

Il nostro **futuro** viaggia in città

TEST PER LA GUIDA AUTONOMA E SISTEMI C-ITS AVANZATI, MA NON SOLO. SONO MOLTEPLICI LE SOLUZIONI SMART PER IL TRASPORTO A CUI STANNO LAVORANDO ISTITUZIONI E IMPRESE DEL CAPOLUOGO PIEMONTESE, OGGI AUTENTICO LABORATORIO URBANO. TRA I PRINCIPALI PLAYER TECNOLOGICI DELLA PARTITA, GLI SPECIALISTI DI 5T, SOCIETÀ *IN HOUSE* DI CITTÀ DI TORINO E REGIONE PIEMONTE, CHE CI RACCONTANO IN ESCLUSIVA TUTTI GLI SVILUPPI IN CORSO.

Fabrizio Arneodo
Chief Technology Officer 5T

Giandomenico Gagliardi
Senior Transport Engineer 5T

Riccardo Lesca
Senior Solutions Engineer 5T

In collaborazione con



TECNOLOGIE
TELEMATICHE
TRASPORTI
TRAFFICO
TORINO



Smart Road & Guida Autonoma

1. Primi test su strada per i veicoli autonomi: Torino (con Parma) è la città italiana che ha avviato per prima le sperimentazioni

2. Modi di trasporto nell'area metropolitana torinese

3. Il percorso nella città di Torino per i test sulla guida automatica

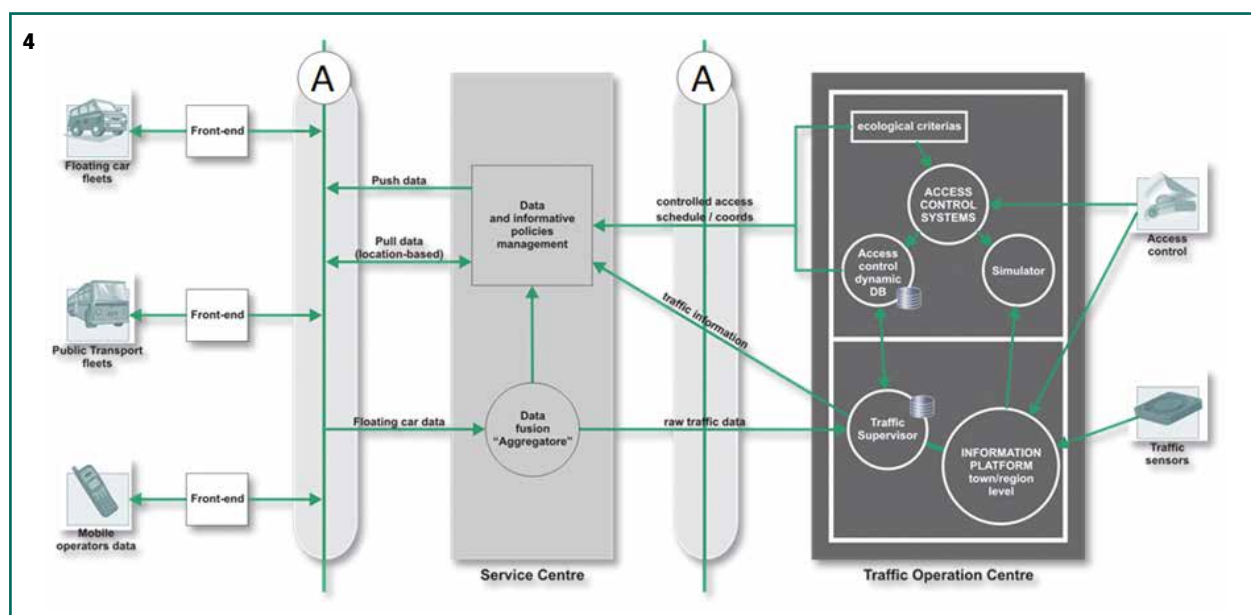
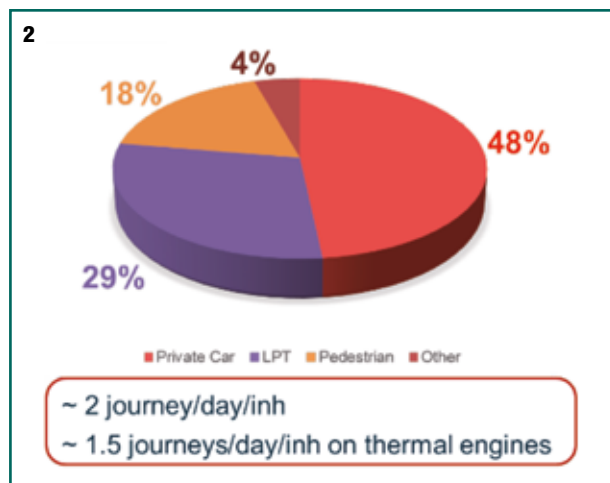
4. L'architettura tecnologica delle Piattaforme di 5T

