

Plasticita priestorového počutia vo virtuálnom a reálnom prostredí

Ondrej Spišák

doc. Ing. Norbert Kopčo, PhD.

Ing. Peter Lokša

ABSTRAKT

Práca popisuje výsledky behaviorálneho experimentu, v ktorom sme testovali či je možné zmeniť relatívne váženie vysokofrekvenčnej (VF) a nízkofrekvenčnej (NF) zložky širokopásmového stimulu za pomoci vizuálne orientovaného tréningu, a či sa táto zmena zovšeobecní aj na zmenu váženia ITD/ILD pre strednofrekvenčné zložky zvuku. V skupine subjektov trénovanej na VF sa zvýšilo váženie týchto zložiek, zatiaľčo v skupine trénovanej na NF nenastala žiadna významná zmena. Zvýšenie váh VF zložiek sa zovšeobecnilo aj na zvuky so strednofrekvenčnými zložkami, ale nie na zmenu váženia ITD/ILD pre strednofrekvenčné zvuky. Tieto výsledky naznačujú, že vizuálnym tréningom je možné dosiahnuť zmenu váženia jednotlivých spektrálnych komponentov zvuku pri ich lokalizácii, ale táto zmena sa neprenáša na zmenu váženia binaurálnych parametrov

ÚVOD

Podľa všeobecne prijímanej „duplex theory“ [1] je lokalizácia zvuku v horizontálnej rovine podmienená hlavne dvoma fyzikálnymi parametrami: ITD- interaural time difference a ILD – interaural level difference. ITD vyjadruje časový rozdiel s akým príde zvuk do jedného a druhého ucha. ILD vyjadruje rozdiel v hlasitosti zvuku ktorý uši zaznamenali.

Predošlé experimenty ukazujú, že zmena váženia ITD a ILD pri určovaní polohy zdroja zvuku vo VP pomocou vizuálne orientovaného tréningu je možná [2] avšak nie vždy úspešná [3].

HYPOTÉZY A CIELE

V štúdiu [2] na ktorú náš experiment nadväzuje, sa zistilo, že je možné zmeniť váženie ITD/ILD sériou tréningov vo virtuálnom prostredí (VP). Cieľom práce je preskúmať možnosť zmeny váženia binaurálnych parametrov vizuálne orientovaným tréningom v reálnom prostredí (RP) – to je s prítomnosťou ozveny pri použití reproduktorov.

Hypotézy ktoré takto chceme overiť sú nasledovné:

1. Odchýlka ku non-target komponentu zvuku sa po tréningu v reálnom prostredí zníži.
2. Zmena váženia spektrálnych komponentov zvuku sa zovšeobecní na zmenu váženia ITD/ILD vo VP.

