기하학적 구조를 이용한 3차원 비디오의 깊이 영상 부호화

강민구, 이천, 호요성 광주과학기술원 정보통신공학과

Depth Video Coding Exploiting Geometric Structure in 3-Dimensional Video

Min-Koo Kang and Yo-Sung Ho Gwangju Institute of Science of Technology (GIST) {minkoo, hoyo}@gist.ac.kr

Abstract: 본 논문에서는 3차원 비디오의 보조 데이터 인 깊이 영상을 효율적으로 압축하는 방법을 재안한다. H.264/AVC와 같은 영상 압축 기술은 자연 영상의 특 징을 기반으로 개발되었기 때문에 깊이 영상의 압축에 는 적절하지 못하며, 3차원 비디오 정보의 방대한 입력 데이터를 고려할 때 깊이 영상의 효과적인 압축 방법의 개발은 필수적이다. 본 논문에서는 이웃 불록간 기하학 칙 상관도를 이용하여 현재 부호화하는 블록을 분합하 고 분할된 영역을 독립적으로 인트라 예측을 수행하여. 깊이 영상을 객체간 경계선 주위 영역에서 보다 효율적 으로 부호화를 수행하는 방법을 제안하였다. 재안한 방 법은 추가적인 비트를 사용하지 않고 새로운 블록 분할 인트라 예측 모드를 생성하고 기존의 DC 인트라 예측 모드를 적응적으로 대체하는 특징을 가진다. 컴퓨터 시 뮬레이션을 통해 재안하는 방법이 총래의 HL264/AVC 를 이용하여 부호화를 수행한 것보다 향상된 깊이 영상 의 부호화 성능을 보였다.

Keywords: 3 차원 비디오, 자유 시점 TV, MVC, 깊이 영상, H.264/AVC, 인트라 예축

I. 서裡

3차원 비디오(3DV) 시스템은 사용자에게 높은 수 준의 현장감과 사실감을 제공하는 차세대 방송 기술이 다. 3DV 시스템의 송신단에서는 3차원 콘텐츠를 획득 하여 이를 부호화하여 전송하고, 수신단에서는 부호화 된 영상을 복원하여 3차원 디스플레이 장치에 재현한다 [1][2], 이러한 3DV 표준화 작업에서 사용되는 대표적 인 3차원 콘텐츠에는 다수의 카메라로 획득한 다시점 성에 대한 연구를 심시하고 있다[5]. 깊이 영상의 부호 화에 대한 표준은 아직 정해진 것이 없으며, 향후 3차 원 콘텐츠에 포함되는 깊이 영상이 만족할 만한 수준으 로 얻어지면, 이를 부호화하기 위한 재안 요청서(Call for proposal)를 배포할 예정이다.

깊이 영상의 부호화를 위해서는 색상영상의 압축을 위한 최신 영상 압축 표준인 H.264/AVC를 이용할 수 있지만, 깊이 영상의 독특한 특징 때문에 H.264/AVC는 깊이 영상의 부호화에 최적의 성능을 발휘하지 못한다. 본 논문에서는 깊이 영상의 특징을 고려하여 효과적으 로 깊이 영상의 부호화를 수행하는 방법을 제안한다.

Ⅱ. 기하학 기반의 볼록 분할 인트라 예측방법의 적용

1은 H.264/AVC의 참조. 소포트웨어인 그림 JM14.2를 이용하여 'Breakdancers' 시펠스를 부호 화할 때, 색상 영상과 깊이 영상의 P-Slice에서 사용될 인트라, 인터 예측 모드의 백분율을 비교한 것이다. 크 림 2는 깊이 영상의 부호화에 사용된 예측 모드 블록희 크기를 격자로 나타낸 것이다. 그림 2에서 가장 큰 책 자는 16x16 예측 모드가 사용된 것을 나타내고, 가장 작은 크기의 격자는 4x4 예측 모드의 사용을 나타낸다. 그림 1.2를 통해서 알 수 있는 사실은 깊이 영상의 부호화는 색상 영상 부호화의 경우보다 인트라 예측 밤 법에 더욱 의존적이라는 것이다. 또한, 영상 내의 대부 문의 영익에서 16x16 예측 모드로서 효과적으로 투효 화되는 반면에 객체간 경계선 주위 영역에서 가장 작은 4x4 예측 모드로서 부호화되고 많은 잔여 데이터를 생 성한다는 것이다.

따라서 효과적인 깊이 영상의 부호화를 위해서는 객체간 경계선 주위 영역에서 보다 효과적으로 인트라

는 깊이 영상이 결합된예측을 수행하는 알고리즘에 대한 연구가 필요하다. 본
논문에서는 이러한 연구의 한 방법으로서 기하학 기반
의 분독 분할 인트라 예측 방법을 고려한다[6]. 이 방
의 분독 분할 인트라 예측 방법을 고려한다[6]. 이 방
법은 현재 부호화하는 분독이 부분적으로 부드러운 2차
원 신호를 포함할 때 압축 이득을 얻는 방법이다. 그림
3(a)처럼 종래의 쿼드트리(Quadtree) 기반 문할 방석은
현재 분독을 작은 분독 단위로 분할하여 인트라 예측을
수행한다. 반면, 그림 3(b)의 기하학 기반 분독 분할 방
식은 현재 분독을 2차원 신호에 근사한 직선을 기준으