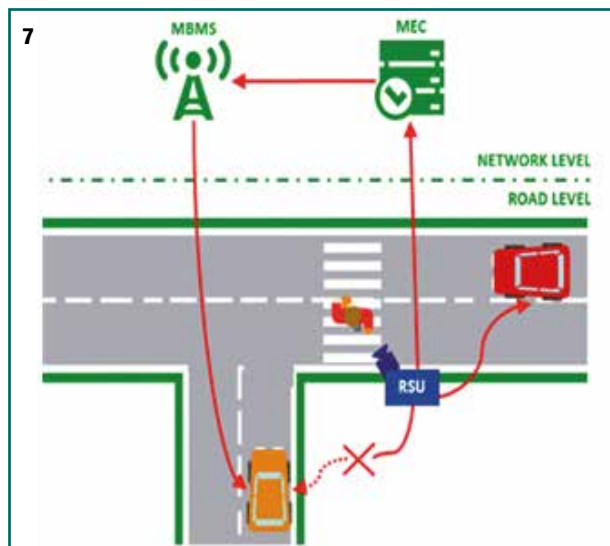
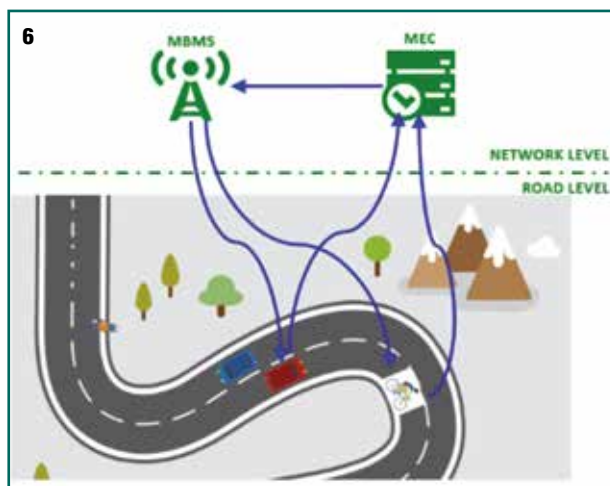
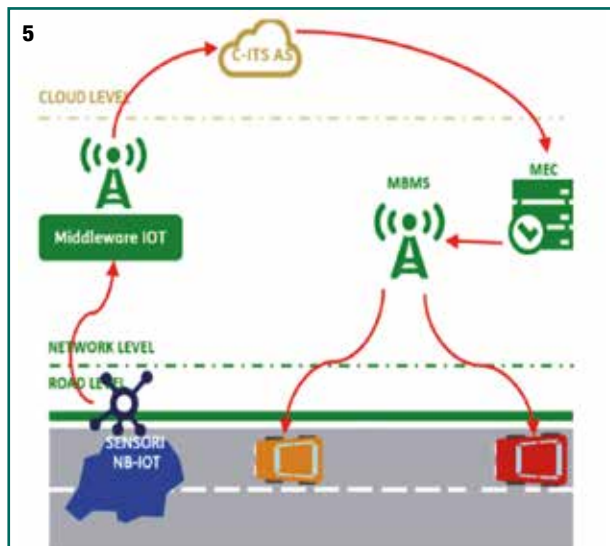
La mobilità a Torino è caratterizzata ad oggi dalla preponderanza del trasporto veicolare privato, con un'incidenza della propulsione termica, in termini di viaggi giornalieri, di circa 3:1 rispetto alle altre forme, e il conseguente impatto su sostenibilità e vivibilità dell'ambiente urbano. La Città di Torino ha iniziato da qualche anno a lavorare su questo tema definendo il Piano Urbano della Mobilità Sostenibile (PUMS) [1]. Questo dà grande rilievo all'introduzione dei servizi *Cooperative ITS* (C-ITS) e alla *Smart Mobility*. Informazioni quali i livelli di traffico, calcolati in real-time dal Traffic Control Center (TCC), gli eventi di viabilità (chiusure, cantieri, ecc.) e la disponibilità di parcheggi in struttura sono messe oggi a disposizione della collettività tramite la piattaforma di Traffic Information Center (TIC) e i suoi canali: pannelli a messaggio variabile (PMV), portali web, bollettini radio e servizi di previsione dei transiti dei mezzi pubblici. Con i servizi C-ITS, le stesse informazioni e altre di maggior dettaglio (ad esempio, localizzazione di cantieri, deviazioni e blocchi, durata delle fasi semaforiche), possono essere condivise direttamente e selettivamente con i veicoli su strada, consentendo di ottimizzare l'uso dell'infrastruttura stradale e mitigare il rischio di incidenti.

