

3DTV 방송 서비스를 위한 MPEG-2 와 HEVC 기반의 하이브리드 양안식 비디오 부호화 방법

나태영, 김문철, *김병선, *함상진, *이근식

한국과학기술원, *한국방송공사

tyna@kaist.ac.kr, mkim@ee.kaist.ac.kr

*bskim2000@kbs.co.kr, *cashy@kbs.co.kr, *kslee22@kbs.co.kr

요 약

하이브리드 양안식 비디오 부호화 방식은 한정된 대역폭 내에서 MPEG-2 기반의 기존 2D 디지털 방송 서비스를 지원하면서, 동시에 추가적인 시점 영상을 MPEG-2 가 아닌 비디오 부호화 표준을 사용함으로써 3DTV 방송 서비스를 가능하게 한다. 본 논문에서는 기존의 2D 디지털 방송 서비스를 위한 좌안 영상은 MPEG-2 로 부호화되어 지상파로 전송되고, 3DTV 방송에 필요한 우안 영상은 HEVC 로 부호화되어 인터넷으로 전송되는 방송 상황을 가정한다. 또한 MPEG-2 로의 좌안 영상 부호화 시의 과생 정보를 활용하여 HEVC 로의 우안 영상 부호화 시의 성능 향상을 도모한다. 이를 위해 우선 기존 HEVC 를 움직임 벡터에 기반한 예측 부호화뿐 아니라 변이 벡터에 기반한 시차간 예측 부호화가 가능한 구조로 확장한 후, 움직임 벡터 부호화를 위해 HEVC 에 포함된 AMVP 기술을 변이 벡터가 사용됨에 따라 발생할 수 있는 여러 상황을 고려하여 확장한다. 실험결과 제안하는 하이브리드 양안식 부호화기로 우안 영상을 부호화할 경우에, 단독으로 HEVC 를 사용하여 우안 영상을 부호화하는 경우와 비교하여 BDBR 측면에서 평균 34.49%의 성능 향상을 관찰할 수 있었다.

1. 서론

방송 기술의 급속한 발달과 더불어 실감 미디어에 대한 지속적인 관심 증대로 인하여 지상파 3DTV 방송 서비스가 머지 않아 보편화될 것으로 기대되고 있다. 실제로 한국에서는 기존 DTV 방송망을 통한 HD 급의 3DTV 시험 방송이 시행되고 있다 [1]. 기존 DTV 방송망을 통한 3DTV 방송 방식은 기존 2D HDTV 방송 서비스를 동시에 제공해야 하는 역 호환성(backward compatibility) 유지와 한정된 대역폭 내에 3DTV 방송을 위해 추가의 시점 영상을 삽입해야 하는 두 가지 문제가 발생한다. 보통 지상파 2D HDTV 방송을 위해서 ATSC 권고에 따라 19.39Mbps의 대역폭이 할당된다 [2].

할당하여 전송하여야 한다. 여기에서 좌안 영상은 기존 2D HDTV 방송만을 위해 활용될 수 있으며, 여기에 추가적인 우안 영상을 활용하여 3DTV 방송 서비스가 가능하게 된다. 그림 1 에 나타난 바와 같이 2D HDTV 는 비교적 오래 전부터 서비스되었기 때문에 MPEG-2 영상 부호화 표준이 널리 사용되고 있는 반면, 3DTV 는 최근에 들어서야 서비스되기 시작하였기 때문에 최신의 영상 부호화 표준인 H.264/AVC 가 권고되고 있음을 확인할 수 있다. 따라서 좌안 및 우안 영상 부호화에 다른 종류의 부호화 표준을 사용하는 하이브리드 부호화 방식은 역 호환성을 유지하면서, 3DTV 서비스를 위해 기존에 영상에 할당된 제한된 대역폭을 좌안 및 우안 영상이 공유해야 하는 근본적인 문제를 해결하기 위해 가장 적합한 방식이라 할 수 있다.

