e-AG 를 위한 시공간적 계위를 이용한 3 차원 비디오 압축

오세찬*, 이영호, 우운택
광주과학기술원 U-VR 연구실

3D video coding for e-AG using spatio-temporal scalability

Sehchan Oh*, Youngho Lee, Woontack Woo
KJIST U-VR Lab.
E-mail : {soh*, ylee, wwoo}@kjist.ac.kr

Abstract

In this paper, we propose a new 3D coding method for heterogeneous systems over enhanced Access Grid (e-AG) with 3D display using spatio-temporal scalability. The proposed encoder produces four bit-streams: one base layer and enhancement layer1, 2 and 3. The base layer represents a video sequence for left eye with lower spatial resolution. An enhancement layer1 provides additional bit-stream needed for reproduction of frames produced in base layer with full resolution. Similarly, the enhancement layer2 represents a video sequence for right eye with lower spatial resolution and an enhancement layer3 provides additional bit-stream needed for reproduction of its reference pictures with full resolution. In this system, temporal resolution reduction is obtained by dropping B-frames in the receiver according to network condition. The receiver system can select the spatial and temporal resolution of video sequence with its display condition by properly combining bit-streams.

I. 서론

컴퓨터, 신호처리, 통신기술의 발전 및 관련 인프라의 발달과 더불어 2D 영상 미디어를 위한 실시간 처리와 압축, 전송 및 재현 방법이 JPEG, MPEG-x, H.26x 를 기반으로 한 표준 기술로 구현이 되었으며, 최근 이러한 기술들을 바탕으로 차세대 TV 기술인 HDTV 의 서비스가 시작되고 있는 시점에서 이후의 영상 미디어 산업의 방향으로 3DTV 같은 3 차원 영상 미디어에 대한 관심이 증대되고 있다[1-3].

3 차원 영상은 충실한 입체감 표현이 가능하지만, 2 차원 영상 미디어에 비해 전송해야 하는 정보량이 대폭 늘어나게 되므로, 3 차원 영상의 특성을 고려한 새로운 압축기술 개발이 필요하다. 3 차원 영상 압축의 경우 2 차원 영상 압축과 마찬가지로 시공간적 중복성을 이용할 수도 있지만, 좌우 영상의 상관관계를 이용한다면 더 높은 압축효율을 얻을 수 있다. 일반적인 3 차원 영상 부호화 과정은 다음과 같다. 기준영상(좌 영상)은 기존의 압축기법을 사용하여 부호화하고, 우 영상은 기준영상을 참조하여 양안차 벡터(Disparity Vector: DV)와 양안차 보정차(Disparity Compensated Difference: DCD)를 구한 후, 부호화 하여 전송한다. DV 와 DCD 는 시간 축에 따른 움직임 벡터(Motion Vector: MV)와 함께, 3 차원 영상 압축효율을 결정하는 주요 요소이다.

현재까지 3 차원 영상 부호화와 관련된 연구의 대부분이 MPEG-2 에서 정의한 멀티뷰 프로파일(multiview profile)을 이용한 변형된 형태의 압축기법을 제시하고 있다[4-5][9-11]. 이들 기법에서는 주로 2 차원 기반의 여러 계위들을 3 차원 영상 부호화에 적합하도록 변형하고 좌우 영상의 상관관계를 이용한 압축효율의 개선에 초점을 맞추고 있다. 하지만 수신측 디스플레이 환경 및 3 차원 영상 디스플레이 특징을 고려한 압축기법에 관한 연구는 이루어지지 않고 있다.

