Comunicazioni veicolari: scenari, tecnologie e ricerca di frontiera

Rosario Giuseppe Garroppo

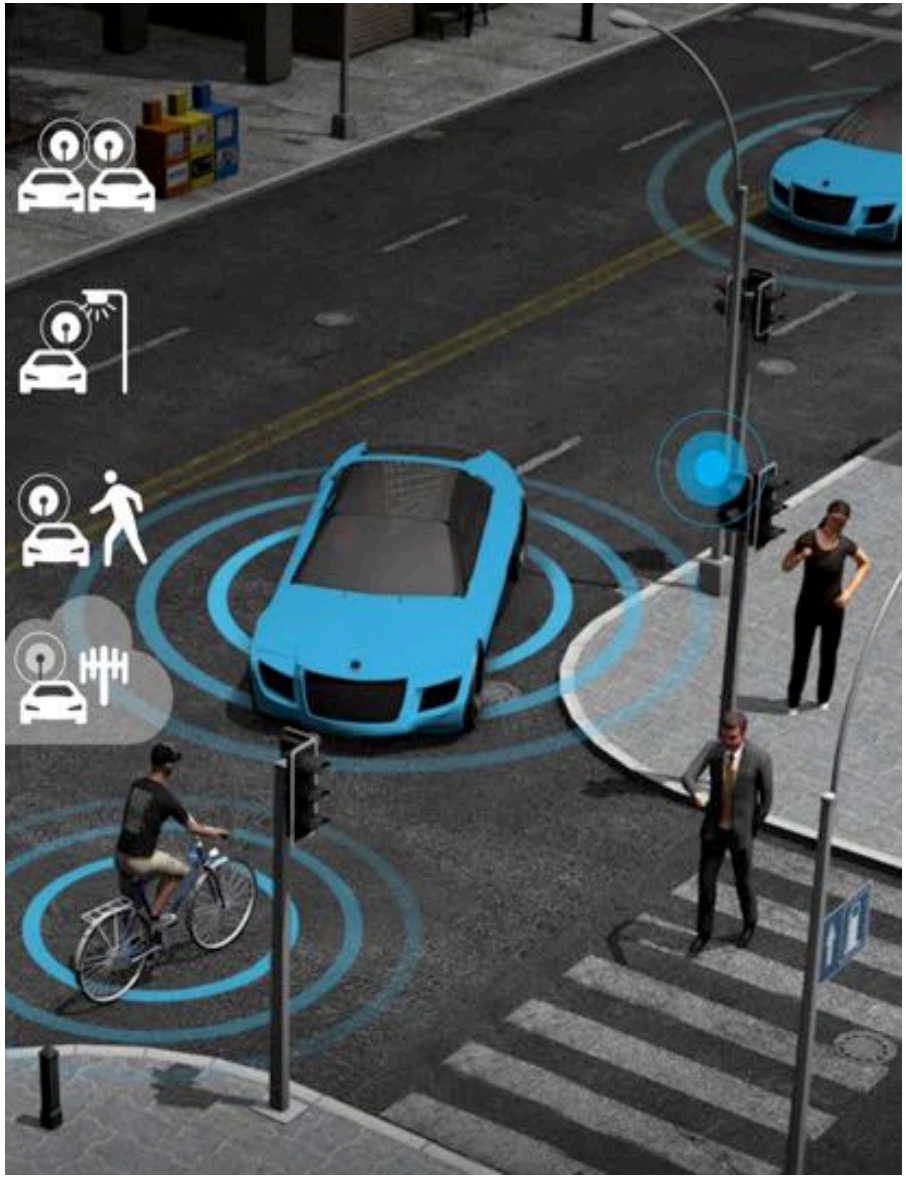
rosario.garroppo@unipi.it

http://people.unipi.it/rosario_garroppo/

Introduzione a V2X

- Vehicle-to-Vehicle (V2V)
  - Es. Sistemi anticollisione
- Vehicle-to-Infrastruct. (V2I)
  - Es. Segnali stradali
- Vehicle-to-Pedestrian (V2P)
  - Es. avvisi per pedoni, ciclisti
- Vehicle-to-Network (V2N)
  - Es. Informazioni su real-time traffico/ percorsi

V2X indica lo scambio di informazioni in diverse applicazioni di Intelligent Transportation Systems (ITS) relativi alla sicurezza stradale, efficientamento del traffico, guida autonoma e infotainment.



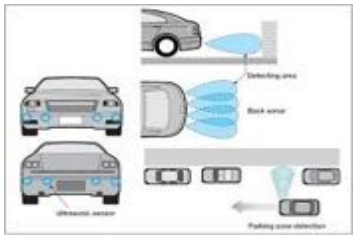
Source: Durga Malladi, 5G NR based C-V2X, Qualcomm, Feb. 2018

Comunicazioni veicolari: necessità

Sensori ADAS

Lidar

Camera



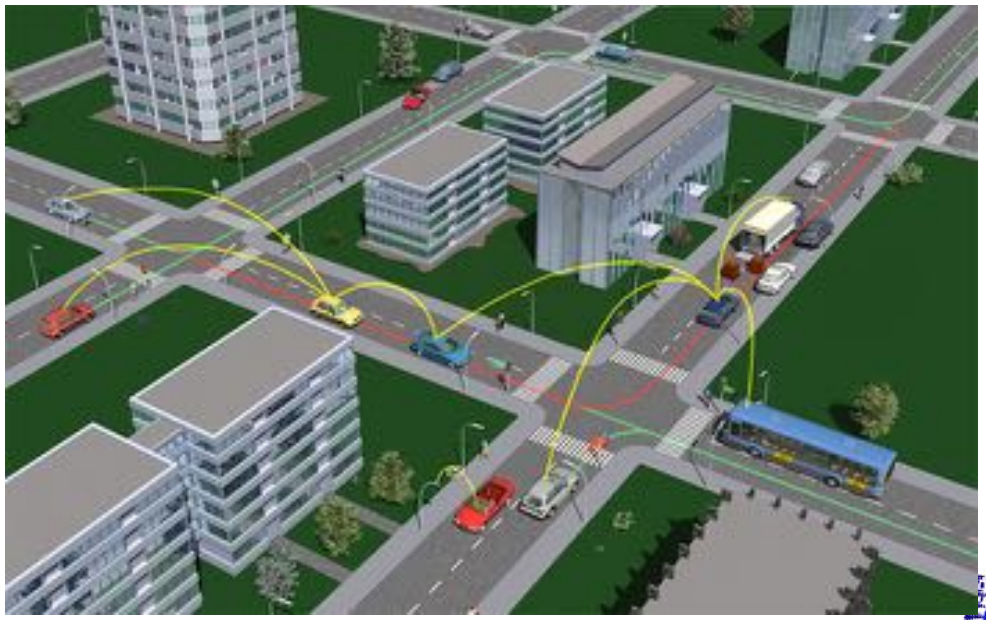
Ultrasuoni

Radar

NLOS: Non-Line Of the Sight

Condivisione dati di sensori ADAS di veicoli diversi per informazioni in situazioni di NLOS a 360°

Miglioramento dell'efficienza dei trasporti e della sicurezza stradale



ADAS: Advanced Driver Assistance Systems

Classificazione dei servizi

V2X

Non-Safety

Safety

Comfort

Traffic Information Systems

Situation Awareness

Warning Messages

Contextual Information

Entertain.

Opt. Speed Advisory

Congestion, Accident Inf.

