

C-ROADS CZ

Specifikace systému

Připraveno pracovní skupinou WG 2.1

Verze 1.5

12/2018



Verze	Datum změny	Autor	Kontrola	Komentář / popis změn
0.1	13.4.2017	INTENS		První pracovní verze dokumentu
0.2	27.4.2017	INTENS		Kapitoly 3 a 8
0.3	30.4.2017	ŘSD		Kapitoly 4.2, 5 a 6
0.4	9.5.2017	AŽD, RADOM		Doplnění kapitol 4 a 5
0.5	22.5.2017	O2		Doplnění kapitoly 4.1
0.6	22.5.2017	INTENS		Doplnění celého dokumentu
0.7	24.5.2017	INTENS/ČVUT		Doplnění kapitol 4 - 7
0.8	27.5.2017	INTENS		Doplnění celého dokumentu
0.9	29.5.2017	T-Mobile		Doplňeny specifikace komunikačního rozhraní I4, I5
1.0	29.5.2017	ALL		Revize celého dokumentu
1.1	30.05.2018	INTENS		Formátování
1.2	17.07.2018	INTENS		Revize všech kapitol
1.4	14.12.2018	INTENS		Revize všech kapitol
1.5	31.1.2019	ALL		Revize všech kapitol

OBSAH

Seznam použitých zkratk	7
Zdroje	10
1 Úvod	11
2 Popis projektu C-ROADS CZ	12
3 Etapy implementace C-ROADS CZ	14
3.1 DT1 – D1 Brno	14
3.2 DT2 – Brno město	15
3.3 DT3 – Dálnice D1, D11, D5 a D52	16
3.4 DT4 – Dopravní podniky Ostrava a Plzeň	18
3.5 DT5 – Železniční křižení	19
3.6 DT6 – Přeshraniční testování	20
4 Právní a technické předpisy pro realizaci C-ROADS CZ	21
5 Popis C-ITS služeb	25
5.1 Road Works Warning (RWW)	25
5.1.1 Statický režim	25
5.1.2 Mobilní režim	26
5.2 Probe Vehicle Data (PVD)	27
5.3 In-Vehicle Information (IVI)	28
5.4 Slow and Stationary Vehicle (SSV)	29
5.4.1 Pomalu jedoucí vozidlo	30
5.4.2 Stojící vozidlo	31
5.5 Railway Level Crossing (RLX)	32
5.6 Emergency Vehicle Approaching (EVA)	34
5.6.1 Mobilní režim	34
5.6.2 Statický režim	35
5.6.3 SSZ priorit	36
5.7 Traffic Jam Ahead Warning	37
5.8 Intersection Signal Violation	38
5.8.1 Informování o stavu SSZ	38
5.8.2 Varování před jízdou na červenou	39
5.9 Public Transport Preference	40
5.10 Hazardous Location Notification	41
5.11 Weather Conditions Warning	42
5.12 Public Transport Safety	43

5.12.1	Křížení	44
5.12.2	Vozidlo v zastávce.....	45
5.13	Electronic Emergency Brake Light	45
6	Centrální systém	47
6.1	C-ITS back office	47
6.1.1	Popis modulů C-ITS BO.....	50
6.2	Integrační platforma.....	56
7	Jednotky na infrastrukturu (RSU)	58
7.1	Funkční požadavky na RSU jednotky.....	59
7.1.1	Požadavky na správu a údržbu RSU.....	59
7.1.2	Požadavky na nastavení jednotky RSU.....	59
7.1.3	Požadavky na rozhraní jednotky RSU	59
7.1.4	Požadavky na zpracování dat RSU.....	60
7.2	Technické požadavky na RSU jednotky	61
7.2.1	7.2.1 Technické požadavky na bezpečnost.....	62
7.2.2	Umístění RSU jednotek na infrastrukturu.....	63
8	Mobilní jednotky (RVU/OBU)	64
8.1	Jednotky ve vozidlech/vozících údržby (RVU)	64
8.1.1	Funkční požadavky na RVU jednotky.....	65
8.1.2	Technické požadavky na RVU jednotky	66
8.2	Jednotky v osobních vozidlech (OBU)	69
8.2.1	Funkční požadavky na OBU jednotky	69
8.2.2	Technické požadavky na OBU jednotky.....	71
9	Vrstva sběru předávání informací	73
9.1	Rozhraní I1: vozidlové jednotky ↔ jednotky na infrastrukturu / vozidlové jednotky	73
9.2	Rozhraní I2: back-office ↔ C-ITS jednotka/mobilní aplikace.....	78
9.2.1	C-ITS zprávy	79
9.2.2	Servisní zprávy	79
9.3	Rozhraní I3: back-office ↔ Integrační platforma.....	80
9.4	Rozhraní I4: back-office ↔ NDIC/JSDI, Integrační platforma ↔ NDIC/JSDI	80
9.5	Rozhraní I5: vozidlové jednotky ↔ vozidlové systémy/HMI.....	81
10	Bezpečnost C-ITS systémů	83
10.1	Bezpečnostní aspekty C-ROADS CZ	84
10.2	Aktéři systému C-ROADS CZ	86
10.3	Bezpečnostní standardy C-ROADS CZ.....	87
11	Koexistence se stávajícími systémy.....	88



11.1	Detekce ochranných zón	93
11.1.1	Vozidlové ITS-G5 jednotky vybavené detektorem CEN-DSRC	93
11.1.2	Vozidlové C-ITS jednotky s databází ochranných zón	94
11.1.3	Upozornění na ochranné zóny prostřednictvím ITS-G5	95
11.2	Scénář koexistence	96
11.3	Parametry pro přenos informací o ochranných zónách	96

Seznam obrázků

Obrázek 1	Obecná architektura systému	13
Obrázek 2	Umístění RSU jednotek v rámci pilotní lokality DT1 (zdroj: Google.com).....	15
Obrázek 3	Umístění RSU jednotek v rámci pilotní lokality DT2 (zdroj: Google.com).....	16
Obrázek 4	Umístění RSU jednotek v rámci pilotní lokality DT3 – dálnice D5 (zdroj: Google.com).....	17
Obrázek 5	Umístění RSU jednotek v rámci pilotní lokality DT3 – dálnice D11 (zdroj: Google.com).....	18
Obrázek 6	Umístění RSU jednotek v rámci pilotní lokality DT4 - Plzeň (zdroj: Google.com)	19
Obrázek 7	Umístění RSU jednotek v rámci pilotní lokality DT4 - Ostrava (zdroj: Google.com)	19
Obrázek 8	Umístění RSU jednotek v rámci pilotní lokality DT5 (zdroj: Google.com).....	20
Obrázek 9	Princip fungování use case RWW v statický režim – se spojením s C-ITS BO v RVU jednotce	26
Obrázek 10	Princip fungování use case IVI.....	29
Obrázek 11	Princip fungování use case SSV v režimu pomalu jedoucího vozidla – automatické vytvoření v OBU/RVU jednotce	31
Obrázek 12	Princip fungování use case SSV v režimu stojícího vozidla – automatické vytvoření v OBU/RVU jednotce	32
Obrázek 13	Princip fungování use case RLX	33
Obrázek 14	Princip fungování use case EVA v mobilním režimu – automatické vytvoření	35
Obrázek 15	Princip fungování use case EVA ve statickém režimu – automatické vytvoření v OBU/RVU jednotce.....	36
Obrázek 16	Princip fungování use case EVA v režimu SSZ priorita	37
Obrázek 17	Princip fungování use case TJA – příjem z externích zdrojů v C-ITS BO	38
Obrázek 18	Princip fungování use case ISV v režimu informování o stavu SSZ	39
Obrázek 19	Princip fungování use case SSV v režimu varování jízdy na červenou	40
Obrázek 20	Princip fungování use case PTP.....	41
Obrázek 21	Princip fungování use case HLN – manuální vytvoření v C-ITS BO.....	42
Obrázek 22	Princip fungování use case WCW – manuální vytvoření v OBU/RVU jednotce	43
Obrázek 23	Princip fungování use case PTS v režimu křížení – OBU/RVU ve vozidle	44
Obrázek 24	Princip fungování use case PTS v režimu vozidlo v zastávce – C-ITS BO	45
Obrázek 25	Princip fungování use case EEBL	46
Obrázek 26	Architektura umístění a napojení C-ITS back office	48



Obrázek 27 Doporučená architektura C-ITS BO	49
Obrázek 28 Architektura umístění a napojení Integrovaní platformy	56
Obrázek 29 Architektura umístění a napojení RSU jednotek.....	58
Obrázek 30 Architektura umístění a napojení vozidlových jednotek (OBU/RVU)	64
Obrázek 31 Architektura umístění a napojení rozhraní I1	74
Obrázek 32 Struktura zprávy CAM	75
Obrázek 33 Struktura zprávy DENM.....	76
Obrázek 34 Struktura zprávy IVI.....	77
Obrázek 35 Architektura umístění a napojení rozhraní I2	78
Obrázek 36 Princip hybridního řešení z pohledu C-Roads Czech Republic	79
Obrázek 37 Architektura umístění a napojení rozhraní I6	80
Obrázek 38 Architektura umístění a napojení rozhraní I7	81
Obrázek 39 Architektura umístění a napojení rozhraní I8	82
Obrázek 40 Hierarchie pan-evropské PKI infrastruktury.....	83
Obrázek 41 Schéma aktérů systému C-ROADS (dle ETSI TS 102 940).....	85
Obrázek 42 Schéma bezpečnostního systému v rámci projektu C-ROADS CZ.....	87
Obrázek 43 Příklad zóny výběru mýta pomocí CEN-DSRC (zdroj: ETSI 102 792)	88
Obrázek 44 Spektrální maska ITS-G5 mimo ochrannou zónu nebo v případě omezení vysílacího cyklu (mód C/D) (zdroj: ECo-AT SWP 3.5 Coexistence ITS-G5 – CEN-DSRC).....	90
Obrázek 45 Spektrální maska ITS-G5 v případě omezení vysílacího výkonu v ochranné zóně pro vysílání jedním kanálem (mód A) (zdroj: ECo-AT SWP 3.5 Coexistence ITS-G5 – CEN-DSRC).....	90
Obrázek 46 Spektrální maska ITS-G5 v případě omezení vysílacího výkonu v ochranné zóně pro vysílání dvou kanálů současně – celkový výkon v pásmu G5 nesmí přesáhnout 10 dBm (G5 kanály zde vysílají polovičním výkonem než na obr. č. 40) (zdroj: ECo-AT SWP 3.5 Coexistence ITS-G5 – CEN-DSRC)	91
Obrázek 47 Spektrální maska ITS-G5 v ochranné zóně v případě omezení vysílacího cyklu za podmínek $T_{on} \leq 1$ ms a $T_{off} \geq 50$ ms (mód B - pouze CAM zprávy) (zdroj: ECo-AT SWP 3.5 Coexistence ITS-G5 – CEN-DSRC)	91
Obrázek 48 Princip vytvoření ochranné zóny pro více DSRC RSU portálů	92
Obrázek 49 Příklad koexistence mezi ITS-G5 a CEN-DSRC	93

Seznam tabulek

Tabulka 1 Hlavní požadavky na interoperabilitu bezpečnostního řešení systému	86
Tabulka 2 Koexistenční módy (zdroj: ETSI 102 792).....	89
Tabulka 3 Datový formát ASECAP databáze ochranných zón	94
Tabulka 4 Ukázka z ASECAP databáze ochranných zón.....	95
Tabulka 5 Běžný mód (zdroj: ETSI 102 792)	95
Tabulka 6 Atributy pro přenos informace o ochranné zóně ve zprávě CAM	97



Seznam použitých zkratk

Zkratka	Význam
API	Application Programming Interface
APN	Access Point Name
ASECAP	European Association of Operators of Toll Road Infrastructures
BO	Back-office
BSD	Berkley Software Distribution
BTP	Basic Transport Protocol
CA	Certification Authority
CAM	Cooperative Awareness Message
CAN	Controller Area Network
CEF	Connecting Europe Facility
CEN	European Committee for Standardization
C-ITS	Kooperativní ITS (cooperative-ITS), někdy označováno jako C2X
C-ITS back	Centrální systém C-ITS
ČR	Česká republika
DB	Databáze
DC	Direct current
DDS	Data Distribution Service
DENM	Decentralized Environmental Notification Message
DIC	Dopravní informační centrum
DP	Dopravní podnik
DPO	Dopravní podnik Ostrava
DT	Deployment and Tests
EAL	Evaluation Assurance Level
ECDSA	Elliptic Curve Digital Signature Algorithm
ECTL	European Certificate Trust List
ESB	Enterprise Service Bus
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
GN	Geo Network
GNSS	Globální družicový polohový systém
GPS	Global Positioning System
GSM	Globální systém pro mobilní komunikaci
GUI	Grafické uživatelské rozhraní
HLN	Hazardous Location Notification
HMI	Human-Machine Interface
HSM	Hardware Security Module
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
HTTPS	Hypertext Transfer Protocol Secure
HW	Hardware
I	Interface
I2V	Komunikace „infrastructure – vehicle“

IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IP	Integrační platforma
ISO	International Organization for Standardization
ITS	Intelligentní dopravní systémy (Intelligent Transportation Systems)
IVI	In vehicle information
JSDI	Jednotný systém dopravních informací
JŘ	Jízdní řád
LTE	Long Term Evolution
MAC	Media Access Control
MAP	Map Data
MDČR	Ministerstvo dopravy ČR
MHD	Městská hromadná doprava
MIRUD	Kooperativní ITS koridor Mirošovice - Rudná
NDIC	Národní dopravní informační centrum
NTP	Network Time Protocol
OBU	On-board unit
OMG	Object Management Group
OS	Operační systém
PKCS	Public-Key Cryptography Standards
PKI	Public Key Infrastructure
PMDP	Plzeňské městské dopravní podniky
PPK	Požadavky na provedení a kvalitu na dálnicích a silnicích ve správě ŘSD ČR
PTP	Public Transport Preference
PTS	Public Transport Safety
PVD	Probe vehicle data
PVV	Protokoly o určení vnější vlivů
PZZ	Přejezdové zabezpečovací zařízení
RSU	Roadside unit
RVU	Road-Vehicle Unit
ŘDC	Řídící dopravní centrum
ŘSD	Ředistství silnic a dálnic
SIM	Subscriber Identity Module
SLA	Service-Level Agreement
SOA	Service Oriented Architecture
SOAP	Simple Object Access Protocol
SP	Security Policy
SPAT	Signal Phase and Time
SSZ	Světelné signalizační zařízení
SW	Software
TCN	Tram Collision Notification
TLS	Traffic Light Status
TML	Trust List Mager
TP	Technické podmínky

TPM	Trusted Platform Module
UC	Use case
USB	Universal Serial Bus
Use case	Případy užití tj. popis scénářů pro užití v systému C-ROADS CZ
UTC	Coordinated Universal Time
V2V	Komunikace „vehicle – vehicle“
V2X	Komunikace "vehicle – everything"
VPN	Virtual Private Network
WAN	Wide Area Network
WDM	Wavelength-division Multiplexing
WiFi	Wireless Local Area Networking
WS	Web Services
XML	Extensible Markup Language

Zdroje

Číslo	Název
1.	Platné ETSI a ISO normy (viz kapitola 4)
2.	C-ROADS CZ: Use Case katalog, aktuální verze
3.	C-ROADS: Infrastructure Functions and Specifications, aktuální verze
4.	C-ROADS: Roadside ITS G5 System Profile, aktuální verze
5.	Platform for the deployment of C-ITS in the EU, Final report [EK, 1/2016]
6.	COM (2016) 766 – A European strategy on Cooperative Intelligent Transport Systems, a milestone towards cooperative, connected and automated mobility
7.	SCOOP@F Specification [2016]
8.	Architecture for C-ITS applications in the Netherlands v.1.0 [Igor Passchier (TASS), Marcel van Sambeek (TNO) 2016]
9.	Eco-AT Release 6 documents European Corridor – Austrian Testbed for Cooperative Systems, version 3.00 (SWP 2.1 – 3.7), [AustraTech 2017]
10.	Metodika zavádění kooperativních ITS v ČR; [MDČR 2013]
11.	Návrh otevřené národní platformy ITS koridoru a její realizace na části dálniční sítě v ČR; [ŘSD ČR 2015]
12.	Guide about technologies for future C-ITS service scenarios [ERTICO 2015]
13.	Roadmap between automotive industry and infrastructure organizations on initial deployment of Cooperative ITS in Europe v 1.0 [Amsterdam Group 2013]
14.	Amsterdam Group ITS [online] www.amsterdamgroup.eu
15.	C-ROADS Platform: Common C-ITS Service Definitions
16.	C-ROADS CZ: Interface Contract BO2BO
17.	C-ROADS CZ: C-Roads Security Concept
18.	C-ITS Platform: Certificate Policy for Deployment and Operation of European Cooperative Intelligent Transport Systems (CP) [2017]
19.	C-ITS Platform: Security Policy & Governance Framework for Deployment and Operation of European Cooperative Intelligent Transport Systems (SP) [2017]

1 Úvod

Tento dokument slouží jako základní funkční a technický popis jednotlivých komponent C-ITS systému a jejich vzájemného komunikačního propojení za účelem úspěšné realizace projektu C-ROADS CZ, který je součástí pan-evropské platformy C-ROADS. Cílem této platformy je zajistit interoperabilitu budovaných C-ITS systémů v Evropě a C-ROADS CZ je jedním z projektů, které se budou v rámci této platformy realizovat.

Projekt C-ROADS CZ je národní aktivitou, která je financována prostřednictvím evropského programu CEF (Connected Europe Facility) a je koordinována Ministerstvem dopravy, které je zároveň zřizovatelem prováděcího subjektu ŘSD ČR odpovědného za implementaci C-ITS systémů na dálnice a silnice I. třídy. Dalšími partnery projektu jsou Správa železniční dopravní cesty (SŽDC), Brněnské komunikace (BKOM), České vysoké učení technické – Fakulta dopravní (ČVUT FD), O2 Czech Republic (O2), T-Mobile, INTENS Corporation a AŽD Praha. Projekt začal v 2/2016 a bude ukončen k 12/2020 s celkovým rozpočtem 16 mil. Euro.

Tento dokument stanoví základní fyzickou a komunikační architekturu, principy a pravidla pro budování C-ITS systému v rámci projektu C-ROADS CZ tak, aby byla zajištěna kompatibilita jednotlivých C-ITS systémů. Je nezbytné, aby byl tento dokument aktualizován v průběhu řešení projektu a zapracoval nejnovější poznání, popř. nové normativní či právní dokumenty.

Dále pak je nezbytné průběžně projednávat technické a funkční požadavky definované tímto dokumentem s technickými pracovními skupinami C-ROADS Platformy a zohlednit nadnárodní požadavky / doporučení pro zajištění pan-evropské interoperability.

Tyto základní technické a funkční požadavky byly vytvořeny partnery projektu C-ROADS CZ a slouží jako závazné specifikace pro budování C-ITS systémů v rámci projektu. Zároveň slouží jako doporučení dalším zájemcům o budování C-ITS systému pro zajištění kompatibility a interoperability celého systému na národní a mezinárodní úrovni.

Tento dokument nepopisuje všechny požadavky na C-ITS systém v největší hloubce detailu a snaží se definovat základní rámec pro zajištění interoperability systému a nastavení otevřené architektury pro snadné rozšiřování a úpravy dle aktuálních potřeb. Tento dokument bude v dalších fázích projektu aktualizován na základě zkušeností partnerů projektu s implementací a provozem C-ITS systémů na jednotlivých pilotních lokalitách.



2 Popis projektu C-ROADS CZ

Návrh fyzické a komunikační architektury C-ITS systému pro potřeby řešení projektu C-ROADS CZ vychází z národních a evropských dokumentů, zahraničních zkušeností s řešením obdobných projektů a dosavadních výstupů z řešení projektu „Vybudování C-ITS koridoru Mirošovice – Rudná“, který realizuje ŘSD ČR jako „základní kámen“ projektu C-ROADS CZ a nabízí jeho infrastrukturu pro využití a další rozšiřování projektu.

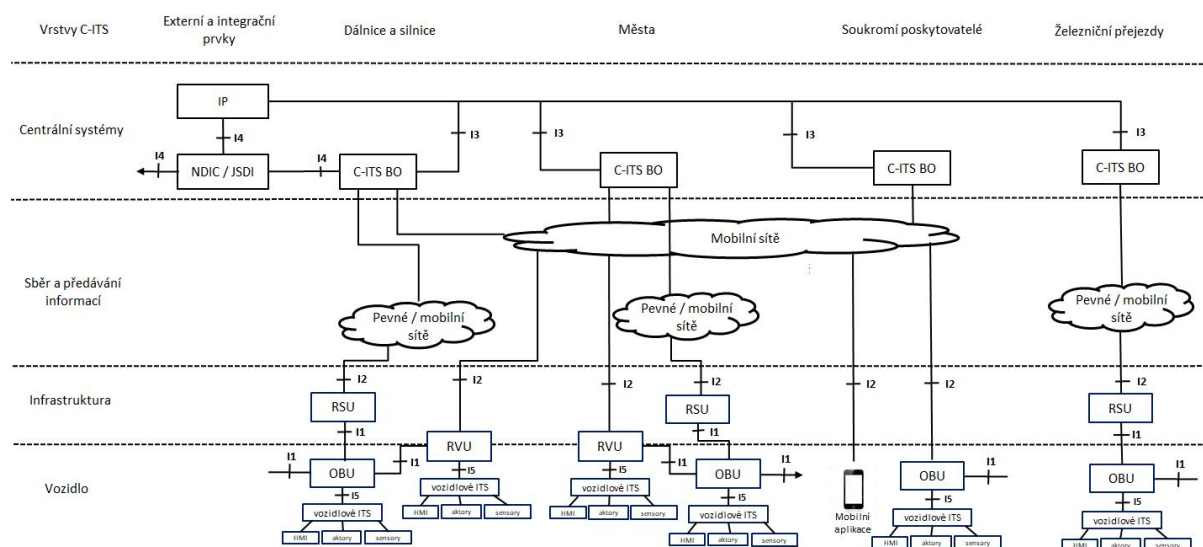
C-ITS systém pro potřeby projektu C-ROADS CZ je rozdělen do následujících základních vrstev, kde se nacházejí konkrétní fyzické i komunikační prvky:

- **Centrální systémy** jsou základní částí systému založené na prvcích umožňujících příjem, zpracování, generování a distribuci ITS zpráv. Bližší informace jsou uvedeny v kapitole 6 tohoto dokumentu. Mezi prvky centrálních systémů patří:
 - C-ITS Back office (C-ITS BO)
 - Národní dopravně informační centrum / Jednotný systém dopravních informací (NDIC/JSDI)
 - Integrovaná platforma (IP)
- **Sběr dat a předávání informací.** Jedná se o přenosové vrstvy zajišťující komunikaci mezi centrálními systémy a C-ITS jednotkami na infrastruktuře, ve vozidlech a mobilními aplikacemi. V této části jsou také popsány základní komunikační rozhraní mezi jednotlivými prvky systému. Bližší informace jsou uvedeny v kapitole 9 tohoto dokumentu. Přenosové cesty v rámci C-ITS systému lze rozdělit do dvou základních kategorií:
 - Síť mobilních operátorů (síť LTE, příp. LTE-V, LTE-B)
 - Pevné sítě správců komunikací (metalické či optické kabelové trasy)
- **Infrastruktura.** V této vrstvě se nacházejí RSU jednotky instalované na stávající / novou technicko-technologickou infrastrukturu umístěnou v okolí dopravních staveb. Bližší informace jsou uvedeny v kapitole 7 tohoto dokumentu. Pro potřeby tohoto dokumentu se infrastruktura dále dělí na:
 - Dálnice a silnice
 - Městská infrastruktura vč. tramvajových tratí
 - Nebezpečné lokality vč. železničních přejezdů
- **Vozidlo.** V této vrstvě se nacházejí C-ITS jednotky instalované do vozidel (osobních / nákladních) nebo na mobilní výstražné vozíky. Tyto jednotky umožňují primární detekci a generování ITS zpráv, které jsou následně rozepisovány dalším vozidlům nebo RSU jednotkám / centrálním systémům. Dále sem patří vozidlové systémy, senzory a také mobilní aplikace pro poskytování informací uživatelům. Bližší informace jsou uvedeny v kapitole 8 tohoto dokumentu. Tato vrstva se dále dělí na:
 - OBU jednotky
 - RVU jednotky
 - Vozidlové systémy (HMI, senzory, aktory)



- Mobilní aplikace (na mobilních telefonech / tabletech)

Schéma níže ukazuje základní architekturu C-ITS systému pro projekt C-ROADS CZ a její dělení vč. jednotlivých prvků a jejich vzájemných vazeb.



Obrázek 1 Obecná architektura systému

Tato fyzická a komunikační architektura C-ROADS CZ projektu popisuje konkrétní prvky systému rozmístěné v jednotlivých vrstvách pro jednotlivé účely použití. V dokumentu níže jsou tyto prvky vč. jejich komunikačních vazeb popsány detailněji. Je předpoklad, že v dalších verzích tohoto dokumentu bude zpracována také detailní funkční architektura projektu C-ROADS CZ dle konkrétních požadavků jednotlivých partnerů odpovědných za realizaci projektu a nasazení C-ITS systému do provozu.

3 Etapy implementace C-ROADS CZ

Návrh implementace projektu C-ROADS CZ byl v pracovní skupině WG2.2 geograficky i časově rozdělen do 6 základních částí pojmenovaných DT1 – DT6, kde:

- DT1 Brno – odpovědnost za řešení mají partneři ŘSD ČR, O2, T-Mobile, BKOM
- DT2 Brno město – odpovědnost za řešení mají partneři BKOM, ŘSD ČR, O2, T-Mobile
- DT3 dálnice D1/D11/D5/D52 – odpovědnost za řešení mají partneři ŘSD ČR, O2, T-Mobile
- DT4 města Ostrava/Plzeň – odpovědnost za řešení mají partneři INTENS, O2, T-Mobile a asociovaní partneři Dopravní podnik Ostrava a.s. a Plzeňské městské dopravní podniky a.s.
- DT5 železniční křižení – odpovědnost za řešení mají partneři SŽDC, AŽD, a ŘSD ČR
- DT6 přeshraniční testování – zapojení zahraničních partnerů, ŘSD ČR, O2, T-Mobile

Bližší popis jednotlivých implementačních etap je uveden v textu níže.

3.1 DT1 – D1 Brno

Tato pilotní lokalita zahrnuje úsek dálnice D1 kolem Brna (délka úseku je přibližně 28 km, staničení km 182 až km 210) společně s hlavními silničními přivaděči do centra města z dálnice D1.

Celkově bude na této lokalitě instalováno 25 RSU jednotek (společně s BT a WiFi detektory), které budou umístěny jak na stávající konstrukce (veřejné osvětlení, info portál ZPI/PDZ, stožár CCTV, silniční meteorologická stanice, portál dopravního značení) tak na nové stožáry u SOS hlásek vybudovaných v rámci této dodávky. Dále bude vozidlovými jednotkami vybaveno 39 vozidel a 30 zabezpečovacích vozíků ve správě SSÚD Brno-Chrlice. Dalšími, minimálně 5 jednotkami vozidlovými C-ITS jednotkami budou vybavena vozidla partnerů projektu (včetně asociovaných partnerů), která budou použita pro testovací účely. Veškerá tato C-ITS zařízení budou spojena s C-ITS BO ŘSD, který byl vytvořen v rámci projektu „Vybudování kooperativního ITS koridoru Mirošovice – Rudná“.

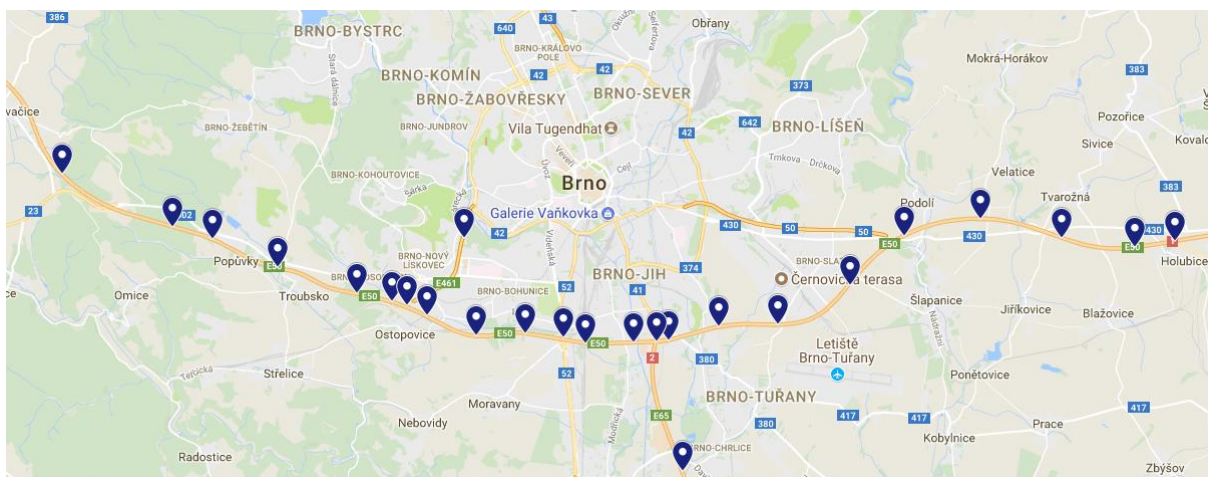
Na této lokalitě budou realizovány následující C-ITS služby:

- Road Works Warning
- Probe Vehicle Data
- In-Vehicle Information
- Slow and Stationary Vehicle
- Emergency Vehicle Approaching
 - Scénář služby EVA, kdy nebudou vozidla IZS vybavena jednotkami OBU/RVU. Varovné zprávy DENM budou šířeny pomocí RSU jednotek, které budou umístěny podél dálnice D1. Přičemž samotné zprávy DENM budou generovány v C-ITS BO na základě informací poskytnutých z dispečinku integrovaného záchranného sboru, který sleduje polohu jednotlivých vozů. Právě způsobem generování a šířením zpráv DENM se tento scénář liší od scénářů popsanych v dokumentu „Use Case katalog“, který byl



vytvořen v rámci projektu C-Roads CZ.

V rámci zakázky na implementaci C-ITS technologie na pilotní lokalitu DT1 bude vytvořena i mobilní aplikace pro HMI zařízení, která bude podporovat výše zmíněné C-ITS služby a navíc bude připravena na prezentaci varovných/informativních zpráv služeb, které budou implementovány na dalších lokalitách, tj. EVA, TJA, WCW, HLN, EEBL.



Obrázek 2 Umístění RSU jednotek v rámci pilotní lokality DT1 (zdroj: Google.com)

3.2 DT2 – Brno město

V rámci této pilotní lokality budou RSU jednotky instalovány na předdefinované lokality na Velkém městském okruhu (VMO), komunikacích propojujících VMO a dálnici D1 a na některých dalších křižovatkách. Na těchto lokalitách bude nasazeno celkem 31 RSU jednotek, zejména do oblastí křižovatek. Tyto jednotky budou zároveň propojeny s řadiči světelné signalizace. C-ITS systém tak bude schopen identifikovat jízdu na signál „stůj“ a zvýšit tak bezpečnost na křižovatkách.

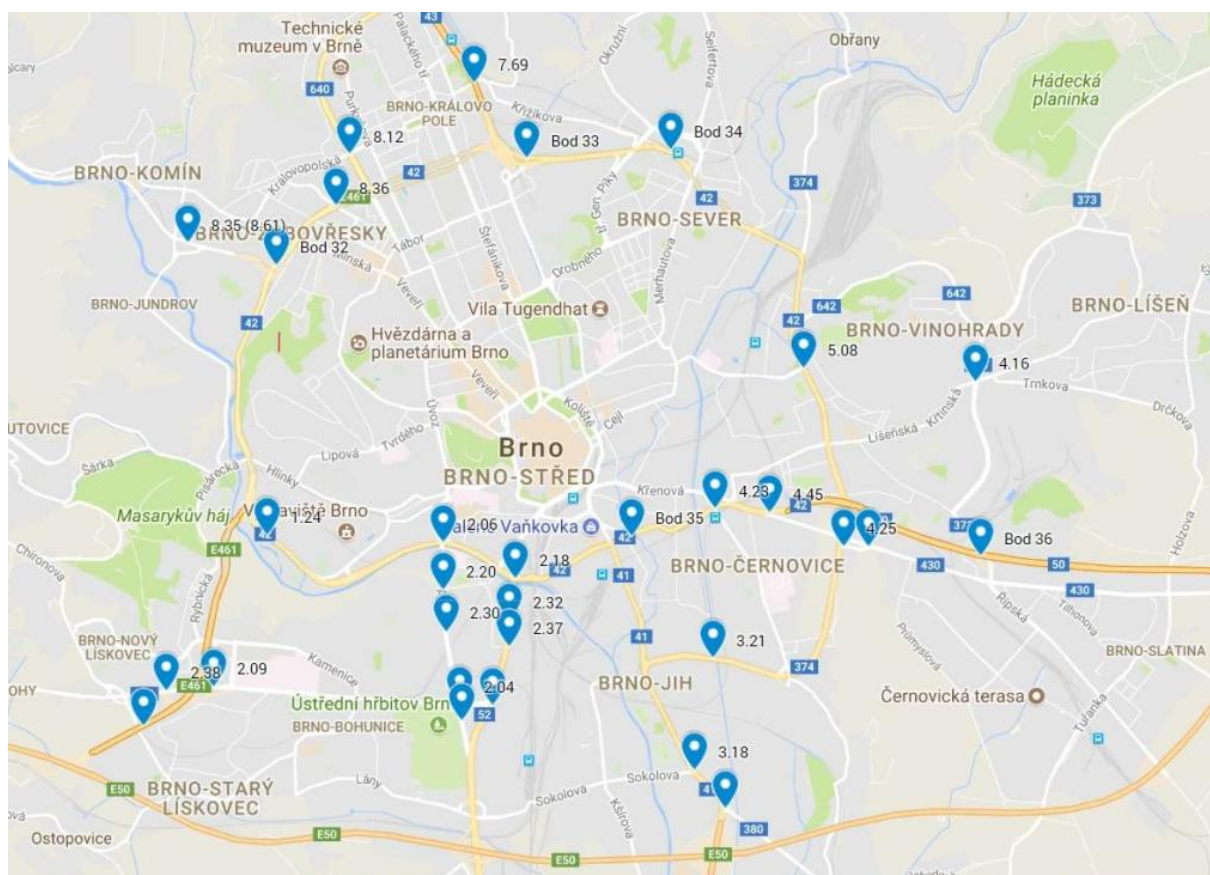
Částí projektu bude i vybavení vozidel údržby v Brně (BKOM) 10 vozidlovými C-ITS jednotkami a jedna vozidlová C-ITS jednotka bude nainstalována do vozidla Hasičského záchranného sboru Jihomoravského kraje. Dalšími 2 vozidlovými C-ITS jednotkami budou vybavena vozidla partnerů projektu (včetně asociovaných partnerů), která budou použita pro testovací účely. Dále bude v rámci této aktivity vytvořen lokální C-ITS back office, který bude zbudován v centrále partnera BKOM. Tento C-ITS back office bude shromažďovat veškerá data v rámci C-ITS systému ve městě, bude ovládat C-ITS zařízení ve městě a bude sdílet předdefinovaná data s ostatními C-ITS back offices prostřednictvím Integrovaní platformy.

