



Asymmetric Stereoscopic Video Transmission using Hierarchical Modulation

Yeonsoo Jang¹, Kwangmin Hyun^{2*}

¹*Department of Electronics and Communications Engineering, Hanyang University*

²*Department of Information and Telecommunication Engineering, Gangneung-Wonju National University*

A B S T R A C T

In this paper, we evaluated stereoscopic video performance transmitted through wireless channel. Human's visual perception capabilities of two eyes are different and one of two eyes is predominant one for visual perception. Thus using this human visual characteristic, there is no problem to recognize the 3D perception even if we sent relatively low quality of one of two video information for reducing the amount of data. If we use the constituting gain channel with Gray mapping for hierarchical 16-QAM (Quadrature Amplitude Modulation) called as (16-HQAM), we allocated the predominant video compressed data using H.264/AVC(Advanced Video Compression) to high gain channel and the compressed data of the other side video to low gain channel and send them. The simultaneously compressed video information of two views is sent through AWGN(additive White Gaussian Noise) channel environment. Controlling the channel gain, we discuss PSNR(Peak Signal to Noise Ratio) and CDF(Cumulative Distribution Function) performance.

© 2014 KKITS All rights reserved

KEYWORDS : Stereoscopic Video, Hierarchical Modulations, H.264, AVC, 16-QAM

ARTICLE INFO: Received 28 September 2014, Revised 14 October 2014, Accepted 14 October 2014.

1. 서론

*Corresponding author is with the Department of Information and Telecommunication Engineering, Gangneung-Wonju National University, Wonju 220-711, KOREA.

E-mail address: kamihyun@gwnu.ac.kr

2D 영상의 고화질 고압축 전송을 위하여 MPEG (Motion Picture Expert Group)에서는 H.264/AVC, SVC (Scalable Video Coding) 등의 표준

화를 완료하고 HEVC(High Efficiency Video Coding)로 발전하고 있다 [1]. 3D 혹은 다시점 영상 압축과 전송에 관한 표준은 H.264/AVC Simulcast, H.264/ stereo SEI message, H.264/ MVC, MPEG-C part 3 using H.264등이 연구되었거나 상용을 위해 고려되고 있다 [2], [3]. H.264/AVC Simulcast는 시점이 다른 여러 카메라 영상을 각각의 독립된 AVC를 통하여 동시에 압축하고 전송하는 기술로 전송 대역 효율을 기대하기 어렵다. H.264/stereo SEI message기술은 2개의 영상을 표준 내에서 한 개로 묶는 것에 대한 것이며, H.264/MVC은 AVC를 확장한 것으로 서로 다른 시점의 카메라 영상 간의 상관도를 이용하여 압축 효율을 높인 것이다. MPEG-C part 3 using H.264는 기존 영상의 영상과 함께 다른 시점 영상의 깊이 정보를 압축한다.

이러한 기술의 발전으로 인해 새로운 표준은 구현이 복잡해지고 계산량이 증가를 동반하고 있다. 그러나 현재 대부분의 기존 시스템들이 H.264/AVC를 기반으로 하고 있고, 계산능력에 한계가 있는 많은 시스템들은 새로운 표준이 발표되었음에도 불구하고 적용하는데 많은 시간이 필요할 것이다. 따라서 기존 H.264/AVC를 기반으로 하는 시스템에서 3차원 영상을 전송하고 재생할 수 있는 시스템에 대한 고려가 필요하다.

인간의 뇌에서 영상 정보를 처리할 때 왼쪽과 오른쪽 눈을 통하여 입력되는 영상을 동일한 중요도를 가지고 처리하지 않는다. 즉, 인간의 눈을 통해 입력된 영상이 처리될 때 사람마다 주로 사용하는 뇌와 눈(우세안, 자주 사용하는 눈)에 따라 중요도가 다르게 된다. 따라서 왼쪽 눈이 중요한 눈인 경우 왼쪽 영상은 고화질로 전송하고 오른쪽은 약간의 영상 품질 저하가 되어도 인간이 영상 정보를 처리하는 경우에 크게 영향을 주지 않는다고 알려져 있다 [4],[5].

영상 품질에 대하여, 2차원 영상을 전송할 경우

에는 일반적인 무선 채널에서 발생하는 잡음의 영향을 단순하게 고려하였다. 그러나 3차원 영상의 경우는 2차원 영상에 비교하여 추가적인 영상 정보를 전송이 요구되고, 왼쪽과 오른쪽 영상을 무선 채널을 통하여 전송하는 경우 일반적인 변조 방식을 적용하면 동일한 품질로 전송된다고 볼 수 있기 때문에 중요도가 높은 영상인 경우 수신 성능에 따른 영상 품질을 좀 더 확보할 필요가 있고, 중요도가 낮은 영상의 경우 과잉 품질이 될 수 있다. 따라서 중요도가 높은 우세안 영상(여기에서는 왼쪽 영상으로 가정)에 대한 품질은 유지하거나 오류에 강인하도록 하고 낮은 영상(오른쪽 영상)은 품질이 약간 떨어지도록 설계를 할 필요가 있다. 이런 구조에 적합한 변조 방식이 계층변조 방식이다 [6].

