

# LED-ID 시스템을 이용한 SVC 신호의 전송 기법에 관한 연구

정회원 이 규 진\*, 준회원 차 동 호\*, 정회원 황 선 하\*\*, 이 계 산\*\*\*\*

## Study on Scalable Video Coding Signals Transmission Scheme using LED-ID System

Kyu-jin Lee\* *Regular Member*, Dong-ho Cha\* *Associate Member*,  
Sun-ha Hwang\*\*, Kye-san Lee\*\*\*\* *Regular Members*

### 요 약

본 논문에서는, 실내에서 Light Emitting Diode-Identification(LED-ID) 통신 시스템을 이용하여 비디오 신호를 전송하는 방법에 대하여 연구하였다. LED-ID 통신 기술은 기존 조명의 기능을 수행하는 LED를 사용하여 통신의 기능까지 동시에 구현할 수 있는 효과적인 방법이다. 본 기술은 LED의 RGB(Red Green Blue)광원을 통하여 신호를 전송하는 방법으로, RGB의 혼합 비율에 따라서 조명의 색이 결정되고, 또한 각 RGB신호의 BER성능이 결정된다. 그러나, 기존의 시스템처럼 비디오 신호를 RGB에 고정적으로 할당 시켜 전송하는 경우, 각 신호의 중요도가 다른 Scalable Video Coding(SVC) 신호에 비해서 비디오의 품질에 한계가 발생한다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 이 논문에서는 White LED를 위한 RGB 혼합 비율에 따른 RGB신호의 성능을 분석하고, 분석된 성능을 바탕으로 SVC 신호를 할당 하여 전송함으로써 비디오의 품질을 향상 시킬 수 있는 방법에 대해서 연구하였다.

**Key Words** : LED-ID, Color Mixture ratio, Peak Signal to Noise Ratio, Scalable Video Coding

### ABSTRACT

In this paper, using the indoor LED-ID communication system have researched for how to transmit video signals. In LED-ID communications use the LEDs for lighting features at the same time communication is an effective way to implement. This proposed system using Visible light(RGB) as way to transmit signals, it depends on the mixture RGB, which decided the color of light, moreover, each things determined their performance. However, if the video signal were fixed allocated RGB to transmit such as the original system, the importance of the each signals a different occur the limit on the quality of the video than SVC signals. In order to solve this problem in this paper, according to the RGB mixture ratios analyze the performance for the White LED, which analyzed based on allocating the SVC signal by transmitting to improve the quality of the video was about how researched.

### 1. 서 론

최근, 에너지 절약과 환경 규제의 강화로 인하여 기

존의 백열전구 보다 전력효율이 높고 친환경적인 LED 조명이 각광받고 있다. LED(Light Emitting Diode)는 말 그대로 빛을 발하는 다이오드의 일종으로 반도체

\* 경희대학교 전자전파공학과 차세대무선통신 연구실(kyujin@khu.ac.kr, chadongho@khu.ac.kr)

\*\* STS반도체통신(주) 연구소(shhwang@bokwang.com), \*\*\* 경희대학교 전자전파공학과(kyesan@khu.ac.kr), (° : 교신저자)  
논문번호 : KICS2011-09-415, 접수일자 : 2011년 9월 27일, 최종논문접수일자 : 2011년 10월 21일

소자의 한 종류이다. 이러한 LED 소자의 장점은 다음과 같다. 1) 소비전력이 낮다. 기존 백열전구의 80% 적게는 20%까지 전력소비량을 줄일 수 있다. 2) 수명이 길다. 현재 10만 시간 이상의 수명을 가지고 있으며 이는 반영구적인 사용이 가능하다. 3) 친환경적이다. 기존 형광물질 및 가스 등을 사용하는 조명등과 비교하여 적은 환경오염 물질을 배출하고 낮은 소비전력과 긴 수명, 인체에 무해한 가시광원을 선택적으로 사용이 가능하여 친환경적인 소자로 주목받고 있다. 4) 다양한 색상 구현이 가능하다. RGB(Red, Green, Blue), 세 가지 색상 소자의 비율을 조합하여 다양한 색상을 구현할 수 있으며, 이는 다양한 혼합비율을 통하여 색상의 다양성을 부여할 수 있다. 5) 다양한 사용이 가능하다. 기존 조명등과 비교하여 작은 크기를 가지고 있어 유연한 설계가 가능하며, 매우 빠른 응답속도를 가지고 있다. 이러한 기술적 이점들은 LED 조명 인프라의 장점을 바탕으로 신개념 무선 통신 네트워크 서비스를 제공할 수 있는 기반을 제공한다<sup>1,2)</sup>.

조명등을 이용한 LED 무선 통신 네트워크를 구성함에 있어서, 기존 RF 주파수 자원이 아닌 가시광 영역을 사용하여 주파수 효율을 높일 수 있으며, LED 소자의 매우 빠른 응답속도를 기반으로 고속 데이터 통신 구현이 가능하다. 또한 LED 광원의 넓은 대역폭 (THz)은 무선 광 통신 시스템을 설계함에 있어서 기존 RF 통신과 비교하여 고속의 데이터 전송이 가능하도록 해준다. 실내 환경에서 조명등 인프라를 활용함과 동시에 무선 네트워크를 자유롭게 구성할 수 있으며 기존 RF 통신 주파수로 인한 간섭을 받지 않으며, 주파수 정책 문제에서 자유롭고, 낮은 소비전력을 사용하여 친환경적인 유비쿼터스 무선 네트워크 구축이 가능하다. 경기장, 박물관, 음식점, 학교, 영화관 등 실내에 설치된 조명 인프라를 활용하여 손쉽게 무선 네트워크를 구축할 수 있으며, 사용자들의 위치정보와 개별 실내 환경에 맞는 맞춤형 서비스를 제공할 수 있는 신개념 무선 네트워크 서비스 제공이 가능하다. 유선 광통신망과 전력선 통신(PLC) 네트워크와 연결하여 고품질의 멀티미디어 정보를 사용자들에게 제공이 가능하며 다양한 어플리케이션 서비스를 제공할 수 있다. 이러한 조명등 인프라를 활용하는 무선 통신 시스템에 관한 연구가 활발하게 진행되고 있다<sup>1-11)</sup>. 이 논문에서는 LED-ID를 이용하여 비디오 신호를 효과적으로 전송하는 방법에 대해서 연구하고자 한다. 이것을 하기 위해서는 LED-ID 시스템에 대한 설명과 LED-ID가 사용되는 LED 시스템의 특성을 분석 및 파악 하여야 한다. LED는 개별 색상 소자인 R, G, B

