

Mã hoá và nén tín hiệu âm thanh ứng dụng trong phát thanh số

Trần Thị Minh Huệ

Trường Đại học Công nghệ

Luận văn Thạc sĩ ngành: Kỹ thuật Điện tử; Mã số: 62 52 70

Người hướng dẫn: TS. Nguyễn Xuân Trường

Năm bảo vệ: 2012

Abstract: Trình bày kiến thức cơ sở về âm thanh từ đặc điểm của sóng âm thanh đến tín hiệu âm thanh trong tự chuyển đổi sang tín hiệu âm thanh số. Tìm hiểu về các giải thuật nén âm thanh và các định dạng âm thanh thực tế. Nghiên cứu mã hoá – nén tín hiệu âm thanh ứng dụng trong phát thanh số- mã hoá dải con với tổ hợp hệ số phân chia[6, 6, 6, 4, 4] và mô phỏng kết quả.

Keywords: Kỹ thuật điện tử; Xử lý tín hiệu số; Nén tín hiệu; Âm thanh; Mã hóa tín hiệu

Content

MỞ ĐẦU

Sự phát triển trong ngành điện tử sản xuất các thiết bị âm thanh chuyên dụng và dân dụng đều dựa trên công nghệ số. Khi dung lượng lưu trữ và độ rộng kênh truyền số liệu được quan tâm đúng mức, tốc độ dòng số liệu của các tín hiệu âm thanh này sẽ có đủ độ lớn để giữ được mức âm thanh trung thực. Tuy nhiên, một khó khăn gặp phải đó là thời gian lưu trữ và giá thành của thiết bị sẽ tăng cao. Do đó để giảm giá thành và tốc độ lưu trữ số liệu, một phương pháp đưa ra là nén dòng số liệu audio số.

Nguyên tắc chính của các kỹ thuật nén hiện nay là giảm thông tin dư thừa và không cần thiết trong các tín hiệu âm thanh. Mã hoá dải con (SBC) được phát minh năm 1980 có ưu điểm nổi bật là nén dữ liệu với hệ số rất lớn nhưng vẫn đảm bảo chất lượng tín hiệu cho phép. Trong thực tế, tùy theo mục đích khác nhau ta phải giải quyết mâu thuẫn giữa tỷ lệ nén dữ liệu và chất lượng âm thanh sao cho vẫn đảm bảo về tiêu chuẩn phát thanh. Chính vì vậy, các vấn đề về nén và mã hoá tín hiệu âm thanh trong các thiết bị xử lý, lưu trữ truyền dẫn là vấn đề đặc biệt được quan tâm đối với ngành truyền thông nói chung và ngành phát thanh nói riêng. Xuất phát từ lý do đó, tôi chọn đề tài “**Mã hoá và nén tín hiệu âm thanh ứng dụng trong phát thanh số**” cho luận văn của mình. Nội dung tìm hiểu của luận văn gồm 3 chương sẽ lần lượt trình bày các vấn đề sau:

Chương I: Trình bày kiến thức cơ sở về âm thanh từ đặc điểm của sóng âm thanh đến tín hiệu âm thanh tương tự chuyển đổi sang tín hiệu âm thanh số.

Chương II: Trình bày về các giải thuật nén âm thanh và các định dạng âm thanh thực tế

Chương III: Trình bày mã hoá – nén tín hiệu âm thanh ứng dụng trong phát thanh số- mã hoá dải con với tổ hợp hệ số phân chia[66644] và mô phỏng kết quả

CHƯƠNG I: KIẾN THỨC CƠ SỞ

1.1- Âm thanh [11][6]

1.1.1- Định nghĩa

Âm thanh là các dao động cơ học của các phân tử, nguyên tử hay các hạt làm nên vật chất và lan truyền trong vật chất như các sóng. Đối với thính giác của người, âm thanh thường là sự dao động trong dải tần số từ khoảng 20 Hz đến 20 kHz, của các phân tử không khí, và lan truyền trong không khí, va đập vào màng nhĩ, làm rung màng nhĩ và kích thích bộ não.

1.1.2- Quá trình truyền lan của âm thanh

Sóng âm thanh từ một vật thể rung động phát ra, được lan truyền trong không gian, tới tai ta làm rung động màng nhĩ theo đúng nhịp điệu rung động của vật thể đã phát ra tiếng, nhờ đó mà tai nghe được âm thanh.

Trong không khí, âm thanh lan truyền ở dạng sóng dọc

Trong chất rắn, , âm thanh truyền lan ở dạng sóng ngang. Trong môi trường chân không âm thanh không truyền lan được

1.1.3- Các đại lượng vật lý của âm thanh [6],[11]

1.1.3.1- Tần số

Tần số của một âm đơn là số lần dao động của khí không khí truyền dẫn âm trong một giây. Đơn vị đo tần số là Hz – Hertz (1MHz = 1000kHz = 1000000Hz).

1.1.3.2- Áp suất âm thanh

Độ dao động của áp suất của khí quyển khi bị sóng âm thanh tác động được gọi là áp suất âm thanh. Áp suất âm thanh hay còn gọi là thanh áp có đơn vị là Pascal [Pa] 1Pa= 1N/m².

Trong trường gần, thanh áp biến đổi theo tỷ lệ nghịch với khoảng cách ($p \approx \frac{1}{r}$) và không phụ thuộc vào tần số

1.1.3.3- Tốc độ dao động âm

Khi có tác động của sóng âm thanh, các phân tử không khí dao động xung quanh vị trí cân bằng của nó. Tốc độ dao động của các phân tử không khí do tác động của âm thanh gọi là tốc độ dao động âm (ký hiệu là v [m/s]).