Na této lokalitě budou realizovány tyto C-ITS služby:

- Probe Vehicle Data
- Emergency Vehicle Approaching
- Intersection Signal Violation

- Weather Conditions Warning
- Road Works Warning
- Hazardous Location Notification

V rámci zakázky na implementaci C-ITS technologie na pilotní lokalitu DT2 bude vytvořena i mobilní aplikace pro HMI zařízení, která bude podporovat výše zmíněné C-ITS služby a navíc bude připravena na prezentaci varovných/informativních zpráv služeb, které budou implementovány na dalších lokalitách, tj. SSV, IVI, TJA a EEBL. C-ITS zprávy týkající se těchto služeb bude C-ITS back office ve správě společnosti BKOM schopna zpracovat a přeposílat do příslušných RSU jednotek.



Obrázek 3 Umístění RSU jednotek v rámci pilotní lokality DT2 (zdroj: Google.com)

3.3 DT3 – Dálnice D1, D11, D5 a D52

Etapu DT3 lze dále rozdělit na dvě části podle použití přenosové technologie. Na části úseků dálnic D1, D11, D5 a D52 bude nasazena a použita primárně technologie ITS-G5, pro zbylou část vybraných úseků budou pro přenos varovných/informačních zpráv použity výhradně datové služby mobilních operátorů.

Přenosová technologie ITS-G5 bude nasazena na celou dálnici D11, na úsek dálnice D5 mezi Prahou a Plzní a do oblasti hraničního přechodu pro účely přeshraničního testování v dalších etapách projektu. Celkem bude na těchto úsecích nainstalováno 54 RSU jednotek společně s BT a WiFi detektory.

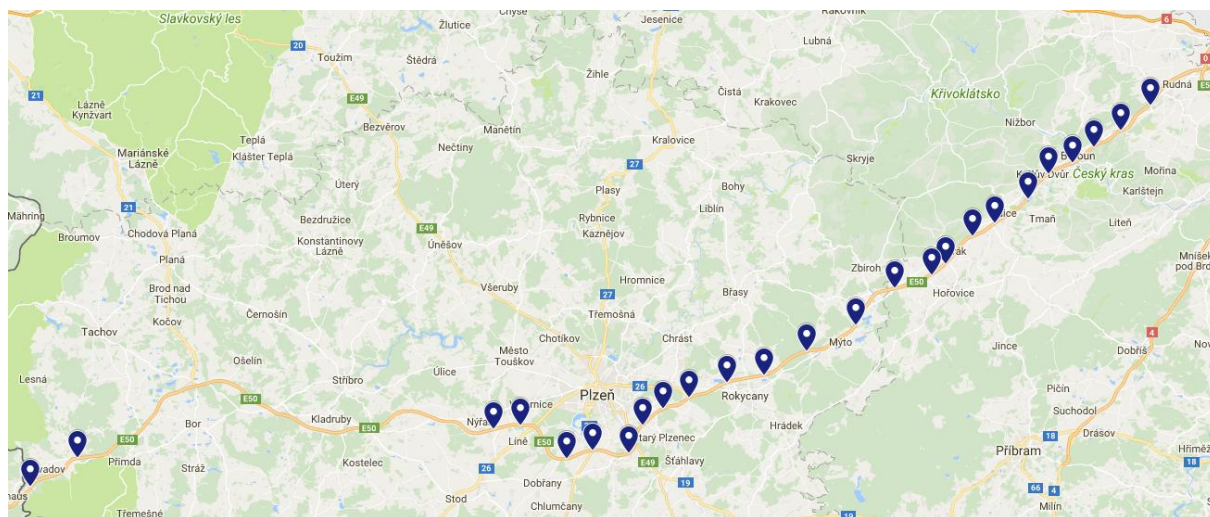
Na ostatních úsecích vybraných dálničních úseků budou C-ITS služby poskytovány prostřednictvím datových služeb mobilních operátorů. Celková délka pokrytých úseků v rámci etapy DT3 bude více než 360 km.

V této části projektu bude instalováno 70 vozidlových C-ITS jednotek do vozidel v majetku ŘSD a 94 vozidlových jednotek do zabezpečovacích vozíků a dalšími 5 vozidlovými C-ITS jednotkami budou vybavena vozidla partnerů projektu (včetně asociovaných partnerů), která budou použita pro testovací účely. Všechny C-ITS zařízení v rámci této etapy budou propojena s C-ITS back office ŘSD.

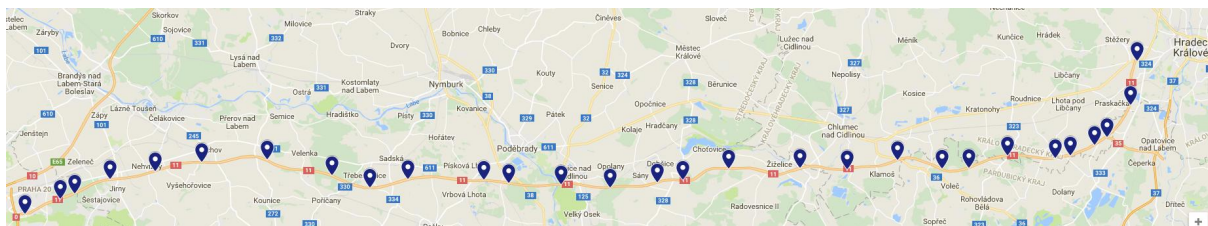
Na této lokalitě budou kompletně realizovány tyto C-ITS služby:

- Road Works Warning
- Probe Vehicle Data
- Slow and Stationary Vehicle

Zprávy ostatních C-ITS služeb (tj. IVI, TJA, EVA, WCW, HLN a EEBL) bude schopný C-ITS BO generovat a přeposílat na základě informací z IP nebo NDIC. Tyto zprávy bude zároveň schopná prezentovat aplikace pro HMI zařízení, která bude vytvořena v rámci zakázky na implementaci C-ITS technologie na pilotní lokalitu DT3.



Obrázek 4 Umístění RSU jednotek v rámci pilotní lokality DT3 – dálnice D5 (zdroj: Google.com)



Obrázek 5 Umístění RSU jednotek v rámci pilotní lokality DT3 – dálnice D11 (zdroj: Google.com)

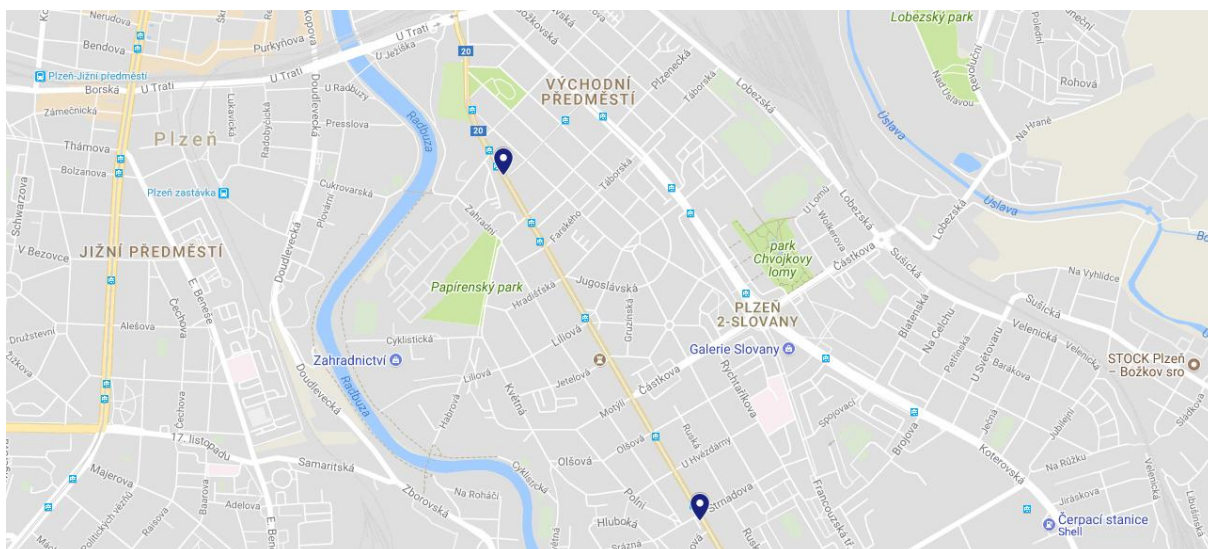
3.4 DT4 – Dopravní podniky Ostrava a Plzeň

V Ostravě a v Plzni budou testovány C-ITS služby zaměřené na městskou hromadnou dopravu. V rámci této etap bude testována prioritizace jízdy vozidel MHD na křižovatkách řízených SSZ prostřednictvím technologie ITS-G5 nebo upozornění řidičů na přítomnost vozidel MHD zejména na křižovatkách, kde hrozí největší nebezpečí srážky při křižovatkových manévrech (např. křížení tramvajové trati při levém odbočení vozidla). V rámci této aktivity budou dočasně nainstalovány 4 C-ITS vozidlové jednotky do vozidel v majetku PMDP a 5 jednotek do vozů v majetku DPO. V rámci DT4 budou v Plzni instalovány 2 RSU jednotky, které budou propojeny s řadičem SSZ. V Ostravě bude nainstalováno 5 RSU jednotek.

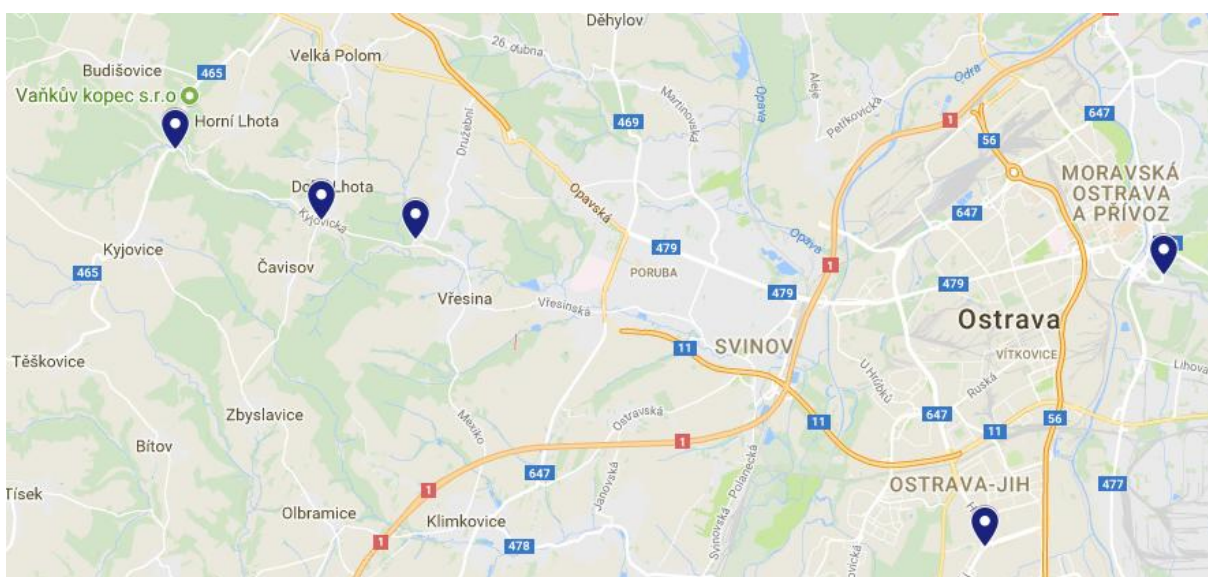
Na této lokalitě budou testovány minimálně tyto C-ITS služby:

- Public Transport Preference
- Public Transport Safety
- Hazardous Location Notification
- Probe Vehicle Data
- Tram Collision Notification
- Traffic Light Status

V rámci zakázky na implementaci technologie bude navíc vytvořena mobilní aplikace pro HMI zařízení, která bude podporovat výše uvedené C-ITS služby a lokální C-ITS back office. Tento C-ITS back office bude shromažďovat veškerá data v rámci C-ITS systému ve městě, bude ovládat C-ITS zařízení ve městě a bude sdílet předdefinovaná data s ostatními C-ITS back offices prostřednictvím Integrovaných platformy.



Obrázek 6 Umístění RSU jednotek v rámci pilotní lokality DT4 - Plzeň (zdroj: Google.com)



Obrázek 7 Umístění RSU jednotek v rámci pilotní lokality DT4 - Ostrava (zdroj: Google.com)

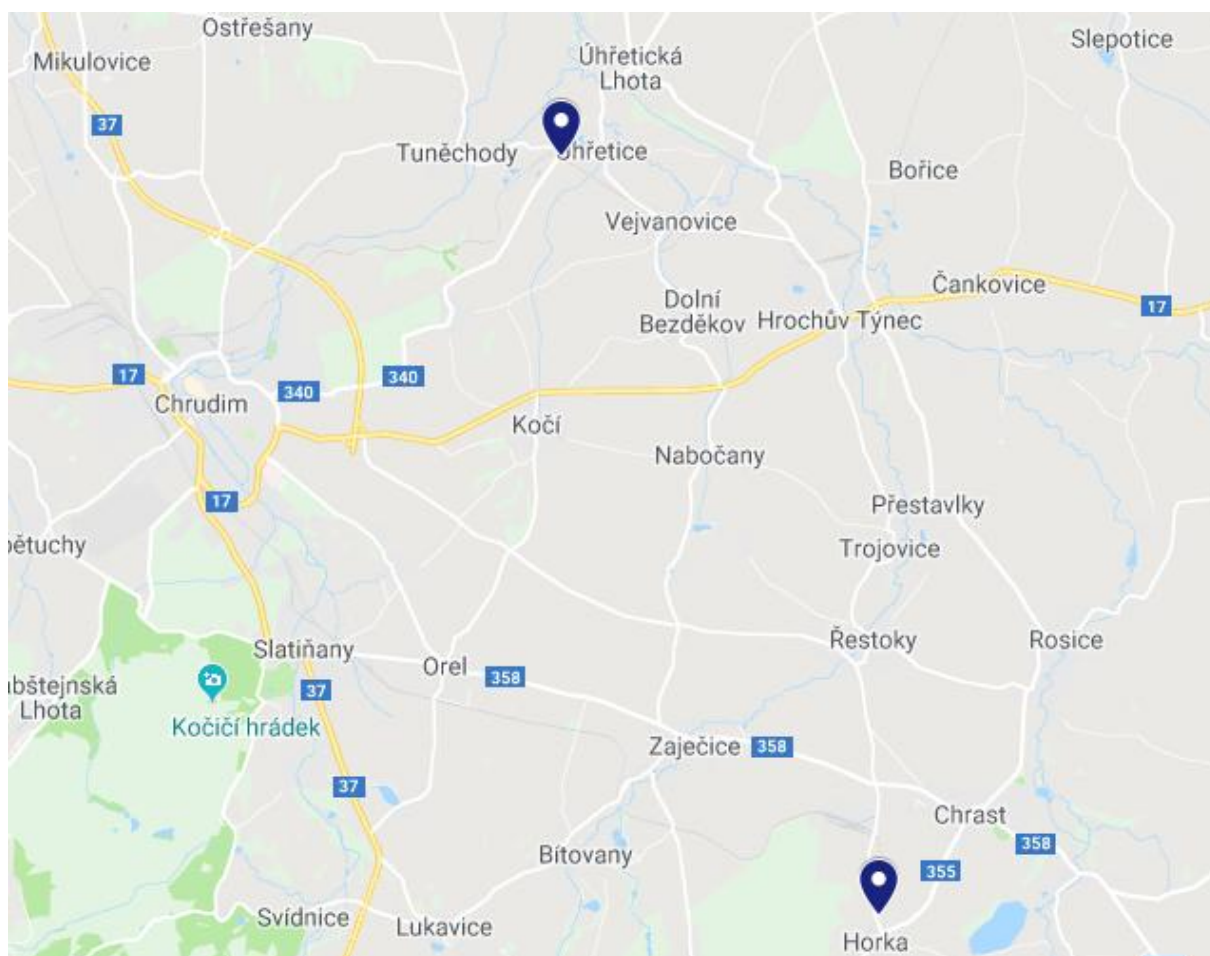
3.5 DT5 – Železniční křižení

Testování C-ITS systému na železničních přejezdech bude prováděno v Pardubickém kraji (železniční tratě „Heřmanův Městec – Moravany“ a Pardubice, „Rosice nad Labem – Žďárec u Skutče“), kde bude ITS-G5 technologie nasazena na dva vybrané železniční přejezdy s přejezdovým zabezpečovacím zařízením (jeden železniční přejezd bude se závorou, druhý bude bez závor). V rámci této aktivity bude vybaveno i několik vozidel partnerů projektu jednotkou OBU pro otestování funkčnosti systému. Cílem testování bude ověřit use case varování řidiče před úrovnovým železničním

přejezdem a tím pádem zvýšit bezpečnost na železničních přejezdech. Řidič bude zároveň na této pilotní lokalitě upozorňován na přítomnost stojícího vozidla před přejezdem. V rámci projektu budou použity nejméně 2 jednotky RSU a 2 OBU.

Na této lokalitě budou testovány minimálně tyto C-ITS služby:

- Railway Level Crossing
- Slow and Stationary Vehicle



Obrázek 8 Umístění RSU jednotek v rámci pilotní lokality DT5 (zdroj: Google.com)

3.6 DT6 – Přeshraniční testování

V rámci této části projektu bude testována interoperabilita C-ITS služeb navržených v rámci projektu C-ROADS CZ. Geografický i technický rozsah testování bude definován v rámci C-ROADS Platformy (TF5) a také bilaterálním jednáním s ostatními státy C-ROADS.

4 Právní a technické předpisy pro realizaci C-ROADS CZ

Tato kapitola uvádí platné právní a technické předpisy potřebné pro realizaci C-ITS systému v rámci projektu C-ROADS CZ. Jedná se o prostý výčet dokumentů, které nejsou detailněji rozděleny do částí dle jednotlivých prvků systému. Účelem této kapitoly je informovat partnery projektu a budoucí dodavatele systémů o dostupných dokumentech, které se daného tématu C-ITS dotýkají.

Návrh C-ROADS CZ architektury vychází z následujících dokumentů a normativních předpisů:

- Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/40/EU o rámci pro zavedení inteligentních dopravních systémů v oblasti silniční dopravy a pro rozhraní s jinými druhy dopravy
- Nařízení Evropské komise v přenesené pravomoci (EU) 2015/962, kterým se doplňuje směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/40/EU, pokud jde o poskytování informačních služeb o dopravním provozu v reálném čase v celé EU (12/2014)
- Evropská strategie týkající se spolupracujících inteligentních dopravních systémů, milník na cestě ke spolupracující, propojené a automatizované mobilitě: COM(2016)766 Final
- Akční plán rozvoje inteligentních dopravních systémů (ITS) do roku 2020, který byl schválen vládou ČR v květnu 2015.
- Implementační plán k Akčnímu plánu rozvoje inteligentních dopravních systémů (ITS) v ČR do roku 2020, který byl schválen vládou ČR v červnu 2016.
- Sdělení Komise ze dne 16. 12. 2008 „Akční plán zavádění inteligentních dopravních systémů v Evropě“, KOM(2008) 86.
- Rozhodnutí Komise č. 2008/671/ES ze dne 5. srpna 2008 o harmonizovaném využívání rádiového spektra v kmitočtovém pásmu 5 875 – 5 905 MHz pro aplikace inteligentních dopravních systémů (ITS).
- Doporučení Komise ze dne 26. května 2008 o bezpečných a účinných informačních a komunikačních systémech ve vozidlech: Aktualizace Evropského prohlášení o zásadách rozhraní člověk/stroj.
- Doporučení Komise č. 2001/551/ES ze dne 4. července 2001 o vypracování právních a obchodních rámcových podmínek pro účast soukromého sektoru na rozšiřování telematických dopravních a cestovních informačních služeb v Evropě.
- Mandát M/453 Inteligentní doprava v Evropském Společenství zaměřený na standardizační kroky podporující zavedení kooperativních systémů v EU

Na základě právních analýz výzkumného projektu Technologické Agentury ČR s názvem „Zvýšení bezpečnosti silničního provozu pomocí vozidlových spolupracujících systémů zajišťující komunikaci vozidla s ostatními vozidly nebo s inteligentní dopravní infrastrukturou“ bylo konstatováno, že současné právní normy neupravují podmínky zavedení kooperativních ITS systémů ale současně také, že stávající právní normy zavedení nové generace ITS systémů v ČR nebrání. Hlavní národní legislativní dokumenty spojené se zaváděním nové generace ITS systémů jsou:



- Zákon č. 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích a o změnách některých zákonů (dále jen Zákon o provozu na pozemních komunikacích), ve znění pozdějších předpisů, je účinný od 1. 1. 2001.
- Zákon č. 13/1997 Sb., o pozemních komunikacích, v platném znění (dále jen Zákon o pozemních komunikacích).
- Zákon č. 111/1994 Sb., o silniční dopravě.
- Zákon č. 12/1997 Sb., o bezpečnosti a plynulosti provozu na pozemních komunikacích.
- Zákon č. 56/2001 Sb. o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích a o změně zákona č. 168/1999 Sb., o pojištění odpovědnosti za škodu způsobenou provozem vozidla a o změně některých souvisejících zákonů (dále jen Zákon o podmínkách provozu vozidel).

Při řešení projektu musí být respektovány vyhlášky, předpisy a normy platné v době zpracování projektu, zejména pak:

- Vyhláška Ministerstva dopravy č. 104/1997 Sb., kterou se provádí zákon o pozemních komunikacích
- Vyhláška č. 3/2007 Sb., o celostátním dopravním informačním systému
- Usnesení vlády ČR č. 590/2005 k realizaci JSDI
- Rozhodnutí Ministerstva dopravy č. j. 881/2013-120-STSP/2 o provádění částečných uzavírek na celé síti dálnic a rychlostních silnic, z důvodu provádění údržby, měření a oprav pozemních komunikací, CEN TS 16157-1 Inteligentní dopravní systémy – Specifikace výměnného formátu DATEX II pro řízení dopravy a dopravní informace – Část 1: Obecný rámec a architektura
- CEN TS 16157-2 Inteligentní dopravní systémy – Specifikace výměnného formátu DATEX II pro řízení dopravy a dopravní informace – Část 2: Označování pozice
- EN TS 16157-3 Inteligentní dopravní systémy – Specifikace výměnného formátu DATEX II pro řízení dopravy a dopravní informace – Část 3: Publikace situace
- TP 66 Zásady pro označování pracovních míst na pozemních komunikacích
- TP 172 Dopravní informační centra
- TP 182 Dopravní telematika na pozemních komunikacích
- TP 189 Stanovení intenzit dopravy na pozemních komunikacích
- Aplikace, pokud je ISVS, musí splňovat zákon č. 365/2000 Sb., o informačních systémech veřejné správy, a navazující vyhlášky

Realizace všech etap projektu C-ROADS CZ musí být v souladu s platnými dokumenty vydanými pan-evropskou platformou C-ROADS. Jedná se o tyto dokumenty:

- C-ROADS: European security mechanism
- C-ROADS: Roadside ITS-G5 System Profile
- C-ROADS: C-ITS Infrastructure Functions and Specifications
- C-ROADS: Common C-ITS Service Definitions



V rámci realizace projektu musejí být dále respektovány platné evropské i světové standardy a směrnice pro použití C-ITS a přenosových protokolů. Jedná se zejména o tyto předpisy:

- ETSI TS 102 637-1 Intelligent Transport Systems (ITS); Vehicular Communications; Basic Set of Applications; Part 1: Functional Requirements
- ETSI TS 102 687 Intelligent Transport Systems (ITS); Decentralized Congestion Control Mechanisms for Intelligent Transport Systems operating in the 5 GHz range; Access layer part
- ETSI TS 102 724 Intelligent Transport Systems (ITS); Harmonized Channel Specifications for Intelligent Transport Systems operating in the 5 GHz frequency band
- ETSI TS 102 731 Intelligent Transport Systems (ITS); Security; Security Services and Architecture
- ETSI TS 102 894-1 Intelligent Transport Systems (ITS); Users and applications requirements; Part 1: Facility layer structure, functional requirements and specifications
- ETSI TS 102 894-2 Intelligent Transport Systems (ITS); Users and applications requirements; Part 2: Applications and facilities layer common data dictionary
- ETSI TS 103 097 Intelligent Transport Systems (ITS); Security; Security header and certificate formats
- *ETSI TS 102 792 - Mitigation techniques to avoid interference between European CEN Dedicated Short Range Communication (CEN DSRC) equipment and Intelligent Transport Systems (ITS) operating in the 5 GHz frequency range*
- ETSI TS 102 940 Intelligent Transport Systems (ITS); Security; ITS communications security architecture and security management
- ETSI TS 102 941 Intelligent Transport Systems (ITS); Security; Trust and Privacy Management
- ETSI TS 102 942 Intelligent Transport Systems (ITS); Security; Access Control
- ETSI EN 302 636-4-1 Intelligent Transport Systems (ITS); Vehicular Communications; GeoNetworking; Part 4: Geographical addressing and forwarding for point-to-point and point-to-multipoint communications; Sub-part 1: Media-Independent Functionality
- ETSI TS 102 637-1 Intelligent Transport Systems (ITS); Vehicular Communications; Basic Set of Applications; Part 1: Functional Requirements
- ETSI TS 103 097 Intelligent Transport Systems (ITS); Security; Security header and certificate formats
- ETSI EN 302 637-2 Intelligent Transport Systems (ITS); Vehicular Communications; Basic Set of Applications; Part 2: Specification of Cooperative Awareness Basic Service
- ETSI EN 302 637-3 Intelligent Transport Systems (ITS); Vehicular Communications; Basic Set of Applications; Part 3: Specifications of Decentralized Environmental Notification Basic Service
- ETSI EN 302 663 Intelligent Transport Systems (ITS); Access layer specification for Intelligent Transport Systems operating in the 5 GHz frequency band
- ETSI EN 302 665 Intelligent Transport Systems (ITS); Communications Architecture
- ETSI EN 302 571 Intelligent Transport Systems (ITS); Radiocommunications equipment operating in the 5 855 MHz to 5 925 MHz frequency band; Harmonized EN covering the



essential requirements of article 3.2 of the R&TTE Directive

- ETSI EN 302 931 Intelligent Transport Systems (ITS); Vehicular Communications; Geographical Area Definition
- ETSI ES 202 663 Intelligent Transport Systems (ITS); European profile standard for the physical and medium access control layer of Intelligent Transport Systems operating in the 5 GHz frequency band
- IETF RFC 2460 Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification
- RFC 6275 Mobility Support in IPv6
- IEEE Std 802.11p IEEE Standard for Information technology — Telecommunications and information exchange between systems — Local and metropolitan area networks — Specific requirements; Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications; Amendment 6: Wireless Access in Vehicular Environments
- ISO 29281 Intelligent transport systems - Communication access for land mobiles (CALM) - Non-IP networking
- ISO 21215 Intelligent transport systems - Communications access for land mobiles (CALM) - M5
- PKCS#1 RSA Cryptography Specification
- PKCS#8 Private-Key Information Syntax Specification
- PKCS#10 Certification Request Syntax Specification
- PKCS#11 Cryptographic Token Interface Standard
- FIPS 180-4 Secure Hash Standard definující SHA-2 hashovací funkci (případně novější standard
- FIPS 180-4 Secure Hash Standard definující SHA-3 hashovací funkci)
- FIPS 186-3 Digital Signature Standard (DSS)
- FIPS 140-2 U.S. government computer security standard used to approve cryptographic modules

5 Popis C-ITS služeb

Tato kapitola popisuje C-ITS služby (use case) fungující na principech C-ITS systémů, které jsou nasazovány na jednotlivých pilotních lokalitách. Seznam služeb byl definován již v grantové dohodě projektu C-ROADS CZ.

Tento dokument obsahuje pouze základní popis nasazovaných služeb. Detailní popis jednotlivých služeb, popis použitých C-ITS zpráv a jejich atributů je uveden v dokumentu „Use Case katalog“, který byl vytvořen v tomto projektu v rámci úkolu 37.1.4 a je zároveň přílohou tohoto dokumentu. Use Case katalog je průběžně aktualizován tak, aby reflektoval změny v evropských a národních standardech, normách a technických a funkčních specifikacích pan-evropské platformy C-ROADS.

5.1 Road Works Warning (RWW)

Cílem use case „Práce na silnici“ (Road Works Warning) je včasné upozornit řidiče o pracích na silnici/dálnici zejména v extravilánu, které probíhají před ním na předpokládané trase. Řidiči je prezentována informace o rozsahu prací a s tím spojených dopravních omezeních (např. uzavření jízdních pruhů, rychlostní omezení) ještě před tím, než je schopen práce fyzicky zpozorovat a uzpůsobit tomu svou jízdu. Jedná se o doplňkovou službu k již existujícím informacím o pracích na silnici distribuovaných jinými kanály (rozhlasového dopravní zpravodajství, RDS-TMC, atd.), která je zaměřená na lokalizované konkrétní informace v blízkém okolí příslušných prací. Výrazně se tím redukuje riziko vzniku nehody na začátku pracovních míst (např. náraz do mobilního výstražného vozíku) a tím se výrazně zvýší i bezpečnost pracovníků údržby pohybujících se v místě prací. Od účastníků silničního provozu se očekává při spuštění tohoto UC zvýšená ostražitost v místě prací a přizpůsobení rychlosti v dostatečném předstihu před začátkem úseku prací, případně změna jízdního pruhu. Varovné zprávy use casu RWW jsou šířeny pomocí standardizovaných zpráv DENM.

Kvalita tohoto use case závisí na dostupnosti jednotek RSU/RVU v místě prací či jeho blízkém okolí proti směru jízdy tak, aby řidiče mohla včas informovat o hrozícím nebezpečí. V zásadě lze jednotku RVU umístit na pojízdnou uzavírkovou tabuli (zabezpečovací výstražný vozík), zařízení předběžné výstrahy či přímo na vozidla provádějící údržbu nebo umístit jednotku RSU na vybavení infrastruktury v blízkosti pracovního místa. V rámci UC RWW jsou navrženy dva scénáře, kdy jeden popisuje statické pracovní místa a druhý popisuje práce na silnici, jejichž poloha se neustále mění (např. sekání trávy).

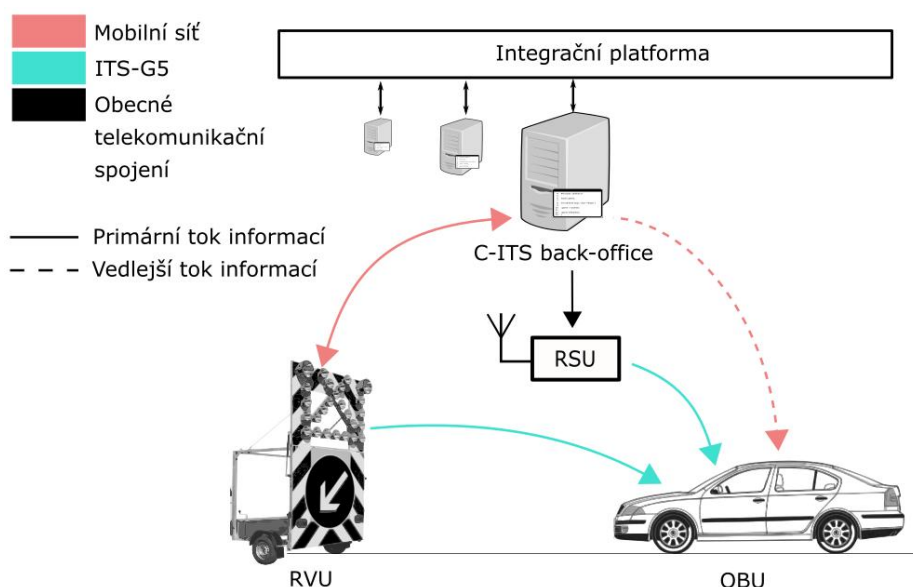
5.1.1 Statický režim

Varování řidiče před místem prací na silnici, které omezuje průjezd oblastí na předpokládané trase. Varování před pracemi na silnici může obsahovat navíc (oproti službám HLN a WCW) informace o sjízdnosti a krajnice, uzavřených jízdních pruzích, druh práce na silnici, či rychlostním omezení. Zdrojem varování může být RVU jednotka umístěná na zabezpečovacím mobilním vozíku, ale i RSU jednotka v místě prací, na rozdíl od mobilního režimu, kdy se poloha prací dynamicky mění.



Rozsah a přesnost informací poskytovaných uvnitř varovných zpráv v rámci služby RWW závisí na zdroji informací a způsobu generování zprávy. Dělení způsobu generování zpráv v rámci služby RWW je následující:

- V RVU jednotce – bez spojení z C-ITS BO
- V RVU jednotce – se spojením s C-ITS BO
- V C-ITS back office – manuální vytvoření
- V C-ITS back office – příjem z externích zdrojů



Obrázek 9 Princip fungování use case RWW v statický režim – se spojením s C-ITS BO v RVU jednotce

5.1.2 Mobilní režim

Poskytování informací o pracích na vozovce, které jsou aktivovány přímo zaměstnanci údržby silnic na místě prací. Upozornění mohou být přenášena do vozidel s předstihem, anebo přímo u začátku souvisejícího omezení. Informace jsou přenášeny primárně formou zpráv DENM. Mobilní režim je zaměřen na detekci a upozornění na vozidla údržby silnic, která se vyskytují na komunikaci a pohybují se výrazně nižší rychlostí, než je rychlost dopravního proudu.

Tento typ události je podrobně řešen v UC „Slow and stationary vehicles“ (viz kap. č. 5.4.1). Vozidla údržby mohou oproti běžným vozidlům navíc vysílat informaci o zobrazovaném výstražném symbolu (odboč vlevo, odboč vpravo). Zdrojem vysílání zpráv DENM je v tomto scénáři přímo OBU/RVU v pomalu jedoucím vozidle údržby. Alternativně mohou být vozidla údržby detekována prostřednictvím CAM zpráv, které periodicky vysílají po celou dobu jízdy a mimo jiné obsahují informaci o aktuální rychlosti.

5.2 Probe Vehicle Data (PVD)

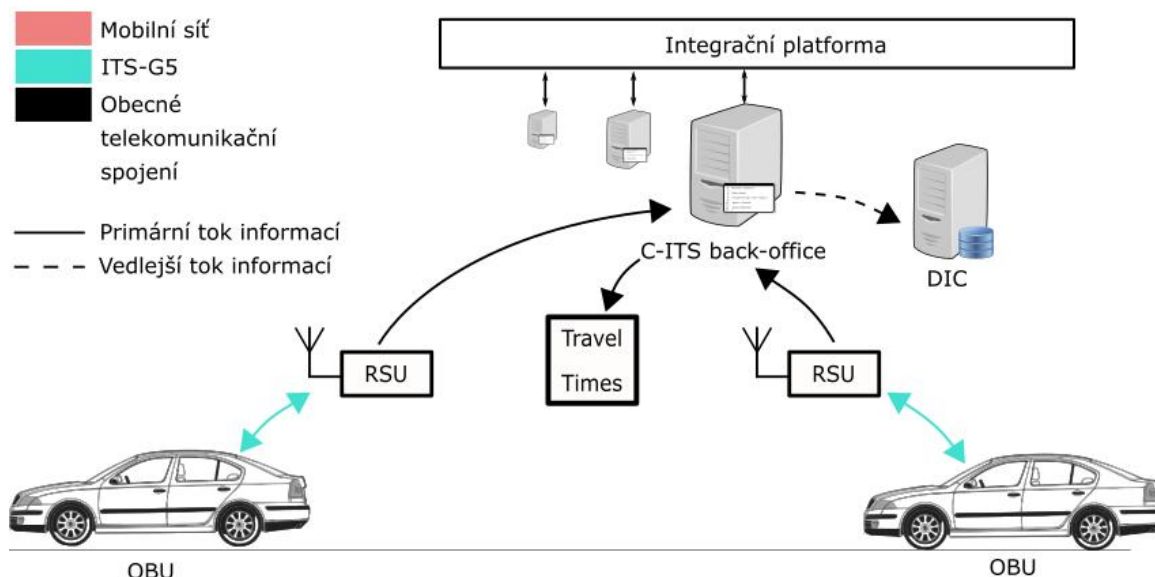
Use case Probe Vehicle Data slouží primárně správci komunikace jako dodatečný zdroj dopravních informací. Princip UC je následující: jednotky RSU podél komunikace sbírají data z projíždějících vozidel (jednotek OBU/RVU), tato data rovnou zpracovávají a do C-ITS back office (a dále do nadřazených řídicích systémů NDIC) posílají v přesně definovaných časových intervalech ucelené dopravní informace. Kvalita UC je bezesporu silně závislá na míře penetrace vozidel C-ITS jednotkami, ovšem oproti standardně používaným metodám automatického sběru dopravních informací má dvě základní výhody:

- Každou RSU jednotku lze v rámci jejího dosahu nakonfigurovat na několik virtuálních detekčních zón, které je navíc možno relativně snadno upravovat.
- V rámci UC PVD lze sbírat i data nad rámec běžných sčítačů dopravy (např. stav denních/nočních světlometů, mlhových světel, atd.), které RSU jednotky přijímají ve formě zpráv CAM.

