



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA DOPRAVNÍ

Radek Volf

Vývoj testovacího prostředí pro hodnocení aplikací
projektu C-ROADS

Bakalářská práce

2018



K614..... Ústav aplikované informatiky v dopravě

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Radek Volf

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

B 3710 – LOG – Logistika a řízení dopravních procesů

Název tématu (česky): **Vývoj testovacího prostředí pro hodnocení aplikací projektu C-ROADS**

Název tématu (anglicky): Development of a test environment for evaluating C-ROADS project applications

Zásady pro vypracování

Při zpracování bakalářské práce se řiďte osnovou uvedenou v následujících bodech:

- Proveďte rešerši pilotních projektů kooperativních systémů ve světě.
- Analyzujte testovací a evaluační nástroje využívané v pilotních projektech kooperativních systémů.
- Navrhněte a realizujte testovací prostředí pro zpracování a vyhodnocení testů národní pilotní implementace projektu C-ROADS.
- Ověřte funkčnost navrženého řešení na datech z projektu C-ROADS.
- Zhodnoťte navržené řešení a uveďte možné směry jeho dalšího rozvoje.



- Rozsah grafických prací: 10 obrázků
- Rozsah průvodní zprávy: minimálně 35 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)
- Seznam odborné literatury: Zelinka, T., Svítek, M.: Telekomunikační řešení pro informační systémy síťových odvětví, Grada 2009
Odborné články IEEE
Normy, standardy a odborné časopisy

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Martin Šrotýř, Ph.D.
doc. Ing. Zdeněk Lokaj, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce:

20. říjen 2017

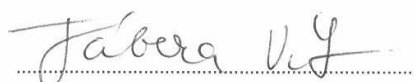
(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání bakalářské práce:

27. srpna 2018

- a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia



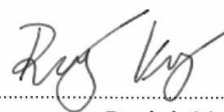


doc. Ing. Vít Fábera, Ph.D.
vedoucí
Ústavu aplikované informatiky v dopravě



prof. Dr. Ing. Miroslav Svítek, dr. h. c.
děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.



Radek Volf
jméno a podpis studenta

V Praze dne 20. října 2017

Poděkování

Rád bych na tomto místě poděkoval všem, kteří mě podporovali během studia a při psaní bakalářské práce. Speciálně bych chtěl poděkovat Ing. Martinu Šrotýřovi, Ph.D., za rady a připomínky, bez kterých bych tuto práci nenapsal. Dále bych chtěl poděkovat Lukášovi Zelenkovi, za rady a náměry při tvoření webové rozhraní.

Děkuji také rodině a přátelům, kteří mi byli vždy oporou během mého studia.

Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou za závěr studia na ČVUT v Praze Fakultě dopravní.

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne

.....

Autor: Radek Volf

Název bakalářské práce: Vývoj testovacího prostředí pro hodnocení aplikací projektu C-ROADS

Škola: České vysoké učení technické v Praze, Fakulta dopravní

Rok vydání: 2018

Počet stran: 57

Abstrakt

Cílem této bakalářské práce bylo navázat na diplomovou práci Ing. Jakuba Jiráka a vytvořit pro automatizovaný systém kontroly kvality kooperativních systémů, vyvinutého v rámci evropského projektu C-Roads Czech Republic, webové rozhraní, které zásadně rozšíří možnosti testovacího systému. Práce se v první části teoreticky zabývá popisem principů fungování kooperativních systémů a následně realizacemi kooperativních systémů v Evropě a České republice. V druhé části se práce zabývá zhodnocením a analýzou automatizovaného systému kontroly kvality, identifikováním jeho nedostatků a následným návrhem webového rozhraní pro tento automatizovaný systém.

Klíčová slova: Kooperativní systémy, webové rozhraní, C-ITS, V2V, V2I, C-ROADS

Abstract

The goal of this bachelor thesis is to follow up on the master thesis of Jakub Jirak and develop a web-based environment for an automated quality control system for cooperative systems created as a part of the European project C-Roads Czech Republic, which will expand the capabilities of the testing system. The first section of the thesis describes the functioning principles of the testing systems and implementation of the systems in Europe and the Czech Republic. The second section analyzes and rates the automatic quality control system by identifying its insufficiencies followed by a proposal of web-based environment connectable with the automatic quality control system.

Keywords: Cooperative systems, web environment, C-ITS, V2V, V2I, C-ROADS

Obsah

Obsah.....	5
Seznam použitých zkratek.....	8
1. Úvod.....	8
1.1. Cíle bakalářské práce.....	10
2. Úvod do kooperativních systémů.....	11
2.1. Systémová architektura.....	11
2.2. C-ITS infrastruktura.....	13
2.3. Komunikace v C-ITS systémech.....	13
2.3.1. Zprávy opakující se a jednorázové.....	14
2.3.2. Data lokální a strategická.....	14
2.3.3. Komunikace Vozidlo – Vozidlo (C2C).....	14
2.3.4. Komunikace Infrastruktura – Vozidlo (I2C, C2I).....	14
2.3.5. Komunikace Infrastruktura – Infrastruktura (I2I).....	15
2.3.6. Komunikace Vozidlo – X (V2X).....	15
2.4. Příklady využití C-ITS systémů.....	15
2.4.1. Varování v před stojící kolonou.....	15
2.4.2. Varování před vozidly údržby.....	16
2.4.3. Značení ve vozidle.....	16
2.4.4. Přijíždějící vozidlo IZS.....	16
3. Vybrané projekty kooperativních systémů.....	17
3.1. COM2REACT.....	17
3.2. NordicWay.....	18
3.3. Projekt C-Roads Czech Republic.....	20
3.3.1. Pilotní lokality v České republice.....	21
4. Telekomunikační technologie používané v kooperativních systémech.....	24
4.1. DSRC.....	24
4.2. Mobilní datové sítě.....	25

5.	Datové rámce přenášené v C-ITS.....	26
5.1.	Definice přenášených zpráv.....	27
5.1.1.	Cooperative Awareness Message (CAM)	27
5.1.2.	Decentralized Environmental Notification Message (DENM).....	27
5.1.3.	In-Vehicle Information (IVI)	27
5.1.4.	Signal Phase and Timing Message (SPAT)	27
5.1.5.	Map Data (MAP).....	28
6.	Testovací a evaluační nástroj v projektu C-ROADS Czech Republic	29
6.1.	Popis systému kontroly kvality	29
6.1.1.	Architektura	29
6.1.2.	Podmínky pro spuštění systému kontroly kvality kooperativních systémů	30
6.1.3.	Program kontroly kvality	31
6.2.	Uživatelské prostředí	31
6.3.	Výstupy programu.....	34
6.3.1.	Podrobné vyhodnocení (PDF)	34
6.3.2.	Shrnutí (PDF)	35
6.3.3.	Mapa (XML).....	35
6.4.	Praktické používání systému kontroly kvality	36
6.4.1.	Přínosy systému kontroly kvality	36
6.4.2.	Nedostatky navrženého systému	36
6.5.	Shrnutí.....	37
7.	Tvorba webového rozhraní pro systém kontroly kvality kooperativních systémů	38
7.1.	Návrh webového rozhraní.....	38
7.1.1.	Požadavky na webové rozhraní	38
7.1.2.	Etapy návrhu a realizace	39
7.2.	Struktura testovacího prostředí	39
7.3.	Vývoj webového rozhraní.....	40
7.3.1.	Úvod do struktury webového rozhraní	40
7.3.2.	Adresářová struktura	42

7.3.3.	Návrh databáze webového prostředí	43
7.3.4.	GROUPS.....	45
7.3.5.	ENTRY	45
7.3.6.	API	46
7.4.	Webové rozhraní	48
7.4.1.	Přihlašovací stránka	48
7.4.2.	Hlavní stránka.....	49
7.4.3.	Stránka s tvorbou záznamu	50
8.	Závěr	52
9.	Použité zdroje	53
10.	Seznam obrázků	Chyba! Záložka není definována.
11.	Seznam příloh	56

Seznam použitých zkratek

Zkratka	Anglický název	Český název
3G	3th Generation of Wireless mobile Telecommunications Technology	Třetí generace mobilních telekomunikačních technologií
3GPP	The 3rd Generation Partnership Project	Partnerský projekt pro síť třetí generace
4G	4th Generation of Wireless mobile Telecommunications Technology	Čtvrtá generace mobilních telekomunikačních technologií
API	Application Programming Interface	Aplikační programovatelné rozhraní
CAM	Cooperative Awareness Message	Zprávy kooperativních systémů
CAN	Controller Area Network	Sběrnice CAN
C-ITS	Cooperative Intelligent Transport System	Kooperativní dopravní systémy
DENM	Decentralized Environmental Notification Message	Decentralizované upozornění na události na silnici
EDGE	Enhanced Data Rates for GSM Evolution	Rozšíření datových rozsahů pro GSM
ETSI	European Telecommunications Standards Institute	Evropský ústav pro telekomunikační normy
GPRS	General Packet Radio Service	Datová služba sítí druhé generace
GUI	Graphical user interface	Uživatelské prostředí
HMI	Human-machine interface	Rozhraní mezi člověkem a strojem
HTML	Hypertext Markup Language	Značkovací jazyk
I2I	Infrastructure to infrastructure	Komunikace infrastruktura infrastruktura
I2V	Infrastructure to vehicle	Komunikace infrastruktura vozidlo
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineer	Profesní sdružení elektrických a elektronických inženýrů
ITS	Intelligent Transport Systems	Inteligentní dopravní systémy
IVI	In-Vehicle Information	Informace ve vozidle
JSON	JavaScript Object Notation	JavaScriptový objektový zápis
MAP	Map Data message	Zpráva pro komunikaci s infrastrukturou
OBU	On-Board Unit	Vozidlová jednotka
PC	Personal computer	Osobní počítač
PDF	Portable Document Format	Formát dokumentů
PHP	Hypertext Preprocessor	Hypertextový preprocesor
QoS	Quality of Service	Řízení datových toků
RCC	Regional Control Center	Regionální řídicí centrum
RSE	Road Side Equipment	Zařízení umístěné u silnice
RSU	Road Side Unit	Silniční jednotka

RVU	Road Vehicle Unit	Jednotka ve vozidle
SPAT	Signal Phase and Timing message	Zpráva pro komunikaci se SSZ
SQL	Structured Query Language	Standardizovaný strukturovaný dotazovací jazyk
SSÚD		Středisko správy a údržby dálnic
SW	Software	Programové vybavení
TCC	Traffic Control Center	Středisko řízení dopravy
TMC	Traffic Managment Center	Středisko řízení dopravy
V2C	Vehicle to Center communication	Komunikace vozidla s řídicím střediskem
V2I	Vehicle to Infrastructure	Komunikace vozidla s infrastrukturou
V2V	Vehicle to Vehicle	Komunikace vozidlo vozidlo
VANET	Vehicular Ad-Hoc NETwork	Sít neorganizovaně propojených vozidel
VSC	Virtual Sub-Center	Virtuální sub centrum
XMI	Extensible Markup Language	Rozšiřitelný značkovací jazyk

1. Úvod

Pokud se bavíme o silniční dopravě jako celku, tak hlavními tématy poslední doby bezpochyby jsou bezpečnost, efektivnost, ekologičnost a nástup nových technologií. S neustále se zvyšující intenzitou dopravy a omezenou kapacitou dopravní infrastruktury tato témata nabývají na aktuálnosti.

Konvenční způsoby zvyšování bezpečnosti na silnicích, jako například je zkvalitňování infrastruktury a zvyšování pasivní bezpečnosti vozidel, přestávají být dostatečné. Proto dochází k velkému rozvoji aktivních bezpečnostních prvků vozidel a asistenčních systémů, které pomáhají řidičům s řízením vozidla a předchází dopravním nehodám. To vše umožňuje velký pokrok v IT a telekomunikačních technologiích v posledních desetiletích.

Velkým krokem vpřed vzhledem k bezpečnosti na silnicích mají být kooperativní dopravní systémy zvané C-ITS (Cooperative intelligent transport systems), zakládající se na výměně informací mezi jednotlivými účastníky provozu a infrastrukturou. Tyto systémy nemají za úkol pouze zvýšit bezpečnost, ale například i snížit spotřebu vozidel a čas strávený v dopravních kongescích.

Již dochází k pilotním testovacím provozům, v rámci těchto provozů dochází k evaluaci dat. Důležitým aspektem těchto systémů je bezpečnost, informace přenášené systémem musejí být správné a relevantní. Tato práce má za úkol přispět v rámci evropského projektu C-ROADS k zjednodušení evaluace nasbíraných dat pomocí webového rozhraní.

1.1. Cíle bakalářské práce

Dílčím cílem této práce je uvedení do problematiky kooperativních systémů, jejich struktury a používaných technologií.

Hlavním cílem této práce je navázat na diplomovou práci Ing. Jakuba Jiráka „NÁVRH SYSTÉMU KONTROLY KVALITY KOOPERATIVNÍCH SYSTÉMŮ“ a navrhnout a vytvořit pro tento systém, který kontroluje kvalitu zpráv kooperativních systémů, webové rozhraní (aplikaci) [1].

Toto webové rozhraní má nabídnout jednoduchý, rychlý a efektivní způsob ovládání systému kontroly kvality. Webové rozhraní velice usnadní uživatelům práci a organizaci testovacích záchytů, které jsou zapotřebí pro evaluaci v rámci projektu C-Roads. Webový portál tedy usnadní kontrolu kvality díky vylepšenému GUI oproti lokální aplikaci. Umožní jednotně spravovat všechny kontrolní záchyty, ale hlavně tedy nabídne multiplatformní přístup, kdy uživatelé nebudou odkázáni pouze na jednu platformu (operační systém) a odpadne nutnost zdlouhavé instalace všech potřebných aplikací [2].

2. Úvod do kooperativních systémů

Kooperativní systémy můžeme definovat jako systémy kombinující informační a telekomunikační technologie, které se snaží docílit větší bezpečnosti a vyšší efektivity v silniční dopravě. Základním prvkem těchto systémů je komunikace, výměna dat jednotlivých účastníků provozu a infrastruktury mezi sebou. Při této komunikaci mezi jednotlivými prvky systému dochází k předávání informací o důležitých aspektech ovlivňujících dopravní situaci.

Kooperativní systémy definuje například Evropská komise pověřením M/453 adresovaným standardizační agenturám a to jako [3]:

"Intelligent Transport Systems" (ITS) means applying Information and Communication Technologies (ICT) to the transport sector. ITS can create clear benefits in terms of transport efficiency, sustainability, safety and security, whilst contributing to the EU Internal Market and competitiveness objectives. To take full advantage of the benefits that ICT based systems and applications can bring to the transport sector it is necessary to ensure interoperability among the different systems throughout Europe at least.

Co-operative systems are ITS systems based on vehicle-to-vehicle (V2V), vehicle-to-infrastructure (V2I, I2V) and infrastructure-to-infrastructure (I2I) communications for the exchange of information. Co-operative systems have the potential to further increase the benefits of ITS services and applications.

Kooperativní dopravní systémy můžeme tedy vnímat jako nadstavbu nebo další krok v inteligentních dopravních systémech (ITS), které jsou dnes běžně využívány k řízení silniční dopravy. Klasické ITS systémy vycházejí z koncepce centrálního řízení, kdy jednotlivé detektory předávají data o provozu vyšším vrstvám systému, které poté inicializují změnu na dopravní cestě (např. změna rychlosti na komunikaci, úprava intervalu SSZ). Kooperativní systémy oproti klasickým ITS systémům umožňují rychlejší, lokalizovanější a aktuálnější přenos informací.

