



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA DOPRAVNÍ

Matěj Hanousek

**PARAMETRIZOVATELNÝ VIRTUÁLNÍ SDRUŽENÝ
SDĚLOVAČ PRO EXPERIMENTY NA SIMULÁTORU**

Bakalářská práce

2017

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

d ě k a n

Konviktská 20, 110 00 Praha 1



K616.....Ústav dopravních prostředků

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

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Matěj Hanousek

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

B 3710 – ITS – Inteligentní dopravní systémy

Název tématu (česky): **Parametrizovatelný virtuální sdružený sdělovač pro experimenty na simulátoru**

Název tématu (anglicky): Parametrizable virtual dashboard for experiments on vehicle simulator

Zásady pro vypracování

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

- Prozkoumejte aktuální stav v automobilovém průmyslu spojený s digitálními sdělovači
- Najděte možné dostupné řešení pro výrobu virtuálních sdružených sdělovačů
- Porovnejte efekt digitálních a analogových sdělovačů na chování a bezpečnost řidiče
- Najděte důvody využití virtuálních sdružených sdělovačů pro automobily a experimenty v automobilových simulátorech
- Navrhněte a vytvořte upravitelný návrh digitálního sdělovače integrovaného do vozidlového simulátoru



- Rozsah grafických prací: dle pokynů vedoucích BP
- Rozsah průvodní zprávy: minimálně 35 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)
- Seznam odborné literatury:
1. Donald L. Fisher - Handbook of driving simulation for engineering, medicine, and psychology
 2. Nikolas Gkikas - Automotive ergonomics driver-vehicle interaction
 3. Antonio Pachon Ruiz - Mastering Android application Development O'Rellie


Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Petr Bouchner, Ph.D.**
Ing. Dmitry Rozhdestvenskiy


Datum zadání bakalářské práce: **20. října 2016**
(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)


Datum odevzdání bakalářské práce: **28. srpna 2017**

a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia

b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia


.....
doc. Ing. Petr Bouchner, Ph.D.
vedoucí
Ústavu dopravních prostředků


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



Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.


.....
Matěj Hanousek
jméno a podpis studenta

V Praze dne..... 20. října 2016

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval všem, kteří mi poskytli podklady pro vypracování této práce. Zvláště pak děkuji panu inženýru Rozhdestvenskiy a docentu Bouchnerovi za odborné vedení a konzultování bakalářské práce a za rady, které mi poskytovali po celou dobu mého studia. V neposlední řadě je mou milou povinností poděkovat svým rodičům a blízkým za morální a materiální podporu, které se mi dostávalo po celou dobu studia.

Prohlášení

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

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

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

V Praze dne 28. srpna 2017

Matěj Hanousek

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

PARAMETRIZOVATELNÝ VIRTUÁLNÍ SDRUŽENÝ SDĚLOVAČ PRO EXPERIMENTY NA SIMULÁTORU

Bakalářská práce

Srpen 2017

Matěj Hanousek

ABSTRAKT

Předmětem bakalářské práce „Parametrizovatelný virtuální sružený sdělovač pro experimenty na simulátoru“ je analyzovat současný stav v automobilovém průmyslu spojený s virtuálními sdělovači, najít dostupná řešení pro jejich výrobu, studovat efekt virtuálních a analogových sdělovačů ve vztahu k chování a bezpečnosti řidiče, najít důvody využívání virtuálních sdělovačů pro automobily a experimenty na automobilových simulátorech a na základě těchto poznatků navrhnout a vytvořit upravitelný návrh virtuálního sdělovače integrovatelného do vozidlového simulátoru.

ABSTRACT

The subject of the bachelor thesis „Parametrizable virtual dashboard for experiments on vehicle simulator“, is to analyse actual state of virtual dashboards in automotive, to find available solutions to create them, to study possible effect of digital and analogous dashboards related to behaviour and safety of driver, to find reasons of using virtual dashboards in cars and vehicle simulators and based on these observations to propose and create parametrizable proposal of virtual dashboard that can be integrated to vehicle simulator.

KLÍČOVÁ SLOVA

virtuální kokpit, virtuální sdělovač, digitální sdělovač, android sdělovač, vozidlový simulátor, experimenty na simulátoru

KEYWORDS

virtual cockpit, virtual dashboard, digital dashboard, android dashboard, vehicle simulator, simulator experiments

Obsah

Obsah	5
1. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK:	7
2. ÚVOD.....	8
3. Aktuální stav virtuálních sdělovačů v automobilovém průmyslu	9
3.1 Počátky	9
3.2 Nástup LCD	10
3.3 Současnost	11
3.3.1 Audi	12
3.3.2 Mercedes – Benz	12
3.3.3 Tesla	13
3.3.4 Lamborghini.....	15
3.3.5 Škoda	16
4. Dostupná řešení pro výrobu virtuálních sdělovačů	16
4.1 nVIDIA	17
4.2 Blackberry	18
4.3 Android auto	19
4.4 iOS – CarPlay	21
4.5 Microsoft dashboard	23
4.6 Bezpečnost	24
5 Efekt virtuálních a analogových sdělovačů na řidiče	25
5.1 Vliv analogových sdělovačů na řidiče	25
5.2 Dopad vzhledu a softwarového řešení virtuálních sdělovačů na řidiče	26
5.3 Audio-vizuální podpora řízení.....	27
6 Důvody využití virtuálních sdělovačů	28
6.1 Výhody a nevýhody analogových sdělovačů.....	28
6.2 Výhody a nevýhody virtuálních sdělovačů.....	28
6.3 Problematika přechodu z analogového na virtuální řešení	29
7 Virtuální sdělovač pro simulátor K616.....	30
7.1 OpenGL ES	30
7.2 UDP	31
7.3 Android aplikace.....	31
7.3.1 Flow diagram	31
7.4 Implementace do simulátoru	39
7.5 Plánované experimenty.....	42

8 Závěr	43
9 Použité zdroje.....	45
9.1 Internetové zdroje.....	45
9.2 Literatura.....	48
10 Seznam obrázků	50
11 Seznam příloh.....	52

1. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK:

HMI	Human – Machine interface
MMI	Multi media interface
ABS	Anti blockier system
ESP	Electronic stability program
LCD	Liquid crystal display
LED	Light emitting diode
TFT	Thin film Transistor
HD	High definition
VCM	Visual computing module
CAN	Controller area network
ANOVA	Analysis of variance
OpenGL	Open graphics library
UDP	User datagram protocol
TCP	Transport control protocol
IP	Internet protocol

2. ÚVOD

Průmysl, ať je to v jakémkoli odvětví, prochází v dnešní době jednou z nejnáročnějších fází, kterou je přechod z technologií vyvinutých v 20., někdy i 19. Století, na technologie 21. století. Tedy přechod z mechanických a analogových přístrojů na přístroje digitální, nastavitelné podle potřeby uživatele a zároveň stejně spolehlivé jako přístroje předchozí.

Touto změnou si prochází i průmysl automobilový, který se snaží dosáhnout dnes již, dle mého názoru, ne tak vzdálené vidiny plně autonomního vozidla. To ale neznamená, že je to vidina jednoduše dosažitelná. U automobilů je potřeba obzvláště dbát na bezpečnost jak osob ve vozidle, tak i mimo něj a jsou s ní spojeny největší projekty automobilek.

Automobily v posledních dvou dekadách prošly výraznými změnami. Přišly systémy na podporu řízení vozidla jako je ABS, ESP, adaptivní tempomaty, automatické dodržování vzdálenosti, automatické brzdění, ale také systémy, které jsou vyvíjeny, spíše než k podpoře řízení vozidla, k většímu pohodlí, luxusu, ale hlavně k možnosti pozdější implementace do plně autonomních vozidel. To jsou například systémy automatického parkování, nebo udržování v jízdním pruhu. S těmito systémy přichází problémy ve způsobu prezentace informací řidiči a jedním z řešení těchto problémů je tzv. virtual dashboard, který se dá přeložit jako virtuální sdružený sdělovač. Virtual dashboard by měl představovat technologický posun v kokpitu vozidla. Původní analogové „budíky“ ukazující rychlost, otáčky, či množství paliva, jsou tímto sdělovačem nahrazeny a zobrazovány v digitální formě na displeji ve vozidle. K tomu umožňuje jednoduše zobrazovat spoustu dalších informací, které s automatizací vozidla přichází a také zobrazení jednoduše modifikovat.

S takovým řešením je spojen software, způsoby implementace této technologie, řešení v problematice HMI a částečně také bezpečnost tohoto systému a dílčích systémů s ním spojených z hlediska odolnosti protokolů vůči hackerům.

Cílem této práce je tedy zjistit aktuální trendy virtuálních sdělovačů a najít způsoby jejich výroby a kritéria daná studii výzkumných ústavů, která výrobu ovlivňují. Dalším cílem je najít hlavní důvody využití virtuálních sdělovačů namísto analogových a všechny poznatky uplatnit ve vlastním návrhu virtuálního sdělovače.

3. Aktuální stav virtuálních sdělovačů v automobilovém průmyslu

3.1 Počátky

Virtual dashboard v automobilovém průmyslu představuje většinou LCD displej, který kromě rychlosti, otáček, množství benzínu atd., může řidiči poskytovat jakékoli jiné informace, nebo může zobrazovat navigaci, či parkovací kamery bez vznikajícího problému omezeného prostoru, jako tomu je u analogových přístrojových desek, protože stačí zmáčknout jedno tlačítko a zobrazí se to, co řidič aktuálně potřebuje.

Zdálo by se, že mluvíme o technologii 21. století, nicméně počátky virtuálních sdělovačů sahají až do 70. let 20. století. V roce 1976 představila britská automobilka Aston Martin model Aston Martin Lagonda, který měl jako historicky první model částečně digitální přístrojovou desku. Nebyla tvořena LCD displejem, ale několika menšími LED displeji, které byly umístěny vedle jejich, na přístrojové desce na pevně napsaných, popisků, viz obr. 1.



Obrázek 1. První verze digitálního sdělovače v kokpitu vozidla Aston Martin Lagonda [33]

Ve spojených státech se trend digitalizovaných přístrojových desek rozrostl, a proto se tento typ řešení objevil v mnoha dalších vozidlech vyráběných v 80. a 90. letech, mimo jiné ve

vozidlech automobilek zaměřených na luxusní interiér a konstrukce jako Cadillac, Chrysler nebo Lincoln [1].

Bohužel u takto řešených přístrojových desek se objevovaly problémy. Měly vysokou poruchovost a zároveň opravy byly drahé a často velmi složité. Na rozdíl od analogových desek nezobrazovaly průběh zobrazovaných parametrů spojitě, ale v celých číslech [1], dalším důležitým problémem se ukázalo být sluneční světlo, které způsobovalo, že LED displeje byly těžko čitelné. Proto byly v 90. letech postupně staženy z výroby a navracelo se k původnímu analogovému řešení.

3.2 Nástup LCD

První dashboard, který byl celý představen LCD displejem se objevil již v roce 1986 [2], ale do velkovýroby se dostal až v 21. století s mnoha dalšími podpůrnými a asistenčními systémy vozidel jako adaptivní tempomat, nebo parkovací systémy. V roce 2009 přišli s plně virtuálními sdělovači (přístrojová deska, displej rádia a gps) Range Rover a Jaguar (obr. 2). Využili na to TFT LCD displej, tedy thin-film-transistor liquid-crystal display, což je typ LCD displeje s lepší kvalitou obrazu, než klasický LCD [4].



Obrázek 2. Kokpit Jaguaru XJ z roku 2010 [3]

S postupným vývojem virtuálních sdělovačů přichází i větší náročnost a více požadavků na jejich funkce. Ve zmíněném Jaguaru z roku 2010 disponuje prostřední displej funkcí dual view, což je funkce, která vám umožní například rozšířit obraz z počítače, nebo telefonu na displej [3]. Dalšími požadavky na nové virtuální sdělovače mohou být informace o stavu

počasí, zabudovaná navigace, přehrávač mp3, možnost propojení s telefonem, přímé vytáčení z displeje ve vozidle atd. S tolika požadavky přichází problém v řešení, jak zobrazit, nebo poskytnout řidiči tolik možností a informací na jednom, či dvou displejích. Například Tesla tento problém ve svém modelu S řešila razantním zvětšením prostředního displeje na 17 – palcový (obr. 3) [4].



Obrázek 3. Kokpit modelu S automobilky Tesla s 17 – palcovým displejem [4]

Současné i budoucí sdělovače by měly řidiče informovat o stavu systémů ve vozidle a všech důležitých informací nezbytných pro řidiče a chod vozidla, a zároveň poskytovat i uživatelské funkce navíc, které jsou zmíněny o odstavec výše. To vše ovšem musí sdělovač splnit bez toho, aby došlo k přehlcení řidiče informacemi, a tím pádem k poklesu pozornosti a výkonu. Podle toho se dnes musí všichni výrobci řídit a snažit se vytvořit jednoduché HMI – interakci člověka s vozidlem, které bude v řidičově zorném poli a zároveň bude schopno sdělit všechny potřebné informace.

3.3 Současnost

Pro názornost současného stavu a vývoje virtuálních sdělovačů v nových automobilech popíšeme několik řešení v modelech vozidel od nejúspěšnějších automobilek v tomto odvětví.

