

Zabezpečení jízdního kola pomocí GSM lokátoru

Bicycle Security Using a GSM Locator

Bc. Jiří Jakubec

Diplomová práce
2013



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky
akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Jiří JAKUBEC**
Osobní číslo: **A11319**
Studijní program: **N3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Bezpečnostní technologie, systémy a management**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Zabezpečení jízdního kola pomocí GSM lokátoru**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární rešerši zaměřenou na technologii GSM lokace.
2. V rámci literární rešerše porovnejte výhody a nevýhody GSM a GPS lokace.
3. Navrhněte a sestrojte vhodný GSM lokátor pro zabezpečení jízdního kola.
4. Testujte vhodnost GSM lokátoru pro zabezpečení jízdního kola.
5. Zhodnoťte přínos technologie GSM lokace pro bezpečnostní aplikace.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. KINDL, Jiří. Projektování bezpečnostních systémů I. 1. vydání. Zlín: UTB, 2004. ISBN 80-7318-168-7.
2. FLAJZAR, Tomáš. GSM alarm – přenos poplachu na mobilní telefon. Praha: Ben, 2005. ISBN 80-7300-183-7.
3. BASTIAN, Peter. Praktická elektrotechnika. Praha: Europa Sobotáles, 2004. ISBN 80-86706-15.
4. HANUS, Stanislav. Bezdrátové a mobilní komunikace. Brno: VUT, 2003. ISBN 80-214-833-8.
5. KŘEČEK, Stanislav. Příručka zabezpečovací techniky. 3. vydání. Blatná: S.I. : Cricetus, 2006. ISBN 80-902938-2-4.
6. HORST, Jansen. Informační a telekomunikační technika. Praha: BEN, 2004. ISBN 80-86706-08-7.

Vedoucí diplomové práce:

doc. Mgr. Milan Adámek, Ph.D.

Ústav bezpečnostního inženýrství

Datum zadání diplomové práce:

8. února 2013

Termín odevzdání diplomové práce:

3. června 2013

Ve Zlíně dne 8. února 2013

prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
děkan



doc. RNDr. Vojtěch Křesálek, CSc.
veditel ústavu

ABSTRAKT

Je satelitní lokalizace jediný správný způsob určování polohy? V mé diplomové práci se budu zabývat sestavením lokátoru, který bude využívat k určování polohy GSM technologii. Provedení lokátoru bude přizpůsobeno především pro zabezpečení jízdních kol dražších typů. V teoretické části budou podrobně rozebrány jednotlivé způsoby určování polohy pomocí GSM technologie. V závěru práce zhodnotím přínos GSM lokalizace pro bezpečnostní aplikace, v porovnání se satelitní lokalizací.

Klíčová slova:

GSM technologie, lokalizace, zabezpečení, jízdní kolo, BTS stanice, Google, buňková struktura, satelitní lokalizace

ABSTRACT

Is the satellite localization only way of the proper positioning? In my thesis I will deal with the constructing a locator, which will determine the position using the GSM technology. The design of the locator will be adapt for securing bicycles, especially expensive types. In the theoretical part will be analyzed in detail the various of methods of positioning using GSM technology. In conclusion, I evaluate the contribution of GSM localization for safety applications and I evaluate the contibution of GSM localization in comparison with satelite localization.

Keywords:

GSM technology, localization, security, bicycle, BTS station, Google, cell structure, satellite localization

Na tomto místě bych rád poděkoval firmě Futura Elettronica, díky které jsem byl schopen uvést své myšlenky do praxe. Významné poděkování patří také vedoucímu mé diplomové práce doc. Mgr. Milanu Adámkovi, Ph.D.

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve

.....

Zlíně

podpis diplomanta

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 MOBILNÍ SÍŤ	11
2 GSM TECHNOLOGIE	12
2.1 HISTORIE GSM STANDARDU.....	12
2.2 PRINCIP FUNGOVÁNÍ GSM	14
2.2.2 BSS Base Station Subsystem.....	16
2.2.2.2 Princip fungování BTS	17
2.2.3 NSS Network and Switching Subsystem	19
2.2.4 OSS Operation and Support Subsystem	20
2.3 SLUŽBY GSM	21
2.3.1 Telefonní hovor.....	21
2.3.1.1 Zobrazení čísla volajícího	22
2.3.1.2 Přesměrování hovoru	22
2.3.1.3 Čekající hovor.....	22
2.3.2 SMS	22
2.3.3 WAP Wireles Application Protocol	23
2.3.4 Datové služby	24
2.3.4.1 MMS Multimedia Messaging Service	24
2.3.4.2 GPRS Generel Packet Radio Service.....	24
2.3.4.3 EDGE Enhanced Date Rates for Evolution	25
3 GSM LOKALIZACE	26
3.1 PRINCIP GSM LOKALIZACE.....	26
3.1.1 Cell ID.....	26
3.1.2 TA Timing advance.....	27
3.2 HLAVNÍ PŘEDPOKLAD.....	28
3.3 BTS STANICE V ČR.....	29
3.4 ZPŮSOBY ODHALOVÁNÍ POZICE BTS STANIC	30
3.5 GOOGLE SEZNAM BTS STANIC.....	32
3.6 METODY GSM LOKALIZACE	32
3.6.1 Příklady metod GSM lokalizace	33
3.6.2 Trilaterace.....	36
4 GSM VERSUS SATELITNÍ LOKALIZACE	39
II PRAKTICKÁ ČÁST	42
5 ZABEZPEČENÍ JÍZDNÍHO KOLA	43

5.1	ANALÝZA SITUACE	43
5.2	STANOVENÍ BEZPEČNOSTNÍCH RIZIK.....	44
5.3	VYHODNOCENÍ BEZPEČNOSTNÍCH RIZIK	44
5.4	ZABEZPEČENÍ JÍZDNÍHO KOLA	46
5.5	ZABEZPEČENÍ JÍZDNÍHO KOLA POMOCÍ LOKÁTORU	46
5.5.1	Požadované parametry lokátoru	46
5.5.2	Satelitní lokátory s přenosem dat pomocí GSM sítě.....	47
5.5.3	GSM lokátor.....	48
6	NÁVRH ZPŮSOBŮ REALIZACE GSM LOKÁTORU.....	49
6.1	T-MOBILE.....	49
6.2	VYUŽITÍ PROGRAMU BTS LOKÁTOR.....	51
6.3	VYUŽITÍ SLUŽBY GOOGLE.....	52
7	REALIZACE GSM LOKÁTORU.....	53
7.1	GSM MODUL	53
7.2	ŘÍDÍCÍ MODUL.....	54
7.3	NABÍJECÍ OBVOD PRO BATERII	56
7.4	AKUMULÁTOR.....	57
7.5	BETA MODEL PRO TESTOVÁNÍ	58
7.6	PRINCIP FUNGOVÁNÍ GSM LOKÁTORU	59
7.7	UVEDENÍ DO PROVOZU GSM LOKÁTORU.....	61
7.8	KONFIGURACE GSM LOKÁTORU.....	62
7.8.1	Signalizace LED diod.....	64
8	TESTOVÁNÍ BETA MODELU GSM LOKÁTORU	66
8.1	TEST POHYBUJÍCÍHO SE PŘEDMĚTU.....	66
8.2	TEST NÁHODNĚ VYBRANÉ POLOHY	68
9	OBAL GSM LOKÁTORU	70
10	INSTALACE GSM LOKÁTORU.....	73
11	ZHODNOCENÍ PŘÍNOSU GSM LOKALIZACE PRO BEZPEČNOSTNÍ APLIKACE	76
	ZÁVĚR	77
	ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ.....	78
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	79
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	82
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	84
	SEZNAM TABULEK	86

ÚVOD

Dnešní doba, plná blahobytu a možností, přináší skryté hrozby v podobě krádeží. Lidem stále stoupá osobní bohatství, věnují se různým koníčkům a aktivitám, které rozhodně nejsou levná záležitost. Jedním z mnohých koníčků je cyklistika. Nezaujatého čtenáře by mohlo překvapit, že pořizovací náklady opravdu kvalitních kol mohou atakovat hranici 200 000 Kč. To samozřejmě nenechá spát osoby pohybující se za hranicemi zákona.

Již dlouho se věnuji organizování různých kulturních a sportovních akcí a právě jednou z největších jsou závody ve sjezdu downhillových kol. Mezi jezdci jsou debaty o krádežích velmi rozšířené. Samozřejmě jejich hovory začínají tématem mechanického zabezpečení, ale žijeme v elektronické době, takže se jezdci poptávají i po elektronickém zabezpečení. Žhavým tématem jsou satelitní lokátory. Bohužel, však slyším pouze kritiku napříč celým sortimentem, který nám dnes trh nabízí.

Jelikož jsem studentem posledního ročníku Univerzity Tomáše Bati oboru Bezpečnostní technologie systému a managementu, nemohl jsem tyto rozhovory nechat bez povšimnutí.

V mé diplomové práci se tedy budu zabývat elektronickým zabezpečením jízdních kol a to za pomoci GSM lokátoru. Hlavním cílem je testovat vhodnost použité GSM technologie pro bezpečnostní aplikace. Pokusím se zodpovědět otázku, zda lze nahradit satelitní lokalizace mnou navrženou GSM lokalizací.

V praktické části bude sestaven beta model GSM lokátoru, který podrobím náročným testům. Výsledky měření budou porovnány s přístroji pracujícími na bázi satelitní lokalizace.

I. TEORETICKÁ ČÁST

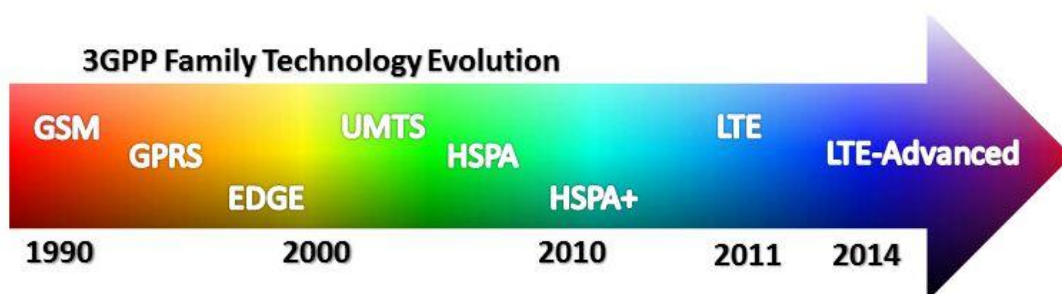
1 MOBILNÍ SÍŤ

Mobilní síť nebyla v minulosti stejná, jako ji známe dnes. První zmínky o mobilní, tedy přenosné komunikaci pocházejí ze severovýchodních zemí, zejména z Finska, Norska, Švédska a Dánska. Mobilní komunikace se využívala pro námořní dopravu a měla dva základní odlišné rysy, než je tomu dnes. Prvním a největším problémem byla vzájemná nekompatibilita jednotlivých sítí a druhým problémem, spíše vlastností, že síť pracovala v analogovém režimu. Síť na podobném principu vznikaly i v jiných zemích, zejména ve Velké Británii, Německu a Francii. Analogové mobilní sítě jsou označovány jako 1G, tedy sítě první generace, byly určeny pouze pro jednu funkci a to poskytování telefonního hovoru.

S nástupem digitalizace byla vytvořena GSM síť, která již umožňovala datové přenosy, ač zprvu jen velmi omezené. V GSM síti byly poprvé použity dnes tolik rozšířené SMS zprávy. Tato síť spadala do druhé generace, tedy 2G. Jelikož se jedná o digitální systém, bylo možné připojení k internetu, v začátcích pouze s použitím protokolu WAP. V důsledku pomalé rychlosti datových přenosů, přibýly v GSM síti další prvky. První GPRS následně EDGE to celou síť řadilo generačně do 2.5G a 2.75G.

Samozřejmě v současné době je tato síť již překonána a trh okupuje třetí generace mobilních sítí UMTS, která umožňuje rychlé datové přenosy pohybující se řádově v jednotkách Mb/s. Tyto sítě třetí generace tedy 3G byly využívány po dobu 10 let s nejvyšší dosaženou rychlostí pro HSPA+ 28Mb/s.

Nástupcem je čtvrtá generace, tedy 4G síť pro opravdu rychlé datové přenosy pohybující se řádově v jednotkách 100Mb/s u pohybujících se objektů a 1Gb/s u statických objektů.[1]



Obrázek 1 Vývoj mobilní sítě [1]

2 GSM TECHNOLOGIE

Jak již bylo zmíněno v předešlé kapitole, nejrozšířenější standard pro mobilní komunikace je technologie GSM. Tento celosvětový standard pochází z názvu *Global System for Mobile communication*, někdy také *Group Special Mobile*, původně však francouzsky *Groupe Spécial Mobile*. Jedná se o digitální telekomunikační systém založený na buňkové struktuře. Každé zařízení se hlásí ke své nejbližší buňce. Tento standard v současné době využívá více než 5 miliard lidí na celé planetě. V porovnání s první generací mobilních technologií dosahuje GSM lepší kvality spojení i v nepříznivých přírodních podmínkách. Mezi největší přínosy patří celosvětová provázanost a propojení s ostatními datovými službami. GSM existuje v několika variantách, které se od sebe liší pouze frekvenčním pásmem GSM-900, GSM-1800 a GSM-1900, pro zvláštní komunikaci na železnicích pak standard GSM-R. [2]



Obrázek 2 GSM logo [14]

2.1 Historie GSM standardu

Samotný vývoj nového standardu měl vyřešit sloučení všech evropských telekomunikačních sítí. Touto myšlenkou se začala zabývat na počátku 80. let 20. století Konference evropských správ a pošt CEPT *Conference of European Posts and Telegraphs*. V roce 1982 byla vytvořena nová skupina GSM *Groupe Spécial Mobile*, která vytvořila nové standardy pro plně digitální systém. Systém byl sestaven podle tohoto zadání. [3]

- a) Perfektní subjektivní kvalita přenášené řeči.
- b) Nízká cena vybavení a služeb.
- c) Podpora mezinárodního roamingu.
- d) Frekvenční hospodárnost.
- e) Kompatibilita se systémem ISDN.
- f) Efektivita v budoucnosti.

Výsledkem této konference bylo v roce 1987 podepsání 13 zeměmi Evropy takzvané memorandum, které zavazovalo k vytvoření buňkové telekomunikační sítě pro celou Evropu. Odpovědnost za dodržování memoranda byla v roce 1989 přesunuta na Evropský telekomunikační normalizační institut. Tento ústav v roce 1990 vydal první doporučení specifikace mobilní sítě pro *Phase 1*. V doporučení byly navrženy základní služby, například hlasová schránka, nouzové volání, SMS a jiné. [3]

V roce 1991 bylo umožněno operátorům vystavět první buňkovou GSM síť. Výstavba a testování však zabraly více času, než se předpokládalo a proto se první síť objevila ve Finsku až po roce 1992. Vybavení pro provozování sítě dodala firma Ericsson, o provoz se postaral finský operátor *Radiolinja*. Koncem roku 1993 byl již jeden milion uživatelů mobilních sítí a přes 70 operátorů ve 48 zemích Evropy. [4]

Po dokončení *Phase 1* začaly přicházet požadavky především z Asie a Austrálie o doplnění některých funkcí. GSM síti tedy přibyly následující funkce. [4]

- a) **CLI** *Calling Line Identification* je funkce, kterou mobilní telefon zobrazí na své obrazovce telefonní číslo volajícího.
- b) **SMS** *Short message service* je funkce pro posílání krátkých textových zpráv.
- c) **Přidržení hovoru** umožňuje v jednom okamžiku probíhajícího hovoru hovor přerušit, volajícímu se ozve „nezavěšujte prosím“, a přijmout další hovor na lince.
- d) **Čekající hovor** umožňuje v jednom okamžiku provozovat hovor a pozdržet další hovor na lince.

- e) **Tarifní informace** jsou informace pro zákazníka o stavu provolaném kreditu, později informace o volných minutách.

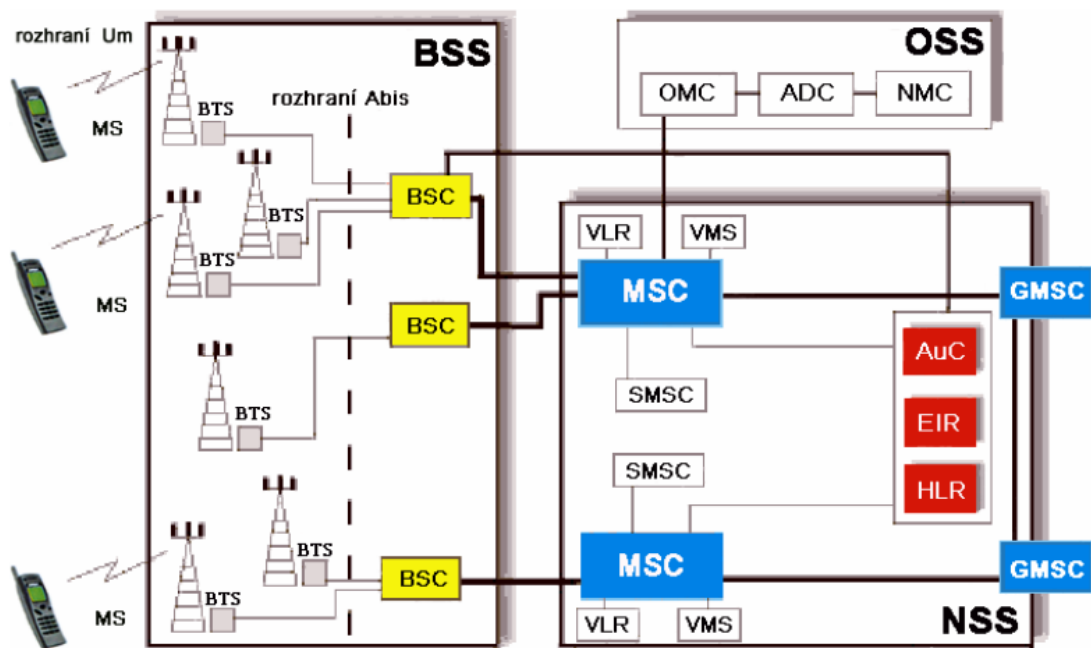
Poslední změny pro systém GSM byly zahrnuty do *Phase 2+* a spočívaly v úpravách umožňující rychlejší datové přenosy prostřednictvím technologií HSCSD a GPRS. Tímto krokem byl vývoj telekomunikačního standardu GSM ukončen. [4]

2.2 Princip fungování GSM

Systém GSM je tvořen ze tří základních celků, které jsou dále děleny na subsystemy. První celek je externí telekomunikační síť. Jak již bylo řečeno GSM systémy jsou otevřené a s jinými telekomunikačními sítěmi. Mezi externí telekomunikační sítě patří veřejné komutované sítě PSTN neboli JTS, různé ISDN a mnoho dalších. [7]

Druhý celek jsou operátoři. Tyto organizace se angažují v oblastech telekomunikace a řídí systém GSM, zejména však po ekonomické stránce. Starají se především o administrativní činnosti a distribuci mobilních telefonů a příslušných SIM karet. Dalším pojmem z tohoto celku je *SP service provider*, to je firma poskytující služby operátora ve vlastní režii, ale nemá vlastní síť, nýbrž si ji pronajímá od operátora. Nežádka bývá tato služba spojena s údržbou sítě a rozšiřováním do odlehlejších oblastí. [7]