Systémová architektura kooperativních systémů je z části založena na decentralizovaném řízení, kdy jednotlivé prvky systému mohou komunikovat mezi sebou a inicializovat nové stavy dle potřeby. Tato vlastnost zvyšuje nároky na návrh a zabezpečení takového systému.

2.1. Systémová architektura

V architektuře C-ITS systémů jsou význačné tři vrstvy. Infrastrukturní, přenosová (komunikační) a aplikační. [odkaz] Tento popis architektury systému je velice zjednodušený

a uváděn je pouze pro snazší uvedení do problematiky C-ITS systémů. Toto zjednodušené zobrazení je vidět na Obr 1.



Obr. 1 – Zjednodušené zobrazení C-ITS architektury, zdroj: autor

Infrastrukturní vrstva se skládá z jednotek ve vozidlech (OBU – On Board Unit), které jsou schopné komunikovat mezi sebou, s infrastrukturou případně dalšími prvky systému (zjednodušeně X prvky). Dále do této vrstvy zařazujeme vysílače, které mají pokrývat infrastrukturu a komunikovat s OBU. Tyto prvky systému se nazývají Road Side Unit (RSU, případně RSE – Road Side Equipment). RSU jednotky jsou propojené řídicím centrem (TTC – Traffic Control Center), které spravuje a vyhodnocuje informace z jednotek.

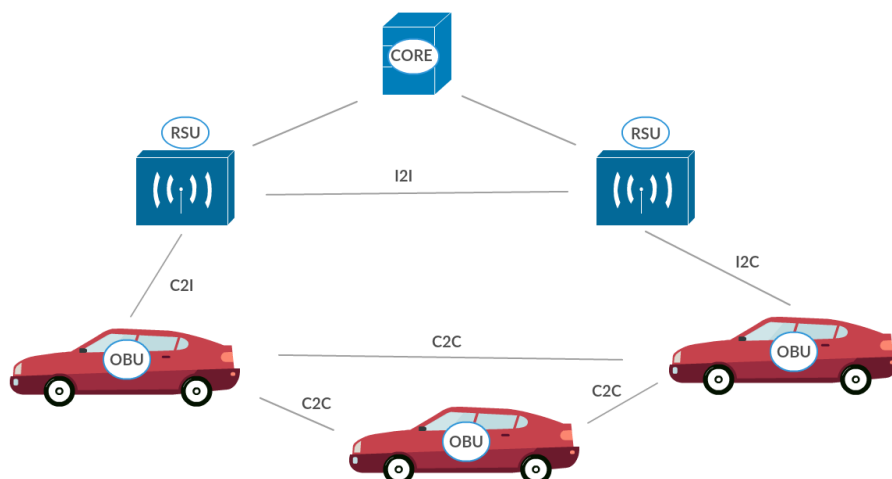
Komunikační vrstvu uvnitř systémů tvoří [4][5][6]:

- Komunikace mezi vozidly, C2C (V2V) - Car to car (Vehicle to vehicle)
- Komunikace mezi vozidlem a infrastrukturou, C2I resp. I2C - (V2I resp. I2V) – Car to infrastructure a opačně (Vehicle to infrastructure)
- Komunikace mezi uzly sítě, I2I – Infrastructure to infrastructure
- C2X (V2X) - Car to X (Vehicle to X). Může znamenat soubor C2C a C2I nebo komunikaci s jinými prvky systému

Schéma komunikačních vrstev je vyobrazena na Obr. 2.

Nad těmito vrstvami leží aplikační vrstva, která zajišťuje služby systému, a to právě v aplikacích zaměřujících se na [5][6]:

- Bezpečnost dopravy
- Řízení dopravy a přepravy
- Řízení nákladní dopravy, vozového parku a logistiku
- Podporu údržby dopravní infrastruktury



Obr. 2 – Schéma komunikačních vrstev, zdroj: autor

2.2. C-ITS infrastruktura

Pro každý podobný projekt je klíčové mít vybudovanou a dostatečně vybavenou infrastrukturu o silniční jednotky RSU, které jsou propojeny s TCC v takové penetraci, aby bylo možno bezproblémově předávat data dalším prvkům systému (vozidlům, řídicímu centru).

Při budování C-ITS projektů je zároveň potřeba klást vyšší nároky na fyzickou, ne C-ITS, infrastrukturu, to znamená: vozovky, mosty, konvenční značení, aby v systému nedocházelo k nepřesné prezentaci informací. Příkladem může být systémová informativní zpráva o změně rychlostního limitu, která ale není doprovázena fyzickou úpravou na infrastruktuře.

U TCC (Traffic Control Center) se předpokládá napojení na konvenční ITS systémy právě pro lepší predikci a řízení dopravy a možnosti vzniku jednotného datového skladu s aktuálními dopravními informacemi [6].

2.3. Komunikace v C-ITS systémech

Jak již bylo výše zmíněno v kapitole 2.1, komunikace v kooperativních systémech probíhá v několika formách (vozidlo – vozidlo, vozidlo – infrastruktura atd.), které jsou podrobně probrány v kapitole 2.3.3. Zprávy poskytované přes komunikační vrstvu dělíme na jednorázové a opakující [bělinova][lokaj], sběrem těchto zpráv získává systém data o provozu na komunikacích, tato data se dělí na lokální a strategická. Zprávy musí obsahovat informace [7]:

- O jaký druh změny či nebezpečí se jedná
- Časovou značku
- Severitu informace (QoS)

2.3.1. Zprávy opakující se a jednorázové

- Opakující se zprávy jsou zejména využívají při komunikaci mezi vozidlem a infrastrukturou (a opačně). Dochází k vysílání trvalých či dlouhodobějších informací o stavu infrastruktury, například změna rychlosti v daném úseku komunikace nebo informace o práci na silnici [5].
- Jednorázové zprávy, které jsou vyvolané zejména nestandardní událostí, například silným bržděním vozidla. Jsou většinou distribuovány jako zprávy s vysokou severitou a jsou vyslány do nejbližších prvků systému, tedy dalších vozidel v okolí a vysílačů u infrastruktury [5].

2.3.2. Data lokální a strategická

- Lokální nebo také dynamická data jsou zejména používána pro bezpečnostní účely. Tato data přetvořená do zpráv mají účastníky provozu informovat o místních úpravách a nebezpečích. Tento typ zpráv je nejčastěji testován.
- Strategická data jsou spíše používána pro dlouhodobější účely spojené s návrhem a úpravou infrastruktury, modelováním dopravy, dopravní regulací a vyhodnocováním funkčnosti kooperativního systému. Tato data se zpracovávají a vyhodnocují v TCC [7].

2.3.3. Komunikace Vozidlo – Vozidlo (C2C)

Komunikace mezi vozidly je stěžejním konceptem kooperativních systémů. Komunikace probíhá zcela decentralizovaně a lokálně za pomoci OBU jednotek na palubě vozidel. V případě této komunikace není potřeba, aby vozidlo bylo připojeno k páteřní síti, tedy k vysílačům umístěným u vozovky, respektive řídicímu centru.

Komunikace C2C tak může být zcela nezávislá na páteřní síti, zároveň však může být i komplementární ke komunikaci k I2C a I2I (popsáno v následující kapitole). C2C může zvyšovat přenosovou kapacitu systému a zvětšovat pole přístupové sítě ostatním uživatelům.

Pro správné fungování C2C je potřeba zajistit jistou penetraci vozidel v provozu vybavených OBU jednotkami. Uvádí se, že pro využití základních aplikací systému (kapitola 2.4) je zapotřebí minimálně 10 % takto vybavených vozidel v provozu. Při nižší penetraci ztrácí tato komunikace smysl, jelikož nedochází k předávání zpráv mezi vozidly. Jako plně využitelná je označována hranice minimálně 30 % takto vybavených vozidel [6][7].

2.3.4. Komunikace Infrastruktura – Vozidlo (I2C, C2I)

Druhá ze stěžejních koncepcí komunikace v rámci kooperativních systémů je právě I2C, respektive C2I. RSU jednotky jsou napojeny na rychlou a vysokokapacitní síť

s propojením do řídicího centra a mohou předávat všem OBU v dosahu aktuální a lokálně přesné informace.

Nenastává tedy problém s využitím systému při nízké penetraci OBU jednotek jako je tomu u komunikace C2C. Při počátečním používání kooperativních systému se dá právě předkládat, že do penetrace 30 % vozidel vybavených OBU bude I2C majoritním typem používané komunikace [7].

Hlavním typem zpráv, vysílající RSU budou právě opakující se zprávy.

2.3.5. Komunikace Infrastruktura – Infrastruktura (I2I)

Komunikace I2I slouží k předávání dopravních informací z jednotlivých RSU do TCC i mezi sebou. Jedná se o podpůrnou komunikaci k I2C a V2C, bez které by nebylo možné dlouhodobě v RSU udržovat aktuální informace[5].

I2I je důležitým prvkem pro získávání strategických dat.

2.3.6. Komunikace Vozidlo – X (V2X)

Jak již bylo poznamenáno, komunikace C2X (kapitola 2.1) může znamenat soubor značení komunikace C2C a C2I.

S rozvojem kooperativních systémů a ještě markantnějším rozvojem dalších IT technologií okolo však dochází k možnostem zapojení i jiných zařízení do dopravního systému. Příkladem mohou být chodci vybavení smartphonem, který s potřebnými komunikačními technologiemi může komunikovat i s jinými prvky systému, například může informovat o své poloze.

Tento typ komunikace je zatím nejméně připravený, avšak s neustálým rozvojem IT a telekomunikací se dá očekávat, že v budoucnu bude hrát signifikantní roli v C-ITS [8].

2.4. Příklady využití C-ITS systémů

Pro příklady využití byly vybrány nejčastěji zmiňované možnosti využití tzv. *Use Case*. Mezi ně patří [5] [6] [9]:

2.4.1. Varování v před stojící kolonou

Využití komunikace C2C a C2I.

Vozidlo přibližující se k dopravní kongesci na vozovce před ním, je varováno infrastrukturou (RSU). Tato data byla poskytnuta automobily, které již uvízly v koloně (C2C). Pravděpodobnost střetu jedoucího vozidla a kolony se snižuje [5] [6].

2.4.2. Varování před vozidly údržby

Využití komunikace C2I.

Pracovníci na komunikaci mají vlastní speciální jednotku (záleží na systému [kapitola]), kterou dávají upozornění na probíhající práce na silnici. Přilehlé RSU informují dotčená vozidla s předstihem. Pravděpodobnost střetu s vozidlem údržby klesá [5] [6].

2.4.3. Značení ve vozidle

Využití komunikace C2I.

Dopravní značení se chová jako RSU a vysílá do okolí opakující se zprávu o svém stavu. To napomáhá řidiči nepřehlédnout důležitá dopravní značení [5] [6].

2.4.4. Přijíždějící vozidlo IZS

Využití komunikace C2C.

Vozidlo z Integrovaného záchranného systému dojíždí vozidla před sebou a informuje je o tom, že se blíží. Výsledkem dřívějšího informování řidiče je vyšší bezpečnost a efektivita využití kapacit komunikace pro jednotky IZS [5] [6].

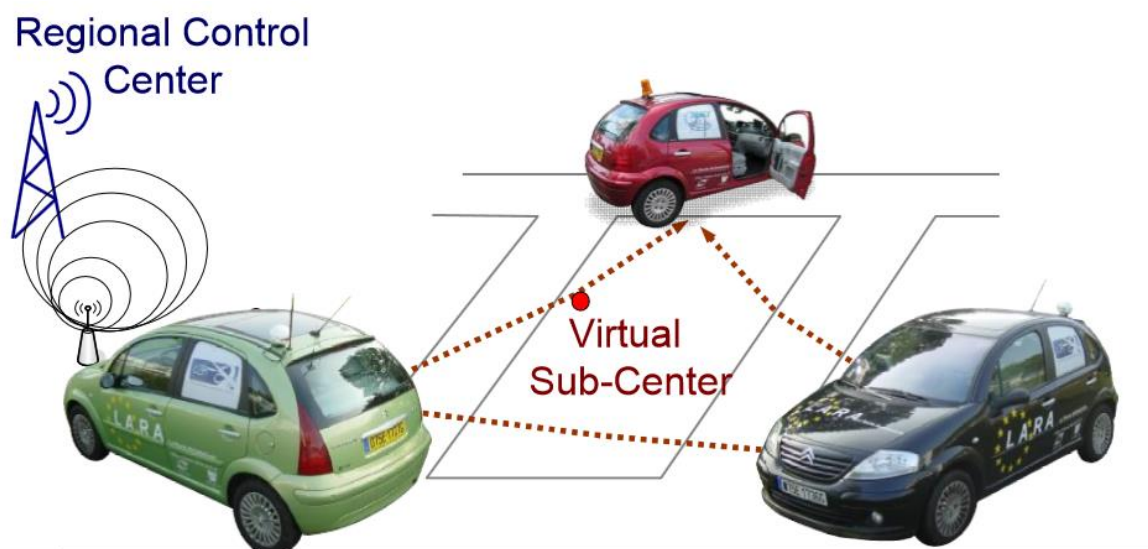
3. Vybrané projekty kooperativních systémů

V této kapitole jsou popsány některé projekty kooperativních systémů, jejich specifičnosti a dosažené výsledky.

3.1. COM2REACT

V 6. rámcovém programu Evropské unie vzniklo několik projektů zabývajících se kooperativními systémy. Jedním z těchto projektů byl právě COM2REACT [5] [7] [10].

Účelem projektu bylo zvýšení bezpečnosti dopravy a zvýšení její efektivity pomocí přidání vrstvy, přes kterou se mohly předávat dopravní informace. Tato vrstvu měla být užívána ke komunikaci mezi jednotlivými vozidly na základě shromážděných informací ze senzorů vozidel. Informace byly sdíleny v takzvaných Virtuálních Sub-Centrech (VSC) ze všech vozidel a dále předávány do Regionálního Kontrolního Centra (RCC). VSC měla být virtuální entitou sdílených informací vozidel pohybujících se po jedné trase stejným směrem. Tato entita komunikovala skrz V2V, kde mohly být jednotlivé informace rychle šířeny do každého vozidla. Schéma systému je vyobrazeno na Obr. 3 [10].



Obr. 3 – Schéma COM2REACT systému [11]

Hlavními benefity toho řešení je [10]:

- Lokální komunikace V2V je rychlejší než vzdálená komunikace a zrychluje reakci na náhlé události.
- Distribuce informací pomocí VSC dokáže být lépe zacílena na relevantní vozidla a eventuálně předcházet informačnímu přetížení.
- Lokální zacílení dat dovoluje personalizované bezpečnostní aplikace pro každého účastníka

- VSC spolu s RCC vytvářejí hierarchickou dopravní strukturu, kde samostatná vozidla na lokální úrovni jsou alespoň připojena do řídicího systému dopravy na regionální úrovni [11].

Hlavním záměrem COM2REACT bylo otestovat možnosti využití VSC konceptu a ověřit jeho funkčnosti a tržní potenciál.