3.3.1 Audi

Aktuálně vyráběná vozidla automobilkou Audi mají virtuální sdělovač na místě za volantem, tedy v kokpitu a snaží se všechny informace řidiči sdělovat prostřednictvím tohoto TFT LCD displeje, který má velikost 12,3 palců a procesor od společnosti nVIDIA. Displej má kromě ukazatele rychlosti a otáček další 4 oblasti. Tou první jsou informace o vozidle jako dojezd s aktuálním množstvím benzínu, informace o spotřebě energie, kterou potřebují aktuálně běžící systémy, jako je klimatizace, a v neposlední řadě informace související s jízdními asistenčními systémy. Druhou oblastí je rádio či mp3 přehrávač. Další oblast tvoří interface na propojení telefonu s automobilem a volání a poslední oblastí je satelitní navigace, která pracuje s google maps.

Nicméně kromě displeje v kokpitu má Audi i MMI (Multi Media Interface) displej po pravé ruce řidiče (uprostřed) a řidič si může svobodně zvolit, které z informací chce zobrazit na kterém displeji. Může tedy mít navigaci na prostředním displeji a telefonovat na displeji za volantem, či naopak. Zároveň MMI displej disponuje funkcí dual view, takže si řidič může přenést obraz z telefonu na displej a např. potřebnou navigaci si přesune na displej v kokpitu. Displeje jsou většinou ovládány tlačítky umístěnými na volantu, viz obr. 4 [5].



Obrázek 4. Kokpit a MMI displej Audi S3 2017 Facelift [34]

3.3.2 Mercedes – Benz

Automobilka Mercedes - Benz se vydala podobným, ale přece jen jiným směrem než Audi. Vozidla třídy E – class mají namísto dvou rozdělených displejů řešení jednoho velkého dvojitého displeje – dual display (obr. 5). Tento displej je protažen od kokpitu řidiče vpravo až

na místo, kde má Audi svůj MMI displej a je rozdělen pouze grafickým vzhledem, nikoli rozdělením fyzickým. Celý dual display má celkově 24,6 palců a disponuje rozlišením 1920x720p. Ovládání displeje u Mercedesu je také trochu odlišné od Audi, a to tím, že na volantech Mercedesu je část ovládání namísto klasických tlačítek tvořena dotykovými senzory schopnými snímat dotyk prstu a gesta. Navíc je pro řidiče Mercedesu k dispozici touchpad.

Takto řešený displej se tedy zdá opticky větší a je možné, že se s ním řidič bude cítit více sebejistě v jeho ovládání a čtení. Možnosti zobrazení informací na displeji je stejné jako u Audi a u většiny ostatních automobilek pracujících na virtuálních sdělovačích. Liší se pouze grafickým zpracováním a řešením umístění zobrazovaných informací [6].



Obrázek 5. Interiér a dual display Mercedesu E – Class [6]

3.3.3 Tesla

Tesla řeší ve svém modelu S problém se zobrazením velkého množství informací najednou po svém. Namísto možností svobodně přepínat displeje, jak řidič potřebuje, vytvořila ještě větší MMI displej, než které byly doposud umísťovány do vozidel. Je 17 palců veliký a hlavní rozdíl oproti displejům v Mercedesu a Audi je, že je tento displej dotykový. Má operační systém, ve kterém je možno nastavit navigaci, procházet web, přehrávat mp3 a rádio a také využít funkce split-screen (na půlce displeje jedno zobrazení, na druhé půlce jiné zobrazení).

Stejně tak má řidič možnost u displejů modelu S nastavit zobrazení, např. navigace, jak na MMI displej, tak na displej v kokpitu vozidla.

Stejně jako Audi a Mercedes je Tesla partnerem společnosti nVIDIA, takže jsou displeje v modelu S také řízeny pomocí procesorů nVIDIA VCM. Mimo jiné je model S schopen autonomní jízdy bez zásahu řidiče k čemuž se nadměrně velký HMI displej hodí k zobrazování pohledů z mnoha kamer umístěných na vozidle, které fungují jako senzory pro podporu řízení [7]. A navíc se řidič posouvá do role uživatele a může tento HMI displej využívat i na jiné činnosti jako je práce, sledování filmů atd., a zároveň účinně poskytovat informace o systémech vozidla a možnostech jeho ovládání.

Zajímavým a zcela novým způsobem se Tesla rozhodla řešit svůj následující model 3, který má být více cenově dostupný, a proto se na něm bude šetřit jak materiálem, tak pravděpodobně i elektronikou, což se odráží na řešení kokpitu. Model 3 totiž nemá žádný displej v kokpitu za volantem, ale pouze jeden 15 – palcový MMI displej uprostřed palubní desky (obr. 6). Jak toto řešení dopadne z hlediska schopnosti řidiče kontrolovat si rychlost na displeji uprostřed, místo toho za volantem, se teprve ukáže. Cena tohoto „cenově dostupného“ modelu se pohybuje okolo 775 000 Kč (kurz ke dni 14. 8. 2017: 1USD = 22,143 CZK) [8].



Obr. 6. Interiér a MMI displej očekávaného modelu 3 od automobilky Tesla [8]

3.3.4 Lamborghini

Lamborghini je poněkud odlišná kapitola od předchozích automobilek, protože je zaměřená na sportovní vzhled, rychlost, pocit závodních automobilů a pohodlí a komfort jízdy se dostává spíše do pozadí. Nicméně i přes to se v Lamborghini rozhodli pro virtuální kokpit.

Lamborghini Huracan z roku 2014 má v kokpitu 12,3 – palcový displej s rozlišením 1440 x 540. Zejména kvůli potřebám vysokého výkonu a rychlé odezvy obrazu na velmi rychlá auta (zrychlení z 0 na 100 km/h za 3.2 s) je displej znovu propojen s jedním z největších dodavatelů procesorů nVIDIA. V tomto modelu jde o procesor Tegra 30, jedná se o 4 – jádrový procesor s frekvencí 1,7 GHz v kombinaci s 12 – jádrovou grafickou kartou, která funguje na s OpenGL ES 2.0 (podrobněji rozebráno v dalších kapitolách).

Na rozdíl od ostatních automobilek se v Lamborghini rozhodli pro pouze jeden displej v kokpitu, který má tři možná nastavení vzhledu (obr. 7). První nastavení obsahuje tachometr, otáčkoměr a indikátor paliva a vody. Druhé nastavení zmenší velikost prvků prvního nastavení a přidá navigaci. A třetí nastavení přestavuje velkou navigační mapu, přičemž ovšem informace jako rychlost, otáčky a hladina paliva jsou řidiči stále k dispozici [9].



Obrázek 7. Virtuální kokpit Lamborghini Huracan z roku 2014 [35]

3.3.5 Škoda

Škoda v roce 2016 slíbila, že první virtuální sdělovače se u ní objeví na začátku roku 2017. Ovšem již během roku 2016 představila koncept Vision S zvaný Kodiaq (Obr. 8). Koncept obsahuje dva 16 – palcové displeje jeden v kokpitu, druhý před spolujezdcem a prostřední MMI displej. Všechny displeje by měly být dotykové, u kokpitu lze předpokládat i jinou možnost ovládání. Na rozdíl od luxusních automobilek, byla Škoda vždy přístupnou značkou. To také ovlivňuje, z čeho jsou displeje vyrobeny. Oproti skleněným displejům Audi jsou v Kodiaqu displeje vyrobeny z plastu [10].

Podle dostupných zdrojů nicméně zatím virtuální kokpit ve Škodě Kodiaq představen nebyl, lze předpokládat prodloužení vývoje a oddálení instalace technologie do masově vyráběných modelů.



Obrázek 8. Interiér Škody Kodiaq představené v roce 2016 jako Vision S [36]

4. Dostupná řešení pro výrobu virtuálních sdělovačů

Většina automobilek si nevyrábí celou technologii virtuálních sdělovačů sama, ale nechává si dodávat jak hardwarové, tak softwarové prostředky na jejich výrobu. To může ale také znamenat, že se v systémech objevují bezpečnostní nedostatky a mohou se tak stát

zranitelnými vůči hackerům, proto je potřeba spolupráce a kolaborace dodavatelů a automobilek (kapitola 4.6).

4.1 nVIDIA

Společnost nVIDIA je výrobce grafických procesorů, počítačů a handheldů. Spolupracuje s několika automobilkami, kterými jsou Toyota, Audi, Tesla, Mercedes-Benz, Volvo, Baidu, Honda, BMW a Luxgen [11]. nVIDIA dává automobilkám, ale i výzkumným institucím a prvododavatelům možnost vyvíjet systémy, které vedou k cíli vyvinout plně autonomní vozidla.

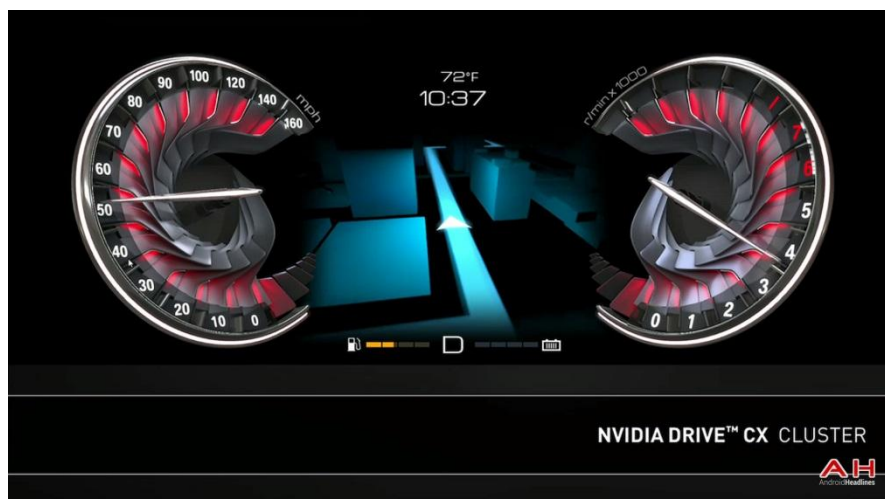
Tato společnost sama vyvíjí sjednocenou AI výpočetní architekturu, díky které je možné simulovat lidskou inteligenci a vytvářet složité algoritmy, které se dokážou samy učit. Tyto algoritmy využívá k učení neuronových sítí ve svém data-centru, které je postaveno na DGX – 1, což je hardware umožňující rychlé vyhodnocení požadovaných cílů a řešení [12].

Naučené neuronové sítě poté nainstalují a zprovozní na vozidlovém počítači, což umožňuje vozidlu přijímat data a aktualizace ze vzdáleného centra, přičemž ve vozidlu samém nemusí být extrémně hardwarově náročný software.

Automobily vyvíjené v automobilkách podporovaných společností nVIDIA mají grafická řešení spadající do problematiky HMI řešeny softwarem nVIDIA DRIVE Design (Obr. 9,10) [13], tedy nástrojem pro virtuální sdělovače a vozidlové informační systémy. Umožňuje 3D rendering, obraz a animace ve vysokém rozlišení s možností podle potřeby měnit a přesouvat virtuální zdroje světla, pozici oka a virtuální kamery. Engine využívaný pro programování grafiky do displejů se nazývá OpenGL (viz kapitola 7.1).



Obrázek 9. Pohled na nVIDIA DRIVE Design studio [12]



Obrázek 10. Grafický interface virtuální přístrojové desky vytvořený v softwaru nVIDIA DRIVE Design [39]

4.2 Blackberry

Blackberry Limited je firma, která v roce 2010 převzala firmu QNX Software Systems, jež vyrábí od 80. let 20. století hardware i software do různých zařízení. Všem, kteří s heslem Blackberry přišli do styku, se vybaví mobilní telefony, nicméně tou, zde důležitější částí, je, že tato firma se podílí na výrobě virtuálních kokpitů (u této firmy se setkáme se spojením „digital instrument cluster“ na rozdíl od Audi a jejich „virtual cockpit“).

Tato firma vytváří operační systém pro zmíněné automobilky jako Audi, Mercedes – Benz, ale i BMW a další. Dá se říct, že v mnoha případech nahradila kolem roku 2005 v této souvislosti neúspěšný Microsoft, jehož operační systém se, jako vždy, potýkal s mnoha „bugy“, chybami a zbytečnou složitostí.

První QNX virtuální sdělovač vznikl v roce 2008, využívajíc Adobe Flash Lite 3 a OpenGL ES, ale přesto, že to byl na tu dobu skvělý počín, měl spousty chyb, jako například nemožnost umístit kteroukoli nepotřebnou informaci do pozadí za účelem zvětšení prostoru pro aktuálně potřebnější informace (indikátor paliva do pozadí a zároveň zvětšení prostoru pro navigaci). V roce 2013 v Bentley se objevilo řešení „Trompe-l’œil“, což znamená v překladu oklamání oka a tedy to, že se objekty zobrazované v 2D jeví jako 3D [14]. To virtuální sdělovače velmi ztraktivnilo, protože začaly vypadat mnohem lépe a hlavně moderně.

