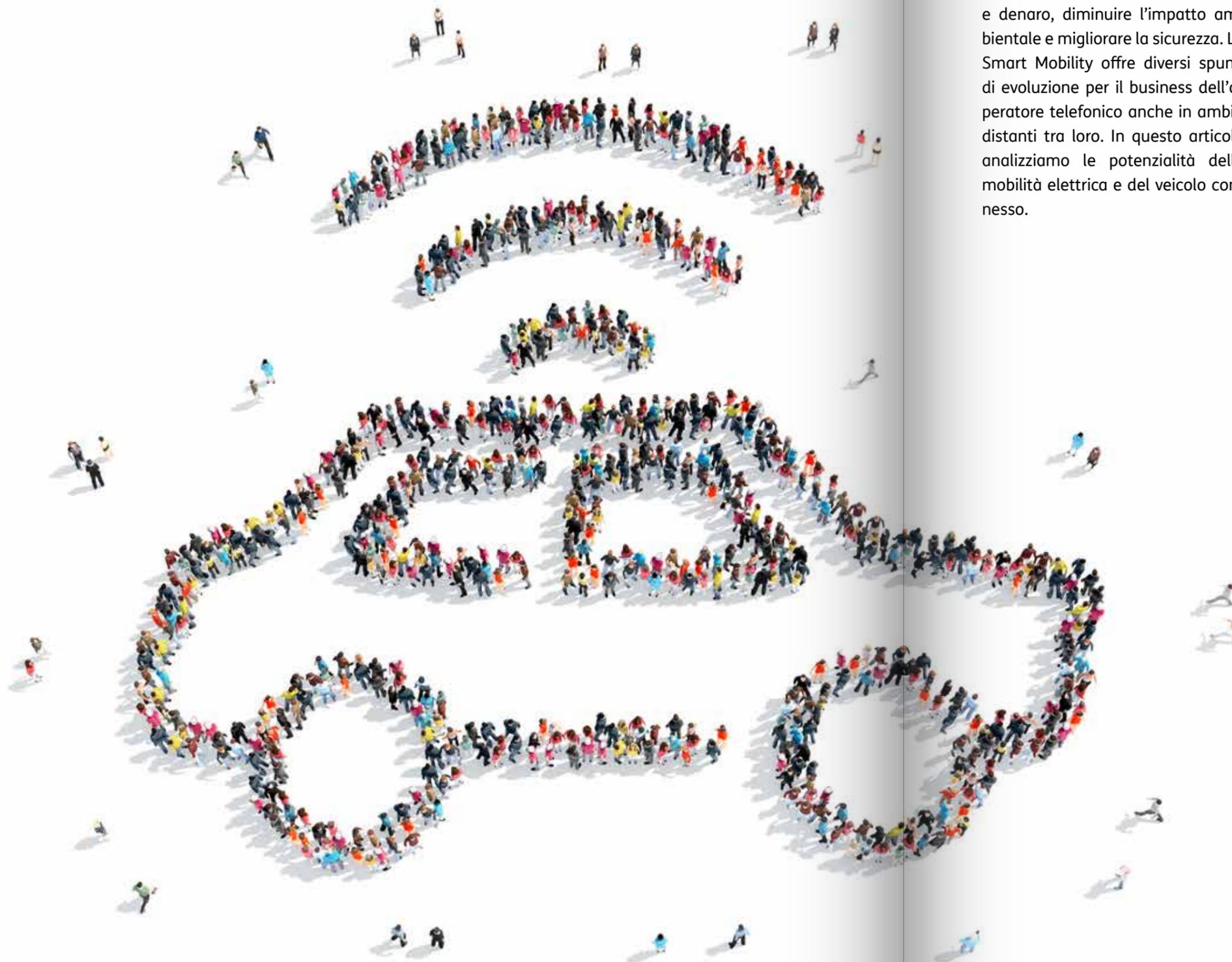
Giuseppe Avino, Claudio Casetti, Clara Fabiana Chiasserini, Marco Malinverno

Avoiding Car Crashes using Cellular V2I Communication

This article describes one of the research activities currently carried out within the Center for Automotive Research and Sustainable (CARS [note 1])

SMART MOBILITY: COME CAMBIA IL RUOLO DELL'OPERATORE

Ezio Chiocchetti, Fabrizio Gatti, Giovanna Larini, Gianluca Zaffiro



Introduzione

Con il termine Smart Mobility si fa riferimento all'innovazione dei sistemi di trasporto tramite una gestione intelligente e altamente tecnologica degli spostamenti di persone e merci per ridurre gli sprechi di tempo e denaro, diminuire l'impatto ambientale e migliorare la sicurezza. La Smart Mobility offre diversi spunti di evoluzione per il business dell'operatore telefonico anche in ambiti distanti tra loro. In questo articolo analizziamo le potenzialità della mobilità elettrica e del veicolo connesso.

Servizi di Mobilità elettrica

La mobilità elettrica emerge come soluzione nei contesti urbani densamente popolati come risposta per l'inquinamento ambientale e le emissioni di CO₂. La diffusione dei veicoli elettrici necessita di una strategia di dispiegamento dei punti di ricarica e di una gestione intelligente delle ricariche stesse. La ricarica dei EV (*Veicoli Elettrici*) si basa principalmente su tre soluzioni:

- Punti di ricarica pubblici o condivisi (lungo la strada o in aree di parcheggio);
- Punti di ricarica privati (in parcheggi o aree private);
- Cambio della batteria - principalmente per scooter **[nota 1]**.

I punti di ricarica pubblici possono essere collocati nelle aree urbane e lungo i corridoi autostradali. Gli studi attuali considerano più probabile la diffusione dell'uso di EV nel contesto urbano [1], mentre al di fuori di questo è più probabile la diffusione di veicoli a trazione ibrida o con altre tecnologie (per es. celle a combustibile), si veda approfondimento: "Use Case veicolo elettrico".

La rete di ricarica dei veicoli elettrici richiede una complessa gestione della disponibilità dei punti di carica in relazione allo stato di carica dei veicoli circolanti, complessità che può essere ben affrontata all'interno di una Smart City utilizzando le risorse tipiche della stessa, ovvero la connettività diffusa e la rete 5G, l'intelligenza degli "oggetti" (colonnine di ricarica, veicoli elettrici connessi), i Big Data e l'applicazione di modelli di AI.

La diffusione dei veicoli elettrici abilita, in relazione alle necessità di ricarica degli stessi, alcune opportunità di business quali (Figura 1):

1. la costruzione e la vendita di apparecchiature di ricarica per EV;
2. il dispiegamento e l'esercizio delle stazioni di ricarica pubblica EV;
3. l'offerta di soluzioni di gestione della ricarica per EV;
4. il supporto alla pianificazione della rete di ricarica EV.

Mentre la prima opportunità non interessa particolarmente i Telco, nel secondo caso invece alcuni operatori stanno già proponendo delle soluzioni. Si tratta per esempio di Deutsche Telekom, che ha deciso di aggiungere capacità di ricarica per EV entro il 2020 a 11.500 cabinet e in 500 centrali telefoniche opportunamente selezionate [2], utilizzando la sua consociata PASM, che agisce in qualità di gestore del sistema di distribuzione. Anche KT ha installato oltre 3.600 stazioni di ricarica EV a livello nazionale e sta testando la tecnologia V2G (*Vehicle-to-Grid*) [3].



1
Mappa delle opportunità per i Telco per la mobilità elettrica e la elettrificazione

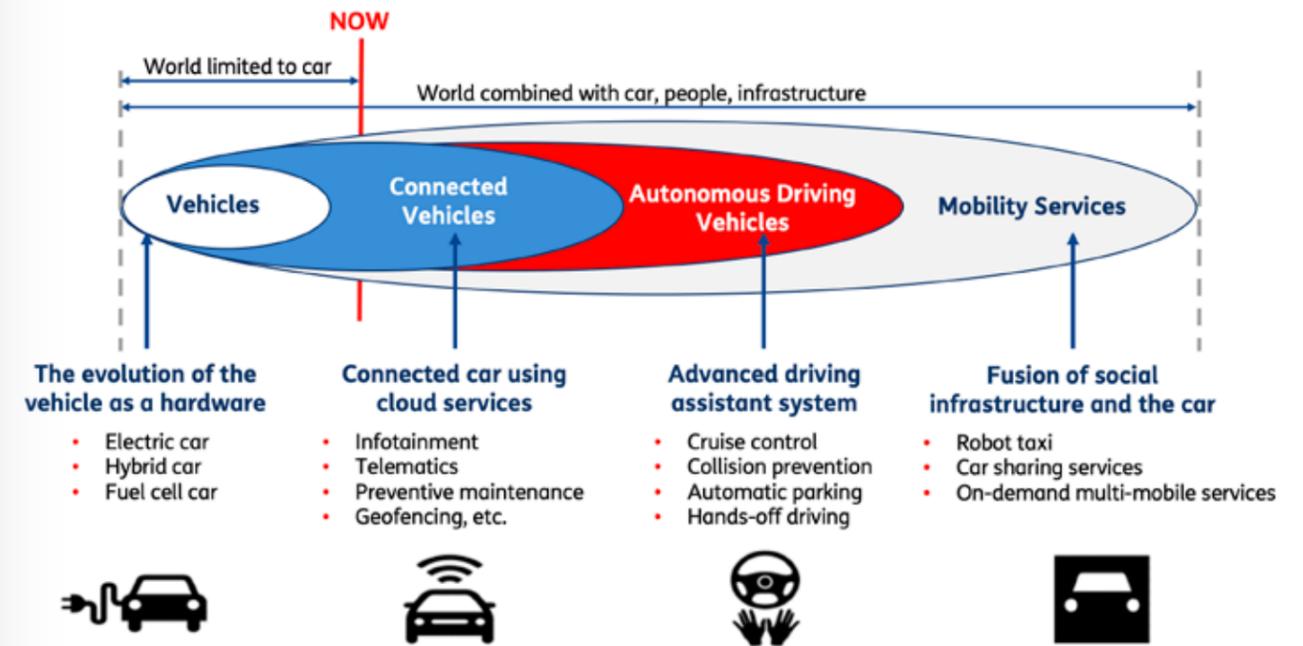
La terza opportunità è indirizzabile dai Telco facendo leva su tecnologie come 5G, IoT, Big Data e Cloud e su piattaforme che supportano funzionalità orizzontali come l'autenticazione, l'addebito, la fatturazione. È così possibile l'aggregazione, visualizzazione dei dati sia per gli operatori di rete di ricarica EV (es.: stato delle apparecchiature, guasti), sia per i conducenti (es.: prenotazione del punto di ricarica, calcolo dei tempi di ricarica). In questo ambito si sono mosse per esempio AT&T in partnership con Schneider Electric, con un servizio che consente la connettività IoT nelle stazioni di ricarica EVlink per EV [4], e NTT DATA che ha sviluppato OCC (Open Charging Station Controller), un sistema di gestione dei punti di ricarica [5]. Infine i Telco possono offrire dati utili alla pianificazione della rete di ricarica espressi con mappe di spostamento (con dati di durata, lunghezza) per cluster di area (urbana, extraurbana, autostradale), ricavate

con i Big Data Analytics su mobilità di persone e mezzi connessi [6].

Servizi di mobilità connessa, cooperante e automatizzata

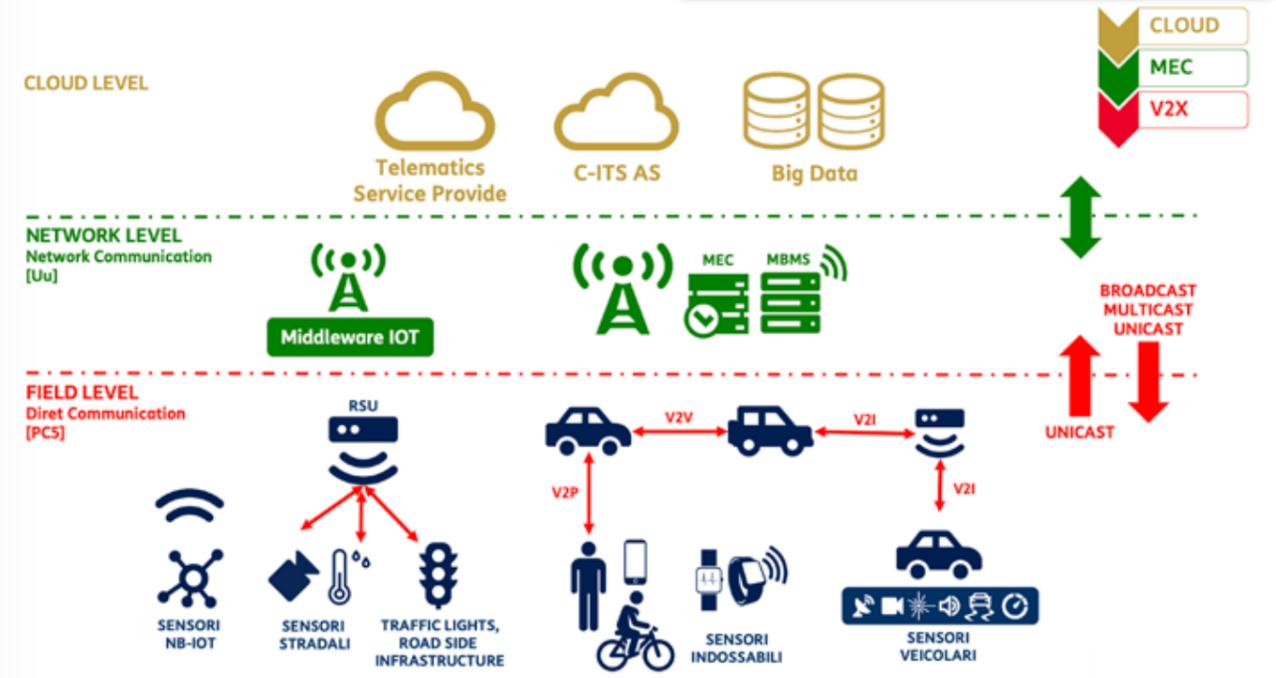
I sistemi di trasporto nel loro complesso stanno evolvendo verso paradigmi di mobilità connessa, cooperante e automatizzata CCAM (Connected, Cooperative and Automated Mobility) in cui il veicolo diventa parte di un ecosistema connesso che include le infrastrutture stradali intelligenti, i sensori distribuiti, i centri di controllo privati e pubblici (Internet of Things). Ogni nodo di questa rete è in grado di scambiare dinamicamente i dati e le informazioni con gli altri nodi creando così un ambiente cooperativo distribuito che viene considerato l'attivatore principale di servizi ICT innovativi per le amministra-

zioni pubbliche, le aziende legate alla mobilità e gli utenti finali. In Figura 2 viene riportato un scenario esemplificativo che descrive le evoluzioni del veicolo dal punto di vista costruttivo, della connettività, delle funzionalità di automatizzazione e dei servizi resi possibili dalla cooperazione con il mondo circostante. Le ultime generazioni di tecnologie TLC, il 4G/LTE e il 5G (in corso di introduzione), hanno sancito l'inclusione delle comunicazioni M2M (Machine to Machine) accanto alle classiche comunicazioni voce e dati. Si sta delineando quindi un ecosistema basato su una architettura a tre livelli (Figura 3). In quello inferiore, field level, sono raggruppati tutti i dispositivi dislocati sul territorio (sensori ambientali, infrastrutture stradali, veicoli connessi, dispositivi indossabili e/o smartphone) che possono comunicare tra di loro sia in modalità peer-2-peer (es. paradigma V2X), sia nella classica modalità gerarchica della rete TLC



2
L'evoluzione dei Mobility Services
(fonte <http://www.greencarcongress.com/2016/11/20161129-nissan.html>)

3
Architettura ecosistema TLC per servizi di mobilità



VEICOLO ELETTRICO

Luigi Artusio, Gianluca Zaffiro

I veicoli elettrici in contesto urbano

L'evoluzione verso veicoli dotati di motori innovativi è legata alla sostenibilità ambientale e climatica e alla saturazione del mercato automobilistico nei paesi sviluppati, che spinge le aziende verso nuovi veicoli. L'Unione Europea ha emesso una direttiva che richiede di raggiungere nel 2030 un abbattimento delle emissioni di CO₂ del 40% rispetto al 1990, il ricorso al 27% di fonti rinnovabili, e il raggiungimento del 27% di efficienza nella produzione di energia [7]. Raggiungere l'obiettivo di riduzione di CO₂ per le auto a combustione interna è molto sfidante e richiederebbe la disponibilità di motori che emettano 95 grammi di CO₂ al km, da cui la spinta verso i veicoli elettrici e altri motori.

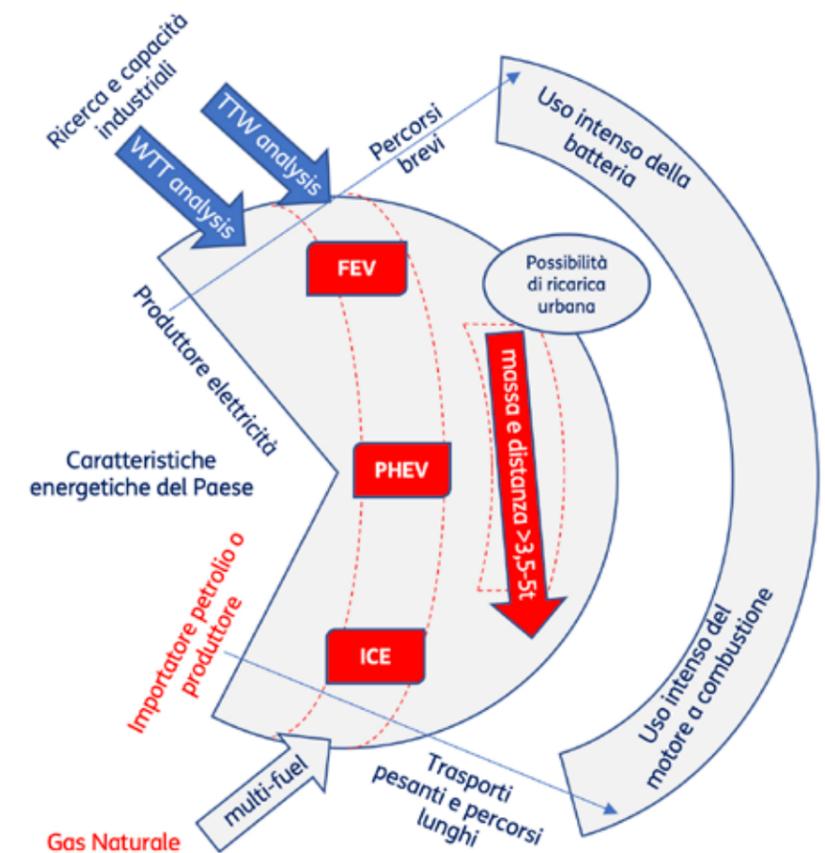
I veicoli elettrici oggi sono condizionati dal costo e dal peso delle batterie al litio, oltre che dalla ridotta diffusione di punti di ricarica. Attualmente è ipotizzabile che i veicoli elettrici si diffondano principalmente in città per i seguenti motivi:

- la densità abitativa urbana, a cui corrisponde la maggiore concentrazione di possesso di EV;
- la tipologia di impiego (media di percorrenza urbana più bassa, compatibile con l'autonomia delle batterie);
- il costo di "elettrificazione", minore nel contesto urbano;
- l'urgenza di intervento per le problematiche di inquinamento, più gravi in ambito urbano.

Al di fuori dei centri urbani, o anche per uso misto in città e fuori, risulta al momento più efficace l'adozione di vetture con motore ibrido (a combustione



A
Trade-off tra diverse soluzioni di trasporto a motore [8].



Legenda:
 WTT - Well To Tank (dal pozzo al serbatoio)
 TTW - Tank To Wheel (dal serbatoio alle ruote)
 FEV - Full Electric Vehicle (veicolo elettrico)
 PHEV - Plug-In Hybrid Electric Vehicle (veicolo elettrico ibrido con plug-in)
 ICE - Internal Combustion Engine (motore a combustione interna)

ed elettrico v. Figura B). Le soluzioni offerte da altre tipologie di motori, come quelli a gas naturale o a idrogeno, al momento sembrano meno favorite rispetto a quelle con motore elettrico.

I veicoli elettrici a fuel cell

Un'alternativa futura sarà costituita dai veicoli elettrici con cella a combustibile (o fuel cell), che impiega la reazione tra l'idrogeno, disponibile in un serbatoio a bordo, e l'ossigeno, preso dall'aria, mediata da un catalizzatore, tipicamente in platino. Oltre alla maggiore autonomia, l'auto ad idrogeno, ha, rispetto

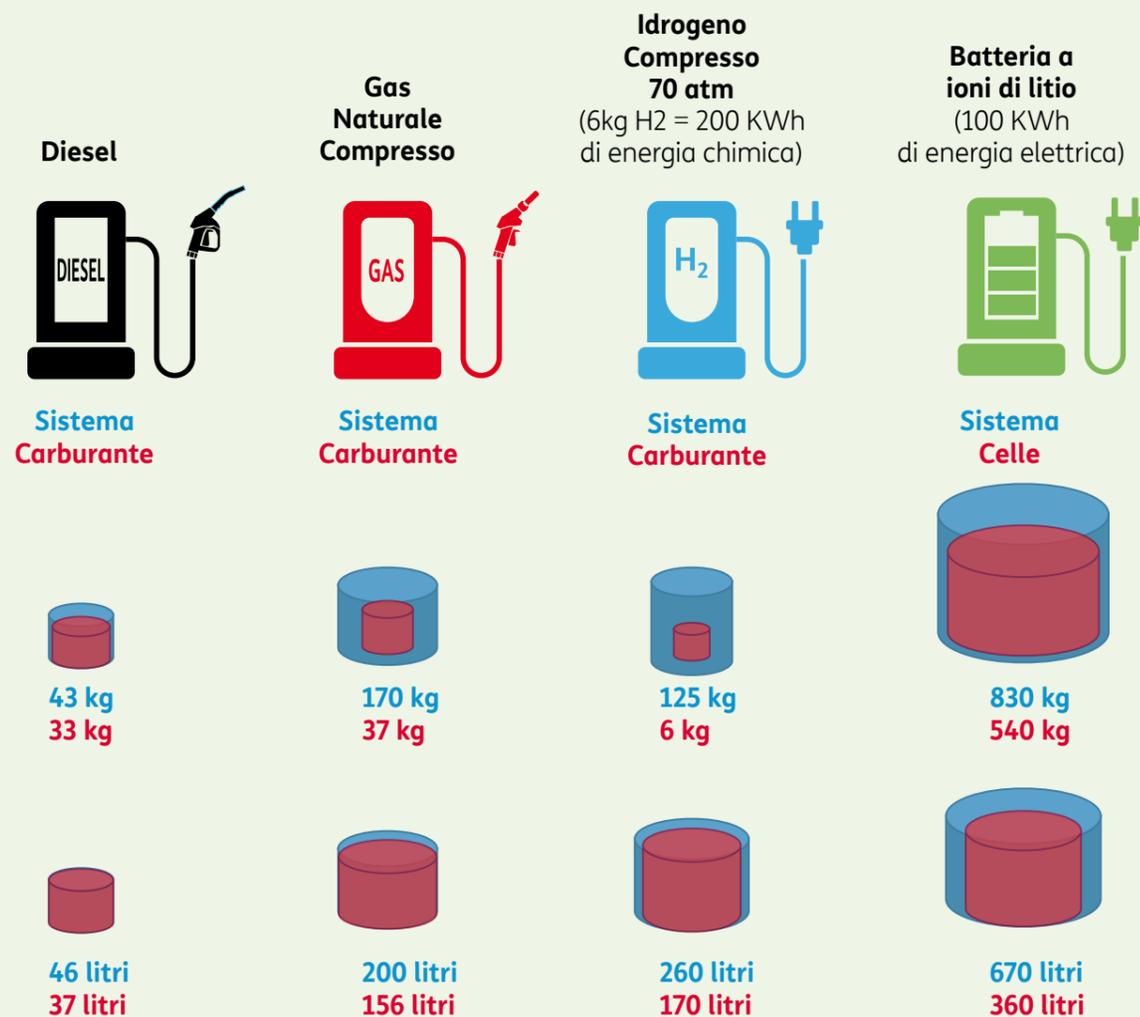
all'auto elettrica a batteria, il vantaggio di un ridotto tempo di ricarica (rifornimento). Inoltre la cella a idrogeno ha il vantaggio di un volume e peso inferiore alle batterie litio (Figura B).

Il costo delle vetture fuel cell potrebbe scendere anche del 90% entro il 2020 per effetto delle economie di scala [9].

→ Politiche per la mobilità elettrica

L'introduzione della mobilità sostenibile nelle città è spesso accompagnata da politiche di incentivazione, per favorire il dispiegamento di punti di ricarica. Per esempio il Comune di Torino ha messo in atto un piano per stimolare la realizzazione di infrastrutture per la ricarica elettrica in città. Il Comune

avvantaggerà i soggetti che richiederanno l'occupazione del suolo pubblico lungo le strade per lo stazionamento delle auto in ricarica, dandone priorità rispetto all'impiego come aree di parcheggi per le auto a combustione. La realizzazione di questi punti di ricarica inoltre godrà dell'esenzione della tassa di occupazione del suolo pubblico, se il servizio di ricarica sarà aperto ■



B
Confronto tra mobilità a combustione e a batteria: peso e volume dei sistemi di immagazzinamento dell'energia richiesti per spostamenti di 500 km [9].

per interagire con le relative piattaforme di servizio. Nel *network level* l'infrastruttura mobile e fissa dell'operatore consente di offrire, accanto alla classica gestione dei flussi, feature innovative quali le piattaforme IoT di raccolta e sistematizzazione dati, gli ambienti di edge computing (MEC) per le applicazioni che necessitano di latenze basse ed i sistemi per la gestione delle diverse modalità di comunicazione (Broadcast/Multicast/Unicast). Infine sul *cloud level* si attestano le piattaforme di servizio coadiuvate dai sistemi di supporto come quelli deputati alla gestione ed all'analisi dei Big Data.

All'interno di questo schema generale la prossima generazione 5G offrirà ai servizi di mobilità nuove funzionalità, che vanno oltre il semplice conseguimento di migliori prestazioni operative (es. ampiezza di banda, latenza, affidabilità) garantite dall'accesso radio progettato secondo il paradigma URLLC (*Ultra Reliable Low Latency communication*). Il *network slicing* consentirà la creazione di reti logiche complete che potranno essere dedicate alla gestione di ambiti specifici quali le infrastrutture stradali.

La sicurezza dell'ecosistema sarà migliorata attraverso l'applicazione di meccanismi di *trusted identity*, *trusted data* e *trusted infrastructure*. Infine saranno implementati algoritmi di localizzazione spaziale di grande precisione più adatti alla gestione di nodi in mobilità.

Possibili ruoli dell'operatore

Nell'ambito dei servizi di Smart Mobility gli operatori mobili svolgono un ruolo importante negli aspetti di connettività ma è possibile cogliere nuove opportunità di mercato per nuovi ricavi.

Servizi di infrastruttura: per soluzioni efficaci i dati devono essere raccolti, elaborati e archiviati in uno o più punti centrali e resi disponibili per le diverse applicazioni e gli operatori possono fornire loro stessi i servizi cloud. Inoltre possono realizzare soluzioni di Mobile Edge Computing, che permettono di offrire servizi di elaborazione e archiviazione vicini al cliente e con basse latenze (esempio servizi di sicurezza e traffico ai veicoli in mobilità). Infine è possibile realizzare servizi di infrastruttura per ricarica di EV basati sugli asset dell'operatore (cabinet e centrali).

Servizi basati sui dati (anche Big Data): l'insieme di dati che vengono scambiati dai veicoli connessi e cooperatori fra di loro e con l'ambiente circostante (infrastrutture, sensori e applicazioni) possono essere raccolti e sfruttati per molte applicazioni, combinati con altre fonti di dati e utilizzati per generare nuovi servizi (verifica dell'integrità dei dati, fornitura a terze parti per l'erogazione di ulteriori servizi, analisi per offrire direttamente servizi verticali). Nello specifico della diffusione di mobilità elettrica, possono essere offerti servizi orizzontali di gestione delle infrastrutture di ricarica e dei veicoli

EV, e servizi di mappatura della mobilità basati su Big Data a supporto della pianificazione delle infrastrutture di ricarica EV.

Servizi di sicurezza e privacy: come fornitori di connettività gli operatori svolgono già un ruolo chiave nella sicurezza garantendo la trasmissione sicura dei dati attraverso la loro rete e un'autenticazione valida tramite l'uso della SIM, e possono proporsi come provider di identità, offrire servizi di monitoraggio della sicurezza e di gestione end-to-end della stessa.

Un ulteriore aspetto non trascurabile è il ruolo che l'operatore potrà assumere come aggregatore e orchestratore di nuovi servizi per specifiche esigenze creando partnership con i vari stakeholder del settore.

La *Figura 4* riporta la visione dell'evoluzione del ruolo dell'operatore mobile secondo uno studio condotto da GSMA e IDC in cui si evidenziano i fattori di trasformazione secondo un percorso che partendo dagli aspetti di connettività (Connect) aumenta (Empower) e trasforma (Transform) il ruolo degli operatori mobili nell'ambito dei servizi IoT.

Conclusioni

L'evoluzione delle telecomunicazioni con la diffusione del 5G e dell'IoT offre ulteriori opportunità per i Telco che, nel contesto della mobilità, possono essere intraviste con la dif-

USE CASE SPERIMENTAZIONE AUTO CONNESSA 5G

Federico Bianco Levrin, Enzo Contini

Interessata da sempre a cogliere opportunità e nuove sfide, TIM ha iniziato ad affrontare il tema delle problematiche connesse alla Smart Mobility attraverso un insieme di casi d'uso definiti nell'ambito delle sperimentazioni in atto della rete 5G. Lo scopo è quello di verificare il contributo che può fornire il gestore di Telecomunicazioni al tema dell'auto connessa, integrando le informazioni presenti on-board sui veicoli con una ricca quantità di dati provenienti dalla rete. In questo modo l'orizzonte dei veicoli viene virtualmente ampliato grazie alle caratteristiche della nuova rete 5G che, con la sua ampia banda di trasmissione e i ridotti tempi di latenza, soddisfa i stringenti requisiti del mondo delle auto connesse.

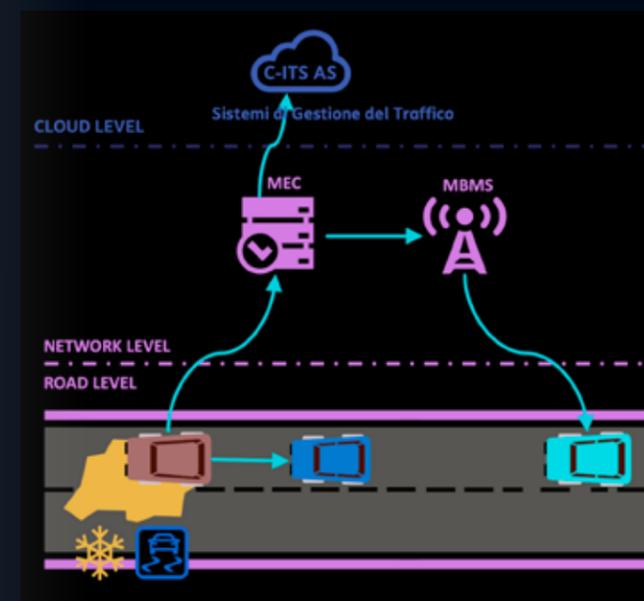
Nel seguito vengono riportati due casi d'uso scelti tra i molti proposti ed in fase di studio e realizzazione.

Segnalazione di eventi pericolosi tra auto connesse

Questo caso d'uso rientra tra quelli di Assisted driving in cui, ai veicoli interessati, vengono trasmesse notifiche relative a situazioni potenzialmente pericolose. In questi scenari, legati alla sicurezza stradale, risulta essenziale disporre di ridotti tempi di latenza per la trasmissione dati, che si possono ottenere anche sfruttando le caratteristiche della nuova architettura del Multi-access

Edge Computing (MEC). Questa soluzione consente alle applicazioni di essere eseguite sui nodi di accesso della rete mobile e di sfruttare direttamente l'accesso radio.

In questa sperimentazione ciascun'auto connessa condivide con gli altri veicoli le informazioni utili per la sicurezza, raccolte dai suoi sensori durante il tragitto (es. sbandamento per strada ghiacciata/sdrucchiole, fondo sconnesso, segnalazione luci di emergenza). Messaggi standard (DENM) consentono il trasferimento di tali dati in rete, dove vengono raccolti da un servizio sul MEC, che si occupa di propagarli sia verso un cloud esterno per eventuali ulteriori elaborazioni sia in broadcast sul territorio. I veicoli che sopraggiungono, interpretando tali informazioni, possono intraprendere le opportune azioni (es. rallentare, modificare il tragitto, allertare l'autista).

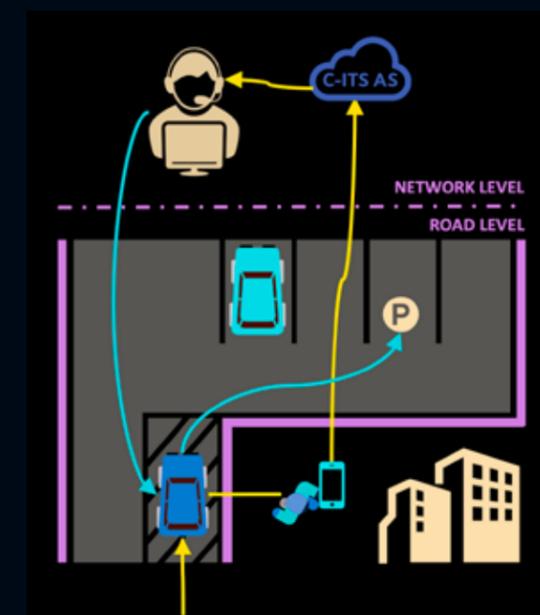


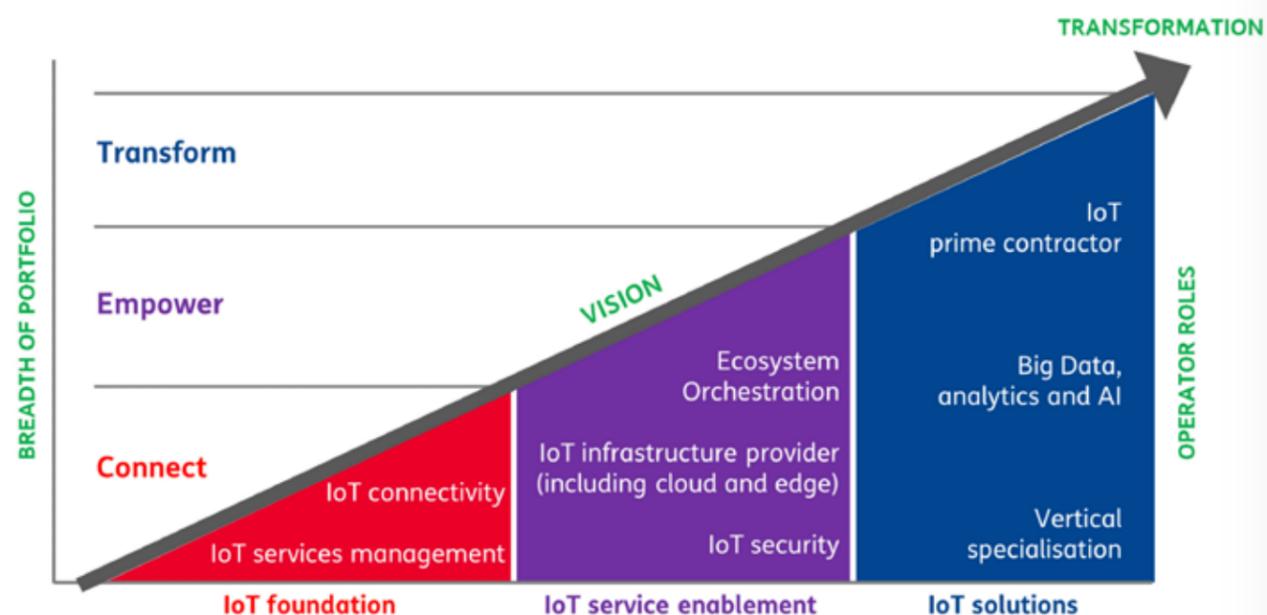
Servizio di parcheggio autonomo

Questo secondo caso d'uso rientra tra quelli di Autonomous driving, che consentono di realizzare scenari di guida senza un intervento diretto di un guidatore sul veicolo. Nel caso prescelto di Valet Parking, un operatore remoto muove il mezzo, avendo a disposizione una perfetta conoscenza

dell'ambiente in cui si trova il veicolo grazie all'ampia banda disponibile in upload, che consente di avere un flusso video real-time di elevata qualità prodotto da una telecamera presente sul mezzo.