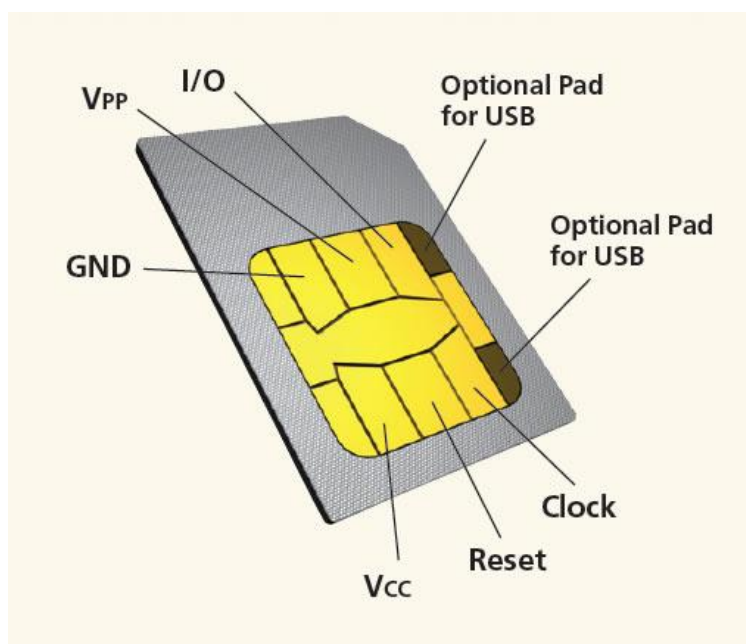
Třetí nejvýznamnější celek GSM sítě je celulární neboli buňkový systém. Díky tomuto systému můžeme uskutečňovat nejenom hovory do celého světa. Celulární GSM systém je tvořen třemi základními prvky *BSS Base Station Subsystem*, *NSS Network and Switching Subsystem* a *OSS Operation and Support Subsystem*. Tyto tři interní složky bývají označovány jako fixní neboli stacionární a přicházejí do styku s externími pohyblivými prvky v podobě uživatelů mobilních stanic, až na pár výjimek. Další prvek je tedy *MS Mobile Station*. U GSM systému je vyžadována minimální kooperace mezi interními a externími složkami, tuto kooperaci za nás provádějí mobilní stanice a na nás už je jenom platit vystavené fakturace za používání mobilní sítě. [7]



Obrázek 3 Schéma GSM [8]

2.2.1 Mobile Station

Jak již je z předchozích slov patrné, externí uživatel GSM sítě komunikuje skrze mobilní stanici tedy MS *Mobile Station*. Dle specifikace se mobilní stanici rozumí mobilní přijímač/vysílač a modul SIM. Mobilní stanice tedy tvoří fullduplexní transceiver, který digitálním způsobem komunikuje se základnovými stanicemi a SIM karta, která slouží jako identifikátor v síti GSM. Identifikátorem se rozumí základní informace o právoplatném držiteli u příslušného operátora, neboli IMSI *International Mobile Subscriber Identity*. SIM karta je chráněna čtyřmístným PIN kódem, který je možno libovolně změnit. Její druhotná přídatná funkce je paměť pro telefonní seznam a SMS zprávy. Bez SIM karty jsou aktivní pouze tísňová volání 112, což je bezpečnostní záměr výrobců. [7]



Obrázek 4 SIM karta [15]

2.2.2 BSS Base Station Subsystem

GSM systém je tvořen buňkami, které pokrývají rozlohu jeden až tři km v průměru. V oblastech s nízkou hustotou osídlení až do velikosti 35 km, naopak ve velkých městech jsou mikrobuňky o rozměrech pokrytí 300 až 500 metrů. Při takto hustém pokrytí mohou nastat problémy s handoverem, neboli s předáváním plynulého hovoru z buňky na buňku. Předání plynulého hovoru by mělo být zajištěno až do rychlosti 200 km/h. Samotný BSS je tvořen základnovými radiostanicemi BTS *Base Transceiver Station* a řídicími jednotkami BSC *Base Station Controller*. U plošného pokrytí je nejpoužívanější struktura 9x1.

2.2.2.1 Typy BTS základnových stanic

Základnové stanice BTS jsou rozděleny dle velikosti.

- a) Velké buňky, které mají dosah větší než 3 km. Velké buňky bývají umístěny na nejvyšším bodě zástavby. [8]
- b) Malé buňky mající poloměr menší než 3 km, bývají umístěny pod nejvyšším bodem zástavby. [8]

- c) Mikrobuňky mají dosah menší než 300 metrů. Jsou umístěny pod úrovní střech okolních budov. Signál se šíří díky rozptylu a ohybu kolem těchto budov. [8]
- d) Pikobuňky mají dosah jen několik desítek metrů. Jsou umístěny uvnitř budov s velkou koncentrací lidí. [8]
- e) Přenosné stanice se používají v případě náhle koncentrace uživatelů na jednom místě.



Obrázek 5 BTS stanice Moskva Zlín [16]

2.2.2.2 Princip fungování BTS

BTS umožňuje spojení mobilní stanice ve formě radiového rozhraní se subsystémem NSS přes ABIS rozhraní. Podle doporučení může BTS stanice obsahovat až 16 směrových modulů TRX (vysílač/přijímač). Ve skutečnosti však obsahuje od jednoho do čtyř TRX modulů. [7]

- a) TRX modul *Transmitter/Receiver Module* je nejdůležitější část BTS v rámci zpracování signálu. Modul je tvořen nízkofrekvenční částí pro digitální zpracování signálu a vysokofrekvenční částí pro GMSK modulaci a demodulaci. [8]
- b) O&M modul *Operations and Maintenance Module* obsahuje aspoň jednu centrální jednotku, která řídí veškerý provoz. BTS stanice jsou spojeny s MSC přímo přes přidělený O&M kanál. [8]
- c) BSC *Base Station Controller* plní funkci řídicí jednotky. Přiděluje a uvolňuje rádiové kanály pro komunikaci. Stará se také o předávání hovoru mezi buňkami, takzvaný handover. [8]

V GSM síti je používán progresivní způsob handover MAHO. Tento typ je ovládaný se spoluúčastí mobilní stanice, tedy mobilního telefonu. Je umožněno dynamické přidělování kanálů, což znamená, že během hovoru jsou měněny kanály. Záměny dochází v souvislosti s kvalitou a volností jednotlivých kanálů.

frekvenční pásmo vysílače mobilní stanice	890 - 915 MHz
frekvenční pásmo přijímače mobilní stanice	935 - 960 MHz
odstup radiových kanálů (nosných vln)	200 kHz
počet účastnických kanálů na jednu nosnou vlnu (tj. kolik hovorů lze najednou přenášet na téže frekvenci)	8 GSM Phase 1 (TDMA) a 16 GSM Phase 2 - dosud nepoužíváno
typ digitální modulace (nic vám to neřekne, ale pro úplnost)	G MSK
typ zdrojového kódování (další šifra)	RPE-LTP
celková rychlost modulačního signálu TDMA v bitech	270,833 kbitů/vteřinu
rámcová perioda multiplexu TDMA	4,615 ms
délka trvání time slotu	0,577 ms

Tabulka 1 Technické parametry GSM sítě [7]

Výše zmíněná tabulka říká, že systém GSM přenáší na jedné nosné vlně, neboli kanálu, 8 až 16 nezávislých modulací. Faktu, že na jedné frekvenci je přenášeno osm hovorů najednou je docíleno sofistikovaným způsobem rozčlenění na časové díly. Každý frekvenční kanál je rozdělen na osm časových dílů neboli *Timeslot* a má vyhrazen rámeček 577 μ s.

Dohromady má tato skupina délku 4,615 ms a tvoří jeden TDMA rámec *Time Division Multiple Access*. Díky tomuto způsobu hovoříme o časovém multiplexu TDMA. Jednotlivé časové vlny mají odstup 200 kHz, čímž je vytvářen frekvenční multiplex FDMA. GSM síť používá tedy kombinovaný multiplex TDMA/FDMA. Zvolený způsob umožňuje velkou úsporu frekvenčního prostoru a kvalitní odolnost přenosu modulačního signálu. Kombinovaný multiplex lze také velmi těžko odposlouchávat, není to však nemožné. [7] [8]

Vzniklé TDMA rámce se řadí do skupin po 26 nebo 51 multiframe. Jejich časová délka je 120 nebo 235 ms. Zjednodušeně lze říct, že 26 rámců je použito pro telefonní hovory a 51 rámců pro řídicí data. Posloupnost rámců pokračuje, množina 51 nebo 26 multiframe tvoří superframe a 2048 superframe tvoří jeden hyperframe 3 hodiny 28 minut a 53,760 vteřin. Každý time slot obsahuje data různých typů. [7]

- a) Normal burst je normální řetězec, který se používá pro komunikaci mezi mobilní stanicí a BTS základnou. Je dlouhý 148 bitů. [7]
- b) Acces burst je přístupový řetězec, který se používá pouze na vyhrazeném kanálu RACH *Random Acces Channel*. Pomocí kterého telefon sděluje své přání ohledně uskutečnění spojení. [7] [8]
- c) S burst je synchronizační řetězec shodný s *normal burst*, ale má 64 bitů dlouhou sekvenci, které obsahuje méně informačních bitů. Používá se pouze na kanálu SCH *Synchronisation Channel*. Tento burst slouží k synchronizaci časového multiplexu TDMA. [7]
- d) F burst je řetězec kmitočtové korekce o délce 0 bitů a má za úkol telefonu umožnit nalézt a demodulovat *S burst*. Tento řetězec je vysílán jen na FCCH *Frequency Correction Channel*. [7]

2.2.3 NSS Network and Switching Subsystem

System NSS řídí komunikaci mezi účastníky sítě GSM a účastníky jiných externích telekomunikačních sítí. Je tedy napojen na stanice BSS a na všechny externí sítě do nichž je umožněn GSM síti přístup.

Funkce zajišťování přístupu mezi těmito dvěma množinami sítí se ujímá spínací mobilní ústředna MSC, *Mobile Switching Centre*. Ta bývá obvykle dimenzována tak, aby zvládla zajistit provoz v dané lokalitě, například ve větším městě, nebo podél dálnice. [7]

Od klasických telefonních ústředen se subsystém NSS liší identifikačními bázemi. Jejich existenci si vynucuje mobilita GSM sítě. Rozlišujeme tři typy bází.

- a) HLR *Home Location Register* je domovský lokační registr, neboli databáze uchovávající všechny informace o účastnících příslušné domovské HLR. Tento registr je většinou ve městě, kde se zakoupí SIM karta. Každá MSC ústředna může přistupovat do jakéhokoli registru HLR. [7] [8]
- b) VLR *Visitor Location Register* je návštěvnický lokační registr a je většinou také součástí MSC. V registru jsou uloženy aktuální informace o mobilních účastnících, kteří se právě pohybují v oblasti spravované příslušnou MSC. V okamžiku, kdy účastník opustí danou oblast, jsou tato data zrušena. [7]
- c) EIR *Equipment Identity Register* je registr mobilní stanice, který zaznamenává data týkající se mobilních stanic. Každá mobilní stanice je zde registrována pod svým IMEI kódem. Pomocí tohoto registru lze zablokovat ukradený telefon pouhým přidáním IMEI na *black list* EIR a ta blokuje daný přístroj pro všechny operátory. Tato funkce není bohužel poskytována všemi českými operátory.

2.2.4 OSS Operation and Support Subsystem

Tento subsystém OSS má na starosti provoz a údržbu celého GSM systému. Druhá důležitá funkce je finančního charakteru. Subsystém se stará o tarifkaci zákazníků, evidenci plateb a dalších podpůrných funkcí. Subsystém jako celek je tvořen třemi centry. [8]

- a. OMC *Operations and Maintenance Centre* je provozní a servisní centrum, které řídí chod ostatních subsystémů BSS a NSS. Centrum je nadále odpovědné za ovládání a údržbu MSC, BSC a BTS. [8]

- b. NMC *Network Management Centre* je centrum managementu sítě, které se podílí na správě mobilních stanic. Monitoruje mobilní stanice a zajišťuje řízení toku informací v síti GSM. [8]
- c. ADC *Administrative Centre* je administrativní centrum, které se podílí na správě a managementu účastníků sítě GSM. Jedná se zejména o registraci, aktivaci, tarifkaci a placení účtů. [8]

2.3 Služby GSM

Standard GSM nám poskytuje mnoho služeb, které bereme jako samozřejmost. Níže budou rozebrány základní služby GSM sítě. Do této kapitoly patří také datové služby, které budu dále využívat při tvorbě GSM lokátoru.

2.3.1 Telefonní hovor

Nejdůležitější funkce pro GSM síť je samotné uskutečnění telefonního hovoru. Tato zdánlivě základní funkce není až tak jednoduchá. Základní podmínkou je mobilní telefon, který je zaregistrovaný do sítě, má dostatečný signál a hlavně je vložena aktivní SIM karta operátora.

Kvůli zvýšení kapacity sítě je samotné volání složitý proces. Uživatel vytočí na mobilním telefonu příslušné číslo, tento požadavek se odešle na nejbližší volnou ústřednu ke které se mobilní telefon hlásí. Ústředna zkontroluje oprávnění uživatele uskutečnit hovor a poté určí domovskou ústřednu volaného čísla podle mezinárodního standardu MSISDN a předá číslo. Ústředna volaného čísla přijme tento požadavek a překontroluje oprávněnost přijmout hovor. Jestli je volané číslo aktivní nachází se v ústředně údaj *LA Local Area*, který určuje přibližnou pozici volaného čísla. Následuje proces *paging*, tedy dohledání volaného čísla. Tento proces se provádí dotazováním ústředny na jednotlivé BTS stanice, jestli se k nějaké hlásí volané číslo. Po dohledání BTS stanice začne volané číslo vyzvánět a po přijetí může proběhnout požadovaný hovor.

2.3.1.1 Zobrazení čísla volajícího

Služba zobrazení čísla volajícího *CLIP Calling line identification presentation* je spojena s uskutečněním hovoru. Když začínáme uskutečňovat, hovor naše SIM karta odešle své unikátní číslo IMSI. Toto interní patnáctimístné číslo je v databázi operátora přiřazeno k devítimístnému účastnickému telefonnímu číslu.

Následně se odešle volanému telefonnímu číslu, které se zobrazí na jeho obrazovce. U většiny mobilních telefonů se toto číslo porovnává s databází našeho telefonního seznamu a v případě shody se na obrazovce zobrazí uložené jméno. Tuto službu zrušíme službou CLIR, nezobrazení čísla volanému. Tato služba odfiltruje telefonní číslo volajícího v posledním kroku na ústředně. Služba CLIP je u českých operátorů standardně zapnuta a poplatků, tato služba ovšem není zdarma ve všech zemích.

2.3.1.2 Přesměrování hovoru

Přesměrování telefonního hovoru *Call forwarding* je služba, která lze nastavit pomocí speciálních kódů, nebo pomocí mobilního telefonu. Rozlišujeme dva druhy přesměrování.

Podmíněné přesměrování, ke kterému dojde jen v případě, že je splněna předem nadefinovaná podmínka a nepodmíněné přesměrování, ke kterému dojde vždy.

2.3.1.3 Čekající hovor

Čekající hovor *Call waiting* je služba, která se nastavuje přímo v mobilním telefonu. V případě, že volané číslo hovoří s jiným uživatelem, uslyšíme standardizovanou hlášku „volaný účastník právě hovoří“ a volané číslo uvidí na obrazovce mobilního telefonu čekající další hovor.

2.3.2 SMS

Krátká textová zpráva neboli *Short Message Service* je nejpoužívanější služba GSM sítě. Využívá standardizovaný komunikační protokol. Pro jednu SMS zprávu je povoleno 160 znaků, tedy 1120 bitů. Pro kódování znaků se využívá 7 bitová ASCII tabulka. V případě znaků, které nejsou obsaženy v této tabulce, se pro kódování využívá 16 bitová UCS-2 a zpráva se tím zkrátí na 70 znaků.

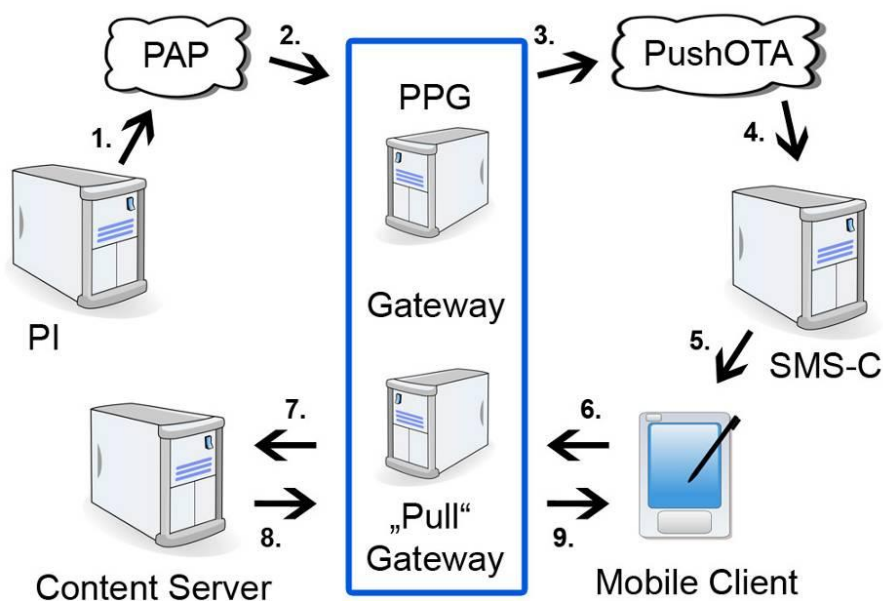
Krátké textové zprávy jsou přenášeny pomocí signalizačních kanálů, které se standardně využívají pro signalizaci příchozích hovorů, žádostí o odchozí hovor, přidělení komunikačního pásma a další informace technického charakteru. SMS zprávy dělíme na dva základní druhy.

- a) CB *Cell Broadcast* zprávy jsou dostupné pro všechny mobilní stanice, zaleží na nastavení parametru jednotlivých zařízení. Jedná se o informační zprávy typu počasí, zprávy, kultura sport a mnoho dalších.
- b) PP *Point-to Point* zprávy jsou klasické SMS zprávy jak je většina uživatelů používá. Jde o přenos textových zpráv z jednoho telefonního čísla na druhé.

V případě, že příjemce SMS zprávy není dostupný, zpráva se uloží do fronty a příjemci přijde v nejbližší možný okamžik.

2.3.3 WAP Wireless Application Protocol

Služba WAP *Wireless Application Protocol* je sada protokolů, které slouží k umožnění mobilním telefonům přístup na internet. Tyto protokoly byly vyvinuty v roce 1998 organizací Wap Forum. Hlavním cílem bylo zpřístupnit internet slabším, méně výkonným zařízením.



Obrázek 6 WAP architektura [17]

2.3.4 Datové služby

Jelikož je GSM síť digitální, umožňuje datové přenosy. Můžeme tedy využívat mobilní síť jako prostředek k připojení k internetu, nebo používat internet přímo v mobilním telefonu. Datové přenosy jsou umožněny za použití různých protokolů CSD *Circuit Switched Data*, HSCSD *High Speed Circuit Switched Data*, GPRS *General Packet Radio Service* a EDGE *Enhanced Data Rates for Evolution*.

