

Bakalářská práce



České
vysoké
učení technické
v Praze

F3

Fakulta elektrotechnická
Katedra počítačové grafiky a interakce

System pro vyhodnocování dat a časů ze závodů RC rally

Filip Musal

Vedoucí: Ing. Ivo Malý, Ph.D.
Obor: Otevřená informatika
Studijní program: Softwarové systémy
Květen 2019

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Musal** Jméno: **Filip** Osobní číslo: **456900**
Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**
Zadávající katedra/ústav: **Katedra počítačů**
Studijní program: **Otevřená informatika**
Studijní obor: **Softwarové systémy**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Systém pro vyhodnocování dat a časů ze závodů RC rally

Název bakalářské práce anglicky:

Pokyny pro vypracování:

Analyzujte současný způsob zpracování jízdních dat a měření času při závodech RC rally 1:10 v ČR. Navrhněte rozšíření existujícího výsledkového systému o HW moduly pro sběr jízdních dat z modelů RC aut a pro sběr časových dat z trati. Data budou předávána pomocí vhodných komunikačních technologií. Uživatelské rozhraní systému vytvořte nejprve jako nízkouroňový prototyp, který otestujete s uživateli. Celkový systém vytvořte pomocí vhodných HW a SW technologií a otestujte jej jednak pomocí SW i uživatelských testů. Ověřte vhodnost systému na závodu, který odpovídá reálným podmínkám budoucího nasazení.

Seznam doporučené literatury:

- [1] S. Monk, Hacking Electronics: Learning Electronics with Arduino and Raspberry Pi, Second Edition 2nd Edition, McGraw-Hill Education TAB, 2017.
- [2] T. Lowdermilk, User-Centered Design, O'Reilly Media, 2013.
- [3] D. Girbau, A. Ramos, R. Villarino, A. Lazaro, RFID and Wireless Sensors Using Ultra-Wideband Technology, ISTE Press Ltd - Elsevier Inc, 2016.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

Ing. Ivo Malý, Ph.D., katedra počítačové grafiky a interakce FEL

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

Datum zadání bakalářské práce: **04.02.2019**

Termín odevzdání bakalářské práce: **24.05.2019**

Platnost zadání bakalářské práce: **20.09.2020**

Ing. Ivo Malý, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) práce

podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Ing. Pavel Ripka, CSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

Poděkování

Chtěl bych poděkovat svému vedoucímu práce panu doktoru Ivovi Malému. 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, 24. května 2019

Abstrakt

Bakalářská práce si klade za cíl vytvořit pro závodníky RC rally mobilní aplikaci, zařízení na měření času a komponentu pro sběr jízdních dat. Základem práce je analýza jednotlivých součástí a sběr požadavků od potenciálních uživatelů, následně pak vytvoření prototypů a testování s uživateli.

Výsledná mobilní aplikace umožňuje zobrazení startovních listin, výsledků, diskuze a informací o jednotlivých závodech, jejich účastnících a týmech. Taktéž poskytuje data z jízdního modulu, který zjišťuje stav baterie v modelu auta a během jízdy měří jeho zrychlení. Zařízení na měření času detekuje projíždějící RCmodel a následně odesílá data na server.

Klíčová slova: Android, Arduino, RC rally

Vedoucí: Ing. Ivo Malý, Ph.D.

Abstract

This thesis aims to develop a mobile application for RC rally racers; a time measuring device and data gathering components. The basis of the dissertation is formed by the analysis of the individual components, collecting user insights and subsequent real life testing of created prototypes of the device.

The final mobile application enables displaying the lists of participating racers, overall results, discussions and information about all the races, participants and their teams respectively. It also provides data from the racing module that checks the battery status of that particular RC vehicle while measuring its acceleration. The time measuring device detects the passing RC vehicle and sends the gathered data to the dedicated server.

Keywords: Android, Arduino, RC rally

Title translation: System for data and time evaluation of RC rally races

Obsah

1 Úvod	1	3.1.1 Možnosti připojení modulu . .	13
1.1 RC rally	1	3.1.2 LoRa	14
1.2 Cíl práce	3	3.1.3 LoRaWAN server	15
2 Analýza	5	3.1.4 The Things Network	15
2.1 Dostupné systémy	5	3.2 Modul jízdních dat	15
2.2 Měřicí modul	6	3.2.1 Bluetooth Low Energy	15
2.2.1 Požadavky	6	3.3 Mobilní aplikace	16
2.2.2 Aktuální řešení	7	3.3.1 Případy užití	16
2.3 Modul jízdních dat	8	3.3.2 Prototyp	17
2.3.1 Požadavky	8	3.3.3 Testování	22
2.3.2 Aktuální řešení	8	4 Implementace	23
2.4 Mobilní aplikace	9	4.1 Měřicí modul	23
2.4.1 Požadavky	10	4.1.1 Elektronika	23
2.4.2 Aktuální řešení	11	4.1.2 Software	24
3 Návrh	13	4.1.3 Odesílání dat	25
3.1 Měřicí modul	13	4.2 Modul jízdních dat	26
		4.2.1 Elektronika	27
		4.2.2 Software	28

4.3 Mobilní aplikace	28
4.3.1 Cílová platforma	28
4.3.2 Obrazovky aplikace	30
4.3.3 Popis API.	43
4.3.4 Push notifikace	43
4.3.5 Použité knihovny	43
5 Testování	45
5.1 Měřící modul	45
5.1.1 Nalezené problémy:	45
5.2 Modul jízdních dat	46
5.3 Mobilní aplikace	46
5.3.1 Testování s uživateli	46
6 Závěr	49
A Literatura	51
B Obsah CD	53

Obrázky

1.1 RC model	2	3.7 Prototyp - průběžné pořadí a profil uživatele	20
1.2 Trať ve Dvoře Králové nad Labem [1]	2	3.8 Prototyp - detail závodu a startovní pořadí	21
2.1 Měřicí modul používaný šampionátem Czech Rally Championship [2]	7	3.9 Prototyp - přehled registrovaných závodníků a týmů	21
2.2 Ovladač a přijímač s integrovaným modulem jízdnic dat [3]	9	4.1 Nově vytvořený měřicí modul . .	24
2.3 Vlevo seznam závodníků, vpravo seznam závodů	11	4.2 Tok dat z modulu na server . . .	25
2.4 Vlevo seznam závodů, vpravo výsledky v reálném čase	12	4.3 Výsledný modul jízdnic dat umístěný v RC modelu	27
3.1 Prototyp - hlavní obrazovka	17	4.4 Zastoupení jednotlivých verzí OS Android ve světě v dubnu 2019 [4] (nahore) a mezi závodníky (dole) . .	29
3.2 Prototyp - menu a seznam závodů	18	4.5 Vlevo obrazovka pokud se nekoná závod, vpravo obrazovka během závodu	30
3.3 Prototyp - obrazovka s výsledky a výběrem rychlostní zkoušky	18	4.6 Obrazovka s otevřeným menu . .	31
3.4 Prototyp - diskuze a seznam soutěžnic kategorií	19	4.7 Obrazovka se seznamem závodů	32
3.5 Prototyp - spárování nového modulu a zobrazení dat z něj	19	4.8 Vlevo obrazovka se základními informacemi, vpravo seznam přihlášených závodníků	33
3.6 Prototyp - vyhledávání modulů jízdnic dat a obrazovka s jeho stavem	20	4.9 Obrazovka s přehledem startovního pořadí	34
		4.10 Obrazovka s výsledky rychlostní zkoušky	35

4.11	Obrazovka s profilem závodníka	36
4.12	Obrazovka se seznamem registrovaných závodníků a týmů .	37
4.13	Obrazovka s diskuzí uživatelů .	38
4.14	Obrazovka s nalezenými Bluetooth LE zařízeními	39
4.15	Obrazovka s detailem jízdního modulu	40
4.16	Obrazovka s detailem jízdy . . .	41
4.17	Obrazovka s přihlašovacím formulářem	42

Tabulky

3.1	Přehled dostupných bezdrátových technologií [5]	14
-----	--	----

Kapitola 1

Úvod

1.1 RC rally

RC rally jsou závody modelů rally aut v měřítku 1:10 (viz obrázek 1.1) poháněných elektromotory, standardně s pohonem všech čtyř kol. Každý závod se skládá z několika (většinou 8–12) rychlostních zkoušek. Jezdí se, jak na zpevněném povrchu, tak v terénu (viz obrázek 1.2). Trať je vyznačena například křídou nebo vápnem, v zatáčkách jsou umístěny objízdné body, které závodník musí objet. Na trati se také vyskytují různé mostky, zúžení a jiné překážky. Startuje se jednotlivě v určeném časovém rozestupu (nejběžněji jedna minuta nebo 30 sekund po předchozím závodníkovi). Závodník za svým RC modelem běží po trati a v případě uvíznutí nebo převrácení umístí model zpět na trať.

Vítězem rychlostní zkoušky se stává závodník, který trasu projede za nejkratší čas. Vítězem závodu je ten, kdo má nejmenší součet časů všech rychlostních zkoušek. Každý závodník soutěží ve své věkové kategorii. Může se také přihlásit do technické kategorie, ale musí pak splňovat různá omezení jako je počet hnaných náprav nebo vzorek pneumatik. Každý závodník podle svého umístění získává určitý počet bodů. Soutěží také týmy, ty jsou tvořeny minimálně dvěma závodníky. Vítězí ten tým, jehož dva nejlépe ohodnocení členové získají dohromady nejvíce bodů.

V České republice se jezdí okolo 10 šampionátů, jednotlivé závody se konají prakticky po celém jejím území. Patří mezi ně například Czech Rally

1. Úvod

Championship¹, Safari Cup² a Mistrovství České republiky³. Šampionátem se rozumí seriál několika závodů (většinou okolo 8), za každý závod získá závodník body dle umístění. Vítězem šampionátu se stává závodník, který má v součtu nejvíce bodů ze všech závodů. Detailní pravidla každého z šampionátů jsou umístěna na jejich stránkách. Každý závodník se může zúčastnit více šampionátů.



Obrázek 1.1: RC model



Obrázek 1.2: Trať ve Dvoře Králové nad Labem [1]

¹<http://crc-rcrally.cz>

²<http://safaricup.cz>

³<http://mcrrcally.cz>

■ 1.2 Cíl práce

Cílem této práce je analyzovat současný stav softwarové podpory při pořádání závodů. Zhodnotit stávající řešení pro měření času závodníků, pro sběr jízd-
ních dat a možnosti využití mobilní aplikace pro informační servis. Následně
shromáždit požadavky výstupů z měřícího zařízení. Dle požadavků navrhnout
řešení, které nabídne jak závodníkům, tak i pořadatelům nové užitečné funkce.
Následně ověřit, zda navrhovaná řešení lze zrealizovat pomocí dostupných
technologií, vytvořit je a posléze je otestovat v podmínkách odpovídajícím re-
álným závodům. Hlavním důvodem pro vytvoření nového systému je chybějící
podpora aktuálně vyžadovaných funkcí. Jen málo systémů je stále dostupných
k zakoupení. Dalším cílem je poskytnout nový systém, který posouvá závody
na novou úroveň a je dostupný všem pořadatelům závodů a šampionátů.

Kapitola 2

Analýza

Nejprve rozebereme současná řešení a zjistíme jaké mají nedostatky. Posléze je třeba se zaměřit na analýzu jednotlivých částí.

2.1 Dostupné systémy

Aktuálně neexistuje žádné řešení, které by zahrnovalo kompletní nástroje od přihlašování závodníků po měření a zpracování a následného sdílení výsledků pro pořádání závodů RC rally. Pro přihlašování a měření bývají používány rozdílné systémy, data z jednoho systému do druhého není jednoduché přenést a je často nutné některá data ručně opravit. V ČR je nejčastěji používána aplikace RZ-Xtreme, některé šampionáty používají svá řešení. Aplikace RZ-Xtreme je již zastaralá a nepodporuje všechny potřebné funkce, které jsou v současné době důležité pro závodníky. Nově vzniklé šampionáty si tuto aplikaci již nemohou pořídit jelikož není nabízena. Ostatní aplikace funkčně vyhovují pouze danému šampionátu a nejsou k dispozici ostatním.

Pro okruhové RC závody existuje aplikace RC-timing, která je využívána po celém světě. Jedná se o aplikaci dostupnou pro Android i iOS, má i webovou verzi. Aplikace umožňuje vše od přihlašování na závod až po vyhodnocení závodu, pro RC rally je však nevhodná z důvodu odlišného systému startu. Mobilní aplikaci má i turecký RC rally šampionát BRC Rally Championship, ta je vytvořena pouze pro jejich šampionát a nabízí pouze základní funkce jako je seznam závodů, výsledky závodů a průběžné pořadí.

Již dříve jsem vytvořil systém s názvem RC Rally Timer¹, který z počátku umožňoval pouze přihlašování na závody, později byla přidána aplikace startovací hodiny (aplikace běží na startu rychlostní zkoušky a odpočítává čas do startu závodníků). Následně přibývaly další funkce jako je ruční měření časů závodníků, vyhodnocení závodu, diskuse nebo průběžné výsledky. Systém nabízí API, takže jej lze snadno rozšířit o další prvky. Proto jsem se v rámci své práce rozhodl navázat na tento již vytvořený systém.

