

# Technika ambisonics

## Bardzo krótkie wprowadzenie do innowacyjnej teorii

49

### Co oznacza termin?

Techniki i technologie zgrupowane pod nazwą *ambisonics* zostały w większości zdefiniowane w późnych latach 60. XX wieku i wczesnych latach 70. w wyniku eksperymentów z rejestracją dźwięku Michaela Garzona i jego kolegów z Oxford University Tape Recording Society (OUTRS). Warto o tym pamiętać, ponieważ większość słuchaczy (jak i kompozytorów) muzyki współczesnej uważa *ambisonics* za kolejną technologię *surround* w bezliku konkurujących ze sobą propozycji, m.in. *Wavefield Synthesis* (WFS), *Ambiophonics*, *Binaural*, 5.1, 7.1 itp. Odbiorcy zatem utożsamiają tę technikę z barwnymi strukturami dźwięków syntetycznych. Kiedy termin ten pojawia się w programie koncertu, najczęściej oczekujemy, że przestrzeń koncertową wypełnią dźwięki generowane elektronicznie. Takie wrażenia niewątpliwie były udziałem publiczności Warszawskiej Jesieni w 2009 roku podczas występu artystów z centrum DXARTS w Seattle, który odbył się w Hali Najwyższych Napięć Instytutu Energetyki. Założeniem twórców *ambisonics* było jednak wynalezienie sposobu na precyzyjne uchwycenie, zarejestrowanie i odtworzenie naturalnego wydarzenia muzycznego czy krajobrazu dźwiękowego.

Jako kompozytora specjalizującego się w muzyce elektroakustycznej, interesuje mnie zarówno tworzenie, jak i słuchanie abstrakcyjnych dźwięków, które wypełniają powietrze i rezonują w przestrzeni.<sup>1</sup> Rozpoczęcie tej dyskusji od kwestii rejestrowania

naturalnych dźwięków pomoże nam zrozumieć filozofię oraz korzyści płynące z *ambisonics*. Technika ta bowiem dąży do uchwycenia naturalnie wytwarzającego się pola akustycznego w trzech wymiarach.<sup>2</sup> Temu służy obmyślane w OUTRS ustawienie czterech mikrofonów (zdjęcie 1), za pomocą których możliwe było uchwycenie dźwięku w trójwymiarowej przestrzeni. Zgodnie z terminologią techniczną zabieg ten będziemy nazywać próbkowaniem pola akustycznego (*soundfield sampling*). Wspomniany system mikrofonów wydaje się rozwiązaniem intuicyjnym, jednak nie należy zapominać, że Gerzon, podobnie jak wielu jego kolegów z OUTRS, pracował również w Instytucie Matematyki na Uniwersytecie Oksfordzkim. Rozwój techniki *ambisonics* bazował więc na praktyce eksperymentatorskiej, ale miał także mocne podłoże teoretyczne. W dalszej części zajmiemy się odtwarzaniem i modyfikacją pola akustycznego, lecz naszym punktem wyjścia będzie możliwość zarejestrowania i uchwycenia cech przestrzennych realnego wydarzenia dźwiękowego.

Jeśli chodzi o sam termin *ambisonics*, prefiks „ambi-” oznacza „wokół”. Od tej podstawy słowotwórczej wywodzi się słowo *ambient*, którego dwa znaczenia wydają się użyteczne: istniejący lub obecny wszędzie dookoła oraz atmosferę otoczenia. Sam dźwięk jest oczywiście „akustyczny” („sonic”). Termin *ambisonics* został ukuty na początku lat 70., aby w prosty sposób opisać przełomowe podejście do dźwięku w technologii *surround*. Chciałbym zwrócić szczególną uwagę na drugą definicję słowa *ambient* mówiącą o atmosferze otoczenia, jako że stanowi ona istotny element *ambisonics*. Mam nadzieję, że technika ta zostanie objaśniona w poniższej dyskusji.