2.3.4.1 MMS *Multimedia Messaging Service*

Služba MMS je používána pro přenos multimediálních souborů mezi přístroji, jež tento standard podporují. Základním předpokladem pro fungování této služby jsou rychlé datové přenosy GPRS nejlépe EDGE. Odesílaná MMS se uloží na server s dostatečnou kapacitou, ze kterého si její příjemce po připojení vyzvedne. Služba umožňuje přenos odlišných dat, text, obrázky či videa. K tomuto je zapotřebí užít jazyk SMIL *Synchronized Multimedia Integration Language*. Tento jazyk je podobný jako HTML jazyk pro tvorbu webových stránek. SMIL zapouzdří text zprávy a připojená data do jednoho balíku, který je pak podle potřeby rozdělen na jeden nebo více rámců, jež jsou postupně odeslány k cíli. V každém z přenášených rámců je pak samostatně vyhrazená část pro data a pro text. Tento princip je nutný tomu, aby mohla být data přenášena i přes síť s nízkou přenosovou rychlostí. Pro zprávy MMS platí datové omezení až 100 kB. Není to ovšem limitující. [6]

2.3.4.2 GPRS *General Packet Radio Service*

Systém GPRS využívá pro datový přenos paketování. Odesílaná data jsou rozdělena na pakety, označena a sbalena. Příjemce po přijetí všech dat opětovně data rozbálí a sestaví do původní konzistence. Sbalené data mohou k příjemci putovat dokonce různými cestami. Maximální přenosová rychlost vrstvy GPRS je 171,2 kb/s, v praxi této rychlosti však nelze dosáhnout.

Na přenosovou rychlost má také vliv kódování. GPRS využívá schéma CS s různými zabezpečeními proti chybám vzniklým při přenosu. Standardy byly definovány organizací ETSI.

2.3.4.3 *EDGE Enhanced Data Rates for Evolution*

Přenos dat pomocí technologie EDGE zvyšuje přenosovou rychlost GSM sítě. Někdy je také označována jako EGPRS. Tuto technologii začala vyvíjet firma *Ericsson* a postupně se rozšířila napříč trhem. Povyšuje GSM síť na generaci 2.75G. Technologie EDGE umožňuje dosahovat obdobných rychlostí jako 3G síť využívá však prostředky 2G sítě. Stejně jako u GPRS využívá technologie EDGE paketového přenosu, dochází pouze ke změně modulace a kódování kanálů *Gaussian Minimum-Shift Keying*.

Tato technologie je doplněna efektivnější osmistupňovou modulací 8-PSK *Eight-Phase-Shift Keying*. Díky těmto změnám technologie umožňuje vyšší rychlosti přenosu, na úkor menšího pokrytí. Zakomponování EDGE bylo velmi snadné, protože zachovává jak šířku jednotlivých přenosových kanálů 200 kHz, tak i jejich dělení časovým multiplexem na osm částí – timeslotů. Přenosová rychlost může dosáhnout 384 kb/s.

Vzhledem k tomu, že technologie EDGE přináší do systémů s GPRS pouze novou modulaci a dokonalejší kódovací schémata, zůstávají stejné i třídy zařízení. V současné době většina mobilních telefonů podporuje datové přenosy pomocí technologie EDGE. [5]

3 GSM LOKALIZACE

Znalost principu fungování GSM sítě nám umožňuje využívat síť i k jiným účelům, než byla primárně navržena. Jedním z oněch sekundárních možností využití je GSM lokalizace. Určování polohy mobilních stanic za pomoci GSM buňkové sítě.

3.1 Princip GSM lokalizace

Hlavním a předem splněným předpokladem lokalizace je rozmístění základových stanic napříč celou strukturou GSM sítě. Plocha je rozdělena na buňky, přičemž právě jednu buňku obsluhuje jedna BTS stanice, nebo je BTS stanice umístěna na rozhraní a obsluhuje více buněk. V tomto případě mluvíme o sektorech. Poloměr a hustota buněk je závislá na předpokládaném počtu aktivních mobilních stanic, neboli osídlení v dané oblasti. Počet BTS stanic významně ovlivňuje přesnost určování polohy. [9]

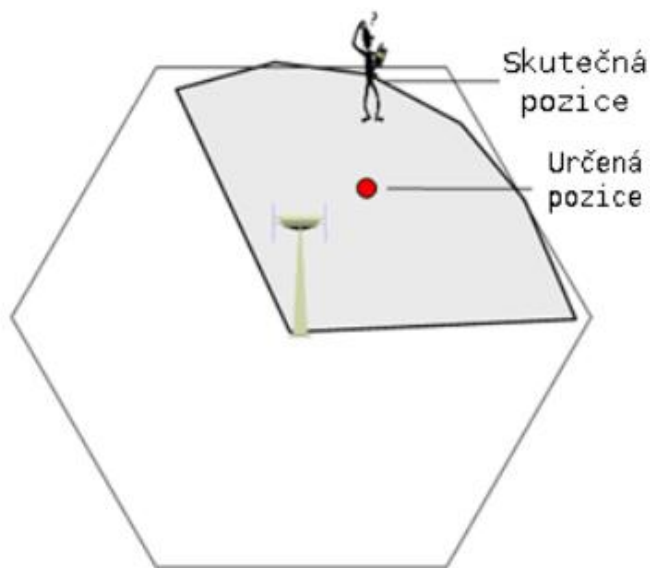
Mobilní stanice komunikuje v jednom okamžiku právě s jednou BTS stanicí, ale má informace o dalších dostupných BTS stanicích. BTS stanice mají pevně danou polohu a jsou stacionární na rozdíl od mobilních stanic. [9]

Pro určování polohy jsou důležité dva následující identifikátory.

- a) Cell ID je jedinečný identifikátor základnové BTS stanice.
- b) TA *Timing advance* je parametr představující čas šíření signálu mezi mobilní stanicí a sítí.

3.1.1 Cell ID

Každá buňka v síti má svůj jedinečný identifikátor. Jeho unikátnost je zajištěna v rámci operátora daného státu. Při přihlášení do sítě může mobilní stanice přímo určit svoji polohu. Přesnost závisí na velikosti, kterou pokrývá BTS stanice. Pro zpřesnění je užito sektorizace *Cell Sector*, kdy je buňka je rozdělena na tři sektory, což přináší zpřesnění o dvě třetiny. [10]

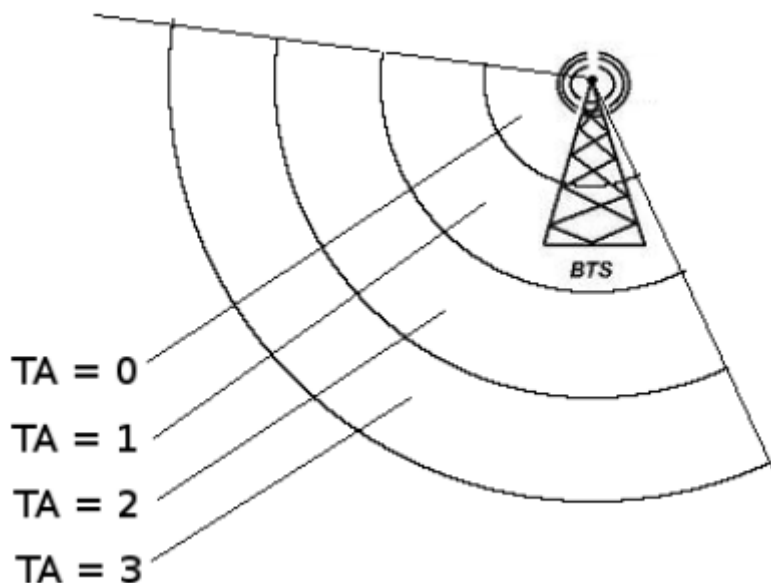


Obrázek 7 Cell ID [10]

Odhadovaná poloha mobilní stanice je umístěna v těžišti vytvořené oblasti. Specifikace TDMA vyžaduje, aby řetězec stihnul urazit dráhu k BTS stanici a zpět za polovinu z vyhrazených 577 μ s. Po odečtení času způsobeného ztrátami a kvalitou signálu zůstává 233 μ s. Za tuto dobu musí signál urazit cestu k BTS stanici a zpět. Vynásobíme-li tento údaj rychlostí radiového signálu, zjistíme, že signál smí urazit dráhu 70 000 metrů. Tím je také dán maximální poloměr dosahu BTS na 35 kilometrů a tím i maximální potencionální chyba určování polohy. [7]

3.1.2 TA Timing advance

Identifikátor TA nám udává hodnotu zpoždění mezi mobilní stanicí a BTS stanicí. Hodnotu lze zjistit přímo během telefonního hovoru po aktivaci servisního menu, nabývá hodnot 0 až 63. Čím větší hodnota, tím dále jsme od BTS stanice, se kterou komunikujeme. Tento parametr se ukládá do 4 bitů, a pokud hodnotu vynásobíme 547 m, získáme vzdálenost od BTS stanice. [7]



Obrázek 8 Identifikátor TA [10]

3.2 Hlavní předpoklad

Ze základních způsobů lokalizace je zřejmé, že nejdůležitější předpoklad pro určování polohy pomocí GSM signálu je přesná znalost adres jednotlivých BTS stanic. BTS stanice jsou ve vlastnictví operátorů a tedy přesné seznamy vlastní operátoři sami. Samozřejmě tyto seznamy nejsou veřejné a každý operátor má vlastní. Operátoři poskytují seznamy jedině pro policii ČR a to jen s pomocí soudního příkazu. [11]

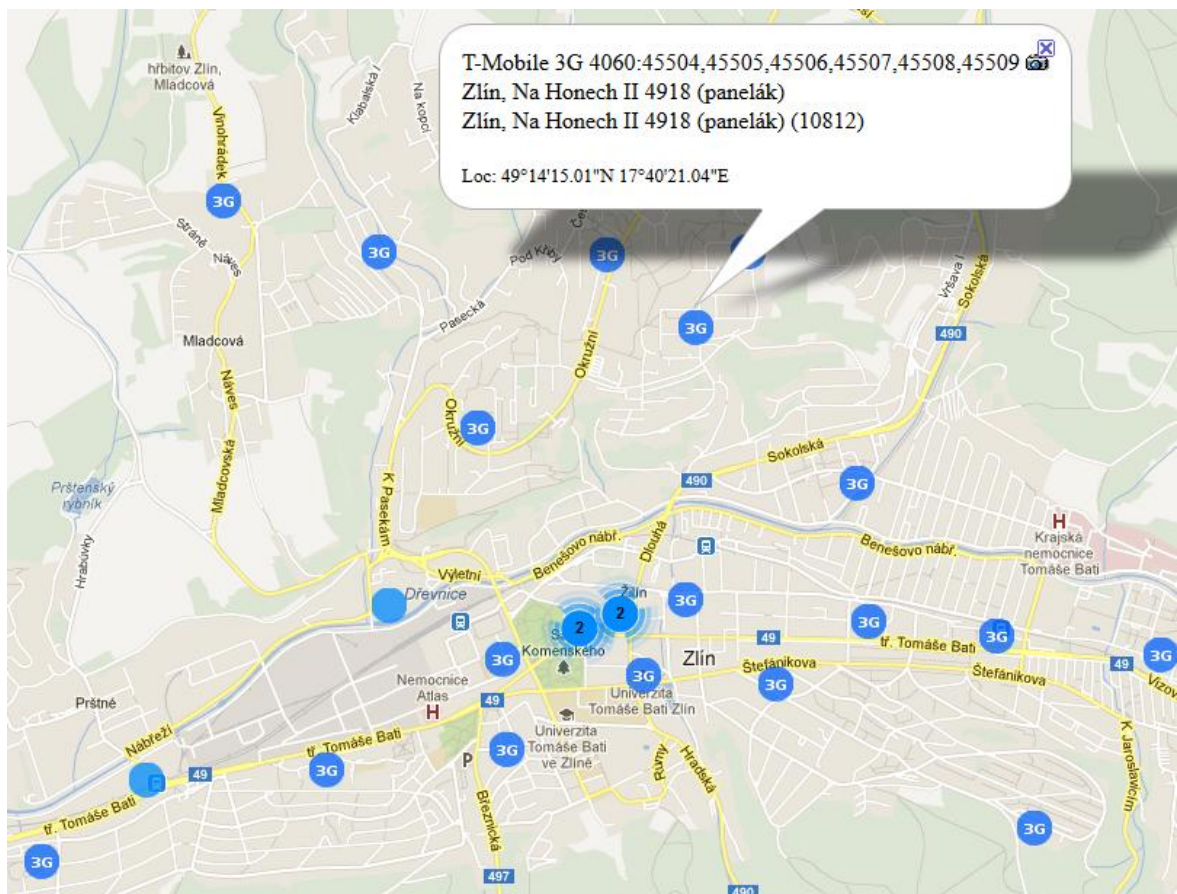
Jediná možnost jak se dostat k seznamu BTS stanic je použít neoficiální seznamy, které vytvářejí nadšenci, takzvaní lovci BTS stanic anebo organizace jako Google pro svou vlastní potřebu.

Neoficiální seznamy samozřejmě nejsou kompletní, ale vypátraných BTS stanic neustále přibývá a tím pádem je lokalizace pomocí GSM sítě umožněna.

3.3 BTS stanice v ČR

Na území ČR se nachází přes 45000 BTS stanic. Tento počet je pouze odhad, protože jak již bylo zmíněno, oficiální seznamy nejsou zveřejněny. V České republice existuje velký počet nadšenců, takzvaných lovců BTS stanic.

Na internetu lze vyhledat několik neoficiálních seznamů, za zmínku stojí hlavní portál pro lovce BTS stanic GSMweb.cz. Na tomto webu nalezneme opravdu kvalitní databázi BTS stanic, především na území ČR. Seznamy jsou rozčleněny podle příslušných operátorů a mnohé BTS stanice jsou i vyfocené. Hledání lze realizovat pomocí mnoha způsobů. Nejlépe však pomocí Cell ID a to jak v desítkové soustavě tak šestnáctkové soustavě. Databáze lze také stáhnout pro další využití. Nejefektivnější způsob je používat tyto neoficiální seznamy prostřednictvím programu BTS-LOCATOR, který je zdarma ke stažení. Program si sám stáhne aktuální databázi BTS stanic a vyhledá nám polohu pomocí ID buňky. [11]



Obrázek 9 Neoficiální mapa BTS stanic [11]

3.4 Způsoby odhalování pozice BTS stanic

Pro nadšence je odhalování BTS stanic sport, jako kterýkoli jiný. Dle jejich slov má svá pravidla, úrovně i odměny. Každý lovec vidí význam své činnosti v něčem jiném, obecně jde však říct, že se jedná o neziskovou zájmovou činnost, která přináší potěšení vzniklé jejím vykonáváním. Lovci BTS stanic rozdělují svoji činnost na následující tři fáze. [11]

- a) Prvotní lov je odhalování BTS stanic v místech, kde ještě nejsou žádné zaznamenané stanice v seznamu. Tato fáze je pro lovce nejvíce populární, protože si sám dělá kmitočtový plán a získává představy o rozmístění BTS stanic. Takových míst už ale moc není. [11]
- b) Udržovací lov spočívá v procházení již zmapovaných oblastí a v případě nového úlovku zaznamenání do seznamu. [11]
- c) Expertní lov je lov stanic za pomoci sofistikovaných zařízení. Například telefon vybavený netmonitorem, který radiové části telefonu umí přikázat, na kterém kanále má poslouchat. Další možností je propojení telefonu s počítačem, na kterém je nainstalovaný software který umí zaznamenávat BTS stanice. [11]

Výchozím nástrojem pro lovce BTS stanic je aktivované servisní menu operátora. Povětšinou lze pracovat ze sítě operátora, jehož SIM kartu užíváme. Některé telefony umožňují však náhled do servisního menu i jiných operátorů. Každý výrobce telefonu má odlišné servisní menu. Informace jsou zobrazeny v desítkové nebo šestnáctkové soustavě, případně mohou být vztaženy k jisté referenční hodnotě. Mezi nejdůležitější parametry uvádím následující. [11]

- a) *Cell ID* je identifikační číslo buňky. [11]
- b) *LAC* je kód dané oblasti. [11]

- c) *RX level* je síla signálu udávaná v dBm. Pro záporné hodnoty je výkon na vstupu přijímače logaritmičticky vztažený k 1 mW. Tyto hodnoty se obvykle pohybují v rozmezí -60 až -90 dBm. Při zápornějším RX ztrácíme signál a při RX rovnající se -30 dBm stojíme před BTS stanicí. [11]
- d) *C1* je síla signálu v dB vztažená k prahové hodnotě sítě povolující přihlášení *RX level*. *C1* vypovídá o kolik je *RX level* větší oproti prahové hodnotě. *Acces Minimum* je u nás -75 až -105 dBm. [11]
- e) *CRO* je preferenční parametr *Cell Reselect Offset*, který umožňuje zvýhodnit konkrétní buňku. [11]
- f) *C2* je údaj, který se podílí na konečném přiřazení aktivní BTS buňky. [11]

$$C2 = C + CRO \quad (1)$$

- g) BSIC kódy jsou kódy umožňující rozlišovat buňky pracující na stejném kanále. Skládají se z kódů BCC a NCC *Broadcast a Network Color Code*. [11]
- h) *TA* je *timing advance* parametr, který zajišťuje, aby telefon vysílal ve správnou chvíli. Přesně kdy má na BTS stanici přidělen svůj *timeslot*. Čím je telefon vzdálenější od BTS stanice musí začít vysílání dříve. Jedna jednotka *TA* odpovídá tedy 547 m. [11]

ARFCN	814
LAC	1f77
RAC	01
MNC/MCC	23003
RSSI	18
Ncell Info1	11 -77 dBm
Ncell Info2	823 -77 dBm
Ncell Info3	8 -79 dBm
Ncell Info4	777 -81 dBm
Ncell Info5	18 -86 dBm
Ncell Info6	820 -87 dBm
RX Quality	18
Frequent Hopping	Not active
Last registered network	23003
TMSI	800f250e
Periodic Location Update Value	1530 (min)
BAND	DCS
Channel In Use	N/A
RSSI 1	0 dBm

Obrázek 10 Servisní menu [11]

3.5 Google seznam BTS stanic

Google vlastní největší neoficiální seznam BTS stanic na světě. Nemá ji však od operátorů, jak by si mnozí mohli myslet, nýbrž si ji vytvořil sám. 25. 5. 2007 byl spuštěn v USA projekt s názvem Street view. Tento projekt byl primárně určen k vytváření mapových 3D podkladů pro virtuální prohlídky. K tomu bylo nutné projet a monitorovat prakticky každý kousek naší zeměkoule. Google se však rozhodl využít celý projekt navíc k získání seznamu různých vysílačů i BTS stanic. Dodnes se spekuluje, zda tento postup byl legální. Realita je však taková, že seznamy existují a používají se.



Obrázek 11 Street view [12]

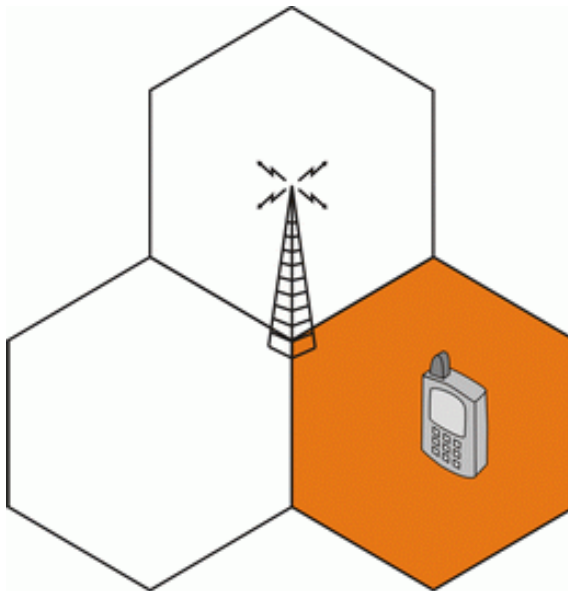
3.6 Metody GSM lokalizace

Při znalosti důležitých parametrů GSM sítě a kvalitního seznamu co největšího počtu BTS stanic, můžeme provádět samotnou lokalizaci. Metody pro tuto činnost lze rozdělit do tří skupin.

