

3차원 비디오 압축 기술: MPEG 3DV 표준화



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



박현우 기자

서론

■ 3차원 비디오 압축 기술의 필요성과 목적

다시점 영상을 이용한 3차원 비디오(three-dimensional video, 3DV)는 현실 세계를 재구성한 콘텐츠로 현실감 있는 3차원 영상을 사용자에게 제공할 수 있기 때문에 차세대 영상기술로 각광받고 있다 [1]-[6]. 3차원 비디오는 2차원 비디오와는 달리 두 시점 이상의 영상을 이용하여 3차원 장면의 깊이감을 제공하기 때문에, 사용자에게 보다 실감 나는 영상을 제공한다. 사용자가 입체감을 느끼는 기본 원리는 약 5.5cm의 간격을 두고 있는 두 눈으로부터 좌우 영상을 각각 받아 뇌가 영상의 시차를 인식하여 입체감을 감지하는 것이다.

최근의 3차원 영상기술은 단순히 두 시점의 영상으로 구성된 스테레오 오스코픽 영상이 아니라, 다시점 카메라로 획득한 다시점 영상을 이용하여 사용자가 원하는 시점에서의 영상을 선택적으로 재생하거나, 다시점 입체영상 장치에 이용하여 더욱 편안한 입체영상을 제공할 수 있다. 최근 연구되고 있는 3차원 비디오 기술은 다시점 카메라로 획득한 다시점 영상을 이용하여 현실 세계를 재현한다 [7]. 그러나 모든 시점에 대해 다시점 카메라로 촬영하는 것은 한계가 있고 영상의 전송 측면에서도 비효율적이기 때문에, 카메라로부터의 거리 정보를 나타내는 깊이 영상을 이용하여 전송하는 시점의 수를 줄이고, 재현단에서는 임의의 시점 영상을 합성함으로써 실제 카메라의 수보다 더 많은 시점을 생성하는 방법을 사용한다 [8].

국제 표준화 기구인 MPEG(Moving Picture Experts Group)의 3차원 비디오 부호화 (3D Video Coding, 3DVC) 그룹에서는 깊이 영상을 포함한 3차원 비디오 데이터에 관한 데이터 형식을 정의하고 효과적인 부호화 기술들을 표준화하는 활동을 진행하고 있다. 2011년 3월에 열린 제96차 MPEG 회의에서는 다시점 비디오 영상을 효율적으로 부호화하고 고품질의 중간 영상을 만들기 위한 3차원 비디오 부호화 표준을 만들기 위해 제안요청서가 배포되었다 [9]. 이로 인해, 국내외 다양한 연구 기관에서 본격적으로 3차원 비디오 부호화에 대한 기술들이 제안되었고 기술별로 성능을 검증하고 있다. 본 원고에서는 현재까지 진행된 3차원 비디오 부호화 기술 동향 및 주요 기술들을 살펴보고자 한다.

본론

■ 3차원 비디오 압축 기술의 요구사항

2009년 2월 MPEG 표준화 회의에서는 새로운 3차원 비디오 포맷에 대한 비전이 제시되었다 [10]. 새롭게 제시된 3차원 비디오 포맷은

현재까지 진행된 국제 표준의 기능을 넘어, 스테레오 디스플레이뿐만 아니라 다시점 디스플레이 장치까지도 지원할 수 있는 보다 진보되고 상호 사용이 가능한 기술들을 포함한다. 그림 1은 3차원 비디오 포맷을 도식화한 것이다. 그림 1에서 알 수 있듯이, 새롭게 제시된 3차원 비디오 포맷은 제한된 수의 카메라를 이용하여 스테레오 디스플레이와 다시점 디스플레이에 모두 사용할 수 있어야 한다.

