



**Wydział Samochodów
i Maszyn Roboczych**

UNIWERSYTET WARSZAWSKI

Problemy i możliwości stwarzane przez komunikację V2V oraz V2I, z uwzględnieniem możliwości sieci 5G

dr hab. inż. Jędrzej Mączak, prof. ucz.
Zakład Ciągników i Napędów Hydraulicznych

jedrzej.maczak@pw.edu.pl

Sekcja Elektromobilności i Transportu Autonomicznego – Komitetu Transportu PAN

**Politechnika
Warszawska**

14.12.2021



Plan prezentacji

2

- Internet Rzeczy
- C-ITS (Współpracujące Inteligentne Systemy Transportowe)
- Technologia V2X
 - V2C
 - C2V
- V2V – zastosowania, technologie, problemy
- Problemy i wnioski

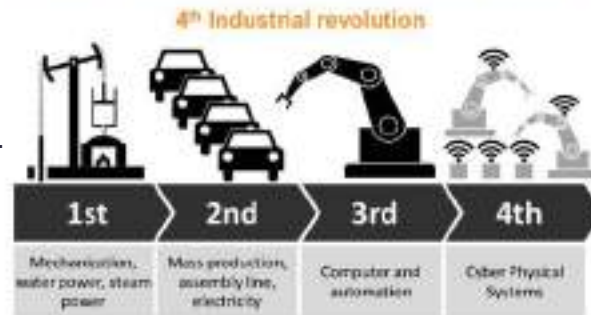
What is the Internet of Things (IoT)?

It is not a technology revolution.

It is a business revolution enabled by technology.

IoT is enabling a new wave in digital business transformation.

IoT IS ENABLING A NEW WAVE IN DIGITAL BUSINESS TRANSFORMATION



IoT is a catalyst for the 4th industrial revolution

- ✓ Sensory, akulatory
- ✓ Sterowniki
- ✓ Sieci wymiany danych
- ✓ Komunikacja bezprzewodowa
- ✓ Bazy danych

C-ITS (Współpracujące Inteligentne Systemy Transportowe)

- Rozporządzenie Delegowane Komisji (UE) z dnia **13.3.2019** r. uzupełniające dyrektywę Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/40/UE w odniesieniu do wdrażania i eksploatacji współpracujących inteligentnych systemów transportowych.
- Standardy motoryzacyjnych inteligentnych systemów transportowych (ITS) są opracowywane i utrzymywane przez Europejską Organizację Normalizacyjną ETSI TC ITS.
- Współpraca między podsystemami C-ITS (**osobistym, samochodowym, przydrożnym i centralnym**) umożliwia i zapewnia usługę ITS, oferująca lepszą jakość i wyższy poziom usług w porównaniu z tą samą usługą ITS świadczoną tylko przez jeden z podsystemów ITS.
- Współpracujące inteligentne systemy transportowe (C-ITS) będą wykorzystywać sieci ad-hoc (WAVE) krótkiego zasięgu (DSRC) i uzupełniające technologie komunikacji rozległej (takie jak 3G, 4G, 5G), które umożliwiają pojazdom drogowym komunikację z innymi pojazdami, sygnalizacją świetlną, infrastrukturą przydrożną i innymi użytkownikami dróg (V2V, V2I, V2P).
- Komunikacja V2X zapewnia bezprzewodową wymianę danych między różnymi uczestnikami i stacjami ITS. **Wspiera ona szereg usług informacyjnych, ostrzegawczych i pomocniczych, które będą stopniowo wdrażane w skoordynowanych fazach wdrażania w nadchodzących latach.**

- Standard SAE określa zestaw komunikatów oraz jego ramki danych i elementy danych do użytku przez aplikacje korzystające z systemów komunikacji V2X).
- Słownik danych został pierwotnie zaprojektowany do użytku przez DSRC lecz jest niezależny od podstawowych protokołów komunikacyjnych używanych do wymiany danych między uczestnikami aplikacji V2X.

