

디지털라디오방송 전환과 오디오 코덱의 USAC 적용 연구

*이상운, **이용주, **이태진, **강경옥

*남서울대학교, **한국전자통신연구원

*Quattro@nsu.ac.kr

Radio Broadcast Digitalization and a Proposal of USAC as Audio Codec for Digital Radio Broadcast

Lee SangWoon, **Yong Ju Lee, **Taejin Lee, **Kyeongok Kang

*Namseoul University, **ETRI

요약

최근 국내에 디지털 라디오 방송을 도입하기 위한 실험방송이 진행 중이며, 조만간 디지털 라디오 방식이 결정될 것으로 전망되고 있다. 본 논문에서는 연내 ISO/IEC 국제표준 제정이 예상되는 USAC의 디지털 라디오 방송에의 적용 가능성을 검토하고, 도입의 장점 및 고려사항 등을 제안하고자 한다.

I. 서론

라디오 방송은 중파, 단파 및 초단파 대역에서 서비스가 제공되고 있으며, 국내는 아직 아날로그 방식이 유지되고 있으나, 유럽, 미국, 일본 등 선진국들은 초단파 대역을 선두로 디지털 방식으로의 전환이 이루어지고 있다. 국내에서도 1990년대부터 아날로그 라디오를 디지털로 전환하기 위한 노력들이 경주되어 왔으며, 2001년도에는 초단파 라디오를 위한 디지털 라디오방식으로 DAB (Eureka-147)가 결정된 바 있다. 그러나 이렇게 결정된 초단파 디지털 라디오 표준은 이동 TV 서비스를 위한 디지털멀티미디어방송(DMB)으로 전환되어 디지털 라디오도입은 자연스럽게 연기되었으며, 2005년 12월 DMB 상용화가 시작된 이후, 2006년도에 도입을 위한 논의가 재개되었다.[1]

DMB는 모바일 TV 서비스뿐 아니라 데이터와 라디오 서비스까지도 포함하는 말 그대로 멀티미디어서비스를 제공하였다. DMB에 포함되어 있는 라디오 서비스용 오디오 코덱은 DAB가 개발될 당시인 1980년대에 개발된 기술로서 Musicam(Masking-pattern adapted Universal Subband Integrated Coding And Multiplexing) 이라고 불리며, 음질 대비 비트효율이 낮다고 평가되었다. 따라서 2003년도에 국내표준으로 결정 될 당시, 보다 성능이 우수한 오디오 코덱인 BSAC(Bit Sliced Arithmetic Coding)으로 대체할 것을 주장하는 진영과 Musicam을 고수하자는 진영으로 나뉘어 뜨거운 공방을 벌였다. 결국 국제적 호환성을 중시해야 한다는 Musicam 고수파의 주장이 관철되어 국내표준으로 채택되었으나, DAB를 개발한 유럽에서조차 결국에는 Musicam를 고효율 오디오코덱으로 대체한 DAB+를 새로운 표준으로 제정한 바 있다.[2]

국내에는 라디오의 디지털 전환이 선진국들에 비해 늦은 것이 현실이다. 따라서 아직 디지털라디오에서 제공하는 높은 주파수 효율, 향상된 음질과 다양한 데이터 서비스 등의 제공이 늦어지고 있으나, 늦게 시작함으로써 좋은 점도 있다. 이는 앞서 도입한 국가들의 사례를 참고하

여 도입과정에서의 시행착오를 줄여 성공적인 디지털 전환 가능성을 높일 수 있는 것과, 다양한 디지털 라디오 방식에 대한 선택이 가능한 것을 들 수 있다. 또한 최근에 개발된 성능 좋은 오디오 코덱을 선택하여 디지털 라디오의 핵심 서비스인 오디오 서비스의 품질을 제고하고, 주파수 효율을 증대시켜 더 많은 라디오 채널을 수용할 수 있다는 것이다. USAC(Unified Speed and Audio Coding)은 오디오 성능과 주파수효율성 모두에서 기존 방식의 오디오 코덱들 보다 개선된 성능을 보여주는 것으로 평가되고 있으며, 연내 국제표준으로 채택이 가능할 것으로 예상되고 있다. 본 연구에서는 디지털 라디오 방식들에 적용되어 있는 기존의 오디오 코덱들에 대해서 살펴보고 USAC을 디지털라디오에 도입할 경우의 장점들과 고려해야할 사항들을 제시하고자 한다.

