

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY

A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

ÚSTAV TELEKOMUNIKACÍ

DEPARTMENT OF TELECOMMUNICATIONS

VÝPOČTOVÉ A VÝKONNOSTNÍ MOŽNOSTI ANDROID ZAŘÍZENÍ PRO LOKALIZACI

THE COMPUTATIONAL POSSIBILITIES OF ANDROID DEVICES FOR LOCALIZATION

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Josef Brychta

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Radek Fujdiak

BRNO 2016



Bakalářská práce

bakalářský studijní obor **Teleinformatika**
Ústav telekomunikací

Student: Josef Brychta

ID: 158524

Ročník: 3

Akademický rok: 2015/16

NÁZEV TÉMATU:

Výpočtové a výkonnostní možnosti Android zařízení pro lokalizaci

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Student v bakalářské práci bude mít za úkol implementovat do android zařízení metody pro získávání polohy (z internetu, GPS a dalších relevantních metod), tyto metody následně proměřit – získat jejich časovou, výkonnostní a energetickou náročnost. Na základě výsledků zpracuje optimalizační návrh pro redukcii času výpočtů, výkonu a spotřeby (například kombinací jednotlivých metod apod.). Dále se zaměří na různé situace a případy (v automobilu, pro pěší osoby, uvnitř budovy aj.), pro které navrhne ideální způsob měření polohy – ten pak proměří a srovná navržený způsob s předchozími výsledky.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

[1] Z. Mednieks, L. Dornin, G.B. Meike and M. Nakamura. "Programming Android". Free-Ebook (it-ebooks). ISBN: 978-1-4493-8969-7, 502s, 2011.

[2] P. Valián. "Lokalizace v bezdrátových sítích". Semestrální práce, 2007.

Termín zadání: 1.2.2016

Termín odevzdání: 1.6.2016

Vedoucí práce: Ing. Radek Fujdiak

Konzultant bakalářské práce:

doc. Ing. Jiří Mišurec, CSc., předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá implementací vybraných lokalizačních metod do Android zařízení. Tyto metody byly následně proměřeny a na základě výsledků zpracována optimalizační schémata.

KLÍČOVÁ SLOVA

GPS, A-GPS, GLONASS, triangulace, lokalizace, družice, poloha, fix

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with implementation of selected localization methods to Android devices. These methods were then measured and the results processed to optimization schemes.

KEYWORDS

GPS, A-GPS, GLONASS, triangulation, location, satellite, position, fix

BRYCHTA, Josef *Výpočtové a výkonnostní možnosti Android zařízení pro lokalizaci*: bakalářská práce. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav telekomunikací, 2016. 58 s. Vedoucí práce byl Ing. Radek Fujdiak

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma „Výpočtové a výkonnostní možnosti Android zařízení pro lokalizaci“ jsem vypracoval(a) samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor(ka) uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil(a) autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl(a) nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a/nebo majetkových a jsem si plně vědom(a) následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

Brno

.....

podpis autora(-ky)

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval vedoucímu diplomové práce panu Ing. Radku Fujdiakovi za odborné vedení, konzultace, trpělivost a podnětné návrhy k práci.

Brno

.....

podpis autora(-ky)



Faculty of Electrical Engineering
and Communication
Brno University of Technology
Purkynova 118, CZ-61200 Brno
Czech Republic
<http://www.six.feec.vutbr.cz>

PODĚKOVÁNÍ

Výzkum popsany v této bakalářské práci byl realizován v laboratořích podpořených z projektu SIX; registrační číslo CZ.1.05/2.1.00/03.0072, operační program Výzkum a vývoj pro inovace.

Brno

.....

podpis autora(-ky)



EVROPSKÁ UNIE
EVROPSKÝ FOND PRO REGIONÁLNÍ ROZVOJ
INVESTICE DO VAŠÍ BUDOUCNOSTI



OP Výzkum a vývoj
pro inovace

OBSAH

Úvod	11
1 Analýza lokalizačních možností Android zařízení	12
1.1 Rozdělení metod pro lokalizaci	12
1.1.1 Družicové metody	12
1.1.2 Síťové metody	13
1.1.3 Pasivní metody	14
1.2 Popis konkrétních lokalizačních metod	14
1.2.1 GPS	15
1.2.2 A-GPS	20
1.2.3 GLONASS	21
1.2.4 Triangulace BTS	23
1.2.5 Wi-Fi	25
2 Softwarová implementace lokalizace do Android zařízení	26
2.1 Operační systém Android	26
2.1.1 Architektura Androidu	27
2.2 Uživatelská oprávnění související s lokalizací	27
2.3 Implementace družicových metod	28
2.4 Implementace síťových metod	31
3 Experimentální měření implementovaných metod	34
3.1 Zařízení, na kterém se měřilo	34
3.2 Měření družicových metod	34
3.2.1 Čas prvního fixu GPS	34
3.2.2 Cold, Hot, Warm start GPS	35
3.2.3 Měření času prvního fixu GPS	37
3.2.4 Měření dosahu signálu GPS	37
3.2.5 Měření GPS se zapnutým trackováním do souboru	39
3.3 Měření Síťových metod	42
3.3.1 Měření Wi-fi se zapnutým trackováním do souboru	42
3.3.2 Měření Cell ID se zapnutým trackováním do souboru	44
3.4 Způsoby měření spotřeby Android zařízení	46
4 Validace výsledků a návrh optimalizačních schémat	47
4.1 Validace měření spotřeby na daném zařízení	47
4.2 Výběr providera v závislosti na umístění a přesnosti lokalizace	48
4.3 Dynamická regulace frekvence lokalizace v závislosti na rychlosti	50

5 Závěr	51
Literatura	52
Seznam symbolů, veličin a zkratk	55
Seznam příloh	57
A Obsah přiloženého CD	58

SEZNAM OBRÁZKŮ

1.1	Družice GPS na oběžné dráze [13].	16
1.2	Mapa umístění řídicích center GPS [17].	18
1.3	Navigační zpráva GPS.	20
1.4	Antipodální satelity systému GLONASS.	21
1.5	Rozmístění stanic pozemního řídicího komplexu GLONASS [20].	22
1.6	Využití GLONASS v uživatelském segmentu [21, 22, 23].	23
1.7	Princip získání síťové polohy ze stanic BTS.	24
2.1	Diagram programu pro lokalizaci družicovými metodami.	29
2.2	Diagram funkce Spustit naslouchání polohy u družicových metod.	30
2.3	Diagram programu pro odposlech síťovými metodami.	32
2.4	Diagram funkce Spustit naslouchání polohy u síťových metod.	32
3.1	Zařízení, na kterém se měřilo.	34
3.2	Diagram aspektů při získání prvního fixu z GPS.	36
3.3	Závislost času prvního fixu GPS na počtu měření.	37
3.4	Měření GPS signálu (garáže VUT).	38
3.5	Měření GPS signálu (vstup do budovy).	38
3.6	Měření GPS signálu (suterén).	39
3.7	Graf závislosti přesnosti a rychlosti na počtu měření.	40
3.8	Graf závislosti fixlých satelitů a rychlosti na počtu měření.	40
3.9	Graf závislosti fixlých a viditelných satelitů na počtu měření.	41
3.10	Wi-Fi router.	42
3.11	Graf závislosti přesnosti zaměření na síle signálu Wi-Fi.	43
3.12	Graf závislosti síly signálu Wi-Fi na času fixu.	43
3.13	Telefonní věže BTS.	44
3.14	Mapa BTS vysílačů na Vyškovsku [31].	45
3.15	Graf závislosti TTFF a přesnosti na počtu měření Cell ID.	45
3.16	Způsoby měření spotřeby Android zařízení.	46
4.1	Srovnání optimalizovaného schématu s metodami měřeními v kap. 3.	48
4.2	Diagram optimalizačního schématu získávání polohy.	49
4.3	Diagram dynamické frekvence lokalizace v závislosti na rychlosti.	50

SEZNAM TABULEK

1.1	Rozdělení satelitů GPS aktuální k 9. březnu 2016 [15].	17
2.1	Typy podporovaných telefonních sítí v České republice [29].	31
3.1	Měření času prvního fixu GPS.	37
3.2	Naměřené hodnoty GPS.	39
3.3	Identifikace satelitů GNS dle NMEA [30].	41
3.4	Naměřené hodnoty Wi-Fi.	42
3.5	Naměřené hodnoty Cell ID.	44
4.1	Testované aplikace pro měření spotřeby na daném zařízení.	47
4.2	Parametry, při kterých se mění nastavení optimalizovaného schématu	50

ÚVOD

Bakalářská práce se zabývá výpočetními a výkonnostními možnostmi Android zařízení pro lokalizaci a implementací lokalizačních metod v Android zařízení. Proměření metod a získáním časové, výkonnostní a energetické náročnosti. Na základě výsledků byla zpracována optimalizační řešení pro redukci času výpočtů, výkonu a spotřeby.

Dále se práce zaměřila na různé situace a případy lokalizace. Byl navrhnut ideální způsob získávání polohy a porovnán s předchozími výsledky. Měření probíhalo na mobilním telefonu značky Sony Xperia, který je vybaven potřebnými technologiemi pro získávání polohy, kterými se zabývá tato práce. Pro měření v terénu bylo nutné použití externího akumulátoru z důvodu rozsáhlosti měření v řádu i desítek hodin.

Pro účely měření byly naprogramovány aplikace ve vývojových prostředích Android Studio a Eclipse, která jsou volně dostupná. Používají se v profesionálním vývoji mobilních aplikací. Obě prostředí jsou uživatelsky přívětivá a zároveň bohatá z hlediska funkcí. První zmíněné má k platformě Android "blíže", nejen svým názvem ale i implementací potřebných modulů a rozhraní Application Programming Interface (API), ve kterém se aplikace kompilují. Vše je nastaveno pro potřeby programátora Androidu již od začátku a jen se automaticky dostávají potřebné balíčky. Další výhodou oproti Eclipse, je kvalitní našeptávač Javy pro Android. Eclipse je naopak univerzálnější a podporuje širokou škálu jazyků, ve kterých je možno programovat. Android Studio disponuje simulačním prostředím aplikací pod Windows, které obsahuje ale jen základní funkce a nastavení pro systémy GPS. Z tohoto důvodu bylo používáno prostředí Genymotion, které disponuje jak licencí zdarma pro nekomerční používání tak licencí placenou. Lze jej dobře implementovat a propojit s Android Studiem a je rychlejší než vestavěné. Operační systém, na kterém byl software nainstalován, byl Windows 10 64 bit.

Práce je členěna do 4 kapitol – Analýza lokalizačních možností Android zařízení, Softwarová implementace lokalizace do Android zařízení, Experimentální měření implementovaných metod a Validace výsledků a návrh optimalizačních schémat.

1 ANALÝZA LOKALIZAČNÍCH MOŽNOSTÍ ANDROID ZAŘÍZENÍ

Ve spoustě dnešních aplikací pro mobilní platformy se používá lokalizace. Lokalizace slouží k tomu, aby aplikace mohla nabídnout přesnější a hodnotnější informace závislé na aktuální poloze [1, 2, 3].

Možnosti lokalizace se dočkaly zásadních změn. Dodavatelé technologií pro sítě Groupe Spécial Mobile (GSM), které jsou nejrozšířenějším standardem pro mobilní telefony na světě, a mobilní operátoři se lokalizací mobilních zařízení zabývají mnoho let. Za tu dobu definovali společně s vývojáři metody lokalizace, které se používají v současnosti. V dnešním světě se k lokalizaci Android zařízení přistupuje jako ke standardu [4, 5].

1.1 Rozdělení metod pro lokalizaci

Metody pro lokalizaci mobilních zařízení byly rozděleny následovně – družicové, síťové a pasivní. V družicových metodách se používá lokalizační modul, který komunikuje s družicovým systémem. V síťových metodách se používá komunikace se síťovými službami. V pasivních metodách se používá externích rozšiřujících modulů, které se využívají mobilním zařízením k lokalizaci.

1.1.1 Družicové metody

Družicovými metodami se získává poloha pomocí Global Positioning System (GPS). Je potřeba fyzická přítomnost modulu GPS v mobilním zařízení a jeho aktivace. Mobilní aplikace, která požádá o přístup k GPS, potřebuje speciální oprávnění – přístup k přesné pozici. O toto oprávnění požádá aplikace při instalaci a uživatel jej musí odsouhlasit, jinak se nenainstaluje [1]. Když jej aplikace získá, je permanentní do odinstalování. Rychlost zaměření modulu, získání prvního fixu a následně orientační či přesnější polohy je velice závislé na podmínkách umístění mobilního zařízení [8].

V ideálních podmínkách, to znamená přímá viditelnost na družice, které se nacházejí na oběžné dráze Země, a žádné okolní rušení, je systém zaměřený do několika málo minut až sekund. Také záleží na tom, v jakém stavu se mobilní zařízení nachází a kdy z něj byla získána poslední poloha, zda obsahuje nějaké uložené informace o poslední poloze atd. V opačném případě může čas zaměření trvat delší dobu a hlavně zpočátku nebude tak přesný. Při prvním fixu se získá poloha z minimálně 4 družic s orientační přesností v řádu stovek či minimálně desítek metrů,

záleží na již zmiňovaných skutečnostech, postupně se fixují další družice a přesnost se zlepšuje [5].

Data z GPS obsahují zeměpisnou šířku, zeměpisnou délku, GPS čas, azimut, výšku, vzdálenost od bodu a přesnost zaměření [6]. Na základě těchto dat se dají dopočítat veškeré informace, které obsahují dnešní aplikace, jako je rychlost pohybu zařízení nebo auta, město, kde se uživatel nachází, jazyk umístění, automatická změna času dle umístění atd.

Assisted GPS (A-GPS) si klade za cíl urychlit čas prvního fixu, při němž se získá poloha z GPS. Aby mohl přijímač určit svoji polohu, musí znát rozmístění viditelných satelitů na oběžné dráze a mít synchronizovány vnitřní hodiny, stáhne z asistenčního centra aktuální almanach a efemeridy, obsahující tyto informace. Systém samotný, není družicová metoda a je pouze pomocný systému GPS, proto je zde zařazen v této souvislosti. Systém A-GPS se používá pouze k získání dodatečných dat družic z internetu pomocí Wireless Fidelity (Wi-Fi) nebo mobilních dat. Tyto data zásadně ovlivní rychlost zaměření modulu GPS. Obsahují data o poslední poloze, která v zařízení zůstanou do té doby, než uživatel zařízení nerestartuje, či je nesmaže na vyžádání nějaká aplikace [7]. Ne všechna Android zařízení umožňují data o lokalizaci smazat. Záleží na chipsetu v zařízení, například u Qualcomm, se kterým se pracuje v publikaci, lze smazat pouze Almanach.

1.1.2 Síťové metody

Síťovými metodami se získává poloha pomocí technologie Wi-Fi nebo Base Station System (BTS). Záleží na poloze mobilního zařízení, které si mezi zmiňovanými technologiemi přepíná samo. Dále na tom, zda se nachází v exteriéru či interiéru a dostupnosti technologií. Priorita pro zařízení je lokalizace pomocí Wi-Fi, následně BTS [8].

Při získávání polohy pomocí BTS velmi záleží na jejich dostupnosti a rozmístění. Mobilní aplikace, která žádá o tento typ lokalizace, potřebuje opět speciální oprávnění – pro přístup k orientační pozici. Každá stanice BTS, ke které je mobilní zařízení připojeno, má své unikátní Cell ID, ve kterém je uložena poloha a kterým se identifikuje. Tento způsob lokalizace je velice rychlý, ale může být nepřesný. V podstatě záleží na tom, jak přesnou polohu potřebuje dané zařízení získat. Je více způsobů získávání lokalizaci pomocí BTS:

- Pomocí jedné věže BTS.
- Pomocí dvou věží BTS.
- Pomocí více věží BTS.

První z nich je lokalizace pomocí jedné věže. Lokalizace pomocí jedné věže je v současnosti nejpoužívanější, jelikož nepotřebuje znát rozmístění okolních věží v dosahu [9]. Většina současných Android zařízení je nastavených tak, aby získala auto-

maticky polohu touto metodou po restartu. Další způsoby lokalizace pomocí dvou a více věží budou popsány dále.

Data získaná síťovou metodou obsahují pouze zeměpisnou šířku, zeměpisnou délku a přesnost lokalizace [10].

U Wi-Fi Access point (AP) je to obdobné jako u síťové metody BTS s tím rozdílem, že výsledky získané touto metodou jsou mnohonásobně přesnější [8].

1.1.3 Pasivní metody

Pasivní technologie vrátí mobilnímu zařízení polohu získanou jinými moduly, než které jsou součástí mobilního zařízení. Proto se nazývá pasivní. Zařízení se samo nelokalizuje, jen přečte polohu připojeného zařízení, které polohu získává družicovou nebo síťovou metodou [8].

Existují externí GPS moduly pro mobilní zařízení, které pracují jako GPS a předávají informaci mobilnímu zařízení. Využití je při požadavku přesné, rychlé a stabilní lokalizace, kterou většinou mobilní slabé chipsety nenabízí. Také uspoří mobilnímu zařízení drahocennou energii, jelikož provoz GPS je jedním z nejvíce energeticky náročných procesů.

