



Comunicaciones 5G: retos y soluciones en el vehículo conectado

Mónica Navarro

Responsable de la División de Sistemas de Comunicaciones
Centre Tecnològic de Telecomunicacions de Catalunya

Jornada del coche conectado al coche autónomo.

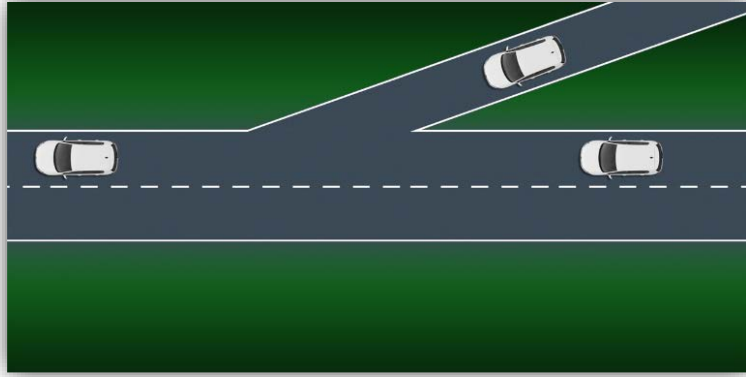
Nuevos retos sociales y tecnológicos

13 de febrero de 2019, Universidad de Zaragoza

Índice

- Contexto y Casos de Uso del Vehículo Conectado
- Requerimientos
- Red de Comunicaciones: Retos y Soluciones
- Proyectos Ilustrativos

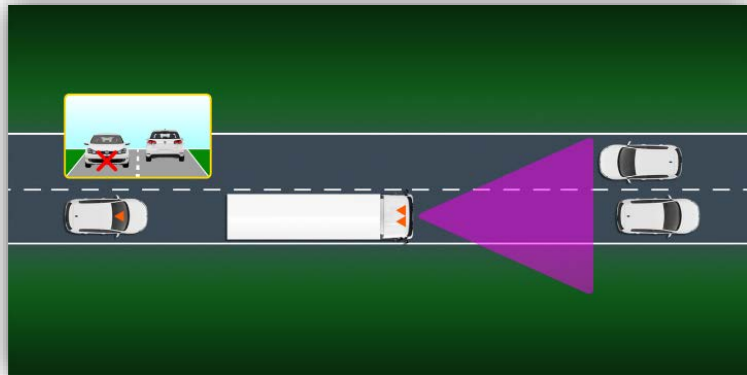
Contexto – Vehículo Conectado



Incorporación carril



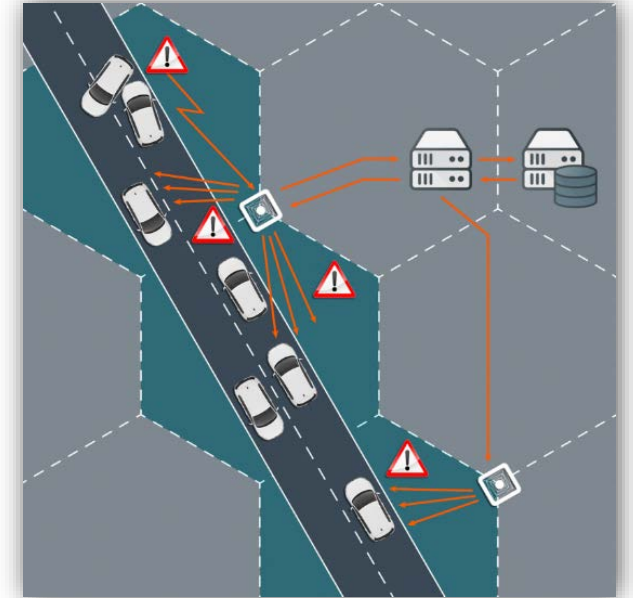
Protección asistida por la red de usuarios vulnerables (VRU)



See-through



Conducción remota para aparcamiento automático



Adquisición Mapa local de alta definición

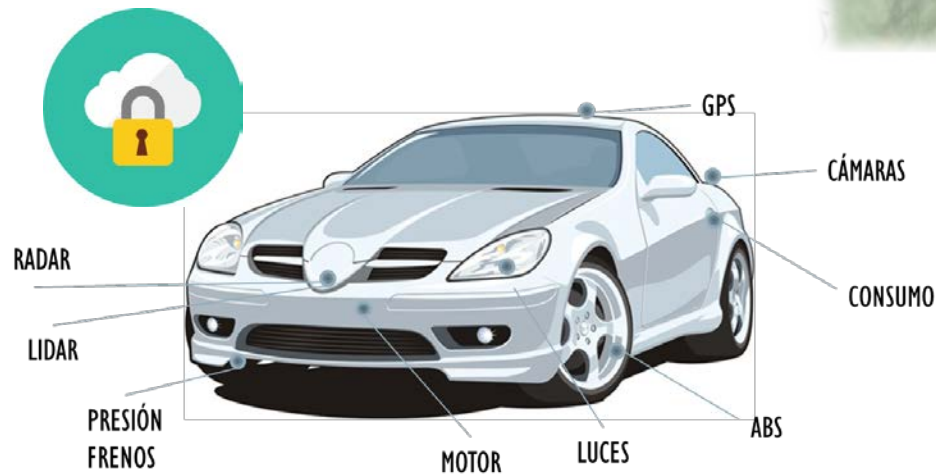
Contexto – Vehículo Conectado



Infotainment



Transporte Intermodal
Optimización de rutas VRUs



Gestión/Diagnóstico vehículos o flotas

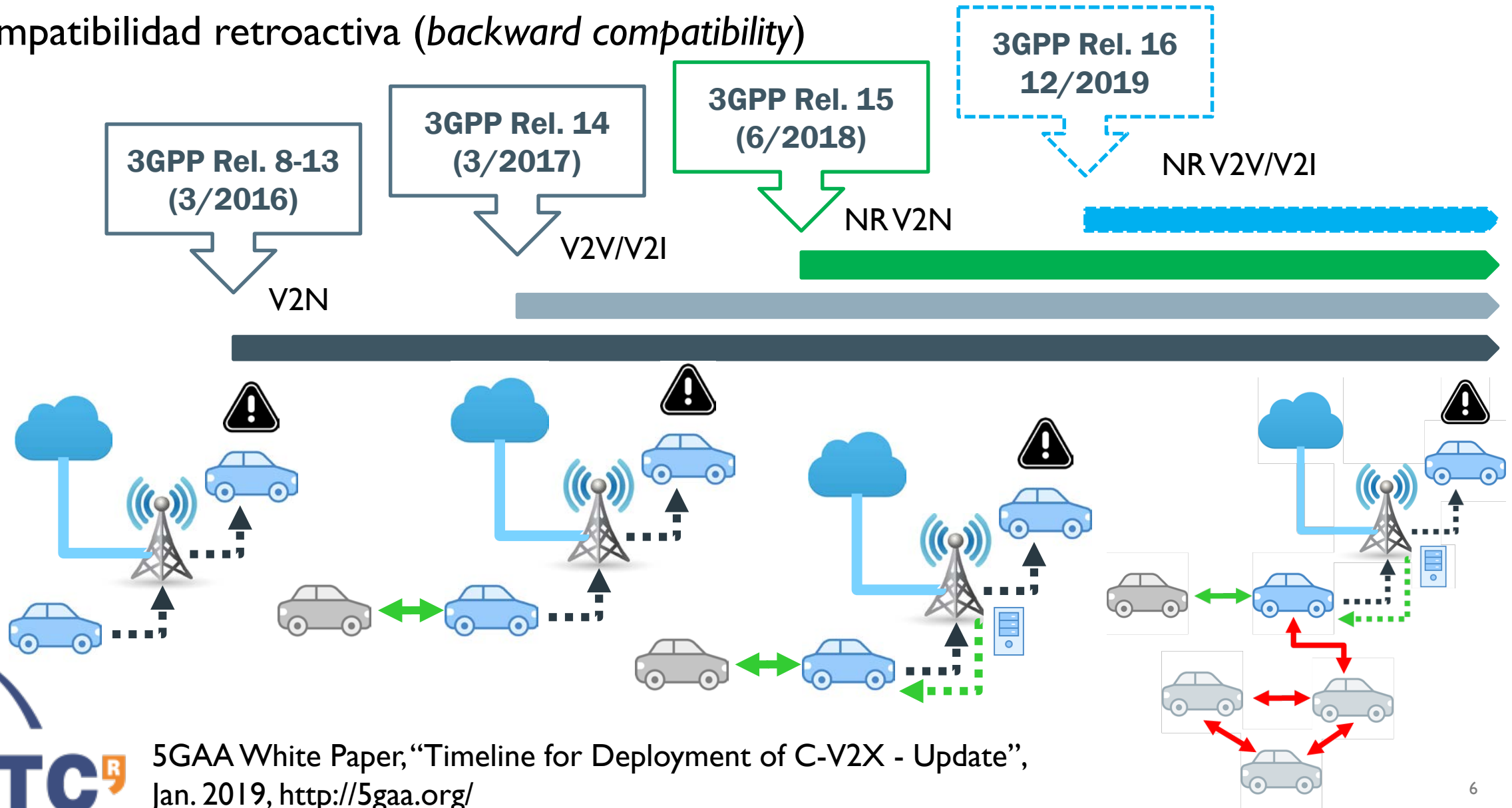
Requerimientos

Objetivo para sistemas de transporte inteligente/conducción futura

- Muy baja latencia $< 5\text{ms}$
- Muy alta fiabilidad $> 99.999\%$ \rightarrow BLER/PER = 10^{-5}
- Para velocidades altas: velocidad media hasta 150 km/h
- Elevada densidad de vehículos
- Posicionamiento $< 30\text{ cm}$ (vehículos), $< 10\text{ cm}$ para usuarios vulnerables

Planificación según la industria

Compatibilidad retroactiva (*backward compatibility*)



Requerimientos: 5G – 3GPP SAI

- 3GPP SAI Grupo de trabajo: Servicios
(TS22.186): eV2X dividido en 5 categorías

Requerimientos genéricos

- Precisión posicionamiento lateral 10 cm entre UEs
- Densidad de conexión: 4300 vehículos / km²
- Soportar gestión de grupos
- Acceso via relays
- RSU comunicación multiusuario, hasta 200 UEs