II. 디지털 라디오 방식별 오디오 코덱

1. HD Radio 오디오 코덱

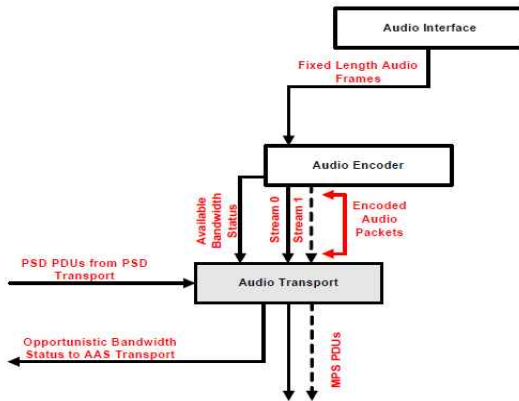
HD Radio의 오디오코덱은 HDC(hybrid digital coder)라고 불리며, HD Radio를 개발한 미국의 iBiquity사에 의해 개발되었다. 오디오 인코더는 오디오 인터페이스로부터 오디오 프레임들을 입력받아 MPS(Main Program Service) PDU(Protocol Data Unit)들을 만들어 전송하게 된다. 또한 오디오 트랜스포트는 PSD(Program Service Data)를 입력받아 오디오와 다중화 시켜주게 된다.[3]

HDC는 PAC(Perceptual Audio Coding)와 SBR(Spectral Band Replication)로 구성되며, 초단파 라디오 HD Radio 시스템에서는 96kbps의 비트율로 CD 음질의 스테레오 오디오서비스를 제공한다.

이를 위해 PAC는 향상된 분석필터뱅크를 사용하며, 변화가 적은 오디오 신호에 효율이 좋은 MDCT 필터뱅크와 오디오 신호가 급격히 변할 때 효과가 좋은 Wavelet 기반 필터뱅크로 구성된다.

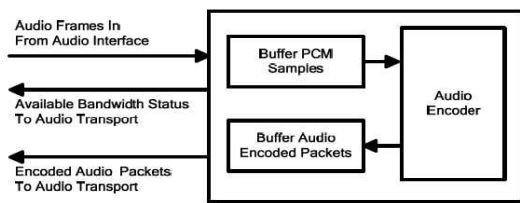
아울러 잠음개선 성능 향상을 기하기 위해 binaural과 interaural

마스킹을 채택하여 사용하며, 개선된 다차원 양자화 기술과 Adaptive Huffman Coding 기술에 기반을 둔 효율적인 무손실부호화를 사용한다.



[그림 1] HD Radio 오디오트랜스포트 인터페이스[3]

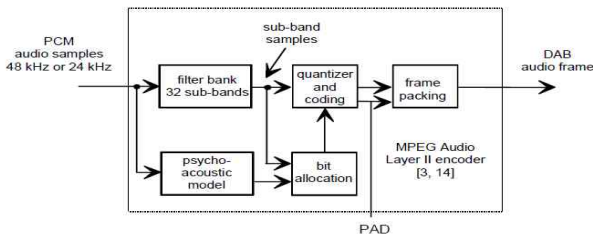
부호화된 오디오 데이터는 가변 프레임 길이와 제어 비트들을 가진 비트열이 된다. PAC의 전송 비트율은 16 ~ 128kbps 이다.[4] [그림 2]는 HD Radio 오디오 인코더의 동작 구조를 보여준다.



