

# 지상파 DMB 환경에서 효율적으로 멀티채널 오디오를 전송하기 위한 패킷화 방법 연구

\*이용주 \*서정일 \*백승권 \*강경옥 \*임종수

한국전자통신연구원

\*draball@etri.re.kr

## Research of packetizing method for efficient transmission of multichannel audio on T-DMB environment

\*Lee, Yong Ju \*Seo, Jeongil \*Beack, Seung Kwon \*Kang, Kyeongok, \*Lim, Jong Soo

Electronics and Telecommunications Research Institute

### 요약

지상파 DMB는 이동 환경에서 QVGA 급의 영상과 스테레오 오디오를 제공하는 방송 서비스로서 2005년 12월부터 본격적으로 서비스되고 있는데, 최근에는 DMB 환경에서 고품질의 영상과 오디오를 제공하려는 기술에 대한 연구가 이루어지고 있다. 지상파 DMB 환경에서 고품질의 영상 또는 오디오를 제공하기 위해서는 기존의 DMB 서비스에 추가적인 데이터들을 전송하는 것이 필요한데, 하나의 지상파 DMB 방송 채널에 할당되는 전송 비트율이 높지 않다는 점을 감안하면, 이러한 추가적인 데이터들을 효율적으로 전송하는 것이 서비스의 상용화 입장에서는 중요한 요소가 될 수 있다. 본 논문에서는 지상파 DMB 환경에서 멀티채널 오디오 서비스를 제공하고자 할 때, 추가적으로 전송되어야 하는 부가정보 스트림의 효율적인 전송을 위한 패킷화 방법을 제안한다. 지상파 DMB 환경에서 멀티채널 오디오 서비스를 제공하기 위한 부가정보 스트림은 일반 오디오 스트림과 마찬가지로 프레임 단위로 생성이 되며, 약 12kbps의 비트율을 가진다. 그러나, 부가정보 스트림은 지상파 DMB 환경에서 전송하기 위하여, MPEG-2 TS로 패킷화하여 전송하게 되면, 부가정보 스트림의 비트율보다 훨씬 높은 약 32kbps의 전송율을 가지게 된다. 본 연구에서는 이와 같은 문제점을 해결하기 위하여, 멀티채널 오디오 서비스를 위해 필요한 부가정보 스트림의 비트율을 분석하고, 이를 바탕으로 하나의 TS 패킷에 하나 이상의 부가정보 프레임이 포함하여 전송하는 방법을 제안한다. 제안한 방법의 성능 검증을 위해 제안한 방법에 따라 하나 이상의 부가정보 프레임을 하나의 TS 패킷에 포함하여 패킷화하는 것을 시뮬레이션하고, 그 결과를 제시하였다.

### 1. 서론

지상파 DMB는 이동 환경에서 QVGA 급의 영상과 스테레오 오디오를 제공하는 방송 서비스로서 2005년 12월부터 국내에서 본격적으로 서비스되고 있다. 수도권에서는 6개의 지상파 DMB 방송사가 전파를 송출하고 있으며, 2007년부터는 지방에서도 지역별로 3개 지상파 DMB 방송사가 방송을 개시하였다. 지상파 DMB의 수신기 보급대수도 2008년 3월말 1,000만대를 넘어선 상태이다[1].

최근에는 지상파 DMB 환경에서 고품질의 영상과 오디오를 제공하려는 기술에 대한 연구가 이루어지고 있는데, 지상파 DMB 환경에서 3차원 영상을 제공하기 위한 연구, 지상파 DMB 환경에서 VGA급 영상을 제공하는 기술에 대한 연구 및 멀티채널 오디오를 제공하기 위한 연구 등을 그 예로 들 수 있다[2][3][4]. 지상파 DMB 환경에서 고품질의 영상 또는 오디오를 제공하기 위해서는 기존의 DMB 서비스에 추가적인 데이터들을 전송하는 것이 필요한데, 하나의 지상파 DMB 방송 채널에 할당되는 전송 비트율이 높지 않다는 점을 감안하면, 이러한 추가적인 데이터들을 효율적으로 전송하는 것이 서비스의 상용화 입장에서는 중요한 요소가 될 수 있다. 본 논문에서는 지상파 DMB 환경에서 멀티채널 오디오 서비스를 제공하고자 할 때, 멀티채널 오디오 서비스를 위해 추가적으로 전송되어야 하는 데이터의 효율적인 전송을 위한 패킷화 방법을 제안한다.

