

지하철 사고 감시를 위한 스테레오 비디오 부호화 기법

Stereoscopic Video Coding for Subway Accident Monitoring System

오세찬* · 김길동* · 박성혁** · 이한민***

Seh-Chan Oh · Gil-Dong Kim · Sung-Hyuk Park · Hanmin Lee

Abstract

In this paper, we propose a stereoscopic video coding scheme for subway accident monitoring system. The proposed scheme is designed for providing flexible video among various displays, such as control center, station employees and train driver. We use MPEG-2 standard for coding the left-view sequence and IBMDC coding scheme for predicting the P- and B-types of frames of the right-view sequence. The IBMDC coding scheme predicts matching block by interpolating both motion and disparity predicted macroblocks. To provide efficient stereoscopic video service, we define both temporally and spatially scalable layers for each eye's-view by using the concept of Spatio-Temporal scalability. The experimental results show the efficiency of proposed coding scheme by comparison with already known methods and the advantages of disparity estimation in terms of scalability overhead. According to the experimental results, we expect the proposed functionalities will play a key role in establishing highly flexible stereoscopic video codec for ubiquitous display environment where devices and network connections are heterogeneous.

Keywords : Subway accident monitoring system, Spatio-Temporal scalability, Stereoscopic video coding

1. 서론

최근 IT 및 인터넷 기술의 발달과 더불어 철도분야에도 종래의 전화, 팩스를 대신하여 점차 고화질의 동영상 전송할 수 있는 화상전송시스템이 요구되고 있다. 현재 지하철 화상전송시스템은 열차운전확인 및 승객의 이동, 승차차감시, 역무자동화설비 또는 승객 밀집지역을 감시할 목적으로 각 역의 승강장 또는 승객밀집지역에 CCTV Camera를 설치하여 역사 또는 종합 제어실에서 각 역의 운전 및 승객에 관한 상황을 움직이는 동영상을 통해 원격제어와 감시가 가능하다. 하지만, 사고현장의 긴급한 상황 파악과 대처가 요구되는 철도시스템에서 최근 스테레오 카메라를 이용한 사고현장 자동인식을 비롯한 지능적이고 고화질의 화상전송에 관한 연구가 진행되고 있다[1-5].

스테레오 영상과 같은 실감미디어는 정확하고 신속한

사고 대처가 가능하도록 현실감을 제공하지만 기존의 2차원 미디어에 비해 전송해야할 정보량이 대폭 늘어나게 되어 더 넓은 대역폭을 요구하게 되는 문제점이 생긴다. 이러한 문제점의 현실적인 해결책은 좌우영상의 중복성을 이용한 효율적인 부호화기술의 개발이 최선이다.

또한, 신속한 사고현장의 대처를 위해서 사고현장 상황은 사령실과 전동차 운전자 그리고 역무원에게 동시에 전송되어야 한다. 그러나 그림 1과 같이, 비디오 수신단의 디스플레이환경과 네트워크 환경이 서로 다르다. 따라서 이러한 이질적인 수신측 환경을 고려한 새로운 비디오 부호화 기법이 필요하다.

본 연구에서는 지하철 사고현장 감시를 위해서 이질적인 수신 단말들을 위한 스테레오 비디오 부호화기법을 제안한다. 제안된 방법은 기준영상인 좌영상의 부호화를 위해서 MPEG-2 표준을 이용하였으며, 우영상의 부호화를 위해서 MPEG-2 multi-view profile에서 정의한 compatible 방식을 개선한 IBMDC(Interpolation Based Motion Disparity Compensation) 기법을 제안한다. 또한, 효율적인 스테레오 비디오 전송을 위해서 시공간적 계위(Spatio-Temporal scalability)를 이용하여 하나의 기본계층(Base Layer: BL)과

