

정규논문 (Regular Paper)

방송공학회논문지 제18권 제2호, 2013년 3월 (JBE Vol. 18, No. 2, March 2013)

<http://dx.doi.org/10.5909/JBE.2013.18.2.261>

ISSN 2287-9137 (Online) ISSN 1226-7953 (Print)

## 비실시간 기반 스테레오스코픽 비디오 부호화를 위한 적응루프필터 적용기법

이 병 탁<sup>a)</sup>, 이 봉 호<sup>b)</sup>, 최 해 철<sup>c)</sup>, 김 진 수<sup>c)</sup>, 윤 국 진<sup>b)</sup>, 정 원 식<sup>b)</sup>, 김 재 곤<sup>a)†</sup>

### Application of Adaptive Loop Filter for NRT-Based Stereoscopic Video Coding

Byung-Tak Lee<sup>a)</sup>, BongHo Lee<sup>b)</sup>, Haechul Choi<sup>c)</sup>, Jin-soo Kim<sup>c)</sup>, Kugjin Yun<sup>b)</sup>  
Won-Sik Cheong<sup>b)</sup>, and Jae-Gon Kim<sup>a)†</sup>

#### 요 약

스테레오스코픽(stereoscopic) 3D 비디오 서비스는 기존 2D와의 호환성을 유지하면서 새로운 3D 비디오 서비스를 제공할 수 있다. 전송 대역이 제한된 지상파 방송의 경우 높은 부호화 효율을 갖는 스테레오스코픽 비디오 코덱이 요구된다. 따라서 기준영상은 기존 2D 비디오 서비스와의 호환성을 위해 MPEG-2로 부호화하는 반면 3D를 위한 부가영상 부호화를 위해 부호화 효율이 높은 H.264/AVC, HEVC(High Efficiency Video Coding) 등을 고려하고 있으며, 또한 부가영상을 비실시간으로 전송하는 NRT(Non-Real Time) 3D 서비스도 고려되고 있다. 본 논문에서는 NRT 3D 서비스를 위한 스테레오스코픽 비디오 부호화에 있어서, HEVC에서 고려되었던 적응루프필터(ALF: Adaptive Loop Filter)를 전/후처리 필터로 적용하는 기법을 제시한다. 특히, 부가영상의 후처리에 ALF를 적용하기 위하여 부호화 과정에 결정되는 CU(Coding Unit) 구조를 이용하는 HEVC와 달리 MVC(Multiview Video Coding)로 부호화한 부가영상의 매크로블록(MB) 부호화 모드 및 참조영상 인덱스 등의 MB 부호화 정보를 이용한 ALF 적용 기법을 제안한다. 부가영상 부호화에 있어서 제안한 기법으로 전처리 및 후처리 과정으로 ALF를 적용함으로써 최대 약 24.9%의 비트율 감소를 확인하였다.

#### ABSTRACT

A stereoscopic 3D video service is able to provide a 3D video service while keeping backward compatibility with the existing 2D video service. In the terrestrial digital television (DTV) system, a stereoscopic video codec is required to have high coding efficiency in order to provide a 3D video service in the same channel capacity. A hybrid codec consisting of MPEG-2 for base video and H.264/AVC or HEVC for 3D auxiliary video is considered. Furthermore, Non-Real-Time (NRT) delivery of stereoscopic video is also considered as a service scenario for 3DTV services to overcome the limited bandwidth. In this paper, we propose a stereoscopic video coding scheme using adaptive loop filter (ALF) which had been considered in HEVC as a pre-/post-filter for enhancing coding efficiency in NRT-based 3DTV services. In order to apply ALF as a post-filter to the reconstructed additional view coded by H.264/AVC, we devise a method in which ALF is adaptively applied based on a structure determined by using macroblock (MB) coding information such as MB mode type and reference index instead of coding unit (CU) structure on which ALF is applied in the HEVC. Experimental results shows that the proposed stereoscopic video coding scheme applying ALF obtains up to 24.9% gain of bit saving.

Keywords : 3D, Stereoscopic Video, Adaptive Loop Filter (ALF), NRT

## I. 서론

스테레오스코픽(stereoscopic) 3D 비디오 서비스는 기존 2D 비디오와의 호환성을 유지하면서 새로운 3D 비디오 서비스를 제공할 수 있다. 지상파 방송의 경우 Full-HD의 스테레오스코픽 비디오를 서비스하기에는 전송대역이 충분하지 못하므로 높은 부호화 효율을 갖는 스테레오스코픽 비디오 코덱이 요구된다. 따라서 기존 영상 부호화는 기존 2D와의 호환성을 위해서 MPEG-2를 사용하는 반면 3D를 위한 부가영상은 부호화 효율이 높은 H.264/AVC, MVC (Multiview Video Coding) 또는 HEVC(High Efficiency Video Coding) 등으로 부호화하는 하이브리드 코덱 구성이 고려되고 있다. 또한 ATSC 등에서는 부가영상을 실시간뿐만 아니라 비실시간으로 전송하는 NRT(Non-Real Time) 3D 서비스도 고려하고 있다<sup>[1]</sup>.