S probíhajícím vývojem a implementací nových systémů a senzorů do automobilů přichází také možnost poskytnout řidiči více informací pro větší pohodlí a bezpečnost. V Jeepu se proto můžeme setkat se sdělovačem, jenž komunikuje s kamerami vozidla snímajícími

dopravní značky, které se vám poté zobrazí na displeji (obr. 11). Tato problematika byla na naší fakultě také zkoumána, ale vzhledem k tomu, že v té době v simulátorech žádné virtuální sdělovače nebyly, to bylo velmi složité na implementaci. Touto prací se to o mnoho zjednoduší [40].

Blackberry používá QNX Neutrino RTOS, tedy víceúčelový operační systém, který se redukuje tak, aby vyhovoval omezením systémových požadavků vestavěných systémů. Jeho architektura umožňuje automobilkám vytvořit vysoce optimalizovaný a spolehlivý systém za poměrně nízkou cenu [15]. Dalšími technologiemi spojenými s QNX operačním systémem jsou rámec pro mobilní připojení, knihovna pro eliminaci rušení a rušivých zvuků u hands-free, engine na multimédia a rámce podporující HTML a další rozšířené jazyky a aplikace [16].



Obrázek 11. Sdělovač s QNX OS ve vozidle Jeep, který byl představen roku 2016 [14]

4.3 Android auto

Google přišel v roce 2014 s novou softwarovou platformou pro virtuální sdělovače a displeje automobilů, a tím je Android auto (obr. 12) [17]. Je to další řešení, jak zlepšit informovanost řidiče v kombinaci s pohodlným ovládáním a připojením na jiná zařízení. Prostřednictvím Android auto může uživatel přenést uživatelské rozhraní ze svého telefonu do displeje ve vozidle a využívat téměř všechny funkce, které telefon má pouze prostřednictvím tohoto MMI

displeje. Ovšem i přes rozšířenost androidů po celém světě a prohlížeče google, který je snad na každém počítači, se v českém obchodu Play aplikace Android auto nenachází a uživatelé mají možnost si jí nainstalovat pouze přes instalační soubor apk dostupný na webových stránkách [37].

Google v této souvislosti spolupracuje s automobilkami z celého světa, jako jsou Audi, Bentley, Alfa Romeo, Chverolet, Fiat, Honda, Kia a další [18].

Android auto funguje na základě promítání Androidových aplikací na vozidlový displej prostřednictvím USB a funkce jako přehrávání hudby, zobrazování google map a poskytování hovorů, včetně hovorů přes aplikace jako Skype, Whatsapp, Viber, Hangouts atd., běží na základě připojení přes bluetooth. Aby toto propojení fungovalo, musí mít vozidlo nainstalovanou funkci SmartLink a SmartGate, což jsou protokoly umožňující připojení jak Android auto, tak Apple CarPlay [19].

Aplikace v tomto softwaru, ostatně jako ve všech ostatních vozidlových informačních softwarech, musí být jednoduché, musí mít dobře viditelná tlačítka a předávat informace, které jsou v danou chvíli nejdůležitější, aby zbytečně nesnižovaly pozornost řidiče. Na úvodní stránce Android auto můžete tedy vidět informace jako je aktuální počasí, historie vašich hovorů, kalendář nebo navigace. Ve spodní části displeje je poté lišta, jež umožňuje rychle zvolit činnost, kterou řidič potřebuje, což je spuštění navigace, uskutečnění hovorů nebo přehrávání hudby a také domovské tlačítko. Na rozdíl od navigace, která zde může využívat pouze Google maps, může přehrávač hudby kromě základní Hudby Play, využívat i jiné aplikace, jako např. Spotify.

Problém v dnešní době je, že automobilky implementují nové systémy a softwary do vozidel velmi pomalu a lidé si nejdou koupit nové auto hned po tom, co zjistí, že se tak stalo. Google proto přišel s aplikací Android auto, která bude fungovat pouze na vašem telefonu a nemusíte k tomu mít vozidlo se SmartLink. Díky tomu může Android auto využít úplně každý řidič. I v souvislosti s tím Google v roce 2016 představil Google Now, svého konkurenta Siri od Applu [20]. Prostřednictvím Google Now může řidič zvolit svou trasu pouze hlasem a stisknutím jednoho tlačítka a ovládat další funkce bez potřeby ťukání na displej.



Obrázek 12. Pohled na Android auto ve vozidlovém displeji a telefonu s android OS [18]

4.4 iOS – CarPlay

CarPlay (obr. 13) od společnosti Apple je konkurent Android auto. Ovšem ve vozidlech, která mají SmartLink a SmartGate, jsou podporovány jak Android auto, tak CarPlay. Jsou tedy vozidla, která podporují oba operační systémy.

CarPlay můžeme potkat například ve vozidlech automobilek Bentley, Audi, Ford, Chrysler a dalších [21].

CarPlay funguje na velmi podobném principu jako Android auto. Po připojení k vozidlovému displeji přes kabel USB se objeví ikonka pro spuštění CarPlay. Na rozdíl od Android auto, se po spuštění neobjeví domovská obrazovka s pár widgety, ale ikonky dostupných aplikací jako hovory, hudba, mapy, zprávy atd.

U Applu je ale největší důraz kladen na ovládání hlasem pomocí Siri. Zatímco Google začíná tento systém teprve pořádně vyvíjet, Siri je ve světě už několik let známá a funkční. Ovšem to nic nemění na požadovaných funkcích, které jsou u obou stejné: vytáčení kontaktů hlasem, navigace atd. V České republice je bohužel problém s ovládáním Siri v souvislosti s vytáčením kontaktů, protože byla vytvořena v angličtině a česká jména rozeznává velmi špatně [22].

Stejně jako Android auto podporuje Apple CarPlay jak displeje dotykové, tak bezdotykové [23], které se objevují například u Audi, nebo Mercedesu. Ovšem pokud je systém navržen pro dotykový displej, ale ovládáme ho pouze kolečkem vedle displeje, pak se toto ovládání nejeví jako pokrok, ale spíše naopak.



Obrázek 13. Pohled na iOS – CarPlay na displeji ve vozidle od automobilky KIA [38]

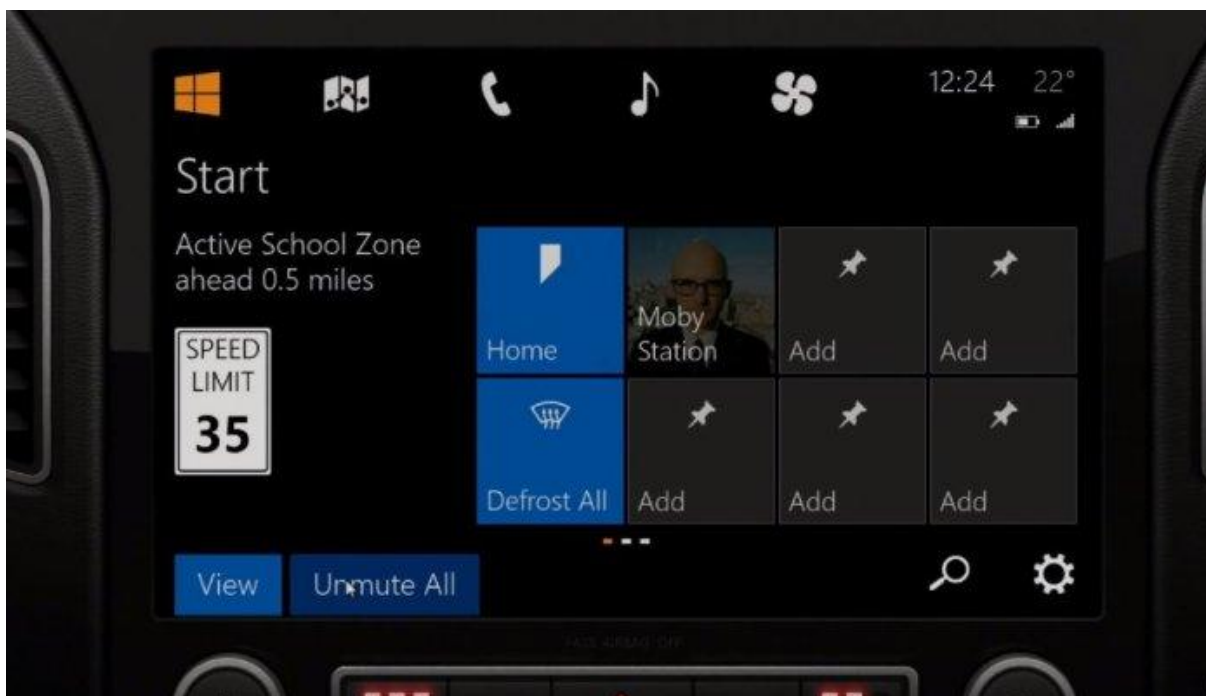
4.5 Microsoft dashboard

Společnost Microsoft už také přišla na trh virtuálních displejů se svým operačním systémem s názvem Windows Embedded Automotive (obr. 14) [24]. Po neúspěšných pokusech Microsoft Auto 4.1 a Windows Automotive 5.5. V roce 2016 oznámil Microsoft své partnery, kterými jsou Volvo, Nissan, IAV a Harman.

Partnerství se společností IAV zajistí Microsoftu integraci dat do vozidla prostřednictvím tabletu, chytrého telefonu, ale i notebooku a umožní řidiči propojit s vozidlem např. Skype, kalendář, nebo některé hudební aplikace a některé funkce Microsoft Office. Všechny aktualizace do tohoto systému by mělo být možné stahovat prostřednictvím internetu.

Novinkou by měla být možnost nastartovat vozidla prostřednictvím náramku Band, který je dnes využíván jako fitness pomocník. To by mělo zajistit Volvo a jejich univerzální aplikace Volvo On Call [25].

Stále je to ovšem jen doplňování největších výrobců a cesta k úspěšnému plnohodnotnému vozidlovému softwaru od Microsoftu je ještě dlouhá, jestli do takové fáze ještě může vůbec dospět.



Obrázek 14. Příklad vozidlového displeje se systémem Windows Embedded Automotive [26]

4.6 Bezpečnost

Výše uvedené možnosti implementace vzbuzují potřebu je zkoumat, a to nejen z hlediska problematiky HMI, ale také z hlediska bezpečnosti

S elektronikou a složitými systémy ve vozidlech přichází také odpovědnost za jejich odolnost vůči hackerům a virům. Automobily se mohou stát cílem tzv. „remote hackingu“, což se dá přeložit jako vzdálené nabourání se do systému vozidla. Řidič ve vozidle, které je terčem hackerů, může naprosto ztratit kontrolu nad vozidlem.

Dvoučlenný tým ve složení Charlie Miller a Chris Valasek ví, že tento problém bude třeba řešit, a proto se rozhodl vyzkoušet, jak by takový potenciální útok na systém vozidla mohl vypadat. Pokusili se nabourat do systému vozidla Jeep Cherokee, zatímco s ním někdo jiný pojede v provozu. Tito dva programátoři se připojili do vozidla ze svých notebooků přes Uconnect, což je systém poskytující služby jako telefonování, navigaci, nebo hot spot, a který má připojení k internetu. Tím získali přístup k řídicí jednotce, kterou poté přepsali tak, aby měli přístup k celému vozidlu. Díky tomu mohli ovládat rádio, klimatizaci, ale také plyn, brzdy a částečně i směrové vedení vozidla.

Miller a Valasek nedělali takový experiment poprvé. Zkoušeli to už i ve Fordu Escape a Toyotě Prius, nicméně v těchto případech nešlo o bezdrátové nabourání, ale jejich notebooky byly připojeny na port sloužící pro diagnostiku vozidla.

Ovládání nabouraného vozidla spočívá v posílání zpráv do systému skrz vnitřní síť ovládanou sběrnici CAN BUS. Jediné, co hackeři potřebovali k připojení do konkrétního vozidla, bylo znát jeho IP adresu. Ovšem ve vozidle je počítač, který se snaží vozidlo bránit tím, že mu díky sensorům na vozidle říká, co má opravdu dělat. Proto hackeři vymysleli další metodu, jak tento počítač vyřadit a získat plnou kontrolu nad ovládáním vozidla. Ale tato metoda už díky aktualizacím, ke kterým byl Chrysler donucen, není možná na dálku, ale pouze s připojením přes kabel [27].

Nicméně to, že Miller a Valasek dokázali automobilky donutit k zabezpečení proti bezdrátovému nabourání dnes, neznamená, že se tak nestane v budoucnu. Oba pánové se nechali slyšet, že další bezdrátový útok na automobil přijde, otázka je jen kdy.

5 Efekt virtuálních a analogových sdělovačů na řidiče

Už bylo zmíněno, že je důležité dodržovat u virtuálních sdělovačů jednoduchost a jasnou názornost informací sdělovaných řidiči. Příliš mnoho informací může mít vliv na řidičovu pozornost, schopnost reakce a s tím související bezpečnost. Bohužel to vypadá, že se dnes automobilky primárně zaměřují na komerční účely a snaží se řešit více faktory přitahující zákazníka, než faktory zlepšující bezpečnost. V kapitole 5.1 se na tento problém podíváme z hlediska komerčního, tedy pohledu řidičů na sdělovač a v kapitole 5.2 z pohledu bezpečnosti řidiče. V posledním bodu si představíme možné vylepšení vozidlových bezpečnostních systémů spojených s řidičovým vizuálním a zvukovým vnímáním. Studie v této oblasti ještě ani zdaleka neobsáhly vše, co je pro danou problematiku třeba, a proto dále vznikají nové průzkumy se stále vznikajícími novými systémy.

