

Diplomová práce



České
vysoké
učení technické
v Praze

F3

Fakulta elektrotechnická
Katedra počítačové grafiky a interakce

Experimentální aplikace pro ověření spolehlivosti automatické identifikace přeprovího módu

Bc. Filip Musal

Vedoucí: Ing. Václav Jirovský, Ph.D.

Obor: Otevřená informatika

Studijní program: Interakce člověka s počítačem

Květen 2021

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Musal** Jméno: **Filip** Osobní číslo: **456900**
Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**
Zadávající katedra/ústav: **Katedra počítačové grafiky a interakce**
Studijní program: **Otevřená informatika**
Specializace: **Interakce člověka s počítačem**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Experimentální aplikace pro ověření spolehlivosti automatické identifikace přepravního módu

Název diplomové práce anglicky:

Experimental application for verifying the reliability of automatic transport mode identification

Pokyny pro vypracování:

Pro detekci využívání služby Uniqway v roli spolujezdec připravte knihovnu pro systém Android, která bude automatizovaně detekovat aktuální přepravní mód a zjišťovat stav spolujízdy. Nejprve vytvořte experimentální aplikaci pro ověření spolehlivosti detekce vybraných přepravních módů, provedte experiment s minimálním počtem deseti subjektů a experiment vyhodnoťte. Současně alespoň u dvou módů (např. chůze a jízda autem) analyzujte fyzikální principy tyto módy specifikující. Na základě analýzy vytvořte pomocí metodiky UCD prototypy aplikací pro vyhodnocení realizace spolujízdy. Nejprve vytvořte a ověřte nízkourovňový prototyp, posléze připravte prototyp na cílové platformě, který ověří vybrané existující řešení detekce módů pohybu. Vyberte nejlepší řešení a toto upravte do formy knihovny pro nasazení s aplikací Uniqway.

Seznam doporučené literatury:

- [1] G. K. Mostefaoui, F. Tariq (ed.), Mobile Apps Engineering: Design, Development, Security, and Testing, CRC Press, 2018.
- [2] T. Lowdermilk, User-Centered Design, O'Reilly Media, 2013.
- [3] Haasz, V., Sedláček, M.: Elektrická měření. Přístroje a metody. ČVUT, Praha 2003 (2. vydání)

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

Ing. Václav Jirovský, Ph.D., Fakulta dopravní

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

Datum zadání diplomové práce: _____ Termín odevzdání diplomové práce: **21.05.2021**

Platnost zadání diplomové práce:
do konce letního semestru 2021/2022

Ing. Václav Jirovský, 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

Chtěl bych poděkovat svému vedoucímu práce panu doktoru Václavu Jirovskému. Dále bych chtěl poděkovat své rodině za podporu při studiu.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně, a že jsem uvedl veškerou použitou literaturu.

V Praze, 21. května 2021

Abstrakt

Tato práce se zabývá problematikou zjišťování fyzické aktivity uživatele. Analyzuje možnosti, jakými lze fyzickou aktivitu detekovat. Na základě této analýzy byla v rámci práce navržena a vytvořena experimentální aplikace, která pro detekci aktivit využívala ActivityRecognitionClient API. Tato aplikace měla za úkol ověřit spolehlivost detekce fyzické aktivity s pomocí dat od uživatelů, kteří hodnotili kvalitu detekce.

Práce vznikla ve spolupráci s projektem studentského carsharingu Uniqway, který je zaštitěn firmou Škoda Auto Digilab s.r.o. s cílem poskytnout uživatelům automatické rozpoznání spolujízdy. Jejím cílem je vytvoření knihovny umožňující detekci aktuální fyzické aktivity a stavu spolujízdy autem Uniqway.

Klíčová slova: Mobilní aplikace, Android, Uniqway

Vedoucí: Ing. Václav Jirovský, Ph.D.
Fakulta dopravní

Abstract

This thesis examines the issue of users' physical activity detection and analyzes the methods through which it is possible to detect such activity. Based upon the analysis, the thesis introduces an application that has been specifically programmed for this purpose. The application uses ActivityRecognitionClient for physical activity detection and tracking. This application was supposed to verify the reliability of the detection activity with help of real users' data, who also helped to review the quality of the detection process.

The thesis has been conceived in cooperation with the students' carsharing project Uniqway, operated by Škoda Auto Digilab s.r.o., with the aim of providing automated carsharing detection to the Uniqway users. The overall aim of this thesis has been to create a library enabling detection of the current physical activity and the status of carsharing through the Uniqway platform.

Keywords: Mobile application, Android, Uniqway

Title translation: Experimental application for verifying the reliability of automatic transport mode identification

Obsah

1 Úvod	1	2.5 Experimentální aplikace	15
1.1 Uniqway	1	2.5.1 Požadavky na experimentální aplikaci	16
1.2 Spolujízda	3	2.5.2 Zobrazení dat	16
1.3 Detekce fyzické aktivity	3	2.6 Knihovna pro Uniqway	17
1.4 Cíl práce	3	2.6.1 Detekce spolujízdy	17
2 Analýza	5	2.6.2 Požadavky na knihovnu	18
2.1 Fyzikální principy pohybu	5	3 Návrh	19
2.1.1 Senzory v mobilních telefonech	5	3.1 User-Centered Design	19
2.1.2 Data z akcelerometru	6	3.2 Testovací scénáře	20
2.2 Požadavky na detekci přepravního módu	8	3.3 Cílová skupina testování	21
2.3 Podporované verze OS Android	8	3.3.1 Screener	21
2.4 Detekce fyzické aktivity	9	3.4 Prototyp - verze 1	22
2.4.1 Activity Recognition Client	10	3.4.1 Obrazovka přehled	23
2.4.2 Využití strojového učení	14	3.4.2 Obrazovka historie	24
2.4.3 Využití knihoven třetích stran	14	3.4.3 Obrazovka aktivity	25
2.4.4 Shrnutí	15	3.4.4 Výsledky testování	28
		3.5 Prototyp - verze 2	28

3.5.1	Obrazovka přehled	29	5.3.1	Vlastní pozorování	49
3.5.2	Obrazovka aktivity	30	6	Závěr	51
3.5.3	Výsledky testování	33	A	Literatura	53
3.6	Knihovna Uniqway	33	B	Obsah CD	55
3.6.1	Struktura dat	34			
4	Implementace	37			
4.1	Mobilní aplikace	38			
4.1.1	Odesílaná data	38			
4.1.2	Použité knihovny	39			
4.1.3	Obrazovky aplikace	41			
4.2	Webová aplikace	45			
4.3	Knihovna Uniqway	46			
4.3.1	Použité knihovny	46			
5	Experiment	47			
5.1	Získání dat	47			
5.2	Naměřená data	47			
5.3	Výsledky	48			

Obrázky

1.1 Škoda Enyaq iV v barvách Uniqway [1]	2	3.6 Obrazovka chybně detekované aktivity	27
2.1 Princip MEMS akcelerometru [2]	6	3.7 Upravená úvodní obrazovka - Přehled	29
2.2 Naměřená data z akcelerometrů při rychlé chůzi s rozdílným umístěním zařízení [3]	7	3.8 Upravená obrazovka nově detekované aktivity	30
2.3 Rychlost a naměřená data z akcelerometru během jízdy vozidlem [4]	7	3.9 Upravená obrazovka správně detekované aktivity	31
2.4 Graf zastoupení jednotlivých verzí OS mezi uživateli Uniqway (Zdroj dat: Uniqway)	9	3.10 Upravená obrazovka chybně detekované aktivity	32
2.5 Struktura zpracování informací z akcelerometru	10	3.11 Komunikace knihovny s ostatními částmi	34
3.1 Křivka znázorňující poměr účastníků testu a počtu nalezených problémů [5]	20	4.1 Komunikace experimentální a webové aplikace	37
3.2 Úvodní obrazovka - Přehled	23	4.2 Proces seznámení s aplikací	40
3.3 Historie všech detekovaných aktivit	24	4.3 Úvodní obrazovka	41
3.4 Obrazovka nově detekované aktivity	25	4.4 Obrazovka historie	42
3.5 Obrazovka správně detekované aktivity	26	4.5 Správně detekovaná aktivita ...	43
		4.6 Chybně detekovaná aktivita	44
		4.7 Přehled detekovaných aktivit ve webové aplikaci	45

Tabulky

5.1 Naměřená data od všech uživatelů v absolutních hodnotách	48
5.2 Naměřená data od všech uživatelů v procentech	48
5.3 Naměřená data ze Xiaomi Mi A3 v absolutních hodnotách.....	49
5.4 Naměřená data ze Xiaomi Mi A3 v procentech	49

Kapitola 1

Úvod

V rámci každodenního života jsme nuceni si vybírat mezi různými dopravními prostředky. Mezi možné volby patří například jízda autem, na kole, chůze pěšky nebo použití MHD. Poslední dobou se také rozšiřují možnosti takzvaného carsharingu, jedná se o možnost jízdy sdíleným autem.

Sdílené auto si může půjčit, například přes mobilní aplikaci, téměř kdokoli vlastní řidičské oprávnění. Sdílená auta jsou k dispozici k zapůjčení na veřejných parkovacích zónách. Sdílené vozidlo navíc není nutné vracet na stejné místo, na kterém bylo zapůjčeno, ale je možné ho zanechat na vyznačených zónách v aplikaci. Mezi poskytovatele carsharingu patří i Uniqway.

1.1 Uniqway

Uniqway¹ je první studentský carsharing. Jelikož ho vyvíjejí sami studenti, kteří si navzájem nejlépe rozumí, je jim ušitý na míru. Všichni studenti a zaměstnanci vysokých škol v ČR jsou tak mobilní nejen po Praze a užívají si výhod sdílené ekonomiky. [6]

Pro využití služeb Uniqway je potřeba se nejprve zaregistrovat online na webu a aktivovat svůj účet. Aktivace vyžaduje zaslání kopií dokladu totožnosti a řidičského oprávnění. Po ověření dokladů je následně nutné si stáhnout

¹<https://www.uniqway.cz/>

mobilní aplikaci, kde lze na mapě najít volná vozidla k vypůjčení a rezervovat je. Aplikace uživatele provede všemi kroky k vypůjčení a zahájení jízdy. Vypůjčení a odemčení probíhá pomocí mobilní aplikace a studentské karty. [7]

Projekt Uniqway je zaštitěn společností ŠKODA AUTO DigiLab². Mezi sdílená vozidla patří vozy Fabia a Scala s nadstandardní výbavou od společnosti ŠKODA AUTO. Pražská flotila aktuálně nabízí studentům k vypůjčení 37 vozů. Studenti v roce 2020 najeli s vozidly Uniqway přibližně 400 000 kilometrů a vytvořili okolo 12 000 rezervací. [1]



Obrázek 1.1: Škoda Enyaq iV v barvách Uniqway [1]

Projekt Uniqway se stále rozšiřuje. Stále přibývají nové zóny, kde je možné si vozidlo vypůjčit, nebo kam ho lze vrátit. Uniqway vozidla jsou k dispozici nejen v Praze, ale nově také v Mladé Boleslavi. Dalším krokem v rozšíření nabízených služeb je i možnost spolujízdy s rozdělením nákladů za jízdu mezi spolujezdce a řidiče. Uniqway se stále snaží vylepšovat služby poskytované uživatelům. V nedávné době bylo oznámeno že, flotilu Uniqway rozšíří i model Škoda Auto Enyaq iV (obrázek 1.1). [1]

Pro zlepšení služeb poskytovaných uživateli by bylo vhodné zjistit, jakým způsobem se uživatel přepravuje. Na základě těchto informací můžeme zjistit, jak se uživatel chová, jak významný podíl tvoří jednotlivé způsoby přepravy a kdy je volí. Následně mu bude možné nabízet cílené služby jako například

²<https://skodaautodigilab.com/>

možnost spolujízdy v čase, kdy k pravidelným cestám běžně využívá jiný dopravní prostředek.

1.2 Spolujízda

V posledních letech stoupá počet lidí, kteří využívají spolujízdu. Vede je k tomu mnoho různých důvodů, mimo jiné tato forma jízdy umožňuje snížení nákladů, jak pro řidiče, tak pro spolujezdce nebo spolujízdu využívají lidé, kteří nechtějí z jakéhokoli důvodu řídit.

V současné době je možné využít spolujízdu pouze po předchozí domluvě s řidičem, to znamená, že uživatel Uniqway může svézt, jak dalšího uživatele Uniqway, tak i kohokoliv jiného. S tím, že celou cestu hradí společnosti Uniqway pouze řidič.

1.3 Detekce fyzické aktivity

Detekcí fyzické aktivity se rozumí schopnost rozpoznat aktivitu uživatele mobilním telefonem na základě různých dat, především dat z akcelerometru. Toho lze dosáhnout různými způsoby. Tato práce se zabývá porovnáním a analýzou jednotlivých možností.

