

Teorie opisujące naturalne słyszenie przestrzenne

- *teoria lokalizacji natężeniowo-czasowej*
- *teorie optyczne*
- *teorie motoryczne*
- *teorie przewodzenia przez kości czaszki*
- *teorie błędnikowe*
- *teorie wrażeń dotykowych*

Przestrzenna lokalizacja źródeł dźwięku

- lokalizacja – subiektywna ocena położenia źródła dźwięku w przestrzeni,
- lateralizacja – wrażenie przemieszczania się obrazu dźwiękowego wewnątrz głowy wzdłuż linii łączącej oboje uszu,
- odsłuch monauralny – percepcja dźwięku dokonywana jednousznie,
- odsłuch binauralny – percepcja dźwięku dokonywana dwuusznie,
- odsłuch dychotyczny – odsłuch dwóch różnych sygnałów podawanych na oboje uszu.
- odsłuch diotyczny – odsłuch tego samego sygnału podawanego na oboje uszu.

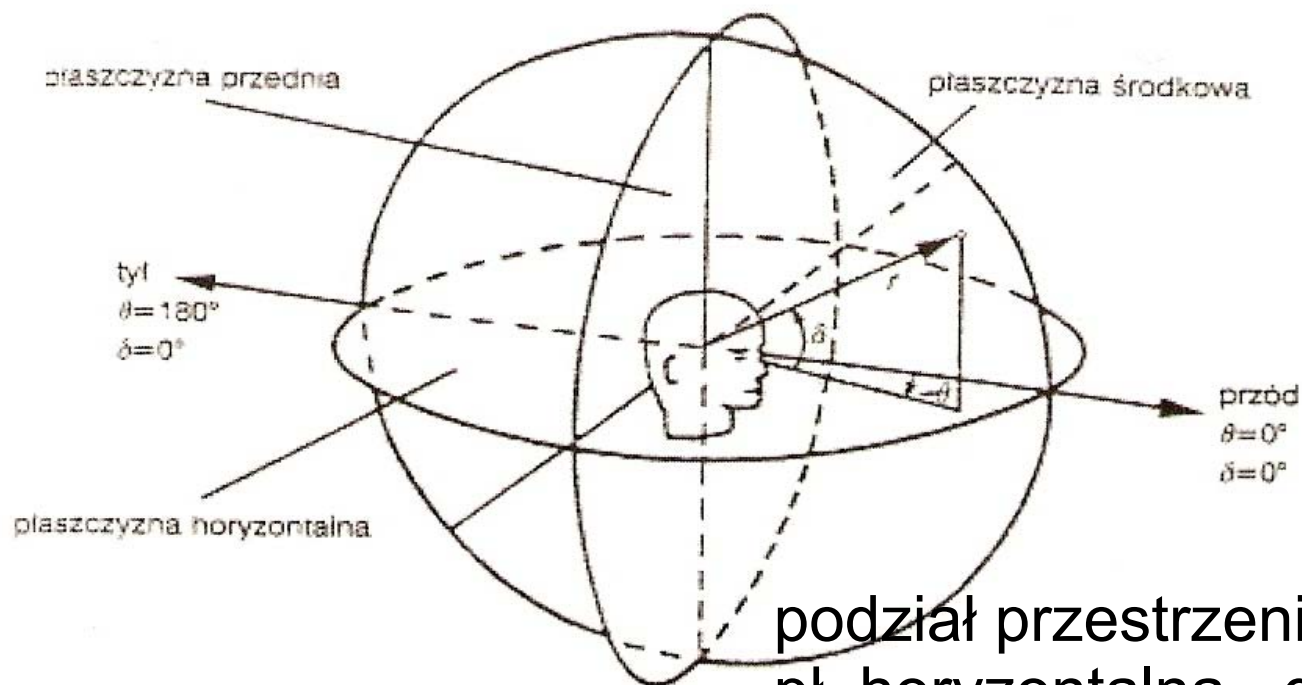
Przestrzenna lokalizacja źródeł dźwięku

1. Płaszczyzny lokalizacji
2. Czynniki lokalizacyjne
 - wpływ małżowiny usznej
 - efekt precedensu
 - efekt "cocktail-party"
 - MAA/MAMA
 - ITD
 - IID
 - lokalizacja odległości
3. Funkcja HRTF

Przestrzenna lokalizacja źródeł dźwięku

- znajomość głośności znanych źródeł*
- barwa dźwięku znanych źródeł (częstotliwości tonów wysokich są silniej tłumione w powietrzu, co powoduje zmianę barwy dźwięku przy oddalaniu się od jego źródła)*
- uwypuklenie czoła fali dźwiękowej*
- stosunek natężenia dźwięku bezpośredniego do dźwięków odbitych*
- doświadczenie słuchowe i wiązanie zjawisk akustycznych z obserwacjami wzrokowymi*

Przestrzenna lokalizacja źródeł dźwięku [płaszczyzny lokalizacji]



podział przestrzeni:

pł. horyzontalna - góra / dół

pł. przednia - przód / tył

pł. medialna - lewo / prawo

Przestrzenna lokalizacja źródeł dźwięku [czynniki lokalizacyjne]

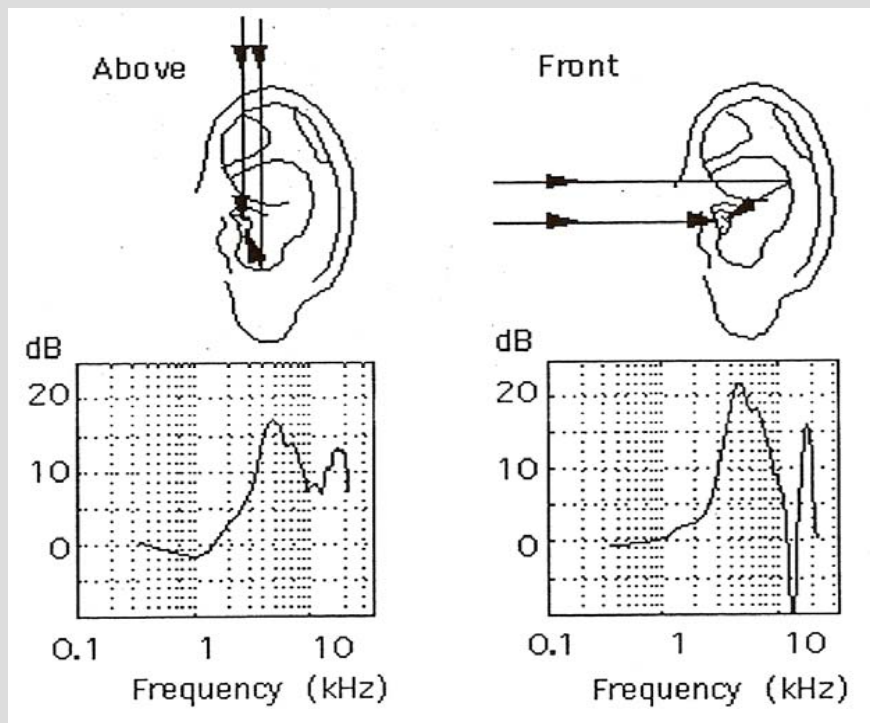
Lokalizacja odległości

- poziom dźwięku
- tłumienie
- charakterystyka źródła
- ruchy głowy
- stosunek dźwięku bezpośredniego do odbitego
- poprawność lokalizacji ok. 20%

Przestrzenna lokalizacja źródeł dźwięku [czynniki lokalizacyjne]

Małżowina uszna jest nieregularnym, wydłużonym fałdem skóry, którego długość jest prawie dwukrotnie większa od szerokości. Małżowina spełnia ważną rolę przy ocenie kierunku, z którego dochodzą fale akustyczne, czyli przy ocenie położenia źródła dźwięku. Jej kształt pomaga również odbierać fale dźwiękowe i kierować je do przewodu słuchowego oraz podbija częstotliwości wokół 5 kHz.

