



Technika Nagłaśniania

wykład dla semestru pierwszego
IDiO

2022/2023

1



Mikrofony

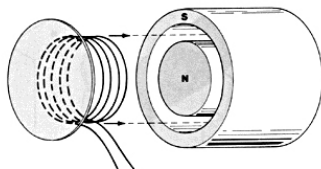
- podział ze względu na przetwornik
 - dynamiczne
 - pojemnościowe
 - elektretowe
 - wstęgowe
 - piezoelektryczne

2

Mikrofon dynamiczny

■ mikrofon cewkowy

- w polu magnesu stałego porusza się cewka nawinięta cienkim drutem miedzianym, mechanicznie połączona z membrana



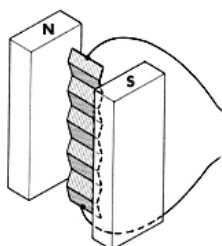
- zalety: płaska charakterystyka przenoszenia w zakresie od 40 Hz do 10kHz, duża skuteczność, niski poziom szumów własnych, odporność na wstrząsy, niewrażliwość na podmuchy wiatru, możliwość podłączenia do długich kabli, brak napięć zasilających
- wady: podatność na przenikanie zakłóceń indukowanych przez zewnętrzne pole elektryczne, duże wymiary i ciężar (w porównaniu z mikrofonami pojemnościowymi i elektretowymi)

3

Mikrofon dynamiczny

■ mikrofon wstęgowy – odmiana mikrofonu dynamicznego

- elementem czynnym w tego rodzaju mikrofonie jest cienka (2-5 nm) wstęga aluminiowa o szerokości ok. 0,5 cm i długości kilku cm (4-7 cm), poruszająca się w szczelinie między nabiegunkami magnesu

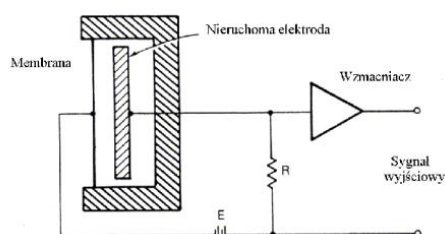


- zalety: dobra skuteczność, niski poziom szumów własnych, brak zasilania, korzystna, prawie niezależna od częstotliwości w całym przenoszonym paśmie charakterystyka kierunkową
- wady: wrażliwość na wstrząsy i ruchy powietrza, uwydatnianie tonów o małych częstotliwościach, zwłaszcza przy pracy w niewielkiej odległości od źródła dźwięku (tzw. efekt zbliżeniowy), konieczność stosowania transformatora

4

Mikrofon pojemnościowy

- wykorzystuje zmiany pojemności spowodowane drganiami membrany

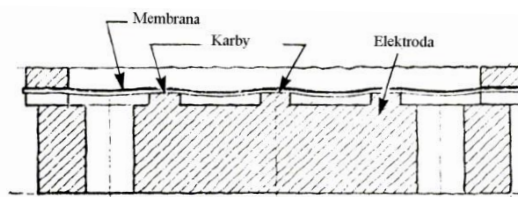


- zalety: duża skuteczność, płaska ch-ka przenoszenia w szerokim zakresie częstotliwości, małe wymiary, mała wrażliwość na drgania mechaniczne i obce pole magnetyczne
- wady: konieczność stosowania przedwzmacniacza, konieczność doprowadzenia napięcia do polaryzacji membrany i zasilania przedwzmacniacza

5

Mikrofon elektretowy

- membranę stanowi folia plastikowa z napylną, cienką (ok. 50 nm) warstwą metalu, trwale spolaryzowana elektrycznie na etapie produkcji



- ulepszona wersja-*back-electret* -elektret umieszczony jest na nieruchomej elektrodzie. Membrana zbudowana jest z cienkiego (ok. 5 μm) poliestru pokrytego jedno- lub dwustronnie warstwą złota lub innego metalu
- zalety: jak dla mikrofonu pojemnościowego, nie jest potrzebna polaryzacja membrany

6

Mikrofony - podział

■ podział ze względu na zastosowanie

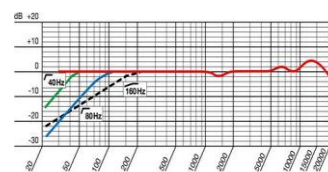
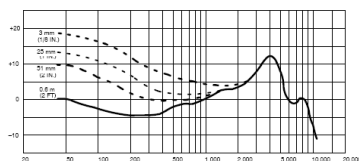
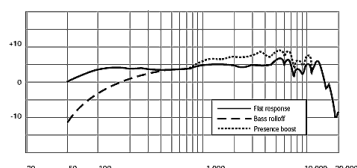
- do ręki (hand-held)
- do statywu (stand-mounting)
- krawatowe (lavalier)
- nagłowne
- PZM (pressure zone microphone)
- shotgun
- paraboliczne
- wieloelementowe
- przetw. elektroakust. (contact pickup)



7

Charakterystyki mikrofonów

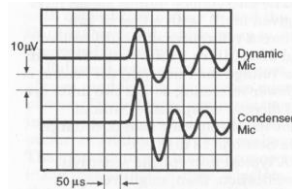
- kierunkowe
 - nie ma mikrofonów o idealnie wszechkierunkowej ch-ce
 - zwiększanie kierunkowości mikrofonów zwiększa prawdopodobieństwo powstania listków bocznych
- częstotliwościowe
 - zawsze są zafalowania, które do pewnego stopnia decydują o barwie dźwięku zbieranego przez mikrofon
 - podbicie w okolicy 1-8kHz wskazuje, że mikrofon zalecany jest przede wszystkim do wokali
 - dobre przenoszenie niskich częstotliwości (poniżej 100Hz) wymagane jest dla mikrofonów używanych do nagrań stopy itp.
 - płaska ch-ka przenoszenia – uniwersalne (nagrania i nagłośnienie)



8

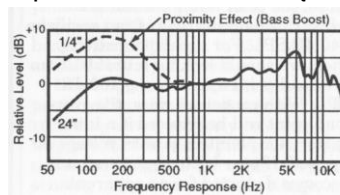
Mikrofony – różne efekty

- przenoszenie transjentów



- efekt zbliżeniowy

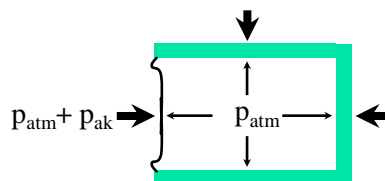
- występuje tylko dla mikrofonów kierunkowych
- nawet 16dB podbicia dla niskich częstotliwości



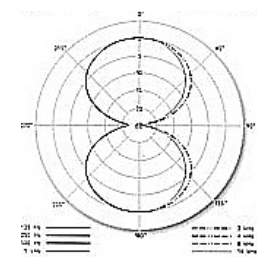
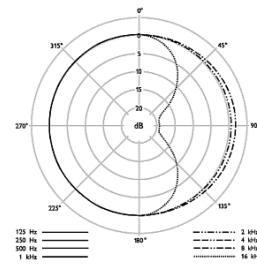
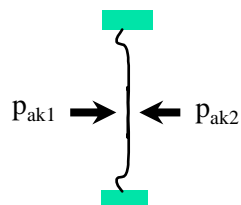
9

Charakterystyki kierunkowe

- mikrofon ciśnieniowy



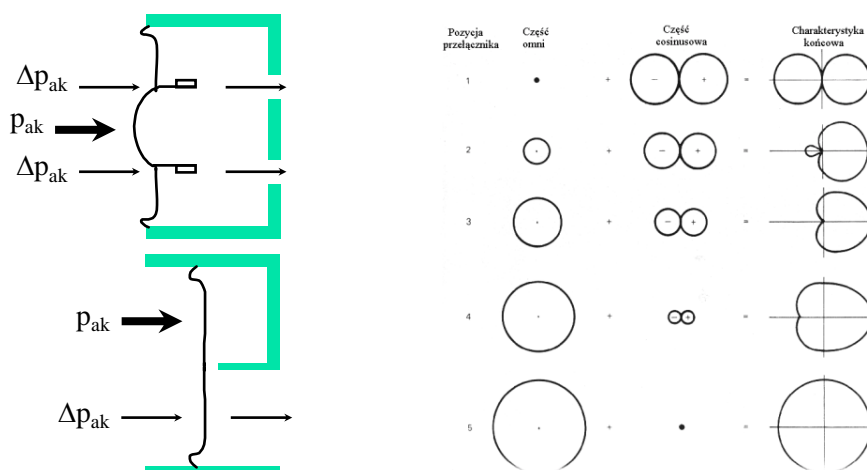
- mikrofon gradientowy



11

Charakterystyki kierunkowe

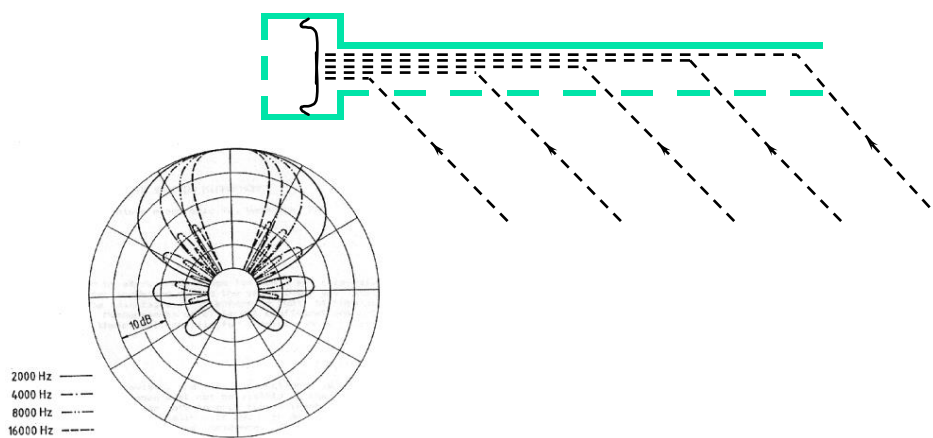
■ mikrofon ciśnieniowo-gradientowy



12

Charakterystyki kierunkowe

■ mikrofon interferencyjny



13

Mikrofony – dodatkowe parametry

- czułość/poziom wyjściowy
 - definiowane typowo przy dwóch różnych poziomach ciśnienia (i częst. 1kHz):
74dB SPL i 94dB SPL
 - np. -47dBV przy 94dB SPL
- maksymalne ciśnienie akustyczne – może sięgać nawet 150dB -> problem z poziomem na wejściu przedwzmacniacza

14

Mikrofony bezprzewodowe

- bardzo popularne przy nagłośnieniu i w TV, rzadko stosowane w radiu i nagraniach
- działają w paśmie VHF (starsze) i UHF (nowsze)
- problemy techniczne
 - ograniczona liczba kanałów
 - interferencje – coraz więcej sprzętu działa bezprzewodowo
 - zaniki sygnału -> możliwe do wyeliminowania przez
 - zwiększenie liczby anten
 - zwiększenie zysku anten
 - umieszczanie odbiorników jak najbliżej sceny, a nie konsoly
 - baterie

15



Efekty

- procesory dynamiki
- korektor barwy
- echo (delay)
- pogłos
- flanger
- chorus
- pitch-shifting

16

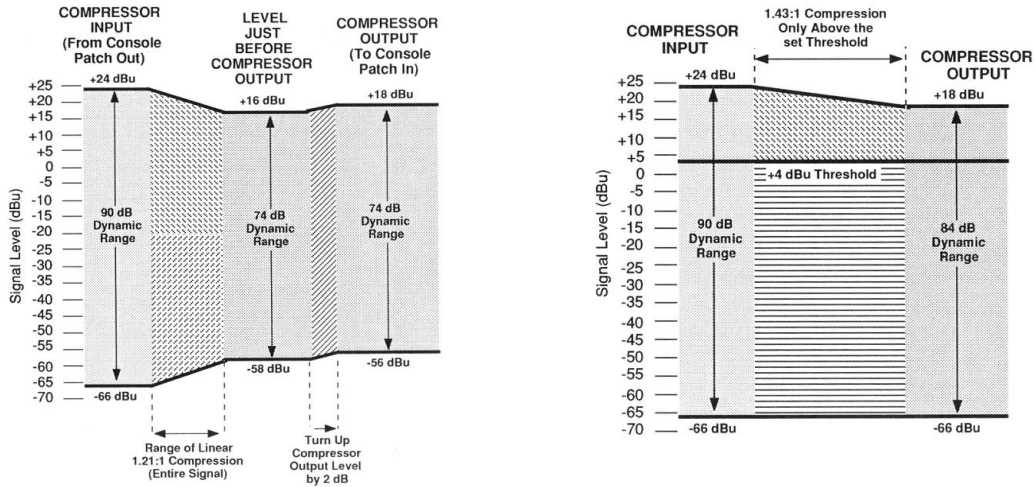


Procesory dynamiki

- wpływają na zmiany wzmocnienia w torze akustycznym w zależności od poziomu sygnału wejściowego
 - **kompresor** – zmniejsza różnicę między najgłośniejszymi i najcichszymi fragmentami sygnału
 - **ogranicznik** – zabezpieczenie rejestratorów i wzm. mocy przed przesterowaniami (często wykorzystywany w urządzeniach reporterskich)
 - **ekspander** – tłumi dźwięki najcichsze (zmniejsza szumy i zakłócenia)
 - **bramka** – eliminuje szumy, zakłócenia, niepotrzebne dźwięki
 - **komparator** – połączenie kompresora i ekspandera
 - **de-esser** – kompresor działający w paśmie 3-6kHz

