

3차원 비디오 부호화의 표준화 작업과 깊이 영상의 해상도 조정 기술

I. 서론

인간의 시각체계는 양안이 받아들이는 좌우 영상의 시차로 인해 영상의 거리와 입체감을 인식한다. 3차원 비디오는 기존의 2차원 비디오와는 다르게 깊이감을 주어 실감나는 영상을 제공한다. 앞으로는 사용자가 영상을 단순히 보는 것보다 좀더 사실적인 입체감을 느낄 수 있게 하는 3차원 비디오가 널리 쓰일 것이므로, 이에 관련된 3차원 영상처리 기술이 매우 중요하다.

효과적인 3차원 비디오 재현을 위해서 다시점 카메라를 이용하여 획득한 다시점 영상을 사용할 수 있다. 다시점 카메라를 활용할 때에 모든 시점에 대하여 촬영하는 것은 공간적, 비용적으로 비효율적이다. 이 때문에 깊이 영상을 활용하여 임의의 시점을 합성하는 기술이 이용되고 있다^[1-2]. 하지만 이 방법은 스테레오 영상을 처리할 때에 비해서 데이터양이 크게 증가하므로 효과적인 부호화 기술이 필요하다.

최근 국제 표준화 기구인 MPEG(moving picture experts group)의 3차원 비디오 부호화(3DVC: 3D video coding) 그룹에서는 3차원 비디오를 효과적으로 부호화하는 기술을 표준화하고 있다. 2009년부터 논의가 시작되어, 2011년 3월에 열린 제96차 MPEG 미팅에서는 3차원 비디오 부호화 표준을 만들기 위한 제안요청서(Call for Proposals)를 배포했고, 공정한 평가를 위해 실험 조건들과 평가 기준을 정했다^[3]. 2011년 10월에 제안된 방식들의 주관적 화질 평가를 거쳐, 제98차 미팅에서 전체 기술의 평가가 이루어졌다.

본 논문에서는 MPEG의 3차원 비디오 부호화 그룹의 표준화 활동과 기고된 기술들을 소개한다. II장에서는 AVC-기반의 테스트 모델과 HEVC-기반의 테스트 모델에서 사용되는 부호화 방법들을 살펴



호요성
광주과학기술원
실감방송연구센터



송윤석
광주과학기술원
실감방송연구센터

본다. III장에서는 AVC-기반의 테스트 모델에서 사용되는 깊이 영상의 샘플링을 자세히 설명한 후, IV장에서는 깊이 영상 샘플링에 관련되어 기고된 기술들을 설명한다. V장에서는 결론을 지으며 본 논문을 마무리한다.

II. 3차원 비디오 부호화 기술 평가

2011년 3월에 스위스 제네바에서 열린 제96차 MPEG 미팅에서는 3차원 비디오 부호화 기술에 대한 제안요청서를 배포했다. 여기서 공정한 평가를 위하여 실험 조건들과 평가 기준을 공지했다.

3차원 비디오 부호화 기술은 AVC-기반과 HEVC-기반의 두 가지 카테고리로 나누어 별도의 성능 평가를 수행했는데, 이때 7개의 테스트 영상을 사용했다. 그림 1은 원래 제안요청서에서 사용하기로 했던 8개의 테스트 영상을 보인 것이다.

〈그림 1(a)〉에서는 1920×1088 시퀀스를 보이며, 왼쪽에서부터 순서대로 “Poznan_Hall2”, “Poznan_Street”, “Undo_Dancer”, “GT_Fly”이다. 〈그림 1(b)〉에서는 1024×768 시퀀스이며 왼쪽에서부터 순서대로 “Kendo”, “Balloons”, “Lovebird1”, “Newspaper”이다. 이 중 “Lovebird1”은 깊이 영상에서 경계의 화질이 시간에 따라 일정하지 못하기 때문에 제97차 미팅에서 제외되었다.

Nokia가 제공한 “Undo_Dancer”와 “GT_Fly”는 다른 시퀀스들과 다른 특징을 보이는데, 이 시퀀스들은 컴퓨터 그래픽으로 얻어져 정확한 깊이값을 갖는다. 다른

시퀀스들은 깊이값 추정 소프트웨어인 DERS(Depth estimation reference software)를 통해 획득한 깊이값을 이용한다.

각 시퀀스는 2-시점과 3-시점을 선택하여 부호화 실험을 하며, 2-시점은 I-P 구조, 3-시점은 P-I-P 구조를 사용한다. 제98차 MPEG 미팅 때 2-시점의 결과들은 3-시점 실험에서 추출 가능하므로 실험이 중복된다는 의견이 나와서 3-시점만 실험하는 것으로 변경되었다.

다음 절에서는 AVC-기반과 HEVC-기반의 테스트 모델을 간략히 소개한다.