Przestrzenna lokalizacja źródeł dźwięku [czynniki lokalizacyjne]

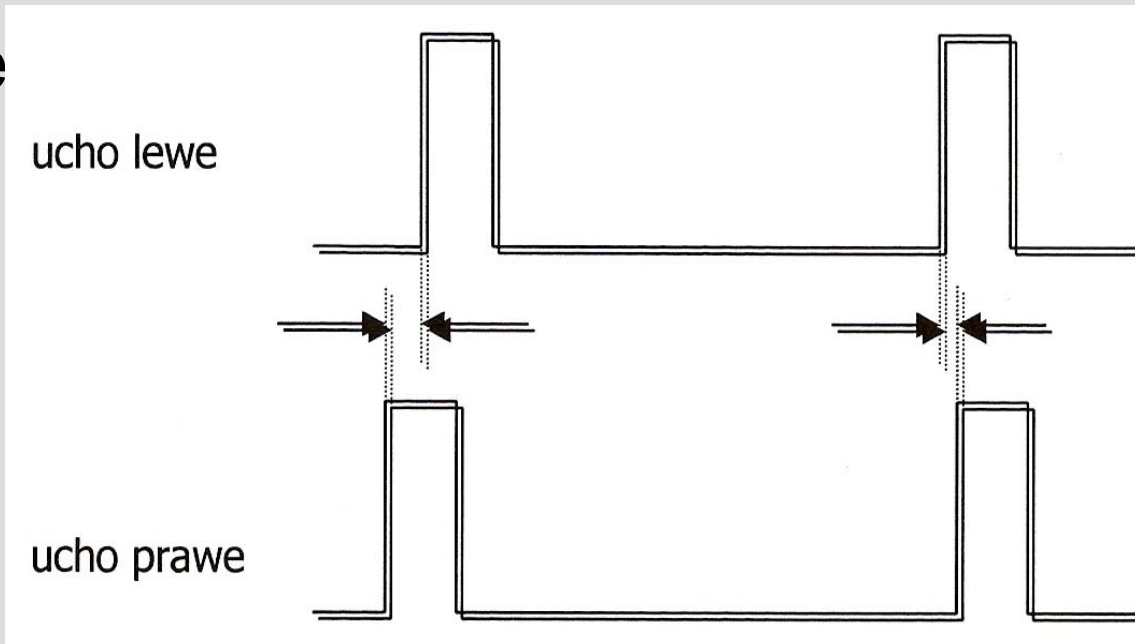


Wpływ małżowiny
uszej na widmo
dźwięku

Przestrzenna lokalizacja źródeł dźwięku [czynniki lokalizacyjne]

Efekt "precedensu"

- pierwszy dźwięk określa położenie
- dla dźwięków o charakterze nieciągłym
- mały wpływ dźwięku następującego
- lokalizacja sumacyjna dla $dT = 1 \text{ ms}$



Przestrzenna lokalizacja źródeł dźwięku

- zjawisko dominacji (pierwszeństwa)

Zgodnie z tym efektem, dla lokalizacji źródła w przestrzeni najważniejsza jest fala, która jako pierwsza dochodzi do obserwatora. Zjawisko to występuje dla dźwięków impulsowych i tłumaczy się tym, że pierwsza fala (bezpośrednia) wnosi najwięcej informacji o kierunku źródła dźwięku. Aby efekt wystąpił, maksymalne czasy opóźnienia poszczególnych odbić liczone względem dźwięku bezpośredniego nie powinny przekraczać kilkudziesięciu milisekund. Poziom ciśnienia akustycznego dźwięku odbitego względem dźwięku bezpośredniego nie powinien przekraczać wartości 10dB.

Przestrzenna lokalizacja źródeł dźwięku

- zjawisko dominacji (pierwszeństwa)

W przypadku, gdy różnica czasu pomiędzy dźwiękami docierającymi do uszu jest mniejsza niż 1ms efekt nie występuje lub jest bardzo słaby. Aby efekt wystąpił, maksymalne czasy opóźnienia poszczególnych odbić, liczone względem dźwięku bezpośredniego również nie powinny przekraczać kilkudziesięciu milisekund.

Przestrzenna lokalizacja źródeł dźwięku [czynniki lokalizacyjne]

Zaledwie spostrzegana zmiana położenia źródła dźwięku (ang. MAA - Minimum Audible Angle; MAMA - Minimum Audible Moving Angle)

