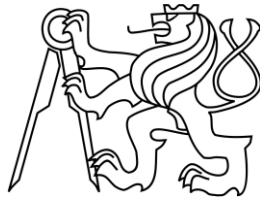


ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA DOPRAVNÍ



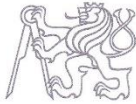
Diplomová práce

Efektivní distribuce aktuálních dopravních informací v ITS  
systémech

Konrád Tvrdý

Praha 2014





ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní  
d ě k a n

Konviktská 20, 110 00 Praha 1

**K614..... Ústav aplikované informatiky v dopravě**

## **ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE** (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

**Bc. Konrád Tvrdý**

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

**N 3710 – ID – Inženýrská informatika v dopravě a spojích**

Název tématu (česky): **Efektivní distribuce aktuálních dopravních informací v ITS systémech**

Název tématu (anglicky): Effective actual traffic information distribution in ITS solutions

### **Zásady pro vypracování**

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

- Proveďte analýzu dostupných dopravních informací, které jsou vhodné pro přímou distribuci řidičům
- Analyzujte využívané distribuční kanály dopravních informací
- Navrhněte a popište vhodný distribuční kanál, který by byl využitelný ve výzkumném projektu TA02031411 "Zvýšení využití parkovací kapacity na dálnicích za pomoci predikčních modelů" dle specifických požadavků tohoto projektu
- Realizujte navrženou metodu distribuce dopravních informací řidičům nákladních vozidel o aktuální obsazenosti parkovišť pomocí vhodných SW nástrojů
- Zhodnoťte vyvinuté řešení a navrhněte možné směry jeho dalšího rozvoje

Rozsah grafických prací: 10 - 20 obrázků

Rozsah průvodní zprávy: minimálně 55 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)

Seznam odborné literatury: Zelinka, T., Svítek, M.: Telekomunikační řešení pro informační systémy sít. odvětví, Grada 2009, ISBN 978-80-247-3232-9.  
standardy ISO, CEN  
dokumentace projektu TA02031411  
odborná literatura

Vedoucí diplomové práce:

**Ing. Zdeněk Lokaj, Ph.D.**

**Ing. Martin Šrotýř**

Datum zadání diplomové práce:

**27. června 2013**

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

Datum odevzdání diplomové práce:

**30. listopadu 2014**


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

  
doc. Dr. Ing. Tomáš Brandejský  
vedoucí  
Ústavu aplikované informatiky v dopravě

  
prof. Dr. Ing. Miroslav Svítek  
děkan fakulty



Potvrzuji převzetí zadání diplomové práce.

  
Bc. Konrád Tvrдый  
jméno a podpis studenta

V Praze dne.....27. června 2013

## **Čestné prohlášení**

Já, Konrád Tvrdý, student Fakulty dopravní ČVUT v Praze, prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

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

V Praze dne .....

podpis .....

## **Poděkování**

Chtěl bych poděkovat vedoucím své diplomové práce Ing. Martinu Šrotýřovi a Ing. Zdeňku Lokajovi, Ph.D. za cenné rady, ochotné konzultace a odborné vedení práce. Dále bych chtěl poděkovat svým rodičům a všem blízkým, kteří mě podporovali v době psaní této práce i po celou dobu mého studia.

## **Abstrakt**

Autor: Konrád Tvrdy

Název diplomové práce: Efektivní distribuce aktuálních dopravních informací v ITS systémech

Škola: eske vysoké učení technické v Praze, Fakulta dopravní

Rok vydání: Praha 2014

Počet stran: 78

Tato diplomová práce pojednává o systému distribuce dopravních informací. Je podán přehled dostupnıch dopravních informacích vhodnıch k pıime distribuci řidıcım. Práce analyzuje dostupné distribuční kanály dopravních informací. V rámci práce byla navržena a vytvořena mobilní aplikace jako distribuční kanál projektu „Zvýšení využití parkovací kapacity na dálnicích za použití predikčních modelů TA02031411“. Návrh a realizace software je detailně popsán. Bylo provedeno zhodnocení vytvořené aplikace v rámci celého projektu a navrženy směry pro jeho budoucı rozvoj.

Klıcova slova: dopravní informace, distribucnı kanály informací, parkování nákladních vozidel, inteligentní parkování

## **Abstract**

Author: Konrád Tvrdy

Title of thesis: Effective actual traffic information distribution in ITS solutions

University: Czech Technical University in Prague, Faculty of Transportation Sciences

Year of publication: Prague 2014

Pages: 78

This thesis discusses about traffic information distribution system. Overview of available traffic information that are usable for direct distribution to the drivers is given. Available distribution channels of traffic information are analysed. As a part of the thesis mobile application as a distribution channel for the project “Increasing the usage of parking capacity on motorways using predictive models TA02031411” was developed. Design and realisation of the software is described in detail. Developed solution is evaluated and directions for the next progress of the project are proposed.

Key words: traffic information, information distribution channels, heavy goods vehicles parking, intelligent truck parking



# Obsah

<b>Seznam použitých zkratk</b> .....	<b>11</b>
<b>Seznam obrázků a tabulek</b> .....	<b>13</b>
Seznam obrázků .....	13
Seznam tabulek .....	14
<b>1 Úvod</b> .....	<b>15</b>
1.1 Předmluva .....	15
1.2 Cíl práce .....	15
<b>2 Systém distribuce dopravních informací</b> .....	<b>16</b>
<b>3 Dostupné dopravní informace</b> .....	<b>17</b>
3.1 Hustota provozu .....	17
3.2 Dopravní omezení a uzavírky .....	19
3.3 Dopravní nehody.....	19
3.4 Sjízdnost komunikací.....	20
3.5 Parkovací místa.....	21
<b>4 Agregace informací</b> .....	<b>23</b>
4.1 NDIC.....	23
4.2 RODOS .....	23
<b>5 Využívané distribuční kanály dopravních informací</b> .....	<b>25</b>
5.1 Vozidlové systémy.....	25
5.1.1 RDS-TMC .....	25
5.1.2 TPEG .....	27
5.2 Systémy infrastruktury.....	30
5.2.1 Zařízení provozních informací .....	30
5.2.2 Proměnné dopravní značky .....	32
5.3 Počítačové systémy.....	33
5.3.1 Typy zařízení .....	33
5.3.2 Distribuce informací pomocí mobilních zařízení .....	33
5.3.3 Mobilní aplikace v České republice .....	34
<b>6 Návrh distribučního kanálu pro výzkumný projekt „Zvýšení využití parkovací kapacity na dálnicích za použití predikčních modelů “</b> .....	<b>35</b>
6.1 Smysl projektu .....	35
6.1.1 Důvody pro řešení problematiky .....	35
6.1.2 Cíle projektu .....	36
6.1.3 Předpokládané přínosy zavedení systému .....	36
6.2 Distribuce informací o parkování v zahraničí.....	37

6.2.1	Mezinárodní systémy.....	37
6.2.2	Národní systémy.....	38
6.3	Popis projektu Inteligentní parkoviště .....	42
6.3.1	Architektura systému.....	42
6.3.2	Vrstva datové základny .....	42
6.3.3	Predikční model.....	43
6.3.4	Agregační vrstva.....	44
6.4	Požadavky kladené na dopravní informace o parkování a jejich distribuci.....	46
6.5	Volba distribučního kanálu vhodného pro projekt ITP .....	47
6.6	Distribuce dopravních informací pomocí mobilní aplikace.....	48
6.6.1	Rozhraní s agregační vrstvou .....	48
6.6.2	Rozhraní s koncovým uživatelem.....	48
6.6.3	Stanovení času dojezdu .....	51
<b>7</b>	<b>Realizace navrženého řešení distribuce informací.....</b>	<b>52</b>
7.1	Požadavky na aplikaci .....	52
7.2	Popis vývojového prostředí .....	52
7.2.1	Mobilní platforma Android .....	53
7.2.2	Vývoj pro mobilní platformu Android .....	55
7.3	Struktura aplikace .....	56
7.3.1	Režimy aplikace .....	56
7.3.2	Třída Global.....	56
7.3.3	Síťová komunikace a třída XMLHttpRequest.....	57
7.3.4	Activity .....	57
<b>8</b>	<b>Zhodnocení vyvinutého řešení.....</b>	<b>67</b>
8.1	Zhodnocení aktuálního stavu mobilní aplikace .....	67
8.2	Budoucnost .....	68
<b>9</b>	<b>Závěr.....</b>	<b>70</b>
<b>10</b>	<b>Reference .....</b>	<b>72</b>
<b>Přílohy .....</b>	<b>76</b>	
	Příloha A - seznam příložených souborů .....	76
	Příloha B - XML požadavek na seznam dálnic.....	76
	Příloha C - XML seznam dálnic.....	76
	Příloha D - XML požadavek na seznam parkovišť.....	76
	Příloha E - XML seznam parkovišť .....	77

## Seznam použitých zkratek

Zkratka	Anglický název	Český název
AID	Automatic Incident Detection	Automatická detekce nehod
CSS	Cascading Style Sheets	Kaskádové styly
CTT	Congestion and Travel Time	Kongesce a doba jízdy
ČR	Czech Republic	Česká republika
ČRo	Czech Radio	Český rozhlas
DAB	Digital Audio Broadcasting	Digitální rozhlasové vysílání
DR	Detection Rate	Podíl detekovaných nehod
DT	Detection Time	Doba detekce
EU	European Union	Evropská unie
FAR	False Alarm Rate	Podíl falešných poplachů
FM	Frequency Modulation	Frekvenční modulace
FVD	Floating Vehicle Data	Data z plovoucích vozidel
GPS	Global Positioning System	Globální poziční systém
GSM	Global System for Mobile Communication	Globální systém pro mobilní komunikaci
HTML	HyperText Markup Language	Hypertextový značkovací jazyk
OBU	On-Board Unit	Palubní jednotka
OS	Operating System	Operační systém
ITP	Intelligent Truck Parking	Inteligentní parkoviště
ITS	Intelligent Transport Systems	Inteligentní dopravní systémy
JVM	Java Virtual Machine	Virtuální stroj Javy
JSDI	Unified system of traffic information	Jednotný systém dopravních informací
MEX	Tokyo Metropolitan Expressway	Tokijská městská rychlostní silnice
MSD	Minimum Set of Data	Minimální sada dat
NDIC	National traffic information centre	Národní dopravní informační centrum
P+R	Park and Ride	Zaparkuj a jeď
PDZ	Variable traffic sign	Proměnná dopravní značka
PKI	Parking Information	Informace o parkování
PTI	Public Transport Information	Informace o veřejné dopravě
RDS-TMC	Radio Data System – Traffic Message Chanel	Rádiový datový systém – kanál dopravních zpráv

RODOS	Centre for Development of Transport Systems	Centrum pro rozvoj dopravních systémů
RTM	Road Traffic Messages	Zprávy o provozu na silnicích
SAPN	Société des Autoroutes de Paris Normandie (francouzsky)	Dálniční společnost Paříž Normandie
SDK	Software Development Kit	Sada pro vývoj software
SETPOS	Secure European Truck Parking Operational Services	Evropské služby bezpečného parkování v provozu
SIM	Subscriber identity module	Abonentský identifikační modul
SMS	Short Message Service	Služba krátkých zpráv
TEC	Traffic Event Compact	Dopravní událost kompaktně
TFP	Traffic Flow Prediction	Předpověď dopravního proudu
TNV	Heavy Goods Vehicles	Těžká nákladní vozidla
TPEG	Transport Protocol Expert Group	Expertní skupina pro dopravní protokol
TpegML	TPEG Markup Language	Značkovací jazyk protokolu TPEG
WEA	Weather	Počasí
XML	Extensible Markup Language	Rozšiřitelný značkovací jazyk
ZPI	Variable Message Sign	Zařízení provozních informací

# Seznam obrázků a tabulek

## Seznam obrázků

Obrázek 1: Schéma systému distribuce informací .....	16
Obrázek 2: Vztah rychlosti a intenzity podle Greenshieldova lineárního modelu dopravního proudu.....	18
Obrázek 3: Schéma hlavních tahů Praha - Ostrava (přes Brno a přes Hradec Králové) včetně tabulky se srovnáním doby jízdy z aplikace viaRODOS .....	24
Obrázek 4: Vytvoření vysílaného streamu TPEG .....	28
Obrázek 5: Stromová struktura zprávy TPEG-RTM.....	29
Obrázek 6: ZPI na dálnici v České republice .....	31
Obrázek 7: Mapa ZPI v České republice.....	32
Obrázek 8: Příklady PDZ .....	33
Obrázek 9: Proměnná dopravní značka společnosti SAPN zobrazující počet volných míst na parkovištích .....	39
Obrázek 10: Proměnné dopravní značení na dálnicích skupiny VINCI ve Francii.....	39
Obrázek 11: Proměnná dopravní tabule zobrazující informaci o obsazenosti parkoviště v Rakousku .....	40
Obrázek 12: Proměnné dopravní značení zobrazující informaci o obsazenosti parkoviště v Rakousku .....	40
Obrázek 13: Schéma projektu inteligentního parkování v Nizozemsku ParckR.....	41
Obrázek 14: Vrstevnatá architektura systému ITP.....	42
Obrázek 15: Struktura distribuované informace o parkovišti.....	49
Obrázek 16: Forma distribuované informace.....	49
Obrázek 17: Architektura systému Android.....	53
Obrázek 18: Životní cyklus Activity.....	55
Obrázek 19: Screenflow mobilní aplikace.....	58
Obrázek 20: Grafické rozhraní MainActivity.....	59
Obrázek 23: MainActivity - ruční zadání polohy a volitelně i rychlosti vozidla .....	60
Obrázek 21: Vývojový diagram procesu získání seznamu dálnic po startu aplikace.....	61
Obrázek 22: Vývojový diagram procesu nastavení GPS po startu aplikace .....	61
Obrázek 24: Vývojový diagram procesu odeslání dat na server .....	62
Obrázek 25: Grafické rozhraní ResultActivity .....	63
Obrázek 26: Obrazovka detailu parkoviště .....	64

Obrázek 27: Obrazovka detailu parkoviště .....	65
Obrázek 28: Obrazovka nastavení aplikace.....	65
Obrázek 29: Grafické rozhraní InformationActivity .....	66
Obrázek 30: Grafická podoba MoreInfoActivity .....	66

## **Seznam tabulek**

Tabulka 1: Základní struktura tabulky s predikcemi obsazeností parkovišť.....	45
Tabulka 2: Číselník symbolů reprezentujících obsazenost parkoviště.....	50
Tabulka 3: Příklad zobrazovaných predikčních oken v detailu parkoviště. ....	50
Tabulka 4: Porovnání projektu ITP s projekty inteligentního parkování v ostatních zemích. .....	68

# 1 Úvod

## 1.1 Předmluva

Aktuální dopravní informace jsou dnes již pro mnoho řidičů samozřejmostí. S rozvojem inteligentních dopravních systémů se otevírají nové možnosti získávání dopravních dat pro informování veřejnosti prakticky v reálném čase. Formy distribuce těchto informací pak mohou být velmi různorodé. Chytré mobilní telefony a tablety jsou stále více rozšířené mezi lidmi a lze je tedy s výhodou využít pro informování řidičů.

## 1.2 Cíl práce

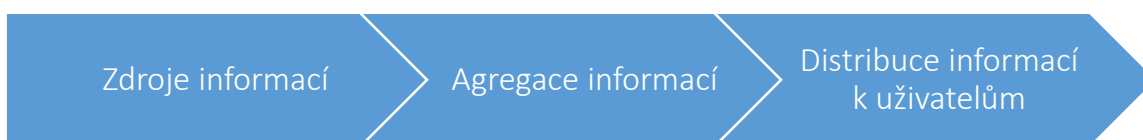
Tato práce se bude věnovat systému distribuce dopravních informací k řidičům. Systém popíši od základu, tedy od získání potřebných dopravních dat. Provedu analýzu dostupných dopravních informací a jejich zdrojů. Dále se zaměřím na vysvětlení funkce agregátorů informací, což jsou subjekty věnující se shromažďování informací z různých zdrojů a jejich zpracování do ucelené podoby. Zanalyzuji různé možnosti distribuce dopravních informací ke koncovým uživatelům.

Cílem druhé části práce je návrh a vytvoření distribučního kanálu pro projekt „Zvýšení kapacity parkovacích míst na dálnicích za použití predikčních modelů“. Přínosem projektu má být lepší informovanost řidičů nákladních vozidel o obsazenosti parkovacích míst a v důsledku tedy jejich efektivnější využívání. Distribuční kanál bude realizován jako mobilní aplikace pro Android. Tato mobilní aplikace bude v rámci práce vytvořena. V práci bude popsán vývoj aplikace a na závěr její zhodnocení.

## 2 Systém distribuce dopravních informací

Systém distribuce dopravních informací tvoří celý řetězec procesů. Dopravní informace musí nejprve vzniknout. Zajímá nás tedy, jakým způsobem informace vznikají a z jakých zdrojů je můžeme získat. Uživatelé obvykle nežadají pouze jedinou partikulární informaci, ale celý soubor různých informací. Je tedy třeba sesbírat informace z různých zdrojů, dát jim jednotnou formu a připravit je tak na distribuci k uživatelům. Nakonec ještě zbývá vyřešit, jakým způsobem budou informace doručeny k uživateli, tedy jaký distribuční kanál bude využit.

V předchozím odstavci jsem provedl základní úvahu nad systémem distribuce dopravních informací. Nyní tuto úvahu zkusím více zformalizovat. Systém distribuce dopravních informací rozdělím na tři základní části: zdroje informací, agregaci informací a uživatelské distribuční kanály. Schéma systému zachycuje Obrázek 1.



Obrázek 1: Schéma systému distribuce informací

Subsystém zdroje informací zahrnuje všechny systémy, které nějakým způsobem získávají dopravní informace z různých dat. Agregáčnı́ subsystém má za úkol sběr, zpracování a vyhodnocení informací z různých roztrı́štěných zdrojů. Uživatelské distribuční kanály berou informace z agregáčnı́ho subsystému a distribuují je přímo k řidiči. Jejich součástí je tedy i uživatelské rozhraní mezi koncovým uživatelem a distribučním systémem.

Dopravní informace rozdělím podle souvislosti obsahu se stavem uživatele na dva typy:

- **pre-trip** informace jsou k dispozici uživateli před zahájením cesty. Jejich obsah není vázán na aktuální stav příjemce,
- **on-trip** informace získává uživatel během cesty a jejich obsah závisí na stavu příjemce. Stav příjemce může být určen například aktuální polohou a rychlostı́.

Popsal jsem základní schéma distribučního systému, v dalších kapitolách se zaměřím podrobněji na jeho jednotlivé části.



### 3 Dostupné dopravní informace

V současné době je také díky rozvoji dopravní telematiky mnoho dopravních informací dostupných řidičům takřka online. V této kapitole se zaměřím na popis dostupných dopravních informací vhodných pro přímou distribuci řidičům. Z pohledu schématu z kapitoly 2 se budu zabývat první částí systému distribuce informací, tedy zdroji a způsobem získání dopravních informací.

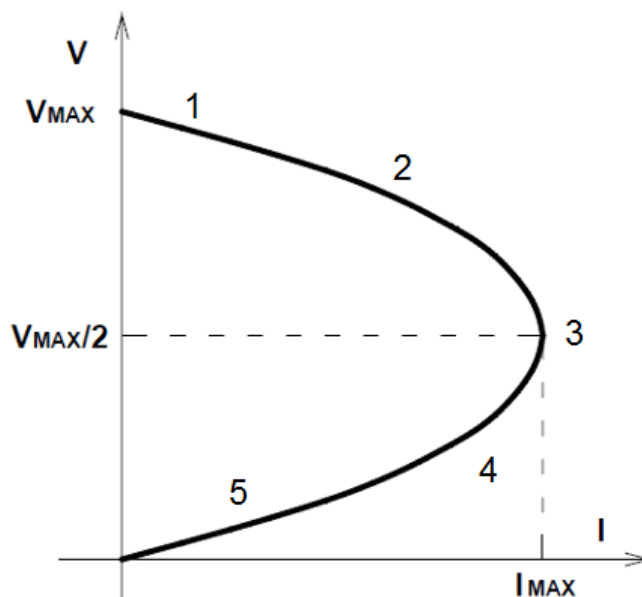
Poskytnutí dopravních informací má pomoci řidiči s volbou trasy a plánováním cesty tak, aby minimalizoval cestovní dobu a maximalizoval komfort jízdy. Informace usnadňují řidiči rozhodování při volbě trasy (kudy jet?), času (kdy jet?) a způsobu jízdy (zpomalit / zrychlit / jet opatrněji?). Přehled dostupných dopravních informací je v následujících kapitolách.

#### 3.1 Hustota provozu

Jedná se o informace o aktuálním nebo predikovaném stavu dopravního proudu na jednotlivých úsecích silniční sítě. Výstupní veličinou distribuovanou řidičům bývá obvykle stupeň dopravy nebo doba jízdy. Stupeň dopravy je číselná veličina nabývající hodnot na číselné stupnici od 1 do 5. Takový zjednodušený popis dopravního proudu je jednoduchý, srozumitelný a také poměrně zažitý. Závislost stupně dopravy na ostatních veličinách dopravního proudu v Greenshieldově lineárním modelu je znázorněn na Obrázek 2.

Pro odhadnutí doby jízdy existuje dle [1] několik metod:

- využití vhodně umístěných smyčkových detektorů, s jejichž pomocí lze měřit rychlost dopravního proudu a další parametry, ze kterých je možné cestovní dobu odvodit,
- využití automatického rozpoznávání registračních značek vozidel na dvou kontrolních bodech komunikace. Následným spárováním detekovaných značek a časů průjezdu kontrolními body určíme průměrnou dobu jízdy na měřeném úseku,
- využití systému elektronického mýta, který sleduje všechna vozidla nad 3,5 t,
- využití dat od operátorů mobilních sítí. Vhodné pouze pro sledování dojezdových dob na dlouhých úsecích. Pro krátké úseky je přesnost lokalizace pomocí GSM nedostatečná,
- využití plovoucích vozidel.



Obrázek 2: Vztah rychlosti a intenzity podle Greenshieldova lineárního modelu dopravního proudu.  $I_{MAX}$  označuje maximální intenzitu saturovaného dopravního proudu.  $v_{MAX}$  označuje maximální rychlost při volném dopravním proudu. Číslice 1 - 5 přibližně označují oblast odpovídající příslušnému stupni dopravy. [2]

Obě zmiňované veličiny, stupeň dopravy a doba jízdy, jsou vhodné pro přímou distribuci k řidičům, protože zvyšují jejich informovanost o stavu provozu a pomáhají v rozhodování o volbě trasy nebo její operativní změně.

