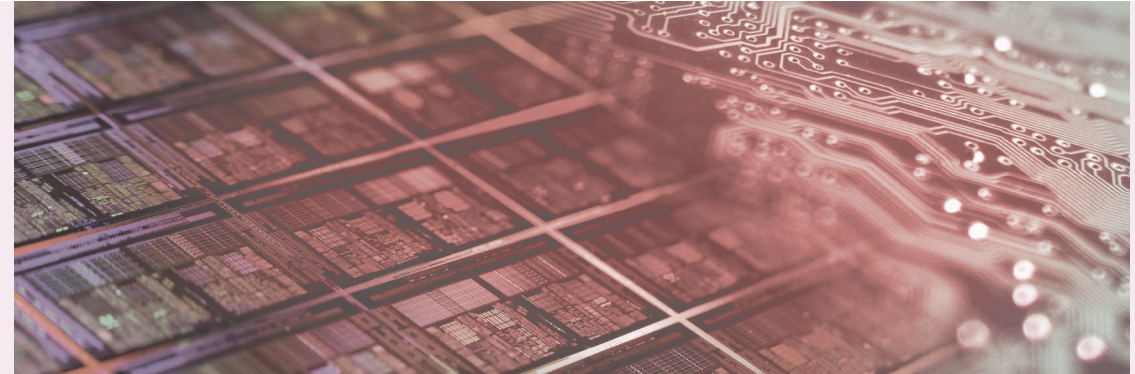


3차원 비디오 압축 표준기술의 기술동향



광주과학기술원 실감방송연구센터
 호요성 교수
 연구분야 : 영상신호처리, 영상압축, 3DTV, MPEG/HEVC
 E-Mail : hoyo@gist.ac.kr
 http://vclab.kjist.ac.kr/



본문주요도움

3차원 비디오 압축 기술의 필요성

2000년대 후반부터 3차원 영화들이 상업적으로, 또한 평론적으로 큰 성공을 하면서 3차원 비디오에 대한 대중들의 관심이 높아졌다. 3차원 비디오는 2차원 비디오에 깊이감이 더하여져 시청자가 입체감을 느낄 수 있다. 입체감을 느낄 수 있는 원리는 사람의 좌우 눈이 시점 차가 있는 영상을 인식함에서 비롯된다. 이 때문에 3차원 TV를 통해서 입체감을 느끼려면 입체 안경을 써야 한다. 제조사에 따라 편광 원리를 사용하거나 좌안과 우안을 번갈아 여는 방식의 셔터글라스(shutter glasses)를 사용한다. 3차원 비디오는 이제 영화뿐만 아니라 광고, 다큐멘터리, 스포츠 중계 등으로까지 사용되는 분야가 늘어났으며 이 추세는 앞으로도 계속 이어질 전망이다.

현재 주로 이용되는 3차원 비디오 기술은 약간의 거리를 둔 카메라로 영상을 획득하고 이를 시청자의 두 눈에 독립적으로 비추는 방법이다. 이는 간단하다는 장점이 있지만, 시청자의 위치 등과 같은 시청 환경에 따라 입체감이 급격히 달라지는 단점 또한 있다. 따라서 이를 극복하려면 자유시점(free viewpoint)을 기반으로 한 3차원 비디오 기술을 사용해야 한다 [1]. 이러한 시스템을 이용하면 사용자가 자유롭게 시청 시점을 변경하여 더욱 다양한 종류의 3차원 디스플레이에 재현 가능해진다.

3차원 비디오 시스템은 스테레오 카메라, 깊이 카메라, 다시점 카메라 등으로부터 영상을 획득하여 이를 부호화해서 비트스트림을 전송하고, 수신단에서 복호화가 완료되면 디스플레이에 영상을 재현하는 과정을 포함한다. 그림 1은 3차원 비디오 시스템의 구조를 나타낸다.

