

## USAC 의 DAB+ 전송 방안에 관한 연구

양규태, 백승권, 이봉호, 임형수  
한국전자통신연구원  
ktyang@etri.re.kr, skbeack@etri.re.kr,  
leebh@etri.re.kr, lim@etri.re.kr

### A Study on the USAC Transport Mechanism for Digital Audio Broadcasting Plus

Kyutae Yang, Seungkwon Beack, Bongho Lee, Hyoungsoo Lim  
Electronics and Telecommunications Research Institute (ETRI)

#### 요 약

본 논문에서는 음성 및 음악 모두에 대해 최고의 품질을 제공하는 최신 오디오 코덱인 USAC 을 DAB+에 적용하기 위한 전송 방안을 제안한다. 기존 DAB+는 AAC+ v2 로 불리는 HE-AAC v2 (High Efficiency Advanced Audio Coding version 2) 오디오 코덱을 사용하였다. 하지만 AAC+ v2 는 낮은 데이터 전송률에서 음악에서는 좋은 품질을 제공하나 음성에서는 상대적으로 품질이 떨어지는 단점이 있다. 반면 USAC 은 낮은 데이터 전송률에서 음악 및 음성 모두 좋은 품질과 높은 압축 성능을 제공할 수 있는 최신 오디오 코덱 기술이다. USAC 의 성능을 최대한 보장하기 위해서는 DAB+와 달리 VBR 을 적용하는 효과적이다. 따라서 본 논문에서는 USAC VBR 스트림을 DAB+에 전송하는 방안을 제안한다. 제안된 전송 방안을 적용할 경우 최적의 음악 및 음성 품질을 효율적으로 제공할 수가 있다.

#### 1. 서론

해외의 경우 1987 년 Eureka-147 프로젝트를 시작으로, 유럽과 미국을 중심으로 FM 라디오를 CD 급 고음질 오디오 및 청취자에게 유익한 교통, 증권, 날씨 등 다양한 부가 데이터 서비스를 함께 제공할 수 있는 디지털 라디오로 전환하기 위한 기술 개발이 시작되었다. 유럽은 WorldDMB 포럼에서 Band III 대역을 이용한 디지털 라디오 표준 기술로 1995 년 DAB (Digital Audio Broadcasting)와 2007 년 DAB 를 개량한 DAB+ 표준을 개발하였다. 또한 30MHz 이하 주파수 대역에 디지털 라디오를 도입하기 위하여 1998 년 DRM (Digital Radio Mondiale) 컨소시엄이 결성되어 2001 년 DRM 표준을 개발하였으며, 이를 FM 대역 및 VHF 대역까지 확장하여 적용할 수 있는 DRM+ 표준을 2009 년 개발하였다. 미국은 iBiquity 가 IBOC (In-Band On-Channel) 방식의 디지털 라디오 표준인 HD Radio 표준을 개발하여 2002 년 미국 FCC (Federal Communications Commission)의 승인을 얻어 미국의 디지털 라디오 방송 표준으로 제정하였다[1].

국내의 경우 1997 년부터 다양한 협의체를 구성하여 디지털 라디오 도입을 추진하였으나 아직까지 디지털 라디오를 도입하지 못하고 있다. 다만 상기에 언급된 기술 중 택일하여 국내 상황에 맞게 표준을 보완하여 적용할 계획을 가지고 있다. 이에 디지털 라디오 후발 주자인 국내 상황을 고려하여 최신 기술을 접목하여 후발 주자의 단점을 보완할 필요가 있다.

따라서 본 논문에서는 음성 및 음악 모두에 대해 비트율에 상관없이 최고의 품질을 제공하는 최신 오디오 코덱인 USAC (Unified Speech and Audio Coding)을 DAB+[2] 기술에 접목하는 방안을 제시한다.

#### 2. USAC 기술 개요

기존에는 주로 음악에 대해서는 AAC+ (Advanced Audio Coding Plus)를, 음성에 대해서는 AMR-WB+ (Adaptive Multi-Rate WideBand Plus)를 사용하였다.

따라서 음성 및 음악 모두에 만족할 만한 오디오 코덱 기술의 개발에 대한 요구사항이 제기되어 MPEG 에서는 2008 년부터 새로운 오디오 코딩 기술에 대한 표준화를 시작하여 USAC 표준을 2012 년 2 월 완료하였다[3]. USAC 은 음악뿐만 아니라 음성에 대해서도 높은 품질의 성능을 보이며 종전의 어떤 오디오 혹은 음성 코덱 기술보다 뛰어난 압축 효율 및 음질을 제공한다.