Pro ověření vybraného způsobu detekce aktivity bude navržena a vytvořena experimentální aplikace. Pomocí této aplikace pak proběhne experiment, kdy uživatelé budou hodnotit, jak dobře detekce funguje. Z nasbíraných dat se vyhodnotí použitelnost v knihovně Uniqway.

1.4 Cíl práce

Jedním z výstupů práce bude knihovna pro systém Android, která umožní detekci využívání služby Uniqway v roli spolujezdce. Tato knihovna by měla umožnit automatizovaně detekovat aktuální přepravní mód a zjišťovat stav spolujízdy.

K dosažení tohoto cíle bude zapotřebí v rámci práce prozkoumat existující možnosti pro detekci přepravního módu uživatele, tedy možnosti, jakými lze zjistit způsob přepravy uživatele. Následně bude zapotřebí jednotlivé možnosti detekce přepravního módu porovnat, udělat analýzu fyzikálních principů, které tyto módy specifikují. Poté bude zapotřebí vybrat nejvhodnější způsob detekce, který bude otestován uživateli pomocí experimentální aplikace.

Mezi výstupy této práce patří i návrh této experimentální aplikace, která se zaměřuje na testování detekce přepravního módu. Na základě návrhu aplikace si práce klade za cíl vytvoření jejího prototypu pomocí metody UCD a následně i samotnou implementaci. Vybraný způsob detekce otestovaný pomocí aplikace bude následně využit v knihovně pro aplikaci Uniqway.

Kapitola 2

Analýza

Existuje mnoho způsobů, jakými lze detekovat přepravní mód uživatele, ale ne všechny vyhovují požadavkům. Je proto nutné jednotlivé metody prozkoumat a na základě požadavků vybrat nejvhodnější.

Jelikož každý uživatel služby Uniqway musí mít mobilní telefon s nainstalovanou aplikací Uniqway, je nejjednodušší provádět detekci pomocí této aplikace. Celosvětově nejvíce používaným operačním systémem na mobilních telefonech je Android [8], proto je tato práce zaměřená na detekci přepravního módu zařízeními s OS Android.

2.1 Fyzikální principy pohybu

Nejprve je nutné zanalyzovat, jaká data lze mobilními telefony získat a jak tato data charakterizují jednotlivé pohyby (chůze, běh, jízda autem atd.). V následující části se proto zaměříme na senzory v mobilních telefonech.

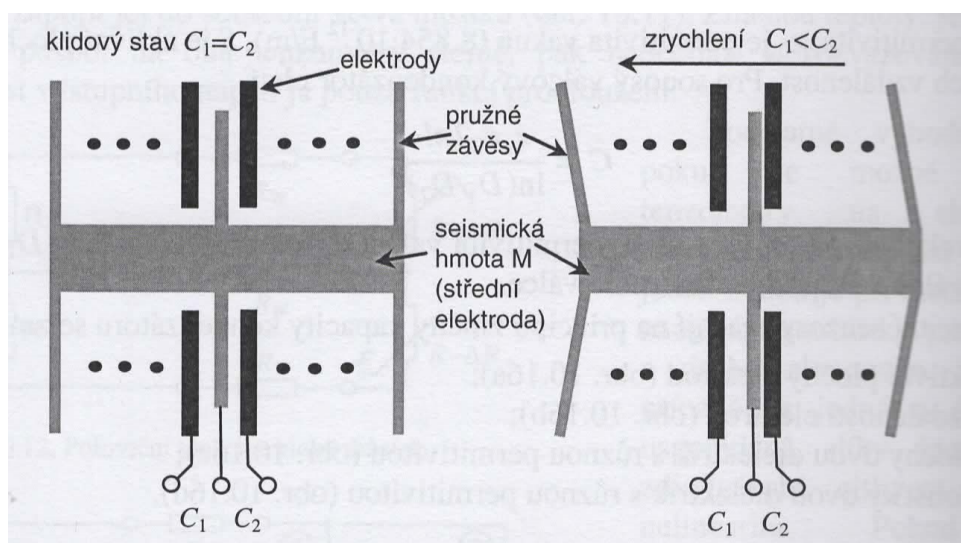
2.1.1 Senzory v mobilních telefonech

V mobilních telefonech se nachází mnoho senzorů, k detekci pohybu se využívají takzvané akcelerometry. Akcelerometry nám umožňují měřit zrychlení a

to ve třech různých osách.

V mobilních telefonech se běžně využívá především senzory vyrobených jako mikro-elektro-mechanické systémy (MEMS) a založených na principu kapacitního měření polohy. Mezi jednotlivými páry elektrod na čipu se měří rozdíl jejich kapacit. Na obrázku 2.1, lze vidět jedno z možných uspořádání MEMS akcelerometru. [2]

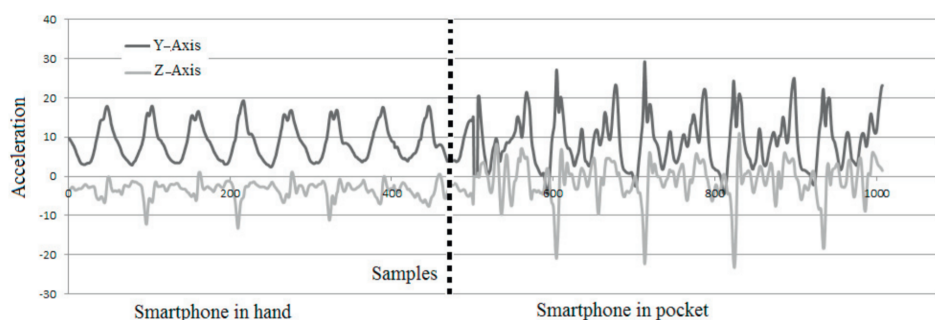
Jak lze vidět na obrázku 2.1 jedna z elektrod kondenzátoru (takzvaná „Seismická“ hmota), není umístěna pevně, ale naopak je držena na pružných závěsech. Pokud začne působit zrychlení, ať už statické nebo dynamické, tak toto zrychlení vyvolá posun „Seismické“ hmoty vůči pevným elektrodám. Se změnou vzájemné polohy elektrod kondenzátoru dojde ke změně kapacit C_1 a C_2 a vyhodnocení jejich rozdílu. Příhodné umístění vyhodnocovací elektroniky na stejný čip umožňuje dosáhnout extrémního rozlišení změny kapacity (blíží se zepto Faradům – 10^{-21} F) a přesné rozlišení změny kapacity umožňuje i přesné rozlišení změny polohy v řádech pikometrů. [2]



Obrázek 2.1: Princip MEMS akcelerometru [2]

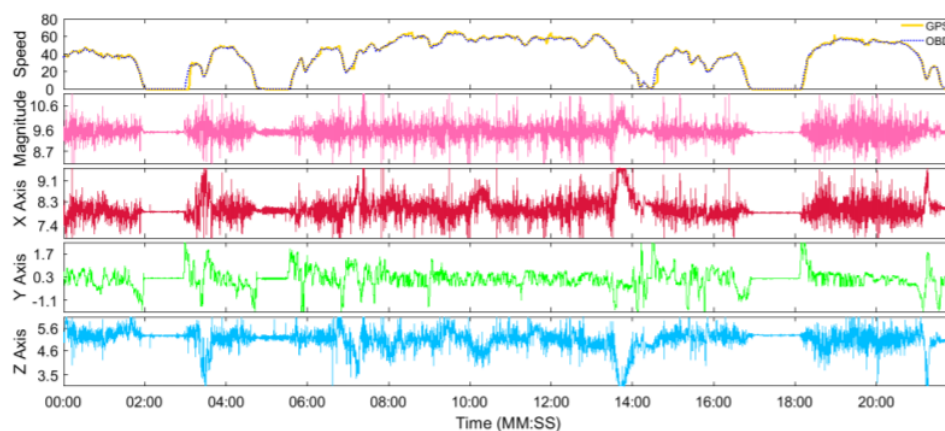
2.1.2 Data z akcelerometru

Získání přesných dat z akcelerometru není problémem, pro správnou detekci je stěžejní detekce vzoru, který danou aktivitu vystihuje. Pro nějaké metody může být nevhodné zkreslení zrychlení statickým tíhovým zrychlením, to lze různými způsoby eliminovat.



Obrázek 2.2: Naměřená data z akcelerometrů při rychlé chůzi s rozdílným umístěním zařízení [3]

Při získávání dat z akcelerometrů během nějaké aktivity je velmi důležité, kde je zařízení umístěno. Z obrázku 2.2 je vidět, že pokud jsou data sbírána, když je telefon umístěn v ruce (levá část grafu), tak jsou v rámci osy Y jednotlivé kroky rozeznatelné. Naopak pokud je telefon umístěn v kapse (pravá část obrázku), není na první pohled zřejmé, že se jedná o chůzi. Při detekci fyzické aktivity se samozřejmě může během jedné aktivity měnit umístění telefonu (z ruky do kapsy, z kapsy do ruky). [3]



Obrázek 2.3: Rychlost a naměřená data z akcelerometru během jízdy vozidlem [4]

Na obrázku 2.3 jsou vidět grafy pro rychlost a pro zrychlení vozidla během jízdy. Obrázek obsahuje grafy pro všechny 3 osy akcelerometru, dále obsahuje i celkové momentální zrychlení vypočtené ze všech tří os. Osy X a Z byly ovlivněny gravitačním zrychlením, jelikož telefon nebyl v vzpřímené poloze. Osa Y pak byla umístěna nejbližší ke směru jízdy vozidla a je z ní nejpatrněji poznat, že jde o jízdu autem. Změny rychlosti jsou také nejvíce zřetelné z osy Y. Narozdíl od chůze se zde neobjevuje žádný vzor, ale dochází neustále k malým změnám zrychlení. [4]

2.2 Požadavky na detekci přepravního módu

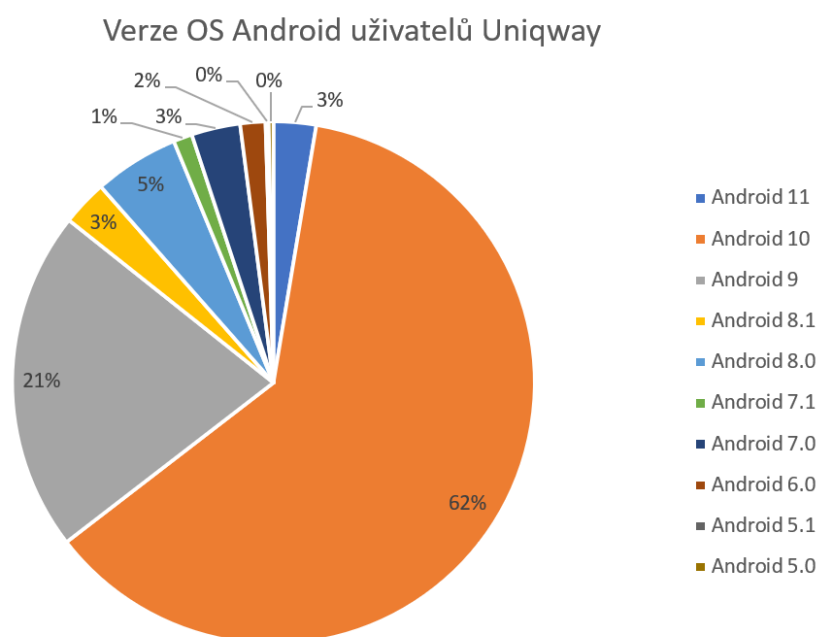
Aby byla schopnost detekce přepravního módu využitelná pro aplikaci Uniqway, musí splňovat následující požadavky:

- Detekce chůze, jízdy vozidlem a klidového stavu
Je nutné sledovat chůzi a jízdu vozidlem, aby bylo možné detekovat spolujízdu.
- Včasná detekce fyzické aktivity
Včasná detekce fyzické aktivity je nutná pro určení správného času zahájení spolujízdy.
- Neustálá detekce na pozadí
Fyzické aktivity musí být detekovány neustále pro analýzu chování uživatelů.
- Nezávislost na umístění zařízení
Fyzická aktivita musí být rozeznána nezávisle (co nejméně ovlivněna) na umístění zařízení (v ruce, v kapse, v zavazadle).
- Nízká spotřeba baterie
Jelikož se detekce fyzické aktivity má provádět neustále, nesmí mít velký vliv na spotřebu baterie.
- Nesbírat citlivé údaje uživatele
Veškerá data o aktivitách nesmí obsahovat citlivé údaje (například údaje o poloze).
- Využívat běžně dostupné senzory telefonu nebo služby OS
Detekce musí fungovat na běžně dostupných telefonech.