5.1 Vliv analogových sdělovačů na řidiče

Výzkumníci z Hong Kongu [28] vytvořili v roce 2010 průzkum týkající se toho, jak řidič vnímá vzhled sdělovače v kokpitu. Výstupem tohoto průzkumu měly být konkrétní hodnoty dvou definovaných proměnných při tvorbě přístrojových desek (pozice a počet indikátorů a barva osvětlení), které jsou z hlediska zkoumaných faktorů nejvýznamnější.

Ze 121 faktorů, které by měly mít vliv na řidiče z hlediska problematiky HMI získané z dříve sepsané literatury, bylo vybráno 31 faktorů spojených s vozidlovou přístrojovou deskou. Subjekty, kterých bylo vybráno 30, měli poté, na základě 18 různých automobilových kokpitů

vytvořených virtuálně v počítačovém softwaru (ovšem měly představovat kokpity analogové, nikoli virtuální, či digitální), přidělit každému z těchto jednatřiceti faktorů hodnotu ve škále od 0 do 9 bodů. Pouze 21 z těchto faktorů se ukázalo být směrodatnými. Po vybrání pěti nejvýznamnějších faktorů ze zjištěných jednadvaceti, byli subjekty dotázáni znovu stejným způsobem, ovšem již pouze na těchto 5 faktorů – luxus, vzhled, čitelnost, unikátnost a dynamičnost. Z těchto pěti byly na základě multidimenzionálního škálování vybrány 2 faktory, které nejvíce ovlivňují řidičovu náklonnost ke konkrétnímu řešení přístrojové desky – luxus a unikátnost. Vzhled 18 vytvořených přístrojových desek byl navrhován na základě dvou proměnných – pozice a počet indikátorů a barvy osvětlení (obr. 15). Analýza rozptylu neboli test ANOVA poté ukázal, že barva osvětlení má vliv na vnímání luxusu, a pozice měřičů a indikátorů má vliv na vnímání unikátnosti.

Výsledek průzkumu ukázal, že nejvíce preferovanou barvou osvětlení z hlediska luxusu je bílá, zatímco nejlepším řešením z hlediska unikátnosti se ukázala být přístrojová deska se čtyřmi indikátory (měřiči) [28].



Obrázek 15. Příklad jednoho z 18 zkoumaných sdělovačů v experimentu [28]

5.2 Dopad vzhledu a softwarového řešení virtuálních sdělovačů na řidiče

Jednou z věcí, která při vývoji softwarového prostředí vozidlových displejů v automobilkách může napomáhat, je studie z finské univerzity University of Jyväskylä. Ve své studii řešili Tuomo Kujala a Dario D. Salvucci, jak může vzhled vozidlových displejů a způsob

softwarového řešení z hlediska uživatelského ovládání ovlivnit pozornost a bezpečnost řidiče.

Studie je postavena na základě predikce ověřené naměřenými reálnými daty. Součástí predikčního aparátu jsou kognitivní model popisující řidičův způsob pohybování se v softwaru vozidlových displejů a navržená strategie, která tvrdí, že řidič při jízdě vykonává úkoly týkající se vozidlového displeje pouze v určitých časových intervalech, jež se střídají s intervaly, kdy se věnuje řízení vozidla. Intervaly jsou závislé na prostředí, ve kterém se vozidlo pohybuje (dálnice je ekvivalentní delšímu časovému intervalu pro úkon na displeji, zatímco horská silnice znamená podstatně delší interval řidičovy pozornosti na ovládání vozidla). Tento aparát je pak na základě délky zmíněných intervalů schopen predikce poklesu řidičovy pozornosti v kritických momentech. Výsledky jsou poté ověřeny daty z vozidlových simulátorů nasbíranými z průzkumů s eye - trackingem.

Výsledky studie tvrdí, že vizuální řešení vozidlových displejů může mít velký dopad na možnost rozptýlení řidiče. Stejně tak je důležité, aby počet kroků (kliknutí, nebo doteků) od počátku řidičova úkonu do jeho cíle, byl co nejmenší [29].

5.3 Audio-vizuální podpora řízení

Studie z Nizozemské Delft University of Technology z roku 2016 řešila, zda se chování a reakce řidiče může zlepšit poskytnutím více informací v podobě jak vizuální, tak zvukové. Pomocí varování na displeji se vyobrazovala rychlost blížícího se vozidla pomocí frekvence blikání. Stejným způsobem byla řešena zvuková podpora, kde se opakoval jeden zvuk. Varovací systém začal fungovat, když se testované vozidlo přiblížilo na 67,5 m od předpokládaného střetu. Za použití dvou simulátorů propojených do stejného virtuálního světa, mohli výzkumníci testovat vybrané subjekty tak, že sami ovládali vozidlo, se kterým se měl testovaný subjekt střetnout v provozu a vytvořit tak přesnější výsledky.

Experiment skládající se z průběžných 22 střetnutí (pomocné vozidlo z druhého simulátoru křížovalo testovanému cestu zleva, nebo zprava) ovládaných vozidel ve virtuálním světě, podstoupilo 25 subjektů.

Výsledky experimentu potvrdily, že pokud se řidič vozidla s audio-vizuálním varováním blíží do potenciální srážky, nebo nebezpečné situace, dokáže reagovat lépe, než řidič s vozidlem bez této podpory. Při testování nastaly 2 nehody a obě byly ve fázi testování bez audio-vizuální podpory. Řidiči, kteří jsou včas varováni, sníží rychlost a zvýší ostražitost před nebezpečným místem na komunikaci.

Tento experiment tedy prokázal, že bezpečnost se nemusí zvyšovat pouze vizuálními informacemi na virtuálním vozidlovém displeji, ale také ostatními prostředky s ním spojenými [30].

6 Důvody využití virtuálních sdělovačů

Již více než sto let si přístrojové desky automobilů a kokpity vystačily s poskytováním každému jistě známými a přirozenými informacemi, jako rychlost, počet otáček za minutu, hladina paliva, teplota chladicí kapaliny, případně čas, atd. Tyto informace léta zprostředkovávaly analogové sdělovače, které jsou dnes již na ústupu a jsou nahrazovány virtuálními. Proč se tak děje se pokusíme si přiblížit v této kapitole.

6.1 Výhody a nevýhody analogových sdělovačů

Analogové sdělovače jsou jednodušší na výrobu a implementaci. Jejich cena se pohybuje o řády níže než výrobní a vývojová cena virtuálních sdělovačů a je u nich podstatně menší šance, že výrobce navrhne tak špatný design, že nebude analogový sdělovač jednoduchý a přehledný, pokud se bude držet celosvětově zaběhnutých pravidel (obrázky indikátorů, barvy). Zásadní výhodou pro analogové sdělovače je, že s na ně kladenými požadavky se vyrábí víceméně stále stejným způsobem. Dá se tedy říci, že řidič, který se naučí řídit jedno auto, umí řídit všechny auta.

Na druhou stranu analogové řešení může s požadavky dnešního světa jen těžko držet krok, a to nejen v automobilovém průmyslu. Díky nárokům na poskytování velkého množství informací, asistenčních funkcí, nebo i nadbytečných zábavných funkcí a aplikací bylo třeba najít nové řešení a odklonit se od analogových ručiček a led diod.

6.2 Výhody a nevýhody virtuálních sdělovačů

Virtuální sdělovače disponují mnohem více informacemi a funkcemi pro řidiče, které mohou i zvyšovat bezpečnost, jak již bylo zmíněno v předchozích kapitolách. S tím ale přišlo velké množství problémů, které musí řešit vývojová centra automobilek. Jedním ze základních problémů může být návrh kontrastu a jasů společně s typem LCD displeje v souvislosti se slunečním světlem pronikajícím do kokpitu vozidla. Největším problémem je ale zmiňovaná jednoduchost a názornost v softwarové vizualizaci. Nicméně s možností v podstatě neomezeného vývoje a vylepšování funkcí přichází i možnost zvýšit bezpečnost řidiče pomocí správně navrženého např. varovacího systému (viz kapitola 5.3). Nejdůležitějšími faktory, které při špatném návrhu mohou velmi ovlivnit pozornost řidiče, jsou počet tzv.

„layoutů“, tedy počet „karet“, mezi kterými řidič listuje a také počet kliknutí (zmačknutí tlačítek) potřebných k dosažení dílčího cíle, jak je popsáno v kapitole 5.2.

I přes volnost grafických vývojářů se ale virtuální kokpity mění do nových i futuristických vzhledů jen velmi zvolna a stále můžeme narazit na virtuální sdělovač, který na první pohled vypadá pouze jako sdělovač analogový. To je pravděpodobně způsobeno tím, že lidstvo a řidiči si po x desítek let analogových displejů a stejných indikátorů zvykli na standardizovaný vzhled a je velmi těžké tento trend měnit, protože by mohl způsobit nejen nespokojenost zákazníků, ale hlavně větší nehodovost a snížení bezpečnosti.

6.3 Problematika přechodu z analogového na virtuální řešení

Jestliže bude trend virtuálních sdělovačů v budoucnu nadále pokračovat, časem se dočkáme toho, že na silnicích budou jezdit jen vozidla s virtuálními kokpity. V té době už se asi jen těžko setkáme s lidmi, kteří by neměli zkušenosti s technikou 21. století a jejím softwarovým řešením. Zejména díky mobilním telefonům.

Nicméně my se teď nacházíme na počátku velké obměny, která nebude jednoduchá. Starší lidé, kteří do dnes jezdili se staršími auty, časem nebudou mít možnost pořídit si nové auto, které by mělo jim známé analogové řešení a vznikne problém. Auta s virtuálně řešeným kokpitem už spíše nesplňují pravidlo, že stačí řídit jedno auto pro to, aby mohl stejný řidič řídit i jiná vozidla. Schopnost naučit se něčemu novému s rostoucím věkem klesá a je možné, že v budoucnosti výzkumy prokážou, že v určitém věku je řízení auta pro bezpečnost provozu nepřijatelná. Tento problém ale nevznikne jen u starších lidí, ale i u mladých, kteří budou chtít přeseďlat například na vozidlo jiné značky, které bude řešit virtuální sdělovače jiným způsobem. Je pravděpodobné, že se v budoucnu setkáme s nehodami způsobenými neznalostí nebo nesprávným porozuměním informacím automobilových systémů zprostředkovaných virtuálním sdělovačem.

I přes tento globální problém ale převažují pozitiva v podobě možnosti neomezeně zvyšovat bezpečnost s nově přicházejícími systémy, možnosti aktualizací lokální databáze vozidla kvůli schopnosti reagovat na aktuální úskalí v provozu, nebo možnosti jednoduše změnit vzhled pro potřeby řidiče, nebo i pro potřeby konkrétního řešení. Virtuální sdělovače se také stávají zajímavým cílem v řešení komunikace car to car, ale i car to infrastructure, protože jejich možnost zprostředkovávání různých informací je téměř neomezená. A proto je velmi pravděpodobné, že v budoucnu se už s analogově řešenými kokpity nesetkáme.

7 Virtuální sdělovač pro simulátor K616

Součástí této práce je také návrh a implementace virtuálního kokpitu do vozidlového simulátoru, jakožto aplikace pro operační systém android. Pro účely průzkumů a testování nabízí virtuální kokpit oproti klasickému analogovému větší komplexnost, protože se dá jednoduše pouze z hlediska softwaru změnit tak, aby splňoval podmínky pro jednotlivé výzkumy. V mém návrhu bude mít aplikace dvě připravená nastavení vzhledu, která se dají kdykoli modifikovat, nebo se k nim dá přidat úplně nový typ sdělovače. Umístění sdělovače, tedy zařízení s androidovou aplikací, bude provedeno na místě původního analogového sdělovače v kokpitu tak, aby ho plnohodnotně nahradil.

Protože pro účely simulátoru zatím není třeba, aby sdělovač měl funkce jako přehrávač hudby, telefonování atd. Nemusí tedy sdělovat příliš velké množství informací, ani není potřeba, aby řidič dělal velké množství kroků, než se dostane tam, kam potřebuje. Zároveň je náš kokpit koncipován tak, že je představován čtyřmi základními měřiči a indikátory řešenými ručičkami. To splňuje kritéria, která nám byla dána studii popsány v kapitolách 5.1 a 5.2. V budoucnu však budou do našeho sdělovače funkce přibývat právě díky možnosti modifikace, a proto bude třeba ho znovu porovnávat se zmíněnými studii.

Velikost a množství potřebných zobrazovaných informací je tedy podstatně menší, než u automobilek zmíněných v kapitole 3 a proto nám aktuálně v našem simulátoru stačí displej 10 – palcový. Nicméně aplikace se sdělovačem není závislá na velikosti displeje. Bez větších problémů se tedy dá kdykoli implementovat větší, nebo menší displej.

Díky zmíněným možnostem modifikace a OS Android je možné v budoucnu kromě vizuálních změn, postupně implementovat i hlasové ovládání, nebo přehrávání hudby bez přidávání dalších systémů. Pro aktuální požadavky ale zatím stačí aplikace pro simulace přístrojových desek spalovacích vozidel a elektromobilů.

