

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Provozně ekonomická fakulta**

**Katedra informačních technologií**



**Diplomová práce**

**Internet of Things v osobních vozech**

**Bc. David Žid**

**© 2018 ČZU v Praze**

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. David Žid

Informatika

Název práce

**Internet of Things v osobních vozech**

Název anglicky

**Internet of Things in cars**

---

### Cíle práce

Diplomová práce je tematicky zaměřena na problematiku internetu věcí v automobilovém průmyslu se zaměřením na osobní vozy. Hlavním cílem práce je analýza dostupných IoT systémů a následný návrh realizovatelného řešení konektivity a online služeb v osobních vozech. Dílčí cíle práce jsou:

- vypracování přehledu vývoje SmartCars,
- analýza současných řešení v rámci C-ITS systémů,
- vypracování současné a budoucí využitelnosti navrženého řešení.

### Metodika

Metodika řešení problematiky diplomové práce je založena na studiu a analýze odborných informačních zdrojů. Vlastní práce spočívá v objektivní analýze dostupných IoT systémů dle předem stanovených kritérií využitelných v oblasti osobních vozů a návrh realizovatelného řešení konektivity osobního vozu s využitím metod řízení projektů. Na základě syntézy teoretických poznatků a výsledků praktické části budou formulovány závěry diplomové práce.

## Doporučený rozsah práce

70 – 80 stran textu.

## Klíčová slova

IOT, internet of things, konektivita, connected car, smartphone integrace, mobilní aplikace

---

## Doporučené zdroje informací

BASL, J. – ČESKÁ SPOLEČNOST PRO SYSTÉMOVOU INTEGRACI, – BLAŽÍČEK, R. *Podnikové informační systémy : podnik v informační společnosti*. Praha: Grada, 2008. ISBN 978-80-247-2279-5.

CEJPEK, J. *Informace, komunikace a myšlení : úvod do informační vědy..*

JOHNSON, Michael. *Mobile Device Management: What You Need to Know for It Operations Management*. 1. vyd. Brisbane, AUS: Emereo Pty Limited, 2011, 476 s. ISBN 174-30-4215-9.

ROSICKÝ, A. – VODÁČEK, L. *Informační management : pojetí, poslání a aplikace*. Praha: Management Press, 1997. ISBN 80-85943-35-2.

SODOMKA, P. – KLČOVÁ, H. *Informační systémy v podnikové praxi*. Brno: Computer Press, 2010. ISBN 978-80-251-2878-7.

ŠEDIVÁ, Z. – POUR, J. – GÁLA, L. *Podniková informatika : počítačové aplikace v podnikové a mezipodnikové praxi*. Praha: Grada Publishing, 2015. ISBN 978-80-247-5457-4.

WU, Stephen S. *A legal guide to enterprise mobile device management: managing bring your own device (BYOD) and employer-issued device programs*. 1. vyd., ABA, 2014, 144 stran. ISBN 16- 272-2183-2

---

## Předběžný termín obhajoby

2017/18 LS – PEF

## Vedoucí práce

Ing. Pavel Šimek, Ph.D.

## Garantující pracoviště

Katedra informačních technologií

Elektronicky schváleno dne 31. 10. 2017

**Ing. Jiří Vaněk, Ph.D.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 1. 11. 2017

**Ing. Martin Pelikán, Ph.D.**

Děkan

V Praze dne 26. 03. 2018

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Internet of Things v osobních vozech" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 29.3.2018

---

## **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval Ing. Pavlu Šimkovi, Ph.D. za odborné vedení při psaní diplomové práce.

# Internet of Things v osobních vozech

## Abstrakt

Diplomová práce cílí na problematiku internetu věcí (IoT) v chytrých automobilech. V teoretické části je zpracován přehled dostupných technologií současných i budoucích vozů. Dále obsahuje výčet možnosti uplatnění IoT na základě dostupných standardů pro automobilový průmysl a za pomoci C-ITS systémů, které jsou stavebními kameny pro kooperativní, propojenou a automatizovanou mobilitu. Práce zároveň odkazuje a dává do kontextu teorii s již probíhajícími projekty v rámci Evropské unie – Konkrétně projekt eCall a C-ROADS.

Vlastní práce spočívá v návrhu informačního systému pro zvýšení bezpečnosti řízení a cestování, za pomoci dostupných technologií popsanych v teoretické části. Dále obsahuje realizaci návrhu designu mobilní a webové aplikace pro chytré vozy, která slouží jako front-end tohoto informačního systému. Návrh systému je zdokumentován, doplněn o patřičné diagramy, vstupní analýzy a v neposlední řadě i design UX a UI.

**Klíčová slova:** IOT, internet věcí, konektivita, connected car, smartphone integrace, mobilní aplikace, aplikace, eCall, C-Roads

# Internet of Things in cars

## Abstract

The thesis is focused on problematics of Internet of Things (IoT) in connected cars. Theoretical part sums up the topic of available technologies in the current and future cars. Furthermore, it incorporates the comparison of field of use for IoT based on common standards for automotive industry and C-ITS systems, which are the base ground for cooperative, connected and autonomous mobility. Thesis also refers and puts theory in context with the ongoing projects in the European Union such as eCall and C-ROADS.

Practical part is focused on design of a new information system for increase of safety of driving and on the go, using available technology described in the theoretical part. Hereafter, author realizes design of mobile app and web-based app for smart connected cars, which is presented as front-end of this intended system. Design is documented, including diagrams, pre-development analysis and the UX and UI.

**Keywords:** IOT, internet of things, connectivity, connected car, smartphone integration, mobile applications, apps, eCall, C-Roads

# Obsah

<b>1 Úvod .....</b>	<b>14</b>
<b>2 Cíl práce a metodika .....</b>	<b>15</b>
2.1 Cíl práce.....	15
2.2 Metodika.....	15
<b>3 Teoretická východiska .....</b>	<b>16</b>
3.1 Internet of Things .....	16
3.1.1 Obecné využití IoT.....	18
3.1.2 Průmyslový internet věcí.....	20
3.1.3 Spotřebitelský internet věcí .....	21
3.1.4 IoT z pohledu SW a HW .....	25
3.2 Smart Cars .....	26
3.2.1 OCU .....	26
3.2.2 Projekt eCall .....	28
3.3 Car-2-X.....	30
3.3.1 Protokol EXLAP.....	31
3.3.2 Přenos EXLAP prostřednictvím SmartGate .....	32
3.3.3 Přenos EXLAP prostřednictvím MIB .....	34
3.3.4 Protokol VIWI .....	36
3.3.5 Využití EXLAP a VIWI v IoT systémech.....	40
3.3.6 Car-2-Car.....	41
3.3.6.1 Sigfox a LoRa .....	41
3.3.6.2 4G a 5G .....	44
3.3.6.3 IEEE 802.11p (WAVE).....	45
3.3.6.4 Příklady užití.....	46
3.3.7 Car-2-Infrastructure.....	47
3.3.8 C-ITS systémy .....	49
3.3.8.1 Principy C-ITS.....	50
3.3.8.2 C-ITS v ČR.....	51



<b>4</b>	<b>Vlastní práce .....</b>	<b>53</b>
4.1	Návrh informačního systému a mobilní aplikace .....	53
4.1.1	High-level architektura.....	54
4.1.2	Definice produktu (PVB) .....	56
4.1.3	SMARTER analýza.....	58
4.1.4	SWOT analýza.....	62
4.2	Tvorba případů užití.....	63
4.2.1	Use case diagram .....	64
4.3	Návrh designu aplikace .....	65
4.3.1	Screen flow diagram (telefon) .....	66
4.3.2	Screen flow diagram (infotainment) .....	67
4.3.3	Design UI.....	68
4.4	Návrh technické realizace.....	78
4.4.1	ER Model.....	78
4.4.2	Entita jako JSON objekt .....	79
4.4.3	Platforma a API rozhraní.....	82
4.4.3.1	Aplikační jádro .....	83
4.4.3.2	Využití API aplikací 3.strany .....	84
<b>5</b>	<b>Výsledky a diskuse.....</b>	<b>86</b>
<b>6</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>90</b>
<b>7</b>	<b>Seznam použitých zdrojů .....</b>	<b>92</b>
<b>8</b>	<b>Přílohy.....</b>	<b>94</b>

## Seznam obrázků

Obrázek 1 - Internet of things .....	19
Obrázek 2 – OCU.....	27
Obrázek 3 - eCall .....	29
Obrázek 4 - Schéma EXLAP komunikace Server / Client .....	31
Obrázek 5 - SmartGate jednotka (AppGateway) .....	33
Obrázek 6 - Porovnání dostupných URL MIB x SmartGate (AppGW) .....	35
Obrázek 7 - Příklad specifikace URL v MIB .....	35
Obrázek 8 - Schéma VIWI .....	37
Obrázek 9 - Aplikace ŠKODA One App (EXLAP).....	38
Obrázek 10 - Move&Fun aplikace pro Citigo (VIWI).....	39
Obrázek 11 - Car 2 Infrastructure .....	40
Obrázek 12 - Sigfox architektura .....	41
Obrázek 13 - Porovnání 5g vs. LTE.....	44
Obrázek 14 - Aplikace DIC Brno.....	48
Obrázek 15 - High-level architektura.....	54
Obrázek 16 - Use Case diagram.....	64
Obrázek 17 - Úrovně aplikace .....	65
Obrázek 18 - Screenflow diagram (telefon) .....	66
Obrázek 19 - Screen flow diagram (infotainment) .....	67
Obrázek 20 - ER Model.....	79
Obrázek 21 – API rozhraní .....	82
Obrázek 22 - Využití na digitálním kombi přístroji.....	89
Obrázek 23 - Využití v levných vozech .....	89

## **Seznam tabulek**

Tabulka 1 - Síťové parametry smartgate .....	33
Tabulka 2 – PVB navrhovaného systému.....	57
Tabulka 3 - SWOT analýza .....	62
Tabulka 4 - Popis json parametrů.....	81

## Seznam použitých zkratek

<b>A2DP</b>	Advanced Audio Distribution Profile, Bluetooth profil
<b>API</b>	Application programming interface Aplikační programovací rozhraní
<b>5G</b>	Vysokorychlostní bezdrátová datová síť
<b>CAN</b>	Controller Area Network, sběrnice pro diagnostiku vozu
<b>Car-2-Car</b>	Technologie pro komunikaci vozů mezi sebou
<b>Car-2-X</b>	Technologie pro komunikace vozů s jiným zařízením / vozem
<b>C-ITS</b>	Cooperative Intelligent Transport Systems Kooperativní inteligentní transportní systémy
<b>DCF</b>	Distributed Coordination Function, Fce. rozložené koordinace
<b>EDCA</b>	Enhanced DCF Channel Access (EDCA) Vylepšená DCF přístupová metoda ke kanálům.
<b>EXLAP</b>	Protokol pro přenos jízdních dat (Volkswagen)
<b>ER</b>	Entity relationship, entitně vztahový model
<b>HFP</b>	Hands Free Profile, profil Bluetooth
<b>Infotainment</b>	Chytré rádio ve voze
<b>IoT</b>	Internet of Things, internet věcí
<b>JSON</b>	JavaScript Object Notation, JavaScriptový objektový zápis
<b>LoRa</b>	WAN Síť a standardy pro komunikaci IoT zařízení
<b>LPWAN</b>	Low-powered WAN, nízkoenergetická WAN síť
<b>MIB</b>	Modular Infotainment Bauteile, řídicí jednotka infotainmentu
<b>MVP</b>	Minimum Viable Product, produkt s nejmenší možnou funkcionalitou ale takovou, aby ho bylo možné používat
<b>OCU</b>	Online Connectivity Unit, Jednotka s online konektivitou
<b>PAN</b>	Personal Area Network, síť s krátkým dosahem v řádu metrů
<b>POC</b>	Proof of Concept, důkaz funkčnosti, demo aplikace
<b>QoS</b>	Quality of Service, kvalita služeb
<b>Sigfox</b>	WAN Síť a standardy pro komunikaci IoT zařízení

<b>UI</b>	User Interface, uživatelské rozhraní, vzhled aplikace
<b>USP</b>	Unique Selling Proposition, jedinečný prodejní argument
<b>UX</b>	User Experience, uživatelský prožitek, logika aplikace
<b>VIWI</b>	Protokol pro přenos jízdních dat (Volkswagen)
<b>WAN</b>	Wide area network, síť pokrytím rozsáhlého území
<b>WAVE</b>	Standard WI-FI určený pro automobilovou dopravu

# 1 Úvod

Automobilový průmysl zažívá v posledních letech nový trend digitalizace. Auto jako služba, komunikace vozů mezi sebou, technologie napojení na chytrou městskou infrastrukturu. Tyto fráze, donedávna spojované s tématy výhradně budoucnosti, nabírají nový směr a pomalu se začínají adaptovat do našeho běžného života. Chytrý vůz nemusí sloužit pouze jako dopravní prostředek z místa A do místa B, ale může plnit daleko komplexnější úlohy – Od zábavy, pohodlí, po zvýšení bezpečnosti.

Internet věcí stojí na opačné straně spotřebitelského spektra. Ideu tvoří rozsáhlé sítě propojených zařízení, od jednoduchých senzorů a čidel, přes mobilní telefony nebo zařízení v chytré domácnosti, či logistiku řešenou pomocí vzájemně komunikujících automatizovaných dronů. Zatím se jedná stále o obtížně uchopitelné téma, které více než praktické uplatnění, vyznívá spíše jako chytlavá marketingová fráze.

Propojením automobilů s internetem věcí vzniká zcela nová technická disciplína a mezioborové odvětví, skrývající velký potenciál. Tato tak práce otevírá zajímavá témata a vize budoucích trendů, ale především staví své formulace na již dostupných technologiích. Řeší otázky jejich adaptace pro širokou veřejnost, popisuje faktická řešení, limitace a konkrétní uplatnění.

Poznatky z problematiky obou prostředí – automobilového průmyslu a internetu věcí, autor formuluje do návrhu kompletního technického řešení informačního systému, doplněného o studii proveditelnosti a konkrétní grafické návrhy front endu.

## **2 Cíl práce a metodika**

### **2.1 Cíl práce**

Diplomová práce je tematicky zaměřena na problematiku internetu věcí v automobilovém průmyslu se zaměřením na osobní vozy. Hlavním cílem práce je analýza dostupných IoT systémů a následný návrh realizovatelného řešení konektivity a online služeb v osobních vozech.

Dílčí cíle práce jsou:

- vypracování přehledu vývoje SmartCars,
- analýza současných řešení v rámci C-ITS systémů,
- vypracování současné a budoucí využitelnosti navrženého řešení.

### **2.2 Metodika**

Metodika řešené problematiky diplomové práce je založena na studiu a analýze odborných informačních zdrojů. Vlastní práce spočívá v objektivní analýze dostupných IoT systémů dle předem stanovených kritérií využitelných v oblasti osobních vozů a návrh realizovatelného řešení konektivity osobního vozu s využitím metod řízení projektů.

Analýza jednotlivých technologií pro IoT vytváří souhrnný přehled a hodnotí jejich využitelnost pro různé případy užití relevantní pro automobilovou dopravu. Hodnocen je i potenciál pro budoucí masové rozšíření na základě silných a slabých stránek. Teoretické předpoklady využitelnosti jsou přímo porovnány s technologiemi vozů koncernu Volkswagen.

Z analýzy dostupných technologií a teoretických předpokladů je formou vícekritériální analýzy vybrán a definován produkt – Informační systém a mobilní aplikace. Definovaný produkt je kombinací vybraných vhodných technologií, které splňují definované případy užití.

Na základě syntézy teoretických poznatků a výsledků praktické části budou formulovány závěry diplomové práce.

### 3 Teoretická východiska

Práce čerpá z dostupných odborných zdrojů tematicky zaměřených na problematiku internetu věcí. Kontext kapitol je vztažen na využití v automobilovém průmyslu a soustředí se na jejich aplikaci v C-ITS systémech. Využity jsou informace z odborných publikací, článků i dokumentace a specifikace jednotlivých technologií a zařízení.

#### 3.1 Internet of Things

Pojem “internet věcí” anglicky “internet of things” a dále jen zkráceně IoT je novotvarem, který nabyl povědomí zejména v posledních několika letech. *Hlavní myšlenkou je, že nejen váš počítač a chytrý telefon dokáží komunikovat mezi sebou, ale dokáží to všechny věci a zařízení kolem vás.* (Krishna, 2017) Společně s pojmem “Průmysl 4.0”, jehož je IoT jedním z hlavních pilířů, získává teze využití propojeného systému strojů, počítačů, senzorů nebo jiných zařízení rychle na popularitě. *Internet věcí je technologická revoluce, která představuje budoucnost výpočetních technologií a komunikace.* (Patrick, 2005)

Internet věcí v automobilech nabývá povědomí i v kontextu chytré mobility. *Mobilita je o svobodě a volnosti. Realizace mobility spočívá v konektivě, přijímání nových výzev a transformaci rizik v příležitosti.* (Flügge, 2017) Témata IoT, mobility a konektivity lze ilustrovat pomocí modelové situace.

Situace zahrnuje pole, dálnici, kamion s nákladem a továrnu, ze které každou minutu sjede z linky jedno auto. Během cesty kamionu dojde na dálnici k hromadné nehodě v důsledku silného sněžení. To způsobí dopravní zácpu a v důsledku zpoždění se potřebné díly nedostanou včas do továrny a následně na výrobní linku. Automobilka je tak nucena omezit takt výroby a nenaplní původní výrobní plán pro daný den.

Stejnou situaci lze obohatit o pomoc internetu věcí a systémů C-ITS. Sněhovou bouří, která směřuje směrem k nedaleké dálnici zachytí s předstihem senzory, umístěné v polích okolo dálnice. *Již dříve propojené senzory prokázaly svou efektivitu v mnoha různých situacích. Jedním z příkladů je automatizace zpracování dat na velmi rizikových místech, například během jaderné havárie v japonské Fukušimě.* (Nasreddine, 2017) Senzory dokáží detekovat změny počasí (teplota, sníh, déšť, tlak...) a fungují



na principu LPWAN, baterie v nich vydrží i několik let. Díky rozmístění senzorů do sítě napříč celým polem, senzory dokáží detekovat intenzitu i směr sněhových srážek a vyhodnotí, že za několik desítek minut dorazí k dálnici, kde nyní panuje hustý provoz. Senzory vysílají signál několika směry – Na dopravní dispečink, který okamžitě vyšle sypací vozy, směrem k dálnici, kde další senzory vyhodnotí pravděpodobnost vzniku námrazy a sníží tak maximální povolenou rychlost, doplněnou o varovné světelné tabule. Ve stejném čase signál dorazí i do mobilního telefonu, či přímo do rádia nebo kombi přístroje automobilů, které se pohybují po dálnici. Řidiči zvýší svoji opatrnost a k hromadné nehodě díky tomu nemusí vůbec dojít.

Pokud přece jen dojde k nehodě, vozy vyšlou automaticky varovný signál, který se řetězově v reálném čase přenáší z vozu na vůz, až dorazí během několika málo vteřin k řidiči kamionu, který je v tento moment ještě dostatečně daleko od místa nehody. *Mnoho aplikací ve světě IoT vyžaduje podporu mobility a geodistribuce (GPS) kvůli určování polohy a snížení latence přenosu signálu. Ve stejném čase je vyžadován předpoklad zpracování dat v reálném čase v tzv. „micro-cloudu“.* (Vermesan, Fries, 2014)

Varování dorazí řidiči kamionu přímo do jeho navigačního systému a upraví příjezd kamionu do cíle. Zároveň nabídne bezpečnější objízdnu trasu. V případě, že není možnost dosáhnout příjezdu kamionu a včasného naskladnění dílů, tento propojený systém může přímo upozornit továrnu, která následně operativně upraví výrobní plán a přesměruje výrobu na jinou modelovou řadu.

Může se zdát, že celý modelový scénář spoří pouhé minuty, ale na celé této logistické trase mohou znamenat výraznou finanční úsporu z pohledu továrny, ale i zvýšení bezpečnosti z pohledu řidiče kamionu i ostatních účastníků provozu.

### 3.1.1 Obecné využití IoT

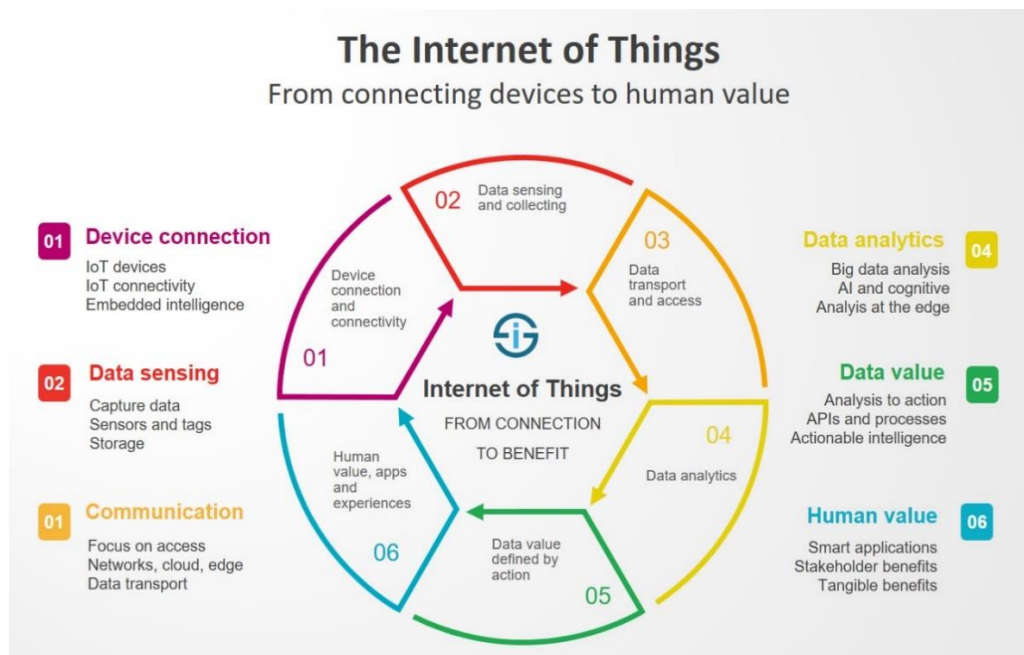
Internet věcí tvoří propojený systém s předpokladem bezdrátové komunikace uvnitř jednotlivých průmyslových objektů, či měst (LAN, MAN sítě). *Od propojených domácností a měst, až po chytré „connected“ vozy, zařízení a stroje, které dokáží sledovat chování jednotlivců. IoT dokáží využívat data pro zcela nové druhy služeb* (Krishna 2017) a mohou tvořit i daleko rozsáhlejší inteligentní systémy na úrovni WAN rozlehklých sítí doplněných o funkce strojového učení nebo využití neuronových sítí pro neustálé zdokonalování a zpřesňování.

IoT začíná v kapse každého z nás, na úrovni chytrých mobilních telefonů, přes propojené chytré vozy, které disponují neustálým připojením k internetu nebo automatizované továrny, které zvyšují bezpečnost, ergonomii i automatizaci výroby. *Rozvoj IoT technologií závisí na dynamickém vývoji v mnoha důležitých průmyslových odvětvích, od bezdrátových senzorů, po zařízení pro nanotechnologie.* (Krishna, 2017)

Níže jsou uvedeny možnosti uplatnění IoT v různých průmyslových odvětvích. Internet věcí se z pohledu využití dělí do dvou hlavních skupin:

- **průmyslový internet věcí**
- **spotřebitelský internet věcí**

V globálním měřítku bude v budoucnu internet věcí tvořit propojený, decentralizovaný systém zařízení, která bourají hranice mezi software a hardware. Zařízení, která sdílí, předávají a obchodují s informacemi a využívají data pro zdokonalování svého programu, ale i programů jiných zařízení v internetu, mnohdy i mimo svou průmyslovou oblast (strojové učení a neuronové sítě).



