

1. Lokalizacja pozornych źródeł dźwięku w nagraniach binauralnych

Adam Rosiński

1.1 Wstęp

Historia reżyserii dźwięku to nie tylko kompozytorzy, style, formy muzyczne, rodzaje fonogramów oraz budowa instrumentów, ale również rozwój techniki cyfrowej, usprawniającej pracę reżysera dźwięku, nowe techniki mikrofonowe, innowacyjne metody odsłuchu nagrań cyfrowych, niekonwencjonalne sposoby cyfrowej edycji materiału muzycznego oraz realizacji materiału dźwiękowego w postaci nagrania.

Technika binauralna została pierwszy raz zastosowana w 1881 roku na deskach opery paryskiej przez Clement Ader'a, który ustawił dwa mikrofony w odległości 8cm od siebie do rejestracji koncertu, jako imitację przestrzeni międzyuszej. Następnie system zaprezentowano podczas wystawy elektryczności w Paryżu; sygnał dźwiękowy był przekazywany osobno do każdego ucha poprzez dwie oddzielne linie telefoniczne. Słuchacze wystawy byli zadziwieni realistycznością słyszanych dźwięków, które otaczały ich ze wszystkich stron tak, jakby byli częścią publiczności podczas koncertu.

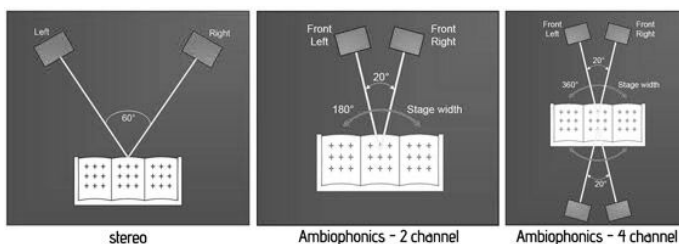
Nagrania binauralne tak samo jak nagrania stereofoniczne posiadają dwa kanały, lecz to co odróżnia realizacje binauralne to posiadanie całkowicie odseparowanych kanałów dźwiękowych. Oznacza to, że w przypadku nagrań binauralnych w lewym i prawym kanale będą reproduktowane odmienne treści dźwiękowe.

Słyszenie dźwięku przez człowieka odbywa się przy pomocy pary uszu, czyli systemu dwuosznego, dzięki czemu ludzie posiadają możliwość lokalizacji źródeł dźwięku. Dlatego też współczesne poszukiwania kierują na nowe aspekty wykorzystania nagrań binauralnych, często nazywanych nagraniami, potrafiącymi wygenerować wirtualną przestrzeń lub niepoprawnie – nagraniami 3D. Należy tutaj szczególnie uważać na pewien bardzo istotny szczegół; ponieważ nagrania 3D wywodzą się z układu aurofonicznego, często mylone są z tradycyjnym systemem przestrzennym. System przestrzenny to układ głośników 5.1, 7.1, 10.2 itp. umieszczonych na danych płaszczyznach, natomiast system aurofoniczny jest również systemem przestrzennym, ale posiada dodatkowy wymiar – wysokość umieszczenia głośników w danej przestrzeni.

Funkcją nagrań binauralnych jest uzyskanie takiego rodzaju przestrzeni, która w rzeczywistości jest iluzją, polegającą na „przeniesieniu” słuchacza w daną wirtualną rzeczywistość, tak jakby znajdował się wewnątrz niej np. koncert muzyki symfonicznej, gdzie instrumenty są rozstawione naokoło słuchacza.

1.2 Odsłuch nagrań binauralnych

Lokalizacja przestrzeni przy zastosowaniu stereofonicznego systemu głośnikowego i odpowiednim ustawieniu zespołów głośnikowych (wyłącznie z przodu) pozwala zazwyczaj na otrzymanie co najwyżej zadowalającego efektu. Umieszczenie dźwięku dobiegającego z tyłu głowy w przypadku systemu głośnikowego jest niewykonalne. Natomiast otrzymanie na zestawie głośnikowym lepszego pogłosu, możliwe jest dzięki występującemu zjawisku binauralnemu – tłumieniu pogłosowemu (ang. *binaural reverberance suppression*). Podczas nagrania należy odsłuchu dokonywać nie tylko na słuchawkach, lecz również na monitorach studyjnych, w celu niwelowania zbyt dużej pogłosowości (co na słuchawkach może zostać nie zauważone).