컬러영상과 각 시점에 해당하는 깊이 영상이 결합된 MVD(Multi-view Video-plus-Depth), 계층적 깊이 영 상인 LDV(Layered Depth Video) 등이 있다[3]. 3DV 시스템의 대표적인 응용의 예로는 시청자가 원하는 위 치와 보는 방향을 자유롭게 선택하여 비디오 시청이 가 능한 자유 시점 TV(Free view-point TV)가 있다[4]. 현재 3DV 표준화를 진행하고 있는 MPEG 3DV 그름은 MVD 부호화 실험을 위한 실험 콘텐츠 수집과, 실험 콘텐츠의 깊이 영상 생성 및 가상 시점 영상의 생



로 분할하여 각 영역을 독립적으로 인트라 예측하여 부 호화를 수행한다. 이러한 방법으로 기하학 기반 분할 방식은 예측 모드 정보에 대한 비트와 잔여 태이터 부 호화에 대한 비트 사용량을 줄일 수 있다.



신제 깊이 영상의 경계선 주위의 영역들은 기하학 기반의 볼록 분할 인트라 예측방법을 적용하기에 이상 적이다. 이것은 깊이 영상이 경제선 정보를 획득하기 용이하고 경계선을 기준으로 대부분 완만한 깊이 값의 차이를 가지는 특징 때문이다. 그림 4은 실제 깊이 영 상의 객체간 경계선 주위의 영역에서 경계선이 직선의 형태로 추정 되고, 추정된 직선을 기준으로 현재 볼록 이 분할될 수 있음을 보여준다.



그림 4. 깊이 영상에서 기하학 기반 분할 방식의 적용

Ⅲ. 기하학적 구조를 이용한 깊이 영상 부호화 방법

제안하는 방법은 기존의 기하학 기반 물록 분할 일

에서 다른 인터/인트라 예측 모드들과 그 비트율-왜곡 비용을 비교하여 최종 모드로 선택된다.

그럼 5는 제안하는 방법의 전체 블록 다이어그램이 다. 먼저, 현재 블록에 인접한 주변 화소들에서 연속된 두 화소의 깊이 값 차이를 살핀다. 만약 그 차이 값이 하나라도 '문턱 값1'보다 클 경우에, 현재 블록은 인접 한 블록과 현재 블록을 통과하는 경계선을 포함한다고 가정한다. 이러한 가정에 의해서 현재 블록은 최종 예 즉 모드로서 선택된 가능성이 낮은 DC 인트라 예측 모 드의 생성을 포기하고 이 모드 정보를 대신 소유하는 분할된 인트라 예측 모드의 생성을 수행한다. 만약 그 깊이 값의 차이가 모두 '문턱 값1'보다 작을 경우, 현재 블록은 경제선을 포함하지 않고 대부분 완만한 깊이 값 을 가전다고 판단되어 분할된 인트라 예측 모드의 생성 을 포기하고 DC 인트라 예측 모드의 생성을 수행한다.



그림 5. 제안하는 방법의 전체 블록 다이어그램

분할된 인트라 예측 모드의 생성은 크게 네 가지 단계로 수행된다. 다음 장에서는 각 세부 단계에 대해 자세히 알아보기로 한다.

분할 직선 추정

이 단계에서는 현재 블록의 경계선에 근사한 직선 을 추정하기 위해서 이미 부호화되어 이용 가능한 인접 블록의 기하학적 구조를 이용한다. 인접한 블록은 서로 간 기하학적 상관도를 가지므로 인접 블록의 경계선 구 조로부터 직선을 검출하고 이 검출된 직선을 연장하여 현재 블록의 분할을 위한 직선으로 사용한다. 그럼 6은 인접 블록의 경계선 구조에서 분할 직선을 추정하는 과 정을 나타낸다.



면제, 인접한 블록에서 경계선 검출 마스크를 사용 하여 객체의 경계선을 검출한다. 경계선이 검출되면, 실 제 경계선 정보와 깊이 오류 값을 구분하기 위한 이진 화 과정을 수행한다. 최종적으로 이진화 과정을 통해서 '문턱 값2'보다 큰 값을 가지는 화소들을 허프 변환 (Hough transform)하여 경계선에 근사한 직선을 추정 한다. 허프 변환은 디지털 영상 처리 분야에서 직선 검 출을 위해 자주 사용되는 방법이다. 추정된 직선의 정 보는 극좌표 형태의 직선의 매개변수 (ρ', θ')로 저장 된다.