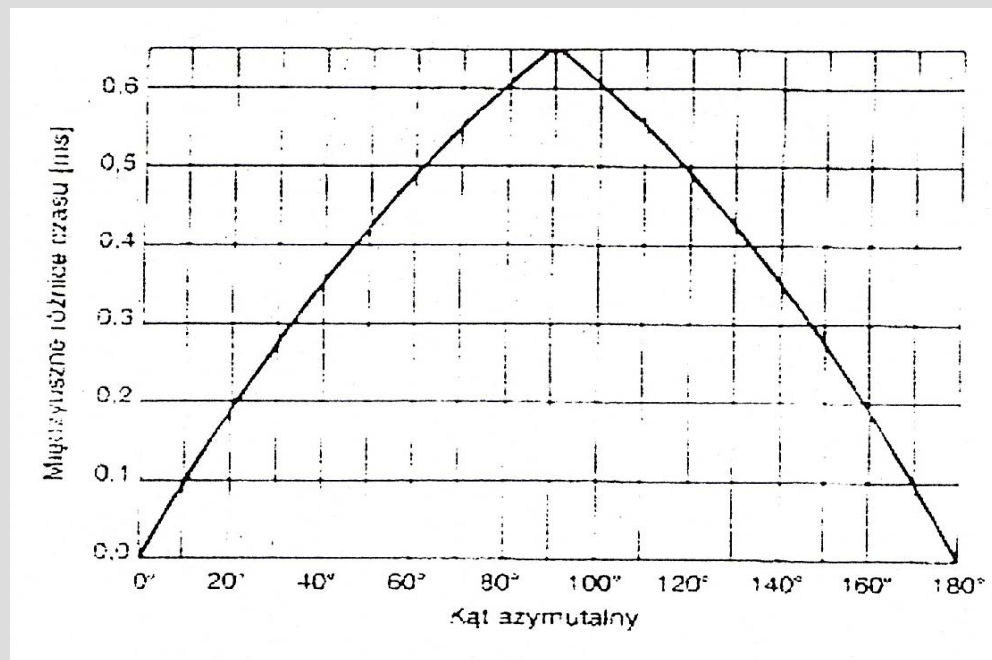
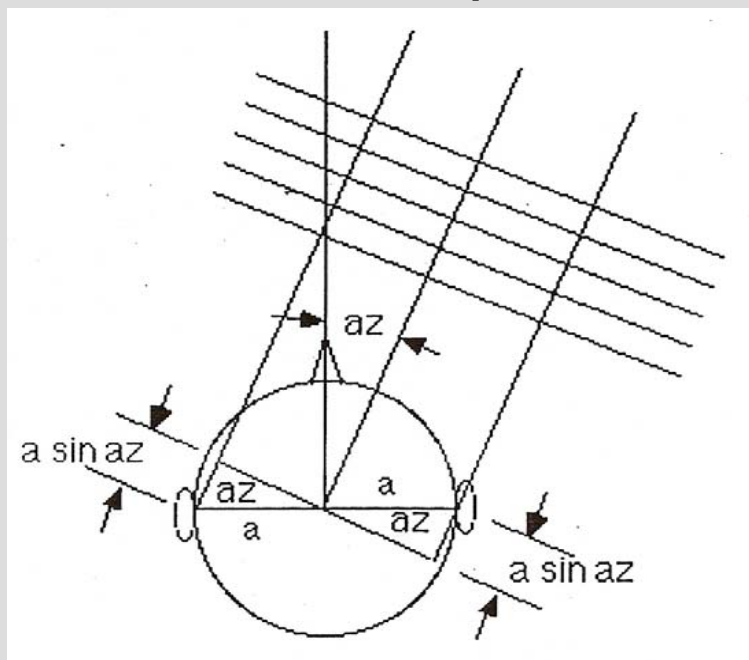
- powolność układu słuchowego
- dla prędkości
 - 15°/s : ok. 5°
 - 90°/s : ok. 21°

Przestrzenna lokalizacja źródeł dźwięku [„cocktail-party effect”]

- separacja źródeł dźwięku
- selektywna uwaga słuchowa
- jakość dyskryminacji a rozmieszczenie przestrzenne źródeł dźwięku
- międzyuszne różnice poziomu maskowania (ang. MLD - Masking Level Differences)

Przestrzenna lokalizacja źródeł dźwięku [czynniki lokalizacyjne]

Międzyuszna różnica czasu (ang. ITD - Interaural Time Difference)



$$ITD = (a/c)[az + \sin(az)]$$

Międzyuszne różnice czasu w płaszczyźnie horyzontalnej.

Przestrzenna lokalizacja źródeł dźwięku [czynniki lokalizacyjne]

Międzyuszna różnica czasu (ang. ITD - InterauralTime Difference)

Jeśli fala akustyczna dociera do słuchacza z boku tworzy się binauralna różnica odległości, w wyniku której natężenia i czasy dotarcia dźwięków do obojga uszu nie są takie same. Dzięki

temu możliwe jest zlokalizowanie źródła dźwięku w płaszczyźnie poziomej.

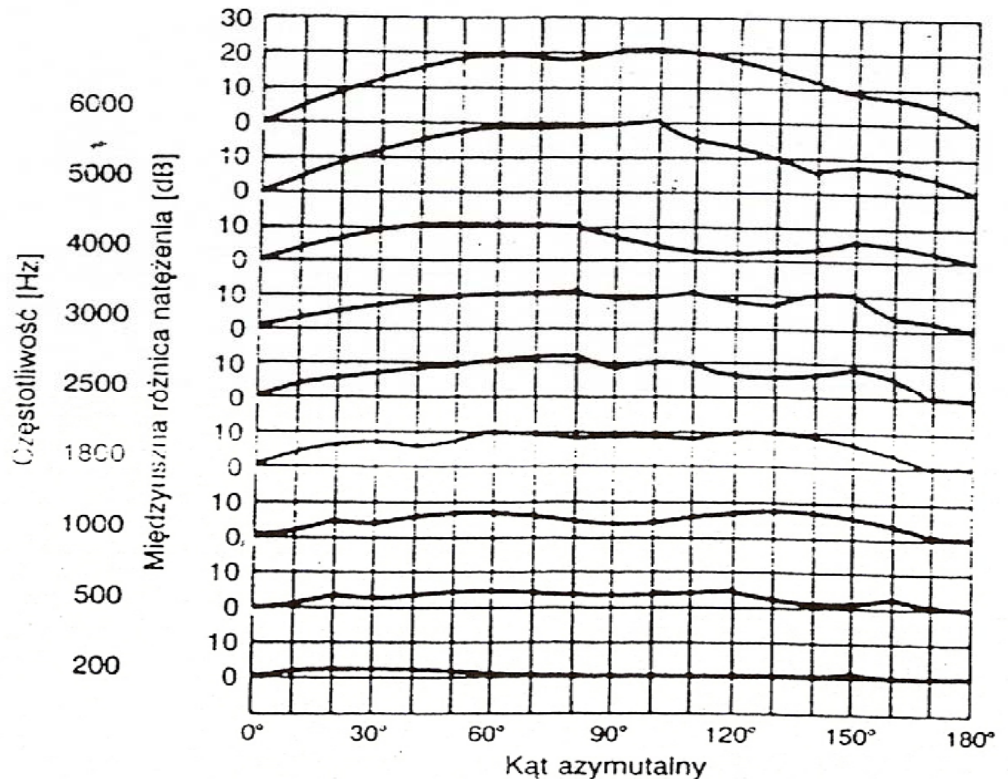
ITD (międzyuszna różnica czasu) ma większy wpływ przy niskich częstotliwościach

ITD zmienia się w zakresie od 0 do $690\mu\text{s}$.