OBRÁZEK 1 - INTERNET OF THINGS

Zdroj: <https://www.i-scoop.eu/internet-of-things-guide/>

Výše uvedený obrázek znázorňuje hlavní myšlenku přidané hodnoty ekosystému IoT ve spotřebitelské i průmyslové sféře. Zároveň slouží jako životní cyklus budování libovolného internetu věcí.

#### 1) Propojená zařízení

- začínají na úrovni senzorů
- disponují umělou inteligencí, strojovým učením

#### 2) Sběr dat a ukládání

- data jsou často neustále zaznamenávána
- data odchází a jsou uloženy v databázích
- využití pro big data

#### 3) Komunikace a přístupnost

- princip ukládání dat v cloudu
- k přenosu jsou využity zejména bezdrátové sítě
- zaměření na neustálou přístupnost dat

#### 4) Zpracování dat

- data se zpracovávají dalšími systémy
- princip big data analýzy
- hledání korelací, regresí

## 5) Hodnota data

- data se třídí a je jim přiřazena váha
- hodnotná data jsou dále zprostředkována (např.3.stranám)
- využití různých API služeb nebo REST služeb

## 6) (Lidská) přidaná hodnota

- celý proces cílí na přínos pro člověka
- zlepšení práce a její zrychlení
- přínos v oblasti bezpečnosti
- budování knowledge base
- chytré aplikace
- přínos pro stakeholdery (business hodnota)

### 3.1.2 Průmyslový internet věcí

*Průmyslový internet věcí je segment, který se zaměřuje na klíčové nebo kritické úlohy. Vychází z M2M (machine-2-machine) a rozšiřuje ho o možnost analýzy dat např. v cloudu. Jedná se o IoT zařízení a systémy, které jsou používány v průmyslových odvětvích, kterými jsou: průmyslová automatizace, dopravní průmysl, energetický průmysl, zdravotnictví. Hlavním zaměřením tohoto segmentu internetu věcí je efektivnější využívání zdrojů, snížení provozních nákladů, zvýšení pracovní produktivity a bezpečnosti pracovníků, předcházení výpadkům pomocí monitorování a včasné údržby a tím dosažení výrazných úspor (a tedy i navrácení investic). Tento segment IoT bude převládající. (Pohanka, 2015)*

Je důležité si uvědomit, že uplatnění IoT v automobilovém průmyslu má již dnes značný přesah do IT odvětví a vývoje elektrotechniky, ale dá se očekávat, že v budoucnu tento rozvoj bude nadále akcelarovat a pronikat i do dalších průmyslových oblastí.

Cílem této práce je zároveň hodnotit komplexní přínos IoT nejen v průmyslu výrobním, ale i spotřebním. Podle článku renomovaného časopisu Forbes *vzroste do roku 2020 odhadovaná velikost trhu s IoT na enormních 267 miliard dolarů za předpokladu, že 50 % z této části bude připadat na diskrétní výrobu (spotřební elektronika, automobily, spotřebiče), dále dopravu, logistiku a v neposlední řadě služby. (Columbus, 2017)*

Naskytá se otázka, zda stojíme na hranici další průmyslové revoluce, která nyní přinese kromě rozvoje technologie a zrychlení výrobních procesů i zvýšení závislosti

na bezdrátové komunikaci, nutnost budování robustních datových sítí a center a zároveň zvýšení potenciálních hrozeb kyberzločinu a virtuálních útoků.

### 3.1.3 Spotřebitelský internet věcí

*Spotřebitelský internet věcí je naproti tomu segment, které se zaměřuje na spotřebitele. Zejména na spotřebitelská zařízení, spotřebiče, IT a telekomunikační zařízení a další jiná. Jsou zde využívána elektronická zařízení, která umožní zjednodušit každodenní život pomocí automatizace v domácnosti, chytrých zařízení (pračky, televize, lednice, osvětlení) nebo pomocí nositelné elektroniky. Hlavním zaměřením tohoto segmentu internetu věcí je zvýšení uživatelského zážitku. (Pohanka, 2015). Vyjma uživatelského zážitku se tyto technologie mohou soustředit i na zprostředkování personalizovaného obsahu. Internet věcí vytváří příležitosti pro dosažení efektivních řešení v oblasti spotřebního průmyslu díky cílení správného obsahu, na správnou osobu, ve správný čas a na správném místě. (Vermesan, Fries, 2014)*

Spotřebitelský internet věcí můžeme dále dělit na několik kategorií a zároveň si uvést příklady aplikace v osobní automobilové dopravě.

#### **a) Zařízení pro chytrou domácnost**

Ještě před pár lety se jednalo o nevýznamný segment, bez většího tržního podílu, dnes však IoT pro chytrou domácnost / chytrý dům nabízí dostatečně širokou nabídku produktů, která láká stále více zákazníků. Milníkem pro tento segment byl vstup předních mobilních společností Apple (2007) a Google (2014) s jejich operačními systémy určenými právě pro využití v chytré domácnosti.

Operační systémy Apple TV a Android TV umožnili propojit chytré televize s domácími počítači, notebooky nebo chytrými telefony. Dále přinesly funkci přenositelných účtů – Tedy jeden účet mohl posloužit na více zařízeních ke stejnému účelu a dnes je již běžné, že například na jeden účet může být registrováno několik zařízení v domácnosti.

Po Smart TV následují další “chytré spotřebiče” jako jsou pračky nebo ledničky. Cílem těchto zařízení je podobně jako u mobilních aplikací populární motto “Making life easier”, tedy zjednodušit každodenní činnosti a zlepšit například přehled o rodinných výdajích.

Poslední novinkou jsou chytrí asistenti, kteří mohou obsluhovat všechna “chytrá zařízení” v domácnostech a interakci doplňují o hlasové příkazy – Google Home, Alexa Echo a další. Asistent dokáže rozpoznat různé hlasové příkazy a pomocí nich ovládat daná připojená zařízení:

*“Alexa, play best of Coldplay from Spotify on my TV” / “Alexo, přehraj výběr hitů od Coldplay ze Spotify na mé televizi”*

*“Ok Google, set temperature to 23°C in my kitchen” / “Ok Google, nastav teplotu v mé kuchyni na 23°C”*

Chytrá domácnost se však zdaleka neomezuje jen na produkty gigantů Apple, Google nebo Amazon. Zejména s rozvojem standardů jako je Zigbee nebo Z-Wave (standardy fungující na bázi bezdrátové komunikace v sítích PAN, obdoba Bluetooth), se využití smarhome dostává i do zařízení jako jsou:

- chytré zámky, které lze odemknout mobilní aplikací nebo NFC
- inteligentní welcome camery a fotopasti
- automatické brány, garážová vrata
- chytré osvětlení

Spousta těchto drobných zařízení dokáže komunikovat na jednotném protokolu a dále i mobilním API, které například využívá mobilní aplikace IFTTT (If this, then that). Díky tomu je poměrně snadné tvořit různé scénáře, které pak pracují s IoT chytré domácnosti.

*“Pokud moje domovní kamera zachytí pohyb na příjezdové cestě, pošli mi fotku na můj telefon”*

*“Pokud se svým vozem odjedu 50 metrů od svého domu a nikdo není doma, zavři bránu, zhasni všechna světla a vypni topení”*

Ještě před pár lety tato zařízení představovala high-end výbavu, která byla příliš drahá pro většinu spotřebitelů, dnes již zařízení, která zvládají i komplexní úkoly stojí řádově pár

tisíc korun. Online prodejny jako Alza.cz, CZC.cz nebo Mall.cz již smarthome vybavu nabízejí běžně v samostatných sekcích vedle ostatních produktů.

### **b) Nositelná elektronika**

Nositelná elektronika představuje podobně jako zařízení pro chytrou domácnost rychle rostoucí segment spotřební elektroniky a oblečení. *S chytrými náramky, senzory aktivity pohybu a mikročipovými implantáty pro vzdálené sledování, se lidé stávají doslova „hyper-konektivní“.* (Nasreddine, 2017)

V roce 2016 ŠKODA AUTO jako jedna z prvních automobilek uvedla na trh vůz ŠKODA KODIAQ, který pomocí online konektivity umí komunikovat nejen s chytrými telefony, ale i s chytrými hodinkami.

Důkaz, že nositelná elektronika (nejen chytré hodinky, ale i oblečení, obuv vybavená senzory a další doplňky) rychle akceleruje, dokazuje vysoký zájem startupových firem a fundraising projektů. Na webu **kickstarter.com** nebo populární stránce **indiegogo.com** je možné evidovat více než 100 projektů zabývajících se vývojem nositelné elektroniky (stav k srpnu 2017), z nichž více než 75 % je ve stavu, kdy překročilo požadovanou částku pro financování od dobrovolných investorů. Z již za zafinancovaných projektů lze opět evidovat vysoké procento projektů, u nichž investovaná částka vysoce překračuje požadovaný rozpočet, mnohdy i o stovky procent.

Trh s nositelnou elektronikou je však stále velmi malý a nemůže se měřit například s trhem chytrých telefonů. Pro však hovoří vysoké tempo růstu, kdy dle IDC bylo jen ve 3. kvartálu roku 2017 vyrobeno více než 26,3 milionu kusů nositelné elektroniky a meziroční tempo růstu vzrostlo o 7,3 %. (Ubrani, 2017) Na druhé straně však stojí otázka a pochyby *o způsobu života, který je „connected“, neboť může mít za následek narušení ochrany osobních údajů, soukromí a vzájemné sdílení osobních - doslova životních, vitálních údajů a ukazatelů.* (Nasreddine, 2017)

### **c) Jednodeskové počítače**

Poslední z významných kategorií spotřebitelského internetu věcí se dá charakterizovat jako jednodeskové malé počítače. Klasickým příkladem je v současné době extrémně populární Raspberry Pi a jeho deriváty. Tento modulární počítač, jehož charakteristickou

jsou malé rozměry (přibližně velikosti platební karty), nízká cena a operační systém založený na Linuxu přináší díky své dostupnosti značné možnosti využití při vývoji IoT zařízení a jejich snadné propojování. Podle populárního serveru TheVerge se Raspberry Pi prodalo za poslední 5 let od uvedení na trh v roce 2012 již více než 12,5 milionu. (Miller, 2017)

Cena řádově desítek Eur za základní modul PC / jednotek Eur za přídatné moduly výrazně snižuje finanční náročnost vstupu do odvětví s IoT. Malé firmy nemusí platit drahý vývoj jednoúčelových zařízení nebo komponent pro účely vývoje a testování a mohou své demo aplikace vyvíjet tak, aby v prvních fázích komunikovali se stavebnicovými počítači. Díky malým rozměrům se tyto minipočítače nejvíce blíží hlavním předpokladům IoT zařízení. Levné, malé, často skryté zařízení, které lze jednoduše vyměnit a manipulovat s ním dle potřeby

Raspberry a jiná podobná zařízení lze snadno a levně rozšiřovat o moduly jako je Wi-Fi, bluetooth, audio zesilovače, optické senzory nebo GNU výstupy. Díky snadnému napojení na fyzickou úroveň jsou velice jednoduché na operaci a jejich možnosti uplatnění jsou oproti klasickým desktopům daleko rozmanitější. Výrobce může dokonce napojovat vlastní proprietární moduly, vyvíjet je a vylepšovat nebo simulovat pomocí modulů různé případy užití.

Minipočítače lze propojovat mezi sebou nebo snadno párovat s jinými zařízeními např. mobilní telefony, televize, jiné počítače apod. Velká komunita uživatelů, rozšířený programovací jazyk, široké možnosti uplatnění – To vše ústí ve snadný a rychlý vývoj POC zařízení ve světě IoT

Raspberry Pi se využívá běžně i ve vývoji automobilů, za využití tohoto zařízení byl v roce 2017 realizován v technickém vývoji ŠKODA AUTO simulátor jízdy, který pomocí WI-FI přenáší EXLAP signály (více v kapitole Protokol EXLAP) a lze tak simulovat rozmanité jízdní podmínky i situace, které mohou ve voze nastat. Na stejném typu zařízení byl v téže roce realizován projekt s Technickou Univerzitou v Liberci, který pomocí mobilní aplikace na dálku odemykal a zamykal vůz právě prostřednictvím komunikace mezi telefonem a Raspberry, které bylo zastaveno přímo do prototypového vozu. Pilotní projekt sloužil jako studie proveditelnosti vývoje tzv. white-label řešení pro sdílenou mobilitu a pronájem vozů ve velkých městech.



### 3.1.4 IoT z pohledu SW a HW

Pro porozumění kontextu IoT s automobilovým průmyslem lze tato zařízení nadále dělit na:

- jednoúčelová senzorická zařízení
- víceúčelová zařízení

#### 1. Senzorická zařízení

Tvoří IoT, která mají zpravidla jednoduchou konstrukci a nízkou jednicovou cenu v řádech jednotek Eur. Obvykle se jedná o již existující senzory, které jsou často standardizované – *Adaptace standardů učiní mnoho zařízení a produktů kompatibilní mezi sebou s cílem komunikace a výměny dat. (Nasreddine, 2017)* Čidla, hlásiče nebo jiná jednoúčelová zařízení, která jsou obohacena připojením k sdílené síti, do které mohou vysílat své signály, či přijímat a zobrazovat je (pouze čtení dat) nebo s ní napřímo komunikovat (čtení + zapisování dat). V praxi je senzorickými IoT vybaven i běžný sériově vyráběný vůz.

Sériové vozy disponují desítkami senzorů (asistenční systémy, déšť, stěrače, palivo, gyroskopy, tlakové senzory), které jsou propojeny vzájemnou sítí – Nyní zejména CAN sběrnice, ale v budoucnu i ethernet nebo lokální 5G síť tvoří z vozu jednotku malého pojízdného IoT systému. Informace z těchto senzorů jsou zpravidla jednoduché zprávy nebo objekty, které obsahují hodnoty v reálném čase a kompletační protokolů, které jsou implementovány nad CAN sběrnicí pak tvoří základ pro komplexnější využití. Auto samo o sobě pak tvoří jakýsi malý IoT systém na kolech.

#### 2. Víceúčelová zařízení

Pokud máme takto vybavený vůz, milion stejných v sériové výrobě nám vytvoří komplexní IoT systém, který spolu může vzájemně komunikovat. V současné době je toto možné například pomocí zařízení jako OCU (Online Connectivity Unit) a transceiver boxů (terminologie Volkswagen) umístěných v každém voze. Zpravidla pak platí, že komplexní zařízení tvoří větší sítě a systémy IoT, které se skládají z malých zařízení, pracujících na signálové a senzorické úrovni.

Základní výhodou systémů IoT je jejich modularita, která umožňuje snadnou rozšiřitelnost. Většinou se jedná o typově podobná zařízení, které spojuje společná sada protokolů. *Dalším znakem je obecná decentralizace IoT systémů, kdy porucha nebo absence*

*jednoho či více zařízení neznamena zastavení práce celého systému. IoT tedy tvoří robustní síť, která jsou jen málo náchylné na selhání celku. (Vermesan, 2013)*

## 3.2 Smart Cars

Stejně tak, jako tvoří IoT jeden ze stavebních kamenů průmyslu 4.0, i pojem „Smart car“ přímo vychází z koncepce internetu věcí.

Smart car, Connected car nebo chcete-li „Připojený vůz“ – Vůz, který disponuje neustálou konektivitou a připojením k mobilní síti po celou dobu svého životního cyklu se stává novým fenoménem posledních let. Může se zdát, že chytré vozy jsou pouhým marketingovým novotvarem s cílem zvýšení prodeje nebo že se jedná o funkce pouze vyšších a dražších segmentů. Connected car ovšem má svůj původ v legislativě, která dopadá na všechny vozy bez rozdílu s cílem zvýšit bezpečnost dopravy (více v kapitole Projekt eCall)

Následující kapitoly představují souhrn nejvýznamnějších současných i budoucích technologií, které jsou využity v chytrých connected vozech, z pohledu využití jak komerčního, tak z pohledu legislativního.

### 3.2.1 OCU

Jednotka OCU je zařízení, které je umístěno uvnitř přístrojové desky connected vozů. *Sotva větší než balení cigaret, tato černá plastová řídicí jednotka se zásuvkou a anténním připojením zpracovává veškerou komunikaci vozu. Stejně jako SIM karta v chytrém telefonu, díky této jednotce má vůz přístup k mobilní síti. (Inside Volkswagen, 2017)*

OCU vychází z terminologie VW, nicméně se zařízeními obdobné konstrukce a funkcí se můžeme setkat u většiny současných automobilek. Tato jednotka je přímo napojena na CAN sběrnici vozu, ze které čerpá telemetrické údaje vozidla a zároveň má v sobě zabudovanou SIM kartu, pomocí které dokáže komunikovat s mobilní datovou sítí. Vůz vybavený OCU je neustále online, a to i v případě, že jeho motor není nastartovaný. Jednotka je napájena přímo z baterie vozu a díky své nízké energetické náročnosti má pouze zanedbatelný vliv na vybíjení stojícího vozu.

*Představte si, že sedíte v kině, mrzne a vy si během titulků mobilem na dálku zapnete topení v autě. Nebo vám někdo rozbije cihlou okénko a vám okamžitě dorazí zpráva na mobil.* (Sodomka, 2017). OCU nachází praktické uplatnění v komerční i legislativní sféře automobilového průmyslu. Oproti signálové výbavě protokolů EXLAP a VIWI, které budou popsány v pozdějších kapitolách, je OCU značně limitováno. Ze své podstaty se nejedná o zařízení, které by dokázalo vysílat data v reálném čase například během jízdy. Naopak svým charakterem se tato technologie podobá spíše senzorům, které se aktivují v případě nějaké změny nebo spouštěcí události. Tou může být nehoda, spuštění alarmu nebo zjištění závady. Výhodou je, že zařízení je energeticky nenáročné a konzumuje malé množství mobilních dat. Díky tomu může být vůz neustále online bez nutnosti dodatečného napájení, či překročení datového limitu SIM karty.



OBRÁZEK 2 – OCU

Zdroj: <http://www.audivw24.de/>

Další součástí OCU je globální polohovací jednotka GNSS, v EU se využívá GPS, pro region Ruska GLONASS (případně ERA-GLONASS pro eCall). Díky tomu je možné spolu s datovou komunikací přenášet i přesnou polohu vozu. Hlavní využití spočívá pro službu eCall nebo v případě, že je nutné vzdáleně monitorovat polohu vozu.

OCU není pouze čtecí zařízení, ale dokáže i zapisovat a ovládat klíčové komponenty vozu. Pomocí této jednotky lze vůz vzdáleně odemknout, zamknout, a dokonce nastartovat motor pro spuštění nezávislého topení. Tato nová technologie přináší užitečné funkce, nicméně vzbuzuje obavy o dostatečné zabezpečení. Automobilky proto zvyšují násobně investice zejména do zajištění kvalitní IT infrastruktury a zabezpečení. *Volkswagen se spojil s experty pro kybernetickou bezpečnost a založil novou společnost, zaměřenou čistě*

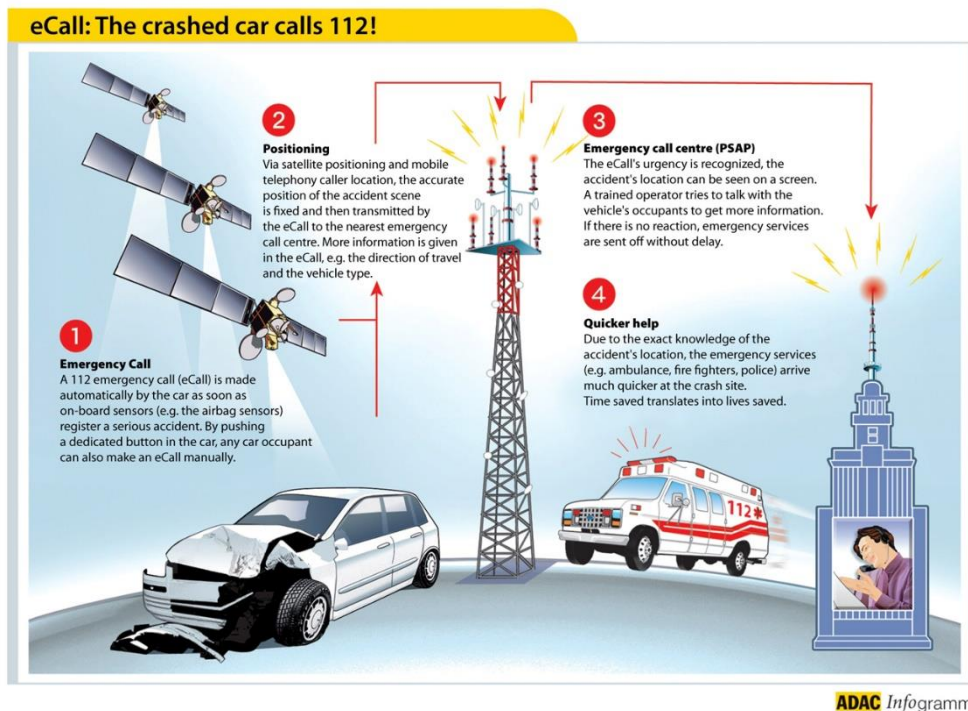
*na zabezpečení vozů. Společnost s názvem Cymotive je výsledkem společné snahy společnosti Volkswagen a tří izraelských expertních společností, které se zabývají IT zabezpečovacími systémy. Tak, jak se naše vozy stávají chytřejšími, díky rozmanitým jízdním asistentům – WiFi, bluetooth, jednotky infotainmentu se stávají potenciální hrozbou pro vnější útočníky. Již neplatí, že automobilky se mohou zaměřovat čistě na design, rychlost nebo nízkou spotřebu svých vozů. Místo toho musí velcí výrobci automobilů zohlednit především aspekty bezpečnosti. (Osborne, 2016)*

### **3.2.2 Projekt eCall**

Jako jeden z akceleračních rozvoje chytrých vozů v posledních letech lze považovat projekt Evropské unie s názvem eCall. Jeho hlavní vizí je, že všechny nově vyrobené vozy v EU od roku 2017 musí disponovat normalizovanou funkcí Emergency call (eCall), která dokáže v případě nehody automaticky kontaktovat tísňovou linku 112 včetně odeslání základních údajů (GPS pozice, informace o vystřelení airbagů, data z gyroskopických senzorů a další...).

Tento projekt tak poprvé uvádí v praxi myšlenku, že všechny vozy musí být vybavené systémem konektivity k mobilní síti za všech okolností bez možnosti deaktivace. V situaci, kdy by například došlo k hromadné dopravní nehodě pak přináší nejen možnost pro záchranné služby rychleji a přesněji identifikovat závažnost, a dokonce v případě několika nehod v jeden moment lépe prioritizovat svůj zásah – Tedy vyrazit přednostně k více závažnějším nehodám, díky datům z černé skříňky eCall každého z vozu. Další vlastností je požadavek na odeslání telemetrických dat z posledních několika vteřin jízdy, které předcházely dopravní nehodě.