Ryc. 1 Odsłuch nagrań dźwiękowych przy użyciu dwóch i czterech głośników
 Źródło: <http://www.stekkie.com/?p=1346>

Bardzo ważnym etapem odsłuchu nagrań binauralnych jest zapewnienie płaskiej charakterystyki częstotliwościowej urządzeń odsłuchowych. Kalibrowanie mikrofonu binauralnego powinno odbywać się na zasadzie odbicia lustrzanego w paśmie częstotliwości przetwarzanych przez słuchawki. Na przykład, jeżeli słuchawki mają wzmocnienie częstotliwości w paśmie 4 kHz, powinniśmy osłabiać je podczas kalibrowania systemu w taki sposób, aby osiągnąć jak najlepszy efekt iluzji uzyskanej przestrzeni.

Słuchawki do odsłuchu nagrań binauralnych powinny mieć wyrównaną częstotliwość odtwarzania, można to osiągnąć dzięki dodatkowej korekcji bądź specjalnej kalibracji sprzętu. Wyrównania częstotliwości dla słuchawek gorszej jakości dokonuje się za pomocą cyfrowego przetwarzania sygnału. Powyższe kwestie są bardzo istotne, ponieważ składowe częstotliwości reprodukcji urządzenia przekładają się na widmo, a to z kolei na lokalizację wirtualnych źródeł dźwięku.

Warto pamiętać, że dzięki słuchawkom otrzymujemy efekt dźwięku „spoza głowy” a nie brzmienia z „wnętrza głowy”; jest to jedyna optymalna propozycja, pozwalająca na odsłuch nagrań binauralnych przy pełnym odseparowaniu kanałów.

Podjęto próby zbudowania systemu głośnikowego, który dobrze reprodukowałby realizacje binauralne, lecz zaproponowane rozwiązania miały szereg wad, które polegały na tym, że głowa słuchacza musi znajdować się w wyznaczonym miejscu, ruchy głowy powodują problemy w lokalizacji źródeł dźwięku, system głośników musi być dokładnie rozstawiony, przesunięcie ich o mały kąt może zaburzyć prawidłowe lokalizowanie dźwięku.

Prawidłowe wykorzystanie układu głośników polega na użyciu w nich urządzenia do filtracji HRTF (ang. *Head-Related Transfer Function*). Filtrowanie powinno opierać się również na oddziaływaniu na przesłuchy międzykanałowe docierające do słuchacza z lewej i z prawej strony (często ich anulowaniu lub modyfikacji). Dodatkowo system głośnikowy powinien mieć wyrównaną charakterystykę częstotliwościową, aby nie zaburzać naturalnego widma dźwięku uzyskanego przy nagraniu.

Wnioski wyciągnięte z badań nad nagraniami binauralnymi były motorem dla projektowania systemów stereofonicznych o rozszerzonej bazie, których celem jest zapewnienie przestrzennych wrażeń zarówno z przodu i z tyłu (wykorzystywane w aeronautyce i astronautyce). Natomiast komercyjne zestawy stereofoniczne sprzedawane na całym świecie nie mają tak wyspecjalizowanego sposobu prezentacji sygnału stereofonicznego.

1.3 Metody realizacji nagrań binauralnych

Realizacje binauralne podobnie jak nagrania stereofoniczne, składają się z dwóch kanałów, lecz w przypadku nagrań binauralnych do odsłuchu materiału dźwiękowego używane są słuchawki, co może być zarówno aspektem pozytywnym jak i negatywnym,