Adaptive Cruise Cntrl

Blind spot Warning

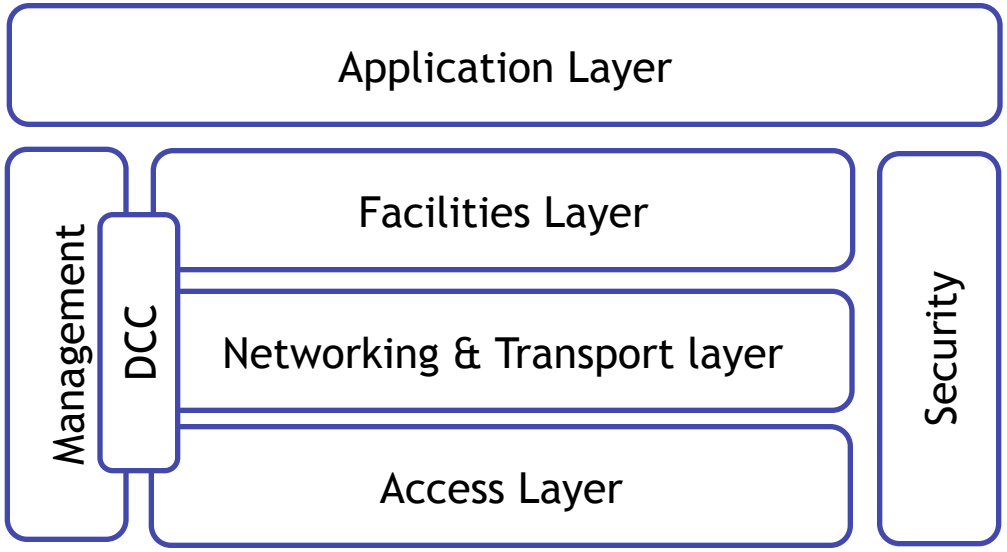
Traffic Light Violation

Electronic brake light

- Molti messaggi
- Data rate elevato
- Bassi requisiti di latenza
- Bassi requisiti di affidabilità
- Distanze elevate

- Pochi messaggi
- Pacchetti di piccole dimensioni
- Alti requisiti di latenza
- Alti requisiti di affidabilità
- Corto raggio

Sistema ITS-G5 - 1



Sistema basato su MAC e PHY IEEE 802.11p, nato dal progetto americano WAVE (Wireless Access in Vehicular Environment, 2007)

•Idea: aggiungere a standard pre-esistenti gli elementi necessari per gestire l'elevata mobilità dell'ambiente veicolare

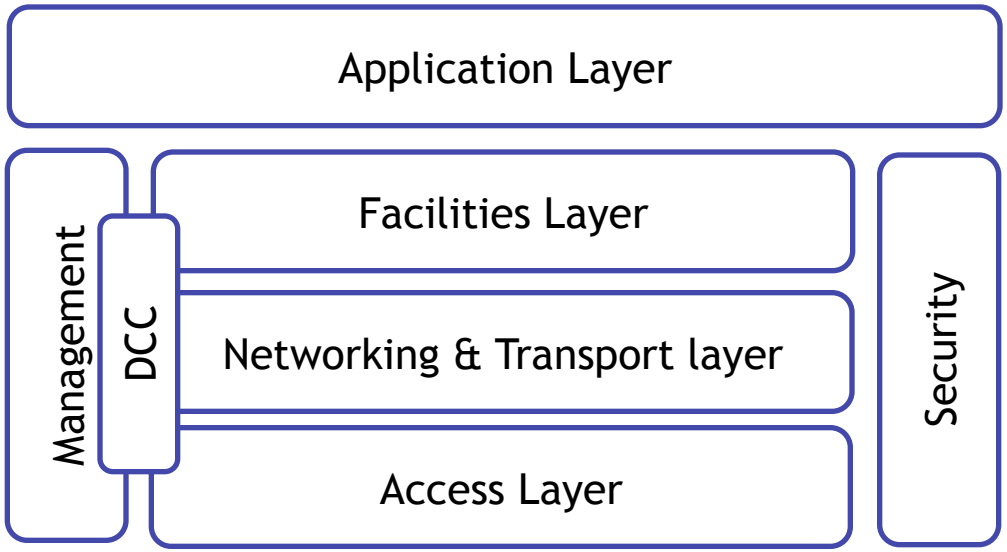
- Pensato per comunicazioni V2V/P/I: Infrastruttura sono le Road Side Unit
- MAC basato su CSMA/CA e canale da 10 MHz con datarate da 3 a 27 Mbps

DCC (Decentralized Congestion Control)

- In base misure fatte sul canale radio stabilisce frequenza dei messaggi, schema di modulazione e codifica, potenza …

ETSI TR 101 607 (v1.1.1), "Intelligent transport systems (ITS); Cooperative ITS (C-ITS)", 2013

Sistema ITS-G5 - 2



Funzioni a livello di rete: GeoNetworking

- n-hop vicini – BroadCast topologico
- a tutti i veicoli nell'area specificata (lon/lat/forma)- GeoBroadcast
- ai veicoli con un particolare ID nell'area data da lon/lat – GeoUnicast

Due tipologie di messaggi

- CAM (Cooperative Awareness Message): informazioni di stato del dispositivo ITS-G5 (tempo, velocità, posizione, stato di movimento, etc.) e relativi attributi (dimensioni, tipo di veicolo, ruolo nel traffico, etc.)

- DENM (Decentralized Environmental Notification Message): segnala l'occorrenza di eventi specifici (incidenti, ingorghi, etc.) e persiste fino alla terminazione dell'evento

Sistema C-V2X - 1

- L'organismo 3rd Generation Partnership Project (3GPP) nel 2015 inizia lo studio per adattare la rete LTE a supporto delle applicazioni V2X (Cellular V2X, C-V2X)

- Obiettivi
  - Specificare un trasporto adeguato sia ai messaggi V2V/P/I sia a quelli V2N con garanzia di una completa copertura e continuità di servizio
  - Definire un sistema in grado di supportare tutti i livelli di autonomia di guida, secondo un approccio incrementale

- Approccio
  - Stabilire le modalità per trasportare messaggi V2X, senza entrare in merito della definizione dei messaggi stessi
    - Si demanda ai livelli applicativi superiori le logiche dei servizi

Sistema C-V2X - 2

Release 14 (03/2017)

- Basic safety a supporto della guida assistita - Collision avoidance, Road conditions to vehicle, overtaking vehicle warning
- Nuova interfaccia PC5 progettata per operare in bande non licenziate
  - comunicazioni dirette con rate fino a 10 mps, mess. da 50 a 1200 byte, latenza max 100 ms
- Comunicazioni V2N per aumentare area copertura, maggiore latenza (max. 1 s)

5G

Release 15 (06/2018)

- Advanced road safety - platooning, extended sensor, advanced driving, remote driving
- Miglioramenti interfaccia PC5 per soddisfare requisiti di latenza molto stringenti – Alcuni requisiti non possono essere soddisfatti dall'evoluzione del sistema EPS/LTE (eV2X)

Release 16 (12/2019)

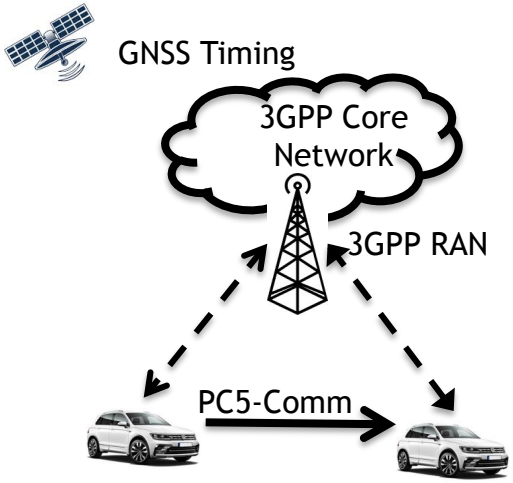
- Maggiore interazione tra telco e applicazioni per migliorare l'efficacia dei servizi V2X in termini di sicurezza e di user experience
- Valorizzazione dei big data per arricchire le offerte B2B dei telco verso terze parti - manutenzione predittiva, profilatura stili di guida, assicurazioni, ecc.
- NR V2X, NR Sidelink: maggiore capacità trasmissiva e requisiti URLLC per guida autonoma coordinata