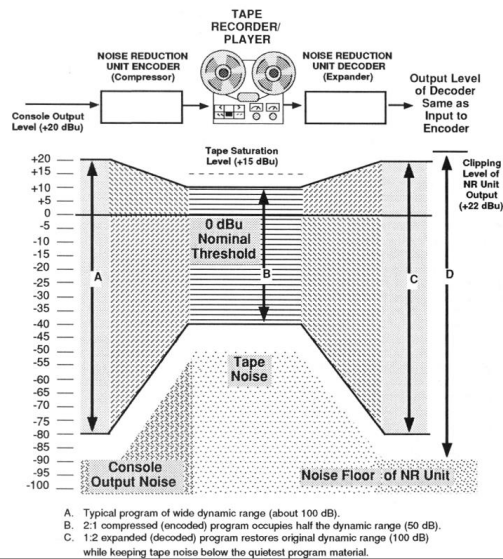
17

Kompresja dynamiki



18

Kompresja dynamiki



19

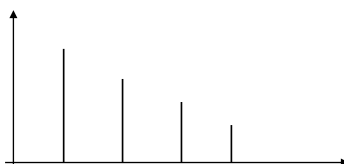
Korektor barwy - rodzaje

- regulacja podbicia/stłumienia w określonym pasmie (BASS-TREBLE)
- j.w. + regulacja częstotliwości
- parametryczny
 - wzmocnienie
 - częstotliwość
 - dobroć
- graficzny
 - wiele pasm
 - oktawowo – typowa korekcja toru
 - tercjowo – korekcja toru + zapobieganie sprzężeniom
 - wraz ze wzrostem liczby pasm rośnie cena i komplikuje się proces korekcji
- połączenie parametrycznego i graficznego
 - do dokładnej eliminacji sprzężeń

22

Echo

- opóźnianie sygnału o czas dłuższy niż 50-60ms i sumowanie go z sygnałem bezpośrednim
- używać z umiarem, bo zmniejsza zrozumiałość/czytelność dźwięku
- PING-PONG – różny czas opóźnienia dla kanału lewego i prawego -> dźwięk przeskakuje między głośnikami



25

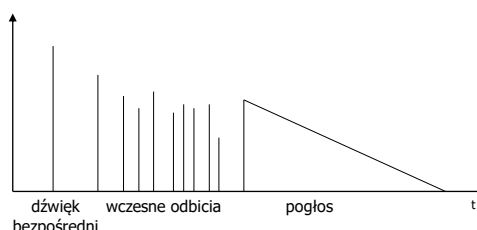
Echo - wytwarzanie

- zapętłona taśma
 - duże szумы i zniekształcenia
 - drżenie i kołysanie
 - małe możliwości konfiguracyjne
- cyfrowa linia opóźniająca
 - bufor FIFO
 - wysoka jakość dźwięku
- analogowa linia opóźniająca
 - zbliżona do linii cyfrowej, ale przechowuje wartości napięcia, a nie próbki
 - wykorzystywane zwłaszcza w latach '70-tych ze względu na niższe koszty

26

Pogłos

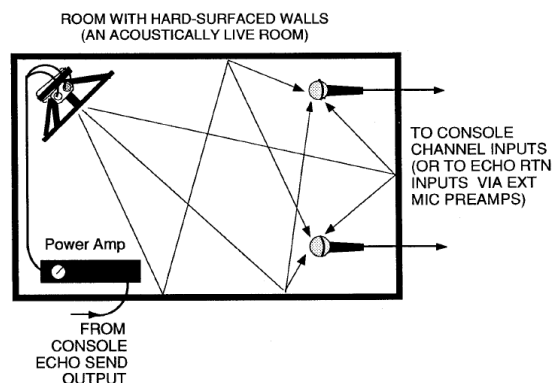
- podstawowa różnica w stosunku do echa – zagęszczenie odbić
- pozwala „zasymulować” pomieszczenie i jego przestrzeń
- wpływa na barwę
- parametry
 - czas pogłosu (decay)
 - wczesne odbicia
 - opóźnienie pogłosu (delay)
 - opóźnienie pierwszego odbicia (predelay)



27

Pogłos - wytwarzanie

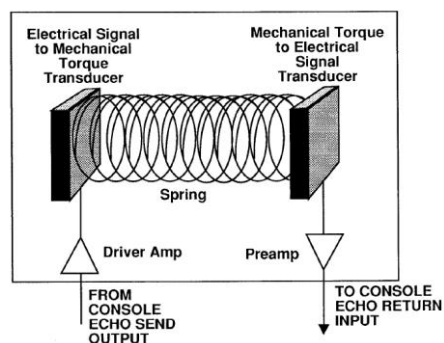
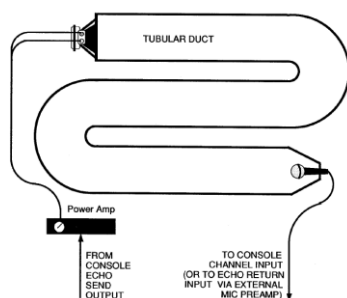
- komora pogłosowa
 - pomieszczenie z elementami odbijającymi dźwięk oraz głośnikiem i mikrofonem (mikrofonami)
 - wysokie koszty
 - spore szумы
 - problemy z zakłóceniami z zewnątrz



30

Pogłos - wytwarzanie

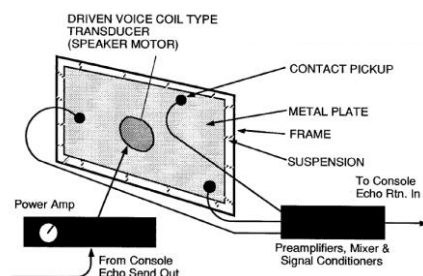
- rura pogłosowa
 - problemy z ch-ką częstotliwościową
 - brak możliwości konfiguracji
- sprężyny pogłosowe
 - konieczność użycia wielu sprężyn
 - metaliczny dźwięk przy szybkich transjentach
 - dobry dźwięk



31

Pogłos - wytwarzanie

- płyta pogłosowa
 - wykorzystuje rozchodzenie fal dźwiękowych w metalowej płycie
 - dźwięk wysokiej jakości
 - duży ciężar
- procesory sygnałowe
 - wysoka jakość
 - czasem problemy z naturalnością
- splot



32

Płyta pogłosowa



33

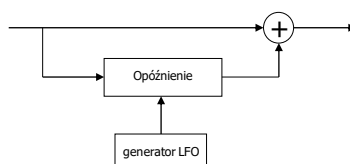
Płyta pogłosowa



34

Flanger i chorus

- polega na modulowaniu stałą, b. niską częstotliwością zmian czasu opóźnienia sygnału
- flanger – opóźnienie - 1-10ms
- chorus – opóźnienie - 30-60ms
- LFO - 0,25-4Hz; sinus, piła, przebieg pseudolosowy (chorus)



35



Flanger i chorus - zastosowanie

- flanger
 - jazz, country, pop
 - dźwięk zaczyna pływać
 - występuje modulacja barwy
- chorus
 - zwielokrotnienie liczby instrumentów/głosów

36



Pitch-shifting

- zmiana wysokości głosu/dźwięku
- realizowane w dziedzinie
 - czasu – odpowiednie przepróbkowanie sygnału + zakładkowanie
 - częstotliwości – przesuwanie prążków widma
 - kwestia zachowania odległości między harmonicznymi
 - analogia do modulacji amplitudy

37



Decybele

- dBm
 - stosowany do określania mocy
 - poziom odniesienia = 1mW
 - zdefiniowany w 1940 roku
 - nie ma bezpośredniego związku z napięciem i impedancją
 - odpowiada napięciu $0.775V_{rms}$ przy obciążeniu 600Ω

38



Decybele

- najczęściej operuje się jednak na napięciach, a nie mocach
- dBu
 - związany z napięciem
 - u -> *unload*
 - równy dBm dla impedancji 600Ω
 - poziom odniesienia = $0.775V_{rms}$
 - przykład: konsola o maksymalnym poziomie +20dBu przy impedancji min. $10k\Omega$
 - przy mniejszej impedancji napięcie na wyjściu będzie niższe i pojawią się zniekształcenia. Można nawet spalić wyjście konsoly

39

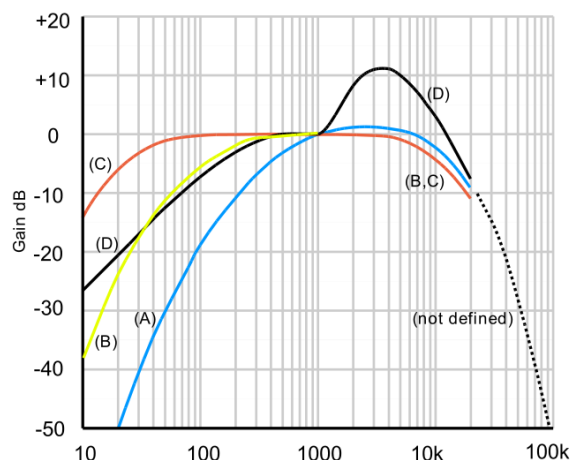
Decybele

- dBV
 - poziom odniesienia = $1V_{\text{rms}}$
 - wartość w dBV = wartość dBu – 2,21
- dBv
 - poziom odniesienia = $0.775V_{\text{rms}}$
 - obecnie zastąpione przez dBu (aby nie mylić z dBV)
- dBW
 - poziom odniesienia = 1W

40

Decybele "akustyczne"

- dB (A), dB (B), dB (C), dB (D)






41

Decybele "akustyczne"

- dB SPL
 - SPL –poziom ciśnienia akustycznego
 - poziom odniesienia = próg słyszenia ($0,000002\text{N/m}^2$)
 - różnica 3dB jest słabo odczuwalna (?)
 - różnica 10dB jest **odczuwalna** jako dwukrotna zmiana głośności (?)
- dB PWL
 - PWL –poziom mocy akustycznej

42

Decybele "akustyczne"

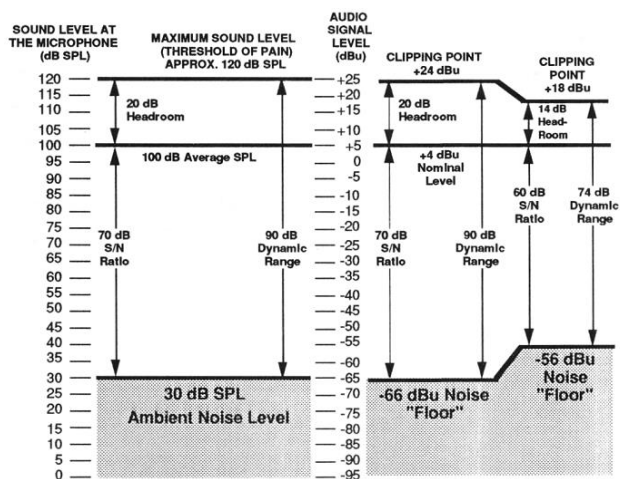
Change of Level	Loudness Perception	Sound Pressure Effect	Sound Intensity Cause
			
Decibels	Loudness Gain Factor	Voltage Gain Factor	Power Gain Factor
+ 20 dB	4.000	10.000	100.000
+ 10 dB	2.000 •	3.160	10.000
+ 6 dB	1.516	2.000 •	4.000
+ 3 dB	1.232	1.414	2.000 •
± 0 dB	1.000	1.000	1.000
- 3 dB	0.812	0.707	0.500 •
- 6 dB	0.660	0.500 •	0.250
- 10 dB	0.500 •	0.316	0.100
- 20 dB	0.250	0.100	0.010

<http://www.sengpielaudio.com/calculator-levelchange.htm>

44

Headroom (zapas)

- określa zdolność danego systemu do przeniesienia chwilowych głośniejszych partii sygnału



47

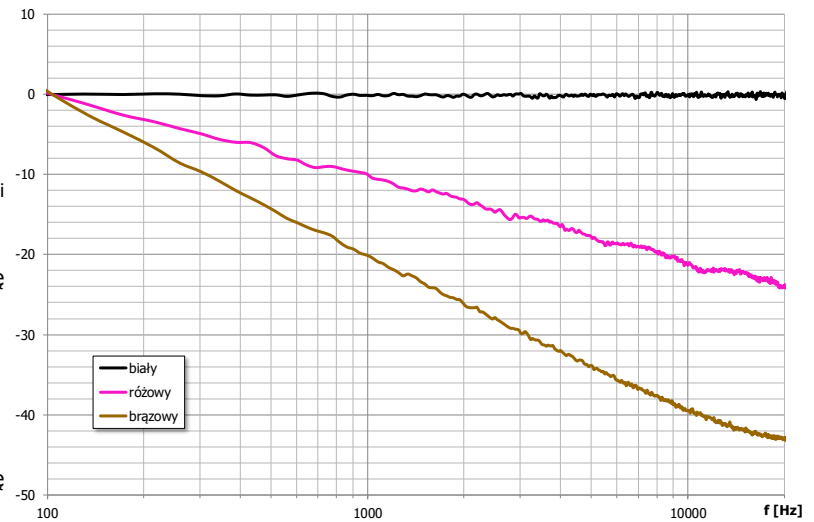
Headroom -przykłady

- koncert rockowy
 - typowy poziom nominalny = 100dB SPL
 - headroom = 20dB
- system nagłośnieniowy w fabryce
 - wysoki poziom nominalny (110dB SPL)
 - mały headroom (6dB)
- koncert symfoniczny
 - "niski" poziom nominalny (90 dB SPL)
 - duży headroom (30 dB)

