

Seminario Reti Veicolari

Quando si parla di reti veicolari la prima cosa che si pensa e' che ci siano legami con le auto a guida autonoma, e in realta' un collegamento c'e'.

Le tecnologie in gioco sono 2:

- V2X IEEE 802.11p (ITS-G5)
- Cellular V2X (LTE V2V) and 5G-V2X

Perché abbiamo bisogno delle reti veicolari?

Un'auto che si guida da sola e' un'auto che ha bisogno di alcune cose, ha bisogno dei sensi per vedere dove sta andando. A volte non e' detto che basti e creare un'auto a guida autonoma che si basi solo su quello e' complicato, abbiamo bisogno di auto che comunicano tra di loro.

Perche' vogliamo l'auto a guida autonoma?

La gente muore in macchina. Potremmo aver bisogno di un supporto tecnologico per evitare la maggior parte degli incidenti.

Veicolo autonomo o veicolo connesso?

Quando parliamo di veicolo autonomo parliamo del fatto che ogni compagnia puo' sviluppare la propria tecnologia indipendente.

Quando parliamo di veicoli connessi sorge un problema, tutti i veicoli devono parlare la stessa lingua, ho bisogno quindi di uno standard comune.

Se vogliamo mimare il comportamento di un umano in auto dobbiamo vedere come un umano, quindi mettiamo dei sensori lidar e degli scanner per mappare tutto quello che abbiamo intorno, l'auto non e' piu' un oggetto ceco.

Perché le auto a guida autonoma?

- **Sicurezza:** riduce gli incidenti a causa di errori umani
- **Comfort:** rende i passeggeri liberi di fare quello che vogliono
- **Social inclusion:** accesso alla mobilita' per tutti, inclusi persone non abilitate a guidare
- **planet safe:** le macchine autonome saranno 100% elettriche

Classificazione "Automation"

- livello 0-2: l'umano guida, ha dei comfort, ma ha il controllo della situazione

- livello 3-5: la macchina e' autonoma ma comunque l'umano deve sorvegliare e qualche volta deve prendere il controllo

Livello 3 - autonomous cars

Ora come ora siamo fermi al livello 3, abbiamo la tecnologia ma ci manca la legislazione

Why not just Automated?

- Se l'auto ha dei sensori e ha solo quelli servono dei sensori con una precisione allucinante e costano tanto.
- Gli umani non possono vedere oltre gli angoli
- Gli umani non possono vedere oltre gli ostacoli

V2X communication (Veicolo verso qualsiasi cosa).

Il veicolo deve connettersi con un altro veicolo, ma anche con un infrastruttura (es. oggetto a bordo strada che mi da un feedback sulla situazione come ghiaccio, incidenti, code, ecc.).

Il veicolo deve anche connettersi ai pedoni, per avere un costante aggiornamento di dove sono.

Why V2X communications?

- Migliora la sicurezza
- Migliora la gestione del traffico
- Introduce l'intrattenimento

Different requirements for different applications

- Safety: low latency real time information, also low data rate and high data rate for delay tolerant applications
- Efficiency: update information (not real time), Data rate and bandwidth depending on the application
- Entertainment: high data rate (video streaming, social, internet access, ...) and latency not high

Roadmap of applications:

- Phase 1: Awareness Driving
- Phase 2: Sensing Driving
- Phase 3: Cooperative Driving

- Phase 4: Synchronized Cooperative Driving
- Phase 5: Accident-free Driving

Cosa ci serve per fare veicoli a guida autonoma?

