



F3

**Fakulta elektrotechnická
Katedra měření**

Diplomová práce

Implementace nových scénářů pro platformu inteligentního vozu

Jiří Pinkava

Otevřená informatika, Počítačové inženýrství

Květen 2023

Vedoucí práce: Ing. Jan Sobotka, Ph.D.



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Pinkava** Jméno: **Jiří** Osobní číslo: **483721**
Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**
Zadávající katedra/ústav: **Katedra měření**
Studijní program: **Otevřená informatika**
Specializace: **Počítačové inženýrství**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Implementace nových scénářů pro platformu inteligentního vozu

Název diplomové práce anglicky:

New scenarios on Intelligent car platform

Pokyny pro vypracování:

1. Platforma inteligentního vozu umožňuje ovládání vybraných funkcí a komunikaci s řidičem vozu Škoda Enyaq. Detaily nastudujte z diplomové práce [1].
2. Prozkoumejte možnosti platformy a po dohodě s vedoucím rozšířte systém o další scénáře demonstrujících schopnosti platformy – např. asistent úsporné jízdy pro zvýšení dojezdu elektromobilu, predikce aktivace komfortních funkcí (výhřev sedaček), predikce přepínání jízdního módu vozu.
3. Implementace bude založena na komunikaci s REST API vozu.

Seznam doporučené literatury:

- [1] Nejtek, J.: Framework pro sběr dat a řízení inteligentního vozu, Diplomová práce ČVUT FEL, 2022
[2] Nicolas Navet, F. and Simonot-Lion, F.: Automotive Embedded Systems Handbook, CRC Press/INC, 2009.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

Ing. Jan Sobotka, Ph.D. katedra měření FEL

Jméno a pracoviště druhého(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) diplomové práce:

Datum zadání diplomové práce: **09.02.2023** Termín odevzdání diplomové práce: **26.05.2023**

Platnost zadání diplomové práce:
do konce letního semestru 2023/2024

Ing. Jan Sobotka, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) práce

podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Mgr. Petr Páta, Ph.D.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Diplomant bere na vědomí, že je povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v diplomové práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

Poděkování / Prohlášení

Chtěl bych poděkovat vedoucímu práce Ing. Janu Sobotkovi, Ph.D. za vedení práce, pravidelné konzultace, možnost práce na zajímavém tématu a cenné rady, díky nimž mohla práce vzniknout. Dále bych rád poděkoval doc. Ing. Jiřímu Novákovi, Ph.D., který celou dobu sledoval průběh práce a neváhal poradit, a také Ing. Janu Nejtkoví za objasnění součástí projektu Inteligentního auta.

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

V Praze dne 26. 5. 2023

.....

Abstrakt / Abstract

Cíl této diplomové práce je představit nové scénáře použití platformy Intelligentního auta, jakožto demonstraci jejích možností. K součástem práce patří adaptace platformy určené pro automobil Škoda Kodiaq do vozu Škoda Enyaq. Výstupem práce je soubor funkcí platformy, které mají za úkol zjednodušit život řidiči nebo snížit spotřebu energie potřebné pro provoz automobilu.

Klíčová slova: automobil, REST API, komfortní funkce, úspora energie, cirkulace vzduchu, strojové učení.

Aim of this diploma thesis is to introduce new scenarios using the Intelligent car platform to demonstrate the use and abilities of this platform. Adaptation of platform existing in Škoda Kodiaq car to Škoda Enyaq car belongs to parts of the work. An output of the thesis is a collection of functions that are developed to make drivers life easier or to reduce consumption of energy that is necessary for cars operation.

Keywords: car, REST API, comfort functions, energy savings, air circulation, machine learning.

Title translation: New scenarios on Intelligent car platform

Obsah /

| | | | |
|---|-----------|--|--|
| 1 Úvod | 1 | | |
| 1.1 Myšlenka práce | 1 | | |
| 1.2 Platforma pro testování funkcí . . . | 1 | | |
| 1.3 Cíl práce | 1 | | |
| 2 Platforma Inteligentního auta - Hardware | 3 | | |
| 2.1 CAN gateway | 3 | | |
| 2.1.1 Blokování zprávy | 4 | | |
| 2.1.2 Modifikace zprávy | 4 | | |
| 2.1.3 Přeposílání zprávy | 4 | | |
| 2.1.4 Reset | 4 | | |
| 2.2 BAP transceiver | 4 | | |
| 2.2.1 Ovládání funkcí | 5 | | |
| 2.2.2 Sběr dat | 5 | | |
| 2.3 Jednotka zpracování obra- zu (Image processing unit - IPU) | 5 | | |
| 2.4 Počítač | 6 | | |
| 2.4.1 Advantech ARK-3520P | 6 | | |
| 2.5 Automobil | 7 | | |
| 3 Platforma Inteligentního auta - software | 9 | | |
| 3.1 CAN activator | 9 | | |
| 3.2 Data acquisition module (DAQ modul) | 9 | | |
| 3.2.1 Zpracování dat z BAP transceiveru | 9 | | |
| 3.2.2 Zpracování dat z CANu | 9 | | |
| 3.3 Middleware | 10 | | |
| 3.4 Human Machine Interface (HMI) | 10 | | |
| 3.4.1 Podoby HMI | 10 | | |
| 3.5 Car REST API | 11 | | |
| 3.5.1 Přepnutí obrazovky in- fotainmentu a bloková- ní rozpoznání dotyku obrazovky | 11 | | |
| 3.5.2 Zobrazení hlášky systé- mu s možností odpovědi | 11 | | |
| 3.5.3 Provedení akce pomocí modulů CAN activator a BAP transciever | 11 | | |
| 3.5.4 Nastavení přímé ko- munikace mezi DAQ modulem a Middlewarem | 11 | | |
| 3.5.5 Přepnutí aktivního uži- vatele systému | 12 | | |
| 3.6 Schéma propojení softwaru . . . | 13 | | |
| 3.7 Moduly využívající funkce platformy | 14 | | |
| 4 Zástavba do vozidla | 15 | | |
| 4.1 Umístění a uchycení hardwaru . . | 15 | | |
| 4.2 Napájení | 16 | | |
| 4.3 Kabelový svazek | 16 | | |
| 4.4 Schéma zapojení | 17 | | |
| 5 Obecné možnosti platformy | 18 | | |
| 5.1 Ovládání funkcí systému topení, ventilace a klimatizace . . | 18 | | |
| 5.1.1 Standardní ovládání | 18 | | |
| 5.1.2 Softwarové ovládání funkcí . . | 19 | | |
| 5.2 Adaptivní tempomat | 19 | | |
| 5.3 Obsah sbíraných dat | 20 | | |
| 5.4 Programovací jazyky | 20 | | |
| 5.5 Profilování uživatele | 20 | | |
| 5.6 Mikrotransakce | 21 | | |
| 6 Automatizace ovládání klapky cirkulace vzduchu | 22 | | |
| 6.1 Motivace | 22 | | |
| 6.2 Body zájmu | 22 | | |
| 6.2.1 Určení bodu zájmu | 22 | | |
| 6.2.2 Chování systému při vjezdu do znečištěné zóny | 23 | | |
| 6.2.3 Chování systému po opuštění znečištěné zóny | 24 | | |
| 6.3 Algoritmus učící se z cho- vání řidiče | 24 | | |
| 6.3.1 Příprava dat | 24 | | |
| 6.3.2 Tvorba vyhledávacího stromu | 24 | | |
| 6.3.3 Predikce nastavení při otevřené klapce | 25 | | |
| 6.3.4 Predikce nastavení při uzavřené klapce | 25 | | |
| 6.3.5 Vývojový diagram al- goritmu | 26 | | |
| 6.4 Použití frameworku pro strojové učení | 27 | | |
| 6.4.1 Framework Tensorflow | 27 | | |
| 6.4.2 Příprava vstupních dat | 28 | | |

| | | | | | |
|----------|---|-----------|-----------|---|-----------|
| 6.4.3 | Rozbor výstupních dat – predikce | 28 | 7.2.5 | Podmínky pro aktivaci adaptivního tempomatu . . . | 36 |
| 6.4.4 | Vývojový diagram al- goritmu | 29 | 7.2.6 | Sběr dat | 36 |
| 6.4.5 | Zpracování dat na místě . . | 30 | 7.3 | Body zájmu | 37 |
| 6.5 | Zpracování dat vzdáleným serverem | 30 | 7.3.1 | Relevantní body zájmu . . . | 37 |
| 6.6 | Získávání dat pro predikce . . . | 30 | 7.4 | Algoritmus učící se z cho- vání řidiče | 37 |
| 6.6.1 | Existující databáze | 31 | 7.4.1 | Zpracování nasbíra- ných dat | 37 |
| 6.6.2 | Komunitní hlášení zápachu | 31 | 7.4.2 | Předpověď aktivace adaptivního tempomatu . . . | 38 |
| 6.6.3 | Sběr dat z automobilů v provozu | 31 | 7.4.3 | Učení modelu řidičem | 39 |
| 6.7 | Zhodnocení navržených metod . | 32 | 7.4.4 | Vývojový diagram al- goritmu | 40 |
| 6.7.1 | Body zájmu | 32 | 8 | Automatizace vyhřívání sedačky | 41 |
| 6.7.2 | Algoritmus učící se z chování řidiče | 32 | 8.1 | Motivace | 41 |
| 6.7.3 | Využití frameworku pro strojové učení | 32 | 8.1.1 | Komfort při používání | 41 |
| 6.7.4 | Shrnutí | 32 | 8.1.2 | Spotřeba energie | 41 |
| 7 | Ovládání adaptivního tem- pomatu na základě chová- ní řidiče | 33 | 8.2 | Možnosti provedení | 41 |
| 7.1 | Verze tempomatu | 33 | 8.2.1 | Chování funkce | 41 |
| 7.1.1 | Tempomat | 33 | 8.2.2 | Aktivace funkce | 42 |
| 7.1.2 | Tempomat s možností přeřazení | 33 | 8.3 | Rozsah funkce na všechna sedadla | 42 |
| 7.1.3 | Limiter | 33 | 8.3.1 | Volitelný parametr | 42 |
| 7.1.4 | Adaptivní tempomat | 33 | 8.3.2 | Automatická aktivace | 42 |
| 7.1.5 | Adaptivní tempomat s prediktivní funkcí | 33 | 8.4 | Implementace | 43 |
| 7.1.6 | Adaptivní tempomat s funkcí Travel Assist | 34 | 8.4.1 | Výpočet doby vyhřívání . . . | 43 |
| 7.1.7 | Verze tempomatu v po- užívaném voze | 34 | 8.4.2 | Aktivace funkce | 44 |
| 7.2 | Rozbor možností ovládání systému řidičem | 35 | 8.5 | Přesah funkce do chytré klimatizace | 44 |
| 7.2.1 | Způsoby používání | 35 | 9 | Asistent optimalizace spo- třeby energie | 46 |
| 7.2.2 | Omezení nastavované rychlosti | 35 | 9.1 | Motivace | 46 |
| 7.2.3 | Omezení modelu při ovládání adaptivního tempomatu | 35 | 9.2 | Úspora energie spojená s nižší rychlostí | 46 |
| 7.2.4 | Sledování použití adap- tivního tempomatu | 35 | 9.2.1 | Metoda ověření | 46 |
| | | | 9.2.2 | Testovací automobil | 48 |
| | | | 9.2.3 | Naměřené hodnoty | 48 |
| | | | 9.2.4 | Vyhodnocení naměře- ných hodnot | 49 |
| | | | 9.3 | Místa a limity pro snížení rychlosti | 49 |
| | | | 9.4 | Koncept funkce | 50 |
| | | | 10 | Závěr | 51 |
| | | | | Literatura | 53 |

A Použité zkratky

55



Tabulky / Obrázky

| | |
|---|----|
| 2.1 Advantech ARK-3520P - Parametry | 7 |
| 2.2 Škoda Enyaq Coupé RS iV - Parametry | 8 |
| 4.1 Umístění a uchycení hardwaru . | 15 |
| 8.1 Doby vyhřívání sedadla pro různé teploty | 43 |
| 9.1 Spotřeba paliva v závislosti na rychlosti, směr Praha | 48 |
| 9.2 Spotřeba paliva v závislosti na rychlosti, směr Příbram | 48 |
| 9.3 Spotřeba paliva v závislosti na stylu jízdy, směr Praha | 48 |
| 9.4 Spotřeba paliva v závislosti na stylu jízdy, směr Příbram .. | 49 |
| 2.1 CAN gateway | 3 |
| 2.2 Digiteq Automotive BAP Transceiver | 5 |
| 2.3 EDAG DP6852 IPU HD | 6 |
| 2.4 Počítač ARK-3520P..... | 6 |
| 2.5 Škoda Enyaq Coupé RS iV | 7 |
| 3.1 Funkční prototyp Android aplikace HMI | 10 |
| 3.2 Služby poskytující Car REST API | 12 |
| 3.3 Schéma propojení softwaru | 13 |
| 4.1 Spínací rozvaděč..... | 16 |
| 4.2 Schéma zapojení platformy ve voze Enyaq | 17 |
| 5.1 Ovládání klimatizace přes displej infotainmentu..... | 18 |
| 5.2 Ovládací panel 3. zóny | 19 |
| 6.1 Určení bodu zájmu pomocí vzdálenosti..... | 23 |
| 6.2 Určení bodu zájmu pomocí plochy..... | 23 |
| 6.3 Struktura binárního vyhledávacího stromu | 25 |
| 6.4 Vývojový diagram stromového algoritmu | 26 |
| 6.5 Vývojový diagram algoritmu využívající framework pro strojové učení..... | 29 |
| 6.6 Neúplná mapa čističek odpadních vod v Praze a okolí ... | 31 |
| 6.7 Mapa zápachu na webu | 31 |
| 7.1 Páčka nastavení adaptivního tempomatu | 34 |
| 7.2 Situace na Strakonické ulici v Praze | 36 |
| 7.3 Kamera za čelním sklem | 39 |
| 7.4 Vývojový diagram algoritmu pro automatickou aktivaci ACC | 40 |
| 8.1 Stavový automat automatizace vyhřívání sedadla | 42 |
| 8.2 Menu chytré klimatizace | 44 |
| 9.1 Zkoumaný úsek trasy | 47 |
| 9.2 Ilustrace předjížděcího manévru | 50 |

Kapitola 1

Úvod

1.1 Myšlenka práce

Asistenční systémy a komfortní funkce si v posledních letech vydobily pevné místo ve výbavě automobilu. Ať už je důvodem jejich osazení poptávka uživatelů nebo legislativní nařízení, složitost prototypování nových funkcí automobilu bývá vysoká. Právě složitost integrace nové funkce do sériově vyráběného automobilu může brzdit vývojáře v nápadech nebo návrzích, které mohou být zavrhnuty už v počáteční fázi vývoje.

Obsáhlá výbava vozidel vytváří prostor pro vývoj nových funkcí při zachování stejného hardwaru. V tomto ohledu je dobré mít platformu, která umožňuje jednoduše nasadit novou funkci v testovacím provedení před výslednou implementací do řídicích jednotek vozu.

1.2 Platforma pro testování funkcí

Pro usnadnění prvotního vývoje nové funkce využívající stávajícího hardwaru vozidla potřebuje vývojář dva základní druhy služeb, které musí být snadno přístupné bez nutnosti podrobné znalosti technického pozadí. Pro ovládání funkcí nebo pro rozhodování na základě zpracování údajů potřebuje vývojář snadný přístup k datům o vozidle. Právě sběr dat je prvním druhem služby, kterou vývojář bude pravděpodobně často využívat.

Současný automobil je komplexní distribuovaný systém, v němž se mezi řídicími jednotkami předávají informace o vozidle a jeho okolí. Přenosu dat přes datové síť automobilu se proto využívá při sběru dat. Po zpracování nasbíraných dat bude vývojář nové funkce využívat druhý typ služby - ovládání funkcí, kterými je vozidlo již vybaveno. Ovládání funkcí bude výhodné při testování, kdy je možné reálně sledovat chování funkce. Další výhoda ovládání funkcí se ukáže při prezentaci prototypu nové funkce, kdy odpadne nutnost složité abstrakce chování funkce. Z estetického hlediska by hardware platformy neměl svým vzhledem a umístěním výrazně rušit. Pro co nejlepší dojem by hardwarové prvky instalované do prototypovacího automobilu neměly vytvářet pocit, že člověk testující novou funkci nesedí v produkčním voze.

Veškeré výše uvedené požadavky dokáže plnit platforma s názvem Inteligentní auto. Ta vznikla pro výzkum a implementaci nových scénářů chování vozu založených na funkcích, kterými již vůz disponuje. Platforma vznikla v rámci TAČR projektu na katedře měření FEL ČVUT. Vlastnosti týkající se služeb platforma Inteligentního auto splňuje už ze své podstaty. Instalace hardwaru platformy do vozidla tak, aby v interiéru nepřekážel, není obecnou vlastností platformy. Závisí tedy na konkrétní integraci do konkrétního vozu.

1.3 Cíl práce

Cíl práce je adaptace platformy existující pro automobil Škoda Kodiaq pro vozidlo Škoda Enyaq, zástavba hardwaru platformy do vozidla a následná demonstrace mož-

ností platformy pomocí uvedení nových funkcí pro automobil. Detaily o architektuře, vlastnostech, možnostech a implementaci platformy shrnují následující kapitoly.

Kapitola 2

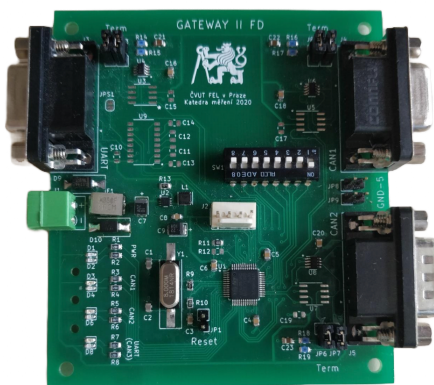
Platforma Inteligentního auta - Hardware

Hardware platformy se skládá z několika typů zařízení. Jednotlivá zařízení v rámci platformy tvoří distribuovaný systém. Detailním popisům každé součásti včetně jejího úkolu se věnují samostatné sekce. Schéma zapojení hardwaru se liší podle konkrétní implementace platformy, respektive typu vozu, proto jej lze najít v kapitole Zástavba do vozidla 4.

2.1 CAN gateway

Modul CAN gateway vznikl na katedře měření FEL ČVUT. V systému Inteligentního auta tvoří prostředek pro pokročilou práci s CAN sběrnici vozidla. CAN gateway je vybavena třemi CAN rozhraními. Jedno rozhraní slouží pro řízení její funkce, proto se nazývá řídicí CAN. Zbývají dvě rozhraní slouží jako rozhraní pracovní, na nichž se provádí poskytované služby. Řídicí CAN může být sdílen více moduly CAN gateway, protože komunikace s moduly je adresovaná.

V rámci platformy se setkáme se zapojením, kdy vícero modulů CAN gateway sdílí jeden řídicí CAN. Připojení CANu k pracovním rozhraní probíhá tak, že se přeruší sběrnice CAN ve vozidle, čímž vzniknou dva nové konce sběrnice, které se připojí k pracovním rozhraním modulu CAN gateway.



Obrázek 2.1. CAN gateway [1], [2]

CAN gateway poskytuje mnoho služeb, ale v kontextu platformy se používají tyto čtyři základní služby - blokování zprávy, modifikace zprávy, přeposílání zprávy a reset. CAN gateway ve stavu po přivedení napájení přijímá zprávy z obou pracovních rozhraní. Zprávu, kterou přijme na jednom rozhraní, okamžitě přepošle na rozhraní druhé. Chová se tedy jako opakač. Následující sekce popíše, jak se CAN gateway chová po aktivaci služeb.

■ 2.1.1 Blokování zprávy

Službu blokování zprávy lze využít, pokud chceme, aby se zpráva s určitým identifikátorem nedostala do určité části sítě. Blokování probíhá tak, že pokud CAN gateway přijme na jednom ze svých pracovních rozhraní zprávu s identifikátorem, který odpovídá identifikátoru blokovatému, nepřešle tuto zprávu na druhé rozhraní. Blokování zprávy funguje obousměrně, proto nezáleží na tom, na jaké pracovní rozhraní připojíme strany rozpojené sítě. Nicméně ve správně fungující síti by neměla zpráva se stejným identifikátorem přicházet z obou stran.