### Próbkowanie pola akustycznego: uchwycenie dźwięku

Obecnie, dzięki powodzeniu eksperymentów oksfordzkich sprzed czterech dekad, inżynier dźwięku czy elektroakustyk ma możliwość rejestrowania dźwięku za pomocą czterościennego systemu mikrofonów, sam jednak nie uważam tej metody za szczególnie dogodną. Mówiąc ściślej, wymaga ona niezwykle starannego ustawienia czterech mikrofonów względem siebie. Rozwiązaniem tego problemu okazało się



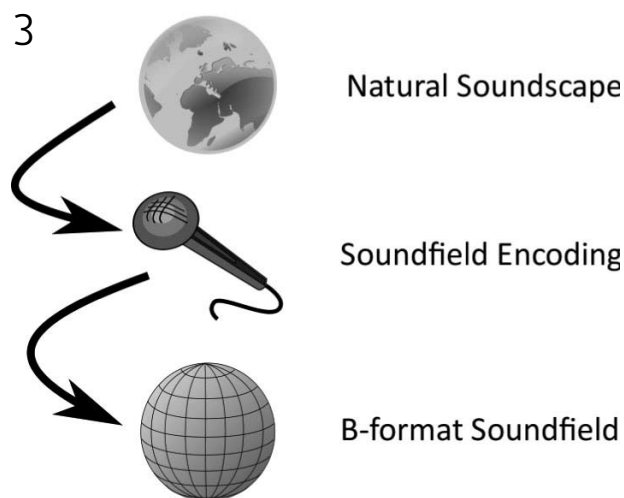


skonstruowanie przez Gerzona i Petera Cravena w 1975 roku mikrofonu Soundfield. Jeśli zajrzymy do wnętrza nowoczesnego mikrofonu wyprodukowanego przez Soundfield Ltd. (zdjęcie 2), zobaczymy tworzące czworoscian, ciasno ułożone cztery kapsuły mikrofonu. Z pewnością taki układ jest znacznie bardziej precyzyjny niż byłoby to możliwe przy oddzielnych mikrofonach. Co więcej, pomijając czystą geometrię, mikrofon soundfield dysponuje elektroniką, która dodatkowo zawęży uzyskane próbki do docelowego pola akustycznego.

Na pytanie, dlaczego potrzebne są nam aż cztery mikrofony, niezwłocznie pojawia się odpowiedź. Przypomnijmy sobie lekcje geometrii: dwa punkty określają prostą, która istnieje w jednym wymiarze, trzy punkty definiują dwuwymiarową płaszczyznę, ale potrzebne są cztery punkty, żeby określić objętość charakteryzującą się trójwymiarowością w przestrzeni. Takie wyjaśnienie cechuje pewna doza naiwności. Nagrywanie próbek pola akustycznego składa się na opis bardziej techniczny: akustycy opisują działanie mikrofonu soundfield jako „sferyczną dekompozycję harmonicznego pola akustycznego” (*spherical harmonic soundfield decomposition*). Z punktu widzenia matematyki nagrywanie próbek może odbywać się na różnym poziomie dokładności. Najbardziej ograniczona trójwymiarowa reprezentacja wymaga co najmniej czterech mikrofonów, by uzyskać efekt czterech „sferycznych harmonik” (*spherical harmonics*). W dalszej części artykułu udowodnię, że można do tego użyć większej liczby mikrofonów, jednak nie mniej niż czterech.

W nieco bardziej intuicyjny sposób wyobrażam sobie tę technikę niczym dzielenie przestrzeni na kawałki, tak jak

dzieli się ciasto lub tort. Pojedyncze mikrofony wylapują oddzielne „kawałki”, kompletując w ten sposób całościowy obraz dźwięków występujących w pobliżu mikrofonu. Obejmujemy wtedy obejmujący wszystko obraz otaczającego nas świata dźwięków: naturalny pejzaż dźwiękowy. Zilustrowany na rys. 3 proces kończy się reprezentacją uchwyconego pola akustycznego w tzw. „formacie B”. Mając do dyspozycji naturalny krajobraz dźwiękowy, kompozytor, niczym rzeźbiarz, ma możliwość przekształcania, restrukturyzowania i przeformowania cech przestrzennych dźwięku. Tym właśnie ambisonics uderzająco różni się od innych wspomnianych wcześniej technologii sound surround.



### Techniki B-format: przekształcanie przestrzeni

Trudno przecenić moc twórczą, jaką dają kompozytorowi techniki przetwarzania pól akustycznych w ramach ambisonics. W dużym stopniu jest to spowodowane reprezentacją całości pola akustycznego, zamiast umieszczania w przestrzeni jego pojedynczych elementów. Przestrzeń, a więc całe otoczenie dźwięku, jest zamknięta w formacie B. W chwili utworzenia kompletnego „obrazu” świata czy krajobrazu dźwiękowego, obraz ten może ulegać modyfikacji, wypaczeniu, odkształceniu czy dowolnemu przeobrażeniu zgodnie z intencją kompozytora.