48

Sygnaly testowe

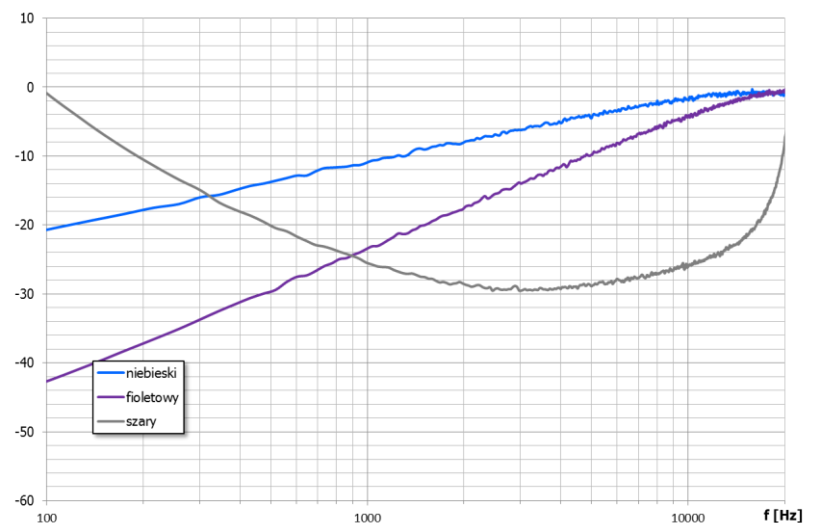
- szum biały
 - płaska ch-ka widmowa
 - równa energia na Hz szerokości pasma
 - energia rośnie o 3dB na oktawę
 - podbite zostają wyższe częstotliwości
- szum różowy
 - stała energia na oktawę
 - ch-ka widmowa opada o 3dB/oktawę
 - lepszy jako sygnał kalibracyjny i testowy
 - płaska charakterystyka częstotliwościowa na analizatorze
 - bardziej zbliżony do sygnału muzycznego
- szum brązowy (czerwony)
 - ch-ka widmowa opada o 6dB/oktawę



49

Sygnaly testowe

- szum niebieski
 - ch-ka widmowa narasta o 3dB/oktawę
 - wykorzystywany do dithera
- szum fioletowy
- szum szary



50



Pomiary dźwięku

- **Możliwe podejścia:**
 - obiektywne: zwraca się uwaga głównie na parametry sprzętu
 - subiektywne: najważniejsza jakość dźwięku

51



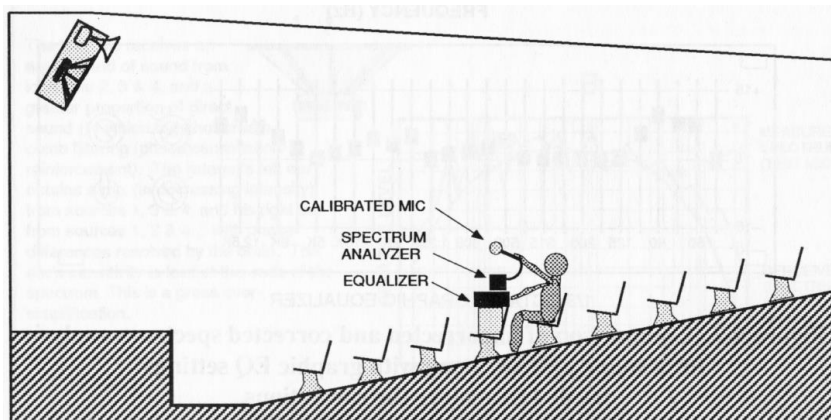
Uszy kontra mikrofon

- **mikrofon:**
 - kalibrowany, o ściśle określonych charakterystykach
 - wszelkie niedoskonałości ch-ki korygowane w mierniku
- **USZY**
 - korzystamy z pary uszu
 - mierzymy amplitudę (nieliniowo) oraz fazę (jednocześnie)
 - "złote uszy"

52

Pomiary

- ilustracja sposobu dokonania pomiarów systemu głośnikowego
 - inżynier dźwięku ustawia korektor na podstawie otrzymywanego widma



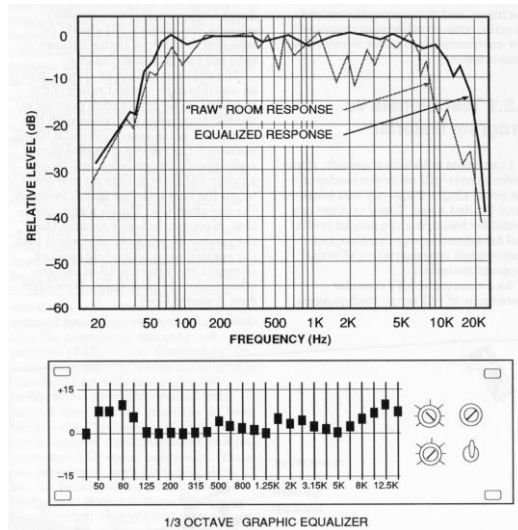
53

Efekt końcowy (?)

- dźwięk brzmi nienaturalnie
 - nie ma stereo
 - transjenty brzmią różnie w obu kanałach
 - dla sygnału mono słycać wyraźną różnicę między kanałami
- przyczyny
 - analizator mierzy tylko amplitudę
 - korektor wpływa nie tylko na amplitudę, ale także na fazę i opóźnienia grupowe

54

Problem z korektorem



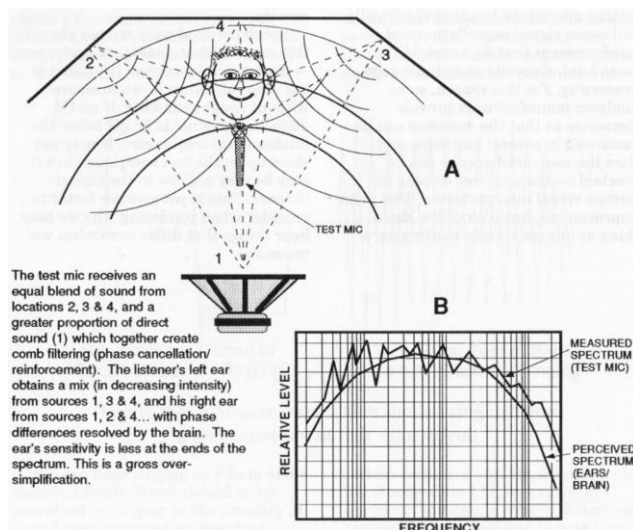
55

Problemów c.d.

- mikrofon pomiarowy "słyszy" tylko w jednym punkcie
 - przesunięcie mikrofonu powoduje zmianę wyników -> nie ma sensu ustawiać korektora na podstawie jednego pomiaru
 - konieczne jest użycie większej liczby mikrofonów oraz dodatkowej obróbki
- każdy sprzęt (miernik) ma ograniczoną dynamikę
- uszy radzą sobie lepiej

56

Przewaga uszu



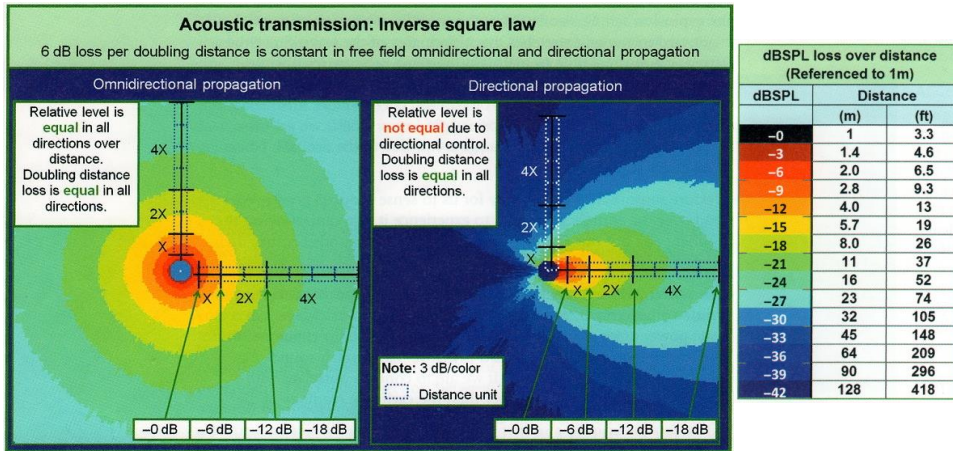
57

Inverse Square Law

- Założenia
 - punktowe źródło dźwięku
 - pole swobodne
- Każde dwukrotne zwiększenie odległości od źródła powoduje spadek ciśnienia dźwięku (SPL) o 6dB
- Moc dźwięku **nie ulega** zmianom z odległością

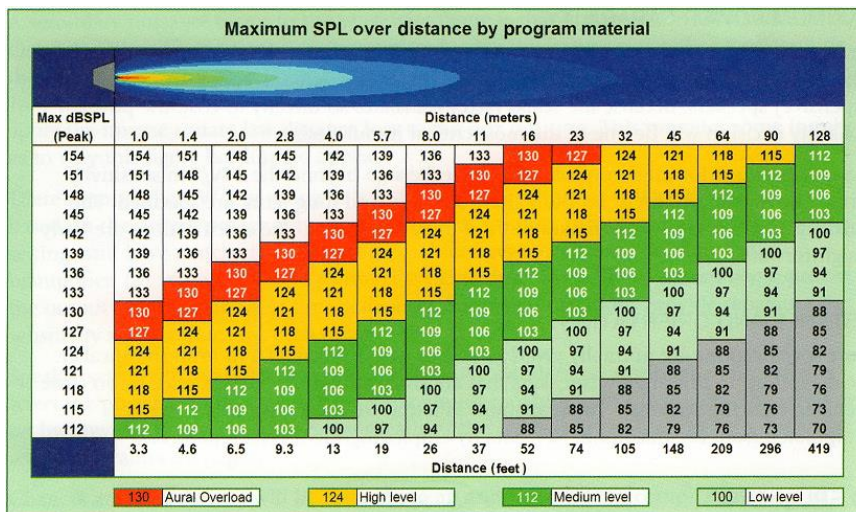
60

Inverse Square Law



61

Inverse Square Law



62

Przykładowe zadania

- Głośnik ma skuteczność 102dB SPL (1W, 1m). Jaki będzie poziom dźwięku z tego głośnika w odległości 9 metrów? Głośnik zasilany sygnałem szumowym o mocy ciągłej 1W
- Najpierw należy obliczyć spadek SPL'a
 $20 \log (9\text{m}/1\text{m}) = 20 \log 9 = 20 \cdot 0.954242 = 19\text{dB}$
- Następnie odjąć spadek od SPL dla 1m
 $102 - 19 = \mathbf{83\text{dB}}$

63

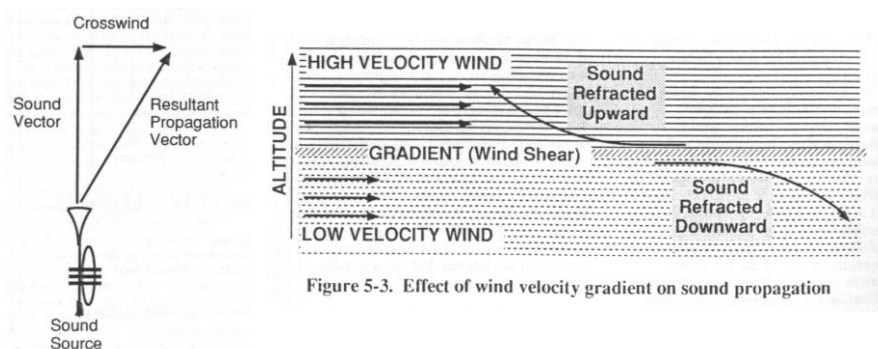
Przykładowe zadania

- Należy nagłośnić koncert na otwartym powietrzu. Widownia sięga 30m od sceny. Używasz pełnopasmowych głośników o skuteczności 98dB SPL (1m, 1W) ustawionych na wprost widowni. Głośnik ma wytrzymać 100W mocy ciągłej. Ile wyniesie maksymalny SPL na końcu widowni?
- obliczyć stosunek między 1W a 100W
 $10 \log (100\text{W}/1\text{W}) = 10 \log (100) = 20$
- dodać powyższą wartość do skuteczności, aby otrzymać SPL przy 100W
 $98 + 20 = 118\text{dB SPL}$
- obliczyć stratę SPL'a
 $20 \log (30\text{m}) = 20 \cdot 1.477121255 = 29.542 \text{ dB} \approx 30\text{dB}$
- odjąć stratę od maksymalnego SPL'a
 $118 - 30 = 88\text{dB SPL}$