■ 2.1.2 Modifikace zprávy

Služba modifikace zprávy nabízí možnost upravit určité bity zprávy s určitým identifikátorem přijaté pracovními rozhraními. CAN gateway tedy na jednom pracovním rozhraní přijme zprávu s daným identifikátorem, poté zprávu modifikuje a její upravenou verzi pošle na druhé pracovní rozhraní. Modifikace stejně jako blokování funguje obousměrně.

■ 2.1.3 Přeposílání zprávy

CAN gateway umožňuje také přeposílání zpráv přicházejících po obou pracovních rozhraních na rozhraní řídicí. Každá přijatá zpráva s daným identifikátorem se tedy z pracovních CANů zrcadlí na CAN řídicí.

■ 2.1.4 Reset

Nastavení modulu CAN gateway lze obnovit pomocí příkazu reset. Po provedení příkazu reset se CAN gateway uvede do výchozího stavu. Tento příkaz je z hlediska funkce CAN gateway ekvivalentem odpojení a následného připojení napájení.

■ 2.2 BAP transceiver

Zkratka BAP v názvu zařízení v sobě skrývá slova Bedien und Anzeigen Protokoll, tedy protokol ovládání a zobrazení (hlášení). Protokol umožňuje ovládat různé funkce vozidla. Namátkou - od systému topení, ventilace a klimatizace, přes volbu jízdních módů, až po volbu zdroje zvuku u infotainmentu. Slovo zobrazení může být pro popis BAP transceiveru lehce zavádějící. Ze zpráv protokolu lze číst některá data o vozidle, která nelze vyčíst prostým odchyťáváním CAN zpráv. Protokol BAP poskytuje například informace o chodu klimatizace, u starších vozidel také informace o navigačních pokynech nebo údaje o trase, kudy navigační systém naviguje. Obecně protokol BAP pracuje na 2. - 7. vrstvě ISO/OSI modelu. Většinou se využívá v sítích založených na sběrnici CAN [3].

Zařízení BAP transceiver se fyzicky připojuje ke sběrnici CAN ve vozidle, na které pak operuje. Zařízení se dokáže automaticky přizpůsobit parametrům sítě CAN (rychlost přenosu, CAN FD/non FD), ke které je připojeno. BAP transceiver poskytuje právě dva druhy služeb dané protokolem - ovládání funkcí a sběr dat. Protokol využívají ke vzájemné komunikaci řídicí jednotky vozidel koncernu Volkswagen (VW). Do něj kromě Volkswagenu a jiných výrobců spadá také tuzemská automobilka Škoda, Audi, Seat, Lamborghini, Bentley, atd.



Obrázek 2.2. Digiteq Automotive BAP Transceiver [4]

■ 2.2.1 Ovládání funkcí

Pro Škodu Enyaq nabízí BAP transceiver ovládání systémů souvisejících s topením, ventilací a klimatizací. Na povel dokáže například:

- změnit nastavení cílové teploty automatické klimatizace
- ovládat vyhřívání sedadel
- nastavit, kam má proudit vzduch v interiéru vozidla
- měnit nastavení klapky cirkulace vzduchu
- a mnohé další

Povely pro vykonání činnosti přijímá BAP transceiver na rozhraní ethernet ve formě POST žádosti s určenými parametry.

■ 2.2.2 Sběr dat

Druhá služba se týká sběru dat. BAP transceiver překládá informace posílané přes BAP do strukturované textové podoby. Tyto informace je pak možné odebírat přes rozhraní ethernet poslechem na určitém TCP portu.

■ 2.3 Jednotka zpracování obrazu (Image processing unit - IPU)

O zobrazovací část architektury se stará jednotka zpracování obrazu, která umožňuje sdílet jeden displej infotainmentu dvěma zařízeními s různými rozhraními pro přenos obrazu. Prvním zařízením je jednotka infotainmentu přenášející obraz přes LVDS linku, druhým pak standardní osobní počítač vybavený rozhraním HDMI.

Jednotka zpracování obrazu na povel přepíná svůj výstup (LVDS) tak, aby se na displeji infotainmentu zobrazoval buď obraz infotainmentu nebo obraz z počítače. V případě použití signálu z HDMI dochází ještě k jeho úpravě, takže jednotka nepracuje jenom jako prostý přepínač, ale obrazový signál také zpracovává.

Přepnutí výstupu nastane po připojení tzv. switch pinu ke kostře automobilu nebo po jeho odpojení. V odpojeném stavu se na výstup jednotky dostane obrazový signál infotainmentu, v opačném případě bude na výstupu obrazový signál z počítače. Řízení stavu switch pinu probíhá přes obvod s optronem řízený RTS pinem sériového portu počítače.



Obrázek 2.3. EDAG DP6852 IPU HD [5]

2.4 Počítač

Centrálním prvkem platformy je počítač. Při výběru počítače musíme kromě výkonu vzít v potaz, že počítač bude umístěn v jedoucím automobilu, což s sebou přináší mimo jiné vibrace, rázy od vozovky a omezené možnosti napájení.

Pro tento účel by měl ideální počítač mít minimum pohyblivých částí, robustní tělo a možnost využít k napájení palubní napětí 12 V. Pro komunikaci s moduly CAN gateway a pro získávání dat z automobilu potřebujeme k počítači připojit několik rozhraní CAN. Pokud počítač nemá tato rozhraní integrovaná, je možné využít CAN rozhraní připojovaná k počítači pomocí USB.

2.4.1 Advantech ARK-3520P

Zadání splňuje například průmyslový počítač Advantech ARK-3520P, který nabízí kompaktní pevné tělo s mohutným pasivním chladičem, možnost napájení napětím 9-36 V, úložiště typu SSD a velké množství rozšiřujících konektorů. Počítač je osazen staršími ověřenými komponenty, tudíž výkonem neoslní, ale zároveň bude úkoly zvládat bez problémů. ARK-3520P nemá integrovaná CAN rozhraní, proto se k němu přes USB připojují dvě zařízení od firmy Kvaser [6]. Každé z těchto zařízení je vybaveno dvěma CAN rozhraními.



Obrázek 2.4. Počítač ARK-3520P [7]

| | |
|-----------------------|--|
| Procesor | Intel Core i5 6440EQ |
| Jádra | 4 |
| Frekvence | 2,7 GHz |
| L3 Cache | 6 MB |
| Operační paměť | Crucial |
| Typ | DDR4 |
| Kapacita | 16 GB (2x 8 GB) |
| Frekvence | 2400 MHz |
| Grafická karta | Intel HD Graphics 530 |
| Typ | integrovaná |
| Grafické výstupy | HDMI, VGA |
| Úložiště | Samsung 870 EVO |
| Kapacita | 500 GB |
| Rozhraní | SATA 6 Gb/s |
| Rychlost čtení/zápisu | 560/530 MB/s |
| Konektory | 2x gigabit ethernet, 6x USB 3.0, 2x USB 2.0, 8x sériový port |

Tabulka 2.1. Advantech ARK-3520P - Parametry [7]

2.5 Automobil

Bezpochyby největší a zároveň nejkomplexnější hardwarový prvek platformy představuje automobil. Platforma Inteligentního auta je navržena pro vozy koncernu Volkswagen, proto se v projektu setkáme s elektromobilem Škoda Enyaq Coupé RS iV s pohonem všech kol. Od běžné produkční verze se využívaný Enyaq Coupé na první pohled téměř neliší. Z uživatelského hlediska působí nestandardně jen kabelové svazky vyvedené do zavazadlového prostoru.



Obrázek 2.5. Škoda Enyaq Coupé RS iV

| | |
|---------------------------|------------------------------------|
| Pohon | |
| Přední motor | Asynchronní |
| Zadní motor | Synchronní s permanentními magnety |
| Baterie | |
| Typ | Lithium-iontová |
| Kapacita | 82 kWh (využitelná 77 kWh) |
| Další údaje | |
| Maximální systémový výkon | 220 kW (po dobu max. 30 s) |
| Maximální točivý moment | 460 Nm |
| Maximální rychlost | 180 km/h |
| Zrychlení z 0 na 100 km/h | 6,5 s |
| Průměrná spotřeba | 17,2 – 18,1 kWh na 100 km |

Tabulka 2.2. Škoda Enyaq Coupé RS iV - Vybrané parametry

Kapitola 3

Platforma Inteligentního auta - software

Programové vybavení platformy se skládá ze šesti základních softwarových modulů. Softwarové moduly se stejně jako moduly hardwarové podílí na chodu distribuovaného systému platformy Inteligentního auta. Jejich popis shrnou následující bloky textu. Výsledné propojení softwarových modulů a jejich provázanost s hardwarem znázorňuje schéma u konce kapitoly 3.3. Moduly Middleware, DAQ a základy Car REST API vytvořil Jan Nejtek [8]. Součástí této práce je také jejich adaptace a rozšíření o nové funkce.

3.1 CAN activator

Mezi součástí platformy, které provádí činnost, jejichž následků si uživatel všimne na první pohled, patří modul CAN activator. Výsledkem jeho práce jsou změny nastavení adaptivního tempomatu (ACC). Konkrétně dokáže modul CAN activator adaptivní tempomat aktivovat, po aktivaci i deaktivovat, měnit požadovanou rychlost a upravovat požadovanou vzdálenost od vozu jedoucím před ovládaným automobilem. CAN activator vznikl v rámci diplomové práce Jaroslava Berana [9].

3.2 Data acquisition module (DAQ modul)

Modul sběru dat, zkráceně DAQ modul, sbírá informace poskytované vozidlem. Způsob zpracování dat nasbíraných DAQ modulem se liší podle jejich zdroje. Data získává z těchto dvou zdrojů:

- BAP transceiver
- CAN signály

3.2.1 Zpracování dat z BAP transceiveru

Jednodušší proces probíhá s daty od BAP transceiveru dodávajícího strukturovanou zprávu v textové podobě, která je navíc lidsky čitelná. DAQ modul tyto zprávy pouze přeformátuje a odešle je modulu Middleware, o němž bude řeč v dalším bloku. BAP transceiver odesílá data DAQ modulu automaticky pomocí TCP socketu.

3.2.2 Zpracování dat z CANu

O poznání složitější soubor úkonů provádí DAQ modul s daty proudícími z rozhraní CAN, odkud dostane pouze CAN zprávu – identifikátor a několik bytů dat. CAN zpráva se musí dekodovat na signály. K tomu potřebuje DAQ modul dekodovací matici (DBC soubor [10]) určující například názvy signálů, typy signálů, identifikátory zpráv obsahující signály, počáteční bity, počty bitů a další informace o signálech. Po dekodování se signály zpracují do formátu JSON a odešlou do modulu Middleware. DAQ modul není vázán na určitý CAN. Je možné jej využít pro sběr dat z jakéhokoli CANu, pokud k němu obdrží dekodovací matici.

3.3 Middleware

Middleware slouží jako databáze veškerých dat sesbíraných v rámci platformy. Pro ostatní softwarové moduly platformy poskytuje Middleware dvě hlavní služby na základě GET a POST žádostí. Pro každou dvojici GET a POST žádostí musí existovat adresa jejich volání – tzv. endpoint. Na základě GET žádosti Middleware zasílá žadateli požadovaná data. Informace o tom, co má Middleware poslat, se nachází v databázi Middlewaru, proto se datová část GET žádosti ignoruje. Po obdržení POST žádosti vyvolá Middleware skrze rozhraní pro interakci mezi člověkem a strojem (HMI) dotaz na řidiče, jestli souhlasí s provedením akce dané endpointem. Pokud řidič souhlasí, odešle Middleware žádost o provedení akce na REST API, které ji předá akčním modulům (BAP transeiver nebo CAN activator). Nesouhlasí-li řidič s provedením akce, zpracování žádosti končí.

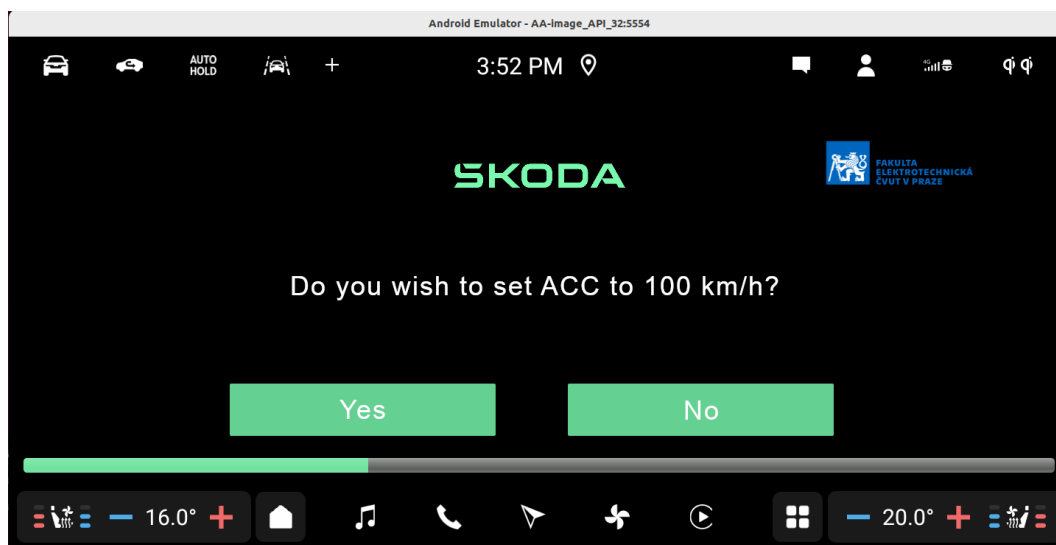
3.4 Human Machine Interface (HMI)

Modul rozhraní pro komunikaci mezi člověkem a strojem zprostředkovává v platformě možnost řidiče interagovat se softwarovými moduly Inteligentního auta. Typicky vypadá komunikace mezi řidičem a platformou tak, že se na displeji infotainmentu zobrazí hláška s otázkou, na níž je možné odpovědět ano nebo ne, případně také neodpovědět.

3.4.1 Podoby HMI

Toto rozhraní může mít různé implementace. Před adaptací platformy do nynější podoby bylo rozhraní klasickou počítačovou grafickou aplikací se speciálními funkcemi kvůli rozpoznání dotyku na displej infotainmentu.

Nyní již běží jako aplikace v obrazu operačního systému Android Automotive spuštěného v emulátoru. Komunikace s řidičem probíhá přes tzv. heads up notifikace. Heads up notifikace je nejagresivnější typ notifikace, která se zobrazí v popředí a nelze úplně ignorovat. Vždy musí dojít buď k interakci s notifikací, k vypršení její platnosti nebo k jejímu přesunutí na pozadí. Pro ilustraci: u mobilních telefonů se s heads up notifikací setkáme například při příchozím hovoru. Snímek obrazovky Android emulátoru ukazuje aplikaci vlastní tvorby plně pokrývající funkční požadavky platformy.



Obrázek 3.1. Funkční prototyp vlastní Android aplikace

3.5 Car REST API

Car REST API tvoří středobod komunikace mezi softwarovými moduly platformy. Přijímá POST žádosti v definovaných formátech. Na základě těchto žádostí provede určitou činnost nebo pověří jiný modul jejím provedením. S odesílatelem žádosti udržuje spojení a informuje jej o výsledku operace. Služby poskytované modulem Car REST API shrnují následující sekce.

3.5.1 Přepnutí obrazovky infotainmentu a blokování rozpoznání dotyku obrazovky

Jak už víme, platforma využívá pro zobrazování hlášek systému displej původního infotainmentu vozidla, na němž se zobrazuje okno emulátoru operačního systému Android Automotive. Pro ovládání některých funkcí vozidla je ale stále nutné používat původní infotainment, což s sebou nese nutnost umět přepínat obrazovku mezi těmito dvěma zdroji obrazu. Princip přepínání obrazu pomocí jednotky zpracování obrazu (IPU) a RTS pinu sériového portu počítače je popsán v sekci věnující se jednotce zpracování obrazu. 2.3

Ať už na displeji infotainmentu zobrazujeme cokoliv, displej neustále zpracovává dotyky na obrazovku. Informace o dotycích odesílá displej po rozhraní CAN do řídicí jednotky infotainmentu. To znamená, že při zobrazování obrazu Android Automotive a následovného dotyku obrazovky uživatel stále kliká na grafické ovládací prvky původního infotainmentu, které v tu chvíli ale nevidí. Aby nedocházelo k tomuto jevu, tak se nesmí do řídicí jednotky infotainmentu dostat informace o dotyku na obrazovku. To zařídíme pomocí služby blokování CAN zprávy modulu CAN gateway připojeného na CAN mezi displej a řídicí jednotku infotainmentu.

3.5.2 Zobrazení hlášky systému s možností odpovědi

Interakci s uživatelem zařizuje Android aplikace běžící v rámci obrazu operačního systému Android Automotive. Aplikace přijímá POST žádosti, po jejichž přijetí zobrazuje heads up notifikace popsané výše.

Modul, který chce zobrazit hlášku, pošle POST žádost k modulu Car REST API, který automaticky zablokuje zprávy o dotyku a přepne obrazovku. Následně Car REST API pošle POST žádost Android aplikaci. Aplikace vyhodnotí odpověď a vrátí ji do modulu Car REST API, který ji předá jako výsledek operace modulu, jenž Car REST API kontaktoval.

3.5.3 Provedení akce pomocí modulů CAN activator a BAP transceiver

Car REST API také zprostředkovává provedení činnosti přímo ovlivňující funkci automobilu přes moduly CAN activator a BAP transceiver. Po obdržení POST žádosti vyhodnotí Car REST API, jestli požadovanou akci vykonává CAN activator nebo BAP transceiver. Podle toho sestaví žádost o provedení akce v daném formátu a odešle ji modulu zodpovědnému za její provedení.

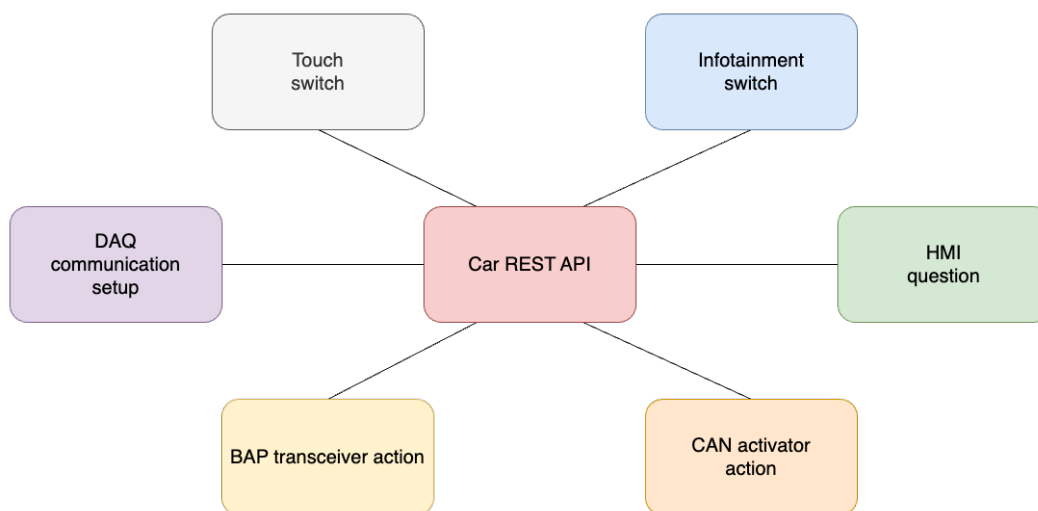
3.5.4 Nastavení přímé komunikace mezi DAQ modulem a Middlewarem

Objem dat posílaných DAQ modulem do modulu Middleware není zanedbatelný. Prakticky tvoří většinu datového toku mezi moduly platformy. Z tohoto důvodu by nebylo vhodné, aby v komunikaci mezi těmito moduly stál ještě prostředník ve formě Car

REST API. Proto je mezi DAQ modulem a Middlewarem zaveden přímý komunikační kanál. Car REST API ale hraje v této komunikaci také důležitou roli. Zprostředkovává totiž službu pro nastavení parametrů komunikace. Prakticky to vypadá tak, že Middleware vyšle Car REST API POST žádost s adresou a portem, kde se chystá komunikovat. Car REST API předá tyto parametry DAQ modulu, který vytvoří přímé spojení s Middlewarem.