### Rotacje pola akustycznego

Większość dyskusji na temat technik przetwarzania w formacie B rozpoczyna analiza przekształceń obrazów zwanych „rotacjami” (*rotations*). Zgodnie z przypuszczeniami, pozwalają one na przeformowanie pola akustycznego w formacie B. Nazwy rotacji zależą od osi, wokół których pole akustyczne obraca się w kartezjańskiej przestrzeni. „Nachylenie” pola akustycznego (*tilt*) zostało przedstawione na rys. 4: rotacje zachowują nienaruszone pole akustyczne i stanowią odpowiednik czynności „przekierowania” (*re-aiming*) lub „prowadzenia” (*steering*) mikrofonu w oryginalnej przestrzeni nagrania. Rotacje bywają niezwykle przydatne w działaniach naprawczych inżyniera dźwięku: pomagają w korekcie źle ustawionego mikrofonu studyjnego na przykład w celu wycentrowania kwartetu smyczkowego.

W zależności od kontekstu, zazwyczaj myślę o rotacjach dwutorowo. Jeżeli mamy do czynienia z nagraniem w formacie B pełnego i intensywnego naturalnego pejzażu dźwiękowego, rotacje przypominają efekt obracania głowy wraz ze zmieniającym

4



Soundfield X

Soundfield Y

wciąż kierunki krajobrazem dźwiękowym. Wyobraźmy sobie dzień nad brzegiem morza: w oddali szum fal, w bliższym planie bawiące się dzieci, mewy nad naszymi głowami, a tuż przy nas szczekający pies. Pomyślmy o dzieciach, które kręcą głowami podczas ruchliwej zabawy na plaży. Krajobraz dźwiękowy zdaje się obracać wokół nich wraz z ruchami ich ciał.

W przypadku wyizolowanych dźwięków rejestrowanych w studiu nagraniowym, rotacje wydają się przypisywać ruchy do dźwięków, którymi poruszają w przestrzeni. Powstaje więc wrażenie, że to nie słuchający powoduje zmianę jego relacji z krajobrazem dźwiękowym, lecz pojedyncze zarejestrowane, a następnie przekształcone dźwięki same zmieniają relację ze słuchającym. W celu uzyskania takiego efektu mobilności, kompozytor musi modyfikować zastosowaną rotację w czasie. Występowanie ciekawych zjawisk prowokują rotacje stosowane w różnym tempie i wokół wielu osi w tym samym momencie. W moim podręcznym zestawie technik tę nazywam „wirowaniem” (*twirl*).

### Odształcanie pola dźwiękowego

Dwa kolejne rodzaje technik przetwarzania dźwięku w formacie B dotyczą przestrzennego odształcania uchwyczonego dźwięku. Tzw. „przesuwanie” (*push*), „kondensacja” (*press*) i „spłaszczanie” (*squish*) polega przede wszystkim na przekształceniu układu dźwięków zarejestrowanych w formacie B (podczas gdy opisane poniżej techniki należące do kategorii „dominancy” – *dominance* – mogą także modyfikować balans pomiędzy pojedynczymi elementami). Według mnie, techniki „odsztalcania” (*wrapping*) są stosowane przez kompozytorów, którzy biorą na siebie największą odpowiedzialność twórczą podczas pracy w technice ambisonics. Narzędzia te bowiem pozwalają im być rzeźbiarzami przestrzeni, którzy nie tylko komponują w przestrzeni – sama przestrzeń jest przez nich aranżowana i przearanżowywana.

Rys. 5 ilustrujący „spłaszczanie” pola akustycznego daje przykład możliwych do uzyskania efektów i wyobrażenie zarejestrowanego krajobrazu dźwiękowego spłaszczonego przez oś. Podobnie do rzeźby wykonanej z fizycznie istniejących materiałów: kamienia, drewna czy metalu, wrażenia końcowe mogą być skrajnie różne w zależności od inicjalnego materiału dźwiękowego. Odształcanie aktywnego krajobrazu dźwiękowego (choćby na wspomnianej wcześniej plaży) wywołuje zupełnie inne wrażenie niż odształcanie pojedynczego dźwięku nagranego w studiu.