1. AVC-기반 테스트 모델 (3DV-ATM)

AVC-기반 기술 평가에서는 Nokia의 테스트 모델이 가장 높은 성능을 보였다. 이 테스트 모델에서 주목할 기술은 영상 합성 예측(VSP: view synthesis prediction), 깊이-기반 움직임벡터 예측(depth-based motion vector prediction), 깊이 영상 샘플링(depth resampling), 시점 내 움직임 예측(inside view motion prediction) 등이 있다^[4].

영상 합성 예측(VSP: view synthesis prediction)은 인접한 시점에서 복원한 깊이 영상을 이용하여 합성 영상을 만들어낸다. 이 합성 영상은 부호화할 시점의 영상을 합성한 것이기 때문에 참조영상으로 이용할 수 있다. 이 기술은 색상영상과 깊이 영상 부호화 모두에 쓰일 수 있다. 〈그림 2〉는 영상 합성 예측의 개념을 설명한다.

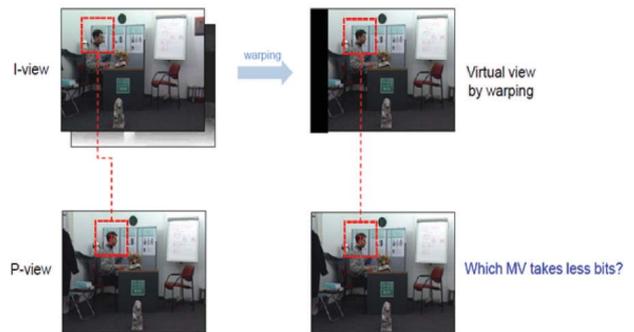


(a) 1920×1088 해상도



(b) 1024×768 해상도

〈그림 1〉 테스트 영상



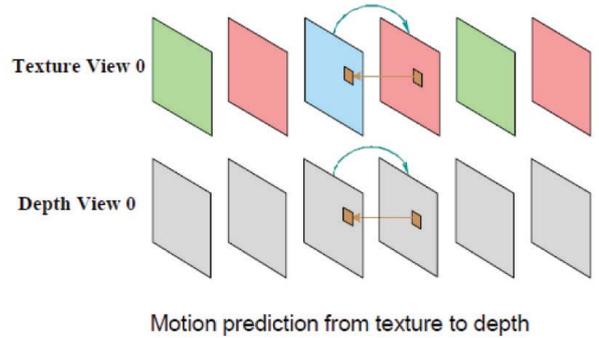
〈그림 2〉 영상 합성 예측

깊이-기반 움직임 벡터 예측은 깊이 영상을 이용하여 색상영상의 움직임 벡터를 효율적으로 부호화하기 위함이다. 이 기술은 방향-분리 움직임 벡터 예측과 Skip/direct 모드를 위한 깊이-기반 움직임 보상으로 나뉜다.

방향-분리 움직임 벡터 예측은 인접하는 블록을 시간적 예측 방향에 맞게 구분한 뒤, 현재 블록이 시점간 참조 영상을 사용할 경우 세 개의 시점간 움직임 벡터 후보에 한 개의 후보를 추가한다. 이때 추가되는 후보는 색상 영상의 블록에 해당하는 위치에 있는 깊이 영상의 블록의 평균 변위값이다. 반면, 현재 블록이 시간적 예측을 사용하지 않는 경우 세 개의 시간적 움직임 벡터 중 중간값(median)을 취한다.

Skip/direct 모드를 위한 깊이-기반 움직임 보상은 P 슬라이스에서 skip 모드 부호화 방법과 B 슬라이스에서 direct 모드 부호화로 나눌 수 있다. 움직임 보상 방법은 최적의 움직임 벡터를 찾는 과정에서 깊이 정보에서 SAD 예측값이 최소를 갖는 움직임 벡터가 선택된다. <그림 3>은 방향-분리 움직임 벡터 예측 과정을 나타낸다.

깊이 영상 샘플링은 깊이 영상 부호화가 색상 영상 부호화보다 상대적으로 덜 중요하다는 특성을 이용한다. 인코더에서 해상도를 떨어뜨린 깊이 영상을 이용해 부호화를 진행한 후, 복호기에서는 이를 복원하여 업샘플링한다. 깊이 영상의 해상도는 수평으로 1/2, 수직



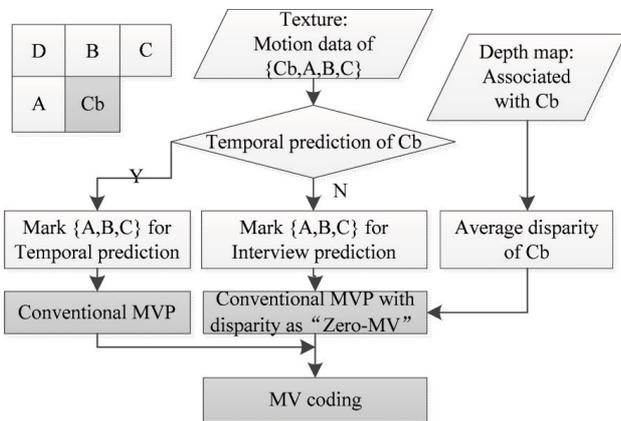
<그림 4> 시점 내 움직임 예측

으로 1/2 줄여서, 전체적으로 1/4이 된다.

