

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Ekonomická fakulta

**VČASNÉ VAROVÁNÍ PRO ZVÝŠENÍ
BEZPEČNOSTI SILNIČNÍ DOPRAVY**

Disertační práce

Studijní program: P6209 – Systémové inženýrství a informatika

Studijní obor: 6209V003 – Ekonomická informatika

Autor práce: Ing. David Kubát, ING.PAED.IGIP

Vedoucí práce: doc. Ing. Jan Skrbek, Dr.

TECHNICAL UNIVERSITY OF LIBEREC

Economic faculty

**EARLY WARNING TO INCREASE ROAD
SAFETY**

Dissertation

Study program: P6209 – Systémové inženýrství a informatika

Field of study: 6209V003 – Ekonomická informatika

Author: Ing. David Kubát, ING.PAED.IGIP

Supervisor: doc. Ing. Jan Skrbek, Dr.

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou disertační práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo. Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé disertační práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li disertační práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Disertační práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé disertační práce a konzultantem. Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum:

Podpis:

Anotace a klíčová slova

Předkládaná disertační práce se zaměřuje na problematiku včasného varování v silniční dopravě. Hlavním cílem všech telematických aplikací i této práce je včasná distribuce informací k řidiči. Telematické systémy zahrnují různé projekty od povinného zavedení systému eCall přes testovací běh různých projektů včasného varování až po koncepty počítající s umělou inteligencí. Budoucnost ukáže ekonomickou návratnost těchto systémů, avšak jejich přínos je nesporný, jak ukazují dosavadní publikované výsledky.

Snahou této práce je přispět ke zvýšení bezpečnosti silniční dopravy formou prevence. Základem práce je zjištění a popsání aktuální situace v oblasti varování v případě mimořádných situací v silniční dopravě pomocí studia dostupných zdrojů. Porovnáním současného stavu a aktuálních technologických možností bylo dosaženo závěru, že je možné navrhnout zlepšení poskytující rychlejší přenos varovných informací směrem k řidiči.

S ohledem na výše uvedené jsou v práci řešeny následující tři cíle:

1. Analyzovat současný stav včasného varování v dopravě v případě mimořádných událostí.
2. Navrhnout řešení s ohledem na technologickou dostupnost, ekonomickou návratnost a minimální zpoždění při doručení varování řidiči.
3. Prokázat realizovatelnost řešení pomocí ekonomické analýzy.

Klíčová slova: Včasné varování, eCall, Radio-HELP, WAZE, FCD, Connected Car, SMS zprávy, Mapa dopravních podmínek, HD Radio

Annotation and keywords

This Ph. D. thesis focuses on the issue of early warning in the road transport. The main objective of telematics applications and this work is to facilitate timely traffic information to drivers. Telematics systems include a variety of projects from the mandatory implementation of eCall through a test run of various projects for early warning to the concepts based on artificial intelligence. The future will prove the economic benefits of these systems, but their added value is undeniable, as shown by existing experience.

The aim of this work is to improve road safety by means of prevention. The basis of the work is to identify and to describe the current situation in the warning field in case of emergencies in the road transport through a research of literature. By comparing the current situation and the current technological possibilities, it was concluded that it is possible to design an improvement providing faster transmission of warning information to a driver.

In view of the foregoing, the work deals with the following three objectives:

1. To analyze the current state of early warning traffic in case of emergencies;
2. To propose a solution with regard to the technology available, economical return and minimal delays in receiving the warning by a driver;
3. To demonstrate meaningfulness of proposed solutions by an economic analysis.

Keywords: Early warning, eCall, Radio-HELP, WAZE, FCD, Connected Car, SMS messages, Map of Traffic Conditions, HD Radio

Annotation et le mots clés

Cette thèse se concentre sur le sujet du système de préalerte dans le transport routier. L'objectif principal des applications télématiques, et de cette thèse est de faciliter des informations de circulation en temps opportun aux conducteurs. Les systèmes télématiques comprennent une variété de projets, de la mise en œuvre obligatoire de eCall, à une série de tests de différents projets du système de préalerte, mais aussi des concepts basés sur l'intelligence artificielle. L'avenir va prouver les avantages économiques de ces systèmes, mais leur valeur ajoutée est indéniable, comme en témoigne l'expérience existante.

Le but de cete thèse est d'améliorer la sécurité routière par la prévention. Le fondement de la thèse est d'identifier et de décrire la situation actuelle dans le domaine du système de préalerte en cas d'urgence dans le transport routier en recherchant de la littérature. En comparant la situation actuelle et les possibilités technologiques actuelles, on a conclu qu'il est possible de concevoir une amélioration fournissant une transmission de l'information d'avertissement plus rapide au conducteur.

Compte tenu de ce qui précède, la thèse traite les trois buts suivants:

1. Décrire l'état actuel du système de préalerte dans le transport routier en cas d'urgence.
2. Proposer une solution en ce qui concerne la technologie disponible la mise en œuvre économique et les retards minimes dans la réception d'un avertissement au conducteur.
3. Démontrer la signification des solutions proposées par une analyse économique.

Mots clés: préalerte, eCall, Radio-HELP, WAZE, FCD, Connected Car, messages SMS, HD Radio

Poděkování

Chtěl bych poděkovat svému vedoucímu disertační práce doc. Ing. Janu Skrbkovi, Dr. za odborné vedení, rady a pomoc při zpracování této práce.

Obsah

SEZNAM ZKRATEK	10
SEZNAM ILUSTRACÍ	11
ÚVOD	13
1 CÍLE A PŘÍNOSY	15
1.1 VÝCHODISKA	15
1.2 CÍLE PRÁCE.....	15
1.3 POUŽITÉ METODY.....	15
1.4 STRUKTURA PRÁCE	16
2 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU	17
2.1 STÁVAJÍCÍ ŘEŠENÍ A PROJEKTY	17
2.1.1 <i>Floating car data</i>	18
2.1.2 <i>Kooperativní systémy</i>	19
2.1.3 <i>Telematické systémy v ČR</i>	31
2.1.4 <i>eCall</i>	36
2.1.5 <i>WAZE</i>	42
2.1.6 <i>Google Traffic</i>	43
2.1.7 <i>Mobilní aplikace a rozhlasové vysílání</i>	44
2.2 SOUČASNÁ SITUACE V OBLASTI CONNECTED CAR	48
2.2.1 <i>Internet věcí a Connected car</i>	48
2.2.2 <i>Konektivita</i>	52
2.2.3 <i>Bezpečnost Connected Car</i>	56
2.3 VNÍMÁNÍ TELEMATICKÝCH APLIKACÍ UŽIVATELI.....	72
2.3.1 <i>Složení respondentů</i>	73
2.3.2 <i>Skupiny uživatelů</i>	74
2.3.3 <i>Výsledky průzkumu</i>	74
2.3.4 <i>Vyhodnocení průzkumu</i>	76
2.4 SHRNUÍ.....	77
3 NÁVRH ŘEŠENÍ	78
3.1 RADIO HELP	79
3.2 ROZHLASOVÉ VYSÍLÁNÍ	86
3.3 VAROVNÉ SMS ZPRÁVY.....	87
3.3.1 <i>Vymezení oblasti a rozesílání zpráv</i>	90
3.3.2 <i>Formát zpráv a jejich zpracování</i>	91
3.3.3 <i>Aktivace a zobrazení varování</i>	94
3.4 MAPA DOPRAVNÍCH PODMÍNEK A CONNECTED CAR	94
3.4.1 <i>Mapa dopravních podmínek</i>	95
3.4.2 <i>Rozhraní</i>	97
3.5 SWOT ANALÝZA	98
3.6 EKONOMICKÉ HLEDISKO.....	99
3.6.1 <i>Náklady na zavedení systémů</i>	99
3.6.2 <i>Náklady na zvýšení počtu informačních tabulí</i>	100
3.6.3 <i>Ztráty v důsledku dopravních nehod</i>	100

3.6.4	<i>Úspory po zavedení systému</i>	102
3.6.5	<i>Financování</i>	103
3.7	SHRNUTÍ.....	103
	ZÁVĚR	104
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	107

Seznam zkratek

ALARP As Low As Reasonably Practicable
CDV Centrum dopravního výzkumu
C2C Car to Car
C2I Car to Interface
C2X Car to X
DAB Digital Audio Broadcasting
ECU engine control unit
EVITA E-Safety Vehicle Intrusion Protected Applications
FCD Floating Car/Cellular Data
GIS Geografický Informační Systém
IoT Internet of Things
IVS In-Vehicle Unit
MSD Minimum Set of Data
NDIC Národní dopravní informační centrum
OBD On-Board Diagnostics
OBU/OBE On Board Unit/On Board Equipment
OFDM Orthogonal Frequency Division Multiplexing
PDZ Proměnné dopravní značky
PSAP Public-Safety Answering Point
RDS-TMC Radio Data System - Traffic Message Channel
RFID Radio Frequency Identification
RSE/RSU Road Side Equipment/Road Side Unit
TARA Threat Analysis and Risk assessment
TCC Traffic Control Centre
WAVE Wireless Access in Vehicular Environment
ZPI Zařízení pro provozní informace

Seznam ilustrací

<i>Obrázek 1: Příklad využití technologie DSRC</i>	23
<i>Obrázek 2: Časový diagram průběhu služby</i>	38
<i>Obrázek 3: Obsah MSD</i>	39
<i>Obrázek 4: Smyčka informační hodnoty</i>	49
<i>Obrázek 5: Evoluční fáze Connected Car</i>	51
<i>Obrázek 6: SyncUP DRIVE™ na platformě Mojio</i>	55
<i>Obrázek 7: Připojení pomocí OBD II konektoru</i>	56
<i>Obrázek 8: Možné způsoby elektronického napadení vozidla</i>	57
<i>Obrázek 9: Životní cyklus bezpečnosti dle normy ČSN EN 61508</i>	60
<i>Obrázek 10: ALARP trojúhelník</i>	61
<i>Obrázek 11: Proces určující ALARP riziko</i>	62
<i>Obrázek 12: Obecný rozpis útoku v podobě EVITA metody</i>	67
<i>Obrázek 13: Přenos informací o nehodě s využitím systémů eCall a Radio Help</i>	82
<i>Obrázek 14: Přenos informací po nehodě při použití systému eCall (současný stav)</i>	83
<i>Obrázek 15: Přenos informací po nehodě při použití systému eCall a Radio-HELP</i>	83
<i>Obrázek 16: Přenos informací po nehodě při použití eCallu, Radio Help a WAZE</i>	84
<i>Obrázek 17: Rozdělení systému do jednotlivých segmentů</i>	85
<i>Obrázek 18: UML diagram - současný stav</i>	88
<i>Obrázek 19: Porovnání metod varování z hlediska vzdálenosti od místa nehody</i>	89
<i>Obrázek 20: UML diagram - návrh řešení</i>	90
<i>Obrázek 21: Oblasti varování</i>	93
<i>Obrázek 22: Příklad využití senzorů ve vozidle</i>	95
<i>Obrázek 23: Využití mapy dopravních podmínek</i>	96
<i>Obrázek 24: Dosažitelnost různých oblastí ovládacího panelu pro levostranné řízení</i>	98
<i>Obrázek 25: SWOT Analýza SMS řešení</i>	98
<i>Obrázek 26: SWOT Analýza řešení Connected Car/Mapy dopravních podmínek</i>	99
<i>Obrázek 27: Rozčlenění nákladů</i>	101
<i>Obrázek 28: Vývoj základních ukazatelů v letech 2009 až 2015</i>	102

Seznam tabulek

<i>Tabulka 1: Přehled provedených rešerší</i>	47
<i>Tabulka 2: Rozdělení tříd závažnosti</i>	68
<i>Tabulka 3: Rozdělení potenciálu útoku</i>	68
<i>Tabulka 4: Rozdělení úrovně rizik</i>	69
<i>Tabulka 5: Věk respondentů</i>	73
<i>Tabulka 6: Vzdělání respondentů</i>	73
<i>Tabulka 7: Měsíční příjem domácnosti</i>	74
<i>Tabulka 8: Skupiny obav – uživatelé chytrých telefonů</i>	75
<i>Tabulka 9: Kategorizace obav ze zavedení eCallu</i>	76

Úvod

Navzdory faktu, že se trvale zvyšuje pasivní i aktivní bezpečnost vyráběných automobilů, jsou dopravní nehody každý rok zodpovědné za ztráty tisíců lidských životů. Významný podíl na lepších bezpečnostních parametrech vozidel má integrace a využití pokročilých informačních technologií. Týká se to komunikačních systémů a postupného zavádění inteligentních dopravních systémů s cílem zvýšit bezpečnost silničního provozu. Očekává se, že komunikace mezi vozidly bude schopna poskytnout řidičům více informací o jejich okolí, což jim umožní činit lepší rozhodnutí, která následně povedou ke zvýšení bezpečnosti. Některé automobily již dnes nabízejí kromě navigace také systém detekce nehod, radary, kamery a podobné prostředky. Technologický obor zabývající se kombinací přenosu a zpracování dat se zobrazovacími a jinými sdělovacími systémy a prostředky se nazývá telematika (kombinace slov: telekomunikace a informatika).

Hlavním cílem všech telematických aplikací i této práce je včasná doprava užitečných a zejména varovných informací k řidiči. Telematické systémy zahrnují různé projekty od povinného zavedení systému eCall přes testovací běh různých projektů včasného varování až po koncepty počítající s umělou inteligencí. Tyto projekty jsou v různé fázi rozpracovanosti od konceptů až po experimentální testy.

Tato práce přináší v první řadě srovnání a analýzu již publikovaných řešení, ukazuje jejich silné a slabé stránky a vazby na ostatní varovné systémy. Dále se věnuje rozsáhlé problematice bezpečnosti v oblasti Connected Car, jejíž součástí je i rozsáhlá rešerše norem a standardů používaných při vývoji a návrhu palubních jednotek komunikujících s infrastrukturou a také pro komunikaci vozidel navzájem, tedy bez páteřní sítě.

Během prezentace průběžných výsledků autora na konferencích se vyskytly četné dotazy na to, jak tyto nové technologie přijímají uživatelé. Na tomto základě bylo přikročeno k průzkumu úrovně akceptování vybraných „citlivých“ aspektů navrhovaných řešení formou dotazníkového šetření. Podrobněji zkoumáno bylo zejména vnímání bezpečnosti uživatelských dat v telematických a mobilních aplikacích.

S využitím vědeckých přístupů disertační práce přistupuje k vybraným aspektům bezpečnosti silniční dopravy, přičemž její ambicí je přispět ke zvýšení bezpečnosti silniční

dopravy formou prevence. Toho je dosaženo uplatněním systémových přístupů a metod pro zvýšení bezpečnosti silniční dopravy. Práce se okrajově zabývá rozvojem a možnostmi využití dále vysvětleného konceptu systému Radio-HELP, založeného na adresném broadcastingu a nuceném příjmu pro oblast silniční dopravy. Technologie broadcastingu umožňuje přenos zvukové či obrazové informace prostřednictvím jiného média, typicky rozhlasového vysílání. U tohoto systému však snahy o další kroky k realizaci narážejí na nutnost legislativních změn, jejichž realizace je v dohledném časovém horizontu nereálná. Proto se práce zaměřuje především na oblasti, ve kterých je zlepšení možné díky dynamickému rozvoji digitálních komunikací a mobilních systémů.

Doktorská disertační práce rozpracovává řešení založené na rozesílání neadresných SMS zpráv. V rámci návrhu tohoto konceptu a s využitím systémového přístupu byl vytvořen UML model příkladů použití a aktérů, který slouží k identifikaci slabin současného řešení. Mezi ty patří například nedostupnost některých informačních kanálů na některých typech komunikací nebo zpoždění. Tyto nedostatky byly vzaty v úvahu při návrhu řešení nového, které dosahuje minimálního zpoždění při doručení varovné zprávy a vysokého počtu uživatelů, ke kterým se varovná zpráva dostane. Nevýhodou tohoto řešení je však skutečnost, že varovnou zprávu obdrží i nezúčastněné subjekty, jako např. občané bydlící podél dopravních komunikací, přičemž je diskutována i možná eliminace tohoto stavu.

Teoretickým, avšak i prakticky využitelným výstupem doktorské disertační práce je návrh konceptuálního modelu systému pro tvorbu dopravní „mapy“, zobrazující dopravní podmínky v blízkém okolí vozidla a umožňující předávání těchto informací řidičům dalších automobilů mířících do dané oblasti. Toho je dosaženo pomocí technologie Connected Car, která se uplatňuje u stále vyššího počtu nových vozidel. Poslední dva zmíněné koncepty jsou následně porovnány SWOT analýzou.

Součástí práce je také vyhodnocení ekonomických hledisek navržených konceptů. Toto vyhodnocení je provedeno na základě aktuálních údajů od Centra dopravního výzkumu a Policie ČR a pomocí dvou možných modelových scénářů.

Tato disertační práce je součástí širšího projektu katedry informatiky zabývající se tématem získávání a distribuce užitečných a varovných informací v případě mimořádných situací.

1 Cíle a přínosy

1.1 Východiska

Základem práce je analýza aktuální situace v oblasti varování v případě mimořádných situací v silniční dopravě pomocí studia literatury. Tyto informace slouží pro další orientaci v problematice a jsou analyzovány v kapitole 2.1 a 2.2 – Stávající řešení a projekty. Porovnáním současného stavu a aktuálních technologických možností bylo dosaženo závěru, že je možné navrhnout zlepšení poskytující rychlejší přenos varovných informací směrem k řidiči v porovnání s aktuálně používanými metodami.

1.2 Cíle práce

Hlavním cílem doktorské práce je rozšířit úroveň poznání v uvedené oblasti za použití adekvátních vědeckých metod a na jejich základě přinést nová řešení. Ta jsou navržena s ohledem na technologickou dostupnost, ekonomickou návratnost a minimální zpoždění při doručení varování řidiči.

Hlavního cíle bylo dosaženo pomocí dílčích cílů. Jedním z nich je analýza současného stavu včasného varování v dopravě v případě mimořádných událostí na základě studia odborné literatury. Druhým dílčím cílem je zpracování ekonomického hlediska navržených řešení, které je v příslušných kapitolách rozebráno a také vyčísleno.

1.3 Použité metody

V oblasti včasného varování v dopravě výzkum vycházel z rešerší sekundárních zdrojů a již provedených průzkumů, zaměřených na včasné doručení správných informací řidiči blížícímu se k místu dopravní nehody. Byla provedena explorace a komparace jednotlivých metod a tomto základě bylo přistoupeno k návrhu nových řešení s ohledem na využití již používaných technologií, efektivitu šíření potřebných informací a ekonomickou návratnost.

V části práce zjišťující postoje uživatelů k novým technologiím byl použit strukturovaný dotazník, jehož výstupy byly následně analyzovány a byla navržena opatření mající za cíl minimalizovat nepodložené obavy. U vlastního řešení byla použita metoda syntézy, modelování (UML) a také systémové přístupy s ohledem na specifickou oblast použití

a potřeb jejích potenciálních uživatelů. Navržené koncepty byly dále vyhodnoceny měkkými metrikami (SWOT analýzou).

1.4 Struktura práce

Práce je členěna na dvě hlavní části. První část obsahuje analýzu současného stavu, kde je pomocí rešerší zkoumán současný stav poznání. Týká se to jak stávajících již existujících či navržených řešení, tak také technologií jako je Connected Car, které jsou dále využity v praktické části pro vlastní řešení dané problematiky. Poslední podkapitolou první části je vlastní výzkum zabývající se otázkou, jak vnímají zavádění telematických aplikací koncoví uživatelé.

Druhá část práce obsahuje vlastní návrhy řešení. V první části je popsáno řešení Radio-HELP, dále pak řešení využívající varovné SMS zprávy a na konec řešení založené na technologii Connected Car využívající navržený koncept Mapy dopravních podmínek.

Následuje porovnání těchto dvou řešení pomocí SWOT analýzy. Poslední kapitolou druhé části práce je zhodnocení ekonomického aspektu na základě dat od České asociace pojišťoven a dvou možných scénářů po zavedení systémů do praxe.

2 Analýza současného stavu

Tato kapitola se věnuje analýze stávající situace v oblasti včasného varování v silniční dopravě. Jsou zde uvedena řešení popsána v odborné literatuře, projekty, u kterých již proběhly pilotní testy a také řešení již používaná. Další část této kapitoly je zaměřená na oblast Connected Car, což je technologie, která je stále rozšířenější (GSMA, 2013). V poslední části kapitoly je popsáno provedené dotazníkové šetření na téma „Obavy uživatelů telematických aplikací“ a jeho výsledky.

2.1 Stávající řešení a projekty

Jednou z metod, jak předcházet dopravním nehodám, je použití různých senzorů ve vozidle. Tato problematika je popsána v mnoha odborných článcích a v principu jde o zapojení senzorů polohy, geografických koordinát, radaru, laseru, akcelerometru, gyroskopu nebo kamer (Maurer, 2012). Testovány byly různé kombinace senzorů (He, 2013). Například, pokud se vyskytne mlha, je možné pomocí laserového senzoru detekovat vzdálenost překážky nebo vozidla ve směru jízdy a skutečnou vzdálenost následně dopočítat mikroprocesorem. Pokud je skutečná vzdálenost menší, než bezpečná, spustí se zvuková a světelná signalizace.

Mohou také být použity senzory umístěné přímo ve vozidle nebo senzory mobilního zařízení (Fernandes et al., 2015). Fernandes s kolektivem vyvinuli aplikaci zobrazující varování na mobilním telefonu za pomoci tří barev – zelené, oranžové a červené se zobrazením vzdálenosti k překážce či nebezpečí. Tyto senzory by mohly být kombinovány s dále zmíněným systémem eCall. Navržená aplikace umožňuje i ohlašování dopravních problému a disponuje kromě mapy a navigace podobnými prvky jako aplikace WAZE, byť ve zjednodušené podobě. Také ji lze propojit s OBD (On Board Diagnostics) konektorem v automobilu.

Další možností prevence nehod je předpověď hustoty dopravy na základě telematických dat. Touto problematikou se zabývá např. Abadi (2015), který za pomoci omezeného množství dopravních dat za období šesti měsíců odhaduje hustotu dopravy v jakékoliv denní době. Tento autor je tak za pomoci dopravních senzorů schopen poskytnout spolehlivou předpověď na desítky minut dopředu.

V další práci autoři Lv et al. (2015) popisují učící se algoritmus pro analýzu velkého množství dat, tzv. big data. Tyto algoritmy mohou být použity v dále zmiňovaných kooperativních systémech.

Projekt Smart Road Restraint Systems (Frere, 2012) si klade za cíl, kromě řešení včasného hlášení nehod, také eliminovat ztráty na životech a majetku formou včasné distribuce preventivních varovných informací. Navrhovaný systém získává informace o aktuální situaci s využitím stávajících vizuálních a sensorických infrastruktur (kamerový dálniční systém, radarový systém, monitory průjezdnosti a aktuálního stavu počasí) a distribuuje tyto informace účastníkům provozu. Rovněž se snaží najít uplatnění pro nové materiály vedoucí ke zvýšení bezpečnosti osob (např. lepší absorpce energie prostřednictvím deformačních zón dopravních prostředků). Tento projekt je jednou ze tří priorit EU v otázce dopravy do roku 2020 a je rovněž spolufinancován z prostředků EU.

2.1.1 Floating car data

Floating car data (také Floating Cellular Data - FCD) je jedna z metod pro získávání údajů o automobilech. Využívá data telefonní sítě (CDMA, GSM, UMTS, GPRS) a nepotřebuje žádné speciální programové vybavení nebo zařízení. Každý aktivní telefonní přístroj se stává anonymním zdrojem informací. Poloha mobilního zařízení je určena pomocí triangulace. Jelikož je GSM lokalizace méně přesná než systémy založené na geografických souřadnicích, je pro získání spolehlivých dat potřeba sledovat více přístrojů a použít komplexních algoritmů.

V zabydlených oblastech s hustší mobilní sítí tento systém přináší vyšší přesnost. Výhodami oproti metodám založených na geografických souřadnicích nebo použití např. dopravních kamer jsou absence nutnosti instalace dalšího zařízení do vozidel nebo podél komunikací, nižší cena, lepší pokrytí dané oblasti a menší potřeba údržby.

Tato metoda funguje na principu zaznamenání sériového čísla zařízení ve vozidle a následného porovnání jeho výskytu na různých místech na základě vzdálenosti mezi párem snímačů a době zaznamenání. Záznam může probíhat prostřednictvím MAC adresy v případě použití Bluetooth nebo za pomoci RFID čipu používaného mytými branami. Určité množství automobilů (např. vozy taxi či kurýrních služeb) může být vybaveno přijímačem geografických koordinát pro zpřesnění zjišťovaných dat.

Tento způsob získávání dat neumožňuje obousměrnou komunikaci. Byl publikován návrh mobilní aplikace (Senthilkumar et al., 2013), která by na základě získaných dat pomohla rodinným příslušníkům určit nejrychlejší cestu k oběti dopravní nehody, resp. do nemocnice. Vzhledem k nutnosti jednoúčelové mobilní aplikace ale nelze očekávat masivní rozšíření tohoto řešení.

Modifikací principu FCD je metoda využívající pouze data z komunikace mezi uzly telefonní sítě a jednotlivými zařízeními bez potřeby dalších čidel ve vozovce. (Janecek et al., 2015). Autoři uvádění tuto absenci jako velkou výhodu oproti ostatním publikovaným řešením. Další výhodou je dostupnost dat, nezávislá na dalších uzlových bodech.

Dalším možným využitím technologie FCD je úprava cyklu světelné signalizace na křižovatkách na základě trajektorie trasy vozidel (Protschky et al., 2015). Autoři uvádí 90% úspěšnost odhadů při testu s 39 semaforey. Stejně tématice se věnuje kolektiv autorů Osman et al. (2014), který uvádí snížení množství kolon, zrychlení dopravního toku a snížení doby čekání na křižovatkách. Autoři dále uvádějí, že navržený systém je plně automatický a může nahradit klasické, napevno nastavené cykly světelné signalizace.

2.1.2 Kooperativní systémy

Kooperativní systémy vznikly z důvodu předávání informací mezi jednotlivými složkami dopravního provozu. K šíření informací jsou určeny tři základní druhy bezdrátové komunikace (Pípa, 2015):

- Vozidlo – Vozidlo

Komunikace Vozidlo – Vozidlo (anglicky Car to Car – C2C) dovoluje vozidlům komunikovat přímo mezi sebou. Tento způsob komunikace je vhodný zejména pro bezpečnostní aplikace, kdy rozhoduje každá vteřina. Dále se uplatní v místech, kde není žádný přístupový bod k dispozici. Z důvodu, že přístupový bod fyzicky chybí, je nefunkční nebo je zahlcen velkým množstvím informací. Komunikace C2C je decentralizovaná, není tedy závislá na páteřní síti. Aby byl tento typ komunikace v praxi uplatnitelný a úspěšný, je důležité, aby byl dostatek vozidel vybavený palubními jednotkami (On Board Unit – OBU), tedy aby byl trh dostatečně penetrován. Jako minimální hranice rozumné použitelnosti se uvádí míra penetrace 10 %.

- Vozidlo – Infrastruktura

Komunikace Vozidlo – Infrastruktura (anglicky Car to Infrastructure - C2I) propojuje vozidlo s přístupovými uzly umístěnými podél pozemních komunikací a zprostředkovává tak připojení na páteřní síť, na kterou jsou připojeny všechny komunikační uzly. Tato komunikace se primárně používá na efektivní řízení dopravního proudu, typicky na varování o koloně před řidičem, o problémech na vozovce, k varování o dopravní nehodě atp. Největší omezení komunikace C2I spočívá v nákladném budování infrastruktury podél silnic.

- Vozidlo – X

Komunikace Vozidlo – X (anglicky Car to X, C2X), kde X je jiný typ komunikačního zařízení, než vozidlo nebo komunikační prvek infrastruktury, propojuje vozidlo např. s mobilními telefony nebo tablety. Tento typ komunikace má velký potenciál v oblasti zábavy, ale také bezpečnosti. Vzhledem k tomu, že většina chodců je vybavena mobilními telefony, dokáže vozidlo zjistit polohu tohoto zařízení a varovat tak řidiče před případným nebezpečím, např. když chodec přechází v místě, kde má řidič vozidla omezený výhled. Tento druh komunikace je oproti ostatním dvěma nejméně vyzkoušený a probádaný.

Uvedené typy komunikace lze v literatuře nalézt také pod zkratkami V2V (Vehicle to Vehicle), V2R (Vehicle To Road Infrastructure Communication) a V2I (Vehicle To Internet Communication). Pokud se jedná o komunikaci s chodcem, jde o zkratku V2P (Vehicle to Pedestrian) (Quartsoft, 2013). Rozdíl je pouze v terminologii, jde o stejné typy komunikace.

Pomocí těchto druhů komunikace se přenáší dva druhy zpráv. Prvním je jednorázová zpráva. Ta informuje řidiče o událostech vyvolaných nebezpečnou situací, jako např. kritické brzdění vozidla před řidičem nebo varování před překážkou na silnici. Jedná se tedy o lokální nebezpečí detekované vozidly, využívající k informování především komunikaci C2C.

Druhým typem zprávy je opakující se zpráva. Tento typ zprávy informuje řidiče o méně dynamických událostech, odehrávající se před ním. Typickým příkladem může být

vznikající kolona nebo omezení na silnici z důvodu rekonstrukce vozovky. K šíření tohoto typu zpráv se využívá ve většině případů komunikace C2I.

Každý kooperativní systém se skládá zpravidla ze tří základních částí, které musí ke správnému fungování systému mezi sebou komunikovat. Jedná se o následující části.

- Řídící a kontrolní dopravní centrum

Dopravní centrum má v kooperativních systémech důležitou úlohu. Musí shromažďovat, třídit, zpracovávat a rozesílat velké množství dat. Data shromažďuje pomocí vozidel vybavených palubními jednotkami, prostřednictvím dopravních senzorů, komunikačních uzlů nebo také např. pomocí meteorologických stanic. Na základě těchto dat centrum řídí a kontroluje dopravu v oblasti své působnosti. Všechna data vyhodnotí, zpracuje a získané informace posílá ve formě doporučení jednotlivým účastníkům dopravního provozu pomocí telekomunikačních sítí, ke kterým jsou připojeny komunikační uzly podél infrastruktury.

- Palubní jednotka (On Board Unit - OBU)

Jde o komunikační zařízení umístěné ve vozidle, které má za úkol získávat data z interních senzorů ve vozidle, zpracovávat je, rozesílat je dalším vozidlům v okolí a uzlům umístěným podél komunikace. Obdobně musí data z ostatních vozidel také přijímat. Je zřejmé, že kdyby se kompletní data rozesílala všem vozidlům v okolí, došlo by snadno k zahlcení těchto jednotek a také by zbytečně musely zpracovávat data, která pro ně nemusí být relevantní. V této oblasti probíhají testy, aby se ověřilo, jaký způsob filtrování (jakým vozidlům data zasílat) bude nejúčinnější. Dalším úkolem je dávat řidiči k dispozici relevantní informace pomocí HMI (Human-Machine Interface).

- RSE/RSU (Road Side Equipment/Road Side Unit)

Jsou to prvky kooperativních systémů umístěné podél pozemních komunikací. RSU jsou samotná komunikační zařízení. Účelem těchto komunikačních uzlů je bezdrátové zasílání dat jednotkám ve vozidlech a dalším komunikačním uzlům připojeným na páteřní a internetovou síť, pomocí které dokáží komunikovat s okolím. Pro správnou a úplnou funkčnost systému je potřeba dostatečné pokrytí silniční sítě těmito komunikačními jednotkami.

Obecně se telekomunikační sítě, které mají poskytovat různé typy služeb, skládají ze tří základních částí:

- Zařízení síťových uzlů – slouží k poskytování služeb, jedná se o informační zdroje (servery) a spojovací zařízení (router, switch, ústředna).
- Páteřní síť – slouží k přenosu dat mezi komunikačními uzly a telekomunikačními sítěmi.
- Přístupová síť – slouží k přenosu dat mezi účastníky a komunikačními uzly.

Páteřní síť je tvořena spojnicemi a uzly. Spojnice tvoří fyzické přenosové cesty realizované především optickými kabelemi. Přístupová síť zajišťuje účastníkovi připojení do telekomunikační sítě, v případě kooperativního systému se musí jednat o bezdrátovou síť schopnou zajistit spojení uživatele za pohybu.

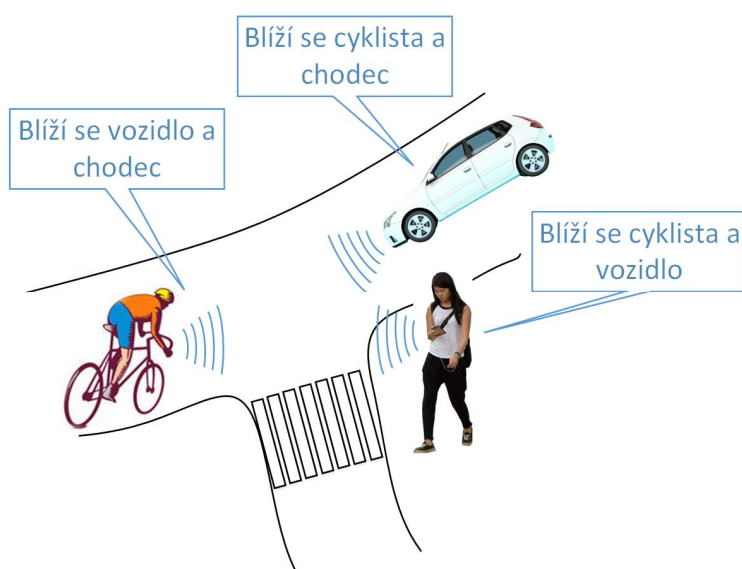
Na přenosové technologie určené pro kooperativní systémy jsou kladeny velké nároky, zejména z důvodu, že je jedním z jejich primárních úkolů včasným doručením varovné zprávy minimalizovat nebezpečí ohrožující člověka. Mezi požadavky na přenosové technologie patří minimální zpoždění, vysoká přenosová rychlost, dostatečné pokrytí, přesnost, spolehlivost, dostupnost a integrita. Tyto požadavky, včetně požadavku na mobilitu, splňují dále uvedené bezdrátové standardy. V současné době není v provozu rozšířená technologie, která by byla vhodná pro všechny aplikace kooperativního systému, proto se pro různé aplikace využívá rozdílných komunikačních technologií (Zelinka, 2009).

DSRC (Dedicated Short Range Communications) je mikrovlnná technologie speciálně vyvinutá pro využití v dopravě. Pracuje ve dvou pásmech 5,8 GHz (Evropa a Japonsko) a 5,9 GHz (Severní Amerika). Obě pásma mají svojí sadu standardů a protokolů. Zařízení pracující v jednom pásmu tak není kompatibilní se zařízením pro druhé pásmo.