트라 예측 방법을 기반으로 하며, 깊이 영상에서 이옷 봉독의 기하학적 상관도를 이용하는 방법이다. 이 방법 에서는 현재 블록의 분할을 위한 직선 정보를 인접한 분득이 포함하는 경계선의 기하학적 구조로부터 추정하 여 추가적인 비트의 사용 없이 새로운 형태의 분할된 인트라 예측 모드를 생성하는 특징이 있다. 생성된 예 측 모드는 종래의 DC 인트라 예측 모드의 모드 정보를 대신 소유하여, 최종 매크로볼록 예측 모드 결정 단계

- 101 -

본 연구에서는 Roberts 경계선 검출 마스크를 사용 하되, 참조하는 인접 블록의 위치에 따라서 보다 날카 로운 경계선 검출이 가능하도록 두 가지 타입을 사용하 였다. 그림 7(a)는 원쪽 인접 블록을 참조하였을 경우에 사용된 경계선 검출 마스크이다. 이 마스크는 그림 7(d) 와 같이 가로방향의 날카로운 경계선 검출이 가능하다. 유사하게, 그림 7(b)는 위쪽 인접 블록을 참조하였을 경 우에 사용된 마스크이며, 그림 7(c)과 같이 날카로운 세 로방향 경계선 검출이 가능하다



2. 문할 직선의 유효성 판단

이 단계에서는 분할 직선이 올바르게 추정되었는지 그 유효성을 판단한다. 유효성의 판단은 두 가지 조건 을 통해 결정된다. 먼저, 제안하는 방법의 초기 가정에 서 현재 블록은 인접 블록과 현재 블록을 통과하는 경 계선을 포함한다고 가정했다. 따라서 분할 직선이 올바 르게 추정된 것이라면 초기 가정에 의해서 추정된 분할 직선을 연장했을 때 분할 직선은 반드시 현재 블록과 인접 블록의 경계에 위치한 화소들을 통과해야 한다. 또한, 분할 직선이 충분히 많은 화소로부터 추정된 것 이어야 하므로, 허프 변환을 통한 직선의 검출 단계에 서 및 개의 경계선 정보를 포함하는 화소로부터 그 직 선이 검출되었는지 '문턱 값3'과 비교하여 그 유효성을 판단한다.

만약 분할 직선이 위에서 언급한 두 조건을 만족하 지 못하여 유효하지 않다고 판단되면, 제안하는 방법은 분할된 인트라 예측 모드의 생성을 포기하고 기존의 DC 인트라 예측 모드를 생성한다.

3. 분항 직선을 이용한 현재블록 분할

추정된 문할 직선의 유효성이 검증되면, 저장된 직 선의 매개변수(p', 0)를 이용하여 현재 블록을 분할하 기 위한 방정식을 만든다. 이 방정식에서 현재 블록의 화소 좌표(x', y')가 입력 값이 되고 방정식의 결과 값 의 부호에 따라서 양의 값의 가지는 영역과 음의 값을 가지는 영역으로 현재 블록이 분할된다. 그럼 8은 인접 블록에서 추정한 분할 직선을 연장하여 현재 블록을 두 영역으로 분할한 것이다. 식 (1)은 왼쪽 인접 블록 참조 록의 위치와 추정된 직선의 매개변수 6'의 크기에 따 라서 다양한 조합으로 선택된다.

그림 9(a)에서와 같이 왼쪽 안점 블록에서 분할 직 선이 추정되면, 현재 볼록에서 y축 방향의 인접 화소들 이 반드시 이용가능하기 때문에 기본적으로 두 분할된 영역에서 모두 가로방향 인트라 예측을 수행한다. 그러 나 각 양의 부호를 가지는 영역에서 가로방향 인트라 예측이 불가능한 영역이 존재한다. 이러한 영역을 예측 하기 위해서는 DC 인트라 예측 방법이 사용된다. 이때 사용되는 DC(평균) 값은 각 양의 부호를 가지는 영역에 인접한 y축 방향 인접 화소들로부터 개산된다.

이와 유사한 방법으로 위쪽 인정한 불록을 참조하 여 분할 직선이 추정될 경우, 세로방향 인트라 예측 방 법이 기본적으로 사용되고 세로방향 인트라 예측이 불 가능한 영역에서 DC 인트라 예측 방법이 추가로 사용 된다. 이것은 그림 9(b)에 나타내었다.



IV. 실험결과 및 분석

그림 9. 분할된 영역의 독립적 인트라 예측

본 논문에서 재안하는 방법의 성능을 평가하기 위

시 사용되는 분할 방정식이고, 식 (2)는 위쪽 인접 블록	해 공동의 조건에서 H.264/AVC의 참조 소프트웨어인
참조 시 사용되는 분할 방정식이다.	JM.14.2를 사용하여 실험을 수행했다. 실험에서 사용한
 분할된 인트라 예측 모드의 생성 현재 블록이 분할 직선을 경계로 두 영역으로 분할 	깊이 영상은 그림 10에서 도시한 것과 같이 Microsoft 에서 제공한 'Ballet,' Philips에서 제공한 'Beer Garden,' 그리고 'http:// vision.middlebury.edu'에서
되면 각 분할된 영역은 종래의 H.264/AVC에서 제공하	스테레오 정함 알고리즘의 실험 데이터로 제공되는
는 가로방향 예측, 세로방향 예측, 또는 DC 예측 방법	'Lampshade2'의 깊이 영상이다.
등은 사용하여 독립적으로 예측되다 이때 분하되 두	자세하 신형 조건은 표 1에 나타내어고 재아하는
영역의 예측에 사용되는 예측 방법들은 참조한 인접 불	방법에서 사용되는 문턱 값들은 실험영상에 따라 적응



적으로 최적의 값을 찾아서 실험을 수행하였다. 실험 철과는 표 2에서 H.264의 인트라 예측 방법과 제안하 는 방법을 비교하여 부호화 성능의 객관적 지표로 사용 되는 BDBR(Bjonteggard Delta BitRate)과 BDPSNR (Bjonteggard Delta PSNR)을 이용하여 나타내었다[7].