Przestrzenna lokalizacja źródeł dźwięku [czynniki lokalizacyjne]

Międzyuszna różnica natężenia (ang. IID - Interaural Intensity Difference)

IID
w funkcji
częstotliwości i
kąta
azymutalnego



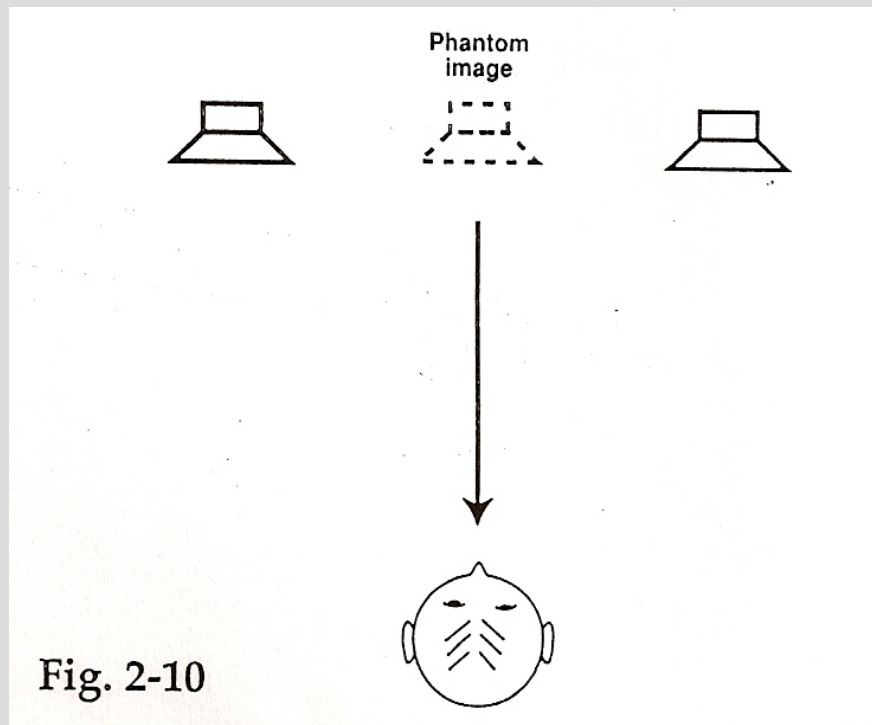
Przestrzenna lokalizacja źródeł dźwięku [czynniki lokalizacyjne]

IID dominuje przy wysokich częstotliwościach.

Dla niskich częstotliwości (do ok. 200Hz) fale uginają się wokół głowy obserwatora, w wyniku czego międzyuszna różnica poziomu ciśnienia nie zależy praktycznie od azymutu źródła. Natomiast dla wysokich częstotliwości, tzn., gdy długość fali akustycznej jest porównywalna lub mniejsza od wymiarów głowy, powstaje po jednej stronie tzw. cień akustyczny. Wówczas wartości międzyusznej różnicy poziomu ciśnienia wyraźnie zależą od azymutu źródła. Dla częstotliwości pośrednich tzn. ok. 1500Hz lokalizacja dźwięku jest dość trudna i obarczona największym błędem.

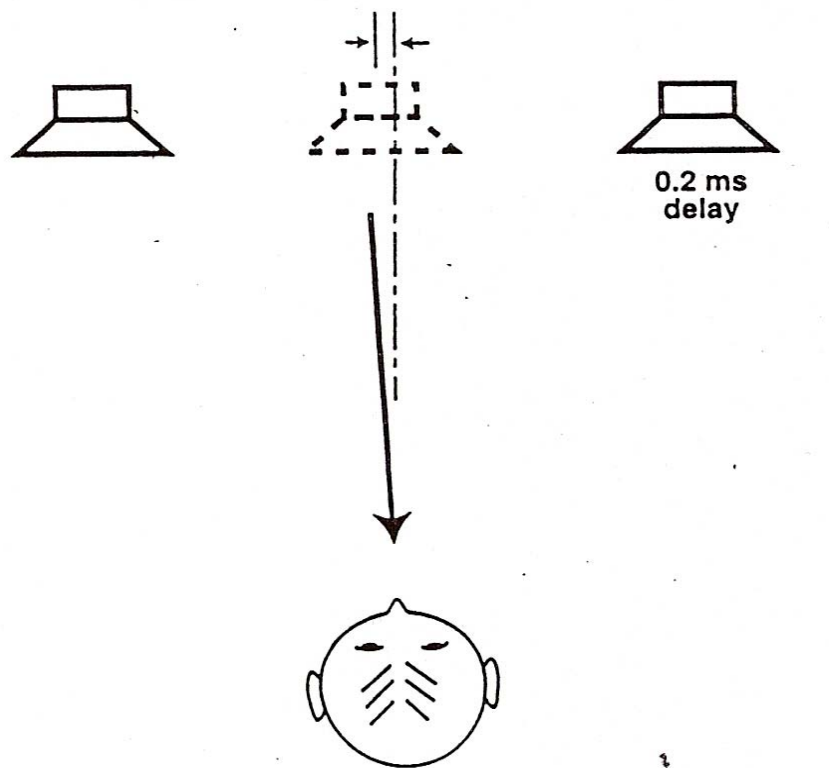
W przypadku odsłuchu słuchawkowego w całym przedziale częstotliwości o lokalizacji źródła decyduje jedynie różnica natężeń. Dzieje się tak dlatego, iż w tym systemie odsłuchu głowa nie stanowi przeszkody dla fal, nie ulega ona dyfrakcji

Przestrzenna lokalizacja źródeł dźwięku



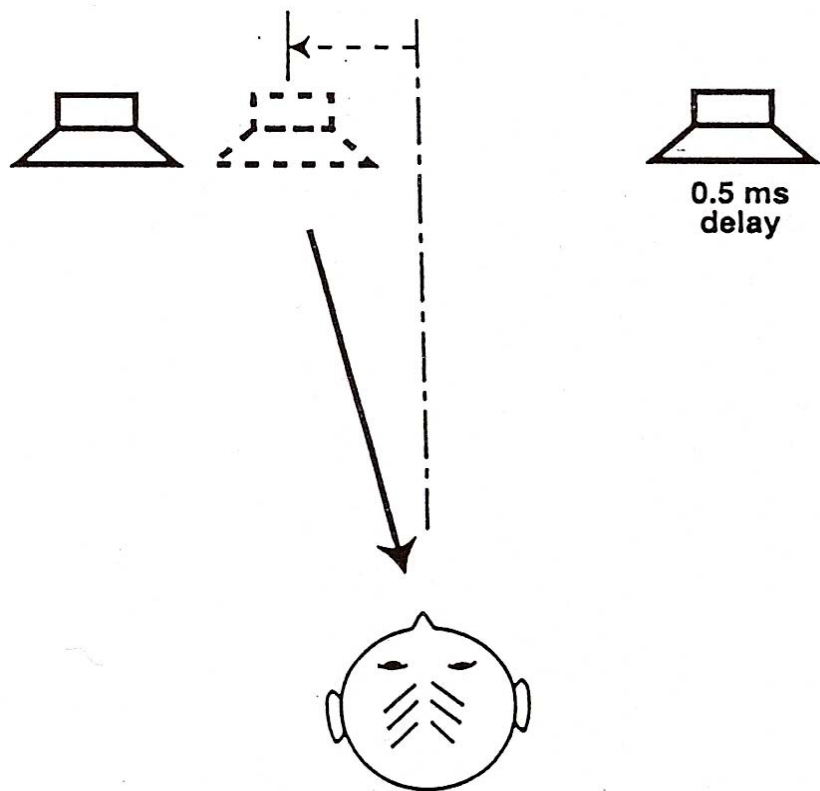
- Przy równej intensywności dźwięku i braku opóźnienia źródło pozorne jest odbierane centralnie

