

**Andrzej Czyżewski<sup>1,2</sup>, Artur Lorens<sup>1</sup>, Henryk Skarżyński<sup>1</sup>,  
Bożena Kostek<sup>1,2</sup>, Wanda Wojnarowska<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Instytut Fizjologii i Patologii Słuchu,  
Warszawa

<sup>2</sup> Politechnika Gdańska,  
Katedra Inżynierii Dźwięku  
Gdańsk

## **Próba multimedialnego przedstawienia i skatalogowania uszkodzeń słuchu\***

Multimedia catalogue of hearing impairments

**Słowa kluczowe:** odbiorcze uszkodzenie słuchu, symulacje komputerowe,  
baza danych

**Key words:** sensorineural hearing loss, computer simulation, data base

### **Streszczenie**

W celu wykorzystania symulacji różnego typu ubytków słuchu w praktyce i szkoleniu osób zajmujących się szeroko pojętą audiologią postanowiono stworzyć multimedialny katalog uszkodzeń słuchu. Katalog składa się z części opisowej, skróconego banku danych o popularnie używanych aparatach słuchowych oraz bazy danych z wybranymi przypadkami patologii słuchu. Katalog zostanie wydany na dysku CD-ROM

### **Summary**

For optimal using of the simulation of hearing impairments in practice for people engaged in audiology: ENT doctors, speech therapists, engineers, it has been decided to develop a multimedia catalogue of hearing impairments. Catalogue consists of describing part, condensed data base of commonly used hearing aids, and data base of some subjects. Multimedia catalogue is implemented on CD-ROM.

---

\* Badania były dofinansowane przez komitet Badań Naukowych w ramach grantu nr 8T11E033010.

## WSTĘP

Ludzie zdrowi z prawidłowym słuchem nie potrafią sobie wyobrazić w jaki sposób odbierają dźwięki pacjenci niedosłyszający. Często wydaje się, że zwykle wzmocnienie dźwięku lub głośna mowa zrekompensują wadę. Dzieje się tak jedynie w przypadku uszkodzenia słuchu typu czysto przewodzeniowego, gdy przeszkoda znajduje się jedynie na drodze przewodzenia dźwięku, czyli w uchu zewnętrznym lub środkowym. Odbiorcze uszkodzenie słuchu, poza zmniejszeniem ostrości słyszenia, zmienia także barwę odbieranych dźwięków, zaburza różnicowanie częstotliwości, natężeń i zależności czasowych. Z tych powodów rozumienie mowy w przypadku odbiorczego uszkodzenia słuchu ulega zakłóceniu i proste wzmocnienie dźwięku nie daje oczekiwanej poprawy [Wojnarowska 1967].

Aby uświadomić osobom z prawidłowym słuchem, jakie problemy z odbiorem informacji dźwiękowej, zwłaszcza mowy, mają osoby niedosłyszające dokonano symulacji charakterystyk słyszenia pacjentów o różnym stopniu upośledzenia słuchu.