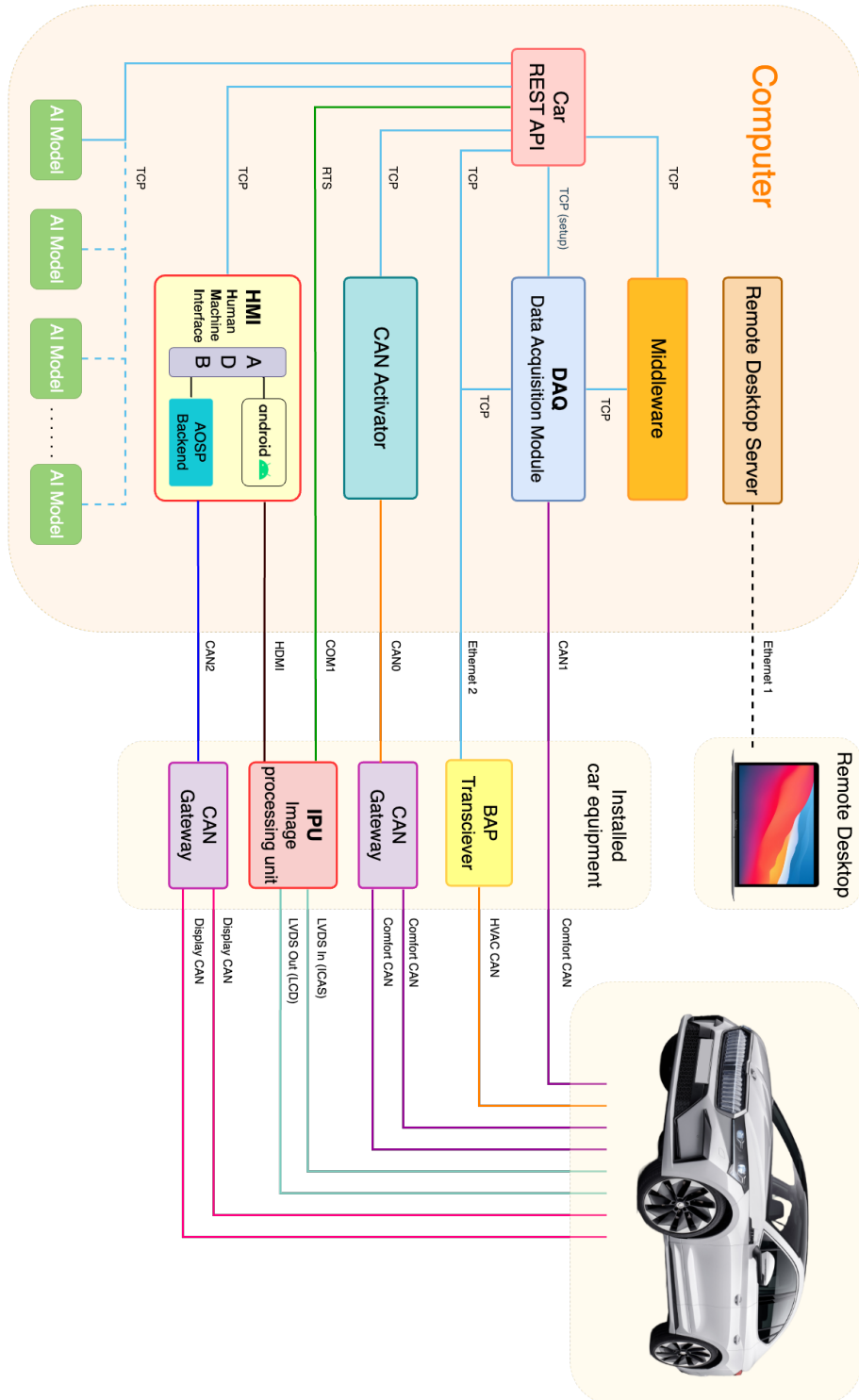
3.5.5 Přepnutí aktivního uživatele systému

Grafické rozhraní Android Automotive OS umožňuje přepínání aktivního uživatele systému. Pokud dojde ke změně aktivního uživatele, informuje o tom Android Automotive OS Car REST API pomocí POST žádosti. REST API žádost zpracuje a distribuuje informaci o aktivním uživateli dalším modulům.



Obrázek 3.2. Služby poskytující Car REST API

3.6 Schéma propojení softwaru



Obrázek 3.3. Schéma propojení softwaru

3.7 Moduly využívající funkce platformy

Celá platforma Inteligentního auta byla vytvořena pro moduly, které zpracovávají a vyhodnocují data o automobilu a o řidiči za účelem implementace nové funkce. Těmto modulům budou věnovány samostatné kapitoly. V rámci platformy jsou nazývány v jednotném čísle AI model, funkce nebo také use case.

Kapitola 4

Zástavba do vozidla

Součástí práce byla kompletní zástavba platformy do automobilu Škoda Enyaq Coupé RS iV vyžadující demontáž částí interiéru zejména v oblasti palubní desky a na pravé straně vozidla.

4.1 Umístění a uchycení hardwaru

Hardware platformy je umístěn do tří míst – do zavazadlového prostoru, do schránky před spolujezdcem a do útroby palubní desky za přihrádkou spolujezdce. Lokaci a způsob uchycení hardwaru shrnuje následující tabulka.

| | |
|---|--|
| BAP transceiver | |
| Umístění | Zavazadlový prostor, u pravého podběhu |
| Uchycení | Suchý zip nalepený na těle (drží na koberci obložení podběhu), stahovací prvek s přezkou |
| CAN gateway (2x) | |
| Umístění | Uzavíratelná schránka před spolujezdcem |
| Uchycení | Suchý zip nalepený na těle, drží na obložení schránky |
| Jednotka zpracování obrazu (IPU) | |
| Umístění | Palubní deska, za schránkou spolujezdce |
| Uchycení | Suchý zip nalepený na těle, druhá strana zipu nalepena na jiné řídicí jednotce |
| Počítač | |
| Umístění | Zavazadlový prostor, ložná plocha |
| Uchycení | 2x rohový fixační element připevněný suchým zipem k ložné ploše |
| Ovládací rozvaděč | |
| Umístění | Zavazadlový prostor, nad pravým podběhem |
| Uchycení | Suchý zip nalepený na těle (drží na koberci obložení podběhu) |
| Spojovací krabice | |
| Umístění | Palubní deska, za předním podběhem |
| Uchycení | Suchý zip nalepený na těle |

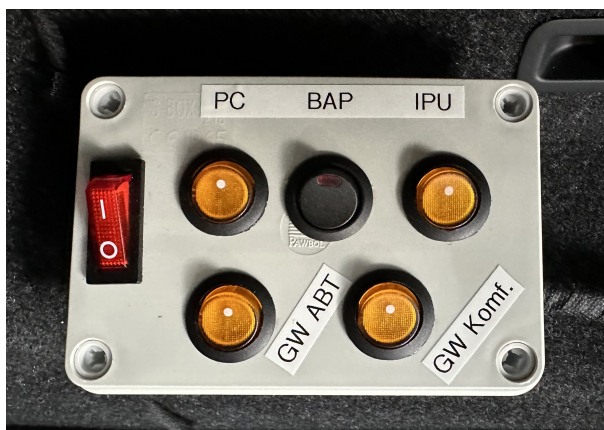
Tabulka 4.1. Umístění a uchycení hardwaru

4.2 Napájení

Veškeré hardwarové prvky platformy jsou uzpůsobeny k napájení z 12 V napájecí sítě automobilu. Reálně naměřené hodnoty napětí v této síti se pohybují mezi jedenácti a patnácti volty. Při prvotním testování se hardware platformy napájel z 12 V zásuvky umístěné v zavazadlovém prostoru. Ta ale nebyla schopna dodávat proud potřebný pro provoz všech hardwarových součástí platformy, proto došlo k pokusnému napájení přímo z pojistkové skříně automobilu umístěné v interiéru pod palubní deskou u sloupku řízení. To se ukázalo jako dostatečné, protože hardware platformy začal fungovat stabilně, bez resetů a nabíhal na první pokus.

Napájet všechny hardwarové součásti projektu přímo z pojistkové skříně by bylo problematické. Jednotlivé moduly platformy nemají režim snížené spotřeby a odpojování napájení přímo v pojistkové skříně vyžaduje složitější vyklopení schránky, která kryje pojistkovou skříň. Proto byl do zavazadlového prostoru umístěn rozvaděč vlastní výroby umožňující selektivní spínání napájení každé hardwarové součásti platformy.

Do rozvaděče vede z pojistkové skříně automobilu vodič +12 V. Vodič GND směřuje do rozvaděče ze sloupku nad pravým zadním podběhem, kde je připojen ke kostřicímu bodu. Z rozvaděče vedou napájecí páry vodičů s příslušným konektorem k počítači a k BAP transceiveru.



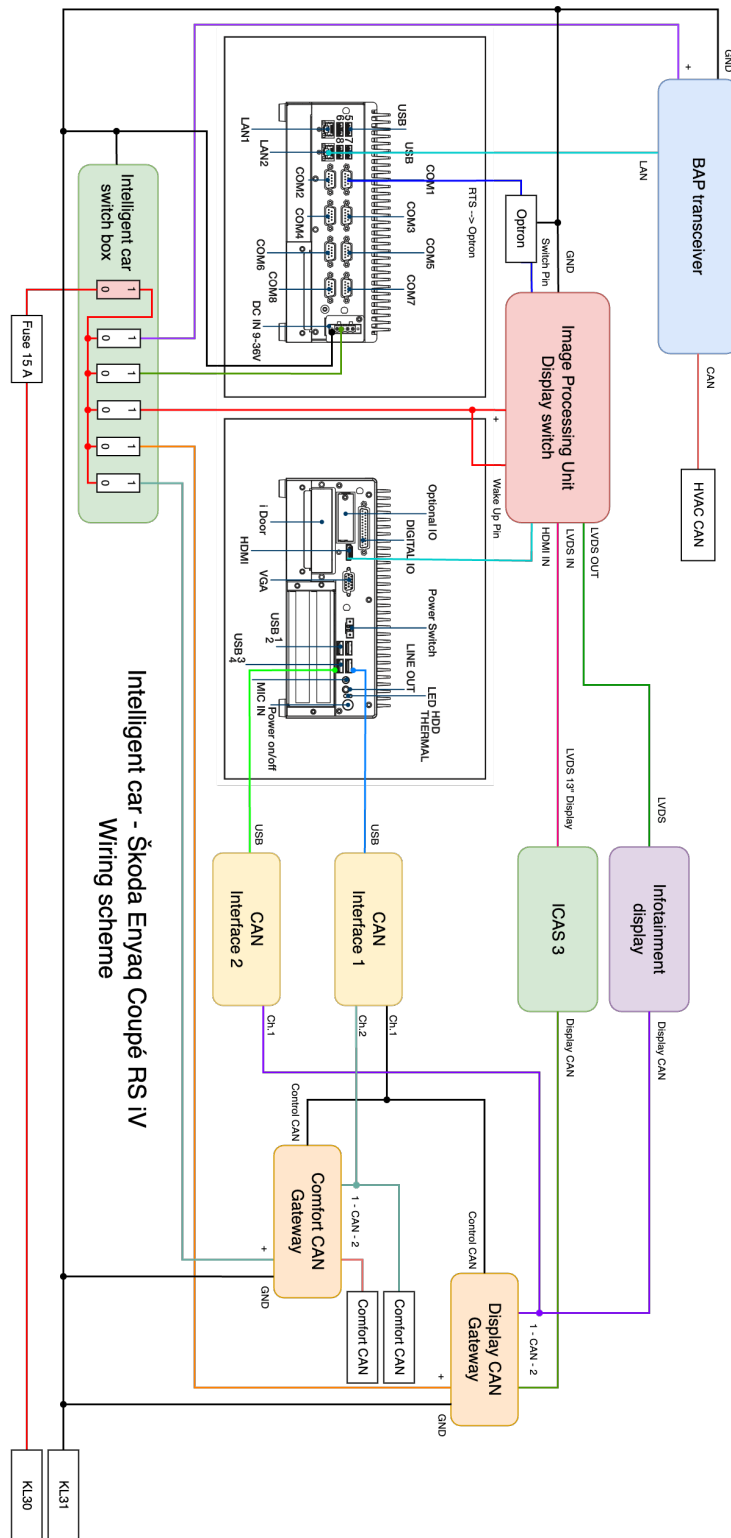
Obrázek 4.1. Spínací rozvaděč

Z rozvaděče jsou dále vyvedeny vodiče pro napájení zařízení v přední části vozu. Tyto vodiče jsou společně s jedním GND vodičem připojeným k nosníku palubní desky zakončeny ve spojovací krabici umístěné pod palubní deskou. Ze spojovací krabice pak už vedou napájecí větve k jednotlivým hardwarovým prvkům umístěným pod palubní deskou nebo ve schránce před spolujezdcem. Proudovou ochranu napájených spotřebičů zajišťuje 15 A pojistka společná pro všechny spotřebiče napájené z rozvaděče. Pojistka je přístupná z pojistkové skříně umístěné za malou uzavíratelnou schránkou nalevo od sloupku řízení.

4.3 Kabelový svazek

Veškeré kabely propojující prvky v přední části automobilu s prvky v jeho zadní části vedou prahem na pravé straně vozidla. To znamená, že v interiéru nepřekáží a zároveň neruší svojí přítomností. Kabely je možné spatřit pouze v zavazadlovém prostoru a po odklopení schránky před spolujezdcem. Kabely jsou sdruženy do svazku a omotány černou textilní páskou, která snižuje jejich viditelnost.

4.4 Schéma zapojení



Obrázek 4.2. Schéma zapojení platformy ve voze Enyaq, obrys z počítače z [7]

Kapitola 5

Obecné možnosti platformy

Platforma Inteligentního auta nabízí vývojáři následující prostředky pro realizaci. Tyto prostředky na jedné straně přinášejí inspiraci a možnosti pro nové nápady, na straně druhé limitují autora při návrhu nové funkce automobilu. Platforma poskytuje dva základní druhy služeb. Prvním je provedení akce – ovládní nebo modifikaci nějaké funkce automobilu, druhým pak sběr a následná distribuce dat získaných z vozidla.

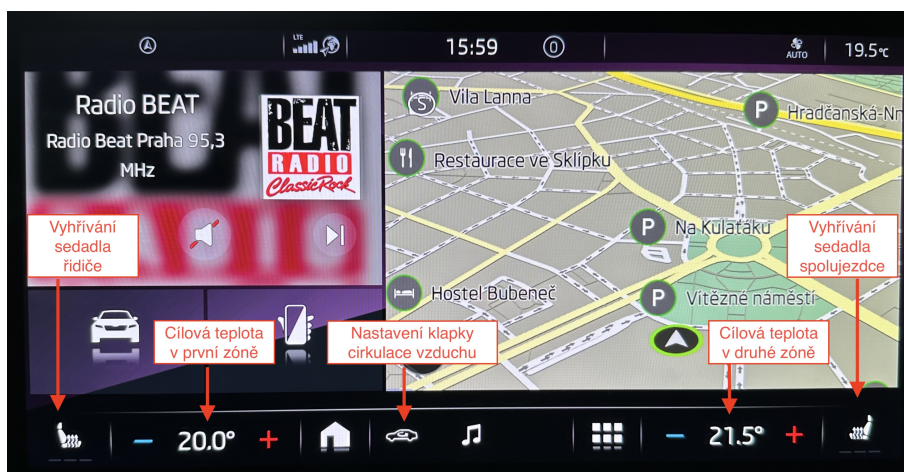
5.1 Ovládní funkcí systému topení, ventilace a klimatizace

Projektové vozidlo Enyaq je vybaveno třízónovou automatickou klimatizací, čtyřmi vyhříváními sedadly a vyhříváním volantem.

5.1.1 Standardní ovládní

První zóna automatické klimatizace se nachází v prostoru řidiče, druhá zóna obklopuje místo spolujezdce vpředu a poslední třetí zóna zabírá prostor zadních sedadel. Pro každou zónu je možné nastavit cílovou teplotu, kterou má systém v dané zóně udržovat.

Nastavování teploty pro všechny zóny probíhá přes displej infotainmentu. Cílovou teplotu třetí zóny lze navíc upravit přes panel s dvěma tlačítky pro nastavování teploty a displejem zobrazujícím aktuální nastavenou teplotu umístěným v zadní části středové opěrky rukou (na panelu před prostředním sedákem lavice zadních sedaček).



Obrázek 5.1. Ovládní klimatizace přes displej infotainmentu

Vyhřívání sedadel lze nastavit pro každé sedadlo zvlášť ve třech úrovních intenzity vyhřívání. Vyhřívání obou předních sedadel se nastavuje přes displej infotainmentu. V levém dolním rohu displeje se ovládá sedadlo řidiče, v pravém dolním rohu displeje pak sedadlo spolujezdce. Dvojice tlačítek pro nastavení intenzity vyhřívání zadních sedadel se nachází po stranách panelu ovládní třetí zóny automatické klimatizace.



Obrázek 5.2. Ovládací panel 3. zóny

Tlačítko pro řízení funkce vyhřívání volantu se nachází přímo na rameni volantu. Pomocí něj lze volit intenzitu vyhřívání ve třech stupních. Pokročilé možnosti ovládání všech funkcí systému topení, ventilace a klimatizace včetně chytrých funkcí nabízí menu klimatizace, které se na displeji infotainmentu zobrazí po stisku tlačítka s nápisem Clima na tlačítkové liště pod displejem infotainmentu.

■ 5.1.2 Softwarové ovládání funkcí

Ovládání funkcí systému topení, ventilace a klimatizace v rámci platformy se provádí přes BAP transceiver. Veškeré služby pro ovládání tohoto systému, s kterými může uživatel platformy pracovat, shrnuje následující seznam:

- Vypnutí/zapnutí celého systému
- Otevření/zavření klapky cirkulace vzduchu
- Vypnutí/zapnutí kompresoru klimatizace
- Nastavení cílové teploty pro jednotlivé zóny automatické klimatizace
- Volba synchronizace nastavení teploty zón automatické klimatizace
- Vyhřívání oken – zadní i přední (podle výbavy)
- Nastavení směru proudění vzduchu (tělo a nohy pasažéra, okna)
- Aktivace plně automatického režimu klimatizace
- Nastavení vyhřívání/ventilace sedadel (podle výbavy)
- Povolení/zakázání použití panelu ovládání třetí zóny
- Ovládání vyhřívání volantu
- Služby chytré klimatizace (např. zařátí rukou, rychlé topení/chlazení apod.)

■ 5.2 Adaptivní tempomat

Projektové vozidlo Enyaq je vybaveno adaptivním tempomatem s prediktivní funkcí a funkcí travel assist. Detailní popis lze nalézt v kapitole věnující se jeho automatické aktivitaci. 7.1 Nastavení systému adaptivního tempomatu umí v rámci platformy upravovat komponenta CAN activator. CAN activator poskytuje následující služby:

- Aktivace adaptivního tempomatu
- Deaktivace adaptivního tempomatu
- Nastavení vzdálenosti od vozidla jedoucího před ovládaným vozidlem

5.3 Obsah sbíraných dat

DAQ modul neustále sbírá data o vozidle, která následně odesílá Middlewaru. Middleware pak poskytuje nasbíraná data na základě žádostí jednotlivým modulům. Tato data mohou být důležitá pro rozhodování modulů o tom, co následně provedou. DAQ modul přijímá data přicházející po sběrnici CAN. Základním objektem, který se do DAQ modulu dostane je CAN zpráva. Druhá vrstva z uživatelského hlediska obsahuje identifikátor zprávy a bity dat. Význam identifikátoru a bitům dat dodá dekodovací DBC soubor specifický pro určitý CAN.

DBC soubor obsahuje základní přehled o tom, jaká data by mohla v komunikaci figurovat. Lze v něm najít definice signálů v CAN zprávách. Ověření, zda se data v komunikaci opravdu nachází a jestli jsou správná nebo relevantní, už je pak na uživateli platformy. Příklady signálů, které lze získat z projektového vozidla: venkovní teplota, vnitřní teplota, stupeň vyhřívání sedaček a volantu, úhel natočení volantu, rychlost vozidla, poloha vozidla (souřadnice), stav nastavení adaptivního tempomatu, atd.

5.4 Programovací jazyky

Při vytváření prototypů nových funkcí se uživatel platformy nemusí omezovat na jeden programovací jazyk. Předpokladem pro správný běh nově vytvářené funkce, která potřebuje získat data o vozidle a aktivovat nějakou funkci, je jen schopnost vytvořit GET a POST žádosti ve specifikovaném formátu. Díky tomu, že se GET a POST žádosti běžně používají, není problém nalézt již hotové knihovny, které danou problematiku řeší (například knihovna HTTP requests pro C++ od Elvisse Strazdinse [11]). Při vytváření funkcí automobilu uvedených v samostatných kapitolách byly využity programovací jazyky C++ a Python. Oba jazyky mají své výhody i nevýhody.