최근 차세대 방송 표준 포럼에서는 지상파 DMB 환경에서 멀티채널 오디오 서비스를 제공하기 위한 표준안 제정에 대한 논의가 이루어지고 있는데, 멀티채널 오디오 서비스를 위한 부가정보 스트림의 비트율이 12kbps를 넘지 않도록 제한하고 있다. 그러나, 부가정보 스트림을 지상파 DMB 환경에서 전송하기 위하여, MPEG-2 TS로 패킷화하여 전송하게 되면, 부가정보 스트림의 비트율보다 2배 이상 높은 약 32kbps의 비트율을 가지게 된다[5]. 이는 하나의 TS 패킷에 포함되어 전송될 수 있는 데이터의 크기가 184바이트 인 것에 반해, 실제 하나의 TS 패킷에 포함되어 전송되는 부가정보 스트림의 한 프레임 크기가 평균 70바이트 밖에 되지 않아, TS 패킷의 많은 부분이 의미 없는 데이터를 전송하는데 사용되기 때문이다.

본 연구에서는 이와 같은 문제점을 해결하기 위하여, 멀티채널 오디오 서비스를 위해 필요한 부가정보 스트림의 비트율을 분석하고, 이를 바탕으로 지상파 DMB 환경에서 부가정보 스트림을 효율적으로 전송하기 위한 방법을 제안한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저, 지상파 DMB 환경에서 멀티채널 오디오 서비스를 제공하는 기술에 대해 2장에서 간단하게 설명을 하고, 3장에서는 멀티채널 오디오 서비스를 위하여 추가적으로 전송되는 부가정보 스트림을 분석하고, 그 특성에 따른 패킷화 방법을 제안한다. 4장에서는 제안하는 패킷화 방법에 따라 부가정보 스트림을 패킷화 하였을 때의 TS 전송율을 시뮬레이션하

여 그 결과를 살펴보면, 마지막 5장에서 결론을 맺는다.

## 2. 지상파 DMB 멀티채널 오디오 서비스 시스템 개요

본 장에서는 지상파 DMB 환경에서 멀티채널 오디오 서비스를 제공하기 위한 시스템에 대해 간략하게 살펴본다. 먼저, 지상파 DMB 환경에서 멀티채널 오디오 서비스를 제공하기 위해 사용되는 멀티채널 오디오 부호화 방식인 MPEG Surround 기술에 대해 살펴보고, 이후 전체 전송 시스템에 대해 살펴본다.

### 가. MPEG Surround 개요

MPEG Surround는 최근 MPEG에서 표준화가 완료된 멀티채널 오디오 부호화 표준으로서, 기존의 멀티채널 오디오 부호화 기술보다 높은 압축효율을 가지며, 특히, 스테레오 기반의 오디오 시스템과 역호환성을 가진다는 장점이 있다[6][7].

MPEG Surround 부호화기는 아래의 그림 1과 같이 멀티채널 오디오 신호를 입력받아, 모노 또는 스테레오 오디오 신호와 부가정보 스트림을 생성한다. 이때 생성된 모노 또는 스테레오 오디오 신호는 BSAC 등과 같은 일반적인 스테레오 오디오 부호화 방식을 통해 부호화가 된다[8].

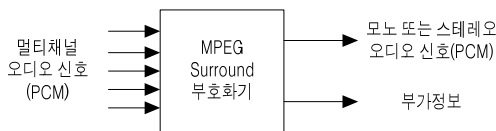


그림 1. MPEG Surround 부호화기 입출력

MPEG Surround 복호화기는 부호화기와 반대로 PCM 형태의 모노 또는 스테레오 오디오 신호와 부가정보 스트림을 입력받아 멀티채널 오디오 신호를 복원한다. 이때, MPEG Surround 복호화기가 없는 시스템에서는 기존의 스테레오 오디오 신호만을 사용하면 되는데, 이것이 MPEG Surround가 스테레오 오디오 시스템과 역방향 호환성을 가지는 이유가 된다.