[2018 Arizona Statewide ITS Architecture](#)

- Rozporządzenie Delegowane Komisji (UE) z dnia 13.3.2019 r. zawiera profile usług dla priorytetowych usług C-ITS.

Profil usługi to szczególna konfiguracja norm określająca wdrażanie różnych opcji norm.

Rozporządzenie Delegowane Komisji (UE) z dnia 13.3.2019 r. uzupełniające dyrektywę Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/40/UE w odniesieniu do wdrażania i eksploatacji współpracujących inteligentnych systemów transportowych

Normy ETSI związane z ITS:

[ETSI TS 102 894-1 V1.1.1 \(2013-08\)](#) Intelligent Transport Systems (ITS); Users and applications requirements; Part 1: Facility layer structure, functional requirements and specifications

[ETSI TS 102 894-2 V1.3.1 \(2018-08\)](#) Intelligent Transport Systems (ITS); Users and applications requirements; Part 2: Applications and facilities layer **common data dictionary**

[TSI EN 302 637-2 V1.4.1 \(2019-04\)](#) Intelligent Transport Systems (ITS); Vehicular Communications; Basic Set of Applications; Part 2: Specification of Cooperative Awareness Basic Service

[ETSI EN 302 637-3 V1.3.1 \(2019-04\)](#) Intelligent Transport Systems (ITS); Vehicular Communications; Basic Set of Applications; Part 3: Specifications of Decentralized Environmental Notification Basic Service

.....

ETSI TS 102 894-2 V1.2.1 - Intelligent Transport Systems

Norma definiuje repozytorium zestawu elementów danych, określanych jako ramki danych, stosowanych w aplikacjach ITS i komunikatach warstwy infrastruktury.

Każdy element danych jest zdefiniowany za pomocą zestawu atrybutów, umożliwiających identyfikację danego elementu danych w różnych perspektywach, np. nazwa opisowa, definicja ASN.1, definicja danych, wymóg minimalnej szczegółowości danych itp.

4.3.2 Category

This attribute indicates the category that DE or DF in question belongs to. Currently, the following categories are defined:

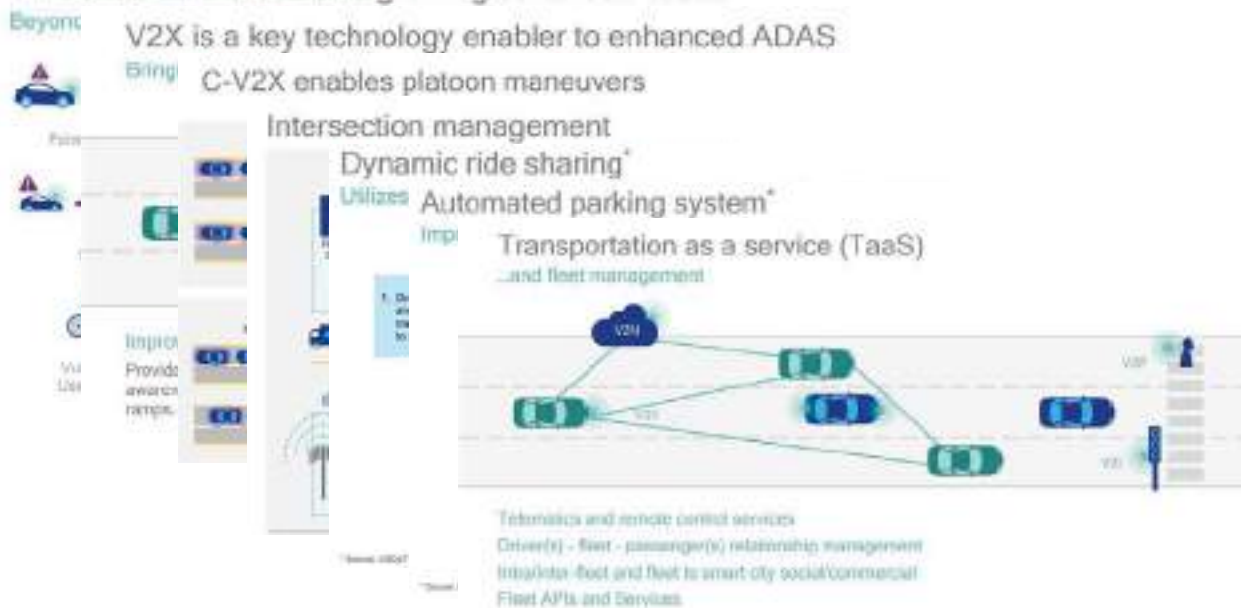
- **Vehicle information:** the DE or DF describes one or a set of its vehicle data.
- **GeoReference information:** the DE or DF provides geographical description of the data.
- **Road topology information:** the DE or DF describes one or a set of road topology information.
- **Traffic information:** the DE or DF describes one or a set of road traffic information.
- **Infrastructure information:** the DE or DF describes one or a set of ITS infrastructure information.
- **Personal information:** the DE or DF describes one or a set of ITS personal information.
- **Communication information:** the DE or DF describes one or a set of data that are relevant to the ITS application layer or ITS facilities layer communication protocol.
- **Other information:** the DE or DF that does not belong to any of the above categories.