Metody založené na lokalizaci pomocí sítě, mobilní stanice a kombinované metody. Rozdělení je podle nutnosti zásahu při lokalizaci a z toho vyplývající náklady provozovatele.

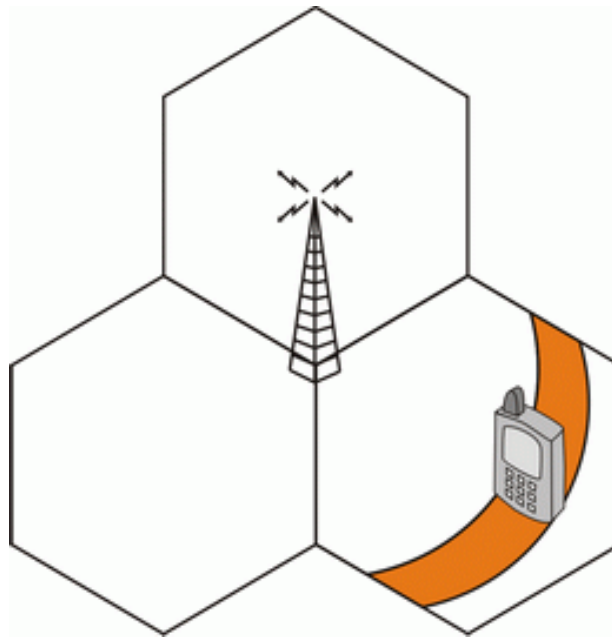
3.6.1 Příklady metod GSM lokalizace

- a) COO *Cell of Origin* je metoda založená na buňkové struktuře GSM sítě. Prioritní pro tuto metodu je parametr Cell ID, z čehož vyplývá přesnost této metody. V hustě osídlených oblastech je tolerance okolo 200 metrů v méně osídlených oblastech může tolerance dosáhnout teoreticky až 35 kilometrů. [9]



Obrázek 12 COO metoda [13]

- b) TA je metoda založená na znalosti vzdálenosti mobilní stanice od minimálně tří BTS stanic. Pro metodu je nutno upravit mobilní stanici tak, aby nám uměla požadované informace poskytnout. Po většinou postačí nahrání nového firmware nebo aplikace zvaná SIM Toolkit. Při správném užití této metody dokážeme toleranci zpřesnit okolo 125 metrů. [10]



Obrázek 13 TA metoda [13]

- c) TOA *Time Off Arrival* je metoda, která vychází z metody TA. Základem je znalost vzdálenosti od tří BTS stanic. Tyto informace jsou však získávány ze základnových stanic BTS. K tomuto je zapotřebí vzájemná synchronizace, ke které běžně nedochází. Metoda si žádá dodatečné investice a především v městských oblastech nepřináší lepší výsledky než metoda COO. [9]
- d) E-CGI *Enhanced Cell Global Identity* je metoda která doplňuje metody Cell of Origin a Timing advance o měření úrovně signálu. E-CGI metoda se využívá pro výpočet vzdálenosti mobilní stanice od BTS základové stanice model šíření signálu. Podle naměřených úrovní signálu v místě mobilního zařízení a znalostí vysílacích výkonů BTS základových stanic jsou zjištěny oblasti s nejpravděpodobnějším výskytem. Přesnost této metody se pohybuje kolem 50 až 550 m pro hustě osídlené oblasti a 250 m až 8 km pro venkovské oblasti s nižším osídlením. [10]

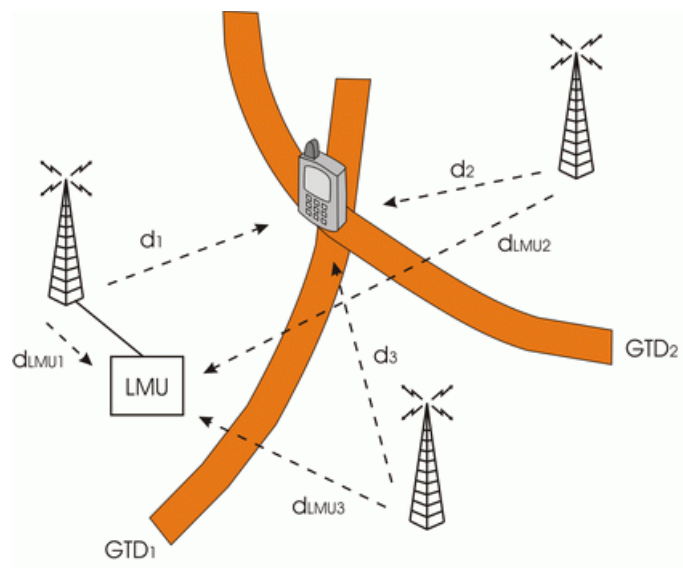
- e) E-OTD *Enhanced Observed Time Difference* je metoda založená na instalaci referenčních přijímačů LMU *Location Measurement Unit* v rámci celé sítě GSM. Referenční přijímače provádějí měření reálných časových rozdílů vysílání signálu BTS stanic. Pokud by BTS stanice vysílaly synchronně, hodnota RTD by byla nulová. Po stanovení časových diferencí v příjmu signálu je mezi dvěma BTS stanicemi proveden odhad určení oblasti od které mají stejnou vzdálenost. V dané oblasti jsou časové difference příchodu signálu označovány GTD *Geometric Time Difference*. [9]

$$GTD_{12} = (d_2 - d_1)/c \quad \text{Kde } c \text{ je rychlost světla a } d \text{ vzdálenost.} \quad (2)$$

Pro časové difference zjištěné v mobilní stanici OTD *Observed Time Difference* a GTD platí převodní vztah. [9]

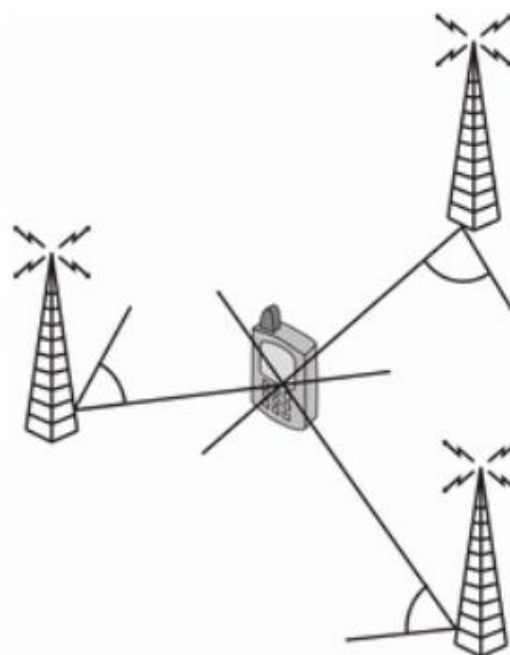
$$GTD = OTD - RTD \quad (3)$$

Přesná poloha mobilní stanice je následně vypočtena jako průnik oblastí GTD_i s přesností 30 až 300m. [9]



Obrázek 14 E-OTD metoda [9]

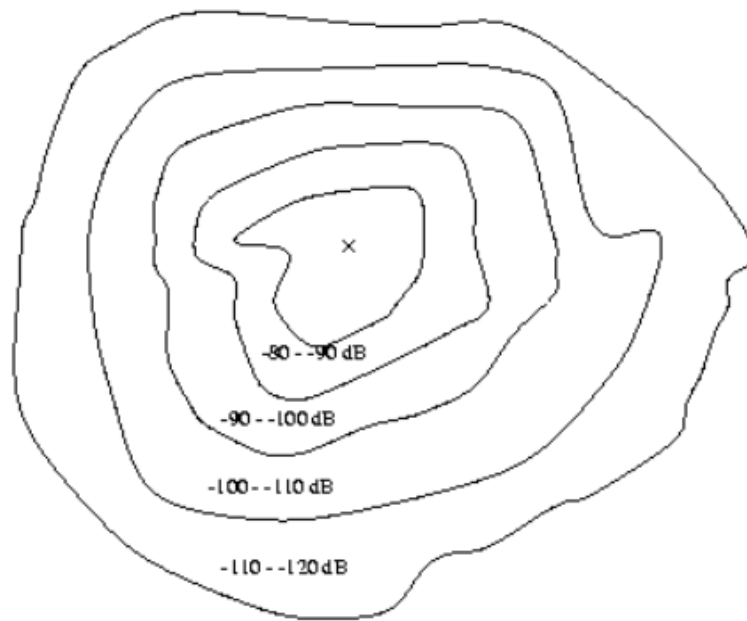
- f) AOA *Angle of Arrival* je metoda vyžadující použití směrových antén a znalosti vyzařovacích charakteristik. Při aplikaci této metody se měří úhel, pod kterým je signál přijímán. Lze provádět u BTS stanic i u mobilních stanic. Výsledkem měření jsou přímky, které prochází BTS stanicemi a mobilní stanicí. Minimální počet zachycených BTS stanic je u této metody stanoven na dvě, třetí stanice zpřesňuje metodu. Požadovaná poloha je stanovena jako průnik přímek s přesností kolem 300m. [9]



Obrázek 15 AOA metoda [10]

3.6.2 Trilaterace

Trilaterace je geometrická metoda využívána pro přesné určení polohy mobilní stanice. Základní podmínkou pro výpočet je znalost minimálně dvou vzdáleností mobilní stanice od BTS stanic. Pro větší přesnost jsou lepší tři vzdálenosti od BTS stanic. Tyto hodnoty lze získat pomocí parametru TA nebo výpočtem síly signálu. Hodnoty jsou však velmi závislé na okolním terénu a povětrnostních podmínkách. Z tohoto důvodu vznikají určující mapy signálu v buňce. [10]



Obrázek 16 Určující mapa [10]

Samotný výpočet se tedy provádí ze znalostí poloh BTS stanic (x_1 , x_2 , y_1 , y_2) a ze vzdáleností mobilní stanice od každé BTS stanice (d_1 , d_2). Z výpočtů získáme eventuální souřadnice dvou průsečíku kružnic, tedy naši polohu. [10]

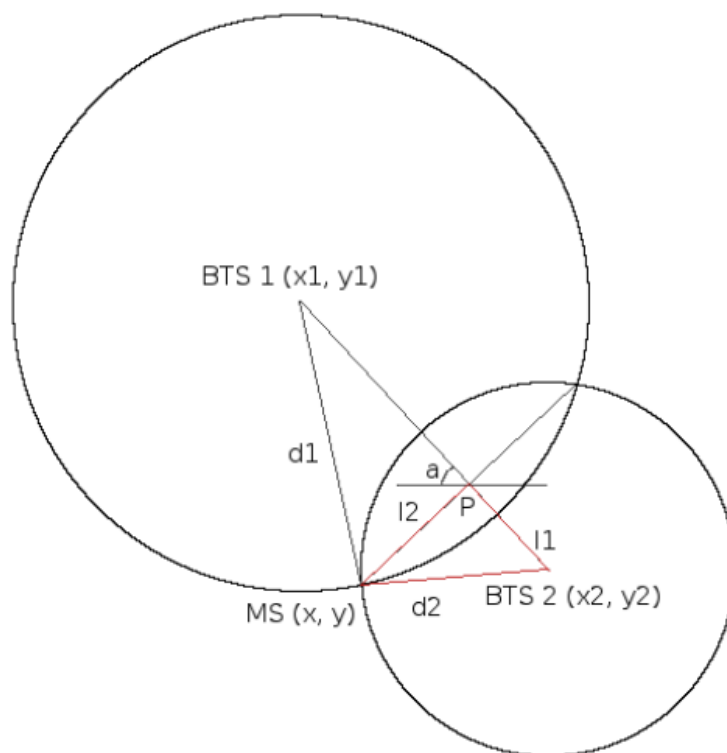
$$x_a = x_p - d_2 * \sin(a) = x_2 - d_1 * \cos(a) - d_2 * \sin(a) \quad [10] \quad (4)$$

$$y_a = y_p - d_2 * \cos(a) = y_2 - d_1 * \sin(a) + d_2 * \cos(a) \quad [10] \quad (5)$$

$$x_b = x_p - d_2 * \sin(a) = x_2 - d_1 * \cos(a) - d_2 * \sin(a) \quad [10] \quad (6)$$

$$y_b = y_p - d_2 * \cos(a) = y_2 - d_1 * \sin(a) + d_2 * \cos(a) \quad [10] \quad (7)$$

Pro tento případ se poloha mobilní stanice rovná souřadnicím (x_a , x_b), v jiných případech se poloha určí trilaterací s další BTS stanicí. [10]



Obrázek 17 Trilaterace [10]

4 GSM VERSUS SATELITNÍ LOKALIZACE

Jednou z nejčastějších činností dnešního světa je přesouvání se z místa A na místo B. Vynalzáme stále rychlejší prostředky pro cestování a to si žádá dokonalejší lokalizační systémy. Lokalizační systémy využíváme tedy primárně k určování své pozice a navigování na pozici, kterou žádáme. Lokátory lze však použít i pro vyhledávání věcí, které jsme ztratili, nebo nám byly odcizeny. V takovém případě žádáme od lokátorů odlišné provedení oproti navigacím, avšak princip fungování je zachován.

Mezi nejrozšířenější technologie pro určování polohy, a tím myšleno jak pro navigaci, tak lokalizaci, patří satelitní navigace jako je například americký systém Navstar GPS, nebo evropský GNSS Galileo, případně ruský GLONASS.

Jak již z názvu vypovídá, má diplomová práce se zabývá GSM lokací. Pro názornost by bylo vhodné ji porovnat se známější satelitní lokací. Pokuším se poukázat na výhody i nevýhody obou způsobu zjišťování aktuální polohy.

	Satelitní lokace	GSM lokace
Pokrytí signálu	Prakticky celý svět.	Pouze v dosahu signálu GSM sítě.
Kvalita služby	Velmi dobrá stabilita služby i v nepříznivých podmínkách.	V neočekávaných situacích může nastat výpadek sítě, při náhlé koncentraci klientů služby na jednom místě nastává přetížení sítě.
Přesnost lokace	Teoreticky v jednotkách centimetrů, pro civilní užití přidána tolerance 10 metrů.	Záleží na hustotě BTS základových stanic a na zvolené metodě určování pozice. Tolerance je od 100 metrů teoretický až do 35 kilometrů.

Dostupnost signálu	Nutnost přímé viditelnosti na satelity. Problém v hustě zastavěných oblastech. V budovách není možné využívat tuto službu.	V rámci oblastí, které jsou pokryty vysílači, je pokrytí téměř 100%. Čím více zastavěná oblast, tím kvalitnější pokrytí. Službu lze využívat i v budovách.
Rychlost lokace	Prodleva v řádu desítek vteřin v případě špatné přímé viditelnosti prodleva až v řádu minut.	Velmi rychlé, v řádu jednotek vteřin.
Velikost přístroje	Záleží na velikosti baterie, průměrná velikost, 12x9x3 cm.	Záleží na velikosti baterie, průměrná velikost, 7x7x2 cm.
Průměrná hmotnost přístroje	Nejpodstatnější rozdíl dle typu baterie. Průměrná hmotnost 100 gramů.	Nejpodstatnější rozdíl dle typu baterie. Průměrná hmotnost 80 gramů.
Průměrná výdrž baterie	Záleží na typu zařízení, u zařízení bez obrazovky je průměrná výdrž okolo 20 hodin.	Pouze lokační jednotka má výdrž baterie v závislosti na počtu žádostí o zaslání polohy, průměrně okolo 10 dnů.
Cena provozu služby	Provoz satelitní lokalizace je zdarma.	Provoz je závislý na zvoleném tarifu. Průměrně pro jeden požadavek 8 Kč.
Cena pořízení přístroje	5 000 Kč	1000 Kč

Tabulka 2 Srovnání lokalizačních metod

Každá metoda má své plusy a mínusy a je vhodná pro jiný způsob použití. Satelitní navigace disponuje velkou přesností, funkčností po celém světě a bezplatností služby.

Mezi mínusy můžeme zařadit vyšší pořizovací cenu, menší výdrž baterie a delší prodlevu při zjišťování aktuální polohy.

GSM lokalizace je levnější varianta s větší výdrží baterie, mezi hlavní nevýhody této metody patří velká nepřesnost a nefunkčnost mimo pokrytí signálem GSM sítě. Je vhodná pro aplikace s menší četností použití, a kde není vyžadována přílišná přesnost určení pozice.

Jako nejlepší varianta v praxi se osvědčila kombinace obou metod určení pozice. GSM lokalizace je využita jako prvotní přibližné určení polohy, než se satelitní navigace najde příslušné satelity a dopočítá přesnou polohu. Tento způsob je však náročnější na výdrž baterií, což je globální problém všech zařízení přenosného typu. Kapacita baterií je limitující napříč celým elektronickým světem.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 ZABEZPEČENÍ JÍZDNÍHO KOLA

V úvodu byly zmíněny důvody pro vznik této diplomové práce a náznak řešení daného problému. Přístupme nyní k samotné analýze situace, stanovení bezpečnostních rizik, jejich posouzení a v závěru k návrhu a realizaci vhodného zabezpečení.

5.1 Analýza situace

Předmětem bezpečnostní analýzy je jízdní kolo sjezdového typu v průměrné hodnotě 200 000 Kč. Pro běžného uživatele těchto typů kol nastávají prakticky tři základní situace.

- a) Kolo je uskladněno a ponecháno bez dozoru. Tato situace je nejfrekventovanějším stavem pro sjezdové kolo. Uskladnění probíhá většinou ve sklepních prostorách panelových domů, případně hospodářských místnostech rodinných domů.
- b) Kolo je přepravované na místo určení. Jelikož se jedná o kola, která váží až 25 kg je samotná jízda obtížná. Proto se kola přepravují pomocí dopravních prostředků až na místo určení.
- c) Kolo je používáno majitelem. Tato situace nastává při tréninkových jízdách a samotných závodech.



Obrázek 18 Downhillové kolo

5.2 Stanovení bezpečnostních rizik

- a) Krádež kola z místa, kde je uskladněno.
- b) Krádež kola z automobilu při přepravě.
- c) Krádež kola v nestřežený okamžik při tréninku nebo závodech.

5.3 Vyhodnocení bezpečnostních rizik

Krádež kola z místa uskladnění je statisticky nejrozšířenější způsob krádeže kol. Místnosti, ve kterých bývají kola uskladněna, jsou většinou standardně zabezpečeny jen mechanickým zábranným systémem, zřídka je kombinováno s elektronickými prvky zabezpečení. U těchto prostor je pravidlem, že nejsou příliš často kontrolovány, a tak mají zloději dostatek času na překonání veškerých bezpečnostních opatření.



Obrázek 19 Kolárna

Druhým nejčastějším způsobem krádeží kol je odcizení kola ze zaparkovaného automobilu. Sjezdová kola jsou povětšinou umístěna na střeše automobilu za pomoci zádržných systémů konstruovaných pro tento účel.