스테레오스코픽 비디오 부호화를 위해서 뷰간예측 부호화를 허용하는 MVC와 같이 좌우 영상간의 공간적 중복성을 효율적으로 제거하여 압축하는 부호화 기법이 많이 연구되었다<sup>[2]-[5]</sup>. 특히, 기준영상은 MPEG-2로 부호화하고 부가영상은 MVC를 이용하여 뷰간예측 부호화를 수행함으로써 부호화 효율을 향상시킬 수 있음을 보였다<sup>[6]</sup>. 그러나 뷰간예측의 참조영상으로 사용되는 기준영상은 부호화 손실을 포함하고 있으므로 뷰간 중복성을 효율적으로 제거하지 못하게 된다. 따라서 좌우 뷰간의 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 기준영

상은 MPEG-2로 부호화하고 부가영상을 MVC로 부호화한 경우를 가정하고, 적응루프필터(ALF: Adaptive Loop Filter)를 전처리 및 후처리 과정에서 이용함으로써 부호화 효율을 향상시킬 수 있는 기법<sup>[7]</sup>을 제안한다. ALF<sup>[8]</sup>는 양자화 오차를 최소화하여 복호된 영상의 화질을 향상하기 위한 필터로 디블록킹(deblocking) 필터, SAO(sample adaptive offset)와 함께 HEVC의 인-루프 필터로 고려되었지만 HEVC 표준<sup>[9]</sup>에서는 제외되었다. HEVC의 ALF는 부호화 과정에서 결정되는 부호화 단위(Coding Unit: CU) 구조를 이용하여 ALF를 적용하지만, 본 논문에서 제안하는 후처리를 위한 ALF는 MVC 부호화된 부가영상에 적용되는 것으로 CU 구조를 이용할 수 없으며 대신에 부가영상의 매크로블록(MB) 부호화 정보를 이용하여 ALF를 적용적으로 적용한다.

본 논문의 ALF를 적용한 전처리는 부가영상 부호화의 뷰간예측에 이용되는 참조영상의 화질을 개선하기 위하여 기준영상의 복호영상에 적용하고, 또한 후처리 과정에서 부가영상의 복호영상에 ALF를 적용하여 부가영상의 화질을 향상시킨다. ALF의 적용 여부 및 필터 계수 등 ALF 적용을 위하여 추가적으로 전송되어야 할 부가정보는 비실시간 채널로 전송하는 것을 가정한다. 따라서, 본 논문의 ALF를 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 ALF를 이용한 스테레오스코픽 비디오 부호화 기법에 대하여 기술한다. 제 IV 장에서는 본 논문의 제안 부호화 기법의 실험결과를 제시하고, 끝으로 제 V 장에서는 결론을 맺는다.

## II. NRT 기반 스테레오스코픽 3D 전송

ATSC 2.0에서 고려되고 있는 NRT 스테레오스코픽 3D 서비스<sup>[1]</sup>는 일반적으로 그림 1과 같이 부가영상을 파

a) 한국항공대학교(Korea Aerospace University)

b) 한국전자통신연구원(ETRI)

c) 한밭대학교(Hanbat National University)

‡ Corresponding Author : 김재곤(Jae-Gon Kim)

E-mail: jgkim@kau.ac.kr

Tel: +82-2-300-0414

※ 이 논문은 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학IT연구센터육성 지원사업(NIPA-2012-H0301-12-1006) 및 한국연구재단의 기초연구사업(2010-0023109) 지원을 받아 수행된 것임.

Manuscript received December 31, 2012 Revised February 7, 2013

Accepted February 7, 2013

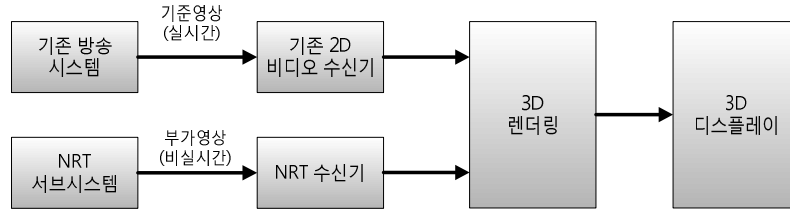


그림 1. NRT 스테레오스코픽 3D 서비스  
 Fig. 1. NRT stereoscopic 3D services

일로 구성하여 NRT 기반으로 기준영상 보다 미리 전송하여 전송하고, 기준영상 비트스트림이 실시간으로 전송될 때 동기화 하여 3DTV를 서비스하는 구조이다. ATSC NRT는 콘텐츠를 FLUTE(File Delivery Over Unidirectional Transport)<sup>[10]</sup> 프로토콜 형태로 패킷화하고, 이를 DSM-CC(Digital Storage Media Command and Control) Addressable Section으로 캡슐화하여 MPEG-2 TS로 전송한다.

본 논문에서는 그림 2와 같이 NRT 기반 스테레오스코픽 3D 서비스를 위한 두 가지 경우의 전송 방안을 고려한다.

Out-of-Package 전송은 기준영상은 기존 2D 서비스와 동일하게 실시간 채널을 이용하여 전송하고, 부가영상과 ALF 부가정보는 별도의 파일로 구성하여 NRT 채널로 전송하는 방안이다. 반면 In-Package 전송은 기준영상과 부가영상 모두 기존 실시간 지상파 방송망을 통해 전송하고, ALF 부가정보만을 NRT 채널로 전송하는 것을 가정한다.