10 Beller, 1024c703 (6) Lampohade2, 405c770 (c) Heer Gauden, 1920s 1040 그림 10. 실험에 사용된 깊이 영상

100		-m-L	-	
44		01	100	24
and a state	1 T.	100	-	8.1

실험 영상 - 삼식(YUV)	Ballet(4:0:0), Lampshade2(4:0:0), D Beer Garden(4:2:0)	
제출 구조	Only Intra Frame	
부호화 방법	H.264(original), 제안하는 방법(INTRA8x8 적용), 제안하는 방법(INTRA16x16 적용), 제안하는방법(INTRA8x8+ INTRA16x16)	
QP	22, 27, 32, 37	
기다 불풍 조건	FRExt 三克과실, deblocking filter on CAHAC AF&	

#	2.		엽	셭	4	4	11	
	_	_	_	_	_		_	

· 설립 영상	부호와 방법	BEBR	BDPSNR
Lampshade2	Partitioned_8x8	+0.79%	0.070 dB
	Partitioned_16x16	-3.04%	0.257 dB
	Partitioned_(8x8+16x16)	1-3.71%	0.309 dB
Ballet	Partitioned_8x8	-1.33%	0.100 dB
	Partitioned_16x16	-1.04%	和 770.0
	Partitioned_(8x8+16x16)	-1.09%	0.080 dB
Beer, Ganden	Partitioned_8x8	~1.06%	0.071 dB
	Partitioned_16x16	-+0.87%	0.058 //8
	Partitioned_(8x8+16x16)	-1.144	0.076 dB

표 2에 보인 것처럼 이웃 블록간의 기하학적 상관 도가 높고 기하학적 구조가 비교적 단순한 'Lampshade2'의 경우에는 제안하는 방법이 예측 블록 위 크기가 더 큰 INTRA16x16모드에서 더 효과적으로 동작하였다. 그러나 상대적으로 이웃 블록간의 기하학 적 상관도가 낮고 기하학적 구조가 복잡한 'Ballet'과 'Beer Garden'의 깊이 영상의 경우는 제안하는 방법이 예측 블록의 크기가 터 작은 INTRA8x8모드에서 더 효 과적으로 동작하였다. INTRA 8x8과 INTRA16x16 때 후모드 모두에 제안하는 방법을 적용했을 경우에는 대 부분의 실험영상에서 가장 높은 부호화 성능을 보였으 퍼 'Lampshade2'의 경우 최대 3.71%의 비트 감소율과 0.309dB 화결 개선 효과를 보였다.

그림 11은 'Lampshade2' 깊이 영상의 부호화 결과 를 비트율-왜곡 곡선을 나타낸 것이다. 그림 11에 보인 것처럼 책안하는 방법의 또 다른 특징은 부호화에 사용 되는 양자화 계수가 작을 때 더 큰 압축 이득을 보이는 것이다. 이것은 양자화 계수가 커지면 복원되어 이용 가능한 이웃 블록의 기하학적 구조가 불명확해지기 때 문인 것으로 분석된다.



V. 결론

본 논문에서는 깊이 영상의 효과적인 부호화를 위 한 객체간 경계선 주변에서 효과적으로 일트라 예측을 수행하는 방법을 제안하였다. 우선 인접한 볼록의 기하 학적 구조를 이용하여 현재 블록을 기하학 기반으로 분 할하고, 분할된 영역을 독립적으로 인트라 예측하여 부 호화를 수행한다. 제안하는 방법은 부호화에 사용되는 양자화 계수가 낮고 깊이 영상이 직선 형태의 간단한 기하학적 구조를 많이 포함하면 할수록 더 높은 부호화 성능을 보였다. 부호화 성능 평가 실험에서, 제안하는 방법은 H.264의 인트라 예측 방법보다 평균 1.98%의 비트 감소율을 보였다. 실험에 사용된 깊이 영상이 다 양한 방법으로 생성된 것인을 감안할 때 향후 일정한 방법의 깊이 영상 생성 방법이 화정되면, 제안하는 방 법에서 더 높은 부호화 성능을 얻을 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 삼성전자의 지원에 의한 것입니다.

참고문헌

- ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, "Call for Contribution on 3D Video Test Material (Update)," N9595, Jan. 2008.
- [2] C. Lee, and Y. Ho, "Boundary Filtering on Synthesized Views of 3D Video," SIP 2008, pp. 15(1-4), 2008.
- [3] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, "Applications and Requirements on 3D Video Coding," N10358, Feb. 2009.
- [4] M. Tanimoto, "Overview of Free Viewpoint Television," Signal Processing: Image Comm., vol.21, no.6, pp. 454-461, July 2006.
- [5] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, "Description of Exploration Experiments in 3D Video Coding," N9783, Feb. 2009.
- [6] C. Dai, O.D. Escoda, P. Yin, X. Li, and C. Gomila, "Geometry-Adaptive Block Partitioning for Intra Prediction in Image & Video Coding," *IEEE International Conference on Image Processing*, Sept. 2007.
- [7] ITU-T Q.6/16, "Calculation of average PSNR differences between RD-curves," VCEG-M33, March 2001.