본 논문은 2개의 H.264/AVC 부호기를 각각 통하여 비슷한 품질로 압축된 왼쪽과 오른쪽 영상을 16-HQAM 방식을 이용하여 전송한 연구 [7]의 확장으로, 한 심벌의 비트들에 2개의 영상 정보를 모두 할당하여 변조한 후 동시에 전송한다. 이때 중요도에 따라 왼쪽과 오른쪽 영상을 각각 이득이 큰 비트들과 적은 비트들에 따로 할당한다. 변조된 신호는 적절하게 이득을 조절하여 전송하고, 전송된 영상 품질에 주는 영향을 평균 PSNR과 CDF 관점에서 3차원 영상 품질을 분석한다. 2장은 16-QAM 변조를 이용한 계층 변조 방식에 대한 것으로 이득이 다른 독립된 2개의 채널 구성을 설명하고, 3장에서는 비대칭 영상 전송과 그 특성을 분석하고 모의 실험 결과를 4장에서 보인다. 5장에서는 비대칭 영상 전송을 위하여 필요한 이득 제어와 부호화율의 변화에 따른 성능 Trade-off에 대하여 설명하고, 6장에서 결론을 맺는다.

2. 16-QAM 계층 변조

전송 채널을 이용하여 영상 정보를 전송할 때

채널의 변화는 수신된 영상 정보 품질과 상관 관계가 높다. 특히 무선 전송에 있어 수신 신호대 잡음비를 좌우하는 것은 변조 방식에 따라 다른 심별간의 거리와 채널의 잡음량이다. 본 논문에서는 16-QAM의 성상도 상에서 심별간의 거리를 조절하는 16-HQAM을 전송 방식으로 사용하고 [6], 수신 영상 품질의 변화를 예측하기 위하여 우선 AWGN 채널에서 16-HQAM의 수신 성능을 계산한다.

Gray 부호화된 16-QAM은 독립적인 I(In-phase) 채널과 Q(Quadrature) 채널을 통하여 각각 변조된 4-PAM (Pulse Amplitude Modulation)을 더함으로써 쉽게 얻을 수 있고, 성능을 평가계산 함에 있어서도 I축상의 4-PAM을 이용하여 계산한 후 그 결과를 Q축에 그대로 적용해도 동일한 결과를 얻는다 [8]. 따라서 본 논문에서는 I축 4-PAM에 대해 우선 고려한다.

4-PAM의 경우 성상도 상에 나타나는 심별들 간의 거리가 $2d$ 로 일정하다. 그림 1은 I와 Q 축에 사용되는 Gray 부호화된 4-PAM의 성상도와 비트 값 배치도를 보여준다.

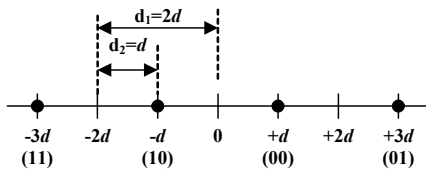


그림 1. 4-PAM의 성상도

Fig. 1. Constellation for 4-PAM

여기서 d 는 인접한 두 심별간의 거리의 절반으로 정의된다 [8]. 따라서 4-PAM 평균 전송 심별 에너지는 다음과 같이 계산된다.

$$E_s = E[\text{심별 거리}^2] \quad (1)$$

$$= \frac{1}{4} \sum (18d^2 + 2d^2) = 5d^2$$

여기에서 평균전력은 원점에서 모든 심별까지 거리제곱의 평균을 의미한다.

성상도 상의 심별 간 거리를 정의하는 d_1 과 d_2 거리가 변하는 경우 변하는 정도를 반영한 거리의 변화는 $d'_1 = d_1 + \Delta d_1$ 이고, $d'_2 = d_2 + \Delta d_2$ 이 된다. 심별간의 거리가 멀어지면 Δd_1 과 Δd_2 는 양수가 되고, 좁아지면 음수 값을 갖는다. 따라서 d_1 과 d_2 의 거리를 각각 Δd_1 과 Δd_2 만큼 이동시킴으로써 심별간의 거리가 조절되고, 이득을 다르게 조절할 수 있는 4-PAM 계층 변조가 된다.

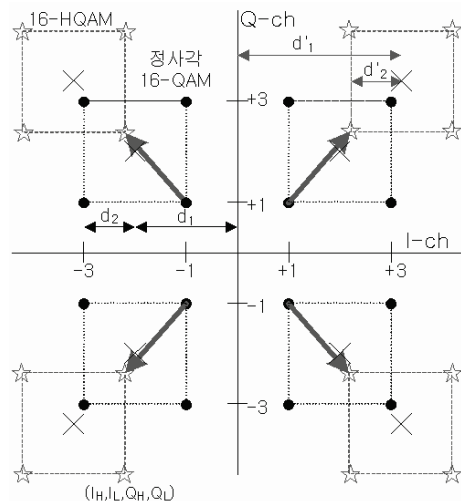


그림 2. 정사각 16-QAM과 16-HQAM의 성상도

Fig. 2. Constellation for Square 16-QAM and 16-HQAM

그림 2는 16-QAM 성상도와 I와 Q 축에서 심별 간 거리를 변화시킨 16-HQAM 변조의 성상도를 나타낸다. 여기서 원형의 심별 점은 16-QAM을, 별은 16-HQAM의 심별 위치를 의미한다. I와 Q축에는 각각 2개의 비트가 배정이 되어 Gray 부호화를 사용하여 심별위치를 정한다.