Requerimientos: 5G – 3GPP SA I

Requerimientos según categoría

	Platooning (≤ 5, ≤ 20)	Conducción Avanzada	Sensórica Extendida	Conducción Remota
Tasa de transmisión	50 mensajes/s	10 mensajes/s	10 mensajes/s	
Latencia (E2E)	10 ms	3-100 ms	3-100 ms	5 ms
Payload	50-6500 bytes	300-12000 bytes	1600 bytes	
Velocidad de tx de datos	65 Mbps	0.25-53 Mbps	10 Mbps- 1 Gbps	1 Mbps 25 Mbps
Fiabilidad	90-99.99%	90-99.99%	90-99.99%	99.999% BLER < 10 ⁻⁵
Cobertura	80-350 m	360-700 m	50-1000 m	
Velocidad	130 km/h	130 km/h		250 km/h

Retos – Objetivos IMT 2020

Velocidad de datos	Pico	20 Gbps (DL); 10 Gbps (UL)
	Usuario	100 Mbps (DL); 50 Mbps (UL)
Eficiencia espectral	Pico	30 b/s/Hz (DL); 15 b/s/Hz (UL)
	Media (<i>Hotspot</i>)	9 b/s/Hz/TRxP (DL); 6.75 b/s/Hz/TRxP (UL)
	(Rural)	3.3 b/s/Hz/TRxP (DL); 1.6 b/s/Hz/TRxP (UL)
Capacidad por área		10 Mbps/m ²
Latencia	Plano de usuario	4 ms (eMBB); 1 ms (URLLC)
	Plano de control	≤ 20 ms, target 10 ms
Densidad de conexión		1 Millón/m ² (mMTC)
Fiabilidad		10 ⁻⁵
Movilidad		500 km/h
Eficiencia energética		No se han especificado valores

Retos – Tecnologías Facilitadoras

- Interfaz radio: 3GPP *New Radio* (NR)
- *Software Defined Networking* (SDN), *Network Slicing*
- *Network Function Virtualization* (NFV), Funciones Virtuales de Red (VNF)
- MEC (*Multi-Access (Mobile) Edge Computing*), *Distributed Cloud Computing*, *Fog Computing*
- Calidad de Servicio Predictiva (Predictive Quality of Service)
- Inteligencia Artificial, Algoritmos predictivos , *Machine Learning*
- Seguridad y Gestión de Datos



- **ITS-G5 (ETSI EN 302 663)** tecnología basada en IEEE 802.11-2012 y IEEE/ISO/IEC 8802-2-1998

▶ Comunicaciones D2D (V2V, V2I)
▶ Tecnología madura

- **LTE C-V2X Rel.14 (@2017)**: extensión servicio celular; establece fundamentos para la seguridad & evolución a conducción autónoma.

Tecnología en auge (apoyo 5GAA)



5G NR Rel. 16 (@2019) URLLC

Red de Comunicación – Armonización del espectro

ITS @5.9 GHz Banda no-licenciada: 5875-5905 MHz aplicaciones relacionadas con la seguridad en ITS (30 MHz)

- 5GAA (5G Automotive Association) propone **dividir la banda ITS (5.9 GHz)** y asignar **exclusividad** de uso a **LTE-V2X/5G**
- ACEA (European Automobile Manufacturers' Association) propone utilizar la banda de **3.4-3.8 GHz para LTE-V2X**
- Car 2 Car Communication Consortium

pero ETSI requiere respetar los principios de uso

- En caso de **coexistencia de multiples** tecnologías, garantizar que la seguridad de todos los usuarios no se ve comprometida
- Uso **neutral** del espectro con respecto la tecnología
- Uso **eficiente** del espectro
- **Evolución 5G CCAM** (Cooperative Connected and Automated Mobility).



Red de Comunicación – Estado del Arte

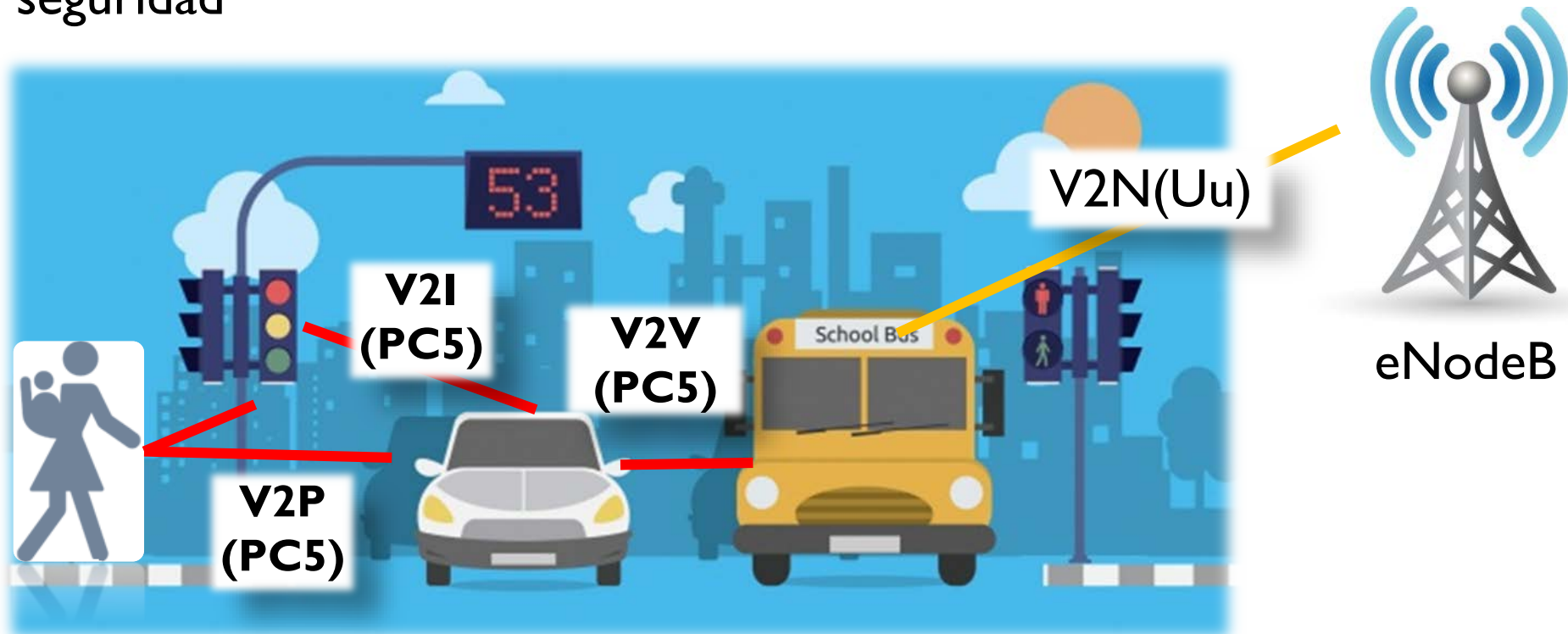
LTE C-V2X

Comunicación directa

indep. red celular, banda freq. no licenciada (ITS e.g. 5.9 GHz); servicios básicos de seguridad

Comunicación celular

banda licenciada operador; servicios complementarios



Qué novedades aporta 5G : 3GPP NR Release 15

- Forma de onda: sin cambios significativos, OFDM
- Códigos de canal: más potentes (LDPC), específicos para **paquetes cortos** (Polar Codes)
- Trama (**Numerology**) mayor flexibilidad, unidades de menor duración
- Retransmisiones: más ágiles, tráfico prioritario
- Tecnología multi-antena: de MIMO a conformación de haz en ondas mm

Soluciones 5G – Interfaz Radio

- Que novedades aporta 5G? 3GPP NR Release 15 (junio 2018)

Formas de Onda

OFDM escalable

(espaciado sub-
portadoras variable)

CP-OFDM, DFT-s-OFDM

Flexibilidad y Eficiencia en
diversidad de espectro,
despliegue y servicios

Espaciado
Subportadora **Prefijo Cíclico**

n

$$\Delta f_{SC} = 2^n \cdot 15 \text{ kHz}$$

0	15 kHz	Normal
1	30 kHz	Normal
2	60 kHz	Normal, Extendido
3	120 kHz	Normal
4	240 kHz	Normal
5	480 kHz	Normal

Soluciones 5G – Interfaz Radio

- Que novedades aporta 5G? 3GPP NR Release 15 (junio 2018)

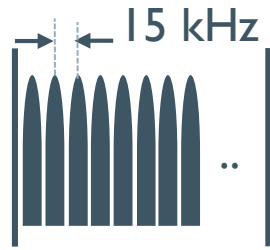
Formas de Onda

OFDM escalable

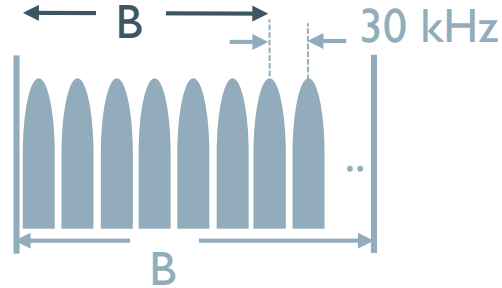
(espaciado sub-portadoras variable)

CP-OFDM, DFT-s-OFDM

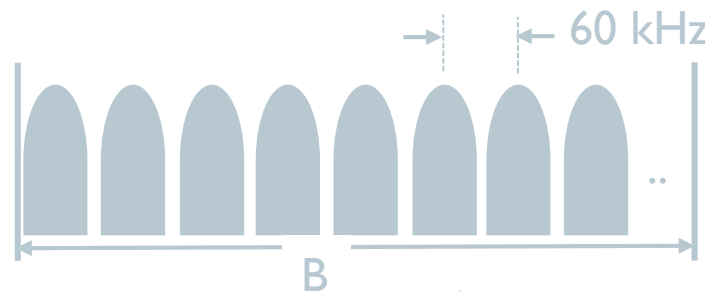
Flexibilidad y Eficiencia en diversidad de espectro, despliegue y servicios