Jak již bylo nastíněno, vstupní data o provozu se většinou získávají pomocí detektorů zabudovaných ve vozovce (indukční smyčky, magnetometrické detektory, případně další typy intruzivních detektorů) a pomocí videodetekce. Výhodou indukčních smyček je jejich jednoduchost a spolehlivost, nevýhodou pak nutnost zasahovat do vozovky při jejich instalaci. Výhodou videodetekce je jednoduchost instalace kamer bez nutnosti zasahovat do vozovky. Kamery mohou plnit různé funkce včetně implementace virtuálních indukčních smyček. Zároveň mohou sloužit pro dohled lidského operátora. Jejich nevýhodou je horší použitelnost při podmínkách snížené viditelnosti.

Další možností získání dat o stavu provozu je využití dat z plovoucích vozidel (FVD). Jedná se o anonymní data z flotil firemních vozidel. Tento způsob získání dat může fungovat díky tomu, že velké firmy často využívají pro dohled nad svojí flotilou systémy sledování vozidel, kdy každé vozidlo vybavené GPS jednotkou posílá na centrálu v pravidelných intervalech aktualizace své polohy a další údaje, např. průměrnou rychlost. Analýzou těchto dat lze zjistit stav provozu a odhadnout různé parametry dopravního proudu, například průměrnou rychlost, nebo hustotu. Výstupem těchto analýz jsou pak plnohodnotné dopravní informace o kongescích či době zdržení. Výhodou tohoto přístupu k získání dopravních dat je

automatické pokrytí většiny hlavních tahů bez nutnosti investovat do vybavení infrastruktury. Nevýhodou je nutnost domluvit se s příslušnými soukromými subjekty včetně ceny za poskytnutí anonymních dat.

### **3.2 Dopravní omezení a uzavírky**

K dopravním omezením a uzavírkám dochází z důvodu rekonstrukcí, staveb, mimořádných událostí, nebo jiných plánovaných akcí. Data o těchto akcích musí mít k dispozici přímo provozovatel silniční infrastruktury, který je poskytuje dalším článkům v řetězci distribuce informací.

### **3.3 Dopravní nehody**

Dopravní nehoda může vytvořit překážku v provozu, která znamená potenciální zdroj nebezpečí pro ostatní účastníky provozu. Včasné informování o dopravní nehodě může řidiče na takovou situaci duševně připravit. Dopravní nehody také způsobují zpomalení dopravního proudu a kongesce. Řidič může v případě, že je o nehodě včas informován, raději změnit trasu tak, aby se vyhnul krizovému místu.

Pro správnou informovanost řidiče je zapotřebí spolehlivý zdroj informací o nehodě s co nejkratší dobou detekce nehody. Zdroje informací o dopravních nehodách mohou být v zásadě trojího druhu:

- automatická detekce nehody na úrovni infrastruktury,
- automatická detekce na úrovni vozidla,
- detekce nehody lidským operátorem (hlášení řidičů, policistů, dispečerů sledujících dopravní situaci na obrazovkách dohledového systému apod.).

Systémy detekce nehod na úrovni infrastruktury se označují zkratkou AID (Automatic Incident Detection). Systémy jsou založeny na analýze dopravních charakteristik získaných z detektorů, nejčastěji indukčních smyček, magnetometrů nebo videodetekce. V současné době je ve světě používáno množství různých algoritmů detekce nehody. Průkopníkem v této oblasti je Kalifornský algoritmus, který byl poprvé nasazen již v roce 1971 v oblasti Los Angeles [1]. Princip detekce nehody spočívá ve sledování změn obsazenosti, jakožto parametru dopravního proudu. Nehoda je mezi dvěma detektory detekována při prudkém nárůstu obsazenosti na prvním detektoru a současně prudkém poklesu obsazenosti na následujícím detektoru. Pro podrobnější popis algoritmu odkazují na literaturu [3]. Dalšími používanými algoritmy jsou například MacMaster, MEX, algoritmus využívající umělé neuronové sítě nebo Bayesovský algoritmus popsán v [4]. Kvalita algoritmů se určuje

pomocí zavedených veličin DR (poměr detekovaných nehod k celkovému počtu nehod), FAR (podíl falešných poplachů) a DT (doba detekce od vzniku nehody). Je žádoucí, aby DR bylo co nejvyšší, FAR co nejnižší a DT co nejkratší. Detekce nehody může být ještě potvrzena dispečerem, který má k dispozici obraz z bezpečnostní kamery pro eliminaci falešných poplachů. Ze srovnání různých algoritmů vyplývá, že jejich kvalita záleží také na frekvenci sběru dat z detektorů a dalších faktorech, které jsou dány jejich konkrétní aplikací [5].

Systemem pro automatickou detekci dopravní nehody na úrovni vozidla je systém eCall. Tento systém je primárně určen pro automatické zavolání na tísňovou linku při dopravní nehodě včetně zaslání minimálního množství dat z vozidla včetně jeho aktuální polohy (MSD – Minimum Set of Data) přímo přes hlasový kanál. Právě informaci z eCall ve formě „nehoda se stala na souřadnicích X, Y“ by bylo možné využít jako spolehlivý zdroj informací s minimálním zpožděním mezi nehodou a její detekcí pro systémy automatické detekce nehod.

Jako zdroj informací o dopravní nehodě slouží dopravní kamery, hlášení od Policie ČR a hlášení přímo od řidičů pomocí mobilních telefonů. Studie [4] a [6], které mezi sebou porovnávaly použitelnost různých metod automatické detekce nehod na úrovni infrastruktury, nakonec dospěly k závěru, že metoda detekce nehody na úrovni řidiče a hlášení pomocí mobilního telefonu se ukázala jako efektivnější.

Společnou vlastností všech systémů detekce nehod je určitá prodleva mezi okamžikem vzniku nehody a předáním informace řidiči. Tato prodleva je způsobena jednak samotnou detekcí (výše jsme ji popsali zkratkou DT), dále pak celým řetězcem ověření, zpracování a zobrazení informace. Snahou dopravního managementu je právě minimalizace této prodlevy a tím pádem i co nejnižší počet neinformovaných řidičů, kteří se k místu nehody blíží.

### **3.4 Sjízdnost komunikací**

Informace o aktuálním počasí a stavu vozovky mohou řidiče dopředu připravit na zhoršenou situaci. Jedná se především o informace o stavu vozovky (sjízdnost, námraza, nebezpečí smyku), viditelnosti (mlhy, vánice, bouřky) a síle větru. Meteorologická situace a stav vozovky mohou být monitorovány speciálními zařízeními umístěnými podél komunikací, které se nazývají meteohlásky. Fyzikální poměry na vozovce jsou měřeny různými senzory. Současné systémy jsou schopny predikovat námrazu v predikčním horizontu několik hodin. Dalším zdrojem informací nejen o aktuálním stavu počasí, ale také předpovědích, je v České

republice Český hydrometeorologický ústav. Případně je možno využít i data od jiných meteorologických institucí. Informace o stavu vozovky jsou vhodná nejen pro řidiče, ale také pro střediska správy silnic, která mohou v předstihu vykonat údržbové práce [7].

### 3.5 Parkovací místa

Informace o stavu obsazenosti parkovacích míst pomáhá řidiči při rozhodování, které parkoviště využít. Samotná parkoviště si rozdělíme do dvou skupin:

- parkoviště s evidencí příjezdů a odjezdů vozidel jsou např. parkoviště obchodních center, sportovních areálů, P+R, různá placená parkoviště a další,
- volná parkoviště jsou taková, kde nejsou nijak evidovány příjezdy o odjezdy vozidel. Patří sem i většina parkovišť podél dálnic.

S informací o stavu obsazenosti se lze setkat především u parkovišť s evidencí. U volných parkovišť je situace složitější, v České republice se se systémy pro informování o obsazenosti volných parkovišť zatím nesetkáme. V zahraničí takové systémy fungují u parkovacích ploch pro nákladní vozidla na dálnicích, čímž se budu podrobněji zabývat v kapitole 6.1.1.

Informace o obsazenosti lze podle časové reference rozdělit na dva typy:

- aktuální obsahují stav obsazenosti v daný okamžik,
- predikované znamenají odhad stavu obsazenosti v budoucím časovém horizontu.

Forma předávané informace může být dvojího druhu:

- dvou- nebo tříhodnotová informace (obsazeno / volno / skoro obsazeno),
- číselná informace o počtu volných míst,
- kombinace obojího.

Data o obsazenosti parkovacích míst mohou být získána několika způsoby:

- detekcí příjezdů a odjezdů vozidel,
- z čidel detekujících obsazenost jednotlivých parkovacích míst,
- automatickou videodetekcí,
- manuální videodetekcí,
- využitím dat z jiných již existujících systémů (např. využití dat z mýtného systému pro predikci obsazenosti parkovišť na dálnicích).

Detekce příjezdů a odjezdů je využíváno u parkovišť s evidencí. U volných parkovišť lze tohoto přístupu také využít, ale vyžaduje to instalaci detektorů na vjezdu a na výjezdu

z parkoviště. Pokud chceme znát například jen obsazenost míst pro nákladní vozidla, musí pak tyto detektory zvládnout i určení kategorie vozidla.

Čidla pro jednotlivá parkovací místa mohou být využívána na parkovištích s evidencí i na volných parkovištích. Výrobou detektorů umístovaných ve vozovce a komunikujících bezdrátově s centrálou se zabývá firma Tinynode, která toto řešení v současnosti dodává pro dálniční parkoviště ve Francii a v Nizozemsku, o čemž bude kapitola 6.1.1. Dále je možné využít také klasické indukční smyčky, nebo infračervené radary.

Automatickou videodetekcí se rozumí takový systém, který na základě obrazové informace z kamery umístěné na parkovišti dokáže automaticky rozpoznat jeho obsazenost. Studie [8] se zabývá detekcí obsazenosti parkoviště pomocí stereovize, kdy danou část parkoviště snímá vždy dvojice kamer a vytváří tak trojrozměrný obraz, na kterém jsou pomocí složitých algoritmů rozpoznána parkující nákladní vozidla. Přesnost určení obsazenosti parkovacího místa touto metodou činí 97%.

Automatickou videodetekcí s manuálním rozpoznáváním obsazenosti rozumíme takové systémy, kdy je obraz z kamer analyzován lidským operátorem, který po vyhodnocení vydá informaci o obsazenosti parkoviště. Takový systém je v provozu na dálnicích v Rakousku (viz kapitola 6.2.2.2).

Příkladem systému, který využívá dat z jiných již existujících systémů, je projekt ITP využívající data ze systému elektronického mýta, kterým se budu zabývat od kapitoly 6 dále.

## 4 Agregace informací

V předchozí kapitole jsem vyjmenoval různé dostupné dopravní informace, které lze distribuovat k řidičům. Ukázal jsem, že takových informací je velké množství a pocházejí z různých zdrojů. Nyní se dostávám k dalšímu článku v řetězci distribuce dopravních informací. Dostupné informace je třeba sesbírat, zpracovat a připravit pro distribuci k řidiči v ucelené podobě. K tomu slouží agregační centra. V České republice existují dva subjekty zastávající pozici agregátora. Jsou to Národní dopravní informační centrum (NDIC) a Centrum pro rozvoj dopravních systémů (RODOS). Jejich úkolem je shromáždit dostupné dopravní informace z různých zdrojů, dále je zpracovat a předat k dalšímu použití.

### 4.1 NDIC

Národní dopravní informační centrum (NDIC) je centrální pracoviště s nepřetržitým provozem, které zaujímá pozici hlavního agregátora dopravních informací v České republice. Jeho zřizovatelem je Ředitelství silnic a dálnic. NDIC pracuje s Jednotným systémem dopravních informací (JSDI), který byl vyvinut ve spolupráci Ministerstva dopravy ČR, Ministerstva vnitra ČR, ŘSD a dalších privátních i veřejných subjektů a institucí. Do JSDI vstupují informace z telematických systémů (řídící pracoviště tunelů, dohledové systémy, různé dopravní detektory, mýtný systém), agendových systémů (data o dopravních nehodách, uzavírkách, omezeních, haváriích sítí, probíhajících akcích apod.) a navíc data od samotných řidičů. Pro distribuci informací k řidiči se používají různé distribuční kanály, kterými se budu dále zabývat v kapitole 5. Data z NDIC vstupují také do informačních systémů veřejné správy a bezpečnostních složek pro další vyhodnocování dopravy a plánování budoucího rozvoje státu. Agregované informace jsou pro uživatele dostupné také na webových stránkách. [9]

### 4.2 RODOS

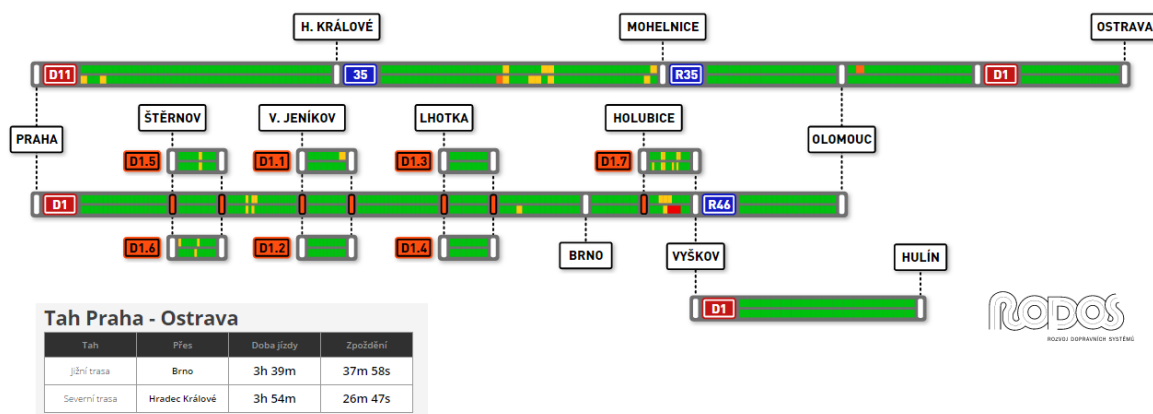
Méně známým, ale o to zajímavějším projektem na české agregátorské scéně je centrum RODOS (Rozvoj dopravních systémů). Na projektu spolupracuje akademická obec, komerční subjekty a je spolufinancován Technologickou agenturou ČR. Agregace dopravních informací je pouze jednou z činností projektu. V širším pojetí se zabývá budoucím rozvojem ITS v České republice.

Jedním z výstupů centra RODOS je aplikace viaRODOS, která sbírá, vyhodnocuje a analyzuje data z komunikační sítě České republiky. Aplikace podle [10] sbírá vstupní data z několika privátních zdrojů:

- z plovoucích vozidel, tedy firemních vozidel s GPS jednotkou, která každou minutu posílají data o své poloze do systému,
- ze systému elektronického mýta, který posílá data o rychlosti a intenzitě vozidel nad 3,5 t,
- díky spolupráci s nejmenovaným mobilním operátorem získává systém data o počtu SIM karet na ploše 500 x 500 metrů, tedy údaj velmi dobře použitelný pro zjištění hustoty lidí (vozidel) v žádané lokalitě.

Systém kombinuje získaná data s daty ze současných telematických systémů. Výsledkem jsou poměrně přesné informace o aktuálním stavu provozu na jednotlivých segmentech dálnic a silnic.

Informace jsou v současnosti dostupné pomocí webového rozhraní na adrese [11]. Rozhraní tvoří jednoduché schéma dané dálnice nebo silnice, jak zachycuje Obrázek 3. Pro oba směry jsou v něm zobrazeny informace o odhadovaném zdržení, rychlosti dopravního proudu a intenzitě vozidel nad 3,5 t. Data pro jednotlivé segmenty jsou vyhodnocována v pětiminutových krocích, což pro uživatele znamená, že zobrazované informace nejsou starší než pět minut.



Obrázek 3: Schéma hlavních tahů Praha - Ostrava (přes Brno a přes Hradec Králové) včetně tabulky se srovnáním doby jízdy z aplikace viaRODOS [11].

Přínos systému RODOS je právě ve využití zdrojů dat ze soukromé sféry, tedy od firem s velkými flotilami služebních vozů a od mobilních operátorů. Oproti „klasickým“ zdrojům dat, jako jsou kamerové systémy a různé detektory v majetku správce komunikací, přináší tento přístup nové možnosti, které spočívají ve větším pokrytí celé komunikační sítě včetně silnic nižších tříd bez nutnosti instalovat na infrastrukturu jakákoliv drahá zařízení.



## 5 Využívané distribuční kanály dopravních informací

Výstupy agregačních systémů jsou dále distribuovány ke koncovým uživatelům různými kanály. V současné době existuje několik možností distribuce dopravních informací. V této kapitole rozdělím distribuční kanály do tří skupin podle typu rozhraní s koncovým uživatelem. Do první skupiny patří distribuční kanály, které k přenosu informace využívají zařízení zabudovaná přímo ve vozidle jako jeho integrální součást. Další možností je přenos informace přes zařízení dopravní infrastruktury, například informační panely nebo proměnné dopravní značky. Do poslední skupiny se řadí počítačová zařízení (notebooky, mobilní telefony, tablety, navigace).

### 5.1 Vozidlové systémy

Pod pojmem vozidlové systémy se rozumí telekomunikační zařízení, která jsou přímo vestavěna ve vozidle a předávají dopravní informace přímo řidiči ve vizuální nebo akustické podobě. Takovým zařízením může být například autorádio, navigace nebo palubní počítač. Používané systémy pro takovou distribuci informací jsou eCall, TPEG a RDS-TMC a navigační zařízení.

Systém eCall slouží pro automatické spuštění nouzového volání na tísňovou linku v případě nehody vozidla. Jeho prostřednictvím tedy uživatel nezískává informace z provozu. Důvodem, proč ho zde uvádíme, je možnost využití systému eCall v systémech automatické detekce dopravních nehod, kterými jsme se zabývali v kapitole 3.3.

Systém RDS-TMC patří mezi systémy, které jsou v současnosti v České republice používány.

#### 5.1.1 RDS-TMC

Systém RDS-TMC je v současnosti asi nejpoužívanějším distribučním kanálem pro přenos dopravních informací k řidiči. RDS (Radio Data System) je určen pro přenos doplňkových informací v síti rozhlasových vysílačů v rámci FM modulace. Jedná se o neslyšitelný kanál, který je vysílán společně s rozhlasovým programem. Služby RDS slouží například k zobrazování názvu stanice na rozhlasovém přijímači nebo k automatickému přeladování stanice na vysílač se silnějším signálem. Jednou ze služeb RDS je také TMC (Traffic Message Chanel), což je kanál sloužící k přenosu dopravních informací kódovaných v mezinárodním jazykově nezávislém protokolu Alert-C. Vysílání dopravních informací tak může přijímat i řidič, hovořící jiným jazykem.

Služba TMC je dostupná ve většině zemí EU, jedná se tedy o službu použitelnou napříč Evropou. V České republice je RDS-TMC provozována na síti vysílačů ČRo 3, přičemž zdrojem dopravních dat je JSDI.

Data z TMC jsou ve vozidle zpracována nejčastěji navigačním zařízením, které je může využít pro dynamickou navigaci. Dynamická navigace oproti statické navigaci využívá při volbě trasy právě aktuálních dopravních informací a podle nich volí případné objízdné trasy. Pro správnou funkci je zapotřebí, aby ve vozidle byly všechny součásti RDS-TMC, a to:

- aktuální lokalizační tabulky – lokalizační tabulky jsou databází jednotlivých úseků dopravní sítě označených jednoznačným kódem. Pomocí lokalizačních tabulek může navigace přiřadit dopravní událost ke konkrétnímu silničnímu úseku,
- katalog událostí, což je databáze předdefinovaných dopravních událostí rozříděných do příslušných kategorií a zpráv, které se k nim na navigačním přístroji zobrazují,
- příjem signálu rádiového vysílání – vozidlo musí být v oblasti, kde je pokrytí službou RDS-TMC. Kvalitu signálu lze ovlivnit také správným umístěním přijímací antény.

Struktura informací v TMC je následující:

- místo – kód úseku z lokalizační tabulky,
- událost – typ události, krátká informace o tom, co se stalo. Kód, který odpovídá položce v katalogu událostí,
- doba – předpokládaná doba trvání události,
- směr a rozsah – udává, kterého směru na komunikaci se událost týká a jestli je rozsah události rozšířen i na další komunikace,
- doporučení objížďky – informace, zda se vyplatí daný úsek objet. [12] [13] [14]

Forma distribuce informace k řidiči závisí na konkrétním zařízení, které je ve vozidle ke zpracování informací z RDS-TMC využíváno. Zpráva řidiči může být podána:

- hlasově – zařízení předá informaci v hlasové podobě,
- textově – na displeji zařízení se objeví textová informace,
- graficky – na displeji navigačního zařízení se objeví informace v grafické podobě, například vyznačením piktogramu na mapě.

Hlavními pozitivními přínosy systému distribuce dopravních informací přes RDS-TMC jsou:

- prezentace informace koncovému uživateli závisí na koncovém zařízení. Informace je tedy jazykově i graficky lokalizovaná,

- technologie je rozšířena ve větší části Evropské unie i ve Spojených státech,
- podpora různých typů přijímačů,
- poskytnutí aktuálních a lokalizovaných dopravních informací. Aktuálnost a relevantnost informací závisí spíše na agregačním subjektu poskytujícím informace, lokalizace vychází z možnosti posílat na každý regionální vysílač informace z daného regionu.

Vedle pozitivních přínosů je třeba uvést i nevýhody systému. Mezi hlavní nevýhodu patří nízký objem informací, který lze kanálem přenést, což je dáno malou šířkou frekvenčního pásma RDS, s čímž souvisí i nízká přenosová rychlost kolem 1,1 kbit/s. Z toho pro kanál TMC je vyhrazeno pouhých 37 bit/s. Navigační zpráva vysílaná každou sekundu je tedy omezená velikostí 37 bitů, což klade vysoké nároky na efektivitu kódování [14] [13]. Z toho důvodu se kanálem přenáší jen základní minimální množství dat a finální prezentace uživateli tak závisí hodně na interpretaci koncovým zařízením a aktuálnosti jeho lokalizačních tabulek a katalogu událostí. S tím souvisí další nevýhoda, tedy nutnost mít ve vozidle zařízení podporující RDS-TMC s aktuálními lokalizačními tabulkami a katalogem událostí. V neposlední řadě považuji za nevýhodu určitou rigidnost systému. V současné době je RDS-TMC nastaven na poskytování informací o stavu provozu a případných objížděkách. Pokud by některá nová aplikace, například taková, která by poskytovala informace o obsazenosti parkovišť, chtěla využít RDS-TMC jako distribuční kanál, musela by být do katalogu událostí přidána nová událost. Vzhledem k tomu, že katalog obsahuje pouze standardizované události, zařazení nové by nejspíše trvalo dlouhou dobu.

