

TECHNICKÁ UNIVERZITA V KOŠICIACH
FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY

Krosmodálne riadenie pozornosti pri priestorovom počúvaní

Beáta TOMORIOVÁ

DIPLOMOVÁ PRÁCA

2007

TECHNICKÁ UNIVERZITA V KOŠICIACH
FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY

Katedra kybernetiky a umelej inteligencie

Krosmodálne riadenie pozornosti pri priestorovom počúvaní

DIPLOMOVÁ PRÁCA

Beáta Tomoriová

Vedúci diplomovej práce:

Ing. Norbert Kopčo, PhD.

Konzultant diplomovej práce:

Ing. Norbert Kopčo, PhD.

Košice 2007

Analytický list

Autor:	Beáta Tomoriová
Názov práce:	Krosmodálne riadenie pozornosti pri priestorovom počúvaní
Jazyk práce:	slovenský
Typ práce:	Diplomová práca
Počet strán:	79
Akademický titul:	Inžinier
Univerzita:	Technická univerzita v Košiciach
Fakulta:	Fakulta elektrotechniky a informatiky (FEI)
Katedra:	Katedra kybernetiky a umelej inteligencie (KKUI)
Študijný odbor:	Umelá inteligencia
Študijný program:	
Mesto:	Košice
Vedúci DP:	Ing. Norbert Kopčo, PhD.
Konzultanti DP:	Ing. Norbert Kopčo, PhD.
Dátum odovzdania:	2. máj 2007
Dátum obhajoby:	
Kľúčové slová:	sluchová priestorová pozornosť, krosmodálne riadenie pozornosti, kokteil párty efekt
Kategória Konspekt:	Výpočtová technika; Umelá inteligencia
Citovanie práce:	Tomoriová, Beáta: Krosmodálne riadenie pozornosti pri priestorovom počúvaní. Diplomová práca. Košice: Technická univerzita v Košiciach, Fakulta elektrotechniky a informatiky, 2007. 79 s.
Názov práce v AJ:	Crossmodal attentional control in spatial hearing
Kľúčové slová v AJ:	auditory spatial attention, crossmodal attentional control, cocktail party effect

Abstrakt v SJ

Cieľom tejto práce je skúmanie toho, ako pozornosť ovplyvňuje priestorové počúvanie. Väčšia časť práce sa zaoberá vplyvom modality riadenia pozornosti na lokalizáciu zvukov, konkrétne rozdielmi medzi vizuálnym a sluchovým riadením. Zvyšok práce sa zameriava na porozumenie reči v prostredí s viacerými hovoriacimi a skúma to, ako vedomosť o polohe hovoriaceho ovplyvňuje schopnosť porozumieť mu. Výsledky prvej časti ukázali, že pri vizuálnom aj pri sluchovom riadení pozornosť zameraná na jednu stranu spôsobila posun vo vnímaní zvukov, ktoré prichádzali z inej strany, bližšie k očakávanej strane, každá modalita riadenia však spôsobila posun inej veľkosti. Ak zvuky prichádzali z očakávanej strany, vizuálne riadenie posuny nespôsobovalo, sluchové áno, smerom k mediálnej rovine. Je možné zhrnúť, že pozornosť ovplyvňovala lokalizáciu zvukov a ako sa ukázalo aj v druhej časti, aj porozumenie reči v hlučnom prostredí. Výsledky ukázali, že schopnosť porozumieť reči jedného človeka, ak súčasne hovorilo viacero ľudí, sa výrazne zvýšila, ak sa poloha hovoriaceho nemenila a subjekty vedeli, kde sa nachádza, v porovnaní s tým, ak sa jeho poloha neočakávane menila.

Abstrakt v AJ

The aim of this study is to examine how attention influences spatial hearing. The bigger part of this diploma thesis investigates effect of modality of attentional control on sound localization, concretely the differences between visual and auditory control of attention. The rest of the thesis is focused on speech recognition in multitalker environment and examines how knowledge about talker's position influences ability to understand him/her. Results from the first part showed that when attention was focused on one side, it caused bias in sound localization for sounds coming from the other side, in direction towards the side where attention was focused. This was true for both modalities of attentional control, but each modality caused different bias. If sounds came from the attended side, visual control of attention caused no biases, but auditory control caused bias towards the medial plane. To summarize, attention influenced sound localization and results from the second part of the diploma thesis show that it influenced also speech recognition. Ability to recognize what one person was saying when other people were simultaneously speaking significantly improved if position of the talker remained the same and subjects knew the position, contrary to the situation, when talker's position was unexpectedly changing.

Zadanie práce

TECHNICKÁ UNIVERZITA V KOŠICIACH
FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY

Katedra kybernetiky a umelej inteligencie

Akademický rok 2006/2007

DIPLOMOVÁ PRÁCA

Diplomant: **Beáta Tomoriová**

Študijný odbor: Umelá inteligencia

Názov práce v slovenskom a anglickom jazyku:

Krosmodálne riadenie pozornosti pri priestorovom počúvaní

Crossmodal attentional control in spatial hearing

Pokyny na vypracovanie:

1. Vypracovať prehľad problematiky priestorového sluchového vnímania a mechanizmov riadenia vizuálnej a sluchovej pozornosti, ako aj relevantných modelov.
2. Implementovať existujúcu procedúru pre experimentálne meranie presnosti sluchovej lokalizácie vyvolanej sluchovými a zrakovými podnetmi vo virtuálnom sluchovom prostredí. Pripraviť procedúru pre meranie presnosti porozumenia reči pri počúvaní viacerých súčasne hovoriacich.
3. Vykonať experimentálne meranie sluchovej lokalizácie a porozumenia reči na 5 dobrovoľných ľudských subjektoch.
4. Analyzovať a vyhodnotiť experimentálne dáta v kontexte existujúcich modelov riadenia pozornosti.
5. Vypracovať dokumentáciu podľa pokynov vedúceho diplomovej práce.

Vedúci diplomovej práce:

Ing. Norbert Kopčo, PhD.

Konzultant diplomovej práce:

Ing. Norbert Kopčo, PhD.

Dátum odovzdania diplomovej práce:

2. 5. 2007

Tomoriová

.....
diplomant

Ján Sarnovský

.....
prof. Ing. Ján Sarnovský, CSc.

vedúci vedecko-pedagogického pracoviska



Liberios Vokorokos

.....
prof. Ing. Liberios Vokorokos, PhD.

dekan

V Košiciach dňa: 16.3.2007

Čestné vyhlásenie

Vyhlasujem, že som celú diplomovú prácu vypracovala samostatne s použitím uvedenej odbornej literatúry.

Košice, 2. máj 2007

.....
vlastnoručný podpis

Pod'akovanie

Ďakujem vedúcemu mojej diplomovej práce Ing. Norbertovi Kopčovi, PhD. za usmernenia a odbornú pomoc pri vypracovaní diplomovej práce a ďakujem tiež všetkým, ktorí sa dobrovoľne zúčastnili na experimentoch.

Predhovor

Pozornosť sa stala predmetom výskumov pred vyše storočím. Od tej doby bolo napísaných množstvo článkov, väčšina bola zameraná na vizuálnu pozornosť, menej z nich na sluchovú. Napríklad, ešte stále nepoznáme jednoznačné odpovede na otázky ako: Ak budeme očakávať, že zvuk príde napr. z pravej strany, pomôže nám toto očakávanie presnejšie tento zvuk lokalizovať, ak skutočne príde sprava? A bude nám podobné očakávanie nápomocné aj pri porozumení reči v hlučnom prostredí? Názory na to, ako, a či vôbec, pozornosť pomáha pri sluchovom vnímaní, sa rôznia. Cieľom tejto práce je štúdium toho, ako pozornosť ovplyvňuje priestorové sluchové vnímanie (experimenty 1, 2 a 3), pričom sa kladie dôraz na to, aký je rozdiel medzi tým, ak je pozornosť ovládaná vizuálne a ak sluchovo, a ako pozornosť pomáha pri vnímaní reči v prostredí, kde súčasne hovorí viacero ľudí (efekt kokteillovej párty – experiment „Cocktail Party Effect“). Toto štúdium sa realizuje formou experimentov a získané dáta sú následne štatisticky vyhodnotené

Obsah

Zoznam obrázkov	10
Zoznam tabuliek	14
Zoznam symbolov a skratiek	15
Slovník termínov	16
Úvod	17
1 Formulácia úlohy	19
2 Teoretické poznatky	20
2.1 Priestorové sluchové vnímanie	20
2.1.1 Lokalizácia zvukov	20
2.1.2 Lokalizácia zvukov v horizontálnej rovine: ITD a ILD.....	21
2.1.3 Kužeľ nejednoznačnosti.....	23
2.1.4 Lokalizácia vo vertikálnej rovine.....	24
2.1.5 Smerová prenosová funkcia, tzv. Head-related transfer function (HRTF).....	25
2.1.6 Vnímanie vzdialenosti	25
2.1.7 „Precedence effect“	26
2.2 Pozornosť.....	27
2.3 Multimodálne a krosmodálne vnímanie	28
2.4 „Cocktail party effect“	30
2.5 Modely pozornosti	31
2.5.1 Broadbentova teória – pozornosť ako filter (1958)	31
2.5.2 Anne Triesman – teória zoslabovania – model skorej (alebo strednej) selekcie (1964).....	33
2.5.3 Teória Deutscha & Deutschovej – model neskorej selekcie (1963)	34
3 Experimentálna časť A – lokalizácia zvukov	35
3.1 Experiment 1	35
3.1.1 Motivácia	35
3.1.2 Hypotézy.....	36
3.1.3 Metódy	36
3.1.4 Tréning.....	39
3.1.5 Experimentálna procedúra	39

3.1.6	Spracovanie a analýza dát.....	39
3.1.7	Výsledky.....	40
3.1.8	Záver.....	46
3.2	Experiment 2.....	48
3.2.1	Motivácia.....	48
3.2.2	Hypotézy.....	48
3.2.3	Metódy.....	48
3.2.4	Úprava dát.....	50
3.2.5	Výsledky.....	50
3.2.6	Záver.....	54
3.3	Experiment 3.....	55
3.3.1	Motivácia.....	55
3.3.2	Hypotézy.....	56
3.3.3	Metódy.....	56
3.3.4	Úprava dát.....	57
3.3.5	Výsledky.....	57
3.3.6	Záver.....	62
4	Experimentálna časť B – vnímanie reči.....	65
4.1	Experiment „Cocktail Party Effect“.....	65
4.1.1	Motivácia.....	65
4.1.2	Hypotézy.....	65
4.1.3	Metódy.....	66
4.1.4	Tréning.....	67
4.1.5	Experimentálna procedúra.....	67
4.1.6	Spôsoby vyhodnocovania.....	68
4.1.7	Výsledky.....	68
4.1.8	Záver.....	72
5	Záver - zhrnutie všetkých experimentov.....	74
	Zoznam použitej literatúry.....	77
	Prílohy.....	79

Zoznam obrázkov

Obr. 1	Systém súradníc používaný v sluchových experimentoch; r je vzdialenosť, φ je azimut a δ je elevácia [1].	20
Obr. 2	ITD v závislosti od horizontálnej polohy zdroja zvuku [8].	21
Obr. 3	Nízkofrekvenčné zvuky nevytvárajú akustický tieň (obrázok vľavo), vysokofrekvenčné áno (obrázok vpravo) [7].	22
Obr. 4	ILD v závislosti od frekvencie zvuku pre rôzne polohy zdroja zvuku [7].	22
Obr. 5	Kužeľ nejednoznačnosti. Body na jeho povrchu majú rovnaké ITD a ILD [1].	23
Obr. 6	Pohyby hlavy slúžiace na rozlíšenie polohy zdroja zvuku na kuželi nejednoznačnosti. Zdroj: http://www.ausim3d.com/about/AuWeb_perception3.html	24
Obr. 7	Vertikálna lokalizácia zvuku založená na odrazoch od ušnice [8].	24
Obr. 8	Precedence effect. Ak umiestnime reproduktory každý z jednej strany a prehráme zvuk v oboch súčasne, zvuk budeme vnímať tak, akoby znel v strede medzi nimi (a). Ak v jednom prehráme zvuk o niečo neskôr (0.1 – 1ms), zvuk budeme vnímať ako bližšie k reproduktoru, z ktorého zaznel prvý zvuk (b). Ak predĺžime opozdenie medzi zvukmi na 1-5 ms, zvuk budeme počuť tak, akoby prichádzal len z vedúceho reproduktora, tu sa prejavuje precedence efekt (c). Ak predĺžime opozdenie ešte viac, vnímame už 2 zvuky, každý z jedného reproduktora (d) [7].	26
Obr. 9	Pozornosť ako filter. Senzorické vstupy rozdelené do jednotlivých kanálov sú najskôr spracovávané paralelne (preatentívne = „predpozornostné“ spracovanie), niektoré sú prepustené na ďalšie podrobnejšie spracovanie a tento výber realizuje pozornosťný filter [1].	32
Obr. 10	Broadbentov model. Senzorický register drží informáciu iba krátky čas a posúva ju filtru. Filter identifikuje správu, na ktorú sa zameria pozornosť pomocou fyzikálnych charakteristík (hlas, výška tónu, rýchlosť, akcent). Všetky ostatné informácie okrem tej „zameranej“ sú odstránené (odfiltrované). Správa, ktorá prešla filtrom, pokračuje do detektora, kde je ďalej spracovávaná, aby sa určil jej význam. Detektor spracuje všetky informácie, ktoré sa doň dostanú. Výstupom z detektora je krátkodobá pamäť. Informácie z nej sa po krátkom čase buď stratia, alebo prenesú do dlhodobej pamäte [12].	33
Obr. 11	Model teórie zoslabovania. Filter z Broadbentovho modelu je nahradený „attenuatorom“, ktorý zoslabuje informácie, na ktoré sa nesústredíme. Attenuator analyzuje prichádzajúce správy podľa fyzikálnych	

	charakteristík, jazyka, významu. Slovník je ako pamäť. Obsahuje uložené slová, ktoré majú rôzne prahy aktivácie. Nižší prah aktivácie pre dané slovo znamená aj vyššiu citlivosť na dané slovo [12].....	34
Obr. 12	Vizuálne podnety.....	37
Obr. 13	azimuty cieľových zvukov.....	38
Obr. 14	Odpovede subjektov v závislosti od prezentovaného azimutu [°]. Horné obrázky predstavujú prostredia s vizuálnymi podnetmi postupne so SOA 400 ms, 800 ms a 1600 ms. Dolné obrázky predstavujú prostredia so sluchovými podnetmi, taktiež pre tie isté SOA.	40
Obr. 15	Posun v odpovediach spôsobený podnetom [°]. Na obrázku sú priemery cez všetky subjekty z rozdielu medzi odpoveďami v prostrediach s podnetmi (vizuálnymi a sluchovými) a bez podnetov. Kladný posun predstavuje posun smerom do strany (laterálny) a záporný smerom do stredu (mediálny).	41
Obr. 16	Efekt modality na odpovede. Priemer cez subjekty v rozdiel medzi odpoveďami s vizuálnym a sluchovým podnetom. Errorbary znázorňujú štandardnú chybu.	42
Obr. 17	Posun v odpovediach spôsobený podnetom so SOA = 1600 ms. Kladná časť x-ovej osi predstavuje dáta pre platné podnety a záporná dáta pre neplatné podnety.	43
Obr. 18	Vplyv podnetov na štandardné odchýlky vypočítané ako rozdiel medzi štandardnými odchýlkami v prostredí s podnetmi a v prostredí bez podnetov, spriemernený cez subjekty. Horné obrázky predstavujú prostredia s 50% informatívnosťou, spodné prostredia s 80% a 100% informatívnosťou.	45
Obr. 19	Efekt modality podnetu na štandardné odchýlky (priemer cez subjekty, errorbary znázorňujú štandardnú chybu).....	46
Obr. 20	Vizuálne podnety prvého typu.....	49
Obr. 21	Vizuálne podnety druhého typu.....	49
Obr. 22	Priemerné odpovede subjektov v závislosti od prezentovaného azimutu [°].	50
Obr. 23	Bias spôsobený platnými (zelená čiara) a neplatnými (modrá čiara) podnetmi pri prezentácii jednotlivých azimutov. Vľavo je prostredie s fixáciou, vpravo bez fixácie.	51
Obr. 24	Bias v prostredí s fixáciou (modrá čiara) a v prostredí bez fixácie (zelená čiara). Kladná časť x-ovej osi predstavuje dáta pre platné podnety a záporná dáta pre neplatné podnety.	52
Obr. 25	Vplyv podnetov na štandardné odchýlky vypočítané ako rozdiel v štandardných odchýlkach medzi prostredím s fixáciou (modrá čiara)	

	alebo bez fixácie (zelená čiara) a prostredím bez podnetov. V pravej časti grafu sú zobrazené výsledky pre platné podnety, v ľavej pre neplatné.....	53
Obr. 26	Vplyv podnetov na štandardné odchýlky vypočítaný ako rozdiel v štandardných odchýlkach medzi prostredím s fixáciou (modrá čiara) alebo bez fixácie (zelená čiara) a prostredím bez podnetov.	54
Obr. 27	Vizuálne podnety	56
Obr. 28	Posun v odpovediach spôsobený podnetom [$^{\circ}$]. Na obrázku sú priemery cez všetky subjekty z rozdielu medzi odpoveďami v prostrediach s podnetmi (vizuálnymi a sluchovými) a bez podnetov. Kladný posun predstavuje posun smerom do strany (laterálny) a záporný smerom do stredu (mediálny).	58
Obr. 29	Efekt modality na odpovede. Priemer cez subjekty v rozdiel medzi odpoveďami s vizuálnym a sluchovým podnetom. Errorbary znázorňujú štandardnú chybu.	59
Obr. 30	Bias spôsobený vizuálnymi podnetmi (modrá čiara) a sluchovými podnetmi (zelená čiara) so SOA 400ms (obrázok vľavo) a 1600 ms (obrázok vpravo). Kladná časť x-ovej osi predstavuje dáta pre platné podnety a záporná dáta pre neplatné podnety.	60
Obr. 31	Vplyv podnetov na štandardné odchýlky vypočítaný ako rozdiel medzi štandardnými odchýlkami v prostredí s podnetmi a v prostredí bez podnetov, spriemernený cez subjekty. Horné obrázky popisujú podnety s 50% informatívnosťou, spodné podnety s 80% a 100% informatívnosťou.	61
Obr. 32	Vplyv podnetov na štandardné odchýlky vypočítaný ako rozdiel v štandardných odchýlkach medzi prostredím s fixáciou (modrá čiara) alebo bez fixácie (zelená čiara) a prostredím bez podnetov. Obrázok vľavo je pre SOA = 400ms a obrázok vpravo pre SOA = 1600ms.	62
Obr. 33	Percento správnych odpovedí v závislosti od prostredia (vyhodnocovanie podľa spôsobu 1), priemer cez ISI a subjekty, errorbary znázorňujú štandardnú chybu.....	69
Obr. 34	Percento správnych odpovedí v závislosti od prostredia pre jednotlivé subjekty a celkový priemer (v pravej časti obrázku), errorbary znázorňujú štandardnú chybu.	69
Obr. 35	Percento správnych odpovedí v závislosti od ISI (priemer cez časové segmenty, pozíciu, subjekty), errorbary znázorňujú štandardnú chybu.....	70
Obr. 36	Percento správnych odpovedí v závislosti od pozície (priemer cez časové segmenty, ISI a subjekty), errorbary znázorňujú štandardnú chybu.....	71

Obr. 37	Percento správnych odpovedí v závislosti od segmentu prezentácie (priemer cez ISI, pozície a subjekty), errorbary znázorňujú štandardnú chybu.....	72
---------	--	----

Zoznam tabuliek

Zoznam symbolov a skratiek

- HRTF** **H**ead **R**elated **T**ransfer **F**unction, funkcia popisujúca transformáciu, ktorou prejde zvukový signál od zdroja po ucho. Je veľmi individuálna, keďže závisí od tvaru hlavy, uší a ramien, pretože na nich sa zvuk rôznymi odrazmi transformuje.
- ILD** **I**nteraural **L**evel **D**ifference, rozdiel v intenzite, v akej je vnímaný zvuk v jednom a v druhom uchu, spôsobený akustickým tieňom hlavy.
- ISI** **I**nter-stimulus **I**nterval, časový interval medzi dvoma stimulmi.
- ITD** **I**nteraural **T**ime **D**ifference, časový rozdiel medzi tým, kedy dorazí ten istý zvuk k jednému a k druhému uchu.
- SOA** **S**timulus **O**nset **A**synchrony, opozdenie cieľového stimulu voči podnetu.

Slovník termínov

Automatická pozornosť je pozornosť vyvolaná vonkajším podnetom, bez vedomého sústreďenia sa.

Bias je posun.

Cocktail Party effect je schopnosť vybrať z množstva prichádzajúcich zvukových vstupov jeden a sústreďiť sa naň, teda v množstve súčasne prebiehajúcich konverzácií vnímať, čo hovorí jeden človek.

Krosmodálne (intermodálne) vnímanie je ak jedna modalita (zmysel) podvedome ovplyvňuje vnímanie inou modalitou.

Laterálny je v smere od stredovej osi tela do strany.

Mediálny je v smere k stredovej osi tela (opačný posun ako laterálny).

Modalita je zmysel (zrak, sluch, atď.).

Multimodálne vnímanie znamená, ak je udalosť alebo objekt vnímaná viacerými zmyslami.

Podnet je upozorňujúci signál.

Strategická pozornosť je pozornosť vedome zameraná, sústreďenie sa na niečo.

Úvod

Pozornosť zohráva dôležitú úlohu pri spracovávaní informácií, ktoré vnímame pomocou zmyslov. Tie podnety, na ktoré bola upriamená pozornosť, sú spracovávané dôkladnejšie ako ostatné [1]. Pri vizuálnom vnímaní je to ľahko predstaviteľné, sledovaný predmet sa dostáva do miesta najostrejšieho videnia [2] a okolie sa vníma len okrajovo. Ako je to však pri sluchovom vnímaní? Ak presunieme pozornosť na nejaký zvukový objekt, pomôže nám to lepšie ho vnímať? Alebo - ak presunieme pozornosť na určité miesto, pomôže nám to lepšie vnímať zvuky odtiaľ prichádzajúce (napríklad tak, že ich budeme vedieť presnejšie lokalizovať)? Aký bude rozdiel v tom, či pozornosť na toto miesto privedieme zrakom alebo sluchom? Vplyv pozornosti na sluchové vnímanie nie je doteraz presne objasnený.

Prvá časť diplomovej práce (experimenty č.1, 2 a 3), ktorá je jej hlavnou časťou, sa zaoberá tým, ako pozornosť ovplyvňuje schopnosť lokalizovať zvuky v priestore a či je efekt pozornosti závislý na modalite (zmysle), ktorá ju riadi, teda aký je rozdiel medzi tým, či pozornosť na určité miesto privedieme pomocou sluchového podnetu alebo pomocou zrakového. Popri tom sa však skúmajú aj vedľajšie otázky, napr. ako sa líši efekt pozornosti v závislosti od toho, či je strategická (t.j. riadená vôľou) alebo automatická (ak niečo náhle pritiahne pozornosť).