I 축에 배정된 2비트 중 1비트는 이득이 높고 (I_H), 다른 1비트는 상대적으로 이득이 적고 (I_L)[5], 각 비트는 0 혹은 1의 값을 갖는다. Q축

상의 비트 할당도 I 축과 동일하게 각각 Q_H, Q_L 로 정의된다. I축과 Q축에 할당된 비트 들을 성상도 상에 배치하면 심벌 $S_i = \{I_H, I_L, Q_H, Q_L\}$, $0 \leq i \leq 15$ 이다.

그림 1의 I 축 4-PAM에서 할당된 비트 (I_H, I_L)의 비트별 BER (Bit Error Rate)는 다음과 같다 [6].

$$P_{I_H} = \frac{1}{4} \left[\operatorname{erfc} \left(\frac{d_1 + d_2}{\sqrt{N_0}} \right) + \operatorname{erfc} \left(\frac{d_1 - d_2}{\sqrt{N_0}} \right) \right] \quad (2)$$

$$= \frac{1}{4} \left[\operatorname{erfc} \left(3d \sqrt{\frac{1}{N_0}} \right) + \operatorname{erfc} \left(d \sqrt{\frac{1}{N_0}} \right) \right]$$

$$P_{I_L} = \frac{1}{2} \left[\frac{1}{2} \left(\operatorname{erfc} \left(\frac{d_2}{\sqrt{N_0}} \right) - \operatorname{erfc} \left(\frac{2d_1 + d_2}{\sqrt{N_0}} \right) \right) + \frac{1}{2} \left(\operatorname{erfc} \left(\frac{d_2}{\sqrt{N_0}} \right) + \operatorname{erfc} \left(\frac{2d_1 - d_2}{\sqrt{N_0}} \right) \right) \right]$$

$$= \frac{1}{4} \left[2 \operatorname{erfc} \left(d \sqrt{\frac{1}{N_0}} \right) - \operatorname{erfc} \left(5d \sqrt{\frac{1}{N_0}} \right) + \operatorname{erfc} \left(3d \sqrt{\frac{1}{N_0}} \right) \right] \quad (3)$$

여기에서 전송 에너지를 1로 정규화 하는 경우 각 심벌의 크기는 $\sqrt{E_s} = \sqrt{2E_b} = \sqrt{5}d$ 로 나누어 주어야 하므로 심벌거리 $d = \sqrt{2E_b/5}$ 가 된다. 따라서 식 (2)와 (3)은 다음과 같이 정리된다.

$$P_{I_H} = \frac{1}{4} \left[\operatorname{erfc} \left(3 \sqrt{\frac{2}{5}} \sqrt{\gamma_b} \right) + \operatorname{erfc} \left(\sqrt{\frac{2}{5}} \sqrt{\gamma_b} \right) \right],$$

$$P_{I_L} = \frac{1}{4} \left[2 \operatorname{erfc} \left(\sqrt{\frac{2}{5}} \sqrt{\gamma_b} \right) - \operatorname{erfc} \left(5 \sqrt{\frac{2}{5}} \sqrt{\gamma_b} \right) + \operatorname{erfc} \left(3 \sqrt{\frac{2}{5}} \sqrt{\gamma_b} \right) \right]$$

여기서 γ_b 는 비트 에너지 대 잡음비 (E_b/N_0)이고 AWGN의 분산은 $N_0/2$, $\operatorname{erfc}(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_x^\infty e^{-t^2} dt$ 이다. Q축의 경우 I 축과 심벌간의 거리가 동일하

므로 각 비트들의 BER은 각각 식(2), (3)과 동일하다.

이 결과를 16-HQAM로 확장하는 경우는 식 (1)과 (2)에서 사용된 변수인 d_1' 과 d_2' 으로 변경하면 된다. 즉, $\Delta d_1 = 1$ 인 경우 $d_1' = 3$ 이 된다. 이때 상대적으로 높은 이득을 갖는 비트의 이득이 증가하고 더 오류에 강인하게 된다. 4-PAM 성상도 상에서 새로운 각 심벌들의 위치는 그림 1의 $\{-3, -1, +1, +3\}$ 에서 $\{-4, -2, +2, +4\}$ 로 변화되고 다음과 같은 성능 결과를 얻는다.

