

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

Navigácia v nákupnom centre

Analýza, Špecifikácia, Návrh riešenia

Vedúci práce: Ing. Tomáš Kováčik, PhD.

November 2014

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. Navrhните, implementujte a otestujte takýto systém.

Obsah

1	Úvod	1
1.1	Motivácia a ciele	1
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	Modulácia signálov do vysielania	10
2.4.1	CDMA	10
2.4.2	FDMA	10
2.5	Stochastická rezonancia	11
2.6	Metódy lokalizácie v priestore	13
2.6.1	Metóda Call-ID (príslušnosť k bunke) (proximity)	13
2.6.2	Proximity s výpočtom ťažiska	13
2.6.3	Proximity s výpočtom váženého ťažiska	14
2.6.4	Metóda fingerprint (odtlačok prsta)	14
2.6.5	Metóda postupného výpočtu polohy	15
2.6.6	Time Of Arrival	15
2.6.7	Multilaterácia	15
2.7	Systémy na reprodukciu zvuku využívané v nákupných centrách	17
2.7.1	Philips SM30 / SM40	18
2.7.2	Bosch Praesideo	19
2.8	Reproduktory využívané v nákupných centrách	20
2.9	Vmodulovanie signálu do hudby	21
2.9.1	Wolfram Mathematica a Matlab	21
2.9.2	CSound	22
2.9.3	Python	22
2.9.4	Java	22

2.10	Počuteľnosť frekvencií nad 19000 Hz	22
2.10.1	Človek	23
2.10.2	Zvieratá	23
3	Existujúce riešenia	24
3.1	Shopkick	24
3.2	Daredevil	24
3.3	Lokalizácia vo vnútri budovy	26
4	Návrh riešenia	27
4.1	Špecifikácia požiadaviek	27
4.1.1	Funkcionálne požiadavky	27
4.1.2	Nefunkcionálne požiadavky	27
4.1.3	Spracovanie zachyteného audiosignálu	28
4.2	Návrh riešenia	28
4.2.1	Návrh architektúry	28
4.2.2	Návrh mobilnej aplikácie	29
4.2.3	Voľba optimálnej frekvencie	31
5	Prototyp	39
5.1	Rozdiel časov príchodov signálov	39
5.2	Generovanie zvuku	39
5.3	Furierove transformácie	41
5.4	Určovanie polohy	42
5.5	Meranie	44
5.5.1	Scenár A: 2 reproduktory	44
5.5.2	Scenár B: 3 reproduktory	46
5.6	Okná a validácia signálov	46
5.7	Záver a výsledky prototypu	47
	Literatúra	49
A	Dokumentácia k riadeniu projektu	51

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	Pomer medzi kvalitou detekcie signálu a intenzitou šumu	11
7	Aplikácia prahovej stochastickej rezonancie	12
8	Aplikácia prahovej stochastickej rezonancie	12
9	Porovnanie charakteristík reproduktorov	20
10	Frekvenčná odozva reproduktora BOSCH LHM 0606/10	20
11	Frekvenčná odozva reproduktora BOSCH LBC 3086/41	21
12	Frekvenčná odozva reproduktora BOSCH LBC 3099/41	21
13	Navrhovaná architektúra systému	29
14	Navrhovaná architektúra mobilnej aplikácie	30
15	Modul lokalizácie	31
16	Aplikácia Sound Meter	33
17	Závislosť intenzity od frekvencie	34
18	Meranie intenzity signálu na frekvencii 2500 Hz	35
19	Meranie intenzity signálu na frekvencii 3000 Hz	35
20	Meranie intenzity signálu na frekvencii 3200 Hz	36
21	Meranie intenzity signálu na frekvencii 3500 Hz	36
22	Meranie intenzity signálu na frekvencii 4000 Hz	37
23	Smerová charakteristika a priestorová citlivosť mikrofónov	37
24	Generovanie 5.1 kanálového zvuku	40
25	Požiadavky na signál pre Fourier. transf.	41
26	Scenár A	44
27	Scenár B	46

1 Úvod

Tento dokument je výsledkom činnosti vrámci prvej polovice semestra na predmete Tímový projekt I. Venuje sa analýze, špecifikácii požiadaviek a návrhu riešenia 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.

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

V tretej 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.

Vo štvrtej kapitole hodnotíme doterajšie výsledky práce v tomto semestri.

V piatej kapitole 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

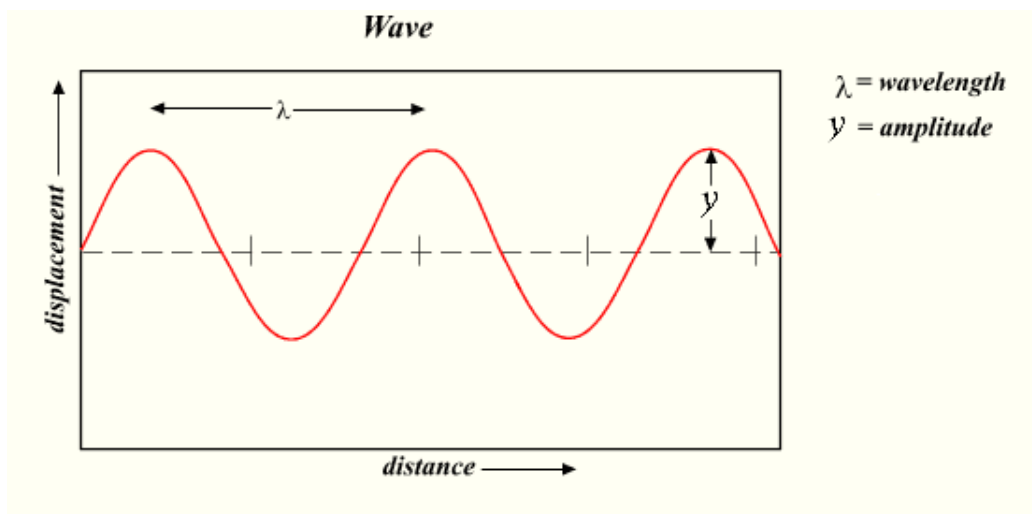
V úvodnej časti tejto kapitoly podrobne analyzujeme zvukové vlny a ich správanie sa v prostredí. Ďalej analyzujeme frekvenčné spektrá vyskytujúce sa v hudbe a v ruchu, rôzne prístupy modulácie signálu a modulácie kódov do vysielania, venujeme sa metóde stochastickej rezonancie na detegovanie originálneho 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 [5].

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. Vzďialenosť každého bodu na krivke od osi x znázorňuje zmenu v koncentrácii vzhľadom na normálnu [5].



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 [5].

Rýchlosť zvuku závisí od elasticity a hustoty média, ktorým sa šíri. Všeobecne sa zvuk šíri rýchlejšie v kvapalinách ako v plynch 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 [5].

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 [5][14]. 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 [5][14].

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 [5][14]. Šírenie zvukových vln sekundárnym zdrojom sa nazýva ohyb alebo difrakcia. Vďaka tomuto fenomenónu môže byť zvuk počutý aj za rohom napriek faktu, že zvuk sa väčšinou šíri priamočiarno.

2.2.4 Rušenie

Kedykoľvek zvukové vlny na seba vzájomne pôsobia, vzniká rušenie [5][14]. 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 využívané v hudbe. Vďaka tejto analýze budeme môcť povedať, ktoré frekvenčné spektrá sú voľnejšie (menej využívané) 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 licenovanú hudbu v bezstratových formátoch ako sú WAV[9] alebo FLAC[16]. 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.

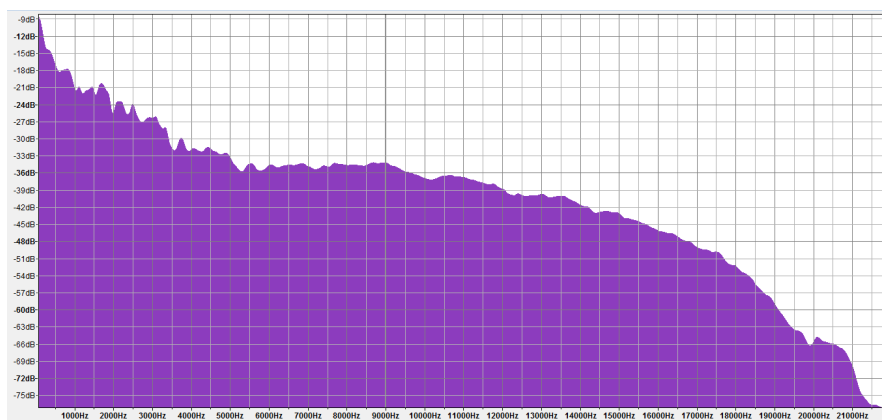
Analýza vo formáte *FLAC* by priniesla rovnaké výsledky, takže výber formátu nie je dôležitý, základný predpoklad je, že používame bezstratový formát.