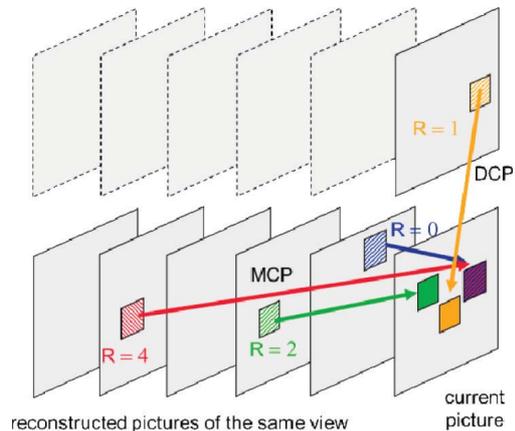
시점 내 움직임 예측은 색상 영상과 깊이 영상에서 움직임 정보가 중복되는 점을 이용한다. 색상 정보를 먼저 부호화한 뒤 생성되는 움직임 정보를 깊이 영상을 부호화할 때 사용한다. 여기서 움직임 정보는 Mb_type, sub_mb_type, 동일 블록의 참조 인덱스, 움직임 벡터 등을 포함한다. <그림 4>는 시점 내 움직임 예측을 표현한 것이다.

2. HEVC-기반 테스트 모델 (3DV-HTM)

HEVC-기반 기술 평가에서는 HHI의 테스트 모델이 가장 좋은 평가를 받았다. 3DV-HTM에서 중요한 기술은 변위 보상 예측(DCP: Disparity compensated prediction), 잔여 데이터 예측(Residual prediction), 깊이 모델링 모드(DMM: Depth modeling modes), 움



<그림 3> 방향-분리 움직임 벡터 예측



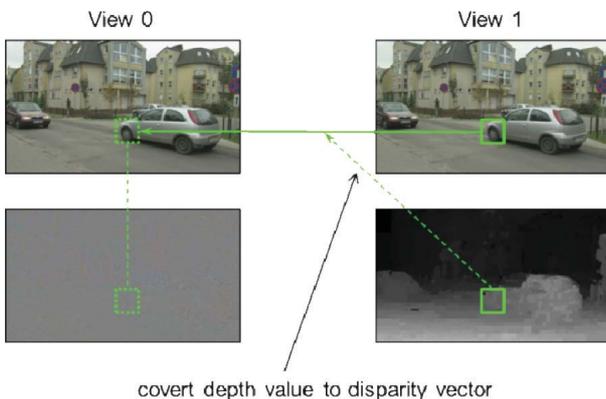
<그림 5> 변위 보상 예측

직입 변수 상속(MPI: Motion parameter inheritance) 등이 있다^[5-6].

변위 보상 예측은 색상 영상의 움직임 보상 예측에서 후보를 참조 리스트에 추가한 것이다. 움직임 보상 예측에서의 후보들은 같은 시점 안에서 이미 복원된 영상으로부터 구한 움직임 벡터이며, 변위 벡터 정보는 인접 시점의 같은 시간 영상으로부터 계산하는 것이다. 이때 참조 리스트에 후보가 추가되므로 선택스가 수정된다. <그림 5>는 변위 보상 예측을 나타낸다.

잔여 데이터 예측은 추산된 깊이 정보를 이용한다. 깊이 정보에서 현재 블록의 샘플 위치의 깊이값을 변위 벡터 값으로 변환한 뒤, 블록에 이 변위 벡터를 더하여 참조 시점 영상에서의 블록을 찾는다. 참조 시점 블록에서의 잔여 데이터를 현재 블록에서의 잔여 데이터로 뺀 뒤, 이 차가 변환되어 부호화된다. 변위 벡터가 sub-sample 위치를 가르킨다면 bi-linear 필터를 통해 잔여 데이터를 보간화한 뒤 예측이 이루어진다. <그림 6>은 잔여 데이터 예측을 나타낸 것이다.