zależnie od sposobu zastosowania. Dodatkowo w przypadku nagrań binauralnych występują dwa kanały całkowicie odseparowane (co nie występuje w nagraniach stereofonicznych). Użycie zestawów głośnikowych powoduje problem przesłuchów międzykanałowych, które w czasie realizacji binauralnych powodują niewłaściwy efekt odbioru sygnału dźwiękowego. Wprowadzenie słuchawek pozwala na pełne odseparowanie kanału prawego i lewego, co jest niemalże nie do uzyskania przy wykorzystaniu zestawów głośnikowych. Zniekształcenia spowodowane odsłuchem materiału w różnych pomieszczeniach, o różnej akustyce i o odmiennej budowie w ogóle nie występują, ponieważ słuchawki całkowicie eliminują ten problem, niwelują wpływ pogłosu na odbiór i lokalizację źródła dźwięku w pomieszczeniach zamkniętych. Uzyskany efekt przestrzeni dźwięku, dochodzącego z za i z przodu głowy, często jest definiowany, jako inny od stereofonicznego.

Nagrania binauralne oparte są na założeniu, że najlepsze i najdokładniejsze odtworzenie przestrzennych sygnałów akustycznych osiągnie się wtedy, jeżeli do uszu słuchacza zostaną dostarczone takie same sygnały, jakie występują podczas naturalnego odsłuchu uzyskiwanego na artefaktycznej głowie. W ten sposób system binauralny ma odtworzyć wszystkie sygnały, które są niezbędne do dokładnej lokalizacji przestrzennej.

Zastosowania sztucznej głowy w nagraniach to nie tylko pozytywne aspekty zaprezentowane powyżej, ale również problemy i wady takie jak:

- artefaktyczna głowa jest wykonana w skali 1:1 w stosunku do wielkości ludzkiej głowy, stąd użycie jej do nagrań koncertowych jest problematyczne, bo może przeszkadzać widzowi,
- nie można sprawdzić prawidłowości zapisu z obu urządzeń mikrofonowych przy zamianie sygnału na mono, ponieważ urządzenie nie jest kompatybilne z systemem mono,
- zakup urządzenia wiąże się z dużym obciążeniem finansowym,
- syntetyczna głowa w przypadku nagrań inaczej przetwarza dźwięki niż słuch ludzki,
- sztuczna głowa jest traktowana, jako przeszkoda przy rozchodzeniu się dźwięku o średnich i wysokich częstotliwościach.

Warto wiedzieć, że nagrania binauralne mogą być również tworzone i montowane sztucznie, poprzez zmiksowanie różnej liczby sygnałów dźwiękowych. Każdy sygnał źródłowy jest filtrowany przez funkcję HRTF, która służy za narzędzie do regulacji panoramy w dźwiękowych systemach wielokanałowych lub różnicowych odpowiedziach impulsowych pomieszczenia. Następnie realizator dźwięku powinien wybrać odpowiednie nagrania i połączyć je w pary sygnałowe, w taki sposób, aby otrzymać jeden sygnał stereofoniczny. Synteza wirtualnych źródeł dźwięku jest niezwykle trudna, ponieważ od realizatora dźwięku wymagana jest wiedza w zakresie teorii muzyki, percepcji dźwięku, fizyki, informatyki i realizacji nagrań.

Mózg konstruuje model przestrzeni na podstawie trzech elementów: opóźnienia, z jakim sygnał dociera do uszu z punktu znajdującego się w różnych odległościach od nich (ang. *Interaural Time Delay* – ITD); różnicy w głośności między tymi sygnałami (ang. *Interaural Level Distance* – ILD) oraz w tym przypadku najważniejszej – różnicy w składowych częstotliwości dźwięku, jaki dociera z różnych kierunków (HRTF) [Bogusz 2003] – uzyskane informacje pozwalają na modelowanie dźwięku w słuchawkach.



Ryc. 2 Nagranie binauralne orkiestry

Źródło: Alex @ Kall Binaural Audio; http://www.flickrriver.com/groups/neumann_ku-100/pool/random/