Druhá časť diplomovej práce tiež súvisí s tým, ako pozornosť pomáha pri sluchovom vnímaní, avšak z trochu iného pohľadu. Je zameraná na tzv. „cocktail party effect“ – t.j. schopnosť porozumieť reči jedného človeka v prostredí, kde do uší prichádza množstvo zvukových vstupov (konverzácie iných ľudí, hluk z ulice, ...) [3]. Koktejl párty efekt sa skúma už vyše 50 rokov a za ten čas sa prišlo na to, aké faktory ovplyvňujú schopnosť separovať jeden „prúd reči“ od iných, aby sa potom dal dôkladnejšie spracovať a aby bol lepšie zrozumiteľný. Medzi tieto faktory patrí napríklad hlas hovoriaceho, pretože rozdielne hlasy sa ľahšie rozlišujú, rôzna rýchlosť reči hovoriacich, a ďalšie [1]. Jedným z najdôležitejších je aj priestorové oddelenie hlasov. Táto diplomová práca sa zaoberá tým, ako vedomosť o tom, odkiaľ bude prichádzať hlas hovoriaceho, ovplyvní schopnosť porozumieť mu, v porovnaní s tým, ak sa jeho poloha bude počas reči náhodne meniť.

Diplomová práca pozostáva zo 7 kapitol:

- **Kapitola 1** – formulácia úlohy
- **Kapitola 2** – teoretické poznatky - priestorové sluchové vnímanie, pozornosť, multimodálne a krosmodálne vnímanie, cocktail party efekt, modely pozornosti
- **Kapitola 3** – experimentálna časť A – lokalizácia – táto kapitola popisuje experimenty súvisiace s lokalizáciou zvukov (experiment 1, 2 a 3)
- **Kapitola 4** – experimentálna časť B – vnímanie reči – táto kapitola popisuje experiment „Cocktail Party Effect“
- **Kapitola 5** – záver – zhrnutie všetkých experimentov

1 Formulácia úlohy

Experimentálne procedúry ako aj analýzy získaných dát sú naprogramované v prostredí MATLAB.

Prvá časť diplomovej práce zahŕňa rôzne formy úpravy experimentálnej procedúry použitej v diplomovej práci M. Bernáta [5], vykonanie experimentálneho merania na ďalších subjektoch a nové vyhodnotenie získaných údajov s cieľom zistiť vplyv modality riadenia pozornosti na lokalizáciu zvukov.

Druhá časť zahŕňa návrh a naprogramovanie novej experimentálnej procedúry, ktorá bude pilotným experimentom pre ďalší výskum kokteil párty efektu, a vykonanie experimentálneho merania na niekoľkých subjektoch s následným vyhodnotením dát.

2 Teoretické poznatky

2.1 Priestorové sluchové vnímanie

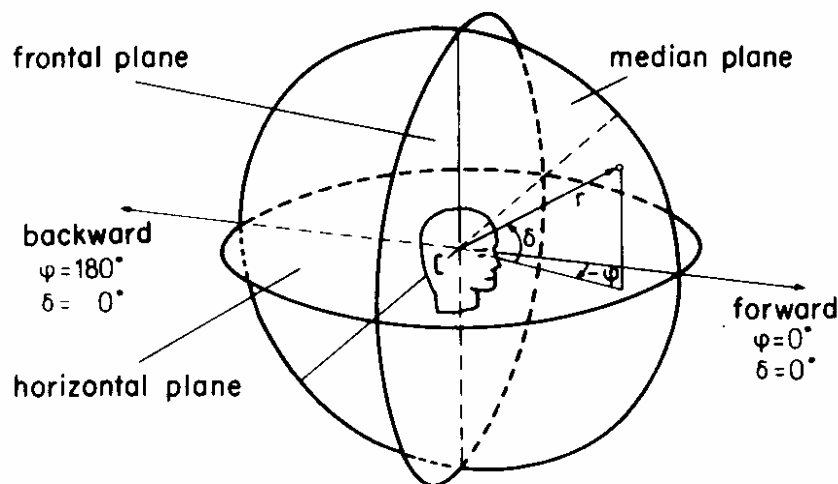
2.1.1 Lokalizácia zvukov

Mechanizmy lokalizácie zvukov sú pre živočíchov životne dôležité. Rýchla a presná lokalizácia predátora a okamžitý útek tým správnym smerom im častokrát zachráni život. Lokalizácia zvukov je preto užitočná ako určitý výstražný mechanizmus [6].

Sluchové vnímanie priestoru je v určitom zmysle zložitejšie ako zrakové, ktoré je na to vhodnejšie vybavené. Rôzne body vo vizuálnom poli sa totiž priamo premietajú na rôzne miesta na sietnici. Sluchový systém však musí polohu zdroja zvuku “vypočítať”, pretože bazilárna membrána v slimákoví (miesto, kde sa vibrácie spôsobené zvukmi menia na nervové impulzy) nemá žiadnu reprezentáciu pozície zvuku [7].

Poloha zdroja zvuku je často určovaná troma súradnicami:

- Azimut – horizontálna odchýlka od nejakého referenčného bodu, ktorým je zvyčajne predná časť tváre.
- Elevácia – vertikálna odchýlka od nejakého referenčného bodu, väčšinou prednej časti tváre
- Vzdialenosť

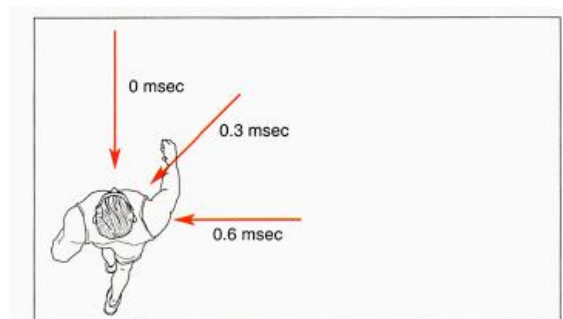


Obr. 1 Systém súradníc používaný v sluchových experimentoch; r je vzdialenosť, φ je azimut a δ je elevácia [1].

Lokalizácia zvukov v horizontálnej a vo vertikálnej rovine je rôzna, na každú totiž využívame rozdielne mechanizmy. Zvuk pohybujúci sa vertikálne vieme ľahko lokalizovať aj pomocou jedného ucha, zvuk pohybujúci sa horizontálne lokalizujeme kombinovaním zvukov prichádzajúcich do oboch uší [8]. Mozog tieto zvuky vyhodnotí a určí rozdiely, pričom podstatný je rozdiel v čase, v ktorom prišiel zvuk do jedného a do druhého ucha (ITD = interaural time difference) a taktiež rozdiel v intenzite (ILD = interaural level difference) medzi zvukom v jednom a v druhom uchu.

2.1.2 Lokalizácia zvukov v horizontálnej rovine: ITD a ILD

Zvuk dorazí do ucha, ktoré je bližšie k zdroju zvuku, o niečo skôr ako k druhému, pretože prechádza kratšiu dráhu. Časový rozdiel sa pohybuje v desatinách milisekúnd. Ak by bola šírka hlavy 20 cm, zvuk prichádzajúci kolmo sprava dosiahne ľavé ucho o 0.6 ms neskôr ako pravé [8]. Pre zvuky prichádzajúce z boku je ITD maximálny. Ak zvuk prichádza priamo spredu, ITD je nulový (minimálny) [1].

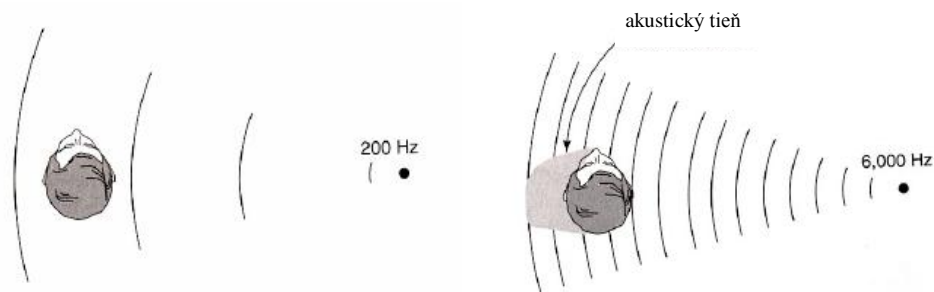


Obr. 2 ITD v závislosti od horizontálnej polohy zdroja zvuku [8].

V mozgovom kmeni sú špecializované neuróny citlivé na rôzne ITD a pomocou nich dokážeme určiť, kde bol zdroj daného zvuku. ITD je pre danú polohu zdroja zvuku rovnaký, nezávisí od výšky tónu (frekvencie) [1]. V prípade, že nepočujeme nástup zvuku, je určenie ITD zložitejším problémom, pretože tento zvuk počujeme naraz v oboch ušiach. Môžeme však porovnávať rozdiel v tom, kedy rovnaká fáza zvukovej vlny dôjde do ktorého ucha [8]. V prípade nízkofrekvenčných zvukov, ktoré majú

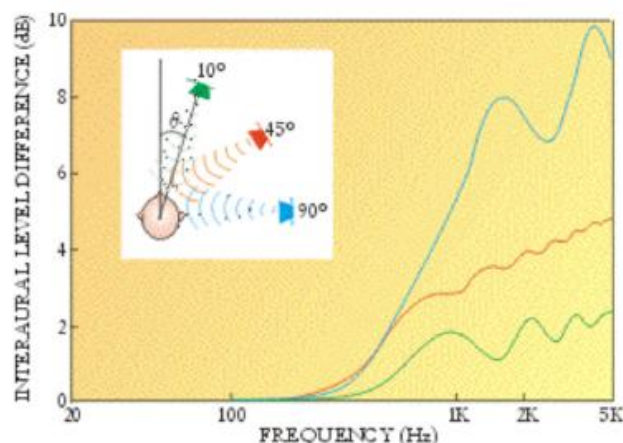
väčšiu vlnovú dĺžku ako je šírka hlavy, je to relatívne jednoduché, keď sa však jedná o vysokofrekvenčné zvuky, situácia je zložitejšia.

Pri lokalizácii zvukov si preto mozog pomáha aj určením ILD, čiže určením rozdielu v intenzitách. Rozdiel medzi intenzitami v akých zvuk počujeme v jednom a v druhom uchu je spôsobený tým, že hlava vrhá zvukový tieň [8]. Ak zvuk znie priamo spredu, rozdiel v intenzitách je nulový, ak kolmo z boku, tak maximálny. Špecializované neuróny týmto spôsobom určia polohu zdroja zvuku. Pre zdroje zvukov vzdialené minimálne 1m má určovanie ILD význam iba pri vysokofrekvenčných zvukoch, pretože zvuky nízkych frekvencií nevytvárajú zvukový tieň (Obr. 3). ILD je teda na rozdiel od ITD frekvenčne závislé, rastie s rastúcou frekvenciou, čo je vidieť aj na Obr. 4.



Obr. 3 Nízkofrekvenčné zvuky nevytvárajú akustický tieň (obrázok vľavo), vysokofrekvenčné áno (obrázok vpravo) [7].

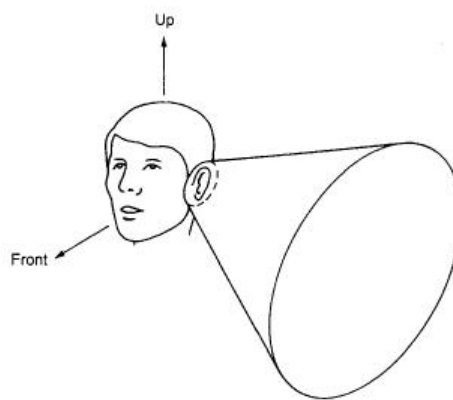
Môžeme zhrnúť, že zvuky v rozsahu približne 20-2000 Hz lokalizujeme pomocou časových rozdielov (ITD) a zvuky z intervalu 2000-20 000 Hz pomocou rozdielov v intenzite (ILD) [8].



Obr. 4 ILD v závislosti od frekvencie zvuku pre rôzne polohy zdroja zvuku [7].

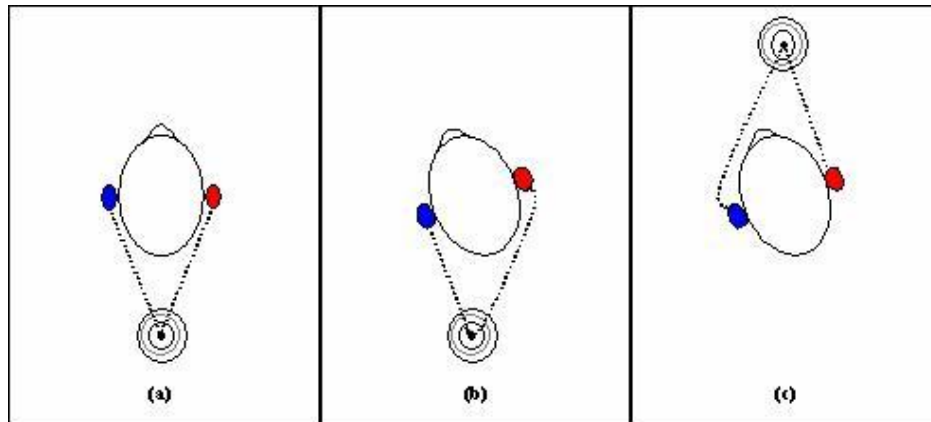
2.1.3 Kužel' nejednoznačnosti

Aj keď zohrávajú pri lokalizácii zvukov ITD a ILD tú najdôležitejšiu úlohu, nemôžeme sa na ne úplne spoľahnúť. Problém totiž je, že neurčujú polohu zvuku úplne jednoznačne. Jednému ITD aj ILD odpovedá viacero bodov v priestore. Tieto body vytvárajú povrch kužeľa (ilustrovaného na Obr. 5), ktorý sa preto nazýva kužel'om nejednoznačnosti. V praxi to znamená, že síce uhádneme uhol, odkiaľ znie zvuk, avšak často neuhádneme to, či prichádza spredu alebo zozadu, zhora alebo zdola [1]. V skutočnosti je tento kužel' trochu deformovaný, čo je určené tvarom hlavy.



Obr. 5 Kužel' nejednoznačnosti. Body na jeho povrchu majú rovnaké ITD a ILD [1].

Keďže ITD a ILD nie sú na určenie zdroja zvuku postačujúce, využívame aj iné spôsoby. Pomáha napríklad pootočenie alebo naklonenie hlavy, čím sa kužel' posunie a nejednoznačnosť v smere hore-dolu, vpredu-vzadu, sa vyrieši, čo je ilustrované na Obr. 6 - ak by bol zdroj zvuku v azimute 180° (t.j. za hlavou), bolo by ťažké rozhodnúť, či zvuk ide z 0° alebo zo 180° , kvôli tomu, že obidve pozície majú rovnaké ITD aj ILD. Pootočením hlavy doľava sa ľavé ucho dostalo bližšie k zdroju a preto je jasné, že zvuk šiel zozadu (b). Ak by šiel spredu, bližšie by bolo pravé ucho (c).

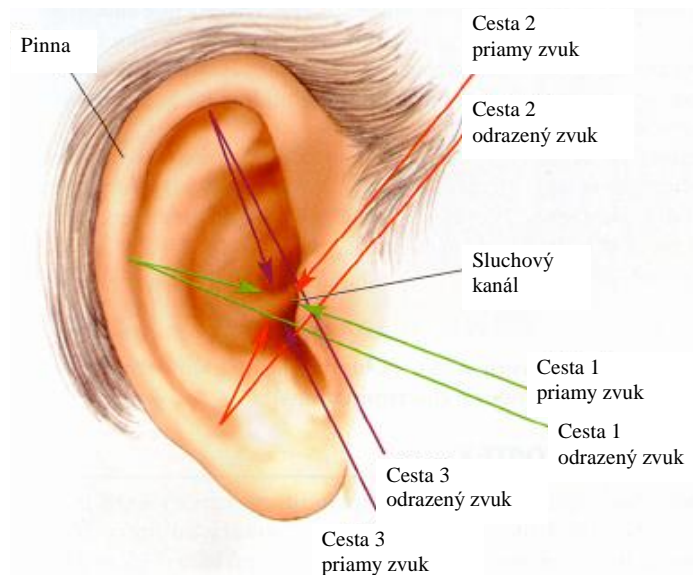


Obr. 6 Pohyby hlavy slúžiace na rozlíšenie polohy zdroja zvuku na kuželi nejednoznačnosti.

Zdroj: http://www.ausim3d.com/about/AuWeb_perception3.html

Hlavnou pomôckou pri lokalizácii okrem ITD a ILD je však posúdenie zmien v spektrálnej charakteristike zvuku, ktoré vznikli odrazmi zvukových vln od hlavy a uší.

2.1.4 Lokalizácia vo vertikálnej rovine



Obr. 7 Vertikálna lokalizácia zvuku založená na odrazoch od ušnice [8].

Pri lokalizácii zvukov vo vertikálnej rovine nám rozdiely v intenzitách a časoch nepomôžu. Kľúčovú úlohu v tomto prípade zohráva ušnica („pinna“). Zvuky, ktoré k nej prichádzajú, sa na jej záhyboch rôznym spôsobom odrážajú a odrazený zvuk vstupuje do sluchového kanála s určitým omeškaním v závislosti od jeho polohy vo vertikálnej rovine [8]. Priamy zvuk s odrazeným sa skombinuje, a aj keď len nepatrne,

je iný, ak zvuk prichádzal zdola, a iný ak zhora. Zvuk je teda určitým spôsobom filtrovaný.

2.1.5 Smerová prenosová funkcia, tzv. Head-related transfer function (HRTF)

Zvuky sa odrážaním netransformujú len na ušnici, ale podobný a nezanedbateľný vplyv má aj tvar pliec a hlavy. Transformáciu, ktorou zvuk prejde od zdroja až po bubienok je možné popísať pomocou prenosovej funkcie, tzv. HRTF (head-related transfer function). Je v nej zahrnuté ITD, ILD a zmeny v spektre spôsobené odrazmi zvukov. Pre zdroje vzdialené viac ako 1m od hlavy HRTF závisí od azimutu a elevácie, pre bližšie zdroje závisí aj od vzdialenosti [1].

Každému bodu v priestore zodpovedá dvojica HRTF, jedna pre pravé, druhá pre ľavé ucho.

Meraním zistené HRTF sa používajú na simuláciu zvukov prichádzajúcich z rôznych pozícií [6]. Keďže HRTF závisí od tvaru hlavy a uší, je individuálna. Ak sa potom pri simulácii používa HRTF nameraná na inom človeku, vnem nemusí byť taký, ako sa očakáva.

2.1.6 Vnímanie vzdialenosti

Vzdialenosť zdroja zvuku určujeme viacerými spôsobmi [7]. Pomáha nám pri tom napr. ILD – rozdiely v intenzitách budú väčšie, ak je zdroj zvuku bližšie, a menšie, ak je ďalej. Do vzdialenosti vystretej ruky dáva ILD celkom dobrý odhad vzdialenosti zdroja zvuku, za touto vzdialenosťou však informuje len o tom, že zdroj zvuku nie je na dosah ruky.

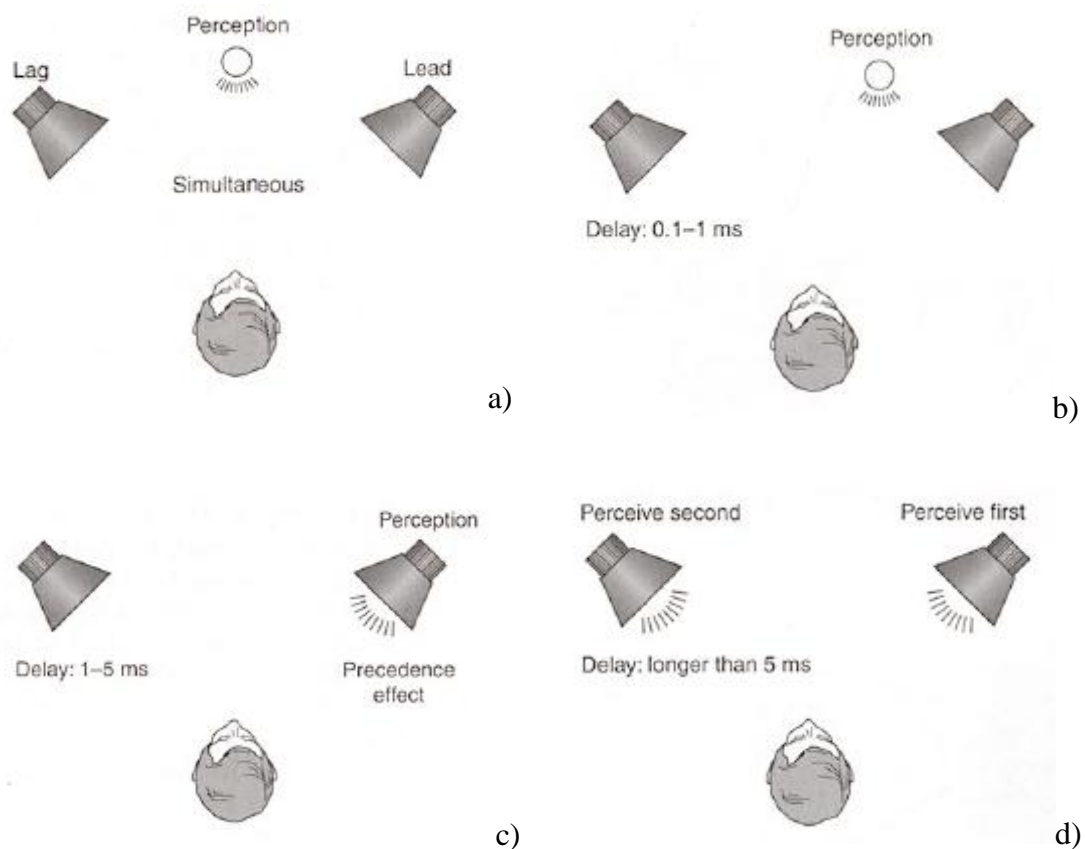
Ďalšou pomôckou je celková hladina zvuku. Niektoré zvuky zvyknú mať charakteristické intenzity – napr. reč sa pohybuje v hodnotách 40-70dB. Ak poznáme bežnú intenzitu nejakého zvuku, vieme na základe aktuálnej intenzity odhadnúť, ako je ďaleko.

Pomáha nám aj pohybový paralax – t.j. ak sa hýbeme smerom do strany, zdroj zvuku, ktorý je bližšie, sa voči nám posúva rýchlejšie ako ten, ktorý je ďalej.

Vzdialenosť zdrojov zvuku určujeme aj na základe jeho odrazov, hlavne v miestnostiach. Odrazený zvuk sa skombinuje s pôvodným, tieto odrazy však potláčame a neuvedomujeme si ich.

2.1.7 „Precedence effect“

Odrazy môžu pomôcť pri určení vzdialenosti zdroja zvuku, môžu však spôsobiť aj problémy v lokalizácii zvuku, odrazený zvuk totiž väčšinou prichádza z iného smeru ako priamy. Sluchový systém však dokáže rozlíšiť priamy zvuk od odrazeného na základe toho, kedy dorazí k uchu. Odrazenému zvuku to bude stále trvať dlhšie, pretože prechádza dlhšiu dráhu. Sluchový systém preto pri lokalizácii berie do úvahy len prvý zvuk (priamy) a druhý potlačí. Toto však funguje iba pri určitom opozdení jedného zvuku voči inému, konkrétne pri 1-5ms [7]. Ilustruje to Obr. 8.



