

일반논문-11-16-2-11

스테레오스코픽 3D영상 화질 평가 방법

박 영 수^{a)b)}, 허 남 호^{a)b)†}, 표 경 수^{c)}, 송 정 근^{c)}

A Method of Stereoscopic 3D Image Quality Assessment

Youngsoo Park^{a)b)}, Namho Hur^{a)b)†}, Kyungsoo Pyo^{c)}, and Chungkun Song^{c)}

요 약

스테레오스코픽 3D 영상의 객관적인 화질 평가를 위해서 지금까지는 왼쪽과 오른쪽 영상에 대해 각각 2D 영상의 화질을 측정, 평가하는 방법을 사용하였다. 하지만 이 방법은 각각의 영상에 대해서 별도로 화질을 평가해야 하는 불편함이 따랐다. 그래서 본 논문에서는 왼쪽과 오른쪽 영상을 중첩하여 만든 하나의 영상을 통하여 스테레오스코픽 3D 영상의 화질을 평가하는 방법을 제안하여, 보다 간편하고 빠르게 스테레오스코픽 3D 영상의 화질을 평가할 수 있도록 하였다.

Abstract

For objective assessment of stereoscopic 3D image quality, we measure quality of left and right image with 2D image quality measurement method. However, this method is inconvenient because that we have to measure quality of left and right image individually. Therefore we propose a method of stereoscopic 3D image quality assessment using one overlaid image with left and right image. Using this method, One can measure quality of stereoscopic 3D image more easily and quickly.

Keyword : stereoscopic, 3D, image quality assessment

1. 서 론

스테레오스코픽 3D 영상은 사람의 왼쪽과 오른쪽 눈이 서로 조금 다른 영상을 보게 되고, 이렇게 다르게 수용된 시각정보가 뇌에서 하나의 입체감이 있는 영상으로 융합되

어 인식되는 원리를 이용하여, 왼쪽과 오른쪽 눈에 보여줄 두 개의 영상으로 만들어진다. 이러한 스테레오스코픽 3D 영상의 화질을 평가하기 위한 방법에는 시청자들이 직접 보고 판단하는 주관적인 평가 방법과 영상 자체를 가지고 측정 도구를 이용하여 객관화된 수치를 구하는 객관적인 평가 방법이 있다. 객관적인 평가 방법을 사용할 경우, 지금까지 가장 많이 쓰이는 방법은 왼쪽과 오른쪽 2D 영상에 대한 화질을 기존의 2D 영상 화질 평가 방법을 이용하여 평가하는 방법으로, 그동안 많이 연구되어 온 기존 평가 방법을 그대로 사용할 수 있다는 장점이 있다. 하지만, 왼쪽과 오른쪽 영상에 대해 각각 영상의 화질을 평가해야 하는 불편함이 따랐다. 따라서 본 논문에서는 이러한 불편함을 해소하고자 한 번의 화질 평가를 통해 스테레오스코픽 3D 영

a) 과학기술연합대학원대학교 이동통신 및 디지털방송공학
Mobile communication & Digital Broadcasting Engineering,
UST (University of Science and Technology)

b) 한국전자통신연구원
ETRI (Electronics and Telecommunications Research Institute)

c) 동아대학교 전자공학과
Department of Electronic Engineering, Dong-A University

† 교신저자 : 허남호 (namho@etri.re.kr)

※ 본 연구는 지식경제부, 방송통신위원회 및 한국산업기술평가관리원의 산업원천기술개발사업(정보통신)의 일환으로 수행하였음. [KI001932, 차세대 DTV 핵심기술 개발]

· 접수일(2010년11월15일), 수정일(2011년2월7일), 게재확정일(2011년2월21일)

상의 화질을 측정할 수 있는 방법을 제시하고자 한다.

II. 제안방법

스테레오스코픽 3D 영상은 사람의 시각 시스템에 의해 뇌에서 하나의 입체감이 있는 영상으로 융합되어 인식되는데, 이것은 하나의 2D 사이클로피언 (cyclopean) 영상 정보와 하나의 입체감에 관한 정보로 이루어진다^[1]. 사람의 눈을 통하여 들어온 왼쪽 영상과 오른쪽 영상이 뇌에 전달되어 어떻게 사이클로피언 영상을 만들어내는 지에 대해서는 보다 많은 연구가 필요하지만, 이 두 영상을 토대로 만들어진다고 가정하면, 왼쪽과 오른쪽 영상의 화질을 통하여, 이 두 영상이 융합되어 만들어지는 사이클로피언 영상에 대한 대략적인 화질을 예측해 볼 수 는 있다. 이러한 가정에 따라 스테레오스코픽 3D 영상의 화질에 대해 이야기 할 때, 왼쪽과 오른쪽 2D 영상에 대해 각각 화질 평가를 하고, 그 두 영상 각각의 결과 값을 이야기 하거나 단순히 두 영상의 결과 값을 산술평균하여 나타내는 방법을 많이 사용하였다^[2]. 하지만 스테레오스코픽 3D 영상의 화질 평가를 위해, 각각의 영상에 대한 화질평가를 두 번씩 해야 하는 중복 작업에 따른 불편함을 초래한다. 따라서 본 논문에서는 이를 해결하기 위해 원본영상이 되는 왼쪽과 오른쪽 영상을 중첩 (overlay)시켜 하나의 원본 영상으로 만들고, 이를 비교 영상이 되는 왼쪽과 오른쪽 영상을 중첩시켜 만든 하나의 비교 영상과 비교, 평가하는 방법을 사용하여 보다 간편하게 스테레오스코픽 3D 영상의 객관적인 화질을 평가하

는 방법을 제시하고자 한다.

1. 화면 중첩 방법

원본 영상의 왼쪽 영상을 OL , 원본 영상의 오른쪽 영상을 OR 이라고 할 때, 제안하는 방법의 원본 영상, O 는 다음과 같이 만든다.

$$O = \alpha OL + (1 - \alpha)OR \quad (1)$$

여기에서 α 는 왼쪽 영상의 중첩계수이며, $0 \leq \alpha \leq 1$ 의 값을 갖게 된다. 마찬가지로 비교 영상, T 는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$T = \alpha TL + (1 - \alpha)TR \quad (2)$$

윗 식에서 TL 은 비교 영상의 왼쪽 영상, TR 은 비교 영상의 오른쪽 영상을 뜻한다. 이렇게 만들어진 원본 영상과 비교 영상으로 기존에 발표된 2D 화질 평가 방법을 이용한 객관적인 화질 평가를 할 수 있다.

