

지상파 UHD 방송 시스템을 이용한 3D-UHD 방송 서비스의 타당성 분석

*이승준, 손인수, 박영수, 이동희, 정경훈, 강동욱

국민대학교

ysjtue2000@kookmin.ac.kr

Feasibility Study of 3D-UHD Broadcasting Service Using Terrestrial UHD Broadcasting System

*Lee Seung Jun, Son In Su, Park Young Soo, Lee Dong Hee,

Jung Kyung Hoon, Kang Dong Wook

Kookmin University.

요약

ATSC 3.0 및 국내 UHD 방송 표준에 의해 제공되는 PLP(Physical Layer Pipe) 기능을 이용하여 지상 UHD 방송 서비스 및 모바일 HD 방송이 서비스되는 경우, 스테레오 영상을 입력으로 하여 부호화하는 CV-SHVC(Cross-View SHVC) 부호화를 통해 효율적인 융합형 3D-UHD 방송 서비스가 가능하다. 이때 좌우 복원 영상의 화질 차이가 상당하여 양안 억제 현상이 나타나는 임계 범위(visibility threshold)를 넘어서는 상황에서는 화질의 비대칭성을 완화하는 기법이 요구된다. 본 논문에서는 SHVC 부호화 기법과 VEI 부호화 기법 및 이 둘을 결합한 방식의 부호화 기법의 비교 실험을 통해, VEI 부가정보를 이용한 기법이 상대적으로 우수한 성능을 보이며 3D-UHD 방송 서비스에 적용될 수 있음을 보였다.

I. 서론

OTT(Over-the-top media service) 서비스를 통한 영상 콘텐츠 소비의 증가에 따라 TV, 3DTV, VR(virtual reality), 모바일 등 다양한 환경에서 영상 서비스가 제공되고 있다. 기술의 발전으로 인해 고화질의 콘텐츠를 경험한 소비자들의 실감 욕구는 점차 증가하였으며 이에 따라 소비자들은 사실감과 현장감을 제공하는 고품질, 고화질의 방송 서비스를 요구하고 있다. 이에 국내 방송국들은 2017년 5월을 기점으로 수도권부터 지상파 방송을 통해 UHD 본 방송을 개시하였다.

한편 국내 지상파 UHD 방송 표준과 미국 ATSC3.0 표준에서는 다양한 환경에 제공되는 영상의 부호화를 위해 SHVC(Scaleable HEVC)가 채택되어 있다. 스케일러블 영상 부호화 기법은 동일한 콘텐츠에 대한 이중 해상도 영상을 동시에 서비스하는 방송을 위해 매우 효율적인 부호화 기법이다. 결과적으로 SHVC 부호화기를 이용함으로써 UHD 방송 서비스와 대역을 공유해서 모바일 HD 서비스를 제공하는 것이 가능하다.

이때 SHVC 부호화를 위한 BL(base layer) 및 EL(enhancement layer) 입력 영상으로 같은 시점의 영상이 아닌 스테레오 카메라의 좌우 영상을 각각 입력하면, (이하 CV-SHVC) 이중 해상도의 좌우 영상을 제공하는 3D-UHD TV 방송 서비스(이하 융합형 3D 방송)를 제공할 수도 있다.

융합형 3D 방송 서비스에서 좌우 영상의 화질이 달라도 시청자들에게 시각적으로 크게 거슬리지 않는 서비스를 제공하게 되리라는 근거는 인간이 입체영상을 시청하는 경우에 나타나는 양안 억제(binocular suppression) 현상이다. 왼쪽 눈과 오른쪽 눈에 각기 다른 영상을 보여주게 되면 왼쪽 눈에 보이는 영상이 인지되었다가, 오른쪽 눈에 보이는 영상이 인지되는 양안 경쟁(binocular rivalry) 현상이 일어나지만, 어떤 경우에는 한쪽 눈이 경쟁에서 승리해 다른 쪽 눈에 제시된 영상을 억제하는 현상이 발생하는데 이를 양안 억제라고 한다. 즉 고해상도 영상과 저해상도 영상을 각각 좌우 눈에 보여주면 양안 억제 현상에 따라 인간은 고해상도 영상을 주로 시청하고, 따라서 고해상도 영상의 품질을 입체 영상의 전체적인 영상으로 인식하게 된다.

