

Liniowe systemy nagłośnieniowe

Radosław Dobrański 184582

Arkadiusz Sałata 184475



1

Wprowadzenie

Liniowe systemy nagłośnieniowe:

- zestawy głośników ustawionych w linii pionowej lub poziomej, które wspólnie generują jednolite pole dźwiękowe;
- mają znaczenie głównie w nagłośnieniu koncertowym, teatrach, obiektach sakralnych i instalacjach stałych [1].

Krótki rys historyczny:

- rozwój od lat 60. XX wieku;
- wzrost popularności w latach 90. XX wieku dzięki postępowi technologicznemu;
- za twórcę teorii o liniowych systemach nagłośnieniowych uznaje się **Harry'ego Olsona**, który swoje odkrycia opisał w książce "Acoustical Engineering" [1][9].



3

Podstawowe zasady działania

Zasada superpozycji fal dźwiękowych – sumowanie fal z poszczególnych głośników prowadzi do wzmocnienia fali w głównym kierunku propagacji (czoło fali powiększa się jedynie w jednej płaszczyźnie).

Tworzenie kierunkowego pola akustycznego – możliwość precyzyjnego sterowania pokryciem dźwięku.

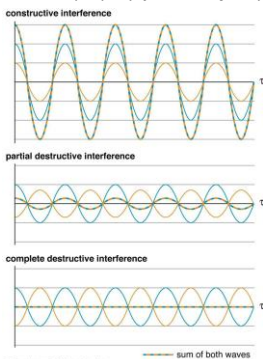
Znaczenie długości fali i rozstawienia głośników – odległość między głośnikami wpływa na interferencję fal i charakterystykę kierunkową.

Na dużych stadionach stosuje się zaawansowane procesory DSP, np. w systemach d&b audiotechnik [1][3].

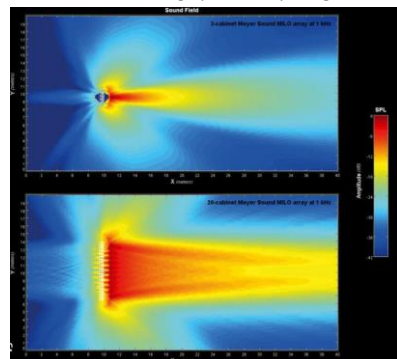
4

Podstawowe zasady działania

Zasada superpozycji fal dźwiękowych



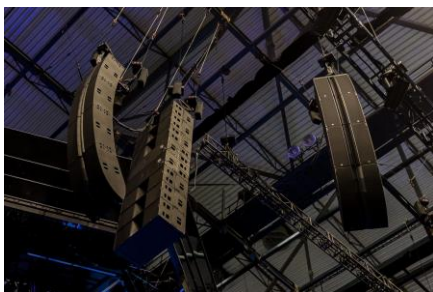
Tworzenie kierunkowego pola akustycznego



5

Wprowadzenie

Systemy line array firmy L-Acoustics i Meyer Sound stosowane w największych światowych trasach koncertowych.



6

Charakterystyka i zalety liniowych źródeł dźwięku

- Liniowe źródła dźwięku charakteryzują się wyjątkową precyzją kierunkową w porównaniu do tradycyjnych systemów punktowych.
- Zastosowanie wielu głośników działających wspólnie **pozwala na uzyskanie równomiernego pokrycia dźwiękiem zarówno w polu bliskim, jak i dalekim**, co minimalizuje efekt zaniku głośności na dalszych dystansach.
- Przyczyniają się do redukcji pogłosu i odbić, szczególnie w trudnych akustycznie przestrzeniach co zawdzięczamy kontrolowaniu kierunków propagacji.
 - Wpływa to na lepszą zrozumiałość mowy i klarowność muzyki.
- Możliwość regulacji kąta nachylenia poszczególnych modułów pozwala dostosować system do specyficznych wymagań każdej przestrzeni [1].