### III. ALF 기반 스테레오스코픽 비디오 부호화

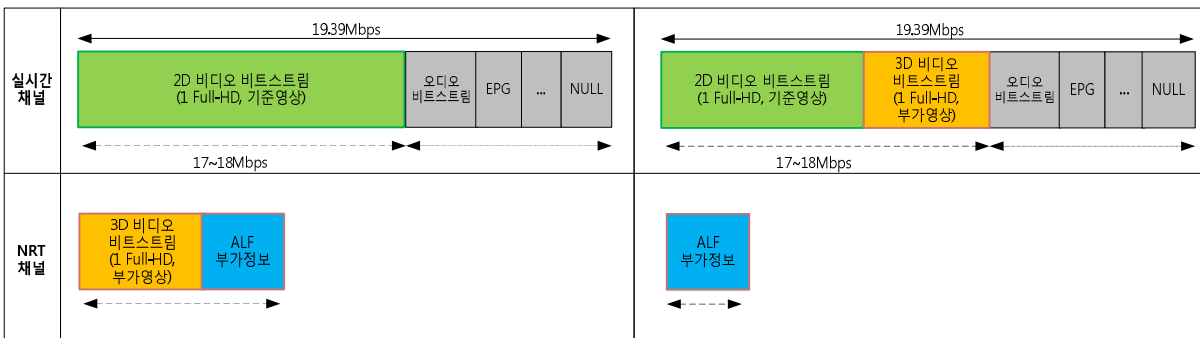
#### 1. 적응루프필터(ALF)

ALF는 다음 식 (1) 과 같이 원본영상과 복원영상의 오차를 최소화하는 Wiener 필터를 복원된 영상에 대해 적응적으로 적용하여 부호화 과정에서 손실되는 정보를 일부 복구한다.

$$p'(x, y) = \left( \sum_v \sum_h a(h, v) \cdot p(x+h, y+v) \right) + DCoffset \quad (1)$$

$$\min \left( \sum_x \sum_y (p'(x, y) - I(x, y))^2 \right)$$

이때 는 복원영상의 화소값이고, 필터링된 복원영상 화소값 와 원영상의 화소값의 차이를 오차로 정의하고 이 오차의 제곱의 합이 최소가 되도록 Wiener 필터의 계수를 설계한다. ALF는 디블록킹 필터링된 복원된 영상에 대하여



(a) Out-of-Package 전송

(b) In-Package 전송

그림 2. 스테레오스코픽 3D 전송 방안  
 Fig. 2. Delivery cases for NRT stereoscopic 3D services

적용하여 복원영상의 화질을 개선하고 ALF가 적용된 복원 영상이 예측 부호화의 참조영상으로 사용되도록 하여 부호화 효율을 개선하게 된다.

HEVC의 ALF는 CU 구조와 동기화하여 CU의 계층적 가변 크기의 블록단위로 적응적으로 필터링을 적용하고 그 적용 여부를 시그널링(signaling) 한다. ALF 필터는 세로 길이가 제한된 다이아몬드 모양을 갖는 3 가지 탭 크기(5x5, 7x7, 9x9)의 필터 중에서 윗-왜곡 관점에서 최적인 하나를 선택한다. 또한 각 필터 모양에 대해서 최대 16가지 종류의 필터 계수를 가질 수 있으며, 4x4 블록 또는 4x4 블록을 16 가지의 영역으로 분류한 영역 단위로 해당 화소들의 활성도(activity)<sup>[11]</sup>에 따라서 적용할 필터의 계수를 계산한다.

ALF와 관련된 정보들을 슬라이스 단위로 전송하는데, 필터에 대한 정보와 필터링 적용 여부에 대한 on/off 시그널링 정보(control map)로 구성된다. 먼저, 필터에 대한 정보는 필터 탭의 크기(5/7/9탭), 필터 수와 화소의 활성도와 필터의 매핑 정보, 필터 계수로 구성된다. ALF control map은 필터링 적용 여부에 대한 정보로 ALF 적용 깊이(depth) 정보(alf\_cu\_control\_max\_depth), 블록별 ALF 적용 여부에 대한 플래그의 수(alf\_length\_cu\_control\_info) 및 플래그(alf\_cu\_flag)로 구성된다<sup>[8]</sup>.

HEVC에서는 필터 적용 여부에 대한 시그널링 데이터의 양을 줄이기 위해 부호화 과정에서 결정되는 CU 구조를 이용한다. 즉, CU 구조에 동기화하여 각 CU 단위로 ALF의 on/off를 결정한다. 다만, ALF의 깊이 정보는 CU의 깊이 별도로 설정한다.

그림 3은 CU 구조를 이용하여 ALF를 적용하는 예로, 64x64 크기의 하나의 LCU(Largest Coding Unit)에서 ALF의 적용 깊이(depth)에 따른 ALF 적용 블록 경계를 보여준다. 그림 3(a)와 같이 하나의 LCU에 대한 CU 구조가 주어질 때, ALF의 깊이에 따른 ALF 적용 블록의 경계는 그림 3(b)와 같다. 즉, 그림 3(b)에서 depth = 1인 경우, LCU가 4개로 분할된 각 블록에 ALF가 적응적으로 적용되면 그 적용 여부는 alf\_cu\_flag로 시그널링 된다. 이와 같이 각 깊이마다 CU에서 정해진 블록 경계에 따라 각 블록마다 ALF 적용 여부를 결정하고, ALF 적용 깊이는 슬라이스 단위로 윗-왜곡 최적화를 통해 해당 슬라이스의 최적 깊이를 결정