2.2 Měřicí modul

Měřicí modul je zařízení určené k zaznamenávání času průjezdu RC modelu. Změřená data následně předává dalšímu prvku, který je zpracovává. Na závodech lze využít tyto moduly k měření času, jak v cíli rychlostní zkoušky, tak v jejích kontrolních bodech.

2.2.1 Požadavky

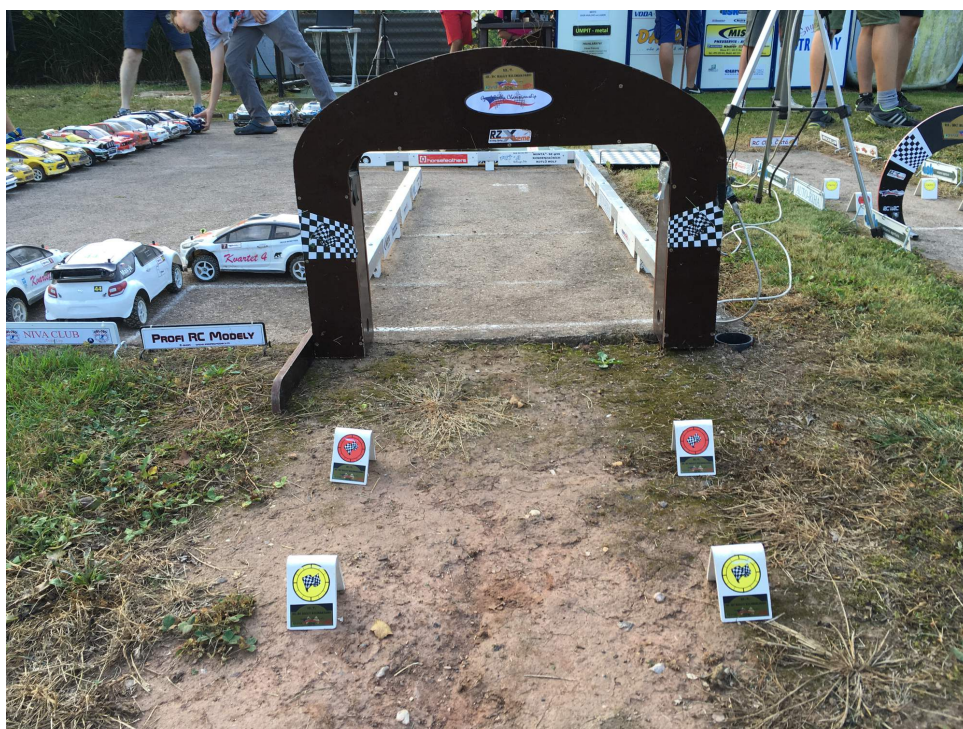
Na základě pravidel závodů a potřeb pořadatelů jsem vypracoval seznam požadavků:

- Modul musí být snadno přenosný a skladný.
- Modul musí být odolný vůči nárazům, prachu a dešti.
- Modul musí být bezdrátový pro možnost umístění kamkoliv na trať.
- Modul musí měřit čas s přesností na tisícinny sekundy.
- Modul musí vydržet na jedno nabití po celý závod.
- Musí být možné umístit více modulů na trať.
- Musí být možné využít modul i jako průjezdový kontrolní bod.

¹<https://rcrallytimer.eu>

2.2.2 Aktuální řešení

Aktuálně se používá pouze jeden modul v oblasti cíle pro vyhodnocení výsledného času jezdce, modul je připojen kabelem k měřicímu počítači pomocí USB. Konstrukce modulu je většinou ze dřeva nebo kovu. Tvarově se jedná o průjezdovou bránu (obrázek 2.1). Veškeré vyhodnocování výsledků a zpracování dat z modulu je prováděno časoměřičem na počítači. Výsledky jsou pak sdíleny lokálně např. Wi-Fi sítí nebo nahrávány manuálně na internet až po skončení rychlostní zkoušky.



Obrázek 2.1: Měřicí modul používaný šampionátem Czech Rally Championship [2]

Mezi hlavní nevýhody patří například připojení kabelem, což vede k omezení umístění kdekoli na trati. S tím je také spojeno, že na trati je umístěn pouze jeden modul v cíli u zázemí časoměřiče, na trati tudíž chybí jakékoli kontrolní body.

■ 2.3 Modul jízdních dat

Modul jízdních dat je zařízení, které si mohou závodníci nainstalovat do svého RC modelu. Toto zařízení jim pak poskytuje bližší informace o RC modelu jako napětí baterie, otáčky a teplotu motoru nebo zrychlení.

■ 2.3.1 Požadavky

Po diskuzi s potenciálními uživateli a na základě pravidel závodů jsem sestavil tento seznam požadavků:

- Modul musí měřit zrychlení a počet převrácení.
- Modul nesmí zasahovat do ovládání RC modelu.
- Modul musí hlídat stav baterie.
- Modul musí mít nízkou spotřebu.
- Modul musí být napájen z baterie RC modelu (7.4–7.6 V).
- Modul musí být odolný vůči prachu a vodě.
- Modul musí být malý a lehký, aby bylo možné jej umístit na RC model a měl malý vliv na jízdní vlastnosti
- Modul musí podporovat bezdrátovou synchronizaci s mobilním telefonem Android.

■ 2.3.2 Aktuální řešení

Existují 2 druhy modulů zpracovávající jízdní data, buďto jsou integrované přímo v přijímači umístěném v RC modelu [6] (obrázek 2.2) nebo jsou samostatným prvkem [7]. Často jsou tyto moduly vybavené i režimy, které dokážou v případě potřeby (dochází k přetočení, stabilizace směru jízdy) korigovat uživatelův vstup. Tyto moduly zasahující do řízení jsou často zakázané. Některé funkce pak nemají naopak moc velký smysl v RC rally a jsou vhodné pouze pro jiný druh RC sportu.

Výhodou samostatných modulů je nezávislost na vysílači a přijímači, to s sebou přináší i omezení ve formě horšího získávání dat z přijímače. Modul lze snadněji přenášet mezi jednotlivými vozy.



Obrázek 2.2: Ovladač a přijímač s integrovaným modulem jízdních dat [3]

Integrované systémy nabízí více možností jako je například měření napětí baterie, otáčky motoru, teplota motoru. Jízdní data jsou přenášena nepřetržitě během jízdy do vysílače, kde jsou ukládány na paměťové zařízení. Tyto moduly také často umožňují využít funkce, které korigují například směr jízdy, tyto funkce jsou velmi často zakázané a moduly nesmějí být na závodech používány.

2.4 Mobilní aplikace

Mobilní aplikace by měla sloužit především k zobrazení startovních listin, výsledků a jízdních dat z RC modelu. Tyto funkce budou využívány především přímo na závodech, mimo něj by uživatelé měli v aplikaci najít všechny důležité informace o nadcházejících závodech, registrovaných závodnících a týmech.

■ 2.4.1 Požadavky

- Aplikace musí zobrazit výsledky rychlostní zkoušky i závodu.
- Aplikace musí umožňovat zobrazit veškeré závody sezóny.
- Aplikace musí umožňovat zobrazit si detail závodu – harmonogram a seznam přihlášených.
- Aplikace musí umožňovat přihlášení do závodu.
- Aplikace musí umožňovat zobrazení startovního pořadí.
- Aplikace musí umožňovat zobrazení registrovaných závodníků a týmů.
- Aplikace musí umožňovat synchronizaci a zobrazení dat z modulu měřící jízdní data.
- Aplikace musí podporovat více šampionátů.
- Aplikace se musí být snadno použitelná i pro starší uživatele.
- Aplikace musí oznámit uživateli jeho blížící se čas startu.
- Aplikace musí oznámit uživateli po dokončení rychlostní zkoušky výsledný čas a pořadí.

2.4.2 Aktuální řešení

■ BRC rally championship²

Sıra	Pilot	Puan
1	Osman Fatih Sevim	293
2	Onur Erkan Eğreti	231
3	Fatih Kılıç	143
4	Ali Kaan Poşul	114
5	Faruk Ergümüş	102
6	Hakan Dindoruk	93
7	Bülent Peker	68
8	Nafiz Murat Kurt	62
9	Emre Tüysüz	52

Etkinlik	Tarih ve Saat
I. Beykoz RC Rally Park	26.03.2017 14:00
I. The Beykoz Grove	31.03.2017 19:30
I. Rallye Monte Carlo	14.04.2017 19:30
I. Rally Sweden	28.04.2017 19:30
I. Rally Mexico Guanajuato	12.05.2017 19:30
I. Rally Argentina	26.05.2017 19:30
I. Rally Italia Sardegna	9.06.2017 19:30
I. Rally de Portugal	23.06.2017 19:30
II. Beykoz RC Rally Park	2.07.2017 14:00
I. Rally Finland	7.07.2017 19:30

Obrázek 2.3: Vlevo seznam závodníků, vpravo seznam závodů

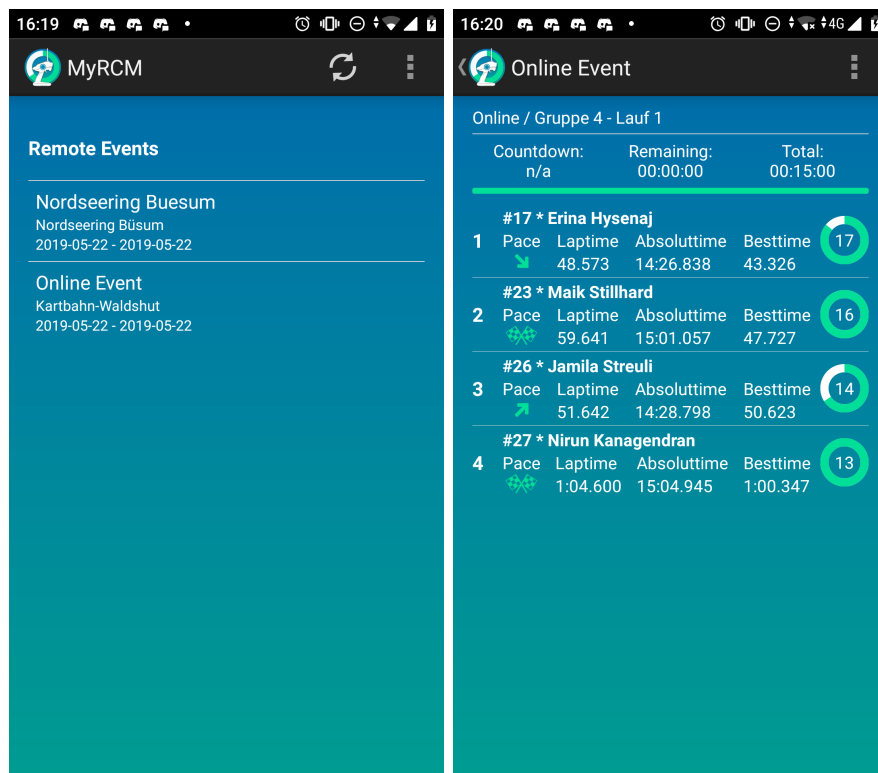
Méně používanou aplikací určenou pouze pro jeden šampionát je BRC rally championship. Umožňuje zobrazovat novinky v podobě článků, kalendář závodů, seznam závodníků a týmů i výsledky (obrázek 2.3). Bohužel není dostupná ani v češtině ani v angličtině. Nevhodná je také proto, že je určena výhradně pro šampionát autora aplikace a ostatní šampionáty ji nemohou využít.

■ MyRCM³

Pro okruhové závody je momentálně nejpoužívanější celosvětově rozšířený systém s názvem RC-Timing, který má mobilní aplikaci pojmenovanou MyRCM. Zobrazuje seznam aktuálních závodů, kde po jejich rozkliknutí vidíme výsledky v reálném čase (obrázek 2.4). Ta bohužel nevyhovuje našemu účelům z důvodu rozdílného systému startování (u okruhových závodů startuje několik RC modelů najednou, zatímco v RC rally se startuje jednotlivě).

²<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.beykozrc.brc.br rallychampionship>

³<https://play.google.com/store/apps/details?id=ch.rctiming.android.myrcm>



Obrázek 2.4: Vlevo seznam závodů, vpravo výsledky v reálném čase

Kapitola 3

Návrh

3.1 Měřící modul

Pro účely závodů se mi jako nejvhodnější konstrukce modulu jeví tvar průjezdové brány. Jako materiál jsem se rozhodl zvolit hliník, kvůli jeho tuhosti a vyšší hmotnosti. Aby byl modul snadno přenositelný, navržená konstrukce musí být lehce rozebíratelná a složitelná. Uvnitř konstrukce bude vložen mikrokontrolér, o detekci projíždějícího RC modelu se postará infračervený senzor, který oproti ostatním technologiím (například laser) není ovlivněn slunečním svitem. Protože závody se konají v různých prostředích a cíl může být vzdálen i několik set metrů, je nutné vybrat vhodnou bezdrátovou technologii.

