

논문 2012-49SP-2-11

HEVC 기반 다시점 컬러 영상 및 깊이 정보 맵 부호화 방법

(Multi-View Color Video and Depth Map Coding based on HEVC)

유 선 미*, 남 정 학*, 임 웅*, 심 동 규**, 정 원 식***, 허 남 호***

(Sunmi Yoo, Junhak Nam, Woong Lim, Donggyu Sim, Won-sik Cheong, and Namho Hur)

요 약

본 논문에서는 다시점의 컬러 영상 및 깊이 정보 맵을 효율적으로 압축하는 방법을 제안한다. 제안하는 다시점 컬러 영상과 깊이 정보 맵 압축 방법을 통하여, 컬러 영상과 깊이영상이 각각 동일시점 내에서 화면 간 참조를 수행하는 물론, 확장 시점의 컬러 영상과 깊이 정보 맵이 이웃한 시점의 컬러 영상과 깊이 정보 맵을 각각 참조하는 시점 간 참조를 추가적으로 수행함으로써 부호화 효율을 높일 수 있다. 제안한 방법을 통하여 실험을 수행한 결과 2시점의 경우 컬러 영상은 각 시점의 영상을 시점간 부호화 하지 않은 영상에 비하여 약 55%의 부호화 이득이 있었으며 깊이 정보 맵은 약 12%의 부호화 이득이 있었다. 3시점의 경우에는 컬러 영상에 대하여 바깥 시점은 화면 간 예측 부호화를 하지 않은 영상에 비해 54%, 중간 시점은 56%의 비트를 절약할 수 있었다. 또한, 3시점의 깊이 정보 맵에 대하여 예측 부호화를 하지 않은 영상에 비해 약 11%의 바깥 시점 부호화 성능과 13%의 중간 시점 부호화 성능을 얻을 수 있었다.

Abstract

This paper proposes a method to efficiently encode multi-view color videos and depth maps. The proposed coding method for multi-view color videos and depth maps can improve the coding efficiency by additional inter-view prediction, as well as inter-frame prediction. By means of the proposed method, we achieved the coding gain of approximately 55% for 2-view color videos and approximately 12% for 2-view depth maps. For 3-view case, we found that the proposed system yields 54% of coding gain from outer view color videos and 56% of coding gain from center view color videos, respectively. Moreover, for 3-view depth map case, approximately 11% of coding gain from outer view and 13% of coding gain from center view are obtained with the proposed coder, respectively.

Keywords : MVC, HEVC, Depth map, FTV, Inter-view prediction

* 학생회원, ** 정회원-교신저자,
광운대학교 컴퓨터공학과
(Dept. of Computer Engineering, Kwangwoon University)

*** 정회원, 한국전자통신연구원 방송시스템연구부
(Department of Broadcasting System Research, Electronics and Telecommunications Research Institute)

※ 이 논문은 2010년도 광운대학교 교내 학술연구비 지원에 의해 연구되었음.

※ 본 연구는 방송통신위원회의 방송통신기술개발사업 (방송)의 일환으로 수행하였음.

[과제번호:11921-02001, 무안경 다시점 3D지원 UHD TV 방송 기술 개발]

접수일자: 2011년10월12일, 수정완료일: 2012년12월14일

I. 서 론

최근 소비자들의 입체 영상 시청에 대한 수요가 점점 늘어나면서, 다양한 입체 영상 콘텐츠가 출시되고 있다. 이를 반영하듯, 현재 디스플레이 시장에서도 3차원 디스플레이 장치의 판매량이 높은 실적을 기록하고 있다. 이러한 3차원 디스플레이 장치가 입체 영상을 디스플레이 하는 방식은 여러 가지가 있는데, 그 중 보편적인 방법이 다시점의 영상을 디스플레이 하는 방법이다. 기존의 단일 시점 디스플레이 장치와는 달리, 다시점 디스

플레이어는 시점의 개수만큼 영상이 필요하게 되므로 처리해야 하는 데이터의 양이 시점 수에 비례하여 증가하게 된다. 이에 맞추어, ITU-T의 VCEG (Video Coding Expert Group) 과 ISO/IEC의 MPEG (Moving Picture Expert Group) 이 JVT (Joint Video Team) 를 결성하여 H.264/AVC 표준화를 진행하였고, 이후 다시점 영상을 위한 확장 표준인 MVC (Multi-view Video Coding) 표준화를 진행하였다^[1].

그러나 시장에서 요구하는 디스플레이 화면의 해상도가 점점 커지고 있는 상황에서, Full HD 이상의 영상을 부호화하는 방법에 있어 현재 사용되고 있는 부호화 표준보다 더욱 효율적인 부호화 기술이 필요하게 되었다. 이에 따라, ITU-T의 VCEG과 ISO/IEC의 MPEG이 JCT-VC (Joint Collaborative Team on Video Coding) 를 결성하게 되었고, 2013년 1월 완료된 목표로 UHD (Ultra High Definition) 와 같은 초고해상도 영상을 효율적으로 부호화하는 새로운 비디오 부호화 표준인 HEVC (High Efficiency Video Coding) 의 표준화를 진행 중이다^[2]. 이러한 맥락에서, 입체 영상에 대해서도 마찬가지로 고화질 영상에 대한 수요가 증가하고 있기 때문에, HEVC에 기반한 새로운 다시점 비디오 부호화기가 필요하게 되었다.

또한, 다시점 영상 디스플레이의 최종 목표인 자유시점 영상 디스플레이를 위하여, 새로운 시점의 영상을 합성하는 기술의 연구가 활발히 진행 중이다. 이를 위한 다양한 방법이 연구 되고 있으며, 이 중에서도 카메라와 피사체와의 거리를 그레이 스케일의 영상으로 매핑한 깊이 정보 맵을 이용하는 방법이 널리 사용되고 있다. 이 방법은, 깊이 정보 맵의 값을 이용하여 원영상의 화소들을 실제 공간 좌표계로 변환한 뒤, 다시 가상시점의 영상으로 재투영 하는 3차원 워핑 기술로 새로운 시점의 영상을 합성한다^[3]. 이처럼 깊이 정보 맵을 이용하는 애플리케이션을 위한 효율적인 부호화 표준을 제정하기 위하여, 현재 MPEG의 3DV 그룹에서는 다시점의 컬러 영상과 다시점의 깊이 정보 맵의 입력을 필수로 포함하여 부호화하는 시스템에 대한 표준화를 진행하고 있다. 이 표준화의 시나리오는 크게 두 가지로써, 시장에서 요구하는 바를 바로 적용할 수 있도록 H.264/AVC에 호환하는 시나리오와 초고화질의 입체영상의 효과적인 압축을 실현하기 위한 HEVC에 호환하는 시나리오로 나뉘어져 있다^[4~5].

일반적으로 가상시점의 합성을 위해 깊이 정보 맵을

이용하게 될 경우, 두 개 시점의 영상을 전송하기 위해서는 단일 시점 대비 약 4배 정도의 자료량을 처리해야 한다. 이 때문에, 깊이 정보 맵을 이용하는 다시점 영상을 위한 고효율 부호화기에 대한 필요성이 대두되고 있다. 또한, 초고화질 영상 시청의 수요가 증가하면서, 막대한 양의 데이터를 처리하는 보다 효과적인 압축 기술이 필요하게 되었다.