† 책임저자 : 정희원, 한국철도기술연구원, 도시철도기술개발사업단
E-mail : soh@krii.re.kr

TEL : (031)460-5745 FAX : (031)460-5749

* 정희원, 한국철도기술연구원, 도시철도기술개발사업단

** 정희원, 한국철도기술연구원, 도시철도기술개발사업단

*** 정희원, 한국철도기술연구원, 도시철도기술개발사업단

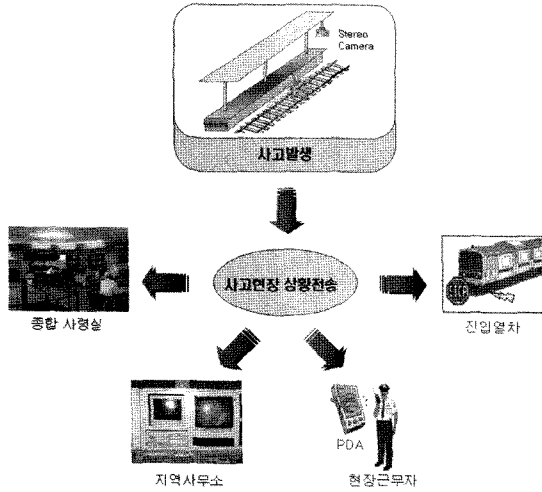


그림 1. 사고현장과 이질적인 비디오 수신단

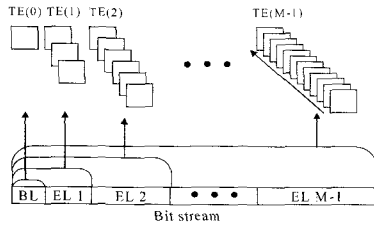


그림 2. Bit Stream with M layers of TS

여러 향상계층(Enhanced Layer: EL)을 제공한다. BL은 기준영상에 대한 기본해상도를 제공하기 위한 계층이며, EL은 시공간적으로 고해상도의 좌우영상을 제공하기 위한 계층이다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 기술적 배경을 언급한 후, 3장에서 제안된 부호화 시스템에 대해 설명한다. 4장에서 실험을 통한 제안된 시스템을 분석하며, 5장에서 결론을 맺는다.

2. 배경

2.1 시간적/공간적 계위

시간적 계위(Temporal Scalability: TS)는 비디오 시퀀스의 시간적 해상도 즉, 프레임 Rate가 변화도록 하는 것이다. 일반적으로, TS가 두 가지의 시간적 해상도를 제공하기 위해서는 홀수개의 B 프레임이 필수적이다[6,7]. 그림 2는 M개의 계층을 갖는 TS를 도식화 한 것이다.

마찬가지로, 공간적 계위(Spatial Scalability: SS)는 하나

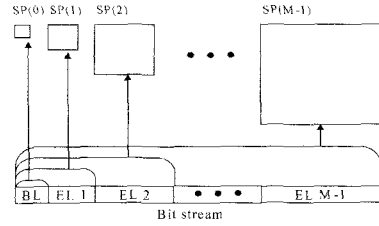


그림 3. Bit Stream with M layers of SS

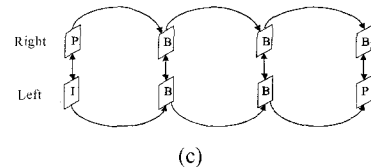
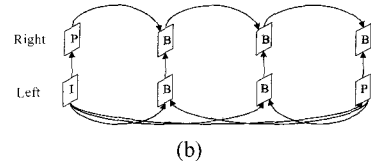
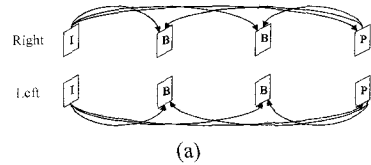


그림 4. 스테레오 비디오 코딩 방법: (a) simulcast stereoscopic coding; (b) compatible stereoscopic coding; (c) joint stereoscopic coding.

의 비디오에 대해 공간적 해상도를 변화시키는 것을 말한다 [8]. 더 많은 EL 비트열을 제공 받을수록 고화질의 공간적 해상도를 표현할 수 있다. 그림 3은 SS를 도식화 한 것이다.

2.2 스테레오 비디오 부호화

일반적으로, 스테레오 비디오는 그림 4와같이 크게 simulcast, compatible, joint stereoscopic 비디오 부호화로 나뉜다. 압축효율과 호환성을 고려할 때 compatible stereoscopic 비디오 부호화 방법이 널리 사용된다[9].

전형적인 3차원 영상 부호화는 각각이 입력 영상에 대한 효율적인 움직임 예측 및 보상과 더불어 좌우 영상 사이에 양안차의 예측 및 보상으로 이루어진다. 기본적으로, 3차원 영상 압축에서 움직임과 양안차 예측 및 보상을 위한 구현은 밝기 값 처리(intensity processing)에 의한 방법과 객체 조작(object handling)에 의한 방법이 있다[10].

밝기 값 처리에 기반 한 방법 중 가장 일반적인 기법은

MPEG 표준의 움직임 예측에서 사용한 블록 매칭 알고리즘 (Block Matching Algorithm: BMA)이다[11-13]. BMA는 하나의 프레임을 여러 고정된 크기의 블록으로 나누고 기준 블록과 가장 유사한 블록을 찾는다. 한편, 벡터 탐색의 복잡도와 정확도를 높이기 위한 다 해상도 기반의 양안차 예측 기법과, 가변 블록 기반의 양안차 예측 기법에 대한 연구 등이 진행되고 있다[14-16].