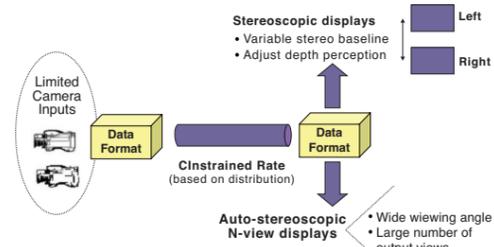


그림 1. 3차원 비디오 포맷

현재까지 앞서 언급한 조건을 충족할 수 있는 3차원 비디오 포맷은 2D+깊이 영상과 다시점 비디오가 있다. 그림 2는 두 포맷에 대해 비트율과 렌더링 성능을 비교하고 있다. 2D+깊이 영상은 단일 시점의 색상 영상과 이에 대응하는 깊이 영상을 이용하여 스테레오 영상 및 다시점 영상의 생성이 가능한 포맷으로서, 현재의 비디오 포맷과 호환이 가능하지만, 시야각(viewing angle)이 좁고 폐색 영역(occlusion)을 처리하기 어렵다는 단점이 있다. 반면, 다시점 비디오는 다시점 카메라로부터 획득한 여러 시점의 영상을 이용하여 3차원 장면을 생성하는 포맷으로서, 2D+깊이 영상과는 반대로 넓은 시야각을 제공할 수 있지만, 데이터양이 카메라 수에 비례하여 증가하기 때문에 효율적인 부호화 기술이 요구된다.

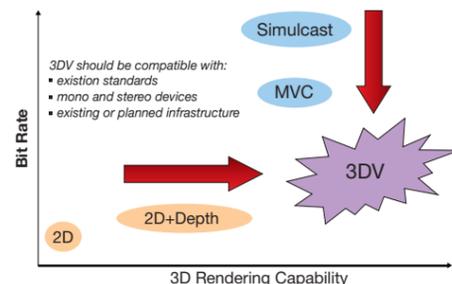


그림 2. 2D+깊이 영상 포맷과 다시점 포맷의 비트율과 렌더링 성능에 대한 비교

■ 3차원 비디오 압축 주요 기술

2012년 2월에 열린 MPEG 회의에서는 여러 연구 기관에서 제안한 다양한 부호화 기술에 대해 평가하고, 향후 표준화 작업의 수행 방법에 대해 논의를 했다. 특히, 기술의 유사성을 고려하여 다양한 핵심 실험 (core experiment, CE) 그룹을 구성하고, 해당 기술들에 대한 평가를 진행했다 [11]. 그리고, 지난 2012년 1월에 열린 회의에서는 CE별로 수행된 실험 결과를 평가 및 검토했다. 표 1은 현재까지 구성된 CE를 정리한 것이다. 본 장에서는 지난 회의의 결과를 바탕으로 기술별 주요 연구 내용을 간략히 살펴본다.

분류	기술 내용
CE1	영상 합성 예측 기술 - AVC 기반 연구 - HEVC 기반 연구
	깊이 영상 표현 방법과 부호화 기술 - AVC 기반 연구 - HEVC 기반 연구
CE2	루프 내 깊이 영상 해상도 변환 기술 - AVC 기반 연구 - HEVC 기반 연구
CE3	깊이 영상을 위한 루프 내 필터링 기술 - AVC 기반 연구 - HEVC 기반 연구
CE4	움직임/모드 매개변수 예측 기술 - AVC 기반 연구 - HEVC 기반 연구
CE5	깊이 영상의 인트라 예측 기술
CE6	전역적 깊이 값을 이용한 예측 기술
CE7	합성 영상의 비트율-왜곡을 이용한 부호화 기술 - AVC 기반 연구 - HEVC 기반 연구
CE8	

표 1. CE에 구성된 주요 기술들

■ 공통 실험 조건 및 테스트 영상

2012년 2월 MPEG 회의에서는 3차원 비디오 부호화 실험을 위한 공통의 실험 조건을 명시했다 [12]. 기본적인 부호화 구조는 다음과 같다. 시점 간 부호화 구조는 3-시점일 경우 중-좌-우, 2-시점일 경우 우-좌 시점 순서대로 부호화 순서를 정했고, 시간 예측 구조는 GOP(Group of Pictures)=8, 임의의 접근을 위해 24 프레임마다 인트라 화면을 삽입하는 구조가 되도록 정했다. 표준화 작업을 진행하기 위해서는 테스트 영상이 통일되어야 한다.