Tento systém má v České republice silné zázemí, automobilka ŠKODA AUTO vozy vybavené systémem eCall dodává již od druhé poloviny roku 2016, ačkoliv legislativně je povinnost až od roku 2017. *Česká republika patřila k evropským lídrům projektu eCall, jenž vzniká napříč celou Evropskou unií. Zajímavé je, že na půdě Československa vznikalo něco podobného již na přelomu 70. a 80. let, tehdy šlo o službu s názvem AUTOVOC a tehdejší systém pracoval na bázi radiového spojení. (Kolman, 2015)*



OBRÁZEK 3 - ECALL

Zdroj: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/ecall-time-saved-lives-saved>

Jednoznačnou výhodou je předpoklad, že celý systém je normalizovaný a standardizovaný, tedy nezáleží na typu vozu nebo jeho výbavě, data vždy odchází na dispečink záchranné služby v předem daném formátu, což může posloužit pro rychlejší reakci záchranářů, ale zároveň tvoří základ pro plošné analýzy a statistické zpracování těchto dat.

eCall však od svého počátku čelí kritice, která logicky plyne z toho, že základním požadavkem je neustálý přístup k GPS vozu, mobilní datové síti, a dokonce přístup k mikrofonu ve voze. V případě nehody umožní komunikaci s obětí nehody přímo pomocí mikrofonu a reproduktorů vozu. Sám o sobě pak systém může působit jako „Velký bratr“ na palubě každého dopravního prostředku a logicky se nabízí myšlenka, zda eCall v budoucnu nemůže posloužit i jako právní nástroj pro důkaz zavinění dopravní nehody. *Obava velké části motoristů pak panuje nad tím, že budou po celou dobu jízdy sledováni. To ovšem není pravda. Systém je po dobu běžné jízdy v jakémsi „režimu spánku“, zapne se až při aktivaci senzorů, případně stisknutím tlačítka SOS.* (Kolman, 2015)

Díky nutnosti zavedení funkce eCall automobilky systémy mobilní konektivity začaly rychle implementovat do svých vozů, kromě eCallu však tyto systémy využívají i komerčně.

Výrobci jsou nuceni dodávat na trh vozy, které musí být neustále připojeny k síti, disponovat zabudovanou nebo virtuální SIM kartou a být napojeny na telemetrické údaje vozu. Z toho důvodu bylo nutné najít způsoby, jak takto komplikovaný systém zaplatit a zároveň jej využít jako nové USP. Spolu s technologií eCall je možné využít OCU i pro účely servisních nebo informačních telefonátů, vedle červeného tlačítka eCall jsou ve vozech umístěny i tlačítka s možností kontaktovat pomoc i v situacích, kdy není vyžadován zásah záchranného sboru a řidič řeší drobnější incidenty. Možností je kontaktovat nejbližší servis nebo získat informace při závadě, defektu nebo vypršení placených služeb.

### 3.3 Car-2-X

Pojem „**Car-2-X**“ lze označit za jakýkoliv způsob, kterým vůz dokáže komunikovat s jinou periferní sítí, jiným vozem nebo zařízením. Může se jednat o jednosměrnou komunikaci, kdy vůz pouze vysílá např. informaci o své poloze nebo rychlosti jízdy, stejně tak může pouze přijímat informace např. o nehodě, či blížící se koloně. Dalším logickým vývojem je komunikace obousměrná, kdy vůz dokáže signál přijímat i vysílat a tím vystupovat jako plnohodnotný aktér v pomyslném sdíleném systému.

Takový systém může plnit důležitou roli ve zvýšení bezpečnosti všech účastníků silničního provozu, ale může být využit i ke komerčním účelům. V následujících kapitolách si představíme možná využití a vzhledem k autorově blízkosti ke koncernu Volkswagen i protokoly a jejich uplatnění, které jsou v současné době v chytrých vozech dostupné.

- **protokol EXLAP**
- **protokol VIWI**

V dalších kapitolách se nachází přehled aplikace protokolů a případů užití v nejvýznamnějších odvětvích Car-2-X komunikace:

- **Car-2-Car**
- **Car-2-Infrastructure**
- **C-ITS**

### 3.3.1 Protokol EXLAP

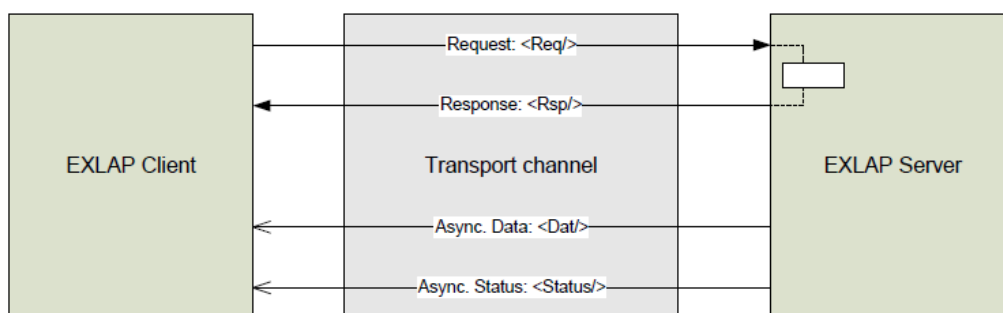
Proprietární protokol, jenž je velmi rozšířen ve vozech Volkswagen pro svou dostupnost a jednoduchost nám pomůže si přiblížit problematiku využití v Car-2-X systémech.

Označení prokololu EXLAP znamená „**Extensible Lightweight Asynchronous Protocol**“. Zabývá se zprostředkováním asynchronní komunikace mezi klientem a serverem za pomoci komunikačního modulu. Jako přenosový formát slouží XML syntaxe a signály jsou interpretovány jako samostatné URLs.

**Klient** – Zařízení, které je konzumentem informace a očekává její zprostředkování ve formátu předem známého datového katalogu. Typickým klientem je např. mobilní telefon nebo počítač, který dále s daty pracuje a může je např. graficky vizualizovat

**Server** – Je systémová komponenta, která zprostředkovává daný signál nebo informaci. Příklad serveru jsou např. čidla stavu kapalin, tlaků, rychlosti, rádio tuner atd.

**Komunikační modul** - Zprostředkovává datový přenos směrem ke klientovi ve srozumitelném a unifikovaném formátu. Zároveň řídí zabezpečení datového přenosu a dalších souvisejících komponent. Jednotlivé URLs transformuje do metod daného programovacího jazyka s podporou Android, iOS a Windows.



OBRÁZEK 4 - SCHÉMA EXLAP KOMUNIKACE SERVER / CLIENT

Zdroj: Technická dokumentace EXLAP protocol (ŠKODA AUTO a.s.)

V rámci prvního sériového uvedení EXLAP disponuje podporou komunikace přes internetový protokol IPv4 i IPv6. V současné době existují dva způsoby implementace EXLAP protokolu ve vozech ŠKODA AUTO.

### **1) EXLAP SmartGate**

Starší, výběhová implementace v zařízení SmartGate, které bylo uvedeno s 3. generací ŠKODY Fabie na podzim roku 2014. EXLAP je přenášen skrze externí modul (tzv. AppGateway) pomocí Wi-Fi s WPA2 šifrováním.

Výkon přenosu dovoval až 4 paralelní připojené klienty v režimu Wi-Fi legacy a maximálně 2 paralelní připojení v režimu Wi-Fi Direct.

### **2) EXLAP MIB**

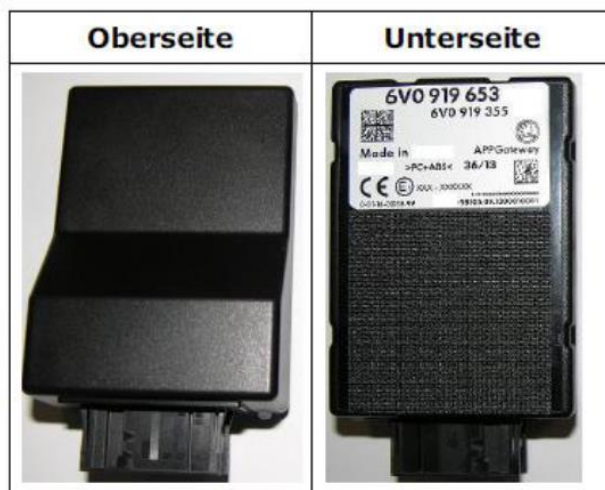
Současná implementace, kdy je EXLAP součástí přímo jednotky infotainmentu (chytré rádio) a umožňuje připojení skrze USB kabel, pokud je klientské zařízení v režimu mobilní konektivity (standardy MirrorLink, Android Auto, Apple CarPlay) nebo stejně jako u SmartGate přenos po Wi-Fi síti infotainment jednotky MIB s WPA 2 šifrováním. Oproti SmartGate zvládá až 10 paralelních připojení, ale nedisponuje možností běhu v režimu Wi-Fi direct.

#### **3.3.2 Přenos EXLAP prostřednictvím SmartGate**

Zařízení SmartGate tvoří nástroj přenosu EXLAP protokolu mezi sběrnicemi a periferním zařízením (PC, smartphone, tablet) pomocí Wi-Fi.

Jedná se o standardní sériový díl, který si zákazníci mohou objednat v rámci příplatkové výbavy pro možnost využívání mobilních aplikací, které komunikují s vozem. V období Q4/2014 – Q2/2016 bylo vyrobeno přibližně 80 000 vozů vybavených SmartGate.





OBRÁZEK 5 - SMARTGATE JEDNOTKA (APPGATEWAY)

Zdroj: <http://www.cars-equipment.com/>

Fyzicky SmartGate tvoří malý box o rozměrech 100x60x30 mm, který je zastaven v přístrojové desce nebo přímo pod sedadlem řidiče. SmartGate je napojena přímo na dvě CAN sběrnice vozu – Konkrétně Comfort CAN a Antrieb CAN.

Wi-Fi modul SmartGate umožňuje přenos o frekvenci 2,4 GHz pomocí standardu IEEE 802.11b a IEEE 802.11g. Nejedná se tedy o současné špičkové standardy, nicméně pro potřeby přenosu EXLAP výše uvedené stačí. Možno je také volit mezi 1-10 Wi-Fi kanály.

Níže jsou uvedeny základní parametry nastavení, pro sériový vůz.

TABULKA 1 - SÍŤOVÉ PARAMETRY SMARTGATE

Zdroj: Technická specifikace AppGateway ŠKOD AUTO

SSID	AppGateway_?????? (?????? are last six signs of VIN code)
WPA / WPA2 key	VIN code
IP address	192.168.123.1
DHCP: IP address range	192.168.123.100 - 192.168.123.200
DHCP: netmask	255.255.255.0
DHCP: IP address of default gateway	empty (must not be sent)
DHCP: IP address of default DNS server	empty (must not be sent)
DHCP: lease time	6 hours
Wifi channel	6
Port	80

Důležitou vlastností a zásadní odlišností oproti EXLAP v MIB je, že SmartGate je **read-only** zařízení. Pomocí SmartGate lze pouze číst EXLAP signály, které vysílá, pokud se nachází v aktivním stavu. Nelze žádným způsobem ovlivnit chování vozu ani měnit jeho parametry.

Jedinou pomyslnou zapisovací funkcí je možnost prostřednictvím webového rozhraní Wi-Fi routeru nebo skrze prostřednickou mobilní aplikaci flashovat firmware SmartGate z režimu Wi-Fi legacy na Wi-Fi direct a opačně.

### 3.3.3 Přenos EXLAP prostřednictvím MIB

EXLAP v MIB tvoří evoluci řešení SmartGate. Jedná se o opuštění technologie periferního zařízení SmartGate napojeného na CAN sběrnice vozu a místo toho využívá ke komunikaci přímo centrální jednotku infotainmentu (MIB – Modular Infotainment Baukasten) a to dvěma odlišnými způsoby.

K přenosu slouží Wi-Fi standard (u rádií s vestavěnou navigací) i možnost komunikace po otevřeném VEX kanálu v režimu zrcadlení plochy mobilu v rámci systému SmartLink+ (sdružuje funkce MirrorLink, Android Auto, CarPlay a SmartGate do jedné)

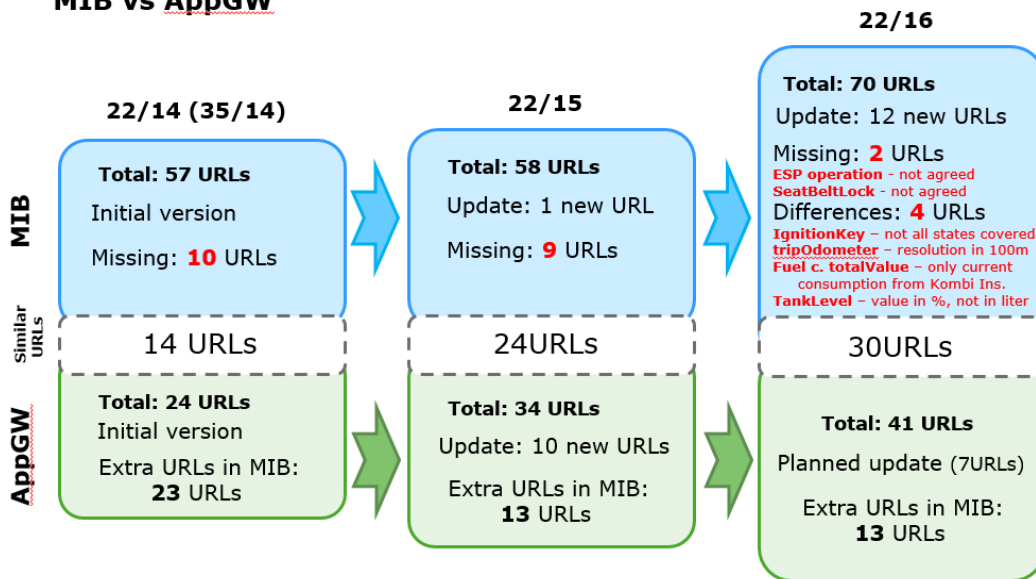
EXLAP v MIB zároveň disponuje rozšířenou sadou signálů oproti SmartGate s možností metod:

- čtení
- zapisování
- provádění úloh

Oproti SmartGate signálový data katalog umožňuje např. vzdálené ovládání rádia, médií nebo zaslání GPS cíle přímo do vestavěné navigace. Pro plánovanou 3. generaci MIB (Q4/2018) se plánuje data katalog rozšířit o další zajímavé write/execute funkce, jako například ovládání ambientního osvětlení, ovládání klimatizace nebo různé funkcionality pro elektro mobilitu.

Při přímém porovnání MIB se SmartGate pak dostáváme rovných 100 signálových URLs pro MIB z nichž pouze 30 základních je společných se SmartGate. URL zároveň může nabývat více metod a tím pádem může nést vícero informací naráz.

## MIB vs AppGW



OBRÁZEK 6 - POROVNÁNÍ DOSTUPNÝCH URL MIB X SMARTGATE (APPGW)

Zdroj: Data katalog EXLAP MIB (Volkswagen)

Příkladem vícerozměrného URL může být například signál **serviceOil()**, který posílá informace vzdálenosti do výměny oleje a může posílat jak hodnotu vzdálenosti (km/mil) nebo čas (dny). Zároveň v případě „přejetí“ výměny posílá hodnoty in/ago viz tabulka enumerací níže.

serviceInspection	Type: Object	Category: CarServices	Context: global	Characteristic: dynamic	BT: avail	USB: avail	WLAN: avail
de Enthält die Daten für den Inspektionsservice ("Durchsicht").							
en Contains the data of the inspection service.							
Changed (26.01.2015) to API Level '4' Objekt hinzugefügt.							
Changed (31.08.2015) to API Level '4' Updater des Members "time" korregiert.							
<b>distance</b>	Absolute						
Max	204700						
Min	0						
Resolution	1						
<b>time</b>	Absolute						
Max	2047						
Min	0						
Resolution	1						
Unit	d						
<b>distanceState</b>	Enumeration						
Member	noData, not_calculated, service_in, service_ago						
<b>distanceUnit</b>	Enumeration						
Member	noData, km, mi						
<b>timeState</b>	Enumeration						
Member	noData, not_calculated, service_in, service_ago						

OBRÁZEK 7 - PŘÍKLAD SPECIFIKACE URL V MIB

Zdroj: Data katalog EXLAP MIB (Volkswagen)

EXLAP v MIB tvoří pro svou všestrannost nový standard všech vozů ŠKODA AUTO (vyjma Citigo, které používá VIWI) a v krátkém období Q1/16-Q3/16 se vyrobilo téměř 300 000 vozů disponující plnou podporou konektivity EXLAP v MIB.

#### 3.3.4 Protokol VIWI

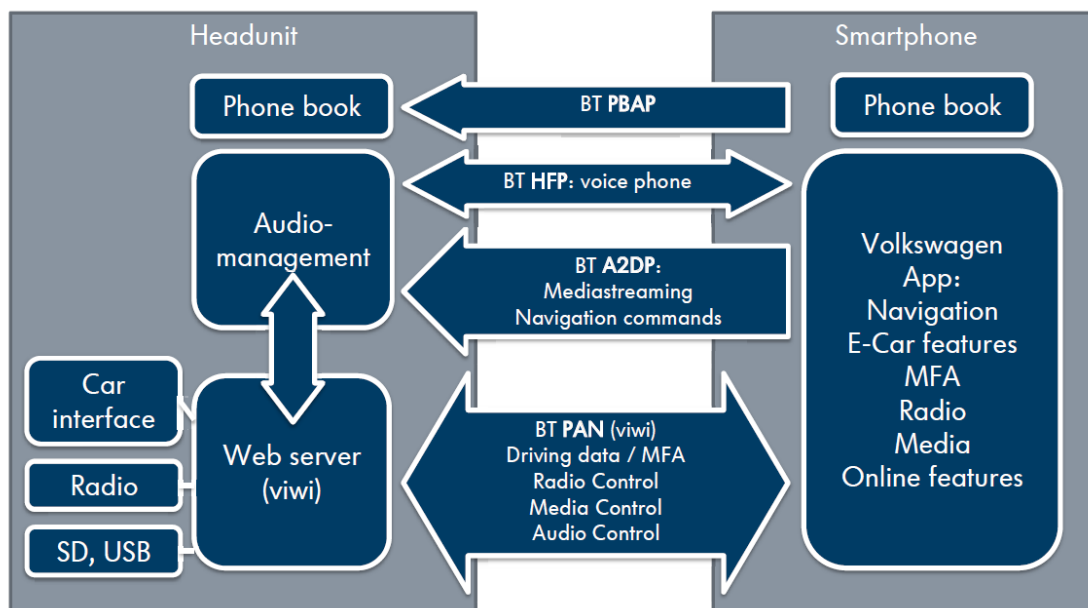
Protokol VIWI (Volkswagen Infotainment Web Interface) tvoří nejnovější protokol, který je stejně jako EXLAP vyvíjen ve VW. Technologie VIWI je primárně určena pro nadcházející využití v 3. generaci MIB jednotek, kde bude sloužit pro přenos jízdních dat a ovládání medií pro aplikace založené na HTML 5 a Javascript – webové aplikace, které budou součástí infotainmentu bez nutnosti dalšího propojování s chytrým telefonem nebo jiným periferním zařízením. Pro zajímavost oproti limitaci pouze na **XML** formát notace přenášených signálů v EXLAPU, VIWI využívá pro objekty notaci ve formátu **JSON** objektů – Novější syntaxe a stále více rozšířená syntaxe, která umožňuje lepší manipulaci s objekty i přehlednější syntaxi.

Dnes již VIWI podporuje i ŠKODA AUTO, konkrétně ve vozu Citigo, který stejně jako Volkswagen Up! používá ke komunikaci s mobilními telefony USB nebo Bluetooth.

Na obrázku níže vidět způsob komunikace pomocí VIWI pro mobilní aplikaci Move&Fun (ŠKODA) a Maps & More (VW), která slouží jako rozšíření kombipřístroje a jako náhrada dotykového rádia, místo kterého lze použít telefon nebo tablet umístěný do držáku nad středovou palubkou.

Řídící jednotka umístěná pod kombipřístrojem (head unit) zde pomocí VIWI umožňuje přenos přes bluetooth PAN jízdní data a příkazy pro ovládání medií, rádia a audia.

Samotný audiostreaming nebo navigační hlášení („za 100 m zahňte doleva.“) jsou přenášeny pomocí separátního kanálu pomocí A2DP profilu a obdobně slouží další toky skrze HFP. Bluetooth zde tedy musí obsluhovat náročný datový tok. ŠKODA v současnosti ve svých jednotkách podporuje moduly s moderním rozhraním Bluetooth 4.0.



OBRÁZEK 8 - SCHÉMA VIWI

Zdroj: VIWI communication protocol – Dokumentace Volkswagen

Samostatnou část využití tvoří EXLAP/VIWI pro vývojové účely. Jedná se o soubor nástrojů, které umožňují testování korektní implementace softwaru vozů napříč modelovými řadami. Jako hlavní nástroje se používají mobilní aplikace **EXLAP Tester**, **API Tester** a **VIWI Test App**. Obě aplikace umožňují testování EXLAP/VIWI protokolu na odlišných vrstvách implementace.

**EXLAP tester** je aplikace vyvinutá Volkswagen pro Android a IOS, která načítá dynamicky pole dostupných URLs přímo z EXLAP vrstvy ve SmartGate nebo MIB. Umožňuje tak zjistit, zda vůz v dané konfiguraci posílá správně signály, dle specifikace a zda někde nedochází k problému. Může tak například odhalit chybné čidlo, či nepřesnost v čtení signálů z CAN sběrnic.

**API tester** je obdobná aplikace vyvíjená ŠKODA AUTO, která bere a zobrazuje datový tok na úrovni komunikačního modulu. Je tedy více využitelná pro vývojáře mobilních aplikací, které s EXLAP pomocí komunikačního modulu komunikují. API tester testuje API komunikačního modulu a pomáhá odhalit chyby v implementaci kódu na straně vyvíjené mobilní aplikace. Příkladem může být chybná, neefektivní subskripce jednotlivých URLs, či řešení problémů s inicializací EXLAP spojení skrz Wi-Fi nebo mobilní konektivitu SmartLink.

**VIWI tester** je aplikace, která slouží obdobně jako výše zmíněný EXLAP tester. Vývoj spadá pod VW a je možné jí použít pro kontrolu průchodnosti signálů ve vozech Citigo a Up!. Do budoucna se plánuje rozšíření i o verzi, která bude podporovat technologii WebApps, pro vozy s 3. generací jednotek MIB. Hlavní výhodou je možnost testovat přímo ve voze pouze za použití mobilního telefonu.

Komerční využití představuje hlavní business case integrace těchto protokolů ve vozech ŠKODA AUTO. Mobilní aplikace, které ŠKODA AUTO vyvíjí tvoří ve srovnání s ostatními automobilkami unikátní doplněk příplatkové výbavy. Od uvedení Fabie 3. generace v Q4/2014 dosáhly mobilní aplikace s podporou SmartGate více než 300 000 stažení s průměrným hodnocením 4/5 hvězd na Google Play Store i Apple AppStore. V současné době se již naplno připravuje spuštění nové aplikace, která funkcionalitu několika SmartGate aplikací sdružuje do jedné. Jedná se o aplikaci ŠKODA OneApp vyvíjenou technickým vývojem ŠKODA AUTO, která využívá maximální potenciál EXLAP protokolu a zprostředkovává dostupná data zákazníkům ve formě přidané hodnoty.

Jedná o mobilní aplikační platformu, využívající dynamické a nákladově efektivní implementace nových funkcí, které umožňují práci s EXLAP signály.



OBRÁZEK 9 - APLIKACE ŠKODA ONE APP (EXLAP)

Zdroj: <http://dealer.skoda-auto.cz/dealers/auton-cz/news/2017-06-29-skoda-one-app>

Aplikace funguje jako automatizovaná kniha jízd, pomocník na cestách a zároveň detailní nástroj pro analýzu jízdního stylu, efektivity jízdy a dalších měřených hodnot. Uživatel tak podobně jako u běžeckých aplikací (Runtastic, Nike Run, Endomondo), může sledovat vizualizované jízdní metriky přímo na mapě v daném úseku, čase a aplikace zároveň počítá jízdní náklady za každou jízdu, či dlouhodobé jízdní statistiky.

Zástupcem VIWI je již dříve zmíněná aplikace Move&Fun (ŠKODA). Aplikace využívá bluetooth konektivitu, pro zobrazení informací o spotřebě, efektivitě jízdy a dalších jízdních ukazatelů v reálném čase včetně mobilní navigace TomTom.