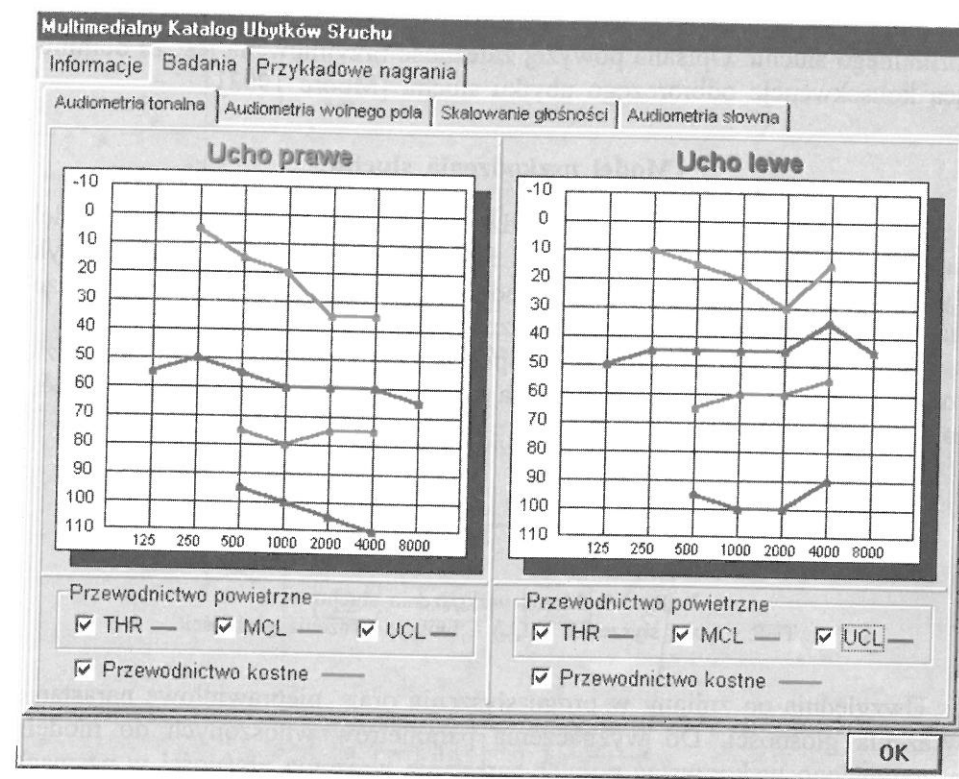
W celu wykorzystania symulacji różnego typu ubytków słuchu w praktyce i szkoleniu osób zajmujących się szeroko pojętą audiologią postanowiono stworzyć multimedialny katalog uszkodzeń słuchu. W rezultacie zostanie przygotowana multimedialna baza nagrań, w której zostaną zgromadzone i skatalogowane w formie graficznej i opisowej wraz z odpowiadającymi im przykładami dźwiękowymi różnego typu charakterystyki uszkodzeń słuchu.

## STRUKTURA KATALOGU

Katalog składa się z części opisowej, skróconego banku danych o popularnie używanych aparatach słuchowych oraz bazy danych z wybranymi przypadkami patologii słuchu. Część opisowa zawiera informacje w formie tekstowej i graficznej o anatomii ucha, metod badań słuchu, typach ubytków słuchu. W banku danych zgromadzone są podstawowe parametry i charakterystyki popularnych aparatów słuchowych. Baza danych z przypadkami patologicznymi zorganizowana jest według głównych typów ubytków słuchu: przewodzeniowego, odbiorczego i mieszanego. Przypadki patologiczne reprezentowane są przez opis medyczny, wyniki badań audiologicznych, wyniki ankiety ukazującej subiektywną korzyść ze stosowanych protez słuchu, przykłady dźwiękowe symulujące odbiór akustyczny pacjenta.

## IMPLEMENTACJA

Katalog został wykonany przy użyciu pakietu Delphi firmy Borland. Pakiet ten zawiera wszystkie niezbędne mechanizmy potrzebne do tworzenia multimedialnej bazy danych. Przykładowe okno interfejsu użytkownika pokazane jest na ryc. 1. Katalog zostanie wydany na dysku CD-ROM.



Ryc. 1. Przykładowe okno interfejsu graficznego

## SYMULACJA CHARAKTERYSTYK SŁYSZENIA

### Odbiorcze uszkodzenie słuchu

Odbiorcze uszkodzenie słuchu wpływa w różny sposób na odbiór dźwięków przez pacjenta. Zmiany, takie jak zmniejszona czułość na dźwięki, zmiana barwy odbieranych dźwięków są intuicyjnie łatwe do wyobrażenia. Inne, takie jak zmniejszona rozdzielczość czasowa czy częstotliwościowa są już mniej oczywiste i uwzględnienie ich jest planowane w kolejnych wersjach katalogu [Glasberg 1988].

Zmniejszona czułość na dźwięki występująca w odbiorczym uszkodzeniu słuchu jest zależna od częstotliwości oraz od poziomu głośności. Dla poziomów głośności odpowiadających progom słyszenia jest ona mierzona rutynowo w funkcji częstotliwości i przedstawiana na audiogramie. Gdy poziom dźwięku wzrasta ponad próg słyszenia, wrażenie głośności zbliża się do wrażenia odbieranego w przypadku normalnego słuchu.