Obr. 8 Precedence effect. Ak umiestnime reproduktory každý z jednej strany a prehráme zvuk v oboch súčasne, zvuk budeme vnímať tak, akoby znel v strede medzi nimi (a). Ak v jednom prehráme zvuk o niečo neskôr (0.1 – 1ms), zvuk budeme vnímať ako bližšie k reproduktoru, z ktorého zaznel prvý zvuk (b). Ak predĺžime opozdenie medzi zvukmi na 1-5 ms, zvuk budeme

počuť tak, akoby prichádzal len z vedúceho reproduktora, tu sa prejavuje precedencie efekt (c). Ak predĺžime opozdenie ešte viac, vnímame už 2 zvuky, každý z jedného reproduktora (d) [7].

2.2 Pozornosť

Náš sensorický systém je vystavený veľkému množstvu podnetov. Zaplavujú ho obrazy, zvuky, vône, ... Nie všetky však vnímame rovnako detailne. Niektoré sú pre nás dôležité, niektoré nie. Keďže ani nie je možné, aby mozog súčasne spracoval také množstvo podnetov, musí existovať mechanizmus, ktorý niektoré z nich vyberie, a týmto mechanizmom je pozornosť [2]. Napriek tomu, že je pojem „pozornosť“ intuitívne jasný, to, ako ho zdefinovať, jasné nie je. Zahŕňa totiž množstvo rôznych aspektov a preto existuje aj množstvo definícií pozornosti, z ktorých spomeniem dve.

Pozornosť je [1]:

- mentálne koncentrovanie (sústredenie sa) na sensorické (vnemové) alebo mentálne udalosti (Dana Murphy)
- aktivácia mechanizmov, ktoré umožňujú neprerušenu kognitívnu aktivitu zameranú na objekt pozornosti (David Sommers)

Nie je jasné ani to, či pozornosť sama o sebe vôbec existuje, je možné, že je len súčasťou tých mozgových funkcií, v ktorých ju pozorujeme [1]. Má teda zmysel sa pozornosťou ako takou vôbec zaoberať?

Tí, ktorí sa rozhodli, že áno, vo svojich doterajších výskumoch objasnili niektoré jej vlastnosti:

Pozornosť je **obmedzená**, to znamená, že ju nie je možné venovať všetkým podnetom naraz, je **selektívna**, to znamená, že z množstva podnetov sa vyberú niektoré, ktoré budú ďalej spracovávané, pričom nemusí byť zameraná len na sensorické podnety, ale aj na informácie v pamäti a motorické odozvy [1]. Veľakrát sa v literatúre uvádza metafora pozornosti ako pódiového reflektora. To, čo je osvetlené, detailne spracujeme, to, čo nie je, ignorujeme.

Ak hovoríme, že niečomu venujeme pozornosť, zvyčajne tým myslíme to, že ju niekam vedome zameriavame. Je to cielený proces, preto hovoríme o tzv. **strategickej (endogénnej) pozornosti**. Niekedy sa však stane, že nás nejaký podnet zrazu vyruší

(napríklad náhly hlasný zvuk) a bez vedomej kontroly pritiahne na seba pozornosť. To je tzv. **automatická (exogénna) pozornosť**.

Pozornosť môžeme rozdeliť aj na základe jej 3 komponentov: selekcie, sledovania a riadenia [1].

Pri **selekcii** sa vynára otázka, na základe čoho pozornosť vyberá. Či sa pozornosť zameriava len na určitú oblasť v priestore, alebo na objekty, nezávisle od toho, aké je ich priestorové umiestnenie. Výskumy ukazujú, že selekcia môže byť založená na priestorovej oblasti, teda umiestnení objektu („location based“), na samotnom objekte („object oriented“) alebo môže byť objektovo-znakovo založená („object-token based“) [9].

Druhý komponent, **sledovanie**, znamená udržiavanie pozornosti na cieľovom objekte napriek prítomnosti distraktorov.

Tretí komponent pozornosti, **riadenie**, je proces, pri ktorom je systém schopný zmeniť stálu pozornosť z jedného objektu na iný objekt, ktorý sa stáva novým cieľom interakcie [1]. Pozornosť môžeme riadiť viacerými spôsobmi, napr. zrakovo, sluchovo a pod. S tým súvisí otázka, aký je rozdiel medzi tým, ak je pozornosť riadená unimodálne (sluchová pozornosť riadená sluchom, zrková zrakom, a pod.) a krosmodálne (sluchová zrakom, zrková sluchom, ...).

Pozornosť sa ešte ďalej delí podľa toho, či to, na čo sa sústreďíme, sledujeme aj zrakom – tzv. „covert orienting“ alebo nie – „overt orienting“.

2.3 Multimodálne a krosmodálne vnímanie

Doterajší výskum súvisiaci s pozornosťou sa väčšinou zaoberal len jednou modalitou. Boli to napríklad experimenty zamerané na vizuálne vnímanie alebo selektívne počúvanie, málokteré však skúmali interakcie medzi modalitami. Pozornosť bola chápaná ako niečo špecifické pre danú modalitu a nezávislé od ostatných modalít [9].

Keďže však podnety z okolia vnímame multimodálne (t.j. viacerými zmyslami), je možné, že dochádza k interakciám, ktoré by sa mali brať do úvahy. Typickým príkladom je vnímanie reči. Ak sa hovoriaci nachádza v hlučnom prostredí, porozumenie reči sa stáva ťažším. Samotné vnímanie sluchom nestačí, tak si pomáhame aj zrakom – v praxi to znamená, že sledujeme pohyb jeho pier, jeho gestá, mimiku.

Vizuálna informácia dokáže podstatne ovplyvniť to, čo počujeme, a dôkazom toho je McGurkov efekt [10]. Tento efekt sa väčšinou demonštruje na videu s detailným záberom na tvár človeka, ktorý vyslovuje slabiku “ga”, z reproduktorov však namiesto toho znie slabika “ba”. Na otázku, čo počujú, však ľudia napodiv neodpovedajú tú slabiku, ktorá znie z reproduktorov, avšak ani tú, ktorú vyčítajú z pier. Počutá a videná informácia totiž spolu nejakým spôsobom interagujú a výsledkom je, že ľudia počujú “da”.

Krosmodálne interakcie môžu mať na vnímanie pozitívny aj negatívny vplyv. Negatívny vplyv, ktorého prejavom bol aj McGurkov efekt, vzniká väčšinou vtedy, ak si senzorická informácia vnímaná rôznymi modalitami protirečí. To vedie ku 1) kombinácii podnetov, ktorá je určitým druhom váženého priemeru (McGurk), 2) ponechaniu jedného z podnetov a potlačeniu druhého, alebo 3) vzájomnému potlačeniu podnetov a zmäteniu [1].

Pozitívny vplyv sa na neurálnej úrovni prejavuje tak, že neuróny vstupy z jednotlivých modalít sčítavajú a určitým spôsobom transformujú, zosilnenie signálu sa však prejavuje len vtedy, ak sú stimuly z jednotlivých modalít slabé. Ak bol jeden z unimodálnych stimulov silný, môže naopak zoslabiť druhý stimul, intenzita unimodálnych stimulov preto zohráva podstatnú úlohu.

Štúdium krosmodálnych interakcií pomáha skúmať pozornosť v tom zmysle, či je špecifická pre jednotlivé modality alebo zdieľaná. Keďže pozornosť je obmedzená, uvažuje sa o nej z hľadiska jej zdrojov. Ak sa pozornostné zdroje nezdieľajú a dotyková informácia (napr. textúra) sa prezentuje vizuálne, zdroje, ktoré boli určené pre čisto vizuálne podnety, sa týmto znížia. Naopak, prezentácia vizuálnej informácie dotykom by mohla uvoľniť vizuálne zdroje [1]. Ak sa však pozornostné zdroje zdieľajú, prezentovanie podnetu jednej modality inou modalitou spoločné zdroje len zníži, nikdy neuvoľní. O existencii spoločných zdrojov by mohlo svedčiť napríklad to, že ak očakávame podnet jedným zmyslom, spôsobí to očakávanie podnetu z daného miesta aj inými zmyslami. Ak je však podnet v tej modalite, aká je očakávaná, spôsobí to menšiu záťaž na pozornostné zdroje ako keď je v inej.

Ak sú človeku prezentované stimuly z rôznych modalít, môže ich integrovať do jednej udalosti alebo vnímať ako dve oddelené udalosti. Závisí to od viacerých faktorov, akými sú napríklad časová alebo priestorová blízkosť stimulov alebo napríklad aj od toho, či sú stimuly sémanticky kongruentné. Ukázalo sa napríklad, že ak sa spolu so

zvukom prezentuje aj vizuálny podnet, lokalizácia tohto zvuku sa posúva smerom k vizuálnemu podnetu. Ak sa však zvýši vzdialenosť alebo časové opozdenie medzi týmito stimulmi, tento efekt klesá [11].

2.4 „Cocktail party effect“

Koktejl párty efekt je schopnosť zamerať sluchovú pozornosť na jedného hovoriaceho spomedzi množstva konverzácií a šumu z pozadia [3].

Z pohľadu počúvajúceho je táto úloha jednoduchá a intuitívna, z hľadiska psychológie a fyziológie je to však zložitý problém, ktorý zahŕňa interakcie medzi signálom, sluchovým systémom a centrálnym nervovým systémom. Akusticky je tento problém podobný problému vyčleniť reč jedného hovoriaceho zo spektrogramu obsahujúceho signály od viacerých hovoriacich a šum z pozadia, a to stroje zatiaľ nedokážu [3].

Výskum súvisiaci s cocktail party efektom prebieha od 50-tych rokov minulého storočia a doteraz nie je tento problém úplne vysvetlený. Cocktail party efekt úzko súvisí so selektívnou pozornosťou – lebo človek vyčlení (selektuje) jednu z množstva konverzácií a na ňu sa zameria. Otázkou však je, ako to robí. Ako ľudia segregujú zvuky a ktoré podnety sú pri tom podstatné?

Prvý, kto sa zaoberal týmto problémom, bol Colin Cherry v práci [1]. Ako prvý zaviedol termín „cocktail party effect“ a popísal ho. Vo svojich experimentoch na rozpoznávanie správ prichádzajúcich do jedného alebo do oboch uší prišiel na to, že pri segregácii hlasov pomáhajú tieto faktory:

- hlasy prichádzajú z rôznych smerov
- čítanie z pier, gestá a pod.
- rôzne hlasy, stredné výšky tónov hlasov, stredné rýchlosti, muž vs. žena, atď.
- rôzne prízvuky
- prechodové pravdepodobnosti (založené na dynamike zvuku, syntaxi, ...)

Všetky faktory okrem posledného odstránil Cherry tak, že nechal toho istého človeka nahovoriť dve správy „cez seba“ na magnetofónovú pásku. Napriek tomu sa

správy dali rozlíšiť. Cherry na základe toho usúdil, že ľudia sú schopní predikovať sekvencie slov pričom majú v pamäti uložené veľké množstvo prechodových pravdepodobností, ktoré im pri tom pomáhajú.

Experimenty v tejto oblasti sa často robia formou **dichotického počúvania**. Podstata dichotického počúvania je v tom, že subjekt dostane slúchadlá a do každého ucha mu znie iný text a jeho úlohou je zamerať sa na jeden z nich. Popri tom ho má nahlas opakovať, čo sa nazýva „**shadowing**“ – **tieňovanie** [3]. V Cherryho experimentoch sa ukázalo, že táto úloha je ľahko zvládnuteľná, subjekt bez problémov zameria pozornosť na správu znejúcu do jedného ucha a druhú ignoruje a túto pozornosť môže ľahko „prepínať“ z jedného ucha na druhé. O obsahu textu znejúceho do tiereného ucha má subjekt malú predstavu, z textu znejúceho do ignorovaného ucha si však nepamätá prakticky nič.

V experimentoch sa skúmalo aj aké zmeny v texte znejúceho do ignorovaného ucha boli subjekty schopné zaregistrovať:

zaregistrovali tieto zmeny:

- zmena hlasu z mužského na ženský a naopak (zvyčajne)
- zmena reči na čistý tón (vždy)

nezaregistrovali tieto zmeny:

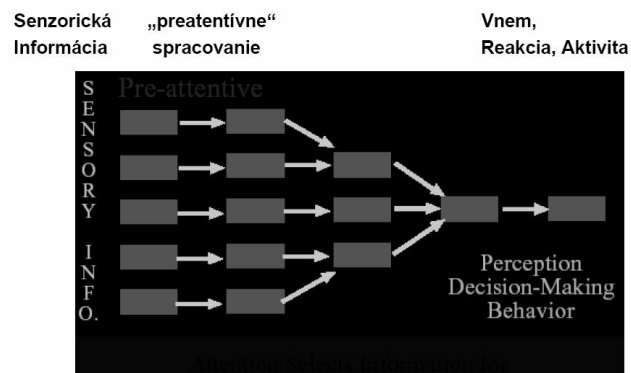
- zmena z angličtiny na nemčinu
- reverzne prehraná reč

Tieto výsledky ukazujú, že zo správy, na ktorú nemáme zameranú pozornosť, sme schopní zaregistrovať všeobecné vlastnosti signálov (fyzikálne), avšak nie detaily ako jazyk, individuálne slová, sémantiku.

2.5 Modely pozornosti

2.5.1 Broadbentova teória – pozornosť ako filter (1958)

Na základe dovedajších poznatkov o pozornosti získaných aj z Cherryho experimentov navrhol Broadbent teóriu, podľa ktorej pozornosť predstavuje filter, ktorý vyberie, ktoré z množstva prijímaných signálov budú ďalej spracovávané (Obr. 9, Obr. 10)

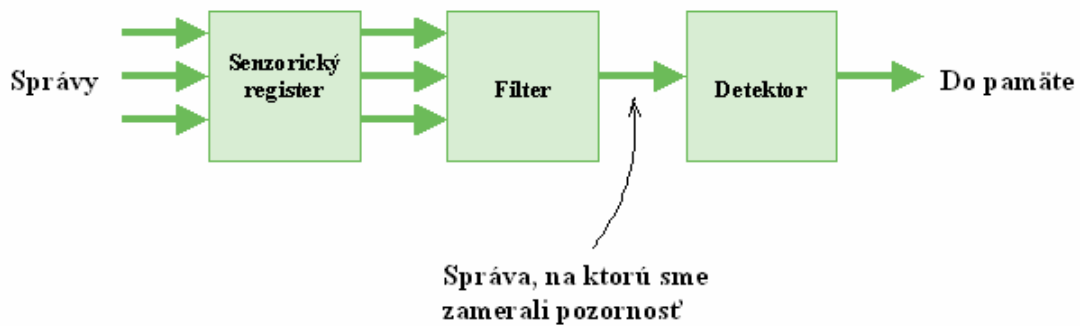


Obr. 9 Pozornosť ako filter. Senzorické vstupy rozdelené do jednotlivých kanálov sú najskôr spracovávané paralelne (preatentívne = „predpozornostné“ spracovanie), niektoré sú prepustené na ďalšie podrobnejšie spracovávanie a tento výber realizuje pozornostný filter [1].

Teóriu by sme mohli zhrnúť do týchto základných bodov:

- mozog separuje prichádzajúce zvuky na základe ich fyzikálnych charakteristík (napríklad toho, odkiaľ znejú) do kanálov
- iba niektoré subsignály prepustí na sémantickú analýzu (dešifrovanie významu), množstvo je limitované
- audio filter, ktorý je ovládaný vedomím, určí na ktoré kanály sa zameriame (selekcia)
- nevybrané kanály sa nespracujú vôbec

Broadbentov model je jedným z modelov skorej selekcie (lebo selekcia prebieha v skoršom štádiu procesu spracovávania informácie – ešte predtým, ako sa určí jej význam) [1]. Tento model pozornosti bol však neskôr kritizovaný. Ak sa totiž nevybrané kanály ďalej vôbec nespracovávajú, ako je možné, že ak niekto, komu nevenujeme pozornosť (čo predstavuje nevybraný kanál), zrazu vysloví naše meno, automaticky presunieme pozornosť na to, čo hovorí?



Obr. 10 Broadbentov model. Senzorický register drží informáciu iba krátky čas a posúva ju filtru. Filter identifikuje správu, na ktorú sa zameria pozornosť pomocou fyzikálnych charakteristík (hlas, výška tónu, rýchlosť, akcent). Všetky ostatné informácie okrem tej „zameranej“ sú odstránené (odfiltrované). Správa, ktorá prešla filtrom, pokračuje do detektora, kde je ďalej spracovávaná, aby sa určil jej význam. Detektor spracuje všetky informácie, ktoré sa doň dostanú. Výstupom z detektora je krátkodobá pamäť. Informácie z nej sa po krátkom čase buď stratia, alebo prenesú do dlhodobej pamäte [12].

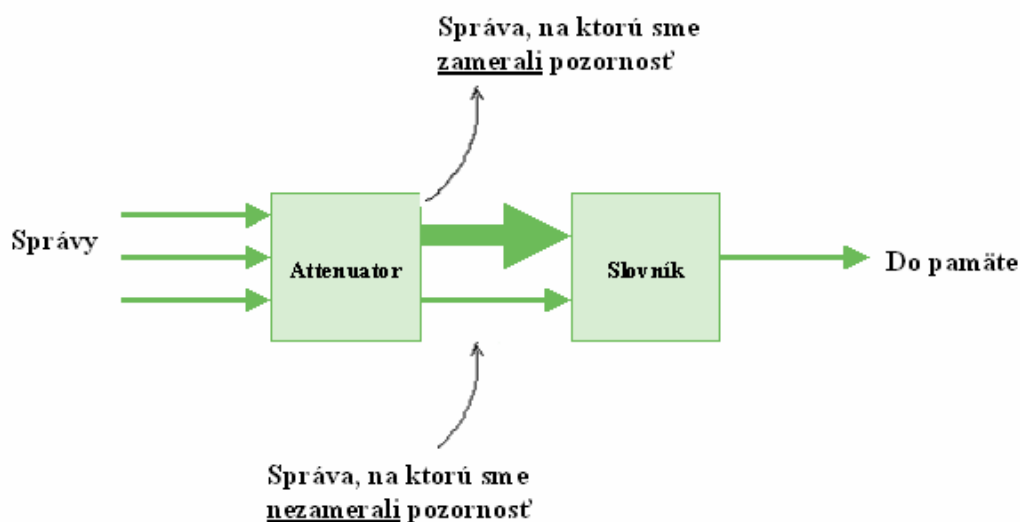
2.5.2 Anne Triesman – teória zoslabovania – model skorej (alebo strednej) selekcie (1964)

V úvode kapitoly 2.4 bolo napísané, že cocktail party effect je schopnosť zamerať sluchovú pozornosť na jedného hovoriaceho spomedzi množstva konverzácií a šumu z pozadia. Pojem „cocktail party effect“ však nesie aj druhý význam. Prvý súvisel so strategickou pozornosťou, vedomým zameraním sa na niečo. Druhý význam súvisí s automatickou pozornosťou. Je to situácia, keď pre nás zaujímavý podnet (napr. keď niekto vysloví naše meno) náhle automaticky pritiahne našu pozornosť. Týmto fenoménom sa zaoberal Moray a jeho výsledky poukazujú na nesprávnosť Broadbentovho modelu [1]. Hromadiace sa dôkazy proti Broadbentovmu modelu prispeli k vzniku nových modelov.

Anne Triesman robila experimenty formou dichotického počúvania. Medzi prezentovanými správami boli vety, ktoré začínali v jednom uchu a končili v druhom. Ukázalo sa, že ľudia participujúci na experimente v 30% prípadoch zaznamenávali tieto vety a nie to, čo počuli v tieňovanom uchu [2]. Jej zistenie aj ostatné dôkazy proti Broadbentovmu modelu ju viedli k vytvoreniu **teórie zoslabenia (attenuation theory)**, ktorej model je na Obr. 11.

Podľa tejto teórie pozornosťný systém nevymaže to, na čo sa nekoncentrujeme, úplne, len to potlačí. Potlačený vstup zväčša ignorujeme, niekedy však dôjde k prielomu – ak sa jedná o slová, ktoré sú pre nás podstatné (napr. naše meno) [1].

Problémom tohto modelu je, že nie je jasné, čo znamená „zoslabené spracovanie významu“.



Obr. 11 Model teórie zoslabovania. Filter z Broadbentovho modelu je nahradený „attenuatorom“, ktorý zoslabuje informácie, na ktoré sa nesústredíme. Attenuator analyzuje prichádzajúce správy podľa fyzikálnych charakteristík, jazyka, významu. Slovník je ako pamäť. Obsahuje uložené slová, ktoré majú rôzne prahy aktivácie. Nižší prah aktivácie pre dané slovo znamená aj vyššiu citlivosť na dané slovo [12].

2.5.3 Teória Deutscha & Deutschej – model neskorej selekcie (1963)

V modeloch neskorej selekcie, ako už vyplýva z názvu, dochádza k selekcii v neskoršom štádiu spracovania vstupu. Podľa tohto modelu k selekcii dochádza až po spracovaní významu počutého slova. Teda všetky podnety prechádzajú analýzou významu, ale iba niektoré sú vybrané pre odpoveď. Analýzou významu teda prechádzajú aj správy, ktorým nebola venovaná pozornosť [12]. Neprejdú síce do vedomia, ale dokážeme ich spoznať, vnímame ich podprahovo.

Tomuto modelu bolo vytknuté to, že aj keď je analýza významu v kanáli, ktorému nevenujeme pozornosť dobrá, v kanáli, ktorému pozornosť venujeme, je lepšia.

3 Experimentálna časť A – lokalizácia zvukov

Vplyv pozornosti na schopnosť lokalizovať zvuky sa v tejto práci skúmal pomocou troch experimentov, ktoré na seba logicky nadväzovali. Tieto experimenty sú popísané samostatne v jednotlivých podkapitolách.

Kvôli spomínanej nadväznosti sú experimentálna procedúra a spôsoby analýzy dát vo všetkých troch experimentoch podobné, preto budú detailne popísané len v experimente 1 a v ostatných sa uvedú len prípadné zmeny voči nim.

3.1 Experiment 1

Pozn. - Tento experiment nadväzuje na experiment z diplomovej práce M. Bernáta [5]. Experimentálna procedúra ostala identická, rozšíril sa len počet subjektov a vyhodnocovanie dát sa prispôbilo cieľom tejto diplomovej práce. Analýzy tohto experimentu sú prevzaté z [13].