Více se tímto odvětvím lokalizačních metod práce nebude zabývat, jelikož cíle práce byly stanoveny – implementovat metody, které podporuje Android zařízení přímo bez externích modulů.

1.2 Popis konkrétních lokalizačních metod

Při vývoji aplikace s implementovanou lokalizací se dá použít pro přesnou polohu modul GPS. Přestože modul GPS je velmi přesný, funguje správně pouze v ideálních podmínkách (v exteriéru, mimo uzavřené objekty a stavby). Je velmi náročný na spotřebu energie a nevrací polohu tak rychle, jak by bylo potřeba. Proto se také využívá získávání polohy od jiných poskytovatelů, než je samotný GPS. Získávání polohy od mobilního operátora a jeho BTS nebo pomocí Wi-Fi AP, který poskytuje hodnotné informace o poloze hlavně v interiéru, kde není možnost získat polohu přes GPS a samozřejmě i v exteriéru. Reaguje v řádu milisekund a jsou energeticky nenáročné. Naopak nejsou tak přesné. Chceme-li získat polohu mobilního zařízení, můžeme použít kombinaci družicových a síťových metod [11].

Je třeba zmínit, že GPS není jediný Global Navigation Satellite System (GNSS) současnosti. Bylo jich více, avšak v současnosti jsou už jen dva celosvětově rozšířené a na dalších systémech se usilovně pracuje. Vývoj probíhá na evropském Galileo a čínském Compass, s jejichž uvedením do provozu se počítá v roce 2020. Mimo

GNSS, který umožňuje za pomoci družic autonomní prostorové určování polohy s celosvětovým pokrytím, existují i regionální autonomní družicové polohové systémy jako je čínský Beidou-1 a vyvíjený indický Indian Regional Navigation Satellite System (IRNSS). Jako další japonský Quasi-Zenith Satellite System (QZSS). Od roku 2013 jsou globálně rozšířené, plně funkční jen americký systém GPS a ruský Globalnaja navigacionnaja sputnikovaja sistema (GLONASS). GLONASS je globální družicový polohový systém využívaný ruskou armádou [12]. Tento systém bude více rozebrán dále, jelikož je součástí implementace.

1.2.1 GPS

Družicová technologie GPS je vojenský globální polohovací systém provozovaný Ministerstvem obrany Spojených států amerických, jehož pomocí lze zjistit přesnou polohu a čas převážně kdekoli na Zemi nebo nad Zemí. Část služeb tohoto systému, avšak s omezenou přesností, je k dispozici civilním občanům. GPS pracuje se základní přesností kolem 10 metrů. Tuto přesnost lze zlepšit až na desítky centimetrů s použitím dalších metod, ale na běžném mobilním telefonu s integrovaným čipem této přesnosti nedosáhneme. U mobilních zařízení se standardně počítá s nejvyšší přesností 3 metry [7].

Systém GPS sestává z 24 satelitů na oběžné dráze. V současnosti se jich však používá více. Systém byl původně určen pro vojenské aplikace, ale v roce 1980 jej americká vláda uvolnila pro civilní použití. Systém funguje za každého počasí a v jakoukoliv hodinu kdekoli na světě.

GPS satelity obíhají kolem Země dvakrát denně ve velmi přesně vymezené oběžné dráze a předávají signály o poloze na Zemi. GPS moduly přijmou tuto informaci a pomocí triangulace se zařízení zaměří. Triangulace je způsob zjišťování souřadnic a vzdáleností. Provádí se trigonometrickým výpočtem. Sestrojí se pomyslný trojúhelník, jehož jedna strana je strana již známého jiného trojúhelníku s dvěma koncovými referenčními body a třetím bodem je místo, jehož souřadnice se zjišťuje. Jednoduše řečeno GPS přijímač porovná čas signálu přenášejího skrz satelit v době, kdy byl přijat. Časový rozdíl, který změří, určí vzdálenost od daného satelitu. Takto se výsledky porovnají s více satelity a získá se tím přesná poloha [13]. Aby lokalizace pomocí GPS probíhala s co největší přesností, to znamená kolem 3 až 6 metrů, musí být přímá viditelnost na 7 satelitů. Čím více, tím je poloha přesnější [7].

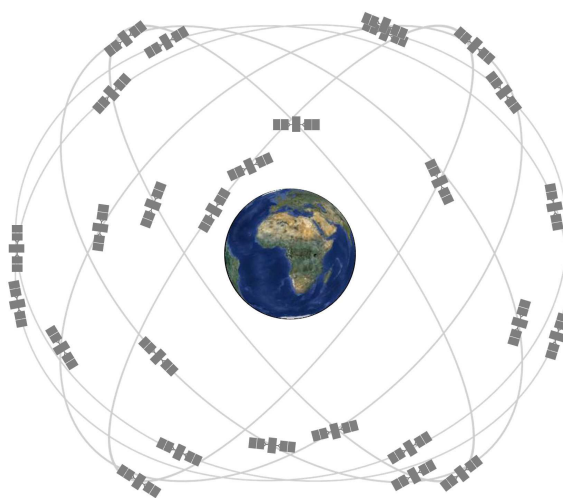
Systém GPS se dělí do 3 segmentů:

- Kosmický,
- řídicí a kontrolní,
- uživatelský.

Kosmický segment

Kosmický segment GPS se skládá z družic šířících rádiové signály pro uživatele. Spojené státy americké se zavázaly k zachování dostupnosti nejméně 24 operačních družic GPS.

Satelity GPS obíhají ve střední oběžné dráze Země (MEO) ve výšce asi 20 tis. km. Každý satelit obíhá kolem Země dvakrát denně. Satelity GPS jsou uspořádány do šesti rovnoměrně rozmístěných oběžných drah kolem Země. Každá dráha obsahuje čtyři základní sloty pro satelity. Tento 24 – slotový systém uspořádání zajišťuje uživateli zaměření nejméně čtyř satelitů, prakticky z jakéhokoli místa na planetě (Obr. 1.1).



Obr. 1.1: Družice GPS na oběžné dráze [13].

Běžně obíhá ve střední oběžné dráze Země více než 24 satelitů GPS pro případ poruchy jedné či více družic, jejich opravy a vyřazení z provozu. Tyto satelity navíc mohou zvýšit výkon systému GPS, ale nejsou považovány za součást konstelace.

V červnu 2011 letectvo úspěšně dokončilo rozšíření GPS konstelace pojmenované jako "Expandable 24". Tři z 24 slotů byly rozšířeny a šest satelitů bylo přemístěno tak, že tři z pomocných satelitů se staly součástí základní linie. Výsledkem bylo, že GPS v roce 2011 funguje jako 27 – slotová konstelace. A k 9. březnu 2016 je k dispozici 31 operačních družic GPS [14].

Následující Tab. 1.1 shrnuje vlastnosti současných i budoucích generací satelitů GPS rozdělených dle bloků na: Blok IIA, Blok IIR, Blok IIR (M), Blok IIF, a GPS III.

Tab. 1.1: Rozdělení satelitů GPS aktuální k 9. březnu 2016 [15].

STARŠÍ SATELITY		MODERNIZOVANÉ SATELITY		
BLOK IIA	BLOK IIR	BLOK IIR(M)	BLOK IIF	GPS III
0 v provozu	12 v provozu	7 v provozu	12 v provozu	ve vývoji
C/A kód na frekvenci L1 pro civilní uživatele	C/A kód na frekvenci L1	Druhý civilní signál na frekvenci L2 (L2C)	Třetí civilní signál na frekvenci L5 (L5)	Čtvrtý civilní signál na frekvenci L1 (L1C)
P(Y) kód na frekvencích L1 & L2 pro armádní uživatele	P(Y) kód na frekvenci L1 & L2	Podpora všech starších signálů	Všechny blokové IIR (M) signály	Všechny blokové IIF signály
	Palubní monitorovací hodiny	Flexibilní výkonové úrovně pro vojenské signály	Pokročilé atomové hodiny	Satelity 11+, laserové reflektory, vyhledávání a záchrana užitečných zatížení
Vyřazení z provozu v roce 2016		Nový armádní M signál pro rozšířenou odolnost proti zaseknutí	Vylepšená přesnost, síla signálu a kvalita	Zvýšená spolehlivost signálů, přesnost a integrita
Spuštěn v letech 1990–1997	Spuštěn v letech 1997–2004	Spuštěn v letech 2005–2009	Spuštěn v letech 2010–2016	K dispozici po uvedení na trh v roce 2016
Předpokládaná životnost 7.5 roku	Předpokládaná životnost 7.5 roku	Předpokládaná životnost 7.5 roku	Předpokládaná životnost 12 let	Předpokládaná životnost 15 let

Řídící a kontrolní segment

Ovládání řídicího segmentu GPS se skládá z celosvětové sítě pozemních zařízení, které sledují satelity GPS, jejich vysílání, provádějí analýzy a posílají příkazy a data zpět na oběžnou dráhu. Stávající provozní řídicí segment zahrnuje hlavní řídicí stanici, alternativní řídicí stanici, 12 velitelství a řídicích antén a 16 monitorovacích stanic [16].

Hlavní řídicí stanice v Coloradu je místo, kde 2d Space Operations Squadron (2SOPS) vykonává funkci primární kontroly segmentů, které poskytují velení a řízení GPS konstelace. 2SOPS je jednotka letectva Spojených států, Schriever, Colorado. Jeho úkolem je řídit Navstar, globální navigační systém družic pro navigaci, přenos času a detekci nukleární detonace. Hlavní řídicí stanice generuje navigační zprávy a zajišťuje aktuálnost a přesnost konstelace satelitů. Přijímá navigační informace, z monitoru stanic využívá informace pro výpočet přesného umístění GPS satelitů ve vesmíru a odesílá tato data zpět na oběžnou dráhu. Hlavní řídicí stanice také monitoruje navigační zprávy a integritu systému, který umožňuje 2SOPS určit a vyhodnotit aktuálnost GPS družic. 2SOPS používá hlavní řídicí stanici k satelitní údržbě a řešení anomálií. V případě poruchy satelitů může stanice odstavit satelity.

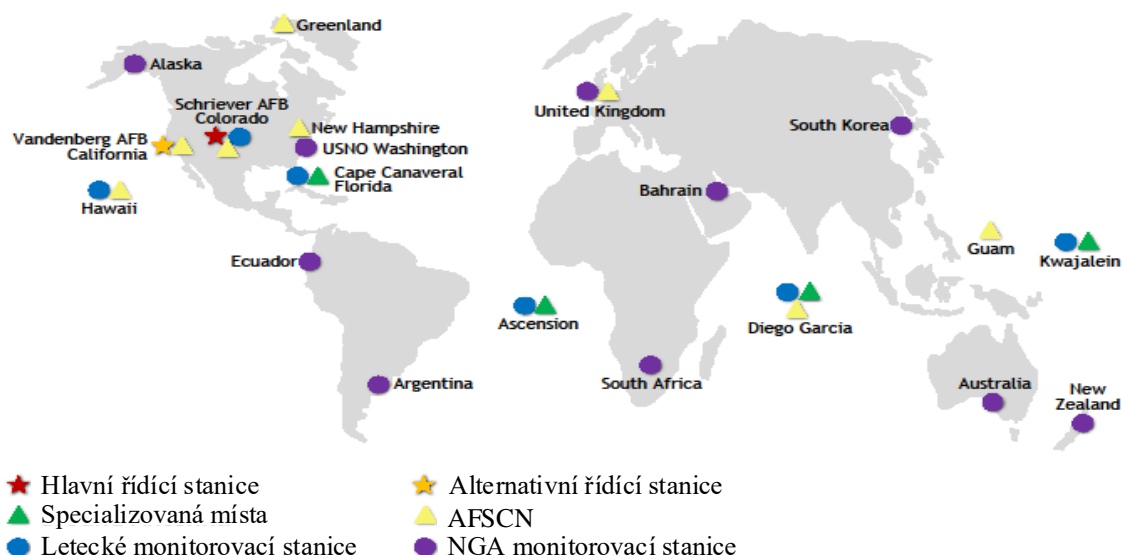
Monitorovací stanice sleduje satelity GPS, analyzuje jejich data a posílá zpětnou vazbu zpět do Hlavní řídicí stanice. Monitorovací stanice sbírá atmosférická data k měření vzdálenosti. Tyto sítě využívají sofistikované GPS přijímače a lze je ovládat přes Hlavní řídicí stanici. K dispozici je 16 monitorovacích stanic rozmístěných po celém světě, 6 z letectva a 10 z National Geospatial-Intelligence Agency (NGA). NGA je agentura v rámci amerického ministerstva obrany a zpravodajské služby Spojených států s primárním posláním sběr, analýza a distribuce geoprostorové inteligence na

podporu národní bezpečnosti.

Pozemní antény se používají pro komunikaci s GPS satelity k řídicím a kontrolním účelům. Tyto antény podporují S-band komunikační spojení, které odesílají programovému procesoru a sbírají data telemetrie. Moderní systémy telemetrie pracují na základě přenosu digitálních nebo digitalizovaných signálů měřících zařízení. Pozemní antény jsou také zodpovědné za normální přenosy na satelity. S-band rozsah umožňuje 2SOPS poskytovat anomálii, rozlišení a podporu při řízení družic na oběžné dráze.

K dispozici jsou čtyři specializovaná místa. Kwajalein, Ascension ostrov, Diego Garcia a Cape Canaveral. Kromě toho je ovládací segment spojen s osmi Air Force Satellite Control Network (AFSCN), která poskytuje podporu provozu, kontrolu a údržbu družic. Poskytuje údaje o sledování, které pomáhají udržovat katalog kosmických objektů a distribuuje data, jako jsou satelitní efemeridy, almanachy a další informace [16].

Umístění těchto zařízení je zobrazeno na Obr. 1.2.



Obr. 1.2: Mapa umístění řídicích center GPS [17].

Uživatelský segment

GPS je základním prvkem globální informační infrastruktury. Volný, otevřený a spolehlivý charakter GPS vedl k vývoji stovek aplikací, které ovlivňují každý aspekt moderního života. GPS technologie je nyní všude od mobilních telefonů a hodinek až po buldozery, přepravních kontejnery a bankomaty.

GPS zvyšuje produktivitu v širokém záběru ekonomiky tak, aby podporoval zemědělství, stavebnictví, výzkum, ale také geodetické výpočty, doručování balíků a logistické řízení dodavatelského řetězce. Hlavní komunikační sítě, bankovní systémy, finanční trhy a energetické sítě závisí do značné míry na přesné časové synchronizaci GPS. Některé bezdrátové služby bez něj nemohou fungovat. GPS zachraňuje životy, brání dopravním nehodám, pomáhá pátrací a záchranné službě a odstraňování následků živelných pohrom. GPS je životně důležitý pro leteckou dopravu, kde systém zvýší bezpečnost letů a zároveň navýší kapacitu vzdušného prostoru. GPS také pomáhá v oblasti předpovědi počasí, monitorování zemětřesení a ochraně životního prostředí.

GPS má i nadále zásadní význam pro národní bezpečnost USA a její aplikace jsou integrovány do téměř každého aspektu amerických vojenských operací. Téměř všechny nové vojenské prostředky – od vozidel po munici jsou vybaveny GPS systémem. Nové použití GPS jsou vynalezeny každý den a jsou omezeny pouze na lidské představivosti [18].

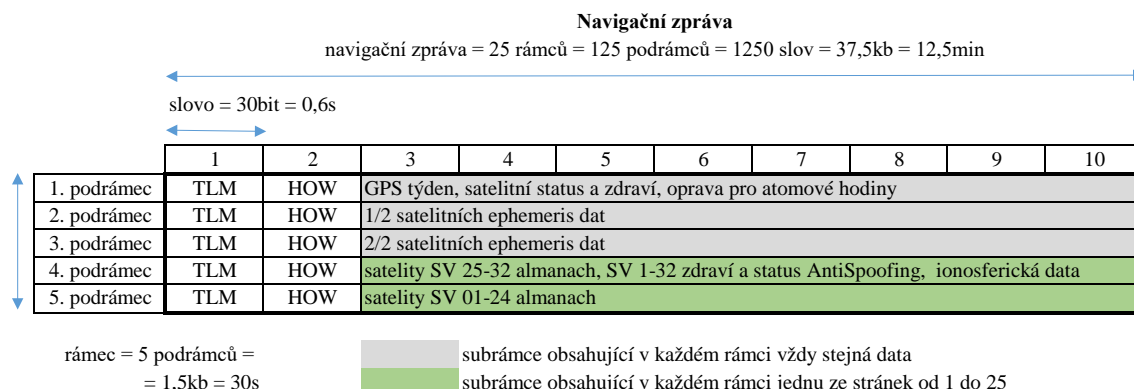
Navigační zpráva GPS

Navigační zpráva je nepřetržitý datový tok o šířce pásma 50 bit/s. Je modulována na nosný signál každého satelitu. Jedná se o telemetrickou zprávu. Data jsou přenášena v logických jednotkách nazývaných rámce. GPS rámec je 1500 bit dlouhý a trvá 30 s, než je přenesen. Každý satelit vysílá svůj rámec 1,5 min. Každý rámec je rozdělen do pěti podrámců, z nichž každý má 300 bit. Rámce 1, 2 a 3 obsahují efemeridy a offset data. Data obsažená v těchto třech rámcích jsou stejná pro každý satelit v po sobě jdoucích sekvencích, v období dvou hodin. Datové soubory nového rámce 1, 2 a 3 začínají předávat svá data po hodině.