종전의 최고 기술이었던 HE-AAC v2 보다 저 비트율 (~64kbps)에서는 콘텐츠에 따라 20~40% 정도의 음질을 향상시켰다[4]. USAC 이 음성과 음악에 대해서 우수한 성능을 제공할 수 있었던 것은 그림 1 과 같이 USAC 이 기본적으로 음성과 음악에 대해서 특화된 코딩 모드를 탑재하고 있으며,

입력 신호에 따라 스위칭이 가능한 구조를 가지고 있기 때문이다.

또한 USAC 은 HE-AAC v2 에서 사용한 SBR (Spectral Band Replication)의 성능을 개선한 eSBR (enhanced SBR)을 사용하며, PS (Parametric Stereo) 를 대신하여 MPS212 를 사용하고, Huffman Coding 을 Context-dependent Arithmetic Coding 으로 개선하여 성능을 향상시켰다.

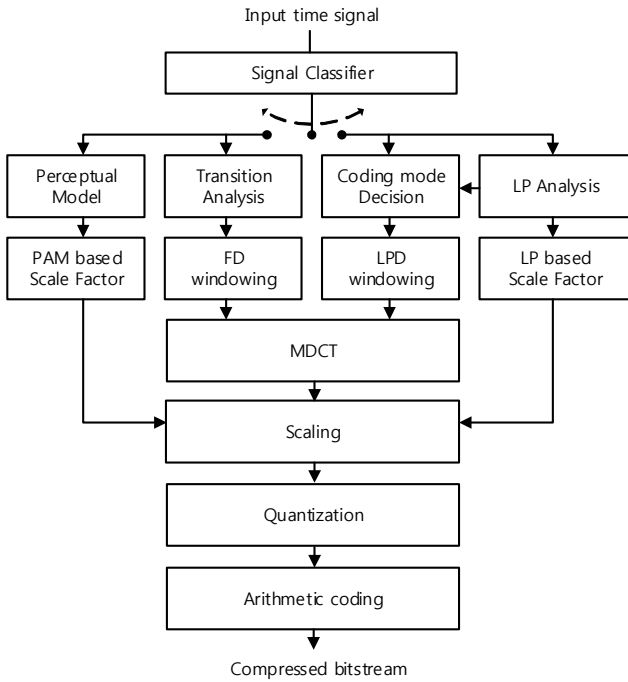


그림 1. USAC 부호화기 구조도

### 3. DAB+ 전송 방식

일반적으로 DAB+는 HE-AAC v2 기반의 오디오 프로그램뿐만 아니라, DL plus (Dynamic Label plus), Journaline, EPG (Electronic Program Guide), Intellitext 등과 같은 부가 데이터 서비스를 포함하여 데이터 송수신을 위한 EDI (Encapsulation of DAB Interfaces) 기술을 추가한 기존 DAB 환경을 개선한 것을 총칭한다고 볼 수 있다.

DAB+는 MUSICAM 오디오 코덱을 이용한 DAB의 한계를 개선하고 보다 고품질의 오디오 서비스 제공 및 다채널 서비스를 목적으로 그림 2 와 같이 MUSICAM 대신 AAC+ v2 오디오 코덱을 적용하였으며, 전송 시 오류 내성을 강화하기 위해 RS (Reed-Solomon) code 와 virtual interleaving 을 추가로 적용하여 2007 년 ETSI 표준으로 제정하였다.

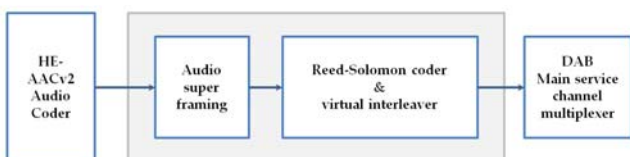


그림 2. DAB+ 기능 블록도

DAB+는 HE-AAC v2 부호화기로부터 출력된 다양한 샘플링 주파수의 오디오 프레임들을 DAB 프레임 구조에 맞추어 전송하기 위하여 ASF (Audio Super Frame) 구조를 도입하여 해결하였다. ASF 구조는 그림 3 과 같이 구성되며, 프레임 구성 정보를 제공하기 위한 헤더와 실제 AUs (Access Units)이 연속적으로 위치하는 몸체(body)로 구성된다.