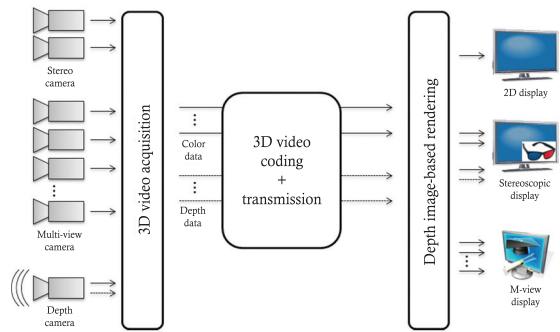


그림 1. 3차원 비디오 시스템의 구조

3차원 비디오는 데이터량이 막대하다. 깊이영상이 추가되고 한 개

의 시점이 아니라 여러 개의 시점 영상이 부호화되기 때문이다. 따라서 효율적인 압축을 위해서는 중복성을 이용해야 한다. 시공간적 중복성, 시점 간 중복성, 색상영상과 깊이영상의 유사성 등을 고려한 기술들이 표준화에서 연구되고 있다.

이러한 기술들은 기본적인 2차원 비디오 부호기에 확장되어 3차원 비디오 부호기를 이루게 된다.

JCT-3V의 3차원 압축 표준기술 개발

JCT-3V(Joint Collaborative Team on 3D Video Coding Extension Development)는 국제 표준화 기구인 ITU-T 산하의 VCEG(Video Coding Experts Group)과 ISO/IEC 산하의 MPEG(Moving Picture Experts Group)이 상호 협력하여 만든 그룹이다. JCT-3V는 MPEG에서 진행되던 3D Video Coding 그룹의 작업들을 바탕으로 2012년 7월 첫 회의를 했으며 현재도 계속 표준화가 진행 중이다.

3차원 비디오 부호기는 바탕이 되는 2차원 비디오 부호기가 있어야 하는데 현재 JCT-3V 표준화 작업에서는 AVC(Advanced Video Coding)와 HEVC(High Efficiency Video Coding) 이렇게 두 가지를 사용한다 [2].

이들을 바탕으로 한 3차원 비디오 부호기를 각각 3D-AVC, 3D-HEVC라고 부른다. AVC는 2003년에 완성된 표준이며 현재 시장에서 널리 쓰이고 있고 굉장히 성공적인 비디오 압축 표준으로 평가받는다. 시간이 흐름에 따라 고해상도 비디오 압축 기술이 필요해졌고 이에 따라 HEVC가 개발되었다. HEVC는 2013년 1월에 최종 표준안이 완성되었으며 AVC에 비해 약 2배의 압축 성능을 보이는 차세대 기술이다 [3].

3차원 비디오 압축의 요구사항

부호화 효율

3차원 비디오 부호화 압축에서 한 시점에 대한 색상영상과 깊이영상의 비트율이 다른 표준을 사용해 색상영상을 부호화했을 때의 비트율보다 두 배 이상 높지 않아야 한다 [4].

또한 비트율 조절을 통해 3차원 영상의 화질을 평가하는 기준이 되는 합성 영상의 화질을 조절하는 기능이 있어야 한다.

전방향 호환성 (Forward compatibility)

3차원 비디오 부호기는 압축 기술들이 2차원 비디오 부호기를 바탕

으로 하게 된다. 현재 표준화에서는 AVC와 HEVC가 사용되고 있다. 3차원 비디오 압축 결과의 비트스트림은 기존 2차원 비디오 부호기로 기존 시점을 복호화될 수 있어야 한다. 이는 모노 비디오나 스테레오 비디오 모두에 해당한다.

시점 계위성 (View scalability)

비트스트림을 복호화할 때 사용자가 원하는 시점의 영상을 복원할 수 있어야 한다.