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:

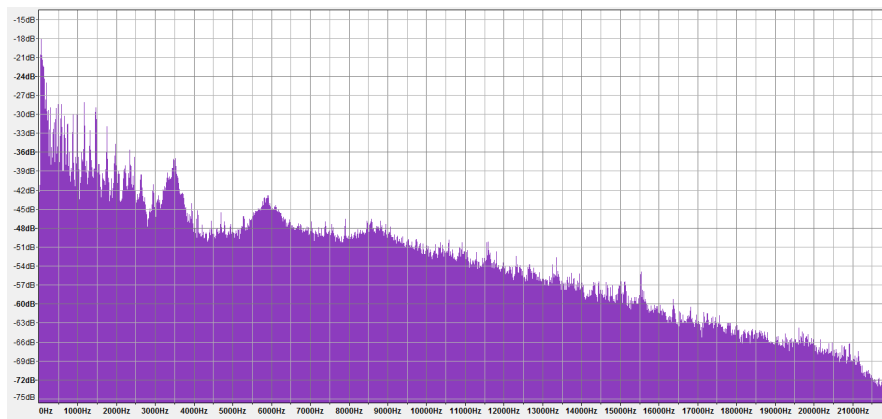
- Ak je súbor vzorkovaný vo vzorkovacej frekvencii 44100 Hz, vidíme frekvenčný rozsah 0 - 22050 Hz. To je dôsledok Nyquistovej teóremy [8], ktorá hovorí o zrkadlení frekvencií.² Pri 96000 Hz frekvencii to je frekvenčný rozsah 0 - 48000 Hz.
- Keďže súbor nemožno ohodnotiť reálnou hlasitosťou(to môžeme 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

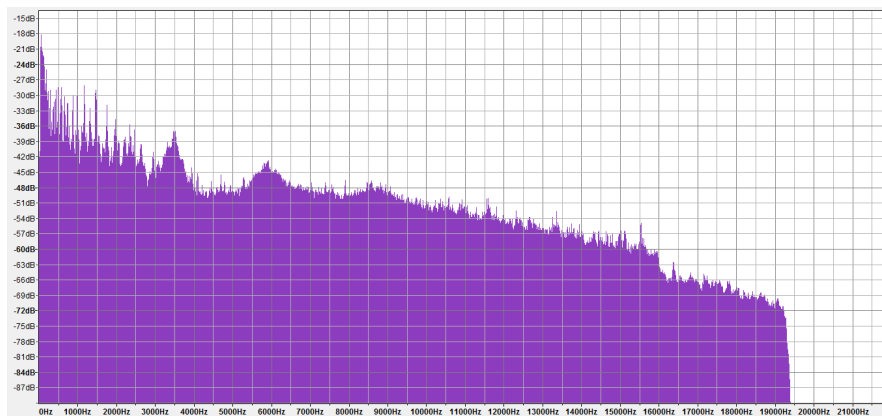
²Pri danej vzorkovacej frekvencii je možné zachytiť len polovičný rozsah frekvencií.

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.



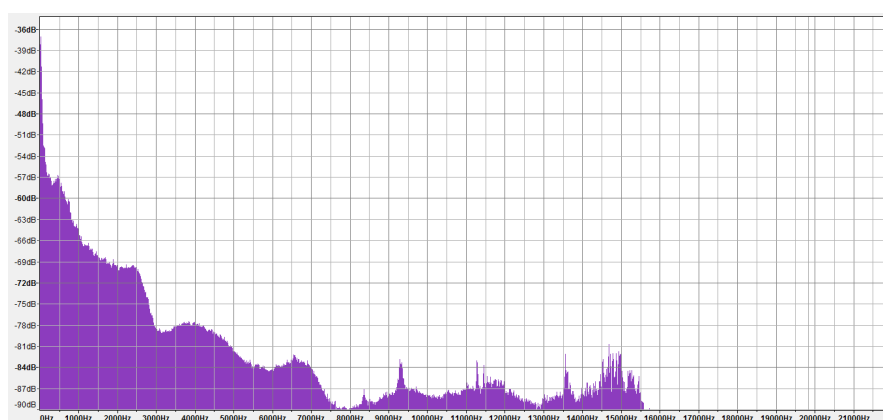
Obr. 4: *Frekvenčné spektrum - Avicii - Wake me up - MP3(256 Kbps)*

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 Modulácia signálov do vysielania

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 $A : (1, 1)$ a $B : (1, 1)$ 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 k . 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 prenásobí 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 $(1, 0, 1, 0)$ [22].

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.

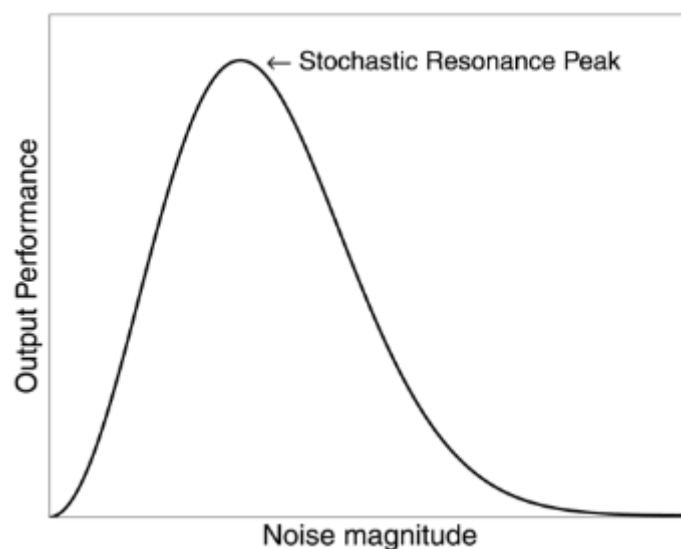
Základné princípy určujú, že:

- 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 [18].

2.5 Stochastická rezonancia

Stochastická rezonancia je fenomén, pri ktorom je signál, ktorý je príliš slabý, aby bol detegovaný sensorom, 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 sensorom, čo nie je problém, lebo sensor ho môže odfiltrovať, čím efektívne deteguje originálny, pred tým nedetegovateľný signál [3].



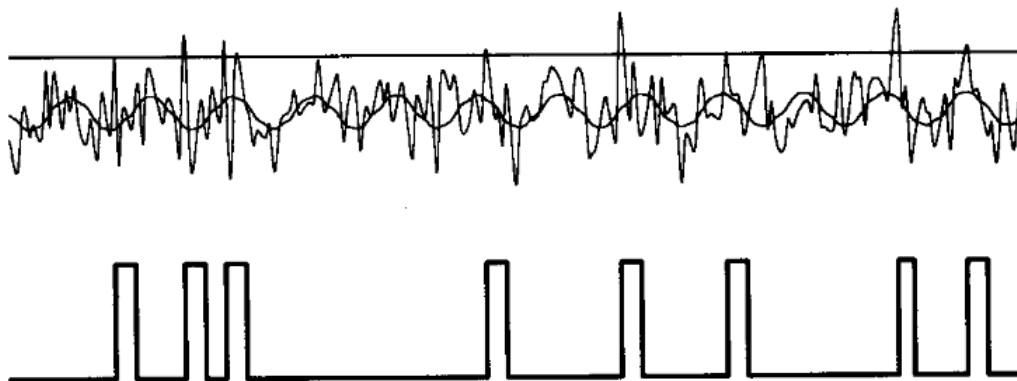
Obr. 6: Pomer medzi kvalitou detekcie signálu a intenzitou šumu ¹

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

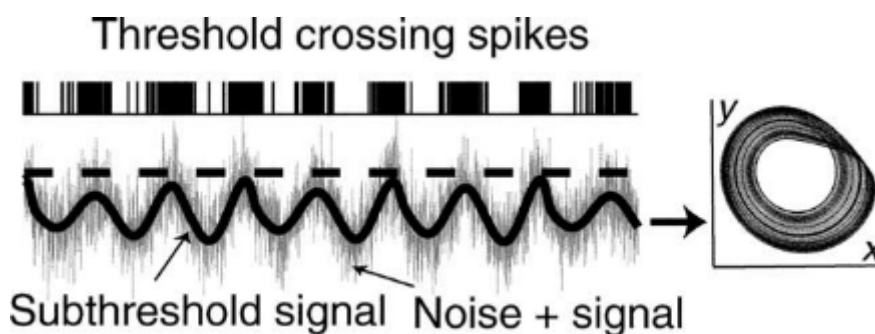
Najjednoduchšia forma stochastickej rezonancie je prahová stochastická rezonancia alebo nedynamická stochastická rezonancia. Pri nej sa zvolí určitý prah, ktorý samotný šum ani signál nedosiahne, ale pri skladaní amplitúd oboch výsledný signál už prekročí túto hodnotu [17].

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

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. 7: Aplikácia prahovej stochastickej rezonancie ¹



Obr. 8: 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 [17].

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

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

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 [4].