Testy této technologie proběhly v Mnichově a ve Versailles vždy s několika vozidly. Vozidla byla vybavena příslušnými technologiemi. V2V komunikace probíhala na síti VANET na technologii WiFi a komunikace V2I (V2C) za pomoci konvenčních mobilních sítí, technologie GPRS a EDGE [11].

Funkčnost systému VSC byla ověřena jak v C2C režimu, tak v režimu C2R. Data ze senzorů vozidel byla korektně předávána. Hlavními nedostatky byly problémy s HW vybavením vozidel, kdy pro spuštění celého systému bylo za potřebí dvou standardních počítačů a jejich citlivosti, což by dnes již bylo vyřešeno miniaturizací [11].

Systém však byl testován pouze na malém vzorku vozidel a nebyl ověřen ve větším počtu [11].

3.2. NordicWay

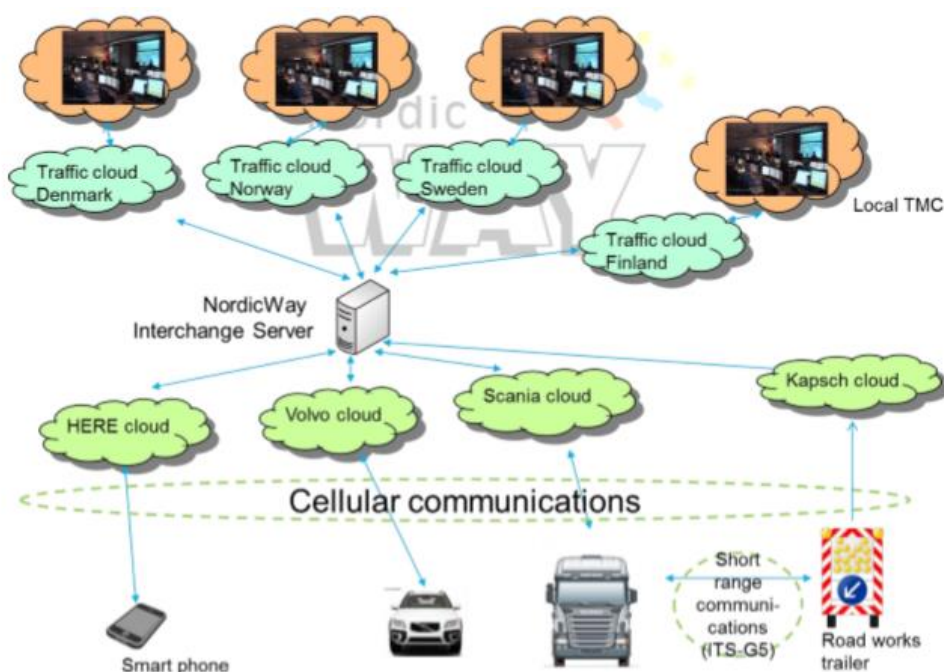
Hlavním cílem NordicWay bylo otestovat a demonstrovat interoperabilitu C-ITS napříč osobní a nákladní dopravou, poskytující stejný uživatelský zážitek napříč zeměmi (Dánsko, Finsko, Norsko, Švédsko). Tento pilotní systém měl za úkol ověřit technickou uskutečnitelnost sběru a poskytování dat a možnosti poskytování C-ITS služeb pomocí konvenčních mobilních sítí (3G a 4G) [12].

Hlavními přínosy a znaky byly [12]:

- Ověření konceptu poskytování a sběru dat od uživatelů a ověření možnosti poskytování C-ITS služeb pomocí konvenčních mobilních sítí v kombinaci s ITS-G5.
- Nabídnout interoperabilitu služeb v roamingu mezi různými sítěmi a technologiemi ve stejné kvalitě napříč zeměmi.
- Zjištění komerčního potenciálu. Vybudování byznys modelu a modelu ekosystému pro operátory, veřejné organizace, C-ITS zaměřené firmy a poskytovatele služeb a obsahu.
- Byla to jedna z největších veřejných investic do C-ITS sektoru, která měla zajistit zlepšení poskytování dopravních informací koncovým uživatelům.

- Demontrace vylepšené kvality služeb a bezpečnostních aplikací dopravy pomocí stávajících služeb za užití C-ITS a nashromážděných dat.
- Systém byl plně založen na evropských a globálních standardech a měl dokázat interoperabilitu napříč čtyřmi státy v Evropě.

Systém NordicWay je založen na konvenčních mobilních sítích, přes které jednotlivá zařízení, automobily, ale i mobilní telefony nebo upravené dopravní přívěsy údržby infrastruktury, komunikují s cloudovým serverem, který následně zasílá informace do jednotlivých TMC (Traffic Management Center). Tato centra jsou v každé zapojené zemi a komunikují skrze cloudové servery, viz Obr. 4.



Obr. 4 – Architektura systému NordicWay [12]

V rámci systému bylo úspěšně otestováno posílání informací pomocí technologie ITS-G5 (telekomunikační standard používaný v dopravě) [odkaz G5].

Systém v jednotlivých státech měl vždy speciální zacílení. Ve Švédsku se například testovala rychlost spojení mezi vozidly a TMC a zároveň se porovnávala rychlost a možnosti využití technologií mobilních sítí a ITS-G5.

Ve Finsku byla testována mobilní aplikace HERE DTI, která zájemců umožňovala přijímat a odesílat informace o stavu na infrastruktuře.

V Norsku se testovala možnost odesílání dat ze senzorů automobilů pro potřeby údržby silnic.

Hlavním předmětem zkoumání v Dánsku byly možnosti a vlastnosti použitého cloudového řešení v rámci přeshraniční komunikace a její rychlosti.

Velkým přínosem systému je právě možnost využití jednotného prostředí ve všech typech dopravních prostředků, ale i v mobilních telefonech, kterou zajišťuje aplikační vrstva systému.

Projekt probíhající v letech 2015 – 2017 byl hodnocen jako úspěšný, funkčnost všech systémů byla ověřena. Toto systémové řešení je dále testováno v projektu NordicWay2 [12] [13].

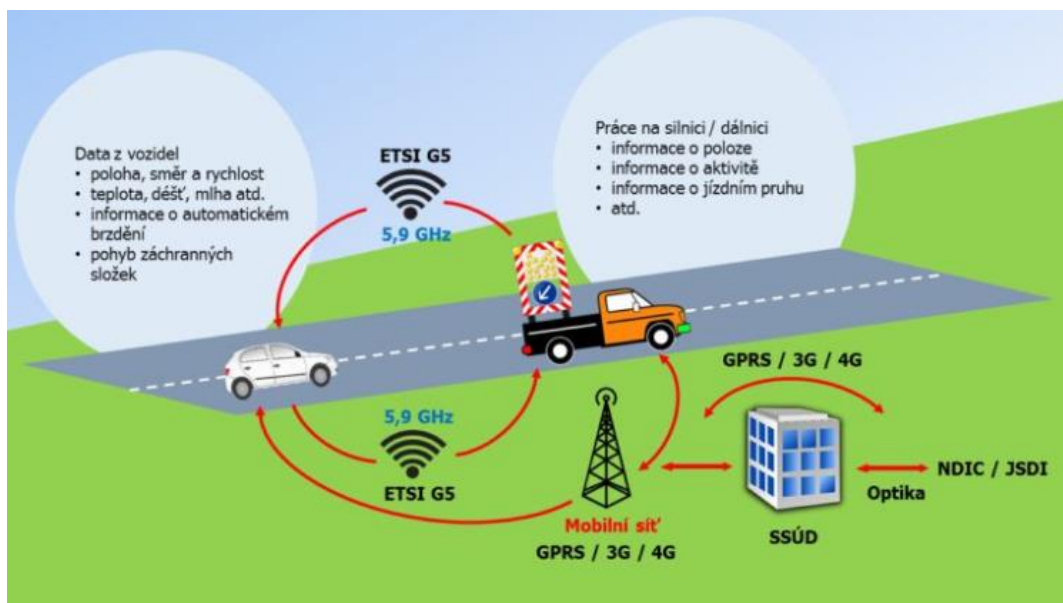
3.3. Projekt C-Roads Czech Republic

Projekt C-Roads je unijní projekt (2016 – 2020), na kterém se podílí Česká republika, Rakousko, Německo, Slovinsko, Belgie a Francie, a který má sloužit jako koordinační platforma pro zavádění C-ITS systémů po Evropě. Slouží ke sdílení informací v oblasti C-ITS a koordinuje spolupráci a vývoj technický specifikací [14].

V Česku má projekt několik specifik:

- Nasazení kooperativních systémů ITS na zabezpečených železničních přejezdech
- Nasazení kooperativních systémů ITS na nezabezpečených přejezdech na jednokolejné meziměstské tramvajové trati v Ostravě.
- Nasazení systémů C-ITS do vozidel městské hromadné dopravy.

Koncept, který C-Roads projekt rozvíjí je vidět na obrázku 5. Jedná se o velice podobnou architekturu jako v případě NordicWay [Nordic], avšak není zde kladen důraz na cloudové řešení. Vozidla vybavená OBU jednotkami komunikují pomocí ITS-G5 a GPRS/3G/4G technologiemi. Přes RSU jednotky následně komunikují s back office, v tomto případě SSÚD (Středisky správy a údržby dálnic), NDIC (Národní dopravní informační centrum) a JSDI (Jednotný systém dopravních informací) [14].



Obr. 5 – Schéma konceptu C-Roads Czech Republic [15]

3.3.1. Pilotní lokality v České republice

Všechny lokality jsou znázorněny na Obr. 6

DT0

Jde o implementaci C-ITS systémů na pražském okruhu (D0) a menších úsecích dálnic D5 a D1. Tato část projektu a vybudované zařízení je považováno za základ pro fungování dalších fází projektů (DT1 a DT3). Ředitelství silnic a dálnic pro zajištění jejich provozu vybuodovalo tzv. C-ITS back office (centrální prvek celého systému v ČR). Za účelem zvýšení pokrytí a přístupnosti služeb byly tyto úseky vybaveny technologií ITS G5 spolupracující se stávajícími LTE technologiemi [16].

DT1

Jedná o pilot hybridní komunikace u města Brna, kde ŘSD (Ředitelství silnic a dálnic) je odpovědné za instalaci technologií ITS G5. Služby založené na mobilní síti LTE bude poskytovat mobilní operátor O2 Czech Republic. Projekt pokryje část dálnice D1 podél vybraných hlavních cest vedoucích do Brna [16].

DT2

Projekt, na kterém spolupracuje společnost Brněnské komunikace (BKOM) a operátoři O2 a T-Mobile Czech republic. BKOM rozmístí systémy ITS G5. Operátoři O2 Czech Republic a T-Mobile poskytnou služby postavené na technologii LTE. C-ITS služby budou poskytovány pomocí hybridního ITS G5 / LTE systému. Technologie budou rozmístěny na vybrané městské

silnice tak, aby navazovaly na hlavní silnice vybavené C-ITS technologiemi v rámci projektu DT1 [16].

DT3

Jedná se o projekt na dálnicích D1, D5, D11 a na silnicích prvních tříd I/52 / D52. ŘSD vybaví určité úseky C-ITS technologiemi standardem ITS G5. Pokrytí mobilními sítěmi LTE budou poskytovat mobilní operátoři O2 a T-Mobile. Projekt je založen na testování telekomunikačních služeb jako LTE-V a LTE-B. Služby tedy budou poskytovány prostřednictvím hybridních technologií ITS G5 / LTE (nebo/a LTE-V, LTE-B). Díky tomuto pilotnímu projektu se dálnice D1, D5 a D11 napojí na mezinárodní C-ITS koridor spojující města Rotterdam, Frankfurt nad Mohanem s Vídní [16].

DT4

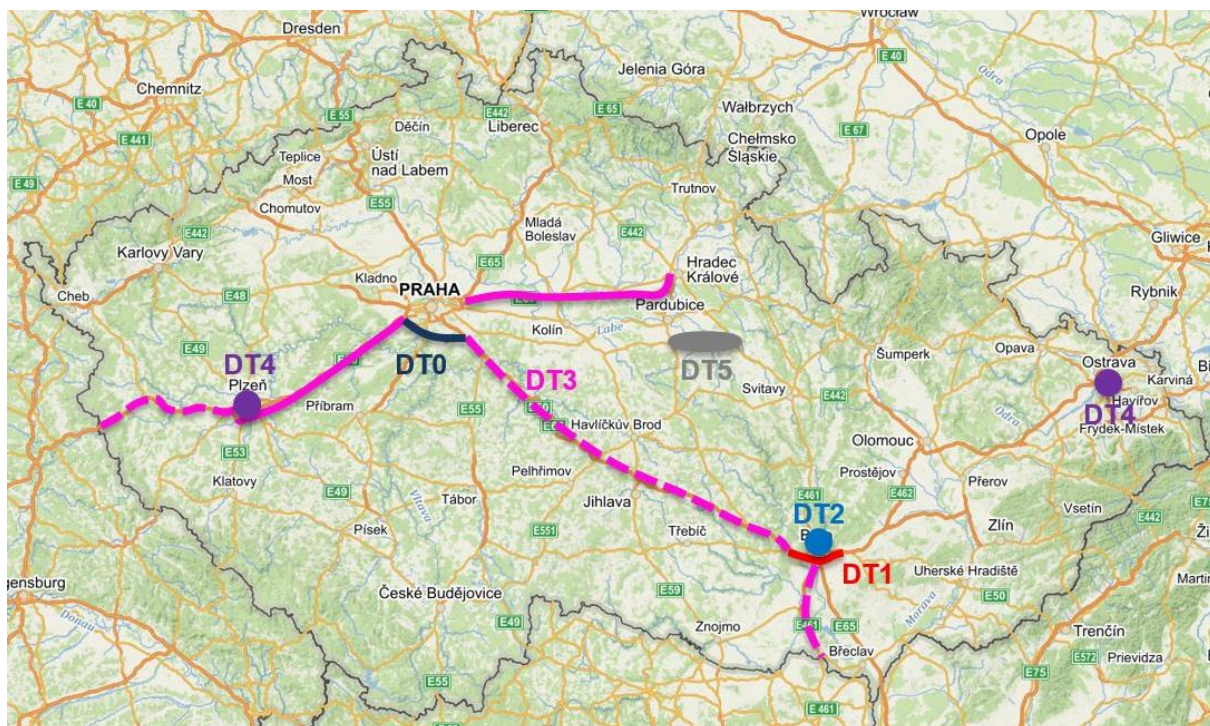
Implementace C-ITS systémů v rámci veřejné hromadné dopravy ve městech Ostrava a Plzeň, kdy dopravní podniky Ostravy a Plzně společně se společností INTENS Corporation rozmístí ITS G5 technologie. Mobilní operátoři O2 a T-Mobile poskytnou služby založené na technologii LTE. C-ITS služby budou založeny na hybridním ITS G5 / LTE systému. V rámci projektu se pokryjí vybrané ulice a části měst C-ITS systémy a otestuje se jejich možné využití [16].

DT5

Zde půjde o železniční přejezdy. Společnost Správa železniční dopravní cesty spolu s projektovým partnerem společností AŽD Praha vybaví dva vybrané železniční úseky v Pardubickém kraji C-ITS technologiemi. Služby založené na technologii LTE poskytnou mobilní operátoři O2 a T-Mobile. Služby C-ITS budou poskytovány prostřednictvím hybridního ITS G5 / LTE systému. Železniční přejezdy budou vybaveny zabezpečovacími systémy, přičemž jeden přejezd je vybaven závorami a druhý ne [16].