2.3 Podporované verze OS Android

Pro následnou implementaci je potřeba zvolit minimální podporovanou verzi OS Android, na které bude experimentální aplikace fungovat.

Na obrázku 2.4 lze vidět graf zastoupení jednotlivých verzí OS Android mezi uživateli Uniqway. Z grafu je patrné, že mezi uživateli Uniqway je



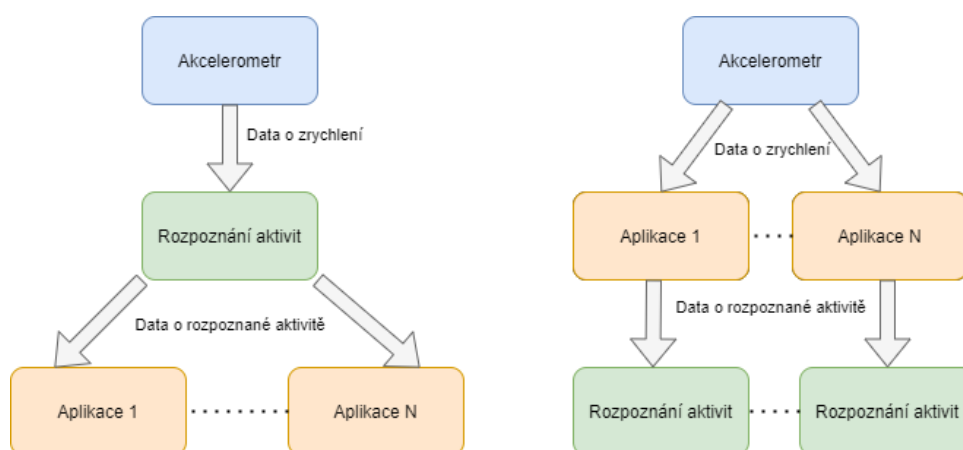
Obrázek 2.4: Graf zastoupení jednotlivých verzí OS mezi uživateli Uniqway
(Zdroj dat: Uniqway)

nejvíce používanou verzí Androidu verze 10, tuto verzi využívá 62 % uživatelů. Druhou nejpoužívanější je verze 9 s 21% podílem. Nejnovější verze Androidu, verze 11, je používána zatím pouze 3 % uživateli. Verze 8.0 a 8.1 taktéž používá významnější procento uživatelů. Ostatní verze používá zanedbatelné množství uživatelů.

Jelikož schopnost detekovat přepravní mód není pro aplikaci Uniqway stěžejní, můžeme se rozhodnout, že nebudeme podporovat detekci přepravního módu u všech verzí Androidu. Uživatelé androidu verze 8.0 a novějších tvoří celkem 94 % ze všech uživatelů Androidu. Experimentální aplikace by měla fungovat na verzi 8.0 a vyšší.

2.4 Detekce fyzické aktivity

Fyzickou aktivitu lze detekovat různými způsoby, u mobilních zařízení se nejčastěji využívají již zmíněná data z akcelerometrů. Operační systémy mobilních telefonů umožňují přístup přímo k datům z akcelerometrů, ale nabízí i API, která data z akcelerometrů zpracují a vyhodnotí jako nějakou fyzickou aktivitu.



Obrázek 2.5: Struktura zpracování informací z akcelerometru

Na obrázku 2.5 jsou zobrazeny dva způsoby, jakými aplikace může získat informaci o aktuální fyzické aktivitě. Vlevo na obrázku je vidět tok a zpracování dat při využití systémového API, v takovém případě jsou data z akcelerometru zpracována operačním systémem a aplikaci jsou jen zaslány výsledky – informace o fyzické aktivitě. Výhodou tohoto řešení je, že se data z akcelerometru zpracují pouze jednou. Naopak na obrázku vpravo je zobrazen způsob, kdy se samotná aplikace stará o zpracování dat z akcelerometru. Zde je zas výhodou možnost volby algoritmu pro vyhodnocení aktuální fyzické aktivity.

Operační systém Android poskytuje API `ActivityRecognitionClient`, Huawei u svých telefonů, které neobsahují služby Google využívá své API obdobné tomu od Googlu. Velmi podobné API nabízí i Apple u svých mobilních zařízení pod názvem `Core Motion`. Pro zpracování dat z akcelerometru přímo v aplikaci, lze využít buď knihovnu pro vyhodnocení fyzické aktivity, nebo použít vlastní metodu, jakou se fyzická aktivita vyhodnotí (například lze využít strojového učení).

2.4.1 Activity Recognition Client

`Activity Recognition Client` je API od společnosti Google, které umožňuje pracovat s rozpoznáváním aktivit uživatele. Toto API nahrazuje `Activity Recognition API`, které je již zastaralé. Pro správné fungování vyžaduje toto API zařízení s `Google Play Services`. Toto API detekuje fyzické aktivity za pomoci akcelerometru. [9]

Data z akcelerometru jsou dále zpracovávána za pomoci strojového učení.

Google si může dovolit u svých API pro rozpoznávání fyzické aktivity natrénovat model strojového učení na stovkách milionů vzorků od různých uživatelů s různými zařízeními po celém světě. Má k dispozici vzorky dat od populace různého věku. Využít může i toho, že každý uživatel může svůj telefon nosit na různých místech, například v ruce, v kapse nebo v batohu. [10]

Activity Recognition Client poskytuje 2 API:

- Activity Recognition Transition API

API informuje aplikace o změnách fyzické aktivity

- Activity Recognition Sampling API

API poskytuje pro každou aktivitu informace o tom, s jakou pravděpodobností uživatel aktuálně vykonává právě tuto aktivitu

■ Activity Recognition Transition API

Upřednostňované API pro rozpoznávání aktivit z důvodu vyšší přesnosti a menší spotřeby. Je vhodné pro všechny možné typy použití. Vývojář se vždy dozví, pokud se aktivita uživatele změnila. Například lze API použít pro detekci, kdy uživatel nastoupil nebo vystoupil z vozidla a podle toho nastavit jeho status na zaneprázdněný. Podobně, aplikace detekující parkování může použít API k detekci okamžiku, kdy uživatel přestal řídit a zahájil chůzi. [9]

API nabízí již zpracovaná data ve formě informování pouze o změnách aktivity.

■ Activity Recognition Sampling API

Toto API je užitečné pro aplikace které:

- Potřebují větší kontrolu nad frekvencí, s jakou jsou aktivity rozpoznávány
- Mají vysoké nároky na přesnost a chtějí mít přístup k nefiltrovaným, surovým datům aktivit

Aplikace, které využívají toto API jsou zodpovědné za řízení spotřeby pomocí parametru `detectionInterval` a vlastnímu filtru (potřebný pro odstranění chyb v datech). Transition API toto dělá automaticky, proto je také doporučováno jeho použití oproti `Activity Recognition Sampling API`. [9]

API nabízí seznam možných aktivit uživatele a pro každou z nich pravděpodobnost, se kterou uživatel danou aktivitu vykonává. Výstup může vypadat například takto:

- Walking – 80 %
- Running – 20 %
- In vehicle – 10 %

Z příkladu vyplývá, že uživatel s největší pravděpodobností vykonává chůzi.

■ Rozpoznávané aktivity pomocí `ActivityRecognitionClient`

`ActivityRecognitionClient` umožňuje rozeznat následující druhy fyzické aktivity.

- `IN_VEHICLE`
Zařízení je ve vozidle – např. v autě, autobuse.
- `ON_BICYCLE`
Zařízení je na kole.
- `ON_FOOT`
Zařízení je na uživateli, který jde nebo běží.
- `RUNNING`
Zařízení je na uživateli, který běží.
- `WALKING`
Zařízení je na uživateli, který jde.
- `STILL`
Zařízení je v klidu – nehýbe se.

■ TILTING

Úhel zařízení vůči gravitaci se významně změnil – často se vyskytuje, pokud je zařízení zvednuto ze stolu nebo pokud uživatel, který sedí si stoupl. Tento typ fyzické aktivity je dostupný jen u Activity Recognition Sampling API.

■ UNKNOWN

Současnou aktivitu nelze rozpoznat. Tento typ fyzické aktivity je dostupný jen u Activity Recognition Sampling API.

[11]

■ Možnosti pro Huawei

Zařízení Huawei, která nemají Google Play Services (obsahuje Activity Recognition Client), může místo Google API použít Api od Huawei pod označením Location Kit. Stejně jako Activity Recognition Client, tak i Location Kit nabízí 2 přístupy k získávání dat, Tedy čekání na příjem informace o změně aktivity nebo proaktivní dotazování na aktuální aktivitu. Frekvenci proaktivního sledování změn aktivit je možné nastavit, podle toho, zda chceme detekovat i krátké všechny aktivity nebo jen některé. U metody, kdy aplikace čeká na informaci o změně, se aktivity detekují každých pět sekund, pokud má zařízení zapnutou obrazovku, v opačném případě dochází ke zjišťování aktivit každých dvě stě sekund. [12] Implementačně se jedná o velmi podobný přístup, ale názvy metod i hodnoty konstant se liší.

■ Alternativy pro iOS

Stejně jako Google, tak i Apple nabízí u svých mobilních zařízení API pro rozpoznání aktivit. Apple nabízí framework Core Motion, který poskytuje řadu rozhraní pro získání dat ze akcelerometru, krokoměru, gyroskopu, magnetometru. Poskytuje také informaci o aktuální fyzické aktivitě prostřednictvím třídy CMMotionActivity. Na rozdíl od řešení od Googlu, se aktivity můžou i překrývat, například aktivity stationary (zařízení je v klidovém stavu) a automotive (zařízení je v automobile) se mohou překrývat v situaci, kdy uživatel zastaví na červenou na křižovatce. Ke každé aktivitě je pak k dispozici datum a čas zahájení aktivity a důvěryhodnost detekce. [13]

Mobilní zařízení Apple jsou vybaveny navíc i speciálním hardwarově dedikovaným koprocesorem, který se stará o zpracování dat ze senzorů, data zpracovává i pokud je zařízení v režimu spánku. Díky tomuto koprocesoru nedochází při využívání dat k výraznému vybíjení baterie. Využívá se na zpracování dat z akcelerometru, gyroskopu, kompasu a barometru, využívá se i na rozpoznání příkazů hlasového asistenta Siri. [14]

■ 2.4.2 Využití strojového učení

Moderní mobilní zařízení mají mnoho různých senzorů včetně tříosého akcelerometru. Pomocí tohoto senzoru lze zjistit orientaci telefonu. Pro detekci aktivity uživatele lze vytvořit model, který za pomoci strojového učení a dat pro učení, bude schopen detekovat aktivitu velmi přesně. Pro natrénování modelu lze použít laboratorně naměřená data – data obsahují data z akcelerometru a skutečnou aktivitu. Pro natrénování modelu lze využít například knihovnu TensorFlow. 20 % z naměřených dat pak použijeme jako testovací data pro ověření schopnosti detekce. Natrénovaný model pak detekuje aktivitu uživatele s až 97% úspěšností. [15]

Výhodou této možnosti je velmi přesná detekce v reálném čase, která zahrnuje i detaily o dané aktivitě (chůze do schodů nahoru/dolů, sezení, stání). Nevýhodou je velký nárok na objem dat, data se sbírají neustále, což má velký vliv na spotřebu baterie.

■ 2.4.3 Využití knihoven třetích stran

K detekci fyzické aktivity lze použít i knihovny třetích stran, které umí nejenom detekovat fyzickou aktivitu, ale poradí si s podrobnostmi jako je odkud a kam uživatel jde nebo jede.

■ The Neura

Tato knihovna dokáže detekovat mnoho typů aktivit, detekuje fyzickou aktivitu, a navíc zjišťuje v jakém kontextu je tato aktivita vykonávána. Umí tedy detekovat například jízdu vozidlem, ale navíc určí, že uživatel jede do práce. Knihovna umožňuje detekovat mnoho typů aktivity, například: uživatel

dorazil domů, opustil dům, je doma, je na cestě domu, dorazil domu z práce, přišel domu, přiběhl domu. [16]

Výhodou je, že tato možnost nabízí informace o fyzické aktivitě, a to včetně kontextu v jakém je vykonávána. Nevýhodou je, že takové řešení vyžaduje oprávnění k získávání přibližné i přesné polohy. Knihovna tedy uživatele sleduje a naučí se postupně jeho každodenní zvyklosti. Sledování polohy povede ale k větší spotřebě energie. Nevýhodou může být i to, že se knihovna musí nejdříve naučit, kde uživatel pracuje, kde je doma, což může trvat delší čas.