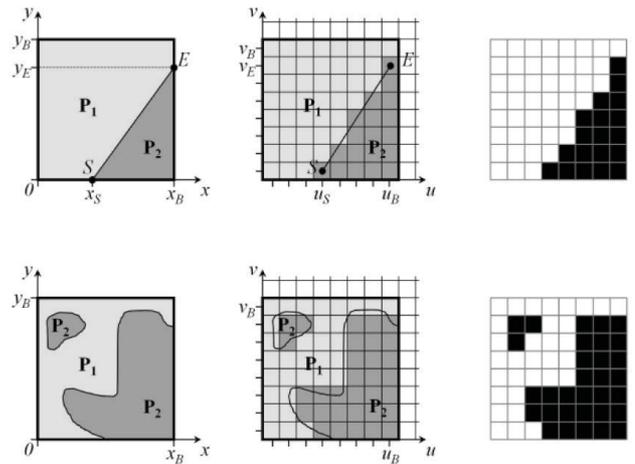
깊이 모델링 모드는 깊이 영상에서 객체의 경계 정보를 정확하게 부호화하기 위함이다. 분할-기반의 wedgelet과 contour를 이용한 모델링이 이루어진다. 여기서 wedgelet은 직선이라고 볼 수 있고, contour는 임의의 모양을 표현하는 방법이라고 할 수 있다. 분할된 영역은 상수 분할값(CPV: constant partition value)을 갖게 된다. 총 4개의 모드가 있으며, 3개의 모드는 wedgelet 모드와 1개의 contour 모드로 구성



<그림 6> 잔여 데이터 예측

<표 1> DMM 모드별 예측 방법

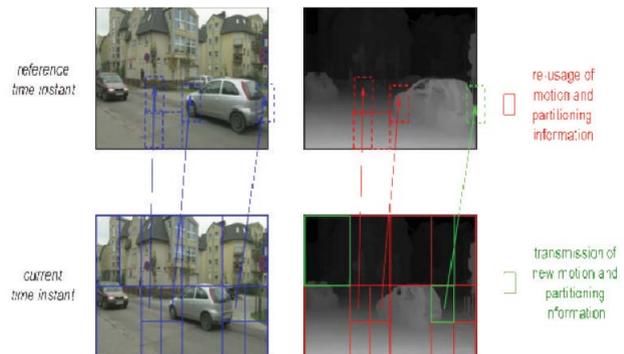
모드	예측 방법
1	wedgelet을 예측 없이 찾음
2	인접 블록을 이용해 wedgelet 예측
3	색상정보를 이용해 wedgelet 예측
4	색상정보를 이용해 contour 예측



<그림 7> 깊이 모델링에서 분할

되어 있다. <표 1>에는 각 모드별 예측 방법을 나타냈다. <그림 7>은 wedgelet과 contour의 분할 구성과 상수 분할값을 표현한 것이다.

움직임 변수 상속은 색상영상과 깊이 영상에서 움직임 정보가 중복된다는 점을 이용한 것이다. 깊이를 부호화 할 때 필요한 부호화 정보를 색상영상으로부터 상속받을 것인지 새로 계산할 것인지 결정한다. <그



<그림 8> 움직임 변수 상속

림 8)은 움직임 변수 상속을 나타낸 것이다.

III. 3DV-ATM에서 깊이 영상의 해상도 조정

3DV-ATM에서는 깊이 영상의 해상도를 1/4로 죽여 부호화한 뒤, 복호기에서 이를 원래 해상도로 복원한다^[7]. 다운샘플링과 업샘플링 과정을 수행할 때 해상도 조정 과정에서 화질의 저하를 막고 경계가 뭉그러지는 것을 방지하는 것이 중요하다.

사용되는 다운샘플링 기술은 여러 개의 화소를 그룹으로 묶어서 하나의 화소값을 찾는다. 먼저, 그룹으로 묶어진 화소들의 평균값을 찾는다. 그룹에서 절반 이상의 화소들이 평균값 이상의 값을 가지면, 이 절반 이상의 화소값들의 평균이 다운샘플된 깊이값이 된다. 평균값 이상인 화소들이 절반이 되지 않을 경우에는 그룹의

평균값이 깊이값이 된다. <그림 9>는 다운샘플된 깊이값을 찾는 과정을 표현한 것이다.

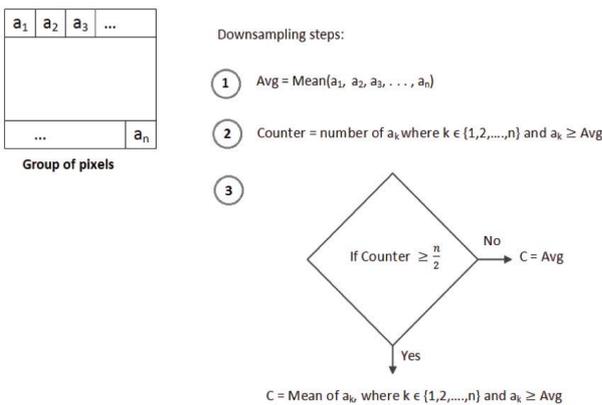
업샘플링에 이용되는 기술도 다운샘플링 기술과 비슷하게 그룹의 화소를 사용한다. 해상도는 수평, 수직 방향으로 각각 2배 늘려야 원래 해상도로 복원할 수 있다. <그림 10>은 업샘플링 방법을 나타낸다. <그림 10>에서 E를 업샘플하고자 한다면 주변 정보들인 A, B, C, D, F, G, H, I를 모두 이용한다.