OBRÁZEK 10 - MOVE&FUN APLIKACE PRO CITIGO (VIWI)

Zdroj: <http://www.skoda-auto.com/en/models/citigo/>

V neposlední řadě mohou tyto aplikace v budoucnu v rámci budovaného digitálního ekosystému sloužit jako nástroj sběru analytických dat pro ŠKODA AUTO s možností využít tuto aplikaci jako jeden z marketingových touch-pointů.

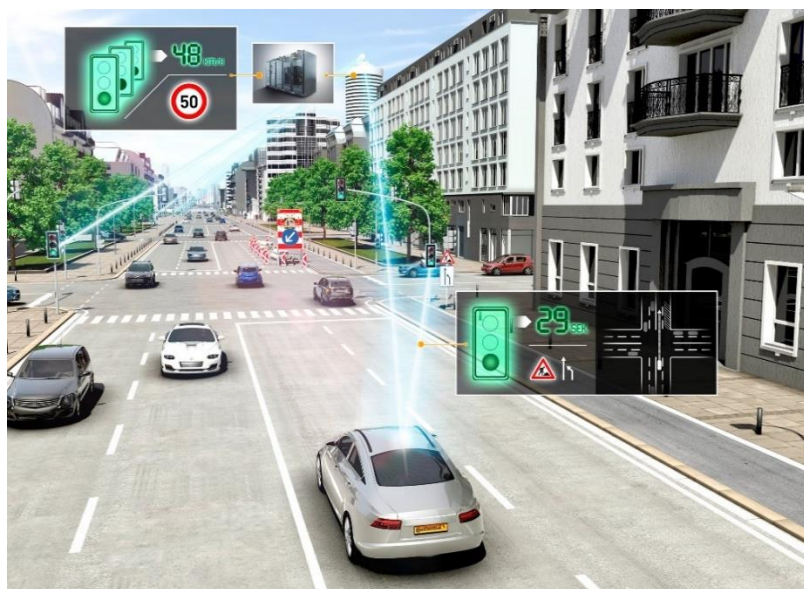
### 3.3.5 Využití EXLAP a VIWI v IoT systémech

EXLAP a VIWI jsou velice univerzální komunikační protokoly, které umožňují zpracování asynchronních vstupů v binárním formátu a umožňují jeho transformaci do srozumitelného programovacího jazyka. Vzhledem k současnému trendu vývoje digitalizace a stále většímu tlaku na propojení vozu s jinými sítěmi se nabízí možnost využití těchto protokolů v rámci Car-2-X komunikace a tím i internetu věcí.

Přenos telemetrických dat může při vytvoření chytré sítě vozů (Car-2-Car) přinést zásadní zvýšení bezpečnosti, kdy v případě nehody může havarované auto zaslat signál s varováním za ním jedoucím vozům v daném okruhu.

Již dnes zavádějící se technologie e-Call, která také staví na EXLAP / VIWI signálech umožňuje v případě nehody odeslat na dispečink GPS polohu a informace o stavu vozu (např. zda došlo k vystřelení airbagů, z jaké strany je vůz havarován).

Využití těchto dvou protokolů však může v případě propojení s některým z open standardů najít využití i v Car-2-Infrastructure – Tedy chytrá města. Díky rozmanité signálové nabídce tak může být tímto způsobem regulován provoz ve městech, semaforey, pohyb po komunikacích apod.



OBRÁZEK 11 - CAR 2 INFRASTRUCTURE

Zdroj: <http://www.continental-corporation.com/>



### 3.3.6 Car-2-Car

Car-2-Car je označení pro komunikaci vozů mezi sebou. Hlavním cílem je kladení důrazu na **bezpečné cestování**. Již dříve jsme si zmínili projekt eCall, který pro své fungování zatím nevyužívá Car-2-Car, nicméně je prvním krokem k využití takové systému. Tento typ komunikace v současné době řeší stále otevřený problém jednotné standardizované komunikace. Automobilky sice využívají pro připojení vozů k datové síti standardy, ale limitací je využití zabudovaných SIM karet v OCU jednotkách, což vyžaduje nemalé náklady na zajištění poskytovatele SIM / e-SIM technologie a závislost na proměnlivých podmínkách mobilní datové sítě. V místech s pomalým připojením tak není možné např. v reálném čase odesílat potřebné datové pakety.

V následující části práce jsou představeny potenciální standardy pro datovou komunikaci vozů mezi sebou a uvádí jejich hlavní výhody a nevýhody. Jednotlivé technologie poté poslouží k návrhu vlastního řešení informačního systému v pozdějších kapitolách.

#### 3.3.6.1 Sigfox a LoRa

Sigfox a LoRa je označení pro dvě sobě podobné síťové architektury a standardy, které si kladou za cíl standardizovat komunikaci pro IoT zařízení. Obě technologie využívají pro přenos radiovou komunikaci mezi senzory a základnovými stanicemi. Stanice následně signál přenáší směrem ke konzumentům nebo do cloudu pro následnou analytickou činnost.



OBRÁZEK 12 - SIGFOX ARCHITEKTURA

Zdroj: <https://vyvoj.hw.cz/sigfox-princip-struktura-protokol-pouziti.html>

*K přenosu SigFox komunikace se využívá tzv. UNB (Ultra Narrow Band) pásmo pro vysílání jen krátkého pulsu dat s vysílacím výkonem omezeným na 100 mW a modulací pracující v 200kHz veřejném pásmu. Každá přenášená zpráva v době přenosu zabírá šířku pásma 100 Hz a je přenášena rychlostí 100 nebo 600 bitů/s (v závislosti na regionu). (vyvoj.hw.cz, 2017)*

Oba standardy operují v nelicencovaném frekvenčním pásmu 868 MHz. Nespornou výhodou je i nízký vysílací výkon, který lze dynamicky snižovat zejména u senzorů v blízkosti základnových stanic, také zvaných jako koncentrátoři. Možné je také přepínání čidel do pohotovostního režimu, což přispívá k ještě větší energetické úspornosti a prodlužuje jejich životnost.

Klíčové parametry Sigfox a LoRa:

- LPWAN (Low Power WAN)
- délka payloadu zprávy 12 bytů
- průměrná délka přenosu ke stanici 2s
- udávaná výdrž baterií v zařízeních až 10 let

Výhody	Nevýhody
+ Cenová dostupnost	- Vhodné spíše pro pasivní zařízení a vysílače
+ Velmi nízká energetická náročnost	- Zatím nízká rozšířenost
+ Jednoduchost	- Více standardů a nejasný leader na trhu
+ Základnové sítě lze instalovat na již zřízené mobilní vysílače (např. pro LTE)	- Nefunguje nezávisle, vyžaduje vlastní přenosovou síť
<b>Vhodné pro:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Senzory na odlehlých a obtížně přístupných místech</li> <li>- Vysílače umístěné v místech se špatnou dostupností elektrické sítě</li> <li>- Zařízení, která vysílají jednoduché a jednoúčelové zprávy (tlak, teplota, vlhkost...)</li> <li>- Situace, kde je možné přenášet data v časových intervalech (př. každých 30 min)</li> </ul>	

Příklad jednoduché zprávy zaslané měřicí stanicí (např. meteostanice) tzv. „**callback message**“

```
{
  "data": {
    "temperature": "{customData#temperature}", //Teplota
    "humidity": "{customData#humidity}", //Vlhkost
    "battery": "{customData#battery}", //Stav baterie
    "mode": "{customData#mode}" //Režim zařízení
  },
  "deviceId": "{device}", //ID zařízení
  "time": "{time}" //Časová známka
}
```

Taková krátká zpráva obsahuje pouze minimum nutných informací, které jsou vyžadované základnovou stanicí. Zdroj dat může být analyticky vyhodnocován v pravidelných časových intervalech v cloudu. Nad daty může být prováděna dodatečná byznys logika nebo mohou být analyticky vyhodnocovaná pomocí algoritmů pro strojové učení. V praxi mohou data ze senzorů přispět k lepší predikci zhoršených jízdních podmínek, například senzory umístěné v dálnici mohou na základě určitých meteorologických podmínek včasně detekovat výskyt ledovky ještě předtím, než se fyzicky vytvoří. To může přispět ke snížení nehodovosti například proaktivním informováním technických služeb.

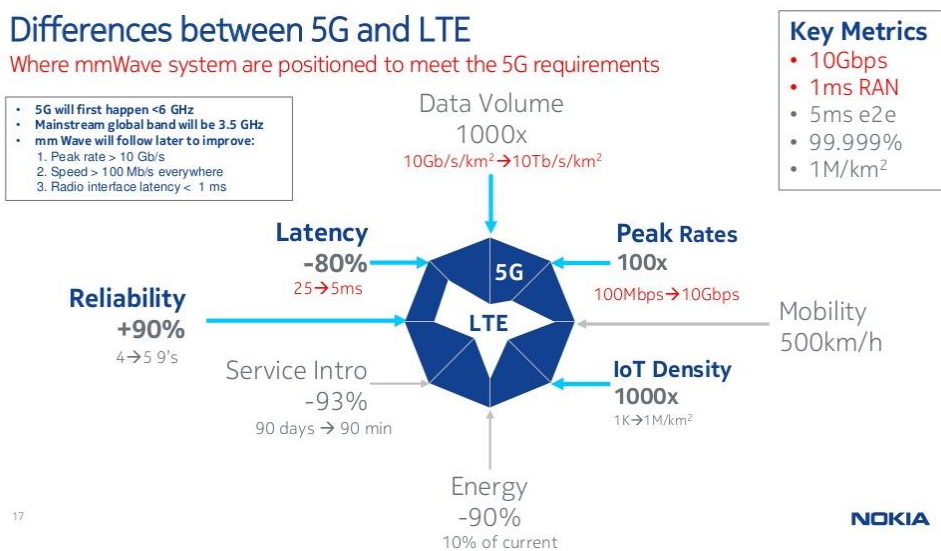
Ve velkých městech mohou podobné senzory detekovat vytížení jednotlivých parkovišť v průběhu dne. Aplikací byznysové logiky nad těmito daty je možné včasně přeměrovat provoz nebo řídit semaforey. Zajímavou myšlenkou je zavedení dynamické ceny za parkování, kdy se cena v hodinách s vysokou poptávkou může měnit v závislosti na vytížení jednotlivých parkovacích domů nebo parkovacích ploch.

### 3.3.6.2 4G a 5G

4G i 5G jsou označení pro vysokorychlostní datovou síť pro mobilní účely. Společnost ITU-R definovala standard 4G konektivity jako síť, která dosahuje přenosové rychlosti 100 Mb/s a pro stacionární použití (např. mobilní hotspoty) až 1 Gb/s. (Bourque, 2017)

Rychlosti 4G se blíží často zaměňovaná technologie LTE, která ovšem nedosahuje takovým přenosových rychlostí a dostatečně nízké latence. LTE i 4G jsou již dnes masově rozšířené sítě se stabilně rostoucím pokrytím, avšak stále se jedná spíše o velká města a obce, pokrytí na dálnicích a menších komunikacích chybí.

Oproti tomu 5. generace sítí přináší významný skok kupředu. K masovému rozšíření 5G dojde s největší pravděpodobností v budoucích letech, nicméně již dnes je známá specifikace požadavků na tuto síť.



OBRÁZEK 13 - POROVNÁNÍ 5G VS. LTE

Zdroj: <https://resources.altium.com/pcb-design-blog/what-is-5g>

Obrázek popisuje hlavní výhody oproti LTE / 4G – Především se jedná o skokové navýšení rychlosti datového přenosu, teoreticky až 10Gb/s a minimální garantovaná rychlost 100 Mb/s. Dále snížení latence z 25ms na pouhých 5ms. Nízká latence a rychlost datového přenosu jsou klíčové pro použití např. pro systém včasného varování při dopravní nehodě.

Sítě 4G/5G jsou svou specifikací a současnou rozšířeností jednoznačně vhodné pro místa s velkou koncentrací zařízení, typicky velká města.

Výhody	Nevýhody
+ Rozšířenost a rychlost	- Nutnost zajištění virtuálního operátora
+ Kompatibilní i s mobilními zařízeními	- Závislé na síle signálu a dostupnosti
+ Potenciální využití i v ne-connected vozech	- Náchylné na meteorologické podmínky
+ Již existující síť se širokým pokrytím	- Robustnost sítě

### 3.3.6.3 IEEE 802.11p (WAVE)

Zatímco Sigfox, LoRa a 4G/5G představují standardy, které mohou najít uplatnění i mimo automotive svět a tím elegantně propojit různé případy užití v Car-2-X komunikaci, alternativou je standard pro bezdrátové sítě LAN **IEEE 802.11p**. Tento standard je určen výhradně pro komunikaci Car-2-Car nebo pro C-ITS systémy. *V posledních letech skupina IEEE definuje nový komunikační standard, který bude v budoucnu používán pro komunikaci mezi dopravními prostředky. Takzvaný IEEE 802.11p neboli WAVE standard by měl být dokončen během tohoto roku (2014).*

*Mezi automobilová komunikace bude hrát důležitou roli v nových automobilech a v dopravním managementu. V literatuře se označuje mnoho služeb jako komunikace vehicle to vehicle (V2V) nebo vehicle to infrastructure (V2I). K nim patří např. detekce kolize automobilu, aktuální dopravní informace, aktivní navigace, mýtné brány. Hlavním cílem této technologie ve vozidlech je zvýšení bezpečnosti cestujících a snížení vážných dopravních nehod. WAVE standard používá multikanálový koncept s možností použití pro bezpečnostní a informační zprávy. Standard odpovídá za prioritu zpráv a k tomu používá rozdílných přístupových tříd (AC), které mají nastaven různý přístupový kanál. (Augusta, Šulc, 2008)*

Hlavní výhodou využití 802.11p je podpora mechanismu EDCA, který umožňuje prioritizaci kvality QoS přenášených dat. V případě nehody nebo nutnosti včasného

varování je možné udat prioritu takové zprávy, která dokáže být přenášena i mezi rychle jedoucími vozy na dlouhou vzdálenost s minimální časovou prodlevou.

Další zjevnou výhodou je použití kanálů o šířce 75 MHz v pásmu 5,9 GHz. Oproti 802.11.a se jedná o polovinu šířky pásma nebo dvojnásobek času přenosu pro konkrétní datový symbol. To umožňuje přijímači, aby se lépe vyrovnal s rádiovým signálem a pásmem v prostředí, kde se může signál odrážet od jiných jedoucích automobilů nebo domů.

Výhody	Nevýhody
+ Rychlá a bezpečná komunikace	- Velmi mladý a méně rozšířený standard
+ Cenová dostupnost	- Nutnost kooperace automobilek mezi sebou
+ Snadné propojení více aut v jeden celek	
+ Není nutnost aktivního datové připojení	

#### 3.3.6.4 Příklady užití

Z výše uvedených standardů pro možné využití v Car-2-Car komunikaci, lze vyvodit, že budou v budoucnu hrát velkou roli především v oblasti bezpečnějšího cestování.

Ať už 5G sítě nebo WAVE dokáží rychle a efektivně přenášet dostatečné množství dat, aby dokázaly plně nahradit systémy včasného varování a přinést tak nový front-end pro řidiče v oblasti komunikace a dopravních hlášení.

Budoucnost nahrává využití všech výše uvedených standardů, neboť žádný momentálně nepřináší dostatečně flexibilní řešení tak, aby pokryl veškeré případy použití. Z toho vyplývá:

- Vozy budou vybaveny systémy WAVE a 5G, protože jsou rychlé a vhodné pro masové nasazení.
- WAVE a 5G mají nespornou výhodu v tom, že budou v budoucnu kompatibilní i s mobilními telefony a díky tomu budou moci chytrý a propojený systém vozů

využívat i uživatelé, jejichž vozy těmito moderními systémy nedisponují, ale vlastní chytrý telefon.

- Sigfox a LoRa naopak najde využití v odvětvích jako zemědělství, logistika nebo plánování výroby v automotive.
- Sigfox i LoRa nejsou vhodné pro komunikace v reálném čase mezi automobily, ale zase dokáží komunikovat na dlouhou vzdálenost s minimálními náklady na pořízení i údržbu.
- Zatímco WAVE a 5G najdou uplatnění ve spíše komplexních systémech Car-2-Car, Sigfox a LoRa svým charakterem naleznou uplatnění někde na pomezí mezi Car-2-Car a Car-2-Infrastructure, o které pojednává další kapitola.

### 3.3.7 Car-2-Infrastructure

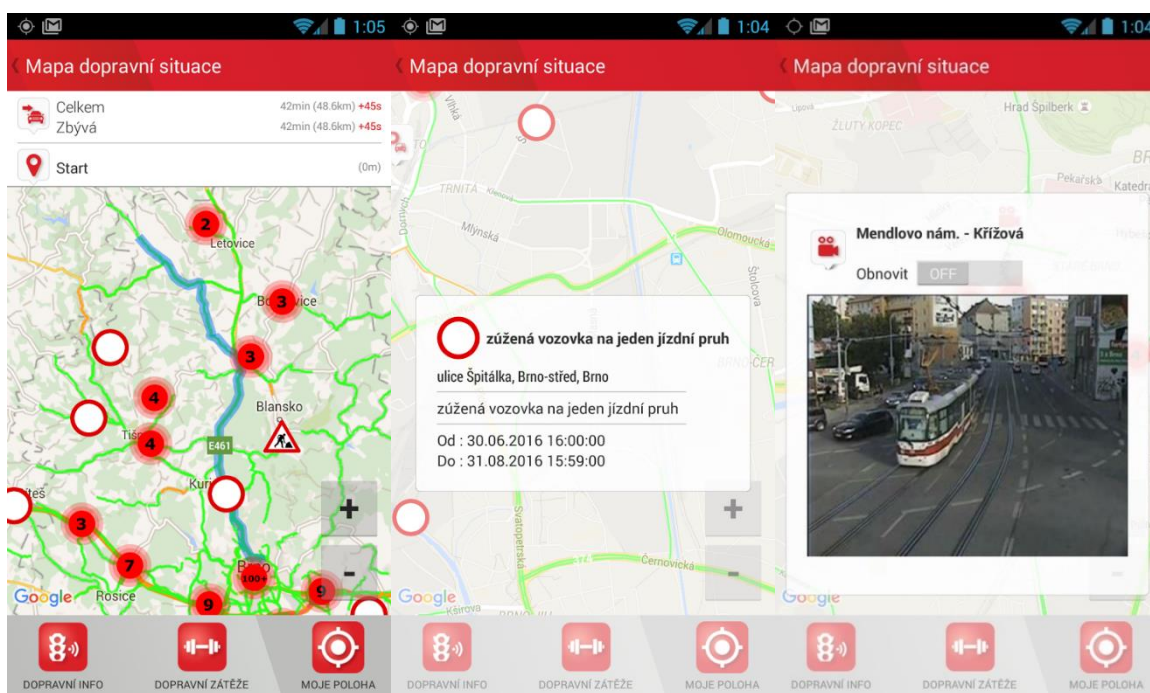
Dalším pomyslným krokem ve využití IoT v osobních automobilech je komunikace mezi vozy a infrastrukturou. Do této kategorie lze zařadit případy užití jako:

- **komunikace vozů s městskou infrastrukturou**
  - o řízení dopravního provozu ve městech
  - o parkování a parkovací domy
  - o čerpací stanice
  - o dobíjení elektro vozů
- **komunikace vozů mimo městskou infrastrukturu**
  - o řízení dopravy na dálnicích a ostatních komunikacích
  - o systémy včasného varování

Pokud v budoucnu vzroste počet chytrých vozů, které dokáží pro komunikaci využívat některý z otevřených standardů uvedených v kapitole Car-2-Car komunikace, umožní to nové možnosti využití pro tzv. chytrou infrastrukturu. Témata chytré infrastruktury v budoucnu stanou daleko důležitější než nyní. *Dopady zatížení infrastruktury rostou úměrně s rostoucí expanzí velkých měst. Velkoměsta zabírají jen okolo 3% ploch, nicméně spotřebují 60-80 % veškeré energie a vyprodukují 75 % emisí uhlíku.* (Flügge, 2017)

Uvnitř měst tak již dnes vznikají systémy, které dokáží zobrazovat informace o dopravní situaci přímo na obrazovkách uvnitř automobilů nebo dokáží zobrazovat dopředu časový interval mezi červenou a zelenou barvou. Již nyní některá města testují chytré semaforey, které dokáží pomocí lokálního vysílače upozornit řidiče na svůj stav a interval (Hradec Králové, Brno a další). Takový systém pomůže v budoucnu nejen zpřehlednit dopravu, ale také ji učinit více plynulou a bezpečnou nejen pro řidiče, ale i ostatní účastníky silničního provozu – chodce a cyklisty.

Příkladem současných aplikací je například mobilní aplikace **DIC-BRNO**, která monitoruje v reálném čase dopravní situaci nebo parkovací domy. Vzhledem k tomu, že se jedná o pilotní projekt, aplikace zatím využívá přítomnost vozů pouze pasivně. K monitorování dopravní situace jsou využívány kamery a senzory přímo na ulicích nebo v parkovacích domech. V budoucnu pak takové řešení představuje potenciál pro napojení na reálné vozy, což by mělo výsledná data zpřesnit a díky standardizaci snížit náklady, protože kamerové systémy i fyzické senzory by již nebyly nutné.



OBRÁZEK 14 - APLIKACE DIC BRNO

Zdroj: Google Play



### 3.3.8 C-ITS systémy

Kooperativní inteligentní dopravní systémy (dále jen C-ITS) jsou struktury založené na sdílení dat mezi samotnými automobily, mezi vozidly a zařízením na silniční infrastruktuře. *Základní ideou je schopnost vozidel předávat si zprávy zahrnující aktuální dopravní situace, tedy vzájemná kooperace. Díky těmto informacím mohou řidiči včas zareagovat na varování systému, bezpečně zvládnout nenadálou situaci a zamezit tak případné nehodě.* (c-roads.cz, 2018)

C-ITS systémy představují propojení mezi světem **Car-2-Car** a **Car-2-Infrastructure** a představují technologický trend pro budoucí roky v oblasti autonomie vozů a automatizace řízení dopravy chytrých měst (Smart Cities).

Včasné získání přesné informace je klíčové k tomu, aby řidič pohotově vnímal situaci v silničním provozu a soustředil se na možný problém, např. vyhnout se předmětům na vozovce nebo si dával pozor na kluzký povrch. Celistvému přehledu o situaci v silničním provozu pomohou systémy C-ITS informacemi o eventuálních nebezpečích souvisejících s různými povětrnostními podmínkami. Nepochybným kladem systémů C-ITS bude varování řidičům o překážkách při jízdě za snížené viditelnosti (mlha, sněžení, hustý déšť apod.) jako např. výstrahy o dopravní nehodě nebo o koloně před řidičem či o pomalu jedoucím vozidle údržby se světelným vozíkem.

Využití těchto systémů se tedy neomezuje jen na využití uvnitř městské infrastruktury, ale i mimo města na ostatních komunikacích a dálnicích. Je důležité si uvědomit, že stavět signalizační cedule, které ke svému chodu potřebují zdroj elektrického proudu je nákladné a neefektivní zejména na odlehlých komunikacích s malým nebo středním provozem. Daleko efektivnější je zobrazovat hlášení skrze pomyslný informační systém, či kanál přímo na jednom z displejů uvnitř jedoucího vozu. Zprávy si mohou mezi sebou vozy předávat automaticky, a tak flexibilně reagovat na měnící se podmínky.

Pokud půjdeme ještě dál, může například vůz, který projíždí stavbou automaticky nastavit rychlostní limit tak, aby řidič v daném úseku nepřekročil maximální povolenou rychlost např. 80 km/h.