■ 2.4.4 Shrnutí

Na základě stanovených požadavků se jako nejvhodnější řešení jeví využití Activity Recognition Transition API. Toto API má velmi malý vliv na výdrž baterie oproti ostatním řešením, v případě, kdy je toto API využíváno již nějakou jinou aplikací měl by být vliv na baterii zanedbatelný. Také nabízí velmi jednoduché rozhraní pro komunikaci s aplikací. Absence detailního rozpoznávání pohybu uživatele nepředstavuje žádná omezení, protože pro naše účely stačí detekovat chůzi, jízdu vozidlem a klidový stav. I přesto, že ostatní řešení mohou dosahovat lepších výsledků detekce, mají větší vliv na výdrž baterie, což by se nevyplatilo pro potřeby využití v aplikaci Uniqway.

■ 2.5 Experimentální aplikace

Experimentální aplikace by měla otestovat použitelnost vybrané metody detekce aktivity uživatele. Na základě dat z grafu (obrázek 2.4) bylo rozhodnuto, že finální knihovna pro aplikaci Uniqway by měla fungovat na Androidu 8.0 a novějším, tudíž by měla i experimentální aplikace podporovat tyto verze.

Dále by aplikace měla umět sbírat data o tom, zda byla aktivita správně detekována nebo došlo k chybné detekci. V případě správné detekce by měla zaznamenat s jakým zpožděním byla aktivita detekována. V případě, že se aktivita detekuje chybně, tak aplikace zaznamená, jaká byla skutečná aktivita uživatele a kde bylo zařízení umístěno. Tato nasbíraná data by měla být uložena pro pozdější analýzu a vyhodnocení experimentu.

Aby bylo možné zpětně určovat správnost detekce aktivity, měla by aplikace zobrazovat i starší záznamy o aktivitách. Aplikace by měla fungovat i bez připojení k internetu, aby bylo možné hodnotit rozpoznání aktivity i mimo signál.

■ 2.5.1 Požadavky na experimentální aplikaci

- Podpora Android 8.0 a vyšší
- Možnost určení správnosti detekované aktivity
- Možnost zadání zpoždění detekce aktivity
- Možnost zadat skutečnou aktivitu a umístění zařízení v případě chybné detekce
- Ukládání detekovaných aktivit a správnosti detekce pro pozdější vyhodnocení
- Zobrazení starších aktivit pro zpětné hodnocení detekce aktivity
- Ukládání hodnocení detekce aktivit i v offline režimu

■ 2.5.2 Zobrazení dat

Aby bylo možné analyzovat získaná data z experimentální aplikace od všech uživatelů je nutné je přehledně zobrazit. Musí být na první pohled jasné, zda byla aktivita detekována správně či nikoliv. Pro analýzu získaných dat by mělo být možné data filtrovat na základě několika parametrů.

Prvním z nich je možnost filtrace podle detekované aktivity. To poslouží pro analýzu spolehlivosti detekce pro jednotlivé typy aktivit, lze tak jednoduše získat přehled o tom, jak je detekce spolehlivá.

Další možností, podle které by mělo jít data filtrovat je zobrazení dat získaných z konkrétního modelu telefonu. Tento filtr umožní získat přehled vlivu hardwaru telefonu (u některých telefonů i vliv nastaveb nad operačním systémem Android) na spolehlivost detekce.

Posledním parametrem, co by mohl detekci ovlivňovat je verze operačního systému nainstalovaná na zařízení, které aktivitu detekovalo. Je tedy třeba

přidat filtraci, která na základě tohoto parametru zobrazí pouze data pro vybranou verzi operačního systému Android, což umožní posouzení spolehlivosti detekce mezi jednotlivými verzemi.

■ 2.6 Knihovna pro Uniqway

Knihovna bude použita v mobilní aplikaci Uniqway pro automatickou detekci aktuálního přepravního módu a pro zjištění aktuálního stavu spolujízdy. Pro detekci aktuálního přepravního módu (fyzické aktivity) bude využito řešení otestované experimentem. Možností, jak zjistit stav spolujízdy, se nabízí několik.

■ 2.6.1 Detekce spolujízdy

Existuje více možností, jakými lze rozpoznat, že se uživatel pohybuje autem Uniqway jako spolujezdec. Jako první se nabízí možnost využít GPS telefonu a porovnávat polohu uživatele s polohami aut. To bohužel není možné realizovat z důvodu bezpečnosti dat o poloze – nutné sdílet polohu uživatele nebo získat polohy rezervovaných aut. Tato varianta by mohla být také negativně ovlivněna špatným nebo žádným signálem GPS.

Druhou možností je detekce spolujízdy založená na vyhledání Uniqway hardwarového modulu ve vozidle. Pokud mobilní aplikace najde ve své blízkosti tento modul. Lze prohlásit, že se jedná o spolujízdu vozidlem Uniqway. Obdobným způsobem by se dalo využít i vyhledávání mobilního zařízení řidiče (nebo ostatních spolujezdců) s nainstalovanou aplikací, která by vysílala informace o jízdě. Zde je ale potřeba, aby řidič měl zapnuté Bluetooth.

Jako nejvhodnější variantou se jeví detekce hardwarového modulu ve vozidle. Jelikož by se mělo jednat o nejspolehlivější variantu, která nemůže být snadno ovlivnitelná.

■ 2.6.2 Požadavky na knihovnu

Knihovna by se měla postarat o detekci fyzických aktivit a informace odeslat na backend Uniqway. Tato data budou pak sloužit pro další zpracování a analýzu chování uživatelů. Dále musí knihovna oznámit zahájení a ukončení spolujízdy mobilní aplikaci Uniqway.

- Podpora Android 8.0 a vyšší
- Odesílání informací o aktuální fyzické aktivitě na endpoint backendu Uniqway
- Odesílání informace o zahájení a ukončení spolujízdy aplikaci Uniqway

Kapitola 3

Návrh

Tato kapitola se zabývá návrhem experimentální aplikace, zobrazením dat získaných s její pomocí a návrhem knihovny pro aplikaci Uniqway. Velký důraz je kladen na návrh experimentální aplikace, prototyp je vytvořen pomocí metodiky User-Centered Design.

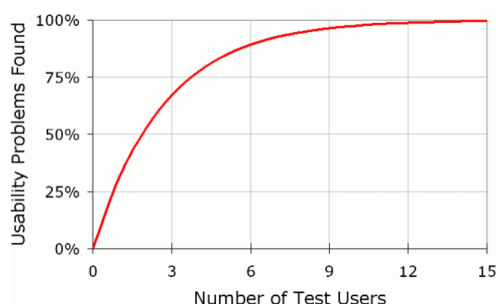
3.1 User-Centered Design

User-Centered Design (UCD) je metodika, která pomáhá vývojářům a designérům vytvářet produkty, které splňují potřeby uživatelů. User Experience (UX) je jedním ze zaměření UCD. Zahrnuje celkovou zkušenost uživatele s používáním produktu, včetně fyzických i emočních reakcí. UCD není subjektivní metodika a designová rozhodnutí jsou často závislá na datech. UCD pomáhá šetřit čas a peníze tím, že pomáhá předcházet drahým chybám. Neodtahuje pozornost od dokončení ostatních věcí. Zajišťuje, že se zaměřujeme na správné věci: splnění potřeb uživatelů správným technickým řešením. [17]

Uživatel se tedy do vývoje zapojuje již od začátku, zjišťujeme, jaké požadavky uživatel má. Prezentujeme mu prototypy, které schvaluje nebo kritizuje. Při interakci uživatele s naším produktem uživatele pozorujeme a snažíme se získat co nejvíce zpětné vazby.

Na základě analýzy jsem vytvořil nízkourovňový (Low-fidelity) prototyp.

Vytvářel jsem jej pomocí nástroje Balsamiq Wireframes¹.



Obrázek 3.1: Křivka znázorňující poměr účastníků testu a počtu nalezených problémů [5]

Vytvořený prototyp byl následně otestován s 5 uživateli. Pět uživatelů by mělo stačit na odhalení většiny problémů. Testováním s dalším uživatelem již není tak přínosné, jak by se dalo očekávat. Už s jedním uživatelem odhalíme zhruba třetinu problémů s použitelností. Druhý uživatel zcela jistě narazí na nějaké problémy, na které narazil i první uživatel, ale jelikož je každý trochu jiný, všimne si druhý uživatel i jiných věcí a něčeho si naopak nevšimne. Takhle to funguje až do pátého uživatele, jak je vidět na obrázku 3.1. [5]

Prototyp byl testován na notebooku s dotykovou obrazovkou. Na základě připomínek a zjištěných problémů v prototypu první verze, byl prototyp upraven a znovu otestován.

3.2 Testovací scénáře

Abychom získali co nejvíce užitečných dat a při tom uživatele nenaštvali (experimentální aplikace mu moc nepřináší), je kladen velký důraz na návrh interakce uživatele s aplikací, naopak od ostatních aplikací se snaží experimentální aplikace uživatele nerušit a neobtěžovat. Pro ověření, že bude výsledná aplikace dobře použitelná, jsem sestavil 3 scénáře. Nejčastěji uživatel bude provádět právě scénář 2 a 3, kdy se hodnotí detekce aktivity.

¹<https://balsamiq.com/wireframes/>

■ Scénář 1 - seznámení s aplikací

Uživatel má za úkol seznámit se s aplikací, s tím, jak bude experiment probíhat, prozkoumat jednotlivé části aplikace, pozastavit notifikace na 4 hodiny, prohlédnout si historii detekovaných aktivit.

■ Scénář 2 - správně detekovaná aktivita

Uživatel je situován do stavu, kdy sedí po dobu 5 minut a aktuální čas je 15:05. Aplikace detekuje jeho aktivitu jako chůzi. Uživatel následně v aplikaci hodnotí, jak dobře byla detekce provedena.

■ Scénář 3 - chybně detekovaná aktivita

Uživatel je situován do stavu, kdy někam jde po dobu 5 minut a aktuální čas je 15:05. Aplikace detekuje jeho aktivitu jako chůzi. Uživatel následně v aplikaci hodnotí, jak dobře byla detekce provedena.

■ 3.3 Cílová skupina testování

Jelikož je výsledná aplikace určena pro operační systém Android byly prototypy testovány s uživateli, kteří je používají. Pro test se také hodilo najít uživatele s rozdílnými telefony a verzemi operačního systému. Pro experiment pak bylo nutné najít takové uživatele, kteří se přepravují také vozidlem.

■ 3.3.1 Screener

Screener slouží pro vyfiltrování uživatelů, se kterými chceme testování provádět a se kterými naopak ne.

■ Otázky

- Jaký používáte operační systém na Vašem mobilním telefonu?

[Android], iOS, jiný

- Pokud používáte operační systém Android, o jakou jeho verzi se jedná?

[11], [10], [9], [8.0/8.1], starší jak 8.0

- Jaká je značka Vašeho telefonu?

[Samsung], Apple, [Huawei], [Xiaomi], [Nokia], jiná (doplňte)

- Jak často jezdíte vozidlem (auto, autobus, tramvaj, metro atd.)?

Každý den, Více jak jednou týdně, Alespoň jednou týdně, Méně často

- Jak často jezdíte na kole?

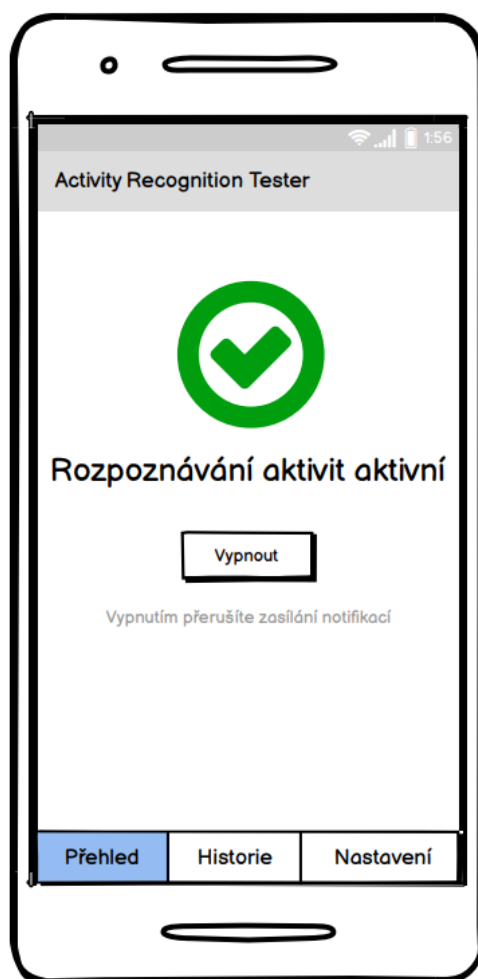
Každý den, Více jak jednou týdně, Alespoň jednou týdně, Méně často

Odpovědi, které jsou podmínkou pro výběr uživatele do testování, jsou v hranatých závorkách.

■ 3.4 Prototyp - verze 1

Na následujících obrázcích lze vidět nejdůležitější části vytvořeného nízkourovňového prototypu.