Pomocný rámec 1 obsahuje druhý stupeň polynomu s koeficienty používanými k výpočtu satelitních offset hodin. Rámce 2 a 3 obsahují orbitální parametry. Rámce 4 a 5 jsou sub-komutované. Tato data se opakují. Po 25. po sobě jdoucím snímku z pomocného rámce 4 a 5 musí být shromažďována před přijímač s unikátním datovým obsahem přenášeným z družice. Satelit vysílá stejný obsah dat v pomocném rámci 4 a 5, dokud se nepřemazou novějšími, nebo po 24 hodinách. Pomocný rámec 4 a 5 obsahuje almanach a některé přidružené zdravotní a konfigurační data.

Každý pomocný rámec je rozdělen do 10 slov, z nichž každé má velikost 30 bitů. V každém slově je 6 bitů pro paritu. Ve slovech 3 až 10 je 24 datových bitů pro datový obsah uvedený výše. Slova 1 a 2 mají stejný formát v každém pomocném rámci. Slovo 1 se nazývá telemetrie (TLM). Prvních 8 bitů telemetrického slova, obsahuje synchronizační vzor používaný přijímačem k synchronizaci s navigačními zprávami, díky čemuž je schopné správně dekodovat datový obsah. Slovo 2 obsahuje

časovou hodnotu s délkou předání sub-rámce (HOW). Znázornění navigační zprávy na Obr. 1.3.



Obr. 1.3: Navigační zpráva GPS.

Nahrává se jednou za 24 hodin pro každý satelit v nahrávací stanici. Hlavní řídicí centrála vyšle družici veškerý datový obsah, který bude vysílat během následujících 24 hodin. Navíc vyšle data pro příštích několik týdnů v případě, že nahrávání bude z nějakého důvodu zpožděno. Každé nahrávání obsahuje 16 pomocných rámců a 3 datové rámce. Když se pro satelit začne vysílat nová sada dat, je to nazýváno cutover. První cutovery po nahrání se mohou objevit kdykoliv do hodiny a následně přesně za hodinu. Každý pomocný rámeček 1, 2 a 3 je přenášen do dvou hodin.

Pomocný rámeček 1 obsahuje offset hodiny a pomocný rámeček 2 nebo 3 obsahuje efemeridy času. Tyto dvě časové hodnoty jsou téměř vždy stejné. Každý z těchto tří dílčích rámců obsahuje také hodnoty indexu, který umožňuje, aby přijímač ověřil, zda tři pomocné rámce jsou součástí stejné sady dat. Typický novodobý přijímač je konfigurován tak, že sleduje nepřetržitě všechny satelity [19].

1.2.2 A-GPS

A-GPS neboli asistované získání polohy. Jedná se o technologii, která se nedá s určitostí zařadit do družicových, síťových ani pasivních metod, jelikož se používá pouze ve spojení s GPS, kdy se nevyužívá jen samotný modul GPS, ale dodatečná data pomocná k rychlejšímu zaměření jako je almanach, který je jednou ze složek signálu GPS – součást navigační zprávy. Obsahuje méně přesná data o poloze družice GPS. Aktualizován je jednou za šest dnů. Všechny družice vysílají stejný almanach a efemeridy. Udávají se obvykle ve sférických polárních souřadnicích – rektascenze a deklinace. Vydávají se v podobě tabulek, dnes se častěji počítají programy, které jsou k dispozici na internetu. Tato data se získají přes síť, například přes mobilní

data nebo Wi-Fi. Je to značně rychlejší, než když modul GPS pracuje sám. Samotný modul GPS získá polohu první družice v průměru za 30–40 s. Rychlost přenosu dat ze satelitního signálu je 50 b/s. [6] Takže asistované získání polohy značně ulehčuje okolnosti a je nesrovnatelně rychlejší.

1.2.3 GLONASS

Technologie GLONASS je ruský radiově založený satelitní navigační systém, který doplňuje a poskytuje alternativu k GPS. GLONASS je plně podporován v některých zařízeních a chytrých telefonech jako je například Sony Xperia s procesorem Qualcomm Snapdragon S2, na kterém bylo prováděno měření.

GLONASS konstelace se skládá z 24 družic rozmístěných na tři orbitální roviny v nadmořské výšce 19 tis. km a jmenovitým sklonem 64.8 stupňů ve vztahu k rovníku. S oběžnou dobou 11 hodin a 15 minut obíhá kolem své osy jednou za 8 dnů, ale protože každá oběžná dráha obsahuje 8 satelitů, jsou rovnoměrně rozloženy. Stejně jako satelity GPS, GLONASS satelity také přenáší nešifrovaný kód, který je k dispozici civilním uživatelům a šifrovaný kód, který je k dispozici pouze oprávněným uživatelům na nosných frekvencích L1 a L2 . Ale na rozdíl od GPS satelitů, každý GLONASS satelit vysílá stejný PRN kód v mírně odlišném kmitočtu na 14 frekvenčních kanálech tvořících FDMA, což umožňuje, aby přijímač rozpoznal více satelitů se stejným kódem. Těchto 24 družic GLONASS pracuje pouze na 14-ti frekvenčních kanálech, protože protilehlé satelity sdílejí stejný frekvenční kanál. Antipodální (Obr. 1.4) satelity jsou ve stejné orbitální rovině, ale otočeny o 180 stupňů v šířce, čímž je zajištěno, že tyto dva satelity sdílející stejné frekvence, nebudou zároveň nikdy viditelné [12].



Obr. 1.4: Antipodální satelity systému GLONASS.

Systém GLONASS můžeme rozdělit do 3 segmentů:

- Kosmický,
- řídicí a kontrolní,
- uživatelský.

Kosmický segment

Jsou definovány dva stavy implementace k popisu kosmického segmentu:

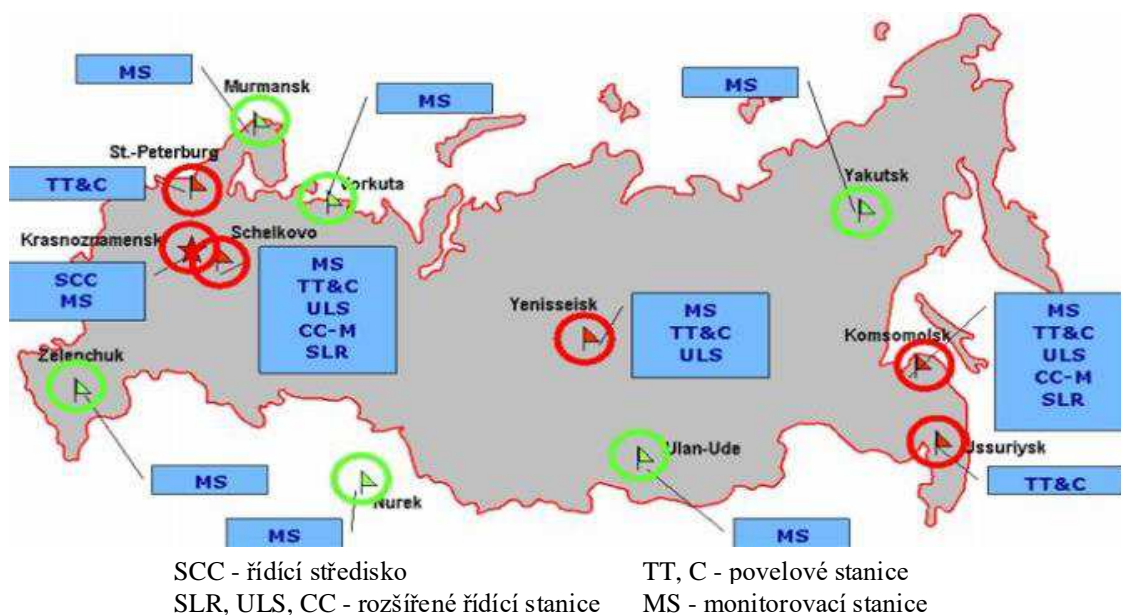
Stav částečně provozu schopný, ve kterém je alespoň 12 satelitů plně funkčních. Byl jmenován prezidentem Ruské federace dne 29. září, po startu vypuštění 12 družic roku 1993.

Stav plné operační schopnosti, ve kterém je alespoň 24 satelitů plně funkčních, který se uskutečnil roku 2012 s novými družicemi Uragan-M a Uragan-K [12].

Řídící a kontrolní segment

Řídící a kontrolní segment je zodpovědný za správné fungování systému GLONASS. Stejně jako GPS, GLONASS segment control monitoruje stav satelitů, určuje efemery a satelitní hodiny, offsety a dvakrát denně nahraje navigační data do satelitů.

Hlavní segment pro řízení telemetrie se nachází nedaleko v Krasnoznamenstvu. Dalších pět center se nachází v Schelkovu, Komsomoisku, St-Peteburgu, Ussuriysku a Yenisiseisku. Centrální řídicí středisko se nachází v Schelkovu, další 3 stanice v Yenisiseisku, Komsomoisku a Schelkovu. Dvě laserové měřicí stanice jsou v Schelkovu a Komsomoisku. Síť čtyř monitorovacích a měřicích stanic v Schelkovu, Krasnoznamenstvu, Yenisiseisku a Komsomolsku. A 6 pomocných monitorovacích a měřicích stanic na území Ruské federace a Společenství nezávislých států, které se plánují vystavět ve městech Jakutsk, Ulan-Ude, Nurek, Vorkut, Murmansk a Zelenchuk (Obr. 1.5) [12].



Obr. 1.5: Rozmístění stanic pozemního řídicího komplexu GLONASS [20].

Uživatelský segment

Uživatelský segment zahrnuje všechny soukromé, obchodní a vojenské uživatele vybavené L-band přijímači a anténami, které jsou schopny přijímat, dekodovat a zpracovat signály GNSS vysílané družicemi s cílem odhadnout jejich polohu. Na (Obr. 1.6) je vidět příklad uživatelského vybavení k účelům, jakým je možno jej použít (část A – v armádě, část B – autonavigace, část C – geodezie).



Obr. 1.6: Využití GLONASS v uživatelském segmentu [21, 22, 23].

Pozoruhodnou součástí uživatelského segmentu je International Service (ISG) GNSS. ISG GNSS je mezinárodní civilní služba, která má na starost přesnost globálních navigačních družicových systémů, které umožňují určení polohy na základě signálů přijímaných ze satelitů. Tato služba byla zahájena v roce 1990.

V Polsku se nacházejí stanice ISG GNSS ve městech Borowa Gora, Jozefoslaw, Lamkówko, Borowiec a Vratislav. Je nezbytné, aby tyto stanice byly vybaveny přesnými GPS kódy P, kterými je možné odeslat výsledky svých denních výzkumů do regionálních center pro zpracování dat [24].

1.2.4 Triangulace BTS

Triangulace je metoda lokalizace pomocí sítě BTS, ke které je zařízení připojeno. Metoda spočívá v tom, že každá BTS má svou unikátní identifikaci (Cell ID). Pomocí Cell ID lze do mobilního telefonu získat souřadnice polohy. Způsobů, jakým se Cell ID získává, je více, liší se přesností.

Pomocí jedné věže

Metoda lokalizace pomocí jedné věže je nejméně přesná metoda triangulace BTS. Která může být v řádu od několika stovek metrů až do 35 km, podle lokality a hustoty pokrytí sítě. Zpřesnění této metody je možné určením mezikruží, ve kterém se mobilní telefon nachází. Při uvážení síly signálu připojení k BTS, kdy síla signálu

klesá se vzdáleností. Víceúrovňová vzdálenost od BTS metodou lokalizace jedné věže (Obr. 1.7 část A) je označena jako n_1 , n_2 .

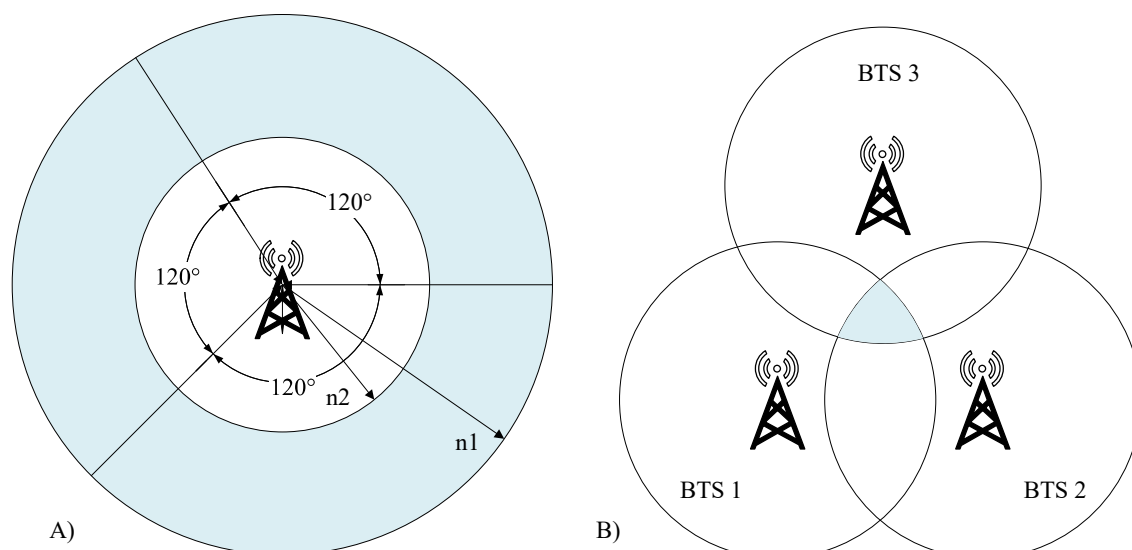
Nejméně přesná je tato lokalizace v případě, že je zaměřena některou z tzv. vykrývacích buněk umístěných na vysokých kopcích. Zde může být reálná vzdálenost až oněch 35 km. Naopak nejvyšší přesnost získáme při připojení k tzv. nízkofrekvenční základové stanici umístěné například v supermarketu, stanici metra, stadionu apod. Zde je možné získat přesnost v řádu desítek až stovek metrů, výjimečně pár kilometrů [9].

Pomocí dvou věží

Metoda lokalizace pomocí dvou věží vychází z první metody. Je přesnější než metoda lokalizace jednou věží, protože data jejich zóny se někde protnou. Průnikem vznikne jedna menší oblast, jejíž geometrický střed udává polohu. Je třeba brát v úvahu, že jen velmi málo zařízení poskytuje seznam BTS v dosahu softwarové vrstvě. Proto v drtivé většině případů lze použít jen první metodu. Metoda užití více věží připadá v úvahu při použití vlastní databáze BTS, které jsou ale ve většině případů placené. Příklad placených databází: Geolocation API, Navizon, Location API. Neplacená databáze spravovaná dobrovolníky: OpenCellID [25].

Pomocí více věží

Tato metoda vychází z druhé metody. Čím více BTS věží je zaměřeno, tím menší vzniká výsledná oblast mezi nimi a lokalizace je přesnější (Obr. 1.7 část B) [25].



Obr. 1.7: Princip získání síťové polohy ze stanic BTS.

1.2.5 Wi-Fi

Základní princip Wi-Fi lokalizace je detekce síly signálu AP. Hodnota síly signálu Strength Signal (SS) představuje relativní vzdálenost od Wi-Fi AP. Hodnota roste, čím je uživatel blíže k vysílači, naopak klesá, čím je dále. Je několik způsobů, jak se tato metoda používá:

- Radar,
- Horus,
- Compass.

Všechny způsoby pracují ve dvou fázích. V první fázi v režimu off-line – pokrývají konkrétní síť referenční body, ve kterých následně měří sousední AP. Tato data jsou poté zpracovány do databází. Ve druhé fázi on-line – na základě měření sousedních přístupových bodů mohou systémy poskytnout svou aktuální polohu vůči referenčnímu bodu.

Radar – aktuální pozice se určí pomocí deterministických metod, vypočítá se Euklidovská vzdálenost pomocí algoritmu (NNSS-nejbližší sousední signal ve vesmíru). Pro kontinuální sledování v prostoru se používá Viterbiho algoritmus pro hledání a nalezení nejpravděpodobnější posloupnosti skrytých stavů. Tyto techniky však nepočítají odchylky bezdrátových kanálů.

Horus – systém určuje aktuální polohu technikami pravděpodobnosti. K ošetření odchylek WLAN se využívá variace Petrubačnických technik, dále inkrementální triangulace.

Compass – lokalizační technika obdobná jako Horus, která oproti této technice ošetřuje blokový signál lidským tělem. Toto má největší vliv na výslednou polohu. Mobilní zařízení má vůči AP rozhodující vliv pro výstup konečného algoritmu [28].