Cílem tohoto use case je poskytnout správci komunikace další zdroj kvalitních informací, který může sloužit jak k aktuálnímu řízení dopravy (řídicí cyklus SSZ na exponovaných křižovatkách), tak jako nápomocný prvek při vyhodnocování řídicích dopravních strategií. Zároveň tento use case umožňuje identifikovat problematické úseky na komunikaci (vyhodnocení statistických dat) a sledovat vývoj dopravních jevů (kongesce, dopravní špičky, aj.).

Nad rámec krátkodobého a dlouhodobého sběru dat jednotka RSU odesílá do C-ITS back office základní data (ID OBU jednotky, kategorii vozidla, čas, polohu, rychlost a směr) z každého detekovaného vozidla v dosahu, vždy však pouze informace z první CAM zprávy, kterou od daného vozidla obdrží. Díky datům z jednotlivých vozidel bude možné stanovit dojezdové doby mezi stanovenými profily a následně je řidičům prezentovat formou IVI zpráv (viz kap. č. 5.3) nebo prostřednictvím portálů dopravních informací.





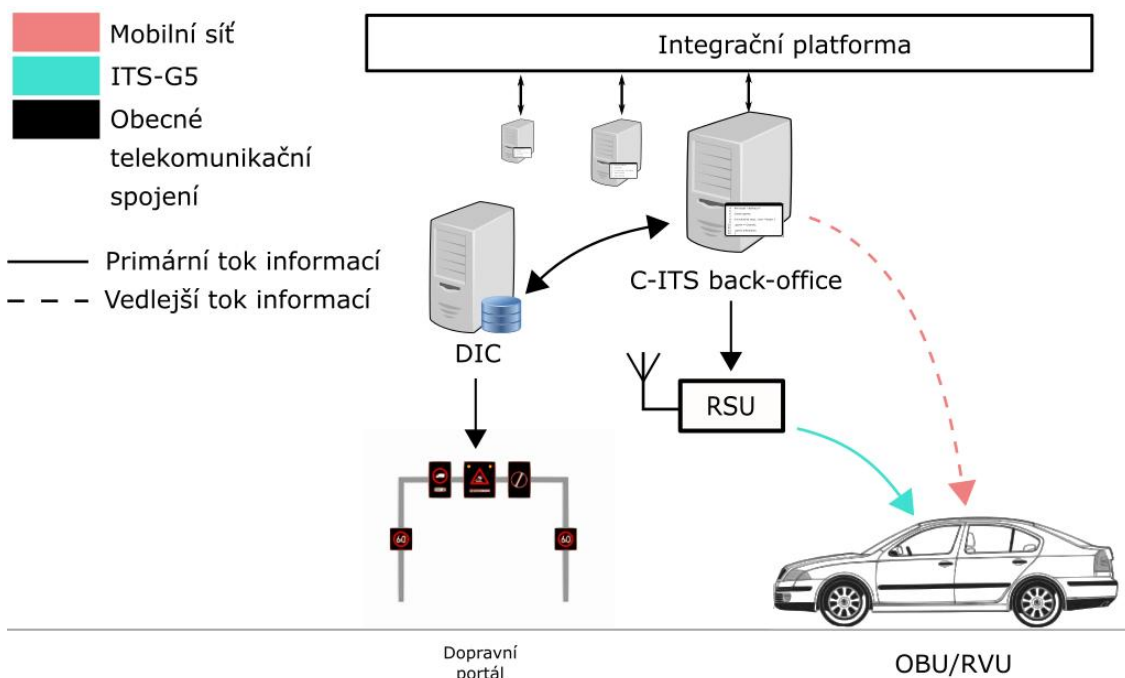
5.3 In-Vehicle Information (IVI)

Základním cílem tohoto use case je zdůraznit řidiči informaci, která je pro něj určena, přímo ve vozidle (zobrazení dopravních informací na HMI zařízení ve vozidle). Takovými informacemi je myšleno především dopravní značení a provozní informace z dopravních portálů. Obsahem zpráv tedy budou zejména výstražné, zákazové a příkazové dopravní značky doplněné textovým popisem. V budoucnu se počítá i se zobrazením klasických (statických) dopravních značek umístěných podél komunikací.

Výhodou tohoto systému je fakt, že IVI informace mohou být řidiči zobrazeny kdekoliv v dosahu C-ITS systému (ještě před fyzickým zpozorováním dopravní značky, popř. po celou dobu/oblast její platnosti) a navíc mohou být zobrazeny cíleně pouze těm řidičům, kterým jsou určeny (např. zákaz předjíždění pro nákladní vozidla, časově omezené snížení rychlosti).

Dopravní symboly a doplňující text jsou v rámci tohoto use case přenášeny prostřednictvím standardizovaných zpráv IVI. Zprávy IVI jsou generovány přímo v C-ITS back office a následně jsou přenášeny do příslušných RSU jednotek umístěných na dopravní infrastruktuře. Tyto jednotky dále zprávy vysílají projíždějícím vozidlům vybaveným OBU/RVU jednotkou. Zdrojem informací při generování IVI zpráv jsou data z dopravních řídicích center, které tyto informace předávají do C-ITS back office.

Rozsáhlejší nasazení těchto systémů na české dálnice by představovalo přínosy především ve zvýšení bezpečnosti provozu díky snížení rizika přehlédnutí dopravní značky, popř. jejich včasnému zpozorování a lepšímu porozumění ze strany řidičů, vyšší plynulost dopravy bez kongescí (omezení vzniku „Stop and Go vln“).



Obrázek 10 Princip fungování use case IVI

5.4 Slow and Stationary Vehicle (SSV)

Cílem tohoto use case je včasné upozornění řidiče na, jak již název částečně napovídá, pomalu jedoucí nebo stojící vozidlo na předpokládané trase. Tento UC je přínosný řidičům především v případech, pokud stojící nebo pomalu jedoucí vozidlo není vidět z důvodu špatných rozhledových poměrů nebo z důvodu nepříznivého počasí. Růst významnosti UC roste s rozdílem rychlostí mezi pomalým/stojícím vozidlem a ostatními vozidly na dané komunikaci. Z toho důvodu je UC navržena zejména do prostředí dálnic a komunikací v extravilánu, kde se vozidla pohybují vysokou rychlostí, tudíž zde hrozí nejvyšší riziko srážky s pomalým/stojícím vozidlem. Řidiči je v rámci tohoto UC prezentována varovná zpráva prostřednictvím HMI. Součástí tohoto upozornění by měla být informace o typu nebezpečí, vzdálenost k inkriminovanému místu, případně poloha stojícího/pomalého vozidla v rámci jízdních pruhů (tuto informaci je nutno zadat manuálně řidičem pomalého/stojícího vozidla z důvodu nedostatečně přesného určení polohy pomocí GNSS). Varovné zpráva use casu SSV jsou šířeny pomocí standardizovaných zpráv DENM. Alternativně mohou být stojící nebo pomalu jedoucí vozidla detekována prostřednictvím CAM zpráv, které periodicky vysílají po celou dobu jízdy a mimo jiné obsahují informaci o aktuální rychlosti.

V některých případech se může jednat o doplňkovou službu k již existujícím distribučním kanálům varovných zpráv (rozhlasové dopravní zpravodajství, RDS-TMC, apod.). Tento UC však nabízí přesnou lokalizaci konkrétní mimořádnosti na komunikaci v jejím okolí. Tímto způsobem se může výrazně redukovat riziko srážky s pomalým či stojícím vozidlem na silniční komunikaci.

UC Slow and Stationary Vehicle se rozděluje do dvou režimů. Tyto režimy se liší nejen objektem varování, ale také zdroji vysílání varovných zpráv. Use case SSV tedy nabízí následující režimy:

- Pomalu jedoucí vozidlo
- Stojící vozidlo

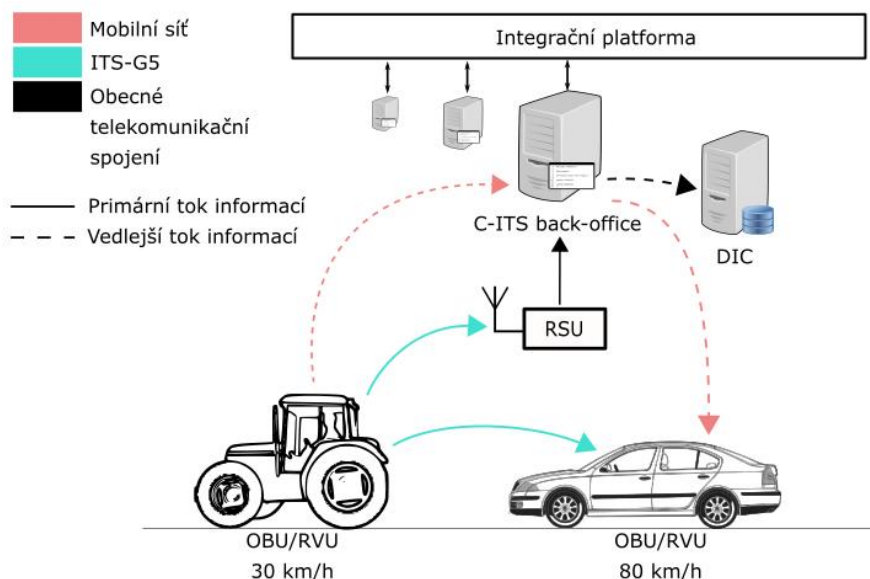
5.4.1 Pomalu jedoucí vozidlo

Objektem tohoto režimu UC jsou výrazně pomalá vozidla pohybující se po komunikaci v extravilánu. Doplnujícími informacemi o těchto vozidlech může být „důvod“ pomalé jízdy (sněžný pluh, konvoj, nadrozměrný náklad, aj.), poloha v rámci jízdních pruhů, jejich aktuální rychlost. Rozsah poskytovaných informací je však ve všech případech limitován pouze na informace, které generuje samotné vozidlo (informace, které lze vyčíst ze sběrnic vozidla), nebo které řidič zadá manuálně přes HMI. Poloha vozidla je určována pomocí GNSS přijímače, který bude součástí OBU/RVU.

Rozsah a přesnost informací poskytovaných uvnitř varovných zpráv v rámci upozornění na pomalu jedoucí vozidlo ve službě SSV závisí na zdroji informací a způsobu generování zprávy. Dělení způsobu generování zpráv v rámci služby SSV je následující:

- V OBU/RVU jednotce – automatické vytvoření
- V OBU/RVU jednotce – manuální vytvoření (HMI)
- V C-ITS BO – z externích zdrojů

Pokud se na trase pomalu jedoucího vozidla nacházejí jednotky RSU, bude zpráva DENM přenášena přes tyto RSU jednotky do C-ITS back office a následně do nadřazených řídicích systémů (např. IP, NDIC). Na základě těchto informací, může být nastaveno obecné upozornění na pomalu jedoucí vozidlo na příslušných dopravních portálech. Toto varování lze poté přenášet ostatním řidičům formou IVI zpráv (use case - IVI).



Obrázek 11 Princip fungování use case SSV v režimu pomalu jedoucího vozidla – automatické vytvoření v OBU/RVU jednotce

5.4.2 Stojící vozidlo

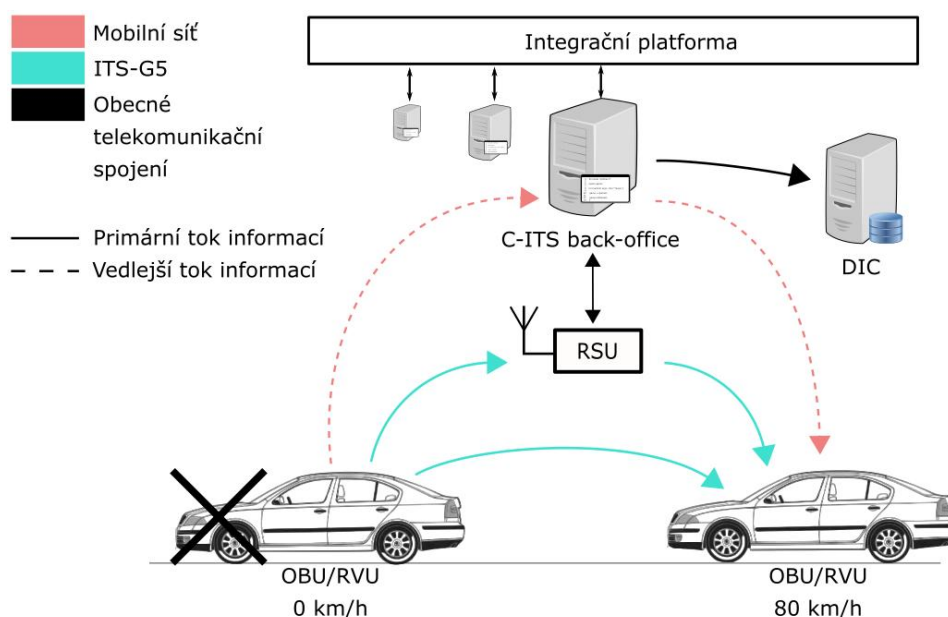
Objektem tohoto režimu UC jsou vozidla, která se zastaví na komunikaci a vytvářejí tím potenciálně nebezpečnou překážku pro ostatní účastníky provozu. Tento UC není zaměřena pouze na vozidla, která cíleně zastaví například u krajnice (odstavný pruh), ale také na neočekávané „zastavení“ vozidla způsobené dopravní nehodou či poruchou vozidla. Důvod stání vozidla bude vyslán v rámci varovné zprávy DENM. Doplňujícími informacemi o stojícím vozidle může být příčina stání (zdravotní potíže, technická závada, dopravní nehoda, aj.), poloha stojícího vozidla v rámci jízdních pruhů (potřeba zadat manuálně). Rozsah poskytovaných informací je však opět ve všech případech limitován pouze na informace, které generuje samotné vozidlo (informace, které lze vyčíst ze sběrnic vozidla) nebo které řidič zadá manuálně přes HMI. Poloha stojícího vozidla je opět získávána pomocí GNSS přijímače, který bude součástí OBU/RVU.

Zdrojem varovných zpráv budou OBU/RVU jednotky umístěné v samotném stojícím vozidle. Pokud se však bude v místě zastavení vozidla nacházet i jednotka RSU, bude zpráva o stojícím vozidle přeposílána přes RSU do C-ITS back office a na následně do nadřazených řídicích systémů (např. IP, NDIC). Na základě těchto informací, může být následně nastaveno obecné upozornění na stojící vozidlo na příslušných dopravních portálech. Toto varování lze poté přenášet řidiči formou IVI zprávy (use case - IVI).

V tomto režimu však může být přímo DENM zpráva následně vysílána i RSU jednotkami v okolí neboť poloha stojícího vozidla je statická a nehrozí tedy zaslání zprávy s neaktuální polohou vozidla, na rozdíl od případu varování před pomalu jedoucím vozidlem.

Rozsah a přesnost informací poskytovaných uvnitř varovných zpráv v rámci upozornění na stojící vozidlo ve službě SSV závisí na zdroji informací a způsobu generování zprávy. Dělení způsobu generování zpráv v rámci služby SSV je následující:

- V OBU/RVU jednotce – automatické vytvoření
- V OBU/RVU jednotce – manuální vytvoření (HMI)
- V C-ITS back office – manuální vytvoření
- V C-ITS back office – příjem z externích zdrojů



Obrázek 12 Princip fungování use case SSV v režimu stojícího vozidla – automatické vytvoření v OBU/RVU jednotce

5.5 Railway Level Crossing (RLX)

Hlavním účelem tohoto use case je zdůraznění upozornění na blížící se úroňový zabezpečený železniční přejezd řidiči. Součástí varovné zprávy bude informace o typu přejezdu, poloha a stav zabezpečovacího zařízení (ve výstražce/v dlouhodobé výstražce = pouze upozornění na železniční přejezd). Pro provoz UC Railway Level Crossing není nezbytně nutné zajištění komunikace s C-ITS back office. Komunikační spojení RSU jednotky u železničního přejezdu s C-ITS back office by však umožnilo poskytovat tyto varovné zprávy prostřednictvím infrastruktury elektronických datových sítí (v případě zajištění dostatečné rychlosti přenosu). Statická informace o poloze železničního přejezdu je nastavena do příslušné RSU jednotky a tato informace je vysílána kontinuálně. Zabezpečovacího zařízení bude propojeno s RSU jednotkou a na základě dat ze zabezpečovacího zařízení bude vysílána varovná zpráva o stavu zabezpečovacího zařízení blížícím se vozidlům.

Poznámka: Z bezpečnostních důvodů (přinejmenším v podmínkách České republiky), nelze vysílat explicitní informaci „Přejezd je volný“. Ani OBU nesmí neexistenci výstrahy takto interpretovat! V případě, že je železniční přejezd „volný“ bude šířena pouze zpráva obsahující obecnou informaci o existenci železničního přejezdu na předpokládané trase (spolu s dalšími parametry přejezdu).

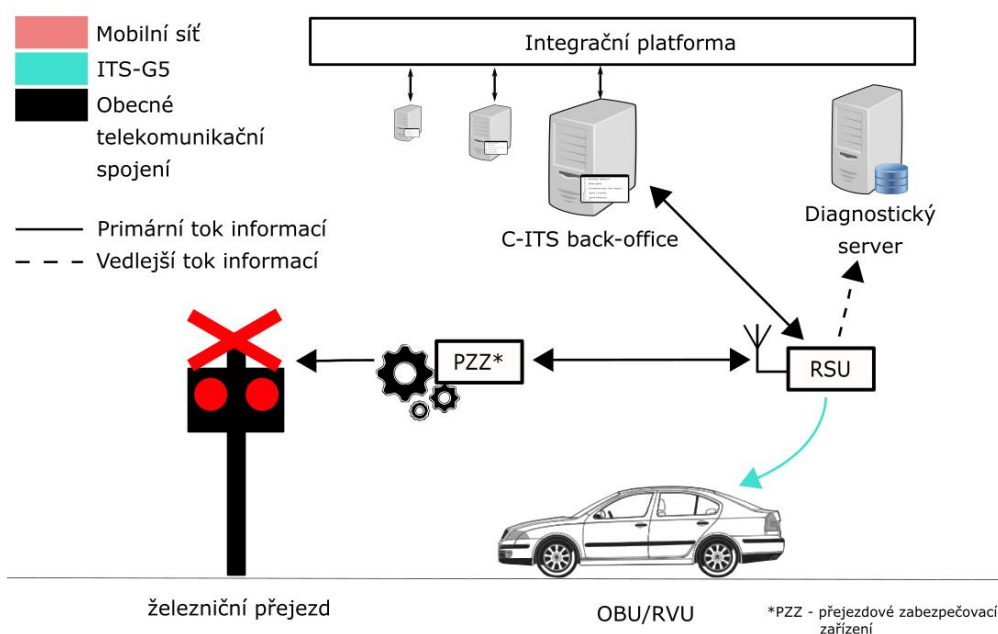
Varovná zpráva o železničním přejezdu je v rámci této služby přenášena prostřednictvím C-ITS zpráv (DENM nebo SPaT a MAP), jejichž přesná podoba bude upřesněna na základě testů na pilotních lokalitách a na základě diskuse s ostatními zahraničními partnery platformy C-ROADS. V rámci projektu budou testovány tyto dva přístupy:

- **DENM**

Příslušná zpráva DENM popisuje potřebné parametry přejezdu a předává informaci o jeho momentálním stavu. Varovné zprávy DENM jsou generovány a vysílány pro každou příjezdovou cestu k železničnímu přejezdu zvlášť (tzn. min dvě zprávy pro jeden železniční přejezd).

- **SPaT/MAP**

Zprávy MAP umožňují detailně popsat topologii a geometrii železničního přejezdu a jasně definovat jaká komunikace je vyhrazena pro jaký typ dopravy (např. silniční komunikace, železnice) a díky tomu získá řidič komplexní informaci o podobě železničního přejezdu (tzn. počet kolejí, úhel křížení, šířka železničního přejezdu). V kombinaci se zprávami SPaT je navíc možné řidiče informovat o stavu světelné signalizace na přejezdu. V případě budoucího rozšíření tohoto UC umožňuje SPaT zpráva přenášet informace o rychlostním omezení, době do změny signálu, aj.



Obrázek 13 Princip fungování use case RLX

5.6 Emergency Vehicle Approaching (EVA)

Úkolem služby „Blížící se vozidlo IZS“ (Emergency Vehicle Approaching) je dostatečně předem upozornit řidiče na blížící se vozidlo integrovaného záchranného systému (IZS) nebo na místo zásahu jednotek IZS (např. dopravní nehoda). Řidiči jsou včas informováni prostřednictvím DENM (CAM) zpráv a mohou vozidlům IZS umožnit volný průjezd. Řidičům je primárně vysílána poloha vozidla IZS - vzdálenost od vozidla a směr příjezdu.

Cílem této služby je zajistit vozidlům IZS volný a plynulý průjezd k místu zásahu a výrazně tím zkrátit dojezdové doby zásahu poskytováním varovných zpráv přímo do vozidla v dostatečné době před příjezdem. V okamžik, kdy se vozidlo IZS již nachází na místě zásahu, bude o této mimořádnosti informovat blížící se řidiče, což povede ke zvýšení bezpečnosti nejen provozu, ale také posádky vozů IZS.

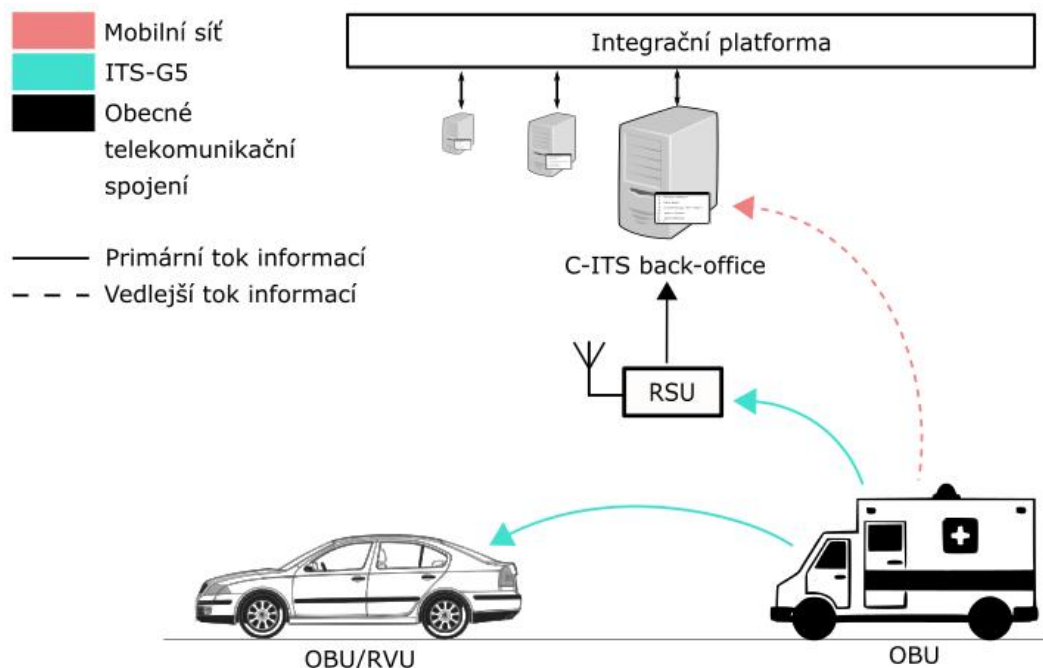
Ke zvýšení bezpečnosti provozu a zkrácení dojezdové doby k zásahu vozidel IZS v kontextu této služby však nebude docházet pouze prostřednictvím varování ostatních řidičů před blížícím se nebo zasahujícím vozidlem IZS, ale také prostřednictvím aktivní absolutní preference na křižovatkách řízených SSZ.

5.6.1 Mobilní režim

Upozornění řidičů na blížící se vozidlo integrovaného záchranného sboru. Zprávu o blížícím se vozidlu IZS vysílá pouze samotné vozidlo vybavené OBU jednotkou. Řidiči jsou tak včas informováni prostřednictvím DENM zpráv a mohou vozidlům IZS umožnit volný průjezd. Případně mohou být vozidla IZS detekována prostřednictvím CAM zpráv, které automaticky vysílají po celou dobu jízdy. Řidičům je primárně zobrazována informace o typu varování a vzdálenosti od vozidla IZS. Pokud je zpráva zachycena jednotkou RSU na infrastruktuře, zprávu pouze přepoše do C-ITS BO, ale dále ji již projíždějícím vozidlům vybaveným C-ITS jednotkami nevysílá z důvodu rychlé změny polohy vozidla IZS.

Rozsah a přesnost informací poskytovaných uvnitř varovných zpráv v rámci služby SSV závisí na zdroji informací a způsobu generování zprávy. Dělení způsobu generování zpráv v rámci služby SSV je následující:

- V OBU/RVU jednotce – automatické vytvoření
- V C-ITS BO – z externích zdrojů



Obrázek 14 Princip fungování use case EVA v mobilním režimu – automatické vytvoření

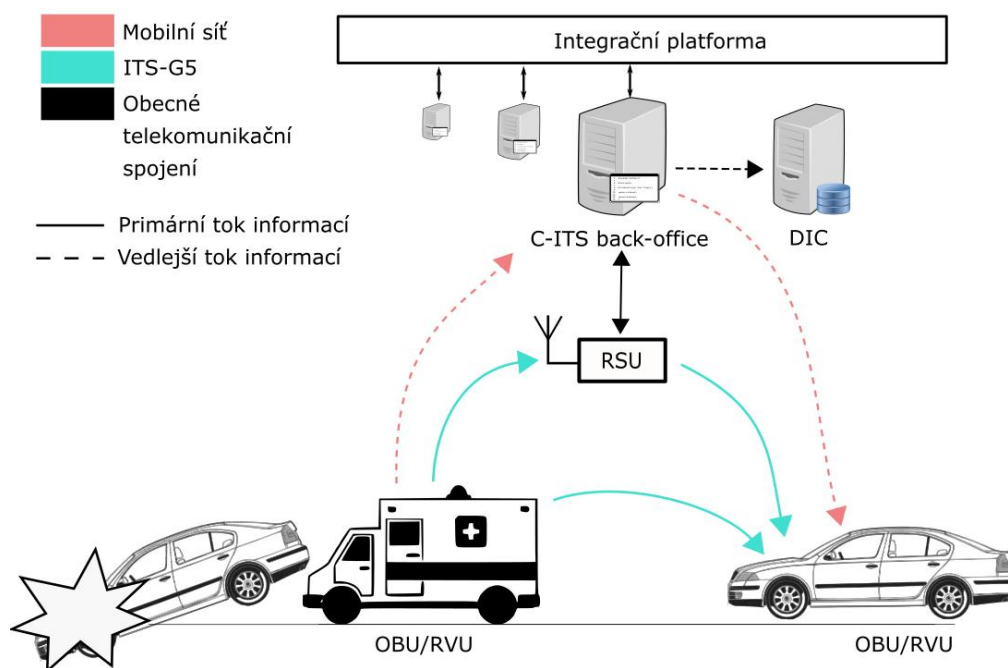
5.6.2 Statický režim

Upozornění řidičů na místo zásahu vozidel integrovaného záchranného systému. Varovnou zprávu vysílá OBU/RVU jednotka ve stojícím vozidle IZS se zapnutými majáky, stojící déle než 30 s. Informace o zásahu vozidel IZS může být případně šířena i jednotkou RSU v okolí zásahu. Řidiči jsou tak včasné informováni o mimořádnosti na komunikaci a mohou přizpůsobit svoji rychlost a dráhu.

Informace o aktivaci statického režimu (příslušná DENM zpráva) je odeslána do C-ITS back office, odkud může být tato informace dále přeposlána na okolní RSU, které mohou prostřednictvím DENM zprávy varovat přijíždějící řidiče.

Rozsah a přesnost informací poskytovaných uvnitř varovných zpráv na místo zásahu IZS v rámci služby EVA závisí na zdroji informací a způsobu generování zprávy. Dělení způsobu generování zpráv v rámci služby EVA je následující:

- V OBU/RVU jednotce – automatické vytvoření
- V C-ITS back office – manuální vytvoření
- V C-ITS back office – příjem z externích zdrojů

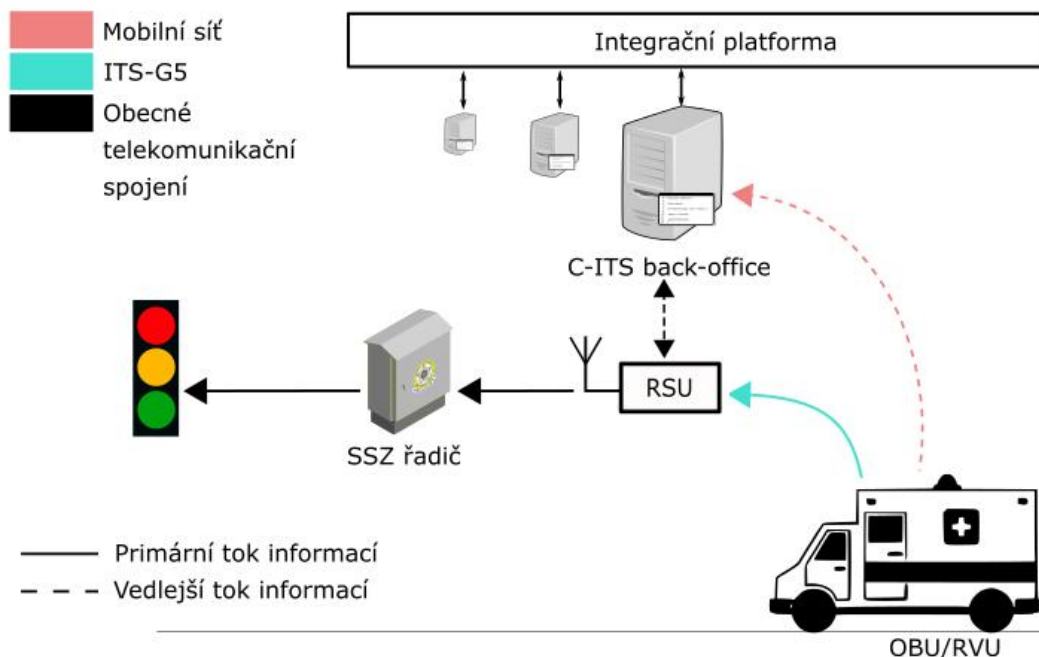


Obrázek 15 Princip fungování use case EVA ve statickém režimu – automatické vytvoření v OBU/RVU jednotce

5.6.3 SSZ priorita

Tento scénář zajišťuje volný průjezd vozidel IZS křižovatkou řízenou světelným signalizačním zařízením (SSZ). Na křižovatce budou jednorázově nastaveny virtuální detekční oblasti (obdobně jako ve službě PVD). Při příjezdu vozidla do těchto oblastí RSU jednotka identifikuje přítomnost preferenčního vozidla (EmergencyPriority) na základě CAM zpráv a zároveň rozezná, pro které příjezdové rameno křižovatky má být nastaven signál „volno“. Tyto informace budou zaslány do řadiče SSZ. Ten následně zajistí změnu fáze na daný signál pro všechny křižovatkové pohyby ve směru příjezdu IZS, respektive signál „stůj“ pro všechny ostatní směry. V křižovatce budou dále definovány odhlašovací oblasti, které budou indikovat úspěšný průjezd preferenčního vozidla. Po průjezdu odhlašovací oblastí zašle RSU jednotka zprávu do řadiče SSZ a ten opět spustí běžný signální plán.

Začátek detekčních zón je nutné vytvořit v dostatečné vzdálenosti před stopčarou, pro zajištění dostatečného času na vhodnou reakci řadiče SSZ.



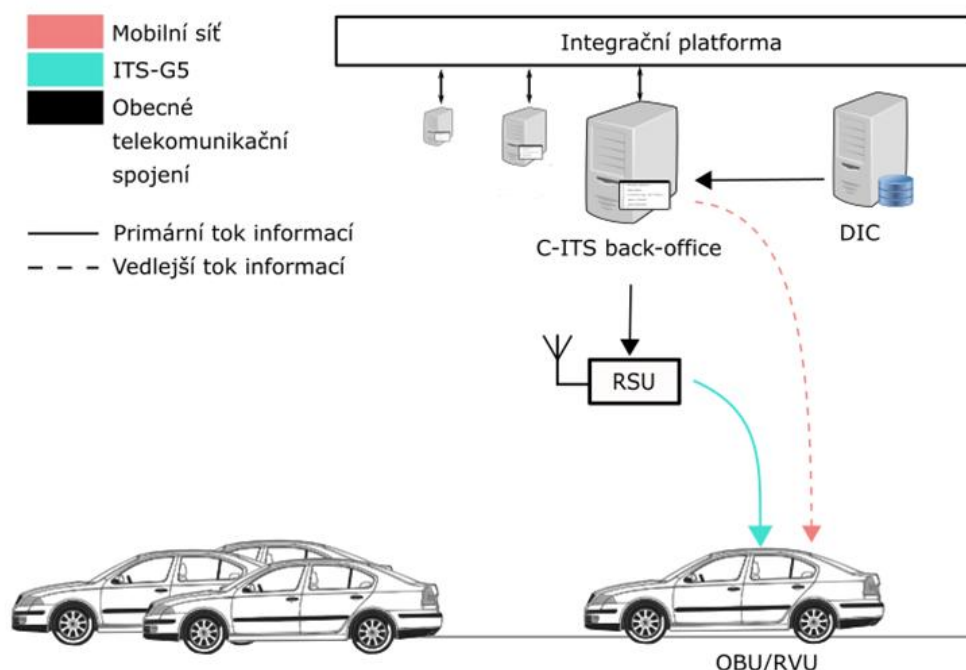
Obrázek 16 Princip fungování use case EVA v režimu SSZ prioritá

5.7 Traffic Jam Ahead Warning

Náplní služby „Upozornění na dopravní kongesci“ (Traffic Jam Ahead Warning) je poskytování informací nebo varování o dopravních kolonách včetně jejich základního popisu. Zprávy generované v rámci tohoto UC mohou obsahovat informaci o stavu dopravní kongesce (např. silný nárůst kongesce, lehký nárůst délky kolony), délce kolony a vzdálenosti ke konci kolony, případně může být uživateli přenášena informace o zdržení v minutách. Tyto informace umožní řidiči vyhnout se této překážce a zvolit alternativní trasu nebo přizpůsobit svou rychlost a snížit tím riziko nárazu se stojícími vozidly v koloně.