1.1.3.4- Công suất âm thanh

Công suất âm thanh là năng lượng âm thanh đi qua đơn vị diện tích $S [m^2]$ trong khoảng thời gian một giây. Công suất âm thanh có thể tính bằng công thức

$$P = p\nu S$$

1.1.3.5- Cường độ âm thanh

Cường độ âm thanh là công suất âm thanh đi qua một đơn vị diện tích $1cm^2$ đặt vuông góc với phương truyền âm trong một đơn vị thời gian

$$I = \frac{P}{S} = p\nu$$

1.1.4- Quá trình cảm thụ của tai người đối với âm thanh

Tai người có thể nghe được âm thanh trong dải tần số từ $20Hz \div 20.000Hz$. Người già nghe tiếng thanh kém hơn người trẻ. Ta có thể phân biệt được 130 mức thanh áp khác nhau, mỗi mức cách nhau 1dB. Tai người nghe nhạy với các tần số trong khoảng $500Hz \div 5000Hz$.

1.1.5- Các yếu tố ảnh hưởng đến âm thanh.

1.1.5.1- Suy giảm năng lượng trên đường truyền lan.

Khi các nguồn âm có kích thước nhỏ hơn nhiều so với bước sóng thì đều có thể coi là những nguồn âm điểm. Nguồn âm điểm : mỗi khi khoảng cách tăng gấp đôi thì thanh áp giảm đi một nửa hoặc mức thanh áp giảm đi 6dB

Khi có nhiều nguồn âm điểm nối tiếp nhau thành một tuyến đường sẽ tạo thành nguồn âm tuyến , khi khoảng cách tăng gấp đôi thì nó chỉ giảm 3dB.

Các nguồn âm dạng như một mặt phẳng thì gọi là nguồn âm diện. Trong trường gần của các nguồn âm diện có mặt bức xạ mức âm hầu như không suy giảm theo khoảng cách

1.1.5.2- Ảnh hưởng của thời tiết, khí hậu

Tần số càng cao độ suy giảm càng lớn. Nhiệt độ và độ ẩm cũng ảnh hưởng tới sự truyền tải năng lượng âm độ ẩm và nhiệt độ tăng thì sự suy giảm năng lượng lại bớt đi.

1.1.5.3- Hiện tượng nhiễu xạ

1.1.5.4- Hiện tượng phản xạ, khúc xạ

1.1.5.5- Ảnh hưởng của sóng phản xạ tác động đến quá trình cảm thụ âm thanh

Chỉ khi nào những âm phản xạ đến sau trực âm khoảng 50ms trở lên và có cường độ đủ lớn thì tai ta mới nghe tách biệt được chúng khỏi trực âm, song các phản âm bậc 1 nằm trong khoảng thời gian nhỏ hơn 50ms vẫn có những ảnh hưởng rất lớn đến âm thanh trong phòng. **Ảnh hưởng của phản âm bậc 1**

Định hướng sai vị trí nguồn âm

Cảm giác về kích thước của phòng

Tiếng dội

1.2- Tín hiệu âm thanh tương tự

1.2.1- Định nghĩa.

Ở dạng gốc, tín hiệu âm thanh là tín hiệu tương tự (analog), tức là tín hiệu có đường biểu diễn tần số và biên độ liên tục.

1.2.2 Sự chuyển đổi của sóng âm thanh sang tín hiệu điện

Để thực hiện chuyển đổi tín hiệu âm thanh (dạng sóng) sang tín hiệu âm thanh dạng điện thì ta sử dụng thiết bị chuyển đổi là Microphone.

1.2.3- Các thông số của tín hiệu tương tự.

1.2.3.1- Biên độ (Amplitude): Đo độ mạnh của tín hiệu (hay còn gọi là mức của tín hiệu), đơn vị là Decibel (dB) hay volts. **1.2.3.2- Tần số (Frequency):** Là tốc độ thay đổi của tín hiệu trong một giây, đơn vị Hz hay số chu kỳ trong một giây

1.2.3.3- Pha (Phase): Là tốc độ thay đổi quan hệ của tín hiệu đối với thời gian, được mô tả theo độ (degree)

1.2.4- Các hạn chế của tín hiệu tương tự

- Méo phi tuyến trong quá trình ghi âm:
- Thời gian trong quá trình sao chép lưu trữ lớn.
- Tín hiệu trên tạp âm (S/N) bị hạn chế:

1.3- Tín hiệu âm thanh số

1.3.1- Định nghĩa.

Tín hiệu âm thanh số là tín hiệu gồm những mẫu được lấy ra từ tín hiệu gốc analog và số hóa theo mã quy định, vì thế nó là những tín hiệu rời rạc

1.3.2- Chuyển đổi tín hiệu âm thanh tương tự sang tín hiệu âm thanh số [6]

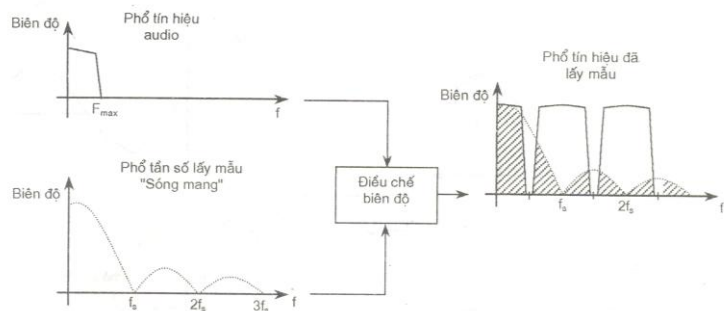
- Lấy mẫu (rời rạc hóa theo thời gian).
- Lượng tử hóa (rời rạc hóa theo biên độ).
- Mã hóa (gán giá trị nhị phân cho các mẫu)

1.3.2.1- Lấy mẫu

a/ Lấy mẫu lý tưởng

b/ Lấy mẫu tín hiệu thực tế

Quá trình lấy mẫu lý tưởng giả thiết khoảng thời gian xung lấy mẫu gần bằng không. Tuy nhiên trong thực tế, trong thời gian cho phép của bộ chuyển đổi A/D, giá trị biên độ xung cho mỗi mẫu sẽ được duy trì đến tận thời gian mẫu tiếp theo được lấy



Hình 1.19: Quá trình lấy mẫu thực tế trong miền tần số

c/ Các tần số lấy mẫu chuẩn

1.3.2.2- Định lý Nyquist và hiện tượng chồng phổ.