In questo scenario il conducente lascia il veicolo su un'area di rilascio presente presso un area di parcheggio presidiata. Un operatore remoto prende il controllo del mezzo, movimentandolo fino a condurlo su una piazzola libera. Il sistema provvede ad avvisare il proprietario dell'avvenuto parcheggio ed un'analoga procedura consentirà il recupero del mezzo ■





4

Evoluzione dei ruoli dell'operatore mobile

(fonte <https://www.gsma.com/iot/wp-content/uploads/2018/09/New-Roles-for-Operators-in-the-IoT-k.pdf>)

fusione dei veicoli elettrici e dei veicoli connessi.

Nel caso dei veicoli elettrici le opportunità si riassumono nel contribuire al dispiegamento di stazioni di ricarica pubbliche per EV, come sta facendo Deutsche Telekom in Germania, nel realizzare una piattaforma software che gestisca una rete di ricarica per EV multi-vendor, integrata con servizi di mobilità

elettrici, (ad esempio la piattaforma OCC di NTT Data) o infine nell'offrire supporto alla progettazione della rete di ricarica, per costruire mappe di mobilità sfruttando i Big Data Analytics.

Per quanto riguarda il veicolo connesso, si evidenziano le seguenti potenzialità: la possibilità di dedicare reti logiche riservate a infrastrutture e veicoli connessi in mobilità, di

offrire capacità elaborativa a bordo rete (MEC) per applicazioni a bassa latenza, di offrire una piattaforma multi purpose in grado di integrare applicazioni di terze parti con dati e funzionalità di TIM.

L'operatore TLC potrà assumere un ruolo trainante se riuscirà ad evolvere da mero fornitore di connettività a fornitore a 360 gradi di servizi a valore aggiunto ■

Acronimi

CCAM Connected, Cooperative and Automated Mobility
C-V2X Cellular - Vehicle to everything
EV Electric Vehicle
GSMA GSM Association
IDC International Data Corporation

IoT Internet of Things
MEC Mobile Edge Computing
M2M Machine To Machine
URLLC Ultra Reliable Low Latency Communication

Note

[1] Caso non trattato in questo articolo, sebbene sia un modello in diffusione, assieme a quello delle biciclette a pedalata assistita.

[2] Riferimento all'iniziativa del Comune di Torino <http://www.comune.torino.it/trasporti/archivio-news/rete-di-ricarica-per-veicoli-elettrici-da-lunedì-1.shtml>

Bibliografia

- [1] Dalla Chiara, B., Pellicelli, M. (2018), Sustainable road transport from the energy and modern society points of view: Perspectives for the automotive industry and production, *Journal of Cleaner Production* 133 (2016) 1283-1301
- [2] Telecompaper (2018), Deutsche Telekom to begin building e-car charging network in summer <https://www.telecompaper.com/news/deutsche-telekom-to-begin-building-e-car-charging-network-in-summer--1234968>
- [3] KoreanTimes (2018) KT wins out in electric car charging business, https://www.koreatimes.co.kr/www/tech/2018/02/133_244106.html
- [4] AT&T News (2018), AT&T and Schneider Electric unveil Proof of Concept Enabling IoT Connectivity in EVlink Electric Vehicle Charging Stations http://about.att.com/story/iot_connectivity_in_evlink_electric_vehicle_charging_stations.html
- [5] NTT DATA (2018), Open Charging Station Controller (OCC) for the development of future mobility society, <https://www.nttdata.com/global/en/success-stories/2018/february/open-charging-station-controller-for->

[future-mobility-society](#)

- [6] Dalla Chiara, B., Delorio, F., Eid, M. (2018), Analysis of real driving data to explore travelling needs in relation to hybrid-electric vehicle solution, Elsevier, *Transport Policy* <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0967070X17305243>
- [7] EC (2014), Libro Bianco su clima ed energia 2030 https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2030_it
- [8] Dalla Chiara, B. (2018), Elettificazione ed ibridizzazione del trasporto su strada: perché ed a quali condizioni, Convegno Fondazione TELIOS, FutureMobilityWeek, Torino.
- [9] Baricco, M. (2018), "Mobilità idrogeno: mito o realtà?" Convegno Fondazione TELIOS, FutureMobilityWeek, Torino.
- [10] 5G Automotive Vision <https://5g-ppp.eu/wp-content/uploads/2014/02/5G-PPP-White-Paper-on-Automotive-Vertical-Sectors.pdf>
- [11] C-ITS platform phase II - Final Report Settembre 2017 - European Commission <https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/2017-09-c-its-platform-final-report.pdf>

- [12] C-ITS platform Final Report January 2016 <https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/themes/its/doc/c-its-platform-final-report-january-2016.pdf>
- [13] ETSI White Paper No. 11 (2015) - Mobile Edge Computing A key technology towards 5G https://www.etsi.org/images/files/ETSIWhitePapers/etsi_wp11_mec_a_key_technology_towards_5g.pdf

- [14] ETSI GR MEC 022 V2.1.1 (2018-09) Multi-access Edge Computing (MEC); Study on MEC Support for V2X Use Cases https://www.etsi.org/deliver/etsi_gr/MEC/001_099/022/02.01.01_60/gr_MEC022v020101p.pdf
- [15] Merigo, F. (2018), Quale futuro per i carburanti alternativi?, Convegno Fondazione TELIOS, FutureMobilityWeek, Torino.



Ezio Chiocchetti ezio.chiocchetti@telecomitalia.it

laureato in Scienze dell'Informazione entra in CSELT nel 1988 occupandosi di Linguaggi Formali di Specifica in progetti europei e presso l'ITU. Nel periodo 1993 - 2006 è responsabile di attività in ambito ITS di Telecom Italia (valutazione prestazionale OSS e sviluppo/collauda dei processi di delivery dei servizi fonia e dati in Italia e per le controllate europee). A seguire 2007, sempre in ambito ITS, partecipa alle nuove tematiche legate all'introduzione della Software Oriented Architecture. Dal 2009 si occupa della applicazione della metodologia Lean per il miglioramento dei processi in ambito Data center e Top Client. Dal 2011 lavora nell'ambito dei Servizi Innovativi (prima nella funzione Technology, ora in Strategy, Innovation & Customer Experience) occupandosi in una prima fase di servizi di e-commerce (progetto finanziato Multitaly) e di gestione del telemonitoraggio sulla capillary network, e attualmente nell'ambito dei veicoli connessi, partecipando a progetti di ricerca finanziati in ambito nazionale (URBeLOG) e internazionali (AUTOPILOT) ■



Fabrizio Gatti fabrizio1.gatti@telecomitalia.it

laureato in Fisica, entra in azienda nel 1992 analizzando le problematiche di qualità e affidabilità dei sistemi tlc. In seguito passa ad occuparsi della gestione delle tematiche ambientali associate alle attività degli operatori di telecomunicazioni dove ha partecipato a vari progetti EURESCOM e ha rappresentato Telecom Italia nell'ambito del Task team "Waste" nel Working Group "Environment" di ETNO. Attualmente, nell'ambito della struttura di Services Innovation della direzione di Strategy, Innovation & Customer Experience, coordina le attività relative alla progettazione e alla prototipazione di nuovi concept per il veicolo connesso/autonomo, l'ITS e la City Logistics, partecipando in rappresentanza dell'azienda a progetti di ricerca finanziati in ambito nazionale come URBeLOG (in cui è stato Responsabile di Progetto), e internazionali, come "AUTOPILOT", "Team" e "ecoMove". ■



Giovanna Larini giovanna.larini@telecomitalia.it

Dal 2016 lavora nel settore dei Servizi Innovativi della direzione Strategy, Innovation & Customer Experience in cui è responsabile delle attività di ricerca ed innovazione in ambito veicoli connessi. Dal 2006 al 2015 è stata responsabile dei servizi innovativi per il mercato verticale Health e Wellness dove ha seguito la progettazione della piattaforma di tele-monitoraggio HomeDoctor e il progetto di ricerca MC3Care finanziato dal MIUR. Dal 1998 al 2005 è stata responsabile dello sviluppo e gestione dei sistemi amministrativi/ gestionali per CSELT e TILAB basati sulla piattaforma SAP. Dal 1994 al 1997 è stata responsabile del progetto di realizzazione e gestione dei servizi intranet aziendali e dei sistemi per la gestione della documentazione tecnica per CSELT. Si è laureata nel 1985 in Scienza dell'Informazione all'Università di Torino e nello stesso anno ha iniziato a lavorare presso lo CSELT occupandosi di Linguaggi Formali di Specifica e strumenti di supporto ■



Gianluca Zaffiro gianluca.zaffiro@telecomitalia.it

ingegnere elettronico con Master in Telecomunicazioni e certificazione PMP®, entra in Telecom Italia nel 1994. Da oltre 10 anni si occupa di analizzare scenari e trend di medio/lungo a supporto delle strategie aziendali e dell'innovazione. È stato responsabile per Telecom Italia dell'Industry Landscape and Liaison nell'azione di coordinamento europea IST FP7 UrbanIXD per l'innovazione dei servizi delle Smart Cities e dell'azione di coordinamento europea IST FP6 Peach per la ricerca sulla Presence (Realtà Virtuale e Aumentata). In precedenza ha collaborato ad attività di scouting sulla Convergenza Fisso-Mobile e sui servizi Mobili di TIM, su dispositivi per reti in Fibra ottica, e ha lavorato nel progetto NAMAS per la Contabilità Industriale di TIM. È autore di articoli tecnici e divulgativi su vari argomenti tra cui i dispositivi per le reti in fibra ottica, applicazioni di realtà aumentata e virtuale, neuroscienze applicate, applicazioni per le smart cities, scenari evolutivi tecnologici ■

OVERVIEW SUI TRIAL EUROPEI

Maurizio Cecchi,
Carmen Criminisi,
Gabriele Elia,
Roberto Gavazzi



Le tecnologie digitali che si sono sviluppate, e si stanno evolvendo in questi ultimi anni, sono state sempre più introdotte anche nel mondo dell'automotive, su strada e sui veicoli, costituendo quindi l'insieme dei sistemi di trasporto intelligente ITS (*Intelligent Transport Systems*).

L'introduzione della comunicazione tra questi sistemi ha portato invece alla nascita del concetto di C-ITS (*Cooperative Intelligent Transportation Systems*). Ed effettivamente i veicoli cosiddetti "connessi",

che condividono informazioni per rendere il trasporto più sicuro ed efficiente, sono oramai a portata di mano. L'impatto che tali tecnologie apportano sulla sicurezza stradale, da solo, è sufficientemente importante da rendere C-ITS una priorità per l'Europa, e non solo.

La politica Europea: C-ITS Strategy e 5G Action Plan

Secondo l'OMS (*Organizzazione Mondiale della Sanità*), nel 2013 ci sono stati circa 1,25 milioni di vittime di incidenti stradali in tutto il mondo con altri 20-50 milioni di feriti o disabili a causa di incidenti stradali. Da questi numeri si capisce quanto sia importante investire su soluzioni e tecnologie che possano incremen-

tare il livello della sicurezza delle strade, per ridurre il numero di vittime e feriti.

Ed un ruolo chiave viene appunto giocato dai sistemi C-ITS.

La Commissione Europea sta investendo pesantemente su programmi di sviluppo di soluzioni per il mondo dei trasporti. Già dal 2016 ha lanciato la "European Strategy on Cooperative Intelligent Transport Systems (C-ITS)" [1], iniziativa volta a facilitare la convergenza di investimenti e framework regolatori dei paesi membri, e abilitare la diffusione di servizi C-ITS già dal 2019. E contemporaneamente ha lanciato il

"5G Action Plan" [2] con lo scopo di incentivare la realizzazione dell'infrastruttura 5G ed il lancio dei relativi servizi entro il 2020, con un piano chiaro di investimenti pubblici e privati sul 5G. Il piano di investimenti sul 5G abbraccia vari settori (Figura 1) tra cui l'automotive.

Il 5G è infatti considerato la tecnologia di abilitazione chiave in ambito automotive di tutti quei servizi che prevedono la comunicazione veicolo-veicolo (V2V), la comunicazione veicolo-infrastruttura (V2I), veicolo-rete (V2N) e veicolo-pedone (V2P), collettivamente identificate come V2X (veicolo-a-tutto).

La sfida consiste nel qualificare 5G come infrastruttura di connettività principale, sia dal punto di vista tecnologico che di business, soprattutto per i livelli di automazione più elevati definiti dall'industria automobilistica e per i nuovi servizi di mobilità. Dimostrare i vantaggi della connettività 5G dovrebbe supportare modelli di business innovativi come "generatori di entrate", aprendo la porta agli investimenti privati e ad una più ampia digitalizzazione del settore automobilistico. Nel programma H2020 la Commissione sta indirizzando casi d'uso difficili o impossibili da realizzare dal

punto di vista tecnico o commerciale con la tecnologia esistente e richiedendo prestazioni migliorate di parametri tipici quali bassa latenza, affidabilità, sicurezza, posizione, velocità effettiva, sicurezza, tutti appunto abilitati dalla nuova tecnologia di rete 5G.

La convalida del 5G in un ampio contesto CCAM (Cooperative, Connected and Automated Mobility) è realizzata anche attraverso prove transfrontaliere lungo i cosiddetti "corridoi 5G" che coprono porzioni significative di autostrade europee: una rete collaborativa tra nazioni europee per abilitare uno spazio di test e deploy esteso sul 5G, includendo la relativa innovazione tecnologica fondamentale attesa dal 5G, come (ma non solo) New Radio, nuove bande di frequenza, C-RAN, Mobile Edge Computing, virtualizzazione di rete, flussi di dati tra domini diversi (cross-operatore).

E tra le varie iniziative in corso c'è anche quella italiana con il Brennero e l'Euroregione Tirolo-Sud Tirolo-Trentino. Con questa iniziativa dei corridoi 5G, l'Europa si conferma come l'area più estesa di dispiegamento della tecnologia 5G.

ropea ICT (vendors, operatori di telecomunicazioni, fornitori di servizi, PMI e istituti di ricerca) di cui TIM è stato uno dei fondatori.

Il 5G-PPP finanzia soluzioni, architetture, tecnologie e standard per le infrastrutture di comunicazione di prossima generazione nel prossimo decennio.

La sfida del partenariato pubblico-privato 5G (5G-PPP) è assicurare la leadership europea nelle aree particolari in cui l'Europa è forte o dove esiste la possibilità di creare nuovi mercati come città intelligenti, sanità elettronica, trasporto intelligente, istruzione o intrattenimento e media. E' un'iniziativa di largo respiro per rafforzare l'industria europea per competere con successo sui mercati globali e aprire nuove opportunità di innovazione.

L'impegno di TIM

TIM è fortemente impegnata in numerosi progetti internazionali su questo tema.

La Commissione Europea ha emesso dei bandi di gara specifici R&D e la sfida è quella di fornire soluzioni di rete 5G end-to-end che possano utilizzare tecnologie di fornitori eterogenei; siamo alla "vigilia" di una transizione fondamentale in 5G, e l'aspirazione della Commissione Europea, attraverso il programma 5G-Public Private Partnership è di creare le basi per una diffusione pervasiva delle reti 5G end-to-end in Europa.

A tal fine la Commissione ha selezionato e finanziato, attraverso uno specifico bando di gara 5G-PPP, tre grandi progetti che permettano l'interoperabilità di soluzioni 5G.

5G EVE

Il progetto che ha avuto il massimo score in assoluto nel bando di gara europeo, denominato 5G EVE [5], è a guida italiana, coordinato da TIM, con la partecipazione delle grandi industrie ICT quali Ericsson, Nokia, Orange, Telefonica e dei leader di mercato in diversi settori - ad esempio Trenitalia per i trasporti ferroviari - e con il coinvolgimento diretto di amministrazioni pubbliche, come Torino in Italia.

Le sperimentazioni avverranno oltre che in Italia, in Francia, Spagna, Svezia e Grecia (Figura 2), attraverso un'infrastruttura 5G interoperabile: un utente potrà accedere all'infrastruttura in una nazione ed utilizzare risorse di rete delle altre località. La gestione unificata, l'orchestrazione end-to-end basata su sistemi dinamici di configurazione delle reti, il monitoraggio intelligente delle prestazioni ed una diagnostica avanzata, verranno testati per permettere di offrire in futuro servizi 5G user friendly sul mercato.

Nel progetto TIM e Trenitalia sviluppano un caso d'uso riguardante "la ferrovia intelligente". Infatti, i sistemi intelligenti di trasporto sono una delle principali industrie verticali

1 5G Action Plan Verticals



2 5G EVE - Siti delle sperimentazioni

prese di mira dal 5G, poiché l'ampia applicabilità del settore e i severi requisiti in termini di latenza e di affidabilità rappresentano un caso d'uso complesso ma che ben si presta.

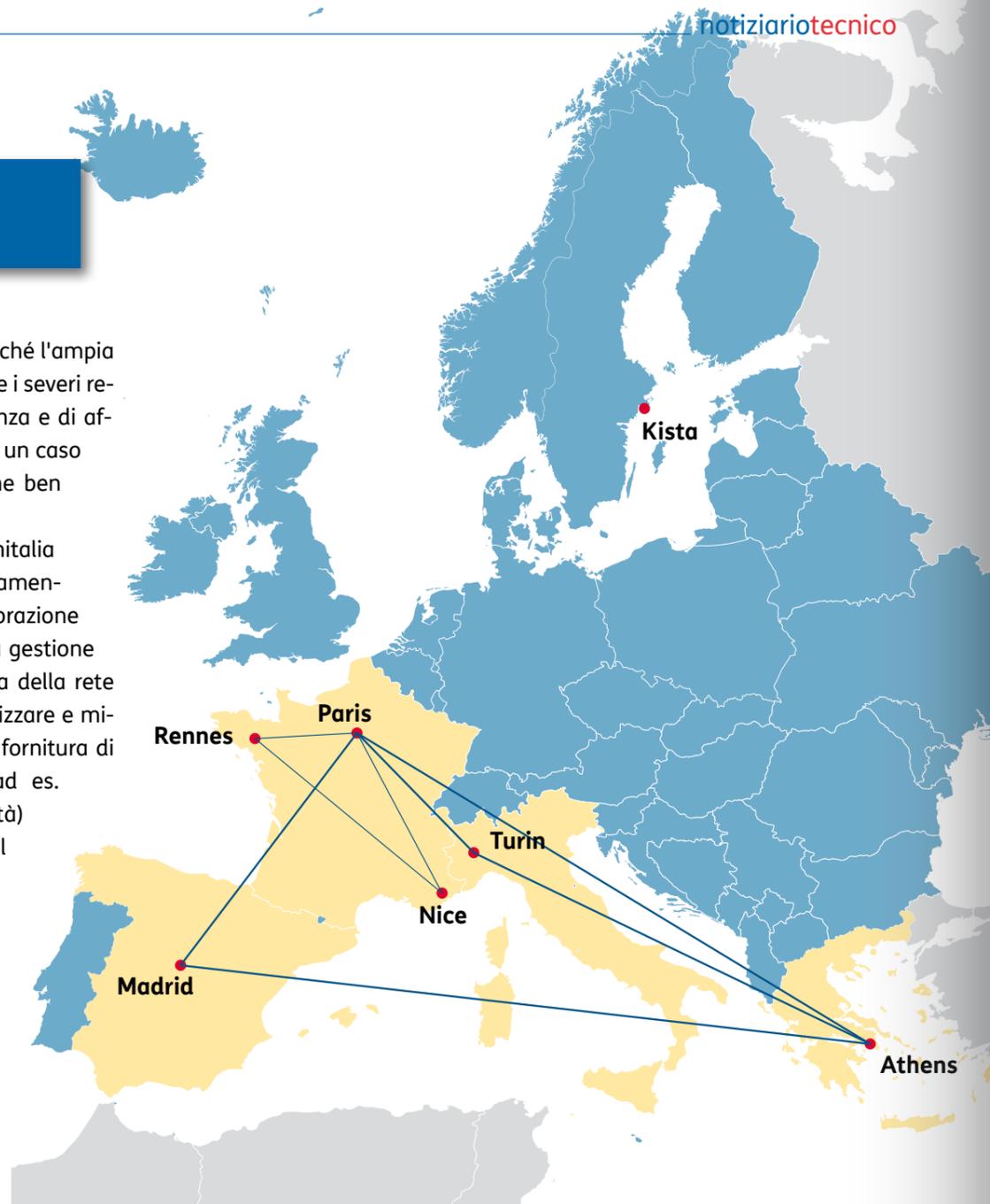
In questo progetto Trenitalia è interessata al miglioramento della capacità di elaborazione dei dati di utilizzo e alla gestione dell'efficienza energetica della rete al fine di poter personalizzare e migliorare la qualità della fornitura di servizi di prossimità (ad es. Marketing di prossimità) per l'utente finale. A tal fine, per il trasporto ferroviario sono necessarie anche soluzioni IoT e servizi di Mobile Edge Computing per essere in grado di gestire la bassissima latenza, l'elevata affidabilità e le esigenze di connettività a banda larga mobile di questo caso d'uso.

Sulla strada verso ITS (*Intelligent Transportation Systems*) l'integrazione della rete ferroviaria con altri servizi di trasporto collettivo è essenziale. A tal fine, sono necessari la gestione del traffico e dei treni (ottimizzazione e controllo) potenziati dall'identificazione automati-

ca dei modelli di mobilità dei passeggeri.

L'identificazione di modelli di mobilità arricchiti migliorerà l'esperienza complessiva dei viaggiatori (i) stimando i flussi aggregati di mobilità che portano all'ottimizzazione della gestione del traffico

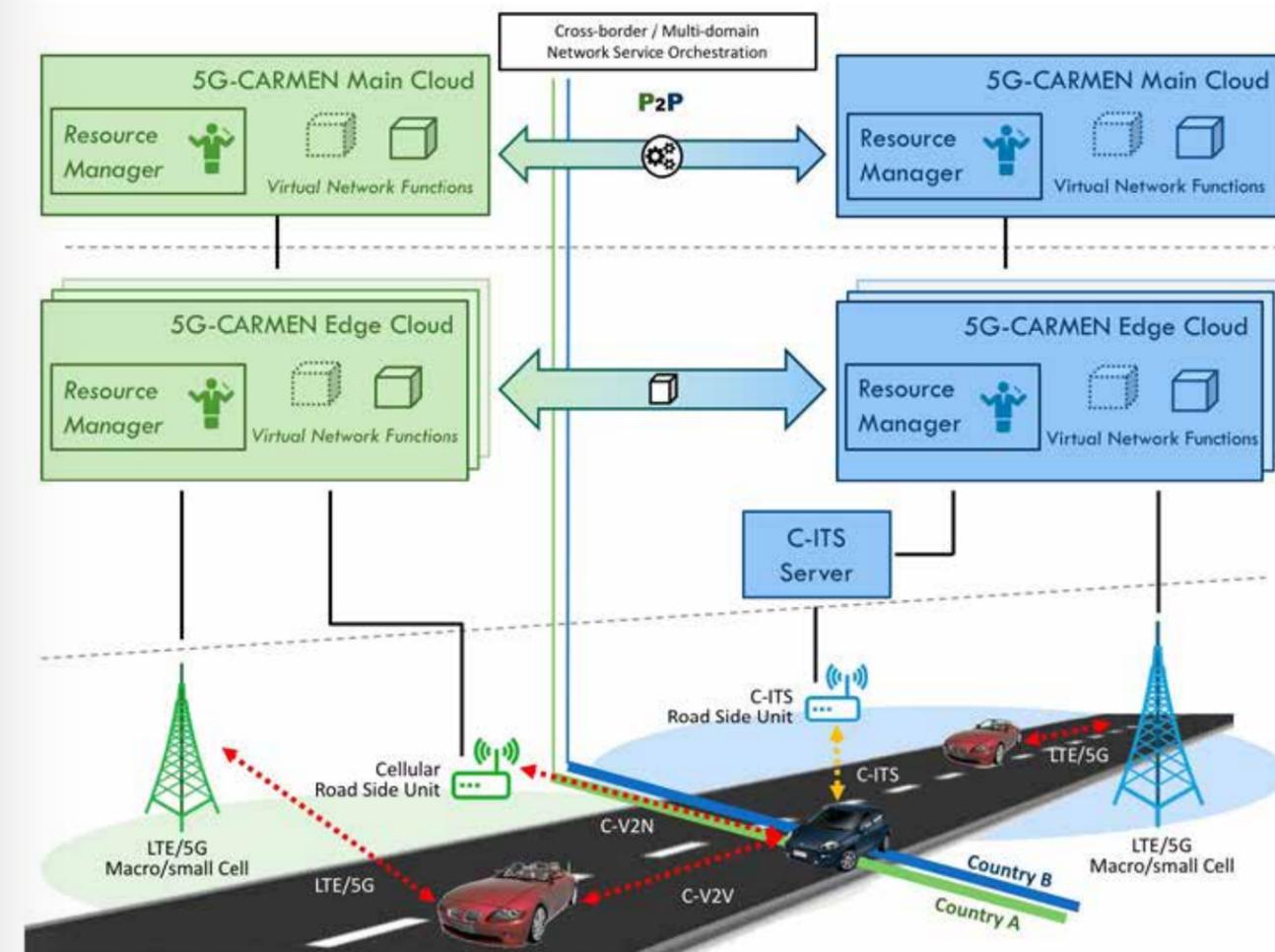
in tempo reale e all'elusione della congestione, (ii) identificando le richieste di trasporto multimodale e eseguendo la pianificazione spaziale, portando a miglioramento e personalizzazione di servizi ausiliari e (iii) prevenendo la congestione dei nodi di scambio che porta a un



miglioramento dell'efficienza logistica e della sicurezza.

Inoltre, l'implementazione di soluzioni MEC 5G verrà utilizzata per migliorare la gestione dell'efficienza della rete per i treni ad alta velocità (FRECCIE), sia in termini di consumo energetico che di volume di dati per "Intrattenimento ad alta velocità" (servizi di streaming video).

3 Infrastruttura 5G Carmen



5G CARMEN

Un altro progetto internazionale, a partecipazione TIM, è 5G CARMEN che ha l'obiettivo di progettare e sviluppare un corridoio digitale 5G per la mobilità connessa e automatizzata del futuro sulle strade europee. Il progetto ha recentemente ottenuto un finanziamento complessivo di 18,5 milioni di euro: 14,9 dall'Unione europea, nell'ambito del programma Horizon 2020 per la ricerca e l'innovazione, e i restanti dai partner industriali di progetto.

Sicurezza, gestione avanzata delle emergenze, sostenibilità della circolazione, aspetti ambientali: sono molte le sfide che attendono di essere affrontate grazie alle più innovative tecnologie che permetteranno di avere auto connesse tra loro e alle strutture di terra per una migliore gestione del traffico veicolare.

Nel contesto del progetto 5G-CARMEN, diverse tecnologie 5G saranno installate e validate in zone selezionate del corridoio e nelle zone di confine (Figura 3).

Il progetto riguarderà 600 km di strade attraverso tre Paesi (Italia, Austria e Germania), lungo il “corridoio Monaco-Bologna”, uno dei più importanti individuati dalla Comunità europea per migliorare la mobilità delle persone e delle merci in tutta Europa.

Il fattore chiave sarà la tecnologia 5G che consentirà di evolvere l'attuale rete radiomobile 4G al fine di ottenere una migliore risposta alle esigenze di servizi in termini di velocità di dati scambiati e tempi di reazione dell'infrastruttura di rete per l'implementazione di veicoli connessi, cooperativi e automatizzati di nuova generazione.

Riconosciuta a livello internazionale per le competenze nel campo delle Tecnologie dell'Informazione e delle Telecomunicazioni, la Fondazione Bruno Kessler nei prossimi tre anni guiderà a livello europeo questo consorzio di 25 importanti realtà industriali, accademiche e della ricerca che collaboreranno al progetto.

C-Roads Italy

Oltre a 5G CARMEN, TIM sta partecipando al progetto europeo C-Roads Italy [5]. Il consorzio del Progetto, coordinato dal Ministero dei Trasporti e delle Infrastrutture (MIT), vede la partecipazione di importanti vehicle Manufacturer (FCA-CRF e IVECO) e importanti Road Operators del Nord Est (Brennero, Autovie Venete, CAV - Concessioni Auto-

stradali Venete) (Figura 4). L'obiettivo del progetto è la progettazione e sperimentazione in campo delle cosiddette smart roads per quanto riguarda le infrastrutture autostradali.

In particolare le smart roads sono diventate un'esigenza attuativa a seguito del Decreto Smart Road da parte del MIT. Tale Decreto prevede la realizzazione di infrastrutture di Comunicazione e IoT (*Internet of Things*) a bordo strada. Il focus delle attività C-Roads è nella comunicazione Veicolo-Infrastruttura (V2I) e Infrastruttura-Infrastruttura (I2I) dove per Infrastruttura si intende, in senso lato, non solo l'infrastruttura di comunicazione e bordo strada, ma anche i server in cloud. In particolare i Roads Operators stanno realizzando piattaforme C-ITS-S (*Central- Intelligent Transport Systems- Server*) che attraverso i TCC (*Traffic Control Center*) gestiscono il traffico raccogliendo e inviando informazioni all'infrastruttura stradale e ai veicoli che la percorrono.

Le attività di C-Roads Italy prevedono anche la partecipazione alla C-Roads Platform europea che, con i contributi di tutti gli stati membri, sta definendo i profili di servizio e gli scenari/use cases relativi. Esempi di use cases sono: RWW - Road Works Warning, IVS - In Vehicle Signage, OHLN - Other Hazardous Location Notifications, TLM & RLT - Traffic Light Maneuver & Road and Lane Topology. Le comunicazioni definite per questi use cases devono essere cross country di modo che il veicolo

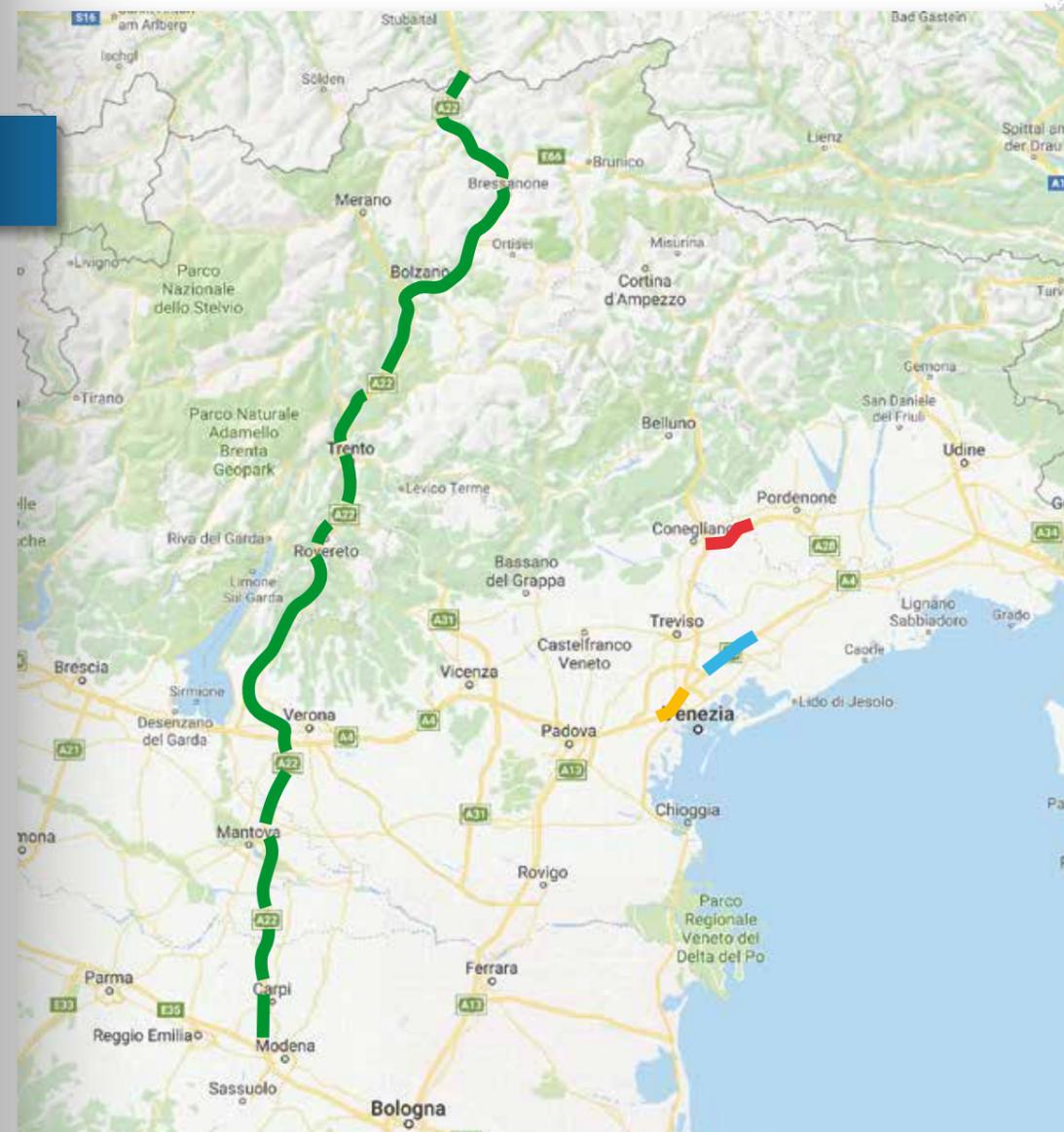
4

Tratte autostradali di C-Roads Italy

che passa il Brennero, per esempio, ed entri in Austria, continui a fruire dei servizi dei Road Operator direttamente sulla propria on board unit. TIM partecipa al progetto con le proprie soluzioni di Rete Mobile e con la piattaforma IoT a standard OneM2M in Cloud, collaborando alla definizione dell'approccio cellulare ai servizi C-ITS e ibrido (nel senso di integrazione tecnologie cellulari con tecnologie G5) di comunicazione.