64

Wpływ czynników środowiskowych

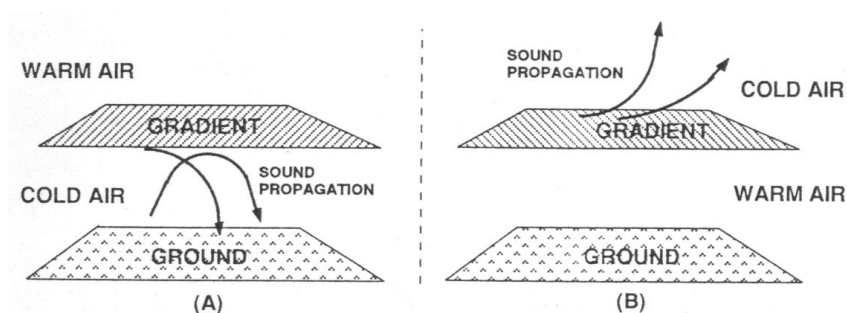
- wiatr
 - zmiana kierunku rozchodzenia dźwięku (w poziomie i pionie)



65

Wpływ czynników środowiskowych

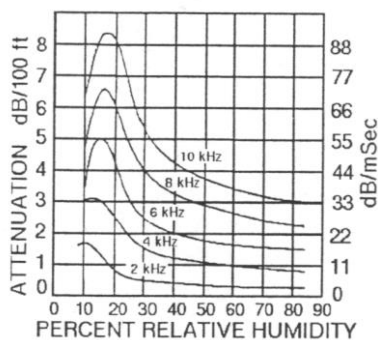
- temperatura
 - warstwy powietrza o różnej temperaturze mogą wpływać na zmiany propagacji
 - zmienia się prędkość rozchodzenia się dźwięku



66

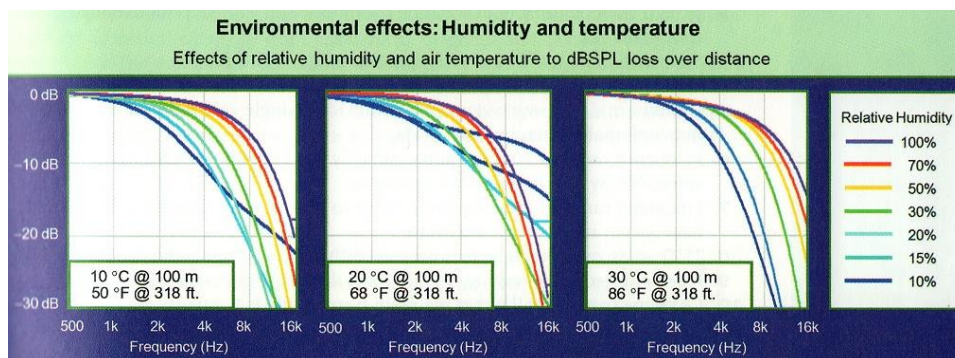
Wpływ czynników środowiskowych

- wilgotność
 - tłumienie dźwięku jest maksymalne dla wilgotności wynoszącej ok. 15%
 - tłumienie wzrasta ze wzrostem częstotliwości (począwszy od 2kHz)



67

Wpływ czynników środowiskowych



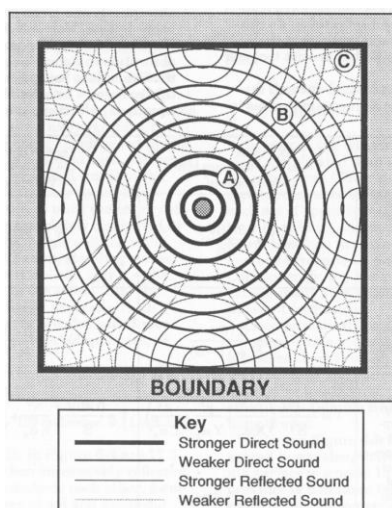
68

Pomieszczenia

- akustyka o wiele bardziej skomplikowana
 - odbicia
 - absorpcja
 - przenikanie dźwięku
 - załamanie
 - fale stojące
 - pogłos

69

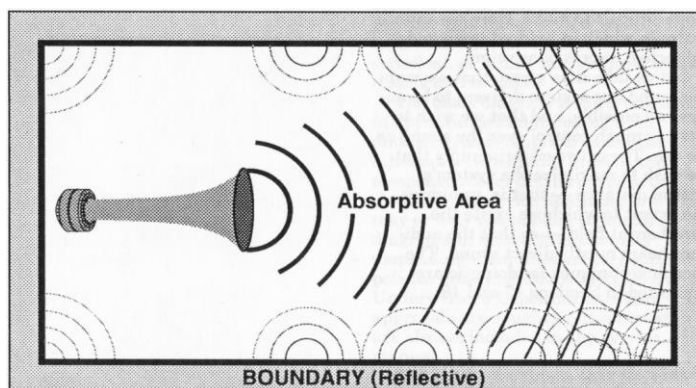
Promień krytyczny



- promień krytyczny – odległość między źródłem dźwięku a punktem, w którym poziom dźwięku bezpośredniego jest równy poziomowi pola pogłosowego
- stosunek poziomu dźwięku bezpośredniego do poziomu pola pogłosowego również może być opisany przez "inverse square law"

71

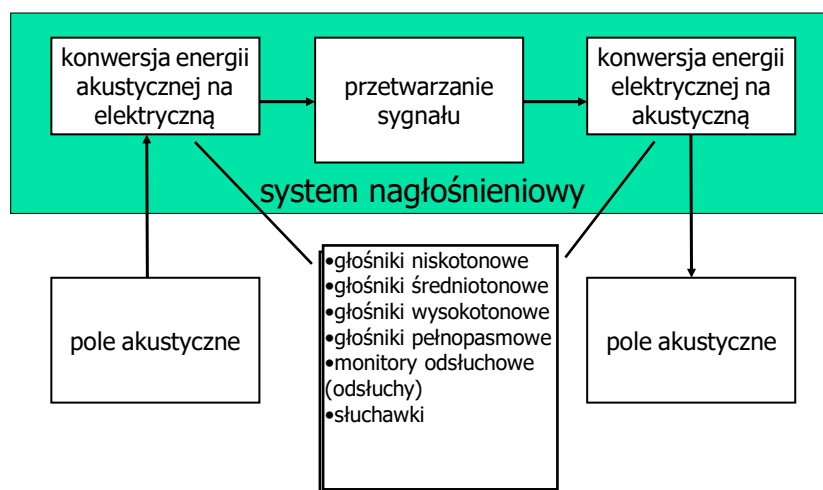
Promień krytyczny



- zastosowanie źródeł kierunkowych zwiększa promień krytyczny i wpływa na zwiększenie obszaru prawidłowego odsłuchu

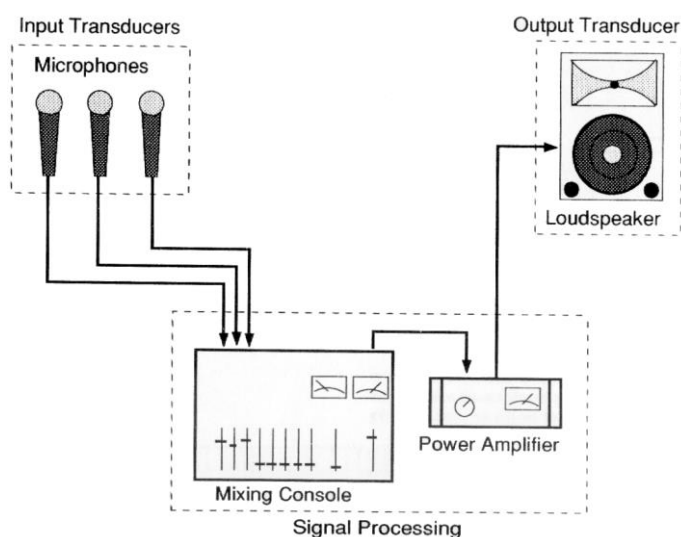
72

Ogólny schemat systemu



73

Prosty system nagłośnieniowy



74

Przedwzmacniacze

- wzmacniają sygnały o poziomach rzędu $-70/-50\text{dBu}$ do poziomów $-20\text{dBu}/+4\text{dBu}$
- pierwsze urządzenia aktywne na wejściu konsoli/miksera
- odgrywają dużą rolę w procesie obróbki sygnału
 - szумы i zniekształcenia
 - impedancje
- pracują w ściśle określonym zakresie poziomów wejściowych
- zewnętrzne przedwzmacniacze mogą być czasem przydatne

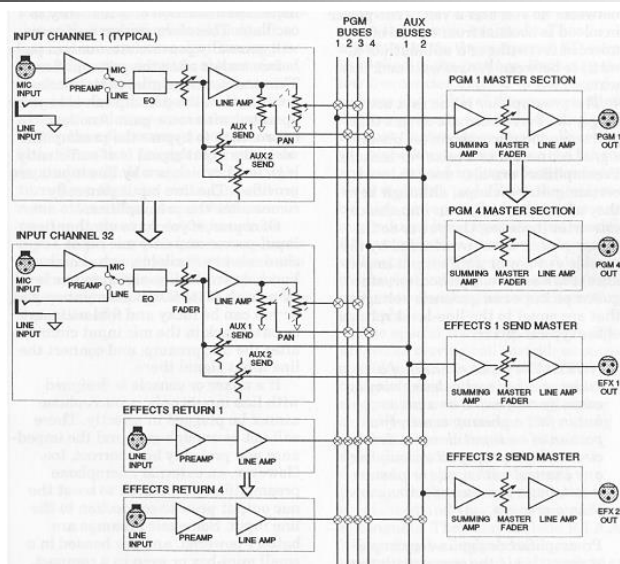
75

Konsoleta

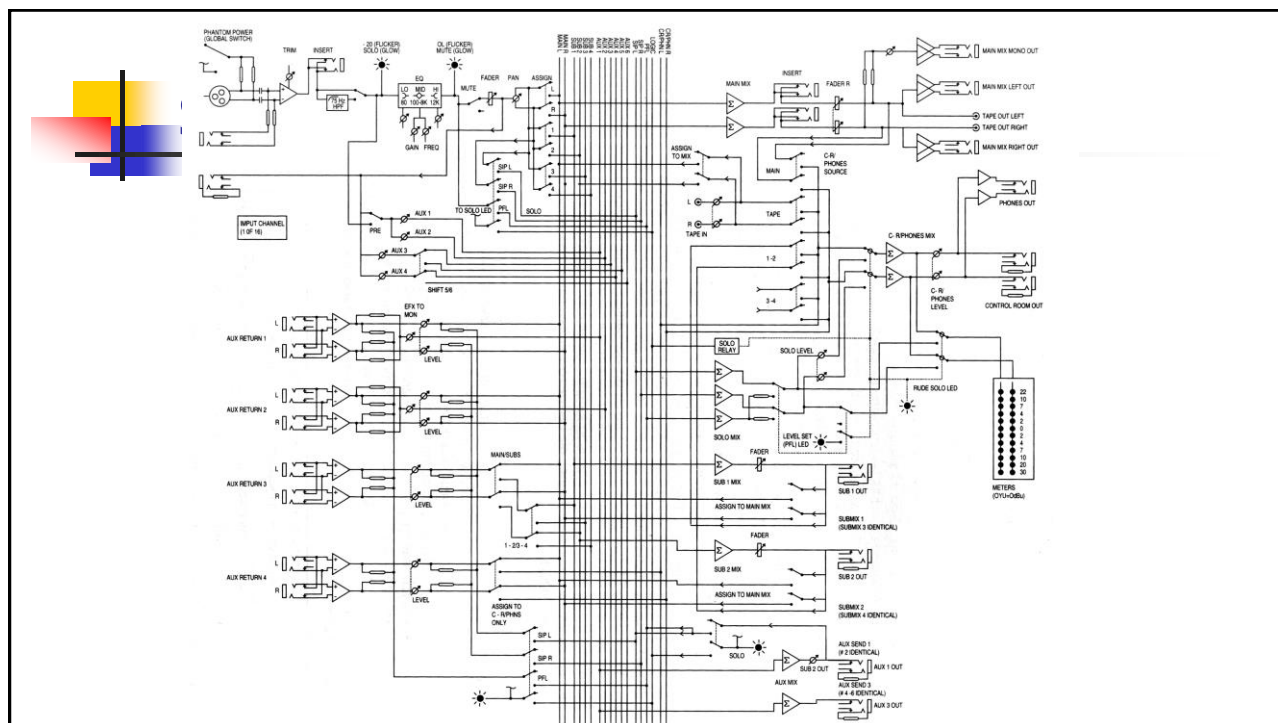
- wzmocnienie sygnałów wejściowych
- przyporządkowanie sygnałów wejściowych do różnych wyjść
- tworzenie różnych miksów
- rozbudowana korekcja barwy
- wbudowane procesory dynamiki
- proste krosowanie sygnałów
- grupowanie suwaków/kanałów