7.1 OpenGL ES

OpenGL je cross - platformová knihovna (Open Graphics Library) využívaná k tvoření počítačové grafiky [31]. Její výhodou je, že není závislá na programovacím jazyku, takže se dá v podstatě stejným způsobem použít v Javě, C++ i např. v Pythonu. Pomocí této knihovny se dají ve virtuálním prostoru vykreslovat 2D i 3D objekty, které je možno upravovat, spojovat nebo na ně přidávat textury atd. V této práci je využívána verze OpenGL ES 2.0, pomocí které jsou vytvořeny dva virtuální sdělovače. Program využívající OpenGL si připraví okno, do kterého chce vykreslovat objekty a poté mu přidělí vykreslovač (renderer, obr. 19). Tato aktivita se stále opakuje a tím aktualizuje polohu ručiček a vykreslení indikátorů. Během

jedné sekundy by se mělo takto aktualizovat vícekrát než je 25 fps (frames per second), protože 25 snímků za sekundu je údajná hranice, při které lidské oko ještě nerozliší jednotlivé snímky, tedy pohyb v aplikaci bude plynulý.

7.2 UDP

UDP nebo user datagram protocol je komunikační protokol založený na základě odesílání a přijímání packetů. Na rozdíl od jeho stejně známého protějšku TCP – transport control protocol, který kontroluje, zda odeslaný packet dorazil ke svému příjemci, je UDP protokolu jedno, jestli packet dorazil, nebo ne a server jednoduše odešle další [32]. Pro naše řešení jsme zvolili UDP komunikaci, protože potřebujeme přijímat data ze serveru (počítač simulátoru) kontinuálně, aby se ručičky našich sdělovačů pohybovaly pro oko zdánlivě spojitě. Kdybychom použili TCP, bylo by možné, že by náš klient v aplikaci čekal, až dorazí packet a mezitím by nepřijímal nic. Tedy ručičky sdělovače by se nepohybovaly a po delším čase by se zase pohnuly – pro oko pohyb diskrétní, tedy neadekvátní našemu účelu. Klient v aplikaci naslouchá nastavitelnému portu na IP adrese, ke které je platforma připojena zatímco server odesílá data na potřebný port a IP adresu.

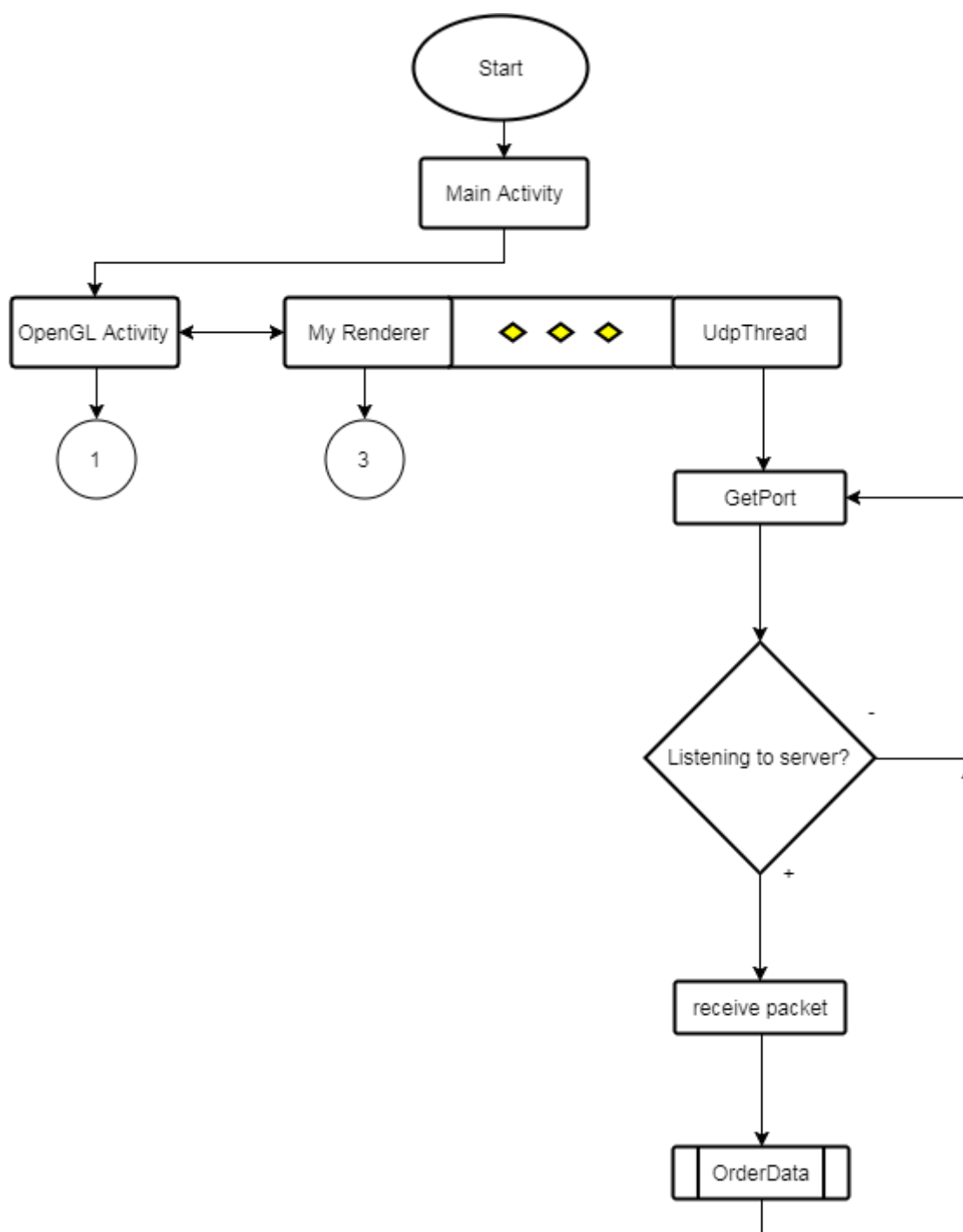
7.3 Android aplikace

Java je objektově orientovaný jazyk, tzn., že program neběží postupně odshora dolů podle řádků v kódu, ale podle vytvořených tříd, které se navzájem tvoří a spouští. Grafické znázornění v podobě flow diagramu, tedy obsahuje jen základní a zjednodušené procesy aplikace. Pro plnohodnotný přehled je třeba samotný kód.

7.3.1 Flow diagram

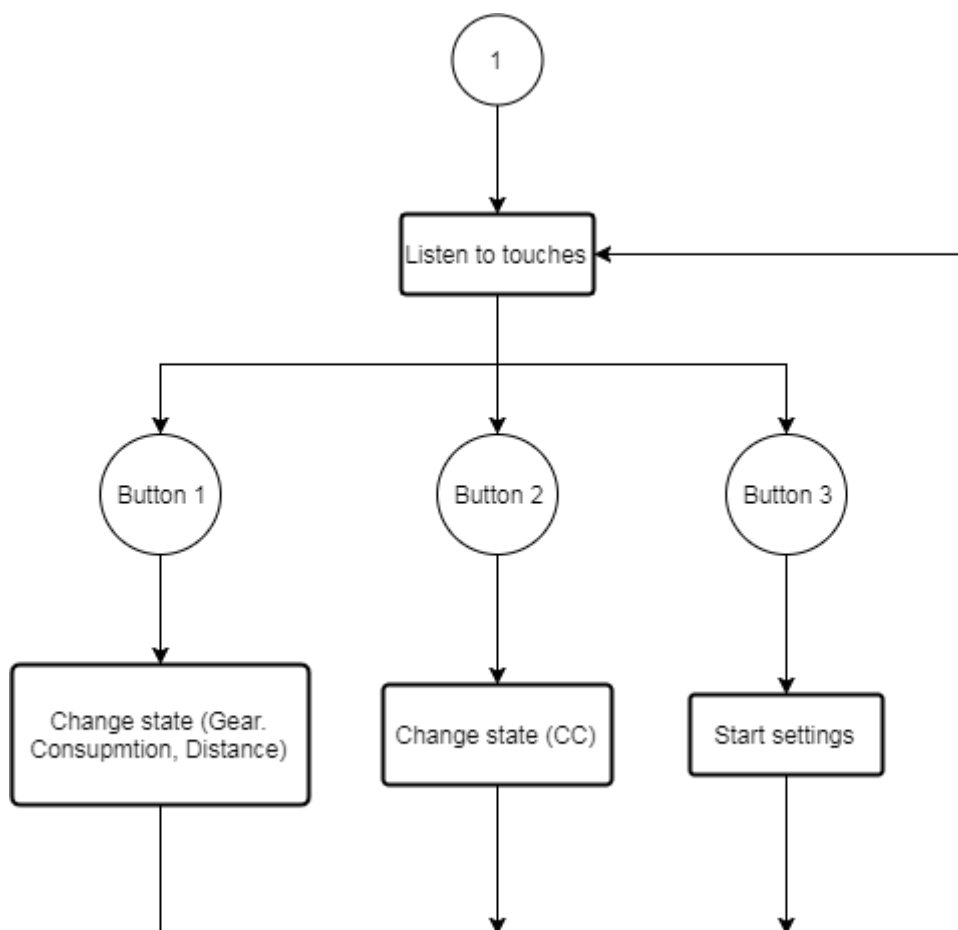
Po spuštění projde aplikace úvodní třídou, kterou ovšem uživatel nevidí (MainActivity). Z této třídy se spustí třída OpenGLActivity, která vytvoří Renderer, tedy třídu, která má na starosti vykreslování do předdefinovaného prostoru. S vytvořením třídy My Renderer se zároveň spustí vlákno UdpThread, které zajišťuje komunikaci se serverem přes WIFI pomocí komunikace UDP.

UdpThread si po spuštění zjistí, jakému portu má naslouchat a očekávat na něm packety. Poté zjistí, jestli má naslouchat serveru. Jestliže ano, počká na příchozí packet a použije funkci na rozdělení dat z packetu do jednotlivých proměnných. Poté se vrátí zpět do fáze zjištění portu a opakuje tento proces stále dokola. Zjištění portu se opakuje, protože je možné ho změnit v nastavení. Viz obr. 16.



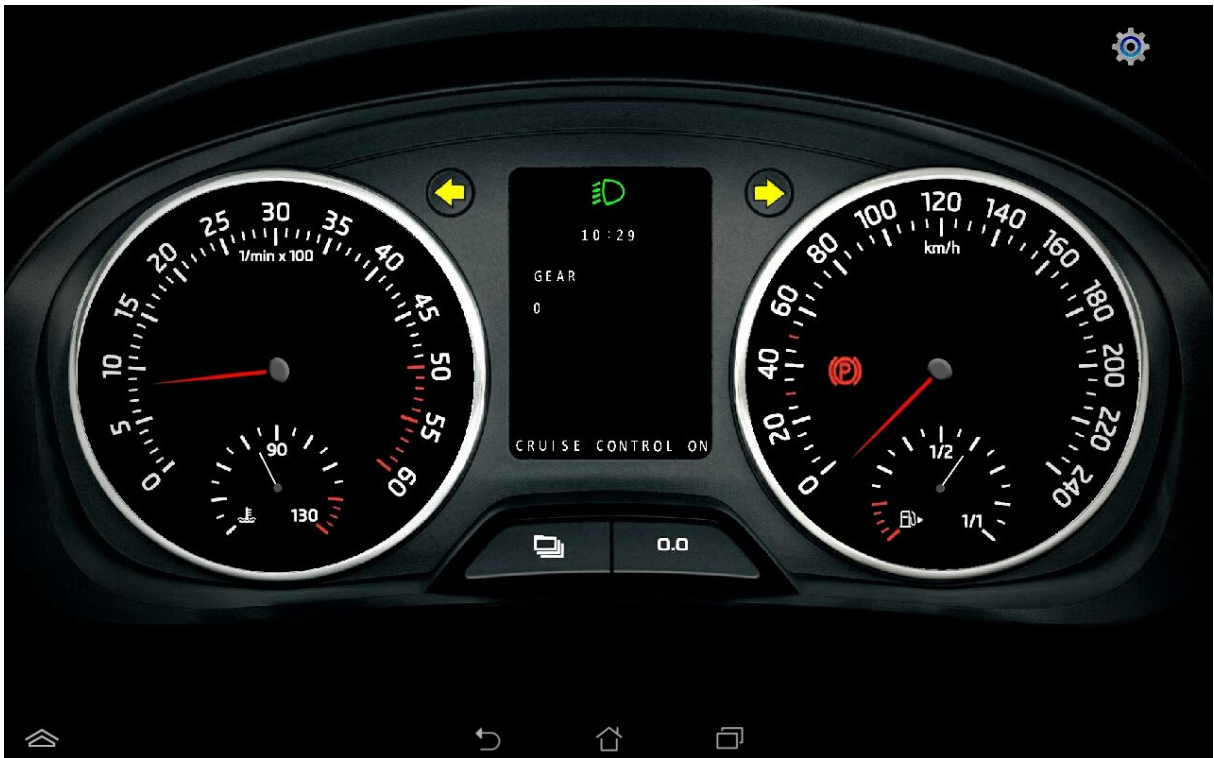
Obrázek 16. Flow diagram – část 1. (vytvoreno na draw.io)

OpenGL Acitivity má kromě vytvoření prostoru pro vykreslování a vytvoření samotné třídy pro vykreslování na starost také naslouchání dotykům na displeji. V našem virtuálním kokpitu se nachází 3 tlačítka. První tlačítko (obr.) slouží k přepínání 3 parametrů na displeji a těmi jsou zařazená rychlost (gear), spotřeba paliva (consumption) a ujetá vzdálenost (distance). Druhé tlačítko zobrazuje na displeji text cruise control on (tato funkce se zatím v našem simulátoru nedá využít prakticky). Poslední třetí tlačítko je nastavení, jestliže na něj uživatel klikne, zobrazí se možnost změny portu a možnost změny vzhledu kokpitu (klasický, elektromobil). Viz obr. 17.