그러나 최근, Stelmach과 Tam은 이미지가 MPEG-2(blockiness)로 왜곡되었을 때는 양안 이미지의 평균 품질이 양안 품질을 반영하고, low-pass filter로 왜곡되었을 때는 양안 품질이 고품질 단안 이미지에 의해 지배된다고 발표했다[1]. 또한 Xwang은 두 영상의 화질 차이가 일정한 값(visibility threshold)을 넘어서게 되면 양안 억제 현상이 발생하지 않음을 밝혔다[2]. 결과적으로 융합형 3D 영상 서비스를 제공할 때 두 시점 영상 화질의 비대칭성이 과도하면 시청자에게 이질감을 느끼게 할 수 있다.

ASTC2.0 표준에서는 이와 같은 문제를 해결하기 위해 VEI(video enhancement information)라는 부가 정보를 전송하여 저해상도인 부가영상의 화질을 개선하는 방식이 채택되었다. VEI는 화질 차이가 있는 영상에서 고화질의 기준 영상을 이용하여 부가 영상의 화질을 개선하기 위한 화소 단위의 정보다. VEI 부호화는 HD-QVGA 또는 HD-VGA 조합의 스테레오 입체 영상의 화질 개선에서 매우 효과적으로 작동됨이 알려져 있다[3]. 다른 한 가지 해결책으로서 기존의 SHVC 코덱을 활용한 선행 연구인 CV-SHVC 부호화 기법이 있다. CV-SHVC는 좌, 우 시점 영상을 SHVC로 부호화할 때 좌 시점 영상의 EL 스트림을 생성하는 과정에서 우 시점 영상의 BL 스트림을 사용하는 방법으로, 기존의 SHVC 부호화에 비해 비트의 절약 및 좌우 영상의 화질 개선 효과가 있음이 증명되었으며, ATSC3.0 표준 중 하나로 채택이 고려되고 있다. 다른 방법으로는 CV-SHVC 과정에서 부호화된 우영상 BL을 공통으로 이용하는 우영상에 대한 SHVC를 통해 우영상 EL 스트림을 생성하는 것이다. 이때 BL 스트림은 CV-SHVC 과정에서 생성된 것과 동일하기 때문에 EL 스트림만 추가로 전송하면 된다는 점에 주목할 필요가 있다. 우영상 EL 부호화를 위해서 BL 부호화에 할당된 비트를 수준의 비트를 할당하는 경우에 VEI에 준하는 화질 개선이 가능함이 발표된 바 있다[4].

본 논문에서는 융합형 3D-UHD 방송 서비스에서 기준 영상에 비해 부가영상의 화질이 떨어지는 필연적인 문제에 대하여 부가영상의 화질 개선을 목표로 하는 연구에 관해 서술한다.

본문에서는 UHD 영상에 대하여 CV-SHVC 부호화와 VEI 부호화 및 이 둘을 통합한 부호화 기법에 대한 실험을 통해 지상파 UHD 방송 시스템을 이용한 3D-UHD 방송 서비스의 타당성을 분석한다.

II. 본론

3D-UHD 부호화에서도 양안 억제 현상을 보장하기 위한 임계 현상 (visibility threshold)이 존재한다. UHD 화질에서의 정확한 임계값은 추후 실험을 통해 검증해야 하겠지만, Xwang의 연구 결과를 인용하여 복호된 기준 영상의 화질을 36 dB ~ 38 dB, 화질차이의 임계값은 3 dB로 추정하여 실험에 이용하였다.

UHD 스테레오 영상에 대하여 다음과 같은 실험을 진행하였다. 우선 CV-SHVC 부호화를 통해 저해상도 우영상과 고해상도 좌영상을 동시에 부호화한다. 이때 저해상도 우영상을 업스케일링 시켰을 때 그 화질이 좌영상의 화질과 비교하여 양안 억제 현상이 발생할 수 있는 임계값 범위 내에 존재하는지를 살펴본다. 실험 결과를 먼저 밝히자면 실험에 사용한 모든 시퀀스에 대해서 이를 만족하지 못하였다.