DT6

Jedná se o přeshraniční testování. Ředitelství silnic a dálnic vybaví vybrané úseky technologiemi založenými na ITS G5, služby LTE (včetně LTE-V a/nebo LTE-B) poskytnou operátoři O2 Czech Republic a T-Mobile Czech Republic. Během tohoto projektu bude testována interoperabilita C-ITS služeb poskytovaných českými a zahraničními partnery v rámci platformy C-ROADS [16].



Obr. 6 – Pilotní lokality projektu C-Roads Czech Republic [16]

Tohoto projektu se také účastní ČVUT Fakulta dopravní, jejíž rolí je hlavně vyhodnocení testovacího provozu. K naplnění toho účelu vzniká taky právě tato práce.

4. Telekomunikační technologie používané v kooperativních systémech

Základem všech C-ITS systémů je bezdrátová komunikace mezi prvky systému. V případech, kdy mohou sekundy, někdy i milisekundy (viz Tabulka 1) zabránit vysokým škodám na majetku i životech, se logicky na technologie kladou vysoké nároky. Jedním z nejdůležitějších parametrů bezdrátových technologií v těchto případech je latence. Ta hraje velkou roli právě v dopravě, dynamickém dopravním toku. Dalšími důležitými parametry pro tyto sítě jsou například vlastnosti šíření signálu, přenosová rychlost a poskytování garantovaných parametrů.

Tabulka 1 – Aplikační požadavky na latenci [17]

Požadavky na latenci aplikací aktivní bezpečnosti	
Aplikace aktivní bezpečnosti	Zpoždění v ms
Varování před kolizí	20
Varování před průjezdem na signál „stůj“	100
Nouzové brždění	100
Asistent hromadné kolize	100
Asistent odbočení vlevo	100
Varování před průjezdem ostrou zatáčkou	1000

V tomto směru je také potřeba zdůraznit, že v roce 2008 Evropská komise rozhodla o přidělení frekvenčního pásma 5 875 do 5 905 MHz aplikacím ITS souvisejícím s bezpečností, tedy aspoň v Evropě.

V dnes vyvíjených C-ITS projektech převažuje využívání právě dvou bezdrátových technologií:

- DSRC
- Mobilní datové sítě

4.1. DSRC

Je technologie založená na RFID (Radio Frequency Identification). Tedy technologiích určených k bezdrátové identifikaci objektů. Tato technologie je nejvíce používána právě na C-ITS projektech. Výhodou DSRC je nízká latence (v jednotkách ms), přenosová rychlost (až 27 Mb/s) a dostačující dosah (až 1000 m) [18] [19].

V Evropské Unii bylo pro DSRC 5,9 GHz, používané v C-ITS, alokováno 70 MHz pásmo mezi 5855-5925 MHz.

S rozdělením v EU se počítá takto [20]:

- ITS-G5A: Bezpečnostní C-ITS aplikace (5875-5905 MHz)
- ITS-G5B: ITS aplikace nesouvisející s bezpečností (5855-5875 MHz)
- ITS-G5D: Rezervováno pro budoucí C-ITS aplikace (5905-5925 MHz)

DSRC 5,9 GHz je technologie používána právě v oblastech komunikace V2V a V2I, právě kvůli svým vlastnostem a určení.

4.2. Mobilní datové sítě

S užitím mobilních datových sítí se počítá ve většině C-ITS projektech, a to hlavně díky jejich rychlému rozvoji, možnosti širokého využití, interoperabilitě, pokrytí a lepších parametrech. Dnes je nejvíce využívána technologie 4G (LTE) v různých specifikacích. LTE má tu výhodu, že již dnes je to velice rozšířený standard, který pokrývá většinu Evropských aglomerací a významné dopravní cesty [23]. Tyto technologie jsou hlavně používány při komunikaci V2I.

Mobilní a LTE technologie jsou spravovány standardizační společností 3GPP (3rd Generation Partnership Project), původně založené kvůli jednotným standardům pro sítě 3. generace. Sítě jsou vyvíjeny v tzv. releasech. První LTE vývojový stupeň byl právě release 8 (rok 2008), který měl teoreticky dosahovat rychlosti downloadu až 300 Mbps a uploadu 75 Mbps [21] [22].

Avšak tato specifikace nepřilíší vyhovuje využití v C-ITS, i když je často používána. Nevýhodou je nealokované pásmo pro bezpečnostní aplikace a nezohlednění rychle se pohybujících jednotek. LTE ve starších releasech je zaměřeno na rychlosti v jednotkách kilometrů v hodině, avšak testy ukazují, že je možno používat tyto sítě v rychlostech nad 100 km/h. Naopak výhodou LTE sítí je vyšší rychlost přenášených dat i při větším množství připojených uživatelů.

Poslední specifikace Release 14 již však s využitím C-ITS počítá. Tento standard byl schválen v polovině roku 2017. Standard počítá s komunikací přímého propojení (ekvivalent C2C). Jeho brzké používání však nemůžeme očekávat, jelikož k nasazení těchto standardů je vždy potřeba několika let [24].

5. Datové rámce přenášené v C-ITS

Tato práce se zabývá vytvořením webové aplikace, která má umožnit z webovému prostředí testování DENM a CAM zpráv přenášených v rámci pilotního provozu projektu C-Roads Czech republic. Nejedná se však o všechny typy zpráv používaných v rámci tohoto projektu.

V rámci projektu C-Roads je identifikováno 8 rozhraní [14]:

- Rozhraní I1: OBU/RVU (Road vehicle Unit) ↔ OBU/RVU/RSU
- Rozhraní I2: RSU ↔ C-ITS back office
- Rozhraní I3: RVU ↔ C-ITS back office
- Rozhraní I4: C-ITS back office ↔ OBU poskytovatelů služeb
- Rozhraní I5: Mobilní aplikace poskytovatelů služeb ↔ C-ITS back office.
- Rozhraní I6: C-ITS back office ↔ Integrovaná platforma.
- Rozhraní I7: C-ITS back office ↔ NDIC.
- Rozhraní I8: OBU/RVU ↔ vozidlové systémy/HMI

Z hlediska zaměření této práce nás nejvíce zajímají rozhraní I1, I4 a I8. Kde se právě vyskytují CAM a DENM zprávy.

Rozhraní I1 slouží ke komunikaci V2I a I2V, kdy si vozidla (OBU) s infrastrukturou (RSU) periodicky vyměňují data. V tomto rozhraní se data přenáší pomocí standardu ITS-G5. V rámci rozhraní se posílají zprávy [14]:

- Cooperative Awareness Message (CAM)
- Decentralized Environmental Notification Message (DENM)
- In-Vehicle Information (IVI)
- Signal Phase and Timing Message (SPAT)
- Map Data (MAP)

Rozhraní I4 slouží ke komunikaci vozidel (OBU) s C-ITS back office, která je zabezpečena pomocí mobilních sítí. Tyto sítě mají výhledově po zavedení LTE posledního release (Release 14) sloužit k posílání těchto zpráv [14]:

- Cooperative Awareness Message (CAM)
- Decentralized Environmental Notification Message (DENM)
- In-Vehicle Information (IVI)

Rozhraní I8 slouží ke komunikaci vozidel (OBU) s externími vozidlovými systémy, kterými mohou být například přídatné sensory, vozidlové nástavby apod. Propojení je většinou

zprostředkováno pomocí sběrnice CAN, avšak konečné řešení může být individuální. Počítá se s přenášením zpráv:

- Cooperative Awareness Message (CAM)
- Decentralized Environmental Notification Message (DENM)

5.1. Definice přenášených zpráv

5.1.1. Cooperative Awareness Message (CAM)

Zpráva je specifikována ve standardu ETSI TS 102 637-2.

Zprávy CAM opakovaně vysílají všechna zařízení zapojena v systému, a to v rozmezí 100 ms – 1000 ms. Obsah zpráv se liší na základě vysílajícího zařízení. Zpráva CAM slouží k tzv. hlášení o přítomnosti, tedy aby všechny stanice o sobě navzájem „věděly“. CAM obsahuje informace o poloze a typu stanice, rychlosti, rozměrech apod. Tyto zprávy jsou základem pro všechny aplikace postavené na C-ITS [25].

5.1.2. Decentralized Environmental Notification Message (DENM)

Zpráva je specifikována ve standardu ETSI 102 637-3.

Tento typ zpráv je generován pouze v případech vzniku mimořádné události. Poté, co je vygenerována DENM zpráva, je periodicky vysílána do konce doby trvání mimořádné události. To je buď přednastaveno v původní DENM zprávě, nebo je zpráva ukončena speciální zprávou příslušné stanice. DENM zpráva může být vygenerována OBU jednotkou nebo TCC. Zpráva se užívá například při dopravní nehodě, prudkém brždění apod. [25]

5.1.3. In-Vehicle Information (IVI)

Zpráva je specifikována v normě ISI/TS 19321:2015.

IVI zprávy slouží k přenosu dynamických dopravních symbolů, statických dopravních symbolů a doplňkových textů. Zprávy jsou generovány TCC, následně jsou odeslány na příslušné RSU jednotky. IVI zprávy jsou periodicky vysílány do konce jejich časové platnosti, případně jejich vysílání je zastaveno speciální ukončovací IVI zprávou [26].

5.1.4. Signal Phase and Timing Message (SPAT)

Zpráva je specifikována v normě ISO/TS 19091:2017.

Jak již název napovídá, zprávy SPAT informují blízké stanice o signálním cyklu SSZ. Zprávy jsou generovány v příslušných RSU jednotkách u SSZ. Tento typ zpráv může obsahovat informace i o signálních cyklech následujících SSZ. Tyto zprávy umožňují předání informace o optimální rychlosti k přiblížení k SSZ [26].

5.1.5. Map Data (MAP)

Zpráva je specifikována v normě ISO/TS 19091:2017.

MAP zprávy slouží k předání informací o topologii dané oblasti (víceproudé komunikace, křižovatky atd.). Zprávy v kombinaci se zprávami SPAT dodávají všechny potřebné informace o stavu a topologii dané infrastruktury [26].

6. Testovací a evaluační nástroj v projektu C-ROADS Czech Republic

V rámci evropského projektu C-ROADS na ČVUT FD vznikl automatizovaný systém pro ověření kvality komunikačního kanálu kooperativních systémů. Tento systém byl vyvinut jako součást diplomové práce Ing. Jakuba Jiráka – NÁVRH SYSTÉMU KONTROLY KVALITY KOOPERATIVNÍCH SYSTÉMŮ [1].

Ověření kvality komunikace je v tomto případě řešeno analýzou datového záchytu reálné komunikace v rámci projektu C-Roads. Předmětem analýzy jsou CAM a DENM zprávy, popsané v kapitole 5.1.1 respektive 5.1.2. Systém ověřuje, zda tyto zprávy odpovídají platné specifikaci [1].

V rámci ČVUT FD je obvyklé podobné záznamy zpracovávat a ověřovat ručně, avšak množství a komplexnost testování zpráv v tomto projektu si vyžádalo vytvoření automatizovaného systému, jenž usnadňuje ověřování, které je rychlejší, přesnější a mnohem méně náročné na lidské zdroje [1].

Systém kontroly kvality je v této práci popsán, protože z jeho struktury a vlastností do značné míry vychází návrh webového rozhraní [1].

6.1. Popis systému kontroly kvality

Systém kontroly kvality je vyvinut jako aplikace pro Microsoft Windows v programovacím jazyce Python. Ověřované zprávy v CAM a DENM jsou pomocí tohoto systému formálně porovnávány s jejich specifikacemi ze standardu ETSI 102 637.

Při hodnocení zpráv tedy dochází pouze k formálnímu porovnání dat se specifikacemi, ale již nedochází ke kontrole relevantnosti dat. Relevantnost dat je poté možné ověřit ve výstupních datech [1].

6.1.1. Architektura

Architektura systému je vyobrazena na schématu Obr. 7.

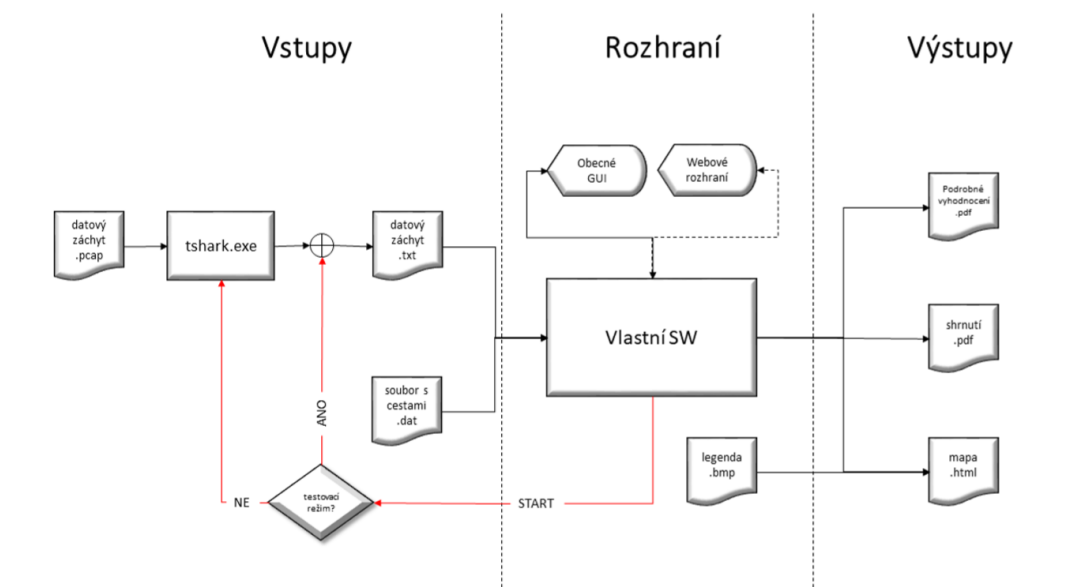
Systém se spouští vyvoláním Vlastního SW (ve schématu [obrázek] označen jako Vlastní SW). V původní verzi má vlastní GUI a následně se počítá s webovým rozhraním.

Nepřímým vstupem do systému je záchyt komunikace ve formátu PCAP (speciální formát záchytu zpráv, který je nejčastěji používán) obsahující CANM nebo DENM zprávy testovacího vozu. V schématu architektury je vidět možnost použití přímého vstupu (ve schématu kosočtverec), ten slouží k testovacím účelům funkčnosti systému [1].

Nepřímý vstup je převeden pomocí terminálové verze programu Wireshark (tshark.exe) na textový soubor, tedy ve formátu potřebném ke zpracování ve Vlastním SW.

Výstupem systému jsou právě tři soubory [1].

- Podrobné vyhodnocení (formát PDF)
- Shrnutí (formát PDF)
- Mapa (formát XML)



Obr. 7 – Schéma automatizovaného systému kontroly kvality [1]

6.1.2. Podmínky pro spuštění systému kontroly kvality kooperativních systémů

Všechny požadavky na spuštění systému jsou dopodrobna rozebrány a k nalezení v diplomové práci Ing. Jakuba Jiráka. Avšak pro tvorbu webového rozhraní jsou tyto požadavky důležité, proto jsou zde v krátkosti uvedeny [1].