[그림 2] HD Radio 오디오인코더 인터페이스[3]

2. DAB 오디오 코덱

DAB 에 사용되는 표준 오디오 부호화기는 MUSICAM이라 불리며, 압축률은 768 kbit/s 모노채널을 100 kbit/s 로 압축시킬 수 있는 수준이다. Musicam에는 MPEG 오디오 코덱이 적용되어 있으며, 48KHz 표본화 주파수의 경우 ISO/IEC 11172-3 표준(MPEG-1 Audio Layer II)을 따르고, 24KHz 표본화 주파수의 경우 ISO/IEC 13818-3 표준(MPEG-2 Audio Layer II)을 따른다.[5] DAB 오디오 인코더의 간략화된 구성은 [그림 3]과 같다.



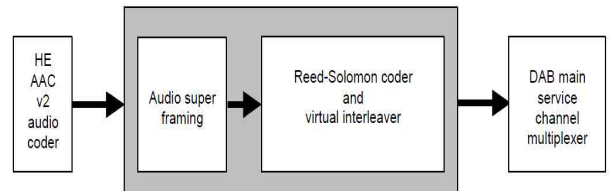
[그림 3] 간략화된 DAB 오디오 인코더의 구조[5]

MPEG-1 Layer 2는 Layer 3나 AAC와 같이 주파수 도메인에서 압축을 하는 Transform 기반의 인코딩이 아니라 시간 도메인 상에서 sub band 코딩을 수행하기 때문에 압축 효율은 상대적으로 좋지 않지만, 연산량과 안전성에서 장점이 있기 때문에 DAB와 같은 여러 시스

템에서 사용된다. 일반적으로 압축율은 MP3의 128kbps 정도의 음질을 내기 위해서는 MP2 192kbps 정도로 압축을 해야 한다. 하지만 256kbps 이상의 고음질 저압축 오디오의 경우 MP2가 MP3 보다 좋은 결과를 보여주기도 한다.[4]

3. DAB+ 오디오 코덱

WorldDMB는 DAB 의 오디오 코덱성능을 향상시키기 위하여 DAB 기술의 대폭적인 개선을 하였으며, 새로운 오디오 코덱을 채택한 새로운 DAB를 DAB+로 명명하였다. 새롭게 채택된 오디오 코덱은 HE-AAC v2(high-efficiency advanced coding version 2)이며, DAB+에는 MPEG 서라운드 오디오 표준 및 보다 강력한 Reed-Solomon coding 및 가상인터리빙 기법이 적용되었다.[6]



[그림 4] DAB+ 의 외부부호화와 가상 인터리버 개념도[2]

DAB+에 채택된 HE-AAC v2는 모노, 스테레오 및 48개까지의 다 채널의 지원이 가능하며, 넓은 영역의 비트율을 이용하여 고품질의 오디오 서비스를 제공할 수 있다. 또한 XM 위성라디오, HD Radio, DRM (Digital Radio Mondiale) 등의 디지털 라디오방식에 채택되어 성능을 검증 받았다. 한편 MPEG-4 HE-AAC v2 (AAC+ v2와 동일)은 Advanced Audio Coding (AAC), Spectral Band Replication (SBR), Parametric Stereo (PS) 세 가지 기술들이 조합되어 있으며, 각각의 기술들은 ISO/IEC 14496-3 및 ISO/IEC 14496-3:2001/Amd.4 로 불리우는 HE-AAC v2 프로파일로 표준화가 되어 있다. 이중 AAC 와 SBR 의 조합은 "HE-AAC" (혹은 AAC+ v1)으로 명명된다.[6]



[그림 5] HE-AAC v2의 구조[6]

AAC는 128kbps의 비튜율에서는 왜곡없는 음질의 제공이 가능한 우수한 성능의 오디오 압축 기술로 평가되나, 128kbps 이하의 비트율에서는 오디오 품질이 열화되기 때문에, SBR과 PS를 AAC에 조합하여 최대 성능을 내도록 완성한 것이 HE-AAC v2이다.