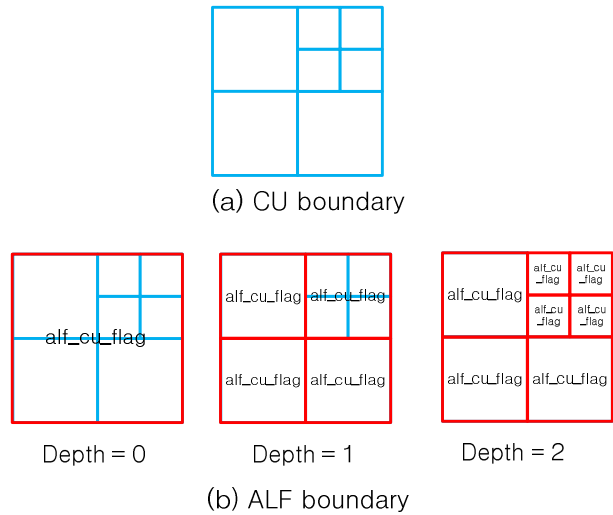


그림 3. 깊이에 따른 ALF 적용 블록 경계의 예  
Fig. 3. An example of block boundary according to depth for ALF

한다. 즉, ALF를 적응적으로 적용하는 블록 구조를 ALF의 최적 깊이에 따라 CU 구조와 일치시킨다. 따라서, ALF를 적용하는 블록의 경계를 나타내는 분리(split) 정보를 전송하는 KTA(Key Technical Areas)의 QALF(Quadtree-based Adaptive Loop Filter)<sup>[11]</sup>와 달리 블록 경계 정보를 전송하지 않음으로써 부가정보의 양을 줄인다.

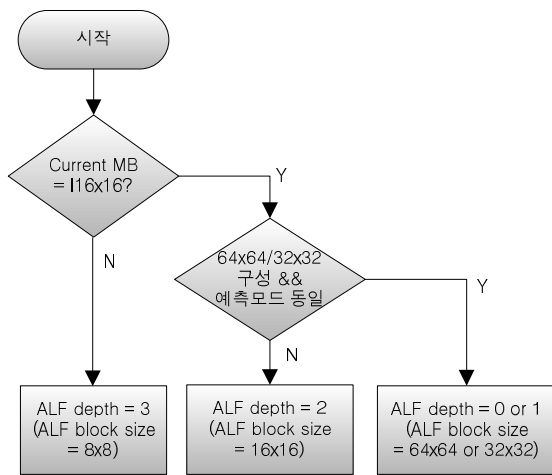
본 논문에서는 부가영상 부호화의 전처리 및 후처리 과정으로 ALF를 적용하여 부호화 효율을 향상시키고자 한다. 특히, 부가영상의 후처리로 ALF를 적용하기 위하여 부호화 과정에 결정되는 CU 구조를 이용하는 HEVC와 달리 MVC로 부호화된 부가영상의 매크로블록(MB) 부호화 정보를 이용하여 HEVC에서의 유사하게 분리 정보를 전송하지 않고 필터 계수에 관한 정보와 ALF 적용 최대 깊이값, 블록별 ALF 적용 여부를 전송함으로써 전송해야 할 부가 데이터를 줄이면서 ALF를 적용하는 기법을 제안한다.

## 2. 기반 스테레오스코픽 비디오 부호화

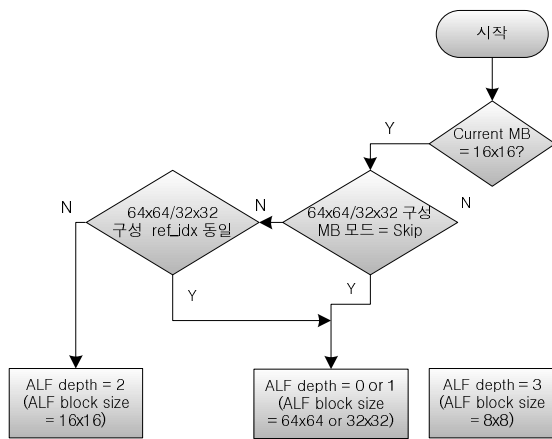
본 논문에서 제안하는 후처리 ALF에서는 HEVC의 ALF와 같이 별도의 분리 정보를 전송하지 않고, MVC로 부호화된 부가영상의 MB 부호화 정보를 이용하여 계층적으로

ALF를 적용하는 기법이다. 즉, MB 부호화 정보로 MB 부호화 모드와 참조영상 인덱스를 이용하여 ALF를 적용하는 블록 경계 및 최소 블록 크기를 결정함으로써 영상 특성을 반영한 적응적 ALF를 수행한다.

그림 4는 제안하는 ALF 적용 블록크기 결정 방법을 나타낸다. 우선, MB 크기 이하인 경우(16x16, 8x8)와 MB 보다 큰 경우(64x64, 32x32)로 나누어 결정한다. 16x16 및 8x8의 경우는 부호화 결과 MB 모드가 16x16, 16x8, 8x16 또는 인트라(intra) 16x16일 경우는 ALF 적용의 최소 블록 크기



(a) I 프레임



(b) P/B 프레임

그림 4. 제안하는 ALF 적용 블록크기 결정 방법  
 Fig. 4. Proposed algorithm determining ALF block size

를 16x16으로 제한하고, 인트라 4x4, 인트라 8x8 또는 8x8일 경우에는 ALF 적용의 가장 작은 블록으로 8x8까지 허용한다. 64x64 및 32x32 경우는 우선, 16x16 MB 모드를 갖는 블록이 64x64 또는 32x32 블록을 구성할 경우, 이를 각각 64x64 또는 32x32 블록 후보로 결정한다. 추가적으로 I 프레임인 경우 64x64 또는 32x32 후보 블록을 구성하는 모든 MB의 MB 모드가 4 가지의 인트라 예측 모드 중 동일한 예측 모드를 갖는 경우에 이를 64x64 또는 32x32 블록으로 그룹화한다. P 또는 B 프레임의 경우 후보 블록을 구성하는 MB들의 MB 모드가 모두 스킵(skip) 모드인 경우에 대해 64x64 또는 32x32 블록으로 그룹화하고, 16x16 모드인 경우에는 참조영상 인덱스(ref\_idx)가 모두 동일할 때에 그룹화 한다.