Přednosti Pythonu se ukáží v průběhu programování. Tvorba nové funkce trvá výrazně kratší dobu. Například není nutné hledat knihovny pro GET a POST žádosti nebo pro zpracování dat ve formátu JSON. Stačí pouze importovat nebo nainstalovat balíčky. Na opačné straně ale stojí nižší rychlost vykonávání některých úkolů, tedy pomalejší běh programu. C++ tvoří přesný opak Pythonu. Rychlost zpracování úkolů je u C++ výrazně vyšší. Nicméně se pro něj musí vytvořit nebo najít vhodné knihovny pro GET/POST žádosti a pro zpracování JSONu.

5.5 Profilování uživatele

Učení se z chování řidiče s sebou přináší i možnost nabízet řidiči obsah relevantní k jeho chování. Například při nakupování, dobíjení baterie vozidla nebo doplňování pohonných hmot. Při nedostatku pohonných hmot nebo nízkém stavu baterie by vozidlo mohlo uživateli nabídnout čerpací/nabíjecí stanici spolupracující s výrobcem vozu. Důvodem, který by řidiče přesvědčil jet zrovna na navrhované místo, by mohly být například slevové kupóny na nabíjení vozidla nebo odměna za natankování určitého množství pohonných hmot ve formě kávy. Zpracováním dat o poloze by bylo možné získávat místa, na která uživatel vozidla jezdí nakupovat, a nabízet mu personalizované akční nabídky, které platí pro obchody, u nichž vozidlo běžně parkuje nebo kolem nich často projíždí.

5.6 Mikrotransakce

Pořízení vozidla s sebou přináší používání vozidla po relativně dlouhou, ale zároveň dosti individuální, dobu. Pro někoho to mohou být desítky měsíců, pro dalšího vyšší jednotky až nižší desítky let. Nicméně dost dlouho na to, aby se nabídka funkcí vozidla okoukala a jejich používání se omezilo pouze na některé, které řidiči vyhovují. Což povede k morálnímu zastarávání vozidla a touze po změně.

Automobilka by mohla profitovat i na již vyrobených vozidlech prodejem licencí na nové softwarové funkce, které nebyly při prodeji vozidla dostupné, ale hardware vozidla splňuje požadavky na jejich integraci. Pro tyto účely by mohl existovat obchod s funkcemi podobný aplikačním obchodům v chytrých telefonech. Takový obchod by kvůli důvěryhodnosti ale obsahoval pouze aplikace vytvořené a otestované automobilkou.

Při dobře nastavené cenové politice by si uživatel mohl pravidelně dokupovat jednotlivě nové funkce například jen ze zvědavosti, aby vyzkoušel, co dokáže. Jako další možnost prodeje by se jevil měsíční předplatné, které by zahrnovalo přístup ke všem aktuálně dostupným novým funkcím vozidla.

Kapitola 6

Automatizace ovládání klapky cirkulace vzduchu

6.1 Motivace

Při průjezdu různými místy do interiéru vozidla vstupují různé vůně, ale také zápachy. V některých případech není příjemné čichat odéry nasávané do interiéru vozidla přes ventilační systémy. Pro tyto případy bývají automobily vybaveny klapkou umožňující uzavřít přívod vzduchu z exteriéru vozidla do jeho interiéru. Jenže klapku cirkulace vzduchu uživatel uzavře často, až když zápach cítí.

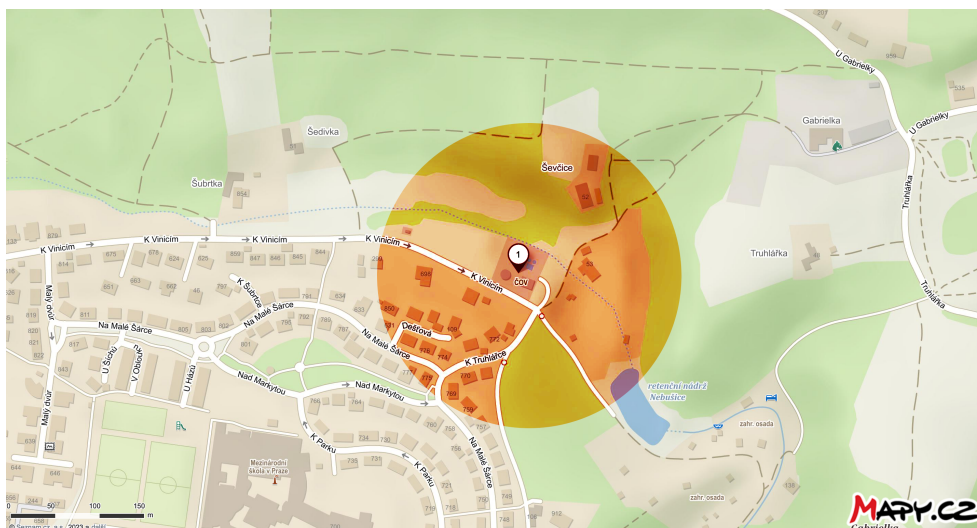
Uzavřená klapka cirkulace vzduchu s sebou přináší zvýšenou vlhkost v interiéru a postupné snižování koncentrace kyslíku v interiéru vozidla. Posádka automobilu vybaveného funkční automatickou klimatizací to v počáteční fázi pozná tak, že se od rohů začnou zamlžovat skla oken. Přívod venkovního vzduchu by měla mít posádka vozidla otevřený po co nejdelší možnou dobu. Z toho důvodu bychom neměli zapomínat klapku cirkulace vzduchu po jejím uzavření znovu co nejdříve otevírat, což se nemusí vždy povést.

6.2 Body zájmu

Jako nejjednodušší způsob pro automatické ovládání klapky cirkulace vzduchu se nabízí sledování, jestli se vozidlo nachází v blízkosti některého z bodů zájmu. Při hledání míst znečišťujících vzduch lze vyjít z jejich polohy. V případě průmyslových objektů, čističek odpadních nebo vepřínů je pravděpodobné, že se nebudou často přesouvat. Toho můžeme s výhodou využít při tvorbě databázi bodů zájmu. Pro vyhodnocení situace potřebuje aplikace získávat pouze data o poloze vozidla a o stavu klapky cirkulace vzduchu.

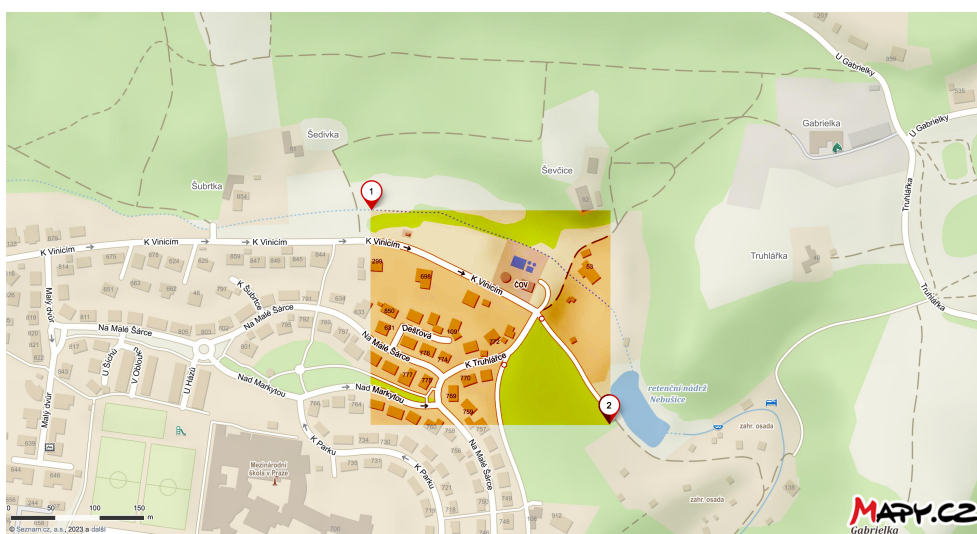
6.2.1 Určení bodu zájmu

Bod zájmu je možné definovat souřadnicemi jednoho místa a maximální vzdáleností od něj. Každý bod, který má od daného místa vzdálenost menší než maximální, patří do oblasti potenciálně znečištěné zápachem (na mapě má tvar kruhu). Oblast je také možné definovat dvojicí souřadnic. Oblast mezi poledníky a rovnoběžkami, které dvojici souřadnic protínají, pak tvoří zónu potenciálně znečištěnou zápachem (obdélník na mapě). Obrázky níže ilustrují zónu s potenciálním znečištěním vzduchu u čističky odpadních vod v Nebušicích. V prvním případě se na mapě vyskytuje jeden bod obklopený tmavším kruhem představujícím vzdálenost cca 200 metrů od bodu zájmu.



Obrázek 6.1. Určení bodu zájmu pomocí vzdálenosti

Na druhém obrázku vystupuje tmavší obdélník určený body 1 v levém horním rohu a bodem 2 v pravém dolním rohu. Kruh i obdélník znázorňují zónu, kterou by bylo vhodné projíždět s uzavřenou klapkou cirkulace vzduchu tak, aby do interiéru vozidla proudilo jen minimální množství vzduchu z exteriéru.



Obrázek 6.2. Určení bodu zájmu pomocí plochy

Čistička odpadních vod v Nebušicích nebyla vybrána náhodou, ale z důvodu nízkého provozu v jejím okolí a kvůli relativně dobré dojezdové vzdálenosti od budovy fakulty v Dejvicích pro snadné testování.

6.2.2 Chování systému při vjezdu do znečištěné zóny

Při příjezdu do oblasti s možným znečištěním vzduchu systém zobrazí hlášku s otázkou, zda má uzavřít klapku cirkulace vzduchu, na displeji infotainmentu. V případě, že uživatel vyžádá uzavření klapky, systém akci provede. V opačném případě neudělá nic a na uzavření klapky cirkulace vzduchu se zeptá až, když vozidlo zónu opustí a následně vjede do stejné nebo jiné oblasti s potenciálním znečištěním.

6.2.3 Chování systému po opuštění znečištěné zóny

Po opuštění zóny s možným znečištěním vzduchu se systém zachová podle toho, jestli bylo provedeno uzavření klapky cirkulace vzduchu. V případě, že k uzavření klapky nedošlo, systém nic neprovede. V opačném případě již bez dotazu samostatně klapku otevře a umožní proudění vzduchu z exteriéru do interiéru automobilu.

6.3 Algoritmus učící se z chování řidiče

Nevýhodu bodů zájmu představuje jejich konečný počet a nutnost aktualizace databází. Ruční doplňování bodů zájmu je pracné, proto přichází na řadu algoritmy, které se dokáží učit z chování řidiče. Mezi výhody učících se algoritmů patří například personalizace výstupu pro určitého řidiče, možnost rozšiřování počtu míst, kde systém funguje a podobné. Na rozdíl od modelu založeného na bodech zájmu nebude učící se řešení fungovat okamžitě. Před viditelnou funkcí systému totiž musí dojít ke sběru dat. Až po nasbírání dostatečného množství dat bude systém tvořit predikce týkající se změny nastavení.

6.3.1 Příprava dat

Program obsahující učící algoritmus sbírá při běhu data o poloze vozidla a nastavení součástí systému topení, ventilace a klimatizace. Z tohoto souboru je pro algoritmus relevantní poloha vozidla a stav klapky cirkulace vzduchu. Nová data získává systém s odstupem dvou sekund. Po každém přijetí dat přibude do databáze záznam.

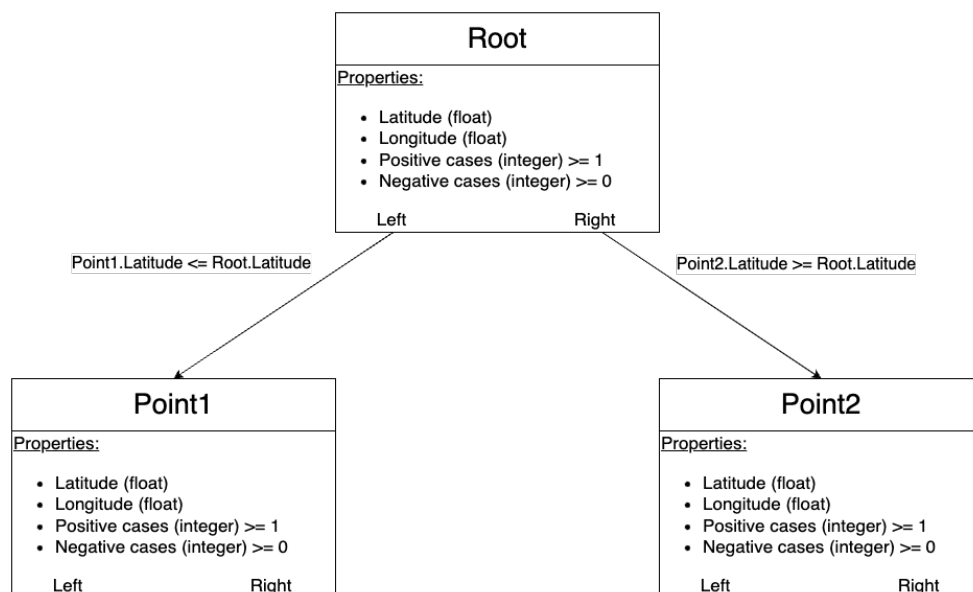
Po spuštění program načítá ve dvou fázích nasbíraná data. Nejdříve načte takzvané pozitivní případy. Tedy lokace, kde mělo vozidlo uzavřenou klapku cirkulace vzduchu, které uloží jako datový záznam do vektoru datových záznamů. Pro každou polohu na zemi existuje maximálně jeden záznam. Datový záznam obsahuje dvě počítadla – pozitivní a negativní záznamy. Pokud se v databázi nachází více pozitivních případů se stejnou polohou, inkrementuje se počítadlo pozitivních případů v dané poloze.

Následně program hledá negativní případy, které se lokací shodují s některým pozitivním záznamem. Najde-li takový záznam, inkrementuje u něj počítadlo negativních případů. V případě, že se za sebou načtou shodné záznamy (například z důvodu stání vozidla v koloně), použije se pouze jeden z nich.

Součástí přípravy dat je úprava načtených souřadnic tak, aby měly přesnost na dvě desetitisíciny stupně, čímž se sníží počty datových záznamů. Celý program pak pracuje s touto přesností souřadnic. Zaokrouhlování souřadnic na dvě desetitisíciny stupně poskytuje při pohledu na mapu celkem hrubý rastr, což se vzhledem k rozměrům automobilu hodí. Není nutné počítat s přesností na metry. Zvolený rastr umožňuje přesnost na zhruba dvacet metrů. Veškeré predikce se provádí pro devět míst - pro polohu automobilu a pro osm okolních bodů. Výsledkem predikce je nejvyšší hodnota pravděpodobnosti uzavření klapky cirkulace vzduchu. Tímto krokem systém vykrývá polohy, pro něž neexistuje v databázi záznam.

6.3.2 Tvorba vyhledávacího stromu

Po vytvoření všech datových záznamů dojde k jejich seřazení podle zeměpisné šířky. Datový záznam uprostřed vektoru záznamů se stane kořenem binárního vyhledávacího stromu. Pravým potomkem kořenu bude prostřední prvek pravé části vektoru (od kořene). Levým potomkem se analogicky stane prostřední prvek levé části vektoru. Takto se rekurzivně vytvoří binární vyhledávací strom, v němž se bude vyhledávat podle zeměpisné šířky.



Obrázek 6.3. Struktura binárního vyhledávacího stromu

6.3.3 Predikce nastavení při otevřené klapce

Při každém přijetí informace o poloze probíhá predikce požadovaného nastavení klapky cirkulace vzduchu. Předpokládáme, že je klapka otevřena – nastavena tak, aby do interiéru proudil čerstvý vzduch z exteriéru. Pokud se vozidlo nachází v místě, v jehož okolí zatím historicky uživatel klapku nezavřel, nebude algoritmus predikovat žádnou akci. Naopak když měl v okolí daného místa uživatel klapku častěji zavřenou než otevřenou, bude systém predikovat uzavření klapky.

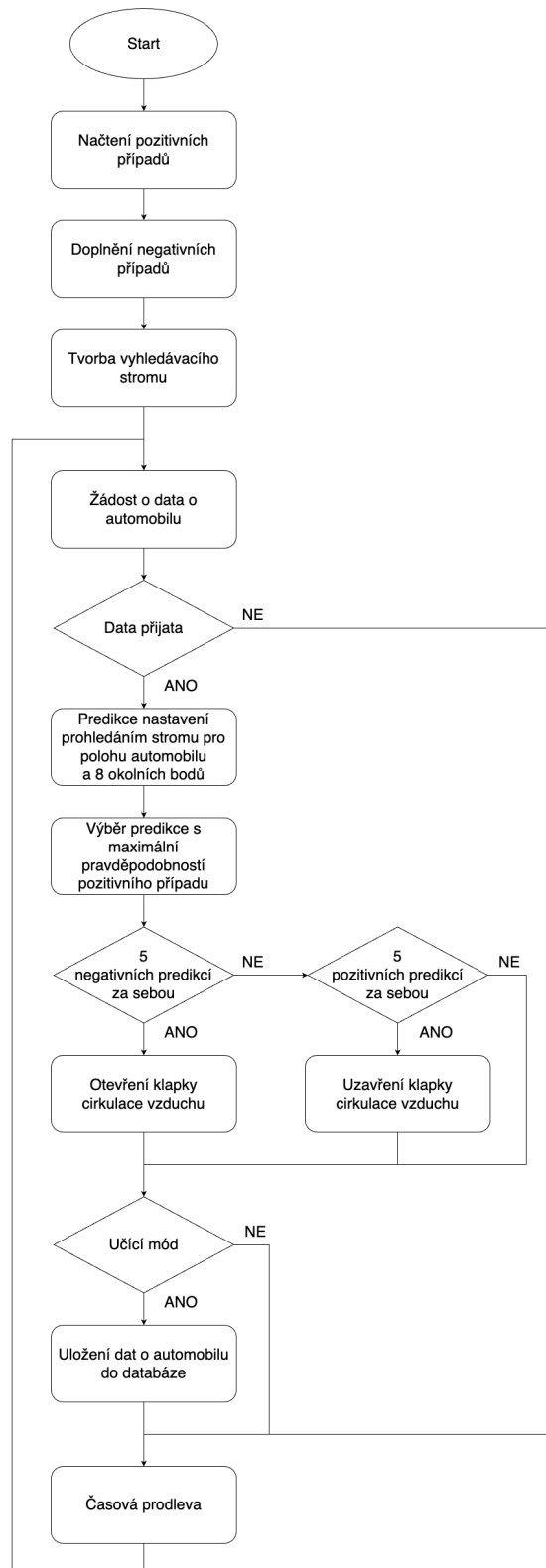
Po sérii pěti takových predikcí (kvůli hysterezi) následuje dotaz na uživatele, zda opravdu chce změnit nastavení klapky cirkulace vzduchu. Při pozitivní reakci systém provede uzavření klapky. V opačném případě již systém nebude uživatele zahlcovat dotazy až do doby, kdy alespoň jednou nevyjde predikce negativně a následně pozitivně.

6.3.4 Predikce nastavení při uzavřené klapce

Uzavřel-li systém po potvrzení řidiče klapku cirkulace vzduchu, probíhá predikce jejího znovuotevření. V tu chvíli je nutné zajistit, aby okamžitě po uzavření klapky nedošlo k otevření klapky. Stejně jako při zavírání klapky, tak i zde zavádíme hysterezi. K opětovnému otevření klapky musí vyjít predikce pětkrát za sebou s výsledkem značícím otevření klapky.

Pro snížení míry rozptylování řidiče a s ohledem na fakt, že otevření klapky cirkulace vzduchu neohrožuje bezpečnost silničního provozu, systém provádí znovuotevření klapky automaticky bez nutnosti řidičova zásahu. Celý proces proběhne v tichosti, nevyškočí žádná hláška.

6.3.5 Vývojový diagram algoritmu



Obrázek 6.4. Vývojový diagram stromového algoritmu

6.4 Použití frameworku pro strojové učení

Zpracovávat data o chování uživatele lze i pomocí frameworku pro strojové učení. Problém ovládnutí nastavení cirkulace vzduchu podle chování uživatele definujeme jako rozhodovací úlohu, jejímž výsledkem je predikce uzavření klapky cirkulace vzduchu v závislosti na poloze. Výsledek predikce vychází z historie používání klapky cirkulace vzduchu v různých lokacích.

Z možností pro strojové učení byl vybrán přístup s rozhodovacími stromy (decision trees) [12], [13], [14], [15]. Ten se hodí pro klasifikační, prediktivní a rozhodovací úlohy. Vstupní data pro rozhodovací stromy tvoří datové záznamy, které obsahují vlastnosti (features) a určující atribut (label). Vlastnosti mohou mít různé podoby - například celá i desetinná čísla, řetězce atd. Určující atribut bývá často binární (pravda nebo nepravda).