2 SOFTWAREOVÁ IMPLEMENTACE LOKALIZACE DO ANDROID ZAŘÍZENÍ

Před oficiálním vydáním vývojového prostředí Android Studio bylo doporučeným prostředím pro vývoj Android aplikací Eclipse s pluginem Android Developer Tools. S prostředím Eclipse byl autor seznámen již dříve a používal ho na semestrální práci a tak je mu dobře známo. Ale obsahovalo řadu nevýhod. Zásadní nevýhoda byla komplikovaná instalace, pomalé Integrated Development Environment (IDE) a prostředí působící celkově neohrabaně. Je na mysli samozřejmě vývoj aplikací pro Android, v ostatních odvětvích je prostředí Eclipse vynikající. Z tohoto důvodu bylo použito pro tyto účely prostředí Android Studio, které bylo v době psaní této práce ve stabilní verzi 1.5.1.

Jak bylo naznačeno v úvodu, pro potřeby emulace bylo použito prostředí Genymotion, které je určeno k testování při vývoji aplikací. Prostředí může simulovat všechny možné senzory, stav baterie, GPS a další parametry v uživatelsky přívětivém rozhraní. Výkonné nástroje příkazového řádku umožňují vytvářet komplexní testy. Prostředí pracuje prakticky se všemi verzemi operačního systému Android a je velice jednoduché v aplikaci nastavit, které chce uživatel použít. Program nabídne stažení a vše se samo nainstaluje a připraví k použití. Dále společnost v současné době nabízí přes 40 modelů mobilních zařízení, které pracují přímo s parametry daného zařízení. Pokud nějaké zařízení není v seznamu, jednoduše lze vytvořit zařízení nové a parametry nastavit ručně. Emulátor využívá x86 virtualizaci. S využitím hardwarové akcelerace OpenGL umožní testovat i 3D aplikace s dostatečným výkonem.

2.1 Operační systém Android

Android jako operační systém je založen na linuxovém jádře. Projekt zodpovědný za rozvoj systému Android se nazývá Open Source Project Android (AOSP) a je primárně veden společností Google. Android Systém podporuje zpracování na pozadí, poskytuje bohatou knihovnu uživatelského rozhraní, podporuje 2-D a 3-D grafiku pomocí OpenGL ES a umožňuje přístup k souborovému systému stejně jako vložené databáze SQLite. Android aplikace se obvykle skládá z různých vizuálních a nevizuálních komponent a je možno znovu použít komponenty v rámci jiných aplikací.

Systém dále obsahuje Dalvik Virtual Machine (DVM), který se používá k provádění bytového kódu, na kterém jsou postaveny vyšší systémové vrstvy. DVM není to samé jako Java Virtual Machine (JVM), protože bitový kód, který převádí, není Java Byte Code. I přesto se v Androidu programuje převážně v Javě. Google stále

podporuje vývojový nástroj Eclipse. Ale jeho hlavním vývojovým prostředím se stalo Android Studio.

2.1.1 Architektura Androidu

Android systém je plně softwarový balík, který se obvykle rozděluje do 5 úrovní. Tyto úrovně mohou přejímat od sebe data navzájem. Jeho architektura je rozdělena na vrstvy. Každá vrstva má svůj účel a nemusí být přímo oddělena od ostatních vrstev. V následujícím přehledu je rozepsán základní význam jednotlivých vrstev:

- **Aplikace:** Android Open Source Project obsahuje několik výchozích aplikací jako je prohlížeč, fotoaparát, galerie, hudební přehrávač, telefon a další. Jedná se o základní předinstalované aplikace od prodejce zařízení. Na této vrstvě pracuje sám uživatel při instalaci aplikací například z Google Play nebo jiných.
- **Aplikační Framework:** API, které umožňuje interakci na vysoké úrovni se systémem Android od aplikací pro Android. Zahrnuje programy, které spravují základní funkce mobilních zařízení. Do této vrstvy mají vývojáři plný přístup, což významně napomáhá zpracování a podpoře doplňků při programování aplikace.
- **Knihovny:** Knihovny většiny běžných funkcí (grafické zobrazování, ukládání dat, prohlížení webových stránek a další) jsou psány v jazyce C a nebo C++ a jsou využívány různými částmi systému. Ty jsou dostupné vývojářům díky 4. vrstvě, kterou je Aplikační Framework. Stejně jako základní Java knihovny pro spouštění aplikací pro Android.
- **Runtime:** Je to registrově orientovaná architektura. Vytvoření Dalvik-u bylo nutné kvůli licenčním právům Javy. Každá spuštěná Android aplikace je přeložena pomocí Dalvik-u do Java bite kódu, na které staví Android. Ten je teprve spustitelný v zařízeních.
- **Linux kernel:** Nejnižší vrstva. Je to komunikační vrstva hardwaru se softwarem, který se nachází ve 4 vyšších vrstvách. Android využívá funkce jádra jako samostatné procesy: display, kamera, blesk, audio a další s prioritou nastavenou systémem. Tyto vlastnosti jsou základem pro bezpečnost a stabilitu systému.

2.2 Uživatelská oprávnění související s lokalizací

Zde budou popsána uživatelská oprávnění aplikací, požadující přístupy k mobilním modulům, použítá v této práci. Zásadní práva přístupu k lokalizaci jsou dvě.

První z nich je přístup k orientační poloze. Toto je definováno: *Umožňuje aplikaci získat přístup k přibližné poloze odvozené ze zdrojů umístění v síti jako jsou mobilní věže a Wi-Fi.* To znamená, že se vztahuje pouze na NETWORK PROVIDERA:

```
<uses-permission  
android:name="android.permission.ACCESS_COARSE_LOCATION" />
```

Druhé z nich je přístup k přesné poloze. Toto je definováno: *Umožňuje aplikaci získat přístup k přesné poloze odvozené ze zdrojů umístění jako je GPS.* To znamená, že se vztahuje pouze na GPS PROVIDERA:

```
<uses-permission  
android:name="android.permission.ACCESS_FINE_LOCATION" />
```

Oprávnění, které není úplně běžné pro většinu vývojářů a umožňuje práci s lokalizačními daty. Například smazat almanach data. K tomuto účelu zde bylo využito. Je definováno: *Umožňuje aplikaci získat přístup k dalším příkazům poskytovatele polohy.*

```
<uses-permission  
android:name="android.permission.ACCESS_LOCATION_EXTRA_  
COMMANDS" />
```

Další oprávnění, které se hojně využívá ve spojení s lokalizací, je přístup k internetu. Používá se například pro stažení almanachu, což bylo použito pro účely měření v této práci. Toto je definováno: *Umožňuje aplikaci získat přístup k internetu.*

```
<uses-permission  
android:name="android.permission.INTERNET" />
```

Další oprávnění, které dovoluje získat informace o Wi-Fi (jako je síla signálu a zda je k ní připojeno mobilní zařízení). Je definováno: *Umožňuje aplikacím přístup k informacím o Wi-Fi sítích.*

```
<uses-permission  
android:name="android.permission.ACCESS_WIFI_STATE" />
```

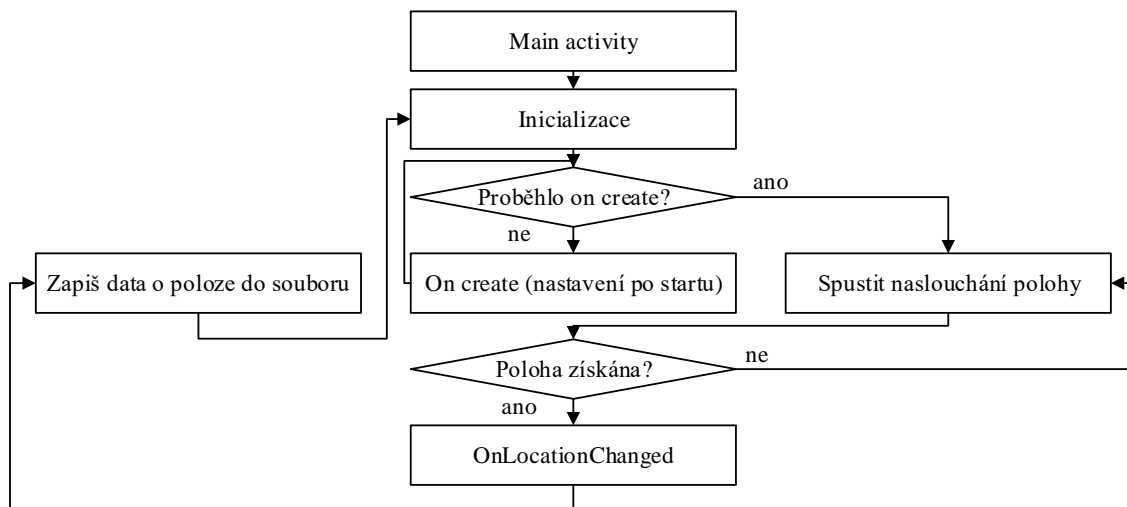
Tato oprávnění se zapisují do souboru *AndroidManifest.xml*

2.3 Implementace družicových metod

Implementace družicových metod, zde konkrétně GPS providera byla provedena následujícím způsobem. Po založení nového projektu musí být importovány do prostředí knihovny související s lokalizací, které jsou nezbytné pro implementaci stě-

žejních funkcí lokalizace. Příklad těchto knihoven: *android.location.GpsSatellite*, *android.location.GpsStatus*, *android.location.Location*, *android.location.Location Listener*, *android.location.LocationManager*. Do kódu musely být zahrnuty stěžejní funkce jako: *LocationListener* a *GPSStatus.Listener*, které jsou potřeba pro odposlech polohy z modulu GPS a získání dat z navigačních družic GPS a GLONASS a čerpají z knihoven výše implementovaných. Toho bylo využito ve funkcích: *onLocationChanged* a *onGpsStatusChanged*.

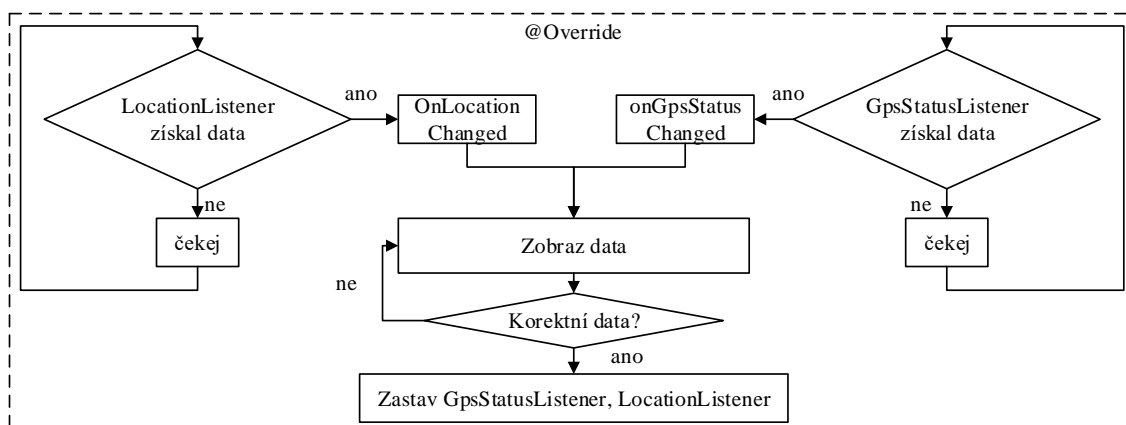
V hlavní funkci *Main Activity* jsou obsaženy všechny následující funkce. *OnCreate*, která provede deklaraci a přiřazení do proměnných po startu programu. Tato funkce se volá automaticky a pouze jednou po spuštění. Dále funkce *Spustit naslouchání polohy*, která provede deklaraci providera zprostředkujícího lokalizaci v tomto případě GPS a dá podnět k odposlechu polohy. Po započetí odposlechu polohy se v tomto případě jako první automaticky zavolá funkce *onGpsStatusChanged*, která má na starosti získávání dat od GPS satelitů a jejich zpracování. Po fixu 4 satelitů se automaticky zavolá funkce *onLocationChanged*, která zprostředkuje první data o lokalizaci mobilnímu zařízení. Poslední funkce, která se zavolá, je *Zapiš data o poloze do souboru*, která je velice důležitá pro účely měření. Na Obr. 2.1 je diagram vlastního programu pro lokalizaci družicovými metodami.



Obr. 2.1: Diagram programu pro lokalizaci družicovými metodami.

Zásadní funkce *Spustit naslouchání polohy*, která začne odposlouchávat polohu, se skládá z několika důležitých součástí. První z nich je udělení přístupu *Location-Managera* k lokalizačním poskytovatelům, jenž žádá systém o použití lokalizačního modulu mobilního zařízení. K tomu je potřeba již zmiňované oprávnění při instalaci aplikace. Dále volba lokalizačního poskytovatele, ve které se v tomto případě zvolí *GPS_PROVIDER*. *Deklarace GpsStatus listener*, ve které se deklaruje funkce,

která se zavolá při zjištění odposlechu lokalizace. Žádost *LocationManagera* o aktualizaci polohy a nastavení parametrů – zde nastavíme parametr *Update_time* v ms, pokud nastavíme hodnotu 0, frekvence opakování je tak vysoká, jak jen povoluje modul a procesor telefonu. Proto je dobré toto omezit kvůli vytěžování procesoru a spotřebě. Například hodnotou 1000, což značí odposlech po 1s a další parametr *Min_distance*, který je naopak schopný aktualizovat polohu po určité vzdálenosti. Pro statické měření je vhodné nastavit parametr na 0. Je zde možné nastavit více parametrů, jako jsou *Criteria* či *Bundles*, které modulu definují pravidla, jak se má chovat v určitých situacích. V neposlední řadě bylo třeba naprogramovat funkci, která zjistí stav GPS a GLONASS satelitů – kolik satelitů je v tzv. fixu. Funkce *onLocationChanged* se volá automaticky po fixu 4 satelitů a získání první polohy, vrací parametry poskytnuté modulem GPS: Latitude, longitude, altitude, bearing, accuracy, speed. Funkce *onGpsStatusChanged*, která se volá automaticky po zjištění odposlechu aktualizací má na starost zpracovávání údajů, poskytnutých od GPS modulu, o satelitech. Na diagramu (Obr. 2.2) je vlastní funkce *Spustit naslouchání polohy*.



Obr. 2.2: Diagram funkce *Spustit naslouchání polohy* u družicových metod.

V této funkci se vyskytuje *@Override*, což znamená, že funkce je plovoucí a obsluhuje ji v tomto případě *LocationManager*. Další funkce, které nejsou zmíněny, slouží k tomu, aby upozornily uživatele na vypnutého poskytovatele polohy v případě, že jej aplikace chce využívat. Dokáží nabídnout možnost zapnutí daného poskytovatele polohy a usnadní uživateli práci s ručním nastavováním. Poslední funkce slouží k zápisu hodnot do textového souboru, což je velmi důležité pro účely měření a nuluje některé proměnné pro nový odposlech.

2.4 Implementace síťových metod

Jak z názvu kapitoly vyplývá, zde se práce bude zabývat implementací síťových metod pro odposlech polohy a účely měření. Síťové metody v Androidu znamenají získat polohu pomocí Wi-Fi nebo signálu GSM z BTS, záleží na umístění uživatele se zařízením. Jelikož systém Android nerozlišuje, o kterého síťového providera se jedná, bude spuštěn odposlech polohy v závislosti na nastavení mobilního zařízení. Zde jsou 2 možnosti. První z nich je, že telefon bude přihlášen k telefonní síti, a to jakéhokoliv typu. Aplikace podporuje všechny typy mobilních sítí, zde je to již závislé na podpoře hardwaru daného zařízení. Druhá, bude připojený k bezdrátovému Wi-Fi AP. Typy sítí mohou být 2G, 3G, 4G. V České republice jsou dostupné tyto typy telefonních sítí na těchto pásmech (Tab. 2.1).

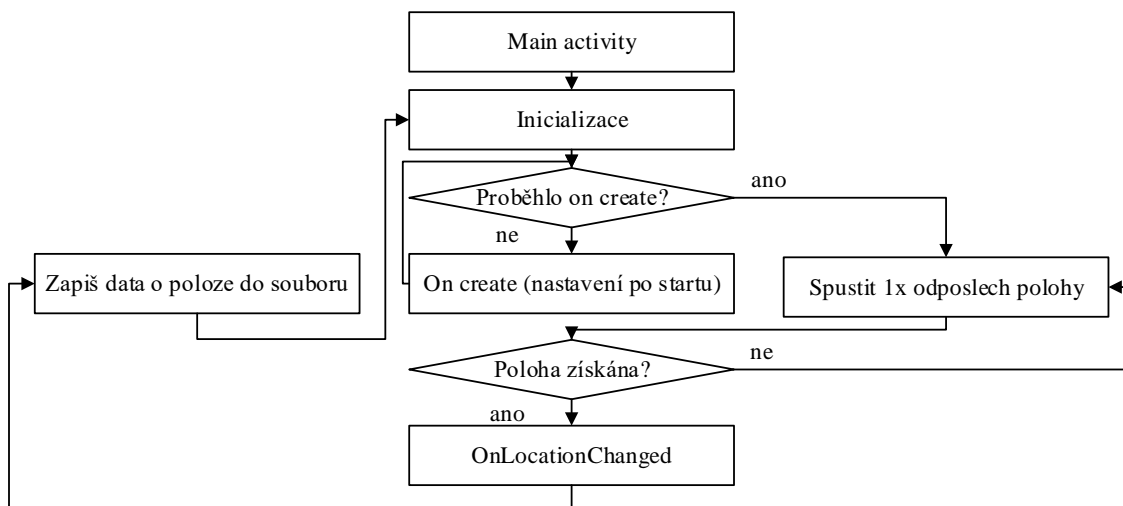
Tab. 2.1: Typy podporovaných telefonních sítí v České republice [29].