Conclusioni

Visti gli investimenti e la quantità di siti di test, l'Europa si conferma leader nel deploy anticipato della tecnologia 5G. Tali trial e pilot a livello europeo serviranno a definire i requisiti specifici delle tecnologie 5G per la guida connessa, cooperativa e automatizzata. I relativi risultati verranno quindi utilizzati per definire le possibili opzioni di implementazione, tenendo conto dell'evoluzione della precedente tecnologia cellulare (ad esempio LTE-V2X) e della possibile coesistenza con altre tecnologie (ad esempio IEEE 802.11p), a cui si aggiunge anche la valutazione costi/complessità delle varie opzioni di implementazione delle tecnologie 5G e C-ITS e servirà ad identificare chi deve investire e chi trarrà beneficio dal punto di vi-



- **A22 Autostrada del Brennero (313 km)**
- **A4 Autovie Venete (19 km)**
- **A28 Autovie Venete (5 km)**
- **A22 Autostrada CAV (7 km)**

sta commerciale (e come interagirà il relativo ecosistema). Inoltre tra le priorità della Commissione Europea c'è la creazione di un "digital single market", un mercato unico digitale,

in cui la libera circolazione di merci, persone, servizi, capitali e dati sia garantita e in cui i cittadini e le imprese possano accedere agevolmente e in modo equo a beni e ser-

vizi online, a prescindere dalla loro nazionalità o residenza. E la creazione dei "corridoi 5G" va proprio in questa direzione ■

Bibliografia

- [1] https://ec.europa.eu/transport/themes/its/c-its_en
 [2] <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/5g-europe-action-plan>
 [3] <https://5g-ppp.eu/>
 [4] <https://www.5g-eve.eu/>
 [5] <https://www.c-roads.eu/pilots/core-members/italy/Partner/project/show/c-roads-italy.html>



Maurizio Cecchi maurizio.cecchi@telecomitalia.it

Da sempre si è occupato di iniziative nazionali ed internazionali di R&D finanziati dal governo, dalla BEI e dalla Commissione Europea. Rappresentante di TIM nel WG R&D dell'European Network Telecom Association. Membro dello Steering Board dell'European Public Private Partnership for Future Internet. Valutatore della Commissione Europea. Coordinatore di diversi progetti europei fra cui 5G EVE presentato nell'articolo Membro dello Steering Board del programma europeo H2020/5G Public Private Partnership. Laurea in Economia e Commercio a Genova. Master in Business Administration UCLA Riverside, USA. Stage c/o Santa Fe S&L di San Bernardino, USA ■



Carmen Criminisi carmen.criminisi@telecomitalia.it

Ingegnere delle Telecomunicazioni, è entrata in Azienda nel 2007. Sin dall'inizio ha contribuito ad attività di ricerca ed innovazione, partendo dall'ambito della Context Awareness, anche attraverso la partecipazione all'attività di normativa nel gruppo di standardizzazione Open Mobile Alliance; per poi passare alla progettazione di prototipi di servizi innovativi per gli Smart Spaces (casa, ufficio, spazi pubblici) e la Smart Car, all'interno del Joint Open Lab di Milano e partecipando a vari progetti finanziati, tra cui quelli EIT Digital. È co-autrice di articoli pubblicati in conferenze e riviste ed attualmente si sta occupando di progetti di sperimentazione in ambito Automotive e Smart Mobility ■



Gabriele Elia gabriele.elia@telecomitalia.it

Ingegnere elettronico e Dottore di Ricerca al Politecnico di Torino, in Azienda dal 1994. Lavora presso la divisione Technology Innovation di TIM, guida il gruppo Technological Scouting, Trend Analysis & Future Center dove si portano in evidenza i trend di medio termine di reti e softwareizzazione; vita digitale; digitalizzazione delle industrie; bigdata, robotica e AI; trend provenienti dal mondo scientifico e di processi di innovazione. Si è sempre occupato di innovazione nei settori tecnologici sui temi servizi IP, media, applicazioni del broadband fisso e mobile, sia più recentemente di iniziative di Open Innovation, startup acceleration e costruzione di collaborazioni innovative di ricerca, formazione e imprenditorialità con il tessuto universitario. Ha iniziato il suo lavoro negli anni '90 nel primo gruppo di progetto sui temi Internet in Telecom Italia, che sviluppò le fasi iniziali di Interbusiness, TOL - Telecom On Line e poi TIN.IT, occupandosi dell'architettura della rete di accesso e del centro servizi. Autore di vari brevetti, è Ingegnere elettronico e Dottore di Ricerca al Politecnico di Torino, è stato assunto in CSELT, il Centro Studi e Ricerche di Telecom Italia a Torino nel novembre 1994. ■



Roberto Gavazzi roberto.gavazzi@telecomitalia.it

Dopo aver completato gli studi di Ingegneria Elettronica presso il Politecnico di Torino, ha lavorato per tre anni nel settore aerospaziale dove ha trascorso un anno a Tolosa dedicandosi alla progettazione e lo sviluppo di SW per satelliti (manned and unmanned). Da allora, ha passato più di 25 anni prima in CSELT e poi in Telecom Italia Lab focalizzandosi inizialmente sulla gestione delle reti di telecomunicazione e svolgendo anche il ruolo di responsabile di Struttura. Altre attività svolte da Roberto in questi anni sono: editor del Piano tecnologico di Telecom Italia, delegato Telecom Italia all'OMA (Open Mobile Alliance) Forum, membro dell'Architecture Board del programma della Commissione Europea denominato FI-PPP (Future Internet - Private Public Partnership), Smart City Exploitation Manager per il Progetto europeo XIFI. Attualmente Roberto, all'interno della Struttura Innovation and Strategy, gestisce Progetti di servizi su Reti 5G, Smart City, Industrial Internet e Internet of Things. In tale ambito collabora anche con molte città italiane ed europee su progetti Smart City ed è Project Manager del laboratorio di IoT e Smart City a Torino (Open Air lab e Smart City Control Room) ■

FUTURO DELLA MOBILITÀ: LA PAROLA A ERICSSON

Claudio Diotallevi

Introduction

Autonomous Driving promises to increase road safety and to ensure mobility for those unable to drive, or to enable industrial use cases in logistic or enterprise areas like port or warehouses. Substantial cost benefits will also drive a cultural shift of car ownership, as so called “robo-

taxis” become a viable alternative to private cars. UBS, an investment bank, forecasts **[nota 1]** that autonomous driving, electrification and competition will make owning a car almost twice expensive, compared to an on-demand self-driving service; according to the same report, self-driving shared vehicles could even become cheaper than public transport in Europe. So many Autonomous Driving projects are on the way at OEMs, internet giants (Google, Apple), or mobility providers (Uber, Lyft), that one could argue that self-driving cars are around the corner, but the industry is still facing some technology, regulatory and cultural issues. Video and Radar have been combined with deep-learning inferencing algorithms, to scan vehicle proximity and take autonomous decisions about accelerating, braking and steering, and these advances have gone a long way to climb up the levels of autonomy, defined by the Society of Automotive Engineers (SAE J 3016-2018), which range from Level 1 (basic services like Cruise Control or Lane Keeping Assistance) up to Level 5, which makes human intervention unnecessary under all roadway and weather circumstances (see picture 1).

Higher levels of autonomy prove hard, especially when roads are not

as predictable as straight highways, with clearly delimited lanes. Safety problems loom, when drivers must revert to manual mode but may lack the required readiness, if busy reading or texting. As a matter of fact, Autonomous Driving will come first where road conditions are predictable, and automation brings a clear business case, such as for enterprise vehicles that operate in specific areas like campuses, ports, logistics terminals, mines or bus lanes.

Autonomous Vehicles must be connected

Despite progress of on-board technologies, the large scale adoption of Autonomous Vehicle will ultimately depend on: **1)** regulation and control of conditions that allow Autonomous Driving; **2)** availability of high-definition maps that enable precise localization; **3)** customer acceptance, based on intuitive Human-Machine Interactions; **4)** collection of driving data, to feed the improvement of intelligent driving algorithms, when the system uploads sensor data in case of hand-over to manual mode. Vehicle Connectivity can help to address all four factors listed above, with various Vehicle-to-Everything

1



(V2X) use cases, that include Vehicle-to-Vehicle interactions (V2V), communication with Road Side Infrastructure (V2I) - traffic lights or meteo stations etc., or cloud-based services via Wide Area Networks (V2N). Low latency V2X is a key enabler of advanced active safety, complementing on board sensors with non-line-of-sight visibility. V2N will be crucial to control the hand-over to the human driver, and for the improvement of robotic driving. Cellular V2X (C-V2X) specification, part of 3GPP Release 14, was completed in 2017, and it will evolve into 5G with Release 16, expected in 2019. It is remarkable that Autonomous Driving comes along in sync with 5G deployments, that offer unprecedented performance levels. Flexible allocation of cloud workloads and reduced latency will enable mission critical functions, while enhanced data rates will fit to automotive needs, as experts expect Autonomous Vehicles to upload more than 1TB of video, sensor and telematics data per month by 2025 [note 2].

5G-Automotive Association

The automotive industry has been considering the adoption of 5G, and the 5G Automotive Association (5GAA) has gathered industry players around this topic. 5GAA was initially established in 2016, by few founding members that include Audi, BMW, Daimler, Ericsson, Huawei, Intel, Nokia, Qualcomm. Today more than 90 participants include prominent telecommunication providers such as Orange, SoftBank, Telefonica, Deutsche Telekom and Vodafone. This participation shows that Telco and Automotive leaders share the need to ensure the interoperability of 5G and to shape future use-case ahead of 5G network roll-out. Ericsson, a founding member of 5GAA, has been directly involved

in multiple Autonomous Driving projects. Since 2017 Ericsson collaborates with Zenuity, a joint venture between Autoliv and Volvo, to develop an end-to-end platform for Autonomous Driving and Advanced Driver Assistance. Other relevant Ericsson engagements are described in the following paragraphs.

Autonomous Driving Aware Traffic Control in Gothenburg

Autonomous Driving Aware Traffic Control is joint public/private program, established in 2017 and co-financed by Vinnova, the Swedish National Innovation Agency. The partnership includes Volvo, Ericsson, Carmenta, a supplier of sof-

ware for mission-critical systems, Trafikverket, the National Transport Authority, and the City of Gothenburg. The main deliverable has been a demonstration of the information flows that are exchanged by Autonomous Driving vehicles, the Central Traffic Control system and Road Authorities, to improve safety of Autonomous Driving. The Volvo vehicles aim at Level 4 automation (= secondary tasks are allowed) and when they cannot manage the situation, they go to a safe stop or make a controlled handover to the driver. Autonomous Driving is allowed on a carefully mapped set of road segments, but not under severe weather or traffic conditions. In the future OEM's will share the same need for a common authori-

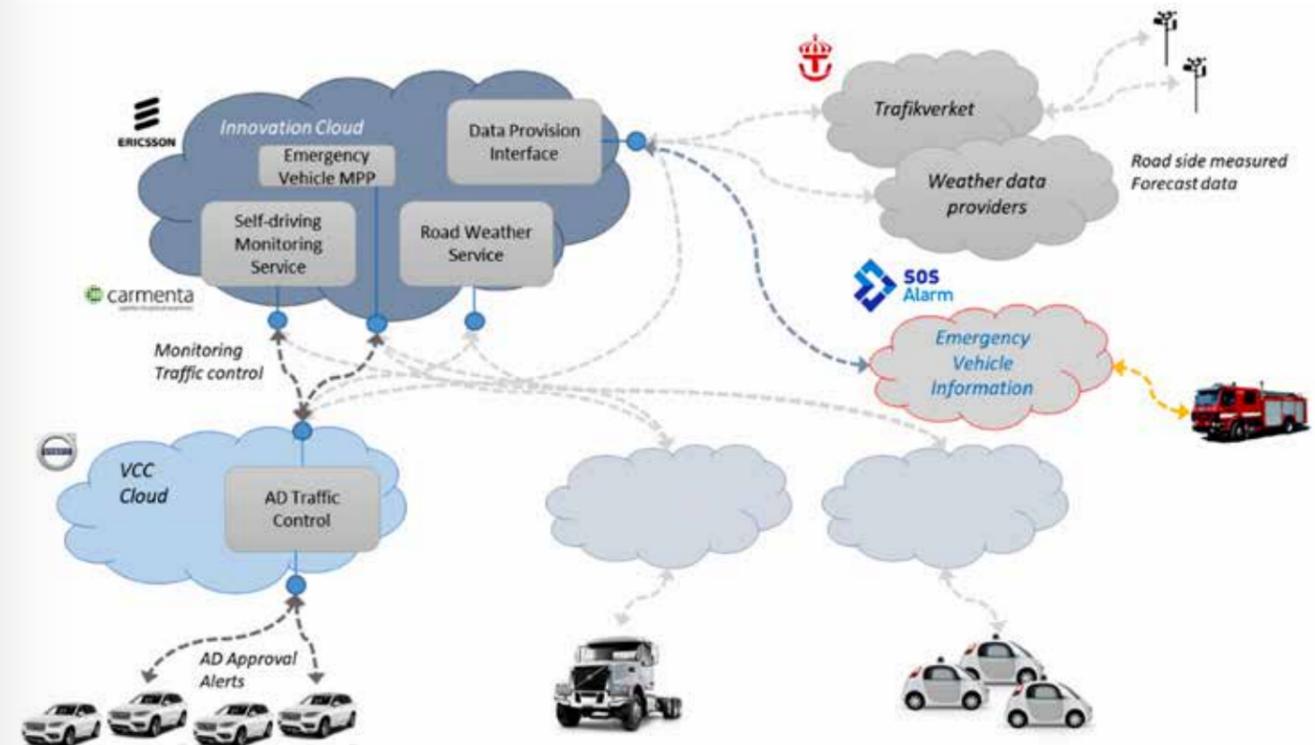
tative and certified source of traffic and weather data, to base their decision about allowing or revoking Autonomous Driving. The Central Traffic Control system can serve multiple OEM's, by aggregating and sharing the data of interest, based on the DATEX II standard (CEN/TC 278). The Autonomous Driving Aware program proved that real-time traffic awareness is a cornerstone for safe and efficient traffic in self-driving mode.

C-V2X demonstration in Europe - Convex

Established in 2017, the Connected Vehicle to Everything of Tomorrow (ConVex) program has the goal to

operate a testbed for Cellular V2X, and to validate its performance. The associated consortium consists of Qualcomm, Audi, Ericsson, Swarco, the University of Kaiserslautern, and the German Federal Ministry of Transportation and Digital Infrastructure (BMVI). In 2018 the program has implemented a live demonstration of direct communication between Motorcycles and Vehicles, equipped with C-V2X technology based on Qualcomm chipset solution. The test scenarios include "Intersection Collision Warning", where a car pulls out from a junction and avoids hitting a motorcycle rider, as well

2 AD Aware system architecture



#TORINO 5G EVENT: FIRST REMOTE CONTROLLED CAR

A remote controlled standard car was one of the main innovative services that see 5G take another step forward in Turin, showing itself off to the general public through a series of “live” demos. TIM and Ericsson have switched on in Piazza Castello the first 5G antenna with millimetre waves in an Italian historical centre, which allowed the first driverless car controlled remotely over a 5G network. This system, by receiving all the information on the surrounding environment, allows a person to control the vehicle making it move remotely.

The demo, in collaboration with Objective Software, took place in an area inside Palazzo Madama where

the remote control station was positioned with access to the relative video flows from outside and in an outside area in Piazza Castello where the car moved.

The control platform inside the car collects in real time multimedia data and content from the various sensors, video cameras and radars installed, which is then transmitted to the remote station taking advantage of the extreme reliability and security of the 5G network in terms of bandwidth to transmit the vehicle's video flow and latency in sending the data provided. In the coming months this application will enable the start of the Smart Road project to test self-driving cars on a larger scale in some protected areas of the city ■



as “Across Traffic Turn Collision Risk Warning”, in which a vehicle avoids a left turn collision with a motorcycle. V2N communication was run on Ericsson's 4G and 5G cellular test network, to support telematics, infotainment and safety.

Remote operation of vehicles with 5G

In order to make Autonomous Driving feasible in Public Transport and Road Freight in the near future, either a driver needs to be on board - ready to take over - or the vehicles need to be connected and controlled at a distance. The presence of remote operators scanning screens and ready to intervene, can contribute to public acceptance. Remote operation requires broad coverage, data throughput and low latency to enable exchange of HD video feeds and commands between a remote operations center and a vehicle, therefo-

re Scania has implemented a cellular test network, in collaboration with Ericsson, to measure total system response time, and to assess the provisioning of prioritized network services, that are needed to protect quality of service for mission critical applications. Network delay (RTT) with LTE radio mostly stayed under 50 ms, during the study. Subsequent tests with 5G radio access, achieved network RTT to under 4 ms. The test-bed includes an evolved 5G core and allows automated service ordering and provisioning, allowing the set-up and take-down of prioritized network resources, if remote operation is required, with specific QoS, such as designated latency levels and guaranteed throughput.

Conclusions

Autonomous Driving will be a transformative technology, as much as the smartphone was in the last decade. 5G will bring several benefits to Autonomous Driving and remote-control systems, including core network slicing that will enable priority service provisioning. The convergence of autonomous driving and 5G offers to Mobile Operators the opportunity to work with automotive players and Transport Authorities to develop use-cases, ahead of 5G network roll-out. 5GAA represent a unique cross-industry board where Mobile Operators can influence the global standardization of automotive technologies ■

Note

[1] UBS - Smart Mobility Report - 19 October 2017.

[2] Automotive World Idt 2018 - Special Report on 5G and the autonomous vehicle.



Claudio Diotallevi claudio.diotallevi@ericsson.com

Claudio is Lead IoT Architect - Automotive & Transport, at Ericsson, working within Business Area Technologies and New Businesses.

Claudio has previously held various ICT executive positions, among those Chief Information Officer at Italian HighSpeed Rail Operator ItaloTreno, where he led the implementation and operations of IT systems and Network infrastructures. He was also Senior Manager in Accenture, and has a wide technology background in Management Consulting and IT transformation programs. Claudio holds a Masters in Electronic Engineering from Politecnico di Torino and a Master in ICT Security from Cefriel/Politecnico di Milano. ■

FUTURO DELLA MOBILITÀ: LA PAROLA A NOKIA

Martin Beltrop

Connecting cars with 5G

Autonomous Driving, as well as new concepts in the area of shared mobility, are intensively debated these days. Environmental aspects, improved traffic safety as well as the time we all spend in traffic jams in big cities are drivers to re-think our current mobility concepts.

When we talk about autonomous driving it is now common sense in the automotive industry that these autonomous cars will need the capability to communicate to each other, but also to communicate with road side infrastructure and several network services to really make it

happen. The same applies for the new car sharing businesses: they are all based on cloud services and require users and cars to be connected to work efficiently. Generally, the industry talks about CCAM (*Co-operative Connected Automated Mobility*).

The European Commission also recognizes the need for cars and vehicles to be connected in the future: In May 2018 they released the paper "On the road to automated mobility: An EU strategy for mobility of the future" [nota 01], where it was emphasized the fact that an integrated approach for automation and connectivity will be followed.



1
Mobile Networks will play a key role in connecting vehicles for increased traffic safety and to enable automated driving
[source: Nokia]

vehicle to infrastructure), with the network infrastructure for value added cloud services (V2N or vehicle to network) and, last but not least, with passengers or the so-called vulnerable road users that are also part of the overall traffic scenarios. The 3GPP based cellular technology that enables these connections is summarized as “Cellular-V2X” or C-V2X.

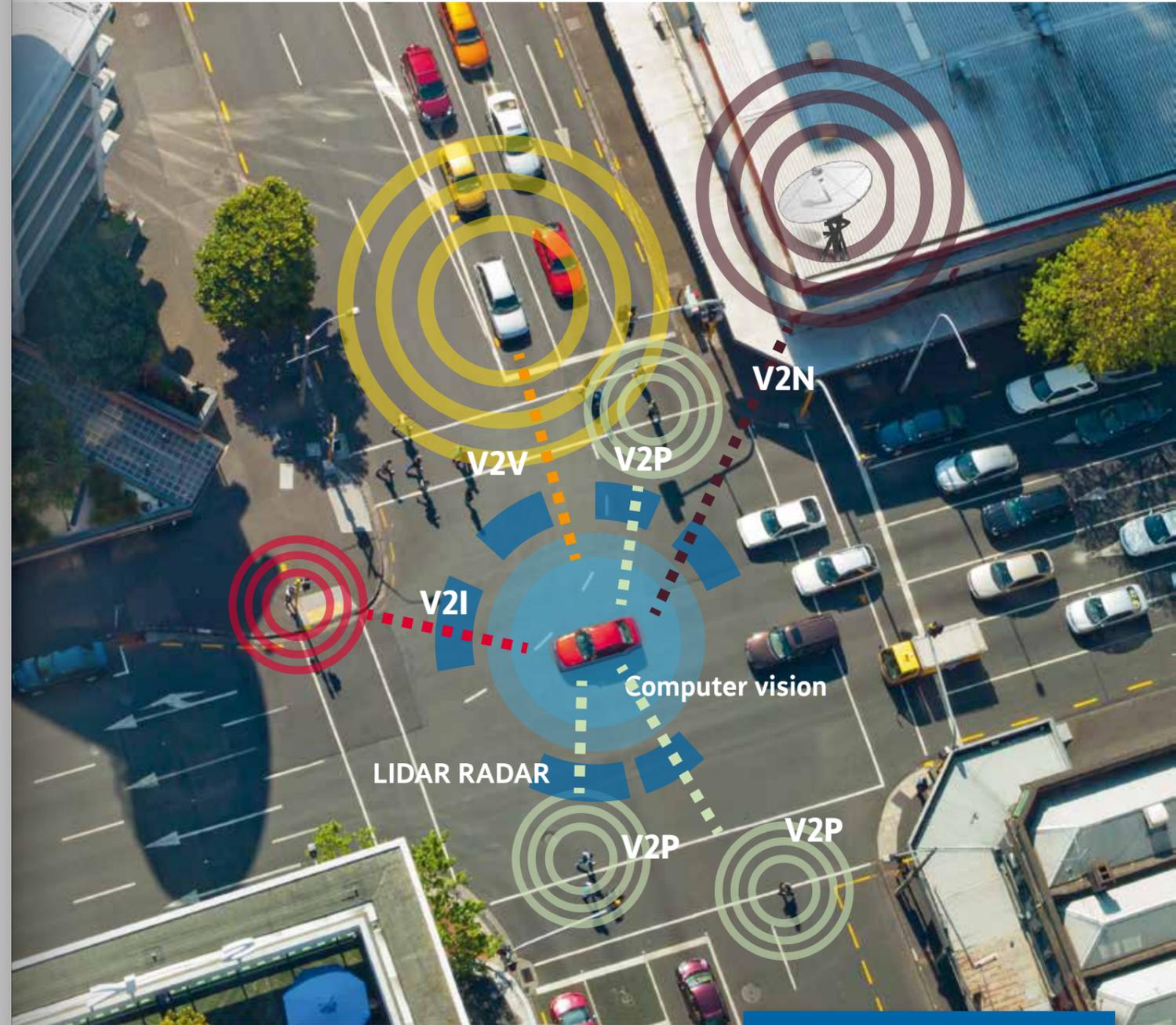
Making vehicles smarter and safer with C-V2X

Communication and connectivity are key to the development of autonomous vehicles. Cellular based technologies will be essential for transforming the entire mobility ecosystem thanks to V2X: vehicle-to-everything communication. This new protocol allows vehicles to communicate with other vehicles (V2V), pedestrians (V2P), networks (V2N) and the surrounding infrastructure (V2I). With a strong evolutionary path to 5G, C-V2X technology will offer superior performance to support connected vehicles communicate

Cellular-V2X: designed for the automotive industry

There are different communications needs that need to be addressed by a technology that should improve

traffic safety and enable autonomous driving. Cars not only need to be able to communicate with each other (V2V or vehicle to vehicle). They also need to communicate with traffic infrastructure such as traffic lights and road signs (V2I or



2
What is C-V2X (Vehicle to Everything)?

with transport infrastructure, leading to less congestion, reduced emissions and a smoother driving experience.

C-V2X will additionally improve safety on roads by tremendously facilitating the flow of information between vehicles, pedestrians and road infra-

structure. This will enable connected vehicles to anticipate and avoid dangerous situations, reducing collisions and potentially saving lives.

Automotive and telecommunications world meet in the 5G Automotive Association (5GAA)

One of the big challenges of the connected car is that two large industries like automotive and telecommunications have to come together to go from vision to reality. There is a full eco-system of strong players that need to work hand-in-hand to implement the vision of co-operative, connected, automated mobility: Telecommunication Service Providers, Telecommunication equipment manufacturers, car manufacturers and their suppliers, map

providers, road operators – just to name a few. It is a true eco-system play.

To start this eco-system with the right focus, in 2016 the leading car manufacturers and telecommunications companies founded the “5G Automotive Association” (5GAA). Since then, the number of members of the 5GAA has increased to almost 100 members, all following the joint goal to bring Automotive and Telecommunications together to harmonize and accelerate the introduction of intelligent transport and communication solutions. The target is to successfully implement the concepts of Co-operative Intelligent Transport Systems (C-ITS).

A quick look into Co-operative Connected Automated Mobility with LTE

Already today, all newly released cars are connected to the back-end clouds of the manufacturers using cellular 3G/4G connectivity. These connections are now increasingly used by the technology leaders in the car industry to introduce cloud network services for traffic comfort and safety. Warnings about broken down vehicles along the roadside, vehicle accidents, variable working areas on highways and bad weather conditions are more and more becoming a reality.

In 2017, version 14 of the 3GPP standards for mobile networks was released. This version enables the LTE based communication between two vehicles (V2) and between vehicles and infrastructure (V2I) with very low latency (below 50ms). Initially the focus on this technology is to enable applications for traffic safety. This LTE based communication works harmoniously with existing mobile networks, but also when the network is down or not available, thus increasing the reliability of this direct-link communication. With the introduction of the 3GPP release 14 the automotive industry has now and for the first time a unified Cellular-V2X network techno-

logy available meeting the requirements in terms of reliability, latency and flexibility. The direct communication between cars and between car and infrastructure works over a few hundred meters. It is nicely complemented by the network services (V2N) that practically work over any distance (long range).

This long-range communication is based on an edge cloud architecture that builds an abstraction layer between the telecommunications and the automotive world. It hides the complexity of how cars are connected (in which cell is the car, to which service provider the car is connected, cell handovers, needed core network functions and much more) and offers an IT-like interface for the automotive industry. The automotive eco-system can then run applications on top of this edge cloud independent from the changes that the mobile telephony networks usually have.

This edge cloud will be regionally deployed. This increases the reliability of the network services for connected cars and reduces the latency for the C-V2X services. It also enables new applications like the pre-processing of the car's sensor data which would be impossible with a central backend cloud architecture. The automotive industry and the C-V2X solution benefit from the large investments already done to deploy LTE mobile networks worldwide. The following picture shows an impression from the first tests of this technology with an implementation

in cars from Audi and Ford. It was proven that the requirements of the automotive industry are fulfilled, and that the technology is interoperable between different car manufacturers.

There is a common understanding in the automotive industry that this technology enabled by the 3GPP release 14 will be introduced in volumes by 2020.

Additional benefits for Co-operative Connected Automated Mobility with 5G

3GPP Release 15 introduces the 5G New Radio (5G-NR) which enables new capabilities related to the network communication at the Car-to-Network interface. 5G NR provides higher data rates and lower latencies for V2N network communications. We expect that the first chipsets supporting 5G-NR will be commercially available in consumer devices and ready for testing in vehicles by 2019. Consequently, the first deployments of those features in commercial vehicles are expected to start as early as 2021. Release 15 also includes some minor enhancements to the direct V2V communications.

3GPP Release 16 is the 5G release dedicated to the introduction of massive Machine-to-Machine com-



munications that also applies to the automotive industry. Additional capabilities on top of 5G NR will also be introduced, specifically in terms of short range direct V2V communication, increasing bandwidth and reducing latency even further. This is often referred to Ultra Reliable Low Latency Communications (URLLC). 5G-V2X offers key features which are paramount to have a fully automated and cooperative driving, like the exchange of:

- Sensor data sharing for collective perception (e.g. video data from the car in front)
- Control information for vehicle platooning (a number of cars

driving synchronously with very short distance of only a few meters to save fuel)

- Vehicle trajectories to prevent collisions (cooperative decision making)

Consequently, use cases like:

- Real-Time Situational Awareness & High-Definition Maps
- Cooperative Maneuvers of Autonomous Vehicles for Emergency Situations
- Software Update
- High Definition Sensor Sharing will be supported with substantially improved performance or can be implemented for the first time. These enhancements are feasible thanks

to the 5G technology and they are not available with other competing technologies for V2V and V2I communication like WiFi based on the 802.11p standard.

3GPP release 16 is still in specification phase, with anticipated release freeze in late 2019. First deployments using Release 16 may be expected at earliest in 2023. Although the physical radio layers of LTE releases and 5G NR are very different, the chipsets and associated communication stacks will integrate the different radio technologies supporting smooth operation and backward compatibility at service level.

5G CARMEN: A joint European effort to implement 5G connected cars across borders

In the Italian, Austrian, German Corridor Bologna-Brennero-Munich, TIM and Nokia, together with many other eco-system players, have engaged in the EU funded project "5G-CARMEN". The goal of this project is to prove the value of Cellular-V2X and 5G for co-operative, connected

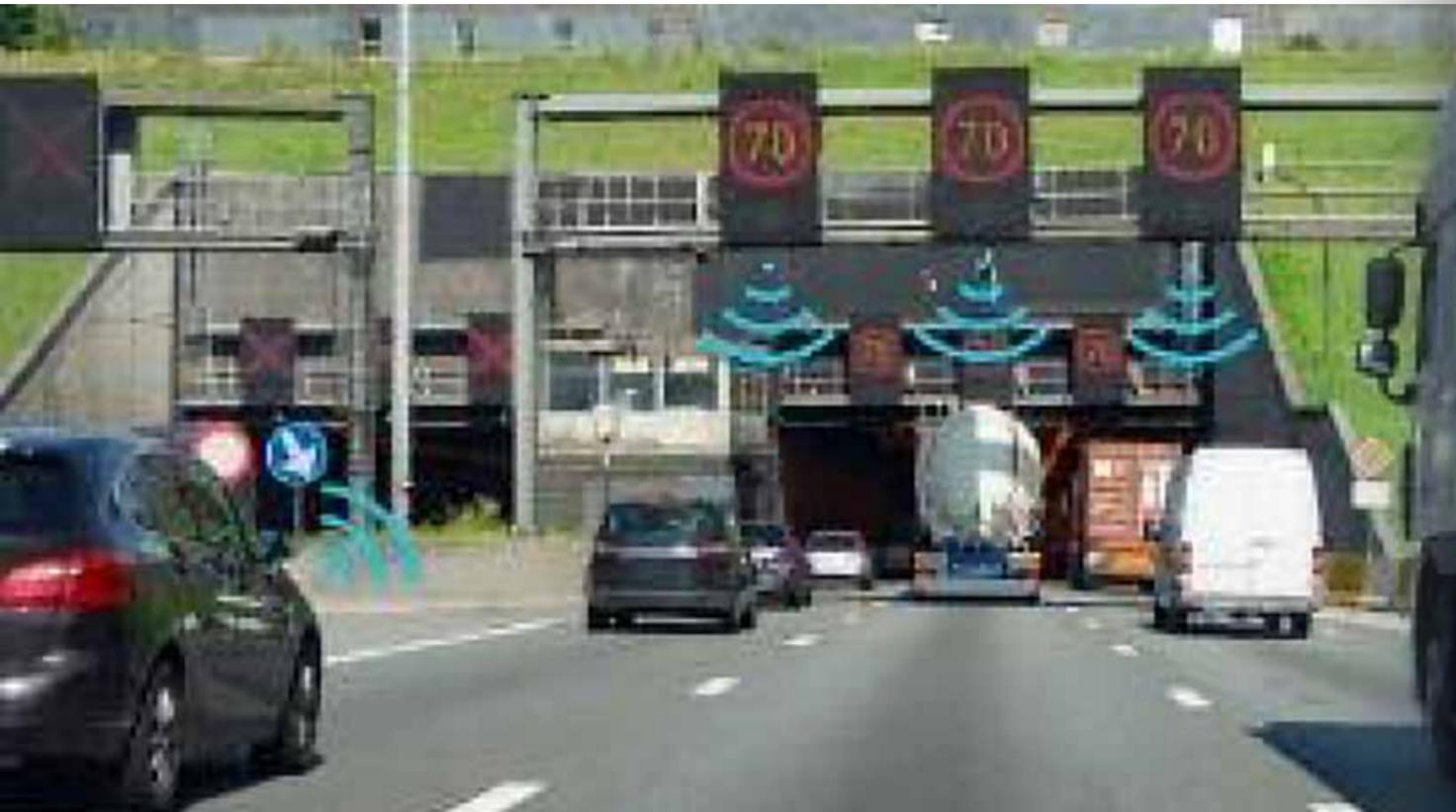
and automated mobility in cross-border traffic. Different use cases, like vehicle maneuver negotiation ("first talk then act"), vehicle emission control and smart living in Level 3/4 autonomous vehicles, will be implemented. For these services to work effectively, an Edge Cloud architecture will be implemented that works across borders, across different network operators (TIM, T-Mobile Austria, Deutsche Telekom) and across network equipment vendors (Nokia, Ericsson, Huawei), allowing

the deployment of seamless services in this European corridor.

This project will demonstrate that edge cloud technologies can build an abstraction layer to allow the whole eco-system jointly collaborate on an open platform across borders, across car manufacturers and across different telecommunication providers. This is one of the key pillars to get the C-V2X technology introduced as "the" technology for co-operative, connected and automated mobility ■

Note

[1] https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/3rd-mobility-pack/com20180283_en.pdf



Martin Beltrop

martin.beltrop@nokia.com

In 2017 Martin Beltrop was appointed Head of Car2X Business for Nokia Mobile Networks. In this role, he oversees Nokia's connected car business and the associated research and development activities. Nokia, as a founding member of the 5GAA, is heavily engaged in the definition, development and market making of connected car solutions for improved traffic safety and highly autonomous driving.

Martin has 20 years of mobile telecommunications experience. Before this assignment as Head of Car2X Martin held various roles inside Nokia from Research and Development Program Management and Head of Product Management to Head of Portfolio and Strategy for advanced mobile network solutions serving various vertical markets like Transportation (Automotive, Railways), Energy and the Public Sector. Martin is passionate about digitalization, 4IR and the value of mobile network technologies like 4G and 5G for industry and vertical businesses.

Martin holds a M.Sc. in Theoretical Physics from Westfälische Wilhelms-Universität in Münster. He lives in Düsseldorf, North Rhine Westphalia, Germany ■

FUTURO DELLA MOBILITÀ: LA PAROLA A HUAWEI

Luca Piccinelli

Le automobili hanno una crescente necessità di connessione automatizzata. Come è illustrato dalla figura seguente (Figura 1), ci troviamo infatti, in forza di un'analisi recentemente effettuata dal nostro centro di ricerca di tecnologia mobile europeo, tra il secondo e terzo

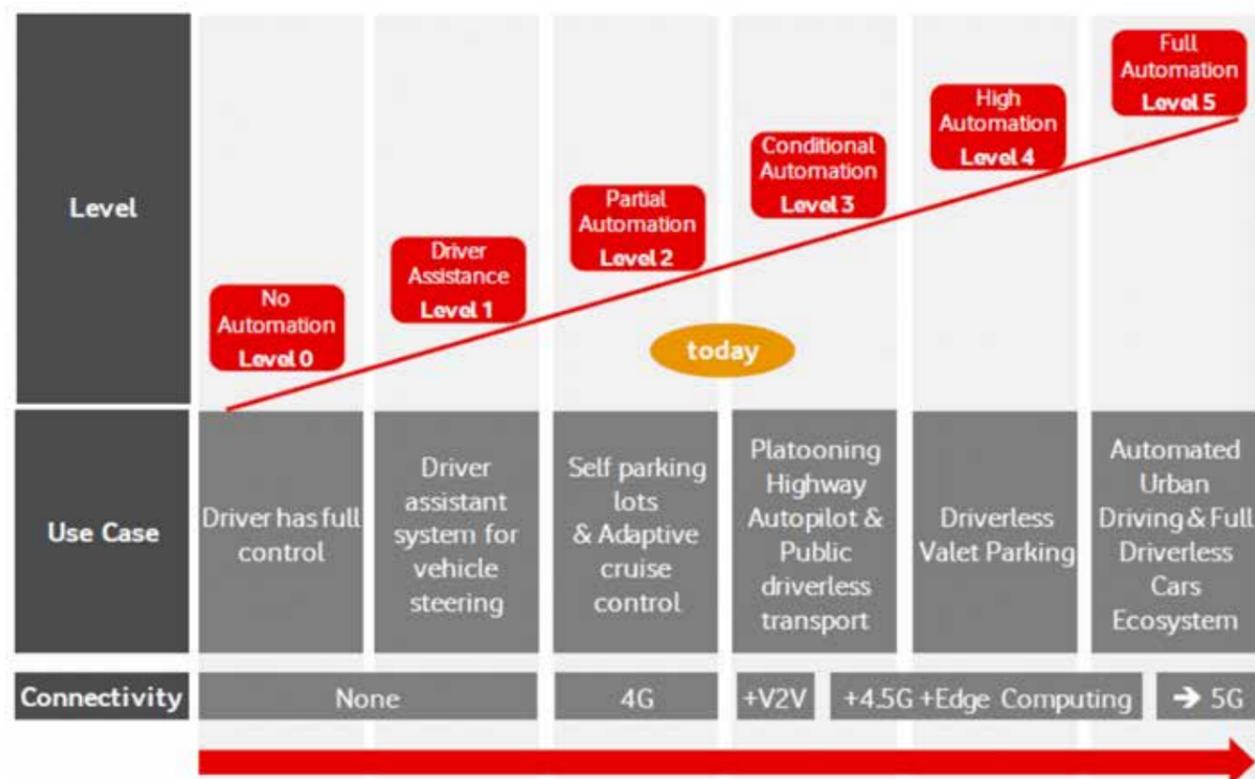


livello di automazione, nella fase di transizione tra la “partial automation” e la “conditional automation”. Infatti sono illustrate le fasce di evoluzione tecnologica del “layer” della connettività e di relativi casi d’uso. La bassa latenza, precipua caratteristica della tecnologia 5G, abilita i casi d’uso delle automobili senza guidatore in parcheggio (livello 4) ed a completa automazione in utilizzo urbano (livello 5).

Con V2X (*Vehicular To Everything*) si intende un ecosistema integrato, in cui coesistono risorse di spettro licenziato, fornito dalle Reti degli Operatori Mobili V2N per casi d’uso di guida confortevole, servizi avanzati di teleguida, mappe HD ed informazioni di traffico per Intelligent Transportation Systems (ITS). V2/I/

P/V si riferiscono invece a casi d’uso per sicurezza come dispositivi di sensoristica a bordo, freno di emergenza etc... che utilizzano bande ITS a 5.9 GHz (vedi Figura 2).

La completa automazione di guida verrà implementata sul mercato solo nel 2019/2020, quando il rilascio R16 dello standard 3GPP 5G sarà consolidato. Dall’attuale rilascio 3GPP R15, già commerciale nei prodotti Huawei, che può garantire basiche funzionalità di messaggistica per sicurezza in parcheggi ed incroci, la tecnologia evolverà tra il 2019 ed il 2020 verso un accesso 5G NR “New Radio” che consentirà una guida completamente autonoma “Autonomous Driving”, indicata nel livello 5 della precedente Figura 1.