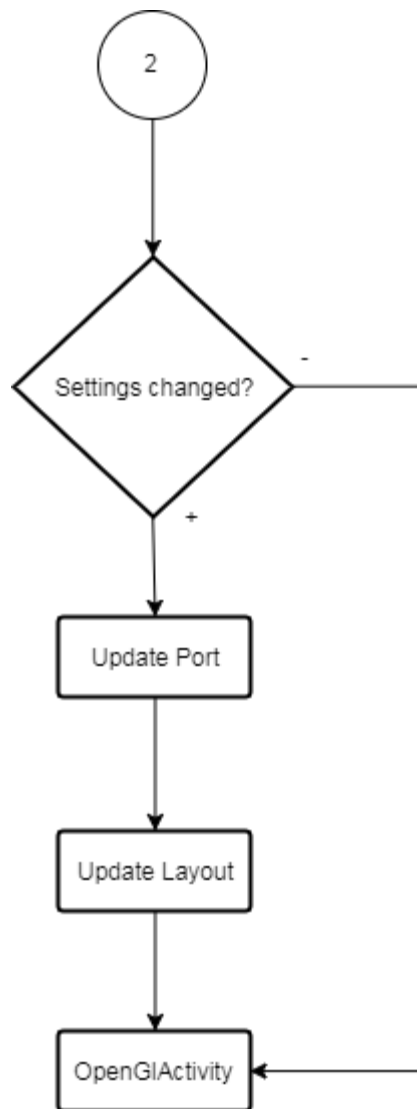
Obrázek 17. Flow diagram – část 2. (vytvoreno na draw.io)

Názorná ukázka ve fázi, kdy Renderer vykresluje a zároveň UdpThread naslouchá portu pomocí UDP, je vidět prostřednictvím screenshotu z aplikace na obr. 18.



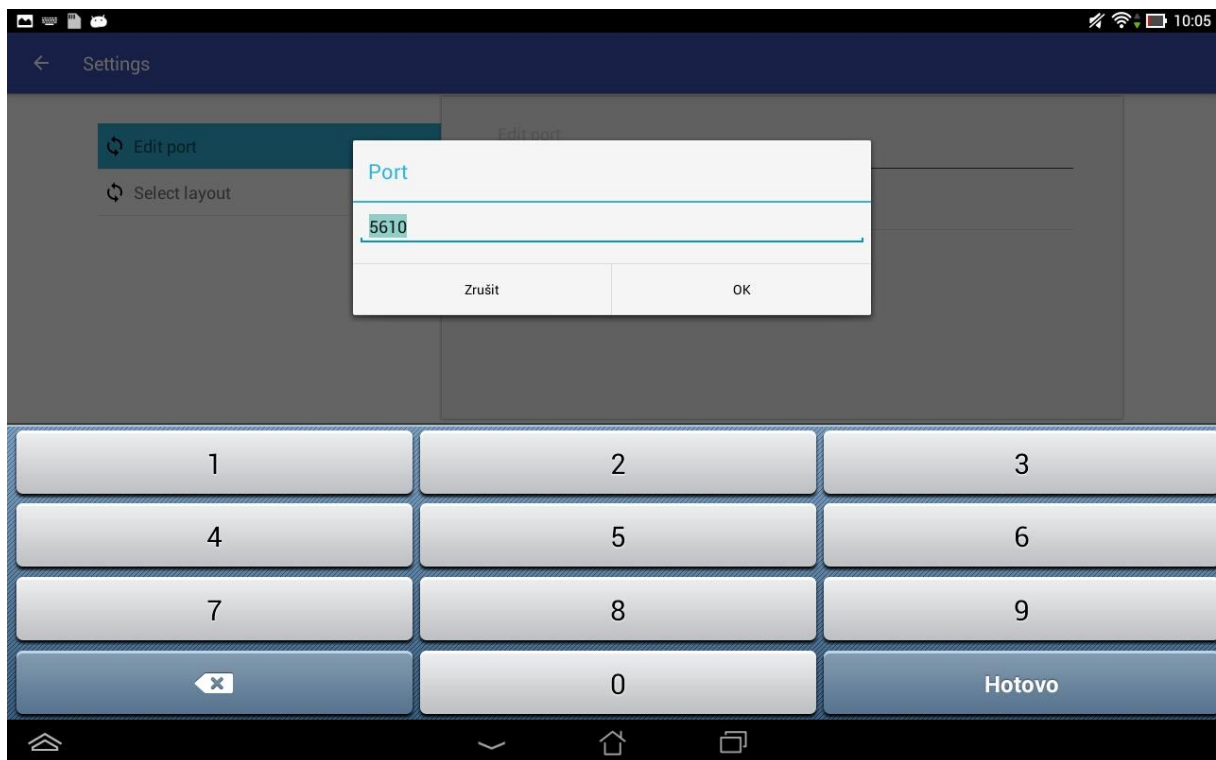
Obrázek 18. Screenshot z aplikace zobrazující sdělovač pro automobil se spalovacím motorem

Stisknutím třetího tlačítka se spustí třída settings, která nabízí možnost změny portu a zobrazovaného layoutu. Uživatel může obojí změnit, jestliže uživatel chce změnit nějakou hodnotu, třída ji aktualizuje. Poté se může uživatel vrátit zpět do virtuálního kokpitu, který už aktualizované informace zjistí pomocí funkcí GetPort a GetLayout. Viz obr. 19.

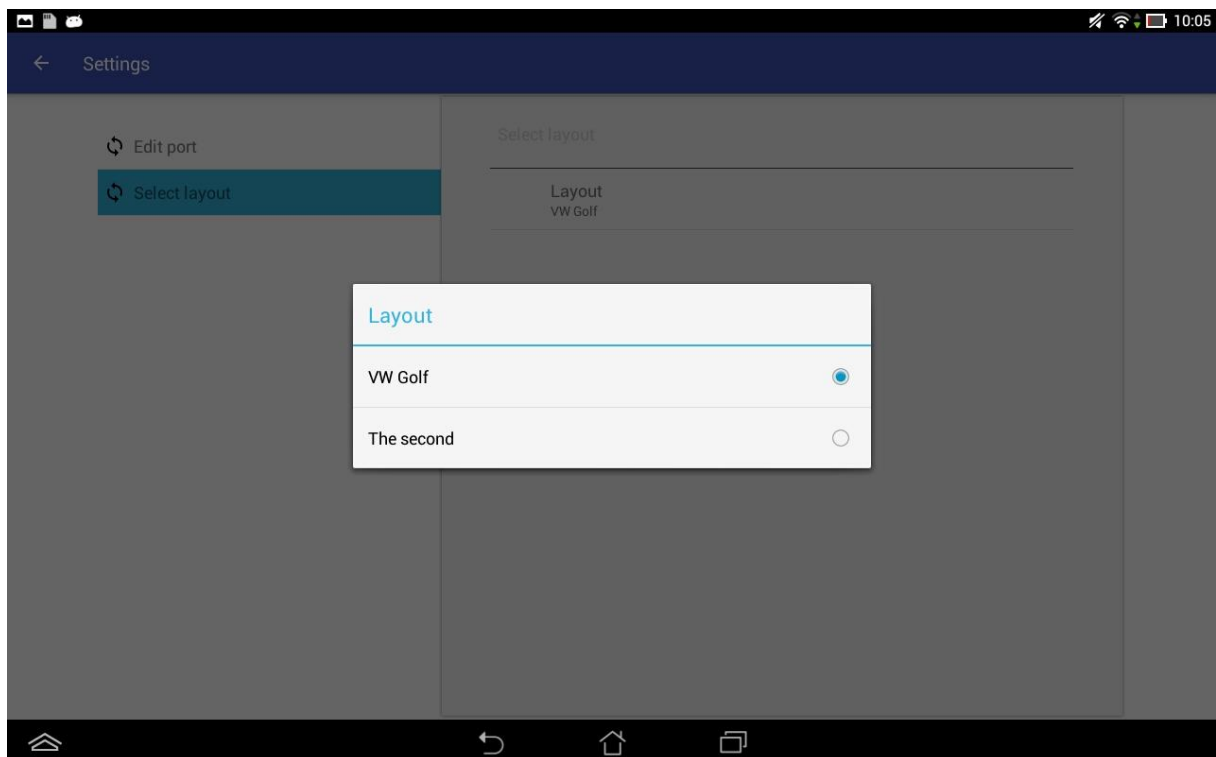


Obrázek 19. Flow diagram – část 3. (vytvořeno na draw.io)

Ukázka nastavení portu a layoutu aplikace prostřednictvím screenshotu na obr. 20 a 21.

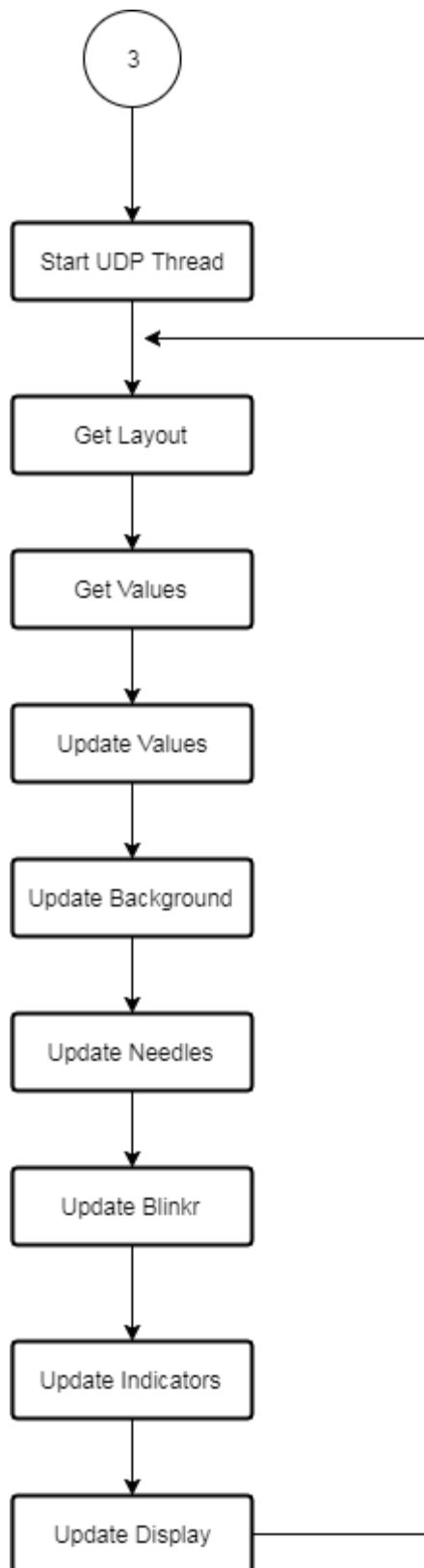


Obr. 20 Screenshot z aplikace při nastavování portu pro UDP komunikaci



Obr. 21 Screenshot z aplikace při nastavování layoutu pro příslušný sdělovač

Nejdůležitější částí naší aplikace je třída My Renderer, jíž prostřednictvím se vykresluje celý virtuální kokpit. Při svém vytvoření spustí UDP vlákno a následuje stále se opakující proces (ve skutečném kódu pomocí funkce „OnDrawFrame“). V tomto procesu si třída zjistí, který layout má zobrazit (hodnota zvolená v nastavení). Následuje sled funkcí pro zjištění hodnot parametrů vozidla jako je rychlost, otáčky, hladina paliva, teplota, světla, blinkry, a další indikátory. V případě layoutu pro elektromobil jsou otáčky nahrazeny spotřebou a teplota napětím. Na displeji se v obou případech zobrazují stejné informace a těmi jsou čas, spotřeba, zařazená rychlost a ujetá vzdálenost. Po zjištění všech hodnot je uloží do proměnných, podle kterých se vykreslí virtuální kokpit. „Update background“ vykreslí požadované pozadí. „Update needles“ si pomocí dílčích funkcí přepočítá hodnoty na úhly natočení jednotlivých ručiček (rychlost, otáčky, hladina paliva, teplota, napětí, spotřeba) a ručičky se pak vyobrazí natočené tak, aby vypočítaný úhel odpovídal hodnotám parametrů na pozadí (background). Další část „update indicators“ představuje aktualizaci a vykreslení všech ikonek indikátorů, které mají v tu chvíli být vidět (potkávací světla, dálková světla, nízká hladina oleje, problémy s motorem, ruční brzda, mlhová světla, atd.). Poslední částí je vykreslení blinkrů. Pokud má být v nějakém čase vykreslován blinkr (pravý, levý, nebo oba), jeho ikonka se vykreslí, ale pokud nebude vypnut, tak se v dalším opakování procesu vykreslování posune za pozadí, kde není vidět a poté zase před něj. To zajišťuje „blikání“ ikonky, tak jako je to v případě diod v analogovém sdělovači. Jako poslední se pak vykreslí hodnoty na displeji a celý proces se opakuje. Viz obr. 22.



