

MPEG-1 오디오 부호화를 위한 2단계 비트 할당 알고리즘

임창현[†] · 천병훈^{**}

요 약

기존의 MPEG-1 오디오 부호화 방식이 사용하는 비트 할당 알고리즘은 비트 할당이 종료될 때까지 최소의 MNR을 갖는 서브밴드를 탐색하는 과정을 반복적으로 수행한다. 따라서 비트 할당을 수행하는데 필요한 전체 계산량의 상당 부분을 서브밴드 탐색 과정이 차지한다. 본 논문에서는 서브 밴드 탐색을 좀 더 효율적으로 수행할 수 있는 방안을 제시하고, 기존의 방식과 음질과 계산량 측면에서 비교하고자 한다. EBU(Europe Broadcasting Union)가 제공하는 음질 평가용 CD에 수록되어 있는 팝 음악 신호를 사용하여 실험한 결과, 128 kbps의 비트율로 오디오를 압축하는 계층 2 알고리즘 환경에서, 제안한 방식이 필요로 하는 계산량은 [1]의 방식이 필요로 하는 계산량의 42% 정도이며, MNR로 측정된 두 방식간의 음질 차이는 0.2 dB 정도로 별 차이가 없음을 확인할 수 있었다.

A Two-Stage Bit Allocation Algorithm for MPEG-1 Audio Coding

Chang Heon Lim[†] and Byung Hoon Chun^{**}

ABSTRACT

The conventional bit allocation scheme for MPEG-1 audio encoding searches the subband with minimum MNR(mask-to-noise ratio) repetitively until its operation is completed, which occupies most of its total computational complexity. In this paper, as a computationally efficient approximation of it, we propose a new bit allocation scheme with a simpler subband search and compare it with the existing schemes[1][2] in terms of the computational complexity and sound quality. For the performance comparison, we used the pop music signal contained in SQAM(sound quality assess material) CD from EBU. Simulation results show that the computational complexity of the proposed method is about 42% of that of the existing one in [1] and the sound quality difference in terms of MNR between the two schemes is within the 0.2 dB, for the case of using the layer II at the bit rate of 128 kbps.

Key words: MPEG audio coding, bit allocation

1. 서 론

MPEG-1 오디오 부호화 방식[1,2]는 ISO/MPEG (moving picture expert group)이 제안한 지각 오디오 부호화(perceptual audio coding) 알고리즘으로서 계층(layer) I, II, III 이라는 3개의 오디오 부호화 알고리즘으로 구성되어 있다. 각 계층 알고리즘은 서로 독립적인 부호화 알고리즘으로서 각기 다른 수준의

압축 성능과 계산 복잡도를 갖고 있기 때문에 여러 가지 응용 분야에 이용될 수 있다[1,2].

MPEG 오디오 부호화 알고리즘은 부호화 과정이 갖는 계산 복잡도가 복호화 과정이 갖는 계산 복잡도보다 높은 비대칭(asymmetrical) 알고리즘이다. 따라서 이를 실시간 응용에 적용하고자 한다면, 부호화 과정이 갖는 계산 복잡도를 줄이는 것이 가장 중요하다.

일반적으로 MPEG 오디오 부호화 과정은 5가지의 세부 과정으로 구분할 수 있는데, 여기에 포함되는 것이 시간-주파수 영역 변환, 심리음향 모델

이 논문은 2000학년도 부경대학교 기성회 학술연구조성비에 의하여 지원되었음

[†] 부경대학교 전자컴퓨터정보통신 공학부 부교수

^{**} 부경대학교 전자공학과 석사

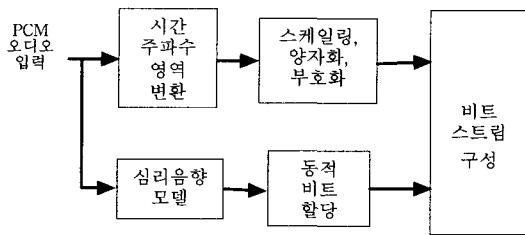


그림 1. MPEG-1 오디오 부호화 과정

(psychoacoustic model), 동적 비트 할당(dynamic bit allocation), 양자화(quantization) 및 부호화(coding), 비트 스트림(bit stream) 구성이며, 이를 블록도로 표현한 것이 그림 1이다.