1
Fasce di evoluzione tecnologica del "layer" della connettività



Huawei sta contribuendo in modo significativo allo standard, sia mediante simulazioni, che con un'intensa attività di ricerca e sviluppo finalizzata ad anticipare i tempi riportati nella figura sottostante, Figura 3.

Huawei è attiva altresì nell'alleanza 5GAA (*Automotive Association*) (Figura 4) e sta collaborando direttamente con l'associazione europea ERTRAC (*European Road Transport Research Advisory Council*) per garantire una "roadmap" integrata di sviluppo chipset ed integrazione prodotti per gli Use Case AD (*Autonomous Driving*) e SR (*Smart Road*). Tale piano consiste nella standardizzazione e progettazione di un'infrastruttura completa di "Digital Road", che sarà commerciale nel 2025, quando vi

sarà una vasta penetrazione nel mercato delle automobili a completa ed automatizzata connessione in mobilità, "full" CAM (*Connected Automated Mobility*). Nel 2019 sarà completato lo standard, nel 2021 i primi modem 5G R16 saranno certificati nell'interlavoro con le auto e dal 2022 inizierà l'integrazione commerciale, nel 2025 infine le auto commerciali Livello 5 in Figura 1 (auto 5GCAM) saranno su tutte le strade.

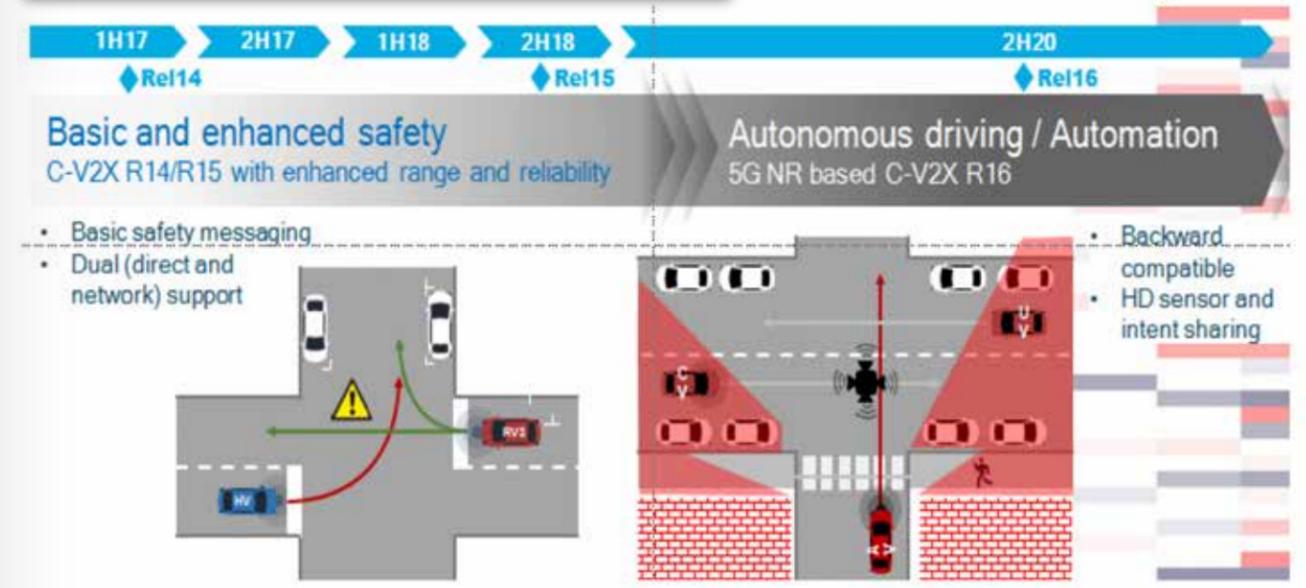
In Italia Huawei, assieme a TIM ed al consorzio ELIS, sta sviluppando un progetto di prototipazione in tal senso.

Il contesto di riferimento del progetto è inerente ad un ecosistema di "Smart Mobility", dove il trasporto è inteso come un sistema integrato e dinamico, in cui l'informazione, la

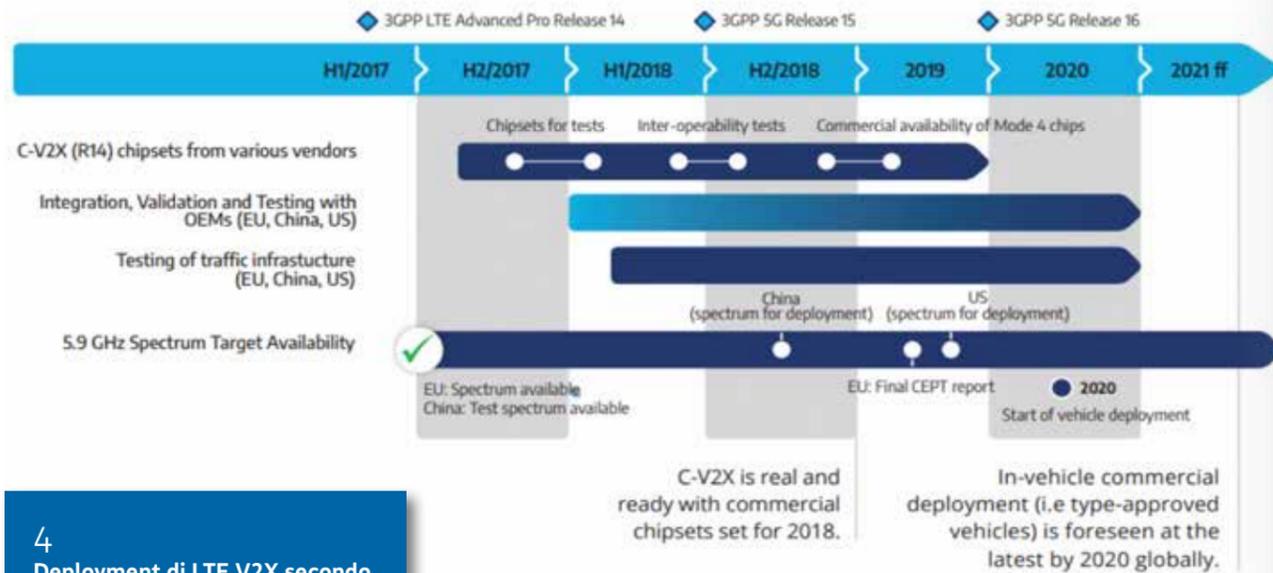
gestione ed il controllo cooperano per ottimizzare l'utilizzo delle infrastrutture e della mobilità.

Si vogliono progettare e sviluppare servizi per i cittadini, nell'ambito della mobilità urbana e più in generale delle Smart City, rendendoli visibili e testabili all'interno dello scenario "Smart Mobility" di ELIS. Il punto di forza è rendere visibili i servizi ed integrarli così in un'unica applicazione su smartphone, in grado di poter abbracciare più utenti possibili e sviluppare un sistema facilmente scalabile, utilizzando apparati di rete LTE veicolare, già pronti alla transizione verso l'utilizzo della tecnologia 5G, che Huawei con TIM ha già reso disponibile in Italia a Bari e Matera nell'ambito del trial MISE 5G, non appena sarà disponibile anche Roma.

3
La mappa delle attività Huawei per l'Autonomous Driving Car



Deployment of LTE-V2X (V2V / V2I)



4 Deployment di LTE V2X secondo 5GAA "Automotive Association"

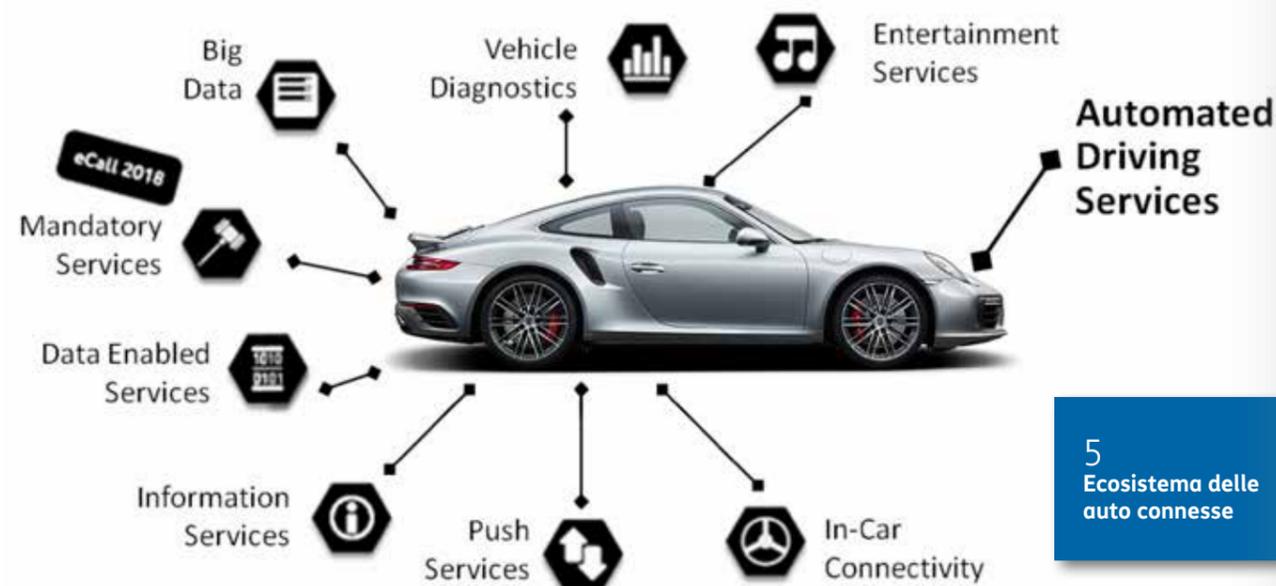
I casi d'uso sviluppati saranno i seguenti:

- Riconoscimento veicoli in ingresso per regolare l'accesso ad aree riservate. Con autoveicoli abilitati

dell'opportuna tecnologia, si può permettere il riconoscimento V2I.

- Parcheggio assistito che permette di individuare il posto libero a minor distanza. Controllo di sicu-

rezza/diagnostica degli elementi auto eventualmente collegato con un servizio di assistenza che può intervenire quando il veicolo è nel parcheggio.



5 Ecosistema delle auto connesse

- Car-to-office: invio di avvisi di eventuale ritardo da parte di autovetture ; sistema avanzato di prenotazione del parco auto condiviso.
 - Sicurezza Stradale: segnalazione pericoli e ostacoli, rilevazione cartelli stradali e stato delle strade.
- Il progetto ha l'obiettivo di estendere l'analisi degli standard e dei modelli di riferimento (prestazioni, requisiti architetturali) per servizi e use cases di maggiore interesse in ambito urbano. Verranno esamina-

te le caratteristiche di un'infrastruttura Smart Road e la comunicazione tra gli oggetti che la compongono. Lo scopo è quello di ideare e progettare soluzioni dimostrative che implementino, in modalità C/S (anche tramite app), nodi dell'infrastruttura e accesso al cloud, soluzioni V2I2N (tra Veicolo e Infrastruttura Stradale e Rete), oppure V2P (tra Veicolo e i Pedoni o altri Vulnerable Users) di alerting near realtime di situazioni di pericolo. Le attività di progetto

potranno beneficiare delle esperienze pregresse su ambiti simili delle aziende coinvolte in tale progetto. Il progetto è volto alla creazione dei prototipi dimostrativi (sensori, telecamere, gateway, network) e all'installazione. Huawei è impegnata infine nel mondo, in Europa ed in Italia a contribuire per velocizzare l'ecosistema di automobili connesse, offrendo un supporto per tutte le soluzioni/ servizi end-to-end, sintetizzati in Figura 5 ■

Bibliografia

- [1] Markus Dillinger, Advanced Wireless Technology Laboratory, Huawei Munich Research Centre CAM and Industrialization. Presentazione Atti Huawei Innovation Day November 7, 2018.
- [2] Consorzio Elis, "Open Connected Mobility" documentazione di progetto.
- [3] 5GAA Association, documentation and roadmap.
- [4] ERTRAC "European Road Transport Research Advisory Council", atti dei convegni.



Luca Piccinelli luca.piccinelli@huawei.com

PhD in Ingegneria delle TLC, ha lavorato prima in Space Engineering (1998), poi in Aeronautica Militare ed Alenia (1999-2000), poi in British Telecom, dove ha seguito il lancio dei primi sistemi UMTS. In TIM dal 2002, si è occupato di collaudo ed Ingegneria di sistemi mobili e terminali, contribuendo al lancio della tecnologia LTE. Delegato TIM del 3GPP RAN5 dal 2003 al 2006, Chairman dal 2003 al 2012 del gruppo tecnico dell'ente di certificazione internazionale dei cellulari GCF, è stato Board Director del GCF ed ha siglato il primo contratto di roaming tra TIM e Verizon nel 2012. In HUAWEI dal 2013, prima come Marketing Manager è stato responsabile di soluzioni Core Network LTE (EPC) e sistemi Multimedia Broadcast (e-MBMS), dal 2015 è responsabile di Innovazione, Marketing e Progetti Strategici in ambito Digital Services, Network Transformation, IoT, Video, 5G; è delegato Huawei nello Strategic Committee del progetto MISE Bari Matera 5G ■

L'EVOLUZIONE DELLO STANDARD 3GPP C-V2X

Maria Pia Galante, Nicola Pio Magnani, Giovanni Romano

Introduzione

Il 5G intende rispondere alle esigenze di una molteplicità di settori industriali che fino ad oggi dovevano rivolgersi a soluzioni verticali ad hoc, e intende quindi allargare

l'ecosistema radiomobile ai mercati adiacenti, proponendosi come la piattaforma tecnologica della nuova rivoluzione industriale.

Fra gli ambiti applicativi del 5G merita particolare menzione il settore Automotive e in particolare il V2X, ossia la comunicazione fra il veicolo

e altre entità quali altri veicoli (V2V), pedoni (V2P), elementi infrastrutturali (V2I) o elementi di rete (V2N), come rappresentato in *Figura 1*.

L'articolo si focalizza su quanto sviluppato dal 3GPP a partire da LTE, nell'ambito del percorso verso il 5G: dopo avere analizzato i requi-



5G

siti di servizio, sono approfonditi gli aspetti sia di accesso radio sia di architettura di rete. In particolare, il 3GPP definisce le modalità per trasportare i messaggi V2X, senza entrare nel merito della definizione dei messaggi stessi, e demandando ai livelli applicativi superiori le logiche di servizio.

Anche l'IEEE ha sviluppato una soluzione per l'accesso radio specifica per applicazioni V2X, denominata IEEE 802.11p e adottata in USA per il sistema DSRC e in Europa per lo standard ITS-G5; per un approfondimento si rimanda al box dedicato.

Requisiti di servizio

Numerosi enti di standardizzazione negli ultimi 15 anni hanno forma-

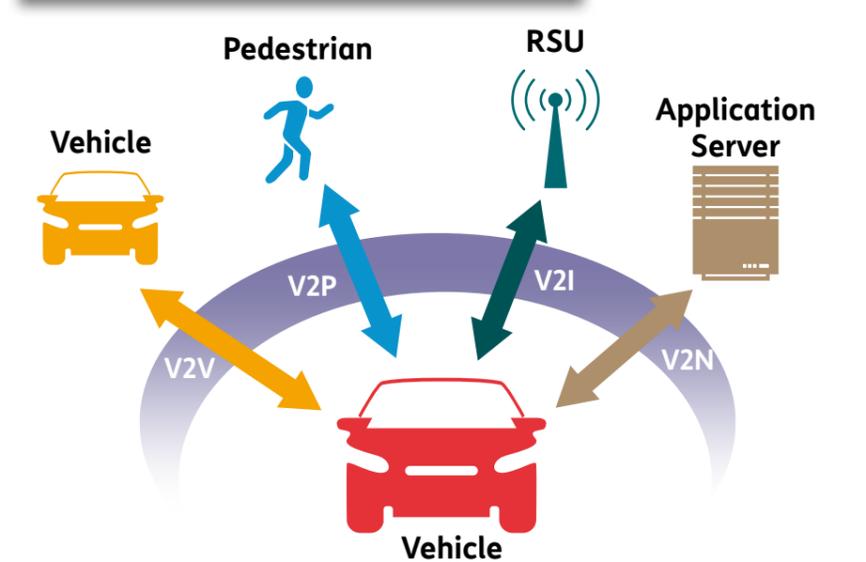
lizzato le possibili applicazioni per il V2X ed i relativi messaggi (ETSI ITS in Europa, SAE in USA, ...). Pur non esistendo una classificazione universalmente accettata, queste possono essere suddivise nelle seguenti tipologie di servizi (Figura 2):

- servizi di Road Safety, volti ad evitare incidenti e migliorare la sicurezza stradale;
 - servizi di Traffic management & efficiency, pensati per agevolare lo scorrimento del traffico;
 - servizi di Infotainment & Business, per creare valore sia al conducente sia ai passeggeri a bordo.
- Quasi tutti i servizi di Road Safety e buona parte dei servizi di Traffic management & efficiency richiedono la trasmissione periodica di messaggi V2V/P/I a bassissima latenza e alta affidabilità (reliability). Un messaggio di Collision Warning, ad

esempio, deve poter arrivare correttamente e in un tempo brevissimo a tutti i veicoli presenti nelle immediate vicinanze del veicolo (sarebbe inutile, oltre che uno spreco di capacità, trasmettere l'informazione oltre una certa distanza). Inoltre, è importante che il dato arrivi a tutti i veicoli indipendentemente dall'operatore di rete servente e anche nei casi in cui non sia presente una copertura di rete. Questi messaggi vengono quindi affidati a canali di trasporto diretti, in cui i dati sono trasmessi in broadcast senza dover viaggiare attraverso una rete. Grazie ad appositi meccanismi inseriti a livello applicativo, tali servizi vengono inoltre protetti da attacchi e manipolazioni, a tutela della sicurezza. Nel 2015 si è avviato in 3GPP lo studio dell'adattamento della rete LTE a supporto delle applicazioni V2X (Cellular V2X, C-V2X), nell'ottica di specificare un trasporto adeguato sia ai messaggi V2V/P/I sia ai messaggi V2N a garanzia di una completa copertura e continuità di servizio. L'obiettivo del 3GPP è supportare lo sviluppo di nuove opportunità di business per l'industria delle telecomunicazioni arrivando ad un sistema con performance in grado di poter supportare tutti i livelli di autonomia di guida, dalla guida assistita (L1 dello schema SAE, v. Figura 3) fino a quello più sfidante e complesso della guida autonoma (L5), secondo un approccio a fasi incrementali.

I primi requisiti per il V2X in LTE (Release 14, [1]) abilitano use case di

1 Applicazioni V2X [1]



2 Tipologie di servizi V2X

1s. Dal punto di vista procedurale, la comunicazione diretta deve poter avvenire tra UE di Operatori diversi ed anche nei casi di assenza di

copertura, con trasmissioni aventi priorità a richiesta dell'applicazione e, a tutela della privacy, rendendo impossibile a terze parti il traccia-

“basic safety” a supporto della guida assistita, come quelli riportati nel relativo riquadro in Figura 2. I KPI di riferimento per la comunicazione diretta sono fino a 100 ms di latenza, in funzione del servizio, con payload da 50 a 1200 byte, velocità massima di 250 km/h e rate fino a 10 messaggi/s. I messaggi relativi ai servizi con requisiti di latenza meno stringenti ma che necessitano di una diffusione su area più ampia, transitano via rete potendo tollerare ritardi fino a

3 I livelli di guida autonoma del SAE [3]



mento e la riconoscibilità dell'identità dei terminali V2X.

L'evoluzione del servizio in Release 15 prevede il supporto di use case più complessi quali il "platooning" (incolonnamento dinamico di un gruppo di veicoli a minima distanza di sicurezza), l'"extended sensor" (raccolta di dati da sensori locali o remoti, es. video da altri veicoli, per una rappresentazione comune dell'ambiente circostante), l'"advanced driving" (sincronizzazione e coordinamento delle traiettorie e intenzioni di manovra, a supporto dei livelli L2-L5), ed il "remote driving" (guida con conducente remotizzato). Ne derivano requisiti di performance più stringenti (v. Figura 4) che solo in parte possono essere soddisfatti da un'evoluzione lineare del sistema EPS/LTE (eV2X, [4]) e che più in generale richiedono un ripensamento delle architetture radio e rete in ottica 5G.

Infine gli sviluppi più recenti (Release 16, stage 1 in completamento a

dicembre 2018) indicano la necessità di una maggiore interazione tra Telco e applicazioni con l'obiettivo di migliorare l'efficacia dei servizi V2X, sia rispetto ai canoni di sicurezza sia in termini di user experience. Risulta fondamentale, a questo proposito, la capacità del sistema di offrire una predizione del livello di QoS a disposizione delle applicazioni V2X. Ad esempio un'applicazione di rete che assiste un veicolo a guida autonoma potrebbe allertare il conducente a prepararsi al subentro della guida manuale se, in base alla traiettoria pianificata e alla velocità, prevedesse un degrado dei livelli di connettività di rete. Ultimo aspetto altrettanto importante e significativo in termini di business riguarda la valorizzazione dei big data di connettività (es. log temporizzati delle

trasmissioni/ricezioni, localizzazione, andamento delle performance...) che potrebbe arricchire in ottica B2B le offerte dei Telco verso le terze parti (ad esempio, case automobilistiche, assicurazioni, ecc. per manutenzione predittiva, profilatura stili di guida, ...) nell'interesse di una superiore customer experience per l'utente finale.

Aspetti radio e frequenze

L'accesso radio LTE V2X è stato introdotto dal 3GPP in Release 14. Le caratteristiche delle comunicazioni V2X hanno richiesto modifiche

4
KPI significativi per servizi eV2X Release 15 [4]

Tipologia di servizio	Massima latenza end-to-end (ms)	Reliability (%)	Minimo Communication range richiesto (metri)	Data rate (Mbps)	Frequenza messaggi (Mmessage/sec)	Payload (Bytrate)
Platooning	10-500	99,99	80-350	65	2-50	50-6500
Extended Sensor	3-100	90-99,999	50-1000	10-1000	10	1600
Advances Driving	3-100	90-99,999	360-700	10-50	10-100	300-12000
Remote Driving (max 250 km/h)	5	99,999	-	UL:25 DL:1	-	-

SISTEMA ETSI ITS-G5

Mauro Boldi

Il sistema noto come ETSI ITS-G5 è stato sviluppato a partire dal 2007 dal comitato tecnico ITS [8] facendo riferimento al precedente progetto USA noto come "WAVE" ("Wireless Access in Vehicular Environments"). Il progetto WAVE ha definito le modifiche allo standard IEEE 802.11 (quello alla base dei prodotti Wi-Fi) per supportare i requisiti dei sistemi di trasporto veicolare, producendo la versione cosiddetta IEEE 802.11p. Lo standard IEEE 802.11p è stato adottato successivamente come il riferimento per il progetto USA denominato DSRC ("Dedicated Short-Range Communications") ed anche dal citato comitato tecnico ETSI ITS per la versione europea nota appunto come ITS-G5.

La motivazione dello standard ITS-G5 è stata quella di sfruttare il più possibile standard pre-esistenti come l'IEEE 802.11 per il Wi-Fi, introducendo elementi in grado di gestire l'elevata mobilità tipica del contesto veicolare. Nello standard sono previste specifiche per le comunicazioni V2V/P/I, dove per infrastruttura si intendono le cosiddette "Road Side Unit", nodi trasmissivi a bordo strada (spesso collocabili anche in prossimità di semafori o segnaletica stradale). La natura e il deployment di un elevato numero di RSU sono un punto di attenzione aperto dei sistemi ITS-G5.

L'accesso IEEE 802.11p si basa sul protocollo CSMA-CA ("Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance"); in questo protocollo, il terminale "ascolta" il canale prima di inviare un messaggio e lo invia solo se rileva che il canale è libero da altre trasmissioni. Questa è una limitazione significativa del sistema ITS-G5,

specialmente in termini di latenze garantite, anche se recentemente il sistema ha introdotto classi di QoS privilegiate.

Il sistema ITS-G5 funziona sulla banda 5.9 GHz in Europa, precisamente 5875-5905 MHz per un totale di 30 MHz, con estensione per applicazioni safety di ulteriori 20 MHz in alto, attualmente in discussione. Questa banda è oggetto di discussione per la coesistenza possibile con le applicazioni C-V2X.

La specifica dello standard è la ETSI EN 302 663. In particolare, il livello fisico si basa sull'IEEE 802.11 ed è un OFDM con 52 sotto-portanti, 48 per i dati e 4 per i piloti, e supporta 8 differenti "transfer rate" da 3 a 27 Mbit/s. Il canale è di 10 MHz e la potenza massima è pari a 33 dBm EIRP.

Il sistema ITS-G5 si basa sulle specifiche ETSI EN 302 637 che definiscono i messaggi CAM ("Cooperative Awareness Message") e DENM ("Decentralized Environmental Notification Message"). Un messaggio CAM contiene le informazioni relative al device ITS-G5 in termini di stato del device stesso (quali tempo, velocità, posizione, stato di movimento, etc) e relativi attributi (come dimensioni, tipo del veicolo, ruolo nel traffico, etc). Un messaggio DENM riporta invece l'occorrenza di specifici eventi (quali incidenti, ad esempio) e persiste fintanto che l'evento in questione non è terminato ■

all'interfaccia radio LTE, in funzione dei requisiti da soddisfare. In particolare, un elemento chiave che ha guidato i lavori del 3GPP è la presenza o meno della rete nelle aree in cui effettuare le comunicazioni. Questo ha portato alla specifica di due modalità di comunicazione:

- Comunicazioni V2V/P/I basate sull'interfaccia PC5 – questa interfaccia mette in comunicazione diretta due device, senza prima passare dalla rete: il segnale trasmesso da un device è ricevuto direttamente dagli altri device. Questa tipologia si suddivide ulteriormente in due modalità: Mode 3 e Mode 4. Nel Mode 3, le comunicazioni avvengono in copertura di rete e la stazione radio base gestisce le risorse radio in modo da massimizzare le prestazioni radio. Il Mode 4 è richiesto in aree senza

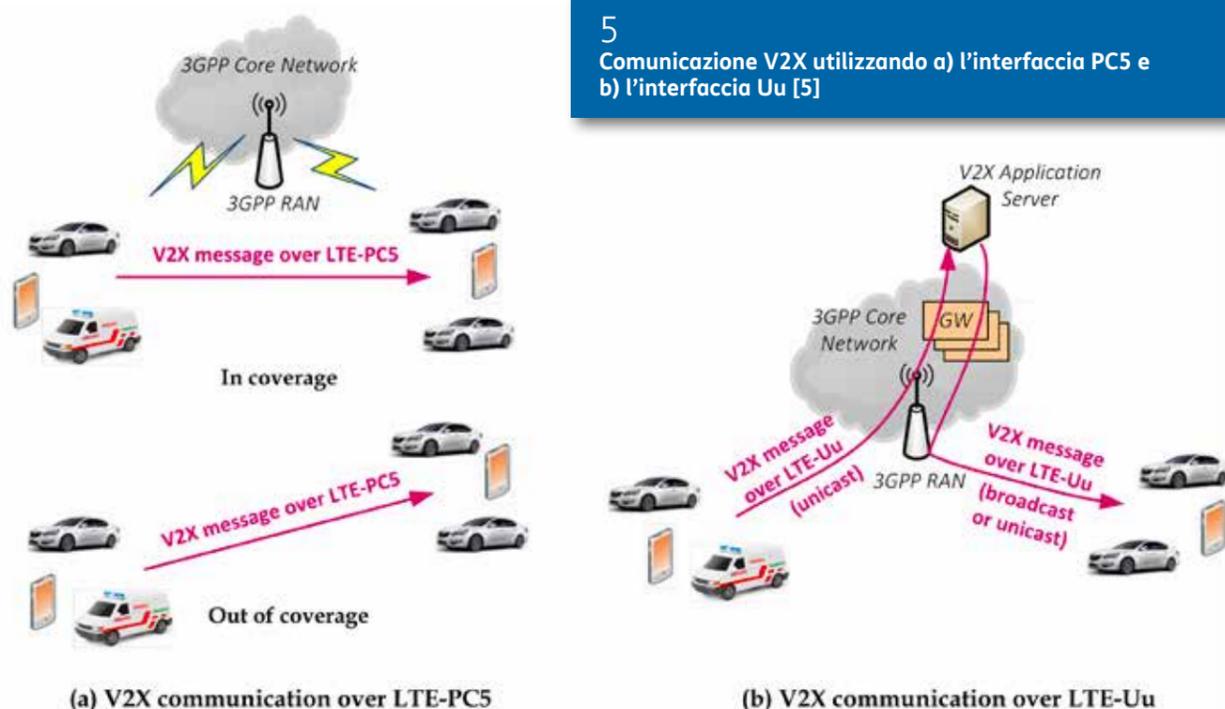
copertura cellulare (ma può essere utilizzato anche in presenza di rete); in questa modalità i device gestiscono direttamente l'utilizzo delle risorse radio.

- Comunicazioni V2N basate sull'interfaccia Uu – questa interfaccia connette i device con la stazione radio base LTE (eNB), operando quindi come nelle normali comunicazioni e potendo anche realizzare comunicazioni di tipo V2N2V/P/I.

Le diverse metodologie sono illustrate in *Figura 6*. La soluzione basata su interfaccia Uu non differisce dal normale processo di comunicazione tra device e stazione radio base. I vantaggi sono molteplici: il riutilizzo di terminali commerciali senza necessità di modifiche, il riutilizzo dell'infrastruttura di rete esistente e throughput paragonabile a quello

delle comunicazioni commerciali. Il vantaggio principale però è nel permettere un raggio di comunicazione più ampio, anche al di fuori della stretta prossimità e in caso di non visibilità diretta tra i terminali (es. nel caso di edifici che possono bloccare la ricezione del segnale PC5). Lo svantaggio principale è dato dal fatto che la latenza è maggiore rispetto al caso PC5, in quanto la comunicazione deve transitare per la rete. La modalità PC5 minimizza la latenza, in quanto non è mediata dalla rete, ma presenta una serie di svantaggi: necessità di terminali "ad-hoc", ovvero che supportino la modalità di comunicazione diretta; raggio di comunicazione limitato ad alcune centinaia di metri; difficoltà di comunicazione tra terminali non in visibilità diretta; gestione non ottimizzata delle risorse radio.

5 Comunicazione V2X utilizzando a) l'interfaccia PC5 e b) l'interfaccia Uu [5]



La modalità PC5 è progettata per poter operare in bande non licenziate e richiede tecniche di sincronizzazione dei terminali basati su ausili esterni (ad es. il GPS). Da studi effettuati in 3GPP [6] risulta infatti che la coesistenza tra modalità PC5 ed Uu comporta un forte degrado del throughput sia per le comunicazioni V2X sia per quelle "commerciali". Per ovviare a questo inconveniente, il 3GPP ha specificato la possibilità di trasmettere simultaneamente in modalità PC5 in banda non licenziata ed in modalità Uu in banda licenziata. Questa tecnica permette di segregare le due modalità di trasmissione eliminando i problemi di interferenza reciproca, aumentare il throughput e sfruttare i vantaggi di entrambe le modalità.

Anche relativamente all'accesso radio, durante la Release 15 il 3GPP ha introdotto miglioramenti tecnologici, essenzialmente per ridurre la latenza ed aumentare il throughput. In Release 16 è iniziato a giugno 2018 il lavoro per specificare soluzioni V2X (basate sia su PC5 sia su Uu) con la tecnologia NR. Il principio è quello di complementare i servizi offerti con LTE, sfruttando la miglior efficienza spettrale di NR e quindi offrire migliori prestazioni radio.

Frequenze radio

Il 3GPP ha definito una banda ad hoc per le trasmissioni PC5, ovvero

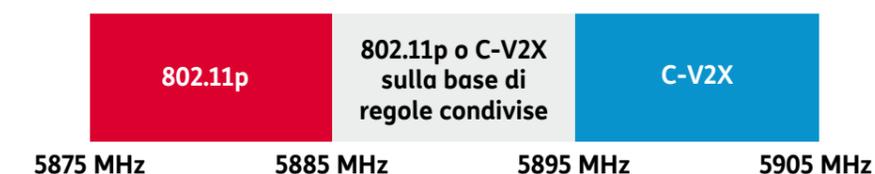
la banda 47 da 5855 a 5925 MHz. Questa è una banda non licenziata per cui altre tecnologie possono coesistere e quindi creare interferenza, e include la banda 5875-5905 MHz individuata a livello EC per le applicazioni ITS relative alla sicurezza. In particolare, un'altra tecnologia che è prevista utilizzare questa banda è DSRC/G5, basata sull'accesso radio IEEE 802.11p e specificata in Europa da ETSI ITS (v. box dedicato). Il 3GPP ha effettuato anche valutazioni di coesistenza tra ITS-G5 e LTE PC5, analizzando i livelli di mutua interferenza fra i due sistemi e concludendo che sono da considerarsi "buoni vicini".

Tuttavia la coesistenza dei due sistemi non è accettata dai sostenitori della tecnologia ITS-G5, i quali asseriscono che il relativo standard è pronto da circa dieci anni e quindi l'uso dello spettro dovrebbe essere riservato alla tecnologia "incumbent". Il tema è ancora in fase di discussione nei diversi tavoli normativi, ed è in discussione anche una possibile soluzione di compromesso: la banda 5875 - 5905 MHz potrebbe essere suddivisa in

tre canali da 10 MHz, per cui sarebbe possibile effettuare una segregazione delle due tecnologie su canali diversi, come illustrato in *Figura 6*. Questa soluzione rappresenterebbe un compromesso non ideale in quanto entrambe le tecnologie vedrebbero ridotte le risorse a loro disposizione. D'altro canto permetterebbe un periodo di coesistenza iniziale, in attesa che il mercato, o un eventuale pronunciamento regolatorio, decida la tecnologia vincente.

Un'altra soluzione per mitigare i problemi di coesistenza potrebbe essere quella di estendere la banda dedicata alle applicazioni ITS. A livello europeo è infatti prevista la possibilità di individuare per ITS ulteriori 20 MHz per applicazioni safety (5905-5925 MHz), oltre alla possibilità di ulteriori 20 MHz (5855-5875 MHz) per altre applicazioni ITS. Questa però non sarebbe una soluzione attuabile nel brevissimo termine, in quanto richiederebbe l'armonizzazione dell'uso dello spettro a livello europeo, con la definizione delle relative regole di utilizzo.

6 Proposta di segregazione dei canali radio per minimizzare l'interferenza tra DSRC e LTE V2X



APPLICAZIONI MEC IN AMBITO V2X

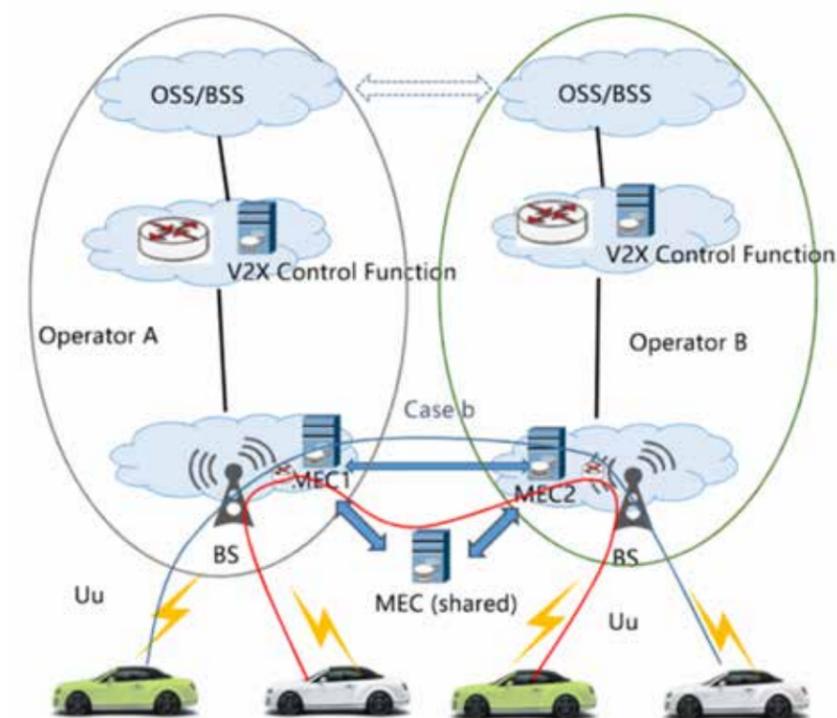
Salvatore Scarpina

Con il termine "Edge Computing" ci si riferisce ad una generica visione nella quale il "cloud" viene portato il più vicino possibile all'utente, pur restando all'interno della rete; nel contesto delle reti mobili, in genere, questo vuol dire in prossimità dell'accesso radio. Tale ambiente, ovvero l'edge, rappresenta il luogo ideale per ospitare le componenti server delle infrastrutture basate sulle comunicazioni V2X, per via della bassissima latenza che questo ambiente è in grado di offrire e per la potenziale capacità computazionale esponibile.