V častých případech kolo není nijak zabezpečeno proti krádeži ze zádržného systému, zkušenější cyklisté používají k zabezpečení standardní zámek pro jízdní kola.



Obrázek 20 Zádržný systém [18]

Při vlastním použití jízdního kola záleží na majiteli, jak opatrný je při odpočinkových chvílích, kdy je kolo nestřeženo.



Obrázek 21 Mechanické zabezpečení [19]

5.4 Zabezpečení jízdního kola

Všechny bezpečnostní rizika se dají řešit nasazením mechanických zábranných systémů. Dnešní trh je nasycen cyklistickými zámky různých variant. U mechanických zábranných systémů však platí známé pravidlo. Každé mechanické zabezpečení je překonatelné, záleží jen na množství času potřebném k jeho překonání. Další varianta zabezpečení je využití různých alarmů. Má diplomová práce však neřeší mechanický způsob zabezpečení jízdního kola ani využití alarmů.

5.5 Zabezpečení jízdního kola pomocí lokátoru

Zajímavější způsob zabezpečení jízdního kola je pomocí lokátoru. Nejrozšířenější lokátor pro lokalizace ukradených předmětů je lokátor využívající satelitní lokalizaci. Pro uživatele známý pod názvem GPS lokátor. Méně známá lokalizace je pomocí GSM sítě, na trhu ovšem neexistuje funkční sofistikovaný GSM lokátor, jenž by byl okamžitě použitelný. Rozšířené jsou ovšem lokátory, které obě technologie kombinují.

5.5.1 Požadované parametry lokátoru

Pojďme nyní sestavit výčet kritérií, která by měl splňovat vhodný lokátor pro zabezpečení jízdního kola.

- a) Malá velikost a váha tak, ať jej lze schovat v útrobach jízdního kola. Lokátor by neměl být na první pohled viditelný.
- b) Dostatečná přesnost lokalizace. Dle mého mínění, je horní hranice tolerance pro lokalizace 100 metrů. Samozřejmě čím přesnější, tím snazší následné pátrání.
- c) Dostatečná pevnost zpracování. Nejenom u sjezdových kol musí lokátor vydržet tvrdé podmínky provozu. Lokátor je vystaven velkým vibracím, nárazům a v neposlední řadě vlhkosti a výkyvu teplot.
- d) Rychlost zjištění polohy. V případě, kdy se odcizený předmět bude pohybovat, potřebujeme dostatečně rychlý nástroj pro lokalizaci.

- e) Nízká pořizovací cena. U takto drahých jízdních kol není cílem zvyšovat samotnou hodnotu. Musíme počítat s variantou odcizení jízdního kola a tím pádem i lokátoru. Dle mého názoru, by lokátor neměl přesáhnout hranici 1500 Kč.
- f) Funkčnost lokátoru v zastavěných oblastech, v budovách i sklepních prostorech. Je velice pravděpodobné, že odcizené kolo je ukryto v podobných oblastech.
- g) Výdrž baterie je nejdůležitější parametr pro lokátor. Při zachování přiměřeně velkého akumulátoru musí lokátor vydržet alespoň týdenní provoz. Je nemyšlitelné, aby uživatel nabíjel své kolo každý den, například mimo sezónu, kdy je kolo uskladněno na čtyři měsíce.

5.5.2 Satelitní lokátory s přenosem dat pomocí GSM sítě

Samotná technologie satelitní lokalizace je pro lokátor požadovaného typu nedostačující. GPS technologie nám určí polohu, ale je zapotřebí polohu odeslat na žádost majiteli. Proto jsou lokátory vybaveny GSM modulem pro komunikaci.

Satelitní lokátory splňují dokonale první tři kritéria. Ostatní velmi důležité parametry lokátorů, pro použití k zabezpečení jízdního kola, bohužel nespĺňují. Rychlost zjišťování polohy ještě není tak kritická, avšak v některých případech by mohl nastat problém.



Obrázek 22 Kombinace GPS a GSM lokátoru [21]

Nejpodstatnější funkční problém je dostupnost satelitní lokalizace v hustě osídlených oblastech, budovách a sklepních prostorech. GPS lokátory potřebují přímou viditelnost na družice. Je velmi pravděpodobné, že odcizené kolo nebude skladováno v místech s přímou viditelností na družice. Tento problém GPS lokace, spíše vlastnost, nelze opomenout a dovolím si označit tuto technologii za nepoužitelnou pro zabezpečení jízdního kola.

Dalším problémem u satelitní lokalizace je výdrž baterie. Je známo, že kapacita baterií je globální problém všech přenosných elektronických zařízení. Nutnost nabíjet kolo každých 20 hodin považuji za velmi nekomfortní, ne však nereálné. Proto tento problém není tak kritický jako nedostupnost signálu v budovách.

V neposlední řadě je cena těchto výrobků, která se pohybuje okolo 5000 Kč, což považuji za příliš velkou investici pro zařízení tohoto typu.

5.5.3 GSM lokátor

Při zkoumání satelitních lokátorů, které používají pro komunikaci s majiteli GSM síť, mě napadla myšlenka nekombinovat tyto technologie, nýbrž zachovat pouze GSM technologii. Prostřednictvím GSM modulu provádět samotnou lokalizaci i komunikaci s vlastníkem zařízení. Tímto krokem si slibuji především funkčnost lokátoru v budovách i sklepních prostorech, kde je GSM signál běžně dostupný. Odstranění GPS modulu bude mít za následek také tolik kýžené zvýšení výdrže baterie a podstatné zlevnění celého zařízení. Navzdory těmto výhodám je značnou nevýhodou malá přesnost lokalizace. To je jeden z hlavních důvodů, proč se výrobek tohoto typu zatím neprodává na trhu s lokátory, jako funkční celek. Dle teoretických způsobů určování polohy pomocí GSM technologie je však zřejmé, že tolerance v hustě osídlených oblastech by měla být dostačující.

Rozhodl jsem se tedy sestavit GSM lokátor pomocí jednotlivých komponentů a otestovat jej, zdali je GSM lokalizace vhodná pro účely bezpečnostních aplikací.

6 NÁVRH ZPŮSOBŮ REALIZACE GSM LOKÁTORU

Způsob realizace GSM lokátoru má teoreticky jeden možný princip. Zjištění aktuální buňky, ke které se přístroj hlásí a porovnání s libovolným seznamem BTS stanic. Následuje zaslání přibližné polohy. Liší se pouze způsoby realizace daného principu. Obyčejný mobilní telefon umí, po určitém nastavení, sloužit jako GSM lokátor. V určitých případech je tato varianta vhodná, ba dokonce velice žádaná. Příkladem může být lokalizace osob prostřednictvím mobilních telefonů.

6.1 T-Mobile

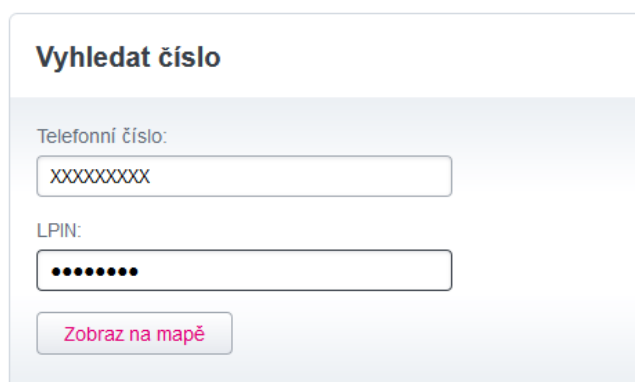
T-Mobile, jako jediný operátor v ČR nabízí GSM lokalizaci. Tato služba se jmenuje „Kde je“ a jde velmi jednoduše nastavit. Zapotřebí je prakticky jakýkoli aktivní přístroj, ve kterém je umístěna SIM karta operátora T-Mobile, a je podporována funkce SIM toolkit. V rámci ochrany je zapotřebí zadat osmi místný kód zvaný LPIN. Tento kód se nastavuje na SIM kartě, která bude vyhledávána. Službu „Kde je“ nastavíme velmi jednoduše odesláním SMS zprávy na telefonní číslo 4306. SMS zpráva musí být ve tvaru: [22]

LOC A <PUK2> <LPIN>

Cena služby prostřednictvím T-Mobile je v závislosti na zvoleném paušálu, průměrně však 5 Kč za jednu žádost. [22]

Pomocí SMS zprávy na telefonní číslo 4603 můžeme také zjistit, které telefonní čísla mají oprávnění získávat údaje o naší poloze. Notifikaci zjistíme odesláním SMS ve tvaru: [22]

LOC NOTIF A <PUK2>



Vyhledat číslo

Telefonní číslo:

LPIN:

[Zobraz na mapě](#)

Obrázek 23 Lokalizace pomocí LPIN [22]

Samotné vyhledávání telefonního čísla můžeme provádět přes internet nebo prostřednictvím mobilního telefonu vybaveného SIM kartou T-Mobile. Při zaslání požadavku se na mobilním telefonu lokalizovaného čísla objeví hláška T-Mobile, že je dané číslo lokalizováno. Samotná poloha se nám zobrazí na přehledné mapě. T-Mobile nabízí spoustu variant zobrazení od základních, až po sofistikované způsoby zobrazování pro lokalizaci automobilní dopravy. Pokročilé funkce jsou však dále zpoplatněny.

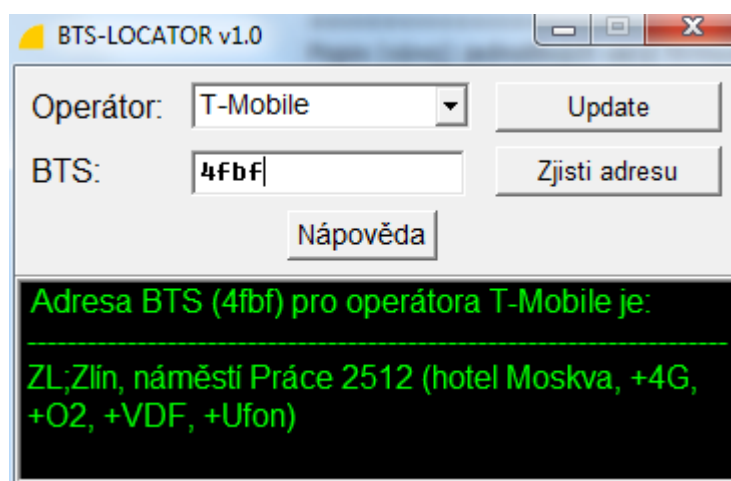


Obrázek 24 Mapa T-Mobile [22]

Tento způsob lokalizace je velmi jednoduchý a T-Mobile v něm vidí dle vlastních slov budoucnost. Nevýhodou je však možnost lokalizovat pouze uživatele využívající daného operátora, tedy T-Mobile. Navíc služba disponuje pouze seznamem vlastních BTS stanic. Tolerance této služby logicky také závisí na hustotě BTS stanic, při vlastním testování se mi nepodařilo docílit přesnějšího výsledku než tolerance určení polohy okolo jednoho kilometru.

6.2 Využití programu BTS lokátor

Tato metoda využívá program BTS lokátor, který je volně k dispozici na internetu. Tento program je napojen na neoficiální databázi BTS stanic prostřednictvím webové stránky www.gsmweb.cz. Jedinou podmínkou pro správné fungování této metody je možnost zjištění ID buňky, na kterou je právě připojena mobilní stanice. Tento parametr jde získat prostřednictvím servisního menu. Pro zjištění ID buňky stačí zadat kód do programu a ten nám zjistí adresu, kde je umístěna BTS stanice. [6]



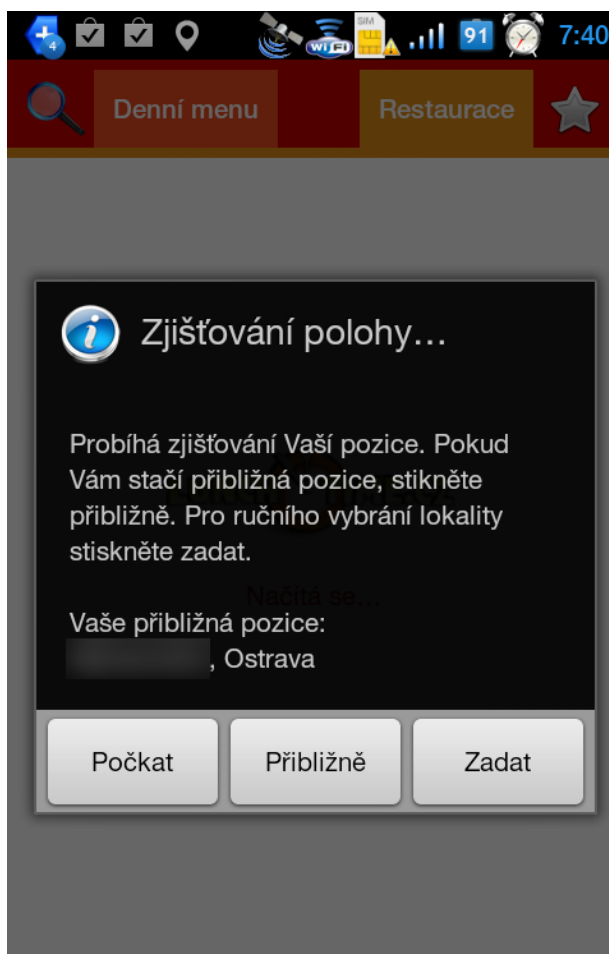
Obrázek 25 BTS Lokátor

Tato metoda není příliš komfortní. Samotné zjištění ID buňky není až takový problém, avšak program není přizpůsoben pro mobilní aplikace, takže samotné vyhledání je komplikovanější. Web gsmweb.cz nám však nabízí i mobilní způsoby vyhledávání BTS stanic. Metoda je ovšem odkázána pouze na neoficiální seznamy nadšenců, kteří tyto seznamy vytvářejí. Nejpodstatnější problém této metody je přesnost lokalizace. Jelikož je zde využita pouze metoda nejbližší buňky, tedy metoda COO je tolerance určení polohy značná. Při mém testování jsem se pohyboval okolo průměrné tolerance dvou kilometrů.

6.3 Využití služby Google

V teoretické části jsem zmiňoval, že organizace Google získala pozice téměř všech BTS stanic na celém světě. Jedná se tedy o nejlepší neoficiální seznam. Organizace Google využívá seznam k určování poloh pro chytré telefony s operačním systémem Android. Když je služba aktivní, ukazuje uživateli na obrazovce telefonu aktuální polohu. V případě připojení telefonu k internetu si program vypomáhá internetovou lokalizací, bez internetu je ale odkázán na GSM lokalizaci.

Program je open source, což umožňuje globální využití. Princip fungování je jednoduchý, program zjistí GSM parametry ze servisního menu mobilní stanice, odešle je na web Google Maps, tam se data spárují s adresou a odešlou se zpátky uživateli. Dokonce služba umí prostřednictvím parametru TA vypočítat toleranci určení polohy. [6]



Obrázek 26 Google zjišťování polohy

7 REALIZACE GSM LOKÁTORU

Při důsledném pátrání napříč trhem s lokátory jsem nenašel žádné zařízení, které by využívalo pouze GSM technologii a vyhovovalo mým požadavkům. Byl jsem nucen přistoupit k vyhledávání jednotlivých komponentů pro realizaci GSM lokátoru. Prioritou pro mě byly především malé rozměry a dlouhá výdrž baterie.

Oslovil jsem italskou firmu s názvem Futura Elettronica, která již od roku 1993 působí na trhu s elektronickými součástkami. Tato firma sdružuje elektro amatéry i profesionály z celého světa. Dává prostor k tvorbě malých projektů a výukových stavebnic. Firma také nabízí již hotové komponenty pro různá zařízení a to byl hlavní důvod navázání spolupráce. [23]

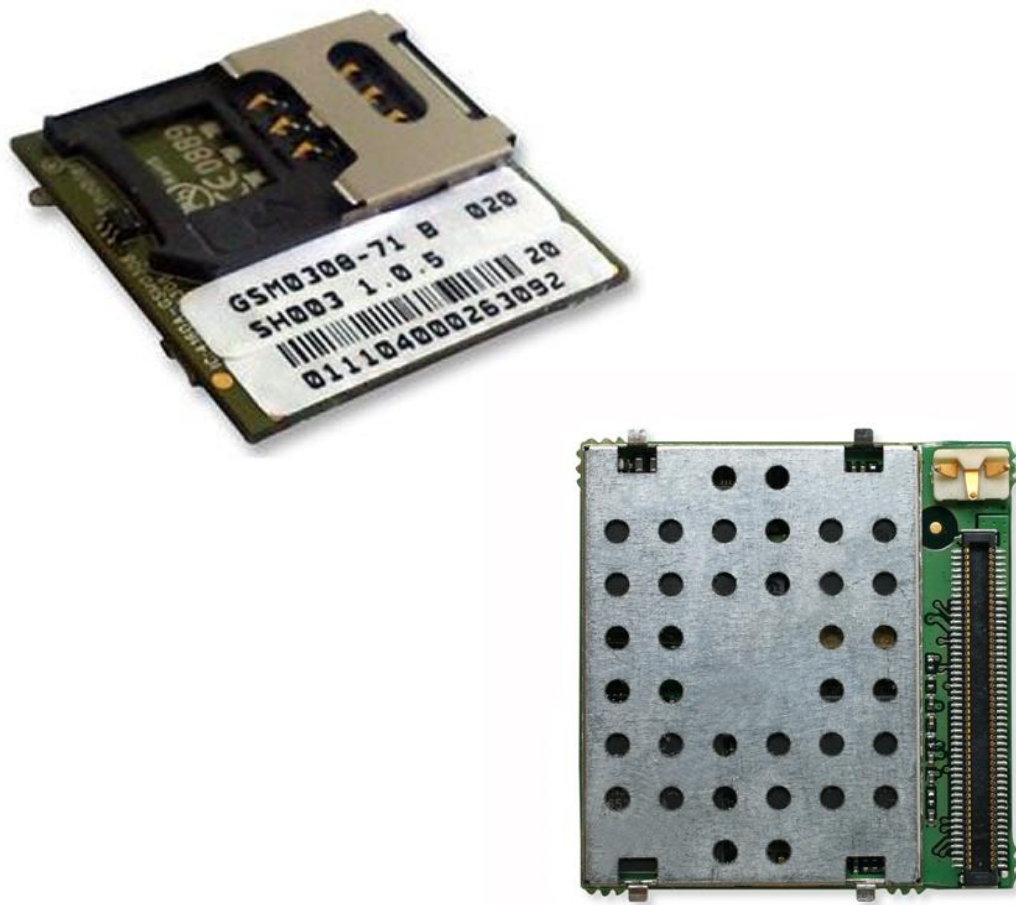
Po konzultaci požadavků jsme dospěli k závěru, že nejjednodušší cesta k dosažení mého cíle je upravit stávající velký kombinovaný lokátor tak, aby využíval pouze GSM technologii. Vznikl upravený řídicí modul, který v kombinaci s dalšími prvky tvoří GSM lokátor. [23]

7.1 GSM modul

Základem celého zařízení je GSM modul, do kterého bude umístěna SIM karta. Lokátor využívá nejmenší GSM modul na trhu od firmy Enfora typ Enabler IIIG GSM0308.