$$\text{평균에너지} = \frac{1}{4} \sum (32d^2 + 8d^2) = 10d^2, \quad (4)$$

$$P_{I_H} = \frac{1}{4} \left[\operatorname{erfc} \left(3 \sqrt{\frac{1}{5}} \sqrt{\gamma_b} \right) + \operatorname{erfc} \left(\sqrt{\frac{1}{5}} \sqrt{\gamma_b} \right) \right],$$

$$P_{I_L} = \frac{1}{4} \left[2 \operatorname{erfc} \left(\sqrt{\frac{1}{5}} \sqrt{\gamma_b} \right) - \operatorname{erfc} \left(5 \sqrt{\frac{1}{5}} \sqrt{\gamma_b} \right) + \operatorname{erfc} \left(3 \sqrt{\frac{1}{5}} \sqrt{\gamma_b} \right) \right]$$

16-QAM와 16-HQAM는 성상도 상의 심벌간 거리가 서로 다르기 때문에 그대로 전송하는 경우 식(1)과 (4)에서 계산한 것과 같이 다른 값의 에너지를 갖는다. 따라서 평균 에너지로 각 심벌에너지를 나누어 정규화 하면 16-QAM과 16-HQAM 신호는 동일한 전송 에너지를 갖게 된다. 성능 비교와 구현을 위하여 동일 전송 전력을 가정하므로 전송 에너지가 모두 1이 되도록 정규화 한다. 따라서 거리 d_1 혹은 d_2 어느 일방을 변형하여도 d_1/d_2 비율이 일정하다면 동일한 성능 결과를 얻을 수 있다. 계층 변조는 영상과 오디오 등 2개 이상의 정보가 서로 다른 중요도를 가질 경우 중요도가 높은 정보를 보호하는데 유효하다 [10], [11].

3. 비대칭 입체 비디오 전송

H.264/AVC를 이용하여 오른쪽과 왼쪽 영상을 비슷한 품질로 압축할 경우 영상이 갖는 특성이 비슷하기 때문에 데이터의 양은 크게 차이가 나지 않는다. 또한 오른쪽 영상을 I 축, 그리고 왼쪽 영상은 Q축에 배정하여 영상을 동시에 전송하면 16-QAM이나 16-HQAM방식은 비슷한 영상품질을 유지하게 된다.

본 논문에서는 그림 3과 같이 우세안인 왼쪽 눈을 통하여 전달되는 영상은 오류에 강인하도록 하고, 반면 상대적으로 덜 중요한 오른쪽 영상은 그만큼 품질 저하를 허용하도록 영상 데이터를 16-HQAM의 낮은 이득을 갖는 비트들에 할당한다. 즉, 왼쪽 영상은 이득이 높은 I_H 와 Q_H 비트를 이용하고, 오른쪽 영상은 이득이 낮은 I_L 과 Q_L 비트에 할당하여 16-HQAM 변조를 이용하여 영상을 전송하여 왼쪽 영상이 상대적으로 좋은 품질을 유지할 수 있도록 한다.

왼쪽 영상과 오른쪽 영상을 동시에 전송한 경우 3차원 영상을 재생할 수 있다. 전송된 영상의 품질은 2차원 영상일 경우 PSNR을 계산하여 계수화하고 상호 비교가 가능하다 [5]. 그러나 3차원 영상의 경우 동일한 정보가 오른쪽과 왼쪽 눈을 통하여 입력된다 하더라도 인지되는 품질의 정보는 정확히 표현할 수 없다[3]. 그림 3은 본 논문에 적용된 계층 변조를 이용한 입체비디오 전송 블록도이다.

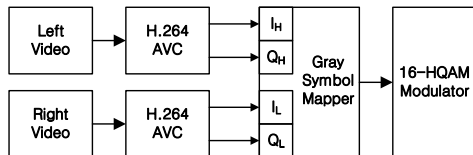


그림 3. 계층변조를 이용한 입체 전송 블록 다이어그램
Fig. 3. Block Diagram for Stereoscopic Transmission using Hierarchical modulation

영상 품질은 3차원 영상 품질을 측정하는 방법이 아직 확립되지 않았기 때문에 2차원 영상 품질 검사 방법인 PSNR을 적용한다. 또한, 각 영상의 PSNR을 통계적으로 처리하여 CDF 특성을 같이 평가한다.

PSNR은 이미지 샘플의 비트수가 n 이고 원본 이미지와 손상된 이미지 또는 비디오 프레임 사이의 평균제곱오차 (MSE: mean squared error)를 이용하여 $PSNR_{dB} = 10\log_{10}[(2^n - 1)^2 / MSE]$ 로 계산된다. 또한 CDF의 계산은 확률적인 연산으로 총 이미지 수와 지정 값 이상의 품질을 가진 수의 비율로 정의한다.

영상 처리에서는 원 영상 간에 존재할 수 있는 품질 차이가 품질 측정에 주는 영향을 배제하고, 3차원 품질이 아닌 전송 중에 발생한 PSNR과 CDF 성능 확인하므로 널리 알려진 foreman.yuv (352x288, 300프레임, 30프레임/초)를 오른쪽, 왼쪽 영상으로 간주하여 압축하고 동일하게 전송한다. 영상 압축과 해제를 위해 JM reference software를 사용하였다 [9].