Rozsah a přesnost informací poskytovaných uvnitř varovných zpráv v rámci služby TJA závisí na zdroji informací a způsobu generování zprávy. Dělení způsobu generování zpráv v rámci služby TJA je následující:

- V OBU/RVU jednotce – manuální vytvoření (HMI)
- V C-ITS back office – manuální vytvoření
- V C-ITS back office – příjem z externích zdrojů
- V C-ITS back office – automatické vytvoření



Obrázek 17 Princip fungování use case TJA – příjem z externích zdrojů v C-ITS BO

5.8 Intersection Signal Violation

Use case „Detekce jízdy na červenou“ (Intersection Signal Violation) cílí na zvýšení bezpečnosti na křižovatkách řízených SSZ. Tato služba je rozdělena do dvou scénářů, přičemž druhý přímo navazuje na první, tj.:

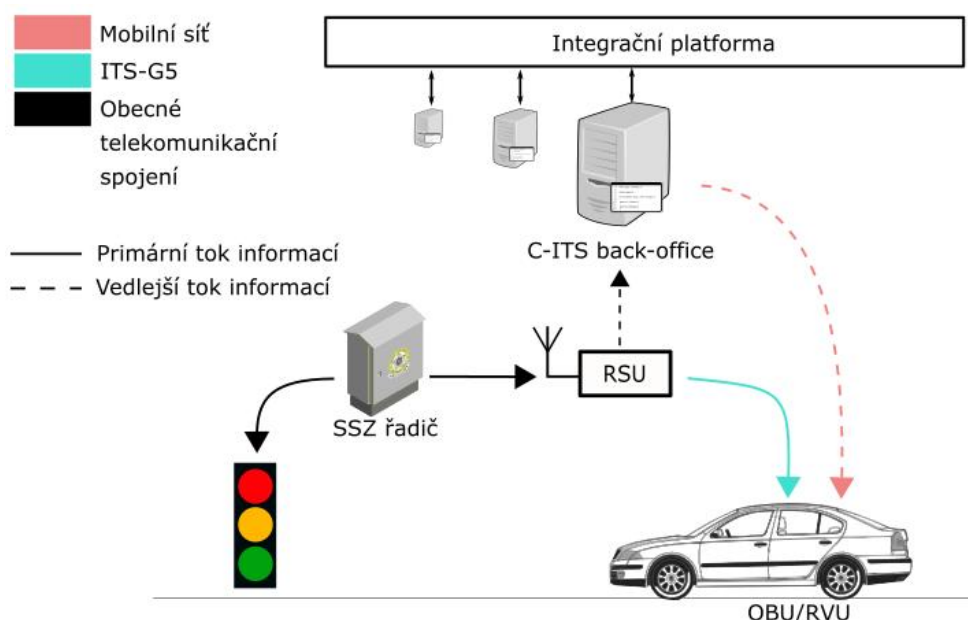
- Informování o stavu SSZ
- Varování před jízdou na červenou

Řidiči, který se blíží ke křižovatce řízené SSZ, bude zaslána informace o aktuálním signálu pro jeho směr, která mu bude zároveň prezentována na HMI zařízení. V případě, že se bude řidič přibližovat ke křižovatce ve směru, pro který aktuálně platí signál „stůj“, vyšší rychlostí, bude řidiči tato informace ještě zdůrazněna varovnou notifikací na HMI ve vozidle. V takový okamžik začne být samotným vozidlem, resp. RVU/OBU jednotkou v tomto vozidle, generována varovná zpráva, která bude ostatní řidiče varovat před nebezpečím srážky z důvodu jízdy jiného vozidla na signál „stůj“.

5.8.1 Informování o stavu SSZ

Vozidlo přijíždějící ke křižovatce řízené světelně signalizačním zařízením (SSZ) je v předstihu informováno o stavu světelné signalizace v jeho směru. Informace o aktuálních signálech na jednotlivých ramenech křižovatky jsou zprostředkovávány pomocí zpráv SPaT a MAP, ty jsou generovány RSU jednotkou na základě dat z řadiče dané křižovatky. Dále jsou tyto zprávy rozesílány RSU jednotkami umístěnými v blízkosti křižovatky. Vyhodnocování zpráv následně probíhá

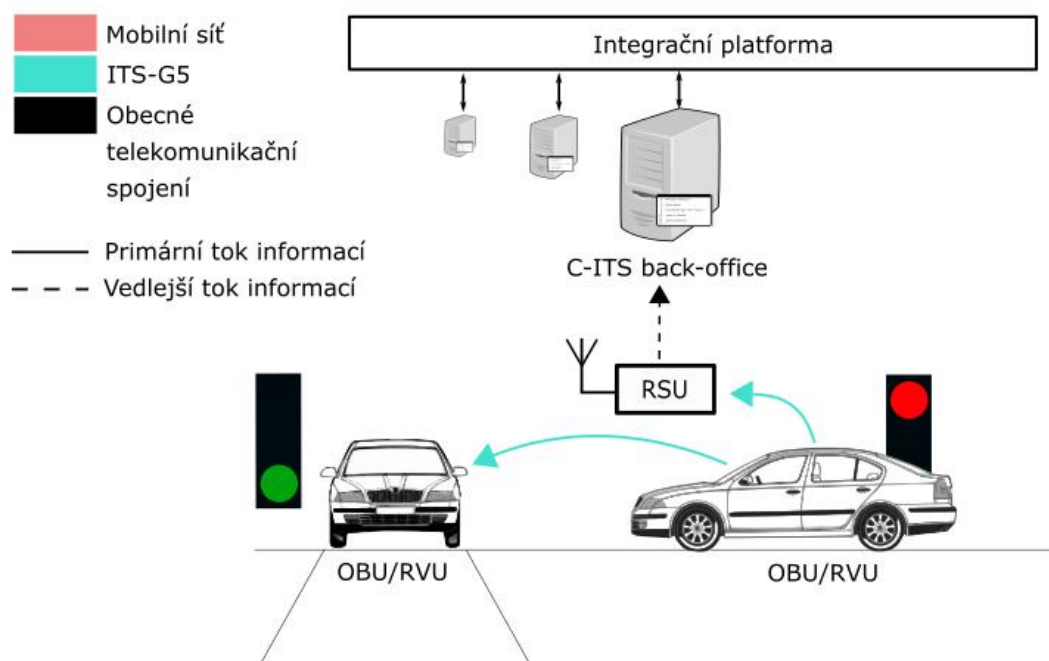
v OBU/RVU jednotce ve vozidle. Na základě těchto zpráv bude následně řidiči ve vozidle zobrazen aktuální signál pro daný směr.



Obrázek 18 Princip fungování use case ISV v režimu informování o stavu SSZ

5.8.2 Varování před jízdou na červenou

Tento scénář v podstatě navazuje na předchozí scénář. Řidič ve vozidle přijíždějící ke křižovatce řízené světelně signalizačním zařízením (SSZ) bude prostřednictvím zpráv SPAT a MAP a následně zobrazením informace na HMI zařízení v předstihu informován o aktivním signálu pro daný směr. Může se ovšem stát, že je řidič rozptýlen a nezaznamená změnu ze signálu „volno“ na signál „stůj“. Nicméně díky kontinuálně vysílaným zprávám SPAT a MAP je vozidlo schopné detekovat potenciální jízdu na signál „stůj“ a řidiče upozornit (např. varovná zpráva, akustický signál). Pokud je pro daný jízdní směr aktivní signál „stůj“ a řidič i přes tento imperativ nezačne zpomalovat (vyhodnocení aktuální rychlosti a akceleračních hodnot), začne jednotka OBU/RVU ve vozidle generovat zprávu DENM, která bude ostatní účastníky provozu na křižovatce varovat před jízdou vozidla na signál „stůj“ a tudíž na potenciální riziko srážky s tímto vozidlem.



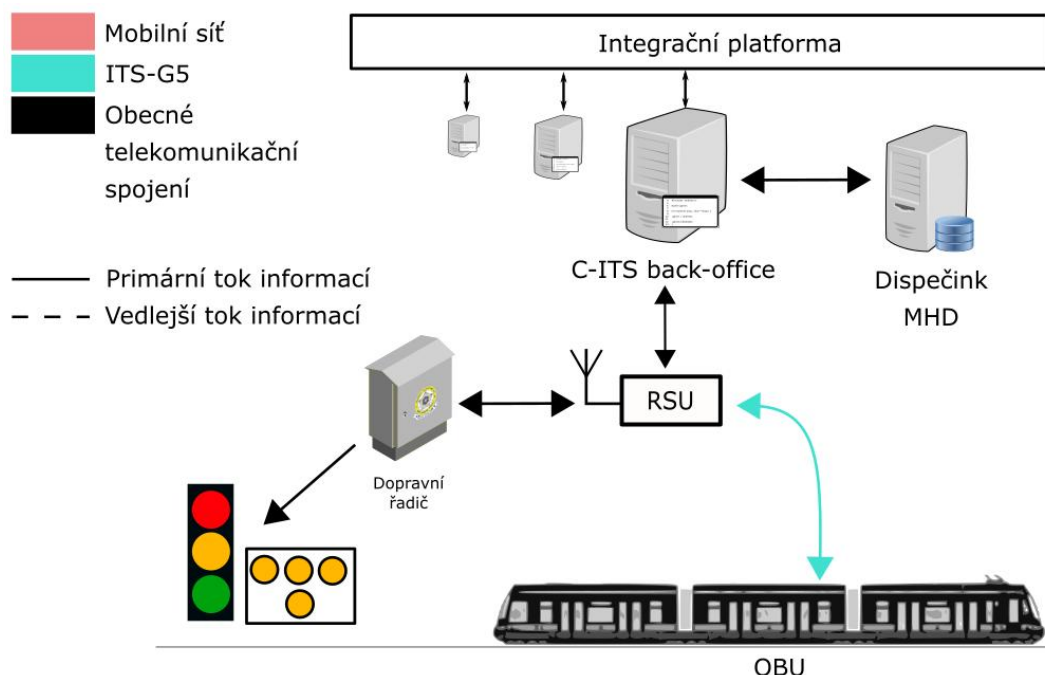
Obrázek 19 Princip fungování use case SSV v režimu varování jízdy na červenou

5.9 Public Transport Preference

Tato služba přináší možnost přednostní volby a prodlužování signálu volno přijíždějícími vozidly MHD, za účelem projet křižovatkou zcela bez zastavení nebo s minimálním zdržením. Vozidlo se do systému řízení křižovatkou přihlásí v předstihu CAM zprávou. Alternativně může OBU/RVU jednotka ve vozidle požádat o preferenční průjezd křižovatkou SRM zprávou. Obecně tato služba představuje alternativu ke stávajícím systémům preference (radiomajáky, trolejové kontakty, aj.).

Požadavek na preferenční průjezd vozidla MHD křižovatkou je z vozidla vybaveného OBU/RVU jednotkou vyslán prostřednictvím CAM zprávy, která je periodicky vysílána po celou dobu jízdy. Tato zpráva obsahuje mimo jiné i ID vozidla, aktuální polohu vozidla, rychlost, typ vozidla (vozidlo MHD, tramvaj) a informaci o čísle linky. Tato zpráva je následně zachycena RSU jednotkou v blízkosti křižovatkou, která nárok na preferenci vyhodnotí, avšak pouze v okamžik, kdy již poloha vozidla v CAM zprávě náleží přihlašovací oblastem na ramenech křižovatkou, které jsou u každé křižovatkou nastaveny v RSU jednotce. Při vyhodnocování má RSU jednotka k dispozici informace o aktuálním stavu signálního plánu dané křižovatkou (příp. i následujících), informace o aktuálním zpoždění linek (v případě, kdy mají být preferovány pouze zpožděné spoje), databázi linek a jejich cílů, díky které určí směr jízdy vozidla a z CAM zprávy RSU jednotka zároveň zná polohu a rychlost vozidla, dle které určí předpokládaný čas příjezdu ke stopčáře. Pokud je požadavek na preferenční jízdu vyhodnocen jako validní, vyšle RSU příkaz přímo do řadiče SSZ.

Obdobně může být pro žádost o preferenční průjezd křižovatkou použita zpráva SRM, která je vysílána pouze v okamžik obdržení zprávy MAP/SPaT. V kombinaci se SRM zprávou je dále používána SSM zpráva, která je vysílána RSU jednotkou poté, co obdrží zprávu SRM a zpětně informuje vozidla o zpracovávaném požadavku na preferenční průjezd



Obrázek 20 Princip fungování use case PTP

5.10 Hazardous Location Notification

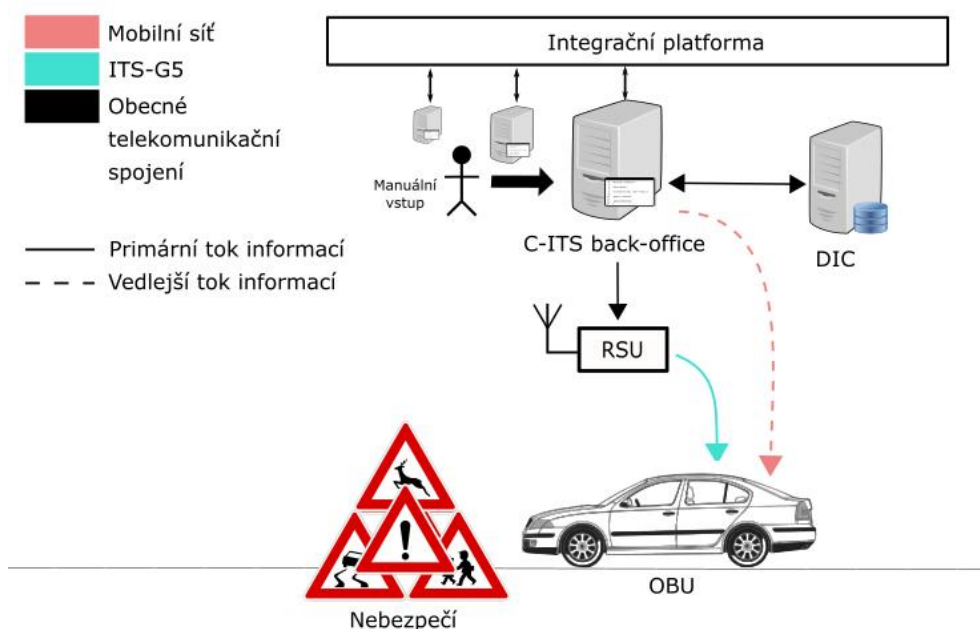
Varování řidiče před místy, která jsou z jednoho, nebo více důvodů nebezpečná. Řidič je o těchto rizikových faktorech informován a může tak přizpůsobit svoji jízdu aktuálním nebo místním podmínkám. Varovné zprávy jsou vysílány především RSU jednotkami podél komunikace, nicméně v některých případech může varovnou zprávu generovat a rovnou vysílat OBU/RVU jednotka ve vozidle. Mezi události, před kterými může být uživatel varován v rámci této služby, patří:

- dopravní nehoda
- práce na silnici (pokud nejsou vybaveny výstražnými vozíky)
- špatný technický stav komunikace
- překážka na vozovce
- zvíře na vozovce
- člověk ve vozovce
- nebezpečný směrový oblouk
- špatný technický stav komunikace
- místo s častým výskytem dopravních nehod.

Řidič je prostřednictvím varovných zpráv včasné upozorněn a může přizpůsobit svou jízdu (snížení rychlosti, změna jízdního pruhu, změna trasy jízdy).

Rozsah a přesnost informací poskytovaných uvnitř varovných zpráv v rámci služby HLN závisí na zdroji informací a způsobu generování zprávy. Dělení způsobu generování zpráv v rámci služby HLN je následující:

- V OBU/RVU jednotce – manuální vytvoření (HMI)
- V C-ITS back office – manuální vytvoření
- V C-ITS back office – příjem z externích zdrojů
- V C-ITS back office – automatické vytvoření



Obrázek 21 Princip fungování use case HLN – manuální vytvoření v C-ITS BO

5.11 Weather Conditions Warning

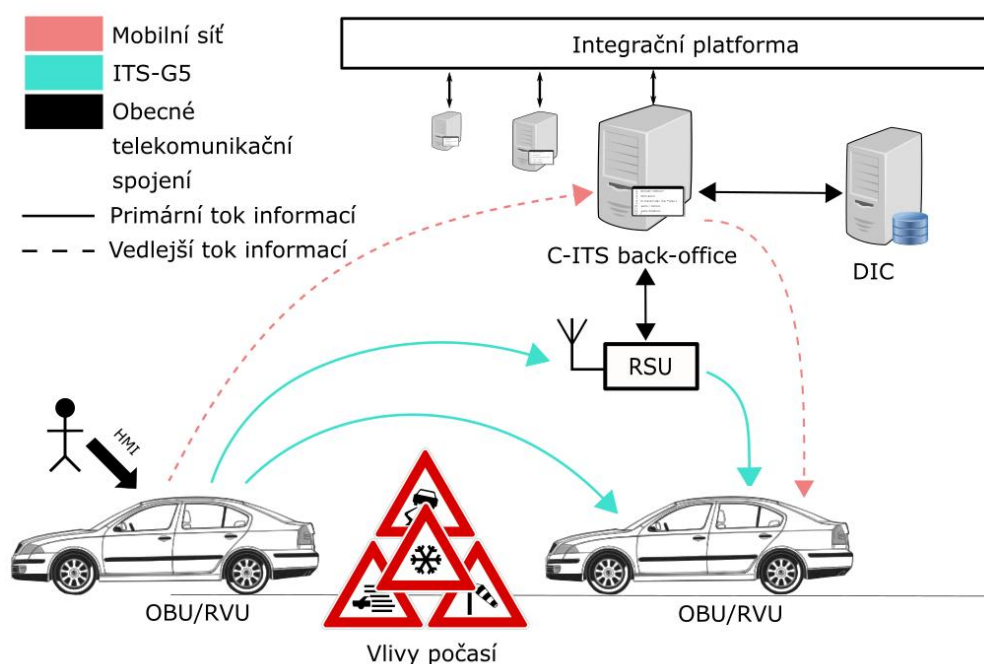
Cílem této služby založené na principech C-ITS systémů je varování řidiče před místy, která jsou z jednoho, nebo více důvodů nebezpečné, přičemž důvody těchto nebezpečí jsou způsobeny aktuálními klimatickými podmínkami. Řidič je o těchto rizikových faktorech informován a může tak přizpůsobit svoji jízdu aktuálním nebo místním podmínkám. V rámci této služby lze vyslat upozornění na tyto nebezpečí:

- Nebezpečí smyku
- Boční vítr
- Špatnou viditelnost

- Dešťové/sněhové srážky

Rozsah a přesnost informací poskytovaných uvnitř varovných zpráv v rámci služby WCW závisí na zdroji informací a způsobu generování zprávy. Dělení způsobu generování zpráv v rámci služby WCW je následující:

- V OBU/RVU jednotce – manuální vytvoření (HMI)
- V C-ITS back office – manuální vytvoření
- V C-ITS back office – příjem z externích zdrojů
- V C-ITS back office – automatické vytvoření



Obrázek 22 Princip fungování use case WCW – manuální vytvoření v OBU/RVU jednotce

5.12 Public Transport Safety

C-ITS služba Public Transport Safety v rámci projektu C-Roads CZ zahrnuje dva scénáře, které se funkčně výrazně liší. Jedná se o scénář varující ostatní řidiče před vozidlem MHD stojícím v zastávce a upozornění na zvýšené riziko srážky s jedoucím vozidlem MHD. Detailní popis jednotlivých scénářů je uveden v podkapitolách níže. Tato služba je koncipována pro nasazení do městského prostředí, přičemž jejím primárním cílem je obecné zvýšení bezpečnosti na městských komunikacích, s čímž souvisí zvýšení komfortu jízdy nejen řidičů, ale i cestujících.

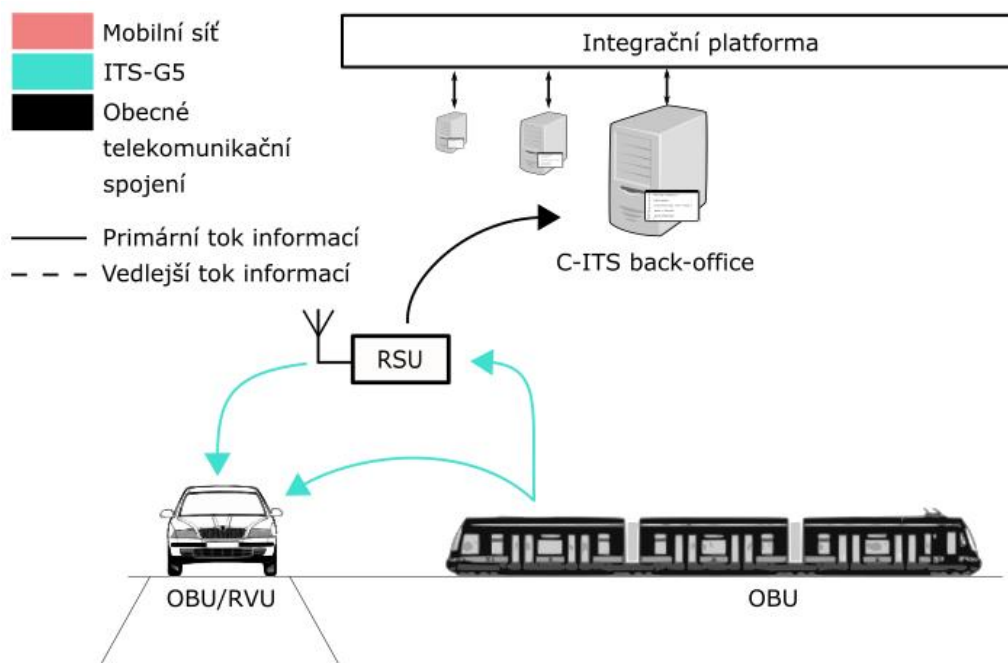
5.12.1 Křížení

Včasné upozornění řidiče na lokality nebo úseky, kde hrozí aktuálně zvýšené riziko srážky s vozidly MHD (tramvaj, autobus, trolejbus). Tato služba nabývá účinnosti na problematických lokalitách, jako jsou např.:

- místa, kde tramvaje křižují komunikaci pro vozidla a zároveň toto místo není vybaveno světelně signalizačním zařízením;
- úseky, kde je tramvajové těleso vedeno po pravé straně jízdních pruhů a hrozí tedy srážka vozidla s tramvají při pravém odbočení silničních vozidel;
- úseky, kde silniční vozidla pojíždějí tramvajovou trať;
- místa, kde se autobusy (trolejbusy) připojují z vyhrazeného jízdního pruhu do smíšeného jízdního pruhu (tento prostor bývá standardně označen vodorovným dopravním značením V 12b a dále například textem "BUS DEJ PŘEDNOST").

Rozsah a přesnost informací poskytovaných uvnitř varovných zpráv před kolizí s vozidlem MHD v rámci služby PTS závisí na zdroji informací a způsobu generování a vysílání zprávy. Pro službu PTS mohou být použity následující přístupy tvorby zpráv, tj.:

- OBU/RVU ve vozidle MHD
- C-ITS BO



Obrázek 23 Princip fungování use case PTS v režimu křížení – OBU/RVU ve vozidle

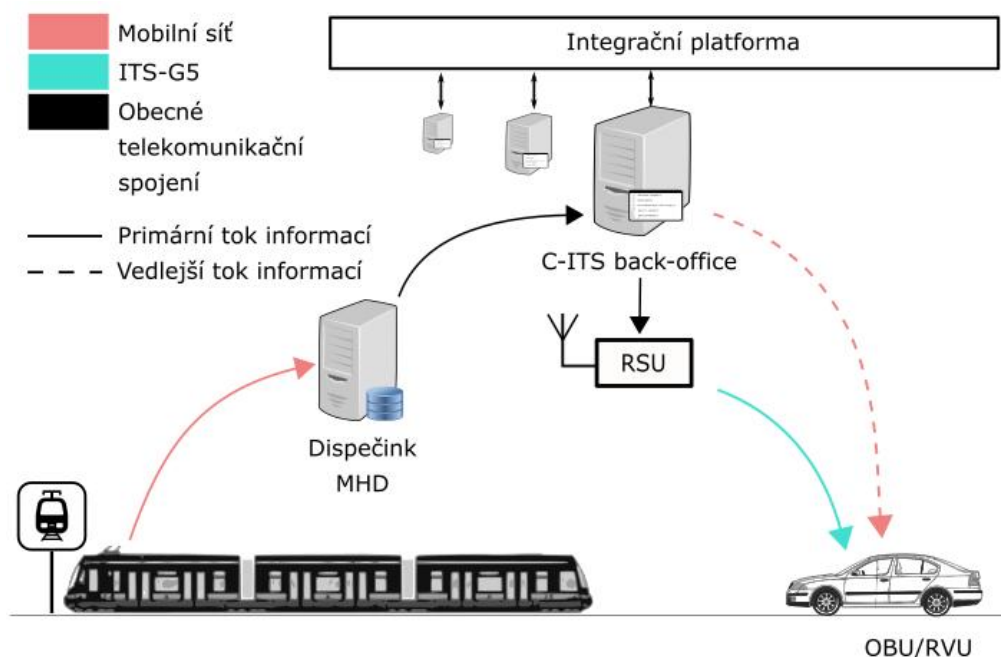
5.12.2 Vozidlo v zastávce

Včasné upozornění řidičů na vozidlo stojící v zastávce na předpokládané trase, kde aktuálně vystupují a nastupují cestující. Významnost této informace roste zejména na autobusových zastávkách na jízdním pruhu, zastávkách typu „zátka“ a tramvajových zastávkách s výstupem do vozovky (např. zastávka vídeňského typu). Upozornění na stojící vozidlo bude šířeno pomocí zpráv DENM.

Na základě vyslané varovné zprávy: „Stojící vozidlo - vozidlo MHD v zastávce“ řidič může uvažovat s vyšší pravděpodobností vběhnutí chodce do vozovky. Tato informace je pro řidiče přínosná zejména, pokud stojící vozidlo není vidět z důvodu špatných rozhledových poměrů, z důvodu nepříznivého počasí.

Rozsah a přesnost informací poskytovaných uvnitř varovných zpráv před vozidlem v zastávce v rámci služby PTS závisí na zdroji informací a způsobu generování a vysílání zprávy. Pro službu PTS mohou být použity následující přístupy tvorby zpráv, tj.:

- OBU/RVU ve vozidle MHD
- C-ITS BO



Obrázek 24 Princip fungování use case PTS v režimu vozidlo v zastávce – C-ITS BO

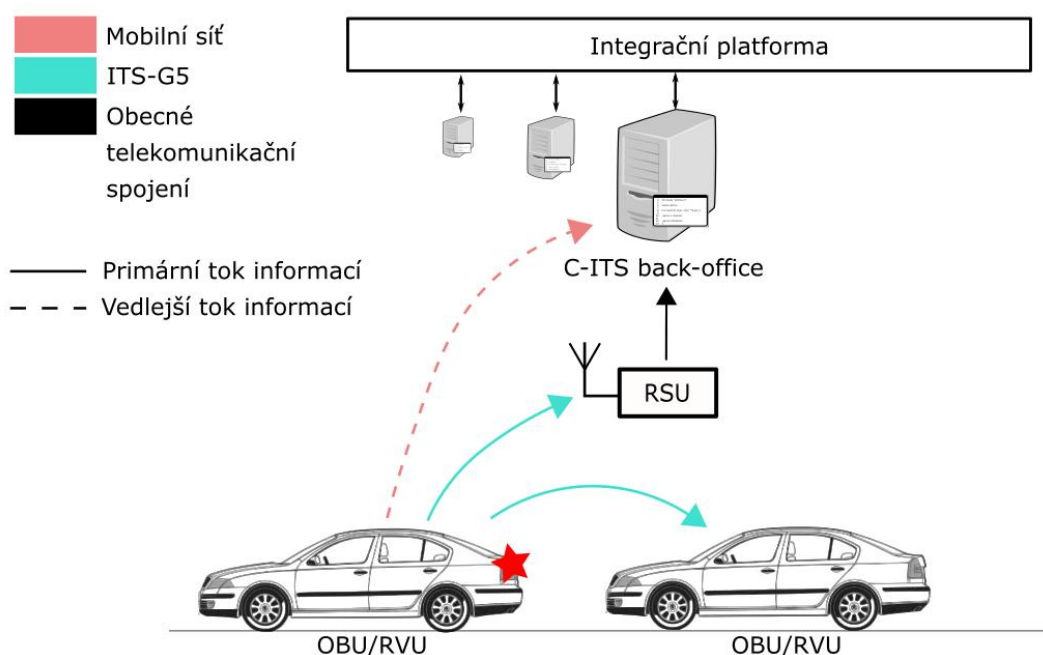
5.13 Electronic Emergency Brake Light

Use case EEBL spočívá ve včasném upozornění řidiče na vozidlo, které prudce brzdí (brzdový pedál je stlačen maximálně). Řidič je varován dříve, než si stačí uvědomit nebo všimnout, že vozidlo před ním



kriticky brzdí. Funkce je nejvíce užitečná, pokud řidič není schopen fyzicky upozorovat brzdící vozidlo před ním (špatná viditelnost, jiné vozidlo ve výhledu, aj.). Pro správnou funkčnost této služby je nezbytně nutné, aby byla latence vyslané zprávy nižší než 100 ms.

Brzdící vozidlo vysílá DENM zprávy OBU jednotkou dotčeným vozidlům. Zároveň zasílá informaci o prudkém brzdění do C-ITS BO datovými sítěmi mobilních operátorů. V takovém případě mohou být tyto informace použity pro detekci další událostí (např. překážka na vozovce).



Obrázek 25 Princip fungování use case EEBL

6 Centrální systém

Vrstva centrálních systémů tvoří významnou část celého C-ITS systému, kde dochází k centralizaci získaných ITS zpráv, jejich zpracování, předání dalším prvkům na této vrstvě a zasláním na příslušné RSU jednotky na dopravní infrastrukturu nebo OBU/RVU jednotky ve vozidlech.

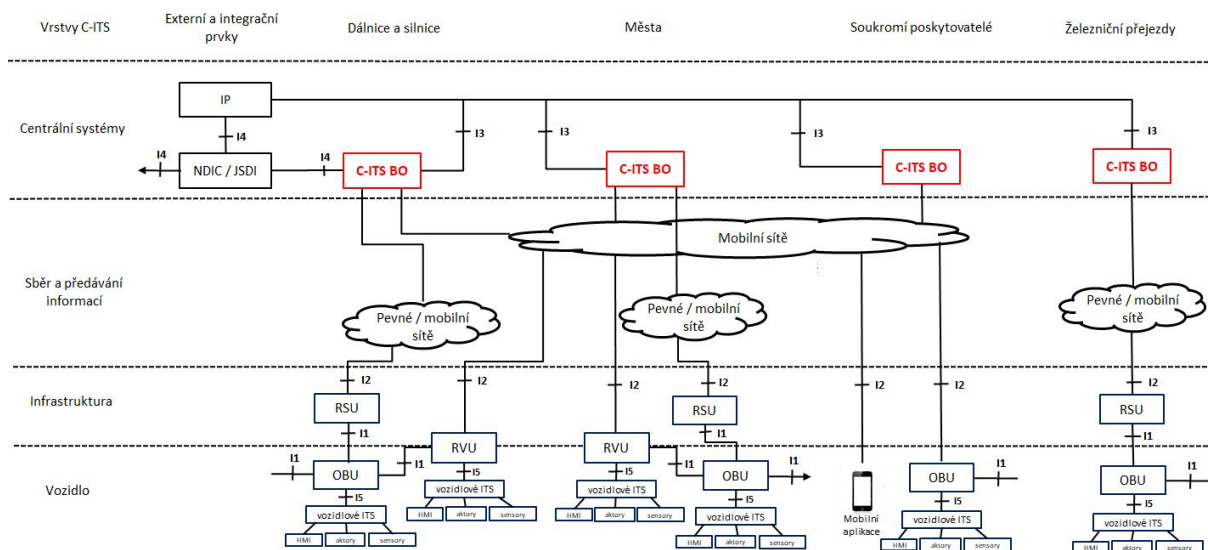
Vrstva centrálních systémů v rámci projektu C-ROADS je tvořena těmito základními systémy:

- **C-ITS back office**
 - o Dálnice a silnice (odpovědný partner ŘSD ČR)
 - o Města (odpovědný partner BKOM)
 - o Poskytovatelé služeb (odpovědný partner O2, T-Mobile, INTENS a přidružený partner Škoda Auto)
 - o Železniční přejezdy (odpovědný partner SŽDC)
- **Integrační platforma** (odpovědný partner O2)
- **NDIC/JSDI** (odpovědný partner ŘSD ČR)

Tyto systémy jsou detailněji popsány v odstavcích níže, kde jsou uvedeny jejich základní funkční a technické požadavky.

6.1 C-ITS back office

C-ITS BO je centrálním prvkem každého implementátora v rámci projektu C-ROADS CZ. Obecně se jedná o specifické řešení každého implementátora a jeho podoba silně závisí na plánovaném využití, implementovaných use cases, počtu obsluhovaných koncových stanic atd. Tato kapitola popisuje základní doporučené technické a funkční požadavky na C-ITS pro jeho správnou funkci. Z hlediska vzájemné interoperability je nezbytné respektovat především pravidla pro tvorbu C-ITS zpráv, rozhraní vůči Integrační Platformě a bezpečnostní infrastrukturu PKI.

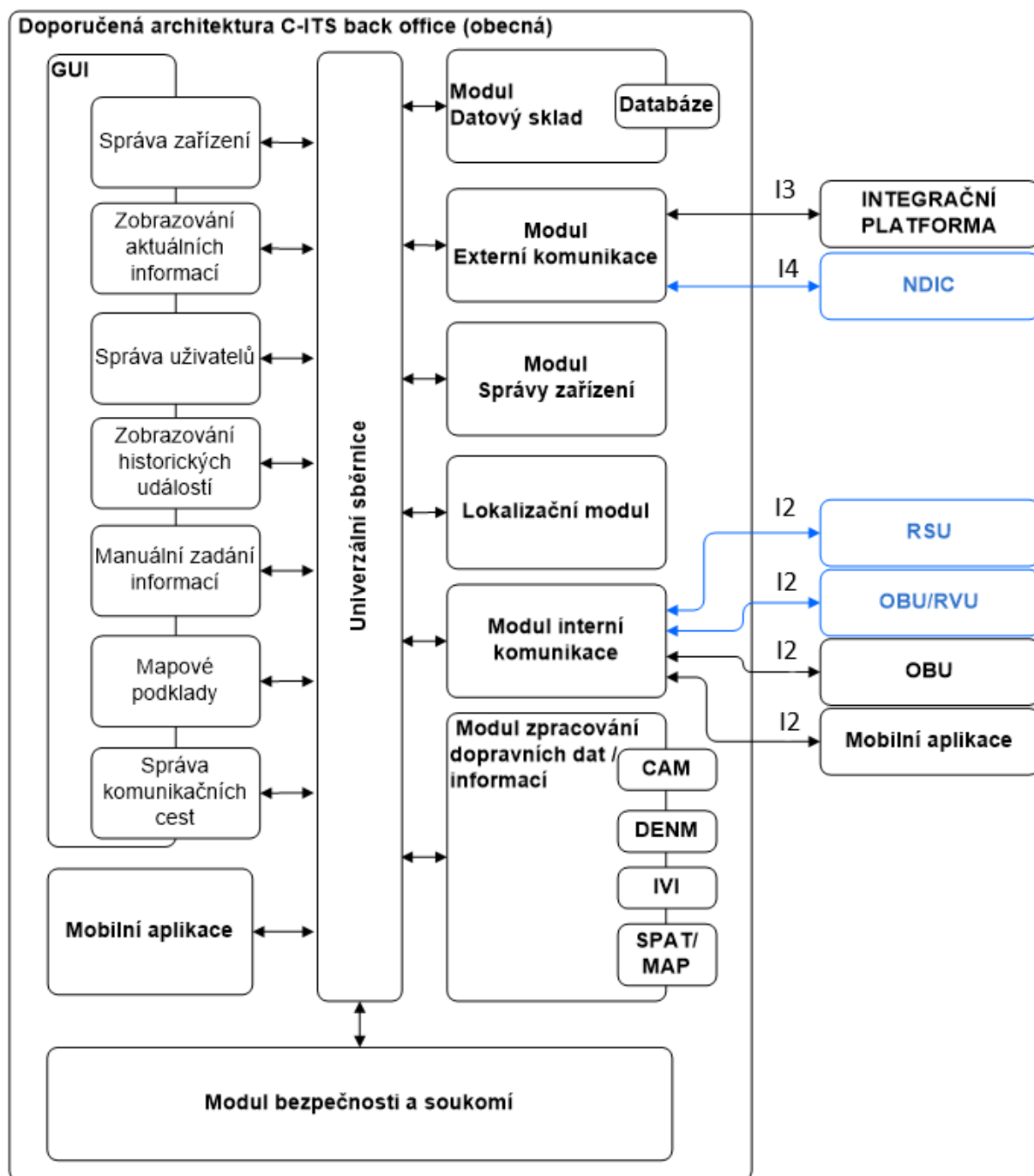


Obrázek 26 Architektura umístění a napojení C-ITS back office

C-ITS BO je centrálním prvkem celého C-ITS systému, kde se koncentruje většina důležitých dat v systému, která se dle jasných pravidel dále distribuují do prvků na nižší úrovni C-ITS systému (RSU/RVU/OBU/Mobilních aplikací), popř. do dopravních řídicích center (NDIC/DIC...). Komunikace C-ITS BO s ostatními prvky C-ITS systému probíhá obousměrně.