### **5.1.2 TPEG**

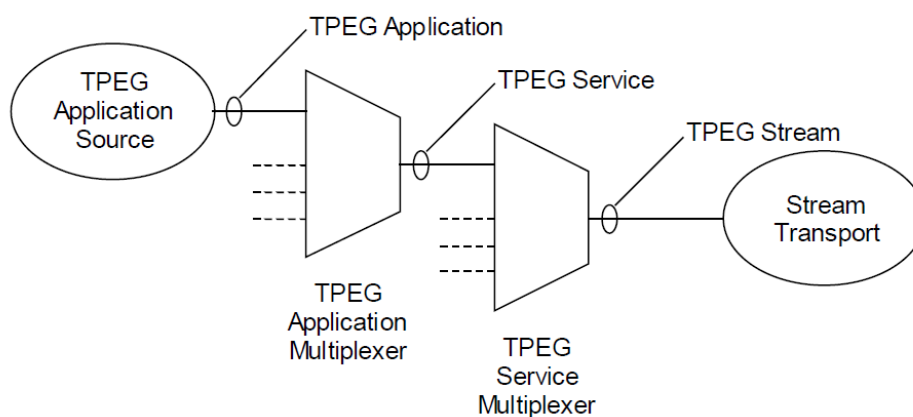
Omezení systému RDS-TMC, která jsem popsal v předchozí kapitole, vedla k nutnosti vývoje lepších komunikačních protokolů a kanálů pro distribuci dopravních informací v reálném čase. TPEG (Transport Protocol Expert Group) je nový standard vyvinutý stejnojmennou skupinou expertů pod vedením Evropské vysílací unie. TPEG částečně vychází z RDS-TMC a řeší některé jeho nevýhody, především co se týče přenosové kapacity a nutnosti rozsáhlých aktualizovaných tabulek na straně přijímače. Do budoucna se počítá se standardem TPEG jako s náhradou za RDS-TMC.

Vývoj systému TPEG je úzce spjat s vývojem digitálního rozhlasového vysílání (DAB), které poskytuje větší šířku pásma pro dodatečné datové služby než FM vysílání a mimo jiné podporuje také jednostranný paketový přenos souborů. Standard TMC, který byl vyvinut

speciálně pro provoz ve velmi limitujícím prostředí RDS, by zásadně nevyužil potenciál, jaký skrývá prostředí DAB. Z toho důvodu založila Evropská vysílací unie projekt TPEG, aby byl vyvinut nový standard pro přenos vysoce kvalitních dopravních informací v reálném čase pro podporu nejrůznějších aplikací v oblasti ITS. Z důvodu řádově vyšší přenosové kapacity DAB oproti FM rádiu není TPEG omezen jako TMC na předem definovaný omezený počet lokalit a událostí.

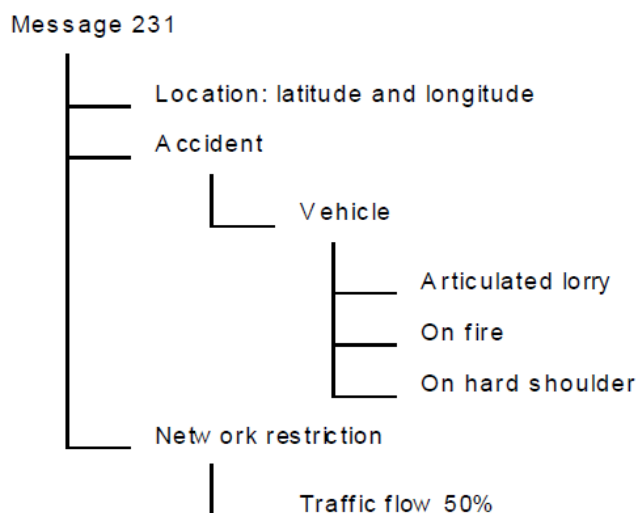
V současné době má TPEG dva formáty. Kromě binárního formátu sloužícího k přenosu dat skrze kanály DAB existuje ještě XML formát zvaný TpegML pro přenos informací přes internet.

Systém TPEG je vystavěn tak, aby umožňoval různým poskytovatelům předávat různé typy informací. Proto byla zvolena dvouvrstvá rámcová architektura systému. V první vrstvě jsou jednotlivé aplikační rámce obsahující různé typy informací sdruženy do transportního rámce, aby v druhé vrstvě byly sdruženy transportní rámce od různých poskytovatelů služeb. Tímto způsobem je složen výsledný stream, který je dále vysílán (viz Obrázek 4). [14]



Obrázek 4: Vytvoření vysílaného streamu TPEG. Zdroj: [14]

Existuje několik standardizovaných aplikací tvořících aplikační rámce v první vrstvě. Jako první byla vyvinutá aplikace RTM (Road Traffic Messages), která má za cíl podávat informace o stavu silniční sítě. Typická zpráva RTM poskytuje informaci o libovolné dopravní události. Zprávy mají hierarchickou strukturu, přičemž s postupem na nižší úroveň se dostáváme na vyšší úroveň podrobnosti. Na nejvyšší úrovni jsou stanoveny základní informace jako lokalita, typ události a dopad na provoz, v dalších úrovních pak mohou být specifikovány podrobnosti, jako je délka kolony, druh dopravní nehody apod. Data v RTM přirozeně reprezentuje stromová struktura, která je navíc snadno převoditelná do TpegML. Schéma stromu RTM znázorňuje Obrázek 5. [14] [15]



Obrázek 5: Stromová struktura zprávy TPEG-RTM. Zdroj: [14]

Další používanou aplikací je TEC (Traffic Event Compact) vzniknuvší víceméně jako náhrada za RTM řešící některé jeho nedostatky. TEC je zaměřen na informace o dopravních událostech, jako jsou nehody, kongesce, práce na silnicích apod. Na rozdíl od RTM, služba TEC indikuje koncovému zařízení, jak má s danou zprávou naložit, tedy má-li zobrazit upozornění, doporučení apod. [16]

Z pohledu projektu ITP, kterému se budu podrobně věnovat v dalších kapitolách, je velmi zajímavá aplikace PKI (Parking Information) zprostředkovávající informace o parkování. V rámci PKI existují dva typy zpráv - statické a dynamické. Statická zpráva obsahuje obecné informace o parkovišti, které se v čase příliš často nemění, tedy například jaká je kapacita parkoviště, kolik se platí za parkování apod. Dynamická zpráva informuje o počtu volných míst na parkovišti. Na nižších úrovních hierarchické struktury zprávy lze pak informace více specifikovat, například pro různé typy vozidel (např. Kolik je na parkovišti volných míst pro autobusy?). [15]

Dalšími standardizovanými aplikacemi pro použití v TPEG jsou:

- PTI (Public Transport Information) zprostředkovává informace o letecké, lodní, železniční, autobusové a městské hromadné dopravě. Umožňuje koncovému zařízení vytvářet alternativní multimodální trasy,
- TFP (Traffic Flow Prediction),
- CTT (Congestion and Travel-Time),
- WEA (Weather).

System TPEG je momentálně provozován na vysílačích DAB v několika zemích Evropy, konkrétně jsou to Belgie, Francie, Německo, Itálie, Nizozemsko, Norsko, Švédsko a Spojené království. Ve všech případech jsou poskytovány základní aplikace RTM nebo TEC. V německé spolkové zemi Bavorsko jsou v provozu i aplikace PKI a TFP [17].

## 5.2 Systémy infrastruktury

Zařízení na infrastruktuře představují jednu z možností předání dopravních informací k řidiči. Výhodou takových distribučních kanálů je, že informace je předána všem řidičům jedoucím po dané komunikaci a distribuce tedy nezáleží na vybavení vozidla. Nevýhodou je nákladnost vybudování potřebných zařízení na infrastruktuře, které se navíc obvykle omezí jen na páteřní komunikace.

Používanými kanály distribuce dopravních informací jsou proměnné informační tabule a proměnné dopravní značky.

### 5.2.1 Zařízení provozních informací

Zařízení dopravních informací (ZPI), někdy označovaná jako proměnné informační tabule, jsou elektronická zařízení poskytující řidičům v reálném čase informace o provozu, výstražné zprávy o mimořádných událostech, stavu dopravy a stavu počasí na konkrétním úseku před vozidlem, dále informace o době dojezdu a další užitečné informace. Slouží ke zvýšení bezpečnosti provozu, regulaci dopravy a lepší informovanosti řidičů.

Informace na ZPI jsou ve formě piktogramu nebo textu majícího rozsah až 3 řádků po 15 znacích, jak zachycuje Obrázek 6.

Publikované informace lze rozdělit do čtyř základních skupin (dle [18]):

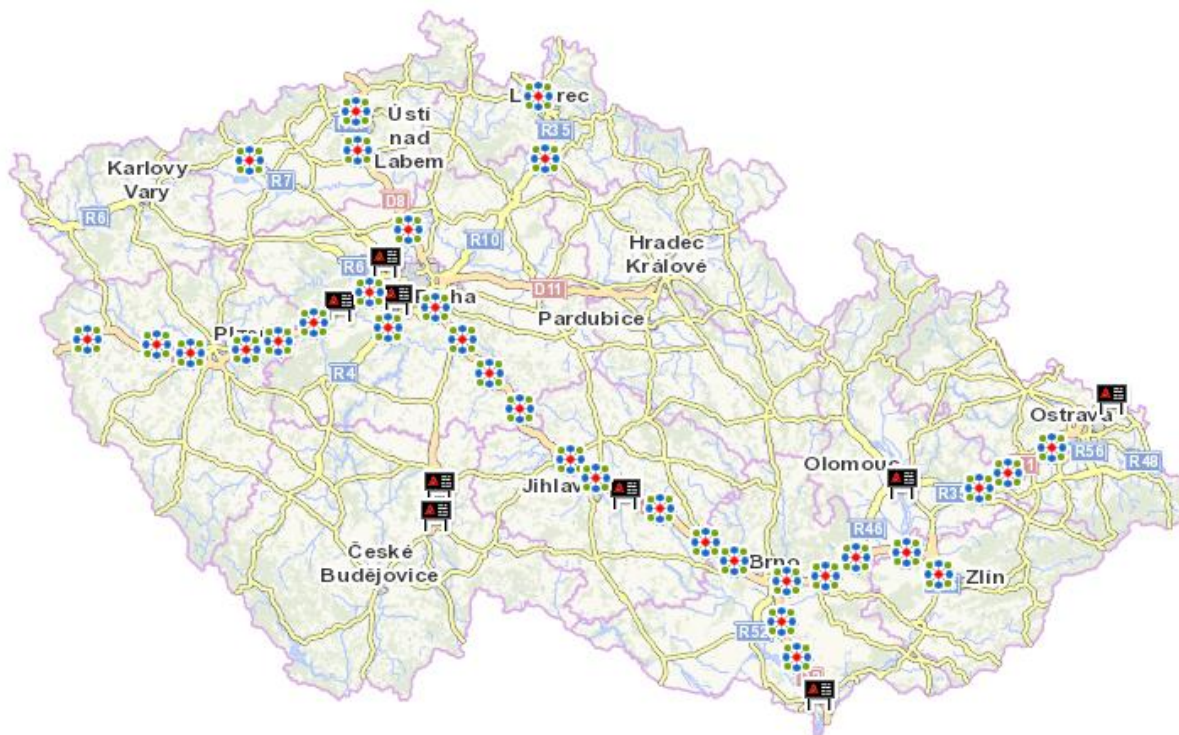
- předem plánované události (uzavírka, práce oprav a údržby, stavební práce),
- nepředvídatelné situace (nehoda, překážka provozu, odstavené vozidlo, atd.),
- vliv povětrnostních podmínek (vítr, viditelnost, srážky, sjízdnost),
- zvýšené intenzity provozu (silný provoz, tvorba kolon).



Obrázek 6: ZPI na dálnici v České republice. Zdroj: [18]

V klidových situacích jsou na některých tabulích zobrazovány odhady dojezdových časů do vzdálených cílů (doba jízdy). Odhad doby jízdy jsme popsali v kapitole 3.1. Jelikož doba jízdy závisí na dopravní situaci před řidičem, zprostředkovává řidiči nepřímo i tuto informaci. Mimoto jsou v dobách klidu zobrazovány různá obecná upozornění nebo „rady“ řidičům, např. „Dodržujte bezpečnou vzdálenost“ a „Jezděte opatrně“.

Počet proměnných informačních tabulí v České republice neustále roste a to jak v extravilánu, tak v intravilánu. Jejich výskyt se však omezuje pouze na některé dálnice a rychlostní silnice, na většině hlavních tahů pokrytí informačními tabulemi zcela chybí, viz Obrázek 7. Doplnění infrastruktury o další informační tabule znamená vysoké investiční náklady, a tudíž nevýhodu tohoto distribučního kanálu oproti ostatním možnostem.

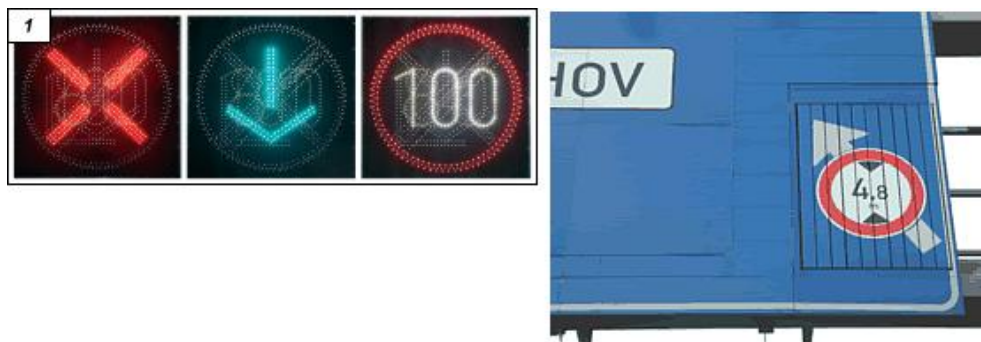


Obrázek 7: Mapa ZPI v České republice. Zdroj: [18]

### 5.2.2 Proměnné dopravní značky

Proměnné dopravní značky (PDZ) jsou součástí liniového řízení dopravy a umí zobrazit jen několik předem definovaných symbolů. Zatímco ZPI mají především informační charakter, PDZ slouží většinou jako zákazové (např. omezení rychlosti, zákaz předjíždění, zákaz vjezdu), příkazové (např. příkázaný směr jízdy), nebo navigační dopravní značky, které mění svůj význam podle dopravní situace. Typicky jsou používány pro zabránění vjezdu do tunelu a navigování na objízdné trasy během odstávky, nebo mimořádné události v tunelu. V případě potřeby snižují nejvyšší povolenou rychlost (např. kvůli zhoršeným povětrnostním podmínkám, nebo při zvýšené intenzitě provozu jako součást liniového řízení dopravy), zakazují předjíždění nebo snižují počet jízdních pruhů. Příklady vzhledu PDZ jsou na Obrázek 8.





Obrázek 8: Příklady PDZ. Vlevo světelná [19], vpravo s otočnými lamelami [20].

### 5.3 Počítačové systémy

Jako distribuční kanál pro přenos informací k řidičům mohou posloužit počítačová zařízení, která mnoho řidičů každodenně využívá i během cesty. Konkrétně se jedná o zařízení typu mobilní telefon, tablet či notebook. Řidiči tato zařízení využívají pro lepší informovanost o dopravní situaci, jako navigační zařízení, nebo jako komunikační a zábavní prostředek. Výhodou těchto zařízení je stejně jako u vozidlových systémů skutečnost, že řidič má zařízení neustále při sobě a dopravní informace jsou mu tak kdykoliv k dispozici. Informovanost řidiče tedy nezávisí na vybavení infrastruktury. Nevýhodou tohoto způsobu distribuce informací z pohledu řidiče jsou náklady na datový přenos pomocí služeb mobilního internetu.

#### 5.3.1 Typy zařízení

Počítače a notebooky lze využít především pro zjištění pre-trip informace, tedy ještě před začátkem samotné cesty. Pro získávání on-trip informací během cesty bývají nahrazovány menšími zařízeními typu mobilní telefon nebo tablet. Nicméně i notebook může být využit pro získání on-trip informace v případě, že jej využívá aktivní spolujezdec.

Mobilní telefony a tablety jsou zařízení stále častěji využívaná pro mnoho činností, které umožňuje internetové připojení. Vyšší dostupnost mobilního připojení k internetu a současně snižující se ceny chytrých telefonů a tabletů způsobují, že stále více řidičů tato zařízení vlastní a každodenně používá. Tato zařízení lze díky jejich velikosti s výhodou použít jako distribuční kanál pro on-trip informace.

#### 5.3.2 Distribuce informací pomocí mobilních zařízení

Pro získání informací pomocí zmíněných zařízení je využíváno množství aplikací, které umožňují řidičům získat potřebné informace rychle a efektivně. Informace může být předána prostřednictvím nativní či hybridní aplikace nebo pomocí mobilního responzivního webu.

- Nativní aplikace jsou vytvářené speciálně pro konkrétní platformu operačního systému (např. Android, iOS) a hardware. Jsou rychlé, spolehlivé a umožňují využít hardwarové schopnosti zařízení (např. GPS modul, fotoaparát).
  - Hybridní aplikace lze vyvinout pouze jednou a poté ji kompilovat pro různé platformy. Jejich výhodou jsou nižší náklady na vývoj a správu celého životního cyklu aplikace pro různé platformy. Nevýhodou jsou různá funkční omezení, která s sebou hybridní vývoj přináší.
  - Mobilní responzivní web využívá široce podporovaných standardů HTML5 a CSS3 a je tak funkční napříč všemi platformami. Responzivní webová stránka má vytvořené rozložení pro různé velikosti obrazovky či displeje. Server automaticky detekuje typ zařízení a podle něj volí rozložení stránky, do nějž vloží univerzální obsah. Výhodou mobilního webu je, že lze rychle a jednoduše implementovat změny.
- [21]

### 5.3.3 Mobilní aplikace v České republice

V České republice je v provozu mobilní aplikace NDIC jménem Dopravniinfo.cz. Aplikace poskytuje informace o provozu na dálnicích v reálném čase včetně záběrů z dopravních kamer. Je dostupná pro operační systémy Android, iOS a Windows. K dispozici je také ve formě mobilního responzivního webu.

Další aplikací dostupnou řidičům je mobilní verze webových stránek systému RODOS, který jsme popsali v kapitole 4.2.

## **6 Návrh distribučního kanálu pro výzkumný projekt „Zvýšení využití parkovací kapacity na dálnicích za použití predikčních modelů“**

V předešlých kapitolách této práce jsem se věnoval obecně systému distribuce dopravních informací podle načrtnutého schématu obsahujícího zdroje informací, agregaci a distribuční kanály. Nyní se přesunu od obecného popisu ke konkrétnímu projektu s dlouhým názvem „Zvýšení využití parkovací kapacity na dálnicích za použití predikčních modelů“. Zkrácený název je „Inteligentní parkoviště“, budu používat také zkratku ITP (Intelligent Truck Parking). Po představení projektu provedu rešerši obdobných systémů v zahraničí. Pak se již zaměřím na popis jednotlivých částí celého projektu. Postupně se dostanu až k distribuci informací a návrhu distribučního kanálu.

### **6.1 Smysl projektu**

Projekt Inteligentní parkoviště se zabývá velmi aktuální problematikou nedostatku parkovacích míst pro těžká nákladní vozidla (TNV), s nímž se potýká celá silniční a dálniční síť České republiky. Na dálnicích se často setkáváme i s parkováním přímo na nájezdech k odstavným parkovištím a čerpacím stanicím, či na jejich výjezdech. Vysoká intenzita TNV a nutnost odstavit vozidlo z důvodu povinné přestávky či z jiného důvodu, způsobuje přeplněnost parkovišť, a proto je informace o volných parkovacích místech velmi cenná. Cílem projektu je vývoj systému, který ze vstupních dat z mýtného systému a čidel na parkovištích dokáže predikovat obsazenost jednotlivých parkovacích míst a tuto informaci pak vhodnou formou distribuuje přímo řidičům TNV.

#### **6.1.1 Důvody pro řešení problematiky**

Důvody pro řešení projektu ITP souvisí s aktuální situací provozu TNV na českých silnicích a dálnicích. Dle [21] jsou to zejména:

- vysoká intenzita TNV v České republice a s tím související vytiženost parkovišť,
- vysoké procento dopravních nehod je způsobeno únavou řidičů z důvodu nedodržování povinných přestávek na odpočinek,
- neefektivní využívání kapacity parkovacích ploch,
- nedostatek informací o kapacitách a aktuálně volných místech na parkovištích,
- objížďení dálnic a hledání parkovacího místa, které má za následek přenos negativních vlivů nákladní automobilové dopravy na lokální komunikace a do obcí,
- zjištění potřeby výstavby nových parkovišť.

### **6.1.2 Cíle projektu**

Cílem projektu ITP je využít stávající informace o dopravním proudu z provozovaných telematických systémů, přesněji ze systému výběru elektronického mýta, a pomocí vhodného dopravního modelu, který je také součástí projektu, z těchto dat predikovat obsazenost parkovišť na dálnicích těžkými nákladními vozidly. Výsledné predikce mají být následně pomocí vhodných distribučních kanálů předávány přímo řidičům. Tím by bylo usnadněno jejich rozhodování při výběru parkovacího místa, zvýšila by se jejich informovanost a došlo by ke zvýšení bezpečnosti a plynulosti provozu, neboť mnoho nehod je způsobených únavou řidiče.

