

스테레오스코픽 비디오 부호화를 위한 적응루프필터 적용기법

이병탁, 김재곤, *이봉호, *윤국진, *정원식, *허남호
한국항공대학교, *ETRI

{venezia, jgkim}@kau.ac.kr, *{leebh, kjyun, wscheong, namho}@etri.re.kr

Application of ALF for Stereoscopic Video Coding

Byung-Tak Lee, Jae-Gon Kim, *BongHo Lee, *Kugjin Yun, *Won-Sik Cheong, and
*Namho Hur
Korea Aerospace Univ., *ETRI

요 약

스테레오스코픽(stereoscopic) 3D 비디오 서비스는 기존 2D 와의 호환성을 유지하면서 새로운 3D 비디오 서비스를 제공할 수 있는 것으로, 전송 대역이 제한된 지상파 방송에서 높은 부호화 효율을 갖는 스테레오스코픽 비디오 코덱이 요구된다. 따라서 3D 를 위한 부가영상의 부호화를 위해 H.264/AVC 등을 고려하고 있으며, 또한 부가영상을 비실시간으로 전송하는 비실시간(Non-Real Time: NRT) 3D 서비스도 고려되고 있다. 본 논문에서는 NRT 3D 서비스를 위한 스테레오스코픽 비디오 부호화에 있어서, HEVC 에서 고려중인 적응루프필터(ALF: Adaptive Loop Filter)를 전/후처리 필터로 적용하는 기법을 제시한다. 특히, 부가영상의 후처리에 ALF 를 적용하기 위하여 부호화 과정에 결정되는 CU(Coding Unit) 구조를 이용하는 HEVC 와 달리 H.264/MVC 로 부호화한 부가영상의 매크로블록(MB) 부호화 모드를 이용한 ALF 적용 기법을 제안한다. 부가영상 부호화에 있어서 전처리 및 후처리 과정으로 ALF 를 적용함으로써 최대 약 20.5%의 부가영상의 부호화 성능 향상을 확인하였다.

1. 서론

지상파 방송에서 3D 서비스를 위해서는 제한된 대역폭 내에서 기존의 품질로 2D 비디오를 제공하면서 새로운 3D 비디오 서비스가 가능해야 하는데, 실시간 지상파 방송에서 Full-HD 의 스테레오스코픽 비디오를 서비스하기에는 전송대역에 다소 한계가 있다. 따라서 기존영상은 기존 2D 서비스와 동일하게 MPEG-2 로 부호화하고, 부가영상은 압축 효율이 좋은 H.264/AVC 또는 H.264/MVC (Multiview Video Coding)로 부호화하는 비디오 코덱 구성이 고려되고 있다. 또한 ATSC 등에서는 부가영상을 실시간뿐만 아니라 비실시간으로 전송하는 NRT(Non-Real Time) 3D 서비스도 고려하고 있다[1].

스테레오스코픽 비디오 부호화를 위해서 뷰간예측 부호화를 허용하는 H.264/MVC 와 같이 좌우 영상간의 공간적 중복성을 효율적으로 제거하여 압축하는 부호화 기법이 많이 연구되었다. 기존영상은 MPEG-2 로 부호화하고 부가영상은 MVC 를 이용하여 뷰간예측 부호화를 수행함으로써 부호화 효율을 향상 시킬 수 있음을 보였다[2]. 그러나 뷰간예측의 참조영상으로 사용되는 MPEG-2 복호된 기존영상은 부호화 손실을 포함하고 있으므로 공간적 중복성을 효율적으로 제거하지 못 하게 된다. 따라서 좌우 뷰간의 공간적 중복성을 효율적으로 제거하는 스테레오스코픽 비디오 부호화 기법이 요구된다. 또한 제한된 전송대역 할당으로 인한 부가영상의

화질 열화를 개선할 수 있는 후처리 기법도 고려될 수 있다.

