

Slovenská technická univerzita v Bratislave
Fakulta informatiky a informačných technológií

Tím č.2

Bc. Ladislav Kobza

Bc. Róbert Repka

Bc. Ján Švarc

Bc. Samuel Tkáč

Bc. Ondrej Vaško

Bc. Peter Vranec

Navigácia v nákupnom centre

Tímový projekt

Vedúci práce: Ing. Tomáš Kováčik, PhD.

Máj 2015

Zadanie

Stratili ste sa už v nákupnom centre a mapa nikde nablízku? Riešením môžu byť mobilné aplikácie, ktoré vám ukážu mapu. Problém je, že vám ale neukážu, kde sa v nej presne nachádzate. Tento problém je možné vyriešiť napr. vysielaním odlišných audio signálov z reproduktorov v jednotlivých častiach budovy, ich prijímaním v spomínanej mobilnej aplikácii a ich analýzou. Podľa analýzy prijatých signálov a ich intenzity je možné určiť polohu používateľa. Navrhnite, implementujte a otestujte takýto systém.

Obsah

1	Úvod	1
1.1	Motivácia a ciele	2
2	Analýza	3
2.1	Zvukové vlny	3
2.2	Správanie sa zvukových vln	5
2.2.1	Odraz	5
2.2.2	Lom	6
2.2.3	Ohyb	6
2.2.4	Rušenie	6
2.3	Analýza frekvenčných spektier v hudbe a ruchu	6
2.3.1	V hudbe	6
2.3.2	Hluk v obchodnom centre	9
2.3.3	Zhodnotenie	9
2.4	Metódy multiplexovania a modulácie signálov	9
2.4.1	CDMA	10
2.4.2	FDMA	10
2.4.3	Modulačná schéma PSK	11
2.4.4	Modulačné schéma FSK	12
2.5	Stochastická rezonancia	13
2.6	Korelácia signálov	15
2.7	Metódy lokalizácie v priestore	16
2.7.1	Metóda Call-ID (príslušnosť k bunke) (proximity)	16
2.7.2	Proximity s výpočtom ťažiska	16
2.7.3	Proximity s výpočtom váženého ťažiska	17
2.7.4	Metóda fingerprint (odtlačok prsta)	17
2.7.5	Metóda postupného výpočtu polohy	18
2.7.6	Time Of Arrival	18
2.7.7	Multilaterácia	18
2.8	Systémy na reprodukciu zvuku využívané v nákupných centrách	20
2.8.1	Philips SM30 / SM40	21
2.8.2	Bosch Praesideo	22
2.9	Reproduktory využívané v nákupných centrách	23
2.10	Analógovo digitálne konvertovanie	24
2.11	Vmodulovanie signálu do hudby	26

2.11.1	Wolfram Mathematica a Matlab	27
2.11.2	Python	27
2.11.3	C	28
2.12	Počuteľnosť frekvencií nad 19000 Hz	28
2.12.1	Človek	28
2.12.2	Zvieratá	28
2.13	Analýza ľudského hlasu	28
2.14	Analýza minipočítačov na moduláciu signálu do hudby	29
2.14.1	Arduino Uno	29
2.14.2	Raspberry Pi II MODEL B	30
3	Existujúce riešenia	31
3.1	Shopkick	31
3.2	Daredevil	31
3.3	Lokalizácia vo vnútri budovy	33
3.4	Global Positioning System (GPS)	33
4	Merania	35
4.1	Voľba optimálnej frekvencie	35
4.2	Merania BPSK modulácie mikrofónmi	41
4.2.1	Merania mikrofónmi mobilných telefónov	41
4.2.2	Merania štúdióvymi mikrofónmi	44
5	Návrh riešenia	48
5.1	Špecifikácia požiadaviek	48
5.1.1	Funkcionálne požiadavky	48
5.1.2	Nefunkcionálne požiadavky	48
5.2	Návrh riešenia	49
5.2.1	Architektúra systému	49
5.2.2	Prijímanie a vysielanie signálov	50
5.2.3	Určovanie polohy	50
5.2.4	Návrh mobilnej aplikácie	51
6	Prototyp	53
6.1	Rozdiel časov príchodov signálov	53
6.2	Generovanie zvuku	53
6.3	Fourierove transformácie	55

6.4	Určovanie polohy	56
6.5	Meranie	58
6.5.1	Scenár A: 2 reproduktory	58
6.5.2	Scenár B: 3 reproduktory	59
6.6	Okná a validácia signálov	60
6.7	Záver a výsledky prototypu	60
7	Implementácia riešenia	62
7.1	Architektúra implementovaného systému	62
7.2	Modulátor	62
7.2.1	Modulovanie kódu v počítači Raspberry Pi	62
7.2.2	Zmiešavanie kódu s hudbou v Raspberry Pi	63
7.2.3	Synchronizácia zariadení Raspberry Pi	63
7.3	Mobilné zariadenie s implementovanou aplikáciou	64
7.4	Jadro aplikácie	64
7.4.1	Implementácia trilaterácie	65
7.4.2	Validácia výskytu signálu v okne	67
7.4.3	Hľadanie začiatku signálu	68
7.4.4	Reproduktory	68
7.4.5	Modulovanie signálu v Matlabe	69
7.4.6	Používateľské rozhranie	71
7.5	Triedy implementovanej aplikácie	73
7.5.1	Trieda MainActivity	73
7.5.2	Triedy fragmentov používateľského rozhrania	74
7.5.3	Trieda Config	74
7.5.4	Trieda Locator	74
7.5.5	Trieda SignalProcessing	75
7.5.6	Trieda Recorder	75
7.5.7	Trieda Speaker	75
7.6	Čo sme nestihli a čo treba zlepšiť	75
8	Záver	77
	Literatúra	78
A	Používateľská príručka	80
A.1	Inštalácia aplikácie	80

A.2	Obrazovky aplikácie	80
A.3	Spustenie a ukončenie lokalizácie	83
A.4	Mapa a konfiguračné súbory	83
B	Dokumentácia k riadeniu projektu	84

Zoznam obrázkov

1	Zmeny v koncentrácii vzduchových molekúl	4
2	Frekvenčné spektrum - Run run run - Celeste Buckingham	7
3	Frekvenčné spektrum - Avicii - Wake me up - FLAC	8
4	Frekvenčné spektrum - Avicii - Wake me up - MP3(256 Kbps)	8
5	Frekvenčné spektrum - Ruch v obchodnom centre	9
6	Phase Shift Keying	11
7	Quadrature Phase Shift Keying	12
8	Schéma FSK	12
9	Pomer medzi kvalitou detekcie signálu a intenzitou šumu	13
10	Aplikácia prahovej stochastickej rezonancie	14
11	Aplikácia prahovej stochastickej rezonancie	14
12	Korelácia - bloková schéma	15
13	Porovnanie charakteristík reproduktorov	23
14	Frekvenčná odozva reproduktoru BOSCH LHM 0606/10	23
15	Frekvenčná odozva reproduktoru BOSCH LBC 3086/41	24
16	Frekvenčná odozva reproduktoru BOSCH LBC 3099/41	24
17	Originálny analógový signál	25
18	Analógový signál navzorkovaný v momentoch daných vzorkovacou frekvenciou	26
19	Navzorkovaný signál zaokrúhlený z Voltov na digitálne bitové hodnoty PCM	26
20	Aplikácia Sound Meter	36
21	Závislosť intenzity od frekvencie	37
22	Meranie intenzity signálu na frekvencii 2500 Hz	38
23	Meranie intenzity signálu na frekvencii 3000 Hz	38
24	Meranie intenzity signálu na frekvencii 3200 Hz	39
25	Meranie intenzity signálu na frekvencii 3500 Hz	39
26	Meranie intenzity signálu na frekvencii 4000 Hz	40
27	Smerová charakteristika a priestorová citlivosť mikrofónov	40
28	Tabuľka merania korelácií z jedného reproduktora	42
29	Scenár merania 1	43
30	Výsledky merania podľa scenára 1	43
31	Meranie z jedného reproduktora	44
32	Scenár 1 pre meranie štúdiových mikrofónov	45

33	Výsledky merania podľa scenára 1	45
34	Scenár 2 pre meranie štúdiových mikrofónov	46
35	Výsledky merania podľa scenára 2	46
36	Navrhovaná architektúra systému	49
37	Bloková schéma navrhovaného systému	50
38	Navrhovaná architektúra mobilnej aplikácie	51
39	Modul lokalizácie	52
40	Generovanie 5.1 kanálového zvuku	54
41	Požiadavky na signál pre Furier. transf.	55
42	Scenár A	58
43	Scenár B	59
44	Architektúra implementovaného systému	62
45	Schéma prijatých signálov pri určovaní trilaterácie	65
46	Čipová sekvencia s dobou trvania čipu 1 perióda	69
47	Čipová sekvencia s dobou trvania čipu 2 periódy	69
48	Kód BPSK modulátora	70
49	Kód modulátora signálu	70
50	Kód korelácie	71
51	Obrazovka s mapou objektu	71
52	Príklad konfiguračného súboru	72
53	Bočné menu	72
54	Obrazovka developer módu	73
55	Postranné menu aplikácie	81
56	Ukážka mapy	81
57	Ukážka ponuky nastaviteľných parametrov lokalizácie	82
58	Ukážka developerského módu	83

1 Úvod

Tento dokument je výsledkom činnosti v rámci predmetov Tímový projekt I a II. Venuje sa analýze, špecifikácii požiadaviek, návrhu riešenia a implementácii navigácie v nákupnom centre pomocou zvuku.

V úvodnej časti dokumentu podrobne analyzujeme zvukové vlny a ich správanie sa v prostredí. Ďalej analyzujeme frekvenčné spektrá vyskytujúce sa v hudbe a v ruchu, rôzne prístupy modulácie signálu a modulácie kódov do vysielania, venujeme sa metóde stochastickej rezonancie na detegovanie originálneho signálu zo šumu a prinášame prehľad rôznych prístupov na lokalizáciu v priestore.

Taktiež dokumentujeme najčastejšie využívané systémy na reprodukciu zvuku vo veľkopriestorových objektoch, ako aj charakteristiky reproduktorov umiestňovaných do takýchto budov. V poslednej časti analýzy dokumentujeme rôzne možnosti modulácie signálu do zvuku a opisujeme vhodné zariadenia na vykonávanie tejto modulácie.

V tretej kapitole podrobne opisujeme existujúce riešenia a projekty venujúce sa navigácii pomocou zvuku vo vnútri budov.

Vo štvrtej kapitole uvádzame merania, ktoré sme vykonali pri vytváraní prototypu. Podrobne sú opísané jednotlivé kroky a fázy meraní a následne sú uvedené ich výsledky.

V piatej kapitole sa venujeme opisu riešenia. Na začiatku špecifikujeme funkcionálne a nefunkcionálne požiadavky na vytváraný systém a mobilnú aplikáciu. Následne, na základe týchto požiadaviek, navrhujeme architektúru systému a spôsob implementácie mobilnej aplikácie.

V šiestej kapitole uvádzame postupy a metódy, ktoré sme použili pri vytváraní prototypu. Opíšeme merania, ktoré sme s prototypom uskutočnili a nakoniec uvádzame výsledky týchto meraní spolu s voľbou metód na ďalšie pokračovanie v projekte.

V siedmej kapitole opisujeme implementovaný produkt. Najskôr predstavujeme architektúru vytvoreného systému. Ďalej opisujeme jednotlivé bloky architektúry - modulátor a prijímač, pričom pri každom uvádzame metódy použité na ich realizáciu. Na konci tejto časti uvádzame možné vylepšenia tohto produktu.

V ôsmej kapitole zhodnotíme našu prácu a výsledný produkt a spomenieme vízie pre vylepšenie tohto produktu, ktoré sme nestihli implementovať.

Nakoniec uvádzame zoznam použitej literatúry.

1.1 Motivácia a ciele

Nakupovanie a trávenie voľného času je v súčasnosti obrovským fenoménom najmä pre ľudí žijúcich vo veľkých mestách. Častokrát rodiny trávia víkendy v obrovských nákupných centrách, ktoré im poskytujú všetko čo potrebujú od posedenia pri fontáne, naobedovania sa až po zabavenie sa v kinách alebo športovanie vo fitness centrách. Nákupné centrá dospeli do štádia, keď ich neustále sa zväčšujúca rozloha a narastajúci počet obchodov a zábavných miest spôsobuje, že ľudia sú často dezorientovaní a v tých horších prípadoch totálne stratení.

Štatistiky hovoria, že v súčasnosti disponuje telefónom viac ako 80% svetovej populácie, pričom smartfón vlastní okolo 40% z nich. Používatelia smartfónov sú zvyknutí, že je ľahké nájsť reštauráciu v meste, prípadne nechať sa navigovať na najbližšiu autobusovú zastávku. To však neplatí ak sa nahádza vo vnútri nejakej budovy.

Ako je všeobecne známe, GPS signál nie je dostupný v budovách. Na navigáciu v takýchto priestoroch je potrebné vymyslieť nový spôsob. Je potrebné zabezpečiť, že takýto spôsob bude možné nasadiť do už fungujúcej infraštruktúry budovy, a samozrejme uvažovať aj o širokom nasadení u používateľov.

Cieľom tejto práce je vymyslieť a navrhnuť architektúru systému na navigáciu a následne implementovať potrebné časti na jej úspešné fungovanie.

2 Analýza

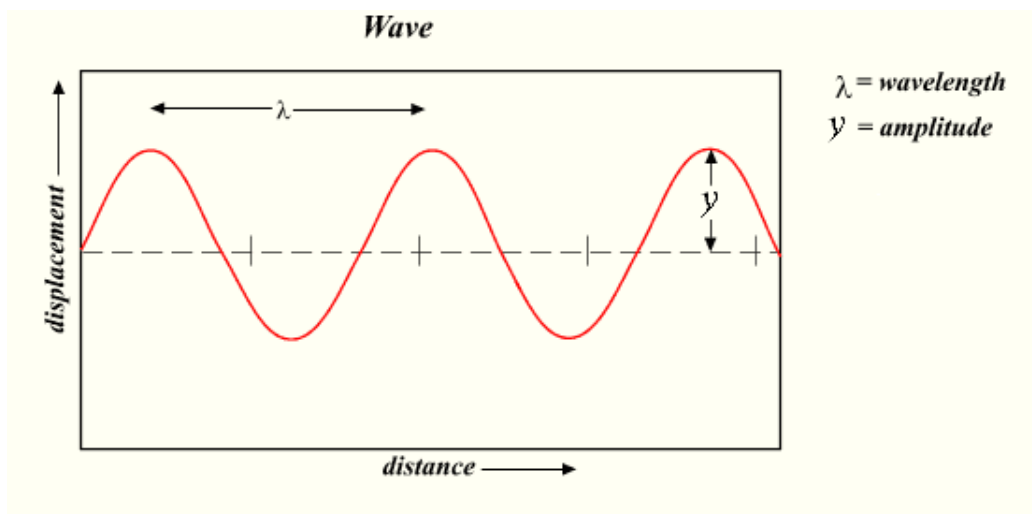
V úvodnej časti tejto kapitoly podrobne analyzujeme zvukové vlny a ich správanie sa v prostredí. Ďalej analyzujeme frekvenčné spektrá vyskytujúce sa v hudbe a v ruchu, rôzne prístupy modulácie signálu a modulácie kódov do vysielania, venujeme sa metóde stochastickej rezonancie na detegovanie originálneho signálu zo šumu a prinášame prehľad rôznych prístupov na lokalizáciu v priestore.

Taktiež zdokumentujeme najčastejšie využívané systémy na reprodukciu zvuku vo veľkopriestorových objektoch, ako aj charakteristiky reproduktorov umiestňovaných do takýchto budov. V poslednej časti analýzy zdokumentujeme rôzne možnosti modulácie signálu do zvuku.

2.1 Zvukové vlny

Zvuk je generovaný vibrujúcimi objektami. Vibrujúci objekt produkuje zvukové vlny vo vzduchu (alebo inom médiu), pretože sa pohybuje k molekulám vzduchu pri tomto objekte a od nich. Keď sa objekt hýbe k vzduchu, molekuly vzduchu sa od neho odrazia s väčšou ako normálnou energiou a rýchlosťou. Na moment má preto vzduch pri objekte väčšiu ako normálnu koncentráciu molekúl vzduchu – stane sa oblasťou kompresie. Tieto molekuly s väčšou energiou a rýchlosťou narážajú do ostatných molekúl a tak sa táto oblasť šíri ďalej. Keď sa objekt hýbe smerom od vzduchu, molekuly vzduchu sa od neho odrazia s menšou energiou a rýchlosťou ako normálne. Na moment má preto vzduch pri objekte menšiu ako normálnu koncentráciu molekúl vzduchu – stane sa oblasťou riednutia. Tieto molekuly s menšou energiou a rýchlosťou narážajú do ostatných molekúl a tak sa táto oblasť šíri ďalej [6].

Zvukové vlny sú viditeľné, keď sa znázorní graf koncentrácie vzduchových molekúl na zvolenom mieste, ktorým prechádzajú striedajúce sa pulzy koncentrácie a riednutia. Krivka grafu znázorňuje zmeny v koncentrácii, začína v bode, kedy je koncentrácia normálna a pulz koncentrácie. Vzdialenosť každého bodu na krivke od osi x znázorňuje zmenu v koncentrácii vzhľadom na normálnu [6].



Obr. 1: Zmeny v koncentrácii vzduchových molekúl¹

Každá kompresia a následné riedenie tvoria jeden cyklus. Frekvencia zvuku je meraná v cykloch za sekundu. Amplitúda je najväčšia hodnota, ktorou sa koncentrácia líši od normálnej. Vlnová dĺžka zvuku je vzdialenosť, ktorú prekoná za jeden cyklus. Je závislá od rýchlosti zvuku a frekvencie, podľa vzorca:

$$\text{vlnová dĺžka} = \frac{\text{rýchlosť}}{\text{frekvencia}}$$

alebo

$$\lambda = \frac{v}{f}$$

Z toho vyplýva, že zvuky s vyššou frekvenciou majú kratšie vlny ako tie s frekvenciou nižšou. Zvukové vlny v spektre počuteľnom pre ľudí (15 Hz – 20000 Hz) majú vlnové dĺžky od 23 metrov do 1,7 centimetra.

Intenzita udáva množstvo prenesenej energie. Je priamo úmerná druhej mocnine amplitúdy. Intenzita je udávaná v jednotkách watt na centimeter štvorcový (W/cm²) alebo v decibeloch (db). Decibelová škála je definovaná nasledovne: Intenzita 10-16 W/cm² je rovná 0 db. Každé zdesaťnásobenie amplitúdy vo W/cm² znamená nárast o 10 db.

Intenzita zvuku sa rapídne znižuje so vzdialenosťou od zdroja. Pre malé objekty, ktoré šíria energiu uniformne vo všetkých smeroch platí, že intenzita je nepriamo úmerná druhej mocnine vzdialenosti od zdroja.

¹Prevzaté z <http://www.dicts.info/img/ud/a/amplitude.png>

Výška (pitch) zvuku závisí od frekvencie, vo všeobecnosti zvýšenie frekvencie znamená zvýšenie výšky zvuku. Ak sa zdroj zvuku hýbe relatívne rýchlo smerom k poslucháčovi, má zvuk vyššiu výšku, ak sa naopak hýbe od poslucháča má nižšiu výšku. Toto je spôsobené Dopplerovým efektom kvôli tomu, že zvuk sa šíri vo vlnách.

Vo všeobecnosti zvýšenie intenzity spôsobuje zvýšenie hlasitosti. Hlasitosť sa však nezvyšuje priamo proporcionálne s intenzitou. Hlasitosť zvuku sa zdvojnásobuje každým zvýšením intenzity o 10 db. Hlasitosť je tiež ovplyvnená frekvenciou, keďže ľudské ucho vie vnímať niektoré frekvencie lepšie ako iné. Napríklad zvuk s frekvenciou 2000 - 5000 Hz je počuteľný pri intenzite 0 db, s frekvenciou 100 Hz pri intenzite 30 db a s frekvenciou 10000 Hz pri intenzite 20 db. 120-140 db je hranica, ktorá spôsobuje fyzickú bolesť [6].

Rýchlosť zvuku závisí od elasticity a hustoty média, ktorým sa šíri. Všeobecne sa zvuk šíri rýchlejšie v kvapalinách ako v plynach a rýchlejšie v pevných látkach ako v kvapalinách. Čím je väčšia elasticita média a menšia hustota, tým sa zvuk šíri rýchlejšie, čiže

$$\text{rýchlosť} = \frac{\text{elasticita}}{\text{hustota}}$$

Rýchlosť zvuku v materiáloch závisí aj od teploty (hlavne u kvapalín a plynov), pretože zmena teploty ovplyvňuje hustotu materiálu [6].

2.2 Správanie sa zvukových vln

Tak ako všetky ostatné vlny, aj zvukové vlny sa môžu odrážať, lámať a ohýbať.

2.2.1 Odraz

Zvuk sa konštantne odráža od rôznych povrchov [6][13]. Väčšina z nich nie je pozorovaná, pretože dva identické zvuky, ktoré sú vzdialené menej ako 1/15 sekundy nie sú ľudským uchom rozpoznateľné. Ak je odrazený zvuk počutý odlišne, tak sa nazýva ozvena.

Zvuk sa odráža od povrchu pod rovnakým uhlom pod akým naň dopadol. Tento fakt umožňuje sústrediť zvuk pomocou zakrivených odrazových priestorov, presne ako sa zakrivené zrkadlá používajú na sústredenie svetla.

2.2.2 Lom

Keď sa zvuková vlna šíri z jedného materiálu na druhý pod určitým uhlom, tak väčšinou zmení rýchlosť, čo spôsobuje zakrivenie začiatku vlny [6][13].

2.2.3 Ohyb

Keď sa zvukové vlny šíria okolo objektu alebo cez otvor v prekážke, tak sa okraj prekážky alebo otvor správa ako sekundárny zdroj zvuku, ktorý vysiela zvukové vlny rovnakej vlnovej dĺžky a amplitúdy, ale nižšej intenzity ako originálny zdroj [6][13]. Šírenie zvukových vln sekundárnym zdrojom sa nazýva ohyb alebo difrakcia. Vďaka tomuto fenoménu môže byť zvuk počutý aj za rohom napriek faktu, že zvuk sa väčšinou šíri priamočiaro.

2.2.4 Rušenie

Kedykoľvek zvukové vlny na seba vzájomne pôsobia, vzniká rušenie [6][13]. Ak sú vlny vo fáze, tak sa jednotlivé pulzy koncentrácie a riednutia zhodujú, čím vzniká silnejší zvuk všetkých zvukových vln (konštruktívne rušenie). Ak vlny nie sú vo fáze, tak sa jednotlivé pulzy koncentrácie a riednutia zoslabujú alebo úplne rušia (deštruktívne rušenie). Vzájomné pôsobenie zvukových vln má za výsledok novú zvukovú vlnu.

Vzájomné pôsobenie dvoch zvukových vln, ktoré majú veľmi blízke frekvencie, ale nie rovnaké produkuje tón so striedavo zvyšujúcou a znižujúcou sa intenzitou, pretože tieto vlny neustále prechádzajú medzi stavmi vo fáze a mimo fázy.

2.3 Analýza frekvenčných spektier v hudbe a ruchu

2.3.1 V hudbe

Kvôli úspešnej modulácii signálu do hudby je najprv nutné si rozanalyzovať aké frekvenčné spektrá sú bežne využité v hudbe. Vďaka tejto analýze budeme môcť povedať, ktoré frekvenčné spektrá sú voľnejšie(menej využité) a ktoré frekvenčné spektrá by sa eventuálne mohli zoslabiť, alebo odstrániť bez povšimnutia ľudského ucha.

Je veľmi pravdepodobné, že centrálny audio systém obchodných centier má uloženú licensovanú hudbu v bezstratových formátoch ako sú WAV[9] alebo FLAC[14]. Bezstratové formáty ukládajú hudbu v dokonalej digitálnej podobe, tak ako bola zachytená pri nahrávaní prechodom cez analógovo-digitálne prevodníky zvukových kariet alebo iného hardvéru. Pri analýze som použil hudobné súbory vo formáte WAV. Tento formát je proprietárny pre spoločnosť Microsoft a je to najrozšírenejší bezstratový formát.

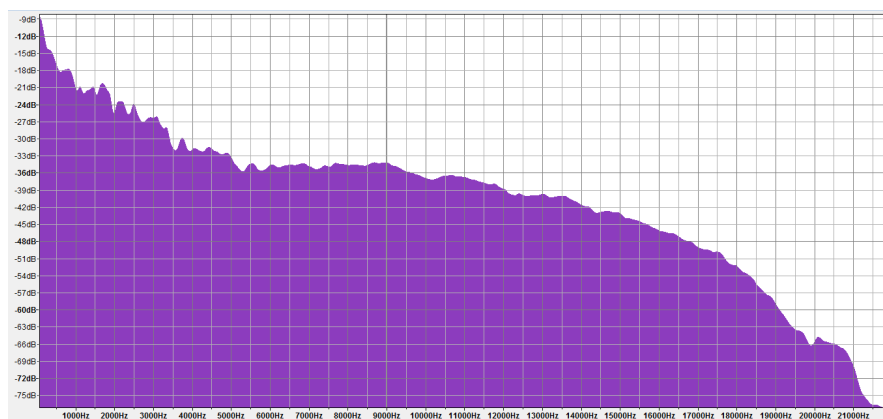
Analýza vo formáte *FLAC* by priniesla rovnaké výsledky, takže výber formátu nie je dôležitý, základný predpoklad je, že používame bezstratový formát.

Ako skladby som vybral 2 štýlovo rôzne skladby - *Run run run* a *Wake me Up*, ktoré sú často hrané v rádiách, alebo všeobecne vo svete.

Na získanie frekvenčnej analýzy som použil program *Audacity*.

Poznámky ku grafom:

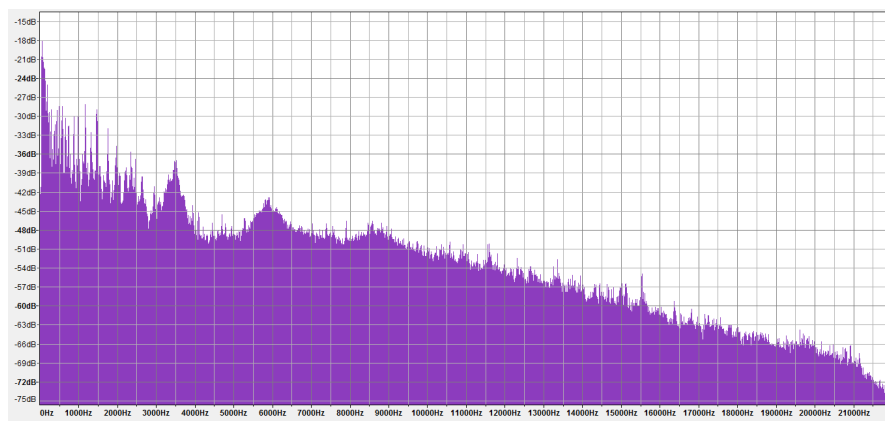
- Ak je súbor vzorkovaný vo vzorkovacej frekvencii 44100 Hz, vidíme frekvenčný rozsah 0 - 22050 Hz. To je dôsledok Nyquistovej teóremy [8], ktorá hovorí o zrkadlení frekvencií.² Pri 96000 Hz frekvencii to je frekvenčný rozsah 0 - 48000 Hz.
- Keďže súbor nemožno ohodnotiť reálnou hlasitosťou(to môžeme až po prehraní reproduktormi do priestoru), používa sa na ohodnotenie hlasitosti rôznych frekvencií relatívna *dB* stupnica [12]. Hodnoty amplitúd sú teda zadané v jednotkách relatívnych *dBFS*, kde pri 16 bitovej *PCM* modulácii je 0 dB maximálna zachytiteľná hodnota(číslom 32767) a najnižšia zachytiteľná hodnota je -96 dB (číslom 1).
- Príklady *dBFS* hodnôt:
 - **-6 dB** = 0.5 * amplitúda;
 - **-20 dB** = 0.1 * amplitúda;
 - **-30 dB** = 0.03162 * amplitúda;
 - **-50 dB** = 0.003162 * amplitúda.



Obr. 2: Frekvenčné spektrum - *Run run run* - Celeste Buckingham

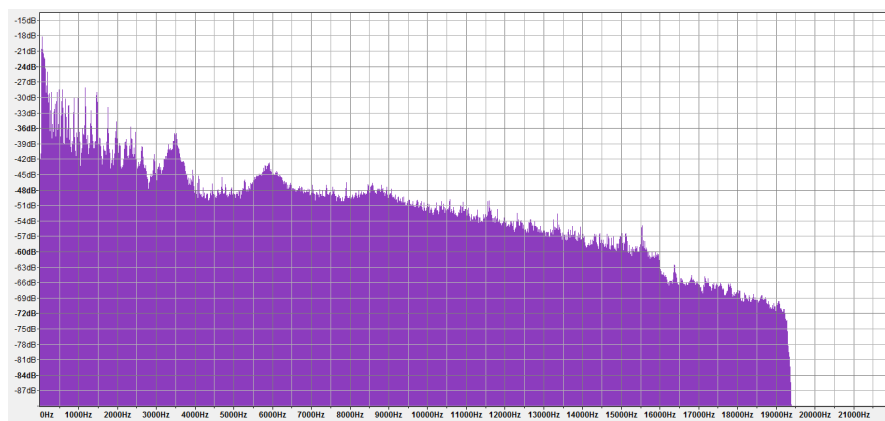
²Pri danej vzorkovacej frekvencii je možné zachytiť len polovičný rozsah frekvencií.

Prvý obrázok (Figure 2) je frekvenčné spektrum skladby Run Run Run (Celeste Buckingham). Súbor bol nahraný v 44100 Hz vzorkovacej frekvencii. Najvýraznejšie frekvencie sú do 3500 Hz, zvuky s frekvenciou nad 20000 Hz majú tak nízku amplitúdu, že sú prakticky nepočuteľné. Ostatné frekvencie sú relatívne vyvážené.



Obr. 3: *Frekvenčné spektrum - Avicii - Wake me up - FLAC*

Druhý obrázok (Figure 3) je skladba Wake me Up (Avicii) vo formáte WAV. Podobne ako v predošlom príklade je vidno, že frekvencie do 3500 Hz sú najvýraznejšie. Pri zvyšovaní frekvencie od 8500 Hz až do 21000 Hz vidno postupné takmer lineárne znižovanie amplitúdy.



Obr. 4: *Frekvenčné spektrum - Avicii - Wake me up - MP3(256 Kbps)*

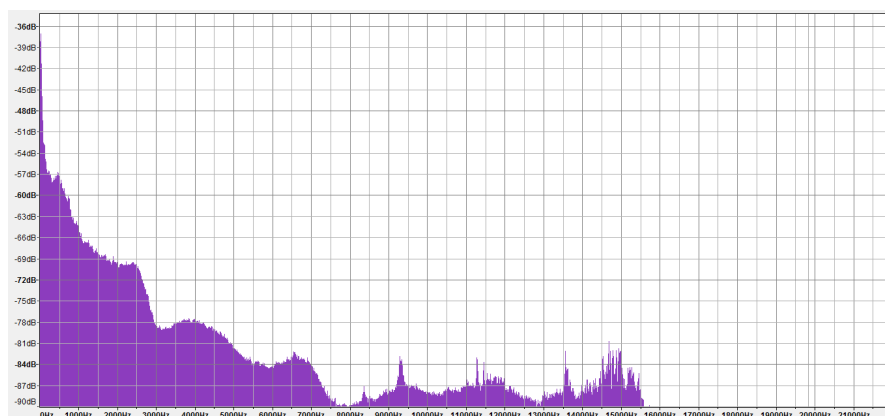
Ako tretí obrázok (Figure 4) ešte poskytnem frekvenčné spektrum rovnakej skladby - Wake me Up (Avicii) ale vo formáte MP3 s *bitrate*-om 256 Kbps. Je tiež, možné že audio systém obchodného centra bude prehrávať skladby vo formáte MP3, kvôli tomu tu bude zobrazený rozdiel frekvenčného spektra medzi týmito dvoma formátmi.

Frekvenčné spektrum je veľmi podobné, najdôležitejšie je úplné odrezanie frekvencií nad 19300 Hz vyššie, ktoré formát MP3 kvôli lepšej kompresii úplne vyradí, pretože ich

nepovažuje za uchu príliš dôležité. Pokiaľ by teda hudba z centrálného audio systému bola vysielaná v stratovom formáte *MP3*, tak frekvencie nad 19300 Hz sú úplne voľné bez nutnosti filtrovania.

2.3.2 Hluk v obchodnom centre

Okrem frekvenčných spektier hudobných skladieb som zanalyzoval ešte jednu nahrávku bežného ruchu v nepracovných hodinách v anonymnom obchodnom centre.



Obr. 5: Frekvenčné spektrum - Ruch v obchodnom centre

Na tomto obrázku (Figure 5) je možné vidieť, že všeobecne amplitúda hluku takmer všetkých frekvencií až na tie najnižšie nie je až tak veľká - pohybuje sa medzi hodnotami -57 dB a -87 dB, čo sú dosť nízke hodnoty hluku, ktoré by nemali byť až tak rušivé pri analýze. Nad frekvenciami 15500 Hz do 22000 Hz celé pásmo úplne voľné. Taktiež pásmo 8000 Hz a 13000 Hz je čiastočne voľné.

2.3.3 Zhodnotenie

Ako najlepšie frekvencie z hľadiska voľného priestoru v hudbe a ruchu obchodného centra s ohľadom na nepočuteľnosť u ľudí sa javia frekvencie nad 19300 Hz s maximom samozrejme 22000 Hz. Tieto frekvencie pravdepodobne z hudby ani nebude nutné odfiltrovať, pretože ich amplitúdy sú príliš nízke. Pri prehrávaní formátom *MP3* úplne odpadáva nutnosť filtrovania, ktorú už kompresia vykonala za nás. Postupné klesanie amplitúdy môžeme sledovať u frekvencií od 10000 Hz viac.

2.4 Metódy multiplexovania a modulácie signálov

Na základe analýzy existujúcich riešení sme dospeli k bližšej analýze niektorých prístupov na zistenie polohy, moduláciu signálu a moduláciu kódov do vysielania.

2.4.1 CDMA

Code Division Multiple Access je metóda digitálneho multiplexovania používaná na prenos viacerých digitálnych signálov prostredníctvom jedného zdieľaného média. Táto metóda je taktiež používaná v GSM. Signály sú odlišené tým, že každý používa odlišné, vhodne zvolené kódovanie.

Majme účastníkov Alicu a Boba, s ortogonálnymi kódmi $k_A : (1, 1)$ a $k_B : (1, 1)$ a správami pre nich v tvare ortogonálneho vektoru $A : (1, 0, 1, 0)$ a $B : (0, 1, 1, 1)$.

Kódovanie správ je realizované pomocou kódov účastníkov k prislúchajúcej správe a to použitím k pre jednotku a pre nulu. Pre Boba teda dostávame $(1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1)$ a pre Alicu $(1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1)$. Správu pošleme obom naraz, spočítanú, čiže $(0, -2, 0, 2, 2, 0, 0, 2)$.

Dekódovanie je realizované podobným princípom. Vektor prenasobí každý svojím kódom. Bob dostane $((1, 1) \cdot (0, 2), (1, 1) \cdot (0, 2), (1, 1) \cdot (2, 0), (1, 1) \cdot (0, 2)) = (2, 2, 2, 2)$ čo odpovedá $(1, 1, 1, 1)$ resp. $(0, 1, 1, 1)$. Alicino dekodovanie bude totožné: $((1, 1) \cdot (0, -2), (1, 1) \cdot (0, 2), (1, 1) \cdot (2, 0), (1, 1) \cdot (0, 2)) = (2, 2, 2, 2)$ – zodpovedajúce vyslanému $(1, 0, 1, 0)$ [19].

2.4.2 FDMA

Frequency Division Multiple Access je deterministická metóda prístupu k médiu ako protokol na rozdelenie média. FDMA poskytuje užívateľom individuálne pridelenie jedného alebo niekoľkých frekvenčných pásiem alebo kanálov, čo je bežný prístup v satelitných systémoch.

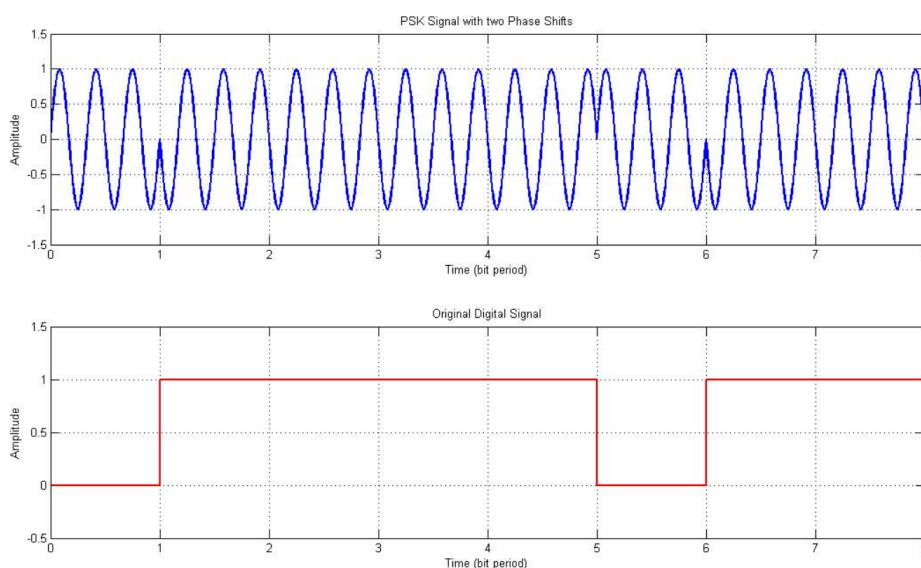
Základné princípy určujú, že:

- vysielateľ ako zdieľaný prostriedok využívajú viacerí účastníci, pričom vysielajú všetci ale každý na rozdielnej frekvencii
- môže byť použitý pre analógový tak ja digitálny signál
- nie je náchylné na problémy časovania
- každý užívateľ počúva na rozdielnej frekvencii

Táto metóda by v kombinácii s TDMA (na oddelenie vysielania nášho signálu od hudby) mohla pomôcť odlíšiť reproduktory [16].