Obrázek 22. Flow diagram – část 4. (vytvořeno na draw.io)

Moment, kdy je aplikace v této fázi odpovídá obr. 18, ale kvůli vyobrazení také druhého sdělovače pro elektromobil můžete vidět alternativu k obr. 18 na obr. 23.



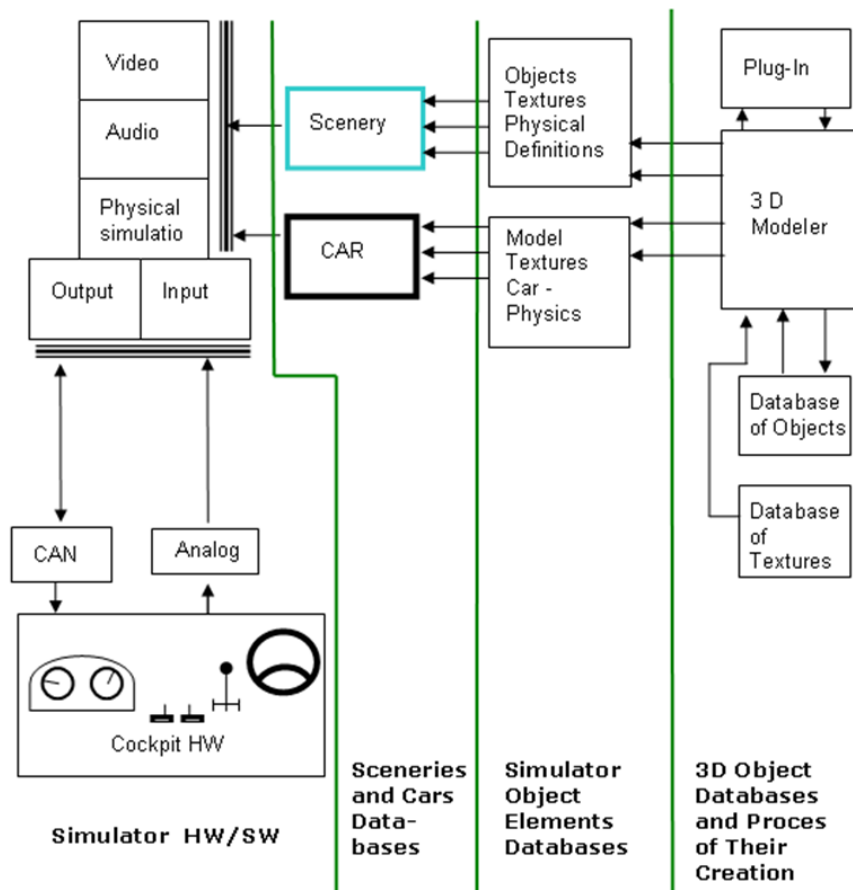
Obrázek 23. Screenshot z aplikace zobrazující sdělovač pro elektromobil

7.4 Implementace do simulátoru

Simulátory se skládají ze součástí skutečných vozidel, se kterými řidič interaguje prostřednictvím prvků jako je volant, pedály atd. a systém počítačově generované virtuální reality. Virtuální realita by měla co nejpřesněji vyobrazovat model skutečného světa tak, aby měl řidič pocit, že ovládá skutečné vozidlo. Moderní simulátory pak umožňují monitorovat řidičův výkon v předdefinované situaci. Tyto situace jsou součástí scénářů, které si výzkumník vytvoří podle potřeb experimentu.

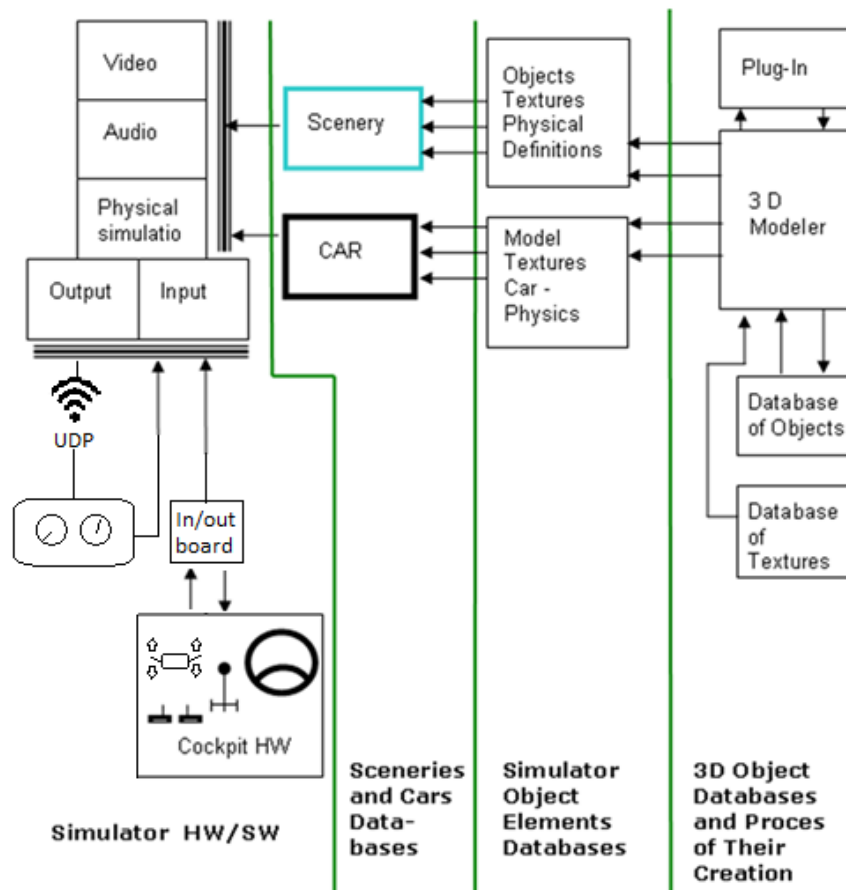
Vozidlové simulátory se dělí do 6 skupin. Náš simulátor spadá do té nejjednodušší skupiny. Skládá se z části vnitřku vozidla (sedadla řidiče, 2/3 palubní desky, řadicí páky, pedálů) přimontované k ocelové konstrukci, na které jsou připevněny 3 monitory: přední, levý a pravý. Jde tedy o pevně instalované prvky, nehýbe se ani sedadlo, ani projekční plochy.

Systém tohoto simulátoru (i s nástroji na jeho modifikaci) může být popsán jako vícevrstvý model, viz obr. 24.



Obrázek 24. Vícevrstvý model systému simulátoru s původním analogovým sdělovačem [44]

Pro simulátor s implementovaným virtuálním sdělovačem se ale vícevrstvý model trochu pozmění, viz obr. 25.



Obrázek 25. Vícevrstvý model systému simulátoru s implementovaným virtuálním sdělovačem (vlastní úprava)

Cílem této práce není plnohodnotný simulátor s virtuálním sdělovačem, ale pouze jeho návrh a funkčnost při připojení k simulátoru podle modelu na obr. 25. Samotná finální instalace a doladění budou předmětem dalších prací. Provizorní instalace, kde je virtuální sdělovač instalován prostřednictvím tabletu, je k vidění na obr. 26.



Obrázek 26. Názorná dočasná instalace virtuálního sdělovače v simulátoru na K616 (vlastní foto)

7.5 Plánované experimenty

S touto prací přichází, jak už bylo zmíněno, rozšířené možnosti experimentů aniž by se musely tvořit nové simulátory, nebo hardwarově předělávat ty staré. Proto bude možné v budoucnu dělat experimenty pro elektromobily, kritéria přijatelnosti HMI z pohledu řidiče a také studie a simulace inovativního přístupu automobilky Tesla.

8 Závěr

V první části bakalářské práce byl zmapován vývoj virtuálních sdělovačů od 70. let 20. století. Zjistili jsme, že toto odvětví muselo projít několika neúspěšnými pokusy a počkat na možnost lepších technologií. A že do velkovýroby se virtuální sdělovače dostaly až s počátkem 21. století ve vozidlech automobilek jako Audi, Mercedes, Lamborghini nebo Tesla.

Druhá část bakalářské práce se zabývá způsoby řešení virtuálních sdělovačů, řeší různé výrobce a s tím spojenou bezpečnost systémů. Zjistili jsme, že společnost nVIDIA dodává většině automobilek hardwarové prostředky, jako jsou procesory a grafické karty včetně softwarových vizuálních řešení a také nabízí slibnou možnost do budoucna s ohledem na autonomní vozidla prostřednictvím svého data centra a vývoji učících se algoritmů. Dále jsme zjistili, že na trhu virtuálních sdělovačů si dělají konkurenci 4 operační systémy a těmi jsou Android, iOS, BlackBerry a jejich QNX a Windows od Microsoftu. Z dostupných zdrojů se ukázalo, že Microsoft je se svým Windows embedded automotive celkem pozadu a v popředí jsou dobře známí konkurenti android a iOS, které lze najít ve většině vozidel s virtuálním sdělovačem. Někde mezi Microsoftem a těmito dvěma giganty se nachází BlackBerry, které se někomu mohlo dostat do povědomí kvůli objeveným mezerám v zabezpečení protokolů. Ukázalo se totiž, že je možné se do automobilu přes internet poměrně „jednoduše“ nabourat a převzít nad ním kontrolu. Hackeři, kteří tento problém objevili, ho ovšem umožnili výrobcům vyřešit. I přes vyřešení jednoho bezpečnostního problému je to ale důležité varování pro výrobce do budoucna.

Ve třetí části jsme si prostřednictvím průzkumů a studií přiblížili některá kritéria pro úspěšné řešení virtuálních sdělovačů. Z komerčního pohledu se ukázalo, že se nejvíce automobilkám vyplatí dávat do svých vozidel sdělovače, které jsou z větší části zbarveny bíle a zároveň mají v základním pohledu 4 měřiče (indikátory). Další studie prokázala, že vzhled sdělovače může mít velký dopad na pozornosti řidiče, bohužel tato problematika je natolik složitá, že se v ní nedají vytyčit jednoznačná kritéria. Nicméně kritérium, že počet kliknutí (doteků) na displeji k dosažení určitého cíle musí být co nejmenší, je poměrně užitečná informace, i kdyby se využila přímo v návrhu aplikace. Třetí studie už přesáhla z vizuální prezentace informací i do prezentace zvukové a to tím, že prokázala, že audio-vizuální kombinace předávání informace řidiči je účinnější než předávání pouze jedním způsobem. To se v naší aplikaci, vzhledem k tomu, že je vyvinuta na android zařízení, bude jednoduše dát využít i v budoucnu.

Další část pojednává o výhodách a nevýhodách analogových a virtuálních sdělovačů, problematice přechodu z jedné technologie na druhou a zejména důvodu proč se tak děje. Výsledkem je, že dnešní automobilový průmysl už nemá na výběr. Vznikají stále nové inteligentní systémy do vozidel a je třeba je nějakým způsobem prezentovat řidiči a virtuální sdělovač je nejlepší možnost, jak toho dosáhnout. Automobilky tedy i přes vyšší výrobní náklady a těžší údržbu tuto technologii vyvíjí a implementují do nových vozidel. Ukázali jsme si také, že problémy mohou vznikat i např. u starších lidí přecházejících na nové technologie. Vzhledem k tomu, že je zatím studií ohledně těchto i jiných problémů velmi málo je třeba dále zkoumat a experimentovat, aby se úplný přechod na virtuální sdělovače mohl uskutečnit.

Poslední část práce se zabývá samotným návrhem virtuálního sdělovače. Vzhledem k tomu, že jedním ze dvou nejrozšířenějších OS na světě je Android, což jsme zjistili ve druhé části práce, je sdělovač navržen jako aplikace na Android. Stejně jako nVIDIA využívá vytvořená aplikace knihovny OpenGL ES. Ke komunikaci byl použit protokol UDP, který by sám o sobě ve skutečném provozu sice nesplňoval kritérium bezpečnosti, ale náš sdělovač bude pouze na simulátoru, takže účastníkům experimentu nic nehrozí. Vzhledem k nadcházejícím experimentům byl úspěšně navržen sdělovač pro vozidlo se spalovacím motorem, který se dá 3 kliknutími přepnout na sdělovač pro elektromobil. Oba sdělovače jsou dostatečně jednoduché pro řidiče a nabízí velmi jednoduchou orientaci, tedy splňují studiiem definovaná kritéria.

Vzhledem k tomu, že tato práce je pouze částí většího projektu vytvoření plnohodnotného, všechny požadavky splňujícího simulátoru, mohou další práce pojednávat o návrhu sdělovačů pro speciální typy vozidel, rozšíření sdělovačů stávajících a jejich hardwarové implementaci do simulátoru.