본 논문에서는 MPEG-1 오디오 부호화기의 계산 복잡도를 줄이기 위한 시도의 하나로 [1]에서 제공하는 방식보다 계산 복잡도가 낮은 새로운 비트 할당 방식을 제안하고자 한다. MPEG-1 오디오 표준안에 수록되어 있는 비트 할당 방식[1]은 비트 할당 과정에서 최소의 MNR을 갖는 서브밴드를 찾는 검색 과정을 반복적으로 수행해야하기 때문에 상당한 계산량을 필요로 한다. 한편 [1]의 방식을 개선한 [2]의 비트 할당 방식은, 해당 프레임(frame)의 오디오 신호를 원음과 별 차이가 없도록 부호화하기 위해 필요한 최소 비트 개수와 해당 프레임에 대한 가용 비트 개수가 큰 차이를 보이지 않는 경우에는 매우 효과적인 것으로 알려져 있지만, 그렇지 않으면 그 차이의 정도에 따라 최소 또는 최대의 MNR을 갖는 서브밴드 검색 횟수가 커질 수도 있기 때문에 최종 비트 할당 정보를 결정하기까지 많은 계산량을 필요로 할 수 있다는 단점을 갖는다.

본 논문에서 제안하고자 하는 비트 할당 방식은 종래의 비트 할당 방식이 갖는 단점을 해결하기 위해 개발된 것으로서, 서브밴드 신호를 양자화할 때 사용하는 양자화기의 SQNR(signal-to-quantization ratio)이 해당 양자화기의 양자화 비트 길이를 1 비트 증가시킬 때마다 일정하게 증가한다면 최소 또는 최대의 MNR을 갖는 서브밴드를 검색하는 과정을 보다 간단하게 처리할 수 있다는 개념에 기초한 것이다.

2. 기존의 비트 할당 알고리즘

비트 할당이라는 것은 현재 프레임에서 비트 할당에 사용할 수 있는 가용 비트(available bits)들을 각

서브밴드(subband)에 분배하여 서브밴드 신호에 대한 양자화 수준을 결정하는 것인데, 비트 배분 방식의 궁극적인 목적은 가용 비트를 최대한 효과적으로 사용하여 복호화기에서 신호를 복원했을 때 복원음이 가능한 한 원음에 가까운 음질을 보이도록 하는 것이다.

MPEG-1 표준안에 수록되어 있는 기존 비트 할당 방식[1]은 그림 2에 나타난 바와 같이 모든 서브밴드의 비트 할당이 0인 초기 비트 할당 상태에서 시작을 하여 서브밴드의 양자화 수준을 1 비트씩 증가시키는 과정을 반복한다. 이 때 양자화 수준이 1 비트 향상되도록 선택되는 서브밴드는 최소 MNR (mask-to-noise ratio)을 갖는 서브밴드이다. 이러한 반복적인 비트 할당 과정은 가용 비트(available bits)로부터 더 이상의 비트 할당이 불가능할 때까지 계속된다. 이 같은 비트 할당 과정에서 매번 MNR이 가장 작은 서브밴드를 찾기 위해서는 많은 수의 비교 연산