무선 전송을 위하여 모의 실험에 사용되는 주요 H.264/AVC 파라미터는 <표 1>과 같다.

표 1 H.264/AVC 실험을 위한 영상 파라미터 설정값의 예
Table 1. Example of Parameter setting for H.264/AVC

Feature/Tool/Setting	AVC Parameters
Profile	Baseline
Quantization	Fixed
Intra Period	15
IDC Period	0 (First Only)
Rate Control	Disable
Search Range	32 (Default)
GOP Structure	IPPP...

추가적인 파라미터 설정은 다음과 같다.

- Slice 길이: MPEG-2 TS(Transport Stream)에서 요구하는 최소 길이는 188byte이다 [9]. 따라서 오

표 2 QP 변화에 따른 우세안(왼쪽)의 H.264/AVC 고품질 압축 통계
Table 2. H.264/AVC Compression Statistics of Left View with QP variations

LEFT View(우세안)	QP=27	QP=28	QP=29	QP=30
	Bytes	Bytes	Bytes	Bytes
Total I-Frame	531,738	482,724	431,275	404,036
Total P-Frame	1,187,136	1,034,537	891,472	800,065
Sum (I + P)	1,718,874	1,517,261	1,322,747	1,204,101
Ave. I-Frame (19 Frame)	27,986	25,407	22,699	21,265
Ave. P-Frame(281 Frame)	6,117	5,400	4,707	4,285
Total P-frame of a GOP (15)	91,755	80,993	70,609	64,276
Aver. Y-PSNR(dB)	40.361	39.834	39.154	38.509

표 3 QP 변화에 따른 비우세안(오른쪽)의 H.264/AVC 저품질 압축 통계
Table 3.H.264/AVC Compression Statistics of Right View with QP variations

RIGHT View	QP=32	QP=33	QP=35	QP=38
	Bytes	Bytes	Bytes	Bytes
Total I-Frame	337,265	305,103	257,279	184,043
Total P-Frame	652,737	572,827	449,341	307,208
Sum (I + P)	990,002	877,930	706,620	491,251
Ave. I-Frame (19 Frame)	17,751	16,058	13,541	9,686
Total P-frame of a GOP (15)	266,262	240,871	203,115	145,297
Ave. P-Frame(281 Frame)	3,523	3,124	2,515	1,748
Aver. Y-PSNR(dB)	37.151	36.596	35.276	33.328

류가 많이 발생하는 무선 채널을 고려하여 최소 길이의 2배인 376byte를 이용한다.

- QP(Quality Parameter): 영상화질의 동일성을 유지하기 위해 고정 값으로 임의 설정한다. QP가 25인 경우 평균 PSNR은 약 40dB 정도를 얻을 수 있다.

- 오류 slice처리: 오류가 발생한 slice는 버린다. slice단위로 전송을 하므로 하위계층에서는 오류가 발생한 slice를 상위계층으로 전달하지 않는다고 가정한다.

<표 2>와 <표 3>은 각각 외쪽 영상과 오른쪽 영상으로 전송할 영상에 대하여 QP를 다르게 압축했을 때의 데이터 발생량과 PSNR을 각각 요약한 것이다.

4. 모의실험 결과

<그림 4>는 16-HQAM의 정상도에서 d_2 를 Δd_2 만큼 축소 변경함에 따른 비트별 BER을 보여 준다.

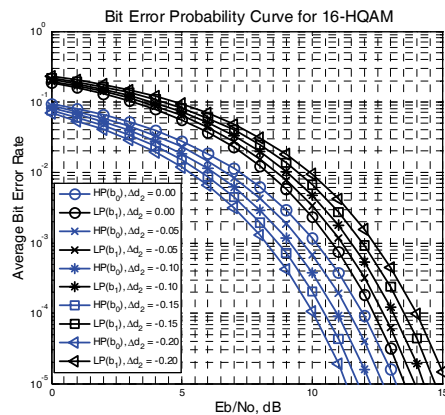


그림 4. 16-HQAM의 BER 성능
Fig. 4. BER performance of 16-HQAM

여기서 HP(High Priority)는 높은 이득을 갖는 비트, LP(Low Priority)는 낮은 이득을 갖는 비트를 의미한다. 즉, 심벌간의 거리를 줄일수록 HP의 에너지는 증가하여 비트의 오류율이 줄어들고, 그 반대로 LP는 에너지가 감소하여 오류율이 증가한다.

<그림 5>는 왼쪽 영상 비트수: 오른쪽 영상 비트수 = 2:2로 할당하여 16-HQAM으로 변조한 신호를 수신했을 때 수신 신호대 잡음비(Eb/N0)의 변화에 따른 왼쪽과 오른쪽 영상의 평균 PSNR을 보여준다. Eb/N0가 15dB, $\Delta d_2 = 1.6$ 일 경우 왼쪽과 오른쪽 품질 차는 약 4dB가 된다. 따라서 d_2 거리를 축소할수록 왼쪽 영상 품질이 오른쪽보다 더 우월해 짐을 알 수 있다. d_2 거리를 축소한다는 것은 낮은 중요도를 갖고 있는 비트들 간의 거리가 줄어들어 이 비트들을 할당받은 오른쪽 영상의 품질이 열화 되는 것이다.