La realizzazione di tali servizi è demandata a 5T, società *in-house* della Città di Torino e della Regione Piemonte, che già gestisce le già citate piattaforme TCC e TIC insieme a servizi quali fluidificazione del traffico, infomobilità, smart ticketing per il trasporto pubblico, MaaS e mobilità sostenibile.

Via libera ai test sul veicolo autonomo

Partendo da questa visione e con l'impulso dato dal D.M. 70 del 2018 "Smart Road", è stata lanciata nel 2018 l'iniziativa *Torino Smart Road*, con l'obiettivo di stabilire nell'area metropolitana un polo d'attrazione per l'innovazione della mobilità urbana e la sperimentazione della guida automatica (Automated Driving - AD) e cooperativa. Si è così costituita una partnership pubblico-privati con lo scopo di supportare i piani di industrializzazione della guida automatica e di esplorare i casi d'uso di interesse collettivo delle comunicazioni veicolari (V2X). Il coinvolgimento dell'Amministrazione ha comportato un forte orientamento agli obiettivi di sicurezza stradale (intesa come riduzione generale dell'incidentalità), efficienza dei trasporti (aumento dei livelli di servizio dove maggior-





mente richiesto a parità di risorse impiegate), sostenibilità ambientale (riduzione delle emissioni dei mezzi di trasporto e ottimizzazione energetica), co-modalità (coordinamento tra le varie forme di trasporto per l'ottimizzazione dell'offerta di mobilità). Evidentemente non indipendenti tra loro, si prestano ad un elevato grado di sinergia delle soluzioni attuabili.

Per le sperimentazioni e la validazione dei casi d'uso di interesse, la Città mette a disposizione dei partner un percorso urbano di 35 km [2], lungo il quale 5T sta potenziando l'infrastruttura tecnologica con interventi quali: la predisposizione degli impianti semaforici per comunicare ai veicoli i tempi previsti di cambio fase (si parla di previsione, in quanto la regolazione semaforica urbana adottata è a *variazione di piano*, perturbata, ad esempio, dal servizio di priorità ai mezzi pubblici o le chiamate pedonali e quindi non completamente deterministica); l'installazione di sensori di vario tipo per la misura affidabile dei flussi e dei tempi di percorrenza (non più solo spire induttive, ma anche, ad esempio, tecnologia magnetometrica, e transponder Bluetooth); la dotazione, nei sottopassi dislocati lungo il percorso, di sistemi di supervisione e controllo per la misura dei flussi veicolari e la segnalazione automatica di condizioni di pericolo (ad esempio: code, veicoli stazionari, concentrazione di fumi, presenza di pedoni), tramite telecamere intelligenti, strumenti di misura della qualità dell'aria e sistemi SCADA dedicati.