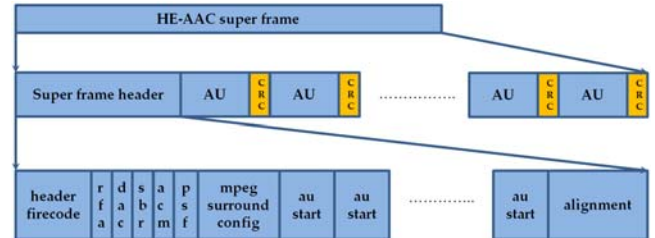


그림 3. DAB+의 ASF 구조

HE-AAC v2 의 부호화기로부터 출력된 AU 들은 고정 크기로 생성되며 정확히 ASF 몸체의 시작과 끝에 정렬이 되어야 하는 구조로 고안되었다. 이 구조의 장점은 수신단에서 ASF 가 복원되면 AU 의 위치를 확인하기 위한 절차 없이 바로 분리하여 디코딩이 가능하다는 장점을 가진다. 또한 24ms 단위의 전송 구조를 갖는 DAB 프레임에 최적화하기 위한 방법으로 각 AU 의 크기는 할당된 서브 채널의 크기에 따라 일정한 크기로 구획되어 ASF 에 실리게 된다. 이를 위해 HE-AAC v2 의 오디오 인코딩 단위를 960 샘플수로 한정하였으며 48kHz, 32kHz, 24kHz 및 16kHz 표본화 주파수를 지원하도록 하였다. 또한 24ms 의 DAB 프레임을 하나의 AU 로 구성할 수 없으므로 5 개의 DAB 프레임으로 구성되는 120ms 단위의 super frame 을 정의하고 샘플링 주파수에 따라 super frame 당 할당되는 오디오 AU 의 수를 정의하였다.

DAB+에서는 전송 성능을 개선하고 DAB 프레임과의 시간 동기화를 고려하여 RS(120, 110, t=5)의 RS code 를 적용한다.

### 4. USAC 의 DAB+ 전송 방안

#### 4.1. USAC 전송을 위한 고려사항

HE-AAC v2 는 오디오 신호의 특성과는 무관하게 항상 고정 비트율 (CBR: Constant Bit Rate)로 인코딩을 한다. 하지만 시간적으로 정보량의 변화가 큰 음성 및 음악 신호에 대해서는 구간별 음질의 열화를 초래할 수 있으며 지속적으로 동일한 음질을 제공하는데 어려움이 있다. 반면 USAC 은 통계적 특성이 변화되는 오디오 신호의 특성에 따라 적절하게 가변 비트율 (VBR: Variable Bit Rate)을 사용하여 압축 효율을 극대화하고 인코딩의 성능을 최대한 끌어올린다. 따라서 USAC 을 DAB+에 적용하기 위해서는 가변 비트율 메커니즘을 적용할 필요가 있다.

프레임당 샘플수는 오디오 인코딩 시 시간-주파수 변환 (Time-Frequency Transform)에 사용되는 기본 블록의 크기를 고속 연산을 위하여 2 의 급수로 표현하여 복잡도를 줄일 필요가 있다. 따라서 DAB+와는 달리 1024 샘플수를 적용하는 것이 바람직하다.

HE-AAC v2 를 사용하는 DAB+ 시스템의 경우 ASF 의 길이가 120ms 이므로 최대 240ms 의 동기화 시간이 필요하다. 따라서 USAC 을 DAB+ 시스템에서 전송하기 위한 ASF 구조는 HE-AAC v2 와 동등한 수준의 동기화 시간을 제공할 수 있도록 설계되어야 한다.

#### 4.2. Extended HE-AAC 프로파일 정의

USAC 비트스트림은 기존의 AAC 계열의 오디오 코덱과 호환성을 갖지 않는다. 따라서 USAC 을 사용하게 되면 기존 AAC 계열의 오디오 코덱을 탑재한 시스템과 하위 호환성을 제공할 수 없다. 이러한 제약사항을 해소하기 위하여 그림 4 와 같이 Extended HE-AAC (xHE-AAC) 프로파일을 정의하였다. xHE-AAC 프로파일은 기존의 HE-AAC v2 프로파일을 기본적으로 지원하면서 시스템의 선택에 따라 USAC 을 지원할 수 있도록 정의된 프로파일이다. DAB+ 에서 사용한 HE-AAC v2 오디오 코덱 비트스트림도 디코딩 가능하도록 지원하면서 USAC 을 추가하는 방법은 xHE-AAC 프로파일을 적용하여 해결할 수 있다.