„Przesuwanie” i „kondensacja” odształcają i kompresują pole akustyczne w konkretnym kierunku. „Przesuwanie”

5



Soundfield X

Soundfield Y

Walt Disney Concert Hall w San Francisco,  
Frank Gehry, 2001-2003



[www.ambisonia.com](http://www.ambisonia.com)

[www.ambisonic.net](http://www.ambisonic.net)

[www.hull.ac.uk/sanm/CMT/ambisonics.html](http://www.hull.ac.uk/sanm/CMT/ambisonics.html)

[www.arup.com/Services/Acoustic\\_Consulting.aspx/Arup\\_Acoustics](http://www.arup.com/Services/Acoustic_Consulting.aspx/Arup_Acoustics)

[www.blueripplesound.com](http://www.blueripplesound.com)

[www.sonicarchitecture.de](http://www.sonicarchitecture.de)

[www.michaelgerzonphotos.org.uk](http://www.michaelgerzonphotos.org.uk)

[www.mhacoustics.com/mh\\_acoustics/mh\\_acoustics.html](http://www.mhacoustics.com/mh_acoustics/mh_acoustics.html)

[www.natashabarrett.org](http://www.natashabarrett.org)

[www.wyastone.co.uk/nrl](http://www.wyastone.co.uk/nrl)

[www.soundfield.com](http://www.soundfield.com)

utrzymuje pole akustyczne w formie kuli, natomiast „kondensacja” odkształca je do spłaszczonej sferoidy. Poprzez odkształcanie naszej plaży za pomocą zmieniającej się w czasie „kondensacji”, może powstać tzw. „rozkwit przestrzenny” (*spatial bloom*). Zjawisko to polega na rozwijaniu i powiększaniu płazowego krajobrazu dźwiękowego z jednego punktu, aby poszerzyć i wypełnić przestrzeń, jak w przypadku naszego pierwotnego nagrania w formacie B. Sam w znacznym stopniu korzystam z możliwości wyżej opisanej techniki, gdy chcę uzyskać rozkwitające dźwięki i krajobrazy dźwiękowe, co jest szczególnie widoczne w utworach *Mpingo* i *Pacific Slope*.

## Dominanta

Obok rotacji, technika dominaty (*dominance*) jest jedną z pierwszych transformacji uznanych za techniki przetwarzania dźwięku w ramach ambisonics i zastosowanych jako kontrolka w wysokiej klasy modelach mikrofonów Soundfield.<sup>3</sup> Czasem używa się określenia „zoom”, ponieważ wrażenie wywołane przez ów efekt przybliżania krajobrazu dźwiękowego można porównać z najazdem obiektywu aparatu czy kamery na krajobraz. Technika *dominance* ma wiele zastosowań dających rozmaite rezultaty, lecz kluczowym jest dostosowanie balansu głośności pomiędzy różnymi elementami pola akustycznego w formacie B. Podobnie dostosowujemy głośność pomiędzy czterema mikrofonami, które pierwotnie pobrały próbki pola akustycznego. W istocie to bardziej skomplikowany proces, lecz idea pozostaje niezmienna.

Wróćmy do metafory dzielenia tortu na kawałki. Z jednej strony *dominance* pozwala nam wybrać i „skoncentrować się” na jednym kawałku ciasta. Efekt *dominance* jest ciągły, zatem możemy stopniowo różnicować balans pomiędzy odrębnymi kawałkami. Wyobraźmy sobie skupienie uwagi na dźwięku biegnącym w jednym kierunku, na przykład wprzód, następnie rozszerzanie i dodawanie kolejnych kawałków tortu, co z kolei prowadzi do poszerzenia perspektywy. Posługując się ponownie metaforą nadmorskiego krajobrazu dźwiękowego, rozpoczęlibyśmy od kawałka reprezentującego bawiące się dzieci. Następnie, po stopniowym rozbudowaniu i wypełnieniu całej przestrzeni, odbiorca zostałby pochłonięty przez otaczający go nadmorski krajobraz dźwiękowy. Wraz z poprzednio omówionymi efektami, technika ta daje kompozytorowi szeroką kontrolę twórczą.