6.1.2.1. Operační systém

Všechny následující potřebné programy jsou multiplatformní. Jediným operačním systémem, na kterém se však program dá spustit je Windows od společnosti Microsoft.

Je to zapříčiněno příkazem pro spuštění programu Wireshark. Tento příkaz je pro každý operační systém specifický.

6.1.2.2. Python 3

Pro spuštění programu (Vlastní SW ve schématu) je nutné mít na stanici (počítači) nainstalovanou podporu open source programovací jazyk Python s požadovanými moduly [1].

Většina modulů je defaultně nainstalovaných, avšak pro funkčnost programu je potřebné mít doinstalované moduly foluim (vykreslování mapy) a fpdf (tvorba PDF) [1].

6.1.2.3. Wireshark

Je to open source program – paketový analyzátor. Pro funkčnost systému kontroly kvality je zapotřebí starší verze programu Wireshark. Důvodem jsou ITS pluginy potřebné k dekódování CAM a DENM zpráv, které jsou dostupné pouze pro starší vývojové verze programu Wireshark (např. 2.2.x) [1].

6.1.3. Program kontroly kvality

Program kontroly kvality je přiložen v diplomové práci Ing. Jakuba Jiráka [Odkaz]. Zde je program uložen v bezztrátovém komprimačním formátu RAR jako příloha_funkcni_vzorek.rar. Po rozbalení toho souboru, vznikne adresářová struktura viz Obr. 8 [1].

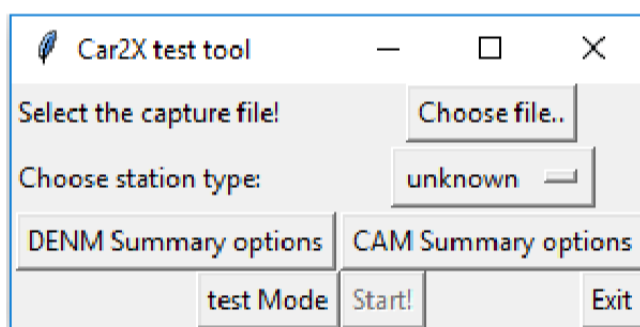
captures	28.5.2018 12:38	Složka souborů	
results	28.5.2018 13:26	Složka souborů	
root	28.5.2018 13:26	Složka souborů	
GUI_main.py	28.5.2018 13:01	Python File	221 kB

Obr. 8 – Adresářová struktura programu kontroly kvality [1]

- captures – Složka, do které je možné ukládat soubory k analýze. Nemusí být využívána.
- results – Složka, do které se ukládají výstupy z programu.
- root – Složka obsahující soubory nutné pro běh systémů.
- GUI_main.py – Hlavní soubor se skriptem, kterým se spouští celý systém.

6.2. Uživatelské prostředí

Po spuštění skriptu GUI_main.py se uživateli spustí grafické rozhraní viz Obr. 9.



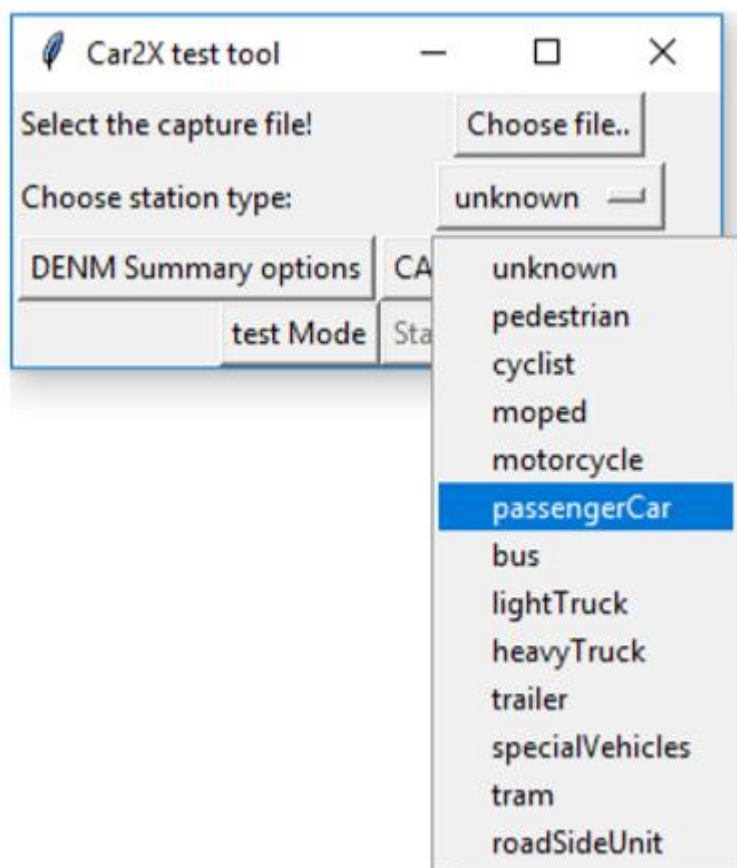
Obr. 9 – GUI programu kontroly kvality [1]

Zde má uživatel následující možnosti:

- Vybrat soubor k analýze (Choose file..)
- Vybrat typ vozidla (unknown)
- Vybrat testovací parametry DENM / CAM (DENM / CAM Summary options)
- Vstoupit do testovacího módu (test Mode)
- Odstartovat analýzu (Start!)
- Vypnout program (Exit)

Možnost spuštění testovacího režimu bylo vyžadováno při návrhu systému a jeho testování. Normální uživatel nemá potřebu užití tohoto módu, proto se jím tato práce dále zabývat nebude.

Při výběru typu vozidla se uživateli zobrazí výběr možných vozidel (stanic) viz Obr. 10.



Obr. 10 – GUI, výběr typu stanice [1]

Při výběru nastavení testovacích parametrů se uživateli zobrazí zaškrťovací formulář (obrázek [obrázek]).

The screenshot shows a window titled "DENM Summary options" with a standard Windows-style title bar (minimize, maximize, close). The window content is organized into several sections, each with a header and a list of checkboxes:

- header---**
 - ProtocolVersion
 - messageID
 - stationID
- denm---**
 - originatingStationID(actID)
 - sequenceNumber(actID)
 - detectionTime
 - referenceTime
 - termination(OPTIONAL)
 - latitude(evtPos)
 - longitude(evtPos)
 - semiMajorConfidence(evtPos)
 - semiMinorConfidence(evtPos)
 - semiMajorOrientation(evtPos)
 - altitudeValue(evtPos)
 - altitudeConfidence(evtPos)
 - relevanceDistance(OPTIONAL)
 - relevanceTrafficDirection(OPTIONAL)
 - validityDuration(OPTIONAL)
 - transmissionInterval(OPTIONAL)
 - stationType
- management---**
 - speedValue(OPTIONAL)
 - speedConfidence(OPTIONAL)
 - headingValue(OPTIONAL)
 - headingConfidence(OPTIONAL)
 - traces
- situation---**
 - informationQuality
 - causeCode
 - subCauseCode
- location---**
 - lanePosition(OPTIONAL)
 - hardShoulderStatus(OPTIONAL)
 - drivingLaneStatus(OPTIONAL)
 - trafficFlowRule(OPTIONAL)
- alacarte---**

At the bottom of the window, there are two buttons: "Set" and "Set All".

Obr. 11 – GUI, výběr parametrů k otestování [1]

Po nastavení všech parametrů požadovaných uživatelem, zvolení typu stanice a vložení záchytu komunikace se spustí skript pomocí tlačítka Start!. Doba, za kterou bude záchyt zpracován, je závislá velikosti záznamu [1].

6.3. Výstupy programu

Výstupy programu kontroly kvality jsou tři, již zmíněné v kapitole 6.1.1.

6.3.1. Podrobné vyhodnocení (PDF)

Podrobné vyhodnocení je dokument obsahující často stovky až tisíce stran. To z toho důvodu, že analyzuje každou zprávu (DENM a CAM) záchytu a kontroluje všechny parametry [1].

Každý řádek kontrolovaného parametru je barevně rozlišen.

- Zeleně – Korektně zpracovaný a odpovídající rozsahu specifikace.
- Žlutě – Výsledek s varováním, kdy hodnota parametru není k dispozici.
- Červeně – Chybný výsledek. Většinou jde o hodnoty, které nenáleží rozsahu ve specifikaci

Ke každému nekorektně vyhodnocenému parametru je připojen komentář viz Obr. 12.

```
CAM[Arrival Time: Aug 18, 2016 11:53:16.830842000]
  header
    protocolVersion(1): currentVersion
    messageID: MANDATORY PARAMETER MISSING!
    stationID(6)
  cam
    generationDeltaTime(-59176): Out of Range
  camParameters
    basicContainer
      stationType: MANDATORY PARAMETER MISSING!
    referencePosition
      latitude(-497806134): S 49.7806134
      longitude(-136840922): W 13.6840922
    positionConfidenceEllipse
      semiMajorConfidence(4095): unavailable
      semiMinorConfidence(4095): unavailable
      semiMajorOrientation(3601): unavailable
    altitude
      altitudeValue(820000): Out of Range
      altitudeConfidence(1): accuracy within 0.02m (alt-000-02)
  highFrequencyContainer
    basicVehicleContainerHighFrequency
      heading
        headingValue(3601): unavailable
        headingConfidence(127): unavailable
      speed
        speedValue(0): 0.00km/h
        speedConfidence(127): unavailable
      driveDirection(0): forward
```

Obr. 12 – Podrobné vyhodnocení [1]

6.3.2. Shrnutí (PDF)

Soubor se základními informacemi a statistikami. Obsahuje informace o začátku záchytu a jeho konci, statistiky vybraných parametrů a počet celkově analyzovaných zpráv (rozdělené na CAM a DENM zprávy) viz Obr. 13 [1].

```
Start [Aug 18, 2016 11:53:16.830842000]
End [Aug 18, 2016 12:09:33.115190000]
No. of analysed messages [281]

CAM Summary[281 messages]
  header
    protocolVersion: OK:[279], Warning:[0], Error:[2]
    messageID: OK:[278], Warning:[0], Error:[3]
    stationID: OK:[281], Warning:[0], Error:[0]
  cam
    generationDeltaTime: OK:[279], Warning:[0], Error:[2]
  camParameters
    basicContainer
      stationType: OK:[26], Warning:[255], Error:[2]
      referencePosition
        latitude: OK:[281], Warning:[0], Error:[0]
        longitude: OK:[281], Warning:[0], Error:[0]
      positionConfidenceEllipse
        semiMajorConfidence: OK:[0], Warning:[280], Error:[1]
        semiMinorConfidence: OK:[0], Warning:[280], Error:[1]
        semiMajorOrientation: OK:[253], Warning:[28], Error:[0]
      altitude
        altitudeValue: OK:[279], Warning:[0], Error:[2]
        altitudeConfidence: OK:[3], Warning:[277], Error:[1]
    highFrequencyContainer
      basicVehicleContainerHighFrequency [280 messages with this container]
        heading
          headingValue: OK:[252], Warning:[28], Error:[0]
          headingConfidence: OK:[0], Warning:[280], Error:[0]

DENM Summary[0 messages]
  No DENM messages in this capture file!
```

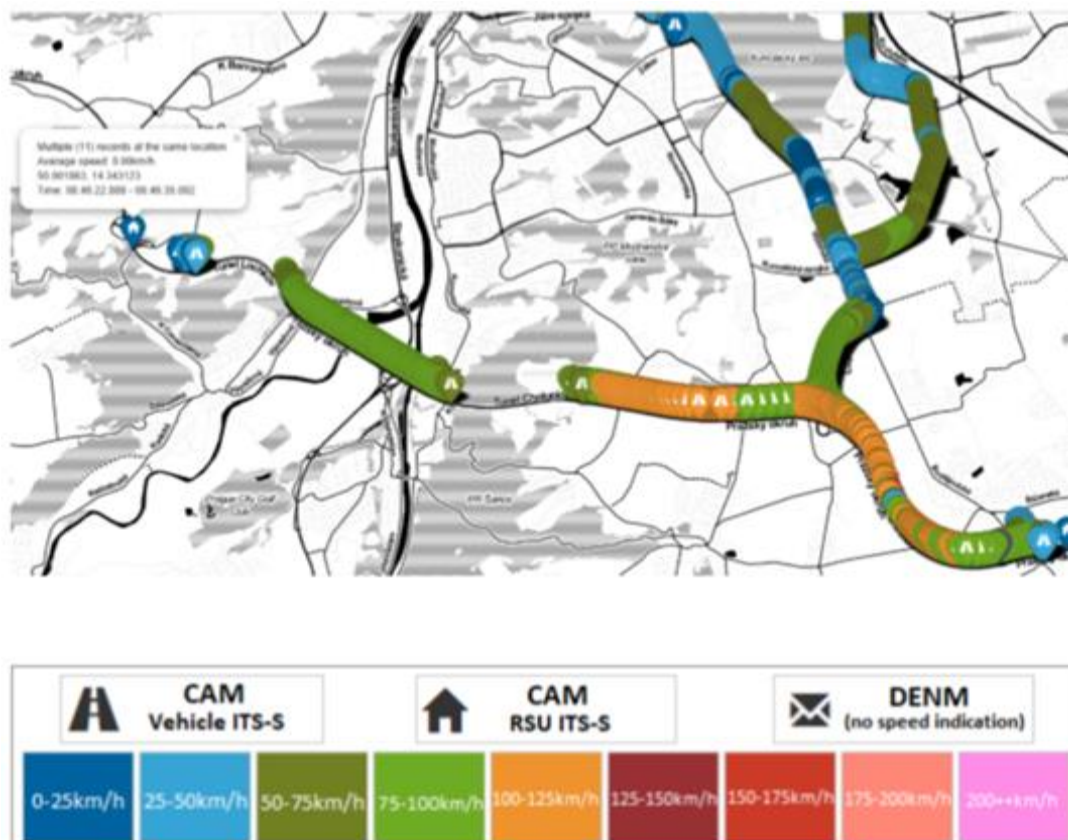
Obr. 13 – Shrnutí testovaných zpráv [1]

6.3.3. Mapa (XML)

Posledním typem výstupu je soubor ve formátu XML, kdy je do mapy znázorněno, kudy se stanice pohybovala a jakou rychlostí [1].

V mapě jsou vyobrazeny CAM i DENM zprávy v souhrnném pohledu. CAM zprávy jsou zbarveny podle rychlosti, kterou v danou chvíli vysílaly.

Dále soubor obsahuje legendu. Náhled je vidět na Obr. 14.



Obr. 14 – Výsledná mapa [1]

6.4. Praktické používání systému kontroly kvality

Navrhnutý systém kontroly kvality splnil zadání v plném rozsahu. Systém vyhodnocuje všechny povinné parametry a aktuálně použité zprávy CAM a DENM.

6.4.1. Přínosy systému kontroly kvality

Hlavní přínosy systému byly již jmenovány (úvod kapitoly 6). Patří mezi ně:

- Nižší nároky na lidské zdroje oproti ručnímu zkoumání parametrů.
- Vyšší rychlost zpracování dat oproti ručnímu zkoumání parametrů.
- Vyšší přesnost analýzy dat oproti ručnímu zkoumání parametrů.
- Jednotný formát analýzy napříč projektem C-Roads (různé firmy mohou provádět analýzy se stejným výstupem).
- Vzájemná porovnatelnost výstupů napříč projektem C-Roads.
- Budoucí možnost rozvoje programu.
- Grafické výstupy.