Elemento distintivo dell'iniziativa torinese, è la rete mobile 5G messa a disposizione da TIM (partner dell'iniziativa) per realizzare e validare, con il supporto dell'operatore, architetture di servizio innovative che sfruttino le sue caratteristiche chiave: copertura ad alta densità di dispositivi (mMTC, massive Machine-Type Communications), alte velocità di trasmissione (eMBB, enhanced Mobile Broadband), alta reattività della rete e alta integrità delle informazioni (URLLC, Ultra-Reliable Low-Latency Communications), elaborazione localizzata e context-aware (MEC, Multi-access Edge Computing), gestione dinamica delle risorse di rete/elaborazione. In ambito MEC, di recente 5T, INTEL e Links hanno avviato una collaborazione per applicazioni edge-computing per la mobilità, su piattaforma OpenNESS [3] con Location API [4]. Due gruppi di lavoro coordinano la realizzazione e validazione dei casi d'uso di interesse (tab. 1), suddivisi nelle due aree *Sicurezza stradale*, coordinata da TIM, e *Mobilità Digitale Urbana*, guidata da Politecnico di Torino.

TAB. 1 CONNECTED AWARENESS (CA) - AREE E CASI DI INTERESSE

Area Sicurezza	Area Mobilità Digitale Urbana
Rilevamento allagamento di sottopassi	Notifica tratto a rischio di incidenti (Black spot)
Notifica attraversamento pedonale	Ricalcolo dinamico del percorso
Notifica utente debole (pedone/ciclista)	Velocità suggerita per verde semaforico (GLOSA)

Un primo risultato è stato presentato, a novembre 2019, durante la Conferenza della 5G Automotive Association (5GAA) [5]. 5T, Fondazione Links, TIM, Politecnico di Torino e FCA hanno presentato, tra le varie demo, il prototipo di servizio "Urban Geo-Referenced Alert" per la notifica a bordo veicolo di lavori stradali e limiti di velocità dinamici, implementando l'architettura di comunicazione prevista dalle piattaforme europee C-ITS [6] e C-Roads [7].

Gli eventi di traffico raccolti dal Traffic Information Center

5. Funzionamento del sistema che rileva l'allagamento dei sottopassi

6. Percorso tecnologico per comunicare la presenza di un pedone o ciclista

7. Meccanismo di comunicazione di un attraversamento pedonale

TAB. 2 I SERVIZI DI CUI A C-ROADS ITALY 2

	Servizi	Casi d'uso
DAY 1	In-vehicle Signage (IVS)	Embedded VMS "Free Text" (IVS-EVFT) Other Signage Information (IVS-OSI)
	Hazardous Location Notification (HLN)	Traffic-Jam Ahead (HLN-TJA) Stationary vehicle (HLN-SV) Weather Condition Warning (HLN-WCW) Animal or person on the road (HLN-APR) Obstacle on the road (HLN-OR)
	Road Works Warning (RWW)	Lane Closure (RWW-LC) Road Closure (RWW-RC)
	Signalized Intersections (SI)	Green Light Optimal Speed Advisory (SI-GLOSA) Traffic Light Prioritization (SI-TLP) Signal Phase and Timing Information (SI-SPTI)
	Probe Vehicle Data (PVD)	Vehicle Data Collection (PVD-VDC) Event Data Collection (PVD-EDC)
DAY 1.5	Traffic Information for Smart Routing Connected&Cooperative navigation in/out the City (first/last mile, parking, routing advice, coordinated traffic lights)	