79

Schemat konsolety



80



81

Konsole cyfrowe

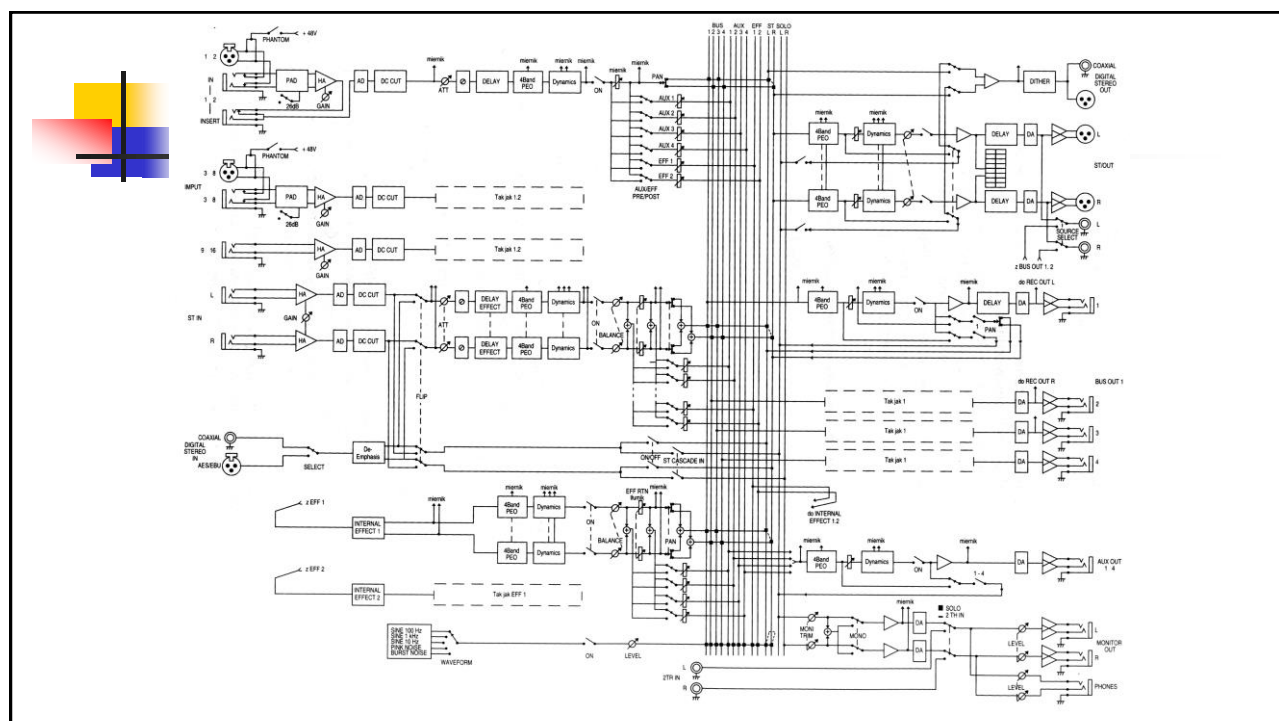
- wbudowane przetworniki A/C i C/A
- wszelkie efekty i procesory dynamiki zbudowane na procesorze sygnałowym
- opóźnianie sygnałów z dokładnością do pojedynczych próbek
- łatwość podłączenia wielośladowych rejestratorów
- tworzenie scen
- automiks

83

Konsole cyfrowe

- uciążliwy "interfejs użytkownika"
- problemy z synchronizacją urządzeń cyfrowych
 - różne częstotliwości próbkowania
 - konieczność przepróbkowywania w locie
 - tylko jedno urządzenie może być "Masterem"
- długie "bootowanie" się

84



85



Headroom

- trzeba brać pod uwagę poszczególne elementy konsoli
 - wejście
 - wyjście
 - szyny
- wielkość headroom'u będzie zależała od jakości konsolety i jej zastosowania
 - 10-15dB –proste miksery
 - 20dB –minimum dla sprzętu profesjonalnego

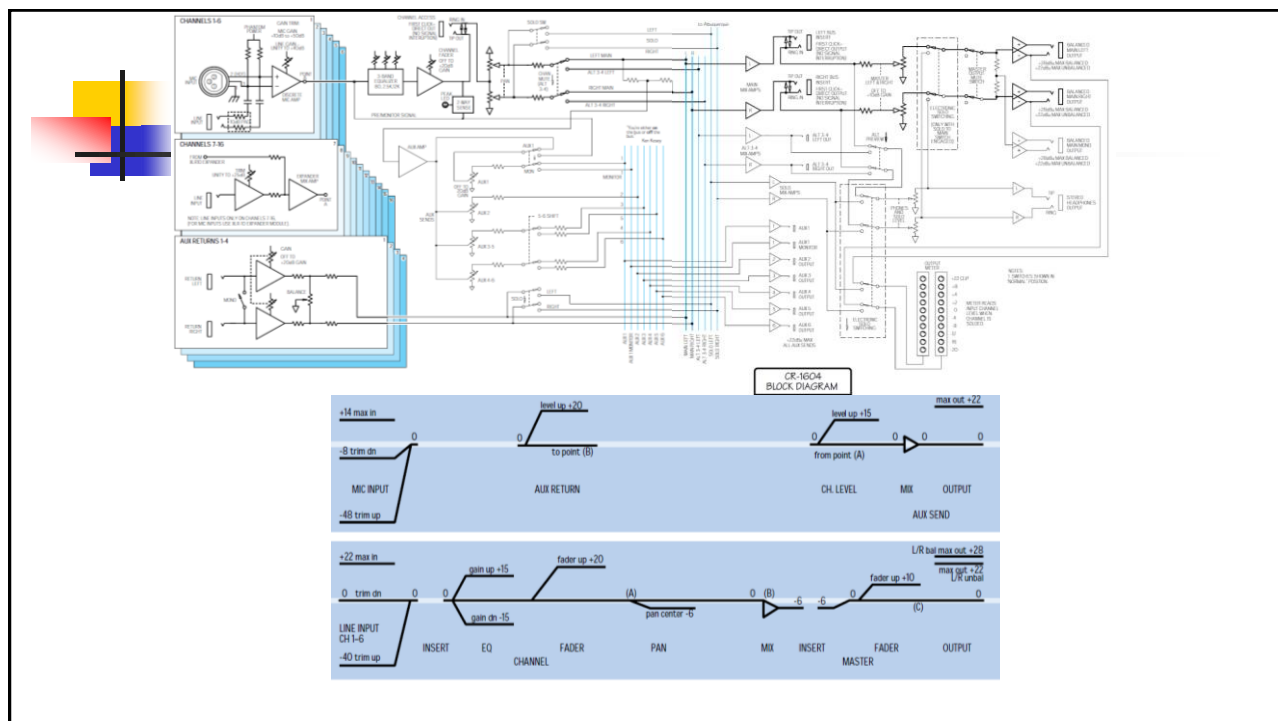
90



Struktura wzmocnienia

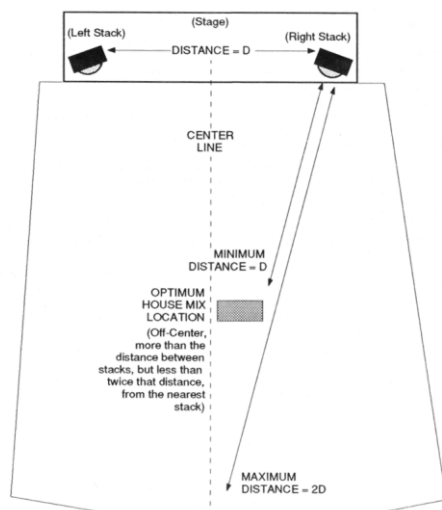
- szumy urządzeń powinny być minimum 40dB poniżej poziomu najcichszych dźwięków
- im więcej wzmocnienia osiągnie się na przedwzmacniaczu, tym mniej będzie trzeba dodawać na kolejnych suwakach i w efekcie tym mniej szumów będzie wzmacnianych
- nie tłumić sygnału na wejściu przedwzmacniacza!

91



92

Położenie głównej konsoly



- realizator musi słyszeć to samo co większość osób na widowni
- nie może zbyt daleko, bo opóźnienie dźwięku będzie zbyt duże
- nie może być zbyt blisko, bo będzie ustawiał za niski poziom

98



System odsłuchowy

- działa niezależnie od systemu nagłośnieniowego
- składa się z takich samych elementów jak inne systemy nagłośnieniowe
- ma pomagać wykonawcom słyszeć co grają
- typowo monofoniczne lub stereofoniczne
- miksy przygotowywane są dla poszczególnych wykonawców
- monitory mają nieco inne parametry

99



Położenie konsoli odsłuchowej

- z boku sceny
 - wzrokowy kontakt z wykonawcami
 - możliwość podsłuchania dźwięku na scenie
- po przeciwnej stronie urządzeń sterujących oświetleniem
- możliwie blisko głównej konsoli
- możliwie blisko rack'ów ze sprzętem, wzmacniaczy itp.

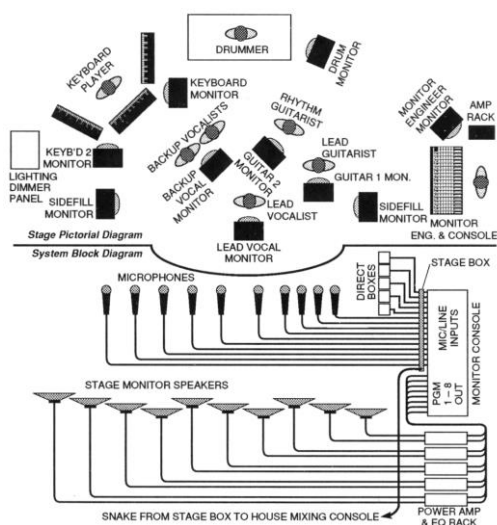
100

Zalety stosowania konsol odsłuchowych

- realizator jest w stanie lepiej wypełniać żądania wykonawców
 - jest bliżej odsłuchów
 - łatwiej mu reagować na uwagi artystów
 - główny realizator ma mniej pracy
- może służyć do wykonania wstępnych miksów (głównie instrumentów elektronicznych)

101

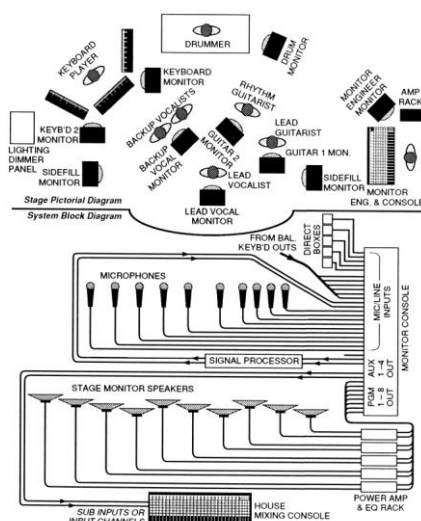
Prosty system odsłuchowy



- sygnały z mikrofonów dzielone na obie konsoly
- każde wyjście wyposażony we własny EQ
- realizator ma możliwość odsłuchu każdego miksów
- dodatkowy miks zasila głośniki umieszczone po bokach sceny

102

System odsłuchowy połączony z główną konsolecią



103

Ustawienie monitorów

- możliwie blisko wykonawcy
 - problemy, gdy wykonawca się przemieszcza po scenie
- zwrócić uwagę na kierunkowość głośnika
- zwrócić uwagę na kierunkowość mikrofonu!
- problem ze słyszalnością odsłuchów na widowni
 - redukować poziom basów
 - podawać tylko niezbędne dźwięki

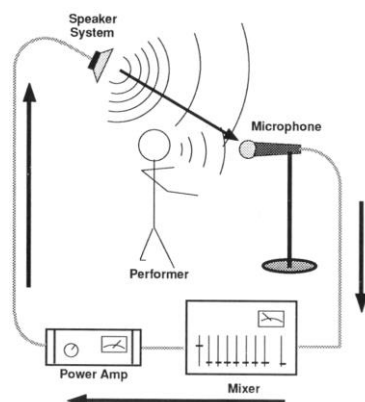
104

Jakość systemu odsłuchowego

- wykonawcy grają lepiej, gdy mają lepsze odsłuchy
- mikrofony zawsze będą zbierały część sygnału z monitorów
- system odsłuchowy jest bardziej wrażliwy na sprzężenia

105

Sprzężenia



- część dźwięku emitowanego przez głośniki jest zbierana przez mikrofon i kolejny raz wzmacniana – tworzy się pętla
 - wzmocnienie w pętli musi być równe jedności (0dB)
 - nie następuje odwrócenie fazy sygnału
- system powinien pracować z 6dB marginesem "bezpieczeństwa"

106

Zapobieganie sprzężeniom

- wykorzystanie kierunkowych mikrofonów i głośników
 - trzeba uważać na niskie częstotliwości i zafalowania charakterystyk
- maksymalne odsunięcie głośników od mikrofonów
- maksymalne przybliżanie mikrofonu do źródła
- zadbanie o równomierne ch-ki kierunkowe głośników i mikrofonów
- wykorzystanie korektorów (o możliwie wąskich pasmach)
- użycie statycznych lub dynamicznych filtrów typu notch
- zmiana położenia mikrofonu (dotyczy pomieszczeń zamkniętych)
- użycie materiałów pochłaniających dźwięk (dotyczy pomieszczeń zamkniętych)