Modul je funkční jak v Evropě, tak v USA a má všechny potřebné funkce k propojení M2M. Modul nemá obrazovku, mikrofon ani klávesnici. Pro lokátor není potřeba těchto komponentů. [25]

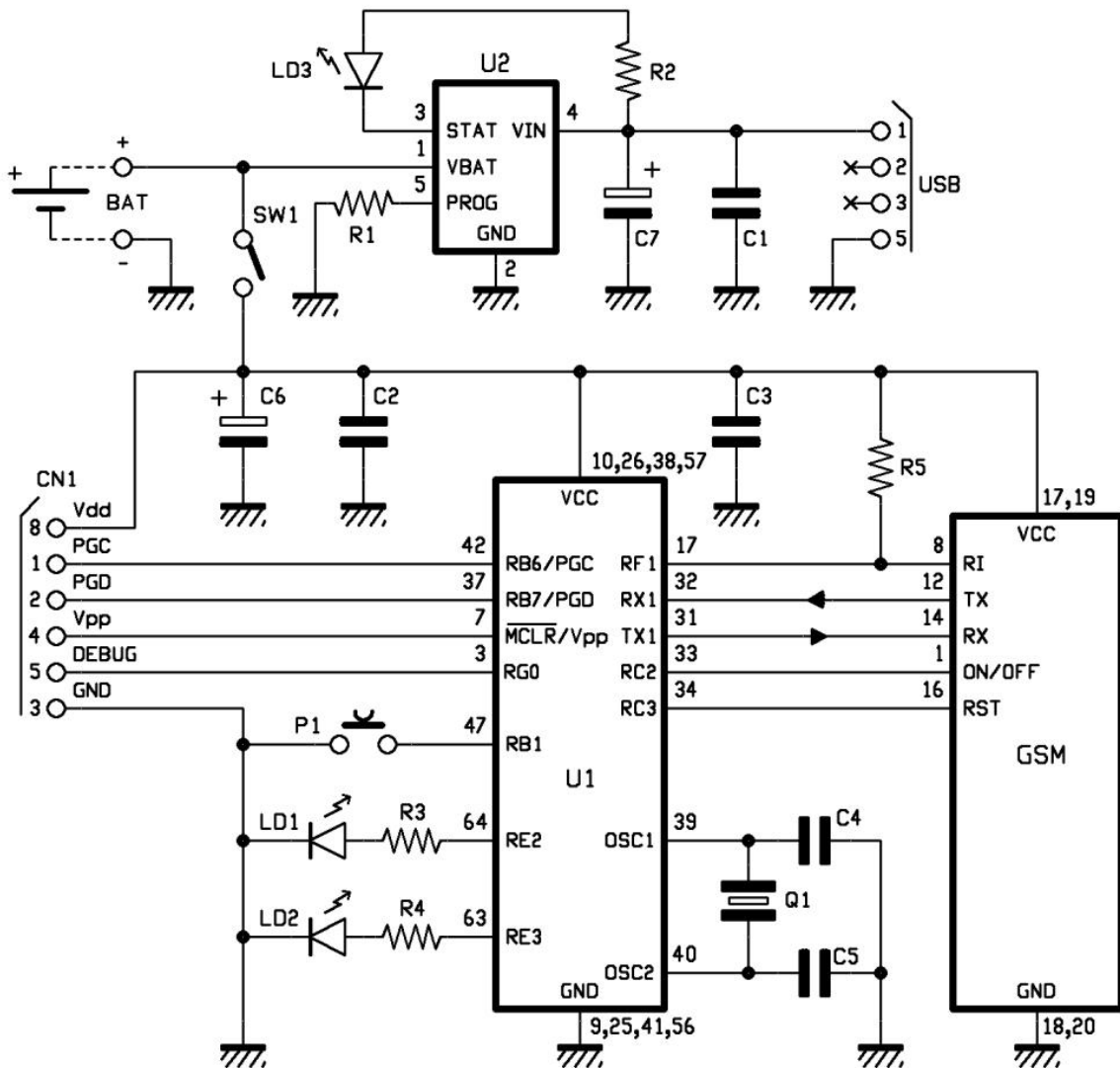
Modul umí komunikovat ve všech pásmech GSM včetně datových přenosů GPRS. Jeho součástí je malá anténa. Spotřeba energie při požadavku se pohybuje okolo 230 mA a v nečinnosti pouze 10 mA. Tyto hodnoty jsou velmi nízké a přispívají k prodloužení životnosti baterie celkového zařízení. Citlivost zařízení je -106 dB, což je dostačující. [25]



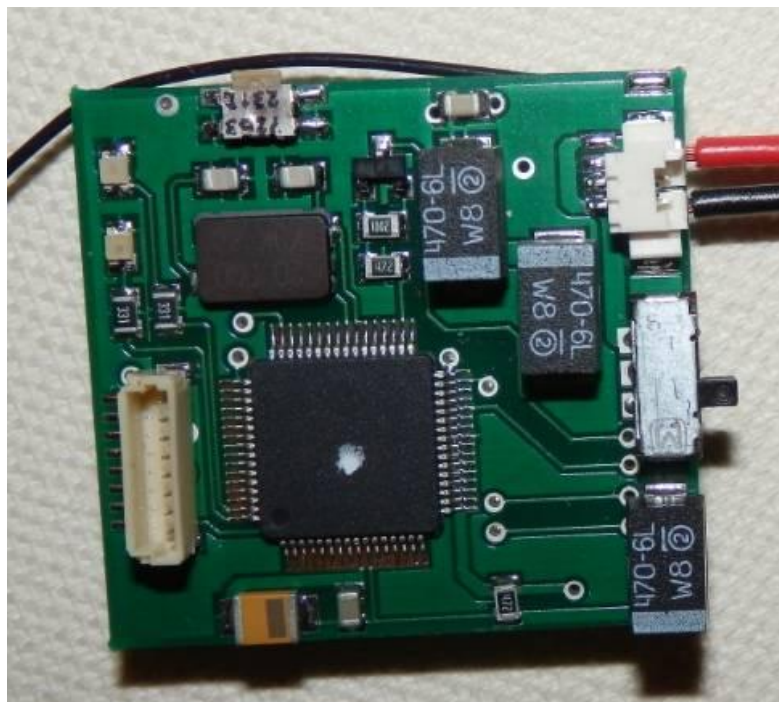
Obrázek 28 GSM Modul [25]

7.2 Řídící modul

Řídící obvod je tedy zakoupen jako funkční celek od firmy Futura Elettronica. Je sestaven s ohledem na velikost GSM modulu. Plošný spoj obsahuje rozhraní pro komunikaci s quad-band GSM/GPRS module, mikrokontrolér a mikročip, dále pak spínač on/off a SOS tlačítko. Plošný spoj je také vybaven konektorem pro připojení baterie pin 1,25 mm, ten však nebudeme používat. Řídící obvod je také vybaven červenou a zelenou LED diodou.



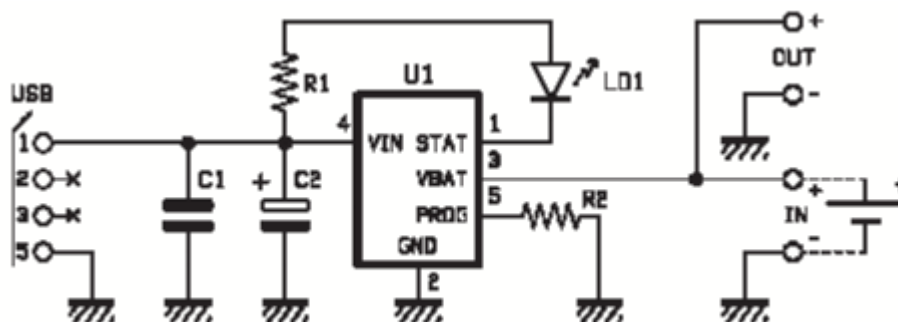
Obrázek 29 Schéma řídicího obvodu [27]



Obrázek 30 Řídící obvod

7.3 Nabíjecí obvod pro baterii

Nabíjecí modul pro lithium iontové baterie jsem zakoupil od stejné firmy, tedy Futura Elettronica. Je vybrán s ohledem na celkové rozměry zařízení. Umožňuje plynulou regulaci nabíjení baterie s jmenovitým napětím 3,7 V. Nabíjení probíhá prostřednictvím standardizovaného konektoru mini USB. Modul je vybaven LED diodami, které signalizují jednotlivé stavy. Při nabíjení baterie LED svítí, při úplném nabití baterie se LED dioda vypne. [24]



Obrázek 31 Schéma nabíjecího modulu [24]



Obrázek 32 Nabíjecí modul [24]

7.4 Akumulátor

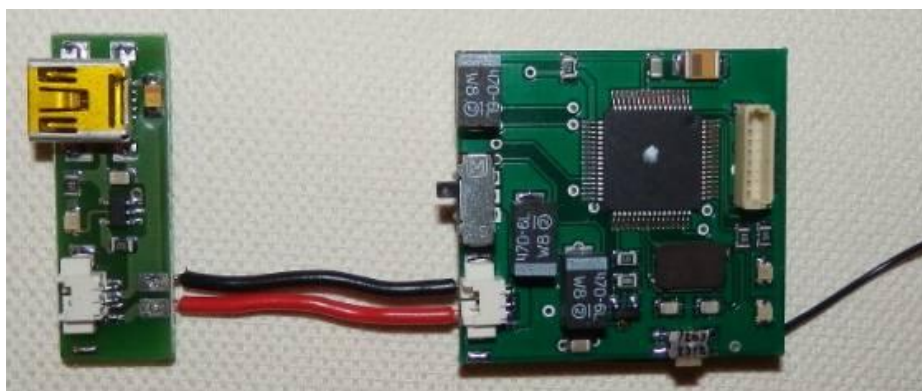
Baterie je největším a nejtěžším prvkem celého GSM lokátoru. Záleží tedy na požadované kapacitě. Pro aplikace, kde jsou nutné miniaturní rozměry, můžeme použít menší baterii. Jedinou podmínkou je napětí 3,7V a konektor pin 1,25 mm. Pro mé účely jsem zvolil baterii s kapacitou 2000 mAh.



Obrázek 33 Baterie [24]

7.5 Beta model pro testování

Po zakoupení jednotlivých součástek jsem se rozhodl sestavit beta model a vyzkoušet programové nastavení, zejména konfiguraci GSM modulu prostřednictvím SMS zpráv. Spojení součástek je intuitivní, jen je zapotřebí lupa a velmi tenká pájka. Pro beta model jsem spojil nabíjecí modul za pomoci prodlužovacích drátů, aby nedošlo k poškození celého zařízení. Dále bylo nutné dávat si pozor na zkrat při používání zařízení bez krabičky.



Obrázek 34 GSM lokátor řídicí obvod a nabíjecí modul



Obrázek 35 GSM lokátor komplet

7.6 Princip fungování GSM lokátoru

Řídící obvod je naprogramován ve smyčce, která čeká na určitou událost. Událost celý program inicializuje a začne vyhledávání pozice. Události mohou být následující.

- a) Příchozí telefonní hovor. V takovém případě zařízení hovor zavěsí a začne zjišťovat aktuální polohu. Po zjištění ji odešle na číslo volajícího. Číslo volajícího musí být správně zobrazováno, nesmí být skryté, a musí být na seznamu v paměti GSM lokátoru. Více v konfiguraci. [27]
- b) Příchozí SMS zpráva. Zařízení v případě obdržení SMS zprávy rozpozná, zdali jde o konfigurační SMS zprávu nebo o žádost o zaslání aktuální polohy. [27]
- c) Zmáčknutí SOS tlačítka. Tato funkce je doplňková a umožňuje odeslat aktuální polohu po stisknutí tlačítka. Praktické využití je jen u sledování osob. Pro zabezpečení jízdního kola SOS tlačítko nemá využití, pouze pro testovací účely. [27]
- d) Posledním způsobem zjištění polohy je automatická inicializace. Ta může být nastavena vzhledem k časovému parametru a také k změně polohy zařízení. GSM modul neobsahuje gyroskop, nýbrž rozpozná změnu polohy na základě změně aktuální BTS stanice. [27]

Vlastní vyhledávání pozice se tedy provádí za pomoci Google maps. Po obdržení určité inicializace se řídicí modul dotáže GSM modulu Enfora na parametry Cell ID, LAC, MCC a MNC. Tyto parametry odešle na Google prostřednictvím GPRS přes HTTP POST. Tomuto se děje pomocí následující struktury: [23]

POST /glm/mmap HTTP/1.1

HOST: google.com

Content-Type: application/binary

Content-Length: 82

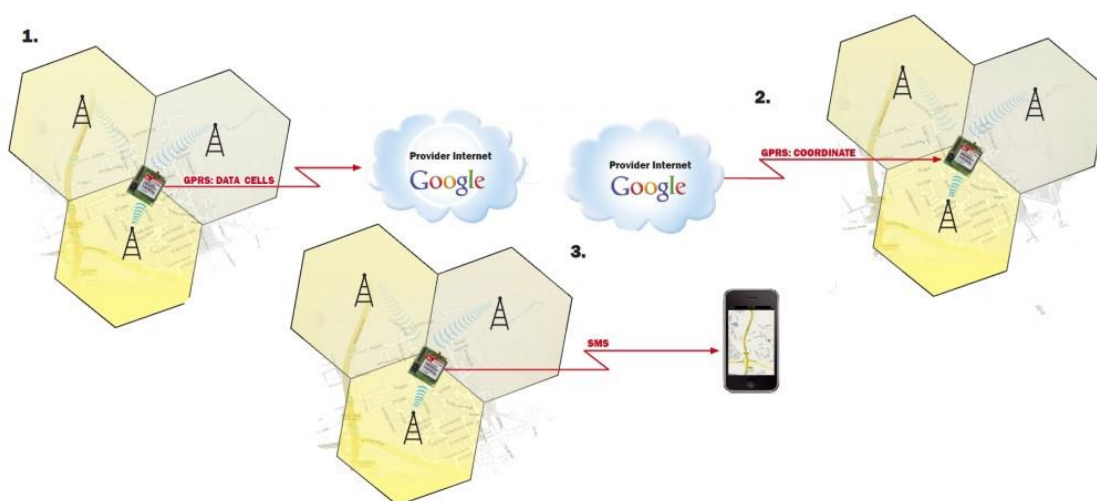
Connection: close

[23]

Google odpoví pouze na správnou žádost. Ostatní zamítne. Odpověď je možné nastavit ve dvou variantách.

- a) Google odešle zeměpisné souřadnice a slovní adresu přibližné pozice. Následně je dopočítána možná odchylka dle parametru TA.
- b) Google odešle internetový odkaz přímo k zobrazení prostřednictvím internetu na Google portále a slovní adresu.

V případě, že Google tedy nalezne BTS stanici odešle přes HTTP POST pozici zpět na GSM lokátor. Ten údaje zpracuje a doplní o své vlastní údaje. Je přidán název GSM lokátoru a způsob inicializace. Poté odešle SMS na příslušné telefonní číslo dle nastavení.



Obrázek 36 Princip spojení s Google [24]

7.7 Uvedení do provozu GSM lokátoru

Po správném hardwarovém zapojení a nabití baterie, bylo zapotřebí uvést lokátor do provozu. První nastavení je nutné provést na SIM kartě, kterou bude lokátor používat. K nastavení SIM karty jsem použil mobilní telefon. SIM karta musí být odblokovaná, tedy nesmí vyžadovat při aktivaci žádné heslo. Dále je nutné aktivovat datové služby, pro nás postačí GPRS. V neposlední řadě musíme mít dobítý kredit, nebo aktivovaný paušál. [27]

Takto připravenou SIM kartu vložíme do GSM lokátoru a můžeme jej zapnout. Po krátké inicializaci je zapotřebí nastavit parametry pro internetové služby, pro nás tedy protokol WAP. Nastavení je odlišné dle operátorů. Já jsem vybral operátora T-Mobile, pro něhož platí následující nastavení:

- a) APN = WAP.T-MOBILE.CZ
- b) USR = WAP
- c) PWD = WAP

GSM modul naprogramuje dle následujících SMS zpráv. Jsou v zásadě dvě možnosti odesílání. Jednotlivě, každý příkaz se vyskytuje v jedné SMS zprávě. Nebo hromadně, všechny příkazy se vyskytují v jedné SMS zprávě. V takovémto případě oddělujeme jednotlivé příkazy čárkou. [27]

- a) GPRSAPN:WAP.T-MOBILE.CZ;12345
- b) GPRSUSR:WAP;12345
- c) GPRSPWD:WAP;12345

Řídící jednotka rozeznává dva druhy konfiguračních příkazů. První nepotřebuje heslo, jedná se o příkazy, které nemění nastavení. Druhy typ vyžaduje heslo, jedná se tedy o příkazy, které mění nastavení. Nastavení GPRS je příkaz, který vyžaduje heslo.

Heslo se píše za konfigurační příkaz, který je oddělen středníkem. Jako výchozí heslo je nastaveno 12345. Toto heslo jde samozřejmě změnit. Více sekce konfigurace. [27]

GSM lokátor je primárně nastaven tak, že odesílá informace o zjištěné poloze na předem definované číslo po určité inicializaci. Proto je nutné nastavit telefonní čísla do paměti GSM modulu. Toho lze dosáhnout dvěma způsoby. [27]

První způsob, zdánlivě jednodušší nastává při prvotním zapnutí lokátoru s neznámou SIM kartou. Zařízení v prvních třech minutách po zapnutí čeká na příchozí hovor z libovolného telefonního čísla. Telefonní číslo nesmí být ovšem skryté. Přístroj umí zaznamenat až osm telefonních čísel do své paměti. [27]

Druhý způsob je vyvolání takzvaného setup režimu. Tento režim je aktivní kdykoli a umožňuje nám pokročilejší nastavení lokátoru. Tento setup mód umožňuje využít plného potenciálu zařízení. [27]

7.8 Konfigurace GSM lokátoru

Veškerá konfigurace GSM modulu se provádí prostřednictvím zasíláním SMS zpráv na GSM modul. Přehled všech možných nastavení uvádím v přehledné tabulce. Nejdůležitější nastavení budou rozebrána podrobněji.

