

# Ciele bakalárskej práce

Hlavným cieľom tejto bakalárskej práce je zistiť ako človek lokalizuje zdroj zvuku vo virtuálnom prostredí, ak sú do experimentu zakomponované aj rušivé stimuly, tzv. distraktory.

Jednotlivými cieľmi práce boli:

- Vypracovať prehľad doterajšieho výskumu týkajúceho sa kontextuálnej plasticity
- Pripraviť experimentálny setup vo virtuálnom prostredí
- Na základe poskytnutých MATLAB skriptov naprogramovať experimentálnu procedúru na zber dát
- Nazbierať experimentálne dáta na nových subjektoch
- Analyzovať a vyhodnotiť experimentálne dáta

Experimentálna časť práce nadväzuje na bakalársku prácu Veroniky Pikovej [6].

# TEORETICKÁ ČASŤ

## Základné charakteristiky zvuku

Zvuk vzniká pri pohybe alebo vibrácií objektu. Tento pohyb pôsobí na okolité médium (zvyčajne vzduch) ako určité zmeny v tlaku. [1.] Budeme ich nazývať zvukové vlny. Následne ľudské ucho zachytáva tieto vlny a spracováva ich v mozgu. Ľudský sluchový systém je schopný zachytávať vlny od 16 do 20 000 kmitov. [2.] Ak kmitanie nadobúda hodnotu 1000 za sekundu, nazýva sa ultrazvuk. Takéto kmitanie už ľudské ucho nie je schopné vnímať. Na druhej strane je kmitanie s nižšou frekvenciou ako 16 alebo 20 Hz, nazývané infrazvuk. Takéto kmitanie opäť nie je schopné zachytiť ľudské ucho. Vo väčšej miere škodí ľudskému sluchu.

Medzi vlastnosti zvuku patrí frekvencia (20 Hz – 20kHz), hlasitosť (do 120 dB) a farba zvuku.

Zvuk môžeme rozdeliť na dve kategórie:

- periodický zvuk = tóny
- neperiodický zvuk = šum.

Ucho je zmyslovo – akustický orgán, ktorý sa skladá z periférnej časti a centrálnej časti. [3.]

Periférna časť sa skladá z troch častí:

- Vonkajšie ucho – je tvorené ušnicou a zvukovodom
- Stredné ucho – do tejto časti zaraďujeme bubienkovú dutinu so sluchovými kostičkami, sluchovú trubicu a systém dutiniek hlávkového výbežku spánkovej kosti.
- Vnútorne ucho – uložené je v skalnej kosti, ktorá je najtvrdšou kosťou v ľudskom tele

Centrálna časť sa skladá z dvoch častí:

- Sluchovej dráhy – sprostredkúva prenos vzruchov z vnútorného ucha do centra v mozgovej kôre. Začína v gangliu slimáka.
- Sluchovej kôry

## Sluchové vnímanie

Schopnosť lokalizovať zdroj zvukov má veľký význam ako u ľudí, tak aj u zvierat.

Lokalizovanie zvuku určuje smer objektov, ktoré chceme nájsť alebo ktorým sa chceme vyhnúť a indikuje správny smer, na ktorý je potrebné upriamiť vizuálnu pozornosť. [1.] Na rozdiel od iných zmyslov, napríklad zraku, sluch pokrýva celých 360 stupňov. Má preto veľmi významnú obrannú schopnosť. Základom sluchového vnímania priestoru je rozlišovanie akustických signálov prichádzajúcich k pravému a ľavému uchu. Binaurálne počutie má význam pri lokalizácii zdroja zvuku na základe fázového posunu v ušiach. Porovnávanie vnemu ľavého a pravého ucha a celkovej intenzity je automatické a umožňuje nám určiť približnú polohu zdroja. [4.] Najdôležitejšou funkciou zvuku je pravdepodobne lokalizácia zvukov.

Poloha zdroja zvuku sa určuje podľa troch hlavných koordinátorov [5.]:

- Azimut
- Elevácia
- Vzdialenosť

Azimut je relatívna poloha zdroja zvuku v horizontálnej rovine vzhľadom na určitú referenciu. Zvyčajne je danou referenciou tvár poslucháča.

Elevácia je relatívna poloha zvuku vo vertikálnej rovine vzhľadom na určitú referenciu. Zvyčajne je danou referenciou tvár poslucháča.