객체 조작에 기반한 움직임 및 양안차 예측 기법은 우선, 처리과정을 거친 장면에서 해당 객체의 특징을 추출하거나 정의한 후, 좌우 영상으로부터 움직임 또는 양안차를 예측한다[17]. 이러한 기법은 BMA에 비해서 예측의 정교함은 있지만, 계산량이 많아지게 된다.

이들과는 별개로, BMA과 object 기반을 혼합한 방법, OBDC(Overlapped Block Disparity Compensation), 블록기반 양자화를 위한 비트율-왜곡 최적화 기법(Optimal Rate-Distortion Based Algorithms for Block Dependent Quantization), 움직임/양안차 필드 예측(Motion/Disparity Field Estimation)등의 연구도 있다[18-21].

최근, 3차원 비디오에 여러 해상도를 제공하기 위한 연구가 진행되고 있다[22]. 하지만 이들 기법은 3차원 비디오에 단일 계위만을 결합한 수준에 그쳐서, 표현 가능한 해상도가 제한되어 있다. 따라서 이질적인 네트워크 환경 및 수신측 디스플레이를 고려하여 3차원 비디오에 여러 시공간적 해상도를 제공할 수 있는 3차원 비디오 압축 기법에 관한 연구는 아직까지 미흡한 실정이다.

3. 스케러블 스테레오 비디오 부호화기법

3.1 시공간적 계위의 구성

이질적인 수신단말들 사이에 효율적인 스테레오 비디오 서비스를 제공하기 위해서 그림 5와 같이 하나의 BL과 여러 EL을 정의하였다. BL과 EL3은 각각 기본 해상도의 좌우 영상을 표현하기 위한 비트 열이다. BL을 생성하기 위해서 부호화기는 현재 프레임과 이웃한 프레임을 이용한 움직임 보상 예측(Motion Compensation Prediction: MCP)을 수행하여 시간적 중복성을 제거한다. EL3 비트 열은 MCP와 더불어 시간적으로 일치하는 BL계층의 복호화된 좌영상과의 양안차 보상 예측(Disparity Compensation Prediction: DCP)를 수행함으로써 생성된다. EL1과 EL4는 BL과 EL3에 추가적으로 완전한 시간적 해상도를 제공하기 위한 비트 열이다. 마찬가지로, EL2와 EL5는 [BL+EL1]과 [EL3+EL4]에 추가적으로 완전한 공간적 해상도를 제공하기 위한 비트 열이다.

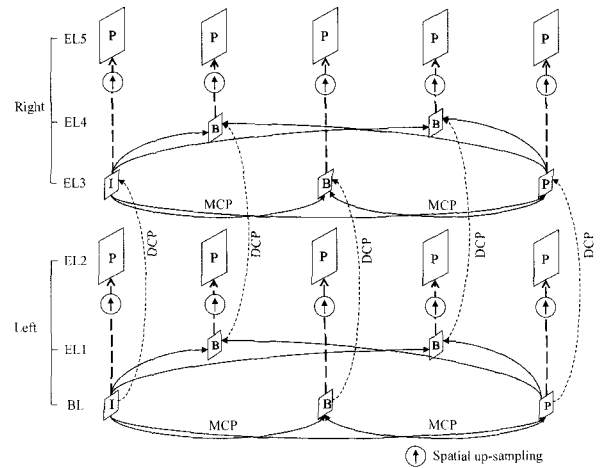


그림 5. 시공간적 계위의 구성

3.2 스케러블 스테레오 비디오 부호화

제안된 부호화기의 구조는 그림 6과 같다. 공간적으로 기본 해상도와 완전한 해상도를 표현하기 위해 입력된 스테레오 영상을 하향 샘플링 한다. 공간적 기본 해상도의 좌 영상은 기존의 비계위 MPEG-2 부호화기를 사용하여 부호화 된다. 한편, 향상계층은 원 영상과 복호화된 BL 영상을 다시 원 영상 크기로 상향 샘플링한 영상과의 차분영상(residual image)를 부호화 한다. 차분영상은 일반적인 영상의 특징을 가지지 않아, 움직임 예측과정 없이 인트라 부호화를 수행한다. 또한, 여러 시간적 해상도를 표현하기 위해 B 프레임 분할(B-frame Partition)을 거쳐 각각 EL1, EL4 비트 열을 생성한다.

각각의 부호화기는 독립적으로 비트율(bit-rate)이 제어된다. 이는 전체 비트율이 같더라도 각각의 계층에 할당되는 비트율의 변화에 따라서 전체 부호화기의 성능이 다를 수 있기 때문이다.