FUNZIONE	COMANDO SMS	PARAMETRI	VALORE DI DEFAULT
CAMBIARE PASSWORD	PWDxxxx;pwd	xxxx=nuova password	12345
MEMORIZZARE UN NUMERO (max 8 numeri da 19 caratteri ciascuno)	NUMx+39nnnnnnnn;pwd	x=posizione del numero nnnnnnn=numero da memorizzare	
CANCELLARE UN NUMERO	NUMx;pwd	x=posizione del numero	
VERIFICARE I NUMERI MEMORIZZATI	NUM?;pwd		
RESET COMPLETO	RES;pwd		
IMPOSTARE I NUMERI A CUI VERRANNO INVIATI GLI SMS (PER AUTOREPORT / SOS / POLLING)	SMSxxxxxxxx;z;pwd	xxxx=posizioni in cui si trovano i numeri da avvisare z=può valere ON o OFF	tutti i numeri verranno avvisati
RICHIEDERE IMEI	IMEI?		
IMPOSTARE IL NOME	NAME:xxxx	xxxx=nome del localizzatore (massimo 15 caratteri)	
RICHIEDERE IL NOME	NAME?		
MODALITA' DI INVIO NOTIFICA IN CASO DI RICHIESTA TRAMITE SQUILLO	ARI:x	x=M solo chiamante x=S tutti gli utenti abilitati	S
SELEZIONARE IL FORMATO COORDINATE PER L'INVIO TRAMITE SMS	FORS:c	Vedi *SMS di comando e configurazione)	
RICHIEDERE FORMATO	FORS?		
REVERSE GEOCODING (attiva/disattiva)	REV:z	z=può valere ON o OFF	
INVIA ALLARME SE C'è MOVIMENTO (attiva/disattiva)	TMA:z	z=può valere ON o OFF	
AUTOREPORT CONTINUO	AUTO:z	z=può valere ON o OFF	
INTERVALLO DI TEMPO PER L'INVIO DI UNA NOTIFICA (CONTINUO)	AUTO:hh/mm	hh=ore mm=minuti	
RICHIESTA IMPOSTAZIONI AUTOREPORT	AUTO?		
IMPOSTAZIONE APN	GPRSAPN:apn	apn=apn del provider (esempio web.omnitel.it)	
CANCELLAZIONE APN	GPRSAPN		
IMPOSTAZIONE USERNAME GPRS	GPRSUSR:xxxxxxxx	xxxx=username (solitamente non necessario)	
CANCELLAZIONE USERNAME	GPRSUSR		
IMPOSTAZIONE PWD GPRS	GPRSPWD:xxxxxxxx	xxxx=password (solitamente non necessaria)	
CANCELLAZIONE PASSWORD	GPRSPWD		
VERIFICARE IMPOSTAZIONI GPRS	GPRS?		
DISABILITARE LA RISPOSTA PER QUEL MULTIMESSAGGIO	RISP		
RICHIESTA COORDINATE	COO		

Obrázek 37 Konfigurace GSM lokátoru [27]

- a) Zařízení umožňuje nastavení, tedy až 8 čísel, na které se bude odesílat SMS o poloze. Přičemž každému číslu lze nastavit v jakých případech se má odesílat SMS o poloze. Nastavení se provádí pomocí příkazů NUM. [27]
- b) GSM lokátor má své vlastní IMEI a jméno. Jméno lze libovolně měnit. V přijatých SMS o poloze se nám zobrazuje název zařízení, ze kterého přichází poloha. Tato funkce se hodí v případě většího počtu lokátorů. Nastavení se provádí pomocí příkazů NAME. [27]
- c) Můžeme si vybrat ze dvou formátů pro odesílání SMS o poloze. První odešle zeměpisné souřadnice a jmenovitou adresu. Dále je uvedena tolerance určení polohy. Druhý způsob odesílá internetový odkaz. Nastavení se provádí pomocí příkazů FORS. [27]
- d) Pokročilejší funkcí zařízení je automatické odesílání polohy na vybraná telefonní čísla. V zásadě jsou možné dvě varianty. Jsou to varianty dle času a dle pohybu. Nastavení se provádí pomocí příkazů AUTO. [27]
- e) Samotný reset do továrního nastavení GSM lokátoru se provádí příkazem RES. [27]

7.8.1 Signalizace LED diod

Na zařízení jsou umístěny dvě LED diody: červená a zelená. Jedná se o signalizační diody, které nám říkají co právě GSM lokátor provádí za akci. Diody jsou však potřeba jen pro konfiguraci, při použití lokátoru mohou vyvolat nechtěné odhalení celého zařízení. Proto LED diody zůstanou skryté v krabici.

- a) Při GSM nastavení svítí trvale zelené dioda. [27]
- b) Vyčkávání na telefonát v prvotním nastavení pro novou SIM kartu je signalizováno po dobu třech minut blikající červenou diodou. [27]
- c) Při probíhajícím datovém přenosu GPRS blikají obě diody. [27]
- d) Při odesílání SMS se zjištěnou polohou bliká zelená dioda. [27]
- e) Při stisku SOS tlačítka se rozsvítí červená LED dioda. [27]

- f) Příchozí telefonní hovor je oznámen blikající červenou diodou. [27]
- g) Příchozí SMS zpráva je označena zelenou blikající diodou. [27]
- h) Pohotovostní režim GSM lokátoru je signalizován pomalým blikáním zelené LED diody. [27]



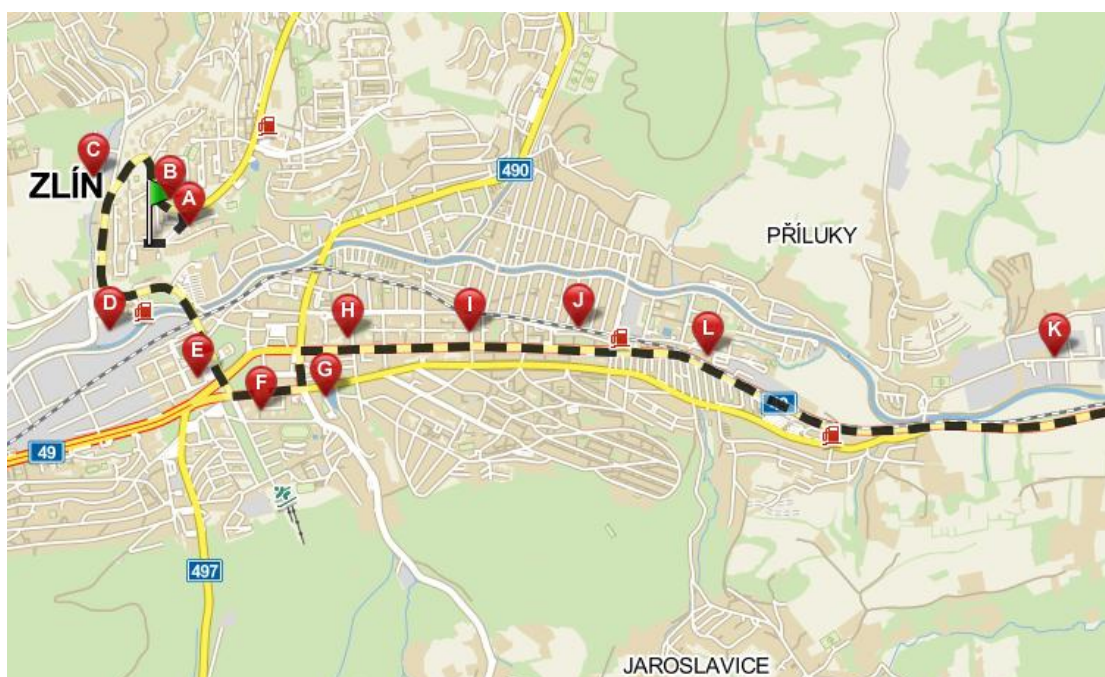
Obrázek 38 LED diody

8 TESTOVÁNÍ BETA MODELU GSM LOKÁTORU

Po veškeré potřebné konfiguraci jsem okamžitě podrobil zařízení testu přesnosti určování polohy. Abych zabránil nechtěnému zkratu, umístil jsem zařízení do provizorní průhledné krabičky a zapnul automatický mód odesílání SMS při změně polohy, přesněji řečeno při změně aktivní BTS stanice.

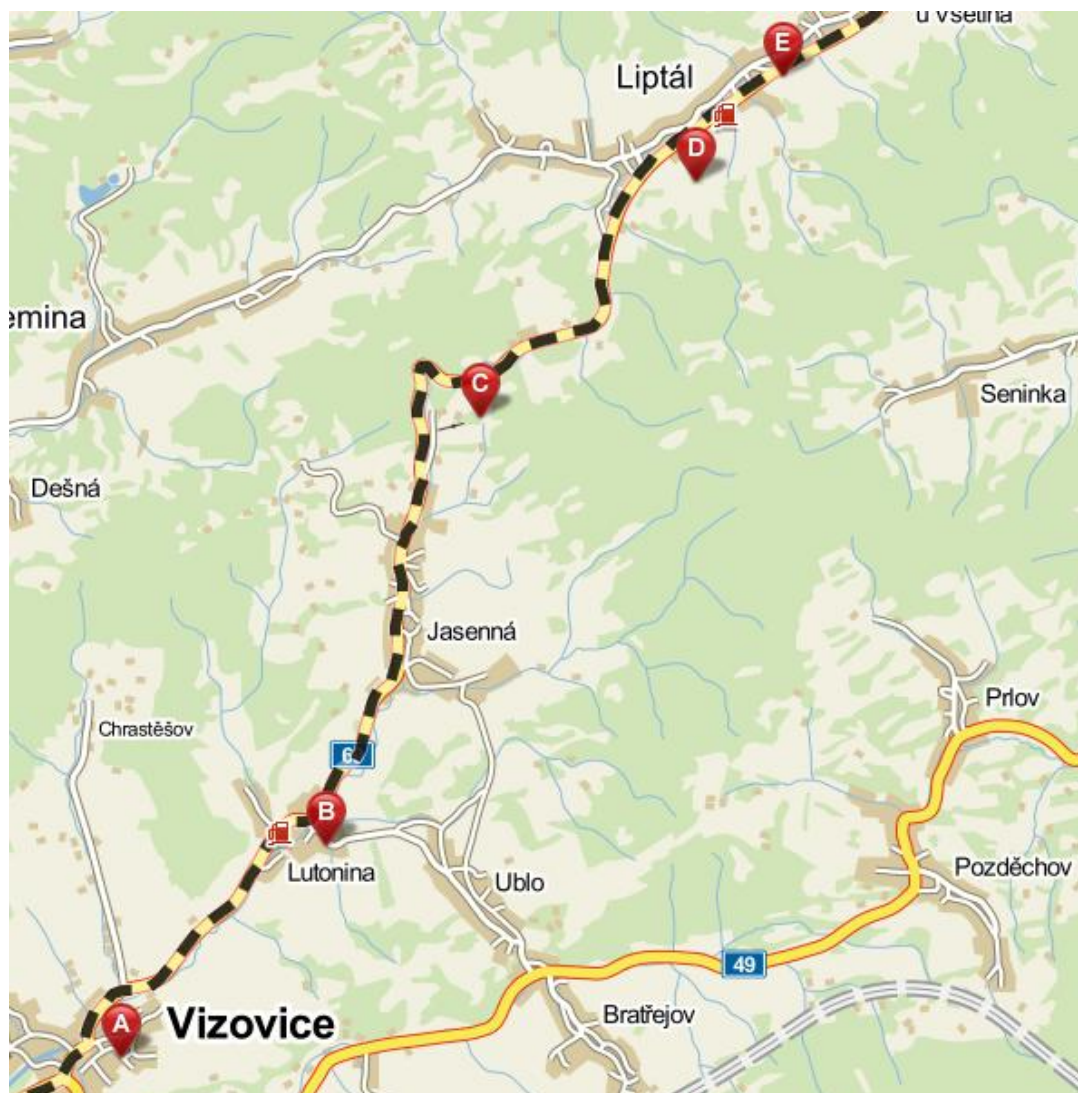
8.1 Test pohybujícího se předmětu

Zařízení jsem otestoval na pravidelné víkendové cestě domů. Vyjel jsem ze Zlína automobilem do Kopřivnice. Celou cestu jsem archivoval odeslané SMS zprávy a doma je zpracoval do přehledné mapy. Pro lepší názornost uvádím pouze dva obrázky trasy. První obrázek je kolem hustě osídlené oblasti, druhý je v méně osídlené oblasti.



Obrázek 39 Mapa hustě osídlené oblasti [26]

Červené body A až K uvádí přibližné pozice určené GSM lokátorem. Čárkovaná černá čára je skutečná cesta, kterou GSM lokátor absolvoval. Tolerance určení správné pozice se pohybovala přibližně okolo 400 metrů.

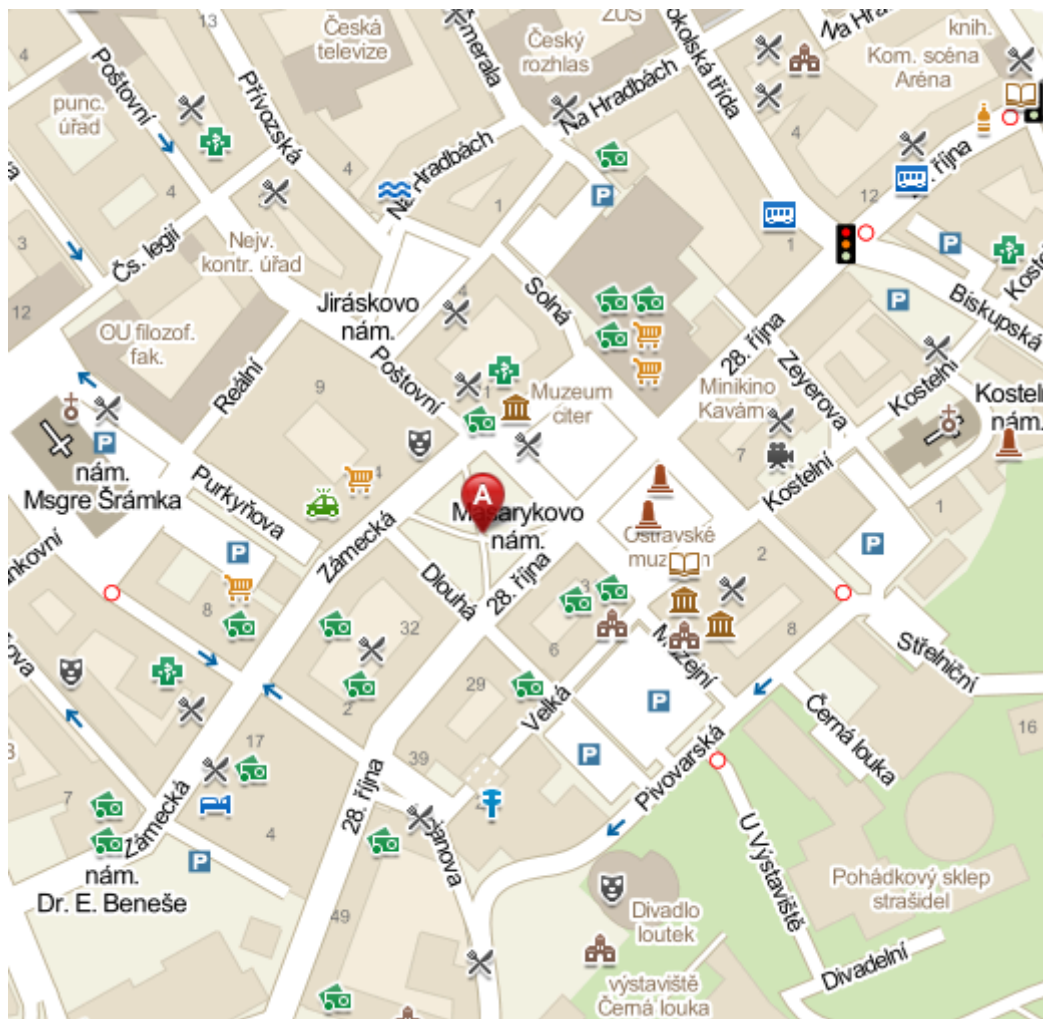


Obrázek 40 Mapa málo osídlené oblasti. [26]

V málo osídlené oblasti není lokalizace vůbec použitelná. Naměřené hodnoty měly toleranci převyšující tři kilometry, což považuji za velmi špatný výsledek. Ovšem při použití geografických znalostí je tolerance ještě únosná. Při vědomí, že jsem se pohyboval po hlavní cestě Zlín směr Koprivnice, je lokalizace možná, ovšem pouze pro určování přibližné polohy automobilu.

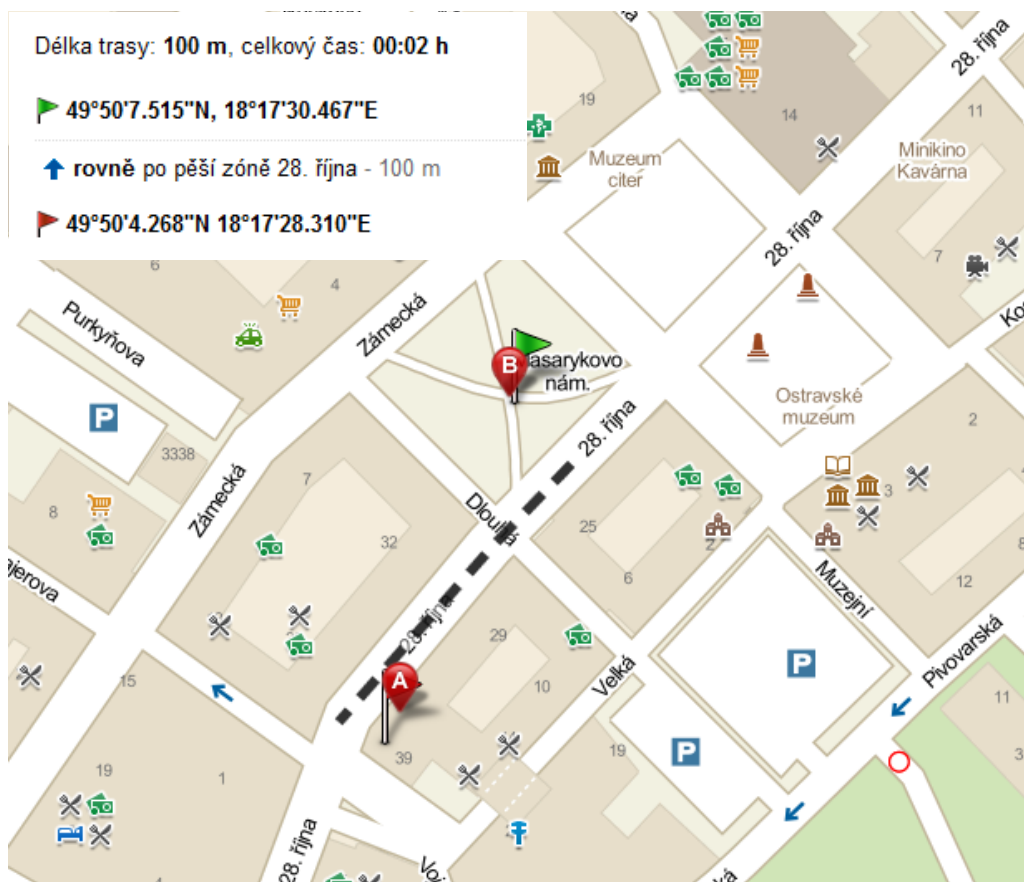
8.2 Test náhodně vybrané polohy

V rámci použití GSM lokátoru pro zabezpečení jízdního kola je vhodnější testovat přímou pozici. To znamená vyhledat polohy GSM lokátoru pomocí poskytnuté SMS zprávy. Rozhodl jsem se tedy vyjet do třetího největšího města v České republice a to do Ostravy. Náhodně jsem si vybral místo v poměrně zastavěné oblasti a zapnul jsem GSM lokátor. Nacházel jsem se na Masarykově náměstí a to v samotném středu.



Obrázek 41 Test náhodné polohy [26]

Po zapnutí GSM lokátoru mi přibližně po třech vteřinách přišla poloha s tolerancí 167 m. Po přenesení obou souřadnic do mapy mi vyšla reálná tolerance 100 m.



Obrázek 42 Výsledek testu náhodné polohy [26]

Výsledek testu je tedy určení polohy s přibližnou tolerancí 100 metrů. Dle mých dalších pokusů je tolerance kolem 100 metrů výborným výsledkem a podařilo se mi ji dosáhnout jen v malém počtu případů, ve městě Zlín prakticky nikdy.

9 OBAL GSM LOKÁTORU

Pro obal GSM lokátoru jsem zvolil plastovou krabičku z materiálu polystyrén. Vybíral jsem z krabiček, které jsou již vyrobené v předdefinovaných rozměrech. Výroba krabičky dle vlastního návrhu by byla finančně velmi náročná. Tyto krabičky jsou standardně určeny pro elektronické přístroje, které používají napětí do 50 V. Krabičky jsou dostupné v různých rozměrech a provedeních. Pro můj GSM lokátor jsem vybral dvě následující varianty.