A.18 DE_DangerousSituationSubCauseCode

Descriptor Name	DangerousSituationSubCauseCode
Identifier	DataType_18
ASN.1 representation	<code>DangerousSituationSubCauseCode ::= INTEGER (unavailable(0), emergencyElectronicBrakeEngaged(1), preCrashSystemEngaged(2), espEngaged(3), absEngaged(4), aebEngaged(5), brakeWarningEngaged(6), collisionRiskWarningEngaged(7))</code>
Definition	<p>Encoded value of the sub cause codes of the event type "dangerousSituation" as specified in clause A.10. Definition of the sub event cause is defined and the value is assigned according to clause 7.6.4 ETSI EN 302 637-3 [3].</p> <p>The sub causes are described as following:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <code>unavailable(0)</code>: in case information on the type of dangerous situation is unavailable. • <code>emergencyElectronicBrakeEngaged(1)</code>: in case emergency electronic brake is engaged. • <code>preCrashSystemEngaged(2)</code>: in case pre-crash system is engaged. • <code>espEngaged(3)</code>: in case Electronic Stability Program (ESP) system is engaged. • <code>absEngaged(4)</code>: in case Anti-lock braking system (ABS) is engaged. • <code>aebEngaged(5)</code>: in case Autonomous Emergency Braking (AEB) system is engaged. • <code>brakeWarningEngaged(6)</code>: in case brake warning is engaged. • <code>collisionRiskWarningEngaged(7)</code>: in case collision risk warning is engaged.
Unit	N/A
Category	Traffic information

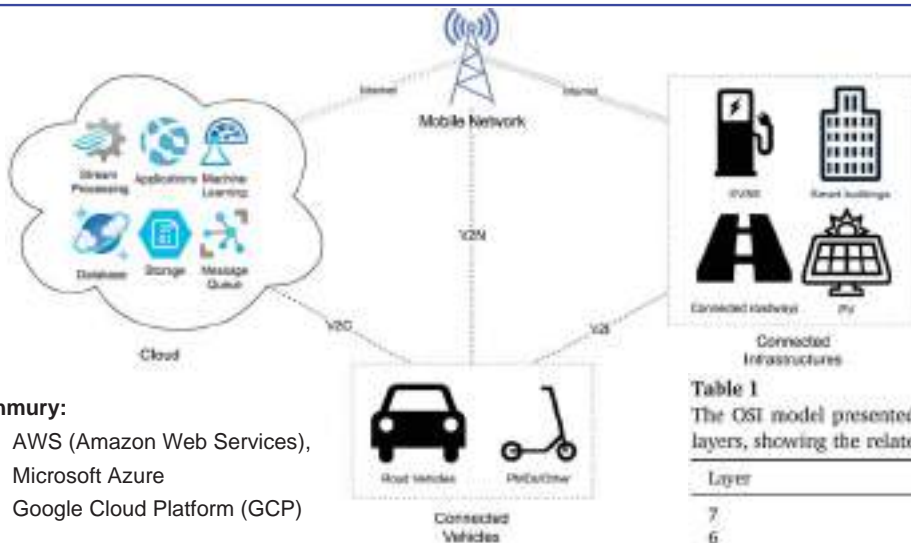
Technologia V2X (Vehicle-to-Everything) - zastosowania