본 논문에서는 스테레오스코픽 3D 부호화에서 기존영상은 MPEG-2 로 부호화하고 부가영상은 H.264/MVC 로 부호화한 경우를 가정하고, 적응루프필터(ALF: Adaptive Loop Filter)를 전처리 및 후처리 과정에서 이용함으로써 부호화 효율을 향상 시킬 수 있는 기법을 제안한다. 현재 표준화 중인 HEVC 의 인-루프 필터인 ALF 는 양자화 오차를 최소화하여 복호된 영상의 화질을 향상하기 위한 필터로서, HEVC 실험모델인 HM 3.0 에 채택되어 있다[3]. HEVC 의 ALF 는 부호화 과정에서 결정되는 CU(Coding Unit) 구조를 이용하여 ALF 를 적용하지만, 본 논문에서 제안하는 후처리를 위한 ALF 는 H.264/MVC 에 부호화된 부가영상에 적용되는 것으로 CU 구조를 이용할 수 없고 부가영상의 매크로블록(MB) 부호화 모드 정보를 이용하여 ALF 를 적응적으로 적용한다.

본 논문의 ALF 를 적용한 전처리는 부가영상 부호화의 뷰간예측에 이용되는 참조영상의 화질을 개선하기 위하여 기존영상의 복호영상에 적용하고, 또한 후처리 과정에서 부가영상의 복호영상에 ALF 를 적용하여 부가영상의 화질을 향상시킨다. ALF 의 적용 여부 및 필터 계수 등 ALF 적용을 위하여 추가적으로 전송되어야 할 부가정보는 비실시간 채널로 전송하는 것을 가정한다. 따라서, 본 논문의 ALF 를 적용하는 스테레오스코픽 비디오 부호화는 실시간 전송과 달리 별도의 부가 채널이 제공되고 또한 비디오 부호화에 충분한 처리시간 및 지연이 허용되는 NRT 3D 서비스에 보다 적합한 코덱

구조이다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 II 장에서는 NRT 3D 서비스를 위한 전송 방안을 설명하고, 제 III 장에서는 제안하는 ALF 를 이용한 스테레오스코픽 비디오 부호화 기법에 대하여 기술한다. IV 장에서는 본 논문의 제안 부호화 기법의 실험결과를 제시한다. 끝으로 제 V 장에서는 결론을 맺는다.

2. NRT 스테레오스코픽 3D 서비스

본 논문에서는 그림 1 과 같이 NRT 스테레오스코픽 3D 서비스를 위한 두 가지 경우의 전송 방안을 고려한다.

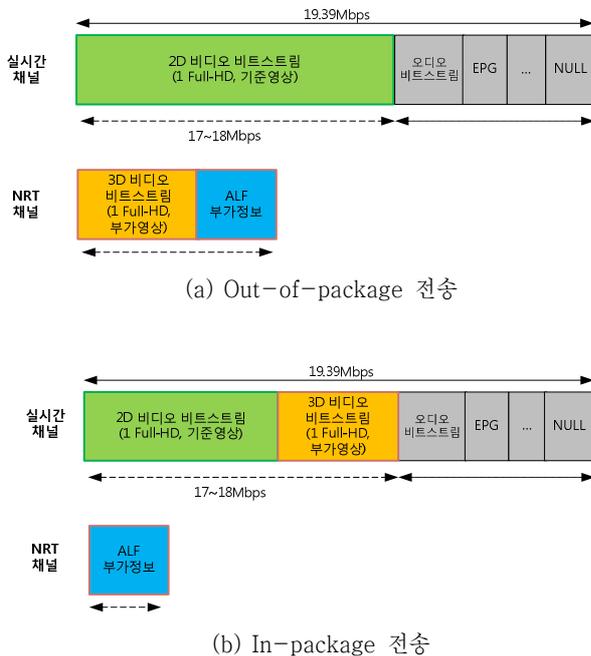


그림 1. NRT 스테레오스코픽 3D 서비스를 위한 전송 방안

Out-of-package 전송은 기준영상은 기존 2D 서비스와 동일하게 실시간 채널을 이용하여 전송하고, 부가영상과 ALF 부가정보는 별도로 스테레오스코픽 비디오 응용 파일 포맷 등으로 구성하여, NRT 채널로 전송하는 방안이다[4]. 반면 In-package 전송은 기준영상과 부가영상 모두 기존 실시간 지상파 방송망을 통해 전송하고, ALF 부가정보만을 NRT 채널로 전송하는 방안이다.