3.1.1 Možnosti připojení modulu

Pro připojení měřícího modulu byla vybrána technologie LoRa, především z důvodu velkého dosahu, což lze vidět i v tabulce 3.1, a velmi nízké spotřeby, omezený datový tok není pro tuto aplikaci překážkou. Provoz sítě narozdíl od LTE není zpoplatněn.

	Dosah	Frekvence	Max. rychlost
Bluetooth	100 m	2.4 Ghz	255 Mb/s
WiFi	desítky metrů	2.4, 5 Ghz	1800 Mb/s
LTE	Záleží na pokrytí	0.8, 0.9, 1.8, 2.1, 2.6 GHz	150 Mb/s
LoRa	Až desítky km	433, 868, 915 MHz	50 kb/s
ZigBee	75 m	0.868, 0.902-0.928, 2.4 GHz	250 kb/s

Tabulka 3.1: Přehled dostupných bezdrátových technologií [5]

3.1.2 LoRa

LoRa je řešení pro bezdrátový přenos dat, kdy je hlavním cílem co nejnižší spotřeba výkonu při malých pořizovacích nákladech a postačí malý datový tok.

Vzhledem k výkonu řádu jednotek až desítek miliwattů a občasnému vysílání třeba jen několikrát denně může být životnost baterií mnoho let. Díky využití tzv. bezlicenčních pásem v rozsahu metrových vln může být v příznivém terénu dosah přes 10 km, přičemž průchodnost signálu do staveb je relativně příznivá. Používají se kmitočty v okolí 169 MHz, 433 MHz, 868 MHz (Evropa) a 915 MHz (Severní Amerika). Datový tok bývá mezi 292 b a 50 kilobity za sekundu. Jde o patentovanou technologii modulace (US7791415 /2008, EP2763321 /2013) vyvinutou původně v Cycleo (Grenoble, Francie) a odkoupenou firmou Semtech (2012). V podstatě jde o proprietární techniku CSS, tedy variantu rozprostřeného spektra s vysíláním krátkých kmitočtově rozmítaných impulsů. [8]

Vzhledem k potenciálu využití v dálkových odečtech i v internetu věcí (IoT) vzniklo sdružení LoRa Alliance s řadou členů.

V ČR tuto technologii používají například České radiokomunikace ve velkém rozsahu díky výhodné poloze svých vysílačů. [9]

Specifikace LoRaWAN je veřejně dostupná a definuje protokol přístupové vrstvy pro řízení komunikace mezi bránami LPWAN a koncovým zařízením. Verzi 1.0 vydalo sdružení v roce 2015. Zařízení v síti jsou asynchronní a vysílají data, jakmile jsou k dispozici nebo uplyne stanovený interval. Data vyslaná koncovým zařízením mohou být přijímána jednou nebo vícero bránami, které je předávají do centrálního serveru. Ten kromě řízení sítě odfiltruje duplikátní pakety, kontroluje zabezpečení a předává data aplikačním serverům.

■ 3.1.3 LoRaWAN server

Pro správu LoRa gateways, koncových zařízení a integraci s cloudovými službami je potřeba LoRaWAN server. Existují řešení, která lze nasadit na vlastní server a vše provozovat bez omezení např. LoRaServer [10]. Nebo lze využít otevřenou infrastrukturu. Existují služby, které mají sdílenou infrastrukturu a pro férové užití je možné je využít zdarma. Rozhodl jsem se využít komunitní síť The Things Network, jelikož ve velkých městech (u nás převážně v Praze) lze provozovat koncová zařízení bez nutnosti použít vlastní LoRaWAN gateway, data budou odeslána skrz bránu, která je součástí sítě.

■ 3.1.4 The Things Network

TTN je budována jako nízkonákladová globální datová IoT síť vlastněná a provozovaná uživateli. Zahrnuje uzly, brány, síťový server, správu koncových zařízení a integraci s hlavními poskytovateli cloudových služeb a dalšími IoT platformami. Vše je plně konfigurovatelné koncovým uživatelem a veškerá komunikace je zabezpečená. [11]

■ 3.2 Modul jízdních dat

Komplexní moduly jsou drahé z důvodu integrování do vysílače a přijímače, samostatné jsou levnější, ale stále obsahují 2 prvky. Navrhovanou změnou je ukládání jízdních dat do modulu v RC modelu a následné synchronizování přes mobilní aplikaci pomocí Bluetooth Low Energy. Tím je uživatel nucen si pořídit pouze vlastní modul pro sběr jízdních dat.

■ 3.2.1 Bluetooth Low Energy

Bluetooth LE (BLE nebo také označováno jako Bluetooth Smart) se liší oproti klasické verzi především spotřebou, zařízení by měla vydržet běžet na baterii i několik let. Tato technologie není určena pro přenos velkého množství dat. Maximální přenosová rychlost je 1 Mbit/s. BLE není kompatibilní s klasickým Bluetooth, používá ale také 2.4 GHz. Nejčastěji se využívá v

nositelné elektronice, v chytrých domácnostech nebo i u průmyslových senzorů. BLE podporuje většina moderních smartphonů. [12]

■ 3.3 Mobilní aplikace

Mobilní aplikace bude navržena pro operační systém Android, kvůli jeho velkému rozšíření viz kapitola 4.3.1.

Nejprve byl navržen prototyp, který byl testován s uživateli a podle jejich připomínek byl návrh upravován a implementován.

■ 3.3.1 Případy užití

Nejčastěji používaná bude aplikace k:

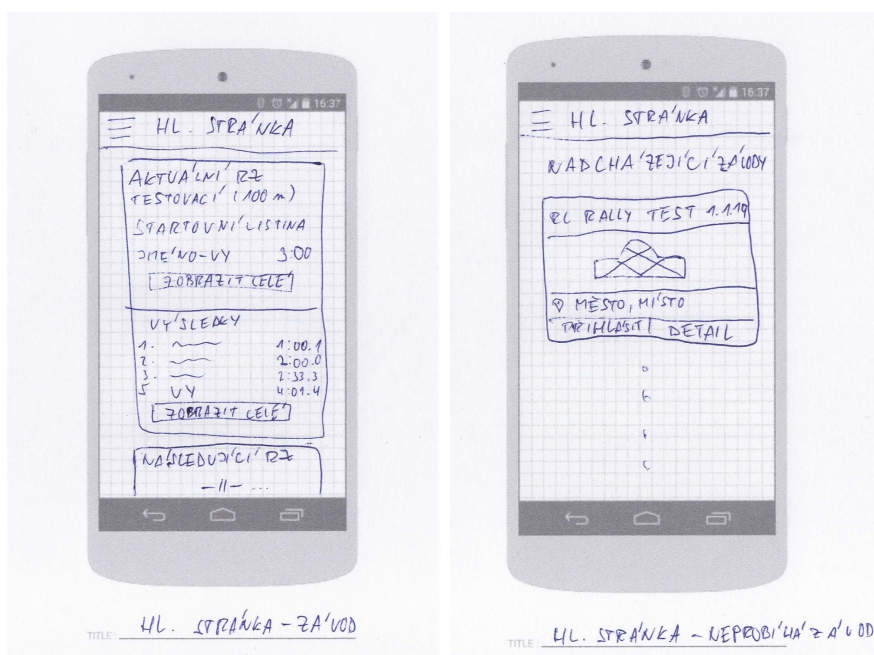
- Při spuštění přihlášek uživatel obdrží notifikaci o možnosti se přihlásit na daný závod a přímo z aplikace se na něj může i přihlásit.
- Notifikace budou také přicházet pět minut před začátkem jednotlivých rychlostních zkoušek závodů, na které je uživatel přihlášen. Po rozkliknutí si uživatel může zobrazit kompletní startovní listinu.
- Po dokončení rychlostní zkoušky obdrží uživatel notifikaci o jeho dosaženém čase a pořadí. Po rozkliknutí lze zobrazit kompletní výsledky.
- Po dojetí si lze stáhnout jízdní data z RC modelu a následně je analyzovat.
- V aplikaci může uživatel přispívat do diskuze.

Dále je v aplikaci možnost si prohlédnout registrované závodníky a týmy v šampionátu. Lze si také zobrazit jejich profil s informacemi o jejich dosažených úspěších. Je možnost si prohlédnout i jednotlivé závody šampionátu a přečíst si podrobnější informace jako jejich harmonogram nebo seznam přihlášených.

3.3.2 Prototyp

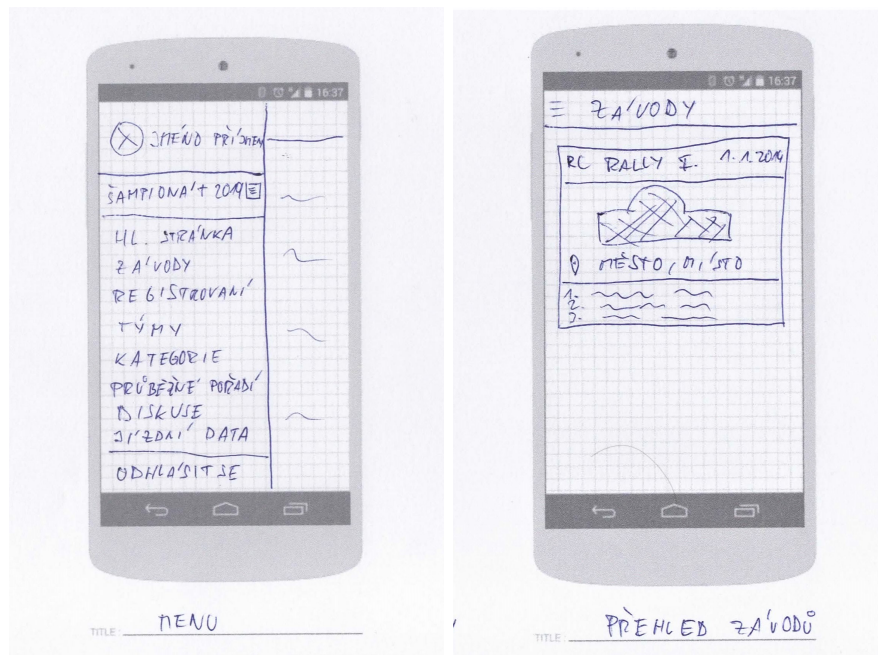
Byl vytvořen papírový low-fidelity prototyp (naleznete jej na obrázcích 3.1 - 3.9), který obsahuje základní a nejdůležitější části aplikace. Z velké části vychází z mobilní verze webu aplikace, ale navíc obsahuje zcela novou sekci o jízdách datech RC modelů. Spousta sekcí je pak upravena tak, aby odpovídaly designovým pravidlům platformy Android, jedná se především o obrazovku s výsledky a hlavní obrazovku.

Prototyp obsahuje 15 obrazovek. Informace zobrazené na hlavní obrazovce jsou závislé na tom, zda právě probíhá závod či nikoliv. Pokud žádný závod neprobíhá, zobrazí se uživateli seznam nadcházejících závodů, na které se může přihlásit nebo si zobrazit jejich detaily. Pokud právě závod probíhá, uživateli se zobrazí informace o aktuální rychlostní zkoušce (název, délka, startovní čas přihlášeného uživatele, odkaz na startovní listinu, výsledky prvních třech a přihlášeného uživatele a odkaz na kompletní výsledky), dále obsahuje stejné informace o nadcházející rychlostní zkoušce, ale bez výsledků.