HE-AAC v2 인코더에서 AAC codec은 저주파 대역을, SBR은 고주파대역을 인코딩한다. 그리고 PS는 스테레오 이미지를 파라미터로 표현하여 인코딩 한다.[6]

4. T-DMB 오디오 코덱

T-DMB 방식의 디지털 라디오에서 사용하는 BSAC은 MPEG-4 Part 3의 subpart 4 에 정의되어 있으며, MPEG-4 AAC를 기반으로 하고 있다. 기존의 AAC에서 일부 알고리즘이 삭제되고, AAC에서는 MDCT 계수의 Quantization 코딩 부분에 Huffman coding을 사용했

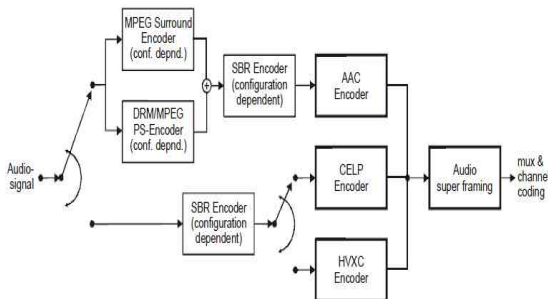
지만, BSAC에서는 Arithmetic 코딩을 사용한다. BSAC은 압축률의 향상보다는 채널 안정성 즉, 에러 복구 능력에 더 초점을 둔 압축 방식으로 채널 당 1kbps 간격으로 fine grain scalability를 제공할 수 있다. 또한 하나의 Base Layer bit stream 과 여러 개의 작은 enhancement bit stream 으로 구성되어 있다.

BSAC의 기본적인 동작의 흐름은 MPEG-4 AAC와 동일하다. 그러나 인코딩 및 디코딩 과정에서 기존의 AAC에서 사용되던 AAC Gain Control, Long Term Prediction, 그리고 Prediction 과정이 생략되고, Quantization 부분이 기존의 Huffman Coding에서 Arithmetic Coding으로 대체되었다. AAC와 비교했을 때, BSAC의 가장 큰 특징은 Quantization 부분이다. AAC의 Huffman Coding 방법은 데이터를 있는 그대로 읽고 데이터의 확률을 구하는 방법이고, BSAC에서는 데이터를 있는 그대로 읽는 것이 아니라, 여러 개의 데이터에서 같은 자리의 비트를 데이터로 만들어 읽어내는 방법이다. 일반적으로 데이터의 변화는 연속적인 움직임을 보여주고, 최상위 비트의 값은 크고 중요하고, 하위 비트로 움직일수록 중요도가 떨어지므로 각 비트 별로 중요도를 나눌 수 있다. 따라서 압축률 및 에러 복구율이 AAC에 비해 효율적이다.[4]

5. DRM+ 오디오 코덱

2009년에 제정되어 초단파 라디오 대역을 포함하는 174MHz 이하의 주파수에 적용이 가능한 DRM+ 방식은 AAC, CELP(Code Excited Linear Prediction)와 HVXC(Harmonic Vector eXcitation Coding) 3가지의 오디오 코덱의 선택이 가능하며, SBR 인코더를 조합하여 압축 효율을 증대시킬 수 있다. 또한 AAC는 주로 고음질이 요구되는 서비스에, CELP와 HVXC는 고음질이 요구되지 않는 뉴스나 대담프로그램 등 비교적 저음질 서비스에 적합하다. 특히 고음질 서비스를 위한 AAC인코더는 SBR 뿐 아니라 MPEG 서라운드 코덱과 PS 코덱의 선택적 적용도 가능하다.[7] [그림 6]은 DRM+ 오디오인코더의 구조를 보여준다.