3.1.1 Motivácia

Z doterajších štúdií nie je jasné, či nasmerovanie sluchovej pozornosti na nejakú oblasť pomôže pri lokalizácii zvukov (ďalej len lokalizácii) z tejto oblasti alebo nie. Ukázalo sa, že v niektorých prípadoch sa zlepšili reakčné časy odpovedí, ale presnosť odpovedania sa zlepšila len nepatrne, alebo vôbec. Tiež je otázne, aký vplyv má na lokalizáciu spôsob, akým pozornosť riadime. Bude rozdiel v tom, ak bude pozornosť riadená zrakom a ak sluchom? Tieto otázky prispeli k sformulovaniu cieľov prvej časti experimentov:

Ciele:

- štúdium vplyvu pozornosti na lokalizáciu (automatickej aj strategickej)
- štúdium vplyvu modality (zrak vs. sluch), ktorou je pozornosť riadená, na lokalizáciu

Dôvodom výsledkov predchádzajúcich štúdií, ktoré naznačili, že pozornosť nemá veľký vplyv na presnosť lokalizácie, mohol byť aj krátky časový úsek medzi prezentáciou podnetu a cieľovým zvukom. V tomto experimente sa preto použili dlhšie

časové úseky (časový úsek medzi podnetom a cieľovým zvukom sa označuje SOA = „stimulus onset asynchrony“).

Popis pojmov:

- Cieľový zvuk – zvuk, ktorý mali subjekty lokalizovať
- Platný podnet – podnet, ktorý správne napovedal stranu, odkiaľ príde cieľový zvuk
- Neplatný podnet – podnet, ktorý nesprávne napovedal stranu, odkiaľ príde cieľový zvuk

(Pozn. Slovo „podnet“ je v týchto experimentoch používané vo význame slova „vodítko“)

3.1.2 Hypotézy

- žiaden efekt automatickej pozornosti (vychádzajúc z predošlých štúdií)
- strategická pozornosť ovplyvní výsledky pri dlhších SOA
- vplyv by mal byť nezávislý od modality, keďže vizuálne podnety budú indikovať len stranu prezentovaného stimulu (vľavo, vpravo)

3.1.3 Metódy

3.1.3.1 Popis experimentu

Experimentu sa zúčastnilo 11 subjektov (4 ženy a 7 mužov) so sluchom v norme (z toho 6 subjektov sa ho zúčastnilo ešte v rámci diplomovej práce M. Bernáta, ich dáta boli pridané k novým, keďže išlo o identickú experimentálnu procedúru).

Pozornosť bola riadená pomocou vodítok, ktoré napovedali stranu, odkiaľ príde cieľový zvuk, ktorým bol širokopásmový klik s trvaním 2ms.

Vodítkami boli vizuálne alebo sluchové podnety, pričom:

- Vizuálny podnet – šípka na monitore počítača ukazujúca vľavo alebo vpravo (Obr. 12) zobrazujúca sa v tej časti obrazovky, ktorú stranu

predikovala. Reálna veľkosť šípky bola približne 100 x 80mm, ľavá šípka bola modrej farby, pravá červenej.



Obr. 12 Vizuálne podnety.

- Sluchový podnet – čistý tón s frekvenciou 2 kHz prezentovaný monaurálne zľava alebo sprava.

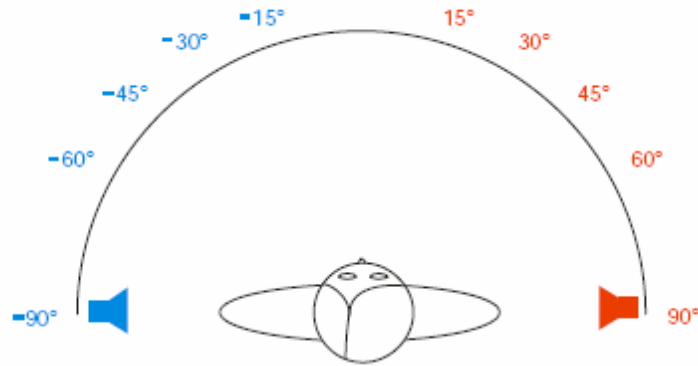
Podnety boli voči cieľovému zvuku opozdené, pričom sa použilo jedno z 3 opozdení (SOA) : 400, 800 alebo 1600 ms.

Podnety mohli v niektorých prípadoch subjekt „oklamať“ a nasmerovať ich na nesprávnu stranu. Podľa toho rozlišujeme tzv. platné podnety – tie, ktoré napovedajú správne a neplatné – tie, ktoré napovedajú nesprávne. V experimente boli použité 3 úrovne informatívnosti podnetu:

- 100% - podnet v 100% prípadov napovedal správnu stranu,
- 80% - v 80% napovedal správne, v 20% nesprávne,
- 50% - v 50% správne, v 50% nesprávne

Na základe tohto rozdelenia je teoreticky možné sledovať vplyv strategickkej a automatickej pozornosti, pretože vedomosť o tom, do ktorej kategórie podnet patrí, umožní subjektom používať rôzne stratégie. Ak bol podnet na 100% informatívny, subjekty mu mohli dôverovať a riadiť sa podľa neho – tu by sa prejavovala strategická pozornosť. Pri 50%-nej informatívnosti však nemali dôvod riadiť sa podľa neho, preto sa tu predpokladá automatická pozornosť. Pri podnetoch s 80%-nou informatívnosťou by sa využívala strategická aj automatická pozornosť. Toto správanie je však len predpokladané.

Cieľový zvuk mohol byť prezentovaný v jednom z 10 azimutov vyznačených na Obr. 13.



Obr. 13 azimuty cieľových zvukov

V experimente sa využívalo 7 typov prostredí: 2 (typy podnetov – vizuálne alebo sluchové) x 3 (úrovne informatívnosti – 100%, 80%, 50%) + prostredie bez podnetu.

Prostredia:

1. prostredie bez podnetu (tzv. „noCue“)
2. prostredie s vizuálnymi podnetmi so 100% informatívnosťou (pre 3 SOA)
3. prostredie s vizuálnymi podnetmi s 80% informatívnosťou (pre 3 SOA)
4. prostredie s vizuálnymi podnetmi s 50% informatívnosťou (pre 3 SOA)
5. prostredie so sluchovými podnetmi so 100% informatívnosťou (pre 3 SOA)
6. prostredie so sluchovými podnetmi s 80% informatívnosťou (pre 3 SOA)
7. prostredie so sluchovými podnetmi s 50% informatívnosťou (pre 3 SOA)

Prostredia boli organizované do blokov a to tak, že do každého bloku bolo vybrané jedno z prostredí a to sa už v rámci bloku nemenilo. V rámci bloku sa prezentovalo všetkých 10 možných azimutov cieľových zvukov a to pre každé SOA (okrem prostredia bez podnetov, kde sa prezentovalo len 10 azimutov). Experiment pozostával z 10 sedení, pričom v 1 sedení sa vystriedali všetky typy prostredí.

Jedno sedenie trvalo približne 20 minút, preto bola celková dĺžka experimentu približne 200 minút, k tomuto času je však nutné prirátat' aj prestávky.

3.1.4 Tréning

Pred experimentom subjekty absolvovali tréning, aby sa naučili lokalizovať zvuky vo virtuálnom sluchovom prostredí. V tréningu im boli prezentované tie isté azimuty cieľových zvukov ako v experimente, subjekty napísali, odkiaľ ich počujú a boli informovaní o chybe, nie však presne, iba približne (k chybe bolo náhodne prirátaných alebo odpočítaných 5 alebo 10 stupňov), aby nezistili, že sú im stále prezentované tie isté azimuty, pretože vedomosť o tom, ktoré to sú, by mohla v experimente neželane ovplyvniť výsledky. Ak subjekty dosiahli chybu približne 25 stupňov a menej, mohli začať experiment.

3.1.5 Experimentálna procedúra

Experiment prebiehal vo virtuálnom sluchovom prostredí – subjekty si nasadili slúchadlá a pozerali sa na obrazovku počítača, kde dostávali inštrukcie. Na úvod každého bloku aj pri zmene SOA dostali informáciu o type podnetov a informatívnosti daného bloku (prostredia) a o aktuálnom SOA. Následne im boli prehrané azimuty -45° a 45° pre zorientovanie sa. Potom nasledovali merania daného bloku, v každom (okrem prostredia bez podnetu) bol prezentovaný podnet a o časové opozdenie zodpovedajúce aktuálnemu SOA zaznel cieľový zvuk (vizuálny podnet bol prezentovaný po celú dobu SOA, po sluchovom podnete bolo ticho o dĺžke SOA). Subjekt potom zadal na numerickej klávesnici odpoveď – t.j. azimut, odkiaľ zvuk počuje.

Použitá meracie zariadenia:

- Štandardný PC, 15" monitor, štandardná klávesnica
- Profesionálna zvuková karta ECHO DARLA 20
- Profesionálne slúchadlá ETYMOTIC RESEARCH ER-4B

3.1.6 Spracovanie a analýza dát

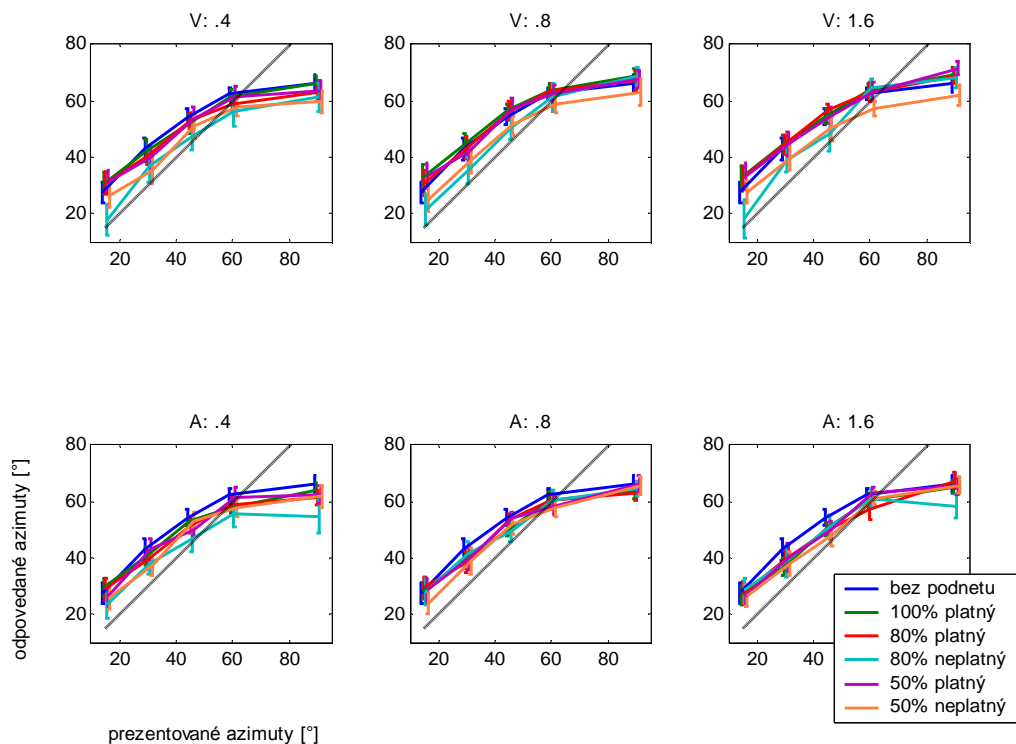
Dáta sa pred analýzou upravili preklopením cez mediálnu rovinu (dáta z ľavej a pravej strany boli približne symetrické), takto sa získal väčší počet hodnôt pre každý azimut. Analýza dát sa robila formou vyhodnocovania priemerných odpovedí a štandardných odchýlok. Pokiaľ nie je uvedené inak, obrázky ukazujú priemer

a štandardnú chybu priemeru cez subjekty. To všetko platí aj pre ostatné lokalizačné experimenty. V tomto experimente však nie sú z analýz vyradené žiadne dáta.

3.1.7 Výsledky

3.1.7.1 Priemerné odpovede

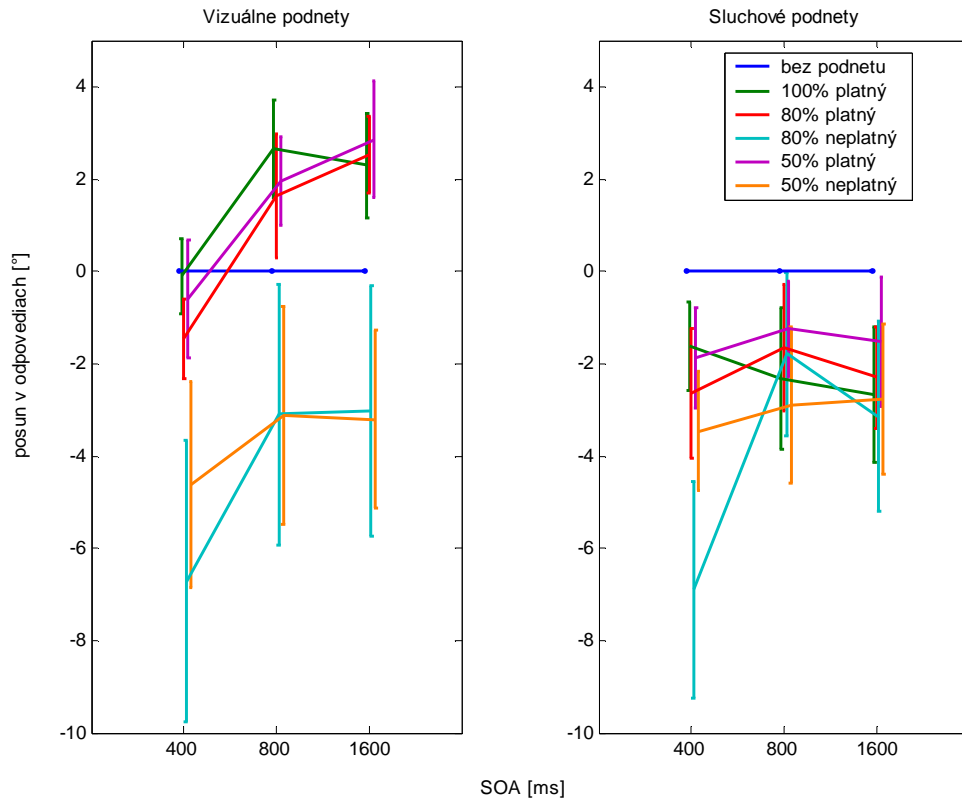
Obr. 14 predstavujúci priemerné odpovede subjektov v závislosti od prezentovaného azimutu ukázal, že podnety spôsobovali posuny v lokalizácii. Posun je vykreslený pre každý typ podnetov v závislosti od ich informatívnosti a platnosti zvlášť. Viditeľný je posun voči správnym azimutom (prerušovaná čiara), výsledky však analyzujeme tým spôsobom, že uvažujeme posun voči odpovediam v prostredí bez podnetov (modrá čiara) a tento posun je tiež viditeľný.



Obr. 14 Odpovede subjektov v závislosti od prezentovaného azimutu [°]. Horné obrázky predstavujú prostredia s vizuálnymi podnetmi postupne so SOA 400 ms, 800 ms a 1600 ms. Dolné obrázky predstavujú prostredia so sluchovými podnetmi, taktiež pre tie isté SOA.

Obr. 15 je len prekreslením pôvodného obrázku, v ktorom je lepšie vidieť posun voči odpovediam bez podnetov (modrá čiara z pôvodného obrázku je vyrovnaná).

Obrázok vľavo predstavuje prostredie s vizuálnymi podnetmi a obrázok vpravo so sluchovými.

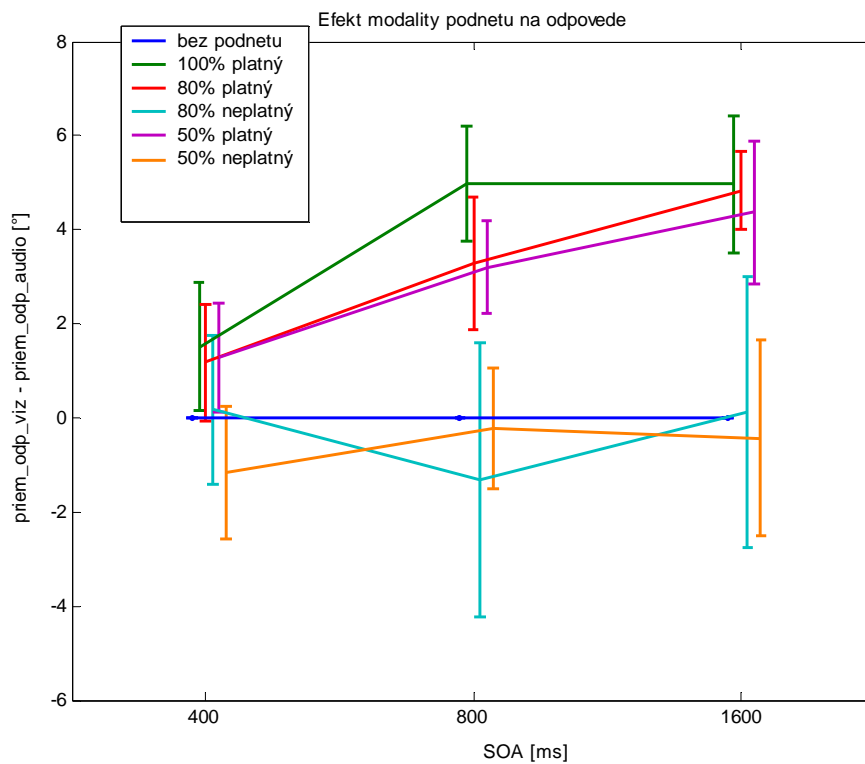


Obr. 15 Posun v odpovediach spôsobený podnetom [°]. Na obrázku sú priemery cez všetky subjekty z rozdielu medzi odpoveďami v prostrediach s podnetmi (vizuálnymi a sluchovými) a bez podnetov.

Kladný posun predstavuje posun smerom do strany (laterálny) a záporný smerom do stredu (mediálny).

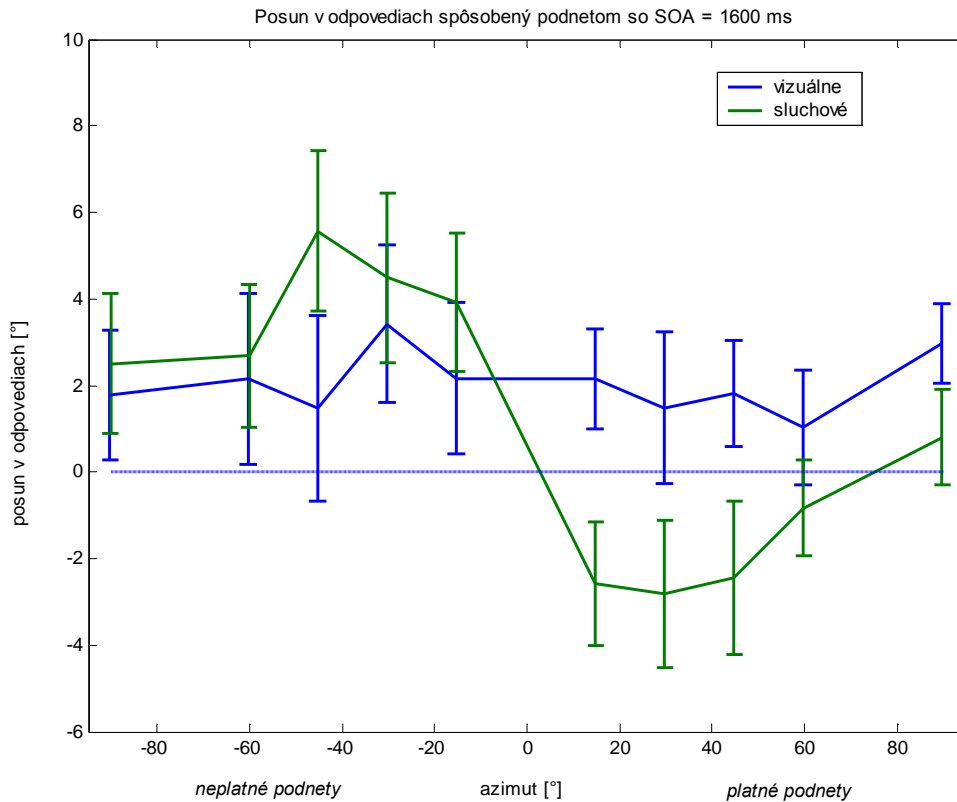
Ak šípka ukázala na nesprávnu stranu, subjekty mali tendenciu posunúť odpoveď o približne 3-5° bližšie k strane, na ktorú boli šípkou privedení, čiže opäť sa ukazuje posun v smere podnetu (ktorý pre neplatné podnety znamená v grafoch mediálny posun). To sa týkalo hlavne 50% informatívnych neplatných podnetov. Odpovede pri 80% neplatných podnetoch boli nekonzistentné.

Pri použití sluchových podnetov bola situácia pri neplatných podnetoch rovnaká. Na rozdiel od vizuálnych podnetov však platné sluchové podnety už nespôsobovali posun v smere podnetu, ale presne opačný.



Obr. 16 Efekt modality na odpovede. Priemer cez subjekty v rozdiel medzi odpoveďami s vizuálnym a sluchovým podnetom. Errorbary znázorňujú štandardnú chybu.

Obr. 16 predstavuje rozdiely medzi odpoveďami spôsobenými vizuálnymi a sluchovými podnetmi. Tieto rozdiely nepriamo hovoria o vplyve modality - čím väčší je rozdiel, tým väčší vplyv má modalita. Pri neplatných podnetoch sa neukazuje žiaden výrazný vplyv modality, pri platných podnetoch však áno a rastie s rastúcim SOA. Najvýraznejší rozdiel je pre $SOA = 1600$ a má hodnotu približne 4° .



Obr. 17 Posun v odpovediach spôsobený podnetom so SOA = 1600 ms. Kladná časť x-ovej osi predstavuje dáta pre platné podnety a záporná dáta pre neplatné podnety.

Obr. 17 zobrazuje posuny v odpovediach a to tak, že priestor už nie je rozdelený na 2 časti, ale spojený. Keďže dáta boli pred analýzou preklopené cez mediálnu rovinu, pokrývajú len jednu časť polpriestoru, druhá sa v tomto obrázku využila na zobrazenie neplatných podnetov (dáta pre neplatné podnety sú zobrazené na negatívnej strane x-ovej osi, dáta pre platné podnety na pozitívnej). Aj tu je vidieť vplyv modality pri platných podnetoch (modrá a zelená čiara sú v pravej časti obrázku zjavne oddelené).