7

Charakterystyka i zalety liniowych źródeł dźwięku

System JBL VTX zapewniający precyzyjne sterowanie kątem propagacji dźwięku w salach koncertowych.



Limanowski Dom Kultury z JBL VTX



8

Matematyczne modele analizy systemów liniowych

Funkcja kierunkowości (Directivity Function) określa sposób rozprzestrzeniania się fal akustycznych w przestrzeni.

Analiza odpowiedzi ciśnienia w polu bliskim i dalekim, w tym przejście między tymi strefami.

Modele geometryczne – stosowane do przewidywania propagacji dźwięku na podstawie symulacji.

Modele numeryczne – metoda elementów skończonych i inne techniki analizy komputerowej.

Na zastosowanie modeli matematycznych pozwalają specjalistyczne programy symulacyjne takie jak EASE i Soundvision, które umożliwiają optymalizację ustawień systemów nagłośnieniowych jeszcze przed ich fizyczną instalacją [1].



9

Rodzaje konfiguracji systemów liniowych

Proste: wąskie wiązki, daleki zasięg, precyzyjne kierowanie dźwiękiem.

Zakrzywione: szerokie pokrycie, krótszy zasięg, lepsza adaptacja do kształtu widowni.

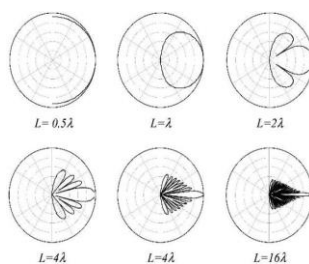
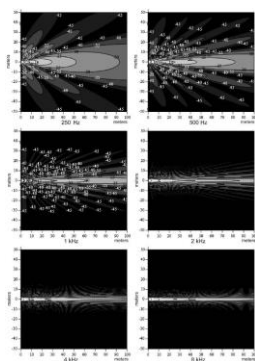
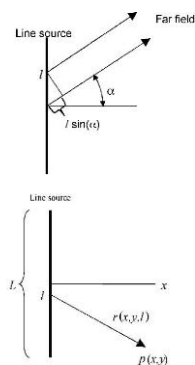
J-kształtne: kombinacja obu, zapewnia optymalne pokrycie widowni.

Progresywne: stopniowa zmiana kąta, lepsze równomierne rozprzowanie dźwięku [1].

10

Rodzaje konfiguracji systemów liniowych

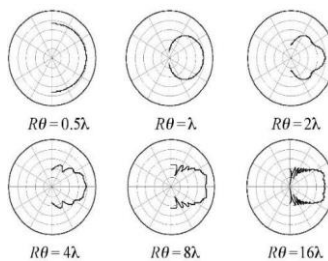
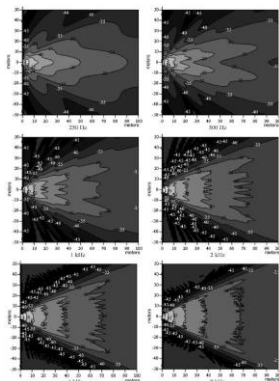
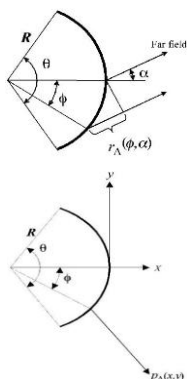
Proste:



11

Rodzaje konfiguracji systemów liniowych

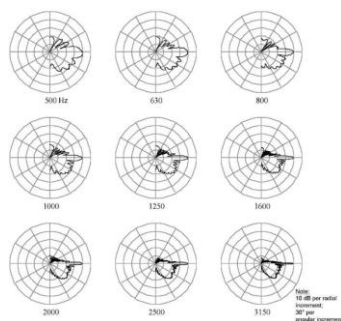
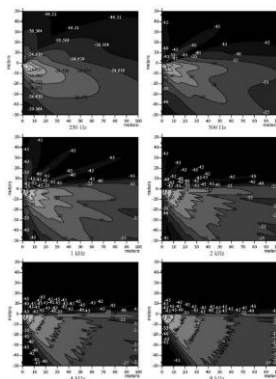
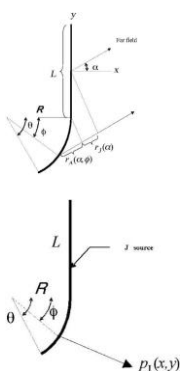
Zakrzywione:



12

Rodzaje konfiguracji systemów liniowych

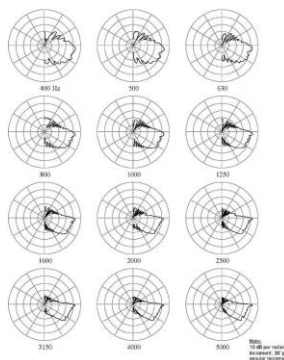
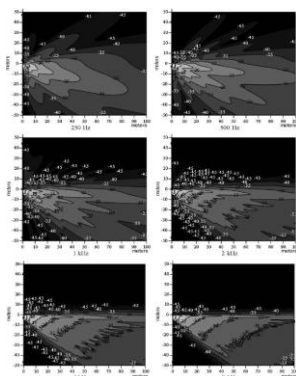
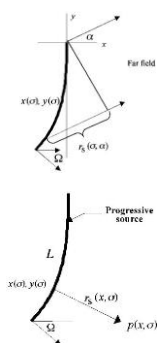
J-kształtne:



13

Rodzaje konfiguracji systemów liniowych

Progresywne:



14

Bezpośredniość i kierunkowość dźwięku

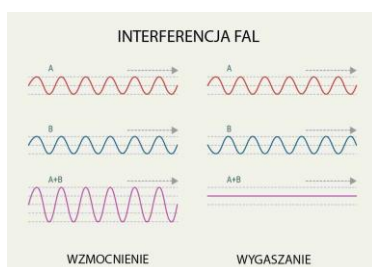
- **Bezpośredniość dźwięku** odnosi się do sposobu, w jaki energia akustyczna jest przenoszona od źródła do odbiorcy bez odbić i strat wynikających z otoczenia.
 - W systemach liniowych precyzyjne kontrolowanie propagacji fal dźwiękowych umożliwia dostarczenie energii akustycznej na większe odległości bez znaczącego osłabienia.
 - Wskrócie - długość liniowego źródła ma wpływ na szerokość wiązki.
- **Kierunkowość dźwięku** w systemach liniowych jest wynikiem współdziałania wielu źródeł dźwięku pracujących w fazie. Opisuje je współczynnik kierunkowości Q – im wyższa wartość, tym bardziej skupiona wiązka dźwiękowa.
 - Możliwe jest sterowanie kierunkowością za pomocą cyfrowych procesorów dźwięku (DSP).

15

Interferencja w systemach liniowych

Nakładanie się fal akustycznych z poszczególnych głośników powoduje prążki interferencyjne.

Zjawisko lobowania – powstawanie stref o podwyższonym i obniżonym natężeniu dźwięku.



16

Klastry

Klastry głośnikowe stanowią jedno z rozwiązań pozwalających na kontrolę propagacji dźwięku w dużych przestrzeniach.

W przeciwieństwie do pojedynczych źródeł punktowych, klastry składają się z wielu pojedynczych przetworników rozmieszczonych w określony sposób, aby uzyskać zamierzone właściwości akustyczne.

W systemach dźwiękowych wykorzystuje się zarówno klastry jednowymiarowe, jak i dwuwymiarowe.

Odpowiednie rozmieszczenie źródeł dźwięku pozwala na kontrolę interferencji i propagacji fal w różnych kierunkach.

Jednak niewłaściwie skonstruowany klaster może prowadzić do degradacji pasma, nierównomiernego rozkładu SPL oraz obniżenia skuteczności systemu.