Framework strojového učení vytvoří na základě vstupních dat model - rozhodovací strom, podle něž vytváří predikce. Pokud framework tvoří více stromů, na základě kterých vytváří predikce, nazývá se metoda řešení rozhodovací lesy (decision forests). Po vytvoření modelu můžeme získávat predikce. Pro získání predikce se musí modelu dodat vstupní datový záznam, který se od datového záznamu pro učení liší tím, že neobsahuje určující atribut. Kdybychom znali hodnotu určujícího atributu, nemělo by smysl predikci provádět. Výsledkem predikce je totiž pravděpodobnost pravdivosti určujícího parametru pro vlastnosti v datovém záznamu.

Princip použití frameworku založeného na rozhodovacích stromech ukážeme na jednoduchém případu, kdy chceme naučit model rozpoznávat, jestli je číslo x větší než číslo y . Číslo x zvolíme první vlastností, číslo y vlastností druhou. Určující atribut bude pravda, pokud platí $x > y$, v ostatních případech bude určující parametr nepravda. Pro tvorbu spolehlivě predikujícího rozhodovacího stromu musíme dodat dostatečné množství datových záznamů. Ty by měly obsahovat jak pozitivní případy (pravda v určujícím atributu), tak negativní případy (nepravda v určujícím atributu).

6.4.1 Framework Tensorflow

Pro problém s cirkulací vzduchu byl vybrán framework Tensorflow Decision Forests [16]. Ten obsahuje dva druhy přístupů k rozhodovacím lesům - Random forest a Gradient boosted trees. Liší se hlavně tvorbou rozhodovacích stromů a použitím stromů pro získání výsledku.

Metoda Random forest tvoří stromy paralelně, nezávisle na sobě. Každý rozhodovací strom je vytvořen ze vzorku dat vybraného ze všech vstupních dat určených pro učení. Při predikci dochází k vyhodnocení datového záznamu nezávisle na sobě všemi stromy. Získání výsledku predikce se liší podle typu úlohy. Pro klasifikační úlohy se za výslednou predikci prohlásí většinový výsledek ze všech stromů. U regresivních úloh je výsledek dán průměrem predikcí všech stromů. Vytvořené rozhodovací stromy by spolu neměly korelovat. Tvorbou podobných stromů bychom nedosáhli podstatného zlepšení v predikci, protože by výsledky pro každý strom byly podobné.

Metoda Gradient boosted trees spojuje rozhodovací stromy sekvenčně s cílem minimalizace chyby v rozhodnutí předchozích stromů. Stromy nemusí být spojeny jen do série, ve spojení stromů může nastat i větvení. Každý další strom v sekvenci v ideálním případě opravuje chyby v dosavadní predikci předchozími stromy. Obecně trvá u této metody učení modelu déle, protože se stromy vytváří sekvenčně a závisí na sobě.

Alternativou k Tensorflow [16] může být například LightGBM [17] nebo XGBoost [18]. K Tensorflow existuje obsáhlá dokumentace včetně příkladů použití, proto byl upřednostněn.

6.4.2 Příprava vstupních dat

Datový záznam pro problém s cirkulací vzduchu zahrnuje dvě vlastnosti ve formě desetinných čísel - souřadnice vozidla (zeměpisná délka a šířka). Určujícím atributem je stav klapky cirkulace vzduchu v dané poloze. Pro učení modelu slouží tři vektory hodnot. První dva vektory obsahují vlastnosti - zeměpisné délky a šířky určující polohu vozidla (desetinná čísla). Třetí vektor obsahující určující atribut značí nastavení klapky cirkulace vzduchu pro dané polohy vozidla (pravda = klapka uzavřena, nepravda = klapka otevřena).

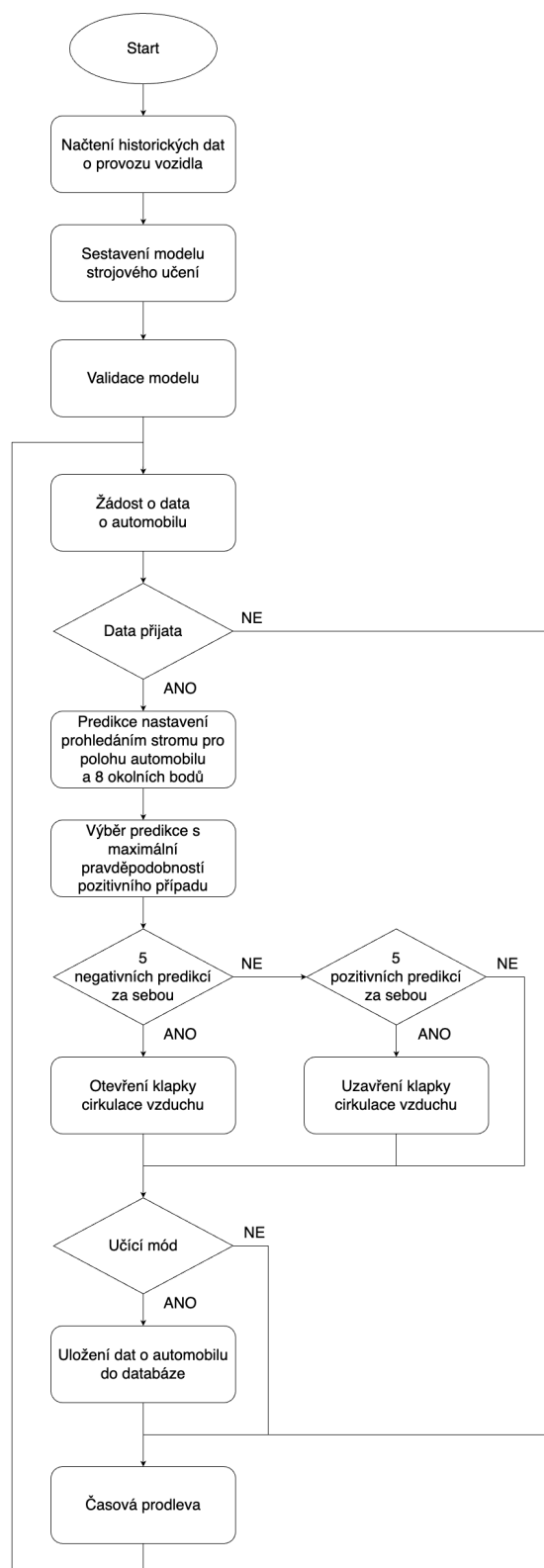
Stejně jako u přístupu s vlastním algoritmem 6.3, bylo i zde uvažováno o zaokrouhlování zeměpisných souřadnic polohy vozidla na dvě desetitisíciny stupně. To se při testování ukázalo jako zbytečné, protože výsledky predikcí byly téměř shodné. Při načítání dat dochází také ke kontrole duplikátů, která je nutná vzhledem ke způsobu sběru dat. Sběr dat probíhá totiž periodicky, což s sebou nese i možnost uložení shodných záznamů několikrát za sebou. Například stání v koloně by tak mohlo ovlivňovat predikce. Při přípravě dat by v další evoluci programu stála za úvahu interpolace dat nebo častější sběr dat při vyšších rychlostech automobilu. Při maximální konstrukční rychlosti 180 km/h totiž automobil ujede 50 metrů za sekundu. Při sběru dat po dvou sekundách by pak rozdíl mezi polohami v přímce mohl činit až 100 metrů. Této rychlosti ale pravděpodobně automobil moc často dosahovat nebude.

6.4.3 Rozbor výstupních dat – predikce

Pro predikci vyžaduje naučený model jen data o poloze vozidla. Výsledkem predikce je pravděpodobnost uzavření klapky cirkulace vzduchu na daném místě, tedy reálné číslo v intervalu od nuly do jedné. Při predikci si je nutné uvědomit, pro jaké polohy vozidla bude predikce relevantní. Predikce pro místa, která automobil ještě nenavštívil, respektive nejsou v databázi, nemusí být přesné. Na rozdíl od předchozího algoritmu s vyhledávacím stromem, který pro nenavštívená místa vrátí nulovou pravděpodobnost, zde není známo, jaký bude výsledek predikce.

K dalším faktům k zamyšlení se řadí skutečnost, že klapka cirkulace vzduchu bývá většinu času provozu vozidla spíše otevřená. Tím pádem se pro její ovládání jeví významně hlavně lokality, kde bývá klapka uzavřena.

6.4.4 Vývojový diagram algoritmu



Obrázek 6.5. Vývojový diagram algoritmu využívající framework pro strojové učení

6.4.5 Zpracování dat na místě

Po spuštění programu se musí naučit model strojového učení. Program načte a připraví vstupní data. Data nechá zpracovat frameworkem pro strojové učení. Konkrétně zpracování proběhne pomocí součásti Gradient boosted trees model frameworku Tensorflow Decision forests. Učení modelu trvá ze všech součástí programu nejdelší dobu. Pro zhruba deset tisíc záznamů v databázi trvá učení na počítači ARK-3520P okolo patnácti sekund. Pro srovnání – na notebooku Apple MacBook Air M1 učení zabere méně než třetinu času.

Nicméně samotné predikce pro devět poloh vozidla (zjištěná poloha a osm okolních bodů) jsou na obou strojích dostupné téměř okamžitě. Devět predikcí se provádí stejně jako u předchozího algoritmu kvůli možnosti chybějících dat pro danou lokaci a hysterizi. K predikci dochází vždy po přijetí validních dat o poloze vozidla. Osvětlení způsobu zpracování výsledků predikcí nabízí vývojový diagram výše.

6.5 Zpracování dat vzdáleným serverem

Předpokládejme, že označíme všechna místa na zemi s výjimkou těch, co jsou obsažena v seznamu míst se zápachem tak, že pravděpodobnost uzavření klapky cirkulace vzduchu se rovná nule. V tu chvíli bude pro predikce důležitý hlavně onen seznam s místy. Seznam míst by mohl dodávat vzdálený server, který by mohl zpracovávat historicky nasbíraná data. Komunikace se serverem by probíhala následovně. Automobil by odeslal nasbíraná data vzdálenému serveru. Server by vytvořil model strojového učení pro doručená data. Po vytvoření modelu a jeho validaci by následovala série predikcí pro veškerá místa obsažená v nasbíraných datech.

Z predikcí by pak server sestavil zprávu, která by obsahovala lokace a pravděpodobnosti uzavření klapky cirkulace vzduchu. Pro minimalizaci počtu záznamů ve zprávě by server vyfiltroval záznamy s pravděpodobností nižší než určená spodní hranice. Sestavenou zprávu by server odeslal automobilu, který by poté sestavil vyhledávací strom shodný s diskretním algoritmem učícím se z chování uživatele.

Distribuce práce na vzdálený server by znamenala úsporu energie automobilu a snížené nároky na jeho hardware, protože odpadá učení modelu, které v závislosti na množství nasbíraných dat může trvat i desítky sekund. V současných vozidlech by komunikace se serverem ani nezvyšovala hardwarové nároky, neboť současná vozidla musí být vybavena systémem e-call, což s sebou nese nutnost komunikace prostřednictvím mobilních sítí.

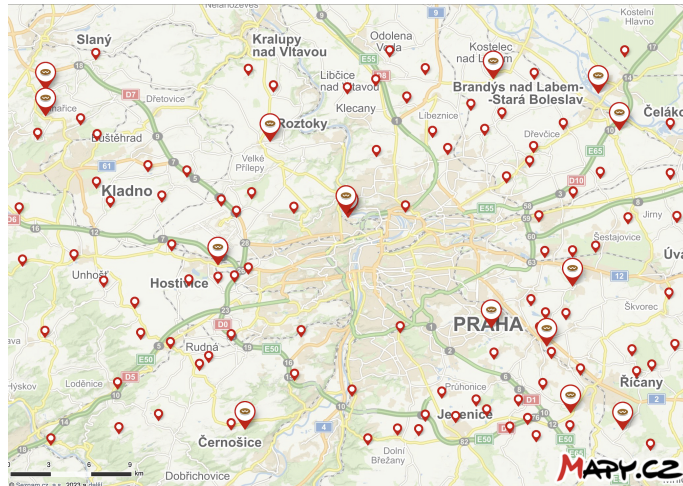
Aktualizace databáze pro predikci by zároveň mohla probíhat v době nečinnosti automobilu tak, aby predikce vždy vycházely z aktuálních historických dat. Dodání nové databáze pozitivních případů nemá zásadní vliv na funkci vozu. Toho lze využít pro řízení zátěže serveru zpracovávajícího data. Vozidlo by nemuselo vyžadovat aktualizaci dat po každé jízdě, ale například až po uplynutí expirace dat o provozu vozidla nebo po nasbírání určitého množství dat nových.

6.6 Získávání dat pro predikce

Následující bloky textu představí způsoby, jak lze získávat data pro predikce nastavení klapky cirkulace vzduchu.

6.6.1 Existující databáze

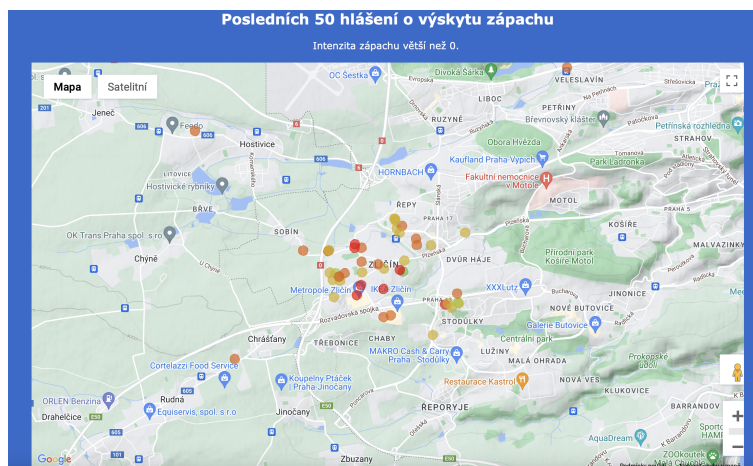
Potenciální šířitelé zápachu často něco spojuje – od účelů jejich existence, přes vlastnosti nebo názvy. Tyto šířitelé lze najít například ve volně dostupných mapách, v databázích úřadů nebo u organizací zabývajících se o určité druhy provozů. Mezi takové provozy patří například čistírny odpadních vod, vepřiny, skládky a podobné.



Obrázek 6.6. Neúplná mapa čistíren odpadních vod v Praze a okolí

6.6.2 Komunitní hlášení zápachu

Pro některá města fungují weby, které umožňují hlásit místa, v jejichž okolí se vyskytují nelibé zápachy. Stejným způsobem by se dala sbírat data i pro metodu s body zájmu. Zároveň by se takto nechala ověřovat pravdivost informace pro již existující body zájmu.



Obrázek 6.7. Mapa zápachu na webu smradek.eu

Rizikem této metody může být znevěrohodnění dat hlášením falešně pozitivních případů z důvodu konkurenčního boje, kdy by záškodník nahlašoval velká množství míst, aby službu dovedl do stavu nepoužitelnosti. Dále by komunitní nahlašování mohlo zajmout vtipálky, kterým by mohlo přijít zábavné nahlašovat zdroje zápachu u domů, kde bydlí jejich kamarádi.

6.6.3 Sběr dat z automobilů v provozu

V případě online služby by šlo uvažovat o sběru dat z vozidel používaných běžnými uživateli. Vozidla by průběžně či po ukončení jízdy mohla hlásit serverům automobilky,

v kterých místech byla klapka cirkulace vzduchu uzavřena. Výstupem by při zvýšeném počtu uzavření klapky na určitém místě různými uživateli mohl být buď podnět pro kontrolu, zda se v místě nenachází bod zájmu nebo data pro strojové učení bez personalizace.

6.7 Zhodnocení navržených metod

6.7.1 Body zájmu

Z hlediska složitosti je tento algoritmus jednoznačně nejjednodušší. Pro určení, zda se vozidlo nachází v okolí jednoho bodu zájmu stačí buď porovnání souřadnic nebo jeden výpočet vzdálenosti. Fakticky se vlastně nejedná o body zájmu, ale spíše o plochy zájmu (části sféry). Příprava dat zahrnuje pouze načtení databáze a uložení jejího obsahu do datové struktury.

Pokud program načte pouze relevantní data, tedy body, které se nachází v určitém okolí vozidla, nebude prohledávání záznamů trvat dlouho. Rozhodně není potřeba načítat body zájmu ležící v Dortmundu, když vozidlo zrovna projíždí okolo nádraží v Brně.

Problém může nastat při tvorbě databází bodů zájmu. Při ruční tvorbě databáze podle mapy lze jednoduše předejít problémům s členitostí cest, kdy by mohlo docházet k opakovaným změnám stavu klapky. Na druhou stranu, pokud bychom odbourali nutnost potvrzování před provedením akce, nepředstavovala by opakovaná změna stavu klapky významný problém, neboť by uživatel nebyl nadměrně rozptylován od řízení.

6.7.2 Algoritmus učící se z chování řidiče

Výhodou tohoto algoritmu je právě schopnost učit se. Pro začátek nevyžaduje žádnou databázi bodů zájmu. Ty si doplní časem podle chování uživatele, díky čemuž bude chování algoritmu personalizované a vyřeší se tím otázka nejasné definice zápachu.

Mezi další fakta o algoritmu se řadí schopnost mapovat místa určená bodem, nikoli plochou jako u předchozího způsobu řešení problému. Uživatel systému tedy může chování systému natrénovat například pro různé souběžné ulice.

6.7.3 Využití frameworku pro strojové učení

Při použití frameworku pro strojové učení Tensorflow Decision Forests řeší programátor jen zpracování vstupních dat, parametrů modelu a zpracování výstupních dat. Vstupní data se zpracovávají jak pro učení modelu, tak pro samotné predikce modelu. Z uvedených způsobů řešení trvá zpracování dat a učení modelu zdaleka nejdelší dobu.

6.7.4 Shrnutí

Při preferenci maximální jednoduchosti se jeví nejlépe řešení využívající body zájmu kvůli nízkým nárokům na výpočetní výkon a množství potřebných záznamů v databázi. Naopak pro personalizované predikce nastavení se hodí řešení s učícím se algoritmem s vyhledávacím stromem, který na rozdíl od Tensorflow vyžaduje méně výpočetního výkonu na sestavení modelu.

Kapitola 7

Ovládání adaptivního tempomatu na základě chování řidiče

7.1 Verze tempomatu

V automobilech se objevují různé varianty systému tempomatu. Další sekce textu představí různé druhy elektronických tempomatů, s nimiž se uživatel různě vybavených vozidel může setkat.

7.1.1 Tempomat

Základní tempomat provádí jednu hlavní činnost, a to udržování nastavené rychlosti vozidla bez ohledu na překážky před ním. Vozidlo samo udržuje rychlost, k čemuž využívá pouze regulaci výkonu motoru. Nespolupracuje s brzdovým systémem vozu, k snižování rychlosti využívá jen brzdění motorem. Aktivaci tempomatu provádí uživatel ovládací páčkou nebo tlačítkem. Deaktivace lze provést hned několika způsoby – ovládací páčkou, šlápnutím na brzdový pedál a sešlápnutím pedálu spojky u vozidel s manuální převodovkou.

7.1.2 Tempomat s možností přeřazení

Evolucí základního tempomatu je tempomat s možností přeřazení rychlostního stupně u vozidel s manuální převodovkou. Oproti základnímu tempomatu se tento druh tempomatu liší pouze tím, že se nedeaktivuje po krátkém sešlápnutí pedálu spojky nutném pro přeřazení.

7.1.3 Limiter

V případě limiteru se kontroluje pouze nastavená maximální rychlost vozidla. Vozidlo neřídí samostatně zátěž motoru. Pouze v případě, že vozidlo dosáhne maximální nastavené rychlosti, přestane reagovat na stav plynového pedálu. Reakce na sešlápnutí pedálu se obnoví až při poklesu rychlosti vozidla pod nastavenou mez nebo po deaktivaci.

7.1.4 Adaptivní tempomat

Adaptivního tempomatu umožňuje automatické přizpůsobení rychlosti vozidla aktuální situaci. Aktivuje se s parametrem maximální rychlosti, jakou má udržovat. Po aktivaci adaptivního tempomatu řídí činnost motoru a brzdového systému tak, aby vozidlo jelo rychlostí menší nebo rovnou rychlosti nastavené. Rychlost ovládaného vozidla upravuje podle vozidla jedoucího před ním. Dále systém adaptivního tempomatu umožňuje nastavit vzdálenost, kterou bude od ostatních vozidel udržovat.