2. 객관적인 화질 평가 방법

PSNR (Peak Signal to Noise Ratio)^[3]은 영상의 화질을 객관적인 방법으로 평가하는 방법 중 가장 많이 쓰이고 있는 방법으로 원본 영상과 비교 영상을 서로 비교하여 비교 영상이 원본 영상에 비해 얼마만큼 손실이 생겼는지 측정

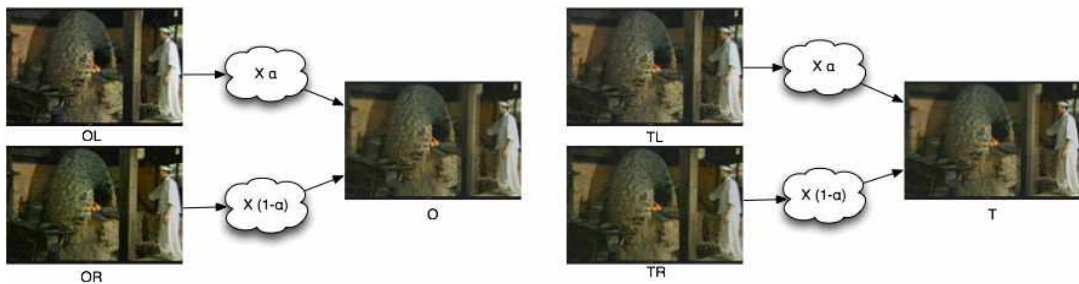


그림 1. 원본 영상과 비교 영상의 화면 중첩(overlay) 방법
 Fig. 1. the image overlay method of original and target images

하는 방법을 사용한다. PSNR은 두 영상의 MSE (Mean Squared Error)^[4]을 이용하여, log 함수를 통한 dB 값으로 표현한다. MSE와 이를 이용한 PSNR은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$MSE = \frac{1}{w \cdot h} \sum_{i=1}^w \sum_{j=1}^h (O_{ij} - T_{ij})^2 \quad (3)$$

$$PSNR = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{255^2}{MSE} \right) \quad (4)$$

여기에서 w 와 h 는 영상의 가로와 세로 크기를 나타내며, i, j 는 영상에서 개별 화소의 가로, 세로 위치를 뜻한다.

제안한 방법을 이용하여 기존의 화질 평가 방법들에 적용하여 쓸 수 있는지 알아보기 위하여, 제안한 방법을 통해 MSE와 PSNR을 구해보면 다음과 같다. 중첩계수, $\alpha = 0.5$ 로 놓았을 때, MSE는 식 (5)와 같이 구할 수 있다.

여기에서 원본의 왼쪽 영상에 대한 MSE를 MSE_L , 오른쪽 영상에 대한 MSE를 MSE_R 이라고 하면, 제안된 방법을 이용한 영상의 MSE, MSE_{L+R} 는 식 (6)과 같다.

따라서 제안된 방법에 의해 중첩된 영상에서의 MSE 값은 왼쪽 영상의 MSE 값과 오른쪽 영상의 MSE 값에 대해 산술평균과 기하평균을 1/2씩 조합한 결과 값을 갖게 된다. 이러한 산술평균과 기하평균을 조합한 결과는 단순한 두 영상의 산술적인 평균 값 뿐만 아니라 기하평균에 따른 두 영상사이의 상관관계를 반영한 결과 값을 얻을 수 있다.

왼쪽 영상과 오른쪽 영상의 MSE에 따른 제안된 방법으로 만들어진 영상의 MSE는 표 1과 같으며, 이에 대한 그래프는 그림 2에서 볼 수 있다. 또, 이에 대한 PSNR의 결과와 그래프는 표 2와 그림 3에서 살펴볼 수 있다.

객관적인 화질 평가를 위한 방법에는 MSE와 PSNR 외에도 영상의 구조적인 왜곡을 측정하여 영상의 화질을 평가하는 방법인 SSIM (Structural Similarity)^[5]과 영상에 대한 사람의 인지능력을 고려하여 영상의 객관적 화질 평가 지표를 만든 VQM (Video Quality Measurement)^[6] 등이 있다.

표 1. 제안 방법의 MSE 표

Table 1. MSE table of proposed method

$MSE_L \backslash MSE_R$	0	4	16	36	64	100
0	0	1	4	9	16	25
4	1	4	9	16	25	36
16	4	9	16	25	36	49
36	9	16	25	36	49	64
64	16	25	36	49	64	81
100	25	36	49	64	81	100

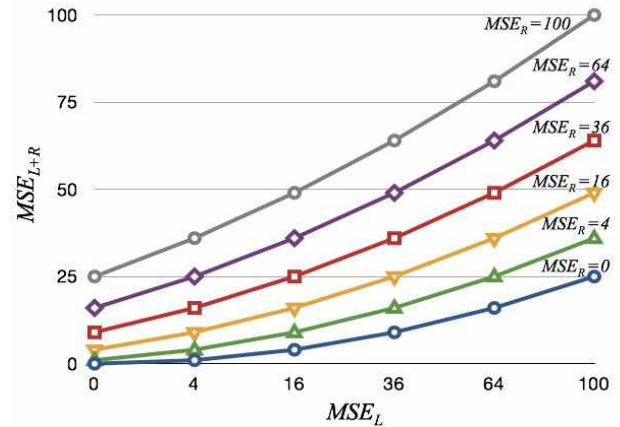


그림 2. 제안 방법의 MSE 그래프
Fig. 2. MSE graph of proposed method

$$MSE = \frac{1}{w \cdot h} \sum_{i=1}^w \sum_{j=1}^h \left\{ \frac{1}{2} (OL_{ij} + OR_{ij}) - \frac{1}{2} (TL_{ij} + TR_{ij}) \right\}^2 \quad (5)$$

$$= \frac{1}{w \cdot h} \sum_{i=1}^w \sum_{j=1}^h \frac{1}{4} (OL_{ij} - TL_{ij})^2 + \frac{1}{4} (OR_{ij} - TR_{ij})^2 + \frac{1}{2} (OL_{ij} - TL_{ij})(OR_{ij} - TR_{ij})$$

$$MSE_{L+R} = \frac{1}{4} (MSE_L + MSE_R) + \frac{1}{2} \sqrt{MSE_L} \sqrt{MSE_R} = \frac{1}{2} \left\{ \frac{1}{2} (MSE_L + MSE_R) \right\} + \frac{1}{2} \sqrt{MSE_L} \sqrt{MSE_R} \quad (6)$$

