

# Surround, czyli sztuka oszukiwania (słuchu)

Celem niniejszego artykułu jest zapoznanie z podstawowymi ograniczeniami związanymi z przestrzennym odtwarzaniem dźwięku oraz krótkie przedstawienie analogowych i cyfrowych systemów dźwięku dookólnego. Chodzi głównie o rozwianie fałszywych wyobrażeń, wręcz mitów związanych z systemami "surround". Taka wiedza przyda się każdemu, a zwłaszcza tym, którzy zamierzają kupić lub zbudować domowy system dźwięku dookólnego.



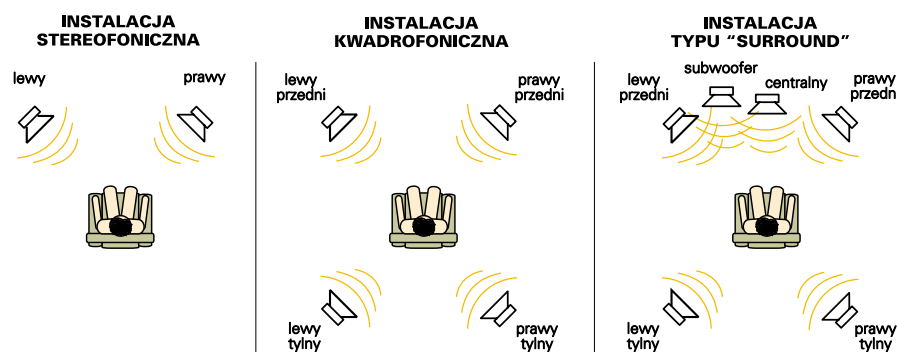
Część 1

Coraz częściej, nie tylko w sklepach, ale i w domach, można usłyszeć zestawy audio zawierające nie dwa, lecz 5...7 głośników. Niemal na każdym kroku można usłyszeć magiczne słowo surround. Nazwa surround sugeruje, że chodzi o dźwięk dookólny, niejako otaczający słuchacza ze wszystkich stron. Instalacje surround wydają się realizacją marzenia, by dać słuchaczowi wręcz idealne warunki odsłuchu. Nie jest to jednak wcale proste. Dlatego warto poznać kluczowe zagadnienia związane z systemami surround oraz z podstawowymi właściwościami słuchu, by nie dać się nabrać na tanie chwytły reklamowe.

umożliwiają wytworzenie wrażenia panoramy dźwiękowej. Słuchając dobrze nagranych utworów stereofonicznych można zamknąć oczy i na podstawie różnic dźwięku w obu kanałach umiejscowić poszczególnych wykonawców i instrumenty w panoramie między głośnikami. Wydawało się, że kolejnym ważnym krokiem będzie wprowadzenie kwadrofonii - systemu czterokanałowego. Niestety, kwadrofonia nie zyskała popularności. Proste rozumowanie podpowiada, że po fiasku kwadrofonii powinny pojawić się nowe, znacznie lepsze systemy dźwięku dookólnego czy przestrzennego. Istotnie, z czasem po-

woofler zapewni dobre odtwarzanie basów. Głośnik centralny pomaga jeszcze precyzyjniej zrealizować panoramę dźwiękową z przodu słuchacza. Dwa głośniki tylne mają za zadanie wzbogacić obraz dźwiękowy. Oprócz systemu sześciogłośnikowego, oznaczonego 5.1 (pięć kolumn plus subwoofer), często spotyka się też systemy pięciogłośnikowe (bez subwoofera), a bardzo rzadko ośmiogłośnikowe (7.1) czy jeszcze inne. Niestety, wielu nabywców zestawów audio oznaczonych dumnym napisem SURROUND po krótkim czasie użytkowania stwierdza, że nie jest to żadna rewelacja, a wrażenia dźwiękowe są zdecydowanie gorsze, niż w klasycznym systemie stereofonicznym. Natomiast inni, którzy korzystają z filmów z dźwiękiem surround, są zadowoleni i pozostają pod wrażeniem niesamowitych efektów dźwiękowych tam zawartych.

Wśród audiofilów zdania są podzielone. Niektórzy zdecydowanie chcą pozostać przy systemach i nagraniach stereofonicznych oraz klasycznej płycie kompaktowej. Mają argumenty na uzasadnienie takiego stanowiska. Inni z ciekawością sięgnęli po nowe, cyfrowe systemy surround, żeby się przekonać o ich właściwościach i uznali, że do takich systemów należy przyszość. Niezależnie od tego, co naprawdę przyniesie ta przyszłość, już teraz warto przyjrzeć się tej sprawie bliżej.