7.1.5 Adaptivní tempomat s prediktivní funkcí

Prediktivní funkce adaptivního tempomatu dokáže měnit nastavení maximální rychlosti, kterou adaptivní tempomat udržuje. Ke změnám nastavení dochází na základě

dat z kamery, která čte dopravní značky, a mapových podkladů navigačního systému. Mezi typické podněty pro změnu patří vjezd vozidla do obce, příjezd vozidla k dopravní značce upravující rychlost, nájezd na dálnici nebo také příjezd vozidla k prudké zatáčce.

7.1.6 Adaptivní tempomat s funkcí Travel Assist

Funkce Travel Assist přidává k adaptivnímu tempomatu prvky poloautonomní jízdy. Po omezenou dobu je vozidlo schopné jet samostatně v pruhu a díky prediktivní funkci adaptivního tempomatu také měnit rychlost. Po určitém časovém intervalu musí řidič na chvíli převzít řízení, aby potvrdil, že vnímá okolní situaci.

7.1.7 Verze tempomatu v používaném voze

Verze automobilu Škoda Enyaq Coupé RS iV používaná v rámci projektu je vybavena adaptivním tempomatem s prediktivní funkcí, kterou doplňuje funkce Travel Assist. Základní ovládání adaptivního tempomatu se provádí samostatnou páčkou na levé straně sloupku řízení, pod páčkou ovládání blikací a dálkových světel. Při poloze páčky směrem blíže k palubní desce je adaptivní tempomat deaktivován, po odtažení páčky od palubní desky dojde k jeho uvedení do pohotovostního režimu.



Obrázek 7.1. Páčka nastavení adaptivního tempomatu

Na pravé straně volantu se nachází tlačítko s piktogramem auta v přerušovaném kruhu, kterým se otevře zjednodušené menu asistenčních systémů na displeji za volantem. Zde se volí, zda má být s adaptivním tempomatem aktivní i funkce Travel Assist. Volbu prediktivní funkce najde uživatel hluboko v obsáhlejších nastavení asistenčních systémů v infotainmentu, proto není vhodné toto nastavení měnit za jízdy.

Z pohotovostního režimu lze adaptivní tempomat aktivovat stiskem tlačítka na levé straně páčky. Pro nastavení vzdálenosti od vozidla jedoucího před vozem ovládaným slouží kolébka na horní straně páčky. Pohyby páčkou nahoru a dolů se nastavuje maximální udržovaná rychlost. Deaktivaci adaptivního tempomatu provede řidič buď sešlápnutím brzdového pedálu nebo pohybem páčky směrem k palubní desce.

7.2 Rozbor možností ovládání systému řidičem

7.2.1 Způsoby používání

Způsob použití adaptivního tempomatu je individuální, vychází z chování různých typů řidičů. Aktivní uživatel adaptivního tempomatu jej může využívat téměř po celou dobu jízdy, pasivní uživatel jej může zapínat pouze na určitých mimořádných místech nebo v určitých situacích. Pod slovním spojením mimořádné místo si každý představí něco jiného, jedná se například o silnice s úsekovým měřením rychlosti nebo o úseky silnic, kde řidiče nebaví ovládat rychlost vozidla pedálem plynu. K mimořádným situacím lze zařadit třeba jízdu v pomalu jedoucí koloně.

7.2.2 Omezení nastavované rychlosti

Asistenční systém vozidla nesmí řidiče navádět k nelegální aktivitě. Na rozdíl od klapky cirkulace vzduchu, jejímž nastavením nelze porušit dopravní předpisy, u adaptivního tempomatu dochází k ovládání rychlosti vozidla.

Pokud by hypoteticky byla uvedena nová funkce s modelem strojového učení, který by se učil zapínat adaptivní tempomat na určitou rychlost podle chování řidiče, mohlo by se stát, že řidič úplně nedodrží dopravní předpisy a jezdí rychlostí vyšší než povolenou. Tím pádem by řidič svým chováním naučil model předpovídat nastavení, která se neshodují s pravidly silničního provozu.

Díky průběžně aktualizovaným mapovým podkladům navigačního systému vozidla a kameře za čelním sklem, která čte dopravní značky, dokážeme předpovědět modelu s nelegálním výsledkem předcházet. Funkci pro úpravu rychlosti adaptivního tempomatu už má vozidlo implementovanou pod názvem prediktivní funkce adaptivního tempomatu. Proto se aktivace adaptivního tempomatu na základě předpovědi modelu bude provádět výhradně se zapnutou prediktivní funkcí adaptivního tempomatu.

7.2.3 Omezení modelu při ovládání adaptivního tempomatu

Ovládání adaptivního tempomatu má přímý vliv na jízdu vozidla, čímž ovlivňuje i další účastníky provozu. Při nesprávném nastavení adaptivního tempomatu mohou vznikat nebezpečné situace, při nichž hrozí nebezpečí nehody. Například pokud se při jízdě do prudkého kopce adaptivní tempomat vypne. Když se řidič na tuto situaci připraví sešlápnutím plynového pedálu tak, aby převzal kontrolu nad ovládáním rychlosti jízdy, problém nenastane a k odstavení adaptivního tempomatu z činnosti dojde bezpečně. V opačném případě vozidlo začne rychle snižovat svoji rychlost, na což nemusí stihnout zareagovat řidiči jedoucí za ovládaným vozidlem.

Nebezpečí hrozí také při aktivaci adaptivního tempomatu. Opět se jedná hlavně o dění za ovládaným vozidlem. Při správné funkci by totiž adaptivní tempomat ze své podstaty neměl ohrozit vozidla před ním. Při aktivaci adaptivního tempomatu by mohl nastat problém ve chvíli, kdy řidič odloží nohu z plynového pedálu. Pokud se automobil pohybuje výrazně vyšší rychlostí než rychlostí nastavenou pro adaptivní tempomat a řidič uvolní plynový pedál, automobil začne rychleji zpomalovat. Kdyby to řidič nečekal, mohl by zazmatkovat a způsobit nehodu.

7.2.4 Sledování použití adaptivního tempomatu

Pro účely ovládání adaptivního tempomatu pomocí modelu najdeme čtyři změny nastavení, které stojí za sledování, protože je přes platformu dokážeme provést. Jedná se o aktivaci, deaktivaci, změnu vzdálenosti a změnu cílové rychlosti. Pro automatickou

změnu nastavení cílové rychlosti adaptivního tempomatu existuje prediktivní funkce, proto změna nastavení cílové rychlosti nebude sledována.

Deaktivaci adaptivního tempomatu nelze provádět bez vědomí řidiče, a proto je snazší jemně sešlápnout brzdový pedál, případně bez přerušování sledování okolí pohnout páčkou ovládání, než číst hlášku na displeji infotainmentu a nataženou rukou hmatat po displeji kvůli potvrzení akce.

Příliš časté rozptylování řidiče dotazy s nabídkou komfortní funkce se neslučují se snahou o zachování co nejvyšší možné míry bezpečnosti při řízení. Zůstávají tedy dvě sledované změny a upravovat vzdálenost před vozidlem bez aktivovaného adaptivního tempomatu je nesmyslné. Proto se nová funkce představená dále bude věnovat aktivaci adaptivního tempomatu.

7.2.5 Podmínky pro aktivaci adaptivního tempomatu

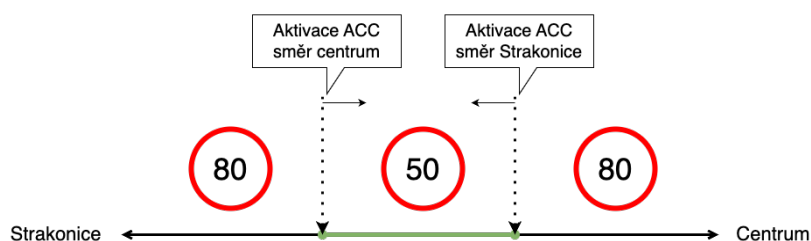
Modul CAN activator, který se stará o úpravu nastavení adaptivního tempomatu, z bezpečnostních důvodů neaktivuje adaptivní tempomat, pokud není ovládací páčka přítomna v pohotovostní poloze (poloha ON na páčce). Řidič musí mít možnost adaptivní tempomat deaktivovat všemi možnými způsoby.

Změny nastavení v projektovém vozidle fungují na principu podvrhování zpráv o stavu páčky. Kdyby CAN activator aktivoval adaptivní tempomat i z polohy vypnuto (poloha OFF na páčce), musel by neustále podvrhovat zprávu tak, aby obsahovala zmínku o tom, že se páčka nachází v poloze ON. Pokud se páčka před aktivací nachází v poloze ON, stačí podvrhnout jednou zprávu o stavu páčky tak, že bylo stisknuto tlačítko SET a případně doiterovat podvrhováním zpráv o náklonu páčky k cílovému nastavení rychlosti.

7.2.6 Sběr dat

Pro rozhodování a v pozdější fázi pro učení sbírá funkce údaje o poloze vozidla a stavu adaptivního tempomatu včetně nastavené rychlosti. Pro relevantní předpověď je důležité zjistit také směr jízdy vozidla. Řidič totiž může chtít v určitém místě při jízdě jedním směrem adaptivní tempomat pravidelně aktivovat, ale při jízdě opačným směrem si už aktivaci přát nemusí.

Příklad situace ilustruje úsek Strakonické ulice v Praze mezi Lahovickým mostem a závodistištěm ve Velké Chuchli. Maximální rychlost stanovenou na 50 km/h v tomto úseku hlídá směrem do centra úsekový radar. Před příjezdem k tomuto úseku po Strakonické ulici je povoleno jet 80 km/h.



Obrázek 7.2. Situace na Strakonické ulici v Praze

Představme si, že řidič v úsecích s povolenou rychlostí 80 km/h reguluje rychlost vozidla manuálně a při příjezdu k úseku s rychlostí omezenou na 50 km/h zapíná adaptivní tempomat. Po opuštění omezeného úseku řidič deaktivuje adaptivní tempomat a opět přebírá regulaci rychlosti.

Ze scénáře vyplývá, že by nová funkce v ideálním případě měla předpovídat aktivaci adaptivního tempomatu na dvou místech – na obou koncích omezeného úseku. Jenže předpověď je pro každé místo platná pouze v jednom směru. Směr jízdy se zjišťuje výpočtem ze dvou údajů o poloze. Výsledkem je úhel v intervalu $<0; 360$) stupňů, kdy 0 znamená sever, 90 východ, 180 jih a 270 západ.

7.3 Body zájmu

Nejjednodušší variantu předpovědi aktivace adaptivního tempomatu opět tvoří body zájmu. Princip se shoduje s řešením u cirkulace vzduchu. Systém používá databázi bodů zájmu s polohou a směrem jízdy. Pokud se vozidlo přiblíží k bodu zájmu v daném směru, systém vytvoří hlášku na displeji s dotazem na řidiče, zda má provést aktivaci adaptivního tempomatu. V případě kladné odpovědi pak aktivaci provede.

7.3.1 Relevantní body zájmu

V souvislosti s adaptivním tempomatem by se jako body zájmu dala označit místa, kde je více než jinde důležité striktně dodržovat stanovenou rychlost. Mezi ně lze zařadit například nebezpečná místa nebo úseky s častým výskytem dopravních nehod. Případně můžeme uvažovat také o místech s radary pro měření rychlosti, protože snad nikdo nechce platit pokuty.

7.4 Algoritmus učící se z chování řidiče

7.4.1 Zpracování nasbíraných dat

Zpracování historických dat o provozu adaptivního tempomatu pro účely predikce aktivace adaptivního tempomatu se dělí na dvě základní části. První částí je hledání poloh na zemi, kde došlo k aktivaci adaptivního tempomatu. V této fázi se z databáze extrahují pouze dvojice záznamů, z nichž starší obsahuje informaci, že se systém adaptivního tempomatu nacházel ve stavu pohotovosti, kdy čekal na aktivaci. Bezprostředně následující záznam by pak měl značit, že byl adaptivní tempomat aktivní. Stručně řečeno – registrují se všechny aktivace.

V druhé fázi se k sobě zjištěné aktivace agregují podle polohy a směru jízdy, čímž se algoritmus snaží minimalizovat počet záznamů v seznamu aktivací adaptivního tempomatu. Agregace probíhá porovnáním s již uloženými záznamy, a to hned ve dvou úrovních. Nejdříve se nově nalezená aktivace porovnává podle vzdálenosti a směru jízdy. Aby byly záznamy označeny za shodné, je nutné, aby vzdálenost těchto míst nepřekročila 50 metrů a úhel, který svírají vektory směrů jízdy nepřevyšoval 30 stupňů. Stane-li se tak, inkrementuje se u již existujícího záznamu čítač shodných aktivací, a nový záznam se nevytváří.

Pokud se nová aktivace nepodaří přiřadit k již existujícímu záznamu, dojde na porovnání přibližných adres. Nejdříve se provede takzvaný reverse geocoding [19], tedy se ze souřadnic určujících polohu vozidla zjistí adresa. V tomto případě pracujeme s přesností na stát, město a silnici/ulici, případně ekvivalent. Pokud je nová aktivace adaptivního tempomatu vzdálena od jiného, již uloženého, záznamu do 150 metrů a úhel mezi vektory směrů jízdy nepřekračuje 30 stupňů, přejde se na porovnání adresy. Souhlasí-li i určená adresa s přesností na silnici, tak se záznamy označí za shodné. Tedy při shodné silnici a směru jízdy se maximální vzdálenost mezi lokacemi zvyšuje.

Agregace se dělí do dvou fází kvůli časové náročnosti zjištění adresy ze souřadnic. Představená funkce využívá vyhledávací engine Nominatim [20], který pracuje s Open Street Maps. Reverse geocoding probíhá online za pomoci vzdáleného serveru. Nominatim ale také přináší možnost offline instalace a následného provozu vlastního serveru, což s sebou dle specifikace nese značné hardwarové nároky.

Pro jednoduchost a offline použití bez instalace Nominatimu nabízí nová funkce možnost načíst předem zpracovaná data z csv souboru. Proto se stejně jako u cirkulace vzduchu nabízí možnost kompletního vzdáleného zpracování nasbíraných dat. Kontrolu dat zjištěných přes Nominatim provádí funkce pomocí další externí služby Overpass [21]. Přidanou hodnotou Overpassu proti Nominatimu je větší množství informací, které poskytuje. Mimo jiného umožňuje zjištění maximální povolené rychlosti v daném místě.

S maximální povolenou rychlostí se pojí i zajímavý, ale pro automobil ne úplně relevantní, fakt, že díky Overpassu lze zjistit maximální povolenou rychlost v pražském metru. K tomuto zcela náhodnému zjištění napomohla skutečnost, že linka A pražského metra vede mezi stanicemi Dejvická a Bořislavka pod Evropskou ulicí. Při dotazu na informace o poloze se souřadnicemi ležícími na části Evropské ulice totiž Overpass vrátil informace o daném úseku Evropské ulice a o lince metra A.

Z předchozího vyplývá, že použití samotného Overpassu není vhodné kvůli nejednoznačnosti určení ulice. Pro další lokace Overpass často vrací více možných ulic. Nicméně kombinace Nominatimu, který přesně zjistí pro danou polohu ulici, a Overpassu vracejícího maximální povolenou rychlost se zdá být ideální pro zjištění kompletních informací o dané lokaci.

Pro odlehčení: Overpass uvádí, že při řízení dopravního prostředku v tunelu linky A pražského metra mezi stanicemi Dejvická a Bořislavka, nesmí jet řidič rychlostí vyšší než 80 kilometrů za hodinu. Informace o tom, jestli se v tunelu metra nachází radar pro měření rychlosti, už Overpass bohužel neuvádí.

Zpátky k tématu. Služby Nominatim i Overpass by bylo možné úplně vypustit. Vozidlo Enyaq je vybaveno navigačním systémem, který ukazuje na displeji infotainmentu název ulice nebo silnice, po které se vůz pohybuje. Dále také zobrazuje maximální povolenou rychlost. Získání takových dat z navigačního systému externě bohužel není triviální, což by se při implementaci přímo do řídicí jednotky infotainmentu nemuselo řešit.

7.4.2 Předpověď aktivace adaptivního tempomatu

Po zpracování vstupních dat je možné přikročit k předpovědi aktivace adaptivního tempomatu. Výše popsáním zpracováním historických dat vznikl seznam obsahující místa, kde byl adaptivní tempomat dříve aktivován, a četnost aktivací pro jednotlivá místa. Po přijetí údajů o poloze začne algoritmus tento seznam procházet. Dokud nenarazí na místo nacházející se ve směru jízdy a v blízkosti aktuální polohy vozidla, prochází seznam, počítá vzdálenost od daného místa a rozdíl v úhlu směru jízdy.

Pokud algoritmus v seznamu naleznе místo, které leží dostatečně blízko vozidlu a směr jízdy odpovídá zaznamenanému směru jízdy, vyvolá přes Middleware dotaz na řidiče, zda má dojít k aktivaci adaptivního tempomatu. Rozhodne-li se řidič využít nabídky aktivace, bude adaptivní tempomat aktivován pomocí CAN aktivatoru. Jenže CAN aktivator pro aktivaci adaptivního tempomatu vyžaduje parametr rychlost. Díky kombinaci Nominatimu a Overpassu zjistíme maximální povolenou rychlost v daném úseku a dosadíme ji do parametru. O následnou úpravu nastavené rychlosti adaptivního tempomatu se postará prediktivní funkce. Automobil ale pomocí kamery za čelním

sklem a mapovým podkladům údaje o rychlostním limitu už dávno zná, proto by tuto informaci bylo možné zjistit i jinak.



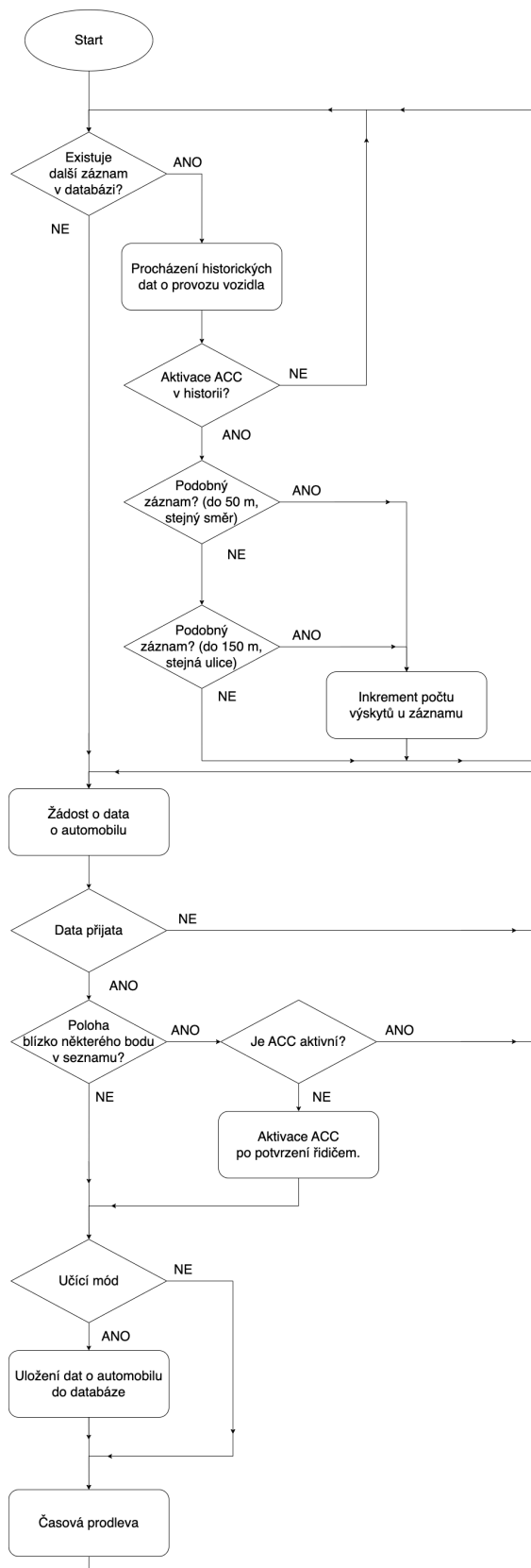
Obrázek 7.3. Kamera za čelním sklem označena červeným kruhem

V případě, že by use case získával i informace o ulici nebo silnici, kterou vozidlo zrovna projíždí, bylo by možné porovnávat i přibližné adresy míst v seznamu s přibližnou adresou, kde se vozidlo nachází.