2.6 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: $[X_M; Y_M]$

2.6.1 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 prideliť 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 prideliť 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.

2.6.2 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.

2.6.3 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.

2.6.4 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.

2.6.5 Metóda postupného výpočtu polohy

Podmienkou v týchto výpočtoch je znalosť počiatkovej 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.

2.6.6 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 [23].

2.6.7 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 počiatkový 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 [23].

2.7 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.

2.7.1 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.

2.7.2 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 akéhokoľvek 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.

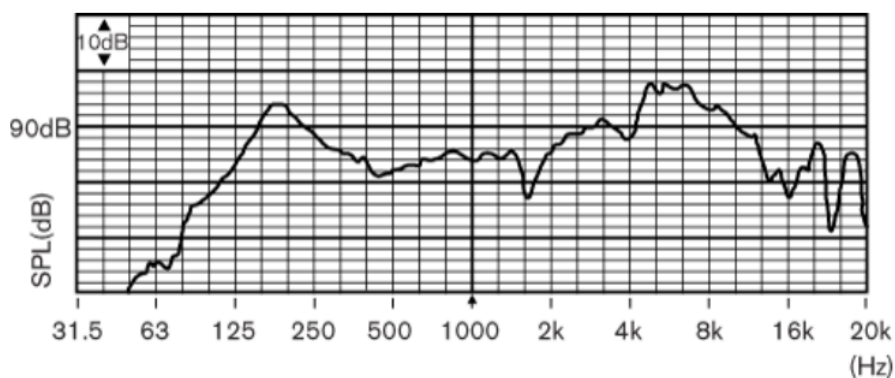
2.8 Reproduktry využívané v nákupných centrách

V nákupných centrách a podobných veľkopriestorových objektoch sa zvyčajne používajú stropné reproduktry. Ako už bolo spomenuté pri opise systémov na reprodukciu zvuku v nákupných centrách, vstupným napätím pre reproduktry zvyčajne býva hodnota 100V. Táto hodnota je zvolená najmä z dôvodu, že je reproduktry 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 reproduktry v rôznych cenových hladinách. Prehľad analyzovaných reproduktorov a ich technickej špecifikácie uvádzame v nasledujúcej tabuľke.

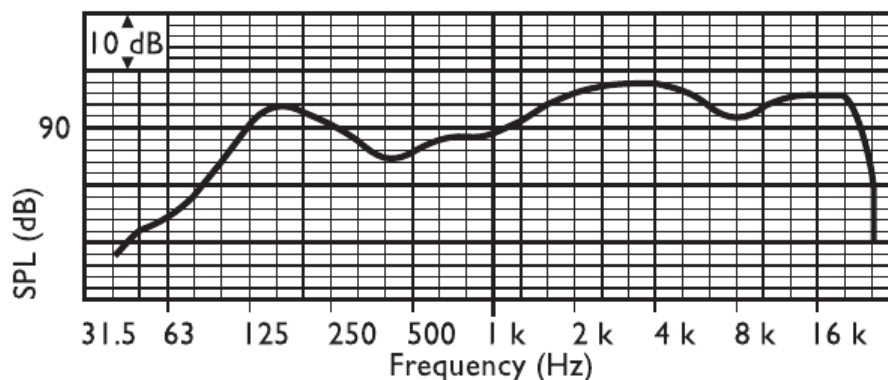
Model	Maximálny výkon [W]	Efektívny frekvenčný rozsah [Hz]	Menovité napätie [V]	Menovitá impedancia [Ω]	Cena [€]
BOSCH LHM 0606/10	9	80 – 18 000	100	1667	15
Monacor EDL-26	10	80 – 14 000	100	-	30
BOSCH LBC 3086/41	9	90 – 20 000	100	1667	40
Monacor EDL-10TW	10	50 – 20 000	100	-	50
BOSCH LBC 3099/41	36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

Obr. 9: Porovnanie charakteristík reproduktorov

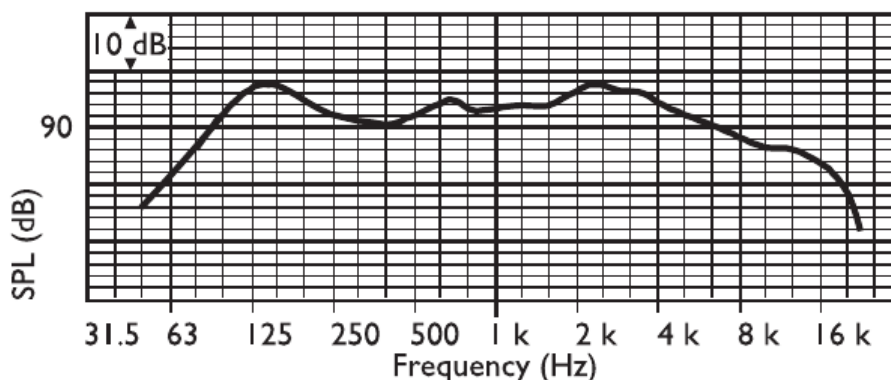
Spoločnosť BOSCH vo svojich špecifikáciách uvádza aj frekvenčnú odozvu svojich modelov. Preto pre ich reproduktry uvedieme aj tento údaj, keďže je pre naše projekt zaujímavý.



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



Obr. 11: Frekvenčná odozva reproduktoru BOSCH LBC 3086/41



Obr. 12: Frekvenčná odozva reproduktoru BOSCH LBC 3099/41

2.9 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, rozoberiem aj možnosti programovania pre tieto čipy.

2.9.1 Wolfram Mathematica a Matlab

Na úrovni *PCM* modulácie vstupného signálu je možné vypočítať hodnoty signálu modulovaného zvuku, a to súčtom dvoch signálov, nášho sínusového “pípnutia” a zvuku (hudby) zo vstupu. Z tohoto súčtu sa vytvorí zmiešaný signál, ktorý bude obsahovať naše pípnutie.

Pokiaľ je počas operácie počítania signálu potrebné filtrovať alebo nejako inak upraviť vstupný signál(hudbu), je to možné urobiť.

Signál ktorý chceme modulovať do hudby je možné vytvoriť pomocou ľubovoľnej funkcie(sínus/square), na ľubovoľnej frekvencii s dĺžkou akú chceme. Tento signál môžeme programovacími technikami tvarovať do kódu - kódovať ho, teda vytvárať postupnosti bitov na základe vybraného typu kódovania.

Táto metóda produkuje latenciu, ktorá je daná náročnosťou modulácie a úpravy signálu a rýchlosťou procesora.

Programy *Matlab* a *Wolfram Mathematica* ponúkajú sebe podobné možnosti práce s číslami, tiež generovanie a moduláciu do signálu a jeho výstup v reálnom čase, a teda obe by mali zvládnuť vyriešiť tento problém.

Pre čip *Raspberry Pi* sú oficiálne podporované jazyky *Wolfram Mathematica* [15] a tiež *Matlab* [13]. Čip *Arduino* nepodporuje tieto jazyky oficiálne.

2.9.2 CSound

Jazyk *CSound* ponúka jednoduchšie generovanie sínusových a iných signálov a ich výstup. Je to prostredie primárne vyvinuté na vytváranie zvukov a tiež hudby, kvôli tomu nie je úplne vhodné pre náš projekt. Tvorenie cyklov a následné kódovanie je náročnejšie, možno aj nemožné. *CSound* ale podporuje audio vstup a výstup v reálnom čase s dobrým výkonom a teoreticky by bolo možné použiť jeho knižnice v spojení s inými programovacími jazykmi, ako sú *Python* alebo *C*.

Podpora *CSound* pre *Arduino* je oficiálne opísaná [6]. Pre čip *Raspberry Pi* je podpora *CSound* neoficiálna.

2.9.3 Python

Je možné použiť skriptovací jazyk *Python* spoločne s inými jazykmi na dosiahnutie komplexnejších potrieb, ako je kódovanie správ. Výkon je možné doladiť *C* funkciami.

2.9.4 Java

Java kód zmiešaný s *C* kódom pre kritické časti pre výkon. Knižnice pre prácu so zvukom existujú.

2.10 Počuteľnosť frekvencií nad 19000 Hz

Táto podkapitola rozoberá počuteľné spektrum u ľudí a zvierat.

2.10.1 Človek

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

2.10.2 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.

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 užívatel' 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 aplikácii, 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 zvukový súprav, vyskytujú sa časté komplikácie s detekciou polohy v priestoroch obchodu. Bližšie 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 [2]. 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 vysielачom 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 [20].

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 vysielачom 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.

4 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.

4.1 Špecifikácia požiadaviek

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

4.1.1 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.

4.1.2 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 ohraňovaním vyplývajúci z použitia audiosignálu ako prostriedok k lokalizácii je rušivosť zmodifikovaného audiosignálu, ktoré znehodnocuje hudobný prejav práve vysielaného audiozáznamu.