## Trochę historii

Aby uporządkować zagadnienie, należałoby powrócić do stereofonii i kwadrofonii. Warto przypomnieć, że dwukanałowy przekaz stereofoniczny był ogromnym krokiem jakościowym w stosunku do przekazu monofonicznego. Dwa głośniki, rozmieszczone przed słuchaczem, po jego prawej i lewej stronie,

zjawily się kilkgłośnikowe systemy oznaczone magicznym słowem surround. Najpierw, w latach siedemdziesiątych trafiły do najlepszych kin i rzeczywiście zrobiły wrażenie na odbiorcach. Potem pojawiły się domowe systemy dźwięku dookólnego. Ku zdziwieniu wielu starszych osób, pamiętających kwadrofonię, nowe systemy zawierają nie cztery, ale pięć lub sześć głośników. Dodatkowy sub-

## Dwa kierunki

Mówiąc o ograniczeniach trzeba rozróżnić dwa podstawowe kierunki i cele stawiane systemom elektroakustycznym:

1 - Odtworzenie zdarzeń dźwiękowych z jak największą wiernością, by słuchacz miał nieodparte wrażenie, że bierze udział w danym zdarzeniu muzycznym, na przykład koncercie w filharmonii.

2 - Dostarczenie słuchaczowi niezapomnianych wrażeń słuchowych, także sztucznych, nie spotykanych w rzeczywistości. Głównym celem nie jest tu wierność, a raczej zapewnienie atrakcyjnych efektów dźwiękowych.

Nie ulega wątpliwości, że są to dwa zupełnie różne kierunki. Pierwszy dotyczy głównie miłośników muzyki poważnej. Drugi przede wszystkim użytkowników kina domowego. Gdzieś pośrodku są jeszcze miłośnicy muzyki popularnej, rockowej, folkowej, itd., którzy chcieliby po trochu jednego i drugiego: i wierności, i efektów.

I tu nasuwają się kluczowe pytania:

**CO MOGĄ ZAPEWNIĆ, A CZEGO NIE ZAPEWNIĄ SYSTEMY DŹWIĘKU DOOKÓLNEGO?**

**CZY ZA POMOCĄ KILKU GŁOŚNIKÓW MOŻNA STWORZYĆ PRZEKONUJĄCĄ ILUZJĘ OBECNOŚCI W SALI KONCERTOWEJ?**

**CZY TE KILKA GŁOŚNIKÓW POZWOLI DOWOLNIE ROZMIESZCZAĆ POZORNE (WIRTUALNE) ŹRÓDŁA DŹWIĘKU WOKÓŁ SŁUCHACZA?**

**JAKIE OGRANICZENIA WNOŚI TU LUDZKI ZMYŚŁ SŁUCHU?**

Wiadomo, że zmysł słuchu człowieka pozwala lokalizować źródła dźwięku. Można zamknąć oczy i określić "na słuch" skąd przychodzi dźwięk. Ale nie jest to wcale takie proste i oczywiste, jak mogłoby się wydawać "na pierwszy rzut ucha".

## Lokalizacja źródła dźwięku

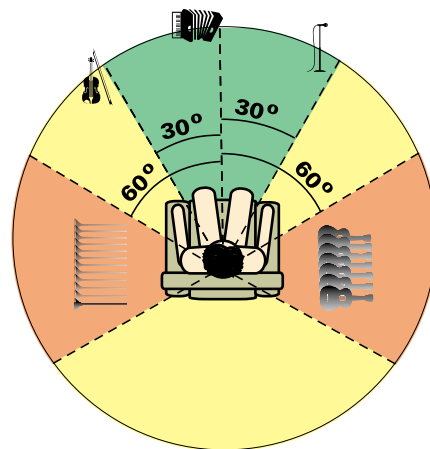
Przede wszystkim należy postawić pytanie: jak w ogóle lokalizujemy źródła dźwięku? Otóż lokalizacja dźwięku możliwa jest dzięki

- RÓŻNICOM CZASOWYM,
- RÓŻNICOM GŁOŚNOŚCI oraz
- wnoszonym przez małżowiny ZNIEKSZTAŁCENIOM DŹWIĘKÓW DOCIERAJĄCYCH DO OBOJGA USZU. Wystarczająco niewielkie różnice czasowe, wynikające z odległości między uszami, nie większe niż 0,0007 sekundy (0,7ms). Różnice głośności wynikają z faktu, że dla dźwięków o częstotliwości powyżej 1kHz głowa stanowi istotną przeszkodę. Dla wysokich częstotliwości akustycznych różnice poziomów sygnałów związane z "cieniem akustycznym głowy" mogą sięgać aż 20dB. Nie można też pominąć wpływu małżowin usznych. Skomplikowany kształt małżowiny powoduje, że dźwięki docierające z różnych kierunków odbijają się od jej fałdów w odmienny sposób i specyficznie opóźnione dodają się do dźwięków bezpośrednich, docierających do "przetwornika". Można w uproszczeniu powiedzieć, że dźwięki przychodzące z różnych kierunków są w specyficzny sposób podbarwiane. I wła-

śnie te subtelne podbarwienia pomagają lokalizować pozycję źródła dźwięku.