소자들에 대해 다양한 혼합비율을 가지고 있으며, 각각의 색상 소자들의 혼합비율을 조절하여 다양한 색상의 광원을 발생시킬 수 있다. 이러한 혼합비율에 따라 각 소자들의 출력신호는 서로 다른 신호전력을 가지게 되며, 서로 다른 데이터를 개별 색상 소자들로 송신하는 병렬 전송 시스템의 경우 각 채널들은 서로 다른 성능을 가지게 된다<sup>2)</sup>. 이러한 특징은 시스템의 평균 BER 성능에 악영향을 미치게 되며 고품질의 동영상 정보를 안정적으로 전송하기 어렵게 만든다. 이를 해결하기 위하여 계층별 중요도가 다른 SVC 신호를 LED-ID 시스템과 결합하여 전송함으로써 비디오의 품질을 향상시킬 수 있는 방법에 대해서 연구를 하였다.

이 논문의 구성은 다음과 같다. 제 II장에서는 LED-ID 시스템에 대해서 설명하고 제 III장에서는 SVC 신호에 대하여 설명 하고, 제 IV장에서는 LED-ID를 이용한 비디오 신호 전송 방법에 대해서 소개하고, 제 V장에서는 시뮬레이션의 결과를 통한 성능을 분석하고 마지막으로 제 VI장에서는 본 논문의 결론으로 구성되었다.

## II. LED-ID 시스템

### 2.1 LED-ID

LED-ID 시스템은 Reader와 Tag의 ID 정보를 기반으로 위치정보, ID 정보, 멀티미디어 정보, 공공정보, 상품정보 등을 사용자의 취향과 요구에 맞추어서 서비스를 제공하는 신개념 ID 네트워크이다. 기존 조명 인프라를 그대로 사용하여 장소와 고객에 맞추어 다양한 서비스를 제공할 수 있는 유비쿼터스 네트워크 구현에 적합한 기술이다<sup>3-9)</sup>. LED-ID 시스템의 Reader와 Tag는 Illumination Terminal과 Mobile Terminal로 구성되어 있다. Illumination terminal은 조명 인프라와 연결이 가능할 뿐만 아니라 기존의 네트워크와 연동됨으로써 이중 네트워크에 대한 연결이 용이하다.

LED-ID 시스템을 설계함에 있어서 다음과 같은 특징을 고려해야 한다. 무선 광통신은 매우 높은 주파수로 인하여 경제적인 코히런트 시스템을 설계하는 것이 어렵다. 이러한 문제점으로 인하여 광원의 세기 변조(Intensity Modulation : IM) 방식과 광검출 다이오드(Photodiode : PD)를 이용한 광원의 세기 직접 검출(Direct Detection : DD) 방식으로 신호를 변복조한다. IM/DD 방식은 논-코히런트 시스템으로서 유선 광통신 분야의 광원, 광검출기, 변조기 등의 세부 기술

들이 사용되고 있어 경제적이고 안정적인 시스템 구성이 가능하다<sup>1),2)</sup>.

LED-ID 다운링크 시스템에서 Reader와 Tag는 조명광원을 이용하여 정보를 송수신한다. 송신기는 정보 신호를 전기신호에서 광신호로 변환하여 송신하게 되며 수신기에서는 PD를 통하여 정보가 실린 광원을 수신하여 전기신호로 변환하는 직접변복조 방식을 사용하게 된다. 송수신기 간의 채널은 Air surface가 되며 신호원은 가시광원을 이용하게 된다. 조명등에 사용되는 백색 LED는 3가지 색상 RGB(Red, Green, Blue) 소자의 광원을 혼합하여 조명광원을 생성한다. 3가지 색상소자를 가지고 있는 3 chip LED는 개별적으로 다양한 혼합비율을 가지고 있으며, 개별 색상 소자인 R, G, B 소자들의 혼합비율을 조절하여 다양한 색상의 광원을 발생시킬 수 있다. 이러한 혼합비율에 따라 개별 색상 소자들의 출력신호는 서로 다른 신호전력을 가지게 되고, 서로 다른 데이터를 각각의 소자로 송신하는 병렬 전송 시스템의 경우 각 채널 별로 서로 다른 성능을 가지게 된다<sup>2)</sup>.

2.2 LED-ID 혼합 비율

Multi-chip-type White LED는 세 가지 색상 소자(Red, Green, Blue)를 혼합하여 백색 광원을 생성한다. 표 1은 White LED를 구성하는 Red, Green, Blue의 색상 혼합 비율 및 효율을 나타낸다. 이러한 혼합 비율은 광전 효율 및 시스템의 성능에 큰 영향을 미친다. 이 논문에서는 [2]에서 연구된 White LED를 구성하는 네 가지 타입(Type 1, 2, 3, 4)의 R,G,B 혼합 비율을 사용하였다. LED를 조명으로만 사용하는 경우 광전 효율이 뛰어난 Type 4가 가장 효과적이다. 하지만, 통신과 조명을 동시에 사용할 경우, 각 소자의 출력전력 차가 크게 발생하여 각 채널의 성능이 다르게 나타나는 문제점이 있다. 이러한 특징은 시스템의 평균 BER 성능에 악영향을 미치게 되며 고품질의 동영상 정보를 안정적으로 전송하기 어렵다. 이 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위하여, 서로 다른 중요도를 같은 비디오 신호를 각 채널의 특성에 맞춰 전송함으로써 전체적인 시스템의 성능을 향상 시키는 방

표 1. Red, Green, Blue 3가지 색상 혼합 비율 및 효율

	Red	Green	Blue	Efficiency (lm/W)
Type 1	1	0.89	2.51	291
Type 2	1	1.43	2.29	317
Type 3	1	2.62	1.96	391
Type 4	1	11.17	7.19	413

법에 대해서 연구한다. 서로 다른 중요도를 같은 비디오 신호에 대해서는 III장에서 자세하게 설명하겠다.