Le specifiche ETSI MEC (Multi-access Edge Computing) standardizzano un'architettura in grado di fornire risorse IT e cloud per il deployment all'edge di applicazioni di terze parti ("MEC Application"), in grado di interagire con la piattaforma per mezzo di una serie di API standardizzate.

Nel contesto delle applicazioni V2X, le specifiche ETSI MEC prevedono, all'interno della piattaforma, la presenza del "V2X Information Service" (VIS) allo scopo di soddisfare i requisiti di comunicazione veicolare in scenari "multi-vendor" e "multi-operatore". Questo componente, infatti, consente l'esposizione (tramite opportune API in fase di standardizzazione) alle "MEC Application" delle informazioni relative alle comunicazioni V2X e al loro contenuto, ovviamente il tutto sotto il controllo dei componenti di rete (V2X Control Function), anche nel caso in cui i terminali o le applicazioni appartengano non solo a nodi MEC diversi (ma sempre nella rete dell'operatore) ma anche nel caso in cui appartengano a reti di operatori differenti.

La collocazione all'edge della rete consente inoltre di contestualizzare le comunicazioni V2X con le informazioni di stato del



A Architettura ETSI MEC per V2X in scenari multi-operatore (architetture shared/independent) [12]

canale radio esposte dalla piattaforma ETSI MEC, permettendo quindi di soddisfare i requisiti di reliability richiesti da alcune applicazioni di "safety" (Intersection Movement Assist e Vulnerable Road User Discovery). Ad esempio i sistemi a bordo veicolo possono riportare al guidatore il grado di affidabilità delle informazioni sullo stato del traffico veicolare in funzione della qualità dello stato della rete e relativi cambiamenti, così come permettere a tali applicazioni di richiedere alla piattaforma un certo grado di affidabilità e latenza garantita.

Sfruttando poi le comunicazioni a bassa latenza e la distribuzione geografica intrinseca del MEC, si possono prevedere scenari di "Advanced driving assistance", come ad esempio High Definition Local Maps, ovvero la generazione di una vista complessiva (mappa) della situazione stradale a partire

dai dati forniti dai singoli veicoli e la sua distribuzione a tutti i veicoli.

Infine la disponibilità di una piattaforma di computing in grado di garantire elevata banda / bassa latenza, abilita una serie di applicazioni, non strettamente correlate con il mondo V2X e molte delle quali ancora da immaginare, di infotainment (ad esempio Virtual Reality / Augmented Reality) a bordo veicolo ■



PROGETTAZIONE RADIO 5G IN SCENARI “CONNECTED CAR”

Roberto Lanzo

L'introduzione del 5G richiede un'importante evoluzione degli strumenti e delle metodologie di analisi e progettazione della copertura radio, dovuta sia all'adozione di nuove gamme frequenziali, sia all'impiego di tecnologie di antenna innovative, sia alla necessità di supportare scenari di servizio eterogenei. La varietà di use cases abilitati dalla tecnologia 5G, e dei relativi ambienti propagativi, è ampissima. I range frequenziali spaziano da 700MHz a 26GHz, le applicazioni “Internet-of-things” preve-

dono un terminale collocato dal sotto-suolo (ad esempio per sensori di monitoraggio idrico) al cielo (droni connessi), mentre le applicazioni FWA (Fixed Wireless Access) prevedono antenne posizionate al di sopra degli edifici o sui balconi. Gli scenari citati e le caratteristiche dei sistemi di antenna (Massive-MIMO, Beamforming) richiedono una caratterizzazione sempre più accurata dell'ambiente di propagazione, ad esempio per la definizione del puntamento di fasci (beam).

Le applicazioni di tipo “connected car”, in particolare, presentano esigenze peculiari in termini di affidabilità e continuità della copertura in mobilità.

TIM sviluppa internamente le metodologie e strumenti che supportano il ciclo completo della progettazione radio in quanto ritenuti asset strategico. Tale scelta consente, infatti, di rispondere velocemente a nuove esigenze introdotte dall'evoluzione tecnologica, senza vincoli temporali dipendenti da fornitori esterni, accrescendo continuamente il know-how interno attraverso un circolo virtuoso tra progettisti e sviluppatori delle metodologie di progetto.

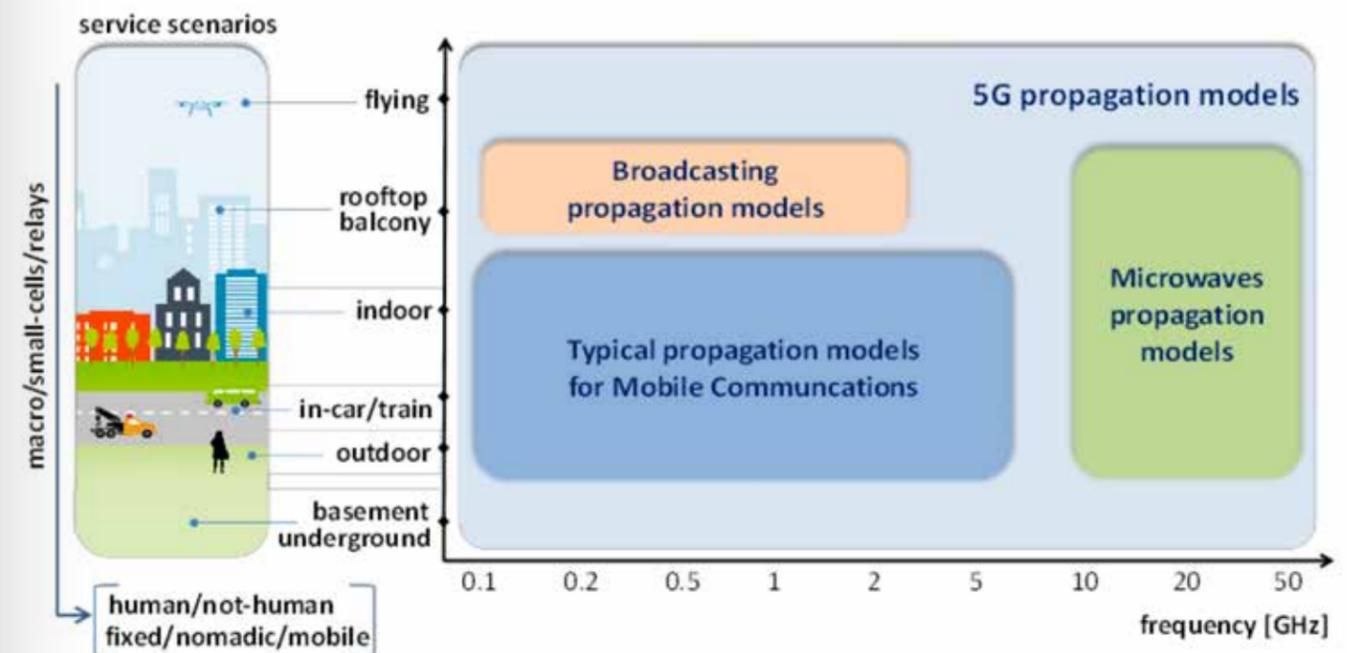
La piattaforma TIMplan (Telecom Italia Mobile PLANning tool) supporta tutte le fasi del processo di progettazione della rete di

accesso radio cellulare: dalle previsioni di copertura, al controllo dell'interferenza, fino alla produzione dei dati per la configurazione degli apparati di rete.

Con l'aumentare della complessità ed eterogeneità delle reti dispiegate, ed in particolare con l'avvento del 5G, progettazione ed ottimizzazione di una rete che evolve in dinamicità rendono indispensabile l'uso di strumenti sempre più accurati, ad esempio basati su tecniche di ray tracing intelligente in grado di rappresentare la complessità del segnale radio ed ottimizzare di conseguenza il cosiddetto beamforming, cioè il puntamento dei fasci di antenna in funzione della posizione dell'utenza. L'utilizzo di tali strumenti abilita anche l'introduzione di algoritmi di tipo SON (self Organizing Network) in grado di gestire dinami-

A

Scenari applicativi 5G e modelli di propagazione

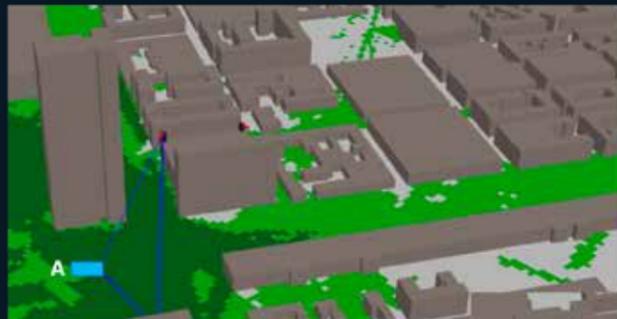


camente le risorse di rete e, quindi, anche di garantire affidabilità e continuità alle prestazioni radio in scenari "connected car", con passaggi seamless tra celle associate ad antenne diverse. La possibilità di utilizzare diverse gamme frequenziali, in

questo ambito, offre un ulteriore grado di libertà per l'ottimizzazione di rete: all'aumentare della frequenza utilizzata, infatti, aumenta la banda trasmissiva disponibile (e quindi la velocità di connessione), mentre diminuisce la dimensione della cella,

con conseguente aumento del numero di passaggi (handover) tra celle diverse. Nella figura è riportato un esempio di copertura "Smart Road" in Banda 43, ottenuto utilizzando algoritmi di ray tracing intelligente ■

B
Esempio di copertura "smart road" nell'area urbana di Torino (in rosso la direttrice del nuovo viale cittadino corrispondente al passante ferroviario)



C
Ray tracing 3D in condizioni di handover nel passaggio tra due celle: il simbolo azzurro rappresenta il veicolo nei punti A e B, mentre le linee blu rappresentano i diversi cammini (multi-path) tra stazioni radio base 5G e veicolo (diretti e riflessi dagli edifici)



Architettura di rete

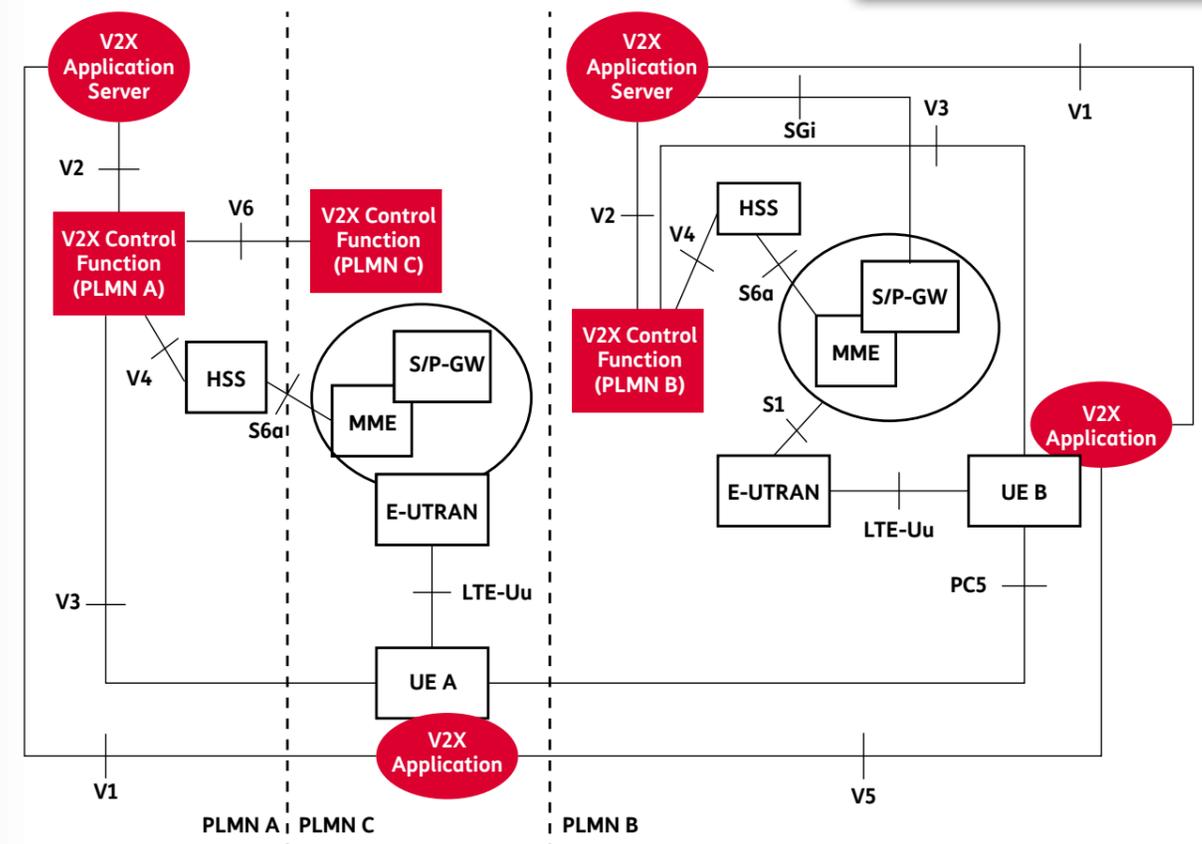
L'architettura V2X 3GPP sviluppata come estensione dell'architettura LTE/EPC in Release 14 è stata completata a settembre 2016 (la definizione dei protocolli è terminata a marzo 2017). Le principali novità architettoniche consistono nell'introduzione di un nuovo server V2X Control Function nella Home PLMN e di uno o più Application Server V2X, di proprietà anche di terze parti. L'architettura in Figura 7 rappresenta il caso più generale di uno UE V2X (sottoscritto alla PLMN A e in roaming sulla PLMN C) che co-

munica con un altro UE V2X (sottoscritto alla PLMN B) via PC5, e con un Application Server V2X via rete (LTE-Uu). Mentre le comunicazioni in uplink verso l'Application Server avvengono sempre in unicast, quelle in downlink possono avvenire sia in unicast sia in broadcast utilizzando MBMS (non mostrato in figura). Il V2X Control Function gestisce le autorizzazioni e i parametri di provisioning del servizio di ogni UE, tramite reference point V3. In particolare, il V2X Control Function autorizza l'uso della comunicazione PC5 nei casi di assenza di copertura di rete e comunica la lista delle PLMN

in cui è consentita la trasmissione via PC5 nei casi di copertura di rete. I parametri di provisioning includono le informazioni necessarie allo UE per trasmettere/ricevere (es. frequenze radio da usare per la trasmissione PC5 o set di canali MBMS su cui "sintonizzarsi") e per interagire con i livelli applicativi superiori (es. mapping tra servizi V2X e indirizzi di destinazione).

Gli Application Server di rete, invece, ospitano le applicazioni V2X che dialogano con le rispettive istanze sullo UE, tramite reference point V1

7
Architettura per servizi V2X [7]



(non specificato da 3GPP in quanto nel dominio applicativo). Per minimizzare il ritardo ed aumentare la reliability delle trasmissioni, gli Application Server possono essere dispiegati in prossimità dell'accesso radio, ad una distanza tale da minimizzare la densità di apparati per area geografica senza ulteriore degrado delle prestazioni. È per tale motivo che le applicazioni V2X si candidano naturalmente ad essere ospitate su piattaforme di edge computing (MEC), aspetto approfondito nell'apposito riquadro. Il requisito di comunicazione tra UE di Operatori diversi implica che i messaggi trasmessi dagli UE dell'operatore A debbano essere ricevuti da tutti gli altri UE, indipendentemente dall'operatore di appartenenza, e viceversa. Per la comunicazione diretta in Mode 4 è necessario per questo pre-configurare le risorse radio da utilizzare direttamente sugli UE V2X (o sulle USIM, se presenti), oppure scaricarle dal server V2X Control Function. Per le comunicazioni via rete, invece, il requisito di comunicazione inter-operatore implica che i messaggi inviati all'Application Server V2X siano ritrasmessi da questo a tutti gli UE presenti in una certa area geografica. Il traffico downlink generato dall'Application Server potrà quindi essere instradato direttamente verso i gateway

di riferimento delle PLMN partecipanti al servizio, oppure prima verso gli Application Server di riferimento delle singole PLMN e poi da questi ai rispettivi gateway. Nel caso gli Application Server risiedano su piattaforme di edge computing, occorrerà dunque abilitare interconnessioni IP all'edge di rete.

Come accennato sopra, è anche prevista la possibilità di servizio senza USIM. In questo caso lo UE potrà usare solo la comunicazione PC5 su spettro non licenziato. Le comunicazioni via LTE-Uu potrebbero essere sostituite da comunicazioni V2I tra UE e Road Side Unit (RSU), con RSU connesse direttamente alle piattaforme di servizio di rete.

In Release 15, il 3GPP non ha prodotto modifiche sostanziali all'architettura appena descritta. Al momento della stesura di questo articolo è in corso di studio una nuova architettura basata sul sistema 5G, che dovrebbe essere finalizzata nell'ambito della Release 16 entro il 2019. Le novità principali includeranno:

- il riuso dell'architettura service-based della 5G Core e del network slicing, per dispiegare agilmente reti virtualizzate a supporto di diversi servizi e scenari V2X;
- l'evoluzione del server V2X Control Function in una 5G Network Function di puro controllo, per migliorare la scalabilità del siste-

ma al crescere del numero degli UE, ed infine

- una separazione più spinta del piano controllo da quello dati, per consentire dispiegamenti più flessibili che, ad esempio, distribuiscono su edge data center le applicazioni V2X mantenendo centralizzate le funzioni di controllo.

Conclusioni

Le comunicazioni V2X stanno assumendo un'importanza sempre maggiore, come testimonia la crescente attenzione sui media. Le comunicazioni V2X sono infatti alla base dei prossimi sviluppi dell'industria automotive verso le auto connesse e i nuovi modelli di mobilità, e catalizzano quindi gli interessi di molteplici settori industriali.

Il 3GPP ha definito, nell'ambito del percorso verso il 5G, una soluzione in grado di rispondere sia ai requisiti delle comunicazioni dirette fra i veicoli e gli altri utenti della strada, sia alle esigenze dei servizi che richiedono una più ampia diffusione dei messaggi e quindi l'utilizzo della rete. In questo modo la soluzione C-V2X del 3GPP intende portare nel mondo automotive i benefici dell'intero ecosistema mobile e in particolare del 5G ■

Bibliografia

- [1] 3GPP TS 22.185 Service requirements for V2X services.
- [2] 3rd Generation Partnership Project, <http://www.3gpp.org>
- [3] Society of Automotive Engineers, <https://www.sae.org>
- [4] 3GPP TS 22.186 Service requirements for enhanced V2X scenarios
- [5] 3GPP TR 21.914 Release description; Release 14
- [6] 3GPP TR 36.785 "Vehicle to Vehicle (V2V) services based on LTE sidelink; User Equipment (UE) radio transmission and reception"
- [7] 3GPP TS 23.285 Architecture enhancements for V2X services

- [8] Intelligent Transport Systems, <https://portal.etsi.org/TBSiteMap/ITS/ITStoR>
- [9] ETSI EN 302 663 - ITS-G5 Access layer specification for Intelligent Transport Systems operating in the 5 GHz frequency band
- [10] ETSI EN 302 637 - Intelligent Transport Systems (ITS); Vehicular Communications; Basic Set of Applications; Part 2: Specification of Cooperative Awareness Basic Service
- [11] ETSI EN 302 637 - Intelligent Transport Systems (ITS); Vehicular Communications; Basic Set of Applications; Part 3: Specifications of Decentralized Environmental Notification Basic Service.
- [12] ETSI GR MEC 022 v 2.1.1 (2018-09) - Multi-access Edge Computing (MEC); Study on MEC Support for V2X Use Cases.



Maria Pia Galante mariapia.galante@telecomitalia.it

laureata in Ingegneria Elettronica presso il Politecnico di Torino, attualmente si occupa del coordinamento delle attività di standardizzazione tecnica su servizi e architetture di rete mobile. Entra in Telecom Italia nel 1998 nell'allora CSELT (Centro Studi e Laboratori Telecomunicazioni), dove si occupa di tecnologie per il controllo delle reti di terza generazione nell'ambito di diversi progetti internazionali. Rappresenta Telecom Italia in 3GPP SA WG2 (Architecture) dal 2000 al 2008, e tra il 2001 e il 2007 è responsabile del progetto che coordina le partecipazioni di Telecom Italia ai gruppi del 3GPP. Dal 2008 rappresenta TIM in 3GPP SA (Services and Systems Aspects). ■



Nicola Pio Magnani nicola.magnani@telecomitalia.it

Ingegnere elettronico, in azienda dal 1994, si è occupato della progettazione e ottimizzazione dell'accesso radio dal GSM a LTE-Advanced e sue evoluzioni in ottica 5G. Dal 1995 partecipa attivamente ai gruppi di specifica tecnica internazionali in ambito ETSI, 3GPP e soprattutto ITU-R, contribuendo alla definizione dei sistemi IMT-2000, IMT-Advanced e IMT-2020. Dopo essersi occupato di Knowledge Management, supporta ora i trial 5G di TIM con particolare riferimento alle comunicazioni non-human, nell'ottica di trarre le applicazioni del 5G in diversi settori industriali quali l'Automotive, le Smart Cities, l'Internet of Things ■



Giovanni Romano giovanni.romano@telecomitalia.it

Ingegnere elettronico, si occupa del coordinamento delle attività di standardizzazione tecnica su accesso radio, terminali mobili e frequenze. Rappresenta Telecom Italia in 3GPP RAN, con incarico della gestione dei rapporti tra 3GPP ed ITU-R. Dal 2013 al 2017 ha inoltre rivestito la carica di vice presidente del 3GPP RAN; dal 2016 rappresenta TIM come Alternate Board Director in NGMN. Ha iniziato a lavorare nel mondo degli standard nel 1996, partecipato ai lavori di ETSI, 3GPP, ITU-R e NGMN. Fino al 2004 è stato project manager per le attività radio su UMTS e nel 1999-2001 è stato responsabile tecnico del trial UMTS a Torino ■



TORINO SMART ROAD

Paola Pisano, Assessore Smart City & Innovazione del Comune di Torino

Il progetto Smart Road

L'iniziativa Smart Road nasce nell'ambito del Decreto Ministeriale del 28 febbraio 2018 "Moda-

lità attuative e strumenti operativi della sperimentazione su strada delle soluzioni di Smart Road e di guida connessa e automatica" pubblicato in Gazzetta Ufficiale il 19 aprile.

Sulla base di ciò l'Assessorato all'Innovazione di Torino ha aggregato in un partenariato un gruppo di aziende interessate a lavorare su questi temi sul territorio torinese. Il partenariato vede firmatari le seguen-

ti aziende: FCA, General Motors, Daimler, Italdesign, FEV Italia, Magneti Marelli, Swarco Mizar, 5T, TIM, Openfiber, Intel, Torino Wireless, AlfaEvolution Technology (Gruppo Unipol), ANFIA, AMMA, Politecnico di Torino, Università di Torino, Istituto Superiore Mario Boella. L'ambizione del progetto è di effettuare una prima sperimentazione di auto a guida autonoma entro la fine del 2018. Per raggiungere questo obiettivo i tavoli tecnici si sono messi subito al lavoro sia per la predisposizione del percorso urbano su cui far circolare le auto della sperimentazione, sia per la definizione degli use case di riferimento su cui basare per la sperimentazione.

Il ruolo del Comune di Torino

Il territorio torinese è ricco di aziende, dipartimenti universitari ed enti di ricerca attivi nel campo dell'automobile, della componentistica, delle telecomunicazioni, della sensoristica, dell'elettronica avanzata, dell'intelligenza artificiale. Si tratta in altre parole di un contesto per sua natura particolarmente favorevole al tipo di sperimentazioni individuate dal Decreto Ministeriale.

La Città di Torino intende favorire il dialogo e la collaborazione tra questi soggetti, per valorizzare e rafforzare l'ecosistema, favorendo lo sviluppo dell'innovazione nel campo della mobilità e dei trasporti, attra-

endo così nuove imprese sul territorio e di conseguenza sviluppando l'ecosistema locale dell'auto autonoma, connessa, ecologica.

L'impegno della Città si sostanzia nel creare le condizioni migliori per svolgere sul campo le sperimentazioni, mettendo a disposizione strade e infrastrutture telematiche. Per favorire la sperimentazione, con delibera del 24 luglio 2018, è stato anche definito un protocollo di intesa con il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, con il comune interesse a valutare congiuntamente forme di collaborazione per promuovere l'iniziativa "Torino - Città Laboratorio per la Guida Autonoma e Connessa in ambito urbano".

Più precisamente la Città sta lavorando per rendere disponibili alla sperimentazione un circuito urbano di 35 km che comprende strade di ampia sezione, grandi viali con e senza controviali (alberati e non), insieme ad altre strade di dimensioni minori, a doppio senso di marcia o a senso unico. Parti di alcune strade sono destinate al trasporto pubblico con binari o corsie riservate; un piccolo tratto è all'in-

terno della ZTL (zona a traffico limitato). E poi sottopassi, parcheggi a raso e in struttura, strade con sosta ai lati e prive di sosta, incroci a precedenza, regolati con rotatoria o da semafori, con o senza fasi di svolta dedicate.

Inoltre, il percorso si avvicina a molti



dei poli verso o dai quali si muove chi si sposta in città: sedi ospedaliere (Città della Salute) e universitarie (Politecnico, Lingotto) uffici pubblici (Palagiustizia), stazioni ferroviarie (Porta Nuova e Porta Susa) e stabilimenti industriali (polo dell'au-

to di Mirafiori, Powertrain, ecc.). Il tracciato è strutturato per essere modulare: al suo interno possono essere ricavati percorsi di lunghezza e caratteristiche diverse, a seconda del tipo di livello del sistema di guida autonoma in sperimentazione e dei casi d'uso da testare.

Ogni azienda partecipante ha potuto proporre e illustrare gli use case di proprio interesse, su cui sarebbe stata disponibile ad attivarsi. In questo contesto gli use case proposti da TIM hanno per oggetto scenari di assisted driving e di autonomous driving.

Nel caso di assisted driving la rete consente di trasmettere notifiche relative a situazioni potenzialmente pericolose ai veicoli interessati. L'operatore di telecomunicazioni contribuisce portando a valore i propri asset (rete, piattaforme IoT, MEC, etc) per ampliare le capacità degli attuali Intelligent Transportation System (ITS). Nello specifico il focus riguarda scenari legati alla sicurezza stradale, quali Hazardous Event Notification, ovvero la notifica anticipata alle auto che stanno viaggiando in quella zona della presenza di condi-

zioni stradali pericolose, rilevata da sensori stradali o da altre vetture, e Vulnerable Road User Warning, ovvero l'analoga notifica della presenza dei cosiddetti utenti vulnerabili (pedoni, ciclisti, etc) rilevata da sensori stradali.

Nel caso di autonomous driving la rete consente di realizzare scenari di guida senza un intervento diretto di un guidatore. L'operatore di telecomunicazioni contribuisce in questo scenario portando a valore le prestazioni della nuova rete in termini di banda e tempi di latenza, consentendo quindi di superare (ad es. per quanto riguarda la visibilità V2V/V2P o la persistenza del dato) i limiti delle tecnologie on-board comunque esistenti sui veicoli. In questo caso invece il focus riguarda lo scenario di Autonomous Valet Parking/Driving, in cui le prestazioni del 5G permettono l'esecuzione del parcheggio (o il transito in aree con vincoli particolari) con la guida remota.

Gli use case proposti dagli altri partner vertono principalmente sulle seguenti tematiche:

- miglioramento del traffico, quali ad es.: GLOSA (Green Light Optimized Speed Advisory), per comunicare alle auto, che viaggiano in un determinato tratto di strada, la velocità adatta per trovare il semaforo verde al prossimo incrocio e quindi migliorare i flussi di traffico e diminuire l'inquinamento; semafori virtuali, per autoregolazione del transito sugli incroci;
- miglioramento della sicurezza stradale quali smart e virtual road sign, per la ripetizione a bordo veicolo del segnale stradale e per l'adattamento automatico della segnaletica alle condizioni di traffico;

Gli scenari sperimentali

Le prime attività del tavolo di lavoro Smart Road hanno consentito di ragionare sugli scenari di servizio.

- miglioramento della viabilità e delle prestazioni per automezzi speciali: es. ambulanza connessa, per la condivisione real time tra ambulanza e ospedale dei parametri vitali del trasportato e per la regolazione semaforica ad hoc per fornire priorità al mezzo di soccorso;
- monitoraggio real time dei livelli di inquinamento, tramite le informazioni di consumo inviate dai singoli veicoli;
- gestione autonoma dei parcheggi: gestione ingresso/uscita, mappatura in tempo reale dei posti disponibili, etc;
- monitoraggio comportamento del traffico delle auto con guidatore tradizionale, in presenza di auto a guida autonoma (utilizzabile per analisi da parte delle compagnie assicurative).

Conclusioni

La trasformazione digitale sta abilitando un'accelerazione del cambia-

mento in tutti i settori; tra questi la mobilità è investita in pieno. Questo cambiamento mostrerà i suoi benefici migliori all'interno di quei territori che saranno in grado di dare la giusta attenzione all'attrazione di innovazione tecnologica (fattore scatenante del cambiamento e) allo sviluppo di competenze che supporteranno il lavoro futuro.

Si pensi all'aumento dei posti di lavoro complementari al mercato dei veicoli autonomi, la produttività per gli utilizzatori di veicoli autonomi che ridurranno notevolmente i tempi di spostamenti, alla possibilità di essere alla portata di tutti (bambini, anziani, disabili), una riduzione dell'inquinamento e del traffico... L'auto autonoma porterà anche ad una diminuzione degli incidenti stradali (ad oggi il 90% di incidenti sono causati da distrazione umana e causano in Italia circa 4680 morti e 190.000 feriti all'anno). La Città si pone non solo come piattaforma all'interno della quale fare sperimentazione, sciogliere problematiche amministrative e autorizzative, facilitatore di collaborazioni tra

diversi player interessati alle dinamiche di mercato, ma anche come partner per le aziende di innovazione, che vogliono immaginare nuovi modelli di business e modelli sociali, dove la città compartecipa a rischi e ritorni delle innovazioni. Nasce così una forte sinergia tra pubblico e privato che non perde mai di vista le esigenze dell'attore più importante: il cittadino. Il cittadino, vive le sperimentazioni di innovazione nella sua città, testa i servizi che la mobilità autonoma darà in futuro, condivide esigenze, opinioni e idee con la comunità e i soggetti privati, partecipando così ad un processo di coproduzione disintermediato, che porterà inevitabilmente a nuovi modelli di relazioni all'interno delle città ■



Paola Pisano paola.pisano@comune.torino.it

Paola Pisano è l'Assessore all'Innovazione, Smart City, Servizi Demografici e Statistici e Sistemi Informativi della Città di Torino.

Ha conseguito il dottorato in Business Administration ed è docente di Innovation Management presso l'Università di Torino. È stata Direttore del laboratorio Smart City di ICxT presso l'Università di Torino, è rappresentante della Città di Torino nell'incubatore del Politecnico di Torino (I3P - 5° incubatore europeo), nel Polo Tecnologico Wireless di Torino e nell'Advisory Board del Centro Energetico.

È stata docente in visita alla GCU (Glasgow Caledonian University) di Londra e all'Università di Westminster ed ha pubblicato oltre 70 articoli sul tema dell'innovazione e dei modelli di business ■

LA MOBILITÀ DI BREVE E LUNGO RAGGIO CON LE INNOVATIVE MISURE RADIOMOBILI E L'INTELLIGENZA ARTIFICIALE

Davide Micheli, Giuliano Muratore, Aldo Vannelli

I servizi digitali basati sui Big Data dei Telco Operator giocano ormai un ruolo importante nella comprensione dei fenomeni urbani, essendosi nel tempo consolidate varie tecniche di analisi dei Call Data Record (CDR) che forniscono un livello di dettaglio dipendente dalle dimensioni della cella di servizio [1]. Tale tipologia d'analisi è molto importante e rappresenta quello che per diagnosi in medicina è la presa di coscienza dei sintomi che un organismo evidenzia. Ma poter riconoscere per esempio, l'andamento febbrile dello stato di congestione di una zona, i CDR non sono sufficienti per impostare una cura e monitorarne gli effetti nel tempo. Ulteriori strumenti si rendono necessari per indagare oltre lo strato delle

manifestazioni epidermiche, strumenti capaci di rendere più evidenti i fenomeni sottesi così da riuscire a radiografarne le strutture costitutive e le caratteristiche della circolazione, sanguigna o nel caso specifico quella stradale. Nel contesto degli Operatori questo salto di qualità negli strumenti d'indagine è arrivato con la recente introduzione nelle reti radiomobili di una prestazione standard ETSI 3GPP, chiamata in sigla MDT [2]. Questa funzionalità permette di aggiungere alle tipiche informazioni sulle misure radio alla base del funzionamento del sistema radiomobile, anche quelle di posizione geografica corrispondenti mediante le coordinate GPS già disponibili nei terminali mobili come gli smartphone più recenti. Ecco così abilitata la possibilità di discernere nuovi e sempre più utili dettagli informativi, l'opportunità insomma di studiare il sistema nervoso della mobilità.



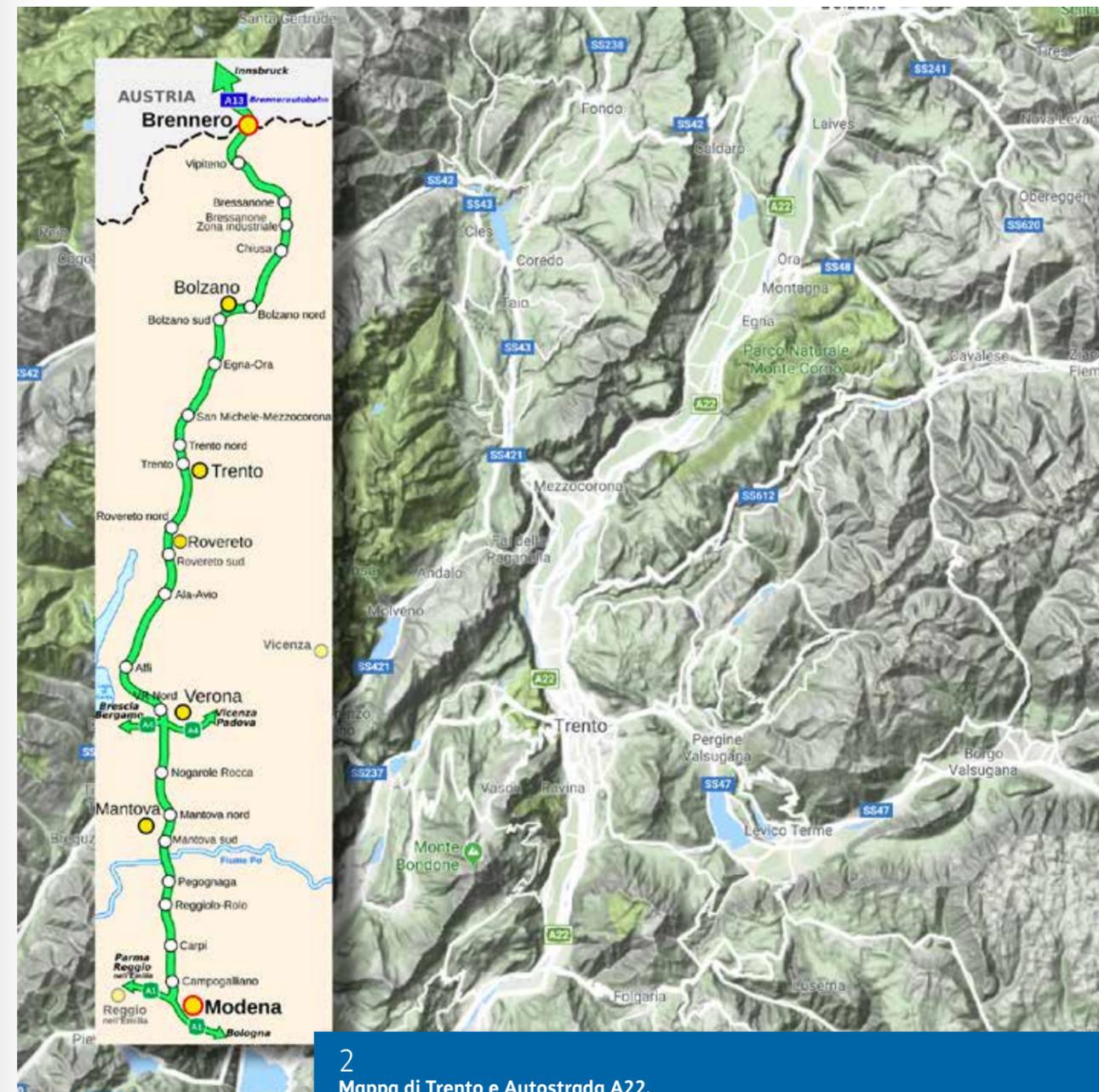
1 Vista dell'autostrada del Brennero con il Ponte Europa nei pressi di Patsch (poco prima di Innsbruck), con sullo sfondo l' Habicht nella valle dello Stubai (Stubaital). [Source: Wikipedia, Autore: Ralf Pfeifer]

In questo articolo vedremo un esempio di questa evoluzione esaminando il caso della città di Trento, emblematico organismo all'interno del quale scorre un quarto del totale traffico veicolare Italiano da e verso l'estero, tramite il noto passo del Brennero. Discernere quei flussi veicolari, così intimamente innestati nei tessuti urbani delle città che avvolgono le arterie stradali, è reso possibile dal salto di qualità portato dalla prestazione MDT e dall'applicazione di tecniche di Intelligenza Artificiale.

