

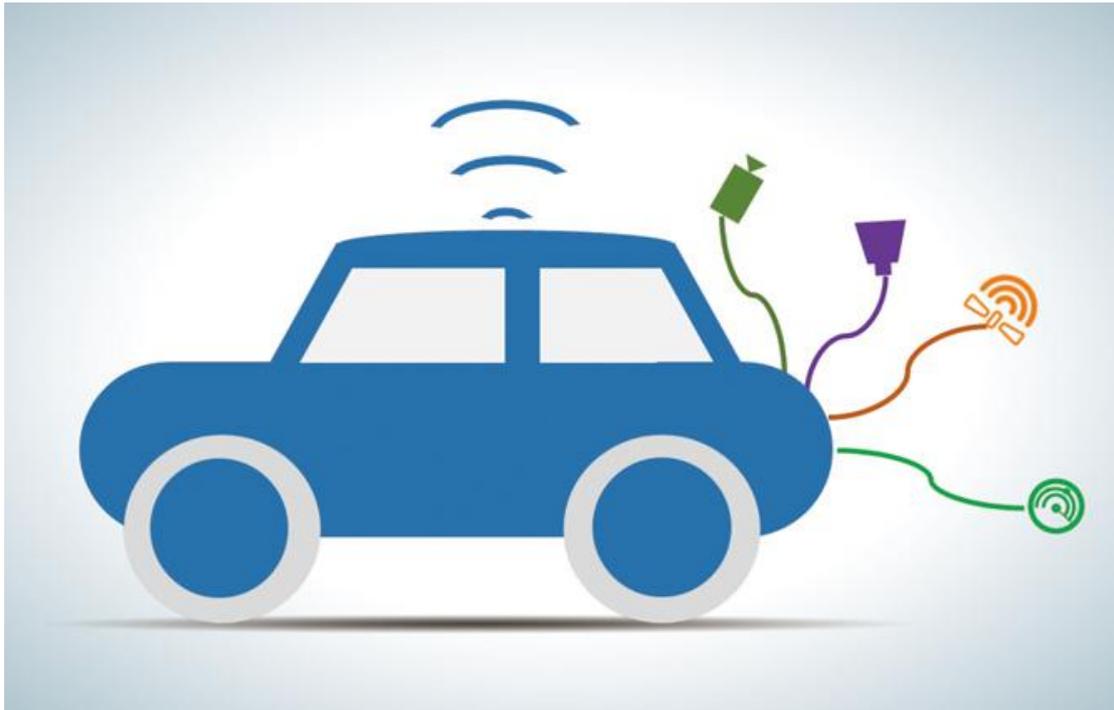
La connettività wireless porta a spasso i veicoli di nuova generazione

La connettività veicolare è diventata un mezzo per la gestione di base della messaggistica di sicurezza e del traffico nel corso degli ultimi vent'anni, ma oggi nuovi sensori consentono agli autoveicoli di offrire un'esperienza ancora più soddisfacente di connettività e di sicurezza nella guida.

| Di Robert W. Heath Jr., Wireless Networking and Communications Group, Department of Electrical and Computer Engineering, Università del Texas a Austin e Nuria González-Prelcic, Signal Processing and Communications Group, Università di Vigo

Con la tecnologia di comunicazione wireless, le applicazioni supportano la sicurezza di base, l'efficienza di trasporto e l'accesso a Internet, mentre i veicoli comunicano direttamente in modalità V2V (Vehicle-to-Vehicle) o tramite l'infrastruttura in modalità V2I (Vehicle-to-Infrastructure), collettivamente denominate V2X. La connettività è un logico complemento al crescente numero di sensori integrati nei veicoli automatizzati.

I veicoli automatizzati vengono proposti in numerose tipologie, a seconda del livello di automazione. A un'estremità della gamma il conducente ha il pieno controllo del veicolo. All'altra estremità della gamma il veicolo ha il pieno controllo, mentre il passeggero non dispone di alcuno strumento per acquisire il controllo. Ai livelli intermedi, alcune funzioni di guida sono automatizzate, ma il conducente può comunque intervenire. Ad esempio, considerando un basso livello di automazione, il conducente può essere avvertito della possibilità di collisione con il veicolo che precede. A un livello di automazione superiore, il veicolo può frenare automaticamente e attuare un'azione evasiva per evitare la collisione. Nonostante la tendenza attuale sia quella di denominare la guida totalmente automatizzata 'guida autonoma', difficilmente l'automazione completa può realizzarsi simultaneamente alla completa autonomia, cosa che implica assenza di comunicazioni. La guida ad alta velocità completamente automatizzata è difficilmente realizzabile senza quantomeno ottenere dati cartografici ad alta risoluzione tramite aggiornamenti in tempo reale da un server cartografico.