Jedna z důležitých položek provozních nákladů automobilu představuje spotřeba pohonných hmot. Díky lepší informovanosti o dopravní situaci prostřednictvím C-ITS je možné jezdit se silničním vozidlem hospodárněji, snížit dopravních zácp, výfukových plynů a frekventovanou jízdou zkrátit dobu strávenou za volantem. Mezi přínosy patří také zvýšení kapacity silniční sítě, a především zvýšení bezpečnosti všech účastníků silničního provozu. Dále pak dopravní řídicí a informační centra obdrží díky C-ITS přesné a ucelené informace o aktuální dopravní situaci přímo z vozidel a díky tomu je možné efektivně a rychle řídit provoz.

### 3.3.8.1 Principy C-ITS

Kooperativní systémy ITS jsou založeny na rozdělování informací mezi aktéry silničního provozu vybavené patřičným aparátem. Tyto systémy umožní vozidlům komunikovat vzájemně mezi sebou a se zařízeními umístěnými na silniční infrastruktuře. C-ITS může v praxi preferovat některé automobily, která zasluhují vyšší pozornost, například vozidla integrovaného záchranného systému nebo hasiče či policisty. Systém preference komunikuje se zařízeními na silniční infrastruktuře s cílem přednost na křižovatkách a umožnit tak jejich souvislejší a bezpečnější jízdu. Jiným případem užití je využití IoT senzorů umístěných přímo ve vozovkách. *V Kanadě již tyto senzory slouží pro řízené vysílání sypacích vozů během zimních měsíců. Díky sensorům lze predikovat a řídit oblasti s nutností posypu nikoliv na přesnost ulic, ale s přesností na metry.* (Flügge, 2017)

Pro minimalizaci provozu automobilové dopravy se v současné době v českých, moravských a slezských městech denně používá upřednostnění vozidel MHD prostřednictvím světelného signalizačního zařízení. Podle komunálních podmínek se využívá mnoho technologií (videodetekce, radiodetekce, indukční smyčky, trolejové kontakty, GPS aj.). Jiným příkladem, s důrazem na zvýšení zabezpečení, je varování automobilů před hrozící kolizí na městských křižovatkách. To současně využívané systémy preference vozidel MHD neumožňují. Pro minimalizaci pravděpodobnosti nehod se mohou vydávat varování řidičům vozidel zahýbajících vpravo nebo vlevo, pakliže se do příslušného místa blíží vozidlo z jiného směru.

Využití C-ITS lze popsat na situaci, při které vozidlo projede například olejovou skvrnou. Díky čidlům automobil vyhodnotí situaci a varuje další vozidla za sebou. Ostatní

řidiči tedy dostanou informaci na displeji palubního počítače nebo navigace, že může nastat nebezpečná situace. Pokud na silnici probíhají stavební práce, řidiči se již s předstihem mohou dozvědět o případném zúžení jízdního pruhu nebo uzavírce z vysílačů umístěných podél pozemní komunikace.

V obou případech (Car-2-Car a Car-2-Infrastructure) se primárně počítá s komunikací založené na technologii Wi-Fi (5,9 GHz, 802.11p) a sekundárně se bude využívat komunikace LTE/4G, budoucnu i 5G. Na dané frekvenci se dá na velmi krátkou vzdálenost přenést relativně velké množství dat.

### 3.3.8.2 C-ITS v ČR

Pro C-ITS a autonomní dopravu byl v České republice vyhotoven strategický rámec zprostředkovaním Akčního plánu růstu inteligentních dopravních systémů v ČR do roku 2020 (s výhledem do roku 2050) schváleného usnesením vlády ze dne 15. dubna 2015 č. 268, jenž představuje strategický dokument na národní úrovni udávající hlavní směry v oblasti využití nejpokrokovějších detekčních, diagnostických, informačních, řídicích a zabezpečovacích technologií na bázi inteligentních dopravních systémů, globálních navigačních družicových systémů a systémů pozorování Země.

Česká republika realizuje projekt s názvem „**C-ROADS Czech Republic**“, jež je úzce spojený s mezinárodní iniciativou C-ROADS, která byla výsledkem společné činnosti států ČR, Rakouska a Německa, zejména spolkové země Dolní Sasko. Projekt si klade za cíl spolupráci při zavádění systémů C-ITS ve státech střední Evropy. Projekt je spolufinancován z Nástroje pro propojení Evropy (CEF Transport), což je víceletý pracovní program Evropské unie. Koordinátorem projektu je Ministerstvo dopravy ČR. *V rámci plánu se zvýší pokrytí ITS koridoru ze silničního okruhu kolem Prahy (dále jen SOKP) po dálnici D5 do Plzně a po dálnici D11 do Hradce Králové. Dále bude opatřena část dálnice D1 v okolí Brna. K účasti na projektu se zavázala i společnost ŠKODA Auto a.s. (c-roads.cz, 2018)*

Projekt není cílen jen na dálnice, například Brno chce prostřednictvím vlastněné společnosti Brněnské komunikace a.s. v úzké spolupráci s ŘSD ČR cílit zejména na optimalizaci dopravních toků na území města Brna, obzvláště na páteřní a tranzitní tahy. Během plnění projektu se bude rovněž testovat využití systémů C-ITS v městské hromadné

dopravě, zejména v Plzni a Ostravě, kde se dopravní podniky zavázaly poskytnout pro účely testování svá vozidla a infrastrukturu.

## 4 Vlastní práce

Vlastní práce využívá syntézu teoretických východisek pro návrh nového informačního systému a jeho front-endu. Autor definuje dílčí části navrhovaného systému spolu s argumentací pro použití konkrétních řešení a vybraných technologií.

Realizace je provedena v postupných krocích, které jsou vzájemně vázané společným konceptem. Tvorba obsahuje analýzy pro definování produktu, designovou studii mobilní in-car aplikace a ukázky možného technického řešení.

### 4.1 Návrh informačního systému a mobilní aplikace

Cílem návrhu je zpracování rozšíření stávajícího projektu C-Roads o nové funkce, které využívají dostupné IoT technologie. Pracovní název pro návrh informačního systému a aplikace je **SmartRoads**, ve volném překladu chytré silnice, či chytré cesty.

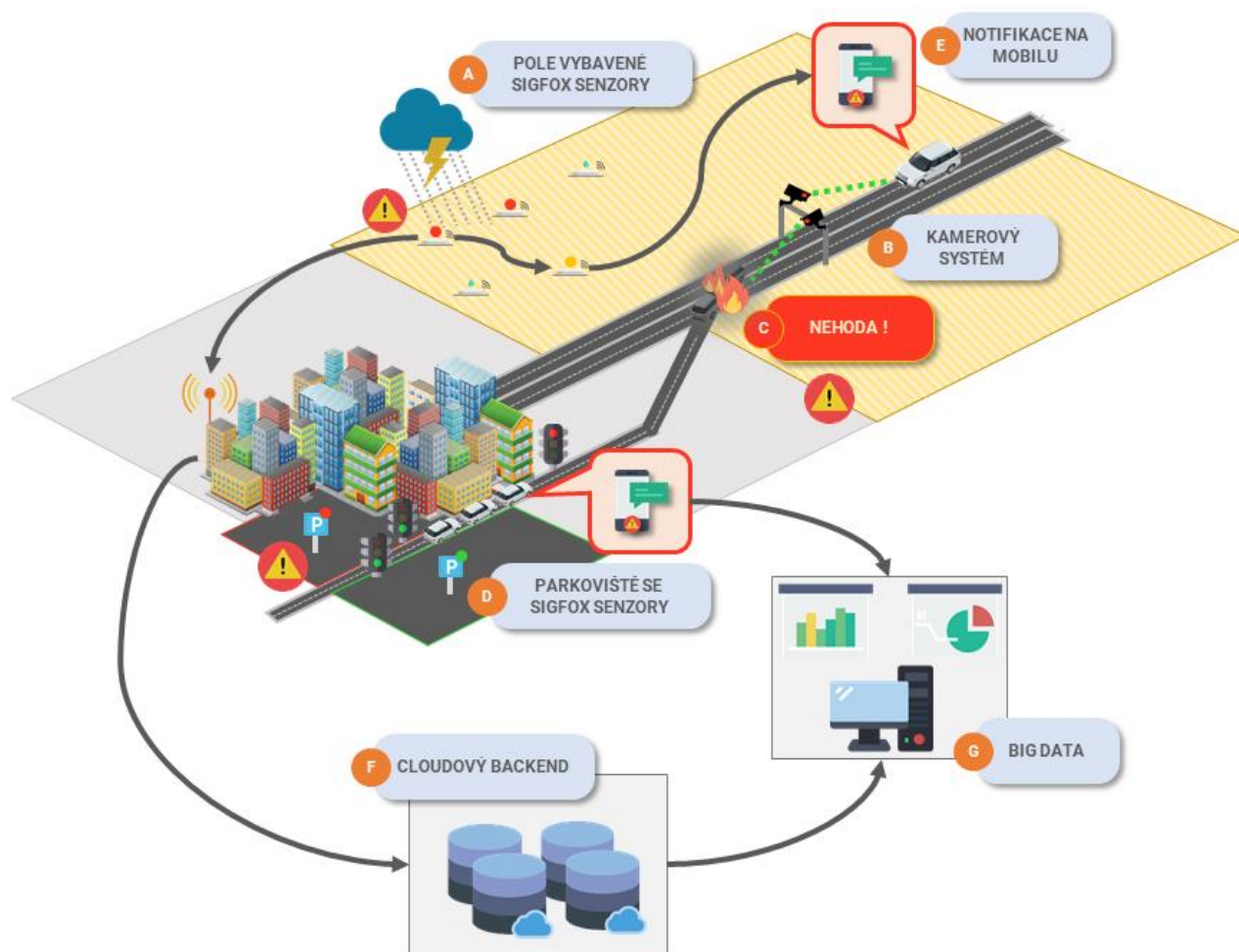
Následující kapitoly tvoří praktický výstup zadání projektové studie. V praxi se využívá několik metodik a postupů, jakým lze navrhnout nový produkt – V tomto případě se jedná o nový informační systém. Výstup práce slouží jako zadání pro systémového integrátora. Cílem je definovat jednotlivé části systému tak, aby řešitel správně porozuměl hlavním záměrům, vizím a cílům výsledného produktu. Důležitým aspektem je i definice přínosů, rizik i současných limitací daného řešení.

Návrh informačního systému je zpracován pomocí čtyř analytických technik, za využití technických i ekonomických východisek.

<b>HIGH LEVEL MODEL</b>
<b>PRODUCT VISION BOARD</b>
<b>SMARTER ANALÝZA</b>
<b>SWOT ANALÝZA</b>

#### 4.1.1 High-level architektura

Model high-level architektury se používá pro zjednodušenou vizualizaci komplexních systémů. Schématický obrázek níže zobrazuje hlavní funkce navrhovaného systému SmartRoads, jeho jednotlivé komponenty a případy užití.



OBRÁZEK 15 - HIGH-LEVEL ARCHITEKTURA

Zdroj: Autor

**A** Schéma zobrazuje pole, které je vybaveno chytrými senzory. Senzory podporují komunikaci skrze standard Sigfox, mohou tedy odesílat krátké zprávy v případě změny počasí (např. blížící se bouře, sněžení, náledí apod). Díky rozmístění do vzájemně propojených klusterů, je možné pomocí senzorů detekovat např. směr a měnící se intenzitu srážek. Sensor odesílá data na nejbližší datovou stanici (město), ale díky ultra-narrow band

vysílači může kontaktovat přímo mobilní telefon jedoucího vozu na přilehlé dálnici a včasné informovat o blížícím se nebezpečí.

**B** Kamerový systém dokáže díky strojovému učení a použití algoritmů neuronových sítí detekovat nejen hustotu provozu, ale i dopravní nehody bez nutnosti manuálního zásahu dispečera. Informace o dopravní nehodě (C) se přenáší do zařízení přímo jedoucích vozů. Stejně tak je možné velmi přesně a v reálném čase vysílat do zařízení informace o hustotě dopravy a výpočty průjezdu daných úseků.

**C** Incident (dopravní nehoda) je zaznamenána v reálném čase a záznam odeslán ostatním uživatelům aplikace. Detekce probíhá pomocí systému eCall, který pomocí GSM vysílá zprávu na dispečink. Z dispečinku zpráva putuje do zařízení všech účastníků silničního provozu, kteří se nachází v blízkém okolí. Druhou možností je přímé řetězové odeslání skrze WAVE, kdy vozidla blížící se k nehodě automaticky dostanou upozornění na blížící se nebezpečí bez nutnosti připojení k GSM síti.

**D** Parkoviště, obdobně jako pole, mohou být také vybavena senzory na principu Sigfox. Pokud se parkoviště naplní, může v reálném čase informovat uživatele a přesměrovat je na jiné, které je volné. Parkoviště by zároveň mohla využívat díky informaci o vytížení v průběhu dne i dynamický ceník parkovného. Řidiči by pak mohli platit méně v době, kdy není takové poptávka po parkování, a naopak více za parkování v dopravní špičce. U rozlehklých parkovišť řidiči mohou dostat v reálném čase informaci, které sektory mají volná místa a které jsou naopak plné. To přispěje ke zrychlení a zefektivnění dopravy.

**E** Notifikace v mobilu je klíčovým funkčním prvkem v celém systému SmartRoads. Uživatel je informován prostřednictvím upozornění přímo v aplikaci, ale i pomocí push notifikací (do notifikační lišty, když zrovna aktivně aplikaci nepoužívá). Protože za jízdy není možné používat telefon, řidič může použít aplikaci vestavěnou přímo ve svém rádiu nebo digitálním kombi přístroji. Stejně tak může použít optimalizovaný režim vozu skrze mobilní konektivitu (Android Auto, CarPlay) nebo jednoduše telefon umístit do držáku na čelní sklo.

**F** Cloudový backend uchovává data uživatelů pro jejich potřebu, ale i pro následné analytické zpracování (G). V cloudu jsou uloženy veškeré informace o nehodách, dopravních omezeních, vytížení parkovišť, ale i uživatelská data – Například profilové informace, bodový profil a parkovací karty.

**G** Big Data a analytické nástroje – Systém SmartRoads umožní držet pohromadě velký objem dat, nad kterými lze aplikovat analytickou činnost nebo je použít pro naplnění business cílů. Data mohou využívat města nebo státní instituce, pro zlepšení dopravní situace a zvýšení bezpečnosti na kritických silničních úsecích. Nad databází lze zároveň aplikovat algoritmy strojového učení nebo neuronových sítí, a tím například lépe predikovat dopravní špičky nebo zajistit včasné odklánění dopravy např. při nehodě / zácpách na městských okruzích.

#### 4.1.2 Definice produktu (PVB)

V agilních metodikách řízení projektů se pro vizualizaci zamýšleného produktu využívá tzv. Product Vision Board (PVB), jehož autorem je Roman Pichler. PVB je ve formě jednoduché tabulky v níž jsou popsány nejdůležitější aspekty produktu. *PVB pomáhá popsat a vizualizovat navrhovaný produkt a jeho strategii. Zachycuje cílovou skupinu uživatelů, jejich potřeby, klíčové funkce produktu a byznysové cíle.* (Pichler, 2011)

Na vrcholu PVB stojí vize, která popisuje hlavní myšlenky a ideje navrhovaného produktu. Pokud je produkt dobře navržen, nesmí žádný z dalších klíčových aspektů PVB – cílová skupina, potřeby, produkt ani byznysové cíle být v konfliktu v hlavní vizi.

PVB se používá v úvodní konceptuální fázi návrhu nových systémů nebo aplikací, neboť odpovídá na základní otázky a definuje hlavní funkce produktu. Během vývoje je nutné pravidelně kontrolovat, zda se dané řešení příliš neodchyluje nebo nejde proti prvotnímu návrhu a pokud ano, je potřeba přijmout patřičné kroky na obou stranách. Buď je nutné změnit navrhovanou funkci nebo naopak přepracovat PVB v případě, že dojde ke změně výchozího stavu. Příkladem může být nový konkurent v odvětví, nová technologie nebo změna legislativních předpisů.



TABULKA 2 – PVB NAVRHOVANÉHO SYSTÉMU

Zdroj: Autor

<b>VIZE</b>	<i>Jaká je vize a hlavní vodící myšlenka produktu</i> <i>Jakou pozitivní změnu produkt přinese</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- vytvořit plně integrovaný informační systém, který bude moci každý nosit v kapse nebo bude přímo součástí chytrých vozů</li> <li>- systém bude možné snadno integrovat prostřednictvím API do koncových zařízení a vytvořit tak provázanou síť IoT</li> <li>- zvýšit bezpečnost cestování, zlepšit dopravní situaci ve velkých městech</li> <li>- zrychlit včasné varování před nebezpečím</li> </ul>	
<b>CÍLOVÁ SKUPINA</b>	<i>Kdo je cílové publikum, zákazník, koncový uživatel</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- všichni účastníci silničního provozu bez rozdílu věku</li> <li>- řidiči, ale i chodci a cyklisté, cestující MHD</li> </ul>	
<b>POTŘEBY</b>	<i>Jaké problémy náš produkt řeší</i> <i>Jakou potřebu naplňuje</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- mít k dispozici aktuální dopravní informace a znát dopravní situaci</li> <li>- být včas informován o nebezpečí na cestě</li> <li>- být součástí komunitní aplikace a přispívat ke zlepšení dat (obdobně jako Waze) za hmotnou i nehmotnou odměnu</li> </ul>	
<b>PRODUKT</b>	<i>Co je reálným produktem</i> <i>Čím se náš produkt odlišuje</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- mobilní aplikace komunikující s C-ITS systémy a jízdními daty z vozu</li> <li>- webová aplikace běžící v rádiu vozu komunikující s C-ITS systémy a jízdními daty z vozu</li> <li>- webový portál pro správu a administraci obsahu</li> <li>- aplikaci může používat každý aktivně nebo pasivně</li> <li>- je modulární a snadno rozšiřitelný o nové funkce a zařízení (telefon, vůz, ITS systém)</li> <li>- je rychlejší a přesnější než klasická navigace nebo jiné aplikace</li> <li>- je integrovaný přímo ve voze</li> </ul>	
<b>BYZNYSOVÉ CÍLE</b>	<i>Komu a jaký zisk produkt přinese</i>
<p><b>Ziskové cíle (provozovateli)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- přesná uživatelská data pro pro BI, direct marketing</li> <li>- přeprodej uživatelských dat</li> <li>- zvýšení prodeje vozů a zařízení s integrací tohoto systému</li> </ul> <p><b>Neziskové cíle (uživatelé)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- odměny za používání (slevy na nákup)</li> <li>- daňové úlevy</li> <li>- slevy na pojištění</li> </ul>	

#### 4.1.3 SMARTER analýza

Následující kapitola se zabývá analýzou SMART(ER) pro navrhovaný systém SmartRoads z pohledu **konkrétních cílů**.

*SMART je anglický výraz pro chytrý a v managementu zároveň zkratka metodiku stanovování cílů tvořená anglickými slovy specific (konkrétní), measurable (měřitelný), agreed (odsouhlasený), realistic (realistický) a timely (definovaný v čase). Existuje dokonce i o něco méně známá prodloužená verze této metodiky **SMARTER** (chytřejší), která přidává ještě evaluated (vyhodnocený) případně exciting (zajímavé až doslova vzrušující) a reviewed (zhodnocený) popřípadě rewarded (odměněný). (Zikmund, 2010)*

Analýza SMART i SMARTER vychází z návrhu PVB, který neporušuje, ale oproti předchozí analýze je více zaměřena na konkrétní cíle a jejich měřitelné vyjádření.

<b>1) Specifické</b>	<i>každý cíl musí být jasně definovaný cíl musí být konkrétní</i>
----------------------	---

Cílem je vytvořit multiplatformní aplikaci, kterou může používat každý účastník silničního provozu. Aplikace bude funkční na Android, iOS a vybrané funkce integrovány i do infotainmentu vozů, s podporou HTML, CSS, JScript, AngularJS framework. Aplikace bude komunikovat s C-ITS systémy a využívat rozšířené standardy WAVE, SigFox, LoRa, 4G / 5G.

Hlavní funkční cíle aplikace budou:

- informovat o dopravních nehodách v reálném čase
- informovat o dopravní situaci
- komunikovat s navigační aplikací (Google Maps, Waze, vestavěná navigace infotainmentu vozu)
- zobrazovat možnosti parkování a aktuální vytíženost parkovišť
- zobrazovat uzavírky a informace o dopravních omezeních
- podpora platební brány pro placení parkování, rezervace míst, dálniční známky

<b>2) Měřitelné, časově definované</b>	<i>Konkrétní hodnota, ke které chceme dospět Realizovatelný v daném konkrétním čase</i>
--	---

Hodnoty jsou navrženy pro region ČR. Spuštění aplikace proběhne do roku 2020 a aplikaci bude využívat 500 000 aktivních uživatelů po roce provozu, 2 000 000 uživatelů do dvou let. 200 000 napojených vozů po roce provozu, 1 000 000 vozů do dvou let. V době spuštění pilotního provozu bude aplikace kompatibilní s OS Android, iOS + 5 podporovat největších automobilek v Evropě. Řešení bude pokrývat všechny dálnice a 5 největších měst v době spuštění, 90% všech komunikací a 20 měst do dvou let od spuštění pilotního provozu.

Další dílčí cíle aplikace budou:

- Rozšíření do 5-ti zemích EU do 2 let od spuštění, všechny země EU do 10-ti let
- Rentabilita projektu do 5-ti let od spuštění
- Monitorování situace v reálném čase – Varování do 30 vteřin, kritické a závažné varování (např. vážná dopravní nehoda) do 10 vteřin
- **Snížení počtu dopr. nehod + úmrtí na silnicích a městech o 10% v prvním roce** (oproti očekávání z dlouhodobému trendu), Snížení o **30% do 3 let** od spuštění

3) <b>Odsouhlasené, Akceptovatelné</b>	<i>Odsouhlasený např. stakeholdery Akceptovatelný komunitou / uživateli / stakeholdery</i>
--	--

Navrhované řešení bude realizováno jako rozšíření – 2.generace již probíhajících projektů eCall a C-ROADS. Vychází se z obecně akceptovaného předpokladu, že uživatelé jsou již zvyklí na dopravně – komunitní používání aplikací (aplikace Waze, Google Maps, Uber). Telefon lze používat během jízdy a lze spouštět aplikace v omezeném režimu (CarPlay, Android Auto, MirrorLink). Dalším aspektem je rostoucí zájem velkých firem o využití jízdních dat (projekt UBI – User Based Insurance). Podporuje iniciativu měst vytvořit nový a pro uživatele snadno dostupný komunikační nástroj

4) <b>Realistické</b>	<i>Realnost, proveditelnost, rizikovost</i>
-----------------------	---

#### Reálné cíle

Projekt vychází z využití dostupných a rozšířených technologií. Hlavním nosičem je mobilní telefon, chytrý vůz pouze rozšiřuje možnosti uplatnění a uživatelský komfort. C-ITS systémy se již realizují na úrovni velkých evropských měst a technologie je již částečně dostupná v mnoha nových vozech (např. eCall). Aplikace může z technického pohledu fungovat jako služba, která běží na pozadí, není tedy nutná interakce uživatele, aby byla data získána nebo přenášena. Aplikace částečně vychází a rozšiřuje reálné řešení např. komunitní navigace Waze, Google Maps. Žádná z klíčových vlastností systému není založena na neexistujícím standardu nebo technologii.

#### Rizika

Projekt bude úspěšný pouze pokud se masově rozšíří. Bude nutné zajistit podporu velkých hráčů – Výrobci telefonů, vozů a vedení měst. Projekt očekává, že v nadcházejících letech dojde k exponenciálnímu růstu využití standardů pro IoT, v opačném případě bude realizace obtížná.

<b>5) Zhodnocené, rentabilní, udržitelné</b>	<i>Zhodnocenost, rentabilita, udržitelnost</i>
--	--

Řešení podporuje adaptaci nových technologií v dopravě a zároveň motivuje ke spolupráci velkých firem a poskytovatelů technologií se státními organizacemi. Řešení bude poskytovateli zlepšovat PR. Pozitivním vlivem na udržitelnost je zapojení sebmotivace komunity uživatelů. Možnost financování z prostředků EU přispěje k rychlejšímu zhodnocení.