먼저 대각선 방향 화소들의 절대차를 임계값과 비교해야 한다. <그림 10>에서 A와 I의 절대차, 그리고 C와 G의 절대차가 모두 임계값보다 작으면 업샘플된 화소 a, b, c, d는 모두 E의 값을 갖는다. 반면, 두 개의 절대차 중 하나라도 임계값보다 크거나 같으면, 정의된 함수를 이용해 값을 계산한다. 정의된 함수는 $Y = f(X1, X2, X3, X4)$ 으로, 여기서 X2와 X4의 절대차와 X3과 X4의 절대차가 모두 임계값보다 크면 $Y = (X1 + X2 + X3) / 3$ 이 된다. 만약 위 조건을 만족시키지 않는다면 $Y = X4$ 가 된다. 이 함수를 이용하여 업샘플된 화소는 아래 식을 통해 계산하게 된다.

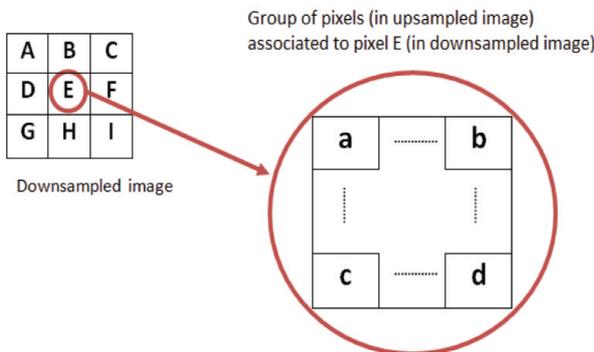
$$\begin{aligned} a &= f(A, B, D, E) \\ b &= f(C, B, F, E) \\ c &= f(G, D, H, E) \\ d &= f(I, F, H, E) \end{aligned}$$

이때 임계값은 실험적으로 최적의 값을 선택했는데 실험적으로 16이 이용되었다. 이 기술을 이용하여 해상도를 4배보다 더 크게 업샘플하려면 a, b, c, d를 이용하여 보간화 작업을 수행할 수 있다.

3DV-ATM의 깊이 영상 다운샘플링과 업샘플링 기술을 다른 기술들과 비교하기 위하여 세 가지의 실험이 진행되었다. 다운 샘플링 기술은 JSVC(Joint Scalable



<그림 9> 깊이 영상 다운샘플링



<그림 10> 깊이 영상 업샘플링

<표 2> 깊이 영상 샘플링 기술 성능 비교 실험

실험	비교 대상	
	다운샘플링	업샘플링
1	JSVM	ATM
2	ATM	Bi-linear
3	JSVM	Bi-linear

〈표 3〉 샘플링 기술 성능 비교 BDBR (%)

실험	색상	깊이	합성
1	-0.25	27.61	-5.29
2	0.19	0.00	-3.31
3	-0.14	27.61	-7.35

Vidio Coding)에서 이용하는 방법과, 업샘플링 방법은 bi-linear 보간화 방법과 비교되었다. 실험 환경은 〈표 2〉에 종합적으로 기술했다.

〈표 3〉은 〈표 2〉에 기술한 각각의 실험에 대한 결과를 보인 것이다. 실험 조건은 MPEG의 공통 실험 조건을 따른 것이다^[8]. 양자화 변수(QP)는 26, 31, 36, 41을 사용하며, 이는 색상영상 부호화와 깊이 영상 부호화에 공통적으로 쓰인다. 성능 평가 수치는 3DV-ATM 기술이 비교 대상에 비교했을 때의 BDBR(%)로 나타내었다. 컬러 수치는 색상 부호화, 깊이 부호화, 합성 결과의 항목에서의 BDBR 값이며, 이 중 가장 중요한 것은 합성 결과의 BDBR이다.

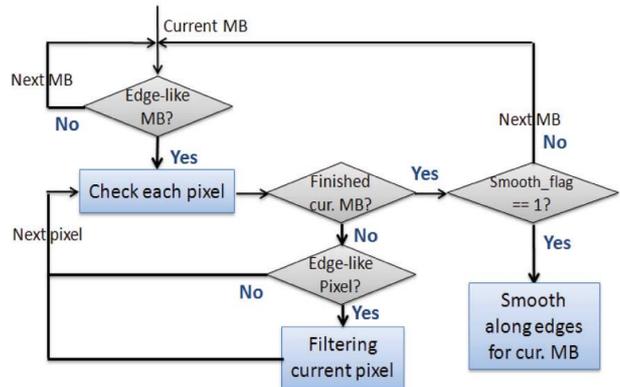
합성 결과에서 3DV-ATM의 깊이 영상 샘플링 방법이 JSVM 다운샘플링 방법에 비해 5.29%, bi-linear 보간화 방법에 비해 3.31%, 두 개 조합했을 때에 비해 7.35% 높은 성능을 보였다.