2.4.3 Modulačná schéma PSK

PSK (Phase Shift Keying) je jedna z digitálnych modulačných schém, ktorá vkladá dáta do signálu zmenou fázy nosného signálu. PSK využíva konečný počet fáz a každej priradí jednoznačné postupnosť bitov, pričom každá zvyčajne kóduje rovnaký počet bitov. Demodulátor (prijímač) musí byť schopný detegovať fázu prijatého signálu a zistiť symbol, ktorý reprezentuje. Základný princíp PSK možno vidieť na Obrázku 6.

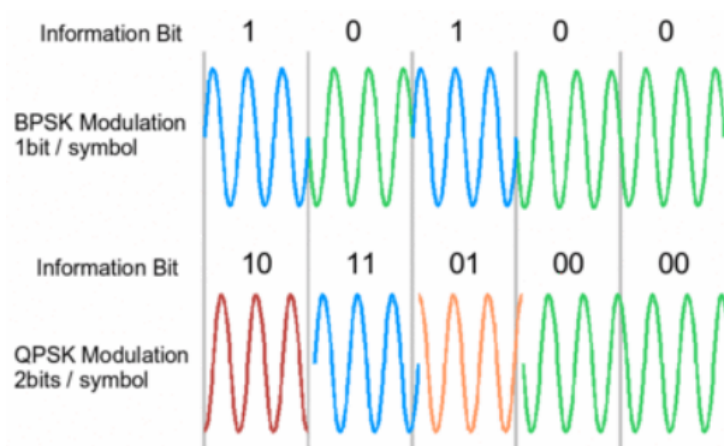


Obr. 6: *Phase Shift Keying*¹

BPSK (Binary PSK, phase reversal keying, or 2PSK) je najjednoduchšou variantou PSK a je znázornená na Obrázku 1. Na rozlíšenie symbolov využíva dve fázy vo vzájomnom uhle 180° . BPSK je najrobustnejšou PSK z pohľadu fungovania v prostrediach s vysokou mierou šumu a skreslenia. Nakoľko ale moduluje jeden bit/symbol, nie je vhodná na prenášanie veľkých objemov dát.

QPSK (Quadrature phase-shift keying) je využíva pre zákódovanie symbolov 4 fázy, čo jej umožňuje zakódovať 2 bity/symbol. QPSK zdvojnásobuje rýchlosť prenosu dát oproti BPSK, zachováva ale rovnakú šírku pásma. Taktiež má totožnú hodnotu BER (Bit Error Rate) ako vyššie spomenutá BPSK. Cenou za vyššiu rýchlosť prenosu sú ale zložitejšie vysielače a prijímače, táto nevýhoda sa ale pri použití modernej elektroniky stráca. QPSK je znázornená na Obrázku 7.

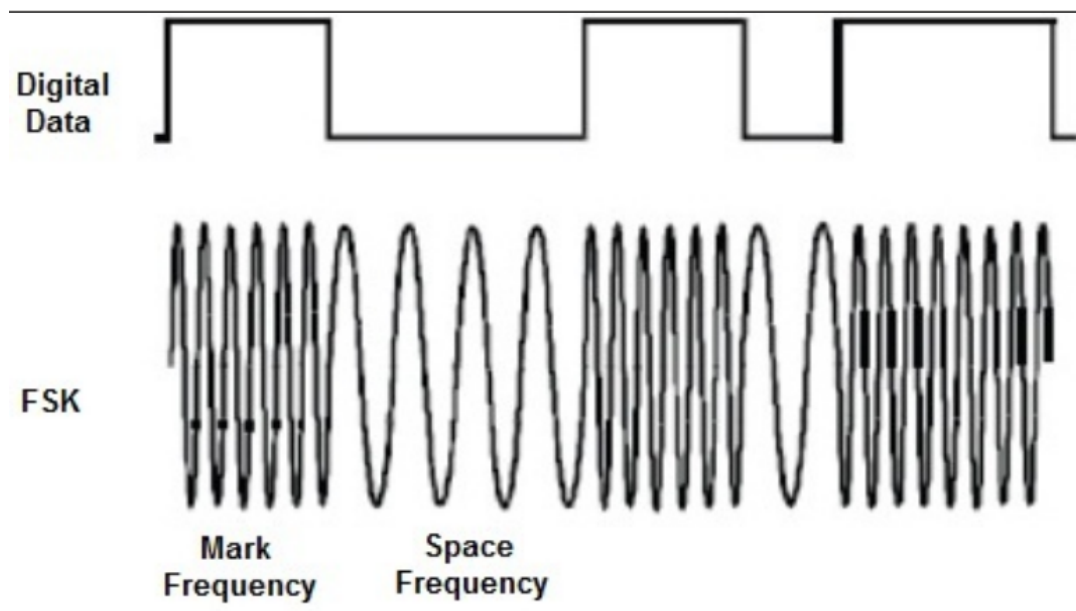
¹Prevzaté z <http://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/screenshots/5093/original.jpg>



Obr. 7: *Quadrature Phase Shift Keying*

2.4.4 Modulačné schéma FSK

FSK (Frequency Shift Keying) je ďalším druhom modulačnej schémy, ktorá pre kódovanie binárneho signálu využíva rôzne frekvencie reprezentujúce jednotlivé symboly. Najjednoduchšou formou FSK je BFSK. Ako vyplýva z názvu, BFSK využíva dve rôzne frekvencie pre zakódovanie nuly a jednotky. Frekvencia reprezentujúca jednotku sa nazýva “mark frequency” a frekvencia reprezentujúca 0 sa nazýva “space frequency”. (B)FSK je ilustrovaná na obrázku nižšie. V praxi je FSK realizované oscilátorom.

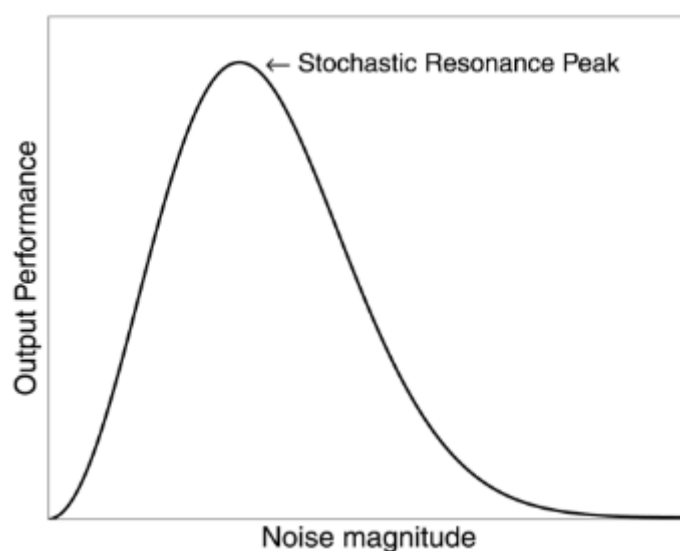


Obr. 8: *Schéma FSK*

Variantou MSK je Audio MSK. Je to modulačná technika, kedy sú digitálne data reprezentované zmenou frekvencie (výšky) tónu. Umožňuje tak prenos dát rádiom alebo telefónom. Je využívaná v americkom Emergency Alert System, kde rôzne výšky reprezentujú rôzny druh poplachu.

2.5 Stochastická rezonancia

Stochastická rezonancia je fenomén, pri ktorom je signál, ktorý je príliš slabý, aby bol detegovaný senzorom, zosilnený pridaním šumu do signálu, ktorý obsahuje široké spektrum frekvencií. Frekvencie v šume korešpondujúce s frekvenciami v signáli spolu rezonujú, čím sa zosilňuje originálny signál ale nie zvyšok šumu. Ďalej môže byť šum dostatočný, aby bol detegovaný senzorom, čo nie je problém, lebo senzor ho môže odfiltrovať, čím efektívne deteguje originálny, pred tým nedetegovateľný signál [4].



Obr. 9: Pomer medzi kvalitou detekcie signálu a intenzitou šumu ¹

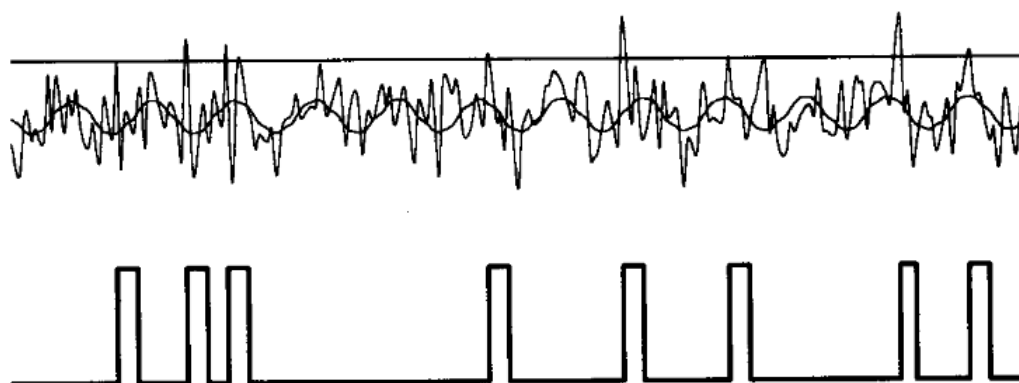
Ako je vidieť na obrázku, optimálna intenzita šumu má za výsledok najlepšie zlepšenie detekcie signálu a ďalšie navyšovanie intenzity šumu znižuje schopnosť detekcie signálu.

Najjednoduchšia forma stochastickej rezonancie je prahová stochastická rezonancia alebo nedynamická stochastická rezonancia. Pri nej sa zvolí určitý prah, ktorý samotný

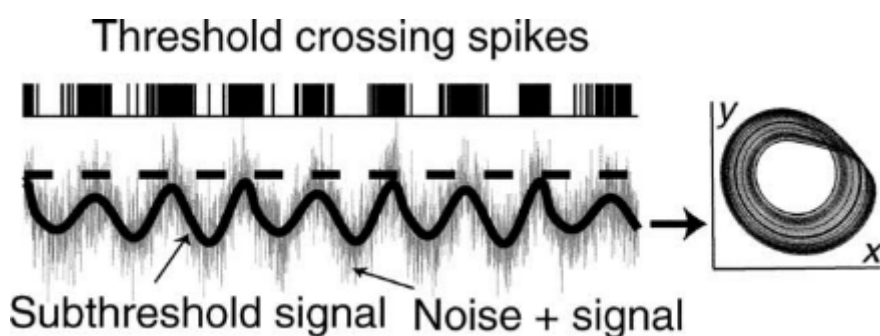
¹Prevzaté z What Is Stochastic Resonance? Definitions, Misconceptions, Debates, and Its Relevance to Biology, PLoS Computational Biology — www.ploscompbiol.org, 1 May 2009 — Volume 5 — Issue 5 — e1000348

šum ani signál nedosiahne, ale pri skladaní amplitúd oboch výsledný signál už prekročí túto hodnotu [15].

Na obrázkoch je možné vidieť aplikáciu prahovej stochastickej rezonancie, kde šum ani signál samostatne nemajú potrebnú intenzitu na prekonanie prahu, ale pri sčítaní ich amplitúd už je prah výsledným signálom prekonaný.



Obr. 10: Aplikácia prahovej stochastickej rezonancie ¹



Obr. 11: Aplikácia prahovej stochastickej rezonancie ²

Existuje aj iná forma, dynamická stochastická rezonancia, ktorá ale existuje len v dynamických, nelineárnych, stochastických systémoch. Táto forma však vyžaduje teóriu matematiky dynamických systémov, preto sa budeme zaoberať len prahovou stochastickou rezonanciou [15].

¹Prevzaté z Stochastic resonance and the benefits of noise: from ice ages to crayfish and SQUIDS, Kurt Wiesenfeld & Frank Moss, Nature, vol 373, 5 January 1995

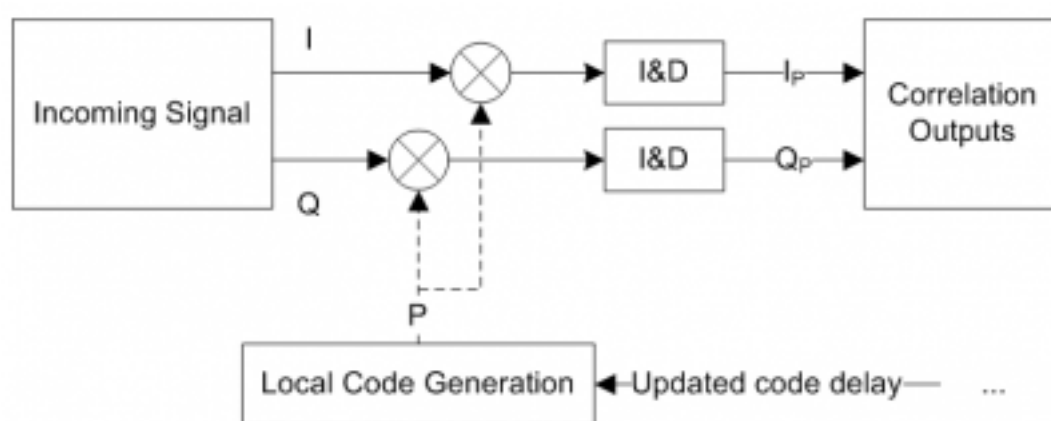
²Prevzaté z Stochastic resonance and sensory information processing: a tutorial and review of application Frank Mossa, Lawrence M. Wardb, Walter G. Sannita, 17 September 2003, Clinical Neurophysiology 115 (2004) 267–281

Pri prahovej stochastickej rezonancii sú dôležité dve charakteristiky, detekcia signálu a chybnú detekciu signálu. Ideálna hodnota intenzity šumu ako aj voľba ideálneho šumu by umožňovala 100% možnosť detekcie signálu a 0% možnosť chybné detekcie signálu. V praxi sa teda snažíme priblížiť čo najlepšie to ide k týmto hodnotám – s rastúcim šumom sa zvyšuje pravdepodobnosť ako detekcie signálu, tak aj chybné detekcie signálu, preto treba zvoliť hodnotu, kde bude rozumná pravdepodobnosť detekcie signálu a pravdepodobnosť chybné detekcie signálu bude stále relatívne nízka.

Optimálne množstvo hluku je blízko zvoleného prahu, ale tak, aby daný prah neprekračoval (alebo len minimálne). Blízkosť signálu k prahu je tiež významný faktor, pretože čím je amplitúda menšia (čiže sa zväčšuje vzdialenosť signálu a prahu), tým je potrebný silnejší šum a zvyšuje sa možnosť chybné detekcie signálu [5].

2.6 Korelácia signálov

Pojem korelácia vyjadruje vzájomný vzťah medzi dvoma procesmi alebo veličinami. Pokiaľ sa jedna z nich mení, mení sa korelatívne aj tá druhá. Koncept korelácie je využívaný v bezdrôtových systémoch pri identifikácii signálu pri prijatí prijímačom. Signál je pri prenášaní bezdrôtovým médiom vystavovaný rôznym negatívnym vplyvom prostredia (šum, odrazy, skreslenie apod.) a preto prijatý signal nikdy nie je totožný s vyslaným. Pomocou korelácie je možné určiť percentuálnu pravdepodobnosť, že prijatý signal obsahuje informáciu, ktorá bola odoslaná. Inými slovami, korelácia je miera podobnosti očakávaného prijatého a vyslaného signálu. Jednoduchá bloková schéma spracovania signálu je znázornená na Obrázku nižšie.



Obr. 12: Korelácia - bloková schéma¹

¹Prevzaté z <http://www.navipedia.net/index.php/Correlators>

Formálny zápis korelácie v časovej oblasti je nasledovný:

$$\int G(f) = \int_{-\infty}^{\infty} (R_{xx}(\tau) \exp[-j2\pi f\tau])$$

Nakoľko väčšina systémov pracuje s digitálnymi (nespojitémi) signálmi, diskretný zápis je nasledovný:

$$R_{xx}(k) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x[n]x^*[n-k]$$

2.7 Metódy lokalizácie v priestore

Metódy lokalizácie relevantné k nášmu projektu sú založené na statických referenčných bodoch (v našom projekte reproduktory) a pohyblivom prijímači (mobilný telefón). Referenčné zariadenia sú teda nepohyblivé a ich poloha je dopredu známa. Súradnice i-teho referenčného zariadenia: $[X_{RZi}; Y_{RZi}]$ Súradnice prijímaču: $[X_M; Y_M]$

2.7.1 Metóda Call-ID (príslušnosť k bunke) (proximity)

Referenčné zariadenie pokrýva svojím signálom určitú plochu, ktorú nazývame bunka. Ak prijímač deteguje práve jedno referenčné zariadenie, nachádza sa vo vnútri jeho bunky a prijímaču sa prideli automaticky poloha referenčného zariadenia, čiže

$$[X_M; Y_M] = [X_{RZ}; Y_{RZ}]$$

Ak prijímač deteguje viac ako jedno referenčné zariadenie, zistí intenzitu signálu jednotlivých referenčných zariadení a zvolí si referenčné zariadenie s najväčšou intenzitou signálu a prijímaču sa prideli poloha tohto referenčného zariadenia,

$$[X_M; Y_M] = [X_{RZi}; Y_{RZi}]$$

kde RZi je referenčné zariadenie s najsilnejším signálom. Presnosť tejto metódy je určená veľkosťou bunky a hustotou rozmiestnenia referenčných zariadení.

2.7.2 Proximity s výpočtom ťažiska

Ak prijímač deteguje len jedno zariadenie je táto metóda identická s predchádzajúcou,

$$[X_M; Y_M] = [X_{RZ}; Y_{RZ}]$$

Ak však prijímač deteguje viac referenčných zariadení, vypočíta svoju polohu ako priemer z polôh všetkých detegovaných referenčných zariadení,

$$[X_M; Y_M] = \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_{RZi}; \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N Y_{RZi} \right]$$

kde N je počet detegovaných referenčných zariadení. Nevýhodou tejto metódy môže byť nerovnomerné romiestnenie referenčných zariadení, ktorá môže viesť k nepresnému odhadu polohy.

2.7.3 Proximity s výpočtom váženého ťažiska

V prípade, ak prijímač deteguje len jedno referenčné zariadenie, situácia je stále rovnaká,

$$[X_M; Y_M] = [X_{RZ}; Y_{RZ}]$$

Ak prijímač deteguje viac referenčných zariadení, vypočíta svoju polohu ako vážený priemer z polôh všetkých referenčných zariadení, pričom váhy sú pridelované podľa intenzity zachyteného signálu jednotlivých referenčných zariadení,

$$[X_M; Y_M] = \left[\frac{\sum_{i=1}^N X_{RZi} \cdot W_i}{\sum_{j=1}^N W_j}, \frac{\sum_{i=1}^N Y_{RZi} \cdot W_i}{\sum_{j=1}^N W_j} \right]$$

Kde N je počet detegovaných referenčných zariadení a $[W_i], i = 1, 2, \dots, N$ sú vstupné váhy. Pridelenie váh jednotlivým signálom by malo odstrániť nepresné odhady polohy kvôli nerovnomernému rozmiestneniu referenčných zariadení. Intenzita signálu však môže kolísať a preto ani táto metóda nemusí dosiahnuť ideálnu presnosť, hoci z tejto trojice je najpresnejšou.

2.7.4 Metóda fingerprint (odtlačok prsta)

Táto metóda pozostáva z dvoch krokov. V prvom kroku sa vytvorí digitálna mapa signálov, databáza dvojíc – poloha prijímača a intenzita signálov prijímaných z referenčných zariadení v dosahu. Databáza sa vytvorí buď praktickým meraním alebo použitím matematických metód (použitím matematických metód klesá presnosť). Druhým krokom je určovanie polohy. Prijímač namerá intenzitu signálov všetkých referenčných zariadení v dosahu a tieto hodnoty porovná s databázou. Za správnu polohu je zvolený bod s najpodobnejšou úrovňou signálov. Presnosť metódy závisí od hustoty bodov v databáze. Nevýhodou tejto metódy je lokalizácia na základe intenzity signálu, ktorá môže kolísať

a tým viesť k nepresnému odhadu polohy.

2.7.5 Metóda postupného výpočtu polohy

Podmienkou v týchto výpočtoch je znalosť počiatočnej polohy a k nej sa postupne pripočítavajú vektory vzdialenosti, ktoré sa počítajú zo známeho smeru, rýchlosti a času pohybu podľa

$$X_M = X_0 + L \cdot \cos \alpha$$

$$Y_M = Y_0 + L \cdot \sin \alpha$$

Na zistenie rýchlosti je možné použiť akcelerometre v mobilných telefónoch a na zistenie smeru kompas.

2.7.6 Time Of Arrival

Metóda, ktorá je niekedy nazývaná aj Time of Flight, založená na meraní času od vyslania signálu po jeho príjem. Vďaka tomu, že poznáme rýchlosť šírenia zvuku môžeme určiť vzdialenosť vysielačnej stanice v danej miestnosti. Na určenie polohy pomocou tejto metódy by sme potrebovali aspoň 3 vysielače so známou polohou. Nutnosťou pri tejto implementácii je synchronizácia vysielača a prijímača čo sa dá dosiahnuť niekoľkými spôsobmi:

- presnými synchronizačnými hodinami na oboch stranách
- dvomi signálmi s rozdielnymi frekvenciami (pri posune o viac ako 2π nedetekovateľné)
- referenčným bodom

Značnou nevýhodou tohto prístupu je nutnosť presnej synchronizácie medzi vysielačmi a prijímačom čo je v našom prípade nevyhovujúci atribút, ktorý môže spôsobiť nepresnosti pri určovaní polohy prijímača a nárast náročnosti hardvérovej realizácie [20].

2.7.7 Multilaterácia

Multilaterácia je navigačná technika založená na meraní rozdielov vzdialeností dvoch staníc, ktoré majú známu pozíciu a vysielajú svoj signál v známom čase. Na základe

tohto merania nám vznikne nekonečný počet bodov určujúcich polohu (kruh). Presná poloha sa získava priesečníkom takýchto bodov niekoľkých vysielačích staníc. Tento spôsob výpočtu polohy sa používa v mnohých systémoch medzi ktoré patrí napr. aj GPS.

Na zameranie polohy v dvojdimenzionálnom prostredí nám stačia tri vysielačie stanice a vtedy hovoríme o trilaterácii.

Výpočet polohy je realizovaný na základe Time Difference of Arrival (TDoA), pričom základnými predpokladmi sú:

- t_0 ako počiatočný čas v ktorom sa začne z reproduktorov vysielať signál
- t_i ako čas v ktorom mikrofón zachytí signál z reproduktoru i
- c ako rýchlosť zvuku
- $[x, y, z]$ udávajú pozíciu mikrofónu
- $[X_i, Y_i, Z_i]$ udávajú pozíciu i -teho reproduktoru

Čas šírenia signálu a vzdialenosť (d) medzi reproduktorom a mikrofónom sú vo vzťahu:

$$d_i = c(t_i - t_0) = \sqrt{(x - X_i)^2 + (y - Y_i)^2 + (z - Z_i)^2}$$

Pričom túto rovnicu počítame pre každý reproduktor samostatne. Čas t_i v ktorom sme prijali daný signál môžeme získať od operačného systému mobilného zariadenia. Teda nám zostanú neznáme súradnice mobilného zariadenia $[x, y, z]$ a čas t_0 v ktorom sa začal signál vysielať.

Týmto pádom nám zostávajú 4 neznáme x, y, z a t_0 , na riešenie ktorých sú potrebné 4 nezávislé rovnice. Vzhľadom na skutočnosť, že na každý reproduktor charakterizuje jednu rovnicu, budeme potrebovať minimálne 4 reproduktory na zistenie všetkých hodnôt. Akákoľvek nelineárna optimalizačná metóda môže byť použitá na vypočítanie a minimalizáciu následovnej rovnice:

$$f(x, y, z, t_0) = \sum_i^1 [\sqrt{(x - X_i)^2 + (y - Y_i)^2 + (z - Z_i)^2} - c(t_i - t_0)]^2$$

Zároveň môžeme hodnotu súradníc z a Z_i považovať za konštantnú (priemerná výška v ktorej je držaný smartfón je 1,25m), čím nám vznikajú iba 3 neznáme t_0, x a y . V praktickej aplikácii sa zistilo, že je lepšie resp. presnejšie používať na výpočty viac zdrojov zvuku, pokiaľ tieto zdroje nie sú príliš vzdialené (tiché) alebo si vzájomne neclonia.

Ďalším pre nás podstatným zistením je, že pri kontinuálnom zisťovaní polohy nám stačí t_0 vypočítať na začiatku a potom iba sledovať počet nahraných vzoriek, keďže sa vysielanie signálu opakuje s periódou T , ktorá je známa.

Následným testovaním bolo zistené, že na presné zistenie polohy je ideálny počet $n + 1$ reproduktorov, pričom n je počet neznámych v rovniciach. Tým sa odstráni pravdepodobnosť výberu chybného výstupu [20].

2.8 Systémy na reprodukciu zvuku využívané v nákupných centrách

V každom nákupnom centre je potreba inštalácie ozvučovacieho systému, či už z dôvodu bezpečnosti, a teda pre účely poplašného systému, alebo pre prehrávanie zvukovej kulisy na pozadí. V súčasnosti ponúka riešenia kompletného ozvučenia viacero známych spoločností zameraných na produkciu akustických produktov. Medzi takéto spoločnosti patria najmä BOSCH, BOSE, Philips, atď. My sme sa pri analýze zamerali na dve takéto riešenia:

- Bosch Praesideo
- Philips SM30 / SM40

Tieto produkty patria medzi najvyužívanejšie riešenia vo veľkopriestorových objektoch, a preto sme si ich vybrali ako modelové architektúry akustických systémov. V ďalšej časti tieto produkty zanalyzujeme a opíšeme podrobne, pričom sa zameriame najmä na faktory, ktoré súvisia s týmto projektom, a to:

- podporované zdroje signálu
- zosilňovače
- ústredne
- reproduktory
- možnosti zapojenia

Z nášho pohľadu je potrebné sa zamerať najmä na zapojenie celej architektúry v zmysle počtu výstupných kanálov a prípadnej možnosti modulácie akustických signálov do už existujúcej akustickej stopy (hudby z rádia, cd, atď.) v reálnom čase. Je potrebné zistiť do akej miery sú takéto systémy modulárne a rozšíriteľné.

V ďalšej časti zanalyzujem uvedené akustické systémy pričom sa zameriam na vyššie spomenuté charakteristiky jednotlivých architektúr.

2.8.1 Philips SM30 / SM40

Systémy Philips SM30 a SM40 sú kompaktné, flexibilné a modulárne systémy na ma-
nažment zvuku vo veľkopriestorových objektoch s jednoduchou operáciou. Podporujú
rôzne možnosti zapojenia jednotlivých komponentov, pričom takýto distribučný systém
obsahuje:

- Jedno kontrolné centrum obsahujúce mikroprocesor a plug-in moduly
- Stanice hlásateľa
- Zosilňovače, ku ktorým sú pripájané reproduktory rozmiestnené do geografických
alebo funkčných zón

Systém podporuje maximálne 6 staníc hlásateľa konfigurovaných z kontrolného cen-
tra a je navrhnutý na simultánnu reprodukciu rozličných akustických signálov v odlišných
zónach. V ďalšej časti opíšem základné vlastnosti a funkcie jednotlivých komponentov
systému Philips SM30.

Kontrolné centrum

Centrálnym bodom každého systému je kontrolné centrum, obsahujúce mikroproce-
sor na kontrolu celého systému a 12 slotov použiteľných na rozšírenie systému prostred-
níctvom plug-in modulov. V štandardnej konfigurácii obsahuje systém napájací modul,
obsahujúci koncovky pre hlavný zdroj a záložný +48V DC zdroj, a line out modul.

Systém je mienený na prevádzku dvojkanálového zapojenia. Vstupom pre kanál
určený na prenos oznamov je spravidla stanica hlásateľa, prípadne zdrojové médium s
nahrávkami. Pre kanál určený na prenos hudby na pozadí môže byť vstupom ľubovoľné
zariadenie pripojené line in vstupom. Zosilňovače pre obidva kanály sú pripojené do vý-
stupov Line Out modulu. Dvojkanálové zapojenie umožňuje neprerušované prehrávanie
zvuku na pozadí a oznamov.

Stanica hlásateľa

Stanica hlásateľa slúži na logické a komplexné metódy smerovania a vysielania
oznamov a hudby na pozadí. Keďže každý modul pre vstup zo stanice hlásateľa dokáže
prijímať signál z dvoch takýchto staníc, celé kontrolné centrum poskytuje možnosť zapo-
jenia celkovo 6 staníc hlásateľa. Stanica hlásateľa obsahuje elektretový kondenzátorový
mikrofón, zabudovaný akustický kompresor, zabezpečujúci udržiavanie konštantnej hla-
diny akustického signálu na výstupe aj pri zmene vstupnej hlasitosti hlasu, a vyvažovaný
line level výstup, zabezpečujúci umiestnenie staníc hlásateľa do vzdialenosti až 1000 m
od kontrolného centra.

2.8.2 Bosch Praesideo

Bosch Praesideo patrí k najmodernejším akustickým systémom využívaným vo veľkopriestorových objektoch a je častým výberom pri aktualizácii zo systémov podobných systému Philips SM30. Rovnako ako tieto systémy je BOSCH Praesideo modulárnym systémom, pričom poskytuje nespornú flexibilitu v počte zón, staníc hlásateľa, audio vstupov a výstupov, kontrolných vstupov a výstupov, atď.

Architektúra systému je založená na reťazení zariadení, čo umožňuje zapojenie zariadenia v ľubovoľnej časti "siete" bez akéhokoľvek obmedzenia ostatných zariadení. Zariadenia sú medzi sebou prepojené optickými prepojmami a medeným párom pre zdroj napätia. Využívané sú dve optické jadrá na prenos dát a audio signálov, pričom systém ponúka spracovanie a prenos audio signálov a kontrolných dát výlučne v digitálnej podobe, čo má za následok zlepšenie kvality zvuku. V ďalšej časti opíšem jednotlivé komponenty systému BOSCH Praesideo.

Sieťová riadiaca jednotka

Sieťová riadiaca jednotka je centrálnym prvkom celého systému, s možnosťou smerovania až 28 súbežných audio kanálov, dodávky energie do systému, oznamovania o chybách a celkovej kontroly systému. Audio vstupmi môžu byť stanice hlásateľa, hudba na pozadí alebo akékoľvek lokálne audio zariadenie, pričom samotné zariadenie má 4 analógové audio vstupy a 4 analógové audio výstupy. Jednotka dokáže manažovať maximálne 60 uzlov (zosilňovače signálu, audio expandéry, stanice hlásateľa, atď.) a je navrhnutá na redundantné sieťové zapojenie.

Zosilňovače

Systém Praesideo ponúka štyri typy zosilňovačov, líšiacich sa v počte kanálov a menovitým výkonom každého kanála (1x500W, 2x250W, 4x125W a 8x60W). Každý zosilňovač ponúka možnosť výberu výstupného napätia 100V, 70V alebo 50V. Audio vstup je privádzaný cez optický sieťový kábel. Zosilňovače sú vybavené monitorovaním zosilnenia a prepínacích relé.

Stanica hlásateľa

Stanica hlásateľa slúži na logické a komplexné metódy smerovania a vysielania oznamov a hudby na pozadí.

Audio expandér

Audio expandér dokáže vkladať externé audio do systému a extrahovať audio zo systému. Audio vstupy môžu byť smerované do rôznych zón permanentne alebo na základe určitých vopred definovaných podmienok. Každý zo štyroch audio výstupov môže byť naprogramovaný na extrahovanie audio signálu z ktoréhokoľvek zo štyroch audio vstupov.

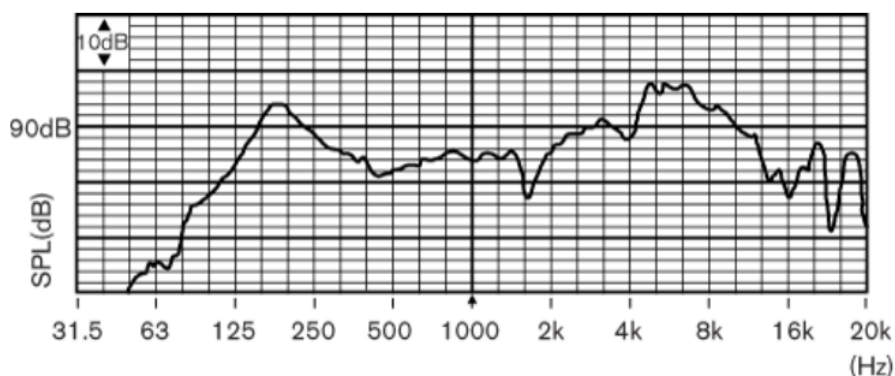
2.9 Reprodukory využívané v nákupných centrách

V nákupných centrách a podobných veľkopriestorových objektoch sa zvyčajne používajú stropné reproduktory. Ako už bolo spomenuté pri opise systémov na reprodukciu zvuku v nákupných centrách, vstupným napätím pre reproduktory zvyčajne býva hodnota 100V. Táto hodnota je zvolená najmä z dôvodu, že je reproduktory častokrát potrebné umiestňovať pomerne ďaleko od zosilňovačov, a teda pri prenose môže vzniknúť pomerne vysoký útlm. Pre naše účely najzaujímavejšími špecifikáciami sú najmä frekvenčná odozva, efektívny frekvenčný rozsah, maximálny výkon vo wattoch a impedancia reproduktoru. Tieto vlastnosti sme sa snažili analyzovať pre reproduktory v rôznych cenových hladinách. Prehľad analyzovaných reproduktorov a ich technickej špecifikácie uvádzame v nasledujúcej tabuľke.

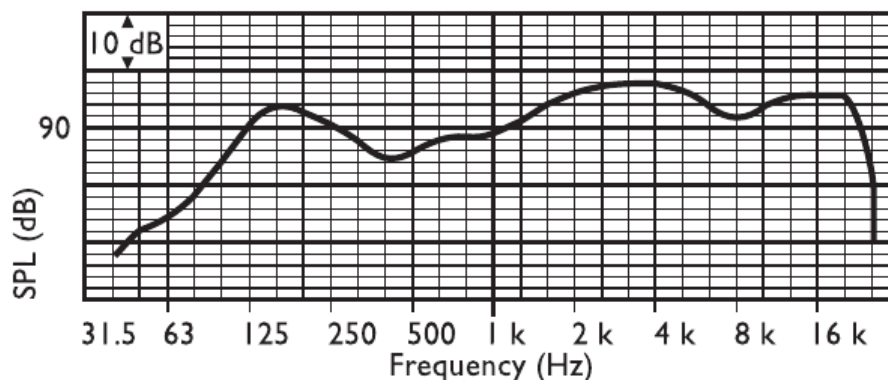
Model	Maximálny výkon [W]	Efektívny frekvenčný rozsah [Hz]	Menovité napätie [V]	Menovitá impedancia [Ω]	Cena [€]
BOSCH LHM 0606/10	9	80 – 18 000	100	1667	15
Monacor EDL-26	10	80 – 14 000	100	-	30
BOSCH LBC 3086/41	9	90 – 20 000	100	1667	40
Monacor EDL-10TW	10	50 – 20 000	100	-	50
BOSCH LBC 3099/41	36	60 – 18 000	100	417	70

Obr. 13: Porovnanie charakteristík reproduktorov

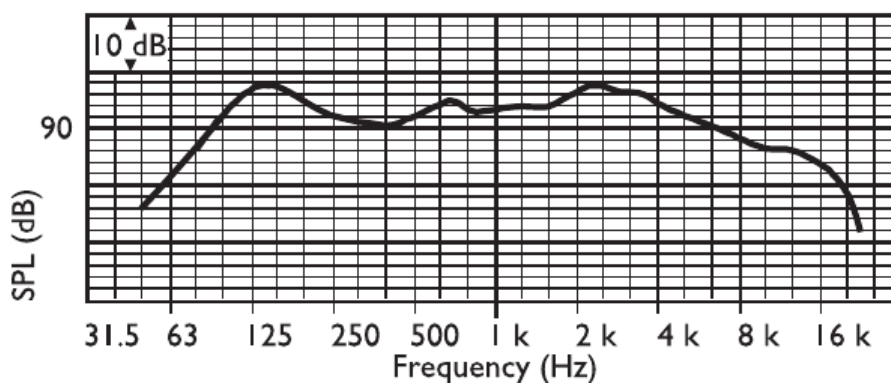
Spoločnosť BOSCH vo svojich špecifikáciách uvádza aj frekvenčnú odozvu svojich modelov. Preto pre ich reproduktory uvedieme aj tento údaj, keďže je pre naše projekt zaujímavý.



Obr. 14: Frekvenčná odozva reproduktoru BOSCH LHM 0606/10



Obr. 15: Frekvenčná odozva reproduktoru BOSCH LBC 3086/41



Obr. 16: Frekvenčná odozva reproduktoru BOSCH LBC 3099/41

2.10 Analógovo digitálne konvertovanie

Na získanie digitálneho signálu, ktorý vie spracovávať procesor, je v schéme mobilného telefónu za mikrofónom použitý analógovo-digitálny prevodník. Tento prevodník vzorkuje prichádzajúce zvukové vlny, ktoré mikrofón reprezentuje ako amplitúdy napätia v danom čase vo voltoch. Väčšina prevodníkov v mobilných telefónoch vzorkuje hodnoty v hĺbke 16 bitov, teda amplitúdy sú v rozsahu $\langle -32768; +32767 \rangle$ a sú reprezentované napätiami napr. v rozsahu $\langle -5V; +5V \rangle$, čo je rozsah 10V. Potom na jeden bit vychádza 10/65536 Voltov. Teda zmena o jednu hodnotu amplitúdy je charakterizovaná zmenou približne o 0.1525mV.