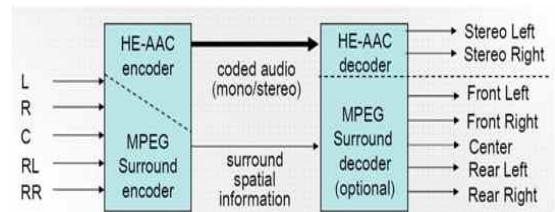
SBR은 채널당 약 2Kbps정도의 적은 데이터 량으로 고품질의 오디오 서비스를 재생할 수 있는 기법으로, 오디오 부호 시 제거되는 높은 주파수 대역의 하모닉 성분을 효과적으로 추출하여 얻어진 정보를 전송함으로써, 오디오 복호 시 SBR 정보를 복호기에 이용하여 보다 향상된 오디오 신호를 재생할 수 있다



[그림 6] DRM+ 오디오 인코더의 구조[7]

. 9Khz 단일 채널서비스의 경우 2kbps ~ 34kbps가 지원되고 2채널의 경우 74kbps 전송 용량까지 가능하다. HVXC와 CELP는 음성전용 서비스에, AAC 또는 AAC+SBR은 고음질의 음악서비스에 적합하다. 즉, 9Khz 단일 채널서비스의 경우 모노 FM 음질서비스가 가능하

고 HVXC의 경우 2~4kbps로 음성을 분별할 수 있는 정도의 서비스, CELP의 경우 8kbps에서 우수한 음성 서비스를 지원 가능하다. 이러한 서비스 수준은 digital only의 경우에 해당하고 simulcast에서는 품질 열화가 발생할 수 있다. 고음질 서비스에는 [그림 7]과 같이 HE AAC 및 5.1 채널 서라운드 인코더가 적용 가능하다.[4]



[그림 7] 고음질 서비스를 위한 DRM+ 오디오 부호화기[4]

III. 디지털 라디오 오디오 코덱으로서의 USAC

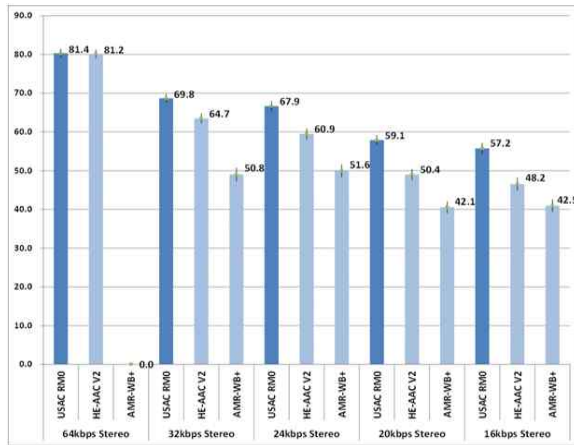
앞 장에서 DAB를 비롯하여 DAB+, HD Radio, T-DMB 및 DRM+의 오디오 코덱 방식에 대해 고찰하였다. 디지털 라디오 전송 방식개발은 유럽과 미국 등 선진국들이 주로 수행해 왔으며, 여기에 탑재되어 있는 오디오 코덱들은 모두 국제표준기술로서 오랜 기간에 걸쳐 개발되어왔다. 국내에서는 현재 디지털 라디오 도입을 위한 노력이 이루어지고 있는데, 디지털 라디오 방식에 대한 검토가 1990년대 부터 시작되었고, 2009~2010년도에는 방식 별 성능을 비교하기 위한 실험방송이 수행된 바 있으며, 현재는 디지털 라디오 방식결정 및 상용화를 위한 논의가 진행 중이다.

디지털 라디오 방식을 결정함에 있어서는 단순히 전송방식만의 선택이 아닌 “오디오 코덱 방식을 무엇으로 할 것인지”에 대한 고려를 포함해야 할 것이다. 전송방식의 선택에 있어서는 국내 전파 환경, 방송 여건 및 산업적 파급 효과 등 다양한 사항들이 고려되어야 할 것이다. 전송방식 못지않게 오디오 코덱방식은 디지털 라디오 방송의 핵심 서비스 품질인 음질 및 주파수 효율과 밀접한 관계가 있어 단위주파수 당 수용채널 수 등을 결정하는 요인이 되어, 디지털 라디오서비스의 성공적 도입을 좌우하는 중요한 사항이므로 신중한 선택이 요구된다.