IV. 깊이 영상의 샘플링 관련 기술

1. 비선형 샘플링 방법

미국 Qualcomm 사의 기술은 매크로블록 레벨에서 적응적 깊이 에지 필터링(ADEF: Adaptive depth edge filtering)을 수행한 이후 에지 완만화 작업(SADE: Smoothing along depth edge)을 한다^[9]. 〈그림 11〉은 제안된 기술의 순서도이다. 이 기술은 3DV-ATM에서 깊이 영상 업샘플링 이후에 실행되며, 이는 깊이 영상에서의 왜곡을 보완하기 위함이다.

적응적 깊이 에지 필터링은 매크로블록 내에서의 화소값의 편차를 이용해 화소가 에지인지 판단한다. 에지 일 경우에는 에지 완만화 작업을 실행한다. 반면, 에지가 아닐 경우에는 다음 매크로블록 처리로 넘어간다.



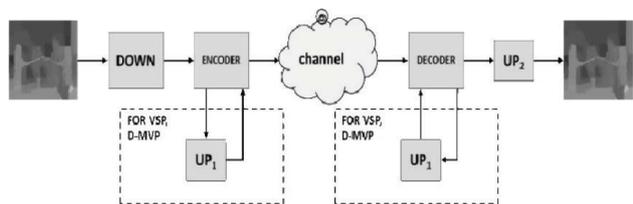
〈그림 11〉 Qualcomm 기술 순서도

에지 완만화 작업은 주변 화소와의 대조를 통해 차이가 나는 것을 보상하는 기술이다.

에지 완만화 작업은 수평적으로 깊이 경계를 스캔하면서 에지에서 값이 급격히 바뀌는 위치를 찾아 보완하는 것이다. 이 방법은 부호화 과정에 포함되는 기술이므로, 3DV-ATM (v0.3)에 구현되었다. 합성 영상의 화질 평가에서 5.5% 개선이 있었다. 샘플링 과정에서 저하된 깊이 영상의 화질 개선이 합성 영상의 화질 개선으로 이어진 것이다.

2. In-loop 샘플링 방법

미국 Mitsubishi 연구소(MERL)에서 제안한 방법은 부호화가 종료된 후 업샘플링을 하는 것이 아니라, 부호화 수행 작업 중에서 실행되는 것이다^[10]. 이 방법의 장점은 부호기와 복호기에서 영상 합성 예측과 깊이-기반 움직임 벡터 예측을 원래 해상도에서 수행하게 하는 것이다. 기존의 기술은 다운샘플된 데이터를 가지고 작업하기 때문에 정확도가 떨어진다. 〈그림 12〉는 Mitsubishi 기술의 순서도이다.



〈그림 12〉 Mitsubishi 기술 순서도

다운샘플링 방법은 기존의 방법과 다르게 미디언 필터를 취한다. 이는 여러 개의 화소를 묶었을 때 화소값들의 중간값이 그 묶음을 대표하게 되는 것이다.

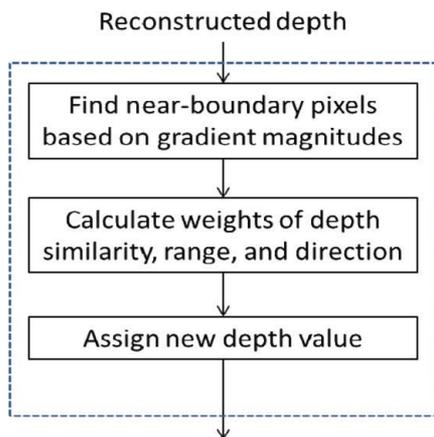
3DV-ATM (v0.3)을 이용하여 MERL의 방법을 실행시켰을 때의 성능을 평가했는데, 합성영상의 화질 평가에서 4.92%의 개선이 있었다.

3. 깊이영상의 경계 보정 방법

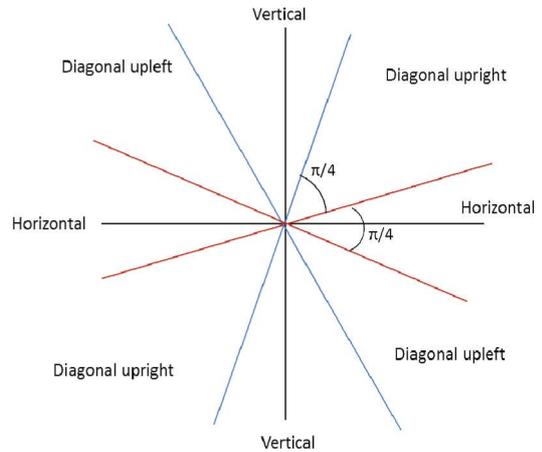
광주과학기술원(GIST)에서 제안한 기술은 업샘플링이 완료된 이후 깊이 영상을 개선하여 합성 화질을 개선한다^[11-12]. 깊이 영상의 경계 정보를 찾은 뒤, 세 개의 가중치 계산을 통해 최적의 깊이값으로 기존 깊이값을 대체하는 방법이다. <그림 13>은 GIST 기술의 순서도이다.