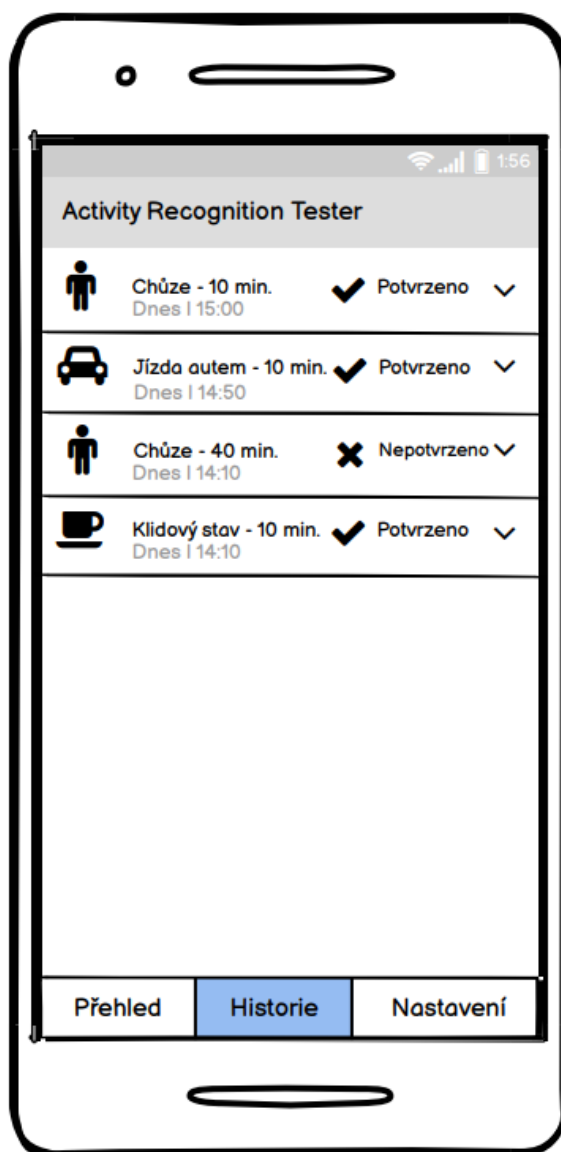
3.4.1 Obrazovka přehled



Obrázek 3.2: Úvodní obrazovka - Přehled

Úvodní obrazovka (obrázek 3.2) nabízí základní informaci o stavu aplikace, zobrazuje, zda aplikace aktuálně sleduje aktivitu uživatele a nabízí možnost vypnutí nebo zapnutí notifikací (detekce aktivit bude probíhat i nadále).

3.4.2 Obrazovka historie

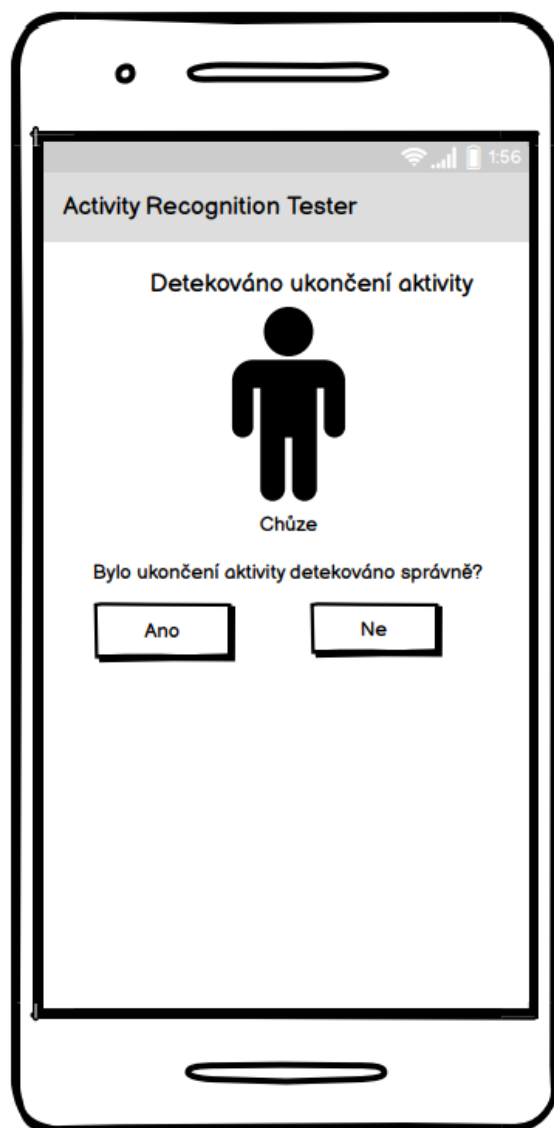


Obrázek 3.3: Historie všech detekovaných aktivit

Na obrazovce Historie (obrázek 3.3) se zobrazují poslední detekované aktivity – jejich typ, čas detekce a čas trvání. Každá aktivita pak má svůj stav:

- **Potvrzeno:** Aktivita byla označena za správně nebo chybně detekovanou.
- **Nepotvrzeno:** Aktivita zatím nebyla označena jako správně nebo chybně detekovaná.

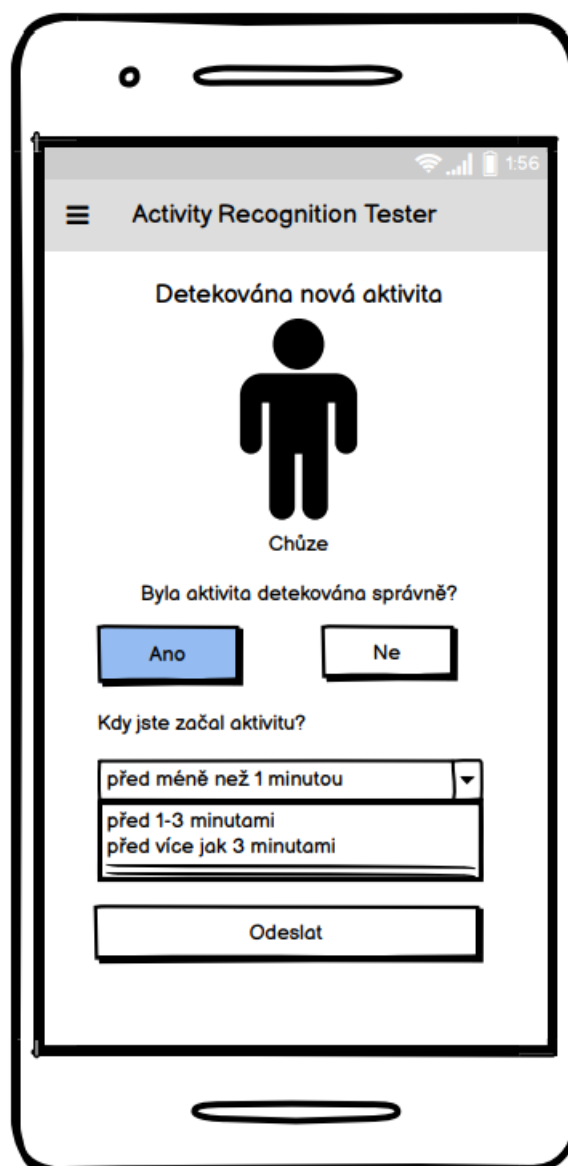
3.4.3 Obrazovka aktivity



Obrázek 3.4: Obrazovka nově detekované aktivity

V případě, že je detekována nová aktivita zobrazí se uživateli na telefonu notifikace, po jejím otevření se zobrazí obrazovka s ikonkou detekované aktivity a dvěma tlačítky pro zvolení, zda byla aktivita detekována správně či nikoliv (obrázek 3.4).

■ **Obrazovka správně detekované aktivity**



Obrázek 3.5: Obrazovka správně detekované aktivity

V případě, že byla aktivita detekována správně a uživatel to potvrdí stiskem tlačítka „Ano“, zobrazí se možnost zadání času zpoždění detekce (obrázek 3.5). Po odeslání se zadané informace uloží a aplikace se ukončí.

■ Obrazovka chybně detekované aktivity



Obrázek 3.6: Obrazovka chybně detekované aktivity

V případě, že je detekována nová aktivita chybně a uživatel to potvrdí stisknutím tlačítka „Ne“, zobrazí se výběr aktuální skutečné aktivity (obrázek 3.6). Po zvolení správné aktivity a odeslání se informace uloží a aplikace ukončí.

■ 3.4.4 Výsledky testování

■ Nalezené problémy

- Po otevření notifikace není znám čas, kdy byla aktivita detekována (notifikace mohla být otevřena později).
- Po ohodnocení detekce a vyplnění podrobností o detekci se aplikace ukončí, nevidím uloženou aktivitu.
- Stav „Potvrzeno“ zahrnuje, jak správně detekované aktivity, tak i ty, které byly detekovány chybně – nelze jednoduše ověřit, jak dobře detekce funguje.
- Co vyplnit v případě, kdy má skutečná aktivita nebyla nic z nabízeného (chůze, běh, jízda na kole, jízda ve vozidle, klidový stav) – například jízda na koloběžce, lyžování.

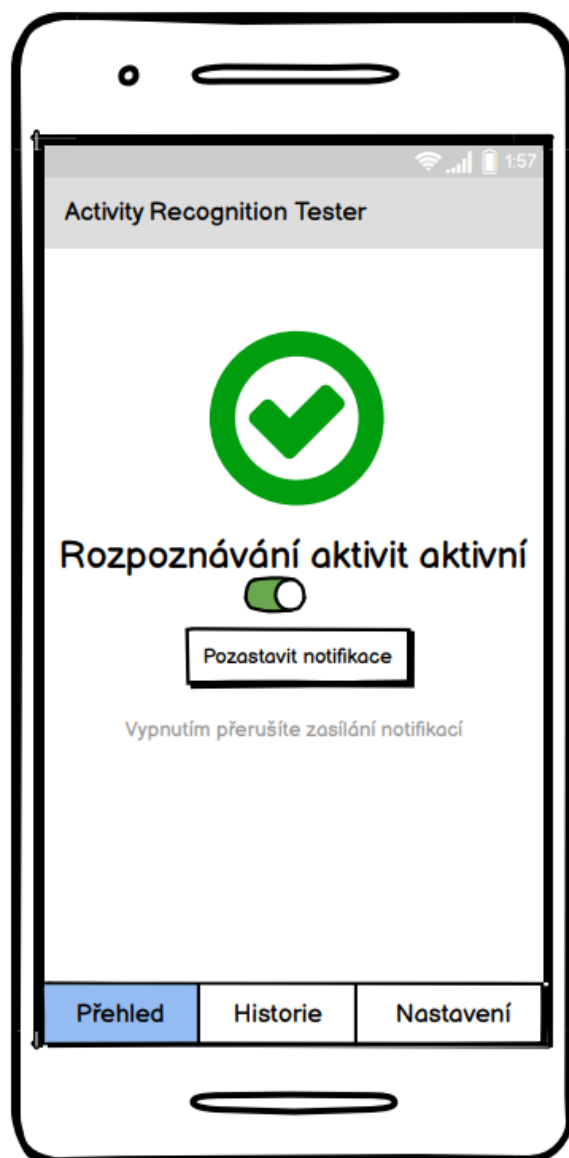
■ Navrhovaná vylepšení

- Gamifikace – sbírání bodů za ohodnocení detekce (uživatel bude více motivován hodnotit detekce)
- Ohodnocení aktivit v klidovém stavu – pokud uživatel nic nedělá, může zpětně vyplnit informace o detekcích za celý den

■ 3.5 Prototyp - verze 2

Na základě připomínek vznikla druhá verze prototypu, která byla následně otestována se stejnými uživateli a stejnými scénáři.

3.5.1 Obrazovka přehled



Obrázek 3.7: Upravená úvodní obrazovka - Přehled

Na základě připomínek byla přidána možnost pozastavit detekci nových aktivit (obrázek 3.7).

3.5.2 Obrazovka aktivity



Obrázek 3.8: Upravená obrazovka nově detekované aktivity

Na základě zpětné vazby byl přidán datum a čas kdy byla aktivita detekována (obrázek 3.8).