System ve výsledku zvyšuje kapacitu stávajících parkovacích ploch a dává tím prostor ke snížení investičních nákladů souvisejících s výstavbou nových parkovacích míst. Výstupy modelu mohou zároveň sloužit jako podklad pro určení vhodných oblastí pro vybudování nových parkovacích míst. [21]

### **6.1.3 Předpokládané přínosy zavedení systému**

Předpokládané přínosy zavedení systému ITP jsou rozděleny podle jednotlivých účastníků dopravního systému, kterými jsou:

- řidiči nákladních vozidel,
- provozovatelé parkovišť,
- stát,
- správce dopravní infrastruktury.

#### **6.1.3.1 Přínosy systému z pohledu řidičů nákladních vozidel**

Z pohledu řidiče nákladního vozidla je přínosem především znalost obsazenosti parkovacích míst v době očekávaného příjezdu k parkovišti. S tím souvisí snížení rizika vzniku stresových situací v důsledku hledání parkovacího místa, tím pádem i zvýšení komfortu jízdy a vyšší pravděpodobnost nalezení volného místa k zaparkování. V neposlední řadě systém umožní řidiči efektivnější plánování tras spojené s úsporou energie a času.

#### **6.1.3.2 Přínosy systému z pohledu provozovatelů parkovišť**

Z pohledu provozovatele parkoviště je hlavním přínosem eliminace problémů spojených s překročením kapacity parkoviště, které se týkají bezpečnosti a plynulosti provozu a také spokojenosti samotných řidičů.

### 6.1.3.3 Přínosy zavedení systémů z pohledu státu

Z pohledu státu jsou hlavními přínosy snížení externalit automobilové nákladní dopravy, zejména:

- externalit vzniklých kvůli dopravním nehodám,
- externalit vzniklých z důvodu sjíždění nákladních vozidel mimo dálniční síť.

Dalším přínosem pro stát jsou úspory na výstavbu a údržbu dálniční infrastruktury, neboť díky efektivnějšímu způsobu využití parkovacích ploch se sníží potřeba budovat nová parkoviště.

### 6.1.3.4 Přínosy z pohledu správce komunikace

Z pohledu správce komunikace se přínosy systému týkají efektivnějšího plánování výstavby nových parkovacích ploch na dálniční síti a snížení počtu dopravních opatření nutných realizovat z důvodu budování nových parkovacích míst.

## 6.2 Distribuce informací o parkování v zahraničí

Systémy poskytování informací o parkování řidičům nákladních vozidel jsou již v provozu v různých zemích světa. Tyto systémy obvykle provozuje správce komunikací v dané zemi, a tak se zdroje dat o parkování a používané distribuční kanály v jednotlivých systémech liší. Kromě národních systémů existují také systémy, které jsou provozovány různými mezinárodními institucemi – nazývejme je tedy mezinárodními systémy. K nim lze zařadit i aplikace fungující jako sociální síť pro řidiče kamionů.

### 6.2.1 Mezinárodní systémy

Jedná se o webové aplikace, které mohou řidiči poskytnout informaci pre-trip, tedy ještě před započnutím jízdy. Příkladem takové aplikace je portál **Truckinform**, který vznikl v rámci projektu SETPOS financovaného Evropskou komisí. Momentálně obsahuje databázi s přibližně 2800 parkovišti ve 40 evropských zemích. Web může zobrazovat na mapě jednotlivá parkoviště a k nim detailní informace a to jak statické informace o parkovišti, tak dynamické informace o obsazenosti parkoviště. Další částí portálu je rezervační systém, který umožňuje online rezervaci parkovacích míst na vybraných parkovištích, která poskytují takovou službu. V současné době je však portál Truckinform mimo provoz, údajně z důvodu nekompatibility systému s novou verzí Google Maps. Navíc je v současnosti celý web nabízen k prodeji. O jeho budoucím možném využití lze tedy s úspěchem pochybovat.

[22]

Dalším mezinárodním informačním portálem je **TRANSPark** provozovaný Mezinárodní silniční unií. Tento portál obsahuje databázi parkovišť z celého světa, přičemž nová parkoviště mohou vkládat samotní uživatelé. Web poskytuje pouze statické informace o parkovišti včetně uživatelských referencí. Jeho nespornou výhodou oproti portálu Truckinformu je fakt, že je v současné době v provozu [23].

Kromě výše uvedených webových portálů mohou řidiči využít také mobilní aplikaci **Truck Parking Europe** dostupnou pro iOS a Android. Aplikaci vyvinula firma PTV Group a jedná se vlastně o sociální síť řidičů kamionů. Databázi parkovišť vytváří samotní řidiči, takže obsahuje nejen oficiální parkovací místa pro kamiony, ale také různá neoficiální místa, která řidiči využívají. Aplikace poskytuje informaci on-trip, tedy na základě aktuální polohy zařízení a zvolené trase vybírá nejbližší parkoviště. Kromě statických informací o parkovišti je poskytována i informace o obsazenosti parkovacích míst na základě reportů od samotných řidičů [24].

### 6.2.2 Národní systémy

Do národních systémů řadíme takové systémy, které jsou přímo provozovány oficiálními orgány spravujícími silniční infrastrukturu. Tyto systémy mohou využívat distribučních kanálů národních agregátorů dopravních informací, přičemž zdrojem dat mohou být různé detektory na infrastruktuře. Systémy se obvykle zaměřují především na poskytování informace on-trip. Používanými distribučními kanály jsou zařízení na infrastruktuře, tedy proměnné dopravní značky a informační tabule, mobilní aplikace a webové stránky pro pre-trip informace. Nyní uvedu příklady několika národních systémů ve vybraných evropských zemích.

#### 6.2.2.1 Francie

Francouzskou dálniční síť spravují různé společnosti, takže zde nenalezneme jednotný systém informování řidičů o možnostech parkování pro celou Francii. Jednotlivé systémy, které se ve Francii vyskytují, používají jako distribuční kanál proměnné dopravní značky. Jako příklad lze uvést systém společnosti SAPN na dálnici A13 v severní části Francie, který byl implementován ve spolupráci s firmou Tinynode. Řidiči jsou o volných místech informováni pomocí proměnných dopravních značek (Obrázek 9), které jsou vždy umístěny před parkovištěm a ukazují počet aktuálně volných míst na daném parkovišti a dvou následujících parkovištích. Informace o volných místech je získávána z bezdrátových detektorů umístěných přímo ve vozovce pod jednotlivými parkovacími místy. [25] [26]



Obrázek 9: Proměnná dopravní značka společnosti SAPN zobrazující počet volných míst na parkovištích. Zdroj: [27]

Na dálnicích provozovaných skupinou VINCI se postupně zavádí do provozu podobný systém využívající také technologii firmy Tinynode. Odlišné jsou proměnné dopravní značky (Obrázek 10), které mohou zobrazovat kromě počtu volných míst i slovní informaci s omezeným počtem znaků (např. „LIBRE“ tj. „VOLNO“) [26] [28].



Obrázek 10: Proměnné dopravní značení na dálnicích skupiny VINCI ve Francii. Zdroj: [26]

### 6.2.2.2 Rakousko

V Rakousku provozuje systém inteligentního parkování státní společnost Asfinag spravující celou rakouskou dálniční síť. Pilotní projekt byl zahájen v roce 2010 na dálnicích v okolí Vídně. Obsazenost parkovišť je zjišťována pomocí videodetekce, přičemž záběry z kamer jsou zároveň přístupné na webu online a obohacují tak pre-trip informaci poskytovanou uživatelům. Detekce obsazenosti pomocí videa však není automatická. Na základě záběrů z kamer vyhodnocují obsazenost parkoviště operátoři dispečinku ve Vídni [29].

Poskytovaná informace je vždy pouze dvouhodnotová slovní zvýrazněná barvou (obsazeno - červená / volno - zelená). Jako distribuční kanál se využívají proměnné dopravní značky (Obrázek 12) a proměnné informační tabule (Obrázek 11), které zobrazují aktuální obsazenost na dvou či třech následujících parkovištích [29].



Obrázek 11: Proměnná dopravní tabule zobrazující informaci o obsazenosti parkoviště v Rakousku. Zdroj: [26]



Obrázek 12: Proměnné dopravní značení zobrazující informaci o obsazenosti parkoviště v Rakousku. Zdroj: [29]

Pro lepší informovanost řidičů byla přímo firmou Asfinag vyvinuta aplikace Unterwegs obsahující různé dopravní informace (stav provozu, uzávěrky, práce na silnici, parkoviště apod.), které jsou řidičům poskytovány během jízdy. V aplikaci jsou zobrazeny statické informace k parkovištím na dálnici a pro vybraná parkoviště je dostupná i informace o aktuální obsazenosti. Mobilní aplikace tedy slouží jako další distribuční kanál systému inteligentního parkování. [30]

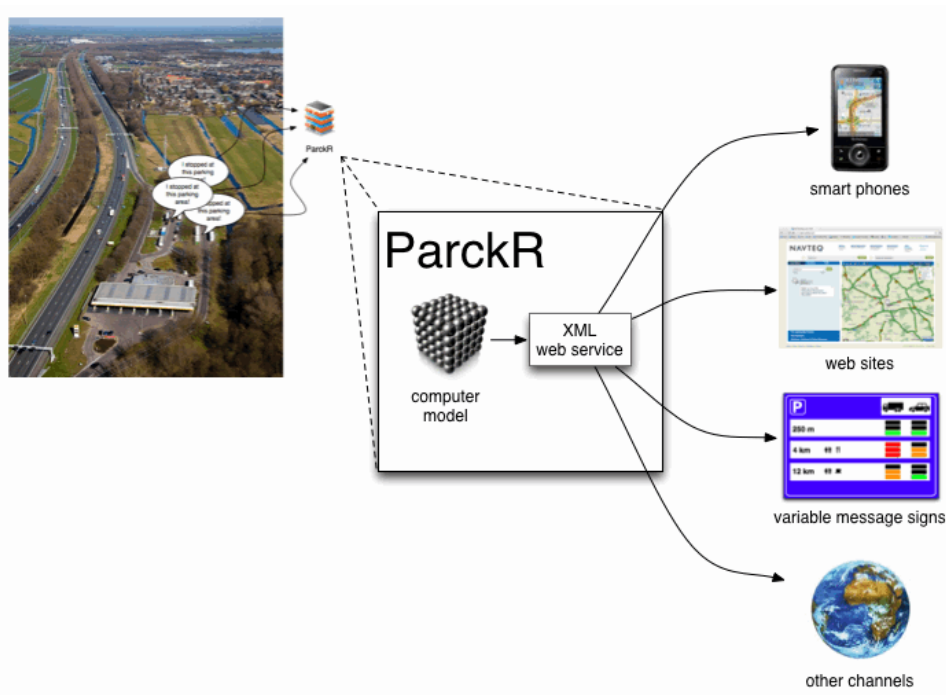
Momentálně je informace o obsazenosti parkovacích míst v Rakousku dostupná pro parkoviště na dálnicích a rychlostních silnicích v okolí Vídně a od roku 2013 také v okolí Linze [31] [32].



### 6.2.2.3 Nizozemsko

V Nizozemsku vznikl v roce 2011 projekt inteligentního parkování pod názvem ParckR. V současnosti se jedná o jediný systém inteligentního parkování, který má poskytovat kromě aktuální i predikovanou obsazenost parkovacích míst. Systém pokrývá 20 parkovacích areálů nacházejících se na dálnicích v okrese Brabant. Zdrojem dat pro systém jsou data z plovoucích vozidel (FVD). Predikce se počítají na základě analýzy časových řad z historických FVD [33]. Podle [34] je od roku 2014 navíc zaváděna i technologie firmy Tinynode známá z Francie a spočívající v umístění bezdrátových detektorů pod parkovací místa.

Distribuce informace by měla využívat souběžně několika kanálů, jak znázorňuje Obrázek 13. Těmi kanály jsou mobilní aplikace ParckR, web pro pre-trip informace, proměnné dopravní značky a další kanály. Pilotní provoz demonstrující funkčnost systému probíhal v roce 2012. Současný stav (listopad 2014) distribučních kanálů je takový, že všechny odkazy vedoucí na web s pre-trip informacemi jsou nefunkční a mobilní aplikace není nikde k sehnání (viz [35]). K údajným proměnným dopravním značkám nelze dohledat žádné informace. Projekt ParckR je nyní ve fázi dalšího vývoje a chystá se jeho spuštění, což lze usuzovat dle existence webových stránek [36], které se tváří jako nová prezentace projektu. Ambicí projektu je rozšířit oblast působení na celou oblast Beneluxu, část Německa a severní Francie.



Obrázek 13: Schéma projektu inteligentního parkování v Nizozemsku ParckR. Zdroj: [35]

## 6.3 Popis projektu Inteligentní parkoviště

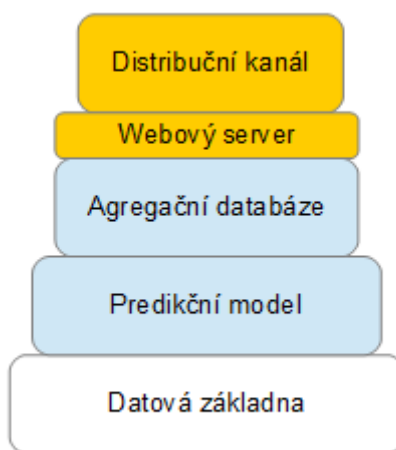
Výše jsem podal přehled o situaci obdobných projektů v zahraničí. Nyní se již zaměřím na strukturu systému Inteligentní parkoviště.

### 6.3.1 Architektura systému

Architektura systému ITP propojuje datovou základnu, predikční model, agregační databázi a distribuční kanály pro distribuci informací koncovým uživatelům. Systém se tedy skládá z několika základních vrstev, jak znázorňuje Obrázek 14:

- **vrstva datové základny** tvoří především data ze systému výběru elektronického mýta, dále data z detekčních čidel na parkovištích a z dalších zdrojů,
- **predikční model**, který na základě dat z datové základny vypočítává pravděpodobnou obsazenost parkovacích ploch na dálnici,
- **agregační vrstva** zpracovává a uspořádává výstupy predikčního modelu a připravuje informaci distribuovanou koncovému uživateli,
- **webový server** tvoří rozhraní pro komunikaci mezi agregační databází a vrstvou distribuce informací,
- **vrstva distribuce informací** zpracovává výstupy agregační vrstvy do vhodné, lidsky srozumitelné formy a informaci předává koncovým uživatelům.

Následuje popis jednotlivých vrstev systému.



Obrázek 14: Vrstevnatá architektura systému ITP.

### 6.3.2 Vrstva datové základny

Subsystém datové základny sdružuje data z různých zdrojů, a to jak data historická, tak aktuální. Data jsou ukládána do databáze postavené na technologii Oracle 11g a jsou předzpracována tak, aby nad nimi bylo možné postavit predikční model. Jedná se především

o výpočet jízdních dob jednotlivých detekovaných vozidel a výpočet intenzit v každém sledovaném mytném úseku.

Data jsou čerpána z různých zdrojů. Primárním zdrojem jsou transakční data systému elektronického mýta, a to:

- **historická data**, která jsou jednorázově dávkově nahrána do databáze,
- **aktuální data**, která jsou do provozní databáze zasílána online,
- **telematická data** (rychlost a složení dopravního proudu), která jsou do provozní databáze nahrávána dávkově.

Při každé mytné transakci (tj. při projetí vozidla mytnou bránou) je vytvořen záznam obsahující údaje o zpoplatněném úseku a o vozidle. Na kontrolních mytných branách jsou detekovány i rychlostní profily a složení dopravního proudu. Údaje jsou zasílány do databáze ITP v anonymizované podobě. Místo registrační značky vozidla je přenášen pouze identifikátor OBU, který pak slouží ke spárování jednotlivých transakcí, z čehož se vypočítávají doby jízdy jednotlivých vozidel.

Sekundární zdroje dat slouží ke kalibraci a ověření funkce modelu. Jsou to:

- **data z detekčních čidel** umístěných na vjezdu a výjezdu vybraných parkovišť,
- **data z manuálního sčítání dopravy** na vybraných parkovacích plochách,
- **data z automatického sčítání dopravy** na vybraných parkovacích plochách z vozidla mobilního dohledu mytného systému,
- **ostatní dopravní data**, např. data z dopravních senzorů na dálnicích.

Detekční čidla byla umístěna na sloupech veřejného osvětlení na dvou vybraných parkovištích dálnice D5 z důvodu kalibrace a validace predikčního modelu. Senzory Wavetronix SmartSensor HD SS125, pracující na Dopplerovském principu v pásmu 24 GHz, byly umístěny vždy na vjezdu a výjezdu z parkoviště, a zaznamenávaly průjezdy všech vozidel včetně určení jejich délky, na základě které bylo možno vozidla kategorizovat. [21] [37] [38]

### 6.3.3 Predikční model

Predikční subsystém, který tvoří jádro celého systému, je napojen na datovou základnu, nad kterou realizuje vlastní predikční algoritmy.

Predikce jsou počítány v systému odvozeném na základě plně formalizované statistické metodologie. V jádru celého přístupu je skutečnost, že veličina, kterou je zapotřebí

predikovat, tj. počet volných parkovacích míst, je přímo nepozorovatelná. Predikci této veličiny je třeba konstruovat na základě algoritmů korektně odvozených z modelů pro časové řady veličin pozorovatelných. V podstatě jde o odhad z modelu stavového typu, který se řeší v několika krocích.

Nejprve je zkonstruována proxy veličina pro latentní počet vozidel parkujících na daném parkovišti v daném okamžiku. Pro proxy veličinu je vybudován statistický model kompletně popisující její dynamické a pravděpodobnostní chování. Neznámé parametry modelu jsou odhadnuty ze souboru historických dat z mýtného systému. Po statisticky náročnějším odhadu parametrů z historických dat je model zafixován a používán k již jednoduše dostupným predikcím s parametry fixovanými na odhadnutých hodnotách.

Vyvíjený model musí zohledňovat podstatné rysy chování počtu parkujících vozidel, a to:

- **periodicitu počtu parkujících vozidel** – analýzou historických dat se prokázala existence jak denní, tak týdenní periodické složky včetně jejich interakce (tj. proměnlivý tvar denní periody pro různé dny v týdnu),
- **závislost na bezprostřední minulosti** – informace o parkování může na základě aktuální situace výrazně vybočovat z dlouhodobého periodického chování,
- z praktických důvodů musí model umožňovat snadný a rychlý výpočet predikcí pro mnoho predikčních horizontů v online režimu.

Z mnoha důvodů je model konstruován jako Markovovský Poissonovského typu. Z odhadnutého modelu je odvozen pomocí teorie Markovovských řetězců způsob výpočtu predikce počtu vozidel parkujících na daném parkovišti pro sadu časových horizontů. Predikce počtu volných míst se získávají jako rozdíl kapacity parkoviště a predikce počtu parkujících, a to pro každý z potřebných horizontů.

Predikční model je v současnosti implementován jako skript ve statistickém softwaru „R“. Model pracuje pro minimální a maximální časové horizonty 5 minut až 15 minut, s časovým krokem 5 minut. [21] [37] [38]

#### **6.3.4 Agregační vrstva**

Výstupy predikčního modelu jsou v agregační vrstvě uspořádány do struktury relační databáze, kde jsou dále dostupné pro distribuci ke koncovým uživatelům. Databáze je postavena na technologii Oracle 11g.

Na nižší hladině podrobnosti můžu strukturu databáze popsat podle jednoduchého relačního modelu obsahujícího 3 základní tabulky. Tabulku dálnic, tabulku parkovišť a tabulku predikcí.

Tabulka dálnic je de facto číselníkem všech dálnic v České republice. Obsahuje statické informace o dálnicích, jako jsou označení, začátek, konec a délka dálnice. V tabulce parkovišť jsou dostupné statické informace o parkovišti, konkrétně o jeho GPS poloze, maximální kapacitě, čerpací stanici, která se na parkovišti nachází, případně další statické informace.

Ke každému parkovišti jsou v pravidelných intervalech 10 minut predikčním modelem vypočítávány predikce obsazenosti v několika predikčních horizontech a výsledky jsou ukládány do tabulky predikcí obsazenosti. Databáze udržuje celou historii výpočtů predikovaných obsazeností pro potřeby zpětné verifikace a validace predikčního modelu.

Tabulka s predikcemi obsahuje parametry:

- **ID parkoviště** jako primární klíč,
- **datum a čas aktualizace ( $t_U$ )**,
- **predikční horizonty** – maximální predikční horizont je 150 minut. Predikční horizonty jsou rozdělené po 5 minutách a počítají se od posledního času aktualizace  $t_U$ ,
- **predikovaný stav obsazenosti ( $Obs(t_F)$ )** – vypočítaná predikovaná obsazenost pro daný horizont na základě predikčního modelu,
- **čas expirace  $t_E$**  – po času expirace již není možné použít predikované stavy obsazenosti a uživateli je nutno předat zprávu o nedostupnosti informace. Čas expirace se vypočítá jako z času  $t_U$  přidáním 15 minut.

Tabulka 1 zachycuje modelový příklad dat v tabulce predikcí.