Để tránh hiện tượng chồng phổ, tín hiệu tương tự phải có giới hạn dải thông thích hợp nhỏ hơn hoặc bằng $f_{sa}/2$ trước khi được chuyển đổi A/D.

Để khôi phục đúng tín hiệu thì: $2f_M \leq f_{sa}$

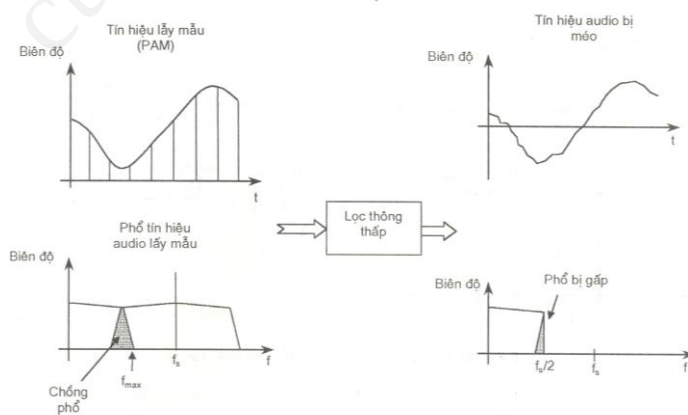
- Lựa chọn hợp lý giá trị của f_s :
- f_{sa} phải đủ lớn để biểu diễn đầy đủ tính chất của tín hiệu
- f_{sa} quá lớn sẽ yêu cầu cao về phần cứng, tốn bộ nhớ vv...
- Giới hạn trên của f_s

Giả sử T_p : thời gian để xử lý mỗi mẫu dữ liệu (tùy thuộc vào phần cứng).

$f_p = 1/T_p$: tốc độ xử lý mỗi mẫu.

Để giá trị các mẫu không chồng lên nhau thì: $f_{sa} \leq f_p$

Tóm lại giá trị của f_{sa} : $2f_M \leq f_{sa} \leq f_p$



Hình 1.20: Méo do chồng phổ

1.3.2.3- Lượng tử hóa

Lượng tử hoá là quá trình xấp xỉ các giá trị của tín hiệu lấy mẫu $s(nT)$ bằng bội số của một giá trị q (q gọi là **bước lượng tử**). Nếu q không thay đổi thì quá trình lượng tử gọi là đồng nhất.

CHƯƠNG 2: KỸ THUẬT NÉN ÂM THANH

2.1 - Các giải thuật nén âm thanh [6]

2.1.1- Giới thiệu

2.1.2- Giải thuật nén không mất dữ liệu

Nén không mất dữ liệu cho phép khôi phục lại dòng bit những thông tin nguyên thủy sau bộ giải nén mà không gây ra tổn hao.

2.1.2.1- Mã hóa Huffman

Mã hóa Huffman là một thuật toán mã hóa dữ liệu ngẫu nhiên được sử dụng để nén không mất dữ liệu.

Ưu điểm là hệ số nén tương đối cao, phương pháp thực hiện tương đối đơn giản, đòi hỏi ít bộ nhớ, có thể xây dựng dựa trên các mảng bé hơn 64KB.

Nhược điểm của nó là phải chứa cả bảng mã vào tập tin nén thì phía nhận mới có thể giải mã được do đó hiệu suất nén chỉ cao khi ta thực hiện nén các tập tin lớn.

2.1.2.2- Mã hóa số học

Dùng mô phỏng: bắt đầu bằng việc đoán tần số của một ký hiệu. Cập nhật tần số cho mỗi ký hiệu mới.

2.1.2.3- Giải thuật Lempel-Ziv-Welch (LZW)

LZW là một phương pháp nén được phát minh bởi Lempel - Ziv và Welch. Nó hoạt động dựa trên một ý tưởng rất đơn giản là người mã hoá và người giải mã cùng xây dựng bảng mã. Bảng mã này không cần được lưu kèm với dữ liệu trong quá trình nén, mà khi giải nén, người giải nén sẽ xây dựng lại nó.

Ưu điểm của phương pháp nén LZW là bên nhận có thể tự xây dựng bảng mã mà không cần bên gửi phải gửi kèm theo bản tin nén.

Nhược điểm của thuật toán này là tốn nhiều bộ nhớ, khó thực hiện dựa trên các mảng đơn giản (bé hơn 64KB).

2.1.3- Giải thuật nén có mất dữ liệu

2.1.3.1- Nén âm thanh dùng mô hình tâm lý

“Ngưỡng nghe”: là mức mà dưới nó 1 âm thanh không thể nghe được. Hiệu ứng che (masking): là âm lớn át âm bé, âm mạnh át âm yếu.