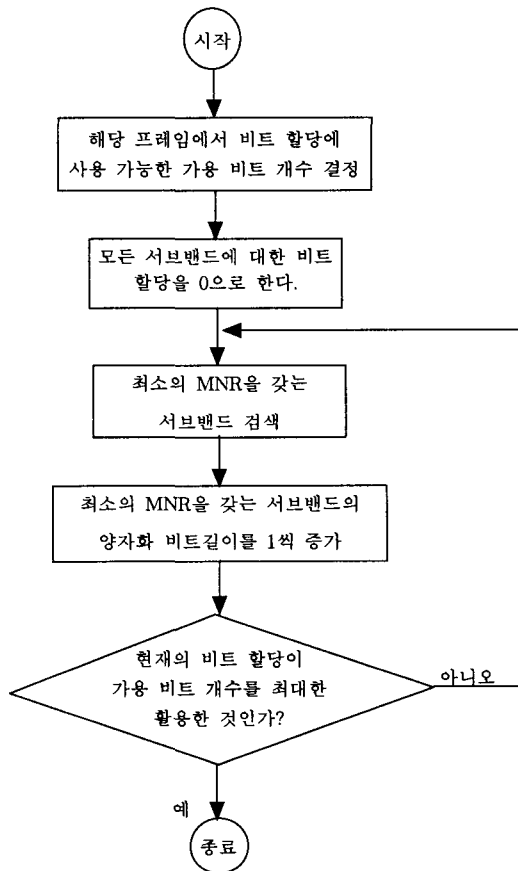


그림 2. 기존 비트 할당 방식(1)의 수행 과정

이 필요하며, 이것이 [1]의 비트 할당 알고리즘을 수행하기 위해 필요로 하는 전체 계산량의 상당 부분을 차지한다.

이러한 계산량을 줄이기 위해서 최소 MNR을 갖는 서브밴드를 찾는 횟수를 줄이는 방법을 제안한 것이 Teh 등이 제안한 방식[2]이다. 그림 3은 [2]의 방식을 순서도(flow chart) 형태로 설명하고 있다. 그림에서 보는 바와 같이 [2]의 비트 할당 방식은 처음에 각 서브밴드의 MNR이 0 이상이 되도록 하는 최소의 양자화 비트를 할당한다. 그리고 나서 현재의 비트 할당이 해당 프레임의 가용 비트 수에 대한 제약을 만족하면서, 이를 최대한 활용하고 있는지를 검사한다. 만약 현재의 비트 할당이 이 조건을 만족한다고 판단되면, 여기에서 비트 할당 과정은 종료된다. 그러나 그렇지 않은 경우에는 현재의 비트 할당을 조정하는 과정에 진입한다. 만약 현재의 비트 할

당이 가용 비트를 충분히 사용하지 않아 추가로 비트 할당이 가능하다면 [1]에서와 마찬가지로 최소의 MNR을 갖는 서브밴드에 1비트씩을 반복적으로 할당하여 가용 비트를 최대한 사용하도록 한다. 반면, 현재의 비트 할당이 가용 비트 개수보다 많은 비트를 사용한 경우라면, 이번에는 반대로 이미 할당한 비트들 중에서 일부를 회수하여 비트 할당 정보가 가용 비트 개수라는 제약 조건을 만족하게 한다. 양자화 수준을 1비트씩 낮추어 갈 때 매번 선택하게 되는 서브밴드는 MNR이 가장 큰 서브밴드이다. [2]의 비트 할당 방식은 이런 과정을 통해 최종적인 비트 할당 정보를 결정하게 된다. 해당 프레임의 오디오 데이터를 청각적으로 왜곡없이 부호화하기 위해 필요한 최소 비트 개수를 요구 비트수(demand bits)라고 한다면, [2]의 비트 할당 방식은 가용 비트수와 요구 비트수가 별 차이가 없을 경우에 효과적인 것으로 알려져 있다[2]. 그러나 이 방법 역시 비트 할당 정보를 조정하기 위해 [1]의 방법에서와 같이 MNR이 최대이거나 최소인 서브 밴드를 검색하는 과정을 사용하기 때문에, 만약 가용 비트수와 해당 프레임의 요구 비트수가 큰 차이를 보일 경우에는 비트 할당에 소요되는 계산량이 상당할 수도 있다.

3. 제안하는 비트 할당 방식

그림 4는 본 논문에서 제안하고자 하는 새로운 비트 할당 방식을 순서도 형태로 표현한 것이다. 제안한 방식의 동작은 2가지 단계로 구분하여 설명할 수 있다. 첫번째 단계에서는 [2]의 방식처럼 각 서브밴드 신호를 양자화 했을 때 청각적으로 원음의 음질과 차이가 없도록 해주는 최소의 양자화 비트 수를 결정한 다음, 그 비트 수가 0인 서브밴드 그룹과 그렇지 않은 서브밴드 그룹으로 구분한다. 이때 비트 수가 0인 서브밴드 그룹은 비트 할당 없이도 이미 원음과 동일한 음질을 보일 수 있기 때문에, 해당 서브밴드에 대한 비트 할당은 0으로 결정하고, 이후 더 이상 조정하지 않는다. 한편, 비트 수가 0이 아닌 서브밴드 그룹의 서브밴드들은 MNR 값의 크기가 작은 것부터 시작해서 커지는 순으로 배열하고, 2번째 단계에서 추가로 양자화 비트를 조정하는 과정을 거쳐 가용 비트수를 최대한 사용하도록 한다.