2.3 LED-ID 채널

LED-ID 시스템을 위한 채널 모델은 제안시스템의 정확한 성능 분석을 위하여 본절에서 설명한다. 실내 환경에서 LED-ID 시스템은 천장에 설치된 Illumination Terminal(Transmitter)과 실내 공간에 위치하는 Mobile Terminal(Receiver)로 구성되어 있다. 송신기와 수신기 사이의 채널은 LOS(Line of Sight) 채널과 NLOS(Non Line of Sight) 채널 그리고 다른 광원들로부터 들어오는 배경잡음으로 구성된다. 다른 광원들로부터 들어오는 배경잡음은 백색 가우시안 노이즈 모델로 가정한다. 벽면에서 반사되어 들어오는 반사광원은 Lambertian 복사강도패턴으로 모델링한다<sup>3),4)</sup>.

LED-ID 채널은 백색 가우시안 노이즈(AWGN) 모델이라 할 수 있다. 수신기에서는 협대역 광학필터를 사용한다. 광 채널에서의 전송 품질은 shot noise에 영향을 받는다. 시스템에서 주변 광원으로부터 들어오는 shot noise로 인한 영향은 가우시안 노이즈 프로세스로서 무시할 수 있다. 이러한 이유로 인해 수신된 신호는 다음과 같이 표현된다.

$$r(t) = \alpha \cdot s(t) \otimes g(t) + \Omega_n \tag{1}$$

$r(t)$ 는 수신된 신호를 의미하고,  $s(t)$  전송된 광 펄스 신호를 나타낸 것이고,  $\Omega_n$ 은 AWGN을 나타내고,  $\otimes$  은 곱셈부호이며,  $\alpha$ 은 광학/전기 (O/E) 변환 효율 값을 의미한다.

송신기의 위치는  $S = \{r_s, n_s, n\}$  (위치벡터  $r_s$ , 방향벡터  $n_s$ , 복사로브(radiation lobe)의 모드수  $n$ )  $D = \{r_D, \hat{n}_D, A_D, FOV\}$  (위치벡터  $r_D$ , 방향벡터  $\hat{n}_D$ , 수신면적  $A_D$ , Field of View(FOV)) 로 표현한다. 반사면을 가진 실내 환경에서 채널 임펄스 응답은 다음 식과 같이 나타낼 수 있다.

$$g(t; S, D) = \sum_{k=0}^{\infty} g^{(k)}(t; S, D) \tag{2}$$

여기서  $g^{(k)}(t)$ 는  $k$ 번 반사되어 들어오는 신호의 임펄스 응답을 나타낸다. LOS 신호를 고려한 채널 임펄스 응답의 고차항(High-order terms)은 다음과 같이 표현된다.

$$g(t; S, D) = \int_S g^{(0)}(t; S, \left\{r, \hat{n}, \frac{\pi}{2}, dr^2\right\}) \otimes g^{(k-1)}(t; \{r, \hat{n}, 1\}, D) \tag{3}$$

여기서  $r$ 은 모든 반사면 S상에 있는 위치벡터를 나타낸다.  $\hat{n}$ 은 반사면 S에 있는 위치  $r$ 에서의 단위법선 벡터를 나타내며,  $dr^2$ 은 반사면의 위치  $r$ 에서의 미분면소이다<sup>[3]</sup>.

### III. Scalable Video Coding

통신 네트워크를 통하여 고품질의 동영상 정보를 전송하고자 많은 연구들이 진행되고 있다. Scalable Video Coding(SVC)는 시변 채널을 위한 H.264/MPEG4-AVC 표준 비디오 코덱의 종류이다<sup>[12]</sup>. SVC 기법은 높은 수준의 비디오 비트 스트림 부호화를 가능하게 한다. SVC 신호들은 두 개의 그룹 계층 안에서 층마다 코드화된 신호로 나뉘어진다. 하나는 Base Layer sequence(Level 0)로 비디오 영상에서 높은 우선순위를 가지는 SVC 신호이다. 다른 하나는 Enhancement Layer sequence (Level 1, Level 2, etc)로 Base Layer sequence 데이터에 결합되어 수신된 비디오 품질을 향상시키는 역할을 담당한다. 이러한 두 계층의 신호는 서로 다른 중요도를 가진다. Base Layer 신호의 경우 최소한의 동영상 서비스를 제공하기 위하여 보다 낮은 BER 성능을 만족해야 하고 Enhancement Layer 신호의 경우 동영상 품질 향상을 위한 데이터이므로 상대적으로 높은 BER 성능이 요구된다. 이렇듯 SVC 계층의 BER 요구사항은 계층별로 다르다. 만약 Base Layer 신호의 전송에서 손실이 발생할 경우 첫 번째 Enhance Layer 신호를 수신할 수 없는데, 이는 첫 번째 Enhance Layer 신호를 디코딩할 때 수신단에서 Base Layer 신호의 정보가 필요하기 때문이다. 다시 말해서, Base Layer(level n)은 Enhancement Layer(level n+1) 보다 낮아야 하고, 동시에 대역폭과 기타 조건이 제한될 때 protection order는 level n으로부터 level 0까지 감소한다. 추상적으로, 만약 Base Layer신호와 Enhancement Layer 신호 양쪽 다 최상의 protection을 얻는다면, 최적의 시스템 PSNR 성능을 얻을 수 있을 것이다. 하지만 제한된 시스템 대역폭과 Storage Source Rate로 인해 현실적인 전송 환경에서는 최상의 protection order를 얻기가 힘들다. 그림 1은 불균형 중요도에 따른 SVC 신호들의 모든 계층 관계를 나타낸다. 그림 1에서 보듯이, SVC 계층 관계는 피라미드 형태를 가진다. 이것은 Base Layer 정보가 기본이며, 만약 Base Layer가 없다면 첫 번째 Enhancement Layer와 다른 Enhancement Layer들이 의미가 없다는 것을 뜻한다.