Technologie	Pásmo
2G	GSM 900, GSM 1800
3G	UMTS 2100
4G	LTE 800, LTE 900, LTE 1800, LTE 2100, LTE 2600

Implementace síťových metod byla provedena následujícím způsobem. Po založení nového projektu musí být importovány do prostředí knihovny, které jsou nezbytné pro implementaci stěžejních funkcí lokalizace. Příklad těchto knihoven: *android.location.Location*, *android.location.LocationListener*, *android.location.LocationManager*, *android.location.WifiInfo*, *android.location.WifiManager*. Následuje hlavní aktivita aplikace, do které je potřeba implementovat prostředí *LocationListener*, které slouží k zajištění komunikace mezi hardwarovým modulem zařízení, v tomto případě k přístupu k poslechu polohy, a aplikací. Ke správnému chodu je zapotřebí uživatelských oprávnění, kterými se práce zabývala výše.

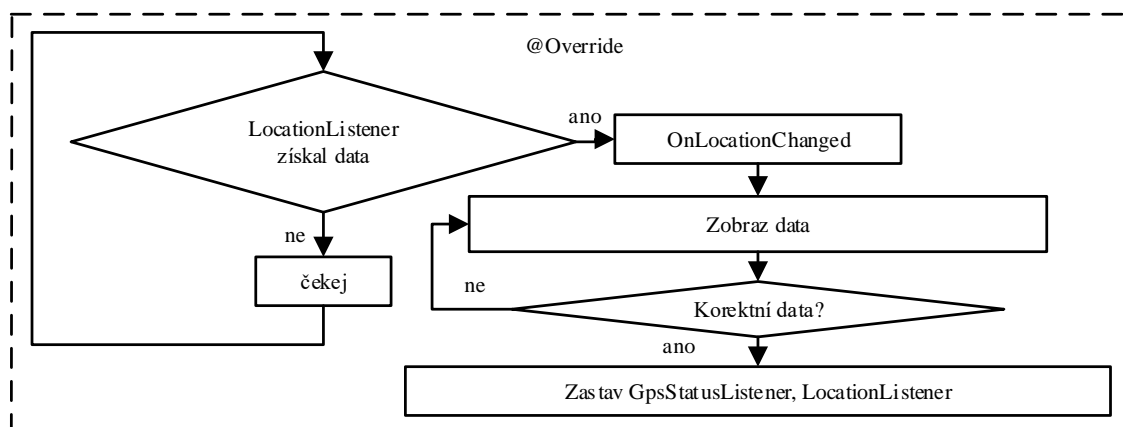
V hlavní funkci *Main Activity* jsou zahrnuty veškeré následující funkce potřebné pro implementaci síťových metod. Je v něm obsažena funkce – *OnCreate*, která provede deklaraci a přiřazení do proměnných po startu programu stejně jako v případě aktivních metod. Dále funkce – *Spustit 1x odposlech polohy*, která provede deklaraci providera zprostředkujícího lokalizaci, v tomto případě NETWORK a dá podnět k jednomu odposlechu polohy. Po započítí odposlechu se v tomto případě zavolá funkce *onLocationChanged*, která má na starosti získávání dat od NETWORK providera a zpracování údajů. Na Obr. 2.3 je diagram vlastního programu pro odposlech síťovými metodami.

Po zavolání funkce *Spustit 1x odposlech polohy*, která se skládá z několika důležitých součástí, se stane následující. První fáze je udělení přístupu *locationManagera*



Obr. 2.3: Diagram programu pro odposlech síťovými metodami.

k lokalizačním poskytovatelům, který žádá systém o použití lokalizačního modulu mobilního zařízení. K tomu je potřeba již zmiňované oprávnění při instalaci aplikace. Druhá fáze volba lokalizačního poskytovatele, ve které se v tomto případě zvolí *NETWORK_PROVIDER*. Žádost *LocationManagera 1x o aktualizaci polohy* – zde nastavíme parametry. Jelikož se jedná o *RequestSingleUpdate*, není třeba řešit žádné opakování či zastavování. Prostě vykoná se jednou a pokud není nastaven cyklus opakování, neděje se již nic. Funkce *onLocationChanged*, která se v tomto případě volá automaticky po zaregistrování požadavku o získání polohy z *NETWORK* providera, vrací parametry poskytnuté modulem. V tomto případě jsou to pouze: Latitude, longitude, accuracy. Na diagramu Obr. 2.4 je grafické znázornění vlastní funkce Spustit naslouchání polohy.



Obr. 2.4: Diagram funkce Spustit naslouchání polohy u síťových metod.

Další funkce, které nejsou zmíněny, slouží k tomu, aby upozornily uživatele na vypnutého poskytovatele polohy v případě, že ji aplikace chce využívat. Dokáží nabídnout možnost zapnutí daného poskytovatele polohy a usnadní uživateli práci s ručním nastavováním. Poslední funkce slouží k zápisu hodnot do textového souboru, což je velmi důležité pro účely měření, a nuluje některé proměnné pro nový odposlech.

3 EXPERIMENTÁLNÍ MĚŘENÍ IMPLEMEN- TOVANÝCH METOD

3.1 Zařízení, na kterém se měřilo

Zařízení, na kterém se měřilo, byl mobilní telefon značky Sony Ericsson Xperia Arc S (Obr. 3.1). Osazen chipsetem Qualcomm MSM8255T s více jádrovým procesorem Snapdragon S2 s dvěma jádry o frekvencích 1400 MHz. Interní paměť 512 MB RAM. Grafickým chipsetem Adreno 205. Disponuje síťovými technologiemi GSM/HSPA. Wi-Fi 802.11 b/g/n, DLNA. Bluetooth v2.1, EDR. GPS s A-GPS, GLONASS. Senzory: akcelerometr, proximity senzor, kompas. Li-Po 1500 mAh battery. Androidem 4.0.4, verze základního pásma 8x55A – AAABQOAZM – 203028G – 77, verze jádra 2.6.32.9 – perf, číslo sestavení 4.1.B.0.587.



Obr. 3.1: Zařízení, na kterém se měřilo.

3.2 Měření družicových metod

3.2.1 Čas prvního fixu GPS

Čas prvního fixu, dále jen TTFF, je čas, který potřebuje přijímač, aby zaměřil dostatečný počet družic. Minimálně 4, které jsou třeba. Z nich následně získal navigační data potřebná pro lokalizaci včetně testu sekvencí, získání PSP klíče a zajištění potřebných vstupních operátorů. Následně je přijímač schopen navigovat. Takto je

definován první fix. Tato hodnota se používá pro vyhodnocení výkonu přijímače a je zásadní pro koncového uživatele v různých případech.

Některé zdroje uvádí hodnotu TTFF 1 a TTFF 2. TTFF 1 zahrnuje získání C/A kódu a následné převedení do P kódu. C/A kód je veřejně dostupný všem uživatelům, používá se pro získání polohy z družicových systémů. TTFF 2 zahrnuje přímé získání P kódu. P kód, který je přístupný jen autorizovaným uživatelům, používá se pro získání polohy z družicových systémů. Dále s TTFF souvisí reakční doba. Reakční doba je termín používaný od doby inicializace zařízení do TTFF. TTFF je funkcí počátečního stavu přijímače.

3.2.2 Cold, Hot, Warm start GPS

TTFF lze rozdělit do tří stavů definovaných jako: Cold start, hot start, warm start. Závisí na stavu přijímače. Stav se dají definovat následovně:

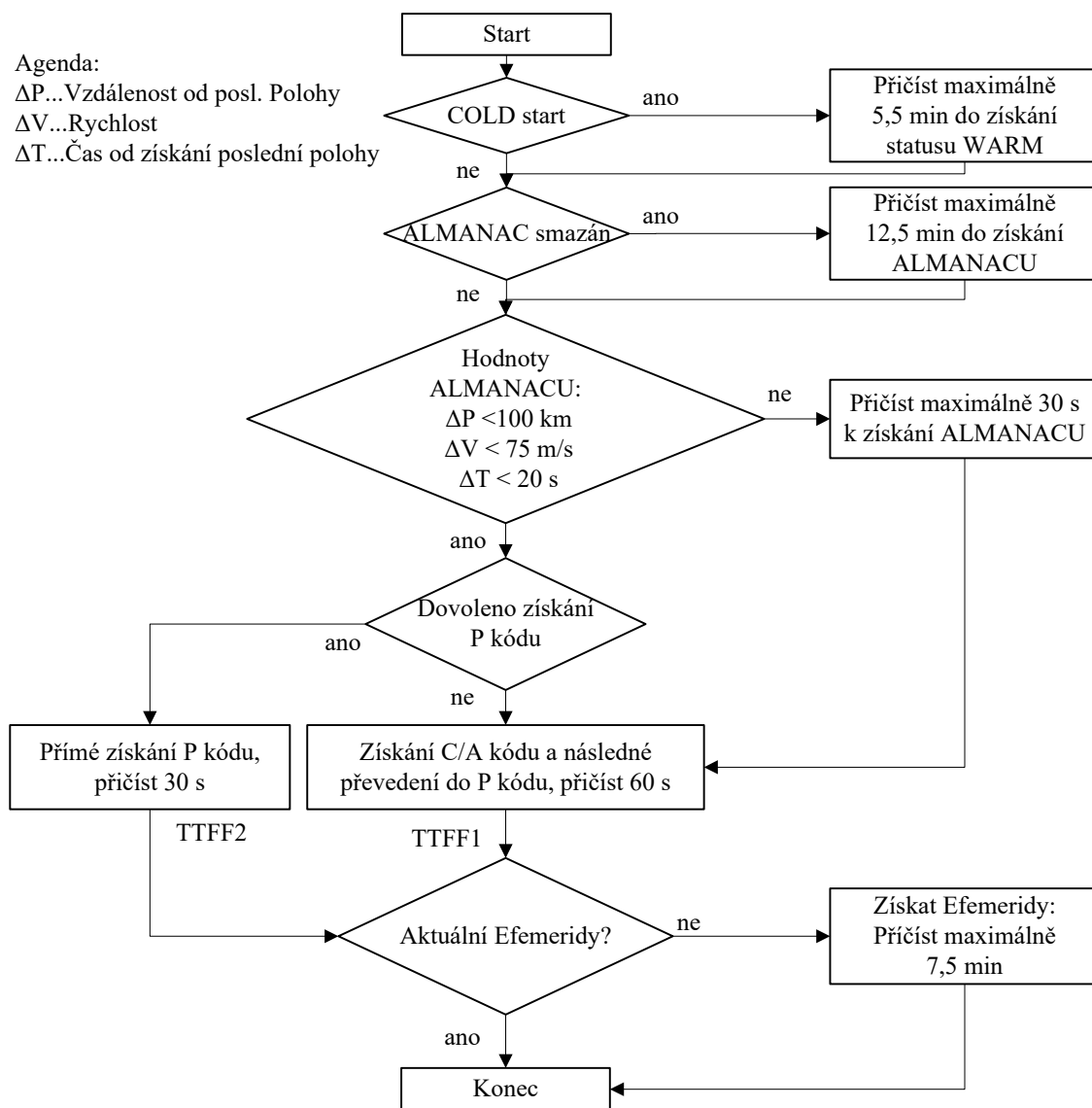
- **Cold start** – vychází z předpokladu, že přijímač nemá aktuální čas, má starší Almanach data než 1–2 týdny a poloha satelitů může být třeba tisíce kilometrů od současné polohy. Přijímač se dostane do tohoto stavu, pokud se neudrží v aktuálnosti několik týdnů nebo do přerušování dodávky elektrické energie, tím pádem smazání dat. Například při vybití mobilního zařízení nebo odpojení baterie. Podobný tomuto stavu je tzv. factory stav neboli tovární stav, kdy od výrobce nejsou přednastavená žádná data. Tento factory stav je časově stejně náročný jako cold start. TTFF při studeném startu typicky trvá o alespoň 12,5 minuty více než hot start, což je ve výsledku kolem 17 minut.

Sám Android má v sobě vlastnost, která po restartu zařízení automaticky stahuje data z BTS, kterými si upřesňuje polohu. V případě přístupu k internetu mají všechny známé navigační softwary v čele s Google Map, Sygic atd., implementovanou funkci pomocí, které si přednostně stahují polohu z internetu a následně ji získávají pomocí GPS. Tento způsob je o něco rychlejší, než kdyby si modul zaměřoval satelity sám.

- **Hot start** – vychází z předpokladu, že přijímač má aktuální čas, který se aktualizuje během cca 20 sekund a pozici stejnou, než na které byl naposledy zaměřen. Stejně tak data ze satelitního almanachu by neměly být starší než 1–2 týdny. TTFF1 pro teplý start trvá typicky v rozmezí 2 až 5,5 minuty.
- **Warm start** – vychází z předpokladu, že přijímač je vybaven aktuálními daty času, polohy a družicových efemerid, stejně tak almanachu. Když je přijímač obnoven z tohoto pohotovostního režimu, doba potřebná k dosažení další polohy čili aktualizace je obvykle označována jako následný čas fixu TTTF, nikoliv TTFF. Typicky je TTTF v řádu desítek sekund.

Ve snaze zlepšit TTFF výrobci a provozovatelé mobilních sítí zavedli Assisted GPS technologii, která stáhne aktuální efemeridy na několik dní dopředu prostřednictvím bezdrátových sítí a pomáhá triangulovat pozici uživatele pomocí telefonních věží, což umožňuje GPS přijímači získat rychlejší fix. Data stažená z bezdrátových sítí jsou v řádu několika kilobajtů [28].

Na diagramu Obr. 3.2 je znázorněno, kolik času potřebuje zařízení ke svému fixu, když se nachází v některém z těchto stavů.



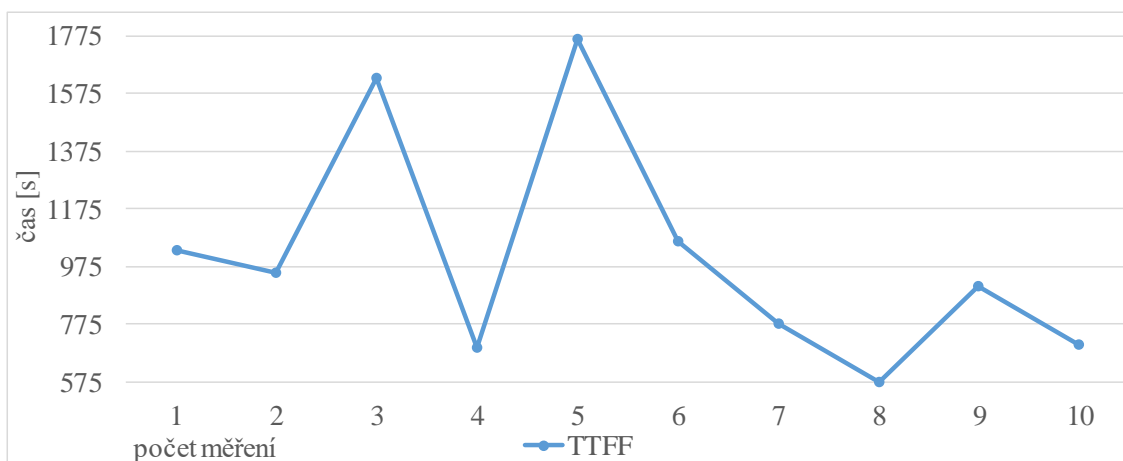
Obr. 3.2: Diagram aspektů při získání prvního fixu z GPS.

3.2.3 Měření času prvního fixu GPS

Při 10 měřeních, která byla prováděna na volném prostranství s přímou viditelností na nebe a mezi každým měřením, byla odpojována baterie na několik minut, byly získány následující výsledky. Telefon se nacházel v režimu letadlo a byly zakázány veškeré datové a telefonní služby, které by mohly ovlivnit měření. Aktivní byla pouze GPS s vypnutým získáváním polohy z bezdrátových sítí. Měření vydalo hodnoty od 575 s do 1764 s. Počet měření byl 10, jelikož bylo měření časově náročné a vyžadovalo aktivní obsluhu. Průměr těchto 10 měření vydal výsledek 1000 s, což je velice blízko teoretickému předpokladu, který byl vypočítán na 17 min což je cca 1000 s. Měřená data jsou v Tab. 3.1 a graf znázornění na Obr. 3.3.

Tab. 3.1: Měření času prvního fixu GPS.

č. měření	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
čas [s]	1030	955	1625	691	1764	1062	775	575	905	707



Obr. 3.3: Závislost času prvního fixu GPS na počtu měření.