Z predošlých grafov je možné vyvodit', že **ak vizuálny podnet (ale nie sluchový) správne napovie stranu, odkiaľ príde cieľový zvuk, spôsobí laterálny posun v odpovediach.**

3.1.7.2 Štandardné odchýlky

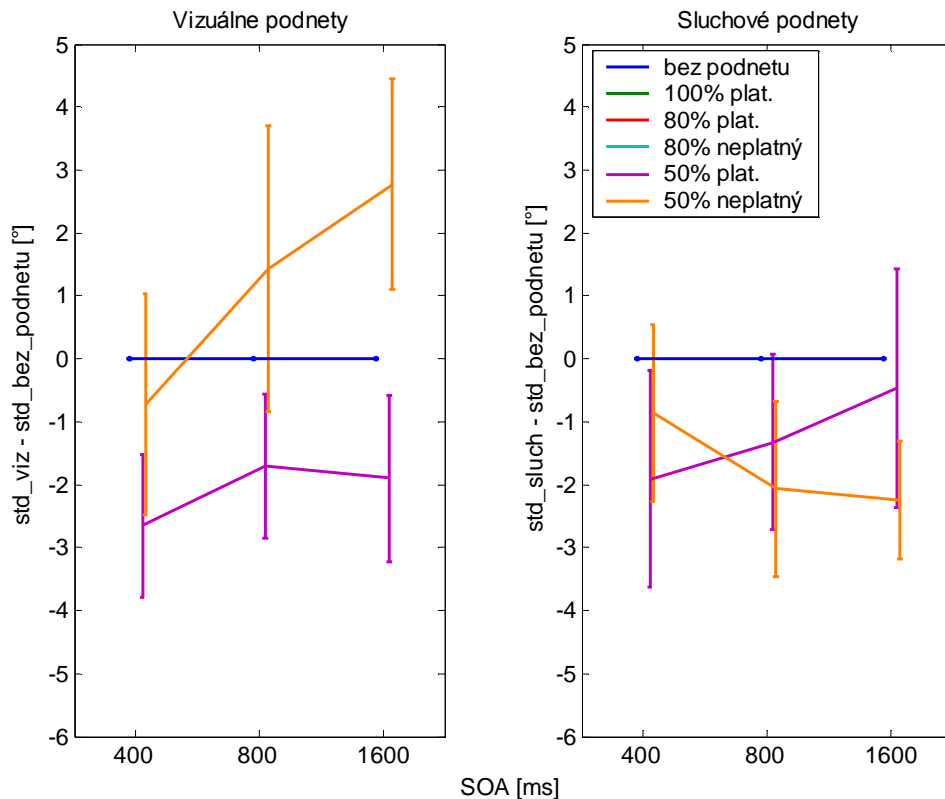
Informácie o správaní sa subjektov v jednotlivých typoch prostredí nám dávajú aj štandardné odchýlky. Ak by sa štandardné odchýlky, ktoré predstavujú rozptyl

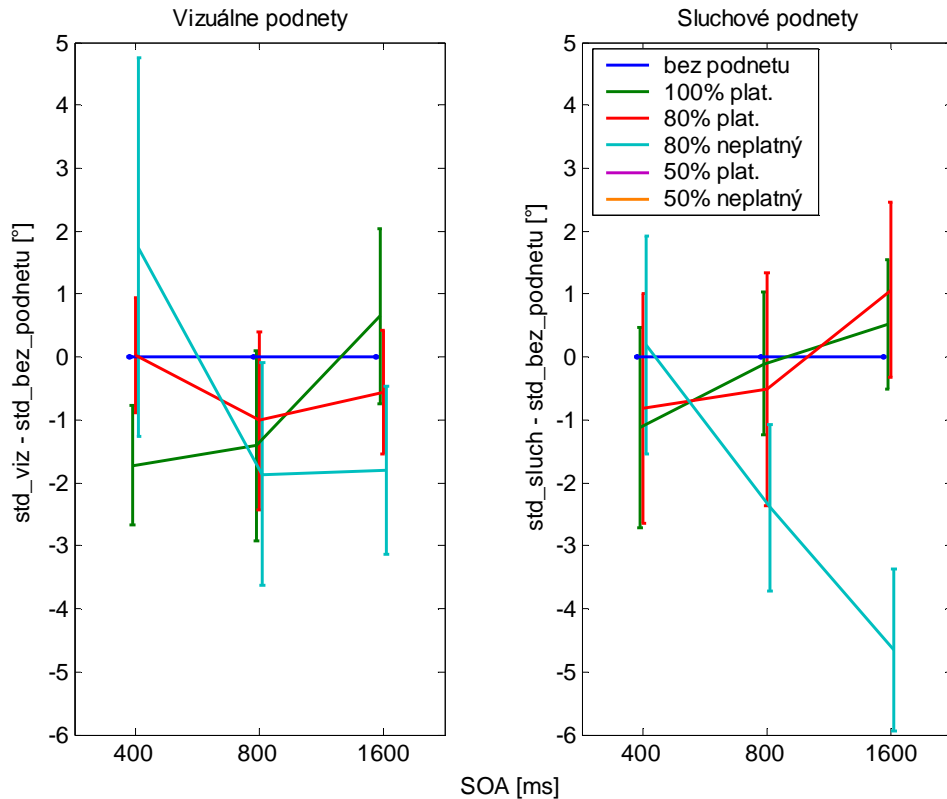
v odpovediach, zvýšili, indikovalo by to, že subjekt mal väčší problém lokalizovať zvuk - jeho odpovede pre zvuk prichádzajúci z konkrétneho azimutu by sa viac líšili.

Prostredia boli rozdelené na tie, kde sa subjekt nemusel riadiť podnetom, pretože preňho nebol informatívny (prostredia s podnetmi s 50% informatívnosťou) a tie, kde mu už mohol dôverovať, čo znamená že sa ním pravdepodobne aj riadil (80% a 100% informatívnosť podnetu) a boli vykreslené v samostatných grafoch.

Obr. 18 zobrazuje vplyv podnetov s 50% informatívnosťou (horné obrázky) a s 80% a 100% informatívnosťou (dolné obrázky) na štandardné odchýlky. Podnety s 50% informatívnosťou nemali na štandardné odchýlky výraznejší vplyv, menší nárast, približne 3° , je pozorovaný akurát pri vizuálnych neplatných podnetoch so SOA = 1600 ms. Tiež je vidieť, že v tomto prostredí platné podnety trochu znižovali štandardné odchýlky.

Inak povedané, šípky predpovedajúce správnu stranu pri lokalizácii trochu pomáhali a šípky predpovedajúce nesprávnu stranu spôsobovali v odpovediach väčší rozptyl. Sluchové podnety, či už predpovedali správnu stranu alebo nie, rozptyl skôr znižovali.

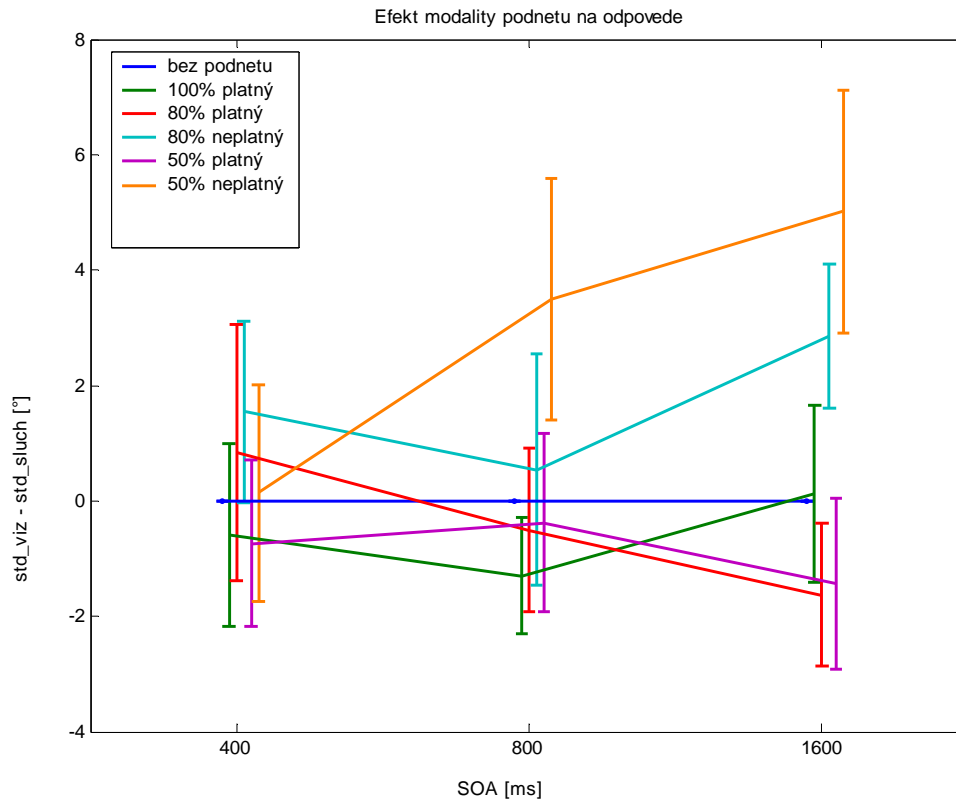




Obr. 18 Vplyv podnetov na štandardné odchýlky vypočítané ako rozdiel medzi štandardnými odchýlkami v prostredí s podnetmi a v prostredí bez podnetov, spriemernené cez subjekty. Horné obrázky predstavujú prostredia s 50% informatívnosťou, spodné prostredia s 80% a 100% informatívnosťou.

Čo sa týka podnetov s 80% a 100% informatívnosťou, štandardné odchýlky sú opäť podobné tým v prostredí bez podnetov, vyššie rozdiely sú akurát neplatné sluchové podnety s 80% informatívnosťou (v paneli vpravo dole modrá čiara), ktoré s rastúcim SOA znižujú štandardné odchýlky, je však pravdepodobné, že tento pokles bol spôsobený príliš nízkym počtom hodnôt nameraných pre tento typ podnetov, resp, že subjekty venovali cieľom z tejto strany takú nízku pozornosť, že vždy odpovedali tak isto.

Obr. 19 ukazuje rozdiel v štandardných odchýlkach spôsobenými vizuálnymi a sluchovými podnetmi. Je vidieť, že pre platné podnety je tento rozdiel minimálny, pre neplatné podnety je však už výraznejší a najväčší je pri 50% neplatných podnetoch, pričom rastie s rastúcim SOA.



Obr. 19 Efekt modality podnetu na štandardné odchýlky (priemer cez subjekty, errorbary znázorňujú štandardnú chybu)

Najväčší vplyv modality sa teda ukázal v prostredí, kde sa subjekty nemuseli sústrediť na podnet, keďže pre nich nemal informačnú hodnotu. Napriek tomu ich však nejakým spôsobom ovplyvňoval a to iným spôsobom keď mal vizuálnu podobu a iným, keď sluchovú. Ukazuje sa, že **ak vizuálny podnet (ale nie sluchový) nesprávne napovie stranu, odkiaľ príde cieľový zvuk, zvyšuje rozptyl odpovedí.**

3.1.8 Záver

Zhodnotenie hypotéz:

- *žiadan efekt automatickej pozornosti (vychádzajúc z predošlých štúdií)*

Automatická pozornosť sa prejavuje vtedy, ak sa sústredíme na inú oblasť ako tú, z ktorej príde cieľový zvuk. To v našom prípade platí pre neplatné podnety s 50% a 80% informatívnosťou a pre kratšie SOA (prípadne aj pre platné podnety s 50%-nou

informatívnosťou, ale to je otázne, keďže nevieme, či subjekty prikladali nejaký dôraz podnetom v týchto prostrediach alebo nie).

Výraznejší vplyv sa ukázal iba pri 50%-nej informatívnosti podnetov, kde sa zvyšovali štandardné odchýlky, SOA však bolo príliš dlhé na to, aby to bolo vplyvom automatickej pozornosti. Hypotéza bola preto potvrdená.

- *strategická pozornosť ovplyvní výsledky pri dlhších SOA*

Očakáva sa, že vplyv strategickej pozornosti je možné sledovať hlavne pri podnetoch s vyššou informatívnosťou, vtedy totiž subjekt má dôvod podnetu dôverovať a riadiť sa podľa neho. Vyššie SOA mu navyše poskytne dostatok času na preorientovanie pozornosti. Pri dlhších SOA sa skutočne ukázali väčšie vplyvy ako pri kratších (napr. posun pri platných vizuálnych podnetoch rástol s rastúcim SOA, podobne aj štandardné odchýlky pri neplatných vizuálnych podnetoch). Pri sluchových podnetoch však SOA nezohrávalo úlohu.

- *vplyv by mal byť nezávislý od modality, keďže vizuálne podnety budú indikovať len stranu prezentovaného stimulu (vľavo, vpravo)*

Táto hypotéza nebola potvrdená, pretože vplyv vo vizuálnych a v audio prostrediach sa líšil.

Efekt riadenia pozornosti na schopnosť lokalizovať zvuky v tomto experimente závisel na modalite riadenia. Ak vizuálny podnet priviedol pozornosť na stranu, z ktorej potom zaznel cieľový zvuk, odpovede sa posunuli v smere tohto podnetu a to tým viac, čím dlhšia bola pauza medzi nástupom podnetu a cieľovým zvukom. Ak vizuálny podnet ukázal na nesprávnu stranu, zvýšil rozptyl v odpovediach.

Ak bol podnetom zvuk, neukázali sa žiadne výrazné vplyvy (spôsovoval len slabý posun odpovedí smerom do stredu a nepatrne znižoval štandardné odchýlky a to skoro nezávisle od typu podnetu).

Posun v odpovediach vo vizuálnych prostrediach by mohol byť spôsobený pozornosťou, je však možnosť, že ho spôsobila poloha očí. Subjekty sa totiž pri prezentácii podnetu – šípky, mohli pozerieť na ňu, čím odklonili svoj pohľad o niekoľko stupňov a to by mohlo mať vplyv na lokalizáciu zvukov.

Zvýšenie rozptylu v odpovediach by mohlo byť spôsobené pozornosťou, nie je však jasné, či strategickou alebo automatickou. Pri takej vysokej pauze medzi podnetom

a cieľovým zvukom by však automatická pozornosť nemala hrať úlohu, čo naznačuje, že je to vplyv strategickej pozornosti.

3.2 Experiment 2

3.2.1 Motivácia

V prvom experimente sa ukázalo, že ak vizuálny podnet (veľká šípka) ukázal na stranu, odkiaľ neskôr skutočne prišiel zvuk, subjekty mali tendenciu vnímať tento zvuk o niečo posunutý v smere šípky voči pozícii, v ktorej ho vnímali v prostredí bez podnetov. Nebolo však jasné, čím je tento posun spôsobený. Jednou z hypotéz bolo, že subjekt sa pri prezentácii tejto šípky pozrel na jej „špičku“ a to, že sa nepozeral priamo pred seba, mohlo spôsobiť skreslené vnímanie sluchového priestoru. Niektoré štúdie totiž ukazujú, že smer pohľadu má vplyv na lokalizáciu zvukov a to taký, že lokalizácia zvukov je posunutá v smere pozície očí [14]. Ak sa teda nepozeralme rovno pred seba ale napr. doprava, všetky zvuky potom vnímame viac smerom vpravo, ako v skutočnosti sú, čo súvisí s posunom vizuálneho poľa voči sluchovému.

Nie je jasné, ako to bolo v tomto prípade, preto cieľom tohto experimentu je overiť, či zmena veľkosti šípky z veľkej na malú v strede obrazovky (tzn. fixácia pohľadu) nejako ovplyvní výsledok.

3.2.2 Hypotézy

- posun v smere podnetu pri platných podnetoch bude väčší v prostrediach bez fixácie (veľké šípky) ako v prostrediach s fixáciou (malé šípky v strede obrazovky)
- ostatné výsledky podobné ako v predošlom experimente

3.2.3 Metódy

Tento experiment sa od experimentu 1 líšil len v tom, že namiesto sluchových podnetov boli prezentované vizuálne podnety iného typu (pri ktorých bol pohľad fixovaný do stredu obrazovky) a namiesto troch SOA sa použilo len jedno, 1600 ms.

Experimentu sa zúčastnilo 10 subjektov (1 žena, 9 mužov).

Pozornosť v tomto experimente bola riadená len vizuálne a to dvoma možnými podnetmi:

- veľká šípka o reálnej veľkosti približne 100 x 80 mm zobrazujúca sa v tej časti obrazovky, ktorú stranu ukazovala (tá istá ako v experimente 1). Koncová časť šípky sa zobrazovala približne v azimute 20° (resp. -20°). Ľavá šípka bola modrej farby, pravá červenej (Obr. 20).



Obr. 20 Vizuálne podnety prvého typu

- malá šípka o veľkosti približne 7 x 7 mm zobrazujúca sa v strede obrazovky (azimut je zanedbateľný). Ľavá šípka bola modrá, pravá červená (Obr. 21).



Obr. 21 Vizuálne podnety druhého typu

O prvom type podnetov hovoríme, že bol bez fixácie, o druhom s fixáciou.

V experimente sa využívalo 7 typov prostredí: 2 (typy podnetov – fix., nefix.) x 3 (úrovne informatívnosti – 100%, 80%, 50%) + prostredie bez podnetu.

Prostredia:

1. prostredie bez podnetu (tzv. „noCue“)
2. prostredie s fixáciou (malé šípky) so 100% informatívnosťou
3. prostredie s fixáciou (malé šípky) s 80% informatívnosťou
4. prostredie s fixáciou (malé šípky) s 50% informatívnosťou
5. prostredie bez fixácie (veľké šípky) so 100% informatívnosťou
6. prostredie bez fixácie (veľké šípky) s 80% informatívnosťou
7. prostredie bez fixácie (veľké šípky) s 50% informatívnosťou

Jedno sedenie trvalo približne 7 minút, preto bola celková dĺžka experimentu približne 70 minút, k tomuto času je však nutné prirátat' aj prestávky.

Pohľad bol fixovaný okrem prostredí 2, 3 a 4 aj v prostredí bez podnetov - v strede obrazovky bol celý čas zobrazený krížik „x“, na ktorý sa subjekty mali pozerat'. V prostrediach s veľkými šípkami krížik nebol, v prostrediach s malými šípkami sa stratil len pri prezentácii podnetu, teda keď ho nahradila malá šípka, po doznení SOA sa opäť zjavil.

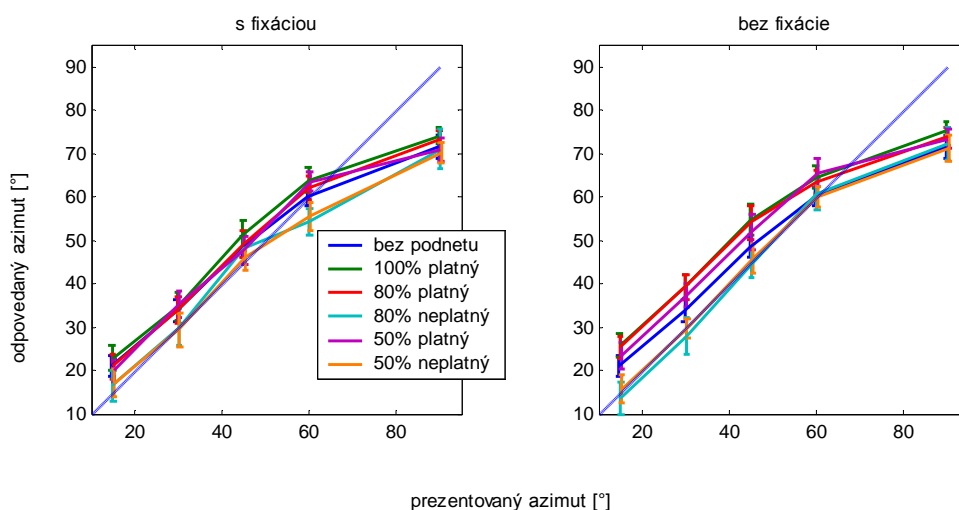
3.2.4 Úprava dát

Dáta, ktoré mali väčšiu chybu ako 40° voči priemernej hodnote odpovedí pre daný azimut cez všetky subjekty, boli z analýz vyradené (narozdiel od experimentu 1, kde neboli vyradené žiadne dáta).

3.2.5 Výsledky

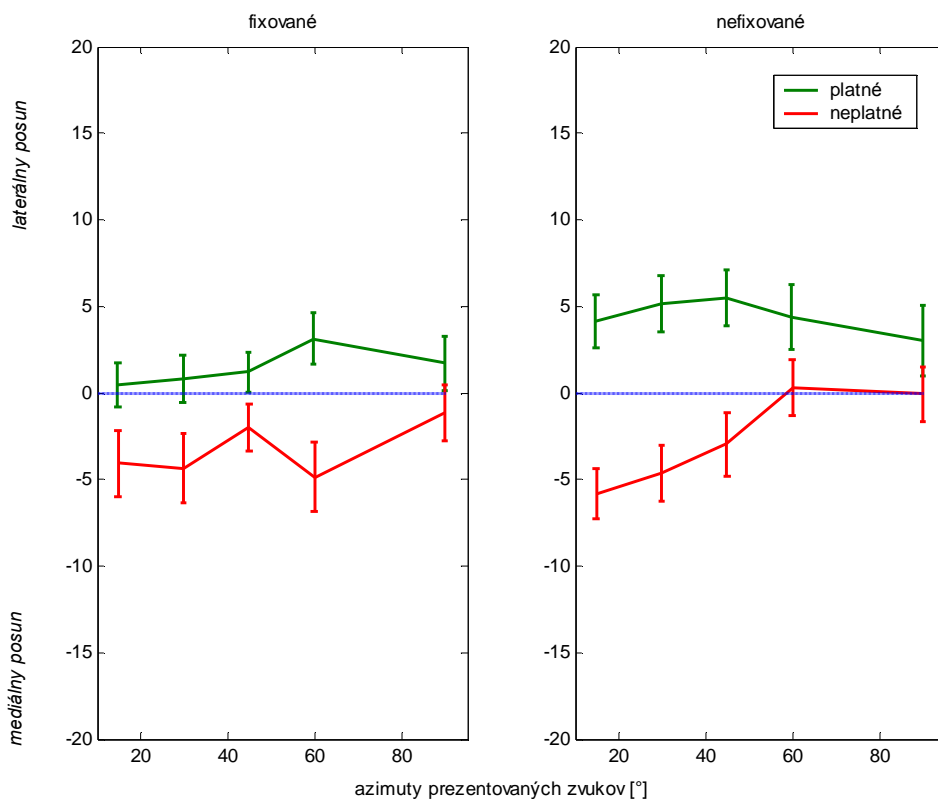
3.2.5.1 Priemerné odpovede

Obr. 22 popisuje priemerné odpovede subjektov pre jednotlivé azimuty cieľových zvukov. Ľavý obrázok popisuje podnety s fixáciou, pravý bez fixácie. Je vidieť, že keď zrak nebol fixovaný, subjekty mali pri platných podnetoch tendenciu odpovedať viac „do strany“ v porovnaní s prostredím bez podnetov. Fixácia však tieto posuny zmenšila.