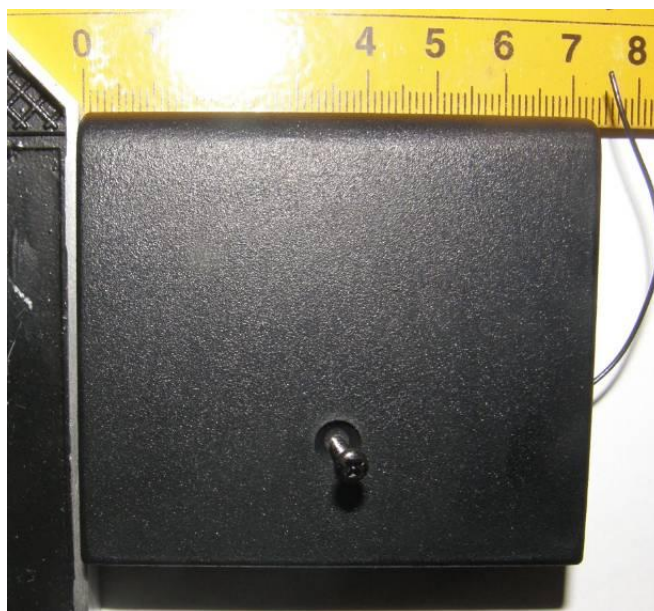
- a) První krabička je pro GSM lokátor jako celek, tedy i s baterií. GSM lokátor v kombinaci s baterií o kapacitě 2000 mAh má následující rozměry: výška 20 mm, šířka 60 mm a délka 73 mm. Krabička je v černé barvě pro větší nenápadnost. Obal je nutno upravit pro nabíjení GSM lokátoru a pro anténu k příjmu GSM signálu.



Obrázek 43 GSM lokátor včetně baterie



Obrázek 44 GSM lokátor včetně baterie 2



Obrázek 45 GSM lokátor včetně baterie 3

- b) Druhá varianta krabičky GSM lokátoru je menšího provedení o následujících rozměrech: výška 18 mm, šířka 40 mm a délka 50 mm. Obsahuje pouze samotný přístroj bez baterie. K GSM lokátoru lze připojit téměř jakoukoliv baterii, která poskytuje napětí o velikosti 3,7 V. Pro instalaci lokátoru na jízdní kolo jsem použil válcovou baterii, kterou lze ukrýt v sedlové trubici.



Obrázek 46 GSM lokátor bez baterie



Obrázek 47 GSM lokátor bez baterie 2

10 INSTALACE GSM LOKÁTORU

Jak již název mé diplomové práce napovídá, GSM lokátor byl sestrojen za účelem instalace na jízdní kolo dražšího typu. Pro samotnou instalaci jsem vybral oblast sedla, přesněji integraci pod sedlo. Pod sedátko lze instalovat oba způsoby provedení GSM lokátoru, záleží na typu sedla. Přikládám fotografie instalace menšího provedení GSM lokátoru, tedy bez baterie. Samotná baterie je kruhového typu a je umístěna v sedlové trubici, která drží sedátko.



Obrázek 48 Instalace GSM lokátoru



Obrázek 49 Instalace GSM lokátoru 2



Obrázek 50 Instalace GSM lokátoru 3

11 ZHODNOCENÍ PŘÍNOSU GSM LOKALIZACE PRO BEZPEČNOSTNÍ APLIKACE

V této kapitole se budu zabývat zhodnocením GSM lokalizace v globálním celku, zejména využitím GSM lokátoru pro bezpečnostní aplikace. Technologie GSM lokalizace nám přináší možnost lokalizace v oblastech, kde není GPS signál, zejména v husté zástavbě a místech bez přímé viditelnosti na satelity. Naopak v odlehlých místech naší planety je GSM lokalizace nemožná, nebo velmi nepřesná.

Možnost lokalizace prostřednictvím GSM sítě v budovách je největším přínosem této technologie. V kombinaci s nízkou náročností na kapacitu baterie a nízkou pořizovací cenou, má GSM technologie možnost uspět na trhu s lokátory.

Mezi největší zápory této technologie patří nepřesnost určování polohy. Vzhledem k tomu, že nelze předvídat, kde se odcizený předmět vybavené GSM lokátorem ocitne, nemůžeme spoléhat na akceptovatelnou toleranci, kterou přístroj udává v hustě osídlených místech. Při použití GSM lokátoru mohou bohužel nastat situace, kdy nám zařízení odešle informaci o své poloze natolik zkreslenou, že lokalizace prakticky nebude možná.

Samotný způsob zabezpečení předmětů pomocí lokalizačních přístrojů považuji za správnou cestu. Tyto technologie nám poskytují další možnosti při ztrátě pro nás důležitých věcí. Díky lokátorům můžeme nahlásit na policii ČR přesnější informace o odcizených věcech, nebo využít soukromý sektor, který nabízí poskytování těchto služeb. Také můžeme podniknout pátrání na vlastní pěst, při takovém pátrání nesmíme však zapomínat na svou bezpečnost. Při výpravě do míst, kde se nachází naše odcizená věc, se můžeme setkat s násilím. Musíme si uvědomit, že lidé, kteří se pohybují za hranicemi zákona, mají mnohdy narušenou psychiku a tím pádem uznávají jiné životní hodnoty, než je běžné. Z těchto důvodů, bych vlastní pátrání nedoporučoval.

Domnívám se, že u lokátorů je správná varianta kombinací obou technologií, jak satelitní lokalizace, tak lokalizace pomocí GSM sítě. Bohužel většina lokátorů vybavených GSM i GPS modulem funguje na principu zjištění polohy pomocí satelitní lokalizace a následně odeslání polohy pomocí GSM technologie.

ZÁVĚR

Cílem mé diplomové práce bylo zabezpečit jízdní kolo dražšího typu pomocí lokátoru, který využívá GSM technologii. V teoretické části byl důkladně rozebrán princip fungování GSM technologie, včetně výčtu možností GSM lokalizace prostřednictvím této sítě. Teoretické kapitoly také patřily stručnému popisu služeb, které nám GSM telekomunikační síť nabízí. Hlavním bodem praktické části bylo sestrojení samotného GSM lokátoru, za pomoci komponentů vyrobených firmou Futura Elettronica. Důležitými parametry pro konstrukci byly především malá velikost a dlouhá výdrž baterie. Po sestrojení beta modelu jsem podrobil GSM lokátor důkladným testům. Mezi hlavní veličiny testu patří výdrž baterie, přesnost určování polohy, dostupnost signálu, rychlost zjištění polohy a v neposlední řadě odolnost zařízení vůči okolním vlivům.

Výsledky testů jsou porovnány v přehledné tabulce s obecnými vlastnostmi satelitních lokátorů. GSM lokátor má několikanásobně delší výdrž baterie a velmi rychlé určování polohy. Další výhodou GSM lokace je dostupnost signálu v budovách a na místech bez přímé viditelnosti na satelity. Hlavní nevýhodou GSM lokátoru je ovšem nízká přesnost určování polohy. Tolerance okolo 100 metrů, což je můj subjektivní pomyslný mezník přípustné odchylky, lze dosáhnout jen v oblastech s hustým pokrytím BTS stanic. Zjednodušeně lze říci, že GSM lokalizace je možná pouze ve velkých městech, nebo pro aplikace, kde není vyžádána velká přesnost určení polohy.

Ideální lokátor by měl kombinovat satelitní lokalizaci s lokalizací pomocí GSM sítě. V případech, kdy není přímá viditelnost na satelity, by nahradil satelitní lokalizační jednotku GSM modul. V případech dobré viditelnosti na satelity, by GSM modul sloužil jen jako komunikátor. V praxi takový přístroj není moc rozšířen, GSM modul se využívá jen jako komunikátor.

Sofistikovaný lokátor by měl využívat obě technologie pro lokalizaci a dle situace využít tu nejvíce vhodnou. Následně pomocí GSM modulu odeslat informaci o poloze.

ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ

The aim of my thesis was to secure the bicycle of a more expensive type using the locator that uses GSM technology. In the theoretical part has been analyzed in detail the working principle of GSM technology including listing of opportunities GSM localization through this network. The theoretical chapters belong to brief description of the services that are offered to us by GSM telecommunication network. The main point of the practical part was the construct of GSM locator using the components manufactured by company called Futura Elettronica. The important parameters for the design of the locator were mainly a small size and a long battery last. After constructing the beta model of GSM locator I underwent it extensive testing. Among the main values of the test I include the battery last, the positioning accuracy, the signal availability, the speed of detection position and last but not least the resistance against environmental influences. The test results are compared in a chart with the general characteristics of the satellite locators. GSM locator has a several times longer battery last and faster positioning. The another advantage of GSM location is the availability of signal in the buildings and places without direct line of sight to the satellites. The main disadvantage of GSM locator, however, is the low position accuracy. The allowance about 100 meters can be achieved only in the areas with the dense coverage of BTS stations. Simply, the GSM localization is possible only in the large cities or for the applications, where is not requested high accuracy. The ideal locator should combine the satellite positioning with localization using the GSM network. In cases where is no direct line of sight to the satellites, the GSM module would replace the satellite positioning unit. In cases of good visibility to the satellites, the GSM module would serve as a communicator. In practice, this sort of device is not extensive, GSM module is used only as a communicator. The sophisticated locator should use both technologies to locate and use the most suitable one according to the situation. Subsequently, using the GSM module should send the location information.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] CENTRUM HOLDINGS. 4G. In: Aktuálně. cz [online]. © 2009–2010, 18. 12. 2011 [cit. 2013-01-28]. Dostupné z: <http://wiki.aktualne.centrum.cz/datarama/4g/>
- [2] MOOS, P., T. ZELINKA a V. MALINOVSKÝ. Telekomunikační služby. Praha: nakladatelství ČVUT, 2007. 176 s. ISBN 9788001035986.
- [3] RICHTER, Tomáš. Technologie pro mobilní komunikaci. Historie GSM systému. In: Tomas.richtr.cz [online]. © 2002, 19. 1. 2002 [cit. 2013-01-28]. Dostupné z: <http://tomas.richtr.cz/mobil/bunk-gsm.htm>
- [4] PROKOPEC, Jan a Stanislav HANUS. Systémy mobilních komunikací. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2008. s. 134. ISBN 9788021437913.
- [5] JIŘIČKA, Martin. EDGE - (Enhanced Data for GPRS Evolution) In: Kiv.zcu.cz [online]. © 2004 [cit. 2013-04-24]. Dostupné z: <http://www.kiv.zcu.cz/~simekm/vyuka/pd/zapocty-2004/edge-jiricka/index.html>
- [6] MLADÁ FRONTA. GSM. In: Mobilmania.cz [online]. © 2013 [cit. 2013-04-24]. Dostupné z: <http://www.mobilmania.cz>
- [7] Principy fungování sítě GSM. In: Brabenec.cz [online]. © 2006 [cit. 2013-01-28]. Dostupné z: http://www.brabenecz.wz.cz/principy_fungovani_gsm.htm
- [8] DUDEK, Ondřej. Struktura sítě GSM. In: Radio.feld.cvut.cz [online]. © 2005 [cit. 2013-01-28]. Dostupné z: http://radio.feld.cvut.cz/personal/mikulak/MK/MK05_semestralky/Struktura_GSM_Ondrej_Dudek.pdf
- [9] KOPP, Michal. Metody určení polohy mobilního zařízení v síti GSM. In: Radio.feld.cvut.cz [online]. © 2006 [cit. 2013-01-28]. Dostupné z: http://radio.feld.cvut.cz/personal/mikulak/MK/MK06_semestralky/UrceniPolohyGSM_KoppM.pdf
- [10] SZTEFEK, Lukáš. Textová rešerše – GSM lokalizace. In: Lukassztefek.cz [online]. © 2013 [cit. 2013-01-28]. Dostupné z: http://www.lukassztefek.cz/files/fit/projekt_sen.pdf

- [11] LUČIŠTNÍK, Páv. Lovci BTS stanic In: Gsmweb.cz [online]. © 2013 [cit. 2013-01-28]. Dostupné z: <http://www.gsmweb.cz/>
- [12] SOLAR, Fran. Google Street View. In: Lgblog.cz [online]. © 2012 [cit. 2013-01-28]. Dostupné z: <http://www.lgblog.cl/2012/09/25/buscate-en-google-street-view/>
- [13] ORLICH, M. Základní lokalizační metody v GSM. In: Access.feld.cvut.cz [online]. © 2006 [cit. 2013-01-28]. Dostupné z: <http://access.feld.cvut.cz/view.php?cisloclanku=2006022801>
- [14] DENNIS PUBLISHING. GSM logo. In: Knowyourmobile.com [online]. © 2013 [cit. 2013-03-10]. Dostupné z: <http://www.knowyourmobile.com/glossary/gsm>
- [15] SHAFI, Suman. SIM karta. In: Uthmag.com [online]. © 2013 [cit. 2013-01-28]. Dostupné z: <http://uthmag.com/wp-content/uploads/2012/07/SIM-Cards.jpg>
- [16] LUČIŠTNÍK, Páv. BTS stanice. In: Gsmweb.cz [online]. © 2011 [cit. 2013-01-28]. Dostupné z: <http://www.gsmweb.cz/foto.php?op=paegas&cid=20414&okres=ZL>
- [17] KARANOKA. WAP Push Process. In: Wikimedia.com [online]. © 2008 [cit. 2013-04-18]. Dostupné z: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f2/WAP_Push_Process.jpg
- [18] AUTOIMPORT MACH. Nosič kol na střechu. In: Shopbmw.cz [online]. © 2013 [cit. 2013-03-15]. Dostupné z: <http://www.shopbmw.cz/media/images/shop/nosic-kol-na-strechu.jpg>
- [19] POLICIE ČR. Na kole od přítele jezdí někdo jiný. In: Deník.cz [online]. © 2013 [cit. 2013-03-15]. Dostupné z: <http://m.denik.cz/denik/c/na-kole-od-pritele-uz-jezdi-nekdo-jiny-zlodeji-stacila-u-metropolu-chvile-201304.html>
- [21] ALLEGRO GROUP. Appian GPS Tracker CP-100. In: Heureka.cz [online]. © 2000-2013 [cit. 2013-04-15]. Dostupné z: <http://gps-prijimace.heureka.cz/appian-gps-tracker-cp-100/specifikace/#section>
- [22] T-MOBILE. GSM lokalizace. In: T-mobile.cz [online]. © 2004-2012 [cit. 2013-04-28]. Dostupné z: <https://www.t-mobile.cz>

- [23] PHPBB GROUP. Forum. In: Futurashop.it [online]. © 2013 [cit. 2013-04-28].
Dostupné z: http://www.futurashop.it/forum_/
- [24] FUTURA ELECTTRONICA. In: Futurashop.it [online]. © 2013 [cit. 2013-04-20].
Dostupné z: <http://www.futurashop.it/>
- [25] ENFORA. Enfora Enabler IIIG. In: Farnell.com [online]. © 2007 [cit. 2013-03-28].
Dostupné z: <http://www.farnell.com/datasheets/876254.pdf>
- [26] SEZNAM. Mapy. In: Mapy.cz [online]. © 1996-2013 [cit. 2013-02-28]. Dostupné z:
www.mapy.cz
- [27] FUTURA ELECTTRONICA. Localizzatore tramite rete GSM.
In: Futuraelectronica.net [online]. © 2011 [cit. 2013-02-28]. Dostupné z:
http://www.futuraelettronica.net/pdf_ita/7100-FT833M.pdf

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

GSM	Group Spécial Mobile, Global Systém for Mobile Communication
AN	Access Network
CDMA	Code Division Multiple Access
CEPT	Conference of European Posts and Telegraphs
CS	Coding Scheme
CSD	Circuit Switched Data
ČR	Česká republika
EDGE	Enhanced Data Rates for GSM Evolution
EGPRS	Enhanced General Packet Radio Service
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
GPRS	General Packet Radio Service
GPS	Global Position Systém
HSPA	High-Speed Packet Access
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
ITU	International Telecommunication Union
IMAP	Internet Message Access Protocol
RNC	Radio Network Control
SIM	Subscriber Identity Module
SMIL	Synchronized Multimedia Integration Language
SMS	Short Message Service
SMTP	Simple Mail Transfer Protocol
TD-CDMA	Time Divided - Code Division Multiple Access
UE	User Equipment
UMTS	Universal Mobile Telecommunication Systém

WAP	Wireless Application Protocol
WARC	World Administrative Radio Conference
WCDMA	Wideband-Code Division Multiple Access
Wi-Fi	Wireless Fidelity

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Vývoj mobilní sítě [1]	11
Obrázek 2 GSM logo [14]	12
Obrázek 3 Schéma GSM [8]	15
Obrázek 4 SIM karta [15]	16
Obrázek 5 BTS stanice Moskva Zlín [16].....	17
Obrázek 6 WAP architektura [17].....	23
Obrázek 7 Cell ID [10]	27
Obrázek 8 Identifikátor TA [10]	28
Obrázek 9 Neoficiální mapa BTS stanic [11].....	29
Obrázek 10 Servisní menu [11]	31
Obrázek 11 Street view [12]	32
Obrázek 12 COO metoda [13]	33
Obrázek 13 TA metoda [13]	34
Obrázek 14 E-OTD metoda [9]	35
Obrázek 15 AOA metoda [10]	36
Obrázek 16 Určující mapa [10]	37
Obrázek 17 Trilaterace [10]	38
Obrázek 18 Downhillové kolo.....	43
Obrázek 19 Kolárna.....	44
Obrázek 20 Zádržný systém [18].....	45
Obrázek 21 Mechanické zabezpečení [19].....	45
Obrázek 22 Kombinace GPS a GSM lokátoru [21]	47
Obrázek 23 Lokalizace pomocí LPIN [22]	49
Obrázek 24 Mapa T-Mobile [22]	50
Obrázek 25 BTS Lokátor	51
Obrázek 26 Google zjišťování polohy	52
Obrázek 27 GSM modul Enfora.....	53
Obrázek 28 GSM Modul [25]	54
Obrázek 29 Schéma řídicího obvodu [27]	55
Obrázek 30 Řídicí obvod	56
Obrázek 31 Schéma nabíjecího modulu [24].....	56

Obrázek 32 Nabíjecí modul [24]	57
Obrázek 33 Baterie [24]	57
Obrázek 34 GSM lokátor řídicí obvod a nabíjecí modul	58
Obrázek 35 GSM lokátor komplet	58
Obrázek 36 Princip spojení s Google [24]	60
Obrázek 37 Konfigurace GSM lokátoru [27]	63
Obrázek 38 LED diody	65
Obrázek 39 Mapa hustě osídlené oblasti [26]	66
Obrázek 40 Mapa málo osídlené oblasti. [26]	67
Obrázek 41 Test náhodné polohy [26]	68
Obrázek 42 Výsledek testu náhodné polohy [26].....	69
Obrázek 43 GSM lokátor včetně baterie	70
Obrázek 44 GSM lokátor včetně baterie 2	71
Obrázek 45 GSM lokátor včetně baterie 3	71
Obrázek 46 GSM lokátor bez baterie	72
Obrázek 47 GSM lokátor bez baterie 2	72
Obrázek 48 Instalace GSM lokátoru	73
Obrázek 49 Instalace GSM lokátoru 2	74
Obrázek 50 Instalace GSM lokátoru 3	75

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Technické parametry GSM sítě [7]	18
Tabulka 2 Srovnání lokalizačních metod	40