두 번째 실험은 복호된 저해상도 우영상과 고해상도 좌영상을 활용한 VEI 부호화를 수행하여 그 효용성을 분석하였다. 그리고 세 번째 실험은 우영상에 대해 SHVC 부호화를 수행하여 그 결과를 분석하였다. 이때 EL 부호화에 할당되는 비트율을 VEI 비트율 수준으로 하여 그 R-D 성능을 비교하였다. 마지막 실험은 우영상에 대한 SHVC와 VEI를 결합하여 적용한 실험이다.

실사 영상과 애니메이션 영상에 대해서 실험을 진행하여 그 R-D 성능을 비교하였으며 각각 3가지, 1가지로 총 4개의 시퀀스에 대하여 실험을 진행하였다. 모든 영상은 60fps로 녹화된 영상이며 각각 210프레임씩의 부호화 결과를 비교하여 계산하였다.

CV-SHVC를 위한 비트율 할당은 국내 지상파 방송에서 UHD 비디오 스트림 전송에 할당된 비트를 고려해서, 다음과 같이 결정하였다:

- 실사영상: 우영상 BL 스트림 4Mbps, 좌영상 EL 스트림 12Mbps
- 애니메이션: 우영상 BL 스트림 2Mbps, 좌영상 EL 스트림 8Mbps

실험 결과는 저해상도 우영상을 업스케일링하여 구한 PSNR과 좌영상의 PSNR로서 나타내었다. 예를 들어 그림 1에서 CV-SHVC에 의한 우영상 PSNR은 부가 비트율이 0일 때 표시된 33.15 dB에 해당되며, 좌영상 PSNR은 상단의 직선으로 표시한 37.39 dB이다. 좌영상과 우영상의 화질 차이는 4.24 dB로서 잠정적으로 예측한 양안 억제 현상을 담보하는 임계값 (3 dB)의 범위를 벗어난 화질 차이를 나타낸다. 나머지 시퀀스에 대한 실험 결과도 유사한 경향을 보인다. 즉 시퀀스 2, 3, 4에서의 좌우 영상의 화질 차이는 각각 5.36 dB, 3.67 dB, 9.05 dB이다. 결과적으로 CV-SHVC만으로는 만족할만한 화질의 3D-UHD 방송 서비스가 어려움을 알 수 있다. 비트율을 증가시키면서 VEI 부가정보를 이용해 복원한 우영상의 화질을 같은 그림에서 VEI 라벨로 나타내었다. 양안 억제 임계값의 범위는 그림에서 노란색 음영으로 표현하고 있는데, 모든 시퀀스에 대해서 VEI에 의한 우영상의 화질이 모두 그 임계값 범위내에 존재함을 보여준다. 이는 VEI 기술이 3D-HD 방송 서비스에서만뿐만 아니라 3D-UHD의 방송 서비스의 경우에도 매우 효율적인 우영상 화질 개선 방식으로 활용 가능함을 의미한다.

우영상을 SHVC 부호화한 실험 결과는 SHVC.EL 라벨로 나타내었다. EL 스트림 부호화를 위해서 매우 낮은 부호율을 할당하는 경우에는(예를 들어 0.5Mbps~1Mbps로 압축하는 경우), 복호된 양상의 화질이 부가 영상

없이 업스케일링한 영상보다 Y-PSNR이 낮은 현상을 보인다. 그러나 EL 스트림의 비트율을 증가시키면 우영상을 화질을 VEI에 비해서 더 큰 증가 폭으로 향상시킨다. 그래서 비트율이 어느 단계를 넘어서면 VEI보다 우수한 화질 개선 성능을 보이게 되며, 이론적으로는 좌영상 EL 부호화에 사용된 수준의 비트율을 할당하는 경우에 대칭적 화질의 3D-UHD 서비스도 가능하다.