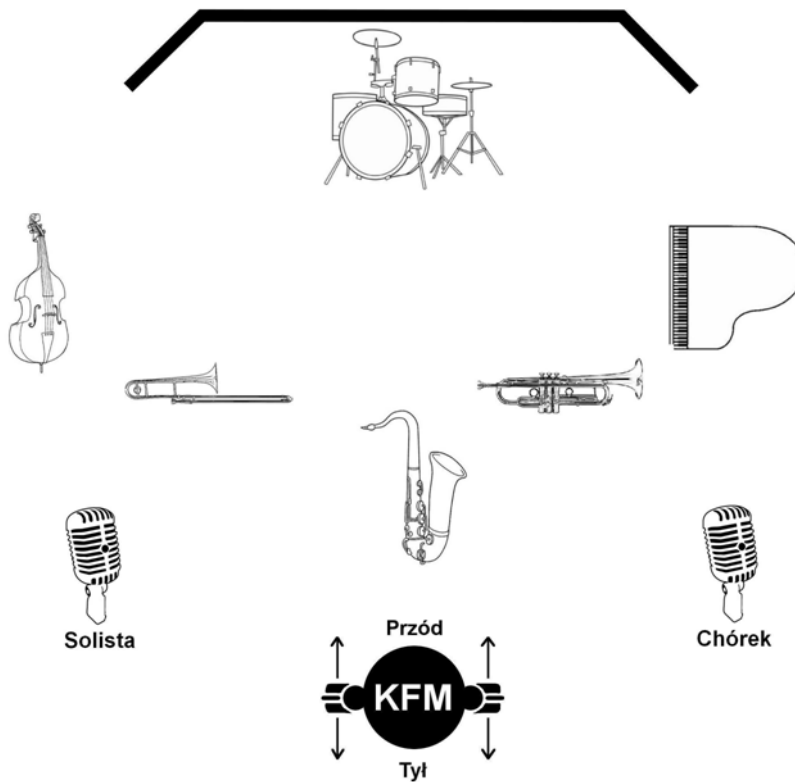
Ryc. 3 Nagranie binauralne zestawu perkusyjnego

Źródło: Alex @ Kall Binaural Audio; http://www.flickrriver.com/groups/neumann_ku-100/pool/random/



Ryc. 4 Nagranie binauralne dźwięków natury

Źródło: Alex @ Kall Binaural Audio; http://www.flickrriver.com/groups/neumann_ku-100/pool/random/



Ryc. 5 Nagranie binauralne zespołu jazzowego przy użyciu mikrofonu *Schoeps KFM 360* – przykład rozmieszczenia instrumentów w pomieszczeniu

Źródło: Rycina własna

1.4 Lokalizacja i percepcja pozornych źródeł dźwięku

Przetwarzanie binauralne dźwięku polega na przetwarzaniu sygnału dochodzącego do lewego i prawego ucha słuchacza. Aby omawiane zjawisko zaistniało w mózgu, ośrodkowy układ słuchowy musi oddzielić dźwięk dochodzący do lewego i prawego ucha, poprzez różnicę w czasie dotarcia dźwięku do ucha lub różnicę fazy. Druga kwestia to wykorzystanie tzw. efektu cienia głowy, polegającego na tym, że dźwięk docierający do jednego ucha jest intensywniejszy – dzięki czemu możemy zlokalizować go, zaś dźwięk trafiający do drugiego ucha jest tłumiony. Należy pamiętać, że zmiana barwy dźwięku może być spowodowana kształtem przewodu słuchowego zewnętrznego jak i małżowiny usznej.

W wyniku kombinacji odbić dźwięku od małżowin usznych i wewnątrz przewodu słuchowego występują zmiany w widmie dźwięku. Zmiany te powodują, że mózg otrzymuje informacje o odmiennym charakterze. Wspomniane różnice w widmie dźwięku oraz powstała filtracja grzebieniowa dają możliwość lokalizowania dźwięku. Drobne ruchy głową mogą być szczególnie przydatne w przypadku lokalizacji źródła dźwięku, za ich pomocą można uzyskiwać delikatną zmianę widma i nieco inną interpretację dokonywaną przez mózg przy różnych pozycjach głowy podczas odsłuchu.

Dźwięki niskie są trudne do zlokalizowania, ponieważ rozchodzą się bezkierunkowo. Dodatkowo różnica w dotarciu dźwięku do prawego i lewego ucha może być nieprawidłowo interpretowana, ponieważ kąty przestrzenne mogą skupiać się w zakresie jednej z osi (stąd pojawiać się mogą częste błędy lokalizacyjne). Natomiast sygnał szerokopasmowy, który zawiera różne częstotliwości składowe rozwiązuje tę kwestię, dzięki czemu dźwięk taki jest lepiej lokalizowany przez słuchacza.