Vzdialenosť je parameter, ktorý určuje vzdialenosť medzi zdrojom zvuku a poslucháčom.

Okrem horizontálnej roviny a vertikálnej roviny je vo všeobecnosti zadaný priestor aj treťou rovinou – mediálnou. V každej rovine využíva človek na lokalizáciu zvuku iný systém. Ako príklad môžeme uviesť určovanie polohy vo vertikálnej rovine, kde nám stačí informácia z jedného ucha, na rozdiel od horizontálnej roviny, kde na určovanie polohy zdroja zvuku potrebujeme informácie z oboch uší.

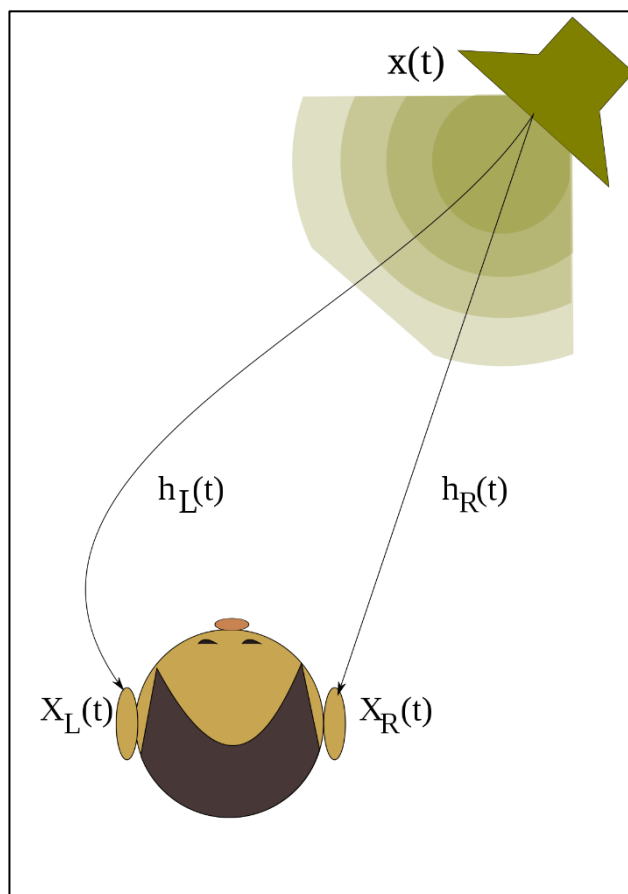
Na určovanie azimutu sa využívajú metódy:

- ITD (interaural time difference) = rozdiel v čase. Určuje časový rozdiel, ktorý vzniká pri zachytení toho istého zvuku ľavým a pravým uchom. Ak zvuk príde skôr k pravému uchu, vieme, že zdroj zvuku sa bude nachádzať bližšie k pravému uchu, a teda na pravej strane.
- ILD (interaural level difference) = rozdiel v intenzite. Určuje rozdiel v hlasitosti, ktorý vzniká pri zachytení toho istého zvuku ľavým a pravým uchom.

## Smerová prenosová funkcia (HRTF)

HRTF – head related transfer function slúži na transformáciu, ktorou prejde zvuk, kým sa dostane od zdroja až po bubienok poslucháča. HRTF obsahuje zložky ITD a ILD a zmeny spôsobené odrazmi od stien. Ako sme už spomínali, na určenie polohy zdroja zvuku v priestore potrebujeme azimut, eleváciu a vzdialenosť. Pre každý bod v priestore majú tieto koordináty inú hodnotu.

Keďže naším cieľom je simulovať zvuky vo virtuálnom prostredí, musíme zaručiť, aby zvuk prehrávaný do slúchadiel mal hodnoty také, aké by nadobudol, keby sa šíril reálnym prostredím. Pre ľavé aj pravé ucho existuje HRTF a spolu tvoria pár funkcií pre danú polohu zdroja zvuku. Na simulovanie ľubovoľného zvuku vo virtuálnom prostredí je potrebné použiť konvolúciu páru HRTF a stimulu, ktorý chceme prehrať. Následne dostaneme výsledný stimul, ktorý bude mať prenosové vlastnosti presne také, aké požadujeme.



Obr. 1 Zobrazenie HRTF pre ľavé a pravé ucho vzhľadom na zdroj zvuku „ $x(t)$ “ [7.]