본 논문에서는 다시점의 컬러 영상과 깊이 정보 맵을 효율적으로 압축하는 HEVC 기반의 부호화 방법을 제안한다. 기본시점의 영상을 부호화 할 경우에는 HEVC의 방법을 따르며, 확장시점 부호화 시에는 컬러 영상과 깊이 정보 맵 모두 시점 간 예측을 통하여 부호화 효율을 향상하였다. 또한, 깊이 정보 맵 부호와와 시점 간 예측을 위하여 이에 대한 정보를 전송하는 하이 레벨 신택스 (High Level Syntax) 을 정의하였으며, 기본시점의 컬러 영상의 고급 구문과 부호화 방법은 HEVC와 완전히 동일하므로, HEVC와 역방향 적합성을 가진다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 서론에 이어 II장에서는 다시점 영상을 부호화하는 표준인 H.264/AVC의 MVC 확장 표준에 대하여 설명하고, 현재 표준화가 진행 중인 HEVC의 부호화 방법에 대하여 소개한다. III장에서는 제안하는 부호화 방법에 대하여 자세히 설명한다. IV장에서는 제안하는 부호화 방법의 성능과 HEVC의 레퍼런스 소프트웨어인 HM 2.0의 성능을 BD-bitrate 값을 비교함으로써 검증한다. 마지막으로 V장에서는 본 논문의 결론을 맺는다.

II. H.264/AVC와 HEVC

1. H.264/AVC의 MVC 확장 부호화 방법

H.264/AVC의 확장 표준인 MVC는, H.264/AVC 기술을 기본으로 하여 다시점 영상을 부호화 할 수 있도록 확장한 표준이다. MVC는, H.264/AVC의 예측 부호화 기법으로서 공간적 중복성을 제거하는 화면 내 예측 (Intra prediction)과 시간적 중복성을 제거하는 화면 간 예측 (Inter prediction) 뿐만 아니라, 다른 시점 영상간의 화면 간 예측인 시점 간 예측을 이용하여 부호화 효율을 높였다.

시점 간 예측을 하기 위해서는, 우선 최소 한 개 시점의 영상이 일반적인 H.264/AVC 부호화기로 단일시점의 영상과 같이 부호화 되어야 한다. 이 영상의 시점

을 0이라고 하면, 0번 시점 영상의 GOP (Group Of Pictures) 는 키 슬라이스라고 불리는 I 슬라이스 한 개와 나머지의 P 또는 B 슬라이스로 이루어져 있다. 이는 0번 시점 영상의 비트스트림이 MVC의 복호화기 뿐만 아니라 H.264/AVC의 복호화기로 복호화 될 수 있음을 의미하고, 따라서 0번 시점의 영상은 기본 시점 영상으로 간주된다. 기본 시점 이외의 영상들을 부호화할 때에도 기존 H.264/AVC와 유사한 예측 방법을 사용하지만, I 슬라이스가 이전에 부호화된 다른 시점 영상의 키 슬라이스로부터 예측된 P 슬라이스로 대체된다. 예를 들어, 그림 1과 같이 1번 시점의 키 슬라이스를 P 슬라이스로 대체하여 시점 간 중복성을 제거함으로써 부호화 효율을 기대할 수 있다. 복잡도가 더 높은 방법으로써, 그림 2와 같이 키 슬라이스 뿐만 아니라 모든 슬라이스를 부호화할 때 시점 간 예측을 수행할 수도 있다^[6].

시점 간 예측을 수행하는 방법으로써, H.264/AVC 부호화기가 화면 간 예측을 수행하는 것과 유사한 방법을 사용한다. H.264/AVC가 화면 간 예측을 수행할 때, 부호화 하고자 하는 매크로 블록과 가장 유사한 블록을 이전에 코딩된 다른 POC (Picture Order Count) 의 슬라이스에서 탐색하게 된다. 가장 유사한 블록을 결정하면, 부호화 하고자 하는 매크로블록과의 차분 값과 움직임 벡터 (Motion Vector) 만을 전송함으로써 부호화 이득을 취하게 된다. 시점 간 예측도 이와 마찬가지로,

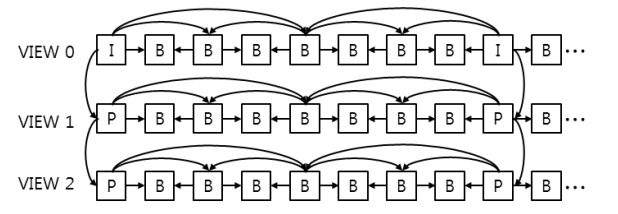


그림 1. 키 슬라이스에 대한 MVC의 시점 간 참조 구조
Fig. 1. MVC inter-view prediction structure for key slices.

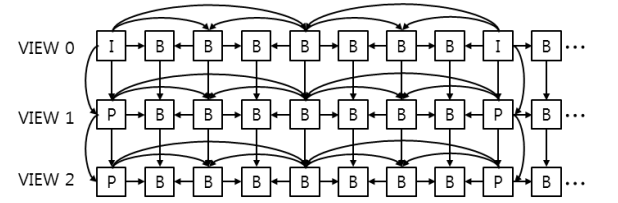


그림 2. 모든 슬라이스에 대한 MVC의 시점 간 참조 구조
Fig. 2. MVC inter-view prediction structure for all slices.

이전에 코딩된 같은 시간 축에 위치한 다른 시점 (視點) 의 슬라이스에서 가장 유사한 블록을 탐색하여 이에 대한 차분 값과 움직임 벡터만을 전송 하여 부호화 이득을 기대한다. 일반적으로, 시점 간 예측을 통하여 약 20% 내외의 부호화 이득이 있음이 널리 알려져 있다^[7].

2. HEVC의 부호화 방법

HEVC의 부호화 방법은, H.264/AVC와 같이 블록 기반의 예측을 통하여 부호화를 수행하는 방법에서 유사한 점이 있다. 하지만 H.264/AVC 부호화기와의 가장 큰 차이점은, H.264/AVC는 매크로블록 (16×16) 크기의 단일한 부호화 유닛으로 부호화를 수행하는 반면, HEVC 부호화기는 8×8 부터 64×64 까지 적응적인 크기의 부호화 유닛으로 부호화를 수행한다는 점이다. 부호화 유닛의 크기가 결정 되면, 부호화 유닛의 크기를 최대한으로 하는 예측 유닛을 결정하게 된다. 제안하는 부호화 방법이 구현된 HM 2.0을 기준으로 화면 내 예측을 수행할 경우, 예측 유닛은 정방형 크기로 현재 부호화 유닛의 크기인 2N×2N (N = 32, 16, 8, 4) 만을 취할 수 있으며, 가장 작은 부호화 유닛인 8×8 크기의 경우 2N×2N과 더불어 현재 예측 유닛의 1/4 크기인 4×4 크기의 블록을 예측 유닛으로 취할 수 있다. 화면 간 예측을 수행할 경우, 가장 작은 부호화 유닛인 8×8 크기의 부호화 블록은 2N×2N, 2N×N, N×2N, N×N 크기의 예측 블록을 취할 수 있으며, 그 이외의 경우에는 2N×2N, 2N×N, N×2N 크기의 예측 블록을 울-왜곡 관점에 따라 선택적으로 취한다^[8].