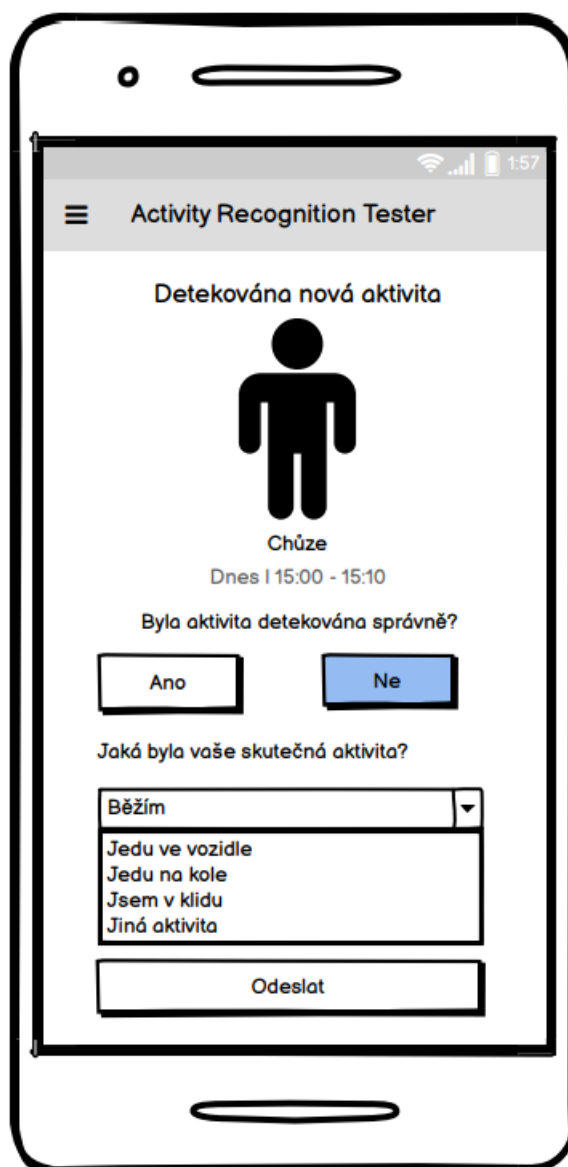
■ Obrazovka správně detekované aktivity



Obrázek 3.9: Upravená obrazovka správně detekované aktivity

Na základě zpětné vazby byl přidán čas detekce i do otázky ohledně zpoždění detekce. Upraveny byly i možnosti odpovědi, aby odpovídaly přesně na otázku (obrázek 3.9).

■ **Obrazovka chybně detekované aktivity**



Obrázek 3.10: Upravená obrazovka chybně detekované aktivity

Mezi možné skutečné aktivity byla přidána „Jiná aktivita“, pokud uživatel vykonával jinou aktivitu, než jakou je aplikace schopna detekovat, vybere právě tuto možnost (obrázek 3.10).

■ 3.5.3 Výsledky testování

■ Nalezené problémy

- Přepínač na přehledu bez popisku – přepínač slouží pro zapnutí/vypnutí detekce, ale nemá popisek
- Čas u aktivity, která nebyla správně detekována, je zobrazen 2x – může být matoucí
- Nastavení nemá ikonky u aktivit jako je tomu v ostatních částech aplikace
- Zadání zpoždění detekce obsahuje dlouhé texty a mnoho možností pro výběr – vhodnější by bylo mít možnosti: Detekováno včas x Detekováno později, u později detekovaných aktivit by se pak specifikovalo zpoždění posuvníkem

■ Navrhovaná vylepšení

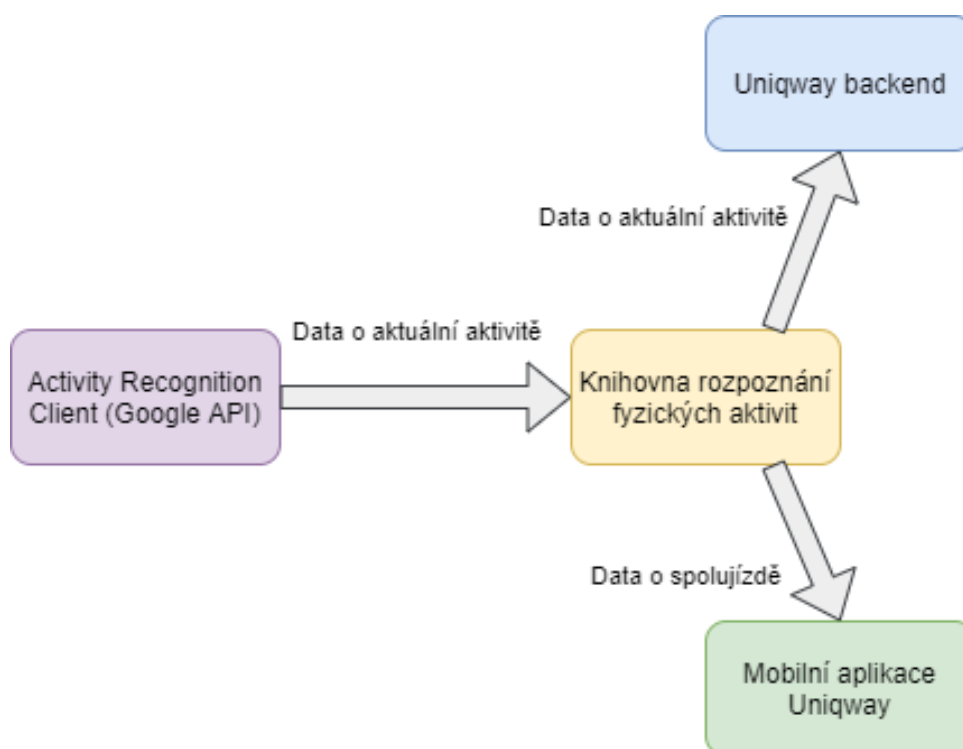
- Zobrazení aktuální aktivity v přehledu – možnost rychlé kontroly

■ 3.6 Knihovna Uniqway

Spolujízda bude detekována tím, že mobilní aplikace vyhledá Bluetooth zařízení v dosahu. Zjistí adresu každého zařízení a tu si pak porovná se seznamem adres Uniqway modulů. Mobilní aplikace spustí vyhledávání pokaždé jakmile bude detekována aktivita „IN_VEHICLE“. Pokud najde zařízení ze seznamu, odešle informaci aplikaci, která na to zareaguje, jakmile dojde k situaci, kdy již nebude zařízení v dosahu, informuje knihovna aplikaci o ukončení spolujízdy. Jelikož by mohlo dojít, jak k nechtěnému, tak i záměrnému vypnutí Bluetooth během jízdy, bude muset být spolujízda následně ověřena i na backendu Uniqway.

3.6.1 Struktura dat

Na obrázku 3.11 je vidět, jakým způsobem jsou jaká data posílána. Knihovna získá od Activity Recognition Client informaci o aktuální aktivitě uživatele. Tím, že začala nová aktivita, je předchozí aktivita považována za skončenou a je možné ji odeslat na Uniqway backend. V případě, že je nová aktivita detekována jako jízda ve vozidle, zahájí se detekce spolujízdy, která je případně oznámena aplikaci Uniqway.



Obrázek 3.11: Komunikace knihovny s ostatními částmi

Data o spolujízdě

Formát dat odesílaných do mobilní aplikace Uniqway.

- Adresa zařízení (identifikace vozidla)

■ Data o aktivitě

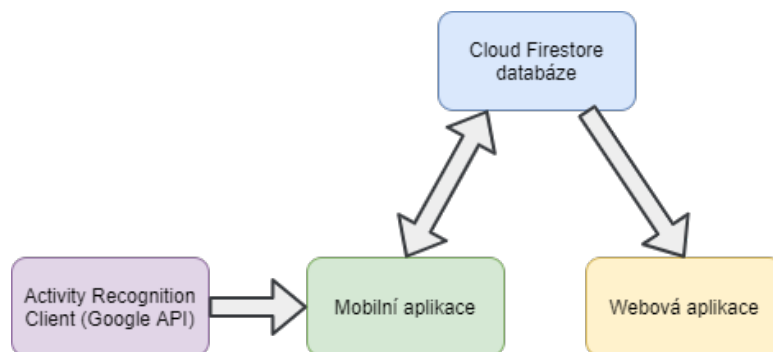
Formát dat odesílaných na backend Uniqway.

- Typ aktivity
- Čas zahájení
- Čas ukončení
- Anonymní identifikátor zařízení

Kapitola 4

Implementace

Implementace se skládá ze tří částí, nejdůležitější je experimentální mobilní aplikace pro telefony Android. Tato aplikace slouží pro detekování fyzické aktivity uživatele pomocí Activity Transition Client API, aplikace umožňuje uživateli hodnotit správnost detekce. Druhou částí je webová aplikace, která umožňuje zobrazovat data o detekovaných aktivitách ze všech mobilních zařízení. Poslední částí je knihovna pro mobilní aplikaci Uniqway.



Obrázek 4.1: Komunikace experimentální a webové aplikace

Na obrázku 4.1 je vidět, jakým způsobem se získávají a ukládají data v experimentální aplikaci. Jakmile je detekována nová aktivita, odešle Activity Recognition Client API informaci experimentální aplikaci, ta informaci zpracuje a odešle veškeré podrobnosti o aktivitě do databáze Cloud Firestore. Webová aplikace pak z této databáze data získává.

4.1 Mobilní aplikace

Mobilní aplikace slouží k otestování schopnosti Activity Transition API detekovat fyzickou aktivitu uživatele.

Aplikace využívá Activity Transition API, které detekuje fyzickou aktivitu. Toto API posílá zprávy o změně aktivity aplikaci, uživatel je pak aplikací informován o tom, že byla detekována nová aktivita. Uživatel si může vybrat pro každou fyzickou aktivitu v jaký okamžik (při zahájení nebo po skončení aktivity) se mu má notifikace zobrazit. Po zobrazení notifikace o detekované aktivitě je uživateli umožněno vyhodnotit, zda byla aktivita detekována správně. Může vyplnit i rozšiřující údaje jako je umístění telefonu nebo zpoždění detekce. Následně jsou tato data odeslána do databáze Cloud Firestore.

Experimentální aplikace je implementována jako nativní aplikace, protože využívá systémové API, je implementována v jazycích Kotlin a Java.

4.1.1 Odesílaná data

Odesílaná data obsahují následující údaje o každé aktivitě.

- Detekovanou aktivitu
- Skutečnou aktivitu
- Identifikátor, výrobce a model zařízení
- Verzi OS Android
- Čas zahájení aktivity
- Čas ukončení aktivity
- Časový interval zpoždění detekce (v případě správné detekce)
- Umístění zařízení (v případě chybné detekce)

■ 4.1.2 Použité knihovny

■ Activity Transition API

Google API, která umí rozpoznávat fyzickou aktivitu uživatele. Nabízí dva přístupy, jakými lze data získávat, prvním je periodické zasílání seznamu aktivit s jejich pravděpodobnostmi, s jakými jsou aktivity vykonávány. Druhým způsobem, jak data získat, je zasílání zpráv pouze o změnách. Experimentální aplikace používá právě druhý přístup a reaguje na všechny změny aktivit, které obdrží od tohoto API.

Pro využití Transition API v aplikaci, je nutné deklarovat závislosti na Google Location a Activity Recognition API version 12.0.0 nebo vyšší a pro verze starší jak Android 10 uvést `ACTIVITY_RECOGNITION` oprávnění v manifestu aplikace, pro Android 10 a novější je potřeba se uživatele na oprávnění dotázat přímo v aplikaci. V experimentální aplikaci je použita verze API: `com.google.android.gms:play-services-location:18.0.0`. [9]

■ Cloud Firestore

Pro ukládání dat jsem zvolil Cloud Firestore¹ – flexibilní, škálovatelnou NoSQL cloudovou databázi. Lze se k ní připojit jak z mobilní aplikace, tak z webové aplikace. Umožňuje synchronizovat data skrz více zařízení v reálném čase. Poradí si i v případě, že je zařízení offline, data se ukládají do mezipaměti a jakmile je zařízení opět online data se sesynchronizují. [18]