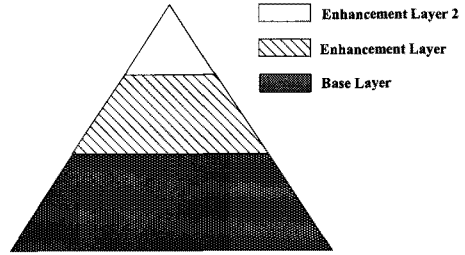


그림 1. 스케일러블 비디오 코딩 계층 간의 관계

하지만 이런 특징들은 기존의 LED-ID 시스템이 가지는 문제점을 해결할 수 있으며 3 chip LED에 적용하여 개별 색상 소자의 혼합비율에 따라 가장 높은 신호전력을 가지는 채널에 Base Layer 신호를 할당하여 최소한의 품질을 보장함과 동시에 우선권이 높은 Enhancement Layer 신호들을 차례로 할당하여 고품질의 멀티미디어 서비스를 제공할 수 있다.

수신된 Scalable video 신호의 품질은 다음과 같이 계산 된다<sup>[13]</sup>.

$$Q_L = \sum_{l=1}^L P(l) \cdot PSNR_l \quad (4)$$

$P(l)$ 과  $PSNR_l$ 은 기본 계층으로부터  $l$ 번째 계층까지의 누적 데이터에 대한 decoding 확률과 그때의 비디오 품질을 의미한다. 예를 들어,  $l$ 번째 계층의 decoding 확률은 계층 간 상호관계에 의하여 첫 번째 계층부터  $l-1$  번째 계층까지 수신 및 decoding이 선행되어야 한다. 그러므로 계층 별 decoding 확률  $P(l)$ 은 다음과 같다.

$$P(l) = \begin{cases} 1 - P_1 & , \text{for } l = 0 \\ \prod_{k=1}^l P_k (1 - P_{l+1}), & \text{for } l = 1, 2, \dots, L-1 \\ \prod_{k=1}^L P_k & , \text{for } l = L \end{cases} \quad (5)$$

$l$ 과  $k$ 는 계층 인덱스를 의미하며,  $P_l$ 은  $l$  번째 계층의 데이터  $R_l$ 에 대한 수신 확률을 의미한다. 본 연구에서는 최하위 계층은 항상 decoding 할 수 있다는 것을 가정한다. ( $P(0)=1$ )  $P_l$ 은 전송 채널의 Bit Error Rate(BER) 및 FEC에 의해 계산 된다. Packet Loss Rate(PLR;  $P$ )은 BER  $p$ 를 이용하여  $1 - (1-p)^L$ 에 의해 계산된다.  $L$ 은 패킷 길이를 의미한다. 그러므로  $l$ 번째 계층의 크기  $R_l$ 과  $P$ 를 통해  $P_l$ 은 다음과 같이

계산된다.

$$P_i = (1 - P) \left[ \frac{R_i}{L} \right] \quad (6)$$

#### IV. LED-ID를 이용한 비디오 전송

제안하는 LED-ID 시스템은 소형 반도체 소자를 사용하여 기존 RF 주파수 대역을 사용하지 않고, 가시광원을 사용하여 고속 데이터 송수신을 할 수 있다. 기존 RF 주파수 대역을 사용하지 않기 때문에 시간 도메인 상에서의 다중 경로 지연 확산으로 인한 Inter-Symbol Interference(ISI)와 Inter-Channel Interference(ICI) 같은 문제점들이 발생하지 않는다. 또한 가시광의 주파수 대역폭이 매우 넓은 대역을 차지므로 대역폭 문제로부터 자유롭다. 비트 스트림을 LED 광원을 통하여 전송하는 경우 무선 광 채널만을 고려하면 된다.

그림 2는 제안시스템의 송수신기의 블록 다이어그램을 나타낸다. 그림 2에서 보는 것과 같이 입력 데이터는 SVC encoder를 통하여 SVC 비트 스트림으로 만들어 진다. 이 시퀀스는 각 계층별로 다른 중요도를 갖는다. 다른 중요도를 갖는 SVC 계층 신호는 각 LED-ID를 구성하는 RGB 부채널의 성능에 따라서 적응적으로 할당된다. 각 소자에 할당된 비트스트림은 무선 광 채널을 통하여 송신된다. 본 논문에서는 표 1에 나와 있는 LED 혼합비율(Type 1, 2, 3, 4)과 표 3에 있는 SVC 신호 할당 패턴을 이용하여 RGB 소자에 비트 스트림을 할당한다. 앞에서 언급한 바와 같이 각각의 백색 LED의 개별 색상 소자들에 대한 각 채널들은 서로 다른 특성을 가진다. 제안 시스템에서는 시스템의 최상의 BER 성능을 갖는 채널에 SVC 신호 중 가장 중요도가 높은 Base Layer 신호 스트림을 할

당하게 되며, 차례대로 차상위 채널에 그 다음 우선순위의 Enhancement Layer 신호 스트림을 할당하게 된다. 서로 다른 Type의 LED들은 개별 소자의 특성에 따라 우선순위가 다르게 할당되지만 기본적으로 같은 방법으로 SVC 신호 스트림을 할당받는다. 이후 광원의 세기 변조를 통하여 전송되며 수신측에서는 필터를 거쳐 PD에서 송신신호를 수광한다. 수신된 광원은 복조과정을 거쳐 SVC 비트 스트림으로 변환되고 변환된 신호를 디코딩 과정을 거쳐 SVC 계층 비트 스트림으로 구성된 동영상 데이터를 복원한다.