Przestrzenna lokalizacja źródeł dźwięku



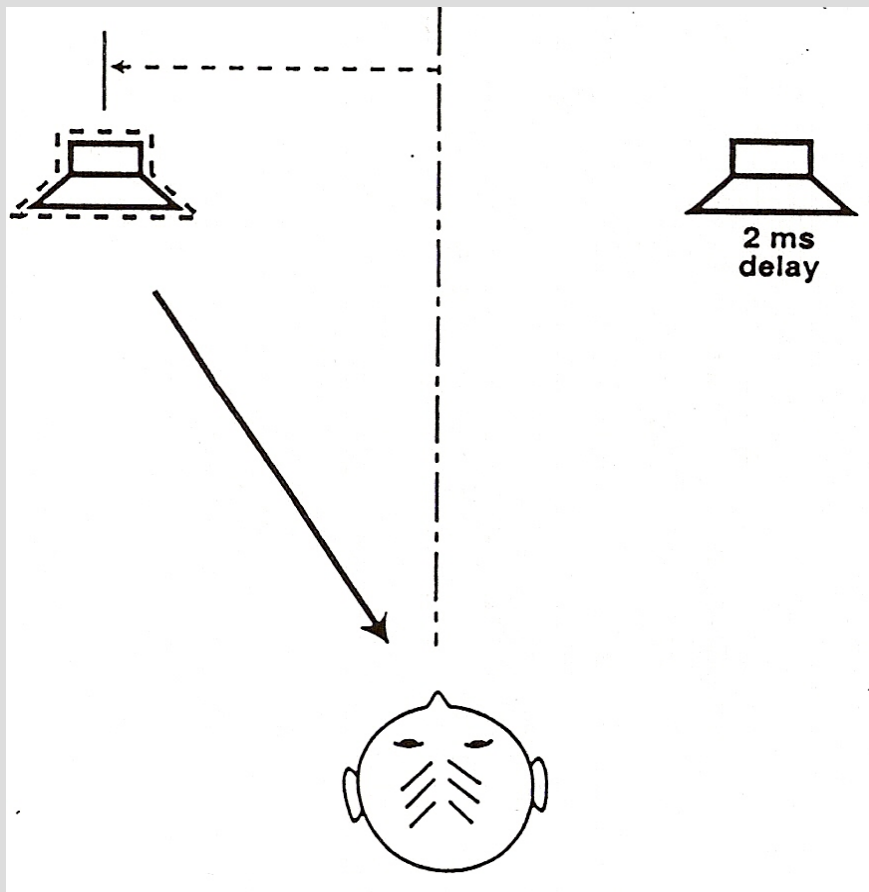
Źródło pozorne przesuwają się nieznacznie w kierunku lewego głośnika poprzez „dodanie” małego opóźnienia (0.2 ms) do prawego kanału (równa intensywność dźwięku w obu kanałach)

Przestrzenna lokalizacja źródeł dźwięku



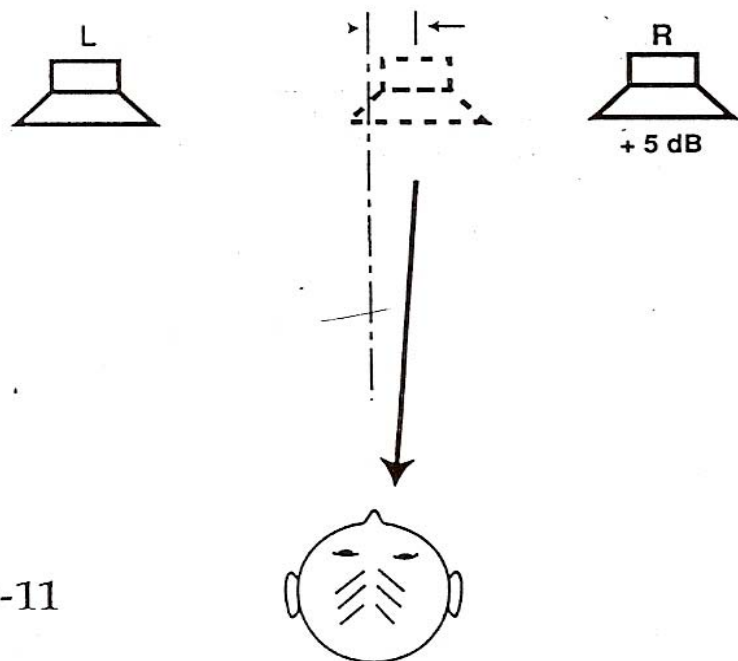
**Źródło pozorne
przesuwa się dalej w
stronę lewego
głośnika poprzez
„dodanie” większego
opóźnienia (0.5 ms)
do prawego kanału
(równa intensywność
dźwięku w obu
kanałach)**

Przestrzenna lokalizacja źródeł dźwięku



**„Dodanie” opóźnienia
2 ms do prawego
kanału powoduje, że
źródło pozorne
znajduje się w
lewym kanale
(równa intensywność
dźwięku w obu
kanałach)**

Przestrzenna lokalizacja źródeł dźwięku



2-11

Zwiększenie poziomu o 5 dB w prawym kanale powoduje, że źródło pozorne przesuwa się nieznacznie w kierunku głośniejszego kanału (brak opóźnienia)

Przestrzenna lokalizacja źródeł dźwięku

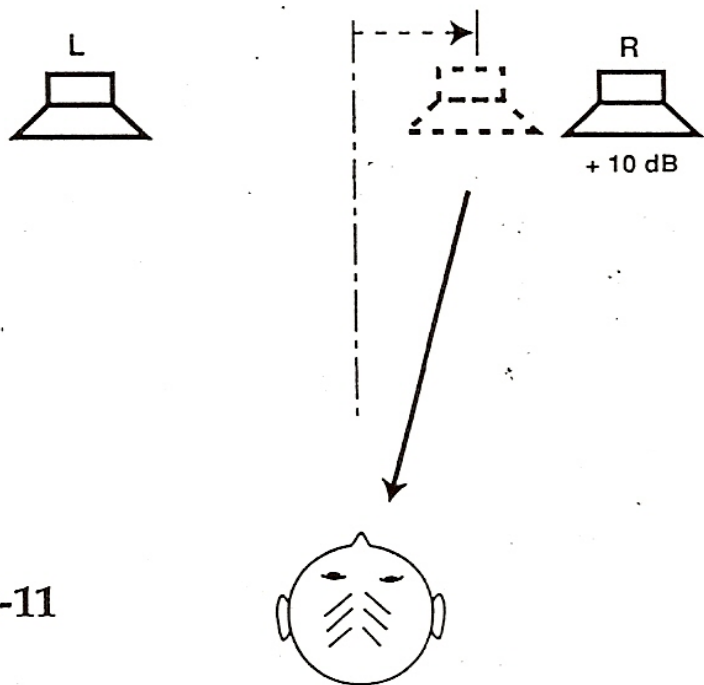


Fig. 2-11

Zwiększenie poziomu o 10 dB w prawym kanale powoduje, że źródło pozorne przesuwają się dalej w kierunku głośniejszego kanału (brak opóźnienia)