Z dlouhodobého pohledu lze očekávat, že snížení počtu dopravních nehod povede ke snížení nákladů na jejich řešení, odstranění a opravy.

<b>6) Odměněné</b>	<i>Odměna a motivace pro realizaci</i>
--------------------	--

Bod motivace a odměny je rozdělen na dvě skupiny uživatelů – Jedná se o motivaci z pohledu poskytovatele a z pohledu uživatele nebo zákazníka.

#### Odměna pro poskytovatele

- velmi přesná data pro business intelligence
- zdroj dat a informací – přeprodej 3.stranám
- odměna pro stát – zvýšení bezpečnosti a tím snížení nákladů za řešení dopr. nehod
- přesnější informace pro pojišťovny
- šetření nákladů za infrastrukturu (přesun ze značení podél cest do mobilních telefonů a infotainmentu), lepší informace o stavu komunikací
- snížení smogu a dopravních zácp
- zrychlení platebního styku

#### Odměna pro uživatele

- větší bezpečnost a komfort cestování
- zapojení do komunitního systému
- možnost přispět pozitivně k situaci na silnicích
- možnost upozornit na stav komunikace a tím se nepřímou podílet na zlepšení / opravě
- daňové úlevy
- slevy na vůz, pojištění
- získání věcných cen (gamifikace, tombola)

#### 4.1.4 SWOT analýza

SWOT analýza hodnotí produkt z pohledu silných a slabých stránek a současně vnějších a vnitřních faktorů.

TABULKA 3 - SWOT ANALÝZA

Zdroj: Autor

	Silné stránky		Slabé stránky	
	<b>Vnitřní faktory</b>	Jasný cíl a vize zvyšování bezpečnosti během jízdy a cestování	+4	Přímá závislost na podpoře velkých výrobců (Google, Apple)
Není nutné napojení na HW a SW jednotky vozů		+2	Současné proprietární OS ve vozech jednotlivých automobilek	-2
Tvorba silné platformy + možná podpora o nové patenty		+3	S rostoucí komplexitou větší nároky na výpočetní výkon zařízení (mobilních + ve voze)	-2
Možnost uvolnit část platformy jako open source API		+ 1	Vývoj platformy integrující několik odlišných standardů	-2
Jednoduchý a intuitivní design front-endu		+2		
<b>Vnější faktory</b>	Příležitosti		Hrozby	
	Rapidní rozvoj mobilních technologií a in-car konektivity	+3	Nutnost spolupráce konkurenčních výrobců vozů a zařízení	-3
	Zvyšování nabídky zabezpečení SW, nové technologie zabezpečení	+2	Pomalá adaptace standardů a rozšíření IoT napříč průmyslem	-2
	Zvyšování povědomí o otázkách digitalizace v automotive prostředí	+2	Obava uživatelů z narušení jejich soukromí	-2
	Zájem uživatelů o komunitní aplikace a používání mobilních zařízení obecně	+3	Nutnost decentralizace	-2
	Pokrytí nových trhů – Nové digitální touchpointy pro výrobce telefonů, vozů i města	+1	Nízká současná flexibilita a procesní úroveň velkých měst a správců komunikací	-2
	Monetizace obchodu s big daty	+1	Omezení na straně regionální legislativy	-1
	Částečná nezávislost na propojení s vozem (pasivní používání)	+1	Útoky hackerů	-1
	Rozvoj technologií pro strojové učení a umělou inteligenci	+1		
<b>Celkem</b>	<b>Kladné faktory</b>	<b>+ 25</b>	<b>Záporné faktory</b>	<b>-22</b>

SWOT analýza je doplněna o *hodnocení parametrů podle bodů, kdy: U silných stránek a příležitostí použijeme kladnou stupnici od 1 do 5 s tím, že 5 znamená nejvyšší spokojenost a 1 nejnižší spokojenost. U slabých stránek a hrozeb použijeme zápornou stupnici od -1 (nejnižší nespokojenost) až -5 (nejvyšší nespokojenost).* (Dědková, 2005)

Z hodnocení SWOT analýzy vychází mírně kladné hodnocení parametrů (+26 / -22), což značí kladný výchozí bod pro realizaci daného řešení. Nicméně je třeba klást zvýšený důraz na hrozby vnějších faktorů. Zejména se jedná o nutnost, aby došlo ke spolupráci velkých společností tak, aby bylo možné adaptovat nové standardy do jejich produktů, které by umožnily danou realizaci napříč průmyslovým odvětvím nehledě na značce zařízení nebo vozu.

## 4.2 Tvorba případů užití

Případy užití (anglicky Use Cases) definují hlavní funkce a chování zamýšleného systému z pohledu uživatele. Zjednodušeně se jedná o seznam činností, které může uživatel provádět. Správná definice jednotlivých případů užití je klíčová pro správné pochopení funkce daného systému nebo aplikace. Zvolená forma reprezentace případů užití je Use Case Diagram.

*Use Case Diagram (česky diagram případů užití) zobrazuje chování systému tak, jak ho vidí uživatel. Účelem diagramu je popsat funkcionalitu systému, tedy co od něj klient nebo my očekáváme. Diagram vypovídá o tom, co má systém umět, ale neříká, jak to bude dělat. Proto je to většinou první diagram, který při návrhu informačního systému vytváříme. Je důležité se nejprve shodnout na tom, co má náš systém (nebo aplikace, hra, cokoli) umět. Až potom má smysl se ptát, jak to vlastně uděláme. Use Case diagram se skládá z případů užití (use case), dále aktérů (actors) a vztahů mezi nimi.* (Čápka, 2014)



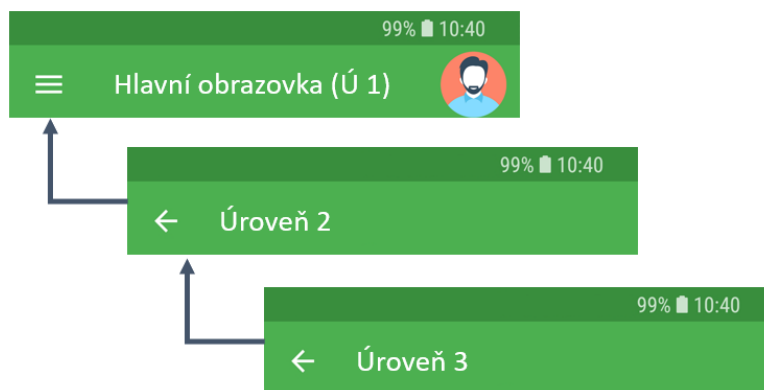


### 4.3 Návrh designu aplikace

Návrh samotného front-endu mobilní aplikace je v praxi reprezentován pomocí UX a UI. Správně navržené UX by mělo být pro uživatele neviditelné a mělo by mu umožnit snadno, přirozeně a rychle realizovat jednotlivé záměry. UX tvoří kostru celé aplikace je důležité pro pochopení fungování aplikace jako celku. I komplexní aplikace, by měly držet jednoduchou a přehlednou strukturu o několika málo úrovních tak, aby se v nich uživatel neztrácel a mohl s aplikací snadně pracovat.

Z praxe důležitým poznatkem je, že není vhodné vymýšlet nové logické postupy a vazby v aplikaci. Mnohdy tou nejlepší cestou je hledat inspiraci u nejrozšířenějších aplikací na trhu, neboť jejich UX principy jsou mezi uživateli nejvíce rozšířeny a tím pádem není nutné je zákazníky znovu učit při použití v jiné aplikaci.

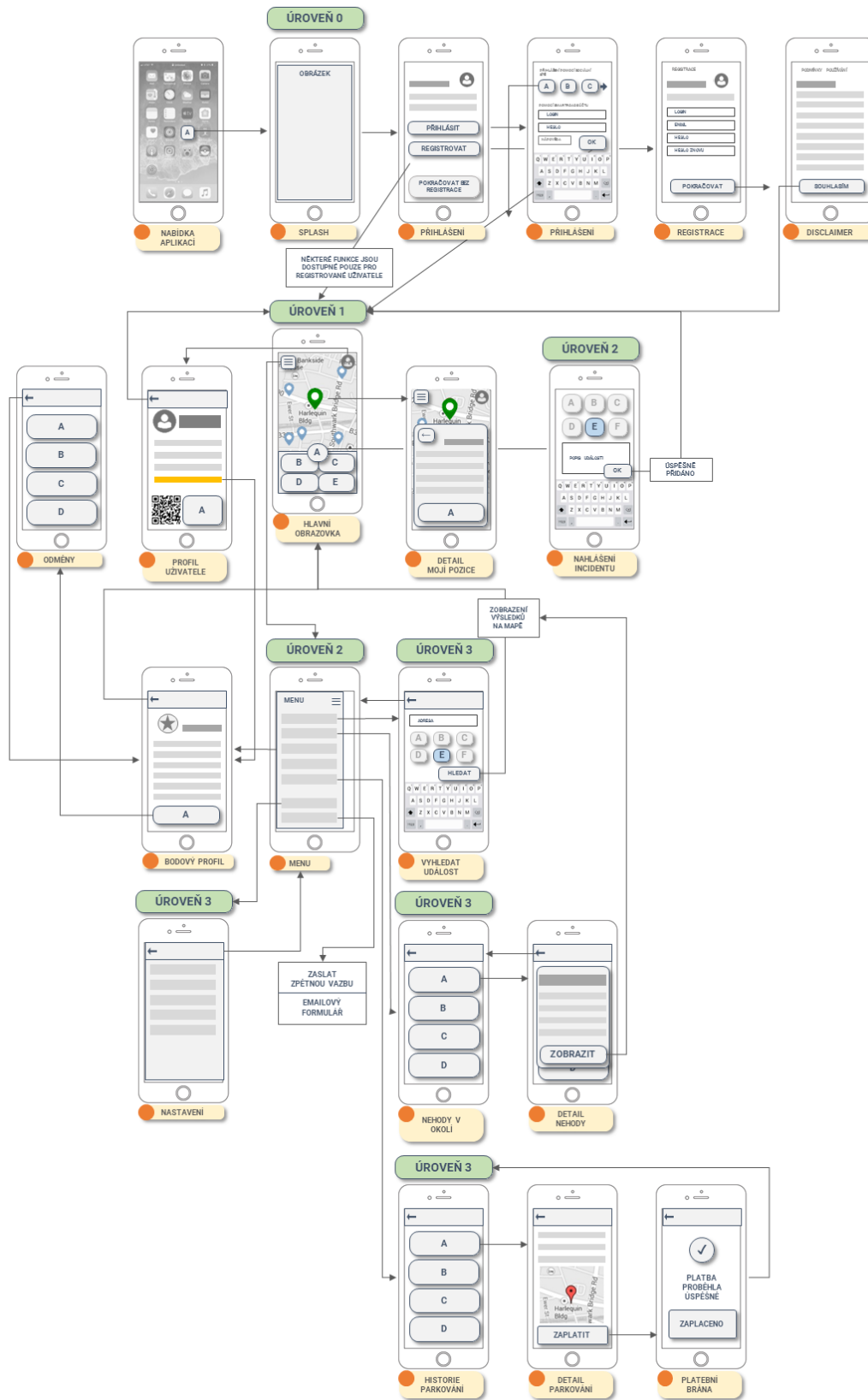
Jednoduchým příkladem, který respektuje i návrh aplikace SmartRoads je obecná koncepce používání hamburger menu, které má stále stejnou a jasně danou logiku – Menu na první úrovni, tlačítko zpět na každé hlubší úrovni aplikace.



OBRÁZEK 17 - ÚROVNĚ APLIKACE

Zdroj: Autor

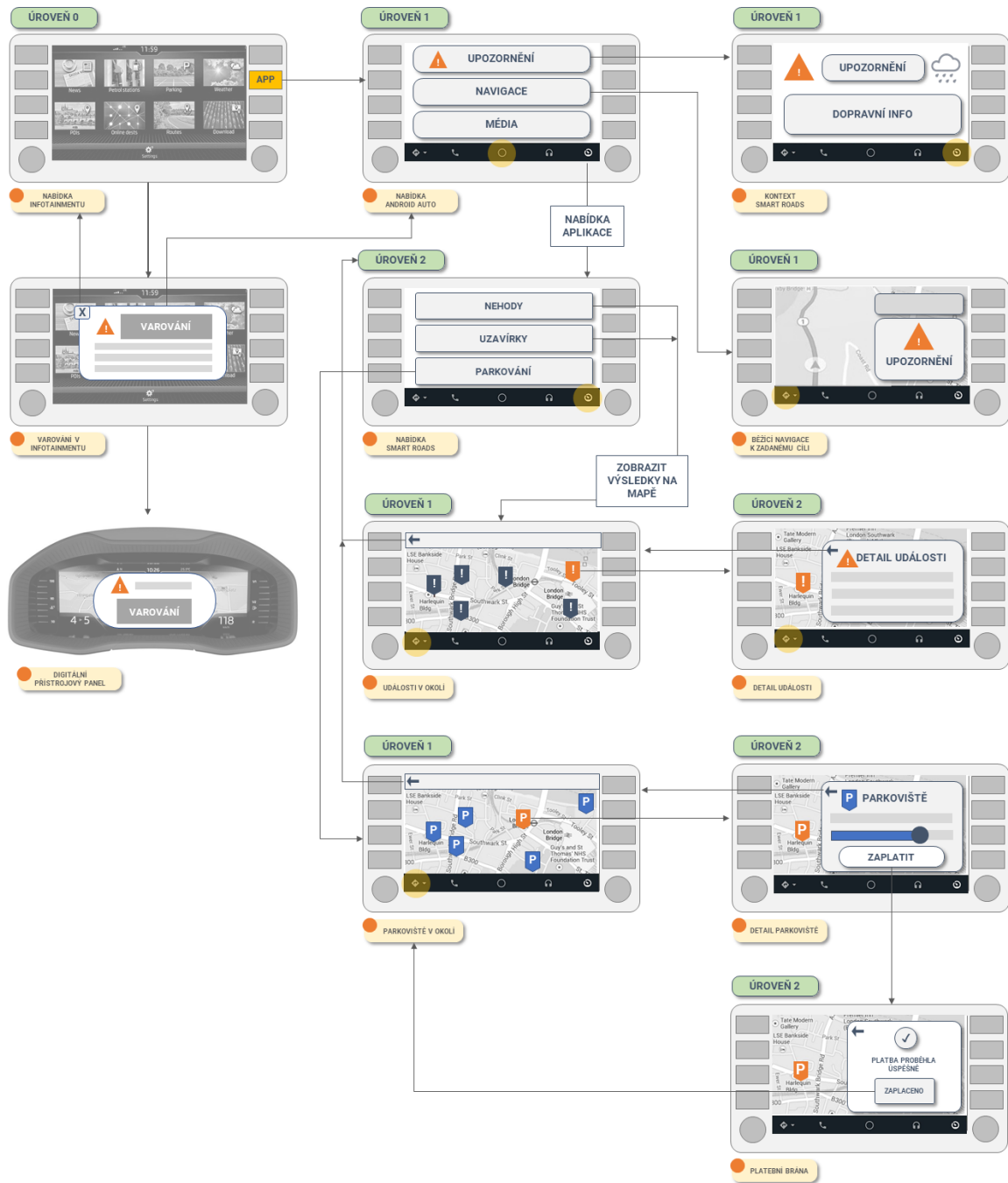
### 4.3.1 Screen flow diagram (telefon)



OBRÁZEK 18 - SCREENFLOW DIAGRAM (TELEFON)

Zdroj: Autor

### 4.3.2 Screen flow diagram (infotainment)



OBRÁZEK 19 - SCREEN FLOW DIAGRAM (INFOTAINMENT)

Zdroj: Autor

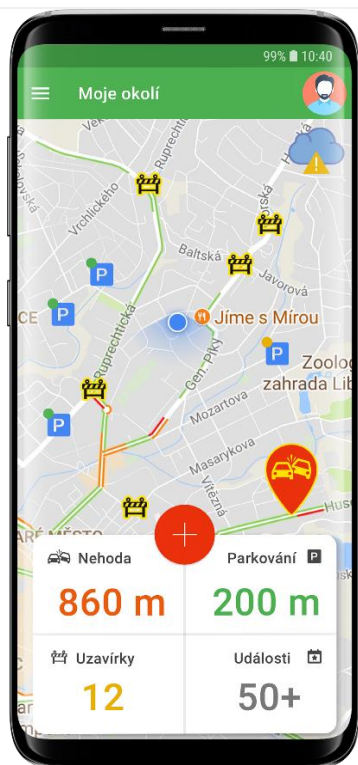
### 4.3.3 Design UI

Následující kapitola obsahuje samotný návrh uživatelského rozhraní (UI) mobilní aplikace SmartRoads. Návrh reflektuje a vizualizuje všechny funkce a případy užití uvedené v předchozích kapitolách. Jednotlivé návrhy v tabulce obsahují vždy screenshot a název s popisem funkčnosti každé z obrazovek. Design je navržen pro platformu Android.

Design aplikace byl vytvořen pomocí programu Adobe Photoshop a zdrojové soubory ve formátu PSD i PNG jsou přiloženy jako příloha diplomové práce. Součástí jsou čisté screenshoty jednotlivých obrazovek i stylizované návrhy (v tabulkách níže), kde je jako podkladový telefon pro ilustraci použit telefon Samsung S9. Autor používal vlastní grafické zdroje, kombinované s grafickými prvky 3.stran. Konkrétně se jedná o použití mapových podkladů Google Maps a sady ikon z největší databáze grafických ikon pro komerční i nekomerční účely <https://flaticon.com>.

Jednotlivé obrazovky ztvárňují ilustrační situace tak, aby co nejlépe a nejvěrohodněji reflektovali hlavní funkce navrhované mobilní aplikace, která komunikuje s IoT systémy a osobními vozy.

Autor zároveň ctí a klade důraz na moderní designové principy pro UX a UI. Ve svém návrhu využívá principů materiálního designu, jehož hlavní pravidla a myšlenky jsou definované přímo společností Google a dostupné na webu <https://material.io/guidelines>. Inspirací pro tvorbu designového jazyka SmartRoads jsou aplikace Waze, Facebook a Mapy Google. Dá se očekávat, že v budoucnu by právě tyto široce rozšířené aplikace mohli adaptovat některé z funkcí SmartRoads pomocí otevřeného API. Dalším důvodem je použití svěžího, moderního a sociálně orientovaného designu, který dokáže oslovit široké spektrum uživatelů.



Zdroj: Autor (platí pro všechny obr. v této kapitole)

## 1 Hlavní obrazovka

Zobrazuje hlavní informace o dopravní situaci v okolí uživatele.

Na mapě jsou zobrazené události v okolí. Událostmi mohou být dopravní nehody, uzavírky, práce na silnici, ale i parkoviště a informace o jejich vytíženosti.

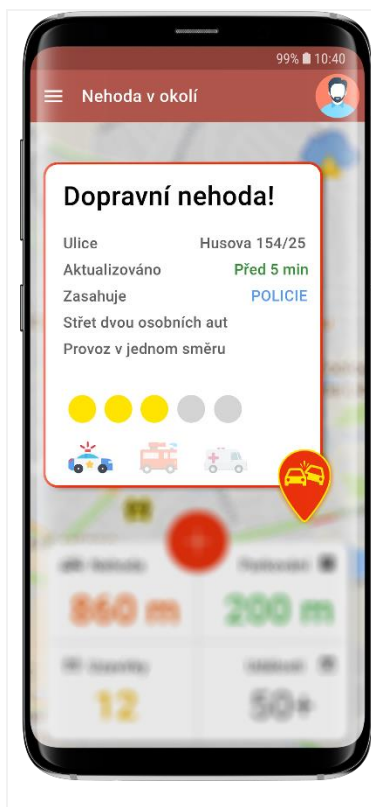
Po tapnutí na libovolnou událost se zobrazí detail.

V levém horním rohu se nachází hamburger menu.

V pravém horním rohu se nachází ikona uživatelského profilu a ikona varování před nepříznivými podmínkami (zobrazena pouze pokud je nebezpečí v okolí)

V dolní části obrazovky se nachází indikace nejbližších událostí a červené floating button – Možnost manuálně zadat událost v okolí.

Po tapnutí na nejbližší událost se mapa automaticky přesune na místo dané události a automaticky zobrazí její detail. Pokud je událostí víc (např. viz uzavírky), poté může uživatel opakovaným tapnutím na dlaždici uzavírek přeskakovat z jedné události na druhou a tím mezi nimi listovat.



## 2 Detail nehody – střední

Obrazovka zobrazuje detail informace o nehodě v okolí. Jedná se o pop-up obrazovku, která překrývá pozadí hlavní obrazovky.

V okně je zobrazena informace o místě nehody, čas poslední aktualizace, informace o tom, zda zasahuje policie, záchranná služba nebo hasiči a slovní popis nehody. Slovní popis může být generován automaticky.

Okno zároveň obsahuje jednoduchou vizualizaci vážnosti nehody pomocí barevných bodů. 1 bod znamená lehkou nehodu, 3 body střední a 5 bodů vážnou nehodu.



## 3 Detail nehody – vážná

Funkce viz **2 Detail nehody – střední**

Znázorňuje informaci o vážné nehodě, kde zasahují všechny záchranné sbory a úroveň vážnosti je 5.

Zároveň se jedná o nehodu v důsledku náledí na vozovce, proto je zobrazena i varovná indikace počasí v dolní části obrazovky.

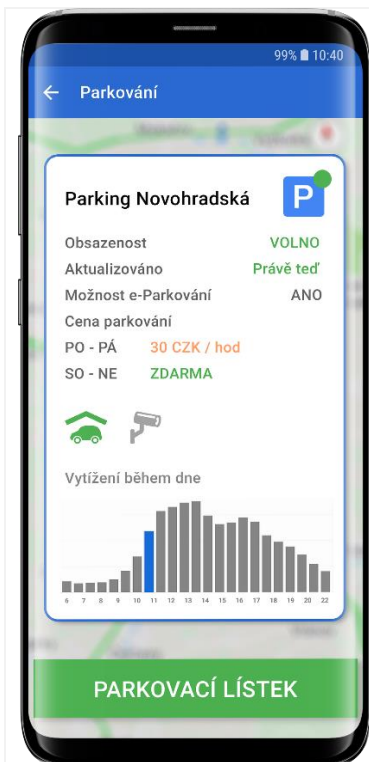


#### 4 Detail uzavírky

Obrazovka zobrazuje detail informace o uzavírce v okolí. Jedná se o pop-up obrazovku, která překrývá pozadí hlavní obrazovky.

Obdobně jako u nehody jsou zde zobrazeny hlavní informace o místě uzavírky, datum aktualizace a další detaily.

Formou podélného sloupcového indikátoru je zde zobrazena i délka trvání uzavírky a její dosavadní průběh.



#### 5 Detail parkoviště / parkovací plochy

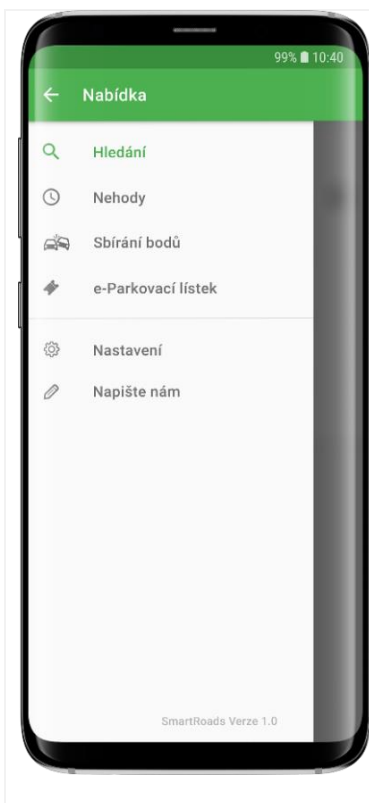
Obrazovka zobrazuje detail informace o parkovišti nebo parkovací ploše. Jedná se o pop-up obrazovku, která překrývá pozadí hlavní obrazovky.