1. USAC 개요 및 성능

USAC은 방송과 통신이 융합하는 방향으로 발전하고 있는 환경에서 음성과 음악 신호를 통합적으로 부호화 하는 기술로서, 멀티미디어 메시징/스트리밍, 오디오 북, 디지털 라디오, 모바일 TV, UCC 등에 활용이 가능할 것으로 기대된다. USAC의 국제표준화는 2010년 11월 CD(Committee Draft)로 승인된 바 있으며, 2011년 중 FDIS(Fundamental Draft International Standard)가 승인될 예정이다.[8] USAC은 음성과 음악 신호 모두에 대해 우수한 음질을 제공하는 기술로, 최신 음성 부호화기인 AMR-WB(Adaptive Multi-Rate Wideband)와 최신 오디오 부호화기인 HE-AAC V2 기술을 기반으로 개발되어, 저대역 부호화 방식으로 AAC, ACELP, TCX를 이용하고, 고대역 부호화 방식으로 SBR, 스테레오 부호화 방식으로 MPEG-Surround를 이용하며, 주파수 효율도 우수한 것으로 평가된다.[9] MPEG 오디오 서비스그룹에서는 USAC 성능에 대한 검증을 위하여 MUSHRA(Multiple Stimulus Hidden Reference and Anchor) 테스트를 이용한 주관적인 음질평가를 수행하였다. 상기의

평가 외에 MPEG 오디오표준화 과정에서 보다 세분화한 방식으로 평가대상 기술들을 실험하기 위해 MUSHRA(MULTiple Stimulus Hidden Reference and Anchor) 테스트를 이용한 주관적인 음질평가가 수행되었다. USAC의 청취평가 아이টে은 음성, 음악, 음성 및 음악 혼합신호 각각 4개씩으로 이루어져 있다. [그림 8]는 USAC RM(Reference Model) 0의 스테레오에 대한 청취평가 결과를 HE-AAC V2, AMR-WB+와 비교한 것이다.[10]



[그림 8] USAC 의 오디오 음질 평가 결과 [10]

평가 결과 16kbps급 저음질에서 USAC 이 HE-AAC V2 와 AMR-WB+ 보다 우수하며, 비트율이 32kbps까지 상승되는 동안 USAC 이 지속적으로 우수한 것을 알 수 있다. 또한 64kbps에서 USAC은 HE-AAC V2와 거의 동일한 음질을 유지하였다.

2. USAC 적용 방안

앞서의 USAC 평가결과는 USAC이 현재까지 개발된 오디오 방식 들 중에서 기술적인 성능이 가장 우수함을 보여주었다. 또한 USAC은 저비트율에서 고비트율에 이르기까지 다양한 비트율에서 다른 음성 및 오디오 코덱에 비해 높은 음질을 제공하므로, 향후 방송통신 융합 환경에서 효용성이 뛰어난 것으로 예상되며, 이 분야에서의 국내의 연구기관 및 산업체의 표준화 활동 또한 왕성하기 때문에 향후 국내기관의 관련 IPR의 확보가 기대되고 있다.[8] 따라서 USAC을 디지털 라디오 오디오 부호화기로 채택할 경우 외국에 지불해야 하는 기술료를 절감할 수 있으며, 역으로 향후 외국으로부터 기술료 수익 창출도 가능할 것으로 기대된다. 이런 관점에서 USAC은 디지털 라디오 방송 도입 추진이 늦어진 우리에게 일종의 혜택이며, 늦은 도입에 대한 보상으로 받아들일 수도 있을 것이다.

그러나 디지털 라디오에 USAC을 적용함에 있어서 고려해야 할 사항들도 있으며, 이중 하나는 국제 표준화 일정이다. 국내 디지털 라디오 전송 방식 확정 후 기술기준 및 세부 기술표준 제정 전에 국제표준이 제정되는 것이 바람직하다. 현재의 추진 현황으로 보면 별 무리는 없을 것으로 전망되나, 국제표준화에는 각국의 첨예한 이해관계가 걸려있으므로 예상치 못한 돌발 상황도 발생할 수 있어 주의가 요구된다.