NR: New Radio

URLLC: Ultra Reliable Low Latency Connection

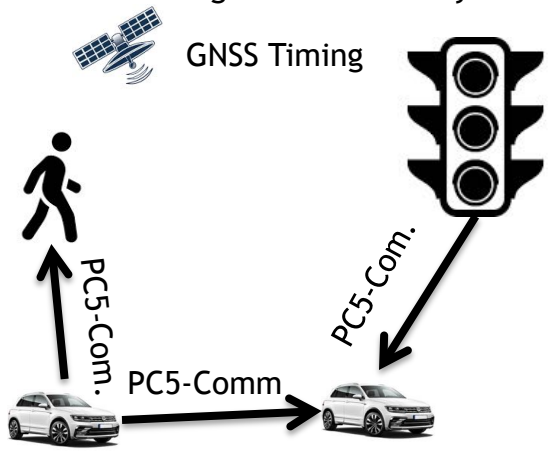
Modalità di comunicazione C-V2X

GNSS Global Navigation Satellite System



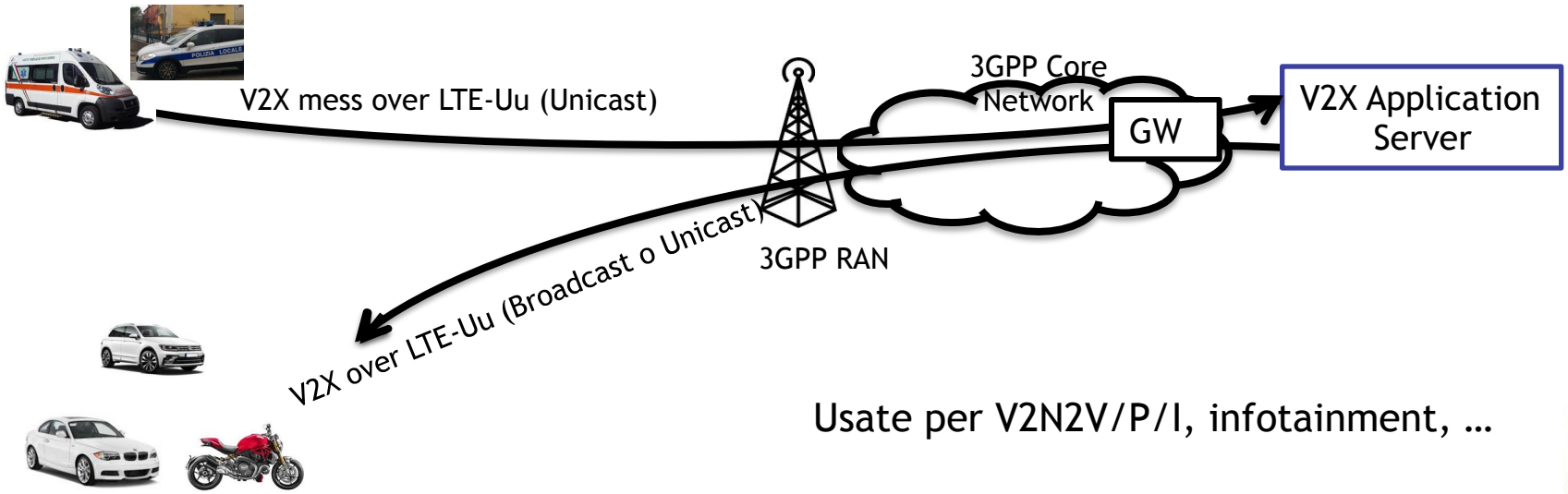
Mode 3: In copertura

Comunicazioni V2V/P/I



Mode 4. Senza copertura

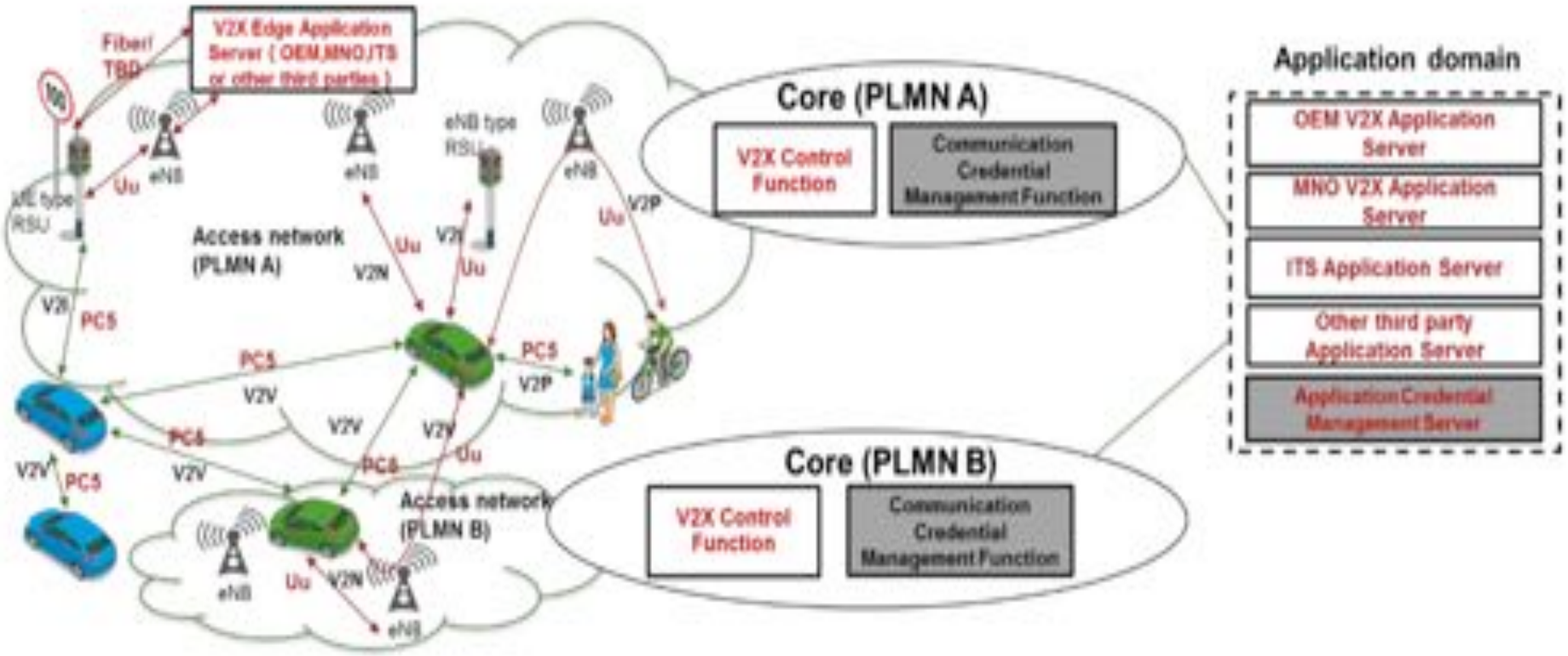
Comunicazioni V2N



Usate per V2N2V/P/I, infotainment, …

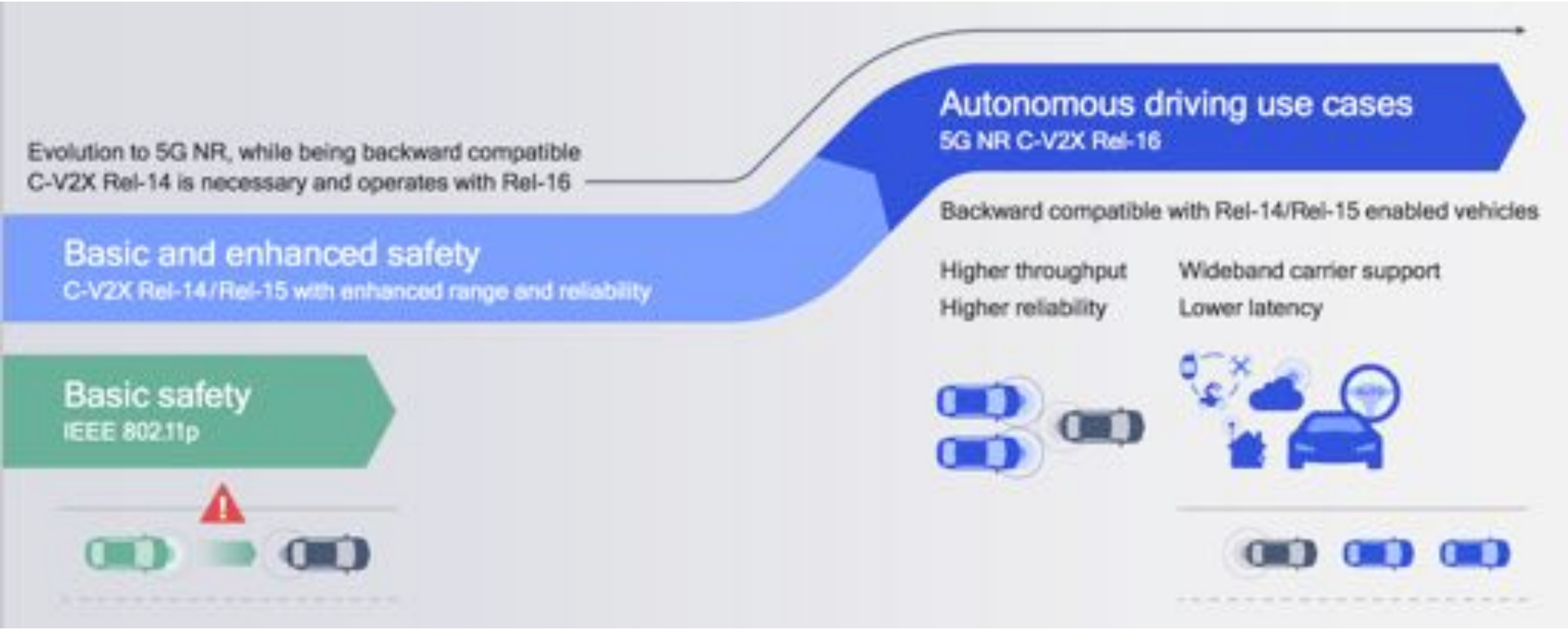
Architettura C-V2X