HEVC는 고효율 모드 (High Efficiency Mode, HE) 와 저복잡 모드 (Low Complexity Mode, LC) 를 정의하고, 사용하는 툴을 각 특징에 맞게 구분하였다. 이 두 모드의 주요 차이점은, 고효율 모드로 부호화를 수행할 경우 부호화기의 내부에서는 비트 해상도를 8비트에서 10비트로 확장한 뒤 부호화를 수행한다는 점이다. 이는 움직임 예측 시 수행하는 보간 필터, 디블로킹 필터 및 적응적 루프 필터의 정확성을 높이기 위함이다. 그리고 부호화 된 후 복원된 영상을 저장하는 복원 영상 버퍼에서도 모든 영상을 10비트의 비트 해상도로 저장해 둔 뒤 예측을 수행할 때 참조한다. 이 때, 10비트의 데이터를 표현하는 자료형은 존재하지 않으므로, 10비트의 비트 해상도를 표현하기 위해 한 픽셀 당 2바이트의 크기로 할당된 뒤 잔여 6비트에 대해서는 0으로

초기화한다. 이와는 반대로, 저복잡 모드의 경우 비트 해상도의 증가 없이 입력 영상의 비트 해상도로 부호화를 수행하며, 이는 일반적으로 8비트이다^[9].

고효율 모드와 저복잡 모드의 또 다른 차이점으로써 변환 유닛의 최대 분할 정도를 들 수 있다. 변환 유닛은 예측 유닛과는 독립적인 쿼드 트리 방식으로 분할한다. 이 때, 변환 유닛은 자신이 속한 부호화 유닛의 크기보다 작거나 같으며, 최소 4×4, 최대 크기는 32×32 크기의 블록 크기를 가진다. 또한, 변환 유닛은 정사각형 모양으로만 분할할 수 있다. 이러한 변환 유닛은 고효율 모드에서는 최대 3단계까지 분할 가능하며 저복잡 모드에서는 2단계까지 분할 가능하다. 예를 들어, 32×32 크기의 부호화 유닛이 결정되었을 때, 고효율 모드에서는 변환 유닛의 크기는 4×4부터 32×32까지 선택 가능하나, 저복잡 모드에서는 8×8 크기부터 32×32 크기까지로 제한된다^[8~9].

HEVC의 화면 내 예측은, 기존 H.264/AVC의 화면 내 예측에 비하여 예측 모드의 개수가 많아진 것이 특징이다. 기존의 방법이 9가지 방향성만을 고려한 반면, HEVC는 예측 유닛 별로 최대 33개의 방향성을 고려한다. 이렇게 함으로써, 예측 시 발생하게 되는 잔차 신호를 보다 효과적으로 줄일 수 있다. 화면 내 예측에 사용되는 각도는 그림 3과 같다.

HEVC는 움직임 벡터 예측치를 구하기 위하여 새로운 기술을 새로 도입하였다. H.264는 1개의 움직임 벡

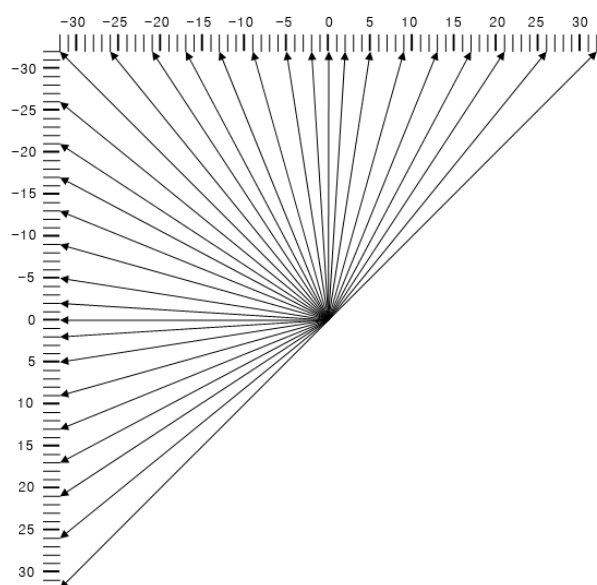


그림 3. 화면 내 부호화의 각도

Fig. 3. Intra prediction angle definition.

터 예측치 (Motion Vector Predictor, MVP)를 가지는 반면, HEVC는 다양한 움직임 벡터 예측치를 갖는다. 이러한 여러 개의 움직임 벡터 예측치를 효과적으로 부호화하기 위하여 적응적 움직임 벡터 예측 기술 (Adaptive Motion Vector Predictor, AMVP) 을 도입하게 되었다. AMVP는 현재 부호화 하고자 하는 블록의 좌측, 상단, 다른 프레임의 동일 좌표에 위치한 블록 등으로부터 움직임 벡터 후보들의 리스트를 구성한다. 모든 리스트가 구성되면 중복된 후보들은 제거한 뒤, 가장 적합한 후보를 선택한다^[9]. 또 다른 움직임 예측 기술로써, 움직임 병합 (Motion Merge) 기술 또한 HEVC에 도입되었다. 움직임 병합 기술은 현재의 예측 유닛 주변에서 화면 간 부호화 된 예측 유닛으로부터 움직임 파라미터 (움직임 벡터, 참조 리스트 인덱스, 예측 방향 인덱스) 를 이용하여 움직임 예측에 사용한다. AMVP와 같이 여러 후보들로 리스트를 구성한 다음, 가장 적합한 후보를 선택하여 복호화기로 전송한다. 이 기술은 모든 예측 유닛에 적용될 수 있으며, 특별한 경우로써 부호화 유닛의 처음 예측 유닛 중 2N×N 또는 N×2N는 반드시 이 기술을 사용해야 한다^[11].

HEVC는 이밖에도 고효율 부호화 틀로써 GPB (Generalized P and B-picture) 방법을 도입하였다. H.264/AVC에서 사용하는 P 슬라이스는 이미 부호화 된, 이전 시간의 슬라이스만을 참조하여 부호화 한 슬라이스이다. 즉, 0번 참조 리스트에만 참조하고자 하는 슬라이스를 삽입하고 1번 참조 리스트에는 어떠한 슬라이스도 삽입하지 않기 때문에, 시간 축을 기준으로 현재 부호화하려는 슬라이스의 과거 슬라이스만 참조하게 된다. 그러나 HEVC의 GPB를 이용하게 되면, P 슬라이스 부호화 시 0번 참조 리스트의 슬라이스를 1번 참조 리스트로 복사하여 삽입하고, 두 개의 참조 리스트로부터 움직임 예측을 수행하기 때문에, P 슬라이스 부호화를 과거와 미래의 슬라이스 모두를 참조하는 B 슬라이스 부호화 방법으로 수행하게 된다.

III. 제안하는 다시점 영상 부호화 방법

초고화질의 자유 시점 디스플레이를 위하여, 깊이 정보 맵을 사용하는 애플리케이션에 적합한 HEVC기반의 부호화기의 개발과 도입이 필요하게 되었다. 따라서 본 논문에서는 초고화질의 다시점 입체 영상과 깊이 정보 맵을 동시에 부호화하는 방법을 제안한다. 다시점의 컬러

러 영상의 경우, 부호화 이득을 취하기 위하여 MVC에서 사용한 시점 간 예측 방법을 차용하였다^[12]. 또한, 깊이 정보 맵도 각각의 컬러 시점에 대응하는 다시점의 비디오 영상으로 이루어져 있기 때문에, 깊이 정보 맵을 부호화할 때에도 시점 간 예측 방법을 이용하여 효율적으로 부호화 하도록 하였다. 그리고 제안하는 부호화 방법은 HEVC 참조 소프트웨어인 HM 2.0^[13]을 기반으로 구현되었다. HM 2.0은 One-Slice One-Frame 구조로 되어 있으므로, 본 논문에서는 프레임과 슬라이스가 같은 단위라 여긴다.