깊이 영상 부호화 결과의 특징은 경계에서 왜곡이 심하다는 것이다. 따라서 이 기술은 경계 정보를 획득하여 경계로 분류되는 영역에만 필터링을 수행한다. 각 화소마다 수평적, 수직적 그래디언트 값을 구하면 이를 토대로 그래디언트 강도를 계산할 수 있다. 그래디언트 강도는 그 화소의 방향이 수평적, 수직적으로 얼마나 기울었나를 나타낸다. 이를 이용하기 위해서 프레임 내에서 모든 화소들의 그래디언트 강도의 표준편차를 구하여 이를 임계값으로 설정해 경계 영역 분류에 사용한다.

GIST에서 제안하는 필터는 깊이 유사도, 화소간 거리, 경계의 방향을 고려하여 최적의 깊이값을 구한다.



<그림 13> GIST 기술 순서도



<그림 14> GIST 기술에서의 경계 방향 분할

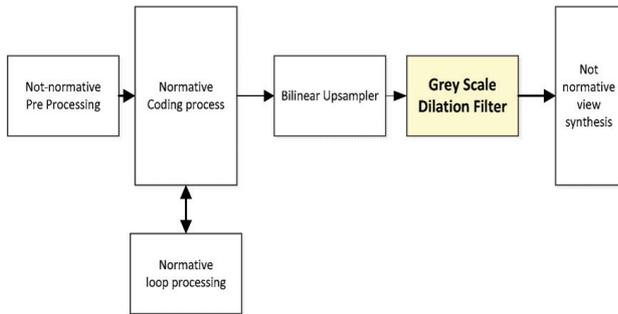
각 요소별로 가중치를 구한 뒤, 최종 가중치는 세 가중치의 곱이 된다. 각 가중치는 0에서 1 사이 값이 되도록 정규화했다. 경계 근처에서는 왜곡된 화소들이 존재하므로 경계에서 멀수록, 그리고 깊이값이 유사할수록, 신뢰도 있는 화소로 분류한다. 이 때문에 경계에서 멀수록 거리 가중치가 높아진다.

경계의 방향에서 수직인 방향에 화소가 존재할수록 높은 가중치를 지정한다. 경계 방향의 수직 방향을 고려하는 이유는 객체의 경계에서 수직 방향에는 배경 또는 전경으로 부호화 손실이 상대적으로 적은 영역이므로, 신뢰도 있는 화소로 보기 때문이다. 윈도우 크기를 지정하면 윈도우 내에서 인접화소의 위치에 따라 방향 가중치가 고정되기 때문에 가중치값 계산은 한 번만 수행하면 된다.

경계의 방향은 수직, 수평, 대각선-왼쪽, 대각선-오른쪽 이렇게 네 가지로 정의되고 균등하게 분할되었다. 그림 14는 경계 방향의 분할을 나타낸다. 구현 과정에서 9×9 크기의 윈도우가 사용되었다. 실험 결과 3DV-ATM (v0.3)에서 합성영상의 화질 평가에서 2.93%의 개선이 있었다.

4. 깊이영상의 경계 확장 방법

삼성전자에서 제안한 기술은 깊이 영상이 업샘플링 이후에 객체의 영역 확장을 통해 합성영상의 화질을 개선시키기 위함이다^[13-14]. <그림 15>는 삼성 기술의 순



〈그림 15〉 삼성 기술 순서도

〈표 4〉 깊이 샘플링 기술 비교

제안 기관	내용	특징	BDBR 개선
Qualcomm	비선형 샘플링	적응적 에지 필터링 이후 에지 완만화 작업	5.50%
MERL	In-loop 샘플링	후처리 대신에 in-loop에서 샘플링 실시	4.92%
GIST	경계 보정	경계 추출 이후 깊이값 보정	2.93%
삼성	객체 확장	전경의 깊이를 확장해 합성 유리	4.47%

서도이다.

깊이 영상의 객체 확장은 합성 방식의 특징을 이용한 것이다. 영상을 합성할 때 전경과 배경이 만나는 경계 영역에서의 오류가 발생하는데, 이는 합성 영상의 화질을 저하시키는 요인이 된다. 이 기술은 전경이 배경을 덮게 하여 보간화를 유리하게 하고, 이를 통해 합성 영상의 화질을 개선시킨다.

3DV-ATM (v0.4)에서의 실험 결과 합성영상에서 4.47%의 개선이 있었다. 이 기술은 부호기 복잡도가 100%, 복호기 복잡도가 108%로 높지 않아 후처리로써 좋은 성능을 인정받아 제101차 MPEG 미팅에서 3DV-ATM 기술로 채택되었다. 〈표 4〉는 앞에서 설명한 네 가지의 깊이 영상 샘플링에 관련된 기술들의 특징을 요약한 것이다.