## Przestrzenny aliasing

W literaturze specjalistycznej termin *aliasing* zazwyczaj odnosi się do „niewłaściwej identyfikacji sygnału” bądź „wywołania zniekształcenia lub błędu”. Wydawałoby się, że tak zdefiniowane zjawisko byłoby przydatne z muzycznej perspektywy, jednak jako kompozytor za najbardziej wartościową uznaję definicję mówiącą o „fałszywej czy przyjętej tożsamości”. Inżynier dźwięku czy akustyk bę-

dzie się starał unikać *spatial aliasing*, mając za ideał precyzyjne uchwycenie pola akustycznego (czterokapsułowy mikrofon soundfield został zaprojektowany, aby wyeliminować problem, jaki napotkali twórcy czterościennej systemu mikrofonów stosowanego w OUTRS).

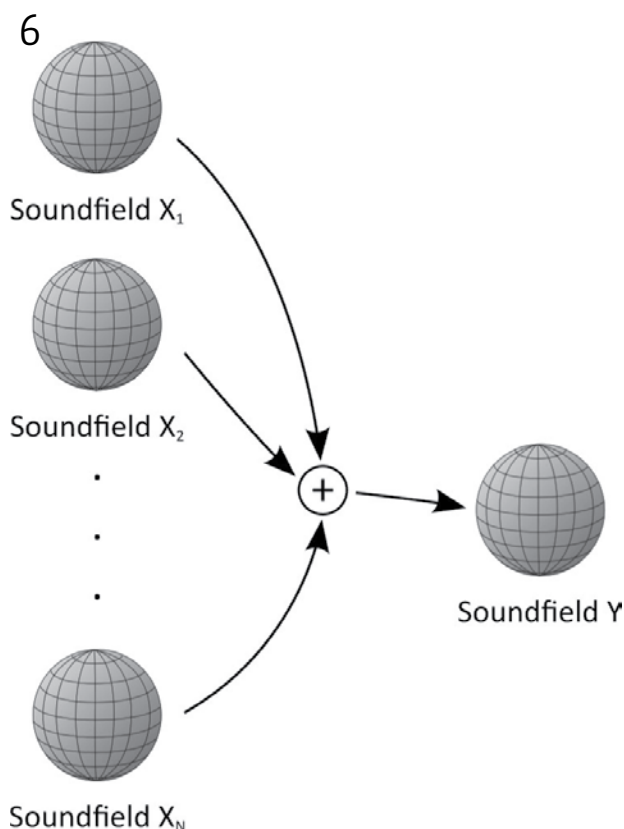
Kompozytor może odnaleźć w owej „fałszywej lub przyjętej tożsamości”, dwuznaczności, bardzo istotny element języka swojej kompozycji. W historii zachodniej muzyki poważnej znajdziemy dowody na to, że tonalna wieloznaczność jest postrzegana jako ważne narzędzie w dostępnej paletce środków ekspresji. Dzięki technikom *spatial aliasing* możemy zastosować podobne rozwiązania w kontekście przestrzeni: na jednym biegunie – ostre, wyraźne i silnie zdefiniowane obrazy; z drugiej strony – obrazy zamglone, niewyraźne, nieokreślone i niejednoznaczne. Wyobraźmy sobie jasno zarysowaną scenę, która stopniowo zanika i traci kształt lub przeciwnie, wyodrębniający się z mglistej przestrzeni jaskrawy świat. Format B tworzy reprezentację pola akustycznego, dlatego kompozytor może zastosować wiele różnych technik, aby stworzyć rozmaite rodzaje *aliasingu* wywołujące różnorodność wrażeń.

## Miksowanie pola dźwiękowego

Na pierwszy rzut oka propozycja stosowania „miksowania” (*mixing*) jako istotnej techniki przekształcającej pole akustyczne wydaje się dość dziwna. Wiele metod postępowania z dźwiękiem w technologii surround wymienionych na początku tego tekstu, w szczególności Wavefield Synthesis, w najlepszym wypadku postrzega się jako technologie utożsamiane z auralizacją dźwięku. W kontekście naszych rozważań auralizacja będzie sposobem modelowania przestrzeni, a następnie wpływania na lokalizację dźwięków w tej przestrzeni w stosunku do wzorcowej pozycji odbiorcy. Do powyższego modelowania możemy użyć technologii ambisonics, co ciekawe, naśladując tym samym niejeden system auralizacji (włącznie z systemami gier komputerowych czy projektami sal koncertowych). Ale stosowanie techniki ambisonics dla prostej auralizacji nie pozwala czerpać szczególnych korzyści z żadnej z opisanych technik.