본 연구에서는 3DTV 방송을 위해 앞서 언급한 하이브리드 방식의 영상 부호화에 있어, 좌안 영상에는 역 호환성을 위해 MPEG-2 를 그대로 사용하는 반면, 우안 영상에는 H.264/AVC 가 아닌 HEVC (High Efficiency Video Coding) 를 사용한다. HEVC 는 H.264/AVC High profile 대비 동일한 화질에서 절반의 비트율을 갖도록 영상을 부호화하는 것을 목표로 ISO/IEC MPEG 과 ITU-T VCEG 이 공동으로 설립한 JCT-VC (Joint Collaboration Team on Video Coding)에서 표준화가 진행되어 현재는 마무리 단계에 있다[3]. 구체적으로는 우안 영상 부호화 시, 동일한 시간의 좌안 복원 영상을 활용하는 시차간 예측 (inter-view prediction) 방식을 포함하여 부호화 성능을 극대화하도록 하며 이는 결과적으로 3DTV 시청자에게 더욱 향상된 화질의 영상을 제공하게 된다. 다음으로 본 논문에서는 비실시간 3DTV 방송 서비스가 가정하는데, 이는 그림 1-(b)와 같이 영상 스트림에 할당된 대역폭을 좌안 및 우안 영상이 동시에 공유하지 않고, 그림 1-(a)와 같이 좌안 영상만을 위해 사용되는 것을 의미한다. 이때 우안 영상은 HEVC 로 부호화되어 인터넷을 통해 3DTV 시청이 가능한 시청자에게 미리 전달되고, 나중에 지상파를

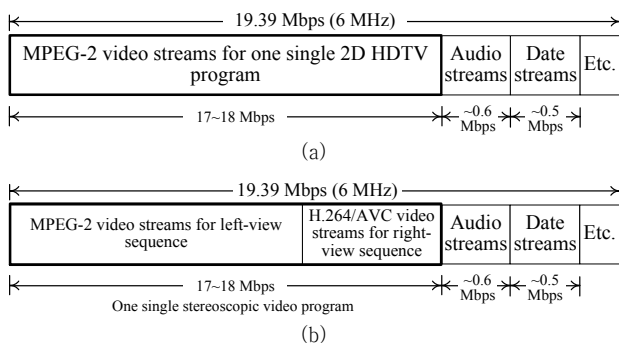


그림 1. 지상파 2D HDTV (a)와 3DTV (b) 방송을 위해 할당된 대역폭의 예

그림 1-(a)에 나타난 바와 같이 영상 스트림을 위해서 17~18Mbps 이 할당될 수 있으며, 나머지는 음성 및 방송 관련 스트림에 할당된 대역이다. 또한 그림 1-(b)에 나타나듯이 지상파 3DTV 방송에 있어서도 기존에 영상에 할당된 대역에 역 호환성 유지를 위하여 좌안 및 우안 시차 영상을 동시에

통해 수신된 좌안 영상과 합쳐져 3DTV 시청이 가능하게 된다. 이 경우, 좌안 영상을 17~18Mbps 로 부호화할 수 있어 더 나은 화질의 3DTV 시청이 가능하다.

본 논문의 나머지 부분은 다음과 같이 구성된다. 우선 2 장에서는 HEVC 에 포함된 기존 영상 부호화 기술들 중, 본 연구에서 제안된 시차간 예측 부호화에 따라 적절하게 확장된 AMVP 기술들에 대해 알아본다. 다음으로 3 장에서는 단일 시점 영상 부호화에 비해 본 연구에서 제안하는 하이브리드 방식의 양안 영상 부호화가 어느 정도의 성능 향상을 보이는지를 실험 결과를 통해 제시한다. 마지막으로 4 장에서 결론을 제시하며 본 논문을 마치도록 한다.