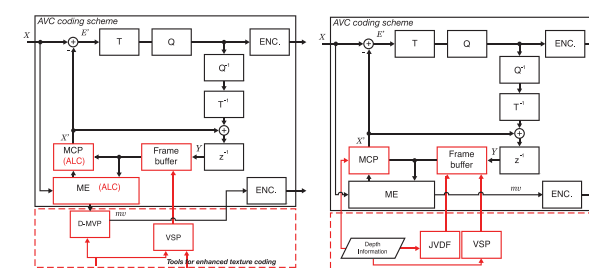
3D-AVC

3D-AVC를 개발하기 시작하기 전에 이미 AVC를 이용한 다시점 비디오 압축 표준은 존재했는데 이는 MVC(Multi-view Video Coding)이다 [5]. MVC에서는 색상영상과 깊이영상을 독립적으로 부호화한다.

즉, AVC에서 추가된 기술은 시점 간 중복성을 사용한 방법이다. 색상영상과 깊이영상은 움직임 정보 등이 유사하기 때문에 이를 부호기에서 활용하면 더 좋은 압축 성능을 얻을 수 있다.

따라서 시점 간 중복성 뿐만 아니라 색상영상과 깊이영상의 연관관계도 고려하는 압축 기술을 선보이게 3D-AVC 표준화가 시작되었다.

그림 2는 3D-AVC의 색상영상 부호화와 깊이영상의 부호화 구조를 나타낸다. 그림에서 검정색 부분은 기존 AVC의 순서도이다. 빨간색으로 표시된 부분들은 3차원 비디오 부호화를 위해 추가된 기술들을 나타낸다.



(a) 색상영상 부호화

(b) 깊이영상 부호화

그림 2. 3D-AVC의 구조

부호화 구조

JCT-3V의 표준화 작업에서 기고되는 기술들을 평가할 때 실험 시퀀스마다 지정된 3개의 시점을 색상영상과 깊이영상으로 모두 부호화한 결과를 확인한다. 따라서 총 6개의 시점이 부호화된다. 어떤 영상을 먼저 부호화하느냐에 따라 참조 정보가 달라지기 때문에 부호화 구조는 3차원 비디오 부호기에서 틀이 된다고도 할 수 있다 [6].

부호화 순서를 효과적으로 설명하기 위해서 색상영상을 T, 깊이영상을 D라하고 3개 시점에서 가운데 기준 시점을 0, 나머지 참조 시점들을 0과 1이라 칭하겠다.

기준시점이라 함은 3개 시점에서 가운데 시점을 뜻한다. 나머지 참조 시점들 0과 1은 각각 기준시점의 왼쪽일 수도 있고 오른쪽일 수도 있는데 이는 실험 시퀀스에 따라 다르게 설정되어 있다.

3D-AVC의 부호화 순서는 T0-D0-D1-D2-T1-T2이다 [7]. 이를 깊이 우선 부호화(depth first coding)이라고도 하며 참조시점의 색상영상들을 부호화할 때 기준시점의 색상영상과 모든 시점에서의 깊이영상들이 참조정보가 된다.

깊이영상 해상도

깊이영상의 해상도는 원본 해상도에서 수평과 수직으로 각각 반으로 줄인 크기를 사용한다. 따라서 전체적인 크기는 색상영상 해상도의 1/4이다.

이 작업을 다운샘플링이라고 하며 이를 수행하는 이유는 깊이영상은 상대적으로 색상영상보다 단순하고 덜 중요하기 때문이다. 다운샘플링해서 부호화하고 복호화 후에 업샘플하면 영상의 화질은 해상도 변경이 없었을 때에 비해 떨어질 수밖에 없지만, 비트율을 크게 낮출 수 있다는 장점이 있다. 그림 3은 다운샘플된 깊이영상을 나타낸다.



그림 3. 다운샘플된 깊이영상 (1/4 크기)

주요 기술

표 1은 3D-AVC에서 사용하는 기술들을 정리한 것이다.