Tato technologie je zastřešená standardem SAE J2735. Tento standard zajišťuje kompatibilitu aplikací na bázi DSRC. Tento standard pro svou správnou funkci vyžadují aplikace pro varování a signalizaci nebezpečí.

V Evropě (kromě Německa a Slovenska) lze najít DSRC aplikované v mýtných branách. První elektronický mýtný systém na této technologii byl spuštěn v Rakousku v roce 2004. Tato technologie již poměrně dlouho používaná, její standardizace začala v roce 1992. Výhodou DSRC je nízké zpoždění, odolnost vůči klimatickým podmínkám a schopnost přenosu dat při vzájemné rychlosti přijímače a vysílače až 250 km/h. Maximální přenosová rychlost 27 Mb/s (v pásmu 5,9 GHz), resp. 20,48 Mb/s (v pásmu 5,8 GHz) je pro využití v kooperativních systémech dostačující. S touto technologií ve své práci počítají autoři Zhou et al. (2016), kteří přicházejí s návrhem algoritmu pro efektivnější předávání informací mezi vozidly. Tato technologie nemusí sloužit jen řidičům, ale také chodcům a dalším účastníkům silničního provozu. Jejich telefony by ovšem musely být vybaveny DSRC modulem (Strang et al., 2008). Modelová situace je zobrazena na obrázku č. 1. Záměrně je zobrazena situace, kde není jednoznačné, kam které vozidlo míří. Z obrázku lze také vyčíst, že v oblastech s vysokou hustotou dopravy by pravděpodobně docházelo k nadbytečnému množství varování. Např. řidič z obrázku č. 1 by obdržel varování o chodci i v případě, že by neodbočoval vlevo. Toto řešení je proveditelné, ale v situacích s vysokou hustotou dopravy by mohlo dojít k tomu, že budou účastníci dopravního provozu zahlceni zbytečnými informacemi o každém projetém vozidle, v okolí se pohybujícím se chodci apod.) a nebudou následně věnovat pozornost informacím potřebným.

Obrázek 1: Příklad využití technologie DSRC



Zdroj: Autorsky zpracováno dle: Strang et al., 2008

IEEE 802.11p je standard z rodiny IEEE 802.11. Standardy 802.11 patří k nejrozšířenějším bezdrátovým technologiím přístupových sítí na trhu. Za toto rozšíření vděčí faktu, že jsou provozovány v bezlicenčním pásmu. Stinnou stránkou tohoto rozšíření je fakt, že je bezlicenční pásmo zahlcené a nelze v něm tak garantovat kvalitu služby. Proto pracuje standard 802.11p v licencovaném pásmu 5,9 GHz. Standard IEEE 802.11p je určený pro mobilní zařízení (WAVE – Wireless Access in Vehicular Environment). Norma rozšiřuje standardy IEEE 802.11 o podporu pro mobilní telematické aplikace. Pracovní skupina pracující na tomto standardu započala svoji činnost v roce 2004 a ukončila ji v roce 2010. V roce 2010 byl tento standard také schválen jako základ technologie DSRC. V současné době jde o nejpoužívanější technologii pro projekty z oblasti kooperativních systémů. Šířka přenosového kanálu je 10 MHz oproti typickým 20 MHz pro technologie Wi-Fi. Tento standard používá multiplexovou metodu OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) (ICE, 2017), stejně jako třeba IEEE 802.16 nebo ADSL. Kvalitu přenosu garantuje při vzájemném pohybu subjektů až do rychlosti 200 km/h a dosah se pohybuje v řádu jednotek kilometrů.

IEEE 802.16e patří mezi standardy 802.16, označované jako WiMax (Worldwide Interoperability for Microwave Access). Počátky IEEE 802.16 sahají do roku 1999, kdy byla založena pracovní skupina, která měla za cíl vytvořit standard pro levný a jednoduše rozšiřitelný bezdrátový přístup k internetu pro MAN (Metropolitan Area Network – metropolitní síť). První verze standardu byla vydána v roce 2001 (802.16). Standard 802.16e pracuje v pásmu 2 – 6 GHz a poskytuje přenosovou rychlost až 15 Mb/s, přičemž umožňuje bezproblémové připojení až do rychlosti 150 km/h. Teoretický dosah je až 50 km v terénu a 10 km v městské zástavbě. 802.16e umožňuje používat dvě duplexní schémata FDD (Frequency Division Duplexing) a TDD (Time Division Duplexing).

Jako zástupce mobilních datových sítí byla vybrána nejnovější technologie v této oblasti, LTE-A (Long Term Evolution - Advanced). LTE-A navazuje na předešlou technologii LTE, která byla vyvíjena od roku 2004 a prvního komerčního nasazení se dočkala v roce 2009, a která byla ještě sítí 3. generace. Jako síť 4. Generace musí splňovat podmínku přenosové rychlosti, konkrétně 1 Gb/s pro stacionární zařízení a 100 Mb/s pro mobilní zařízení. LTE-A je schopna bezproblémově poskytovat připojení zařízením až do rychlosti 350 km/h. LTE-A stejně jako LTE využívá OFDM multiplex. Velkou výhodou LTE-A

a dalších mobilních sítí je v tom, že výstavbu infrastruktury zajišťují telekomunikační společnosti na své vlastní náklady. Další výhodou je jejich popularita mezi obyvatelstvem a velikost pokrytého území.

Současně s produkcí nových vozidel dochází k aplikaci standardů pro komunikační protokoly. K těmto nejnovějším standardům pro komunikaci vozidel navzájem patří následující (Intelligent Transportation Systems, 2016):

- SAE J2945/1 – Minimální bezpečnostní požadavky na palubní jednotky pro komunikaci mezi vozidly. Tento standard zajišťuje bezproblémový přenos informací mezi palubními jednotkami.
- IEEE 1609.2-2016 – Tento standard definuje formát zabezpečených zpráv a jejich zpracování v systému DSRC/WAVE.
- IEEE 1609.3-2016 – Tento standard definuje síťové a transportní vrstvy včetně adresování a routingu pro podporu bezpečně datové výměny WAVE. Také definuje krátké WAVE zprávy a poskytuje efektivní alternativu k IP6 (Internet Protocol v.6), která může být přímo podporována aplikacemi.
- IEEE 1609.4-2016 Standard pro WAVE – Multikanálové operace: Tento standard poskytuje vylepšení pro IEEE 801.11 pro lepší podporu WAVE a popisuje různé standardy pro formáty zpráv aplikací DSRC.

WAVE (Wireless Access in Vehicular Environment) je standard zastřešující některá dříve uvedená řešení. Technologie WAVE je v současnosti považována za nejvhodnější pro komunikaci mezi vozidly, protože podporuje provázanost a robustnost v oblasti bezpečnosti. První zkušební verze byla testována v roce 2006. Tato technologie umožňuje fyzický přístup rychlostí až 27 MB/s a dosah do jednoho kilometru. Všechny vrstvy a protokoly popisují autoři Shereen et al. (2013). Součástí tohoto standardu je také WAVE Short Message Protocol (WSMP).

Návrh zlepšující celkovou situaci v dopravě za pomoci kooperativních systémů publikoval např. kolektiv autorů Moyeen et al. (2016). Ten ve své práci analyzoval stávající řešení a přišel s řešením počítajícím kromě jednotek ve vozidlech také s další jednotkou pro každou definovanou oblast daného území. Součástí řešení je také skener, který má

zaregistrovat vozidla postrádající palubní jednotku. Toto řešení bylo modelováno s uspokojivými výsledky.

Také již bylo realizováno několik projektů věnující se především C2X a C2I komunikaci. V této kapitole jsou uvedeny jen ty, které probíhaly v Evropě a České republice a patří k těm většího rozsahu. Není zde uveden systém eCall, který je popsán v jiné části práce.

SimTD byl společný projekt převážně německých společností. Podíleli se na něm výrobci automobilů, dodavatelé automobilových komponent, telekomunikační společnosti a vědecké instituce. Hlavní úlohu v projektu hrály především výrobci Daimler, Audi, BMW a telekomunikační společnost Deutsche Telekom. Celý projekt byl financován německými ministerstvy a spolkovým státem Hesensko. Projekt započal svoji činnost v roce 2009 a ukončil ji v roce 2013. Projekt byl koncipován do tří fází. První fáze měla za úkol vymezit požadavky na prvky, specifikovat funkci a architekturu jednotlivých prvků a osadit vozidla a infrastrukturu prototypy těchto systémů. Ve druhé fázi už měla být vozidla a infrastruktura vybavena hotovými produkty a mělo začít první testování, zatím jen mezi jednotlivci. Zkoušky s velkým počtem účastníků, analýza těchto testů a vydání výsledků a doporučení bylo úkolem třetí fáze. Testování SimTD se odehrávalo v reálném provozu v okolí Frankfurtu nad Mohanem, na dálnicích a silnicích všech kategorií, ale i v samotném centru města, ve kterém bylo instalováno 24 komunikačních uzlů na stožárech světelného signalizačního zařízení, což umožnilo sbírat data na osazených silnicích po 200 až 500 metrech.

Pro potřeby testování bylo podél pozemních komunikací v okolí Frankfurtu nad Mohanem vystavěno více než 100 komunikačních uzlů. Testování se účastnilo na 120 vozidel, která najela v 41 000 hodinách reálného provozu celkem 1 650 000 kilometrů. Projekt SimTD byl zatím největší, který v Evropě proběhl. Celkem se zkoušek zúčastnilo 500 řidičů ve věku 23 až 65 let. Testovací řidiči plnili specifické a předem naplánované jízdní scénáře. Zkušební centrum SimTD bylo umístěno v dopravním centru spolkového státu Hesensko. V tomto centru se sbírala veškerá data ze systému SimTD a byla zde slučována s ostatními daty z provozu. Na základě těchto dat centrála zasílala doporučení všem vozidlům v terénu. Tato data použilo také centrum řízení provozu ve Frankfurtu nad Mohanem k řízení dopravního proudu pomocí světelného signalizačního zařízení a proměnlivého dopravního značení. Vědci očekávali, že během sběru, zpracování

a ověřování se jim nahromadí přibližně 60 TB dat. Hlavním cílem projektu bylo zvýšit bezpečnost na pozemních komunikacích a zvýšit efektivitu existujících dopravních systémů pomocí vzájemné komunikace mezi vozidly a mezi vozidly a infrastrukturou. Toho mělo být dosaženo vlastním vývojem a testováním vozidlové jednotky, komunikačních uzlů a bezpečnostních aplikací.

Testy projektu SimTD ukázaly, že tato technologie skutečně vede ke zvýšení bezpečnosti na pozemních komunikacích a ke zvýšení efektivity přenosu varovných zpráv. Díky výsledkům z projektu vědci dospěli k názoru, že počet nehod se zraněním osob lze v Německu snížit do roku 2035 téměř o třetinu. Také došli k závěru, že díky bezpečnostním aplikacím (hlídání dopravních značek, varování při brždění vozidla před daným vozidlem atd.) by bylo možné ušetřit do roku 2035 přes 6 mld. Euro. Podobně by bylo možné ušetřit díky aplikacím zvyšující efektivitu (dynamická navigace, časování dopravních signálů atd.) zhruba 5 mld. Euro (SimTD, 2015).

Projekt COOPERS probíhal v letech 2006 až 2010. Projekt byl spolufinancován Evropskou Unií (9,8 miliard Euro) a účastnilo se ho na 40 dalších subjektů (např. BMW, Ascom, Swarco a Efkon), které daly dohromady rozpočet 16,8 miliard Euro. Cílem projektu bylo vyvinout dopravní kooperativní systém, spojující vozidla a infrastrukturu přes bezdrátovou síť a tento systém následně otestovat v provozu. V tomto systému mělo docházet k výměně dat a informací o okolí vozidla. Tento systém tak měl přispět ke zvýšení bezpečnosti na silnicích a efektivnější řízení dopravy. Vyvinutý systém se skládá z několika subsystémů:

- TCC – Traffic Control Centre: Má za úkol řídit a kontrolovat dopravu. Zasílá dopravní informace cestujícím a poskytuje dopravní data přes síť do COOPERS Service Center.
- CSC – COOPERS Service Center: Přijímá a dekoduje dopravní data z Traffic Control Centre, poskytuje COOPERS službu a rozesílá zprávy pomocí bezdrátových technologií.
- RSU – Road Side Unit: Přijímá a vysílá dopravní data do Traffic Control Centre a účastníkům dopravního provozu.

- OBE – On-Board Equipment set – Palubní jednotka
- In-vehicle HMI (Human-Machine Interface): Zobrazuje COOPERS služby.
- CGW communication Gateway: Přenáší zprávy a odesílá Floating Car Data (FCD) do TCC.
- Automotive PC: Řídí HMI a přijímá a dekoduje COOPERS služby.

System byl testován v roce 2010 (od ledna do června) na těžce zatížených komunikacích v západní Evropě, které byly vybaveny systémy COOPERS. Testy byly rozděleny do několika sekcí, ve kterých probíhaly zkoušky různých částí systému.

- Test 1: Probíhal na silnicích v Německu, Rakousku a Itálii, proto zde také byli tři různí operátoři (Rakousko – ASFINAG, Itálie – Autostrada del Brennero, Německo - OBB). Zde se testovalo zvýšení bezpečnosti dopravy pomocí projektu COOPERS a koncept zasílání dopravních informací. Kromě těchto dvou hlavních cílů bylo v této lokalitě testováno také předávání informací mezi operátory a přijatelnost systému z pohledu uživatelů.
- Test 2: Byl zaměřen nejen na efektivitu řízení dopravy, ale i na efektivitu řídicích systému uvnitř vozidla. Testování probíhalo v Nizozemí a Belgii.
- Test 3: Při tomto testu se ověřovala funkčnost systému v městském prostředí. Zkoušky probíhaly v Berlíně.
- Test 4: V tomto testu se testovaly služby COOPERS, jejich efektivita, vliv na bezpečnost a přijatelnost ze strany uživatelů. Tyto testy probíhaly na území Francie.

Testy proběhly úspěšně a prokázaly zvýšení bezpečnosti a efektivity řízení provozu, ale i přijatelnost systému pro uživatele (COOPERS, 2015).

Projekt Drive C2X započal svoji činnost v lednu 2011 a trval 42 měsíců. Vznikal, jako většina evropských projektů, za podpory EU, konkrétně příspěvkem 12,4 miliónů Euro. Celková částka na projekt představovala 18,6 miliónů Euro. Celkem na projektu spolupracovalo 34 institucí (např., Audi, BMW, Daimler, Ford, Volvo, Nokian). Drive

C2X navazuje na předchozí projekty v této oblasti (COOPERS, PRE-Drive C2X, PReVENT nebo SAFESPOT). Cílem projektu je rozvinout v Evropě kooperativní systémy tím, že rozšíří povědomí o těchto systémech mezi širokou veřejností a poskytnout standardizačním institucím zpětnou vazbu. Toho mělo být dosaženo několika testy napříč Evropou (Finsko, Švédsko, Nizozemí, Německo, Francie, Itálie a Španělsko (Drive C2X, 2015).

Projekt Compass4D probíhal od 1. ledna 2013 do prosince 2015. Celkem pracoval s rozpočtem 10 miliónů Euro a podílelo se na něm 33 partnerů (např. Volvo, Siemens, Swarco nebo Telecom Italia). Projekt se zaměřoval na tři služby, které měly zvýšit bezpečnost řidičů, jízdní komfort a snížit emisi CO₂ a spotřebu paliv. Jednalo se o následující služby: varování o červeném světlu na SSZ (světelném signalizačním značení, tj. semaforech), varování o nebezpečí na vozovce (kongesce, překážky) a energetické zefektivnění křižovatek (těžká nákladní vozidla a vozidla veřejné hromadné dopravy by měla mít na křižovatkách vybavených SSZ možnost nastavit si na světelném signalizačním zařízení zelenou barvu).

Cílem projektu bylo tyto tři pilotní služby nasadit do provozu v 7 městech v Evropě a nechat je v provozu i po skončení projektu. Autoři chtěli tímto projektem demonstrovat pozitivní účinky kooperativních systémů, zajistit životaschopnost aplikovaných služeb a systémů, stát se referenčním modelem pro ostatní města, zvýšit obecné povědomí o těchto systémech a podpořit mezinárodní kooperaci a standardizaci (Compass4D, 2015).

Nejnovějším projektem v oblasti kooperativních systémů v České republice je projekt **Zvýšení bezpečnosti silničního provozu pomocí vozidlových spolupracujících systémů** zajišťující komunikaci vozidla s ostatními vozidly nebo s inteligentní dopravní infrastrukturou (BaSIC). Projekt byl financován v rámci programu Beta Technologické agentury ČR. Firma INTENS Corporation s.r.o. a České vysoké učení technické – Fakulta dopravní zahájily činnost na projektu 28. 11. 2012 a ukončily ji 31. 12. 2013.

Předmětem řešení tohoto projektu byla analýza současného stavu, pilotní testování a zavádění kooperativních systémů v České republice a v EU. Cílem projektu bylo navrhnout, ověřit a vyvinout nová komplexní opatření vedoucí ke zvýšení bezpečnosti silničního provozu prostřednictvím kooperativních systémů, navrhnout technické

a organizační podmínky pro zavedení inteligentních spolupracujících systémů v České republice a napomoci překonat překážky zavádění spolupracujících systémů na mezinárodní úrovni do praxe. Dále chtějí řešitelé napomoci České republice při vytváření rámcových podmínek pro bezpečnostně kritické aplikace využívající propojení vozidla s dopravní infrastrukturou tak, aby se koncoví uživatelé Inteligentních dopravních systémů a služeb (ITS) mohli na tyto aplikace spolehnout.

V rámci projektu BaSIC byl realizován také pilotní test komunikace mezi vozidly a komunikace mezi vozidlem a infrastrukturou. Pro testování byl vybrán vhodný úsek na R1 (SOKP – silniční okruh kolem Prahy) mezi Vestcem a Jesenicí (km 80 – 3,6) kde je umístěno celkem šest portálů Liniového řízení dopravy (LŘD) a jeden portál zařízení pro provozní informace a proměnné dopravní značení (ZPI/PDZ). Na základě požadavku Ředitelství silnic a dálnic byly pro testovací účely vybrány dvě aplikace, konkrétně zobrazování aktuálních informací z proměnných dopravních značek (umístěných na portálech) na displeji ve vozidle (tj. liniové řízení dopravy a proměnné dopravní značení) a informování o pohybu vozidel integrovaného záchranného systému se zapnutým výstražným zařízením na displeji ve vozidle (Inteligentní dopravní systémy v akci, 2013).

Následuje přehled typů aplikací pro kooperativní systémy. Těch je velké množství, v této kapitole se práce věnuje aplikacím jen obecně. Podle funkce lze rozdělit aplikace kooperativních systému do několika kategorií.

- Bezpečnostní aplikace

Aplikace z této oblasti jsou v současné době nejvíce testovány a zkoumány. Jejich účelem je varovat řidiče v krizových situacích a zabránit tak dopravním nehodám nebo alespoň snížit jejich následky. Mezi takovéto aplikace se řadí například elektronická brzdová světla, varování před překážkou na silnici, asistent při předjíždění, asistent jízdy na křižovatce nebo varování o nebezpečné rychlosti v zatáčce.

- Aplikace pro řízení dopravy

Aplikace určené pro řízení dopravy mají za úkol zvýšit efektivitu řízení dopravního proudu a zabránit tak zdržení na cestě v podobě kongescí nebo zbytečnému čekání na křižovatkách

vybavených SSZ (semafony). Příkladem těchto aplikací může být dynamické přidělování jízdnic pruhů nebo navigace na základě dopravních informací.

- Další aplikace - ekologické aplikace zaměřené např. na snížení spotřeby, aplikace pro logistiku nákladní dopravy, servisní aplikace informující příslušný servis a aplikace pro zábavu.

2.1.3 Telematické systémy v ČR

Jednotný systém dopravních informací pro ČR je společným projektem Ministerstva dopravy ČR (MDČR), Ministerstva vnitra ČR (MVČR), Ředitelství silnic a dálnic ČR (ŘSD ČR) a řady dalších orgánů, organizací a institucí veřejné správy, veřejných i privátních osob a subjektů z celé ČR, které na projektu spolupracují. JSDI (**Jednotný systém dopravních informací pro ČR**) je komplexním systémovým prostředím pro sběr, zpracování, sdílení, distribuci a publikaci dopravních informací a dopravních dat o aktuální dopravní situaci a informací o pozemních komunikacích, jejich součástech a příslušenství (CEPK).

Hlavním cílem realizace projektu JSDI je informační podpora procesů pro:

- Zajištění průjezdnosti a sjízdnosti sítě pozemních komunikací v maximu času a maximu rozsahu území České republiky.
- Zvýšení bezpečnosti a plynulosti provozu prostřednictvím vytvoření spolehlivého, funkčního, efektivního, bezpečného a k životnímu prostředí šetrného systému v silniční dopravě.

Vedlejší cíle projektu JSDI:

- Zajištění průběžného, nepřetržitého sběru dopravních informací a dopravních dat o aktuální dopravní situaci, tedy o všech jevech a událostech, které částečně nebo úplně průjezdnost nebo sjízdnost sítě pozemních komunikací v celé ČR omezují, popř. přímo nebo nepřímo ovlivňují bezpečnost nebo plynulost provozu.
- Zabezpečení vzájemné koordinace postupů a procesů při bezprostředním řešení a odstraňování následků omezujících jevů nebo událostí (řešení dopravní nehody

v místě události, průběžná aktualizace informací o události podle situace až do odstranění problému a obnovy provozu, sledování průběhu prací oprav a údržby atd.).

- Řízení dopravy v místě nebo úseku prostřednictvím instalovaných telematických aplikací s cílem zvýšit plynulost provozu, využít objízdných tras pro odklon dopravy atd.
- Zabezpečení všeobecně dostupných informací o omezujících jevech nebo událostech pro všechny uživatele sítě pozemních komunikací z řad běžné motoristické veřejnosti, dopravců a přepravců, orgánů, organizací a institucí veřejné správy (správa a údržba komunikací, dohled nad provozem, řízení provozu atd.), z řad subjektů krizového řízení a obranného plánování, médií, provozovatelů dopravních informačních služeb, telekomunikačních operátorů, soudních znalců, lékařů atd. (dopravní informace v rozhlasovém a TV vysílání, publikování informací na proměnném dopravním značení, vysílání služby RDS-TMC, dopravní informační služby telekomunikačních operátorů, internet, datová distribuce prostřednictvím datového distribučního rozhraní atd.).
- Zajištění podpory procesů při řešení omezujících událostí nebo jevů v rámci působnosti jednotlivých subjektů (např. optimalizace plánů zimní údržby, optimalizace technologických postupů prací oprav a údržby, plánování omezujících prací v časech nízkých intenzit provozu atd.).
- Analýza a návrh opatření pro trvalou eliminaci příčin vzniku některých omezujících událostí (identifikace nehodových lokalit, jejich sanace, preventivní působení na řidiče v oblasti dodržování předpisů a bezpečného chování za volantem atd.).
- Budování Centrální evidence pozemních komunikací, jejich součástí a příslušenství včetně realizace jednotné georeferenční sítě GLOBAL NETWORK pro jednotnou digitální geografickou lokalizaci jevů a událostí v síti pozemních komunikací v celé ČR.

Pro sledování charakteristik dopravního proudu, sčítání dopravy a detekci kolon se používá několik různých typů telematických systémů. Data se využívají pro online vyhodnocování

charakteristik proudu vozidel nebo pro off-line dopravně-inženýrské analýzy. Zejména pozemní komunikace typu dálnice a rychlostní silnice se postupně osazují různými typy detektorů. Mezi nejpoužívanější telematické systémy patří:

- Indukční smyčky na úsecích D a R mezi křižovatkami,
- detektory na D1, D2 a D5,
- elektronická mýta.
- technologie Floating Car Data (FCD),
- kamerové systémy.

Cílem těchto systémů je průběžné trvalé sledování (nejčastěji v pětiminutových intervalech) průměrné rychlosti vozidel, skladby dopravního proudu (autobus, nákladní vozidlo, osobní vozidlo, motocykl), hustoty a intenzity provozu atd., a to vždy v konkrétním definovaném úseku sítě pozemních komunikací. Jednotlivé sledované úseky měří řádově několik km. Proto nejsou tyto systémy zatím schopny sledovat dynamické změny délky kolon v čase s vyšší přesností než v uvedeném rozsahu.

Z těchto dat se následně provádí výpočty stupňů provozu (1 - plynulý provoz, 2 - houstnoucí provoz, 3 - silný provoz, 4 - tvorba kolon vozidel, 5 - dopravní kolaps) a také odhad dojezdových časů (travel time) do vzdálených cílů.

Dlouhodobé uzavírky na dopravně zatížených komunikacích (např. při opravě mostu) jsou postupně povinně vybavovány přenosným kamerovým systémem, který umožní sledování tvorby kolon před uzavírkou. V některých velkých městech budou intenzity provozu na průjezdních tazích vyhodnocovány z kamerového systému vizuálním posouzením pracovníkem státní nebo obecní policie.

Kamerové systémy jsou určeny především pro správu a údržbu komunikací, pro sledování intenzity provozu, pro dohled nad provozem, sledování a vyhodnocování meteorologické situace, stavu povrchu vozovky nebo aktuální sjízdnosti komunikací. Publikování obrazových informací pro veřejnost je vedlejším produktem prioritního určení těchto technologií.

Kamery umístěné na dálnicích a rychlostních komunikacích jsou integrovány do Jednotného systému videoinformací. Obrazové informace využívají pracovníci Národního dopravního informačního centra, Policie ČR, Hasičského a záchranného sboru ČR, zdravotnické záchranné služby, správci komunikací a dalších uživatelé, např. z řad médií (rozhlas a televize). Statické obrazy z kamer jsou publikovány také na internetu na Dopravním portálu.

Nejčastěji se používají dva typy kamer:

- pevné, umístěné na stabilních stanovištích; ve většině případů jde o otočné kamery s transfokací obrazu; tyto kamery poskytují také spojitě video,
- mobilní kamery, které se na přechodnou dobu umísťují v úsecích komunikací s déletrvajícím omezením provozu nebo v kritických lokalitách z hlediska nehodovosti, tvorby kolon atd.; přenos statického obrazu je realizován přes GPRS každých cca 5 minut.

Další kamerové systémy na dálnicích a rychlostních silnicích jsou postupně budovány zejména v rámci výstavby nových pozemních komunikací. Do Jednotného systému videoinformací budou postupně připojovány i některé kamery z dalších komunikací a míst (např. měst).

RDS-TMC (anglicky: Radio Data System - Traffic Message Channel) je služba, která je určena k poskytování dopravních a cestovních informací před a během jízdy řidiči. Tato služba integruje veškeré relevantní informace a poskytuje tak řidiči možnost optimalizovat svoji trasu. Cílem systému RDS-TMC je šíření dopravních informací v rámci rádiového vysílání v FM pásmu s použitím technologie RDS. Informace jsou klíčovány dle speciálního jazykově nezávislého protokolu ALERT-C a dále šířeny k uživateli jako tichá součást FM vysílání a zpracovány navigačními přístroji. Přínosem systému je dle provedených tuzemských i zahraničních studií zejména významné zvýšení plynulosti jízdy a snížení ekologické zátěže.

Nevýhodou tohoto systému je skutečnost, že se upozornění objeví v podobě symbolu v případě, že se kdekoliv na předvolené trase objeví dopravní komplikace. Pro více informací musí řidič manipulovat s navigačním přístrojem, což vyžaduje jeho pozornost.

Navíc, pokud se na dané trase objeví další problém, ikona varování zůstane stejná, přestože tento další problém může být blíže než ten první.

Dalším prostředkem jsou **Proměnné dopravní značky (PDZ)** a zařízení pro provozní informace (ZPI). Informace jsou na nich publikovány na základě podnětů z jednotného systému dopravních informací, jenž je společným projektem Ministerstva dopravy, Ministerstva dopravy, Ředitelství silnic a dálnic a několika dalších orgánů a organizací. V současnosti je na dálnicích a rychlostních silnicích v provozu zhruba sto těchto tabulí, což představuje pokrytí cca jednou tabulí na 20 km komunikace. Tyto tabule nejsou umístěny na silnicích nižších tříd.

Při extrémním provozu v průběhu pracovního dne projede například 96 km dálnice D1 průměrně okolo 1400 automobilů (ŘSD, 2016). Tyto automobily při rychlosti 100 km/h překonají vzdálenost mezi dvěma tabulemi (20 km) během 12 minut. Může nastat situace, kdy je místo nehody mezi stejnými dvěma tabulemi, mezi kterými je zároveň řidič vozidla v době zobrazení varovné informace. V tomto případě řidič varovnou zprávu neobdrží. Zpoždění distribuce informace v řádu minut, způsobené dobou potřebnou pro její zpracování a publikování, přináší ohrožení pro několik desítek motoristů, kteří se prostřednictvím proměnných informačních tabulí nemohou včas dozvědět informaci o události před nimi.

Tato telematická zařízení publikují informace o aktuální dopravní situaci řidičům přímo na pozemní komunikaci formou piktogramu proměnné dopravní značky nebo textu na proměnné tabuli zařízení pro provozní informace (ZPI).

Proměnná tabule zobrazuje text v rozsahu tří řádků po 15 znacích. Text obsahuje informaci o místě nebo úseku události, typu události a informace o rozsahu omezení nebo konkrétním opatření. Některé publikované textové informace na zařízení pro provozní informace se doplňují jedním z osmi piktogramů proměnných dopravních značek.

Publikované texty na ZPI lze rozdělit do čtyř základních skupin:

- předem plánované události (uzavírka, práce oprav a údržby, stavební práce),
- nepředvídatelné situace (nehoda, překážka provozu, odstavené vozidlo atd.),

- vliv povětrnostních podmínek (vítr, viditelnost, srážky, sjezdnost),
- zvýšení intenzity provozu (silný provoz, tvorba kolon).

Na některých tabulích jsou v klidových situacích publikovány odhady dojezdových časů do vzdálených cílů (travel time). Odhad travel time vzniká výpočtem podle určeného modelu a aktuálních dopravních dat. Travel time se může měnit v závislosti na vývoji skutečné dopravní situace a možném vzniku nepředvídatelných omezujících událostí v průběhu cesty. Kromě zařízení pro provozní informace s proměnnými dopravními značkami jsou dálnice a silnice osazovány samostatnými proměnnými dopravními značkami s automatickým upozorněním např. na nebezpečí náledí. Instalují se také digitální teploměry a další telematická zařízení.

Zařízení pro provozní informace (proměnné informační tabule) jsou nejrychlejším způsobem informování o události (např. o dopravní nehodě, překážce provozu atd.), která se na konkrétním úseku dálnice nebo rychlostní komunikace stala. Rychlost publikování a vývoj správnosti a přesnosti informace závisí vždy na orgánech, organizacích nebo institucích, které informace do Národního dopravního informačního centra (NDIC) v souladu se zákonem předávají. A také na rozšíření telematických technologií a na spolupráci s dopravními zpravodaji.

2.1.4 eCall

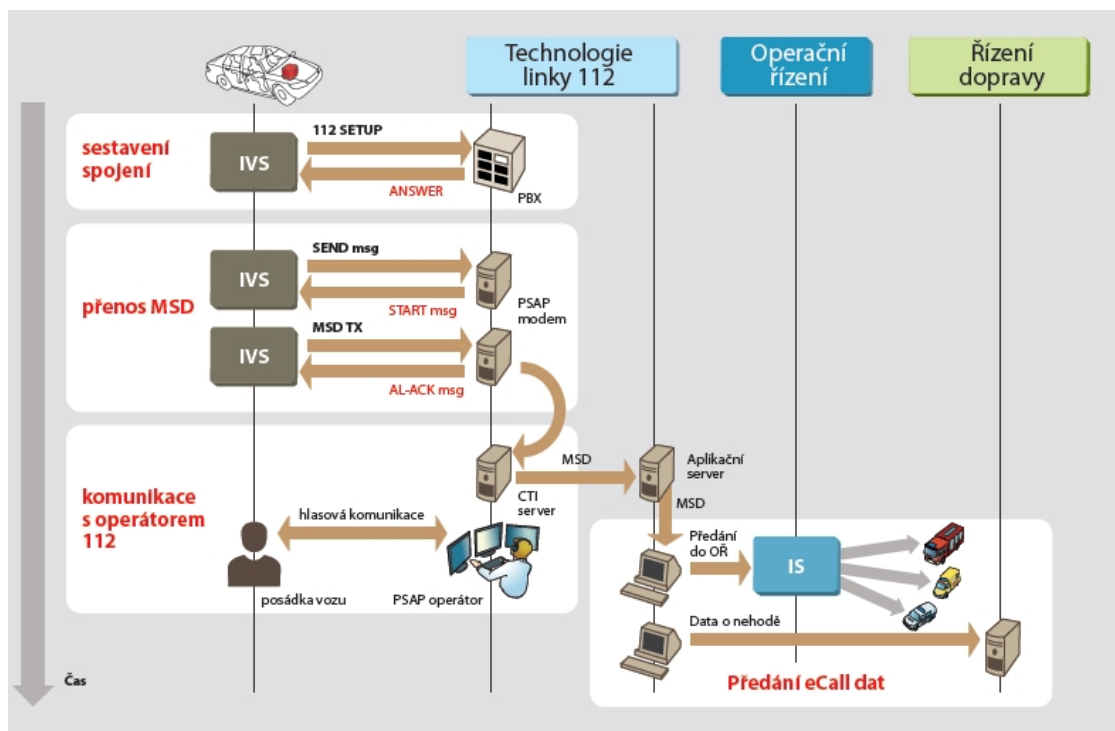
Dalším významným projektem je **eCall**. Jde o projekt spolufinancovaný Evropskou Unií zaměřený na vytvoření systému, který umožňuje automatizované zasílání zpráv o nehodách včetně přesných informací o její lokalitě na celoevropskou tísňovou linku 112. Jakmile zařízení eCall instalované v automobilu zaznamená prostřednictvím senzorů nehodu, vyšle automaticky zprávu nejbližšímu tísňovému centru s udáním přesné geografické polohy nehody a dalších dat (Filjar et al., 2011). Tento systém lze aktivovat buď manuálně - stisknutím tlačítka na palubní desce pasažéry vozidla, nebo automaticky na základě podnětu ze senzorů vozidla aktivovaných při autonehodě. Po aktivaci tohoto systému je navázáno spojení nesoucí jak zvuk, tak i datový tok, s nejbližším centrem tísňového volání (PSAP - Public-Safety Answering Point). Zvukové spojení umožní pasažérům vozidla komunikovat s odborně vyškoleným operátorem centra tísňového volání a datový tok je v tu samou chvíli využit k přenosu datové zprávy (MSD - Minimum

Set of Data) taktéž k tomuto operátorovi. Tato datová zpráva obsahuje čtyři oktety informací o nehodě, jako jsou čas, přesná poloha, identifikace vozidla, status systému eCall (zda byl systém eCall aktivovaný manuálně anebo automaticky) a informace o možném poskytovateli služeb. Operátor na základě všech těchto informací kontaktuje příslušné složky integrovaného záchranného systému a vyšle je na místo dopravní nehody, s přesným popisem o její závažnosti a o počtu zraněných. Zkouška provedená v terénu (Oorni, et al, 2014) ukázala, že síla signálu má malý vliv na celkovou kvalitu přenosu. Z 214 MSD zpráv bylo poškozeno pouze 12, tj. 5,6 %. Nicméně dle závěru autorů je nezbytné pracovat na zlepšení, aby se úspěšnost přiblížila stu procent.