Introduzione

Questo articolo delinea la possibilità di distinguere, grazie a MDT ed alla AI (Intelligenza Artificiale), insiemi di cittadini appartenenti a specie tra loro differenti per quanto riguarda la presenza di persone all'interno del medesimo territorio urbano. Per sviluppare e mettere alla prova tecniche di AI che a partire da un database di sole misure radio georeferenziate siano in grado di discernere tali differenti componenti è stata scelta la città di Trento, banco di prova significativo per una validazione del modello di analisi che possa trascendere il luogo di sperimentazione e proiettare i risultati ottenuti verso contesti più generali. Trento è una cittadina con un centro storico popolato da circa 80.000 abitanti ed ha caratteristiche molto interessanti per studiare i flussi di mobilità attraverso i dati di telefonia mobile.

Una prima caratteristica di Trento è che l'area urbana si sviluppa prevalentemente nel senso della latitudine, adagiandosi lungo la vallata del fiume Adige (vedi Figura 2). Inoltre la dimensione del centro urbano risulta abbastanza raccolta (circa 23 km²) rispetto all'intero territorio comunale (superficie complessiva di circa 158 km²). La collocazione del centro urbano di Trento ha poi la peculiarità di trovarsi in corrispondenza di una delle rotte Italiane più frequentate per il traffico stradale e ferroviario con l'estero. Parliamo ovviamente della direttrice del Bren-



2 Mappa di Trento e Autostrada A22. Source: [Google Maps - CC BY 2.5, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1033114>]

nero, che è formata sia dalla Autostrada A22, sia dalla storica Strada Statale 12 dell'Abetone e del Brennero, sia dalla linea Ferroviaria del

Brennero e, per completezza, anche dallo stesso fiume Adige. Queste grandi direttrici di traffico stradale e ferroviario, attraverso cui

scorre ogni anno circa un quarto del totale del traffico tra l'Italia ed il resto dell'Europa, intersecano il centro urbano di Trento da un estremo

all'altro. Questo fatto rende Trento una cittadina che risulta quotidianamente attraversata, sia da Nord che da Sud, da un numero di persone paragonabile al totale della popolazione residente nel centro storico di Trento (in termini di veicoli parliamo di qualcosa come 30.000-40.000 al giorno) [3]. E' un po' come se Roma venisse ogni giorno attraversata da Sud e da Nord da tutti gli abitanti di Napoli e di Firenze messi insieme. A Trento avviene qualcosa di proporzionalmente simile.

D'altra parte è noto quanto sia grande l'importanza commerciale della direttrice del Brennero, la cui crescita impetuosa affonda le radici in date ormai lontane, a partire dal 1859 quando fu inaugurata la prima tratta della Ferrovia del Brennero [4]. La stessa A22 del Brennero (vedi Figure 1, 2, 3) compie nel 2018 ben mezzo secolo della sua storia di successo, considerando che la A22 fu, fin dall'esordio, così intensamente utilizzata dal traffico stradale che permise di raggiungere il pareggio di bilancio con 14 anni d'anticipo rispetto al piano originale. Per Trento si tratta quindi di una situazione di coesistenza davvero particolare tra residenti e transanti, coesistenza che appare destinata a resistere al passare del tempo, cadenzata nei decenni dal succedersi dei piani di ampliamento delle arterie della vallata dell'Adige (al 2025 è previsto che il traffico Ferroviario raggiungerà la dimensione di circa un quarto di quello stradale).

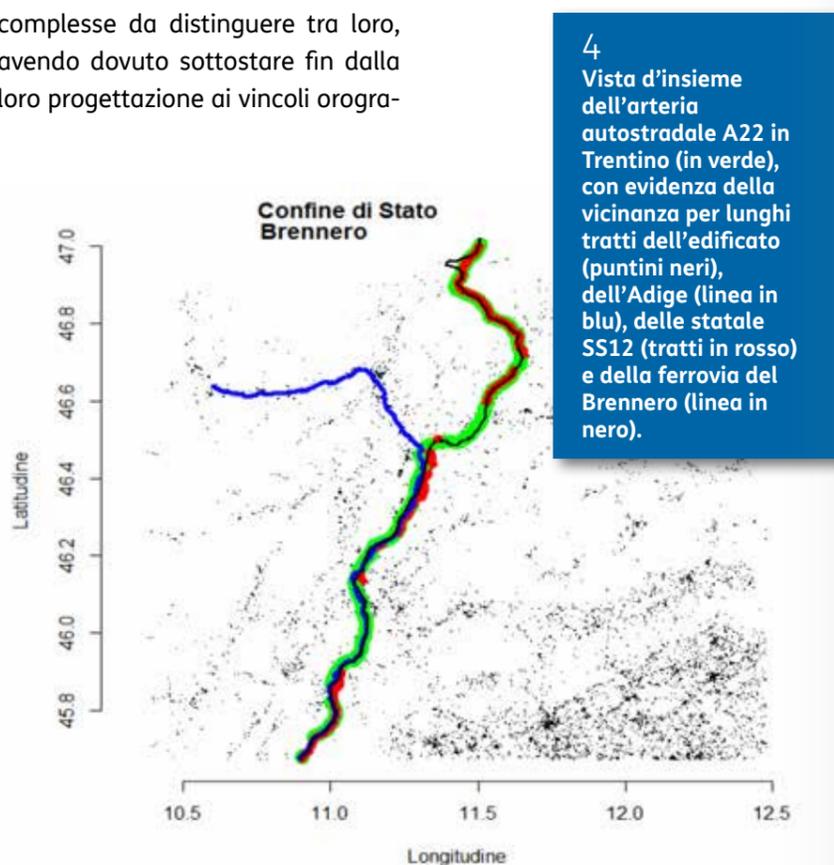


3
Autostrade A22, km 68 - Campodazzo

E per lo scenario di Trento questo particolare assume una valenza specifica, come lo può essere in tutte le realtà urbane che convivono con direttrici molto trafficate. Peraltro, a Trento le arterie sono anche complesse da distinguere tra loro, avendo dovuto sottostare fin dalla loro progettazione ai vincoli orogra-

fici della zona (per costruire l'A22 si dovette perfino spostare un tratto dell'Adige).

È normale quindi trovare le arterie del Brennero strettamente affianca-



te, in alcuni tratti, o proprio intersecandosi reciprocamente, attraverso ponti e viadotti, come è facile dedurre dalla Figura 4 che ricostruisce in ambiente R [5,9,10] gli oggetti spaziali che le rappresentano.

Distinguere in modo accurato le diverse tipologie di presenze e di mobilità che insistono sul territorio di Trento è quindi un'operazione complessa che difficilmente può essere soddisfatta facendo leva solo sui CDR.

Ed ecco quindi perché Trento arriva a rappresentare una interessante sfida per l'applicazione di tecniche di Intelligenza Artificiale ai dati di traffico della telefonia mobile, e come tale sfida possa poi accrescere il valore informativo prodotto dai servizi Big Data per le Smart Cities.

Dati e loro specificità

Per abilitare il salto di qualità cercato risultano preziosi i dati come quelli MDT. La raccolta dei dati MDT presentati in questa ricerca è stata effettuata con il sistema Geosynthesis di Nokia. La maggiore accuratezza fornita dal GPS è un ingrediente di base per distinguere quale sia, momento per momento, la quota parte di presenze nel territorio di Trento che andrebbe considerata a se stante perché, pur impegnando traffico delle celle radiomobili urbane (e magari a lungo se si è incolonnati lungo la A22), nella realtà dei fatti quelle presenze andrebbero di-

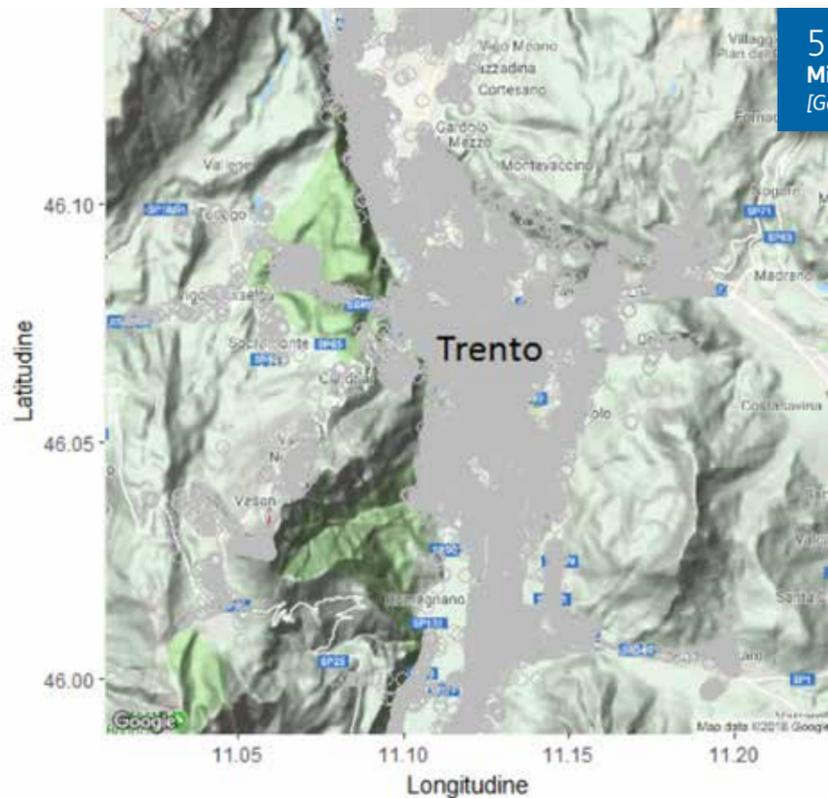
stinte dalle altre presenze che, magari a pochi metri di distanza dalla A22, contribuiscono a formare l'insieme dei cittadini e dei turisti all'interno della città di Trento. Si tratta infatti di gruppi con caratteristiche e, probabilmente, interessi differenti nei confronti della cittadina in cui si trovano.

E' perfino ovvio che la preziosità dei dati MDT dipenda dalla presenza delle coordinate GPS in alcune misure radio. Ma a dispetto delle apparenze questo primo fondamentale elemento costituisce solo una parte del valore che porta effettivamente al tipo di distinzioni auspiccate. Infatti, mentre le misure radio sono necessariamente prodotte dalla totalità dei terminali (senza quelle misure le reti non potrebbero funzionare), le misure con anche posizioni GPS accurate riguardano solo una piccola percentuale dei terminali. Incide su questa carenza di informazioni accurate una serie di fenomeni. Il più ovvio è che la piena visibilità della costellazione dei satelliti GPS è più probabile in spazi aperti (per esempio il navigatore della nostra auto fa leva anche sulla mappa stradale per aggiustare le posizioni via via stimate e non perfettamente allineate al percorso). Negli altri casi le coordinate GPS possono essere meno accurate o addirittura mancare del tutto. A tutto ciò si aggiunga che perfino misure GPS di discreta accuratezza (25-50m) potrebbero non risultare sufficienti allo scopo di distinguere tra le diverse specie di transanti e di residenti nella città di Trento.

Il motivo di ciò è riconducibile alla menzionata orografia che intreccia le arterie tra di loro e le fa scorrere, in alcuni tratti, a brevissima distanza, annegandole poi a fianco o proprio all'interno dell'area urbana. Al problema della parziale disponibilità dei dati GPS associati alle misure radio vengono in soccorso le tecniche di Machine Learning. Con tali tecniche, almeno quelle di tipo supervisionato, ci si può affrancare dal bisogno di disporre di dati GPS completi e perfetti, se si dispone di almeno una quota parte di campioni validi [2]. Tale quota parte dovrà essere statisticamente rappresentativa dello scenario da analizzare. Questo insieme di dati di buona qualità andrà a formare quel prezioso insieme, detto il data set di Training, con cui poi addestrare modelli di Intelligenza Artificiale.

Training Set

Rilevanti sono quindi anche le tecniche per individuare Training Set robusti, affidabili ed adatti al tipo di analisi che si sta conducendo. Anche solo un'occhiata distratta ad un insieme di misure radio MDT dell'area di Trento (vedi Figura 5) permette di riconoscere sia l'emergere dei flussi di attraversamento della città sia la difficoltà di separarli dal resto quando le arterie in questione s'immergono nel grumo formato dalla densità di terminali dell'area urbana.



5
Misure radio (in grigio) nell'area di Trento
[Google Maps]

sulti caotico l'ambiente elettromagnetico e quindi lo siano anche le misure RSRP ed RSRQ prodotte dai terminali.

Nelle Figure 6 e 7 sono rappresentate due istantanee dei livelli di segnale RSRP e RSRQ in pixel di 10 m di lato [2] della zona di Trento. Già a questo livello si nota come non emerge e non sia distinguibile alcuna particolare struttura che ricordi, per esempio un'arteria della città. Ciò dipende dal fatto che il particolare livello di RSRP misurabile in un punto sia dovuto, in primis, alla distanza tra la stazione radio base ed il terminale che sta eseguendo la misura, ma quel valore di RSRP può poi variare dinamicamente nel tempo a seconda della presenza di ostacoli lungo il cammino di propagazione. Questi ostacoli possono essere gli edifici oppure veicoli, fermi o in movimento. Le variazioni nelle misure possono dipendere perfino dalla posizione del terminale rispetto al corpo della persona, o alla presenza di altre persone vicine o all'ubicazione interna/esterna del terminale in un veicolo o un edificio. La continua fluttuazione del livello di RSRP è ulteriormente moltiplicata dal fenomeno dei cammini multipli e dalle interferenze. La fotografia cambia quindi nel tempo in modo difficilmente predicibile.

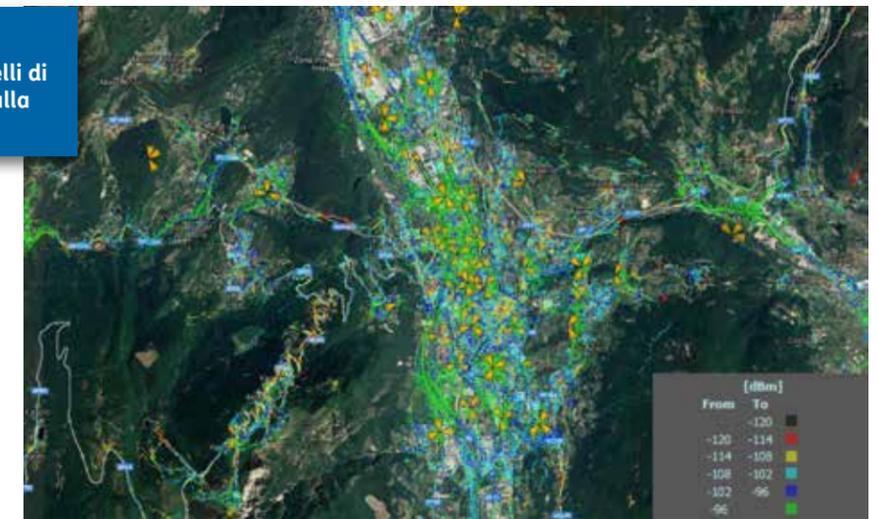
Alla grande densità di misure nel territorio di Trento non corrisponde però un mix altrettanto equilibrato, contenente cioè misure radio e relative posizioni accurate, per ogni singola tipologia di presenza. Tale condizione è però necessaria per applicare tecniche di addestramento supervisionato (es. classificazione). È noto infatti che numericamente risultano preponderanti le misure provenienti da scenari Indoor, dove viene appunto generata la maggior parte del traffico radiomobile, ma dove purtroppo risulta spesso carente il segnale GPS. Occorre quindi prima ricercare, in mezzo al caotico contesto radioelettrico, l'emergere di un'impronta

elettromagnetica che permetta di dedurre se le misure ricevute dai terminali in determinate situazioni possano o meno provenire da Mobilità di tipo stradale (Incar) o pedonale (Outdoor), o se viceversa nascono da situazioni di tipo Indoor. Questo processo è quello che può abilitare la costruzione di Training Set.

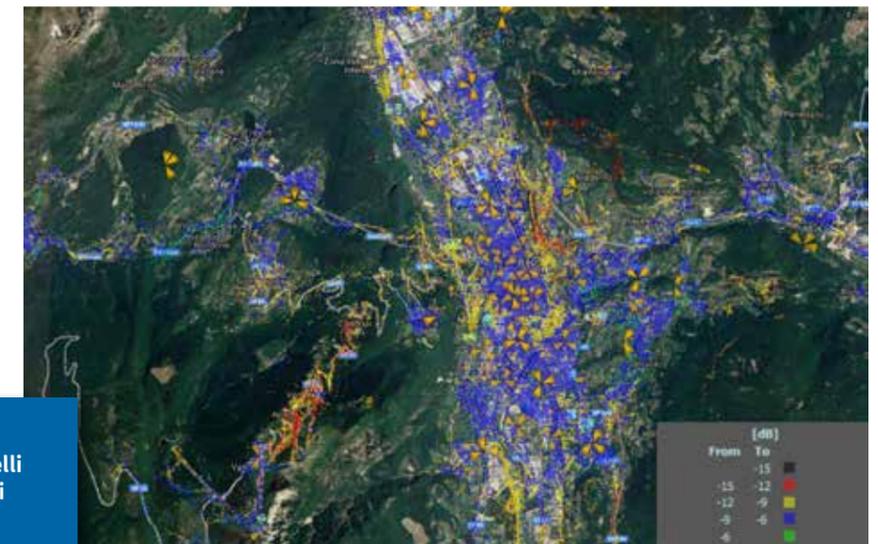
Caoticità e Modelli

Per comprendere come questo processo sia solo apparentemente semplice è bene tenere presente quanto, nella realtà operativa, ri-

6
Distribuzione georeferenziata dei livelli di segnale RSRP (dBm) della rete LTE sulla città di Trento



7
Distribuzione georeferenziata dei livelli RSRQ (dB) della rete LTE sulla città di Trento



In breve l'ambiente di propagazione elettromagnetico è caotico. Per riprodurre tali ambienti di propagazione caotici nei test in laboratorio si usano le camere riverberanti [6,7]. Grande variabilità si ha similmente per le misure RSRQ, sulle quali incide anche il carico di traffico telefonico (voce e dati), determinando condizioni interferenziali continua-

mente variabili sulle bande di frequenza della telefonia mobile. Quanto sopra esposto è il motivo per cui sarebbe difficile costruire modelli in grado di predire le misure attese di RSRP e RSRQ in ciascuna posizione in ogni momento. Si preferisce, agendo al contrario, sfruttare le tecniche di AI per verificare cosa loro "possono dedurre" dalle misure.

È degno di nota il fatto che nell'applicazione di queste tecniche di AI sono le misure radio a giocare il ruolo di primo piano, non il terminale specifico che le ha trasmesse. In termini medici diremmo che lo strumento mira a favorire l'emergere della corretta diagnosi (relativa al territorio in esame), mantenendo la dovuta discrezione sui ... pazienti.

JAMITON: COME NASCE UN SOLITONE NEL TRAFFICO

Armando Bazzani

Laboratorio di Fisica dei Sistemi Complessi
Dipartimento di Fisica e Astronomia
Università di Bologna

L'osservazione del regime di stop and go nel traffico autostradale senza che ci sia una causa apparente fa parte della nostra esperienza quando viaggiamo durante le cosiddette giornate da bollino rosso. Due delle principali caratteristiche del fenomeno sono la sua persistenza nel tempo e la sua universalità. La prima implica che il regime di stop and go deve essere matematicamente stabile e persiste nel traffico finché il flusso in ingresso non viene ridotto drasticamente, mentre la seconda mette in evidenza come la formazione di un *jamiton* non dipenda da caratteristiche della strada o da variazioni degli stili di guida dei conducenti. Tali caratteristiche hanno attratto l'attenzione dei fisici, che

hanno proposto la formulazione di modelli teorici per spiegare la formazione di un Jamiton (cfr. Takashi Nagatani The physics of traffic jams Rep. Prog. Phys. 65 (2002) 1331-1386). Nella Fisica un modello è una rappresentazione semplificata del fenomeno di interesse, che ne mantiene le caratteristiche principali utilizzando il linguaggio della Matematica. In un regime di traffico, un guidatore ideale decide la sua velocità in base alla distanza che lo separa dal veicolo precedente (Optimal Velocity Model). Detta (x_k, v_k) la posizione e la velocità lungo una strada del k -esimo guidatore, abbiamo l'equazione differenziale:

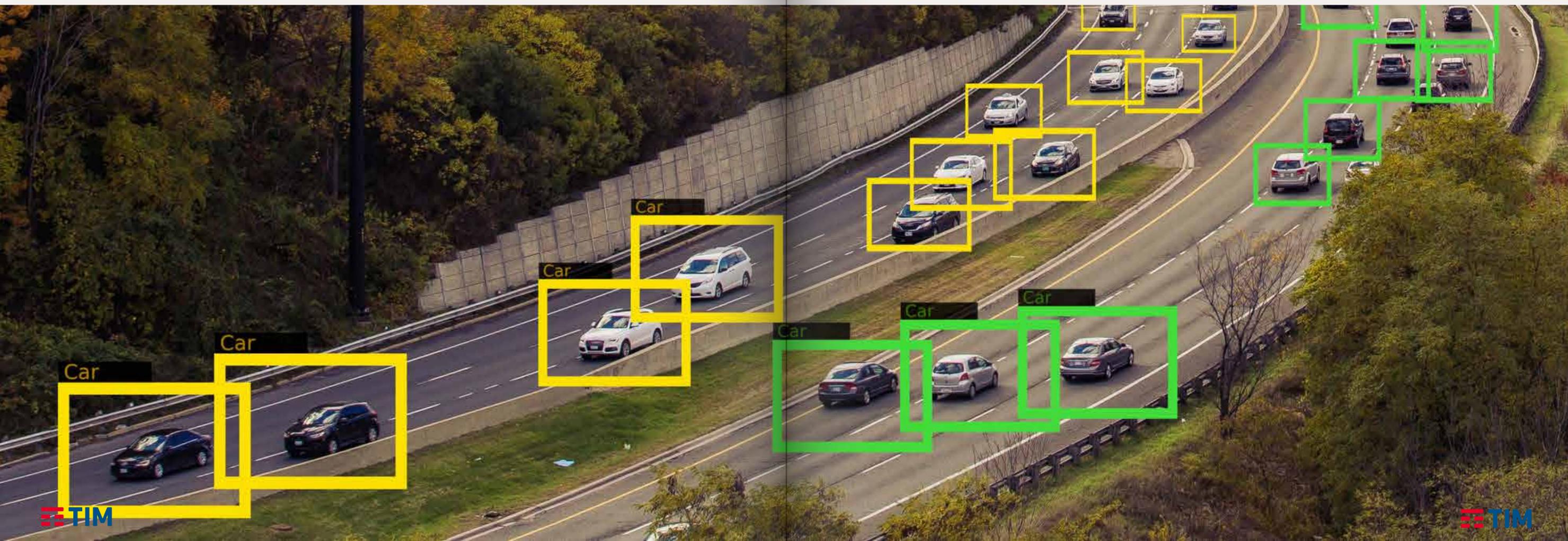
$$\frac{dx_k}{dt}(t + \tau) = V_{opt}(x_{k-1}(t) - x_k(t))$$

dove l'indice $k-1$ indica il veicolo precedente e τ è un tempo di ritardo dovuto al tempo di reazione del guidatore stesso. La funzione $V_{opt}(h)$ definisce la velocità

ottimale del guidatore alla distanza h dal veicolo che lo precede. Tale funzione deve soddisfare semplici ipotesi: quando h è minore di una soglia la velocità ottimale diventa nulla (dobbiamo evitare gli incidenti), quando h diventa grande tendiamo a viaggiare ad una velocità limite (dipendente dalla strada e dai limiti di legge) e la dipendenza della velocità ottimale da h è continua. Matematicamente la funzione $V_{opt}(h)$ ha una forma sigmoidale. In una situazione di traffico stazionario, l'equazione precedente ha una soluzione di equilibrio con tutti i veicoli equispaziati: ognuno mantiene una distanza di sicurezza ottimale con la propria velocità. Tuttavia un'analisi più approfondita dell'equazione, riscritta nella forma:

$$\frac{dH}{dt}(t) = V_{opt}(H(t - \tau)) - V_{opt}(H(t + \tau))$$

dove abbiamo definito



$$h_k(t) = x_{k-1}(t) - x_k(t) = H(t - 2k\tau)$$

mostra che oltre alla soluzione $h=const.$ possono esistere delle soluzioni di onda $H(u)$ che connettono due regimi di traffico in equilibrio: un traffico lento (al limite fermo) ed un traffico scorrevole ad una certa velocità. Tali onde di traffico hanno una forma caratteristica che dipende dalla forma della funzione $V_{opt}(h)$ e si propagano all'indietro con una velocità d'onda che dipende dal tempo τ . Normalmente le onde di traffico non si manifestano per la soluzione a regime uniforme, tuttavia quando la densità del traffico (ovvero la distanza tra veicoli) raggiunge un valore critico rispetto al tempo di reazione tale che:

$$2\tau \frac{dV_{opt}}{dt}(h) = 1$$

la soluzione uniforme diventa instabile e il sistema forma delle onde solitoniche come previsto dal modello. Tale situazione è illustrata dalla *Figura A* che è il risultato di una simulazione al computer del modello teorico e mostra l'andamento della velocità nel regime di traffico stop and go.

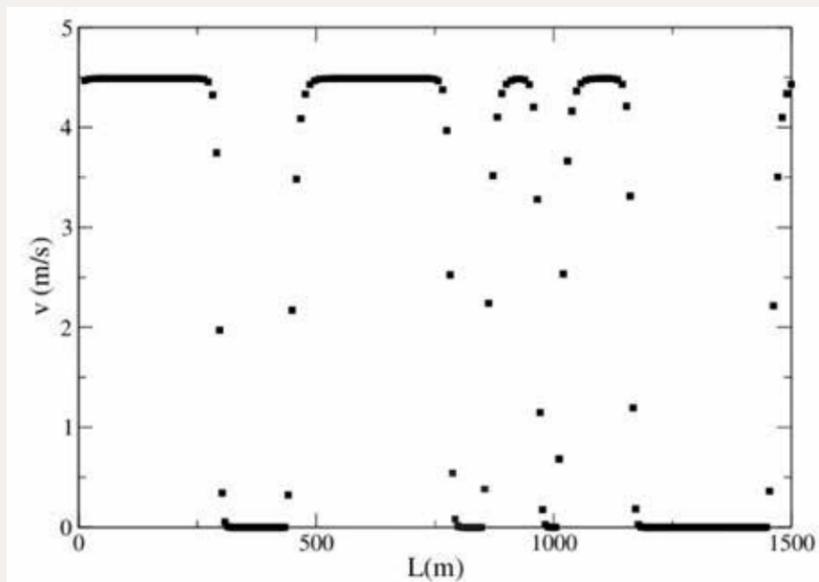


Figura A

Tali onde si definiscono solitoni in quanto non vengono dissipate e si mantengono all'infinito propagandosi all'indietro. Questo fatto si comprende meglio misurando il flusso di traffico prima e dopo la transizione al regime di stop and go: in un regime stazionario il flusso di traffico risulta maggiore rispetto al regime di stop and go e quindi il sistema diventa meno efficiente e non è in grado di risolvere il jamiton a meno che il flusso di ingresso non diminuisca. Tale fatto è messo in evidenza dalle osservazioni sperimentali attraverso il cosiddetto diagramma fondamentale che mette in relazione il flusso con la densità di traffico come illustrato in *Figura B*.

Nella *Figura B* distinguiamo due regimi di traffico: un regime iniziale dove flusso e densità sono proporzionali ed il sistema rilassa ad un regime di traffico uniforme e scorrevole e un regime dove aumentando la densità il flusso diminuisce e i punti sperimentali si sparpagliano in una nuvola spessa: questo è il regime in cui esistono i solitoni del traffico con grandi variazioni del flusso misurato. Una volta compresa la fisica dei jamiton abbiamo il problema se sia possibile controllarne la nascita e limitare il loro effetto. Il modello suggerisce che dei conducenti efficienti (ovvero con un tempo di reazione minore) riducono la possibilità di nascita di un solitone

di traffico. Tuttavia quando ci avviciniamo alla densità critica la formazione del jamiton è triggerata da una fluttuazione nella densità di traffico e diventa inevitabile. I sistemi di AI potrebbero però riconoscere in anticipo le caratteristiche della dinamica del traffico che sono correlate all'insorgere di un solitone e dare indicazioni ai guidatori per ridurre localmente

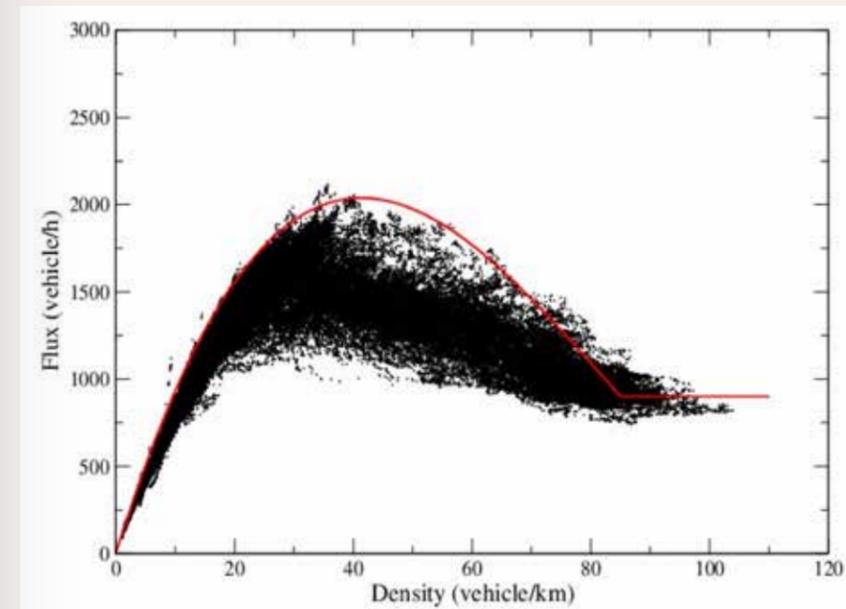
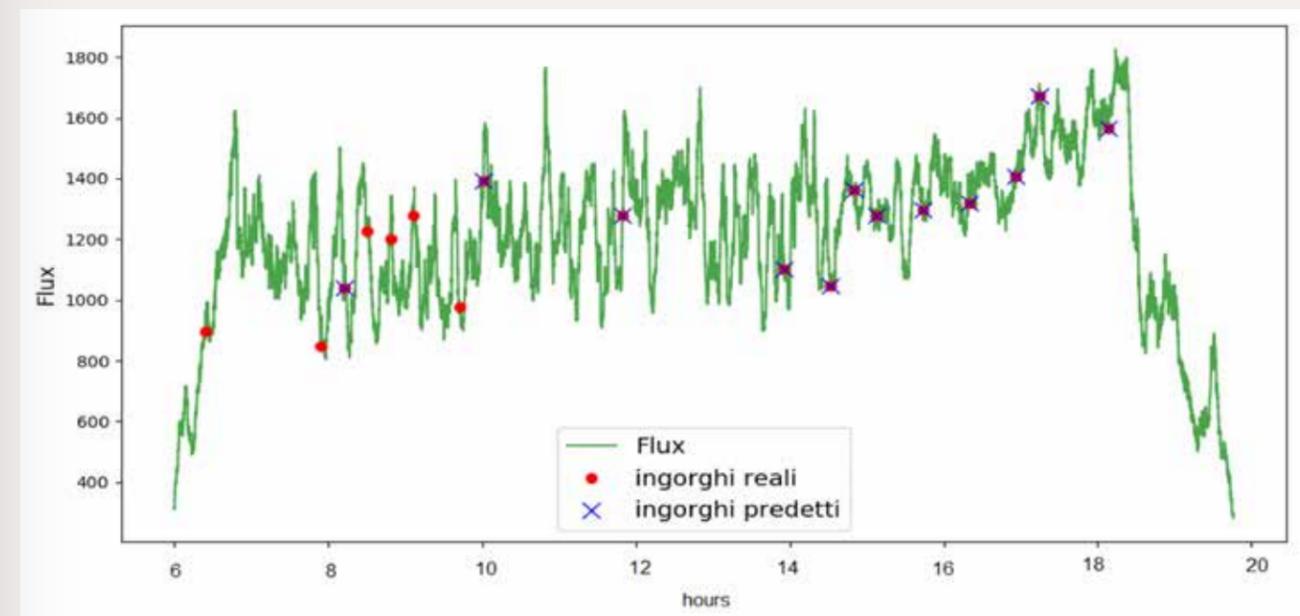


Figura B

il flusso di traffico e 'raffreddare' le fluttuazioni di densità. La possibilità di raccogliere dati a livello del singolo veicolo attraverso le misure MDT [2] sarebbe di grande aiuto per il successo di tale ricerca. Un primo studio è stato svolto nel Laboratorio di Fisica dei Sistemi complessi utilizzando dati di traffico rilevati attraverso una spira magnetica localizzata su una strada provinciale dell'Emilia Romagna e i risultati sono illustrati in *Figura C*.

Le congestioni osservate nel flusso misurato come repentine fluttuazioni sono indicate dai punti in grassetto e le congestioni che vengono predette (con un tempo di predizione di circa 10 minuti) attraverso una rete neurale di tipo Deep Learning hanno una crocetta sovrapposta ■

Figura C



Applicazione di Intelligenza Artificiale ai dati MDT di Trento

È esperienza comune, specie quando ci si trova in condizioni di scarsa copertura, dare un'occhiata alle tacche che compaiono sul display del nostro cellulare per farsi un'idea del livello di potenza del segnale radioelettrico in quel momento, consapevoli del fatto che il livello di segnale può subire continue variazioni. Nello specifico è la misura RSRP quella alla base di tale indicatore grafico sul display del nostro apparato, ma il livello di accuratezza di RSRP (definito nelle specifiche 3GPP) risulta ben maggiore delle 4 o 5 tacche che possiamo distinguere sul nostro display.

Ecco quindi perché è proprio l'RSRP la misura principale (anche se non l'unica) per guidare i Modelli nella classificazione delle tipologie di presenze in una specifica area geografica.

Un ulteriore elemento da considerare riguarda poi la menzionata ca-

oticità del contesto radiomobile. La varietà di cause che possono modificare il risultato di una misura eseguita da un terminale è infatti tale che la distribuzione delle probabilità di queste misure radio può essere ragionevolmente assunta di tipo gaussiano.

Il linguaggio R [5,9,10] consente di sfruttare funzioni (es. normalmixEM) sviluppate proprio allo scopo d'analizzare potenziali distribuzioni gaussiane all'interno del fenomeno che stiamo analizzando, agevolando così questa parte del lavoro.