4.1.3 Spracovanie zachyteného audiosignálu

Mikrofón zachytáva signál spojité v čase, ktorý potrebujeme rozložiť na funkciu do frekvenčnej oblasti. Ide o transformáciu signálu z časovej oblasti do frekvenčnej oblasti. Mikrofón kvantuje audiosignál v určitých intervaloch, čím digitalizujeme analógový signál, a vytvárame diskretný signál. Transformácia signálu do frekvenčnej oblasti sa vykonáva pomocou Fourierovej transformácie avšak len v prípade ak ide o spojité funkciu. V prípade ak ide o diskretný signál hovoríme o diskretnej Fourierovej transformácii. Zložitosť tejto transformácie je $O(N*N)$, preto boli vyvinuté rýchlejšie algoritmy zvané rýchla Fourierova transformácia (Fast Fourier Transform), ktorých zložitosť je $O(N \log N)$.

Kvôli výkonnostným obmedzeniam mobilnej platformy a čo možno najväčšej úspore energie sme sa rozhodli použiť FFT algoritmus na výpočet transformácie signálu. Na výpočet FFT sme využili open-source projekt JTransforms, pomocou ktorého sme aplikovali FFT na vstupný audiosignál [21].

4.2 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.

4.2.1 Návrh architektúry

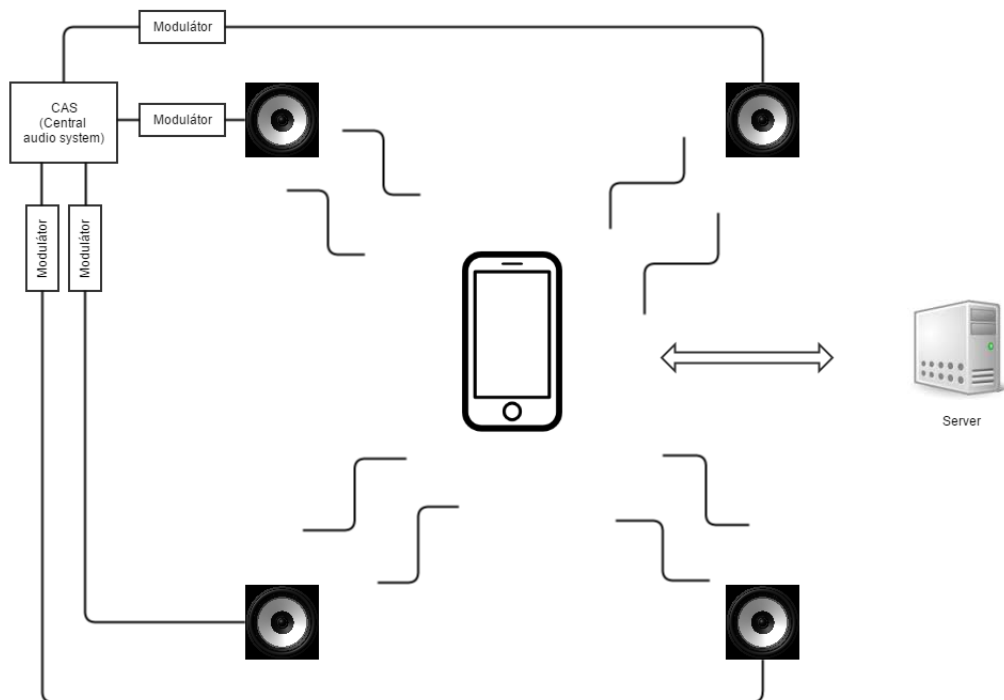
Systém pozostáva zo sústavy reproduktorov, ktoré budú vysielat upravený audiosignál. Tento audiosignál bude pozostávať z hudobných skladieb do ktorého namodulujeme náš lokalizačný signál.

Modulácia lokalizačného signálu sa bude odohrávať v modulovacích moduloch (viď. na obrázku „Modulátor“).

Všetky modulátory budú napojené na CAS (centrálny audio systém), ktorý bude prehrávať hudobné skladby vo forme analógového audiosignálu do modulátorov.

Smartfón ako ťažisko celej architektúry bude analyzovať lokalizačný signál namodulovaný do hudobného audiosignálu a pomocou tohto namodulovaného signálu určí svoju aktuálnu polohu.

Ďalším prvkom systému je server, na ktorom budú nahrané mapy jednotlivých nákupných centier, a bude poskytovať ďalšie doplnkové služby, ktoré sa neskôr počas vývoja došpecifikujú.



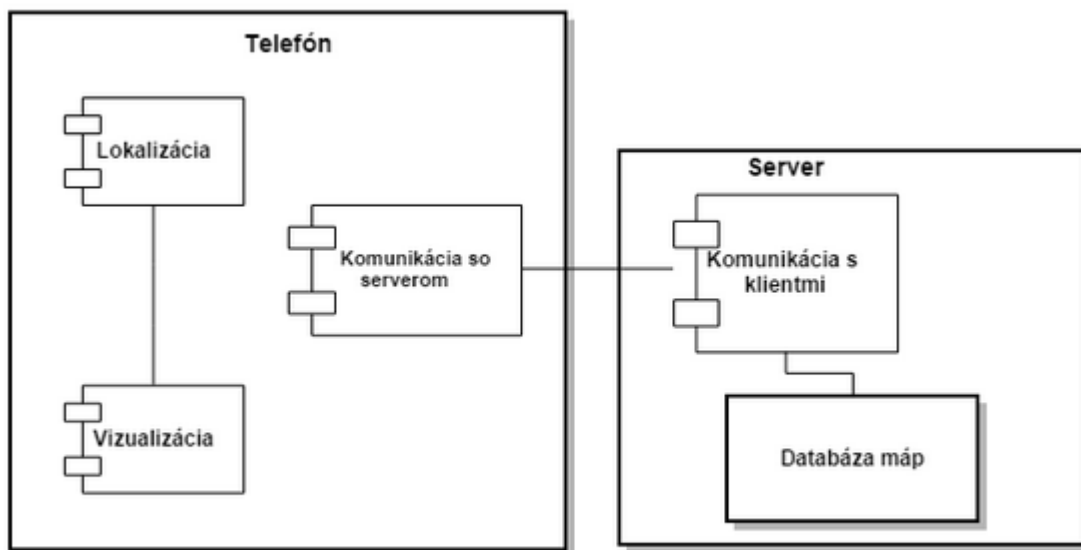
Obr. 13: Navrhovaná architektúra systému

4.2.2 Návrh mobilnej aplikácie

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

- Lokalizácia
- Vizualizácia

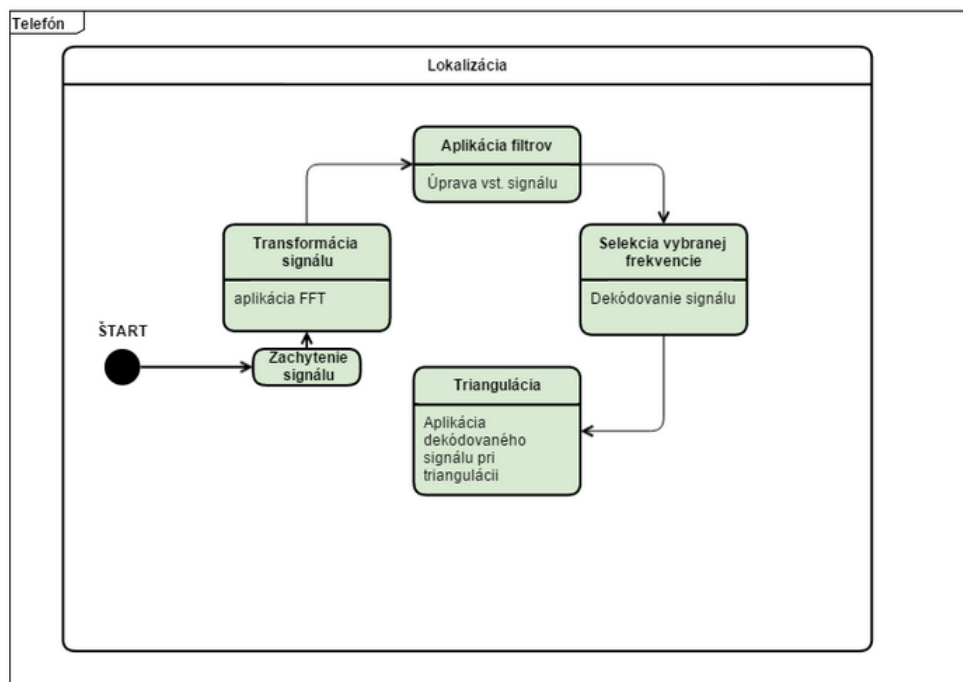
Komunikáciu so serverom bude zabezpečovať osobitný modul (viď. obrázok) „Komunikácia so serverom“, ktorá bude zabezpečovať všetky služby poskytované serverom.



Obr. 14: 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 – priebeha 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 frekvenčnom spektre, z ktorého sa vyselektujú signály na určených frekvenciách. Následne sa signál dekóduje 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. 15: 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.