Geografická poloha je standardně určována pomocí GPS, avšak funkčnost je možná i se systémem Glonass (Oorni, et al, 2015), či Galileo. Testy probíhaly s verzí z prosince 2013, mohlo tedy dojít k úpravě systému pro plnou funkčnost. Manuální využití systému může být navíc užitečné např. v situaci, kdy jsme svědky dopravní nehody. Systém eCall musí být součástí všech nových automobilů nejpozději do 1. 3. 2018, a zvažuje se i jeho zavedení pro starší vozy. Firma Škoda Auto, a.s. montuje systém eCall do nových automobilů již od začátku roku 2017 (Rozhlas, 2017).

Základní funkčnost systému eCall by mohla být vylepšena např. o infračervené snímače nebo RFID technologii pro přesnější zjištění stavu posádky (Kalikova et al., 2015). Důležitou součástí vozidlové jednotky je GPS modul, který poskytuje přesnou informaci o poloze vozidla v době eCall aktivace a bezprostředně před ní. MSD data jsou předána GSM modulu, který pracuje na bázi in-band modem protokolu. Po sestavení spojení na linku 112 zahajuje vozidlová jednotka pracující v tzv. PUSH módu komunikaci zprávou typu SEND. Spolupracující strana, tedy pracovník tísňové linky, musí do dvou vteřin odpovědět zprávou typu START. Následuje přenos MSD, jehož příjem je na straně tísňové linky po úspěšném přenosu a obsahové kontrole potvrzen HL-ACK zprávou. Ta je zároveň pokynem pro vozidlovou jednotku, aby připojila do hlasového spojení hands-free sadu ve vozidle, umožňující komunikaci posádky vozidla s operátorem linky 112.

Obrázek 2: Časový diagram průběhu služby



Zdroj: Technické řešení pilotního projektu eCall, 2013

Komunikační server tísňového pracoviště identifikuje eCall prostřednictvím eCall flagu a ihned volání směřuje na modem, který má za úkol přijmout minimální sadu dat. Po příjmu dat je hovor přepojen na operátora, který na obrazovce dispečerské aplikace okamžitě vidí přijatá data včetně dekódovaného VIN (Vehicle identification number) a polohy vozidla v geografickém informačním systému. Operátor tísňové linky si může kdykoliv během spojení opětovně vyžádat MSD z vozidlové jednotky. Po stisku speciálního tlačítka je hovor přidržen a PSAP modem zahájí komunikaci s jednotkou ve vozidle za účelem přenosu MSD. Po jeho ukončení operátor pokračuje v hovoru s posádkou vozidla. Operátor má rovněž možnost zpětného volání do vozidla, a to buď na vozidlovou jednotku, nebo na jiné číslo, které mu sdělí posádka vozidla.

V situaci, kdy posádka vozidla není schopna komunikace, je operátor linky 112 na základě přijatých MSD dat (poloha vozidla, směr před nárazem,...) schopen přesně určit místo události a předat incident k řešení složkám integrovaného záchranného systému.

Z důvodu odlišení volání eCall od běžného volání na linku 112 z mobilního telefonu se používá speciální parametr v mobilní síti, tzv. eCall diskriminátor nebo též eCall flag. Tento parametr je generován jednotkou ve vozidle ve fázi sestavení spojení s tísňovou linkou. Technicky jde o Service Category parametr, tj. parametr, který určuje, jak bylo volání spuštěno. Mobilní ústředna (MSC) vyhodnocuje tento eCall flag a na základě toho směřuje eCall volání na takové tísňové pracoviště, které je schopno eCall přijmout a zpracovat.

Obrázek 3: Obsah MSD

Název elementu	Povinný/ nepovinný	Popis
<i>ID</i>	povinný	Verze formátu MSD
<i>Message Identifier</i>	povinný	Identifikátor každé nové eCall sady
<i>Control</i>	povinný	Typ aktivace – automatická/manuální; normal/test eCall; důvěryhodnost polohy; typ vozidla
<i>VIN</i>	povinný	VIN kód vozidla dle normy ISO 3779
<i>Propulsion Storage Type</i>	povinný	Typ paliva
<i>Timestamp</i>	povinný	Čas eCall události v sekundách od 1. 1. 1970 UTC.
<i>Vehicle Location</i>	povinný	Poloha vozidla - zeměpisná šířka a délka
<i>Vehicle Direction</i>	povinný	Směr jízdy před nárazem v 2 ^o kroku od magnetického severu
<i>Recent vehicle location N1, N2</i>	nepovinný	Předchozí polohy vozidla vyjádřené rozdílem v zeměpisné šířce a délce
<i>Number of passengers</i>	nepovinný	Počet zapnutých bezpečnostních pasů

Zdroj: Technické řešení pilotního projektu eCall, 2013

Dekódování VIN kódu vozidla je poskytováno formou webové služby s tím, že přenos dat běží po zabezpečeném HTTPS protokolu. Dekódovací logika je instalována na server poskytovatele této služby a v současné době pokrývá data o všech vozidlech v České Republice. Řešení je připravené v budoucnu získávat data z registrů vozidel všech evropských zemí prostřednictvím rozhraní EUCARIS. Informace o nehodě je dále pomocí webové služby předána do Jednotného Systému Dopravních Informací ve formě XML zprávy. Zpráva obsahuje lokalizaci události, klasifikaci dle číselníku ALERT-C a čas začátku incidentu/nehody. Pilotní řešení zahrnuje také implementaci rozhraní TPS (Third Party Service eCall) dle normy EN 16102, které by mělo sloužit k příjmu dat o nehodách

od systémů komerčních eCall služeb. Ty nevyužívají linku 112, ale data o nehodě předávají různým asistenčním službám, které následně zprostředkují předání informací na linku 112 pomocí TPS rozhraní. Data mohou nad rámec MSD obsahovat další důležité údaje, jako např. statické a dynamické informace o vozidle.

Pilotní řešení a testování neprobíhalo v ostrém prostředí TCTV 112 (Telefonní Centrum Tísňového Volání), ale na testovací platformě této služby, která simuluje provozní systém a TCTV 112 a za pomoci speciálně přiděleného testovacího čísla umožňuje testovat a simulovat prakticky veškerou funkcionalitu ostrého systému. Telekomunikační část platformy představují dva komunikační servery Alcatel OmniPCX Enterprise a CTI (Computer Telephony Integration) nadstavba Genesys. Aplikační část tvoří tyto základní funkční celky - dispečerská, administrátorská a grafická část. Při návrhu architektury pilotního projektu eCall v České republice musela být zohledněna některá základní pravidla. Doporučený způsob přenosu MSD mezi palubní jednotkou a pracovištěm tísňové linky je paralelní přenos dat spolu s hlasovým spojením. eCall data jsou v definovaném čase zobrazena dispečerovi tísňové linky, který může dále pokračovat v hlasové komunikaci s posádkou vozidla. Hasičský záchranný sbor jako garant tísňové linky 112 v ČR preferoval řešení eCall integrované do současné technologie služby TCTV 112 a zakomponování eCall služby do stávajícího procesního modelu odbavení tísňového čísla 112 v ČR. Projekt musel být dále navržen s ohledem na absenci konečných standardů služby eCall. Konkrétně jde o finální výběr transportního protokolu pro přenos MSD a specifikaci jeho obsahu. Pro realizaci pilotního projektu byl využit jako transportní protokol osvědčený multifrekvenční přenos DTMF. Pro tyto účely byla Telco část TCTV doplněna o zařízení zajišťující příjem DTMF. CTI nadstavba Genesis byla upravena tak, aby byla schopna MSD data předat aplikační úrovni.

Pokud se vyskytne např. hromadná nehoda a systém eCall je zahlcen množstvím požadavků, může dojít k chybám. Pokud je bod tísňové pomoci v dané lokalitě zaneprázdněn, přesměruje se hovor na nejbližší sousední bod. Pokud je i ten obsazen, hledá se další volný. Této problematice se věnují Klement a Snášel (2009), kteří navrhli algoritmus pro optimalizaci distribuce zátěže na linky tísňové pomoci.

Ač tento systém přináší z hlediska záchrany životů a poskytnutí rychlé zdravotní péče v případě dopravní nehody jasné zlepšení předchozího stavu, neřeší dostatečně rychle

distribuci informací o nehodě přijíždějícím řidičům, tedy potenciálně ohroženým účastníkům provozu. V případě využití stávajících informačních kanálů by po získání dat o nehodě mohly být tyto informace dostupné řádově v rozmezí 5 až 10 minut prostřednictvím informačních panelů na dálnicích, hlášením RDS-TMC a dopravními hlášeními některých rozhlasových stanic. Každý z těchto distribučních kanálů má ovšem svá specifická omezení a zmíněná časová dostupnost je při dnešní frekvenci dopravy více než nedostatečná. Pokud by byly použity prvky komunikace C2C, bylo by zpoždění minimální.

Přípraveností zemí ve sdružení HeERO (Harmonised eCall European Pilot) na zavedení systému eCall se ve své práci zabývají Hadjidimitriou a Öörni (2015). Sestavili žebříček všech zúčastněných zemí, v němž se Česká republika nachází na pátém místě (z 15 zemí).

Existuje také další úhel pohledu. Ten bere v potaz skutečnost, že ačkoliv oficiální místa tvrdí, že neexistuje způsob, jak by mohl eCall sledovat uživatele, existuje dokument s názvem “Shrnutí určené občanům” (European Commission, 2010), který doporučuje, jak by měla oficiální místa představovat eCall občanům. Část tohoto dokumentu je v příloze A. V tomto dokumentu je v části “Další výhody” uvedeno následující:

- Méně dopravních zácp způsobených dopravními nehodami.
- Účinnější řízení dopravního provozu v případě nehod ze strany příslušných orgánů.
- Systém by se mohl využívat i pro jiné účely – elektronické mýtné, sledování nebezpečného zboží, modernější modely pojištění apod.
- Prostřednictvím takového zařízení zabudovaného ve vozidle, které by bylo schopno přijímat satelitní signál, zpracovávat údaje a předávat je dál, by mohl automobilový průmysl a telekomunikační společnosti začít poskytovat nové služby.

Z uvedeného vyplývá, že přestože bylo zavedení systému eCall zprvu prezentováno veřejnosti jen jako systém pro vyšší bezpečnost, není to tak úplně pravda. Tento kritický pohled se snaží dokázat, že implementace systému eCall bude probíhat ve více etapách a že jeho prosazení pravděpodobně povede k online sledování vozidel. Tento dokument byl ze stránek ministerstva vnitra již stažen. Jeho část obsahující zmíněné informace je v příloze této práce.

S tím souvisí také obavy, které mají o své soukromí někteří uživatelé. Jelikož obsahuje jednotka eCall GPS modul, GSM modul a mikrofon, je teoreticky možné, aby systém mohl být zneužit ke sledování polohy vozidla nebo k odposlechlům. Ovšem technické řešení základního systému vylučuje využití eCallu pro jiné účely, než je kontaktování záchranných složek. Systém je neaktivní, dokud nedojde k jeho manuální aktivaci, nebo automatické aktivaci způsobené dopravní nehodou. Systém však může být dovybaven o motoristické asistenční nebo dohledové (pokrádežové) služby, ale pouze na základě svobodného rozhodnutí zákazníka. Z příslušné legislativy vyplývá, že znemožnění provozu systému, nebo dokonce jeho odstranění může být postihováno.

2.1.5 WAZE

Z hlediska využití efektivní distribuce varovných informací v dopravě je nutno se zaměřit také na mobilní aplikace.

WAZE je volně šířená sociální GPS aplikace poskytující navigaci v automobilovém provozu. Je dostupná na platformě Android, iPhone, Symbian a Windows Mobile. Tato navigace také umožňuje předávat varování mezi řidiči navzájem. V principu funguje podobně jako dobrovolní zpravodajové, kteří informují NDIC v případě dopravní nehody nebo jiného problému. Uživatelé této aplikace mohou také zadat dopravní problém (nehodu, kolonu apod.) a tato informace se zobrazí všem řidičům majícím na své trase tento dopravní problém. Kromě toho mohou lidé hlásit nehody, dopravní zácpy, měření rychlosti a policejní hlídky. Také je možné aktualizovat silnice, orientační body, čísla popisná a podobně.

Na rozdíl od klasické navigace se WAZE liší schopností učit se z chování uživatele. Sbírá mapová data a další informace od všech uživatelů. WAZE je dostupné kdekoliv na světě, ale je velký rozdíl v kvalitě mapových podkladů. V současné době disponuje aplikace kompletními mapami Spojených států, Kanady a většiny evropských zemí vč. České republiky.

Kromě turn-by-turn hlasové navigace, real-time provozu a dalších upozornění podle lokality, WAZE současně odešle anonymní informace, včetně rychlosti a umístění uživatelů, zpět do své databáze pro zlepšení služeb jako celku. Crowdsourcing umožňuje WAZE komunitě hlásit navigační a mapové chyby a dopravní nehody či jiné problémy

jejich pouhým zadáním do aplikace při jízdě. Uživatelé WAZE musí být disciplinováni a nerozptylovat ostatní uživatele, např. posíláním zprávy jen proto, aby získali body v hodnostním systému WAZE.

Za účelem včasného varování se práce zabývá pouze těmito hlášeními. Systému WAZE může být použito pro varování v případě dopravních nehod a dopravních problémů. To umožňuje informovat ostatní uživatele nejrychlejším způsobem (ve srovnání s dříve popsány metodami). Na druhé straně má také nevýhody. V první řadě je nutný smartphone a datový tarif. V případě nehody dojde ke zpoždění předání zprávy. Dále je dle zákona zakázané za jízdy manipulovat s mobilním telefonem. To může pouze spolujezdec. Společnost Google přihlásila k patentové ochraně systém, který umožňuje automaticky odlišit řidiče od spolujezdce (Svět Androida, 2014).

Neto (2016) ve své práci analyzoval využívání aplikace WAZE a došel k závěru, že nejpoužívanější je aplikace během ranních a odpoledních špiček a o víkendech a nejčastějšími hlášenými stavy byly „Dopravní zácpa“ a „Hustá doprava“. Také zjistil, že uživatelé jedoucí vysokou rychlostí většinou nereportují změny v dopravní situaci a také, že zpožděná hlášení považují ostatní uživatelé za nespolehlivá.

2.1.6 Google Traffic

Google Traffic je funkce Map Google, která zobrazuje dopravní situaci v reálném čase na hlavních silnicích a dálnicích ve více než 50 zemích světa. Google Traffic lze zobrazit na webových stránkách Google Maps, nebo pomocí aplikace Google Maps na mobilním zařízení. Google Traffic funguje na základě analýzy polohy - určuje umístění na základě informací přenášených na servery společnosti Google velkým počtem uživatelů mobilních telefonů. Tím, že počítá rychlost uživatelů na jednotlivých komunikacích, je Google schopen generovat živé dopravní mapy. Google zpracovává anonymizovaná příchozí data o umístění mobilních telefonů a posléze vylučuje anomálie, jako jsou např. poštovní vozidla, která často zastavují. Je-li dosažena prahová hodnota počtu uživatelů v určité oblasti, překrytí silnic a dálnic na mapě Google změní barvu.

Mapy Google také zobrazují dopravní incidenty, jako např. nehody, rekonstrukce apod. Také je možné zobrazit „Typickou situaci“ založenou na historických hodnotách

z minulých období. Anonymního sběru dat je možné se také nezúčastnit pomocí příslušného nastavení v aplikaci.

2.1.7 Mobilní aplikace a rozhlasové vysílání

Příkladem mobilní aplikace poskytující lepší informovanost o provozu na silnicích je aplikace vyvinutá společností Centria ve spolupráci s několika finskými společnostmi (Jämsä a Kaartinen, 2015). Aplikace má na základě dat z dalších rozhraní v automobilu řidiči za pomoci mobilního telefonu zobrazovat potřebné informace. Tím má být omezeno jeho rozptylování. Aplikace také umožňuje snadné přidání možnosti varování.

Informace o dopravní situaci poskytuje velký počet rozhlasových stanic většinou formou ústního varování. Za všechny lze jmenovat: ČR - Relace Zelená vlna, ČR Regina, Rádio Impuls, rádio Relax, Hitrádio Magic Brno a Hitrádio Vysočina.

Technologie rozhlasového vysílání

V praktické části se práce věnuje přenosu zpráv rozhlasovým vysíláním. V následující části je analýza vybraných technologií, které připadají v úvahu při použití navrženého řešení.

HD radio

Jak již bylo nastíněno v části práce věnované systému Radio-HELP, využití HD rádia má několik výhod – cenu, snadnou implementaci a dosah (každá “FM” rozhlasová stanice).

Digitální informace jsou přenášeny pomocí OFDM algoritmu pro kompresi zvuku s názvem HDC (High-Definition Coding). OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) je širokopásmová modulace využívající frekvenční dělení kanálu. Pracuje s tzv. rozprostřeným spektrem, kdy je signál vysílán na více vzájemně ortogonálních frekvencích, které jsou označovány jako subnosné. HDC je proprietární kodek založený na standardu MPEG-4 HE-AAC. Stanice využívající HD Radio platí licenční poplatek za jednorázové převedení jejího primárního audio kanálu na technologii HD Radia firmy iBiquity a 3% dílčích čistých příjmů pro všechny další digitální subkanály. Pokud dojde ke ztrátě primárního digitálního signálu (HD-1), HD Radio přijímač se vrátí do režimu analogového signálu, čímž je zajištěn bezproblémový přechod mezi novějšími a staršími způsoby přenosu. Firma iBiquity Digital tvrdí, že se systém blíží kvalitě zvuku CD a nabízí snížení rušení i vlivu statické elektřiny.

Odeslání čistě digitálních dat přes přibližně 20 kHz AM kanál je zhruba ekvivalentní k posílání dat přes dvě 33 kbit/s analogové telefonní linky. Režim HD Radio AM hybrid nabízí dvě možnosti, které mohou přenést přibližně 40 nebo 60 kbit/s dat, ale většina AM digitálních stanic používá robustnější 40 kbit/s mód, který se vyznačuje redundancí (stejný datový tok vysílá dvakrát). HD Radio také poskytuje čistě digitální režim, který postrádá analogový signál a v případě špatného signálu se přepne do módu 20 kbit/s.

Digitální vysílání

Zatímco přechod na digitální televizi DVB-T má Česká republika úspěšně za sebou, rozhlasové vysílání podobný proces teprve čeká. Pro posluchače by přechod na DAB (Digital Audio Broadcasting) přinesl řadu výhod. Mezi hlavními se uvádí výrazně širší nabídka stanic a vyšší zvuková kvalita. Pro operátory a poskytovatele rozhlasového signálu je zase DAB z hlediska provozu výrazně levnější než současné analogové vysílání.

Zavedení DAB je plánováno nejdříve na rok 2025, kdy rozhlasovým stanicím končí stávající licence. Stejně jako v Norsku, tak i v ČR tvoří většinu posluchačů rádia řidiči. Pro ně je přechod na novou technologii komplikovanější. Přechod bude tedy pravděpodobně postupný stejně jako v Norsku, kde se vypínají jen celoplošné stanice, zatímco ty lokální dále na FM budou vysílat.

HD Radio versus digitální vysílání

Některé země zavedly Eureka-147 Digital Audio Broadcasting (DAB) nebo jeho nástupce DAB+. DAB vysílá jednu stanicí v širší pásma přibližně 1500 kHz širokém, což odpovídá přenosu 1000 kilobitů za sekundu. Stanice je pak rozdělena na více digitálních proudů, jejichž počet se pohybuje mezi 9 a 12 programy. Oproti tomu FM HD Radio má přiřazeno tradiční 200 kHz šířku kanálu, s možností 300 kbit/s v čistě digitálním režimu.

První generace DAB používá audio kodek MPEG-1 Audio Layer II (MP2), který má méně efektivní kompresi než novější kodeky. Typický datový tok pro DAB programy je pouze 128 kbit/s a v důsledku toho má většina rozhlasových stanic na DAB nižší kvalitu zvuku než FM za optimálních podmínek (NRK, 2017). Oproti tomu DAB+ používá novější AAC+ kodek a FM HD Radio používá kodek založený na standardu MPEG-4 HE-AAC.

Předtím, než byl představen DAB +, vedla neefektivní komprese DAB při snaze zahrnout více kanálů v omezeném pásmu v některých případech až k "degradaci" stanic

ze stereofonní na monofonní (WorldDAB, 2016). Digitální rádio, jako je DAB, DAB+ a FM rádio HD v současné době často mají v porovnání s analogovým FM menší pokrytí trhů, přijímače jsou dražší a příjem uvnitř vozidel a budov může být negativně ovlivněn ve vazbě na přenosové frekvenci. HD Radio sdílí většinu z těchto nedostatků. Na druhé straně, digitální rádio má menší náchylnost k poruchám v signálu.

Oblasti výzkumu jednotlivých uvedených autorů a zdrojů jsou zobrazeny v tabulce č. 1. Autoři a zdroje jsou řazeni podle oblasti výzkumu.

Tabulka 1: Přehled provedených rešerší

ZDROJE \ ZKOUMANÁ OBLAST	Analyza dopravních dat	Senzory	eCall	Floating Car Data	Mobilní aplikace	Kooperativní systémy	Přenosové technologie	Kompletní projekty
Abadi, 2015	X							
Lv et al., 2015	X							
Frere, 2012	X	X						
Maurer, 2012		X						
He, 2013		X						
Kalikova et al., 2015		X	X					
Filjar et al., 2011			X					
Oorni et al., 2014,			X					
Klement a Snášel, 2009			X					
Hadjidimitriou a Öörni, 2015			X					
Janecek et al., 2015				X				
Protschky et al., 2015				X				
Osman et al., (2014)				X				
Senthilkumar et al., 2013				X	X			
Fernardes et al., 2015					X			
Jämsä a Kaartinen, 2015					X			
Neto, 2016					X			
Pípa, 2015						X		
Quartsoft, 2013						X		
Moyeen et al., 2016						X		
Zhou et al., 2016						X	X	
Zelinka, 2009							X	
Strang et al., 2008							X	
Intelligent Transportation Systems, 2016							X	
SimTD, 2015								X
COOPERS, 2015								X
Drive C2X, 2015								X
Compass4d, 2015								X

Zdroj: Vlastní zpracování

2.2 Současná situace v oblasti Connected Car

V následující kapitole se práce zabývá historií Connected Car, spojitostí s IoT a současnou situací, tj. jaké služby pod službou Connected Car pracují, jak je toto řešení koncipováno na uživatelské a technologické úrovni a také jaká jsou bezpečnostní rizika z tohoto trendu plynoucí.

Jedním z rizik této technologie je ovládnutí zařízení, které je v dané chvíli aktivní. Takové ovládnutí nemusí být obtížné. Stačí, když je zařízení špatně zabezpečené. Příkladem toho byl 21. říjen 2016, kdy neznámí útočníci pronikli do více než 100.000 zařízení a využili je jako nástroj, který dokázal znemožnit tisícům uživatelům v USA použití některých služeb, které hostují na jejich území. Byly to např. Amazon, Spotify, HBO a Paypal.

2.2.1 Internet věcí a Connected car

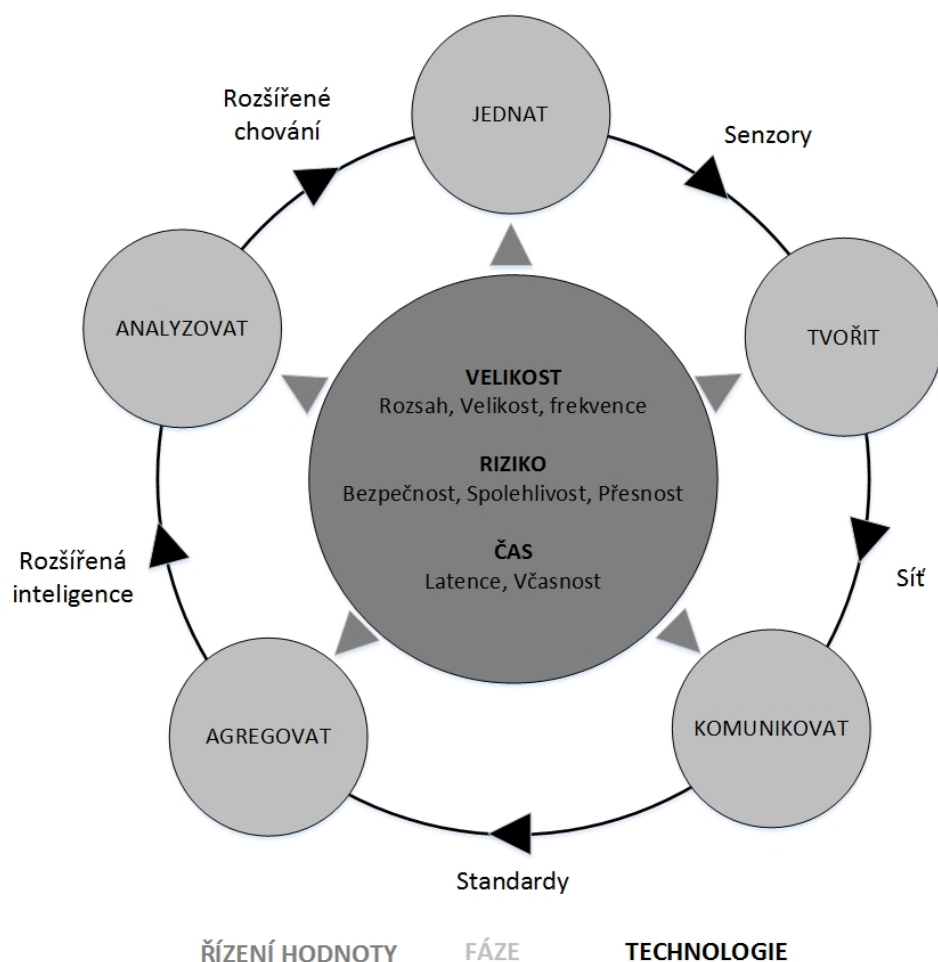
Internet věcí označuje propojení téměř neomezeného množství nejrůznějších objektů – věcí – prostřednictvím internetu. Jedná se tedy o síť vysokého počtu objektů sestávající z čidel, senzorů, přenosových a jiných zařízení, které sbírají údaje, komunikují mezi sebou, vyhodnocují shromážděné údaje a na základě jejich vyhodnocení mohou samostatně jednat bez aktivního zásahu člověka. Věci, které jsou součástí internetu věcí, tak projevují v důsledku sběru a vyhodnocení shromážděných údajů samostatnost, jakousi „inteligenci“. V některých případech již nebudou ke svému fungování a interakci potřebovat průběžné zásahy a instrukce od lidí, ale budou se „chovat“ na základě dat, která si samy shromáždily nebo jim byly zaslány jinými zařízeními v rámci společné sítě. Internet věcí je možné použít v mnoha oblastech a jednou z nich je i silniční doprava.

Na obrázku č. 4 je zobrazena sada technologií umožňujících proměnit očekávání od Internetu věcí v realitu, tj. proměnit jakýkoliv objekt na zdroj informací o sobě samém. Tím se vytvoří nový způsob, jak odlišit výrobky a služby a vznikne tak nový zdroj hodnoty. Uvědomění si plného potenciálu IoT motivuje ke vzniku rámce zahrnujícího sled činností, kterými podniky vytvářejí hodnoty z informací, tzv. „Smyčku informační hodnoty“.

Aby mohla informace projít smyčkou a vytvořit hodnotu, musí projít skrz jednotlivé úrovně smyčky, definované specifickou technologií. Činnost je monitorována senzory,

kteře pŕedávají informaci, ta dále prochází sítí a standardy - technologické, právní, regulační nebo sociální - umožňují této informaci agregaci v čase a prostoru.

Obrázek 4: Smyčka informační hodnoty



Zdroj: Autorsky zpracováno dle: Deloitte 2016

Autoři Rizwan et al. (2016) navrhli za použití IoT systém pro sledování dopravy v reálném čase, který využívá levné jednotky rozmístěné podél komunikací každých 500 nebo 1000 metrů. V podstatě jde o klasický kooperativní systém, který využívá palubní jednotky, jednotky podél komunikací, komunikační síť a centrální server zpracovávající získaná data. Zpětná vazba je poskytnuta prostřednictvím mobilní aplikace.

Slovní spojení **Connected Car** znamená automobil připojený k internetu nebo jiné síti. O automobilu tedy můžeme říci, že je „online“. Býti „online“ v případě automobilu znamená, že neustále komunikuje s internetem a nabízí služby s tím spojené.

Prvním automobilem, který by se dal označit za „Connected Car“, byl vůz vyrobený v roce 1996 společností General Motors. Společnost se svými vozy Cadillac chtěla učinit vozidla „bezpečnější“. V tomto případě to bylo vozidlo připojené k datové síti a inovace spočívala v tom, že po odpálení airbagu bylo pomocí datové sítě vytočeno automaticky servisní středisko a přivolána pomoc.

Nynější Connected Car se ve většině technických směrů liší, nicméně princip zůstal stejný. V dnešní době se funkcionality Connected Car stala trendem a každý producent automobilů má své řešení.

Od roku 1996 uplynulo 21 let a Connected Car se v mnoha věcech změnil. Od prostého zavolání na tísňovou linku při odpálení airbagu systém postupně dospěl až k funkcionalitě eCall, díky které vozidlo disponuje „černou skříňkou“ s údaji GPS, daty o aktivaci airbagů a daty ze senzorů, která následně odešle na tísňovou linku. Od standardizované diagnostiky ke službě, která automaticky informuje v případě poruchy vozidla předem vybraného dealera, který poté kontaktuje vlastníka a naplánuje s ním servis, nebo například k webovému portálu pro správu automobilu z domova ze svého počítače nebo z mobilní aplikace.

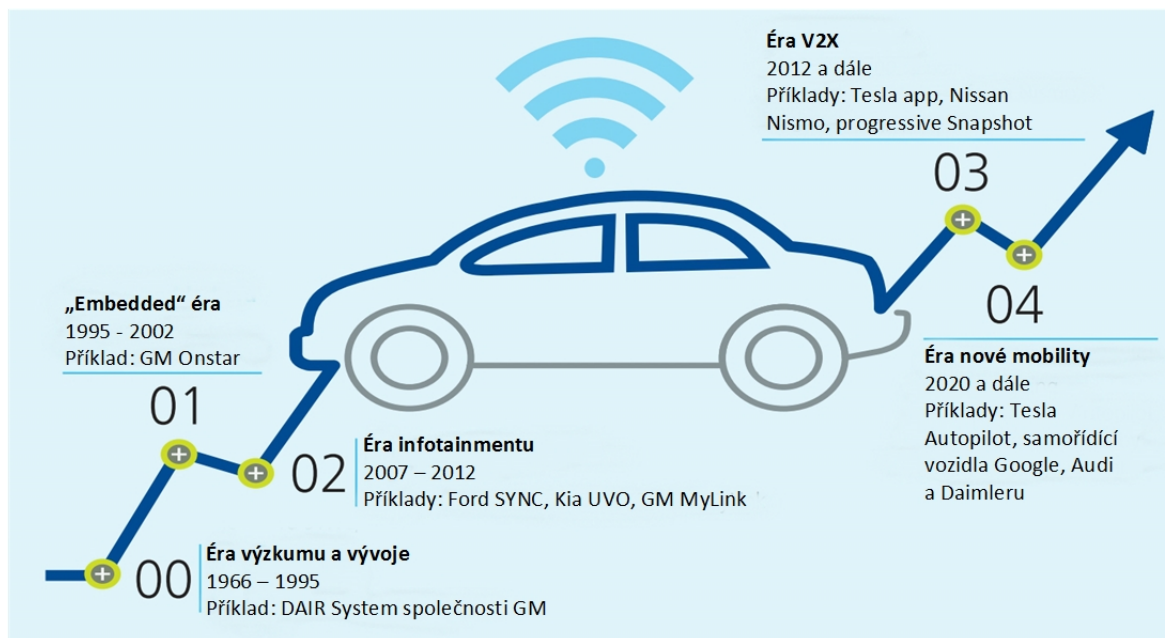
Pravděpodobně nejpřesnější definici pojmu Connected car nabízí US Department of Transportation. Definice zní: *“Aplikace Connected car poskytují konektivitu mezi automobily pro prevenci nehod, dále mezi automobily a infrastrukturou pro bezpečnost, mobilitu a benefity pro životní prostředí a mezi automobily, infrastrukturou a bezdrátovými jednotkami pro nepřetržitou konektivitu v reálném čase.”* (US Department of Transportation, 2015).

Podle Machana a Laugiera (2013) nezahrnují Inteligentní transportní systémy (ITS) pouze vozidla, ale také složky silniční infrastruktury jako např. dopravní značky, mýtné brány, chodce atp. Podle těchto autorů by měla být použita sada komunikačních prostředků pro vzájemnou komunikaci všech těchto složek.

Systém Connected Car se vyvinul v několika fázích v posledních několika desetiletích. Změny jsou patrné jak v technologiích, tak v celém „ekosystému“ vozidla. V každé fázi se objevují nové služby a zvětšuje se tak portfolio dostupných možností. Také se ale objevují nové business modely a podpůrné technologie. Nejlepším způsobem, jak pochopit stávající

komplexitu dané oblasti je sledovat vývoj Connected Car od jeho počátku. Jednotlivé fáze vývoje ilustruje obrázek č. 5.

Obrázek 5: Evoluční fáze Connected Car



Zdroj: Autorsky zpracováno dle: Deloitte 2016

Služby, které pojem Connected Car zastřešuje, se liší podle výrobce. Rozdíl, který mezi nimi je, nicméně není tak markantní a většina služeb, které výrobci automobilů nabízejí, jsou vesměs stejné, jen jinak pojmenované. Největší výrobci mají některé funkce navíc, avšak základní výbava je stejná a většinou se neliší. Služby, které Connected Car řešení nabízí, můžeme obecně rozlišit na tři skupiny: Služby multimediálního systému uvnitř vozidla, Služby vzdáleného přístupu a Služby proaktivní bezpečnosti.