Nelle Figure 8 e 9 osserviamo un paio di esempi di scomposizione della distribuzione di RSRP relativamente ad una piccola porzione (zona centrale) del territorio di Trento. In questi esempi vediamo applicata un'ipotesi di suddivisione delle misure RSRP in tre distinte distribuzioni gaussiane, volendo in questi esempi ricercare un criterio di distinzione tra misure tipo Indoor (valori RSRP inferiori, curva in marrone), oppure di tipo Incar (valori di RSRP

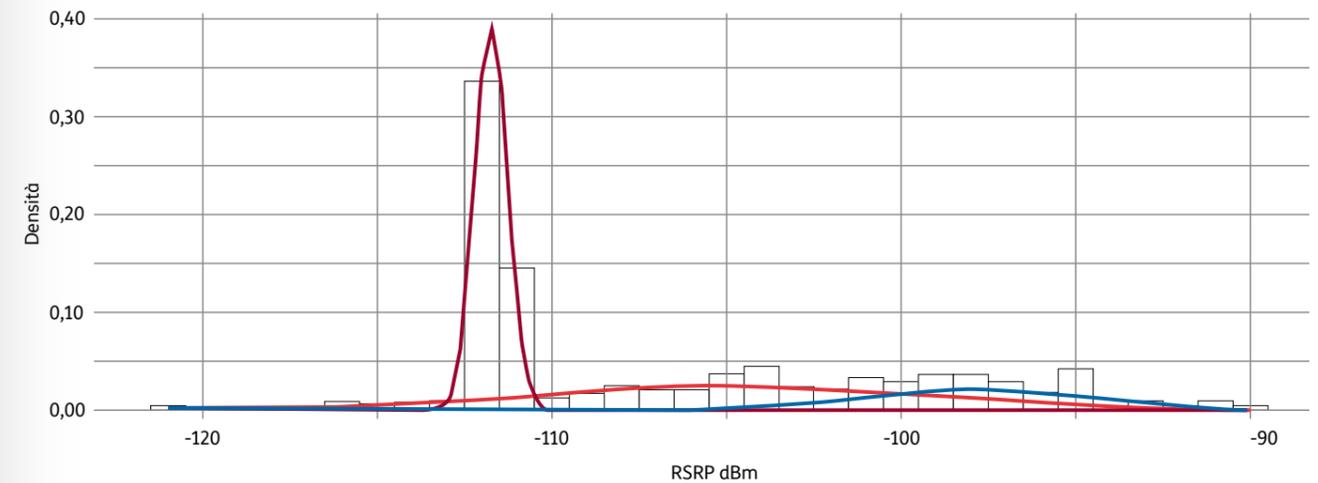
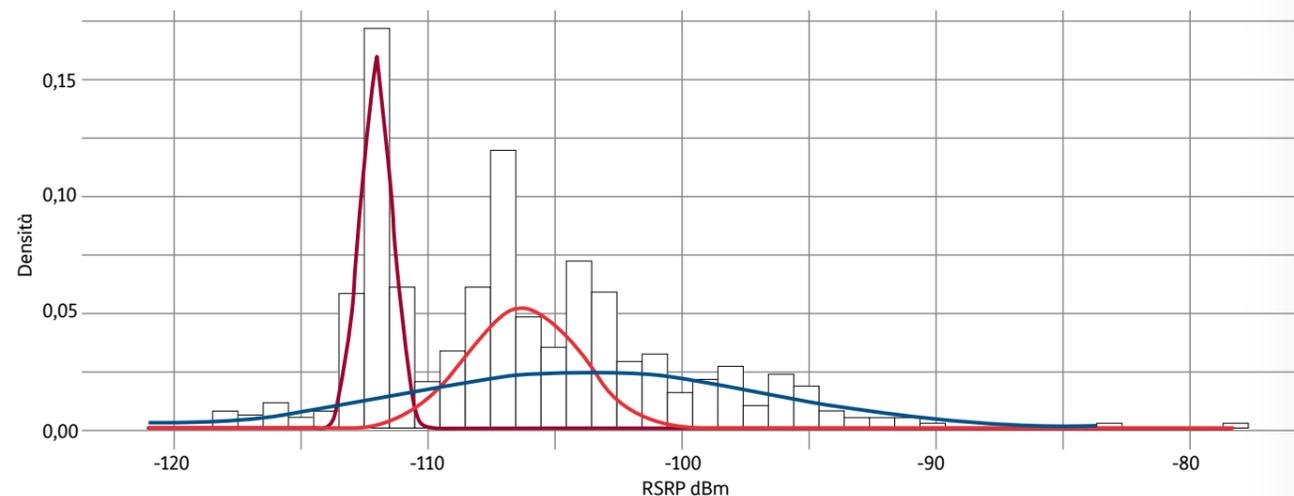
intermedi, curva in rosso) oppure di tipo Outdoor (valori RSRP più elevati, curva in blu).

La scomposizione in Figura 8 per esempio prefigura una probabilità di avere (in quella zona in quel momento) casi di misure RSRP in Outdoor (blu) con probabilità intorno al 46%, Incar (rosso) del 30% e Indoor (marrone) il restante 24%.

Ciascuna componente gaussiana è poi caratterizzata dal proprio specifico valor medio intorno a cui è centrata (oltre che dalla deviazione standard σ che rende la distribuzione più o meno spanciata).

La scomposizione in Figura 9 prefigura invece una probabilità di avere (in quella zona in quel momento) casi di misure RSRP in Indoor (mar-

8
Scomposizione in distribuzioni gaussiane del livello di segnale RSRP in zona centrale a Trento, in ore diurne



9
Scomposizione in distribuzioni gaussiane del livello di segnale RSRP in zona centrale a Trento, in ore serali e notturne

Risultati

Avvalendosi di alcune rappresentazioni grafiche è possibile valutare, almeno da un punto di vista qualitativo, la possibilità di sfruttare l'AI per

separare in modo automatizzato le tipologie (Indoor, Incar, Outdoor) di presenze che insistono su un particolare territorio.

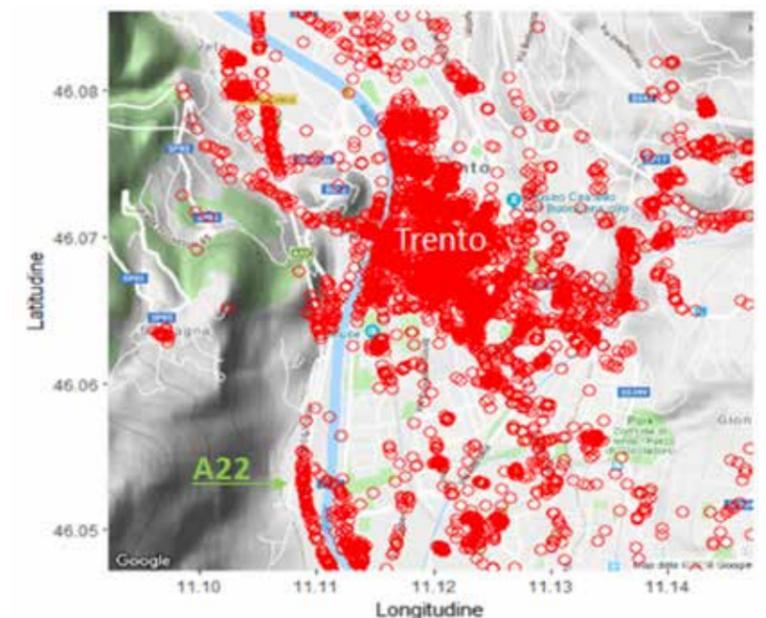
Per esempio in Figura 10 osserviamo come sono posizionate rispet-

rone) con probabilità intorno al 46%, Incar (rosso) il 30% e Outdoor (blu) il restante 24%.

In questo tipo di esempi è come se provassimo, di uno specifico tessuto urbano, ad osservare le singole cellule che lo formano, per ricavarne i criteri per classificare quel tessuto. Occorre infatti suddividere molto finemente il territorio (motivo per cui le misure MDT risultano preziose) per provare ad isolarne le specifiche caratteristiche radioelettriche.

Eseguendo, ovviamente in modo automatizzato, queste molteplici d'analisi si costruiscono soglie per stimare la probabilità che una specifica misura di potenza in una determinata posizione possa appartenere ad una delle classificazioni ipotizzate.

10
Vista d'insieme delle misure classificate come Incar nell'area di Trento (Google Maps).



11

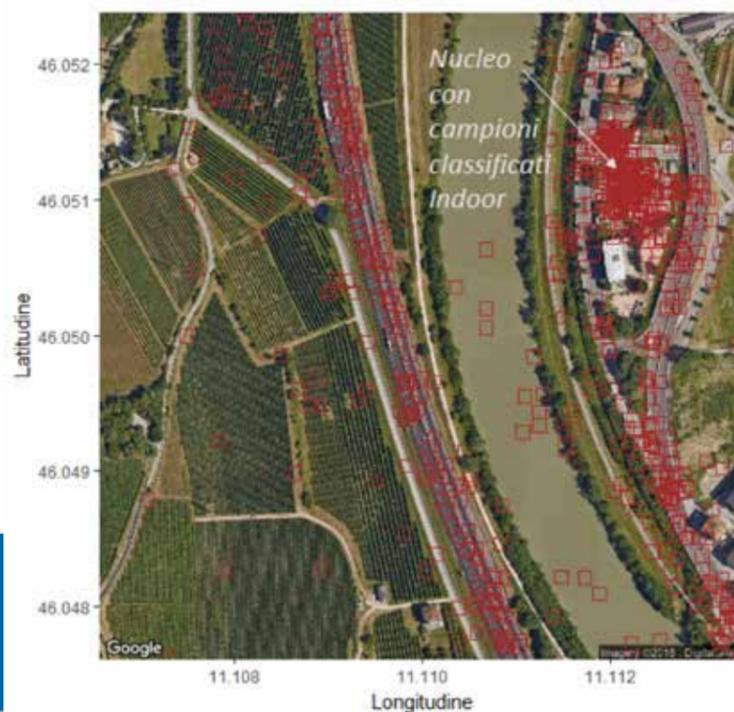
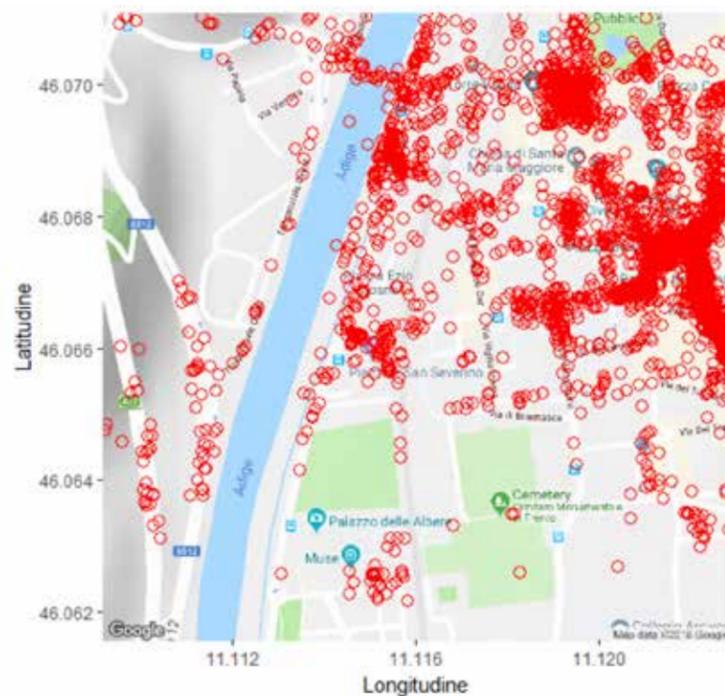
Vista d'insieme delle misure classificate come Incar in area centrale a Trento (Google Maps).

to a Trento, ed al territorio che lo circonda, le misure classificate dai Modelli come Incar. In questo caso è possibile notare che i campioni classificati come Incar tendono effettivamente a disporsi lungo le arterie piccole e grandi della zona in esame. In particolare risulta marcato il traffico percorso della A22 (il breve tratto mancante corrisponde ad una galleria).

In Figura 11 viene poi aumentato l'ingrandimento della zona in questione per focalizzarsi sul centro di Trento. Anche a questo livello di dettaglio si continua a notare una certa tendenza dei campioni a disporsi lungo le (ora più piccole) arterie e strade della cittadina di Trento. Si nota però che, quando il dedalo delle arterie s'infittisce (es. verso la decina di metri) l'incertezza posizionale inizia a farsi sentire e l'adesione delle misure ai singoli tratti di strada presenta visibili eccezioni. Un ulteriore esempio dei risultati ottenibili, ma anche dei limiti dei Modelli sperimentati, lo si trova infine nelle Figure 12 e 13. In questo caso l'ingrandimento viene ulterior-

12

Ingrandimento di zona a sud di Trento con evidenziati in marrone i campioni classificati come Indoor (Google Maps).

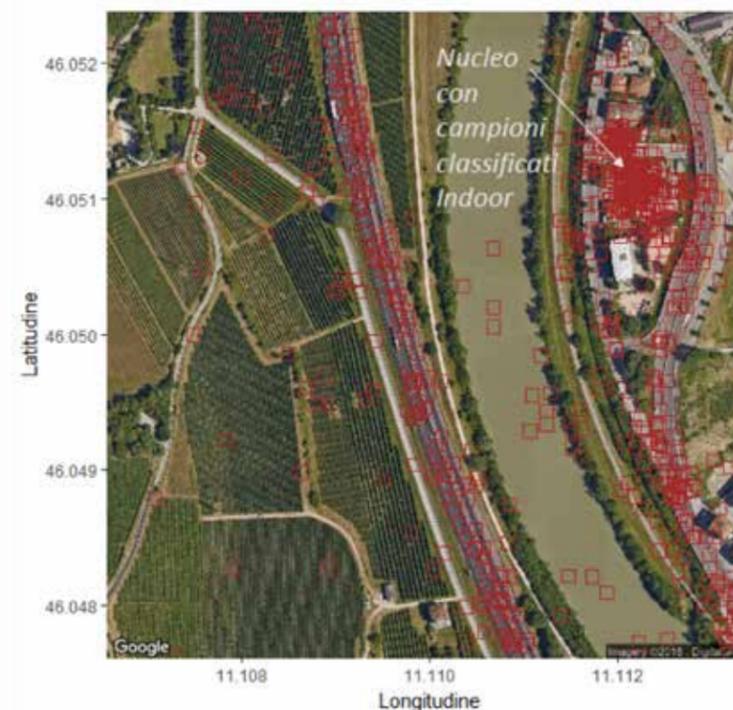


Possibili applicazioni in ambito Smart Mobility

La possibilità di estrarre dai Mobile Big Data informazioni utili a migliorare l'utilizzo dei sistemi di trasporto e delle risorse infrastrutturali esistenti, stradali e autostradali, è sicuramente uno dei Business emergenti di maggior interesse per i Telco Operator. In tale ambito i dati MDT, unitamente alle tecniche di AI, possono contribuire alla realizzazione di piattaforme ITS (Intelligent Transport System) in grado di supportare la mobilità in contesti particolarmente complessi e in situazioni dove la fluidità del traffico può essere compromessa dall'instaurarsi di fenomeni di congestione dell'arterie stradali. A titolo di esempio, si cita il fenomeno conosciuto come "ingorgo fantasma" o jamiton [8] che provoca un andamento a singhiozzo del traffico pur in assenza di cause specifiche (incidenti, lavori in corso, altro), creando così la situazione paradossale in cui l'efficienza di smaltimento dell'infrastruttura diminuisce proprio nelle situazioni di punta. Tale fenomeno potrebbe essere drasticamente ridimensionato adottando limiti di velocità variabili in funzione delle condizioni di traffico ma soprattutto sulla base della comparsa dei primi "difetti di circolazione" riscontrabili anche grazie ai dati di telefonia mobile. L'elaborazione dei dati MDT con tecniche di AI potrebbe in futuro contribuire a realizzare sperimentazioni in tal senso.

13

Ingrandimento di zona a sud di Trento con evidenziati in giallo i campioni classificati come Incar o Outdoor (Google Maps).



mente esteso osservando una piccola zona a sud del centro storico di Trento, zona che risulta particolarmente interessante ai fini di una valutazione dei Modelli perché, in un fazzoletto di terra largo appena 200 metri, è possibile trovare sia la A22, sia il fiume Adige e sia la Statale 12, con quest'ultima che avvolge una piccola porzione di territorio abitata (qualche casa ed un hotel). Ci troviamo quindi in uno scenario complesso per la possibilità di separare adeguatamente le diverse componenti di presenza sul territorio. Se quindi proiettiamo su una mappa satellitare della zona in questione i

campioni classificati come Indoor (Figura 12), per confrontarli poi (Figura 13), con quelli di classificazione opposta (cioè Incar o Outdoor), notiamo (Figura 12, con campioni Indoor presentati come quadretti in marrone) che i campioni classificati Indoor correttamente si addensano per lo più nel piccolo ellisse ove sono presenti abitazioni, ma notiamo anche che l'accuratezza posizionale e di classificazione non è tale da evitare vari casi di campioni Indoor che cadono (evidentemente in modo errato) lungo il fiume o addirittura sulla sponda opposta rispetto al piccolo nucleo abitato.

Conclusioni

In questo articolo è stata analizzata la possibilità di distinguere, e sono stati evidenziati alcuni limiti, tra le misure radio di un territorio quelle provenienti da scenari d'uso differenti, come lo scenario Outdoor, quello Incar e quello Indoor.

L'importanza di avvalersi di data set come quelli MDT per sviluppa-

re strumenti diagnostici in grado di classificare, in modo automatizzabile, le misure radio di una zona, risiede nella potenzialità che questi strumenti possono a loro volta offrire per analisi di mobilità stradale (o all'opposto stanzialità, se ci si concentra sull'indoor).

Molteplici infatti sono i fenomeni che possono essere analizzati in relazione alle arterie stradali (es. traf-

fico fantasma, correlazioni con dati su incidenti o lavori o livelli di usura delle infrastrutture), disponendo di una informazione sulle presenze lungo le varie arterie che sia continuativa nel tempo (e le misure radio lo sono) e non limitata solo ad alcune tratte (e la copertura radiomobile è capillare) ■

Bibliografia

- [1] Gianni Barlacchi, Marco De Nadai, Roberto Larcher, Antonio Casella, Cristiana Chitic, Giovanni Torrisi, Fabrizio Antonelli, Alessandro Vespignani, Alex Pentland & Bruno Lepri. A multi-source dataset of urban life in the city of Milan and the Province of Trentino. Scientific Data volume 2, Article number: 150055 (2015). DOI: 10.1038/sdata.2015.55 1
- [2] Davide Micheli, Giuliano Muratore, Aldo Vannelli. Big Data georeferenziati MDT per servizi digitali nelle Smart Cities. Notiziario Tecnico Telecom Italia, Volume 1, 2018. <http://www.telecomitalia.com/tit/it/notiziariotecnico/edizioni-2018/n-1-2018/capitolo-9.html>
- [3] [https://it.wikipedia.org/wiki/Autostrada_A22_\(Italia\)](https://it.wikipedia.org/wiki/Autostrada_A22_(Italia))
- [4] Gino Valentini <http://www.autobrennero.it/it/> "A22 50 Anni di storia"
- [5] R is a project which is attempting to provide a modern piece of statistical software for the GNU suite of software. The current R is the result of a collaborative effort with contributions from all over the world. R was initially written by Robert Gentleman and Ross Ihaka—also known as "R & R" of the Statistics Department of the University of Auckland. R Core Team (2017). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- [6] Davide Micheli, Massimo Barazzetta, Riccardo Diamanti, Pietro Obino, Renzo Lattanzi, Luca Bastianelli, Valter Mariani Primiani, Franco Moglie. Over-the-Air Tests of High-Speed Moving LTE Users in a Reverberation Chamber. Published in: IEEE Transactions on Vehicular Technology (Volume: 67, Issue: 5, May 2018). DOI: 10.1109/TVT.2018.2795650
- [7] Davide Micheli, Massimo Barazzetta, Camillo Carlini, Riccardo Diamanti, Valter Mariani Primiani, Franco Moglie. Testing of the Carrier Aggregation Mode for a Live LTE Base Station in Reverberation Chamber. Published in: IEEE Transactions on Vehicular Technology (Volume: 66, Issue: 4, April 2017). DOI: 10.1109/TVT.2016.2587662
- [8] <https://math.mit.edu/projects/traffic/>
- [9] D. Kahle and H. Wickham. ggmap: Spatial Visualization with ggplot2. The R Journal, 5(1), 144-161. <http://journal.r-project.org/archive/2013-1/kahle-wickham.pdf>
- [10] Tatiana Benaglia, Didier Chauveau, David R. Hunter, Derek Young (2009). mixtools: An R Package for Analyzing Finite Mixture Models. Journal of Statistical Software, 32(6), 1-29. <http://www.jstatsoft.org/v32/i06/>



Davide Micheli davide.micheli@telecomitalia.it

Laureato in Ingegneria Elettronica e delle Telecomunicazioni e in Ingegneria Aerospaziale e Astronautica, è entrato in azienda nel 1989 dove si occupato fino al 2001 di Progettazione, Realizzazione impianti, Esercizio e Qualità nell'Area Territoriale di Ancona. Dal 2002 si è trasferito a Roma dove lavora tuttora nel settore di Ingegneria della Rete di Accesso Radio occupandosi di varie tematiche connesse con l'ingegnerizzazione della rete tra cui quelle legate allo studio della propagazione elettromagnetica. Negli ultimi anni, dopo aver conseguito un Dottorato di Ricerca in Ingegneria Aerospaziale, ha iniziato ad approfondire nell'ambito del suo lavoro le tecniche di machine Learning, in particolare, sui Big Data di tipo elettromagnetico statistico disponibili nella rete di accesso radio. È inoltre autore di numerosi articoli scientifici su riviste internazionali ■



Giuliano Muratore giuliano.muratore@telecomitalia.it

Laureato in Ingegneria Elettronica, è entrato in azienda nel 1987, ricoprendo responsabilità prima nel nascente mercato liberalizzato dei servizi di messaggistica interpersonale (1990) ed in seguito nello sviluppo della Rete e dei Servizi Radiomobili di TIM (1995), con incarichi nell'evoluzione del Piano di Numerazione Nazionale (1997) e nell'introduzione in Italia della Mobile Number Portability (2001), per poi seguire il Mobile Roaming business (2010) e successivamente progetti internazionali TIM in GSMA. Negli ultimi anni ha messo la sua esperienza a disposizione della formazione Big Data e dello sviluppo delle tecniche di Machine Learning applicate a dati radiomobili. ■



Aldo Vannelli aldo.vannelli@telecomitalia.it

Laureato in Fisica e in Ingegneria dell'Informazione, in azienda dal 1988. Dopo un'ampia esperienza nell'ambito dell'Ingegneria e dell'Innovazione delle Reti Dati (Frame Relay, ATM e IP), nel 2001 passa in TIM per occuparsi dello sviluppo e dell'innovazione di applicazioni e servizi multimediali su tecnologie 2.5G/3G. In questo ambito ha coordinato numerosi progetti riguardanti l'integrazione multiservizio di voce/video/dati su mobile e lo sviluppo di soluzioni per il Mobile Content Distribution. Dal 2012 lavora nella Direzione Business & TOP Clients dove si occupa dello sviluppo di iniziative e progetti innovativi per Aziende di rilevanza Nazionale. Da alcuni anni si interessa dello sviluppo di iniziative finalizzate alla realizzazione di Proof of Concept basati su tecniche Big Data Analytics & Machine Learning. ■

IOT'S, CITIZENS, CITIES AND COMMUNITIES, NETWORK EVERYONE!

Robert M. Häusler - Mercedes-Benz Consulting

It is not enough to connect devices together, if the human remains on track, said trend researchers and Mercedes-Benz Consulting Customer Management experts. The numbers speak for themselves: In 1900, 10% of the world's population lived in cities, compared with 55% in 2007, and by 2050, it is expected to be 75%. More than half of all city dwellers worldwide live in Asia. The strongest is the city boom in India, China and Nigeria. The

cities in these three countries alone must absorb a good third of the influx of people who are moving from the countryside to the city by 2050. "Within the next 10 years, the number of megacities will increase from 33 to 43. That's where global comes in", explains Robert M. Häusler, Management Consultant at Mercedes-Benz Consulting (Figure 1).

Many people entering the global middle class will want to buy cars: automobile sales are expected to increase from about 70 million a year in 2010 to 125 million by 2025,

with more than half forecasted to be bought in cities. Some automotive analysts have gone as far as predicting that on the existing trajectory, today's 1.2 billion strong global car fleet could double by 2030.

The existing urban infrastructure cannot support such an increase in vehicles on the road. Congestion is already close to unbearable in many cities and can cost as much as 2-4% of national GDP, by measures such as **lost time, wasted fuel, and increased cost of doing business.** Transport creates emissions of greenhouse gases; smog presents

serious public-health concerns. The World Health Organization estimated in 2014 that seven million premature deaths are attributable to air pollution, and a significant share is the result of urban transit.

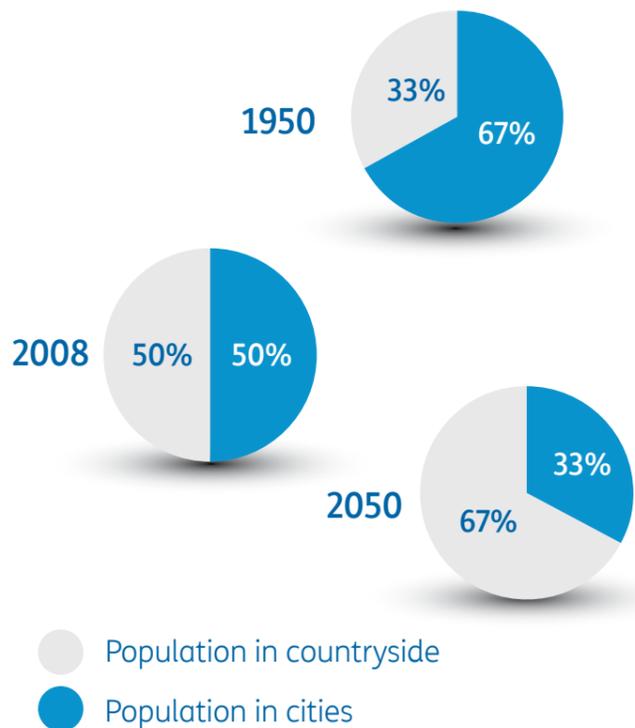
Urbanization raises important questions about the future of mobility

"Urbanization is just like Globalization, Silver Society Individualization,

Sharing Economy, Mobility or Networking - one of a total of twelve megatrends that we are currently observing", the so-called Megatrend Map, which can be displayed behind a greater Smart City view and the topics "Connected Transport, Connected Cities" (Figure 2). Cities are unique places, the vibrant ecosystems of innovation, and they raise important questions about the future of mobility in terms of urbanization: how do people and inhabitants of a city get from A to B, how do goods transport and commute to work? What sustainable contri-

bution can smart spaces and intelligent smart buildings make, and how can and should physical and digital infrastructures be combined to ultimately interact seamlessly, quickly and securely? Urban Mobility is one of the toughest challenges that major cities face today, as it often determines the quality of life in cities. However, Mobility is not just about getting people from point to point. It's about **respecting citizen needs and behavior, connecting people, places and goods** in the most effective way while reducing waste, congestion and minimizing urban pollution.

1 Global population shifting (Source: World Urbanization Prospects, United Nations, 2015, Mercedes-Benz Consulting | Customer Management)



Megatrends map (Source: Zukunftsinstitut GmbH 2018 FFM, Mercedes-Benz Consulting | Customer Management)

From the Smart City to the Mindful and Citizen Centric City (CCC) - Connectivity in the age of individualization

The Smart City movement presents cities with the opportunity to build and plan Citizen Centric City (CCC) - smarter & mindful, developing citizen-centered, tech-enabled living, working and playing spaces that re-

spond to people's changing desires and needs - that are "future-proof" and "user or citizen-centric". Technology is redefining the future of education, work, transport and ultimately how people live their lives. This will create tremendous opportunities to provide better services to citizens. It also raises fundamental questions that should not be left to tech giants in Silicon Valley to answer. Digital and interconnected cities, communities and citizens can

be at the heart of this change (Figure 3). Solving the connectivity challenge will require bold, coordinated actions from the private and public sectors. Technological advances and commercialization, funding, intelligent policies, and business-model innovation are needed to realize productivity improvements while creating more sustainable environments in the cities to avoid a future of global gridlock. Rapidly

3

Autonomous and safe – automated driving in urban traffic*(Source: Daimler AG, 18A069)*

advancing interactive connectivity technologies and their increasing use by citizen and users have unprecedented and unavoidable impact on cities and metro areas and how they should be managed. The role of cities in the contemporary age of digital connectivity is being elevated and simultaneously shifted. Already, there is an obvious movement toward new “multimodal” services - those that facilitate citizen journeys - as well as shared transportation services with a maximum of connectivity.

Within a few years, that is certain to evolve connectivity in a differ-

ent direction. We can expect to see autonomous motor vehicles as one component in an interconnected network for roadway management - a network that may be as revolutionary in changing the way we move goods and people as the internet has been in communicating information. The comparison between a vehicle network and the World Wide Web is particularly apt, because we are already referring to machine-to-machine communication as part of the Internet of Things. The transportation industry, partly energy industry and OEM's will implement this con-

nectivity of machines by building not only Smart Automobiles, but Smart Cities environments that interact with the vehicles rolling through them. With connected vehicles, that technology can smooth out urban traffic flows, synchronizing vehicle movement, as well as stoplight cycles, cutting travel time through more efficient routing, and delivering better results in fuel consumption, while reducing airborne pollution and the production of greenhouse gases. A coordinated, synchronized traffic flow can and will also sharply reduce accidents and collisions.

Networking - with whom or what?

With the proliferation of fast Internet connections and super-fast cloud-based mobile networks as the 5G, it has never been so easy to be constantly online and connected today - with the new digital mobile network this should be possible. This is very interesting not only for the private households and city governments but also for the automotive industry. Nevertheless, does that make a city, a citizen or a home smart?

Studies by Mercedes-Benz Consulting point out that somewhere on the way to a networked world; the connection between the individuals has been lost sight of. It would not add much to the quality of life or social impact when a vehicle communicates e.g. with the online grocer or other vehicles on its own - but the individual communicates with them. "Today, we have more options than ever to connect - but, paradoxically, more and more ways not to do it when we talk about the constant availability of technology". "The digital future only works if connections - and ultimately also relationships and the experience - work between people, communities and the city," is the thesis of Mercedes-Benz Consulting. Not only does this necessarily have to be in public squares and retail areas, it would also be a new opportunity for interpersonal communication in innovative public transport systems with

autonomous means of transport. "Digitalization alone is not smart yet. Rather, it is crucial to exchange the knowledge of people - and to use it intelligently".

Data is the key to improved mobility

Regardless of whether people or goods are transported, data is the key to improved mobility and work-life balance in the cities and metropolitan area as a whole. That is why researchers, OEM's and universities are developing ingenious new, integrated and networked traffic concepts based on platforms.

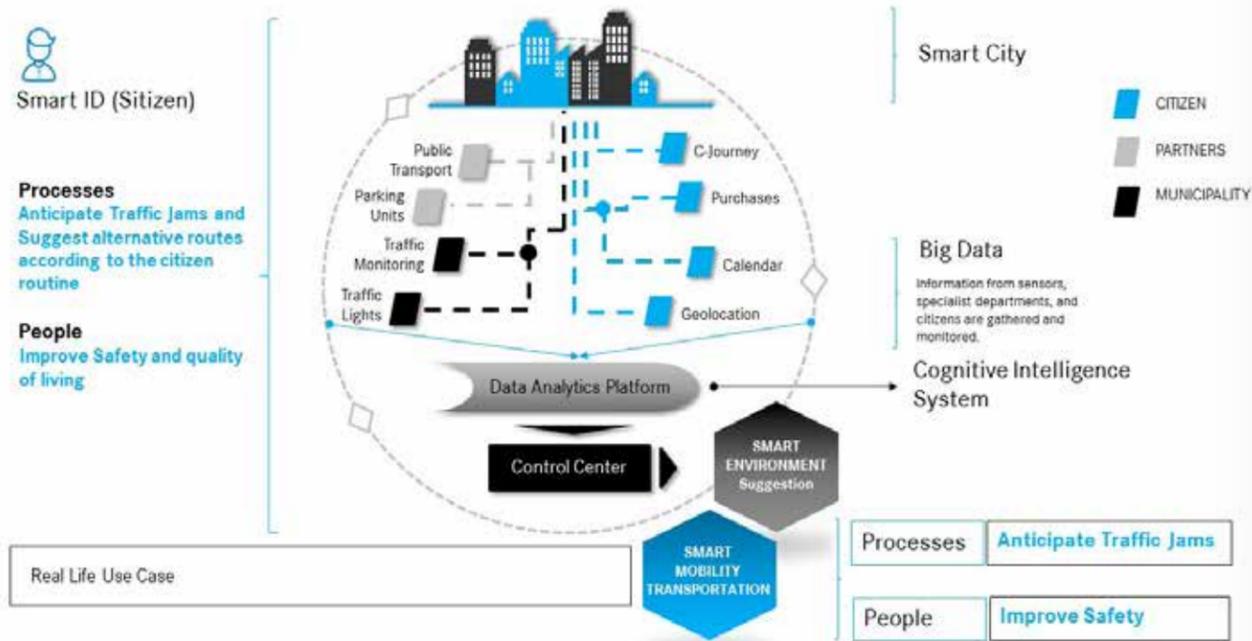
Once a shared service platform is created, the opportunities are endless. The sharing of information between services can be used for anything; from easing traffic congestion to saving lives. Imagine that a reckless driver was to cause a traffic accident which badly injures the driver of another car. CCTV, recognition hardware and flying drones footage could be shared with the police and relevant insurance parties, a transportation service could reroute traffic based on real time data and a nearby ambulance could be alerted to the incident, immediately pulling up the driver's medical history so that he/she receives the best possible medical care. While we may not be quite there yet, certain elements are beginning to be put into practice.

Zhen Qian, Head of the Mobility Data Analytics Center at Carnegie Mellon University, has successfully used household power data for congestion forecasts. As his experiment in Austin shows, anonymized data from households can predict morning commuter traffic, a few hours before commuters actually make their way. This data can then be included by urban transport managers in their models and mobility solutions (Figure 4).

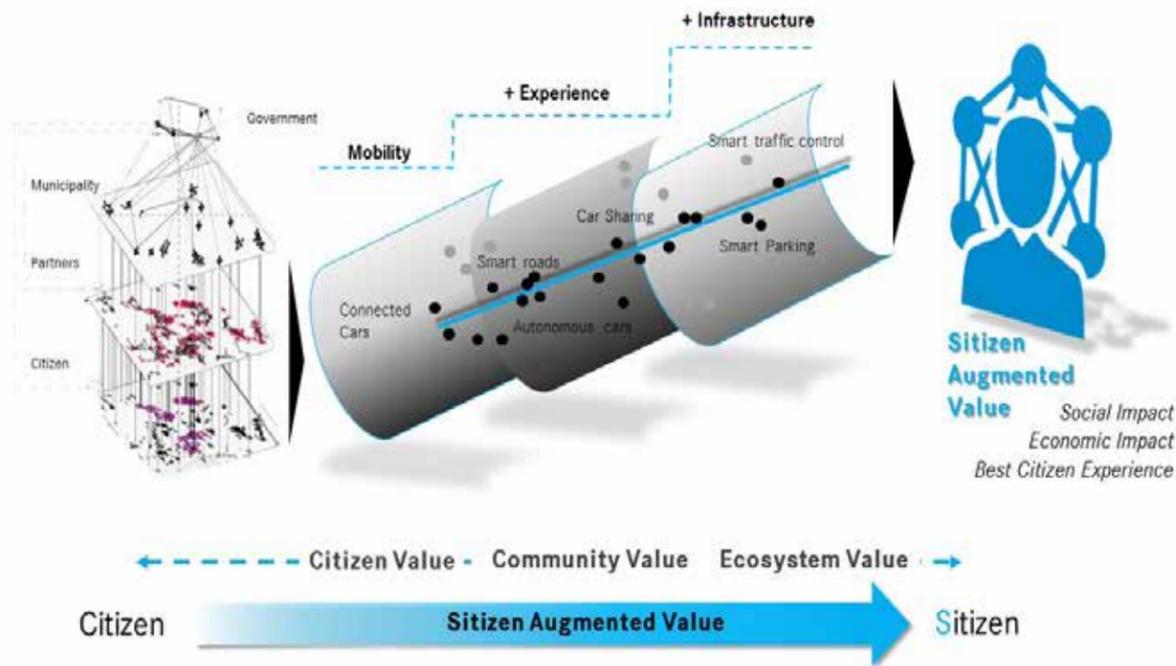
The Senseable CityLab, part of the Mercedes-Benz Intelligent Customer Management Consulting division, has been experimenting for some time with datasets that are often overlooked when it comes to making cities smarter, more networked and citizen-centric, so they dynamically open up the needs of their inhabitants respond (Figure 5).

Daimler's new urban mobility concept is autonomous, electric, modular, and smart

Daimler wants to make the mobility of the future safe and sustainable - with trend-setting technologies, outstanding products and tailor-made mobility services. The Daimler Urban Mobility Vision based on becoming a key partner for cities offering smart mobility solutions. There are many different technologies, solutions and ideas and a individual city master plan. So, the future



4 Digitalization & Implementation, ...Use Case field Urban Development and Data flow – Smart Mobility, 3 phases of mobility (Source: Mercedes-Benz Consulting)



5 Smart Data Management within the Senseable CityLab of Mercedes-Benz Consulting (Source: Mercedes-Benz Consulting | Customer Management)

will result in a number of interconnected solutions that work together cohesively. Key words are **autonomous driving, electro mobility and mobility concepts**, whether in individual transport or in transport logistics (Figure 6). An example is the urgent problem of congestion. Through traffic jams and parking search traffic, the economy is losing billions. Therefore, cities are testing new holistic approaches to a multimodal, multi-level and interconnected traffic concept rather than simply building extra lanes. A solution-oriented and future-oriented approach,

is e.g. the German VTOL start-up Volocopter (in which Daimler is involved as an investor), which has already carried out test flights in Dubai with its air taxi. In addition, cities are searching solutions for the last mile and increased for the first mile, e.g. station-independent, free-floating car sharing offers such as car2go from Daimler, open to. Studies show that flexible car sharing relieves traffic in the cities, creates more parking space and sustainably improves air quality, and that this growing sharing economy is paired with electric drives and autonomous vehicles.