3. ALF 기반 스테레오스코픽 비디오 부호화

ALF 는 복원영상에 Wiener 필터를 적용하는 것으로 원영상과 복원영상간의 양자화 오차를 최소화하도록 설계한다. HM 3.0 의 ALF 는 세로 길이가 제한된 다이아몬드 모양의 16 개의 필터 셋을 이용하고, 계층적 가변 크기의 블록 단위의 필터링을 적용한다. 이러한 필터 셋과 필터링 적용 여부 및 필터 탭(5/7/9 탭)은 울-왜곡 최적화 과정을 통해 결정된다. HEVC 에서는 필터 적용 여부에 대한 정보(control map)의 양을 줄이기 위해 부호화 과정에서 결정되는 CU 구조를

이용한다. 즉, ALF 적용 가능한 최소의 블록 크기를 최적의 CU 구조와 일치시켜, QALF(Quadtree-based Adaptive Loop Filter) 에서 사용하는 분리(split) 정보를 전송하지 않음으로써 부가정보의 양을 줄인다[5].

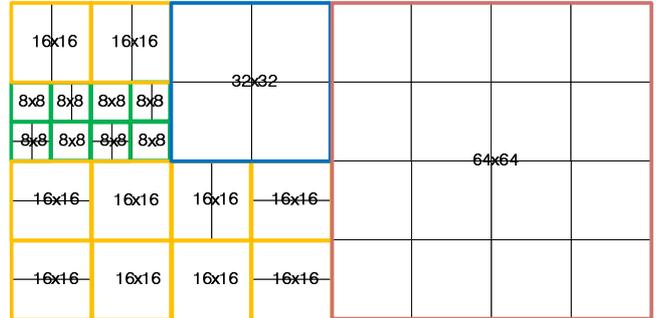


그림 2. 모드정보를 이용한 ALF 최소 블록 크기 제한의 예

본 논문에서 제안하는 후처리 ALF 에서는 HEVC 의 ALF 와 같이 별도의 분리 정보를 전송하지 않고, 영상 특성을 반영하여 계층적으로 ALF 를 적용하기 위해 MVC 부호화 된 부가영상의 MB 모드 정보를 이용하여 ALF 적용의 최소 블록 크기를 할당하는 방법을 제안한다. 즉, 그림 2 의 예와 같이, 최적 MB 모드가 16x16, 16x8, 8x16 또는 인트라 16x16 일 경우, ALF 적용의 최소 블록 크기를 16x16 으로 제한하고, 인트라 4x4, 인트라 8x8 또는 p8x8 일 경우에는 ALF 적용의 가장 작은 단위를 8x8 까지 허용하도록 한다. 만일 연속하는 16x16 블록이 32x32 또는 64x64 블록을 구성할 경우, 이를 각각 32x32, 64x64 블록으로 간주하고 해당 블록을 ALF 적용의 최소 블록 크기로 제한한다.