디지털 라디오에 적용함에 있어 또 다른 고려사항은 위한 비용 및 오디오 처리로 인한 지연시간이다. USAC 기술은 음질을 위주로 개발해 왔기 때문에 복잡도나 지연 시간에 대해서는 많은 고려를 하고 있지 않은 것으로 보고되고 있다.[9] 특히 저대역 부호화 방식으로 AAC, ACELP, TCX 등 3가지의 독립적인 방식을 이용하기 때문에,

기존 기술에 비해 복잡도가 많이 증가되었으며, 통신환경을 고려하고 있지 않기 때문에 지연시간 역시 큰 것으로 보고되어 시간지연에 대한 추가 연구가 요구된다.

디지털 라디오 방송에 적용하기 위한 오디오 부호화의 주요 요구사항으로서 우수한 음질, 높은 주파수 효율성, 낮은 기술료 및 다양한 응용 가능성 등이 제시될 수 있을 것이며, 이는 국내에서 상용서비스가 되고 있는 지상파 및 위성 DMB의 사례에서 학습된 바 있다.

기술적 성능도 우수하고 기술개발에 국내 연구진들이 참여하여 IPR 확보가 예상되는 오디오방식을 새롭게 시작할 디지털 라디오에 적용하는 것은 여러모로 바람직할 것이다.

VI. 결 론

본 논문에서는 디지털 라디오 방식별 오디오 방식을 고찰하고 디지털 라디오 서비스 품질제고와 주파수 효율 증대를 위하여 USAC 적용타당성과 고려사항들을 제안하였다. USAC은 음성 및 클래식 음악방송 등 저품질부터 고품질까지의 다양한 라디오방송 서비스에 부응할 수 있으며, 기존 오디오 코덱에 비해서 상대적으로 우수한 주파수 효율을 갖는 것을 확인하였다. 따라서 새롭게 도입되는 디지털 라디오 방송에 적용할 경우 우수한 방송 품질의 방송서비스를 제공하고 주파수도 효율적으로 운용할 수 있어 바람직할 것으로 판단된다. 다만 국제 표준의 확정, 오디오 인코딩 시간, 기존 디지털 라디오 송출 장비에 USAC 코덱의 탑재 및 USAC 디코더의 상용제품 개발 일정 등이 성공적인 적용을 위한 변수로 작용할 수 있어 이들을 해결하기 위한 추가 연구 등이 필요할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

[1] 이상운, "디지털라디오 방송 추진 및 기술동향", 디지털 전환과 미래방송세션, 한국방송공학회 춘계워크샵, 2009
 [2] ETSI TS 102 563 V1.2.1 Technical Specification Digital Audio Broadcasting (DAB)/Transport of Advanced Audio Coding (AAC), May, 2010
 [3] HD Radio™ Air Interface Design Description - Audio Transport, REV F, Dec, 2007
 [4] 박호중, "디지털 라디오 방식 별 오디오 음질 평가", TTA, 2009. 11. 25.
 [5] Radio Broadcasting Systems; Digital Audio Broadcasting (DAB) to mobile, portable and fixed receivers ETSI EN 300 401 V1.3.3, 2001-05
 [6] Stefan Meltzer and Gerald Moser, "HE-AAC v2 MPEG-4 - audio coding for today's digital media world", EBU TECHNICAL REVIEW - January 2006
 [7] ETSI ES 201 980 V3.1.1 Digital Radio Mondiale (DRM); System Specification(2009-08)
 [8] 강경욱, 이태진, 오현오, MPEG-D USAC 표준화 동향 및 기술 추적 보고서, MPEG 포럼, 2010
 [9] 이태진, 강경욱, 김환우 MPEG-D USAC :통합 음성 오디오 부호화 기술, 한국음향학회지 제28권 제7호 (2009년 10월)
 [10] W10047 Report on Unified Speech and Audio Coding Call for Proposals, 85차 MPEG meeting, 2008.7

감사의 글

"본 연구는 방송통신위원회, 한국방송통신전파진흥원 "무안경 다시점 3D 지원 UHDTV 방송 기술 개발" 과제로 수행한 연구로부터 도출된 것입니다."