Základní doporučené technické a funkční požadavky na C-ITS BO je možné popsat pomocí jednotné architektury zaručující otevřenost a rozšiřitelnost systému pro budoucí use cases, přenosové cesty, popř. pro geografické pokrytí ITS službami tak, aby do něj snadno mohly být zapojeny nové moduly bez nutných změn v architektuře systému. Kromě kooperativních funkcí poskytuje C-ITS BO základ pro vizualizace, mapy, uživatelský management, archivaci a další související funkce.

Tento základní popis je zaměřen na části spojně s poskytováním a sběrem C-ITS zpráv a neřeší nadstavbové části / moduly jednotlivých BO, které mohou být řešeny v rámci jednotlivých partnerů samostatně. Tyto nadstavbové části / moduly nesmí mít negativní vliv na fungování základních prvků zajišťující funkčnosti C-ITS systému a poskytování C-ITS zpráv.



Obrázek 27 Doporučená architektura C-ITS BO

Doporučená obecná architektura C-ITS BO je navržena jako modulární systém využívající univerzální softwarové sběrnice (např. ESB nebo DDS), jenž slouží jako „distributor“ dat pro jednotlivé SW moduly. Tyto SW moduly zajišťující specifické funkce systému jsou dále popsány níže.

C-ITS back office se typicky skládá z následujících modulů:

- Univerzální sběrnice
- Modul Externí komunikace
- Modul Interní komunikace
- Datový sklad
- Lokalizační modul
- Uživatelské rozhraní (GUI)
- Modul zpracování dopravních dat / informací
- Modul správy zařízení
- Mobilní aplikace
- Modul bezpečnosti a soukromí

Základní předpoklady vztahující se k návrhu otevřené architektury systému C-ITS BO jsou uvedeny níže:

- Vytvoření Service Oriented Architektury (SOA) s přípravou na implementaci do univerzální sběrnice propojující všechny moduly systému C-ITS back office a vazbu na externí systémy.
- Veškerá komunikace systému C-ITS back office s vlastními moduly a externími aplikacemi (např. parciálními servery) budou probíhat formou zabezpečených webových služeb (WS) SOAP/XML nebo podobných.
- Oddělení editační a publikační části aplikační logiky jednotlivých modulů na základě jednotlivých uživatelských rolí
- Izolace a centrální správa datových objektů sdílených více aplikacemi, tzv. „jednotná datová základna“.

Ostatní požadavky na realizaci otevřeného systému C-ITS back office:

- Systém C-ITS back office by měl být navržen a realizován v modulární vícevrstvé architektuře s oddělenými vrstvami dat, aplikační logiky, webových služeb a uživatelského rozhraní.
- Systém C-ITS back office by měl umožňovat nebo přímo obsahovat monitorování stavu svých jednotlivých částí a modulů. Problematické stavy by měly být vhodně reportovány.
- Systém C-ITS back office musí zajistit dostatečnou bezpečnost uložených dat i bezpečnou komunikaci mezi moduly. Speciální nároky jsou kladeny na ukládání a práci s privátními klíči (viz kapitola Bezpečnost).

C-ITS BO by měl být pro zajištění rozšiřitelnosti a modularity systému řešen formou otevřeného systému a jeho provoz musí splňovat veškeré požadavky vyplývající z národní legislativy, legislativy EU a technických norem ČSN a ČSN ISO.

6.1.1 Popis modulů C-ITS BO

V této kapitole bude blíže popsána funkce jednotlivých modulů, které jsou doporučeny jako součást C-ITS BO z pohledu správné funkce C-ITS systému a také zajištění rozšiřitelnosti o nové moduly / SW úprav dle aktuálních potřeb projektu.



6.1.1.1 Univerzální sběrnice

Univerzální sběrnice je SW nástroj umožňující otevření komunikace mezi moduly systému, potažmo službami těchto modulů. V rámci této architektury moduly nekomunikují mezi sebou navzájem, ale pro výměnu informací je používána např. *Enterprise Service Bus (ESB) nebo Data Distribution Service (DDS)*. Moduly se po svém nasazení mohou registrovat k odběru požadovaného typu informací / služeb a zároveň dávají sběrnici informaci o svém připojení. Také mohou přes sběrnici volat rozhraní jiných modulů pro získání požadovaných dat. Technicky je třeba sběrnici dimenzovat pro vysoký výkon přenosu informací - alespoň v řádu desítek tisíc informací za sekundu.

Jedná se o speciální variantu obecného přístupu klient – server v prostředí distribuovaného heterogenního systému za účelem dosažení přizpůsobivosti a flexibility s ohledem na komunikaci mezi aplikacemi. Tento koncept byl vyvinut jako analogie ke sběrnicím používaných v hardwarových architekturách počítačů. Na takové sběrnice lze připojovat zařízení různých výrobců, které jsou však vzájemně kompatibilní. Motivací je standardizovat popis implementace softwarových služeb tak, aby na sobě byly vzájemně nezávislé, mohly být nezávisle vyvíjeny, nasazovány a provozovány.

Univerzální sběrnice jsou založeny zejména na následujících dvou komunikačních principech:

- Request–Response, jedná o základní metodu volání mezi moduly typu klient – server. Klient odesílá požadavky na server (Request) a server odpovídá (Response).
- Publish–Subscribe, jedná se o vzor pro zasílání zpráv, kde existují producenti zpráv, zvaní Publisher a konzumenti zvaní Subscriber. Při této výměně zpráv se producenti nezajímají o přímé doručení zprávy konzumentovi, ale místo toho zprávu označují typem. Analogicky se konzumenti zpráv nezajímají o to, který producent zprávu odesílá, ale o typ zprávy, který ho zajímá.

Univerzální sběrnice tedy slouží jako komunikační jádro systému, skrz které si jednotlivé moduly předávají data v podobě předdefinovaných objektů. Definice datového modelu pro komunikaci mezi moduly je individuální záležitostí každého C-ITS back office dle typu poskytovaných služeb, konečné podobě modulů a konkrétního technického řešení.

6.1.1.2 Modul externí komunikace

Tento modul slouží pro komunikaci C-ITS back office s vnějšími systémy, především pak s dopravními řídicími centry a také s Integrační platformou budovanou v rámci projektu C-ROADS. Úkolem tohoto modulu je vytvořit rozhraní pro komunikaci s NDIC (viz samostatná kapitola Rozhraní I4, popř. dalšími dopravními řídicími centry a s Integrační platformou (viz samostatná kapitola Rozhraní I3). Modul externí komunikace bude zajišťovat obousměrnou transformaci zpráv z protokolu definovaného v rámci rozhraní I4 (DATEX II), resp. I3, do podoby definované v rámci datového modelu konkrétního C-ITS back office. V zásadě může tento modul sloužit i pro komunikaci s dalšími externími systémy, např. soukromými dispečinkami, výpočetními centry apod.



6.1.1.3 Modul interní komunikace

Modul interní komunikace slouží pro komunikaci C-ITS back office se systémy nižší úrovně, tj. RSU, RVU a OBU, tj. vytváří rozhraní I2 (viz samostatná kapitola). Hlavním úkolem modulu je tedy převod zpráv z XML protokolu definovaném v rámci rozhraní I2 do objektové reprezentace definované v rámci datového modelu konkrétního C-ITS back office. Modul by měl být dostatečně flexibilní, aby bylo možné jej snadno rozšířit o další entity (RSU/RVU/OBU jednotky), popř. další funkcionality (use case).

6.1.1.4 Datový sklad

Hlavním úkolem datového skladu je poskytovat jednotnou datovou základnu pro všechny ostatní moduly. Prostřednictvím této jednotné datové základny bude systém schopen integrovat externí systémy a přistupovat k historickým datům.

Součástí datového skladu je také vlastní databáze, kam modul ukládá data, resp. je zpětně vyčítá. Modul tedy reaguje na dotazy na data z databáze pocházející z jiných modulů. Součástí modulu datový sklad jsou také nástroje pro udržení dat v konzistentním stavu a informování o problémech v této oblasti.

Všechny zprávy procházející C-ITS by měly být ukládány s časovým razítkem a zdrojem v databázi. C-ITS back office by měl archivovat minimálně tato data:

- Všechny odeslané a přijaté zprávy
- Systémové a provozní zprávy (chyby, výstrahy)

Všechny moduly systému mohou zapisovat a číst data z databáze přes tento modul. V back office by zároveň mělo být možné nastavit, která data mají být ukládána jako trvalá.

6.1.1.5 Lokalizační modul

Lokalizační modul v rámci C-ITS back office plní tyto základní funkce:

- Vypočítává relevantní koncová zařízení (RSU/RVU/OBU), kterým bude odeslána konkrétní událost, resp. C-ITS zpráva (DENM, IVI), na základě jejich geografické polohy a parametrů konkrétní události (oblast či radius platnosti). Tyto informace jsou dále předány do Modulu interní komunikace, který zajistí předání zprávy do konkrétního zařízení.
- Zajišťuje transformaci mezi různými lokalizačními a mapovými systémy používanými v rámci C-ITS back office, popř. externích systémů (GPS, Uzelový lokalizační systém, Global Network atd.)
- Přiřazuje body zadané zeměpisnými souřadnicemi na lokalizační síť

Lokalizační modul slouží jako podpůrný prvek pro ostatní moduly v rámci bezproblémového poskytování C-ITS služeb, především pak pro Modul zpracování dopravních informací.



6.1.1.6 Uživatelské rozhraní (GUI)

Uživatelské rozhraní může zajišťovat interakci C-ITS BO s jeho uživateli, a to jak formou srozumitelného předávání informací vzniklých v C-ITS systému směrem k uživateli, tak jednoduchého zadávání vstupních parametrů uživatelem do C-ITS BO. GUI přes univerzální sběrnici komunikuje s ostatními moduly, odkud bere potřebná data pro prezentaci uživateli. Nejvhodnější formou GUI je komplexní webová aplikace pro snadný přístup z více koncových stanic. GUI by mělo zajišťovat minimálně tyto funkcionality:

- Zobrazování aktuálních událostí – na mapovém podkladu jsou zobrazovány aktuální události z C-ITS systému (kolony, nehody, stav proměnného značení apod.), které je možné dále filtrovat, třídit či zobrazovat v seznamu. Tyto události mohou pocházet z nadřazených systémů (NDIC) nebo z vozidel. Operátor má možnost tyto události editovat, popř. vytvářet či zrušit (viz další funkce).
- Manuální tvorba událostí – operátor by měl mít možnost manuálně zadat v mapě novou událost (nehoda, stojící vozidlo, práce na silnici), popř. editovat stávající události – měnit či přidávat dodatečné parametry (např. rychlostní omezení u prací na silnici).
- Mapové podklady – základem GUI jsou kvalitní a aktuální mapové podklady pokrývající silniční/železniční síť, která je obsloužena příslušným C-ITS systémem. V mapě by měly být zobrazeny minimálně následující objekty:
 - Silniční (a kolejová) síť včetně větších měst
 - Poloha RSU jednotek
 - Poloha mobilních jednotek (OBU/RVU)
 - Poloha událostí

C-ITS back office by měl podporovat vzájemně kompatibilní mapové podklady a lokalizační systémy.

- Zobrazování archivovaných informací – operátor by měl mít možnost procházet archivované záznamy, tj. minimálně přijaté a odeslané zprávy, chybová hlášení a systémové a provozní zprávy.
- Správa zařízení – uživatelské rozhraní by mělo umožňovat sledovat stavy a funkci všech zařízení (RSU a RVU), která jsou zapojena do C-ITS systému. Dále by mělo být možno prostřednictvím GUI vykonávat funkce Modulu správy zařízení, konkrétně jsou to:
 - Aktivace/deaktivace jednotky
 - Nastavování parametrů agregace CAM zpráv
 - Nastavování oblasti platnosti IVI zpráv
- Správa uživatelů – v GUI by měla být administrační sekce, která bude obsahovat správu uživatelů, kteří mají přístup k jednotlivým funkcím a úrovním C-ITS back office. V této části je možné nastavovat přístupová práva pro jednotlivé role i konkrétní uživatele.

6.1.1.7 Modul vytváření a zpracovávání C-ITS zpráv

Tento modul je klíčovou součástí C-ITS back office (někdy je nazýván také „SW stack“) – zde se zpracovávají a třídí veškeré dopravní informace z nadřazených systémů, manuálně zadané informace v C-ITS BO, i informace z prvků nižší úrovně, a na základě nich se tvoří odpovídající C-ITS zprávy. Tyto zprávy následně putují jak do RSU/RVU/Obu, tak do nadřazených systémů (o překlad zpráv do cílových formátů se starají jiné moduly – externí a interní komunikace). Dále se zde přichází C-ITS zprávy zpracovávají. Modul by měl být v souladu s ETSI EN 302 665. Modul zpracovává a generuje následující typy zpráv:

- CAM - „Cooperative Awareness Message“; standardizovaný formát zpráv pro šíření základních stavových informací o vozidle (poloha, rychlost, směr, stav vozidlových systémů) Je součástí standardu ITS-G5 definovaném v normách ETSI. Zprávy tohoto typu jsou agregovány v jednotkách RSU, odkud jsou posílány do C-ITS Back Office (v případech, že C-ITS Back office má nastavenou přímou komunikaci tj. bez komunikace s RSU, bude agregace CAM zpráv probíhat na úrovni Back office). Modul ZDI tyto zprávy zpracovává a vytváří z nich doplňkové informace pro další moduly. Proces zpracování agregovaných CAM zpráv je podstatou služby Probe vehicle data.
- DENM - „Decentralized Environmental Notification Message“; standardizovaný formát zpráv pro šíření informací o vzniklých událostech (dopravní nehoda, kolona, práce na silnici atd.) Je součástí standardu ITS-G5 definovaném v normách ETSI. Modul ZDI přijímá, filtruje, agreguje a zpracovává DENM zprávy a vytváří nové DENM zprávy, které následně šíří do nadřazených i podřízených systémů.
- IVI – „In-Vehicle Information“; standardizovaný formát zpráv pro šíření informací, především dopravních značek a symbolů do vozidel. Je součástí standardu ITS-G5 definovaném v normách ETSI. Modul ZDI generuje IVI zprávy na základě dat obdržených z nadřazených systémů (NDIC). Tyto zprávy jsou základem služby IVI.
- MAP – „Map Data“; standardizovaný formát zpráv pro šíření informací o topologii a geometrii křižovatek úseků z jednotek RSU do vozidel nebo do mobilních zařízení. Jedna zpráva MAP může obsahovat informace o geometrii jedné, ale i více křižovatek. Zprávy MAP budou generovány pomocí GUI, kde uživatel nastaví na mapovém podkladu potřebné atributy.

6.1.1.8 Modul správy zařízení

Modul správy zařízení má za úkol sledovat stavy všech zařízení v systému (RSU, RVU) a vytvářet odpovídající stavové informace pro ukládání do databáze a zobrazení v GUI. Zároveň transformuje úkony zadané uživatelem v GUI do odpovídajících příkazů a vysílá je směrem k jednotkám. Modul musí umožňovat minimálně:

- Aktualizovat firmware jednotek
- Sledovat stav jednotek a jejich jednotlivých komponent
- Vzdáleně konfigurovat připojená zařízení



6.1.1.9 Mobilní aplikace

Volitelnou částí C-ITS back office je mobilní aplikace, resp. její backendová část. Mobilní aplikace může být dvojího typu:

- Pro koncové uživatele – řidiče pro potřeby poskytování C-ITS služeb (use casů). Tuto variantu realizují především soukromí poskytovatelé (O2, T-Mobile)
- Pro personál správce komunikací za účelem možnosti zadávání nových událostí, doplnění dodatečných informací k událostem apod. Tuto variantu realizují především veřejní správci komunikací (ŘSD, BKOM) např. pro personál zajišťující práce na silnici.

6.1.1.10 Modul bezpečnosti a soukromí

Tento modul musí být implementován na všech C-ITS BO pro zajištění bezpečnosti přenášených ITS zpráv. Modul komunikuje s národní certifikační autoritou PKI na jedné straně a na druhé straně komunikuje s modulem pro vytváření a zpracovávání C-ITS zpráv. Modul bezpečnosti je založen na standardech infrastruktury veřejných klíčů, založených na principu správy a distribuce veřejných klíčů pomocí asymetrické kryptografie (PKI).

Jedná se o SW knihovnu zajišťující potřebné operace pro správnou funkčnost PKI systému (distribuce klíčů, aktualizace TLM, CRL apod.) Z pohledu integrace modulu bezpečnosti jsou na BO kladeny následující požadavky:

Operační systém – podpora jednoho z následujících:

- Android 5.0+
- iOS 6.0+
- Linux
- Apple Mac OS X
- Windows 8.1+
- FreeBSD

Klient PKI bude samostatný proces na úrovni operačního systému nebo C knihovna integrovaná přímo do BO.

Musí být zajištěna podpora minimálně následujících kryptografických algoritmů pro digitální podepisování C-ITS zpráv:

- ECDSA_nistP256_with_SHA256
- ECDSA_brainpoolP256r1_with_SHA256
- ECDSA_brainpoolP384r1_with_SHA384

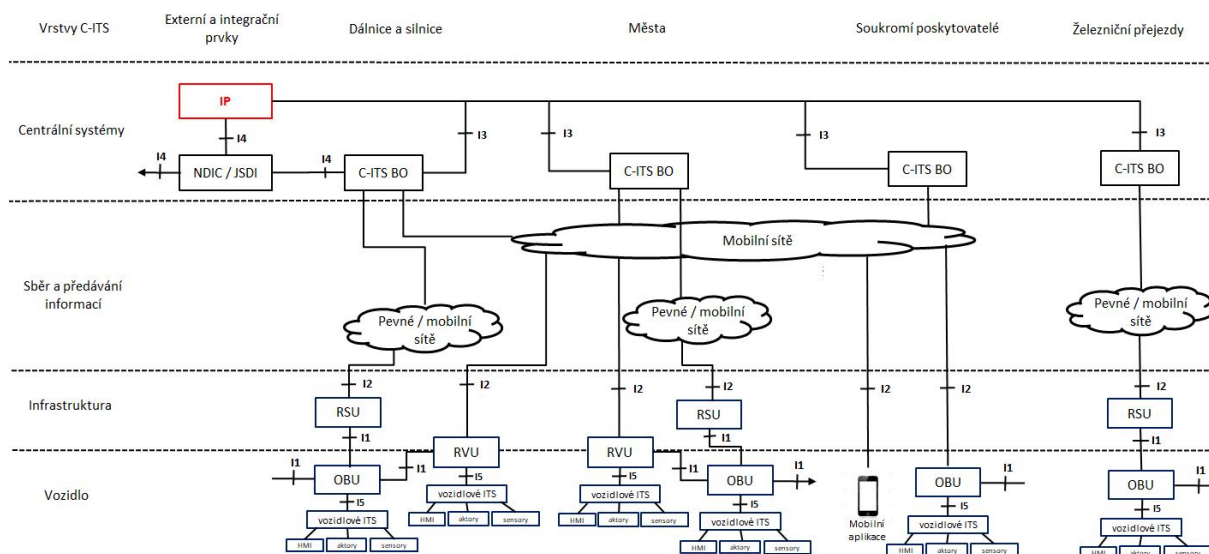
BO musí být vybaven Hardware Security Module (HSM), kompatibilním s TPM 1.2 nebo PKCS #11, Common Criteria Certificate EAL4+.



6.2 Integrovaná platforma

Cílem realizace integrované platformy je sjednocení připojení vertikálních C-ITS BO partnerů zapojených v systému C-ROADS CZ tak, aby byla zajištěna rychlá a spolehlivá výměna dat mezi jednotlivými C-ITS BO, popř. i NDIC/JSDI. Potenciálně se mohou k integrované platformě připojit i další prvky třetích stran, které nejsou přímo součástí projektu C-ROADS CZ.

Detailní popis řešení Integrované platformy je uveden v dokumentu „ESB_InterfaceContract_BO2BO“.



Obrázek 28 Architektura umístění a napojení Integrované platformy

Návrh integrované platformy byl založen na těchto základních východiscích:

1. Jedná se o komplexní a otevřený popis spolupráce centrálních systémů (BO), který je provozován jako národní specifikace s možností jejího rozšíření za hranice ČR.
2. Jedná se o minimalistický infrastrukturální prvek, který podporuje vzájemnou spolupráci systémů C-ITS a ITS.
3. Integrovaná Platforma je flexibilní z pohledu budoucího rozšiřování systému nebo jeho modifikace – výkon, funkce, škálovatelnost (horizontální a vertikální).
4. Obsahuje pouze technické uživatele, nemá grafické rozhraní pro uživatele.
5. Integrovaná platforma nemění obsah datových zpráv C-ITS, nevytváří dopravní informace ani datové zprávy/dopravní informace nearchivuje. Podporuje však monitorování aktivit a zajišťuje základní autentifikační a autorizační služby (např. logování událostí).
6. Integrovaná platforma může provádět transformaci datových zpráv, pokud to požadavky na výkon nebo spolupráci systémů C-ITS vyžadují.

Integrovaná platforma představuje vzájemné propojení centrálních systémů se základní transformací a vydefinovanou centrální aplikační funkcí. Toto řešení prostřednictvím infrastrukturálního prvku Integrované platformy nabízí připojení / vzájemné propojení C-ITS BO systémů. Zároveň bude



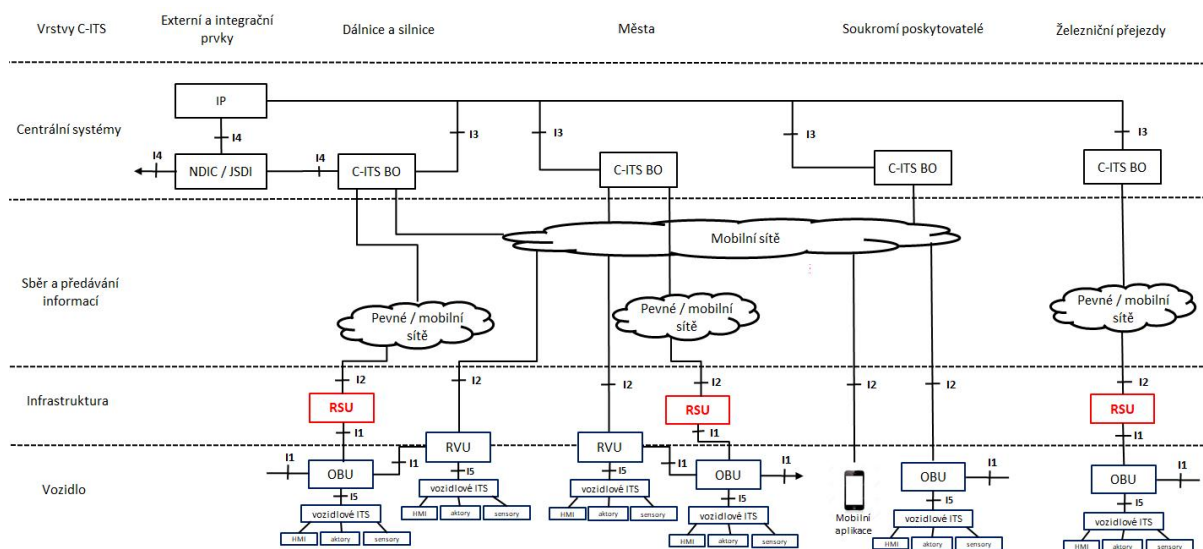
realizována transformace mezi datovými formáty a aplikační logika směrem k JSDI/NDIC a prostřednictvím JSDI/NDIC také využití kooperativních infrastruktur ze strany dalších dopravně informačních systémů 3. stran.

V roce 2018 došlo k připojení prvního BO na Integrovanou Platformu C-ROADS CZ, v průběhu roku 2019 se předpokládá připojení všech i ostatních BO zapojených do projektu C-Roads CZ. Zároveň se v průběhu roku 2019 předpokládá i přímé napojení JSDI/NDIC na Integrovanou Platformu.

7 Jednotky na infrastrukturu (RSU)

Tato kapitola popisuje funkční a technické požadavky na RSU jednotky v rámci C-ITS systému C-ROADS CZ. Jedná se o doporučené požadavky, které mohou být dále upravovány či doplňovány v rámci jednotlivých etap implementace dle specifických požadavků jednotlivých partnerů.

Architektura umístění a napojení jednotek RSU do systému C-ITS budovaném v rámci projektu C-ROADS CZ je uvedeno v obrázku níže.



Obrázek 29 Architektura umístění a napojení RSU jednotek

Jednotka RSU (Roadside Unit) je prvkem umístěným mezi C-ITS back office a mobilním zařízením v terénu (RVU/OBU v zabezpečovacích vozících a ve vozidlech). Jednotka RSU přijímá a odesílá data z/do C-ITS back office a také z/do vozidel a zabezpečovacích mobilních vozíků. Některá data se v jednotce RSU rovnou zpracovávají, popř. ukládají, předtím než jsou odesílána dále. Jednotka RSU se instaluje na existující vybavení pozemních komunikací, např. na telematické portály na dálnicích (stacionární řešení). Jednotka komunikuje s projíždějícími vozidly pomocí standardu ITS-G5, který je definován ve standardu ETSI EN 302 663. Jednotka RSU musí být schopna zprávy odesílané a přijaté z vozidel zakódovat a dekodovat v souladu s výše uvedenou směrnicí (viz kapitola 9.1). Přenos dat mezi RSU a C-ITS back office bude zajištěn pomocí stávající infrastruktury elektronických datových komunikací (viz kapitola 9.2).

Jednotka RSU musí obsahovat vrstvy v souladu se standardem ETSI (ITS access technology layer, ITS network & transport layer, ITS facility layer, ITS application layer), přičemž aplikační vrstva musí obsahovat aplikace definované pro danou lokalitu.

7.1 Funkční požadavky na RSU jednotky

7.1.1 Požadavky na správu a údržbu RSU

- Jednotka RSU je klientem a C-ITS back office je serverem.
- V případě přerušení spojení se iniciátor RSU pokusí znovu navázat spojení.
- RSU musí být schopna detekovat přerušené spojení.
- RSU musí odeslat nashromážděná CAM data (dlouhodobá) v případě opětovného navázání spojení. Zároveň je třeba zabránit přetížení komunikačního kanálu např. v případě, kdy se přeruší spojení mezi C-ITS back office a všemi RSU jednotkami, a to je následně znovu navázáno.
- RSU musí zaznamenávat údaje o přerušených spojeních a vyřazených datech.
- Správa certifikátů a klíčů pro komunikaci a návazné kryptografické procesy – RSU musí umožňovat implementaci Public Key Infrastructure (PKI) mechanismů – technologie PKI (viz kap. č. 10)
- Autodiagnostika – detekce poruchových stavů.
- RSU musí umožňovat vzdálené sledování provozního stavu.

7.1.2 Požadavky na nastavení jednotky RSU

- Čas na všech jednotkách RSU musí být synchronizován vůči společnému referenčnímu času poskytnutému z GNSS signálu, popř. ze serveru (UTC)
- Všechny jednotky RSU musejí být konfigurovatelné z C-ITS back office včetně updatu firmwaru.
- Všechny jednotky musejí znát svou přesnou geografickou polohu nezávisle na tom, jak jsou zapojeny do sítě.
- Z back office musí být možnost nastavení parametrů jednotlivých aplikací, např.:
 - o Agregace zpráv CAM
 - o Detekční oblasti pro dané služby (např. PVD, PTP)
 - o Oblasti platnosti pro dané služby (např. IVI, HLN)
 - o Vysílané informace o ochranných zónách mýtných bran (viz kap. č. 11)
 - o Nastavení polohy nebezpečných míst (železniční přejezd, nebezpečná zatáčka, aj.)
 - o Podmínky pro zajištění preferenční jízdy na křižovatkách řízených SSZ

7.1.3 Požadavky na rozhraní jednotky RSU

- Jednotka RSU musí komunikovat s jednotkami OBU pomocí ITS-G5 komunikace definované v předpisu ETSI EN 302 663.
- Jednotka RSU musí být schopna vytvořit/zpracovat ITS-G5 zprávy pomocí protokolu Geo Network (GN) definovaného v předpisech ETSI EN 302 636 1, 2, 3, 4, 6.
- Jednotka RSU musí být schopna vytvořit/zpracovat ITS-G5 zprávy pomocí protokolu Basic Transport (BTP) definovaného v předpisu ETSI EN 302 636 5.
- Jednotka RSU musí komunikovat s řadičem SSZ pomocí proprietárního protokolu výrobce



řadiče – v případě propojení s řadičem SSZ.

- Jednotka RSU musí komunikovat s PZZ pomocí proprietárního protokolu výrobce – v případě propojení s PZZ.

7.1.4 Požadavky na zpracování dat RSU

- Zprávy CAM:
 - o Jednotka RSU musí být schopna vytvořit/zpracovat a přijímat/odesílat CAM pakety z/do jednotek OBU.
 - o Jednotka RSU musí být schopna odesílat informace o provozu (agregovaná CAM data) do C-ITS back office. Jednotka musí přijmout CAM zprávu z každého vozidla v rádiovém dosahu až 10x za sekundu.
 - o Jednotka RSU musí být schopna zpracovat CAM zprávy, které byly přijaty z OBU jednotek, do formy agregovaných CAM dat.
 - o Parametry agregace dat CAM musejí být nastavitelné z C-ITS back office.
 - o Jednotka RSU musí být schopna zpracovat a vyhodnotit nárok na preferenční jízdu vozidla MHD nebo IZS na základě informací v CAM a/nebo v SRM zprávě, informací z C-ITS BO a řadiče SSZ a následně odeslat pokyn do řadiče SSZ (při kladném vyhodnocení).
- Zprávy DENM
 - o Jednotka RSU musí být schopna vytvořit/zpracovat a odesílat/přijímat DENM pakety pomocí protokolu Geo Broadcast Mode z/do jednotek OBU definovaném v předpisu ETSI 103301.
 - o Jednotka RSU musí být schopna poslat informace o události v provozu (dešifrovaný obsah zprávy DENM) do C-ITS back office.
 - o Jednotka RSU musí být schopna přijmout informace o události v provozu z C-ITS back office a zašifrovat ji do podoby DENM pro přenos v rámci standardu ITS-G5.
 - o RSU jednotka musí poslat všechny zprávy DENM získané z OBU jednotek do C-ITS back office.
 - o Jednotka RSU musí být schopna přijímat DENM zprávy z C-ITS back office a posílat je do jednotek OBU.
 - o V případě použití jednotky u železničním přejezdu:
 - Jednotka RSU musí být schopna přijmout informaci o stavu přejezdu z rozhraní železničního přejezdového zabezpečovacího zařízení
 - Jednotka RSU musí být schopna na základě informace o stavu přejezdu generovat a vysílat příslušnou C-ITS zprávu
- Zprávy IVI
 - o Jednotka RSU musí být schopna vytvořit/zpracovat zprávy IVI
 - o Jednotka RSU musí být schopna přijmout obsah zprávy IVI z C-ITS back office
 - o Jednotka RSU musí být schopna odeslat zprávy IVI do jednotek OBU ve vozidlech
- Zprávy SPAT (v případě propojení s řadičem SSZ)
 - o Jednotka RSU by měla být schopna vytvořit/zpracovat, elektronicky



- podepisovat/ověřovat podpis zprávy SPAT
- Jednotka RSU by měla být schopna přijmout data o stavu jednotlivých signálních skupin z řadiče SSZ a vygenerovat odpovídající zprávu SPAT
- Jednotka RSU by měla být schopna odeslat zprávy SPAT do jednotek OBU/RVU ve vozidlech
- Jednotka RSU by měla být v případě změny signálního plánu dané křižovatky okamžitě vyslat SPAT a MAP zprávu s aktuálními informacemi
- Zprávy MAP (v případě propojení s řadičem SSZ)
 - Jednotka RSU by měla být schopna vytvořit/zpracovat, elektronicky podepisovat/ověřovat podpis zprávy MAP
 - Jednotka RSU by měla být schopna na základě informací z C-ITS BO (GUI) vygenerovat MAP zprávu
 - Jednotka RSU by měla být schopna odeslat zprávy MAP do jednotek OBU/RVU ve vozidlech

7.2 Technické požadavky na RSU jednotky

RSU jednotka by měla obsahovat/splňovat následující technické požadavky:

- modul pro rádiovou komunikaci ITS-G5 (5855 MHz až 5925 MHz) umožňující souběžnou komunikaci na dvou kanálech („Dual concurrent channel operation“)
- anténní systém tvořený směrovými nebo/a všesměrovými anténami pro duální vysílání / přijímání C-ITS zpráv pracujících v pásmu 5,9 GHz (ITS-G5) splňující standard ETSI 302 571 a zajišťující dostatečné pokrytí zájmového území radiovým signálem v pásmu ITS-G5
- komunikační modul pro zajištění komunikace s C-ITS back office, a to prostřednictvím infrastruktury elektronických datových sítí (pevné metalické/optické sítě a/nebo sítě mobilních operátorů)
- dostatečná úroveň krytí proti vnějším vlivům
- provozní teplota min. v rozsahu -30°C až +65°C
- GNSS přijímač pro určení přesné polohy vč. antény
- dostatečný počet vstupů pro propojení ostatních komponentů (např. Ethernet, RS23, USB, binární vstupy/výstupy, aj.)
- výpočetní výkon pro autonomní provoz RSU
- rozhraní ethernet, RS232 a/nebo USB
- volitelně zálohované napájení
- Bluetooth/Wifi detektor/y s vhodným anténním systémem (v případě potřeby určovat dojezdové doby)
- provedení pro instalaci na předem definované místo (dopravní portál, sloup veřejného osvětlení, sloup přejezdového zabezpečovacího zařízení, aj.)
- vhodné datové úložiště (např. µSD paměťová karta)
- licence softwarového řešení pro ITS jednotky (software stack) podporující provoz C2X aplikací a vzdálenou správu ITS jednotek.