Dzięki wszystkim tym czynnikom, a przede wszystkim dzięki zadziwiającej właściwości mózgu, zdrowy młody człowiek jest w stanie z dość dużą dokładnością zlokalizować źródło dźwięku przed sobą, a także zauważyć przesunięcie tego źródła o zaskakująco mały kąt, rzędu 1 stopnia. Należy jednak wyraźnie podkreślić, że dotyczy to jedynie stosunkowo wąskiego obszaru, mianowicie kąta  $\pm 30^\circ$  z przodu słuchacza. Ilustruje to **rysunek 1**. Znacznie mniej precyzyjna jest lokalizacja i odczucie ruchu źródeł dźwięku z obszaru objętego kątem  $\pm 60$  stopni. Najgorzej jest w zakresie kątów zbliżonych do  $\pm 90$  - tu przesunięcie źródła dźwięku

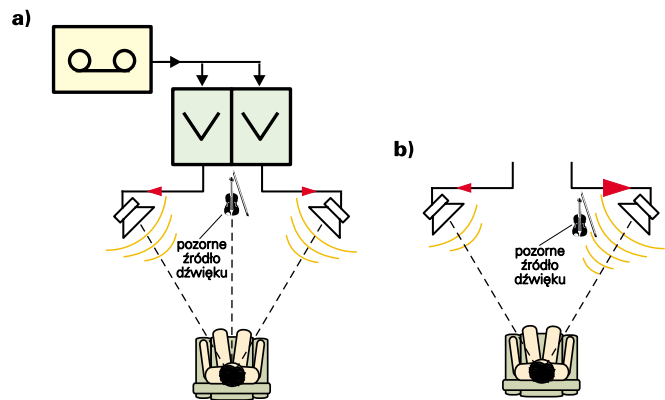
daje się zauważyć dopiero gdy wynosi ono  $30^\circ$ . Z tyłu głowy zdolność lokalizacji źródła trochę się poprawia, ale jest znacznie gorsza, niż z przodu (pozytywna rola małżowin usznych). I to jest pierwszy ważny wniosek - precyzyjna lokalizacja źródeł dźwięku w (prawdziwej) panoramie dźwiękowej jest możliwa tylko w wąskim obszarze z przodu słuchacza, w obszarach zaznaczonych na rysunku 1 zielonym kolorem. Kolory żółty i czerwony wskazują obszary, gdzie lokalizacja pozornego źródła dźwięku jest nieprecyzyjna i wręcz niemożliwa.



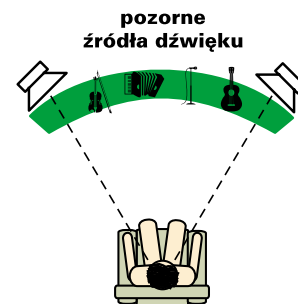
Rys. 1

Dane te i rysunek 1 dotyczą prawdziwych źródeł dźwięku, umieszczonych przed słuchaczem. Nie jest chyba dla nikogo tajemnicą, że można w sztuczny sposób stworzyć wrażenie obecności źródła dźwięku w miejscu, gdzie wcale go nie ma, czyli stworzyć wirtualne źródło dźwięku. Dwa bardzo podobne sygnały, docierające do obojga uszu są przez mózg traktowane jako pochodzące z jednego (wirtualne-

go czyli pozornego) źródła umieszczonego między głośnikami. W klasycznych mikserach stereofonicznych służy do tego potencjometr oznaczony PAN(orama). Pozwala on zmieniać proporcje TEGO SAMEGO dźwięku w dwóch kanałach. Gdy dźwięki z obu kanałów są jednakowe, źródło wydaje się umieszczone pośrodku między kolumnami - zobacz **rysunek 2a**. Za pomocą potencjometru panoramy można ustawić położenie tego pozornego źródła dźwięku na linii między głośnikami - porównaj **rysunek 2b**. Zmysł słuchu daje się oszukać, a umiętny reżyser dźwięku może bez większych problemów rozmieścić na panoramie dźwiękowej nie tylko jeden, ale wiele instrumentów i głosów - zobacz **rysunek 3**.