Sygnały głośne, które są częściowo maskowane, również będzie można dobrze umiejscowić, jeżeli docierający sygnał jest szerokopasmowy. Dźwięk bezpośredni jest głównym ogniwem lokalizacyjnym, zaś dźwięki odbite mogą nieco lokalizację zaburzać, choć odbite nie są wykorzystywane przy subiektywnym tworzeniu lokalizacji. Dźwięki odbite docierające do słuchacza z opóźnieniem w zakresie 5 – 20 ms są dostrzegalne i interpretowane przez mózg, lecz nie są wykorzystywane w dalszym etapie postrzegania przestrzennego (jak w przypadku dźwięku bezpośredniego). Na mechanizm lokalizacji dźwięku przestrzeni największy wpływ mają czynniki takie jak: różnica w czasie dojścia dźwięku między prawym a lewym uchem, różnica natężenia fali akustycznej pomiędzy uszami oraz różnica w zakresie widma dźwięku docierająca do lewego i prawego ucha.

Wymienione wyżej mechanizmy lokalizacyjne umożliwiają percypowanie i lokalizowanie kilku różnych źródeł dźwięku, dzięki temu mechanizmowi zaistniało obu uszne tłumienie hałasu. Poprzez tłumienie niechcianych i niepożądanych sygnałów dźwiękowych dochodzących z różnych przestrzeni, dźwięki percypowane dodatkowo są poprawiane. Wynikiem tego jest maskowanie pewnych części sygnałów wejściowych, które przez mózg są interpretowane, jako niepotrzebne.

Dodatkowymi problemami, które mają wpływ na odbiór nagrań binauralnych to kształt małżowiny usznej oraz budowa przewodu słuchowego, które u każdego człowieka są inne, ponieważ różnią się wielkością, długością oraz kształtem. Owe różnice małżowin usznych wpływają na zmiany widma i czasu dojścia dźwięku do ucha, co jest tożsame z trudnościami w umiejscowieniu źródła dźwięku. Rola małżowiny usznej jest bardzo ważna przy lokalizowaniu dźwięków z przodu, tyłu oraz w płaszczyźnie wertykalnej, co wynika z różnic fazowych, które mogą powstać na skutek wielokrotnych odbić dźwięku.

Fałdy małżowiny, wpływają na pasmo przenoszenia, odbijając dźwięki do ucha. Powstałe odbicia łączą się z dźwiękiem bezpośrednim, powodując zmiany fazy dojścia dźwięku dla niektórych składowych częstotliwości. Natomiast rezonans wewnątrz kanału

słuchowego nie zmienia kierunku źródła dźwięku, stąd przewód słuchowy nie pełni ważnej funkcji w przypadku lokalizacji sygnałów dźwiękowych.

Ucho zewnętrzne (małżowina) oraz tzw. cień akustyczny głowy zmieniają pasma przenoszenia dźwięku. Różnice powstałe pomiędzy składowymi częstotliwości są pozytywnym aspektem, ponieważ powodują „dostrzeżenie” przez mózg pewnych zależności, czyli lokalizowaniu źródła dźwięku. Cień głowy oraz małżowiny uszne działają jak swoiste urządzenie korygujące w utrzymaniu lokalizacji przestrzennej dźwięku. Każde ucho odbiera inny zakres amplitudy i fazy danych częstotliwości (i ich składowe), ponieważ jedno z uszu jest zasłonięte przez cień akustyczny głowy, poza tym dodatkową funkcję spełnia rozstawienie uszu. Przy tworzeniu iluzji przestrzeni powyższe aspekty odgrywają znaczącą rolę.