2. 제안하는 하이브리드 양안식 부호화를 위해 확장된 HEVC

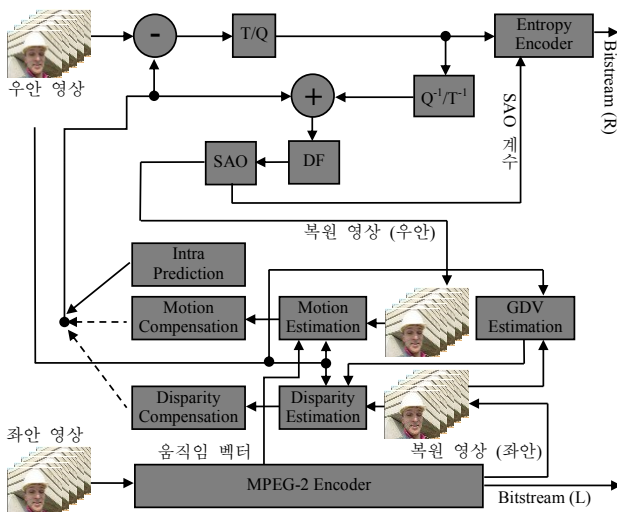


그림 2. 제안하는 하이브리드 양안식 부호화기 구조

제안하는 하이브리드 양안식 부호화기는 양안식 부호화를 위해 좌안 영상은 MPEG-2 로 부호화하는 반면, 우안 영상은 HEVC 로 부호화한다. 이때 우안 영상 부호화 시, 우안 영상 부호화의 성능을 향상시키기 위해 기존의 움직임 예측 (motion estimation)과 움직임 보상(motion compensation)뿐 아니라, 복원된 좌안 영상을 활용하여 변이 예측 (disparity estimation)과 변이 보상(disparity compensation)을 통해 시차간 예측을 수행한다. 시차간 예측은 동일 시점의 참조 픽처에서 발견되지 않는 객체의 부호화에 유용하게 활용되며, 특히 본 논문에서 가정하는 MPEG-2 로의 좌안 영상 부호화 비트율이 그림 1-(a)에 나타난 바와 같이 17~18Mbps 로 높은 편임을 감안하면, 우안 영상을 저비트율로 부호화할 경우에 시차간 예측이 효과적임을 예상할 수 있다. 이를 위해 우선 기존의 HEVC 를 시차간 예측이 가능한 양안식 부호화기 구조로 변경하여 MPEG-2 로 복원된 영상에 대해 변이 예측 및 보상이 가능하도록 한다. 다음으로 변이 예측을 통해 도출되는 변이 벡터를 효과적으로 부호화하기 위해, 기존 HEVC 에 움직임 벡터 부호화에 사용되는 AMVP (Advanced Motion Vector Prediction) 기술 [4]을 확장하도록 한다.

시차간 예측을 포함하는 제안하는 MPEG-2 와 HEVC 로 구성된 하이브리드 양안식 부호화기의 구조가 그림 2 에 나타나 있다. 그림 2 에 나타난 바와 같이 우안 영상 부호화 시, MPEG-2 로 복원된 좌안 영상이 변이 예측 및 보상에

사용됨을 확인할 수 있다. 또한 우안 영상과 복원된 좌안 영상과의 전역 변이 벡터 (Global Disparity Vector: GDV)를 도출하여 변이 벡터 부호화에 활용한다.

HEVC 에 포함된 AMVP 기술은 현재 부호화되고 있는 예측 단위(Prediction Unit: PU) 블록의 움직임 벡터와 가장 유사한 것으로 결정된 주위 블록 혹은 인접한 픽처의 움직임 벡터와의 차분값을 복호화기로 전송하여 결과적으로 부호화 성능을 향상시키는 방법이다. H.264/AVC 에서는 주변 블록의 움직임 벡터들을 중앙값 필터 (median filter)를 사용하여, 이를 예측된 움직임 벡터 (Predicted Motion Vector: PMV)로 정의하여 현재 매크로블록 (macroblock)에서 결정된 움직임 벡터와의 차분값을 복호화기로 전송하는데 반해, HEVC 에서는 주변 블록뿐 아니라, 현재 픽처와 인접한 참조 픽처의 움직임 벡터를 동시에 고려한다. 또한 PMV 의 도출을 위해 별도의 필터를 사용하지 않고 현재 PU 의 움직임 벡터와 가장 유사하다고 판정된 움직임 벡터를 그대로 사용한다. 따라서 부호화기에서는 현재 PU 블록의 움직임 벡터와 PMV 와의 차분값 외에 어느 움직임 벡터를 PMV 로 사용하였는지를 나타내기 위한 식별자 (index)를 복호화기로 보내주어야 한다 [4]. 제안하는 시차간 예측이 포함된 하이브리드 양안식 부호화기에서 HEVC 를 사용한 우안 영상 부호화에 있어, PU 블록마다 움직임 벡터뿐 아니라 변이 벡터가 존재할 수 있다. 즉, PU 블록 부호화에 있어 움직임 예측 및 보상과 더불어 변이 예측 및 보상이 사용될 수 있으며, 더 나은 예측 및 보상 방법을 율-왜곡 비용 (rate-distortion cost)의 계산을 통해 결정하게 된다. 따라서 한 PU 블록 부호화를 위해 움직임 예측 및 변이 예측을 모두 수행해야 하기 때문에, 이전의 움직임 벡터만을 사용한 AMVP 기술이 변이 벡터까지 사용됨으로써 추가적으로 고려되어야 하는 경우가 나타나 있다.