### 나. 지상파 DMB 멀티채널 오디오 서비스 시스템 개요

앞서 간략하게 기술하였던 MPEG Surround 기술을 이용하여 아래의 그림 2와 같은 지상파 DMB 멀티채널 오디오 전송 시스템을 설계할 수 있다.

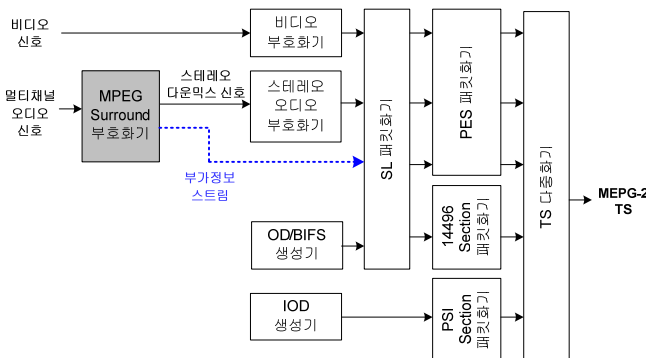


그림 2. 지상파 DMB 멀티채널 오디오 전송 시스템

그림 2를 보면, 구조적으로는 MPEG Surround 부호화기가 추가되었고, 데이터 경로로는 부가정보 스트림이 추가된 것을 알 수 있다. 부가정보 스트림이 기존의 지상파 DMB 시스템과 호환성을 가지면서 전송되기 위한 방법으로 OD에 부가정보 스트림을 위한 ES\_descriptor를 추가하여 전송하는 방법이 제안되었는데, 본 논문에서는 이와 관련된 내용을 추가적으로 기술하지는 않는다[4].

MPEG Surround 부호화를 통해 생성된 부가정보는 비디오 또는 오디오 스트림과 마찬가지로 매 프레임마다 생성되는 스트림 형태의 데이터이므로, 비디오 또는 오디오 스트림과 같이 SL 패킷화, PES 패킷화를 거쳐 MPEG-2 TS로 패킷화 하는 것이 가능하다[9].

## 3. MPEG Surround 부가정보 패킷화 방식

앞서 2장에서 MPEG Surround 를 통해 생성되는 부가정보 스트림을 전송하는 시스템의 구조에 대해 간략하게 설명하였다. 본 장에서는 실제 이러한 구조에 따라 부가정보 스트림을 전송하였을 때의 문제점을 살펴보고, 이러한 문제점 개선을 위한 패킷화 방안을 제안한다.

### 가. 부가정보 스트림의 TS 전송율 분석

부가정보 스트림은 2,048 샘플 단위로 하나의 프레임이 생성되므로, 44.1kHz로 샘플링된 오디오 신호에서는 초당 약 21.53개의 프레임이 생성되는데, 12kbps 보다 낮은 비트율을 가진다. 멀티채널 오디오 서비스를 위하여 부가정보 스트림을 매 프레임별로 SL 패킷화를 하여 전송하는 경우 TS 전송율은 아래와 같이 계산될 수 있다.

$$\text{프레임율} \times 188 \times 8 = 21.53 \times 188 \times 8 = 32,381[\text{bps}] \quad \text{식(1)}$$

식 (1)에서 알 수 있듯이, 12kbps를 가지는 부가정보 스트림을 프레임별로 패킷화하는 경우 TS 전송율이 약 32kbps 가 된다. 이는 부가정보 스트림 비트율의 약 2.7배에 해당하는 것으로, 패킷화로 인한 오버헤드를 고려하더라도 매우 비효율적인 값이라 할 수 있다.

이와 같이 부가정보 스트림의 TS 전송율이 높은 이유는 하나의 TS 패킷에 포함될 수 있는 데이터의 크기에 비해 부가정보 스트림 한 프레임의 크기가 작아서, TS 패킷의 많은 부분이 의미 없는 데이터를 전송하는데 사용되기 때문이다. TS 패킷 하나의 크기는 188바이트인데, 4바이트의 헤더가 존재하므로, 실제적으로 전송될 수 있는 데이터의 최대 크기는 184바이트이다. 지상파 DMB에서는 SL 헤더, PES 헤더가 더 포함되어야 하므로, 하나의 TS 패킷에 전송될 수 있는 최소 데이터의 크기는 약 160바이트가 된다[10]. 12kbps의 비트율을 가지고, 초당 21.53 프레임이 생성되는 부가정보 스트림의 경우 한 프레임의 크기가 평균 70바이트가 되므로, 하나의 TS 패킷에 90바이트 정도의 의미 없는 데이터가 전송된다고 볼 수 있다.