ID parkoviště	$t_U$	$t_F$	Obs( $t_F$ )	$t_E$
101	1.11.2014 10:00	1.11.2014 10:05	21	1.11.2014 10:15
101	1.11.2014 10:00	1.11.2014 10:10	24	1.11.2014 10:15
101	1.11.2014 10:00	1.11.2014 10:15	25	1.11.2014 10:15
101	1.11.2014 10:00	1.11.2014 10:20	28	1.11.2014 10:15
101	1.11.2014 10:00	1.11.2014 10:25	27	1.11.2014 10:15

Tabulka 1: Základní struktura tabulky s predikcemi obsazeností parkovišť

Součástí databáze jsou dále databázové procedury, které slouží k výsledné agregaci informací a k přípravě dat pro distribuční kanál. Na základě vstupních dat od uživatele

získávají data ze zmíněných tabulek a z nich pak vytvoří výstupní soubor ve formátu XML. Procedury vrací buď seznam dálnic, pro které jsou dostupné predikce, nebo predikce a statické informace pro jednotlivá parkoviště. Podrobnější popis předávaných informací bude uveden v kapitole 6.6.2. [21] [37] [38]

## 6.4 Požadavky kladené na dopravní informace o parkování a jejich distribuci

Distribuční kanál je velice důležitou součástí celého systému inteligentního parkování. Pokud bude predikční model poskytovat přesné informace o obsazenosti parkovacích míst, ale tyto informace nebudou řidičům správně, srozumitelně a včas předány, celý systém pozbyde na významu. Distribuční kanál tedy musí splnit takové požadavky (dle [21]), aby distribuovaná informace byla:

- **přehledná** – řidič musí být schopen co nejrychleji rozeznat obsah informace. Při řízení vozidla obvykle nemá čas na dlouhé luštění složitých nápisů. Forma předávané informace musí být tedy natolik srozumitelná a intuitivní, aby neohrozila bezpečnost řidiče,
- **aktuální** – smyslem systému je předávat řidiči predikované hodnoty obsazenosti, které jsou co nejbližší skutečnému stavu v čase dojezdu. Z logiky predikčního modelu vyplývá, že predikce pro bližší časové horizonty jsou vždy přesnější než pro ty vzdálenější. Je proto žádoucí, aby zpoždění mezi výpočtem predikce a distribucí výsledku k řidiči bylo co nejnižší,
- **jazykově nezávislá** – po českých dálnicích nejezdí pouze řidiči hovořící českým jazykem. Je proto nezbytně nutné, aby obsahu informace rozuměli i řidiči ostatních národností. Nabízí se tedy distribuce informace ve formě obecně srozumitelného symbolu či barvy, nebo číslice sdělující počet volných míst. Takové formy distribuce informace jsou mezinárodně srozumitelné,
- **spolehlivá** – predikční algoritmus musí být neustále aktualizován, aby mohla být informace doručována řidičům po celý den,
- **přesná** – rozdíl mezi predikovanou a skutečnou obsazeností v době příjezdu řidiče na parkoviště musí být minimální. Pokud by rozdíl byl příliš velký, snížila by se důvěra řidičů vůči systému,
- **dostupná** – distribuovaná informace by měla být přístupná všem řidičům nákladních vozidel,

- **spojitá** – předávaná informace by měla být dostupná bez přerušení, tj. predikční model by měl kontinuálně vyhodnocovat obsazenost a informace by měla být neustále předávána řidičům,
- **integritní** – v případě výpadku či poruchy systému o tom musí být řidič zpraven. Nesmí dojít k tomu, že v případě poruchy bude řidiči předávána nesprávná informace.

## 6.5 Volba distribučního kanálu vhodného pro projekt ITP

V kapitole 6.4 jsem popsal požadavky kladené na distribuci informace řidiči nákladního vozidla, které nyní zohledním při volbě vhodného distribučního kanálu. Distribuční kanály jsem v kapitole 5 rozdělil do tří skupin. Nyní se spolu s [21] zamyslím nad tím, který typ distribučního kanálu bude pro projekt ITP nejvhodnější.

- **Vozidlové systémy** jsou vhodným distribučním kanálem. Informace se zobrazuje řidiči přímo na obrazovce navigačního zařízení na palubní desce, nebo na displeji přídatného zařízení. Informace není vázaná na infrastrukturu, řidič má zařízení neustále u sebe a může se tak na obsazenost parkovišť kdykoliv podívat. Distribuční kanál tak splňuje požadavky na aktuálnost, spolehlivost a dostupnost. Vozidlové systémy popsané v kapitole 5.1 jsou navíc jazykově nezávislé. Nevýhodou této varianty je nutnost standardizace informace o parkování v rámci RDS-TMC, což vyžaduje dlouhou dobu, nebo použití technologie TPEG-PKI, která v České republice není vůbec dostupná. Nicméně je smysluplné o tomto způsobu distribuce informace uvažovat v dlouhodobějším horizontu fungování projektu.
- **Systémy vázané na infrastrukturu** jsou řešením distribuce informací, které je často nasazováno v zahraničí, jak jsme se přesvědčili v kapitole 6.2.2. Výhodou tohoto řešení je, že řidič nepotřebuje žádné speciální zařízení nebo software. Informace je jednoduše dostupná všem prostřednictvím proměnných informačních tabulí nebo proměnných dopravních značek. Toto řešení však klade vysoké nároky na vybavení infrastruktury. V České republice je pokrytí silniční sítě ZPI stále nedostatečné (viz 5.2.1). Vybudování dostatečného množství ZPI či PDZ tak, aby alespoň před každým parkovištěm bylo možné předávat informaci o jeho obsazenosti a o obsazenosti následujících parkovišť by vyžadovalo investici značných finančních prostředků ze státního rozpočtu a budování by také jistě zabralo dlouhou dobu. Další nevýhodou je

fakt, že předání informace je vázáno na konkrétní místo na infrastruktuře a řidič tak nemá informaci kdykoliv k dispozici.

- **Počítačové systémy** mají stejné výhody, jako jsme uvedli u vozidlových systémů. Uživatel má zařízení (tablet, mobilní telefon) stále u sebe a informace je mu tak kdykoliv dostupná. Implementace tohoto řešení je flexibilně realizovatelná, navíc s možností jednoduché a rychlé změny v závislosti na nově zjištěných skutečnostech. Vhodným uživatelským rozhraním je mobilní responzivní web nebo nativní aplikace.

Z výše uvedených důvodů s přihlédnutím k realizačním možnostem byl jako vhodný distribuční kanál pro projekt ITP zvolen způsob distribuce informací pomocí mobilní nativní aplikace pro zařízení s operačním systémem Android.

## **6.6 Distribuce dopravních informací pomocí mobilní aplikace**

Distribuce informací v projektu ITP pomocí mobilní aplikace Android ke koncovým uživatelům se týká rozhraní s agregačním subsystémem na jedné straně a s koncovým uživatelem na straně druhé. Návrh rozhraní s koncovým uživatelem je pro celý projekt klíčový, protože právě s touto částí systému budou řidiči nákladních vozidel přicházet do styku.

### **6.6.1 Rozhraní s agregační vrstvou**

Aplikace nebude komunikovat s agregační databází přímo, ale přes webový server (konektor k databázi) pomocí protokolu http. Veškerá datová komunikace bude probíhat ve formátu XML, který umožňuje jednoduchou a efektivní výměnu informací. Za běhu aplikace se vyskytnou dvě situace, ve kterých bude probíhat komunikace mezi aplikací a serverem:

1. Aplikace si vyžádá od serveru seznam dálnic, pro které jsou dostupné predikce.
2. Aplikace si vyžádá data pro 3 nejbližší parkoviště.

Struktura jednotlivých XML je ukázána na jejich konkrétních příkladech v přílohách.

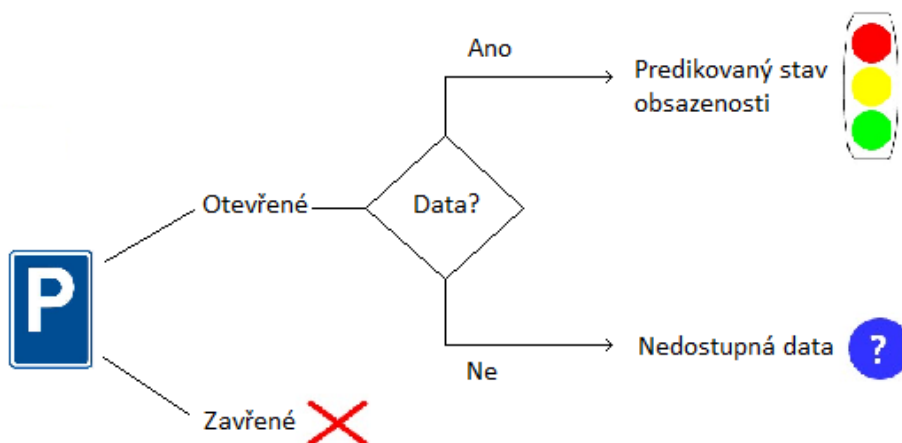
### **6.6.2 Rozhraní s koncovým uživatelem**

Obsah distribuované informace zachycuje Obrázek 15. Parkoviště může být buď otevřené, nebo zavřené. Pro otevřené parkoviště mohou být dostupné predikce obsazenosti, ale také nemusí. Aplikace ve výsledku zobrazí pro dané parkoviště jednu z informací:

- predikovaný stav obsazenosti,
- predikce nejsou dostupné,



- parkoviště je zavřené.



Obrázek 15: Struktura distribuované informace o parkovišti. Zdroj: [21]

Aplikace bude poskytovat uživatelům pouze predikované stavy obsazenosti parkovacích míst. Aktuální obsazenost nebude poskytována vůbec. Predikční horizont bude stanoven podle předpokládaného času příjezdu na parkoviště. Stanovení času dojezdu bude popsáno v kapitole 6.6.3.

Předávaná informace o obsazenosti bude nabývat tří hodnot, které jsou paralelou k barvě světel semaforu, jak znázorňuje Obrázek 16. Barvy semaforu odrážejí stav predikované obsazenosti:

- **zelená** – parkoviště je volné (obsazenost do 60 %),
- **žlutá** – parkoviště je téměř plné (obsazenost 60 – 80 %),
- **červená** – parkoviště je plné (obsazenost 80 - 100 %).



Obrázek 16: Forma distribuované informace. Zdroj: [21]

Tabulka 2 znázorňuje číselník všech symbolů využívaných k předání informace.

Číslo (RGB v hexa)	Barva/symbol	Význam	Výsledný symbol	Použito pro obsazenost [%]
#6600ff	Bílý otazník v modrém kolečku	Není k dispozici predikce		-
#ff0000	Červený křížek	Mimo provoz		-
#00ff00	Zelená	Volno		<0,60)
#ffff00	Žlutá	Téměř plno		<60,80)
#ff0000	Červená	Obsazeno		<80,+∞)

Tabulka 2: Číselník symbolů reprezentujících obsazenost parkoviště

Distribuce informace pomocí barev semaforu byla zvolena z několika důvodů. Vyjmenované důvody jsou v souladu s požadavky uvedenými v 6.4:

- **přehlednost** – řidič nemusí dlouho přemýšlet, co daná barva znamená,
- **jazyková nezávislost** – barvy na semaforu jsou ve všech státech stejné,
- **jednoduchost** – informace nesmí být složitá, řidič ji musí co nejrychleji pochopit a zpracovat.

Uživateli budou dále distribuovány podrobnější informace k jednotlivým parkovištím. Jednou z nich bude přehled o obsazenosti parkoviště v několika časových oknech v blízké budoucnosti. Jednotlivá okna bude od sebe dělit vždy 30 minut, přičemž první okno bude v čase nejbližší k aktuálnímu času. Uvedu názorný příklad: Čas uživatele použitý pro výpočet času dojezdu je 14:02. Uživatel si zobrazí detail parkoviště s časem dojezdu 14:40. Hodnota predikce pro čas dojezdu je „skoro obsazeno“. Predikce pro další časová okna zobrazuje Tabulka 3. Z těchto údajů uživatel pozná, že zatímco nyní (přesněji v čase 14:05) je parkoviště volné, v čase 15:05 bude již pravděpodobně plně obsazeno. Uživatel tak získá přehled o pravděpodobném vývoji obsazenosti v delším časovém rozmezí.

Čas predikce	Predikovaná obsazenost
14:05	50% (zelená)
14:35	70% (žlutá)
15:05	90% (červená)
15:35	95% (červená)
16:05	75% (žlutá)

Tabulka 3: Příklad zobrazovaných predikčních oken v detailu parkoviště.

Kromě dynamické informace o parkovišti budou řidiči distribuovány i následující dostupné statické informace:

- **název parkoviště,**
- **logo čerpací stanice,** která je součástí odpočívadla,
- **kapacita** – číslo vyjadřující parkovací kapacitu pro těžká nákladní vozidla,
- **ubytování** – např. „hotel“ atp.,
- **otevírací doba,**
- **WC** – dvouhodnotová informace (ano / ne).

Výše zmíněné statické informace budou předávány uživateli ve formě textu kromě loga čerpací stanice, což je obrázek.

### 6.6.3 Stanovení času dojezdu

Důležitým parametrem celého predikčního systému je předpokládaný čas příjezdu vozidla na parkoviště. Pokud bude čas určen výrazně nepřesně, bude špatně vybráno příslušné časové okno a celá predikce tak ztratí na významu.

K vypočtení času dojezdu je třeba znát aktuální polohu a rychlost vozidla. Predikční systém pracuje s aktuální polohou vozidla ve formě čísla, které označuje kilometr dálnice podle její oficiální kilometráže. Aktuální poloha bude získána z GPS modulu mobilního zařízení ve formě zeměpisných souřadnic v desetinném formátu. Na straně agregační databáze bude určen kilometr dálnice pomocí číselníku kilometrů, ve kterém budou k jednotlivým bodům dálnice přiřazeny jejich zeměpisné souřadnice. Příslušný kilometr bude určen jako bod z číselníku, jehož vzdálenost k bodu aktuální polohy vozidla je nejkratší. V případě nedostupnosti signálu GPS v režimu pre-trip zadá uživatel do aplikace příslušný kilometr dálnice ručně.

Jako rychlost vozidla se vezme rychlost dopravního proudu z datové základny systému. Jedná se o údaj získaný z kontrolních bran systému elektronického mýta, které poskytují hodnoty parametrů dopravního proudu pro vozidla nad 3,5 t. Výhodou tohoto řešení průměrné rychlosti je skutečnost, že poskytovaná rychlost dopravního proudu se vztahuje na konkrétní úsek dálnice. Jinou možností by bylo např. počítat s průměrnou rychlostí získanou na úrovni vozidla z GPS modulu zařízení za určité časové období, která by se ovšem vztahovala k již absolvované trase. Takový údaj by byl dostatečný pouze za předpokladu, že rychlost vozidla se na dalších úsecích nebude významně měnit (např. z důvodu počasí, kongescí apod.). Z toho důvodu je navržený způsob získávání průměrné rychlosti z mýtných bran vhodnější, neboť lépe reflektuje situaci na úsecích mezi vozidlem a parkovištěm.

## 7 Realizace navrženého řešení distribuce informací

V předchozí kapitole byla navržena mobilní aplikace jako distribuční kanál systému distribuce informací o obsazenosti parkovišť na dálnicích v České republice řidičům nákladních vozidel. Nyní se již dostávám k samotné realizaci aplikace, kterou budu nazývat Parkoviště.

### 7.1 Požadavky na aplikaci

Na mobilní aplikaci jako distribuční kanál informací je kladena celá řada požadavků. Na začátku vývoje byly stanoveny obecné požadavky na různé funkcionality aplikace. Další požadavky plynou z obecných požadavků na distribuční kanály informací specifikovaných v kapitole 6.4. Dále jsou to technické požadavky týkající se fungování aplikace na různých zařízeních. V následujícím seznamu shrnu požadavky na aplikaci:

- verze operačního systému – aplikace bude vyvíjena pro Android od verze 2.3,
- forma distribuce informace – aplikace bude zobrazovat informaci ve formě symbolů, jak bylo specifikováno v kapitole 6.6.2 a v číselníku symbolů v Tabulka 2,
- distribuce statických informací o parkovišti,
- podpora libovolné dálnice – aplikace musí být univerzální a fungovat pro libovolnou dálnici,
- využití GPS lokalizace pro určení polohy vozidla na dálnici,
- dva režimy fungování aplikace:
  - pre-trip – polohu vozidla zadá uživatel,
  - on-trip – polohu vozidla získá zařízení z GPS,
- komunikace s webovým serverem (konektorem k databázi) podle specifikace v 6.6.1,
- aktualizace údajů – aplikace musí umět v pravidelném intervalu aktualizovat zobrazované údaje,
- přehlednost – informace musí být přehledně zobrazena,
- integrita – aplikace musí informovat uživatele o případném výpadku některé ze služeb (aktuální poloha, datové připojení).

### 7.2 Popis vývojového prostředí

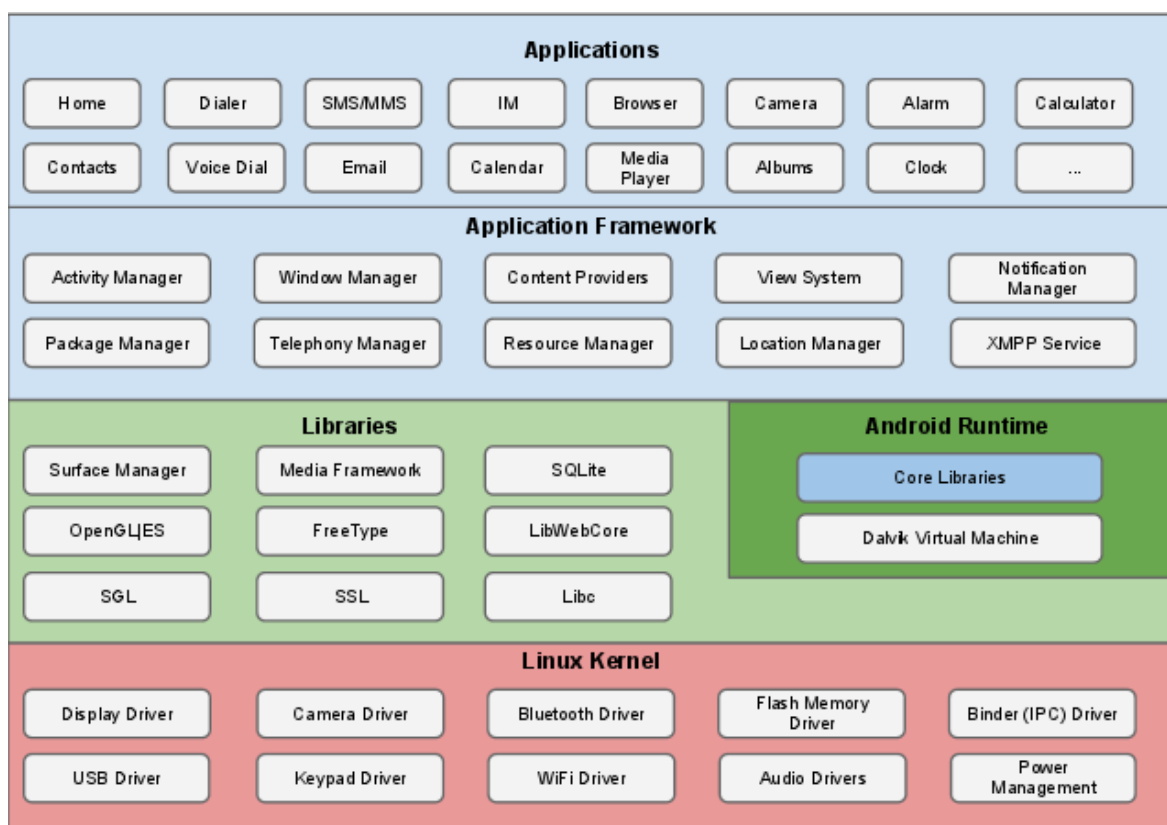
Výše byl uveden požadavek, že aplikace bude určena pro mobilní zařízení s operačním systémem Android. Před samotnou realizací aplikace se nejprve zaměřím na popis mobilní platformy Android.

## 7.2.1 Mobilní platforma Android

Android je platforma zahrnující operační systém, uživatelské rozhraní a aplikace. Je určena především pro mobilní zařízení, jako jsou chytré telefony, tablety, navigace, apod. Android dává k dispozici i kompletní řešení nasazení operačního systému na zařízení pro výrobce mobilních zařízení. Pro vývojáře aplikací je k dispozici balíček všech nástrojů pro vývoj - Software Development Kit (SDK). Vývojem platformy se zabývá konsorcium Open Handset Alliance, což je dceřiná firma společnosti Google Inc.

### 7.2.1.1 Architektura systému Android

Architekturu systému Android popíšu podle [39] a [40], pomocí vrstevnatého modelu skládajícího se z pěti základních vrstev, jak znázorňuje Obrázek 17: Linuxové jádro (Linux Kernel), knihovny (Libraries), Android runtime, aplikační rámec a aplikace.



Obrázek 17: Architektura systému Android. Světle zelené části jsou psané v C/C++, světle modré v Javě. Zdroj: [41]

Linuxové jádro je základní vrstvou v architektuře systému Android. Celý operační systém Android je postaven právě na tomto jádře. Jádro zajišťuje rozhraní s hardwarem a obsahuje všechny nezbytné ovladače k různým hardwarovým komponentám. Linuxové jádro poskytuje vyšším vrstvám základní služby, jako jsou správa paměti nebo správa procesů. Právě využití Linuxu jako oszkoušeného systému umožňuje snadné nasazení Androidu na různá zařízení.

V další vrstvě architektury Androidu jsou různé knihovny, které umožňují zařízení pracovat s různými typy dat. Knihovny v této vrstvě jsou psány v jazyce C/C++ a jsou optimalizovány pro běh na mobilních zařízeních. Z různých knihoven v této vrstvě zmíníme Surface Manager podporující práci s dotykovým displejem, dále Media Framework pro podporu různých formátů multimédií, nebo OpenGL, který se používá pro vykreslení 2D a 3D grafiky.

Vrstva Android runtime slouží k interpretaci Java aplikací. Nachází se zde virtuální stroj Javy (používá se zkratka JVM - Java Virtual Machine), na kterém běží všechny aplikace. V Androidu se používá JVM speciálně navržený a optimalizovaný pro mobilní zařízení. Dále jsou v této vrstvě Java knihovny obsahující základní funkcionality Java SE.

Aplikační rámec (framework) obsahuje knihovny psané již v Javě a běžící na JVM. Tyto knihovny zprostředkovávají aplikacím abstrakci nižších nativních knihoven. Vývojář s těmito knihovnami přímo pracuje během vývoje aplikace. Z různých knihoven krátce zmiňme alespoň některé:

- **Activity Manager** se stará o životní cyklus Activity a spravuje zásobník Activity. Podrobnější informace o Activity jsou uvedeny v kapitole 7.2.1.2,
- **Resource Manager** umožňuje přístup k nekódovým zdrojům, jako jsou obrázky, řetězce nebo soubory,
- **Location Manager** poskytuje přístup k aktuální poloze zařízení získané z modulu GNSS nebo z mobilní sítě,
- **Content Providers** poskytuje přístup k datům jiných aplikací,
- **Window Manager** se stará o zobrazování jednotlivých obrazovek uživatelského rozhraní.
- **Telephony Manager** spravuje všechny hlasové hovory.

Aplikace, se kterými pracuje uživatel, se nacházejí v nejvyšší vrstvě popisované vrstevnaté architektury. Aplikace jsou psané v Javě a využívají Java knihoven z nižších vrstev. Mezi standardní aplikace patří například SMS klient nebo webový prohlížeč.