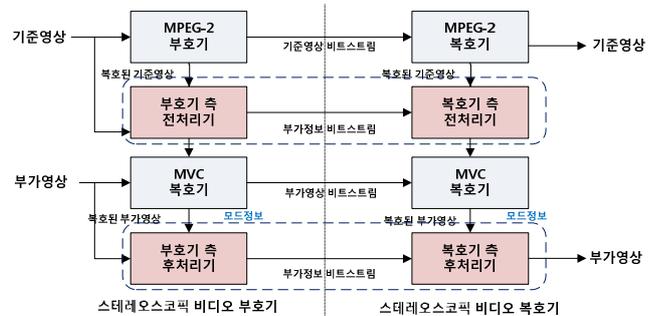


그림 3. 스테레오스코픽 비디오 코덱 구조

그림 3 은 본 논문에서 제안하는 스테레오스코픽 비디오 코덱 구성을 나타낸다. 기준영상은 MPEG-2 로 부호화하여 실시간 채널로 전송하고, 부가영상은 부간예측을 사용하는 H.264/MVC Stereo High Profile [6]로 부호화하여 스테레오스코픽 비디오 응용 파일 포맷 등으로 구성된 후, 기준영상보다 미리 비실시간 채널로 전송한다. 이때, 전처리에서 ALF 를 적용하여 MPEG-2 복호된 기준영상의 화질을 개선하여 부가영상 부호화의 부간예측의 참조영상으로 사용하고, 후처리에서는 복호된 부가영상에 대해서 ALF 를 적용하여 부가영상의 화질을 개선한다. 이때 ALF 를 적용한 전처리와 후처리는 복잡도 및 성능 등을 고려하여 서로 별도로 적용될 수도 있고 모두 적용될 수도 있다. 복호기에서는 비실시간 채널을 통해 전송된 부가정보를 복호화하여 부호기 측과 동일하게 전처리 및 후처리를 적용한다.

4. 실험결과

본 논문에서 제안한 스테레오스코픽 비디오 부호화 기법의 부호화 성능을 측정하기 위해, 테스트 시퀀스는 Balloons, Kendo(720p, 30Hz, 150 프레임)를 사용하였다. 기준영상은 MPEG-2[7]로 부호화하였으며, 2 장에서 제시한 두 가지 전송 방식에 대해 각각 17Mbps, 12Mbps 의 고정된 부호화율로율 제어(rate control)하여 부호화 하였다. 부가영상의 경우율 제어를 하지 않고, 고정된 부호화율의 기준영상에 대해 4 개의 양자화 파라미터로 JMVM 8.0[8]을 이용하여 3D 실험방송과 동일한 GOP 구조로 부호화하였다.

표 1 은 Out-of-package 전송의 경우에 제안한 전처리 및 후처리 ALF 를 적용한 부가영상에 대한 율-왜곡 성능에 대한 실험 결과를 나타내는 표이다. 이 결과에서, Out-of-package 전송의 경우에는 부가영상의 율-왜곡 성능에서 ALF 부가정보의 비트율을 포함하였다. Out-of-package 전송의 경우, 후처리 ALF 를 적용함으로써 평균 약 10.6%, 최대 11.1%의 이득이 있는데, 이는 후처리 ALF 가 복호된 부가영상의 화질을 직접적으로 향상시키기 때문이다. 반면, 전처리 ALF 의 경우, 기준영상의 화질이 향상되어 부가영상의 율-왜곡 성능 향상을 얻을 수 있지만, ALF 부가정보의 비트율로 인해 전체적인 성능은 오히려 떨어짐을 알 수 있다.

표 1. 제안방식의 부호화 성능(Out-of-package)

테스트 영상	전처리 ALF		후처리 ALF		전/후처리 ALF	
	BD-Rate (%)	BD-PSNR (dB)	BD-Rate (%)	BD-PSNR (dB)	BD-Rate (%)	BD-PSNR (dB)
Balloons	6.0	-0.2	-11.1	0.5	-3.9	0.2
Kendo	8.6	-0.3	-10.0	0.4	-0.3	0.1
Average	7.3	-0.3	-10.6	0.5	-2.1	0.2

In-package 전송의 경우에는 ALF 부가정보의 비트율을 고려하였을 때에는 Out-of-package 와 유사한 성능을 보이지만, 표 2 에서 나타난 결과와 같이, NRT 채널로 별도로 전송되는 ALF 부가정보에 대한 비트율을 고려하지 않을 경우, 부가영상 부호화에서 전처리 과정으로 복호된 기준영상에 대해 ALF 를 적용하여 뷰간예측의 참조영상의 화질개선으로 부가영상의 부호화시 뷰간예측의 효율이 향상되고, 또한 후처리 과정으로 인해 복호된 부가영상의 화질이 직접적으로 향상되었기 때문에 뷰간예측 부호화를 수행하는 경우에 비해 평균 약 19.6%, 최대 약 20.5% 개선된다.