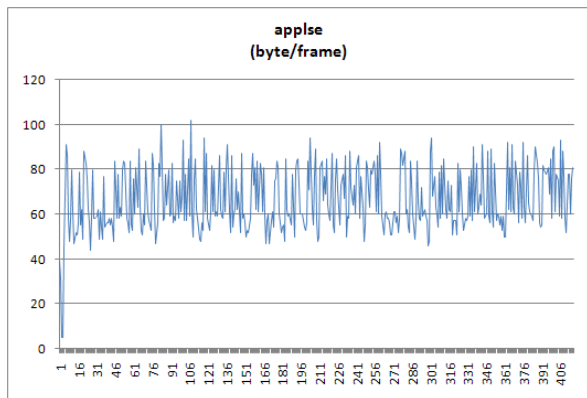
### 나. 부가정보 스트림의 효율적인 패킷화 방법

앞서 살펴본 것과 같이, 부가정보 스트림을 프레임별로 SL 패킷화하는 경우 TS 전송율이 매우 높아지는 것을 볼 수 있는데, 이는 하나의 TS 패킷에 하나의 부가정보 프레임만을 포함하기 때문이다.

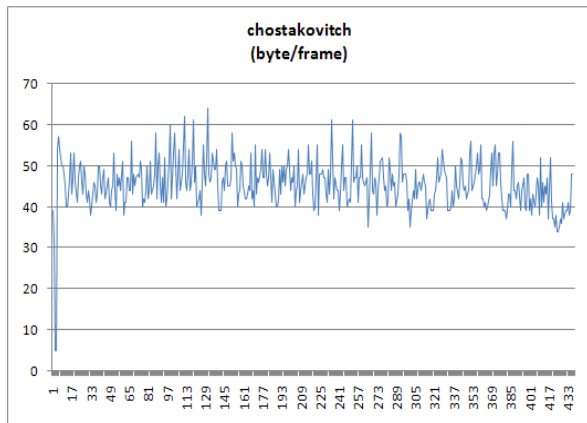
본 연구에서는 하나의 TS 패킷에 하나 이상의 부가정보 프레임을 포함하여 전송하는 방법을 제안한다. 앞서 살펴본 것과 같이 하나의

TS 패킷에 포함될 수 있는 데이터의 양이 160바이트 이고, 부가정보 프레임의 평균 데이터 크기가 70바이트 임을 감안하면, 하나의 TS 패킷에 2개의 부가정보 프레임을 포함하는 것이 가능할 것으로 생각된다. 하나의 TS 패킷에 두 개의 부가정보 프레임을 포함하는 경우 부가정보 스트림의 TS 전송율은 앞서 계산했던 값의 1/2이 되어 약 16kbps가 된다. 이와 같은 계산이 성립하기 위해서는 부가정보 프레임의 데이터 크기가 순간적으로 커지거나 작아지지 않고 고른 값을 나타내어, 두 개의 부가정보 프레임 데이터를 더한 것이 160바이트를 넘지 않아야 한다. 따라서, 부가정보 스트림의 프레임별 크기 분석을 통해 제안한 방법이 적절함을 예측해 볼 수 있다.

아래의 그림 3은 MPEG Surround 부복호화기의 성능 평가를 위해 사용되었던 test sequence 중 두 개에 대한 부가정보 스트림의 프레임별 크기를 나타낸 것이다.



(a) 'apple' 부가정보 스트림의 프레임별 크기



(b) 'chostakovitch' 부가정보 스트림의 프레임별 크기

그림 3. 부가정보 스트림의 프레임별 크기의 예

그림 3의 (a)는 멀티채널 오디오 신호인 'apple'를 부호화하여 생성된 부가정보 스트림으로서, 평균 비트율은 11.2kbps이고, 한 프레임의 평균 크기는 65.2바이트이다. 두 번째 그림은 'chostakovitch' 오디오 신호를 부호화하여 생성된 부가정보 스트림으로 평균 7.6kbps의 비트율을 가지며, 한 프레임의 평균 크기는 44.8바이트이다.