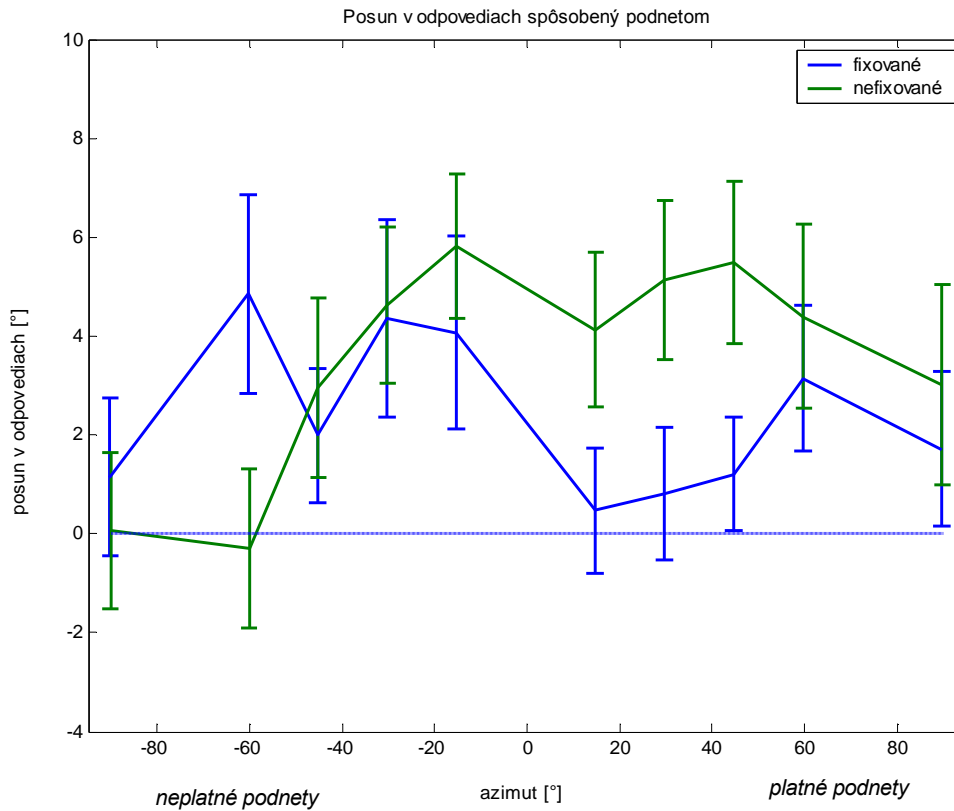
Obr. 22 Priemerné odpovede subjektov v závislosti od prezentovaného azimutu [°].

To isté popisuje aj Obr. 23, ale z detailnejšieho pohľadu. Podnety sú už spriemernené cez informatívnosti a zobrazuje sa len posun voči odpovediam v prostredí bez podnetov. Aj tu je vidieť, že laterálny posun pri podnetoch s fixáciou (Obr. 23 vľavo) oveľa menší ako pri podnetoch bez fixácie (Obr. 23 vpravo). Mediálny posun pri neplatných podnetoch sa zachoval.



Obr. 23 Bias spôsobený platnými (zelená čiara) a neplatnými (modrá čiara) podnetmi pri prezentácii jednotlivých azimutov. Vľavo je prostredie s fixáciou, vpravo bez fixácie.

Ďalší pohľad na posuny ponúka Obr. 24. Priestor v ňom už nie je rozdelený na 2 časti, ale spojité. Z obrázku je lepšie vidieť, že všetky odpovede boli posunuté v smere, kam ukazoval podnet (aj modrá aj zelená čiara sú nad prerušovanou).



Obr. 24 Bias v prostredí s fixáciou (modrá čiara) a v prostredí bez fixácie (zelená čiara). Kladná časť x-ovej osi predstavuje dáta pre platné podnety a záporná dáta pre neplatné podnety.

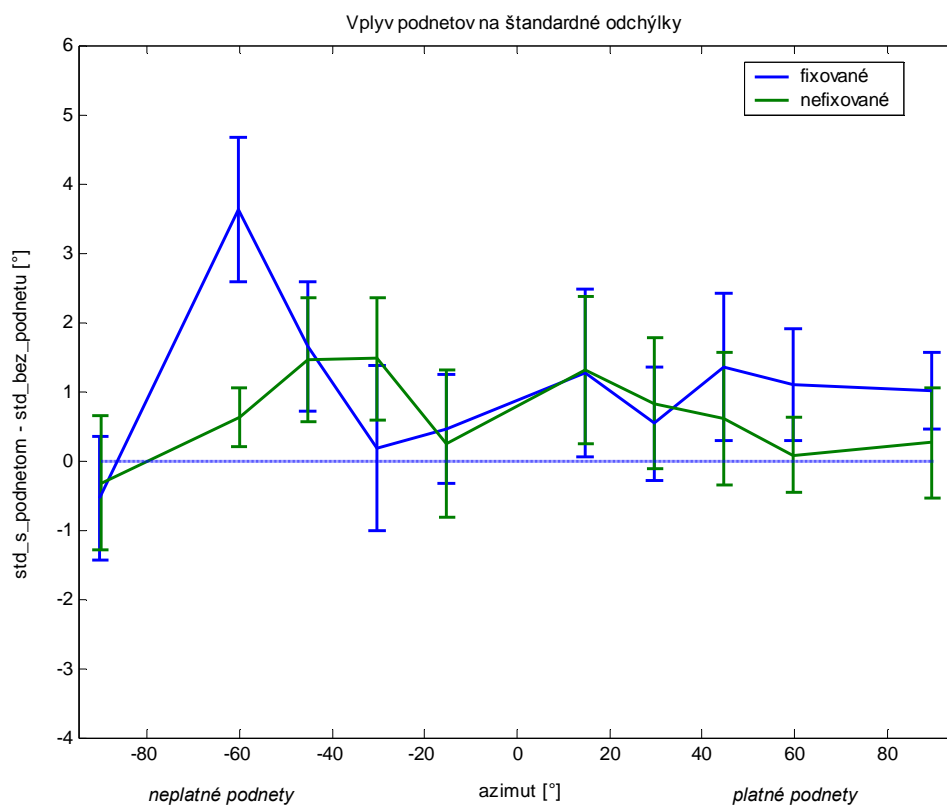
To znamená, že ak bola šípka veľká (= prostredie bez fixácie) a správne napovedala stranu odkiaľ príde cieľový zvuk, subjekty vnímali tento zvuk ako posunutý o niekoľko stupňov (približne 3-6°, podľa Obr. 23 alebo Obr. 24) v smere šípky. Ak však bola šípka malá (prostredie s fixáciou), posun bol len veľmi malý, maximálne okolo 2°. **Fixácia pohľadu značne znížila predtým pozorovaný posun v odpovediach.** Ak šípka poslucháča oklamala, jeho odpovede boli posunuté smerom k strane, kam bola privedená pozornosť a to aj pri veľkých aj malých šípkach.

Obr. 24 navyše ukazuje, že rozdiel v odpovediach medzi fixáciou a nefixáciou je viditeľný len pre platné podnety, pre neplatné sa skôr stráca.

3.2.5.2 Štandardné odchýlky

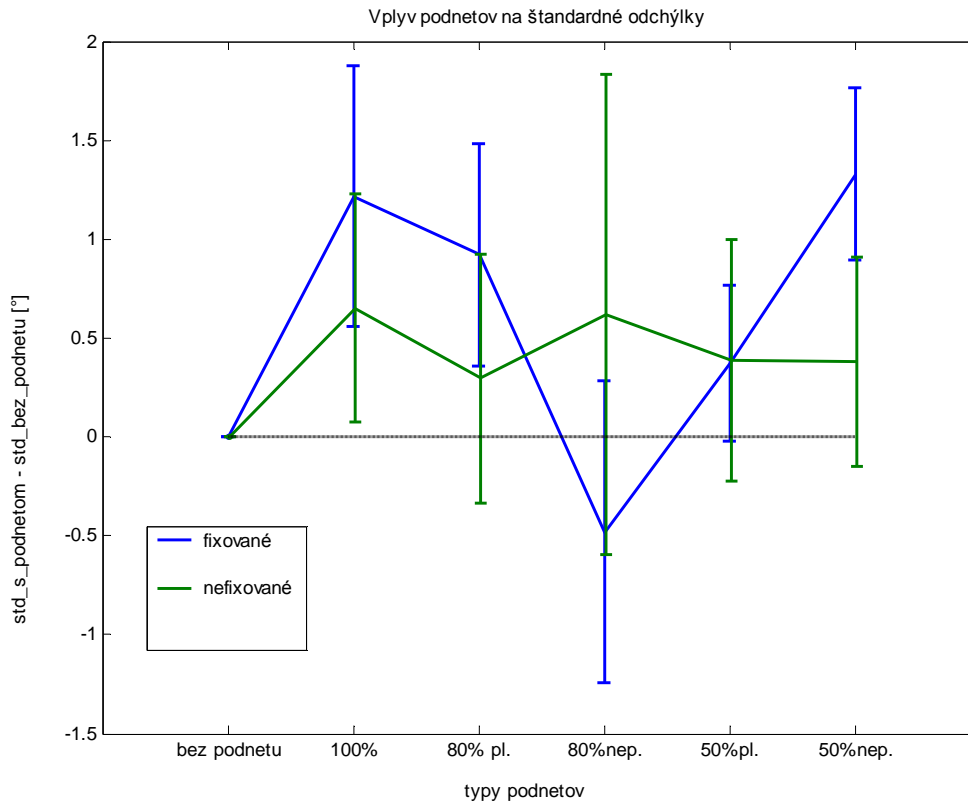
V experimente 1 sa ukázalo aj to, že šípky, ktoré poslucháča oklamali, zvyšovali variabilitu odpovedí (v priemere cez polpriestor približne o 3° voči „noCue“). V tomto experimente by sa tento výsledok mal prejaviť pri podnetoch bez fixácie, keďže boli

rovnaké ako vizuálne podnety v experimente 1. To, že bolo použité len $SOA = 1600$ ms by nemalo byť prekážkou, lebo najvyššie štandardné odchýlky sa ukázali práve pri tomto SOA. Vo výsledkoch sa však nejaký výraznejší rozdiel v štandardných odchýlkach voči „noCue“ prostrediu neukazuje, pohybuje sa len okolo 1° a to rovnako pre platné aj neplatné podnety a navyše nezávisle od fixácie (Obr. 25). Výnimku však tvoria zvuky prichádzajúce z azimutu 60° z opačnej strany ako ukázal podnet. Štandardné odchýlky pri fixácii boli na tomto mieste výrazne vyššie ako pri nefixácii alebo pri „noCue“ prostredí. Dôvod, prečo má fixácia vplyv práve v tomto prípade, nie je jasný.



Obr. 25 Vplyv podnetov na štandardné odchýlky vypočítaný ako rozdiel v štandardných odchýlkach medzi prostredím s fixáciou (modrá čiara) alebo bez fixácie (zelená čiara) a prostredím bez podnetov. V pravej časti grafu sú zobrazené výsledky pre platné podnety, v ľavej pre neplatné.

Keďže v prvom experimente bolo zvýšenie viditeľné iba pri 50%-nej informativnosti podnetov (80%-ná zahŕňala len málo meraní), je lepšie to porovnať priamo pre tento typ podnetov. Obr. 26 ukazuje, že aj tu sú štandardné odchýlky nižšie.



Obr. 26 Vplyv podnetov na štandardné odchýlky vypočítané ako rozdiel v štandardných odchýlkach medzi prostredím s fixáciou (modrá čiara) alebo bez fixácie (zelená čiara) a prostredím bez podnetov.

Ak nebudeme vyššie spomínanej výnimke prikladať veľký význam, je možné zhrnúť, že **fixácia pohľadu nemala na štandardné odchýlky vplyv. Vplyv vizuálneho podnetu na štandardné odchýlky celkovo klesol v porovnaní s experimentom 1.**

3.2.6 Záver

Zhodnotenie hypotéz

- *posun v smere podnetu pri platných podnetoch bude väčší v prostrediach bez fixácie ako v prostrediach s fixáciou*

Táto hypotéza bola potvrdená.

- *ostatné výsledky podobné ako v predošlom experimente*

Táto hypotéza bola potvrdená len sčasti. V predošlom experimente totiž vizuálne podnety, ktoré subjekt oklamali, zvyšovali variabilitu odpovedí. V tomto experimente sa

tento efekt v takej miere neukázal. Môže to byť spôsobené rozdielnou úpravou dát. V prvom experimente sa totiž žiadne dáta nevyraďovali. Aj tu však pre tieto neplatné podnety platí, že subjekty posúvali odpovede bližšie smerom k strane, kam im ukazovala šípka.

Posun odpovedí v smere podnetu pri platných podnetoch klesol fixáciou – to znamená, že nebol spôsobený pozornosťou ale polohou očí (aspoň z väčšej časti). Vysvetlením pôvodných posunov môže byť to, že keď pohľad nebol fixovaný, pritiahla ho veľká šípka, ktorá ho presunula od stredu obrazovky svojím smerom, čo spôsobilo zmeny vo vnímaní sluchového priestoru, ktorý sa riadi podľa vizuálneho, ako už bolo spomenuté v úvode.

Fixácia však nezmenila nič na tom, že pri neplatných podnetoch mali subjekty tendenciu odpovedať smerom k napovedanej strane. Tu už preto môžeme uvažovať o vplyve pozornosti.

Aby sme však v nasledujúcich experimentoch mohli vysvetľovať výsledky len pozornostnými vplyvmi, je nutné fixovať smer pohľadu.

3.3 Experiment 3

3.3.1 Motivácia

Tento experiment nadväzuje na predošlé experimenty. Experimentálna procedúra je takmer identická ako v experimente 1 až na niekoľko rozdielov. Vizuálne podnety z exp. 1 – veľké šípky, boli nahradené malými šípkami v strede obrazovky, to znamená, že pohľad bol fixovaný do stredu, aby nedochádzalo k zbytočným posunom v lokalizácii, tak ako to ukázal experiment 2. Pohľad bol fixovaný vo všetkých prostrediach. Taktiež bolo vynechané SOA = 800ms (prostredné). Úlohou je opäť zistiť rozdiely medzi vizuálnym a sluchovým riadením pozornosti a určiť vplyv pozornosti na lokalizáciu.

3.3.2 Hypotézy

Pôvodné:

- žiaden efekt automatickej pozornosti (vychádzajúc z predošlých štúdií)
- strategická pozornosť ovplyvní výsledky pri dlhších SOA

Nové:

- vplyv modality bude menší ako v experimente 1 (keďže experiment 2 ukázal, že pôvodné posuny v priemerných odpovediach a zvýšené štandardné odchýlky klesli)
- laterálny posun pri vizuálnych platných podnetoch sa stratí (vychádzajúc z predošlého experimentu)

3.3.3 Metódy

(Experimentálna procedúra je okrem nasledujúcich úprav rovnaká ako v experimente 1)

Experimentu sa zúčastnilo 7 subjektov (3 ženy, 4 muži). Aby sa mohli lepšie orientovať v priestore, k dispozícii mali pomocný polkruh s vyznačenými azimutmi, ktorý bol rozostavený okolo obrazovky.

Vizuálnym podnetom bola malá šípka o veľkosti približne 7 x 7mm zobrazujúca sa v strede obrazovky. Ľavá šípka bola modrá, pravá červená (Obr. 27).



Obr. 27 Vizuálne podnety

Použilo sa jedno z 2 opozdení (SOA) : 400 alebo 1600 ms.

Prostredia:

1. prostredie bez podnetu (tzv. „noCue“)
2. prostredie s vizuálnymi podnetmi so 100% informatívnosťou (pre 2 SOA)
3. prostredie s vizuálnymi podnetmi s 80% informatívnosťou (pre 2 SOA)
4. prostredie s vizuálnymi podnetmi s 50% informatívnosťou (pre 2 SOA)

5. prostredie so sluchovými podnetmi so 100% informatívnosťou (pre 2 SOA)
6. prostredie so sluchovými podnetmi s 80% informatívnosťou (pre 2 SOA)
7. prostredie so sluchovými podnetmi s 50% informatívnosťou (pre 2 SOA)

Jedno sedenie trvalo približne 13 minút, preto bola celková dĺžka experimentu približne 130 minút, k tomuto času je však nutné prirátat' aj prestávky.

Pohľad bol vo všetkých prostrediach fixovaný do stredu obrazovky pomocou krížika „x“ o veľkosti približne 3 x 3 mm. Tento krížik sa v prostrediach s vizuálnym podnetom pri prezentácii podnetu zmenil na šípku.

(Pozn. V tomto experimente už subjekty nemuseli komunikovať s príkazovým oknom MATLABu a presúvať tak pri odpovedi pohľad, zadané odpovede aj všetky informácie o prostrediach sa zobrazovali vo „Figure Window“)

3.3.4 Úprava dát

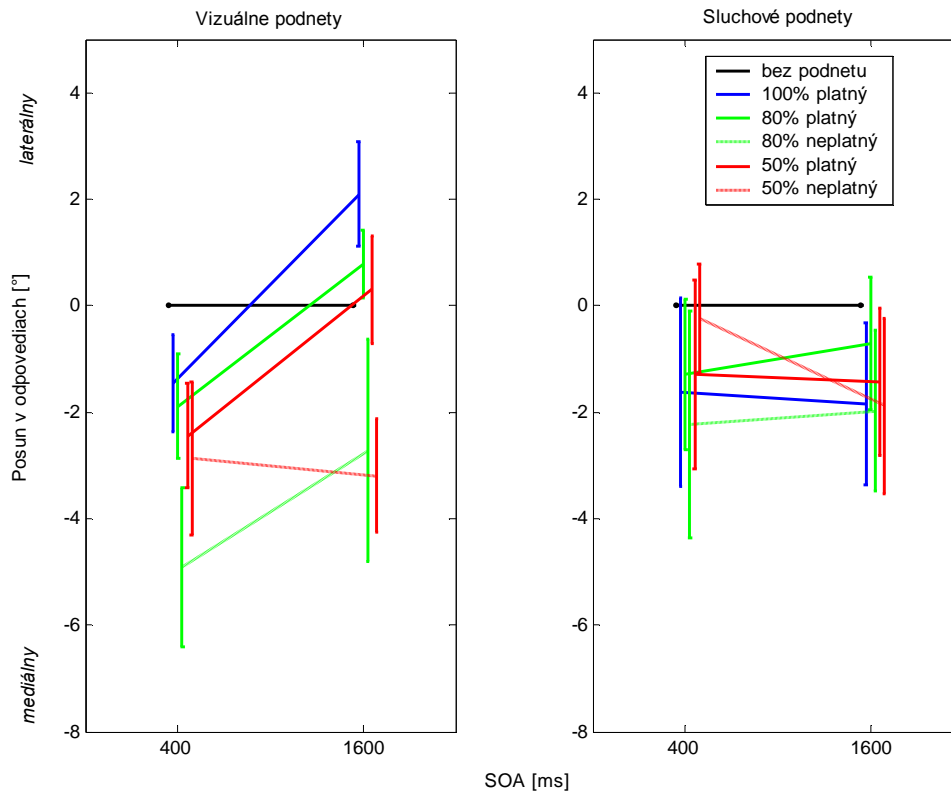
Vyradili sa dáta s chybou väčšou ako 40 stupňov voči priemerným odpovediam subjektov pre každý azimut, tak ako v experimente 2.

3.3.5 Výsledky

3.3.5.1 Priemerné odpovede

Výsledky sú okrem prípadov, ak šípka správne napovedala stranu, veľmi podobné ako v experimente 1. Naďalej pretrvávajú mediálny posun pri neplatných podnetoch a to aj vizuálnych aj sluchových, to znamená, že odpovede sú posúvané smerom k strane, kam ukazoval podnet (prerušované čiary v oboch paneloch Obr. 28). Ak bol podnetom zvuk, mediálny posun spôsobovali aj platné podnety. Pre platné podnety mediálny posun znamená, že odpovede sú posunuté *v opačnom smere* ako smer podnetu.

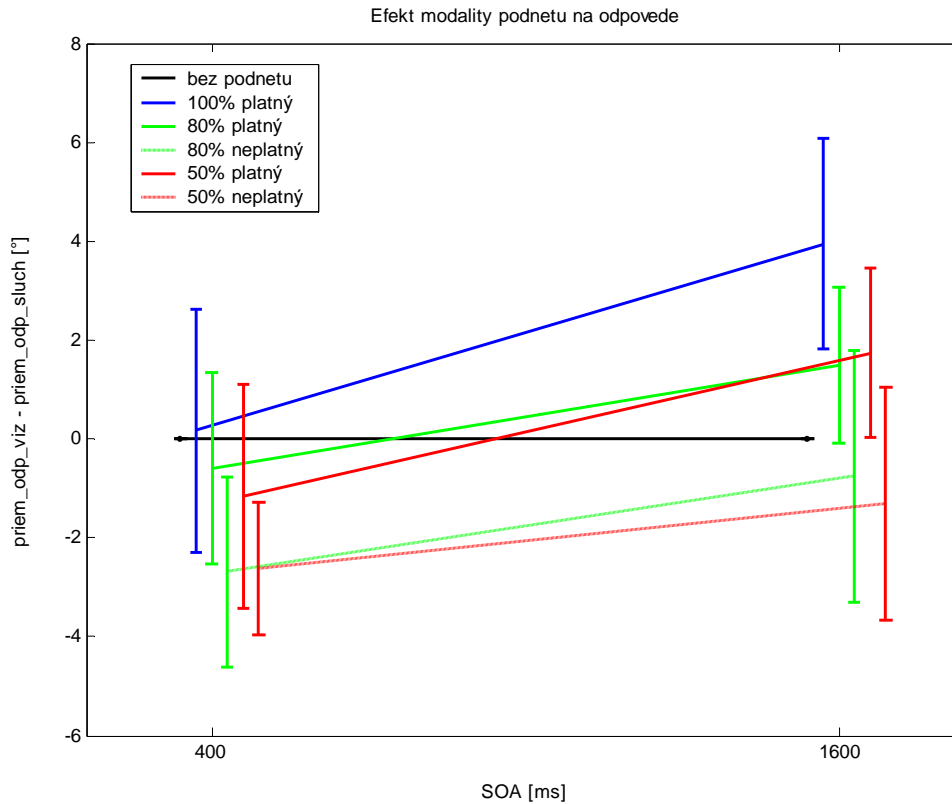
Laterálny posun pri platných podnetoch, t.j. posun *v smere podnetu*, ktorý bol viditeľný v prvom experimente, sa znížil, pretože tu zohrala úlohu fixácia pohľadu. Ak bola pauza medzi prezentáciou podnetu a cieľového zvuku kratšia (t.j. 400 ms), posun bol skôr smerom do stredu. Pri 100% platných podnetoch s dlhším SOA ešte pretrval laterálny posun o výške približne 2°.



Obr. 28 Posun v odpovediach spôsobený podnetom [°]. Na obrázku sú priemery cez všetky subjekty z rozdielu medzi odpoveďami v prostrediach s podnetmi (vizuálnymi a sluchovými) a bez podnetov.

Kladný posun predstavuje posun smerom do strany (laterálny) a záporný smerom do stredu (mediálny).

Čo sa týka vplyvu modality podnetu na odpovede (Obr. 29), najväčší vplyv (teda najväčší rozdiel medzi odpoveďami spôsobenými vizuálnym a sluchovým podnetom) sa prejavuje pri neplatných podnetoch a tiež pri platných podnetoch so 100% informatívnosťou so SOA = 1600ms. Pri platných podnetoch sú tieto vplyvy menej výrazné ako v experimente 1, pri neplatných sú však naopak viditeľnejšie.