표 2. 제안방식의 부호화 성능(In-package)

테스트 영상	전처리 ALF		후처리 ALF		전/후처리 ALF	
	BD-Rate (%)	BD-PSNR (dB)	BD-Rate (%)	BD-PSNR (dB)	BD-Rate (%)	BD-PSNR (dB)
Balloons	-4.8	0.2	-20.0	0.8	-20.5	0.9
Kendo	-4.2	0.2	-18.1	0.8	-18.6	0.8
Average	-4.5	0.2	-19.1	0.8	-19.6	0.8

5. 결론

본 논문에서는 ALF 를 적용한 비실시간 기반 스테레오스코픽 비디오의 효율적인 부호화 기법을 제시하였다. 즉, 부가영상 부호화에서의 뷰간예측의 효율을 향상시키기 위한

전처리 과정으로 기준영상의 복호영상에 ALF 를 적용하여 참조영상의 화질을 향상시키고, 또한 부가영상 부호화의 후처리 과정으로 ALF 를 적용하여 부가영상의 화질을 직접적으로 향상시킨다. HEVC 의 ALF 를 전처리 및 후처리로 적용하기 위해, HM 3.0 에서 CU 구조를 이용하는 것과는 달리, 부가영상의 MB 부호화 모드를 이용하여 ALF 적용의 최소 블록 크기를 설정하는 기법을 제시하였다.

제안하는 ALF 적용 기법은 시퀀스에 따라 단순히 뷰간예측을 수행하는 경우에 비해 최대 20.5%의 비트율 절감을 얻을 수 있음을 보였다. 본 논문에서 제안한 스테레오스코픽 비디오 부호화 기법은 이중망 연동 등의 다양한 비실시간 전송 환경에서의 스테레오스코픽 3D 비디오 서비스에 적절하게 적용될 수 있지만 실시간 전송에도 적용될 수 있을 것으로 예상된다. 앞으로 부호화 모드 뿐만 아니라, 다양한 부호화 정보를 이용하여 전처리 및 후처리 ALF 를 적용하는 기법에 대한 추가적인 연구가 필요하다.

감사의 글

본 연구는 방송통신위원회의 지상파 양안식 3DTV 방송시스템 기술 개발 및 표준화 사업(KCA-2011-10912-02001)과 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT 연구센터 지원사업[NIPA-2011-(C1090-1111-0001)]의 연구결과로 수행되었음.

참고문헌

- [1] "Non-Real-Time Content Delivery," Document Number S13-1-026r48, ATSC, Apr. 2010.
- [2] B. Lee, B.-T. Lee, W.-S. Cheong, N. Hur, S. Lee and J.-G. Kim, "A study on the stereoscopic codecs for non-real time 3DTV services," in Proc. SPIE SD&A 2011, Jan. 2011.
- [3] JCT-VC, "WD3: Working Draft 3 of High-efficiency video coding," JCTVC-E603, 5th JCT-VC Meeting, Geneva, Mar. 2011.
- [4] ISO/IEC 23000-11, "Information technology - Multimedia application format (MPEG-A) - Part 11: Stereoscopic video application format", Nov. 2009.
- [5] T. Chujoh, N. Wada, G. Yasuda, "Quadtree-based adaptive loop filter," ITU-T Q.6/SG16 VCEG, COM16-C181-E, Geneva, Jan. 2009.
- [6] ISO/IEC 14496-10, "Information Technology: Coding of Audio/Visual Objects-Part 10: Advance Video Coding," Dec. 2010.
- [7] <http://www.mpeg.org/MPEG/MSSG>.
- [8] "Joint multiview video model (JMVM) 8.0," JVT-AA207, Geneva, Switzerland, Apr. 2008.