V2X enables a broad and growing set of use cases



Platformy V2X (V2C, V2I, V2N)

9



- V2X vehicle-to-everything
- V2C vehicle-to-cloud
- V2G vehicle-to-grid
- V2I vehicle-to-infrastructure
- V2N vehicle-to-network
- V2V vehicle-to-vehicle

Chmury:

- AWS (Amazon Web Services),
- Microsoft Azure
- Google Cloud Platform (GCP)

Table 1

The OSI model presented from the topmost (layer 7) to bottommost (layer 1) layers, showing the related V2X communications as reviewed in this paper.

Layer	Name	Related V2X
7	Application	V2C
6	Presentation	V2C
5	Session	V2C
4	Transport	V2C
3	Network	V2N
2	Data link	V2N, V2I
1	Physical	V2N, V2I

V2C - Microsoft Connected Vehicle Platform

10

II IoT Solutions World Congress - Barcelona 2017

Introducing the Microsoft Connected Vehicle Platform



The *Microsoft Connected Vehicle Platform* is a collection of reference designs, architectures and solution templates designed to accelerate the development of globally scalable connected and autonomous vehicle solutions that enable automakers to deliver compelling customer experiences and digitally transform their businesses.

The Future of Telematics Enabled Services from the World's Largest Car Maker

Sam Gorge – Director Azure IoT, Microsoft,
Stephane Beroff Alliance Program Manager Renault Nissan Mitsubishi

Microsoft Connected Vehicle Platform

III IoT Solutions World Congress – Barcelona 2018

11



Volkswagen and Microsoft partner to give drivers a connected, seamless ride

Deborah Bach, 28.08.2018

<https://news.microsoft.com/transform/volkswagen-and-microsoft-partner-to-give-drivers-a-connected-seamless-ride/> [dostęp 12.12.2021]

Politechnika
Warszawska

V2C – Wykorzystanie chmury Microsoft Azure (MCV)

12

PURPOSE BUILT

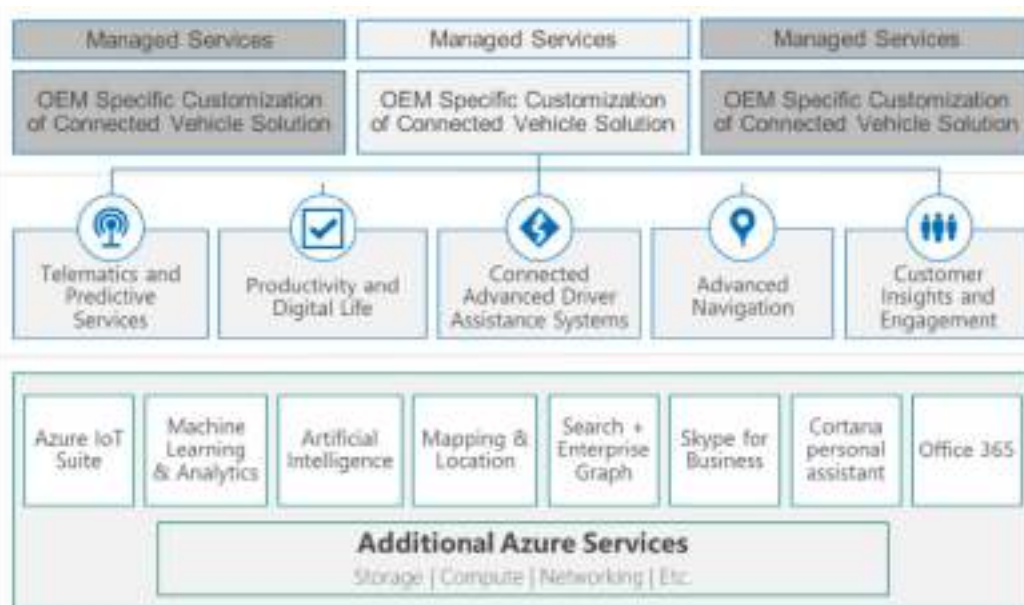
Customized instances of the platform. Microsoft can customize and operate.