4.2.3 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, ktorú 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.

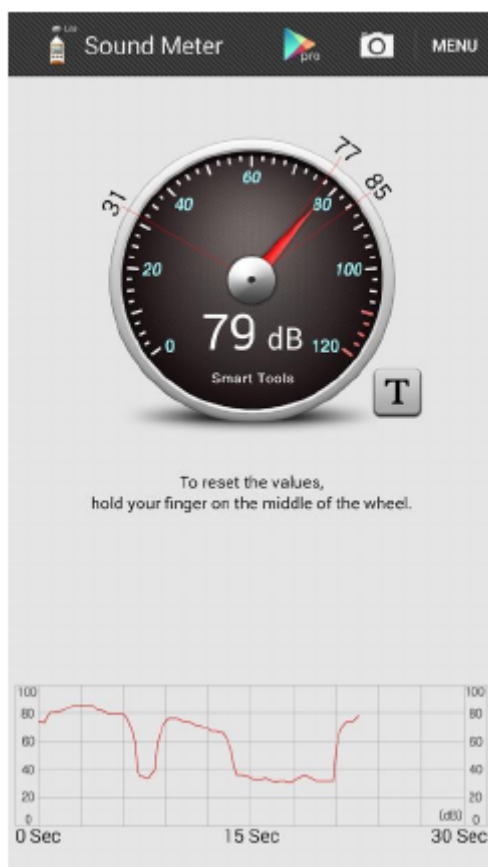
Druhým aspektom pri zisťovaní pracovnej frekvencie bola frekvenčná charakteristika mikrofónov v bežných mobilných zariadeniach. Frekvenčná charakteristika mikrofónu určuje, ako je mikrofón schopný prijímať frekvenčné spektrum. Meranie frekvenčnej charakteristiky mikrofónov sme uskutočnili v experimentálnych 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 [19]. Tento softvér umožňuje merať intenzitu signálu na základe údajov prijatých na mikrofóne zariadenia a tieto údaje v real-time vykresľovať do grafu, ako závislosť času (s) od intenzity (dB).



Obr. 16: Aplikácia Sound Meter

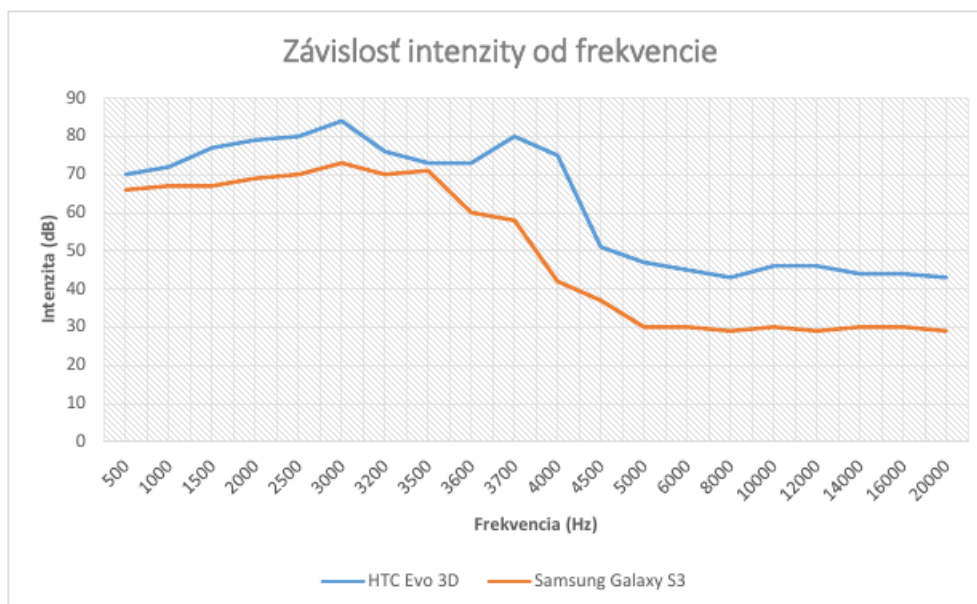
Počas referenčného ticha ukazoval Samsung hodnotu intenzity 30 dB a HTC hodnotu 40 dB. Pri návšteve rušného nákupného centra mala intenzita zvuku hodnotu 73dB (Samsung) a 90dB (HTC). Vyššie namerané hodnoty u HTC môže naznačovať citlivejší mikrofón, alebo len softvérové zosilnenie. Taktiež, maximálna 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 vysielač 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 vysielať frekvencie v rozsahu od 20 Hz do

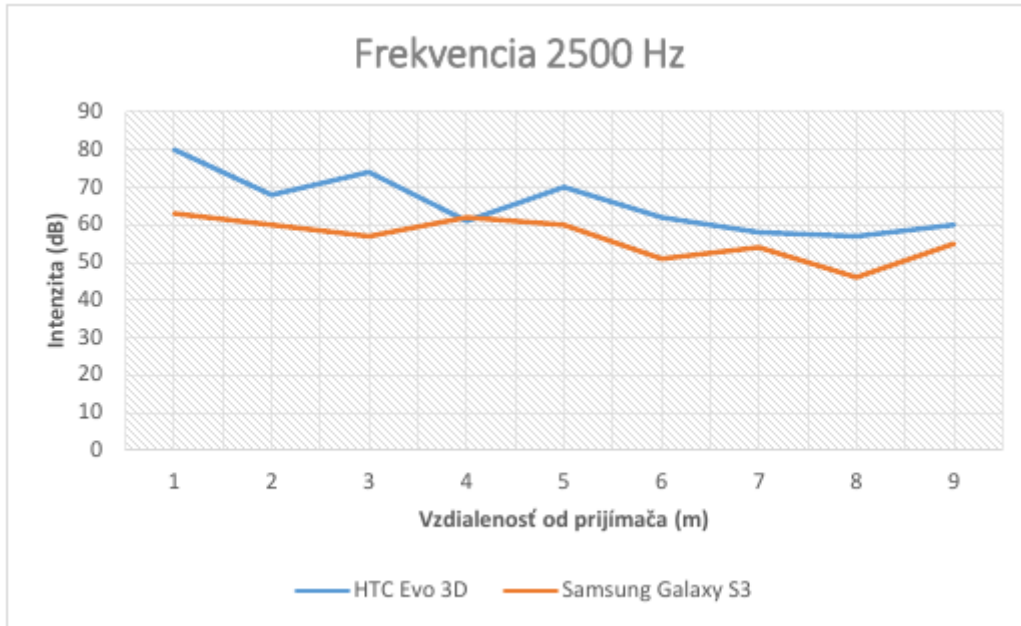
20000 Hz a na telefónoch pozorovali zmenu intenzity prijatého signálu. Závislosť intenzity od frekvencie je zobrazená na nasledujúcich obrázkoch. Na x-ovej je znázornená frekvencia v hertzoch (Hz), na y-ovej osi je to intenzita signálu v decibeloch (dB).



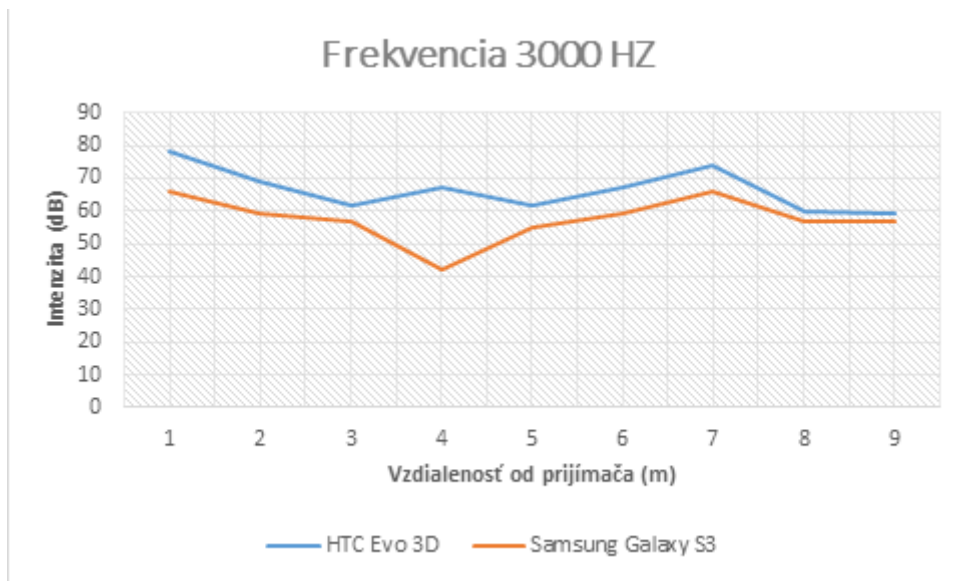
Obr. 17: Závislosť intenzity od frekvencie

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 faktu, že tieto mikrofóny sú prispôbené na prenos ľudskej reči, ktorá sa pohybuje na rozhraní 300 – 3400 Hz.