6.4.2. Nedostatky navrženého systému

Nedostatky navrženého systému zjištěné z průběhu testování a zavádění systému.

- Analýza souborů s větším počtem zpráv (například více jak 10 000) trvá i několik desítek minut.
- Nutnost lokální instalace na PC, obnášející pro každé zařízení:
 - Instalace potřebné dodatečné aplikace Wireshark
 - Instalace programovacího jazyka Python
 - Instalace dodatečných pluginů do aplikace Wireshark
 - Instalace modulů do programovacího jazyka Python
- Výsledné řazení souborů, zvláště pokud jsou ve větším množství, není přehledné
- Horší centrální agregace výsledků v rámci jedné firmy, pokud systém využívá více uživatelů
- Omezení na jeden operační systém

6.5. Shrnutí

System kontroly kvality od Ing. Jakuba Jiráka plně splňuje nároky a požadavky zadané v jeho diplomové práci.

Hlavní nedostatky vychází z architektury systému, kdy je program umístěn lokálně na pracovní stanici. Nutno dodat, že se už v diplomové práci do budoucna plánovala možnost přidání webového rozhraní nad vlastní software programu [1].

Toto webové rozhraní může odstranit naprostou většinu nedostatků popsaných v kapitole 6.4.2. Jediným z přetrvávajících nedostatků bude možná delší analýza většího objemu zpráv. Jak tento nedostatek bude ovlivňovat výsledné používání a funkčnost aplikace je zatím nejasné.

V tomto případě se však počítá s podporou a opravou chyb do budoucna. Jako možný směr se jeví i omezení velikosti vstupního souboru.

7. Tvorba webového rozhraní pro systém kontroly kvality kooperativních systémů

Webové rozhraní systému kontroly kvality přenášených zpráv, popsaným v kapitole 6, má za cíl odstranění nedostatků popsaných v kapitole 6.4.2. a zároveň vytvořit webu aplikaci, která bude usnadňovat manipulaci se záchyty z projektu C-Roads.

7.1. Návrh webového rozhraní

Základní parametry pro návrh webového rozhraní byly dány vyvinutým automatizovaným systémem kontroly kvality. S tvorbou webového rozhraní pro tento systém se již počítalo v diplomové práci, avšak systém kontroly kvality byl vyvinut pouze jako lokální aplikace.

7.1.1. Požadavky na webové rozhraní

Požadavky na systém kontroly kvality s webovým rozhraním můžeme rozdělit do dvou bodů:

- Požadavky automatizovaného kontrolního systému komunikačního kanálu kooperativních systémů
- Požadavky uživatelů na webové rozhraní

7.1.1.1. *Požadavky automatizovaného kontrolního systému*

Základní požadavky, jak již bylo zmíněno výše, vycházejí z nároků automatizovaného systému kontroly kvality, které jsou popsány v kapitole 6.1.2. Jelikož systém kontroly kvality byl pouze ozkoušen na operačním systému Windows a všechny podpůrné aplikace též, byl pro běh serveru zvolen právě operační systém Windows, přesněji Windows Server 2016, poskytnutý Fakultou dopravní ČVUT.

Na tomto serveru musí být spuštěné webové rozhraní a podmínkou pro správné fungování je také upravený systém kontroly kvality odpovídající požadavkům webové aplikace a navázaného prostředí.

Samotná úprava systému kontroly kvality není obsahem této práce, proto zde nebude popsána.

Požadavky vzniklé použitím automatizovaného kontrolního systému jsou:

- Užití operačního systému Windows
- Instalace automatizovaného kontrolního systému kvality
- Lokální spuštění automatizovaného kontrolního systému kvality

- Úprava automatizovaného kontrolního systému kvality (není obsahem této práce)

7.1.1.2. Požadavky uživatelů na webové rozhraní

Požadavky na webové rozhraní byly specifikovány po konzultacích s vedoucím práce takto:

- Management uživatelských účtů
- Historie zadaných úloh systému
- Tvorba uživatelských skupin
- Možnost vkládání nových záznamů
- Možnost admin přístupu ke všem záznamům

7.1.2. Etapy návrhu a realizace

Etapy návrhu webového prostředí byly stanoveny následovně:

- Vývoj a realizace webového rozhraní
- Vytvoření API pro komunikaci webového rozhraní s automatizovaným systémem kontroly kvality
- Implementace API

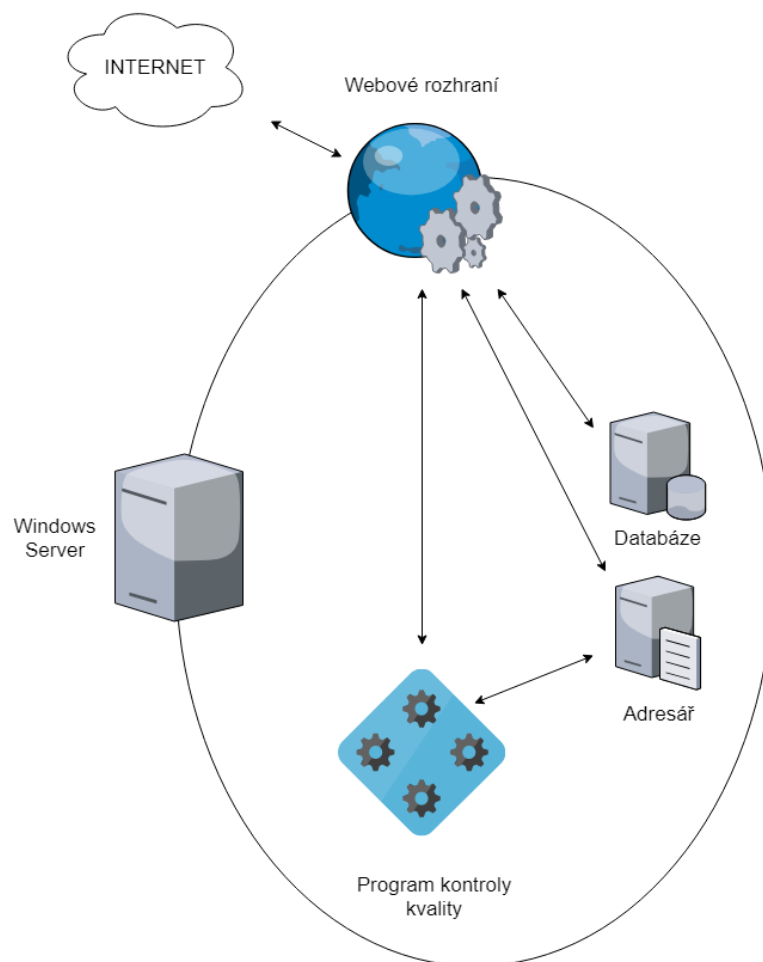
7.2. Struktura testovacího prostředí

Pro určení struktury testovacího rozhraní bylo nejprve nutné zvolit typ propojení webového rozhraní a systému kontroly kvality. Zde se vycházelo z požadavků popsaných v kapitole 7.1.1.1.

- Webové rozhraní a systém kontroly kvality budou spuštěny na stejném serveru
- Webové rozhraní a systém kontroly kvality budou spuštěny každý na jiném serveru

Při plánování, na jaké platformě bude spuštěno webové rozhraní bylo nejdříve přihlídnuto k požadavkům automatizovanému systému kontroly kvality. Kvůli tomuto systému byl zvolen systém Windows Server. Pro běh vývoj systému zvolena jednodušší a bezpečnější forma, a to možnost webového rozhraní a systému kontroly kvality spuštěných na stejném serveru.

Kvůli požadavkům uvedeným v kapitole 7.1.1.2 bylo nutné vytvořit databázovou strukturu, která obstarává uživatele a již proběhlé záznamy. Výsledná architektura je zobrazena na Obr. 15.



Obr. 15 – Výsledná architektura testovací prostředí pro zpracování a vyhodnocení testů, zdroj: autor

7.3. Vývoj webového rozhraní

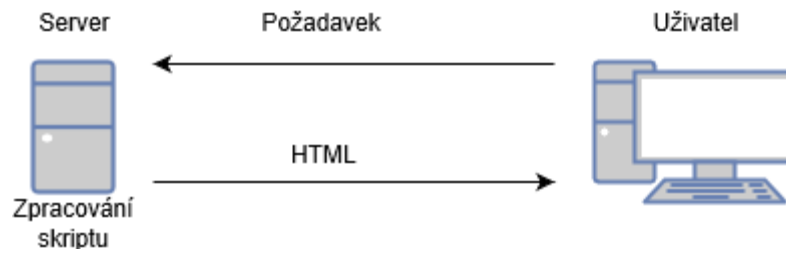
Při vývoji webového prostředí byl použit skriptovací jazyk PHP, který slouží k tvorbě skriptů na straně serveru. Dále byl použit programovací jazyk JavaScript pro tvorbu skriptů na straně uživatele, značkovací jazyk HTML a dotazovací jazyk SQL pro práci s databází.

7.3.1. Úvod do struktury webového rozhraní

Většina kódu webového testovacího prostředí je psána v PHP, přesněji ve frameworku Nette. Framework je sada skriptů, které díky tomu, že jsou již předpřipraveny, usnadňují programátorovi práci a šetří čas. Programátor například nemusí vymýšlet formulářovou strukturu [27].

Jako verze PHP byla použita jedna z posledních, a to verze PHP 7.2.7. Verze 7.x se oproti předcházejícím generacím vyznačuje vyšší rychlostí a menšími nároky na paměť serveru. Framework Nette je s PHP 7.x plně kompatibilní.

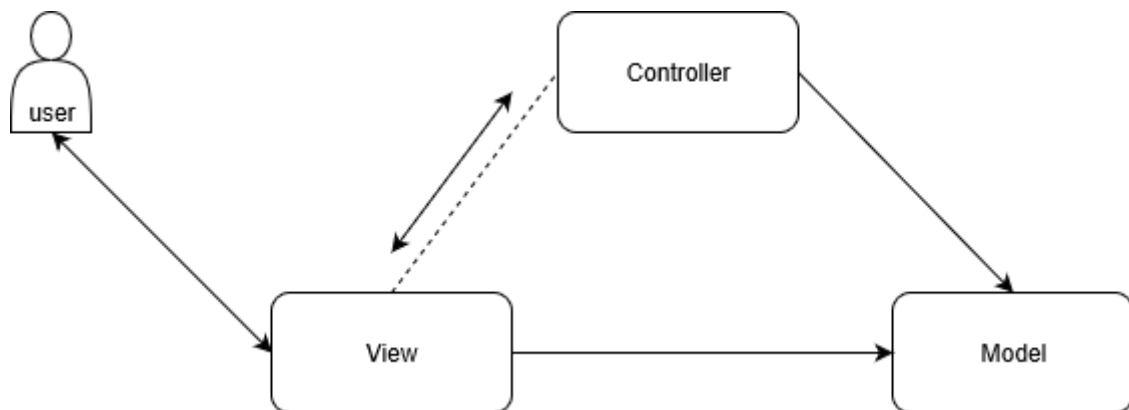
PHP funguje jako překladač skriptů do dat zobrazených uživateli, fungování je zobrazeno na Obr. 16.



Obr. 16 – Princip fungování serverových skriptů, zdroj: autor

HTML je v tomto případě, Obr. 16, myšleno jako prezentace dat koncovému uživateli. Uživatel nevidí skripty, ale pouze vygenerovaný kód prezentovaný webovým prohlížečem.

Webové rozhraní je založeno na tzv. MVC softwarovém modelu. MVC model vznikl kvůli potřebám od sebe oddělit kód aplikační logiky (Model), kód zobrazující data (View) a kód obsluhy (Controller). Nejenže se tímto postupem zpřehledňuje aplikace, ale také to usnadňuje vývoj. Schéma modelu je vyobrazeno na Obr.17 [28].

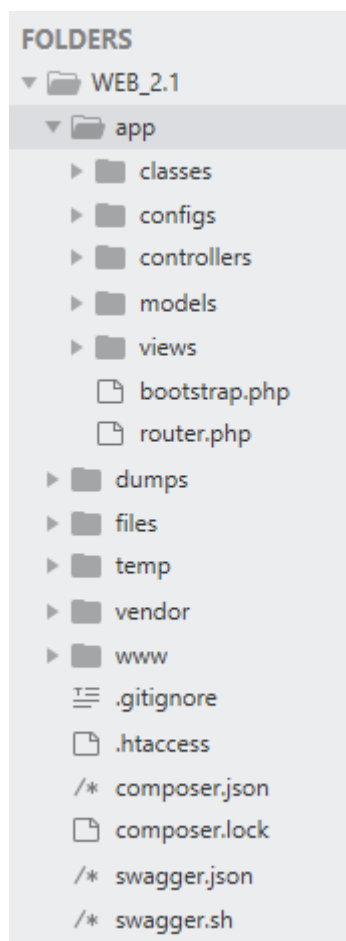


Obr. 17 – Schéma MVC modelu, zdroj: autor

- Model je datová struktura
- View obstarává prezentaci dat
- Controller se stará o aktualizaci Modelu, například zásahem uživatele. Controller je tedy vykonavatelem
- User (uživatel) komunikuje s modelem přes View, kde jsou mu prezentována data

7.3.2. Adresářová struktura

V tomto odstavci je popsána adresářová struktura rozhraní, vyobrazená na Obr. 18. Jelikož je tato struktura velice rozsáhlá (čítá desítky složek a stovky souborů) není v rámci této práce možné všechny popsat. Proto jsou popsány pouze důležité soubory. Web je uložen v kořenovém adresáři přílohy ve složce *web*.



Obr. 18 – Adresářová struktura webového rozhraní, zdroj: autor

Složka *app*, je jednou z nejdůležitějších komponent. Obsahuje soubory serverové části. Jsou zde definovány:

- *classes* definují třídy (využívá se objektově orientovaného programování) [odkaz]
- *configs* slouží k zavedení databáze a zabezpečení API
- *controllers*, *models* a *view* obstarávají chod aplikace, model je popsán v kapitole 7.3.1.
- *bootstrap.php* je zaváděcí soubory

Složka dumps v tomto případě slouží pouze k uložení souboru do databáze.

Složka files slouží k ukládání záchytů nahraných do webového rozhraní.

Složka temp slouží k dočasnému ukládání uživatelských dat, cache apod.

Složka vendor slouží k ukládání knihoven aplikací třetích stran. Zde je právě uložen Framework Nette.

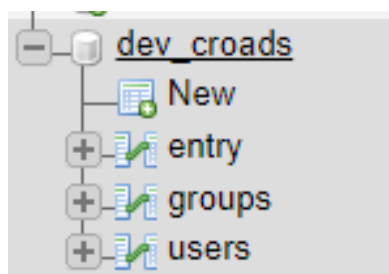
Složka www je veřejný adresář, který obsahuje soubor index.php, přes který přicházejí všechny požadavky na server. Index.php definuje cesty k ostatním adresářům.

Celá adresářová struktura je k dispozici v příloze této bakalářské práce[odkaz], pro nahlížení do jednotlivých soborů autor doporučuje volně šiřitelný editor Pspad [[pspad](#)], který dokáže strukturovat a tím zpřehlednit kód.