Nghiên cứu thử nghiệm cho thấy: độ nhạy của tai khác nhau đối với các thành phần tần số khác nhau, nên có thể lợi dụng điều này để lượng tử hóa tín hiệu audio với số bit khác nhau cho mỗi băng con, dẫn đến số bit trung bình giảm xuống

2.1.3.2- Mã hóa dải con [5],[7],[3]

Bộ mã hóa dải con M kênh, mỗi kênh có một hệ số phân chia n_i ($i=0,1,..M-1$). Tổ hợp $[n_0, n_1, ..., n_{M-1}]$, gọi là tổ hợp phân chia. Thành phần chính trong SBC là băng lọc nhiều nhịp phân tích và tổng hợp. Trong mỗi băng lọc có 1 bộ lọc thông thấp, 1 bộ lọc thông cao và M-2 bộ lọc thông dải. Bộ lọc phân tích chia dải tần của tín hiệu vào thành các dải con. Băng lọc tổng hợp có nhiệm vụ khôi phục lại dải tần tín hiệu vào từ các dải con

Nguyên lý mã hóa dải con

Mã hóa dải con là thuật toán được áp dụng để nén tín hiệu âm thanh, thuật toán dùng mô hình tâm lý thính giác để lượng tử hóa thích nghi chỉ những thành phần tai người nghe được. Những thành phần tín hiệu dưới ngưỡng nghe tuyệt đối hoặc bị che bởi tín hiệu lớn hơn thì không được mã hóa

Tín hiệu âm thanh trong miền thời gian, được lấy trên những khoảng ngắn liên tiếp, đưa vào băng lọc số. Băng lọc số phân chia dải tần tín hiệu thành một số dải con nhất định. Độ rộng và phân bố của các dải con càng gần với các dải tới hạn của tai người càng tốt. Đồng thời các tín hiệu dải con lần lượt được đưa vào mô hình tâm lý thính giác. Mô hình tâm lý thính giác đánh giá phổ của từng dải con, sau đó so sánh với ngưỡng nghe để loại bỏ các thành phần mà tai người không nghe thấy

Các thông số kỹ thuật của mã hóa dải con

- Số kênh:
- Tổ hợp phân chia:
- Số bit trung bình trên một mẫu:
- Lỗi khôi phục:

2.1.3.3- Nén âm thanh theo chuẩn MPEG[6],[10]

Thuật toán nén âm thanh theo chuẩn MPEG bao gồm 3 bước:

Bước 1: tín hiệu audio PCM được chuyển sang miền tần số, toàn bộ dải phổ của nó được chia thành 32 băng con thông qua bộ lọc băng con

Bước 2: Với mỗi băng con ta xác định mức biên độ tín hiệu và mức nhiễu bằng mô hình tâm sinh lý nghe. Đây là thành phần chính của bộ mã hóa MPEG audio và chức năng của nó là phân tích tín hiệu vào. Mô hình tâm sinh lý nghe xác định tỷ lệ signal- mask cho mỗi băng.

Bước 3: Mỗi băng con đó được lượng tử hóa thông qua lượng tử các thành phần nghe thấy trong mỗi băng. Nó đi kèm với mã Huffman để mã hóa các giá trị phổ tín hiệu và cho nén số liệu tốt hơn và định dạng số liệu

a- Chuẩn nén MPEG -1

b- Chuẩn nén MPEG -2

2.2- Các định dạng âm thanh thực tế

2.2.1- Các định dạng âm thanh không nén : WAVE, AIFF

Là chuẩn định dạng tập tin âm thanh do IBM và Microsoft phát triển để lưu trữ dữ liệu âm thanh trên máy tính cá nhân chạy hệ điều hành Windows. Đây là chuẩn âm thanh có chất lượng cao nhất hiện giờ.

2.2.2- Các định dạng âm thanh có nén không mất dữ liệu :

2.2.2.1- FLAC (Free Lossless Audio Codec)

FLAC là một kỹ thuật nén âm thanh không mất thông tin. Cũng như các kỹ thuật nén nói chung, lợi ích lớn nhất của FLAC là làm giảm đáng kể nhu cầu về khả năng đường truyền và dung lượng lưu trữ.

2.2.2.2- ALAC (Apple Lossless Audio Codec)

Real Audio Là định dạng độc quyền của Real Networks, được thiết kế chủ yếu cho nhạc phát trực tuyến vì có mức nén cao.

2.2.3- Các định dạng âm thanh có nén mất dữ liệu

2.2.3.1- WMA (Windows Media Audio)

WMA là chuẩn nén âm thanh được Microsoft phát triển, dùng cho Windows Media Player, chất lượng tương đương MP3 với bit rate thấp hơn phân nửa

2.2.3.2- MP3 (MPEG 1- Layer 3)

MP3 là một dạng tập tin nén bằng cách bỏ bớt đi một phần dữ liệu từ tập tin gốc của nó. Mục đích của việc này là để có được một tập tin nhạc có dung lượng nhỏ, có thể lưu trữ với số lượng lớn với chất lượng âm thanh có-thể-chấp-nhận-được.

2.2.3.3- AAC (Advanced Audio Coding)

Advanced Audio Coding (AAC) - (ISO 14496-3) là một định dạng âm thanh đa năng nén kiểu lossy được định nghĩa theo tiêu chuẩn MPEG-2 và được phát triển bởi liên minh Fraunhofer, Dolby, Sony và AT&T.

Trong hệ thống phát sóng audio vệ tinh sử dụng bộ nén audio số AC-3, có thể mã hóa từ kênh 1 đến 5.1 của nguồn tín hiệu audio tại đầu ra bộ mã hóa PCM tạo thành dòng bit nối tiếp, với tốc độ số liệu thay đổi trong phạm vi 32 đến 640kbit/s.