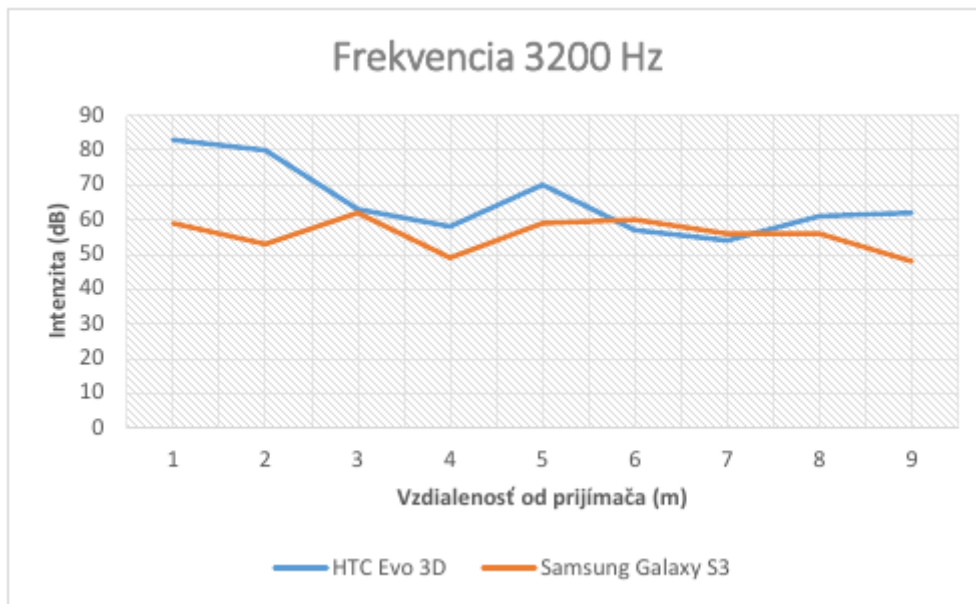
Po uskutočnení tohto merania sme si za vhodné frekvencie zvolili pásmo 2500 – 4000 Hz. Následne sme na zvolených frekvenciách na intervale vykonali merania intenzity signálu, vzhľadom na vzdialenosť od vysielača.



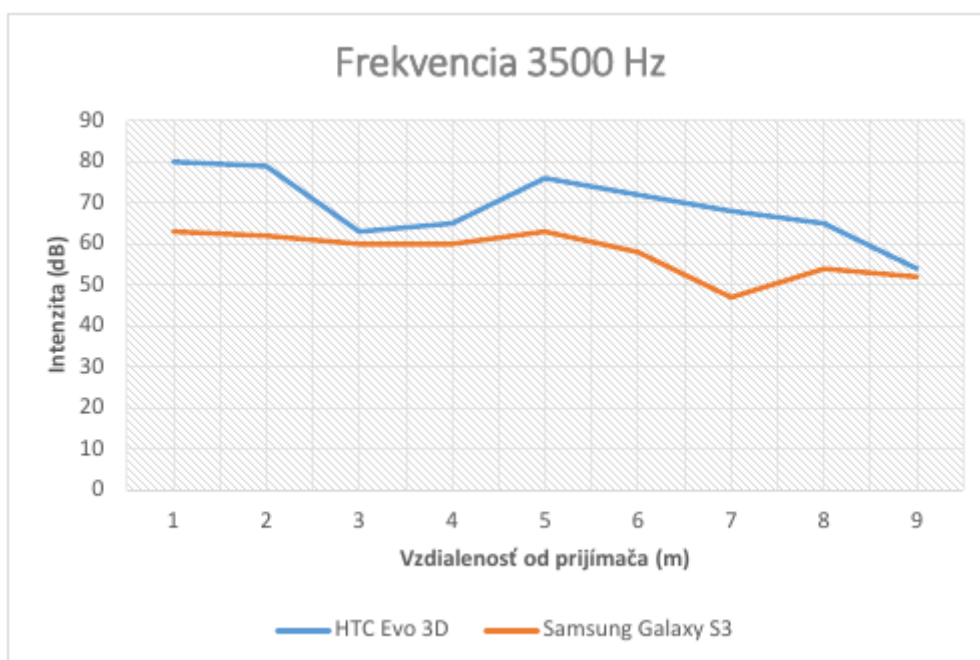
Obr. 18: Meranie intenzity signálu na frekvencii 2500 Hz



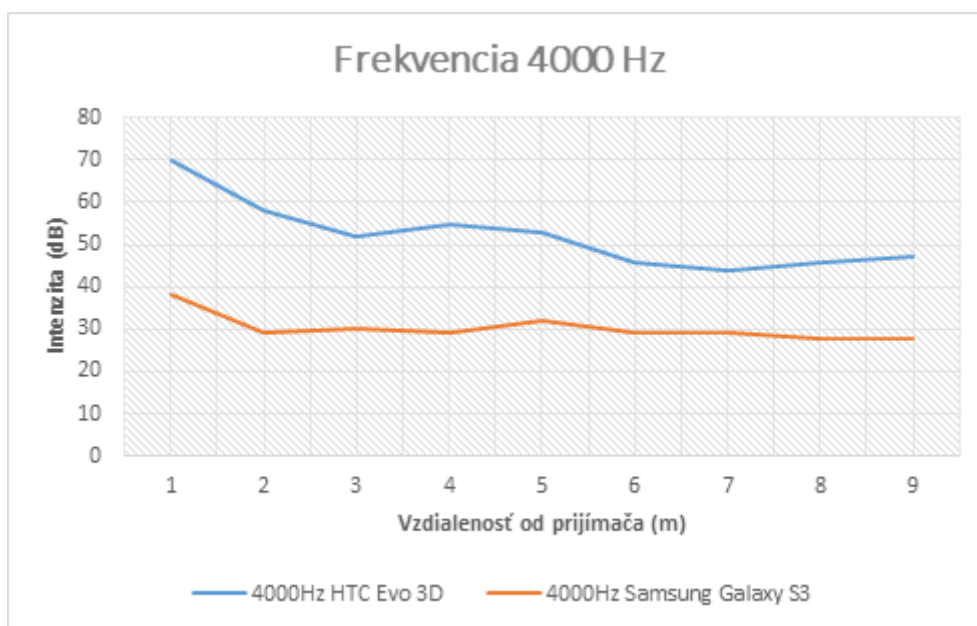
Obr. 19: Meranie intenzity signálu na frekvencii 3000 Hz



Obr. 20: Meranie intenzity signálu na frekvencii 3200 Hz



Obr. 21: Meranie intenzity signálu na frekvencii 3500 Hz



Obr. 22: 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. 23: 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, s 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.

5 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.

5.1 Rozdiel časov príchodov signálov

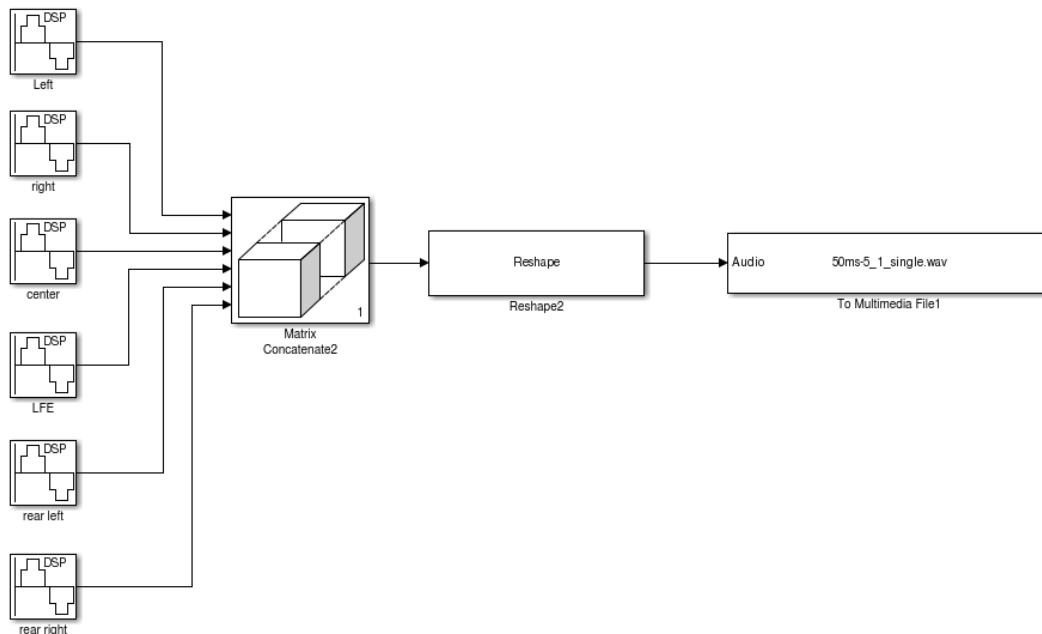
Zvolená metóda lokalizácie pre prototyp a aj ďalšiu implementáciu bola metóda *Time of Arrival*. Teda v našom prototypu sa sústredíme na čas, v ktorom zachytíme požadovaný signál z reproduktora a meráme časové rozdiely v prijatých signáloch z týchto rôznych reproduktorov. Tieto časové rozdiely - delta 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.