7.3.3. Návrh databáze webového prostředí

Databáze byla vytvořena za pomoci programu phpMyAdmin, který je součástí aplikace EasyPHP – DEVSERVER 17.0. Z této aplikace jsou také pořízené obrázky. Požadavky na databázi jsou popsány v kapitole 7.1.1.2. Datávze je v příloze v kořenovém adresáři jako *croads.sql*

Databáze je pojmenována dev_croads. Struktura databáze je vyobrazena na Obr. 20. Skládá se ze tří tabulek.





Obr. 19 – Struktura databáze webového prostředí, zdroj: autor

- Tabulka entry – Slouží jako databáze záznamů vložených uživatelem
- Tabulka groups – Slouží k možnosti přiřazení uživatele do skupin
- Tabulka users – Slouží jako databáze uživatelů

7.3.3.1. USERS

V tabulce je 6 parametrů, viz Obr. 20.

- id – primární klíč (jedinečný)
- admin – příznak admin práv
- username – přihlašovací jméno uživatele
- password – heslo uživatele
- email – emailová adresa uživatele
- groups_id – příznak společnosti

#	Name	Type	Collation	Attributes	Null	Default	Comments	Extra
1	id 	int(11)			No	None		AUTO_INCREMENT
2	admin	int(11)			No	0		
3	username	varchar(64)	latin1_swedish_ci		No	None		
4	password	varchar(64)	latin1_swedish_ci		No	None		
5	email	varchar(64)	latin1_swedish_ci		No	None		
6	groups_id 	int(11)			Yes	NULL		

Obr. 20 – Parametry tabulky users, zdroj: autor

V Obr. 21 je naznačeno, jak může vypadat vyplněná tabulka.

id	admin	username	password	email	groups_id
1	1	demo	\$2y\$10\$Eew.EdFxfu5RZk2DMg7xvuah8o1nw3i41CuBRkWdKIU...	demo@email.cz	NULL
2	0	user	\$2y\$10\$D7SVxtv1v/jqE1e/nCADp.JCiVUV01.Rzr58gqZiJSM...	test@email.cz	1
3	0	user_2	\$2y\$10\$lteWDSFdjevti7eEPTZZBuNAi6FNFXToanRwgdOStcm...	test_2@email.cz	1

Obr. 21 – Vyobrazení možných parametrů tabulky users, zdroj: autor

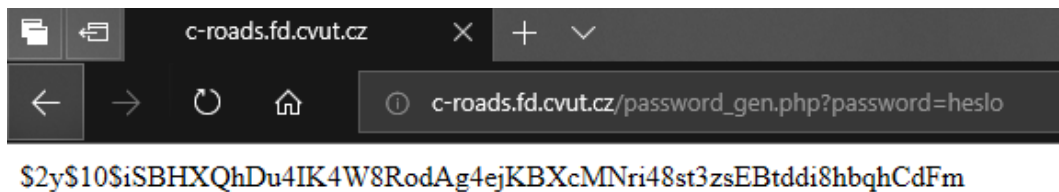
ID (primární klíč) se bude inkrementovat vždy s novým uživatelem o 1.

Pokud je parametr admin nastaven na 0, uživatel nemá admin práva. Admin práva umožňují uživateli vidět všechny záznamy od všech uživatelů.

Parametr password v sobě uchovává otisk hesla. K vytvoření otisku se používá tzv. hashovací funkce. Výsledný hash je řetězec znaků a číslic a nelze z něj původní heslo zjistit, heslo se vždy do hashe při přihlašování převede a porovná s uloženým v databázi. Jelikož webové rozhraní nepočítá s registračním formulářem, tvoří se záznamy ručně.

Aby bylo snadné vytvořit heslo má webové rozhraní skrytou funkci pro tvorbu hashů. Funkce se nachází na „URL_projektu.cvut.cz“/password_gen.php?password=****/ kde za ****/ administrátor vloží řetězec hesla. URL projektu je v této fázi c-roads.fd.cvut.cz. Tudíž celá cesta může vypadat takto: c-roads.fd.cvut.cz/password_gen.php?password=heslo

Poté se vygeneruje hash jako na Obr. 22, který je možné vložit do tabulky.



Obr 22. – Vygenerovaný hash, zdroj: autor

Parametr `group_id` je cizí klíč sloužící k určení skupiny uživatele. Členové skupiny mají náhled na zadané úlohy všech členů týmu.

7.3.4. GROUPS

Tato jednoduchá tabulka řídí příslušnost k jednotlivým týmům.

Parametr `id` je primární klíč a při zápisu nového týmu se inkrementuje o 1 (Obr. 23). Poté už je v tabulce pouze `name`, to slouží k zápisu názvu týmu, viz Obr. 24.

#	Name	Type	Collation	Attributes	Null	Default	Comments	Extra
1	id	int(11)			No	None		AUTO_INCREMENT
2	name	varchar(32)	latin1_swedish_ci		No	None		

Obr. 23 – Parametry tabulky groups, zdroj: autor

id	name
1	Spolecnost
2	Spolecnost_2
3	Spolecnost_3

Obr. 24 – Vyobrazení možných parametrů tabulky groups, zdroj: autor

7.3.5. ENTRY

V tabulce je 7 parametrů, viz Obr. 25.

- `id` – Jedná se o primární klíč, nový záznam se vždy inkrementuje
- `status` – Určuje status zprávy, toto téma je rozebráno v kapitole 7.3.6.1
- `json` – Slouží k přenášení nastavených parametrů z formuláře, viz kapitola 7.3.6.1
- `users_id` – Cizí klíč, který slouží k přiřazení úlohy k uživateli
- `created` – Časová značka zadání úlohy
- `files` – Přenášené soubory
- `message` – Slouží pro odpověď ze zpracování

#	Name	Type	Collation	Attributes	Null	Default	Comments	Extra
1	id 🔑	int(11)			No	None		AUTO_INCREMENT
2	status	int(11)			No	0		
3	json	longtext	latin1_swedish_ci		No	None		
4	users_id 🔑	int(11)			Yes	NULL		
5	created	datetime			No	None		
6	files	text	latin1_swedish_ci		No	None		
7	message	text	latin1_swedish_ci		No	None		

Obr. 25 – Vyobrazení možných parametrů tabulky entry, zdroj: autor

Na Obr. 26 je vyobrazené možné vyplnění parametrů tabulky entry.

id	status	json	users_id	created	files	message
1	3	{ "global_station_type": "passengerCar", "Set_Header_...	2	2018-08-15 00:00:00	{ "name": "chybove_hlaseni.pfd", "unique": "chybove...	
2	2	{ "global_station_type": "passengerCar", "Set_Header_...	2	2018-08-16 00:00:00	{ "name": "shmuti.pfd", "unique": "shmuti_5b633b5...	
3	1	{ "global_station_type": "passengerCar", "Set_Header_...	2	2018-08-17 00:00:00		
4	0	{ "global_station_type": "cyclist", "Set_Header_1": "tr...	2	2018-08-18 00:00:00		

Obr. 26 – Vyobrazení možných parametrů tabulky entry, zdroj: autor

7.3.6. API

API (Application Programming Interface) je rozhraní, ve kterém komunikují aplikace. V tomto případě jde o rozhraní mezi automatizovaným systémem kontroly kvality a vytvořeným webovým rozhraním.

Nejdříve bylo nutné specifikovat požadavky na toto prostředí:

- Rozdělení úloh do kategorií (úloha ke zpracování, ve zpracování, zpracovaná korektně a zpracovaná s chybou)
- Možnost změny statusu úloh
- Vytvoření seznamu úloh
- Přenášení dat z formuláře
- Přenášení (odkazování) souborů

7.3.6.1. Propojení s databází

Pro možnost výměny záznamů mezi webovým rozhraním a automatizovaným programem kontroly kvality vznikly definice **status** a **JSON** v databázi. Parametr status určuje, v jaké fázi procesu záznam je.

{0} – záznamy ke zpracování (pending)

{1} – záznam ve zpracování (in progress)

{2} – vyhodnocený záznam (passed)

{3} – chybová hláška (failed)

JSON je standardizovaný formát textu používající se právě při posílání zpráv mezi programy pomocí api a byl zvolen kvůli snadné integraci do Pythonu a PHP. Část kódu je možné vidět na Obr. 27. Samotné zpracování textu je poté na scriptu, který je na straně automatizovaného systému kontroly kvality.

7.3.6.2. Příkazy

Z požadavků výše byla vytvořena následující api. Důležité je zmínit, že tato api je chráněna heslem, které je uloženo v kořenovém adresáři: `app/config/config.api.neon`. Následující příkazy je možné vložit za URL, prohlížeč poté dostane textovou odpověď.

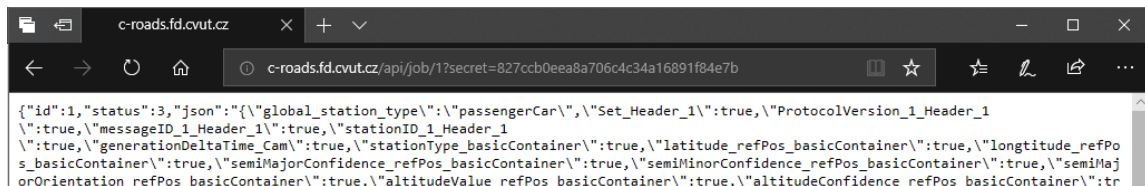
Celé api je popsáno v příloze v kořenovém adresáři: *API.html*

get /api

- zjistí, zda api funguje.

get /api/job/{id}

- vypíše úlohu se zadaným ID, příklad lze vidět na Obr. 27.



Obr. 27 – Api get job, zdroj: autor

post /api/job/{id}

Tento příkaz se od ostatních liší v tom, že umožňuje změnu zápisu dat ve webovém rozhraní.

Jeho parametry jsou:

- status (required)

Form Parameter — nový stav záznamu

- message (required)

Form Parameter — odpověď ze zpracování

- files[] (optional)

Form Parameter — Soubory, které jsou vygenerovány k úloze

get /api/jobs

Vypíše všechny záznamy ve webovém rozhraní

get /api/jobs/{status}

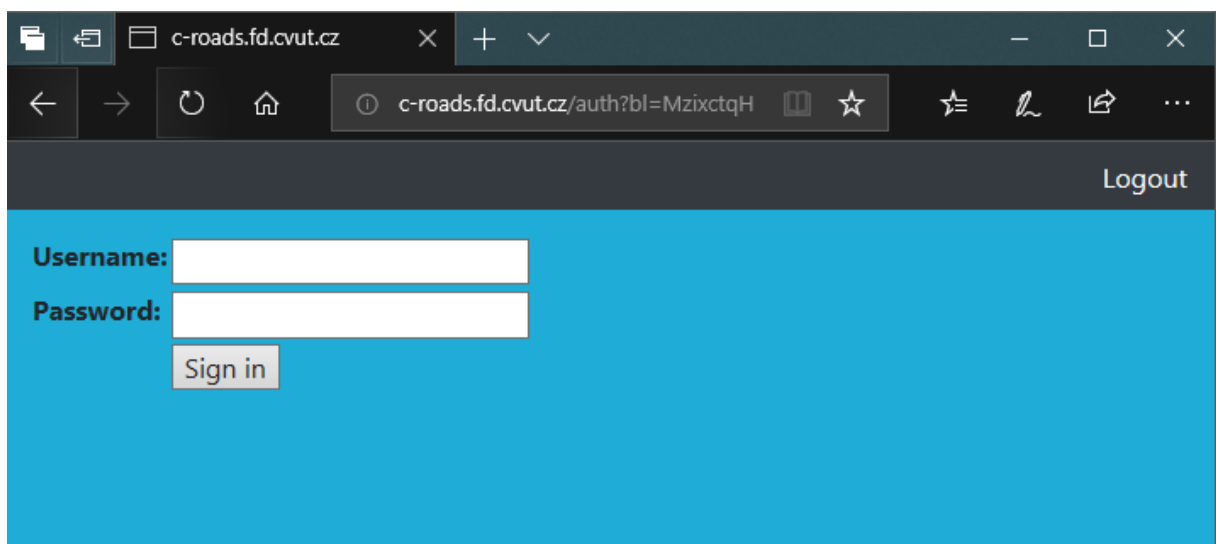
Vyfiltruje zápisy podle statusu

7.4. Webové rozhraní

Webové rozhraní se nachází na stránkách c-roads.fd.cvut.cz. Celé webové rozhraní se dělí na tři hlavní stránky.

7.4.1. Přihlašovací stránka

Je zobrazena na Obr. 28. jejím účelem je ochránit data na serveru a umožňuje identifikaci a ověření uživatelů.



Obr. 28 – Logovací stránka, zdroj: autor

7.4.2. Hlavní stránka

Tato stránka (Obr. 29) se objeví po zadání přihlašovacích údajů. Před uživatelem se objeví tabulka (v případě, že je zařazen do týmu dvě tabulky) se zadanými úlohami.

V tabulce Mé úlohy má uživatel všechny své záznamy.

- # značí ID záznamu (jedinečné)
- Typ značí, pro jaký typ vozidla (stanice) byla analýza spuštěna
- Stav se odvíjí od statusu úlohy popsané v kapitole 7.3.6.1.
- Datum zadání slouží jako časová značka
- Ve sloupci Akce je možné stáhnout výsledky zpracovaných úloh

Dále má uživatel možnost vložit nový záznam přes tlačítko Nový záznam a odhlásit se z rozhraní pomocí tlačítka Logout, které uživatele vrátí na přihlašovací stránku.

The screenshot shows a web browser window with the URL c-roads.fd.cvut.cz. The page has a dark blue header with a 'Logout' button. Below the header is a green button labeled 'Nový záznam'. The main content is divided into two sections: 'Mé úlohy - user' and 'Týmové úlohy - Spolecnost'. Each section contains a table of tasks with columns for ID, Type, Status, Date, and Actions.