공간적 기본 해상도의 우 영상은 현재의 영상과 시간적으로 일치하는 공간적 기본 해상도를 가지는 좌 영상을 참조하여 부호화 된다. 움직임 벡터(Motion Vector: MV) 또는 양안차 벡터(Disparity Vector: DV) 중 전송효율이 높은 쪽을 선택한 후, 그에 따라서 움직임 차이 정보(Displaced Frame Difference: DFD) 혹은 양안 차이정보(Displacement Compensated Difference: DCD)를 부호화하여 전송한다. 해당 이미지에서 하나의 픽셀에 대한 DCD는 수식 (1)과 같다.

$$DCD(x, DV) = I_R(x) - I_L(x + DV) \quad (1)$$

위 식에서, I_L 과 I_R 은 좌우영상의 블록을 나타내며, x 는

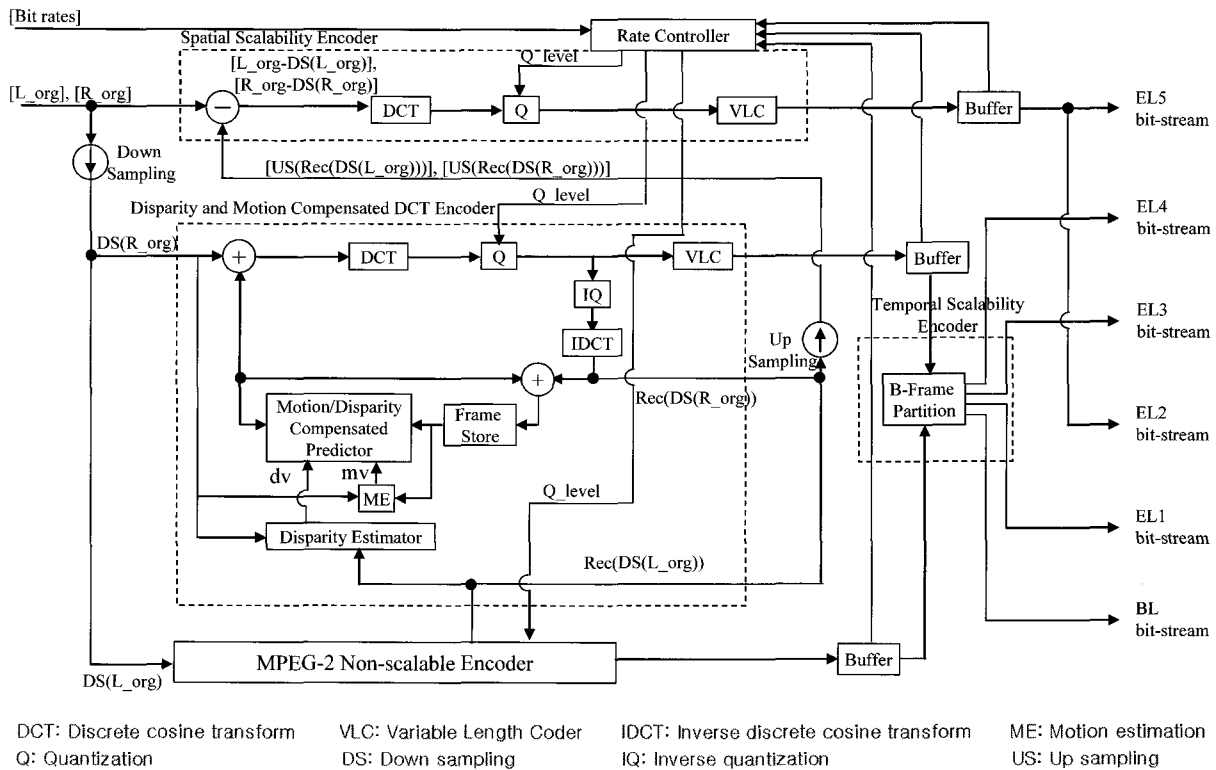


그림 6. 스케러블 스테레오 비디오 부호화기 구조

해당 이미지의 x 축 좌표를 나타낸다.

실제 영상에서 DV 를 찾는 과정은 수식 (2)와 같이 표현 가능하다.

$$DV(x) = \min_{d=d_{\min}}^{\max} \sum_{i=-\frac{m}{2}}^{\frac{m}{2}} \sum_{j=-\frac{m}{2}}^{\frac{m}{2}} |I_R[x+i][y+j] - I_L[x+i+d][y+j]| \quad (2)$$

위 식에서, d_{\min} 과 d_{\max} 는 각각 최소, 최대 양안차이며, m 은 마스크 크기를 나타낸다.

제안된 부호화기는 효율적인 우영상을 부호화를 위해 IBMDC를 제안한다. 제안된 기법을 이용한 우영상의 부호화는 다음과 같다.