제안하는 부호화 방법의 구조도는 그림 4와 같다. 제안하는 부호화 방법의 입력은, MVC의 방법과 같이 다시점의 영상 중 기본 시점의 영상을 먼저 입력하여 부호화 한 뒤, 정해진 부호화 순서대로 확장 시점의 영상을 입력하여 부호화하는 방법을 사용하였다. 또한, 각각

의 컬러 영상의 시점에 대응하는 깊이 정보 맵을 함께 입력함으로써, 컬러 영상과 깊이 정보 맵이 프레임 단위로 동기화하여 부호화를 수행하도록 설계하였다. 그리고 깊이 정보 맵을 이용하여 새로운 시점을 합성하는 애플리케이션을 지원하기 위하여, 각 시점에 대한 카메라의 파라미터 세트를 함께 부호화하여 전송한다. 제안하는 부호화 방법의 구조는 HEVC의 부호화 구조에 기반한다. 기본 시점의 컬러 슬라이스와 깊이 정보 맵 슬라이스를 부호화 할 때, 시점 간 참조 구조와 깊이 정보 맵을 위한 하이 레벨 신택스의 전송을 제외할 경우 예측 방법과 변환, 양자화, 인-루프 필터 (In-loop Filter) 등의 모든 방법이 HM 2.0과 동일하다. 그러므로 제안하는 부호화기로부터 출력된 기본 시점의 비트스트림은 컬러 영상에 대하여 HM 2.0 복호화기에 역방향 적합성을 지닌다.

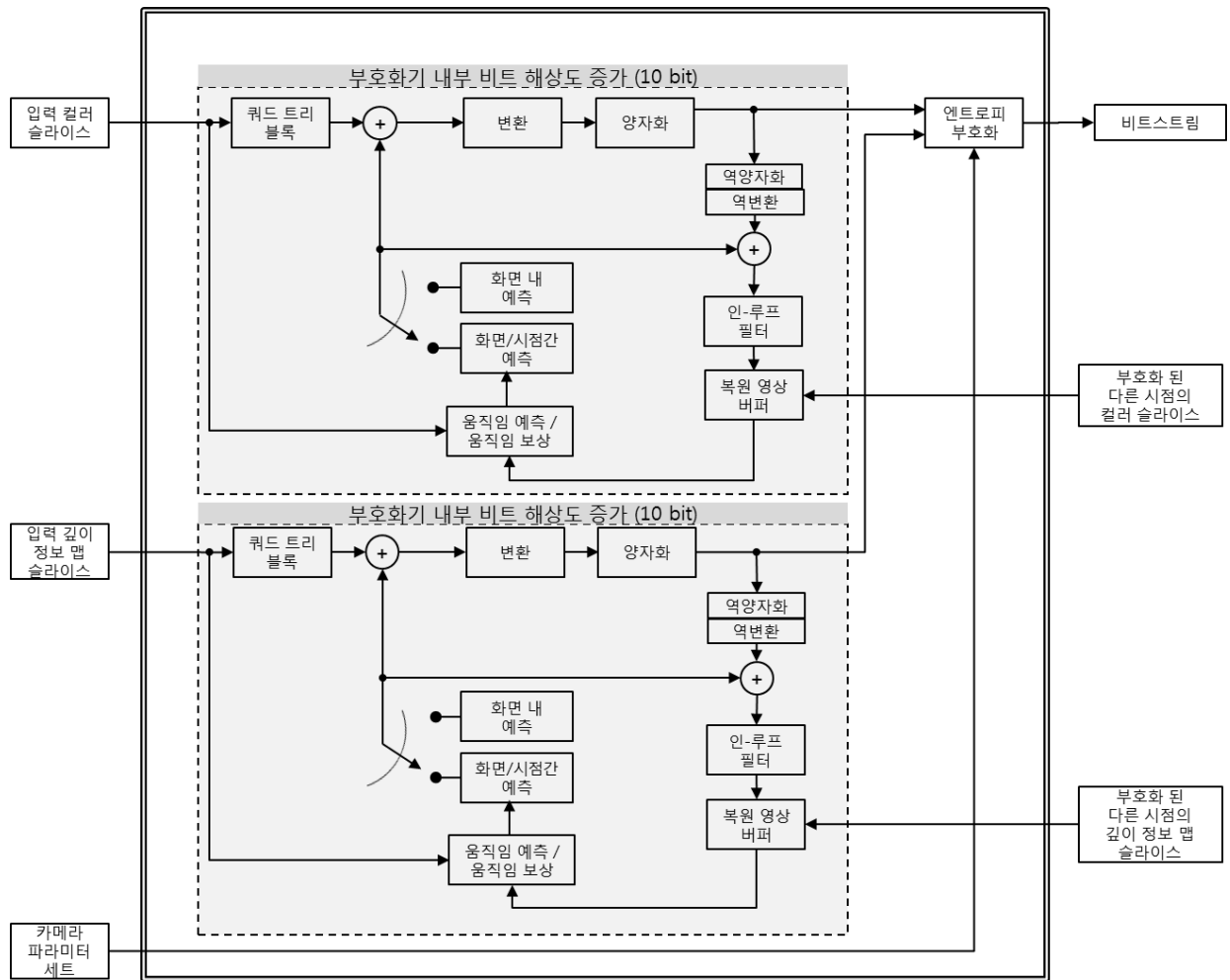


그림 4. 제안하는 다시점 컬러·깊이 정보 맵 부호화기
 Fig. 4. Proposed encoder for multi-view color and depth maps.

1. 참조 구조

컬러 영상과 깊이 정보 맵의 시점 간 참조 구조는 그림 2와 같이 모든 슬라이스를 시점 간 참조하는 방법으로 하되, 시점 간 참조 시에도 시점 내의 화면 간 예측 방법에서의 계층적 참조 구조를 사용하였다. 따라서, 제안한 시스템에서는 그림 5와 같이, 3개의 시점 0, 1, 2에 대한 영상이 존재하고 기본 시점을 0으로 정할 경우, 0번 시점 영상, 2번 시점 영상, 1번 시점 순으로 부호화된다.

움직임 예측 시, 예측 방법은 HEVC의 기술을 이용한다. 그러나 시점 간 참조를 위하여 참조 리스트에 삽입하는 프레임의 구조는 HEVC와 차이가 있다. 기본 시점은 시점 간 참조를 하지 않으므로 참조 리스트의 구조가 HEVC와 완전히 동일하지만, 확장 시점의 경우 이미 부호화 된 시점의 복원된 영상을 읽어 참조 리스트에 삽입한 뒤 부호화한다. 그리고 깊이 정보 맵 또한 컬러 영상을 부호화하는 방법과 같은 방법으로 이전에 부호화 된 시점의 영상을 참조 리스트에 삽입하여 부호화한다.