Skip	P_16x16	Skip	Skip	Skip	Skip	Skip	Skip
Skip	Skip	Skip	Skip	32x32	Skip	Skip	Skip
Skip	Skip	Skip	64x64	Skip	Skip	P_16x16	Skip
Skip	Skip	Skip	P_16x16	Skip	Skip	P_16x16	P_16x16
Skip	Skip	Skip	Skip	32x32	Skip	Skip	Skip
Skip	Skip	Skip	Skip	Skip	Skip	P_16x16	P_16x16

그림 5. 제안기법의 ALF 블록 결정의 예  
 Fig. 5. An example of proposed determination of ALF block

이때, 최종적으로 64x64 블록을 결정하는 이 기준을 다소 완화하여 ALF 적용 단위를 제한함으로써 얻을 수 있는 ALF 부가정보의 양의 절감을 통한 부호화 효율 향상을 얻을 수 있다. 실험적으로 본 논문에서는 64x64 후보 블록을 구성하는 16 개의 MB에 대해서 14 개 MB의 부호화 모드가 스킵 모드이거나 참조영상 인덱스가 같은 16x16인 경우에 최종적으로 64x64 블록으로 ALF를 적용하였다. 그림 5의 왼쪽의 64x64 블록은 14개 MB가 모두 스킵 모두인 경우 최종적으로 64x64 블록에 ALF를 적용한 예를 보여준 것이다.

그림 6은 본 논문에서 제안하는 ALF를 부가영상의 전처리 및 후처리에 적용한 스테레오스코픽 비디오 코덱 구성을 나타낸 것이다. 기준영상은 MPEG-2로 부호화하여 실시

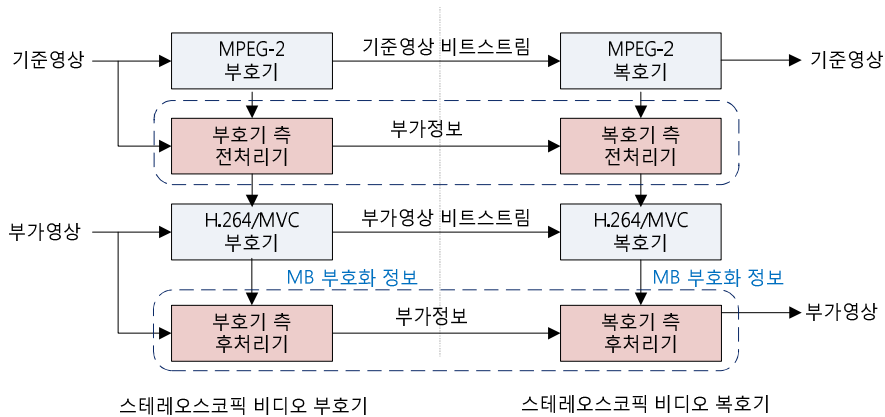


그림 6. 스테레오스코픽 비디오 코덱 구조  
 Fig. 6. Overall configuration of the proposed stereoscopic video codec

간 채널로 전송하고, 부가영상은 뷰간 예측을 사용하는 MVC Stereo High Profile로 부호화 한다. 부가영상의 부호화 비트스트림은 전송 방식에 따라서 In-Package의 경우 실시간 채널로 전송되고 Out-of-package의 경우 될 수 기준영상보다 미리 NRT 채널로 전송한다. 전처리 및 후처리로 사용한 ALF에 대한 부가정보는 NRT 채널로 전송한다. 이때, 전처리기에서 ALF를 적용하여 MPEG-2 복호된 기준영상의 화질을 개선하여 부가영상 부호화의 뷰간 예측의 참조영상으로 사용하고, 후처리기에서는 복호된 부가영상에 대해서 ALF를 적용하여 부가영상의 화질을 개선한다. 이때 ALF를 적용한 전처리와 후처리는 복잡도 및 성능 등을 고려하여 서로 각각 적용될 수도 있고 모두 적용될 수도 있다. 복호기에서는 NRT 채널을 통해 전송된 부가정보를 복호화하여 부호기 측과 동일하게 전처리 및 후처리를 적용한다. 본 논문에서는 전처리의 경우 ALF의 최소 적용 단위를 16x16으로 제한하여 블록 기반으로 적용하였고, 후처리 ALF는 앞에서 설명한 MB 부호화 정보를 이용한 ALF 최소 적용단위 제한 기법을 적용하였다.

#### IV. 실험결과 및 분석

본 논문에서 제안한 스테레오스코픽 비디오 부호화 기법의 부호화 성능을 테스트 시퀀스 Balloons, Kendo, Love-bird1, Newspaper를 사용하여 확인하였다. 기준영

표 1. 기준영상 실험조건: MPEG-2  
 Table 1. Base view test conditions: MPEG-2

Number of frames	150
Resolution/Frame Rate	720p/30fps
GOP Structure	IBBP... (Intra period = 24)
Profile/Level	Main profile/High level
SearchRange	32
Coding Rate	In-Package: 4.511 Mbps
	Out-of-Package: 6.447 Mbps

상은 MPEG-2<sup>[12]</sup>로 부호화하였으며, 표 1과 같은 조건으로 2장에서 제시한 두 가지 전송 방식에 대해 고정된 부호화율로 부호화 하였다.