- Hardware Security Module (HSM), Kompatibilní s TPM 1.2 nebo PKCS #11, Common Criteria Certificate EAL4+

7.2.1 7.2.1 Technické požadavky na bezpečnost

Ve vazbě na implementaci PKI infrastruktury (kap. č. 10) musí jednotky splňovat určité požadavky. Tyto požadavky vycházejí z nutnosti instalace prvku PKI infrastruktury (SeaCat Client) do RSU jednotky. Jedná se o SW knihovnu zajišťující potřebné operace pro správnou funkčnost PKI systému (distribuce klíčů, aktualizace TLM, CRL apod.) Pro integraci tohoto prvku jsou na RSU kladeny následující požadavky:

Operační systém – podpora jednoho z následujících:

- Android 5.0+
- iOS 6.0+
- Linux
- Apple Mac OS X
- Windows 8.1+
- FreeBSD

Klient PKI bude samostatný proces na úrovni operačního systému nebo C knihovna integrovaná přímo do aplikace RSU jednotky.

Minimální požadavky na HW u RSU jednotky, které musí být splněny (spojené s integrací PKI):

- CPU (1 jádro) – jedno z následujících:
 - o x86 (32bit)
 - o x86-64 (64bit)
 - o ARM v6, v7, v8 s MMU
 - o MIPS (32bit a 64bit)
- Paměť
 - o 200 kb
- Diskové úložiště
 - o 2 Mb
- Síťové rozhraní
 - o IPv4 nebo IPv6 přes Ethernet, LTE
 - o Sériová linka (např. RS232) nebo USB

Podpora minimálně následujících kryptografických algoritmů pro digitální podepisování C-ITS zpráv:

- ECDSA_nistP256_with_SHA256
- ECDSA_brainpoolP256r1_with_SHA256
- ECDSA_brainpoolP384r1_with_SHA384

7.2.2 Umístění RSU jednotek na infrastrukturu

Jednotky budou nainstalovány na portálové konstrukce, sloupy veřejného osvětlení, na stožáry, konstrukce přejezdového zabezpečovacího zařízení nebo na jiná vhodná místa. Použitý typ kabelového vedení a způsob provedení musí odpovídat předpisům a nařízením správce dané infrastruktury (ŘSD ČR, SŽDC, aj.) Jednotka RSU musí být napojena v místě instalace na komunikační uzel, např. datakoncentrátor (SOS hláska, MX rozvaděč), který zajistí její komunikační připojení do nadřazených sítí a následně do C-ITS back office, nebo musí být zajištěno bezdrátové spojení s C-ITS back office prostřednictvím sítí mobilních operátorů.

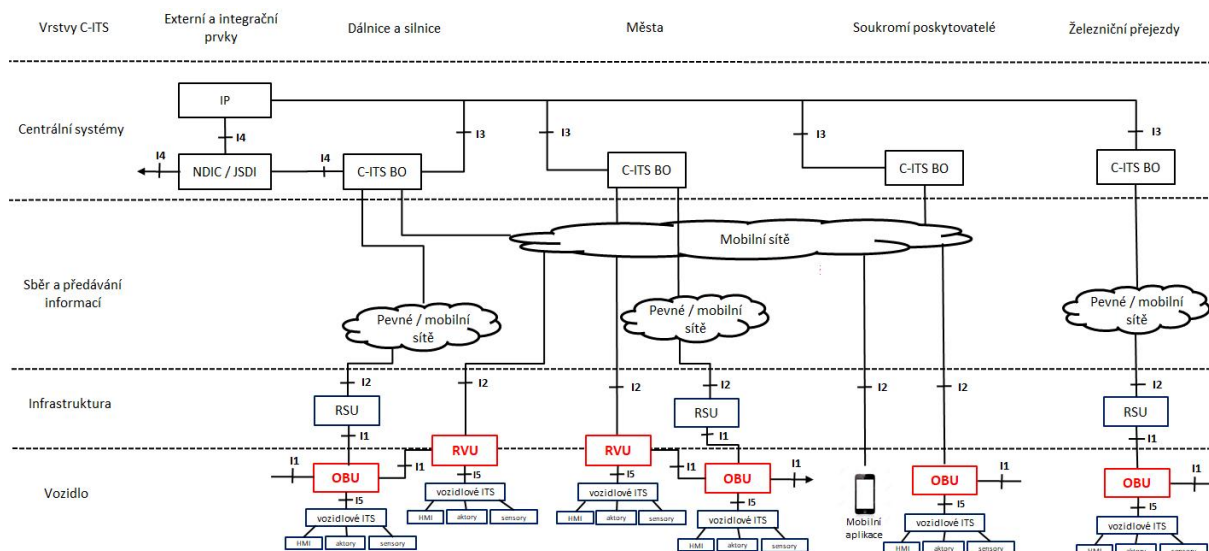
Pro výběr lokalit pro umístění RSU jednotek na dálnicích a komunikacích vyšších tříd byl sestaven seznam doporučených pravidel. Tato pravidla vyplývají z požadavků ŘSD, současně ze zkušeností ze zemí, které mají dlouhodobou zkušenost se zaváděním/testováním technologie ITS-G5 (Rakousko, Francie) a zároveň výběr lokalit reflektuje zkušenosti ŘSD s rozmístěním kooperativních ITS jednotek v rámci českého projektu „ITS koridor Mirošovice – Rudná“. Jedná se o následující seznam doporučení:

- Jednotky RSU musí být min. 200m od portálu elektronického výběru mýta.
- Jednotky RSU musí využívat primárně stávající stavební / technickou infrastrukturu s datovou i energetickou propojitelností. Na dálnicích a silnicích jsou preferována umístění v následujícím pořadí:
 1. Portál s pochozí obslužnou lávkou
 2. Poloportál s pochozí obslužnou lávkou
 3. Sloup veřejného osvětlení
 4. Portál dopravního značení s možností napájení
 5. Zařízení v blízkosti SOS hlásky/MX rozvaděčů
 - a. Sloupy video dohledu
 - b. Sloupy meteorologických stanic (výška alespoň 4 m)
 - c. Portály dopravního značení
 - d. V případě, že v blízkosti není vhodná infrastruktura, je možno osadit novým sloupkem pro umístění požadovaných anténních celků
- RSU musí využít stávající stavební / technickou infrastrukturu s energetickou propojitelností s tím, že datová propojitelnost bude řešena dodatečně novým pevným propojením v MX rozvaděči (v místech, kde se nachází) nebo bezdrátově v místech bez pevného datového propojení.
- V místech, kde není stavební / technická infrastruktura, je nutné naprojektovat zcela novou lokalitu umístění RSU.



8 Mobilní jednotky (RVU/OBU)

Architektura umístění a napojení RVU a OBU jednotek do systém C-ITS budovaném v rámci projektu C-Roads CZ je uvedeno v obrázku níže.



Obrázek 30 Architektura umístění a napojení vozidlových jednotek (OBU/RVU)

8.1 Jednotky ve vozidlech/vozících údržby (RVU)

Jednotky RVU (Road vehicle Unit) jsou instalovány přímo do vozidel údržby nebo do zabezpečovacích mobilních vozíků (výstražné zabezpečovací vozíky nebo předzvěstné vozíky). Tyto jednotky představují „hybrid“ mezi jednotkami RSU a OBU, neboť mohou sloužit k zajištění komunikace s vybavením na infrastruktuře a případně s ostatními RVU/OBU v okolí jako jednotky OBU (viz kapitola 9.1), ale zároveň se mohou stát samy vybavením na infrastruktuře a částečně plnit funkci RSU jednotek. Tyto jednotky tak mohou poskytovat dopravní informace ostatním vozidlům (např. výstražný zabezpečovací vozík s RVU jednotkou poskytuje ostatním vozidlům informace o pracích na silnici). RVU jednotka je propojena s řídicími systémy vozidla/vozíku, ze kterých načítá data a odesílá je do nadřazeného prvku systému - C-ITS back office a zároveň je schopna tyto vstupy sama interpretovat.

Jednotka RVU paralelně zasílá/přijímá data prostřednictvím technologie ITS-G5 a skrze mobilní síť komunikuje s C-ITS back office.

K zobrazení dat řidiči slouží vhodné HMI splňující parametry pro průmyslové použití z důvodů extrémních podmínek ve vozidlech údržby. HMI je vybaveno vhodným SW nástrojem pro komunikaci s jednotkou, zobrazování C-ITS zpráv řidiči a tvorbu/validaci vysílaných zpráv (potvrzování atributů vysílaných zpráv).



Jednotka RVU musí obsahovat vrstvy v souladu se standardem ETSI (ITS access technology layer, ITS network & transport layer, ITS facility layer, ITS application layer), přičemž aplikační vrstva musí obsahovat aplikace definované pro danou lokalitu.

8.1.1 Funkční požadavky na RVU jednotky

8.1.1.1 Požadavky na správu a údržbu RVU

- Jednotka RVU je klientem a C-ITS back office je serverem
- V případě přerušení spojení se iniciátor (RVU) pokusí znovu navázat spojení
- RVU musí být schopna detekovat přerušené spojení
- RVU musí zaznamenávat údaje o přerušených spojeních a vyřazených datech
- Správa certifikátů a klíčů pro komunikaci a návazné kryptografické procesy – RVU musí umožňovat implementaci Public Key Infrastructure (PKI) mechanismů – technologie PKI (viz kap. č. 10)
- Autodiagnostika – detekce poruchových stavů

8.1.1.2 Požadavky na nastavení jednotky RVU

- Čas na všech jednotkách RVU musí být synchronizován vůči společnému referenčnímu času (časový standard UTC), čas bude získán z GNSS signálu.
- Všechny jednotky RVU musejí být konfigurovatelné operátorem z C-ITS back office včetně updatu firmwaru.
- Možnost nastavení parametrů specifických pro jednotlivé služby (např. typ vozidla, poloha v rámci jízdních pruhů, důvod pomalé jízdy, apod.)
- RVU jednotka musí umožňovat uložení až 16 poloh mýtných bran do paměti jednotky pro účely tzv. koexistenčního módu
- Aktualizace certifikátů a klíčů pro komunikaci (viz kap. č. 10)

8.1.1.3 Požadavky na rozhraní jednotky RVU

- Jednotka RVU musí komunikovat s jednotkami OBU pomocí ITS-G5 komunikace definované v předpisu ETSI EN 302 663.
- Jednotka RVU musí být schopna vytvořit/zpracovat ITS-G5 zprávy pomocí protokolu Geo Network (GN) definovaného v předpisech ETSI EN 302 636 1, 2, 3, 4, 6.
- Jednotka RVU musí být schopna vytvořit/zpracovat ITS-G5 zprávy pomocí protokolu Basic Transport (BTP) definovaného v předpisu ETSI EN 302 636 5.

8.1.1.4 Požadavky na zpracování dat RVU

- Zprávy CAM:
 - o Jednotka RVU musí být schopna vytvořit/zpracovat a přijímat/odesílat CAM pakety z/do jednotek OBU/RVU.



- Jednotka RVU/OBU musí být schopna na základě CAM zprávy z RSU aktivovat koexistenční mód v ochranných zónách mýtných bran (viz kap. č. 11)
- Zprávy DENM
 - Jednotka RVU musí být schopna vytvořit/zpracovat a odesílat/přijímat DENM pakety pomocí protokolu Geo Broadcast Mode z/do jednotek OBU definovaném v předpisu ETSI 103301.
 - Jednotka RVU musí být schopna poslat informace o události v provozu do C-ITS back office.
 - RVU jednotka musí poslat všechny zprávy DENM získané z OBU jednotek do C-ITS back office .
 - Jednotka RVU musí být schopna přijímat DENM zprávy z C-ITS back office a posílat je do jednotek OBU.
 - Jednotka RVU musí být schopna přijímat data z řídicích systémů mobilního vozíku, vytvořit DENM zprávu a odeslat ji do jednotky OBU/RVU (samostatný režim).
 - Jednotka RVU by měla být schopna vytvořit DENM zprávy na základě manuálního vytvoření události přes HMI zařízení a vysílat je prostřednictvím ITS-G5 – aplikace pro správce komunikace.
 - Jednotka RVU by měla být schopna vytvořit DENM zprávu varující o průjezdu na červenou (use case ISV) na základě vyhodnocení přijatých SPAT a MAP zpráv a informací o vlastní rychlosti a zrychlení.
- Zprávy IVI:
 - Jednotka RVU by měla být schopna vytvořit/zpracovat zprávy IVI.
 - Jednotka RVU musí být schopna přijmout obsah zprávy IVI z C-ITS back office.
- Zprávy SPAT
 - Jednotka RVU by měla být schopna dešifrovat a ověřovat podpis zprávy SPAT a vyhodnotit jejich obsah
- Zprávy MAP
 - Jednotka RVU by měla být schopna dešifrovat a ověřovat podpis zprávy MAP a vyhodnotit jejich obsah

8.1.2 Technické požadavky na RVU jednotky

RVU jednotka by měla obsahovat/splňovat následující technické požadavky:

- modul pro rádiovou komunikaci ITS-G5 (5855 MHz až 5925 MHz) umožňující souběžnou komunikaci na dvou kanálech („Dual concurrent channel operation“)
- anténní systém tvořený směrovými nebo/a všesměrovými anténami pro duální vysílání / přijímání C-ITS zpráv pracujících v pásmu 5,9 GHz (ITS-G5) splňující standard ETSI 302 571 a zajišťující dostatečné pokrytí zájmového území radiovým signálem v pásmu ITS-G5
- komunikační modul včetně antény pro zajištění komunikace s C-ITS back office prostřednictvím sítě mobilních operátorů



- dostatečná úroveň krytí odpovídající umístění zařízení (např. IP65 v případě umístění zařízení mimo interiér vozidla)
- GNSS přijímač pro určení přesné polohy vč. antény
- dostatečný počet vstupů pro propojení ostatních komponentů (např. Ethernet, RS23, USB, binární vstupy/výstupy, aj.)
- napájení 12 - 24V DC
- vhodné datové úložiště (např. microSD paměťová karta)
- dostatečně velké a robustní HMI pro zobrazení informací řidiči (pouze v případě instalace RVU do vozidla)
- dle možnosti a potřeby napojení na CAN / FMS sběrnici vozidla (dle platných norem SAE J1939 / ISO11998)
- Hardware Security Module (HSM) - kompatibilní s TPM 1.2 (podporující TLS 1.2) a PKCS #11, splňující Common Criteria Certificate EAL4+
- licence softwarového řešení pro ITS jednotky (software stack) podporující provoz C2X aplikací a vzdálenou správu ITS jednotek
- prostorová data pro automatické vytvoření atributu Traces – prostorová data nejsou specifikována
- instalace RVU jednotek nesmí omezit stávající funkčnost jiných zařízení ve vozidlech ani vozidel samotných.

8.1.2.1 Technické požadavky na bezpečnost

Ve vazbě na budoucí implementaci PKI infrastruktury (kap. č. 10) musí jednotky splňovat určité požadavky. Tyto požadavky vycházejí z nutnosti instalace prvku PKI infrastruktury (SeaCat Client) do RSU jednotky. Jedná se o SW knihovnu zajišťující potřebné operace pro správnou funkčnost PKI systému (distribuce klíčů, aktualizace TLM, CRL apod.) Pro integraci tohoto prvku jsou na RSU kladeny následující požadavky:

Operační systém – podpora jednoho z následujících:

- Android 5.0+
- iOS 6.0+
- Linux
- Apple Mac OS X
- Windows 8.1+
- FreeBSD

Klient PKI bude samostatný proces na úrovni operačního systému nebo C knihovna integrovaná přímo do aplikace RVU jednotky.

Minimální požadavky na HW u RVU jednotky, které musí být splněny (spojené s integrací PKI):

- CPU (1 jádro) – jedno z následujících:



- x86 (32bit)
- x86-64 (64bit)
- ARM v6, v7, v8 s MMU
- MIPS (32bit a 64bit)
- Paměť
 - 200 kb
- Diskové úložiště
 - 2 Mb
- Síťové rozhraní
 - IPv4 nebo IPv6 přes Ethernet, LTE
 - Sériová linka (např. RS232) nebo USB

Podpora minimálně následujících kryptografických algoritmů pro digitální podepisování C-ITS zpráv:

- ECDSA_nistP256_with_SHA256
- ECDSA_brainpoolP256r1_with_SHA256
- ECDSA_brainpoolP384r1_with_SHA384

8.1.2.2 Umístění RVU jednotek

RVU ve vozidlech údržby

V případě vybavení vozidel údržby silnic musí být RVU jednotka napojená na napájení vozidla 12/24VDC (napájena bude jen za provozu vozidla) a její anténní systém pro příjem GNSS, GSM a ITS-G5 bude pevně instalován na vhodném místě, tak aby byl zajištěn dostatečný příjem signálu (GNSS, GSM), a zároveň aby byl zajištěn dostatečný dosah signálu ITS-G5. Jednotka dále může být napojena na sběrnici vozidla CAN / FMS (dle SAE J1939 / ISO11998). Jednotlivé prvky RVU jednotky budou do vozidla integrovány tak, aby neomezily užívání vozidla údržby během vykonávání běžných činností.

RVU v zabezpečovacích mobilních vozících

V případě instalace RVU jednotky do zabezpečovacího mobilního vozíku (výstražné a předzvěstné vozíky) bude provedení jednotky odpovídat venkovní instalaci dle PPK-PVV. Jednotka RVU by měla být plně integrována do systému vozíku tak, aby bylo možno automaticky získávat stav, ve kterém se dopravní značení nachází (poznámka: nutno zohlednit provozní podmínky na dálnici a rychlostní silnici, tzn. min. využití obsluhy vozíku). Volba typu a způsobu provedení implementace je odvislá od typu dopravního značení a řídicí/ovládací jednotky vozíku. RVU jednotka na vozíku bude napájena ze stávajících či separátních baterií. Anténní systém RVU zařízení (ITS-G5, GSM, GNSS) musí být instalován do vozíku tak, aby byl zajištěn dostatečný příjem signálu (GPS, GNSS), a zároveň aby byl zajištěn dostatečný dosah signálu ITS-G5.



8.2 Jednotky v osobních vozidlech (OBU)

Jednotky OBU (On-Board Unit) jsou umístěné přímo v jednotlivých osobních vozidlech a zajišťují komunikaci s vybavením na infrastruktuře, popř. s OBU v okolních vozidlech (viz kapitola 9.1), a v závislosti na typu zařízení a poskytované službě také interpretaci příslušných informací řidiči. OBU je propojena s řídicími systémy vozidla, ze kterých načítá data a odesílá je do nadřazených prvků C-ITS systému. Tato data jsou pak klíčovým vstupem pro služby a aplikace poskytované v rámci tohoto systému.

V první fázi projektu je počítáno s tzv. „aftermarket“ řešením, tj. průmyslovou jednotkou dodatečně instalovanou do vozidla. Tato jednotka může být napojena na sběrnici CAN / OBDII popř. nahradit vstupní informace jinými detektory/senzory, její antény pro příjem GNSS, GSM a ITS-G5 signálu budou vhodně umístěny pro dostatečný příjem signálu (nejlépe pevně instalovány na střeše vozidla). K zobrazení dat řidiči bude sloužit displej s vhodným OS a SW výbavou pro komunikaci s OBU. V pozdějších fázích projektu se předpokládá vybavení vozidel OBU jednotkami přímo samotnými výrobci automobilů (tzv. „embedded“ řešení). Jednotlivé prvky OBU jednotky budou do vozidla integrovány tak, aby neomezily užívání vozidla k vykonávání běžných činností.

V rámci projektu mohou být implementovány 3 typy jednotek:

- OBU jednotky komunikující s okolními jednotkami pouze prostřednictvím ITS-G5.
- OBU jednotky komunikující s okolními jednotkami prostřednictvím ITS-G5 a zároveň napřímo s C-ITS BO prostřednictvím datových sítí mobilních operátorů.
- OBU jednotka komunikující pouze napřímo s C-ITS back office prostřednictvím sítí mobilních operátorů

8.2.1 Funkční požadavky na OBU jednotky

8.2.1.1 Požadavky na správu a údržbu OBU

- Jednotka OBU je klientem a C-ITS back office je serverem.
- V případě přerušení spojení se iniciátor OBU pokusí znovu navázat spojení.
- OBU musí být schopna detekovat přerušené spojení.
- Správa certifikátů a klíčů pro komunikaci a návazné kryptografické procesy – OBU musí umožňovat implementaci Public Key Infrastructure (PKI) mechanismů – technologie PKI (viz kap. č. 10)
- Autodiagnostika – detekce poruchových stavů.
- OBU musí umožňovat vzdálené sledování provozního stavu.

8.2.1.2 Požadavky na nastavení jednotky OBU

- Čas na všech jednotkách OBU musí být synchronizován vůči společnému referenčnímu času (časový standard UTC), čas bude získán z GNSS signálu.



- Nastavení aplikační parametrů (např. typ vozidla, poloha v rámci jízdních pruhů, důvod pomalé jízdy).
- Aktualizace certifikátů a klíčů pro komunikaci (viz kap. č. 10).

8.2.1.3 Požadavky na rozhraní jednotky OBU

- Jednotka OBU musí komunikovat s C-ITS jednotkami pomocí ITS-G5 komunikace definované v předpisu ETSI EN 302 663.
- Jednotka OBU musí být schopna vytvořit/zpracovat ITS-G5 zprávy pomocí protokolu Geo Network (GN) definovaného v předpisech ETSI EN 302 636 1, 2, 3, 4, 6.
- Jednotka OBU musí být schopna vytvořit/zpracovat ITS-G5 zprávy pomocí protokolu Basic Transport (BTP) definovaného v předpisu ETSI EN 302 636 5.

8.2.1.4 Požadavky na zpracování dat OBU

- Zprávy CAM:
 - o Jednotka OBU musí být schopna vytvořit/zpracovat a přijímat/odesílat CAM pakety z/do jednotek OBU/RVU/RSU, popř. do back office.
 - o Jednotka RVU/OBU musí být schopna na základě CAM zprávy z RSU aktivovat koexistenční mód v ochranných zónách mytných bran (viz kap. č. 11)
 - o Jednotka OBU ve vozidlech MHD nebo IZS musí být schopna vyslat CAM zprávu směrem k RSU jednotce propojené s řadičem SSZ při žádosti o preferenční průjezd křižovatky
- Zprávy DENM
 - o Jednotka OBU musí být schopna vytvořit/zpracovat a odesílat/přijímat DENM pakety pomocí protokolu Geo Broadcast Mode z/do jednotek OBU/RVU/RSU definovaném v předpisu ETSI 103301.
 - o Jednotka OBU musí být schopna poslat informace o události v provozu (DENM zprávu) do OBU/RSU/RVU, popř. do back office.
 - o Jednotka OBU musí být schopna přijímat DENM zprávy z jednotek RSU/RVU, popř. z back office.
 - o Jednotka OBU by měla být schopna vytvořit DENM zprávy na základě manuálního vytvoření události přes HMI zařízení a vysílat je prostřednictvím ITS-G5 – aplikace pro správce komunikace.
 - o Jednotka OBU by měla být schopna vytvořit DENM zprávu varující o průjezdu na červenou (use case ISV) na základě vyhodnocení přijatých SPAT a MAP zpráv a informací o vlastní rychlosti a zrychlení.
- Zprávy IVI:
 - o Jednotka OBU musí být schopna vytvořit a zpracovat zprávy IVI.
 - o Jednotka OBU musí být schopna přijmout obsah zprávy IVI z RSU/RVU, popř. z back office.

- Zprávy SPAT
 - o Jednotka OBU by měla být schopna dešifrovat a ověřovat podpis zprávy SPAT a vyhodnotit jejich obsah
- Zprávy MAP
 - o Jednotka OBU by měla být schopna dešifrovat a ověřovat podpis zprávy MAP a vyhodnotit jejich obsah

8.2.2 Technické požadavky na OBU jednotky

OBU jednotka by měla obsahovat/splňovat následující technické požadavky:

- modul pro rádiovou komunikaci ITS-G5 (5855 MHz až 5925 MHz) umožňující souběžnou komunikaci na dvou kanálech („Dual concurrent channel operation“)
- anténní systém tvořený všesměrovými anténami pro duální vysílání / přijímání C-ITS zpráv o minimálním zisku 12dBi pracující v pásmu 5,9 GHz (ITS-G5) splňující standard ETSI 302 571 a zajišťující dostatečné pokrytí zájmového území radiovým signálem v pásmu ITS-G5
- v případě hybridní jednotky komunikační modul včetně antény pro zajištění komunikace s C-ITS back office prostřednictvím sítě mobilních operátorů
- dostatečné krytí odpovídající umístění zařízení (např. IP65 v případě umístění některých částí mimo interiér vozidla)
- GNSS přijímač pro určení přesné polohy vč. antény
- dostatečný počet vstupů pro propojení ostatních komponentů (např. Ethernet, RS23, USB, binární vstupy/výstupy, aj.)
- vhodné datové úložiště (např. microSD paměťová karta)
- vhodné HMI zařízení pro zobrazení informací řidiči
- možnost napojení na CAN / FMS sběrnici vozidla (dle platných norem SAE J1939 / ISO 11998)
- Hardware Security Module (HSM) - kompatibilní s TPM 1.2 (podporující TLS 1.2) a PKCS #11, splňující Common Criteria Certificate EAL4+
- licence softwarového řešení pro ITS jednotky (software stack) podporující provoz C2X aplikací a vzdálenou správu ITS jednotek.
- prostorová data pro automatické vytvoření atributu Traces – prostorová data nejsou specifikována
- instalace OBU jednotek nesmí omezit stávající funkčnost jiných zařízení ve vozidlech ani vozidel samotných.

8.2.2.1 Technické požadavky na bezpečnost

Ve vazbě na budoucí implementaci PKI infrastruktury (kap. č. 10) musí jednotky splňovat určité požadavky. Tyto požadavky vycházejí z nutnosti instalace prvku PKI infrastruktury (SeaCat Client) do OBU jednotky. Jedná se o SW knihovnu zajišťující potřebné operace pro správnou funkčnost PKI systému (distribuce klíčů, aktualizace TLM, CRL apod.) Pro integraci tohoto prvku jsou na OBU kladeny následující požadavky:



Operační systém – podpora jednoho z následujících:

- Android 5.0+
- iOS 6.0+
- Linux
- Apple Mac OS X
- Windows 8.1+
- FreeBSD

Klient PKI bude samostatný proces na úrovni operačního systému nebo C knihovna integrovaná přímo do aplikace OBU jednotky.

Minimální požadavky na HW u OBU jednotky, které musí být splněny (spojené s integrací PKI):

- CPU (1 jádro) – jedno z následujících:
 - o x86 (32bit)
 - o x86-64 (64bit)
 - o ARM v6, v7, v8 s MMU
 - o MIPS (32bit a 64bit)
- Paměť
 - o 200 kb
- Diskové úložiště
 - o 2 Mb
- Síťové rozhraní
 - o IPv4 nebo IPv6 přes Ethernet, LTE
 - o Sériová linka (např. RS232) nebo USB

Podpora minimálně následujících kryptografických algoritmů pro digitální podepisování C-ITS zpráv:

- ECDSA_nistP256_with_SHA256
- ECDSA_brainpoolP256r1_with_SHA256
- ECDSA_brainpoolP384r1_with_SHA384

9 Vrstva sběru předávání informací

Mezi jednotlivými prvky C-ITS systému existují rozhraní, která mají své specifické požadavky. Některá rozhraní jsou jasně definována mezinárodními standardy, jiná nebyla na mezinárodní úrovni standardizována, neboť specifické požadavky v jednotlivých zemích nepředstavují pro zajištění mezinárodní interoperability žádnou překážku. V každém případě však musí být zachována maximální otevřenost celého systému.

Pro komunikaci mezi OBU/RVU a RSU je celosvětově využívána mikrovlnná technologie krátkého dosahu na vyhrazené frekvenci 5,9 GHz. Tento typ technologie byl zvolen pro svou vysokou rychlost a spolehlivost, což je nezbytnou podmínkou pro využití ve vysokých rychlostech a intenzitách provozu na pozemních komunikacích. Pro tento typ komunikace je také již využíván mezinárodně uznávaný standard ITS-G5, který definuje jasná pravidla pro výměnu informací mezi jednotkami.

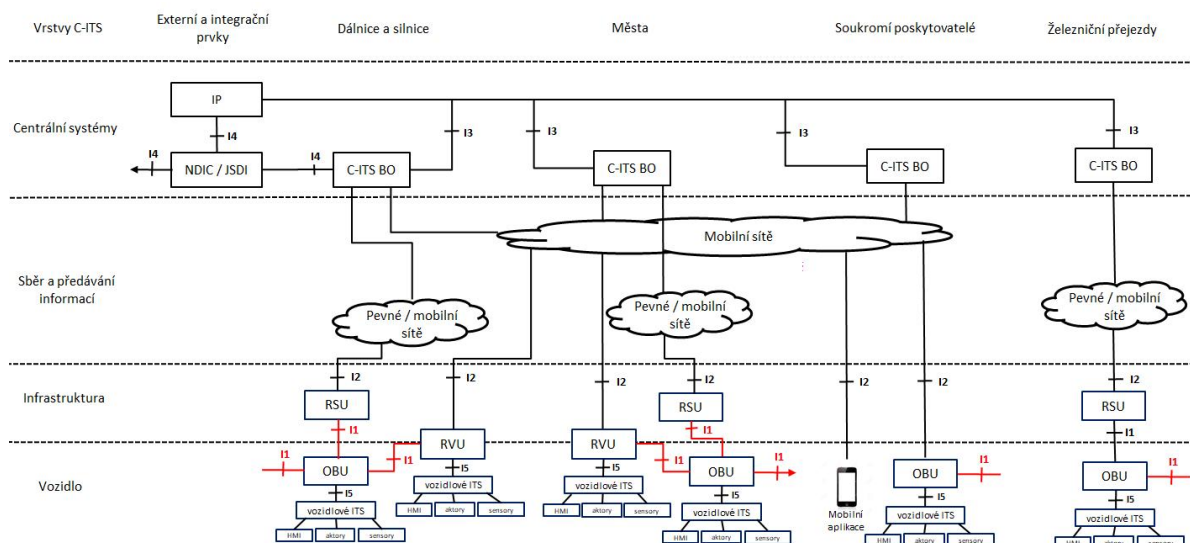
Ostatní rozhraní v rámci C-ITS systému jsou v zásadě dvojího typu – realizovaná prostřednictvím pevného spojení (ethernet s využitím optických či metalických kabelů) a dále rozhraní využívající bezdrátové sítě mobilních operátorů. V C-ITS systému byla definována tato rozhraní:

- Rozhraní I1: OBU/RVU ↔ OBU/RVU/RSU. Detailní popis komunikace je uveden v kapitole 9.1.
- Rozhraní I2: C-ITS back office ↔ C-ITS jednotka/mobilní aplikace. Detailně je tato komunikace popsána v kapitole 9.2
- Rozhraní I3: C-ITS back office ↔ Integrovaná platforma. Detailně je tato komunikace popsána v kapitole **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**
- Rozhraní I4: C-ITS back office ↔ NDIC, popř. Integrovaná platforma ↔ NDIC. Detailně je tato komunikace popsána v kapitole 9.4
- Rozhraní I5: OBU/RVU ↔ vozidlové systémy/HMI. Detailně je tato komunikace popsána v kapitole 9.5

9.1 Rozhraní I1: vozidlové jednotky ↔ jednotky na infrastruktuře / vozidlové jednotky

Obrázek níže zobrazuje architekturu umístění a napojení rozhraní I1.





Obrázek 31 Architektura umístění a napojení rozhraní I1

Komunikace mezi jednotkou na infrastruktuře a vozidlovou jednotkou je základním principem C-ITS systému. V rámci tohoto spojení se periodicky obousměrně vyměňují informace o stavu příslušných jednotek pomocí mikrovlnné technologie DSRC. Pro toto spojení bylo celosvětově vyhrazeno frekvenční pásmo 5,9 GHz, ve kterém probíhá rádiová komunikace krátkého dosahu (až 1000 m). Výhodou této technologie je její rychlost a spolehlivost, přičemž výměna informací může probíhat až desetkrát za vteřinu.

Komunikace mezi vozidlovými jednotkami a jednotkami na infrastruktuře, popř. mezi dvěma vozidlovými jednotkami navzájem, byla na mezinárodní úrovni standardizována. Příslušný standard v Evropě je označován jako ITS-G5, vychází ze standardu IEEE 802.11p a je definován v normách ETSI. Konkrétně jsou to:

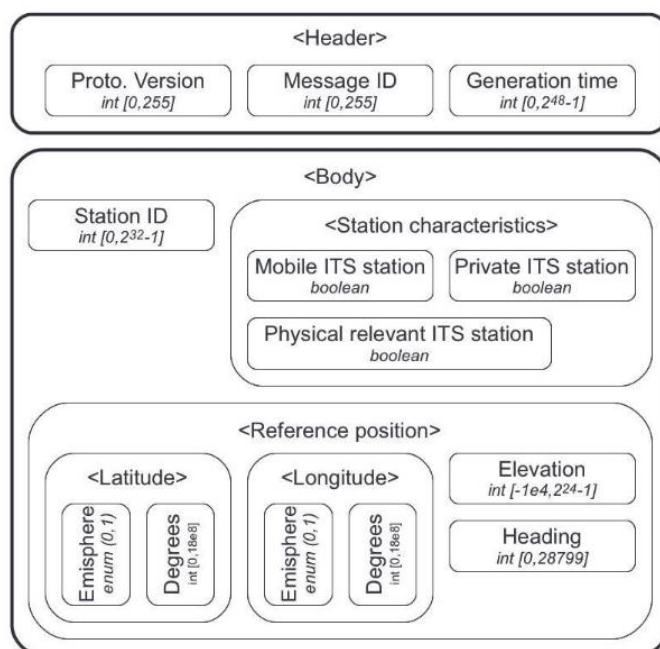
- ETSI ES 202 663 – European profile standard for the physical and medium access control layer of Intelligent Transport Systems operating in the 5 GHz frequency band
- ETSI EN 302 663 – Access layer specification for Intelligent Transport Systems operating in the 5 GHz frequency band
- ETSI TS 102 637 – Vehicular Communications; Basic Set of Applications

V těchto předpisech jsou definovány i základní typy zpráv, které jsou v rámci standardu ITS-G5 generovány a posílány. Jsou to:

- **Cooperative Awareness Message (CAM)**
Zprávy CAM jsou generovány a odesílány periodicky až 10x za sekundu dle okolních podmínek. Poskytují základní informace o zařízení, které je vygenerovalo (OBU jednotka). Obsahují hlášení o přítomnosti, poloze, teplotě a provozním stavu příslušného zařízení. CAM



bývají často označovány jako „Here I am“ zprávy. Struktura zprávy CAM je znázorněna na následujícím obrázku.

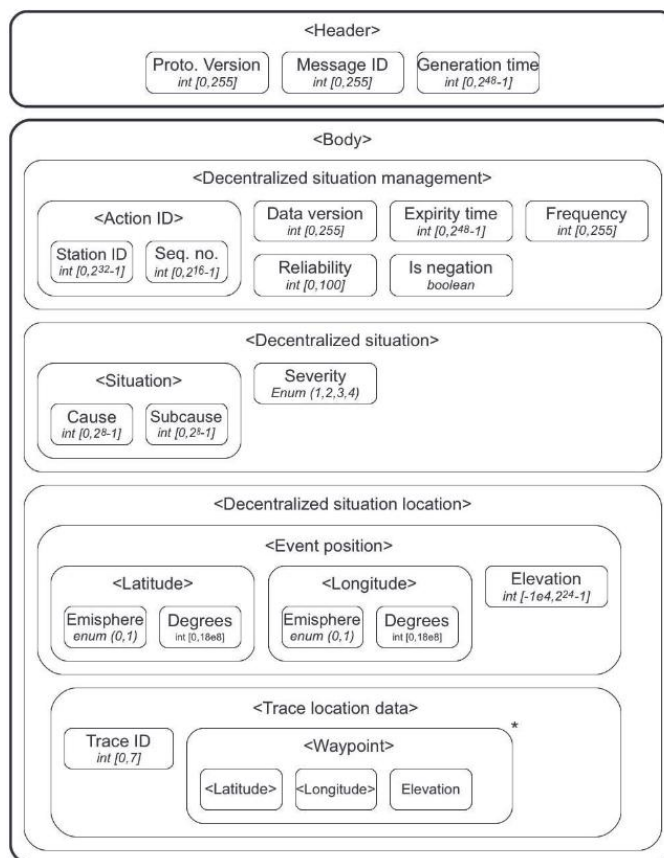


Obrázek 32 Struktura zprávy CAM

Zprávy CAM jsou mimo jiné využívány pro výpočty dojezdových dob, zdržení, průměrných rychlostí apod. v rámci služby Probe vehicle data. Vždy první CAM zpráva, kterou RSU jednotka obdrží od konkrétní OBU jednotky, je zároveň přeposlána do C-ITS back office. Všechny další obdržené CAM zprávy jsou zpracovávány na úrovni RSU jednotky, kde se data agregují dle virtuálních detektorů. Do C-ITS serveru už jsou následně odesílána agregovaná data o provozu v oblasti dosahu příslušné RSU jednotky. Zprávy CAM přijímají také ostatní OBU jednotky v okolí „vysílající jednotky“. Specifikace zprávy CAM je detailně popsána v předpisu *ETSI TS 102 637-2 Specification of Cooperative Awareness Basic Service*. Jednotlivé atributy zprávy CAM jsou popsány ve standardu *ETSI TS 102 894-2 Applications and facilities layer common data dictionary*.