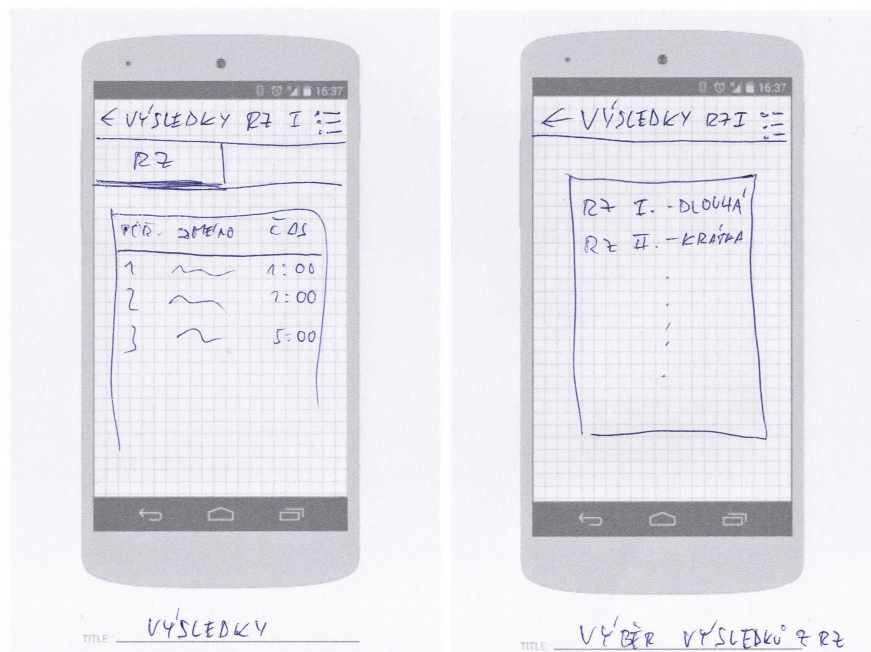


Obrázek 3.1: Prototyp - hlavní obrazovka

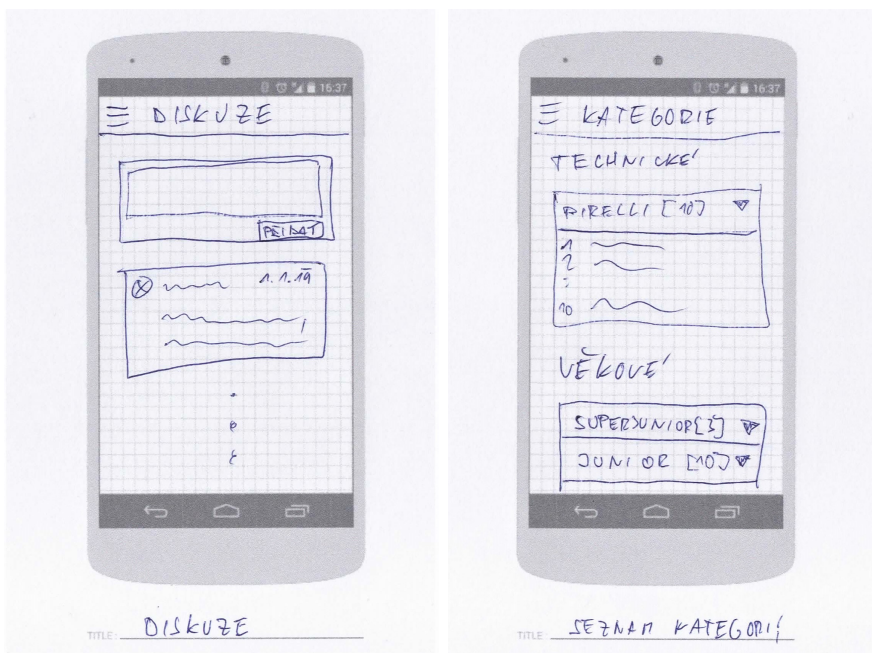
3. Návrh



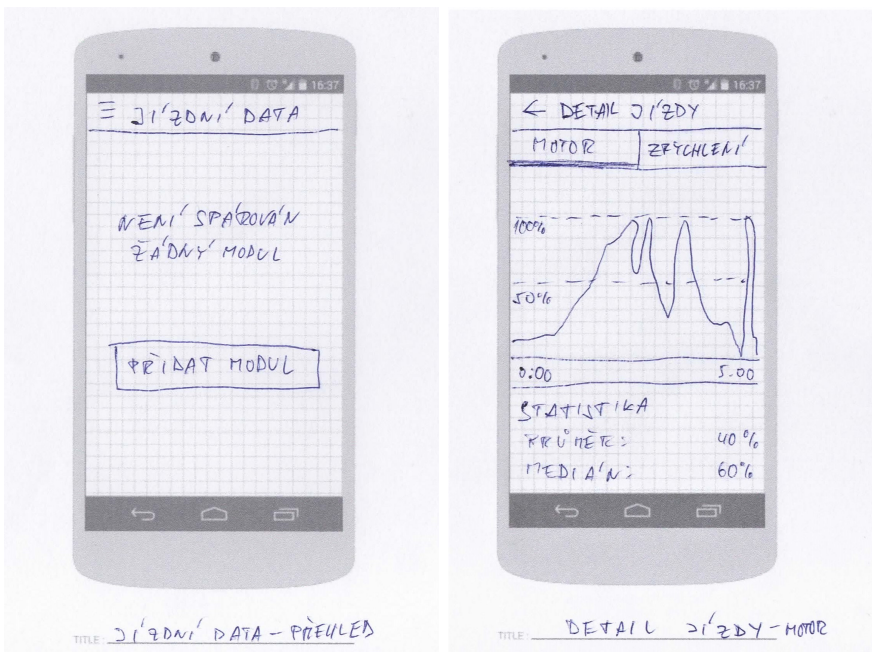
Obrázek 3.2: Prototyp - menu a seznam závodů



Obrázek 3.3: Prototyp - obrazovka s výsledky a výběrem rychlostní zkoušky

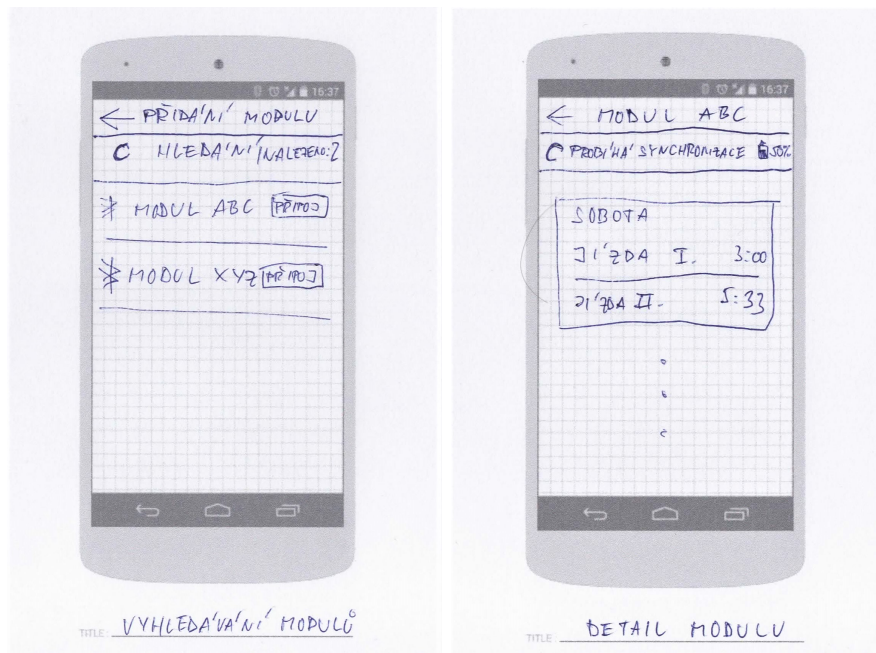


Obrázek 3.4: Prototyp - diskuze a seznam soutěžních kategorií



Obrázek 3.5: Prototyp - spárování nového modulu a zobrazení dat z něj

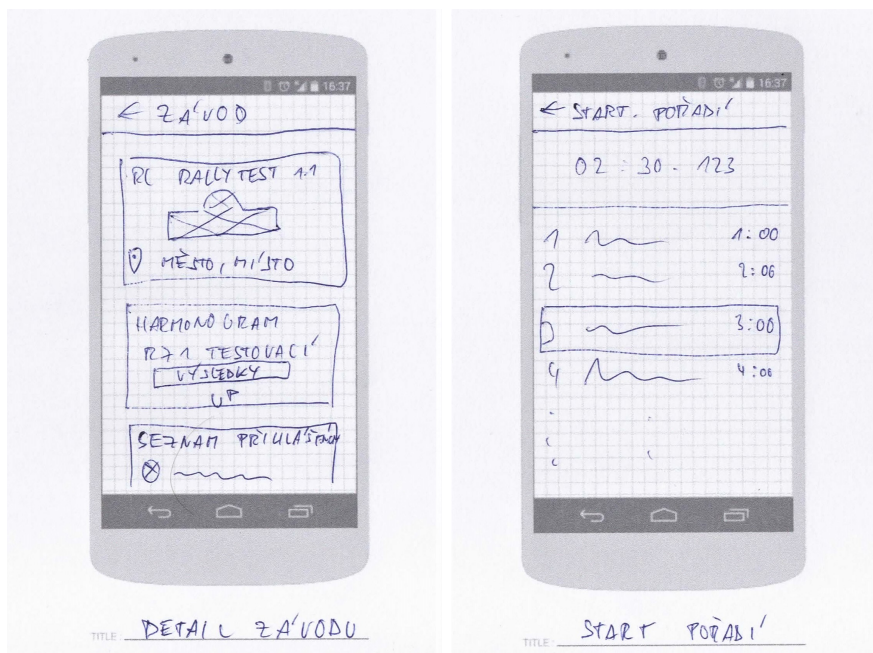
3. Návrh



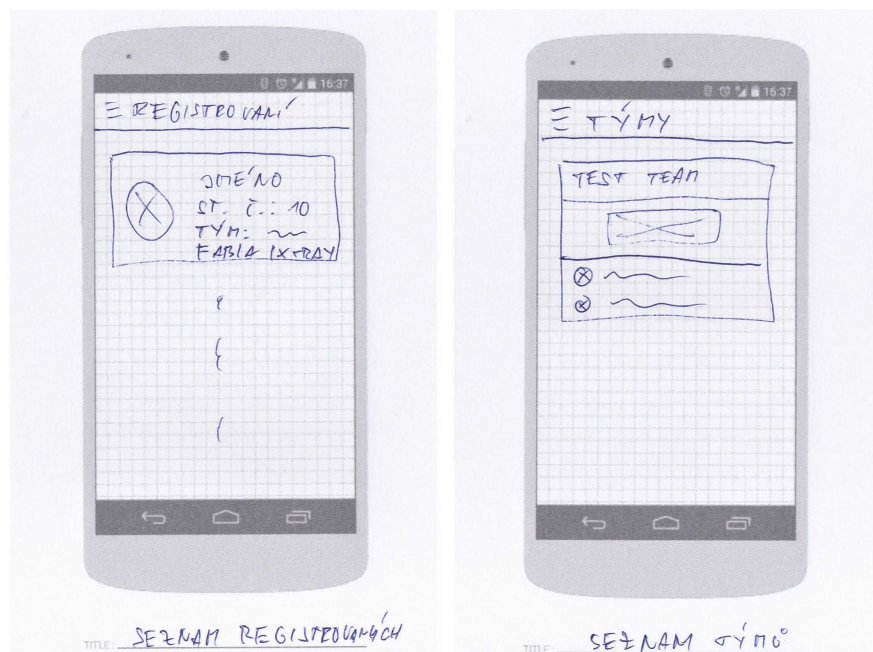
Obrázek 3.6: Prototyp - vyhledávání modulů jízdních dat a obrazovka s jeho stavem



Obrázek 3.7: Prototyp - průběžné pořadí a profil uživatele



Obrázek 3.8: Prototyp - detail závodu a startovní pořadí



Obrázek 3.9: Prototyp - přehled registrovaných závodníků a týmů

V menu aplikace se nachází sekce závody, registrovaní, týmy, kategorie, průběžné pořadí, diskuse a jízdní data. Lze zde také přepíná aktuálně zvolený šampionát. V sekci závody se nachází seznam všech závodů se základními

informacemi a výsledky u odjetých závodech. V sekci registrovaní se nachází seznam všech závodníků zapsaných do šampionátu. V sekci týmy se nachází seznam všech registrovaných týmů do šampionátu. V „kategorie“ je seznam věkových a technických kategorií s počtem přihlášených závodníků a jejich seznamem. V „průběžné pořadí“ můžeme nalézt průběžné pořadí registrovaných závodníků celkový součet bodů a získané body v jednotlivých závodech. V diskusi pak může každý registrovaný cokoliv napsat. V sekci jízdni data můžeme spravovat připojené moduly pro sběr jízdniích dat, synchronizovat data nebo se podívat na úroveň nabití baterie v RC modelu.

■ 3.3.3 Testování

Prototyp aplikace byl testován s osmi potencionálními uživateli. Závodů se účastní především muži. Věk cílové skupiny je velmi pestrý, nejmladším je 5 a nejstarším přes 70, nejvíce zastoupena je věková kategorie 15–45.

Uživatelé navrhli místo rychlého přehledu o aktuální a nadcházející rychlostní zkoušce zobrazit seznam všech rychlostních zkoušek závodu a u již odjetých zobrazit odkaz na výsledky, u aktuální rychlostní zkoušky zobrazit podrobnější informace jako jsou výsledky prvních 3 závodníků, přihlášeného závodníka a odkaz na start. pořadí.

Prototyp byl na základě jejich připomínek upraven. Místo informací o aktuální a nadcházející rychlostní zkoušce se na hlavní obrazovce zobrazí informace o všech rychlostních zkouškách závodu. Sekce registrovaní, týmy a kategorie budou sloučeny do jedné, kde bude jedna záložka se seznamem závodníků a druhá se seznamem týmů. Některé sekce byly zjednodušeny, aby nabízely pouze potřebné a využitelné informace.

Kapitola 4

Implementace

V této části se zaměřím na implementaci a konstrukci jednotlivých částí práce.