■ 7.4.3 Učení modelu řidičem

Algoritmus se postupně učí z chování řidiče. Aby nabízel aktivaci adaptivního tempomatu, musí řidič zapnout adaptivní tempomat alespoň třikrát v okolí jednoho místa. Směr jízdy při aktivacích musí být přibližně shodný – rozdíl úhlu směru jízdy do třiceti stupňů. Všechny tři aktivace musí proběhnout v okolí padesáti metrů bez ohledu na označení silnice nebo v okolí sto padesáti metrů na silnici se stejným názvem.

7.4.4 Vývojový diagram algoritmu



Obrázek 7.4. Vývojový diagram algoritmu pro automatickou aktivaci ACC

Kapitola 8

Automatizace vyhřívání sedačky

8.1 Motivace

8.1.1 Komfort při používání

Po nasednutí do prochládlého interiéru vozidla bývá příjemné, když si pasažér zapne vyhřívání sedačky. Postupem času, jak se teplota v interiéru zvyšuje, začne být teplo vyzařující ze sedačky spíše nepříjemné. Na to pasažér může reagovat buď postupným snižováním intenzity vyhřívání sedačky nebo úplným vypnutím této funkce.

8.1.2 Spotřeba energie

Vyhřívání sedačky se stejně jako jiné komfortní funkce pojí se spotřebou energie. V případě elektromobilu spotřeba elektrické energie přímo ovlivňuje jeho dojezd. Proto je žádoucí využívat vyhřívání sedačky co nejkratší nutnou dobu.

I při úsporném vytápění vozidla může být použití vyhřívání sedačky výhodné. Sedačka je totiž v přímém kontaktu s tělem pasažéra, a proto se pasažér ohřeje rychleji ze sedačky než z okolního vzduchu, hlavně při počátečních fázích jízdy. Ve chvíli, kdy se interiér vozidla ohřeje na snesitelnou teplotu, už není nutné vyhřívání sedačky používat.

8.2 Možnosti provedení

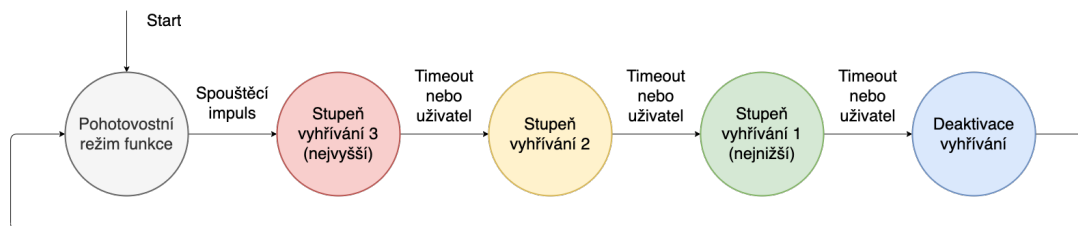
8.2.1 Chování funkce

Po spuštění by se funkce měla nacházet v pohotovostním režimu a měla by čekat na spouštěcí podnět. Rozborem spouštěcího podnětu se bude zabývat následující sekce, proto nyní uvažujme nějaký obecný impuls pro aktivaci. Po příchodu spouštěcího impulsu vytvoří systém hlášku na displeji infotainmentu s dotazem, zda se má automatizace nastavení vyhřívání sedadla opravdu spustit.

Pokud uživatel odpoví ne, bude funkce vyčkávat na příchod dalšího spouštěcího impulsu. V opačném případě převezme kontrolu nad intenzitou vyhřívání sedadla automatizační funkce. V tu chvíli se začne počítat čas od aktivace funkce a vyhřívání se nastaví na nejvyšší intenzitu. V závislosti na teplotě interiéru pak bude vyhřívání sedadla produkovat teplo s nejvyšší intenzitou po určité době.

Po této době se automaticky bez dotazu na uživatele sníží intenzita vyhřívání o jeden stupeň. Vyhřívání bude opět dobu danou teplotou v interiéru prováděno s nově nastaveným stupněm. Analogicky se intenzita vyhřívání sníží na poslední, tedy nejnižší stupeň, kde opět vytrvá dobu danou teplotou v interiéru. Po uplynutí této doby se vyhřívání sedadla deaktivuje a funkce bude vyčkávat na další spouštěcí impuls.

Pokud by po aktivaci funkce do ovládání vyhřívání sedadla zasáhl uživatel, systém se adaptuje zvolenému stupni intenzity vyhřívání. Funkce se tedy bude chovat jako stavový automat znázorněný níže.



Obrázek 8.1. Stavový automat automatizace vyhřívání sedadla

8.2.2 Aktivace funkce

Při rozboru, kdy by měla funkce nabízet aktivaci automatizace vyhřívání sedačky, přichází v úvahu následující situace. Spouštěčem by mohla být teplota v interiéru nižší než určená hranice. Tím by ale funkce motivovala uživatele ke spotřebě elektrické energie i ve chvíli, kdy by to nebylo nutné. Příkladem mohou být různé scénáře, kdy uživatel nastoupí do automobilu různě oblečen.

Dalším spouštěčem funkce by mohlo být manuální zapnutí vyhřívání sedačky s maximální intenzitou. Výhodou tohoto spouštěče je jednoznačně fakt, že systém nebude nabízet činnost vedoucí ke spotřebě energie. Pokud uživatel aktivoval vyhřívání sedadla a okamžitě jej nedeaktivoval, pak pravděpodobně chce, aby sedadlo topilo. V případě, že chce uživatel například ohřát záda, může využít automatizovaného ovládání výhřevu sedadla a systém bude sám postupně snižovat intenzitu vyhřívání sedadla, až jej úplně vypne.

8.3 Rozsah funkce na všechna sedadla

V projektovém Enyaqu nalezneme čtyři vyhřívání sedadla. Pro pasažéry na předních sedadlech většinou nepředstavuje problém dosáhnout na displej infotainmentu a potvrdit nebo zamítnout aktivaci funkce kliknutím na tlačítko na displeji.

Jenže pasažéři na zadních sedadlech mají možnost interagovat s nastavením systému topení, ventilace a vyhřívání automobilu pouze prostřednictvím čtyř tlačítek na zadní straně středové loketní opěrky. Pokud by chtěli potvrdit aktivaci funkce standardním způsobem, museli by zaměstnat buď řidiče nebo spolujezdce vpředu, což se nezdá být ideální. Kromě úplného vynechání zadních sedadel z funkce se nabízejí i jiná řešení problému.

8.3.1 Volitelný parametr

V nastavení funkce by se mohl nacházet volitelný parametr, který by umožnil řidiči vypnout nebo zapnout nabídku automatizace pro zadní sedadla nebo dokonce možnost ovládat nabídky po jednotlivých sedadlech. To by vytvořilo další možnost personalizace nastavení vozidla. Ovládání nabídek po jednotlivých sedadlech by se mohlo hodit i v případě, že na jedno ze sedadel pravidelně usedá člověk, který s funkcí nesouhlasí, a tak nemá cenu nabízet stále dokola stejnou věc, kterou prostě nechce.

8.3.2 Automatická aktivace

Pro minimalizaci počtu dotazů přichází v úvahu možnost automatické aktivace funkce po detekci spouštěcího impulsu v podobě zapnutí vyhřívání sedadla s maximální intenzitou. To by uživatele zásadně neomezovalo. Nic by mu nebránilo vypnout vyhřívání sedadla dříve, než by to provedla automatika. V případě, že by mu teplota sedadla

po doběhnutí vyhřívacího cyklu připadala nízká, a tedy by chtěl sedadlo vyhřívát delší dobu, může výhřev opět aktivovat. Automatická aktivace se jeví jako dobrý nápad hlavně kvůli omezení spotřeby elektrické energie. Další alternativu představuje hlasové ovládání.

8.4 Implementace

8.4.1 Výpočet doby vyhřívání

Uživatelsky příjemný běh funkce zajistí správně nastavené časové parametry pro vyhřívání sedadla v jednotlivých intenzitách. S rostoucí teplotou interiéru by intuitivně měla klesat doba výhřevu. Doba běhu výhřevu v každé intenzitě se určí podle matematické funkce, která bere za parametr počáteční teplotu interiéru v době aktivace vyhřívání sedadla. Sestavení následujících matematických funkcí vzešlo z pozorování, jak využívá vyhřívání sedadla jeden člověk při teplotě od -5 do 10 °C. Tyto funkce lze při zachování konceptu samozřejmě změnit.

$$t_{Deg3}(temp) = 110 + (10 - temp) \cdot 10, temp \in Z, temp \in (-\infty, 20)$$

$$t_{Deg2}(temp) = 60 + (10 - temp) \cdot 5, temp \in Z, temp \in (-\infty, 20)$$

$$t_{Deg1}(temp) = 90 + (10 - temp) \cdot 5, temp \in Z, temp \in (-\infty, 20)$$

| Teplota interiéru (°C) | $t_{Deg3}(s)$ | $t_{Deg2}(s)$ | $t_{Deg1}(s)$ | Celkem (mm:ss) |
|------------------------|---------------|---------------|---------------|----------------|
| 14 | 70 | 40 | 70 | 3:00 |
| 12 | 90 | 50 | 80 | 3:40 |
| 10 | 110 | 60 | 90 | 4:20 |
| 8 | 130 | 70 | 100 | 5:00 |
| 6 | 150 | 80 | 110 | 5:40 |
| 4 | 170 | 90 | 120 | 6:20 |
| 2 | 190 | 100 | 130 | 7:00 |
| 0 | 210 | 110 | 140 | 7:40 |
| -2 | 230 | 120 | 150 | 8:20 |
| -4 | 250 | 130 | 160 | 9:00 |
| -6 | 270 | 140 | 170 | 9:40 |
| -8 | 290 | 150 | 180 | 10:20 |
| -10 | 310 | 160 | 190 | 11:00 |
| -12 | 330 | 170 | 200 | 11:40 |
| -14 | 350 | 180 | 210 | 12:20 |
| -16 | 370 | 190 | 220 | 13:00 |
| -18 | 390 | 200 | 230 | 13:40 |
| -20 | 410 | 210 | 240 | 14:20 |

Tabulka 8.1. Doby vyhřívání sedadla pro různé teploty

8.4.2 Aktivace funkce

Spouštěčem pro aktivaci funkce bylo zvoleno zapnutí vyhřívání sedadla s maximální intenzitou uživatelem na alespoň dvě sekundy. Poté se průběh chování funkce dělí podle předních a zadních sedadel. Po zapnutí vyhřívání předních sedadel systém vyvolá hlášku s dotazem, zda chce uživatel automatizaci aktivovat nebo ne. Takže řidič a spolujezdec vpředu mají možnost volby, zda chtějí funkci automatizace používat.

Situace v zadní části vozidla je uživatelsky poněkud složitější. Hlasové ovládání platforma inteligentního auta bohužel zatím nepodporuje. Obsluha displeje infotainmentu cestujícími na zadních sedadlech nepřipadá v úvahu a obtěžování cestujících vpředu pokyny, aby odklikli hlášku na displeji, se nejeví optimálně. Kvůli tomu bylo rozhodnuto, že funkce bude pro zadní sedadla aktivována rovnou bez dotazu nebo nebude k dispozici vůbec.

8.5 Přesah funkce do chytré klimatizace

Projektové vozidlo Enyaq je vybaveno tzv. chytrou klimatizací. Ta nabízí možnost nastavit funkci klimatizace způsobem, který odpovídá spíše slovnímu popisu než diskrétnímu nastavování jednotlivých součástí. Jeden příklad pro ilustraci – volba zahřát nohy. Zahřát nohy může uživatel mnoha způsoby a daná volba neříká nic o tom, jak to vozidlo provede, proto se zde setkáváme s fuzzy logikou.

V situaci, kdy chce uživatel ohřát nohy u vozidla s automatickou klimatizací, by uživatel nejspíše vyvedl systém klimatizace z automatického řízení její funkce. Následně by nastavil klapky proudění vzduchu tak, aby do oblasti nohou byly plně otevřeny, a zvýšil by cílovou teplotu v zóně interiéru, kde se nachází.

Tento problém řeší chytrá klimatizace automaticky jedním stiskem tlačítka a jedním dotykem na displej infotainmentu. Chytrá klimatizace ale může po určitou dobu ohřívát pouze nohy a ve zbytku interiéru udržovat požadovanou teplotu. Navíc nepřenasťaví cílovou teplotu interiéru a nevypne automatické řízení funkce klimatizace, čímž šetří další dotyky na displej při přenasťavování zpět do původního stavu.



Obrázek 8.2. Menu chytré klimatizace

Pokud se zamyslíme nad tím, co představená funkce automatizace vyhřívání sedadla vlastně dělá, můžeme to ve fuzzy logice nazvat například ohřátí zad, zahřátí sedadla

nebo zabarveně také hřejivé objetí. Stejným způsobem jako vyhřívání sedadel by šla ovládat i ventilace sedadla.

Tyto dvě nové funkce by mohly přesně zapadnout do konceptu chytré klimatizace. Jediným rozdílem proti uvedené automatizaci by byl jen spouštěcí impuls, kterým by se stal buď hlasový příkaz nebo stisk tlačítka pro aktivaci funkce na displeji infotainmentu.

Kapitola 9

Asistent optimalizace spotřeby energie

9.1 Motivace

Při jízdě místy s možností zvýšeného provozu často dochází ke zdržení příjezdu do destinace, kam řidič míří. Z tohoto důvodu si někteří řidiči nechávají časovou rezervu, aby do cíle dorazili včas. Stejně jako některé řidiče překvapí provoz, tak řidiče s časovou rezervou překvapí volný průjezd často exponovanými místy.

Ve chvíli, kdy jedou na schůzku, která nezačne dříve než v daný čas, mají spoustu času, s nímž původně nepočítali. Plánovali-li tento čas strávit na cestě, tak mohou zpomalit a šetřit energii v bateriích elektromobilu nebo pohonné hmoty.

9.2 Úspora energie spojená s nižší rychlostí

Spotřeba elektrické energie nebo paliva nutná pro provoz automobilu je za určitých podmínek nižší. Menší rychlost a plynulá jízda ustálenou rychlostí přináší nižší spotřebu paliva než, kdyby vozidlo jelo rychle, zpomalovalo a následně zrychlovalo. Plynulou regulaci rychlosti zajišťuje systém tempomatu. Správně nastavená rychlost vozidla, která umožňuje v rámci rychlostních limitů daných dopravními předpisy krátce zvýšit rychlost pohybu vozidla, vede k další úspoře paliva. Gravitace může při jízdě z kopce způsobit žádoucí zvýšení rychlosti vozidla, protože nezvyšuje spotřebu paliva. Potenciál zrychlení pomocí gravitace využijí varianty základního tempomatu, neboť k regulaci rychlosti nepoužívají brzdový systém vozidla. To neplatí pro adaptivní tempomat, který brzdy využívá.

Při vyšších rychlostech tvoří odpor vzduchu největší energetickou ztrátu vozidla. Aerodynamický odpor totiž roste s druhou mocninou rychlosti [22]. Optimální rychlost pro minimalizaci spotřeby se liší dle vozidla. U většiny z nich se pohybuje v rozmezí 50–80 km/h. Rozmezí souvisí s převodováním automobilů, které ovlivňuje rychlost, jež je optimální pro různé zařazené rychlostní stupně [23].

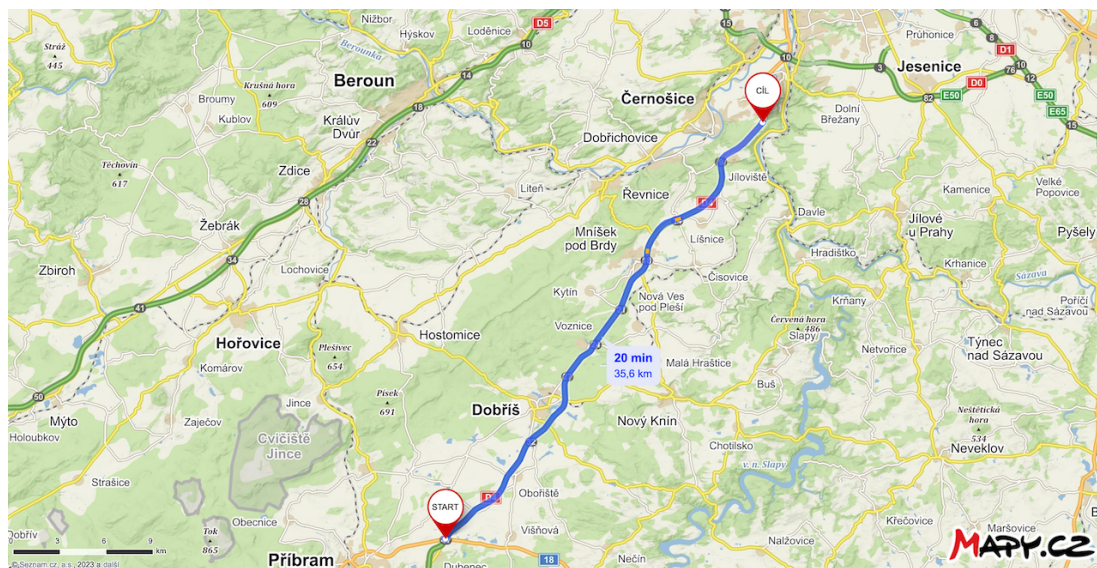
9.2.1 Metoda ověření

Pro potvrzení pravdivosti tvrzení proběhla v dubnu a květnu 2023 série jízd mezi Prahou a Příbramí v obou směrech. Při každém testovacím dni byly provedeny stejným automobilem dvě jízdy, které vypadaly následovně. Ráno mezi šestou a sedmou ranní hodinou vyrazilo vozidlo obsazené vždy stejným řidičem z širšího centra Příbrami směrem do pražského Braníku. Mezi třetí a pátou hodinou odpolední odjelo vozidlo s řidičem z Prahy zpět do Příbrami. Kromě řidiče a zhruba tříkilové tašky nevezlo vozidlo žádnou další zátěž.

Bezpečnostní a komfortní spotřebiče mohou ovlivnit spotřebu paliva, proto vozidlo zahajovalo jízdu vždy se shodným nastavením. Při jízdě byla cílová teplota automatické klimatizace nastavena na 21,5 °C v obou zónách. Systém topení, ventilace a klimatizace běžel v plně automatickém režimu se zapnutým kompresorem klimatizace. Vyhřívání

sedadla řidič nevyužíval. Při cestě svítilo vozidlo pouze pomocí LED denního svícení v předních světlech. K vozidlu byl přes USB port připojen telefon, který se celou cestu nabíjel.

Pro eliminaci vlivu provozu na výsledky měření byl z trasy vybrán pouze jeden úsek, na němž se sledovala spotřeba paliva vozidla. Úsek se nachází mezi cca pátým kilometrem silnice 4 a čtyřicátým prvním kilometrem dálnice D4. V tomto úseku bývá provoz většinou plynulý, skládá se ze zhruba 32 kilometrů dálnice, zbytek tvoří silnice s maximální povolenou rychlostí 90 km/h. V průběhu jízdy byla dokumentována spotřeba paliva, čas jízdy, ujetá vzdálenost s přesností na 100 metrů a průměrná rychlost.



Obrázek 9.1. Zkoumaný úsek trasy

Měření spotřeby paliva prováděl palubní počítač vozidla. Přesnost měření spotřeby paliva byla před započítím testování ověřena následujícím způsobem. Nádrž vozidla byla natankována palivem až po okraj jejího hrdla. Poté bylo s vozidlem ježděno. Před dalším natankováním se zaznamenala hodnota průměrné spotřeby od natankování, kterou ukazoval palubní počítač, a počet kilometrů ujetých od natankování. Po záznamu údajů bylo provedeno načerpání paliva po okraj hrdla nádrže a výpočet průměrné spotřeby paliva na 100 kilometrů podle množství paliva, které do nádrže doteklo. Absolutní odchylka mezi palubním počítačem ukazujícím 6,4 litru benzínu na 100 kilometrů (ukazuje s přesností na desetiny) dosahovala hodnoty 0,07 litru, tedy méně než rozlišovací schopnost palubního počítače.

Získání hodnoty průměrné spotřeby paliva na 100 kilometrů bylo dosaženo zaznamenáním stavu palubního počítače při příjezdu k začátku sledovaného úseku a po průjezdu koncem sledovaného úseku. Konkrétně byla vždy zaznamenána spotřeba od zahájení jízdy, stav počítadla ujetých kilometrů (hodnota TRIP s přesností na 100 metrů) a čas. Z těchto údajů byla vypočtena spotřeba paliva a průměrná rychlost v úseku.