참조 리스트에 삽입되는 참조 슬라이스의 개수는 0번 참조 리스트와 1번 참조 리스트 모두 3개로 정의한다. 그리고 참조 리스트의 우선순위는 같은 시점의 프레임을 최우선으로 한다. 따라서 각 참조 리스트의 0번에는 같은 시점의 프레임을 삽입하고, 참조 리스트의 1번과 2번 인덱스는 다른 시점의 슬라이스를 삽입한다. 이 때, 다른 시점의 슬라이스는 현재 POC와 같은 슬라이

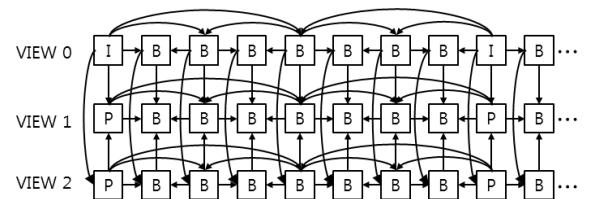


그림 5. 제안하는 부·복호화기의 시점 간 참조구조
Fig. 5. Inter-view prediction structure of the proposed CODEC.

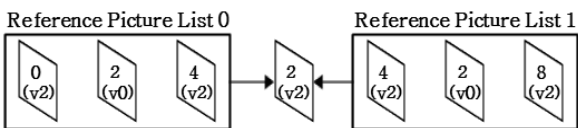


그림 6. 바깥 시점의 POC 2 프레임 부호화 시 참조 리스트 구조
Fig. 6. The structure of reference lists in the case that a frame with POC 2 of outer view is encoded.

스만을 삽입한다.

기존의 H.264/AVC 기반 MVC에서의 참조 리스트 구조는 부호화를 하기 전 우선 순위를 입력함으로써, 다른 시점의 영상이 리스트의 가장 앞에 위치하거나 가장 뒤에 위치하도록 하였다. 그러나 제안하는 방법의 참조구조에서는 2시점의 영상을 부호화 하거나 3시점 영상에서 참조 가능한 다른 시점이 한 개만 존재할 경우, 그림 6과 같이 다른 시점의 영상을 인덱스 1번 위치에 삽입하며, 참조 리스트의 2번은 화면 간 계층적 구조의 방법을 바탕으로 같은 시점의 슬라이스를 삽입한다. 이는 현재 시점의 프레임에 최우선순위를 부여 하는 한편, 같은 시점이면서 시간 축으로 멀리 위치한 프레임보다 다른 시점의 같은 시간대에 위치한 영상에 더 우선순위를 부여함을 의미한다. 그리고 HEVC의 GPB 개념을 시점 간 참조 구조에 삽입하여, 0번 참조 리스트 뿐만 아니라 1번 참조 리스트의 1번 인덱스에 0번 리스트의 1번 인덱스를 복사하여 삽입한다.

3시점의 중간 시점 영상을 부호화 할 때는, 시점 간 참조 구조에도 계층적 참조 구조를 차용하였다. 화면 간 참조 구조에서 현재 부호화 하고자 하는 슬라이스의 POC에 따라 0번 참조 리스트와 1번 참조 리스트의 내용이 서로 다르듯이, 시점 간 참조 구조에 따라 0번 참조 리스트와 1번 참조 리스트가 서로 다르다. 예를 들어, 그림 5와 같은 참조구조를 가지는 영상의 중간 시점을 부호화 할 경우, 참조 리스트 0번과 1번에 삽입된 슬라이스의 시점 정보는 각각 차례대로 1, 0, 2와 1, 2, 0이 된다. 이와 같은 참조 리스트 구조를 그림 7에 나타내었다. 참조 리스트를 정렬하고 난 뒤의 예측 방법과 변환, 양자화 과정, 엔트로피 부호화 과정은 HEVC 참조 소프트웨어의 방법을 따른다.

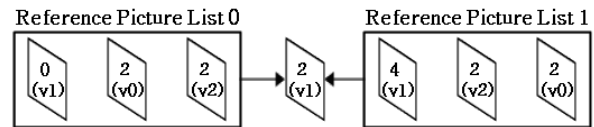


그림 7. 중간 시점의 POC 2 프레임 부호화 시 참조 리스트 구조
Fig. 7. The structure of reference lists in the case that a frame with POC 2 of center view is encoded.

2. 하이 레벨 신택스

기존의 H.264/AVC MVC에서 여러 시점의 컬러 영상이 비트스트림에 혼합되어 출력된 것과 달리, 제안하

는 부호화 방법은 한 시점에 대하여 컬러 영상과 깊이 정보 맵이 프레임 단위로 혼합된 한 개의 비트스트림을 출력한다. 또한 복호화기에서 복호화 된 영상을 합성할 수 있도록, 이에 필요한 카메라 파라미터를 모든 시점에 대하여 필수적으로 전송해야 한다. 그러므로 제안하는 방법은 기존의 SEI 메시지로 전송하던 카메라 파라미터 세트를 새로운 NAL 타입으로 정의하여 전송한다. 카메라 파라미터 세트는 컬러와 깊이 정보 맵의 시퀀스 파라미터 세트 (Sequence Parameter Set, SPS) 와 픽처 파라미터 세트 (Picture Parameter Set, PPS) 를 전송한 이후 전송한다. 카메라 파라미터 전송 시 복호화된 카메라 파라미터 세트가 어떤 시점에 대응되는지 알려주어야 하고, 확장 시점의 영상이 기본 시점의 영상을 참조할 수 있도록 기본 시점 또한 영상의 시점 정보를 전송해야 한다. 따라서 기본 시점의 컬러 슬라이스를 부호화하기 전에 자신의 시점 정보를 알려주는 프리픽스 날 (Prefix NAL) 을 전송한다.

확장 시점 영상 부호화 시, 시점 간 참조 구조를 위해 새로운 날 타입을 정의하고 서브 시퀀스 파라미터 세트를 정의하였다. 서브 시퀀스 파라미터 세트 구조는 기본적으로 H.264/AVC MVC의 구조를 따르되, 깊이 정보 맵의 정보도 부호화 할 수 있도록 해당 프레임이 컬러 영상인지 깊이 정보 맵 영상인지 플래그를 전송하여 구분한다. 따라서 제안하는 방법의 서브 시퀀스 파라미터 세트에는 컬러 영상/깊이 정보 맵 표시 플래그, 해당 영상의 시점, 시점 간 참조 구조 정보 등이 포함된다. 이 때, 확장 시점의 비트스트림은 서브 시퀀스 파라미터 세트로부터 시점의 정보를 바로 알 수 있으므로, 컬러 영상의 서브 시퀀스 파라미터 세트를 전송한 후 카메라 파라미터 세트를 부호화하여 전송한다.

IV. 실험

제안하는 부·복호화기의 효율을 검증하기 위하여, HM 2.0^[13]을 이용하여 각각의 컬러 영상과 깊이 정보 맵을 시점 별로 부호화한 뒤 제안하는 방법과 비교하였다. 시점의 개수를 2개 시점과 3개 시점을 부호화하는 경우로 나누어, 시점 간 참조 구조가 HEVC에 기반하여도 효율적임을 검증하였다. 실험 영상은 MPEG의 3DV 그룹에서 표준화를 위해 사용하는 영상^[14-19]으로 실험을 하였으며, 이 영상의 크기는 1024×768p와 1920×1088p로 이루어져 있다. 각 영상 별 실험 조건은

표 1. 실험 조건

Table 1. Test conditions.