그림에서 볼 수 있듯이, 오디오 신호에 따라서 전체 부가정보 스트림의 비트율에도 차이가 있으며, 동일한 콘텐츠 내에서도 프레임별 데이터의 크기가 동일하지는 않다. 그러나, 동일한 콘텐츠 내에서는 대체로 고른 분포를 나타내고 있으므로, 제안한 방법과 같이 하나 이상의 부가정보 프레임을 하나의 TS 패킷에 포함하여 전송하는 것이 가능할

것으로 예측된다. 특히, 비트율이 낮은 'chostakovitch' 부가정보 스트림의 경우 하나의 TS 패킷에 3개의 부가정보 프레임을 포함하여 패킷화하는 것이 가능할 것으로 예측된다.

#### 4. 실험 및 결과

앞선 장에서 하나의 TS 패킷에 포함되어 전송될 수 있는 데이터 크기와 부가정보 스트림의 평균 비트율에 기반하여 하나의 TS 패킷에 하나 이상의 부가정보 프레임을 포함하여 패킷화하는 방법을 제안하였다. 본 장에서는 제안한 방법으로 패킷화를 수행하는 것을 시뮬레이션 한 후 그 결과를 통해 제안한 방법이 효율적인지를 살펴본다.

첫 번째로 하나의 TS 패킷에 포함될 수 있는 데이터의 크기를 160바이트로 가정하고, 하나의 TS 패킷에 두 개의 부가정보 프레임 데이터를 포함하도록 하는 실험을 수행하였다. 이때, 두 개의 부가정보 프레임 데이터의 크기를 더한 값이 160바이트를 넘는 경우에는 하나의 TS 패킷에 하나의 부가정보 프레임만을 포함하도록 하였다.

앞선 장에서 프레임별 크기를 분석하였던 부가정보 스트림인 'apple'와 'chostakovitch'에 대해 실험을 수행하였는데, 그 중 'apple' 부가정보 스트림에서 하나의 TS 패킷에 포함되는 부가정보 프레임의 개수를 아래의 그림 4에 나타내었다.

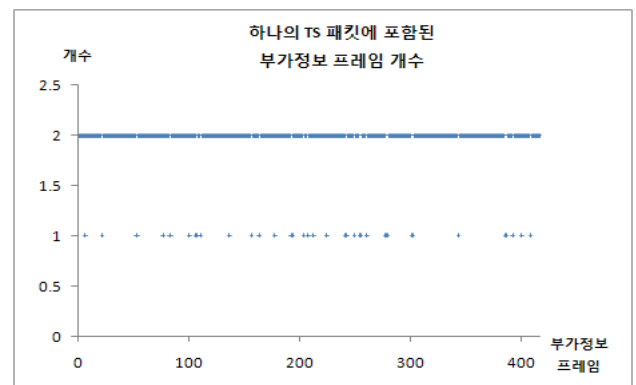


그림 4. 하나의 TS 패킷에 포함되는 부가정보 프레임 개수

그림 4에서 볼 수 있듯이, 하나의 TS 패킷에 2개의 부가정보 프레임을 포함하지 못하는 경우가 가끔씩 발생하였는데, 416개의 부가정보 프레임 중 38개 프레임에 대해서 하나의 TS 패킷에 하나의 부가정보 프레임만을 포함하는 경우가 발생하였다. 이때의 TS 전송율을 계산해보면, 약 17.67kbps가 되는데, 이는 하나의 TS 패킷에 두 개의 부가정보 프레임을 포함하였을 때의 TS 전송율인 16.19kbps 보다는 조금 높은 값이라 할 수 있으나, 하나의 TS 패킷에 하나의 부가정보 프레임을 전송하였을 때의 TS 전송율인 32.38kbps 보다는 훨씬 낮은 값이라 할 수 있다.