표 1. 3D-AVC 부호화 기술

기술 분야	부호화 기술 (AVC로부터 변경 또는 추가 사항)
색상영상 부호화	- 영상 합성 예측 (VSP: View synthesis prediction) - 적응적 밝기 보상 (ALC: Adaptive luminance compensation) - 런 기반 skip 산술 부호화 (RSAC: Run-based skip arithmetic coding) - 방향-분리 움직임 벡터 예측 - 변위 기반 skip, direct 모드
깊이영상 부호화	- 깊이 범위 기반 예측 (DRWP: Depth range based weighted prediction) - 시점 간 깊이 필터링 (JPDF: Joint inter-view depth filtering) - 화면 내 skip 예측 - 면 분할 기반 화면 내 예측 (PSIP: Plane segmentation based intra prediction) - 색상영상 부호화 기반 움직임 예측

깊이영상 부호화

깊이 범위 기반 예측은 깊이값의 불일정함을 보상하기 위함이다. 깊이값의 불일정함은 깊이값의 최대값과 최저값이 달라질 때 발생한다. 깊이 범위를 고려해 무게를 설정하고 이를 통해 값을 보정한다. 시점 간 깊이 필터링은 시점 간에 발생하는 깊이값의 차이를 줄이기 위한 기술이다.

깊이 데이터 획득 시 다양한 오차 때문에 같은 물체에 대한 깊이값이라도 시점이 달라지면서 화소값이 변경될 때가 있다. 이 오차를 줄이기 위해 수행하는 필터링에서 깊이값의 차이에 따라 평균을 취할 지 아무 보정이 필요없는 지 등을 결정하게 된다.

화면 내 skip 예측은 깊이영상이 보이는 공간적으로 높은 상관관계를 이용하는 기술이다. 왼쪽과 위쪽으로 얼마나 깊이 변경되었느냐에 따라서 방향 모드가 결정된다. 면 분할 기반 화면 내 예측은 경계 영역에 더 많은 비트를 사용해 더욱 정확히 부호화하기 위함이다. 영역을 분할한 후 영역에 따라 각기 다른 예측을 수행한다. 그림 4는 면 분할 기반 화면 내 예측을 나타낸다.

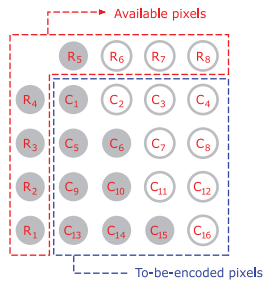


그림 4. 면 분할 기반 화면 내 예측

색상영상 부호화

영상 합성 예측은 인접한 시점에서 복원한 영상을 이용하여 영상을 합성하고 이를 참조 데이터로 이용하는 방법이다. 합성된 영상은

부호화할 시점의 영상으로부터의 거리가 인접한 시점의 영상보다 더 가깝기 때문에 이를 활용하면 잔여 데이터를 줄일 수 있다.

적응적 밝기 보상은 시점 간 깊이 필터링과 같은 맥락으로 시점 간에 발생하는 영상의 오차를 줄이기 위한 기술이다.

움직임 벡터를 기반으로 무게값을 정하여 화소값을 보정한다. 런 기반 skip 산술 부호화는 B-slice에서 skip이 많이 일어나는 것을 고려하여 엔트로피 부호화 방법을 이에 맞게 변경시킨 기술이다.

3D-HEVC

3D-HEVC의 개발 작업은 HEVC의 표준이 완성되기 전에 시작했다. 따라서 HEVC의 버전이 바뀌면 3D-HEVC도 따라 바뀌었다. 3D-HEVC는 3D-AVC와 마찬가지로 색상영상과 깊이영상의 유사성을 활용한다. 기본 부호기로서 HEVC가 AVC에 비해 성능이 좋기 때문에 3D-HEVC 또한 3D-AVC보다 뛰어난 성능을 낸다.

그림 5는 3D-HEVC의 구조를 나타낸다. 빨간색으로 표시된 부분들은 3차원 비디오 부호화를 위해 추가된 기술들을 나타낸다 [8].