3.2.4 Měření dosahu signálu GPS

Bylo provedeno měření dosahu signálu v budovách a prostorech ústavu VUT v Brně. Jak bylo uvedeno, samotný modul GPS bez všech asistencí potřebuje aktivně komunikovat s nejméně čtyřmi satelity. Měření bylo prováděno krokovaním se zapnutou GPS, zobrazenými satelity ve fixu a přesností ze získané polohy. Na volném prostranství před budovami byla GPS zaměřena na nejvyšší možnou přesnost 3 m. Následně bylo měřeno v garážích VUT bloku T 10, vstupu do budovy hlavním vchodem bloku

T 10 a suterénu u kantýny bloku T 10. Jakmile se přesnost a počet satelitů ve fixu rapidně snižovala, autor se se zařízením vrátil na místo, kde ještě signál byl. Tímto způsobem byla vytyčena zóna dosahu signálu GPS, která byla vyznačena na fotkách.

V první řadě v podzemních garážích. Před garážemi byla GPS zaměřena a autor vstoupil do garáže. Pomocí výsledků bylo zjištěno, že signál GPS nezasahuje dále než do patra hned před vstupem. Po cca 10 m od vchodu se signál absolutně ztratil. Měření bylo provedeno i v dalších podzemních patrech, ale GPS signál zde nebyl (vyznačeno v obrázcích červenou barvou). Způsobem výše zmíněným byl zaznačen dosah signálu v těchto garážích (Obr. 3.4).



Obr. 3.4: Měření GPS signálu (garáže VUT).

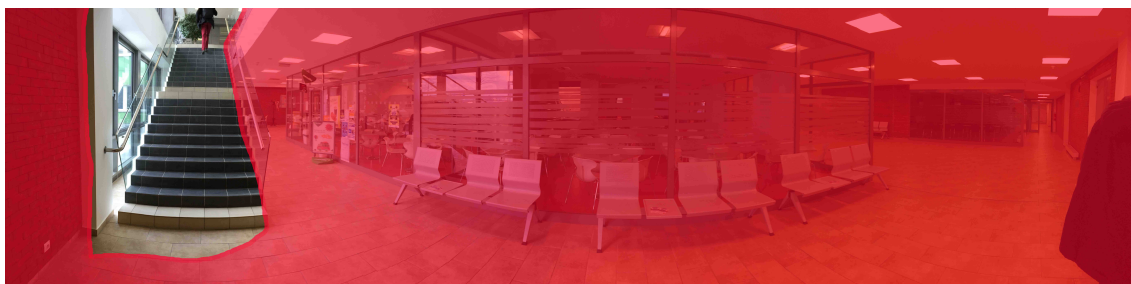
Dále bylo měření provedeno při vstupu do hlavní budovy. Před budovou byla GPS zaměřena a autor vstoupil dovnitř. První cesta vedla směrem ke knihovně. Pokud bylo měření prováděno podél zábradlí, tak došel až ke vstupu do knihovny bez ztráty signálu. Pokud bylo prováděno měření na protilehlé straně od okna u stěny, signál se začal ztrácet avšak jen velmi blízko stěny. Na straně u vrátnice se signál ztrácel zhruba uprostřed místnosti a dále u okna opět byl. Směrem za vrátnicí k WC se signál opět ztratil. Dosah signálu v tomto prostoru byl vyznačen (Obr. 3.5).



Obr. 3.5: Měření GPS signálu (vstup do budovy).

Poslední měření, které bylo provedeno v areálu budovy VUT, bylo v suterénu u kantýny. Při cestě po schodech dolů se signál neztrácel, zde se autor držel pořád dost blízko okna. Jakmile ale vešel do prostor těsně pod schody, signál se ztratil.

Nikde v prostoru signál nebyl, až opět na schodech a v těsné blízkosti oken pod schody. Tato situace je znázorněna na Obr. 3.6.



Obr. 3.6: Měření GPS signálu (suterén).

3.2.5 Měření GPS se zapnutým trackováním do souboru

Při tomto měření autor jel trasu z Vyškova do Brna na VUT. Doba měření byla 75 minut, jelikož bylo zapnuté trackování pomocí naprogramované aplikace, která po sekundě zaznamenávala data do souboru, z něhož byly následně exportovány a statisticky zpracovány. Počet těchto měření je přes 4500.

Zaznamenávány byly tyto údaje: čas fixu, číslo měření, přesnost GPS polohy, rychlost, počet fixlých satelitů, počet viditelných satelitů. Z těchto hodnot byly zpracovány v následující Tab. 3.2 minimální hodnoty, maximální hodnoty a průměry.

Tab. 3.2: Naměřené hodnoty GPS.

	přesnost [m]	rychlost [m/s]	fixlých sat	viditelných sat
minimum	3	0	0	0
maximum	48	29,25	15	19
průměr	4,86	7,68	9,59	11,33

Z těchto hodnot bylo vytvořeno několik následujících graficky zpracovaných přehledů a závislostí. Prvním z nich je Graf závislosti přesnosti a rychlosti na počtu měření. Na kterém se na první pohled může zdát, že není žádná přímá souvislost mezi rychlostí uživatele a přesností GPS zaměření, jelikož data jsou hodně zhuštěná. Při bližším prozkoumání ale můžeme dojít k závěru, podloženého literaturou a souvisejícím s následujícím grafem, že souvislost má.

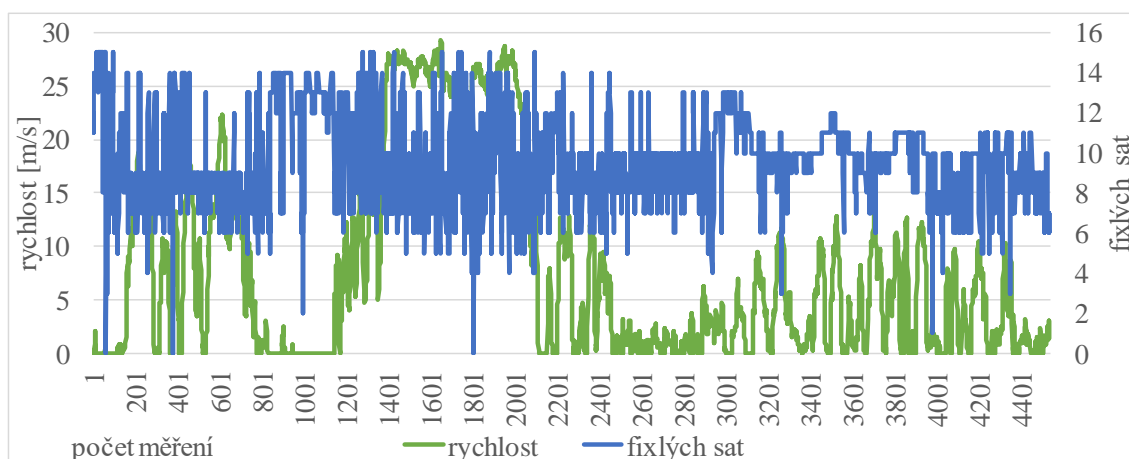
Při prudkém zrychlení uživatele s mobilním zařízením se ztratí fix několika satelitů a jelikož ke stabilní přesnosti je třeba alespoň 6 satelitů, pokles fixu satelitů, může mít vliv na přesnost zaměřené polohy. Nejlépe je to vidět v místech s razantním zrychlením, tj. okolo bodu měření 150, kde se zvedne rychlost a zároveň zvedne

nepřesnost. Je třeba si uvědomit, že u přesnosti je nižší hodnota lepší. Dále v bodu měření kolem 2500, kde se rychlost naopak snižuje a nepřesnost zvyšuje. Graf je vidět na Obr. 3.7.



Obr. 3.7: Graf závislosti přesnosti a rychlosti na počtu měření.

Druhým zpracováním je Graf závislosti fixlých satelitů a rychlosti na počtu měření (Obr. 3.8).

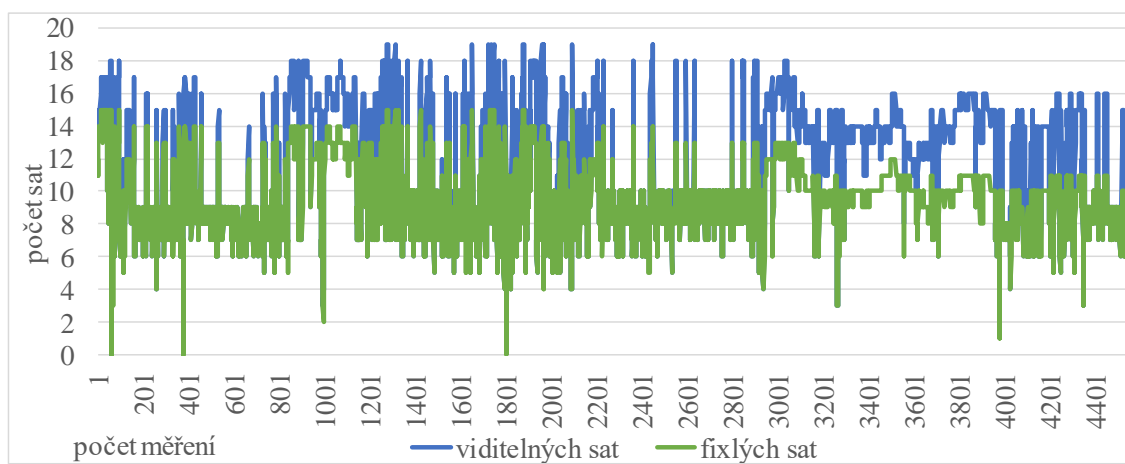


Obr. 3.8: Graf závislosti fixlých satelitů a rychlosti na počtu měření.

Na kterém je vidět kolem bodu měření 401, při náhlém zrychlení uživatele s mobilním zařízením, na kterém má spuštěnou GPS, že se ztratí nějaké již fixlé satelity, ale vzápětí se fixnou pravděpodobně jiné, aktuálnější. Tento fakt je logický, jelikož GPS systém potřebuje znát polohu těchto satelitů, která je závislá je poloze zařízení. Pokud se tedy poloha zařízení změní, poloha satelitů již není aktuální.

S tímto souvisí Hot fix, který říká, že pokud se zařízení nenachází na stejné pozici, jako byl proveden předchozí fix, hledají se znovu pozice satelitů, jelikož se jejich poloha vůči zařízení změnila.

Dalším zpracováním je Graf závislosti fixlých a viditelných satelitů na počtu měření (Obr. 3.9). Na kterém je vidět zcela značně, že poměr satelitů fixlých a viditelných nebude nikdy stejný. Jelikož GPS modul v mobilním zařízení je schopný najít i satelity, ke kterým nemá oprávnění se připojit, ať už se jedná o GPS satelity s privátním přístupem, GLONASS satelity s privátním přístupem nebo jiná tělesa obíhající na oběžné dráze.



Obr. 3.9: Graf závislosti fixlých a viditelných satelitů na počtu měření.

Například různé lokální systémy, o kterých byla zmínka v teoretické části práce, které nejsou dostupné veřejnosti, ale slouží cíleně k nějakému účelu. V aplikaci, která byla naprogramována, je možno vidět NMEA označení satelitů jak viditelných tak fixnutých. Dle tohoto čísla se dá dohledat, jaké společnosti satelit náleží (Obr. 3.3).

Tab. 3.3: Identifikace satelitů GNS dle NMEA [30].

NMEA	přiděleno systému
01–32	GPS
33–63	SBAS
65–88	GLONASS

3.3 Měření Síťových metod

3.3.1 Měření Wi-fi se zapnutým trackováním do souboru

Tato kapitola se věnuje experimentálnímu měření Wi-Fi. Měření bylo prováděno na Wi-Fi routeru značky TP-LINK, Model No. TL-WR841N. Který poskytuje Wi-Fi třídy 802.11 b/g/n. Frekvenčním rozsahem 2,4–2,4835GHz. Rychlost Wi-Fi 300 Mbit/s. Frekvenční pásmo 2.4 GHz. Dvěma anténami typu Omni Directional Antenna. Znárodnění routeru na Obr. 3.10.



Obr. 3.10: Wi-Fi router.

Měřily se tyto hodnoty: síla signálu, přesnost, čas zaměření (TTFF). Z těchto hodnot byly zpracovány v následující Tab. 3.4) minimální hodnoty, maximální hodnoty a průměry.

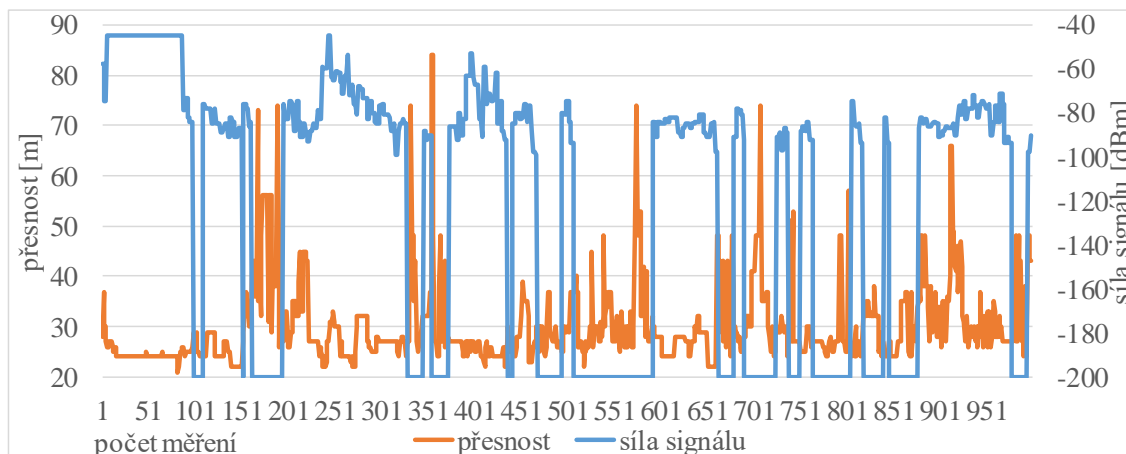
Tab. 3.4: Naměřené hodnoty Wi-Fi.

	síla signálu [dBm]	přesnost [m]	TTFF [ms]
minimum	-200,00	21,00	42,00
maximum	-45,00	84,00	90111,00
průměr	-122,83	30,00	344,40

Měření probíhalo tak, že autor zapnul odposlech, nechal program zapisovat do souboru a začal měřit v nejtěsnější blízkosti routeru. Postupně se vzdaloval přes několik stěn, dělicích místností s routerem. Postupně se vzdálil na hranici signálu ukazatele v telefonu, tzn. že telefon za touto hranicí již nepoužívá tuto síť pro připojení k internetu kvůli velmi slabému signálu. Avšak zařízení dle měření je stále ještě velmi dlouho připojeno a používá Wi-Fi pro určování lokalizace. Implementovaný ukazatel síly signálu, který zapisuje údaje do souboru, používá, jak bylo potvrzeno měřením, jen škálu hodnot, s kterou je kompatibilní konektivita v telefonu.

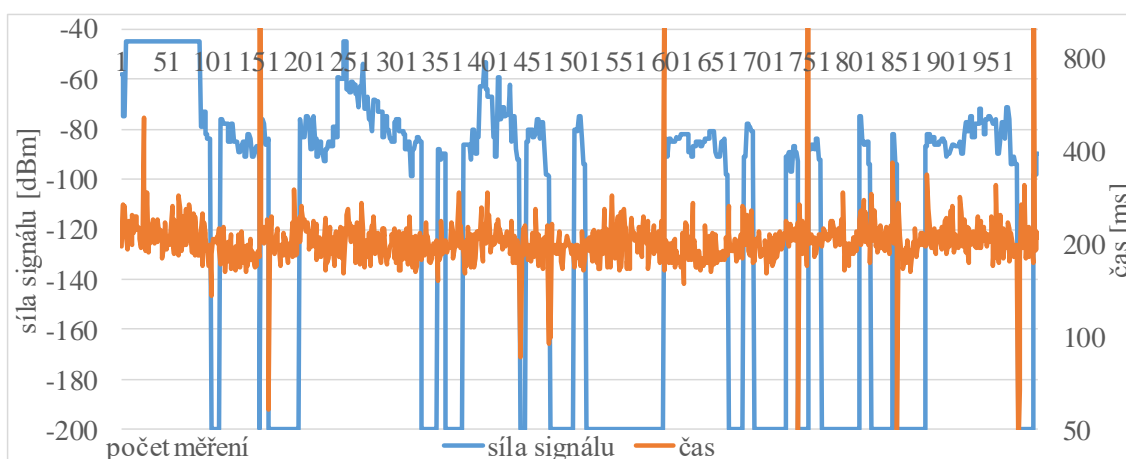
Jakmile se vzdálíme přes vzdálenost, kdy telefon přepne na jinou datovou síť, ukazatel v zařízení i do logu zapisuje náhle hodnotu -200 dBm z hodnoty např.

-70 dBm. Měření je tímto nepříznivě ovlivněno, nedá se tedy přesně naměřit aktuální síla signálu za touto hranicí, i když měření pokračuje. Poloha se získává dál až do přesnosti cca 84m, tato přesnost zhruba odpovídá reálné vzdálenosti od routeru. V této vzdálenosti ukazuje síla signálu již -200 dBm jako konstantu, i pokud se měření již přeruší. Výsledky měření jsou vidět na grafu (Obr. 3.11).