영상 포맷	YUV 4:2:0	
예측 구조	Hierarchical B	
부호화 모드	High Efficiency Mode	
해상도 및 프레임율	영상 이름	프레임 수
1920×1088p (25 Hz)	Poznan_Hall2	200 Frames
	Poznan_Street	250 Frames
	Dancer	250 Frames
	GT_Fly	250 Frames
1024×768p (30 Hz)	Kendo	300 Frames
	Balloons	300 Frames
	Lovebird1	240 Frames
	Newspaper	300 Frames

표 2. 각 영상 별 양자화 파라미터

Table 2. Quantization parameters for each sequence.

영상 이름	2-View Case	3-View Case
Poznan_Hall2	37, 41, 45, 49	37, 41, 45, 49
Poznan_Street	39, 43, 47, 51	39, 43, 47, 51
Dancer	43, 45, 49, 51	41, 45, 47, 51
GT_Fly	41, 43, 47, 51	39, 43, 47, 51
Kendo	39, 43, 45, 49	39, 43, 47, 51
Balloons	39, 43, 47, 49	39, 43, 47, 51
Lovebird1	39, 43, 47, 49	39, 43, 47, 51
Newspaper	41, 45, 47, 51	39, 45, 49, 51

표 3. 각 영상 별 입력 시점 정보

Table 3. Input views for each sequence.

영상 이름	2-View Case	3-View Case
Poznan_Hall2	7-6	7-6-5
Poznan_Street	4-3	5-4-3
Dancer	2-5	1-5-9
GT_Fly	5-2	9-5-1
Kendo	3-5	1-3-5
Balloons	3-5	1-3-5
Lovebird1	6-8	4-6-8
Newspaper	4-6	2-4-6

표 1과 같으며, 양자와 파라미터는 표 2를 사용하였다. 실험 조건과 각 영상별 양자화 파라미터 값들은 MPEG의 3DV 그룹에서 진행하는 Call for Proposals의 앵커 조건과 동일하다. 표 3은 여러 시점의 영상 중에서 테스트를 위해 선택된 영상의 시점 정보이다. 예를 들어, Kendo 영상의 경우, 여러 대의 카메라를 이용하여 영상을 취득하였지만, 테스트를 위해 사용되는 영상은 2개 시점에 대해서는 3번 시점 영상과 5번 시점의 영상을 사용하기로 약속 하였고, 3시점 부호화의 경우는 1번, 3번, 5번 시점의 영상을 사용하기로 약속 되어 있으며, 선택된 영상의 시점간 거리는 약 5.5cm~6.5cm 사이이다. 그리고 시점 아이디의 숫자가 원 편에 있는 쪽이 원

쪽 영상이다. 예를 들어, GT_Fly 영상의 경우, 시점의 아이디는 5번과 2번이지만 이 때 5번이 왼쪽 영상이고 2번이 오른쪽 영상이기 때문에 표 3과 같이 표기한다.

HM 2.0은 시점 간 참조 구조와 깊이 정보 맵을 부호화 하기 위한 하이 레벨 신택스, 카메라 파라미터를 부호화하는 방법 등이 정의 되어 있지 않으므로, 기본 시점에 대해서도 비트율과 PSNR이 달라질 수 있다.

1. 2시점에 대한 부호화 효율

시점의 개수가 2개인 스테레오스코픽 영상에 대한 컬러 영상과 깊이 정보 맵의 BD bitrate^[20] 비교 실험 결과는 표 4와 표 5에 정리하였다.

표 4, 표 5를 통하여, 컬러 영상과 깊이 정보 맵 모두 시점 간 참조를 통하여 부호화 이득이 있음을 알 수 있다. 특히, 표 4의 Poznan_Street, Lovebird1, Newspaper 영상은 부호화 효율이 매우 높는데, 이 영상들은 카메라의 위치가 고정되어 있으며, 배경에 비하여 객체들의 크기가 작아 전체적으로 영상에서 변화하는 부분이 적기 때문으로 판단된다. 또한, CG (Computer Generated) 영상인 Dancer, GT_Fly 영상 또한 자연 영상과 같이 시점 간 참조를 통한 부호화 이득이 있음이 관측된다. 제한하는 방법의 부호화 효율이 H.264/AVC 확장 표준 MVC를 통해 얻는 부호화 효율에 비하여 큰 이유는 여러 가지가 있겠으나, 가장 큰 이유는 3DV의 참조 영상들 대부분이 배경이 크고 고정적인 영역이 많으며, 움직이는 객체가 배경에 비해 작기 때문에 움직임 생략 모드 (Skip mode) 가 많이 발생하기 때문으로 판단된다. 이는 MPEG 3DV에 기고된 내용을 살펴보면, MVC를 이용하여 같은 실험 영상을 부호화 하였을 때에도

표 5. 2시점에 대한 깊이 정보 맵의 부호화 효율
Table 5. Coding efficiency for 2-view depth maps.

영상 이름	기본시점	바깥시점
	Y BD rate	Y BD rate
Poznan_Hall2	4.02	7.39
Poznan_Street	4.55	-35.66
Dancer	2.69	-10.85
GT_Fly	3.74	-2.72
Kendo	2.68	3.85
Balloons	3.58	-11.59
Lovebird1	3.70	-19.21
Newspaper	2.94	-28.29
Average	3.49	-12.14

비슷한 양상을 보인 내용이 기고된 바 있다^[21].

표 5는 각각의 깊이 정보 맵에 대한 시점 간 참조를 이용한 부호화 효율이다. 깊이 정보 맵은 색차 신호가 모두 128로 입력되어 있기 때문에 이에 대한 부호화 성능은 무의미하므로 Y 성분에 대해서만 표시하였다. 깊이 정보 맵의 부호화 결과로부터, 컬러 영상의 경우와 같이 시점 간 참조를 통한 부호화 이득을 확인할 수 있으나, 그 정도가 컬러 영상의 결과에 비하여 적은 양상을 보인다. 특히, Poznan_Hall2, Kendo에 대한 깊이 정보 맵 부호화 성능이 오히려 줄어든 결과를 볼 수 있다. 그 이유는 전체적으로 깊이 정보 맵의 시점 간 유사성이 컬러 영상에 비해 적기 때문이며, 특히 Poznan_Hall2은 글로벌한 카메라의 움직임에 따른 깊이 정보 변화에 의하여 프레임 간의 불일치 영역이 많고, Kendo영상은 연기, 조명 등에 대한 깊이 정보의 값이 정확하지 않고 프레임 별로 매우 변화무쌍하기 때문에 컬러 영상에 비하여 움직임 벡터를 탐색하는 데에 어려움이 있는 것으로 여겨진다.

표 4. 2시점에 대한 컬러 영상의 부호화 효율
Table 4. Coding efficiency for 2-view color sequences.