상대적으로 비트율이 낮은 'chostakovitch' 부가정보 스트림의 경우에는 436개의 부가정보 프레임으로 구성되어있는데, 이들 중에는 하나의 TS 패킷에 두 개의 부가정보 프레임을 포함하지 않는 경우는 발생하지 않았으며, 이때의 TS 전송율은 16.19kbps가 되어, 하나의 TS 패킷에 하나의 부가정보 프레임을 전송할 때의 1/2이 된다.

두 번째 실험은, 하나의 TS 패킷에 최대 3개의 부가정보 프레임이 포함될 수 있도록 하는 실험이다. 'chostakovitch' 부가정보 스트림의 평균 프레임 크기가 44.8바이트인 점을 감안하면, 하나의 TS 패킷에 최대 3개의 부가정보 프레임을 포함하여 전송하는 것이 가능할 것으로

예측되며, 이 경우 전송효율이 더욱 높을 것이다. 이 실험은 부가정보 스트림의 비트율이 낮은 'chostakovitch'에 대해서만 이루어 졌는데, 그 결과는 아래의 그림 5와 같다.

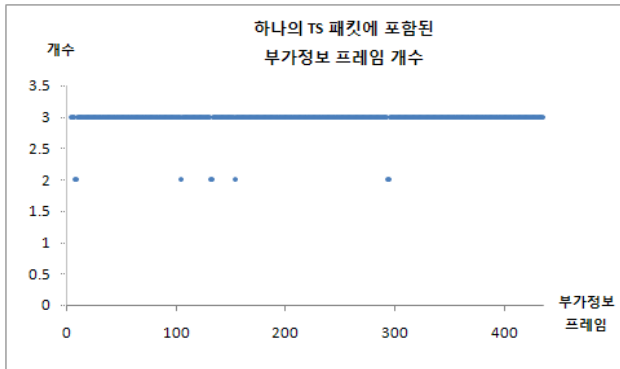


그림 5. 하나의 TS 패킷에 포함되는 부가정보 프레임 개수

그림 5에서 볼 수 있듯이, 하나의 TS 패킷에 3개의 부가정보 프레임을 포함하지 못하고 2개의 부가정보 프레임만을 포함하는 경우가 가끔씩 발생하였는데, 436개의 부가정보 프레임 중 8개 프레임에 대해서 하나의 TS 패킷에 두개의 부가정보 프레임만을 포함하는 경우가 발생하였다. 이때의 TS 전송율을 계산해 보면, 약 10.99kbps가 되는데, 이는 하나의 TS 패킷에 세 개의 부가정보 프레임을 포함하였을 때의 TS 전송율인 10.79kbps 보다는 조금 높은 값이라 할 수 있으나, 하나의 TS 패킷에 두 개의 부가정보 프레임을 전송하였을 때의 TS 전송율인 16.19kbps 보다는 훨씬 낮은 값이라 할 수 있으며, 부가정보 스트림의 비트율인 7.6kbps에 상대적으로 매우 근접한 값이라 할 수 있다.

상기의 실험을 통해 지상파 DMB 환경에서 멀티채널 오디오 서비스를 위한 부가정보 스트림을 전송할 때, 하나의 TS 패킷에 두 개 또는 세 개의 프레임을 포함하여 전송하면, 부가정보 스트림의 TS 전송율을 현저히 낮출 수 있다는 것을 알 수 있다.

한편, 제안한 방법으로 부가정보 스트림을 전송하면, 단말에서 초기 스트림을 입력받는데 소요되는 시간이 늘어난다는 단점과 단말에서 요구되는 메모리의 크기가 커져야 한다는 단점이 생길 수 있다.

부가정보 스트림의 경우 프레임 간의 시간 간격은 46.4msec 인데, 이는 지상파 DMB의 비디오 프레임 간의 시간 간격 약 33msec와, 스테레오 오디오 프레임 간의 시간 간격 약 23.2msec 보다도 큰 값이다. 두 개 또는 세 개의 부가정보 프레임을 하나의 TS 패킷에 포함하여 전송하는 경우 단말에 수신되는 부가정보 프레임의 시간 간격은 두 배 또는 세 배가 될 것이므로, 단말에서 채널을 선택한 후에 첫 번째 부가정보 프레임을 수신하는 데에 소요되는 시간이 더 늘어날 것이다.