4.1 Měřící modul

Základ konstrukce je z 5 hliníkových profilů. Spojeny jsou bajonetovým mechanismem vytištěném na 3D tiskárně. Konstrukce je navržena tak, aby ji bylo možné jednoduše rozebírat, převážet a skladovat. Elektronika je uložena v jedné noze, kde se také nachází baterie, optický senzor a ovládací panel s identifikační LED diodou a vypínačem. V horní části se nachází 2 antény, jedna pro GPS a druhá pro odesílání dat přes LoRa. V druhé noze je pak umístěna pouze odrazka. Kompletně sestavený modul je na obrázku 4.1

4.1.1 Elektronika

Základ elektroniky tvoří Arduino Mega 2560, zvolil jsem ho, protože se jedná o levný, jednoduchý, rozšířený a velmi oblíbený mikrokontrolér. Prvotní implementace využívala Arduino uno, u kterého se později ukázalo, že není vhodné, protože program zabíral přes 90 procent paměti. Program pro použití na Arduino Mega 2560 potřeboval jen lehké úpravy.



Obrázek 4.1: Nově vytvořený měřicí modul

Pro odesílání dat a pro získání času je použit shield od firmy Dragino, LoRa/GPS shield [13]. Detekci vozidla zajišťuje infračervený senzor vzdálenosti, který spolu s odrazkou funguje jako reflexní optická závora (zdroj světla i senzor jsou na jedné straně). Přesný čas je získáván z GPS. Modul je vybaven bzučákem pro zvukovou signalizaci průjezdu. Pro napájení byla použita baterie 7.4 V s kapacitou 5000 mAh, která vystačí i pro provoz modulu na několika závodech.

Pro odesílání dat z modulu na LoRaWAN server je použita dvoukanálová LoRaWan gateway LG02 [14] od firmy Dragino. K internetu ji lze připojit pomocí Ethernetu, WiFi nebo připojit 3G/LTE modem.

■ 4.1.2 Software

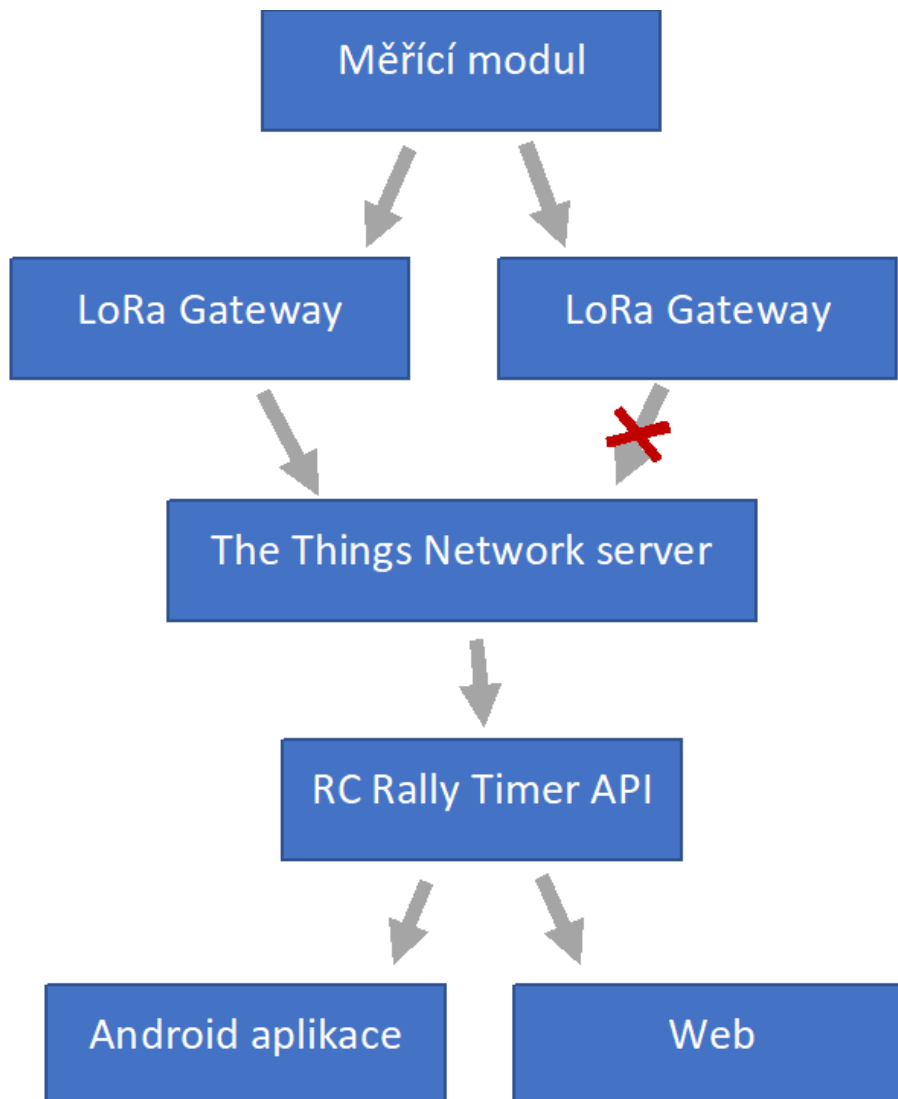
Software měřicího modulu využívá pro čtení dat z GPS senzoru knihovnu TinyGPS.¹ Pro odesílání dat přes LoRa shield je použita knihovna IBM LMIC – LoraWAN in C.²

¹<http://arduiniana.org/libraries/tinygps/>

²<https://www.arduino-libraries.info/libraries/ibm-lmic-framework>

Modul po spuštění čeká na platná data z GPS senzoru, poté si uloží čas z GPS jako výchozí. Probíhá neustálá kontrola vzdálenosti měřené infračerveným senzorem, pokud se tato hodnota výrazně liší je tato událost detekována jako průjezd vozidla. Po detekci vozidla je změřen časový úsek od získání dat z GPS a poté je vypočítán přesný čas průjezdu v milisekundách. Modul zvukově upozorní na projetí vozidla a zařadí zprávu s daty do kruhové fronty na odeslání. Funkce `os_runloop_once()` se pak stará o správné odeslání a příjem zpráv. Pro stabilní měření vzdálenosti se používá průměr 40 naměřených vzorků.

4.1.3 Odesílání dat



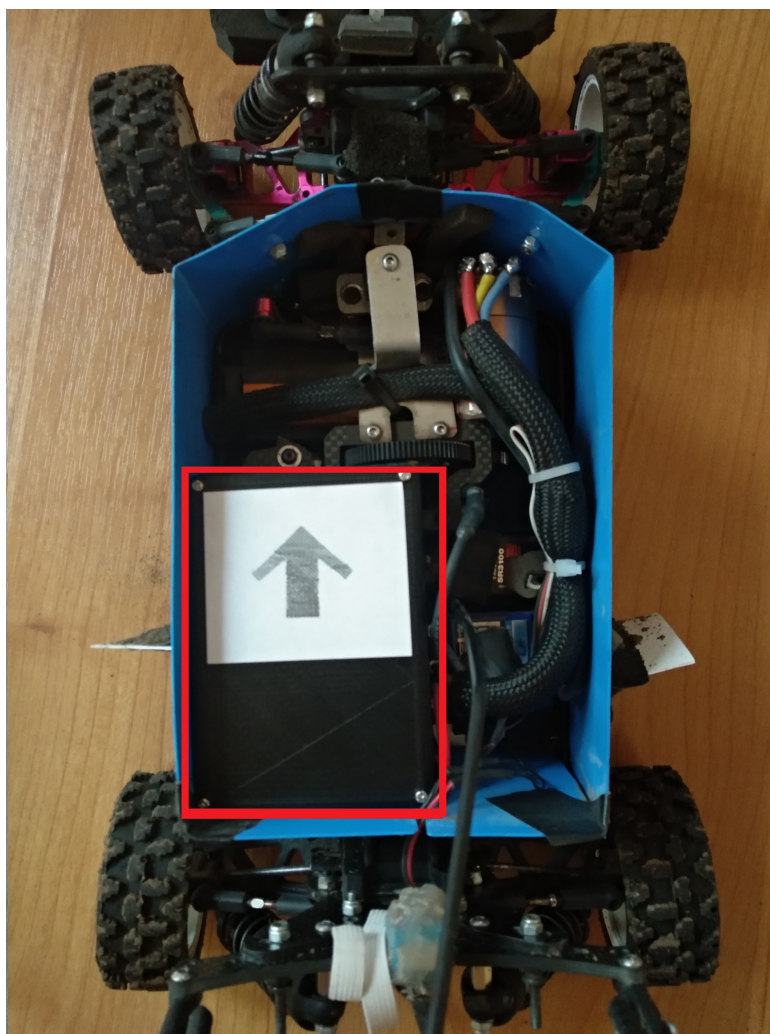
Obrázek 4.2: Tok dat z modulu na server

Jakmile projede RC model bránou, zaznamená se jeho čas. Data o tomto čase jsou vyslána modulem a následně přijata jednou nebo i více LoRa bránami, ty přijatá data odešlou LoRaWAN serveru (použil jsem The Things Network), tento server se pak stará o správné zpracování dat, řeší třeba i duplicitní příjem zpráv (viz obrázek 4.2). Tato přijatá data mohou být posílány různým aplikacím (AllThingsTalk Maker, Cayene, Collos, Everything, OpenSensors, TTN Mapper, TagoIO) nebo pomocí protokolu HTTP na libovolný server ve formátu JSON, lze také vytvořit API na kterém jsou data uložena a v případě potřeby získána jinou aplikací. API RC Rally Timer podporuje pouze možnost zaslání dat přes HTTP. Stávající API aplikace RC Rally Timer³ bylo upraveno a umí přijímat formát dat z navrhnutého modulu. Odesílaná data obsahují id zařízení, číslo rámce a čas průjezdu RC modelu, přiřazení času k jezdcí se provádí automaticky nebo manuálně až na straně API serveru.

4.2 Modul jízdních dat

Výsledný modul jízdních dat je krabička vyrobená pomocí 3D tisku, uvnitř je umístěna veškerá elektronika. Modul je umístěn v RC modelu nad baterií, kde je dostatek místa (obrázek 4.3). Modulu stačí připojit napájení z baterie RC modelu.

³<https://rcrallytimer.eu>



Obrázek 4.3: Výsledný modul jízdních dat umístěný v RC modelu

4.2.1 Elektronika

Základem modulu je Arduino UNO, ke kterému je připojen gyroskop⁴, BT LE modul⁵ a čtečku microSD karet⁶. Jízdní modul obsahuje gyroskop a akcelerometr pro detekci převrácení a zrychlení RC modelu, data se ukládají na microSD kartu.

⁴<https://arduino-shop.cz/arduino/830-arduino-gyroskop-akcelerometr.html>

⁵<https://arduino-shop.cz/arduino/1312-arduino-android-ios-hm-10-bluetooth-4-0-ble-cc2540-cc2541-seriovy-bezdratovy-modul.html>

⁶<https://arduino-shop.cz/arduino/993-arduino-ctecka-microsd-karet.html>

■ 4.2.2 Software

Pro práci s microSD kartou je využita knihovna SD, s gyroskopem a akcelerometrem se pracuje pomocí knihovny MPU6050. Pro komunikaci přes Bluetooth jsem použil základní knihovnu Bluetooth.

Po spuštění modulu se čeká na připojení k Bluetooth, po připojení je možné modul ovládat následujícími příkazy:

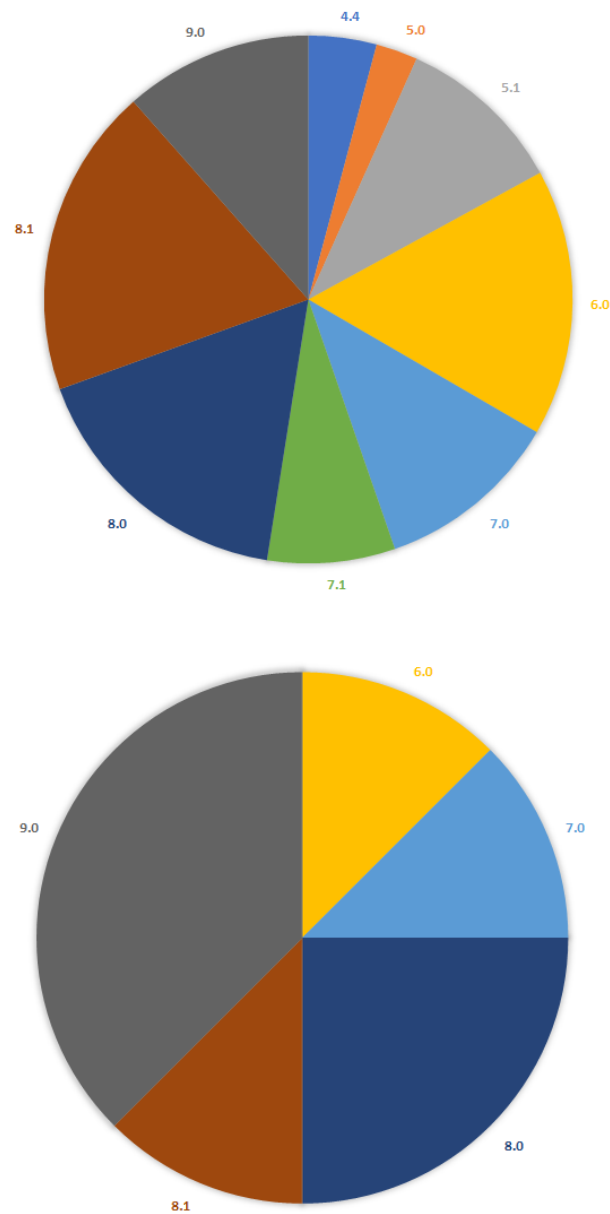
- 1 – zapnutí sběru dat
- 0 – vypnutí sběru dat
- i – modul vrátí stav baterie a zjistí, zda je možné stáhnout data
- l - modul vrátí počet řádků souborů
- f:<cislo radku> – modul vrátí řádek souboru

■ 4.3 Mobilní aplikace

Pro tvorbu mobilní aplikace jsem se rozhodl použít Android studio, protože obsahuje spoustu užitečných nástrojů pro tvorbu android aplikací. Vše je naprogramováno v programovacím jazyce Java.