본 논문에서는 기존의 2 차원 영상 미디어 기반의 협업 환경을 제공하는 엑세스 그리드(Access Grid: AG)에 실감성 향상을 위한 3 차원 및 파노라믹 디스플레이를 결합한 e-AG 상의 이질적인 수신 단말들의 효율적인 디스플레이 환경을 제공하도록, 시공간적 계위를 이용한 3 차원 영상 부호화 방법을 제안한다. 제안된 시스템은 하나의 기본계층과 여러 향상계층을 제공하여, 수신측에서 선택적인 계층들 간의 결합으로 자신의 디스플레이 환경에 맞는 재현이 가능하도록 한다. 본 연구의 결과는 3 차원 영상 미디어를 활용한 어플리케이션 개발 및 교육, 영화, 게인, 컨텐츠, 원격진단 및 의료 등 산업 전 분야에 활용될 것으로 기대된다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 장에서는 제안된 다계층 시공간적 계위를 이용한 3 차원 영상 복부호화

본 연구는 한국학술진흥재단(KRF-2002-003-D00221)의 지원하에 수행됨.

및 재현에 대해 설명한다. 3 장에서는 실험을 통한 제안된 시스템을 분석하며, 4 장에서는 개선 및 보안 되어야 할 기술적인 문제점에 대해 간략하게 기술한다.

II. 다계층 시공간적 계위를 이용한 3 차원 영상 부호화 시스템

2.1 시공간적 계위의 구성

이질적인 디스플레이 환경을 가지는 시스템들 간에 효율적인 3 차원 영상 전송을 위하여, 그림 1 과 같이 하나의 기본계층 이외에 추가로 여러 향상 계층을 정의한다. 기본계층은 입력된 기준영상(좌 영상)의 기본 해상도에 해당하는 비트열을 생성하며, 향상계 1 은 고화질의 기준영상을 제공하기 위해 추가적인 비트열을 생성한다. 마찬가지로, 향상계층 2 는 기본해상도에 해당하는 우 영상을 위한 비트열을 생성하며, 향상계층 3 은 고화질의 우 영상을 위한 추가적인 비트열을 생성한다.

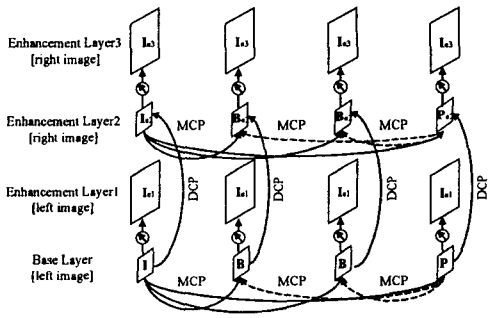


그림 1. 다계층 시공간적 계위 구성

2.2 부호화기 구조

제안된 시스템의 3 차원 영상 부호화는 크게 (1)공간적 계위 부호화기와 (2)양안 공간적 계위 부호화기 그리고 (3)시간적 계위 부호화기로 나눌 수 있다.

공간적 계위 부호화기는 그림 2 와 같이, 기본 해상도를 가지는 기준영상에 고해상도를 지원하기 위한 추가적인 비트열을 생성한다. 기본계층에 입력된 원 영상은 각각 수직 수평 방향으로 하향 샘플링 된 후, 기존의 MPEG-2 부호화기를 이용하여 부호화 된다. 한편, 향상계층은 원 영상과 복호화 되어진 기본계층 영상을 다시 원 영상의 크기로 상향 샘플링한 영상과의 차이 값을 부호화 한다.

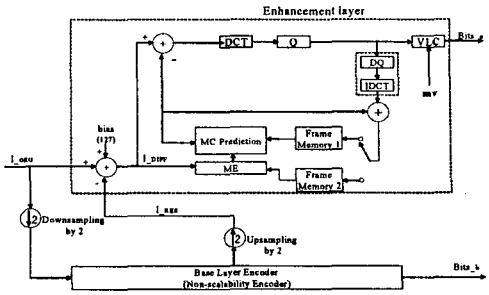


그림 2. 공간적 계위 부호화기

제안된 시스템의 양안 공간적 계위 부호화기의 구조는 그림 3 과 같다. 양안 공간적 계위 부호화기는 좌우 영상의 상관관계를 이용하여 3 차원 영상을 부호화 한다. 마찬가지로 기본계층에 입력된 좌 영상은 MPEG-2 비계위 부호화기를 통해서 부호화 된다. 한편, 향상계층의 입력인 우 영상의 압축을 위해서는 우선, 현재의 입력된 영상과 시간적으로 일치하는 기본계층의 복호화된 좌 영상을 참조하여 양안차 벡터를 구한다. 다음으로, 인접한 향상계층의 영상들을 참조하여 구한 움직임 벡터와 양안차 벡터 중에서 압축 효율이 더 좋은 쪽을 선택하여 부호화 한다.