I 프레임은 좌영상의 I 프레임 참조하여 각각의 MB마다 얻어진 DV를 이용하여 부호화를 수행한다. 실제 전송하는 정보량은 DV 값과 현재 블록과 DV를 이용하여 예측된 블록과의 차분한 값을 부호화 한 값이며, 수식 (3)과 같이 표현 가능하다.

$$I_{\text{coded}} = \sum_{N=0}^{BLCKs} [VLC(DV_{\text{curr}} - DV_{\text{prev}}) + VLC(Q(DCT(I_R(N)) - I_L(DV)))] \quad (3)$$

P 프레임은 동일한 시퀀스 내에서 순방향 예측(forward

prediction)을 하여 얻어진 MV와 시간적으로 동일한 좌 영상을 참조하여 얻어진 DV를 이용하여 부호화한다. 전송해야 할 블록단위 정보량은 수식 (4)와 같다.

$$I_{\text{coded}} = \sum_{N=0}^{BLCKs} [VLC(IPV_f - MV_{f, \text{prev}} + IPV_d - DV_{\text{prev}}) + VLC(Q(DCT(I_R(N)) - (W_f I_L(IPV_f) + W_d I_L(IPV_d))))] \quad (4)$$

IPV 는 MV와 DV를 Interpolation한 벡터이며, W 는 weight factor이다. f 와 d 는 각각 순방향, 양안차를 나타낸다.

그림 7과 같이, B 프레임의 경우 동일한 시퀀스 내에서 순방향 및 역방향 움직임 예측을 하여 얻어진 MB와 양안차 예측을 통해서 얻어진 MB를 이용하여 부호화한다. 부호화한 B 프레임은 수식 (5)와 같다.

$$I_{\text{coded}} = \sum_{N=0}^{BLCKs} [VLC(IPV_f - MV_{f, \text{prev}} + IPV_b - MV_{b, \text{prev}} + IPV_d - DV_{\text{prev}}) + VLC(Q(DCT(I_R(N)) - (W_f I_L(IPV_f) + W_b I_L(IPV_b) + W_d I_L(IPV_d))))] \quad (5)$$

마찬가지로, b 는 역방향을 나타낸다.

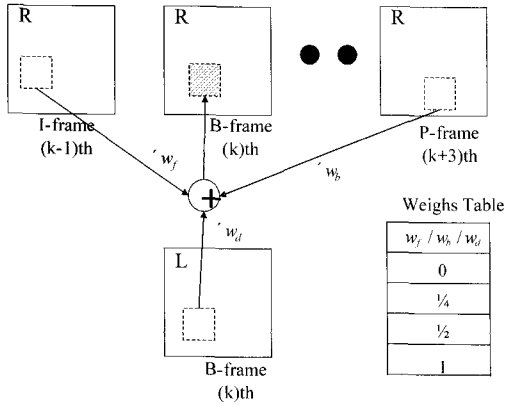


그림 7. B 프레임에서의 IBMDC 수행

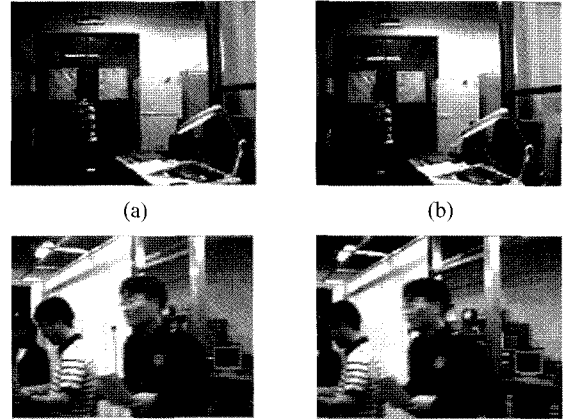


그림 9. 테스트 시퀀스: (a) Ubihome의 좌영상, (b) Ubihome의 우영상, (c) Laboratory의 좌영상, (d) Laboratory의 우영상