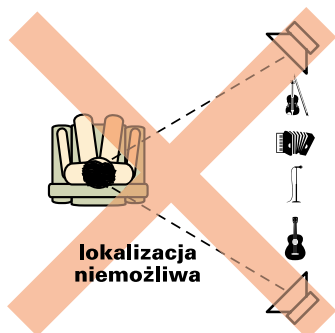
Rys. 2



Rys. 3

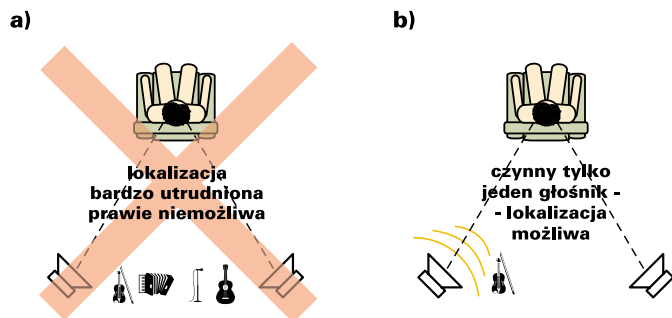
Nie znaczy to jednak, że za pomocą dwóch głośników takie pozorne źródło dźwięku można precyzyjnie "umieścić" z dowolnej strony słuchacza. Wydawać by się mogło, że ustawiając te kolumny z boku słuchacza uzyska się wrażenie panoramy dźwiękowej z boku. Ilustruje to **rysunek 4**. Niestety, w odróżnieniu do sytuacji z rysunku 2, tak nie jest! Słuch nie daje się oszukać, bo tym razem główną rolę odgrywa tylko jedno ucho. Jedno ucho nie jest w stanie porównać głośności sygnałów z obu kolumn i co gorsza, zmysł słuchu traktuje dźwięki przychodzące z obu kolumn jako dwa oddzielne sygnały. W rezultacie subiektywne wrażenie słuchacza jest dziwne - nie tylko nie potrafi precyzyjnie zlokalizować pozornego bocznego źródła, ale na dodatek dźwięk jakby "pływa" między głośnikami. Oznacza to, że na pewno nie da się w prosty

sposób za pomocą dwóch głośników stworzyć wrażenia panoramy bocznej – dlatego rysunek 4 jest przekreślony. Podobna sytuacja, chociaż mniej ostro, występuje również z tyłu - **rysunek 5a**. Dość precyzyjnie udaje się jedynie zlokalizować tylne źródło tylko wtedy, gdy jeden głośnik jest czynny - zobacz **rysunek 5b**.



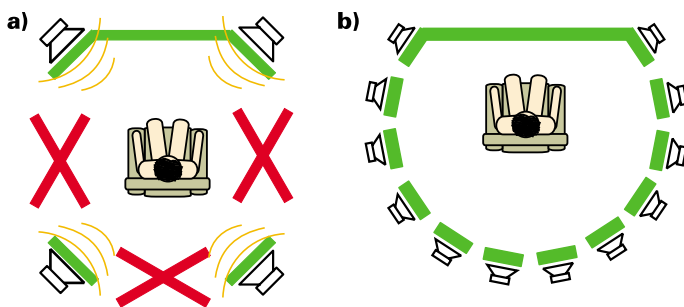
Rys. 4

Tak, to jest dziwne, ale prawdziwe: gdy czynny jest jeden głośnik umieszczony z boku lub z tyłu słuchacza, jego lokalizacja nie jest zbyt precyzyjna (porównaj rysunek 1), niemniej jednak możliwa. *Ze względu na specyficzne właściwości ludzkiego słuchu jeden głośnik udaje się zlokalizować, ale próba oszukania słuchu przez wytworzenie pozornego źródła dźwięku w panoramie z boków bądź z tyłu za pomocą dwóch głośników jest skazana na niepowodzenie.*



Rys. 5

Rys. 6



Te ważne i mało znane wnioski są zaskakujące! Na pozór logiczna idea polegająca na zastosowaniu czterech głośników do wytworzenia pełnej panoramy wokół słuchacza (**rysunek 6a**) okazuje się chybiona już w założe-

niu – słuchacz nie będzie mógł zlokalizować źródeł dźwięku w panoramie z boków i z tyłu. Aby jako tako mógł zlokalizować źródła dźwięku z boku i z tyłu, trzeba by tam umieścić kilka głośników, jak pokazuje **rysunek 6b**. Tu wyjaśnia się pytanie, dlaczego w bardziej rozbudowanych systemach (kinowych lub domowych ośmiokanałowych – 7.1) z boków słuchacza(-y) rozmieszczone są nie dwa, tylko więcej głośników.