부호화 테스트에 사용되는 다시점 색상 영상과 깊이 영상은 YUV 4:2:0 포맷으로 각 화소당 8비트로 표현된다. 표 2는 현재 부호화 기술에 사용되는 테스트 영상을 정리한 것이다. Nokia가 제공한 'Undo_Dancer'와 'GT_Fly'는 컴퓨터 그래픽으로 만들어진 영상들

로, 정확한 깊이 영상이 함께 배포되었다. 그 외의 영상들은 실제 다시점 카메라로 획득한 영상이며, 깊이 영상은 깊이 측정 소프트웨어인 DERS(Depth Estimation Reference Software)를 이용해서 획득했다 [8]. 여기서 2-시점과 3-시점 카메라 구조는 각각 양안식 디스플레이와 다시점 디스플레이 시스템을 고려한 시나리오이다. 2-시점과 3-시점 시나리오는 부호화해야 할 시점의 수가 다르므로 부호화 과정에서 이용되는 예측 구조가 다르다. 2-시점에서는 시점 방향으로 I-P 구조를 사용하고, 3-시점에서는 시점 방향으로 I-B-P 구조를 사용한다. 그림 3은 각 테스트 영상을 보여준다.

클래스	Seq. ID	테스트 영상	2-시점	3-시점	제공 기관	해상도
A	S01	Poznan_Hall2	7-6	7-6-5	Poznan	1920x1088
	S02	Poznan_Street	4-3	5-4-3	Poznan	
	S03	Undo_Dancer	2-5	1-5-9	Nokia	
	S04	GT_Fly	5-2	9-5-1	Nokia	
C	S05	Kendo	3-5	1-3-5	Nagoya	1024x768
	S06	Balloons	3-5	1-3-5	Nagoya	
	S07	Newspaper	4-6	2-4-6	GIST	
	S08	Newspaper	4-6	2-4-6	GIST	



그림 3. 7개의 테스트 영상

■ 영상 합성 예측 기술

삼성전자와 Mitsubishi 연구소 등과 같은 많은 연구 기관에서는 깊이 영상을 활용한 영상 합성 예측 기술을 제안했다. 이 기술은 깊이 영상을 이용하여 부호화 할 인접 시점의 영상을 합성하고, 합성한 영상을 부가적인 참조 영상으로 활용하는 것이다. 합성한 영상은 부호화 할 시점과 객체의 위치가 동일한 장점이 있으므로 합성한 영상을 움직임 예측 없이 바로 'SKIP' 하는 예측 방법을 제안했다. 이러한 방법은 색상 영상뿐만 아니라 깊이 영상 부호화에도 적용할 수 있다. 또한, AVC-호환과 HEVC-호환 기술에 적용한 기관이 많았다.

하지만, 이 방법은 복호기에서 영상 예측을 다시 수행해야 하므로 복잡도가 증가하는 단점을 가진다. 이에 각 연구 기관은 이 방법의 복잡

도를 측정하여 부호화 결과와 함께 비교했다. 이 기술은 CE1으로 구성되어 AVC-호환 및 HEVC-호환 기술을 동시에 평가할 예정이다.

■ 깊이 영상 표현 방법과 부호화 기술

CE2는 깊이 영상의 표현 방법과 부호화 방법에 대한 실험 그룹이다. 폴란드의 Poznan 대학에서는 실제 깊이 값을 깊이 영상으로 변환할 때 사용하는 선형적 깊이 값 변환 방법을 이용하는 것이 아니라 인간의 깊이 인지력을 고려하여 비선형적으로 깊이 값을 변환해야 한다고 제안했다. 이 방법은 아직 구체적인 실험결과가 제시되지 않아 향후 실험결과가 제시될 것으로 기대된다. 또한, 삼성전자에서는 깊이 영상을 부호함에 있어서 깊이 값의 차이가 큰 깊이 값 경계 부근에서는 양자화 매개변수를 작게 설정하여 고화질로 부호화하고, 그렇지 않은 영역에 대해서는 양자화 매개변수를 크게 설정하여 저화질로 부호화하는 방법을 제안했다. 그림 4는 해당 기술에 대한 블록 다이어그램을 나타낸다.