Ci servono degli standard, per ora ne abbiamo 2:

- WAVE/IEEE 802.11p (802.11bd) in USA and ETSI ITS G5 in EU
 - standard vecchio (13 anni)
 - molto ben consolidato (sappiamo sia pregi che difetti)
 - sistema pienamente distribuito
 - ci sono collisioni coi pacchetti
 - non chiaro il modello di business
- C-V2X, starting from LTE-V2X defined in the Release 14 of 3GPP
 - sfruttamento delle infrastrutture/sistemi esistenti
 - standardizzato giugno 2017
 - 5G-V2X
- Others... for example, Visible light communication (VLC) - IEEE 802.15.7
 - sfruttamento delle infrastrutture esistenti (lampade LED)
 - sfruttamento della luce dei veicoli
 - i veicoli devono essere visibili

Peculiarita' dello scenario veicolare

- High speed (doppler, quickly variable channels)
- Heavy multi-path
- Variable device density (and possible high density of device)

IEEE 802.11p: motivation

La modifica fondamentale avviene nella parte fisica

- rete che permetta una configurazione piu' veloce
- che permetta una larga banda di rete (WiFi)
- Tollerare percorsi multipli (multi-path) pesanti e Doppler elevati

IEEE 802.11p: quick setup

E' un sistema che si auto configura quindi possiamo chiamarla una rete ad hoc, una rete che quindi non ha bisogno di un'infrastruttura fisica che gli dica cosa deve fare.

IEEE 802.11p: MAC

Carrier sensing multiple access with collision avoidance (CSMA/CA) same medium access protocol of IEEE 802.11.

Le collisioni sono possibili, anche se ridotte di molto, se sono sfortunato B e C scelgono lo stesso backoff e quindi collidono.

IEEE 802.11p: PHY (aspetto fisico)

Si usa una modulazione OFDM (many signal in parallel with small bands)

Compared to 11a/g:

- Half bandwidth: 10MHz per canale
- Half data rate; 3-27 Mbit/s

IEEE 802.11p: MCS or Modes

Modificando opportunamente le tecniche di codifica e altri aspetti come il tipo di modulazione, riusciamo ad avere un certo numero possibile di combinazioni.

Modo 1 - Modo 8: combinazioni particolari tra modulazione e codifica.

WAVE/IEEE 802.11p vs. C-ITS/ITS-5G

In Europa, basandosi sullo standard 802.11p hanno prodotto diversi documenti che basandosi su questo hanno prodotto diverse linee guida. A livello fisico e MAC piu' o meno siamo agganciati allo standard 802.11p, c'e' qualche differenza sugli anelli piu' alti.

WAVE: Basic safety message

ETSI: messaggi molto simili a WAVE ma suddivisi in due parti

- cooperative awareness message (CAM)
 - informing of position, speed, direction, ...
 - periodic transmission, 1-10Hz
 - no re-transmission
- decentralized environmental notification message (DENM)
 - Triggered by an event (traffic, roadworks, accident, ...)
 - Can be re-transmitted

The road to Vision Zero

L'unione europea ha una visione a lungo termine anche per la visione tra veicoli "The road to vision Zero" (visione zero incidenti):

- Day 1: Awareness starts

- Day 2: Automation starts
- Day 3: Cooperation starts
- Day 4: Future mobility

Performance: Coverage

Problema: la rete 5GHz ha piu' potenza ma fa fatica a passare i muri. Problema di ostacoli.

A 5.9GHz il problema degli ostacoli e' molto grosso, una macchina fara' fatica a comunicare con quella davanti se ne ha un'altra in mezzo.

Experiments at Bologna Interporto

Sono state montate su delle macchine delle **On Board Unit (OBU)** e delle **Road Side Unit (RSU)** all'interno del percorso.

Con la Mode 1, e quindi con una bit-rate meno elevata, si e' notato che la distanza massima si aggira attorno ai 700 metri. Con la Mode 8, e quindi con bit-rate molto piu' elevata, si e' notato che la distanza massima si aggira attorno ai 276m.

Exercise 3: Net Throughput

PHY: 40 us added

MAC: around 150 us added

Assumiamo pacchetti da 100 byte che vengono continuamente trasmessi.

Supponiamo di prendere una configurazione di default paria 6 Mbps e vediamo qual'e' il throughput a livello MAC.

La risposta e' 2.5Mbps.

Cooperative Awareness: Large Scale Simulations in Urban Scenarios

Esperimento su larga scala fatto nella citta' di bologna. Si e' concluso che in aree dove c'e' una grande congestione di veicoli a causa del traffico automobilistico, si crea anche una congestione a livello del traffico veicolare, perdo molti pacchetti proprio perche' ci sono molti veicoli che stanno comunicando tra di loro.