Scambio dati indipendente dall'operatore di rete servente, anche nei casi in cui non sia presente una copertura di rete



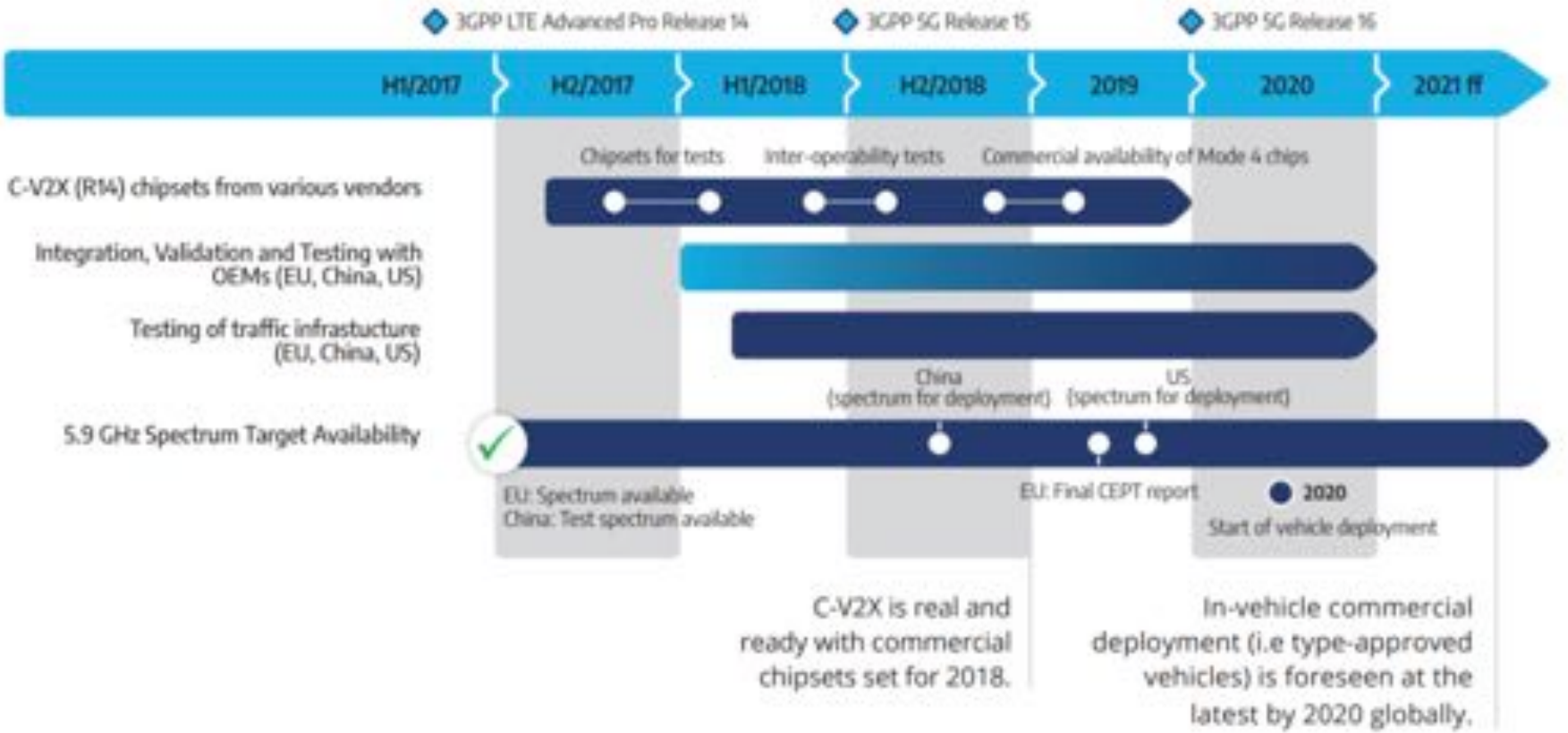
Source: V2X, White paper v 1.0, NGMN Alliance, Luglio 2018

Confronto fra sistemi



Source: Durga Malladi, 5G NR based C-V2X, Qualcomm, Feb. 2018

Timeline sviluppo di C-VX2X (V2V/I)



Source: V2X, White paper v 1.0, NGMN Alliance, Luglio 2018

Problemi di compatibilità?