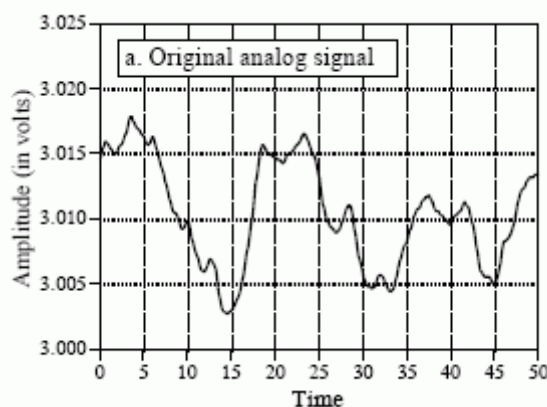
Pri analógovo digitálnom prevode je dôležitá aj vzorkovacia frekvencia, ktorá udáva, koľko vzoriek je mikrofón schopný spracovať za 1 sekundu. Podporované vzorkovacie

frekvencie mikrofónov sú väčšinou 8000Hz, 11025Hz, 16000Hz, 22050Hz, 44100Hz, avšak u rôznych zariadení sú podporované rôzne frekvencie. Z vzorkovacej frekvencie je jasné, za aký časový okamih je možné zachytiť vzorku, pri 44,1kHz je to $1/44100$, čo je zhruba 0.0226ms.

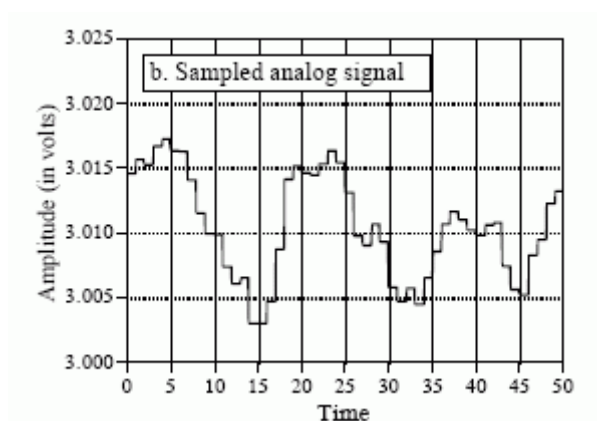
Keď to dáme tieto dve vlastnosti dokopy, pridáme na to, že vzorkovanie nám dáva istú mieru presnosti na základe hĺbky a vzorkovacej frekvencie. Táto chyba sa nazýva *kvantizačná chyba* a je daná dvomi faktami:

1. Amplitúdy voltov z mikrofónu sa musia zaokrúhľovať k najbližšej hodnote PCM danej podľa bitovej hĺbky prevodníka a rozsahu napätia mikrofónu.
2. Pri digitálnom vzorkovaní nikdy nie je možné zachytiť všetky vzorky signálu. Vzorkovacia frekvencia je obmedzená a z nej je jasná dĺžka na akom najkratšom intervale je prevodník schopný zachytiť zvuk.

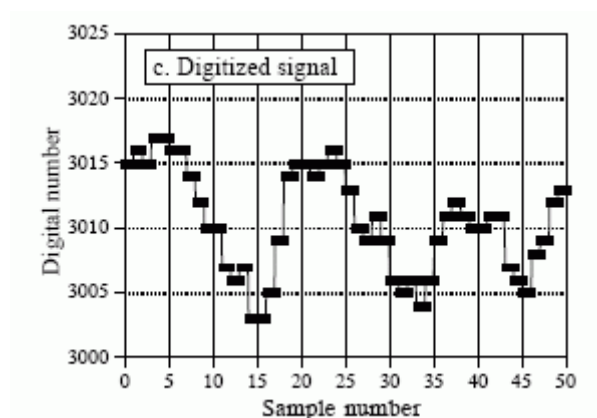
Tieto tvrdenia sú zobrazené na nasledujúcich troch obrázkoch.



Obr. 17: Originálny analógový signál



Obr. 18: Analógový signál navzorkovaný v momentoch daných vzorkovacou frekvenciou



Obr. 19: Navzorkovaný signál zaokrúhlený z Voltov na digitálne bitové hodnoty PCM

2.11 Vmodulovanie signálu do hudby

Na modulovanie nášho požadovaného signálu do hudby je možné použiť viacero programovacích jazykov. Keďže sa pravdepodobne v budúcnosti budeme uberať smerom na čipy (*Arduino* alebo *Raspberry Pi*), ktoré sa o budú starať o generovanie a modulovanie signálu do hudby, budú ďalej rozobrané aj možnosti programovania pre tieto čipy. Základná myšlienka je vytvoriť skript alebo program, ktorý bude vytvárať (vzorkovať) náš modulovaný signál. Generovanie signálu je prakticky vytváranie množiny čísel, resp. poľa čísel, ktoré definuje amplitúdu v čase. Táto amplitúda je sínusová funkcia, ktorá je pri modulácii definovaná inak pre hodnotu 1 a 0, pričom tvar, dĺžka a ďalšie vlastnosti sínusovej vlny závisia od typu modulácie a zvolených parametrov systému. Vmodulovanie signálu do hudby je založené na princípe zmiešavania, čo je prakticky sčítanie amplitúd

viacerých signálov a znormalizovanie zmiešaných amplitúd na interval $\langle -1; 1 \rangle$. Pred vmodulovaním signálu je ešte možné signál upraviť rôznymi spôsobmi a funkciami, ako napr. znížiť intenzitu niektorých frekvencií, aby sa nemiešali s frekvenciou modulovaného signálu a inými.

2.11.1 Wolfram Mathematica a Matlab

Tieto programy ponúkajú rýchlu a jednoduchú prácu s číslami a so signálmi a majú široký balík už implementovaných funkcií na prácu s digitálnym signálom. Vďaka týmto vlastnostiam sa ideálne hodia na prototypovú fázu, kde je potrebné rýchlo otestovať rôzne návrhy programu a skontrolovať reálne výstupy. Tieto programy síce majú oficiálnu podporu aj pre čip *Raspberry Pi*, ale kvôli zachovaniu výkonu, je vhodné ich používať len ako prototypovacie nástroje.

Na najnižšej úrovni modulácie vstupného signálu hodnotami *PCM* (najčastejšie 16 bitovými hodnotami) je programami *Matlab* alebo *Wolfram Mathematica* veľmi jednoduché vygenerovať hodnoty signálu modulovaného zvuku, zmiešať ich s ľubovoľným signálom (hudbou) a prehrať ich. Tieto programy taktiež ponúkajú široké možnosti práce so signálom, ktoré bude možné použiť v budúcom testovaní a rýchlej implementácii návrhu. Sú to napr. funkcie filtrovania, furierových transformácií, konvolúcií a ďalších funkcií.

Signál ktorý chceme modulovať do hudby je možné vytvoriť pomocou funkcie sínus alebo *square* (hranatá funkcia), na ľubovoľnej frekvencii s ľubovoľnou dĺžkou a amplitúdou. Tento signál môžeme programovacími technikami tvarovať do kódu - modulovať ho, teda vytvárať postupnosti bitov a tvarovať signál do ľubovoľného tvaru.

Programy *Matlab* a *Wolfram Mathematica* ponúkajú podobné možnosti práce s číslami, tiež generovanie a moduláciu signálu a jeho výstup v reálnom čase, a teda obe sú schopné ponúknuť možnosti na rýchle otestovanie rôznych modulácií a iných funkcií.

2.11.2 Python

V jednočipových počítačoch *Arduino* a *Raspberry Pi* je *Python* najvyužívanejším skriptovacím jazykom, ktorý ponúka veľké množstvo už vytvorených používateľských knižníc. Podporuje tiež prácu s hardvérom jednočipových počítačov *Arduino* a *Raspberry Pi* a je možné ho použiť spoločne s inými jazykmi (ako napr. C) na dosiahnutie väčšieho výkonu.

2.11.3 C

Jazyk *C* je klasicky podporovaný jazyk pravdepodobne vo všetkých vnorených systémoch a počítačoch a rovnako je podporovaný aj u jednočipových počítačoch *Arduino* a *Raspberry Pi*. Jeho výhodou je vysoký výkon a možnosť práce na nižších úrovniach operačného systému, avšak je komplikovanejší. Keďže signály sú prakticky polia čísel, je možné moduláciu signálov a ich zmiešavanie s hudbou v reálnom čase naprogramovať aj v jazyku *C* bitovými operáciami, čím sa získa vyšší výkon.

2.12 Počuteľnosť frekvencií nad 19000 Hz

Táto podkapitola rozoberá počuteľné spektrum u ľudí a zvierat.

2.12.1 Človek

Ľudské ucho má priemerný frekvenčný rozsah 20 Hz - 20000 Hz. Tento rozsah sa postupne vekom zmenšuje a to viac u mužov ako u žien, deti môžu počuť aj niečo málo nad 20000 Hz [7].

2.12.2 Zvieratá

Ultrazvukové píšťalky pre psov fungujú na frekvenciách od 23000 - 54000 Hz, čo je nad rozsah počutia človeka.

Psi tento zvuk všeobecne nijak neinterpretujú, neboja sa ho, ale zvyčajne spozornejú keď ho počujú, lebo to nie je zvyčajný zvuk. Problém môže nastať vtedy, ak je pes vycvičený na tieto zvuky. Môže s týmto zvukom mať asociáciu, že má pribehnúť k majiteľovi, alebo že robí niečo zle a iné asociácie. Záleží od výcviku psa a okrem toho záleží aj od dĺžky zvuku, teda pes môže byť vycvičený napr. na dva krátke hvizdy, jeden dlhý hvizd alebo iné kombinácie hvizdov.

2.13 Analýza ľudského hlasu

Ľudský hlas je charakteristický svojím frekvenčným pásmom, ktoré sa rozdeľuje na dve časti:

1. Samohlásky - Nesú základné frekvenčné pásmo sily hlasu. Frekvencie sa pohybujú od 300Hz do 750Hz.
2. Spoluhlásky - Nesú frekvenčné pásmo zrozumiteľnosti. Frekvencie sa pohybujú od 900Hz do 3000Hz a viac.

Zjednotením týchto dvoch intervalov dostaneme frekvenčný rozsah hovoreného slova 300Hz - 3000Hz. Presnejšie bol tento interval definovaný ako 300Hz - 3400Hz a tento rozsah je používaný aj v modulácii pre *PSTN* siete. U dospelého muža sa základné frekvenčné pásmo hovoreného slova, teda samohlásky pohybuje zhruba od 85 do 180Hz, čo sa ale líši u každého jednotlivca. U dospelaj ženy je to od 165 do 255Hz. Najdôležitejším faktorom na rozpoznanie reči sú frekvencie spoluhlások, ktoré zabezpečujú zrozumiteľnosť [2].

2.14 Analýza minipočítačov na moduláciu signálu do hudby

Ako modulátor signálu bude pred každý reproduktor umiestnený jeden minipočítač. Jeho úlohou je prijímať zvuk na vstupe, vmodulovať doň lokalizačný signál a následne tento zvuk vyslať na výstup do reproduktora. Pre tento účel nám svojim výkonom a ponúkanými možnosťami stačí tzv. minipočítač. Do úvahy sme brali dve možnosti, ktoré sú bližšie popísané nižšie.

2.14.1 Arduino Uno

Arduino Uno je mikropočítač založený na architektúre ATmega328. Má 14 digitálnych vstupných / výstupných pinov (z ktorých môže byť 6 použitých ako PWM výstupy), 6 analógových vstupov, 16 MHz keramický rezonátor, USB pripojenie, vstup na napájanie, ICSP obsluhu a resetovacie tlačítko. Arduino Uno na rozdiel od ostatných prduktov výrobcu obsahuje čip ATmega328 programovaného ako USB-to-serial konvertér. Na zariadení beží špecializovaný vývojový softvér, a po pripojení zariadenia k počítaču prostredníctvom USB kábla je možné toto zariadenie programovať. Hardvérové parametre zariadenia sú nasledovné:

- Procesor ATmega328
- 32KB Flash pamäť
- 2KB SRAM
- 1KB EEPROM
- 14 Digitálnych I/O pinov (6 z nich poskytuje PWM výstup)
- 6 Analógových vstupných pinov
- Napájanie cez USB

Toto zariadenie sa javí ako vhodné najmä kvôli prítomným šiestim analógovým vstupom a pomerne nízkou cenou. Avšak výkon zariadenia je pre naše účely (spracovávanie audia v reálnom čase) nedostatočný. Cenovo sa toto zariadenie pohybuje na úrovni 25 Eur/kus.

2.14.2 Raspberry Pi II MODEL B

Raspberry Pi II Model B je najnovším produktom z ponuky tohto výrobcu nahrádzajúcim od februára 2015 model Raspberry Pi 1 Model B+. Výkonovo sa toto zariadenie posunulo na úplne inú úroveň. Keďže zariadenie má ARMv7 procesor, môžu na ňom bežať rôzne ARM/GNU Linux distribúcie, zahŕňajúce systém Ubuntu či Microsoft Windows 10. Zariadenie podporuje vývoja aplikácií v rôznych programovacích jazykoch, pričom pre naše účely najvhodnejším je jazyk Python. Hardvérové parametre tohto zariadenia sú nasledovné:

- 900MHz štvorjadrový ARM Cortex A7 procesor
- 1GB RAM
- 4 USB Porty
- 40 GPIO pinov
- HDMI port
- Ethernetový port
- Kombinovaný 3.5mm jack a kompozitné video
- Kamerové rozhranie (CSI)
- Rozhranie monitora (DSI)
- Slot na pamäťovú kartu MicroSD
- 3D grafické jadro VideoCore IV
- Napájanie cez USB

Cena zariadenia sa pohybuje na úrovni cca. 50 Eur/kus, čo je vzhľadom na výkon zariadenia viac než prijateľné. Zariadenie je pre naše účely nadmieru výkonné a svojou ponúkanou konektivitou a výkonom je vhodnejším kandidátom pre vykonávanie potrebných činností v rámci našej navrhovanej architektúry systému.

3 Existujúce riešenia

Pri začatí prác na našom tímovom projekte nás samozrejme zaujímali aj už existujúce riešenia v rámci navigácii pomocou zvuku vnútri budovy. Pri prieskume sme narazili na desiatky, ak nie stovky prác a odborných článkov zaoberajúcich sa touto problematikou no nie všetky spĺňali naše kritéria a mnoho z nich využívalo tie isté princípy a líšili sa iba v nepatrných detailoch. V tejto kapitole si uvedieme tie systémy a práce, ktoré nás najviac inšpirovali a oslovili.

3.1 Shopkick

Shopkick je americká spoločnosť založená v roku 2009, ktorá vyvinula aplikáciu pre smartfóny a tablety pomocou ktorej získajú užívatelia body za vojsenie do partnerských obchodov [1]. Ďalšie body môžu potom nazbierať skenovaním čiarových kódov alebo QR kódov na tovare a aj nákupom v danom obchode. Za nazbierané body užívatelia potom dostanú rôzne darčekové a zľavové poukážky. Momentálne sú partnermi 9 obchodných reťazcov a približne 70 značiek (medzi nimi aj Mondelez, Colgate, Disney a HP). Spoločnosť Shopkick obdrží za každý bod, ktorý dostane užívateľ od príslušného partnera finančnú odmenu. V štvrtom kvartáli roku 2012 navýšila aplikácia svojim partnerským spoločnostiam zisk o 200 miliónov amerických dolárov, čím sme získali inšpiráciu a náhľad na skutočnosť, že systém, ktorý vyvíjame má praktické využitie aj ako marketingový produkt. Na rozdiel od iných aplikácií, ktoré používajú určovanie polohy sa Shopkick nespolieha na trianguláciu pomocou GPS satelitného systému a to hlavne kvôli jeho odchýlkam, vďaka ktorým by nebolo možné spoľahlivo určiť či sa zákazník v obchode nachádza alebo nie. Preto na účely tejto aplikácie použili samostatné reproduktory, ktoré vysielajú signál na frekvencii vyššej ako 20000 Hz, nepočuteľnej ľudským uchom ale detekovateľnej mikrofónom v mobilnom zariadení. V prípade že je signál vysielaný pomocou existujúcich zvukových súprav, vyskytujú sa časté komplikácie s detekciou polohy v priestoroch obchodu. Blížšie technické špecifikácie žiaľ spoločnosť Shopkick nezverejnila na žiadnom z dostupných zdrojov.

3.2 Daredevil

Daredevil je projekt, ktorý vznikol spoluprácou Illinoiskej univerzity, Microsoftu a univerzity Duke [3]. Projekt funguje na báze zamerania mobilného telefónu v miestnosti pomocou zoskupení mikrofónov a následnej triangulácie vysielaného signálu.

Daredevil používa minimálne dve zoskupenia mikrofónov upevnené na vysokom bode ako napr. protiľahlé steny alebo dokonca strop v bodoch s čo najlepšou viditeľnosťou, čím sa minimalizuje dopad odrazov zvuku od okolitých materiálov a prekážok. Predpokladom je nainštalovaná aplikácia, ktorá vygeneruje a následne prehrá zvuk na určitej frekvencii. Jedným z pozorovaní v tomto projekte bol jav pozorovania vysielaného zvuku na rôznych frekvenciách. Odlíšenie zariadení ktoré v danom čase vysielajú je zabezpečené pomocou Time Division Multiplex (TDM) čiže časového multiplexu, pričom synchronizáciu a priradenie príslušnej frekvencie vykonáva príslušný server, ktorý taktiež v neskoršom kroku bude vykonávať výpočet polohy. Aplikácia používa amplitúdovú moduláciu na zakódovanie jedinečného identifikátora pre každé zariadenie (taktiež predelené serverom).

Následne je softvérovo vygenerovaný zvuk, ktorý sa podľa prideleného TDM časového rozvrhu prehrá. Ako bolo už naznačené, zoskupenia mikrofónov sú priamo napojené na lokálny server na ktorom beží softvér pre lokalizáciu zdroja zvuku. Lokálny server na základe nahrávok z mikrofónov vypočíta uhly pod ktorými dorazil zvuk do mikrofónového zoskupenia.

Keďže sú koordináty x a y každého zoskupenia mikrofónov vopred známe a odovzdané ako argumenty pri spustení softvéru na lokálnom serveri je možné pomocou triangulácie vypočítať koordináty x a y telefónneho zariadenia, ktoré mu potom budú cez sieť odoslané. Presnosť tohto systému dosahuje cca 0.97 metra. Technické parametre implementácie: Zvolené frekvenčné pásmo pre túto implementáciu bolo 18000 Hz, hlavne vzhľadom na schopnosť ľudského ucha vnímať frekvencie v rozsahu od 20 Hz do 20000 Hz, ktorá sa však vekom mení (znižuje) a obmedzenia reproduktorov vydávať zvuky želanej frekvencie a amplitúdy. Zoskupenie mikrofónov pracuje v rozsahu $\pm 50^\circ$ s mikrofónom nasmerovaným na každých 5° , pri frekvencii 21000 Hz je vzdialenosť medzi mikrofónmi 8.16mm Časové okno na prehratie signálu telefónom bolo 750ms vzhľadom na oneskorenie v prijímaní príkazu na prehratie (100ms), oneskorenie kvôli časovej synchronizácii siete (150ms) a dostatočne dlhej vzorke signálu (500ms) Pri frekvencii 10000 Hz bola chyba pri presnosti zamerania a v priemere $3,8^\circ$ čo je cca 0,97m a vzdialenosť na ktorú bolo možné telefón detegovať bola približne 10 metrov

Tento spôsob implementácie nie je vhodný pre naše účely hlavne na základe princípu používania mikrofónov a tým pádom aj triangulácie. Žiaľ v našom prípade sa nemôžeme spoliehať na to, že zariadenie bude vybavené viacerými mikrofónmi a že budeme mať možnosť inštalovať dodatočný hardvér. Napriek tomu nás tento spôsob implementácie nasmeroval na riešenia pomocou Time of Arrival (TOA) hlavne vzhľadom na smerovosť mikrofónov v mobilných zariadeniach. Ak by sme sa pokúšali odhadnúť resp. vypočítať

vzdialenosť vysielача od mobilného zariadenia pomocou výšky amplitúdy narazili by sme na množstvo problémov a to hlavne v rámci „zorného poľa“ mikrofónu. V prípade ak by sa medzi vysielacom a mikrofónom nachádzalo cudzie teleso alebo dokonca dostatočne hlučný šum v okolí, zachytené dáta by boli nepoužiteľné.

3.3 Lokalizácia vo vnútri budovy

Pri našom výskume v rámci lokalizácie pomocou Time of Arrival sme narazili na projekt, ktorý vznikol spoluprácou Kalifornskej univerzity a FX Palo Alto Laboratory, ktorý sa zaoberal využitím už existujúcej infraštruktúry vysielачov (reproduktorov) na vysielanie (pre ľudské ucho) takmer nepočuteľných zvukov a následného zamerania polohy [18].

Zvuk ktorý bol prehrávaný z reproduktorov, bol pseudonáhodný biely šum, ktorý je možné kombinovať s hudbou alebo inými zvukmi určenými na prekrytie. Pre jednoduchú synchronizáciu vysielaného zvuku boli na prehrávanie použité, ľahko dostupné, zvukové karty pre 5.1 resp. 7.1 reproduktorové zostavy. Na správne fungovanie bolo taktiež potrebné vzájomne synchronizovať zdroj vysielania a nahrávacie zariadenie (mobil, tablet).

Prehrávaný signál obsahuje periodické pseudo náhodné sekvencie s periódou približne 0.5 sekundy, pričom kombinácia tohto signálu a hudby má malý vplyv na výkon systému. V tomto móde nie je potrebná prvotná synchronizácia medzi vysielacom a prijímačom a taktiež nie je potrebný server na realizáciu výpočtov. Zariadenie nahráva zvuk a v prípade ak chce vedieť svoju polohu, jednoducho ju odošle na server a ten mu ju pomocou trilaterácie vypočíta.

Pre nás podstatnými zisteniami z tohto projektu je prístup pomocou Time Difference of Arrival, čo nás nasmerovalo na ďalší smer v rámci výskumu. Použitie bieleho šumu na zakódovanie vysielania by mohlo byť v našom projekte taktiež použiteľné pri reálnom nasadení.

3.4 Global Positioning System (GPS)

GPS je Globálny Navigačný Satelitový Systém (GNSS), ktorý celosvetovo poskytuje voľne dostupné služby určovania polohy a synchronizácie. GPS prijímacie počítaajú svoju polohu využitím satelitnej technológie založenej na triangulácii.

Štruktúra GPS systému pozostáva z troch zložiek: kozmická riadiaca používateľská

Kozmická časť je tvorená sústavou družíc rozmiestnených na šiestich obežných dráhach vysielajúcich navigačné signály (21 aktívnych, 3 záložné). Družice obiehajú vo

výške 20 200 km nad povrchom a rovnakú vzájomnú polohu nad daným bodom zopakujú za 11 h 58 min. Pre komunikáciu a synchronizáciu je každá družica vybavená prijímacou a vysielačou anténou a atómovými hodinami. Družica prijíma, spracováva, uchováva a vysiela informácie z/do pozemného riadiaceho centra, na základe ktorých môže korigovať svoju dráhu dýzami, alebo informuje o svojom stave riadiace centrum.

Riadiaca zložka je zodpovedná za samotný chod systému a je tvorená systémom hlavnej riadiacej stanice, šiestich monitorovacích pozemných staníc umiestnených v rôznych častiach sveta a troch vysielačích staníc, ktoré komunikujú s družicami. Monitorovacie stanice pasívne monitorujú satelity a informujú o stave MCS (Master Control Station). MCS počíta parametre jednotlivých obežných dráh, koriguje presný čas a raz denne predáva tieto informácie satelitom.

Z používateľského pohľadu poskytuje GPS dva druhy služieb:

- a) GPS Precise Positioning Service (stovky tisíc používateľov, vojenské účely)
- b) GPS Standard Positioning Service (milióny používateľov, civilné a vedecké účely)

Užívateľská zložka je tvorená GPS prijímačmi, užívateľmi samotnými, vyhodnocovacími nástrojmi a postupmi potrebnými na vyhodnotenie meraní. GPS prijímače vykonávajú na základe prijatých signálov z družíc predbežné výpočty polohy, rýchlosti a času. Pre výpočet všetkých štyroch súradníc je potrebné prijímať signály aspoň zo štyroch družíc.

Každý zo satelitov vysiela na dvoch rovnakých frekvenciách, konkrétne 1.57542 GHz (L1 signál) a 1.2276 GHz (L2 signál), pričom využíva techniku kódového multiplexu (CDMA spread spectrum), pričom každý so satelitov má svoj vlastný PRN (pseudonáhodný) kód. Prijímač na základe znalosti týchto kódov dekóduje správy od jednotlivých satelitov. V civilnom GPS sa tieto kódy nazývajú C/A kódy, vojenské sa nazývajú P kódy, pričom P kódy vysielaajú 10-násobne viac chipov za sekundu (10.23 miliónov chipov/s) ako C/A kódy, čo zvyšuje ich odolnosť voči rušeniu. L3 signál na 1.38105 GHz je používaný na prenos dát zo satelitov na pozemné stanice. L4 signál na 1.379913 GHz je používaná na dodatočnú ionosférickú korekciu. The L5 frekvencia 1.17645 GHz je určená na vedecké účely.

4 Merania

4.1 Voľba optimálnej frekvencie

Po úvodnej analýze a oboznámením sa s riešením problémom bolo dôležitou úlohou zvolenie pracovnej frekvencie, na ktorej bude celý náš navigačný systém fungovať. V ideálnom prípade by bolo vhodné zvoliť frekvenciu, ktoré ľudské ucho nepočuje, čiže 20000 Hz a viac. V našom prípade ale bude zvolená pracovná frekvencia závisieť od dvoch vecí:

1. frekvenčnej charakteristiky reproduktora, ktorý bude signál vysielat
2. frekvenčnej charakteristiky mikrofónu, ktorý bude signál zachytávať

Reproduktory v nákupných centrách bývajú väčšinou širokopásmové [11]. Slúžia na prenášanie celého počuteľného spektra zvuku. Nakoľko sú namáhané, ich kvalita je obmedzená. Využívajú sa v nákupných centrách, rádiách a v spotrebnej elektronike. V priemere dokáže preniesť frekvencie od 100 Hz do 10000 Hz. Na nižšie frekvencie je potrebný osobitný basový reproduktor (do 1500 Hz), pre vyššie výškový reproduktor (>2000 Hz). Na frekvencii od 300 – 6000 Hz sú určené stredopásmové reproduktory. V našom projekte budeme uvažovať širokopásmové reproduktory.

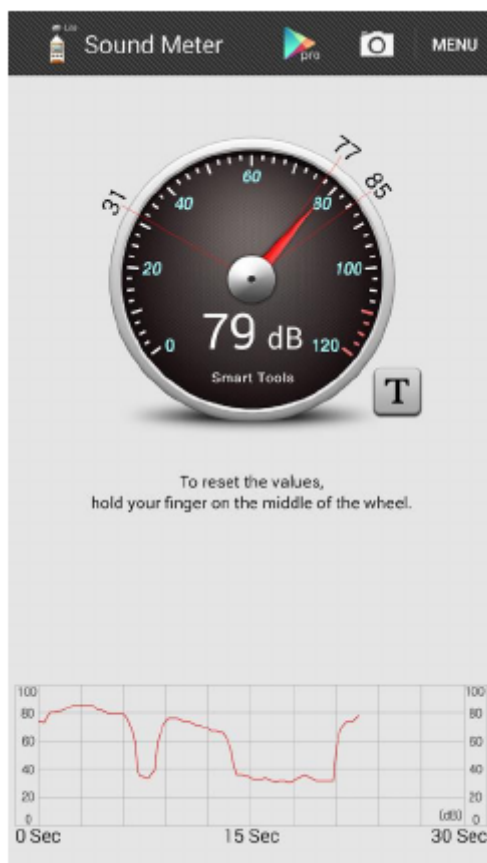
Druhým aspektom pri zisťovaní pracovnej frekvencie bola frekvenčná charakteristika mikrofónov v bežných mobilných zariadeniach. Frekvenčná charakteristika mikrofónu určuje, ako je mikrofón schopný prijímať frekvenčné spektrum. Meranie frekvenčnej charakteristiky mikrofónov sme uskutočnili v experimentálnych podmienkach – tichá miestnosť o rozmeroch 10 x 4 m. Testovali sme zariadenia od dvoch popredných výrobcov smartfónov – Samsung a HTC. Konkrétne sa jednalo o telefóny:

- HTC Evo 3D
- Samsung Galaxy S3 (I9300)

Ďalšou dôležitou charakteristikou mikrofónu je jeho smerová charakteristika, čiže jeho priestorová citlivosť [10]. Pre naše účely by bol potrebný mikrofón so všesmerovou charakteristikou, čiže intenzita prijatého signálu nezávisí na smere dopadu zvukovej vlny na mikrofón. Pokiaľ by intenzita závisela od smeru dopadu zvuku, predstavovalo by to problém. Poloha používateľa by sa potom menila v závislosti od natočenia k reproduktoru.

Meranie

Na meranie intenzity zvuku sme použili voľne dostupný softvér pre OS Android – Sound Meter (obrázok) od spoločnosti Smart Tools [17]. Tento softvér umožňuje merať intenzitu signálu na základe údajov prijatých na mikrofónne zariadenia a tieto údaje v real-time vykresľovať do grafu, ako závislosť času (s) od intenzity (dB).



Obr. 20: Aplikácia Sound Meter

Počas referenčného ticha ukazoval Samsung hodnotu intenzity 30 dB a HTC hodnotu 40 dB. Pri návšteve rušného nákupného centra mala intenzita zvuku hodnotu 73dB (Samsung) a 90dB (HTC). Vyššie namerané hodnoty u HTC môže naznačovať citlivejší mikrofón, alebo len softvérové zesilnenie. Taktiež, maximálna intenzita merateľná na oboch telefónoch je hardvérovo obmedzená. Pre Samsung Galaxy S3 bola určená na 84 dB, na HTC Evo 3D je to 136 dB. Ako vysielateľ signálu (reproduktor) sme použili prehrávač Philips AZ 783/12.

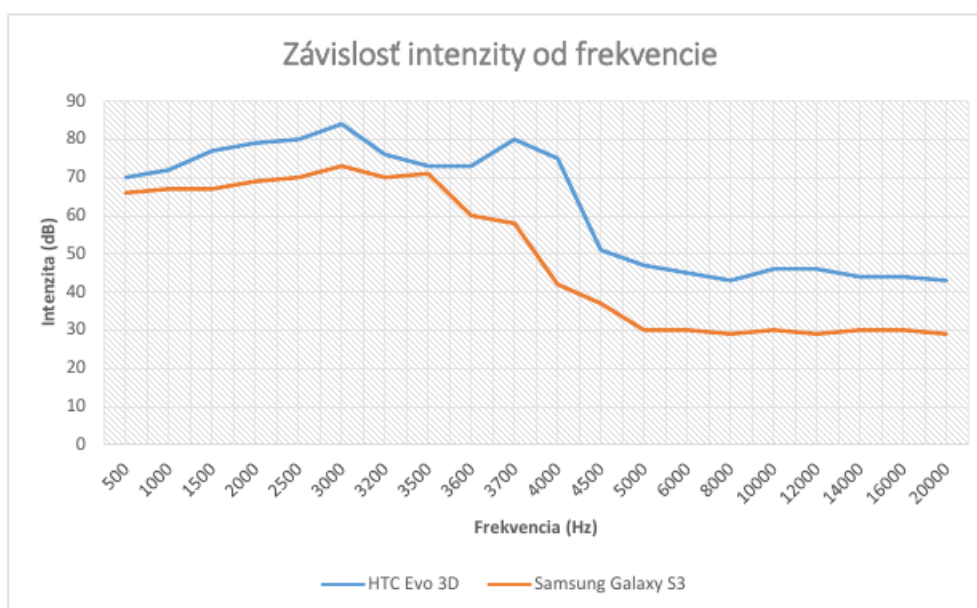
Tento experiment bol rozdelený do troch častí:

1. Meranie závislosti intenzity od zvolenej frekvencie

2. Závislosť intenzity optimálnej frekvencie od vzdialenosti od vysielača

3. Smerová charakteristika (priestorová citlivosť) mikrofónov

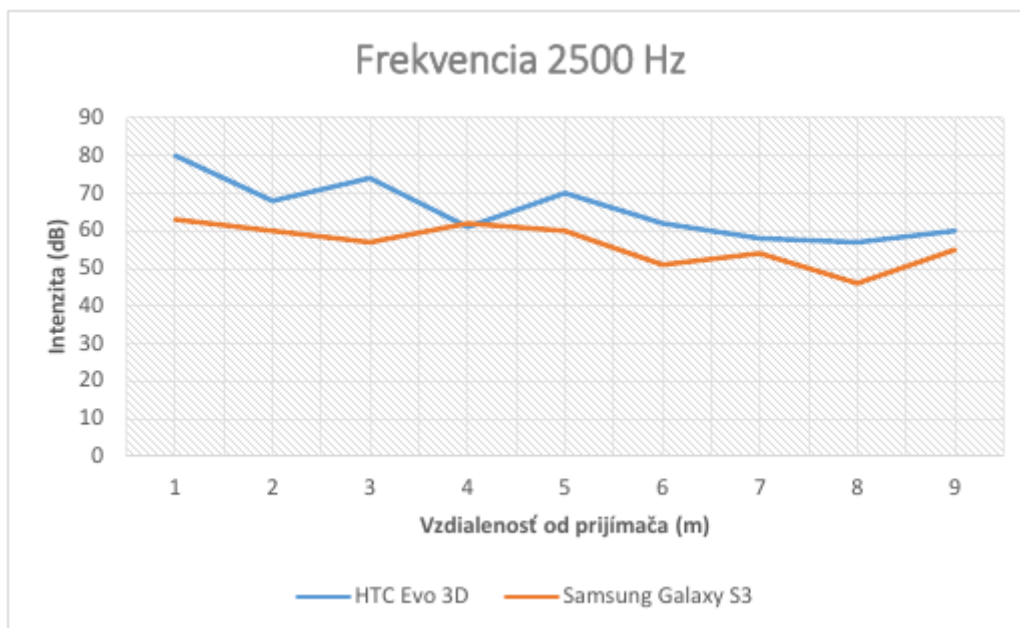
V prvej časti experimentu sme telefóny položili do konštantnej vzdialenosti od reproduktora. Do reproduktora sme následne vysielali frekvencie v rozsahu od 20 Hz do 20000 Hz a na telefónoch pozorovali zmenu intenzity prijatého signálu. Závislosť intenzity od frekvencie je zobrazená na nasledujúcich obrázkoch. Na x-ovej je znázornená frekvencia v hertzoch (Hz), na y-ovej osi je to intenzita signálu v decibeloch (dB).



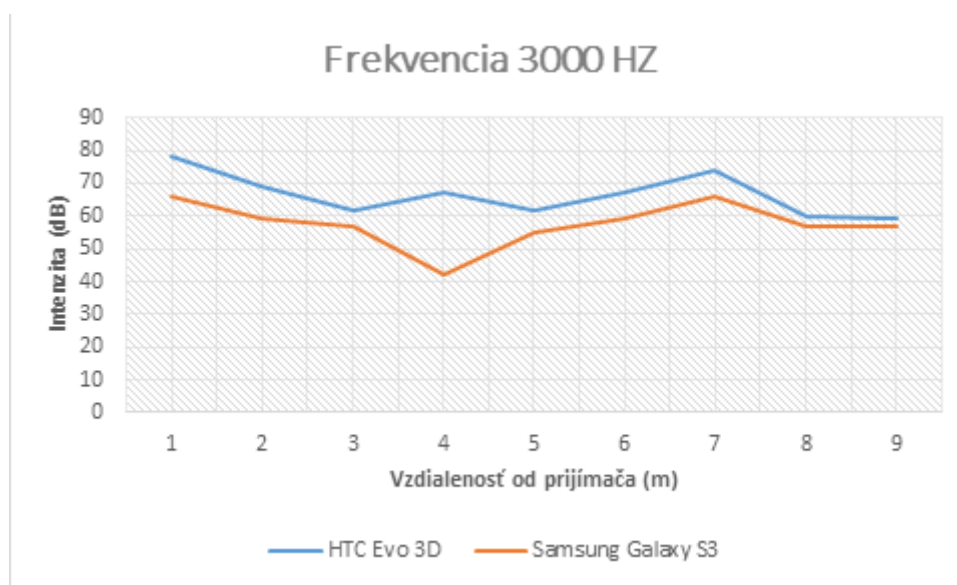
Obr. 21: Závislosť intenzity od frekvencie

Ako možno pozorovať, obe zariadenia majú veľmi podobnú frekvenčnú charakteristiku. Najvyššie hodnoty sme dosahovali pri intenzite okolo 3000 Hz. Od 4000 Hz začala intenzita rapídne klesať. To odpovedá fakt, že tieto mikrofóny sú prispôbené na prenos ľudskej reči, ktorá sa pohybuje na rozhraní 300 – 3400 Hz.

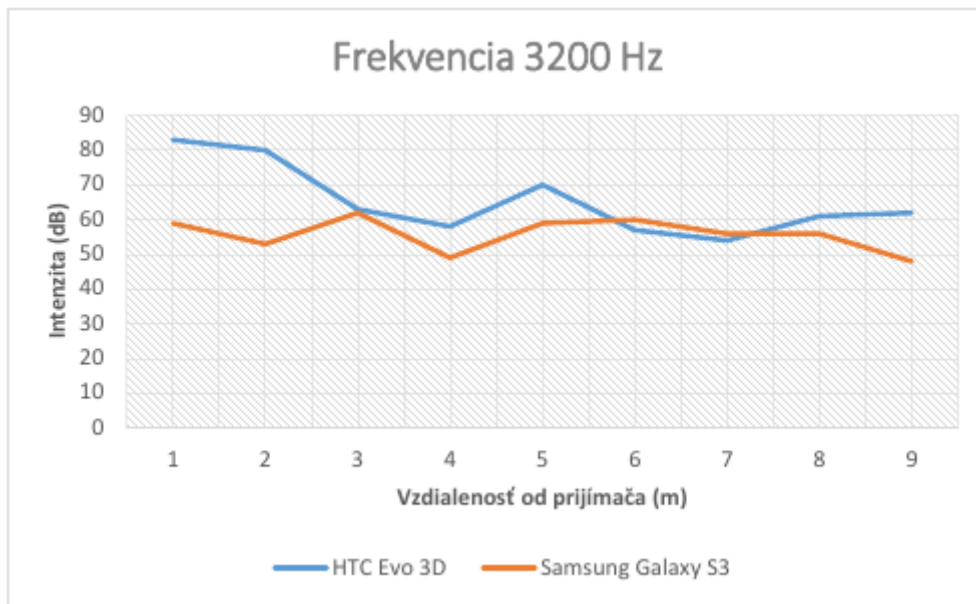
Po uskutočnení tohto merania sme si za vhodné frekvencie zvolili pásmo 2500 – 4000 Hz. Následne sme na zvolených frekvenciách na intervale vykonali merania intenzity signálu, vzhľadom na vzdialenosť od vysielača.