Cellular V2X

E' una tecnologia cellulare, che pochi anni fa e' stata proposta come rimpiazzo per la tecnologia IEEE 802.11p. E' stato creato a partire dalla quarta generazione (LTE) apportando piccole modifiche che gli hanno permesso di usare l'LTE anche per le reti veicolari.

Infatti, dalla release 14 del 3GPP sono state aggiunte delle collocazioni per le reti veicolari.

Rispetto alla tecnologia IEEE 802.11p, dove il modello di business non era chiaro visto che era una rete completamente decentralizzata, con la tecnologia cellulare invece il modello di business c'e' sicuramente: l'operatore vi offre la struttura, facendosi pagare per il servizio offerto.

Sfide dell'IEEE 802.11p

Essendo una rete decentralizzata, l'accesso e' un'accesso a contesa, ascolto il canale e se e' libero trasmetto. I sistemi a contesa, rispetto ai sistemi ad accesso controllato, sono molto piu' soggetti a congestione. Difatti un sistema centralizzato e' piu' efficient rispetto ad un sistema decentralizzato.

LTE-V2V IN RELEASE 14

A partire dalla release 14, sono stati introdotti, all'interno della tecnologia LTE, degli elementi per la gestione delle reti veicolari.

Gia' dalla release 12 erano stati introdotti degli elementi di base per quello che loro chiamavano Device-to-Device (D2D) communication (questo dispositivo puo' comunicare in modo indipendente con un altro dispositivo senza l'ausilio di una struttura).

Sono state introdotte due tecnologie:

- **ProSe** (proximity services)
- **SideLink** (added to downlink/uplink)
 - SideLink Mode 1: "in-coverage", allocation by the network
 - SideLink Mode 2: "out-of-coverage", distributed by the network
 - SideLink Mode 3:
 - Funziona solo "in-coverage"
 - Collegamenti V2V controllati dalla rete, necessitano di un'infrastruttura
 - SideLink Mode 4:
 - Funziona anche in "out-of-coverage"
 - Comunicazione diretta V2V senza il bisogno dell'infrastruttura
 - Algoritmo deciso a standard, gli operatori non potevano fare quello che volevano, la selezione delle risorse e' stata invece lasciata all'operatore

Allocazione di risorse LTE-V2X

- In modalita' **Cooperative Awareness** ogni veicolo può:
 - trasmettere informazioni sul proprio stato
 - ricevere informazioni sugli stati dei veicoli all'interno del raggio di azione
 - fornire al guidatore delle informazioni utili in base a cio' che accade intorno a lui (le informazioni sono mandate in broadcast e hanno una frequenza di 1-10Hz)
- **Half duplex**: se un dispositivo sta trasmettendo durante un sub-frame (1ms) non può ricevere nessun message nello stesso sub-frame. Questa limitazione impatta significativamente nell' LTE-V2X sull'allocazione delle risorse e sulle performance

5G-V2X

Dalla release 16 (2020), e' stata definita e introdotta la tecnologia 5G per le reti veicolari.

Nella release 17 (2022) sono state aggiunte nuove features:

- **SideLink expansion:** viene ottimizzato il sistema di allocazione delle risorse, hanno usato dei sistemi per risparmiare in termini di energia, supporto per nuove bande di frequenza, integrazione con l'IoT.

Applicazioni:

- **Platooning:** consiste nel mettere in fila veicoli (soprattutto camion) con l'obiettivo di risparmiare tempo e carburante
- **Intersection Collision Warning:** il guidatore é informato dell'arrivo di altri veicoli all'incrocio, con allarmi in casi di rischio
- **Virtual Traffic Light:** i dispositivi sui veicoli comunicano tra di loro per definire le precedenza con un controllo distribuito
- **See Through:** sfruttando l'informazione condivisa, é possibile vedere cosa vede il veicolo davanti
- **Remote Driving:** guida da remoto, con latenze sufficientemente brevi provviste dal 5G