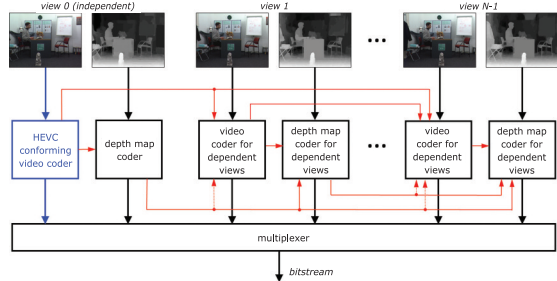


그림 5. 3D-HEVC의 구조

부호화 순서

앞장에서 3D-AVC의 부호화 순서를 설명했을 때의 표기를 여기서 다시 활용하면 3D-HEVC의 부호화 순서는 T0-D0-T1-D1-T2-D2가 된다. 이는 색상 우선 부호화(texture first coding)라고 불린다.

항상 한 시점에 대하여 색상영상과 깊이영상을 차례대로 부호화하고 다른 시점의 부호화로 넘어가는 형태이다.

깊이영상 해상도

3D-AVC와는 다르게 3D-HEVC에서는 깊이영상 해상도를 낮추지 않는다. 원본 해상도를 그대로 유지하여 깊이영상의 화질을 최대한 좋게 하는 목적이다.

이는 초기에 3D-HEVC의 첫 모델을 만들때 결정되면서 많은 주요 기술들이 색상영상과 깊이영상들이 같은 해상도를 갖는 것을 고려하여 설계되었다.

여러 기관이 이러한 연관 기술들을 변경시키고 낮은 해상도 깊이영상 부호화를 통해 비트율을 낮추자는 기고를 했지만, 아직 반영되지는 않았고 추후에 바뀔 수 있는 여지는 남아있다.

주요 기술

표 2는 3D-HEVC의 부호화 기술들을 정리한 것이다.

표 2. 3D-HEVC 부호화 기술

기술 분야	부호화 기술 (HEVC로부터 변경 또는 추가사항)
깊이영상 부호화	- 루프 필터링 미사용 - 깊이 모델링 모드 (DMM: Depth modeling modes) - 영역 경계 연결 부호화 (Region boundary chain coding) - 깊이 부호화의 간단화 (SDC: Simplified depth coding) - 깊이 쿼드트리 예측 (DQP: Depth quadtree prediction)
색상영상 부호화	- 인접 블록 기반 변위 벡터 - 시점 간 잔여 데이터 예측 - 밝기 보상 (IC: Illumination compensation) - 영상 합성 예측 (VSP: View synthesis prediction)

깊이영상 부호화

깊이영상 부호화 시에는 루프 필터링이 사용되지 않는다. HEVC의 루프 필터링에는 두 가지 종류가 있는데 디블록킹 필터(deblocking filter)와 적응적 샘플 오프셋(SAO: Sample adaptive offset)이 있다. 이 기술들은 색상영상에서 생기는 왜곡들을 보정하기 위해 설계되어 있는데 깊이영상에는 적합하지 않다.

깊이 모델링 모드, 영역 경계 연결 부호화, 깊이 부호화의 간단화는 화면 내 예측(intra prediction)에서 사용되는 기술들이다. HEVC의 기존 화면 내 예측 모드는 색상영상을 위해 설계되었는데 깊이 영상에서의 경계 영역 부분을 정확히 부호화하기 위해 영역 분할을 사용한 모드 4개가 추가된다.

영역이 어떻게 분할되었는가에 대한 예측을 통해서 가장 정확한 분할구조를 찾는다. 영역 경계 연결 부호화는 경계를 정확히 부호화하기 위해 사용되는데 방향을 정의해서 가장 정확한 경계의 방향을 예측한다. 그림 6은 영역 경계 연결 부호화를 나타낸다. 깊이 부호화의 간단화는 기존방법을 사용하지 않고 간단한 3가지 모드로만 화면 내 예측을 하는 것이다. 모드 숫자가 줄어들고 보내는 전송량도 깊이 특성에 맞게 변경시키기 때문에 비트율을 줄일 수 있는 장점이 있다.