표 2. 제안 방법의 PSNR 표
Table 2. PSNR table of proposed method

$PSNR_L \backslash PSNR_R$	0	4	16	36	64	100
0	∞	45.12	40.35	37.34	35.12	33.36
4	45.12	42.17	39.10	36.67	34.71	33.08
16	40.35	39.10	37.34	35.58	33.98	32.57
36	37.34	36.67	35.58	34.33	33.08	31.90
64	35.12	34.71	33.98	33.08	32.11	31.14
100	33.36	33.08	32.57	31.90	31.14	30.35

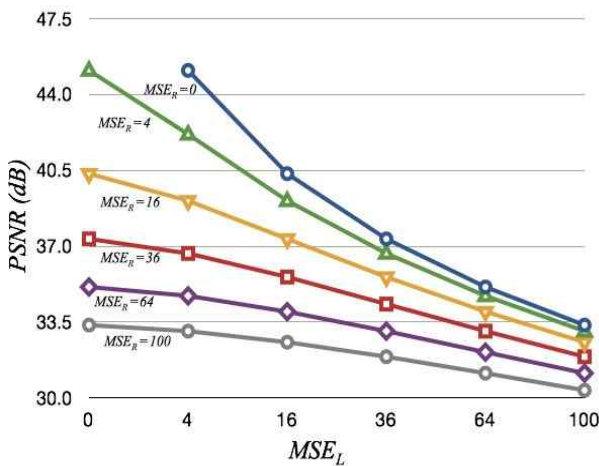


그림 3. 제안 방법의 PSNR 그래프
Fig. 3. PSNR graph of proposed method

III. 실험

제안된 방법에 의한 화질 평가 방법을 실제 영상에 적용하여, 그 결과를 기존 방법인 각각의 영상에 대해 평가하는 방법과 비교하여 보았다. 이를 위해서 실험 영상으로는 스

테레오스코픽 3D 영상인 ‘Mt. Geumgang’ (320×240), ‘blacksmith’(720×480), ‘football’(720×480), ‘bright’ (1920×1080), ‘dark’ (1920×1080)를 사용하였고 (그림 4), 이들 실험 영상에 대하여 PSNR, SSIM, 그리고 VQM의 세 가지 객관적 화질 평가방법에 대하여 비교, 평가하는 실험을 실시하였다. 실험 영상의 영상 압축 방법은 H.264/AVC의 레퍼런스 소프트웨어인 JM 17.2 버전을 이용하여 High profile, Level 5.0, QP (I, P = 28, B = 30)의 조건으로 왼쪽 영상과 오른쪽 영상을 각각 압축하였으며, 이 실험을 위해서 CPU: Pentium-4 3.2Ghz, RAM: 1.5 GB의 컴퓨터를 사용하였다. 영상의 크기에 따라서 크기가 320×240인 ‘Mt. Geumgang’ 영상은 256, 384, 512, 640 Kbps, 720×480인 ‘blacksmith’와 ‘football’ 영상은 1, 2, 3, 4 Mbps, 1920×1080인 ‘bright’, ‘dark’ 영상은 8, 10, 12, 14 Mbps의 4가지의 서로 다른 영상 압축 비트율의 조건을 주어 영상 압축을 실시하였고, 이를 중첩 계수 $\alpha = 0.5$ 를 사용하여 왼쪽과 오른쪽 영상을 중첩한 원본 영상과 비교 영상을 이용하여 비교, 평가하는 실험을 하였다.

1. PSNR 비교 실험

기존의 방법대로 왼쪽과 오른쪽 영상에 대해 각각 PSNR 값을 구한 결과와 제안된 방법에 따라 왼쪽과 오른쪽 영상을 중첩시켜 만든 하나의 영상에 대한 PSNR 값을 비교하여 보았다. 그림 5 ~ 9에서 (a)의 그래프는 각각의 실험 영상에 대하여 기존 방법에 의해 구한 왼쪽과 오른쪽 영상의 PSNR 결과 값을 표현한 그래프이고, (b) 그래프는 제안된 방법에 의해 왼쪽과 오른쪽 영상을 중첩한 하나의 영상에 대한 PSNR 그래프이다.



그림 4. 실험 영상 : (a) Mt. Geugang; (b) blacksmith; (c) football; (d) bright; (e) dark
Fig. 4. experimental images : (a) Mt. Geugang; (b) blacksmith; (c) football; (d) bright; (e) dark

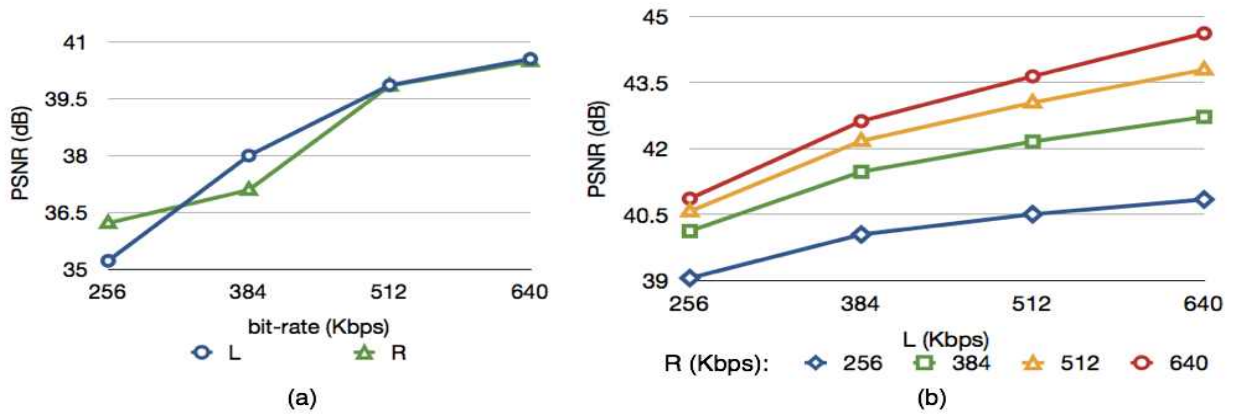


그림 5. 실험 영상 Mt. Geugang의 PNSR 그래프 : (a) 기존 방법; (b) 제안된 방법
 Fig. 5. PSNR graph of Mt. Geugang : (a) previous method; (b) proposed method