5.2 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. 24: 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.

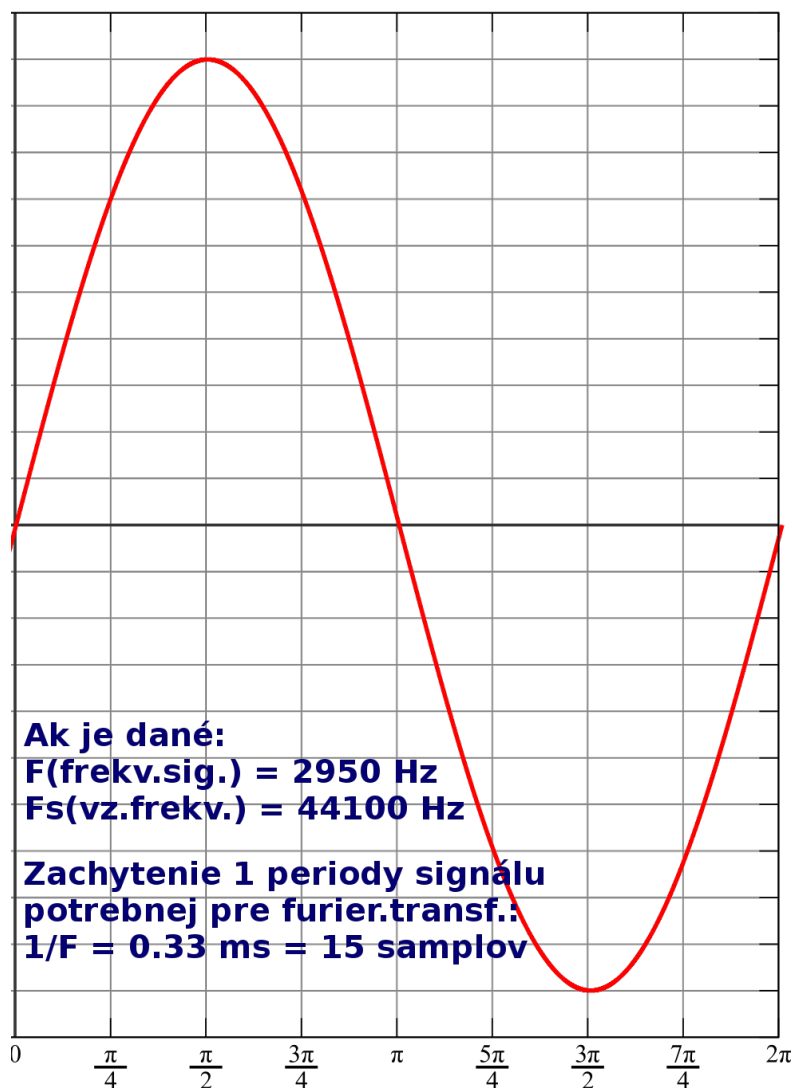
Pre automatizáciu testovania sme si vytvorili jednoduchý *Bash* skript, ktorý prehráva zvuk daný ako argument na príkazovom riadku. Tento súbor sa prehráva so sekundovou pauzou.

Ukážka 1: *Sound.sh*

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

5.3 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. 25: 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 ľudmi, ale pre potreby prototypu je vhodná.

- Pri frekvencii $F = 2950$ 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 Furierova 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 frekvencii 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)

5.4 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)

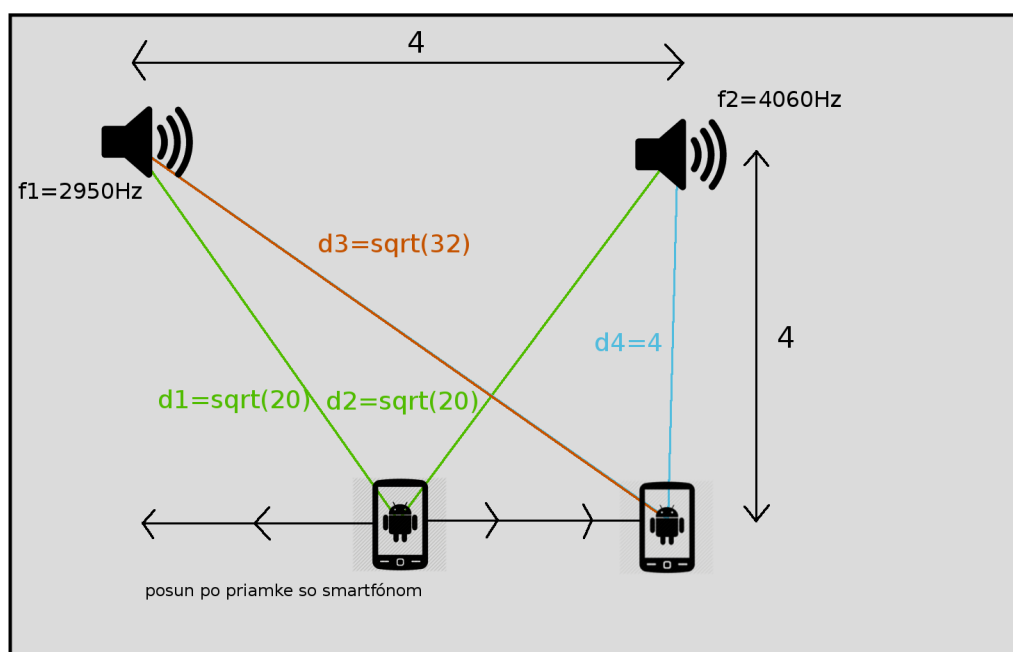
a tie, ktoré sú mimo mapy. Zo zvyšných platných bodov sa spraví priemer. Toto je bod, ktorého súradnice sú označené ako poloha používateľa a jeho súradnice sú odoslané do mapy, kde sú vykreslené.

5.5 Meranie

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

5.5.1 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.



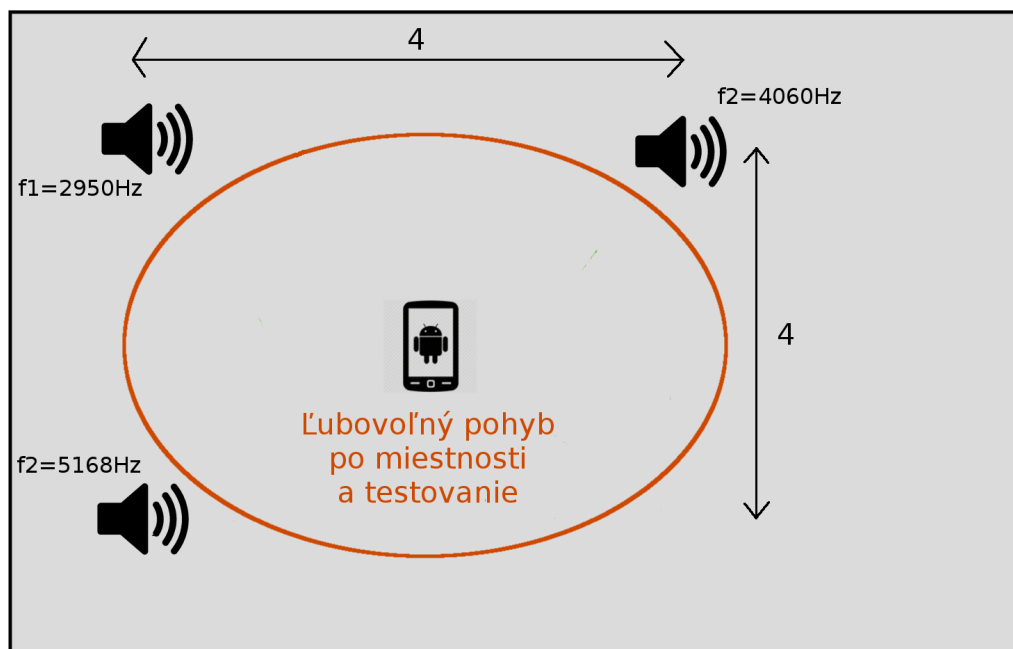
$$\begin{aligned} \text{delta } d_{12} &= 0\text{m} \\ \text{delta } d_{34} &= 1.65\text{m} \end{aligned}$$

Obr. 26: 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.

5.5.2 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. 27: 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.

5.6 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 Furierovou 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 +/- 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.

5.7 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 Furierovu 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 prototypu ešte nedostali, pretože ešte nemáme dostatočne správne hodnoty oneskorenia medzi signálmi.