Služby multimediálního systému uvnitř vozidla

Služby multimediálního systému uvnitř vozidla mají spíše informační charakter a jsou většinou spojené s infotainmentem v automobilu. Mezi tyto služby patří: aplikace třetích stran, vlastní a obecné body zájmu, online dopravní informace, zobrazení benzínových stanic, parkovací místa, online plánovač tras, předpověď počasí atp.

Služby infotainmentu ve vozidle ovšem přináší úskalí v podobě vysoké ceny v porovnání s aplikacemi v chytrém telefonu. Ty jsou mnohem levnější nebo dokonce zdarma a navíc

se pravidelně aktualizují. Objevují se i názory, že by se výrobci automobilů měli věnovat jen výrobě automobilů a infotainment, navigaci atp. ponechat společnostem jako je Apple či Google. Ovšem producenti vozidel oponují tím, že jen ony jsou schopny zajistit plnou integraci infotainmentu s konkrétním modelem dané značky a že pro jejich řešení není zapotřebí mobilní telefon, který si řidič může např. zapomenout doma (Kaiser, 2015).

Služby vzdáleného přístupu

Služby vzdáleného přístupu má většina výrobců automobilů vyřešeny jako webový portál provázaný s účtem zákazníka a jeho vozidlem na základě VIN čísla. Těmito službami jsou např. řidičská data, upozornění polohy, parkovací místa, připomenutí vozidla a jeho status, rychlostní upozornění, online ochrana proti krádeži atp.

V těchto portálech jde o základní nastavení a správu vozidla a také se zde nastavují aplikace, které jsou portal-based, což znamená, že hlavní nastavení aplikace je v portálu. Je to například aplikace upozornění na změnu polohy. V této aplikaci se nastavuje oblast, ze které by vozidlo nemělo vyjet. Jestliže vozidlo vyjede z předem vyznačené oblasti, portál upozorní uživatele.

Služby proaktivní bezpečnosti

V rámci Connected Car jsou to funkce bezpečnostního charakteru. Patří mezi ně: automatická notifikace při nehodě (eCall), přivolání servisu, správa celkového stavu vozidla a plánování servisu apod.

2.2.2 Konektivita

Služba Connected Car je složitý technologický proces. Na jedné straně stojí zákazník, který si žádá funkčnost a bezpečnost za co nejnižší cenu a na druhé straně stojí výrobce, který nabízí služby a očekává zisk, v případě výrobce automobilů i zisk z prodeje automobilů. Ziskem ze služeb, které nabízí, zároveň přebírá odpovědnost za jejich funkčnost.

Producenti automobilů nejsou jedinými výrobci těchto služeb. Konkurencí jsou pro ně externí firmy, které navrhují svá vlastní řešení. Ta se většinou uskutečňují pomocí OBD II (OBD - On-Board Diagnostics) portu a nenabízí tedy takové možnosti, jako řešení

samotných producentů vozidel. OBD port je standardizovaný konektor, který je součástí vozidel od roku 2001 a slouží pro připojení diagnostické jednotky. Tato externí řešení jsou tedy vhodnější spíše pro starší automobily, které Connected Car defaultně nepodporují.

V rámci řešení Connected Car dochází ke komunikaci mezi vozidlem, uživatelem a serverem. Komunikace probíhá prostřednictvím internetu, případně mezi uživatelem a vozidlem přes síť Wi-Fi.

Řešení výrobců automobilů

V této podkapitole je uvedeno několik konkrétních příkladů řešení Connected Car od výrobců automobilů. Jejich výčet není kompletní, jde pouze o ukázkou možných přístupů.

VW Car-Net

Connected Car řešení od VW má název Car-Net. Je nabízeno ve formě ročního předplatného a služby jsou situovány do čtyř sekcí (Volkswagen, 2017).

První sekcí je App-Connect, který nabízí propojení smartphonu a automobilu pomocí technologie MirrorLink, AndroidAuto a AppleCarPlay. Jsou to technologie, které propojují chytrý telefon s infotainmentem ve vozidle způsobem, který umožňuje přístup některých aplikací z telefonu do automobilu. Může to být například navigace Google Maps, která je dostupná pro všechny Smartphony pomocí technologie AndroidAuto.

Další sekcí je Guide & Inform obsahující funkce podle zakoupeného infotainmentu, první možností je infotainment PAKET BASIC a druhou je PAKET PLUS, oba balíčky obsahují běžné služby Connected Car (např. Dopravní informace online, Parkovací místa apod.). Balík PAKET PLUS je obohacen o použití Google StreetView, Google Earth, hlasové vyhledávání zvláštních cílů a online aktualizace mapových podkladů.

Security & Service jsou sekce zabývající se zabezpečením a bezpečností vozidla. Mezi funkce této sekce patří např. eCall, Zpráva o stavu vozidla, Online alarm apod.

Škoda Connect

Společnost ŠKODA Auto, a. s. má stejně jako VW rozlišení do sekcí. Vzhledem ke vztahu těchto dvou společností je pochopitelná podobnost jejich řešení. To se u Škody Auto skládá ze tří částí. Jsou to sekce Infotainment Online obsahující informační služby, Care Connect zaměřený na vzdálený přístup k vozidlu a proaktivní bezpečí a Emergency Call. Kompletní služba Škoda Connect je řešena pomocí ročního předplatného, stejně jako u VW Car-Net (Škoda Auto, 2017).

Tesla Motors

Všechny automobily této značky nabízejí řešení Connected Car a přitom na tomto trendu tato firma nezakládá marketing. Řešení Tesly je bezplatné a v některých případech nabízí oproti jiným značkám jedinečné funkce.

Zajímavostí je funkce, kdy řidič vystoupí na parkovišti z vozu a nechá jej zaparkovat jen pomocí stisknutí tlačítka na svém smartphonu. Vozidlo poté pomocí kamer a senzorů najde volné místo a samo zaparkuje. Když chce zákazník následně s vozidlem vyjet, stačí zase jen stisk tlačítka a vozidlo přijede k zákazníkovi.

Vozidlo je stále online a komunikuje s různými systémy. Tesla Motors nabízí také, jako jediný producent automobilů, tzv. aktualizace „Over the Air“ (OTA). To znamená, že má vozidlo možnost aktualizace softwaru bez nutnosti navštívení servisu. Výrobce vydá novou aktualizaci a je na uživateli, jestli si ji nainstaluje nebo ne. Nicméně zákazníkům se tato možnost již v mnoha případech vyplatila. Ukázkovým případem může být např. kompletní redesign uživatelského prostředí v aktualizaci verze 8.0 nebo například přidání funkce Autopilot, kdy se vozidlo spolu s přítomností řidiče dokáže řídit téměř samo.

Externí řešení

On-board diagnostics, ve zkratce OBD II, je standard, který je definovaný několika normami. Technické řešení představuje port, který se nachází většinou ve spodní části interiéru v prostoru pod volantem a tím, že je definovaný normami, vzniká příležitost pro zapojení externího zařízení. Následuje krátký výčet výrobců těchto externích řešení.

Mojio

Externím výrobcem, který nabízí služby Connected Car, je společnost Mojio. Mojio je společnost, která vytvořila OBD II standard a software k němu potřebný a sdílela ho jako open-platformu pro ostatní vývojáře. Funkce od společnosti Mojio jsou podobné funkcím od výrobců automobilů, nicméně jak už bylo řečeno, jsou omezené na informace, které zpřístupňuje OBD II port.

Obrázek 6: SyncUP DRIVE™ na platformě Mojio



Zdroj: Mojito, 2016

Díky zabudované GPS umí Mojio číst polohu a rychlost vozidla, tudíž je zde možnost funkce upozornění polohy, kdy by se po nadefinování plochy vozidlo nemělo z této oblasti vzdálit. Taktéž je zde funkce poslední parkovací pozice. Díky softwaru, který společnost Mojio navrhla, jsou zde statistiky jako např. efektivita jízdy, úspornost jízdy, spotřeba atd. Výstupy těchto statistických funkcí je dále možno exportovat jako souhrn informací do formátu pdf či csv.

Zubie

Společnost Zubie je dalším výrobcem externích řešení Connected Car. Nabízí v podstatě stejné funkce jako řešení Mojio. Zubie nabízí navíc funkci In-Car Wi-Fi. Tato funkce spočívá ve vytvoření hotspotu uvnitř vozidla, kdy se zákazník připojí na vytvořenou Wi-Fi síť.

Obrázek 7: Připojení pomocí OBD II konektoru



Zdroj: Zubie, 2016

2.2.3 Bezpečnost Connected Car

Nejznámější situací, kdy bylo „ovládnuto“ vozidlo, byla situace z roku 2015. Charlie Miller and Chris Valasek se pokusili o převzetí kontroly nad vozidlem Jeep Cherokee a jejich pokus byl úspěšný. Nejen, že pronikli do systému vozidla a ovládli jeho infotainment, ale také dokázali převzít kontrolu systému řízení, brzd a převodovky. To vše dokázali jen pomocí laptopu a internetu bez blízké přítomnosti vozidla. Jestliže by za laptopem nebyli dva hackeři, kteří chtěli jen dokázat jak „děravý“ je systém a byli by tam dva hackeři, kteří chtějí zabíjet, nic by jim v tom nebránilo. Po tomto incidentu Jeep svolal více než 1,4 miliónů vozů kvůli opravě kritické chyby, na kterou přišel právě díky ochotě dvojice spolupracovat na bezpečnostní záplatě.

Stejně jako v problematice virů a antivirových programů, i zde dochází ke střetu dvou stran. Dle informací z WikiLeaks (The Washington Post, 2017) se CIA snažila najít způsob nezjistitelného ovládnutí vozidla použitelného například k zastavení prchajících zločinců, nebo jen k jejich sledování. Vzhledem k tomu, že CIA tyto informace nepotvrdila, nevěnuje se tomuto tématu práce podrobněji.

Aby se předešlo podobným situacím a minimalizovala se rizika spojená s tímto řešením, vznikly a stále vznikají standardizační normy pro bezpečnost při návrhu a realizaci řešení Connected Car. Následující kapitola obsahuje normy, které se věnují této problematice a pravidlům bezpečnosti.

Množství dat shromážděné automobily je značné a musí být zasíláno do Cloudu, aby byla data dostupná ostatním uživatelům, výrobcům a společností. Podle některých předpovědí (Quartz, 2015) se v časovém okně jedné hodiny odešle z jednoho vozidla více než 20 GB dat. Aby bylo možné řídit takový objem dat, je zásadní, aby Cloud nepůsobil jen jako úložiště, ale aby umožňoval zpracování a choval se tak jako centrální uzel, kterým budou všechny informace procházet.

I přesto, že bezdrátové připojení ve vozidlech a diagnostické informace připraví půdu pro nové užitečné služby, mohou být také využity škodlivými činiteli k ohrožení bezpečnosti osob uvnitř vozidla. Vzhledem k tomu, že automobily vybavené technologií Connected Cars již umožňují funkcionality jako je bezklíčový vstup, temperování vozidla nebo otevírání oken, hacking může vést nejen ke ztrátě soukromých dat, ale také ke krádeži vozidla. Ještě horší scénáře by mohly nastat při dálkovém převzetí kontroly řídicích a brzdových funkcí vozidla.

Obrázek 8: Možné způsoby elektronického napadení vozidla



Zdroj: Autorsky zpracováno dle: Coppola, 2016

Bezpečnostní riziko může pocházet z následujících prvků vozidla (Bécsi et al., 2015):

ECU – vinou křehkých autentizačních systémů, nebo žádné autentizace, může být ECU přeprogramována škodlivým softwarem.

Mobilní aplikace - aplikace běžící na mobilních zařízeních integrovaných do palubní desky vozidla nemusí být dostatečně chráněné. Aplikace mohou obsahovat škodlivé knihovny

a vystavovat údaje o vozidle nebezpečí úniku. Ještě vážnější hrozby mohou nastat, pokud tyto aplikace umožňují vydávání příkazů přímo vozidlu.

OBD-II porty - povinný OBD-II port umožňuje přístup k celému systému sběrnic automobilu. Ohrožené zařízení třetích stran do něj zapojené může sbírat diagnostická data nebo také nainstalovat malware do vozidla. Pokud útočník ponechá škodlivé zařízení zapojené ve vozidle, může mít neustále přístup k citlivým informacím o vozidle a jeho uživatelích (Carsten et al., 2015).

CD přehrávače a USB porty - vozidla jsou vybavena CD přehrávačem s externím digitálním multimedialním portem, který může být použit pro vložení škodlivého softwaru. Vzhledem k tomu, že jsou systémy pro zábavu připojeny ke sběrnici CAN, mohou sloužit jako rozhraní k útoku na jiné komponenty (Checkoway et al., 2011).

CAN sběrnice - vnitřní síť automobilu představují značné riziko, neboť nejsou vybaveny protokoly, které by zaručovaly klíčové vlastnosti informační bezpečnosti, jako jsou autenticita nebo důvěrnost přenášených dat. Tato sběrnice se používá ke komunikaci se všemi komponenty vozidla kritickými pro řízení a zprávy po ní se šířící jsou čitelné dalšími uzly, jelikož nejsou chráněny MAC adresami nebo digitálními podpisy (Ring 2015; Kleberger et al. 2011).

V nedávné době bylo provedeno několik studií zaměřených na zranitelnost CAN sběrnice. Avšak mnoho z nich předpokládalo použití reverzního inženýrství a carjackingu. Oproti tomu autoři Woo et al. (2015) navrhli model útoku na Connected Car založený na infikovaném chytrém telefonu. Ten byl nakažen pomocí aplikace stažené majitelem z oficiálního obchodu. Autoři tak ukázali, že k útoku nemusí dojít pouze prostřednictvím cizího chytrého telefonu, ale také, pokud je ovládnut telefon majitele vozidla, z jakéhokoliv zařízení a jako prostředek útoku slouží nakažený telefon. Model byl testován v reálném prostředí a experiment předpoklady autorů potvrdil (Woo et al., 2015).

Platné normy

v této části práce jsou uvedeny normy nebo jejich části vztahující se k tématu, platící jak pro samotný Connected Car, ale také pro síť CANBus uvnitř vozidla a také zabezpečení ostatních prostředků, které mají co do činění se službou Connected Car a mohly by být bezpečnostním problémem.

IEC

Zkratka IEC znamená International Electrotechnical Commission, v překladu tedy Mezinárodní Elektrotechnické Konsorcium. Jde o světově uznávanou nezávislou federaci, která sdružuje odborníky, aby sdílela znalosti, inovace a postupy.

ISO/IEC 61508

Norma s číslem 61508 pojednává o obecné bezpečnosti elektronických zařízení a skládá se ze sedmi částí. První čtyři části jsou „normativní“, tj. povinné a zbytek slouží k informativním účelům. K účelu této práce slouží kapitoly, které pojednávají o obecném životním cyklu bezpečnosti a k určování úrovně rizika (Uher, 2004).

Životní cyklus bezpečnosti

Norma standardizuje celkový životní cyklus bezpečnosti. Ten nabízí model jednotlivých fází bezpečnosti během celé životnosti systému. Koncept celkového životního cyklu bezpečnosti je založen na faktu, že funkční bezpečnost není závislá na spolehlivosti. Odmítá tedy předpoklad, že pokud je systém provozně spolehlivý, je zároveň bezpečný. V normě vystupuje řízení zařízení pod zkratkou EUC, což je Equipment Under Control.

První fáze s názvem Koncept pojednává o EUC a pochopení jeho prostředí tak, aby bylo možné provádět další činnosti životního cyklu. Výstupem této fáze jsou informace o prostředí a nebezpečí EUC.

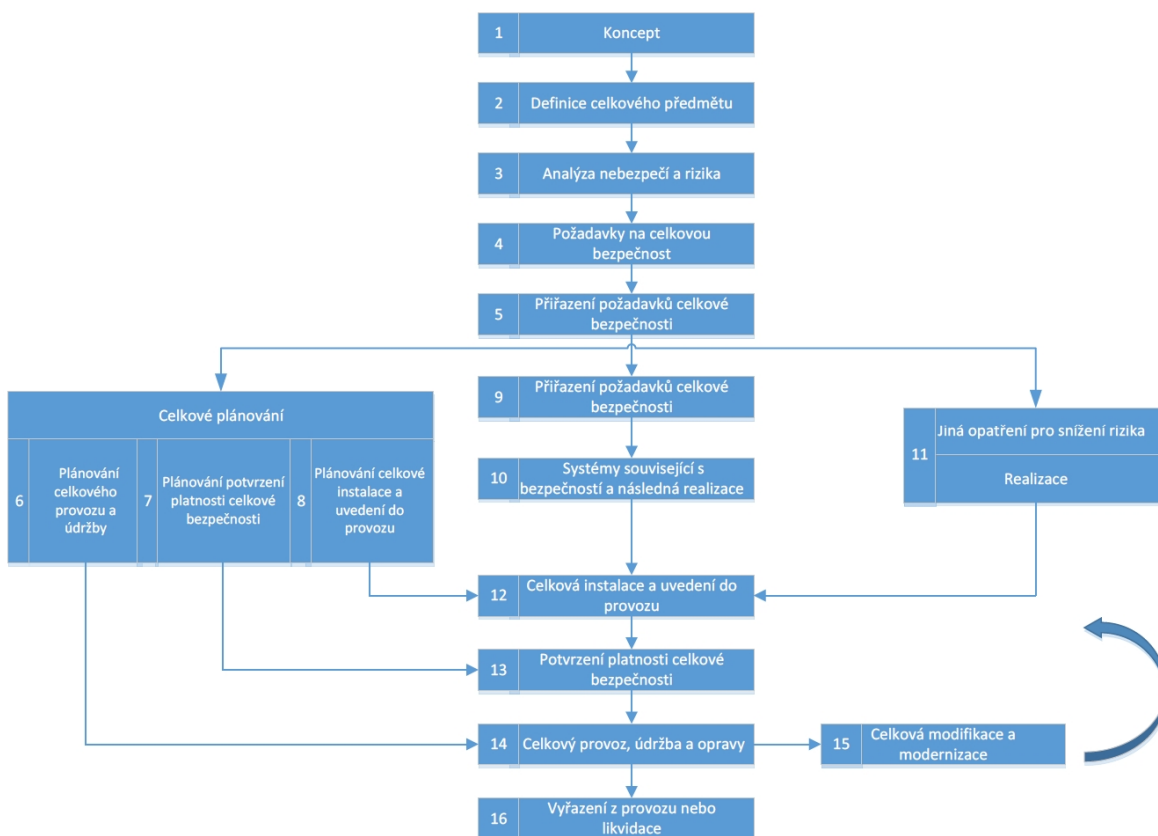
Druhá fáze nese název Definice celkového předmětu neboli definice celkové oblasti užití. Tato fáze vymezuje hranice EUC a systému řízení. Stanovuje se předmět analýzy nebezpečí a rizik, nebezpečí procesu a nebezpečí okolního procesu. Výstupem této fáze je definovaný předmět nebezpečí a analýza rizika.

Třetí fází je samotná analýza nebezpečí a rizik. Určuje se úroveň rizika a analyzuje se jeho přípustnost. Takováto analýza je základní princip normy 61508 neboť zajišťuje vyváženost mezi opatřeními zajišťující bezpečnost a rizikem spojeným s řídicím systémem. Podle normy se analýza skládá ze tří kroků: 1. Určení nebezpečí, 2. Analýza nebezpečí, 3.

Ohodnocení rizika. Čtvrtou fází je stanovení požadavku na celkovou bezpečnost zajišťující potřebné zmenšení rizika.

V páté fázi se stanovují požadavky v konkrétní podobě, která vychází ze čtvrté fáze. Požadavky jsou přiřazeny jednotlivým systémům pro projektování ve fázích 6, 7 a 8. Fáze 6, 7 a 8 jsou části, u kterých nastává celkové plánování. U fáze č. 6 je to plánování celkového provozu a údržby, další fází je plánování potvrzení platnosti celkové bezpečnosti a poslední fází v oblasti plánování je plánování celkové instalace a uvedení do provozu. Následuje realizace, sestávající z bodů 9, 10 a 11. Poté následuje fáze s číslem 12, která je již součástí instalace a nese název Celková instalace a uvedení do provozu. Na ni navazuje fáze 13, která se jmenuje Potvrzení platnosti celkové bezpečnosti a poslední fáze ze skupiny instalace je fáze s číslem 14 - Celkový provoz, údržba a opravy.

Obrázek 9: Životní cyklus bezpečnosti dle normy ČSN EN 61508



Zdroj: ČSN EN 61508

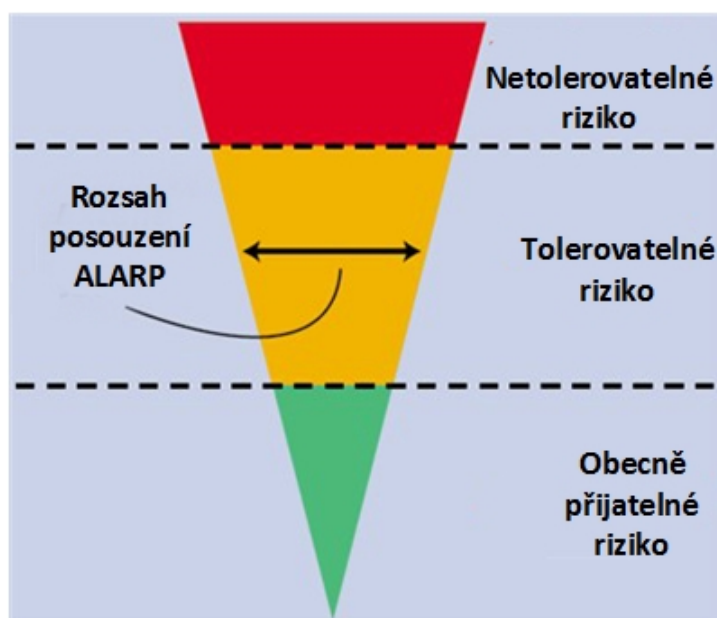
V případě plánované modernizace nastává fáze s názvem Celková modifikace a modernizace, touto fází se definují nové postupy bezpečnosti a vrací se k příslušné fázi

životního cyklu. Poslední fází je už samotné vyřazení z provozu či likvidace. Definují se zde například postupy pro zachování integrity po odstranění z provozu. Výsledkem je požadovaná funkční bezpečnost. Je nutno zmínit, že tento model je pouze určitým přiblížením se ideálnímu stavu. Model nemůže nahradit kvalitní projektování a řízení, nicméně může být vhodně použit jako podpůrný prostředek. Kompletní diagram je zobrazen na obrázku č. 9.

Rozhodnutí o úrovni rizika

Další kapitolou ve standardu IEC 61508 je oblast určování rizika. Instrukce se při zabezpečení systémů musí rozhodovat, jaká rizika jsou ochotna podstoupit, neboť v bezpečnosti systémů neexistuje nulové riziko. Rozhodují se tedy mezi tím, jaká rizika jsou přijatelná a jaká nikoliv. S rozhodováním o přijmutí či odmítnutí rizik je spojen princip ALARP (z anglické zkratky “As Low As Reasonably Practicable”). Tedy v hrubém překladu riziko co nejnižší, ale přijatelné. Princip ALARP je obecný požadavek pro všechny bezpečnostně orientované systémy. Princip vymezuje tři oblasti, kde se riziko může vyskytovat.

Obrázek 10: ALARP trojúhelník



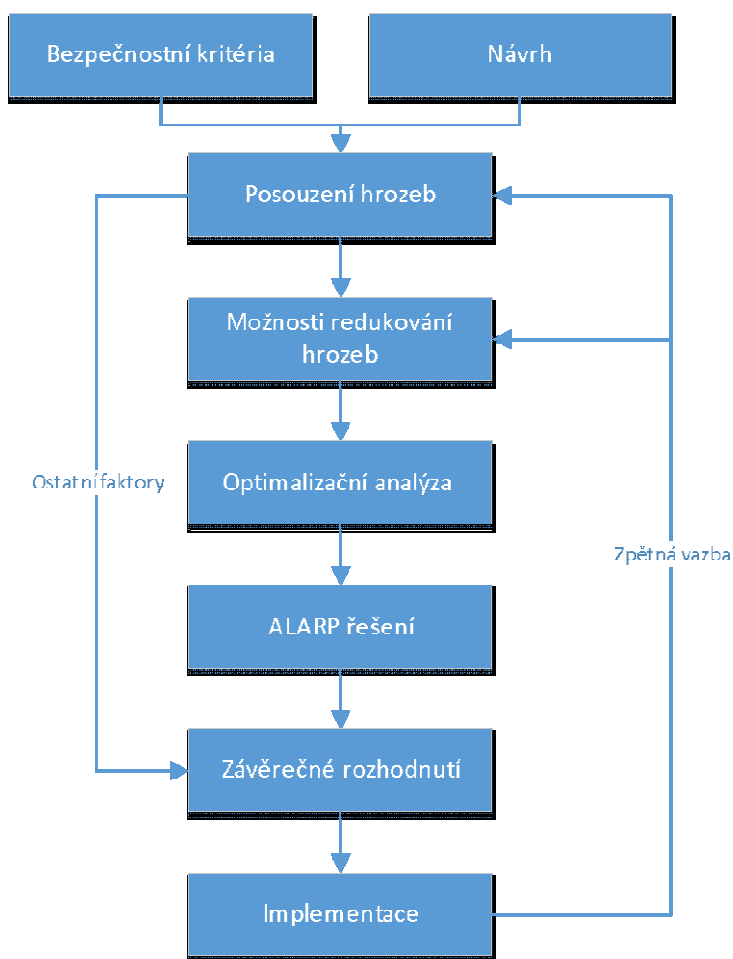
Zdroj: Autorsky zpracováno dle: Risktec, 2017

První oblast představuje nepřijatelné riziko. Pokud se riziko vyskytuje v nepřijatelné oblasti, nemůže být systém dále provozován, neboť jeho používání přináší nebezpečí. Je to

riziko, které spouští procesy, které zajistí následné snížení rizika nebo pozastavení systému.

Další oblast představuje riziko, které může být tolerováno za předpokladu, že instituci přináší výrazný zisk nebo výhody. Toto riziko by nemělo být přijato bezmyšlenkovitě a v čase se zvětšovat. Pro tento případ se provádí analýza nákladů a zisků. Po analýze a určení přípustnosti je toto riziko pojmenováno jako ALARP, tedy riziko, které je prakticky nejnižší možné. Proces určující riziko ALARP je zobrazen na obrázku č. 11.

Obrázek 11: Proces určující ALARP riziko



Zdroj: Vlastní zpracování

Tento diagram začíná dvěma procesy. Jsou jimi bezpečnostní kritéria a návrh. Návrh označuje samotné riziko a bezpečnostní kritéria označují souhrn pravidel, kterými by se mělo řízení rizika řídit. Společně tak vstupují do procesů, které vyhodnocují dané riziko.

Další částí tohoto diagramu je proces Posouzení hrozeb. Jak název naznačuje, v tomto procesu se posuzují rizika z hlediska toho, jaké hrozby představují. Proces s názvem Možnosti redukování hrozeb je navazujícím procesem, který zvažuje možnosti a metody, díky kterým je možné riziko omezit na takovou úroveň, aby ho bylo možné použít jako ALARP riziko. Následujícím procesem je řešení ALARP, což je diskuze, která pomáhá vyhodnotit všechny klady a zápory daného rizika a jeho přidanou hodnotu. Součástí diskuze je také detailní vyhodnocení, jestli je dané riziko vhodné přijmout či odmítnout. V následujících částech nastává finální rozhodnutí a implementace, kde vstupuje také zpětná vazba a posouzení stavu s případným návratem k dalším úpravám. Také se znovu stanovuje závěrečné rozhodnutí s přihlédnutím k dalším nově přidaným faktorům. Poslední oblastí je oblast přijatelná. Patří do ní rizika, která nejsou pro systém nikterak nebezpečná a přináší malá či žádná rizika.

Při užití tohoto principu z pohledu automobilové bezpečnosti se tedy pracuje se třemi kategoriemi rizik. V první kategorii se jedná o rizika nepřijatelná, která ohrožují bezpečnost cestujících ve vozidle. Druhou kategorií je oblast ALARP, kde existuje riziko, nicméně výrobce v tomto případě je ochoten riziko podstoupit. Poslední oblastí je oblast přijatelná.

Jako praktický příklad slouží riziko, kdy třetí strana, která chce zneužít cizí vozidlo, toho chce docílit za pomoci vzdáleného přístupu. V prvním případě je to riziko, které by umožňovalo po přístupu do sítě vozidla zneužití řídicí jednotky a ovládnutí řídicích mechanismů ve vozidle jako jsou např. brzdy či plyn. Takové riziko je nepřijatelné, neboť opravňuje třetí stranu ohrozit daného uživatele na životě.

Další kategorií je oblast přístupná (ALARP). Zde se příklad definuje obtížněji, neboť jsou k tomu potřeba informace přímo od výrobců automobilů. Příkladem může být situace, kdy se třetí strana snaží připojovat na Wi-Fi síť, která je k dispozici účastníkům ve vozidle. Rizikem je, že třetí strana prolomí ochranu a poté získá přístup do sítě vozidla. Každopádně výrobce je ochotný toto riziko podstoupit, neboť z toho plyne benefit, který umožňuje zákazníkovi vytvořit si ve vozidle hotspot, pomocí kterého získá přístup k internetu. Mimo jiné by výrobce vozidla měl zajistit to, že pomocí Wi-Fi sítě vozidla nebude možno se dostat do sítě vozidla, která by umožňovala ovládnutí řídicích mechanismů. Zjednodušeně řečeno bude Wi-Fi síť odizolována od sítě řídicích jednotek.

V přijatelné oblasti může být riziko, které je malé a nevýznamné. V praktickém užití to může být riziko, které nijak neovlivňuje vozidlo, jeho bezpečnostní prvky a neomezuje účastníky ve vozidle.

Shrnutí IEC 61508

Tato norma je celosvětovým standardem, který popisuje bezpečnostní zásady a požadavky na elektrické, elektronické a programovatelné systémy. Je to první regulace, která je nezávislá na druhu aplikace. Zde je shrnuta jen menší část této normy sloužící jako ukázka norem platících pro Connected Car. V této práci je shrnuta kapitola životního cyklu. Je důležité si uvědomit, že bezpečnost spočívá i v jiných faktech než jen v systémových komponentách a je důležité ji řešit už od počátku vývoje. Další kapitolou je určení úrovně rizika, neboť je důležité uvědomit si, že žádný systém není možné dokonale zabezpečit. Lze pouze přijmout či snížit po určité analýze rizika

SAE

Další společností, která se věnuje standardizačním normám, jsou Technical Standards and Development. Tato společnost je mezinárodně uznávaná pro kvalitu, bezpečnost a efektivnost svých norem. SAE ve svém portfoliu vlastní více než 10 000 standardů. Norma, která souvisí s Connected Car, nese název SAE J3061. U této normy se nejedná přímo o Connected Car problematiku, nicméně témata zmíněná v normě s ní mají mnoho společného.

SAE J3061

Norma s označením SAE J3061 je soubor doporučení a principů, které se zaměřují na kyber-bezpečnost v automobilovém průmyslu. Celý název této normy je „Cybersecurity Guidebook for Cyber-Physical Vehicle Systems“ a jak z názvu plyne, jedná se o postupy k zabezpečení automobilových systémů. Norma definuje životní cyklus bezpečnostních systémů, dále zprostředkovává informace, metody a běžné nástroje při návrhu a validaci těchto systémů. Také zprostředkovává základní principy bezpečnosti a poskytuje základ pro budoucí rozvoj bezpečnosti těchto automobilových systémů. Tato práce se věnuje pouze vybraným statím z této normy. Vybrané kapitoly by měly přiblížit pohled na problematiku zabezpečení vozidla z pohledu vývoje.

Bezpečnostní potenciál systému

V úvodu vývoje systémů či zabezpečování systému je potřeba si uvědomit potenciál systému, který má být bezpečný. Tento proces slouží k budoucímu vývoji a k porozumění této problematice pomocí několika otázek. Na tyto otázky by si měl odpovědět každý, který se problematikou zabezpečení systémů zabývá. Otázky jsou:

- Obsahuje systém některá citlivá data nebo osobní informace, která by byla předmětem útoku?
- Jakou roli hraje systém v kritických funkcích systému vozidla?
- Jak a s kým bude systém komunikovat?
- Bude systém komunikovat s ostatními účastníky provozu?
- Může být systém použit jako prostředek k jinému útoku?

V případě použití životního cyklu bezpečnosti ze standardu IEC 61508 se tyto otázky pokládají ve fázi konceptu a definice celkového předmětu.

Analýza hrozeb a hodnocení rizik

V případě dalšího postupu životním cyklem bezpečnosti by se výrobci nebo vývojáři měli věnovat procesu TARA (Threat Analysis and Risk assessment), tj. Analýze hrozeb a hodnocení rizik, což je postup, při kterém se identifikují a sestavují veškeré hrozby a rizika a navrhují se protiopatření na jejich zmírnění. Analýza se skládá ze tří složek:

- První složkou je Analýza hrozeb. Tato analýza identifikuje potenciální hrozby systému.
- Druhou složkou je Klasifikace rizik. Tato složka posuzuje a klasifikuje identifikovaná rizika. Tato složka zvažuje závažnost možného útoku na systém a pravděpodobnost, zda bude daný útok úspěšný. Pravděpodobnost, že může být potenciální útok úspěšně proveden, se označuje jako „potenciál útoku“. Potenciál útoku je definován různými faktory, které záleží na kompletní TARA analýze. V uvedeném případě to může být například doba průniku, odborné znalosti k útoku, zařízení nutná k útoku a příležitosti k útoku.

- Poslední složkou je Analýza rizik. Tato analýza shrnuje všechna klasifikovaná rizika a řadí je podle jejich závažnosti. Jsou dvě možnosti závažnosti - riziko přijatelné a nepřijatelné. Nepřijatelné je takové riziko, u kterého je potřeba opatření a postupů, které by jej snížily.

Cílem TARA analýzy je definovat potenciální hrozby pro funkci systému, posouzení rizik spojených s každou identifikovanou hrozbou a určení, zda je riziko na přijatelné úrovni či jestli je potřeba vytvořit protiopatření.