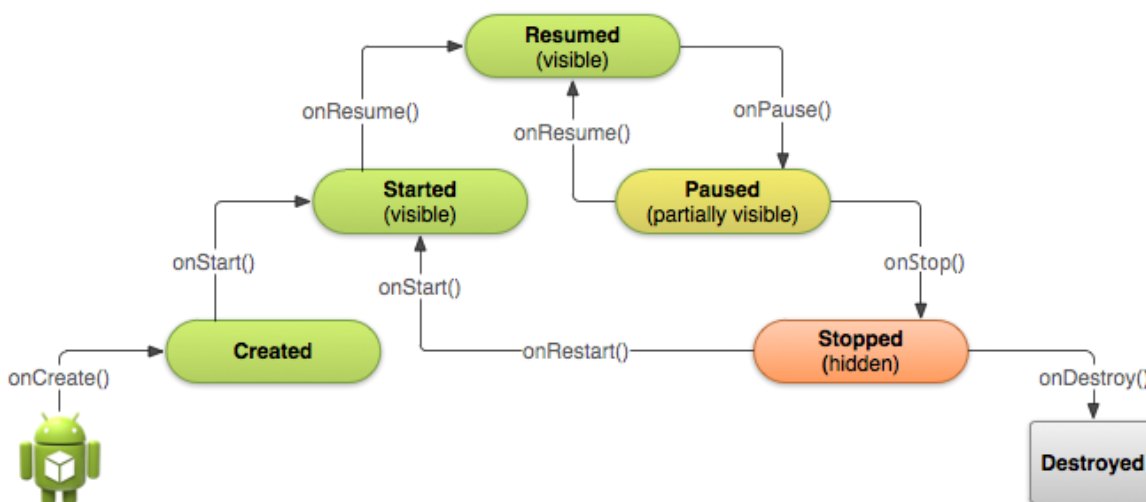
### 7.2.1.2 Activity

Důležitou součástí aplikace jsou Activity. Jedna Activity odpovídá jedné obrazovce aplikace a obsahuje její grafické uživatelské rozhraní. Při spuštění Activity jsou vytvořeny všechny prvky (objekty) uživatelského rozhraní (objekty třídy View), které obrazovka potřebuje, následně jsou rozmístěny do rozvržení obrazovky, která je pak zobrazena. Activity má svůj

životní cyklus, o který se stará Activity Manager. Spouštěné Activity jsou ukládány do zásobníku, o který se stará také Activity Manager. Na vrcholu zásobníku je právě zobrazovaná Activity. V rámci svého životního cyklu se Activity může nacházet ve třech stavech:

- **Running** - Activity je zobrazovaná na obrazovce (je na vrcholu zásobníku),
- **Paused** – Activity už není na vrcholu zásobníku, ale je stále viditelná. To znamená, že Activity, která se dostala na vrchol je průhledná, nebo nezabírá celou plochu obrazovky,
- **Stopped** – Activity je zcela překryta jinou Activity, není tedy již dále zobrazována, přesto dále uchovává všechny informace o svém stavu. V případě, že je znovu zobrazena, zobrazí se ve stavu, v jakém byla opuštěna. Je-li Activity ve stavu *Stopped* nebo *Paused*, operační systém ji může ukončit v případě kritického nedostatku paměti. Při opětovném zobrazení Activity uživatelem se musí znovu celá nastartovat, vytvořit všechna View apod.

Pro zvládnutí životního cyklu Activity při vývoji mohou být implementovány cally *OnCreate()*, *OnStart()*, *OnResume()*, *OnPause()*, *OnStop()*, *OnDestroy()* a *OnRestart()*, což jsou jakési háčky (kusy kódu), které se aktivují při přechodech mezi jednotlivými stavy. Celý životní cyklus Activity s možnými přechody mezi stavy ukazuje Obrázek 18.



Obrázek 18: Životní cyklus Activity. Zdroj: [42]

## 7.2.2 Vývoj pro mobilní platformu Android

Jak je uvedeno v předchozí kapitole, aplikace pro Android jsou psány v jazyce Java. Pro popis programovacího jazyka odkáží na svou bakalářskou práci [43]. Jednotlivé Activity jsou implementovány jako Java třídy. Rozvržení obrazovek je možno definovat jako XML,

kde jednotlivé tagy definují různé formulářové prvky a Activity pak z těchto definic vytvoří objekty třídy View. V kódu je tedy možné s jednotlivými formulářovými prvky dále pracovat jako s objekty.

## 7.3 Struktura aplikace

Výše jsem představil strukturu obecné aplikace na mobilní platformě Android. Nyní se zaměřím na popis vytvořené aplikace Parkoviště.

Aplikaci Parkoviště tvoří několik Activity, globální třída Global a třída XMLRequest implementující síťovou komunikaci. Nyní se zaměřím na popis jednotlivých částí aplikace. V částech, které se zabývají Activity zároveň popíšu i uživatelské rozhraní.

### 7.3.1 Režimy aplikace

Aplikace pracuje s aktuální polohou zařízení, získanou z modulu GPS. Od způsobu využití aktuální polohy se odvíjí dva režimy, ve kterých aplikace pracuje:

- **pre-trip** – poloha vozidla je zadána ručně uživatelem,
- **on-trip** – aplikace pracuje s aktuální polohou získanou z GPS.

Přepínání mezi oběma režimy není aktivováno uživatelem, ale probíhá v závislosti na dostupnosti polohy z GPS. Pokud je poloha dostupná, aplikace běží v režimu on-trip. Pokud poloha není dostupná, nebo je GPS modul zařízení vypnuté, aplikace běží v režimu pre-trip. Uživatel tedy může zvolit režim pre-trip nepřímo - vypnutím modulu GPS. Aktivace režimu on-trip závisí na GPS fixu, tedy aktuální dostupnosti lokalizační služby. Při aktualizaci dat v režimu on-trip používá aplikace poslední známou polohu, v režimu pre-trip původní polohu zadanou uživatelem.

### 7.3.2 Třída Global

Třída Global je globální třída, jejíž instance je vytvořena společně se startem aplikace a jejíž služby jsou přístupny všem Activity v aplikaci. Třída poskytuje ostatním Activity služby, které běží na pozadí nezávisle na zobrazování jednotlivých obrazovek. Jedná se o tyto služby:

- správa globálních parametrů aplikace, mezi které patří uživatelské nastavení aktualizací a aktuální režim, ve kterém běží aplikace,
- lokalizační služby – třída implementuje službu LocationManager, která získává aktuální polohu z GPS modulu zařízení,



- monitoring stavu GPS lokalizace, respektive poskytnutí údaje o tom, zda má GPS fix, nebo ne,
- vytvoření XML souboru pro odeslání na server.

### 7.3.3 Síťová komunikace a třída XMLRequest

Aplikace komunikuje s databází pomocí webového serveru, respektive jeho náhrady v podobě konektoru v Pythonu. Veškerá komunikace probíhá pomocí http metody POST. Posílaná data jsou hierarchicky strukturována ve formátu XML, jak bylo specifikováno v kapitole 6.6. V aplikaci běží veškerá síťová komunikace v samostatném asynchronním vlákně. Během samotné komunikace je vždy zobrazen dialog znázorňující probíhající operaci.

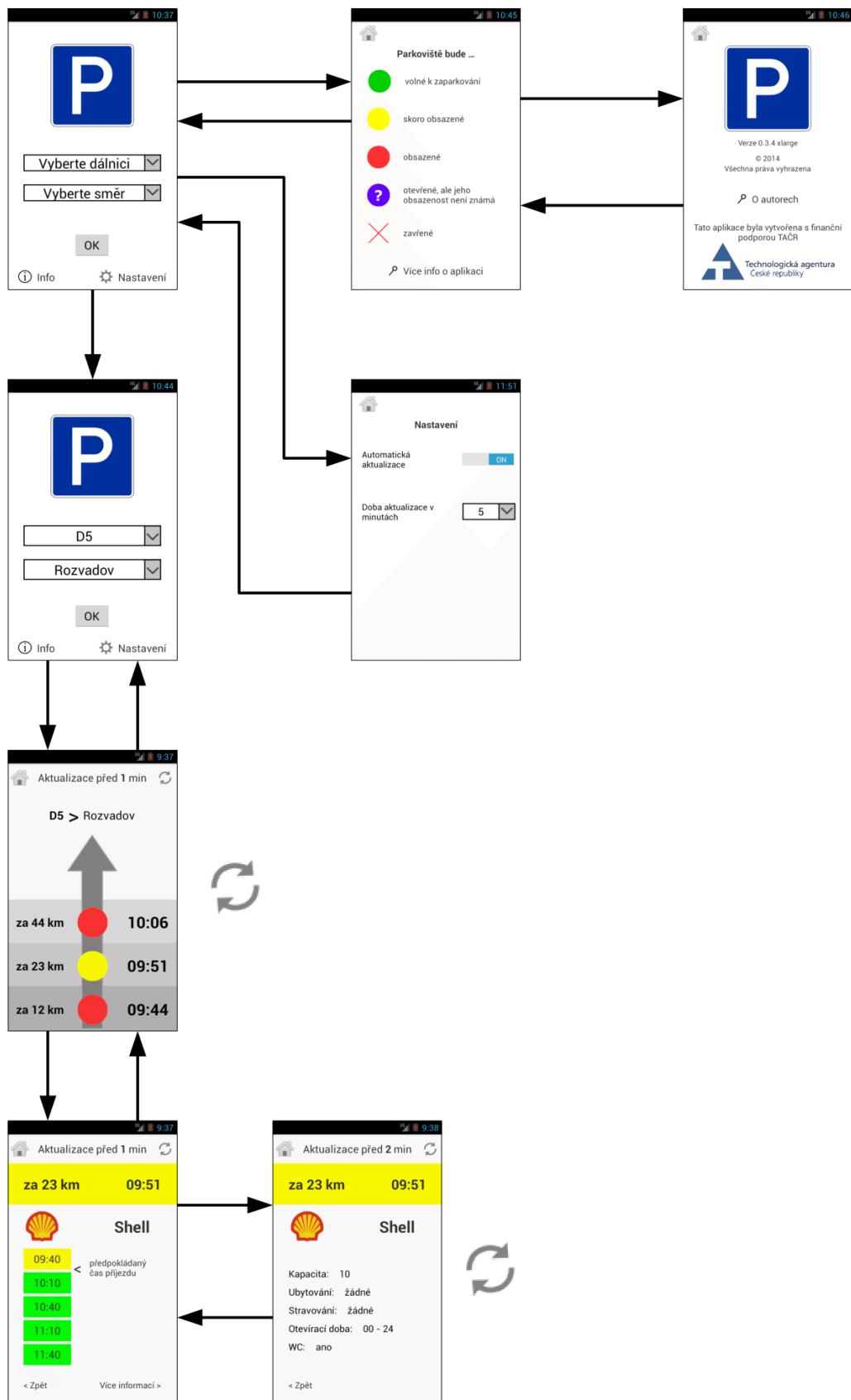
Vlastní síťová komunikace je implementována ve třídě XMLRequest. Implementovaná metoda získá v parametru XML soubor, který odešle na server. Metoda vrací odpověď serveru. V případě, že komunikace neproběhne úspěšně, přijatý soubor není podle očekávání, neobsahuje žádná data, nebo nastane jiný problém v komunikaci, uživatel je o tom zpraven na úrovni Activity, která XMLRequest volá.

### 7.3.4 Activity

Aplikace Parkoviště tvoří tyto Activity (následuje jejich seznam a stručný popis):

- **MainActivity** – úvodní obrazovka, zadání vyhledávacích kritérií,
- **ResultActivity** – zobrazení obsazenosti pro tři nejbližší parkoviště (semafor),
- **ParkingViewActivity** – zobrazení detailních informací o parkovišti,
- **InformationActivity** – vysvětlení významu symbolů reprezentujících stav obsazenosti,
- **MoreInfoActivity** – zobrazení informací o aplikaci,
- **SettingsActivity** – nastavení aktualizace.

Přechodům mezi jednotlivými Activity odpovídají přechody mezi obrazovkami uživatelského rozhraní. Obrázek 19 zachycuje sled obrazovek (screenflow) aplikace.

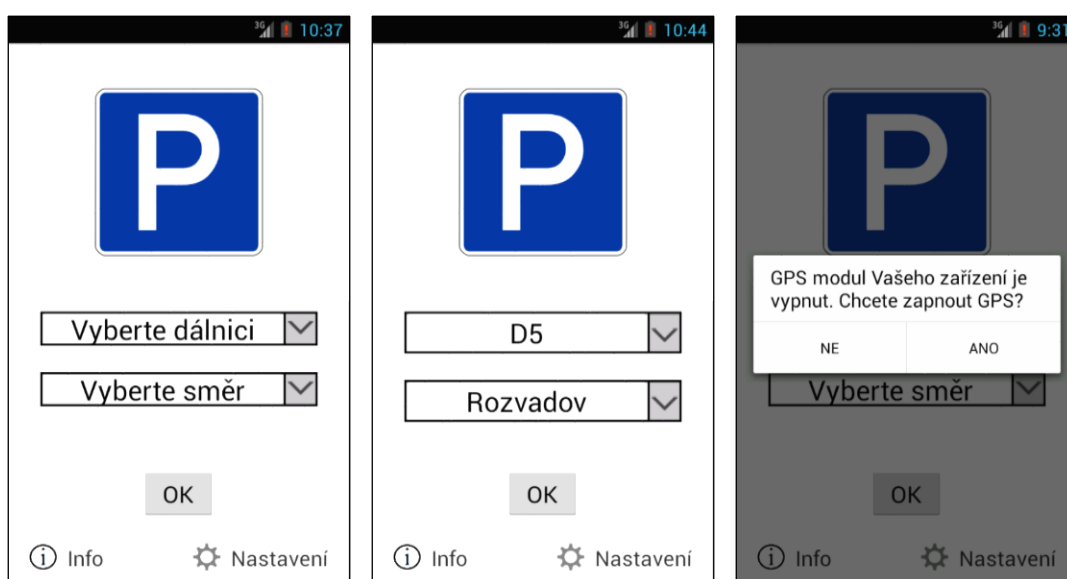


Obrázek 19: Screenflow mobilní aplikace.

### 7.3.4.1 MainActivity

MainActivity tvoří obrazovku, která se zobrazí po startu aplikace. Obrazovka slouží k zadání kritérií pro vyhledání parkovišť (výběr dálnice a směru) a k navigaci na informace o aplikaci a nastavení.

Jak lze vidět na Obrázek 20, obrazovku tvoří logo aplikace, dva formulářové prvky pro výběr jedné z několika možností (obvykle se jim říká combo box, v Android prostředí se nazývají Spinner) sloužící pro zadání dálnice a směru jízdy, dále tlačítko „OK“ pro odeslání dat a zobrazení výsledků, tlačítko „Info“ pro přechod na InformationActivity a tlačítko „Nastavení“ pro přechod na SettingsActivity.



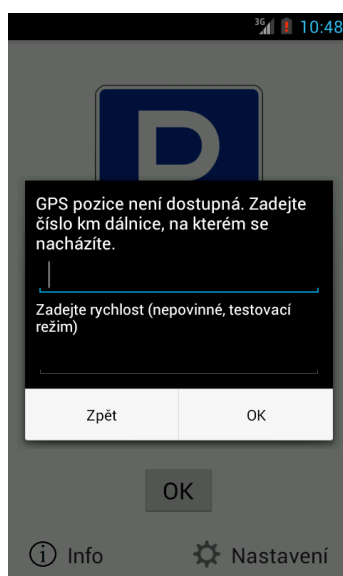
Obrázek 20: Grafické rozhraní MainActivity. Vlevo: po spuštění aplikace. Uprostřed: uživatel vybral dálnici a směr jízdy. Vpravo: dialog nabízející zapnutí GPS při startu aplikace v případě, že je GPS vypnutá.

Po startu Activity se aplikace dotáže serveru na seznam dostupných dálnic - na server je odeslán příslušný požadavek. Odpovědí ze serveru je XML soubor se seznamem dálnic. Daty ze seznamu jsou naplněny oba Spinnery pro výběr dálnice a směru. Pokud selže komunikace se serverem, nebo jsou získána neplatná data, zobrazí se chybová hláška. Vývojový diagram procesu získání seznamu dálnic je zachycuje Obrázek 22.

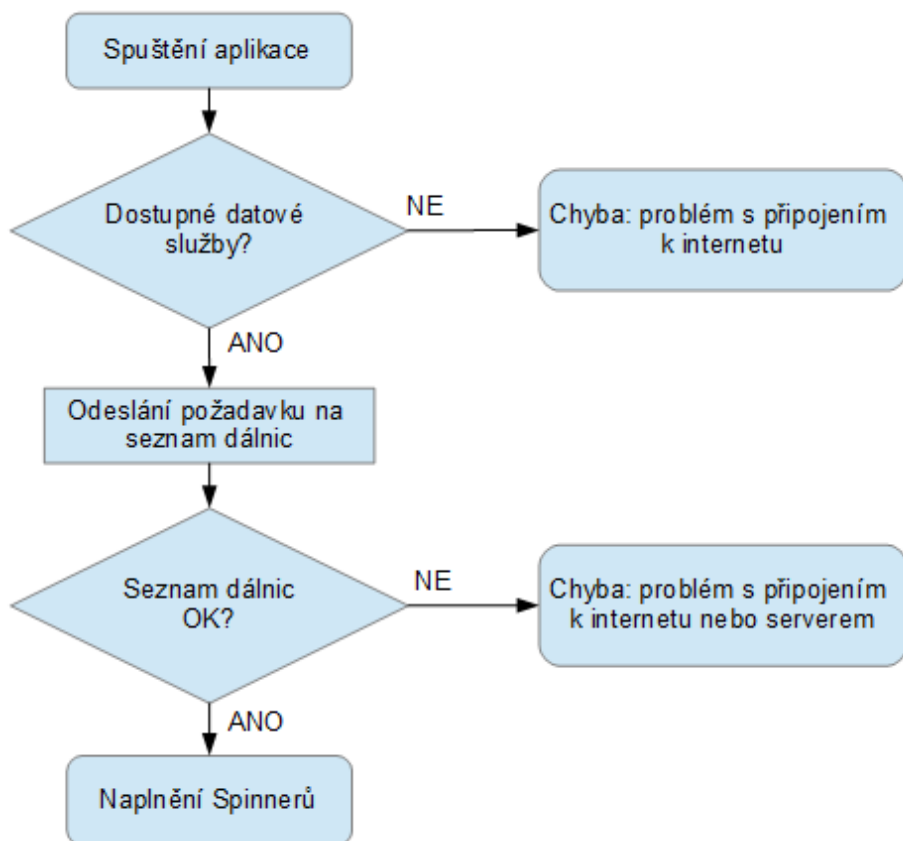
Dále Activity zjistí pomocí systémové služby LocationManager, je-li povoleno zaměření pozice pomocí satelitů GPS. Pokud zjistí, že ano, je aktivována služba pro získání souřadnic v třídě Global. Pokud zjistí, že použití GPS není povoleno, dotáže se uživatele, zdali chce tuto funkci povolit. Android neumožňuje automatické zapnutí GPS modulu, tuto operaci musí provést sám uživatel. Pokud tedy uživatel v dialogovém oknu souhlasí se zapnutím GPS, je odkázán do nastavení telefonu, kde sám nastaví použití satelitů GPS. Pokud se

uživatel rozhodne, že nechce použít GPS lokalizaci, aplikace pokračuje dál v režimu pre-trip. Obrázek 23 zachycuje vývojový diagram právě popsaného procesu.

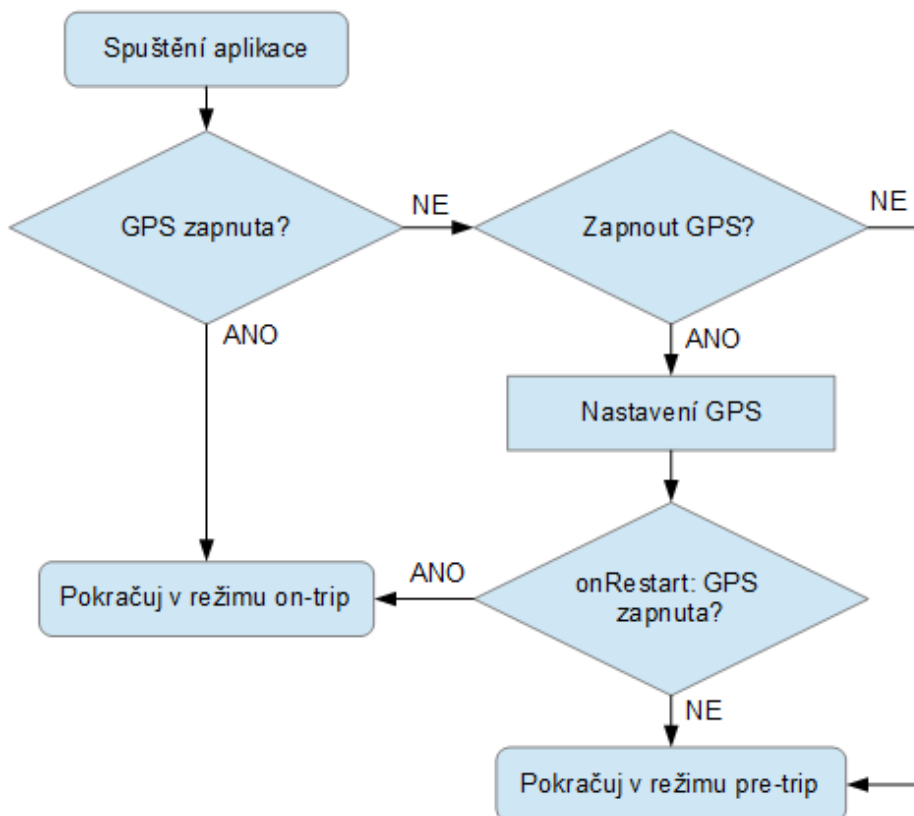
V tuto chvíli, za předpokladu, že načtení seznamu dálnic proběhlo bez problémů, vybere uživatel dálnici, na které se nachází, směr jízdy, a volbu potvrdí stisknutím tlačítka „OK“. Průběh programu po stisknutí tlačítka „OK“ je znázorněn vývojovým diagramem na Obrázek 24. Nejprve je ověřena dostupnost datového připojení. V případě neúspěchu je zobrazena chybová hláška „Problém s připojením k internetu“. Dále je testováno, zda byla vybrána dálnice a směr jízdy. Pokud ne, je zobrazena chybová hláška „Vyberte dálnici a směr“. V dalším kroku je ověřována dostupnost aktuální polohy. K tomu slouží služba implementovaná v třídě Global, která monitoruje GPS fix. Zde se program větví. Při dostupnosti aktuální polohy program pokračuje v režimu on-trip. Pokud GPS nemá fix, je zobrazeno dialogové okno (viz Obrázek 21), ve kterém je uživatel vyzván k zadání polohy ručně. Uživatel pak zadá kilometr dálnice, na kterém se nachází a volbu potvrdí. Program dále pokračuje v režimu pre-trip. Nyní se obě větve programu slučují. Následně je vytvořen XML soubor obsahující výstupní data z aplikace (viz Příloha D – XML požadavek na seznam parkovišť). Poloha vozidla se vyskytuje v tagu <HighwayPosition>, který obsahuje atribut „unit“ nabývající hodnot „km“ v případě režimu pre-trip, nebo „gps“ v režimu on-trip. Výstupní XML soubor je odeslán na server. Vyskytne-li se jakýkoliv problém během komunikace se serverem, nebo odpověď serveru není v pořádku, je zobrazena chybová hláška „Problém s připojením k internetu nebo serverem“. Pokud je odpověď serveru v pořádku, je spuštěna ResultActivity.