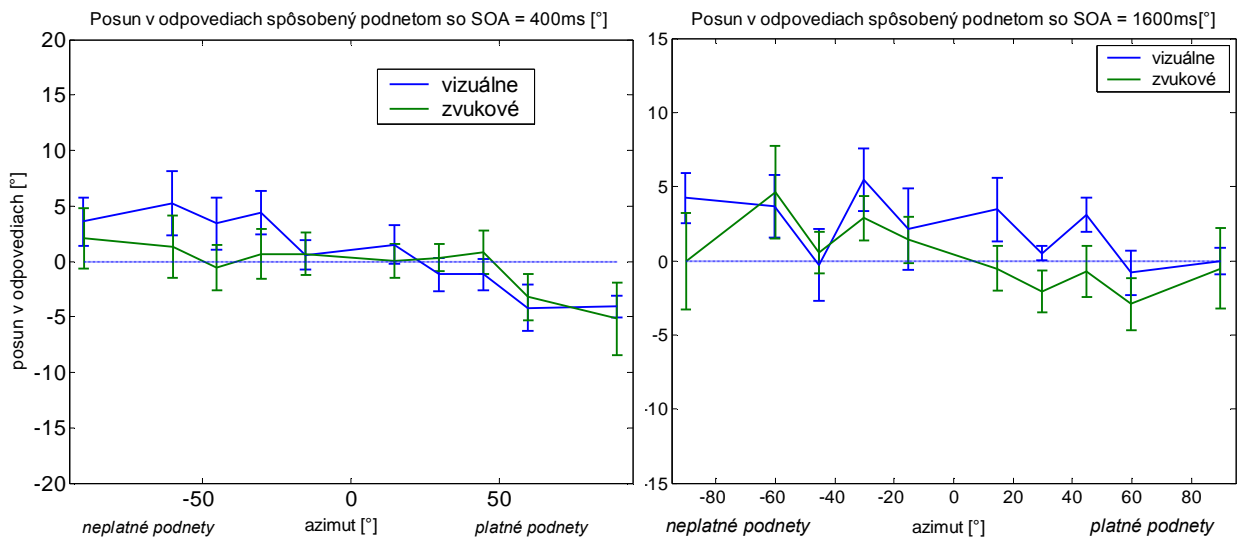
Obr. 29 Efekt modality na odpovede. Priemer cez subjekty v rozdiel medzi odpoveďami s vizuálnym a sluchovým podnetom. Errorbary znázorňujú štandardnú chybu.

Rozdiel medzi priemernými odpoveďami v prípade 100% informatívnych platných podnetov medzi zrakovými a sluchovými podnetmi bol pri SOA = 1600 ms približne 4° . To znamená, že keď sa subjekt nechal riadiť podnetom, čo sa dá pri 100% informatívnosti podnetu predpokladať, a ten podnet bol vizuálny, odpovedal v priemere o 4° viac v smere podnetu ako keď bol podnet sluchový.

Pri 50%-nej informatívnosti podnetu sa subjekty nemuseli riadiť podľa podnetu, pretože mali len 50% šancu, že im napovie správnu stranu. Napriek tomu bol v odpovediach medzi vizuálnym a audio prostredím pri neplatných podnetoch rozdiel (o veľkosti približne 2°), čiže subjekty podnety pravdepodobne neignorovali. V oboch prípadoch sa odpoveď posunula smerom k očakávanej strane, vizuálny podnet však odpovede posúval o niečo viac.

Na Obr. 30 sú zobrazené posuny v odpovediach pre jednotlivé azimuty a to zvlášť pre podnety so SOA 400ms (obrázok vľavo) a 1600ms (obrázok vpravo). V tomto type grafov je lepšie viditeľné, či je posun v smere podnetu alebo opačný, a je možné sledovať posun pri jednotlivých azimutoch. Kladné hodnoty posunu znamenajú posun

v smere podnetu. Ak bolo SOA krátke (panel vľavo), pri neplatných podnetoch je vidieť rozdiel medzi posunmi spôsobenými vizuálnymi a sluchovými podnetmi, pri platných nie. Pri dlhšom SOA a platných podnetoch sú tiež viditeľné rozdiely.

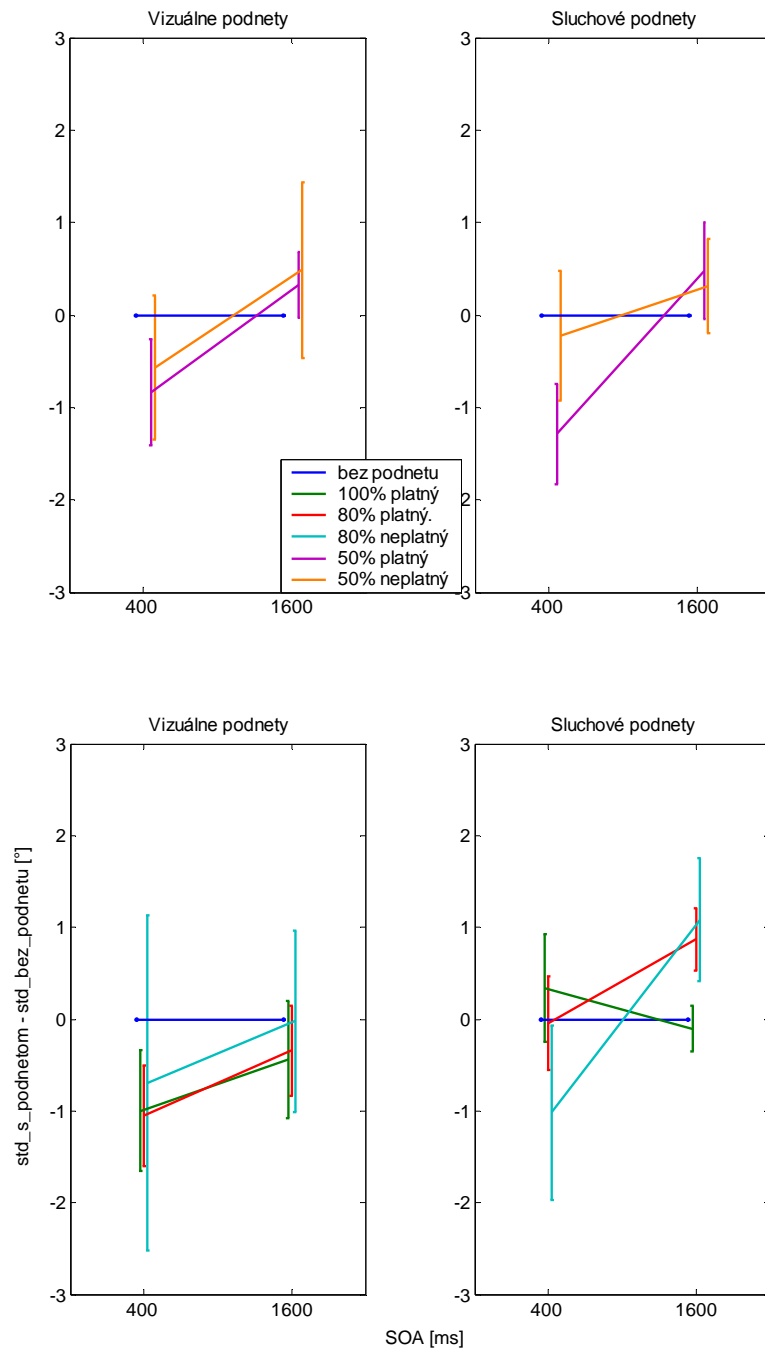


Obr. 30 Bias spôsobený vizuálnymi podnetmi (modrá čiara) a sluchovými podnetmi (zelená čiara) so SOA 400ms (obrázok vľavo) a 1600 ms (obrázok vpravo). Kladná časť x-ovej osi predstavuje dáta pre platné podnety a záporná dáta pre neplatné podnety.

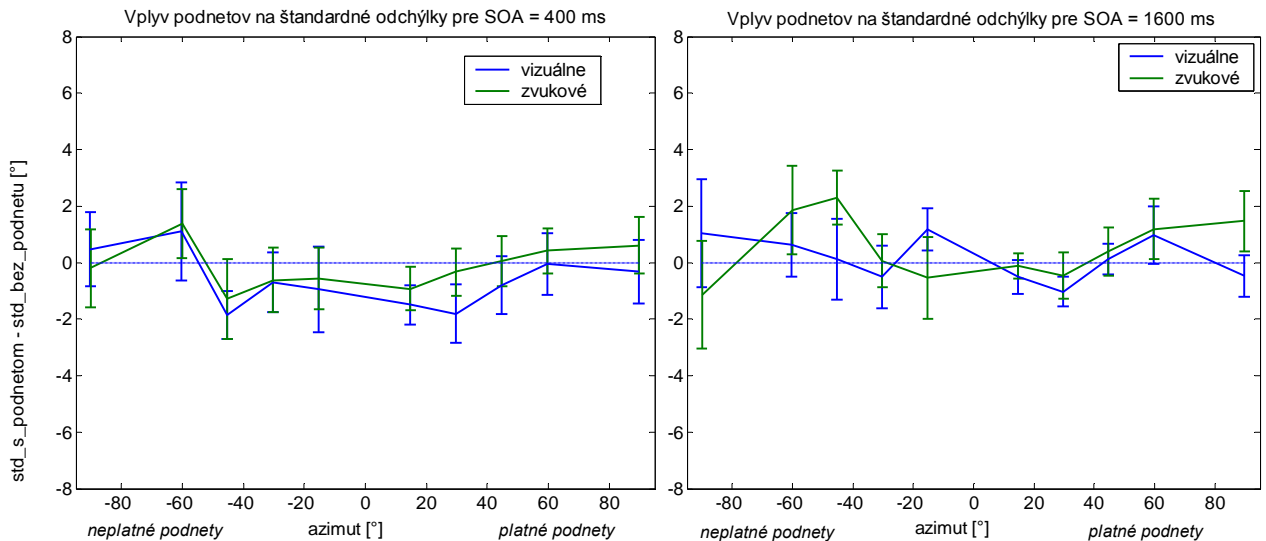
Môžeme zhrnúť, že ak podnet nesprávne napovedal stranu, odkiaľ príde cieľový zvuk a pauza medzi podnetom a cieľovým zvukom bola krátka (400ms), medzi odpoveďami pri vizuálnych a sluchových podnetoch bol rozdiel. Vizuálne podnety posúvali odpovede bližšie k očakávanej strane ako sluchové. Rozdiel je viditeľný aj v prípade, ak podnet správne napovedal stranu a pauza bola dlhá (1600ms), vtedy sluchové (ale nie vizuálne) podnety posúvali odpovede v opačnom smere ako ukazoval podnet.

3.3.5.2 Štandardné odchýlky

Prostredia sa v týchto analýzach rozdelili podobne ako v experimente 1 podľa informatívnosti podnetov. Analýza štandardných odchýlok však neukázala nič zaujímavé. Neplatné vizuálne podnety, ktoré zvyšovali štandardné odchýlky v experimente 1, tentokrát nemali žiaden vplyv (Obr. 31). Na Obr. 32 je vidieť priebeh pre jednotlivé azimuty, ani tu sa neukazuje nič zaujímavé.



Obr. 31 Vplyv podnetov na štandardné odchýlky vypočítané ako rozdiel medzi štandardnými odchýlkami v prostredí s podnetmi a v prostredí bez podnetov, spriemerné cez subjekty. Horné obrázky popisujú podnety s 50% informatívnosťou, spodné podnety s 80% a 100% informatívnosťou.



Obr. 32 Vplyv podnetov na štandardné odchýlky vypočítané ako rozdiel v štandardných odchýlkach medzi prostredím s fixáciou (modrá čiara) alebo bez fixácie (zelená čiara) a prostredím bez podnetov. Obrázok vľavo je pre SOA = 400ms a obrázok vpravo pre SOA = 1600ms.

Je možné zhrnúť, že **modalita podnetov nemá na variabilitu odpovedí žiaden vplyv.**

3.3.6 Záver

Zhodnotenie hypotéz

- *žaden efekt automatickej pozornosti*

Automatická pozornosť má vplyv na výsledky. Spôsobuje mediálny bias voči odpovediam v prostredí bez akýchkoľvek podnetov, to znamená, že odpovede sú vnímané bližšie k strane, na ktorú bola pôvodne zameraná pozornosť. Je tomu tak pri vizuálnych aj pri audio prostrediach, pričom pri vizuálnych je tento posun väčší.

- *strategická pozornosť ovplyvní výsledky pri dlhších SOA*

Strategická pozornosť do určitej miery ovplyvňovala výsledky pri krátkych aj dlhých SOA. V prostrediach s vizuálnym podnetom bol tento vplyv závislý od SOA (pri krátkych SOA boli odpovede posúvané v opačnom smere ako ukazoval podnet, pri dlhých nie). V prostrediach so sluchovými podnetmi bol vplyv nezávislý od SOA (odpovede boli posúvané stále v opačnom smere ako ukazoval podnet).

- *vplyv modality bude menší ako v experimente 1 (keďže experiment 2 ukázal, že pôvodné posuny v priemerných odpovediach a zvýšené štandardné odchýlky klesli)*

Vplyv modality bol menší čo do veľkosti posunov. Na rozdiel od experimentu 1 sa však ukázal aj pri 50% neplatných podnetoch. Vplyv modality na rozptyl odpovedí sa neukázal.

- *laterálny bias pri vizuálnych platných podnetoch zmizne (vychádzajúc z predošlého experimentu)*

Laterálny bias pri vizuálnych podnetoch sa skoro stratil, za zmienku stojí len posun o 1-2 stupne pri 100% platných podnetoch.

Ak vizuálny podnet napovedal správnu stranu, posun v odpovediach v smere tohto podnetu takmer nebol viditeľný, tak ako sa predpokladalo na základe výsledkov experimentu 2. Pre krátke SOA sa však odpovede posunuli do opačnej strany, čo nebolo viditeľné v predošlých experimentoch. Ak vizuálny podnet poslucháča oklamal, posunul jeho odpovede smerom k očakávanej strane.

Ak subjekty nasmeroval na správnu stranu sluchový podnet, ich odpovede sa posúvali opačným smerom ako ukazoval podnet. Ak ich upozornil na nesprávnu stranu, odpovede sa približovali k očakávanej strane.

Modalita podnetu mala najväčší vplyv pri

- 50% neplatných podnetoch s krátkym SOA - ak vizuálny podnet napovedal nesprávnu stranu, posunul odpoveď o niečo bližšie k tejto strane, ako keď ju napovedal sluchový podnet
- 100% podnetoch s dlhým SOA - ak sluchový podnet (ale nie vizuálny) napovedal správnu stranu, odpovede sa posúvali bližšie o opačnej strane

Prvé súvisia s automatickou pozornosťou, pretože v týchto prostrediach nebol podnet informatívny, navyše sa tento výsledok ukázal pri krátkom SOA, počas ktorého sa pravdepodobne ani nestihla zapojiť strategická pozornosť.

Druhé naopak súvisia so strategickou pozornosťou, pretože podnet bol pre subjekty informatívny a mali aj dostatočný čas na presunutie pozornosti.

Z výsledkov sa dá vyvodiť, že modalita podnetu má vplyv aj pri automatickej aj pri strategickej pozornosti. Tento vplyv sa však týka len posunov v lokalizácii, nie rozptylu v odpovediach.

4 Experimentálna časť B – vnímanie reči

4.1 Experiment „Cocktail Party Effect“

4.1.1 Motivácia

Pozornosť zohráva veľkú úlohu aj pri vnímaní reči. Pomáha nám zorientovať sa v hlučných prostrediach a v spleti súbežne znejúcich konverzácií počúvať jedného konkrétneho človeka. Tento problém vyčleniť jeden „prúd reči“ z množstva ďalších a potlačiť vnímanie všetkých nepodstatných zvukov, sa nazýva kokteil party problém [3].

Priestorová pozornosť v kokteil party probléme je témou viacerých štúdií. Niektoré ukázali, že ak poznáme polohu a hlas hovoriaceho, presnosť detekcie cieľovej správy medzi maskovacími správami je vyššia [15]. Aj v štúdiu [16] informácia o polohe hovoriaceho zlepšovala výsledky. Subjekty mali za úlohu identifikovať cieľovú správu medzi maskovacími správami. Správy boli priestorovo oddelené, zneli z piatich reproduktorov. Ak subjekty dostali informáciu, z ktorého reproduktora zaznie cieľová správa, zvýšilo to percento ich správnych odpovedí o 15%.

Tento experiment má podobné ciele ako spomínané, skúma vplyv priestorovej pozornosti na vnímanie reči, tak ako v [16] aj vplyv špecifickej polohy, odkiaľ zaznie správa, a navyše aj vplyv dĺžky páuz medzi jednotlivými slovami na ich identifikáciu. Tento experiment je len pilotným experimentom pre ďalšie štúdie a tomu budú prispôsobené aj analýzy.

4.1.2 Hypotézy

- Ak bude subjekt poznať polohu hovoriaceho, bude vedieť lepšie identifikovať, čo hovorí, ako keď ju nebude poznať.
- Porozumenie sa zlepší s rastúcimi pauzami medzi slovami, keďže subjekty budú mať viac času „zanalyzovať“ čo počuli.
- Porozumenie bude lepšie pre krajné polohy hovoriacich ako pre stredové (vychádzajúc z [16]).

4.1.3 Metódy

4.1.3.1 Popis experimentu

Experimentu sa zúčastnilo 5 subjektov (3 ženy a 2 muži vo veku 21 - 29 rokov) so sluchom v norme.

V experimente boli použité správy v anglickom jazyku, konkrétne čísla od 1 do 9 nahovorené 5 mužskými hlasmi. Tieto nahrávky sú súčasťou TIDIGIT databázy a boli zahrnuté aj v štúdiu [16], odkiaľ boli prevzaté.

Úlohou subjektu bolo počúvať sekvenciu náhodných 4 čísel, ktorú vysloví vopred zadaný hlas (ďalej cieľový hlas alebo cieľový hovoriaci). Pri vyslovení každého čísla sa súčasne ozývajú aj ďalšie čísla vyslovované inými hlasmi, ktoré maskujú túto cieľovú sekvenciu (maskovanú sekvenciu 4 čísel budeme ďalej nazývať prezentácia). Aby subjekty vedeli, ktorý z hlasov majú v danej prezentácii sledovať, pred každou prezentáciou sa im tento hlas predstaví – povie náhodné 4 čísla.

Experiment prebiehal v reálnom sluchovom prostredí, hlasy boli prezentované z piatich reproduktorov rozostavených v azimutoch -40° , -20° , 0° , 20° , 40° , vzdialených približne 120cm od subjektu a umiestnených približne vo výške uší. Počas všetkých prezentácií aj predstavovania cieľového hlasu bol pohľad subjektu fixovaný do stredu obrazovky pomocou krížika „x“. Obrazovka bola umiestnená do azimutu 0° , jej spodný okraj bol približne 50 cm nad zemou.

Maskovacie správy boli v každom zo 4 segmentov prezentácie predstavujúcich vyslovenie jedného čísla vyberané náhodne čo sa týka hlasov, čísel aj polohy. Bolo však zabránené tomu, aby súčasne z viacerých reproduktorov znelo to isté číslo alebo ten istý hlas.

V rámci experimentu sa menila dĺžka páuz medzi vyslovovaním jednotlivých slov (čísel). Boli použité 3 rôzne ISI (intervaly medzi stimulmi): 0, 500 a 2000ms. V rámci jednej prezentácie, so zahrnutím aj predstavenia cieľového hlasu, bolo ISI konštantné.

Keďže nie všetky nahrávky čísel mali tú istú dĺžku, tieto intervaly predstavovali pauzu medzi doznením najdlhšieho slova v jednom segmente prezentácie a začiatkom ďalšieho segmentu.

Experiment pozostával z dvoch základných blokov o ktorých boli subjekty informované:

- Statický blok – cieľový hlas znel v rámci prezentácie stále z toho istého reproduktora – z toho, z ktorého sa predstavil.
- Dynamický blok – cieľový hlas znel v každom segmente prezentácie aj predstavovania z náhodného reproduktora.

Statický blok teda poskytoval subjektom informáciu o polohe hovoriaceho, dynamický nie. V rámci jedného bloku (statického alebo dynamického) sa náhodne vystriedali všetky možné kombinácie polohy a ISI, čo tvorí $5 \times 3 = 15$ prezentácií. V jednom bloku bol výber cieľového hovoriaceho z jednotlivých hlasov rovnomerný (každý hlas bol cieľovým hlasom v jednom bloku práve 3krát).

Jedno sedenie experimentu pozostávalo z jedného statického a jedného dynamického bloku, ich poradie bolo vždy náhodné. Subjekty boli informované o tom, ktorý blok nasleduje, a v rámci bloku pred každou prezentáciou aj o ISI, ktoré sa v nej použije.

4.1.4 Tréning

Každý zo subjektov absolvoval približne 10 minútové skúšobné kolo experimentu, aby sa oboznámil s experimentálnou procedúrou a zvykol si na prezentované hlasy.

4.1.5 Experimentálna procedúra

Subjekt bol informovaný stále pred novým blokom experimentu o tom, aký blok nasleduje. Pred každou prezentáciou, ešte pred predstavením cieľového hlasu, bol subjekt informovaný o dĺžke ISI. Po tomto výpise sa mu predstavil cieľový hlas. V statickom bloku znel stále z jedného reproduktora, v dynamickom striedavo z náhodných. Hlas sa predstavil vyslovením náhodných 4 čísel, pauza medzi nimi odpovedala aktuálnemu ISI. Na predstavenie cieľového hlasu bez interakcie subjektu automaticky po uplynutí ISI nadviazala samotná prezentácia, počas ktorej už však zneli zo všetkých ostatných reproduktorov aj maskovacie správy. Subjekt po doznení prezentácie napísal sekvenciu 4 čísel, ktoré počul od cieľového hlasu.

4.1.6 Spôsoby vyhodnocovania

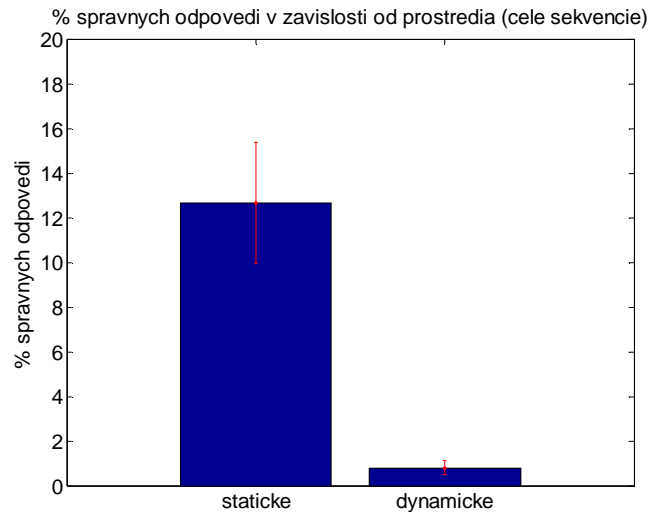
Výsledky sa vyhodnocovali určením percenta správnych odpovedí. Použili sa na to dva spôsoby:

1. s celými sekvenciami – odpoveď sa považovala za správnu len vtedy, ak subjekt uhádol všetky čísla v sekvencii a v správnom poradí. Výsledky boli zoskupované podľa prostredia a ISI. Pre každú kombináciu sa určilo percento správnych odpovedí.
2. s „rozbitými“ sekvenciami – hodnotila sa odpoveď v konkrétnom segmente sekvencie, to znamená, že bola správna, ak subjekt uhádol číslo v danom segmente a nesprávna, ak neuhádol. Výsledky boli zoskupované podľa prostredia, polohy, ISI a segmentu. Pre každú z týchto kombinácií sa určilo percento správnych odpovedí.