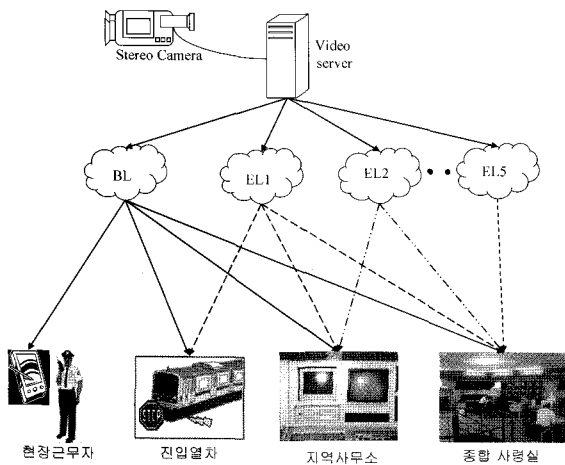


그림 8. 스테레오 비디오 스트리밍 서비스

3.3 스케러블 스테레오 비디오 서비스

제안된 부호화 방법은 멀티캐스트 기반의 비디오 스트리밍 서비스를 목표로 한다. 그림 8에서는 스테레오 비디오 스트리밍 서비스의 예를 보여준다. 사고 현장 전송의 경우, 현장 근무자의 PDA를 비롯한 개인 단말기는 기본 해상도의 영상만 디스플레이 가능하기 때문에 BL 비트열만을 제공받는다. 하지만, 종합사령실과 같이 네트워크 대역폭 및 디스플레이 능력이 충분한 클라이언트에게는 모든 계층의 비트열을 전송하여 사고 현장의 신속하고 정확한 파악과 대처가 가능하도록 한다.

4. 실험

테스트 영상의 획득을 위해서 좌우 렌즈 광축이 평행한 평행식 스테레오 카메라인 Bumblebee™을 이용하였다. 표 1

표 1. 스테레오 카메라 하드웨어 사양

Imaging Device	1/3" Progressive scan CCDs
Frame Rate	Maximum 30frames/sec
Resolution	640 × 480
Focal Length	6mm
Base Line	12cm

표 2. 시퀀스 Laboratory에 대한 실험결과

	Decoded Layers	BL+EL1 (320×240)	BL+EL1 +EL2 (640×480)	BL+EL3 +EL4 (320×240)	BL+EL3 +EL4+EL5 (640×480)
Simulcast	Average MSE	8.22	6.07	10.35	8.41
	Average PSNR (dB)	38.98	40.30	37.98	38.88
	Mean PSNR	39.53			
Proposed scheme	Average MSE	8.22	6.07	5.68	6.50
	Average PSNR (dB)	38.98	40.30	40.58	40.00
	Mean PSNR	40.15			

은 카메라의 자세한 하드웨어 사양을 보여준다.

획득된 테스트 영상은 순차방식의 VGA(640×480) 해상도를 가지는 컬러 영상이며, 초당 24 프레임 rate를 가진다. 또한, YUV 비율은 4:2:0이고, GOP(Group Of Picture)는 16 프레임이며, B 프레임의 개수는 GOP의 75%를 차지한다. 그림 9는 테스트 시퀀스를 보여준다.

표 2과 표 3는 제안된 부호화기를 이용한 실험 결과를 보

표 3. 시퀀스 Ubihome에 대한 실험결과

	Decoded Layers	BL+EL1 (320×240)	BL+EL1 +EL2 (640×480)	BL+EL3 +EL4 (320×240)	BL+EL3 +EL4+EL5 (640×480)
Simulcast	Average MSE	47.70	30.95	56.24	41.73
	Average PSNR (dB)	31.35	33.22	30.63	31.93
	Mean PSNR	32.53			
Proposed scheme	Average MSE	47.70	30.95	33.52	27.93
	Average PSNR (dB)	31.35	33.22	33.52	33.67
	Mean PSNR	33.44			

여준다. GOP에 해당하는 복호된 영상의 밝기 성분 (luminance component)에 대한 평균 PSNR 값과 좌우영상의 mean-PSNR 값을 계산하였다. 좌우 영상에 할당된 목표 비트율은 각각 1Mbps이다. SS의 BL인 [BL+EL1]과 [EL3+EL4]에 40%의 목표 비트율을 할당하였으며, SS의 EL인 EL2와 EL5에 60%의 목표 비트율을 할당하였다. 이러한 분할은 전체 시퀀스에서 좋은 부호화 성능을 보였다. 또한 제

표 4. 좌우영상의 비트율 분할에 따른 mean PSNR 값의 변화

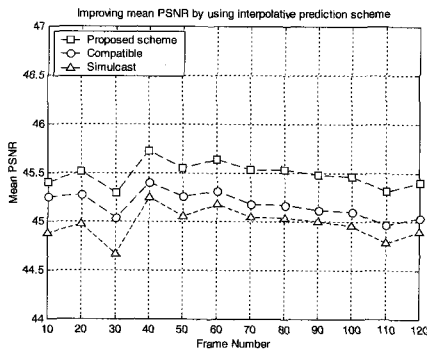
bit-rate for Left[BL+EL1] / Right[BL+EL3+EL4]		1.4/0.6	1.2/0.8	1/1	0.8/1.2	0.6/1.4
sequence	Laboratory	43.02	43.85	43.83	43.61	42.74
	Ubihome	34.52	34.49	34.13	33.48	32.94