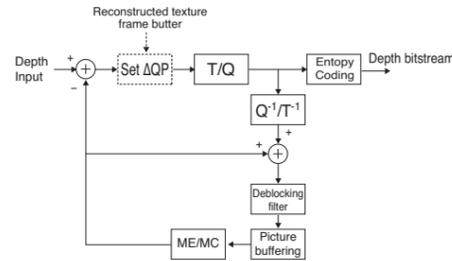


그림 4. 깊이 영상 부호화를 위한 적응적 양자화 방법

■ 루프 내 깊이 영상 해상도 변환 기술

깊이 영상은 임의의 중간시점의 영상을 생성하기 위하여 이용된다. 그러므로 깊이 영상의 화질이 생성한 중간시점의 영상의 화질에 영향을 크게 주지 않는 범위에서 다양한 영상 처리 방법이 허용된다. 이러한 맥락에서 CE3는 깊이 영상의 효율적인 부호화를 위하여 깊이 영상의 크기를 변경하여 부/복호화하는 방법을 실험한다. 그림 5는 깊이 영상 변환 방법을 이용한 부호화 방법을 설명한 것이다. 입력받은 깊이 영상의 해상도를 줄인 다음 부호화하고, 복호기에서 복원한 깊이 영상을 원래의 해상도로 확대한다. 이때 영상합성의 화질에 영향을 최소화하는 업/다운 샘플링 방법이 요구된다.

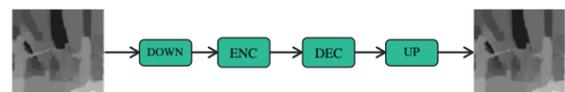


그림 5. 깊이 영상 해상도 변환을 이용한 부호화 방법

■ 움직임/모드 매개변수 예측 기술

CE5에서는 깊이 영상과 색상 영상 간의 부호화 과정에서 발생할 수 있는 공통적인 움직임 정보나 모드 정보를 공유하는 방법이 고려되고 있다. 그림 6은 Sony가 제안한 방법으로, 색상 영상을 먼저 부호화하고 이 때 결정된 부호화 정보를 깊이 영상 부호화 과정에서 재사용하는 방법을 보인 것이다. 이와는 반대로 깊이 영상을 먼저 부호화하고 이 때 결정된 부호화 정보를 색상 영상을 부호화할 때 재사용하는 방법도 가능하다. 이 방법은 현재 AVC-호환과 HEVC-호환 기술이 모두 제시되어 동시에 평가하고 있다.

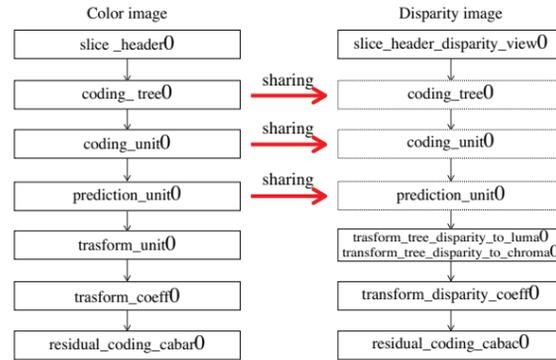


그림 6. 움직임 정보와 모드 정보를 공유하는 부호화 방법

■ 깊이 영상의 인트라 예측 기술

CE6에서는 AVC-호환의 인트라 예측 방법이 평가되고 있다. AVC에서는 시간적 예측이 아닌 인트라 예측을 수행할 때 현재의 블록의 예측 방향을 인접 블록의 예측 방향을 이용하여 예측한다. 중국의 Zhejiang 대학에서는 그림 7과 같이 인접 블록의 깊이 값 변화도를 이용하여 예측 방향을 결정한다. 그리고 삼성전자에서는 영상 분할(image segmentation)을 이용하여 영상을 두 영역으로 분할하고, 각 영역의 대표 값을 부호화하는 방법을 제안했다. 이와 유사하게 일본의 NTT에서는 주변의 참조 화소의 평균값과 분산 값을 계산하여 현재 블록을 전경 깊이 값과 배경 깊이 값으로 구분하여 부호화하는 방법을 제안했다.

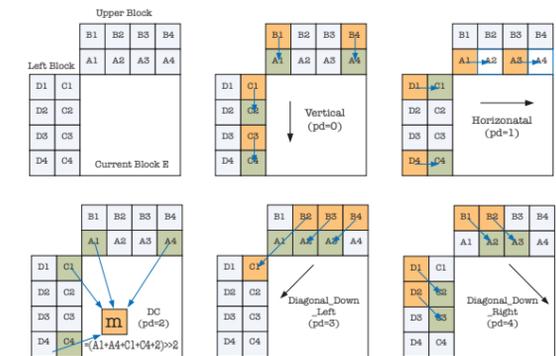


그림 7. 깊이 영상 부호화를 위한 인트라 예측 방법

■ 전역적 깊이 값을 이용한 예측 기술

CE7에서는 전역적 깊이 값을 이용하여 시점 간 예측을 효율적으로 수행하는 방법을 조사하고 있다. 먼저 일본의 나고야 대학에서는 기존의 광선공간을 이용한 자유시점 TV의 기술을 바탕으로 EPI(eipipolar plane image)를 이용한 전역적 깊이 영상(global depth map, GDM)으로 변환하는 깊이 영상 부호화 방법을 제안했다. 이와는 별도로 일본의 NICT에서는 다시점의 깊이 영상 부호화 효율을 높이기 위하여 깊이 영상을 한 시점의 깊이 영상으로 변환하고, 이로 인해 발생하는 깊이 값 오류는 따로 전송하는 방법을 제안했다. 그림