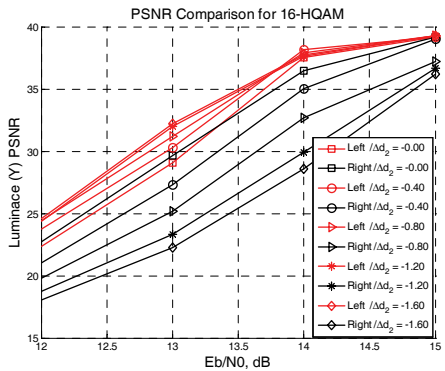


그림 5. 16-HQAM의 평균 PSNR 성능
Fig. 5. Average PSNR performance of 16-HQAM

<그림 6>는 왼쪽 영상을 16-HQAM의 높은 이득 비트들에 할당하고, 오른쪽 영상을 낮은 이득 비트들에 할당만 하고 심벌간의 거리는 조절하지 않은 상태의 각 영상에 대한 PSNR을 CDF로 보여 준다. Eb/N0가 15dB일 때 각각의 영상은 비슷한 품질의 성능을 보여주어 오류에 대한 영향이 비슷함을 알

수 있다.

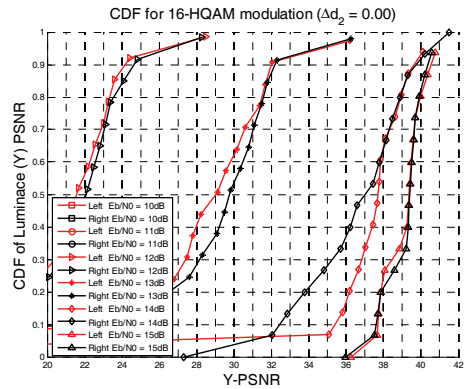


그림 6. 16-HQAM의 CDF 성능 ($\Delta d_2 = 0.00$)

Fig. 6. CDF performance of 16-HQAM ($\Delta d_2 = 0.00$)

<그림 7>은 거리 Δd_2 를 0.08만큼 축소시킨 16-HQAM 변조 신호를 수신하여 복구한 영상의 PSNR 성능을 CDF로 나타낸 것이다. 오른쪽 영상이 왼쪽 영상보다 약간 품질이 저하되고, Eb/N0가 15dB일 때 왼쪽 영상은 거의 성능이 포화됨을 보여준다. 약 PSNR 38dB 근처에서 어깨모양의 형태가 발생하는 것은 원본 영상을 고정 QP=25로 압축하는 경우 영상의 후반부 프레임들에서 PSNR이 낮게 나타나는 현상을 보여주는 것이다.

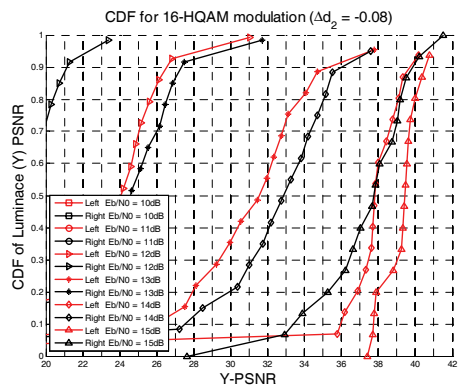


그림 7. 16-HQAM의 CDF 성능 ($\Delta d_2 = -0.08$)

Fig. 7. CDF performance of 16-HQAM ($\Delta d_2 = -0.08$)

$E_b/N_0 = 15\text{dB}$ 에서 비교했을 때 왼쪽 영상의 품질 확률 (복구 PSNR > 37.5dB) > 95%이고 이때 오른쪽 영상의 품질 확률 (복구 PSNR > 33.5dB) > 90%정도로 오른쪽이 왼쪽에 비해 약 3dB 정도의 성능 열화가 발생함을 보여 준다.

5. 성능과 품질의 Trade-off 요인들

계층 변조를 이용한 비대칭 입체 영상 전송을 할 때, 우세안인 왼쪽 눈을 통하여 전달되는 영상은 오류에 강인하도록 하고, 반면 상대적으로 덜 중요한 오른쪽 영상은 그만큼 품질 저하를 허용하도록 영상 데이터를 16-HQAM의 낮은 이득을 갖는 비트들에 할당할 때, 왼쪽 눈 영상의 이득을 인위적으로 높이는 경우 오른쪽 영상은 이득이 상대적으로 적어지기 때문에 그림 6과 7의 결과에 따라 오른쪽 눈의 영상 품질이 현저하게 떨어지게 되어 오른쪽 눈의 영상 품질이 입체 영상을 구성하는데 적절한 품질을 유지하기 어렵게 된다.

그러므로, 계층 변조를 이용한 입체 영상을 보내기 위해서는 다음과 같은 전략이 필요하다.