2.2.4- Tìm hiểu về các chuẩn âm thanh HD-Audio

Dolby kỹ thuật số (còn gọi là AC-3)

Dolby Digital Plus (E-AC3)

Dolby TrueHD

DTS (Digital Theatre System)

DTS-HD HR (High Resolution / DTS +)

DTS-HD MA (Master Audio / DTS + +)

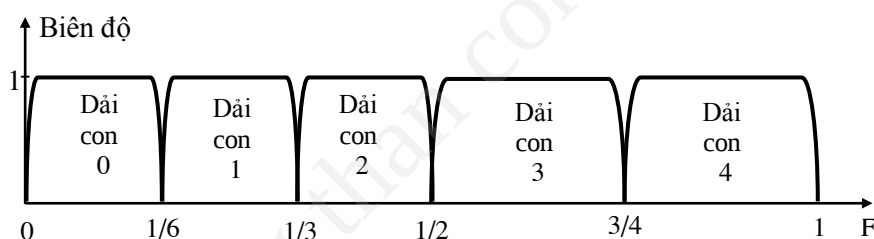
Chương 3: MÃ HÓA DẢI CON 5 KÊNH SBC(66644), ỨNG DỤNG TRONG THANH SỐ[1],[7],[5],[8]

3.1 Giới thiệu

3.2- Mã hóa dải con với tổ hợp hệ số phân chia [66644]

3.2.1- Sơ đồ khối bộ SBC(66644)

Sơ đồ khối bộ mã hóa dải con đa phân giải tương đối 5 kênh dùng tổ hợp phân chia [6, 6, 6, 4, 4] mô tả trên hình 3.1



Hình 3.1: Các dải con ứng với tổ hợp phân chia [6, 6, 6, 4, 4].

3.2.2. Thiết kế các bộ lọc trong SBC(6, 6, 6, 4, 4) [7],[8]

Bank lọc của SBC(66644) bao gồm 5 bộ lọc, một bộ lọc thông thấp, ba bộ lọc thông dải và một bộ lọc thông cao. Thiết kế năm bộ lọc này bằng phương pháp dải chuyển tiếp-cửa sổ [...]. Thiết kế bank lọc trong mã hoá dải con chính là thiết kế các bộ lọc trong bank lọc phân tích và tổng hợp. Do dải tần của tín hiệu khôi phục giống tín hiệu vào, nên các bộ lọc trong bank lọc phân tích và tổng hợp giống nhau. Yêu cầu về các tham số của các bộ lọc như sau:

- Độ rộng dải chuyển tiếp của tất cả các bộ lọc trong bank lọc bằng nhau và được tính qua góc

$$\alpha. \quad \operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{B_{\text{tr}}} \rightarrow B_{\text{tr}} = \frac{1}{\operatorname{tg} \alpha}$$

- Độ rộng dải thông của bộ lọc được tính theo mức -3dB $G(F) \geq 1/\sqrt{2}$ Hay: $GdB(F) \geq -3dB$
- Độ gợn sóng trong dải thông δ_p , trong thực tế yêu cầu đối với độ gợn sóng trong dải thông là $\delta_p \leq 0.1$
- Độ gợn sóng trong dải chặn δ_s , trong thực tế yêu cầu đối với độ gợn sóng trong dải chặn là $\delta_s \leq 0.1$

Phương pháp dải chuyển tiếp-cửa sổ rất phù hợp để thiết kế các bộ lọc trong bank lọc phân tích. Phương pháp này, độ rộng dải chuyển tiếp B_{tr} được ấn định trước, sau đó tăng bậc N của bộ lọc đến khi các tham số khác đạt yêu cầu. Đương nhiên, phương pháp dải chuyển tiếp-cửa sổ luôn có sự mâu thuẫn giữa bậc N của bộ lọc và độ rộng dải chuyển tiếp B_{tr} . Độ rộng dải chuyển tiếp càng hẹp thì bậc N của bộ lọc phải càng lớn để các tham số của bộ lọc đạt yêu cầu. Do vậy, để có bank lọc chất lượng cao thì độ rộng dải chuyển tiếp càng hẹp, do đó bậc bộ lọc phải càng lớn, bank lọc càng phức tạp và tốn kém.

3.2.2.1- Thiết kế bộ lọc thông thấp (LPF)

Theo hình 3.1, bộ lọc thông thấp LPF trong SBC(66644) có tần số cắt $F_{cl} = 1/6$, tức là $\omega_{cl} = \pi/6$.

Độ rộng dải thông của bộ lọc thông thấp là:

$$B_L = \omega_{cl} = \frac{\pi}{6}$$

Các hệ số của bộ lọc thông thấp LPF trong SBC(66644) là:

+ Khi $n=0$:

$$Lbk_0 = \frac{3 + \pi \tan \alpha}{6\pi \tan \alpha}$$

+ Khi $n \neq 0$:

$$Lbk_n = \frac{\tan \alpha}{n^2 \pi} \left[\cos(n\omega_{cl}) - \cos\left(\frac{n(\pi \tan \alpha + 6)}{6 \tan \alpha}\right) \right] \cdot \left[0,54 - 0,46 \cos \frac{\pi(N-n)}{N} \right] \text{ Theo công thức:}$$

$$H_L(e^{jF}) = \frac{(1 + 2B_L \tan \alpha)}{2\pi \tan \alpha} + \sum_{n=1}^N \left\{ \frac{\tan \alpha}{n^2 \pi} \left[\cos(n\omega_{cl}) - \cos\left(\frac{n(\pi \tan \alpha + 6)}{6 \tan \alpha}\right) \right] \cdot \left[0,54 - 0,46 \cos \frac{\pi(N-n)}{N} \right] \cdot 2 \cos(n\pi F) \right\}$$

3.2.2.2- Thiết kế bộ lọc thông dải 1 (BPF₁)

Theo hình 3.1, bộ lọc thông dải BPF₁ trong SBC(66644) có tần số cắt trên $F_{cB21} = 1/3$, tần số cắt dưới $F_{cB11} = 1/6$, tức là $\omega_{cB21} = \pi/3$, $\omega_{cB11} = \pi/6$. Độ rộng dải thông của bộ lọc thông dải BPF₁ là:

$$B_{B1} = \omega_{cB21} - \omega_{cB11} = \frac{\pi}{3} - \frac{\pi}{6} = \frac{\pi}{6}$$