## Kontextuálna plasticita

Pod pojmom plasticita si predstavíme niečo, čo má schopnosť sa pretvárať a meniť. Predošlé experimenty už ukázali, že sluchové vnímanie človeka sa môže meniť a prispôbovať sa vplyvom predošlých skúseností.

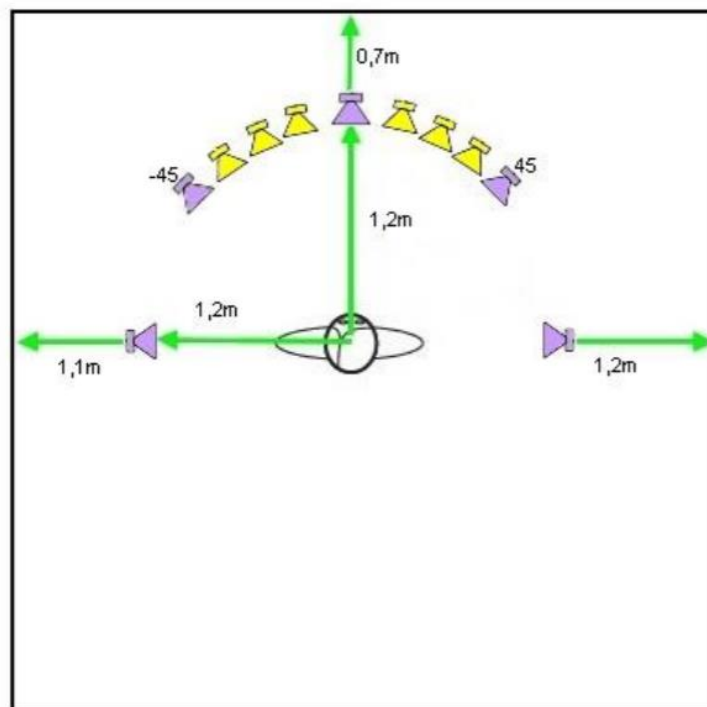
*Kontextuálnu plasticitu môžeme zdefinovať aj takto:*

- **Kontextuálna plasticita** (Contextual plasticity) je forma adaptácie v priestorovom sluchovom vnímaní vyvolaná pôsobením predchádzajúcich stimulov [6.].

### Experimenty týkajúce sa kontextuálnej plasticity

Ako prvé si priblížime štúdiu, ktorá sa ako prvá zamerala na kontextuálnu plasticitu [8.]. Subjekty boli požiadané lokalizovať stimul, ktorý nasledoval po rušivom stimule – distraktore zo známej polohy. Kontextuálna plasticita sa prejavila ako posun v lokalizácii požadovaného stimulu.

Ďalej si podrobnejšie priblížime štúdiu, na ktorú budeme vo veľkej miere nadväzovať [6.]. Cieľom tejto štúdie je špecifikovať väzbu medzi distribúciou stimulov a konkrétnou formou adaptácie v priestorovom sluchu. Stimul, ktorý mali subjekty lokalizovať budeme nazývať **target** a rušivé stimuly pred prehraním targetu budeme nazývať **distraktor**.



Obr. 2 Nákres setup-u experimentu (žltý reproduktor – target, fialový - distraktor) [6.]

## **Zdroje:**

1. Moore B.C.J., An Introduction to the Psychology of Hearing, Elsevier Science 2003, ISBN 0-12-505628-1
2. Pangrác B., Spracovanie ILD a kortikálna lokalizácia kontextuálnej plasticity pri priestorovom počúvaní, Diplomová práca, 2009, Technická univerzita v Košiciach
3. Tarcsiová D., Pedagogika sluchovo postihnutých, MABAG, Bratislava 2008
4. Korytniak P., Spracovanie ITD a kortikálna lokalizácia kontextuálnej plasticity pri priestorovom počúvaní, Diplomová práca, 2009, Technická univerzita v Košiciach
5. Francis G., Sensory and perceptual processes, prednášky k predmetu, dostupné na <http://www2.psych.purdue.edu/~gfrancis/Classes/PSY310/>
6. Píková V., Mechanizmy kontextuálnej plasticity v lokalizácii zvukov, Bakalárska práca, 2018, Univerzita Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach
7. Hofman, Paul M. (September 1998). Dostupné na internete: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/50/HRTF.svg>
8. Kopco, N., Best, V., and Shinn-Cunningham, B. G. (2007). "Sound localization with a preceding distractor," J. Acoust. Soc. Am. 121, 420–432.