#### V. 모의실험 파라미터 및 결과

##### 5.1 모의실험 파라미터

표 2는 모의실험에서 사용된 파라미터를 나타낸다. 변조기법은 IM-DD를 사용하였고, 다중화 기법은 WDM을 사용하였다. 또한 데이터 전송률은 400Mbps로 하였고, AWGN 잡음 모델과 background light 잡음은 0[dBm]을 사용하였다. 스케일러블 비디오 스트림은 Joint Scalable Video Model(JSVM) ver. 13.1를 이용하여 Base layer, Enhance layer 1, Enhance 2로 총 3개의 계층으로 부호화 하였다. 다중 칩 백색 LED에서 빨강, 녹색, 파랑 빛의 각 칩은 서로 다른 색상의 혼합 비율의 결과와 함께 방출되는 광 전력 세기에 의해 동작 되나 LED의 전체 전력은 고정된다. 각 채널의 SNR에 대한 값은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$SNR_{red} = \frac{3R_{red} \cdot \left( \frac{\text{Pr}K_{red}}{K_{red} + K_{green} + K_{blue}} \right)^2}{qP_{bg}R_b}$$

$$SNR_{green} = \frac{3R_{green} \cdot \left( \frac{\text{Pr}K_{green}}{K_{red} + K_{green} + K_{blue}} \right)^2}{qP_{bg}R_b} \quad (7)$$

$$SNR_{blue} = \frac{3R_{blue} \cdot \left( \frac{\text{Pr}K_{blue}}{K_{red} + K_{green} + K_{blue}} \right)^2}{qP_{bg}R_b}$$

여기서  $P_r$ 는 PD에서 수신되는 총 광전력을 나타내고,  $K_{red}$ ,  $K_{green}$ ,  $K_{blue}$ 는 R,G,B 세가지 색깔의 혼합 비율을 나타내고,  $R_{red}$ ,  $R_{green}$ ,  $R_{blue}$ 는 각 색깔에 따른 광전 변환 효율을 나타낸다. 또한 각 채널의 전송률은 전체 전송률  $R_b$ 을 3개의 채널에서 병렬로 전송함으로써 각 부채널의 전송률은  $\frac{R_b}{3}$ 이 된다.

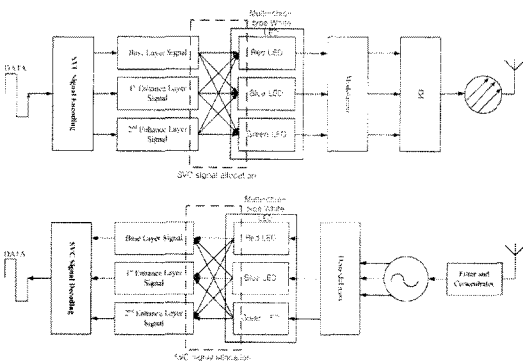


그림 2. LED-ID를 이용한 MPEG4/SVC 송수신기

표 2. 모의실험 파라미터

변조 기법	IM-DD
다중화 기법	WDM
전송률( $R_b$ )	400Mbps
잡음 모델	AWGN 채널
Background light noise	0 [dBm]
광전송 전력	10mW
Scalable Video bitstream	Joint Scalable Video Model (JSVM) ver. 13.1
비디오 계층 수	3(Base layer, Enhance layer 1, 2)

5.2 모의실험 결과

LED Type 1, 2, 3, 4에 따라서 서로 다른 혼합비율을 가진다. 이러한 혼합비율에 따라서 BER 성능 및 광전 효율이 다르게 나타난다. 이러한 차이는 LED를 구성하는 개별 색상 소자들의 광원 출력 전력이 혼합 비율에 따라서 서로 다르기 때문이다. 이러한 출력 전력의 차이로 인하여 LED 혼합비율에 따른 성능 차이를 가져온다. 본 논문에서는 혼합비율에 대한 평균 BER을 비교하여 성능을 분석하고, 각각의 혼합 타입에서의 각 채널에 대한 BER을 분석함으로써 이러한 성능의 차이에 따라 SVC의 신호를 중요도에 따라 할당하여 전송한다. Multi-chip-type White LED는 표 1에서 보는 것과 같이 세 가지 색상 소자(Red, Green, Blue)를 혼합하여 백색 광원을 생성한다. Multi-chip-type White LED는 혼합비율에 따라서 네 가지 타입(Type 1, 2, 3, 4)으로 구분 된다. 표 1에서 볼 수 있는 네 가지 타입의 White LED의 평균 BER 성능은 그림 3에 나타내었다. 앞서 보았던 표 1에서의 각 Type에 따른 광전효율은 Type4 > Type3 > Type2 > Type1

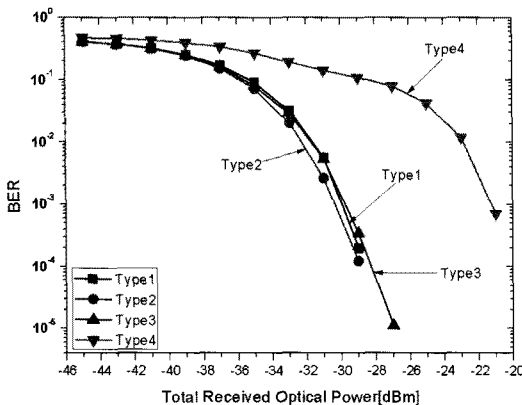


그림 3. 혼합 비율을 다르게 한 4가지 방법에 따른 평균 BER 성능 비교

의 성능을 보였으나 평균 BER 성능을 비교해 볼 때, Type2 > Type1 > Type3 > Type4의 순으로 BER 성능을 보임을 알 수 있다. 이는 RGB 혼합 비율에 따라 광전 효율과 BER의 값이 달라짐을 보여준다.