8은 이와 같은 방법을 도식화한 것이다. 깊이 영상 중 임의의 한 시점을 기저 시점(base view)으로 결정하고, 나머지 시점에 대해서는 전역적 깊이 영상을 이용하여 발생한 깊이 값 오류(predicted residual)를 부호화한다. 여기서 제안된 기술들은 AVC-호환을 목표로 한 기술이지만, HEVC-호환 기술에도 적용할 수 있는 기술이다.

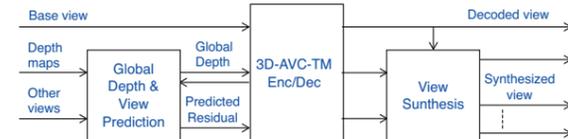


그림 8. 전역적 깊이 값을 이용한 깊이 영상 부호화 방법

■ 합성 영상의 비트율-왜곡을 이용한 부호화 기술

CE8에서는 깊이 영상을 부호화할 때 이용하는 비트율-왜곡 최적화 방법을 합성 영상의 화질을 고려하는 방법이 고려되고 있다. 쉽게 설명하면, 만약 깊이 영상이 포함하고 있는 영상 왜곡이 합성 영상의 화질에 영향을 주지 못할 때는 깊이 영상의 화질 왜곡에 대해 고려를 하지 않아도 된다. 그러므로 비트율-왜곡 최적화 시에 깊이 영상의 왜곡이 합성 영상의 화질에 얼마나 영향을 줄지를 예측하여 최적의 부호화 방법을 결정하는 것이다. 이 방법은 큰 부호화 효율을 보이지만, 복호기에 구현이 되는 기술이 아니기 때문에 향후 표준화 과정의 귀추가 주목된다. 해당 CE는 AVC-호환 및 HEVC-호환 기술을 동시에 평가할 예정이다.

■ 3차원 비디오 압축 표준화 동향 및 향후 일정

지난 2011년 4월 제96차 MPEG 회의에서 3차원 비디오 부호화를 위한 제안요청서(Call for Proposal, CfP)가 배포된 이래로 본격적인 표준화 일정이 시작됐다. 표 3은 3차원 비디오 부호화의 표준화 일정을 정리한 것이다. 2011년 10월에 여러 기관에서 제안한 3차원 비디오 부호화 기술이 공개되고, 2012년 1월에 처음으로 CE별로 기술 평가가 시행됐다. 이 과정을 통해 일부 기술들은 CE에서 탈락하고 나머지 기술들은 평가를 계속하기로 했다. 그러므로 앞으로 몇 차례의 회의를 더 수행하여 CE별 기술을 평가하고, 그 중 가장 성능이 뛰어난 기술이 표준화 기술로 채택될 것으로 전망한다.

일정	내용
2011년 01월	제안요청서 초안 배포
2011년 04월	최종 제안요청서 배포 및 기술 등록 시작
2011년 07월	기술 등록 마감
2011년 11월	제안서 등록 시작
2011년 11월~2012년 2월	제안된 기술 평가
2012년 4월	작업 초안 (working draft, WD) 작성
2013년 4월	'MVC compatible extension including depth' 표준안 제정
2013년 7월	'AVC compatible video-plus-depth extension' 표준안 제정
2014년 1월	'HEVC 3D extensions' 표준안 제정

표 3. 3차원 비디오 부호화의 표준화 일정

표 3과 같은 표준화 일정을 통해 세 가지의 기술 표준화 작업이 진행될 것으로 보인다 [13]. 먼저, 이미 표준화가 완료된 다시점 비디오 부호화 기술의 확장판으로 'MVC compatible extension including depth'라는 표준안은 2013년 4월까지 최종 표준안 제정이 마무리될 예정이다. 이 표준안은 블록 단위의 기술 변경 없이 깊

이 영상의 표현방법만을 수정하여 다시점 비디오 부호화기에 적용하는 방법이다.