- **Decentralized Environmental Notification Message (DENM)**

Zprávy DENM jsou generovány pouze v případě výskytu nějaké události, jejich odeslání tedy musí přecházet nějaký spouštěč. Pomocí DENM zpráv se tedy přenášejí informace o mimořádných událostech, jako je práce na silnici, dopravní nehoda, práce na silnici, kluzká vozovka, jízda v protisměru či jiný typ překážky. Zpráva může být generována v C-ITS back office, popř. přímo v OBU jednotce. RSU jednotky zprávy DENM pouze přeposílají do vozidel ve svém dosahu či naopak do C-ITS back office dle typu události. Struktura DENM zprávy je znázorněna na následujícím obrázku.

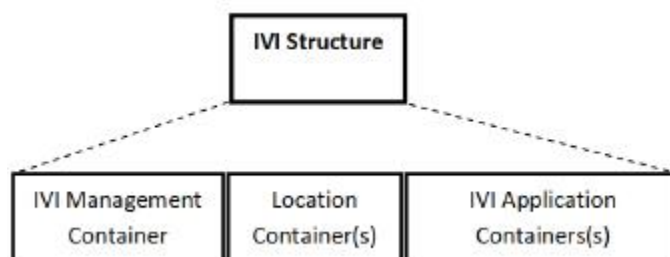


Obrázek 33 Struktura zprávy DENM

Zprávy DENM jsou vysílány periodicky, dokud je příslušná událost platná. K přerušení vysílání dojde buď v případě, že vyprší její přednastavená doba platnosti, nebo příslušná ITS jednotka vyšle speciální DENM zprávu, která zruší platnost dotyčné události. Specifikace zprávy DENM je detailně popsána v předpisu *ETSI TS 102 637-3 Specification of Decentralized Environmental Notification Basic Service*. Jednotlivé atributy zprávy DENM jsou popsány ve standardu *ETSI TS 102 894-2 Applications and facilities layer common data dictionary*.

- **In-Vehicle Information (IVI)**

Zprávy IVI obecně slouží primárně pro přenos informací o statických a dynamických dopravních symbolech, např. dopravní symboly na portálech liniového řízení dopravy (LŘD) a zařízení pro provozní informace (ZPI), do vozidla nebo do HMI zařízení. IVI zpráva je generována přímo v C-ITS back office a je následně odeslána do příslušné RSU jednotky v blízkosti daných portálů. RSU jednotky dále zprávu IVI přeposílají do vozidel ve svém dosahu. Struktura IVI zprávy je znázorněna na následujícím obrázku.



Obrázek 34 Struktura zprávy IVI

IVI zpráva neslouží pouze pro přenos zobrazovaných dopravních symbolů, ale také doplňkových textů (portály ZPI). Získané informace jsou následně HMI zařízením ve vozidle vhodně prezentovány řidiči dle knihovny dopravních symbolů a typického rozložení dopravních značení na portálech. Zpráva IVI je periodicky vysílána až do vypršení doby její přednastavené platnosti, nebo do doby než příslušná RSU jednotka vyšle speciální IVI zprávu, která zruší platnost daných vysílaných dopravních informací. Specifikace IVI zprávy je detailně popsána v normě *ISO/TS 19321:2015 Intelligent transport systems – Cooperative ITS – Dictionary of in-vehicle information (IVI) data structure*. Pro kódování jednotlivých dopravních symbolů bude primárně použita knihovna definována v normě *ISO/TS 14823:2008 Traffic and travel information - Messages via media independent stationary dissemination systems - Graphic data dictionary for pre-trip and in-trip information dissemination systems*. Tento katalog zahrnuje běžné dopravní symboly, jejich číselný kód a doplňující informace.

- **Signal Phase and Timing Message (SPAT)**

Zprávy SPAT slouží k poskytování informací o signálním cyklu světelného signalizačního zařízení (SSZ) na křižovatkách. Tento cyklus určuje pořadí a délku jednotlivých signálních dob. SPAT je generována v jednotce RSU v blízkosti SSZ na základě informací z dopravního řadiče. Jedna tato zpráva může obsahovat informace o signálním cyklu jedné nebo o více křižovatek zároveň. Po příjmu zprávy SPAT vozidlovou jednotkou OBU je tato zpráva zpracovávána dohromady se zprávou MAP (viz další typ zpráv), čímž je stanoven stav světelné signalizace pro každý segment komunikace (jednotlivé jízdní pruhy). Na základě těchto informací může OBU jednotka ve vozidle informovat řidiče o doporučené rychlosti, varovat před průjezdem křižovatky na signál „stůj“ nebo zajistit plynulý průjezd křižovatkou.

Zprávy SPAT jsou standardizovány dokumentem *SAE J2735 Dedicated Short Range Communications (DSRC) Message Set Dictionary* a *ISO/TS 19091:2017 Intelligent transport systems - Cooperative ITS - Using V2I and I2V communications for applications related to signalized intersections*.

- **Map Data (MAP)**

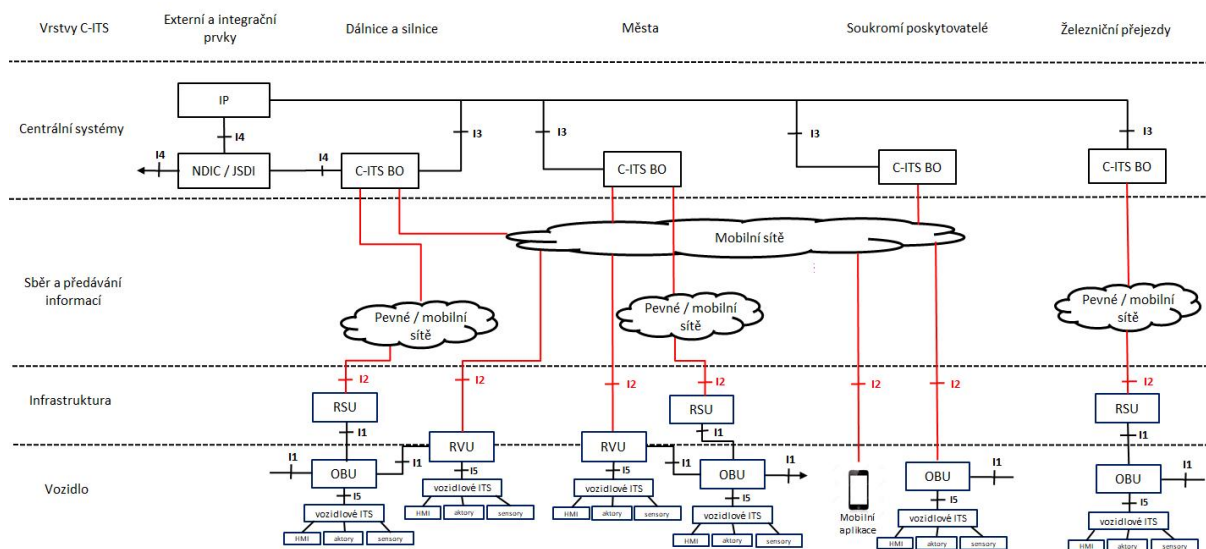
Zprávy MAP slouží k poskytování informací o topologii a geometrii křižovatkových úseků z jednotek RSU do vozidel nebo do mobilních zařízení. Jedna zpráva MAP může obsahovat

informace o geometrii jedné, ale i více křižovatek. Po příjmu zprávy MAP vozidlovou jednotkou OBU je tato zpráva zpracovávána dohromady se zprávou SPAT, čímž je stanoven stav světelné signalizace pro každý segment křižovatky (jednotlivé jízdní pruhy).

Specifikace zprávy MAP je popsána v dokumentu *ISO/TS 19091:2017 Intelligent transport systems - Cooperative ITS - Using V2I and I2V communications for applications related to signalized intersections*.

9.2 Rozhraní I2: back-office ↔ C-ITS jednotka/mobilní aplikace

Obrázek níže zobrazuje architekturu umístění a napojení rozhraní I2.



Obrázek 35 Architektura umístění a napojení rozhraní I2

Komunikace mezi C-ITS back office a C-ITS jednotkou / mobilní aplikací může být realizována zcela proprietárně na základě potřeb a požadavků jednotlivých poskytovatelů C-ITS služeb a správců C-ITS infrastruktury, musí však splňovat obecné požadavky C-ITS systému. Tato volnost se vztahuje zejména na charakter fyzické přenosové vrstvy – v závislosti na dostupnosti komunikační infrastruktury a na charakteru poskytovaných služeb může být toto rozhraní realizováno jak přes pevné sítě (např. optické kabely na dálnicích), tak přes sítě mobilních operátorů.

Komunikaci v rámci rozhraní I2 lze rozdělit do dvou kategorií, tj.:

- C-ITS zprávy – popis v kapitole č. 9.2.1
- Servisní zprávy – popis v kapitole č. 9.2.2

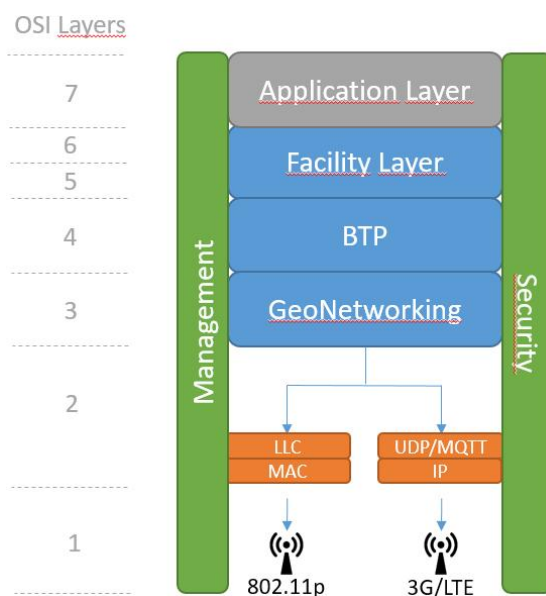
Tyto dvě kategorie mají být na transportní vrstvě odděleny (např. prostřednictvím TCP/UDP portu).



9.2.1 C-ITS zprávy

Mezi C-ITS back office a C-ITS jednotkami je pro správné fungování systému nutné obousměrně přenášet původní C-ITS zprávy (DENM, IVI...). Z důvodu nastavení přísnějších pravidel pro tvorbu C-ITS zpráv z pohledu bezpečnosti (viz kap. č. 10) je potřeba použít komunikační protokol, ve kterém bude zachována celistvost C-ITS zprávy včetně podpisu zprávy (tzv. securedMessage). Tento požadavek sice stále zanechává jistou volnost, v protokolu však musí být vždy zachovány následující vrstvy:

- Facility vrstva
- Transportní vrstva
- GeoNetworking vrstva



Obrázek 36 Princip hybridního řešení z pohledu C-Roads Czech Republic

V rámci této komunikace jsou přenášeny C-ITS zprávy mezi C-ITS back office a C-ITS jednotkou prostřednictvím sítí mobilních operátorů nebo pevných sítí (např. infrastruktura optických sítí) – pouze pro RSU.

9.2.2 Servisní zprávy

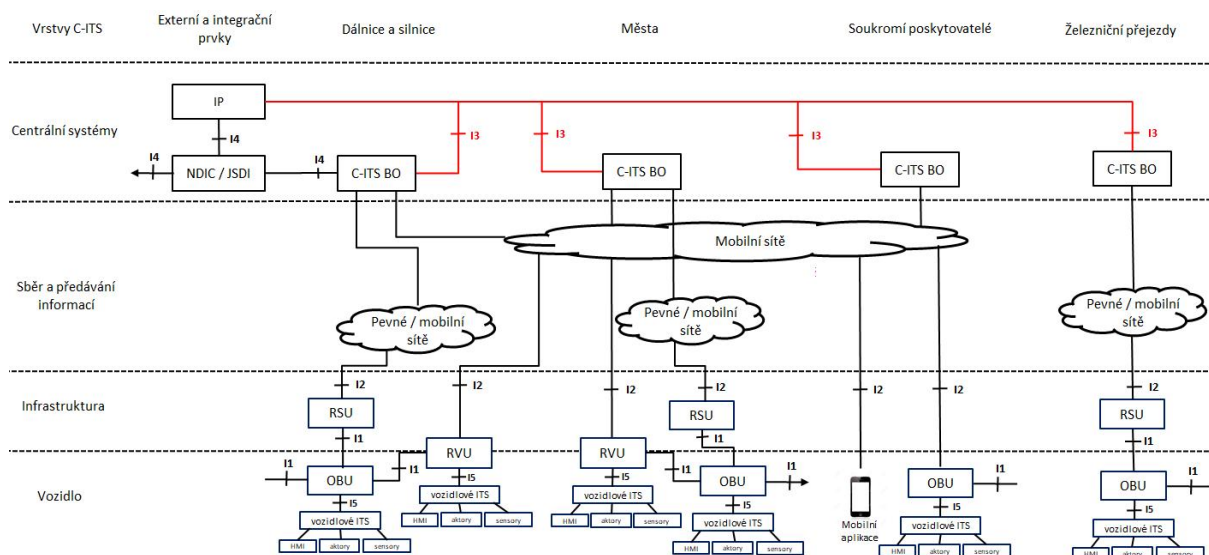
Tato kategorie představuje zprávy mezi C-ITS back office a C-ITS jednotkou/mobilní aplikací, na které se nevztahuje požadavek na formát C-ITS zpráv dle ETSI standardů. Může se jednat např. o stavové zprávy, systémové nastavení, aj. V rámci této kategorie se naopak nesmí vysílat zprávy, které by měly vliv na generování C-ITS zprávy. Servisní zprávy nesmí být nikdy přeposílány prostřednictvím rozhraní

I1. I tato kategorie zpráv však má být podepisována dle ETSI 103 097 (obdobně jako C-ITS zprávy), pokud mají tyto zprávy přímý vliv na tvorbu C-ITS zpráv.

Předpokládá se, že pro tuto kategorii zpráv bude řešen komunikační protokol každým poskytovatelem služeb proprietárně.

9.3 Rozhraní I3: back-office ↔ Integrovaná platforma

Obrázek níže zobrazuje architekturu umístění a napojení rozhraní I3, které propojuje C-ITS back office s Integrovanou platformou.



Obrázek 37 Architektura umístění a napojení rozhraní I6

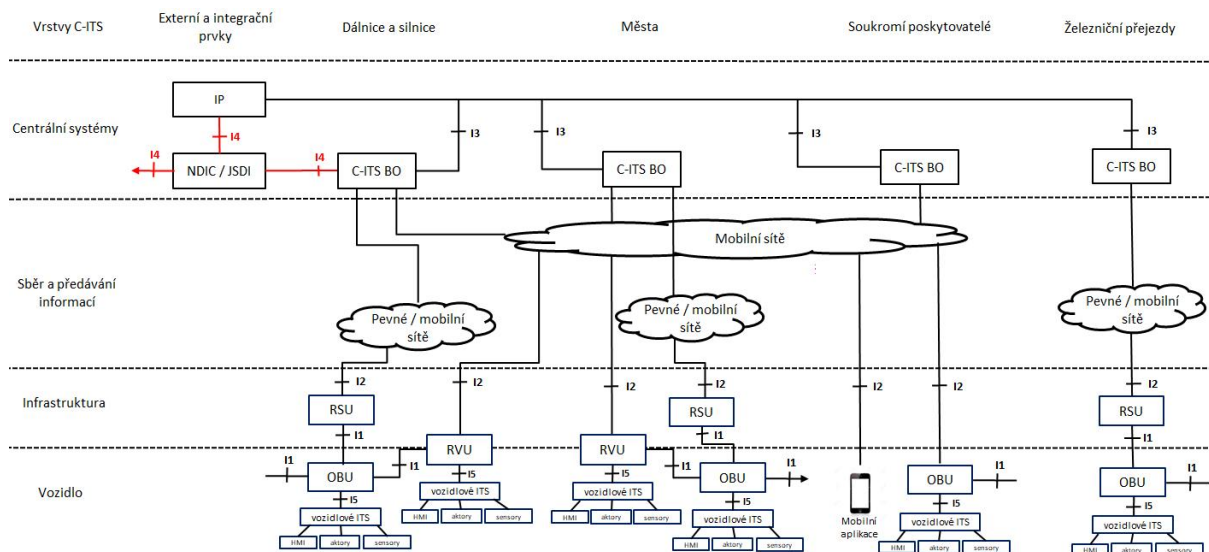
Komunikační rozhraní I3 mezi C-ITS back office a integrovanou platformou je detailně popsáno v samostatném dokumentu „ESB_InterfaceContract_BO2BO“.

Jednotlivé C-ITS BO se mohou připojit na ESB sběrnici integrované platformy a vysílat a přijímat C-ITS zprávy do/z ostatních C-ITS back offices. Komunikace mezi C-ITS BO a integrovanou platformou bude probíhat prostřednictvím HTTP protokolu přes zabezpečenou a šifrovanou IP komunikaci ve vlastní VPN (IPSec IKEv1 VPN).

9.4 Rozhraní I4: back-office ↔ NDIC/JSDI, Integrovaná platforma ↔ NDIC/JSDI

Obrázek níže zobrazuje architekturu umístění a napojení rozhraní I4, které propojuje C-ITS back office s NDIC/JSDI, popř. NDIC/JSDI s Integrovanou platformou. V současné době je s NDIC/JSDI prostřednictvím tohoto rozhraní propojen C-ITS back office ŘSD (v rámci projektu předcházejícího C-ROADS CZ), do budoucna však mohou být s NDIC/JSDI propojeny i další back office poskytovatelů služeb či správců komunikací, popř. Integrovaná platforma.





Obrázek 38 Architektura umístění a napojení rozhraní I7

Sjednocení těchto dvou rozhraní vychází z předpokladu, že mezi těmito prvky bude docházet k výměně stejného typu dat – tj. data o provozu, stavu infrastruktury, mimořádných událostech atd. Jedná se ve své podstatě o komunikaci mezi dopravními řídicími centry, protože je v Evropě standardně používán protokol DATEX II, který byl právě pro tyto účely vyvinut. V rámci projektu C-ROADS CZ bude rovněž využíváno protokolu DATEX II, který je definován v následujících předpisech:

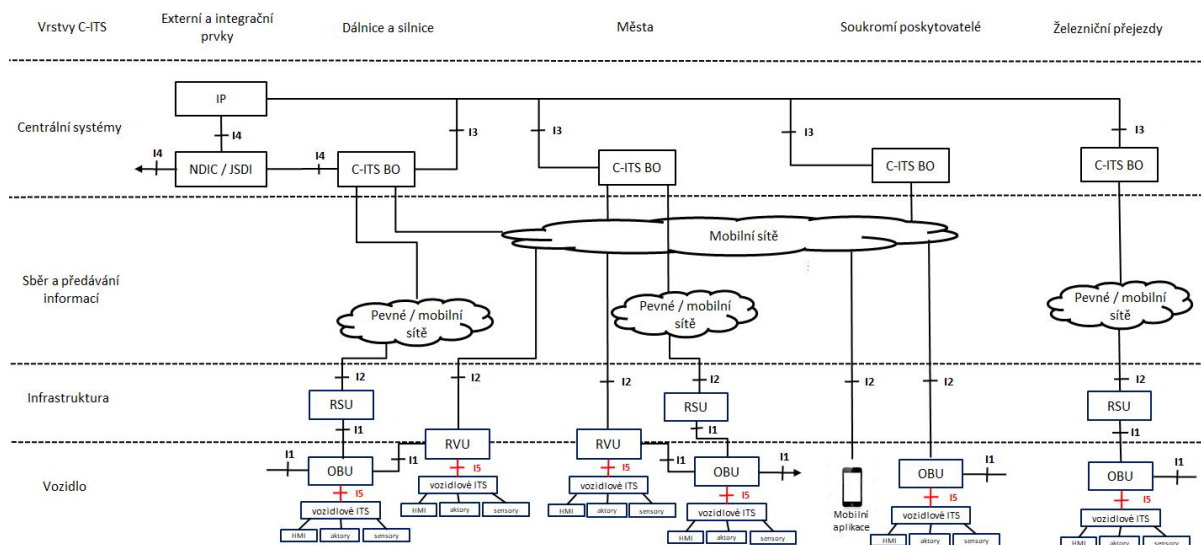
- CEN TS 16157-1 Inteligentní dopravní systémy – Specifikace výměnného formátu DATEX II pro řízení dopravy a dopravní informace – Část 1: Obecný rámec a architektura
- CEN TS 16157-2 Inteligentní dopravní systémy – Specifikace výměnného formátu DATEX II pro řízení dopravy a dopravní informace – Část 2: Označování pozice
- CEN TS 16157-3 Inteligentní dopravní systémy – Specifikace výměnného formátu DATEX II pro řízení dopravy a dopravní informace – Část 3: Publikace situace

Překladové tabulky mezi DATEX II a C-ITS zprávami (DENM, IVI...) zatím nebyly v projektu C-ROADS CZ definovány.

9.5 Rozhraní I5: vozidlové jednotky ↔ vozidlové systémy/HMI

Toto rozhraní zajišťuje propojení OBU / RVU jednotky s externími vozidlovými prvky (těmito prvky mohou být přídatné sensory, CAN sběrnice vozidel, řídicí systémy vozidlových nadstavb / externích prvků, HMI pro zobrazení ITS zpráv atd.) pro účely detekce stavů / jevů potřebných pro generování ITS zpráv (CAM, DENM).





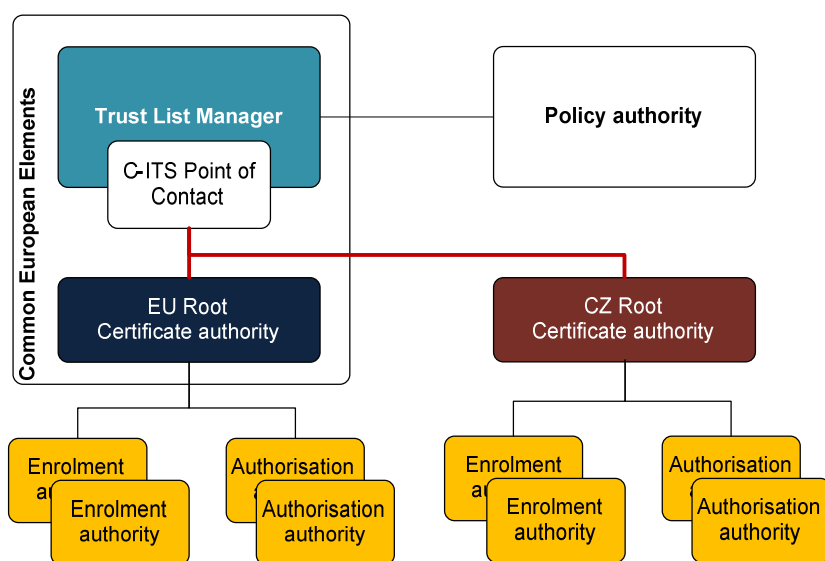
Obrázek 39 Architektura umístění a napojení rozhraní I8

Toto rozhraní není nutné pro potřeby realizace projektu C-ROADS CZ definovat a každý partner projektu si jej vydefinuje individuálně dle parametrů konkrétní implementace (typ vozidla, potřebný rozsah sledovaných parametrů). Obecně se ve vozidlech používá rozhraní CAN nebo v případě nákladních vozidel OBD II. Dále lze některé parametry vyčítat prostřednictvím standardních digitálních či analogových vstupů.

10 Bezpečnost C-ITS systémů

Tato část dokumentu se zaměřuje na bezpečnost přenášených dat, mezi něž patří C-ITS zprávy (CAM, DENM, IVI...), ale také ostatní provozní zprávy. Tato témata jsou stále intenzivně diskutována na úrovni C-ROADS Platformy. Zatímco obecný mechanismus zabezpečení zpráv přes ITS-G5 je na evropské víceméně definován (stále je však třeba definovat množství technických aspektů, např. bezpečnostních profily apod.), debata nad zabezpečením hybridní komunikace je teprve na svém počátku.

Evropská komise vytváří jednotný celoevropský Trust model, který je založený na principu „Public Key Infrastructure“ (PKI), tj. distribuce veřejných klíčů, pomocí kterých jsou ověřovány elektronické podpisy.



Obrázek 40 Hierarchie pan-evropské PKI infrastruktury

Tento Trust model je definován v následujících částech:

- Security policy (SP): definuje pravidla, nařízení a zkušenosti, jak spravovat aktiva, včetně citlivých informací, jak jsou spravovány, chráněny a distribuovány v rámci organizací a jejich systémů (ISO/IEC 21827:2008-10-15)
- Certificate policy (CP): definovaná sada pravidel, která indikuje použitelnost certifikátu pro konkrétní komunitu a / nebo skupinu aplikací se společnými požadavky na bezpečnost. (IETF RFC 3647)
- Certification Practice Statement (CPS): definice zkušeností, které certifikační autorita použije

během vystavování, správy A statement of the practices that a certification authority employs in issuing, managing, zrušení a obnovení nebo opětovnému přiřazení certifikátů. (IETF RFC 3647)

Definice jednotlivých rolí pro potřeby pan-Evropského „Trust modelu“ jsou popsány následovně:

- Policy Authority je role složená ze zástupců státních a soukromých partnerů (např. zástupci jednotlivých členských států EU, výrobci vozidel atd.) pracující na tvorbě C-ITS „Trust modelu“.
- Central Point of Contact (CPOC) je unikátní entita zřízená Policy Authority a má odpovědnost založit a přispívat k bezpečné komunikaci dat mezi Root CA za účelem sběru Root CA certifikátů a jejich poskytnutí Trust List Managerovi (TLM). CPOC je také odpovědný za distribuci ECTL všem zájemcům, kteří jsou definováni v Trust modelu. ECTL je požadováno k zajištění interoperability mezi jednotlivými členskými státy a vozidly jednotlivých výrobců.
- Root Certification Authority poskytuje EA a AA potvrzení, že mohou vydávat přihlašovací údaje a autorizovací lístky. Root CA může být obojí státní (členský stát EU) nebo také soukromá organizace (např. průmysl).
- Trust List Manager (TLM) je odpovědný za vytváření seznamu Root CA certifikátů a jejich podepisování. Podepsaný seznam Root CA certifikátů je potom nazýván European Certificate Trust List (ECTL)

Bezpečnostní otázky se definují v rámci strategického dokumentu: „COM (2016) 766 - A European strategy on Cooperative Intelligent Transport Systems, a milestone towards cooperative, connected and automated mobility“ v části 3.2 C-ITS bezpečnost.

10.1 Bezpečnostní aspekty C-ROADS CZ

Bezpečnostní řešení projektu C-ROADS CZ vychází z pan-evropského řešení definovaného výše vč. příslušných předpisů (SP, CP). Česká republika v rámci projektu vybudovala vlastní PKI certifikační autoritu, včetně autorizace a enrolmentu. Tento prvek se v budoucnu napojí na evropskou certifikační autoritu (jakmile bude k dispozici), aby bylo umožněno vzájemné ověření důvěry i přes hranice ČR. Všichni aktéři zapojení do projektu C-ROADS CZ (viz kapitola 10.2) musejí být napojeni na tuto certifikační autoritu.

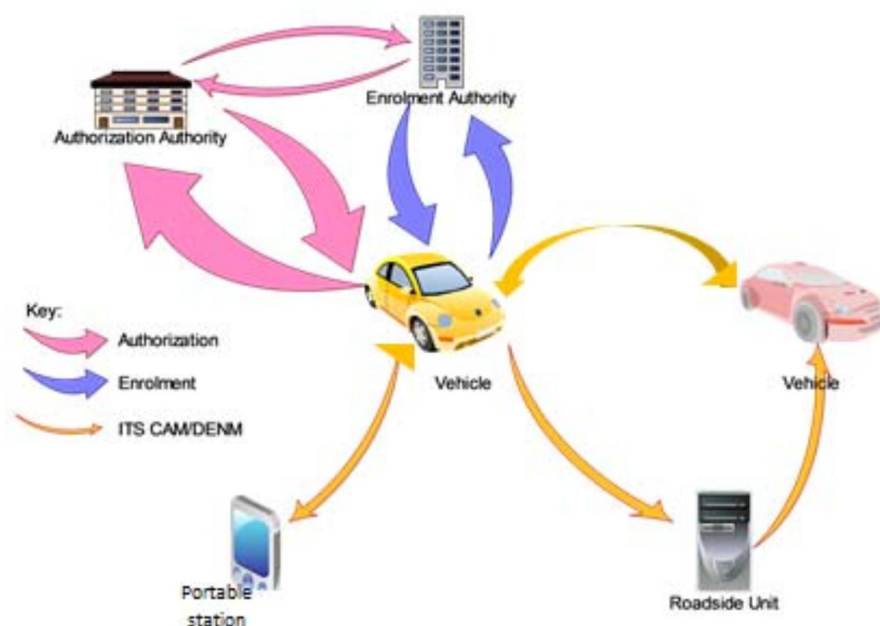
Využití této technologie vychází ze současného trendu v oblasti kooperativních systémů C-ITS, a to zejména z důvodu jednoduché distribuce veřejných klíčů, která by s využitím symetrické kryptografie byla značně problematická.

Bezpečnostní řešení v rámci systému C-ROADS CZ pokrývá tyto funkcionality:

- Vygenerování páru asymetrických klíčů
- Vydání nového certifikátu
- Obnova expirovaného / revokovaného certifikátu



- Přihlášení nového zařízení do sítě
- Podpis datové C-ITS zprávy
- Kontrola přijaté podepsané datové C-ITS zprávy
- Správa certifikátů
- Revokace certifikátu



Obrázek 41 Schéma aktérů systému C-ROADS (dle ETSI TS 102 940)

Použité C-ITS jednotky musejí podporovat minimálně následujících šifrovacích protokolů:

- ECDSA_nistP256_with_SHA256
- ECDSA_brainpoolP256rl_with_SHA256
- ECDSA_brainpoolP384rl_with_SHA384

Hlavní požadavky na interoperabilitu bezpečnostního řešení v projektu C-ROADS CZ jsou shrnuty v tabulce níže.

Specifications	Details
Governance	Security Policy & Governance Framework Release 1
Trust Model	Certificate Policy Release 1
Certificate Data Structure	ETSI TS 103 097 v.1.3.1
Cryptographic Algorithms	ETSI TS 103 097 v.1.3.1 (NIST and Brainpool) Certificate Policy v1.0

Download C-Roads CTL	ETSI TS 102 941 (1.2.1)
Download C-Roads CRL	ETSI TS 102 941 (1.2.1)
C-Roads CTL data structure	ETSI TS 102 941 (1.2.1)
C-Roads CRL data structure	ETSI TS 102 941 (1.2.1)
Verification Algorithm for Certificate/ Signature	Only for ETSI TS 103 097 v.1.2.1

Tabulka 1 Hlavní požadavky na interoperabilitu bezpečnostního řešení systému

Detailní popis PKI řešení je popsáno v rámci dokumentu „C-Roads Security concept – Functional specification“.

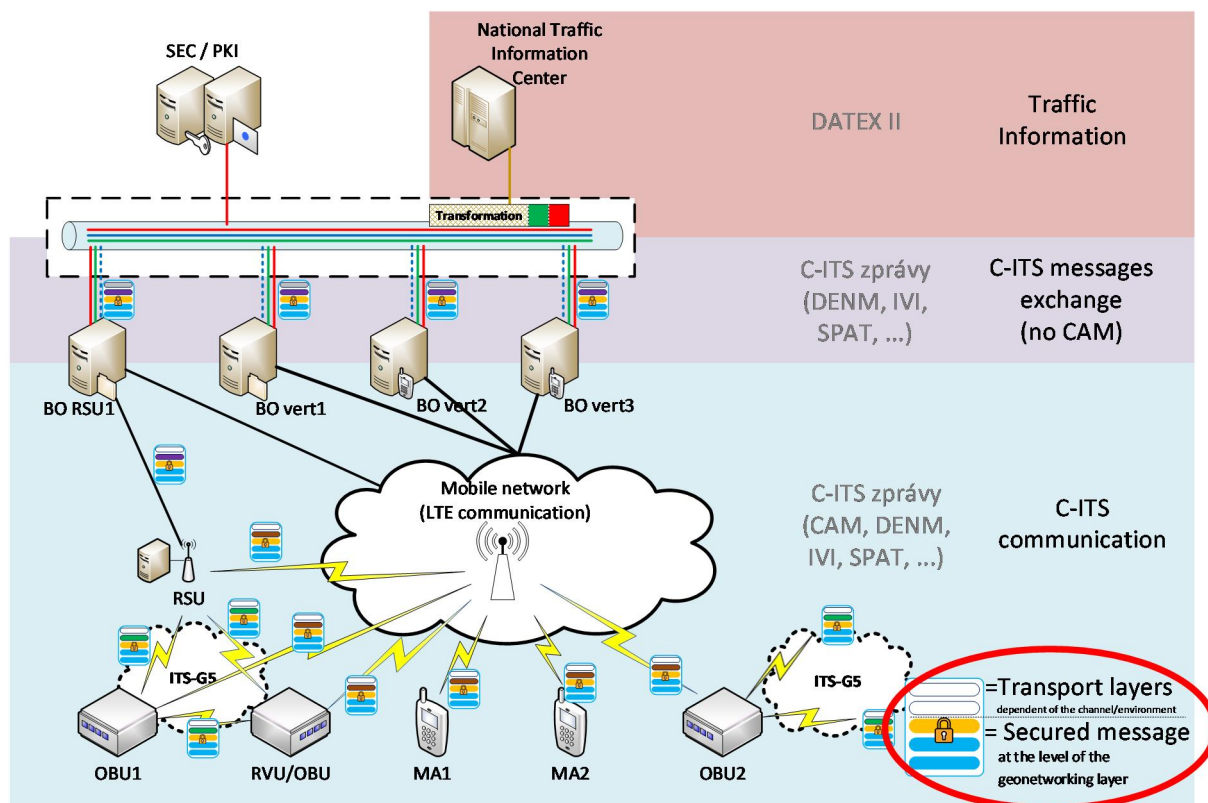
10.2 Aktéři systému C-ROADS CZ

V této kapitole jsou popsáni nezbytní aktéři, kteří se podílejí na zajišťování bezpečnosti přenášených zpráv pro projekt C-ROADS CZ:

- Národní certifikační autorita
 - o Root CA
 - o Enrolment authority (dle ETSI TS 102 940)
 - o Authorization authority (dle ETSI TS 102 940)
- Jednotka na infrastrukturu (RSU)
- Mobilní jednotka (RVU/OBU)
- Mobilní zařízení / aplikace
- Back-office (BO)
- Integrační platforma
- Uživatel

Bezpečnost kryptografického materiálu musí být v rámci celého systému zajištěna pomocí hardwarových kryptografických modulů HSM. Na straně certifikační autority je ochrana kryptografického materiálu hardwarovou cestou zcela zásadní, a tak je z pohledu zajištění bezpečnosti celého systému C-ROADS CZ nutné eliminovat rizika kompromitace privátního klíče. **Stejně tak na straně BO, RSU, RVU a OBU jednotek je požadavek na vybavení těchto zařízení modulem HSM pro ochranu soukromých klíčů, přičemž veškeré kryptografické operace musejí být zpracovávány výhradně v modulu HSM.**

Mobilní aplikace mohou využít pro uchování soukromých klíčů systém Android Keystore nebo iOS Secure Enclave systém.