■ 4.3.1 Cílová platforma

Dle průzkumu mezi potenciálními uživateli jsem zjistil, že nejpoužívanějším operačním systémem je Android. Co se týče rozšíření jednotlivých verzí, většina uživatelů má 8, 8.1 nebo 9, pouze pár jich používá starší verzi, jak zobrazuje graf na obrázku 4.4.



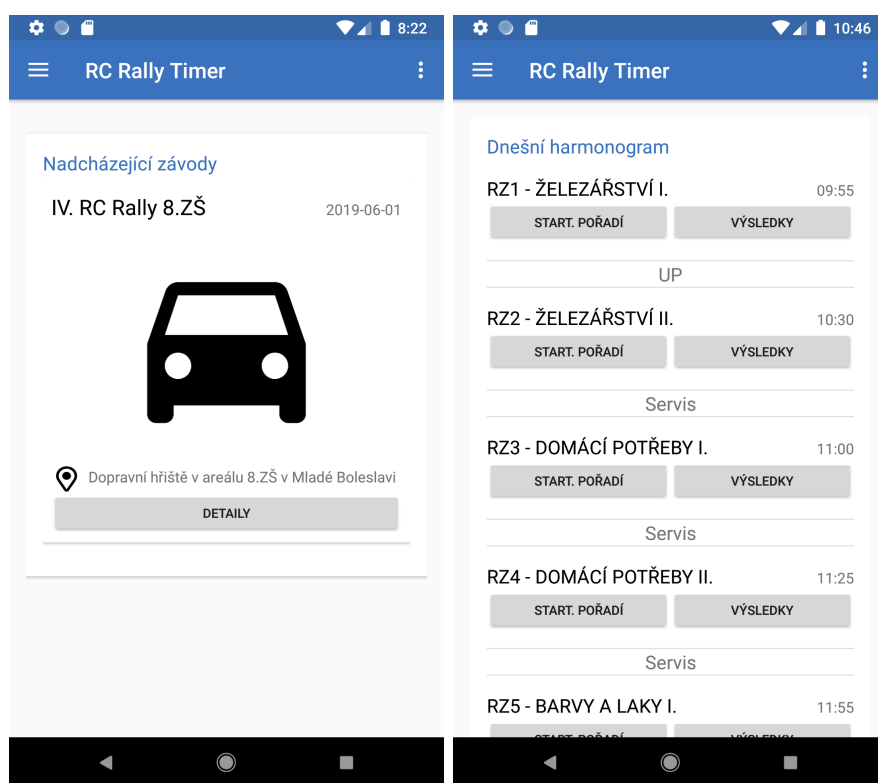
Obrázek 4.4: Zastoupení jednotlivých verzí OS Android ve světě v dubnu 2019 [4] (nahore) a mezi závodníky (dole)

Dle grafu rozšíření verzí mezi závodníky a světově (obrázek 4.4) jsem jako minimální požadovanou zvolil 5.1, jelikož nikdo na závodech nepoužívá starší verzi a celosvětově se s ní setkáváme pomálu.

4.3.2 Obrazovky aplikace

■ Úvodní obrazovka

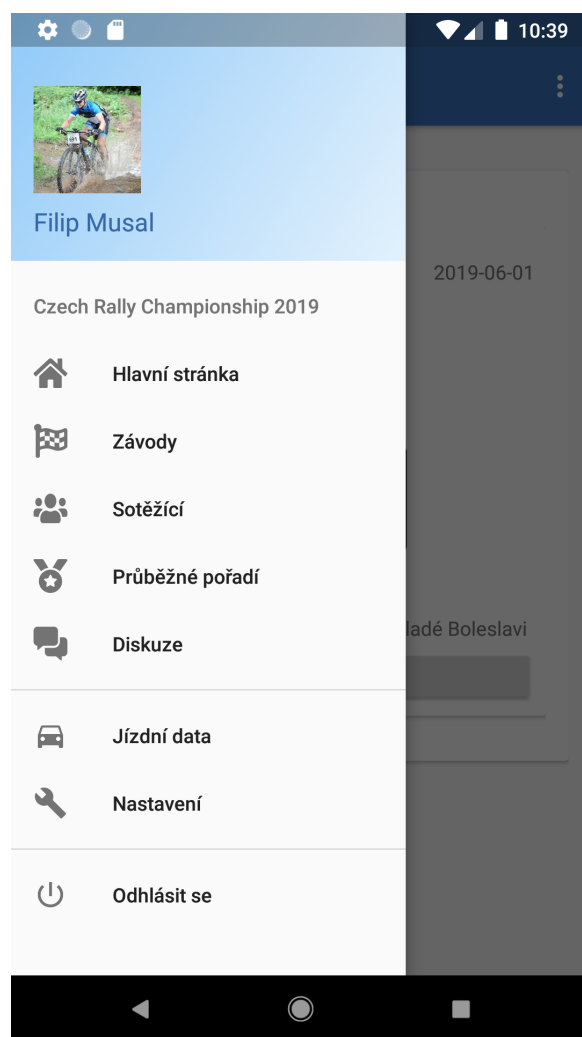
Obrazovka, která se uživateli zobrazí po spuštění aplikace. Pokud aktuálně probíhá závod, na který je přihlášen zobrazí se seznam rychlostních zkoušek a jejich čas startu společně s tlačítky, kterými se dostaneme ke startovní listině a výsledkům. Jinak uživatel uvidí seznam nadcházejících závodů, u kterých si může zobrazit jejich detail.



Obrázek 4.5: Vlevo obrazovka pokud se nekoná závod, vpravo obrazovka během závodu

■ Menu aplikace

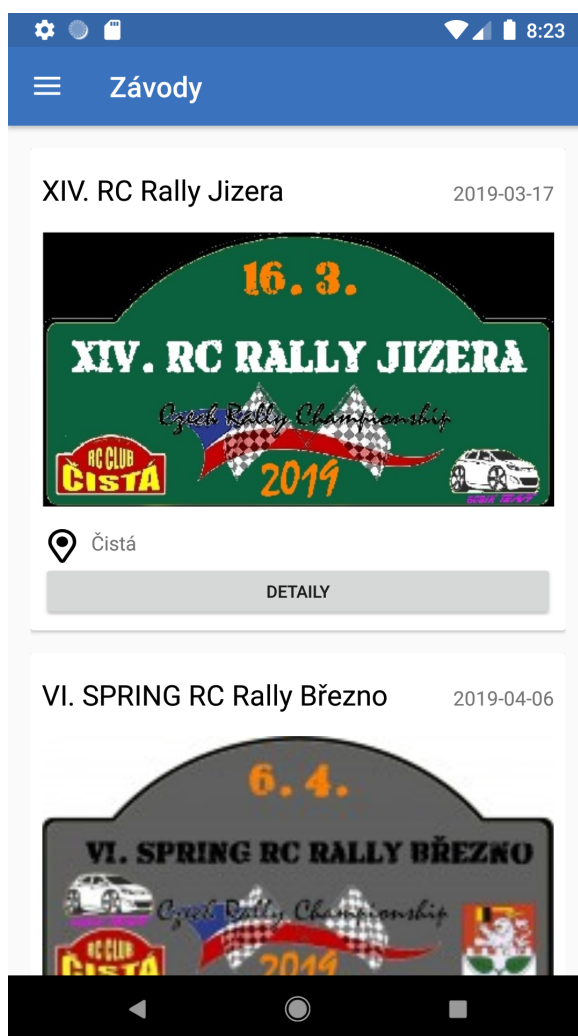
Menu je vysouvateľné přejetím prstem z levé strany obrazovky nebo kliknutím na ikonu (je použita komponenta navigation drawer). Menu obsahuje profilový obrázek a jméno přihlášeného uživatele a odkazy na všechny důležité aktivity.



Obrázek 4.6: Obrazovka s otevřeným menu

■ Závody

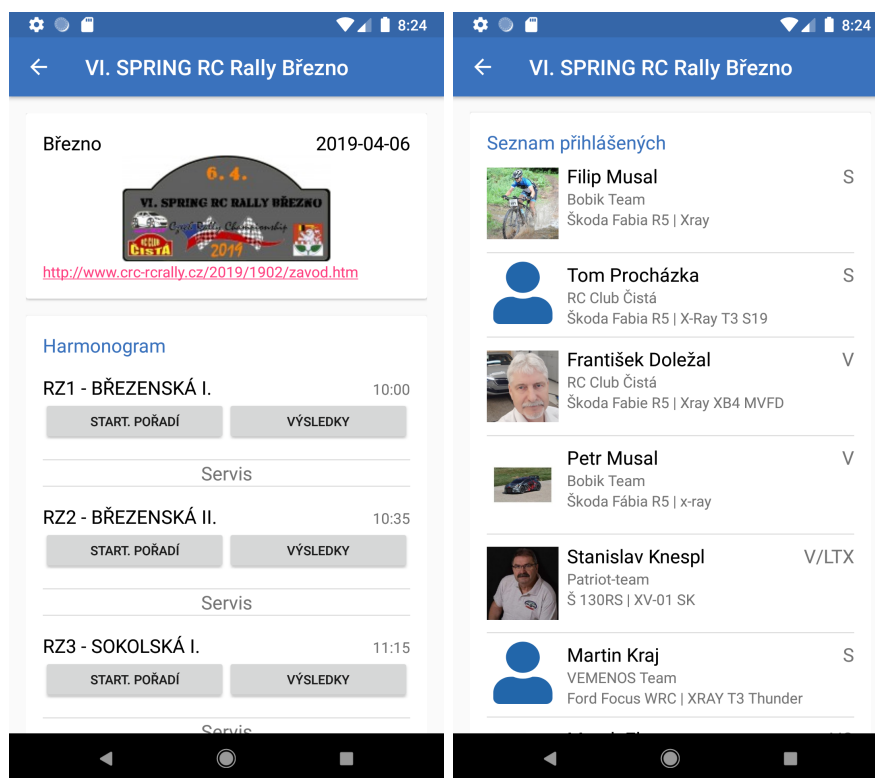
Obrazovka nabízí seznam všech závodů v aktuálním šampionátu a možnost zobrazit si jejich detail.



Obrázek 4.7: Obrazovka se seznamem závodů

■ Detail závodu

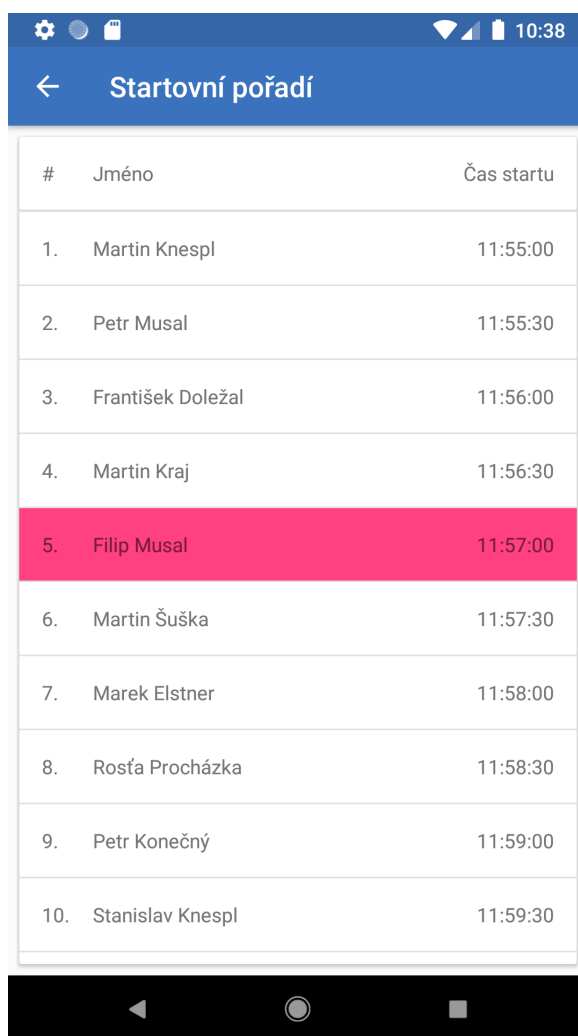
Zde uživatel vidí podrobné informace o závodě, harmonogram s informacemi o jednotlivých rychlostních zkouškách a seznam přihlášených závodníků. Přihlášený uživatel se může na závod přihlásit.