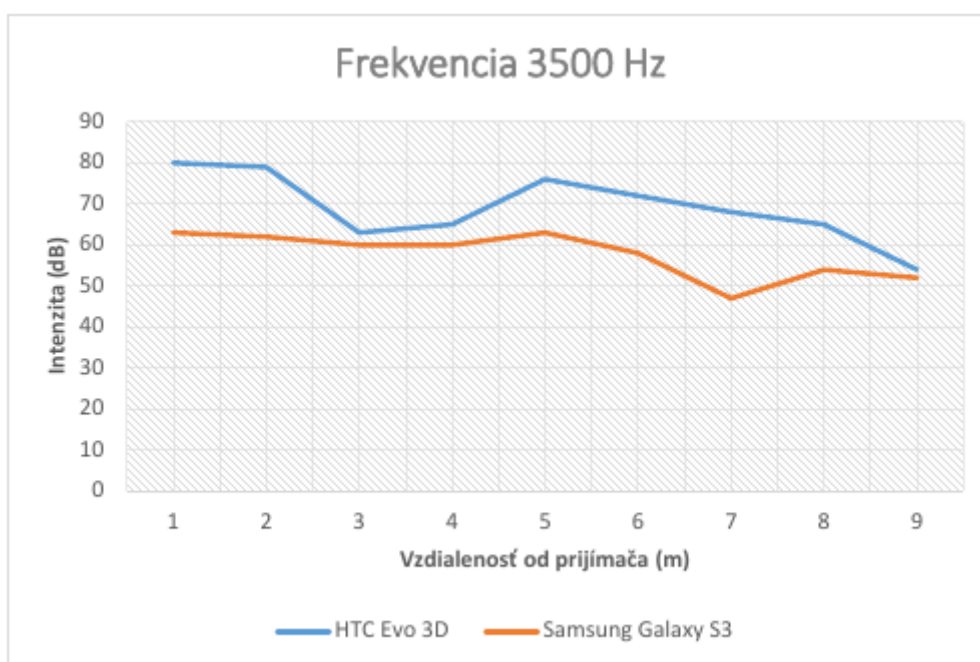
Obr. 22: Meranie intenzity signálu na frekvencii 2500 Hz



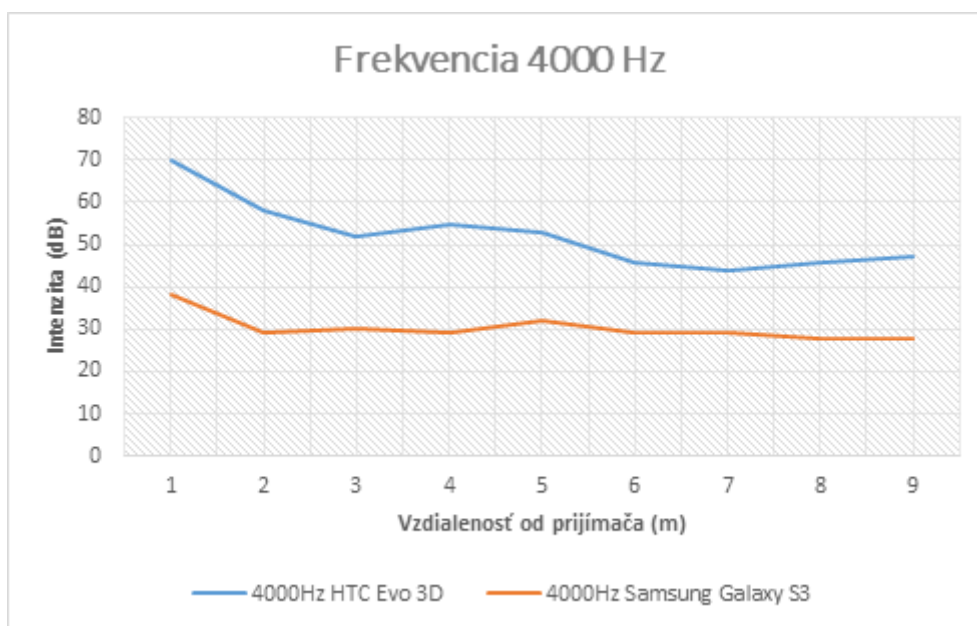
Obr. 23: Meranie intenzity signálu na frekvencii 3000 Hz



Obr. 24: Meranie intenzity signálu na frekvencii 3200 Hz



Obr. 25: Meranie intenzity signálu na frekvencii 3500 Hz



Obr. 26: Meranie intenzity signálu na frekvencii 4000 Hz

Na základe dosiahnutých výsledkov meraní (obrázky) má zvolená pracovná frekvencia hodnotu v rozmedzí od 2500 do 3500 Hz.

Posledným krokom experimentu bolo zistiť smerovú charakteristiku a priestorovú citlivosť mikrofónov. Na toto meranie sme použili frekvenciu 3000 Hz. Telefón (Samsung Galaxy S3) sme položili v konštantnej dĺžke od vysielača a postupne ho otáčali. Pri každom otočení sme odčítali hodnotu intenzity. Na HTC Evo 3D sme spozorovali rovnaké správanie.

uhol (°)	intenzita (dB)
0	55
45	55
90	48
135	56
180	54
225	52
270	38
315	52

Obr. 27: Smerová charakteristika a priestorová citlivosť mikrofónov

Ako možno vidieť, intenzita signálu sa mení s uhlom otočenia telefónu.

Na základe experimentov sme zistili optimálne frekvenčné pásmo pre náš projekt – 3kHz. To ale môže predstavovať problém, z viacerých dôvodov. 3000 Hz sa nachádzajú v spektre frekvencií, ktoré počuje ľudské ucho. Taktiež, šum okolia zodpovedá frekvenciám od 8000 Hz nižšie, čo by mohlo spôsobiť rušenie nášho vysielaného signálu a znepresniť (prípadne znemožniť) správnu lokalizáciu používateľa.

Ďalším problémom je smerová charakteristika a priestorová citlivosť mikrofónov. Pokiaľ budeme zameriavať užívateľa podľa intenzity prijatého signálu, mohlo by sa stať, že aj otočenie užívateľa na mieste by potenciálne mohlo zmeniť jeho polohu. Fakty zistené v tomto experimente negatívne vplyvajú na celkovú realizovateľnosť nášho projektu.

4.2 Merania BPSK modulácie mikrofónmi

Pred výberom návrhu jadra aplikácie, teda spôsobu modulácie vysielaných signálov boli vykonané merania mikrofónmi dvoch mobilných telefónov. S výberom modulácie bude v návrhu súvisieť neskôr aj spôsob rozpoznania signálu a spôsob lokalizácie v priestore, čo znamená, že bolo nutné vopred rozhodnúť, či môže byť daný spôsob nie len teoreticky, ale aj prakticky funkčný. Merania boli vykonávané najprv na jednom vyslanom *BPSK* modulovanom signále istej *chipovej* postupnosti v istej vzdialenosti, aby sa zistilo, akú amplitúdovo časovú charakteristiku robí mikrofón a hardvér telefónu. V ďalších meraniach sa testovalo na konkrétnom scenári s dvoma reproduktormi a dvomi kolmými *BPSK* modulovanými kódmi v istých vzdialenostiach mobilného telefónu od reproduktorov.

Merania boli pre porovnanie vykonané aj dvomi štúdiovými mikrofónmi - jedným dynamickým mikrofónom *Soundking EH002* a kondenzátorovým mikrofónom *Shure PG27* s externou zvukovou kartou *Presonus AudioBox 22VSL* s USB výstupom do počítača.

4.2.1 Merania mikrofónmi mobilných telefónov

Merania boli vykonávané na frekvenciách 441Hz, 735Hz, 2205Hz a 3675Hz. Tieto frekvencie boli vybrané z dôvodu frekvenčnej charakteristiky mikrofónov mobilných telefónov, ktoré sú prispôbené ľudskej reči (viď. Analýza ľudskej reči). Vzdialenosti meraní boli určené na 10cm, 1m, 2m, 3m, 4m. Testovacie mobilné telefóny boli *Samsung S3* a *Xiaomi Mi3*. Zvuk bol nahrávaný vlastnou testovacou aplikáciou, ktorá čítala čisté dáta priamo z mikrofónu. Dáta boli vzorkované frekvenciou 44100Hz a kódované do 16 bitových PCM hodnôt. Meranie v každej vzdialenosti a na každej frekvencii

bolo vykonané dva krát. Referenčný vyslaný signál bol prvý kód zamodulovaný *BPSK* moduláciou

Kódy mali chipové sekvencie:

- 1. kód

1100001100111100110000110011110000111100110000110011110011000011
0011110011000011001111001100001111000011001111001100001100111100

- 2. kód

1100001100111100001111001100001111000011001111000011110011000011
1100001100111100001111001100001111000011001111000011110011000011

Z meraní vyšla najlepšie frekvencia 3675Hz, kde boli korelácie najvyššie a najpresnejšie a k nej je aj uvedená nasledujúca tabuľka:

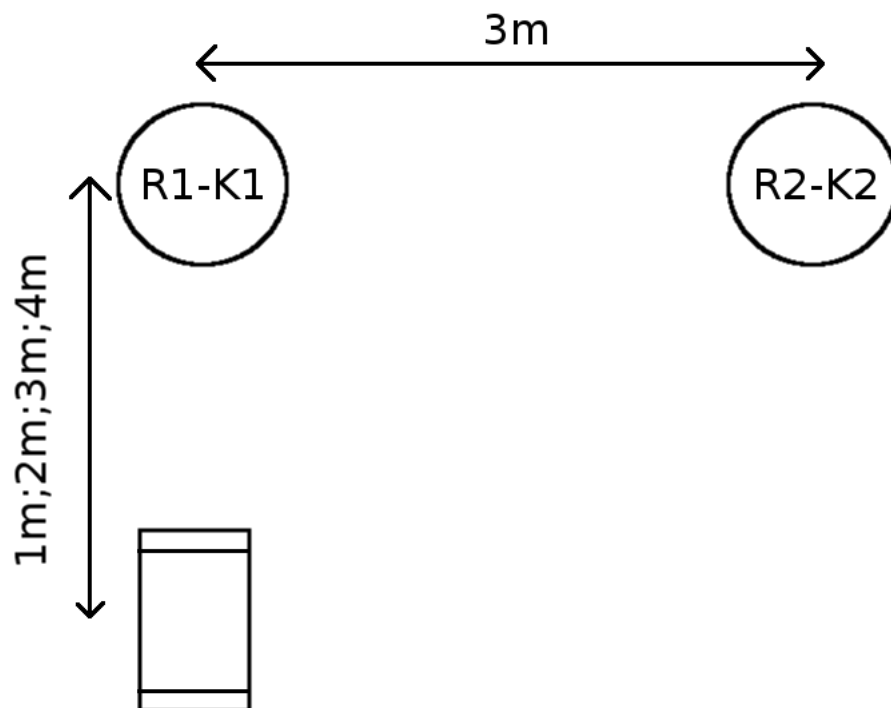
MERANIE KORELACIE Z JEDNEHO REPRODUKTORU												
Mikrofón	M1 (Xiaomi)						M2 (Samsung)					
	Kód 1						Kód 1					
Vyslaný Kód	3675Hz (12 samplev)						3675Hz (12 samplev)					
Frekvencia	VZORKA1						VZORKA2					
Vzorka	Korelácia s kódom 1		Korelácia s kódom 2		Korelácia s kódom 1		Korelácia s kódom 2		Korelácia s kódom 1		Korelácia s kódom 2	
0.1	K1=0.651204,I1=12619	K2=0.088157,I2=13201	K1=0.655125,I1=14842	K2=0.092021,I2=15424	K1=0.408717,I1=12981	K2=0.136018,I2=13549						
1	K1=0.363596,I1=8826	K2=0.057342,I2=8640	K1=0.377898,I1=9668	K2=0.061091,I2=9482	K1=0.471036,I1=6421	K2=0.196147,I2=6222						
2	K1=0.373864,I1=3848	K2=0.055534,I2=4814	K1=0.393838,I1=3397	K2=0.058612,I2=4364	K1=0.743508,I1=6363	K2=0.109573,I2=6555	K1=0.813660,I1=4726	K2=0.120633,I2=4918				
3	K1=0.321931,I1=4566	K2=0.051445,I2=5910			K1=0.671150,I1=3383	K2=0.093740,I2=6966	K1=0.608023,I1=4586	K2=0.020940,I2=5851				
4					K1=0.707939,I1=3793	K2=0.076168,I2=11075	K1=0.481545,I1=2611	K2=0.052825,I1=5388				

Obr. 28: Tabuľka merania korelácií z jedného reproduktoru

V tabuľke sú uvedené pre každú vzorku dve korelácie. Jedna korelácia(*K1*) je s kódom 1, čo je vyslaný kód, táto korelácia by mala byť čo najvyššia, druhá korelácia(*K2*) je s kódom 2, ktorý nebol vyslaný a mala by výjsť čo najnižšia, čo bude indikovať, že korelácia nenájde v jednom kolmome kóde iný. Vedľa korelácií sú uvedené indexy *I1* a *I2*, ktoré označujú v ktorej vzorke v audio nahrávke začal signál. Správnosť tohoto indexu bola overovaná ručne na grafe signálu porovnanom s referenčným signálom.

Bunky vyfarbené zelenou farbou mali správne určený index a sú považované za úspešné vyhodnotenie fungovania korelácie a nájdenia presnej polohy začiatku signálu v ruchu. Bunky vyfarbené červenou farbou označujú nesprávne nájdený index začiatku signálu.

Ako ďalšie boli vykonané merania na scenári podľa nasledujúceho obrázka, kde sa mobilným telefónom meralo na 4 rôznych vzdialenostiach. V scenári sú dva reproduktory, ktoré vysielajú 2 kolmé kódy - kód 1 a kód 2 :



Obr. 29: Scenár merania 1

Výsledky meraní sú zhrnuté v nasledujúcej tabuľke, pričom očakávaný rozdiel v indexoch začiatku signálu je pre 4m - 280 samplov; 3m - 208 samplov; 2m - 161 samplov a pre 1m - 129 samplov.

Mikrofón Kód Frekvencia Vzorka	MERANIE KORELÁCIE (SCENAR 1 – Vľavo)							
	M1 (Xiaomi)				M1 (Xiaomi)			
	L - Kód 1 R - Kód 2				L - Kód 1 R - Kód 2			
	3675Hz				3675Hz			
Vzdialenosť [m]	VZORKA1				VZORKA2			
1	K1=0.258327;I1=12672	K2=0.133474;I2=12831	K3=0.001884;I3=8340	Delta samplov a času d12=259;d12t=0.005873	K1=0.267841;I1=11597	K2=0.127656;I2=11857	K3=0.001983;I3=1865	Delta samplov a času d12=260;d12t=0.005896
2	K1=0.131173;I1=3254	K2=0.116868;I2=3324	K3=0.002535;I3=878	d12=70;d12t=0.001587	K1=0.165207;I1=6450	K2=0.146992;I2=6640	K3=0.001776;I3=3233	d12=190;d12t=0.004308
3	K1=0.275625;I1=5572	K2=0.144278;I2=5735	K3=0.002179;I3=5019	d12=163;d12t=0.003696	K1=0.243526;I1=6556	K2=0.162805;I2=6718	K3=0.002284;I3=2865	d12=162;d12t=0.003673
4	K1=0.206366;I1=6439	K2=0.133774;I2=7073	K3=0.002495;I3=3070	d12=634;d12t=0.014376	K1=0.181328;I1=5241	K2=0.141811;I2=5875	K3=0.001687;I3=1872	d12=634;d12t=0.014376

Obr. 30: Výsledky merania podľa scenára 1

V tabuľke sú uvedené pre každú vzorku tri korelácie a rozdiel v indexoch vzoriek pre kód 1 a 2. Korelácia s kódom 3 je uvedená len na ukázanie, či korelácia s iným kolmým kódom nemôže prekryť iné. Korelácia s kódmi 1 a 2 by mala byť vysoká, pričom korelácia s kódom 3 minimálna. Vypočítané indexy boli opäť porovnávané referenčným signálom manuálne. Podľa rozdielu indexov vzoriek, ktoré porovnáme s očakávanými hodnotami pre danú vzdialenosť môžeme určiť nakoľko bolo dané meranie presné.

Bunky vyfarbené zelenou farbou pre korelácie indikujú, že začiatok signálu bol úspešne nájdený, bunky pre stĺpec *delta samplov* vyfarbené na zeleno indikujú, že rozdiel samplov je v tolerancii 20%. Bunky vyfarbené žltou farbou indikujú toleranciu do 50% delta samplov. Bunky vyfarbené červenou farbou nenašli začiatok signálu správne a nevyhovujú žiadnej tolerancii.

Z týchto meraní je možné zhodnotiť, že merania jedného signálu sú pomerne presné oboma mobilmi na všetkých vzdialenostiach. Korelačné čísla sú vysoké a indexy zodpovedajú takmer vo všetkých prípadoch začiatku signálu. Výstupy mobilných telefónov sú rozdielne, pričom *Samsung S3* podával lepšie výsledky. Po prezretí signálu bolo zistené, že amplitúdy zachytené týmto mobilom sú omnoho silnejšie ako pri mobile *Xiaomi Mi3*, avšak detail signálu je slabší. Korelácia s iným kódom bola nízka, čo znamená, že iný signál nemôže byť detekovaný ako správny a dá sa vyfiltrovať podľa korelačných koeficientov.

Pri meraní v scenári 1 boli praktické výsledky horšie. Očakávané rozdiely začiatkov signálov boli pomerne vysoké a spôsobovali by v niektorých prípadoch metrové až niekoľko metrové odchýlky. Zelené signály majú odchýlku do 20 cm, čo je dobré. Korelácia s dvoma reproduktormi bola úspešná len na vzdialenosť 1 m. Praktické výsledky vo finálnom modeli s 4 reproduktormi môžu byť očakávané horšie. Korelácia s iným kolmým kódom(K3) bola zanedbateľná.

4.2.2 Merania štúdióvymi mikrofónmi

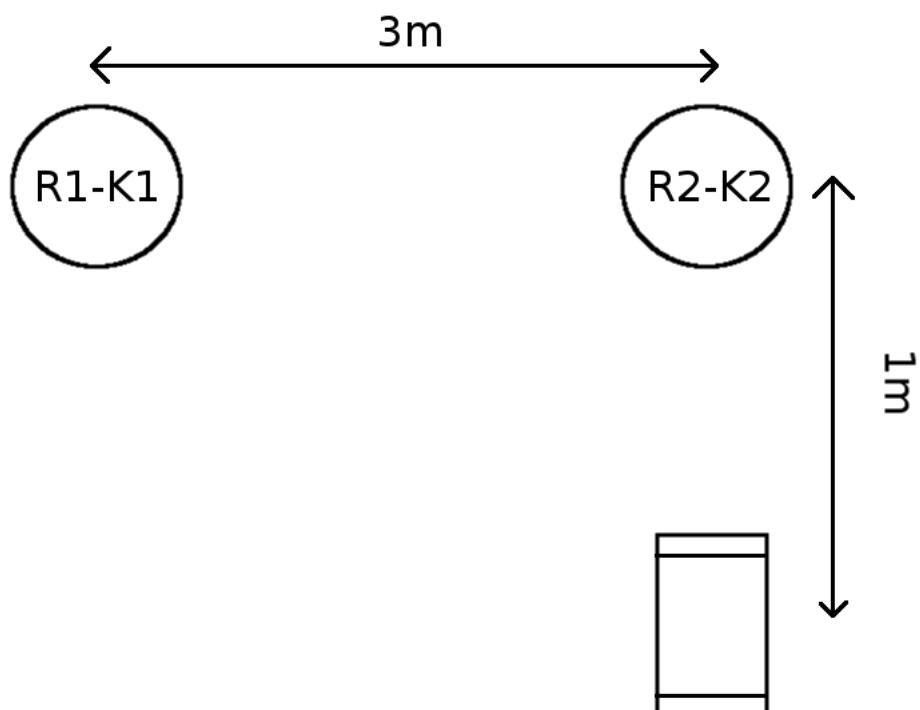
Merania boli vykonané aj vyššie uvedenými štúdióvymi mikrofónmi na porovnanie výsledkov korelácie a analýzu amplitúdovo časovej charakteristiky. Cieľom bolo zistiť, či sú štúdiové mikrofóny vzhľadom k ich lepšej schopnosti zachytávať zvuk schopné presnejšie zachytiť zmenu fázy.

Meranie z jedného reproduktora:

Mikrofón Vzdialenosť	Meranie korelácie (JEDEN REPRODUKTOR)							
	M1 (Soundking dynamicky)				M2 (Shure kondenzatorovy)			
	10cm		1.5m		10cm		1.5m	
	Korelácia	Index	Korelácia	Index	Korelácia	Index	Korelácia	Index
1	0.5764	246	0.206	11387	0.6297	7331	0.4016	3859

Obr. 31: Meranie z jedného reproduktora

Scenár 1 pre meranie štúdiových mikrofónov. Očakávaný rozdiel začiatkov signálov je 280 samplov:



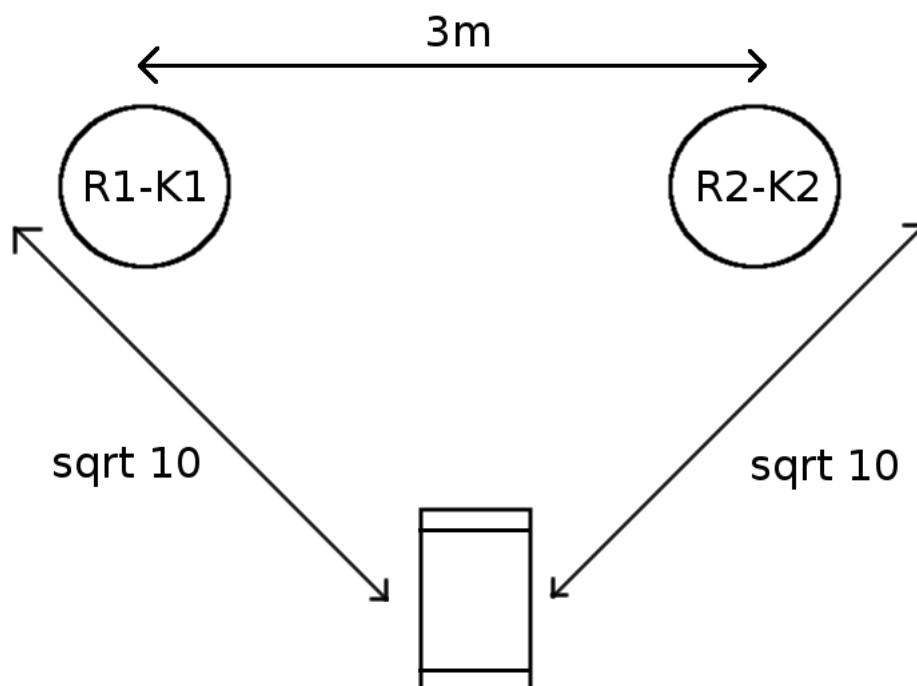
Obr. 32: Scenár 1 pre meranie štúdiových mikrofónov

Výsledky meraní scenára 1:

Mikrofón Vzdialenosť	Meranie korelácie (SCENÁR 1 – Vpravo)							
	M1 (Soundking dynamicky)				M2 (Shure kondenzatorovy)			
	Korelácia s kódom 1		Korelácia s kódom 2		Korelácia s kódom 1		Korelácia s kódom 2	
	Korelácia 1	Index 1	Korelácia 2	Index 2	Korelácia 1	Index 2	Korelácia 1	Index 2
1	0.010498	5302	0.020773	5059	0.023452	5739	0.040853	5339

Obr. 33: Výsledky merania podľa scenára 1

Meranie scenára 2 bolo v strede medzi reproduktormi a očakávaný rozdiel začiatkov signálov je 0 samplov.



Obr. 34: Scenár 2 pre meranie štúdiových mikrofónov

Výsledky meraní scenára 2:

Mikrofón Vzdialenosť	Meranie korelácie (SCENÁR 2 – Stred)							
	M1 (Soundking dynamicky)				M2 (Shure kondenzatorovy)			
	Korelácia s kódom 1		Korelácia s kódom 2		Korelácia s kódom 1		Korelácia s kódom 2	
	Korelácia 1	Index 1	Korelácia 2	Index 2	Korelácia 1	Index 2	Korelácia 1	Index 2
1	0.023184	3189	0.021244	2880	0.006218	2412	0.005371	3001

Obr. 35: Výsledky merania podľa scenára 2

Výsledky meraní korelácie z jedného reproduktora vo vzdialenosti 10cm a 1m boli výborné, korelácia bola pomerne vysoká a index začiatku signálu bol presne určený, pričom amplitúdovo časová charakteristika bola detailnejšia a presnejšia ako pri mobilných mikrofónoch. Hodnoty korelácie boli ovplyvnené silou predzosilňovača. Pretože dynamické a kondenzátorové mikrofóny sú určené na použitie z blízka a jednotné nastavenie zosilnenia(gain), amplitúdy signálov z väčších vzdialeností pri rovnakom nastavení hodnoty *gain* boli nižšie a to ovplyvnilo nižšie výstupy korelácie.

V scenári 1 boli nájdené správne začiatky signálov aj napriek pomerne nízkym hodnotám korelácií. Pri meraní v scenári 2(v strede) boli merania neúspešné. Indexy meraní mali byť rovnaké, teda nulový rozdiel začiatkov signálov, keďže mobilný telefón

bol presne medzi reproduktormi. Dôvod týchto výsledkov je, že amplitúdy týchto meraní boli extrémne nízke(0.1 maximálne).

Mobilné telefóny vďaka svojej vlastnosti, že dokážu zachytávať pomerne silno aj vzdialenejšie zvuky a majú jednotnú úroveň zosilnenia poskytnú celkovo lepšie výsledky meraní korelácií. Štúdiové mikrofóny je nutné nastaviť podľa sily signálu(v praxi sú to hlasové mikrofóny a je nutné ich prispôbiť sile hlasu a vzdialenosti od speváka) a vtedy sú schopné zachytiť presný zvuk.

5 Návrh riešenia

V tejto časti uvádzame požiadavky na architektúru systému a mobilnú aplikáciu vyplývajúce zo zadania a taktiež z analýzy riešenia. Požiadavky rozdeľujeme na funkcionálne a nefunkcionálne. Zo špecifikácie bude potom jasná kompletná funkcionálna vytvorenej aplikácie a celková architektúra navrhovaného systému. Po uvedení požiadaviek navrhujeme riešenie implementácie mobilnej aplikácie.

5.1 Špecifikácia požiadaviek

V nasledovnej časti špecifikujeme všetky nami identifikované požiadavky na systém, rozdelením na funkcionálne a nefunkcionálne požiadavky.

5.1.1 Funkcionálne požiadavky

Ťažiskovou funkcionálnou požiadavkou našej mobilnej aplikácie bude lokalizácia v rámci jednej budovy resp. miestnosti. Táto lokalizácia bude graficky vyobrazená na mape daného priestoru v ktorej bude lokalizácia prebiehať a bude zobrazená na displeji mobilného telefónu. Doplnkovou požiadavkou systému zo strany servera, bude možnosť stiahnutia mapy z databázy servera na klientsky telefón. Táto požiadavka je len doplnková z dôvodu možného problémového nasadenia vo veľkých verejných priestranstvách a preto je možné, že sa bude testovať len v laboratórnych podmienkach.

5.1.2 Nefunkcionálne požiadavky

Jednou z najdôležitejších nefunkcionálnych požiadaviek všetkých mobilných aplikácií je nízka energetická náročnosť aplikácií, čo súvisí nepriamo úmerne s výdržou batérie. Z uvedeného vyplýva požiadavka, že samotná lokalizácia polohy zariadenia nemá výrazne skrátiť výdrž batérie. Grafické rozhranie musí byť jednoduché a intuitívne na ovládanie, čo patrí medzi ďalšie dôležité nefunkcionálne požiadavky. Ďalšou nefunkcionálnou požiadavkou je obmedzenie týkajúce sa spôsobu lokalizácie, ktorá musí byť realizovaná pomocou audiosignálov, z ktorého vyplývajú ohraničenia ako samotná presnosť lokalizácie, alebo nasaditeľnosť systému v prostredí s vysokým hlukom ako sú napríklad nákupné centrá z dôvodu vysokého šumu. Ďalším ohraňčením vyplývajúci z použitia audiosignálu ako prostriedok k lokalizácii je rušivosť zmodifikovaného audiosignálu, ktoré znehodnocuje hudobný prejav práve vysielaného audiozáznamu.

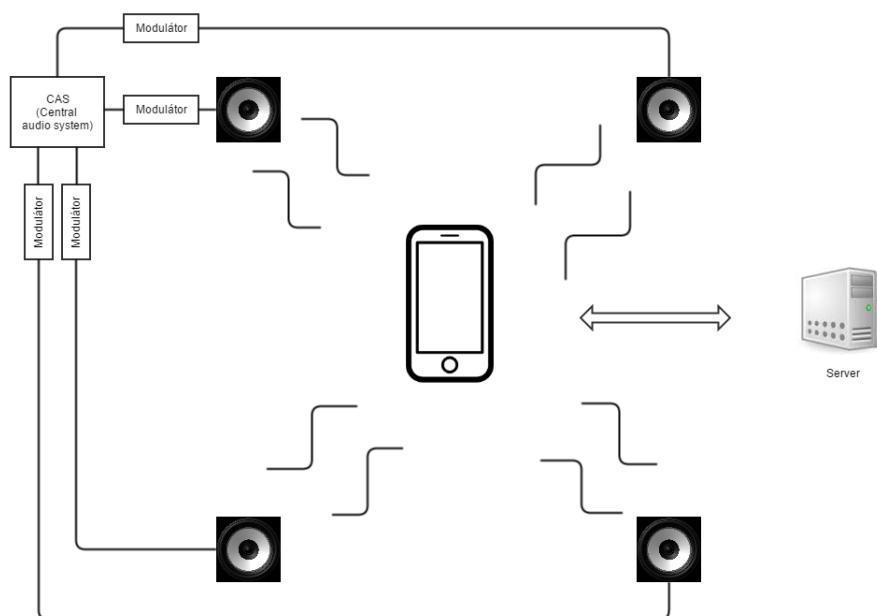
5.2 Návrh riešenia

V tejto podkapitole je bližšie priblížený návrh architektúry systému. Ďalej je rozobraný návrh mobilnej aplikácie. Posledná časť sa venuje voľbe optimálnej frekvencie, na ktorej budú reproduktory vysielat.

5.2.1 Architektúra systému

Navigačný systém pozostáva zo sústavy reproduktorov, ktoré budú vysielat upravený unikátny zvukový impulz. Do tohto impulzu namodulujeme dáta potrebné pre lokalizáciu, ako napríklad ID reproduktoru a podobne. Modulácia lokalizačného signálu sa bude odohrávať v modulovacích moduloch (viď. na obrázku "Modulátor"). Všetky modulátory budú napojené na centrálny audio systém, čím vyriešime problém synchronizácie. Systém bude z logických dôvodov najprv testovaný bez vmiešavania signálu do hudby. Mobilný telefón ako používateľ navigačnej služby bude analyzovať lokalizačný signál a pomocou tohto namodulovaného signálu určí svoju aktuálnu polohu. Ďalším z prvkov systému je server, na ktorom budú nahrané mapy jednotlivých nákupných centier, a bude poskytovať ďalšie doplnkové služby, ktoré sa neskôr počas vývoja došpecifikujú.

Jednoduchá bloková schéma návrhu systému je uvedená na obrázku nižšie.

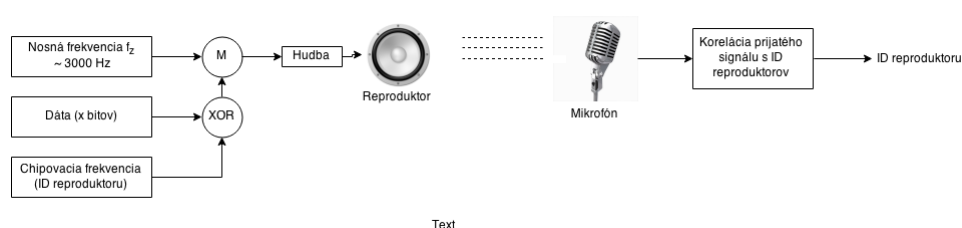


Obr. 36: Navrhovaná architektúra systému

5.2.2 Prijímanie a vysielanie signálov

Na základe nameraných hodnôt optimálnej frekvencie zvolíme hodnotu nosnej frekvencie v rozmedzí od 2500 – 4000 Hz, čo predstavuje ľudmi počuteľnú frekvenciu. Na nosnú frekvenciu budeme modulovať chipovaciu sekvenciu (ID reproduktora, ktorý signál vysiela) a zvolené dáta. Dáta sú v návrhu systému pre úplnosť, preto nevylučujeme, že ich v implementácii vynecháme. Následne dáta a chipovaciu sekvenciu prevedieme logickou funkciou XOR a namodulujeme ich na nosnú frekvenciu. V tejto fáze už možno výsledný signál zmiešať s hudbou tak, aby nebol počuť (digitálny watermarking). Tento signál bude následne prehraný centrálnym audio systémom.

Jednotlivé signály vyslané reproduktormi budeme zachytávať mikrofónom na mobilnom telefóne a na základe nich určovať polohu telefónu na mape. Pre identifikovanie reproduktoru na základe prijatého signálu použijeme koreláciu. Identifikátory jednotlivých reproduktorov budú predmodulované v telefóne a každý uložený signál sa bude porovnávať s každým prijatým signálom. ID reproduktoru určíme na základe najvyššej podobnosti predmodulovaného a prijatého signálu. Bloková schéma znázorňujúca princíp fungovania na úrovni prijímania a vysielania signálov je znázornená nižšie.



Obr. 37: Bloková schéma navrhovaného systému

5.2.3 Určovanie polohy

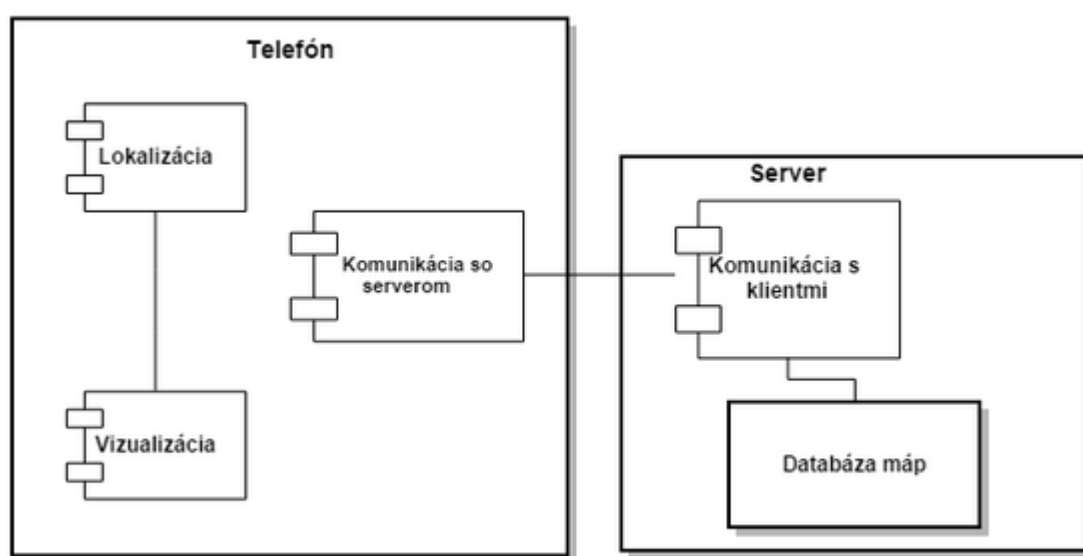
Určovanie polohy je realizované metódou multilaterácie. Multilaterácia je navigačná technika založená na meraní rozdielov vzdialeností dvoch staníc, ktoré majú známu pozíciu a vysielajú svoj signál v známom čase. Presná poloha sa získava priesečníkom takýchto bodov niekoľkých vysielačích staníc. Tento spôsob výpočtu polohy sa používa v mnohých systémoch medzi ktoré patrí napr. aj GPS. Pre zameranie 2D priestoru nám stačí zachytiť signál od troch reproduktorov. Výpočet polohy je realizovaný na základe Time Difference of Arrival (TDoA), ktorý je vysvetlený v analytickej časti dokumentu.

5.2.4 Návrh mobilnej aplikácie

Identifikovali sme dva hlavné moduly v návrhu mobilnej aplikácie (viď obr.):

- Lokalizácia
- Vizualizácia

Komunikáciu so serverom bude zabezpečovať osobitný modul (viď. obrázok) „Komunikácia so serverom“, ktorá bude zabezpečovať všetky služby poskytované serverom.