영상 이름	기본시점			바깥시점		
	Y BD	U BD	V BD	Y BD	U BD	V BD
	-rate	-rate	-rate	-rate	-rate	-rate
Poznan_Hall2	2.07	2.20	2.23	-52.00	-45.17	-44.95
Poznan_Street	0.89	1.46	1.12	-79.90	-79.52	-80.58
Dancer	0.94	1.13	1.14	-48.17	-35.20	-39.53
GT_Fly	1.16	1.28	1.23	-25.48	-12.84	-10.94
Kendo	1.80	1.93	1.77	-31.36	-16.05	-23.92
Balloons	1.42	1.48	1.47	-53.02	-48.82	-42.21
Lovebird1	1.39	1.14	1.31	-81.57	-79.62	-80.16
Newspaper	1.60	1.66	1.63	-70.07	-66.22	-66.34
Average	1.41	1.53	1.49	-55.20	-47.18	-48.58

2. 3시점에 대한 부호화 효율

시점의 개수가 3개인 다시점 영상에 대한 컬러 영상과 깊이 정보 맵의 BD bitrate 비교 실험 결과는 표 6 및 표 7에 정리하였다.

표 6, 표 7을 통하여, 3시점에 대한 다시점 부호화 시에도 컬러 영상과 깊이 정보 맵 모두에서 효율이 있음을 알 수 있다. 그리고 컬러 영상과 깊이 정보 맵의 평균 부호화 효율 수치에서 중간 시점의 영상이 바깥 시점의 부호화 효율보다 조금 더 높은 것으로 보아, 시간적 유사성에 근거한 화면 간 부호화에서 여러 장의 참조 영상을 참조하여 부호화 효율을 높이는 것과 같이, 공간적 유사성에 근거한 시점 간 참조 영상을 이용하여 더욱 부호화 효율을 높일 수 있음을 도출해 낼 수 있다.

또한, 3시점 부호화 효율의 결과에서 바깥 시점의 결과를 보면, 전체적으로 2시점의 바깥 시점 부호화 결과에 비하여 적은 수치를 보인다. 이는 다시점 부호화의 순서와 시점 간 거리로부터 기인한 것으로 보인다. 예를 들어, Poznan_Hall2의 경우 2시점 영상 부호화 시는 7-6, 3시점 부호화 시에는 7-5-6의 시점 순서로 부호화 한다. 부호화 순서를 보면, 3시점 부호화 시에는 기본 시점과 바깥 시점의 거리가 더 멀어지는 것을 알 수 있다. 그러므로 2시점에 비하여 영상 간의 유사한 영역이 적어지기 때문에 부호화 효율이 2시점 영상을 부호화 할 때의 경우보다 적어질 것이라고 보는 것이 타당하다.

표 7은 3시점에 대한 깊이 정보 맵의 부호화 효율에 대한 결과를 정리한 표이다. 컬러 영상에서 나타나는 특성과 비슷하게, 깊이 정보 맵의 부호화 결과 또한 대부분의 영상에서 컬러 영상의 부호화 결과와 상응하는 모습을 보인다. 그러나 2시점 깊이 정보 맵의 결과로부

표 7. 3시점에 대한 깊이 정보 맵의 부호화 효율
Table 7. Coding efficiency for 3-view depth maps.

영상 이름	기본 시점	중간 시점	바깥 시점
	Y BD-rate	Y BD-rate	Y BD-rate
Poznan_Hall2	4.02	7.35	6.93
Poznan_Street	4.69	-37.62	-35.59
Dancer	4.29	-11.50	-8.53
GT_Fly	1.84	-6.77	-4.51
Kendo	1.83	7.05	7.20
Balloons	3.37	-10.38	-11.45
Lovebird1	4.41	-18.01	-15.87
Newspaper	2.81	-35.33	-29.12
Average	3.41	-13.15	-11.37

터 Poznan_Hall2와 Kendo 영상에서 손실이 발생했던 것과 같이, 3시점 부호화 결과에서도 비슷한 결과를 보이며, 중간 시점 부호화 결과를 보면 오히려 약간의 손실이 있음을 알 수 있다. 또한 Balloons 깊이 정보 맵의 결과에서도 중간 시점 부호화 결과가 바깥 시점의 부호화 결과에 비하여 약간의 손실이 발생하였다. 이들 영상의 공통점은, 카메라와 객체가 함께 움직이는 글로벌 움직임이 있는 영상이라는 점이다. 그러나 GT_Fly 영상은 글로벌 움직임이 있음에도 불구하고 중간 시점에서 부호화 이득을 얻을 수 있었다. 그 이유는 CG영상의 특성에 의해 GT_Fly 깊이 정보 맵이 나머지 세 깊이 정보 맵에 비하여 프레임, 시점 간의 유사성이 아주 높기 때문이다. 따라서 깊이 정보 맵의 경우 글로벌한 움직임이 있는 영상에서 깊이 정보 맵의 프레임 간 유사성이 높지 않을 경우, 카메라가 고정된 영상에 비해 시점 간 부호화에 의하여 손실이 발생할 수 있다고 결론 지을 수 있다.

표 6. 3시점에 대한 컬러 영상의 부호화 효율
Table 6. Coding efficiency for 3-view color sequences.

영상 이름	기본 시점			중간 시점			바깥 시점		
	Y	U	V	Y	U	V	Y	U	V
	BD-rate	BD-rate	BD-rate	BD-rate	BD-rate	BD-rate	BD-rate	BD-rate	BD-rate
Poznan_Hall2	2.07	2.20	2.23	-52.55	-45.41	-44.28	-52.92	-46.50	-40.40
Poznan_Street	0.91	1.02	1.00	-82.72	-80.19	-80.15	-78.26	-74.39	-76.42
Dancer	0.79	0.96	1.47	-49.66	-34.75	-32.50	-47.75	-43.70	-43.63
GT_Fly	1.24	1.24	1.25	-26.50	-11.72	-10.29	-24.94	-11.87	-10.56
Kendo	2.04	2.26	2.09	-32.14	-21.59	-24.03	-30.36	-17.30	-21.86
Balloons	0.52	3.06	3.00	-55.25	-45.62	-43.92	-53.65	-43.14	-41.56
Lovebird1	1.51	1.30	1.34	-81.86	-80.56	-80.16	-80.78	-78.23	-78.85
Newspaper	1.74	1.77	1.76	-68.87	-65.00	-65.23	-67.69	-62.74	-61.93
Average	1.35	1.73	1.77	-56.19	-48.11	-47.51	-54.54	-62.74	-46.91