111

Zapobieganie sprzężeniom



112

Wzbudzenie systemu

- ustawienie sprzętu jak podczas występu
- osoba mówi do określonego mikrofonu
- zwiększany jest poziom aż do momentu wystąpienia sprzężenia
- zmniejszenie poziomu dla danej częstotliwości o 3dB
- zwiększenie poziomu itd
- zakończenie procesu, gdy wzbudza się wiele częstotliwości
- zysk: ok. 3-15dB
- pamiętać o pozostawieniu marginesu bezpieczeństwa
 - zmiana warunków podczas koncertu

113

Walka ze sprzężeniami w systemie odsłuchowym

- użycie mikrofonów kardioidalnych (superkardioidalnych*) i właściwe ich ustawienie (i trzymanie)
- odwrócenie fazy w konkretnym sygnale wyjściowym lub na wejściu mikrofonowym
 - konieczne sprawdzenie czy miks będzie poprawnie słyszany, jeśli sygnał wejściowy zostanie odwrócony w fazie
- dodanie opóźnienia (10-50 μ s) do sygnału wyjściowego
 - ew. 20-30ms – wykonawcy lepiej się słyszą (-> mniejsze wzm.)
- wzbudzenie systemu przed występem
 - korektor
 - filtr notch
- załączenie filtrów górnoprzepustowych
 - usuwa niepożądane szumy
 - nie stosować dla klawiszy i perkusji

114




Klasyfikacje systemów

- nagłośnieniowe <-> dogłośnieniowe

- reprodukcji dźwięku <-> nagłośnieniowe

115



Nagłośnienie <-> dogłośnienie

- system nagłośnieniowy
 - główny cel: zwiększenie poziomu dźwięku w sali
- system dogłośnieniowy
 - główny cel: polepszenie parametrów dźwięku, np.:
 - zwiększenie zrozumiałości mowy
 - zwiększenie czasu pogłosu
 - zwiększenie dyfuzyjności
 - polepszenie równomierności nagłośnienia

116



Systemy reprodukcji dźwięku

- Zastosowanie:
 - umożliwiają odtwarzanie przygotowanego uprzednio dźwięku
 - kluby
 - "imprezy"
- Cechy
 - uproszczone regulacje (poziom, barwa)
 - proste konsolety
 - możliwość synchronizacji dźwięku z obrazem

117



Systemy nagłośnieniowe

- Zastosowanie:
 - wzmocnienie poziomu źródeł dźwięku znajdujących się na scenie tak, by były słyszane przez nawet dużych rozmiarów publiczność
- Cechy:
 - różna złożoność w zależności od zastosowań

118

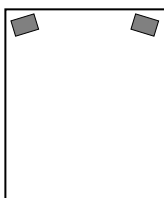
Projektowanie systemu

- analiza
 - potrzeby techniczne
 - możliwości ekonomiczne
- planowanie
 - połączenie urządzeń
 - sposób wykorzystania urządzeń

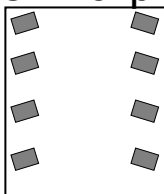
119

Systemy nagłośnieniowe

- system centralny



- system rozproszony



120



Porównanie

	system centralny	system rozproszony
system głośnikowy	łatwość instalacji zestawów wielodrożnych	najczęściej pojedyncze kolumny
generacja echa	rzadko	często
pracochłonność	mało okablowania, lutowania, łatwiejszy montaż	dużo okablowania, dużo pracy przy instalacji głośników
straty mocy w kablach	małe (wzmacniacze blisko głośników)	duże
"strojenie", konserwacja	względnie proste	trudne przy rozbudowanych systemach
cena	mniejsza	większa

121



Nagłośnienie małych pomieszczeń

- problemy
 - łatwo przekroczyć dopuszczalne poziomy głośności
 - ryzyko sprzężeń
 - utrata wyrazistości dźwięku na skutek odbić od ścian i sufitu
 - brak miejsca na rozstawienia aparatury
- rozwiązania
 - nie nagłaśniać tych instrumentów, które tego specjalnie nie potrzebują
 - zminimalizować moc w odsłuchach, a nawet tak ustawić wykonawców, żeby odsłuchy nie były potrzebne
 - wytłumić (np. za pomocą kotar i dekoracji) obszar sceny i końca pomieszczenia
 - przy małych mocach umieszczać kolumny głośnikowe za zespołem

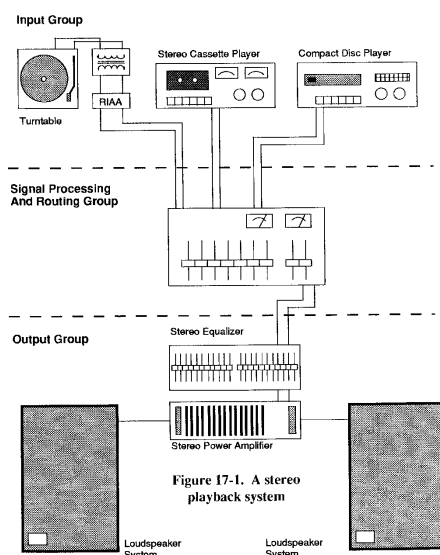
122

Nagłośnienie otwartych przestrzeni

- problem
 - uzyskanie odpowiedniej mocy i równomierności pokrycia
 - silne tłumienie wyższych częstotliwości przy większych odległościach
 - może powstawać echo
- rozwiązania
 - kolumny głośnikowe o wąskich kątach promieniowania
 - umieszczanie kolumn wysoko na rusztowaniach
 - wykorzystanie systemu rozproszonego
 - linie opóźniające
 - bramkowanie wybrzmiewania dźwięków
 - straty!

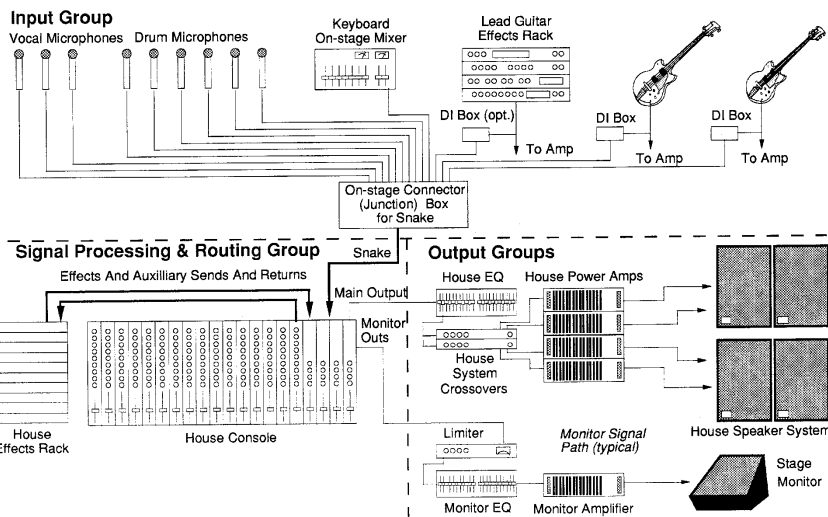
123

Przykłady systemów



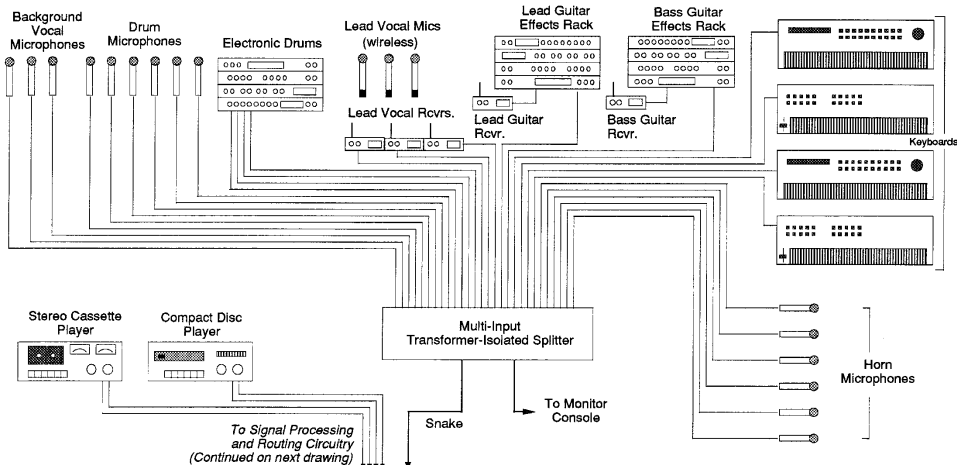
124

Przykłady systemów



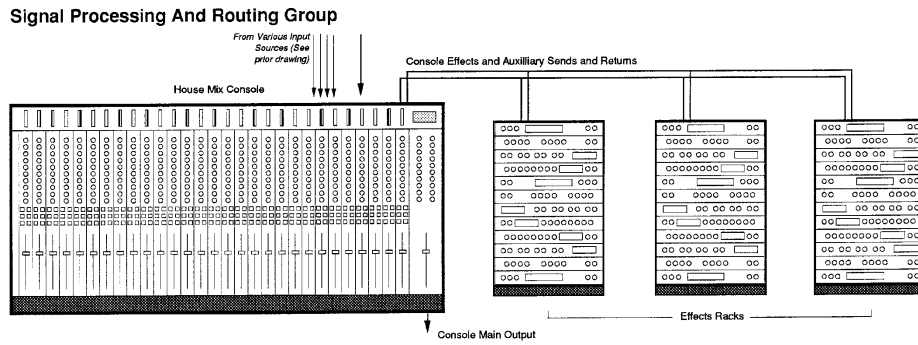
125

Przykłady systemów



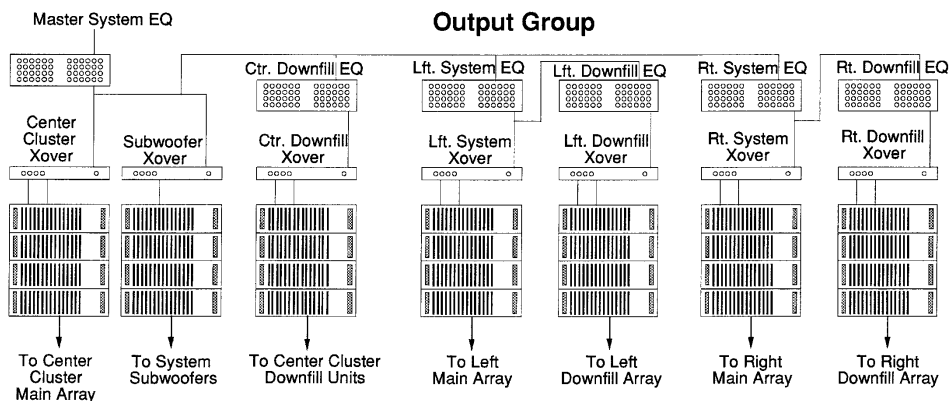
126

Przykłady systemów



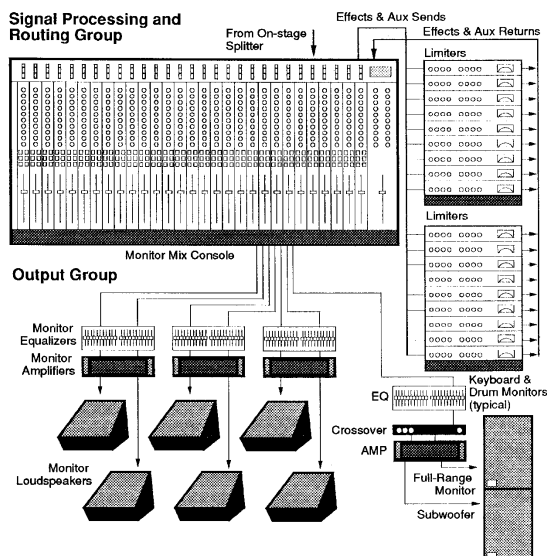
127

Przykłady systemów



128

Przykłady systemów



129

Dziś można to zrobić inaczej: DANTE

- wykorzystuje połączenie ethernet (zalecany 1Gbit)
 - używa protokołu IP (w odróżnieniu od Ethersounda)
 - konfiguracja adresów z użyciem DHCP
 - nie wymaga tworzenia odrębnej sieci
 - w sieciach 100Mbit i mieszanych wymagana QoS
- przesyłanie audio z użyciem UDP
 - unicast i multicast
 - typowa przepływność dla unicast to ok. 6Mbit/s (4 kanały i 16 próbek na kanał)