Spotřeba paliva byla sledována pro různé rychlosti vozidla. Pro omezení zanesení chyby nastavil řidič při příjezdu k sledovanému úseku tempomat na požadovanou rychlost (tempomat s možností přerážení). Na silnici s maximální povolenou rychlostí 90 km/h byl tempomat nastaven na cílovou rychlost 90 km/h, na dálnici pak podle tabulky níže s výjimkou dvou zúžení cesty kvůli práci na silnici. V zúženích tempomat udržoval rychlost 80 km/h. Kvůli provozu na cestě nebylo po celou dobu jízdy možné striktně udržet rychlost vozidla přesně podle nastavení tempomatu. Kvůli zachování bezpečnosti a plynulosti provozu musel řidič v několika případech krátce snížit nebo zvýšit rychlost.

Po provedení jízd, kdy činnost motoru ovládal tempomat, proběhly i jízdy bez využití tempomatu. Řidič se měl chovat podle testovacích scénářů. Několikrát zkoušel jet defenzivně, nevyužíval plně rychlostního limitu a maximálně předvídal, aby nemusel často prudce brzdit a zrychlovat. V dalším scénáři řidič projel sledovaným úsekem ofenzivnějším stylem jízdy, kdy plně využíval predepsaných rychlostních limitů a předvídal pouze tak, aby zachoval bezpečnost silničního provozu. Pro každou rychlost nebo scénář byla jízda provedena dvakrát a výsledné hodnoty tvoří průměr naměřených hodnot.

9.2.2 Testovací automobil

Veškeré cesty řidič absolvoval osobním automobilem Škoda Scala. Vozidlo pohání čtyřválcový přeplňovaný benzínový motor 1.5 TSI. Výkon motoru činí 110 kW a je dostupný při pěti tisících otáček. Sílu motoru přenáší na přední kola šestistupňová manuální převodovka. Podle údajů výrobce by měl tento vůz spotřebovávat 5,7 litru benzínu na sto kilometrů (dle normy WLTP). Při testování byla na vozidle osazena 17“ kola z lehké slitiny obutá letními pneumatikami značky Nexen s šířkou 205 mm a výškou profilu 50 mm.

9.2.3 Naměřené hodnoty

| Rychlost na tempomatu (km/h) | Spotřeba paliva (l/100 km) | Průměrná rychlost (km/h) | Venkovní teplota (°C) |
|------------------------------|----------------------------|--------------------------|-----------------------|
| 100 | 4,1 | 96 | 10 - 12 |
| 110 | 4,5 | 99 | 10 - 11 |
| 120 | 5,0 | 104 | 8 - 9 |
| 130 | 5,3 | 112 | 11 - 12 |

Tabulka 9.1. Spotřeba paliva v závislosti na rychlosti, směr Praha

| Rychlost na tempomatu (km/h) | Spotřeba paliva (l/100 km) | Průměrná rychlost (km/h) | Venkovní teplota (°C) |
|------------------------------|----------------------------|--------------------------|-----------------------|
| 100 | 4,7 | 97 | 15 - 19 |
| 110 | 5,0 | 100 | 14 - 15 |
| 120 | 5,6 | 103 | 12 - 14 |
| 130 | 6,0 | 114 | 17 - 19 |

Tabulka 9.2. Spotřeba paliva v závislosti na rychlosti, směr Příbram

| Styl jízdy | Spotřeba paliva (l/100 km) | Průměrná rychlost (km/h) | Venkovní teplota (°C) |
|------------|----------------------------|--------------------------|-----------------------|
| Defenzivní | 5,4 | 106 | 8 - 12 |
| Ofenzivní | 5,9 | 113 | 8 - 10 |

Tabulka 9.3. Spotřeba paliva v závislosti na stylu jízdy, směr Praha

| Styl jízdy | Spotřeba paliva (l/100 km) | Průměrná rychlost (km/h) | Venkovní teplota (°C) |
|------------|----------------------------|--------------------------|-----------------------|
| Defenzivní | 6,1 | 107 | 16 - 17 |
| Ofenzivní | 6,7 | 112 | 14 - 15 |

Tabulka 9.4. Spotřeba paliva v závislosti na stylu jízdy, směr Příbram

9.2.4 Vyhodnocení naměřených hodnot

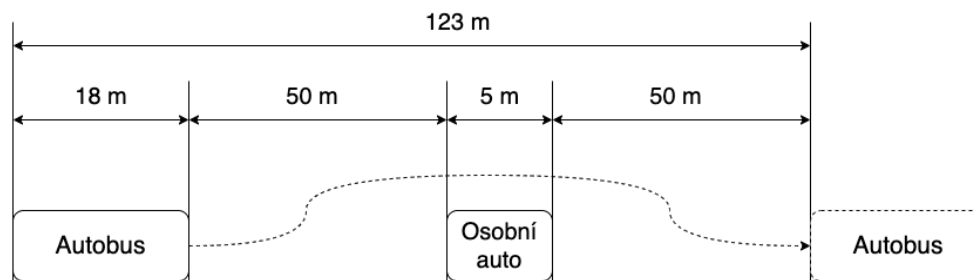
Z naměřených a vypočtených hodnot vyplývá, že pokud jede vozidlo v daném úseku na tempomat nižší rychlostí, spotřebovává méně paliva. Tím bylo ověřeno tvrzení, že spotřeba paliva klesá společně s nižší rychlostí automobilu. Zároveň si můžeme všimnout, že u konkrétního řidiče byla jízda s využitím tempomatu úspornější, než když rychlost vozidla reguloval sám plynovým pedálem. To potvrzuje tvrzení, že má na spotřebu vliv udržování stejné rychlosti. Vyloučena nicméně není ani možnost, že by jiný řidič stejným vozidlem nejel úsporněji. Průměrná rychlost s nižší rychlostí nastavenou na tempomatu logicky také klesá.

Vozidlo vybavené adaptivním tempomatem nebylo pro dlouhodobější testování k dispozici. Porovnání adaptivního tempomatu proti základnímu tempomatu by přineslo další poznatky kvůli faktu, že adaptivní tempomat na rozdíl od základního využívá při udržování vzdálenosti od ostatních vozidel brzdovou soustavu automobilu. Právě brzdění při přiblížení se k pomalejšímu vozidlu a následná akcelerace při předjíždění nebo zvýšení rychlosti pomalejšího vozidla by v průběhu jízdy mohla teoreticky znamenat vyšší spotřebu paliva.

9.3 Místa a limity pro snížení rychlosti

Možnost snížení rychlosti vozidla má své limity. Pomalu jedoucí vozidlo nesmí bránit plynulosti provozu a vytvářet nebezpečné situace. Ideálně by vozidlo, jehož rychlost nedosahuje rychlostního limitu, nemělo brzdit vozidla jedoucí za ním. Proto za ním buď žádné vozidlo nesmí jet nebo by měla existovat možnost jeho bezpečného předjetí. Tyto podmínky splňují silnice s více pruhy v jednom směru – hlavně dálnice a rychlostní silnice. Minimální rychlost 80 km/h na dálnici v úsecích bez omezení určují dopravní předpisy. Pokud automobil jede po dálnici rychlostí mezi 80 km/h a 90 km/h, hrozí snížení plynulosti provozu kvůli předjíždění tohoto automobilu jinými, jen o trochu rychleji jedoucími, vozidly (hlavně autobusy).

Problém ilustruje následující extrémní příklad. Dálnice má v jednom směru dva jízdní pruhy. V pravém jízdním pruhu jede osobní automobil o délce 5 metrů konstantní rychlostí 90 km/h. K němu se zezadu rychlostí 91 km/h přibližuje autobus o délce 18 metrů. Bezpečná vzdálenost mezi vozidly při rychlosti 90 km/h a dodržování dvousekundového odstupu činí 50 metrů [24]. Pokud zanedbáme délku přejezdu do levého pruhu, musí při předjížděcím manévru autobus ujet o celkem 123 metrů více (součet dvojnásobku bezpečné vzdálenosti, délky osobního automobilu a délky autobusu). Rychlejší autobus ujede každou sekundu o 0,278 metru delší vzdálenost. Předjížděcí manévr tak potrvá 7 minut a 22 sekund na úseku trasy o délce přes 11 kilometrů. Pokud by autobus zrychlil na 95 km/h, doba manévru se zkrátí na 1 minutu a 29 sekund. Délka úseku se pak sníží na cca 2,25 km.



Obrázek 9.2. Ilustrace předjížděcího manévru

Aby výsledná rychlost automobilu, u kterého kvůli snížení spotřeby chceme rychlost snižovat, neinterferovala s rychlostí pohybu pomalejších vozidel (nákladní vozidla, autobusy), zvolíme pro jízdu na dálnici minimální rychlost 100 km/h. Za mírného provozu dokáže osobní automobil touto rychlostí předjet nákladní vozidlo nad 3,5 t, které podle dopravních předpisů smí jet po dálnici maximálně 80 km/h, v relativně krátké době. V případě předjíždění autobusu bude záležet hlavně na jeho konstrukční rychlosti. Předpisy umožňují autobusům po dálnici udržovat rychlost až 130 km/h, pokud jim to konstrukční rychlost dovoluje.

9.4 Koncept funkce

Výsledkem funkce je snížení spotřeby energie potřebné pro jízdu automobilu v případě časové rezervy. Prostředkem pro dosažení žádaného výsledku je plynulost jízdy a snížení rychlosti vozidla ve chvíli, kdy to čas dojezdu a podmínky na silnicích umožní.

Aktivace funkce proběhne na vyžádání po zadání cílové adresy do navigačního systému automobilu. Parametrem pro aktivaci je nejpozdější čas dojezdu do cílové destinace. Po aktivaci funkce provede navigační systém výpočet předpokládaného času dojezdu do cílové destinace. Pro relevanci výpočtu času dojezdu musí navigační systém zpracovávat data o aktuální situaci v dopravě, hlavně o provozu. Čas průjezdu určitými místy se liší hlavně v závislosti na maximální povolené rychlosti, hustotě provozu, dopravním omezením, nehodám a počasí. Proto navigační systémy využívají k odhadu času dojezdu reálná data z provozu sbíraná uživateli (například aplikace Waze).

Při znalosti předpokládaného času dojezdu a nejpozdějšího tolerovaného času dojezdu může systém doporučit řidiči, aby na dálnici nastavil tempomat na cílovou rychlost v intervalu mezi 100 a 130 km/h. Absolutní hodnota doporučované cílové rychlosti vyjde z rozdílu mezi předpokládaným časem dojezdu a časovým limitem pro dojezd do cíle. Čím větší je kladný rozdíl mezi těmito hodnotami, tím nižší cílovou rychlost tempomatu systém doporučí, protože to časová rezerva umožňuje.

Po aktivaci funkce bude řidiči zobrazena motivační grafika. Ta bude ukazovat absolutní hodnoty ušetřené energie/paliva, prodloužení dojezdu a množství emisí, které automobil díky pomalejší jízdě nevyprodukoval (přímo spalováním paliva nebo nepřímo nabíjením).

Kapitola 10

Závěr

V průběhu práce se povedlo převést platformu Inteligentního auta z vozidla Škoda Kodiaq do elektromobilu Škoda Enyaq Coupé RS iV a vytvořit několik ukázek jejího použití. K dosažení cílů bylo potřeba nejprve prostudovat a pochopit funkci jednotlivých součástí platformy. K platformě neexistovala žádná ucelená dokumentace kromě diplomových prací předchůdců. K dispozici nebylo úplné schéma zapojení ani seznam prerekvizit shrnující, co všechno je potřeba k běhu softwaru platformy.

Po základním pochopení platformy přišlo na řadu testovací zapojení do vozidla, po jehož odladění došlo k finální integraci hardwaru platformy přímo do vozidla. Integrace hardwaru obnášela demontáž části interiéru vozidla, hlavně v oblasti palubní desky, prahu na pravé straně a v zavazadlovém prostoru. Díky demontáži a následné montáži částí interiéru bylo možné stacionární část hardwaru platformy ukrýt tak, aby nepřekážela posádce vozidla v jeho interiéru. Kromě zavazadlového prostoru a uzavíratelné schránky před spolujezdcem nepostřechnou pasažéři automobilu rozdíl proti produkční verzi. Díky pevnému umístění hardwaru došlo také k výraznému zrychlení spuštění platformy. Řešení napájení vozidla přes spínací rozvaděč umožňuje jednoduše selektivně ovládat napájení jednotlivých hardwarových prvků platformy z jednoho místa. Agregace do jednoho místa poskytuje také okamžitý přehled o aktuálně napájených zařízeních.

Instalaci hardwaru následovalo testování původního softwaru platformy, z kterého vzešly úpravy softwaru jak pro nové vozidlo, tak pro novou verzi operačního systému počítače. Při testování byly objeveny chyby v interpretování dat přijatých po sběrnici CAN pomocí knihovny pracující s DBC soubory. Problém spočíval v převodu textu na desetinné číslo. Společně se změnou vozidla došlo i k výměně HMI modulu. Novým verzím HMI modulu chyběla podpora pro přepínání obrazovky infotainmentu a blokování zpráv o dotyku obrazovky, proto byly tyto funkce nově implementovány jako služba REST API. Výhodou implementace formou služby REST API je možnost nabídnout tyto služby i jiným součástí platformy. Dříve k nim mohl přistupovat pouze HMI modul. Instalace BAP transceiveru, který nebyl v Kodiaqu přítomen, vyžadovala adaptaci DAQ modulu tak, aby přijímal data od BAP transceiveru.

Provozoschopná platforma umožnila tvorbu nových funkcí pro vozidlo. Díky tomu vznikly tři algoritmy řešící automatizaci ovládání klapky cirkulace vzduchu. První algoritmus využívá bodů zájmu a vyniká hlavně jednoduchostí. Druhý algoritmus funguje na základě dat o historickém provozu klapky cirkulace vzduchu. Umožňuje učení a adaptaci podle chování uživatele. Třetí algoritmus využívá framework pro strojové učení. Jeho použití je vhodné hlavně pro místa, která již automobil navštívil. Na problém automatizace ovládání klapky cirkulace vzduchu navázalo řešení navrhování automatické aktivace adaptivního tempomatu na základě chování uživatele. Výsledným řešením problému je samoučící algoritmus, který po třech podobných aktivacích adaptivního tempomatu v okolí jednoho místa nabízí jeho aktivaci. V potaz bere směr jízdy, silnici, po níž automobil jede, i maximální povolenou rychlost v místě nabízené aktivace.

Posledním implementovaným algoritmem byla automatizace nastavení intenzity vyhřívání sedadel. Ta usnadňuje uživateli ovládání vyhřívání sedadla tak, že uživatel vyhřívání pouze aktivuje. Systém následně podle teploty v interiéru začne postupně snižovat intenzitu vyhřívání sedadla, až vyhřívání úplně deaktivuje. Provedením teoretického rozboru funkce, praktickým ověřením teorie a konceptem algoritmu byl představen asistent optimalizace spotřeby energie v závislosti na rychlosti jízdy při daném času dojezdu.

Literatura

- [1] FEL ČVUT Katedra měření. *Dokumentace modulu CAN FD Gateway*. 2020.
- [2] Srinath Rangarajan. *CAN FD GATEWAY*. 8/2020.
<https://dspace.cvut.cz/handle/10467/92771>.
- [3] *Automotive BAP Protocol*. 13/9/2019.
<https://piembsystech.com/automotive-bap-protocol/>.
- [4] Digiteq automotive Jan Brabec. *BAP Transceiver - Status presentation*. 1/2023.
- [5] EDAG electronics. *DP6852 IPU-HD*. 5/2023.
https://www.edag.com/fileadmin/user_upload/Group/Unternehmen/Presse/Mediathek/Flyer_EN/EE/Products/Kurzreferenz_DP6852_IPU-HD_EN.pdf.
- [6] Kvaser. *KVASER HYBRID 2XCAN/LIN*. 5/2023.
https://canlandbucket.s3-eu-west-1.amazonaws.com/productionResourcesFiles/269e755e-070c-4408-a389-f3517b02a9a0/KVR_6671_A4_Data_Sheet_Hybrid_Part_2_v7.pdf.
- [7] Advantech. *ARK-3520P*. 20/4/2023.
[https://advdownload.advantech.com/productfile/PIS/ARK-3520P/file/ARK-3520P_DS\(042023\)20230424104228.pdf](https://advdownload.advantech.com/productfile/PIS/ARK-3520P/file/ARK-3520P_DS(042023)20230424104228.pdf).
- [8] Jan Nejtek. *Data Acquisition and Control Framework for an Intelligent Vehicle*. 4/1/2022.
<https://dspace.cvut.cz/handle/10467/99116>.
- [9] Jaroslav Beran. *Firmware for Control Module of an Intelligent Vehicle*. 8/2020.
<https://dspace.cvut.cz/handle/10467/89957>.
- [10] Bryan Hennessy. *An Introduction to J1939 and DBC files*. 13/9/2019.
<https://www.kvaser.com/developer-blog/an-introduction-j1939-and-dbc-files/>.
- [11] Elviss Strazdins. *HTTP Request*. 5/2023.
<https://github.com/elnormous/HTTPRequest>.
- [12] Abolfazl Ravanshad. *Gradient Boosting vs Random Forest*. 28/4/2018.
<https://medium.com/@aravanshad/gradient-boosting-versus-random-forest-cfa3fa8f0d80>.
- [13] Soner Yildirim. *3 Key Differences Between Random Forests and GBDT*. 23/5/2021.
<https://towardsdatascience.com/3-key-differences-between-random-forests-and-gbdt-cfc48093200b>.
- [14] Stephanie Glen. *Decision Tree vs Random Forest vs Gradient Boosting Machines: Explained*. 28/7/2019.
<https://www.datasciencecentral.com/decision-tree-vs-random-forest-vs-boosted-trees-explained/>.

- [15] Pavel Trejbal. *Jak na rozhodovací stromy*. 3/11/2014.
<https://www.optimics.cz/jak-na-rozhodovaci-stromy/>.
- [16] TensorFlow. *TensorFlow Decision Forests*. 5/2023.
https://www.tensorflow.org/decision_forests.
- [17] Microsoft Corporation. *LightGBM features*. 5/2023.
<https://lightgbm.readthedocs.io/en/latest/Features.html>.
- [18] xgboost developers. *dmlc XGBoost Introduction to Boosted Trees*. 5/2023.
<https://xgboost.readthedocs.io/en/stable/tutorials/model.html>.
- [19] *Reverse geocoding*. 9/3/2022.
https://en.wikipedia.org/wiki/Reverse_geocoding.
- [20] *Nominatim documentation*. 5/2023.
<https://nominatim.org/release-docs/latest/>.
- [21] *Overpass API User's Manual*. 5/2023.
<https://dev.overpass-api.de/overpass-doc/en/>.
- [22] Martin Vostatek. *Návrh tandemového úložného prostoru pro snížení emisí CO2 osobních vozidel*. 14/8/2017.
https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/73208/F2-DP-2017-Vostatek-Martin-Vostatek_diplomova_prace.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- [23] Department of Energy a the U.S. Environmental Protection Agency. *Driving More Efficiently*. 5/2023.
<https://www.fueleconomy.gov/feg/driveHabits.jsp>.
- [24] Michaela Richterová. *Dodržujte bezpečnou vzdálenost mezi vozidly*. 16/4/2018.
<https://www.policie.cz/clanek/dodrzujte-bezpecnou-vzdalenost-mezi-vozidly.aspx>.

Příloha **A**

Použité zkratky

| | | |
|------|---|--|
| ACC | ■ | Adaptive cruise control |
| ADB | ■ | Android debug bridge |
| AI | ■ | Artificial intelligence |
| API | ■ | Application interface |
| BAP | ■ | Bedien und Anzeigen Protokoll |
| CAN | ■ | Controller area network |
| ČVUT | ■ | České vysoké učení technické v Praze |
| DAQ | ■ | Data acquisition |
| FD | ■ | Flexible data rate |
| FEL | ■ | Fakulta elektrotechnická ČVUT |
| HDMI | ■ | High definition multimedia interface |
| HMI | ■ | Human machine interface |
| ICAS | ■ | In-car application server |
| IPU | ■ | Image processing unit |
| LVDS | ■ | Low voltage differential signaling |
| OS | ■ | Operační systém |
| REST | ■ | Representational State Transfer |
| TAČR | ■ | Technologická agentura České republiky |
| TCP | ■ | Transmission control protocol |
| TSI | ■ | Twincharged stratified injection |
| USB | ■ | Universal serial bus |
| VGA | ■ | Video graphics array |
| VW | ■ | Volkswagen |