METÓDY

Účastníci

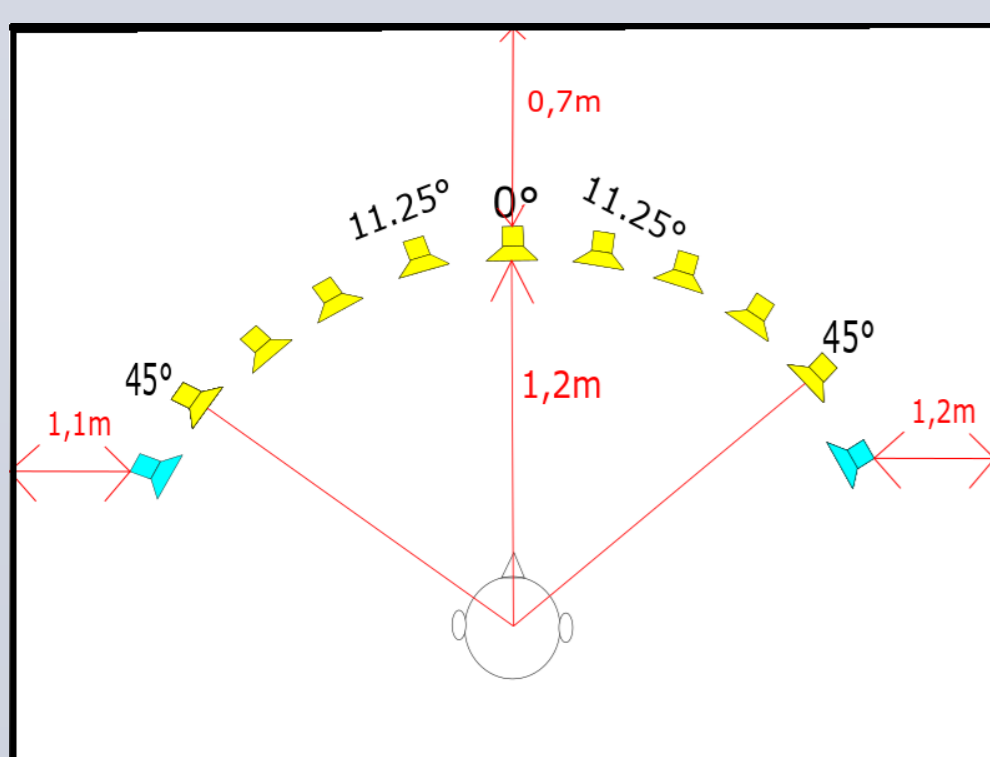
Celého experimentu sa zúčastnilo 33 účastníkov so zdravým sluchom ktorý bol otestovaný audiometrom. Horná hranica prahu počutia pre kvalifikáciu na experiment bola stanovená na 20dB. 13 naivných subjektov bolo zaradených do HF skupiny a 12 do LF skupiny. Ostatné subjekty boli zaradené do tretej skupiny ktorou sa v práci nezaobráame. Všetci zúčastnení podpísali informovaný súhlas.

Experimentálna procedúra

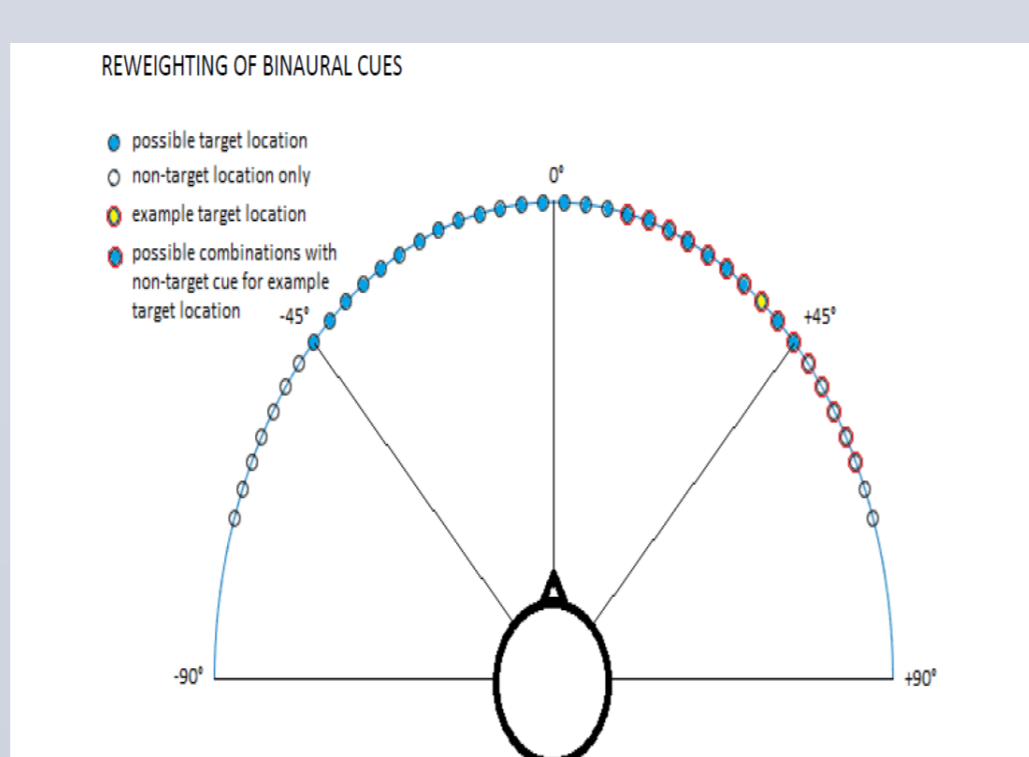
Vo VR boli ako stimuly použité 1-oktávové zvuky so strednou frekvenciou 2,8 kHz. ITD a ILD, sa nezávisle menili, aby zodpovedali jednej zo 40 rôznych polôh v rozsahu od $-70,2^\circ$ do $70,2^\circ$, s nekonzistenciou (vzdialenosťou) medzi polohami do $25,2^\circ$ (obr.2). Úlohou subjektu bolo lokalizovať zvuk otočením hlavy smerom k nemu. Nebola poskytnutá žiadna spätná väzba.