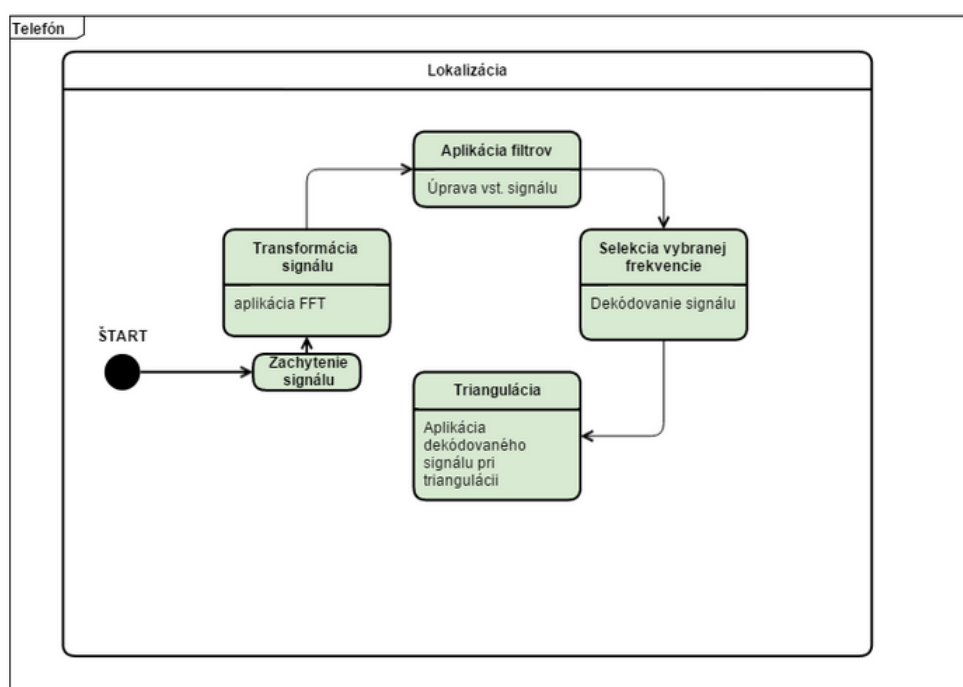


Obr. 38: Navrhovaná architektúra mobilnej aplikácie

Model lokalizácie je zodpovedný za všetky úkony potrebné na zistenie aktuálnej polohy telefónu. Tento modul sme podrobnejšie zobrazili pomocou stavového diagramu (viď obr. č.x). Od okamihu zachytávania vstupného audiosignálu, signál je spracovávaný v niekoľkých etapách:

1. Transformácia signálu – priebieha okamžite ako prvý krok spracovania vstupného signálu, ktorého výstupom je signál zobrazený vo frekvenčnom spektre.
2. Aplikácia filtrov – vstupom je výstup predchádzajúceho bodu, čiže signál zobrazený v časovom spektre, na ktorý sa aplikujú filtre podľa vopred dohodnutých špecifikácií.

3. Selekcia vybranej frekvencie – vstupom je orezaný signál v určitom frekvenčom spektre, z ktorého sa vyselektujú signály na určených frekvenciách. Následne sa signál dekoduje pomocou nami určeného spôsobu kódovania a výstupom sú binárne 0 a 1.
4. Triangulácia – vstupom sú binárne 0 a 1, ktoré sa použijú pri aplikácii matematických vzorcov na výpočet polohy.



Obr. 39: Modul lokalizácie

Výstup modulu „Lokalizácia“ je vstupom pre modul „Vizualizácia“, ktorého úlohou bude transformovať výstupné údaje z triangulácie do súradníc zobrazovanej mapy a následne graficky zobrazíť polohu užívateľa. V serverovej časti sme identifikovali, dve moduly a to modul zodpovedný za komunikáciu so smartfónom, ktorého úlohou bude zabezpečiť komunikáciu s telefónom, tento modul budú využívať všetky ostatné moduly, ktoré budú potrebovať komunikovať s telefónom. Ďalším modulom je modul, ktorý bude održiavať mapy jednotlivých budov. V neskoršom priebehu riešenia sa môžu došpecifikovať ďalšie moduly na strane servera, ktoré budú realizovať ďalšiu doplnkovú funkcionálnosť.

6 Prototyp

Po úvodných častiach analyzovania zvukových vln, frekvenčných spektier, modulácií, metód lokalizácie a metód generovania signálov sme navrhli riešenie, ktoré sme sa v prototypu snažili v základnej funkčnej verzii reálne implementovať a otestovať.

Prototyp bude opísaný vo viacerých podkapitolách, kde každá z nich bude objasňovať ako sme ktorú časť systému implementovali, testovali a prečo sme zvolili dané metódy a konkrétne parametre niektorých premenných pre tento prototyp.

6.1 Rozdiel časov príchodov signálov

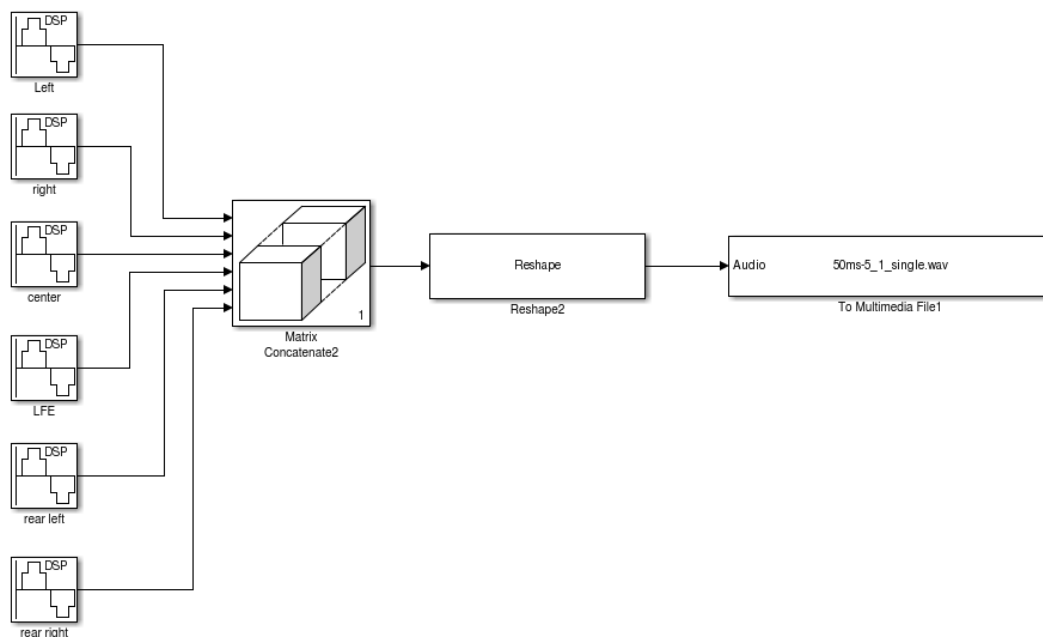
Zvolená metóda lokalizácie pre prototyp a aj ďalšiu implementáciu bola metóda *Time of Arrival*. Teda v našom prototypu sa sústreďíme na čas, v ktorom zachytíme požadovaný signál z reproduktora a meráme časové rozdiely v prijatých signáloch z týchto rôznych reproduktorov. Tieto časové rozdiely - delta T - meráme medzi signálmi rozdielom prvej zachytenej časti signálu po tom, ako zistíme, či signál je platný.

Reproduktory rozlišujeme rôznymi frekvenciami vysielania signálov a polohy reproduktorov máme dané pomocou mapy.

6.2 Generovanie zvuku

Na generovanie viackanálového zvuku, ktorý je potrebný k otestovaniu prototypu bol zvolený program *Matlab*, ktorý dokáže generovať zvuk na najnižšej úrovni signálu opisom sínusovej funkcie. Takýmto spôsobom je jednoduché upravovať parametre signálu ako dĺžka, amplitúda, fáza, frekvencia a množstvo a rozmiestnenie kanálov. Vďaka tomuto môžeme v praxi rýchlo generovať rôzne typy zvukov a testovať ich okamžite, bez nutnosti náročne meniť tieto parametre a opäť generovať zvuk.

Konkrétne v programe *Matlab* bol použitý modul *Simulink DSP*, ktorý funguje na báze blokov, ktoré môžu byť ďalej exportované ako signály a s týmito signálmi je možné ďalej pracovať klasicky v programe *Matlab*. Tento modul je výhodný aj kvôli tomu, že je vhodný aj pre ďalšie pokračovanie práce, kde sa plánuje signál modulovať priamo do hudby, alebo sa bude kódovať, alebo bude použitá jedna z metód *watermarkingu*.



Obr. 40: Generovanie 5.1 kanálového zvuku

Reprodukovanie zvuku sme vykonávali v prostredí *Linux*, konkrétne *Xubuntu 14.10* s 5.1 kanálovou zvukovou kartou *Creative Sound Blaster Audigy FX 5.1*. Zvuky sme ukladali vo formáte *WAV* a prehrávali príkazom **paplay**, čo je nástroj na prehrávanie zvukových súborov cez zvukový server *PulseAudio*, ktorý je používaný v prostrediach operačného systému *Linux*. Tento nástroj zaručuje, že aj veľmi krátky zvukový súbor (30 ms) je prehraný vždy rovnako kvalitne priamo cez ovládače zvukovej karty, okrem toho neobsahuje nič navyše, takže je rýchly a vhodný na použitie v skriptoch.

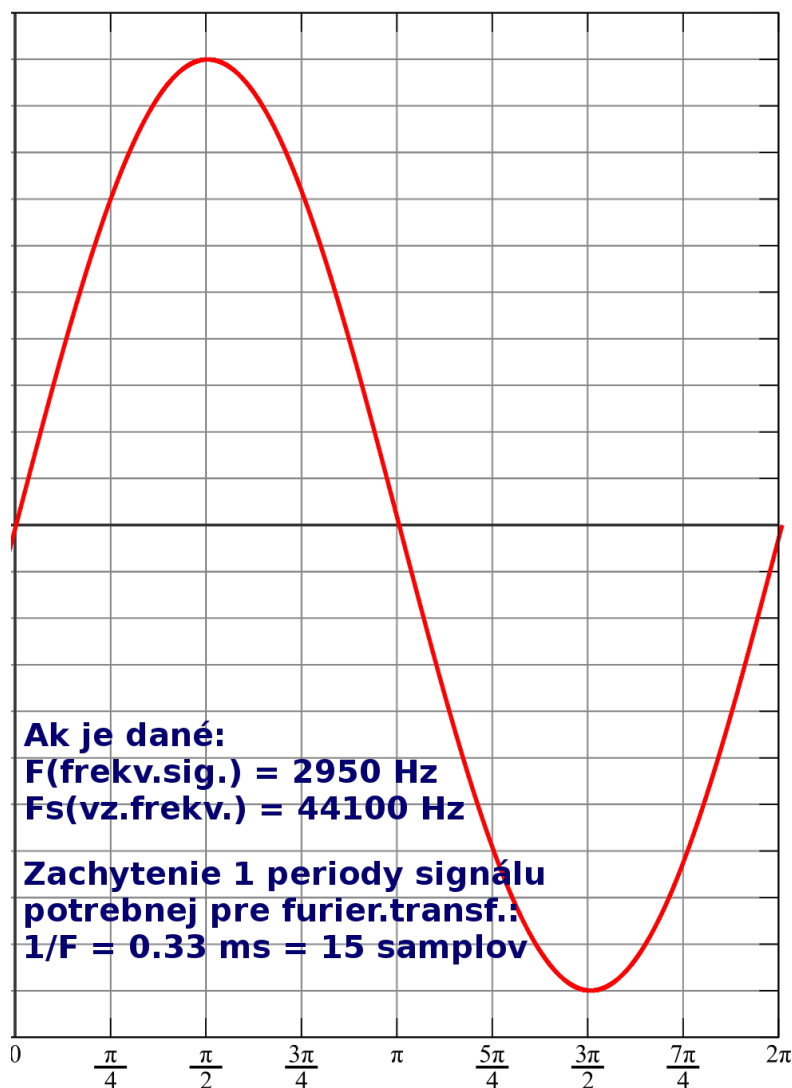
Pre automatizáciu testovania sme si vytvorili jednoduchý *Bash* skript, ktorý prehráva zvuk daný ako argument na príkazovom riadku. Tento súbor sa prehráva so sekundovou pauzou.

Ukážka 1: *Sound.sh*

```
#!/bin/bash
while :
do
    paplay $1
    sleep 1;
done
```

6.3 Fourierove transformácie

Pri určovaní testovacích frekvencií sme zohľadňovali jednak vlastnosti šírenia zvuku opísané v analýze, ale tiež vlastnosti zvuku, ktoré chceme dosiahnuť, aby sme zabezpečili správnosť Fourierovej transformácie, ktorá je nevyhnutná pre funkciu celého projektu.



Obr. 41: Požiadavky na signál pre Furier. transf.

Naším cieľom podobne ako to je napísané na obrázku je mať zo zvuku zachytenú celú periódu nášho signálu. Zvolenú frekvenciu sme použili 2950 Hz, čo je veľmi dobre šíriteľná frekvencia, nevýhodou je, že je počuteľná ľuďmi, ale pre potreby prototypu je vhodná.

- Pri frekvencii $F = 2950 \text{ Hz}$ potrebujeme zachytiť zo zvuku minimálne časový údaj s dĺžkou **0.33 ms**, čo je **15 vzoriek** pri našej použitej vzorkovacej frekvencii

44100 Hz. Z pohľadu period signálov pre rôzne frekvencie platí, že pri nižších frekvenciách potrebujeme viac vzoriek na bezpečné určenie frekvencie. Tento počet vzoriek alebo množstvo času je minimálny a dostačujúci, len ak by bol zvuk čistý (bez iných ruchov a šumu).

- V rušnom prostredí avšak toto množstvo nemusí vždy byť dostatočné pre transformáciu a preto ako počet vzoriek, z ktorých sa bude robiť Fourierova transformácia, sme zvolili zhruba 4 krát vyšší počet ako je základný potrebný - **65 vzoriek**.
- 65 vzoriek sme zvolili aj kvôli tomu, že nám tento počet poskytne presnosť lokalizácie pre metódu *Time of Arrival* = **0.5 m**, čo vyplýva z rýchlosti šírenia zvuku, našej vzorkovacej frekvencie a zvoleného počtu potrebných vzoriek.

Frekvencie sú zvolené tiež s ohľadom na frekvenčné koše, ktoré nám dávajú istú presnosť vo frekvenčnom meraní. Frekvenčné koše dostaneme po Fourierovej transformácii ako pole reálnych a komplexných čísel, kde každá táto dvojica označuje jeden frekvenčný kôš - Prakticky po vyčíslení teda výslednú amplitúdu pre istú frekvenciu. Túto presnosť my nepotrebujeme vysokú, preto sme zvolili počet frekvenčných košov na hodnotu **1024**. Tento počet košov nám poskytne presnosť merania po hodnotách **43.06 Hz**, čo vyplýva zo vzorkovacej frekvencie a počtu košov(FS/N). Z tohoto dôvodu sú frekvencie stále násobkami hodnoty 43.06.

Takže konkrétne zvolené frekvencie reproduktorov pre prototyp sú: 2950 Hz, 4060 Hz a 5168 Hz.

Rozostupy medzi frekvenciami sú vyššie z dôvodu, že ak signály vysielané na danej frekvencii sú zachytené aj na iných frekvenciách a to v najväčšej intenzite v najbližších stovkách Hertzov. Pre potreby prototypu sme nechali tieto rozostupy väčšie a ďalej sa tieto rozostupy budeme snažiť minimalizovať pri optimalizáciách.

Dĺžku signálu sme zvolili 50 ms. Táto dĺžka bola zvolená s ohľadom na

- možnosti reproduktorov - aby boli schopné prehrať zvuk s danou dĺžkou(problém pri príliš krátkych zvukoch - 10 ms)
- nízku rušivosť okolia - čím kratší zvuk, tým lepšie
- veľkosť okien (platnosť signálu)

6.4 Určovanie polohy

Na základe rozdielu vzdialeností dvoch reproduktorov z mapy a ich vzdialeností vypočítanej zo zachyteného signálu nasledujúci pseudokód vypočíta rovnice priamok, na

jednej z ktorých sa nachádza lokalizovaný objekt.

Ukážka 2: *position.java*

```
double[2][3] priamka(x, d)
{
    double d2 = Math.pow(d, 2);
    double d3 = Math.pow(d, 3);
    double d4 = Math.pow(d, 4);
    double x2 = Math.pow(x, 2);
    double x4 = Math.pow(x, 4);

    double a = 4*x2 - 4*d2;
    double b = 4*d3 - 4*d*x2;
    double c = 2*d*x2 - 4*x2 - d4 - x4;

    double p+ = b*b +- 4*a*c;
    double p- = b*b - 4*a*c;

    double p2+ = Math.pow(p+, 2);
    double p2- = Math.pow(p-, 2);

    double v1 = sqrt(p2+ - 1);
    double v2 = sqrt(p2- - 1);

    double g = (x + d) / 2;
    double e = -1;
    double f1 = v1 - g;
    double f2 = v2 - g;

    double hodnoty[2][3];
    hodnoty[1][1] = e;
    hodnoty[1][2] = f1;
    hodnoty[1][3] = g;
    hodnoty[2][1] = e;
    hodnoty[2][2] = f2;
    hodnoty[2][3] = g;

    return hodnoty;
}
```

Tento istý postup sa vykoná pre inú dvojicu počutých reproduktorov. Následne sa určia priesečníky priamok jednej a druhej dvojice. Výsledkom sú 4 body. Z týchto bodov sa vyradia tie, ktoré sú mimo dosah počutých reproduktorov (hodnota dopredu určená)

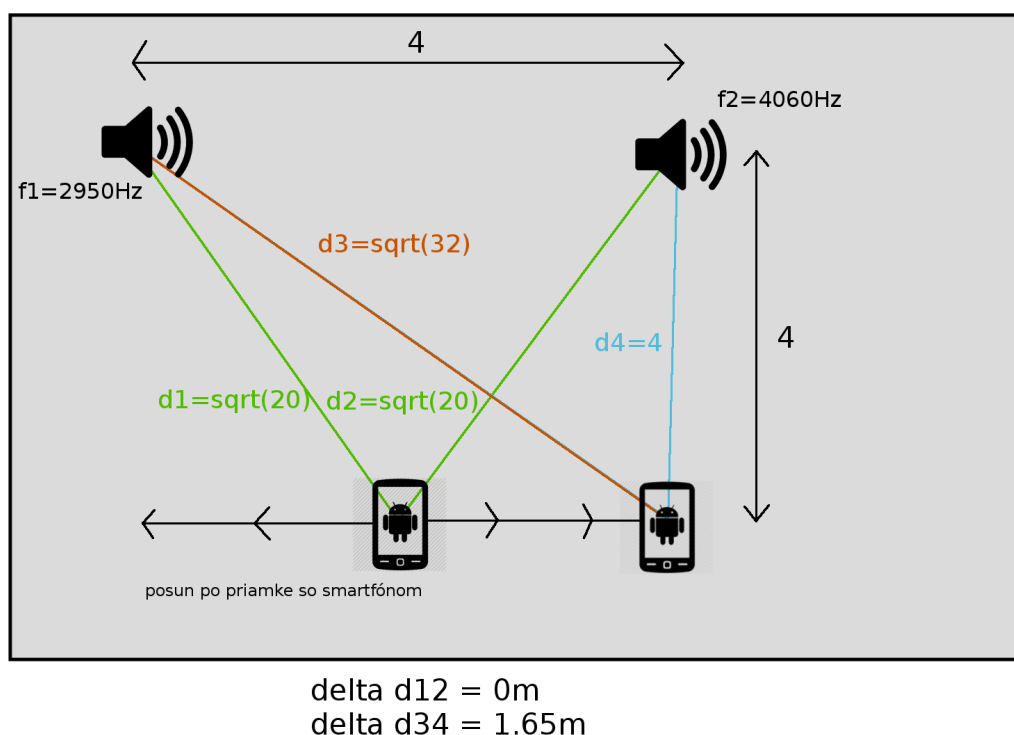
a tie, ktoré sú mimo mapy. Zo zvyšných platných bodov sa spraví priemer. Toto je bod, ktorého súradnice sú označené ako poloha používateľa a jeho súradnice sú odoslané do mapy, kde sú vykreslené.

6.5 Meranie

Konkrétne meranie sme uskutočňovali v miestnosti 5.45 v budove univerzity s dvoma scenármi.

6.5.1 Scenár A: 2 reproduktory

Scenár A je jednoduchší typ testovania prototypu, ktorý je sústredený na overovanie správneho počítania oneskorenia medzi prichádzajúcimi dvomi signálmi. Snahou je pripraviť algoritmy a vyvážiť parametre tak, aby bolo na danom mieste, v ktorom smartfónom zachytávame signály správne vypočítané časové oneskorenie medzi týmito signálmi a rozpoznaná správna frekvencia signálu a následne z toho vypočítaná priamka, na ktorej sa smartfón nachádza.

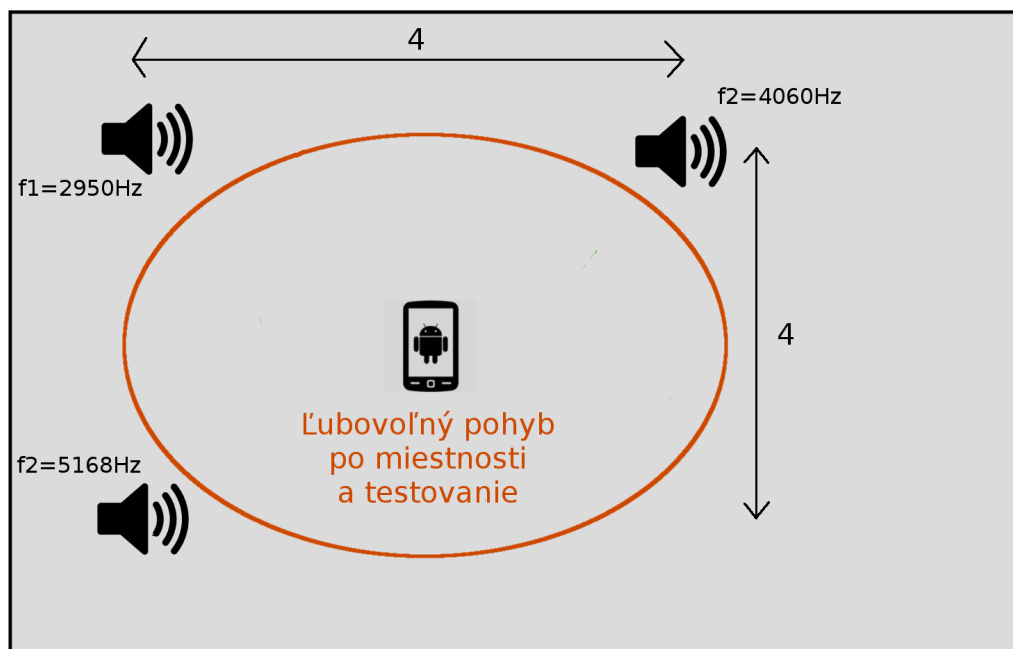


Obr. 42: Scenár A

Na tomto obrázku je možné vidieť, že keď je smartfón postavený presne medzi dvoma reproduktormi má dostávať hodnotu **delta D12 aj T12 rovnú 0**. Ak pri danom priestorovom rozložení je smartfón postavený na pravej strane - oproti reproduktoru v diaľke 4 m, tak hodnota delta D12 má byť rovná 1.65 m.

6.5.2 Scenár B: 3 reproduktory

Scenár B je zameraný na testovanie lokalizácie, presnosti výpočtov súradníc a tiež na doladovanie parametrov prijímania signálu, validácie a presnosti odlišovania skutočných hľadaných signálov.



Obr. 43: Scenár B

Pri scenári B sa budeme so smartfónom voľne pohybovať po miestnosti a sledovať zobrazenú pozíciu na mape a kontrolovať hodnoty lokalizácie a prijatých signálov ak poloha bude zobrazená nesprávne.

6.6 Okná a validácia signálov

Posledným faktorom, na ktorý bude ešte zameraný prototyp je validácia signálu. Požadovaný signál smartfón nie vždy zachytí dokonale presne a to ani v ideálnych podmienkach v tichej miestnosti. Dôvodov je viacero:

1. Hlasitosť signálu na jednej frekvencii spôsobuje vybudenie hlasitosti aj v iných frekvenciách, ktoré dostaneme Fourierovou transformáciou. Tieto slabšie (niekedy nie až tak slabšie) hodnoty vzorkovaných amplitúd je nutné odlíšiť od tých, ktoré reprezentujú reálne zachytený signál. Na to je použitá stochastická metóda. Tiež používame priemerovanie hluku na všetkých frekvenciách pred spustením merania a stanovujeme prahovú hodnotu nad ktorú musí amplitúda signálu na zachytávanej frekvencii vystúpiť, aby bola považovaná za skutočný signál.
2. Už pri menšom hluku sa môžu vyskytnúť falošné signály, ktoré môžu vybudíť vyššiu amplitúdu v nami zvolenej frekvencii. Preto validujeme signál tak, že počítame, aký dlhý sme tento signál zachytili. Nami zvolená hodnota dĺžky signálu je 50 ms, preto sme si zvolili za platný signál taký signál, ktorý má dĺžku 50 ms s toleranciou $\pm 10\%$. Tolerancia pre kratší signál, kvôli ruchom a slabšej počuteľnosti a pre dlhší signál kvôli odrazom zvuku, ktoré v miestnosti spôsobujú predĺženie nami zvoleného signálu.
3. Ďalším problémom pri validácii sú okná. Čítanie z mikrofónu sa uskutočňuje po buffroch, ktoré delíme na okná. Ak náš signál bol vyslaný v takom čase, že sa ocitne vo viacerých oknách, nemôžeme ho považovať za platný. Preto signály, ktoré prechádzajú súvisle cez viacero okien ignorujeme.
4. Posledným problémom je nesúvislosť signálu. Zachytený signál nie je vždy v každom bode Fourierovej transformácie zachytený dostatočne a vznikajú tam medzery. Na to vplýva hlasitosť signálu a okolitý ruch. Preto validujeme tiež, či zachytený signál je dostatočne súvislý.

6.7 Záver a výsledky prototypu

V miestnosti 5.45 máme pripravený počítač s 5.1 kanálovou zvukovou kartou, máme hotový kód pre generovanie signálu a vieme ho prehrávať na troch a viacerých reproduktoroch - na každom s vlastnou frekvenciou a hlasitosťou.

Mobilná aplikácia vie zachytávať signál, deliť ho na okná a "chunky", vykonávať Fourierovu transformáciu, zachytiť vybrané signály podľa frekvencie, analyzovať priemerný

ruch miestnosti, validovať signály, vypísať súvislosť zachyteného signálu a hodnoty amplitúd signálu. Aplikácia používa konfiguračné súbory a má obsiahly debugovací výpis, ktorý nám pomáha analyzovať problémy a optimalizovať aplikáciu. V aplikácii vieme počítať oneskorenie medzi dvomi signálmi - teda scenár A. Niektoré výsledky sú správne a ukazujú nám polohu presne na zvolenú presnosť 0.5 m, ale je nutné pracovať na lepšej optimalizácii prahových hodnôt a validácii signálov, pretože tieto hodnoty sú presné len v približne 30% prípadov.

V samostatnej funkcii vieme z oneskorenia a súradníc dvoch reproduktorov vypočítať priamku, na ktorej sa nachádzame. Lokalizácia pre tri reproduktory ešte nie je dokončená.

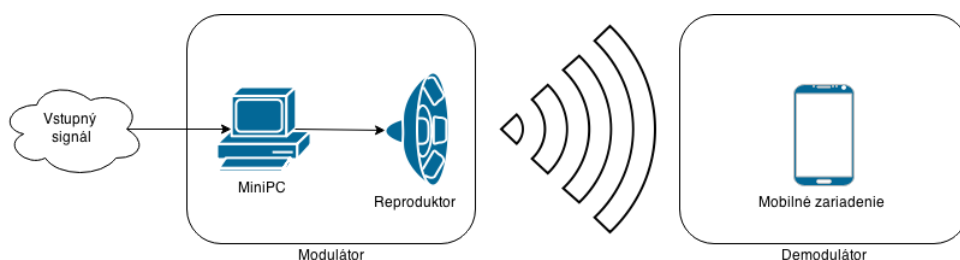
K testovaniu scenára B sme s v prototype ešte nedostali, pretože ešte nemáme dostatočne správne hodnoty oneskorenia medzi signálmi.

7 Implementácia riešenia

V tejto kapitole opisujeme architektúru systému na lokalizáciu mobilného zariadenia prostredníctvom zvukových vĺn vysielaných reproduktormi. Ďalej uvádzame detaily implementovaného grafického prostredia spolu s ukážkami prostredia. Detailné implementačné informácie sú obsiahnuté v priloženej časti technickej dokumentácie. Množstvo navrhnutých princípov detekcie signálu bolo implementovaných v prostredí Matlab pre overenie správnosti navrhnutého riešenia. Prístup s najväčším potenciálom určenia presnej polohy bol implementovaný vo forme mobilnej aplikácie a je opísaný v ďalších častiach dokumentu.

7.1 Architektúra implementovaného systému

Systém na lokalizáciu pozostáva z dvoch hlavných blokov, ktoré navzájom spolupracujú na určení presnej polohy mobilného zariadenia v rámci miestnosti. Architektúra je znázornená na nasledujúcom obrázku a jednotlivé bloky sú opísané v ďalšej časti dokumentu.



Obr. 44: Architektúra implementovaného systému

7.2 Modulátor

Tento modul je reprezentovaný zariadením Raspberry Pi s operačným systémom NO-OBS 1.4.0 a Raspbian s kernelom vo verzii 3.18. Na zariadení je spustený skript napísaný jazyku Python, ktorý moduluje lokalizačný signál do hudby prijímanej na vstupe zariadenia. Signál modulovaný do hudby je vysielaný na výstup do reproduktora.

7.2.1 Modulovanie kódu v počítači Raspberry Pi

Na generovanie *BPSK* modulovaného kódu do sínusovej funkcie bol použitý jazyk Python. Modulovanie bolo vykonané bez ďalších externých knižníc, len funkciami jazyka

Python. O moduláciu sa stará nasledujúci kód:

Ukážka 3: *position.java*

```
signal = []
for i in range(len(code)):
    for j in range(int(dlzkaChipu)):
        if code[i] == '1':
            signal.append(sin(j * ft * 2 * pi))
        if code[i] == '0':
            signal.append(-1 * sin(j * ft * 2 * pi))
```

Pre moduláciu sínusovej vlny danej dĺžky a frekvencie potrebnej pre druhú metódu lokalizácie je vytvorená funkcia *modulatorSine*, ktorá je podobná ako predošlá, ale generuje len sínusovú vlnu.

7.2.2 Zmiešavanie kódu s hudbou v Raspberry Pi

Pre zmiešavanie kódu s hudbou prijatou cez mikrofónový vstup bol podobne použitý jazyk Python. Na ovládanie vstupu mikrofónu a výstupu zvukovej karty bola použitá knižnica *alsaaudio*, ktorá slúži ako *API* pre prácu s ovládačmi *ALSA*, ktoré sa na operačnom systéme *Linux*, použitom na našich zariadeniach Raspberry Pi, starajú o prácu so zvukovou kartou.

Zmiešavanie s hudbou je implementované ako súčet amplitúd prijatého signálu z mikrofónového vstupu s amplitúdami referenčného signálu, vygenerovaného modulátorom.

V programe sa tvoria 3 vlákna:

1. *threadRecorder* - Slúži na prijatie signálu z mikrofónového vstupu do buffera.
2. *threadProcessor* - Slúži na vykonanie modulácie a zmiešania signálu prijatého z *threadRecorder*
3. *threadPlayer* - Po spracovaní signálu sa stará o jeho prehratie zvukovou kartou

7.2.3 Synchronizácia zariadení Raspberry Pi

Synchronizácia zariadení je realizovaná klient/server architektúrou naprogramovanou v Python programovacím jazyku.

Impulz na prehranie zvuku je odosielaný prostredníctvom UDP broadcast, na základe ktorého sa vlákno najprv uspí na 100ms a následne prehrá zvuk. Táto procedúra sa

opakuje každých 500ms. Na základe meraní sme namerali presnosť synchronizácie na desiatky s, čo by znamenalo teoretickú odchýlku 34mm za každých 10s.

7.3 Mobilné zariadenie s implementovanou aplikáciou

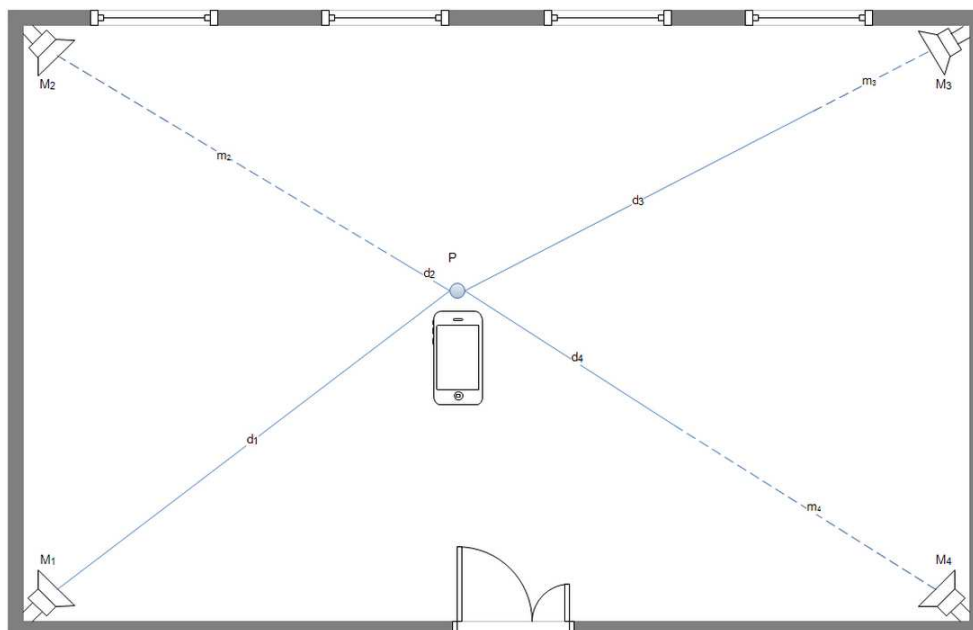
Tento modul je reprezentovaný mobilným zariadením, na ktorom beží operačný systém Android v minimálnej verzii 2.3, a na ktorom je spustená implementovaná aplikácia. Mobilná aplikácia prijíma zvuk vysielaný zo všetkých reproduktorov, ktoré počuje, a ktoré sú navzájom frekvenčne odlišné. Následne sa prijímaný analógový signál v zariadení vzorkuje na digitálny signál, čo je zabezbečené operačným systémom zariadenia. Konvertovaný signál je delený na okná, ktoré sa nezávisle na sebe spracúvajú. Okná sú ďalej delené na množiny vzoriek s rovnakou veľkosťou určujúcou presnosť lokalizácie. Aplikáciou fourierovej transformácie na tieto množiny vzoriek získavame spektrogram tejto množiny vzoriek. Zo získaného spektrogramu extrahujeme amplitúdy na vysielaných frekvenciách, na základe ktorých vieme rozhodnúť či v danom okne bol vyslaný lokalizačný signál určíme začiatok vyslania tohto signálu v rámci vysielacieho okna. Týmto spôsobom získame začiatky prijatia všetkých vysielaných lokalizačných signálov v rámci jedného vysielacieho okna a následnou diferenciáciou a aplikáciou ďalších matematických operácií určíme polohu v rámci miestnosti.

7.4 Jadro aplikácie

Nahrávanie začína vo funkcii *Recorder.captureAudioBackground()*, kde sa spojí niekoľko buffrov (Veľkosť buffra volí sama knižnica Androidu) do jedného okna, ktorého veľkosť je *Config.getWindowSizeMerged()*. Získaný buffer, v ktorom sa nachádza pole vzoriek amplitúd, je spracovávané v triede *SignalProcessing*. Prvým krokom je rozdelenie okna na menšie kúsky - *chunky*. Veľkosti chunkov sú dané podľa parametrov (*ChunkSize*) z triedy *Config*. Po rozdelení okien na chunky sa začína signál spracovávať. Prvá použitá funkcia na upravenie signálu je windowing funkcia - konkrétne Hammingovo okno. Táto funkcia je volaná nasledujúcim volaním - *SignalProcessing.applyWindowFunction(chunk, hammingWindow)*. Následne sa na tomto chunku vykoná funkcia rýchlej Fourierovej transformácie, ktorou sa získajú hodnoty intenzity signálov na frekvenciách. Získané frekvencie sú dané podľa vzorkovacej frekvencie a množstva košov pre Fourierovu funkciu (*Config.fftTransfSize*). Po dokončení Fourierovej transformácie sa funkciou *findSignalOffsets()* validuje, či sa signál vôbec nachádza v okne. Posledný krok je výpočet lokácie zo signálu. To sa vykonáva funkciou *locator.calcPosition()*, v ktorej sú zakomponované rôzne validačné funkcie na zdokonalenie presného nájdenia začiatku signálu,

z ktorého sa vypočítava lokácia.

7.4.1 Implementácia trilaterácie



Obr. 45: Schéma prijatých signálov pri určovaní trilaterácie

V našom riešení je určovanie polohy, ako bolo spomenuté v predchádzajúcich častiach tohto dokumentu, implementované prostredníctvom multilaterácie [5]. Predpokladom pre úspešné určenie polohy mobilného telefónu je zachytenie signálu z 4 reproduktorov, pričom 4 reproduktor slúži iba na spresnenie polohy keďže pre naše potreby nie je implementovaný výpočet Z osi.

Samotný výpočet polohy je realizovaný prostredníctvom metódy najmenších štvorcov. Vzorce na výpočet vzdialenosti sa dajú napísať ako:

$$d_1^2 = (X_P - X_{M1})^2 + (Y_P - Y_{M1})^2 \quad \text{or} \quad d_1 = \sqrt{(X_P - X_{M1})^2 + (Y_P - Y_{M1})^2}$$

$$d_2^2 = (X_P - X_{M2})^2 + (Y_P - Y_{M2})^2 \quad \text{or} \quad d_2 = \sqrt{(X_P - X_{M2})^2 + (Y_P - Y_{M2})^2}$$

$$d_3^2 = (X_P - X_{M3})^2 + (Y_P - Y_{M3})^2 \quad \text{or} \quad d_3 = \sqrt{(X_P - X_{M3})^2 + (Y_P - Y_{M3})^2}$$

$$d_4^2 = (X_P - X_{M4})^2 + (Y_P - Y_{M4})^2 \quad \text{or} \quad d_4 = \sqrt{(X_P - X_{M4})^2 + (Y_P - Y_{M4})^2}$$

d_2, d_3, d_4 môžeme upraviť na základe d_1 ako:

$$d_2 = d_1 + m_2$$

$$d_3 = d_1 + m_3$$

$$d_4 = d_1 + m_4$$

A pomocou substitúcie získame:

$$m_2 = \sqrt{(X_P - X_{M2})^2 + (Y_P - Y_{M2})^2} - d_1$$

$$m_3 = \sqrt{(X_P - X_{M3})^2 + (Y_P - Y_{M3})^2} - d_1$$

$$m_4 = \sqrt{(X_P - X_{M4})^2 + (Y_P - Y_{M4})^2} - d_1$$

Následne nahradíme d_1 jeho ekvivalentom z prvej rovnice a vznikne nám sústava rovníc:

$$m_2 = \sqrt{(X_P - X_{M2})^2 + (Y_P - Y_{M2})^2} - \sqrt{(X_P - X_{M1})^2 + (Y_P - Y_{M1})^2}$$

$$m_3 = \sqrt{(X_P - X_{M3})^2 + (Y_P - Y_{M3})^2} - \sqrt{(X_P - X_{M1})^2 + (Y_P - Y_{M1})^2}$$

$$m_4 = \sqrt{(X_P - X_{M4})^2 + (Y_P - Y_{M4})^2} - \sqrt{(X_P - X_{M1})^2 + (Y_P - Y_{M1})^2}$$

Pričom:

- d je neznáma vzdialenosť medzi telefónom a každým z reproduktorom,
- X_P a Y_P je aproximovaná pozícia telefónu,
- X_M a Y_P je pozícia reproduktoru,
- m je rozdiel času prijatia signálu konkrétneho reproduktoru a referenčného krát rýchlosť šírenia sa zvuku

Nad týmito rovnicami použijeme metódu najmenších štvorcov na vypočítanie najpravdepodobnejšieho miesta priesečníka daných priamok. Ako východzia pozícia telefónu pre aproximáciu sa použije stred miestnosti vypočítaný na základe známych súradníc reproduktorov.