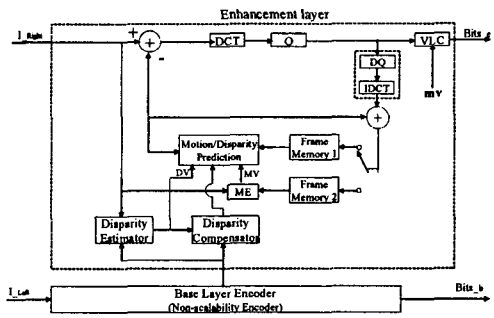


그림 3. 양안 공간적 계위 부호화기

효율적인 양안차 예측을 위해서는 프레임에서 양안차 벡터 특성을 고려한 탐색영역을 설정해 주어야 한다. 탐색영역은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$disparity = \frac{base_line \times focal_length}{depth}[cm]$$

일반적으로 양안차는 카메라 렌즈 근거리에서 증가하며 원거리에서 감소하므로 깊이에 따른 양안차를 정의할 필요가 있다. 이를 영상에 이용하려면 다음과 같이 픽셀단위로 변환하여야 한다.

$$pixel_size = \frac{CCD_array_width}{horizontal_resolution}[cm / pixel]$$

시간적 계위 부호화기는 그림 4 처럼, 복호화 하는데 비교적 많은 시간이 소요되는 B 픽처를 수신측에서 적절히 제거 할 수 있도록 계층마다 버림 가능한 픽처를 표시해 둔다.

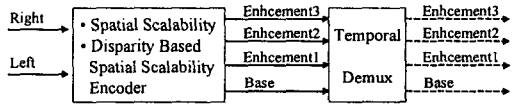


그림 4. 시간적 계위 부호화기 구조

2.3. 복호화 및 재현

시간적 계위 복호화 과정은 그림 5 와 같이 부호화기에서 미리 표시해둔 B 픽처를 필요에 따라 버림으로써 구현이 가능하다.

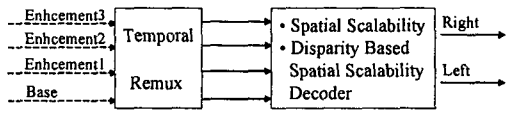


그림 5. 시간적 계위 복호화기 구조

공간적 계위 복호화 과정은 그림 6 에서 보여진 것처럼 부호화 과정의 반대이다. 향상계층의 영상을 복호화 하기위해서는 시간적으로 일치하는 기본계층 영상의 복호화가 선행되어야 한다. 복호화 되어진 기본계층의 영상은 기본 해상도의 디스플레이 환경을 가지는 수신측에서 그대로 재현 가능하다. 하지만, 고해상도의 디스플레이를 위해서는 원 영상의 크기로 상향 샘플링 한 후, 향상계층의 영상과 더해주어야 한다.

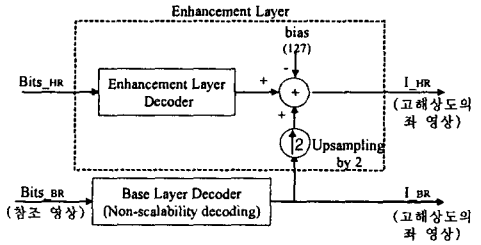


그림 6. 공간적 계위 복호화기 구조

그림 7 는 양안 공간적 계위 복호화기 구조이다. 향상계층 2 는 시간적으로 일치하는 기본계층의 좌 영상을 참조하여 기본 해상도의 우 영상을 복호화 한다. 향상계층 3 은 복호화된 기본 해상도의 우 영상을 다시 공간적 계위 복호화기에 적용하여 고해상도의 우 영상을 복호화 한다.