To bring merchandise to merchants and orders to consumers, cities such as Washington, D.C. also delivery robots like that of Starship Technologies. The start-up, in which Daimler is involved as an investor, plans to deploy 1,000 of its robots by the end of the year, not only in the city, but also on company premises. With Vision URBANETIC Mercedes-Benz Vans eliminates the separation between people moving and goods transport. It enables on-demand, sustainable and efficient movement of people and goods - an applies an innovative approach to fulfil the needs of cities, businesses from di-

6 Urban Mobility Vision Daimler (Source: Daimler AG, 18A0633)





7
Vision URBANETIC Mercedes-Benz Vans (Source: Daimler AG)

verse sectors as well as city dwellers and travelers. The concepts reduces traffic flows, relieves inner-city infrastructure and contributes to an improved quality of urban life (Figure 7).

With Mercedes-Benz VISION VAN new technologies are improving transport logistics. Drones, intelligent doors, camera systems and the newly developed CoROS (Cargo Recognition and Organization System) will make the work of van drivers and fleet managers easier in the future.

This intelligent camera-supported system recognizes and registers parcels automatically by means of their barcodes in fractions of a second. This integrated logistics and mobility system features a fully

automated cargo bay, built-in drones for autonomous air delivery, software to optimize transport routes and joystick control. A Sprinter VAN that is used for air delivery is equipped with one or two landing sites and a flap opening mechanism in order to unload parcels from the drones and, if necessary, load parcels into them. In addition, it includes a storage space where the drones are kept if they don't have to be sent out again immediately. Thanks to this innovation, the flight plans for the drones can be organized flexibly. This is especially necessary for megacities.

Thus, vehicles, services and the entire integrated mobility concept - today known as Mobility-as-a-Service - have long been part of a digital

ecosystem digital ecosystem with citizen centricity. Accordingly, the Mobility & Connectivity range of topics is in the triangle of **Vehicle & User - Cloud & Data - Connectivity & Sharing**.

What makes urban life more enjoyable?

As a European city's recently unveiled mobility plan Vision 2028 states: "The current system is inefficient: limited street space is largely given over to single-occupancy vehicles, which are too often stuck in traffic, while the most disadvantaged members of our community are confined to a patchwork of

transportation options that frequently fail to meet their basic mobility needs." Working on a planed sharing, electric and autonomous will be combined towards an efficient, comprehensive, seamless & efficient mobility environment serving city needs.

It's a diagnosis that would fit many of today's cities, and it's also an invitation for new, public-private partnerships to get things going. One promising solution is to present citizens with the full range of mobility options, regardless of mode or service provider, in one vision an app and approach at a

glance, something the e.g. Daimler subsidiary moovel has been working on (Figure 8).

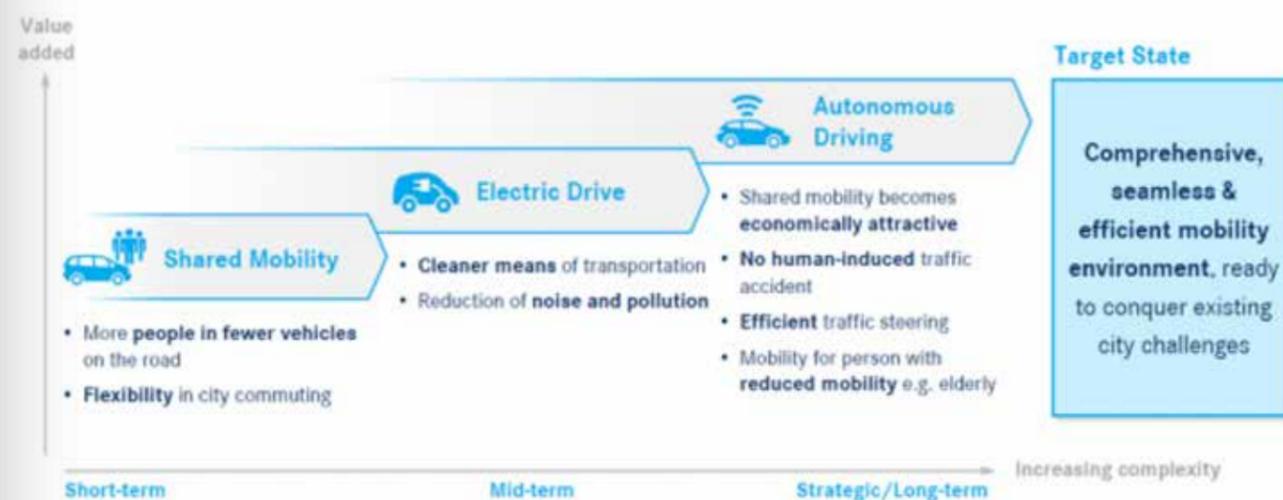
Just as urban life is varied, the list of innovations is open-ended. Whether it's installing benches around town that display hyperlocal news, offer free Wi-Fi and built-in, solar-powered USB chargers or whether it's experimenting with public transit models on step-by-step wise that are "demand-responsive" instead of sticking to predetermined stops - those experiments demonstrate how public agencies can work hand in hand with tech and entrepreneurs, strategic partners and citizens.

Conclusion

So far, for many people, the car is the key to self-determined and comfortable mobility. In addition, OEM's like Daimler have come to do just that: by combining new technology and innovations, sharing and smart business models, they create sustainable, easy mobility offerings - as comfortable as a car, providing spontaneously available, stress-free solutions for individual mobility needs and behavior - and start in the cities and metropolises "Connected Transport & Connected Cities".

8
Creating a seamless mobility environment (Source: Mercedes-Benz Consulting)

Step by step



A robust network of devices, vehicle and connectivity across a Smart City, Citizen, IoT's and Communities: a robust enterprise & city mobility management solution, connectivity standards, security rules and social impact philosophies, that guarantees the end-to-end

management of all connections and citizen journeys.

The opportunities presented by Smart Cities, Future Citizen Centric Cities and companies for both citizens and businesses are both exciting and they are endless. With proper implementation, a well-ma-

naged infrastructure, a robust EMM and connectivity solution and plenty of imagination, smart cities could provide huge economic, cultural and social advantages for their citizen; each and every one of us has an exciting future ahead ■



Robert M. Häusler

Strategy & Management Consultant, Coach and Researcher, Manager Business Development - Customer Management at Mercedes-Benz Consulting, Stuttgart (Germany).

Management positions and projects in national and internationally renowned corporations of automotive and non-automotive industries and trade, long-term experience in strategy- and management consulting for multinational corporation as well as for small cap, medium sized companies, smart city and start-up projects ■

Mercedes-Benz Consulting, Stuttgart (Germany)

Is a wholly owned subsidiary of Daimler AG. The competence focus of our consultants and trainers covers the entire process- and sales-specific range of services, through the cluster sales performance, customer experience, digital performance, after-sales, mobility and connectivity. In addition to Mercedes-Benz, we support medium-sized companies as well as large companies in other sectors with our concepts, which are strongly geared towards sustainable implementation success for the customer ■

AVOIDING CAR CRASHES USING CELLULAR V2I COMMUNICATION

Giuseppe Avino, Claudio Casetti,
Clara Fabiana Chiasserini, Marco Malinverno

This article describes one of the research activities currently carried out within the Center for Automotive Research and Sustainable (CARS [note 1]) at Politecnico di Torino in the framework of Research Collaboration with TIM. The objective of the CARS Center is to foster multidisciplinary research and training activities, so as to speed up innovation and technology transfer. The activity we describe here tackles road safety, which is one of the key applications envisioned for C-V2I (Cellular Vehicle-to-Infrastructure) networks. Thanks to the exchange of Cooperative Awareness Messages (CAMs), vehicles and other road users can advertise position, heading and speed and sophisticated algorithms can detect dangerous situations leading to a crash. In this context, we focus on an application for collision avoidance at intersections and its deployment in a C-V2I-based infrastructure.

Introduction

In recent years, the development of vehicular network applications has been attracting increasing interest from industries and researchers. A critical field of application of vehicular networks is represented by safety; indeed, according to the World Health Organization in 2015 the number of people who lost their lives in road traffic is more than 1.2 million and an increasing trend in road casualties was observed in 2016 [note 2]. A most significant and, at the same time, challenging safety application is collision detection. One of the basic requirements for vehicles running such an application is that they periodically send CAM (Cooperative Awareness Message) to a detector. These messages are sent anonymously toward the BS (base station) and contain

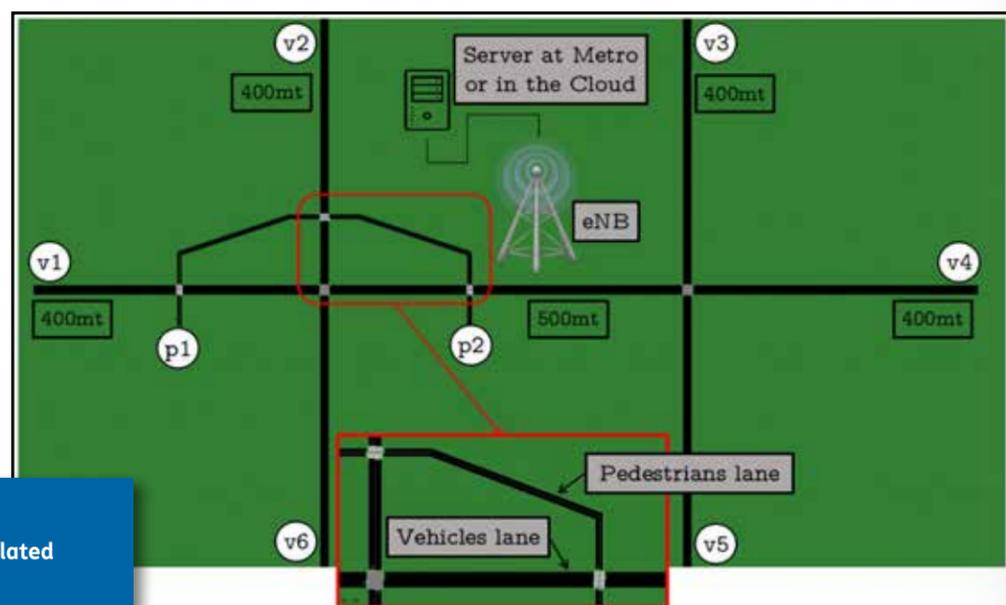
information about position, speed, acceleration and direction of the sender. The collision detector combines all the CAMs received by the vehicles determining if any couple of vehicles is on a collision course. If so, the drivers involved are immediately alerted. The communication between vehicles and detectors happens through BSs that make communication possible even in non-line-of-sight conditions, e.g., due to buildings or other obstacles. The application can be extended also to vulnerable road users such as pedestrians, whose smartphone can send CAMs to the detector. In this way, both drivers and pedestrians are timely made aware of possible life-threatening situations and can take proper action.

In this article, we evaluate the performance of a system for vehicle-with-vehicle and vehicle-with-pe-

destrian collision detection when C-V2I (cellular vehicle-to-infrastructure) is adopted as a communication technology. In particular, we are mainly interested in the number of collisions that could be avoided and in the number of false positive alerts (i.e., alert messages referring to situations of low or no danger, that the system delivers to the users). Indeed, a low number of false positive alerts is essential in establishing user confidence in the reliability of alerts received through the system.

Reference Scenario

The reference topology we consider (Figure 1) is an urban area composed of three roads, crossing at two intersections, a pedestrian lane and three pedestrian crossings. The



1 Screenshot of the simulated scenario in SUMO

intersections and crossings are unregulated, which makes collisions more likely. The entities moving in the topology are vehicles and pedestrians. Each of them is connected to the cellular infrastructure and uses the collision avoidance service, i.e., we assume a penetration rate equal to 1. Vehicles are equipped with on-board units for C-V2I communications, whereas pedestrians carry a smartphone with cellular connectivity. Both periodically send CAMs toward the collision avoidance application server.

In particular, we consider an LTE network with an eNodeB (eNB) located at the center of the topology. The server hosting the collision detector can be located at different points of the network infrastructure, i.e., at the eNodeB itself or at more remote network nodes. In order to study the difference in performance, we consider two server deployments: at the Metro node (very close to the eNB), in an edge computing fashion, and in the Cloud (farther from the eNB). The choice of this urban topology allows us to have a simple but, at the same time, representative scenario, which closely mimics many real-world urban road layouts. In order to assess the performance of the collision detection service in our scenario, we use the SimuLTE-Veins simulator [note 3], which leverages the mobility simulator SUMO [note 4].

We use a realistic mobility model and a realistic generation rate of both vehicles and pedestrians. Ve-

hicles have a maximum speed of 13.89 m/s (i.e., 50 km/h) and they follow a straight path, i.e., there are neither left nor right turns at junctions; pedestrians move with maximum speed of 2m/s on the pedestrian lane, crossing the street at three different spots. Each generated vehicle is randomly assigned to one of the six entry points at the edge of the map (shown in Figure 1 and marked as v1...v6), while each vulnerable user is assigned to one of either ends of the pedestrian lane (p1 or p2).

Design of the Collision Avoidance System

The collision detection system that we developed is shown in Figure 3. The core of the collision avoidance service is the detection algorithm, a generic trajectory-based algorithm that can be applied to any kind of colliding entity (in our case both for vehicle-vehicle and vehicle-pedestrian collisions). Upon receiving a CAM, the algorithm running at the detector determines whether the sender of the CAM (referred to in the following as *focus vehicle*) is on a collision course with another node. To avoid cumbersome notation, we describe below the behavior of the detection algorithm in a qualitative fashion. Also, for simplicity, we refer to interactions between vehicles, although the same principles apply to collisions involving bicycles or pedestrians.

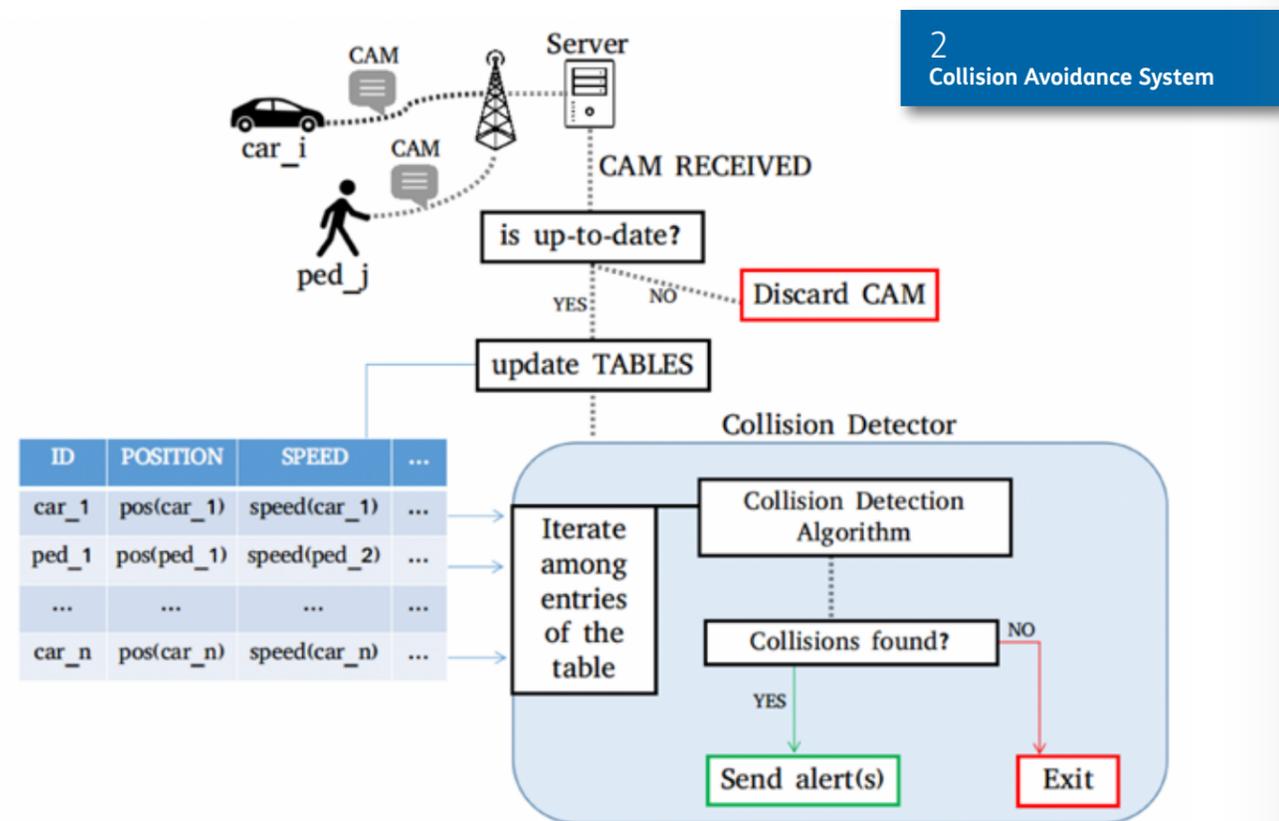
The collision detection algorithm requires as two kind of inputs:

- position and speed of the current vehicle, identified by two vectors (note that the speed vector also includes information on the vehicle heading);
- the latest CAM sent by each vehicle.

For each vehicle that recently sent a CAM, the algorithm computes its position and its distance with the focus vehicle. Then, it computes the time instant t^* at which the distance between the two vehicles is minimum. If $t^* < 0$, the two vehicles are getting farther apart, whereas, if t^* is greater than a threshold t_{2c} (where t_{2c} stands for *time to collision*), the minimum distance will not be reached within t_{2c} from the current time. The algorithm thus determines that no action is required.

If t^* is between 0 and t_{2c} , the minimum distance d^* at which the two entities will be at time t^* is computed. The algorithm compares d^* against a minimum threshold s_{2c} (space to collision): if d^* is lower, then an alert message is scheduled to be sent to the vehicles.

We can now describe the rest of the system in Figure 2. The frequency at which CAMs are sent by each entity is 10 Hz, which is the maximum frequency allowed by the ETSI standard [note 5]. This high value allows the whole system to work with updated information. Indeed, considering a lower frequency, e.g., 1 Hz, and a car moving at 13.89 m/s (i.e., 50km/h), the error at the server



(ignoring the transmission delays) would be in the worst case of 13.89 m. Clearly, such a high error is not acceptable when dealing with a safety application.

The detector placed at the server is able to distinguish between CAMs sent by pedestrians and CAM sent by vehicles. This gives us a double advantage. First, when the server receives a CAM from a vehicle, it looks for possible collisions with both cars and pedestrians, while on the contrary, with a message sent from a pedestrian, the algorithm skips the analysis for pedestrian-with-pedestrian collisions. The second advantage involves the pos-

sibility to set different parameters for the collision detection algorithm (i.e., $s2c$ and $t2c$), according to the type of entity which sent the CAM. This allows a better performance of the algorithm, in terms of false positives and false negatives.

Every time the detector receives a message, it checks if the message is up-to-date: if so, the server stores the information of the CAM; otherwise, the CAM is discarded. We set 0.8 s as the threshold beyond which a CAM is considered as stale and discarded. In the case of a fresh CAM, the algorithm checks if its sender is at risk of collision. To improve the system efficiency,

we also introduce a range of action: only the entities within such a range will be checked by the algorithm as potential colliders. The radius varies according to the vehicle speed as follows:

$$Radius = \max\{Speed \cdot t2c, s2c\}$$

When the server detects a pair of entities on a course of collision, they are warned by an alert message. In order to avoid an excessive number of duplicated alerts, the collision detector does not generate the same alert message more than one every second.

Thresholds and values used by the collision detector are summarized in Table 1.

Parameter	Vehicle	Pedestrian
$t2c$	10 s	3 s
$s2c$	5 m	2 m
Max CAM Age	0.8 s	0.8 s
CAM Frequency	10 Hz	10 Hz
Alert max Frequency	1 Hz	1 Hz

T1
Collision Detection Parameters for Vehicles and Pedestrians

Performance Results

We simulate our road scenario letting vehicles and pedestrian follow their trajectories without interference from the alerts received from the communication system. In a post processing phase, we analyzed the logs considering either a human driver or an automated vehicle case. Specifically, we analyze, for each collision, when it occurred and if the corresponding alert message was generated. Furthermore, if the alert was correctly transmitted, we also look at when it was received and

processed by the involved entities. In this way, we can determine if the vehicle had sufficient time to brake before the impact. Whether a collision is detected in time or too late is determined in post-processing by considering the alert messages that have been received. A collision is considered as “detected too late” if:

$$T_A < T_B$$

where T_A represents the time available to the driver to avert the colli-

sion, i.e., the interval between when the driver initiates evasive actions and the actual collision. T_B , instead, is the time needed by the entity to stop, given its current speed and maximum deceleration. T_A is computed as follows:

$$T_A = T_{FA} - T_D - T_H$$

where the three elements in the above expression are illustrated in Figure 3 in the case of a human driver.

We run two sets of ten 300s-long simulations, one with the server at the Metro node and the other with the server placed in the Cloud. A conservative value of 5 ms for metro-eNB latency and 20 ms for cloud-eNB latency have been assumed. In the post-processing phase, each of the two simulation sets is analyzed considering either the human driver or the automated vehicle case. Intuitive, a better performance can be expected in the automated vehicle scenario, as $T_H = 0$.

3
Timeline of the communication between the detection server and the human driver

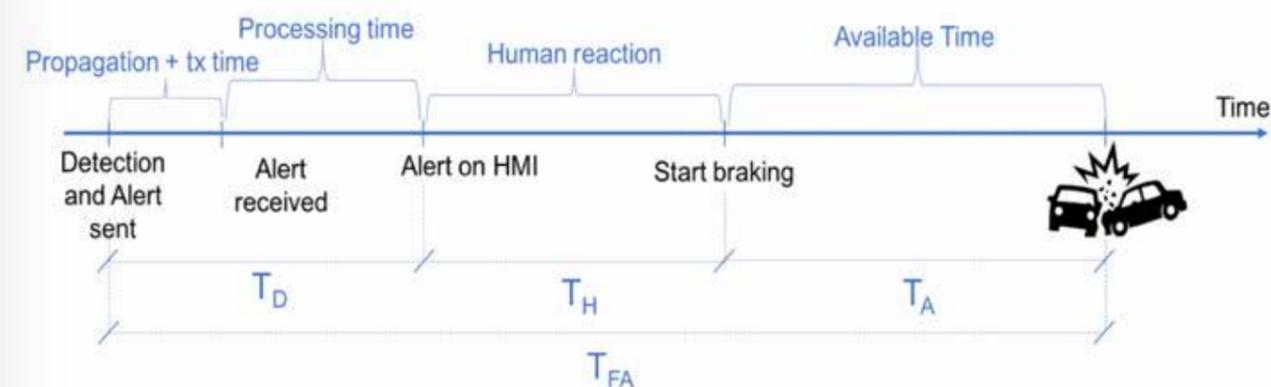


Figure 4 shows the effectiveness of our collision avoidance system in terms of number of accidents that can be prevented. The four bars show the number of vehicle-with-vehicle detected, late-detected and undetected collisions among those reported by the SUMO simulator. A collision is reported in SUMO each time the polygon describing an entity overlaps with the polygon describing another entity. The two left-most bars refer to the case in which the server is placed at the Metro node, both in the human driver case and in the automated case, while the other two refer to the scenario where the server is in the Cloud.

The first important result that we highlight is the effectiveness of our al-

gorithm: under the aforementioned settings, it reaches 100% in case of automated vehicle and over 80% in case of human driver, regardless of the location of the server. A second relevant result, is the absence of "Not detected" collisions in the four case studies.

Another issue to investigate is the study of the quality of alerts that are actually received by the vehicles, in order to find the fraction of false positives, i.e., the alert messages referring to situations of low or no danger. False positives are not as critical as undetected collisions but they may be a cause of distraction for human drivers. We will thus look at:

- total alerts sent: total number of alerts sent by the server to vehi-

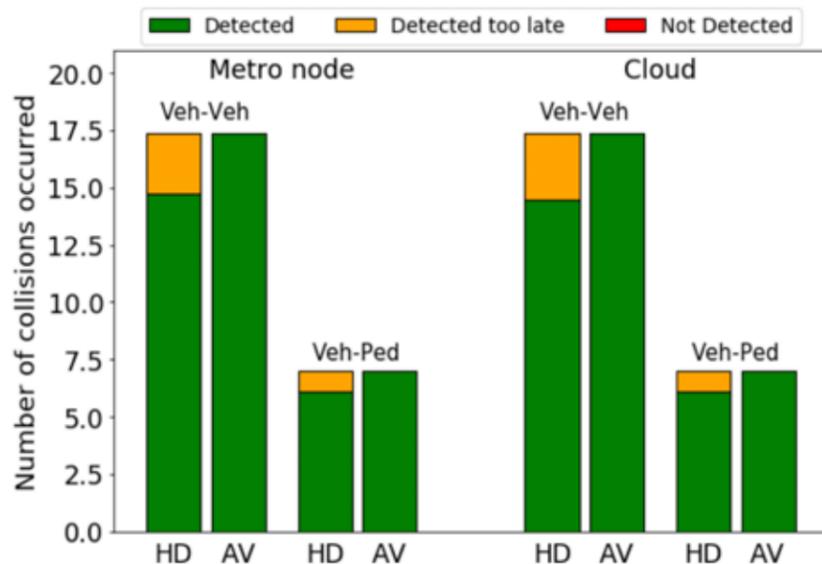
cles to warn them about detected collisions;

- true positives: alerts that have been sent and refer to collisions that occurred. They include:
 - true and timely positives: alerts for which the driver had enough time to brake before the collision happened;
 - true but late positives: alerts for which the driver did not have enough time to brake before the collision happened;
- false positives: alerts that have been sent and refer to collisions that would not take place.

shows the results of this analysis. The false positive percentage is high, greater than 60%, although their relevance is not so great, and it is caused by the limitations of our simulator. When we analyzed the logs, we found that 60% of the false positive alerts are sent to vehicles that got less than 2.3 m apart and that there are no vehicles warned by a false positive alert whose minimum distance is more than 5 m. This highlights that the false positive alerts are transmitted in situations that are indeed dangerous – a factor that is particularly important when possible inaccuracies of the positioning system are taken into account.

As a final remark, although the percentage of false positives is quite high, a C-V2I-based system can ensure high reliability in collision detection, and even false positives re-

4 Vehicle-with-vehicle (Veh-Veh) and vehicle-with-pedestrian (Veh-Ped) collisions detected, detected too late and not detected, for the Human Driver (HD) case and the Autonomous Vehicle (AV) case, and for different server placements.

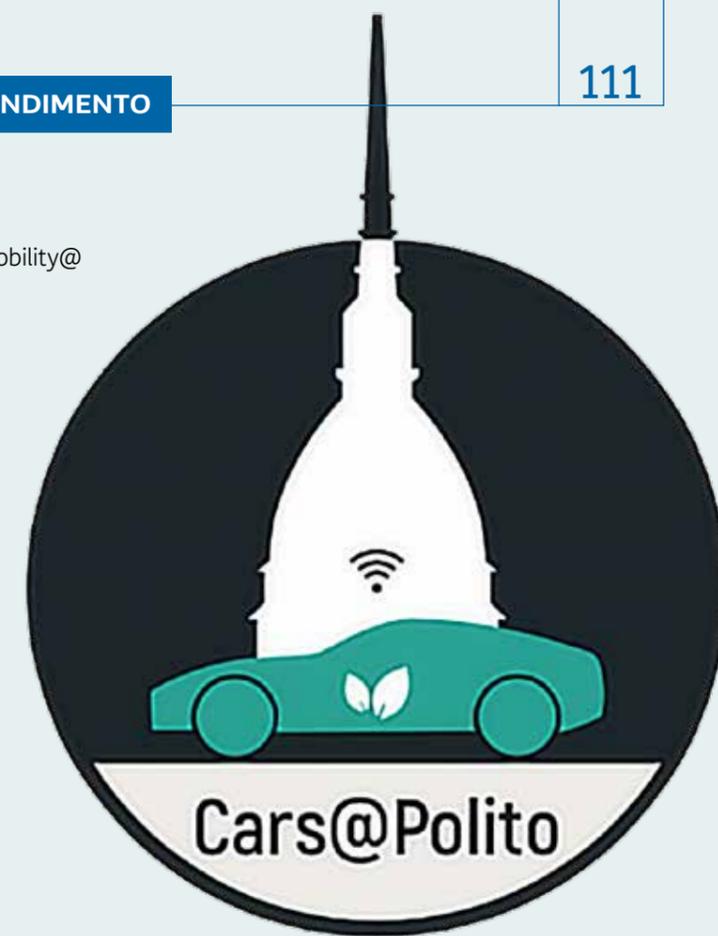


CARS (Center for Automotive Research and Sustainable mobility@PoliTO) www.cars.polito.it.

CARS@POLITO

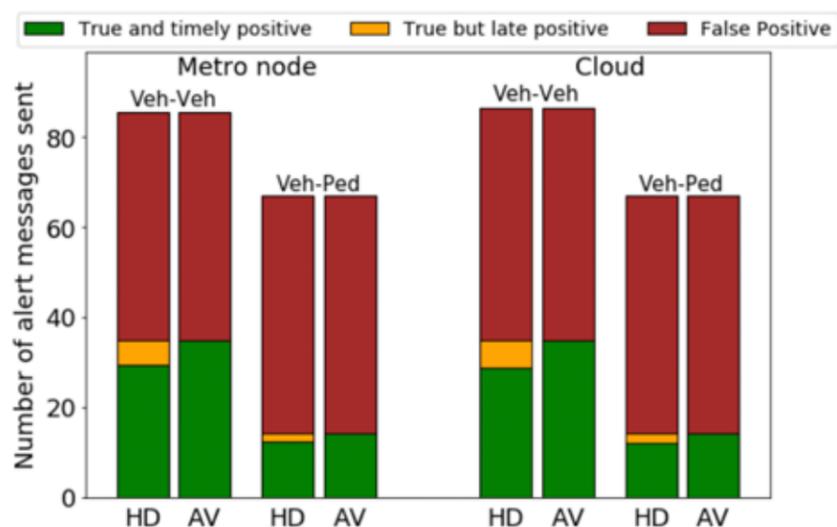
The complexity and rapid evolution of the technologies involved in automotive engineering and intelligent transport systems require a large number of skills acquired in different disciplines. In this context, the goal of the CARS Center is to build, inside the Politecnico di Torino, an environment in which multidisciplinary research and training activities can be fostered to speed up innovation and technology transfer, in a territory with a strong industrial vocation that has been the cradle of the national automotive industry. To pursue the abovementioned aims, the Centre addresses the following research areas, which are strictly interconnected to each other:

- **Green Vehicles**, including (i) new powertrain and chassis technologies for future hybrid/electric vehicle to achieve higher vehicle and energy efficiency as well as safety improvements; (ii) powertrain & vehicle system integration, and control strategies; (iii) affordable zero/low emission vehicles, i.e., alternative and low-carbon fuels, advanced combustion for reduced CO2 footprint, and technologies for energy storage.
- **Safe & Integrated Mobility**, including (i) active, passive and preventive safety for passengers and vulnerable road users; (ii) enabling SAE high level automated vehicles, i.e., optimization and integration of sensors and actuators, decision & control algorithms for V2X interaction through 5G and other radio technologies, testing of driver support systems; (iii) design and operation of sustainable ground-based transport systems, and prototyping and analysis of energy consumption of non-self-propelled automated people movers.
- **Affordability & Competitiveness**, including (i) affordable lightweight products and processes (new



materials for interiors, vehicle body, and chassis structural parts), along with new composite materials integrating sensors/data transmission; (ii) competitive automotive innovative cycles for quick adoption and standardization of new processes and automation of manufacturing processes.

- **Urban Mobility and Logistics**, including (i) development of IT services and platforms for mobility and logistics systems, exploiting user-generated mobility data; (ii) city logistics and last-mile distribution models with focus on distribution network design of multi-tier storage and consolidation systems; (iii) technologies for last-mile distribution systems and security applications; (iv) design and validation of business models and public-private financing schemes for mobility and logistics systems; (v) models for the assessment of environmental, energy and socio-economic impacts, and decision support systems.
- **Sharing Mobility**, including (i) monitoring and analysis of current and potential trends; (ii) integration in traffic monitoring systems; (iii) evaluation of innovative strategies for EVs recharge ■



5 False positive statistics for vehicle-with-vehicle (Veh-Veh) and vehicle-with-pedestrian (Veh-Ped) collisions for the Human Driver (HD) case and the Autonomous Vehicle (AV) case, and for different server placements.

fer to actually dangerous situations. Furthermore, large margins of improvement are possible if additional information coming from on-board sensors (cameras, radars, lidars...) is merged with that available through the C-V2I interface, and advanced data fusion algorithms are used so as to provide the driver with a comprehensive, yet accurate, warning system.

Conclusion

In this article, we have described one of the research activities performed within the CARS center at Politecnico di Torino. In particular, we

focused on an efficient C-V2I-based system for automotive collision avoidance, and tested it under different scenarios. By exploiting the transmission of CAMs toward the collision detection server, the latter determines whether any pair of vehicles, or vehicle and pedestrian, are set on a collision course, and, if so, it issues an alert message. We deployed the server in two different points of the network, namely, in the Metro node and in the Cloud, and we considered both human drivers and automated vehicles. Two main directions for future research can be envisioned: (i) investigating the gain that cellular vehicle-to-vehicle (C-V2V) communications can bring; (ii) assessing the benefits that may

come from data fusion performed on CAMs and sensory data such as those collected via cameras, radars and lidars ■

Note

- [1] <http://www.cars.polito.it>
- [2] World Health Organization, Global Status Report on Road Safety 2015 and 2016.
- [3] SimuLTE and Veins. http://simulte.com/add_veins.html
- [4] SUMO Simulation of Urban Mobility. <http://sumo.dlr.de/>
- [5] ETSI EN 302 637-2 V1.3.1 (2014-09), Intelligent Transport System (ITS), Vehicular Communications, Basic Set of Applications.



Giuseppe Avino giuseppe.avino31@gmail.com

obtained his master degree in Computer and Communication Network Engineering in 2016 from Politecnico di Torino. From January to October 2017, he carried out research on container virtualization at Politecnico di Torino, where he started his Ph.D. in November 2017. His interests focus on wireless network communication and container virtualization ■



Claudio Casetti claudio.casetti@polito.it

graduated from Politecnico di Torino in 1992 and received his PhD in Electronic Engineering from the same institution in 1997. He is an Associate Professor at Politecnico di Torino. He has coauthored more than 170 papers in the fields of networking and holds three patents. He leads and participates in the activities of several EU projects on 5G networks ■



Carla Fabiana Chiasserini carla.chiasserini@polito.it

graduated from the University of Florence in 1996 and received her Ph.D. from Politecnico di Torino, Italy, in 2000. She worked as a visiting researcher at UCSD in 1998-2003, and as a Visiting Professor at Monash University in 2012 and 2016. She is currently an Associate Professor with the Department of Electronic Engineering and Telecommunications at Politecnico di Torino. Her research interests include architectures, protocols, and performance analysis of wireless networks. Dr. Chiasserini has published over 300 papers in prestigious journals and leading international conferences ■



Marco Malinverno marco.malinverno1@gmail.com

is a Ph.D. student at Politecnico di Torino. He obtained his master degree in Computer and Communication Networks Engineering in 2016. His research activities range from containerization techniques to vehicular wireless networks ■



Notiziario Tecnico

Anno 27 - Numero 3, Dicembre 2018
www.telecomitalia.com/notiziariotecnico
 ISSN 2038-1921

Registrazione

Periodico iscritto al n. 00322/92 del Registro della Stampa
 Presso il Tribunale di Roma, in data 20 maggio 1992

*Gli articoli possono essere pubblicati solo se autorizzati
 dalla Redazione del Notiziario Tecnico.*

*Gli autori sono responsabili del rispetto dei diritti di
 riproduzione relativi alle fonti utilizzate.*

*Le foto utilizzate sul Notiziario Tecnico sono concesse
 solo per essere pubblicate su questo numero;
 nessuna foto può essere riprodotta o pubblicata senza
 previa autorizzazione della Redazione della rivista.*

Spedizione in A.P. -45% - art.2 20B Legge 662/96 - Filiale di Roma
 ISSN 2038-1921