MERL의 기술은 업샘플링 방법과 다운샘플링 방법을 직접 바꾼 것이고, 나머지 기술들은 3DV-ATM의 샘플링 방법은 유지하면서 후처리 작업을 통해 깊이 영상을 보정한 것이다.

V. 결론

본 논문에서는 현재 진행 중인 3차원 비디오 부호화의 국제 표준화 작업 내용을 소개했다. MPEG에서는 3차원 비디오 부호화 표준화를 위해 제안요청서를 배포했다. 그리고 제안된 기술들을 평가하여, AVC-기반의 테스트 모델인 3DV-ATM과 HEVC-기반의 3DV-HTM을 개발하고 있다. 본 논문은 테스트 모델에서 핵심을 이루는 여러가지 기술들을 간략히 설명한 뒤, 세부적으로 3DV-ATM에서 사용되는 방법인 깊이 영상의 다운샘플링과 업샘플링의 기술을 자세히 살펴보았다. 또한 깊이 영상 샘플링에 관련하여 기고된 기술들을 설명했다. 3차원 비디오 부호화는 차세대 방송 기술인 3차원 비디오 서비스를 이끌 중요한 기술이다. 따라서 현재 진행되고 있는 표준화 과정과 기술들을 잘 살펴보고 이를 개선해 나가는 노력이 필요하다.

감사의 글

이 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (NO. 2012-0009228).

참고 문헌

- [1] A. Smolic, "3D Video and Free Viewpoint Video - From Capture to Display," *Pattern Recognition*, Vol. 44, no. 9, pp. 1958-1968, Sep. 2011.
- [2] C. Lee, B. Choi, and Y. Ho, "Efficient multiview depth video coding using depth synthesis prediction," *Optical Engineering*, Vol. 20, July 2011.
- [3] "Call for proposals on 3D video coding technology," ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, n12036, March 2011.
- [4] M. Hannuksela, "Test model for AVC-based 3D video coding v2.0," ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, n12743, July 2012.

- [5] H. Schwarz and K. Wegner, "Test model under consideration for HEVC based 3D video coding v3.0," ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, n12744, April 2012.
- [6] H. Schwarz, C. Bartnik, S. Bosse, H. Brust, T. Hinz, H. Lakshman, D. Marpe, P. Merkle, K. Muller, H. Rhee, G. Tech, M. Winken, and T. Wiegand, "3D video coding using advanced prediction Depth modeling, and encoder control methods," *Picture Coding Symposium*, pp. 1-4, May 2012.
- [7] P. A. Beni, D. Rusanovskyy, and M. M. Hannuksela, "Non-linear depth map resampling for 3DV-ATM coding," ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, m23721, Feb. 2012.
- [8] H. Schwarz and D. Rusanovskyy, "Common test conditions for HEVC- and AVC-based 3DV," ISO/IEC JTC1/ SC29/WG11, n12352, Dec. 2011.
- [9] G. Van der Auwera, Y. Yu, L. Zhang, Y. Chen, and M. Karczewicz, "3D-CE3.a: Nonlinear depth map resampling," ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, m24942, April 2012.
- [10] D. Graziosi, D. Tian, and A. Vetro, "3D-CE3.a Results on in-loop depth upsampling filter," ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, m24927, April 2012.
- [11] Y. Song, C. Lee, and Y. Ho, "3D-CE4: Depth boundary filtering," ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, m24947 April 2012.
- [12] Y. Song, C. Lee, and Y. Ho, "Adaptive depth boundary sharpening for effective view synthesis," *Picture Coding Symposium*, pp. 73-76, May 2012.
- [13] S. Lee, S. Lee, H. Wey, and J. Lee, "3D-CE3.a Results on dilation filter for depth post processing," ISO/IEC JTC1/ SC29/WG11, m25885, July 2012.
- [14] S. Lee, S. Lee, K. Oh, H. Wey, and J. Lee, "3D-CE3 Results on in-loop depth resampling by Samsung," ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, m24821, April 2012.



호요성

1981년 2월 서울대학교 전자공학과 학사
 1983년 2월 서울대학교 전자공학과 석사
 1990년 3월 미국 Univ. of California, Santa Barbara, 전기전산공학과, 박사
 1983년 3월~1995년 9월 한국전자통신연구소 선임연구원
 1990년 1월~1993년 5월 미국 Philips 연구소, Senior Research Member
 1995년 9월~현재 광주과학기술원 정보통신공학부 교수

<주관심 분야>

디지털 신호처리, 영상신호 처리 및 압축, 멀티미디어 시스템, 디지털 TV와 고선명 TV, MPEG 표준, 3차원 TV, 실감방송



송윤석

2008년 8월 미국 Illinois Institute of Technology, Electrical Engineering, 학사
 2009년 8월 미국 Univ. of Southern California, Electrical Engineering, 석사
 2010년 3월~현재 광주과학기술원 정보통신공학부 박사과정

<주관심 분야>

디지털 영상 처리, MPEG 표준, 3차원 비디오 부호화