Samotný kód konkrétne obsahuje metódu na výpočet pomocou matíc, ktorá sa dá vyjadriť ako:

$${}_m A_{nn} X_1 = {}_m L_1$$

Pričom:

- $m = 3$ (počet známych rozdielov vzdialeností),
- $n = 2$ (počet neznámych v rovnici)
- ${}_m A_n$ obsahuje koeficienty neznámych X_P a Y_P
- ${}_n X_1$ obsahuje korekcie, ktoré je potrebné aplikovať na počiatočné hodnoty neznámych X_P a Y_P
- ${}_m L_1$ obsahuje namerané hodnoty m_2, m_3, m_4

Naplnené matice by sa dali vyjadriť ako:

$$A = \begin{bmatrix} \frac{(X_P - X_{M2})}{d_1 + m_2} - \frac{(X_P - X_{M1})}{d_1} & \frac{(Y_P - Y_{M2})}{d_1 + m_2} - \frac{(Y_P - Y_{M1})}{d_1} \\ \frac{(X_P - X_{M3})}{d_1 + m_3} - \frac{(X_P - X_{M1})}{d_1} & \frac{(Y_P - Y_{M3})}{d_1 + m_3} - \frac{(Y_P - Y_{M1})}{d_1} \\ \frac{(X_P - X_{M4})}{d_1 + m_4} - \frac{(X_P - X_{M1})}{d_1} & \frac{(Y_P - Y_{M4})}{d_1 + m_4} - \frac{(Y_P - Y_{M1})}{d_1} \end{bmatrix}$$

$$X = \begin{bmatrix} dX_P \\ dY_P \end{bmatrix}$$

$$L = \begin{bmatrix} m_2 - m_{2_0} \\ m_3 - m_{3_0} \\ m_4 - m_{4_0} \end{bmatrix}$$

Nové, aproximované koordináty v matici X sú použité na opätovné prepočítanie vzdialeností $d_1, m_{20}, m_{30}, m_{40}$ a prepočet je opakovaný pokiaľ sa hodnota mení na viac ako jednom desatinnom mieste

7.4.2 Validácia výskytu signálu v okne

Na detekciu existencie signálu v okne je využívaná metóda *private boolean isSignalPresent(double[] window)*, v ktorej je používaná jedna metóda *private boolean isSignalPresentAverageDiff(double[] window)*. V tejto metóde sa vypočíta priemer hodnôt z celého

okna, označený ako *averageWindow*. Potom sa vypočíta priemer z hodnôt, ktoré sú menšie ako *averageWindow* a označia sa ako *averageSpecial*. Ak je pomer *averageWindow* a *averageSpecial* väčší alebo rovný ako 3 (hodnota určená experimentálne z meraní), tak je prehlásené, že sa v okne nachádza signál.

7.4.3 Hľadanie začiatku signálu

Hľadanie začiatku signálu sa uskutočňuje v metóde *private void findSignal(double[] amplitudes, int speaker)*. Tu sú využívané 4 metódy na hľadanie signálu. Výstupy metód, ktoré vyhovujú validácii (rozdiel nie je záporný, sme v miestnosti) sú následne spriemerované.

Metóda *private int findSignal_Ripped(double[] window)* vypočíta priemer hodnôt z celého okna, označený ako *averageWindow* a potom vypočíta priemer z hodnôt, ktoré sú menšie ako *averageWindow* a označia sa ako *averageSpecial*. Následne sa hľadá “hrubý” začiatok signálu, ktorý je označený vtedy, ak prvýkrát prekročí z dĺžky signálu aspoň polovica hodnotu *averageWindow*. Potom nasleduje návrat späť a ako začiatok signálu je označený offset, ktorého hodnota je prvýkrát menšia ako *averageSpecial*.

Metóda *private int findSignal_CorrelationBased(double[] window)* spočíta hodnoty, ktorých počet je dĺžka signálu a uloží tento súčet do druhého poľa. Následne sa posunie o jednu hodnotu a znovu spraví súčet. Z poľa súčtov je potom vybraný offset s maximálnou hodnotou a ten je zvolený ako začiatok signálu.

Metóda *private int findSignal_BiggestPeak(double[] window)* vypočíta pole priemerov tak, že vypočíta priemer dvoch susedných hodnôt a uloží ho do druhého poľa. Z poľa priemerov je vytvorené pole rozdielov, do ktorého sú uložené rozdiely dvoch susedných hodnôt v poli priemerov. V poli rozdielov je následne nájdený offset s najväčším rozdielom a potom sa spätne hľadá, kým nezačnú hodnoty stúpať. Offset, v ktorom je nájdené minimum je označený ako začiatok signálu.

Metóda *private int findSignal_AverageBased(double[] window)* vypočíta priemer zo všetkých hodnôt v okne a potom hľadá začiatok signálu tak, že nájde kedy hodnota prekročí priemer a potom kontroluje dĺžku signálu, či aspoň polovica hodnôt prekračuje priemer. Ak áno, offset s prvou hodnotu nad priemerom je označený ako začiatok signálu.

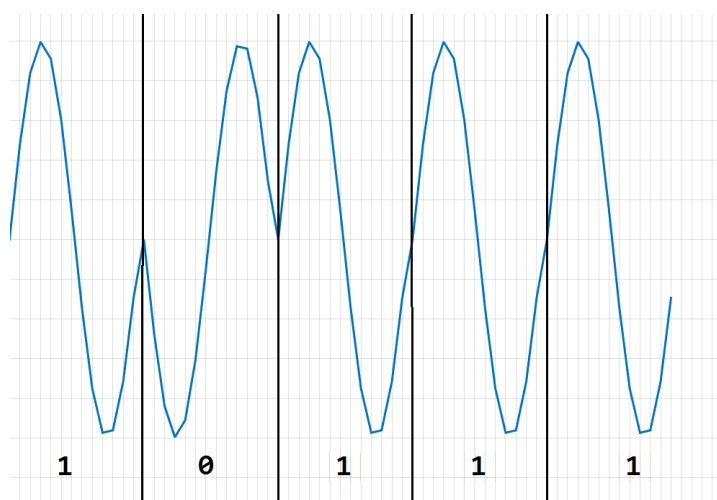
7.4.4 Reprodukory

Reprodukory môžeme považovať za súčasť modulátora signálu a slúžia ako zdroj lokalizačného signálu. Pred reproduktormi sú umiestnené modulátory generujúce signál prijímaný na vstupe do reproduktora.

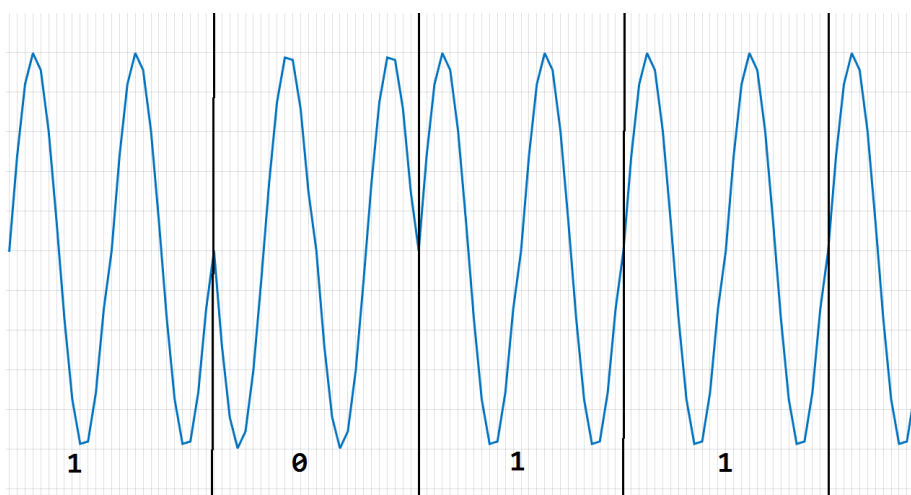
7.4.5 Modulovanie signálu v Matlabe

BPSK (Binary-Phase Shift Keying)

Ako vstup slúžila kódu čipová sekvencia, ktorá bola zvolená tak, aby rôzne dve čipové sekvencie boli na seba ortogonálne, počet periód sínusového signálu, ktoré trval jeden čip a frekvenciu vysielania. Na príklade možno vidieť čipovú sekvenciu 10111 pri frekvencii 3500 Hz. Obrázok Obr. 46 ukazuje túto sekvenciu s dobou trvania čipu 1 perióda a Obrázok Obr. 47 s dobou trvania 2 periódy.



Obr. 46: Čipová sekvencia s dobou trvania čipu 1 perióda



Obr. 47: Čipová sekvencia s dobou trvania čipu 2 periódy

Modulovanie signálu sa uskutočňuje pomocou Matlab BPSK modulátora a vykonáva ju kód na obrázku Obr. 48.

```

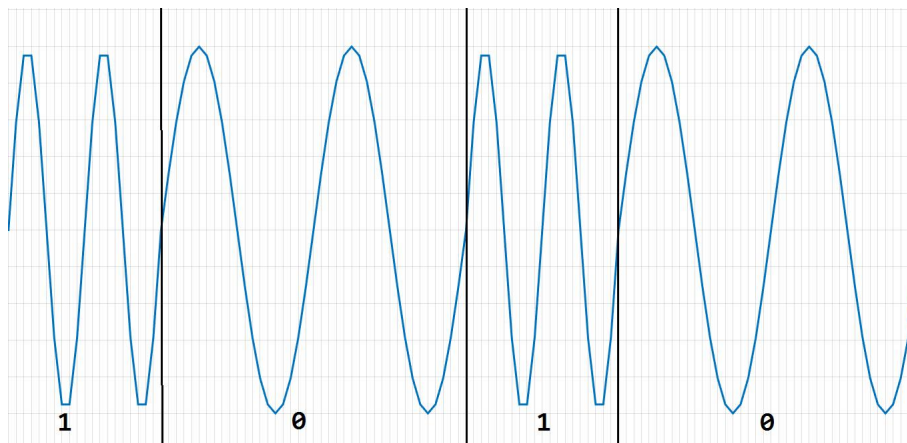
w = (2*pi*f*t_perioda); %udaje pre vypocet sinusovej funkcie pre jednu p
y_modulated = []; %vektorova premenna pre vysledny signal
for m=1:l
    if (modData(m) == 1)
        y_sin = A * sin(w); %Sinusovka jedneho chipu
        y_modulated = [y_modulated, repmat(y_sin, 1, Pocet_period)]; %Spajanie sinusoviek
    end
    if (modData(m) == -1)
        y_sin = -A * sin(w); %Sinusovka jedneho chipu
        y_modulated = [y_modulated, repmat(y_sin, 1, Pocet_period)]; %Spajanie sinusoviek
    end
end
end

```

Obr. 48: Kód BPSK modulátora

FSK (Frequency-Shift Keying)

Tento modulátor využíva frekvenčnú moduláciu, v ktorej má nula zadanú frekvenciu a jednotka dvojnásobnú. Vstupom je čipová sekvencia zo súboru ortogonálnych sekven-
cií, základná frekvencia vysielania (frekvencia nuly) a počet periód jedného čipu. Na
príklade je sekvencia 1010 pri frekvencii na nule 2205 (frekvencia jednotky je 4410)
a počte periód 2. Ukážka výstupného signálu je na obrázku Obr. 49.



Obr. 49: Ukážka výstupného signálu modulátora

Modulovanie signálu vykonáva kód na obrázku Obr. 50.

```

%%Modulovanie signalu do sinusovky
w0 = (2*pi*f0*t_perioda_0);           %udaje pre vypocet sinusovej funkcie pre x perio
w1 = (2*pi*f1*t_perioda_1);           %udaje pre vypocet sinusovej funkcie pre x perio
y_modulated = [];                     %vektorova premenna pre vysledny signal
for m=1:l
    if (data(m) == 0)
        y_sin = A * sin(w0);          %Sinusovka jedneho chipu
        y_modulated = [y_modulated, y_sin]; %Spajanie sinusoviek pre viac sin s viac perio
    end
    if (data(m) == 1)
        y_sin = A * sin(w1);          %Sinusovka jedneho chipu
        y_modulated = [y_modulated, y_sin]; %Spajanie sinusoviek pre viac sin s viac perio
    end
end
end

```

Obr. 50: Kód modulátora signálu

Korelovanie signálu v Matlabe

Pri korelácii sa načítali dva súbory, ktoré boli následne korelované tak, že prvý súbor bol hľadaný v druhom súbore. Ako korelačná funkcia bola použitá vytvorená funkcia, ktorá postupne násobila hodnoty v prvom súbore a v druhom súbore a tieto hodnoty spočítavala po dĺžky prvého súboru, potom sa hodnota uložila a nastalo posunutie o jednu hodnotu a znova sčítovanie vynásobených hodnôt.

```

%KORELACIA
%vytvorim si pole pre pocitanie korelacji a vyplnim nulami
y_corr = zeros( 1, length(temp), 'like', temp );
l_temp = length(temp);
l_ref = length(y_reference);
for m=1:( ( l_temp - l_ref ) + 1 )
    ARR = temp(m:m+l_ref-1);
    multiply_arr = prod( [ ARR; y_reference' ] );
    y_corr(m) = sum(abs(multiply_arr));
end;

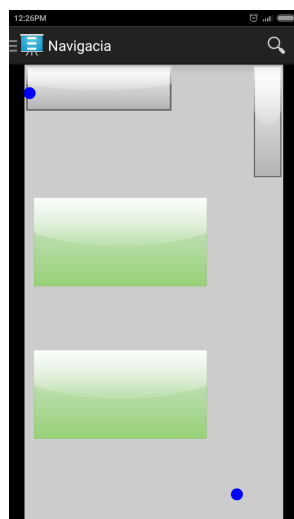
%Vypocet maximalnej hodnoty korelacie aka moze byt (y*y)
max_corr = sum(y_reference.*y_reference);
%normalizacia pola korelacji na hodnoty 0 az +1
y_corr = y_corr/max_corr;

```

Obr. 51: Kód korelácie

7.4.6 Používateľské rozhranie

Implementovaná aplikácia disponuje jednoduchým používateľským rozhraním. Naším cieľom je vytvoriť používateľské rozhranie tak, aby používateľ musel čo najmenej interagovať s aplikáciou, teda snažíme sa maximalizovať mieru automatizácie vykonávaných procesov v aplikácii. Používateľské prostredie, podobne ako aplikácia, bolo naprogramované v prostredí android studio. Na obrázku Obr. 52 možno vidieť mapu navigácie, ktorá zároveň slúži aj ako úvodná obrazovka aplikácie.



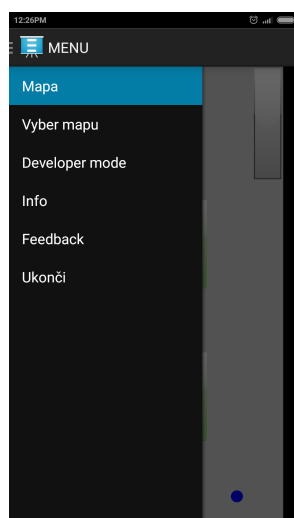
Obr. 52: Obrazovka s mapou objektu

Po aktivovaní aplikácie sa automaticky spustí lokalizácia, pričom ako úvodná obrazovka je použitá východzia mapa objektu. Na mape sú modrou farbou vykreslené polohy reproduktorov, ktoré získavame z konfiguračného súboru. Na mape sa taktiež červenou farbou zobrazuje aktuálna poloha používateľa. Príklad konfiguračného súboru je zobrazený na obrázku Obr. 53.

```
1 # Set dimensions of a room in [x o, y_o]
2 # Set position of n speakers in [xn, yn]
3 x_o 5
4 y_o 8
5 x1 0.1
6 y1 0.5
7 f1 2000
8 x2 4.1
9 y2 7.5
10 f2 4000
11
```

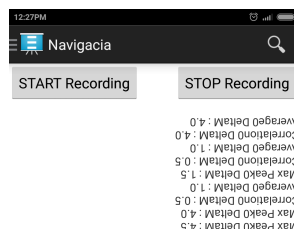
Obr. 53: Príklad konfiguračného súboru

Používateľ má k dispozícii bočné menu, z ktorého si vyberie požadovanú akciu. K dispozícii má mapu zobrazujúcu jeho polohu, výber mapy objektu, v ktorom sa nachádza, voľbu developer módu pre zobrazovanie podrobných informácií a testovacích výpisov, informácie o aplikácii a jej tvorcach, feedback na posielanie pripomienok a návrhov priamo tvorcom aplikácie a ukončenie aplikácie.



Obr. 54: *Bočné menu*

Ďalšou obrazovkou je tzv. developer mode, ktorý slúži na testovanie aplikácie a výpis prijímaných a spracovávaných hodnôt. Táto obrazovka pozostáva z dvoch tlačidiel na spustenie a ukončenie lokalizácie a z veľkého textového poľa, do ktorého sa vypisujú testovacie výpisy. Táto obrazovka je zobrazená na obrázku Obr. 55.



Obr. 55: *Obrazovka developer módu*

7.5 Triedy implementovanej aplikácie

V tejto časti rozoberáme jednotlivé triedy implementovanej aplikácie, a taktiež popisujeme funkcionálnosť ich metód. Venujeme sa však len tým najpodstatnejším metódam.

7.5.1 Trieda MainActivity

Trieda *MainActivity* predstavuje základnú triedu aplikácie. Obsahuje metódy pre nastavenie prvotného stavu a vzhľadu aplikácie. Taktiež implementuje metódy nutné na zachytenie a spracovanie akcií pri manipulácii s používateľským rozhraním. V ďalšej časti opisujeme najdôležitejšie metódy z triedy *MainActivity*.

- *protected void onCreate(Bundle savedInstanceState)* - Táto metóda je predstavuje prvé akcie, ktoré sa vykonajú po spustení aplikácie. Na začiatku vypočíta všetky parametre potrebné pre prácu s používateľským rozhraním týkajúce sa zariadenia, na ktorom beží aplikácia. Nastavia sa jednotlivé položky postrannej ponuky a vytvoria sa rozhrania na počúvanie na akcie spojené s manipuláciou s používateľským rozhraním.
- *public void updatePosition(final float coordinates[])* - Táto metóda sa volá pri každej zaznamenanej zmene polohy a jej úlohou je aktualizovať polohu v používateľskom rozhraní.
- *void getSpeakerPositions()* - Táto metóda slúži na načítanie informácií (koordinátov reproduktorov, rozmerov miestnosti, vysielaných frekvencií) z konfiguračného súboru a tieto informácie načíta do globálnych premenných programu.
- *private void selectItem(int position)* - Úlohou tejto metódy je definícia akcií pri manipulácii s jednotlivými položkami postrannej ponuky.

7.5.2 Triedy fragmentov používateľského rozhrania

Jednotlivé obrazovky používateľského rozhrania sú reprezentované fragmentami, medzi ktorými sa výberom v postrannej ponuke vyberá. S fragmentami sa v niektorých prípadoch aj dodatočne pracuje (*MapFragment*), nie sú len statické ako väčšina. V ďalšej časti jednotlivé fragmenty opíšem.

- *MapFragment* - Tento fragment predstavuje úvodnú, a zároveň najdôležitejšiu obrazovku používateľského rozhrania. Je na ňom zobrazená mapa miestnosti spolu s vykreslenými reproduktormi na pozíciách načítaných z konfiguračného súboru.
- *DeveloperFragment* - Tento fragment bol vytvorený za účelom efektívnejšieho testovania aplikácie. Obsahuje textové pole, do ktorého sú vypisované testovacie výpisy. V tomto okne sa taktiež spúšťa/vypína lokalizácia.

- *CurrentPositionFragment* - Tento fragment je vytvorený po úspešnej lokalizácii a nahrádza aktuálny fragment mapy. Je na ňom znázornená aktuálna poloha ako aj rozmiestnenie reproduktorov.

7.5.3 Trieda Config

Slúži na uloženie dôležitých konštánt, parametrov, nastavení aplikácie a hodnôt potrebných k nastaveniu presnosti merania a základných funkcií, ktorými prebieha meranie a výpočet. Obsahuje metódy, ktorými je možné nastavenie niektorých nekonštantných hodnôt, ktoré sa môžu v priebehu merania meniť (metódy *Set* sú chránené cez atribút *private*) a tiež metódy, ktorými ostatné triedy môžu získať hodnoty týchto konštánt a premenných.

7.5.4 Trieda Locator

Trieda *Locator* obsahuje metódy pre výpočet aktuálnej polohy pomocou multilaterácie (*calculateCoordinates()*). Zároveň sa v tejto triede nachádzajú metódy, ktorými sa validujú vypočítané koordinácie. Spomínané metódy používajú algoritmy, ktoré boli spracované v časti subsection 7.4.2. Hlavná metóda *calculateCoordinates()* používa spomenuté algoritmy na validáciu signálov a vracia hodnotu typu *boolean*, ktorá hovorí, či aktuálne koordináty prešli úspešne validáciou a môžu byť vykreslené do grafického rozhrania alebo nie.

7.5.5 Trieda SignalProcessing

Trieda *SignalProcessing* obsahuje hlavnú funkcionálnosť k spracovaniu prijatých signálov. Tieto funkcie prevažne narábajú so signálom v jeho pôvodnej forme, teda polia amplitúd priamo prijaté z mikrofónu. Dôležité funkcie tejto triedy sú:

- Použitie windowingu - (*applyWindowFunction*).
- Fourierové transformácie - funkcia knižnice *org.jtransforms.fft* - *realForward*.
- Funkcia detekcie signálu v okne - (*isSignalPresent*).
- Funkcia nájdania začiatkov signálov pre všetky reproduktory - (*findSignal*).

7.5.6 Trieda Recorder

Trieda *Recorder* obsahuje metódy na zachytávanie signálu z mikrofónu mobilného telefónu (*captureAudioBackground*) a spustenie spracovania signálu (*processAudioBackground*).

Tieto dve spomenuté metódy sú vytvárané ako samostatné vlákno, čo zabezpečuje plynulý chod aplikácie a samostatné riadenie vrámci týchto metód.

7.5.7 Trieda Speaker

Trieda Speaker je predlohou pre objekty reproduktorov, ktoré sú vytvárané v aplikácii. Objekty reproduktorov majú v sebe uložené svoje špecifické frekvencie a kódy, ktoré vysielajú. Tiež majú v sebe uložené svoje unikátne koordináty v rámci mapy, ktoré sú definované v konfiguračnom súbore.

7.6 Čo sme nestihli a čo treba zlepšiť

Vzhľadom na komplexnosť a obšírnosť analýzy sme sa zamerali prevažne na jadro problematiky čo predstavovalo vysielanie signálu, synchronizácia Raspberry Pi zariadení, prijatie signálu po čom bola potrebná jeho validácia a následný výpočet polohy. Pri analýze rôznych prístupov k vyššie spomenutej problematike, nám na časť implementácie zostal menší časový úsek ako sme pôvodne predpokladali.

Počas času, ktorý sme mali k dispozícii na implementáciu sme sa nestihli venovať zdokonaleniu grafického užívateľského rozhrania. Momentálne obsahuje iba základnú funkcionality, čo je však pre používanie aplikácie postačujúce. Na zlepšenie funkcionality by sme navrhovali implementovať navigáciu medzi viacerými, užívateľom zvolenými bodmi.

Editácia konfiguračných súborov, obsahujúcich rozmiestnenie reproduktorov, mapy priestorov a zvuk, ktorý sa prehráva, je momentálne vykonávaná ručne. V rámci ďalšej práce na projekte by bolo vhodné implementovať komunikáciu s centrálnym serverom, z ktorého by zariadenia Raspberry Pi získavali príslušný súbor na prehrávanie a mobilné zariadenia konfiguračný súbor s príslušnou mapou.

Na základe nedostatku času sme taktiež nestihli zrealizovať detailnú analýzu a z toho vyplývajúcu implementáciu vmiešavania nášho signálu do hudby. Týmto spôsobom je náš signál jasne a zrejme počuteľný. V prípade nadviazania na našu prácu, by sme navrhovali zvážiť možnosti watermarkingu alebo inej možnosti vmiešavania.

8 Záver

V úvodnej časti dokumentu sme podrobne analyzovali zvukové vlny a ich správanie sa v prostredí. Ďalej sme analyzovali frekvenčné spektrá vyskytujúce sa v hudbe a v ruchu, rôzne prístupy modulácie signálu a modulácie kódov do vysielania, venovali sme sa metóde stochastickej rezonancie na detegovanie originálneho signálu zo šumu a prehľadu rôznych prístupov na lokalizáciu v priestore.

Taktiež sme zdokumentovali najčastejšie využívané systémy na reprodukciu zvuku vo veľkopriestorových objektoch, ako aj charakteristiky reproduktorov umiestňovaných do takýchto budov. V poslednej časti analýzy sme dokumentovali rôzne možnosti modulácie signálu do zvuku a opisovali sme vhodné zariadenia na vykonávanie tejto modulácie.

V druhej kapitole sme podrobne opísali existujúce riešenia a projekty venujúce sa navigácii pomocou zvuku vo vnútri budov.

V tretej kapitole sme sa venovali opisu riešenia. Na začiatku sme si špecifikovali funkcionálne a nefunkcionálne požiadavky na vytváraný systém a mobilnú aplikáciu. Následne, na základe týchto požiadaviek, sme navrhli architektúru systému a spôsob implementácie mobilnej aplikácie.

Vo štvrtej kapitole sme zhodnotili doterajšie výsledky práce na tomto projekte.

V závere by sme chceli uviesť, že sme počas práce na tímovom projekte vykonali značné množstvo netriviálnej práce a výskumu. Vzhľadom na skutočnosť, že zadanie projektu a aj vedomosti potrebné na jeho splnenie boli nezlúčiteľné s vedomosťami, ktoré sme nadobudli počas štúdia, tento projekt a aj dosiahnutú prácu prezentujeme s hrdosťou. Počas práce sme nadobudli veľké množstvo nových poznatkov či už z danej témy alebo zručností pri práci v tíme.

Literatúra

- [1] <http://www.shopkick.com>. Shopkick. [Online], 2014, <http://www.shopkick.com/press>.
- [2] J. R. Baken. *Clinical Measurement of Speech and Voice*, 1987.
- [3] Agarwal Constandache and Choudhury Tashev. Daredevil: Indoor Location Using Sound. . *Mobile Computing and Communications Review*, 18(2), 2014, <http://www.shopkick.com/press>.
- [4] en.wikipedia.org. Stochastic Resonance. [Online], 2014, http://en.wikipedia.org/wiki/Stochastic_resonance.
- [5] V. Filonenko. *Asynchronous Ultrasonic Trilateration for Indoor Positioning of Mobile Phones*. PhD thesis, Dublin Institute of Technology, December 2012.
- [6] Gregory P. Harmer, Bruce R. Davis, and et.al. A Review of Stochastic Resonance: Circuits and Measurement. *IEEE TRANSACTIONS ON INSTRUMENTATION AND MEASUREMENT*, 51(2), April 2002.
- [7] [HowStuffWorks.com](http://www.howstuffworks.com). Sound. [Online], 18 August 2009, <http://science.howstuffworks.com/sound-info.htm>.
- [8] <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/>. Sensitivity of Human Ear. [Online], 2014, <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/sound/earsens.html>.
- [9] <http://mathworld.wolfram.com/>. Nyquist Frequency. [Online], 2014, <http://mathworld.wolfram.com/NyquistFrequency.html>.
- [10] <http://msdn.microsoft.com/>. Multiple channel audio data and WAVE files. [Online], 2014, [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/hardware/dn653308\(v=vs.85\).aspx](http://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/hardware/dn653308(v=vs.85).aspx).
- [11] <http://sk.wikipedia.org/>. Mikrofón. [Online], 2014, <http://sk.wikipedia.org/wiki/Mikrof%C3%B3n>.
- [12] <http://sk.wikipedia.org/>. Reproduktor (elektroakustický menič). [Online], 2014, [http://sk.wikipedia.org/wiki/Reproduktor_\(elektroakustick%C3%BD_meni%C4%8D\)](http://sk.wikipedia.org/wiki/Reproduktor_(elektroakustick%C3%BD_meni%C4%8D)).
- [13] <http://www.jimprice.com/>. Understanding dB. [Online], 2014, <http://www.jimprice.com/prosound/db.htm>.

- [14] <http://www.physicsclassroom.com/>. Reflection, Refraction, and Diffraction. [Online], 2014, <http://www.physicsclassroom.com/class/waves/Lesson-3/Reflection,-Refraction,-and-Diffraction>.
- [15] <http://xiph.org/>. FLAC. [Online], 2014, <http://xiph.org/flac/documentation.html>.
- [16] Frank Mossa, Lawrence M. Wardb, and et.al. *Stochastic resonance and sensory information processing: a tutorial and review of application*, pages 267–281. 17 September 2003.
- [17] Ciampa Olenewa. Wireless# guide to wireless communications. 2007.
- [18] [play.google.com. Sound Meter. \[Online\], 2014,](https://play.google.com/store/apps/details?id=kr.sira.sound&hl=sk)
<https://play.google.com/store/apps/details?id=kr.sira.sound&hl=sk>.
- [19] Rishabh, Kimber, and Adcock. Indoor localization using controlled ambient sounds. *International Conference on Indoor Positioning and Indoor Navigation*, 13 November 2012.
- [20] [vucako.wordpress.com. CDMA 101. \[Online\], November 06, 2014 ,](http://vucako.wordpress.com/2005/12/08/240410cdma101php/)
<http://vucako.wordpress.com/2005/12/08/240410cdma101php/>.
- [21] Zekavat and et.al. *Handbook of Position Location Theory, Practice and Advances*. 2011.

A Používateľská príručka

Táto časť predstavuje používateľskú príručku k produktu navigácie v nákupnom centre, vytvorenom v rámci predmetu Tímový projekt I. a II. Úlohou bolo vytvoriť aplikáciu, ktorá by využívala vstavaný mikrofón telefónu, prostredníctvom ktorého by zachytávala prijatý zvuk, ktorý by bol samozrejme určitou formou upravený. Následne by tento zvuk spracoval na základe viacerých metód a postupov a bola by schopná z tohto zvuku extrahovať dáta potrebné na určenie polohy telefónu. Lokalizácia by mala byť pomerne presná a aktualizácia lokácie vykonávaná čo najčastejšie. Vypočítanú lokáciu by mala byť aplikácia schopná zobrazíť na prehľadnej mape, ktorá by bola súčasťou jednoduchého používateľského rozhrania.

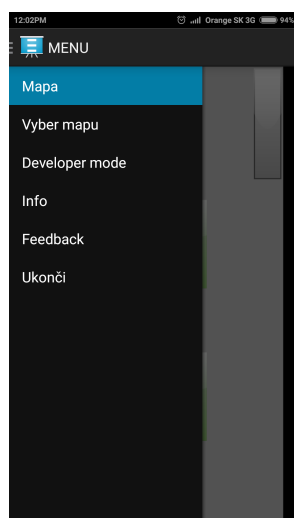
Vytvorená aplikácia všetky tieto požiadavky úspešne splňa, avšak zďaleka nepredstavuje finálnu podobu možného komerčného produktu. Vzhľadom na obmedzený čas na riešenia projektu a pomerne rozsiahlu oblasť, ktorej sa tento projekt venuje je vhodné poznamenať, že aplikácia je na pomerne dobrej úrovni z pohľadu lokalizácie a aplikačného pozadia.

A.1 Inštalácia aplikácie

Aplikácia je momentálne dostupná na priloženom médiu vo formáte Android Application Package (.apk). Tento formát je používaný na distribúciu a inštaláciu aplikačného softvéru a middleware-u na operačnom systéme Android. Aby bolo možné aplikáciu nainštalovať, je nutné ju nahráť na internú alebo externú pamäť zariadenia. Používateľ, ktorý má záujem o inštaláciu aplikácie, by mal disponovať nainštalovaným prehliadačom súborov, v ktorom aplikáciu vyhľadá. Po zvolení inštalácie sa aplikácia štandardne nainštaluje a je možné ju hneď používať.

A.2 Obrazovky aplikácie

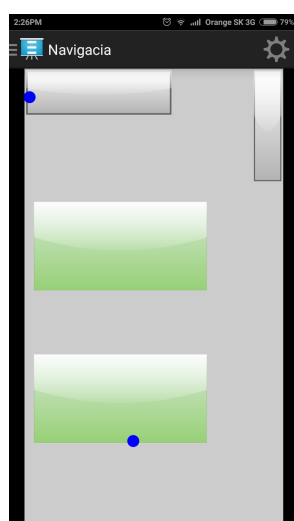
Aplikácia je riešená štandardným prístupom ako väčšina aplikácií na OS Android. Disponuje postrannou ponukou, v ktorej sa môže prepínať medzi jednotlivými obrazovkami používateľského rozhrania a taktiež je možné z tohto menu aplikáciu definitívne ukončiť. Postranná ponuka je zobrazená na obrázku Obr. 56.



Obr. 56: Postranné menu aplikácie

Niektoré položky menu však ešte nedisponujú žiadnou funkcionalitou, čo by sme chceli vyriešiť do prezentácií tohto projektu.

Úvodnou a zároveň najdôležitejšou obrazovkou aplikácie je Mapa. Na nej je zobrazená grafická reprezentácia miestnosti, v ktorej sa chceme lokalizovať. Na tejto mape sú modrou farbou vyznačené polohy reproduktorov, ktoré vysielajú lokalizačný signál. Táto mapa je po spustení lokalizácie neustále aktualizovaná. Po validnej lokalizácii je na mape červenou farbou zobrazená aktuálna poloha telefónu v rámci miestnosti. Ukážka mapy s vykreslenými polohami reproduktorov a aktuálnou polohou je znázornená na obrázku Obr. 57.

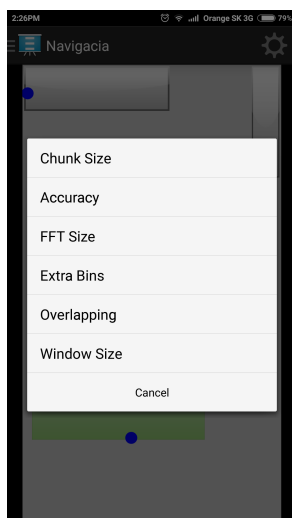


Obr. 57: Ukážka mapy

V tomto okne, tak ako aj v ostatých, je možné nastaviť parametre lokalizácie kliknutím na symbol *Settings* v pravom hornom rohu. V tomto menu je možné nastaviť nasledovné parametre:

- Veľkosť chunkov
- Presnosť
- Veľkosť FFT
- Extra koše
- Miera prekrývania
- Veľkosť okna

Samozrejme, po výbere jednej z možností sú ponúknuté varianty daného parametra. Ukážka ponuky nastaviteľných parametrov lokalizácie je znázornená na obrázku Obr. 58.



Obr. 58: Ukážka ponuky nastaviteľných parametrov lokalizácie

Ďalším oknom aplikácie je okno developerského módu. Toto okno bolo vytvorené najmä pre testovacie účely, a keďže je aplikácia stále v úvodných fázach vývoja, rozhodli sme sa toto okno ponechať pre lepšiu názornosť a sledovanie fungovania samotnej lokalizácie vo forme vypisovania testovacích výpisov do textového poľa. Na tejto obrazovke je taktiež ovládanie spustenia a ukončenia lokalizácie. Ukážka tejto obrazovky je znázornená na obrázku Obr. 59.



Obr. 59: Ukážka developerského módu

A.3 Spustenie a ukončenie lokalizácie

Ako už bolo spomenuté pri opise obrazoviek používateľského rozhrania, aplikácia zatiaľ nemá implementovanú automatickú lokalizáciu, ktorá by bola okamžite aktivovaná po spustení aplikácie. Je nutné lokalizáciu zapnúť v developerskom móde kliknutím na tlačidlo START Recording. Následne je možné, či už v developerskom móde alebo na obrazovke s mapou sledovať určovanie lokácie v rámci miestnosti.

A.4 Mapa a konfiguračné súbory

Aplikácia momentálne nedisponuje výberom z ponuky máp. Túto funkcionality by sme však do prezentácie chceli doimplementovať. S výbranou mapou by bol spojený aj výber príslušného konfiguračného súboru. Samozrejme editácia konfiguračného súboru koncovým používateľom nie je veľmi rozumným krokom, preto sú konfiguračné súbory súčasťou skompilovanej aplikácie, a teda nie sú prístupné pre používateľa aplikácie. Editácia týchto súborov je možná iba na vyžiadanie zákazníka a je prístupná výhradne tvorcom aplikácie.

Slovenská technická univerzita v Bratislave
FAKULTA INFORMATIKY A INFORMAČNÝCH TECHNOLOGIÍ
Ilkovičova 3, 842 16 Bratislava 4

Analýza a riadenie sieťovej premávky

Ponuka na tímový projekt

Študijný program:	Počítačové a komunikačné systémy a siete
Tím č.2:	Bc. Kobza Ladislav, Bc. Švarc Ján, Bc. Repka Róbert, Bc. Vranec Peter, Bc. Tkáč Samuel, Bc. Vaško Ondrej
Vedúci projektu:	Doc.Ing. Ivan Kotuliak, PhD.
Ak. rok:	2013/14

Obsah

Úvod.....	1
Zadanie.....	2
Tím č.2.....	3
Motivácia.....	5
Analýza a hrubý návrh.....	6
Plán práce.....	7
Zoradenie tém podľa priority.....	8
Návrhy stretnutí.....	9

Úvod

Tento dokument je ponukou na vypracovanie témy Analýza a riadenie sieťovej premávky v rámci predmetu Tímový projekt. Pokúšame sa v ňom zdôvodniť, prečo práve my sme najvhodnejším tímom na riešenie tejto témy.