Obr. 3.11: Graf závislosti přesnosti zaměření na síle signálu Wi-Fi.

Dalším měřením Wi-Fi byla zjištěna závislost síly signálu na času zaměření (TTFF). Měření probíhalo stejným způsobem, jak bylo popsáno v předchozím odstavci. Z grafu je patrné, v kterých momentech se měření přerušilo – čas fixu se razantně zvýšil. Toto bylo bráno jako nechtěné hodnoty a z toho důvodu byl graf oříznut, jelikož hodnoty vyletěly na nesmyslná čísla. Graf závislosti síly signálu Wi-Fi na času fixu (Obr. 3.12).



Obr. 3.12: Graf závislosti síly signálu Wi-Fi na času fixu.

3.3.2 Měření Cell ID se zapnutým trackováním do souboru

Základnové vysílací stanice jsou vysílače a přijímače rádiových signálů. Rozlišujeme je na různé velikosti:

- **Velké buňky** – mají dosah od 3 km do 35 km a antény by měly být umístěny na nejvyšším bodu okolní zástavby.
- **Malé buňky** – mají dosah do 3 km a antény nemusí být nutně umístěny na nejvyšším bodu v okolí, zpravidla pokrývají menší městskou čtvrť.
- **Mikro buňky** – mají dosah menší než 300 m a antény jsou obecně umístěné na střeších budov.
- **Piko buňky** – mají dosah několik desítek metrů, používají se na místech s vysokou koncentrací lidí. Jako jsou nákupní centra, fotbalové stadiony atd. [10].

Na (Obr. 3.13) je vidět telefonní věž BTS.



Obr. 3.13: Telefonní věže BTS.

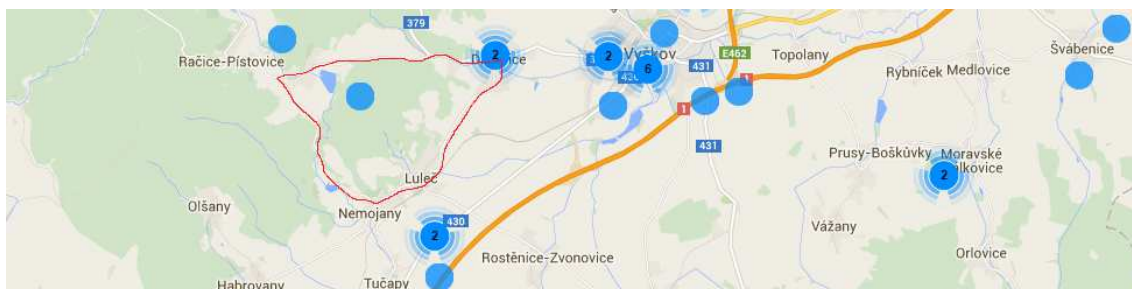
Měření probíhalo následujícím způsobem. Zaznamenávány byly tyto údaje: číslo měření, doba získání polohy (TTFF), přesnost. Z těchto hodnot byly zpracovány v následující Tab. 3.5 minimální hodnoty, maximální hodnoty a průměry.

Tab. 3.5: Naměřené hodnoty Cell ID.

	TTFF [ms]	přesnost [m]
minimum	20	2012,00
maximum	47037,00	2826,00
průměr	110,74	2290,97

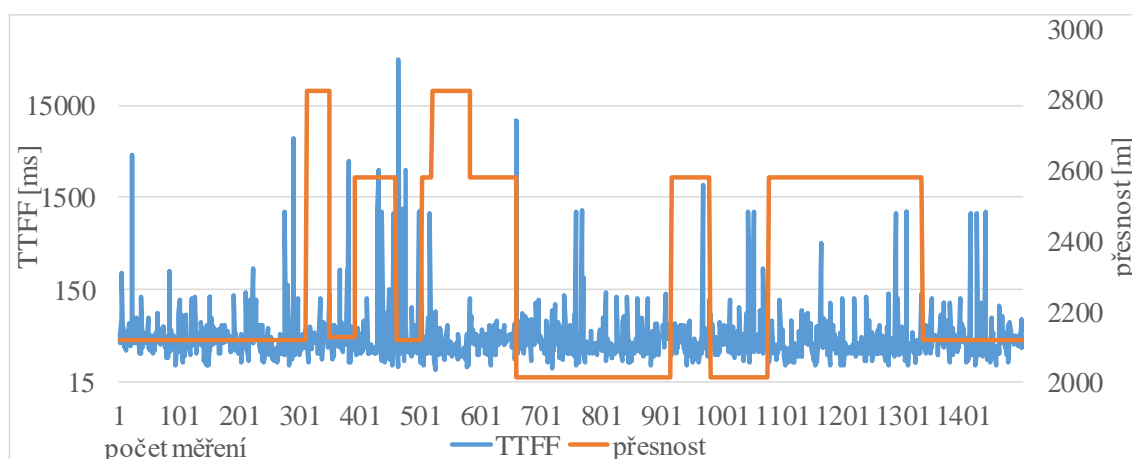
Při tomto měření jel autor trasu po okolí Vyškovska, kolem několika vysílačů BTS, aby naměřil změny signálu připojených věží k telefonnímu zařízení. Bylo zapnuté trackování pomocí naprogramované aplikace, která po sekundě zaznamenávala

data do souboru, z něhož byly následně exportovány a statisticky zpracovány. Počet těchto měření je 1500. Větší rozsah měření nebyl nutný z důvodu stálé konstantní hodnoty přesnosti v rámci zaměření jedné věže. Lišila se pouze doba zaměřování v závislosti na připojení k dané věži. Na Obr. 3.14 je vidět mapa BTS na Vyškovsku, kde autor měřil. Červenou linkou je zvýrazněna trasa, na které bylo měřeno.



Obr. 3.14: Mapa BTS vysílačů na Vyškovsku [31].

Na následujícím grafu jsou zpracovány uvedené hodnoty. Je zde dobře vidět přechod mezi jednotlivými BTS v okolí. Při připojení telefonu k jednomu vysílači vidíme konstantní přesnost. Hodnota času fixu se vychýlí od průměru ve chvíli, kdy se mobilní zařízení přepojuje k jinému vysílači. Následně se doba fixu opět ustálí. Z grafu můžeme dále zjistit, že se autor pohyboval kolem celkem 4 vysílačů spadajících do kategorie Malé buňky s dosahem do 3 km, jenž si navzájem předávaly zařízení. Tyto změny poznáme podle 4 hladin vyskytujících se v grafu. První hladina, bereme-li podle nejnižší přesnosti, je 2000, 2100, cca 2600 a cca 2800. Graf Je možné vidět na Obr. 3.15.

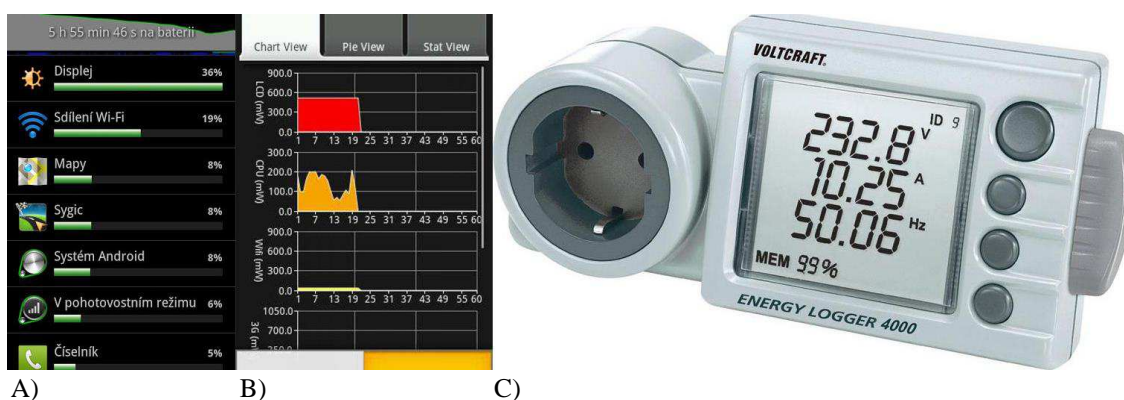


Obr. 3.15: Graf závislosti TTF a přesnosti na počtu měření Cell ID.

3.4 Způsoby měření spotřeby Android zařízení

Zde budou popsány způsoby, jak lze měřit spotřebu Android zařízení. Samotný systém Android v základu podporuje zobrazit informaci o procentuálním poměru využití aplikací vzhledem k celkovému odběru elektrické energie (Obr. 3.16, část A). Tímto způsobem však nelze dosáhnout měření spotřeby konkrétních modulů, jako je GPS. Z toho důvodu bylo přihlédnuto k měření spotřeby Android zařízení alternativním způsobem.

- První způsob měření – softwarově. Existují specializované aplikace, které lze stáhnout v obchodě Google Play, které se zabývají měřením spotřeby. Tyto aplikace sice vykazují nějaký odběr, ale testováním na daném hardwaru bylo zjištěno, že jsou velice orientační a závislé na podpoře hardwaru v mobilním telefonu (Obr. 3.16, část B).
- Druhý způsob měření – hardwarově. Existují hardwarové měřicí přístroje pro měření velmi malého odběru. Měření bylo provedeno v běžné digitální zásuvce, která ale nedokázala zaznamenat tak malý odběr, jako je v mobilním telefonu (Obr. 3.16, část C). Další hardwarovou variantou je připojit baterii od mobilního telefonu do obvodu spolu s odporem a dalšími potřebnými součástkami a ten následně měřit pomocí multimetru. Toto zapojení vyžaduje studii sestavení základní desky v mobilním zařízení pro možnost připojení k potřebnému obvodu konkrétního modulu na základní desce.



Obr. 3.16: Způsoby měření spotřeby Android zařízení.

4 VALIDACE VÝSLEDKŮ A NÁVRH OPTIMALIZAČNÍCH SCHÉMAT

V následující kapitole budou na základě předchozích výsledků zpracována validace výsledků, optimalizovaná schémata získávání lokalizace a příklady jejich využití v praxi.

4.1 Validace měření spotřeby na daném zařízení

Při měření softwarovými způsoby na zařízení Sony Xperia Arc S vykazují aplikace při spuštěném odposlechu GPS stejnou spotřebu jako při vypnutém odposlechu GPS. Z toho důvodu nelze brát vážně naměřené hodnoty. Hardware v telefonu není dostatečně podporován pro měření testovanými aplikacemi. Seznam testovaných aplikací a poznatky z praktického měření jsou v Tab. 4.1

Tab. 4.1: Testované aplikace pro měření spotřeby na daném zařízení.

PowerTutor	Aplikace nabízí spuštění monitoringu, zaznamenávajícího údaje o spotřebě do souboru, běžícího na pozadí. Aplikace by byla ideální alternativou pro měření spotřeby modulů, kdyby však měřila přesně. Na HW v telefonu neměří s odpovídající přesností a aplikace sama o sobě spotřebovává velké množství energie.
Treppn Profiler	Aplikace měří podobným způsobem jako předcházející, na daném HW neměří dostatečně přesně. Sama aplikace také spotřebovává velké množství energie.
Ampere Meter	Aplikace měří pouze hodnotu napětí, jakou se zařízení dobíjí při připojení do elektrické sítě. Toho se nedalo využít pro potřeby měření spotřeby modulů
Gsam Battery Monitor	Aplikace zobrazuje detailní statistiky spotřeby v poměru vůči ostatním aplikacím. Zobrazuje také hodnotu aktuálního odběru, tu ale opět velice orientačně. Aplikaci nebylo možné použít pro měření.

Byly vybrány a následně vyzkoušeny výše uvedené softwarové metody měření. Testováním byla zjištěna špatná podpora hardwaru pro měření na daném hardwaru. Měření spotřeby bylo uzavřeno jako splněné s neadekvátními výsledky. S tím bylo třeba počítat při optimalizaci, ta byla postavena z hlediska redukce spotřeby na základech opírajících se o poznatky z programování spolu s teorií spojenou s energetickou náročností při konkrétním nastavení daného modulu při získávání polohy.

4.2 Výběr providera v závislosti na umístění a přesnosti lokalizace

Jelikož uživatel potřebuje získat polohu s co nejlepší přesností za co nejkratší čas úměrně poloze, kde se nachází (ať v interiéru či exteriéru, v dosahu Wi-Fi či na mobilní síti), je potřeba navrhnout ideální metody, jakými těchto požadavků nejlépe dosáhnout. Bylo zpracováno optimalizační schéma, které není závislé na konkrétních metodách, které byly popsány v předchozích kapitolách. Toto schéma získávání polohy se dělí do více podmínek. Podmínky si určuje aplikace, která polohu chce získat ke svému účelu. Díky tomuto bylo navrženo rozložení získávání polohy s přesnostmi: 5000 m, 500 m, 50 m a 5 m. Berme v potaz technické případy, v jakých se může uživatel nacházet. Obr. 4.1 porovnává získané hodnoty tímto optimalizačním schématem vůči získaným hodnotám v kapitole 3.

umístění zařízení	na signálu Wi-Fi	na signálu BTS	na signálu GPS	mimo signál Wi-Fi	mimo signál BTS	mimo signál GPS
Wi-Fi	ano	může ¹	může ¹	ne	může ¹	může ¹
BTS	může ¹	ano	může ¹	může ¹	ne	může ¹
GPS	může ¹	může ¹	ano	může ¹	může ¹	ne
optimalizované schéma	ano	ano	ano	ano	ano	ano

Agenda:

1...záleží na konkrétní pozici, kde se zařízení nachází

Obr. 4.1: Srovnání optimalizovaného schématu s metodami měřeními v kap. 3.

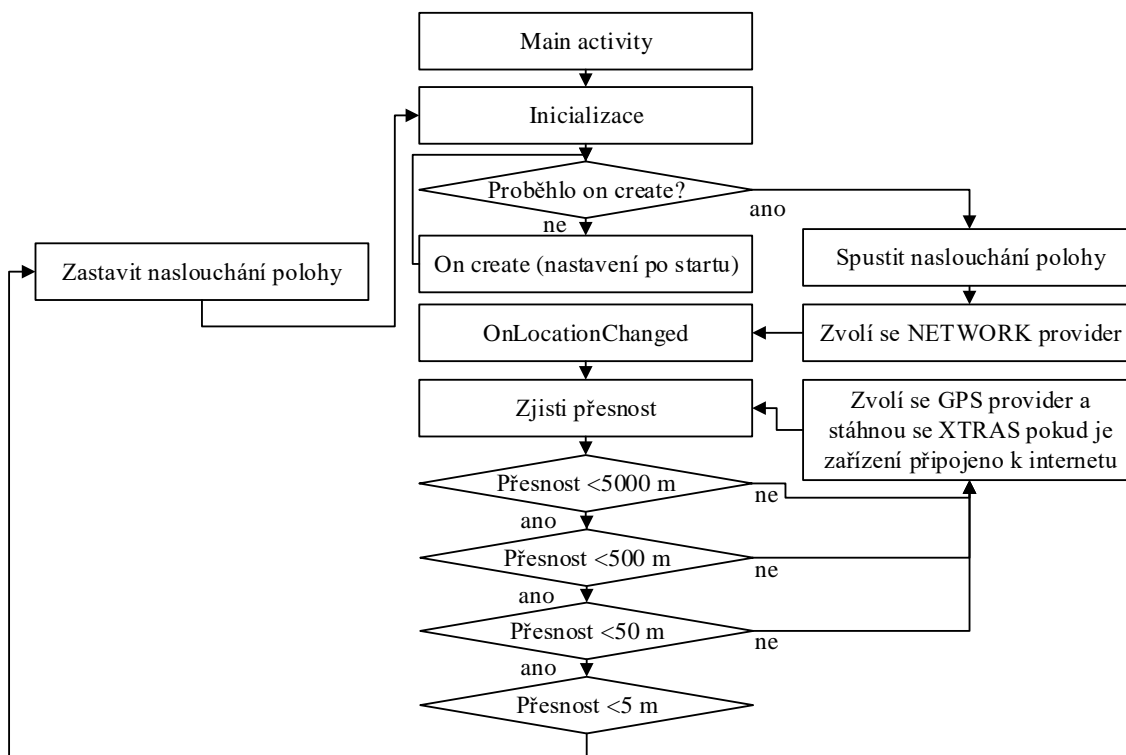
Dále si představme různé reálné situace, ve kterých se uživatel může ocitnout:

- První možnost – uživatel může být v interiéru a potřebuje zjistit ulici, na které se nachází. V místnosti nebude signál GPS, ale bude připojen k firemní síti Wi-Fi. Jelikož toto schéma jako první testuje NETWORK providera, a Wi-Fi je síťová metoda, získá se poloha ze sítě Wi-fi rovnou s předpokládanou přesností pod 50 m. Tzn. že se splní první tři podmínky 5000 m, 500 m, 50 m, které bohatě stačí na to, aby zjistil ulici, na které se nachází. Odposlech polohy se zastaví a uživatel získá za 0,5s, což je průměrný výsledek měření tohoto poskytovatele, polohu.
- Druhá možnost – uživatel bude ve městě a bude se ohlížet po restauraci v okolí. Jelikož mu jeho aplikace nabízí zobrazení restaurací v okruhu např. 5 km. Spustí aplikaci, která se jako první připojí k NETWORK providerovi – v tomto případě BTS sítím. Velice rychle se získá poloha a splní se podmínka přesnosti

pod 5000 m a odposlech se zastaví. Doba, za kterou se takto získá poloha, je v průměru dle provedených měření 0,1 s. A aplikace zastaví odposlech.