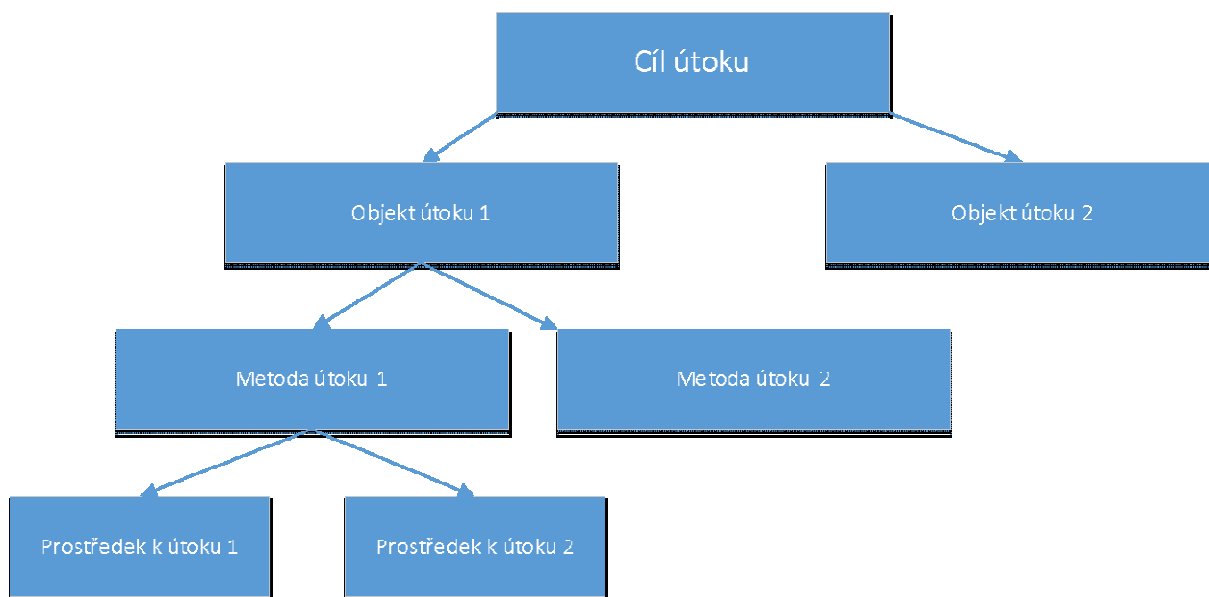
Zkratka **EVITA** znamená: „E-Safety Vehicle Intrusion Protected Applications“. Tato metoda je nástrojem, který byl vyvinut Evropskou komisí ve spolupráci s mnoha organizacemi. K nejznámějším organizacím patří například BMW Group Research a Technology Bosch, Continental nebo Fujitsu. Cílem projektu bylo navrhnout a ověřit architekturu pro sítě uvnitř vozidel, kde by komponenty, které odpovídají za bezpečnost uvnitř vozidla, byly ochráněny před neoprávněnou manipulací a ochranou před únikem citlivých údajů. Metoda EVITA se soustřeďuje na čtyři oblasti: provozní oblast, bezpečnostní oblast, oblast ochrany údajů a finanční oblast.

Úkolem provozní oblasti je udržet zamýšlenou provozní výkonnost a funkce automobilu. Bezpečnostní oblast má za úkol zajistit funkční bezpečnost uživatelů ve voze a účastníků provozu. Oblast ochrany osobních údajů má za úkol ochranu osobních údajů řidičů vozidel a duševního vlastnictví výrobců automobilů a jejich dodavatelů. Finanční oblast má za úkol zabránit obchodním transakcím, které jsou podvodné a také zajištění ochrany před krádeží vozidla.

Pro každou z těchto oblastí existují dva faktory, které mají vypovídací hodnotu o zabezpečení každé oblasti. Je to identifikace rizika a klasifikace rizika. Faktor identifikace rizika je souhrn nejhorších možných scénářů, které mohou nastat a rozdělení každého scénáře do tzv. attack trees. „Attack trees“ je podrobný rozpis daného útoku. Figuruje zde objekt útoku, metoda útoku a komponenty útoku.

K názornosti slouží diagram. Na obrázku č. 12 je obecný diagram, který zobrazuje rozpis prostředků, které jsou potřeba k útoku na systém.

Obrázek 12: Obecný rozpis útoku v podobě EVITA metody



Zdroj: Vlastní zpracování

Tento diagram představuje souhrn komponent a metod, které v součtu tvoří nástroj, pomocí kterého je možno docílit plánovaného útoku. K převedení tohoto diagramu do reality lze použít příklad, kdy chce útočník přebrat kontrolu nad brzdovou soustavou vozidla. Cílem útoku je tedy brzdová soustava, objekty útoku 1 a 2 jsou komponenty, které způsobí to, že se útočník dostane k ovládání brzdové soustavy. Takovými objekty může být komponenta, která s brzdovou soustavou přímo souvisí, např. ECU řídicí jednotka. Metodami útoku je poté činnost, kterou pachatel použil k útoku. Příkladem může být například odposlouchávání vozidla a poté připojení k vozidlu. Na to navazuje další část s názvem prostředek k útoku, což je prostředek, který musí útočník použít, aby byl útok uskutečnitelný. V tomto případě to je například odposlouchávání ECU jednotky pomocí OBD diagnostiky.

Výstupem tohoto diagramu je identifikace rizik a ta spolu s testovacími scénáři tvoří faktor, který kompletně identifikuje riziko pro následnou klasifikaci. Klasifikace vychází z metody TARA, která je popsána v předešlé kapitole.

Po zhodnocení každé oblasti a faktorů v ní obsažených přichází na řadu srovnávací tabulka, která určuje třídu daného systému.

Tabulka 2: Rozdělení tříd závažnosti

Třída	Bezpečnost	Soukromí	Finance	Provoz
S0	Žádná zranění	Žádný neautorizovaný přístup k datům	Bez finančních ztrát	Žádný vliv na provozní výkon
S1	Lehká zranění	Přístup pouze k anonymním datům	Nízké ztráty (~\$10)	Nerozeznatelný dopad na řidiče
S2	Těžká zranění	Přístup k datům, které identifikují auto	Průměrné ztráty (~\$100)	Řidič si je vědom nižšího výkonu
S3	Život ohrožující	Sledování řidiče či vozidla	Vážné finanční ztráty (~\$1000)	Značný vliv na výkon
S4	Život ohrožující nebo s fatálními následky	Sledování více řidičů či vozidel	Vážné finanční ztráty pro více vozidel	Značný vliv na výkon u více vozidel

Zdroj: Vlastní zpracování

S třídou daného systému přichází na řadu tzv. potenciál útoku, což je pravděpodobnost úspěšného útoku. Definuje ho útočník spolu se systémem a faktory této metriky jsou uplynulý čas, úroveň znalostí útočníka, potřebná znalost systému, příležitost k útoku a potřebné vybavení. Každému z těchto faktorů se přiřadí číslo, které hodnotí jeho obtížnost. Např. u úrovně znalosti útočníka to může být laik, který bude mít hodnotu 0, odborník s hodnotou 3, expert s hodnotou 6 nebo více expertů s hodnotou 8. Ze součtu hodnot těchto faktorů lze poté z tabulky č. 3 vyčíst pravděpodobnost útoku.

Tabulka 3: Rozdělení potenciálu útoku

Hodnoty	Potenciál útoku potřebný k identifikaci a úspěšnému provedení útoku	Pravděpodobnost útoku
0-9	Základní	5
11-13	Rozšířený základ	4
14-19	Mírný	3
20-24	Velký	2
>=25	Nad očekávání	1

Zdroj: Vlastní zpracování

V konečné fázi nastupuje proces, který porovnává hodnotu pravděpodobnosti útoku a třídu závažnosti a podle toho určuje výši rizika. Je to stupnice od R0 do R6, kdy R0 je riziko nejnižší a R6 riziko nejvyšší.

Tabulka 4: Rozdělení úrovně rizik

Bezpečnostní úroveň rizika		Kombinovaná pravděpodobnost útoku				
		A=1	A=2	A=3	A=4	A=5
Závažnost	1	R0	R0	R1	R2	R3
	2	R0	R1	R2	R3	R4
	3	R1	R2	R3	R4	R5
	4	R2	R3	R4	R5	R6

Zdroj: Vlastní zpracování

Metoda EVITA je metoda, která srovnává úroveň rizika podle stanovených tabulek a standardizuje úrovně rizik. Společnost, která tuto metodu použije, tak získá podrobný přehled o rizicích, která zjistila a může tak pokračovat v jejich řešení.

Pohled na bezpečnost z hlediska vozidla

Tato kapitola se věnuje otázkám bezpečnosti vozidla, nicméně zvažuje přitom hledisko vozidla a jeho prostředků. Při pohledu na vozidlo nastává několik základních otázek, které souvisejí s bezpečností a musí být zodpovězeny:

- Jakou elektronickou architekturu vozidlo používá?
- Definování počtu a typů interních komunikačních sítí ve vozidle.
- Identifikace počtu ECU jednotek ve vozidle.
- Jaká síť bude obsažena v každé ECU jednotce?
- Jak bude každá ECU jednotka identifikovaná?
- Které ECU by měly být zabezpečeny? Jak to bude provedeno?
- Jak a s čím bude každá ECU komunikovat?

- Potřebná HW specifikace každé ECU jednotky.
- Potřebný software každé ECU.

Tyto otázky slouží k základnímu shrnutí a obeznámení, s čím společnost pracuje, a poskytují východiska pro další fáze při zabezpečení vozidla.

Standard J3061 nabízí několik bezpečnostních mechanismů, které slouží jako přibližný návod a postup, na jaké části vozidla se zaměřit:

- Izolování/oddělení systémů, které mají externí přístup od systémů, jež jsou kritické pro bezpečnostní systémy vozu a provozní funkčnost vozu. Také odizolování/oddělení systémů, které mají vliv na provozní funkčnost vozu.
- Mechanismus definování přístupu ke kritickým ECU, k jejich diagnostickým módům a datům.
- Mechanismus, který zamítne přístup k informacím o provozním stavu vozidla, k osobním datům, k finančním datům atp.
- Komunikační mechanismy mezi zařízeními, které způsobí to, že při výměně informací mezi přijímači nemůže dojít k záměně informací.
- Mechanismy, které efektivně zabezpečí diagnostické a aktualizací procesy.
- Kroky, které zabezpečí vozidlo proti metodám reverzního inženýrství, jakožto efektivního nástroje útoku.

Tyto body spolu s otázkami slouží jako základ k zabezpečení vozidel, nicméně je na každé automobilové firmě, jak zabezpečí svůj model. V tomto standardu se nevyskytuje přesnější informace o hardwarových prostředcích a jejich zabezpečení.

Integrace a testování

Integrace a následné testování systémů jsou kritickým procesem ve vývoji bezpečnosti vozidel. Proces testování slouží k potvrzení, že jsou jednotlivé integrované systémy

schopné komunikace a zároveň dodržují bezpečnostní zásady. Testování se dělí na dvě skupiny: penetrační testy a tzv. fuzz testing.

Penetrační testy simulují útoky na systém pomocí jedinců, kteří se snaží chovat jako hacker. Tito testeři se snaží infiltrovat do systému za použití všech prvků, které systém nabízí. Toto testování se provádí v pozdějších fázích životního cyklu, neboť k penetračním testům je potřeba funkční zařízení. Z tohoto důvodu je také méně času ke zjištění a odstranění případných nedostatků.

Fuzz testování může být použito ke zjištění, zda mohou být na vstupech systému poskytnuta chybná, neočekávaná či náhodná data. Úkolem je zjistit, jak daný systém funguje a jak se při těchto nečekaných situacích chová, popřípadě zaznamenávat chyby, které jsou nečekanými vstupy způsobeny a předat je vývoji, který je schopen tyto chyby opravit.

Shrnutí SAE J3061

V předešlých kapitolách bylo shrnuto několik kapitol ze standardu J3061 od SAE. Práce se věnovala dvěma druhům analýz rizik, které jsou primárním procesem k určování rizik a následnému vývoji. Další kapitolou byl úvod do bezpečnostních otázek automobilových systémů. Poslední kapitola byla věnována integraci a testování.

Hlavním prvkem této normy je životní cyklus bezpečnosti. Tato norma je detailním průvodcem k zabezpečení automobilového systému, nicméně nevyskytuje se zde žádný konkrétní technický popis. Jsou zde podrobněji popsány jednotlivé fáze životního cyklu a činnosti, které se v každé fázi vykonávají. Jsou zde uvedeny také metody analýz a hodnocení rizik, které jsou pro vývoj nezbytné.

Srovnání norem IEC a SAE

Závěr této kapitoly je věnován porovnání norem a jejich částí představených v této práci. První normou byla norma IEC 61508. Tento soubor pravidel slouží jako obecný předpoklad bezpečnosti v elektronických systémech a sleduje otázky životního cyklu bezpečnosti, přičemž se drží pravidla, že nemůže být dosaženo nulových hrozeb a bezpečnost musí být řešena od počátku vývoje. Dále stanovuje, že hrozby, které nemůžou být tolerovány, musejí být sníženy použitím ALARP principu. Celkově norma hodnotí

obecnou bezpečnost, tudíž se zde nevyskytují žádné informace o vozidle, či jak tato pravidla využít při vývoji bezpečného vozidla. Nicméně v případě životního cyklu bezpečnosti se tato pravidla dají reflektovat a tak mohou tyto nástroje sloužit jako podpůrný prostředek při vývoji. Nejedná se ale o prostředek, který tento vývoj nahradí.

V případě normy SAE J3061 se jedná o detailnější popis základních principů při řešení tématu bezpečnosti automobilových systémů. Stejně jako IEC 61508 obsahuje životní cyklus bezpečnosti. V této práci byl použit cyklus z normy IEC 61508. Norma SAE J3061 mimo jiné obsahuje detailní popis každé fáze cyklu a vysvětluje postupy a principy dané fáze. Pro účel této práce a nahlédnutí do některých z fází bylo z této normy vybráno několik kapitol. První kapitolou byl popis a úvod do problematiky bezpečnosti systému obecně. Další kapitolou byla deskripce analytické metody pro analýzu hrozeb a zhodnocení rizik. Navazující kapitola byla věnována analýze TARA a metodě EVITA.

2.3 Vnímání telematických aplikací uživateli

K dotazníkovému šetření bylo přistoupeno na základě připomínek, postřehů a reakcí na konferencích, kde byly prezentovány průběžné výsledky autora této práce. Z těchto ohlasů vyplynulo, že telematické aplikace, resp. eCall nejsou bezvýhradně přijímané a mají i své odpůrce (Kubát, 2013). Tito odpůrci uváděli jako důvody svého postoje špatnou komunikaci systému eCall směrem k veřejnosti, možná bezpečnostní rizika – např. sledování osob, udělování pokut za rychlou jízdu apod. Bylo tedy zapotřebí objasnit, v jakých oblastech panují obavy, aby bylo možno stanovit potřebné podmínky pro zlepšení situace a tím nastavit příznivé prostředí pro zavedení eCallu, případně navazujících služeb.

Dotazník byl vytvořen s důrazem na odlišnost respondentů. Byl větven tak, aby byla výtěžena informace i od respondentů, kteří nemají automobil nebo chytrý mobilní telefon. Pro co nejvyšší různorodost respondentů byl dotazník šířen více způsoby. E-mailem, přes Facebook, přes blog na idnes.cz, prostřednictvím dopravních a automobilových sekcí na zpravodajských serverech a také přímo na stránkách služby pro tvorbu dotazníků. Mezi studenty nebyl cíleně dotazník šířen z důvodu možného zkreslení výsledků. Schéma dotazníku je přiloženo v příloze B.

Pro dotazníkové šetření byly stanoveny tři hypotézy. První hypotéza se týká závislosti obav ze zneužití dat při používání mobilního telefonu na věku, pohlaví, vzdělání

a příjmech. Druhá hypotéza se týká procentuálního zastoupení uživatelů majících obavy ze zneužití dat při používání mobilních zařízení. Třetí hypotéza se zaměřuje na povinné zavedení systému eCall a jeho vnímání potenciálními uživateli. Všechny hypotézy jsou podrobně popsány v následujících podkapitolách.

2.3.1 Složení respondentů

Celkový počet navrácených vyplněných dotazníků byl 250. Avšak 40 z nich muselo být vyřazeno z důvodu špatného rozdělení do věkových skupin, které se překrývaly. Tato chyba nebyla bohužel odhalena v pilotním průzkumu. 62,9 % respondentů byli muži a 37,1 % ženy. Tyto i další charakteristiky respondentů jsou zachyceny v tabulkách č. 5 – 7. Všichni respondenti byli z České republiky.

Tabulka 5: Věk respondentů

	počet	procento
pod 18 let	6	2,9 %
18 - 25 let	53	25,2 %
26 - 30 let	42	20,0 %
31 - 35 let	40	19,0 %
36 - 40 let	29	13,8 %
41 - 45 let	14	6,7 %
46 - 50 let	8	3,8 %
51 - 60 let	12	5,7 %
přes 60 let	6	2,9 %
celkem	210	100,0 %

Zdroj: vlastní zpracování

Tabulka 6: Vzdělání respondentů

	počet	procento
základní	9	4,3 %
vyučen	11	5,2 %
střední škola	92	43,8 %
vysokoškolské	98	46,7 %
celkem	210	100,0 %

Zdroj: vlastní zpracování

Tabulka 7: Měsíční příjem domácnosti

	počet	procento
méně než 15.000 Kč	26	12,4 %
15.000 - 25.000 Kč	51	24,3 %
25.000 - 35.000 Kč	50	23,8 %
35.000 - 50.000 Kč	40	19,0 %
více než 50.000 Kč	43	20,5 %
celkem	210	100,0 %

Zdroj: vlastní zpracování

2.3.2 Skupiny uživatelů

V prvním kroku byly vytvořeny skupiny uživatelů se stejnými vybranými charakteristikami. 74,3 % respondentů vlastní automobil, 73,1 % majitelů automobilů vlastní chytrý telefon a 68,4 % z nich ho používá pro navigaci (celkem 73 uživatelů). Lidé nepoužívající chytrý mobilní telefon pro navigaci mají následující důvody: 58,3 % má plnohodnotnou navigaci, 13,9 % používá papírové mapy, 25 % nepotřebuje navigaci a 2,8 % má jiné důvody.

Na otázku, zda by byli ochotni nechat si instalovat eCall do stávajících automobilů odpovědělo 52,2 % respondentů záporně. Dalších 10,1 % by tuto možnost uvítalo při ceně do 8000 Kč a 40,6 % při ceně pod 4000 Kč. Částku vyšší než 8000 Kč by nebyl ochoten zaplatit žádný respondent.

2.3.3 Výsledky průzkumu

Obavy ze zneužití dat při používání mobilního telefonu

V dalším kroku se práce snaží zjistit více o obavách uživatelů. Z celkového počtu 210 respondentů se 25,7 % obávalo zneužití informací. Jedním z cílů této práce je zjistit, na čem jsou tyto obavy závislé. Zda je to pohlaví, příjem domácnosti, věk, nebo vzdělání. Respondenti nebyli o možném zneužití informací informováni (pokud se tedy obávali, tak již před započítáním průzkumu). Tato otázka byla otevřená.

Byla stanovena nulová hypotéza tvrdící, že neexistuje závislost obav na sledované vlastnosti (pohlaví, věk atp.). Pro výpočet byl použit Pearsonův kontingenční koeficient, který nabývá hodnot od nuly do jedné, přičemž hodnoty 1 nemůže být dosaženo. Výpočty

ukázaly, že závislosti jsou velmi slabé nebo žádné. Nejsilnější je závislost na vzdělání a nejslabší na pohlaví. Stanovenou hypotézu tedy nezamítáme.

$$P_{\text{věk}} (0,254) > P_{\text{vzdělání}} (0,19) > P_{\text{příjem}} (0,125) > P_{\text{pohlaví}} (0,039)$$

Pro podrobnější vhléd do obav uživatelů byly do dotazníku vloženy otevřené otázky. Jedna z nich byla: *“Jak by podle vás mohla být data zneužita?”* Odpovědi byly seskupeny do skupin a jsou zobrazeny v tabulce č. 8. Z názorů uživatelů je patrné, že sledování polohy není jejich jediná obava. Zneužití pro marketingové účely nebo krádež peněz se také jeví jako potenciální problém.

Druhá hypotéza se zaměřuje na celkový počet uživatelů mající obavy ze zneužití dat při používání mobilních telefonů. Hypotéza tvrdí, že obavy má maximálně 10 % všech uživatelů. Šetření prokázalo, že obavy má větší množství uživatelů. 26,5 % uživatelů se obává zneužití sledování polohy, 23,5 % zneužití v oblasti marketingu. Kompletní údaje jsou zachyceny opět v tabulce č. 8. Na základě provedeného průzkumu nezamítáme navrženou hypotézu.

Tabulka 8: Skupiny obav – uživatelé chytrých telefonů

obava	procento
Sledování polohy	26.5 %
Marketing	23.5 %
Krádež peněz, majetku	17.6 %
Různé způsoby	14.7 %
Sledování hlasu	5.9 %
Krádež identity	5.9 %
Nevím	2.9 %
Měření rychlosti	2.9 %

Zdroj: vlastní zpracování

Ztráta soukromí uživatelů sociálních sítí

Po porovnání odpovědí na otázky: *“Obáváte se zneužití dat při používání chytrého telefonu?”* a *“Používáte sociální sítě?”* bylo zjištěno, že z 35 respondentů obávajících se zneužití dat jich 26 používá sociální sítě. Je tedy otázka, zda jsou tyto obavy na místě. Mnoho lidí považuje Facebook a Google+ za bezpečné, protože mají miliony uživatelů. Oproti tomu eCall a sociální navigace jsou relativně nové pojmy a lidé mají tendenci novým věcem nedůvěřovat.

Obavy uživatelů ze zavedení systému eCall

Další otázkou bylo: “Proč se obáváte zavedení systému eCall od roku 2015?” Otázka byla opět otevřená a odpovědi podobné, jako u předchozí otázky. Odpovědi spadaly do dvou hlavních skupin – zneužití obecně (Velký bratr, nedůvěra v český státní aparát apod.) a trvalé sledování polohy vozidla. Mezi dalšími důvody bylo uvedeno elektronické mýtné, pokuty za rychlou jízdu, sledování hlasu a opět marketingové účely. Některé z těchto obav by se mohly zdát zbytečné, avšak přihlédneme-li ke staženému oficiálnímu dokumentu, zmíněném v kapitole 2.1.4, již se tak bezpředmětné nezdají.

V této oblasti byla stanovena hypotéza tvrdící, že maximálně 25 % respondentů bude mít obavy z povinného zavedení systému eCall a s ním souvisejících výše uvedených obávaných hrozeb. Výsledky šetření ukázaly, že i v této oblasti mají respondenti obavy. Celých 34,6 % se obává zneužití bez bližší specifikace a 32,1 % má obavy ze sledování polohy. Nezamítáme tedy uvedenou hypotézu. Všechny zjištěné obavy jsou zachyceny v tabulce č. 9.

Tabulka 9: Kategorizace obav ze zavedení eCallu

obava	procento
Zneužití bez bližší specifikace nebo s obecnou	34.6 %
Trvalé sledování polohy	32.1 %
Různé způsoby	4.9 %
Elektronické mýtné, měření rychlosti, cestovní příkazy	4.9 %
Ostatní odpovědi	4.9 %
Sledování hlasu	3.7 %
Co je povinné, může být zneužito	3.7 %
Marketingové účely	2.5 %
Nevím	2.5 %
Nedůvěra v oficiální informace	2.5 %
Možnost napadení serveru s daty	1.2 %
Nedůvěra v zaměstnance systému	1.2 %
Minimální právní ochrana	1.2 %

Zdroj: vlastní zpracování

2.3.4 Vyhodnocení průzkumu

Není pochyb o tom, že implementace nových technologií může zlepšit reakční čas v případě ohrožení. Na druhou stranu existují skutečnosti, které se před občany tají. Po vyhodnocení průzkumu můžeme prohlásit, že občané nejsou lhostejní k tomu, jak se bude s jejich soukromím nakládat.

Zajímavá je skutečnost, že někteří lidé používají sociální sítě a jejich data jsou tedy snadno dostupná, ale obávají se zneužití dat o své poloze. Jde sice o odlišná data, ale přesto by veřejnost o nových technologiích měla být informována správně a úplně. Na druhou stranu je zbytečně vytvářena atmosféra vedoucí k nepochopení reality a zabraňující efektivnější obraně obyvatelstva snižováním nebezpečí v silničním provozu.

Na základě provedeného průzkumu lze říci, že obava ze zneužití dat není způsobena jen neinformovaností. Tyto obavy nelze tedy jednoduše odmítnout jako iracionální a je potřeba pokusit se navrhnout řešení, které by umožnilo kontrolu software a podobně (např. open source).

Tématu bezpečnosti telematických systémů se věnoval také Missitoli (2014), který se svými spolupracovníky došel k závěru, že nejlepším řešením jednotky ve vozidle je použití otevřené architektury. Ta umožní nezávislý audit a zajistí nutnou úroveň bezpečnosti a zároveň pomáhá vytvořit „ekosystém“ pro případné další prvky systémů.

2.4 Shrnutí

Tato kapitola shrnula stávající publikovaná řešení v oblasti dopravního varování a jeho podoblastech - Analýze dopravních dat, problematice senzorů, systému eCall, Floating Car data, mobilních aplikací, kooperativních systémů, přenosových technologií a také komplexních řešení, u kterých již proběhl zkušební provoz. Také ukázala, jaké mají potenciální uživatelé mobilních aplikací obavy a jak jim předcházet.

3 Návrh řešení

Další výzkum je rozpracován dvěma směry. Na základě využití vědeckých metod bylo přistoupeno k definování současných systémů bezpečnosti silniční dopravy a hledání možností vylepšení.

Jednou z možností je využití stávající a používané technologie a přinesení zlepšení v podobě kombinace s dalšími datovými kanály. Jde hlavně o digitální rozhlasové vysílání, které může nést zakódované informace. Možná je kombinace s neadresnými SMS zprávami nesoucími poziční kód. Zpráva v příslušném formátu by spustila v případě souladu polohy ze zprávy s polohou vozidla požadovanou akci – varování. Toto řešení by bylo relativně ekonomicky nenáročné a spočívalo by v softwarové modifikaci za použití mobilních zařízení jako varovacích jednotek. Tento koncept vyžaduje mobilní zařízení schopné zahájit předvolenou akci na základě specifické skupiny znaků obsažených v SMS zprávě. Budoucí práce má nastínit, jakou by měla mít takováto zpráva podobu. Možná úskalí mohou spočívat v zatížení sítě v případě zaslání těchto SMS zpráv všem zařízením s aktivní SIM kartou v dané oblasti.

Druhým rozpracovaným konceptem je tzv. Mapa dopravních podmínek založená na snímačích ve vozidlech. Automobily jsou čím dál „chytřejší“ a jejich řídicí jednotky by mohly poskytnout data nejen řidiči příslušného vozidla, ale také ostatním řidičům, blížícím se k místu vzniku dopravního problému. C2C technologie umožní komunikaci s vozidly v bezprostřední blízkosti, ale kritická může být taková vzdálenost, ve které už nedochází ke komunikaci C2C, ale řidiči ještě neobdrží informaci prostřednictvím NDIC. Mohlo by jít např. o zasílání výstupů z brzd (ABS) a dalších čidel již implementovaných ve vozidlech do centrálního registru a zasílání těchto informací dalším řidičům, blížícím se do dané oblasti. Použití tohoto systému by doplňovalo systém eCall v době, kdy nevzniká žádná krizová událost typu dopravní nehody.

Pro využití Mapy dopravních podmínek je nutné implementování tzv. Internetu věcí (Internet of Things – IoT) v podobě tzv. Connected Cars, znamenající použití IoT v automobilové dopravě. Technologie Connected Cars je stále rozšířenější a mobilní sítě

jsou rychlejší a dostupnější. „Chytrá“ vozidla by mohla sama sledovat stav prostředí v okolí (např. na základě výše zmíněné mapy dopravních podmínek) a reagovat na ně.

Navržená řešení pro zvýšení bezpečnosti by se dala rozdělit na řešení okamžitě uplatnitelná a na ta, která ke svému úspěšnému provozu potřebují změnu či větší rozšíření používané technologie.

3.1 Radio HELP

Toto řešení spadá do druhé výše zmíněné kategorie. Řešení systému Radio-Help je založené na současném využití technologie přijímače analogového vysílání se superpozicí digitálních dat (formát HD RADIO či DRM) nebo plně digitálního vysílání s možností pozičního vymezení prostřednictvím geografických koordinát. Technologie HD RADIO firmy iBiquity Digital Corporation byla již v roce 2002 vybrána v USA jako stěžejní technologie pro digitalizaci rozhlasového vysílání. V současnosti je však tato technologie úspěšně používána v mnoha dalších zemích a jejím prostřednictvím v současnosti vysílá 78 % amerických rozhlasových stanic, což je více než 3500 stanic. Technologie HD RADIO využívá principu superpozice digitálního signálu na signál analogového vysílání. Díky použití tohoto způsobu modulace je možné kromě samotného digitálního a analogového rozhlasového vysílání přenášet ještě řadu dalších informací, jako např. informace o programu, dopravní informace či vymezení polohy dedikovaného příjemce.

Součástí vysílané relace systému Rádio-HELP je využití pozičních kódů pro vymezení oblastí nuceného příjmu, tj. kam je vysílání směřováno. Přijímač v dané oblasti je udržován v pohotovostním režimu a při zachycení vysílání na pevně dané frekvenci porovná svoji polohu dle geografických souřadnic s oblastí vymezenou ve vysílání. Pokud nastane soulad, aktivuje nucený příjem vysílané relace. Po skončení vysílání se pomocí vypínacího kódu přijímač opět uvede do pohotovostního režimu. Abonenti systému Rádio- HELP, v oblastech mimo vymezenou zónu, nejsou vysíláním výstražných či varovných relací rušeni.

Princip rádiového vysílání varovné informace je podrobně popsán v příslušné patentové dokumentaci (Brunclík, 2010) pod pracovním názvem RADIO-H (Radio Help). Je založen na současném využití technologie přijímače analogového vysílání se superpozicí digitálních

dat nebo plně digitálního vysílání s možností pozičního vymezení prostřednictvím geografických koordinát.

Vzhledem k rozvoji technologií, kdy obvody pro příjem pozemního rozhlasového vysílání a pro zjišťování polohy pomocí geografických souřadnic je dnes vybavena většina nových mobilních telefonů, nemělo by být technicky náročné jejich využití i pro tyto účely. Rovněž dovybavení domácích zařízení (rozhlas, televize, přehrávače,...) příjmem signálu systému Radio-Help by nebylo cenově příliš náročné, ale muselo by být podpořeno strategickým rozhodnutím. Relativně snadná by byla obměna u mobilních telefonů a navigací, jelikož jejich životnost je v jednotkách let. U stacionárního řešení by stačilo při inicializaci zařízení zadat aktuální jeho hodnotu geografických souřadnic, např. dle dostupných map či jiných GPS zařízení. Rovněž udržení takovýchto zařízení v pohotovostním režimu by nebylo nikterak energeticky náročné.

K lepší distribuci dopravních informací by mohlo napomoci využití rádiového dopravního terminálu, jako nadstavby systému eCall. Rádiový dopravní terminál představuje rozhlasový přijímač, přijímající signál z výhradního komunikačního kanálu. Poskytuje nucený příjem hlasové relace, aktivované výlučně ve vymezené geografické oblasti, čímž je zajištěn příjem výstražného hlášení pouze relevantním příjemcům. V praxi by tak bylo možné automatizovaně informovat účastníky silničního provozu dle jejich aktuální pozice a směru jízdy o nebezpečí, ke kterému se blíží, a to prakticky okamžitě. Systém rádiového dopravního terminálu využívá technologii HD-Radio či digitálního rozhlasového vysílání, doplněného systémem určování pozice prostřednictvím geografických koordinát. Uvažujeme-li získávání dat pro výstražné relace ze systému e-Call, v případě jeho významného rozšíření by se mohlo jednat o velmi efektivní adresný varovný systém.

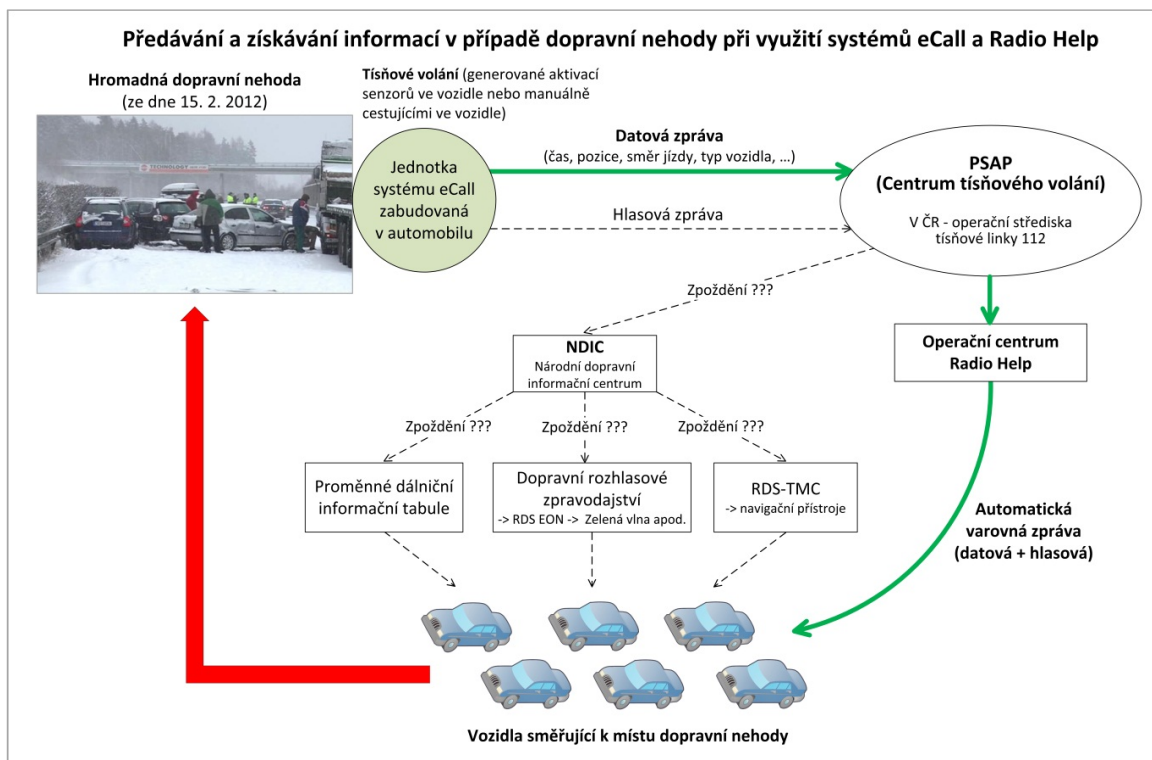
Jeho princip spočívá v plné automatizaci vygenerování a přenosu všech podstatných informací o dopravní nehodě vozidlům pohybujícím se v její blízkosti. Proces varování je iniciován havarovaným vozidlem, které vyšle bezprostředně po nehodě prostřednictvím systému eCall informace o nehodě včetně přesné polohy nehody. Informaci přijme ústředna Systému, která ihned vygeneruje datovou a/nebo hlasovou informaci o nehodě včetně pozičního kódu místa nehody a prostřednictvím rádiové relace ji odešle do přijímačů systému.