Obrázek 42 Schéma bezpečnostního systému v rámci projektu C-ROADS CZ

10.3 Bezpečnostní standardy C-ROADS CZ

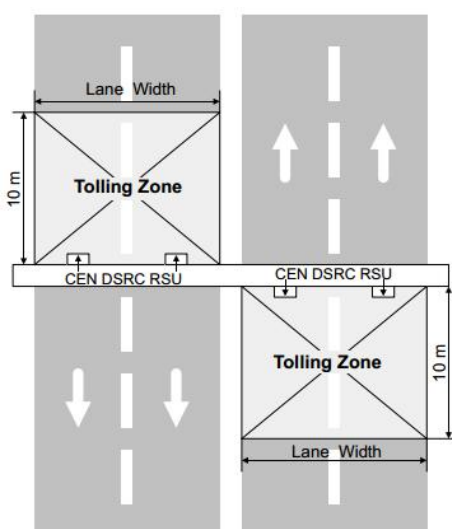
Navržené bezpečnostní řešení systému C-ROADS CZ musí být v souladu zejména s těmito standardy:

- ETSI TS 102 940 v1.2.1. Intelligent Transport Systems (ITS); Security; ITS communications security architecture and security management
- ETSI TS 102 941 v1.2.1. Intelligent Transport Systems (ITS); Security; Trust and Privacy Management
- ETSI TS 102 942 v1.2.1. Intelligent Transport Systems (ITS); Security; Access Control
- ETSI TS 103 097 v1.3.1. Intelligent Transport Systems (ITS); Security; Security header and certificate formats
- PKCS#1 RSA Cryptography Specification
- PKCS#8 Private-Key Information Syntax Specification
- PKCS#10 Certification Request Syntax Specification
- PKCS#11 Cryptographic Token Interface Standard
- FIPS 180-4 Secure Hash Standard definující SHA-2 hashovací funkci (případně novější standard FIPS 180-4 Secure Hash Standard definující SHA-3 hashovací funkci)
- FIPS 140-2 Level 3 U.S. government computer security standard used to approve cryptographic modules
- FIPS 186-3 Digital Singature Standard (DSS)

11 Koexistence se stávajícími systémy

Tato kapitola poskytuje přehled informací o koexistenci technologie ITS-G5 a stávající technologie CEN-DSRC využívané pro výběr silničního mýta. Kooperativní systém na bázi ITS-G5 zajišťující komunikaci mezi vozidly a infrastrukturou (V2V a V2I) využívá vyhrazené frekvenční pásmo 5,9 GHz. V sousedním frekvenčním pásmu 5,8 GHz pracuje již zavedený systém mýtných bran, technologie CEN-DSRC. Právě díky blízkému sousedství obou frekvenčních pásem (ochranné pásmo 20 MHz) může potenciálně dojít k nežádoucímu rušení signálu.

Mýtný systém založený na technologii CEN-DSRC je již nyní provozován na území České republiky, ale i v dalších státech (např. Francie, Rakousko, Polsko). Z toho důvodu provedli během posledních let odborníci z několika zemí studie a zřídili specializované pracovní skupiny v rámci organizace ETSI a definovali metody k zabránění možné interference stávajících systémů pracujících v pásmu 5,8 GHz a nově nasazované technologie v pásmu 5,9 GHz. Technologie ITS-G5 byla již v minulosti testována na pilotních lokalitách v několika státech a z důvodu velmi pozitivních výsledků se předpokládá zavádění této technologie ve velkém měřítku v celé Evropě. Proto je velmi důležité stanovit pravidla, jak ochránit provoz stávajících mýtných systémů a zároveň umožnit plnohodnotné fungování technologie ITS-G5. Zavádění technik zmírnění vlivu ITS-G5 technologie na provoz mýtných systémů je povinný a tyto techniky jsou popsány v normách *ETSI TS 102 792 Mitigation techniques to avoid interference between European CEN Dedicated Short Range Communication (CEN DSRC) equipment and Intelligent Transport Systems (ITS) operating in the 5 GHz frequency range* a *ETSI EN 302 571 Harmonised Standard covering the essential requirements of article 3.2 of Directive 2014/53/EU*.



Obrázek 43 Příklad zóny výběru mýta pomocí CEN-DSRC (zdroj: ETSI 102 792)

Pro zmírnění radiové interference mezi pásmy 5,8 a 5,9 byly identifikovány dvě hlavní cesty:

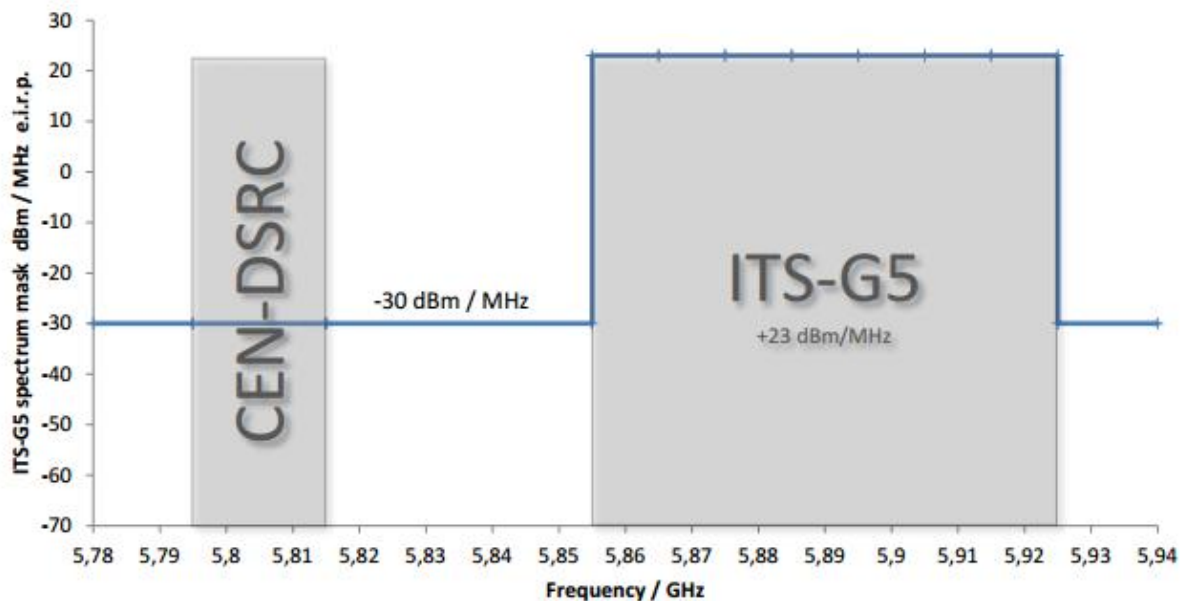
- Omezení vyzářeného výkonu ITS-G5
 - Ve vyhrazeném frekvenčním pásmu
 - Mimo vyhrazené frekvenční pásmo
- Omezení času, kdy ITS-G5 jednotka vysílá (střídá)
 - Přenosový čas T_{on} – ITS jednotka může vysílat pouze v tento časový interval
 - Doba nečinnosti T_{off} – ITS jednotka v tomto časovém intervalu nevysílá žádné zprávy

V blízkosti mýtných bran, které komunikují s mobilními jednotkami pro výběr mýta umístěnými ve vozidle, C-ITS jednotky fungují pouze v „koexistenčním módu“, který využívá jednu nebo obě cesty ke zmírnění rušení signálu uvedené v textu výše. V tabulce níže jsou uvedeny druhy koexistenčních módů a jejich kombinace limitů vysílacího výkonu a omezení střídá.

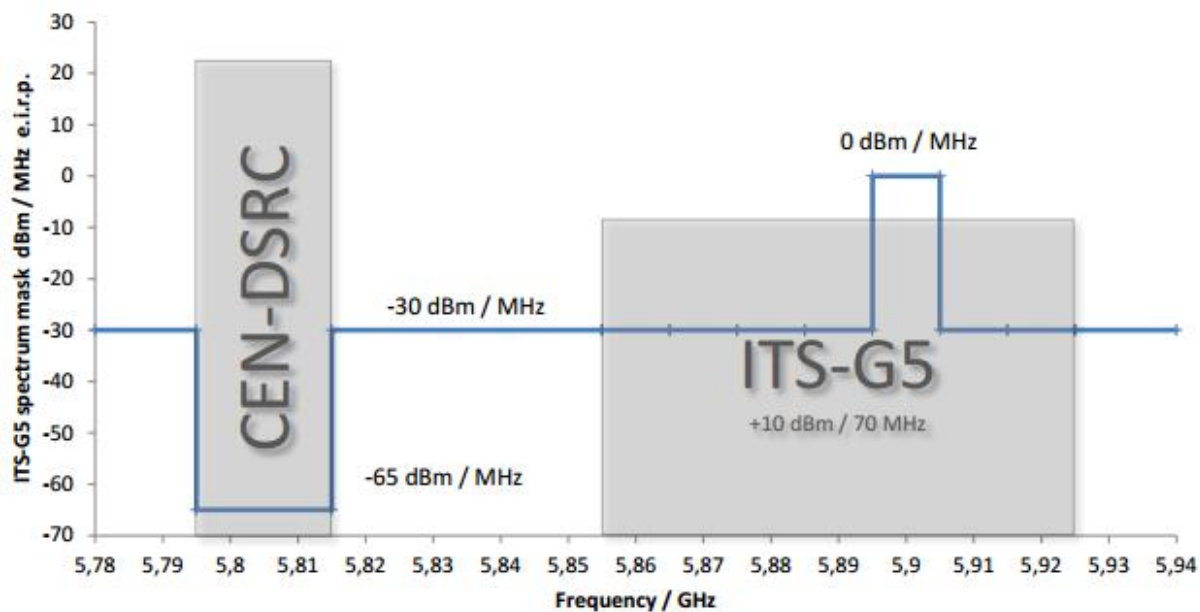
Koexistenční mód	Vyzářený výkon ITS ve frekvenčním rozsahu 5 855 MHz – 5925 MHz (dBm EIRP)	Nežádoucí vyzařování ITS ve frekvenčním rozsahu 5795 MHz – 5815 MHz (dBm/MHz EIRP)	T_{on}	T_{off}
A	≤ 10	≤ -65	Bez limitu	Bez limitu
B	≤ 10	≤ -45	≤ 1 ms	≥ 50 ms
C	≤ 33	≤ -30	≤ 1 ms	Viz ETSI 102 792
D	≤ 33	≤ -30	1 ms – 7 ms	Viz ETSI 102 792

Tabulka 2 Koexistenční módy (zdroj: ETSI 102 792)

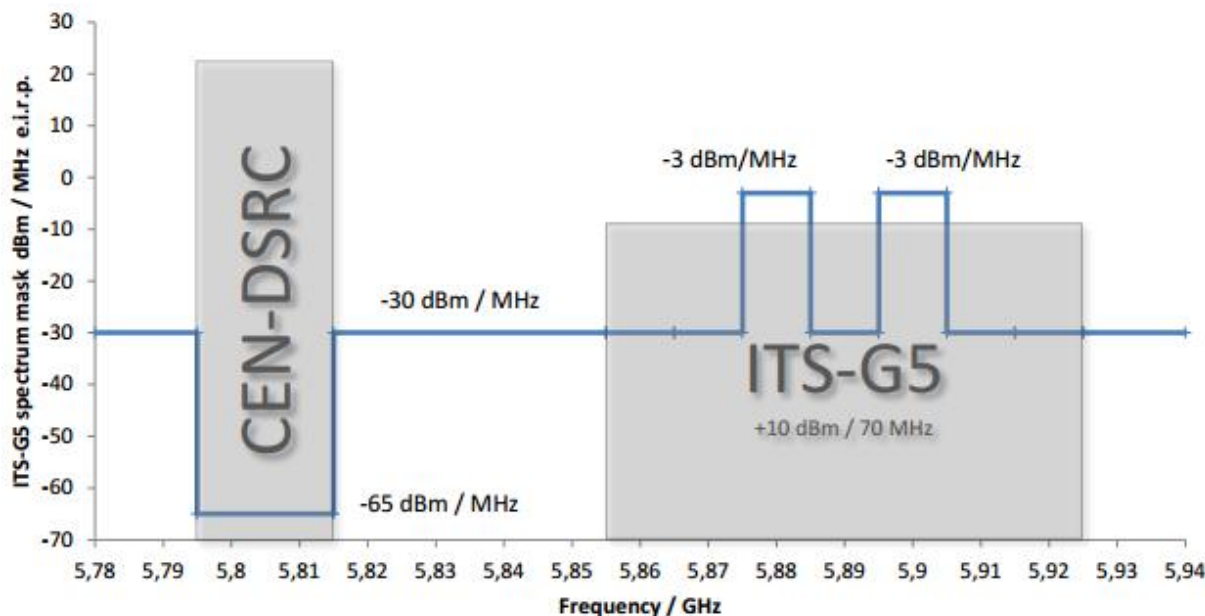
Poznámka: Pouze pokud je anténa ITS-G5 instalována alespoň 1,5 metru od CEN DSRC OBU anebo pokud je výkon elektromagnetického pole na místě instalace CEN DSRC OBU menší nebo roven -65 dBm/MHz v pásmu (5 795 – 5 815) MHz, lze používat koexistenční mód A v ochranné zóně. V opačném případě musí C-ITS OBU využívat pouze koexistenční módy B,C,D.



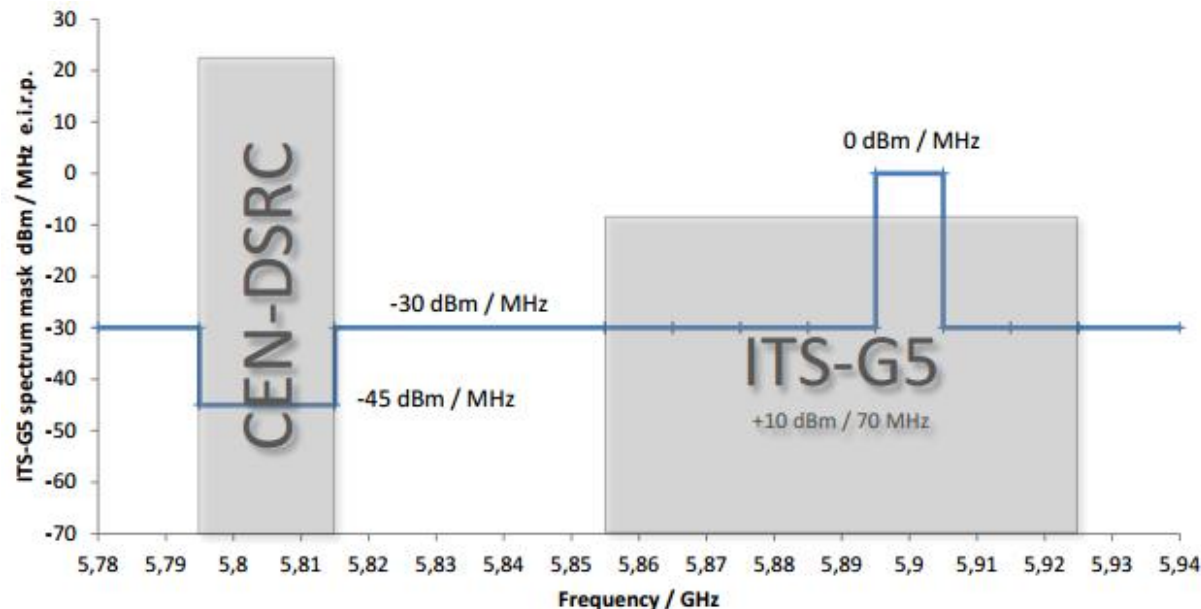
Obrázek 44 Spektrální maska ITS-G5 mimo ochrannou zónu nebo v případě omezení vysílacího cyklu (mód C/D)
(zdroj: ECo-AT SWP 3.5 Coexistence ITS-G5 – CEN-DSRC)



Obrázek 45 Spektrální maska ITS-G5 v případě omezení vysílacího výkonu v ochranné zóně pro vysílání jedním kanálem (mód A) (zdroj: ECo-AT SWP 3.5 Coexistence ITS-G5 – CEN-DSRC)



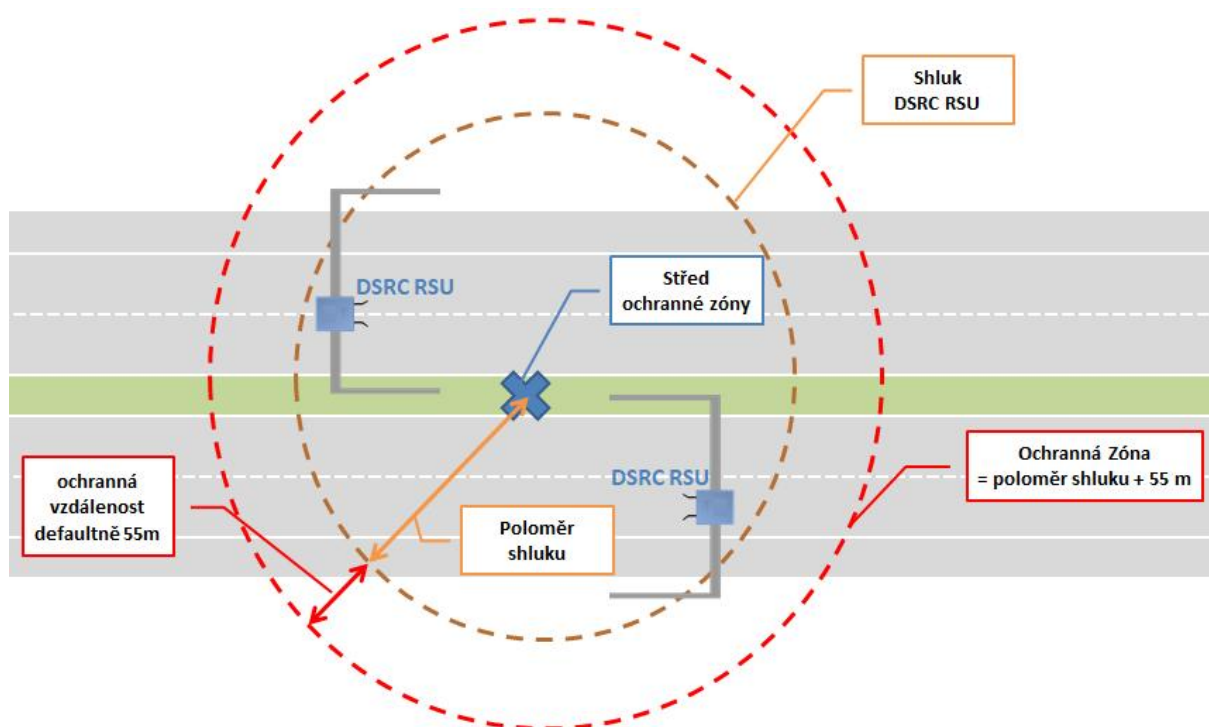
Obrázek 46 Spektrální maska ITS-G5 v případě omezení vysílacího výkonu v ochranné zóně pro vysílání dvou kanálů současně – celkový výkon v pásmu G5 nesmí přesáhnout 10 dBm (G5 kanály zde vysílají polovičním výkonem než na obr. č. 40) (zdroj: ECo-AT SWP 3.5 Coexistence ITS-G5 – CEN-DSRC)



Obrázek 47 Spektrální maska ITS-G5 v ochranné zóně v případě omezení vysílacího cyklu za podmínek $T_{on} \leq 1$ ms a $T_{off} \geq 50$ ms (mód B - pouze CAM zprávy) (zdroj: ECo-AT SWP 3.5 Coexistence ITS-G5 – CEN-DSRC)

Pro výchozí nastavení vysílacího výkonu ITS-G5 23 dBm/MHz je používán výchozí poloměr ochranné zóny 55 m pro každou CEN-DSRC RSU (mýtnou bránu). Tento poloměr a geografická poloha mýtné brány definuje ochranu zónu kolem brány. Poloměr ochranné zóny 55 m je využíván v případě

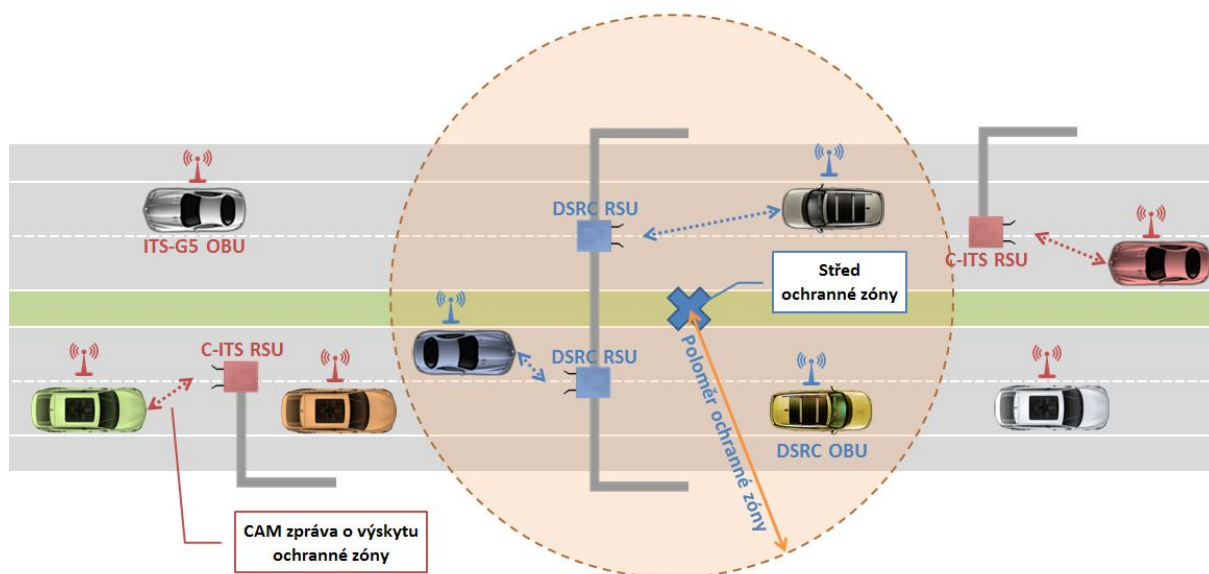
jedné CEN-DSRC RSU jednotky. Vyšší poloměr ochranné zóny je používán v případě výskytu více CEN-DSRC RSU jednotek na jednom místě, které jsou chráněny pouze jednou zónou, v takovém případě se výběr poloměru řídí opět dokumentem *ETSI 102 792*. Princip vytvoření ochranné zóny pro více DSRC RSU portálů je uveden na obrázku níže. Celkový poloměr ochranné zóny by neměl přesáhnout hodnotu 255 m.



Obrázek 48 Princip vytvoření ochranné zóny pro více DSRC RSU portálů

Stanice ITS-G5 používají poloměr 55 m, pokud je jejich používaný vysílací výkon 23 dBm a zároveň je jejich nežádoucí výkon v sousedním frekvenčním pásmu CEN-DSRC nejvýše -33 dBm / MHz EIRP. Vyšší a nižší vysílací výkony vedou ke zvýšenému respektive k sníženému poloměru ochranné zóny, která je používána (viz *ETSI 102 792*, tabulka 5).

Mimo tyto zóny není potřeba aplikovat žádné koexistenční módy.



Obrázek 49 Příklad koexistence mezi ITS-G5 a CEN-DSRC

11.1 Detekce ochranných zón

Vozidlové jednotky C-ITS technologie (RVU/OBU) musí být schopny detekovat, zda se nacházejí v ochranném pásmu a v případě potřeby aktivovat jeden z koexistenčních módů. Informace o ochranných zónách v případě mýtných bran obsahuje následující položky:

- Střed ochranné zóny (GNSS poloha CEN-DSRC RSU nebo poloha mýtné brány)
- Poloměr ochranné zóny pro výchozí ITS-G5 vysílací výkon 23 dBm – jedná se o vzdálenost od středu zóny ve které má být spuštěn koexistenční mód vozidlové ITS-G5 jednotky

Pro včasnou detekci ochranných zón CEN-DSRC technologie vozidlovými ITS-G5 jednotkami existují v současnosti tři základní strategie, které jsou popsány v textu níže.

11.1.1 Vozidlové ITS-G5 jednotky vybavené detektorem CEN-DSRC

Tato strategie počítá s instalací hardwarového detektoru do přední části vozidla (před ITS-G5 anténou). Tento detektor bude kontinuálně monitorovat frekvenční pásmo 5,8 GHz a detekovat CEN-DSRC mýtný signál. V případě, že je detekován signál mýtných bran, OBU/RVU jednotka je okamžitě přepnuta do koexistenčního módu. Zároveň tato jednotka vysílá informaci o poloze ochranného pásma vozidlům v okolí prostřednictvím ITS-G5, za pomoci zprávy CAM. Vysílaná CAM zpráva obsahuje informace o středu ochranné zóny (poloha středu zóny je dána polohou vozidla v čase detekce signálu). Blížící se vozidla vybavená OBU/RVU jednotkami (bez detektoru) tak mohou na základě získané CAM zprávy aktivovat koexistenční mód.

11.1.2 Vozidlové C-ITS jednotky s databází ochranných zón

Tato strategie vyžaduje vytvoření databáze všech ochranných zón, informací o jejich poloze a poloměru jejich zón pro základní nastavení vysílacího výkonu ITS-G5. Na vytvoření databáze by se měli podílet správci komunikací jednotlivých zemí, aby mohla vzniknout jednotná evropská databáze ochranných zón. Celá databáze by měla být následně instalována již výrobcí do vozidlových C-ITS jednotek (RVU/OBU). Tato databáze bude následně pravidelně aktualizována a doplňována o nové mýtné brány.

První verzi jednotné evropské databáze vytvořila organizace European Association of Operators of Toll Road Infrastructures (ASECAP). Tato databáze obsahuje polohu ochranných zón všech mýtných bran v Evropě (v databázi nejsou uvedeny polohy ochranných zón dočasných mýtných bran a vozidel enforcementu (mobilní jednotky CEN-DSRC). Databáze je po registraci k dispozici na stránkách <https://www.asecap-pzdb.com>. Atributy databáze jsou uvedeny v tabulce č. **Tabulka 3**. Tato databáze je poskytována v XML formátu viz ukázka níže.

Název atributů		Datový typ	P/V*	Popis
zones		Object	P	Kontejner více ochranných zón
	zone	Object	P	Kontejner pto atributy jednotlivých ochranných zón
	id	Integer	P	Id
	latitude	Double	P	Zeměpisná šířka středu ochranné zóny (WGS84)
	longitude	Double	P	Zeměpisná délka středu ochranné zóny (WGS84)
	ITS	Integer	P	Poloměr ochranné zóny [m] Pro ITS systémy
	N.N.	Integer	V	Poloměr ochranné zóny [m] pro další aplikace
	start_date	DateTime	V	Čas začátku platnosti, pokud je potřeba [YYYY-MM-DD hh:mm:ss]. Pokud pole není vyplněno, považuje se ochranná zóna za platnou.
	expiry_date	DateTime	V	Čas konce platnosti, pokud je potřeba [YYYY-MM-DD hh:mm:ss]. Pokud pole není vyplněno, považuje se ochranná zóna za platnou.
	protected_zone_type	Integer	V	Typ ochranné zóny viz ETSI TS 102 894-2.
	country	String	P	Země, kde se ochranná zóna nachází
	country_code	Integer	P	Kód země dle ISO 3166-1
*P/V: Povinný/Volitelný				

Tabulka 3 Datový formát ASECAP databáze ochranných zón

```
<?xml version="1.0"?>
<zones>
  <zone>
    <id>4783</id>
```

```

<latitude>48.161377</latitude>
<longitude>16.012884</longitude>
<ITS>68</ITS>
<start_date>2018-01-01 00:00:00</start_date>
<expiry_date></expiry_date>
<country>Austria</country>
<country_code>40</country_code>
</zone>
...
</zones>

```

Tabulka 4 Ukázka z ASECAP databáze ochranných zón

11.1.3 Upozornění na ochranné zóny prostřednictvím ITS-G5

Informace o ochranných zónách nových nebo dočasných mýtných branách, stejně tak jako o ochranných pásmech vozidel mobilního dohledu (vozidla PČR s příslušnou technologií) nebudou v celkové databázi zahrnuty. Avšak tyto informace mohou být přenášeny prostřednictvím ITS-G5 technologie pomocí CAM zpráv. CAM zprávy mohou být vysílány C-ITS RSU jednotkami kolem komunikací nebo mohou být vysílány C-ITS OBU jednotkami v samotných vozidlech enforcementu. CAM zprávy mohou obsahovat informace až o 16 ochranných zónách. Vzhledem k tomu, že informace o ochranných zónách obsahuje informaci o poloze středu zóny, je možné vysílat zprávu o ochranných zónách C-ITS RSU jednotkou umístěnou několik set metrů před samotnými mýtnými branami.

V případě statických jednotek C-ITS RSU není potřeba používat výše zmíněné detekční metody, jaké jsou používány v případě mobilních C-ITS jednotek. Pro statické jednotky umístěné v ochranné zóně může být koexistenční mód nastaven v průběhu instalace. Pokud lze C-ITS RSU jednotka nastavit tak, že nikdy nevysílá během uplink/downlink okénka CEN-DSRC, pak není potřeba implementovat žádný z navrhovaných koexistenčních módů. V opačném případě je nutné vybrat vhodný koexistenční mód.

Vyzářený výkon ITS ve frekvenčním rozsahu 5 855 MHz – 5925 MHz (dBm EIRP)	Nežádoucí vyzařování ITS ve frekvenčním rozsahu 5795 MHz – 5815 MHz (dBm/MHz EIRP)
≤ 33	≤ -30

Tabulka 5 Běžný mód (zdroj: ETSI 102 792)

V rámci projektu „Vybudování kooperativního ITS koridoru Mirošovice – Rudná“, který byl dokončen v první polovině roku 2017, byl vybudován první C-ITS koridor na území České republiky, kde bylo nainstalováno 29 C-ITS RSU jednotek kolem komunikací D5, D0 a D1 v úseku od Mirošovic do Rudné a do vozidel/voziků SSÚD bylo nainstalováno 48 vozidlových C-ITS jednotek. Zajištění koexistence ITS-G5 technologie s technologií CEN-DSRC mýtných bran v tomto projektu bylo dosaženo rozesíláním upozornění na polohu ochranných zón mýtných bran prostřednictvím CAM zpráv, přičemž zdrojem



vysílání těchto zpráv jsou C-ITS RSU jednotky kolem komunikací. Jedna RSU jednotka vždy vysílá informace pouze o několika následujících ochranných zónách (maximálně 16 zón). Informace o poloze mýtných bran byly do jednotlivých jednotek jednorázově nastaveny ještě před instalací na lokality.

11.2 Scénář koexistence

Jedním z cílů projektu C-Roads je zajistit koexistenci mezi technologií CEN-DSRC, která je nainstalovaná na mýtných branách na dálnicích, a technologií ITS-G5, která je integrována do statických jednotek (C-ITS RSU kolem dopravních komunikací) a mobilních vozidlových jednotek (C-ITS RVU/OBU ve vozidlech nebo výstražných vozících).

Pro úspěšné zajištění koexistence systému je zapotřebí věnovat pozornost níže uvedeným scénářům, při kterých může dojít k narušení stávajícího systému pracujícího ve frekvenčním pásmu 5,8 GHz.

- Pokud se budou vozidla pohybovat v ochranné zóně mýtných bran a budou vysílat zprávy ITS-G5 a nebudou při tom využívat výše zmíněné metody zmírnění následků (koexistenční mód), může toto jednání způsobit omezení funkčnosti provozu mýtných bran (narušení spojení CEN-DSRC jednotky v kamionu s technologií mýtné brány).
- ITS-G5 RSU jednotka nainstalovaná přímo na portálu mýtné brány musí aplikovat opatření minimalizující možnost rušení signálu CEN-DSRC (koexistenční mód) nebo musí být jednotka nastavena tak, aby nikdy nevysílala v pásmu CEN-DSRC.
- ITS-G5 RSU jednotka nainstalovaná v ochranné zóně technologie CEN-DSRC musí aplikovat opatření minimalizující možnost rušení signálu CEN-DSRC (koexistenční mód). Další způsobem řešení problému může být použití směrové antény, která redukuje vysílání signálu směrem k mýtným branám tak, aby byly splněny limitní hodnoty vysílání v ochranné zóně mýtných bran.

Dočasné, nové nebo mobilní jednotky CEN-DSRC nebudou ukládány do databáze ochranných zón ve vozidlových C-ITS jednotkách. Upozornění na výskyt ochranných zón těchto CEN-DSRC jednotek musí být prováděno za pomoci CAM zpráv. Z toho plyne požadavek na vybavení všech vozidel mobilního enforcementu jednotkou ITS-G5, která bude schopna vysílat informace o současné poloze ochranného pásma daného vozidla prostřednictvím zpráv CAM. Tyto CAM zprávy umožní přenášet i statické jednotky C-ITS RSU nainstalované kolem komunikace. Tento způsob tedy přináší možnost, jak předávat informace i o ochranných zónách, které nejsou zahrnuty do celkové databáze zón kolem mýtných bran, která může být nahrána ve vozidlových C-ITS jednotkách od výrobce.

11.3 Parametry pro přenos informací o ochranných zónách

V rámci projektu C-ROADS CZ by měl být vytvořen kompletní seznam mýtných bran a jejich poloh alespoň na území České republiky. Tento seznam by měl být zpracován správcem komunikací, na kterých se mýtné brány nacházejí (tj. ŘSD). Tento seznam bude zanesen do C-ITS back office. C-ITS back office bude následně informace o ochranných zónách mýtných bran ze seznamu přeposílat do



C-ITS RSU jednotek v příslušných oblastech ochranných zón. Tyto jednotky budou následně vysílat polohu ochranných zón ve formě CAM zpráv blížícím se vozidlům.

Struktura zprávy CAM je detailně popsána v normě *ETSI EN 302 637-2 Vehicular Communications; Basic Set of Applications* a jednotlivé atributy CAM zprávy jsou podrobně popsány v normě *ETSI TS 102 894-2 Users and applications requirements; Part 2: Applications and facilities layer common data dictionary*. Atributy datového kontejneru, který se stará o přenos informací o ochranné zóně prostřednictvím CAM zpráv, jsou uvedeny v tabulce níže.

RSU Container High Frequency		
protectedZoneType	P	Typ ochranné zóny – cenDsrcTolling (0)
expiryTime TimestampPlts	V	Čas konce platnosti, pokud je potřeba.
protectedZoneLatitude	P	Zeměpisná šířka středu ochranné zóny
protectedZoneLongitude	P	Zeměpisná délka středu ochranné zóny
protectedZoneRadius	V	Poloměr ochranné zóny [m] – pokud není vyplněno → 55 m
protectedZoneID	P	Id ochranné zóny

Tabulka 6 Atributy pro přenos informace o ochranné zóně ve zprávě CAM

Konec dokumentu.