Różnica w odbieraniu dźwięku przez urządzenie mikrofonowe i aparat słuchowy człowieka polega na tym, że mikrofony nie są tak kierunkowe jak uszy ludzkie, stąd uzyskany dźwięk w nagraniu często opisywany jest, jako surowy. Odbierane widmo dźwięków, które jest różne w obu uszach, interpretowane jest przez mózg na poziomie centralnego sumowania widm (Krumbholtz). Zurek w 2004 potwierdził i rozszerzył przedstawioną problematykę, zwracając uwagę na to, że centralny układ analizy widma wybiera średnią dotyczącą różnych zdarzeń dźwiękowych odebranych przez dwoje uszu. Układ ten może dodawać bodźce z obu uszu i prezentować ich sumę na poziomie mózgu, natomiast jeśli nastąpi dużo odbić z wielu kierunków, zabarwienie widma może całkowicie zniknąć poprzez efekt sumowania (Barron 1971, MouHon 1995, Case 2001). Zurek zaobserwował kolejny ważny element związany z oddziaływaniem na lokalizowanie przestrzeni, a mianowicie zauważył, że sumowanie widma następuje nawet wtedy gdy opóźnione dźwięki są znacznie cichsze od dźwięku bezpośredniego. Dlatego też układ słuchowy ma zdolność obuusznego słyszenia w taki sposób, że prowadzi to do pominięcia niektórych zakłóceń liniowych, dotyczących sygnałów wejściowych, które wpływają na wrażenie słuchowe.

W obrębie każdego pasma częstotliwości, występuje mechanizm przetwarzania, który oddziałuje często na dźwięk bezpośredni i wzmacnia jeden lub oba kanały wejściowe, uzyskując przybliżone wyrównanie sygnału wejściowego w każdym paśmie częstotliwości.

W każdym przedziale częstotliwości istnieje tylko jeden układ pozwalający na przetwarzanie dźwięku. Odzwierciedla to empiryczne dowody na to, że mózg jest w stanie odwołać się tylko do jednego kierunku dla każdego pasma częstotliwości w danej chwili [Kollmeier, Brand, Meyer 2008].

Precyzja umiejscowienia dźwięku to zazwyczaj dość wąski kąt, pod warunkiem, że dźwięk pojawia się z przodu głowy oraz nastąpi zauważalna różnica dźwięku w dościsłu do prawego i lewego ucha. Tak wielka precyzja lokalizacji jest możliwa tylko w ściśle określonych warunkach dzięki równoległemu przetwarzaniu, które dokonuje się na poziomie pnia mózgu, następuje wtedy porównanie dźwięków dochodzących do obu uszu.

Możliwość binauralnego słyszenia u człowieka jest często zakłócana w codziennych sytuacjach, ponieważ występowanie kilku źródeł dźwięku, różnych pogłosów i odbić oraz dodatkowe ruchy głową powodują, że mózg człowieka nie jest w stanie odebrać i przetworzyć wszystkich docierających informacji.

Eksperymenty przeprowadzone w 1999 roku w Institut für Rundfunktechnik dowodzą, że ruchy głowy są istotnym czynnikiem wpływającym na dokładność systemu binauralnego. Zauważono, że laboratoryjny ruch głowy ma duże znaczenie w interpretowaniu sygnałów dochodzących z przodu i z tyłu słuchacza, co oznaczało, że małżowiny uszne dostarczają sygnał niewystarczający do dobrej lokalizacji przód – tył. Dzięki tej metodzie zakłócenia związane z postrzeganiem sygnału dochodzącego z przodu

i z tyłu zostały praktycznie wyeliminowane. Należy zwrócić szczególną uwagę, że podczas badania słuchawki i sztuczna głowa odznaczały się wyrównaną (płaską) charakterystyką częstotliwościową.