기하학적 구조를 이용한 3차원 비디오의 깊이 영상 부호화

강민구, 이천, 호요성 광주과학기술원 정보통신공학과

Depth Video Coding Exploiting Geometric Structure in 3-Dimensional Video

Min-Koo Kang and Yo-Sung Ho Gwangju Institute of Science of Technology (GIST) <u>{minkoo, hoyo}@gist.ac.kr</u>

Abstract: 본 논문에서는 3차원 비디오의 보조 데이터 인 깊이 영상을 효율적으로 압축하는 방법을 제안한다. H.264/AVC와 같은 영상 압축 기술은 자연 영상의 특 징을 기반으로 개발되었기 때문에 깊이 영상의 압축에 는 적절하지 못하며, 3차원 비디오 정보의 방대한 입력 데이터를 고려할 때 깊이 영상의 효과적인 압축 방법의 개발은 필수적이다. 본 논문에서는 이웃 블록간 기하학 적 상관도를 이용하여 현재 부호화하는 블록을 분할하 고 분할된 영역을 독립적으로 인트라 예측을 수행하여, 깊이 영상을 객체간 경계선 주위 영역에서 보다 효율적 으로 부호화를 수행하는 방법을 제안하였다. 제안한 방 법은 추가적인 비트를 사용하지 않고 새로운 블록 분할 인트라 예측 모드를 생성하고 기존의 DC 인트라 예측 모드를 적응적으로 대체하는 특징을 가진다. 컴퓨터 시 뮬레이션을 통해 제안하는 방법이 종래의 H.264/AVC 를 이용하여 부호화를 수행한 것보다 향상된 깊이 영상 의 부호화 성능을 보였다.

Keywords: 3 차원 비디오, 자유 시점 TV, MVC, 깊이 영상, H.264/AVC, 인트라 예측

I. 서론

3차원 비디오(3DV) 시스템은 사용자에게 높은 수 준의 현장감과 사실감을 제공하는 차세대 방송 기술이 다. 3DV 시스템의 송신단에서는 3차원 콘텐츠를 획득 하여 이를 부호화하여 전송하고, 수신단에서는 부호화 된 영상을 복원하여 3차원 디스플레이 장치에 재현한다 [1][2]. 이러한 3DV 표준화 작업에서 사용되는 대표적 인 3차원 콘텐츠에는 다수의 카메라로 획득한 다시점 컬러영상과 각 시점에 해당하는 깊이 영상이 결합된 MVD(Multi-view Video-plus-Depth), 계층적 깊이 영 상인 LDV(Layered Depth Video) 등이 있다[3]. 3DV 시스템의 대표적인 응용의 예로는 시청자가 원하는 위 치와 보는 방향을 자유롭게 선택하여 비디오 시청이 가 능한 자유 시점 TV(Free view-point TV)가 있다[4].

현재 3DV 표준화를 진행하고 있는 MPEG 3DV 그룹은 MVD 부호화 실험을 위한 실험 콘텐츠 수집과, 실험 콘텐츠의 깊이 영상 생성 및 가상 시점 영상의 생 성에 대한 연구를 실시하고 있다[5]. 깊이 영상의 부호 화에 대한 표준은 아직 정해진 것이 없으며, 향후 3차 원 콘텐츠에 포함되는 깊이 영상이 만족할 만한 수준으 로 얻어지면, 이를 부호화하기 위한 제안 요청서(Call for proposal)를 배포할 예정이다.

깊이 영상의 부호화를 위해서는 색상영상의 압축을 위한 최신 영상 압축 표준인 H.264/AVC를 이용할 수 있지만, 깊이 영상의 독특한 특징 때문에 H.264/AVC는 깊이 영상의 부호화에 최적의 성능을 발휘하지 못한다. 본 논문에서는 깊이 영상의 특징을 고려하여 효과적으 로 깊이 영상의 부호화를 수행하는 방법을 제안한다.

Ⅱ. 기하학 기반의 블록 분할 인트라 예측방법의 적용

1은 H.264/AVC의 참조 소프트웨어인 그릮 JM14.2를 이용하여 'Breakdancers' 시퀀스를 부호 화할 때, 색상 영상과 깊이 영상의 P-Slice에서 사용된 인트라, 인터 예측 모드의 백분율을 비교한 것이다. 그 림 2는 깊이 영상의 부호화에 사용된 예측 모드 블록의 크기를 격자로 나타낸 것이다. 그림 2에서 가장 큰 격 자는 16x16 예측 모드가 사용된 것을 나타내고, 가장 작은 크기의 격자는 4x4 예측 모드의 사용을 나타낸다. 그림 1,2를 통해서 알 수 있는 사실은 깊이 영상의 부호화는 색상 영상 부호화의 경우보다 인트라 예측 방 법에 더욱 의존적이라는 것이다. 또한, 영상 내의 대부 분의 영역에서 16x16 예측 모드로서 효과적으로 부호 화되는 반면에 객체간 경계선 주위 영역에서 가장 작은 4x4 예측 모드로서 부호화되고 많은 잔여 데이터를 생 성한다는 것이다.

