

LED-ID 시스템에서 채널 차단에 따른 성능 열화를 줄이기 위한 저 상관 순환 지연 기법

이규진*, 김귀정**

세명대학교 전자공학과*, 건양대학교 의공학부**

The blocking channel to reduce the performance decrease using the low correlation with cyclic delay scheme in LED-ID system

Kyu-Jin Lee*, Gui-Jung Kim**

Dept. of Electronic Engineering, Semyung University*

Dept. of Medical IT Engineering, Konyang University**

요약 본 논문은 LED-ID 시스템에서 채널 차단에 따른 성능 열화를 줄이기 위한 저 상관(Low correlation) 순환 지연 기법에 대해서 연구하였다. LED-ID 시스템은 가시광을 기반으로 하여 데이터를 송수신 한다. 하지만 빛의 직진성 때문에 실내 구조, 환경에 따라 채널 단절이 발생한다. 채널 단절에 의해 발생하는 데이터 손상과 빛을 연속적으로 차단하여 발생하는 연접오류로 인하여 LED-ID 시스템의 성능을 저하시키게 된다. 제안 시스템은 데이터들 간의 낮은 상관관계를 이용하여 빛을 연속적으로 차단하여 발생하는 연접오류에 대한 문제점을 해결하고 순환 지연 기법을 이용하여 시간 다이버시티 이득을 극대화 하여 성능을 향상 시켰다. 시뮬레이션 파라미터에 따라 컴퓨터 시뮬레이션을 이용하여 시스템의 성능을 산출 하였다. 시뮬레이션 결과는 제안 시스템이 기존 시스템과 일정한 시간 지연을 통한 순환 지연 기법보다 성능이 우수함을 확인 할 수 있다.

주제어 : 채널 차단, 낮은 상관관계, 순환 지연 기법, LED-ID, 시간 다이버시티 이득

Abstract We proposed the blocking channel to reduce the performance decrease using the low correlation with cyclic delay scheme in LED-ID system. LED-ID is based on the visible light to transmit the data. However, It is occurred the block channel by structure or environment of indoor for light of straightness. LED-ID system is degraded the performance by the block channel as loss of data, and burst error. To solve the block channel, the proposed system is overcome the burst error by low correlation among data, which is able to obtain the maximize time diversity gain to improve the performance of BER by cyclic delay scheme. The BER performance is evaluated by computer simulation according to channel parameter. The simulation results shows that proposed system gives much better performance than conventional system and constant cyclic delay scheme system.

Key Words : Block Channel, Low correlation, Cyclic delay scheme, LED-ID, Time diversity gain

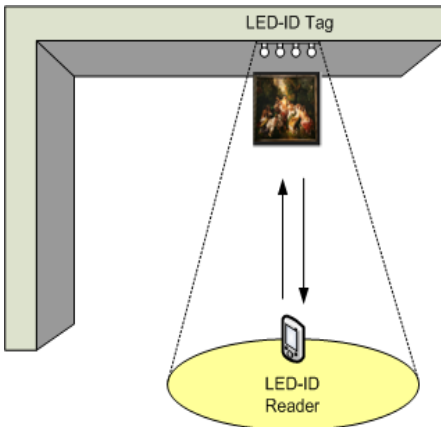
Received 11 August 2015, Revised 25 September 2015
Accepted 20 October 2015
Corresponding Author: Guil-Jung Kim
(Dept. of Medical IT Engineering, Konyang University)
Email: gjkim@konyang.ac.kr

ISSN: 1738-1916

© The Society of Digital Policy & Management. All rights reserved. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

1. 서론

최근 근거리 무선통신 기술에 대한 분야는 유럽, 미국, 일본, 중국 등을 중심으로 WLAN, UWB, ZigBee, LED-ID 등의 기술로 확대되어 이에 따른 관련 기술 연구가 지속적으로 진행되고 있다 [1, 2]. 각종 스마트 기기 등의 발달은 정보처리 기기들 사이의 이동성을 보장하면서 데이터를 교환할 수 있는 환경을 제시하였으며, 이는 앞서 말한 근거리 무선통신시스템 시장의 확대를 이끄는 원동력이 되었다 [3, 4]. 이 가운데 LED-ID 서비스는 근거리 무선통신시스템의 한 종류로서 정보를 무선으로 전송함과 동시에 조명으로서의 기능을 동시에 수행할 수 있기 때문에 학계와 산업계에서 주목 받고 있는 기술이다 [5, 6].