Literatúra

- [1] <http://www.shopkick.com>. Shopkick. [Online], 2014, <http://www.shopkick.com/press>.
- [2] Agarwal Constandache and Choudhury Tashev. Daredevil: Indoor Location Using Sound. . *Mobile Computing and Communications Review*, 18(2), 2014, <http://www.shopkick.com/press>.
- [3] en.wikipedia.org. Stochastic Resonance. [Online], 2014, http://en.wikipedia.org/wiki/Stochastic_resonance.
- [4] 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.
- [5] [HowStuffWorks.com](http://www.howstuffworks.com). Sound. [Online], 18 August 2009, <http://science.howstuffworks.com/sound-info.htm>.
- [6] <http://en.flossmanuals.net/>. CSOUND AND ARDUINO. [Online], 2014, <http://en.flossmanuals.net/csound/csound-in-arduino/>.
- [7] <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/>. Sensitivity of Human Ear. [Online], 2014, <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/sound/earsens.html>.
- [8] <http://mathworld.wolfram.com/>. Nyquist Frequency. [Online], 2014, <http://mathworld.wolfram.com/NyquistFrequency.html>.
- [9] <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).
- [10] <http://sk.wikipedia.org/>. Mikrofón. [Online], 2014, <http://sk.wikipedia.org/wiki/Mikrof%C3%B3n>.
- [11] <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)).
- [12] <http://www.jimprice.com/>. Understanding dB. [Online], 2014, <http://www.jimprice.com/prosound/db.htm>.

- [13] <http://www.mathworks.com/>. Simulink Support Package for Raspberry Pi Hardware. [Online], 2014, <http://www.mathworks.com/help/supportpkg/raspberrypi/index.html>.
- [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://www.wolfram.com/>. Raspberry Pi. [Online], 2014, <http://www.wolfram.com/raspberry-pi/>.
- [16] <http://xiph.org/>. FLAC. [Online], 2014, <http://xiph.org/flac/documentation.html>.
- [17] 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.
- [18] Ciampa Olenewa. *Wireless# guide to wireless communications*. 2007.
- [19] play.google.com. Sound Meter. [Online], 2014, <https://play.google.com/store/apps/details?id=kr.sira.sound&hl=sk>.
- [20] Rishabh, Kimber, and Adcock. Indoor localization using controlled ambient sounds. *International Conference on Indoor Positioning and Indoor Navigation*, 13 November 2012.
- [21] sites.google.com. JTransforms. [Online], 2014, <https://sites.google.com/site/piotrwendykier/software/jtransforms>.
- [22] vucako.wordpress.com. CDMA 101. [Online], November 06, 2014 , <http://vucako.wordpress.com/2005/12/08/240410cdma101php/>.
- [23] Zekavat and et.al. *Handbook of Position Location Theory, Practice and Advances*. 2011.

A 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. Manažment verzií, konfigurácií a zmien - použitý verzionovací systém apod.
10. Preberacie protokoly

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

Vaško 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

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			
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								
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			
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			1.25 (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

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

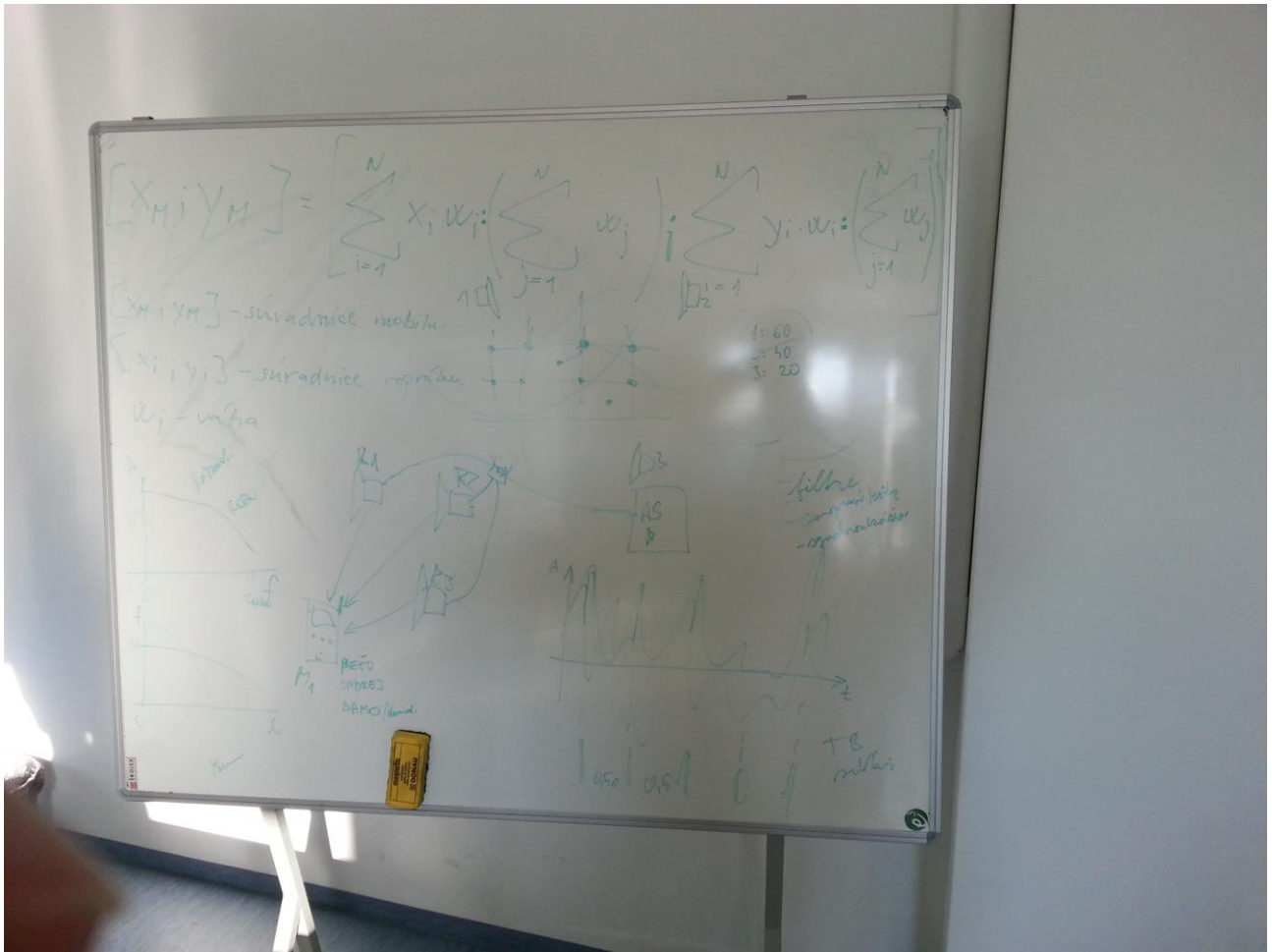
Stretnutie č. 1

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 príjemcu 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 – tabuľa 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 našudoval
- 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

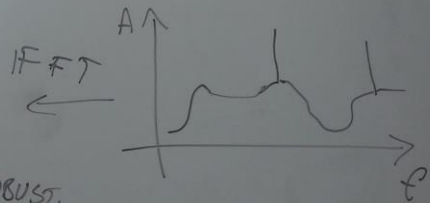
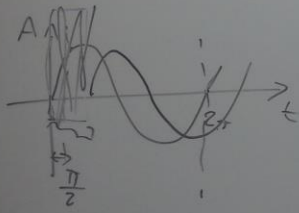
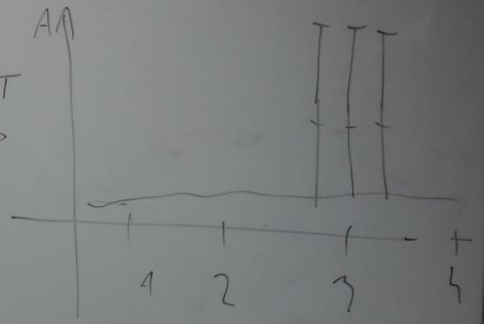
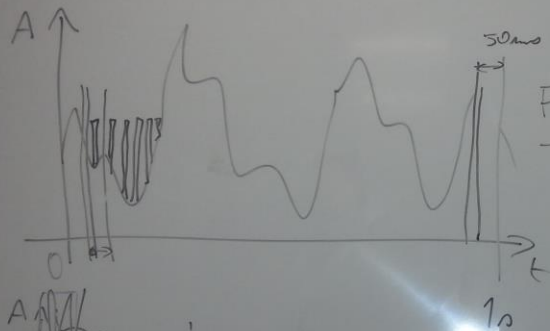
Stretnutie č. 4

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



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

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 Valiček

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 osobne 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, menezment*).

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 dokápreniest 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.

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

Použitie cudzojazyčné slová boli nahradené adekvátnymi slovenskými ekvivalentami. Kapitólám bez úvodných textov bol pridaný úvodný text. Nájdené 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.

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 pridelovanie 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.