130

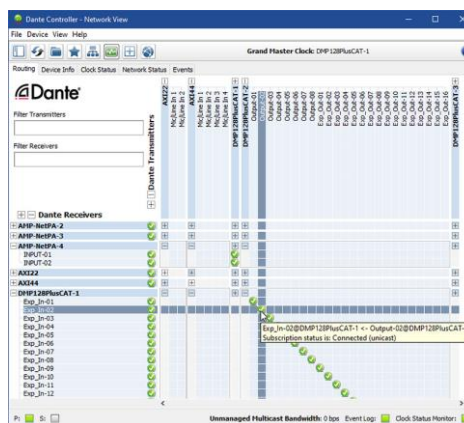
Dziś można to zrobić inaczej: DANTE

- możliwość przesyłania
 - 48x48 kanałów z częst. próbk. 48kHz w sieci 100Mbit
 - 512x512 kanałów z częst. próbk. 48kHz w sieci 1Gbit
- niewielka i deterministyczna latencja
 - zależy od wielkości sieci (liczby switchy)
 - ogólna zasada: 100us na switch
 - od 0,15 ms do 5 ms
 - transmisje multicast zawsze mają latencje 1ms

131

DANTE

- konfiguracja z poziomu
 - PeCeta: Dante Controller
 - urządzenia



132

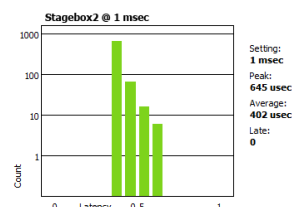
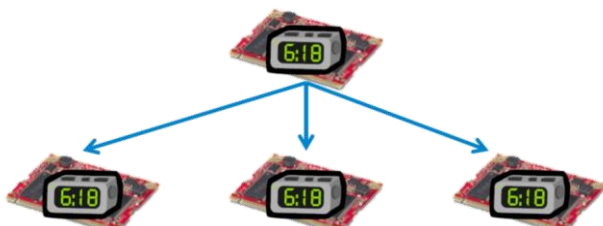
Dante - cechy

- nie jest wykorzystywane multipleksowanie z podziałem czasu (TDM)
 - stosowane w AES/EBU, MADI, EtherSound
 - synchronizacja urządzeń na podstawie przesyłu danych
- Dante wykorzystuje transmisję pakietową
 - Precision Time Protocol (protokół precyzyjnej synchronizacji czasu)
 - pozwala na uzyskanie synchronizacji urządzeń poniżej 1 us
 - wykorzystuje informację o różnicy między zegarami

133

Dante - cechy

- Master transmituje ramki w trybie multicast
- Slave-y sprawdzają opóźnienie dotarcia ramek i wysyłają informację o pożądanym opóźnieniu
- synchronizacja zegara urządzeń waha się w zakresie +/-0,2us
- typowa latencja dla urządzenia Dante: 1ms



134

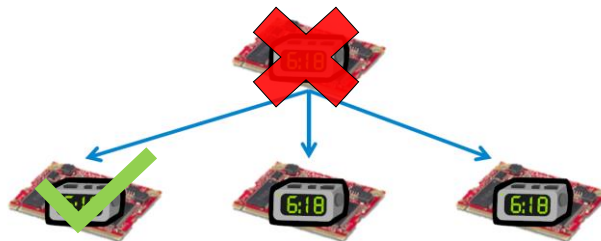
DANTE - cechy

- jeden Master (obecnie Leader)
- jeżeli Master zniknie
 - urządzenia wykorzystują swoje wewnętrzne zegary
 - następuje automatyczny wybór nowego Mastera
 - ponowna synchronizacja nie wiąże się z zakłóceniami czy ciszą

135

Dante - cechy

- zasady wyboru Mastera
 1. czy dane urządzenie jest „Preferred”
 2. czy dane urządzenie pełni rolę „slave-a” dla zewn. zegara
 3. czy dane urządzenie ma zegar wysokiej jakości
 4. czy dane urządzenie ma adres MAC niższy od innych urządzeń



136

Dante cechy

The screenshot shows the Dante Controller interface with two views. The top view is for 'Grand Master Clock: Desk-FOH' in the 'Main Room' domain. The bottom view is for 'Primary Leader Clocks: Stagebox2-CH, Stagebox1-CH' in the 'Concert Hall' domain.

Device Name	Sync	Mute	Clock Source	Domain Status	Primary Status	Secondary Status	AE567 Status	Preferred Master	Enable Sync To External	
192.168.13.0/24										
Amp2-FOH	<input checked="" type="checkbox"/>		Dante	N/A	Slave	N/A	N/A	<input type="checkbox"/>	N/A	
Desk-FOH	<input checked="" type="checkbox"/>		Dante	Master	Master	N/A	N/A	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Desk-Monitors	<input checked="" type="checkbox"/>		Dante	Disabled	Slave	N/A	N/A	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
PA-mc	<input checked="" type="checkbox"/>		Dante	Disabled	Slave	N/A	N/A	<input type="checkbox"/>	N/A	
PCIe-Rac	<input checked="" type="checkbox"/>		Dante	Disabled	Slave	Link down	N/A	<input type="checkbox"/>	N/A	
Stagebox-2	<input checked="" type="checkbox"/>		Dante	Standby	Slave	N/A	N/A	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
192.168.14.0/24										
Amp1-FOH	<input checked="" type="checkbox"/>									
Stagebox-1	<input checked="" type="checkbox"/>									
Primary Leader Clocks: Stagebox2-CH, Stagebox1-CH										
Device Name	Sync	Mute	Clock Source	Domain Status	Primary v1 Multicast	Primary v2 Multicast	Secondary v1 Multicast	Secondary v2 Multicast	Preferred Leader	Enable Sync To External
192.168.20.0/24										
Amp1-CH	<input checked="" type="checkbox"/>		Dante	Disabled	Follower	N/A	N/A	N/A	<input type="checkbox"/>	N/A
Amp2-CH	<input checked="" type="checkbox"/>		Dante	N/A	Follower	N/A	N/A	N/A	<input type="checkbox"/>	N/A
Stagebox2-CH	<input checked="" type="checkbox"/>		Dante	Leader	Leader	Disabled	N/A	N/A	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
192.168.30.0/24										
Desk-CH-Main	<input checked="" type="checkbox"/>		Dante	Disabled	Follower	Disabled	N/A	N/A	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Stagebox1-CH	<input checked="" type="checkbox"/>		Dante	Disabled	Leader	Disabled	N/A	N/A	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

źródło: https://dev.audinate.com/GA/dante-controller/userguide/webhelp/content/front_page.htm

137

DANTE - cechy

- konieczność konfiguracji urządzeń, m.in.
 - numery urządzeń za pomocą dipswitchy (UNIT ID)
 - wielkość latencji
- zdalne sterowanie gain-em interfejsów wejściowych
- możliwość ustawienia różnych gain-ów dla różnych konsolet
- redundancja dzięki niezależnym sieciom
 - ale awaria sieci i przełączenie na rezerwową wiąże się z ciszą (2s lub więcej)

138

DANTE - cechy

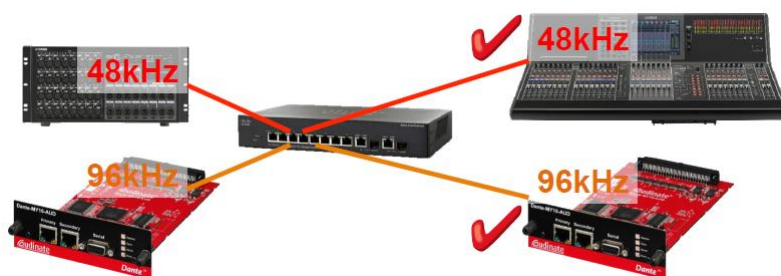
- w jednej sieci mogą funkcjonować urządzenia pracujące z różną rozdzielczością bitową (16/24/32) - i wzajemnie przekazywać sobie dane



139

DANTE - cechy

- w jednej sieci mogą funkcjonować urządzenia pracujące z różną częst. próbkowania - ale NIE MOGĄ przekazywać sobie danych



140

DANTE - cechy

- dane przesyłane są w grupach po maks. 4 kanały (tworzą tzw. „flow”)
- urządzenia mają ograniczoną liczbę możliwych do obsługi „flows”
- 32 flows
 - 4 kanały do 32 urządzeń
 - 8 kanałów do 16 urządzeń
 - 16 kanałów do 8 urządzeń
 - 32 kanały do 4 urządzeń



141

DANTE - cechy

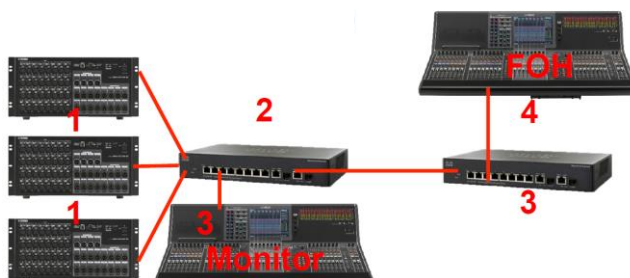
- Unicast/Multicast
 - Unicast stanowi większe obciążenie dla urządzeń przesyłających dane
 - Multicast stanowi większe obciążenie dla switchy
 - trzeba uważać przy korzystaniu z Multicasta
 - dla Multicasta „flow” może zawierać 8 kanałów



142

Dante - latencja

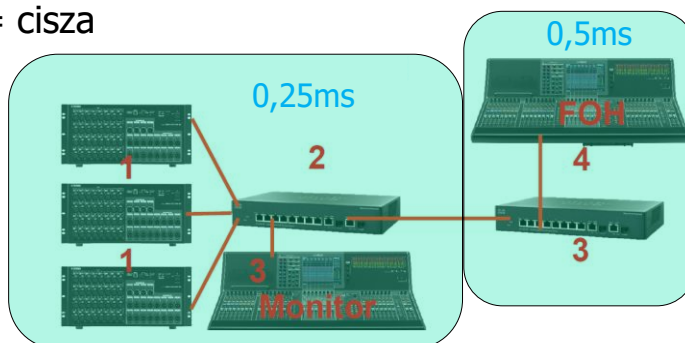
- układ: gwiazda
- 5 urządzeń Dante + 2 switche
- dane audio przechodzą przez cztery switche
- używać ustawienia latencji 0,5ms (lub większej)



143

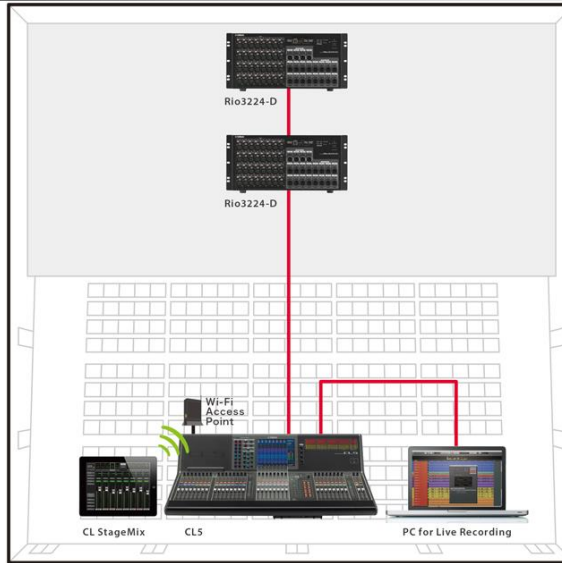
Dante - latencja

- inna opcja:
 - latencja 0,25ms dla interfejsów wejściowych i konsoli odsłuchowej
 - latencja 0,5ms dla konsoli FOH
 - zbyt mała latencja = cisza



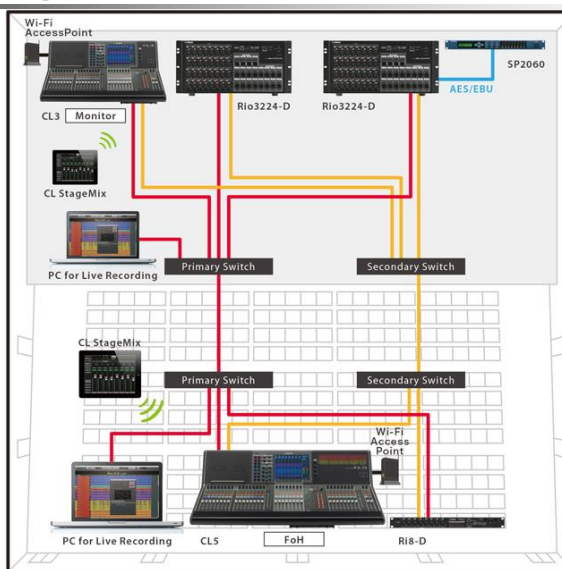
144

Prosty system



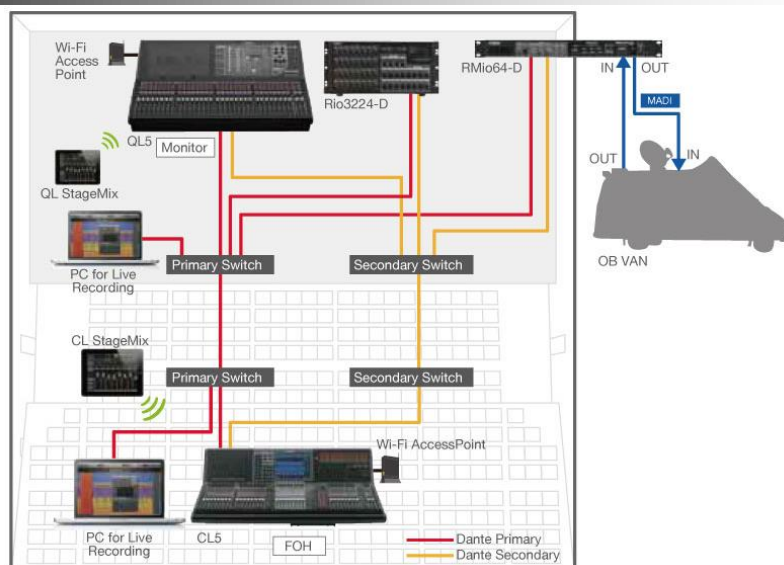
145

Typowy system



146

Zaawansowany system



147

DANTE - uwagi techniczne

- kable
 - co najmniej CAT5e, zalecany CAT6, ekranowane
- switche
 - 1GB (lub więcej) na każdym porcie
 - przełączanie równe dwukrotności liczby portów (np. 20GBps dla 10 portowego switcha)
 - brak zarządzania energią „Energy-Efficient Ethernet” lub możliwość jej wyłączenia