Rilevamento veicolare

I sensori implementati per l'automazione includono radar automobilistico, telecamere e sistemi LiDAR (Light Detection and Radar). Il radar viene impiegato per il cruise control automatico, gli avvisi anticollisione, l'assistenza per il cambiamento di corsia, il parcheggio e le applicazioni anticollisione. Le telecamere vengono usate per la sicurezza durante la retromarcia, il monitoraggio degli angoli ciechi, la prevenzione dell'assopimento e il mantenimento della corsia. Il sistema LiDAR offre informazioni cartografiche 3D ad alta risoluzione utilizzabili per la navigazione autonoma e per il rilevamento di pedoni e ciclisti.

Queste tecnologie sono essenziali per i veicoli completamente automatizzati. Ad esempio, Tesla impiega telecamere per la guida automatizzata in autostrada, mentre le auto Google utilizzano in modo intensivo LiDAR e dati cartografici 3D per una guida e una navigazione precise, nonché diversi sistemi radar per il rilevamento di altri veicoli. Il raggio di azione di ogni tecnologia dipende dalla sua configurazione e dallo scenario di implementazione. Ad esempio, nelle zone rurali, il raggio del radar arriva a 200 m, il raggio del sistema LiDAR a 35 m e quello delle telecamere a 30 m, mentre nelle zone urbane il raggio diminuisce fino a pochi metri a causa del traffico intenso e di altri ostacoli. In sostanza, questi sensori esterni sono limitati da ciò che possono vedere. La comunicazione può consentire ai veicoli di espandere il raggio di rilevamento sfruttando quanto può essere visto dai veicoli che precedono, seguono o procedono ai lati.

Non sono ancora stati individuati quali dati debbano essere scambiati tra veicoli automatizzati. Se sono disponibili solo basse velocità di trasmissione dei dati, è logico pensare che i veicoli comunichino solo dati notevolmente elaborati. Ad esempio, un veicolo che impieghi i propri sensori può rilevare la presenza di una bicicletta e quindi trasmetterne posizione e velocità ad altri veicoli. Se invece sono disponibili elevate velocità di trasmissione dei dati, il veicolo può trasmettere dati dei sensori meno elaborati, se non addirittura grezzi, consentendo agli altri veicoli di eseguire, mediante i sensori, operazioni autonome di integrazione ed elaborazione dei dati. Questo metodo consente ai veicoli di prendere decisioni autonome, riducendo così la dipendenza dalle decisioni prese da altri veicoli. Un ulteriore vantaggio di questo approccio consiste nella sua proporzionalità mano a mano che le capacità di elaborazione dei veicoli migliorano nel tempo. Con velocità di trasmissione dati elevata e comunicazioni a bassa latenza è possibile uno scambio di informazioni elaborate e grezze. Nella tabella 1 è illustrata la velocità di trasmissione dei dati necessaria per trasmettere dati grezzi generati da diversi tipi di sensori automobilistici.

	Scopo	Inconveniente	Velocità di trasmissione dei dati
Radar	Rilevamento dell'obiettivo, stima della velocità	Difficile distinguere gli obiettivi	Inferiore a 1 Mbit/s
Telecamera	Specchietti virtuali per conducenti	Richiede tecniche di computer vision	Da 100 a 700 Mbit/s per immagini raw, da 10 a 90 Mbit/s per immagini compresse
LIDAR	Rilevamento e riconoscimento dell'obiettivo, stima della velocità	Costo elevato	Da 10 a 100 Mbit/s

Tabella 1: Riepilogo dei sensori automobilistici e delle relative velocità di trasmissione dei dati

Comunicazione veicolare all'avanguardia

La tecnologia DSRC (Dedicated Short Range Communication) è sostanzialmente un mezzo per scambiare messaggi di sicurezza di base e offrire alcune applicazioni nella gestione del traffico. Questa tecnologia supporta V2V e V2I. Dopo circa due decenni di sviluppo, la tecnologia DSRC è ora disponibile su alcuni veicoli negli USA, ma per un uso più esteso è necessaria un'autorizzazione governativa. La velocità di trasmissione dei dati supportata dalla tecnologia DSRC è relativamente bassa, dell'ordine di pochi megabit al secondo. Questa tecnologia non supporta lo scambio di dati grezzi dei sensori che potrebbero essere necessari per i veicoli automatizzati.