따라서 효과적인 깊이 영상의 부호화를 위해서는 객체간 경계선 주위 영역에서 보다 효과적으로 인트라 예측을 수행하는 알고리즘에 대한 연구가 필요하다. 본 논문에서는 이러한 연구의 한 방법으로서 기하학 기반 의 블록 분할 인트라 예측 방법을 고려한다[6]. 이 방 법은 현재 부호화하는 블록이 부분적으로 부드러운 2차 원 신호를 포함할 때 압축 이득을 얻는 방법이다. 그림 3(a)처럼 종래의 쿼드트리(Quadtree) 기반 분할 방식은 현재 블록을 작은 블록 단위로 분할하여 인트라 예측을 수행한다. 반면, 그림 3(b)의 기하학 기반 블록 분할 방 식은 현재 블록을 2차원 신호에 근사한 직선을 기준으 로 분할하여 각 영역을 독립적으로 인트라 예측하여 부 호화를 수행한다. 이러한 방법으로 기하학 기반 분할 방식은 예측 모드 정보에 대한 비트와 잔여 데이터 부 호화에 대한 비트 사용량을 줄일 수 있다.



그림 3. 블록 분할을 통한 인트라 예측 방법 비교

실제 깊이 영상의 경계선 주위의 영역들은 기하학 기반의 블록 분할 인트라 예측방법을 적용하기에 이상 적이다. 이것은 깊이 영상이 경계선 정보를 획득하기 용이하고 경계선을 기준으로 대부분 완만한 깊이 값의 차이를 가지는 특징 때문이다. 그림 4은 실제 깊이 영 상의 객체간 경계선 주위의 영역에서 경계선이 직선의 형태로 추정 되고, 추정된 직선을 기준으로 현재 블록 이 분할될 수 있음을 보여준다.



그림 4. 깊이 영상에서 기하학 기반 분할 방식의 적용

Ⅲ. 기하학적 구조를 이용한 깊이 영상 부호화 방법

제안하는 방법은 기존의 기하학 기반 블록 분할 인 트라 예측 방법을 기반으로 하며, 깊이 영상에서 이웃 블록의 기하학적 상관도를 이용하는 방법이다. 이 방법 에서는 현재 블록의 분할을 위한 직선 정보를 인접한 블록이 포함하는 경계선의 기하학적 구조로부터 추정하 여 추가적인 비트의 사용 없이 새로운 형태의 분할된 인트라 예측 모드를 생성하는 특징이 있다. 생성된 예 측 모드는 종래의 DC 인트라 예측 모드의 모드 정보를 대신 소유하여, 최종 매크로블록 예측 모드 결정 단계 에서 다른 인터/인트라 예측 모드들과 그 비트율-왜곡 비용을 비교하여 최종 모드로 선택된다.

그림 5는 제안하는 방법의 전체 블록 다이어그램이 다. 먼저, 현재 블록에 인접한 주변 화소들에서 연속된 두 화소의 깊이 값 차이를 살핀다. 만약 그 차이 값이 하나라도 '문턱 값1'보다 클 경우에, 현재 블록은 인접 한 블록과 현재 블록을 통과하는 경계선을 포함한다고 가정한다. 이러한 가정에 의해서 현재 블록은 최종 예 측 모드로서 선택될 가능성이 낮은 DC 인트라 예측 모 드의 생성을 포기하고 이 모드 정보를 대신 소유하는 분할된 인트라 예측 모드의 생성을 수행한다. 만약 그 깊이 값의 차이가 모두 '문턱 값1'보다 작을 경우, 현재 블록은 경계선을 포함하지 않고 대부분 완만한 깊이 값 을 가진다고 판단되어 분할된 인트라 예측 모드의 생성 을 포기하고 DC 인트라 예측 모드의 생성을 수행한다.



그림 5. 제안하는 방법의 전체 블록 다이어그램

분할된 인트라 예측 모드의 생성은 크게 네 가지 단계로 수행된다. 다음 장에서는 각 세부 단계에 대해 자세히 알아보기로 한다.

1. 분할 직선 추정

이 단계에서는 현재 블록의 경계선에 근사한 직선 을 추정하기 위해서 이미 부호화되어 이용 가능한 인접 블록의 기하학적 구조를 이용한다. 인접한 블록은 서로 간 기하학적 상관도를 가지므로 인접 블록의 경계선 구 조로부터 직선을 검출하고 이 검출된 직선을 연장하여 현재 블록의 분할을 위한 직선으로 사용한다. 그림 6은 인접 블록의 경계선 구조에서 분할 직선을 추정하는 과 정을 나타낸다.



먼저, 인접한 블록에서 경계선 검출 마스크를 사용 하여 객체의 경계선을 검출한다. 경계선이 검출되면, 실 제 경계선 정보와 깊이 오류 값을 구분하기 위한 이진 화 과정을 수행한다. 최종적으로 이진화 과정을 통해서 '문턱 값2'보다 큰 값을 가지는 화소들을 허프 변환 (Hough transform)하여 경계선에 근사한 직선을 추정 한다. 허프 변환은 디지털 영상 처리 분야에서 직선 검 출을 위해 자주 사용되는 방법이다. 추정된 직선의 정 보는 극좌표 형태의 직선의 매개변수 (ρ', θ')로 저장 된다. 본 연구에서는 Roberts 경계선 검출 마스크를 사용 하되, 참조하는 인접 블록의 위치에 따라서 보다 날카 로운 경계선 검출이 가능하도록 두 가지 타입을 사용하 였다. 그림 7(a)는 왼쪽 인접 블록을 참조하였을 경우에 사용된 경계선 검출 마스크이다. 이 마스크는 그림 7(d) 와 같이 가로방향의 날카로운 경계선 검출이 가능하다. 유사하게, 그림 7(b)는 위쪽 인접 블록을 참조하였을 경 우에 사용된 마스크이며, 그림 7(e)과 같이 날카로운 세 로방향 경계선 검출이 가능하다