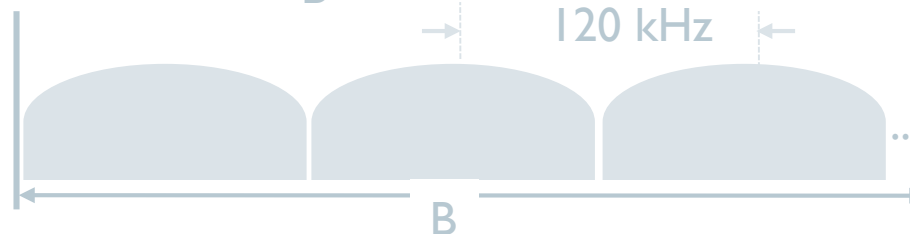
Exterior/macro (< 6GHz)
FDD/TDD, B=1,5, 10, 20 MHz



Exterior/small cell (< 6GHz)
TDD, B=80, 100 MHz



Interior/hotspot (< 6GHz)
TDD no-licenciada 5GHz
B=160 MHz



Exterior/mmWave
TDD 28 GHz
B=500 MHz

Soluciones 5G – Interfaz Radio

- Que novedades aporta 5G? 3GPP NR Release 15 (junio 2018)

Estructura de trama

Numerología escalable

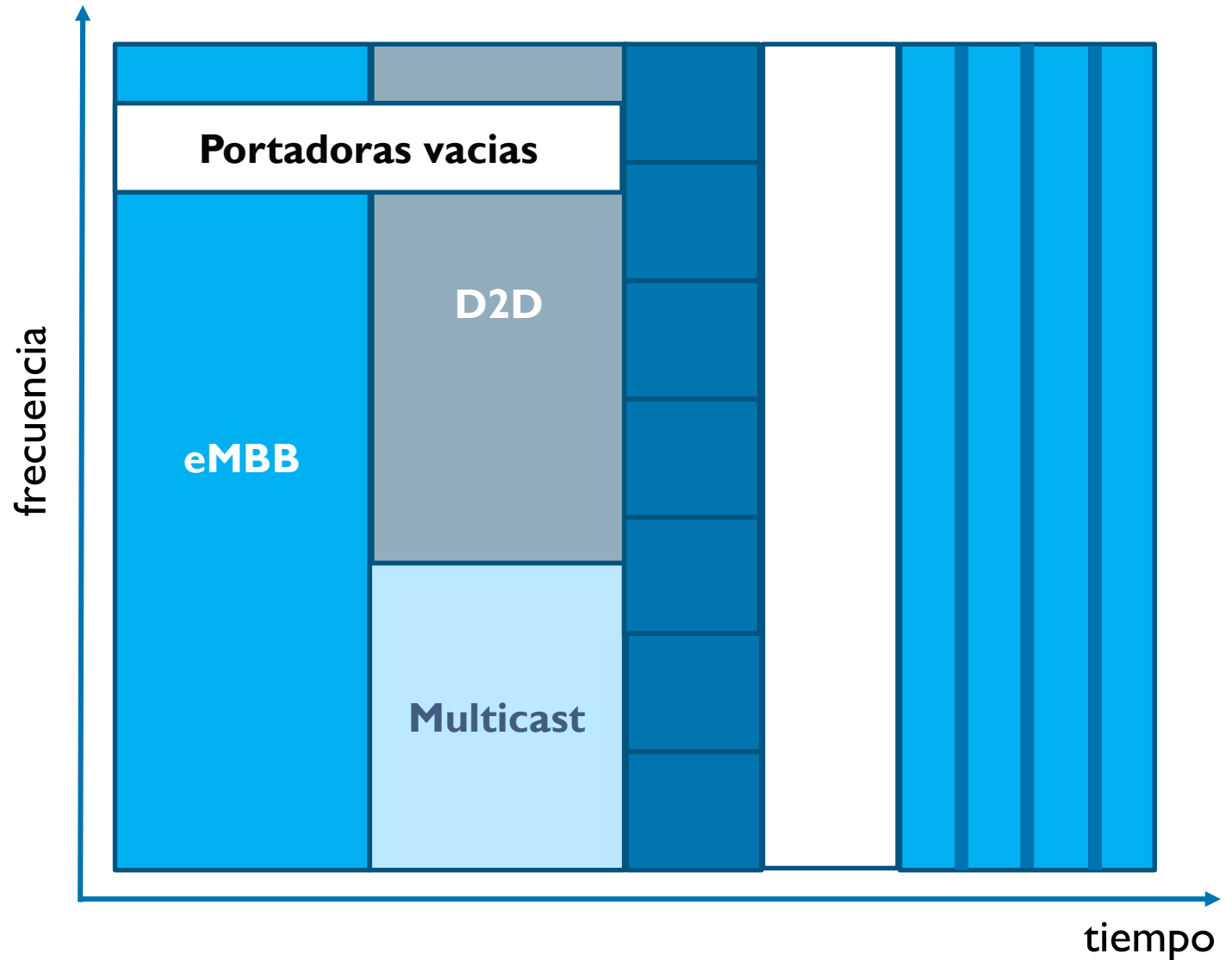
Multiplexado

Mini-Slots

TDD dinámico

Códigos de canal

LDPC, *Polar Codes*



Soluciones 5G – Interfaz Radio

- Que novedades aporta 5G? 3GPP NR Release 15 (junio 2018)

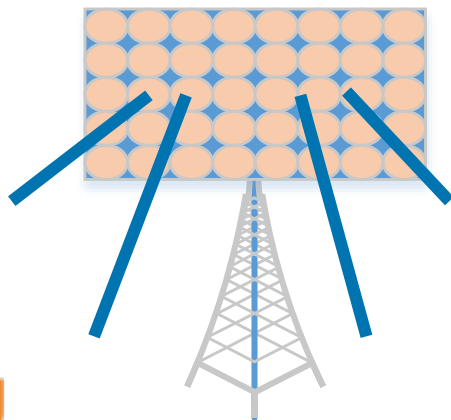
MIMO masivo

MU-MIMO

Reciprocidad de canal

Mayor cobertura

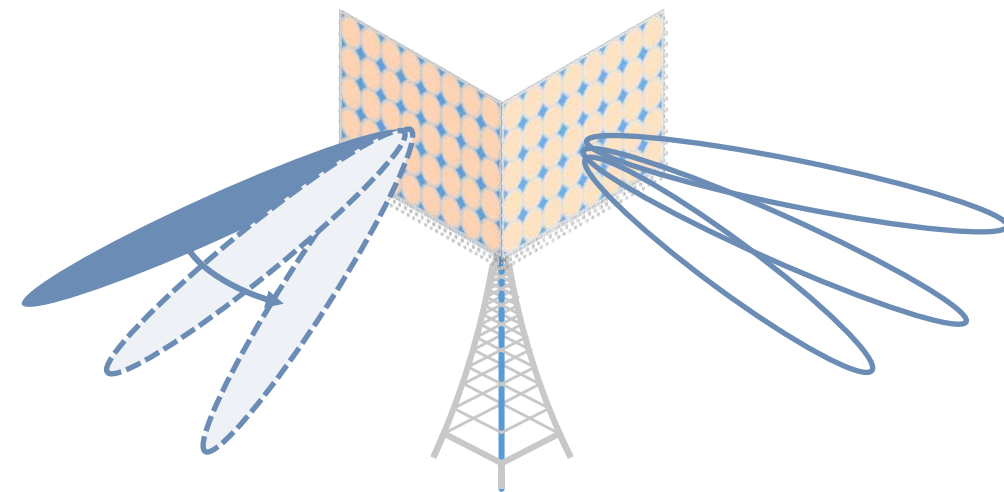
Mayor tasa de transmisión





Ondas milimétricas

Conformación de haz, barrido de haz (también al canal de control), Gran ancho de banda

Nuevo marco de adquisición CSI (+flexible, escalable) y gestión de haces



Soluciones 5G – Interfaz Radio

Elemento/Característica	 LTE	 5G NR Rel.15
Ancho de banda máx.	20 MHz	50 MHz (@15kHz), 100 MHz (@30kHz), 200 MHz (@60kHz), 400 MHz (@120kHz)
Espaciado subportadora	15 kHz	$\Delta f_{sc} = 2^n \cdot 15 \text{ kHz}$
Máx. No. Portadoras	1200	3300
Forma de onda	CP-OFDM; SC-FDMA	CP-OFDM; DFT-s-OFDM
Longitud subtrama	1 ms	1 ms
Latencia (Interfaz Radio)	10 ms	1 ms
Longitud Slot	7 símbolos OFDM	14 símbolos OFDM 2, 4 y 7 símbolos para mini-slots
Acceso inicial	Sin Conformación de haz	Conformación de haz (Beamforming)
MIMO	16 TX (Rel. 13)	MIMO masivo (> 32 TX)
Duplexado	FDD, TDD (estático)	FDD, TDD (estático y dinámico)

3GPP Release 16 (finales 2019). Temas de estudio

- Servicios Multimedia prioritarios
- Servicios V2X, capa de aplicación
- Acceso satélite 5G
- Soporte LAN en 5G
- Convergencia inalámbrica/cable para 5G
- Posicionamiento y localización terminal de usuario
- Verticales: automatización de la red y *network slicing*
- Seguridad, codecs para servicios de *streaming*, interoperabilidad LAN, nuevas técnicas radio.