그리고 현재 수행하고 있는 CE 중에서 AVC-호환에 관한 기술을 평가하여 2013년 7월까지 'AVC compatible video-plus-depth extension'이라는 표준안이 제정될 예정이다. 지금까지 제안된 기술들은 전체적으로 AVC/MVC 기술에 비해 약 30% 정도의 비트율 감소 효과를 보이고 있다. 앞으로 수행될 CE를 통해서 보다 안정적이고 확실한 기술들을 선별하여 표준안에 포함할 예정이다. 그리고 마지막으로 HEVC-호환의 기술들을 평가하여 2014년 1월까지 'HEVC 3D extensions'라는 이름으로 표준안이 제정될 예정이다.

결론

본 원고에서는 현재 MPEG 3차원 비디오 부호화의 국제 표준화 동향 및 주요 기술들을 살펴보았다. MPEG에서는 3차원 오디오-비주얼의 표준화 작업을 시작으로, 다시점 비디오 부호화 방법의 표준안을 제정했다. 이어서, 더욱 진보된 3차원 비디오 시스템을 정의하고 3차원 비디오 데이터를 효과적으로 부호화하는 3차원 비디오 부호화 기술의 표준화 제정을 위해 노력하고 있다. 최근 진행된 표준화 작업은 다양한 기술들을 분류하고 각 분류된 기술들의 성능을 평가하는 단계에 이르렀다. 이러한 추세로 미루어 볼 때, 3차원 비디오 부호화에 대한 표준화 제정이 이른 시일 안에 이루어질 것으로 기대된다. 3차원 비디오 시스템과 부호화 기술이 국제 표준으로 제정된다면, 이 기술을 바탕으로 한 3차원 영상 산업 역시 그 규모가 급격히 성장할 것으로 기대된다. 그러므로 3차원 비디오 부호화에 관한 국내 학계와 산업계의 지속적인 관심 및 연구와 정부 차원의 적극적인 지원을 통해, 우리나라가 차세대 방송 기술을 주도하는 역할을 할 수 있기를 기대해 본다.

Reference

- [1] Smolic, K, Müller, P, Merkle, C, Fehn, P, Kauff, P, Eisert, and T. Wiegand, "3D Video and Free Viewpoint Video - Technologies, Applications and MPEG Standards," in Proc. of IEEE International Conference on Multimedia and Expo, pp. 2161-2164, July 2006.
- [2] A. Redert, M. O. Beec, C. Fehn, W. Ijsselstein, M. Pollefeys, L. Van Gool, E. Ofek, I. Sexton, and P. Surman, "ATTEST: Advanced Three-dimensional Television System Techniques," Proc. of International Symposium on 3D Data Processing, pp. 313-319, 2002.
- [3] G. Riva, F. Davide, and W.A. Ijsselstein, "Being There: Concepts, Effects and Measurement of User Presence in Synthetic Environments," Amsterdam, The Netherlands: Ios Press, 2003.
- [4] A. Kubota, A. Smolic, M. Magnor, T. Chen, and M. Tanimoto, "Multi-View Imaging and 3DTV- Special Issue Overview and Introduction," IEEE Signal Processing Magazine, vol. 24(6), Nov. 2007.
- [5] 호요성, 오관정, 3차원 비디오의 이해와 분석, 진샘미디어, pp. 12-55, 2011.
- [6] 호요성, 이천, "3차원 비디오 부호화 표준 기술," TTA 저널, Vol. 135, pp. 079-083, 2011.
- [7] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, "Applications and Requirements on FTV," N9466, Oct. 2007.
- [8] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, "Reference Software of Depth Estimation and View Synthesis for FTV/3DV," M15836, Oct. 2008.
- [9] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, "Call for Proposals on 3D Video Coding Technology," N12036, March 2011.
- [10] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, "Vision on 3D Video," N10357, Feb. 2009.
- [11] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, "Description of Core Experiments in 3D Video Coding," N12561, Feb. 2012.
- [12] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, "Common Test Conditions for AVC and HEVC-based 3DV," N12560, Feb. 2012.
- [13] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, "3D Video Coding Standardization Plans," in MPEG output document N12557, Feb. 2012.