2. 분할 직선의 유효성 판단

이 단계에서는 분할 직선이 올바르게 추정되었는지 그 유효성을 판단한다. 유효성의 판단은 두 가지 조건 을 통해 결정된다. 먼저, 제안하는 방법의 초기 가정에 서 현재 블록은 인접 블록과 현재 블록을 통과하는 경 계선을 포함한다고 가정했다. 따라서 분할 직선이 올바 르게 추정된 것이라면 초기 가정에 의해서 추정된 분할 직선을 연장했을 때 분할 직선은 반드시 현재 블록과 인접 블록의 경계에 위치한 화소들을 통과해야 한다. 또한, 분할 직선이 충분히 많은 화소로부터 추정된 것 이어야 하므로, 허프 변환을 통한 직선의 검출 단계에 서 몇 개의 경계선 정보를 포함하는 화소로부터 그 직 선이 검출되었는지 '문턱 값3'과 비교하여 그 유효성을 판단한다.

만약 분할 직선이 위에서 언급한 두 조건을 만족하 지 못하여 유효하지 않다고 판단되면, 제안하는 방법은 분할된 인트라 예측 모드의 생성을 포기하고 기존의 DC 인트라 예측 모드를 생성한다.

3. 분할 직선을 이용한 현재블록 분할

추정된 분할 직선의 유효성이 검증되면, 저장된 직 선의 매개변수(*p*', *θ*')를 이용하여 현재 블록을 분할하 기 위한 방정식을 만든다. 이 방정식에서 현재 블록의 화소 좌표(*x*', *y*')가 입력 값이 되고 방정식의 결과 값 의 부호에 따라서 양의 값의 가지는 영역과 음의 값을 가지는 영역으로 현재 블록이 분할된다. 그림 8은 인접 블록에서 추정한 분할 직선을 연장하여 현재 블록을 두 영역으로 분할한 것이다. 식 (1)은 왼쪽 인접 블록 참조 시 사용되는 분할 방정식이고, 식 (2)는 위쪽 인접 블록 참조 시 사용되는 분할 방정식이다.

4. 분할된 인트라 예측 모드의 생성

현재 블록이 분할 직선을 경계로 두 영역으로 분할 되면 각 분할된 영역은 종래의 H.264/AVC에서 제공하 는 가로방향 예측, 세로방향 예측, 또는 DC 예측 방법 들을 사용하여 독립적으로 예측된다. 이때 분할된 두 영역의 예측에 사용되는 예측 방법들은 참조한 인접 블 록의 위치와 추정된 직선의 매개변수 θ'의 크기에 따 라서 다양한 조합으로 선택된다.

그림 9(a)에서와 같이 왼쪽 인접 블록에서 분할 직 선이 추정되면, 현재 블록에서 y축 방향의 인접 화소들 이 반드시 이용가능하기 때문에 기본적으로 두 분할된 영역에서 모두 가로방향 인트라 예측을 수행한다. 그러 나 각 양의 부호를 가지는 영역에서 가로방향 인트라 예측이 불가능한 영역이 존재한다. 이러한 영역을 예측 하기 위해서는 DC 인트라 예측 방법이 사용된다. 이때 사용되는 DC(평균) 값은 각 양의 부호를 가지는 영역에 인접한 y축 방향 인접 화소들로부터 계산된다.

이와 유사한 방법으로 위쪽 인접한 블록을 참조하 여 분할 직선이 추정될 경우, 세로방향 인트라 예측 방 법이 기본적으로 사용되고 세로방향 인트라 예측이 불 가능한 영역에서 DC 인트라 예측 방법이 추가로 사용 된다. 이것은 그림 9(b)에 나타내었다.



 90' ≤ θ'
 0< θ'< 90'</td>
 90' ≤ θ'

 (a) 왼쪽 인접 블록 참조 시
 (a) 왼쪽 인접 블록 참조 시
 (a) 왼쪽 인접 블록 참조 시

 그림 9. 분할된 영역의 독립적 인트라 예측

IV. 실험결과 및 분석

본 논문에서 제안하는 방법의 성능을 평가하기 위 해 공통의 조건에서 H.264/AVC의 참조 소프트웨어인 JM.14.2를 사용하여 실험을 수행했다. 실험에서 사용한 깊이 영상은 그림 10에서 도시한 것과 같이 Microsoft 에서 제공한 'Ballet,' Philips에서 제공한 'Beer Garden,' 그리고 'http:// vision.middlebury.edu'에서 스테레오 정합 알고리즘의 실험 데이터로 제공되는 'Lampshade2'의 깊이 영상이다.

자세한 실험 조건은 표 1에 나타내었고 제안하는 방법에서 사용되는 문턱 값들은 실험영상에 따라 적응

2009年度第22回信號處理合同學術大會論文集第22卷1號

적으로 최적의 값을 찾아서 실험을 수행하였다. 실험 결과는 표 2에서 H.264의 인트라 예측 방법과 제안하 는 방법을 비교하여 부호화 성능의 객관적 지표로 사용 되는 BDBR(Bjonteggard Delta BitRate)과 BDPSNR (Bjonteggard Delta PSNR)을 이용하여 나타내었다[7].