표. 1 제안하는 하이브리드 양안식 부호화기의 AMVP에 추가적으로 고려되어야 하는 경우들

| 경우 | 발생하는 상황 |
|------|--|
| 경우 1 | 현재 PU의 예측된 움직임 벡터를 도출하는데, 주변 블록에는 변이 벡터만 있는 경우 |
| 경우 2 | 현재 PU의 예측된 변이 벡터를 도출하는데, 주변 블록에는 움직임 벡터만 있는 경우 |

경우 1 은 주변 블록에 변이 벡터만이 존재하여 움직임 예측을 통해 결정될 움직임 벡터의 PMV 로 사용할 수 없는 경우이다. 경우 1 을 해결하기 위해서 확장된 HEVC 에서는 MPEG-2 부호화 시 도출된 움직임 벡터를 활용하며, 구체적인 방법은 그림 3 에 도시되어 있다.

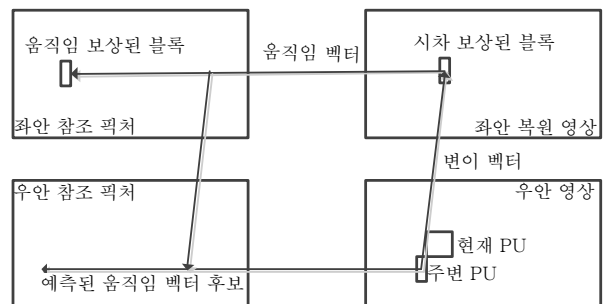


그림 3. 경우 1 에서 예측 움직임 벡터 후보 도출 방법

그림 3 에서 현재 PU 의 주변 PU 에는 변이 벡터들만이 있기

때문에, 바로 이들을 PMV 로 사용할 수 없다. 대신, 변이 벡터가 가리키는 MPEG-2 로의 좌안 복원 영상 내의 시차 보상 (disparity-compensated)된 블록의 움직임 벡터를 현재 PU 의 PMV 후보로 대체한다. 이때 시차 보상된 블록은 MPEG-2 에서 사용되는 예측 단위인 매크로블록들 여러 개에 걸쳐 있거나 매크로블록 내에 포함될 수 있으므로, 시차 보상된 블록이 걸쳐 있는 매크로블록들 각각의 움직임 벡터들의 중앙값 필터화된 값을 사용한다. 이를 위해선 MPEG-2 로 좌안 영상을 부호화할 때에 결정된 움직임 벡터 정보들을 추가적인 버퍼에 저장해 두어야 한다.

경우 2 는 경우 1 과는 반대로 주변 블록에 움직임 벡터들만이 존재하여 변이 예측을 통해 결정될 변이 벡터의 예측된 변이 벡터 (Predicted Disparity Vector: PDV)로 사용될 수 없는 경우이다. 이러한 문제를 해결하기 위해 픽처 단위로의 좌안 및 우안 영상 사이의 전역 변이 벡터, GDV 를 다음과 같이 도출한다.

$$GDV = \underset{dv}{\operatorname{argmin}} \left\{ \frac{1}{H(W-dv)} \sum_{i=0}^{W-dv-1} \sum_{j=0}^{H-1} |f_i^L(i+dv, j) - f_i^R(i, j)| \right\} \quad (1)$$

식 (1)에서 H 와 W 는 각각 영상의 너비와 높이를 의미한다. $f_i^R(i, j)$ 는 우안 영상, $f_i^L(i, j)$ 는 좌안 복원 영상이며, 주변 PU 블록의 PDV 후보는 도출된 GDV 로 대체된다.

3. 실험 결과

제안하는 하이브리드 양안식 부호화기의 부호화 성능을 검증하기 위해 우선 HEVC 의 참조 소프트웨어인 HM3.0[5]에 MPEG-2 의 참조 소프트웨어인 TM5.0[6]이 포함되도록 구현하였다. 실험을 위해 HHI 에서 배포한 총 4 개의 1080p 양안 영상들 (*Band06: B, BMX: BM, Musician: M, Poker: P*)을 사용하였으며, 좌안 영상은 MPEG-2 를 사용하여 17Mbps@30Hz 비트율로 120 프레임을 부호화하였다. 17Mbps 는 우안 영상을 인터넷으로 미리 전송되는 비 실시간 3DTV 방송 서비스 상황을 가정한 것이다. 이때, 우안 영상은 확장된 HEVC 를 사용하여 QP 27, 32, 37 과 42 로 각각 부호화하였다. 부호화 구조는 한 장의 P-픽처 사이에 두 장씩의 B-픽처를 삽입하는 구조이고, 계층적 B-픽처는 사용하지 않았다. 표 2 에 기존의 HEVC 를 사용한 경우와 제안하는 하이브리드 양안식 부호화기를 사용하여 우안 영상을 부호화한 경우의 부호화 성능이 BD-PSNR 과 BD-BR [7]로 비교되어 있다.