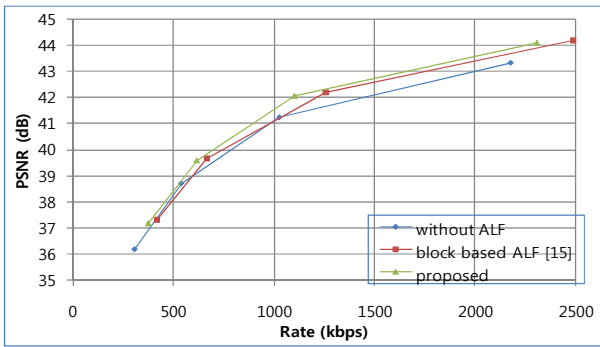
부가영상의 경우 고정된 부호화율의 기준영상에 대해 4개의 양자화 파라미터로 JMVM 8.0<sup>[13]</sup>을 이용하여 3D

표 2. 부가영상 실험조건: MVC  
 Table 2. Auxiliary view test conditions: MVC

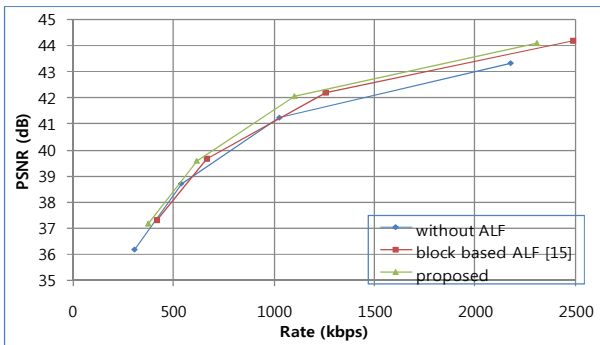
Number of frames	150
SymbolMode	CABAC
8x8 transform	On
BasisQP	{22, 27, 32, 37}
GOPSize	4 (IbBbP...)
IntraPeriod	24
SearchMode	FastSearch
SearchRange	32
NumViewsMinusOne	1
ViewOrder	0-1

실험방송과 동일한 GOP 구조<sup>[14]</sup>로 부호화하였다. 또한 MPEG-2 부호화된 기준영상의 복호영상을 참조영상으로 사용하여 예측 부호화를 수행하였다.

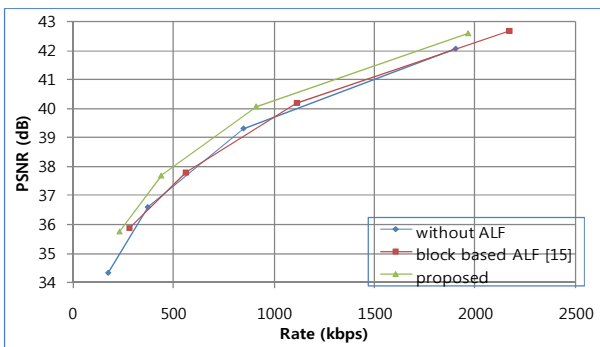
먼저, NRT 기반 스테레오스코픽 3D 서비스를 위한 전송



(a) Balloons



(b) Kendo



(c) Lovebird1

그림 7. 제안한 후처리 ALF의 부호화 성능

Fig. 7. Performance of the proposed ALF for post processing

방안 중 Out-of-Package 전송 방식을 기준으로 제안한 ALF 적용 기법으로 후처리에 ALF로 적용한 경우의 부호화 성능을 비교 분석하였다. 그림 5는 제안하는 후처리 ALF를 적용한 부가영상의 부호화 성능을 나타낸 그림이다. 제안 방식의 부호화 성능에서 부호화율에 ALF 부가정보를 전송하기 위한 비트율을 모두 포함하였다. ALF를 위한 부가 정보는 HEVC와 동일하게 슬라이스 단위로 시그널링(signaling)되는 필터 계수에 대한 정보와 필터링 적용 여부에 대한 시그널링 정보(control map)를 엔트로피 부호화하여 사용하는 것을 가정하였다. 제안한 후처리 ALF의 부호화 성능을 ALF를 적용하지 않은 경우(without ALF) 및 복호된 기준영상을 이용하여 부간 예측 부호화를 수행한 후 후처리 과정으로 KTA의 BALF(Block-based Adaptive Loop Filter)<sup>[15]</sup>와 같이 블록 기반 ALF 적용기법을 적용한 경우(block based ALF)와 각각 비교하였다.

제안한 후처리 ALF는 블록 기반의 ALF에 비해 평균적으로 약 8.98%의 비트율 감소를 보이는데, 이는 그림 3에서 보인 예와 같이 제안한 기법에 의한 ALF 적용 블록 크기보다 클 경우, ALF 적용 여부(alf\_cu\_flag)에 대한 비트율을 절약할 수 있기 때문이다. 또한 윗-왜곡 측면에서도 영역별로 다양한 크기의 블록으로 ALF 적용 여부를 결정하는 것이 유리함을 알 수 있다.