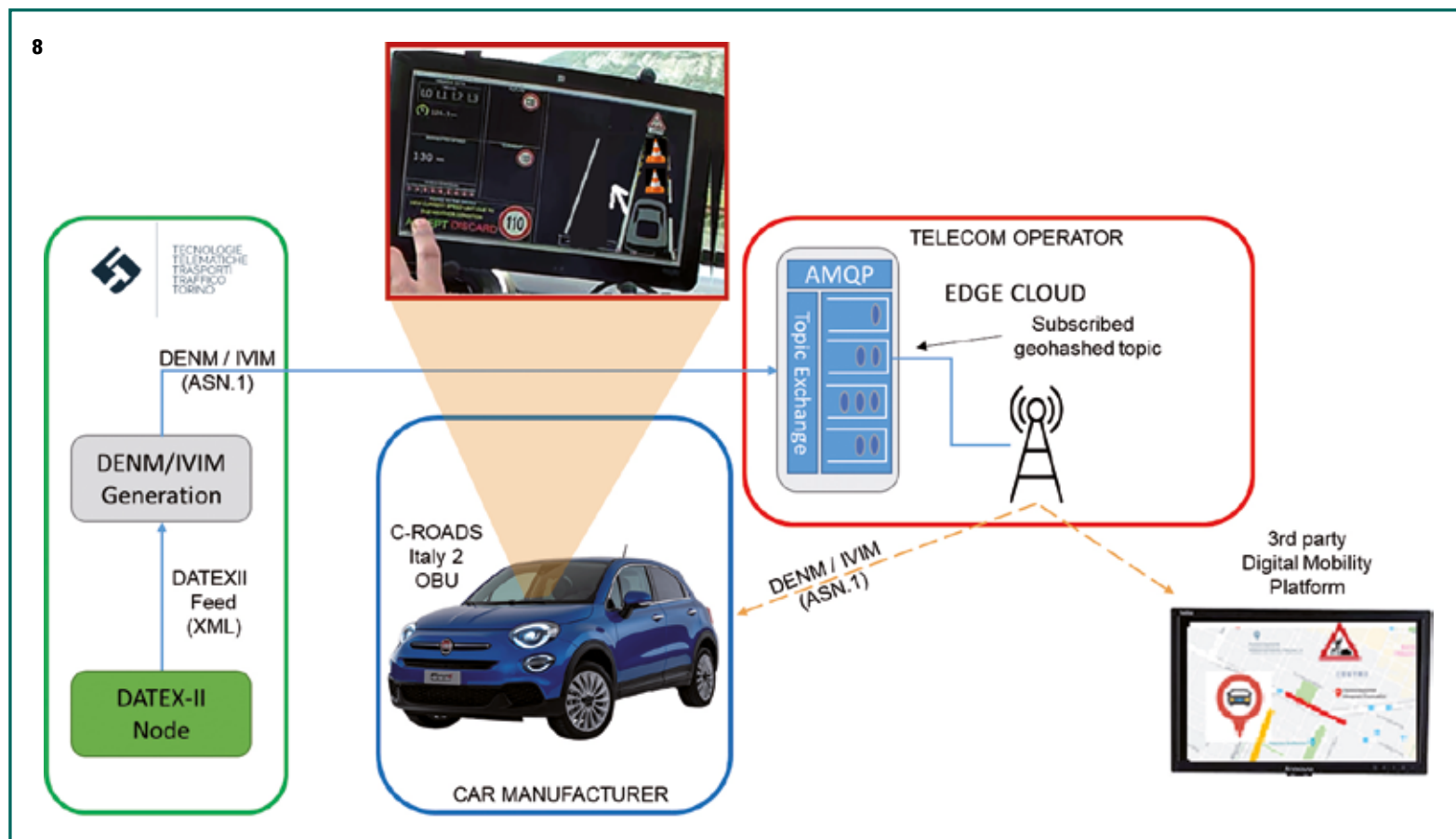
un broker (in tecnologia AMQP [10]), una struttura dati accessibile sia per la pubblicazione di messaggi categorizzati in topic sia per la lettura selettiva di questi topic detta sottoscrizione. Il broker risiede su piattaforma MEC (Multi-Access Edge Computing), quindi a bassa latenza di comunicazione, accessibile tramite un qualsiasi terminale mobile 5G. I topic raggruppano messaggi relativi ad una stessa area geografica di rilevanza (ad esempio, quella in cui si stima che il cantiere produca effetti sul traffico). Il veicolo dotato di OBU (On-Board Unit) conforme allo standard ETSI e di un modulo GNSS per la propria geo-localizzazione, accede al broker e sottoscrive i topic che interessano la propria posizione, ricevendo così solo le informazioni sui cantieri e i limiti di velocità che incontrerà sul proprio percorso. Una volta che l'informazione è a bordo veicolo, visualizzarla su un HMI di bordo o usarla per manovre automatiche (ad esempio, rallentare in funzione del nuovo limite di velocità) è questione di tecnologia veicolare e non più di infrastruttura. Questo lavoro ha confermato che un'infrastruttura tecnologica che abiliti la guida automatica può essere sfruttata in modo avanzato anche da utenti "tradizionali", purché dotati della connettività adeguata.