A zatem w odbiorczym uszkodzeniu słuchu występuje zmniejszenie dynamiki słyszenia, czyli wzrost wrażenia głośności jest szybszy niż w przypadku normalnego słuchu. Opisana powyżej zależność przyjmowana jest za dominującą konsekwencje odbiorczego ubytku słuchu [Moore 1993].

### Model uszkodzenia słuchu

Aby móc symulować dane upośledzenie słuchu, należy zbudować model, na podstawie którego będzie można tworzyć różnego typu charakterystyki słyszenia. Parametry wnoszone do modelu muszą być możliwe do wyznaczenia za pomocą testów psychoakustycznych.

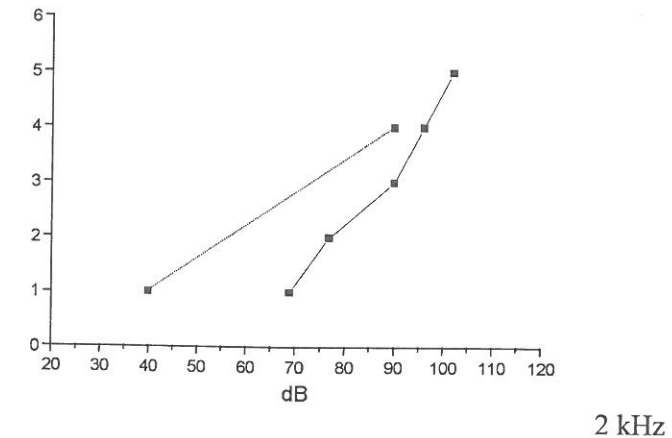
Model, na podstawie którego w sposób zadawalający można prześledzić konsekwencje upośledzenia słuchu na odbiór dźwięków, przedstawiony jest na ryc. 2.



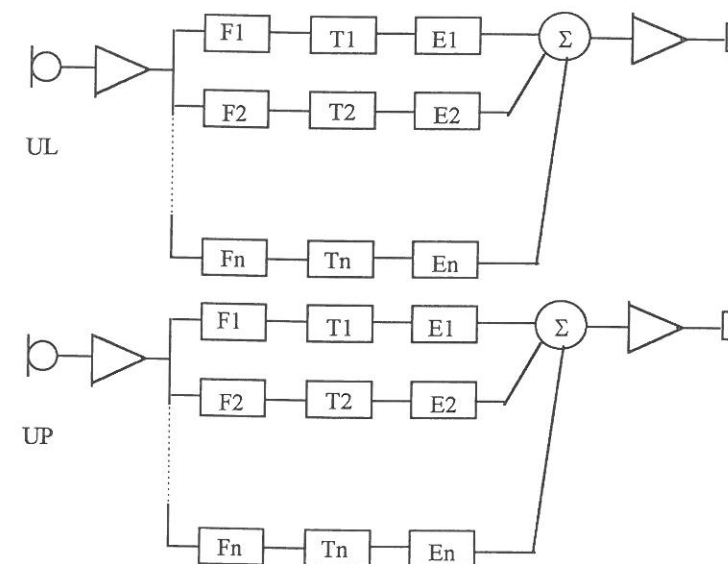
Rys. 2. Model uszkodzenia słuchu  
THR – próg słyszenia;  $F(f, L)$  – funkcja wrażenia głośności

Uwzględnia on zmiany w progu słyszenia oraz nieprawidłowe narastanie wrażenia głośności. Do wyznaczenia parametrów wnoszonych do modelu postanowiono wykorzystać pomiar narastania wrażenia głośności w pasmach oktawowych – LGOP test (Loudness Growth in Octave Bands test). Został on opracowany przez AT&T Bell Laboratories i zaadaptowany do użytku klinicznego przez firmę Resound. Pomiary przeprowadzono za pomocą aparatu firmy Resound – DHS (Digital Hearing System). W czasie trwania testu pacjentowi prezentowane są bodźce akustyczne będące półoktawowym szumem pasmowym o częstotliwości środkowej 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz i 4000 Hz. Bodźce prezentowane są w grupach po trzy. Trwające pół sekundy sygnały szumowe są oddzielone półsekundowym okresem ciszy. Amplituda i częstotliwość środkowa sygnału szumowego zmieniana jest w sposób losowy. Pacjent za pomocą mini klawiatury z klawiszami od 0 do 6, oznaczonymi odpowiednio jako: 0 – nie słysząc, 1 – bardzo cicho, 2 – cicho, 3 – średnio głośno, 4 – głośno, 5 – bardzo głośno, 6 – za głośno, określa subiektywny