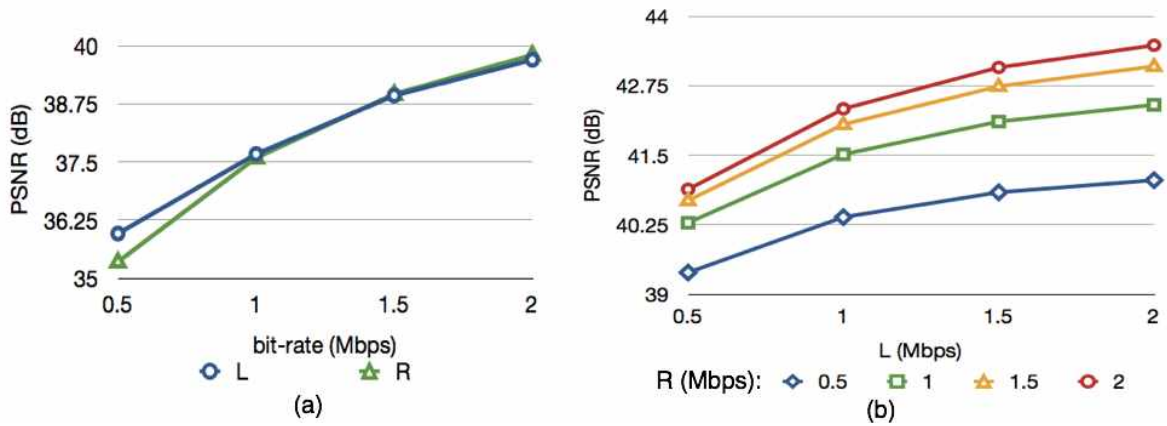


그림 6. 실험 영상 blacksmith의 PNSR 그래프 : (a) 기존 방법; (b) 제안된 방법
 Fig. 6. PSNR graph of blacksmith : (a) previous method; (b) proposed method

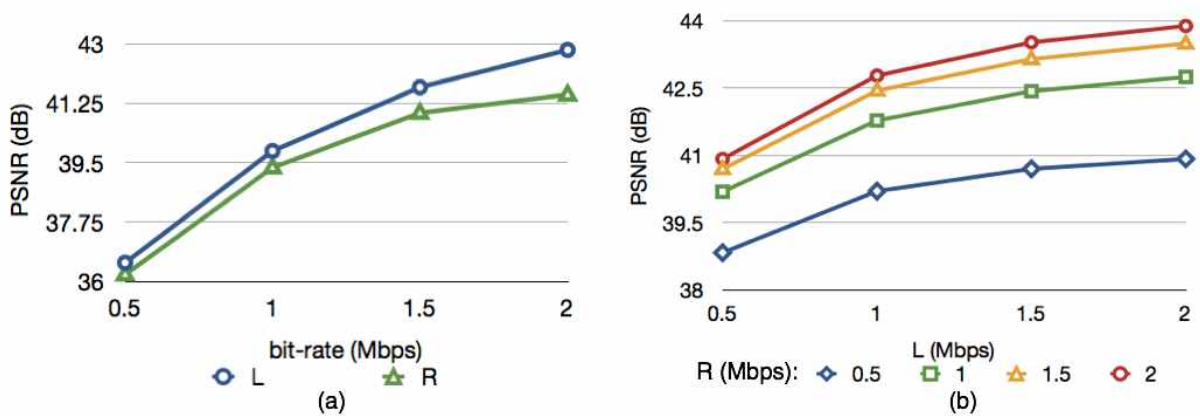


그림 7. 실험 영상 football의 PNSR 그래프 : (a) 기존 방법; (b) 제안된 방법
 Fig. 7. PSNR graph of football : (a) previous method; (b) proposed method

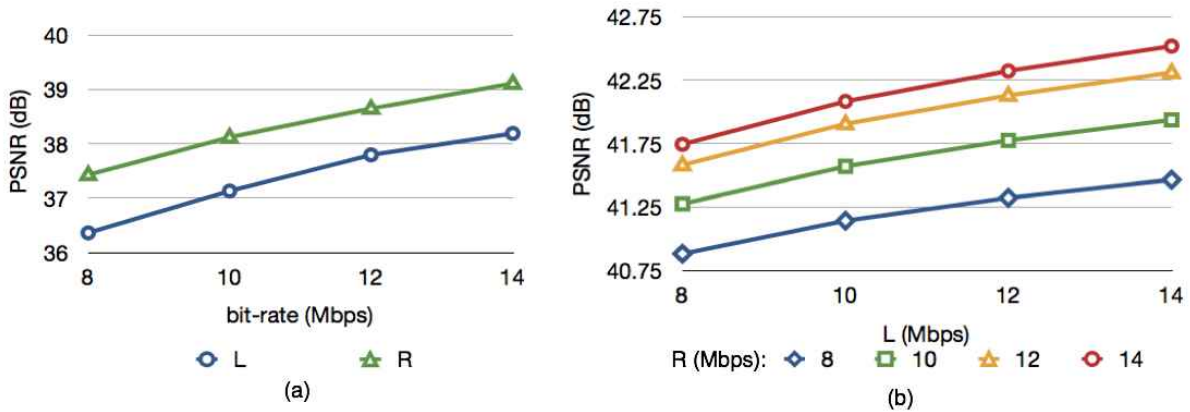


그림 8. 실험 영상 bright의 PSNR 그래프 : (a) 기존 방법; (b) 제안된 방법
 Fig. 8. PSNR graph of bright : (a) previous method; (b) proposed method

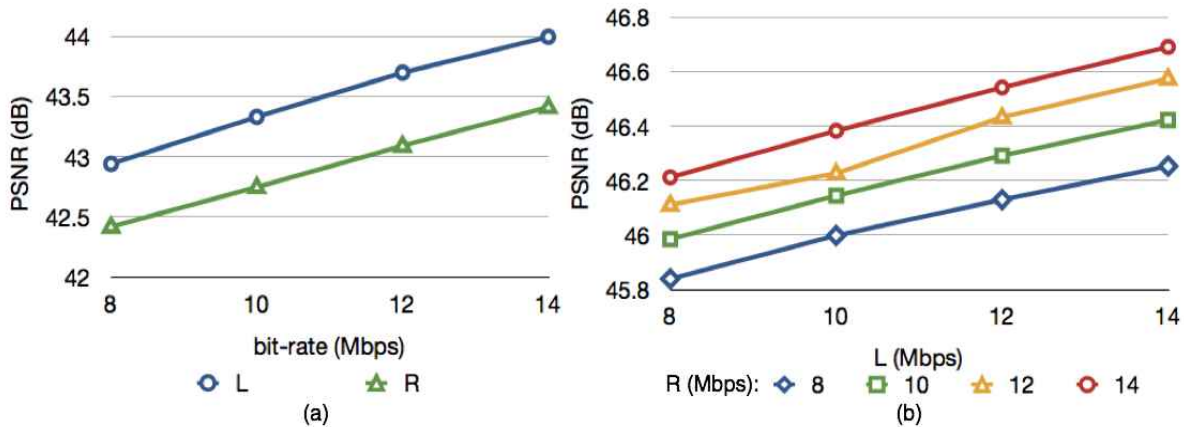


그림 9. 실험 영상 dark의 PSNR 그래프 : (a) 기존 방법; (b) 제안된 방법
 Fig. 9. PSNR graph of dark : (a) previous method; (b) proposed method

그림 5 ~ 9의 그래프에서 보여주듯이 기존의 방법에 의한 PSNR 결과 값은 영상 압축 비트율이 증가함에 따라 증가하고 있고, 마찬가지로 제안된 방법에 의해 중첩된 영상에서도 영상 압축 비트율이 증가할수록 PSNR 결과 값이 증가함을 확인할 수 있다.