Přijímače systému (mobilní telefony, navigační přístroje) musí být vybaveny komparátorem pozičního kódu nehody s pozičními daty, která generuje poziční systém přijímače. Pokud komparátor vyhodnotí, že poziční kód nehody odpovídá pozičnímu kódu přijímače a pohyb vozidla bude vyhodnocen jako směřující k místu nehody, dojde k aktivaci nuceného příjmu datové a/nebo hlasové relace. V praxi je tak možno automatizovaně informovat účastníky silničního provozu o nebezpečí dle jejich aktuální pozice a směru jízdy, a to prakticky okamžitě.

Rádiová relace vysílaná systémem využívá technologii HD-Radio či digitálního rozhlasového vysílání, doplněného systémem určování pozice prostřednictvím geografických souřadnic. Do budoucna lze uvažovat o využití systému Galileo. Uvažujeme-li získávání dat pro výstražné relace ze systému e-Call, v případě jeho významného rozšíření by se mohlo jednat o velmi efektivní adresný varovný systém, který by výrazně omezil vznik hromadných dopravních nehod. Přenos informací v případě využití „Systému automatizovaného kritického varování před místem nehody“ znázorňuje obrázek č. 13, kde plné čáry znázorňují tok informací, které řidič obdrží s minimálním zpožděním.

Další možností zlepšení je kombinace s aplikací WAZE (příp. jinou podobnou aplikací). WAZE je tzv. sociální navigace, tj. kromě navigace umožňuje vzájemnou komunikaci jejích uživatelů. Řidič ovšem dle platné legislativy manipulovat s mobilním telefonem za jízdy nesmí a záleží tedy na tom, zda je spuštěná aplikace považována za navigaci či nikoliv. Pokud by musel řidič nejprve zastavit a až pak dopravní událost zadat, byla by rychlost ohlášení nehody srovnatelná s informacemi ze serveru dopravniinfo.cz spravovaného Ředitelstvím silnic a dálnic. Uživatelé WAZE mají samozřejmě stejně jako ostatní řidiči povinnost nehodu ohlásit na tísňovou linku. Tato informace je poté zpracována a předána zpět ostatním řidičům prostřednictvím NDIC příslušnými kanály se zpožděním, které neumožní vždy zabránit dalším nehodám, obzvláště v případě řetězových nehod. Další nevýhody jsou uvedeny v kapitole věnované této navigační aplikaci.

Obrázek 13: Přenos informací o nehodě s využitím systémů eCall a Radio Help.



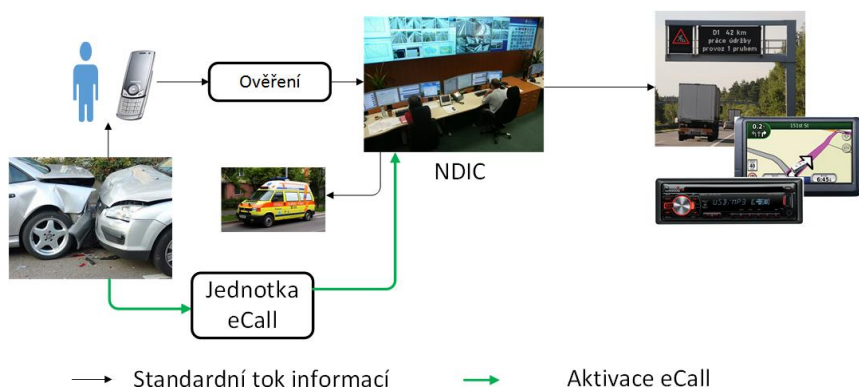
Zdroj: vlastní zpracování

Uživatelé WAZE však nezískávají zprávy jen od ostatních uživatelů, ale také z Národního dopravní informační centra (NDIC). Avšak opačný tok – z WAZE do NDIC – není možný. Hlášení o dopravních problémech jsou ověřována dalšími řidiči, ale ani tak nejsou považována NDIC za spolehlivý zdroj. Pokud by tomu tak bylo, musela by mít informace z WAZE serveru standardizovaný formát, aby mohla být bezproblémově zpracována. Samozřejmě, že i uživatel WAZE má povinnost oznámit nehodu na lince 112.

V případě, že by byly informace správně ověřeny, mohly by být zpracovány systémem Radio-HELP okamžitě, aniž by došlo ke zpoždění. Implementace WAZE by byla účinná i v případech dopravních problémů, které nejsou život ohrožující. V těchto případech eCall není aktivován a řidiči nejsou povinni informovat NDIC o problému.

Pokud by měl být popsán stav vyjádřený graficky, vypadal by jako na obrázcích č. 14, 15 a 16. Na prvním obrázku je stávající situace zobrazena černými čarami a datové toky systému eCall zelenými čarami.

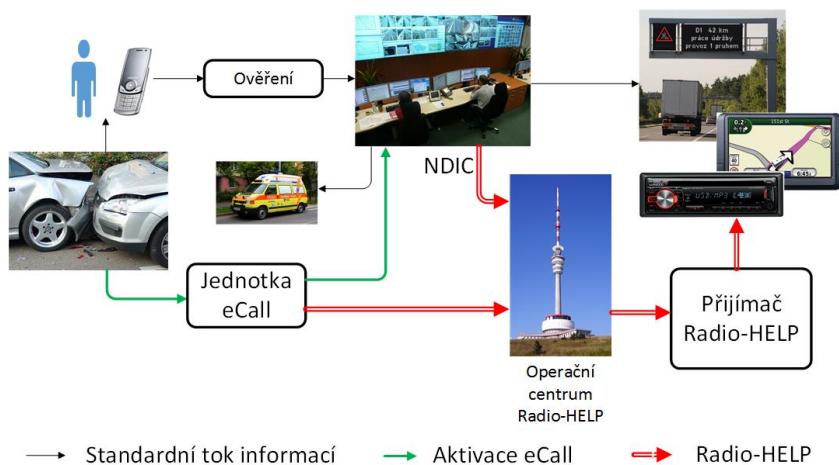
Obrázek 14: Přenos informací po nehodě při použití systému eCall (současný stav)



Zdroj: vlastní zpracování

Po rozšíření o systém Radio-HELP přibudou červené dvojité šipky znázorňující přenos dat z jednotky eCall do operačního centra Radio-HELP a dále do jednotek ve vozidlech. Operační centrum Radio-HELP by dostávalo informace také z Národního dopravního informačního centra.

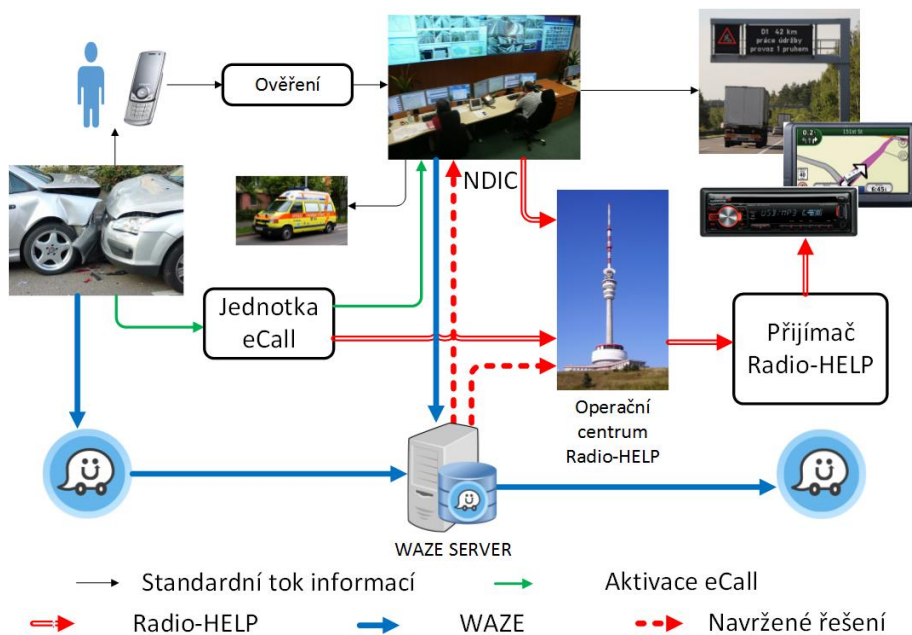
Obrázek 15: Přenos informací po nehodě při použití systému eCall a Radio-HELP



Zdroj: vlastní zpracování

Poslední obrázek obsahuje všechny datové toky po implementaci aplikace WAZE (modré šipky). S NDIC jde o jednosměrnou komunikaci, jelikož, jak bylo již zmíněno, NDIC neakceptuje informace od této sociální aplikace. Operační centrum Radio-HELP by tyto informace akceptovalo a proces varování by se tak zefektivnil.

Obrázek 16: Přenos informací po nehodě při použití eCallu, Radio Help a WAZE



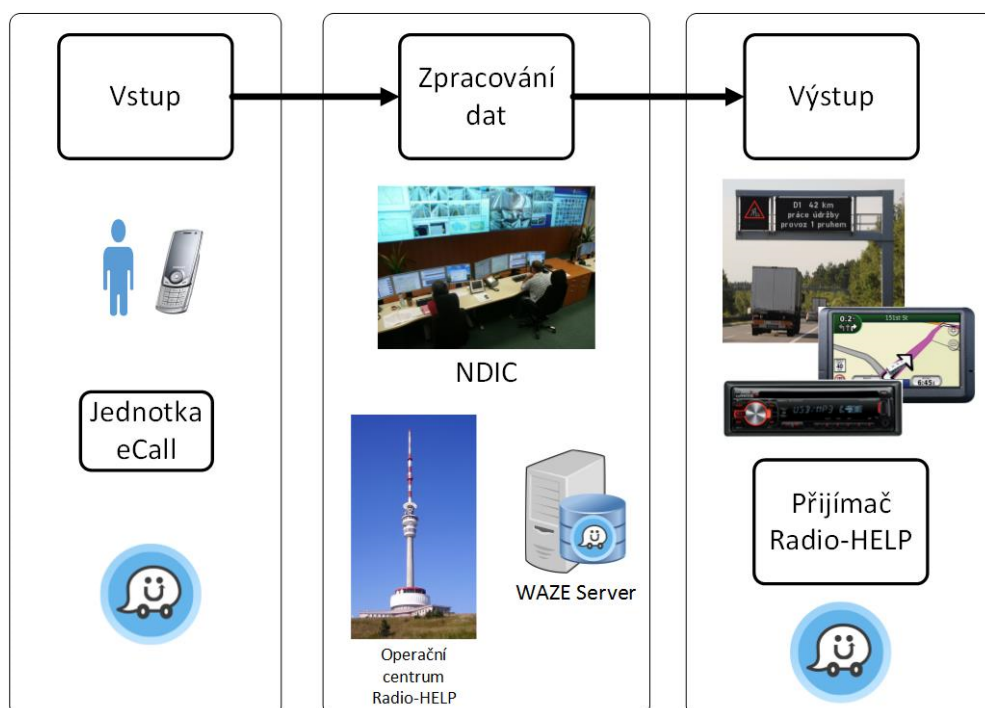
Zdroj: vlastní zpracování

Celý proces zpracování dopravních informací lze rozdělit na tři části – vstup, zpracování dat a výstup. Jednotlivé typy vstupů, zpracování a výstupů je pak možné mezi sebou porovnat. V následujícím porovnání se předpokládá dobré pokrytí mobilním internetem.

Situace na vstupu může být následující:

- Účastník nebo svědek nehody zavolá tísňovou linku 112 a oznámí problém. NDIC ověří hlášení vysláním policie nebo hasičů do inkriminovaného místa. Nevýhodou této metody je výrazné zpoždění.
- Jednotka eCall automaticky otevře komunikační kanál s operátorem na tísňové lince (pouze v případě nehody). Tato metoda je nejrychlejší, ale je možná pouze v případě nehody.
- Uživatel aplikace WAZE zadá informaci o nehodě nebo dopravním problému. Informace je okamžitě předána dalším uživatelům této aplikace.

Obrázek 17: Rozdělení systému do jednotlivých segmentů



Zdroj: vlastní zpracování

Zpracování dat může mít následující podoby:

- NDIC – rychlá reakce, ale nutnost ověřování. Dochází k nevyhnutelnému zpoždění odeslání varovné zprávy.
- Radio-HELP – automatické zpracování, ale požaduje standardizovaný vstupní formát, což je možné pouze v případě použití metody eCall nebo WAZE (nebo jiného automatizovaného způsobu).
- WAZE server – bez zpoždění, ověření je prováděno dalšími uživateli.

Na straně výstupu, tj. zprávy pro řidiče, se nabízejí tyto možnosti:

- Výstup prostřednictvím standardních metod (Proměnné informační tabule, rozhlasové dopravní relace atp.) je cíleně závislý na kvalitě předchozích dvou segmentů (vstup a zpracování dat). Existují výjimky, jako např. zasněžené informační tabule, ale ve většině případů toto tvrzení platí. Ve všech případech dochází ke zpoždění při příjmu zprávy.

- Přijímač Radio-HELP umožňuje zprostředkování aktuálních informací o dopravní situaci, avšak v tuto chvíli je pouze ve fázi návrhu.
- Aplikace WAZE umožňuje aktivovat zvukové upozornění a je prakticky bez zpoždění. Její uplatnění je hlavně u dopravních problémů, při kterých není aktivována jednotka eCall. Její nevýhodou je malá rozšířenost a nároky na hardware (potřeba chytrý telefon).

Porovnáním nejrychlejší metody vstupu (eCall) a nejrychlejšího zpracování dat (Radio-HELP a WAZE) lze dojít k závěru, že jde sice o nejvýhodnější kombinaci, ale ta není v současnosti realizovatelná. Další kroky k její realizaci narážejí na nutnost legislativních změn, jejichž realizace není v dohledném časovém horizontu uskutečnitelná. Proto se práce věnuje jiné oblasti, která je využitelná na základě prudkého rozvoje digitálních komunikací a mobilních systémů.

Řešení počítající s dalšími dostupnými technologiemi jsou nastíněna v dalších částech této práce. Zakódovanou informaci může zprostředkovat např. digitální rádio. Také je možná kombinace s neadresnou SMS zprávou nesoucí poziční kód. V zásadě je tato metoda shodná s metodou Radio-HELP, kde je místo odeslání SMS varování šířeno prostřednictvím rádiového systému.

Avšak začlenění aplikace WAZE či jiné podobné aplikace do systému včasného varování by bylo jistě užitečné. I pokud by se zavedlo předání zprávy až po trojím nahlášení od uživatelů, stále by to bylo rychlejší, než cesta policejní či hasičské jednotky na místo nehody kvůli ověření. V případě tohoto začlenění nejde o překážky technické, ale spíše administrativní. Větší rozšíření „chytrých telefonů“ a zlepšení pokrytí mobilním internetem by mohlo implementaci usnadnit.

3.2 Rozhlasové vysílání

Rozhlasové vysílání, ať už analogové či digitální, je vhodným nosičem varování či případně jiných zpráv. Důvodem je jeho energetická nenáročnost a fungující infrastruktura. Avšak byla by nutná modifikace přijímacích zařízení tak, aby byla schopna dekodovat potřebné informace a zobrazit je řidiči. Princip je obdobný jako v případě využití systému Radio-HELP, ale namísto jednoho či dvou centrálních dlouhovlnných vysílačů by byla

využita stávající rozhlasová infrastruktura, tj. stávající stanice a v jejich signálu by byly zakódovány varovné informace.

3.3 Varovné SMS zprávy

Současná situace v oblasti varování byla již popsána v kapitole věnované řešení Radio-HELP. Před konceptem využívajícím varovné SMS zprávy bylo stávající řešení namodelováno pomocí UML (Unified Modeling Language). UML diagram (obrázek č. 18) znázorňuje aktéry a případy užití zapojené do procesu varování. Aktéry jsou na vstupu jednotka eCall nebo svědek nehody. Dále Národní dopravní informační centrum, pod něž spadají aktéři RDS-TMC, WEB a informační tabule. Těchto aktérů by mohlo být více, jak lze vidět v příloze D. Pro zjednodušení diagramu byli použiti pouze tyto tři. Posledním aktérem je řidič přijímající varování.

Hlavní úspěšný scénář:

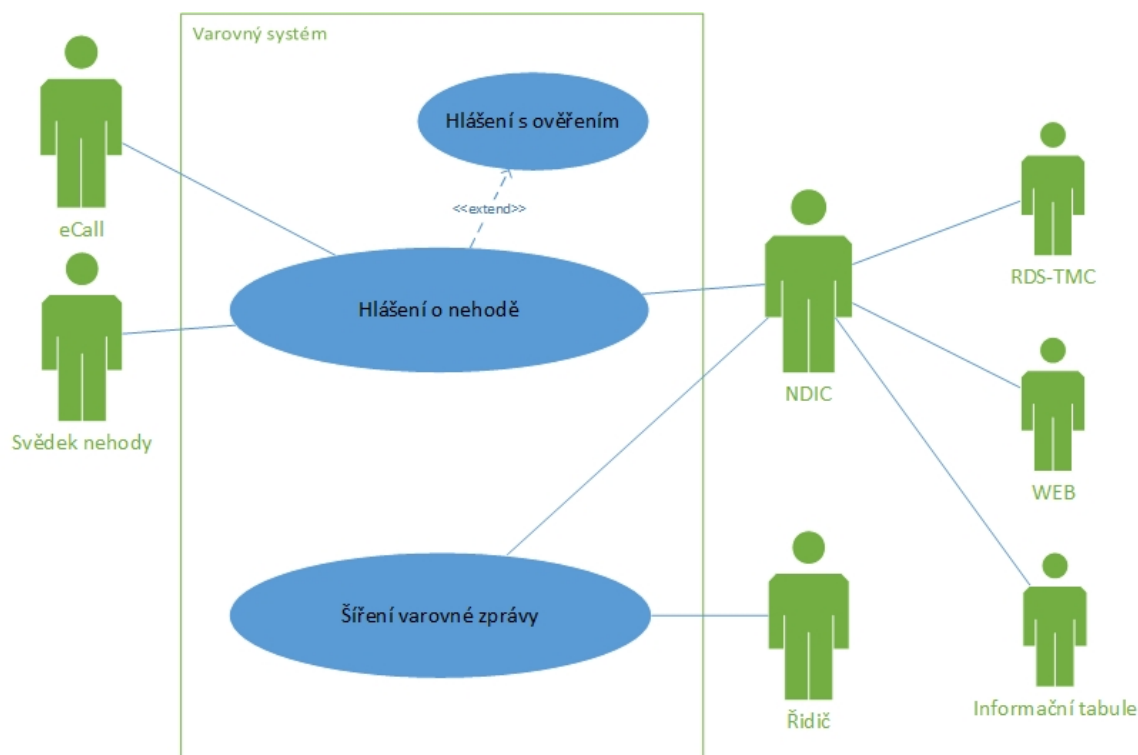
1. Systém eCall otevře komunikační kanál s tísňovou linkou.
2. Tísňová linka zaznamená a zpracuje oznámení o nehodě a předá NDIC.
3. Národní dopravní informační centrum definuje oblast pro varování.
4. Národní dopravní informační centrum rozešle varování pomocí dostupných kanálů.
5. Řidič obdrží varování.

Rozšíření:

- 1.a: Nahlášení nehody je provedeno náhodným svědkem.
- 3.a: Národní dopravní informační centrum ověří nehodu.
- 3.b: Národní dopravní informační centrum definuje oblast pro varování.

Zpoždění vzniká mezi NDIC a varovnými komunikačními kanály, jak již bylo uvedeno v předchozích kapitolách. K řidiči se potřebná informace prostřednictvím uvedených aktérů nemusí vždy dostat včas.

Obrázek 18: UML diagram - současný stav

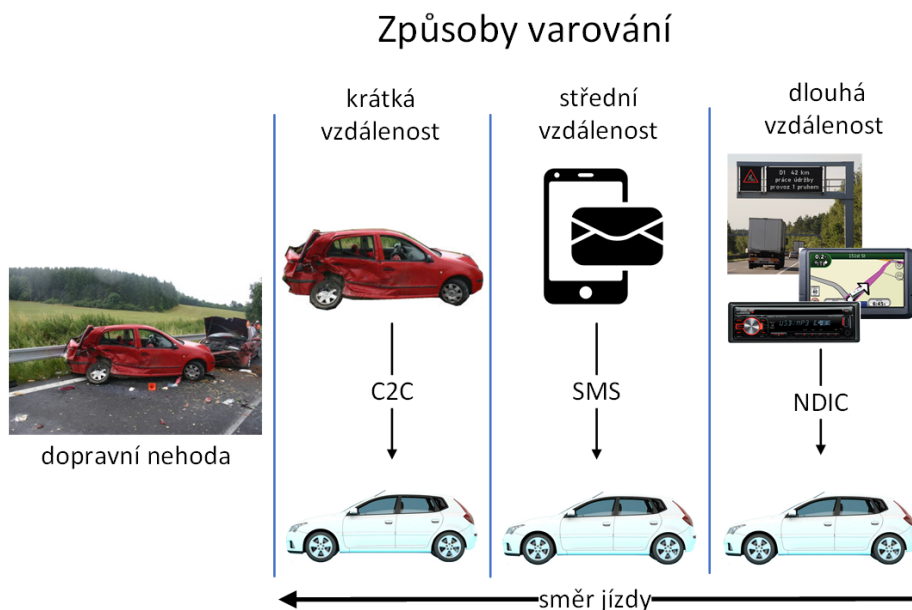


Zdroj: Vlastní zpracování

V případech, kdy je vozidlo daleko od místa nehody, je čas na standardní metody varování (na obrázku č. 19 „dlouhá vzdálenost“). Naopak, pokud je vozidlo velmi blízko, může samo komunikovat přímo s vozidly nacházející se v kritické oblasti (komunikace C2C – na obrázku č. 19 „krátká vzdálenost“). A v situaci, kdy vozidlo není v dosahu jiného vozidla, se kterým by mohlo komunikovat a zároveň je ve vzdálenosti, která již neumožňuje včasné varování pomocí používaných metod, mohlo by se uplatnit varování prostřednictvím SMS zpráv (na obrázku č. 19 „střední vzdálenost“).

Informování pomocí SMS zpráv má výhodu v již implementované technologii pro jejich příjem (mobilní telefony). Je ovšem nutné rozpracovat způsob, jakým bude varování přijato a zobrazováno. Funkci systému je možné rozdělit do několika segmentů. Těmi jsou: vymezení kritické oblasti, formát zprávy, odeslání zprávy, příjem a zpracování zprávy a aktivace varování.

Obrázek 19: Porovnání metod varování z hlediska vzdálenosti od místa nehody

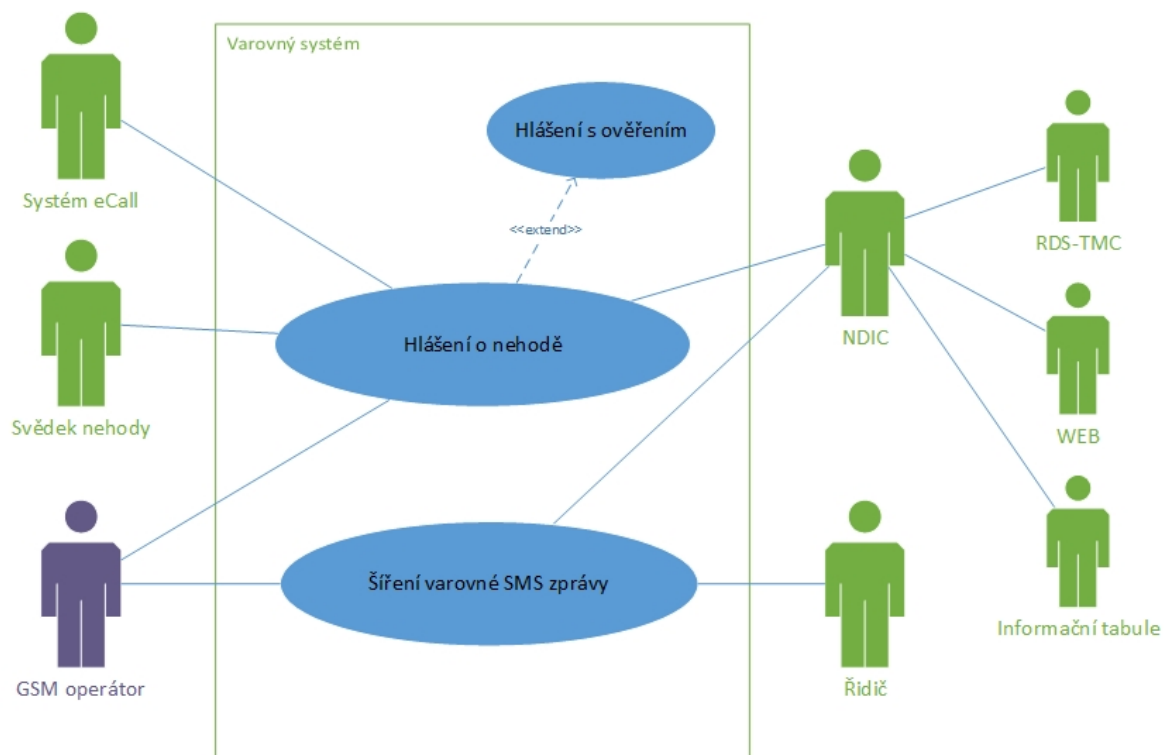


Zdroj: Vlastní zpracování

Národní dopravní informační centrum by definovalo oblasti příjmu neadresných sms zpráv tak, aby mělo přístup ke všem vozidlům v okolí. Nejedná se o místo vzniku mimořádné události, ale o oblast, ve které se v daném okamžiku pohybují vozidla potenciálně směřující k místu nehody. Nicméně v praxi nemůže být zacílení neadresnou SMS zprávou natolik přesné a zprávy tedy budou odeslány do celé oblasti, tzn. včetně místa nehody. Z pohledu NDIC jde tedy o anonymní odeslání do okolí dané oblasti a z pohledu operátora jde o zasílání na specifická ID zařízení v dosahu BTS stanic.

Do UML diagramu přibývá nový aktér a to GSM operátor (obrázek č. 20). Ten je asociován s příklady použití Hlášení o nehodě a Šíření varovné SMS zprávy. Operátor přijímá zprávu o oblasti s mimořádnou událostí a posílá neadresnou varovnou SMS zprávu na všechny aktivní SIM karty v této oblasti se vyskytující. Původní varovné kanály zůstávají aktivní, ale přibude varování pomocí SMS zprávy, které s sebou nese nežádoucí zpoždění.

Obrázek 20: UML diagram - návrh řešení



Zdroj: Vlastní zpracování

3.3.1 Vymezení oblasti a rozesílání zpráv

Zpráv přijímaných mobilními telefony existuje více typů. Níže je uveden výčet těch nejpoužívanějších. Potřebám neadresného varování vyhovuje pouze poslední typ – neadresné SMS zprávy.

Standardní sms

Služba krátkých textových zpráv (zkratka SMS z anglického Short Message Service) je název pro službu dostupnou na většině mobilních telefonů. Zprávu lze posílat mezi mobilními telefony, jinými zařízeními, na pevné telefony nebo přes internet. Délka zprávy je omezena na 160 znaků. V Evropě se často jako SMS označuje i samotná krátká textová zpráva a je tak označována i v této práci (SMS, SMS zpráva).

Podle standardu GSM je pro text jedné SMS povoleno 140 osmic bitů, tedy celkem 1 120 bitů. Pro přenesení jednoho znaků je přitom obvykle potřeba osm bitů. Protože jsou ale

jednotlivé znaky ze zjednodušené sady pro SMS vyjádřeny pouze sedmi bity, vejde se do celkového počtu 1 120 bitů celých 160 znaků ($1120 : 7 = 160$).

Flash sms

Tento typ zpráv se jen zobrazí na displeji, ale neuloží se do paměti pro zprávy. Pro účely varování tedy není vhodný.

Silent SMS

Nebo také "stealth SMS" a "stealth ping", se používají k lokalizaci osoby. Tento typ zprávy se neobjeví na displeji, ani neaktivuje upozornění na zprávu. Jejich hlavním posláním je poskytovat speciální služby operátora sítě jakéhokoli mobilního telefonu. Pro výstražné účely by jej bylo možné využít pro zjištění polohy příjemce bez jeho vyrušení, ale z hlediska přijímání uživateli to není vhodný způsob a pravděpodobně by nebyl kladně přijímán. Avšak použití tohoto typu zpráv by mohlo přispět k řešení nežádoucího příjmu varovných zpráv, jak je popsáno v kapitole 3.3.3.

EMS

EMS (Enhanced Messaging Service) je rozšíření služby krátkých textových zpráv (SMS) pro zasílání formátovaného textu, obrázků, jednoduchých animací a melodií. V češtině se zkratka EMS obvykle používá i pro jednotlivé zprávy.

Neadresné SMS zprávy

Tento typ zpráv umožňuje odeslat SMS zprávu všem zařízením s aktivní SIM kartou v dosahu. Jelikož se zařízení aktivně přihlašuje do sítě operátora, daná BTS stanice eviduje aktuálně přihlášené aktivní SIM karty. Je tedy technologicky možné přístroje s aktivní SIM kartou obeslat neadresnou SMS zprávou, která může být v daném zařízení dále zpracována.

3.3.2 Formát zpráv a jejich zpracování

Několik prvních znaků zprávy by při použití tohoto řešení sloužilo k identifikaci zprávy jako zprávy varovné. Následovaly by geografické koordináty místa mimořádné události. Volitelně by mohlo být nadefinováno několik skupin varování (dopravní nehoda, řetězová

dopravní nehoda, ztížené dopravní podmínky jako např. náledí apod. nebo typ „ostatní“). Tato doplňková informace není nezbytně nutná, avšak vzhledem k možné délce SMS zprávy by bylo vhodné ji využít.

SMS zpráva ve vhodném formátu (obsahující specifickou sadu znaků) zahájí požadovanou akci - varování - v případě souladu pozice ve zprávě s polohou vozidla. Toto řešení by bylo relativně levné a zahrnovalo by úpravu softwaru a používání mobilních zařízení jako varovných jednotek. Poloha vozidla by byla určena pomocí mobilní sítě. Přesnost by závisela na hustotě vysílačů BTS, od jednotek kilometrů po desítky metrů.

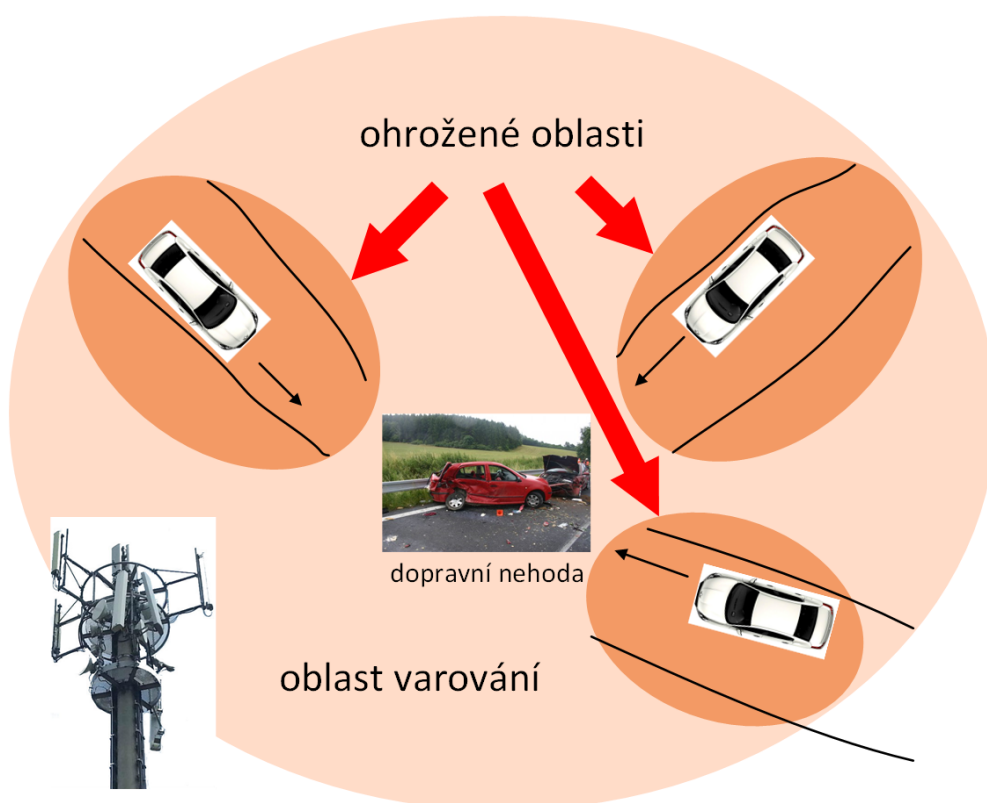
Pokud jde o výše zmíněnou úpravu software, mohou nastat dva případy podle typu mobilního telefonu. V případě, že jde o mobilní telefon bez operačního systému, by byla nutná úprava jeho firmware, což vyžaduje spolupráci s výrobcem. Avšak většina celosvětově prodávaných mobilních telefonů je vybavena operačním systémem (Android, iOS, Windows nebo Blackberry) a pouze 0,2% zařízení je bez operačního systému (Gartner, 2016). U těchto telefonů postačí ke zprovoznění funkčnosti nainstalování aplikace, která by obsluhovala přicházející SMS zprávy. Tato aplikace by samozřejmě musela projít schvalovacím procesem, aby se dostala do seznamu aplikací, které lze nainstalovat, ale přesto jde o mnohem jednodušší proces, než je změna firmware. V České republice je penetrace chytrými telefony nižší, ale neustále se zvyšuje s tím, jak staré mobilní telefony dosluhují a jsou nahrazovány novými – chytrými.

Tato koncepce vyžaduje mobilní přístroj schopný zahájit předem definovanou akci na základě specifických skupin znaků obsažených v SMS zprávě. Možná úskalí mohou spočívat v zatížení sítě při odesílání SMS zpráv do všech zařízení s aktivní SIM kartou v dané oblasti. Výhodami jsou jednoduché řešení a skutečnost, že aktivní SIM karty se vyskytují téměř ve všech vozidlech. Nevýhody jsou obdobné jako u systému Radio-HELP, tedy nedostupnost signálu mobilních operátorů v některých místech. Ale tato místa, kde by navíc byla silniční síť, se téměř nevyskytují. Mapy pokrytí operátorů T-mobile, O2 a Vodafone jsou přiloženy na konci práce v příloze D.