Väčšina grafov bola vygenerovaných na základe 2. spôsobu, pretože pri 1. spôsobe dosahovali subjekty len veľmi malé percento správnych odpovedí a taktiež nebolo možné sledovať vplyv polohy hovoriaceho na výsledky.

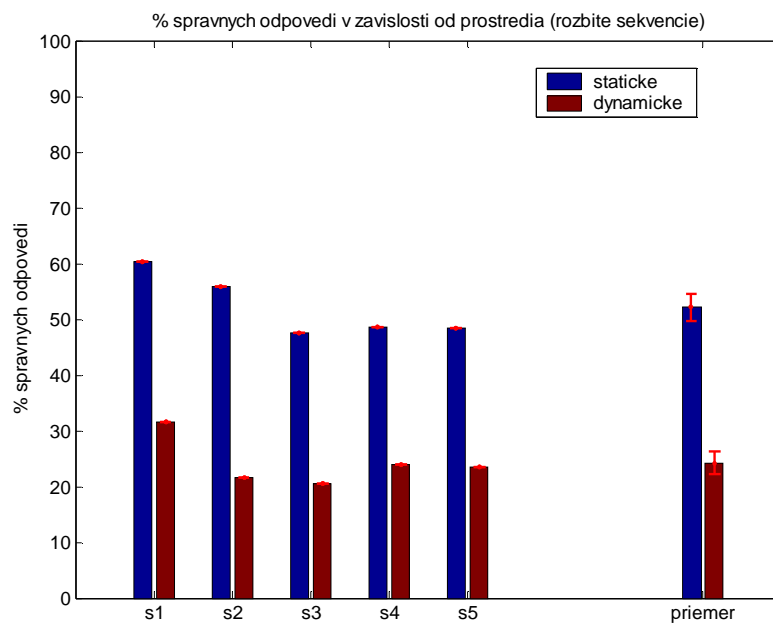
4.1.7 Výsledky

Obr. 33 ukazuje percento správnych odpovedí v závislosti od prostredia. Je vidieť, že ak boli dáta vyhodnocované prvým zo spomínaných spôsobov, percento správnych odpovedí je veľmi nízke, približne 13% v statickom prostredí a dynamickom dokonca len okolo 1%. Už tu sa však ukazuje výrazný rozdiel medzi statickými a dynamickými prostrediami.



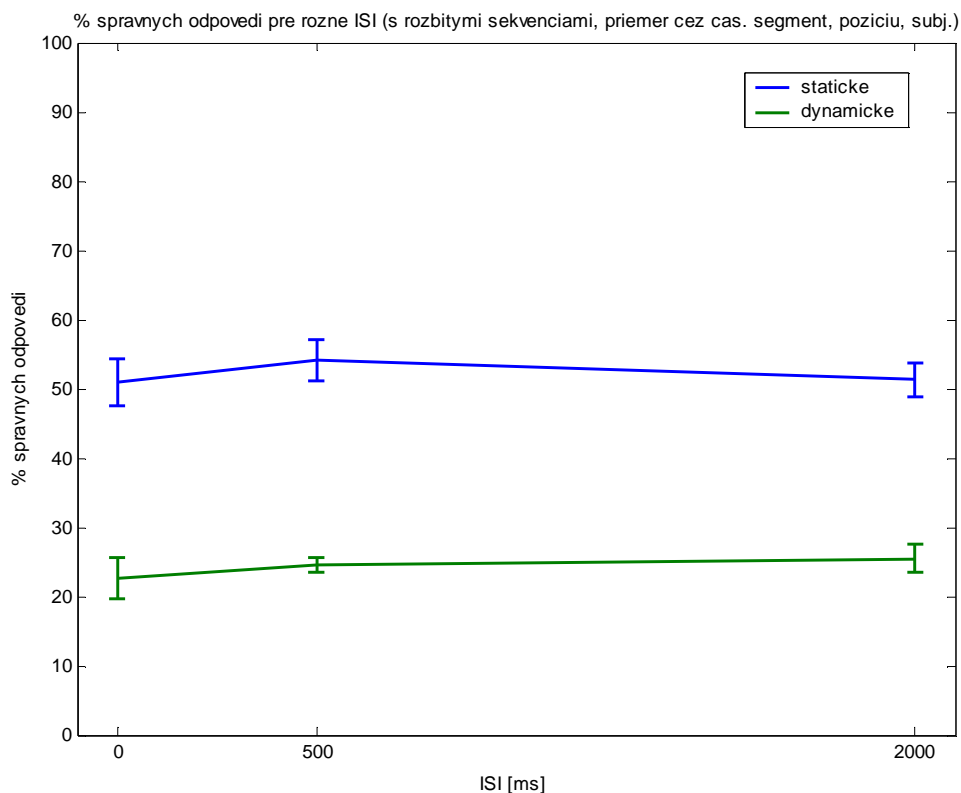
Obr. 33 Percento správnych odpovedí v závislosti od prostredia (vyhodnocovanie podľa spôsobu 1), priemer cez ISI a subjekty, errorbary znázorňujú štandardnú chybu.

Pri druhom spôsobe, ktorým sú generované už všetky nasledujúce grafy, sú už percentá správnych odpovedí omnoho vyššie, statické kolá dosahujú presnosť približne 55%, dynamické približne 25%, čo je vidieť na Obr. 34, ktorého ľavá časť predstavuje hodnotenia jednotlivých subjektov a pravá ich priemer. U každého subjektu boli výsledky v statických kolách približne o 25-30% lepšie ako v dynamických.



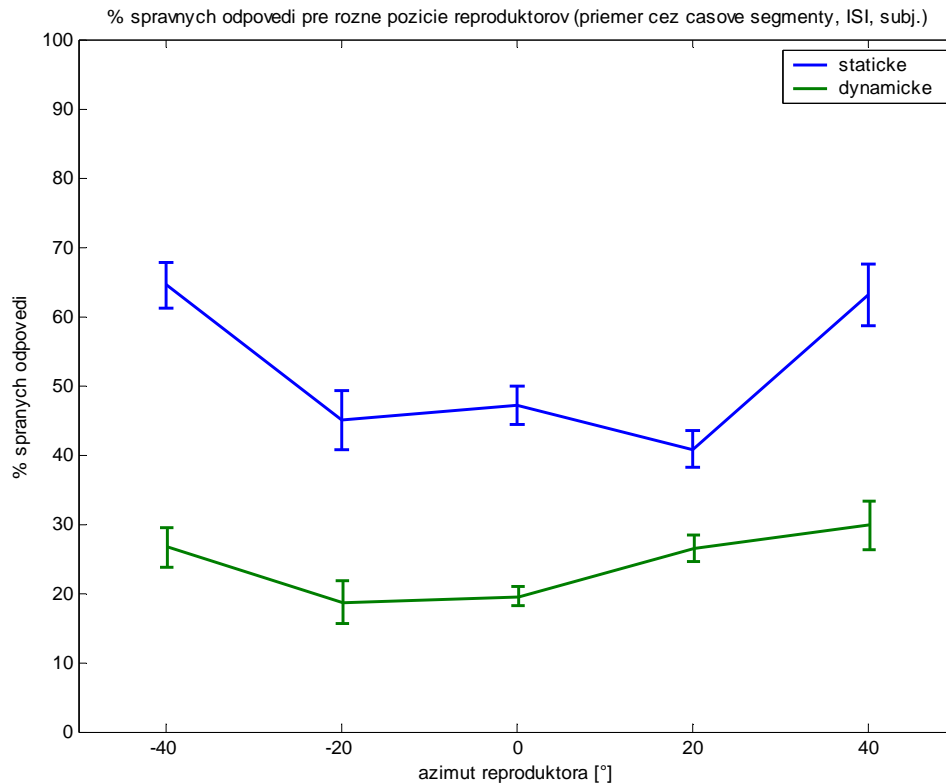
Obr. 34 Percento správnych odpovedí v závislosti od prostredia pre jednotlivé subjekty a celkový priemer (v pravej časti obrázku), errorbary znázorňujú štandardnú chybu.

Keďže subjekt „s1“ strávil pri tréningu viac času ako ostatné subjekty a mal najlepšie výsledky, je pravdepodobné, že predĺžením tréningu by sa presnosť u všetkých zvýšila. Tréning naučí lepšie rozpoznávať jednotlivé hlasy, čo pomôže pri ich separácii.



Obr. 35 Percento správnych odpovedí v závislosti od ISI (priemer cez časové segmenty, pozíciu, subjekty), errorbary znázorňujú štandardnú chybu.

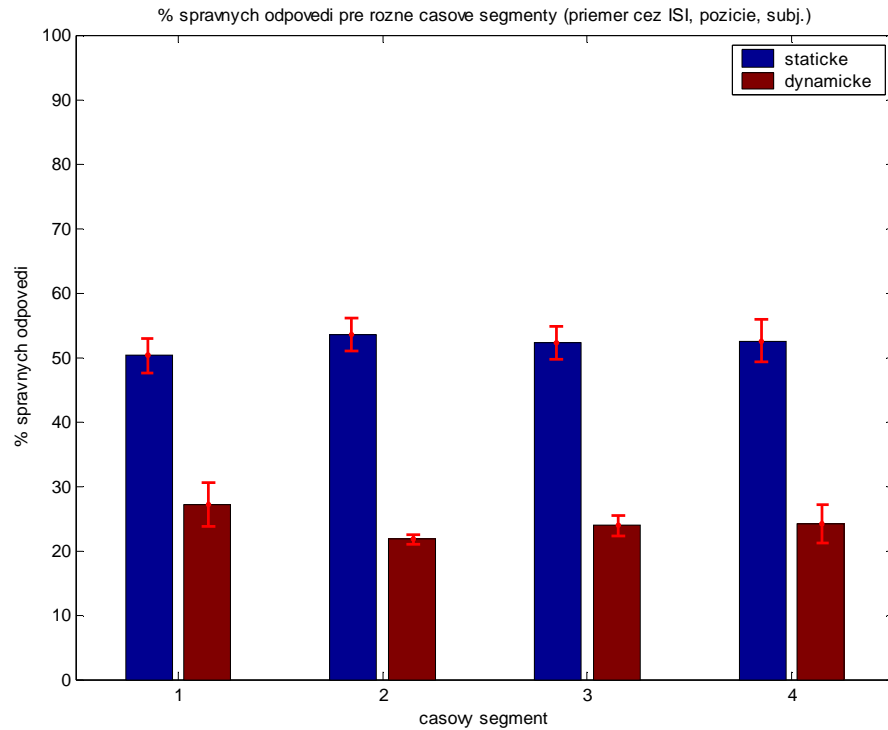
Výsledky tiež ukázali, že percento správnych odpovedí bolo viac-menej nezávislé od dĺžky pauzy medzi jednotlivými slovami (Obr. 35).



Obr. 36 Percento správnych odpovedí v závislosti od pozície (priemer cez časové segmenty, ISI a subjekty), errorbary znázorňujú štandardnú chybu.

Obr. 36 ukazuje vplyv polohy cieľového hlasu na odpovede. V statickom prostredí boli odpovede výrazne presnejšie, ak cieľový hlas znel z niektorého z krajných reproduktorov. Presnosť bola približne o 20% vyššia v porovnaní s ostatnými azimutmi. V dynamickom prostredí už rozdiel medzi krajnými azimutmi a ostatnými nebol taký výrazný.

Z výsledkov je tiež zrejmé, že na presnosť odpovedí nemalo vplyv ani poradie čísla v sekvencii, pre všetky 4 segmenty sekvencie sú výsledky rovnaké (Obr. 37).



Obr. 37 Percento správnych odpovedí v závislosti od segmentu prezentácie (priemer cez ISI, pozície a subjekty), errorbary znázorňujú štandardnú chybu.

4.1.8 Záver

Zhodnotenie hypotéz

- *Ak bude subjekt poznať polohu hovoriaceho, bude vedieť lepšie identifikovať, čo hovorí, ako keď ju nebude poznať.*

Hypotéza sa potvrdila.

- *Porozumenie sa zhorší s rastúcimi pauzami medzi slovami.*

Presnosť odpovedí bola viac-menej nezávislá od pauzy medzi slovami, hypotéza sa nepotvrdila. Preto v ďalších experimentoch je zbytočné používať viacero ISI.

- *Porozumenie bude lepšie pre krajné polohy hovoriacich ako pre stredové (vychádzajúc z [16]).*

Hypotéza sa potvrdila hlavne pri statických prostrediach, pri dynamických už tento efekt nebol taký výrazný.

Výsledky tohto experimentu ukázali, že vedomosť o polohe hovoriaceho pomáhala subjektom lepšie identifikovať čísla, ktoré povedal, keďže v statických prostrediach bola presnosť odpovedí oveľa vyššia ako v dynamických.

Presnosť závisela aj od špecifickej polohy, odkiaľ znel hlas, čo sa ukázalo najmä v statických prostrediach, v ktorých mala krivka tvar „W“. Najvyššia bola v prípade, ak cieľový hlas znel z krajného reproduktora (-40° alebo 40°), pre azimuty -20° a 20° výrazne klesla a v azimute 0° opäť nepatrne stúpila. Nárast presnosti na krajných azimutoch mohol byť spôsobený tým, že hlasy z týchto azimutov boli maskované len z jednej strany a tým pádom ľahšie rozpoznateľné. Keďže sa to neprejavilo v takej miere v dynamických prostrediach, je možné, že na zvýšení presnosti pre krajné azimuty sa podieľala aj pozornosť. Vplyv pozície na presnosť odpovedí bol podobný ako v štúdiu [16], presnosť pri azimutoch -20° a 20° tam však bola o niečo vyššia ako presnosť pri azimute 0° , pričom v tomto experimente je približne na rovnakej úrovni, až nižšia.

Ukázalo sa tiež, že na presnosť odpovedí nemá skoro žiaden vplyv dĺžka pauzy medzi jednotlivými slovami ani poradie slova v sekvencii.

5 Záver - zhrnutie všetkých experimentov

Cieľom prvých troch experimentov bolo zistiť, či je rozdiel medzi vizuálnym a sluchovým riadením pozornosti. Ukázalo sa, že rozdiel existuje a prejavil sa odlišnosťou v posunoch v lokalizácii, ktoré spôsobovali. Ak podnet správne predpovedal stranu, odkiaľ príde cieľový zvuk a subjekty mali dost' času na presunutie pozornosti a ak týmto podnetom bola šípka, odpovede neboli oproti odpovediam v prostredí bez podnetov posunuté, ak však podnetom bol zvuk, odpovede boli mierne posunuté do opačného smeru ako ukazoval podnet. Rozdiely sa ukázali aj ak podnet poslucháča oklamal. Aj šípka aj zvuk posunuli odpovede smerom k očakávanej strane, šípka však o niečo viac.

Ak hodnotíme výsledky všeobecne - ako vplyv pozornosti na lokalizáciu zvukov, je možné zhrnúť, že zameranie pozornosti na jednu stranu spôsobí to, že vnímaná poloha zvukov prichádzajúcich z opačnej strany bude posunutá bližšie k tejto strane. Pozornosť preto zdá sa ovplyvňuje lokalizáciu zvukov tak, že „priťahuje“ vnímanú polohu zdroja zvukov smerom k zameranej oblasti.

Pozornosť však nemala konzistentný vplyv na variabilitu odpovedí. Variabilita bola viac-menej rovnaká nezávisle od toho, či podnet ukázal správnu stranu alebo nie a nezávisela ani od toho, či bola pozornosť riadená vizuálne alebo sluchovo. Nedá sa preto povedať, že by pozornosť pomáhala v lokalizácii.

Podstatný vplyv na výsledky mohla mať úprava dát. Dáta s veľkou chybou boli vyradené, pretože sa predpokladá, že boli spôsobené náhodnými vonkajšími vplyvmi, ktoré odvedli pozornosť. Stále je však možnosť, že tieto chyby vznikli kvôli podnetom, ktoré boli súčasťou experimentu a boli tak dôsledkom vplyvov, ktoré skúmame, preto je potrebné hľadať ďalšie spôsoby úpravy dát.

V nových úpravách by mohlo byť zahrnuté aj vyradenie azimutov -90° a 90° z analýz, pretože sa od ostatných líšili v tom, že pri nich nemohol vzniknúť laterálny posun, keďže subjekty vedeli, že sú to krajné hodnoty. To mohlo neželane ovplyvniť výsledky analýz.

Slabým miestom týchto experimentov tiež bolo, že subjekty sa v skutočnosti nemuseli sústrediť na napovedanú stranu, aj keď im to bolo zdôraznené. Neustále presúvanie pozornosti z jednej strany na druhú mohlo spôsobiť, že strategická

pozornosť sa v skutočnosti nezapájala. Preto by bolo v nasledujúcich experimentoch vhodné použiť iný spôsob riadenia pozornosti, ktorý by bol prirodzenejší.

Tieto experimenty boli robené vo virtuálnom prostredí a to so sebou nesie určité obmedzenia. HRTF, pomocou ktorých boli polohy zdroja zvuku simulované, mohli spôsobiť neprirodzený vnem polohy zdroja zvuku, keďže sú závislé od tvaru hlavy a uší konkrétneho človeka a preto silne individuálne. Experimentom síce predchádzal tréning, ktorý mal subjekty naučiť lokalizovať zvuky simulované týmito HRTF, vhodnejšie by však bolo použiť reálne prostredie, čo by sa mohlo tiež zaradiť k námetom na nasledujúce experimenty.

Prvé tri experimenty síce ukázali, že pozornosť nepomáhala lokalizovať zvuky, experiment „cocktail party effect“ však ukázal, že pomáhala pri vnímaní reči.

Výsledky ukázali, že v prostredí s viacerými hovoriacimi vedomosť o polohe hovoriaceho zlepšuje schopnosť porozumieť tomu, čo hovorí. Presnosť odpovedí nezávisí od rýchlosti reči (presnejšie od dĺžky pauzy medzi slovami, nie od rýchlosti vyslovovania slov) a ani od toho, či je slovo na začiatku alebo na konci sekvencie slov, závisí však od polohy, odkiaľ slovo znie.

Tento pilotný experiment ukázal, že v ďalších experimentoch nie je potrebné používať rôzne časové opozdenia medzi jednotlivými slovami. Zaujímavé by však bolo detailnejšie sa zamerať na vplyv polohy reproduktorov, napríklad skúsiť iné rozmiestnenie.

Výsledky experimentov by sa mali tiež hlbšie analyzovať, zaujímavá by bola analýza chýb, ktorá by odhalila aké typy chýb subjekty robili, čo by mohlo viesť k ďalším hypotézam.

Tiež je potrebné spraviť analýzu pre každý z vybraných hlasov zvlášť, aby sa zistilo, či niektorý z nich nebol dominantný.

Ďalšou obmenou by mohlo byť vytvorenie ďalšieho typu prostredia, ktoré by obsahovalo niečo zo statického a niečo z dynamického prostredia. Subjekty by v tomto prostredí dostali informáciu o tom, kadiaľ sa bude cieľový hovoriaci pohybovať (tým, že by sa z daných pozícií na začiatku predstavil). Tam by však už bolo vhodné použiť rôzne pauzy medzi slovami, čím by sa mohlo skúmať aj to, či dlhší časový úsek, ktorý poskytne viac času na preorientovanie pozornosti, zlepši presnosť odpovedí. Mohlo by

sa vyhodnocovať aj to, či budú odpovede horšie, ak pôjde hovoriaci po zložitejšej trajektórii, v ktorej bude potrebné presúvať pozornosť skokom z jednej strany na druhú v porovnaní s tým, ak pôjde len zľava doprava alebo naopak.

Aj keď anglický jazyk zdá sa nepredstavovať pre subjekty problém, nasledujúce experimenty by mohli používať slovenský jazyk, aby boli podmienky čo najprirodzenejšie.

Zoznam použitej literatúry

- [1] KOPČO, N., *Výpočtová a kognitívna neuroveda*, prednášky k predmetu, 2007, dostupné na internete: <http://neuron-ai.tuke.sk/~kopco/kui440/>
- [2] SPIELER, *Attention*, prednáška dostupná na internete: <http://wwwhomes.doc.ic.ac.uk/~xh1/Referece/Others/a-visual-search-models.pdf>
- [3] ARONS, B. (1992), *A review of the Cocktail Party Effect*, Journal of the American Voice I/O Society, 12., 35-50.
- [4] CHERRY, E. C. (1953), *Some experiments on the recognition of speech, with one and with two ears*. Journal of Acoustic Society of America 25, 975--979.
- [5] BERNÁT M., *Sluchová priestorová pozornosť vyvolaná sluchovými a zrakovými podnetmi*, Diplomová práca, FEI TU KKUI, 2005
- [6] KOPČO, N. Úvod do neurovied, prednášky k predmetu, 2007, dostupné na internete: <http://neuron-ai.tuke.sk/~kopco/kui342/>
- [7] FRANCIS, G., *Sensory and perceptual processes*, prednášky k predmetu, dostupné na <http://www2.psych.purdue.edu/~gfrancis/Classes/PSY310/L31b.pdf>
- [8] BEAR, M.F., CONNORS, B.W., PARADISO M.A., *Neuroscience: exploring the brain (second edition)*, Lipincott Williams and Wilkins, Baltimore.
- [9] ANDOGA, R., KOPČO, N., *Mozgové štruktúry a mechanizmy riadenia strategickej pozornosti*, In: Kvasnička V., Pospíchal J., Kelemen J. Zborník z konferencie Kognícia a umelý život V, Smolenice, 2005
- [10] MCGURK, H., MACDONALD, J., (1976). "Hearing lips and seeing voices", Nature 264, 746-748.
- [11] SPENCE, CH. *Audiovisual Multisensory Integration*, Acoustical Science and Technology Vol.: 28, No.: 2, 2007.
- [12] GOLDSTEIN, B., *Attention*, 2005, prezentácia dostupná na internete: <http://www2.una.edu/psychology/py385/goldstein%20chp4-1.ppt>
- [13] ANDOGA, R., BERNÁT, M., TOMORIOVÁ, B., KOPČO, N. (2006). *Spatial Modality-dependant attentional control in human sound localization*, Proceedings of the 10th International Conference on Cognitive and Neural Systems, Boston, MA, May 2006.
- [14] CUI Q., RAZAVI B., O'NEILL W., PAIGE G., *The influence of aging on Interactions Between Eye Position and Human Sound Localization*, poster prezentovaný na stretnutí "Association for Research in Otolaryngology", 2007
- [15] KITTERICK, P.T., SUMMERFIELD, A.Q, *The role of attention in the spatial perception of speech*, poster prezentovaný na stretnutí "Association for Research in Otolaryngology", 2007

-
- [16] BEST, V., OZMERAL, E., SHINN-CUNNINGHAM, B., *Visually guided Attention Enhances Target Identification in a Complex Auditory Scene*, Journal of the Association fo Research in Otolaryngology, 2007

Prílohy

- Príloha A: CD médium – diplomová práca v elektronickej podobe, prílohy v elektronickej podobe, zdrojové kódy a spustiteľná verzia programov, grafy a dáta k experimentom
- Príloha B: Používateľská príručka
- Príloha C: Systémová príručka
- Príloha D: Obrazová príloha