9 Použité zdroje

9.1 Internetové zdroje

- [1] *The history of electronic instrument cluster* [online]. 20. 12. 2016, [cit. 30. 5. 2017]. Dostupné na: <http://tpssensor.over-blog.com/2016/12/the-history-of-electronic-instrument-cluster.html>
- [2] WESNER, Gerhard. *From speedometers to modern instrument clusters*. [online]. Leden 2005, [cit. 30. 5. 2017]. Dostupné na: <https://www.sae.org/automag/features/futurelook/02-2005/1-113-2-89.pdf>
- [3] RICKER, Thomas. *Video: Jaguar's 2010 XJ cockpit is a dual-view, 7.1 surround sound lovers' paradise* [online]. 7. 10. 2009, [cit. 30. 5. 2017]. Dostupné na: <https://www.engadget.com/2009/07/10/video-jaguars-2010-xj-cockpit-is-a-dual-view-7-1-surround-sou/>
- [4] HORRELL, Paul. *Dash forwards: the evolution of car controls* [online]. 13. 8. 2014, [4. 6. 2017]. Dostupné na Here 360: <http://360.here.com/2014/08/13/dash-forwards-evolution-car-controls/>
- [5] *Audi Virtual Cockpit - information is everything* [online]. [cit. 4. 6. 2017]. Dostupné na: <https://www.audi.co.uk/audi-innovation/advanced-technologies/virtual-cockpit.html>
- [6] *Next Level Interior Design for the future E-Class* [online]. [cit. 4. 6. 2017]. Dostupné na: <https://www.mercedes-benz.com/en/mercedes-benz/design/mercedes-benz-design/models/next-level-interior-design-for-the-future-e-class/>
- [7] *Model S* [online]. [cit. 5. 6. 2017]. Dostupné na: https://www.tesla.com/en_GB/models
- [8] *Tesla Model 3* [online]. Duben 2016, [cit. 8. 8. 2017]. Dostupné na: <http://www.caranddriver.com/tesla/model-3>
- [9] HUMPHRIES, Matthew. *Lamborghini Huracan replaces instrument panel with 12.3 – inch Tegra-powered display* [online]. 3. 4. 2014, [cit. 5. 6. 2017]. Dostupné na: <https://www.geek.com/chips/lamborghini-huracan-replaces-instrument-panel-with-12-3-inch-tegra-powered-display-1586686/>
- [10] MCILROY, John. *Skoda Vision S concept review: becoming the Kodiaq* [online]. 6. 4. 2016, [cit. 6. 6. 2017]. Dostupné na:

<http://www.autoexpress.co.uk/skoda/kodiaq/95100/skoda-vision-s-concept-review-becoming-the-kodiaq>

- [11] *Automotive Technology Solutions Overview* [online]. [cit. 10. 6. 2017]. Dostupné na: <http://www.nvidia.com/object/drive-automotive-technology.html>
- [12] *NVIDIA DGX-1 Essential instrument of AI research* [online]. [cit. 10. 6. 2017]. Dostupné na: <https://www.nvidia.com/en-us/data-center/dgx-1/>
- [13] *The Qt Company Adopts NVIDIA DRIVE Design Studio* [online]. 20. 2. 2017, [cit. 10. 6. 2017]. Dostupné na: <https://www.qt.io/qt-news/qt-company-adopts-nvidia-drive-design-studio/>
- [14] LEROUX, Paul. *How QNX is Driving the Evolution of Today's Digital Car Dashboards (Pictures)* [online]. 16. 3. 2016, [cit. 12. 6. 2017]. Dostupné na: <http://bizblog.blackberry.com/2016/03/how-qnx-is-driving-the-evolution-of-todays-digital-car-dashboards-pictures/>
- [15] *QNX Operating Systems* [online]. [cit. 12. 6. 2017]. Dostupné na: <http://www.qnx.com/content/qnx/en/products/neutrino-rtos/index.html>
- [16] *QNX CAR Platform for Infotainment* [online]. [cit. 12. 6. 2017]. Dostupné na: <http://www.qnx.com/content/qnx/en/products/qnxcar/index.html>
- [17] *Android Auto: The ultimate guide* [online]. Poslední revize 26. 7. 2017 [cit. 15. 6. 2017]. Dostupné na: <https://www.androidcentral.com/android-auto>
- [18] *Android Auto* [online]. [cit. 15. 6. 2017]. Dostupné na: <https://www.android.com/auto/>
- [19] MACHO, Daniel. *Vyzkoušeli jsme plnohodnotné Android Auto. Jaké jsou naše dojmy?* [online]. 29. 11. 2016, [cit. 15. 6. 2017]. Dostupné na: <https://www.svetandroida.cz/plnohodnotne-android-auto-201611/>
- [20] *Google Now* [online]. Poslední revize 27. 6. 2017 [cit. 15. 6. 2017]. Dostupné na: <https://www.androidcentral.com/google-now>
- [21] *Apple CarPlay The ultimate copilot* [online]. [cit. 15. 6. 2017]. Dostupné na: <https://www.apple.com/ios/carplay/>

- [22] PULTZNER, Martin. *Takto vypadá iPhone v autě: vyzkoušeli jsme Apple CarPlay* [online]. 12. 1. 2015, [cit. 15. 6. 2017]. Dostupné na: <https://mobilenet.cz/clanky/takto-vypada-iphone-v-aute-vyzkouseli-jsme-apple-carplay-18685>
- [23] VLK, Dominik. *Recenze Apple CarPlay: Téměř bezchybný způsob používání iPhonu v autě* [online]. 5. 12. 2015, [cit. 15. 6. 2017] Dostupné na: <https://www.letemsvetemapple.eu/2015/12/05/recenze-apple-carplay/>
- [24] *Windows Embedded Automotive 7* [online]. [cit. 15. 6. 2017]. Dostupné na: <https://www.microsoft.com/windowseembedded/en-us/windows-embedded-automotive-7.aspx>
- [25] HACHMAN, Mark. *Microsoft is bringing Windows 10 and Office 365 to your car's dashboard* [online]. 5. 1. 2016, [cit. 15. 6. 2017]. Dostupné na: <http://www.pcworld.com/article/3019237/data-center-cloud/microsoft-is-bringing-windows-10-and-office-365-to-your-cars-dashboard.html>
- [26] BIRD, Colin. *Windows' share of Infotainment OS set to decline faster than expected* [online]. 11. 6. 2015, [cit. 15. 6. 2017]. Dostupné na: <https://www.linkedin.com/pulse/windows-share-infotainment-os-set-decline-faster-than-colin-bird>
- [27] GREENBERG, Andy. *Hackers remotely kill a Jeep on the highway – with me in it* [online]. 21. 7. 2015, [cit. 19. 6. 2017]. Dostupné na: <https://www.wired.com/2015/07/hackers-remotely-kill-jeep-highway/>
- [28] JUNG, G., KIM, S. M., KIM, S. Y., JUNG, E. S., PARK, S. Effects of design factors of the instrument cluster panel on consumers' affection. *Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists* [online]. 17. 3. 2010, č. 3, [cit. 22. 6. 2017]. ISBN 978-988-18210-5-8. Dostupný na: http://www.iaeng.org/publication/IMECS2010/IMECS2010_pp1913-1916.pdf
- [29] KUJALA, T., SALVUCCI, D. D. Modeling visual sampling on in-car displays: The challenge of predicting safety-critical lapses of control. *Int. J. Human-Computer Studies* [online]. 26. 2. 2015, č. 79, [cit. 30. 6. 2017]. DOI: 10.1016/j.ijhcs.2015.02.009. ISSN 10715819. Dostupný na ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1071581915000427?via%3Dihub>
- [30] HOUTENBOS, M., DE WINTER, J. C. F., HALE, A. R., WIERINGA, P. A., HAGENZIEKER, M. P. Concurrent audio-visual feedback for supporting drivers at

intersections: a study using two linked driving simulators. *Applied ergonomics* [online]. 4. 11. 2016, č. 60, [cit. 15. 7. 2017]. DOI: 10.1016/j.apergo.2016.10.010. ISSN 00036870. Dostupný na ScienceDirect:

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S000368701630223X?via%3Dihub>

- [31] *OpenGL ES* [online]. [cit. 22. 7. 2017]. Dostupné na:
<https://developer.android.com/guide/topics/graphics/opengl.html>
- [32] *TCP a UDP* [online]. 29. 3. 1999, [cit. 22. 7. 2017]. Dostupné na:
<http://www.earchiv.cz/anovinky/ai1864.php3>
- [33] *Pinterest* [online]. [cit. 15. 8. 2017]. Dostupné na:
<https://cz.pinterest.com/pin/324681454362958432/>
- [34] *Rightware* [online]. 11. 4. 2016, [cit. 15. 8. 2017]. Dostupné na:
<http://www.rightware.com/article/audi-brings-digital-cockpit-to-the-a3-family/>
- [35] *Geek* [online]. [cit. 15. 8. 2017]. Dostupné na: https://www.geek.com/wp-content/uploads/2014/03/huracan_03.jpg
- [36] *Skoda VisionS concept studio – pictures* [online]. [cit. 15. 8. 2017]. Dostupné na:
<http://www.autoexpress.co.uk/skoda/95101/skoda-visions-concept-studio-pictures#13>
- [37] *Apkmirror* [online]. [cit. 15. 8. 2017]. Dostupné na:
<https://www.apkmirror.com/apk/google-inc/android-auto/>
- [38] *Kia* [online]. [cit. 15. 8. 2017]. Dostupné na:
http://www.kia.com/us/k3/content/media/mediabin/content_pages//CMS/non-vehicles/technology/uvo/CarPlay/applecarplay_header_banner--kia-1920x-jpg.jpg
- [39] *Nvidia Announces Tegra X1 8-Core CPU with Maxwell Based 256-Core GPU* [online]. 4. 1. 2015, [cit. 15. 8. 2017]. Dostupné na:
<https://www.androidheadlines.com/2015/01/nvidia-announces-tegra-x1-8-core-cpu-with-maxwell-based-256-core-gpu.html>

9.2 Literatura

- [40] Mashko, A., Bouchner, P., Rozhdestvenskiy, D., & Novotný, S. *Virtual traffic signs – assessment of an alternative ADAS user interface with use of driving simulator*. *Advances in Transportation Studies*. Praha: ČVUT Fakulta dopravní, 2016. 37-50 str.

- [41] FISHER, Donald L. *Handbook of driving simulation for engineering, medicine, and psychology*. Boca Raton: CRC Press, 2011. 752 str. ISBN 1420061003.
- [42] GKIKAS, Nikolas. *Automotive ergonomics driver-vehicle interaction*. Boca Raton: CRC Press, 2012. 194 str. ISBN 9781439894255.
- [43] RUIZ, Antonio Pachon. *Mastering Android application Development*. Packt, 2015. 273 str.
- [44] Bouchner, P., Novotny, S. System with driving simulation device for HMI measurements, *Proceedings of the 9th WSEAS International Conference on Systems*, 2005.

10 Seznam obrázků

- Obrázek 1.** První verze digitálního sdělovače v kokpitu vozidla Aston Martin Lagonda
- Obrázek 2.** Kokpit Jaguaru XJ z roku 2010
- Obrázek 3.** Kokpit modelu S automobilky Tesla s 17 – palcovým displejem
- Obrázek 4.** Kokpit a MMI displej Audi S3 2017 Facelift
- Obrázek 5.** Interiér a dual display Mercedesu E – Class
- Obrázek 6.** Interiér a MMI displej očekávaného modelu 3 od automobilky Tesla
- Obrázek 7.** Virtuální kokpit Lamborghini Huracan z roku 2014
- Obrázek 8.** Interiér Škody Kodiaq představené v roce 2016 jako Vision S
- Obrázek 9.** Pohled na nVIDIA DRIVE Design studio
- Obrázek 10.** Grafický interface virtuální přístrojové desky vytvořený v softwaru nVIDIA DRIVE Design
- Obrázek 11.** Sdělovač s QNX OS ve vozidle Jeep, který byl představen roku 2016
- Obrázek 12.** Pohled na Android auto ve vozidlovém displeji a telefonu s android OS
- Obrázek 13.** Pohled na iOS – CarPlay na displeji ve vozidle od automobilky KIA
- Obrázek 14.** Příklad vozidlového displeje se systémem Windows Embedded Automotive
- Obrázek 15.** Příklad jednoho z 18 zkoumaných sdělovačů v experimentu
- Obrázek 16.** Flow diagram – část 1.
- Obrázek 17.** Flow diagram – část 2.
- Obrázek 18.** Screenshot z aplikace zobrazující sdělovač pro automobil se spalovacím motorem

Obrázek 19. Flow diagram – část 3.

Obrázek 20. Screenshot z aplikace při nastavování portu pro UDP komunikaci

Obrázek 21. Screenshot z aplikace při nastavování layoutu pro příslušný sdělovač

Obrázek 22. Flow diagram – část 4.

Obrázek 23. Screenshot z aplikace zobrazující sdělovač pro elektromobil

Obrázek 24. Vícevrstvý model systému simulátoru s původním analogovým sdělovačem

Obrázek 25. Vícevrstvý model systému simulátoru s implementovaným virtuálním sdělovačem

Obrázek 26. Názorná dočasná instalace virtuálního sdělovače v simulátoru na K616

11 Seznam příloh

Příloha 1. Složka projektu: Virtual Dashboard project

Příloha 2. Instalační soubor: Dashboard.apk

Obsah CD

Projekt Android Studio celá složka projektu aplikace virtuálního sdělovače, včetně java souborů a textur – Virtual Dashboard project

Instalační soubor soubor pro instalaci aplikace na OS Android – Dashboard.apk