Zobrazeny jsou informace o parkovací ploše a pokud je dostupná i její aktuální obsazenost včetně informace o poslední aktualizaci.

Ikonami je zobrazena informace, zda se jedná o kryté parkoviště nebo zda je prostor střežený kamerou.

Uživatel může sledovat grafické znázornění vytížení parkoviště v průběhu dne.

Pokud je dostupné e-parkování, zobrazí se možnost zakoupit parkovací lístek



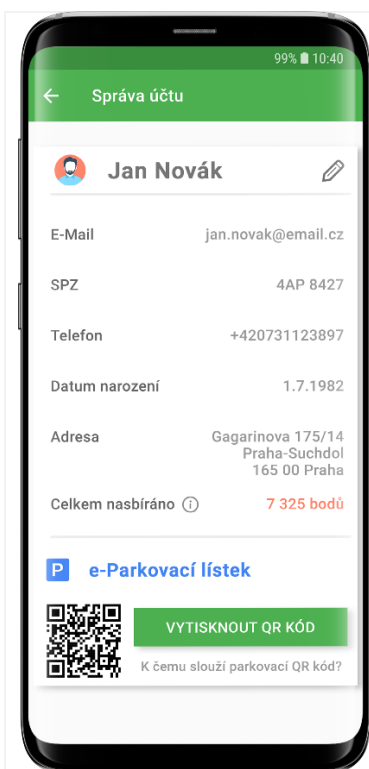
## 6 Menu

Tapnutím na hamburger menu se uživateli otevře nabídka menu.

Zde jsou zobrazeny jednotlivé položky. Uživatel může vyhledávat události / nehody / uzavírky / parkoviště, zobrazit své získané body nebo zobrazit přehled parkovacích lístků.

Dále uživatel může přejít na detailní nastavení aplikace nebo zaslat feedback správcům obsahu

V dolní části obrazovky je umístěna informace o čísle verze aplikace.



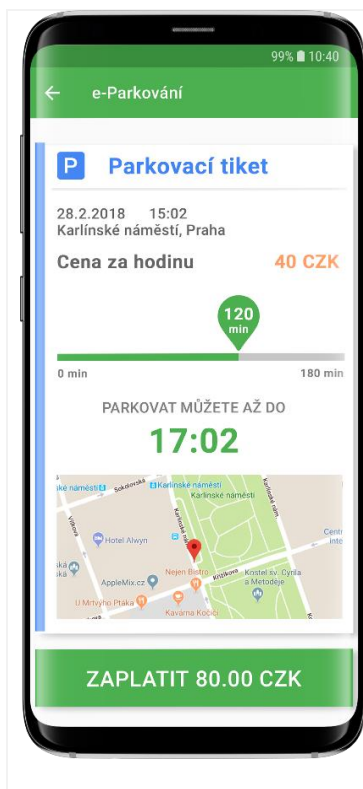
## 7 Správa účtu

Tapnutím na ikonu uživatelského účtu v pravé horní části (1) se zobrazí administrace profilu uživatele.

Kromě základních údajů, které uživatel může editovat, jsou zde zobrazeny informace o počtu nasbíraných bodů a SPZ na kterou je navázán vůz uživatele.

V dolní části se nachází generátor unikátního QR kódu, který se váže na SPZ a účet uživatele. Uživatel smí QR kód exportovat pro sdílení nebo tisk a zároveň zobrazit informace a manuál k čemu QR kód slouží.



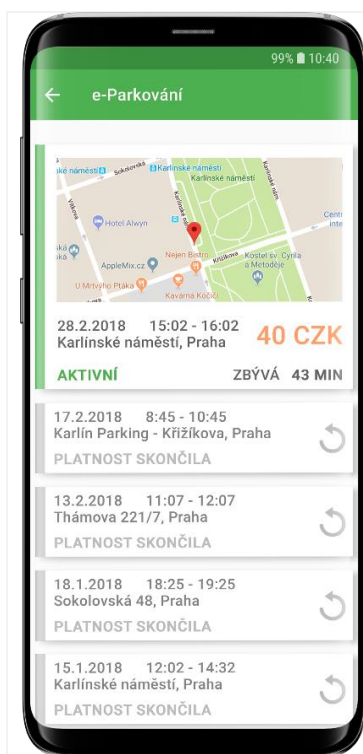


## 8 Detail parkovacího tiketu

Po zvolení zakoupení parkovacího tiketu (5) se zobrazí obrazovka, kde uživatel může nastavit platnost parkovacího lístku a zaplatit požadovanou cenu.

V dolní části je zobrazena GPS pozice jeho vozu, uživatel ji může manuálně upřesnit.

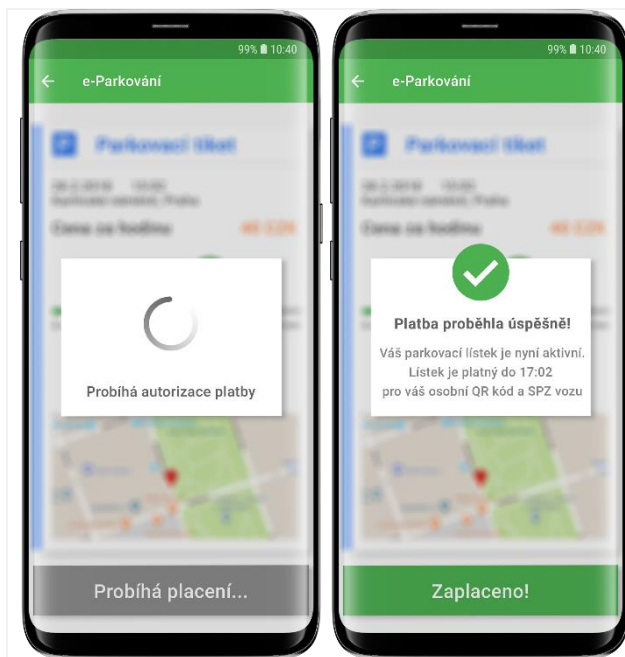
Tlačítkem je následně přesměrován k platební bráně pro zaplacení.



## 9 Přehled parkovacích tiketů

Položkou menu (obrazovka 6) se uživatel dostane na přehled parkovacích tiketů. Vidí přehled aktivních nebo již prošlých, které může obnovit.

V případě, že je dostupné parkování a parkovací tiket není aktivní, uživatel může tapnutím na detail přejít na obrazovku 8.



## 10 Průběh platby

Po tapnutí za tlačítko Zaplatit (obrazovka 8) dojde k provedení platby za parkování. Uživatel může být v prvním kroku přesměrován do platební brány vybraného bankovního poskytovatele.



## 11 Bodový profil

Tapnutím na ikonu sbírání bodů v Menu (obrazovka 6) se uživatel dostane na přehled svého bodového profilu. Zde je zobrazeno jeho skóre za používání aplikace vázané na konkrétní účet.

Uživatel může tlačítkem „Moje odměny“ přejít na seznam dynamicky generovaných odměn, kterými může být například sleva na parkování nebo sleva na povinné ručení vozu.

Očekává se, že slevy mohou mít lokální působení a být vázané například na uvedenou adresu na uživatelském účtu. (zákazník nebude dostávat slevy na parkování ve městě, kde nebydlí ani se nepohybuje).

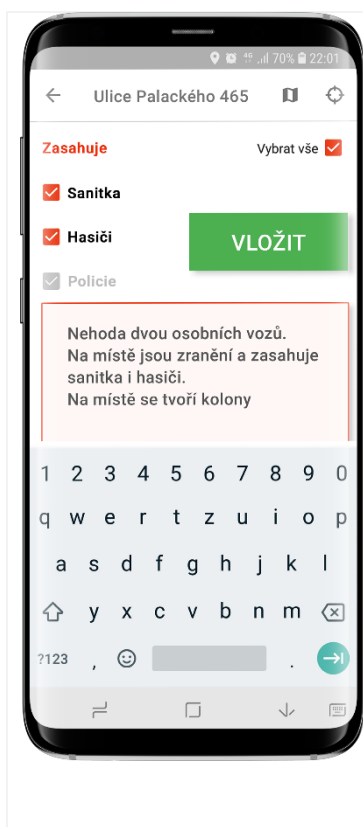


## 12 Vložit událost – Vybrat kategorii

Tapnutím na červené plovoucí tlačítko plus na úvodní obrazovce (1) se uživatel dostane do možnosti přidání nového incidentu nebo události.

Uživatel na této obrazovce volí kategorii události. Na výběr má z variant – Nehoda, uzavírka, parkování, událost v okolí

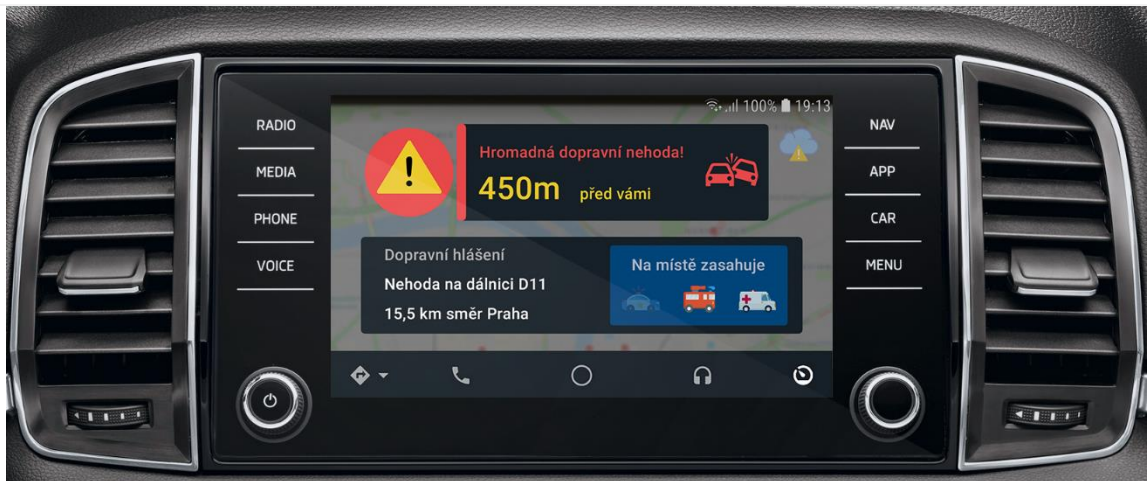
Uživatel může manuálně, pomocí pinu na mapě nebo textově zadat adresu události a tlačítkem pokračovat se dostane na další obrazovku (13).



## 13 Vložit událost – Detail

V detailu vložení události je uživatel vyzván k zadání dodatečných informací o události nebo nehodě. V případě nehody uživatel vyplňuje, zda na místě zasahují hasiči, sanitka nebo policie a může přidat i textový popis události.

Tlačítkem vložit se událost odešle do systému ke schválení. V případě dostupnosti dat prostřednictvím IoT sítě nebo jízdních dat, mohou být data předvyplněny a schválení vložení zautomatizováno.



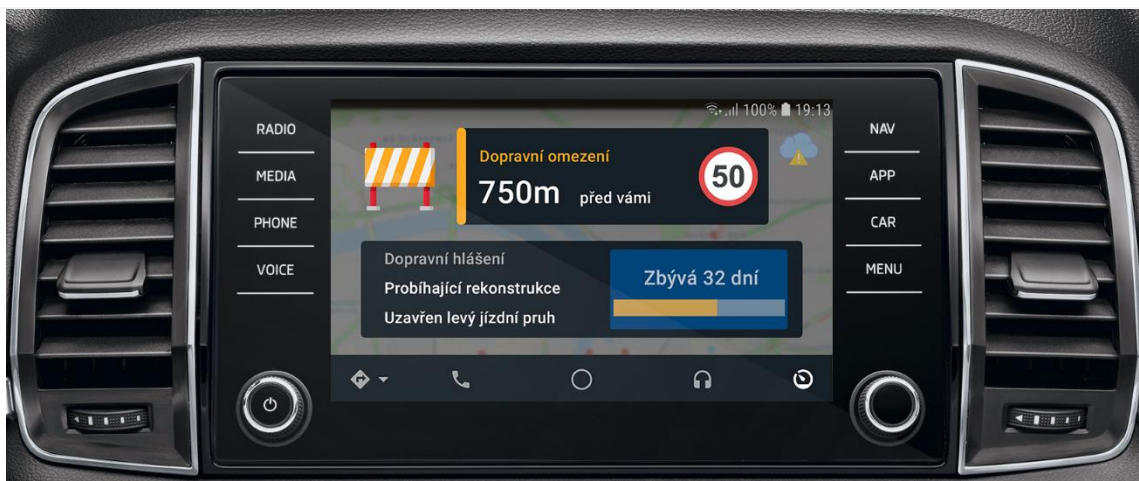
## 14 Režim jízdy

Režim jízdy se může aktivovat automaticky po překročení určité rychlosti stanovené uživatelem, po připojení telefonu pomocí některé z technologií zrcadlení obrazovky telefonu (CarPlay, Android Auto, MirrorLink) nebo může být součástí webové aplikace běžící přímo v rádiu vozu. Pokud se vůz blíží k nehodě, je zobrazena varovná obrazovka, která upozorňuje na blížící se nebezpečí.



## 15 Nehoda

Pokud dojde k nehodě, zařízení nebo vůz zachytí varovný signál a zobrazí varování přímo na displeji infotainmentu. Jakmile uživatel mine nehodu, zobrazí se nabídka jednoduše ohodnotit kvalitu poskytnuté informace (palec nahoru / dolu). Feedback lidského faktoru je důležitý pro sledování odchylek od automaticky generovaných upozornění a může přispět k detekci závadných senzorů, které mohou poskytovat chybná nevalidní data.



## 16 Zobrazení uzavírky

Obdobně jako u klasického zobrazení, v režimu jízdy se zobrazují i informace o blížící se uzavírce, včetně informace, jak dlouho bude daný usek uzavřený. Pokud je k dispozici, je zde zobrazena i informace o maximální povolené rychlosti v daném úseku.



## 17 Výstraha před počasím

Výstraha je zobrazena v pravém horním rohu, pokud je aktivní (12) po tapnutí na ikonu se zobrazí detail varování. Uvedený příklad znázorňuje varování před silným sněžením včetně informací o počasí (teplota, vlhkost). Varování se stejně tak může zobrazit přes ostatní obsah displeje infotainmentu obdobně jako varování před dopravní nehodou.

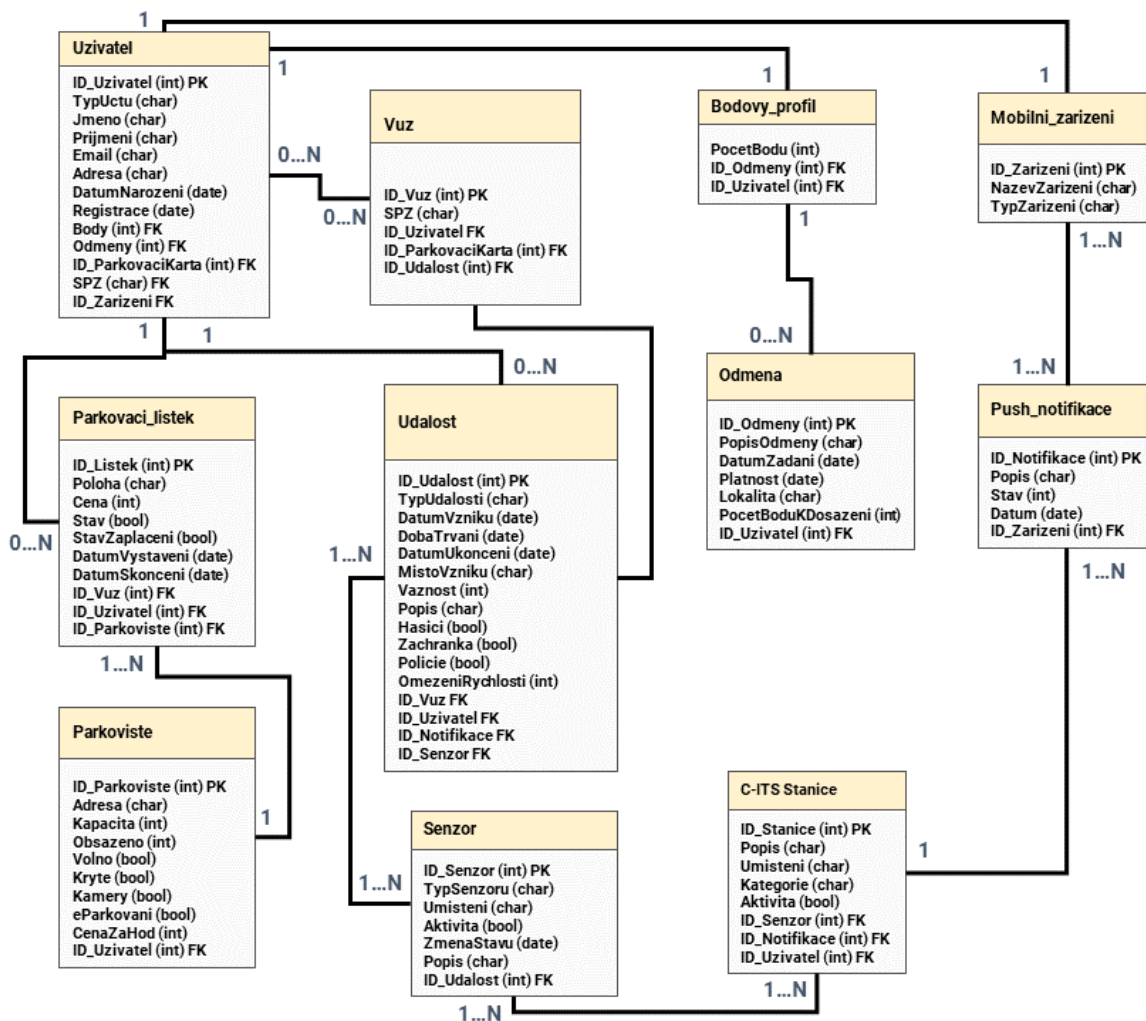
## 4.4 Návrh technické realizace

Návrh technické realizace vychází z návrhu informačního systému a mobilní aplikace. Obsahuje návrh datové architektury, entitně-relační model, ukázkou reprezentace entity jako objekt JSON. Následně je navržena struktura API rozhraní pro použití dat a funkcí aplikací a vývojářů 3.stran.

### 4.4.1 ER Model

*ER model je založen na chápání světa jako množiny základních objektů – entit (Entity) a vztahů (Relationship) mezi nimi. Popisuje data „v klidu“, neukazuje, jaké operace s daty budou probíhat. (Zendulka, 2014)*

Model je tvořen sadou entit, které jsou mezi sebou provázány pomocí vazeb s příslušnou kardinalitou (násobností) vazeb.



OBRÁZEK 20 - ER MODEL

Zdroj: Autor

#### 4.4.2 Entita jako JSON objekt

Pro výše uvedený ER model je přiložena ukázka možnosti reprezentace jednotlivých entit formou JSONu. Výhoda JSON notace je, že je nezávislá na platformě a je možné takto definovat objekty, které budou fungovat na mobilním zařízení, senzoru, vysílací stanici i na cloudovém úložišti. JSON notace byla vybraná i v návaznosti na využití přímo v protokolu VIWI.

Pro názornost je níže uveden JSON, který vrátí konkrétní incident a definice jeho parametrů:

```
"incident": [
{
"incident_id": 1,
"incident_type": „accident“,
"incident_status": „active“,
"gps_position" : [
    { "data-fields" : ["latitude", "longitude" ] },
    [ 47.407614681869745, 8.553115781396627]
    ]
"reported_timestamp": "2018-04-21T16:20:41-05:00"
"update_timestamp": "2018-04-21T18:25:43-05:00"
"reporter_id": "01dfae6e5d4d90d9892622325959afbe:7050461",
"car_id": "01dfae6e5d4d90d9892622325959afbe:7050461",
"senzor_triggered_id": "01dfae6e5d4d90d9892622325959afbe:7050461",
"push_notification_id": "01dfae6e5d4d90d9892622325959afbe:7050461",
"description": "Nehoda dvou osobních aut, uzavírka v obou směrech.
Odhadovaný čas zprůjezdnění 24.2.2018 ve večerních hodinách, bez zranění",
"speed_limit": 40,
"severity": 3,
"ambulance": true,
"police": true,
"firetruck": false,
},
],
```



**TABULKA 4 - POPIS JSON PARAMETRŮ**

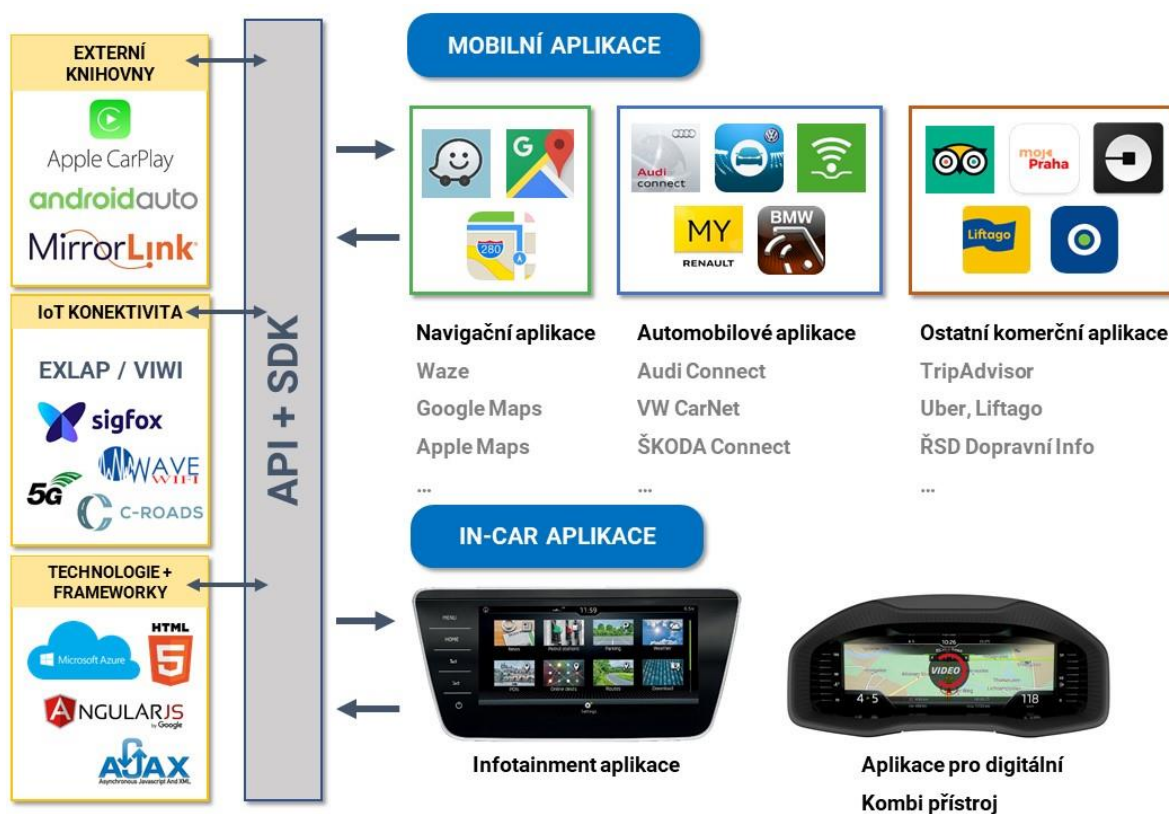
Zdroj: Autor

<b>Parametr</b>	<b>Datový typ</b>	<b>Popis</b>
incident_id	Int	ID incidentu, unikátní identifikátor
incident_type	String	Typ incidentu (nehoda, uzavírka, událost)
incident_status	String	Stav incidentu, obsahuje informaci, zda je stále aktivní nebo zda je již není platný (odstranění nehody)
gps_position	String	GPS pozice incidentu
reported_timestamp	Date	Časová známka, datum a čas zadání incidentu
update_timestamp	Date	Časová známka, datum a čas poslední aktualizace
reported_id	String	ID uživatele, který incident nahlásil, unikátní identifikátor. Může jím být i administrátor nebo moderátor obsahu
description	String	Textový popis incidentu
severity	Int	Vážnost incidentu, nabývá hodnot 1-5
ambulance	Boolean	T/F udaj zda zasahuje záchranná služba
police	Boolean	T/F udaj zda zasahuje policie
firetruck	Boolean	T/F udaj zda zasahují hasiči

#### 4.4.3 Platforma a API rozhraní

Návrh aplikace SmartRoads tvoří první stupeň integrace a možnosti rozšíření pro širokou veřejnost. Je příležitostí přinést uživatelům jednoduchý přístup k informacím na cestách i během dopravy uvnitř měst. Dá se však očekávat, že realizace informačního systému SmartRoads vytvoří v budoucnu potenciál pro další rozšíření mimo samotnou aplikaci.