Możemy ze sobą połączyć i nałożyć na siebie dowolną liczbę całych, złożonych pól akustycznych, tworząc w ten sposób nowe, niezwykle intensywne i skomplikowane krajobrazy dźwiękowe. Takie podejście zastosowała Ewa Trębacz w utworze *Errai* podczas jego premiery w ramach wspomnianego wcześniej koncertu muzyków z DXARTS. Kompozytorka umieściła mikrofon soundfield w dużej komorze pogłosowej i nagrała występ sopranistki Anny Niedźwiedź i waltornisty Josiaha Boothby'ego. Następnie zrobiła to raz jeszcze, i jeszcze raz, i znowu... W końcu połączyła wynikowe pola akustyczne, co ilustruje **rys. 6**. W rezultacie powstał akustycznie realistyczny, lecz intensywny i niezwykle obejmujący wszystko



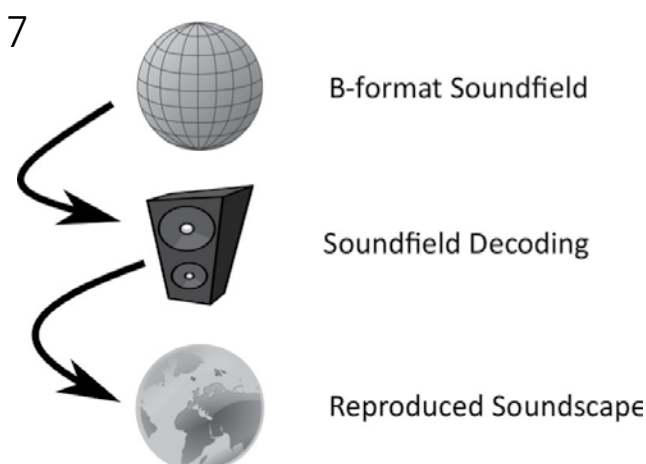


pejzaż dźwiękowy – superpowiększone tło. W tym przypadku nawarstwienie przestrzeni samej w sobie staje się techniką kompozycyjną.

### Reprodukcja pola dźwiękowego: odtwarzanie

Przenikliwy czytelnik zaznajomiony z systemami dźwięków w technologii surround zorientuje się, że nie omówiłem do tej pory liczby głośników potrzebnych do „odtworzenia” (*playback*) w technice ambisonics. Interesujące wydaje się, że technika ta nie wykorzystuje kanałów w taki sposób, do jakiego przywykliśmy. Rejestracja (lub synteza) pola akustycznego oraz jego odtwarzanie to dwa oddzielne i niezwiązane ze sobą działania. Spójrzmy na **rys. 7**: pole akustyczne w formacie B należy „zdekodować”, żeby umożliwić odsłuch „sferycznej harmoniki pola akustycznego” przez głośniki (lub słuchawki).

Idea rozdzielenia reprezentacji pola akustycznego jest składową postępowego projektu Gerzona i jemu współczesnych.



Format B reprezentuje w pełni trójwymiarowe pole akustyczne, natomiast sposób, w jaki go odsłuchujemy, zależy od nas. Proces dekodowania transponuje nasze pole akustyczne do pewnej liczby głośników, które mają za zadanie je odtwarzać. Dekodowanie może odbywać się w celu uzyskania dwukanałowego stereo<sup>4</sup> lub dwusieczkowego odsłuchu na słuchawkach<sup>5</sup>. Możemy dekodować do czterech głośników dla otrzymania zgodności z kwadrofonicznym systemem dźwięku w technologii surround.

Dzięki trójwymiarowości formatu B kompozytor może odtworzyć pełne systemy 3D, z głośnikami umieszczonymi powyżej i wśród widowni, co zapewnia całkowicie immersyjne i trójwymiarowe doświadczenie. Słuchacze w Hali Najwyższych Napięć doświadczyli odtworzenia materiału muzycznego z dwunastu głośników rozmieszczonych w kręgach po sześć – połowa z nich była ustawiona na podłodze, reszta podwieszona nad widownią. W moim studiu na uniwersytecie w Hull (**zdjęcie 8** na kolejnej stronie) korzystam z szesnastu głośników ustawionych w dwóch kręgach oraz czterech głośników basowych (subwoofers), co stanowi w pełni trójwymiarowy system surround (model 16.4). Z pewnością możliwe są również inne układy, a to ujawnia kolejną zaletę techniki ambisonics: liczba głośników odtwarzających materiał może być dostosowana do warunków planowanego występu, co jest prawdziwym dobrodziejstwem dla kompozytorów.