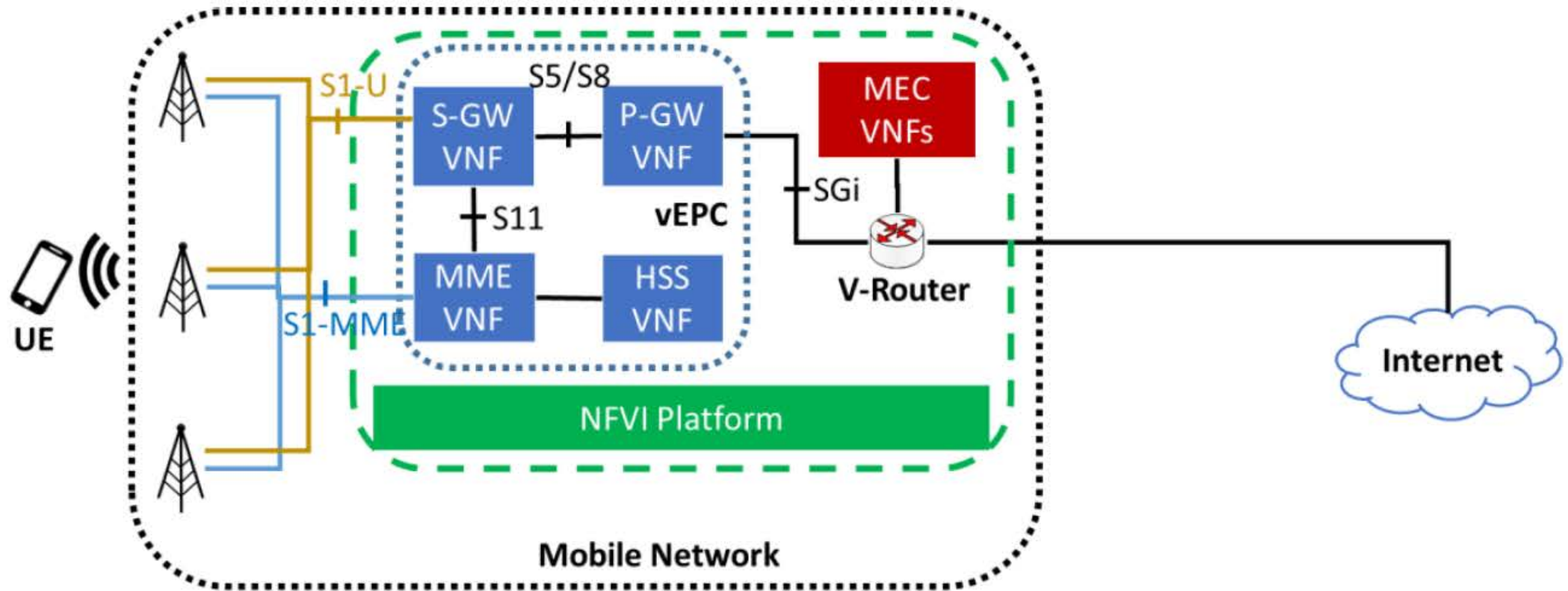
Soluciones 5G – Arquitectura de Red

Qué proporciona 5G?

- Arquitectura RAN flexible y modular
- Separación Funcional: *Fronthaul*, Plano de Control y Plano de Usuario
- Soporte punto a punto para *Network Slicing*¹
- 5G no es solo NR
- Evolución red central: *Enhanced Packet Core (EPS)* → *Next Generation Core Network (NGCN)*

Soluciones 5G – MEC

Ejemplo de despliegue MEC: EPC y MEC en la misma plataforma NFV



ETSI White Paper No. 24, “MEC Deployments in 4G and Evolution Towards 5G”, Feb. 2018, ISBN No. 979-10-92620-18-4