표 3. 제안기법의 부호화 성능: Out-of-Package

Table. 3. Performance of the proposed ALF: 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	5.98	-0.20	-10.71	0.45	-3.36	0.20
Kendo	8.55	-0.30	-9.54	0.41	-0.01	0.06
Lovebird1	1.06	-0.02	-15.13	0.53	-11.26	0.40
Average	5.20	-0.17	-11.79	0.46	-4.88	0.22

표 3은 Out-of-Package 전송의 경우에 제안하는 후처리 ALF를 적용한 부가영상의 부호화 성능을 나타낸 것이다. 이 결과에서, 부가영상의 윗-왜곡 성능에서 ALF 부가정보

의 비트율을 포함하였다. Out-of-Package 전송의 경우, 후처리 ALF를 적용함으로써 평균 약 10.47%, 최대 15.13%의 BD-Rate<sup>[16]</sup> 이득이 있는데, 이는 후처리 ALF가 복호된 부가영상의 화질을 직접적으로 향상시키기 때문이다. 반면, 전처리 ALF의 경우, 기준영상의 화질이 향상되어 부가영상의 율-왜곡 성능 향상을 얻을 수 있지만, ALF 부가정보의 비트율로 인해 전체적인 성능은 오히려 떨어짐을 알 수 있다.

표 4. 제안기법의 부호화 성능: In-Package  
Table 4. Performance of the proposed ALF: 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	-3.37	0.13	-20.15	0.84	-20.72	0.86
Kendo	-3.09	0.12	-18.20	0.78	-18.81	0.81
Lovebird1	-4.52	0.15	-24.86	0.92	-24.86	0.92
Average	-3.66	0.13	-21.07	0.85	-21.46	0.86

In-Package 전송의 경우에는 ALF 부가정보의 비트율을 고려하였을 때에는 Out-of-Package와 유사한 성능을 보이지만, 부가영상 비트스트림이 실시간 채널로 전송되므로 NRT 채널을 이용하여 별도로 전송되는 ALF 부가정보에 대한 비트율을 고려하지 않을 경우, 표 4에서 나타난 결과와 같이 높은 비트량 이득을 얻을 수 있다. 즉, 부가영상 부호화에서 전처리 과정으로 복호된 기준영상에 대해 ALF를 적용하여 뷰간 예측의 참조영상의 화질개선으로 뷰간 예측의 효율이 향상되고, 또한 후처리 과정으로 인해 복호된 부가영상의 화질이 직접적으로 향상되었기 때문에 ALF를 적용하지 않고 뷰간 예측 부호화를 수행하는 경우에 비해 평균 약 21.46%, 최대 약 24.86% 개선된다.

### V. 결론

본 논문에서는 ALF를 적용한 NRT 스테레오스코픽 비디오의 효율적인 부호화 기법을 제시하였다. 즉, 부가영상 부

호화에서의 뷰간 예측의 효율을 향상시키기 위한 전처리 과정으로 기준영상의 복호영상에 ALF를 적용하여 참조영상의 화질을 향상시키고, 또한 후처리 과정으로 ALF를 적용하여 부가영상의 화질을 직접적으로 향상시킨다. 특히, HEVC의 ALF를 후처리로 적용하기 위해, HM 3.0에서 CU 구조를 이용하는 것과는 달리 부가영상의 MB 모드 정보 및 참조영상 인덱스 등의 MB 부호화 정보를 이용하여 ALF 적용의 블록 경계 및 최소 블록 크기를 설정하는 기법을 제시하였다.

제안하는 ALF 적용 기법은 시퀀스에 따라 단순히 뷰간 예측을 수행하는 경우에 비해 최대 24.9%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 있으며, 추후 ALF가 실시간으로 처리된다면 실시간 서비스에도 적용될 수 있을 것으로 예상된다. 앞으로 MB 부호화 정보뿐만 아니라, 보다 다양한 부호화 정보를 이용한 전처리 및 후처리를 위한 ALF 적용 기법에 대한 추가적인 연구가 필요하다.

### 참고 문헌

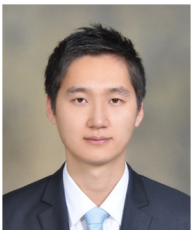
- [1] ATSC: TSG-876r1-NRT-CS(Candidate Standard Non-Real-Time Content Delivery), Dec. 2010.
- [2] A. Vetro, P. Pandit, H. Kimata, A. Smolic, and Y.-K. Wang, Joint draft 8 of multiview video coding, Hannover, Germany, Joint Video Team (JVT) Doc. JVT-AB204, Jul. 2008.
- [3] Anthony Vetro, Thomas Wiegand, and Gary J. Sullivan, "Overview of the Stereo and Multiview Video Coding Extensions of the H.264/AVC Standard," Proc. IEEE, vol. 99, no 4, pp.626-642, Apr.2011.
- [4] L.-F. Ding, S.-Y. Chien, and L.-G. Chen, "Joint prediction algorithm and architecture for stereo video hybrid coding systems," IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., vol. 16, no.11, pp.1324-1337, 2006.
- [5] P. Merkle, H. Brust, K. Dix, K. Müller, and T. Wiegand, "Stereo Video Compression for Mobile 3D Services," in Proc. 3DTV Conference, Potsdam, Germany, 2009.
- [6] B. Lee, B.-T. Lee, W.-S. Cheong, N. Hur, S. Lee and J.-G. Kim, "Study on the stereoscopic codecs for non-real time 3DTV services," in Proc. IS&TSPiE Stereoscopic Displays and Applications(SD&A), SPIE vol.7863, San Francisco, Jan. 2011.
- [7] B.-T. Lee, B. Lee, H. Choi, J.-s. Kim, K. Yun, W.-S. Cheong, and J.-G. Kim, "Adaptive Pre-/Post-Filters for NRT-Based Stereoscopic Video