V reálnom prostredí bolo rozmiestnených 11 reproduktorov v rozsahu od -56° do 56° so vzdialenosťou medzi susednými reproduktormi $11,25^\circ$ (obr.1). Stimuli boli tvorené 0,5-oktávovými šumovými zvukmi s vysokou frekvenciou (HF; 11,2kHz, 5,6kHz), nízkou frekvenciou (LF; 0,7kHz, 0,35kHz) a strednou frekvenciou (MF; 2,8kHz). Boli prezentované 3 typy stimulov: 1) 2-kanálový stimul: 1 HF a 1 LF kanál z miest oddelených 1 alebo 2 reproduktormi, 2) 4-kanálový stimul: 2 HF a 2 LF kanály z miest 1-2 reproduktorov od seba, a 3) 2-kanálový stimul s MF (používaný iba počas testovania): 1 MF kanál a 1 kanál v HF alebo LF, jeden reproduktor od seba. Úloha subjektu bola rovnaká ako vo VR. Po preteste účastníci absolvovali 3 dni tréningu v reálnom prostredí. Úloha subjektu bola rovnaká ako pri preteste, s tým rozdielom, že po potvrdení polohy zvuku bola poskytnutá spätná väzba na pozíciu vysokofrekvenčného reproduktora (pre skupinu HF) alebo nízkofrekvenčného reproduktora (pre LF skupinu).

Posttest pre reálne a virtuálne prostredie bol identický s pretestom.



Obr. 1 : náčrt rozloženia reproduktorov v reálnej miestnosti. Žlté znázorňujú polohu možných target reproduktorov a modré polohu reproduktorov ktoré boli len non-target.



Obr. 2 : náčrt možných target a non-target pozícií vo virtuálnej realite prevzatý zo štúdie [1]

VÝSLEDKY

Konkrétna realizácia analýz sa líšila v závislosti od druhu prostredia, teda reálne alebo virtuálne prostredie a taktiež podľa typov stimulov v reálnom prostredí. Všade sme ale skúmali odpovede subjektov v preteste a postteste pre všetky pozície target a nontarget zložiek stimulov. Na základe týchto analýz sme dospeli k záverom o účinnosti tréningu na jednotlivé testovacie skupiny.

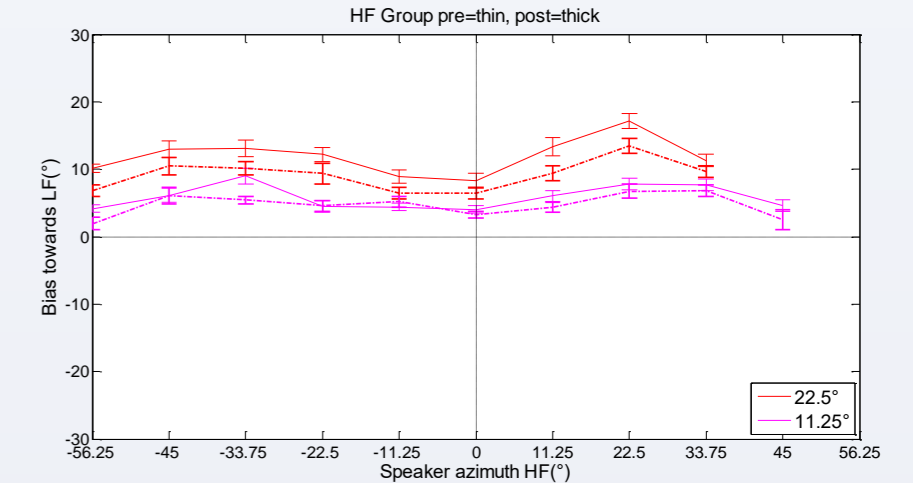
2-kanálové dáta

V prvom rade sme analyzovali odpovede subjektov na jednotlivé trialy kde bol stimul zložený práve z jednej vysokofrekvenčnej a jednej nízkofrekvenčnej zložky pre rôzne rozostupy reproduktorov v závislosti od polohy vysokofrekvenčného reproduktora.