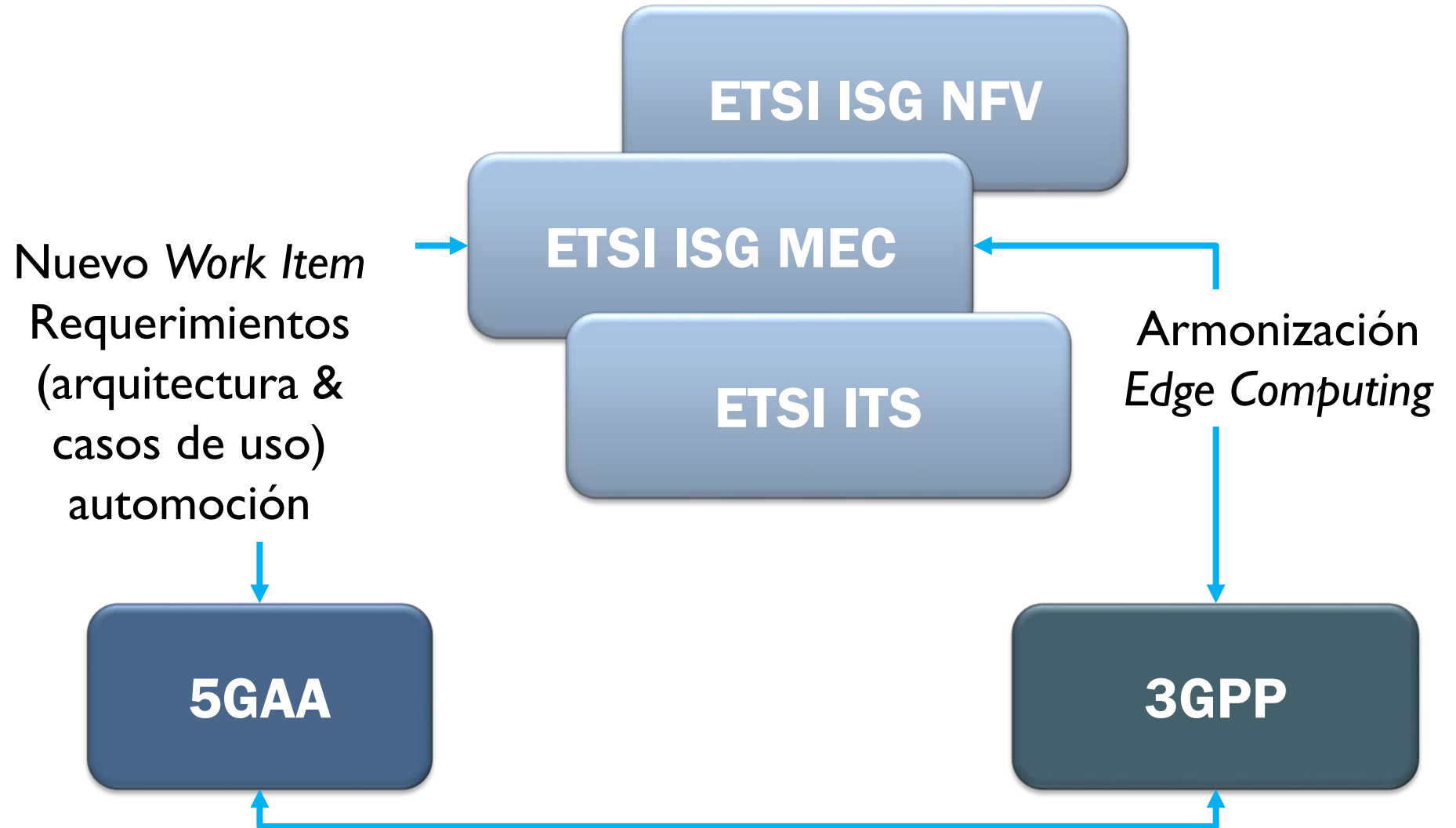
Soluciones 5G – Organizaciones Activas

Otros aspectos relevantes

DATOS

Recolección, acceso y compartición

- Ciberseguridad
- Privacidad
- Competencia
- Elección del consumidor



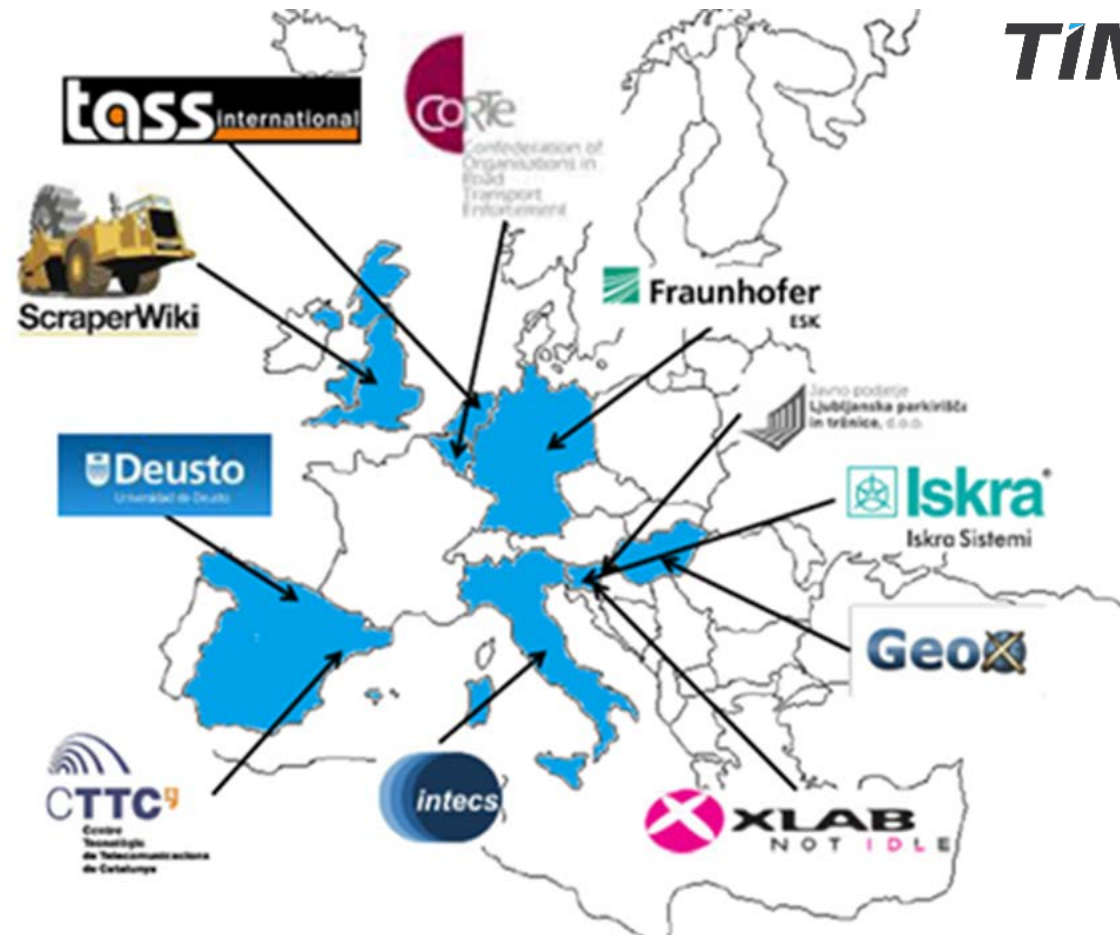
PROYECTOS

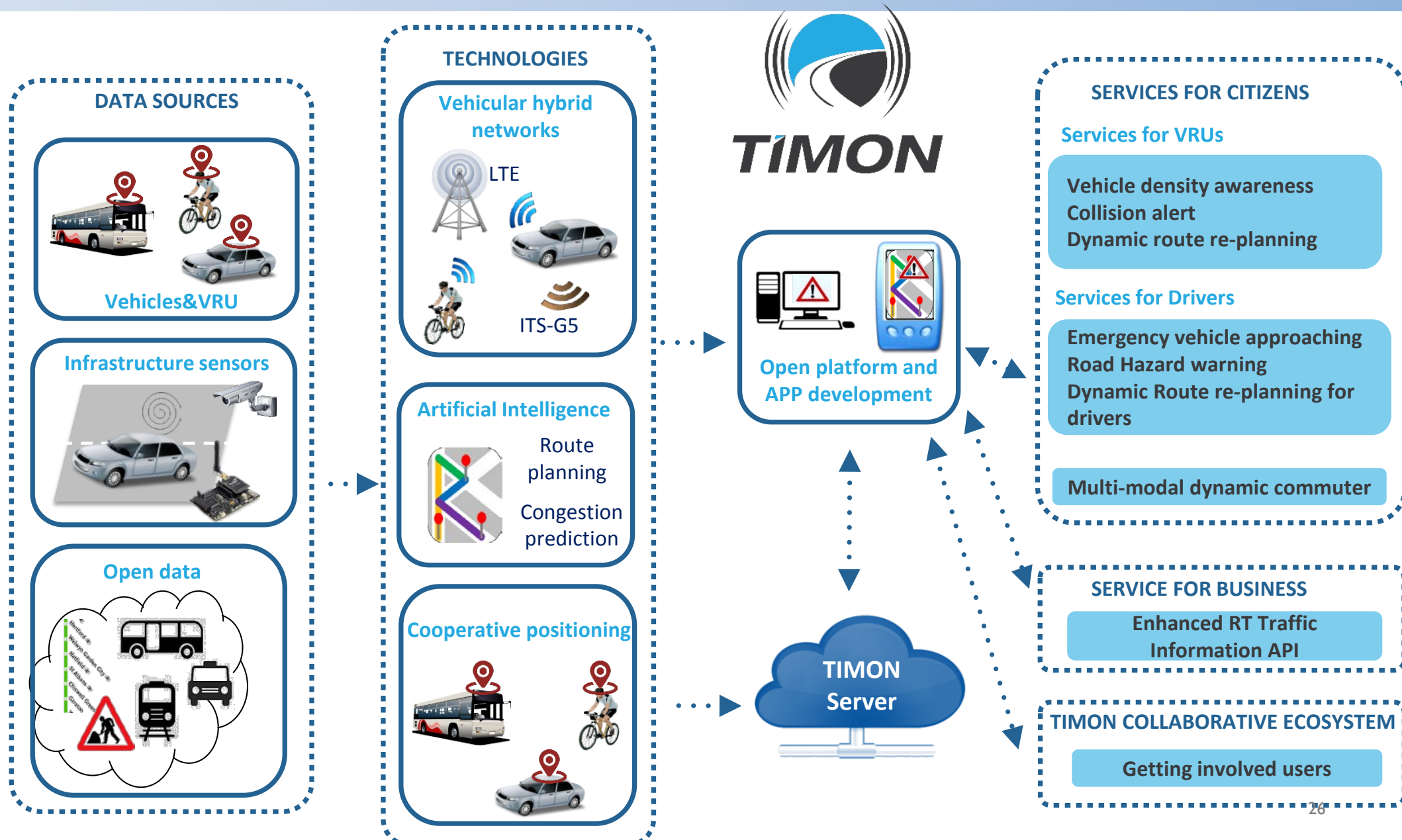


Movilidad Multimodal Optimizada en tiempo real: Redes Cooperativas & Open Data

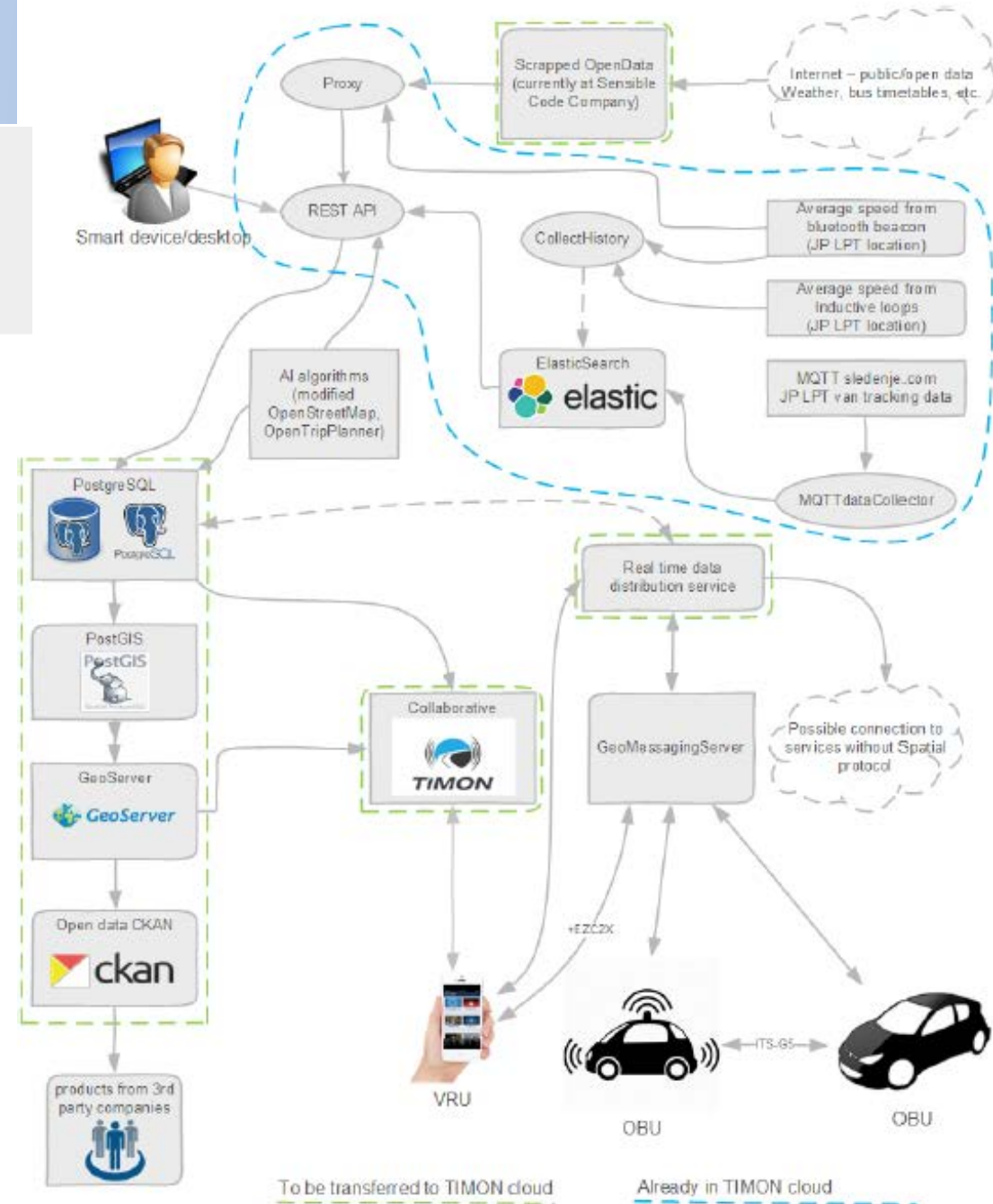
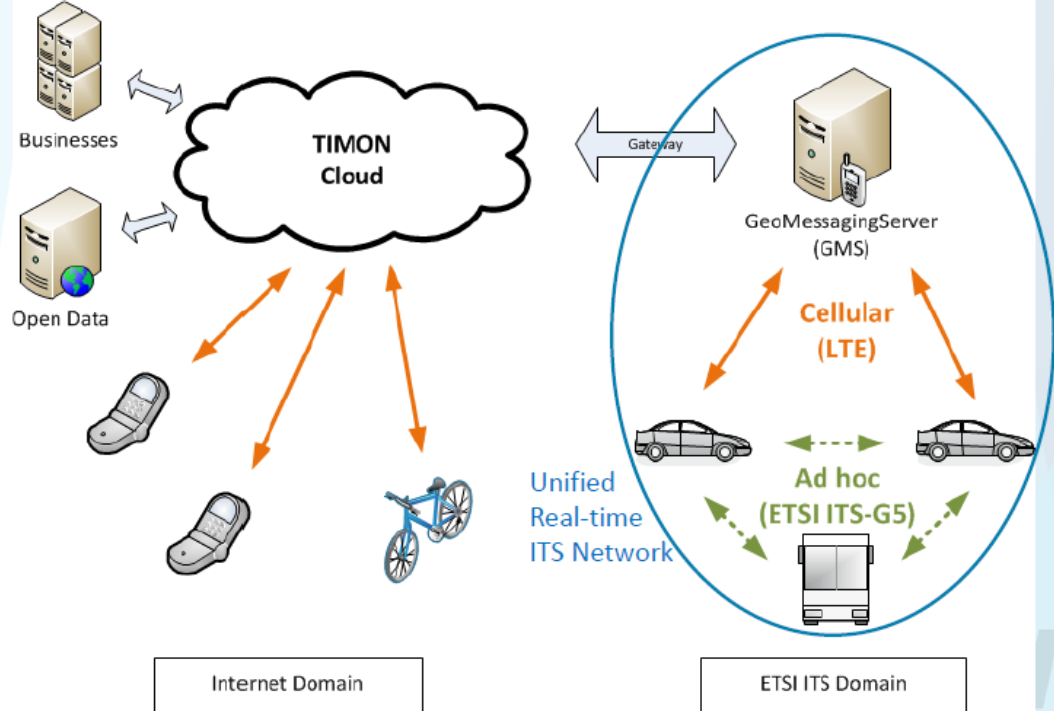
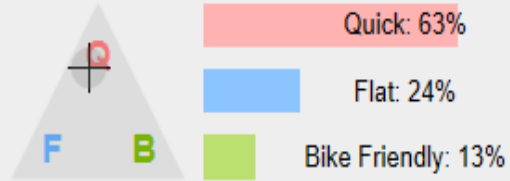
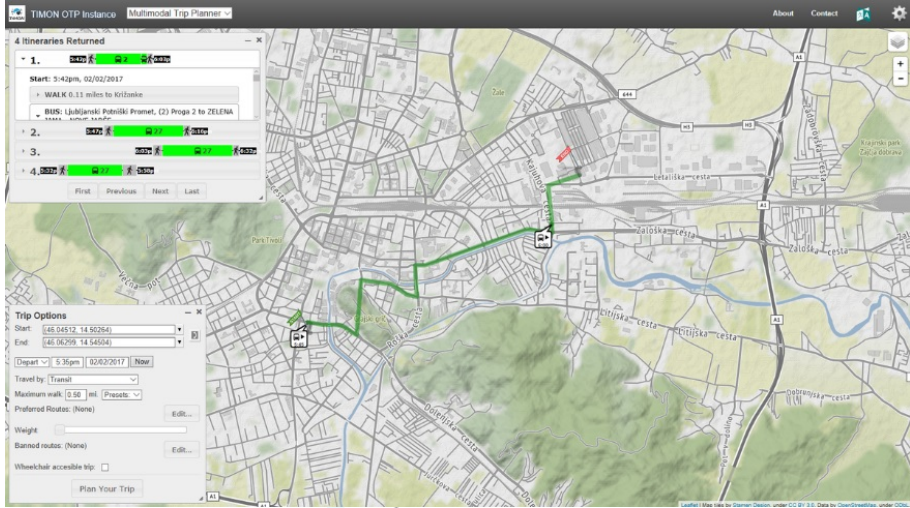
- Desarrollo plataforma web abierta y cooperativa + APP
- Proporcionar información y **servicios en tiempo real** a conductores, VRUS y empresa.
- Incrementar seguridad, mejorar sostenibilidad, flexibilidad y eficiencia del transporte (ciudad)