Release 14 LTE-V2X
Automotive safety

Do Not Pass Warning (DNPW)
Intersection Movement Assist (IMA) at a blind intersection
Blind curve/
Local hazard warning

Rel-16 5G NR-V2X
Autonomous driving

Real-time local updates
Intention/Trajectory sharing
High throughput sensor sharing
Coordinated driving

Source: Durga Malladi, 5G NR based C-V2X, Qualcomm, Feb. 2018

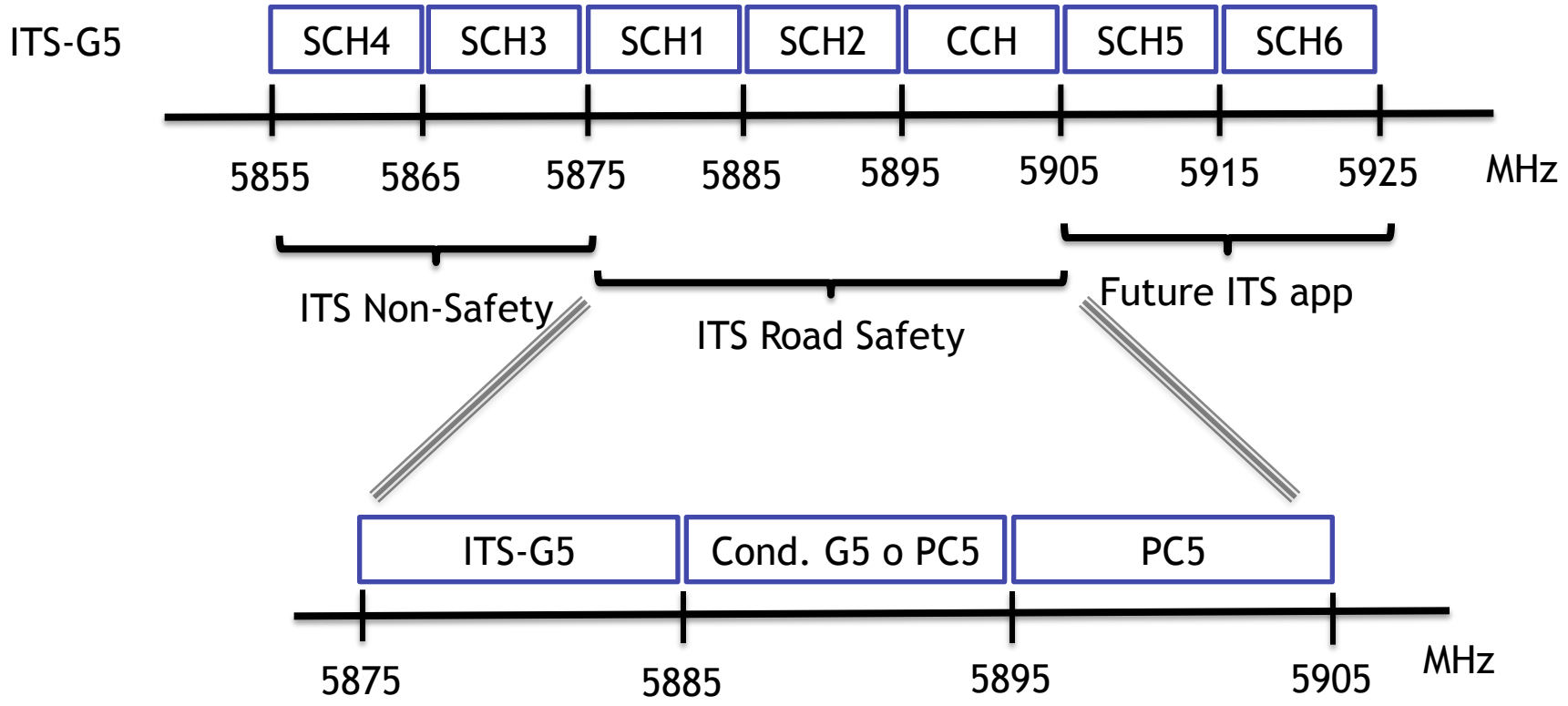
Problemi di spettro?

Riferimenti EUROPA
Regulation ECC Decision (08) 01: Use of the band 5855-5875 MHz for Intelligent Transport Systems (ITS)
Harmonized standard: ETSI EN 302 571 Intelligent Transport Systems (ITS); Radiocommunications equipment operating in the 5 855 MHz to 5 925 MHz frequency band; Harmonised Standard covering the essential requirements of article 3.2 of Directive 2014/53/EU – Feb 2017

Banda non licenziata

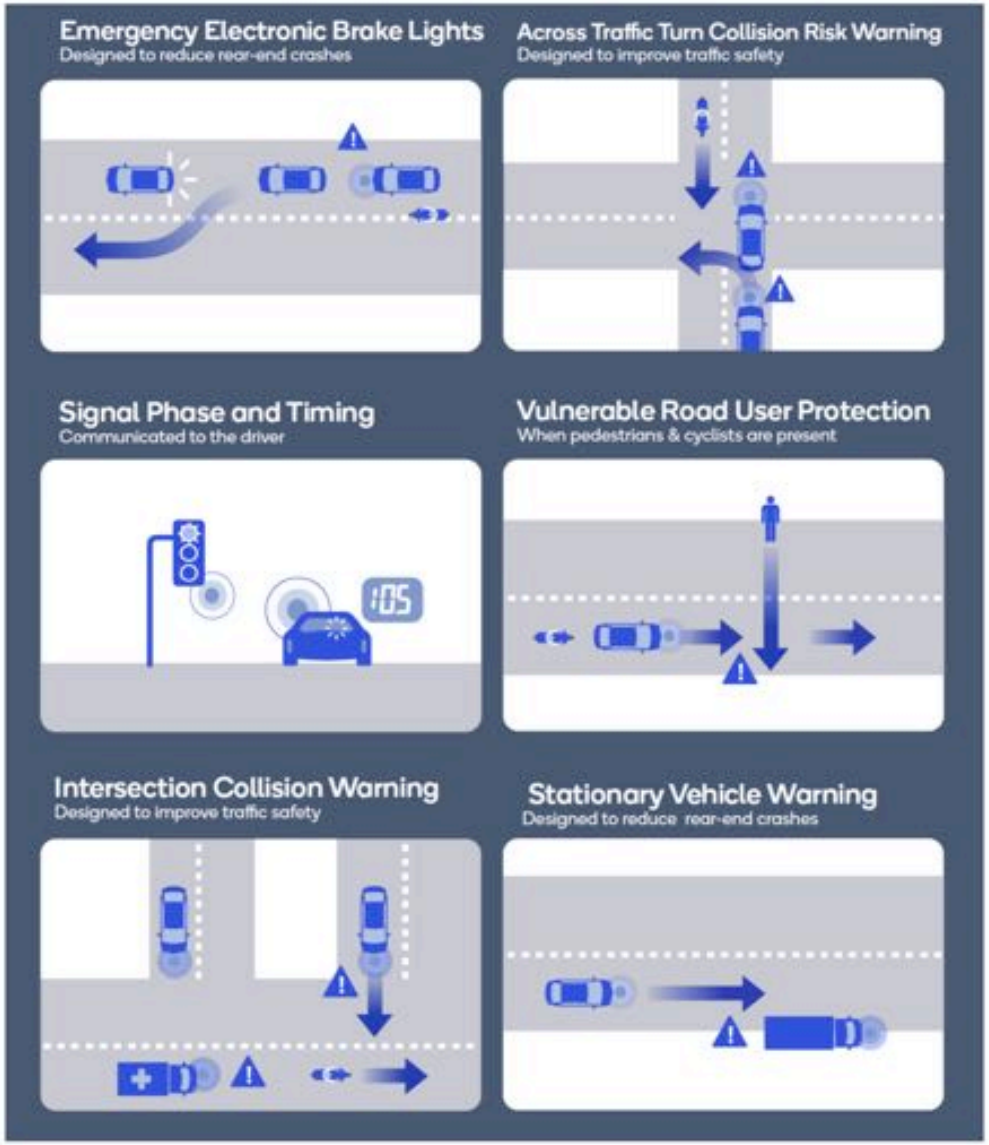
Sovrapposizione ITS-G5 con PC5

SCH: Service Channel – ITS-G5
CCH: Control Channel – ITS-G5



Scenari di sicurezza base di C-V2X

- Emergency Electronic Brake Lights
- Across Traffic Turn Collision Risk Warning
- Signal Phase and Timing
- Vulnerable Road User Protection
- Intersection Collision Warning
- Slow Vehicle Warning and Stationary Vehicle Warning