MICROSOFT CONNECTED VEHICLE PLATFORM

Spanning in-car and cloud. These pillars support common use cases for connected car.

COMMON SERVICES

Azure PaaS Services + Microsoft Productivity Suite



Politechnika
Warszawska

Źródło: <https://www.microsoft.com/pl-pl/internet-of-things/connected-vehicles>

Sposób na testowanie nowego systemu chmurowego MCV w sytuacji braku odpowiedniej ilości pojazdów generujących dane testowe

We Connect Go



V2V (Vehicle-to-Vehicle) - zastosowania

Table 1. V2V Applications.

V2V Safety	Agency Data/Environment	Smart Roadside/Mobility
Emergency Electronic Brake Lights (EEBL)	Probe-based Pavement Maintenance	Wireless Inspection
Forward Collision Warning (FCW)	Probe-enabled Traffic Monitoring	Smart Truck Parking
Intersection Movement Assist (IMA)	Vehicle Classification-based Traffic Studies	Intelligent Traffic Signal System (I-SIG)
Left Turn Assist (LTA)	CV-enabled Turning Movement & Intersection Analysis	Signal Priority (transit, freight)
Blind Spot/Lane Change Warning	CV-enabled Origin-Destination Studies	Cooperative Adaptive Cruise Control (CACC)
Curve Speed Warning	Work Zone Traveler Information	Guidance for Emergency
Do Not Pass Warning (DNPW)	Dynamic Eco-Routing (light, vehicle, transit, freight)	Emergency Communications and Evacuation (EVAC)
Vehicle Turning Right in Front of	Low Emissions Zone Management	Connection Protection (T-CONNECT)
Bus Warning (transit)	Eco-ICM Decision Support System	Freight-Specific Dynamic Travel
Queue Warning (Q-WARN)	Eco-Smart Parking	Emergency Vehicle Preemption (PREEMPT)

Stosowane technologie komunikacyjne:

1. Dedicated Short Range Communication (DSRC, ETSI ITS G5).
 2. Cellular V2X (3GPP LTE).
- Vehicular Ad Hoc Network (VANET), praca w paśmie dedykowanym 5.9 GHz (30 MHz).
 - Standardy bezpołączeniowe.
 - Dzielą te same informacje (komunikaty); każde urządzenie transmituje elementy stanu (patrz normy/słowniki), jednocześnie nasłuchując innych urządzeń znajdujących się w pobliżu.
 - W obu technologiach są wykorzystywane podpisy cyfrowe w celu zagwarantowania bezpieczeństwa i zapewnienia ważności transmisji.
 - DSRC przewyższa C-V2X w wielu dziedzinach. Ma mniejsze opóźnienia transmisji. DSRC ma średni czas transmisji wynoszący 0,4 ms, C-V2X 1 ms.
 - C-V2X jest wciąż na początku stosowania, ale testy wskazują, że może osiągnąć 20-30% większy zasięg niż DSRC.

Standard IEEE 802.11p (ETSI ITS 5G), jest odmianą Wi-Fi.

- Standard opracowany ok. 2010 roku.
- Technologia została znormalizowana w Europie jako dedykowana komunikacja krótkiego zasięgu (DSRC) lub w USA jako bezprzewodowy dostęp w środowiskach pojazdów.
- Wybór został dokonany, aby wykorzystać ekonomiczną skalę branży chipsetów Wi-Fi i zapewnić szybki czas wprowadzenia na rynek w tamtym czasie.