Các hệ số của bộ lọc thông dải thứ nhất BPF₁ là:

+ Khi $n=0$:

$$Bbk_{01} = \frac{\pi \operatorname{tg} \alpha + 6}{6\pi \operatorname{tg} \alpha}$$

+ Khi $n \neq 0$:

$$Bbk_{n1} = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{n^2 \pi} \begin{bmatrix} \cos\left(\frac{n\pi}{3}\right) + \cos\left(\frac{n\pi}{6}\right) - \\ -\cos\left(\frac{n(\pi \operatorname{tg} \alpha + 3)}{3 \operatorname{tg} \alpha}\right) - \\ -\cos\left(\frac{n(\pi \operatorname{tg} \alpha - 6)}{6 \operatorname{tg} \alpha}\right) \end{bmatrix} \cdot \left[0,54 - 0,46 \cos \frac{\pi(N-n)}{N} \right]$$

Theo công thức:

$$H_B(e^{jF}) = \frac{(1 + B_B \operatorname{tg} \alpha)}{\pi \operatorname{tg} \alpha} + \sum_{n=1}^N \left\{ \frac{\operatorname{tg} \alpha}{n^2 \pi} \begin{bmatrix} \cos(n\omega_{cB2}) + \cos(n\omega_{cB1}) - \\ -\cos(n\omega_{sB2}) - \cos(n\omega_{sB1}) \end{bmatrix} \cdot \left[0,54 - 0,46 \cos \frac{\pi(N-n)}{N} \right] \cdot 2 \cos(n\pi F) \right\}$$

3.2.2.3- Thiết kế bộ lọc thông dải 2 (BPF₂)

Thiết kế bộ lọc thông dải 2 tương tự như bộ lọc thông dải 1 với các thông số của nó.

3.2.2.4- Thiết kế bộ lọc thông dải 3 (BPF₃)

Thiết kế bộ lọc thông dải 3 tương tự như bộ lọc thông dải 1 với các thông số của nó

3.2.2.5- Thiết kế bộ lọc thông cao (HPF)

Bộ lọc thông cao trong SBC(66644) có tần số cắt $F_{cH} = 3/4$, tức là $\omega_{cH} = 3\pi/4$. Độ rộng dải thông của HPF là:

$$B_H = \pi - \omega_{cH} = \pi - \frac{3\pi}{4} = \frac{\pi}{4}$$

Theo công thức:

$$\omega_{sH} = \omega_{cH} - B_H = \frac{\omega_{cH} \operatorname{tg} \alpha - 1}{\operatorname{tg} \alpha}$$

Tần số giới hạn của HPF là:

$$\omega_{sH} = \frac{3\pi \operatorname{tg} \alpha - 4}{4 \operatorname{tg} \alpha}$$

Theo các công thức:

$$\operatorname{Hbk}_0 = \operatorname{Hb}_0 \cdot k_0 = \operatorname{Hb}_0 \cdot 1 = \frac{(1 + 2B_H \operatorname{tg} \alpha)}{2\pi \operatorname{tg} \alpha}$$

$$\operatorname{Hbk}_n = \operatorname{Hb}_n \cdot k_n = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{n^2 \pi} \begin{bmatrix} \cos(n\omega_{cH}) - \\ -\cos(n\omega_{sH}) \end{bmatrix} \cdot \left[0,54 - 0,46 \cos \frac{\pi(N-n)}{N} \right]$$

Các hệ số của thông cao HPF là:

+ Khi $n=0$:

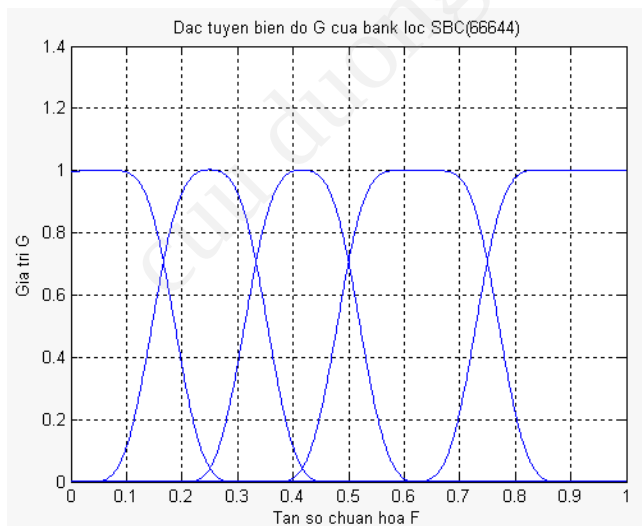
$$\operatorname{Hbk}_0 = \frac{2 + \pi \operatorname{tg} \alpha}{4\pi \operatorname{tg} \alpha}$$

+ Khi $n \neq 0$:

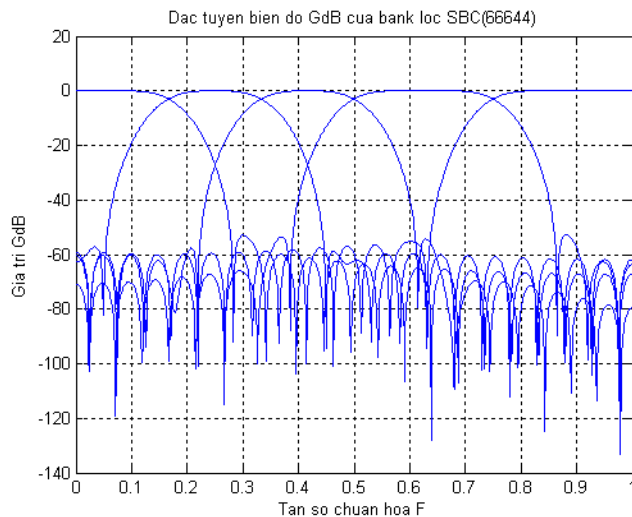
$$\operatorname{Hbk}_n = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{n^2 \pi} \left[\cos\left(\frac{n \cdot 3\pi}{4}\right) - \cos\left(\frac{n(3\pi \operatorname{tg} \alpha - 4)}{4 \operatorname{tg} \alpha}\right) \right] \cdot \left[0,54 - 0,46 \cos \frac{\pi(N-n)}{N} \right]$$