### Subtelności

Podane elementarne informacje nie wyczerpują najważniejszych problemów. Na rysunkach 2 i 3 pokazano, że jednakowe sygnały, różniące się tylko poziomem, stwarzają iluzję, iż źródło dźwięku jest umieszczone w pewnym punkcie między przednimi głośnikami. Jest to prawda, ale pod pewnymi zastrzeżeniami. Jak wspomniano, w procesie słyszenia bardzo ważną rolę odgrywają słabe dźwięki odbite. Dźwięki odbite od bliskich przedmiotów, przychodzące do ucha w czasie nie dłuższym niż 30ms po dźwięku bezpośrednim (przychodzącym z przodu) mają istotny wpływ na wytworzony obraz dźwiękowy. Krótko mówiąc, rozmywają pozorne źródło dźwięku i słuchacz nie może go konkretnie zlokalizować w panoramie. Te opóźnione sygnały rozmywające obraz to - odbicia, które pojawiły się dopiero w pomieszczeniu odsłuchowym odbiorcy – zobacz **rysunek 7** lub

- dźwięki odbite, które zostały zarejestrowane przez mikrofon i są częścią przekazu.

Patrząc z punktu widzenia wierności odtwarzania, należałoby tłumić wszelkie odbicia, by umożliwić precyzyjną lokalizację pozornych źródeł dźwięku w panoramie. Z drugiej strony przy realizacji nagrań realizatorzy bardzo często wprowadzają sztuczny pogłos, który wzbogaca dźwięk. Co prawda może to zupełnie zaburzać naturalny obraz, ale jest zamierzeniem artystycznym.

Godna wzmianki jest też sprawa niskich częstotliwości. Prawie wszyscy wiedzą, że głośniki promieniują tony niskie we wszystkich kierunkach i że w pomieszczeniach nie sposób zlokalizować ich źródła. Nie trzeba więc stosować czterech lub więcej kolumn wysokiej jakości, przenoszących także najniższe tony. Wystarczy jeden wspólny głośnik nisko-

tonowy (subwoofer), i nie jest specjalnie ważne, gdzie jest on umieszczony. Dzięki obecności subwoofera, pozostałe kolumny systemu mogą być małe, bo przenosić będą tylko średnie i wysokie częstotliwości. Mniej znany jest inny problem związany również z niskimi częstotliwościami. Fale dźwiękowe o częstotliwości 30...300Hz mają długość 10...1m, co oznacza, że przy ustawieniu głośników według rysunków 2...6 w pomieszczeniu będą powstawać fale stojące związane z interferencją fal pochodzących z różnych głośników. Zaowocuje to pojawieniem się "górek i dołków" na charakterystyce częstotliwościowej. Najprościej mówiąc, natężenie tych niskich tonów w poszczególnych punktach audytorium nie będzie jednakowe. Na szczęście ten problem znacznie łagodzi zastosowanie **JEDNEGO** głośnika niskotonowego, czyli subwoofera, przenoszącego częstotliwości do 100Hz - wspomniane interferencje i nierównomierności charakterystyki są wtedy zdecydowanie mniejsze.

Rys. 7



Są to złożone zagadnienia techniczne i artystyczne, bo pierwsze odbicia, przychodzące po kilkunastu...kilkudziesięciu milisekundach mają zupełnie inny wpływ na odczucia słuchacza, niż (naturalny czy sztuczny) pogłos przychodzący po kilkuset milisekundach. W każdym razie bardzo, bardzo wiele zależy od realizatora dźwięku. Jeśli on nie ma pełnej świadomości tego co robi i popełni błędy przy ustawieniu mikrofonów i miksowaniu poszczególnych źródeł, nawet najlepsza aparatura odsłuchowa nie poprawi sytuacji.

Wynika z tego kolejny ważny wniosek: te niepozorne składowe związane z odbiciami, choć mają małą amplitudę i trudno je analizować za pomocą elektronicznego sprzętu pomiarowego, mają decydujący wpływ na subiektywnie odczuwaną jakość nagrania. Wchodzi tu w grę subtelne czynniki, które można porównać do składników wina. O jakości wina nie decyduje zawartość wody czy alkoholu, tylko śladowe ilości różnych domieszek.

Ciąg dalszy w następnym numerze.

Piotr Górecki