Cechy

- Lokalnie samoorganizujące się sieci ad-hoc (WAVE - wireless access in vehicular environments).
- Spełnianie wymogów bezpieczeństwa funkcjonalnego i niezależność od decyzji komercyjnych podejmowanych przez strony trzecie oraz innych komercyjnych sieci komunikacyjnych.
- Ograniczony zasięg komunikacji ETSI ITS G5 dodatkowo wspiera funkcje projektowe spełniające wymogi prywatności biorąc pod uwagę europejskie RODO.
- Brak efektu sieciowego.

DSRC (ETSI ITS 5G)

17

A BRIEF LOOK BACK OF THE DSRC JOURNEY



Politechnika
Warszawska

Gu, Huanyu, and Kees Moerman. 'Choosing the right V2X technology', 2020 NXP B.V.

Cellular-V2X

18

Standard C-V2X (LTE-VX) jest oparty na sieci LTE i 5G.

- Komercyjnie LTE-V2V **nie może wykorzystywać** obecności standardowego modemu LTE w samochodzie.
- Różne wymagania dotyczące bezpieczeństwa i potrzeby technologiczne zdecydowanie sugerują, że krytyczna dla bezpieczeństwa domena LTE-V2V musi zostać oddzielona od domeny „rozrywkowej” standardowego modemu LTE.
- Rygorystyczne wymagania dotyczące synchronizacji mogą znacznie zwiększyć koszty sprzętu LTE-V2V.

Politechnika
Warszawska

Table 4. IEEE 802.11P vs LTE-V2V.

	IEEE802.11p	LTE-V2X
Multi-user allocation	single user per symbol	multiple users share the same symbol
Synchronization requirements	asynchronous	tight synchronization
OFDM parameters	short symbol duration	very long symbol duration
Channel access mechanism	CSMA-CA	sensing based SPS transmission
CP duration	1.6 μ s	4.69 μ s
CP purpose	Delay spread	Timing errors, propagation delay, and delay spread
Data message	20 resource blocks (PRBs)	50 symbols
Overhead data	5 PRBS (2 SA+3 for DTF precoder)	5 symbols (PLCP+SIGNAL)
CP	4.69 μ s	1.6 μ s
Pilots	4 symbols (DMRS)	4 subcarriers
Additional overhead	Guard period (1 symbol)	Service field, tail and padding
Total overhead, physical layer	0.5255	0.3397
Transmission duration	Fixed, 1msec	Control (PLCP) = 40 μ sec Data (PSDU) = 50 symbols = 400 μ sec Total = 440 μ sec
Occupied bandwidth	Control (SA) = 2 PRB = 360 kHz Data = 2424 PRBs = 4.32 MHz Total = 4.68 MHz	Fixed, 10 MHz
Capacity	= 2 messages / 1ms	= 2 messages / 1ms

Problemy do rozwiązania

- Nerozwiązany problem jednego standardu komunikacji. Wydaje się, iż organy UE pozostawiły wybór standardu producentom*.
- Wiele wdrożeń systemów V2X ogranicza się obecnie do wdrożeń symulacyjnych, często ze względu na połączenie ograniczeń prawnych i kosztów przygotowania fizycznego stanowiska testowego.
- Mała ilość pojazdów wyposażonych w DSRC/C-V2X utrudnia testowanie systemów. Można to rozwiązać poprzez darmowe sterowniki podpięte do OBD-II pojazdów (patrz VW DataPlug).
- Nieufność użytkowników odnośnie udostępniania informacji organom władzy.
- Problem z RODO – UE wymaga anonimizacji informacji (C-V2X???) lub zgody użytkowników. Producenci pojazdów udostępniają dane pojazdów firmom zewnętrznym.
- Włączenie pieszych do ITS (V2P) – smartfony (problem patrz wyżej).
- Budowa infrastruktury sieciowej wzdłuż kluczowych szlaków komunikacyjnych (jaki standard) oraz implementacja C-ITS na poziomie powiatu/województwa. Centralizacja C-ITS (serwery, centra sterowania).
- Wyposażenie służb drogowych w odpowiednie urządzenia nadawczo-odbiorcze.