■ EasyPermissions

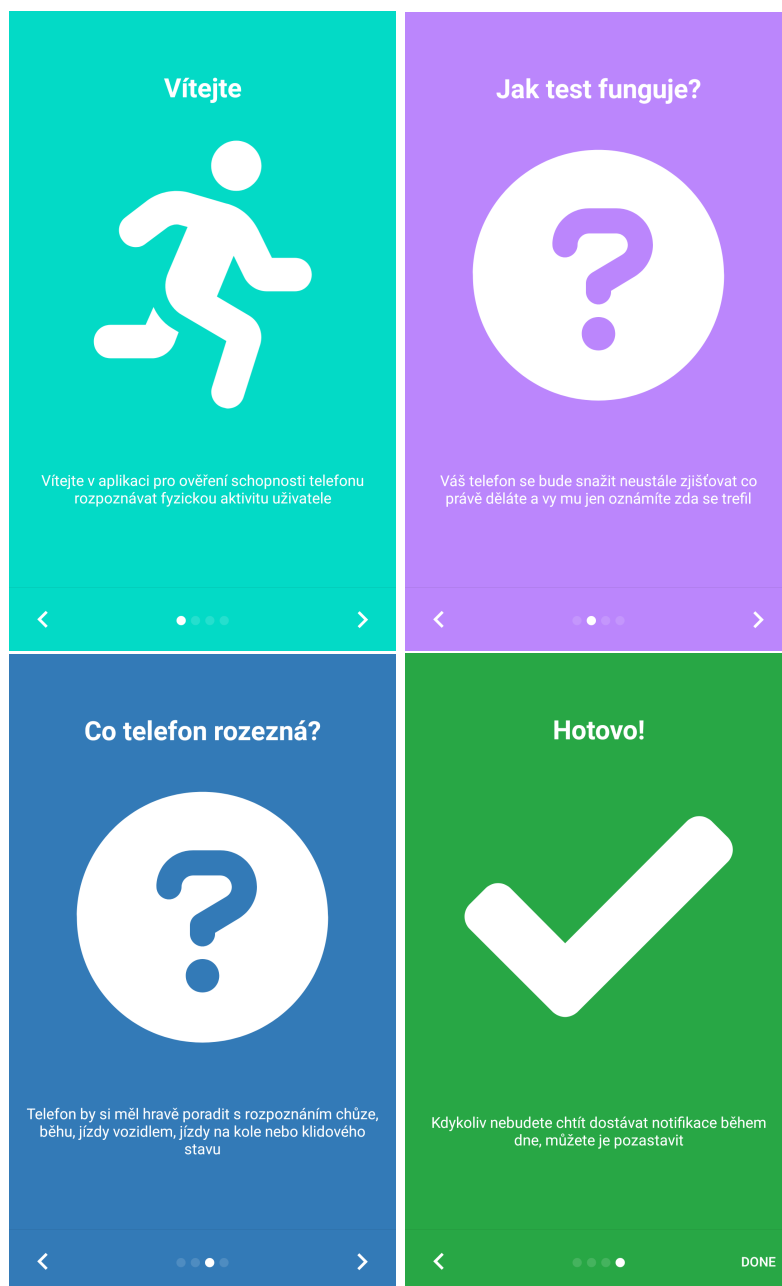
Pro zjednodušenou práci se systémem oprávnění používá aplikace knihovnu EasyPermissions². Knihovna zaobaluje systémové funkce pro kontrolu povolení nebo vyžádání oprávnění aplikace. Aktivitě nebo fragmentu aplikace pak stačí jen implementovat metody `onRequestPermissionsResult`, `onPermissionsGranted`, `onPermissionsDenied` rozhraní `EasyPermissions.PermissionCallbacks`. [19]

¹<https://firebase.google.com/docs/firestore>

²<https://github.com/googlesamples/easypermissions>

Konkrétně u verzí Android 10 a novějších se aplikace dotazuje na oprávnění fyzické aktivity. Jiná zvláštní oprávnění aplikace nevyžaduje.

■ ApplIntro

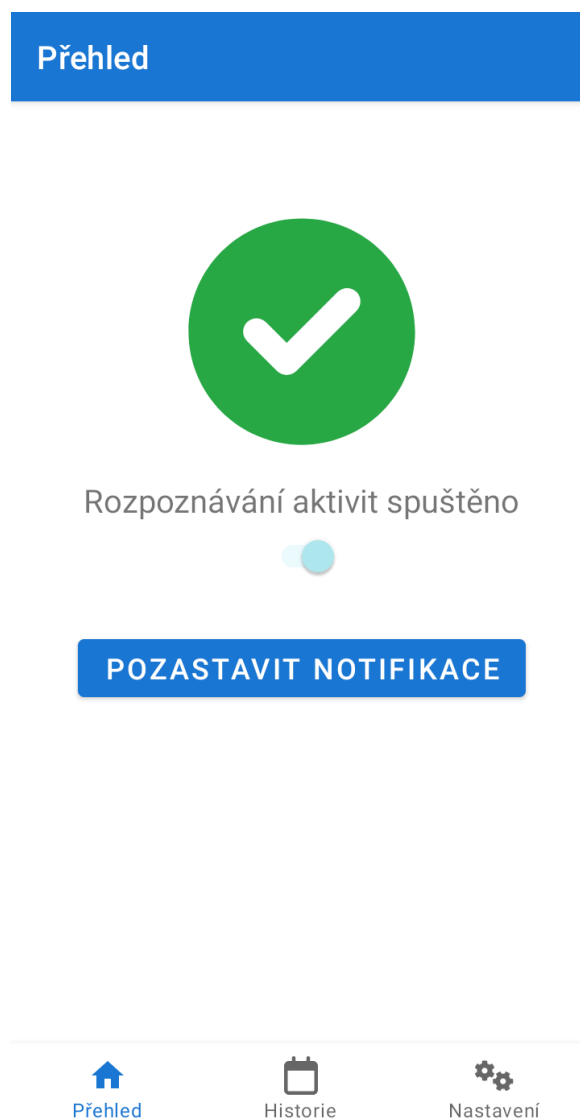


Obrázek 4.2: Proces seznámení s aplikací

Knihovna AppIntro³ slouží k vytvoření obrazovek pro seznámení uživatele s aplikací (onboarding). Experimentální aplikace pomocí těchto obrazovek seznamuje uživatele s průběhem experimentu ve čtyřech krocích, které jsou vidět na obrázku 4.2.

4.1.3 Obrazovky aplikace

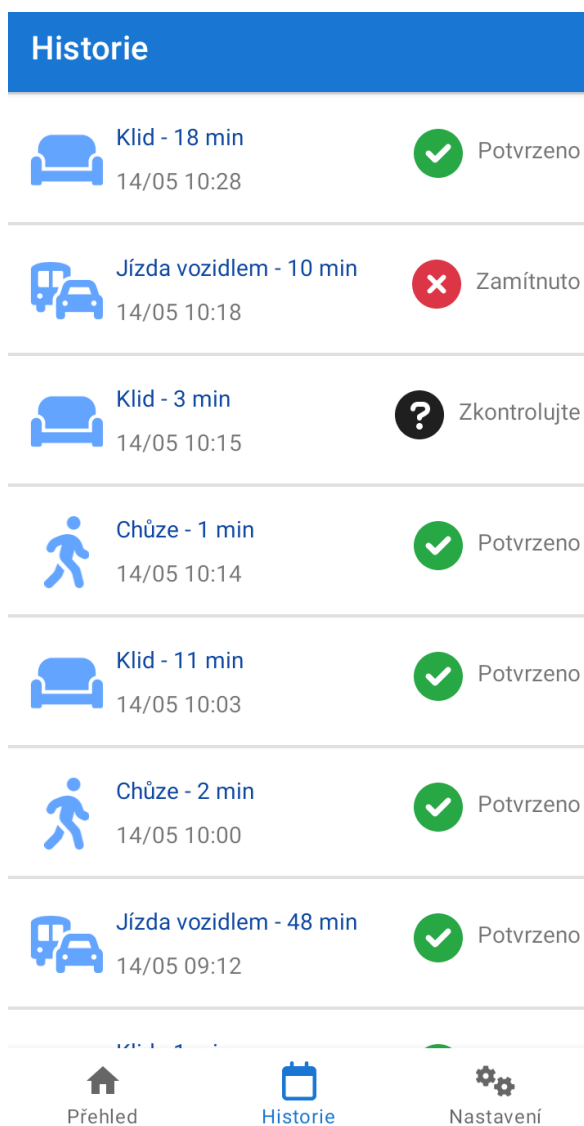
Na následujících obrázcích lze vidět finální implementaci experimentální aplikace.



Obrázek 4.3: Úvodní obrazovka

³<https://github.com/AppIntro/AppIntro>

Úvodní obrazovku (obrázek 4.3) uživatel uvidí ihned po spuštění aplikace, nabízí možnost zapnutí/vypnutí detekce aktivit a pozastavení notifikací.



Obrázek 4.4: Obrazovka historie

Na obrazovce Historie (obrázek 4.4) uživatel najde všechny své detekované aktivity, u každé je zobrazen typ, čas zahájení, doba trvání a informace o tom, zda byla detekována správně.

Activity Recognition Tester

Rozpoznána nová aktivita



Jízda vozidlem
09:12 - 10:00 14/05

Byl typ aktivity detekován správně?

ANO

NE

Čas detekce aktivity

Detekováno do 2 min. od zahájení

ODESLAT

Obrázek 4.5: Správně detekovaná aktivita

Obrazovka Správně detekované aktivity je vidět na obrázku 4.5. Uživatel na této obrazovce vyplňuje doplňující informaci o tom, s jakým zpožděním byla aktivita detekována.

Activity Recognition Tester

Rozpoznána nová aktivita



Jízda vozidlem
10:18 - 10:28 14/05

Byl typ aktivity detekován správně?

ANO

NE

Vaše reálná aktivita

Klid



Umístění telefonu

Jiné umístění



ODESLAT

Obrázek 4.6: Chybně detekovaná aktivita

Obrazovka Chybně detekované aktivity je vidět na obrázku 4.6. Uživatel na této obrazovce vybírá svou skutečnou aktivitu místo té, která byla detekována aplikací.

4.2 Webová aplikace

Detekovaná aktivita	Skutečná aktivita	Zařízení	Verze Androidu	Čas zahájení	Čas ukončení	Doba trvání	Detail
Všechny	Všechna zařízení	Všechny v					
STILL	STILL	d01740d43236f72e (Xiaomi - Mi A3)	11	18. 5. 2021 11:57:20	18. 5. 2021 12:17:30	0:20:10	Detail
WALKING	WALKING	d01740d43236f72e (Xiaomi - Mi A3)	11	18. 5. 2021 11:50:50	18. 5. 2021 11:57:20	0:06:30	Detail
STILL		1dc58dc4a73f0dd6 (HUAWEI - COL-L29)	10	18. 5. 2021 11:30:58	18. 5. 2021 14:02:56	2:31:58	
ON_BICYCLE	WALKING	1dc58dc4a73f0dd6 (HUAWEI - COL-L29)	10	18. 5. 2021 11:20:51	18. 5. 2021 11:30:58	0:10:07	Detail

Obrázek 4.7: Přehled detekovaných aktivit ve webové aplikaci

Webová aplikace umožňuje procházet všechna naměřená data z mobilních zařízení, která jsou uložena v databázi Cloud Firestore. Zobrazuje detekovanou aktivitu, skutečnou aktivitu (zadáno uživatelem), id, výrobce a model zařízení, verzi Operačního Systému Android, čas zahájení aktivity, čas ukončení aktivity a jejího trvání.

Aktivity, které byly správně detekovány (detekovaná aktivita je shodná se skutečnou) jsou podbarveny zeleně, naopak aktivity, které byly detekovány chybně jsou podbarveny červeně, záznamy aktivit, u kterých uživatel zatím neurčil skutečnou aktivitu zůstávají nepodbarvené. Data jsou seřazena podle času od nejnovějších po nejstarší a lze je filtrovat podle id zařízení, podle detekované aktivity a také podle verze Androidu. Na obrázku 4.7 lze vidět pár posledních záznamů o detekovaných aktivitách ve webové aplikaci.

Webová aplikace je implementována v Javascriptu, používá knihovnu Bootstrap v4⁴ pro design, jQuery 3⁵ a Firebase knihovny pro připojení ke Cloud Firestore. Pro možnosti filtrování dat je využita knihovna Select2⁶.

⁴<https://getbootstrap.com/>

⁵<https://jquery.com/>

⁶<https://select2.org/>

■ 4.3 Knihovna Uniqway

Knihovna pro mobilní aplikaci Uniqway byla vytvořena tak, aby ji bylo možné využít případně i v jiných projektech. Adresu endpointu backendu (adresa kam se mají posílat data) je možné nastavit libovolně. To samé platí pro seznam adres Bluetooth zařízení, které se mají považovat za moduly aut Uniqway. Jelikož se detekce provádí jen podle adresy modulu, lze tak detekovat i jiná zařízení, než jsou moduly ve vozidlech.

■ 4.3.1 Použité knihovny

■ Retrofit

Knihovna Retrofit⁷ zajišťuje Uniqway knihovně HTTP komunikaci s Uniqway backendem. Knihovna vyžaduje implementaci rozhraní, které definuje jednotlivé metody komunikace. Pro každou metodu se musí uvést typ HTTP požadavku, url adresu endpointu a data, která se mají odeslat a formát dat, který se očekává, že endpoint vrátí. [20]

⁷<https://square.github.io/retrofit/>

Kapitola 5

Experiment

Experiment prováděný v rámci této práce byl zaměřený na ověření spolehlivosti detekce fyzické aktivity pomocí ActivityRecognitionClient, experiment byl prováděný pomocí mobilní aplikace.