148



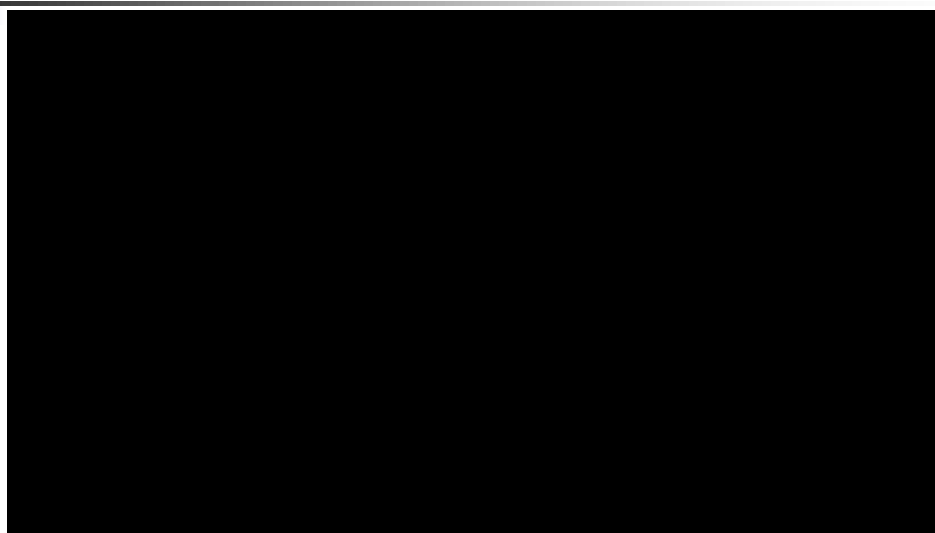
Dante AV

- dodanie możliwości przesyłania wideo
 - maks. 4K60 z kompresją JPEG2000
 - sieć 1Gbit
 - niezależne streamowanie audio i wideo
 - pełna synchronizacja audio i wideo (latencja?)

149



Dante AV



źródło: <https://youtu.be/058B8da06E8>

150



AES50

- standard otwarty
 - zdefiniowany w 2005 roku
 - bazuje na protokole SuperMAC (Sony Pro Audio Lab)
- 100Mbit/s, kabel CAT5/5e, maks. 100 metrów
- maks. 48 kanałów (dwukierunkowych) przy częst. próbk. 48kHz
- latencja: 62,50us (3 próbki dla 48kHz)
- dodatkowy kanał pomocniczy – 5Mbit/s

151



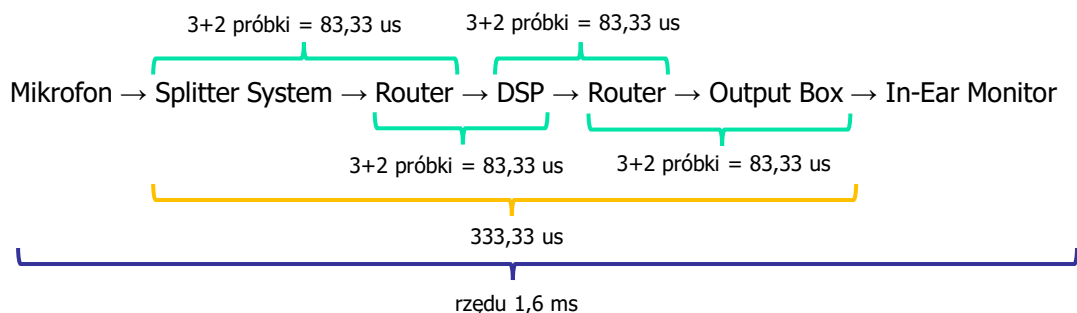
HyperMAC

- wersja rozwojowa AES50
 - wykorzystuje Gigabit Ethernet lub światłowód
 - maks. 384 kanały (dwukierunkowe) przy częst. próbk. 48kHz
 - latencja: 41,66us (2 próbki dla 48kHz)
 - dodatkowy kanał pomocniczy – 200Mbit/s

152

AES50/HyperMAC

- wymagają dedykowanych ruterów
- deterministyczna latencja



dotatkowe 2 próbki na konwersję między formatami danych (np. I2S)

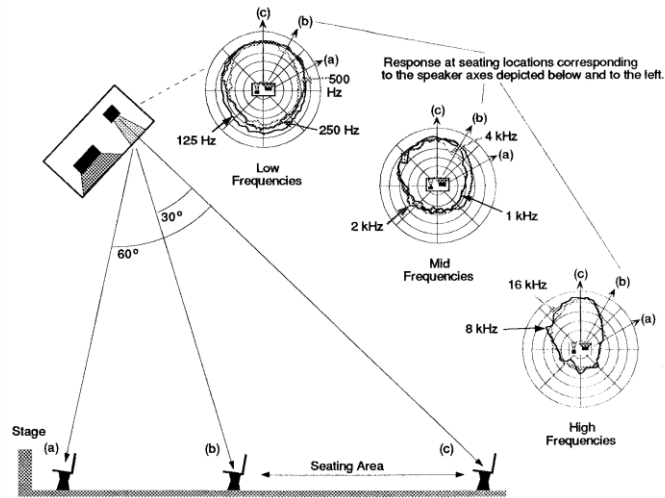
153

AES50/HyperMAC

- wbudowane algorytmy detekcji i korekcji błędów
 - Cyclic Redundancy Check (CRC)
 - Forward Error Correction
 - zapis danych w sposób umożliwiający wykrycie problemów w kablu i nadal przesyłanie w sposób poprawny
- redundatne połączenia między urządzeniami

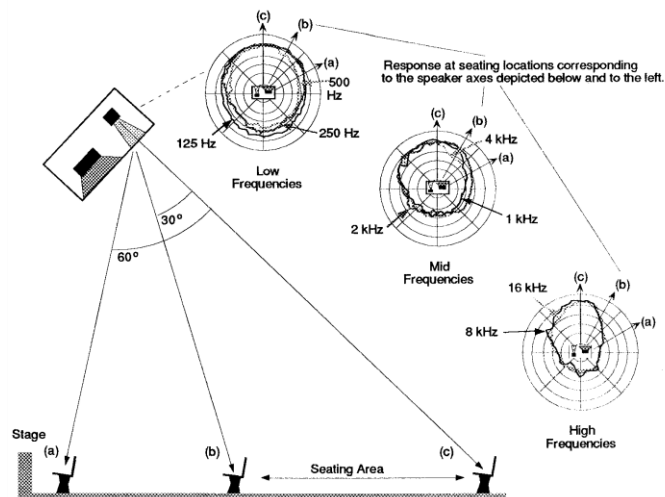
154

Kierunkowość a pokrycie



155

Kierunkowość a pokrycie



156

Kierunkowość a pokrycie

- główna oś skierowana na punkt na końcu widowni
 - poziom dźwięku w tym punkcie = 0dB
 - odległość między głośnikiem a tym punktem wynosi D
- problem: ile wynosi poziom dźwięku w innych punktach?
 - 0.7D, 15 stopni od osi głównej
 - 0.6D, 30 stopni od osi głównej

157

Obliczenia

- $20 \log (D / 0.7 D) = 3\text{dB}$
- z ch-ki kierunkowości dla 4 kHz
spadek o 1dB
- poziom:
 $3 - 1 = \mathbf{2dB}$

- $20 \log (D / 0.6 D) = 4.4 \text{ dB}$
- spadek o 5 dB
- poziom: $4.4 - 5 = \mathbf{-0.6 dB}$

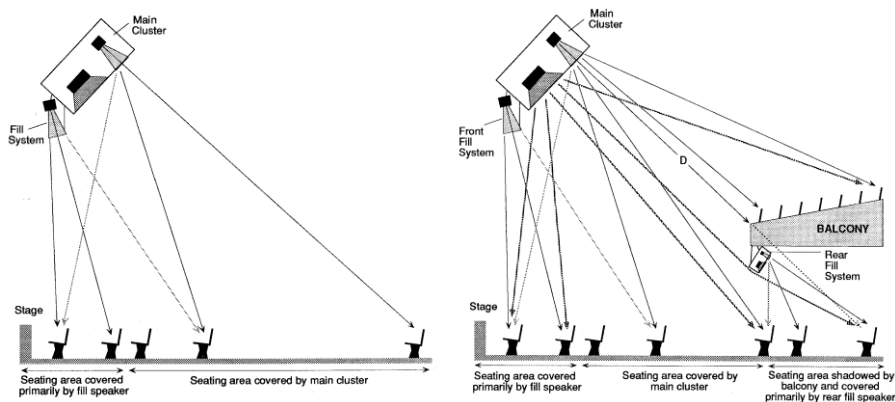
158

Dogłosnienie

- dodatkowy głośnik umieszczony blisko głównego
 - zminimalizowanie problemów z fazą sygnałów
 - dodatkowy głośnik nie jest postrzegany jako osobne źródło dźwięku
- dodatkowy głośnik umieszczony daleko od głównego
 - konieczność dodania opóźnienia (odległość+10ms)
- konieczne zestrojenie obu systemów

159

Dogłosnienie



160

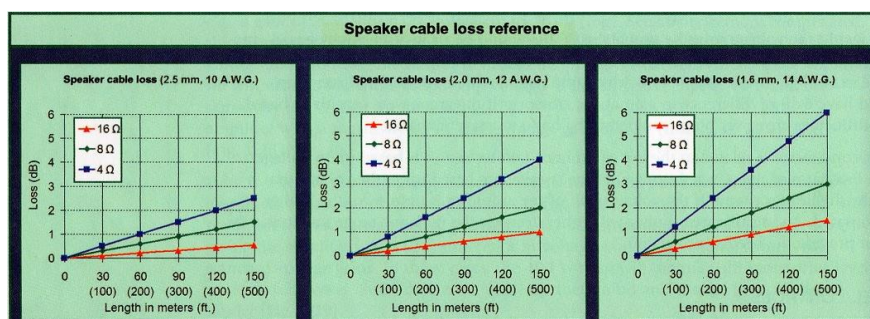
Wzmacniacze mocy i głośniki

- nie należy podłączać do wzmacniacza głośników, których impedancja jest mniejsza od nominalnej podanej przez producenta -> ryzyko spalenia wzmacniacza
 - najczęściej mają zabezpieczenia zwarciove, termiczne itp.
- moc wyjściowa wzmacniacza nie powinna przekraczać mocy znamionowej głośnika
- moce głośników
 - znamionowa – największa moc, jaką można dostarczyć w długim okresie (więcej niż 2h)
 - muzyczna – największa moc dostarczona w krótkim okresie (1s); dwa razy większa od znamionowej
 - szczytowa – jak silny impuls (10ms) nie uszkodzi głośnika; nawet cztery razy większa od znamionowej
- w typowym przebiegu muzycznym tony podstawowe (do 3kHz) stanowią 90% mocy, a tony harmoniczne (powyżej 3kHz) zaledwie 10%

161

Kable głośnikowe

- problemy
 - straty energii
 - wpływ pojemności kabla na pracę końcówki i przesyłanie sygnałów impulsowych



162

Kable głośnikowe - straty

- przykład:
 - głośnik o impedancji 4Ω , moc $400W$ -> prąd **10A**
 - kabel o długości $50m$ i przekroju $1,5mm^2$ -> oporność ok. 13Ω na kilometr -> całkowita oporność **1,3 Ω**
 - straty mocy -> $P = I^2R =$ **130W**
- stosować przewody o dużym przekroju i małej długości (końcówki umieszczać przy głośnikach)
- im mniejsza impedancja głośnika, tym większy powinien być przekrój

163

Kable a oporności

- kable głośnikowe
 - $\emptyset 1,5mm^2$ -> $13\Omega/km$
 - $\emptyset 2,5mm^2$ -> $8\Omega/km$
 - $\emptyset 4mm^2$ -> $4,5\Omega/km$
- koncentryk
 - $\emptyset 0,22mm^2$ -> $90\Omega/km$
- symetryczny kabel mikrofonowy
 - $\emptyset 0,20mm^2$ -> $105\Omega/km$

164



Kable głośnikowe - pojemności

- pojemność kabla 60pF/m – 520pF/m
- szybkie impulsy będą miały złagodzone zbocza
- wysokie częstotliwości mogą być stłumione
- w skrajnym przypadku wzmacniacz się wzbudzi