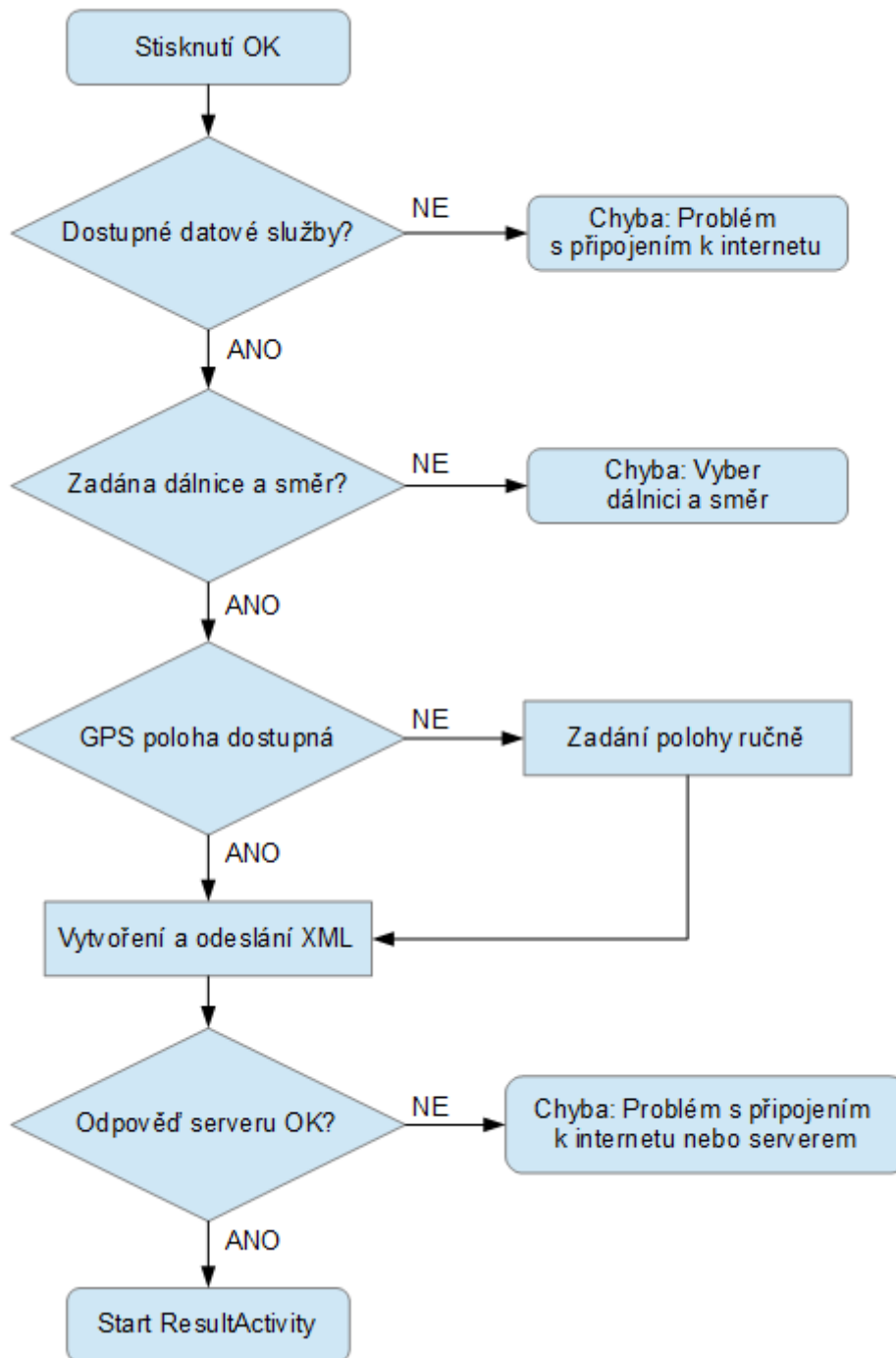
Obrázek 21: MainActivity - ruční zadání polohy a volitelně i rychlosti vozidla



Obrázek 22: Vývojový diagram procesu získání seznamu dálnic po startu aplikace



Obrázek 23: Vývojový diagram procesu nastavení GPS po startu aplikace



Obrázek 24: Vývojový diagram procesu odeslání dat na server

### 7.3.4.2 Result Activity

ResultActivity zobrazuje informace o obsazenosti třech nejbližších parkovišť nacházejících se před řidičem. Zobrazované informace jsou:

- vzdálenost od řidiče v km,
- čas dojezdu,
- obsazenost parkoviště vyjádřená symboly „semaforu“ specifikovanými v Tabulka 2 v kapitole 6.6.2.

Stisknutím pruhu s údaji příslušného parkoviště přejdeme na obrazovku detailu parkoviště (ParkingViewActivity). Nad údaji o parkovištích je zobrazena dálnice a směr jízdy. V horní části obrazovky je zobrazen uplynulý čas od poslední aktualizace, dále je zde tlačítko „domeček“ sloužící pro návrat na MainActivity a tlačítko „refresh“ pro ruční aktualizaci dat.

Po startu ResultActivity jsou zobrazeny údaje obdržené ze serveru. Informace jsou automaticky aktualizovány v případě, že jsou zapnuty automatické aktualizace (viz kapitola 7.3.4.4). Uživatel může provést ruční aktualizaci kdykoliv se mu zachce stisknutím tlačítka „refresh“ v horní části obrazovky. Proces aktualizace je obdobný jako proces odeslání údajů z MainActivity popsany výše. Je vytvořen výstupní XML soubor a ten je posléze odeslán na server. V režimu pre-trip je odeslána poloha zadaná uživatelem. V režimu on-trip je odeslána nová aktuální poloha. V případě výpadku lokalizační služby je odeslána poslední známá poloha a uživatel je o tom spraven.

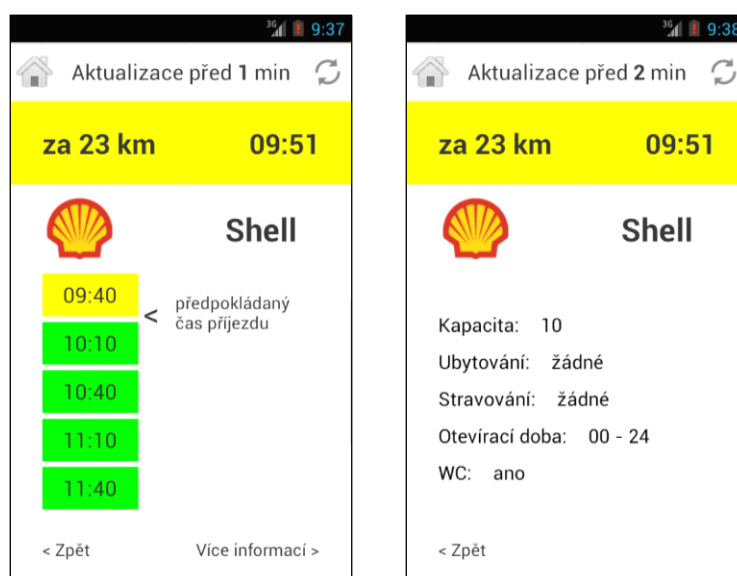


Obrázek 25: Grafické rozhraní ResultActivity. Vlevo: první a třetí parkoviště budou v době příjezdu plná, prostřední bude skoro obsazené. Vpravo: Pro první a poslední parkoviště nejsou dostupná data, prostřední parkoviště je zavřené.

### 7.3.4.3 ParkingViewActivity

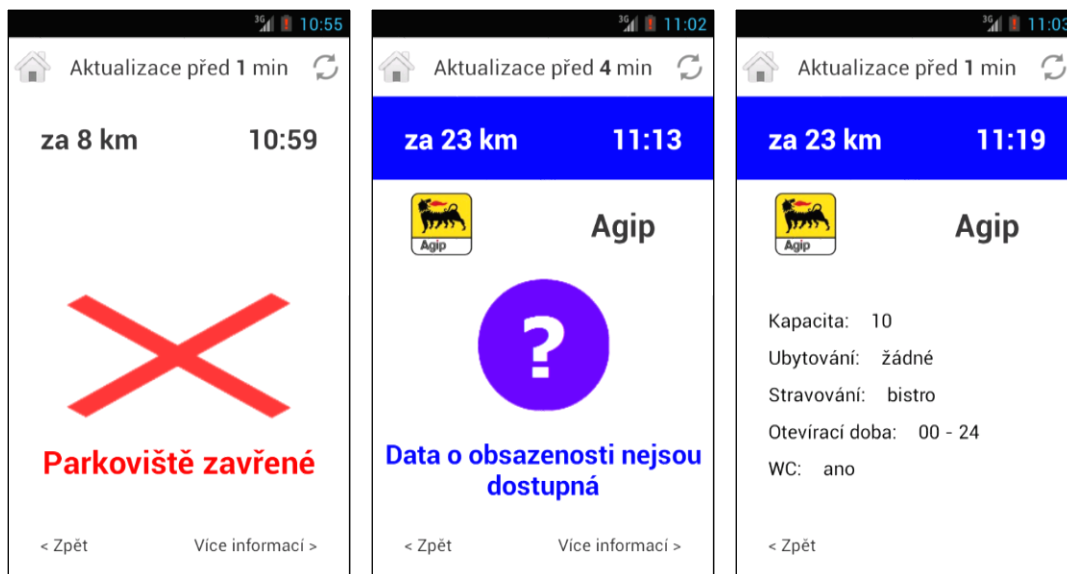
ParkingViewActivity tvoří obrazovku zobrazující detailní informace o parkovišti. Horní část obrazovky je totožná se stejnou částí obrazovky v ResultActivity. Dále se zde vyskytuje barevný pruh, jehož barva odpovídá barvě obsazenosti. V pruhu je zobrazena vzdálenost k parkovišti a čas dojezdu. Pod barevným pruhem je zobrazeno logo parkoviště (čerpací stanice) a název parkoviště. Ve spodní polovině obrazovky jsou zobrazeny obsazenosti pro parkoviště v jednotlivých predikčních oknech po 30 minutách s vyznačeným předpokládaným časem příjezdu na parkoviště. Přetažením spodní poloviny obrazovky lze místo predikčních oken zobrazit statické informace o parkovišti (kapacita, ubytování, stravování, otevírací doba, WC). Místo přetahování lze použít také tlačítka „Více informací“ a „Zpět“.

Aktualizace dat probíhá stejným způsobem jako v ResultActivity. V případě, že v novém seznamu tří parkovišť již není právě zobrazované parkoviště, je ParkingViewActivity ukončena, a tím pádem je zobrazena ResultActivity.



Obrázek 26: Obrazovka detailu parkoviště. Vlevo: parkoviště bude v době příjezdu skoro obsazené, predikce na vzdálenější časové horizonty předpokládají, že bude volné. Vpravo: po přetažení spodní poloviny obrazovky se zobrazí statické informace o parkovišti.

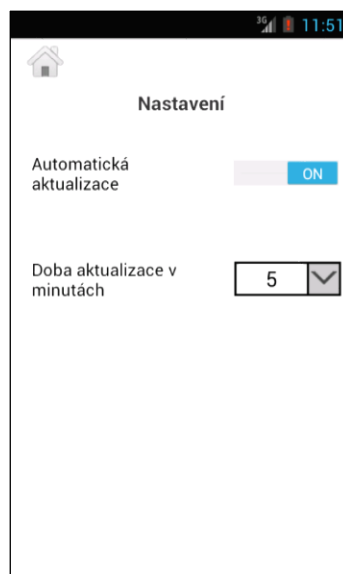




Obrázek 27: Obrazovka detailu parkoviště. Vlevo: parkoviště je zavřené. Uprostřed: data o obsazenosti parkovacích míst nejsou dostupná. Vpravo: statické informace o parkovišti.

#### 7.3.4.4 SettingsActivity

Stisknutím tlačítka „Nastavení“ v MainActivity se spustí SettingsActivity, která vytvoří obrazovku pro nastavení automatické aktualizace (jednobitová hodnota ano/ne) a doby aktualizace. Podobu obrazovky zachycuje Obrázek 28.



Obrázek 28: Obrazovka nastavení aplikace

### 7.3.4.5 InformationActivity

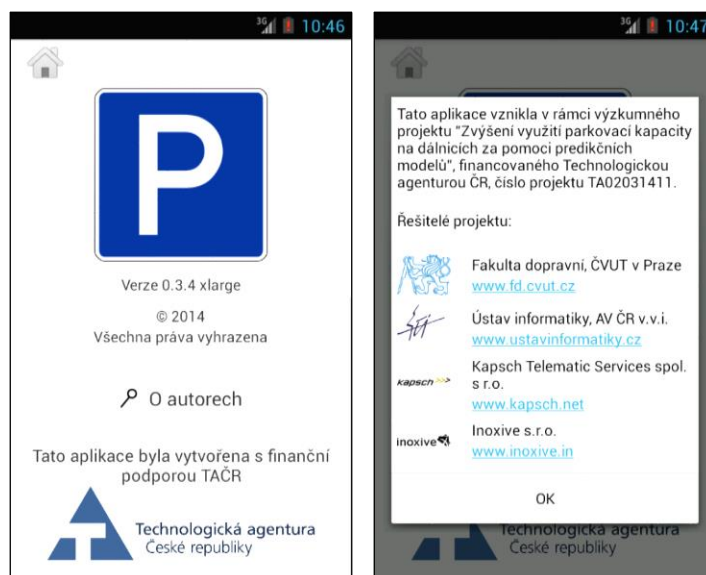
Stisknutím tlačítka „Info“ v MainActivity se spustí InformationActivity sloužící k zobrazení legendy symbolů používaných pro vyjádření obsazenosti. Tlačítkem „Více info o aplikaci“ spustíme MoreInfoActivity. Grafickou podobu obrazovky zachycuje Obrázek 29.



Obrázek 29: Grafické rozhraní InformationActivity

### 7.3.4.6 MoreInfoActivity

MoreInfoActivity zobrazuje informace o aplikaci a výzkumném projektu ITP včetně informací o řešitelích projektu, jak ukazuje Obrázek 30.



Obrázek 30: Grafická podoba MoreInfoActivity, Vlevo: informace o aplikaci. Vpravo: informace o řešitelích projektu.

## 8 Zhodnocení vyvinutého řešení

V předchozích kapitolách jsem se zabýval návrhem distribučního kanálu pro projekt ITP. V kapitole 6 jsem vypsál požadavky na distribuční kanál pro projekt. Na základě těchto požadavků a aktuální situace byla z různých možností distribuce informací zvolena mobilní aplikace jako distribuční kanál. Návrhu distribučního kanálu, který určují rozhraní s agregační databází a s koncovým uživatelem, jsem se věnoval v kapitole 6.6. V 7. kapitole jsem popsal realizaci mobilní aplikace a podrobně se věnoval jednotlivým jejím součástem a důležitým procesům. Nyní se pokusím zhodnotit vyvinutou aplikaci, posoudit její přínosy a navrhnout vývoj projektu do budoucna.

### 8.1 Zhodnocení aktuálního stavu mobilní aplikace

Projekt ITP se nyní nachází ve fázi funkčního vzorku pro pilotní projekt. Predikce obsazeností jsou zatím počítány pouze pro parkoviště na dálnici D5. V seznamu dostupných dálnic pro aplikaci je tak pouze dálnice D5 s krajními body Praha a Rozvadov.

Mobilní aplikace korektně plní funkci distribučního kanálu informací. V 7. kapitole jsou uvedeny screenshoty z aplikace pořízené z mobilního telefonu, které ukazují správné zobrazování informace o obsazenosti parkovišť podle číselníku v Tabulka 2 a také správné zobrazování statických informací o parkovišti. V současné době je grafický návrh optimalizován pro velikost displeje mobilního telefonu.

Síťová komunikace mezi aplikací a náhradou za webový server, která zprostředkovává komunikaci s databází, probíhá také zcela korektně. Odchozí i příchozí soubory XML mají správnou strukturu definovanou v příloze. Aplikace pracuje s aktuální polohou získanou z modulu GPS. Práce s polohou byla ozkoušena jak s použitím simulovaných poloh, tak v reálném prostředí na dálnici D5 za použití GPS.

Mobilní aplikaci lze dále zhodnotit podle požadavků kladených na dopravní informace a jejich distribuci, jak byly specifikovány v kapitole 6.4., když vezmeme v potaz jen požadavky týkající se distribuce:

- **přehlednost** – znázornění stavů obsazenosti v aplikaci pomocí barev je velmi intuitivní, člověk nad jejich významem nemusí dlouho přemýšlet,
- **aktuálnost** – údaje v aplikaci mohou být aktualizovány pravidelně za nastavený časový interval nebo kdykoliv na vyžádání uživatele,
- **jazyková nezávislost** – aplikace je v současnosti pouze v češtině, nicméně klíčová sdělení (obsazenost, čas dojezdu) jsou ve formě jazykově nezávislé,

- **integrita** – aplikace informuje uživatele o stavu síťového připojení a dostupnosti GPS lokalizace. Nedostupnost predikovaných hodnot je uživateli signalizována modrou barvou.

Funkční vzorek projektu Inteligentní parkoviště lze dále zhodnotit porovnáním s obdobnými systémy fungujícími v zahraničí, které jsme uvedli v kapitole 6.2.2. Oproti systémům fungujícím v Rakousku a Francii spočívá nesporná výhoda projektu v poskytování predikovaných hodnot obsazenosti. Systémy v obou zmíněných zemích poskytují pouze aktuální hodnoty, takže při větší vzdálenosti parkoviště (na Obrázek 9 je signalizován počet volných míst pro parkoviště vzdálené 36 km) nemusí být udávaná hodnota v době příjezdu řidiče na parkoviště již platná. Poskytování predikovaných hodnot dává řidičům vyšší uživatelský komfort. Systémy ve Francii a v Rakousku používají distribuční kanály vázané na infrastrukturu (výhody a nevýhody různých typů distribučního kanálu byly diskutovány v kapitolách 5 a 6.5). Nejbližší k projektu Inteligentní parkoviště má nizozemský ParckR, který taktéž poskytuje predikované obsazenosti a využívá mobilní aplikaci jako distribuční kanál informací. Mobilní aplikaci využívá také systém v Rakousku. Porovnání projektu Inteligentní parkoviště s projekty ve zmíněných zemích zachycuje Tabulka 4.

Země	Predikované hodnoty	Aktuální hodnoty	Automatická detekce obsazenosti	PDZ, ZPI	Mobilní aplikace
Rakousko		X		X	X
Francie		X	X	X	
Nizozemsko	X		X	X	X
ČR	X		X		X

Tabulka 4: Porovnání projektu ITP s projekty inteligentního parkování v ostatních zemích.

## 8.2 Budoucnost

Po zhodnocení aktuálního stavu vyvstává otázka, kam se bude vývoj projektu a mobilní aplikace posouvat dál. V následujícím textu navrhnu několik bodů pro budoucí vývoj projektu.

- Rozšíření na celou síť dálnic a rychlostních silnic v České republice by zásadně zvýšilo význam systému pro řidiče. Rozšíření si vyžádá vytvoření potřebných predikčních modelů resp. adaptace stávajícího modelu z D5 na ostatní dálnice a rychlostní silnice. Mobilní aplikace je z hlediska dálnice univerzální, nicméně by mohla být rozšířena o zadání cílového směru (např. „Bratislava“, „Draždany“), aby

rozpoznala, po které dálnici bude řidič pokračovat. Například v případě cesty po D1 směrem na Ostravu by po zadání cílového směru Bratislava aplikace nabízela místo parkovišť ležících na D1 za Brnem parkoviště na D2. Jako alternativa k ručnímu zadávání cílového směru by se dalo uvažovat také o propojení s navigací.

- V současnosti aplikace zobrazuje vždy nejvýše 3 dostupná parkoviště. Pro vyšší variabilitu distribučního kanálu by bylo vhodné umožnit uživateli zvolit počet zobrazovaných parkovišť v nastavení aplikace. Vývoj aplikace tímto reaguje na vysokou hustotu parkovišť v některých částech dálniční sítě České republiky. Například na D5 ve směru na Prahu jsou v okolí Berouna 3 parkoviště na pouhých osmi kilometrech. Informovanost řidiče se pak omezí pouze na krátký úsek dálnice. Vyšší počet zobrazovaných parkovišť by v takové situaci pomohl zvýšit informovanost řidiče o situaci před sebou a tím i celkovou použitelnost systému.
- Zvýšení počtu uživatelských distribučních kanálů. Více využívaných distribučních kanálů znamená také více oslovených řidičů a tím pádem i vyšší přínos celého systému pro společnost. Zkušenosti ze zahraničí ukazují možnost využití PDZ a ZPI, tedy zařízení, která jsou součástí dálniční infrastruktury. V našem případě by i tato zařízení mohla zobrazovat predikované stavy obsazenosti, jelikož pro výpočet doby dojezdu se používá rychlost dopravního proudu z mýtného systému, která je pro všechna vozidla stejná. Využití protokolů RDS-TMC a TPEG komplikují skutečnosti popsané v kapitole 5.1. U RDS-TMC je to složitá a zdlouhavá standardizace, TPEG zatím v České republice není vůbec zaveden.