Przestrzenna lokalizacja źródeł dźwięku

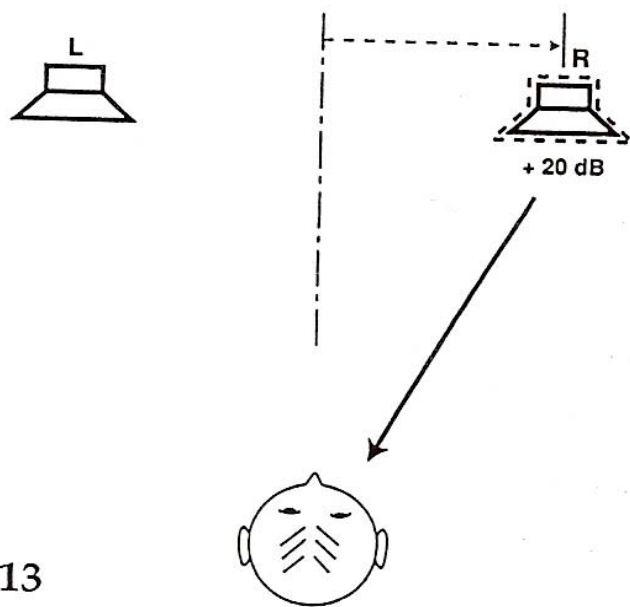


Fig. 2-13

Zwiększenie poziomu o 20 dB w prawym kanale powoduje, że źródło pozorne jest dobierane w prawym kanale (brak opóźnienia)

Przestrzenna lokalizacja źródeł dźwięku

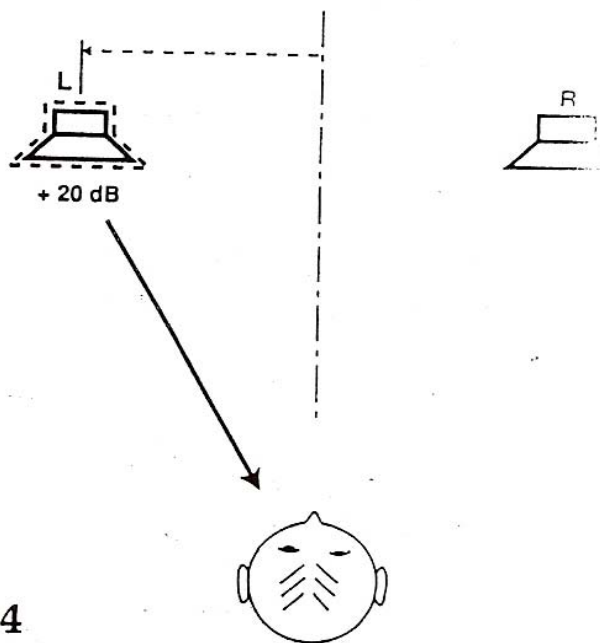
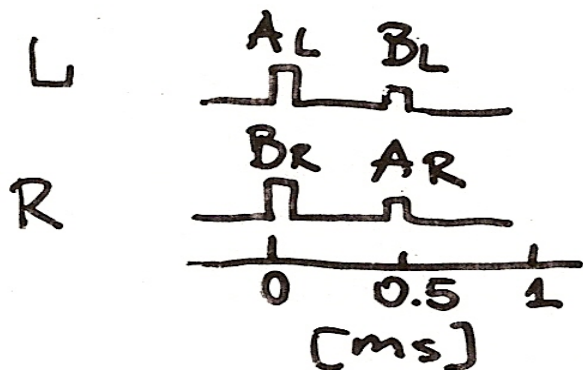
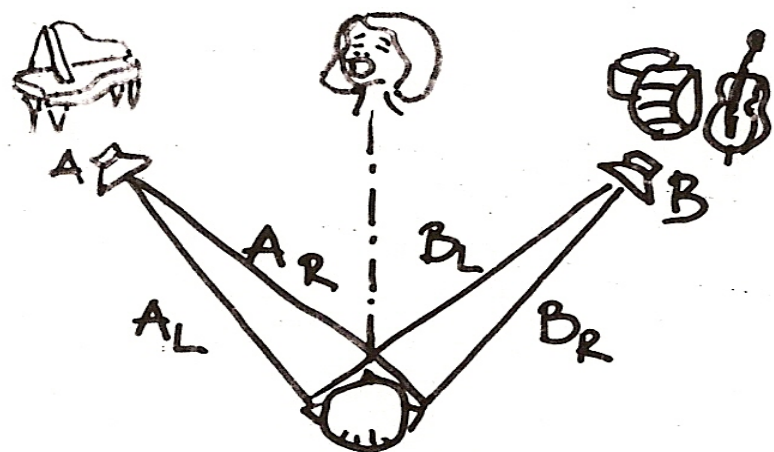


Fig. 2-14

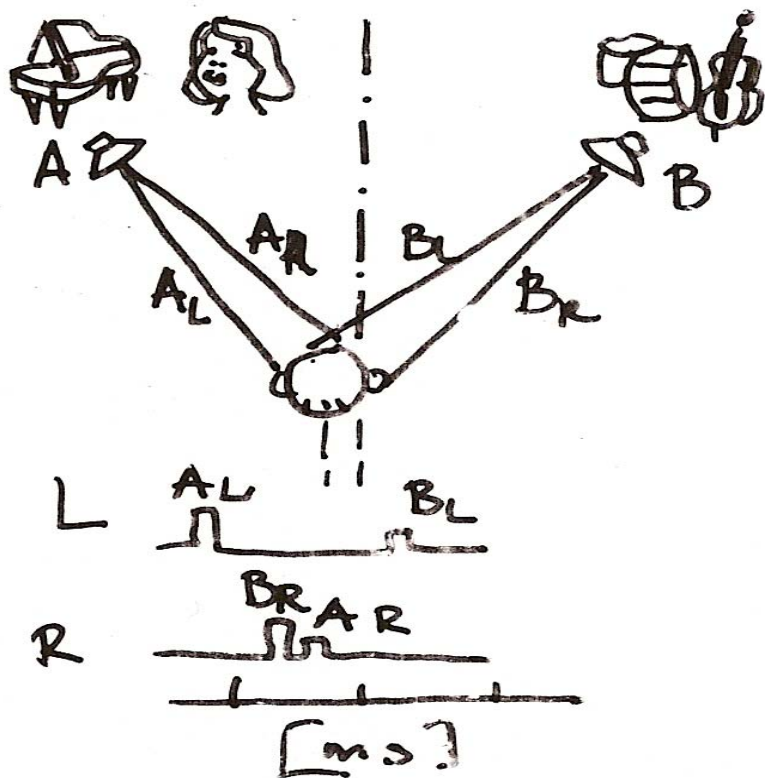
Zwiększenie poziomu o 20 dB w lewym kanale powoduje, że źródło pozorne jest dobiegane w lewym kanale (brak opóźnienia)