1) 동일한 품질을 갖도록 압축한 입체 영상을 서비스할 때, 높은 이득을 갖는 우세안 영상은 넓은 영역에서 수신을 가능하도록 하여 필수 2D 영상 서비스가 가능하도록 한다. 반면, 입체 영상은 충분한 SNR을 확보할 수 있는 영역에서 선택적으로 입체 영상을 감상할 수 있는 서비스를 제공한다.

2) 채널 용량이 부족한 경우, 우세안과 비 우세안 간의 품질 인식 능력의 차를 이용하여 비 우세안쪽의 영상을 좀 더 압축을 통하여 데이터 량을 줄이는 경우 전송해야 하는 정보의 양을 줄일 수 있다.

또한, 높은 이득을 갖는 채널과 낮은 이득을 갖는 채널에 독립적인 채널 부호화를 적용할 수 있다. 이 경우 높은 이득을 갖는 채널은 높은 부호화

율을 적용하고, 반대로 낮은 이득을 갖는 채널은 낮은 부호화율을 적용하면 필수 2D 서비스 영역을 늘리는 한편, 부가 입체 영상 서비스가 가능한 지역도 늘릴 수 있다. 그러나, 필수서비스와 부가서비스 영역의 결정은 부호화율 뿐만이 아니라 전송해야 하는 데이터 량과 연관이 있기 때문에 이에 대한 trade-off를 고려해야 한다. 그림 7은 채널의 이득을 제어하는 심벌 거리 조절과 채널 부호화율의 변화에 따른 성능의 trade-off를 설명한다. HP의 이득이 커질수록 반대로 LP의 성능이 떨어지게 되어 필수 2D 영상서비스와 부가 입체 영상 서비스간의 격차가 벌어지게 되고, 그 반대의 경우에는 필수 2D 서비스의 영역은 줄어들게 되지만, 부가 입체 영상서비스 영역이 증가하게 된다.

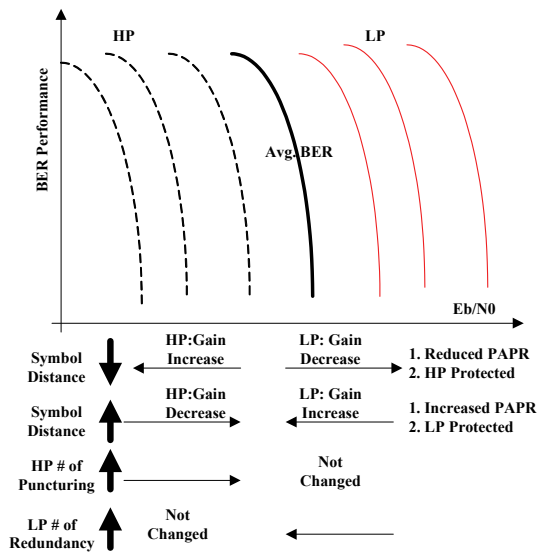


그림 8. 채널 이득 조절과 부호화율 변화에 따른 성능 Trade-off

Fig. 8. Performance trade-offs of symbol distance and code rate controls

6. 결 론

본 논문에서는 무선 통신에서 Gray 매핑된 16-QAM의 심벌 매핑 과정에서 발생하는 높은 이득 비트들과 낮은 이득 비트들을 각각의 독립된 채널로 구성하는 16-HQAM 방식을 이용하여 비대칭 입체 영상을 전송했을 때의 성능을 분석하였다. 여기서는 입체 영상을 구성하는 외쪽과 오른쪽 영상을 동시에 각각 독립적으로 H.264/AVC 압축하여 전송하였다. 동일한 품질의 영상을 전송하는 경우는 채널별 이득 차이로 인하여 영상 품질의 차이가 발생한다. 인간이 시각을 인지할 때, 좌/우 양안으로 입력되는 영상을 동일하게 사용하는 것이 아니라 우세안에 해당하는 정보를 중요시한다. 이 특성을 이용하여 우세안에 해당하는 영상은 고품질로 압축을 하고, 비 우세안에 해당하는 영상은 저품질로 압축 전송하는 경우, 수신된 영상을 평가할 때 고품질의 영상으로 판단하게 된다. 따라서, 저품질로 압축된 영상의 데이터 량은 그만큼 전송해야 할 영상의 양이 작기 때문에 채널 용량 면에서 이득이 있었다.

비대칭 입체 영상 전송은 우세안 정보에 채널 이득을 증가시킬수록 비 우세안 채널 이득은 감소하게 되어서 입체 영상의 평가가 매우 중요하며, 서비스 영역을 확대하기 위해서는 채널 부호화가 중요하였다. 따라서, 동시에 모든 사용자에게 입체 영상 서비스를 제공할지 아니면 2D 영상을 필수 서비스로 하고 입체영상을 부가 서비스로 할지에 따라서 전송 방식을 선택해야 한다. 따라서, 제공하고자 하는 서비스를 선택할 때 성능에 대한 채널 이득과 채널 부호화율 선택에 대한 Trade-off를 제안하였다.