Ludzie stopniowo dostosowują się i przyzwyczajają do zmiennych warunków nagrań binauralnych, cecha ta jest widoczna na poziomie wyższym, na którym mózg automatycznie zaczyna rozpoznawać lokalizację struktur dźwiękowych. Po przyswojeniu materiału dźwiękowego błędy dotyczące umiejscowienia pojawiają się znacznie rzadziej i są o wiele mniejsze, co jest wynikiem adaptacji do warunków przestrzennych procesu słyszenia. Największym problemem systemu binauralnego jest znalezienie optymalnego kompromisu pomiędzy dokładnością lokalizacji, kompatybilnością z wieloma słuchaczami oraz solidnością samego nagrania. Każdy z nas charakteryzuje się indywidualną budową małżowiny usznej, w związku z tym należy odnaleźć kompromis pomiędzy jak najlepszym efektem lokalizacyjnym a możliwością rozpoznania tego efektu. Osiągnięto to poprzez standaryzację, tzn. wówczas, gdy umiejscowienie dźwięku w przestrzeni (choć relatywnie nie najlepsze) będzie dostrzegalne przez jak największą grupę słuchaczy. Dlatego wśród wielu respondentów pojawia się opinia, że nagrania binauralne są nienaturalne i uzyskany efekt przy dłuższym słuchaniu jest męczący.

1.5 Konkluzje

Nagrania binauralne fascynują znawców tego zagadnienia już od wielu lat. Zasadniczą ich trudność stanowi osiągnięcie jednakowego oddziaływania na wszystkich słuchaczy. Wynika to nie tylko z kształtu małżowiny usznej, ale również rozbieżności odpowiedzi częstotliwościowej słuchawek, ich mocowania i wielkości membrany oraz generowanych odmiennych funkcji HRTF. Dlatego konieczność takiej standaryzacji funkcji HRTF, aby mógł z niej korzystać każdy słuchacz spowodowała spadek jakości samej lokalizacji. Zwiększenie możliwości lokalizacyjnych w muzyce realizowanej w sposób binauralny, powinno opierać się na przygotowaniu badanych o względnie podobnych cechach budowy ucha i adresowaniu specjalnie przygotowanych nagrań do konkretnych odbiorców.

Przez wiele lat twierdzono, iż wyłącznie małżowiny uszne poprawiają możliwości lokalizacyjne przestrzeni w zakresie tył – przód, jednak najnowsze badania ukazały, że małżowiny uszne są tylko jednym z czynników powodujących możliwość tego rodzaju lokalizowania. Małżowiny uszne dostarczają do mózgu nieklarowną informację, dlatego decydującym czynnikiem w lokalizowaniu źródeł dźwięku z przodu i tyłu są delikatne ruchy głowy słuchacza. W związku z tym pożądanym zjawiskiem jest odwzorowywanie ruchu głowy ludzkiej i dołączenie tego elementu do realizacji binauralnych. Takie połączenie nagrań binauralnych wraz ze standaryzacją funkcji HRTF spowoduje, że wspomniane realizacje będą prawidłowo oddziaływać na dużą liczbę ludzi, pomimo występujących u nich rozbieżności w budowie ucha zewnętrznego.

Należy nadmienić, że nagrań binauralnych nie używa się do pomiarów np. poziomu dźwięku, ponieważ mikrofony umieszczone w małżowinach usznych nie wykrywają prawidłowego ciśnienia dźwięku, lecz dociera do nich dźwięk zmieniony wynikający z kombinacji kształtu małżowiny.

1.6 Zakończenie

Niniejsza praca dotyczy metod i technik mikrofonowych w realizacji nagrań, które mają na celu uzyskanie wcześniej niedostępnych efektów przestrzennych. Efekty wygenerowane dzięki takiej technice mogą niejednokrotnie zadziwić odbiorcę. Coraz szybszy wzrost możliwości w branży elektronicznej, bardziej wyspecjalizowane

mikrofony i narzędzia pomiarowe, które są często o wiele tańsze niż przed laty powodują, że nowa technologia jest sprzymierzeńcem każdego realizatora i reżysera dźwięku.

Dzisiejsze nastawienie na techniki stereo (tradycyjne odtwarzacze audio) oraz surroundowe (kina domowe) powoduje, że nagrania binauralne spadają na dalszy plan, będąc często niezauważone i zapominane. Dlatego też ważne jest, aby każdy reżyser i realizator dźwięku zapoznał się z systemem binauralnym, poznając, chociaż jego podstawy i zasady.

Niniejsza publikacja ma na celu przedstawienie następujących zagadnień:

- jakie znaczenie na przestrzenne lokalizowanie dźwięku przez człowieka mają, nowatorskie badania prowadzone w tej dziedzinie, dotyczące opisywania funkcji HRTF,
- zastosowania nowego sprzętu elektroakustycznego w realizacjach binauralnych,
- wpływu kształtu i budowy małżowiny usznej na odbiór dźwięku,
- wpływu ruchów głowy na odbiór dźwięku z tyłu oraz z przodu.