Przestrzenna lokalizacja źródeł dźwięku



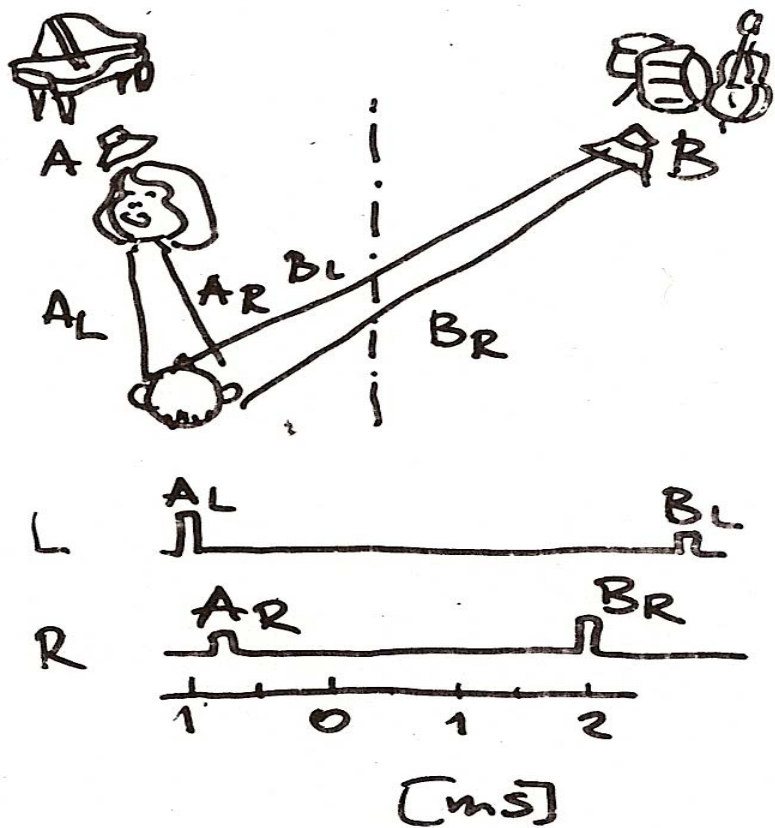
- Ilustracja odbioru poszczególnych elementów źródła pozornego

Przestrzenna lokalizacja źródeł dźwięku



- Ilustracja odbioru poszczególnych elementów źródła pozornego (oś czasu pokazuje różnice dojścia dźwięku w czasie)

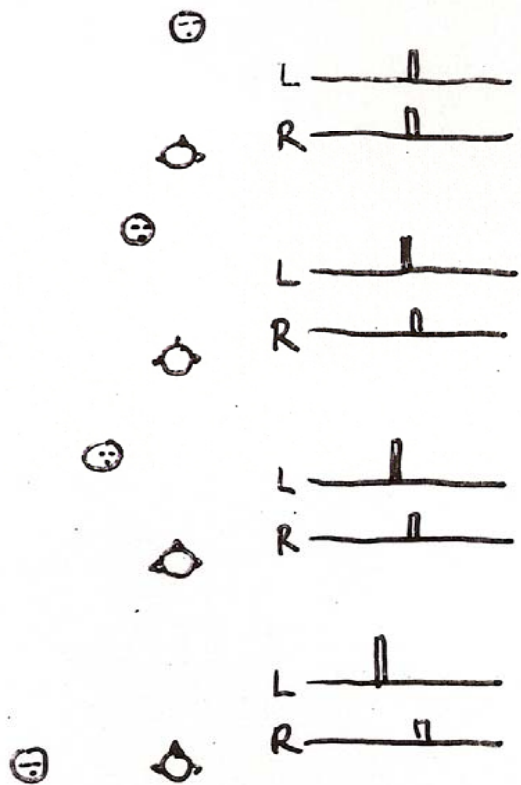
Przestrzenna lokalizacja źródeł dźwięku



- Ilustracja odbioru poszczególnych elementów źródła pozornego (oś czasu pokazuje różnice dojścia dźwięku w czasie)

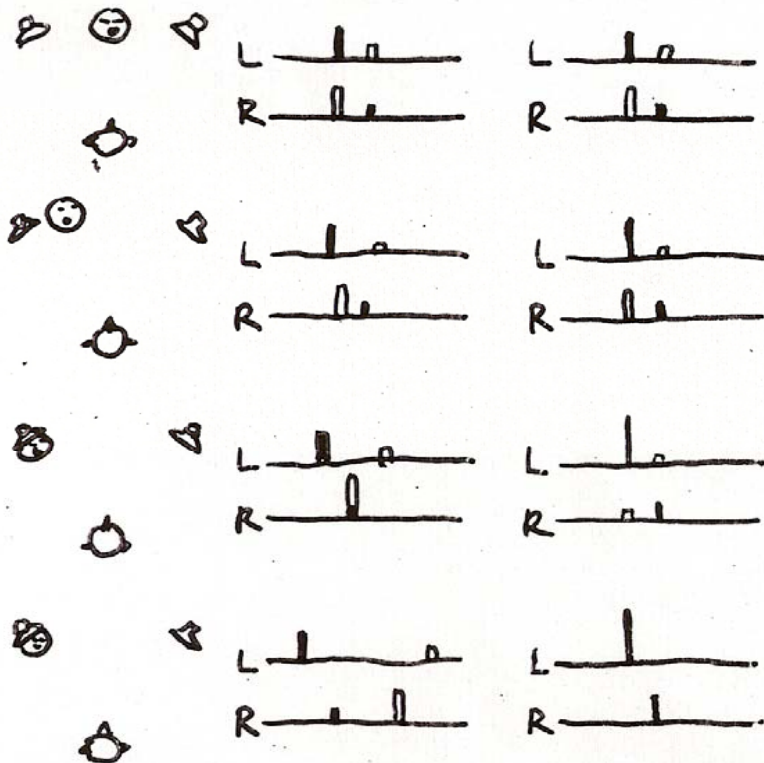
Przestrzenna lokalizacja źródeł dźwięku

NATURALNY



INTERCHANNEL
TIME
DIFFERENCE

INTERCHANNEL
AMPLITUDE
DIFFERENCE



Przestrzenna lokalizacja źródeł dźwięku

[funkcja HRTF]