### Na horyzoncie: ambisonics wyższych porządków

Przekonaaliśmy się, że technika ambisonics, która towarzyszy nam od początku lat 70., jest już całkiem dojrzałą technologią. Co więc nowego nam oferuje? Dość niespodziewanie spostrzegamy, że ostatnie założenia rozwojowe technologii Wavefield Synthesis niechętnie biorą pod uwagę dalsze badania w dziedzinie tzw. ambisonics wyższych porządków (*Higher Order Ambisonics*, HOA). Zgodnie z metaforą dzielenia tortu na kawałki, którą opisywaliśmy próbkowanie pola akustycznego, cztery mikrofony zostały użyte do transponowania sferycznej dekompozycji harmonicznego pola akustycznego do formatu B. Można się zatem spodziewać, że należy zastosować więcej niż cztery mikrofony, by uzyskać cieńsze kawałki tortu, a więc bardziej precyzyjną reprezentację. Powiększanie kawałków, a więc i naszej precyzji, opisuje się jako zwiększanie „porządku” próbek sferycznych harmonik:

Ambisonic Order	Number of Spherical Harmonics
1	4
2	9
3	16

Jako kompozytor chwaliłem sobie pracę z formatem B pierwszego rzędu, lecz coraz większa precyzja pola akustycznego dostępnego dzięki HOA zapewnia bardziej skoncentrowane i trwalsze obrazy otwarte dla szerszej publiczności, co otwiera wspaniałe możliwości ekspresji. To oznacza, że HOA gwarantuje większą wierność przestrzenną i ostrzejszy realizm. Warto wiedzieć, że matematyka stanowiąca podstawę HOA i Wavefield Synthesis jest tożsama w sensie rozwiązania tego samego problemu, choć punkt wyjścia w obu przypadkach jest odmienny.

Okazuje się, że HOA to nie tylko dodanie kilku dodatkowych mikrofonów. Stanowią one bowiem osobne pole badań. Dotychczas przedstawiono szereg projektów i skonstruowano kilka eksperymentalnych systemów, ale w momencie pisania tego tekstu znam tylko jeden peryfoniczny, w pełni trójwymiarowy i dostosowany do HOA mikrofon na rynku: Eigenmike wyprodukowany przez mh acoustics (zdjęcie 9). Słuchałem zarówno pól akustycznych generowanych syntetycznie za pomocą HOA<sup>6</sup>, jak i eksperymentalnych nagrań przy użyciu mikrofonu Eigenmike. Niewątpliwie oba doświadczenia pozostawiły silne wrażenie. Nie znam jednak kompozytora, który miałby dostęp do nagrań HOA zrobionych za pomocą Eigenmike. Myślę, że to właśnie może stanowić przyszłość pracy muzyków z techniką ambisonics, umożliwiając HOA czerpanie ze wszystkich opisanych powyżej technik i środków ekspresji.