Theo công thức:

$$H_H(e^{jF}) = \frac{(1 + 2B_H \operatorname{tg} \alpha)}{2\pi \operatorname{tg} \alpha} + \sum_{n=1}^N \left\{ \begin{array}{l} \frac{\operatorname{tg} \alpha}{n^2 \pi} \begin{bmatrix} \cos(n\omega_{cH}) - \\ -\cos(n\omega_{sH}) \end{bmatrix} \cdot \\ \cdot \left[0,54 - 0,46 \cos \frac{\pi(N-n)}{N} \right] \cdot 2 \cos(n\pi F) \end{array} \right\}$$



Hình 3.3: Đặc tuyến biên độ $G(F)$ của 5 bộ lọc trong SBC(66644) khi chọn $N=20$ và $\alpha=82.5^\circ$



Hình 3.4: Đặc tuyến biên độ GdB(F) của 5 bộ lọc trong SBC(66644) khi chọn $N=20$ và $\alpha=82.5^\circ$

3.3- So sánh hệ số nén âm thanh dùng tổ hợp [66644] và tổ hợp [8842]- [9] Chương trình so sánh lỗi khôi phục của mã hóa dải con SBC(66644) và SBC(8842) khi cùng số bit TB

3.4- Ứng dụng mã hóa dải con [66644] trong phát thanh số [9][8]

3.4.1- Các hệ thống phát thanh số hiện nay

Đối với lưu trữ âm thanh có sự thay đổi to lớn từ ghi âm tương tự sang ghi âm số, khi xuất hiện của đĩa compact, băng âm thanh số DAT (digital audio tape) và nhiều công nghệ khác. Ghi âm trên BD-ROM (Blu-ray Disc) với dung lượng rất lớn lên tới 50GByte/2 mặt, chất lượng âm thanh rất cao

3.4.2 - Hệ thống phát thanh số trong dải cùng kênh IBOC

Hệ thống IBOC không tương thích với hệ thống EUREKA-147, nhưng có nhiều ưu điểm hơn hệ thống EUREKA-147. Đó là:

- * Hệ thống IBOC tiết kiệm được băng tần
- * Hệ thống IBOC có thể cung cấp gấp đôi số kênh so phát thanh tương tự.
- * Phương pháp AM-IBOC hoặc FM-IBOC có những ưu điểm nhất định. Các máy thu AM và FM hiện có không phải thay đổi phần cao tần, chọn kênh.
- * Do hiệu suất phát tín hiệu số cao, nên công suất phát số thấp vẫn có thể đảm bảo được các vùng phủ sóng cho các máy thu số, đồng thời cho phép các máy thu tương tự loại trừ được nhiễu xuyên âm.

3.4.2.1- Hệ thống phát thanh số AM-IBOC

AM-IBOC sử dụng mã hoá MPEG-1/audio lớp II tại tốc độ 96kbps. Khi kết hợp với các dữ liệu sửa lỗi, tốc độ bit lên tới 128kbps với hiệu suất trung bình là 3,2 bit/s/Hz. Tín hiệu âm thanh được khôi phục lại với độ rộng dải tần 15kHz và dải động 96dB. Toàn bộ phổ tần

tín hiệu phát thanh số nằm trong phổ tín hiệu AM tương tự 37,5kHz tại -25dB, và chồng lên phổ tín hiệu AM tương tự mà không gây ra xuyên nhiễu.

3.4.2.2- Hệ thống phát thanh số FM-IBOC

FM-IBOC sử dụng mã hoá MPEG-1/audio lớp II để truyền tín hiệu âm thanh số. Tốc độ dữ liệu âm thanh từ 128kbps tới 256kbps. Mặc dù băng thông chiếm gần 480kHz, nhưng phổ của tín hiệu âm thanh số vẫn nằm trong phổ của tín hiệu FM tương tự, vì mức vào tín hiệu âm thanh số thấp hơn tín hiệu sóng mang FM khoảng 38dB. Do băng thông của FM rộng nên một hệ thống FM-IBOC dễ dàng thực hiện hơn hệ thống AM-IBOC, có thể đạt được tốc độ bit 256kbps.

Phát thanh số của Mỹ khẳng định rằng một trạm phát thanh FM-IBOC công suất phát 100W, có thể cung cấp vùng phủ sóng bằng một trạm FM tương tự, công suất phát 50kW.

3.4.3- Hệ thống phát thanh số EUREKA-147

Hệ thống phát thanh số EUREKA-147 [9], dùng chuẩn MPEG-1/audio lớp II tại tốc độ 128 kbps/kênh. EUREKA-147 là một hệ thống băng rộng, khoảng 1,5MHz. Do đó, yêu cầu cần phải có một dải tần mới, bên ngoài các dải phát thanh tương tự hiện có. EUREKA-147 dùng kỹ thuật OFDM phân chia kênh truyền theo cả miền tần số và miền thời gian:

- + Miền tần số phân chia liên tục thành nhiều dải con.
- + Miền thời gian phân chia liên tục thành nhiều khe thời gian.