Obrázek 4.8: Vlevo obrazovka se základními informacemi, vpravo seznam přihlášených závodníků

■ Startovní pořadí

Startovní pořadí je seznam závodníků s časem startu ve vybrané rychlostní zkoušce. Pokud je uživatel přihlášen, jeho jméno je zvýrazněno.

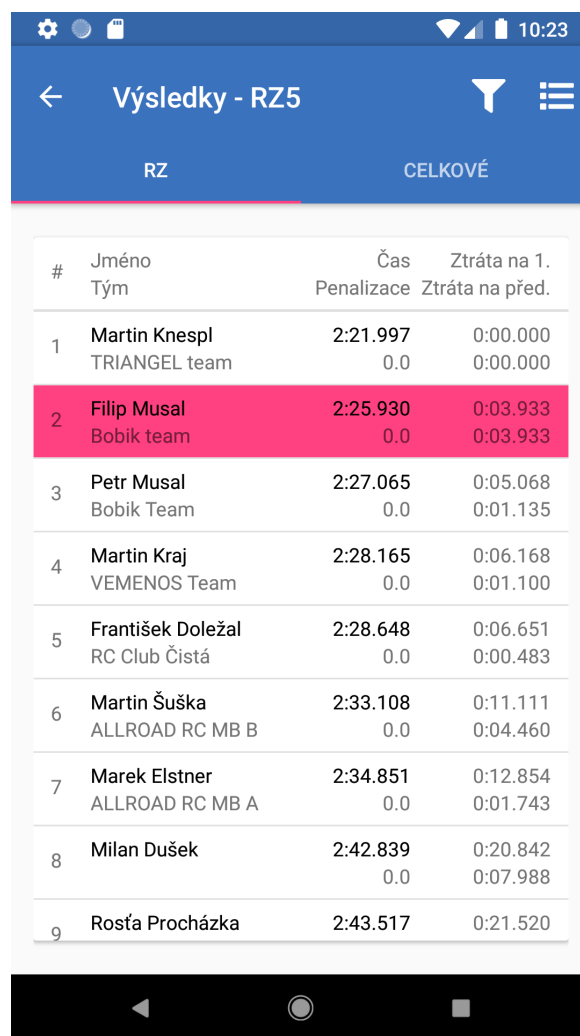


#	Jméno	Čas startu
1.	Martin Knespl	11:55:00
2.	Petr Musal	11:55:30
3.	František Doležal	11:56:00
4.	Martin Kraj	11:56:30
5.	Filip Musal	11:57:00
6.	Martin Šuška	11:57:30
7.	Marek Elstner	11:58:00
8.	Rosťa Procházka	11:58:30
9.	Petr Konečný	11:59:00
10.	Stanislav Knespl	11:59:30

Obrázek 4.9: Obrazovka s přehledem startovního pořadí

■ Výsledky

Aktivita výsledky nabízí dvě karty. První obsahuje umístění účastníku v rámci rychlostní zkoušky, druhá pak v rámci celého závodu. Vidíme zde jméno a tým účastníka, jeho čas, penalizaci a ztrátu na prvního a předchozího závodníka. Výsledky je možné filtrovat dle kategorií. Lze také jednoduše přecházet mezi jednotlivými rychlostními zkouškami závodu. Přihlášený uživatel je označen.

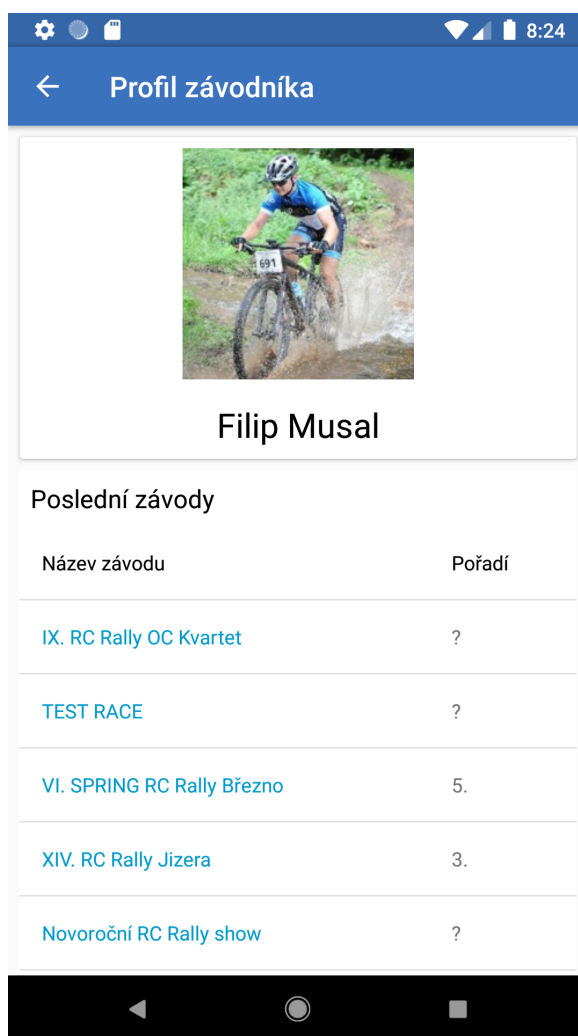


#	Jméno Tým	Čas Penalizace	Ztráta na 1. Ztráta na před.
1	Martin Knespl TRIANGEL team	2:21.997 0.0	0:00.000 0:00.000
2	Filip Musal Bobik team	2:25.930 0.0	0:03.933 0:03.933
3	Petr Musal Bobik Team	2:27.065 0.0	0:05.068 0:01.135
4	Martin Kraj VEMENOS Team	2:28.165 0.0	0:06.168 0:01.100
5	František Doležal RC Club Čistá	2:28.648 0.0	0:06.651 0:00.483
6	Martin Šuška ALLROAD RC MB B	2:33.108 0.0	0:11.111 0:04.460
7	Marek Elstner ALLROAD RC MB A	2:34.851 0.0	0:12.854 0:01.743
8	Milan Dušek	2:42.839 0.0	0:20.842 0:07.988
9	Rosťa Procházka	2:43.517	0:21.520

Obrázek 4.10: Obrazovka s výsledky rychlostní zkoušky

■ Profil uživatele

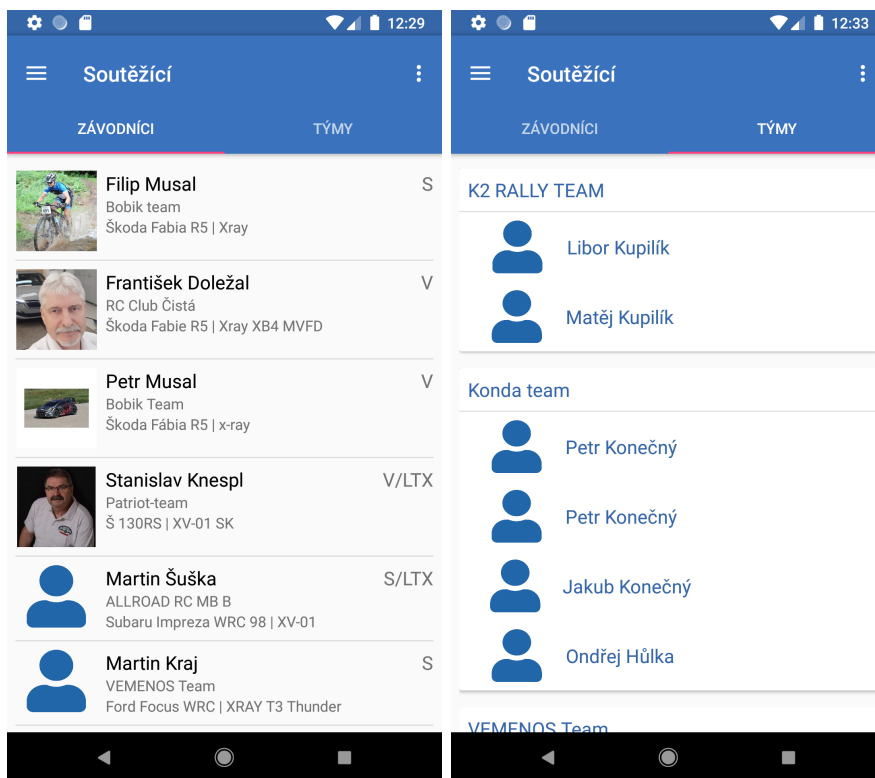
Na této obrazovce se nachází profilová fotografie se jménem a poslední uživatelsky dosažené výsledky v závodech.



Obrázek 4.11: Obrazovka s profilem závodníka

■ Soutěžící

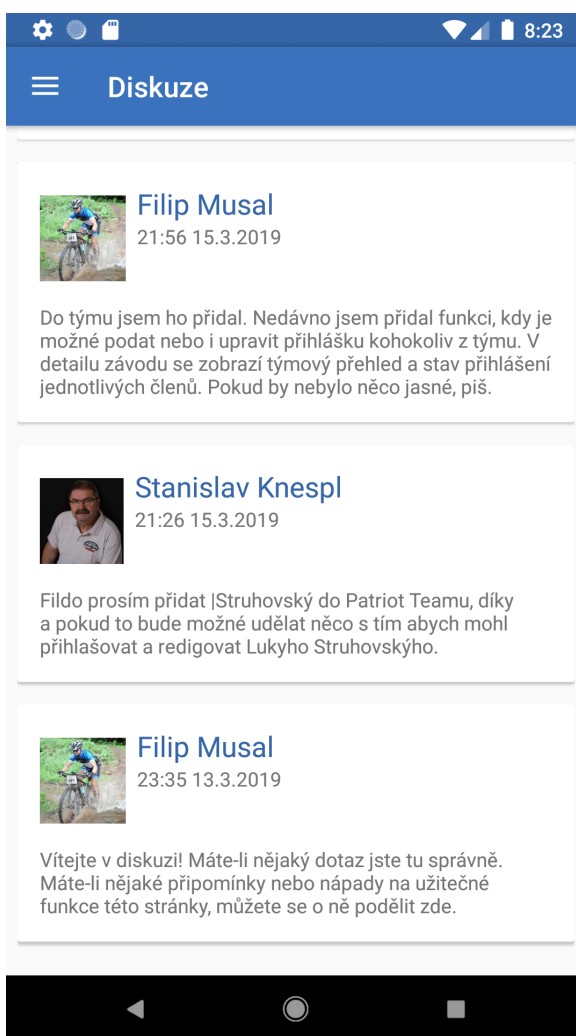
Aktivita obsahuje dvě karty. První z nich nabízí seznam registrovaných závodníků do šampionátu a druhá seznam registrovaných týmů.



Obrázek 4.12: Obrazovka se seznamem registrovaných závodníků a týmů

■ Diskuze

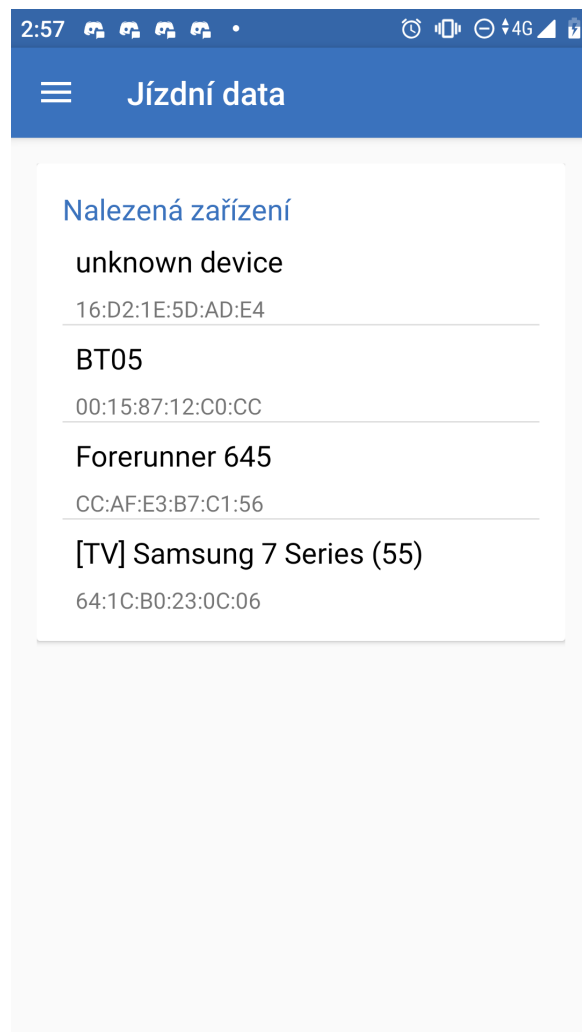
V diskuzi má přihlášený uživatel možnost přidávat nové příspěvky. Všichni uživatelé si mohou zobrazit všechny příspěvky.



Obrázek 4.13: Obrazovka s diskuzí uživatelů

■ Jízdní data

Tato aktivita zobrazuje dostupná Bluetooth Low Energy zařízení. Uživatel klepnutím vybere zařízení, které chce synchronizovat.