그림 4부터 그림 7은 각 혼합 비율에 따른 각 RGB 부채널 및 LED-ID의 평균 BER 성능을 볼 수 있다.

그림 4는 Type 1에서의 각 채널(Red, Green, Blue) 별 BER 성능을 나타낸다. Blue 채널에서의 BER 성능이 가장 우수함을 알 수 있다. Type1 White LED 평균 BER 성능보다 Red, Green 채널은 성능이 떨어지나 Blue 채널의 경우 우수한 BER 성능을 보여줄 수 있다. Blue 채널은 White LED 전체 평균 BER 성능보다 동일 BER( $10^{-2}$ ) 성능에서 약 4dBm 정도의 성능 향상을 보이는 것을 볼 수 있다.

그림 5는 Type 2에서의 각 채널별 평균 BER 성능을 나타낸다. Blue 채널에서의 BER 성능이 가장 우수함을 알 수 있다. Type2 White LED 평균 BER 성능보다 Red 채널은 성능이 떨어지나 Blue, Green 채널

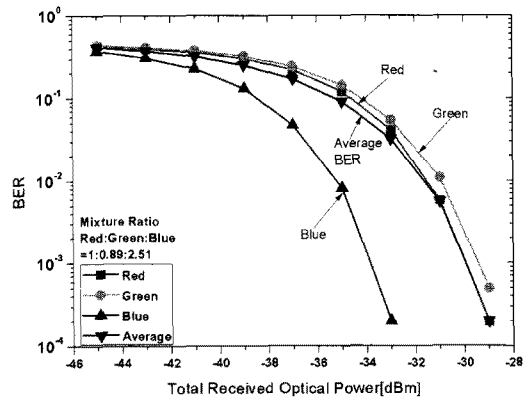


그림 4. Type 1에서의 각 채널 및 평균 BER 성능

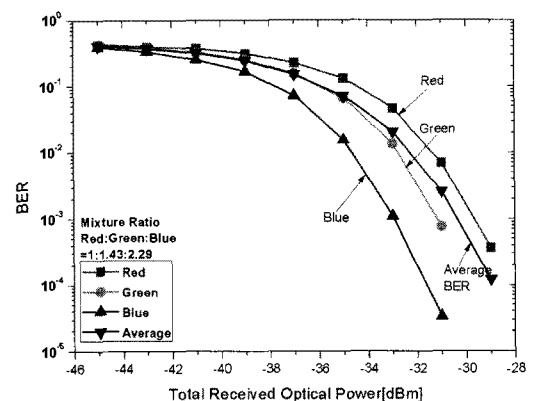


그림 5. Type 2에서의 각 채널 및 평균 BER 성능

에서 우수한 BER 성능을 보여줌을 알 수 있다. Blue 채널은 White LED 전체 평균 BER 성능보다 동일 BER( $10^{-2}$ ) 성능에서 약 2dBm 정도 좋은 성능을 보이는 것을 볼 수 있다. Green 채널은 전체 평균 BER 성능과 거의 동일하거나 조금 좋은 성능을 보임을 알 수 있다.

그림 6은 Type 3에서의 각 채널별 평균 BER 성능을 나타낸다. 그림 6도 마찬가지로 Blue 채널에서의 BER 성능이 가장 우수함을 알 수 있다. Type1에 비해 Type2, Type2에 비해 Type3의 Green 채널 평균 BER 성능이 증가함을 알 수 있는데 이는 전체 White LED에서의 각 채널 혼합 비율이 높아짐에 따라 해당 채널의 평균 BER 성능이 증가한다는 것을 보여준다. 이러한 경향은 다음에 볼 그림 7에서 더욱 극명하게 볼 수 있다.

그림 7은 Type 4에서의 각 채널별 평균 BER 성능을 나타낸다. Type 4에서는 Green 채널의 비율이 Red 1 기준 11.17의 비율을 보인다. Green 채널의 평균

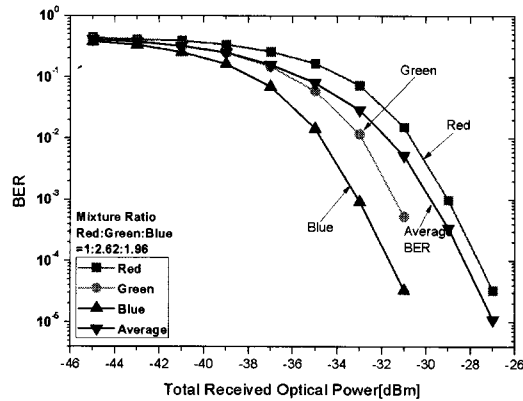


그림 6. Type 3에서의 각 채널 및 평균 BER 성능

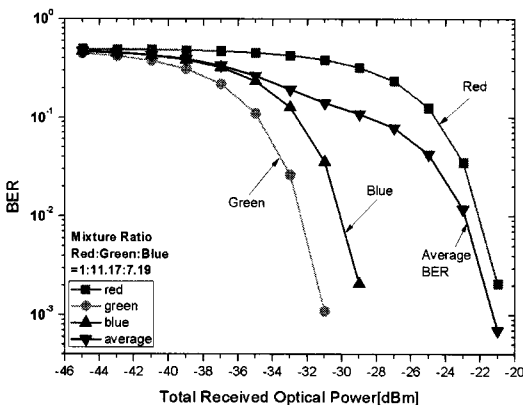


그림 7. Type 4에서의 각 채널 및 평균 BER 성능

BER 성능은 Blue 채널의 평균 BER 성능에 비해 동일 BER( $10^{-2}$ ) 성능에서 약 2 dBm 정도의 성능 우위를 보인다. Type 4에서 Green, Blue 채널은 White LED 전체 평균 BER 성능보다 우수한 평균 BER 성능을 보이며 상대적으로 혼합 비율이 낮은 Red 채널은 전체 평균 BER 성능보다 평균 BER 성능이 낮음을 알 수 있다.