La comunicazione cellulare è un altro mezzo per comunicare, direttamente con il metodo D2D (Device-to-Device) oppure tramite l'infrastruttura cellulare nelle bande 850 MHz, 1.800 MHz o 2.100 MHz. In modalità D2D in LTE-A (Long Term Evolution-Advanced), la base station consente ai dispositivi di effettuare rilevamenti e comunicare direttamente. Le velocità supportate da D2D in LTE-A sono limitate a causa delle informazioni imprecise sullo stato del canale, cosa che risulta problematica nelle configurazioni mobili. La comunicazione cellulare di quarta generazione, o 4G, è possibile utilizzando

questa tecnologia attraverso l'infrastruttura, ma le velocità di trasmissione dei dati raggiungono solo i megabit al secondo in situazioni di mobilità media ed elevata. Nella tabella 2 sono illustrate le caratteristiche di DSRC rispetto a LTE-A per comunicazioni V2V/V2I. Tenendo conto del fatto che i veicoli autonomi generano fino a 1 TB all'ora durante la guida, né le comunicazioni cellulari 4G né DSRC offrono una capacità sufficiente per connettere i veicoli che vogliono scambiare i dati dei sensori.

I CAV (Connected-And-Automated Vehicle) sono oggetto di grande interesse. Attualmente, i test confermano i vantaggi che derivano dal combinare connettività e automazione:

- aumento del raggio di rilevamento del veicolo, così da superare le limitazioni dei sensori esistenti;
- supporto delle interazioni tra veicoli aventi diversi livelli di automazione che condividono traiettorie pianificate, in modo che le decisioni e le azioni future risultino ottimizzate;
- decisioni sulla sicurezza più informate e livelli più elevati di coordinamento del traffico e rendimento del carburante.

Caratteristica	DSRC	LTE-A
Larghezza del canale	10 MHz	Fino a 100 MHz
Banda di frequenza	5,86-5,93 GHz	450 MHz-4,99 GHz
Velocità in bit	3-27 Mbit/s	Fino a 1 Gbit/s
Raggio	Fino a 1 km	Fino a 30 km
Capacità	Media	Molto alta
Copertura	Intermittente	Universale
Supporto mobilità	Medio	Molto alto
Penetrazione del mercato	Bassa	Potenzialmente alta

Tabella 2: confronto tra le varie caratteristiche di DSRC e LTE-A in modalità D2D per le comunicazioni veicolari

Le sfide del rilevamento

Attualmente vi è un grande interesse per l'utilizzo in campo automobilistico della tecnologia 5G. Le applicazioni comprendono automazione veicolare, pianificazione dei trasporti e delle operazioni, infotainment. La tecnologia 5G supporta latenze 10 volte inferiori e larghezze di banda 10 volte superiori rispetto alla tecnologia 4G, caratteristica che la rende particolarmente adatta alle applicazioni automobilistiche. In particolare, la tecnologia 5G, a onde millimetriche, è interessante perché offre velocità di trasmissione dei dati molto elevate, utilizzabili per scambiare dati grezzi dei sensori. Inoltre, le applicazioni di infotainment, comunicazione congiunta e radar a elevata velocità di trasmissione dei dati sono possibili a frequenze d'onda millimetriche.

Nei collegamenti a onde millimetriche, i veicoli e i pedoni possono bloccare il percorso di comunicazione principale; anche oggetti statici nell'ambiente, quali alberi ed edifici, costituiscono un ostacolo. Supponendo che la base station sia dotata di diversi sensori, quali radar e telecamere, una combinazione di rilevamento ed ML (Machine Learning) rileva i potenziali ostacoli e la loro mobilità per consentire di configurare il collegamento di comunicazione e migliorare le prestazioni di comunicazione V2I. L'algoritmo ML sfrutta le prestazioni delle comunicazioni precedenti per classificare come ostacoli determinate risposte del radar. Insieme alla mappa dell'ambiente statico, queste informazioni vengono utilizzate per sviluppare un algoritmo che preveda diversi tipi di ostacoli nei quali un veicolo può imbattersi durante il viaggio. Il risultato dell'algoritmo di predizione degli ostacoli ridefinisce i nuovi fasci che dovranno essere utilizzati a livello di infrastruttura per illuminare il veicolo. La combinazione di rilevamento ed ML può essere sfruttata anche nei centri operativi dei trasporti per analizzare più a fondo l'ambiente di trasporto e migliorare i servizi relativi alla segnalazione e alla pianificazione del traffico.