## 9 Závěr

Práce zpracovává téma distribuce dopravních informací k řidičům. Po úvodní obecné definici systému distribuce informací jsem v následující kapitole provedl analýzu dostupných dopravních informací. Popsal jsem z jakých zdrojů a jakým způsobem lze tyto informace získat. Jednotlivé dopravní informace z různých zdrojů jsou dále zpracovávány a ucelovány. Této činnosti se věnují agregační systémy, které jsou popsány ve 4. kapitole. Zpracované a ucelené informace putují k řidičům různými distribučními kanály, které jsem rozdělil do tří skupin na vozidlové systémy, systémy infrastruktury a počítačové systémy. Představil jsem různé používané způsoby distribuce informací spadající do zmíněných tří skupin a to včetně způsobů, které zatím v České republice nejsou využívány a jsou známy pouze ze zahraničí.

V následující kapitole jsem se dostal ke stěžejní části celé práce. Pro výzkumný projekt „Zvýšení využití parkovacích ploch na dálnicích za použití predikčních modelů TA02031411“ jsem se zabýval návrhem distribučního kanálu. Cílem projektu je zvýšit informovanost řidičů nákladních vozidel o obsazenosti parkovacích míst na dálnicích, tím optimalizovat jejich využití a zvýšit celkově bezpečnost provozu. Celý projekt jsem popsal jakožto systém distribuce informací, jak bylo obecně definováno na začátku práce. Na datové základně čítající data z mýtného systému, detektorů na parkovištích a jednorázově provedených ručních měřeních je postaven predikční model, jehož výsledkem je predikovaná obsazenost jednotlivých parkovišť. Agregační vrstva sestávající z relační databáze uceluje výstupy z predikčního modelu a předává je distribučnímu kanálu, který zobrazuje výslednou informaci řidičům nákladních vozidel. Před samotným návrhem distribučního kanálu jsem provedl rešerši podobných již funkčních systémů v několika evropských zemích. Na základě podrobně definovaných požadavků a po zvážení různých možností distribuce a jejich vhodnosti pro projekt jsem zvolil jakožto vhodný distribuční kanál nativní mobilní aplikaci. Dále jsem se zabýval návrhem mobilní aplikace. Popsal jsem rozhraní s agregační vrstvou. Co se týče rozhraní s koncovým uživatelem, podrobně jsem navrhl formu předávané informace v podobě barev semaforu a definoval jsem, co přesně bude uživateli zobrazováno. Popsal jsem také způsob práce s aktuální polohou vozidla.

V další části práce jsem se již věnoval samotné realizaci mobilní aplikace. Definoval jsem požadavky na aplikaci a popsal vývojové prostředí, tedy mobilní platformu Android. Dále jsem se věnoval popisu jednotlivých částí aplikace. Některé důležité procesy jsou názorně

popsány vývojovými diagramy. K popisu uživatelského rozhraní aplikace jsou použity screenshots z funkčního vzorku aplikace.

Na závěr jsem zhodnotil současný stav aplikace v rámci celého projektu a navrhl, jakými směry se vývoj aplikace i celého projektu může dále ubírat.

Hlavní přínos práce spatřuji ve vytvoření mobilní aplikace jakožto distribučního kanálu projektu ITP. Aplikace zobrazuje řidičům výsledky predikčního modelu a je tedy z pohledu celého projektu jeho klíčovým prvkem. Forma zobrazení informace je univerzální a jazykově nezávislá, neboť barvám semaforu rozumí každý řidič napříč Evropou. Poskytované dynamické informace jsou díky využití GPS lokalizace a dat z mýtného systému vázány na řidičovu aktuální polohu a aktuální rychlost dopravního proudu v daném úseku dálnice. Tím je zajištěn vysoký uživatelský komfort, kdy řidič dostává jedinečnou informaci určenou přímo pro něj. Výhodou aplikace je také možnost práce v režimu pre-trip, což je vhodné jak pro vyhodnocování výstupů predikčního modelu bez nutnosti být fyzicky v terénu, tak pro samotné řidiče, kteří se tak mohou dostat k informacím například při výpadku signálu GPS.

Vytvoření mobilní aplikace znamená přínos pro výzkumný projekt ITP a pro řidiče nákladních vozidel, kteří ji budou používat, čímž se zvýší efektivita využívání parkovacích míst, což povede ke snížení externalit nákladní automobilové dopravy. Vytvoření aplikace tak v důsledku znamená přínos pro bezpečnost provozu, životní prostředí a celou společnost.

## 10 Reference

1. FALTUS, V. *Odhadování dob jízdy. Automatická detekce nehod*. Učební text k přednášce. Praha: ČVUT v Praze, Fakulta dopravní, Ústav dopravní telematiky, 2013.
2. *Teorie dopravního proudu*. Učební text. Praha: ČVUT v Praze, Fakulta dopravní.
3. PAYNE, H. J. Freeway incident detection based upon pattern classification. In: *Decision and Control including the 14th Symposium on Adaptive Processes*. 1975 IEEE Conference: 1975, s. 688 - 692.
4. MARTIN, P. T., PERRIN, J., HANSEN, B. *Incident detection algorithm evaluation* [online]. Utah, USA: University of Utah, 2010 [cit. 2014-10-11]. Dostupné z: [http://pdf.aminer.org/000/265/858/shoulder\\_detection\\_using\\_greld\\_threshold\\_method.pdf](http://pdf.aminer.org/000/265/858/shoulder_detection_using_greld_threshold_method.pdf)
5. CHUNG, E. a KUWAHARA, M. Comparative study of freeway incident detection algorithms. In: *Proceedings 19th ARRB Transport Research Conference*. Sydney, New South Wales, Australia: 1998.
6. PARKANY, E. *A Complete Review of Incident Detection Algorithms & Their Deployment: What Works and What Doesn't* [online]. Výzkumná zpráva NETCR 37 projektu NETC 00-7. Massachusetts, USA: University of Massachusetts, Transportation Center, 2005 [cit. 2014-10-11]. Dostupné z: [http://www.uvm.edu/~transctr/pdf/netc/netcr37\\_00-7.pdf](http://www.uvm.edu/~transctr/pdf/netc/netcr37_00-7.pdf)
7. PŘIBYL, P., SVÍTEK, M. *Inteligentní dopravní systémy*. Praha: Nakladatelství BEN - technická literatura, 2001. ISBN 80-7300-029-6.
8. DERUYTTER, M. et al. Stereovision truck parking occupancy detection. In: *19th ITS World Congress*. Vídeň, Rakousko: 2012.
9. Ředitelství silnic a dálnic ČR. *Dopravniinfo.cz* [online]. 2014 [cit. 2014-11-21]. Dostupné z: <http://www.dopravniinfo.cz>
10. Řídit dopravu pomůže systém viaRODOS. In: *Zpravodaj ŘSD, září 2013* [online]. Praha: Ředitelství silnic a dálnic ČR, 2013 [cit. 2014-11-21]. Dostupné z: [http://www.rsd.cz/rsd/rsd.nsf/0/23AC55CCA589D36BC1257BF3003D23FA/\\$file/RSD\\_zpravodaj\\_3-13.pdf](http://www.rsd.cz/rsd/rsd.nsf/0/23AC55CCA589D36BC1257BF3003D23FA/$file/RSD_zpravodaj_3-13.pdf)
11. *RODOS* [online]. 2014 [cit. 2014-11-21]. Dostupné z: <http://rodosdata.it4i.cz/>
12. BĚLINOVÁ, Z. *Traffic Information Systems*. Text k přednášce. Praha: ČVUT v Praze, Fakulta dopravní, 2012.



13. BUREŠ, P., VLČINSKÝ, J. Monitoring of Live Traffic Information in the Czech Republic. In: MIKULSKI, J. *Modern Transport Telematics*. Katowice-Ustroń: Springer, 2011. ISBN 978-3-642-24659-3.
14. LIVOCK, T., GARDINER, P.A.O. *Digital radio, multimedia and intelligent transport systems*. UK: British Broadcasting Corporation, 1999.
15. Evropská vysílací unie. *TPEG - What is it all about?* [online]. 2003 [cit. 2014-10-24]. Dostupné z: <https://tech.ebu.ch/docs/other/TPEG-what-is-it.pdf>
16. WG AUTOMOTIVE. *TPEG TEC Application Specification* [online]. 2006 [cit. 2014-10-24]. Dostupné z: [http://www.mobile-info.org/prom/mobileinfo.nsf/DocID/7FA3503CF5AAB9E7C125723E004B2276/\\$file/TPEG\\_TEC\\_Specification\\_V1\\_0\\_20060309.pdf](http://www.mobile-info.org/prom/mobileinfo.nsf/DocID/7FA3503CF5AAB9E7C125723E004B2276/$file/TPEG_TEC_Specification_V1_0_20060309.pdf)
17. Radio Data Center. *TPEG monitoring* [online]. verze 13.10.2014 [cit. 2014-10-23]. Dostupné z: <http://www.radiodatacenter.de/en/broadcast-monitoring/28-tpeg-monitoring.html>
18. Ředitelství silnic a dálnic ČR. Proměnné dopravní značky (PDZ) a zařízení pro provozní informace (ZPI). In: *Dopravniinfo.cz* [online]. [cit. 2014-10-24]. Dostupné z: <http://www.dopravniinfo.cz/vyhledavani/texts/promenne-dopravni-znacky-a-zarizeni-pro-provozni-informace?filter%5Bnews%5D=1&filter%5Btexts%5D=1&filter%5Bfulltext%5D%5Ball%5D=zpi&filter%5Bprocess%5D=>
19. Výrobky na bázi LED ve skupině ELTODO a jejich použití. In: *Světlo* [online]. [cit. 2014-11-21]. Dostupné z: [http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id\\_document=35789](http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=35789)
20. Letecké přístroje Praha, s.r.o. *Vývoj, výroba a servis proměnných dopravních značek a reklamních systémů* [online]. [cit. 2014-11-21]. Dostupné z: <http://www.lp-praha.cz/index.php?page=00098&lang=cz>
21. LOKAJ, Z., ŠROTÝŘ, M. et al. *Zvýšení využití parkovací kapacity na dálnicích za pomoci predikčních modelů. Průběžná zpráva 2013*. Praha: 2014.
22. *Truckinform* [online]. 2014 [cit. 2014-11-01]. Dostupné z: <http://www.truckinform.eu>
23. *TRANSPark* [online]. 2014 [cit. 2014-11-01]. Dostupné z: <http://www.iru.org/transpark-app>
24. *Truck Parking Europe* [online]. 2014 [cit. 2014-10-30]. Dostupné z: [www.truckparkingeurope.com](http://www.truckparkingeurope.com)

25. Tinynode. *Autoroutes sapn - Encore plus de service et de sécurité* [Video]. 2014 [cit. 2014-11-06]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=h-7KkifwWTA>
26. Abs, J. *Intelligent and Secure Truck Parking* [online]. EasyWay Deployment Guideline, 2012 [cit. 2014-10-30]. Dostupné z: [http://www.rits-net.eu/uploads/media/EW-DG-2012\\_FLS-DG01\\_IntelligentAndSecureTruckParking\\_02-00-00.pdf](http://www.rits-net.eu/uploads/media/EW-DG-2012_FLS-DG01_IntelligentAndSecureTruckParking_02-00-00.pdf)
27. Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie. Disponibilité des places de stationnement Poids Lourds et mise en oeuvre d'un service de réservation. In: *Les Transports Intelligents* [online]. [cit. 2014-10-30]. Dostupné z: <http://www.transport-intelligent.net/produits-services/article/information-sur-la-disponibilite>
28. Tinynode. *26 parking areas equipped on the VINCI Autoroutes highway network* [online]. 2014 [cit. 2014-11-06]. Dostupné z: [http://www.tinynode.com/?q=news\\_vinci\\_08\\_13](http://www.tinynode.com/?q=news_vinci_08_13)
29. NEMEC, M. *Truck Parking Information in the Region of Vienna* [online]. EasyWay, 2011 [cit. 2014-11-06]. Dostupné z: [http://www.easyway-its.eu/sites/default/files/EW2\\_HL\\_AT\\_truck\\_parking.pdf](http://www.easyway-its.eu/sites/default/files/EW2_HL_AT_truck_parking.pdf)
30. Asfinag. *Well informed with our free app "On the way"* [online]. 2014 [cit. 2014-11-06]. Dostupné z: <http://www.asfinag.at/on-the-way/on-the-way-app>
31. Information system of Austrian motorway operator ASFINAG shows free rest areas in Greater Linz and Vienna. In: *LOGEASTICS - Transport and Logistic in Central Eastern Europe* [online]. [cit. 2014-11-06]. Dostupné z: <http://www.oevz.com/English/index.php?newsid=7658>
32. Asfinag. HGV Parking Space Information. In: *Asfinag* [online]. 2014 [cit. 2014-11-06]. Dostupné z: <http://www.asfinag.at/on-the-way/hgv-and-bus/hgv-parking-spaces>
33. VAN DE VEN, T. et al. Parckr - Estimating and forecasting parking occupancy. In: *19th ITS World Congress*. Vídeň, Rakousko: 2012.
34. Tinynode. Tinynode goes to Netherlands. In: *Tinynode* [online]. 29.9.2014 [cit. 2014-11-06]. Dostupné z: [http://www.tinynode.com/?q=tinynode\\_for\\_parckr\\_with\\_imtech\\_in\\_the\\_netherlands](http://www.tinynode.com/?q=tinynode_for_parckr_with_imtech_in_the_netherlands)
35. *Parckr - Intelligent Truck Parking* [online]. [cit. 2014-11-06]. Dostupné z: <http://www.parckr.eu>
36. *Parckr* [online]. [cit. 2014-11-06]. Dostupné z: <http://www.parckr.org/>

37. LOKAJ, Z., ŠROTÝŘ, M. et al. Telematics system for increasing the road safety by predicting the occupancy of the parking areas on the highways. In: *WSEAS Transactions on Systems* [online]. vol. 13, no. 13. Internet: 2014, s. 450-56 [cit. 2014-11-20]. ISSN 2224-2678. Dostupné z: <http://www.wseas.org/multimedia/journals/systems/2014/f025702-088.pdf>
38. ZELINKA, T., JEŘÁBEK, M. et al. Telematics System dedicated for Provisioning of On-Line Information about Predicted Occupancy of Highway Parking Areas. In: *Journal of Systemics, Cybernetics and Informatics* [vol. 12, no. 4]. Internet: 2014, s. 64-68 [cit. 2014-11-20]. ISSN 1690-4524. Dostupné z: <http://www.iiisci.org/journal/sci/FullText.asp?var=&id=SA602OQ14>
39. BRÄHLER, S. *Analysis of the Android* [online]. Diplomová práce. Karlsruhe, Baden-Württemberg, SRN: Karlsruher Institut für Technologie, 2010 [cit. 2014-30-10]. Dostupné z: [http://os.itec.kit.edu/downloads/sa\\_2010\\_braehler-stefan\\_android-architecture.pdf](http://os.itec.kit.edu/downloads/sa_2010_braehler-stefan_android-architecture.pdf)
40. Android Architecture – The Key Concepts of Android OS. In: *Android-App-Market.com* [online]. 2012 [cit. 2014-11-14]. Dostupné z: <http://www.android-app-market.com/android-architecture.html>
41. Android Security Overview. In: *The Android Source Code* [online]. [cit. 2014-11-13]. Dostupné z: <https://source.android.com/devices/tech/security/>
42. Managing the Activity Lifecycle. In: *Android developers* [online]. [cit. 2014-11-14]. Dostupné z: <http://developer.android.com/training/basics/activity-lifecycle/>
43. TVRDÝ, K. *Evaluační aplikace telematických performačních indikátorů v oblasti GNSS*. Bakalářská práce. Praha: ČVUT v Praze, Fakulta dopravní, 2012.

## Přílohy

### Příloha A – seznam přiložených souborů

parkoviste.apk	Zkompilovaná aplikace Parkoviště
parkoviste_source.zip	Zdrojové kódy aplikace Parkoviště

### Příloha B – XML požadavek na seznam dálnic

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<S:Envelope xmlns:S="http://schemas.xmlsoap.org/soap/envelope/">
  <S:Header/>
  <S:Body>
    <Request method="getHighwayList"/>
  </S:Body>
</S:Envelope>
```

### Příloha C – XML seznam dálnic

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<S:Envelope xmlns:S="http://schemas.xmlsoap.org/soap/envelope/">
  <S:Header/>
  <S:Body>
    <Response method="getHighwayList">
      <HighwayList      <!--Seznam dálnic -->
        <Highway>
          <HighwayName>D5</HighwayName> <!--Název dálnice -->
          <HighwayFrom>Praha</HighwayFrom> <!--Začátek dálnice -->
          <HighwayTo>Rozvadov</HighwayTo> <!--Konec dálnice -->
          <HighwayLength>151</HighwayLength> <!--Délka dálnice -->
        </Highway>
      </HighwayList>
    </Response>
  </S:Body>
</S:Envelope>
```

### Příloha D – XML požadavek na seznam parkovišť

```
<?xml version='1.0' encoding='UTF-8' ?>
<S:Envelope xmlns:S="http://schemas.xmlsoap.org/soap/envelope/">
  <S:Header />
  <S:Body>
    <Request method="getPredictionParking">
      <AverageSpeed></AverageSpeed> <!--Průměrná rychlost - pro testování modelu -->
      <NumberParking>3</NumberParking> <!--Počet zobrazovaných parkovišť -->
      <NumberPredictions>5</NumberPredictions> <!--Počet zobrazovaných predikčních oken -->
      <SourceHighway>D5</SourceHighway> <!--Dálnice, na které se právě nachází -->
      <HighwayPosition unit="km">101</HighwayPosition> <!--Pozice na dálnici -->
      <DrivingDirection>Rozvadov</DrivingDirection> <!--Směr jízdy -->
      <TargetHighway>D5</TargetHighway> <!--Cílová dálnice -->
    </Request method="getPredictionParking">
  </S:Body>
</S:Envelope>
```

```

    <TimeStampWithTimeZone>29.11.2014 15:04:43 +0000</TimeStampWithTimeZone> <!--
časová značka požadavku-->
  </Request>
</S:Body>
</S:Envelope>

```

## Příloha E – XML seznam parkovišť

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<S:Envelope xmlns:S="http://schemas.xmlsoap.org/soap/envelope/">
  <S:Header/>
  <S:Body>
    <Response method="getPredictionParking">
      <RequestTimeStampWithTimeZone>27.11.2014 08:50:27
+0000</RequestTimeStampWithTimeZone> <!--Časová známka požadavku -->
      <ResponseTimeStampWithTimeZone>27.11.2014 08:50:28
+00:00</ResponseTimeStampWithTimeZone> <!--Časová známka odpovědi -->
      <ParkingList>
        <Parking>
          <Distance>12</Distance> <!--vzdálenost -->
          <ArrivalTimeUTC>27.11.2014 08:59</ArrivalTimeUTC> <!--čas příjezdu -->
          <Speed>86</Speed> <!--rychlost -->
          <ParkingPosition>111.5</ParkingPosition> <!--pozice parkoviště na dálnici -->
          <FillingStationName>Benzina</FillingStationName> <!--název čerpačí stanice -->
          <Color>#ff0000</Color> <!--predikovaná obsazenost (barva) -->
          <ParkingCapacity>15</ParkingCapacity> <!--kapacita parkoviště nad 3,5 t -->
          <Occupancy>13</Occupancy> <!--predikovaná obsazenost (počet vozidel) -->
          <Accommodation></Accommodation> <!--ubytování -->
          <Eating>bistro</Eating> <!--stravování-->
          <OperatingHours>00 - 24</OperatingHours> <!--provozní doba -->
          <WC>ano</WC> <!--wc -->
          <NextPredictions> <!--predikce na další časové horizonty -->
            <Prediction TimeUTC="27.11.2014 08:55" Occupancy="13" Color="#ff0000"/>
            <Prediction TimeUTC="27.11.2014 09:25" Occupancy="13" Color="#ff0000"/>
            <Prediction TimeUTC="27.11.2014 09:55" Occupancy="13" Color="#ff0000"/>
            <Prediction TimeUTC="27.11.2014 10:25" Occupancy="13" Color="#ff0000"/>
            <Prediction TimeUTC="27.11.2014 10:55" Occupancy="14" Color="#ff0000"/>
          </NextPredictions>
        </Parking>
        <Parking>
          <Distance>23</Distance>
          <ArrivalTimeUTC>27.11.2014 09:07</ArrivalTimeUTC>
          <Speed>86</Speed>
          <ParkingPosition>123</ParkingPosition>
          <FillingStationName>Shell</FillingStationName>
          <Color>#00ff00</Color>
          <ParkingCapacity>10</ParkingCapacity>
          <Occupancy>3</Occupancy>
          <Accommodation></Accommodation>
          <Eating></Eating>
          <OperatingHours>00 - 24</OperatingHours>
          <WC>ano</WC>

```

```
<NextPredictions>
  <Prediction TimeUTC="27.11.2014 08:55" Occupancy="3" Color="#00ff00"/>
  <Prediction TimeUTC="27.11.2014 09:25" Occupancy="3" Color="#00ff00"/>
  <Prediction TimeUTC="27.11.2014 09:55" Occupancy="2" Color="#00ff00"/>
  <Prediction TimeUTC="27.11.2014 10:25" Occupancy="2" Color="#00ff00"/>
  <Prediction TimeUTC="27.11.2014 10:55" Occupancy="2" Color="#00ff00"/>
</NextPredictions>
</Parking>
<Parking>
  <Distance>44</Distance>
  <ArrivalTimeUTC>27.11.2014 09:21</ArrivalTimeUTC>,
  <Speed>86</Speed>
  <ParkingPosition>144</ParkingPosition>
  <FillingStationName>Agip</FillingStationName>
  <Color>#ff0000</Color>
  <ParkingCapacity>28</ParkingCapacity>
  <Occupancy>35</Occupancy>
  <Accommodation></Accommodation>
  <Eating>bistro, mcdonalds</Eating>
  <OperatingHours>00 - 24</OperatingHours>
  <WC>ano</WC>
  <NextPredictions>
    <Prediction TimeUTC="27.11.2014 08:55" Occupancy="36" Color="#ff0000"/>
    <Prediction TimeUTC="27.11.2014 09:25" Occupancy="35" Color="#ff0000"/>
    <Prediction TimeUTC="27.11.2014 09:55" Occupancy="34" Color="#ff0000"/>
    <Prediction TimeUTC="27.11.2014 10:25" Occupancy="34" Color="#ff0000"/>
    <Prediction TimeUTC="27.11.2014 10:55" Occupancy="34" Color="#ff0000"/>
  </NextPredictions>
</Parking>
</ParkingList>
</Response>
</S:Body>
</S:Envelope>
```