표. 2 제안하는 하이브리드 양안식 부호화기의 성능 비교

| 영상 | 시차 예측만을 추가 시 | | 확장된 AMVP 추가 시 | |
|-----------|--------------|--------|---------------|--------|
| | BDBR | BDPSNR | BDBR | BDPSNR |
| <i>B</i> | -54.06 | 2.16 | -58.36 | 2.35 |
| <i>BM</i> | -32.17 | 1.04 | -33.17 | 1.07 |
| <i>M</i> | -19.68 | 0.73 | -18.83 | 0.68 |
| <i>P</i> | -6.99 | 0.16 | -27.60 | 0.72 |
| 평균 | -28.23 | 1.02 | -34.49 | 1.21 |

표 2 에서 관찰되듯이 제안하는 하이브리드 양안식 부호화의 경우, 시차 예측만을 추가한 경우에도 모든 영상에 대해, 단안식 부호화의 경우와 비교하여 약 30%의 비트 절감 효과를 얻을 수 있으며 확장된 AMVP 를 적용한 경우에는 추가적으로 평균 6.26%의 비트를 절감할 수 있음을 확인할 수

있다. 영상에 따라서 객체간의 겹침이 많이 발생하는 *Band06* 영상에서 부호화 성능의 향상이 가장 크게 두드러졌으며, *Poker* 영상의 경우에는 시차 예측만으로는 부호화 성능의 향상이 미비하지만 확장된 AMVP 를 적용한 경우에는 부호화 성능의 향상이 두드러졌다. 이는 *Poker* 영상의 특성상 대부분의 PU 블록들이 움직임 예측 및 보상으로 부호화되기 때문에 PU 부호화 시, 표 1 에서의 경우 2 가 주로 발생하기 때문이다. 따라서 시차 예측만으로는 부호화 성능의 향상이 크지 않지만, 확장된 AMVP 를 적용하였을 때에는 식 (1)에 의해 도출된 GDV 를 통해 적절한 변이 예측 및 보상을 수행할 수 있어 시차 예측에 따른 큰 부호화 성능의 향상이 관찰된다.

4. 결론

본 논문에서는 시차간 예측 방식을 포함한 MPEG-2 와 HEVC 로 구성된 하이브리드 양안식 부호화기를 제안하였다. 시차간 예측을 수행하기 위해 변이 예측 및 보상과 더불어 변이 벡터가 사용됨에 따른 기존의 AMVP 를 확장하였다. 확장된 AMVP 에서는 시차간 예측이 추가됨에 따라 발생할 수 있는 상황들을 정의하고, MPEG-2 부호화에 사용된 움직임 벡터들과 좌안 및 우안 영상간의 전역 변이 벡터를 활용하여, 효과적으로 부호화 성능의 향상을 가져오게 되었다. 실험 결과, 확장된 HEVC 로 우안 영상을 부호화 하였을 때, 모든 실험 영상에 걸쳐 단안 영상 부호화의 경우와 비교하여 BDBR 측면에서 평균 34.49%의 비트 절감과 BDPSNR 측면에서 1.21dB 의 왜곡 감소를 관찰할 수 있었다.

참고문헌

- [1] W. Baek, S. Lee, J. Kim, and S.-I. Park, "Korean Terrestrial 3DTV Broadcasting System: Current Status," in *Proc. IEEE International Conference on Consumer Electronics*, Las Vegas, USA, Jan. 2011.
- [2] ATSC Planning Team on 3DTV, Final Report, PT1-049r1, Advanced Television Systems Committee (ATSC), Aug. 2011.
- [3] Joint Collaborative Team on Video Coding (JCT-VC) of ITU-T and ISO/IEC, "High efficiency video coding (HEVC) text specification draft 6", Document of Joint Collaborative Team on Video Coding, JCTVC-H1003, Feb. 2012.
- [4] M. Zhou, M. Sinangil, V. Sze, S. Park, J. Park and B. Jeon, "CE9: Simplified AMVP design (SP06S1, SP06S2)," JCT-VC Document, JCTVC-F088, Torino, July 2011.
- [5] <http://hevc.kw.bbc.co.uk/trac/browser/jctvc-hm/tags/HM-3.1rc1>
- [6] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, Test model 5, 1993.
- [7] G. Bjøntegaard, "Calculation of average PSNR differences between RD-curves", Document of ITU-T SG16/Q6 VCEG, VCEG-M33, Apr. 2001.