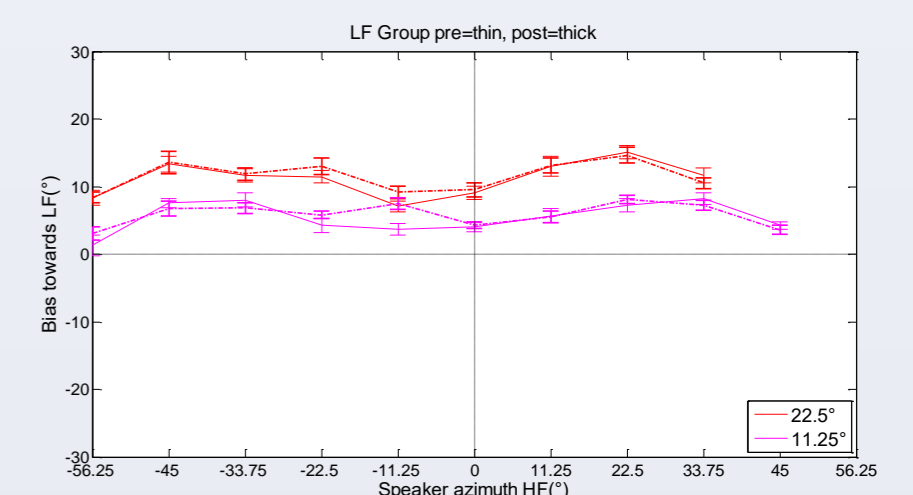
Odpovede subjektov pre jednotlivé pozície reproduktorov možno vyjadriť ako odchýlku od odpovedí na konzistentné trialy – t.j. tie kde bol vysokofrekvenčný aj nízkofrekvenčný komponent na rovnakej pozícii – teda offset 0. Dáta kde bola NF zložka naľavo od VF zložky sme preklopili napravo a tým sme získali dvojnásobný počet dát.

VR dáta

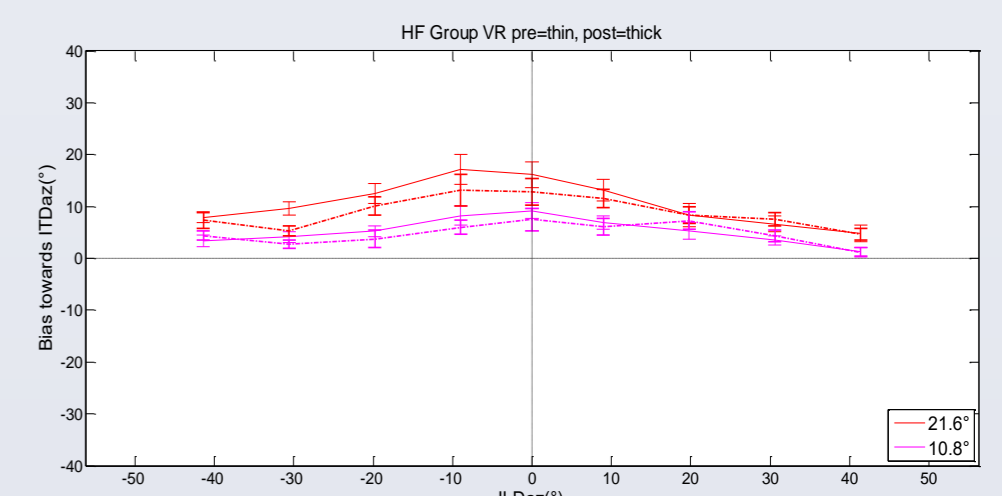
Vo VR prostredí sme sledovali váženie ITD a ILD parametra v preteste a postteste. Analýzy sú vykreslené ako funkcia pozície ILD zložky. Každý offset(čiara) predstavuje priemer odpovedí na trialy pre jednotlivé azimuty ILD kde hodnota ITD azimutu bola v rozsahu 3.6° napravo a naľavo od azimutu uvedeného v legende.