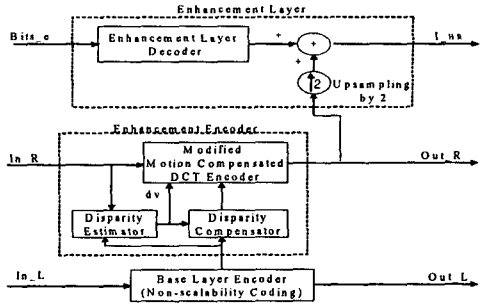


그림 7. 양안 공간적 계위 복호화기 구조

수신측에서는 자신이 이용 가능한 디스플레이 방식에 따라 부호화된 여러 계층의 비트열을 적절히 결합하여 기본계층의 기본해상도의 기준영상(좌 영상), 향상계층 1 과 결합한 고해상도의 좌 영상 혹은, 향상계층 2 와 3 을 추가적으로 결합한 3 차원 영상을 선택적으로 재현 가능하다.

III.실험 및 비교

제안된 다계층 시공간적 계위 부호화기에서는 양안차 예측이 필요한 계층에 새로운 픽처 타입을 정의한다. 표 1 에서 보여진 것처럼 추가된 픽처타입 IR, PR, BR 은 기준 영상을 참조하기 위해 향상계층 2 에서 사용된다.

표 1. 계층들간 픽처타입의 정의

Base Layer	I	B	B	P	I	B	B	P
Enhancement 1	I	I	I	I	I	I	I	I
Enhancement 2	IR	BR	BR	PR	IR	BR	BR	PR
Enhancement 3	I	I	I	I	I	I	I	I

본 실험은 표 2 와 같은 사양을 가지는 스테레오 카메라 *Bumblebee™* 를 이용하여 최대 해상도 640x480 의 3 차원 영상을 획득한다. 이를 기반으로 구한 양안차 벡터 탐색영역을 위한 값은 깊이 1m 일 경우 최대 36 픽셀, 깊이 5m 일 경우는 최소 7 픽셀이 된다.

표 2. 스테레오 카메라 하드웨어 사양

Imaging Device	1/3 " progressive scan CCDs
Frame rate	30, 15, 7.5, 3.75 frame/sec
Resolution	640 x 480
Focal Length	4mm
Base Line	12cm

그림 8 은 카메라에 적합한 양안차 벡터 탐색을 위한 영역을 지정해 주었을 경우와 양안차 특성을 고려하지 않았을 경우, GOP 에 해당하는 좌우 영상의 평균 PSNR 값의 변화를 비교하여 보여준다.

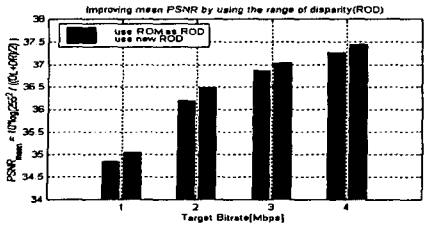


그림 8. 양안차 특성 고려한 탐색의 PSNR 값 비교

그림 9 는 목표 비트율에 따른 PSNR 값의 변화를 보여준다. 그림에서 목표 비트율이 증가할수록, 좌우 양안에 해당하는 기준 영상에 해당하는 계층에 높은 비트율을 할당할수록 높은 PSNR 값을 보여준다.