- Třetí možnost – uživatel pojedí v automobilu a před sebou uvidí kolonu stojících aut. Jelikož se jí bude chtít vyhnout, zavčas stihne zastavit vůz na místě, kde ještě není odkázán k nenávratnému čekání mezi troubícími řidiči a zapne ve svém telefonu navigaci, která mu najde nejbližší objížďku. Jelikož jeho mobil disponuje datovou sítí, tak se stejně jako v předchozích případech zaměří poloha prvně před NETWORK providera – v tomto případě BTS sítě. Poloha do 5000 m nebude stačit, ale navigace už dokáže zaměřit alespoň město, kde se nachází, a jako další se zavolá GPS provider, který si stáhne polohu z datové sítě a následně v krátkém časovém intervalu zaměří přesnou pozici a řidič může pokračovat v jízdě.

Ve všech těchto případech bylo použito toho navržené schéma, příklady sloužily pouze k nastínění případných situací. Diagram schématu je na Obr. 4.2.



Obr. 4.2: Diagram optimalizačního schématu získávání polohy.

4.3 Dynamická regulace frekvence lokalizace v závislosti na rychlosti

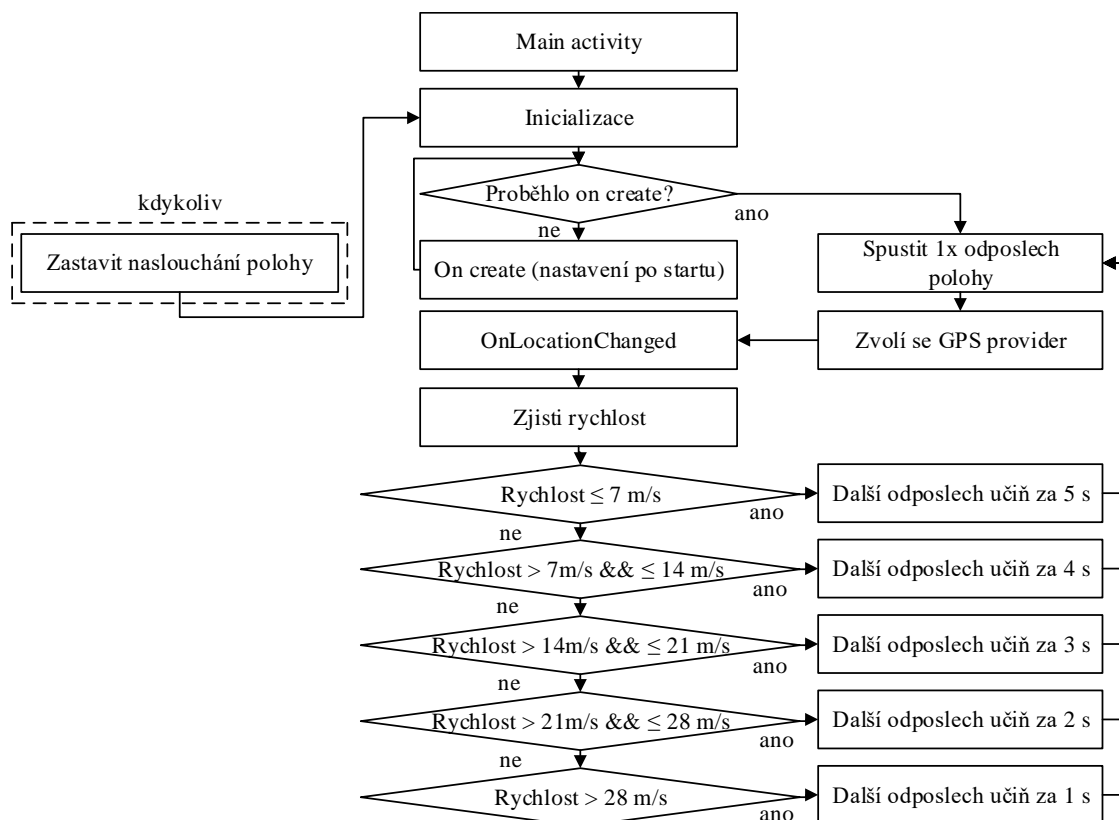
Jelikož chceme docílit co nejideálnější přesnosti lokalizace v závislosti na frekvenci aktualizace, bylo zpracováno schéma, které dynamicky reguluje tuto frekvenci. Je založeno na faktu, že čím rychleji se pohybující uživatel (ať při chůzi, běhu či jízdě v automobilu), tím je třeba častější frekvence obnovy lokalizace.

Toto schéma je nastavené těmito parametry, avšak dá se lehce upravit dle potřeb dané aplikace. V Tab. 4.2 jsou parametry, při kterých se mění nastavení.

Tab. 4.2: Parametry, při kterých se mění nastavení optimalizovaného schématu

rychlost pohybu zařízení	méně než 7 m/s	7–14 m/s	14–21 m/s	21–28 m/s	víc než 28 m/s
frekvence obnovy lokalizace	5 s	4 s	3 s	2 s	1 s

Cílem tohoto schématu bylo dosažení optimalizované spotřeby energie mobilního zařízení, která je s velkou frekvencí zbytečně velká. Na následujícím diagramu (Obr. 4.3) je vidět model tohoto schématu.



Obr. 4.3: Diagram dynamické frekvence lokalizace v závislosti na rychlosti.

5 ZÁVĚR

V první kapitole se práce zabývala teoretickým popisem metod pro lokalizaci obecně. Lokalizační metody zde byly rozděleny do tří odvětví – družicové, síťové, pasivní. Metody spadající do těchto odvětví byly dále rozebrány konkrétněji. Spadaly sem metody GPS, A-GPS, GLONASS, triangulace BTS a Wi-Fi.

V druhé kapitole se práce zabývá implementací družicových a síťových metod lokalizace do Android zařízení. Krátce zde byla zmíněna architektura systému Android. Dále uživatelská oprávnění související s lokalizací. Implementace výše zmíněných metod byla znázorněna na vývojových diagramech prezentujících, jakým způsobem byla provedena.

Ve třetí kapitole se práce zabývá experimentálním měřením implementovaných metod. Je zde popsáno zařízení, na kterém měření probíhalo. Výsledky měření konkrétních implementovaných metod byly prezentovány na grafech zpracovaných na základě měření. Tyto grafy byly popsány a v některých případech porovnány s teoretickými předpoklady. V poslední části této kapitoly byly popsány způsoby měření spotřeby energie na Android zařízení.

V poslední kapitole se práce zabývá validací výsledků a optimalizací implementovaných metod – navržením optimalizačních schémat. V první řadě je validováno měření spotřeby na zařízení. Dále byla navržena schémata optimalizovaná pro výběr nejlepšího providera a dynamická regulace frekvence lokalizace v závislosti na rychlosti. Tímto se docílilo zlepšení v aspektech jako je časová náročnost získávání polohy, spotřeba energie při získávání polohy, nepřesnost nevhodným výběrem providera atd. Schémata jsou zpracována odděleně pro větší přehlednost ale je možno je zkombinovat a tím dosáhnout plné optimalizace.

LITERATURA

- [1] LACKO, E. *Vývoj aplikací pro Android. 1. vyd. Brno: Computer Press. 2015, ISBN 978-80-251-4347-6* [cit. 12. 3. 2016].
- [2] ALLEN, G. *Android 4: průvodce programováním mobilních aplikací. 1. vyd. Brno: Computer Press. 2013, ISBN 978-80-251-3782-6* [cit. 12. 3. 2016].
- [3] MURPHY, M. *Android 2: průvodce programováním mobilních aplikací. Vyd. 1. Brno: Computer Press. 2011, ISBN 978-80-251-3194-7* [cit. 16. 3. 2016].
- [4] SAMUELSON, ROBERT J., MATA, M. *GPS modernization challenges and military implications. New York: Nova Science Publishers. 2012, ISBN 9781619425897* [cit. 16. 3. 2016].
- [5] VAN D., FRANK T. *A-GPS: assisted GPS, GNSS, and SBAS. Boston: Artech House. 2009, GNSS technology and applications series. ISBN 9781596933743* [cit. 16. 3. 2016].
- [6] RUBINO, D. *GPS vs. aGPS: A Quick Tutorial. Rubino, Daniel. Windowscentral* [online]. 2009, poslední aktualizace 2009 [cit. 20. 3. 2016]. Dostupné z URL: <<http://www.windowscentral.com/gps-vs-agps-quick-tutorial/>>.
- [7] *Garmin* [online]. 2014, poslední aktualizace 2014 [cit. 20. 3. 2016]. Dostupné z URL: <<http://www8.garmin.com/>>.
- [8] *Android Location Providers – gps, network, passive – Tutorial* [online]. 2010, poslední aktualizace 2010 [cit. 20. 3. 2016]. Dostupné z URL: <<http://developerlife.com/tutorials/?p=1375>>.
- [9] *Tracking Cell ID to location* [online]. 2016, poslední aktualizace 2016 [cit. 28. 3. 2016]. Dostupné z URL: <<https://www.enaikoon.com/en/tools/cell-id-location/>>.
- [10] *Princip fungování GSM sítě* [online]. 2009, poslední aktualizace 2009 [cit. 10. 4. 2016]. Dostupné z URL: <<http://www.zesilovac-signalu.cz/cs/princip-fungovani-gsm-site/>>.
- [11] ŠEBESTA, J. *Globální navigační systémy. Vyd. 1. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav radioelektroniky* 2012, poslední aktualizace 2012 [cit. 10. 4. 2016]. ISBN 978-80-214-4500-0
- [12] PEDRO, F *Positioning with Combined GPS and GLONASS Observations* 2013, poslední aktualizace 2013 [cit. 21. 3. 2016].

- [13] *What is GPS? Mooreschools*. [online]. 2014, poslední aktualizace 2014 [cit. 20. 3. 2016]. Dostupné z URL: <<http://www.mooreschools.com/page/19655>>.
- [14] *50 SW completes GPS constellation expansion* [online]. 2011, poslední aktualizace 2011 [cit. 21. 3. 2016]. Dostupné z URL: <<http://www.schriever.af.mil/news/story.asp?id=123260251>>.
- [15] *Current and Future Satellite Generations* [online]. 2016, poslední aktualizace 2016 [cit. 21. 3. 2016]. Dostupné z URL: <<http://www.gps.gov/systems/gps/space/>>.
- [16] *Satellite Navigation - GPS - Control Segment* [online]. 2014, poslední aktualizace 2014 [cit. 23. 3. 2016]. Dostupné z URL: <http://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/ato/service_units/techops/navservices/gnss/gps/controlsegments>.
- [17] *GPS control segment map* [online]. 2011, poslední aktualizace 2011 [cit. 21. 3. 2016]. Dostupné z URL: <<http://www.gps.gov/multimedia/images/GPS-control-segment-map.pdf>>.
- [18] *Satellite Navigation - GPS - User Segment* [online]. 2014, poslední aktualizace 2014, [cit. 23. 3. 2016]. Dostupné z URL: <http://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/ato/service_units/techops/navservices/gnss/gps/usersegments/>.
- [19] *GPS Navigation Message* [online]. 2011, poslední aktualizace 2011 [cit. 19. 3. 2016]. Dostupné z URL: <http://www.navipedia.net/index.php/GPS_Navigation_Message>.
- [20] *GLONASS Ground Segment* [online]. 2011, poslední aktualizace 2011 [cit. 21. 3. 2016]. Dostupné z URL: <http://www.navipedia.net/index.php/File:GLONASS_GroundSegment.JPG>.
- [21] *Indian Military Picture* [online]. 2012, poslední aktualizace 2012 [cit. 21. 3. 2016]. Dostupné z URL: <http://media.defenseindustrydaily.com/images/ELEC_DAGR_US_Soldier_lg.jpg>.
- [22] *Can I leave my GPS device in a hot car?* [online]. 2015, poslední aktualizace 2015 [cit. 21. 3. 2016]. Dostupné z URL: <<http://blog.autointhebox.com/wp-content/uploads/2015/04/Take-full-advantage-of-your-new-in-car-GPS.jpg>>.

- [23] *Execution of geodesic as-built surveys of all kinds* [online]. 2006, poslední aktualizace 2006 [cit. 21. 3. 2016]. Dostupné z URL: <<http://nadir.kz/2014/02/27/execution-of-geodesic-as-built-surveys-of-all-kinds/>>.
- [24] *The International GNSS Service* [online]. 2016, poslední aktualizace 2016 [cit. 24. 3. 2016]. Dostupné z URL: <<http://igs.org/about>>.
- [25] VAŠINA, V. *GPS framework na platformě Android* [online]. 2014, poslední aktualizace 2014 [cit. 12. 4. 2016]. Dostupné z URL: <<https://otik.uk.zcu.cz/bitstream/handle/11025/13496/bakalarka.pdf?sequence=1>>.
- [26] CHEN, D. *A Model-Based WiFi Localization Method* 2012, poslední aktualizace 2012 [cit. 24. 3. 2016].
- [27] ZAKHOUR, S. *Java 6: výukový kurz. Vyd. 1. Brno: Computer Press. 2007, ISBN 978-80-251-1575-6.*
- [28] *GPS (Global Positioning System)* [online]. 2016, poslední aktualizace 2016 [cit. 27. 3. 2016]. Dostupné z URL: <<http://www.gsmarena.com/glossary.php3?term=gps>>.
- [29] *Network coverage* [online]. 2016, poslední aktualizace 2016 [cit. 1. 4. 2016]. Dostupné z URL: <<http://www.gsmarena.com/network-bands.php3>>.
- [30] *Satellite Constellations* [online]. 2015, poslední aktualizace 2015 [cit. 7. 4. 2016]. Dostupné z URL: <<https://garminoregon6xx.wikispaces.com/Satellites>>.
- [31] *Interaktivní mapa BTS* [online]. 2016, poslední aktualizace 2016 [cit. 10. 4. 2016]. Dostupné z URL: <<http://gsmweb.cz/mapa/index.php?go=1&op=all&filter=okres&okres1=VY>>.

SEZNAM SYMBOLŮ, VELIČIN A ZKRATEK

2SOPS 2d Space Operations Squadron

AP Access Point

AFSCN Air Force Satellite Control Network

A-GPS Assisted GPS

BTS Base Station System

C/A Code Coarse/Acquisition code

DVM Digital Living Network Alliance

EDR Enhanced Data Rate

FDMA Frequency Division Multiple Access

GNSS Global Navigation Satellite System

GPS Global Positioning System

Glonass Globalnaja navigacionnaja sputnikovaja sistěma

GSM Groupe Spécial Mobile

HOW Handover Word

HSPA High Speed Packet Access

IRNSS Indian Regional Navigation Satellite System

IDE Integrated Development Environment

ISG International Service

JVM Java Virtual Machine

Li-Po Lithium-polymer

LTE Long Term Evolution

MEO Medium Earth Orbit

NGA National Geospatial-Intelligence Agency

NMEA National Marine Electronics Association

NNSS Navy Navigation Satellite System

AOSP Open Source Project Android

P code Precision Code

QZSS Quasi-Zenith Satellite System

RAM Random-access memory

SS Strenght Signal

TLM Telemetry Word

TTFE Time To First Fix

UMTS Universal Mobile Telecommunication System

Wi-Fi Wireless Fidelity

SEZNAM PŘÍLOH

A Obsah přiloženého CD

58

A OBSAH PŘILOŽENÉHO CD

Příložený kompaktní disk obsahuje následující adresáře a soubory:

- GPS_STALY_ODPOSLECH_UKLADANI – obsahuje projekt Android Studio ke kapitole 2.3.
- NETWORK_STALY_ODPOSLECH_UKLADANI – obsahuje projekt Android Studio ke kapitole 2.4.
- OPTIMALIZACNI_SCHEMA – obsahuje projekt Android Studio ke kapitole 4.2.
- SCHEMA_ZAVISLE_NA_RYCHLOSTI – obsahuje projekt Android Studio ke kapitole 4.3.

Každý projekt obsahuje *.apk* soubor, který je spustitelný na Android zařízení. Soubory se nacházejí v */app/build/outputs/apk*. První dva projekty zapisují do *.txt* souboru v Android zařízení. Tento soubor s hodnotami se vytvoří po prvním spuštění aplikace a po zaměření polohy. Pro první projekt se nachází v interním úložišti Android zařízení v */data/data/com.example.josef.gps_staly_odposlech_ukladani/files* a pro druhý v */data/data/com.example.josef.network_staly_odposlech_ukladani/files*. Pro otevření souboru je nutné root oprávnění. Aplikace byly testovány na Androidu verze 4.0.4, na jiné verzi se mohou chovat jinak, zvláště na Androidu od verze 5.