Source: M. Flament, **Path towards 5G for the automotive sector, 5GAA, Ott. 2018**

Servizi eV2X e NR-V2X

Platooning
Condivisione di dati per guida cooperativa automatizzata per gruppi di veicoli vicini

Aggiornamento Real-Time Ambiente
Costruzioni di mappe dinamiche basate su dati video e sensoristici; distribuzione delle mappe a incroci

Sensori estesi
Fornire una percezione collettiva dell' ambiente attraverso la condivisione di mappe di stato dell' ambiente e di dati di sensori

eV2X

NR-V2X

Percezione
Condivisione di sensori ad alto data rate e modelli del mondo reale

Guida avanzata
Condivisione di dati per
Emergency Trajectory Alignment
Intersection Safety Information Prov.
Cooperative Lane Change

Pianificazione Percorsi
Condivisione delle intenzioni e delle traiettorie per manovre veloci e sicure

Guida remota
Guida e supporto alla guida da remoto

Guida autonoma coordinata
Dati di tipo URLLC ed ad alto throughput per scambiare informazioni della pianificazione dei percorsi con bassi ritardi; predizione di situazioni future da usare per guida autonoma coordinata

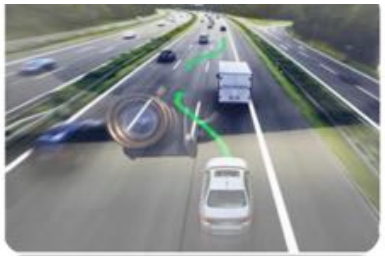
Requisiti di rete per i servizi e-V2X

- Servizi di Road Safety e Traffic Management & Efficiency richiedono la trasmissione periodica di messaggi V2V/P/I a bassissima latenza ed alta affidabilità (URLL)
  - Es. Messaggio di collision warning distribuito in brevissimo tempo nell'area interessata

Servizio	Latenza Max e2e (ms)	Reliability (%)	Min. Comm. Range (m)	Data rate (Mbps)	Frequenza messaggi (mps)	Payload (byte)
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
Advance 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	-	-

Requisiti significativi (KPI) per servizi eV2X Rel. 15

Vehicle Platooning


Cooperative Operation, Sensor sharing

Remote Driving

Advanced Driving

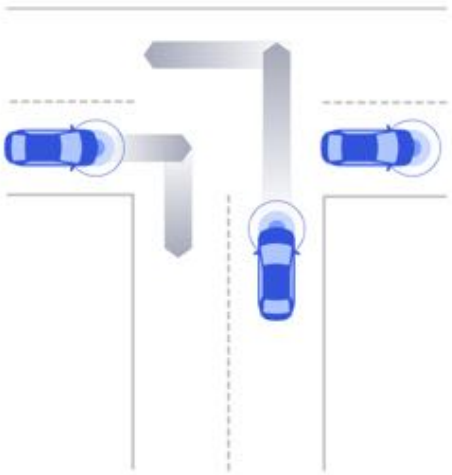
Esempio di servizio NR-V2X

Condivisione delle scelte durante la guida

Fornire un alto livello di prevedibilità ed efficienza del traffico con una pianificazione avanzata dei percorsi

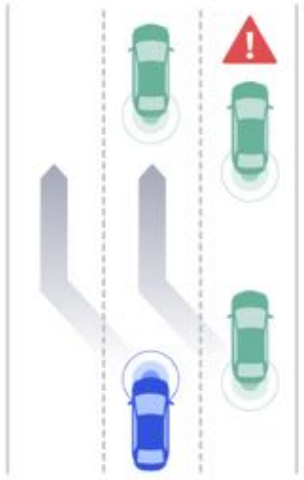
Manovre efficienti

I veicoli autonomi sono in grado di eseguire manovre più rapide e al sicuro, conoscendo i movimenti pianificati dei veicoli circostanti



Pianificazione avanzata dei percorsi

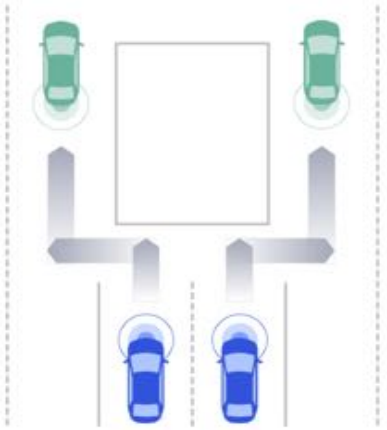
Sostenere il livello di prevedibilità necessario per la pianificazione avanzata del percorso per la guida autonoma



Frenata brusca e cambio di corsia in autostrada

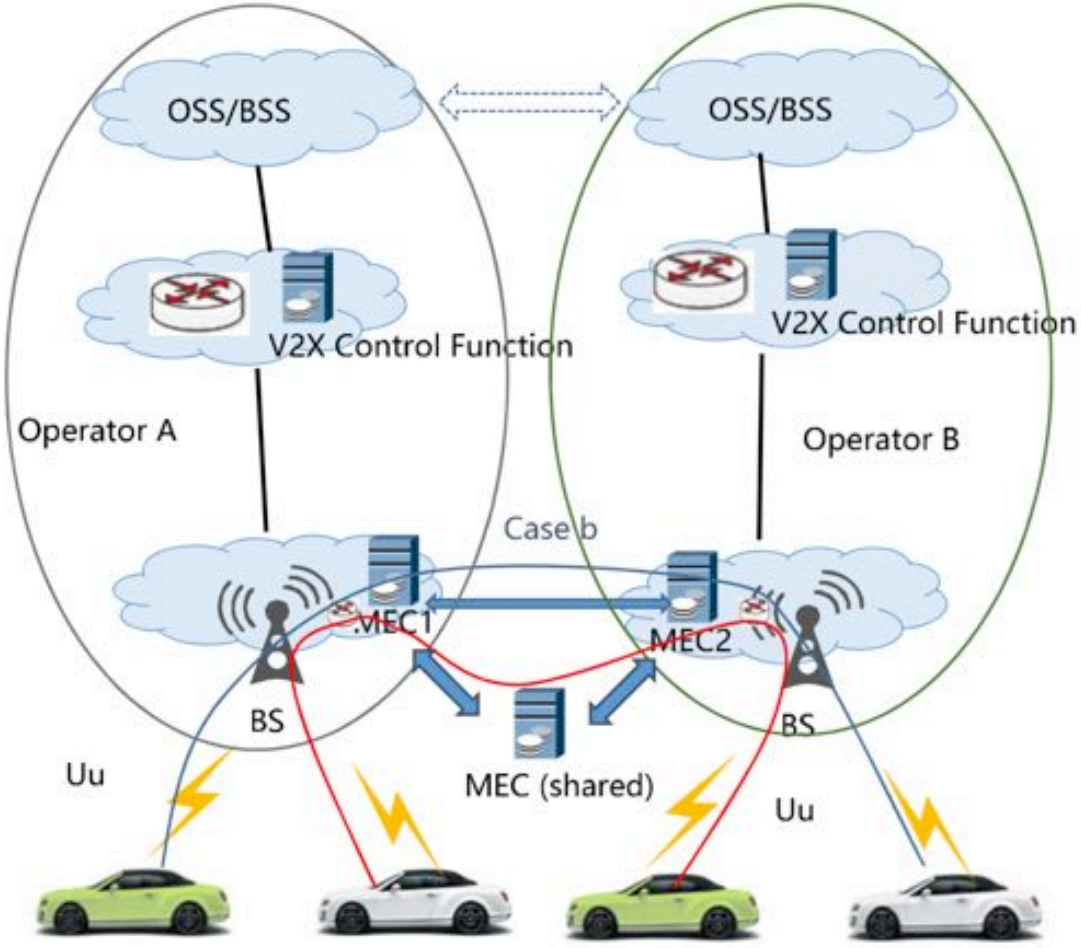
Guida coordinata

I veicoli autonomi sono in grado di scegliere percorsi efficienti in termini di tempo verso le loro destinazioni dato che conoscono i movimenti pianificati di altri veicoli