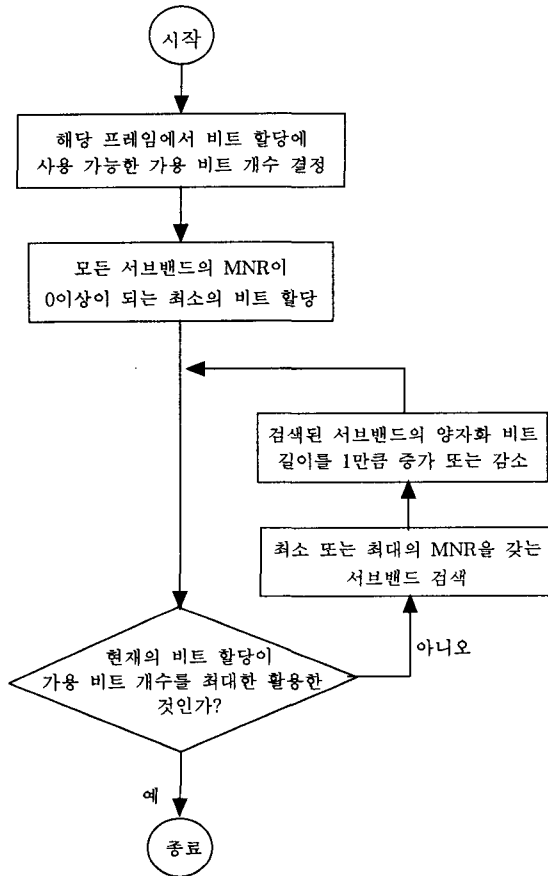


그림 3. 기존 비트 할당 방식(2)의 수행 과정

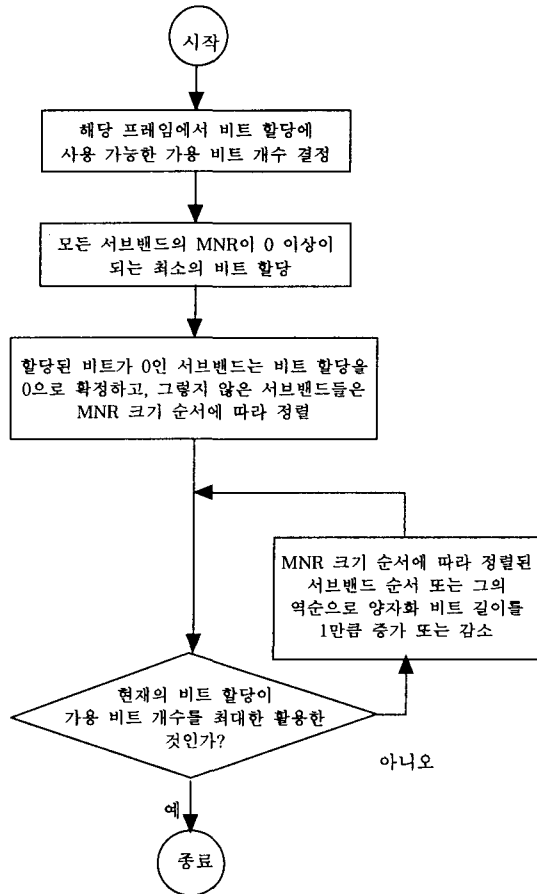


그림 4. 제안한 비트 할당 방식의 수행 과정

일반적으로 서브밴드를 구별하기 위해 서브밴드 번호(subband number)라는 것을 사용한다. 여기에서는 설명의 편의를 위해 MNR 값의 순서대로 정렬된 서브밴드를 $\{S(i) \ i=1, \dots, N\}$ 으로 나타낸다. 여기에서 $S(i)$ 는 정렬된 서브밴드 순열에서 i 번째 서브밴드를 가리키고, N 은 정렬된 서브밴드 순열을 구성하는 서브밴드의 개수를 나타낸다.