2. SSIM 비교 실험

기존의 방법대로 왼쪽과 오른쪽 영상에 대해 각각 SSIM 값을 구한 결과와 제안된 방법에 따라 왼쪽과 오른쪽 영상을 중첩 시켜 만든 하나의 영상에 대한 SSIM 값을 비교

하여 보았다. 그림 10 ~ 14에서 (a)의 그래프는 각각의 실험 영상에 대하여 기존 방법에 의해 구한 왼쪽과 오른쪽 영상의 SSIM 결과 값을 표현한 그래프이고, (b) 그래프는 제안된 방법에 의해 왼쪽과 오른쪽 영상을 중첩한 하나의 영상에 대한 SSIM 그래프이다.

그림 10 ~ 14의 그래프에서 보여주듯이 기존의 방법에 의한 SSIM 결과 값은 영상 압축 비트율이 증가함에 따라 증가하고 있고, 마찬가지로 제안된 방법에 의해 중첩된 영상에서도 영상 압축 비트율이 증가할수록 SSIM 결과 값이 증가함을 알 수 있다.

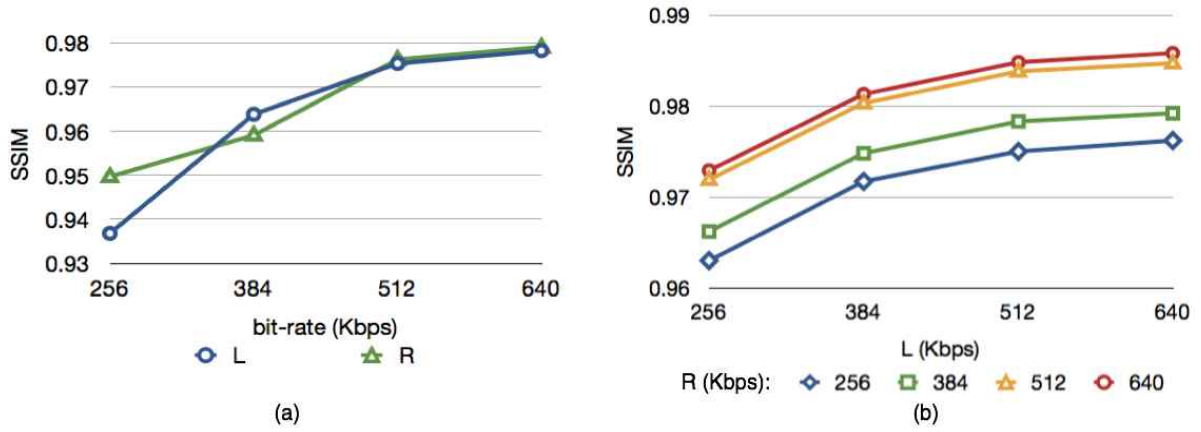


그림 10. 실험 영상 Mt. Geungang의 SSIM 그래프 : (a) 기존 방법; (b) 제안된 방법
 Fig. 10. SSIM graph of Mt. Geugang : (a) previous method; (b) proposed method

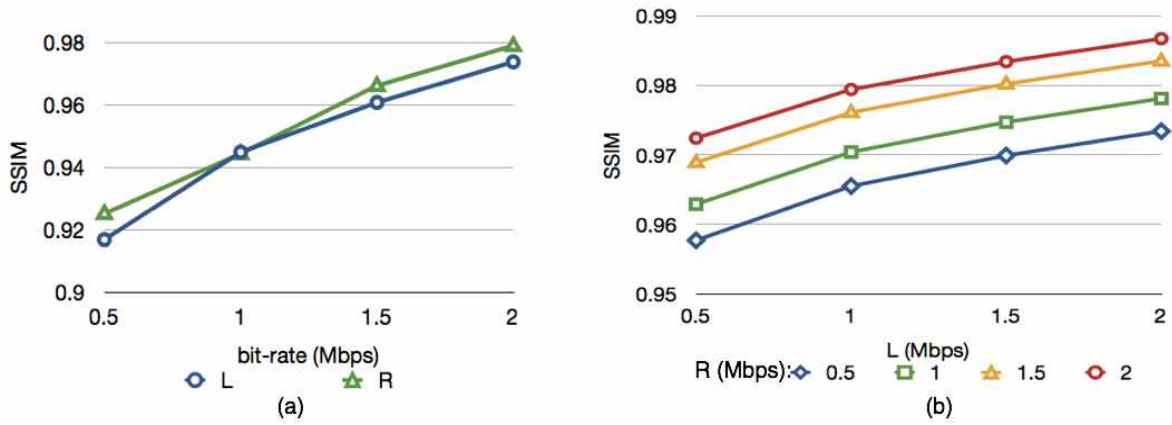


그림 11. 실험 영상 blacksmith의 SSIM 그래프 : (a) 기존 방법; (b) 제안된 방법
 Fig. 11. SSIM graph of blacksmith : (a) previous method; (b) proposed method