표 5. SS 부호화기 비트율 분할에 따른 mean PSNR값의 변화 (Total bit-rate = 1Mbps)

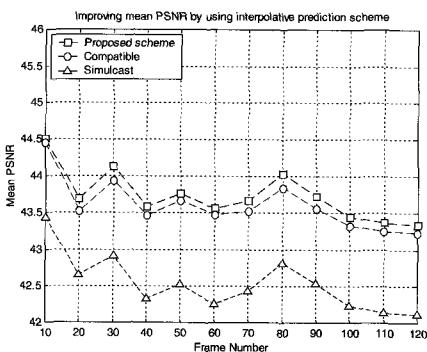
bit-rate for SS BL[(BL+EL1), (BL+EL3+EL4)] / SS EL[EL2, EL5]		0.35/0.15	0.3/0.2	0.25/0.25	0.2/0.3	0.15/0.35
sequence	Laboratory	35.36	35.06	34.69	33.91	33.23
	Ubihome	32.38	32.32	32.34	32.36	32.32

표 6. SS 부호화기 비트율 분할에 따른 mean PSNR값의 변화 (Total bit-rate = 6Mbps)

bit-rate for SS BL[(BL+EL1), (BL+EL3+EL4)] / SS EL[EL2, EL5]		0.35/0.15	0.3/0.2	0.25/0.25	0.2/0.3	0.15/0.35
sequence	Laboratory	45.54	45.95	46.10	46.32	46.58
	Ubihome	41.34	41.92	42.23	42.31	42.32



(a)



(b)

그림 10. 기존 부호화기와의 Average PSNR 비교, (a) 시퀀스 Laboratory, (b) 시퀀스 Ubihome

안된 IBMDC를 통해서 전체 부호화 성능이 약 1dB 정도 개선되었음을 알 수 있다.

그림 10에서 제안된 부호화 방식과 MPEG-2 multi-view profile에 정의된 simulcast 및 compatible 부호화 방식을 비교하였다. 제안된 부호화 방식이 기존의 방식보다 전체적인 시퀀스에 대해서 높은 부호화 성능을 보여줌을 알 수 있다. 실험에서 좌우 영상에 할당된 비트율은 같으며, 우영상에 해당하는 SS의 BL 즉, [EL3+EL4]의 PSNR 값을 비교하였다.

비례위 부호화기와는 달리 스케러블 비디오 부호화기는 비록 전체 목표 비트율이 같더라도 각각의 계층의 부호화에 입력되는 비트율의 비율에 따라 부호화 성능이 달라진다. 그러므로 최적의 비트율 분할 방법을 찾을 필요가 있다. 좌우영상의 부호화에 대한 mean PSNR 결과는 표 4에서와 같이 좌우영상 각각에 할당된 비트율의 변화에 따라서 달라지게 된다. 정확한 실험의 결과를 위해서 SS의 BL 즉, EL2와 EL3 계층의 복호된 값은 고려하지 않았다. 좌우영상 전체에 할당된 목표 비트율은 2Mbps이다. 전체 부호화기의 효율은 기존 영상인 좌영상의 부호화에 약 60%의 더 많은 비트율을 할당 할 때 가장 높음을 알 수 있다.

표 5와 표 6에서는 SS의 BL과 EL에 할당되는 비트율이 변할 때의 mean PSNR 값을 측정하였다. 표 5는 전체 목표

비트율이 1Mbps 일 때, 전체 부호화기의 성능은 SS의 BL에 약 70% 정도 더 많은 비트율을 할당할 때에 높아짐을 보여 준다. 하지만, 표 6와 같이 전체 비트율이 6Mbps 정도로 충분히 클 때, SS의 EL에 높은 비트율을 할당 할 때 높은 성능을 얻을 수 있음을 보여준다. 이는 전체 비트율이 6Mbps인 경우, BL의 기본해상도의 부호화에 필요한 비트율이 이미 할당되어 BL 영상의 화질 보다는 EL 영상의 화질이 전체 부호화 성능에 더 크게 작용하기 때문이다.

5. 결 론

본 논문은 지하철 사고현장의 신속 정확한 대처를 위한 스테레오 비디오 부호화기법을 제안하였다. 이를 위해 이질적인 수신 단말들에게 효율적인 비디오 전송을 위해 시공간적 계위를 이용한 스케러블 스테레오 비디오 부호화기를 디자인 하였다. 제안된 기법의 성능을 검증하기 위해 기존에 알려진 부호화 기법과 성능을 비교하였으며, 철도환경에서 적용 가능함을 보였다.