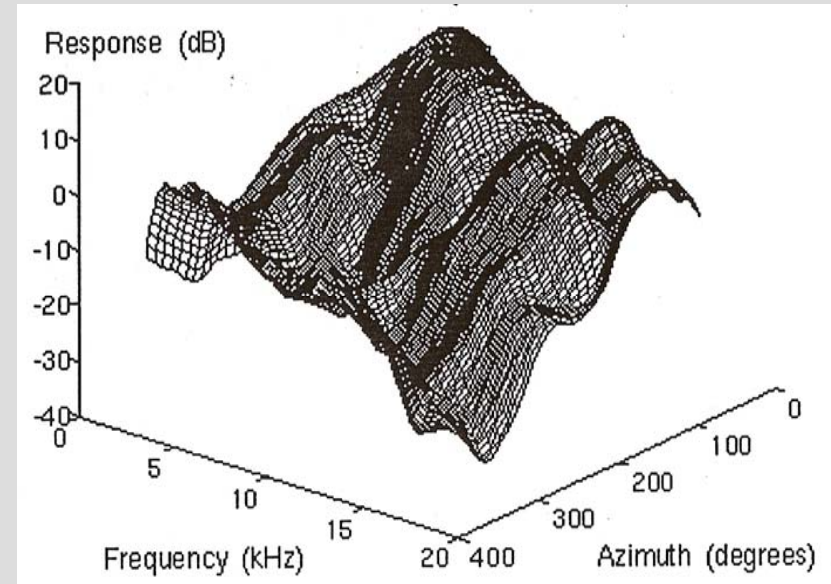
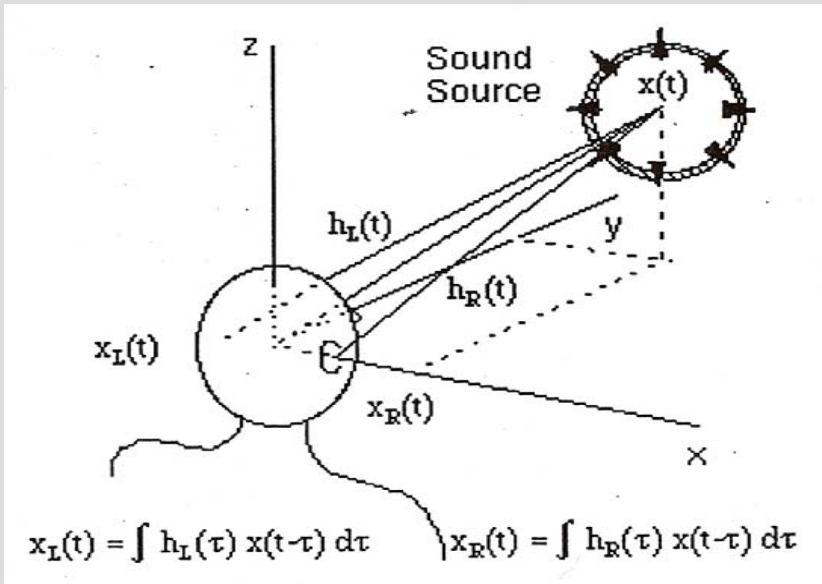
HRTF zwana inaczej charakterystyką „przenoszenia głowy” dotyczy filtracji przestrzennej (anatomiczne funkcje przenoszenia)

Pojedynczy filtr HRTF składa się z dwóch filtrów, po jednym dla każdego ucha, które zawierają wszystkie informacje o dźwięku (np. IID, ITD) istotne dla słuchającego. Filtry zmieniają się w zależności od miejsca, z którego dochodzą dźwięki do słuchającego. Pełny zestaw HRTF zawiera wiele filtrów, które opisują sferyczne środowisko dźwiękowe - 360 stopni we wszystkich kierunkach.

Jest to również zbiór odpowiedzi impulsowych u wejścia do kanału słuchowego zmierzone dla sygnałów z różnych punktów przestrzeni. Te dane pozwalają tak modelować dźwięk w słuchawkach, aby możliwa była jego eksternalizacja.

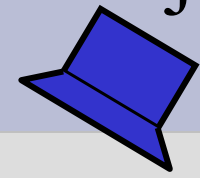
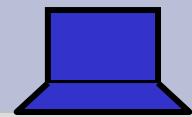
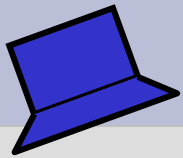
Przestrzenna lokalizacja źródeł dźwięku [funkcja HRTF]

Funkcja HRTF w płaszczyźnie horyzontalnej



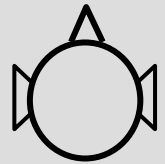
Przestrzenna lokalizacja źródeł dźwięku

[funkcja HRTF



Cel filtracji

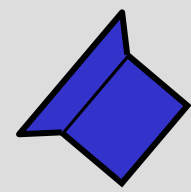
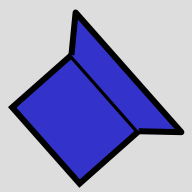
Wykorzystanie funkcji HRTF jako narzędzia do regulacji panoramy w dźwiękowych systemach wielokanałowych



słuchacz

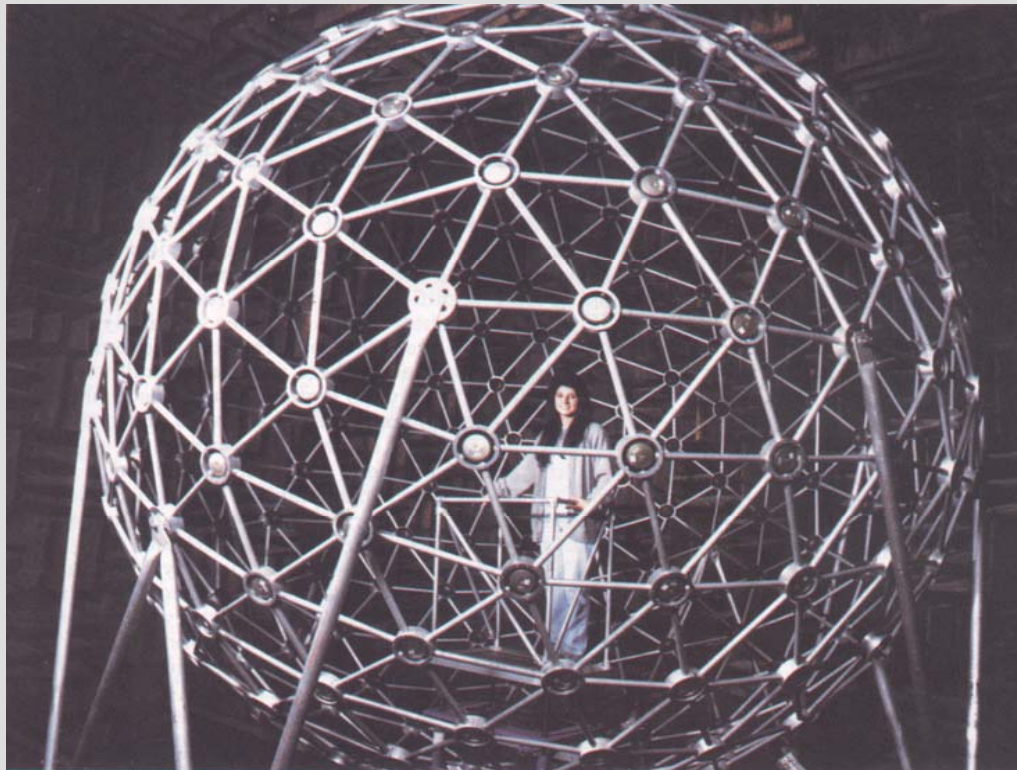


pozorne źródło dźwięku



Przestrzenna lokalizacja źródeł dźwięku [funkcja HRTF

Wyznaczanie funkcji HRTF w komorze bezechowej



Przestrzenna lokalizacja źródeł dźwięku [funkcja HRTF

Sposób wyznaczania funkcji HRTF