Na długo przed wprowadzeniem nowoczesnych systemów liniowych, klastry źródeł punktowych były szeroko stosowane w nagłośnieniu koncertowym. Dzięki postępowi technologicznemu współczesne systemy oferują lepszą kontrolę nad propagacją dźwięku oraz redukcją zakłóceń, co pozwala na bardziej precyzyjne dostosowanie dźwięku do przestrzeni akustycznej [6].



19

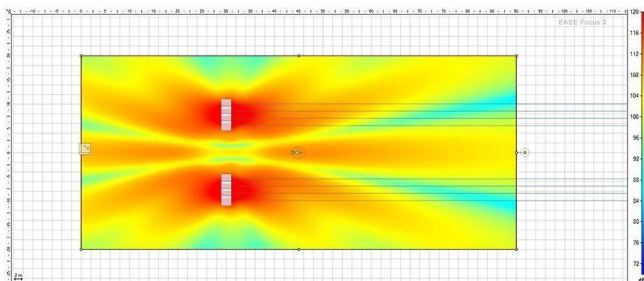
Konfiguracja subwooferów

- Jeśli chodzi o strategię konfiguracji subwooferów, należy podkreślić, że jest to wybór, który należy dokładnie rozważyć, ponieważ osiągi tych systemów różnią się znacznie w zależności od sposobu ich ułożenia i ustawienia [7][8].
- Oto 5 najczęściej stosowanych konfiguracji z odpowiednimi zaletami i wadami każdej z opcji:
 - Lewo i prawo
 - Układ poziomy
 - Zakrzywiona pozioma linia (elektronicznie)
 - End-Fire
 - Gradient

23

Konfiguracja lewo-prawo

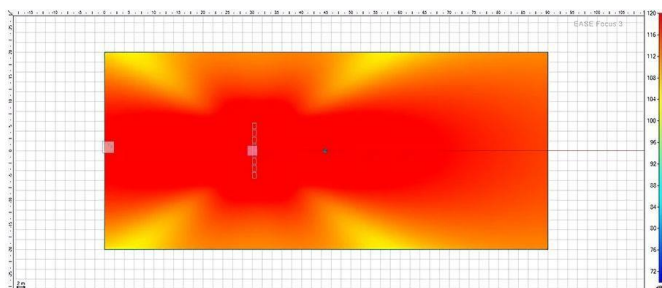
Jest najczęstsza, choć z punktu widzenia osiągnięć jest prawdopodobnie najgorsza, ponieważ ze względu na odległość pomiędzy dwoma źródłami, w obszarze odsłuchu powstają pasma, które sprawiają, że rozkład niskich częstotliwości nie jest jednorodny, ale zachowuje lepsze wyrównanie z głównym systemem [7][8].



24

Konfiguracja matrycy (w linii)

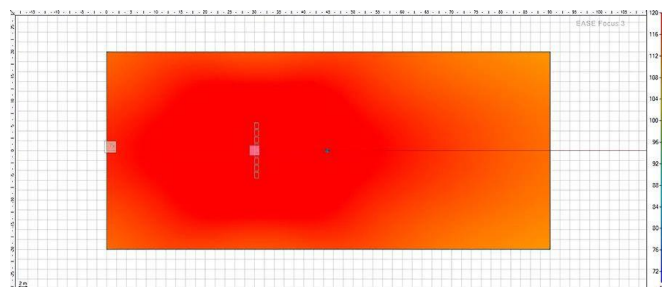
Jest doskonała z punktu widzenia pokrycia, ponieważ przy niskich częstotliwościach odtwarzanych przez subwoofery znikają charakterystyczne pasma w konfiguracji z oddległymi od siebie głośnikami. Konfiguracja ta ma tendencję do koncentrowania dużych ilości energii prostopadle do matrycy. Im większa liczba głośników, tym efekt ten będzie wyraźniejszy [7][8].