그림 4~7을 비교해 볼 때, 전체 White LED를 구성하는 각 채널의 비율 증가에 따라 해당 채널의 평균 BER 성능이 증가함을 확인할 수 있다. 광전효율과 평균 BER 성능을 비교 분석해 본 결과 광전 효율이 높은 Type 4는 조명 용도에 보다 적합하고 Type 1, 2, 3의 경우 통신용으로 보다 적합하다.

그림 8~11은 그림 4~7까지의 성능을 분석하여 SVC 신호를 전송할 때, 각 채널의 비디오 할당 방법 및 PSNR 성능을 나타내었다. 표 3은 각 LED-ID 부

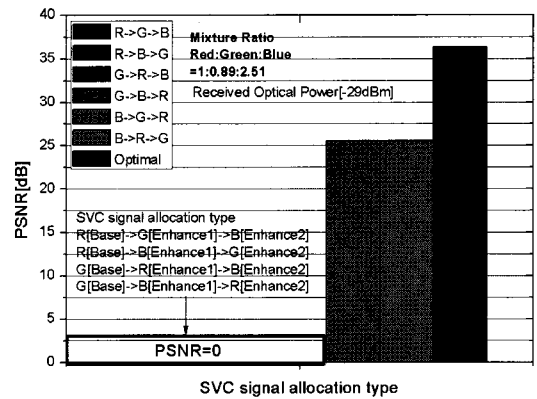


그림 8. Type 1에서의 SVC 신호의 할당 방식에 따른 PSNR 성능

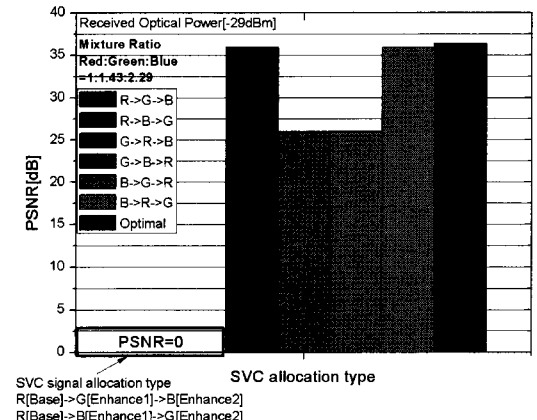


그림 9. Type 2에서의 SVC 신호의 할당 방식에 따른 PSNR 성능

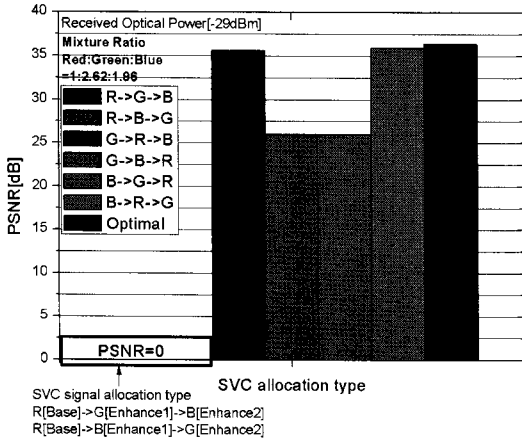


그림 10. Type 3에서의 SVC 신호의 할당 방식에 따른 PSNR 성능

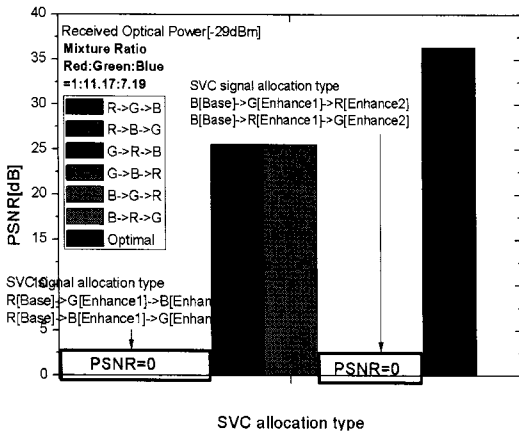


그림 11. Type 4에서의 SVC 신호의 할당 방식에 따른 PSNR 성능

표 3. LED-ID를 위한 SVC 신호 할당 패턴

	Red	Green	Blue
1	B	E1	E2
2	B	E2	E1
3	E1	B	E2
4	E2	B	E1
5	E2	E1	B
6	E1	E2	B

\* B : Base Layer  
 \* E1 : Enhance Layer1  
 \* E2 : Enhance Layer2

채널에 SVC 비디오 신호를 할당 하는 패턴을 보여준다. 그림 8~11은 그림 4~7의 각 부채널의 BER 성능을 표 3의 SVC 신호 할당 패턴을 사용하여 비디오의 PSNR 성능을 비교한 것이다. 이 결과를 보면,

LED-ID를 이용한 SVC 비디오 전송은 표 1의 혼합 비율 Type2와 Type3에서 표 3의 할당 패턴 5, 6이 가장 적합하다는 것을 확인 할 수 있다. 이때의 PSNR은 35.89dB로 이 비디오 신호의 최대 PSNR 36.35dB 보다 0.46dB 열화 된 것을 볼 수 있다. 또한, 할당 패턴에 따라서 PSNR 0dB~36.35dB까지 차이가 나는 것을 알 수 있다. 다시 말해, LED-ID의 혼합 비율에 따른 채널 상태를 분석하고, 이를 바탕으로 SVC 비디오 신호를 중요도에 따라 할당함으로써 LED-ID를 이용한 비디오 전송시스템의 성능을 향상 시킬 수 있다.