Contacto @CTTC
monica.navarro@cttc.es





TIMON



5G-T TRANSFORMER

Contacto @CTTC
josep.mangues@cttc.es

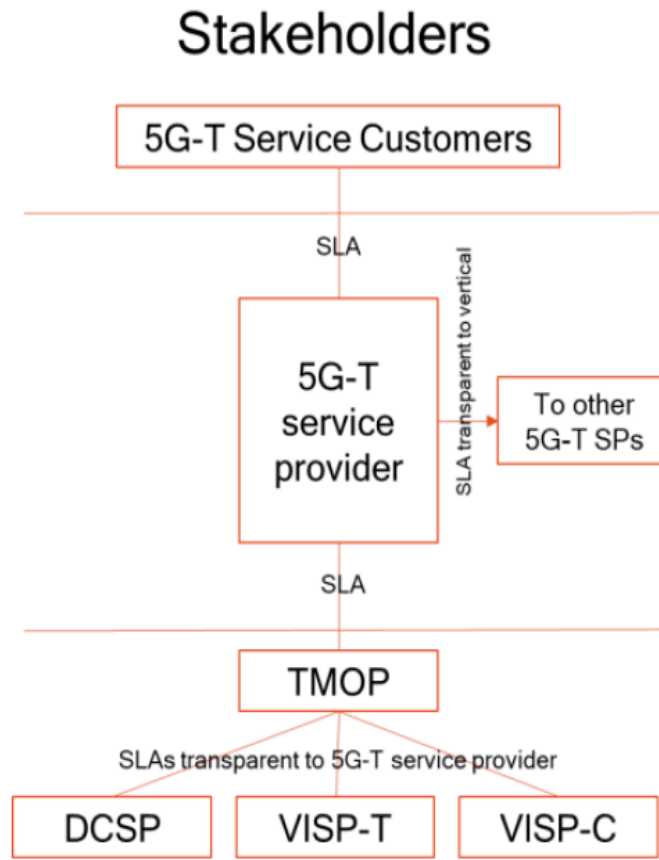
5G-T TRANSFORMER



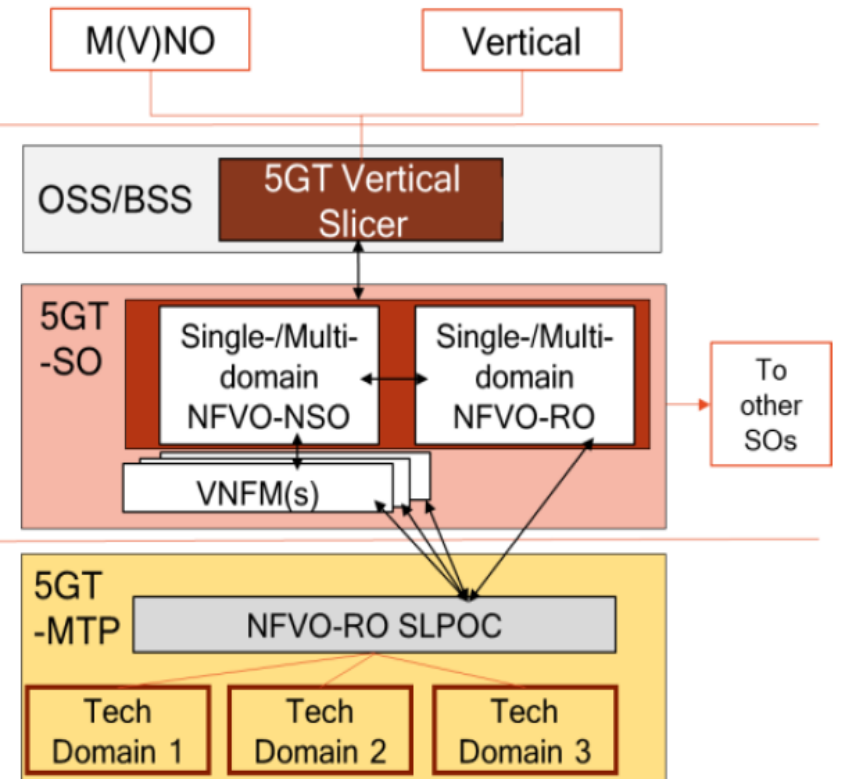
Service instance layer
(consumes 5G-T services)

Network slice instance layer
(provides e2e services to vertical)
multi-domain vertical-oriented slices are created (transparent to the vertical)

Resource layer
(provides virtual infrastructure to 5G-T service provider)
Provides single admin domain resources to network slice instance layer



Architecture components



Relación Actores - Arquitectura de Sistema (Fig.1 D2.1, "Initial System Design")



Funded by European Union's Horizon 2020 GA No. 761536

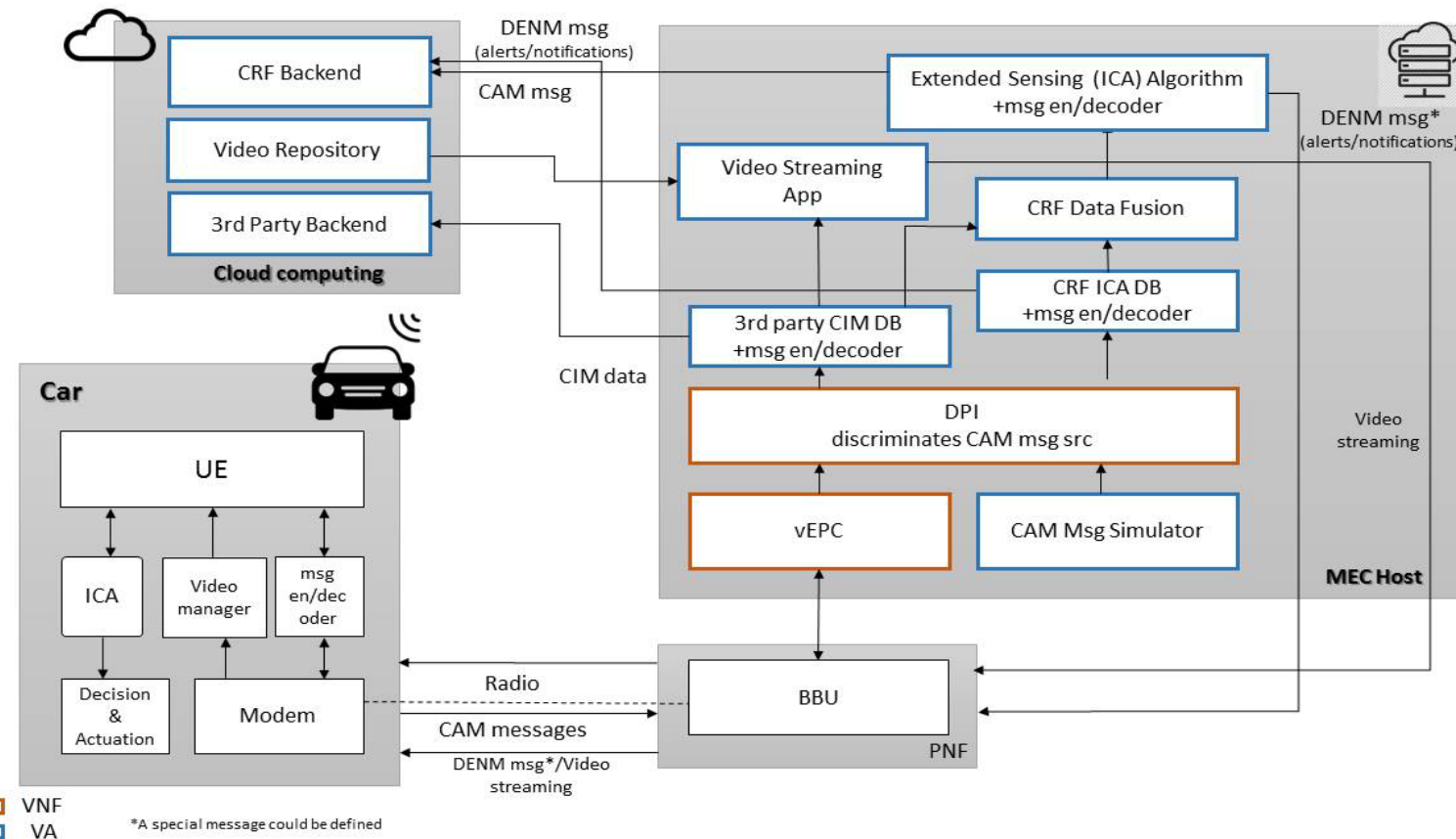
5G-TRANSFORMER

Sensórica Virtual Extendida

- Aplicaciones de seguridad con soporte de red, V2V cooperativa
- Lógica *Collision Avoidance (CA)* con sensibilidad temporal, despliegue en el extremo de red: Virtual Network Function (VNF)
- Compatible con ETSI ITS *Cooperative Awareness (CAM)* and *Decentralized Environmental Notification (DENM)*