Throughput elevato — Distribuzioni delle informazioni in pochi ms — Alta affidabilità

Multi-Access Edge Computing (MEC)



Sistema MEC condiviso

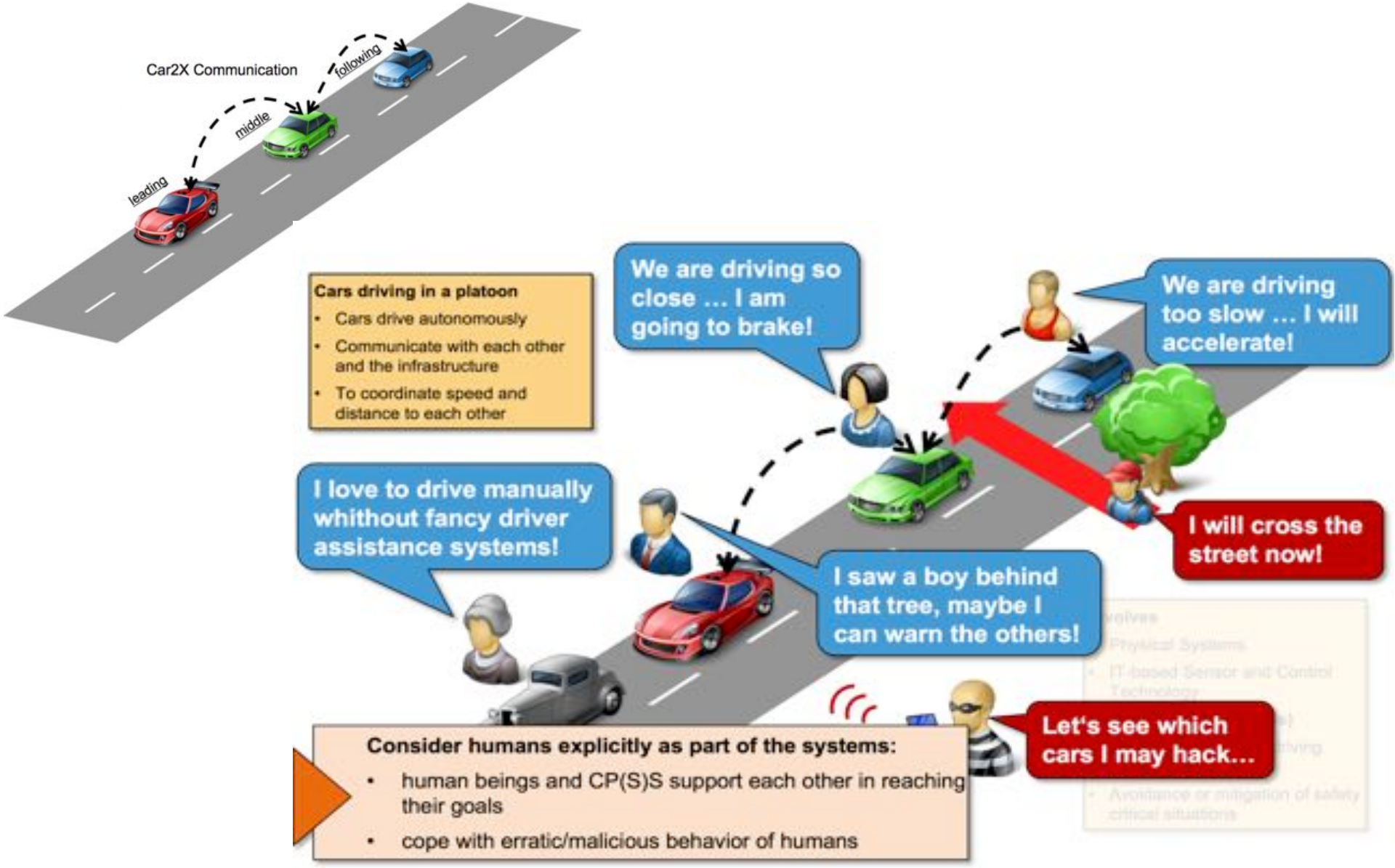
MEC abilita servizi V2X low latency o location-based

- roadmap HD localizzate,
- controllo ottimizzato delle risorse PC5,
- low-latency V2V relays,
- location-based analytics, etc.

AI e Big Data Analytics

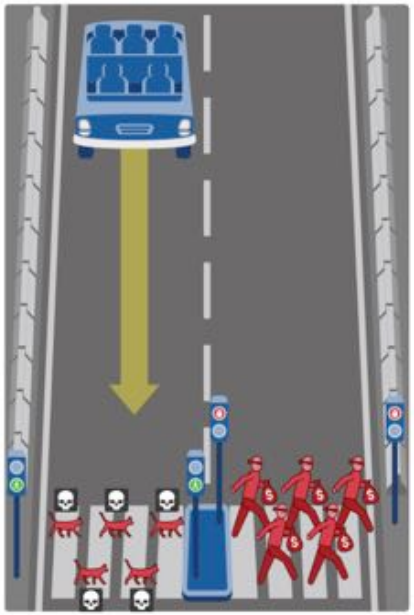
- Quali obiettivi ?
  - Individuazione dei dati chiave da scambiare durante la guida cooperativa, tenendo in considerazione la gestione delle risorse
  - Definizione di modelli accurati dello scenario operativo in base ai dati sensoristici condivisi per l'individuazione di strategie di supporto alla guida (autonoma o con conducente)
- Differenze rispetto all'uso classico
  - Dati distribuiti acquisiti da sorgenti diverse
  - In alcune situazioni complesse (aree urbane), le dinamiche dei veicoli non sono di semplice predizione
- Alcuni problemi da affrontare
  - Metodi di machine learning e di AI distribuiti
  - Dove far girare gli algoritmi?
    - a bordo, nell'edge della rete, nel cloud ?