*** Đặc điểm mã hoá âm thanh**

Các chế độ phát:

Đặc tính tần số vô tuyến:

Đặc tính về thời gian:

Đặc tính phổ:

3.4.4- Ứng dụng của SBC(66644) trong phát thanh số

3.4.4.1- Ứng dụng SBC(66644) trong phát thanh số qua Internet

Căn cứ vào kết quả nghiên cứu trong phần 3.3, luận văn đề xuất ứng dụng SBC(66644) tốc độ bit 132kbps vào phát thanh số trên Internet. Bởi vì SBC(66644) cho lỗi khôi phục nhỏ hơn SBC(8842), khi cùng tốc độ bit. Hiện nay phát thanh số qua Internet đang dùng mã hóa dải con SBC(8842). Tất nhiên trong mã hóa nén âm thanh luôn phải giải quyết hài hòa giữa hai yếu tố là hệ số nén và chất lượng âm thanh.

3.4.4.2- Ứng dụng SBC(66644) trong hệ thống phát thanh số IBOC

a- Ứng dụng trong AM-IBOC

Sử dụng mã hoá MPEG-1/audio lớp II tại tốc độ 96kbps. Tín hiệu âm thanh được khôi phục với độ rộng dải tần 15kHz. Toàn bộ phổ tần tín hiệu phát thanh số nằm trong phổ tần tín

hiệu AM tương tự 37,5kHz. Luận văn đề xuất ứng dụng SBC(66644) vào phát thanh số vô tuyến hệ thống AM-IBOC bởi các lý do sau:

* Nếu SBC(66644) tốc độ bit 132kbps, dùng điều chế 16-PSK, thì dải thông cần thiết để truyền là [4]:

$$B_{\text{AM-IBOC}} = \frac{R(66644)}{\log_2 m} = \frac{R(66644)}{\log_2 16} = \frac{132\text{kbps}}{4} = 33\text{kHz} \quad (3.60)$$

Với dải thông như vậy, phổ tần của tín hiệu phát thanh số hoàn toàn có thể phát trong dải tần của tín hiệu phát thanh AM tương tự. Chất lượng tín hiệu tương đương với phát thanh số trên Internet. Phát thanh số trên Internet dùng SBC(8842) tốc độ bit 132kbps.

* Bank lọc đơn giản đi rất nhiều so với bank lọc 32 kênh đã ứng dụng.

b- Ứng dụng trong FM-IBOC

Hệ thống phát thanh số	Xử lý âm thanh		Ưu điểm đạt được
	Hiện tại đang dùng	Đề xuất ứng dụng	
Qua Internet	SBC(8842), 4 kênh Tốc độ bit 132kbp	SBC(66644) tốc độ bit 132kbps	SBC(66644) có lỗi khôi phục nhỏ hơn SBC(8842), khi cùng tốc độ bit.
AM-IBOC	MPEG-lớp II, 32 kênh Tốc độ bit 96kbps	SBC(66644) với tốc độ bit 132kbps, dùng điều chế 16-PSK	* Chất lượng tương đương với phát thanh số trên Internet. * Bank lọc đơn giản hơn.
FM-IBOC	MPEG-lớp II, 32 kênh Tốc độ bit	SBC(66644) tốc độ bit 256kbps	* Chất lượng âm thanh lớn hơn chất lượng âm thanh phát

	256kbps		thanh số trên Internet rất nhiều. * Bank lọc đơn giản rất nhiều.
EUREKA-147	MPEG-lớp II, 32 kênh Tốc độ 256kbps	SBC(66644) tốc độ bit 256kbps	* Chất lượng âm thanh lớn hơn phát thanh số trên Internet rất nhiều. * Bank lọc đơn giản rất nhiều.

3.5- Định hướng phát thanh số vô tuyến ở Việt nam

3.6- Kết luận

References

Tài liệu tham khảo tiếng Anh

- [1] Jusub Kim (2003), *Filter bank design and subband coding*, ENEE624 Advanced Digital Processing Instructor: Dr Babis Papadopoulos
- [2] Ken C.Pohlmann (1995), *Principles of digital audio*, 3rd editor by Mc Graw- Hill Book Company.
- [3] Martin Vetterli & Jelena Kovacevic(2007) *Wavelets and Subband Coding*, Originally Published by Prentice Hall PRT, Englewood Cliffs, New Jersey.
- [4] Ruyue Wang(2007), *Subband Coding*
<http://fourier.eng.hmc.edu/e161/lecturees/filterbank/node2.htm>.
- [5] Siddharth Seth, *Sub-band Coding of speech signal using multirate signal processing*, Indian Institute of Technology Kharagpur.

Tài liệu tham khảo tiếng Việt

- [6] Đỗ Quang Tiến -Dương Thanh Phương (2004), *Truyền hình kỹ thuật số*, Nhà xuất bản Khoa học và kỹ thuật

- [7] Nguyễn Quốc Trung (2004), *Xử lý tín hiệu và lọc số*, Tập 1, 2 Nhà xuất bản Khoa học và kỹ thuật.
- [8] Nguyễn Xuân Trường (2008), Luận án *Xử lý tín hiệu áp dụng trong phát thanh số*
- [9] Phát thanh số - EUREKA 147, Đài tiếng nói Việt Nam(2005)
- [10] Ths.Nguyễn Thanh Hải, Ths.Nguyễn Việt Anh (2005), *Lập trình Matlab và ứng dụng*, Nhà xuất bản Khoa học và kỹ thuật .
- [11] Trần Công Chí(1999), *Âm thanh lập thể nguyên lý và công nghệ*, Nhà xuất bản Khoa học và kỹ thuật
- [12] Nguyễn Chí Tuấn(2006) , *bài giảng Data Compression*, Đại học khoa học TN-TPHCM