V. 결 론

본 논문에서는 HEVC 기술을 기반으로 하는 다시점의 컬러 영상 및 깊이 정보 맵에 대한 비디오 부호화 방법에 대하여 제안하였다. 제안하는 다시점 컬러 영상 및 깊이 정보 맵 부호화기는 컬러 영상의 확장 시점에 대하여 단일 시점 부호화 대비 55% 내외의 부호화 효율을 얻을 수 있었으며, 깊이 정보 맵의 경우에도 마찬가지로 확장 시점에 대하여 단일 시점 부호화 대비 10% 내외의 부호화 이득이 있었다. 제안하는 다시점 컬러 영상 및 깊이 정보 맵 부호화기는 같은 시점의 컬러 영상과 깊이 정보 맵이 동시에 입력되고, 컬러 영상과 깊이 정보 맵이 슬라이스 단위로 동기화되기 때문에, 컬러 영상의 부호화 정보를 깊이 정보 맵의 부호화 시에 참조하거나 그 반대의 방법을 사용하는 인터 컴포넌트 (Inter-component) 참조 방법 등에 대하여 고려할 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] 박시내, 심동규, “다시점 비디오 코딩,” 대한전자공학회 2008년 하계학술대회 논문집, 57-60쪽, 강원도 평창, 한국, 2008년 6월
- [2] 심동규, 조현호, 남정학, “HEVC (High efficiency video coding) 최신 표준화 동향,” 한국멀티미디어 학회지, 제14권, 제2호, 1-15쪽, 2010년 6월
- [3] Philipp Merkle, Aljoscha Smolic, Karsten Müller, Thomas Wiegand, “Multi-view video plus depth representation and coding,” in Proc. IEEE Int. Conf. Image Process, pp. I-201-I-204, San Antonio, TX, USA, September 2007.
- [4] 남정학, 황능주, 조광신, 심동규, 이수연, 방건, 허남호, “3차원 영상을 위한 깊이 영상 압축 방법,” 방송공학회논문지, 제15권, 제5호, 703-706쪽, 2010년 9월
- [5] “Call for Proposals on 3D Video Coding Technology,” ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, Doc. N12036, 96th MPEG meeting, Geneva, Switzerland, March 2011.
- [6] 박시내, 심동규, 전병우, “조명보상 기반 분산 다시점 비디오 코딩,” 전자공학회 논문지, 제45권, SP 편, 제6호, 17-26쪽, 2008년 11월
- [7] 박시내, 심동규, “다시점 비디오 부호화 기술,” 방송공학회지, 제14권, 제2호, 45-52쪽, 2009년 6월
- [8] T. Wiegand, W.-J. Han, B. Bross, J.-R. Ohm, G. J. Sullivan, “WD2: Working draft 2 of high-efficiency video coding,” Joint Collaborative Team on Video Coding (JCT-VC) of ITU-T SG16 WP3 and ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, JCTVC-D503, Daegu, Korea, January 2011.
- [9] K. McCann, B. Bross, S. Sekiguchi, W. -J. Han, “High efficiency video coding (HEVC) test model 2 (HM 2) encoder description,” Joint Collaborative Team on Video Coding (JCT-VC) of ITU-T SG16 WP3 and ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, JCTVC-D502, Daegu, Korea, January 2011.
- [10] 최해철, “HEVC 화면 내 예측 및 부호화,” 전자공학회지, 제38권, 제8호, 609-615쪽, 2011년 8월
- [11] T. K. Tan, W.-J. Han, B. Bross, J.Jung, K. McCann, Y. Suzuki, G. Clare, H. Schwarz, A. Fujibayashi, “BoG report of CE9 : Motion vector coding,” Joint Collaborative Team on Video Coding (JCT-VC) of ITU-T SG16 WP3 and ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, JCTVC-D441, Daegu, Korea, January 2011.
- [12] Woong Lim, Junghak Nam, Hyomin Choi, Donggyu Sim, “High efficiency CODEC for multi-view video,” Three dimensional systems and applications (3DSA) 2011, pp. 261-264, Seoul, Korea, June 2011.
- [13] HEVC reference software version 2.0, https://hevc.hhi.fraunhofer.de/svn/svn_HEVCSoftware/tags/HM-2.0.
- [14] Marek Domański, Tomasz Grajek, Krzysztof Klimaszewski, Maciej Kurc, Olgierd Stankiewicz, Jakub Stankowski, Krzysztof Wegner “Poznań Multiview Video Test Sequences and Camera Parameters,” ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, Doc. M17050, Xian, China, October 2009.
- [15] Masayuki Tanimoto, Toshiaki Fujii, Mehrdad Panahpour Tehrani, Menno Wildeboer, Norishige Fukushima, Hisayoshi Furihata, “Moving Multiview Camera Test Sequences for MPEG-FTV,” ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, Doc. M16922, Xian, China, October 2009.
- [16] Jun Zhang, Ri Li, Houqiang Li, Dmytro Rusanovskyy, Miska M. Hannuksela, “Ghost Town Fly 3DV sequence for purposes of 3DV standardization,” ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, Doc. M20027, Geneva, Switzerland, March 2011.
- [17] Payman Aflaki, Dmytro Rusanovskyy, Miska M. Hannuksela, “Undo Dancer 3DV sequence for purposes of 3DV standardization,” ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, Doc. M20028, Geneva, Switzerland, March 2011.
- [18] Gi-Mun Um, Gun Bang, Namho Hur, Jinwoong Kim, Yo-Sung Ho, “3D Video Test Material of

Outdoor Scene,” ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, Doc. M15371, Archamps, France, April 2008.

[19] Yo-Sung Ho, Eun-Kyung Lee, and Cheon Lee, “Multiview Video Test Sequence and Camera Parameters,” ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, Doc. M15419, Archamps, France, April 2008.

[20] G. Bjøntegaard, “Calculation of average PSNR differences between RD-Curves,” ITU-T SG16/Q.6, Doc. VCEG-M33, Texas, The United States of America, April 2001.

[21] S. Yoo, W. Lim, D. Sim, S.-J. Oh, “Performance evaluation of multi-view video and depth data with AVC and HEVC,” ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, Doc. M19594, Geneva, Switzerland, March 2011.

— 저 자 소 개 —



유 선 미(학생회원)
2011년 광운대학교 컴퓨터공학과 학사.
2011년~현재 광운대학교 컴퓨터 공학 석·박사통합과정.
<주관심분야 : 영상압축, 컴퓨터 비전, 영상신호처리>



남 정 학(학생회원)
2006년 광운대학교 컴퓨터공학과 학사.
2008년 광운대학교 컴퓨터공학과 석사.
2008년~현재 광운대학교 컴퓨터 공학 박사과정.
<주관심분야 : 영상압축, 멀티프로세서>



임 웅(학생회원)
2008년 광운대학교 컴퓨터공학과 학사.
2010년 광운대학교 컴퓨터공학과 석사.
2010년~현재 광운대학교 컴퓨터 공학 박사과정.

<주관심분야 : 영상압축, 컴퓨터 비전, 영상신호 처리>



심 동 규(정회원) -교신저자
1999년 서강대학교 전자공학과 공학박사.
1999년~2000년 (주) 현대 전자.
2000년~2002년 (주) 바로 비전.
2002년~2005년 Univ. of Washington.

2005년~현재 광운대학교 컴퓨터공학과(부교수).
<주관심분야 : 영상신호처리, 영상압축, 컴퓨터비전>



정 원 식(정회원)
1992년 경북대학교 전자공학과 공학사.
1994년 경북대학교 전자공학과 공학석사.
2000년 경북대학교 전자공학과 공학박사.

2000년 5월~현재 한국전자통신연구원(ETRI) 방송통신융합연구부문 방송시스템연구부 실감방송시스템연구팀 팀장.

<주관심분야 : 3DTV 방송시스템, 모바일 방송시스템, 영상처리 및 압축, MPEG 등>



허 남 호(정회원)
1992년 포항공과대학교 전자공학과 공학박사.
1994년 포항공과대학교 대학원 전자전기공학과 공학석사.
2000년 포항공과대학교 전자전기공학과 공학박사.

2000년 5월~현재 한국전자통신연구원(ETRI) 방송통신융합연구부문 방송시스템연구부 부장.

<주관심분야 : 3DTV, 3D DMB, 제어 및 전력전자>