V úvodnej časti predstavujeme jednotlivých členov tímu, uvádzame ich predošlé pôsobenie na fakulte v oblasti sieťových technológií a ostatné, či už pracovné alebo odborné skúsenosti. Následne poskytujeme náš pohľad na problémovú oblasť, ako aj stručnú predstavu riešenia tohoto projektu.

Zadanie

Výkonnosť siete je závislá na charakteristike premávky v sieti. Niektoré štatistické vlastnosti, ako je dlhodobá, alebo krátkodobá závislosť môžu mať zlý vplyv na fungovanie siete. Cieľom je riadiť zdroje v sieti tak, aby celková kvalita služby v sieti bola optimalizovaná.

V súčasnosti máme efektívne rezervačné algoritmy, ako “trunk reservation”. Ako sa bude agregovaná premávka správať v prípade takejto rezervácie? Je vhodné optimalizovať parametre rezervácie vzhľadom na typ premávky?

Ako vstup do projektu je potrebné brať reálnu sieťovú premávku rôzneho typu a granularity (hlas, video, dáta). Následne je potrebné charakterizovať tieto dáta z pohľadu štatistických vlastností (krátkodobé závislosti, dlhodobé) a pre takto charakterizovanú premávku použiť matematický model (napr. ARIMA, FARIMA apod). Cieľom práce je mapovanie typu premávky na rezervačné parametre v sieti.

Tím č.2

Na riešenie tímového projektu sme zostavili tím pozostávajúci zo 6 študentov. V tejto časti uvádzame naše doterajšie skúsenosti a vedomosti, ktoré považujeme za relevantné vzhľadom k téme projektu.

Kobza Ladislav, Bc.

- Programovanie: C, C#, Java
- 3 semestre CCNA Routing & Switching
- Absolvované predmety: Počítačové a komunikačné siete, Prepínanie a smerovanie v IP sieťach. WAN technológie, Konvergencia mobilných a pevných sietí
- Zapísané predmety: Komunikačné služby a siete, NGN siete služby a protokoly, Architektúra mobilných sietí
- email: xkobzal@gmail.com

Švarc Ján, Bc.

- Programovanie: C, C#, Java
- 1. semester CCNA Routing & Switching
- Absolvované predmety: Počítačové a komunikačné siete, Prepínanie a smerovanie v IP sieťach, WAN technológie, Matematická analýza I, Pravdepodobnosť a štatistika
- Zapísané predmety: Komunikačné služby a siete, Bezdrôtové komunikačné systémy, Architektúra mobilných sietí
- Bakalárska práca: Skryté kanály v počítačových a komunikačných sieťach, úspešne obhájená známkou B
- email: svarc.jan0@gmail.com

Repka Róbert, Bc.

- Programovanie: C, C#, Java, PHP, Tcl
- 4 semestre CCNA Routing & Switching
- Absolvované predmety: Počítačové a komunikačné siete, Prepínanie a smerovanie v IP sieťach. WAN technológie
- Zapísané predmety: Komunikačné služby a siete, Bezdrôtové komunikačné systémy, Architektúra mobilných sietí
- Bakalárska práca: Virtuálne privátne siete, úspešne obhájená známkou B
- Popri škole pracuje ako IP asistent (part-time) v spoločnosti GTS Slovakia, s.r.o.
- email: robo@repka.org

Vranec Peter, Bc.:

- Programovanie: C, C#, Java
- 1. semester CCNA Routing & Switching
- Absolvované predmety: Počítačové a komunikačné siete, Prepínanie a smerovanie v IP sieťach. WAN technológie
- Zapísané predmety: Komunikačné služby a siete, Bezdrôtové komunikačné systémy, Architektúra mobilných sietí
- Bakalárska práca: Protokol TCP v bezdrôtových systémoch, úspešne obhájená známkou B
- email: peter.vranec@gmail.com

Tkáč Samuel, Bc.

- Programovanie: C, C#, Java
- Držiteľ certifikátu Cisco CCNA Routing & Switching
- Absolvované predmety: Počítačové a komunikačné siete, Prepínanie a smerovanie v IP sieťach. WAN technológie
- Zapísané predmety: Komunikačné služby a siete, Bezdrôtové komunikačné systémy, Architektúra mobilných sietí
- Bakalárska práca: Kontrola ekvivalencie hardvérových návrhov pomocou matematickej logiky, úspešne obhájená známkou B
- email: sammy2907@gmail.com

Váško Ondrej, Bc.

- Programovanie: C, C#, Java
- 2 semestre Cisco CCNA Routing & Switching
- Bakalárska práca: Spracovanie dlhodobých meraní vybraných charakteristík Internetu. Obhájená známkou C.
- Absolvované predmety: Počítačové a komunikačné siete, Prepínanie a smerovanie v IP sieťach. WAN technológie
- Zapísané predmety: Komunikačné služby a siete, NGN siete služby a protokoly
- email: ondrej.vaskoo@gmail.com

Motivácia

Všetci členovia sa jednoznačne rozhodli práve pre túto tému, nakoľko sa venujú sieťovým technológiám a mnohí majú blízky vzťah k matematike, čo sa odzrkadlilo aj na ich študijných výsledkoch z matematických predmetov. Všetci členovia tímu taktiež absolvovali všetky sieťové predmety počas bakalárskeho štúdia. Následne si títo členovia aj zapísali predmety z výberového bloku počítačové a komunikačné systémy a siete v inžinierskom štúdiu. Sme presvedčení, že vypracovanie tejto témy značne obohatí naše znalosti z oblasti optimalizácie komunikačných sietí.

Spojovo orientované siete majú rezervované zdroje pre sieťovú premávku, nepotrebujú žiadne rezervačné mechanizmy. Oproti tomu siete založené na prepínaní okruhov musia vopred predpokladať množstvo premávky a väčšinou je prácou administrátorov alebo architektov nastaviť QoS parametre a uplatniť algoritmy na rezerváciu prostriedkov pre tieto siete tak, aby zabezpečili bezproblémový prenos hlasu, videa a iných typov komunikácie. S týmto je spojený taktiež problém vhodnej optimalizácie siete a taktiež schopnosti rozpoznať a následne klasifikovať premávku čo najefektívnejšie vzhľadom k dostupným a ponúkaným prostriedkom v sieti.

V tejto téme môžeme spoločne s tímom nájsť riešenie pre výpočet týchto parametrov rezervácie pre dané vstupy reálnej sieťovej premávky a zhodnotiť ktorý algoritmus rezervácie sieťových prostriedkov je najvhodnejší pre danú premávku, prípadne sa zamerať na jeden a snažiť sa jeho rôznymi modifikáciami dosiahnuť čo najoptimálnejších výsledky. Následne je potrebné zhodnotiť ktoré parametre ako ovplyvňujú premávku a aké sú “najekonomickejšie” navrhované hodnoty na základe dopracovaných výsledkov.

Členovia tímu majú relevantné skúsenosti potrebné pre vhodnú optimalizáciu siete prípadne modifikácie trunk reservation algoritmu, nadobudnuté počas bakalárskeho štúdia ako aj prípravou na certifikáciu CCNA.

Analýza a hrubý návrh

Využívanie prenosovej kapacity v telekomunikačných sieťach musí byť dôsledne kontrolované v prípade, ak je cieľom poskytnutie čo najvyhovujúcejšej kvality služby pre zákazníka. [1] Výber určitej politiky (metódy) kontroly je dôležitý najmä kvôli rozdielnemu správaniu sa siete a jej výkonu po aplikácii rozličných stratégií kontroly. Stratégie založené na trunk reservation algoritme sú však jednoduché, robustné a zároveň extrémne efektívne kontrolné mechanizmy.

Postatou týchto algoritmov je priradenie rôznych stupňov priority rôznym typom premávky. Pri prichádzajúcich požiadavkách protokol rozhodne na základe obsadenosti média, či dané prostriedky dokáže prideliť, pričom toto rozhodnutie nie je ovplyvnené celkovým momentálnym stavom siete. Následnú optimalizáciu premávky možno dosiahnuť dvomi spôsobmi, a to buď modifikovaním parametrov trunk reservation protokolu, a tým pádom dosiahnutím rôznych výkonových parametrov v sieti alebo optimalizáciou samotnej siete pre daný typ premávky.

Počas postupnej optimalizácie siete sa budú pravidelne zberať štatistické údaje o jej vyťaženeosti a optimálnom fungovaní. Tieto údaje následne spracujeme a uplatníme na ne štatistické modely, napr. ARIMA alebo FARIMA s cieľom predpovedať sieťovú premávku a následne ju aj modelovať. Takto vznikne všeobecná metóda pre mapovanie typu premávky na rezervačné parametre v sieti.

[1] Hunt, P. J.; Laws, C. N. Optimization via trunk reservation in single resource loss systems under heavy traffic. The Annals of Applied Probability 7 (1997), no. 4, 1058--1079. doi:10.1214/aoap/1043862424.

Plán práce

ZIMNÝ SEMESTER

Analýza a návrh

- Termín: do 30.10.2014
- Štúdium štatistických modelov ARIMA a FARIMA
- Štúdium existujúcich rezervačných algoritmov. Vizualizácia a výpočty rezervácie pre rôzne hodnoty parametrov
- Porovnanie rezervačných algoritmov a vplyvov zmeny parametrov
- Zhromaždenie vstupných dát a postupná analýza – rozdelenie dáta na základe kontextu (hlas, dáta, video...)

LETNÝ SEMESTER

- Aplikácia ARIMA a FARIMA modelov na dané dáta
- Návrh scenárov na optimalizáciu komunikačných sietí na základe aplikácie zvolených štatistických modelov na vstupné dáta

Zoradenie tém podľa priority

1. Analýza a riadenie sieťovej premávky
2. Aplikácia pre platformu Funtoro
3. Navigácia v nákupnom centre
4. Vnorený systém na výučbu golfu

Návrhy stretnutí

Repka Róbert

	7:00 – 7:50	8:00 – 8:50	9:00 – 9:50	10:00 – 10:50	11:00 – 11:50	12:00 – 12:50	13:00 – 13:50	14:00 – 14:50	15:00 – 15:50	16:00 – 16:50	17:00 – 17:50	18:00 – 18:50	19:00 – 19:50	20:00 – 20:50	21:00 – 21:50
Po				-1.42 (PU2) (BA-MD-FiIT) Architektúra počítačových systémov D. Bernát			cd150 (BA-MD-FEI C-D) Kódovanie K. Čipková		1.25 (LPB) (BA-MD-FiIT) Bezpečnosť počítačových systémov ¹ L. Hudec			1.25 (LPB) (BA-MD-FiIT) Bezpečnosť počítačových systémov ¹ L. Hudec			
Ut				-1.57 (U80) (BA-MD-FiIT) Komunikačné služby a siete P. Trúchly				-1.57 (U80) (BA-MD-FiIT) Timový projekt I J. Hudec		-1.57 (U80) (BA-MD-FiIT) Výskum systémov počítačového inžinierstva E. Gramatová		-1.57 (U80) (BA-MD-FiIT) Bezpečnosť počítačových systémov L. Hudec			
St					-1.58 (U120) (BA-MD-F) Architektúra počítačových systémov D. Bernát		de150 (BA-MD-FEI D-E) Bezdrôtové komunikačné systémy I. Kotuliak		-1.40 (PU1) (BA-MD-FiIT) Bezpečnosť počítačových systémov J. Laštinec						
Št	1.04 (LST1) (BA-MD-FiIT) Komunikačné služby a siete ² P. Trúchly														
Pi		cd150 (BA-MD-FEI C-D) Kódovanie K. Čipková			-1.57 (U80) (BA-MD-FiIT) Bezdrôtové komunikačné systémy ³ I. Kotuliak										

Peter Vranec

	7:00 – 7:50	8:00 – 8:50	9:00 – 9:50	10:00 – 10:50	11:00 – 11:50	12:00 – 12:50	13:00 – 13:50	14:00 – 14:50	15:00 – 15:50	16:00 – 16:50	17:00 – 17:50	18:00 – 18:50	19:00 – 19:50	20:00 – 20:50	21:00 – 21:50
Po				-1.42 (PU2) (BA-MD-FiIT) Architektúra počítačových systémov D. Bernát			cd150 (BA-MD-FEI C-D) Kódovanie K. Čipková		1.25 (LPB) (BA-MD-FiIT) Bezpečnosť počítačových systémov ¹ L. Hudec			1.25 (LPB) (BA-MD-FiIT) Bezpečnosť počítačových systémov ¹ L. Hudec			
Ut				-1.57 (U80) (BA-MD-FiIT) Komunikačné služby a siete P. Trúchly				-1.57 (U80) (BA-MD-FiIT) Timový projekt I J. Hudec		-1.57 (U80) (BA-MD-FiIT) Výskum systémov počítačového inžinierstva E. Gramatová		-1.57 (U80) (BA-MD-FiIT) Bezpečnosť počítačových systémov L. Hudec			
St					-1.58 (U120) (BA-MD-F) Architektúra počítačových systémov D. Bernát										
Št	1.04 (LST1) (BA-MD-FiIT) Komunikačné služby a siete ² P. Trúchly														
Pi		cd150 (BA-MD-FEI C-D) Kódovanie K. Čipková													

Ondrej Vaško

	7:00 – 7:50	8:00 – 8:50	9:00 – 9:50	10:00 – 10:50	11:00 – 11:50	12:00 – 12:50	13:00 – 13:50	14:00 – 14:50	15:00 – 15:50	16:00 – 16:50	17:00 – 17:50	18:00 – 18:50	19:00 – 19:50	20:00 – 20:50	21:00 – 21:50
Po		-1.42 (PU2) (BA-MD-FiIT) Architektúra počítačových systémov D. Bernát							1.25 (LPB) (BA-MD-FiIT) Bezpečnosť počítačových systémov ¹ L. Hudec			1.25 (LPB) (BA-MD-FiIT) Bezpečnosť počítačových systémov ¹ L. Hudec		-1.40 (PU1) (BA-MD-FiIT) Bezpečnosť počítačových systémov J. Laštinec	
Ut				-1.57 (U80) (BA-MD-FiIT) Komunikačné služby a siete P. Trúchly				-1.57 (U80) (BA-MD-FiIT) Timový projekt I J. Hudec		-1.57 (U80) (BA-MD-FiIT) Výskum systémov počítačového inžinierstva E. Gramatová		-1.57 (U80) (BA-MD-FiIT) Bezpečnosť počítačových systémov L. Hudec			
St					-1.58 (U120) (BA-MD-F) Architektúra počítačových systémov D. Bernát										
Št	1.04 (LST1) (BA-MD-FiIT) Komunikačné služby a siete ² P. Trúchly						bc150 (BA-MD-FEI B-C) Základy kryptografie O. Grošek								
Pi		ab150 (BA-MD-FEI A-B) Základy kryptografie O. Grošek													

Ján Švarc

	7:00 – 7:50	8:00 – 8:50	9:00 – 9:50	10:00 – 10:50	11:00 – 11:50	12:00 – 12:50	13:00 – 13:50	14:00 – 14:50	15:00 – 15:50	16:00 – 16:50	17:00 – 17:50	18:00 – 18:50	19:00 – 19:50	20:00 – 20:50	21:00 – 21:50
Po		-1.42 (PU2) (BA-MD-FIIT) Architektúra počítačových systémov D. Bernát					cd150 (BA-MD-FEI C-D) Kódovanie K. Čipková		1.25 (LPB) (BA-MD-FIIT) Bezpečnosť počítačových systémov ¹ L. Hudec			1.25 (LPB) (BA-MD-FIIT) Bezpečnosť počítačových systémov ¹ L. Hudec	-1.40 (PU1) (BA-MD-FIIT) Bezpečnosť počítačových systémov L. Hudec		
Ut				-1.57 (U80) (BA-MD-FIIT) Komunikačné služby a siete P. Trúchly				-1.57 (U80) (BA-MD-FIIT) Tímový projekt I J. Hudec		-1.57 (U80) (BA-MD-FIIT) Výskum systémov počítačového inžinierstva E. Gramatová		-1.57 (U80) (BA-MD-FIIT) Bezpečnosť počítačových systémov L. Hudec			
St					-1.58 (U120) (BA-MD-FIIT) Architektúra počítačových systémov D. Bernát		de150 (BA-MD-FEI D-E) Bezdrôtové komunikačné systémy I. Kotuliak					-1.40 (PU1) (BA-MD-FIIT) Bezdrôtové komunikačné systémy J. Balaža			
Št	1.04 (LST1) (BA-MD-FIIT) Komunikačné služby a siete ² P. Trúchly														
Pi		cd150 (BA-MD-FEI C-D) Kódovanie K. Čipková			-1.57 (U80) (BA-MD-FIIT) Bezdrôtové komunikačné systémy ³ I. Kotuliak										

Ladislav Kobza

	7:00 – 7:50	8:00 – 8:50	9:00 – 9:50	10:00 – 10:50	11:00 – 11:50	12:00 – 12:50	13:00 – 13:50	14:00 – 14:50	15:00 – 15:50	16:00 – 16:50	17:00 – 17:50	18:00 – 18:50	19:00 – 19:50	20:00 – 20:50	21:00 – 21:50
Po									1.25 (LPB) (BA-MD-FIIT) Bezpečnosť počítačových systémov ¹ L. Hudec			1.25 (LPB) (BA-MD-FIIT) Bezpečnosť počítačových systémov ¹ L. Hudec	-1.40 (PU1) (BA-MD-FIIT) Bezpečnosť počítačových systémov L. Hudec		
Ut				-1.57 (U80) (BA-MD-FIIT) Komunikačné služby a siete P. Trúchly				-1.57 (U80) (BA-MD-FIIT) Tímový projekt I J. Hudec		-1.57 (U80) (BA-MD-FIIT) Výskum systémov počítačového inžinierstva E. Gramatová		-1.57 (U80) (BA-MD-FIIT) Bezpečnosť počítačových systémov L. Hudec			
St	-1.42 (PU2) (BA-MD-FIIT) Architektúra počítačových systémov ² D. Bernát				-1.58 (U120) (BA-MD-FIIT) Architektúra počítačových systémov D. Bernát										
Št	1.04 (LST1) (BA-MD-FIIT) Komunikačné služby a siete ³ P. Trúchly						bc150 (BA-MD-FEI B-C) Základy kryptografie O. Grošek								
Pi		ab150 (BA-MD-FEI A-B) Základy kryptografie O. Grošek													

Samuel Tkáč

	8:00 – 8:50	9:00 – 9:50	10:00 – 10:50	11:00 – 11:50	12:00 – 12:50	13:00 – 13:50	14:00 – 14:50	15:00 – 15:50	16:00 – 16:50	17:00 – 17:50	18:00 – 18:50	19:00 – 19:50	20:00 – 20:50	21:00 – 21:50
Po			-1.42 (PU2) (BA-MD-FIIT) Architektúra počítačových systémov D. Bernát			cd150 (BA-MD-FEI C-D) Kódovanie K. Čipková		1.25 (LPB) (BA-MD-FIIT) Bezpečnosť počítačových systémov ¹ L. Hudec		-1.40 (PU1) (BA-MD-FIIT) Bezpečnosť počítačových systémov J. Laštinec	1.25 (LPB) (BA-MD-FIIT) Bezpečnosť počítačových systémov ¹ L. Hudec			
Ut							-1.57 (U80) (BA-MD-FIIT) Tímový projekt I J. Hudec		-1.57 (U80) (BA-MD-FIIT) Výskum systémov počítačového inžinierstva E. Gramatová		-1.57 (U80) (BA-MD-FIIT) Bezpečnosť počítačových systémov L. Hudec			
St				-1.58 (U120) (BA-MD-FIIT) Architektúra počítačových systémov D. Bernát		de150 (BA-MD-FEI D-E) Bezdrôtové komunikačné systémy I. Kotuliak		-1.40 (PU1) (BA-MD-FIIT) Bezdrôtové komunikačné systémy J. Balaža						
Št														
Pi	cd150 (BA-MD-FEI C-D) Kódovanie K. Čipková			-1.57 (U80) (BA-MD-FIIT) Bezdrôtové komunikačné systémy ² I. Kotuliak										

Navrhovaný termín stretnutí

Utorok 13:00

Streda 18:30

Štvrtok 18:00

Plán projektu

V tejto časti je rozpísaný plán práce spolu s dôležitými termínmi.

30.9.2014

vypracovanie a odovzdanie ponuky na projekt „Analýza a riadenie sieťovej premávky“

14.10.2014

úvod, určenie dlhodobých úloh členov tímu

21.10.2014

funkčné webové sídlo projektu, názov tímu, analýza metód zachytávania a vysielania zvuku

4.11.2014

dokončenie analýzy metód zachytávania a vysielania zvuku, nájdenie optimálnej pracovnej frekvencie

11.11.2014

Posudok analýzy iného tímu, začiatok prác na prototype

2.12.2014

Práca na prototype

24.4.2015

Práca na produkte

21.5.2015

Úpravy produktu a odovzdanie celkového projektu

29.5.2015

Odovzdanie posudku na výsledok iného tímu

Odovzdanie plagátov k obhajobe

15.6.2015

Prezentácia a obhajoba tímového projektu

Úlohy členov tímu

Bc. Ladislav Kobza

Krátkodobé:

- Modulácia kódov do vysielania
- Frequency hopping, scrambling
- Využitie Raspberry Pi, Arduino
- Princípy fungovania GPS
- Podobné riešenia (ShopKICK, DareDevil)
- Výpočet polohy

Bc. Róbert Repka

Dlhodobé:

- Správca webového sídla

Krátkodobé:

- Analýza frekvenčnej charakteristiky mikrofónov
- Meranie a voľba optimálnej frekvencie
- Watermarking
- Výpočet polohy
- Posudok tímu č.3

Bc. Ján Švarc

Krátkodobé:

- Správanie sa zvukových vln
- GPS princípy
- Stochastická rezonancia
- Metódy lokalizácie
- Výpočet polohy

- Posudok tímu č.3

Bc. Samuel Tkáč

Dlhodobé:

- Finálna forma dokumentácie

Krátkodobé:

- Charakteristika reproduktorov
- Využitie Raspberry Pi, Arduino
- Fázová modulácia
- Návrh GUI s mapou

Bc. Peter Vranec

Dlhodobé:

- Mobilná aplikácia

Krátkodobé:

- Java knižnice
- Načítanie dát z mikrofónu
- Návrh používateľského rozhrania
- Hrubý návrh architektúry
- Fázový posun

Bc. Ondrej Vaško

Dlhodobé:

- Vedúci tímu

Krátkodobé:

- Vplyv frekvencií na zvieratá
- Filtrovanie frekvencií z hudby
- Podanie grantu
- Generovanie signálu do zvuku
- Viackanálový zvuk (MatLab)

Zápisnica zo stretnutia tímu AUDIBLES

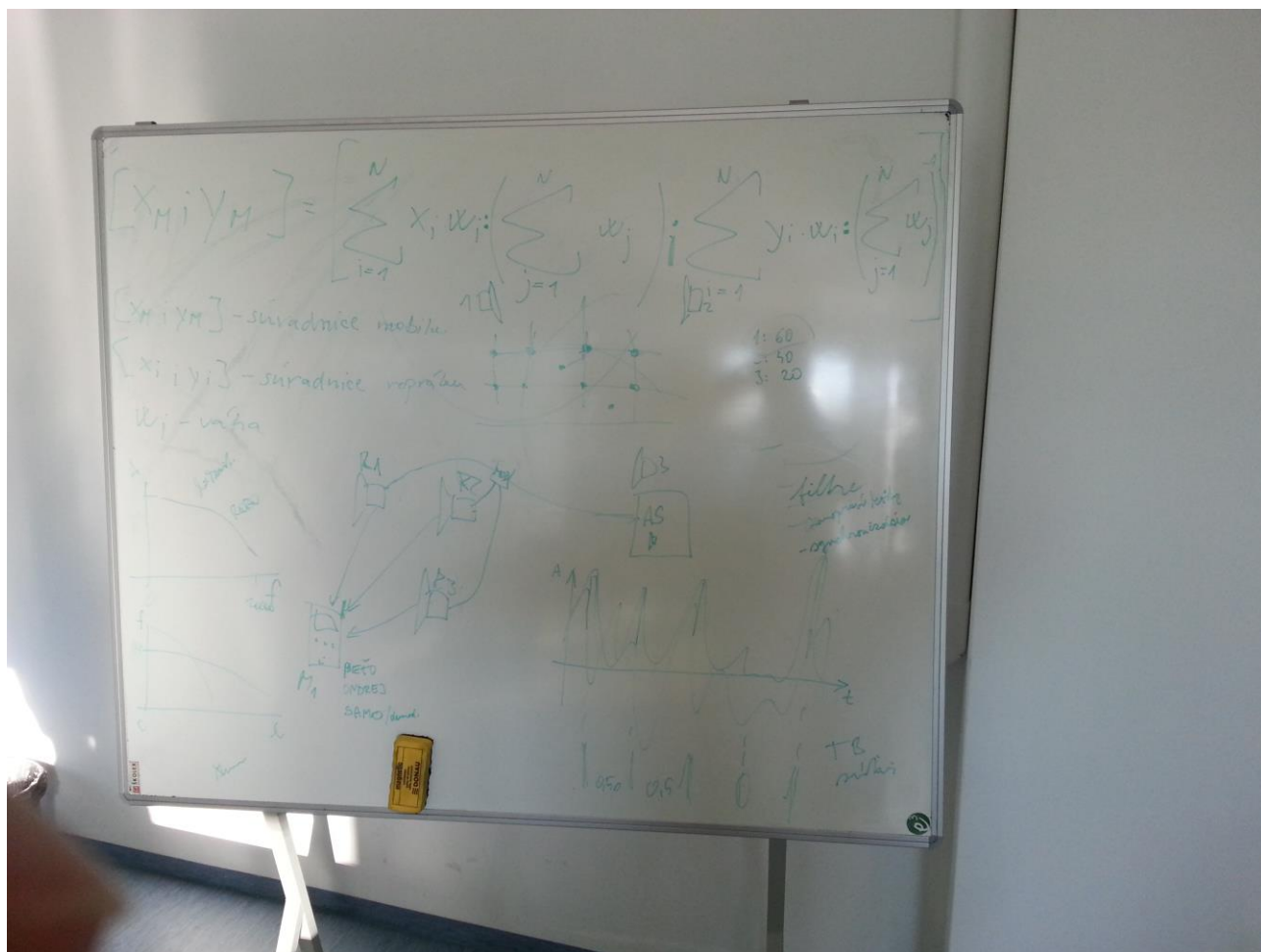
Stretnutie č. 1

Dátum: 14.10.2014
Čas: 14:00
Miesto: FIIT STU, miestnosť 5.44
Prítomní:

Bc. Ladislav Kobza
Bc. Róbert Repka
Bc. Ján Švarc
Bc. Samuel Tkáč
Bc. Ondrej Vaško
Bc. Peter Vranec

Náplň stretnutia:

- Určenie organizačných funkcií v tíme:
 - Správa webovej stránky tímu: Bc. Róbert Repka
 - Tvorba zápisnice: Bc. Samuel Tkáč
 - Administratívne záležitosti: Bc. Ondrej Vaško (Vedúci tímu)
- V úvodnej časti každý člen referoval tému, resp. technológiu, metódu, ktorú si počas uplynulého týždňa naštudoval
- Spoločná analýza rôznych scenárov riešenia formou brainstormingu
- Analyzované témy, resp. témy, nad ktorými sme sa zamýšľali:
 - Vlastnosti mobilných súčiastok týkajúce sa príjmu signálu
 - Analyzovanie frekvenčného spektra, intenzity signálu, vzdialenosti prijemcu signálu od zdroja
 - Filtre
 - Samoopravné kódy
 - Teória prenosu signálov v rozličných prostrediach (nákupné centrum, obývačka, diaľnica, atď.)
 - Uvažovanie nad vytvorením bunkového systému
 - Využitie Code Divison Multiple Access pri modifikácii vysielaného signálu
 - Problém synchronizácie
 - Určenie hustoty rozmiestnenia reproduktorov v priestore
-
- Výsledok brainstormingu – tabuľka s nápadmi a návrhmi je zobrazený na obrázku Obr. 1



Obr. 1 Výsledok brainstormingu

Zápisnica zo stretnutia tímu AUDIBLES

Stretnutie č. 2

Dátum: 21.10.2014
Čas: 14:00
Miesto: FIIT STU, miestnosť 5.44
Prítomní:

Bc. Ladislav Kobza
Bc. Róbert Repka
Bc. Ján Švarc
Bc. Samuel Tkáč
Bc. Ondrej Vaško
Bc. Peter Vranec

Náplň stretnutia:

- V úvodnej časti každý člen referoval tému, resp. technológiu, metódu, ktorú si počas uplynulého týždňa naštudoval
- Spoločná analýza rôznych scenárov riešenia formou brainstormingu
- Analyzované témy, resp. témy, nad ktorými sme sa zamýšľali:
 - Hrubý návrh architektúry
 - Analýza existujúcich knižníc pre prácu so zvukom v programovacom jazyku Java
 - Analýza správania sa zvukových vln
 - Využitie jednodoskových počítačov Raspberry Pi a Arduino pre moduláciu zvuku do reproduktorov
 - Prehľad charakteristík (frekvenčných, impedančných, atď.) reproduktorov využívaných v nákupných centrách
 - Výber akustickej vzorky zo signálu
 - Scrambling, frequency hopping
 - Multiplexovanie signálov
 - Hrubý návrh architektúry signálu

Zápisnica zo stretnutia tímu AUDIBLES

Stretnutie č. 3

Dátum: 28.10.2014
Čas: 14:00
Miesto: FIIT STU, miestnosť 5.44
Prítomní:

Bc. Ladislav Kobza
Bc. Róbert Repka
Bc. Ján Švarc
Bc. Samuel Tkáč
Bc. Ondrej Vaško
Bc. Peter Vranec

Náplň stretnutia:

- Na treťom stretnutí každý člen tímu referoval svoj progres v oblasti, ktorú študoval
- Spoločne sme sa zhodli, že projekt pravdepodobne nebude možné realizovať v reálnych podmienkach, a preto jeho simuláciu budeme vykonávať v priestoroch našej fakulty za čo najideálnejších podmienok
- Vedúcemu tímu sme navrhli realizáciu pomocou Wi-Fi, prípadne Bluetooth technológií, čo by bolo po zanalyzovaní akustických vlastností pravdepodobne ideálnejšie riešenie, avšak projekt musí byť realizovaný využívaním zvuku
- Stanovili sme si ako bude prebiehať testovanie prototypu v laboratórnych podmienkach
- Úlohy, ktoré sme si stanovili na vypracovanie do budúceho týždňa:
 - Odovzdanie požiadavky na Tatra Banka grant
 - Vypracovanie dokumentácie k analýze problematiky
 - Vypracovanie dokumentácie k návrhu riešenia
 - Odovzdanie prvej časti dokumentácie k projektu

Zápisnica zo stretnutia tímu AUDIBLES

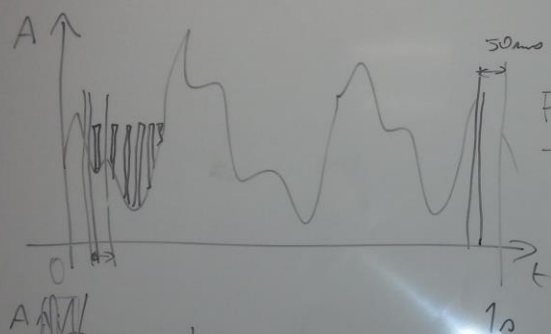
Stretnutie č. 4

Dátum: 04.11.2014
Čas: 14:00
Miesto: FIIT STU, miestnosť 5.44
Prítomní:

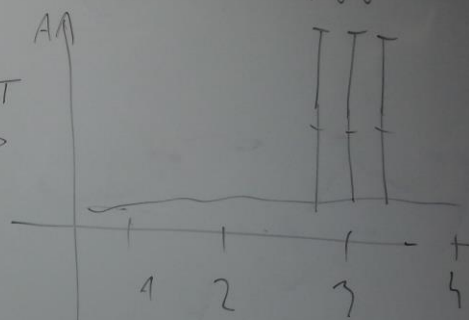
Bc. Ladislav Kobza
Bc. Róbert Repka
Bc. Ján Švarc
Bc. Samuel Tkáč
Bc. Ondrej Vaško
Bc. Peter Vranec

Náplň stretnutia:

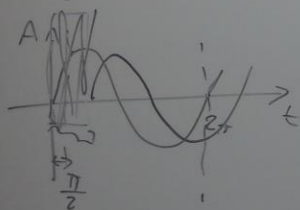
- Na stretnutí každý člen tímu referoval svoj progres v oblasti, ktorú študoval
- Spoločne sme analyzovali možnosti a prístupy na implementáciu prototypu navigácie
- Úlohy, ktoré sme si stanovili na vypracovanie do budúceho týždňa:
 - Fázová modulácia
 - Softvér – Fourierová transformácia
 - GPS – princípy a použiteľné informácie
 - Watermarking a jeho využitie v projekte
 - Odovzdanie prvej časti dokumentácie k projektu



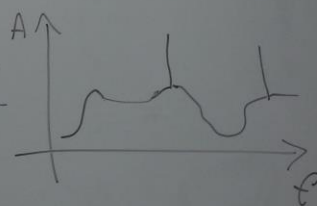
FFT
→



2 2 2
1 1 1
0 0 0



IFFT
←



2. IDR SYN ROBUST.
106 36 16
1.

Zápisnica zo stretnutia tímu AUDIBLES

Stretnutie č. 5

Dátum: 11.11.2014
Čas: 14:00
Miesto: FIIT STU, miestnosť 5.44
Prítomní:

Bc. Ladislav Kobza
Bc. Róbert Repka
Bc. Ján Švarc
Bc. Samuel Tkáč
Bc. Ondrej Vaško
Bc. Peter Vranec

Náplň stretnutia:

- Na stretnutí každý člen tímu referoval svoj progres v oblasti, ktorú študoval
- Spoločne sme analyzovali možnosti a prístupy na implementáciu prototypu navigácie, určovanie polohy bude prebiehať na základe rozdielov času prijatia (Time Difference of Arrival)
- Práca na prototypu pokračuje, na budúci týždeň bude prvá skúška dema
- Boli rozdelené úlohy na budúci týždeň

Zápisnica zo stretnutia tímu AUDIBLES

Stretnutie č. 6

Dátum: 18.11.2014
Čas: 14:00
Miesto: FIIT STU, miestnosť 5.44
Prítomní:

Bc. Ladislav Kobza
Bc. Róbert Repka
Bc. Ján Švarc
Bc. Samuel Tkáč
Bc. Ondrej Vaško
Bc. Peter Vranec

Náplň stretnutia:

- Na stretnutí každý člen tímu referoval svoj progres v oblasti, ktorú študoval
- Spoločne sme analyzovali možnosti a prístupy na implementáciu prototypu navigácie, určovanie polohy bude prebiehať na základe rozdielov času prijatia (Time Difference of Arrival)
- Práca na prototypu pokračuje, na budúci týždeň bude prvá skúška dema
- Členovia tímu spoločne pracovali na realizácii prototypu

Zápisnica zo stretnutia tímu AUDIBLES

Stretnutie č. 7

Dátum: 25.11.2014
Čas: 14:00
Miesto: FIIT STU, miestnosť 5.44
Prítomní:

Bc. Ladislav Kobza
Bc. Róbert Repka
Bc. Ján Švarc
Bc. Samuel Tkáč
Bc. Ondrej Vaško
Bc. Peter Vranec

Náplň stretnutia:

- Členovia tímu spoločne pracovali na realizácii prototypu

Zápisnica zo stretnutia tímu AUDIBLES

Stretnutie č. 8

Dátum: 02.12.2014
Čas: 14:00
Miesto: FIIT STU, miestnosť 5.44
Prítomní:

Bc. Ladislav Kobza
Bc. Róbert Repka
Bc. Ján Švarc
Bc. Samuel Tkáč
Bc. Ondrej Vaško
Bc. Peter Vranec

Náplň stretnutia:

- Členovia tímu spoločne pracovali na realizácii prototypu

Zápisnica zo stretnutia tímu AUDIBLES

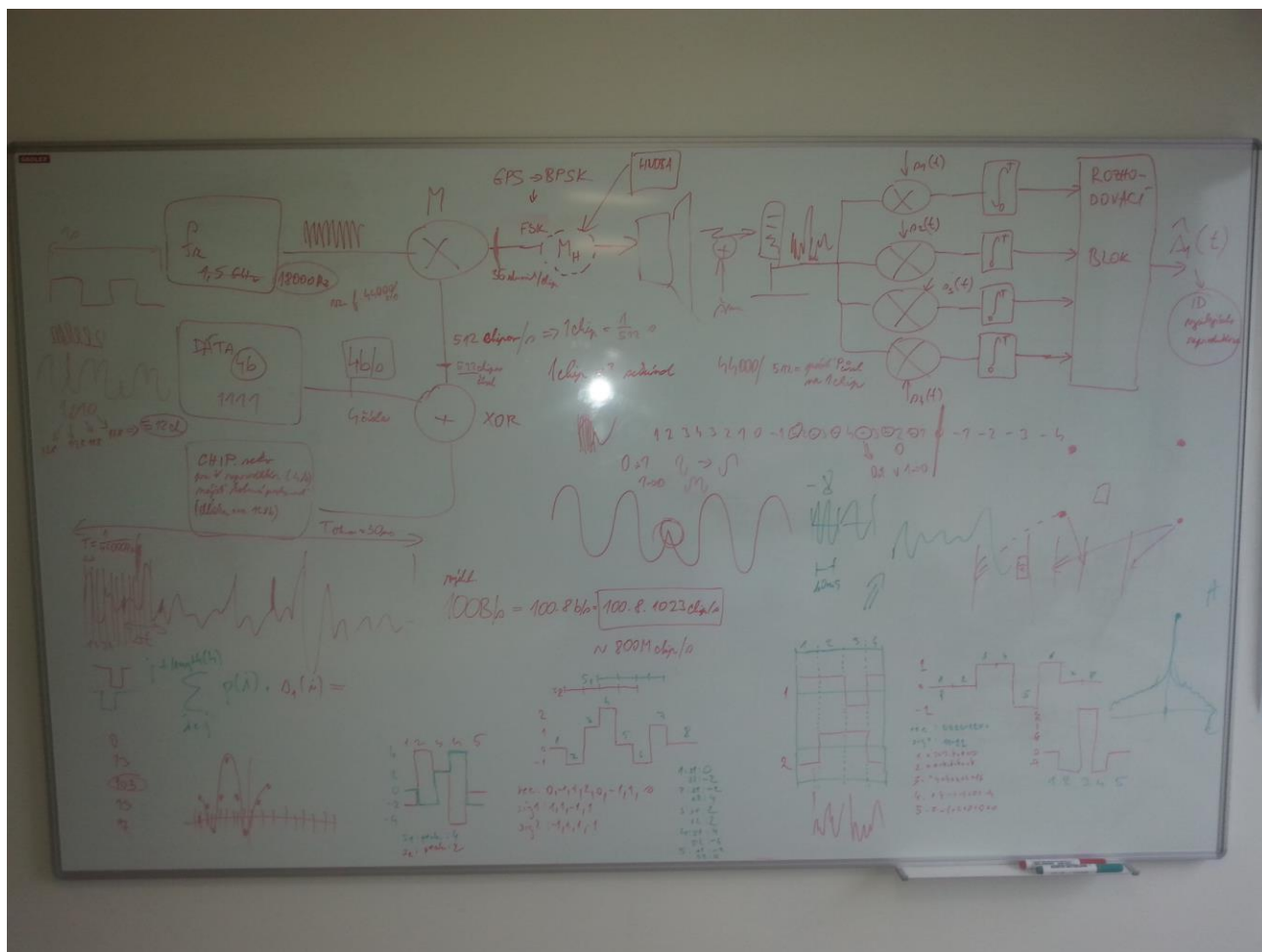
Stretnutie č. 9

Dátum: 18.02.2015
Čas: 13:00
Miesto: FIIT STU, miestnosť 5.44
Prítomní:

Bc. Ladislav Kobza
Bc. Róbert Repka
Bc. Ján Švarc
Bc. Samuel Tkáč
Bc. Ondrej Vaško
Bc. Peter Vranec

Náplň stretnutia:

- Úvodné stretnutie letného semestra
- Rozdelenie financií na grant
- Zakomponovanie princípov GPS pre zlepšenie zachytávania signálu
- Blokový diagram systému_:



Zápisnica zo stretnutia tímu AUDIBLES

Stretnutie č. 10

Dátum: 25.02.2015
Čas: 13:00
Miesto: FIIT STU, miestnosť 5.44
Prítomní:
Bc. Ladislav Kobza
Bc. Róbert Repka
Bc. Ján Švarc
Bc. Samuel Tkáč
Bc. Ondrej Vaško
Bc. Peter Vranec

Náplň stretnutia:

- Zakomponovanie princípov GPS pre zlepšenie zachytávania signálu
- Práca na prototype
- Nasimulovanie funkcionality projektu v Matlabe
- Odborná konzultácia s odborníkmi z oblasti bezdrôtových technológií

Zápisnica zo stretnutia tímu AUDIBLES

Stretnutie č. 11

Dátum: 04.03.2015
Čas: 13:00
Miesto: FIIT STU, miestnosť 5.44
Prítomní:

Bc. Ladislav Kobza
Bc. Róbert Repka
Bc. Ján Švarc
Bc. Samuel Tkáč
Bc. Ondrej Vaško
Bc. Peter Vranec

Náplň stretnutia:

- Zakomponovanie princípov GPS pre zlepšenie zachytávania signálu
- Práca na prototype
- Nasimulovanie funkcionality projektu v Matlabe
- Vypracovanie položiek nákupu z grantu

Zápisnica zo stretnutia tímu AUDIBLES

Stretnutie č. 12

Dátum: 11.03.2015
Čas: 13:00
Miesto: FIIT STU, miestnosť 5.44
Prítomní:
Bc. Ladislav Kobza
Bc. Róbert Repka
Bc. Ján Švarc
Bc. Samuel Tkáč
Bc. Ondrej Vaško
Bc. Peter Vranec

Náplň stretnutia:

- Zakomponovanie princípov GPS pre zlepšenie zachytávania signálu
- Práca na prototype
- Nasimulovanie funkcionality projektu v Matlabe (BPSK)
- Testovanie zachytávania signálu

Zápisnica zo stretnutia tímu AUDIBLES

Stretnutie č. 13

Dátum: 18.03.2015
Čas: 13:00
Miesto: FIIT STU, miestnosť 5.44
Prítomní:

Bc. Ladislav Kobza
Bc. Róbert Repka
Bc. Ján Švarc
Bc. Samuel Tkáč
Bc. Ondrej Vaško
Bc. Peter Vranec

Náplň stretnutia:

- Zakomponovanie princípov GPS pre zlepšenie zachytávania signálu
- Implementácia FSK a BPSK modulácii
- Práca na prototype
- Nasimulovanie funkcionality projektu v Matlabe (BPSK, FSK, korelácia)
- Testovanie zachytávania signálu v Matlabe

Zápisnica zo stretnutia tímu AUDIBLES

Stretnutie č. 14

Dátum: 25.03.2015
Čas: 13:00
Miesto: FIIT STU, miestnosť 5.44
Prítomní:

Bc. Ladislav Kobza
Bc. Róbert Repka
Bc. Ján Švarc
Bc. Samuel Tkáč
Bc. Ondrej Vaško
Bc. Peter Vranec

Náplň stretnutia:

- Zakomponovanie princípov GPS pre zlepšenie zachytávania signálu
- Práca na prototype
- Implementácia a testovania FSK a BPSK modulácii v Matlabe
- Nasimulovanie funkcionality projektu v Matlabe
- Testovanie
- GUI
- Implementácia a testovanie navigácie

Zápisnica zo stretnutia tímu AUDIBLES

Stretnutie č. 15

Dátum: 08.04.2015
Čas: 13:00
Miesto: FIIT STU, miestnosť 5.44
Prítomní:

Bc. Ladislav Kobza
Bc. Róbert Repka
Bc. Ján Švarc
Bc. Samuel Tkáč
Bc. Ondrej Vaško
Bc. Peter Vranec

Náplň stretnutia:

- Zakomponovanie princípov GPS pre zlepšenie zachytávania signálu
- Práca na prototype
- Nasimulovanie funkcionality projektu v Matlabe
- Prechod na FDMA prístup
- Funkcie pre hľadanie začiatku signálu kvôli určeniu polohy
- GUI
- Implementácia navigácie

Zápisnica zo stretnutia tímu AUDIBLES

Stretnutie č. 16

Dátum: 15.04.2015
Čas: 13:00
Miesto: FIIT STU, miestnosť 5.44
Prítomní:

Bc. Ladislav Kobza
Bc. Róbert Repka
Bc. Ján Švarc
Bc. Samuel Tkáč
Bc. Ondrej Vaško
Bc. Peter Vranec

Náplň stretnutia:

- Práca na prototype
- Nasimulovanie funkcionality projektu v Matlabe
- Testovanie
- Spojenie blokov projektu (Signály. Navigácia, GUI)
- Implementácia synchrónneho prehrávaia zvuku na RaspBerry Pi
- Návrh funkcií pre hľadanie začiatku lokalizačného signálu a jeho validácie

Zápisnica zo stretnutia tímu AUDIBLES

Stretnutie č. 17

Dátum: 22.04.2015
Čas: 13:00
Miesto: FIIT STU, miestnosť 5.44
Prítomní:

Bc. Ladislav Kobza
Bc. Róbert Repka
Bc. Ján Švarc
Bc. Samuel Tkáč
Bc. Ondrej Vaško
Bc. Peter Vranec

Náplň stretnutia:

- Práca na prototype
- Testovanie
- Implementácia funkcií hľadania začiatku signálu
- Funkcie validácie signálu
- Spojenie blokov projektu (Signály. Navigácia, GUI)
- Implementácia synchrónneho prehrávača zvuku na Raspberry Pi
- Práca na dokumente

Zápisnica zo stretnutia tímu AUDIBLES

Stretnutie č. 18

Dátum: 29.04.2015
Čas: 13:00
Miesto: FIIT STU, miestnosť 5.44
Prítomní:

Bc. Ladislav Kobza
Bc. Róbert Repka
Bc. Ján Švarc
Bc. Samuel Tkáč
Bc. Ondrej Vaško
Bc. Peter Vranec

Náplň stretnutia:

- Práca na prototype
- Testovanie
- Spojenie blokov projektu (Signály, Navigácia, GUI)
- Pridelenie testovacej miestnosti o rozmeroch 5x8 m a vývojového počítača
- Testovací scenár obsahoval 4 reproduktory, ktoré prehrávali viackanálový zvuk
- Implementácia synchronného prehrávania zvuku na RaspBerry Pi
- Testovanie funkcií na hľadanie lokalizačného signálu a validácie
- Testovanie fungovania lokalizačnej funkcie

Zápisnica zo stretnutia tímu AUDIBLES

Stretnutie č. 19

Dátum: 06.05.2015
Čas: 13:00
Miesto: FIIT STU, miestnosť 5.44
Prítomní:

Bc. Ladislav Kobza
Bc. Róbert Repka
Bc. Ján Švarc
Bc. Samuel Tkáč
Bc. Ondrej Vaško
Bc. Peter Vranec

Náplň stretnutia:

- Práca na prototype
- Testovanie
- Spojenie blokov projektu (Signály, Navigácia, GUI)
- Testovací scenár obsahoval 4 reproduktory, ktoré prehrávali viackanálový zvuk
- Skúšanie viacerých frekvencií a rozstupov medzi nimi
- Testovanie validačných funkcií
- Implementácia synchrónneho prehrávača zvuku na Raspberry Pi
- Verifikácia fungovania lokalizačnej funkcie

Zápisnica zo stretnutia tímu AUDIBLES

Stretnutie č. 20

Dátum: 13.05.2015
Čas: 13:00
Miesto: FIIT STU, miestnosť 5.44
Prítomní:

Bc. Ladislav Kobza
Bc. Róbert Repka
Bc. Ján Švarc
Bc. Samuel Tkáč
Bc. Ondrej Vaško
Bc. Peter Vranec

Náplň stretnutia:

- Práca na prototype
- Testovanie
- Spojenie blokov projektu (Signály, Navigácia, GUI)
- Testovací scenár obsahoval 4 reproduktory, ktoré prehrávali viackanálový zvuk
- Skúšanie viacerých frekvencií a rozstupov medzi nimi
- Práca na dokumentácii a finálnom produkte

Štandardy kódovania

Dokument k projektu má nasledovné formátovanie:

- okraj zhora 2,5 cm
- okraj zdola 1,5 cm
- okraj sprava 2 cm
- okraj zľava 3,5 cm
- kódovanie UTF8
- typ písma Times New Roman
- veľkosť písma 12
- farba písma čierna
- riadkovanie 1

Posudok k projektovej dokumentácii tímu č. 3

Bc. Ladislav Kobza

Bc. Róbert Repka

Bc. Ján Švarc

Bc. Samuel Tkáč

Bc. Ondrej Vaško

Bc. Peter Vranec

Úvod

Tento dokument obsahuje posudok analýzy, špecifikácie a hrubého návrhu projektovej dokumentácie tímu číslo 3. Tento tím pracuje na projekte „Analýza a riadenie sieťovej prevádzky“. Dokument posudzujeme z formálnej aj obsahovej stránky.

Formálna stránka

Dokument má celkovo 32 strán a je prehľadne členený na kapitoly a podkapitoly. Text je štruktúrovaný do odsekov, čo čitateľovi uľahčuje orientáciu v texte. Celková úprava dokumentu je na dobrej úrovni. V dokumente sa ale nachádza viacero gramatických a štylistických chýb a to aj v názvoch podkapitol¹. Citovanie je nekonzistentné², nie je v súlade s požadovanou normou a niekde úplne chýba. Niektoré obrázky nie sú preložené³, obsahujú len anglický text. Tieto skutočnosti znižujú celkovú úroveň čitateľnosť textu. Obsah dokumentu zahŕňa 19 strán, zvyšné strany sa v obsahu nenachádzajú. Niektoré matematické formuly neboli v dokumente korektne zobrazované⁴.

Analytická časť

V úvode dokumentu je uvedené celé znenie zadania a motivácia tímu pre riešenie daného projektu. Taktiež je tu uvedené, že dokument obsahuje analýzu, špecifikáciu požiadaviek a hrubý návrh riešenia. Špecifikácia sa ale ďalej v texte nevyskytuje.

Analytická časť obsahuje všeobecný úvod do problematiky a oboznamuje čitateľa s problematikou analýzy a riadenia sieťovej prevádzky. V tejto časti práce sú podrobne opísané metódy merania premávky v sieti, modelovanie premávky a Hurstov parameter, jeho analýza a spôsoby výpočtu. Analýza ďalej obsahuje prehľad a porovnanie dvoch najznámejších sieťových simulátorov. Porovnanie je založené viac na použiteľnosti ako na ich funkcionalite. Posledná časť analýzy obsahuje teóriu generovania sieťovej premávky, ktorá ale obsahuje nečitateľné vzorce a z tohto dôvodu nie je príliš informatívna. Slovenské

¹ Využitie hurstovho parametra

² [3] – strana 5, [Introduction to Network Simulator NS2, 2012] – strana 14

³ Obrázok 1, 2, 3, 7 a 8

⁴ V kapitole Generátor LRD premávky na strane 17

ekvivalenty niektorých anglických slov neboli vysvetlené⁵, alebo preložené⁶. Dokument neobsahuje analýzu matematických modelov uvedených v zadaní a ani celkové zhrnutie analyzovaných problémov.

Špecifikácia požiadaviek

Špecifikácia požiadaviek sa v dokumente nenachádza.

Návrh riešenia

Kapitola s návrhom riešenia je neúplná a obsahuje len všeobecné fakty a nenaznačuje konkrétne riešenie projektu. Presne neudáva aké matematické modely a štatistické metódy budú použité pri riešení. Taktiež nie je uvedené, ako bude vytvorený model siete a ako budú určené štatistické parametre siete. Vstupom projektu má byť poskytnutá sieťová premávka, ale výstup nie je uvedený.

Zhodnotenie

Formálna úroveň práce je aj napriek niektorým nezrovnalostiam na veľmi dobrej úrovni. Nečitateľné vzorce mohli byť spôsobené migráciou medzi platformami.

Analytická časť je okrem vyššie spomenutých chýbajúcich častí spracovaná na viac ako dobrej úrovni. Grafy a obrázky sú informatívne a vhodne dopĺňajú text.

Špecifikácia je na nedostatočnej úrovni, nakoľko sa v dokumente nenachádza.

Návrh je neúplný, príliš abstraktný a neobsahuje dostatočné množstvo informácií ohľadom riešenia projektu.

Dokument tímu 3 hodnotíme celkovo ako dobrý.

⁵ Výbušnosť premávky (strana 4), distribučná funkcia s ťažkým chvostom (strana 17)

⁶ Wavelet (strana 17)

Slovenská technická univerzita v Bratislave

Fakulta informatiky a informačných technológií

Ilkovičova 2, 842 16 Bratislava 4

Posudok k projektovej dokumentácii tímu č. 2

Navigácia v nákupnom centre

Vypracoval tím č. 7: Bc. Peter Balga
Bc. Jakub Dluhý
Bc. Ľubor Ferenczy
Bc. Maroš Krajčovič
Bc. Tomáš Petřík
Bc. Michal Valíček

Akademický rok: 2014/2015

1 Úvod

Tento dokument je posudkom dokumentácie Tímu č. 2 k tímovému projektu “Navigácia v nákupnom centre”. Poskytnutá dokumentácia je posudzovaná z formálnej a obsahovej stránky.

2 Formálna stránka

Dokument je celkovo po formálnej stránke prehľadne formulovaný a vhodne členený, avšak obsahuje niekoľko nejednoznačných alebo nesprávnych výrazov, formulácií.

V úvodnej kapitole časti 1.2 *Zoznam skratiek* a 1.3 *Slovník pojmov* vôbec neplnia svoju úlohu. V zozname skratiek figuruje iba jedna skratka, pričom väčšina ostatných je vysvetlená v texte. Časť 1.3 *Slovník pojmov* je prázdna. V časti 2.1 *Zvukové vlny* je význam vety “*Vibrujúci objekt produkuje zvukové vlny vo vzduchu (alebo inom médiu), pretože sa pohybuje k a od vzduchu vedľa neho.*” ťažko porozumiteľný. V časti 2.9.4 *Java* sú obidve vety napísané v štýle poznámok, dokonca v prvej vete chýba prísudok.

V Podkapitole 4.2.3 by bolo vhodné zjednotiť jednotky frekvencie, keďže sa viackrát striedajú hodnoty uvedené v Hz aj kHz a to aj v rovnakom kontexte (napr. Obr. 18, Obr. 19). Striedanie jednotiek pôsobí mätúco nielen na čitateľa ale aj na autorov, ktorí na strane 35 uvádzajú, že spektrum ľudskej reči sa “*pohybuje v rozhraní 300 – 3400 kHz*”.

Viackrát sa v dokumente strieda text písaný v prvej a tretej osobe jednotného čísla. Keďže ide o vedeckú prácu, na ktorej pracuje dokonca viac autorov bolo by vhodné použiť autorský plurál. Taktiež viackrát sú použité slová z cudzích jazykov, ktoré nie sú v adekvátnej slovenskej forme (*display, smartphone, menežment*).

Esteticky nepôsobia dobre príliš dlhé názvy podkapitol, hlavne ak sú aj rozdelené na konci riadku ako napr. podkapitola 2.8 alebo 3.3. Niektoré kapitoly sú bez úvodných textov a hneď sa v nich prechádza na ďalšiu podkapitolu (napríklad 2.10 - 2.10.1 a 4.2 - 4.2.1). Esteticky tiež nepôsobí dobre kapitola 4.2.1, kde takmer každá veta tvorí nový odsek.

Dokument je z gramatického hľadiska v poriadku, až na niekoľko preklepov alebo chýbajúce časti slov, napr. vo vetách: “*V priemere dokápeniest frekvencie od 100 Hz do 10000 Hz.*” alebo “*Na frekveod 300 – 6000 Hz sú určené stredopásmové reproduktory.*”.

3 Obsahová stránka

Autori dokumentu veľmi dobre formulovali motiváciu k riešeniu projektu. Pozitívny je komerčný potenciál produktu.

V analýze boli naozaj vyčerpávajúco uvedené vlastnosti zvuku, jeho vznik, vplyv prostredia naň. Analýza fyzikálnych vlastností zvuku je z dôvodu správnej implementácie dôležitá a bola spracovaná komplexne a vecne. Tím analyzoval dve bežne hrané pesničky v troch rôznych,

používaných formátoch. Z ich frekvenčnej charakteristiky určili pásmo, ktoré je použiteľné na prenos informácie, prijímanej telefónom a následne využívané na lokalizáciu.

V dokumente bolo vysvetlených celkovo 7 rôznych spôsobov lokalizovania v priestore. Opäť veľmi komplexne, aj keď nie je zrejmé, ktorá metóda je pre potreby implementácie najvhodnejšia. Uvítali by sme prehľadné porovnanie metód, v ktorom by autori načrtli ktorý spôsob je najlepší pre rôzne oblasti využitia.

Návrh riešenia obsahuje kapitoly, ktoré spadajú skôr do analýzy, ide hlavne o meranie, v ktorom autori hľadajú najvhodnejšie frekvenčné pásmo pre celý systém. Jej záverom bola definovaná frekvencia, v ktorej bude prototyp pracovať, čo je vynikajúci základ na návrh riešenia, teda je to téma vhodná do analýzy.

Celkovo by podľa nás mal byť návrh riešenia viac konkrétny. Chýba hlavne implementačné prostredie, jazyky, technológie. V celom návrhu chýba akákoľvek zmienka o povahe, štruktúre uchovávaných údajov, aj keď vo funkcionálnych požiadavkách je zmienená nutnosť práce s nimi, napríklad mapy. Podobne sa údaje spomenuli v analýze lokalizačných riešení. Súčasťou architektúry je server o povahe ktorého nevieme nič.

4 Celkové zhodnotenie

Tím v dokumente pokryl analýzu, existujúce riešenia a návrh riešenia v primeranom rozsahu. Mimoriadne kladne hodnotíme experimentálne merania. Práca je prehľadná a konzistentná. Dokument obsahuje malé množstvo gramatických a formálnych nepresností, ktoré ale nemajú výrazne negatívny vplyv na celkovú kvalitu.

Za najvýznamnejší nedostatok považujeme absenciu záverov analýzy. Čitateľ sa tak v nej môže stratiť a nie je zrejmé, ktoré z analyzovaných riešení je pre danú problematiku najvhodnejšie.

Druhý významný nedostatok dokumentu je nekonkrétnosť návrhu riešenia, nemyslíme si, že takto všeobecne formulovaný návrh je dobrý začiatok implementačného procesu.

V samotnom závere dokumentu autori vyjadrili pochybnosti o praktickej aplikácii produktu. Vďaka analýze dokázali kriticky zhodnotiť realizovateľnosť projektu, ale chýba nám ďalší navrhovaný postup a definícia prototypu.

B Dokumentácia k riadeniu projektu

V tejto časti dokumentu sa nachádza dokumentácia k riadeniu projektu s názvom Navigácia v nákupnom centre, ktorý vznikol a je realizovaný na Fakulte informatiky a informačných technológií Slovenskej technickej univerzity v Bratislave. Obsah dokumentácie je nasledovný:

1. Ponuka - dokument, ktorým sa tím uchádzal o pridelenie tejto témy
2. Plán projektu - postupnosť jednotlivých prác na projekte s určením ich termínov
3. Úlohy členov tímu - krátkodobé a dlhodobé úlohy jednotlivých členov tímu
4. Zápisnice zo stretnutí
5. Štandardy kódovania
6. Posudok analýzy a hrubého návrhu tímu č. 3
7. Posudok našej analýzy a hrubého návrhu vypracovaný tímom č. 7
8. Vyjadrenie sa k posudku
9. Posudok prototypu (funkčnosť, použiteľnosť) tímu č.3
10. Posudok nášho prototypu vypracovaný tímom č. 7
11. Vyjadrenie sa k posudku
12. Posudok dokumentácie návrhu, implementácie a produktu tímu č. 7
13. Posudok tejto dokumentácie návrhu, implementácie a produktu tímom č. 7
14. Manažment verzií, konfigurácií a zmien - použitý verzionovací systém apod.
15. Preberacie protokoly

Slovenská technická univerzita v Bratislave
Fakulta informatiky a informačných technológií

Tím č.2

Bc. Samuel Tkáč

Bc. Ondrej Vaško

Bc. Peter Vranec

Bc. Ladislav Kobza

Bc. Ján Švarc

Bc. Róbert Repka

Vyjadrenie sa k posudku analýzy,
špecifikácie a hrubého návrhu

Vedúci práce: Ing. Tomáš Kováčik, PhD.

November 2014

Po preštudovaní prijatého posudku a zanalyzovaní jednotlivých pripomienok sme sa zhodli na podniknutí nasledovných krokov:

Úvod

Z tejto kapitoly bol odstránený zoznam skratiek a slovník pojmov. Rozhodli sme sa tieto kapitoly vypustiť a skratky a pojmy nechať vysvetlené v texte.

Analýza

Nezrozumiteľné vety v časti 2.1 a vety v štýle poznámok v časti 2.9.4 sme opravili. Závery analýzy, ktoré by vyjadrovali zvolené analyzované riešenie pre danú problematiku, neboli z nášho hľadiska potrebné, nakoľko budú uvedené v návrhu prototypu a finálneho produktu.

Návrh

V návrhu v podkapitole 4.2.3 boli zjednotené jednotky frekvencie na Hertz [Hz], aby nepôsobili zmätočne. Meranie, v ktorom je hľadaná najvhodnejšia frekvencia vysielania reproduktorov, je zaradené v návrhu, pretože v jeho záverom je optimálna frekvencia využívaná v ďalšom pokračovaní projektu. Nakoľko sa jedná o hrubý návrh, neobsahuje implementačné prostredie, jazyky a povahu a štruktúru uchovávaných údajov. Tieto údaje budú uvedené vo finálnom dokumente.

Formálna stránka

Použité cudzojazyčné slová boli nahradené adekvátnymi slovenskými ekvivalentami. Kapitola bez úvodných textov bol pridaný úvodný text. Nájdene preklepy a chýbajúce časti slov boli v dokumente opravené. Text písaný v prvej a tretej osobe singuláru je spôsobený väčším množstvom autorov.

Zhodnotenie

Relevantné pripomienky sme do dokumentu zapracovali a opravili sme spomínané chyby. Celkovo hodnotíme posudok ako veľmi dobrý, obsahoval niekoľko cenných rád, ktoré nám umožnili zvýšiť celkovú kvalitu dokumentu.

Posudok prototypu tímu č. 3

Bc. Ladislav Kobza

Bc. Róbert Repka

Bc. Ján Švarc

Bc. Samuel Tkáč

Bc. Ondrej Vaško

Bc. Peter Vranec

Úvod

Tento dokument obsahuje posudok prototypu tímu číslo 3 v rámci predmetu Tímový projekt I. Tento tím pracuje na projekte „Analýza a riadenie sieťovej prevádzky“. Prototyp posudzujeme z formálnej aj obsahovej stránky.

Obsahová stránka

Prototyp sa nachádza v kapitole návrhu a boli uskutočnené merania štatistických vlastností vygenerovanej sieťovej premávky. Určovanie štatistických vlastností siete len na základe počtu bajtov za jednotku času sa javí ako nedostatočné a chýba prístup k charakteristike štatistických vlastností sieťovej premávky na základe iného parametra. Generovanie paketov rovnakej dĺžky je dostatočné len pri určovaní štatistických vlastností na základe počtu bajtov za jednotku času. V prototypu nie je definovaná alternatíva ku generovaniu paketov, ak nebude dostatočné generovať pakety rovnakej dĺžky programom D-ITG. Pozitívne hodnotíme uskutočnenie viacerých meraní, prezentáciu výsledkov v tabuľkách a namerané výsledky. Použitie Hurstovho parametra sa z meraní javí ako správna voľba.

Formálna stránka

Prototyp nie je v samostatnej kapitole a je spojený s návrhom a nie je explicitne jasné, ktorá časť je návrh, a ktorá riešenie. Po formálnej stránke dokument spĺňa štandard a nemáme k nemu žiadne ďalšie výhrady.

Zhodnotenie

Prototyp mohol byť komplexnejší a celkovo ho hodnotíme ako dobrý.

Posudok k projektovej dokumentácii tímu č. 2
AUDIBLES
Navigácia v nákupnom centre

Vypracoval tím č. 7:

Bc. Peter Balga

Bc. Jakub Dluhý

Bc. Ľubor Ferenczy

Bc. Maroš Krajčovič

Bc. Tomáš Petřík

Bc. Michal Valiček

Akademický rok: 2014/2015
december 2014

1 Úvod

Tento dokument je finálnym posudkom v zimnom semestri ku dokumentácii a prototypu Tímu č. 2 “AUDIBLES” k tímovému projektu “Navigácia v nákupnom centre”. Poskytnutá dokumentácia je posúdená z formálnej a aj obsahovej stránky.

2 Formálna stránka

Dokument je prehľadne formulovaný a vhodne členený, mimoriadne kladne hodnotíme aj hierarchické členenie každého problému s danými podproblémami. Gramatická úprava je taktiež na vysokej úrovni, dokonca aj drobné preklepy typu “tkaýto spôsob” ako na strane 2 sú v dokumente veľmi zriedkavé.

3 Obsahová stránka

Autori veľmi kvalitne spracovali teoretické pozadie nevyhnutné pre úspešné vyriešenie zadania projektu. Dokonca aj úplne nezainteresovaný čitateľ pri postupnom čítaní dokumentu získa všetky potrebné vedomosti ohľadom zvukovej problematiky, aby dokázal pochopiť nasledujúcu prácu autorov. Taktiež praktickú ukážku práce autorov - implementáciu prototypu - napriek zdanlivej nedokonalosti (presnosť “len” 0,5 metra v 4 metrovej miestnosti) hodnotíme pozitívne, nakoľko pre potreby prototypu a v nie úplne vhodných podmienkach učebne 5.45 je dostačujúca. V rámci konštruktívnej kritiky si dovoľujeme autorom navrhnúť dočasne skúsiť testovanie tohto prototypu aj v ideálnejších podmienkach - napríklad v nahrávacom štúdiu, kde sú upravené steny a tým pádom by v ňom nedochádzalo k parazitným skreslovacím ozvenám zvuku.

4 Celkové zhodnotenie

Tím v dokumente pokryl analýzu, existujúce riešenia a návrh riešenia v primeranom rozsahu. Tímu sa podarilo vyvinúť relatívne funkčný prototyp zvukovej navigácie. Autori (aj pri ústnej prezentácii) spomenuli ako možnosť ďalšieho rozvíjania prototypu možnosť pripojenia mikropočítača pred každý z reproduktorov na namodulovanie navigačného signálu. Nakoľko reproduktory pri podobných aplikáciách, t.j. napríklad v nákupných centrách používajú 80 V, často dokonca až 100 V rozvody, nie je nám jasné, ako technicky tento mikropočítač typu napr. Raspberry Pi dokáže prijať, spracovať a odoslať takýto signál bez jeho poškodenia týmto preň vysokým napätím.

Dokument je taktiež prehľadný a konzistentný. Sme si vedomí náročnosti zadaného projektu, preto aj tento na prvý pohľad málo presný prototyp hodnotíme ako veľmi dobrý. Tímu sa podarilo odvieť kus kvalitnej práce, ale ešte veľa práce ho čaká. Preto tímu želáme veľa úspechov do ďalšieho vývoja, nakoľko prípadný úspech pri vyriešení tohto zadania bude mať vysoký komerčný potenciál.

SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE

Fakulta Informatiky a Informačných Technológií

Posudok na projekt tímu č.2 Aplikácia pre platformu Funtoro

Tímový projekt II

Ladislav Kobza
Róbert Repka
Ján Švarc
Samuel Tkáč
Ondrej Vaško
Peter Vranec

Letný semester 2014/2015

Úvod

Tento dokument obsahuje posudok na finálny dokument a produkt tímu č.2 v rámci predmetu Tímový projekt II. na Fakulte Informatiky a Informačných Technológií Slovenskej Technickej Univerzity v Bratislave. Témou projektu tímu č.2 je *Aplikácia pre platformu Funtoro*.

Formálna stránka

Formálna úroveň projektu je na dobrej úrovni. Text je vhodne štruktúrovaný, dobre čitateľný a vecný. Gramatická stránka je taktiež na dobrej úrovni, až na zopár preklepov a gramatických chýb. Veľkým nedostatkom hodnotíme absenciu obsahu dokumentu, ktorá značne zhoršuje navigáciu v dokumente.

Obsahová stránka

Obsahovú stránku projektu sme hodnotili podľa samotného rozdelenia kapitol v dokumente. Z tohto pohľadu evidujeme chýbajúcu kapitolu implementácie, ktorej časti textu sme ale našli v iných kapitolách.

Analýza

Analýza je celkovo spracovaná na veľmi dobrej úrovni a poskytuje dostatočný základ pre následné riešenie projektu. Autori podrobne opisujú existujúce riešenia, ich charakteristické vlastnosti a zhodnocujú ich výhody a nevýhody z pohľadu používateľa, ako aj prevádzkovateľa systému. Vybrané existujúce riešenia sú relevantné a čitateľovi poskytnú dostatočný prehľad o danej problematike z hľadiska hardvérových a softvérových možností.

V analýze nám chýba vysvetlenie základných pojmov použitých v texte (zbernica CAN opísaná v špecifikácii) a samotnej platformy *Funtoro* (neanalyzovaná).

Špecifikácia a návrh

Posudzovaný tím vhodne rozčlenil a určil požiadavky na systém (funkcionálne, nefunkcionálne, hardvérové). Taktiež dostatočne oboznámil čitateľa s dôvodmi

výberu inej platformy ako platformy *Funtoro* (zdôvodnené v analýze), ktoré považujeme za relevantné. Špecifikácia obsahuje všetky potrebné náležitosti.

Návrh obsahuje podrobný opis jednotlivých modulov systému, ako aj rozhraní medzi nimi. Navrhnuté riešenie je komplexné, zahŕňa všetky potrebné moduly a časti systému a pôsobí celistvo. Z dokumentácie je možné ľahko pochopiť fungovanie systému, všetky časti návrhu obsahujú aj UML diagramy, zobrazenia grafického rozhrania a diagramy architektúry a prepojení modulov.

Prototyp

Dokumentácia prototypu obsahuje niekoľko obrázkov a opis implementovanej funkcionality. Opis implementácie neobsahuje veľa technických informácií (použité *framework-y* a knižnice) a popis použitých algoritmov (algoritmy analýzy jazdného štýlu vodiča a iné). Pozitívne hodnotíme možnosti zobrazenia štatistík ponúknutých pre manažéra.

Používateľská príručka je komplexná, čitateľná a popisuje všetky scenáre použitia pre rôzne typy používateľov.

Záver

Z predloženej dokumentácie projektu zhodnocujeme, že zadanie projektu bolo splnené. Návrh aplikácie je celistvý, nasleduje vymedzené požiadavky a nemá nedostatky. Aplikácia je vhodná na reálne nasadenie do prevádzky a ponúka okrem základných funkcií mnoho ďalších (administrácia, prezeranie štatistík). Používateľská príručka zaručuje, že používatelia systému môžu rýchlo vyriešiť prípadné problémy .

Posudok k projektovej dokumentácii tímu č. 2
AUDIBLES
Navigácia v nákupnom centre
(Analýza, špecifikácia, návrh riešenia)

Vypracoval tím č. 7:
Bc. Jakub Dluhý
Bc. Ľubor Ferenczy
Bc. Maroš Krajčovič
Bc. Tomáš Petrík
Bc. Michal Valiček

Akademický rok: 2014/2015
máj 2015

1 Úvod

Tento dokument je finálnym posudkom v letnom semestri k dokumentácii a produktu Tímu č. 2 “AUDIBLES” k tímovému projektu “Navigácia v nákupnom centre”. Poskytnutá dokumentácia je posúdená z formálnej a obsahovej stránky.

2 Formálna stránka

Dokument je prehľadne formulovaný a vhodne členený, kladne hodnotíme aj hierarchické členenie každého problému s danými podproblémami a kategóriami. Gramatická úprava dokumentu je taktiež zväčša v poriadku (výnimočne chýbajú napr. čiarky v súvetiach).

3 Obsahová stránka

Realizácia projektu je po obsahovej a implementačnej stránke na veľmi vysokej úrovni. Analýza je urobená dôkladne, oceňujeme jej detailnosť, najmä fyzikálne pozadie riešenej problematiky. Aj priemerne technicky zdatný čitateľ pri postupnom čítaní analýzy získa prehľad o téme a pochopí princíp realizácie projektu.

Z dokumentu je vidno dobrú spoluprácu medzi jednotlivými členmi tímu, pretože autori museli zvládnuť spracovať a prepojiť niekoľko dosť rozdielných častí systému: od fyzikálnej časti vrátane matematických výpočtov, naprogramovania mikropočítača Raspberry Pi, simulačných prác v softvéri MatLab až po programovanie aplikácie pre OS Android.

Napriek kvalitne odvedenej práci sme mali problémy pri testovaní priloženej aplikácie na OS Android. Pri jej spustení dochádzalo k spomaleniu telefónu, často nebolo možné ani v reálnom čase stlačiť určité tlačidlo bez dlhého čakania na reakciu telefónu. Taktiež aplikácia niekoľkokrát spontánne “spadla” a ukončila sa chybovým hlásením. Mobilným zariadením, do ktorého bola nainštalovaná aplikácia bol smartfón Samsung Galaxy S5 s operačným systémom Android 5.0 Lollipop. Predpokladáme, že autori aplikácie túto aplikáciu testovali na svojich - iných smartfónoch spomenutých v dokumente, pravdepodobne taktiež aj s inou verziou OS Android, preto tento problém s aplikáciou nehodnotíme ako zásadne negatívny. V reálnom nasadení navigačného systému do praxe by tieto chyby boli istotne rýchlo odstránené. Aj sami autori v dokumente spomínajú, že aplikácia ešte nie je úplne odladená.

Z priloženej používateľskej príručky bez problémov chápeme princíp fungovania aplikácie. Dobre zdokumentované sú aj fragmenty, triedy a metódy aplikácie a z ich popisu je nám jasné, že na čo slúžia.

4 Celkové zhodnotenie

Výsledok práce tímu na tomto projekte napriek drobným nedostatkom hodnotíme ako veľmi dobrý, nakoľko sa jedná o náročnú problematiku a autori si očividne museli naštudovať mnoho informácií mimo riadneho rozsahu ich súčasného aj predchádzajúceho štúdia.

Tím taktiež opravil všetky drobné chyby a nepresnosti, na ktoré sme upozornili v našom posudku zo zimného semestra.

Ak autori ešte zdokonalia systém, vrátane napr. vloženia navigačného signálu do pozadia bežne prehrávanej hudby v reproduktorech a nerušenia poslucháčov takto upravenej hudby, tak systém má reálne veľký komerčný potenciál. Autorom želáme veľa šťastia a síl do zvyšnej práce na tomto projekte.

Manažment verzií, konfigurácií a zmien

Pre podporu kolaborácie v našom projekte sme použili nasledovné nástroje:

YouTrack – proprietárny, prehliadačovo-orientovaný softvér určený na manažovanie projektu a sledovanie úloh jednotlivých členov tímu. Systém sme využívali na prideľovanie krátkodobých aj dlhodobých úloh a monitorovanie stavu projektu.

Dropbox –online úložisko súborov, ktoré poskytuje cloudové služby a synchronizáciu súborov. Využívali sme ho na zálohovanie a zdieľanie súborov projektu medzi členmi tímu.

LaTeX –vysoko kvalitný typografický systém určený pre profesionálnu a poloprofesionálnu tvorbu dokumentov. Bola v ňom realizovaná celá dokumentácia projektu.