Contacto @CTTC
josep.mangues@cttc.es



5G-CAR

Desarrollo arquitectura de sistema basado en 5G

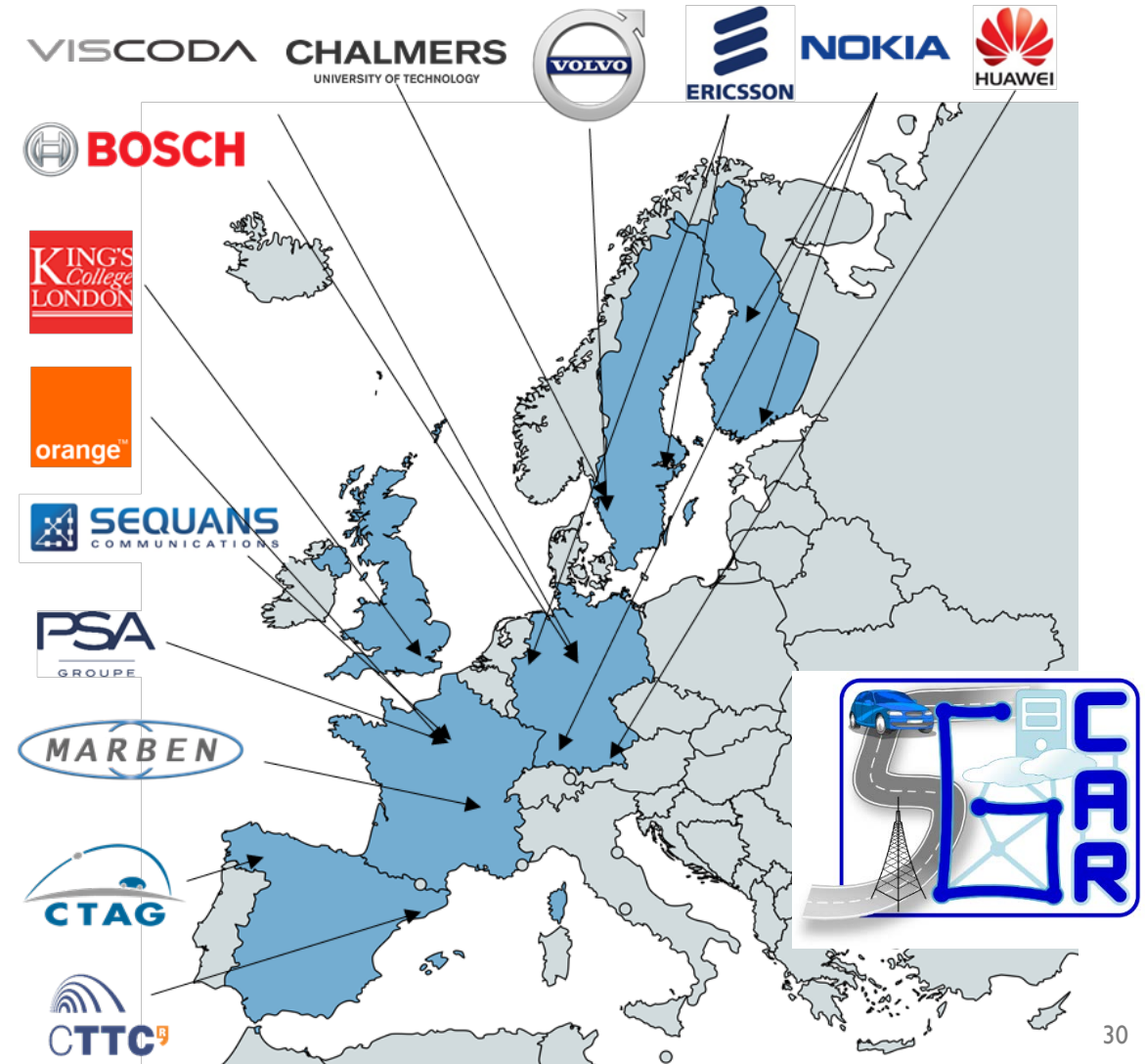
- Flexible en su configuración funcional y topológica
- Provea de amplios servicios V2X y modelos de negocio
- Demostración con equipos 5G

Foco técnico CTTC

- Arquitectura Edge-Computing para la virtualización de servicios
- Algoritmos de descubrimiento del entorno para la red radio V2X.

Contacto @CTTC
jesus.alonso@cttc.es

<https://5gcar.eu/>

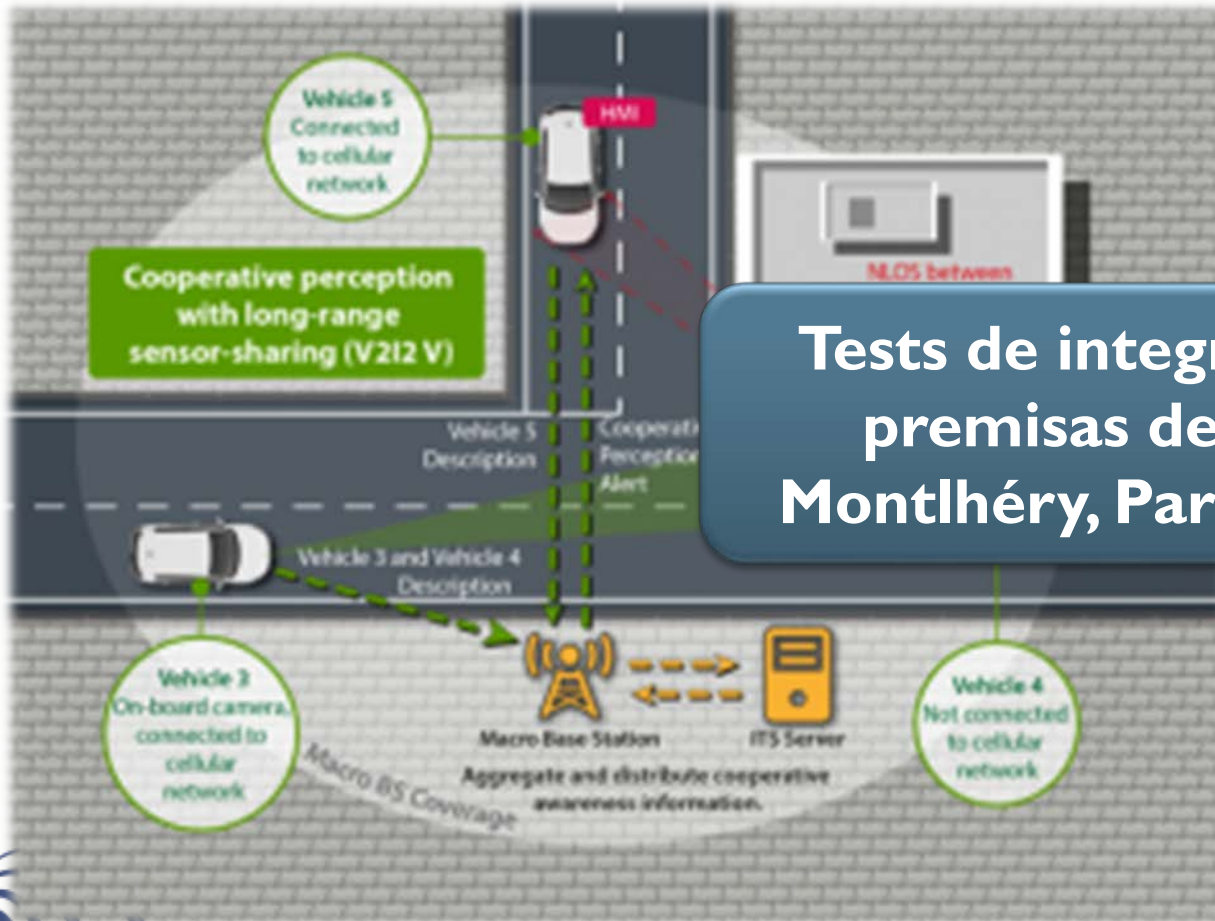


Componentes técnicos

- **Infraestructura:** diseño de antenas (múltiples elementos de antena, ondas milimétricas), gestión de haces, etc.
- **Enlace directo** (*Sidelink*): sincronización, RRM, descubrimiento (dependiente de la distancia, geolocalización)
- **Posicionamiento:** predicción de trayectorias, posicionamiento relativo V2V, etc.