La localizzazione precisa è un altro aspetto critico per la navigazione autonoma o automatizzata dei veicoli. I ricevitori GPS/GNSS standard presentano un posizionamento preciso a 2-3 metri in condizioni multipercorso buone, ma i veicoli autonomi/automatizzati necessitano di una tecnologia di posizionamento ancora più precisa. La precisione al centimetro, o almeno al decimetro, è necessaria per garantire che un veicolo rispetti la distanza di sicurezza dagli altri veicoli e rimanga nella sua corsia. Il posizionamento ad alta precisione è tuttavia difficile da ottenere per i tragitti urbani, a causa del cosiddetto effetto 'canyon urbano' tra edifici alti. Sebbene siano disponibili ricevitori precisi, i sensori GPS richiesti sono molto costosi. Un approccio per superare queste sfide consiste nello sfruttare le informazioni ottenute da altri sensori del veicolo o sull'infrastruttura stradale per correggere le stime standard del GPS e realizzare un posizionamento preciso al centimetro in tempo reale.

Gli ambienti a utilizzo misto, in cui i veicoli prevedono diversi livelli di automazione e di comunicazione, rimangono una sfida. Un metodo consiste nell'implementare sensori nella base station; le informazioni ricavate dai sensori potranno essere poi trasmesse ai veicoli connessi, fornendo una consapevolezza situazionale relativa ai veicoli non connessi e agli utenti non veicolari presenti sulla strada. L'approccio basato su infrastruttura funziona bene anche se la maggior parte degli altri veicoli non dispone di funzionalità di comunicazione. L'infrastruttura rende inoltre più efficaci livelli di automazione più elevati per coordinare le interazioni dei veicoli agli incroci senza necessità di semafori. Il rilevamento basato su infrastrutture, illustrato in Figura 1, si baserà su comunicazioni cellulari 5G, poiché l'obiettivo è quello di fornire velocità di trasmissione dei dati più elevate. Nella Figura 1 è illustrata la nostra visione dell'infrastruttura cellulare che supporta il trasporto a onde millimetriche. Si tratta di una combinazione di rilevamento,

apprendimento e comunicazione, in cui i veicoli si scambiano i dati dei sensori.

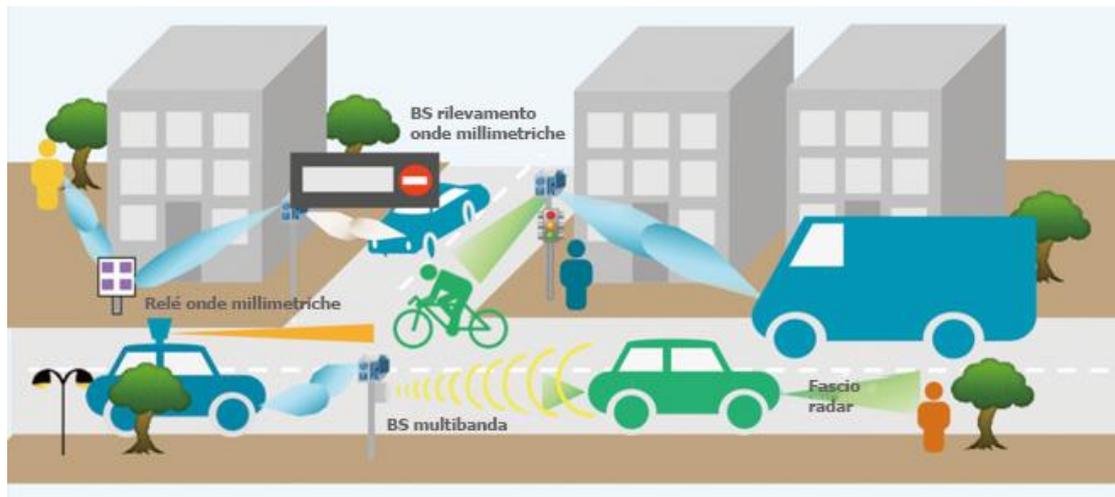


Figura 1: visione dell'infrastruttura cellulare a supporto dei trasporti

L'iniziativa SAVES

L'Università del Texas (UT) di Austin ha creato una nuova iniziativa di ricerca strategica all'interno del Wireless Networking and Communications Group denominata SAVES per affrontare le sfide legate ai veicoli connessi di nuova generazione. SAVES fornisce un quadro comune per lo sviluppo di una connettività dei veicoli avanzata, dell'infrastruttura a supporto della connettività, delle tecnologie di rilevamento, compresi imaging, radar e posizione, nonché delle applicazioni di connettività.