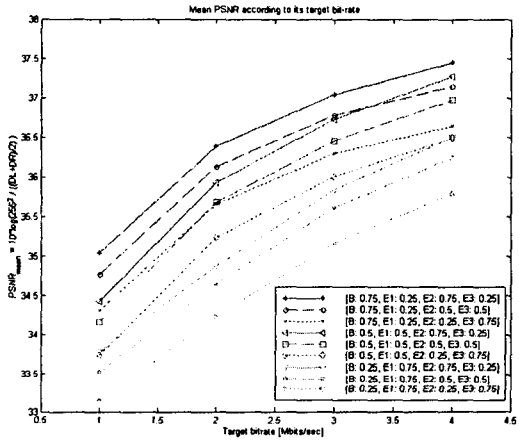
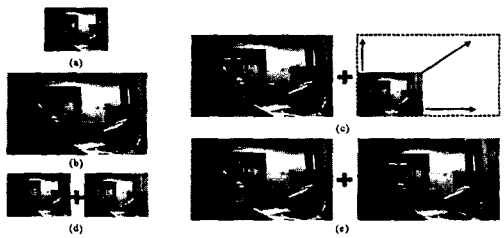


그림 9. 목표 비트율에 따른 PSNR 값 변화

그림 10 은 재현 가능한 3 차원 영상의 디스플레이를 보여준다. 그림 10(a),(b)는 수신측에서 3 차원 영상 디스플레이 시스템을 사용하지 않을 경우를 위해 좌 영상에 해당하는 계층만 복호화 하였을 때 얻어지는 결과이다. 그림 10(c), (d), (e)는 수신측에서 계층간 결합방법에 따라 복호화 가능한 3 차원 영상의 종류를 보여준다. 따라서 수신측에서는 단지 여러 계층간의 결합방법을 통해 자신의 디스플레이 환경에 맞는 재현이 가능하다.



(a) Left image with base resolution (b) both left and right image with base resolution (c) both high resolution left image and base resolution right image (d) left image with high resolution (e) both left and right image with high resolution

그림 10. 재현 가능한 수신측 디스플레이

IV. 결론 및 추후연구

본 논문에서 제안한 시스템은 e-AG 상에 존재하는 이질적인 디스플레이 환경을 가지는 수신 단말들 사이에 효율적인 3 차원 영상의 전송을 위해서 다계층 시공간적 계위를 이용한 3 차원 영상 부호화 방법을 제안하였다. 앞으로 공간적 계위 부호화기에 입력되는 차분 영상을 위한 새로운 양자화기의 개발이 이루어진다면 보다 향상된 화질 및 압축효율을 기대할 수 있다.

참고문헌

[1] T. Motoki, H. Isono, and I. Yuyama, "*Present Status Three-Dimensional Television Research*", Proc. IEEE 83(7):1009-1021(July 1995).

[2] 김은수, 이승현, "*3D 영상의 기초*" 기다리, 1998

[3] 특허청 "2001 신기술동향조사 보고서- 3차원 입체영상기술"

[4] B. Haskell, A. Purl, A. N. Netravali, "*Digital Video: An Introduction to MPEG-2*", New York: Chapman & Hall, 1997

[5] M. Domanski, A. Luczak, S. Mackowiak, "*On Improving MPEG Spatial Scalability*", ICIP Proc. 2000.

[6] S. Kim and W. Woo, "*3D Movement Tracking with Asynchronous Multi-cameras*", SPIE Proc. PW-EI-VCIP'02, Jan. 20-25, 2002.

[7] W. Woo and A. Ortega, "*Overlapped Block Disparity Compensation with Adaptive Windows for Stereo Image Coding*," IEEE Tr. on CSVT, vol. 10, no.2, pp. 194-200, Mar. 2000.

[8] W. Woo and A. Ortega, "*Optimal Blockwise Dependent Quantization for Stereo Image Coding*," IEEE Tr. on CSVT, vol. 9, no.6, pp.861-867, Sep. 1999.

[9] A. Luczak, S.Mackowiak, M. Domanski, "*Spatio-Temporal Scalability Using Modified MPEG-2 Predictive Video Coding*", Proc. Signal Processing, 2000

[10] Y. Song, "*Improved Disparity Estimation Algorithm with MPEG-2's Scalability for Stereoscopic Sequences*", IEEE Tr. on CE, vol. 42, no. 3, Aug. 1996.

[11] B. L. Tseng and D. Anastassiou, "*Multiviewpoint Video Coding With MPEG-2 Compatibility*", IEEE Tr. on CSVT, vol. 6, no. 4, Aug. 1996.