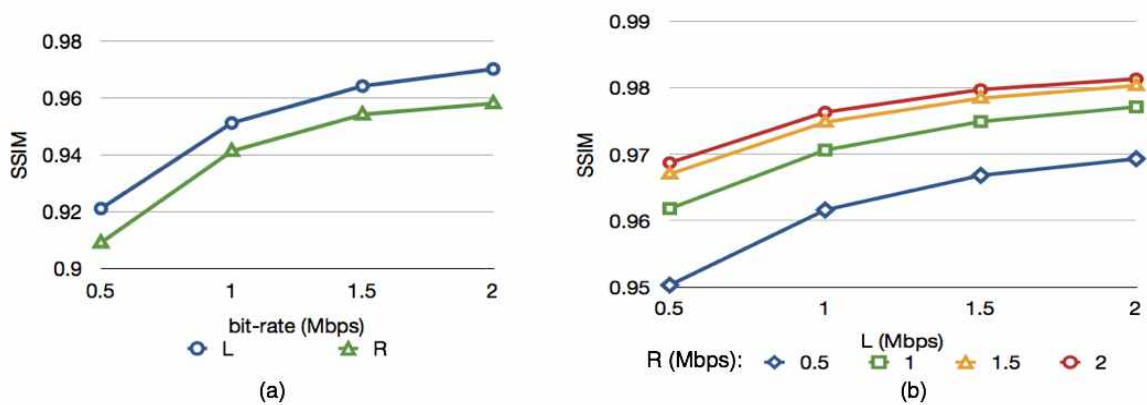


그림 12. 실험 영상 football의 SSIM 그래프 : (a) 기존 방법; (b) 제안된 방법
 Fig. 12. SSIM graph of football : (a) previous method; (b) proposed method

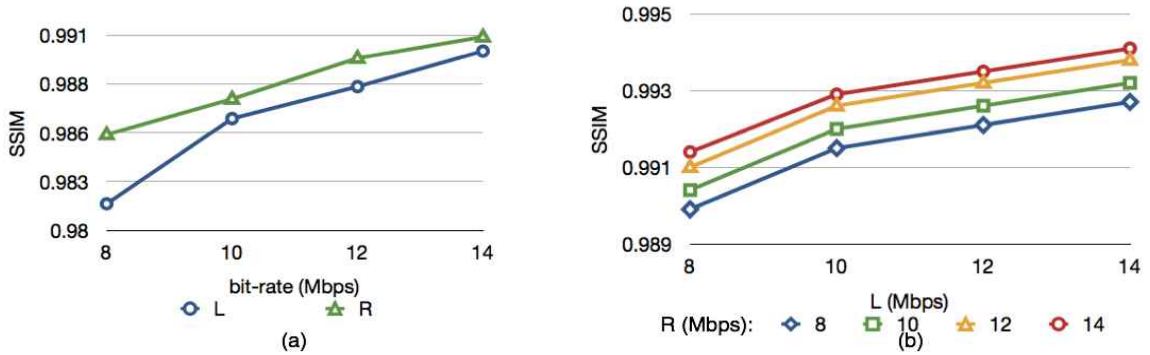


그림 13. 실험 영상 bright의 SSIM 그래프 : (a) 기존 방법; (b) 제안된 방법
 Fig. 13. SSIM graph of bright : (a) previous method; (b) proposed method

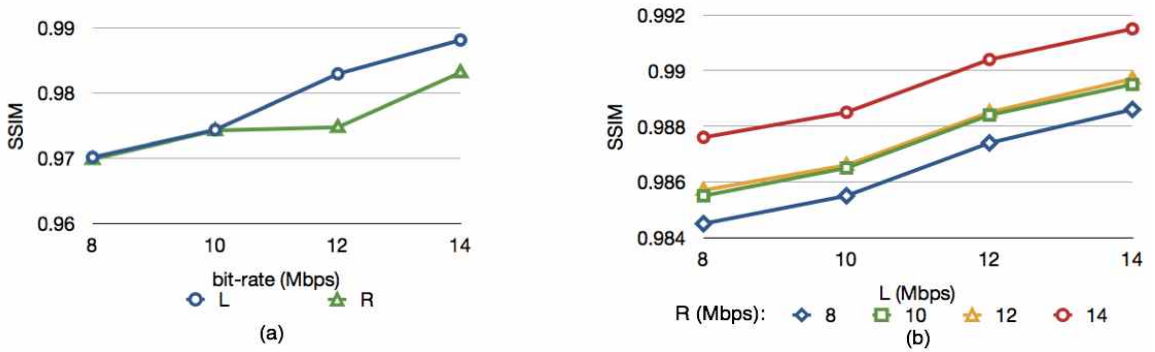


그림 14. 실험 영상 dark의 SSIM 그래프 : (a) 기존 방법; (b) 제안된 방법
 Fig. 14. SSIM graph of dark : (a) previous method; (b) proposed method

3. VQM 비교 실험

기존의 방법대로 왼쪽과 오른쪽 영상에 대해 각각 VQM

값을 구한 결과와 제안된 방법에 따라 왼쪽과 오른쪽 영상을 중첩 시켜 만든 하나의 영상에 대한 VQM 값을 비교하여 보았다. 그림 15 ~ 19에서 (a)의 그래프는 각각의 실험

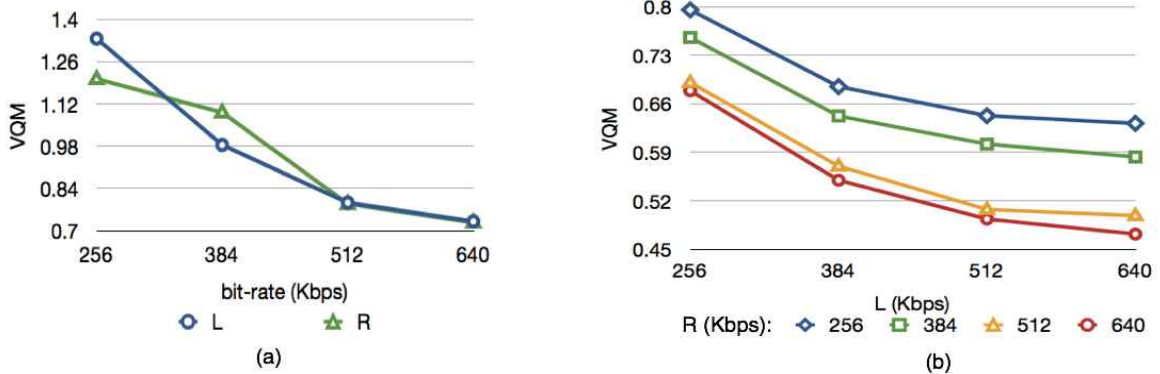


그림 15. 실험 영상 Mt. Geungang의 VQM 그래프 : (a) 기존 방법; (b) 제안된 방법
 Fig. 15. VQM graph of Mt. Geungang : (a) previous method; (b) proposed method