Pro úplnost je třeba zmínit možnost přidání komparátoru geografické polohy. To by umožnilo určit, zda se vozidlo pohybuje směrem k nehodě nebo od ní. Toto řešení by vyžadovalo zapnutí zařízení určující polohu a tak by mohlo způsobit zpoždění. Avšak

v případě, že by se změnila legislativa a například GPS jednotky systému eCall by zaměřovaly polohu trvale, bylo by vhodné použít toto řešení a nerozptylovat upozorněním řidiče vozidla, které k místu mimořádné události nesměruje. Další možností je aktivní přístup uživatele, který umožní přístup k těmto údajům prostřednictvím např. kamery s GPS/Galileo nebo jiným zařízením sledujícím polohu a schopným ji sdílet například přes Wi-Fi síť. Pokud by byla známa trasa, mohlo být vozidlo (potažmo řidič) informováno ještě přesněji. Situace na silnicích, kterými projíždět nebude, by byla ignorována.

Obrázek 21: Oblasti varování



Zdroj: Vlastní zpracování

Pokud by byla nedoručená zpráva doručena později, mohlo by dojít k mylnému varování, což je nežádoucí. Tomu by mohlo zabránit výše uvedené zapojení komparátoru geografických souřadnic.

Nevýhodou tohoto řešení je nemožnost vyloučit z příjmu varovné zprávy další osoby. A to jak spolujezdce, tak i stálé obyvatele dané oblasti. V případě spolujezdce by se mohlo stát, že varování v jednom vozidle obdrží řidič a tři spolujezdci. Tomu by se dalo předejít tak,

že by se v aplikaci obsluhující příchozí SMS zprávy nastavilo, zda je daná osoba řidič či nikoliv. Ovšem pravděpodobnost, že tak budou všichni pasažéři vždy činit, je velmi nízká.

Problémem by také mohla být situace, kdy si stálý obyvatel dané lokality žádnou aplikaci na zpracování varovných zpráv nenainstaluje a varovnou SMS zprávu tedy obdrží přímo formou SMS. Pokud by tito obyvatelé nebyli v jinou dobu zároveň řidiči, nemuseli by se o zprávu vůbec starat, ale mohla by je rušit. Pokud by tito lidé řidiči jindy byli, mohla by aplikace přecházet do režimu zobrazení varování pouze po spárování s tagem ve vozidle, např. pomocí technologií Bluetooth nebo NFC. Tato problematika bude předmětem dalšího výzkumu.

3.3.3 Aktivace a zobrazení varování

Možnosti zobrazování informací ve vozidle jsou v současné době na vysoké úrovni. Kromě tradičních metod jako je infopanel na středové konzoli, případně na palubní desce, jsou stále běžnější výsuvné či HUD (Head Up Display) displeje (Prasanth, 2016). Nejpoužívanější metodou by bylo zobrazení nebo spuštění zprávy pomocí mobilního telefonu, který varovnou SMS zprávu přijal. Zvukové upozornění by mohlo být přizpůsobeno hladině hluku ve vozidle. Problematika vlastního zobrazení upozornění je podrobněji rozpracována v podkapitole 3.4.2, věnující se zobrazení varování při použití technologie Connected Car. Příkladem může být řešení firmy Škoda Auto, a.s., která pomocí řešení SmartLink umožňuje snadné propojení mobilního telefonu s infotainmentem vozidla. Panel vozidla následně nahradí displej mobilního zařízení a ovládání hovorů, mapy, zpráv atp. je jednodušší a bezpečnější (Škoda Auto, 2017). Tento komunikační kanál by bylo možné použít i pro zobrazení varování.

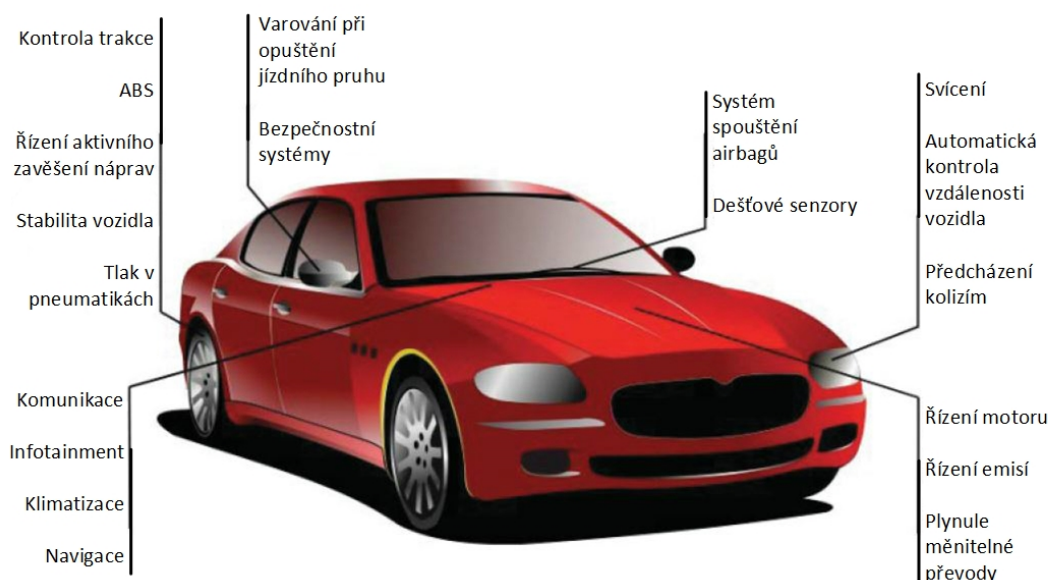
3.4 Mapa dopravních podmínek a Connected Car

Metoda varování rozpracovaná v této kapitole by mohla být efektivně zkombinována s technologií Connected Car a přispět tak ke zlepšení situace v oblasti včasného varování. Komunikace vozidel některých značek se servery již probíhá a z technického hlediska zde nejsou žádné překážky. Jak již bylo dříve nastíněno, překážky by mohly nastat spíše administrativního rázu.

3.4.1 Mapa dopravních podmínek

Jelikož jsou automobily „chytřejší“ než kdy dříve, měla by existovat snaha začlenit jejich "inteligenci" do systému předcházení dopravním nehodám. V současnosti jsou údaje z některých snímačů zpracovány automaticky bez vědomí řidiče. Řidič si může všimnout změny, ale v těchto situacích není čas pro lidskou reakci a vůz reaguje autonomně. Tato situace nastává například při prudkém brzdění a snaze zabránit smyku. Kromě okamžitého prospěchu ve formě bezpečnosti cestujících ve vozidle by tato data mohla být použita k vytvoření mapy dopravních podmínek dané oblasti. To by umožnilo sdílení informací ostatním vozidlům a v případě neobvyklých hodnot anonymní zasílání na centrální server.

Obrázek 22: Příklad využití senzorů ve vozidle



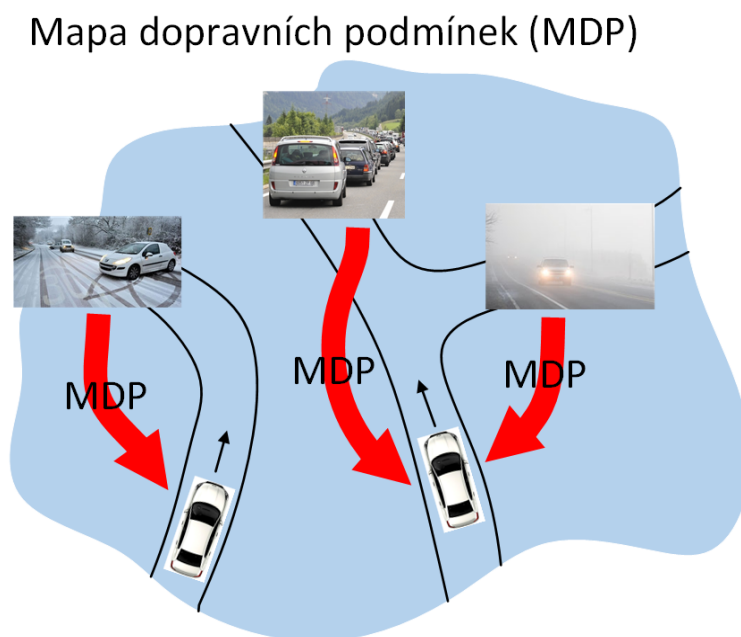
Zdroj: Autorsky zpracováno dle: Coppola, 2016

Konkrétně by mohlo jít o výstupy z brzdných systémů (ABS), údaje o smyku na kluzké silnici, informace o špatné viditelnosti poskytnuté kamerami ve vozidle nebo výstup z dešťových čidel. Tento systém by mohl za pomoci dalšího kanálu doplnit systém eCall v době, kdy nevznikla žádná mimořádná událost typu dopravní nehody.

Pro komunikaci je vhodné využít standardy pro komunikaci s vozidlem uvedené v kapitole 2.2.3. Jsou jimi zejména technologie SAE J2735 (DSRC), SAE J2945/1 a další. Standard SAE J2735 přímo počítá s využitím pro varování před kolizí, je tedy pro účely tohoto řešení nejvhodnější. Oproti tomu není možné použít výhradně technologii WAVE,

omezena maximální vzdáleností mezi vozidly, na kterou lze přenést zprávu (Shereen et al., 2013). Mapa dopravních podmínek tedy umožňuje použití i tam, kde nejsou vozidla od sebe vzdálena na vzdálenost, kdy by si mohla předat zprávu navzájem pomocí technologie WAVE. Podobné řešení nebylo dosud publikováno.

Obrázek 23: Využití mapy dopravních podmínek



Zdroj: Vlastní zpracování

Server pro tuto službu potřebný by spravovalo Národní dopravní informační centrum, které by tak mělo kompletní dopravní informace, které by mohlo předat dál vhodnými kanály. Prostřednictvím NDIC serveru by pak byla data za pomoci vhodného algoritmu poslána vozidlům blížícím se k místu s problematickými dopravními podmínkami. Jelikož nejsou všechna vozidla stejně technologicky vybavena, je potřeba diverzifikovat šíření informací.

Jak bylo uvedeno dříve, kooperativní systémy umožňují vozidlům komunikovat spolu navzájem, popřípadě s jednotkami mimo vozidla. Navrhovaný systém se skládá z jednotky ve vozidle (OBU) a serveru. Další možnosti závisí na tom, zda bude využita stávající nebo nová infrastruktura. Pokud by vozidlo disponovalo infotainmentem a řidič by aktivně využíval navigaci, bylo by možné zjistit, zda místo mimořádné události leží na plánované trase a pokud by tomu tak nebylo, varování nezobrazovat a řidiče tak zbytečně

nerozptylovat. V tom případě by řidič vpravo na obrázku č. 23 dostal jen jedno varování místo dvou.

Aby mohl navržený systém poskytovat potřebné informace, musí být odolný proti výpadkům napájení. Výpadek může nastat na straně vozidla, ale vzhledem k jeho energetické soběstačnosti je to nepravděpodobné. Stejně tak je málo pravděpodobný výpadek na straně operátora. Mohla by však nastat situace, kdy v případě hrozícího přetížení BTS stanice dojde k úpravě priorit a mobilní síť bude dostupná pouze pro složky IZS. V tom případě by bylo vhodné při implementaci řešení zajistit, aby i tento varovný systém dostal výjimku a nedošlo tak k ohrožení bezpečnosti účastníků silničního provozu. Při návrhu technické realizace je také nutné se řídit směrnicemi a standardy uvedenými v kapitole 2.2, aby nemohlo dojít ke zneužití či průniku třetích stran do systému řízení vozidla.

3.4.2 Rozhraní

Ač by teoreticky řidič neměl být ničím odváděn od vlastního řízení, v praxi je to jinak. Ať už je důvodem jeho rozptylování rozhovor se spolujezdcem, poslech hudby, navigační informace či jiné audiovizuální zdroje vjemů, k rozptylování dochází téměř vždy. Zobrazení varování navrhovaného systému by se tedy nemělo za každou cenu snažit nerozptylovat řidiče. Spíše by mělo být vhodně zakomponováno do již fungujícího infotainmentu vozidla, na který je řidič zvyklý a bude ho tedy v případě varování rozptylovat méně, než např. oddělená výstražná jednotka (Fitch, 2014).

Při návrhu je třeba se vyhnout nadměrné složitosti ovládání, vhodně rozmístit tlačítka s ohledem na dosažitelnost z místa řidiče a řídit se směrnicemi pro vývoj aplikací vydávanými softwarovými společnostmi jako je Google či Apple (Young a Zhang, 2015).

Varování nemusí být samozřejmě jen audiovizuální, ale může být i haptické, např. vibrace volantů. Ovšem je třeba brát v potaz nastavení vozidel různých značek, aby nemohlo dojít k záměně varování za např. upozornění o nechtěné změně jízdního pruhu. Nabízí se také zapojení umělé inteligence, která se začíná ve vozidlech objevovat a mohla by vhodně nastavit varování s ohledem na např. rychlost, hluk ve vozidle, denní dobu a podobně.

Obrázek 24: Dosažitelnost různých oblastí ovládacího panelu pro levostranné řízení



Zdroj: Autorsky zpracováno dle: Consiglio, 2013

3.5 SWOT analýza

Jako metrika pro porovnání navržených konceptů byla vybrána SWOT analýza. Její pomocí byly analyzovány silné a slabé stránky, hrozby a příležitosti obou řešení a tato řešení byla následně porovnána.

Obrázek 25: SWOT Analýza SMS řešení

	Pozitivní	Negativní/Škodlivé
INTERNÍ	Silné stránky	Slabé stránky
	STRENGTHS	WEAKNESSES
	1 využití stávající infrastruktury 2 jednoduchost obsluhy	1 nutnost administrativních opatření 2 nutnost změny firmware u starších telefonů 3 nutnost instalace aplikací
EXTERNÍ	Příležitosti	Hrozby
	OPPORTUNITIES	THREATS
	1 zlepšení situace v oblasti varování 2 postupná větší penetrace chytrými telefony	1 obavy ze zneužití 2 rušivé rozeslání všem osobám ve vozidle i mimo něj 3 oblasti bez signálu

Zdroj: Vlastní zpracování

V rámci vypracování SWOT analýzy pomocí vah a hodnocení bylo autorem zjištěno, že toto řešení je vhodné. Silné stránky převažují nad slabými. Mezi silné stránky patří využití stávající infrastruktury a jednoduchost obsluhy a mezi slabé stránky pak nutnost administrativních opatření, změny firmware u starších telefonů a nutnost instalace aplikace do chytrých telefonů. Oproti tomu mezi příležitosti patří zlepšení situace v oblasti varování

a postupná penetrace chytrými telefony, což snižuje nutnost změny firmware zmíněnou mezi slabými stránkami. Dalšími hrozbami jsou obavy ze zneužití a varování dalších osob ve vozidle. Také jsou uvedeny oblasti bez signálu, ale takové oblasti, ve kterých by zároveň vedla komunikace, se již téměř nevyskytují. Hrozby tedy nejsou příliš závažné.

Obrázek 26: SWOT Analýza řešení Connected Car/Mapy dopravních podmínek

	Pozitivní	Negativní/Škodlivé
INTERNÍ	Silné stránky	Slabé stránky
	STRENGTHS	WEAKNESSES
	1 minimální rušení řidiče 2 jednoduchoost obsluhy 3 automatické zpracování	1 nutnost administrativních opatření 2 pouze pro vozidla vybavená Connected Car
EXTERNÍ	Příležitosti	Hrozby
	OPPORTUNITIES	THREATS
	1 zlepšení situace v oblasti varování 2 postupná větší penetrace technologií Connected Car	1 možnosti průniku třetích stran 2 pomalá inovace vozového parku

Zdroj: Vlastní zpracování

V případě řešení počítajícím s Mapou dopravních podmínek zůstávají výhody jednoduché uživatelské obsluhy a odpadá nevýhoda v podobě řešení zobrazení varování z mobilního telefonu v případě absence propojení telefonu s infotainmentem vozidla. Slabými stránkami jsou opět nutnost administrativních opatření (zavedení standardů apod.) a také použitelnost pouze pro vozidla vybavená technologií Connected Car. Tato skutečnost může být zároveň příležitostí vzhledem k stále větší penetraci trhu touto technologií a také hrozbou v případě, že nebude mít tato penetrace rychlý průběh.

3.6 Ekonomické hledisko

3.6.1 Náklady na zavedení systémů

Jak bylo již uvedeno v příslušných kapitolách, metoda varování pomocí SMS zpráv a metoda varování pomocí mapy dopravních podmínek spolu s řešením Connected Car jsou založené na již existujících a používaných technologiích. U prvního jmenovaného konceptu by pro uvedení do praxe bylo potřeba spíše administrativní a právní ošetření příslušných procesů, než vysoké investice. U druhé metody (Mapy dopravních podmínek) výše uvedené zcela neplatí, jelikož penetrace technologií Connected Car není v současné

době dostatečná pro efektivní varování. Zastoupení těchto vozidel se bude zvyšovat v čase, avšak náklady neponese stát, ale jednotlivci v rámci nákupu nových automobilů. Stát ovšem může jednotlivce motivovat a informovat. Další nákladovou položkou by byly IT náklady spojené s provozem Mapy dopravních podmínek.

3.6.2 Náklady na zvýšení počtu informačních tabulí

Proměnné informační tabule jsou spolu s informacemi z RDS-TMC nejaktuálnějšími zdroji dopravních informací poskytovanými NDIC. Aktuálností se jim mohou rovnat pouze informace z aplikace WAZE. Vyčíslení nákladů na pořízení většího množství těchto tabulí se ve své diplomové práci věnovala Bajtalonová (2013). Autorka uvádí, že při instalaci jedné informační tabule na každých 10 kilometrech dálnice a rychlostní silnice by náklady přesahovaly jednu miliardu korun. Z rizikové mapy organizace EuroRAP (Eurorap, 2009) však vyplývá, že dálnice jsou nejbezpečnějším typem komunikací. Bajtalonová (2013) dále uvádí, že při instalaci informačních tabulí na silnice nižších tříd by se při hustotě jedna tabule na 30 km náklady na jejich pořízení a údržbu vyšplhaly na stovky miliard korun.

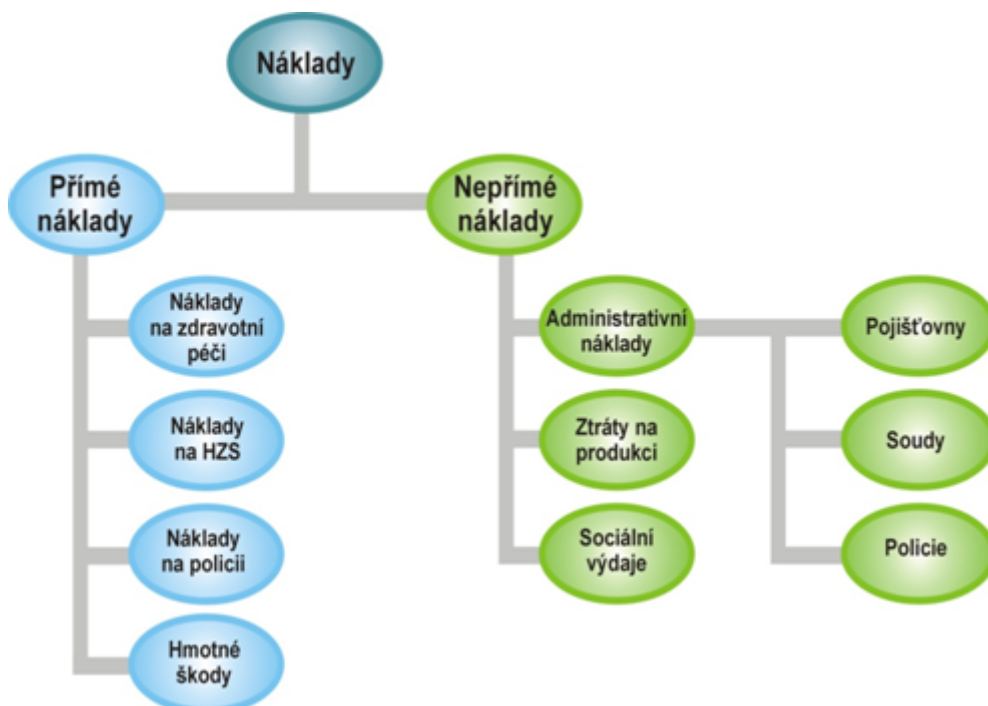
3.6.3 Ztráty v důsledku dopravních nehod

Podle Centra dopravního výzkumu (CDV, 2012), které používá aktualizovanou metodiku výpočtu ztrát z dopravní nehodovosti na pozemních komunikacích s rozdělením ztrát podle druhů nehod na nehody s usmrcením, nehody s těžkým zraněním, nehody s lehkým zraněním a nehody s hmotnou škodou bez zranění, lze náklady spojené s dopravními nehodami rozčlenit do skupin, jak je zobrazeno na obrázku č. 27.

Mezi nejvýznamnější ztráty podle Centra dopravního výzkumu patří ztráty na produkci a sociální výdaje, které sestávají například z různých druhů důchodů – invalidního, sirotčího apod. Pro rok 2010 platily následující hodnoty ztrát:

- ztráta v důsledku usmrcení 1 osoby - 17 644 586 Kč
- ztráta v důsledku těžkého zranění 1 osoby - 4 863 336 Kč
- ztráta v důsledku lehkého zranění 1 osoby - 668 170 Kč
- bez zdravotních následků s hmotnou škodou na 1 nehodu - 270 618 Kč

Obrázek 27: Rozčlenění nákladů



Zdroj: Centrum dopravního výzkumu, 2010

Data byla počítána ze statistik, kdy úmrtí vznikla do 30 dnů po nehodě. Celkové ztráty pak pro rok 2010 představovaly 57,193 mld. Kč, což činí 1,5 % vytvořeného hrubého domácího produktu v daném roce. Nejaktuálnější hodnoty jsou dostupné pro rok 2015, ve kterém bylo podle šetření policie (Observatoř bezpečnosti silničního provozu, 2016) vyšetřeno 93 067 dopravních nehod, což představuje o 7 208 případů více než v roce 2014. Statistiky byly následující:

- přímo u dopravních nehod nebo do druhého dne zemřelo 660 osob,
- dalších 77 osob zemřelo do 30 dnů poté,
- těžké zranění utrpělo 2 463 osob,
- lehce se zranilo 24 426 osob,
- počet nehod s hmotnou škodou vzrostl na celkových 71 506.

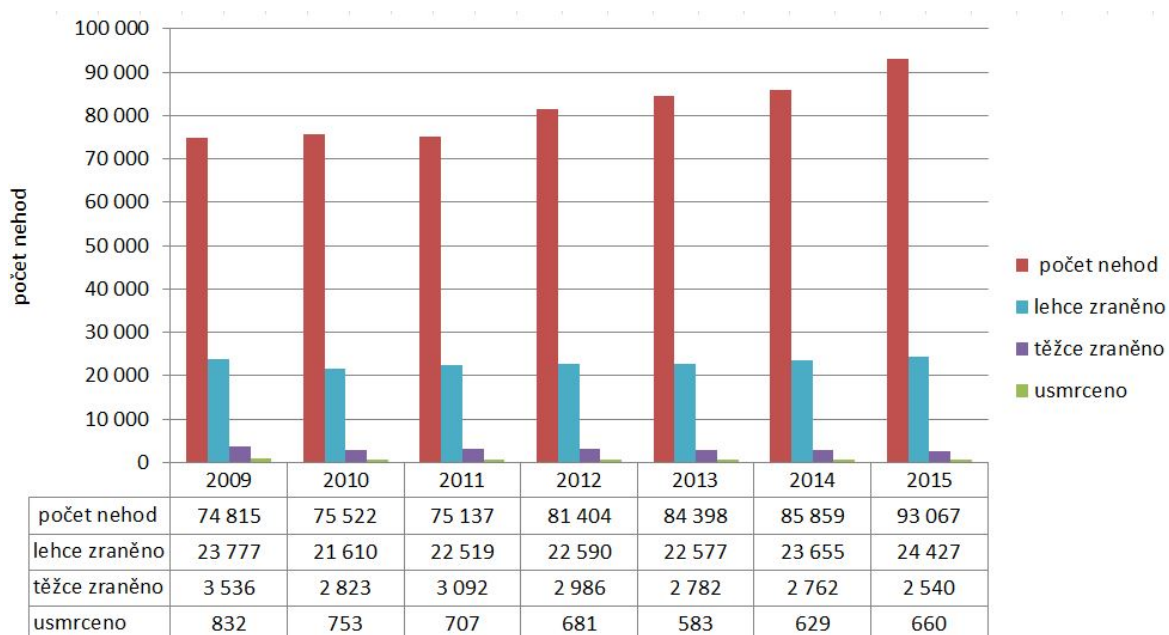
Navíc se změnilo vyčíslení ztrát oproti roku 2010 a to takto:

- ztráta v důsledku usmrcení 1 osoby 20 790 000 Kč,
- ztráta v důsledku těžkého zranění 1 osoby 5 033 600 Kč,
- ztráta v důsledku lehkého zranění 1 osoby 649 800 Kč,

- bez zdravotních následků s hmotnou škodou na 1 nehodu 344 900 Kč.

Kromě vyčíslení ztráty v důsledku lehkého zranění se všechny částky zvýšily. Podle odhadů dopravní policie byla přímo na místě nehody, kupříkladu na havarovaných vozidlech, způsobena hmotná škoda ve výši 5,439 miliard korun. Celková škoda se vyšplhala na 68,254 mld. Kč.

Obrázek 28: Vývoj základních ukazatelů v letech 2009 až 2015



Zdroj: Autorsky zpracováno dle: Policie ČR, statistická ročenka 2015

3.6.4 Úspory po zavedení systému

Aby bylo možné porovnat ekonomický přínos sníženého počtu dopravních nehod, je nutné zjistit, o kolik by se jejich počet zavedením navrženého řešení snížil. Ne všem dopravním nehodám lze zavedením varovného systému předejít. Odborníci na silniční dopravu odhadují, že zhruba u 30 % z celkového počtu dopravních nehod by ale ke zlepšení situace došlo. Jelikož lze obtížně odhadnout pokles nehodovosti po zavedení jednoho či druhého systému, bude počítáno se dvěma dosažitelnými scénáři. Optimistický scénář bude počítat se snížením o pět procent a pesimistický s poklesem o 2,5 procenta.

Výpočet vychází z celkové škody uvedené v přechodí kapitole. Snížení o 2,5 procenta by představovalo ekonomickou úsporu 1 706 360 525 Kč a snížení o pět procent úsporu 3 412 721 050 Kč.

Dále by existovaly samozřejmě časové úspory, které nejsou Centrem dopravních nehod započítány. Jedná se například o čas strávený v koloně nebo čas výjezdu záchranných složek, které by v danou chvíli mohly být potřebné na jiném místě.

3.6.5 Financování

Na základě vývoje počtu dopravních nehod v letech 2009 až 2015, který je zobrazen na obrázku č. 28 lze konstatovat, že na snížení jejich absolutního počtu díky modernějším technologiím, materiálům a přístupům spoléhat nelze. Automobily jsou stále bezpečnější, ale pojišťovny musejí stále vynakládat vysoké částky na plnění škodných událostí.

V roce 2015 činilo celkové plnění za Pojištění odpovědnosti z provozu vozidla (POV) členů České asociace pojišťoven (ČAP) celkem 22,274 mld. Kč a za havarijní pojištění 10,031 mld. Kč (ČAP, 2015). Havarijní pojištění pokrývá nejen poškození vozidla při nehodě, ale také např. jeho odcizení. Vzhledem k tomu, že není možné získat data pro oddělení této složky z celkového plnění, je uvedena celková částka. Jsou to tedy pojišťovny, které by měly z podstaty svého podnikání dbát na minimalizaci výdajů, tj. dopravních nehod.

3.7 Shrnutí

Tato kapitola je hlavní částí práce a přinesla řešení, která byla vytvořena s ohledem na předchozí rešerše a také s přihlédnutím k proveditelnosti a ekonomickému hledisku. K těmto řešením byly využity vědecké metody uvedené v příslušných kapitolách. Byla představena tři řešení a rozpracována dvě z nich. Tyto koncepty byly podrobeny analýze a vyhodnoceny jejich silné a slabé stránky. Také byl kladen důraz na uživatele, resp. způsob, jakým mu bude varovná informace zobrazen, aby nedošlo k jeho nadměrnému rozptylování během řízení. V části věnované ekonomickému hledisku vyšla práce z nejaktuálnějších dostupných údajů od Policie ČR a Centra dopravního výzkumu a při vyčíslení možných úspor pracovala se dvěma scénáři.

Závěr

Stávající technologie používané pro varování v silniční dopravě mají některé nevýhody. Některé pro svou implementaci vyžadují nákladnou infrastrukturu, jiné nedosahují dostatečně krátké doby uplynulé od vzniku mimořádné události po zobrazení varování řidiči a další jsou zase špatně přijímány laickou veřejností, jak dokazuje výzkum úrovně akceptování vybraných „citlivých“ aspektů navrhovaných řešení provedený v rámci této práce. Z průzkumu vyplývá, že je toto špatné přijímání způsobeno spíše neznalostí, než přímo averzí k novým technologiím.

V práci se zabývám problematikou, která je v současné době vysoce aktuální, přičemž se snažím volit originální přístupy jak z hlediska použitých vědeckých metodologií, tak i možného praktického využití. Za použití vědeckých metod jsem vytvořil koncept řešení kombinující technologii Radio-HELP s aplikací WAZE, který by rozhodně přinesl zkrácení doby přenosu varovné zprávy, ale jeho zavedení v krátkodobém horizontu je nepřilíš reálné, neboť vyžaduje přijetí významných strategických rozhodnutí včetně legislativních úprav. Na základě rešerší jsem přistoupil k návrhu řešení, která jsou založena aktuálních technologiích, nejsou ekonomicky náročná a není u nich riziko podobných překážek, jako u výše zmíněné metody.

Doktorská disertační práce rozpracovává řešení založené na použití SMS zpráv a díky skutečnosti, že je tato technologie rozšířená, by si jeho implementace nevyžádala vysoké technologické investice. Další výhodou je skutečnost, že lidé tento typ zpráv znají a nehrozí zde riziko odmítání z důvodu neznalosti, jako tomu je např. u systému eCall.

Tento koncept nemá ovšem pouze kladné stránky. Přestože navržená metoda umožňuje nejrychlejší přenos informací mezi ohlášením nehody a oznámením nehody, její nevýhodou je nemožnost vyloučit nezúčastněné osoby z neadresného zaslání SMS zprávy. Práce diskutuje možné způsoby eliminace tohoto aspektu a tato problematika bude předmětem dalšího výzkumu. Uvedené řešení bylo navrženo pomocí modelování UML, aby byli zohledněni všichni jeho účastníci.

Další rozpracovaný koncept zahrnuje použití technologie Connected Car, což je technologie, kterou disponuje většina nových vozidel a v budoucnu se dá počítat s jejím

ještě větším rozšířením. Tento koncept je založen na skutečnosti, že automobily mohou komunikovat navzájem mezi sebou a také s páteční sítí. Toto řešení zahrnuje vytvoření tzv. Mapy dopravních podmínek, která by zprostředkovala informace navzájem mezi vozidly. A to nikoliv přímo pomocí technologií k tomu určených (např. DSRC), neboť ne vždy jsou vozidla navzájem ve vzdálenosti vhodné pro přenos dat. Tuto technologii je možné použít také, ale hlavní myšlenkou je zasílání na centrální server, který by je zpracoval a dále rozesílal do příslušných oblastí dalším vozidlům. Tento server by legislativně i technologicky spadl pod Národní dopravní informační centrum.

Z hlediska praktičnosti lze v současné době za vhodnější považovat řešení pomocí varovných SMS zpráv, jelikož penetrace trhu mobilními telefony schopnými přijímat textové zprávy je větší, než podíl vozidel s technologií Connected Car. V budoucnu by se však tento poměr mohl obrátit ve prospěch druhého řešení, které nabízí např. širší možnosti zobrazení varování v rámci infotainmentu vozidla. Vybrané koncepty jsem podrobil SWOT analýze pro porovnání silných a slabých stránek a zjištění oblastí, na kterých je potřeba dále pracovat.

Přínos v podobě konkrétních čísel je zpracován v kapitole 3.6. Základem jsou historická data o dopravních nehodách, údaje o nákladech na jednotlivé typy zranění či úmrtí a za pomoci dvou scénářů je vypočtena možná finanční úspora. Ztráty v důsledku dopravních nehod nejsou samozřejmě jen ekonomické, jak je i naznačeno v příslušné kapitole, avšak pro ekonomické ztráty existují vhodné podklady a proto jsou rozpracovány pouze ty.

Vědeckým přínosem této práce je uplatnění systémových přístupů a metod pro zvýšení bezpečnosti dopravy. Konkrétní metody jsou uvedeny v kapitole 1.3. Na základě těchto postupů jsem navrhl zde popsaná konceptuální řešení.

Vytyčené cíle jsem řešil pomocí uvedených vědeckých metod a dosažené výsledky detailně popsal. Na základě představených výsledků lze konstatovat, že cíle práce byly splněny. K dosažení přispěla také rozsáhlá literární rešerše, na jejímž základě a porovnáním jednotlivých metod jsem za pomoci systémového přístupu navrhl konceptuální modely možných řešení. Tyto modely jsem dále porovnal a vyhodnotil.

V závěrečné části práce jsem zpracoval ekonomické hledisko zachycující ekonomický efekt jednotlivých řešení na základě možných scénářů. Přínos byl zhodnocen na základě nejaktuálnějších dostupných údajů od Police ČR a Centra dopravního výzkumu.

Další výzkum se bude věnovat odstranění slabých stránek varování pomocí SMS zpráv a také k podrobnějšímu návrhu řešení Mapy dopravních podmínek.

Seznam použité literatury

ABADI, A., RAJABIOUN, T and Petros A. IOANNOU Traffic flow prediction for road transportation networks with limited traffic data. *Intelligent Transportation Systems, IEEE Transactions on*, 2015, 16.2: 653-662.

BAJTALONOVÁ, J. *Ekonomické aspekty informačního systému včasného varování v případě vybraných dopravních situací*. Liberec, 2013. Diplomová práce. Technická univerzita v Liberci, katedra informatiky

BÉCSI Tamás, ARADI Szilárd a GÁSPÁR Peter. *Security issues and vulnerabilities in connected car systems*. In: 2015 International Conference on Models and Technologies for Intelligent Transportation Systems (MT-ITS) [online]. IEEE, 2015, s. 477-482 [vid. 2017-02-02]. DOI: 10.1109/MTITS.2015.7223297. ISBN 978-9-6331-3140-4. Dostupné z: <http://ieeexplore.ieee.org/document/7223297/>

BRUNCLÍK, M. a J. SKRBK, *Systém automatizovaného kritického varování před místem dopravní nehody* [online] 2010 [vid. 2012-5-10]. Dostupné z: http://spisy.upv.cz/Applications/2010/PPVCZ2010_0415A3.pdf

CARSTEN, Paul, et al. *In-vehicle networks: Attacks, vulnerabilities, and proposed solutions*. In: Proceedings of the 10th Annual Cyber and Information Security Research Conference. ACM, 2015. p. 1. T. Becsi, S. Aradi, and P. Gaspar. 2015. Security issues and vulnerabilities in connected car systems. In 2015 International Conference on Models and Technologies for Intelligent Transportation Systems (MT-ITS). 477–482.