Autor wyraża nadzieję, że właściwe badania i stosowanie nowych środków oraz narzędzi pomiarowych, wpłynie na wzrost zainteresowania sygnałami binauralnymi i ich praktycznego zastosowania. Nowoczesne technologie, rozwój badań wprowadzają nas w nowe obszary poznawcze. Postęp jest nieuchronnym zjawiskiem wzrostu cywilizacji, dlatego też musimy nauczyć się czerpać z tych dobrodziejstw w taki sposób, aby zdobyć wiedzę empiryczną i umiejętności wykorzystania nowych technologii w praktyce.

Literatura:

- Bartlett B., Bartlett J.** 2007. Recording music on location, Burlington, MA: part D.
- Braasch J.** 2005. Modeling of binaural hearing, [w:] **Blauert J.** (ed.), Communication Acoustics, Berlin: 75-80.
- Breebaart J., Faller Ch.** 2007. Spatial audio processing. MPEG surround and other applications, Hoboken, NJ: 9-11.
- Brice R.** 1997. Multimedia and virtual reality engineering, Oxford, Boston: 218, 221-223.
- Davis M. F.** 2007. Audio and electroacoustics, [w:] **Rossing T. D.** (red.), Springer Handbook of Acoustics, New York: 777.
- Good D.** 1999. On Why the Blind Leading the Blind is a Good Idea, [w:] **Marsch J., Gorayska B., Mey J. L.** (ed.), Humane interfaces. Questions of method and practice in Cognitive Technology, Amsterdam: 240-242.
- Greenberg J., Blommer M.** 2011. Physical fidelity of driving simulators, [w:] **Fisher D. L., Rizzo M., Caird J. K., Lee J. D.** (ed.), Handbook of driving simulation for engineering, medicine, and psychology, New York: 7-16, 7-18.
- Hammershoi D., Moller H.** 2005. Binaural technique, [w:] **Blauert J.** (ed.), Communication Acoustics, Berlin: 224-232.
- Hurting B., Sharp J. D.** 1988. Multi-Track recording for musicians, Van Nuys, CA: 66.
http://audio.com.pl/pdf/akademia/2003_09_p47.pdf
http://www.aurofonie.com/html/en/en_aurophonic_s.html
- Jeffay K., Zhang HJ.** 2002. Readings in Multimedia computing and networking, London: 240-242.
- Kefauver A. P.** 2001. The audio recording handbook, 3rd edition, Middleton Wis: 101.
- Kleiner M.** 2012. Acoustics and audio technology, 3rd edition, Lauderdale FL: 384-386.
- Kollmeier B., Brand T., Meyer B.** 2008. Perception of Speech and Sound, [w:] **Benesty J., Sondhi M. M., Huang Y.** (red.), Springer Handbook of Speech Processing, Berlin: 67-70.
- Morton D. L.** 2006. Sound recording. The life story of a technology, Baltimore: 146.
- Owsinski B.** 2005. The recording engineer's handbook, Boston MA: 221-223.

Rosch W. L. 2003. Hardware Bible. Your complete guide to all PCs and all peripherals, 6th edition, Indianapolis, Ind: 896.

Rumsey F., McCormick T. 2009. Sound and recording, 6th edition, Amsterdam, London: 480-482.

Rumsey F. 2001. Spatial audio, Oxford: part 3.

Thompson D. M. 2005. Understanding audio. Getting the most out of your project or professional recording studio, Boston MA: 221-222.

Toole F. 2008. Sound Reproduction. Loudspeakers and rooms, Burlington MA: chapter 9, 15.

Nazwa instytucji: Akademia Sztuk Pięknych w Gdańsku, Międzywydziałowy Instytut Nauk o Sztuce, Zakład Nauk Humanistycznych

Recenzja naukowa: dr hab. inż. Andrzej Kulowski

Adres do korespondencji: adammuzyk@gmail.com