8. Architettura di base del prototipo di servizio Urban Geo-Referenced Alert

(TIC) gestito da 5T (cantieri stradali e limiti di velocità provvisori) sono trasmessi in formato DATEXII (standard europeo per la comunicazione tra centri di gestione del traffico [8]) a un modulo software che traduce il formato DATEXII nei messaggi C-ITS standardizzati da ETSI (fondamentalmente messaggi DENM e IVIM [9]). Questi poi sono trasmessi ad

Il progetto-pilota C-Road Italy 2

La piattaforma C-Roads è l'altro grande riferimento per i C-ITS a Torino. Il suo scopo è coordinare in Europa vari progetti di realizzazione di servizi C-ITS Day1/Day1.5 (ossia con maturità di breve/medio termine) per accumulare esperienze e definire linee guida e specifiche europee per tali servizi. Uno





9. La Centrale della Mobilità di Città di Torino e Regione Piemonte gestita da 5T

dei principali obiettivi è l'*interoperabilità* di servizi e apparati sia *cross-border*, ma anche ad esempio tra gli ambiti autostradale e urbano. 5T è referente per il test-site di Torino del progetto pilota *C-Roads Italy 2*, che validerà in ambito urbano alcuni tra i casi d'uso di riferimento. I tre test-site, tra cui anche Verona e Trento, sono stati identificati dal Ministero dei Trasporti anche per i loro preesistenti piani di Smart Mobility. 5T lavora a Torino a servizi, alcuni dei quali sovrapponibili con quanto già illustrato per *Torino Smart Road*, grazie alla sinergia tra le linee guida C-Roads e quanto precedentemente pianificato dalla città, risultato poi co-finanziabile dal programma CEF (Connecting Europe Facility).

Nella selezione dei servizi, 5T ha dovuto scegliere tra le seguenti due opzioni strategiche: realizzare prototipi/demonstratori di servizio, conducendo ricerca tecnologica avanzata, potendo contare, oltre che sulla propria esperienza, anche sulla collaborazione con realtà locali di prim'ordine in questo ambito; realizzare un upgrade dei servizi ITS già esistenti, quali: controllo semaforico, priorità semaforica al mezzo pubblico, gestione dei varchi ZTL del centro città, servizi di Infomobilità (PMV, indicatori di disponibilità parcheggi in struttura, ecc.) e via dicendo, verso il modello cooperativo, integrando le funzionalità V2I. La scelta è ricaduta su quest'ultima opzione, per la convinzione che fosse la strada più sicura per arrivare al termine delle attività con servizi effettivamente fruibili dalla collettività anche nel lungo termine, coerentemente con il mandato che 5T ha ricevuto dalla Città di Torino.

L'implementazione tecnica di questi servizi è incentrata sullo sviluppo di una Central ITS Station (C-ITS-S) che includerà da una parte l'interfacciamento con il nodo DATEXII gestito da 5T, dall'altra la generazione dei messaggi nei formati ETSI C-ITS e previsti per i casi d'uso elencati. Si avrà inoltre l'opportunità di realizzare altri paradigmi di comunicazione V2I, rispetto alle comunicazioni mobili, come quella short-range basata su Road-Side Unit installate su strada. In questo caso si stanno valutando almeno due tecnologie: l'ITS-G5, basata sulla comunicazione radio IEEE802.11p (parente del Wi-Fi) e standardizzata da ETSI; la C-V2X, basata su rete mobile e che con l'avvento del 5G può beneficiare di ulteriori risorse quali l'interfaccia PC5 per la comunicazione diretta tra terminali 5G.