- Coding”, ETRI J., vol. 34, no. 5, pp. 666-673, Oct. 2012.
- [8] B. Bross, W.-J. Han, J.-R. Ohm, G. J. Sullivan, and T. Wiegand, High efficiency video coding (HEVC) text specification draft 8, Doc. JCTVC-H1003, ITU-T/ISO/IEC Joint Collaborative Team on Video Coding (JCT-VC), Feb. 2012.
- [9] B. Bross, W.-J. Han, J.-R. Ohm, G. J. Sullivan, and T. Wiegand, High efficiency video coding (HEVC) text specification draft 10, Doc. JCTVC-L1003, ITU-T/ISO/IEC Joint Collaborative Team on Video Coding (JCT-VC), Jan. 2013.
- [10] T. Paila, M. Luby, R. Lehtonen, V. Roca, and R. Walsh: FLUTE - File Delivery over Unidirectional Transport. RFC 3926, Oct. 2004.
- [11] T. Chujoh, N. Wada, T. Watanabe, and T. Yamakage, “Specification and experimental results of Quadtree-based Adaptive Loop Filter,” ITU-T SG16/Q.6 Doc. VCEG-AK22, Apr. 2009.
- [12] <http://www.mpeg.org/MPEG/MSSG>.
- [13] “Joint multiview video model (JMVM) 8.0,” JVT-AA207, Geneva, Switzerland, Apr. 2008.
- [14] G. Lee, K. Jung, W.-S. Cheong, N. Hur, and K. Pyo, “Development of high-definition 3DTV experimental system based on dual stream method,” J. Broadcasting Engineering, vol 16, no 3, pp. 471~482, May 2011.
- [15] “Block-based Adaptive Loop Filter,” ITU-T SG16/Q.6 Doc. VCEG-AI18, July 2008.
- [16] G. Bjontegaard, “Calculation of Average PSNR Differences between RD curves,” ITU-T SG16/Q6, 13th VCEG Meeting, Austin, Texas, USA, April 2001, Doc. VCEG-M33.

---

## 저 자 소 개



### 이 병 탁

- 2009년 8월 : 한국항공대학교 항공전자 및 정보통신공학부 학사
- 2011년 8월 : 한국항공대학교 항공전자공학과 석사
- 2011년 8월 ~ 현재 : 삼성전자 연구원
- 주관심분야 : 영상처리, 비디오부호화



### 이 봉 호

- 1997년 2월 : 한국항공대학교 공학사
- 1999년 2월 : 한국항공대학교 공학석사
- 2009년 7월 ~ 현재 : 한국전자통신연구원(ETRI) 선임연구원
- 주관심분야 : 디지털 통신/방송 시스템, DMB, 3DTV 시스템, 홀로그래피



### 최 해 철

- 1997년 2월 : 경북대학교 전자공학과 학사
- 1999년 2월 : 한국과학기술원 전기및전자공학과(공학석사)
- 2004년 8월 : 한국과학기술원 전기및전자공학과(공학박사)
- 2004년 9월 ~ 2010년 2월 : 한국전자통신연구원(ETRI) 방송미디어연구부 선임연구원
- 2010년 3월 ~ 현재 : 한밭대학교 정보통신공학과 조교수
- 주관심분야 : 영상통신, 비디오 부호화, 패턴 인식

---

저 자 소 개

---



김진수

- 1991년 2월 : 경북대학교 전자공학과 학사
- 1993년 2월 : KAIST전기 및 전자공학과 석사
- 1998년 8월 : KAIST전기 및 전자공학과 박사
- 1995년 6월 ~ 2000년 3월 : 삼성전자 선임연구원
- 2008년 7월 ~ 2009년 6월 : 텍사스 주립대학교 교환교수
- 2000년 4월 ~ 현재 : 한밭대학교 정보통신공학과 교수
- 주관심분야 : 영상부호화, 디지털방송, 분산비디오부호화



윤국진

- 1999년 2월 : 전북대학교 공학사
- 2001년 2월 : 전북대학교 공학석사
- 2001년 3월 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 실감방송시스템연구팀 선임연구원
- 주관심분야 : 디지털방송, 3DTV, MPEG-2/4 systems



정원식

- 1992년 2월 : 경북대학교 전자공학과 (공학사)
- 1994년 2월 : 경북대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)
- 2000년 2월 : 경북대학교 대학원 전자공학과 (공학박사)
- 2000년 5월 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 방송통신융합연구부문 실감방송시스템연구팀장/책임연구원
- 주관심분야 : 3DTV 방송시스템, 모바일 방송, 영상처리 및 압축, MPEG 등



김재곤

- 1990년 2월 : 경북대학교 전자공학과 학사
- 1992년 2월 : KAIST전기 및 전자공학과 석사
- 2005년 2월 : KAIST전기 및 전자공학과 박사
- 1992년 3월 ~ 2007년 2월 : 한국전자통신연구원(ETRI) 선임연구원/팀장
- 2001년 9월 ~ 2002년 11월 : 뉴욕 콜롬비아대학교 연구원
- 2007년 9월 ~ 현재 : 한국항공대학교 항공전자 및 정보통신공학부 부교수
- 주관심분야 : 비디오 신호처리, 비디오 부호화, 디지털방송 미디어, 멀티미디어 통신