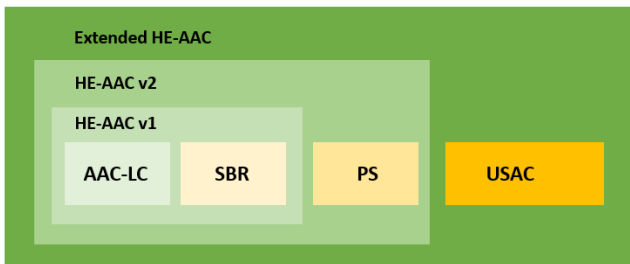


그림 4. xHE-AAC 프로파일 구조

#### 4.3. USAC 전송 구조

본 논문에서는 USAC 을 DAB+ 에 적용하기 위하여 USAC 의 성능을 우선적으로 고려하여 가변 비트율 (VBR) 을 적용하였으며 그 구조는 그림 5 와 같다. 단, 24ms 를 전송 프레임 단위로 정의하고 있는 DAB+ 전송 구조에 최적화하기 위해 샘플링 주파수를 16kHz, 24kHz, 32kHz 그리고 48kHz 로 한정하였다.

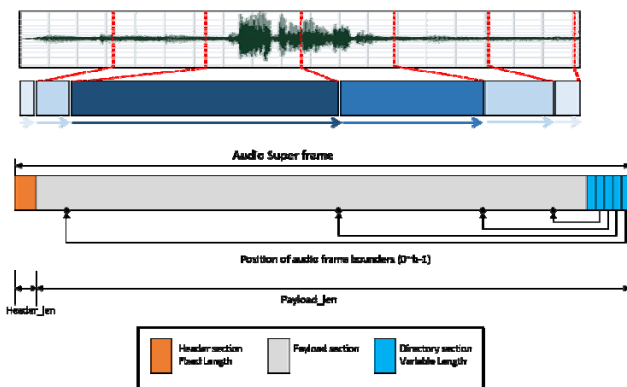


그림 5. USAC AFS 구조

하나의 슈퍼프레임은 일정한 크기의 비트 버퍼 (bit buffer) 를 할당 받는다. 슈퍼프레임은 할당 받은 비트 버퍼의

비트 수만큼 부호화된 오디오 신호 프레임 비트스트림을 씌는다. 이때 오디오 신호 프레임당 비트 수는 VBR 로 인하여 동일하지 않을 수 있으며, 그 경계 구간이 일정하지 않다. 이러한 일정하지 않은 경계구간을 디렉토리 세션 (directory section) 에 경계구간의 비트 위치 값을 비트 값으로 표현하여 저장한다. 이렇게 비트스트림을 수송하게 된다면, 복호화는 디렉토리 세션 정보로부터 각 오디오 프레임에 해당되는 비트스트림 위치를 파악할 수 있으며 이를 파싱하여 복호화를 수행할 수 있다. 추가적으로 슈퍼프레임마다 헤더 세션 (Header section) 을 포함하고 있으며, 이는 슈퍼프레임별 시작 위치 검출에 활용하며, 하나의 슈퍼프레임에 포함된 오디오 프레임 수 정보도 포함하고 있다. DAB+ 에 이를 적용하기 위해서는 디코더 구동을 위한 초기 정보들을 헤더 정보에 포함시키고, 프레임별 비트스트림 파싱을 위한 추가적인 비트 버퍼 지연을 고려해야 한다.

USAC 을 적용한 DAB+ 전송 시 외부호화 (Outer FEC (Forward Error Correction)) 는 기존 DAB+ 매커니즘을 그대로 적용할 수가 있으며 그림 6 과 같다.