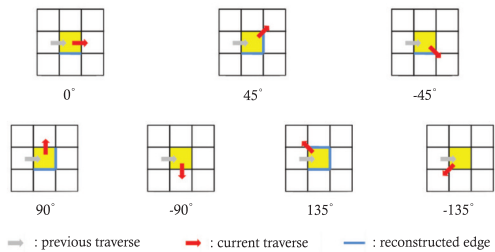


그림 6. 영역 경계 연결 부호화

깊이 쿼드트리 예측은 색상영상 부호화 때의 쿼드트리를 기반으로 깊이영상의 쿼드트리의 경우의 수를 한정하는 것이다. 이를 통해

복잡도가 많이 줄어든다. 또한, 깊이 쿼드트리를 전송할 때 색상영상의 쿼드트리와 차이가 나는 부분만 전송하는 방법을 이용해 비트율도 감소시킨다.

색상영상 부호화

인접 블록 기반 변위벡터는 변위 벡터를 찾는 기술이며 이는 시점 간 예측을 하기 위해 사용된다. 인접 블록의 움직임 벡터를 탐색할 때 공간적, 시간적 인접 블록을 차례대로 움직임 벡터를 찾을 때까지 검사한다. 이 블록들도 움직임 벡터를 포함하지 않으면 움직임 보상이 된 블록의 변위 벡터를 사용하게 된다. 시점 간 잔여 데이터 예측은 참조 시점의 잔여 데이터를 활용하여 현재 부호화할 시점의 잔여 데이터량을 예측하는 것이다. 이를 통해 부호화할 데이터량을 감소시킬 수 있다.

밝기 보상은 3D-AVC에서 적응적 밝기 보상과 같은 역할을 한다. 인접 시점에서 나타는 밝기값 차이를 줄여 시점 간 예측을 개선시킨다. 영상 합성 예측은 3D-AVC에서 먼저 사용되었던 것을 3D-HEVC에서도 적용시킨 것이다. 블록 기반의 후방 투영 방법은 3D-AVC에서의 방법과 동일하며 변위벡터의 활용법과 매개변수 전송법은 차이가 있다.

결론

본고에서는 3차원 비디오 압축 표준 기술 동향에 대해 살펴보았다. 현재 표준화 관련 3차원 비디오 부호기는 크게 AVC(Advanced Video Coding) 기반의 부호기(3D-AVC)와 HEVC(High Efficiency Video Coding)기반의 부호기(3D-HEVC)로 나뉜다. 이 부호기들의 기본 구조와 주요 기술들에 대해 살펴보았다. 3D-AVC는 2014년에, 3D-HEVC는 2015년 이후에 최종 표준이 제정될 것으로 예상된다. 3차원 비디오 부호기의 표준화가 완성되고 이를 이용한 제품이 시장에 출시되기 시작하면 3차원 비디오 관련 다양한 응용 산업이 더욱 탄력을 받을 것이다.

Reference

- [1] 효요성, 이천, “3차원 비디오 부호화 표준 기술 동향,” TTA 저널, vol. 142, pp. 88–94, 2012년 8월.
- [2] H. Schwarz, K. Wegner, and T. Ruster, “Overview of 3DV Coding Tools Proposed in the CFP,” MPEG N12348, Dec. 2011.
- [3] 효요성, 최정아, “UHD 고화질 영상 압축 기술: HEVC 알고리즘 이해와 프로그램 분석,” 진샘미디어, 2013.
- [4] 효요성, 이천, “다시점 3차원 영상처리 및 부호화 기술,” 진샘미디어, 2013.
- [5] Y.S. Ho and K.J. Oh, “Overview of Multi-view Video Codng,” Proc. of International Workshop on Systems, Signals and Image Processing (IWSSIP), pp. 9–16, June 2007.
- [6] 효요성, 송윤석, “3차원 비디오 부호화의 표준화 작업과 깊이 영상의 해상도 조정 기술,” 전자공학회지, 제39권, 제10호, pp. 819–827, 2012년 10월.
- [7] D. Rusanovskyy, F.C. Chen, L. Zhang, and T. Suzuki, “3D-AVC Test Model 6,” JCT3V-D1003, April 2013.
- [8] G. Tech, K. Wegner, Y. Chen, and S. Yea, “3D-HEVC Test Model 4,” JCT3V-D1005, April 2013.