5.1 Získání dat

Data byla získávána od uživatelů vybraných pomocí screeneru (vizte kapitola 3.3.1). Experimentu se účastnilo 10 lidí s různými značkami svých mobilních telefonů a s různými verzemi operačního systému. Každý z účastníků byl pak pro experiment jedinečný v tom, jakými způsoby se přepravuje, kde nosí svůj telefon. Z těchto dat lze tedy zkoumat, co mělo vliv na kvalitu detekce.

5.2 Naměřená data

Výsledná naměřená data pochází z těchto zařízení: Xiaomi Mi A3, Samsung - SM-G970F, Xiaomi Mi A1, HUAWEI - PAR-LX1, HUAWEI - COL-L29, HUAWEI - YAL-L41, Xiaomi - Redmi Note 7, HMD Global - Nokia 1, Xiaomi - Redmi Note 9 Pro a Xiaomi - Mi A2. Tato zařízení měla nainstalovaný operační systém Android od verze 8.1 až po zatím nejnovější verzi 11. Jelikož byla

data získána od uživatelů v nekontrolovaném prostředí, nelze plně důvěřovat všem datům, kvalita detekce mohla být hodnocena neúmyslně, ale i úmyslně chybně.

5.3 Výsledky

Pro finální ověření spolehlivosti byla data zpracována a vytvořeny tabulky pro přehledné porovnání kvality detekce pro jednotlivé aktivity. Data byla zpracována jak pro celý set dat, tak i jen pro autorovo zařízení, které bylo nejvíce kontrolováno.

Skutečná aktivita						
Detekovaná aktivita	Ve vozidle	Na kole	Běh	Chůze	Klid	Jiná
Ve vozidle	73	4	0	2	10	3
Na kole	1	13	0	4	0	0
Běh	0	1	6	3	1	1
Chůze	1	2	3	199	0	0
Klid	2	7	1	5	218	3

Tabulka 5.1: Naměřená data od všech uživatelů v absolutních hodnotách

Skutečná aktivita						
Detekovaná aktivita	Ve vozidle	Na kole	Běh	Chůze	Klid	Jiná
Ve vozidle	94.8 %	14.8 %	0 %	0.9 %	4.4 %	42.9 %
Na kole	1.3 %	48.1 %	0 %	1.9 %	0 %	0 %
Běh	0 %	3.7 %	60 %	1.4 %	0.4 %	14.2 %
Chůze	1.3 %	7.4 %	30 %	93.4 %	0 %	0 %
Klid	2.6 %	25.9 %	10 %	2.3 %	95.2 %	42.9 %

Tabulka 5.2: Naměřená data od všech uživatelů v procentech

V tabulkách 5.1 a 5.2 lze vidět chybovost detekce fyzické aktivity z experimentální aplikace. Pro každý typ skutečně detekované aktivity, tabulky obsahují počet, respektive procentuální rozložení typů aktivit, které byly detekovány experimentální aplikací. Ze zobrazených dat, lze vidět, že jízda ve vozidle byla detekována poměrně úspěšně s téměř 95% úspěšností. I chůze a klid byly detekovány velmi úspěšně. U jízdy na kole a běhu bylo naměřeno poměrně málo vzorků dat na to, aby bylo možné hodnotit kvalitu detekce.

Skutečná aktivita						
Detekovaná aktivita	Ve vozidle	Na kole	Běh	Chůze	Klid	Jiná
Ve vozidle	22	1	0	0	5	1
Na kole	0	0	0	0	0	0
Běh	0	0	4	2	0	1
Chůze	0	0	2	118	0	0
Klid	1	0	1	0	120	0

Tabulka 5.3: Naměřená data ze Xiaomi Mi A3 v absolutních hodnotách

Skutečná aktivita						
Detekovaná aktivita	Ve vozidle	Na kole	Běh	Chůze	Klid	Jiná
Ve vozidle	95.7 %	100 %	0 %	0 %	4 %	50 %
Na kole	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Běh	0 %	0 %	57.1 %	1.7 %	0 %	50 %
Chůze	0 %	0 %	28.6 %	98.3 %	0 %	0 %
Klid	4.3 %	0 %	14.3 %	0 %	96 %	0 %

Tabulka 5.4: Naměřená data ze Xiaomi Mi A3 v procentech

Tabulky 5.3 a 5.4 zobrazují chybovost detekce fyzické aktivity z experimentální aplikace z Xiaomi Mi A3. Pro každý typ skutečně detekované aktivity, tabulky obsahují počet respektive procentuální rozložení typů aktivit, které byly detekovány experimentální aplikací. Výsledky ze zařízení Xiaomi Mi A3 víceméně odpovídají výsledkům získaných ze všech zařízení.

■ 5.3.1 Vlastní pozorování

Při průběhu experimentu bylo podrobně zkoumáno chování na mobilním telefonu Xiaomi Mi A3 s čistým Androidem (bez nástaveb a úprav), verze 11. Ačkoliv detekce fyzických aktivit fungovala velmi dobře, nastaly i situace při kterých docházelo k chybným detekcím. Častým jevem při klidovém stavu s drobným pohybem například práce rukama bylo to, že se tento stav detekoval chybně jako jízda vozidlem, důvodem je nejspíše velká citlivost na jízdu vozidlem, na druhou stranu telefon zvládne detekovat jízdu autem už po pár metrech. Jízda autem byla občas detekována i při jízdě na kole, především při vyšší rychlosti nebo na silnici s velmi dobrým a rovným povrchem.

Při pozorování bylo také zjištěno, že občas docházelo k rozpoznávání i velmi krátkých aktivit (s délkou trvání pod 30 sekund), někdy byly naopak tyto krátké nebo i o trochu delší aktivity zcela ignorovány. V případě, kdy se

detekovaly i krátké aktivity docházelo například při jízdě autem/na kole k detekci klidového stavu, který trval jen pár sekund. Což je z hlediska analýzy (cestovního) chování uživatele rušivé a je vhodné tyto krátké aktivit ignorovat.

Kapitola 6

Závěr

Čtenář je v práci seznámen s tím, jakým způsobem se v mobilních zařízeních měří zrychlení, které se využívá na detekci fyzické aktivity. Práce ukazuje, jak vypadají naměřená data pro aktivity chůze a jízda vozidlem.

Následuje porovnání dostupných možností detekce. Porovnávalo bylo užití API pro detekci fyzické aktivity obsažené v operačním systému, další možnosti k porovnání bylo využití knihoven třetích stran a strojového učení na zpracování dat z akcelerometru. Jako nejvhodnější bylo zvoleno Activity Transition API. Tento způsob detekce splňoval nejvíce požadavků. Toto API má velmi malý vliv na výdrž baterie a jeho klasifikátor byl trénován na velmi velkém množství dat. Nabízí aplikacím velmi jednoduché rozhraní pro získání informací o aktuální fyzické aktivitě. Přestože API postrádá detailní rozpoznávání pohybu uživatele, tak pro použití v knihovně Uniqway to není žádným problémem.

Pro ověření schopnosti Activity Transition API byl navržen pomocí metody UCD prototyp experimentální aplikace. Tento prototyp byl testován s 5 uživateli a na základě jejich připomínek a nalezených problémů proběhly úpravy. Následně byla tato aplikace implementována a s její pomocí otestovány schopnosti detekce vybraného API. Nasbíraná data byla odesílána průběžně do databáze. Data jsou dostupná ve webové aplikaci.

Nakonec byla data z experimentální aplikace zpracována a vyhodnocena kvalita detekce. Z naměřených dat vyplynulo, že se jízda vozidlem detekovala s více jak 95% úspěšností správně, což je pro potřeby využití v knihovně

Uniqway dostačující výsledek.

Po ověření kvality detekce pomocí Activity Transition API bylo toto API použito i při implementaci knihovny Uniqway pro detekci aktuální aktivity a režimu spolujízdy.

Do budoucna by bylo vhodné rozšířit schopnosti detekce fyzické aktivity experimentální aplikace na určitých zařízeních Huawei, která Activity Transition API nemají. Zde je možné použít velmi podobné API od Huawei s názvem Location Kit. Dále by bylo dobré odzkoušet experimentální aplikaci na více zařízeních, především na zařízeních od různých výrobců a prozkoumat vliv různých systémů řízení spotřeby na detekci.

Experimentální aplikaci lze do budoucna používat jako benchmark vybraného API a zkoumat, jak se schopnosti tohoto API vyvíjí.

Příloha A

Literatura

- [1] Škoda Auto. ŠKODA AUTO nově nabízí službu studentského sdílení aut Uniqway v Mladé Boleslavi a rozšiřuje flotilu vozů. [Vid. 19. 5. 2021]. [Online]. Available: <https://www.skoda-storyboard.com/cs/tiskove-zpravy-archiv/skoda-auto-nove-nabizi-sluzbu-studentskeho-sdileni-aut-uniqway-v-mlade-boleslavi-a-rozsiruje-flotilu-vozu/>
- [2] Haasz, V., Sedláček, M., *Elektrická měření. Přístroje a metody*. ČVUT, Praha, 2018.
- [3] Akram Bayat, Marc Pomplun, Duc A. Tran, “A Study on Human Activity Recognition Using Accelerometer Data from Smartphones,” *The 11th International Conference on Mobile Systems and Pervasive Computing (MobiSPC-2014)*.
- [4] Ustun, Ilyas, “Robust Algorithms for Estimating Vehicle Movement from Motion Sensors Within Smartphones,” *Old Dominion University*.
- [5] Nielsen Norman Group. Why You Only Need to Test with 5 Users. [Vid. 18. 5. 2021]. [Online]. Available: <https://www.nngroup.com/articles/why-you-only-need-to-test-with-5-users/>
- [6] Uniqway. O nás | Uniqway. [Vid. 16. 12. 2020]. [Online]. Available: <https://www.uniqway.cz/about>
- [7] ——. První český univerzitní carsharing | Uniqway. [Vid. 14. 5. 2021]. [Online]. Available: <https://www.uniqway.cz/>
- [8] StatCounter Global Stats. Mobile Operating System Market Share Worldwide. [Vid. 7. 12. 2020]. [Online]. Available: <https://gs.statcounter.com/os-market-share/mobile/worldwide>

- [9] Google. ActivityRecognitionClient | Google APIs for Android. [Vid. 8. 11. 2020]. [Online]. Available: <https://developers.google.com/android/reference/com/google/android/gms/location/ActivityRecognitionClient>
- [10] Andrew T. Campbell. Dartmouth CS 65/165. [Vid. 14. 5. 2021]. [Online]. Available: https://www.cs.dartmouth.edu/~campbell/cs65/lecture22/lecture22_2018.html
- [11] Google. DetectedActivity | Google Play services | Google Developers. [Vid. 15. 11. 2020]. [Online]. Available: <https://developers.google.com/android/reference/com/google/android/gms/location/DetectedActivity>
- [12] Huawei. Location Kit-About the Service. [Vid. 19. 5. 2021]. [Online]. Available: <https://developer.huawei.com/consumer/en/doc/development/HMSCore-Guides/introduction-0000001050706106>
- [13] Apple. Core Motion | Apple Developer Documentation. [Vid. 19. 5. 2021]. [Online]. Available: <https://developer.apple.com/documentation/coremotion>
- [14] PCMag. Definition of Apple coprocessor. [Vid. 19. 5. 2021]. [Online]. Available: <https://www.pcmag.com/encyclopedia/term/apple-coprocessor>
- [15] Venelin Valkov. Human Activity Recognition using LSTMs on Android — TensorFlow for Hackers. [Vid. 25. 11. 2020]. [Online]. Available: <https://medium.com/@curiously/human-activity-recognition-using-lstms-on-android-tensorflow-for-hackers-part-vi-492da5adef64>
- [16] The Neura. Situations and Moments. [Vid. 15. 12. 2020]. [Online]. Available: <https://dev.theneura.com/api-reference/situations-and-moments/>
- [17] T. Lowdermilk, *User-Centered Design*. O'Reilly Media, 2013.
- [18] Firebase. Cloud Firestore. [Vid. 19. 12. 2020]. [Online]. Available: <https://firebase.google.com/docs/firestore>
- [19] ——. EasyPermissions. [Vid. 23. 1. 2021]. [Online]. Available: <https://firebaseopensource.com/projects/googlesamples/easypermissions/>
- [20] Square. Retrofit - A type-safe HTTP client for Android and Java. [Vid. 16. 5. 2021]. [Online]. Available: <https://square.github.io/retrofit/>



Příloha B

Obsah CD

Přiložené CD obsahuje následující soubory a adresáře:

experimental-app Celý Android Studio projekt experimentální aplikace

experimental-app-prototypes PDF dokumenty pro každou verzi prototypu

thesis.pdf PDF dokument této diplomové práce

web-app Kód webové aplikace pro zobrazení dat

Experimentální aplikace je také dostupná v Google Play:
<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.activityrecongitiontester>

Webová aplikace je dostupná na adrese: <http://activity-recognition.musal.eu/>