---

**Joseph Anderson**

School of Arts & New Media  
University of Hull

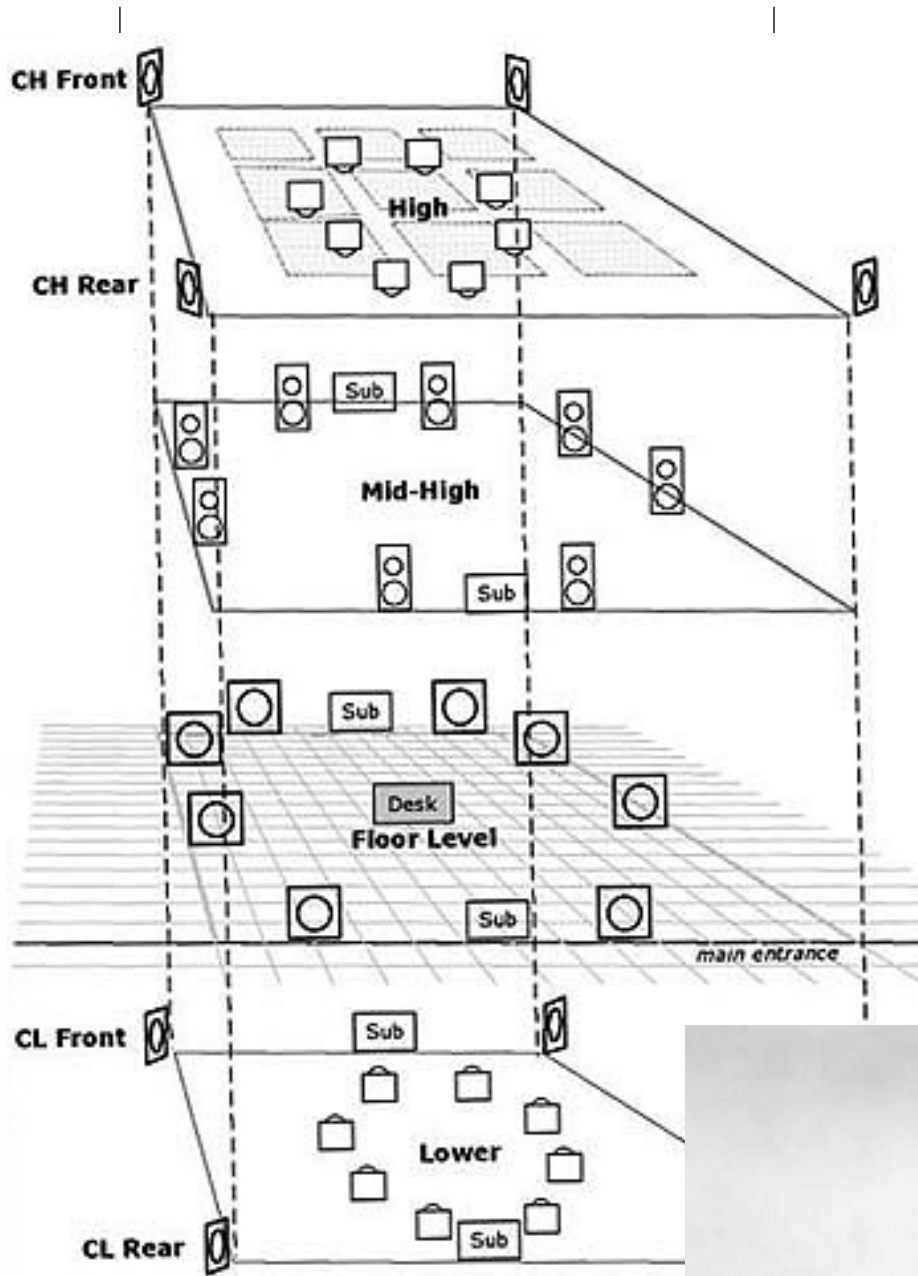
Tłumaczenie: **Marta Skotnicka**

---

- 1 Przyjechałem do Wielkiej Brytanii, aby studiować kompozycję i sztukę *sound diffusion* u Jonty Harrisona. Denis Smalley opisuje *sound diffusion* jako „projekcję i rozpraszanie dźwięku w przestrzeni akustycznej wobec grupy słuchaczy w przeciwieństwie do jego słuchania w przestrzeni osobistej” (w domu, biurze czy studiu nagraniowym). Inna definicja zakłada „udźwięcznienie” przestrzeni akustycznej i wzmocnienie kształtu i struktury dźwięków w celu wytworzenia satysfakcjonującego doświadczenia.
- 2 Literatura techniczna posługuje się terminem „peryfoniczny” (*periphonic*: „peri” oznacza „około”, „phonic” odnosi się do samego dźwięku).
- 3 Model MKV wyprodukowany przez Soundfield Ltd. posiada kontrolkę *dominance*.
- 4 Stereofoniczne nagrania wytwórni Nimbus Records tworzone są w technice ambisonics.
- 5 Systemy auralizacji często posługują się kanałem dwuścieżkowym.
- 6 Kilku kompozytorów, takich jak Natasha Barret i Jan Jacob Hofmann, eksperymentowało z tworzeniem muzyki z wykorzystaniem HOA.







55

Obok: Schemat rozmieszczenia głośników w studiu SARC w Belfaście  
Poniżej: Elbphilharmonie w Hamburgu, Herzog & de Mauron, 2007



9