La validità di queste tecnologie è molto dibattuta globalmente, con schieramenti di car makers che spingono per ITS-G5 (in quanto già disponibile sul mercato, ma ad alto impatto infrastrutturale) e altri per C-V2X (in quanto verosimilmente caratterizzato da minori costi di infrastrutturazione, ma probabilmente non ancora maturo rispetto alle prestazioni pronosticate). Tuttavia, dallo scouting tecnologico che 5T sta conducendo, emerge che una grande potenzialità di entrambe le "filosofie" sarebbe proprio il potersi combinare tra loro a diversi livelli, ad esempio utilizzando i messaggi C-ITS anche su link cellulare oppure utilizzando ITS-G5 per la comunicazione short-range e le connettività 5G tra road-side unit e C-ITS-S. Estremizzando quest'ultimo esempio, il C-ITS-S potrebbe essere un'applicazione MEC distribuita. Ulteriori servizi C-ITS a cui 5T sta lavorando sono quelli che rendono possibile comunicare ai veicoli lo stato e la temporizzazione dei semafori che potrebbero incontrare sul loro percorso e le relative manovre consentite per l'attraversamento dell'intersezione, che possono consentire ai veicoli connessi di adeguare percorsi e comportamenti alla dinamica dei semafori in anticipo rispetto a quanto si riesca fare basandosi sulla semplice percezione fisica a distanza ravvicinata del conducente. Sono casi d'uso come GLOSA e Time-to-Green, basati sui messaggi C-ITS di tipo SPATEM (Signal Phase And Timing Extended Message) e MAPEM (Map Extended Message) e che 5T sta realizzando sempre sul percorso di *Torino Smart Road*.

Il progetto europeo SHOW

In tema di Veicolo Autonomo e Connesso, 5T è anche impegnata nel progetto europeo SHOW guidato da UITP (Union Internationale des Transports Publics), per realizzare un servizio MaaS a prenotazione, inizialmente con una navetta automatica e un veicolo telecontrollato. Il servizio si rivolgerà a persone anziane e pazienti con patologie croniche del polo ospedaliero "Città della Salute e della Scienza" di Torino. Si prevede inoltre di integrare la prenotazione del trasporto con il sistema dei servizi ospedalieri, e l'erogazione di servizi amministrativi a bordo veicolo (informazioni, accettazione, pagamenti, ecc.). Una piattaforma specifica gestirà orari e percorsi. 5T gestirà in questo caso il servizio di priorità semaforica ai veicoli coinvolti. ■■

Bibliografia e Sitografia

- [1] Città di Torino, Piano Urbano della Mobilità Sostenibile, <http://geoportale.comune.torino.it/web/sezioni-tematiche/piano-urbano-della-mobilita-sostenibile-introduzione>
- [2] Città di Torino, "Smart Road track", <https://www.torinocitylab.com/en/experiment-to-smart-road-track>
- [3] D. Sabella et al., "Edge Computing: from standard to actual infrastructure deployment and software development", white paper, INTEL Corp., <https://builders.intel.com/docs/networkbuilders/edge-computing-from-standard-to-actual-infrastructure-deployment-and-software-development.pdf>
- [4] Location API tutorial, Links Foundation, <https://it.droidcon.com/2020/wp-content/uploads/MEC-Location-API-LINKSv02.pdf>
- [5] 5GAA Conference and Demonstrations, Turin 14th November, <https://5gaa.org/calendar/f2f-meeting-conference-and-5gaa-demonstrations/>
- [6] Piattaforma Europea C-ITS, https://ec.europa.eu/transport/themes/its/c-its_en
- [7] Piattaforma Europea C-Roads, www.c-roads.eu
- [8] DATEXII Italian Profile <https://www.retedatex.it/content/profilo-datex-it-2013-aggiornato-2016>
- [9] "Intelligent Transport Systems (ITS); Cooperative ITS (C-ITS)", Release 1, febbraio 2020, ETSI, https://www.etsi.org/deliver/etsi_tr/101600_101699/101607/01.02.01_60/tr_101607v010201p.pdf
- [10] Advanced Message Queuing Protocol, www.amqp.org