마지막 실험 결과들은 일부 비트율을 우영상 SHVC 부호화에 할당하고 그 결과로 나온 복원된 우영상과 좌영상을 다시 한번 일부 비트율을 할당하여 VEI 부호화에 사용하는 방식, 즉 SHVC와 VEI를 결합한 시스템의 성능을 분석한다. 부가 정보를 위해 사용된 결합 비트율이 같은 경우에는 SHVC 부호화에 사용된 비트율에 무관하게 유사한 PSNR 성능을 보여주고 있다.



그림 1. Seq 1에 대한 R-D 성능



그림 2. Seq 2에 대한 R-D 성능

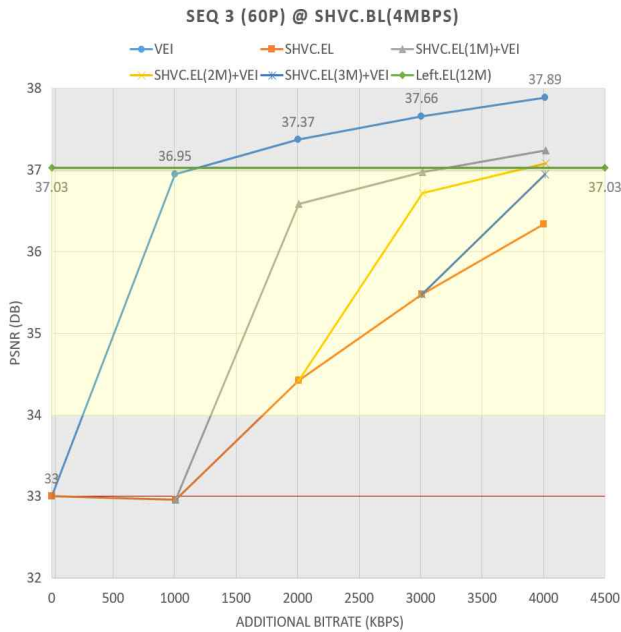


그림 3. Seq 3에 대한 R-D 성능



그림 4. Seq 4에 대한 R-D 성능

서비스의 구현 가능성에 대한 타당성을 보였다.

참고문헌

- [1] Stelmach, L. B. and Tam, W. J. "Stereoscopic image coding: effect of disparate image quality in left- and right-eye views", *Signal Processing: Image Communications* vol 14, pp.111 - 117. 1998.
- [2] X Wang, G Y jinag, J M Zhou, Y Zhang, F Shao, Z J Peng & M Yu. "Visibility threshold of compressed stereoscopic image: effects of asymmetrical coding". *The Imaging Science Journal* vol 61. pp.172-176. 2013.
- [3] ATSC, *3DTV Terrestrial Broadcasting Part5: Service Compatible 3D-TV using Main and Mobile Hybrid Delivery*, ATSC A/104 Part 5. 2015.
- [4] 강동욱, 정경훈, 김진우, 김종호, 2018. "양안 교차 SHVC 기반 융합형 3DTV 시스템". *방송공학회논문지* 제 23권 제 2호. pp 316-319. 2018.

III. 결론

지상파 UHD 방송의 비디오 부호화에 SHVC 코덱을 활용할 수 있는 환경이 조성된다면, CV-SHVC를 구현함으로써, 지상파 UHD, 모바일 HD 방송 서비스와 아울러 융합형 3D-UHD 방송 서비스를 동시에 제공하는 것이 가능하다. 본 논문에서는 이를 전제로 하여, 좌우 UHD-HD 조합의 영상을 각각 12Mbps와 4Mbps 비트율로 SHVC한 R-D 성능을 분석하였다. 실험을 통해 단순히 CV-SHVC 부호화 기법을 적용한 경우에는 양안 억제 효과의 임계범위를 벗어남을 확인 하였고, 이는 적절한 화질개선 방법을 통해 화질의 비대칭성을 완화시킬 필요가 있음을 의미한다. 화질개선의 방법으로 기존의 ASTC2.0에서 3D-HD 영상 화질 개선을 위해 사용된 VEI 부가정보가 3D-UHD 영상 화질 개선에도 우수한 효율을 보임을 확인함으로써, 지상파 UHD 방송 시스템을 활용한 3D-UHD 방송