Obrázek 4.14: Obrazovka s nalezenými Bluetooth LE zařízeními

■ Detail modulu jízdních dat

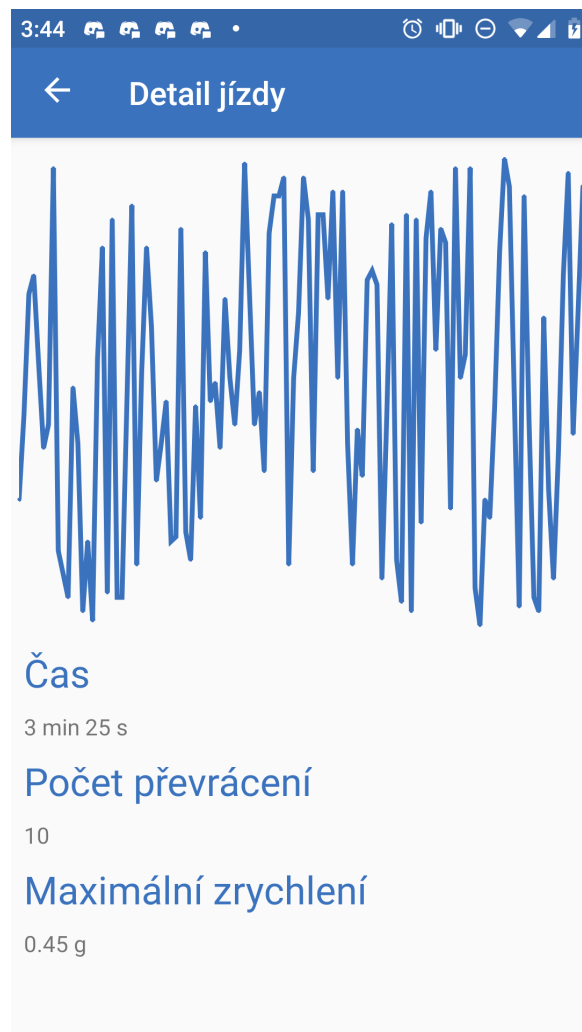
Po připojení k modulu uživatel uvidí stav baterie a veškeré jízdy z vybraného modulu, modul se automaticky synchronizuje, tlačítkem může zahájit záznam jízdních dat.



Obrázek 4.15: Obrazovka s detailem jízdního modulu

■ Detail jízdy

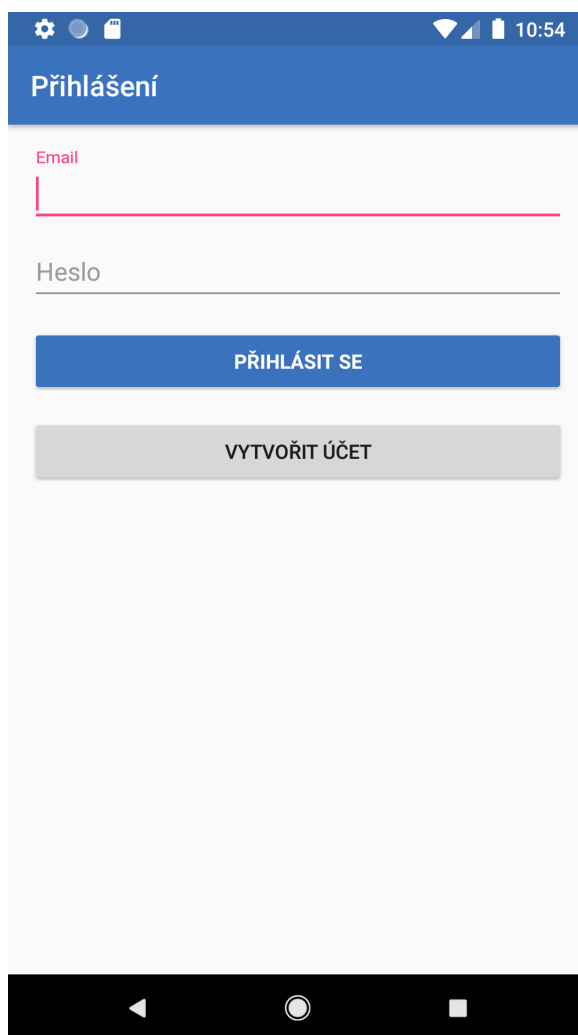
V detailu jízdy může uživatel analyzovat svou jízdu a prohlédnout si graf zrychlení během ní.



Obrázek 4.16: Obrazovka s detailem jízdy

■ Přihlašovací obrazovka

Pro získání rozšířených funkcí je nutné se přihlásit. V případě, že uživatel ještě nemá vytvořený účet, klepnutím na tlačítko registrovat se bude přesměrován na registraci ve webové verzi aplikace.



Obrázek 4.17: Obrazovka s přihlašovacím formulářem

■ 4.3.3 Popis API

API systému RC Rally Timer poskytuje informace o uživateli, závodě, nadcházejících závodech, startovním pořadí, výsledcích rychlostní zkoušky, zprávách v diskusi, registrovaných závodnících a týmech. Umožňuje se přihlásit na závod nebo přidat příspěvek do diskuze.

■ 4.3.4 Push notifikace

Push notifikace jsou notifikace, které jsou odesílány serverem na koncové zařízení. Existuje více poskytovatelů této služby, zvolil jsem Firebase protože je zcela zdarma a není omezena na počet odeslaných notifikací [15].

RC Rally Timer odesílá notifikace konkrétním uživatelům, kteří jsou identifikováni speciálním tokenem, jenž je odeslán na API server během přihlašování. Notifikace je odeslána nejdříve na server Firebase, poté do koncového zařízení, v případě, že toto zařízení není připojeno k internetu, notifikace se doručí později. Aplikace notifikaci při přijetí zpracuje a zobrazí. Toho se ve vytvořené aplikaci využívá na notifikace o blížícím se startu a výsledku rychlostní zkoušky.

■ 4.3.5 Použité knihovny

- Picasso – tato knihovna zajišťuje stahování a cachování obrázků
- Retrofit v2 – tato knihovna zajišťuje veškerou síťovou komunikaci s API serverem
- Firebase Cloud Messaging – umožňuje přijímat notifikace odesílané serverem

Kapitola 5

Testování

Testování probíhalo jak v prvotní fázi vývoje, tak i později během závodů. Nejvíce času testování zabralo ověření funkčnosti měřicího modulu.

5.1 Měřicí modul

Měřicí modul byl testován na 3 závodech. Testování se týkalo funkčnosti detekce všech projíždějících RC modelů, odesílání dat a jejich následné zpracování na LoRaWAN a API serveru. Zjišťována byla také průměrná doba nalezení signálu GPS, aby bylo zjištěno za jakou dobu je modul připraven k měření. Průměrná doba nalezení signálu se pohybovala okolo 30 sekund.

5.1.1 Nalezené problémy:

■ 1. závod

Během jedné rychlostní zkoušky došlo k nárazu RC modelu do měřicí komponenty, následně došlo k otočení jednoho z dílů a brána se stala hůře průjezdnou. Po závodu byla část konstrukce přepracována a tím zpevněna.

■ 2. závod

Několik časů bylo naměřeno chybně, tuto chybu jsem během závodu ani po něm nedokázal opravit. Chybu se nedařilo zreprodukovat.

■ 3. závod

Naměřené časy během první rychlostní zkoušky byly nesmyslné, hodnoty se pohybovaly okolo čtyř tisíc minut, po analýze problému byla objevena chyba ve formátu odesílaných dat. Tato chyba byla v průběhu závodu opravena a dále se již žádný problém během závodu nevyskytl.

■ 5.2 Modul jízdních dat

Modul byl instalován do testovacího RC modelu a závodníci měli možnost se tímto modelem během závodu svézt a prohlédnout si naměřená data i informace o stavu baterie zobrazené v aplikaci. Některým uživatelům přišla naměřená data během jízdy nevyužitelná, ale ocenili zobrazení stavu baterie RC modelu. Synchronizace dat v aplikaci považovali za přehlednou a neměli problém s modulem pracovat.

■ 5.3 Mobilní aplikace

Mobilní aplikace byla testována převážně s uživateli. Mimo to jsem využíval také nástroje Google Play, které při každém vydání nové verze aplikace ji spustí na reálných zařízeních a projdou všechny aktivity aplikace. Jelikož jsou vybrána reálná zařízení s různou verzí OS Android a rozlišením obrazovky, lze rychle ověřit funkčnost na několika různých konfiguracích.

■ 5.3.1 Testování s uživateli

Mobilní aplikaci jsem testoval s uživateli na dvou závodech. Před prvním závodem byla závodníkům aplikace zpřístupněna ke stažení na Google Play. Testování bylo zaměřeno na funkce používané na závodech, jednalo se zejména o startovní a výsledkové listiny.

Ke konci závodu jsem mezi závodníky, kteří se zúčastnili testování, rozdával dotazníky pro získání zpětné vazby. Dotazník zjišťoval základní informace o uživateli, jeho spokojenost s aplikací a případné připomínky. Uživatelé byli s aplikací převážně spokojeni, průměrné hodnocení při známkování jako ve škole bylo 1,8. Uživatelé si stěžovali na zobrazení startovního času ve startovní listině, místo času od začátku rychlostní zkoušky požadovali denní čas. Jeden z uživatelů postrádal návratová tlačítka, která byla později přidána. Před druhým závodem byla vydána aktualizace, se kterou byli již všichni uživatelé během závodu spokojeni.



Kapitola 6

Závěr

V rámci této bakalářské práce jsem provedl analýzu měřicího modulu, modulu pro sběr jízdnicích dat a mobilních aplikací v RC rally. Na základě analýzy požadavků jsem vytvořil návrh nových zařízení a aplikace. Následně jsem navrhl nová řešení modulů a prototyp aplikace, který byl otestován závodníky v reálném prostředí. Prototyp jsem upravoval dle jejich připomínek. Poté jsem moduly a aplikaci naimplementoval.

V současnou chvíli je vytvořen prototyp platformy pro vyhodnocování časů a dat ze závodů RC rally, který využívá moderní technologie jako je komunikace pomocí LoRa nebo BLE, což napomáhá rozšiřování možností závodů a jejich automatizaci. Dále vznikla mobilní aplikace, která je středem celé platformy a spojuje všechny části v jeden celek. Uživatelům přináší aktuální informace při závodění i mimo něj.

Do budoucna by bylo možné rozšířit stávající řešení měřicího modulu o detekci RC modelu pomocí dostupné technologie, což by umožnilo ještě více automatizovat závod. Mobilní aplikaci v budoucnu plánuji rozšiřovat o funkce, které jsou nebo budou dostupné ve webové verzi aplikace RC Rally Timer. Modul jízdnicích dat by mohl být rozšiřován dle nových požadavků uživatelů a data z něj ukládána na server a sdílena s ostatními.

Příloha A

Literatura

- [1] J. Vacek, “Trať ve Dvoře Králové nad Labem [fotografie],” 2016, Dvůr Králové nad Labem: SafariCup, Formát 2000 x 1500.
- [2] —, “Měřicí modul používaný šampionátem Czech Rally Championship [fotografie],” 2016, Dvůr Králové nad Labem: SafariCup, Formát 2000 x 1500.
- [3] ©2016 COFIS CZ. Futaba t7px 2.4ghz, r334sbs. in: Profimodel.cz. [Vid. 29. 12. 2018]. [Online]. Available: <https://profimodel.cz/cs/sport/127203-futaba-t7px-24ghz-r334sbs-4513886030208.html>
- [4] ©StatCounter 1999-2019. Mobile & Tablet Android Version Market Share Worldwide. In: statcounter GlobalStats. [Vid. 10. 5. 2019]. [Online]. Available: <http://gs.statcounter.com/android-version-market-share/mobile-tablet/worldwide>
- [5] Pietrosevoli, Ermanno, “Wireless standards for iot: Wifi, ble, sigfox, nb-iot and lora,” School slides, [Vid. 20. 3. 2019]. [Online]. Available: http://wireless.ictp.it/school_2017/Slides/IoTWirelessStandards.pdf
- [6] ©2016 COFIS CZ. Futaba t7px 2.4ghz, r334sbs - profimodel.cz. [Vid. 29. 12. 2018]. [Online]. Available: <https://profimodel.cz/cs/sport/127203-futaba-t7px-24ghz-r334sbs-4513886030208.html>
- [7] ©Banggood. Frsky xjt 2.4ghz combo pack pro jr w / telemetrický modul s přijímačem x8r. [Vid. 28. 12. 2018]. [Online]. Available: https://www.banggood.com/cs/FrSky-XJT-2_4Ghz-Combo-Pack-for-JR-w-Telemetry-Module-With-X8R-Receiver-p-1060775.html



Příloha B

Obsah CD

Příložené CD obsahuje následující adresáře:

Android-app Celý Android Studio projekt

Time-module Zdrojové kódy měřicího modulu

Driving-module Zdrojové kódy modulu jízdních dat

Thesis Zdrojové kódy LaTeX a výsledné PDF dokument této bakalářské práce

Android aplikace je také k dispozici na Google Play:
<https://play.google.com/store/apps/details?id=app.rcrallytimer>