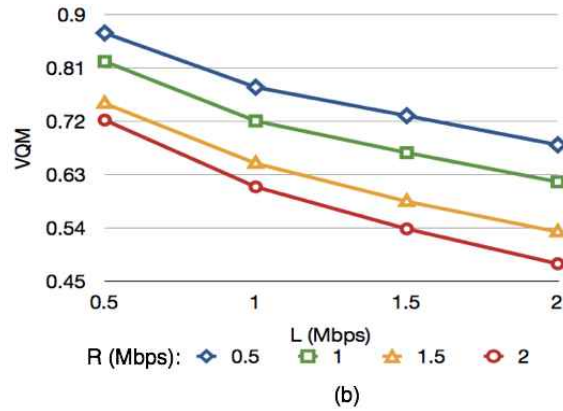
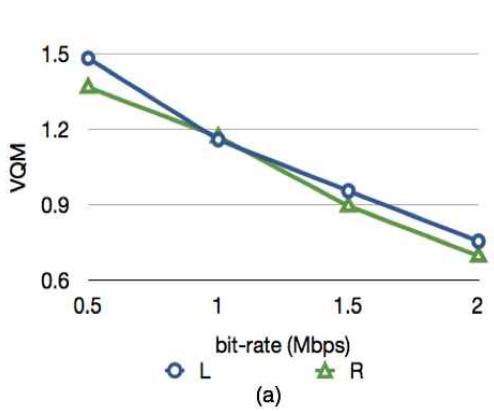


그림 16. 실험 영상 blacksmith의 VQM 그래프 : (a) 기존 방법; (b) 제안된 방법
 Fig. 16. VQM graph of blacksmith : (a) previous method; (b) proposed method

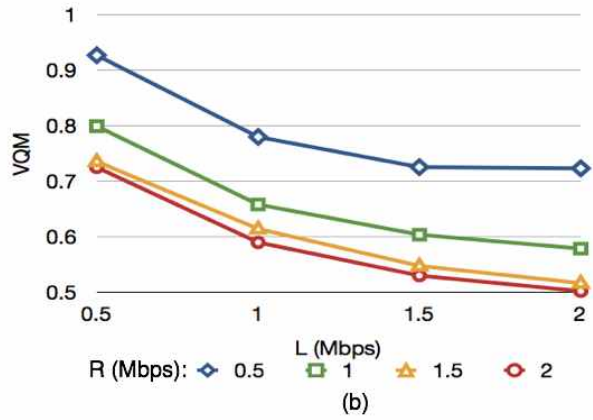
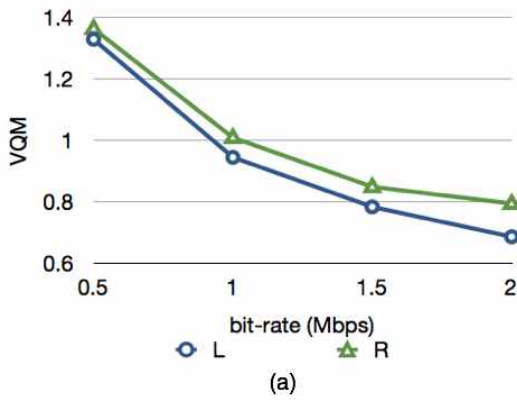


그림 17. 실험 영상 football의 VQM 그래프 : (a) 기존 방법; (b) 제안된 방법
 Fig. 17. VQM graph of football : (a) previous method; (b) proposed method

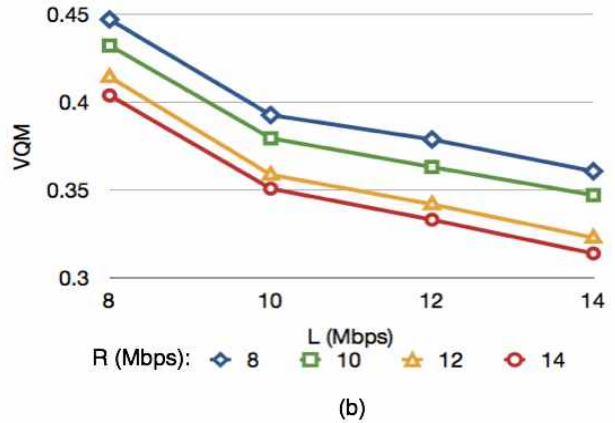
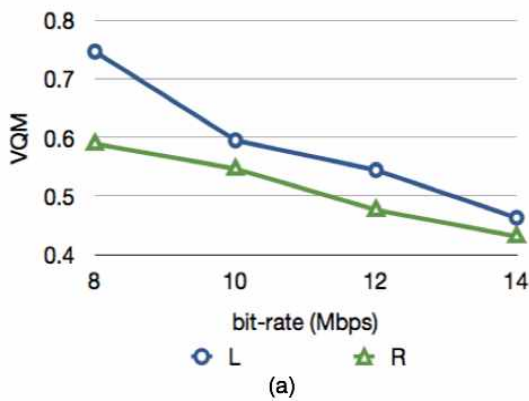


그림 18 . 실험 영상 bright의 VQM 그래프 : (a) 기존 방법; (b) 제안된 방법
 Fig. 18. VQM graph of bright : (a) previous method; (b) proposed method

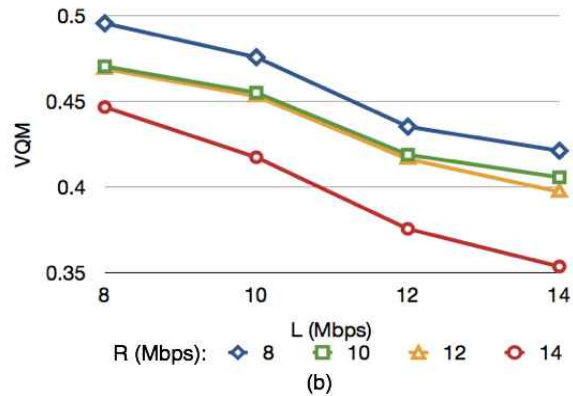
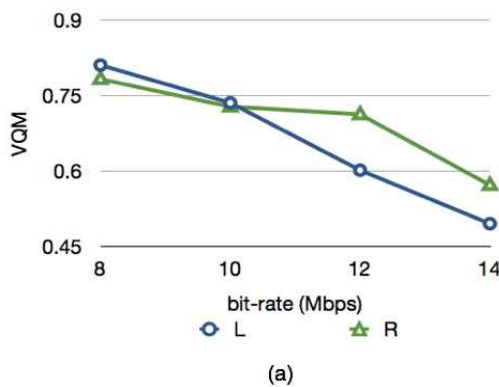


그림 19. 실험 영상 dark의 VQM 그래프 : (a) 기존 방법; (b) 제안된 방법
 Fig. 19. VQM graph of dark : (a) previous method; (b) proposed method

영상에 대하여 기존 방법에 의해 구한 왼쪽과 오른쪽 영상의 VQM 결과 값을 표현한 그래프이고, (b) 그래프는 제안된 방법에 의해 왼쪽과 오른쪽 영상을 중첩한 하나의 영상에 대한 VQM 그래프이다.