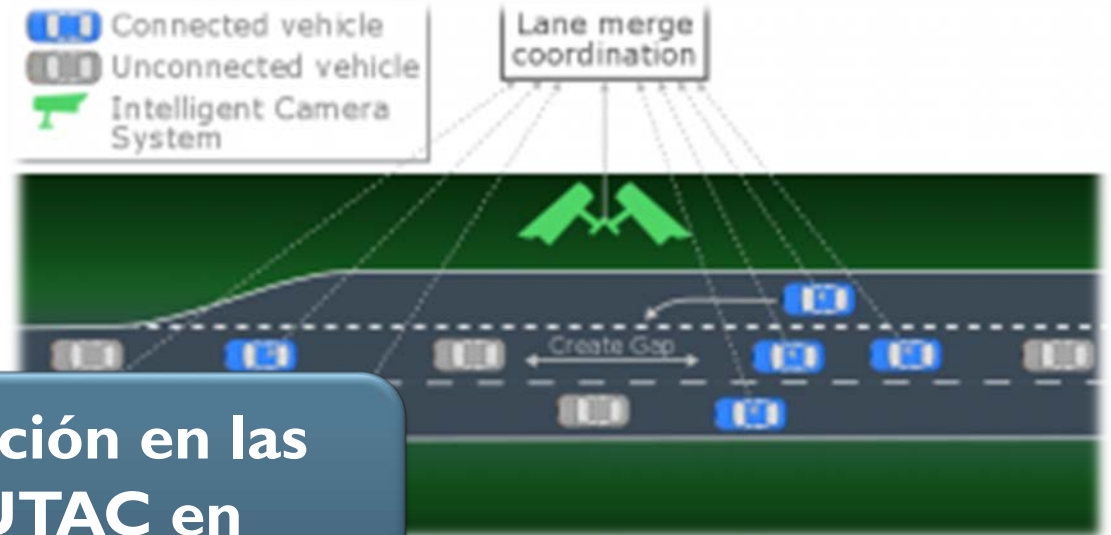
5GCAR Demostraciones y pilotos

Percepción cooperativa para facilitar maniobras en vehículos conectados

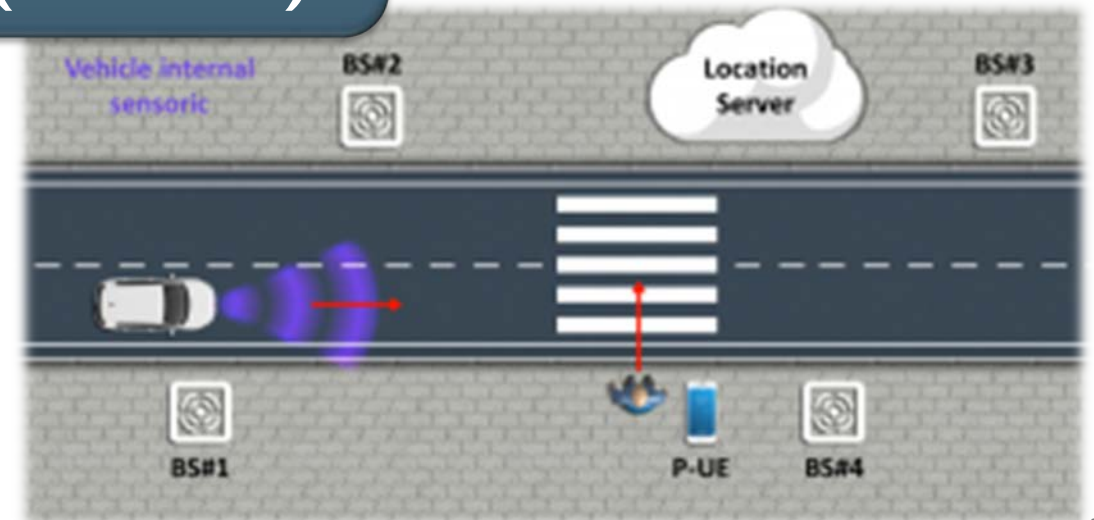


Tests de integración en las premisas de UTAC en Montlhéry, Paris (5 febrero)

Coordinación incorporación en carril



de usuarios vulnerables

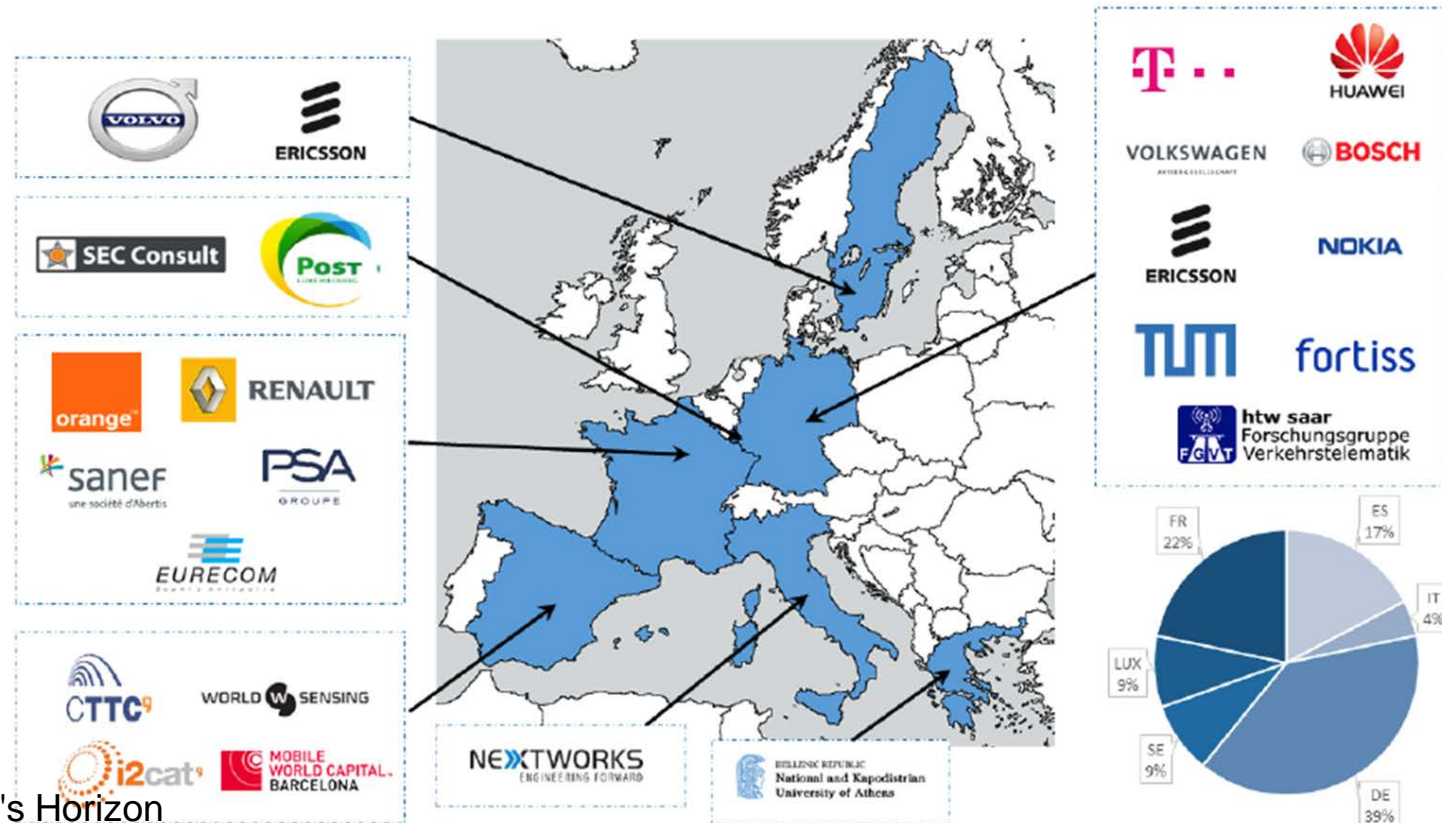


Control Transfronterizo

Casos de uso (en pruebas de campo)

1. Conducción Tele-operada
2. Generación y distribución de mapas de alta definición
3. Evitar colisiones de forma cooperativa y anticipada

Contacto @CTTC
jesus.alonso@cttc.es



Foco de la Innovación

- Operación trans-fronteriza/operador/fabricante/proveedor
- Computación distribuida a través de MEC
- Interfaz radio NR
- *Network Slicing* (partición de la red)
- QoS predictiva
- Posicionamiento mejorado



Gracias por su atención

Referencias

- ETSI - EN 302 663 Intelligent Transport Systems (ITS); Access layer specification for Intelligent Transport Systems operating in the 5 GHz frequency band, 01/07/2013
- ETSI TS 103 613 V1.1.1 (2018-11) Intelligent Transport Systems (ITS); Access layer specification for Intelligent Transport Systems using LTE Vehicle to everything communication in the 5,9 GHz frequency band
- TIMON <https://www.timon-project.eu>
- J. Arribas, M. Navarro, et. al, 2A Technology-agnostic GNSS/INS Real-time Sensor Fusion Platform with Ultra Wide Band Cooperative Distance Measurements for Terrestrial Vehicle Navigation “, ION GNSS+ 2018, Sep. 2018.
- M. Cankar, S. Stanovnik, H. Landuce, “Transportation ecosystem framework in Fog to Cloud environment”, 11th IEEE/ACM International Conference on Utility and Cloud Computing (UCC), Zurich, 17-21.12.2018
- O. Oleinichenko, Y. Sevilmis, J. Jiru, “Time-controlled Neighborhood-driven Policy-based Network Selection Algorithm for Message Dissemination in Hybrid Vehicular Networks”, VEHITS, 2018, DOI 10.5220/0006705901410155
- 5GTransformer, D5.1, Definition of vertical testbeds and initial integration plan, 2018.
- 5GTransformer, D2.1, Definition of the Mobile Transport and Computing Platform, 2018.
- 5GCAR, “5GCAR Scenarios, Use Cases, Requirements and KPIs”, D2.1, 31/08/2017 <http://5gaa.org>
- L. Feng, “V2X White Paper”, NGMN Alliance, 17/06/2018
- 5GAA, V2X Technology Benchmark Testing, 09/2018
- COM(2016) 766 final, “A European strategy on Cooperative Intelligent Transport Systems, a milestone towards cooperative, connected and automated mobility” 30/11/2016
- Car2Car Communication Consortium, TR 2047, “LTE-V2X & IEEE802.11p/ITS-G5 Spectrum Sharing at 5.9 GHz”, Position paper, 27/10/2017. <https://www.car-2-car.org>