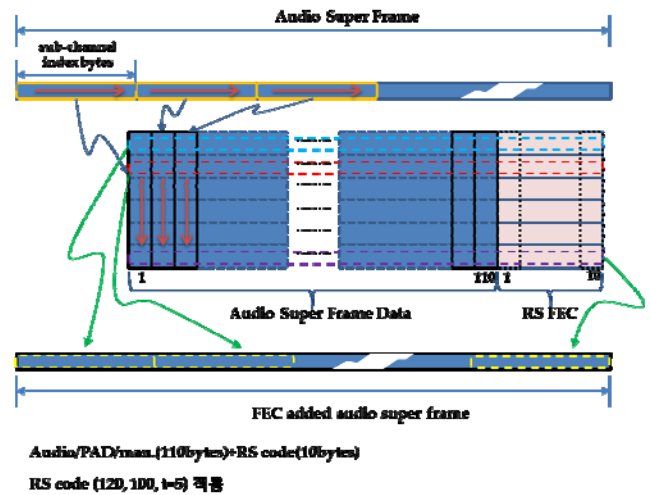


그림 6. USAC 적용 DAB+ 전송 매커니즘

전송 시 오류 내성을 강화하기 위해 DAB+ 와 동일한 RS code 및 virtual interleaving 을 적용하였다. 먼저 인코딩된 오디오 데이터를 sub-channel index 바이트 크기를 갖는 패킷으로 구분하여 첫 열의 좌측 상단에서 하단으로 데이터를 전송한 다음 둘째 열에 데이터를 전송한다. 이렇게 하여 110 열의 데이터를 모두 채우게 되면 첫 행의 데이터 110 바이트에 대해 RS(120, 110, t=5) 코드를 적용하여 RS 부호화를 수행하고 둘째 행, 셋째 행의 순서로 RS 부호화를 수행한다.

모든 행에 대해 RS 부호화가 끝나게 되면 첫 열의 좌측 상단에서 하단으로, 둘째 열의 좌측 상단에서 하단으로 계속해서 데이터를 전송한다. 이렇게 하면 인코딩된 데이터는 원래 순서대로 전송하게 된다. 인코딩된 오디오 데이터를 모두 보내고 나면 RS 데이터도 같은 방법으로 전송한다.

즉 원래 데이터는 인터리빙 없이 전송하게 되지만 역부호화하기 위해서는 수신기에서는 같은 방법으로 수신 데이터를 버퍼에 저장하고 RS 데이터를 이용하여 역부호화하게 되므로 인터리빙의 효과를 볼 수가 있게 된다.

## 결론

본 연구에서는 USAC 을 DAB+에 효율적으로 전송하기 위하여 가변 비트율 기반의 오디오 슈퍼프레임의 구성 및 전송 방법을 제안하였다. 또한 기존의 DAB+에서 사용한 AAC+ v2, RS code 및 virtual interleaving 방식과 호환성을 유지하면서 USAC 을 도입할 수 있도록 xHE-AAC 프로파일을 적용하였으며, DAB+에 최적화된 RS code 및 virtual interleaving 방식을 그대로 도입하였다. 본 연구에서 제안한 방식은 고정 비트율 기반의 DAB+ 방식에 비해 가변 비트율의 USAC 프레임의 적용하여 오디오 음원의 품질을 최대한 높이면서도 압축효율을 극대화할 수 있는 장점이 있다.

따라서 본 기술을 DAB+ 디지털 라디오에 적용할 경우, 음악 채널의 경우에는 64kbps 정도의 데이터율로 CD 음질을 제공하는 것이 가능하며, 음성의 경우 12 kbps 정도의 낮은 데이터율로도 깨끗한 음질을 제공할 수 있을 것으로 사료된다.

향후 연구로는 본 제안 방식을 검증하기 위한 부호화기 및 수신기를 개발할 예정이며 실제 DAB+ 방송을 통해 수신 성능 및 음질을 분석할 예정이다. 또한 USAC 의 음질을 최대한 높일 수 있는 USAC 핵심 부호화 기술 및 최적화 방안 개발도 아울러 추진할 예정이다.

## 감사의 글

본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신기술연구진흥센터의 정보통신·방송 연구개발사업의 일환으로 수행하였음. [R0166-15-1028, 디지털라디오 고도화 서비스 표준개발]

## 참조문헌

- [1] 양규태, 이주남, 임형수, “디지털 라디오 기술, 표준화 및 서비스 현황”, 한국전자과학회지 25(5), pp. 60-69, 2014 년 9 월
- [2] ETSI TS 102 563 V1.3.1, “Digital Audio Broadcasting (DAB); Transport of Advanced Audio Coding (AAC) audio”, May 2010.
- [3] ISO/IEC23003-3, “Part3: Unified speech and audio coding”, Feb. 2012.
- [4] M. Neuendorf, et al. “A novel scheme for low bitrate unified speech and audio coding-MPEG RM0”. Audio Engineering Society Convention 126. Audio Engineering Society, 2009.