그림 15 ~ 19의 그래프에서 보여주듯이 기존의 방법에 의한 VQM 결과 값은 영상 압축 비트율이 증가함에 따라 감소하고 있고, 마찬가지로 제안된 방법에 의해 중첩된 영상에서도 영상 압축 비트율이 증가할수록 VQM 결과 값이 감소함을 알 수 있다.

4. 실험결과 및 토의

실험을 통해서 기존 방법대로 왼쪽과 오른쪽 영상에 대해 각각 객관적 화질 평가 방법인 PSNR, SSIM, VQM을 이용하여 측정된 결과 값과 제안된 방법에 의해서 만들어진 중첩 영상에 대해 이들 객관적 화질 평가 방법을 적용하여 측정된 결과 값들에 대해서 비교하여 보았다. 실험결과 두 방법 모두 PSNR, SSIM 측정 결과는 영상 압축 비트율이 높을수록 높은 결과 값을 보여주었고, VQM 결과에서는 영상 압축 비트율이 낮을수록 높은 결과 값을 나타내었다. 이를 통하여 제안된 방법을 이용하여 측정된 객관적인 화질 평가 방법의 결과 값은 기존의 2D 영상을 각각 측정하는 방법에 따른 결과와 비슷한 동향을 나타냄을 알 수 있으며, 기존 방법 대신 객관적인 화질 평가 방법으로 사용할 수 있음을 알 수 있다.

실험에서는 왼쪽 영상의 중첩 계수 α 의 값을 0.5로 정해서, 왼쪽과 오른쪽 영상이 같은 비율로 중첩되는 경우로 가정하여서 실험을 실시하였다. 하지만 중첩 계수의 값을 달리하여 왼쪽과 오른쪽 영상이 서로 다른 비율로 중첩되는 경우에 대한 분석도 가능하다. 이는 두 눈의 시력 차가 심한 부등시를 갖고 있는 시청자들이 인지하는 3D 영상의 화질 평가라든지^[7], 왼쪽과 오른쪽 영상이 서로 다른 전송망이나 다른 압축방법, 또는 영상 획득의 문제나 디스플레이의 문제 등으로 인하여, 두 영상 사이의 화질의 차가 생겼을 경우에 이를 보상하여 최적의 화질을 보여줄 수 있는 방법을 위한 해법을 제공할 수 있다. 또한 최근 3D 스테레오스코픽 영상의 가장 큰 문제 중의 하나로 꼽히고 있는 왼쪽과 오른쪽 영상의 신호 혼선(cross-talk) 문제에 대해서 중첩 계수를 달리 하여 신호 혼선 영상을 만들고, 이러한 영상에 대한 분석을 위해 이용할 수 있다.

IV. 결 론

스테레오스코픽 3D 영상의 화질에 대한 평가 방법은 고려해야 할 점이 많은 관계로 아직 많은 논의와 연구가 이루어지고 있는 상황에서 현재는 왼쪽과 오른쪽 영상의 각각에 대한 화질을 평가함으로써 이를 스테레오스코픽 3D 영상의 화질의 척도로 삼고 있다. 하지만 이 방법의 경우, 각각의 영상에 대해서 별도로 화질을 측정해야 한다는 불편

함을 가지고 있다. 따라서 본 논문에서는 이 두 영상을 중첩시켜 하나의 영상을 구성하고 이를 평가하는 방법을 제안하여, 보다 간편하게 화질을 평가할 수 있는 방법을 제안하였고, 실험 결과를 통하여 제안한 방법이 기존 방법의 결과와 비슷한 동향의 결과를 도출함을 보여주었다. 이를 통하여 스테레오스코픽 3D영상에 대한 화질 평가를 중복작업 없이 한 번에 할 수 있으며, 다양한 환경에서 인지되는 3D영상의 비교, 평가에도 응용할 수 있다.

참 고 문 헌

[1] B. Julesz, Foundation of Cyclopean Perception, The University of Chicago Press, USA, 1971.

[2] A. M. Tourapis, A. Leontaris, K. Suhring and G. Sullivan, "H.264/MPEG-4 AVC Reference Software Manual," JVT-X072, JVT of ISO/IEC MPEG & ITU-T VCEG, 2010.

[3] Q.Huynh-Thu and M. Ghanbari, "Scope of validity of PSNR in image/video quality assessment," Electronics Letters, Vol 44, Issue 13, pp. 800 ~ 801, Jun 2008.

[4] A. Mood, F. Graybill and D. Boes, Introduction to the Theory of Statistics, 3rd edition, pp. 229, McGraw-Hill, USA, 1974.

[5] Z. Wang, A. C. Bovik, H. R. Sheikh and E. P. Simoncelli, "Image Quality assessment : From error visibility to structural similarity," IEEE Transactions on Image Processing, Vol 13, No. 4, pp. 600 ~ 612, Apr. 2004.

[6] F. Xiao, "DCT-based Video Quality Evaluation," MSU Graphics and Media Lab (Video Group), Winter 2000.

[7] Multimedia Scalable 3D for Europe, "QoE methodology specification-Phase I," Project co-funded by the European Commission within the Seventh Framework Programme, Jun 2010.

저 자 소 개



박 영 수

- 2005년 2월 : 전북대학교 전자정보공학부 학사
- 2005년 9월 ~ 현재 : 과학기술연합대학원대학교 (UST) 석, 박사 통합과정
- 주관심분야 : 3DTV



허 남 호

- 1992년 2월 : 포항공과대학교 전기전자공학과 학사
- 1994년 2월 : 포항공과대학교 대학원 전기전자공학과 석사
- 2000년 2월 : 포항공과대학교 대학원 전기전자공학과 박사
- 2000년 4월 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 방송시스템연구부 부장
- 2005년 9월 ~ 현재 : 과학기술연합대학원대학교 (UST) 겸임교수
- 주관심분야 : 디지털방송기술, 모바일 및 고품질 3DTV 방송기술



표 경 수

- 2003년 2월 : 동아대학교 전자공학과 학사
- 2005년 2월 : 동아대학교 대학원 전자공학과 석사
- 주관심분야 : 유기반도체, 3DTV

저 자 소 개



송 정 근

- 1980년 2월 : 서울대학교 전자공학과 학사
- 1984년 2월 : 서울대학교 대학원 전자공학과 석사
- 1992년 2월 : Dept. of Electrical Eng. University of Cincinnati, USA
- 주관심분야 : 유기반도체, EPD