2단계에서는 1 단계에서 비트 할당이 0이 아닌 서브밴드 그룹의 비트 할당 정보를 추가로 조정하는 과정을 수행한다. 일반적으로 균일 양자화기(uniform quantizer)의 양자화 비트 길이를 1만큼 증가시키면 해당 양자화기의 SQNR이 약 6 dB 향상된다고 알려져 있으며, 균일 양자화기 이외에도 양자화 비트 길이를 1 비트 증가시킬 때 해당 양자화기의 SQNR이 일정한 양만큼 증가하는 비균일(nonuniform) 양자화기가 있다[3]. 이런 성질을 이용한다면 종래의 비트

할당 알고리즘이 갖는 계산량의 주요 발생 요인이었던 서브밴드 탐색에 따른 계산량을 상당히 감축할 수 있다. 예를 들어, 만약 j 번째 비트 할당 단계에서, 정렬된 서브밴드 순열의 i 번째 서브밴드가 선택되어 추가로 비트 할당이 되었다면, $j+1$ 번째 추가 비트 할당이 될 때 선택되는 서브밴드 번호 X 는 다음과 같이 결정된다.

$$X = \begin{cases} S(i+1), & i \neq N \\ S(1), & i = N \end{cases}$$

왜냐하면 앞서 언급한 양자화기의 성질이 만족되는 경우에 서브밴드 번호 X 가 가리키는 서브밴드가 궁극적으로는 $j+1$ 번째 추가 비트 할당 단계에서는 최소의 MNR을 갖게 되기 때문이다. 마찬가지로 서브밴드 $S(i)$ 가 j 번째 추가 비트 할당 단계에서 비트 할당이 1비트 감소했고, 여전히 현재의 비트 할당이 가용 비트 개수보다 많은 비트를 사용하기 때문에 비트 할당을 감소시킬 필요가 있다면, $j+1$ 번째 추가 비트 조정 단계에서 선택되는 서브밴드 번호 X 는 다음과 같이 결정된다.

$$X = \begin{cases} S(i-1), & i \neq 1 \\ S(N), & i = 1 \end{cases}$$

식 (1)과 (2)를 이용하면, 첫 번째 비트 할당 조정 단계에서 결정한 초기 비트 할당 정보를 두 번째 비트 할당 조정 단계에서 최종 비트 할당 정보로 변환할 때, 종래의 비트 할당 알고리즘에서 사용하는 서브밴드 탐색 과정보다 훨씬 간단하게 원하는 서브밴드를 결정할 수 있기 때문에 계산량을 대폭 감축할 수 있음을 예상할 수 있다.

4. 결과 및 토의

본 논문에서 제안한 비트 할당 방식의 성능을 기존의 2가지 비트 할당 방식의 성능과 비교하기 위해 EBU(Europe Broadcasting Union)가 제공하는 음질 평가용 CD에 수록되어 있는 팝 음악 신호를 테스트 오디오 신호로 사용하여 컴퓨터 실험을 수행하였다. 테스트 오디오 신호의 샘플링 주파수는 44.1 kHz이고, 각 샘플의 양자화 길이는 16 비트이다. 그리고 제안한 방식을 포함한 3개의 비트 할당 방식의 성능을 계산량과 음질 측면에서 비교하였다. 여기에서 계

산량이란 해당 알고리즘을 수행하기 위해 필요한 덧셈, 뺄셈, 비교, 저장, 읽기 등의 기본적인 연산 횟수로 정의하였으며, 음질은 객관적 음질 평가 방식 중의 하나인 MNR을 사용하여 측정하였다.

표 1은 MPEG-1 오디오 부호화 계층 II에서 여러 가지 비트 할당 알고리즘을 수행할 때 사용되는 프레임 당 기본 연산 횟수를 보여주고 있다. 이 결과는 본 논문이 제안한 비트 할당 방식이 기존의 2가지 비트 할당 방식보다 상당히 작은 계산량을 필요로 한다는 사실을 보여주고 있다. 또한 주어진 비트 전송율이 변할 때, 다른 비트 할당 방식에 비해 소요 계산량의 변화가 크지 않다는 것을 보여주고 있는데, 이것은 본 논문이 제안한 비트 할당 방식이 다른 방식에 비해 좀 더 간단한 서브밴드 탐색 방식을 사용하고 있기 때문이다.