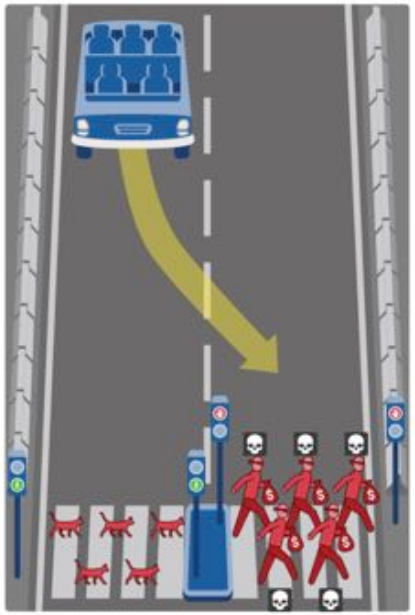
Cyber Physical Social Systems (CPSS)

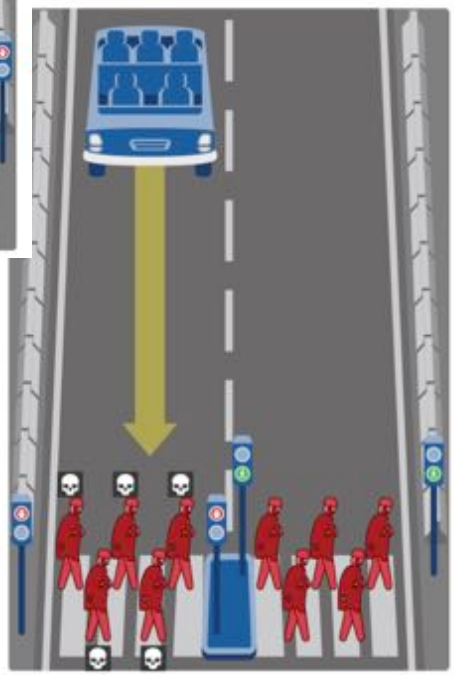


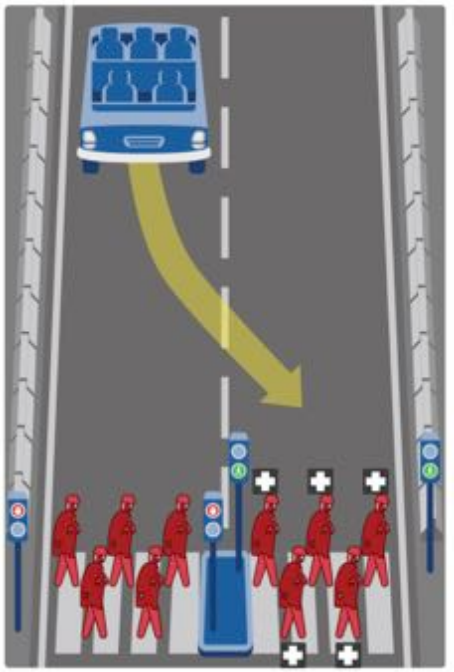
Source: F. Dressler, Human-in-the-Loop: Towards Deeply Integrated Hybridized Systems, Set. 2018

Moral machine







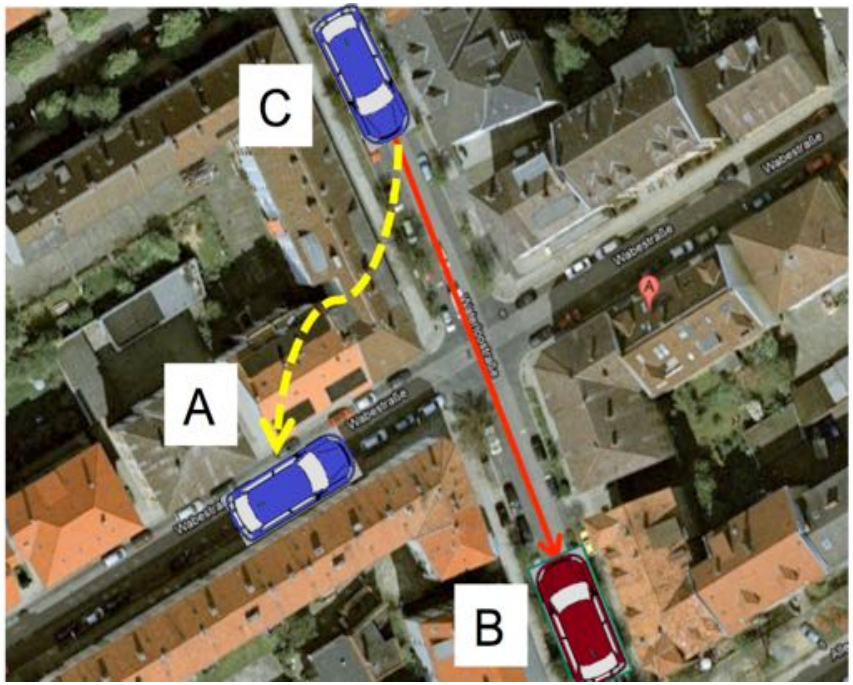


Source: http://moralmachine.mit.edu/

Scenario Eterogeneo

Veicolo C

- Quali dati dovrei trasmettere?
- Con quale granularità/con quale livello di dettaglio?
  - Dati da sensori, video ...?
- Come faccio la trasmissione?
  - Messaggi separati, combinata con i messagg esistenti, …?
- Quando trasmetto i dati?
  - Periodicamente, on-demand, ...?
- Quale sarà l' impatto sul sistema di controllo della congestione della rete?



Veicolo A

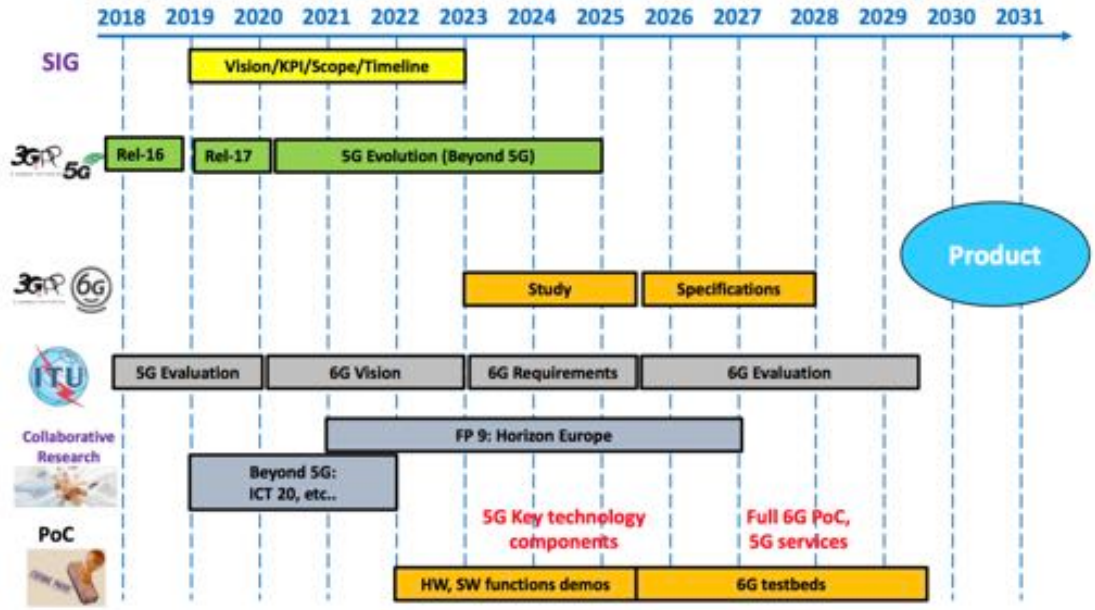
- Chi trasmetti i dati è attendibile?
- I dati ricevuti sono affidabili?

Qualche idea per il futuro …

21 Marzo 2019: Blog R. Saracco, IEEE Future Directions

5G is here, since researchers are starting looking at 6G

- 5G is a transition system
  - From networks built by Telecom Operators in a top down way to the future networks that will be built bottom up, with the core network consisting of software, owned by a few large (non telco) companies, possibly running/hosted on the big data centres
  - Terminals will be network nodes and creators of networks
  - Big connection pipes will still exist, but will be owned as a public resource

6G: The Next Frontier

Emilio Calvanese Strinati, *Member, IEEE*, Sergio Barbarossa, *Fellow, IEEE*, José Luis Gonzalez-Jimenez, *Member, IEEE*, Dimitri Kténas, *Member, IEEE*, Nicolas Cassiau, *Member, IEEE*, Luc Maret, *Member, IEEE*, Cédric Dehos, *Member, IEEE*