CDV. *Ztráty z dopravní nehodovosti na pozemních komunikacích za rok 2010* | Centrum dopravního výzkumu, v. v. i. [online]. [vid.. 08.02.2017]. Dostupné z: <http://www.cdv.cz/ztraty-z-dopravni-nehodovosti-na-pozemnich-komunikacich-za-rok-2010/>

CHECKOWAY, Stephen, et al. *Comprehensive Experimental Analyses of Automotive Attack Surfaces*. In: USENIX Security Symposium. 2011. Tim Ring. 2015. Connected cars the next target for hackers. *Netw. Secur.* 11 (Nov. 2015).

Compass4d [online]. 2014 [vid. 2015-01-25]. Dostupné z: <http://www.compass4d.eu/>

Connecting Vehicles for safe, comfortable and green driving on European roads. [online]. [vid. 2015-09-04]. Dostupné z: <http://drive-c2x.eu/>

Connectivity - Škoda [online]. Škoda Auto, 2016 [vid. 2017-03-14]. Dostupné z: <http://www.skoda-auto.com/en/experience/product-features/connectivity/>

CONSIGLIO, W., DRISCOLL, P., WITE, M. and W. P. BERG *Effect of cellular telephone conversations and other potential interference on reaction time in a braking response*. 2003. *Accid. Anal. Prevent.* 35, 4 (Jul 2003), 495–500.

COPPOLA, R., and M. MORISIO *Connected Car: technologies, issues, future trends*. 2016. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 49(3), 46.

Co-operative Systems for Intelligent Road Safety [online]. 2010 [vid. 2015-06-15]. Dostupné z: <http://www.coopers-ip.eu>

ČAP. *Výroční zpráva ČAP 2015* [online]. Česká asociace pojišťoven [vid. 2016-11-15] Dostupné z: <http://www.cap.cz/images/o-nas/vyrocní-zpravy/2015.pdf>

Deloitte. *Who owns the road?* 2016 [online] Deloitte university Press [vid. 2016-11-28] Dostupné z: https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/za/Documents/consumer-business/ZA_Who_Owns_The_Road__Automotive_November2016.pdf

eCall – celoevropský systém tísňových volání z vozidel [online]. 2013 [vid. 2015-06-25]. Dostupné z: <http://www.czechspaceportal.cz/3-sekce/its---dopravni-telematika/ecall>

European Commission (2010). *eCall – saving lives through in-vehicle communication technology* [online], [vid. 2012-5-10]. Dostupný z: http://ec.europa.eu/information_society/doc/factsheets/049-ecall_july10_en.pdf

Eurorap. *Riziková mapa ČR* [online] 2009 [vid. 201-01-20] Dostupné z: http://data.idnes.cz/soubory/automoto/28A141111_MBB_006_EURORAP_CZ_MAPA_2_C.PDF

FERNANDES, B, et al. *Mobile Application for Automatic Accident Detection and Multimodal Alert*. In: *Vehicular Technology Conference (VTC Spring), 2015 IEEE 81st*. IEEE, 2015. p. 1-5.

FILJAR, R, et al. *eCall: Automatic notification of a road traffic accident*. In: *MIPRO, 2011 Proceedings of the 34th International Convention*. IEEE, 2011. p. 600-605.

FOWLER, Martin. *Destilované UML*. Praha: Grada, 2009. Knihovna programátora (Grada). ISBN 9788024720623.

FRERE, P. E. M. *Smart Road Restraint Systems (Smart RRS): integrating sensing technology into crash barriers*. [online] 2012. Dostupné z: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6489874>

Gartner. *Gartner Says Five of Top 10 Worldwide Mobile Phone Vendors Increased Sales in Second Quarter of 2016*. [online]. 2016 [vid. 2017-03-05] Dostupné z: <http://www.gartner.com/newsroom/id/3415117>

GSMA - Connected Car Forecast: Global Connected Car Market to Grow Threefold Within Five Years. [online] 2013 [vid. 2015-06-12] Dostupné z: http://www.gsma.com/connectedliving/wp-content/uploads/2013/06/cl_ma_forecast_06_13.pdf

HE, Z., ZHANG, J. and P. A. XU, *Sensor Network-Based Intelligent Control System for Traffic Safe Distance*. In: *Computational Intelligence and Design (ISCID), 2013 Sixth International Symposium on*. IEEE, 2013. p. 326-329.

ICE - Institute for Communication Technologies and Embedded Systems. *OFDM and the orthogonality principle*. ICE - Institute for Communication Technologies and Embedded Systems: ICE [online]. 2017 [vid. 3.1.2017]. Dostupné z: <https://www.ice.rwth-aachen.de/research/algorithms-projects/ofdm/ofdm-and-the-orthogonality-principle/>

Inteligentní dopravní systémy v akci – Pilotní testování projektu BaSIC. [online]. 2013 [vid. 2015-08-15]. Dostupné z: <http://www.czechspaceportal.cz/4-sekce/veda-a-vyzkum/vybrane-aktuality-a-clanky-3/inteligentni-dopravni-systemy-v-akci---pilotni-testovani-projektu-basic.html>

Intelligent Transportation Systems - Joint Program Office Home Page [online]. 2016 [vid. 18.11.2016]. Dostupné z:

https://www.its.dot.gov/factsheets/pdf/ITSJPO_Connected_Vehicle_Standards.pdf

JÄMSÄ, J. and H. KAARTINEN *Mobile applications for traffic safety*. In: Cognitive Infocommunications (CogInfoCom), 2015 6th IEEE International Conference on. IEEE, 2015. p. 19-24.

JANECEK, A, et al. The Cellular Network as a Sensor: From Mobile Phone Data to Real-Time Road Traffic Monitoring. *Intelligent Transportation Systems, IEEE Transactions on*, 2015, 16.5: 2551-2572.

KAISER, T. *Drivers want to use smartphones in cars, not infotainment systems' software*, July 18, 2013, Daily Tech, www.dailytech.com/Drivers+Want+to+Use+Smartphones+in+Cars+Not+Infotainment+Systems+Software/article31997.htm, accessed July 14, 2015

KALIKOVA, J., KRCAL, J. and M. KOUKOL. *Detection of persons in a vehicle using IR cameras and RFID technologies*. In: Smart Cities Symposium Prague (SCSP), 2015. IEEE, 2015. p. 1-3.

KLEBERGER, P., OLOVSSON, T. and E. JONSSON *Security aspects of the in-vehicle network in the connected car*. In: Intelligent Vehicles Symposium (IV), 2011 IEEE. IEEE, 2011. p. 528-533.

KLEMENT, P. and V. SNÁŠEL. *Anomaly Detection in Emergency Call Data The First Step to the Intelligent Emergency Call System Management*. In: Intelligent Networking and Collaborative Systems, 2009. INCOS'09. International Conference on. IEEE, 2009. p. 226-232.

KUBÁT, D. – Chytré telefony a systém eCall v dopravě (výsledky průzkumu), 2013. Dostupné online na <http://33299.vyplnto.cz>.

LV, Y, et al. Traffic flow prediction with big data: A deep learning approach. *Intelligent Transportation Systems, IEEE Transactions on*, 2015, 16.2: 865-873.

MACHAN, J. and Ch. LAUGIER *Intelligent vehicles as an integral part of intelligent transport systems*. ERCIM News, ISSN, 2013, 0926-4981.

MAURER, M. *Forward collision warning and avoidance*. In: *Handbook of Intelligent Vehicles*. Springer London, 2012. p. 657-687.

MISSIROLI, M., PIERAZZI, F. and M. COLAJANNI. *Security and privacy of location-based services for in-vehicle device systems*. In: *High Performance Computing & Simulation (HPCS), 2014 International Conference on*. IEEE, 2014. p. 841-848.

MOYEEN, M. A., et al.. *A wireless vehicular traffic service management scheme*. 2016 3rd International Conference on Electrical Engineering and Information Communication Technology (ICEEICT), Dhaka, Bangladesh, 2016, pp. 1-5.

Národní dopravní informační centrum | Aktuální dopravní informace. Hlavní stránka | Aktuální dopravní informace [online]. Copyright © 2009 Ředitelství silnic a dálnic ČR [vid. 8.12.2016]. Dostupné z: <http://portal.dopravniinfo.cz/informacni-a-ridici-centra-dopravy/narodni-dopravni-informacni-centrum>

NETO, V. R., MEDEIROS, D. and M. CAMPISTA. *Analysis of mobile user behavior in vehicular social networks*. In: *Network of the Future (NOF), 2016 7th International Conference on the*. IEEE, 2016. p. 1-5.

NRK. *Slik slukkes FM-nettet*. [online] 2017 [vid. 13.03.2017]. Dostupné z: <https://www.nrk.no/informasjon/slik-slukkes-fm-nettet-1.12319113>

Observatoř bezpečnosti silničního provozu. *Dopravní nehody nás v roce 2015 stály 68 miliard, zemřelo 737 osob*. [online] 2016 Observatoř bezpečnosti silničního provozu. [vid. 09.01.2017]. Dostupné z: <http://www.czrso.cz/clanky/dopravni-nehody-nas-v-roce-2015-staly-68-miliard-zemrelo-737-osob/>

OORNI, R. and T. O. KORHONEN, *eCall minimum set of data transmission—results from a field test in Finland*. *Intelligent Transport Systems, IET*, 2014, 8.8: 639-647.

OORNI, R., MEILIKHOV, E. and T. O. KORHONEN. *Interoperability of eCall and ERA-GLONASS in-vehicle emergency call systems*. *Intelligent Transport Systems, IET*, 2015, 9.6: 582-590.

OSMAN, Tousif, et al. *Intelligent traffic management system for cross section of roads using computer vision*. In: Computing and Communication Workshop and Conference (CCWC), 2017 IEEE 7th Annual. IEEE, 2017. p. 1-7.

PÍPA, M.: *Kooperativní systémy v dopravě [online]*. [vid. 2015-10-15]. Dostupný z: <http://www.cdv.cz/kooperativni-systemy-v-doprave/>

Policie ČR. *Přehled nehodovosti na pozemních komunikacích v České republice za rok 2015 - Statistická ročenka [online]* Ředitelství služby dopravní policie policejního prezidia české republiky [vid. 2017-01-18] Dostupné z: <http://www.policie.cz/soubor/statisticka-rocenka-2015.aspx>

PRASANTH, R., DESHMUKH, A. A., VIGNESH, B., and R. JANANI. *An HUD for connected car for maintenance and emergency intimation*. 2016 In *Recent Trends in Electronics, Information & Communication Technology (RTEICT), IEEE International Conference on* (pp. 1989-1991). IEEE.

PROTSCHKY, V., RUHHAMMER, C. and S. FEIT *Learning Traffic Light Parameters with Floating Car Data*. In: *Intelligent Transportation Systems (ITSC), 2015 IEEE 18th International Conference on*. IEEE, 2015. p. 2438-2443.

Quartsoft. *How Honda's V2V And V2P Technology Uses Smartphones to Save Lives?* [online] 2013 [vid. 2016-08-05] Dostupné z: <http://quartsoft.com/blog/201309/honda-v2v-v2p-technology-smartphones#sthash.RM7CQRCr.dpuf>.

RING, T.. *Connected cars—the next target for hackers*. *Network Security*, 2015(11), 11-16.

Risktec. *So what is ALARP?* [online]. [vid. 2016-10-15] Dostupné z: <http://www.risktec.co.uk/knowledge-bank/technical-articles/so-what-is-alarp---.aspx>

RIZWAN, P., SURESH, K. and M. R. BABU *Real-time smart traffic management system for smart cities by using Internet of Things and big data*. 2016 *International Conference on Emerging Technological Trends (ICETT)*, Kollam, India, 2016, pp. 1-7.

Rozhlas. *Auta si sama zavolají o pomoc. Systém eCall bude od roku 2018 ve všech nových vozech v EU*. [online] 1997 [vid. 24.01.2017]. Dostupné z:

http://www.rozhlas.cz/zpravy/domaciekonomika/_zprava/auta-si-sama-zavolaji-o-pomoc-system-ecall-bude-od-roku-2018-ve-vsech-novych-vozech-v-eu--1655891

Ředitelství silnic a dálnic ČR *Hustota provozu na D1*. Aktuální dopravní informace. [online]. 2016 [vid. 10.05.2016]. Dostupné z: <http://portal.dopravniinfo.cz/hustota-provozu-na-d1>

SEMERÁDOVÁ, T. and P. WEINLICH. Broadening the Scope of User *Experience Design with Behavioral Psychology*. Proceedings of the 28th International Business Information Management Association Conference. 1. vyd. Spain: IBIMA Publishing, 2016. S. 2597 – 2601. ISBN 978-0-9860419-8-3.

SENTHILKUMAR, R, *et al.* *iCars: Accident occurrence detection and effective path tracing using FCD*. In: *Advanced Computing (ICoAC), 2013 Fifth International Conference on ADVANCED COMPUTING (ICOAC). IEEE, 2013. p. 478-483.*

Shereen A. M. Ahmed, Sharifah H. S. Ariffin a Norsheila Faisal. *Overview of Wireless Access in Vehicular Environment (WAVE) Protocols and Standards*. Indian Journal of Science and Technology [online]. 2013 [vid. 5.10.2016]. Dostupné z: <http://www.indjst.org/index.php/indjst/article/viewFile/34355/27974>

Sichere Intelligente Mobilität Testfeld Deutschland [online]. [vid. 2015-08-28]. Dostupné z: <http://www.simtd.de>

SKRBK, J., KUBÁT, D., KVÍZ, J. and T. ŽIŽKA, *Distributing Emergency Traffic Information. IDIMT 2012 – ICT Support for Complex Systems*. 1. vyd. Linz: Johannes Kepler Universität, 2012. S. 33 – 39. ISBN 9783990330227.

Svět Androida. *Vůz, který rozezná řidiče od spolujezdce*. [online] 2014 [vid. 10.03.2016]. Dostupné z: <https://www.svetandroida.cz/patent-google-ridic-201510>

STRANG, T. a M. ROCKL. Vehicle Networks-V2X communication protocols. Deutsches Zentrum für Luft-und Raumfahrt, Colonia, Alemania [online] 2008. [vid. 12.19. 2016]. Dostupné z: <http://www.sti-innsbruck.at/sites/default/files/courses/fileadmin/documents/vn-ws0809/11-VN-WAVE.pdf>

What the WikiLeaks CIA files say about your car - The Washington Post. Washington Post: Breaking News, World, US, DC News & Analysis - The Washington Post [online]. 2016 [vid. 15.03.2017]. Dostupné z: https://www.washingtonpost.com/news/innovations/wp/2017/03/08/what-we-know-about-car-hacking-the-cia-and-those-wikileaks-claims/?utm_term=.c5bc8420d092

T-mobile. *SyncUp* [online] [vid. 08.03.2017]. Dostupné z: <https://tmo-explore-1524598101.netdna-ssl.com/SyncUp/images/LP-mq-SyncUP.png>

UHER, J.. Úvod do funkční bezpečnosti I: norma ČSN EN 61508. *Automa* [online]. 2004, 2004(08), 1 [vid. 2017-03-09]. Dostupné z: http://automa.cz/cz/casopis-clanky/uvod-do-funkcni-bezpecnosti-i-norma-csn-en-61508-2004_08_32520_3609/

US Department of Transportation. *Connected Vehicle Frequently Asked Questions*. [online] 2015 [vid. 2015-11-08] Dostupné z: http://www.its.dot.gov/connected_vehicle/connected_vehicles_FAQs.htm/

Volkswagen *Car-Net* [online]. 2017 [vid. 2017-02-10]. Dostupné z: <http://volkswagen-carnet.com/cz/cs/start>

YOUNG, R. and J. ZHANG. *Safe interaction for drivers: A review of driver distraction guidelines and design implications*. SAE Technical Paper, 2015.

WOO, S., JO, H. J. a D. H. LEE. *A practical wireless attack on the connected car and security protocol for in-vehicle CAN*. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 2015, 16.2: 993-1006.

WorldDAB. *Global Summary* [online]. 2016 [vid. 13.09.2016]. Dostupné z: http://www.worlddab.org/public_document/file/767/WorldDAB_Global_Summary_29.07.2016.pdf?1469794910

ZELINKA, T. a M. SVÍTEK.: *Telekomunikační řešení pro informační systémy síťových odvětví. 1. vydání Praha, Grada Publishing, a.s., 2009. ISBN 978-80-247-3232-9.*

Zubie, *Zubie Key*. [online] 2014 [vid. 2015-06-15]. Dostupné z: <http://www.amomstake.com/wp-content/uploads/2014/01/Zubie-Key.jpg>

ZHOU, Y., et al. *An improved traffic safety information fusion algorithm in internet of vehicles*. In: Communication Systems (ICCS), 2016 IEEE International Conference on. IEEE, 2016. p. 1-5.

Vlastní publikace související s tématem

LAMR, M., SKRBEK, J. a D. KUBÁT. *New Approaches to Smart Solutions for Eliminating Car Accidents. Proceedings of the 12th International Conference Liberec Economic Forum 2015*. 1. vyd. Liberec: Vysokoškolský podnik, spol. s.r.o., 2015. S. 392 – 401. ISBN 978-80-7494-225-9.

SEMERÁDOVÁ, T., WEINLICH, P. a D. KUBÁT. Citizen-centered Emergency Communication Systems: Emphasizing the Role of Individuals in Crisis Response. *IDIMT 2014: Networking Societies – Cooperation and Conflict*. 1. vyd. Linz: TRAUNER Druck GmbH and Co KG, 2014. S. 221 – 228. ISBN 978-3-99033-340-2.

KUBÁT, D., WEINLICH, P. a T. SEMERÁDOVÁ. *Concept of an Early Warning in Traffic and Its Data Security Aspects. IBIMA 2014: Crafting Global Competitive Economies: 2020 Vision Strategic Planning & Smart Implementation*. 1. vyd. Milano: International Business Information Management Association (IBIMA), 2014. S. 1595 – 1603. ISBN 978-0-9860419-3-8.

KUBÁT, D., WEINLICH, P. a T. SEMERÁDOVÁ. *Data Security Concerns of Future Ecall Users. IDIMT 2014 – Networking Societies – Cooperation and Conflict*. 1. vyd. Linz: Johannes Kepler Universität, 2014. S. 21 – 27. ISBN 9783990333402.

WEINLICH, P., KUBÁT, D. a T. SEMERÁDOVÁ. *Design of an Early Warning Mobile Application. Idimt 2014*. 1. vyd. Linz: Trauner Druck GmbH and Co KG, 2014. S. 37 – 43. ISBN 978-3-99033-340-2.

SEMERÁDOVÁ, T., WEINLICH, P. a D. KUBÁT. *Managing Crisis Communication During Disasters: a Virtual Team Approach. IBIMA 2014: Crafting Global Competitive Economies: 2020 Vision Strategic Planning & Smart Implementation*. 1. vyd. Milano: International Business Information Management Association (IBIMA), 2014. S. 1629 – 1632. ISBN 978-0-9860419-3-8.

ŽIŽKA, T. a D. KUBÁT. Šíření varovných zpráv s využitím šifrování. *IMEA 2014 – 14. mezinárodní konference pro doktorandy a vědecké pracovníky se zaměřením na informatiku, management, ekonomii a veřejnou zprávu*. 1. vyd. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2014. S. 264 – 270. ISBN 9788074941061.

WEINLICH, P., KUBÁT, D. a T. SEMERÁDOVÁ The Role of Audio in Digital Marketing. *Sborník příspěvků Mezinárodní konference: Liberecké informatické fórum 2014*. 1. vyd. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2014. S. 128 – 132. ISBN 978-80-7494-148-1.

KUBÁT, D. Alternative Ways of Early Warning in Traffic Using Mobile Devices. *System Approaches*. 1. vyd. Praha: Vysoká škola ekonomická v Praze, 2013. S. 82 – 88. ISBN 978-80-245-1982-1.

KUBÁT, D. Social GPS Applications as an Instrument of Early Warning in Traffic. *IDIMT 2013 – Information Technology, Human Values, Innovation and Economy*. 1. vyd. Linz: Johannes Kepler Universität, 2013. S. 31 – 37. ISBN 9783990330838.

KUBÁT, D. Using Smartphones as an Instrument of Early Warning and Emergency Localization. *International Conference on Information Technology 2013*. 1. vyd. Paris: World Academy of Science, Engineering and Technology, 2013. S. 25 – 27. ISSN 2010-3778.

SKRBK, J., aj. Ambient Traffic Services Based on the use of Agile Warning and Notification System Radio-Help. *AMBIENT 2012 – The Second International Conference on Ambient Computing, Applications, Services and Technologies*. 1. vyd. Barcelona: International Academy, Research, and Industry Association, 2012. S. 7 – 11. ISBN 9781612082356.

SKRBK, J., KUBÁT, D., KVÍZ, J. a T. ŽIŽKA. Distributing Emergency Traffic Information. *IDIMT 2012 – ICT Support for Complex Systems*. 1. vyd. Linz: Johannes Kepler Universität, 2012. S. 33 – 39. ISBN 9783990330227.

KUBÁT, D. a T. ŽIŽKA. Early Warning in Traffic: Current and Novel Approaches and Methods. In: Soliman, K., ed. *28th International Business-Information-Management-Association* 1. vyd. Seville. s. 1682-1687

Shrnutí určené občanům

Návrh EU zavést systém palubního tísňového volání eCall pro oznamování dopravních nehod

O CO SE JEDNÁ?

V důsledku dopravních nehod v Evropě i nadále umírá či je zraněno příliš mnoho lidí. Od roku 2001 se počet případů úmrtí na silnici snížil o 27 %. Avšak v roce 2008 vypadala statistika stále hroznivě:

- 1,2 milionu nehod, při nichž cestující utrpěli zranění
- 39 000 případů úmrtí
- 1,7 milionu zraněných osob

CO JE CÍLEM NÁVRHU?

- Návrh spočívá v zavedení systému, který by byl instalován do **všech vozidel** v Evropě a díky němuž by se v případě nehody **automaticky uvědomily pohotovostní služby**, jimž by systém rovněž sdělil **přesné místo nehody**.
- Systém by fungoval **po celé Evropě**, tzn. že byste ho mohli využít i v případech, kdy autem vyrazíte do zahraničí.
- Zařízení by bylo **možné spustit i manuálně**.

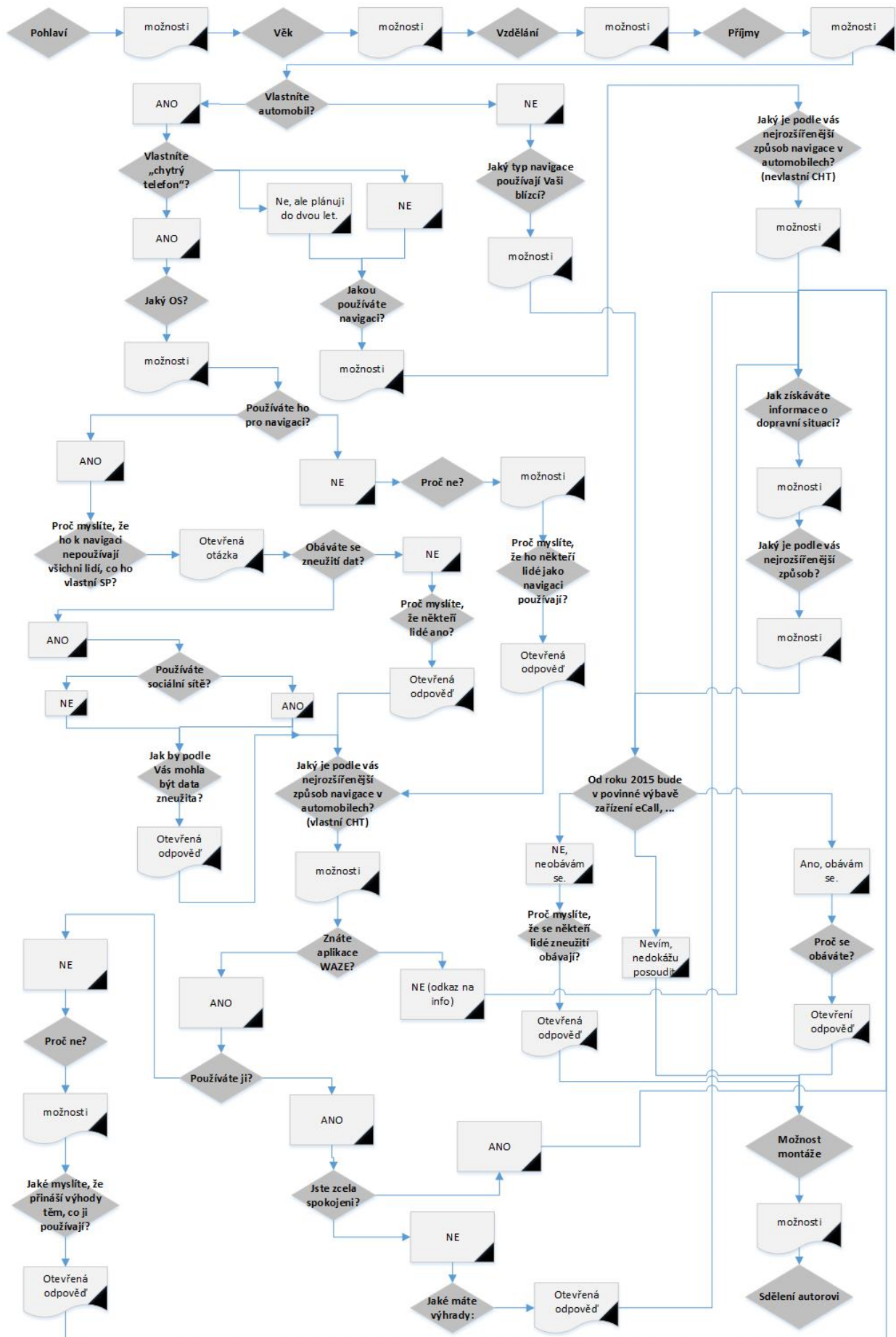
JAKÉ BY BYLY VÝHODY SYSTÉMU?

- Díky okamžitému oznámení nehody i její polohy pomocí satelitních údajů by se **záchranná služba, hasičský sbor i policie mohly k havárii dostat mnohem rychleji**:
 - každoročně by se tak zachránilo až **2 500 lidských životů**.
 - **stupeň závažnosti zranění by se snížil o 10–15 %** (bylo by méně trvalých postižení a těžkých zranění).

Další výhody

- **Méně dopravních zácp** způsobených dopravními nehodami
- Účinnější řízení **dopravního provozu v případě nehod** ze strany příslušných orgánů
- Systém by se mohl **využívat i pro jiné účely** – elektronické mýtné, sledování nebezpečného zboží, modernější modely pojištění apod.
- Prostřednictvím takového zařízení zabudovaného ve vozidle, které by bylo schopno přijímat satelitní signál, zpracovávat údaje a předávat je dál, by mohl **automobilový průmysl a telekomunikační společnosti** začít poskytovat nové služby.

Příloha B – diagram dotazníkového šetření

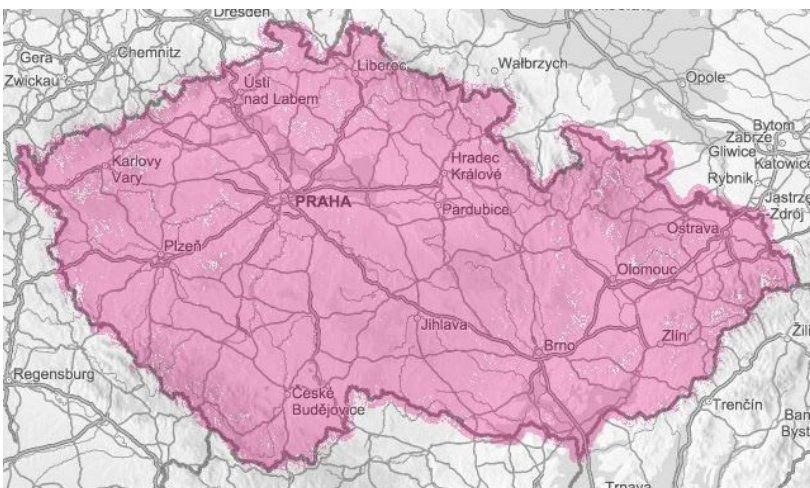


Příloha C – pokrytí signálem jednotlivých operátorů k lednu 2017

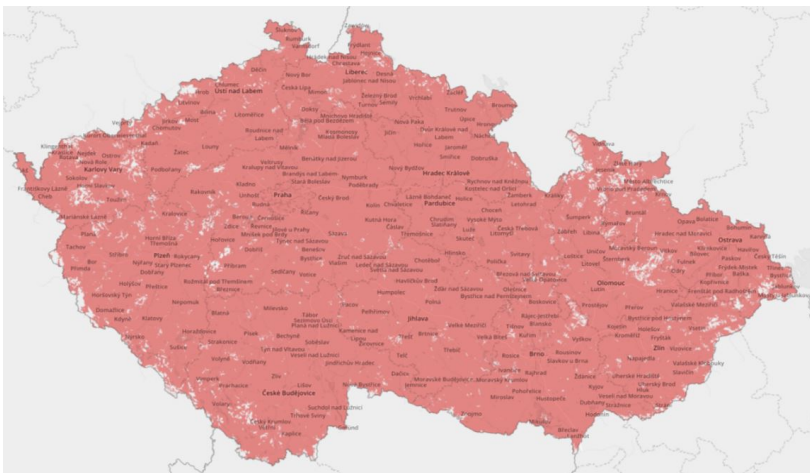
Mapa pokrytí sítě GSM operátorem O2:



Mapa pokrytí sítě GSM operátorem T-mobile



Mapa pokrytí sítě GSM operátorem Vodafone



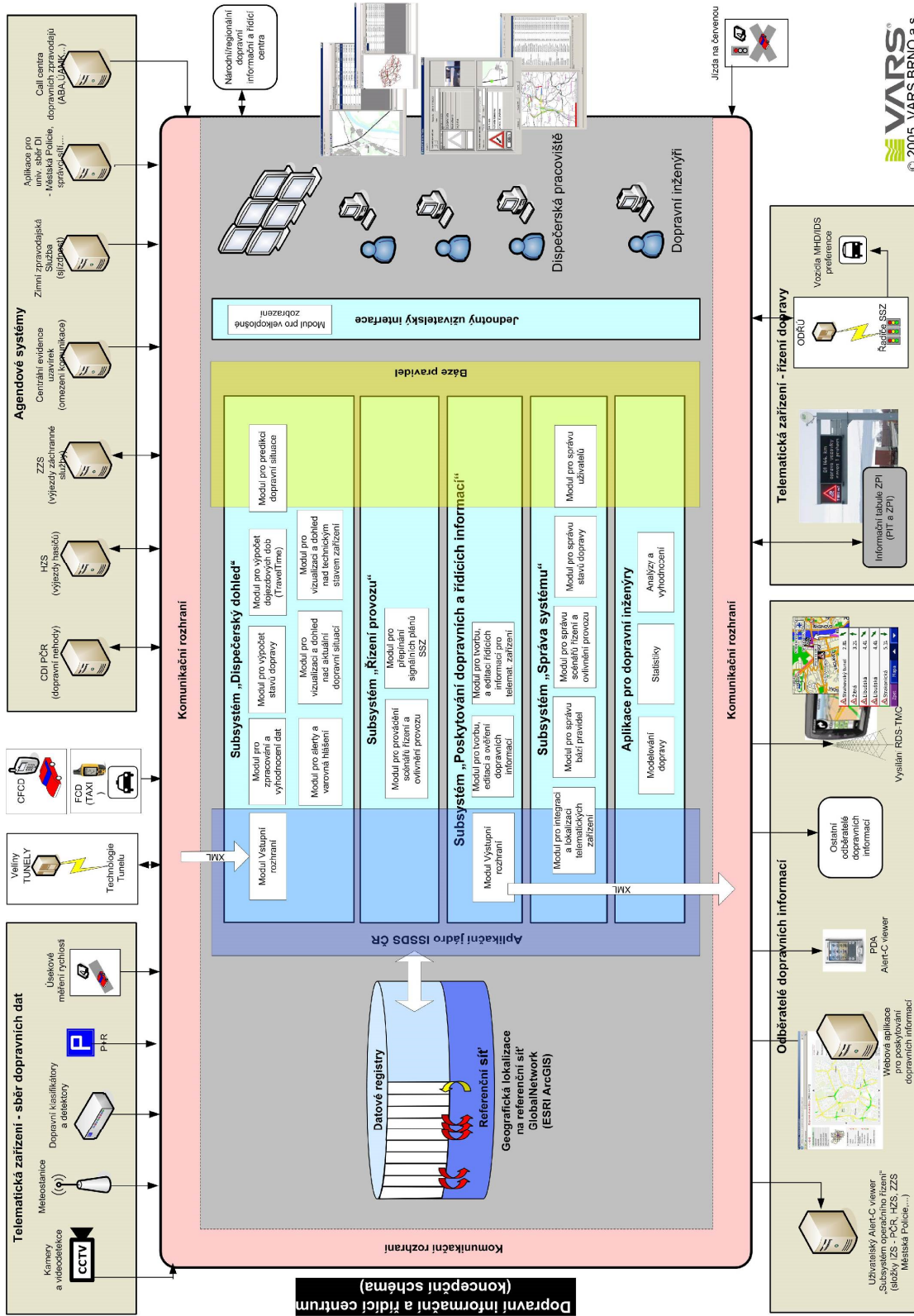
Příloha D – celosvětové prodeje chytrých mobilních telefonů podle operačního systému

– 2. čtvrtletí 2016 (údaje v tisících)

Operating System	2Q16 Units	2Q16 Market Share (%)	2Q15 Units	2Q15 Market Share (%)
Android	296,912.8	86.2	271,647.0	82.2
iOS	44,395.0	12.9	48,085.5	14.6
Windows	1,971.0	0.6	8,198.2	2.5
Blackberry	400.4	0.1	1,153.2	0.3
Others	680.6	0.2	1,229.0	0.4
Total	344,359.7	100.0	330,312.9	100.0

Source: Gartner (August 2016)

Příloha D – Schéma funkce Národního dopravního informačního centra



Zdroj: NDIC, 2016