제안된 부호화 기법은 철도환경 뿐만 아니라, 앞으로 Ubiquitous 디스플레이 환경에서의 다양한 디스플레이와 네트워크 환경, 처리능력을 가지는 단말기에 유연성 있는 비디오 서비스 구축을 위한 시스템에서도 사용이 가능할 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

1. I.Yoda, K.Sakaue (2004). "Ubiquitous Stereo Vision for Controlling Safety on Platforms in Railroad Station," IEEJ Tr. on Electronics, Information and Systems, Vol.124, No.3, March, pp.805-811.
2. Y.Sasaki, N.Hiura (2003). "Development of Image Processing Type Fallen Passenger Detecting System," JR-EAST Technical Review Special Edition Paper, No.2, pp.66-72.
3. F.Kruse, S.Milch, H.Rohling (2003). "Multi Sensor System for Obstacle Detection in Train Applications," Proc. of IEEE Tr., June, pp.42-46.
4. 장석각, 조봉관 (2002), "사고현장과 사령실간 화상전송기술에 관한 연구", 한국철도학회 추계학술대회 논문집, 한국철도학회, pp.484-489.
5. 장석각, 조봉관 (2004), "광선로를 경유한 철도현장의 영상전송 방안에 관한 연구", 한국철도학회 춘계학술대회 논문집, 한국철도학회, pp.391-395.
6. M.Narroschke (2002). "Functionalities and Costs of Scalable Video Coding for Streaming Services," Proc. of Asilomar Conference on Signals, Systems, and Computers, Pacific Grove, November.
7. S.Wanger (1998), "Temporal Scalability using P-pictures for Low-latency Applications," Proc. of IEEE Workshop on Multimedia Signal Processing.
8. M.Domanski (2000), A. Juczak, S. Mackowiak, "On Improving MPEG Spatial Scalability," Proc. of ICIP, September, pp.2/848-851.
9. M.G.Perkins (1992), "Data Compression of Stereopairs," Proc of IEEE Tr. on Communications, Vol.40, No.4, April, pp.684-696.
10. R.Shukla, H.Radha (2003), "Disparity Dependent Segmentation based Stereo Image Coding," Proc. of ICIP.
11. A.Puri, R.V.Kollarits, and B.G.Haskell (1997), "Basics of Stereoscopic Video, New Compression Results with MPEG-2 and a Proposal for MPEG-4," Proc. of Image Communications, vol.10, pp.201-234.
12. W.Woo, A.Ortega (2000), "Overlapped Block Disparity Compensation with Adaptive Windows for Stereo Image Coding," Proc. of IEEE Tr. Circuits Syst. Video Tech. vol.10. pp.194-200.
13. A.Mancini, J.Konrad (1998), "Robust Quadtree-Based Disparity Estimation for the Reconstruction of Intermediate Stereoscopic Images," Proc. of SPIE Stereoscopic Displays and Virtual Reality Systems, vol.3295, pp.53-64.
14. M.W.Siegel, S.Sethuraman (1997), J.S.McVeigh, and A.G. Jordan. "Compression and interpolation of 3D-stereoscopic and multi-view video," Proc. of SPIE, vol.3012, pp.227-238.
15. S.Sethuraman, M.W.Siegel, A.G.Jordan (1994), "A Multi-resolution Framework For Stereoscopic Image Sequence Compression," Proc. of ICIP, vol.2, pp.361-365.
16. S.Sethuraman, A.G.Jordan, M.W.Siegel (1994), "Multiresolution Based Hierarchical Disparity Estimation for Stereo Image Pair Compression," Proc. of the Symposium on Application of subbands and wavelets.
17. D.Tzovaras, N.Grammalidis, and M.G.Strintzis (1997), "Object-Based Coding of Stereo Image Sequences using Joint 3-D Motion/Disparity Compensation," Proc. of IEEE Tr. on Video Technology, vol.7, no.2, pp.312-328.
18. J.Jiang and E.A.Edirisinghe (2002), "A Hybrid Scheme for Low Bit-rate Coding of Stereo Images," Proc. of IEEE Tr. Image, vol.11, no.2, pp.123-134.
19. W.Woo, A.Ortega (2000), "Overlapped Block Disparity Compensation with Adaptive Windows for Stereo Image Coding," Proc. of IEEE Tr. Circuits Syst. Video Tech. vol.10. pp.194-200.
20. W.Woo, A.Ortega (1999), "Optimal Blockwise Dependent Quantization for Stereo Image Coding," Proc. of IEEE Tr. CSVT. vol.9. pp.861-867.
21. D.Tzovaras, M.G.Strintzis (1998), "Motion and Disparity Field Estimation using Rate-distortion Optimization," Proc. of IEEE Tr. on Video Technology, vol.8, pp.171-180.
22. Woon-Tack Woo, "http://vr.gist.ac.kr/~3D/", 2001.