Řešením je vytvoření API a SDK – Souboru knihoven, integrující jednotlivé technologie do jednotné programovací vrstvy s různými rozhraními, které mohou využívat aplikace 3.stran a automobilky. Návrh je vizualizován na obrázku níže.



OBRÁZEK 21 – API ROZHRANÍ

Zdroj: Autor

Poskytovatel řešení SmartRoads vytvoří vývojovou platformu, která se stará o správnou integraci jednotlivých standardů a technologií. Tato platforma vůči 3.stranám vystavuje pouze zjednodušené rozhraní API, které dalším vývojářům umožní snadno

a rychle integrovat výhody připojených IoT zařízení, avšak neumožní jim měnit vnitřní strukturu platformy. Systém pak tvoří 2 hlavní části – (Vnitřní) Jádru, které integruje jednotlivé knihovny, standardy a frameworky. (Vnější) vrstvu, kterou mohou využívat aplikace 3.stran a modulárně integrovat jako nadstavbu vlastních funkcí.

#### 4.4.3.1 Aplikační jádro

Základní využití platformy bude zpřístupněno 3.stranám pro bezplatnou integraci. Některé komplexnější služby mohou být zpoplatněny. K dispozici bude web pro vývojáře, kde bude možné stáhnout aktuální verzi platformy, možná registrace vývojářů i developerské forum. Platforma bude směrem ke 3.stranám vystavovat jednotnou architekturu tak, aby vývojář nemusel složitě integrovat jednotlivé technologie – např. podporu pro Sigfox zařízení, WAVE, EXLAP, VIWI apod. Platforma bude standardizovaná tak, aby bylo možné přidávat podporu nových zařízení nezávisle na platformě samé.

V jádru jsou integrovány knihovny zajišťující konektivitu vůči vozům – Apple Carplay, Android Auto, MirrorLink. Pomocí těchto standardů je možné přenášet i jízdní data skrze protokoly EXLAP nebo VIWI, která budou integrovat další signály. Díky tomu bude možné například počítat efektivitu jízdy, spotřebu na daném úseku nebo rychlost v případě nehody. Dále bude jádro obsahovat API 3.stran – Google Maps, pro zobrazování mapových podkladů a další potřebné knihovny obsluhující základní funkčnost implementovaného modulu.

Další prekonidicí je integrace jakéhosi „**IoT blackboxu**“. Jedná se o knihovnu, která v sobě integruje na signálové úrovni komunikaci směrem k podporovaným IoT zařízením, jimiž mohou být ostatní vozy, senzory, či chytrá infrastruktura. Černá skříňka signály přemapuje uvnitř jádra na standardizované entity (viz předchozí kapitola *Entita jako JSON objekt*). Vývojář pak pracuje s deterministickou sadou objektů, které může čerpat pro konkrétní mobilní aplikaci nebo dílčí funkci. Obrovskou výhodou je, že vývojář nemusí studovat do detailu notace jednotlivých zařízení, stačí mu znát pouze dostupné parametry, které může ze zařízení čerpat – *Např., pošli mi teplotu a vlhkost ze všech senzorů v okolí 5 km.*

Limitací je nutnost takto mapovat všechna zařízení podporovaná jádrem, výhodou zajištění úrovně zabezpečení a konzistence.

Poslední vrstvou jádra je zajištění multiplatformní podpory. Signály vstupují do jádra z jednotlivých IoT zařízení, jsou transformovány do programovacího jazyka a pro vnější konzumenty poskytnuté v předem známém jazyce a notaci. Například pro použití v rámci webové platformy přímo v infotainmentu vozů, bude využit webový framework Angular JS, který je integrován ve vozech Volkswagen. To zajistí okamžitou kompatibilitu se všemi vozy značky Volkswagen, která nyní produkuje více než 10 milionů vozů ročně. (VWAG, 2017)

#### 4.4.3.2 Využití API aplikací 3.strany

Pokud bude mít vývojář aplikace snadný přístup k datům z rozmanitých zařízení, zároveň zabezpečených a standardizovaných, je možné začít IoT technologie rapidně rozšiřovat. Případy užití lze opět rozdělit do několika kategorií.

##### **Navigační aplikace**

- mohou využívat data pro zlepšení navigování
- lepší predikce dopravních omezení, hustoty dopravy
- rychlejší včasné varování před nehodou
- automatizované vytváření informací o nehodě a incidentech
- strojové učení pro dlouhodobé zpřesnění navigačních algoritmů (např. při kalkulaci nejrychlejší trasy v závislosti na hustotě dopravy)

*Potenciální konzumenti dat: Waze, Google Maps, Sygic navigace, Apple Maps, Navigace pro kamionovou dopravu*

##### **Automobilové aplikace**

- aplikace, které přímo komunikují s vozem
- aplikace jednotlivých automobilek mohou integrovat nové funkce
- mohou sloužit jako poskytovatelé dat platformy zároveň i jako konzumenti
- zkvalitnění dat např. pro e-mobilitu nebo car-sharing (např. informace o dobíjecích stanicích v reálném čase)
- automatizované vyplňování knihy jízd
- zvýšení komfortu cestování a bezpečí díky včasnému varování
- zkvalitnění jízdních asistenčních systémů

*Potenciální konzumenti dat: MyAudi, VW CarNet, Mercedes Me, ŠKODA Connect, MyOpel, MyBMW, Citroen Connect app*

### **Komerční aplikace**

- využití dat pro komerční účely
- UBI – Nabízení pojištění na základě údajů o řidiči a jeho stylu řízení
- nabízení slev za používání platformy
- zvýšení turistického potenciálu, informace o akcích
- placení za parkování, zprostředkování dat vytížení parkovišť
- placení za služby řízené poptávkou (např. vyšší hodinová sazba za parkování v hodinách se zvýšenou poptávkou, stejně tak dobíjení elektromobilů)
- digitalizace platebního styku

*Potenciální konzumenti dat: Trip Advisor, UBER, Liftago, Aplikace měst a dopravních podniků, ŘSD dopravní info, Allianz a další aplikace pro pojištění na cestách*

### **Aplikace pro infotainment a digitální kombi přístroje**

- aplikace může být spustitelná nezávisle na mobilním zařízení
- zobrazení informací z IoT systému přímo na obrazovce
- včasné varování na přístrojové desce před řidičem
- včasné varování na head-up displeji (promítání obrazu na čelní sklo)

*Potenciální konzumenti dat: Automobilky a jejich in-car aplikační platformy*

## 5 Výsledky a diskuse

Na základě studia dostupných odborných zdrojů byl sestaven přehled současných i budoucích technologií orientovaných na chytré vozy a online technologie kooperativní dopravní infrastruktury C-ITS a Car-2-X. Následně byl zhotoven přehled případů užití, které si kladou za cíl zvýšit bezpečnost, snížit nehodovost, proaktivně předcházet nehodám a dopravním zácpám.

V praktické části práce došlo k realizaci návrhu informačního systému SmartRoads, byl definován výsledný produkt na základě analýz PVB, SMARTER, SWOT a navržena high-level architektura. Výstupem je návrh vývojové platformy a mobilní aplikace, které komunikují v rámci jednoho virtuálního informačního systému.

System zahrnuje využití C-ITS stanic napojených na senzory IoT zařízení, mobilní telefony a konektivní vozy uživatelů. Hlavním cílem je včasné informovat o nehodách, uzavírkách a změnách podmínek na komunikacích. Vedlejší případy užití jsou možnost zobrazování parkovacích míst a obsazenost parkovišť v reálném čase. Další funkcí je možnost platit za parkování přímo skrze mobilní telefon a vytvoření virtuální parkovací karty pro daný vůz a registrační značka. Poslední hlavní funkcí je možnost sbírat body za používání aplikace. Za nasbírané body je následně možné uplatnit slevy – např. na pojištění vozu nebo získat volné parkovací hodiny.

Aby systém správně fungoval, bylo nutné zohlednit i síťové technologie přenosu dat mezi uživateli a jednotlivými zařízeními. V teoretické části byl zpracován přehled a vzájemné porovnání potenciálních technologií – Sigfox, LoRa, 5G a WAVE standard pro Wi-Fi. Vzhledem k zaměření systému lze s jednoznačností říci, že nelze pro dané řešení využít pouze jednu technologii nebo protokol. Dá se očekávat, že pro různé případy užití bude systém SmartRoads umět komunikovat se všemi uvedenými technologiemi.

### **Sigfox, LoRa**

- využití této síťové technologie bude zaměřeno na ty případy užití, které nevyžadují okamžitou odezvu
- využití se bude týkat výhradně senzorických a statických čidel
- prodleva aktualizace v řádu minut, nikoliv sekund

- využití pro senzory na polích a okolí silnic, dálnic, meteostanice vysílající na nejbližší C-ITS buňky
- varování na změny meteorologických podmínek směrem k řidičům (sníh, déšť, bouře, náledí, mlha apod)
- senzory přímo ve vozovce silnic, dálnic (informace o náledí, stavu vozovky, hustota provozu)
- využití tam, kde není možné zajistit pokrytí elektrickou sítí
- senzory na parkovištích přímo v parkovacích místech, informace o vytížení parkovišť a obsazenosti

#### **4G a 5G sítě**

- budou tvořit páteř celého systému, který bude propojen zejména mobilními telefony a chytrými vozy
- hlavní využití bude ve městech a metropolích, kde není problém s vysokorychlostním připojením
- využití pro účely hlavních funkcí mobilní aplikace a konektivity vozů
- načítání detailních informací o nehodách, uzavírkách, detailů parkovacích míst a parkovišť, mapových podkladů
- všechna data, která vyžadují větší objem stahovaných paketů
- realizace plateb za parkování
- odesílání statistik a přenos dat do cloudu pro budoucí analytické činnosti
- poskytování dat o jízdě pro analýzu (např. UBI)

#### **WAVE**

- využití výhradně uvnitř jedoucích vozů
- přenos zpráv mezi vozy s proměnlivou prioritou
- komunikace v reálném čase s minimální prodlevou
- zobrazování informací na infotainmentu nebo digitální přístrojové desce
- není vhodné pro využití jinde než pro informování o nehodách nebo nebezpečí
- řetězový přenos informací mezi vozy bez nutnosti připojení k jiné datové nebo mobilní síti (např. 4G)

Po definování možností využití daných technologií byla navržena mobilní aplikace. Aplikace je v rámci pilotního projektu navržena pro platformu Android, dá se však očekávat,

že konečné řešení bude zahrnovat i vývoj pro platformu iOS. Prostředí aplikace je navrženo jednoduše a intuitivně s orientací na hlavní případy užití. Hlavní cíle tkví ve snadné dostupnosti a motivaci uživatelů aplikaci aktivně využívat díky gamifikaci – Sběrání bodů a odměn.

Uživatelé tak mohou aplikaci využívat pro zvýšení bezpečí během cestování, ale zároveň jsou motivováni se do aplikace vracet a opakovaně ji využívat. Nasbíraná data mohou být využita pro další analýzu v rámci strojového učení, či neuronových sítí a algoritmů.

Výhodou je, že stejná data mohou být zpracována pro komerční i nekomerční účely. Navržena je možnost využít jízdní metriky například pro UBI – Pojištění na základě jízdního stylu každého uživatele. Stejně tak mohou být data využita státními orgány pro zlepšení a opravy kritických úseků komunikací.

Dalším z benefitů je možnost z dlouhodobého hlediska snížit náklady na dopravní infrastrukturu – Odpadá potřeba umísťovat digitální panely podél dálnic nebo měst, vše se řidiči dozví přímo uvnitř vozu na kombi přístroji nebo mobilním telefonu. Pozitivním dopadem bude zkvalitnění prioritizace oprav, neboť provozovatelé komunikací budou mít přístup k daleko kvalitnějším a přesnějším datům o stavu silnic a dálnic.

### **Mobilní aplikace**

Aplikace je navržena tak, aby jí mohli využívat uživatelé s plně vybavenými chytrými vozy – Viz možnost využití zobrazování zpráv na displejích digitálních kombi přístrojů. Digitální kombi přístroje jsou již dnes běžně dostupné jako příplatková výbava vozů. Postupně pronikají od luxusních značek i mezi dostupnější vozy střední třídy (od Q1/2018 dostupné pro ŠKODA Octavia, ŠKODA KAROQ a další).





**OBRÁZEK 22 - VYUŽITÍ NA DIGITÁLNÍM KOMBI PŘÍSTROJI**

Zdroj: Autor

Stejně tak mohou aplikaci využívat i ti uživatelé, kteří nemají chytrý a plně vybavený vůz. Stačí telefon umístit na čelní sklo do držáku telefonu. Během spuštění navigace za využití navrženého API může například mobilní navigace WAZE nebo Google Maps stále přijímat data z integrovaného systému SmartRoads a zobrazovat varování jako překryvnou vrstvu v případě blížícího se nebezpečí.



**OBRÁZEK 23 - VYUŽITÍ V LEVNÝCH VOZECH**

Zdroj: Autor

Jedno řešení tedy pokrývá všechny řidiče – Což pomáhá k dalšímu rozšíření mezi běžně využívané aplikace a přímo rozšiřuje síť propojených věcí – vozů, telefonů i C-ITS vysílačů.

## 6 Závěr

Internet věcí představuje nepřímo naplněný technologický potenciál, který může výrazně snížit nehodovost a zvýšit bezpečí během cestování. K tomu, aby se tak stalo, je nutné navrhnout takové řešení, které bude moci využívat každý a zároveň bude přínosné, jak poskytovali, tak konzumentovi služeb.

Diplomová práce analyzovala technologie současných i budoucích vozů a definovala jejich možná budoucí užití. Zaměření bylo kladeno jak na systémy uvnitř vozu, tak na technologie chytré infrastruktury a mobilních zařízení. Byl sestaven přehled vývoje SmartCars, z pohledu současných technologií a standardů (EXLAP, SmartGate) i budoucích (VIWI, OCU). V rámci C-ITS technologií byly popsány funkce a případy užití Car-2-X komunikace a uveden kontext s probíhajícími projekty Evropské Unie – eCall a C-ROADS.

Analytická činnost byla zaměřena na vzájemné porovnání IoT technologií z hlediska klíčových parametrů a vhodnosti využití v různých situacích. Výstupem je ucelený přehled a argumentace doporučující danou technologii pro konkrétní případy užití.

Po zhodnocení teoretických východisek došlo k vypracování návrhu systému, který tato odlišná průmyslová odvětví a technologie spojuje do uceleného informačně-digitálního ekosystému. Systém využívá hlavní výhody daných technologií na straně vozů, mobilních telefonů a C-ITS zařízení uvnitř měst, na dálnicích, silnicích i v přilehlém okolí. Jako front-end byla navržena mobilní aplikace včetně logického a designového zpracování. Cílem aplikace je včas informovat o dopravních nehodách, omezeních a jiném nebezpečí během jízdy autem – K tomu je využito možnosti zrcadlení obrazovky na displeji chytrého rádia nebo na digitálním kombi přístroji.

Aplikace zároveň motivuje uživatele k pravidelnému používání. Za pravidelné používání a hlášení nehod uživatel získává body, která následně může uplatnit jako slevu na pojištění, parkování apod. Stejně tak může uživatel skrze aplikaci platit za parkování a zobrazovat informace o kapacitě a vytížení parkovišť. K tomu je využito senzorů zabudovaných přímo v parkovacích místech nebo v parkovacích domech.

Návrh počítá i s možností, že by platforma mohla být v budoucnu využívána 3.stranami a její součástí je i programovací a integrační rozhraní, díky kterému mohou být konkrétní

služby integrovány do jiných, již existujících aplikací – Např. Google Maps, WAZE, či aplikace větších měst i dopravních podniků.

Samotná aplikace a navrhovaný informační systém SmartRoads tvoří jakýsi benchmark budoucích chytrých a konektivních automobilových aplikací. Řešení tvoří design systému, který může výrazným způsobem zvýšit bezpečnost, snížit dopravní zácpy a zlepšit celkovou dopravní infrastrukturu.

V diplomové práci jsou zpracovány do uceleného návrhu jednotlivé technologie a zpracováno jedno konkrétní řešení. Nejedná se o vize vzdálené budoucnosti, naopak hlavní myšlenky a faktické příklady využití staví na již probíhajících projektech v České Republice i Evropské unii. Technologie využitě pro navrhované řešení jsou již dostupné v sériově vyráběných vozech a dá se očekávat jejich postupné rozšíření napříč všemi automobilovými segmenty. Opomenuty nejsou ani limitace, zejména neexistující hlavní standard datové sítě, který by pokrýval různorodé požadavky na rychlost přenosu dat, energetickou nenáročnost i částečnou autonomii (v místech bez datového pokrytí, standard WAVE). Navrhované řešení pak kombinuje výhody jednotlivých technologií, což představuje náročné, nicméně užitím současných prostředků řešení realizovatelné.

Dalším krokem směrem k realizaci navrhovaného systému SmartRoads je vývoj MVP aplikace a její uvedení do pilotního provozu. Aplikace tvoří další logický krok v integraci C-ITS systémů do běžného provozu a nepřímo vychází z projektu C-ROADS. Tento projekt však v současné době postrádá jednotný front-end a je více zaměřen na integraci jednotlivých technologií bez definované business logiky. V tomto ohledu systém popsáný v diplomové práci rozšiřuje současnou využitelnost a definuje konkrétní front-endová využití.

## 7 Seznam použitých zdrojů

1. PRASAD, A.V. Krishna. *Exploring the Convergence of Big Data and the Internet of Things*. K.L. University, India, 2017. ISBN 978-1-52252-947-7
2. NASREDDINE, Bouhai. *Internet of Things: Evolutions and Innovations*. Londýn: John Wiley, 2017. ISBN 978-1-78630-151-2
3. FLÜGGE, Barbara. *Smart Mobility: Connecting Everyone: Trends, Concepts and Best Practices*. St.Gallen: Springer, 2017. ISBN 978-36-58156-22-0.
4. POHANKA, Pavel. *Internet věcí* [online]. 2015 [cit. 2018-03-04]. Dostupné z: <http://i2ot.eu/internet-of-things/>
5. VERMESAN, Ovidiu a Peter FRIES. *Internet of Things: From research and innovation to market deployment*. Aalborg, Dánsko: River publishers, 2014. ISBN 978-87-93102-94-1
6. COLUMBUS, Louis. *Internet Of Things Market To Reach \$267B By 2020* [online]. 2017 [cit. 2018-03-04]. Dostupné z: <https://www.forbes.com/sites/louiscolombus/2017/01/29/internet-of-things-market-to-reach-267b-by-2020/>
7. *Wearables* [online]. 2017 [cit. 2018-03-04]. Dostupné z: <https://www.kickstarter.com/discover/categories/technology/wearables>
8. *Fashion: Wearables* [online]. 2017 [cit. 2018-03-04]. Dostupné z: <https://www.indiegogo.com/explore/fashion-wearables>
9. UBRANI, Jitesh. *Worldwide Wearables Market Grows 7.3% in Q3 2017 as Smart Wearables Rise and Basic Wearables Decline, Says IDC* [online]. In: . 2017 [cit. 2018-03-04]. Dostupné z: <https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS43260217>
10. MILLER, Paul. *Raspberry Pi sold over 12.5 million boards in five years* [online]. In: . 2017 [cit. 2018-03-04]. Dostupné z: <https://www.theverge.com/circuitbreaker/2017/3/17/14962170/raspberry-pi-sales>
11. VOLKSWAGEN, *Small box, big impact: Connectivity is a top priority for the new Tiguan. The OCU box ensures that the SUV can go online.* [online]. 2017 [cit. 2018-03-24]. Dostupné z: <http://inside.volkswagen.com/Small-box-big-impact.html>

12. KOLMAN, Stanislav. *Systém eCall míří do ostrého provozu*. [online]. 2017 [cit. 2018-03-25]. Dostupné z: <http://www.auto.cz/system-ecall-miri-do-ostreho-provozu-pripomente-si-jak-nenapadny-pomocnik-pri-nehode-funguje-120209>
13. OSBORNE, Charlie. Volkswagen launches new cybersecurity firm to tackle car security. *Zero Day* [online]. 2016 [cit. 2018-03-25]. Dostupné z: <http://www.zdnet.com/article/volkswagen-launches-new-cybersecurity-firm-to-tackle-car-security/>
14. VOJÁČEK, Antonín. *SIGFOX - princip, struktura, protokol, použití* [online]. In: . 2017 [cit. 2018-03-04]. Dostupné z: <https://vyvoj.hw.cz/sigfox-princip-struktura-protokol-pouziti.html>
15. ŠULC, Jakub a Luděk AUGUSTA. *Standardy 802.11r a 802.11p*. 2008. Vysoká škola báňská.
16. PICHLER, Roman. *Product Vision Board* [online]. 2011 [cit. 2018-03-24]. Dostupné z: <https://www.romanpichler.com/tools/vision-board/>
17. SMART aneb jak definovat cíle. In: ZIKMUND, Martin. *Blog Plánování* [online]. 2010 [cit. 2018-03-05]. Dostupné z: <http://www.businessvize.cz/planovani/smart-aneb-jak-definovat-cile>
18. HAJN, Pavel. *Datové Modelování*. Masarykova Univerzita, Fakulta Informatiky, 2007
19. BOURQUE, Brad. *What's the difference between 4G and LTE?* [online]. In: . 2017 [cit. 2018-03-15]. Dostupné z: <https://www.digitaltrends.com/mobile/4g-vs-lte/>
20. DĚDKOVÁ, Jaroslava. *SWOT analýza*. Liberec, 2005. Technická univerzita v Liberci, Ekonomická fakulta, Katedra marketingu a obchodu.
21. ČÁPKA, David. *2. díl - UML - Use Case Diagram* [online]. 2014 [cit. 2018-03-20]. Dostupné z: <https://www.itnetwork.cz/navrh/uml/uml-use-case-diagram>
22. ČSN ISO 690:2010. *Informace a dokumentace – Pravidla pro bibliografické odkazy a citace informačních zdrojů*. 1. vyd. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, březen 2011. 40 s. Třídící znak 01 0197.
23. VWAG: *Volkswagen Group continues its profitable growth* [online]. Wolfsburg, 2017 [cit. 2018-03-26]. Dostupné z: [https://www.volkswagenag.com/en/news/2017/10/Q3\\_2017.html](https://www.volkswagenag.com/en/news/2017/10/Q3_2017.html)

## 8 Přílohy

- obrazovky mobilní aplikace ve formátu PNG a PSD
- diagramy ve formátu PNG ve vysokém rozlišení