## VI. 결론

본 논문에서는 LED-ID 시스템을 이용하여 비디오 신호를 효과적으로 전송하는 방법에 대해서 연구하였다. 이를 위하여 White LED의 혼합 비율에 따른 시스템의 각 부채널 및 평균 BER의 성능을 분석하였다. 이를 바탕으로 SVC 신호를 각 부채널에 할당 한 후 전송하여 PSNR을 측정하였다.

측정 결과에서 알 수 있듯이, SVC 비디오 신호를 각 부채널에 고정하여 전송하는 것보다 성능이 좋은 채널에 우선순위가 높은 신호를 전송함으로써 성능이 향상 되는 것을 볼 수 있다. 특히, 혼합 비율 Type 2, 3이 혼합비율 Type 1, 4 보다 비디오 신호 전송에 더 적합하다는 것을 알 수 있었다.

향후 연구에서는 다양한 LED 혼합 비율에 따른 광 전효율과 성능에 대한 연구와 이에 따른 비디오 전송 방법에 따른 연구가 필요할 것으로 생각된다.

## 참고 문헌

- [1] 강태규, 김태완, 정명애, 손승원, "LED 조명과 가시광 무선통신의 융합 기술 동향 분석", 전자통신 동향분석 제23권 제5호 통권 113호, pp.32-39, 2010
- [2] Y.Tanaka, T.Komine, S.Haruyama, M. Nakagawa, "Indoor visible light data transmission system utilizing white LED lights", *IEICE TRANS. COMMUN*, Vol.E86B, No.8, pp.2440-2454, 2003.
- [3] 최재혁, 김진영, "홈 네트워크를 위한 LED-ID 시스템 성능 분석", *한국인터넷방송통신학회 논문지* 제10권, 제4호 pp.169-176, 2010
- [4] 최재혁, 김윤현, 김진영, "실내 환경에서의 LED-ID 통신 시스템의 성능 분석", *한국 ITS 학*

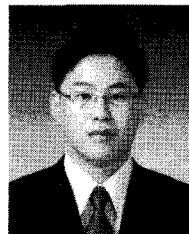


회논문지 제9권, 제4호 pp.43-51, 2010.

- [5] N. Cvijetic, Stephen G. Wilson, R. Zarubica, "Performance Evaluation of a Novel Converged Architecture for Digital-Video Transmission Over Optical Wireless Channels", *Journal Of Lightwave Technology*, Vol.25, No.11, pp.3366-3373, Nov. 2007
- [6] 차재상, 김진영, 장영민, 김종태, 이경근, 문경환, "LED-ID용 간섭채널환경하에서의 단극형 ZCD 확산코드 적용 기법에 관한 연구", *한국인터넷방송통신학회 논문지 제10권 제6호*, pp.275-280, 2010.
- [7] In Hwan Park, Yoon Hyun Kim, Jaesang Cha, Kyesan Lee, Yeong Min Jang and Jin Young Kim, "Scalable optical relay for LED-ID systems", *2010 International Conference on Information and Communication Technology Convergence (ICTC)*, pp.415-420, 2010.
- [8] Yoon Hyun Kim, In Hwan Park, Jin Young Kim, "Transceiver Characteristics and Additional Data Transmission Scheme for LED-ID Systems", *2011 International Conference on Information Science and Applications (ICISA)*, pp.26-29, 2011.
- [9] Uddin, M.S., Aktar, N., Jae Sang Cha and Yeong Min Jang, "Path mapping and control of mobile cleaning robot using LED-ID network", *2011 Third International Conference on Ubiquitous and Future Networks (ICUFN)*, pp.123-126, 2011.
- [10] H. Elgala, R. Mesleh, H. Haas, "Indoor Broadcasting via White LEDs and OFDM", *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, Vol.55, No.3, pp.1127-1134, Aug. 2009.
- [11] 정수용, 한수욱, 박창수, "50Cm의 resolution을 가지는 LED 조명 기반의 실내 측위 시스템", *통신위성우주산업연구회 논문지 제5권, 제2호*, pp.69-74, 2010.
- [12] H. Schwarz, D. Marpe and T. Wiegand, "Overview of the Scalable Video Coding Extension of the H.264/AVC Standard," *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, Vol.17, No.9, pp.1103-1120, Sep. 2007.
- [13] D. Vukobratovic, V. Stankovic, D. Sejdinovic,

L. Stankovic and X. Zixiang, "Scalable Video Multicast Using Expanding Window Fountain Codes," *IEEE Transactions on Multimedia*, Vol.11, No.6, pp.1094-1104, Oct. 2009.

이 규 진 (Kyu-jin Lee)



정회원  
2005년 2월 경희대학교 전자공학과 졸업  
2007년 2월 경희대학교 전자전파공학과 석사  
2011년 2월 경희대학교 전자전파공학과 박사  
2011년 3월~현재 경희대학교 전자전파공학과 학술연구교수

<관심분야> 차세대이동통신, MC-CDMA, Resource Allocation, Mesh Network, LED-ID.

차 동 호 (Dong-ho Cha)



준회원  
2009년 2월 경희대학교 전파통신공학과 졸업  
2011년 2월 경희대학교 전자전파공학과 석사  
2011년 3월~현재 경희대학교 전자전파공학과 박사과정  
<관심분야> 차세대이동통신, MIMO, MC-CDMA, LED-ID

황 선 하 (Sun-ha Hwang)



정회원  
1988년 2월 홍익공업대학 기계공학과 졸업  
1990년 2월 서울산업대학교 기계설계과 졸업  
2009년 8월 성균관대학교 철도안전공학과 석사  
2003년 3월~현재 STS반도체통신(주) 연구소

<관심분야> IT융복합기술, LED-ID.

이 계 산 (Kye-san Lee)

정회원



1996년 2월 경희대학교 전자공  
학과 졸업

1999년 2월 게이오대학교 전자  
공학과 석사

2002년 2월 게이오대학교 무선  
통신공학 박사

2003년 3월~현재 경희대학교  
전자전파공학과 교수

<관심분야> OFDM, MC-CDMA, MIMO, LED-ID