poziom głośności. Proces prezentacji bodźców i akwizycji odpowiedzi pacjenta przebiega automatycznie zgodnie z algorytmem opartym na zasadzie tzw. podwójnego sprawdzenia. Wyniki zapamiętywane są i przetwarzane tak, że w rezultacie otrzymuje się nieliniowe funkcje wrażenia głośności dla czterech częstotliwości środkowych, aproksymowane przez cztery odcinki funkcji liniowej, tak jak na ryc. 3.



Rys. 3. Przykładowa funkcja wrażenia głośności.



Rys. 4. Schemat blokowy algorytmu symulacji charakterystyk słuchu.  
F – filtry oktawowe o częstotliwościach środkowych 500 Hz, 1 kHz, 2 kHz, 4 kHz;  
T – tłumienie sygnału o poziomie mniejszym od progu słyszenia; E – ekspander

W celu symulacji charakterystyk słyszenia w oparciu o opisany powyżej model wykorzystano mikroprocesorowy system uruchomieniowy DSP56002EVM. Program realizujący algorytm wg schematu blokowego z ryc. 4 napisano w języku Motorola Asembler. Przetwarzanie sygnału fonicznego polega więc na podziale na cztery pasma oktawowo poprzez odpowiednią filtrację, na wytłumieniu sygnału o poziomie mniejszym od ustawionego progu i ekspansji dynamiki zgodnie z przebiegiem funkcji wrażenia głośności. Subiektywnym poziomom głośności od 1 do 6 przyporządkowano wartości ciśnienia akustycznego odpowiadające tym poziomom dla statystycznego przypadku słuchu prawidłowego.

### PODSUMOWANIE I DALSZE ZAMIERZENIA

Autorzy zakładają, że przygotowywany multimedialny katalog uszkodzeń słuchu przyczyni się do głębszego zrozumienia problematyki związanej z uszkodzeniami słuchu, a w konsekwencji do lepszej opieki świadczonej ludziom niesłyszącym i niedosłyszącym.

Rozwój techniki informatycznej i multimedialnej stwarza coraz większe możliwości tworzenia tego typu opracowań. Tak więc w niedalekiej przyszłości planuje się poszerzenie proponowanego katalogu zarówno o większy materiał, jak również o symulacje słyszenia, które uwzględniłyby pogorszenie się rozdzielczości czasowej i częstotliwościowej u osób z odbiorczymi ubytkami słuchu.

### Bibliografia

- Bystrzanowska T., Wojnarowska W., 1967: Atlas Audiologiczny PZWL, Warszawa.
- Glasberg B. R., Moore B. C. J., 1988: Psychoacoustic abilities of subjects with unilateral and bilateral cochlear hearing and their relationship to their ability to understand speech in noise. *Scand Audiol Suppl* 32.
- Lorens A., Czyżewski A., Skarżyński H., Kostek B., Królikowski R., Szady A., 1996: Multimedialny katalog uszkodzeń słuchu VII Sympozjum Reżyserii i Inżynierii Dźwięku Kraków.
- Moore B. C. J., 1991: Characterization and simulation of impaired hearing implications for hearing aid design. *Ear Hear*, 12.
- Moore B. C. J., Glasberg B. R., 1993: Simulation of the effects of loudness recruitment and threshold elevation on the speech intelligibility of speech in quiet and in background noise. *J Acoust Soc Am* 94:2050-2062
- Öhgren G., Dahlquist M., 1995: To hear hearing impaired. Simulating Consequences of a hearing loss. European Conference on Audiology 1989, Noordwijkerhout, 19-23.03. Proceedings.