그러나 입체 영상의 평가 기준이 확립되지 않기 때문에 본 논문에서는 PSNR과 CDF 관점에서 평가를 수행하였고, 향후 입체영상의 평가 기준이 확립

되면 이에 대한 정량적인 평가와 이에 적합한 전송방식에 대한 연구가 필요할 것이다.

References

- [1] <http://mpeg.chiariglione.org>.
- [2] P. Merkle, H. Brust, K. Dix, Y. Wang, and A. Smolic, *Adaptation and optimization of coding algorithms for mobile 3DTV*, www.mobile3dtv.eu/results.
- [3] K. Muller, P. Merkle, and T. Wiegand, *3-D video representation using depth maps*, Proceedings of the IEEE, Vol. 99, No. 4, pp. 643-656, April 2011.
- [4] B. Furht and O. Marqure, *The handbook of video databases: Design and applications*, CRC Press, pp. 1041-1078, Sept. 2003.
- [5] S. L. P. Yasakethu, *Quality analysis for 3D video using 2D video quality models*, IEEE Trans. on Consumer Electronics, Vol. 54, No. 4, pp. 1969-1976, Nov. 2008.
- [6] P. K. Vitthaladevuni, and M. Alouini, *BER computation of 4/M-QAM hierarchical constellation*, IEEE Trans. on Broadcasting, Vol. 47, No. 3, pp. 228-239, Sept. 2001.
- [7] K. Hyun, Y. Jang, and D. Yoon, *Wireless simulcast of two independently compressed video with H.264/AVC*, KICS Winter Conference, Jan., 2013.
- [8] K. Cho and D. Yoon, *On the general BER expression of one- and two-dimensional amplitude modulations*, IEEE Trans. on Comm, Vol. 50, No. 7, pp. 1074-1080, July 2002.
- [9] <http://iphone.hhi.de/suehring/tml/>.
- [10] J. Hossain, P.K. Vitthaladevuni, M.S. Alouini, V.K. Bhargava, and A.J. Goldsmith, *Adaptive hierarchical modulation for simultaneous voice and multiclass data transmission over fading channels*, IEEE Trans. on Vehicular Tech., Vol. 55, No. 4, pp. 1181-1194, July 2006.

- [11] ITU-T, *H.222.0 : Information technology - generic coding of moving pictures and associated audio information: Systems*, <http://www.itu.int/rec/T-REC-H.222.0>.
- [12] V. De Silva, H.K. Arachchi, E. Ekmekcioglu, and A. Kondo, *Toward an impairment metric for stereoscopic video: A full-reference video quality metric to assess compressed stereoscopic video*, *IEEE Trans. on Image Proc.essing*, Vol. 22, No. 9, pp. 3392-3404, Sept. 2013.

계층 변조를 이용한 비대칭 입체 영상 전송

장연수¹, 현광민²

¹한양대학교 전자컴퓨터통신공학과

²강릉원주대학교 정보통신공학과

요 약

본 논문에서는 계층 변조를 이용하여 비대칭 입체 영상 전송의 성능을 분석한다. 사람의 시각인지 능력은 양쪽 눈이 동일하지 않고, 사람마다 인지하는 영상의 화질을 주로 판단하는 추세안을 갖고 있다. 이를 이용하면 동일한 품질의 입체 영상이 아니라 한쪽의 영상을 낮은 품질로 압축하여 전송 데이터 양을 줄이더라도 입체 영상 인식에 문제가 발생하지 않게 된다. 이 특징을 Gray 심벌 맵핑을 이용하여 16-QAM 계층 변조를 할 때 심벌에 포함된 비트들 간의 이득 불균형이 존재하는 것을 이용하므로, 왼쪽(혹은 오른쪽) 영상은 높은 이득 비트들에, 오른쪽(혹은 왼쪽) 영상은 낮은 이득을 갖는 비트들에 배정하여 전송이 가능하다. H.264/AVC를 이용하여 왼쪽과 오른쪽 영상을 동시에 압축하고, AWGN 무선 환경을 통하여 전송한다. 이득 불균형 정도를 조절함에 따른 무선 채널을 통하여 전송되는 비대칭 입체 영상의 PSNR과 CDF 성능을 평가하였다.



Yeonsoo Jang received the bachelor's degree in the Department of Electronics Engineering from Hanyang University in 2009. He is currently pursuing the unified course of the master's and the doctor's at Hanyang university. His research interest includes new modulation techniques, accurate performance evaluations, digital communications theory and systems, and FPGA implementation of communication system.

E-mail address: ysjang83@hanyang.ac.kr



Kwangmin Hyun received the Ph.D. from the Division of Electrical and Computer Engineering at Hanyang University in 2004. Since March 2005, he has been with the department of Information and Telecommunication Engineering at Gangnung-Wonju National University, Wonju, Korea. His research interests are in the areas of communications theory, wireless communications, mobile communications, MIMO, and communication signal processing.

E-mail address: kamihyun@gwnu.ac.kr