#	Typ	Stav	Datum zadání	Akce
4	cyclist	PENDING	18/08/2018, 0:00:00	
3	passengerCar	IN PROGRESS	17/08/2018, 0:00:00	
2	passengerCar	PASSED	16/08/2018, 0:00:00	Výsledek
1	passengerCar	FAILED	15/08/2018, 0:00:00	Chybové hlášení

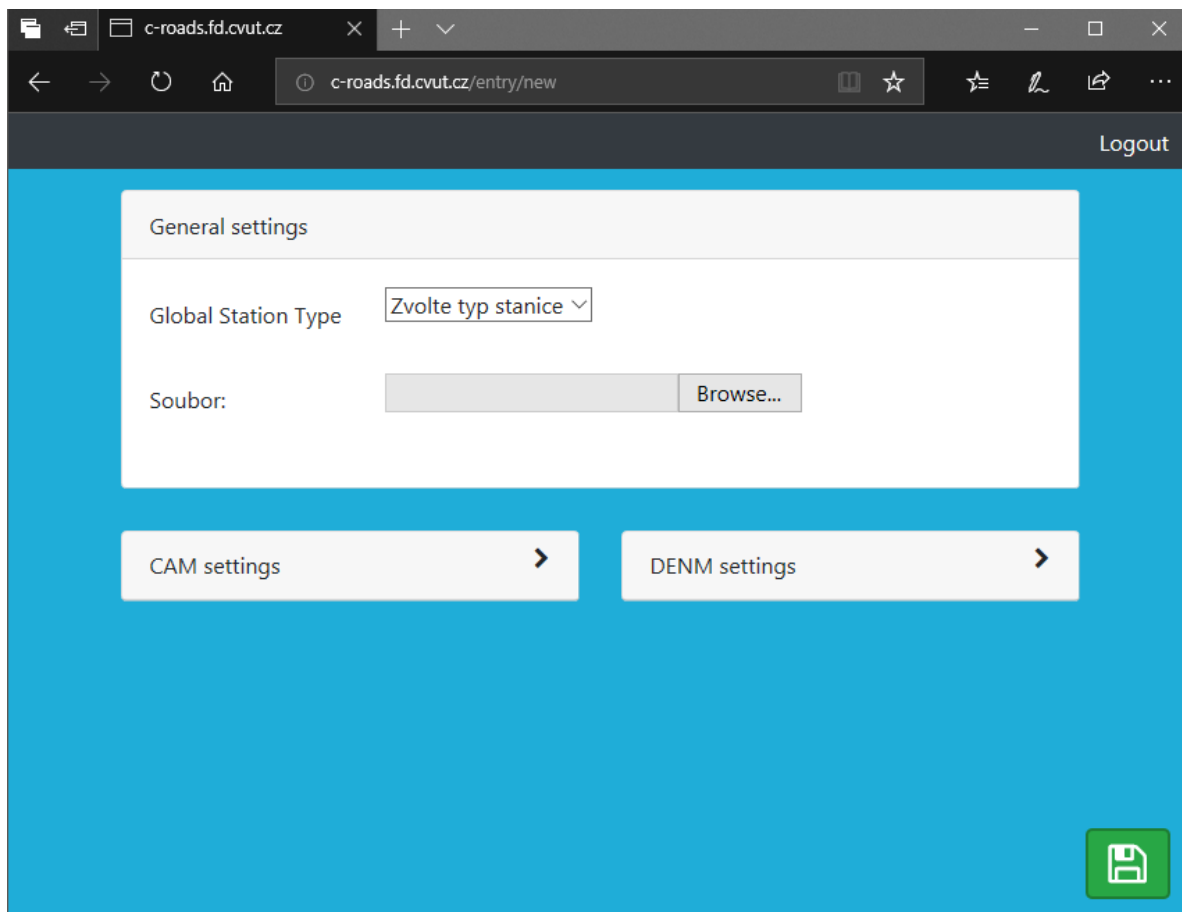
#	Typ	Stav	Datum zadání	Zadavatel	Akce
5	moped	PASSED	14/08/2018, 15:00:00	user_2	Výsledek
4	cyclist	PENDING	18/08/2018, 0:00:00	user	
3	passengerCar	IN PROGRESS	17/08/2018, 0:00:00	user	
2	passengerCar	PASSED	16/08/2018, 0:00:00	user	Výsledek

Obr. 29 – Hlavní stránka webového rozhraní, zdroj: autor

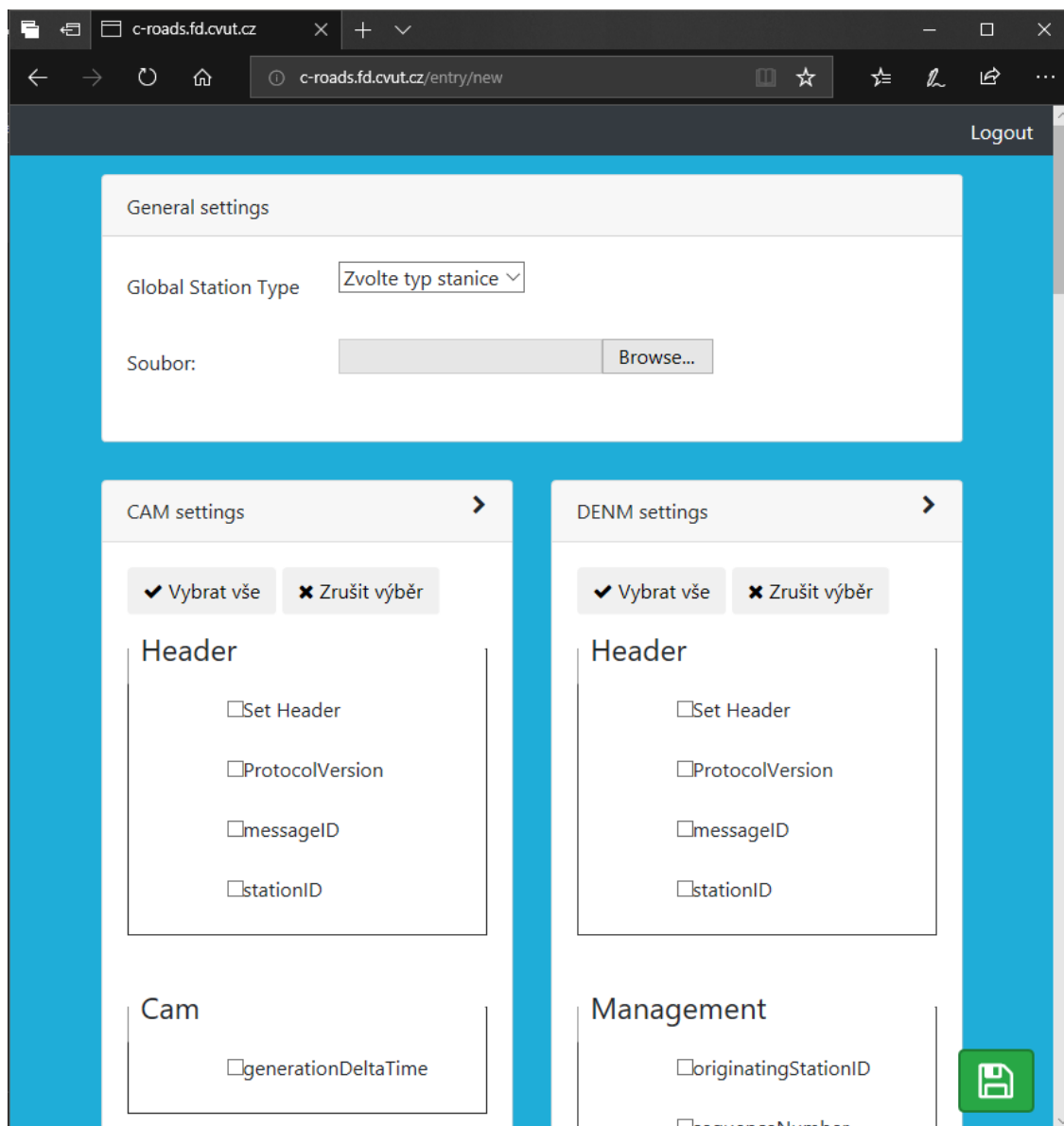
7.4.3. Stránka s tvorbou záznamu

Rozhraní pro tvorbu nových úloh (Obr. 30) vychází ze stejného konceptu jako GUI automatizovaného systému kontroly kvality (kapitola 6.2.).

Uživatel si zde vybere typ stanice, nahraje soubor ve formátu PCAP a nastaví parametry pro CAM a DENM zprávy, zobrazeno na Obr. 31. Poté záznam uloží ke zpracování pomocí diskety v pravém spodním rohu.



Obr. 30 – Rozhraní pro nahrání záznamu, zdroj: autor



Obr. 31 – Rozhraní pro nahrání záznamu s tabulkou nastavitelných parametrů, zdroj: autor

8. Závěr

První část bakalářské práce se zabývá problematikou kooperativních systémů. Osvětluje základní principy C-ITS, jejich společné rysy a strukturu. Poté se práce zabývá implementacemi různých projektů v reálném prostředí.

Pokrok v telekomunikačních technologiích a výpočetní technice již dnes dostačuje k úspěšným realizacím takovýchto pilotních projektů. Do budoucna se dá předpokládat, že právě hybridní technologie kombinující mobilní sítě a speciální telekomunikační rozhraní budou nasazeny do běžného provozu.

V druhé části se práce zaměřuje na zprávy zasílané v rámci pilotního projektu C-Roads a popisuje automatizovaný systém kontroly kvality těchto zpráv. Práce identifikuje přínosy a nedostatky tohoto automatizovaného systému.

I přes velký přínos automatizovaného systému jsou nedostatky poměrně značné. Odstranění těchto nedostatků je věnována poslední část této práce.

Návrh a realizace webového rozhraní pro automatizovaný systém byly úspěšné. Bylo vytvořeno funkční rozhraní pro komunikaci s lokálním programem, vytvořena databáze uživatelů a přívětivé uživatelské rozhraní.

Tímto však práce na projektu nekončí. Autor si je vědom, že webové rozhraní se bude ještě rozšiřovat a doplňovat o další funkce. Rozvoj celkového systému může být inicializován automatizovaným systémem kontroly kvality, například přidáním dalších typů analyzovaných zpráv. Z pohledu webového rozhraní může dojít k doplnění o registrační formulář, případně zpracování přehlednějšího hlavního náhledu aplikace.

Budoucí vývoj aplikace bude determinován hlavně uživateli a jejich nároky na tento systém.

9. Použité zdroje

- [1] JIRÁK, Jakub.: Návrh systému kontroly kvality kooperativních systémů. Diplomová práce. Praha: ČVUT v Praze, Fakulta dopravní, 2018.
- [2] Představní projektu C-Roads [online]. 2018 [cit. 2018-08-16]. Dostupné z: <http://c-roads.cz/c-roads/predstaveni-projektu/>
- [3] Final joint CEN/ETSI-Progress Report to the European Commission on Mandate M/453. [online]. 2013 [cit. 2018-05-22]. Dostupné z: https://www.etsi.org/images/files/technologies/Final_Joint_Mandate_M453_Report_2013-07-15.pdf
- [4] ETSI EN 302 665: Intelligent Transport Systems (ITS); Communications Architecture. V1.1.1. 2010. [cit. 2018-05-22] Dostupné také z: http://www.etsi.org/deliver/etsi_en/302600_302699/302665/01.01.01_60/en_302665v010101p.pdf
- [5] BĚLINOVÁ, Z.: Přednášky na Fakultě dopravní. ČVUT v Praze, Fakulta dopravní. 2018.
- [6] LOKAJ, Zdeněk. Návrh a úprava kooperativních systémů na základě vlivu systémových parametrů na jejich fungování. Habilitační práce. Praha: ČVUT v Praze, Fakulta dopravní, 2014.
- [7] C-ITS Platform Phase II, Final report [online]. 2017 [cit. 2018-08-06] Dostupné také z: <https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/2017-09-c-its-platform-final-report.pdf>
- [8] V2X Communication for ITS - from IEEE 802.11p Towards 5G [online]. 2017 Dostupné také z: <https://5g.ieee.org/tech-focus/march-2017/v2x-communication-for-its>
- [9] BERAN, Jan. Car-to-Infrastructure Communication in the Context of Intelligent Traffic Intersections. Assignment of master's thesis. Praha: ČVUT v Praze, Fakulta dopravní, 2016.
- [10] Cooperative Communication System to Realise Enhanced Safety and Efficiency in European Road Transport [online]. 2007 [cit. 2018-06-06] Dostupné také z: <https://trimis.ec.europa.eu/project/cooperative-communication-system-realise-enhanced-safety-and-efficiency-european-road#tab-docs>
- [11] GOLDHAGEN, Dana MIL COM2REACT Project Presentation [online]. 2007 [cit. 2018-06-06] Dostupné také z: http://www.com2react-project.org/Public/1_MIL_C2R_Project_Presentation.pdf

- [12] NordicWay, Final Report [online]. 2017 [cit. 2018-07-15] Dostupné také z: http://vejdirektoratet.dk/EN/roadsector/Nordicway/Documents/NordicWay_Final%20Report.pdf
- [13] NordicWay2 [online]. 2018 [cit. 2018-07-15] Dostupné také z: <http://vejdirektoratet.dk/EN/roadsector/Nordicway/Pages/Default.aspx>
- [14] Specifikace systému Release 1.0 - Obecná architektura [online]. 2017 [cit. 2018-07-20] Dostupné také z: http://c-roads.cz/wp-content/uploads/2018/05/C-Roads_CZ_System_specs_v1.pdf
- [15] Typy C-ITS systémů [online]. 2018 [cit. 2018-07-15] Dostupné také z: <http://c-roads.cz/systemy-c-its/typy-c-its-systemu/>
- [16] Pilotní lokality [online]. 2018 [cit. 2018-07-15] Dostupné také z: <http://c-roads.cz/pilotni-lokality/>
- 17 U.S. Department of Transportation: How Wireless Technology can Transform Transportation Safety [online]. 2011 [cit. 2018-08-11]. Dostupné také z: www.ieeevtc.org/conf-admin/vtc2011fall/3.pdf
- [18] DSRC KAREL, M.: Nové trendy v technologiích DSRC pro dopravní aplikace. Bakalářská práce. ČVUT v Praze, Fakulta dopravní. 2010.
- [19] ZELINKA, Tomáš. ITS G5 vs. DSRC 5.9. Přednášky na fakultě dopravní. Praha : ČVUT v Praze, Fakulta dopravní, 2017.
- [20] ETSI EN 302 663 V1.2.0. [Online] 2012. [Cit. 2018-07-28] Dostupné také z: http://www.etsi.org/deliver/etsi_en/302600_302699/302663/01.02.00_20/en_302663v010200a.pdf
- [21] ZELINKA, Tomáš. Telekomunikační systémy. Přednášky na fakultě dopravní. Praha: ČVUT v Praze, 2014
- [22] Releases. 3GPP A global initiative. [Online] [Cit. 2018-07-28] Dostupné také z: <http://www.3gpp.org/specifications/67-releases>
- [23] Coverage map [Online] [Cit. 2018-07-28] Dostupné také z: <https://opensignal.com/networks>
- [24] O2 spustilo rychlejší LTE-A v Brně, díky 3CC dosahuje kolem 200 Mbit/s [Online]. 2016 [Cit. 2018-07-28] Dostupné také z: <https://www.lupa.cz/aktuality/o2-spustilo-rychlejsi-lte-a-v-brne-diky-3cc-dosahuje-kolem-200-mbit-s/?opinionsListing-order=insert&do=opinionsListing-reorder>

- [25] ETSI TS 102 637 [Online]. 2010 [Cit. 2018-08-02] Dostupné také z:
[1https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/102600_102699/10263701/01.01.01_60/ts_10263701v010101p.pdf](https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/102600_102699/10263701/01.01.01_60/ts_10263701v010101p.pdf)
- [26] ETSI TS 103 301[Online] 2016. [Cit. 2018-08-02] Dostupné také z:
http://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/103300_103399/103301/01.01.01_60/ts_103301v010101p.pdf.
- [27] Nette Framework [Online] 2012. [Cit. 2018-08-02] Dostupné také z:
<https://doc.nette.org/cs/2.4/getting-started>
- [28] HOPKINS, Callum. The MVC Pattern and PHP, Part 1 [Online] 2013. [Cit. 2018-08-15]
Dostupné také z: <https://www.sitepoint.com/the-mvc-pattern-and-php-1/>

10. Seznam příloh

1. Příložené CD

10.1. Obsah příloženého CD

V archivu s názvem *webové rozhraní* je uložen

- Adresář webu (složka *web*, se všemi podsložkami)
- Databáze (*croads.sql*)
- Popis API (*Api.html*)