SAVES raggruppa aziende che operano nel settore delle comunicazioni e degli spazi veicolari, con facoltà e studenti specializzati nelle comunicazioni wireless, nel Machine Learning e nei trasporti. SAVES si avvale inoltre della collaborazione costante con l'US Department of Transportation (DOT) attraverso il Data-Supported Transportation Operations and Planning (DSTOP) e numerosi progetti finanziati dal DOT del Texas. Una peculiarità di SAVES è l'enfasi che pone sui parametri di valutazione delle prestazioni wireless (quali velocità di trasmissione dei dati) e sui parametri di valutazione del trasporto, quali efficienza e sicurezza del traffico, quando sviluppa nuove tecnologie.

Attualmente UT SAVES sta lavorando su teoria di base, algoritmi e attività sperimentali. Un ambito di ricerca mira a stabilire i principi fondamentali delle comunicazioni assistite da sensori e ad applicare tali principi fondamentali all'addestramento dei fasci nelle comunicazioni V2X a onde millimetriche sfruttando i dati ricavati dai numerosi sensori disponibili sulle vetture. Questo include le comunicazioni veicolari a onde millimetriche assistite da radar e l'utilizzo di informazioni sulla posizione per ridurre l'overhead dell'allineamento del fascio.

Un altro indirizzo di ricerca si concentra sullo sviluppo della teoria di base delle comunicazioni veicolari a onde millimetriche. La ricerca della larghezza di fascio ottimale e la definizione del tempo di coerenza per l'allineamento del fascio sono esempi paradigmatici dei progetti già sviluppati.

Diverse attività sperimentali, in corso di svolgimento ed evoluzione, utilizzano in modo intensivo gli strumenti di misurazione di National Instruments, che comprendono strumenti di prototipazione a onde millimetriche nonché strumenti di test e misurazione radar. Le misurazioni di canale, effettuate in collaborazione con il Toyota Info Technology Centre e National Instruments, sono mirate a comprendere meglio l'ambiente veicolare a onde millimetriche. Un prototipo di sistema MIMO a onde millimetriche ibrido con due catene RF che fornisce 1 GHz di larghezza di banda è in corso di sviluppo nell'ambito di una collaborazione tra UT, l'Università di Vigo, in Spagna, e National Instruments. L'obiettivo consiste nel sottoporre a test i nostri algoritmi di stima di precodifica e canale ibridi in scenari veicolari semplici. È inoltre in corso di realizzazione un prototipo di comunicazione e radar congiunto a onde millimetriche basato su hardware National Instruments. Si avvale della forma d'onda e degli algoritmi tipici dei ricevitori dello standard IEEE 802.11ad WLAN per consentire l'implementazione di un quadro comune di tecnologie di comunicazione e radar veicolari a 60 GHz. Un lavoro analogo è in corso anche a frequenze inferiori, per dimostrare in che modo IEEE 802.11p potrebbe essere utilizzato per i radar. Infine, è in corso una ricerca relativa alla fusione dei dati basata su dati sperimentali, ad esempio combinando DSRC e radar per avvisi di collisione migliorati tra veicoli connessi e non connessi.

Conclusioni

Le comunicazioni 5G e a onde millimetriche determineranno l'installazione di un numero crescente di sensori nelle auto di nuova generazione. La connettività con elevata velocità di trasmissione dei dati è essenziale affinché i veicoli possano scambiare i dati dei sensori, ampliare il raggio di rilevamento e prendere decisioni migliori in fatto di sicurezza. Il rilevamento è una caratteristica di differenziazione importante dei sistemi veicolari, e i dati ricavati dai sensori possono essere sfruttati non solo per accrescere i livelli di coordinamento della sicurezza e del traffico ma anche per garantire le comunicazioni stesse, aiutando a stabilire collegamenti a onde millimetriche con basso overhead. L'infrastruttura non si limita a essere uno strumento di comunicazione ma diventa anche una piattaforma di rilevamento e raccolta dei dati. Tali dati saranno utili per operazioni in tempo reale, controllo della rete di trasporti, pianificazione e operazioni. È ancora necessario affrontare diverse sfide della ricerca per implementare la nostra visione automobilistica basata sulla tecnologia 5G, comprendente lo sviluppo dei principi fondamentali delle comunicazioni veicolari a onde millimetriche e le comunicazioni assistite da sensori.

This article was originally published in *ICT Insights*, Issue 19, Huawei's thought leadership magazine.