25

Macierz, zakrzywiona elektronicznie (lub fizycznie)

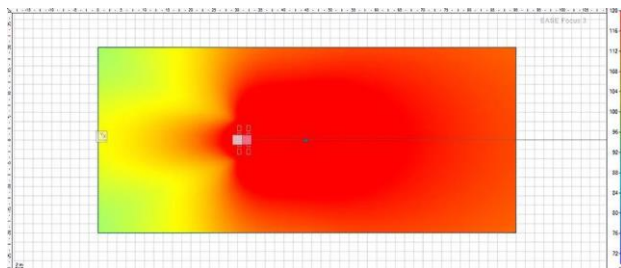
Poprzez wprowadzenie odpowiednich wartości opóźnień, promieniuje energię na niskich częstotliwościach w znacznie bardziej jednolitym sposób. Gdy tylko jest to możliwe, sugerujemy jej użycie, szczególnie w przypadkach, gdy nie jest wymagana kontrola kierunkowości na scenie (kardioidalna - np. DJ-set). W rzeczywistości jedynym ograniczeniem tej konfiguracji jest to, że wypromieniowuje ona duże ilości energii nawet w kierunku sceny, a więc w pewnych sytuacjach na żywo może powodować problemy [7][8].



26

Konfiguracja End-Fire

Realizowana jest poprzez ustawienie subwooferów w dwóch liniach (w naszym przypadku dwie linie po cztery subwoofery), przy czym pierwsza z nich z opóźnieniem praktycznie zachodzi na tylną. Konfiguracja ta jest niezwykle efektywna i gwarantuje stałe i jednorodne pokrycie sygnałem, oprócz tego, że jest to konfiguracja kardiodalna w oktawie o częstotliwości środkowej $F = V / L / 4$, gdzie V jest prędkością dźwięku (343 m/s), a L jest odległością między środkami akustycznymi dwóch linii subwooferów w metrach [7][8].

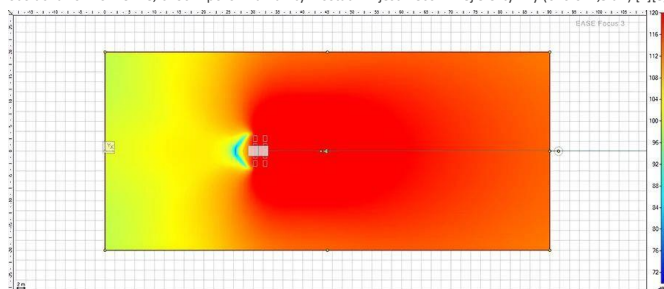


Uwaga: odległość pomiędzy środkami akustycznymi jest zazwyczaj mierzona od środka do środka obudowy, a nie od tyłu i od przodu dwóch rzędów subwooferów.

27

Konfiguracja Gradientowa

Wymaga takiego samego umiejscowienia źródeł jak konfiguracja End-Fire, ale w przeciwieństwie do tej ostatniej, linia opóźniona jest linia tylną, do której również odwrócona jest polaryzacja. Jest to najlepsze rozwiązanie kardiodalne, ponieważ mamy redukcję nie tylko w oktawie wokół danej częstotliwości, ale na wszystkich częstotliwościach odtwarzanych przez subwoofery. Gradient, podobnie jak End-Fire, pokrywa obszar odsłuchu równomiernie, choć w porównaniu z tym ostatnim jest nieco mniej efektywny (około -1,5 dB) [7][8].



28

Metody modelowania i pomiary laboratoryjne

Symulacje komputerowe – analiza numeryczna propagacji fal akustycznych.

Pomiary anechoiczne – testy w warunkach bezechowych.

Pomiary terenowe – analiza zachowania się dźwięku w realnych warunkach akustycznych.

Porównanie wyników z modelami teoretycznymi [3].

29

Rzeczywiste zastosowania

Nagłośnienie koncertowe – systemy liniowe na stadionach, w halach widowiskowych.

Instalacje nagłośnieniowe w przestrzeniach publicznych – lotniska, centra konferencyjne.

Systemy nagłośnieniowe w teatrach – dostosowanie do wymagającej akustyki scenicznej.

30