Ballet, 1024x768 (b) Lampshade2, 433x370 (c) Beer Garden, 1920x1080 그림 10. 실험에 사용된 깊이 영상

실험 영상 형식(YUV)	Ballet(4:0:0), Lampshade2(4:0:0), Beer Garden(4:2:0)	
예측 구조	Only Intra Frame	
부호화 방법	H.264(original), 제안하는 방법(INTRA8x8 적용), 제안하는 방법(INTRA16x16 적용), 제안하는방법(INTRA8x8+ INTRA16x16)	
QP	22, 27, 32, 37	
기타 공통 조건	FRExt 프로파일, deblocking filter on, CABAC 사용	

표 1. 실험 조건

실험 영상	부호화 방법	BDBR	BDPSNR
Lampshade2	Partitioned_8x8	-0.79%	0.070 dB
	Partitioned_16x16	-3.04%	0.257 dB
	Partitioned_(8x8+16x16)	-3.71%	0.309 dB
Ballet	Partitioned_8x8	-1.33%	0.100 dB
	Partitioned_16x16	-1.04%	0.077 dB
	Partitioned_(8x8+16x16)	-1.09%	0.080 dB
Beer Garden	Partitioned_8x8	-1.06%	0.071 dB
	Partitioned_16x16	-0.87%	0.058 dB
	Partitioned_(8x8+16x16)	-1.14%	0.076 dB

표 2. 실험 결과 비교

표 2에 보인 것처럼 이웃 블록간의 기하학적 상관 도가 높고 기하학적 구조가 비교적 단순한 'Lampshade2'의 경우에는 제안하는 방법이 예측 블록 의 크기가 더 큰 INTRA16x16모드에서 더 효과적으로 동작하였다. 그러나 상대적으로 이웃 블록간의 기하학 적 상관도가 낮고 기하학적 구조가 복잡한 'Ballet'과 'Beer Garden'의 깊이 영상의 경우는 제안하는 방법이 예측 블록의 크기가 더 작은 INTRA8x8모드에서 더 효 과적으로 동작하였다. INTRA 8x8과 INTRA16x16 예 측 모드 모두에 제안하는 방법을 적용했을 경우에는 대 부분의 실험영상에서 가장 높은 부호화 성능을 보였으 며 'Lampshade2'의 경우 최대 3.71%의 비트 감소율과 0.309dB 화질 개선 효과를 보였다.

그림 11은 'Lampshade2' 깊이 영상의 부호화 결과 를 비트율-왜곡 곡선을 나타낸 것이다. 그림 11에 보인 것처럼 제안하는 방법의 또 다른 특징은 부호화에 사용 되는 양자화 계수가 작을 때 더 큰 압축 이득을 보이는 것이다. 이것은 양자화 계수가 커지면 복원되어 이용 가능한 이웃 블록의 기하학적 구조가 불명확해지기 때 문인 것으로 분석된다.



V. 결론

본 논문에서는 깊이 영상의 효과적인 부호화를 위 한 객체간 경계선 주변에서 효과적으로 인트라 예측을 수행하는 방법을 제안하였다. 우선 인접한 블록의 기하 학적 구조를 이용하여 현재 블록을 기하학 기반으로 분 할하고, 분할된 영역을 독립적으로 인트라 예측하여 부 호화를 수행한다. 제안하는 방법은 부호화에 사용되는 양자화 계수가 낮고 깊이 영상이 직선 형태의 간단한 기하학적 구조를 많이 포함하면 할수록 더 높은 부호화 성능을 보였다. 부호화 성능 평가 실험에서, 제안하는 방법은 H.264의 인트라 예측 방법보다 평균 1.98%의 비트 감소율을 보였다. 실험에 사용된 깊이 영상이 다 양한 방법으로 생성된 것임을 감안할 때 향후 일정한 방법의 깊이 영상 생성 방법이 확정되면, 제안하는 방 법에서 더 높은 부호화 성능을 얻을 것으로 기대된다.

감사의 글 본 연구는 삼성전자의 지원에 의한 것입니다.

참고문헌

- ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, "Call for Contribution on 3D Video Test Material (Update)," N9595, Jan. 2008.
- [2] C. Lee, and Y. Ho, "Boundary Filtering on Synthesized Views of 3D Video," *SIP 2008*, pp. 15(1-4), 2008.
- [3] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, "Applications and Requirements on 3D Video Coding," N10358, Feb. 2009.
- [4] M. Tanimoto, "Overview of Free Viewpoint Television," *Signal Processing: Image Comm.*, vol.21, no.6, pp. 454–461, July 2006.
- [5] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, "Description of Exploration Experiments in 3D Video Coding," N9783, Feb. 2009.
- [6] C. Dai, O.D. Escoda, P. Yin, X. Li, and C. Gomila, "Geometry-Adaptive Block Partitioning for Intra Prediction in Image & Video Coding," *IEEE International Conference on Image Processing*, Sept. 2007.
- [7] ITU-T Q.6/16, "Calculation of average PSNR differences between RD-curves," VCEG-M33, March 2001.