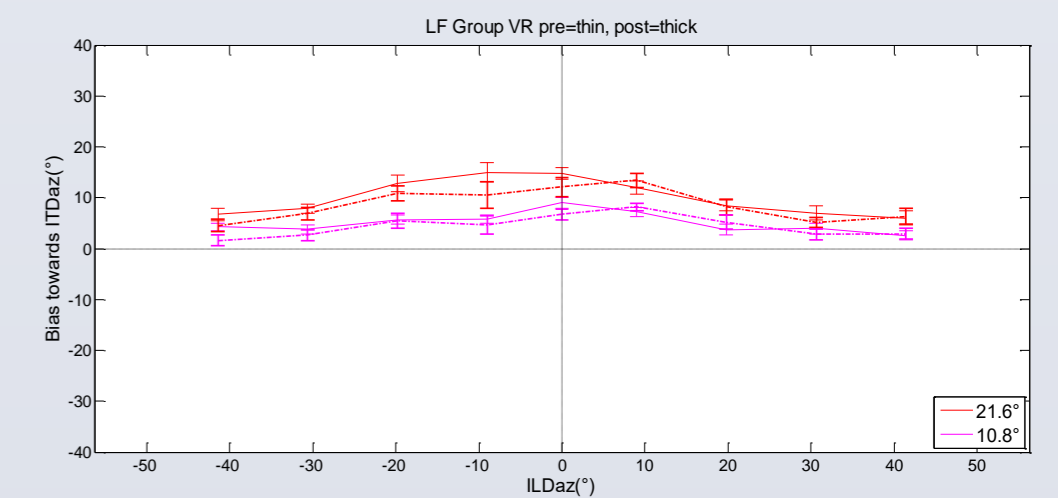
Obr. 3 : odchýlka ku NF komponentu pre jednotlivé rozostupy reproduktorov ako funkcia pozície VF komponentu pre HF skupinu – preklopené dáta



Obr. 7 : odchýlka ku NF komponentu pre jednotlivé rozostupy reproduktorov ako funkcia pozície VF komponentu pre LF skupinu – preklopené dáta



Obr. 10 : odchýlka ku ITD komponentu pre jednotlivé priemery rozostupov ITD/ILD ako funkcia ILD komponentu pre HF skupinu – preklopené dáta



Obr. 11 : odchýlka ku ITD komponentu pre jednotlivé priemery rozostupov ITD/ILD ako funkcia ILD komponentu pre LF skupinu – preklopené dáta

ZÁVER

Výsledky ukazujú, že je možné zmeniť váženie jednotlivých spektrálnych komponentov zvuku prispievajúcich k lokalizácii zvukov v horizontálnej rovine. Tréning bol úspešný len pre HF skupinu kde sa odchýlka ku non-target komponentu znížila čo potvrdzuje hypotézu 1 avšak v LF skupine podobná zmena nenastala zrejme kvôli silnému váženiu NF komponentov už v preteste.

Zmena váženia sa však nezovšeobecnila na váženie ITD/ILD vo virtuálnom prostredí ako sme hypotetizovali v bode 2 čo naznačuje že váženie je spektrálne špecifické ale rovnako k tomu mohli prispieť aj rozdiely v reálnom a virtuálnom prostredí ako napr. prítomnosť ozveny.

LITERATÚRA

- [1] Strutt, J.W.(1907) On our perception of sound direction, Philosophical magazine 13(6) 214-232
- [2] Ferber M (2018) Plasticity of Spatial Processing in Normal Hearing: Reweighting of Binaural Cues. Unpublished MSc. Thesis. University of Vienna.
- [3] Jeffress LA, & McFadden D (1971). Differences of interaural phase and level in detection and lateralization. J Acoust Soc Am, 49(4B), 1169-1179.