표 1. 계층 II 알고리즘에 사용된 3가지 비트 할당 방식의 계산량

비트 할당 방식 비트 전송 속도	기존 방식 I[1]	기존 방식 II[2]	제안 방식
192 kbps	10795	8437	4241
128 kbps	8186	5129	3542
96 kbps	5643	4117	2901

표 2. 계층 II 알고리즘에 사용된 3가지 비트 할당 방식의 평균 MNR

비트 할당 방식 비트 전송속도	기존 방식 I[1]	제안 방식
192 kbps	26.68 dB	25.88 dB
128 kbps	16.87 dB	16.74 dB
96kbps	11.00 dB	10.49 dB

표 2는 제안한 방식을 사용했을 때 얻을 수 있는 음질을 [1]의 기존 비트 할당 알고리즘이 갖는 음질과 비교한 결과를 MNR 값으로 보여주고 있다. 이 결과는 제안한 방식이 갖는 음질이 [1]의 방식이 나타내는 음질의 1 dB 이내에 있다는 것을 보여주고 있다. 특히 계층 II 알고리즘이 주로 사용하는 128

kbps 비트율에서는 2가지 방식간의 음질 차이가 거의 없음을 알 수 있다.

5. 결 론

본 논문에서는 MPEG-1 오디오 부호화를 고속으로 처리하기 위한 방안의 하나로 2단계 비트 할당 방식을 제안하였다. 제안한 방식은 기존의 비트 할당 방식[1][2]가 사용하였던 서브밴드 검색과정을 간략화함으로써 비트 할당에 소요되는 계산량을 감축하였다. 기존 알고리즘과의 계산량 및 음질 비교를 위해 EBU(Europe Broadcasting Union)가 제공하는 음질 평가용 CD에 수록되어 있는 팝 음악 신호를 테스트 오디오 신호로 사용하여 컴퓨터 실험을 수행하였다. 실험에서는 계층 2 알고리즘을 오디오 부호화 알고리즘으로 선택하였으며, 이때 사용하는 비트 할당 방식으로 본 논문에서 제안한 방식과 기존의 2가지 방식을 차례대로 적용하여 소요 계산량과 음질을 측정하였다. 소요 계산량은 덧셈, 뺄셈, 비교, 저장, 읽기 등의 기본적인 연산의 횟수로 정의하였으며, 음질 평가 기준으로는 객관적 평가 기준 중의 하나인 MNR을 선택하였다. 실험 결과는 128 kbps의 부호화 비트율에서 제안한 방식이 [2]의 방식이 필요로 하는 계산량의 42% 정도만을 필요로 한다는 것을 확인할 수 있었으며, 이때 음질 차이는 0.2 dB 이내로 별 차이가 없음을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

[1] ISO/IEC International Standard IS 11172-3, "Information technology-Coding of moving pictures and associated audio for digital storage media at up to about 1.5 Mbit/s-Part 3:Audio".

[2] D. Teh, S. Koh, and A. Tan, "Efficient bit allocation algorithm for ISO/MPEG audio encoder," *Electronics Letters*, vol. 34, no. 8, pp. 721-722. 1998.

[3] N. S. Jayant and P. Noll, *Digital Coding of Waveforms: Principles and Applications to Speech and Video*, Prentice-Hall Inc., 1984

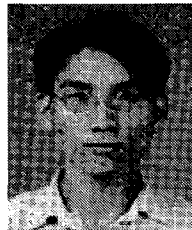


임 창 헌

1986년 2월 : 서울대학교 전자공
학과 졸업
1988년 8월 : 한국과학기술원 전
기 및 전자공학과
석사
1993년 8월 : 한국과학기술원 전
기 및 전자공학과
박사

1994~현재 : 부경대학교 전자컴퓨터정보통신 공학부
부교수

관심분야 : 무선통신, 레이더 신호 처리, 오디오 부호화



천 병 훈

1998년 2월 : 부경대학교 전자공
학과 졸업
2000년 8월 : 부경대학교 전자공
학과 석사
관심분야 : 오디오 부호화