한편, MPEG Surround 복호화기는 PCM 형태의 오디오 신호와 부가정보 스트림을 입력받아 멀티채널 오디오 신호를 복원하는데, 부가정보 스트림의 수신 간격이 커지면, 이를 위해 단말의 메모리에 저장하고 있어야 하는 스테레오 오디오 데이터의 크기가 커져야 하므로, 단말에 요구되는 메모리가 증가할 수 있다.

## 5. 결론

최근 기존의 지상파 DMB 환경에서 고품질의 영상과 오디오를 제공하고자 하는 연구가 이루어지고 있는데, 하나의 DMB 방송 채널에 할당되는 전송 비트율이 높지 않다는 점을 감안하면, 고품질 영상 또는

오디오를 제공하기 위해 추가적으로 전송하는 데이터들을 효율적으로 전송하는 것이 서비스의 상용화 입장에서 중요한 요소가 될 수 있다. 본 논문에서는 지상파 DMB 환경에서 멀티채널 오디오 서비스를 제공할 때, 멀티채널 오디오 서비스를 제공하기 위해 추가적으로 전송되는 부가정보 스트림을 효율적으로 전송하는 방법을 제안하였다.

멀티채널 오디오 서비스를 위한 부가정보 스트림은 약 12kbps의 비트율을 가지는데, 이를 MPEG-2 TS로 패킷화하면, 부가정보 스트림의 비트율보다 훨씬 높은 약 32kbps의 전송율을 가지게 된다. 본 연구에서는 이러한 문제점을 해결하기 위하여 하나의 TS 패킷에 여러 개의 부가정보 프레임을 포함하여 전송하는 방법을 제안하였다. 제안하는 방법의 효율성 검증을 위해, 멀티채널 오디오 콘텐츠를 멀티채널 오디오 부호화기로 부호화하여 부가정보 스트림을 생성하고, 제안한 방법에 따라 하나 이상의 부가정보 프레임을 하나의 TS 패킷에 포함하여 패킷화하는 것을 시뮬레이션해 보았다. 시뮬레이션 결과를 통해 제안한 방법의 효율성을 검증하였다.

한편, 제안한 방법은 전송효율은 높일 수 있으나, 부가정보 스트림의 전송 간격이 길어지는 현상을 발생시키게 되는데, 이로 인해 멀티채널 오디오 재생을 위해 단말에 요구되는 메모리의 크기가 증가되어야 하는 문제점이 발생할 수도 있다. 이러한 문제점은 부가정보 스트림을 스테레오 오디오 스트림보다 조금 먼저 전송하는 방법 등을 통해 해소될 수 있을 것이라 생각이 되며, 이에 대한 추가적인 연구가 필요할 것이라 생각된다.

## 6. 감사의 글

본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 IT핵심기술개발 사업의 일환으로 수행하였음. [2006-S-017-01, 지상파 DMB 전송 고도화 기술 개발]

## 7. 참고 문헌

- [1] 김휘용 외, "DMB-AF: DMB 파일 포맷 표준화 동향" 전자통신동향분석, 제23권 제3호, 2008, 6.
- [2] Sukhee Cho, H. Kwon, N. Hur, J. Kim and S. Lee, "Stereoscopic Video Codec for 3D Video Service over T-DMB", ICCE 2007, 2007, 1.
- [3] 임중수, "AT-DMB 기술 및 서비스" TTA 저널, No. 115, 2008, 2.
- [4] 서정일 외, "멀티채널 오디오 서비스를 위한 지상파 DMB 미디어 처리기 설계" 한국음향학회지, 제 24권 제 4호, 2005, 5.
- [5] ISO/IEC 13818-1, Information Technology - Generic coding of moving pictures and associated audio information: Systems, 2006.
- [6] ISO/IEC FDIS 23003-1, Information Technology - MPEG audio technologies - Part 1 : MPEG Surround, 2006.
- [7] <http://www.mpegsurround.com/>
- [8] ISO/IEC 14496-3, Information technology - Coding of audio-visual objects - part3: Audio, 2001.
- [9] ISO/IEC 14496-1, Information technology - coding of audio-visual object - Part 1; systems, 2002.
- [10] TTAS.KO-07.0026, "지상파 디지털멀티미디어방송(DMB) 비디오 송수신 정합표준," TTA(한국정보통신기술협회), 2006.