[Fig. 1] The concept of LED-ID

이와 같은 LED-ID 시스템의 장점을 활용하고자 많은 연구가 진행되고 있으나, 디밍 제어, 다른 조명으로부터의 간섭, 핸드오버 극복을 위한 스위칭 기술 등 극복해야 될 문제점들이 상당부분 존재하고 있다 [7, 8]. 이에 무선 통신을 수행하면서 동시에 안정적인 조명 기능을 제공하기 위해 PPM, VPPM, MPPM, VOOK 등 다양한 변조 기술 및 간섭제거 기술 등이 연구 되었다[9]. 그러나 기존에 발표된 대다수의 논문에서는 LED조명과 수신 단말이 단절 없이 연결되어 있는 통신 환경을 가정한 상태에서 연구 결과에 대해서만 발표 하였다. 즉 LED조명과 수신 단말 사이에 임의의 물체가 지나갈 때, 통신채널이 순간적으로 단절되는 현상을 고려하지 않은 상태에서의 기술에

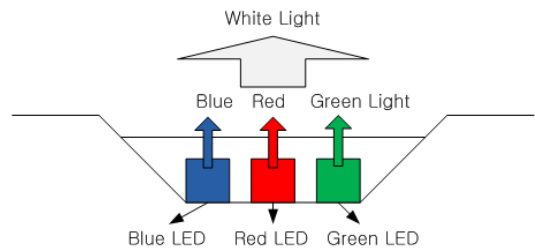
대해서만 고찰되었다. LED-ID시스템은 가시광을 이용하여 정보를 전송하기 때문에 광 송수신기 사이에 사람, 장애물 등으로 인해 음영영역이 발생할 경우, 순간적으로 채널이 단절되어 전송 데이터의 일부분이 수신되지 않아 통신 성능이 열화 되는 문제점이 발생한다. 따라서, 본 논문에서는 이러한 순간적인 음영영역 발생으로 인한 문제점을 해결하기 위해 순환 지연 다이버시티 기법을 이용하여 채널 단절 상황에서도 통신 성능 열화를 최소화 시키는 기법에 대해 제안하였다. 제안 기법은 백색 LED 조명의 R, G, B chip에 입력되는 동일한 데이터의 비트열을 일정하게 지연시켜 재배열함으로써, 채널 단절 구간 동안 R, G, B에서 전송된 정보의 동일한 부분이 단절되는 현상을 방지할 수 있으며, 컴퓨터 모의실험을 통해 성능 열화의 감소정도를 확인하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 LED-ID 채널 모델 및 채널 단절에 따른 분석을 하였으며, 3장에서는 LED-ID 시스템 및 제안 기법에 대해 설명하였다. 4장에서는 제안 기법에 대한 모의실험 결과에 대해 분석하였으며, 5장에서는 본 논문의 결론을 제시하였다.

2. LED-ID 시스템 채널 분석

2.1 백색 LED 광원 RGB 특성

그림 2와 같이 백색 LED 조명은 개별 색상 소자인 R, G, B 소자들에 대해 혼합비율을 조절하여 다양한 색상의 광원을 발생시킬 수 있다.



[Fig. 2] The structure of White LED with R,G,B [10]

이러한 혼합 비율은 광전 효율 및 시스템 성능에 영향을 미치며, R, G, B 혼합 비율에 따라 각 소자의 출력전력 차이가 발생하여 각 부 채널의 성능이 다르게 나타나는

현상이 존재 한다 [11]. 각 R, G, B 부 채널의 SNR에 대한 정의는 다음과 같다 [12].

$$SNR_{Red} = \frac{3R_{red}(\frac{P_r K_{red}}{K_{red} + K_{green} + K_{blue}})^2}{qP_{bg}R_b} \quad (1)$$

$$SNR_{Red} = \frac{3R_{red}(\frac{P_r K_{red}}{K_{red} + K_{green} + K_{blue}})^2}{qP_{bg}R_b} \quad (2)$$

$$SNR_{Red} = \frac{3R_{red}(\frac{P_r K_{red}}{K_{red} + K_{green} + K_{blue}})^2}{qP_{bg}R_b} \quad (3)$$

수식 (1), (2), (3)에서 P_r 은 수신단말에 입사되는 수신 신호 전력을 의미하며, K_{red} , K_{green} , K_{blue} 는 R, G, B chip의 혼합 비율을 의미한다. 또한, R_{red} , R_{green} , R_{blue} 는 각 chip의 색상에 따른 광전 변환 효율 (Optical/Electronic conversion efficiency)을 의미 한다 [12].

2.2 LED-ID 채널 분석

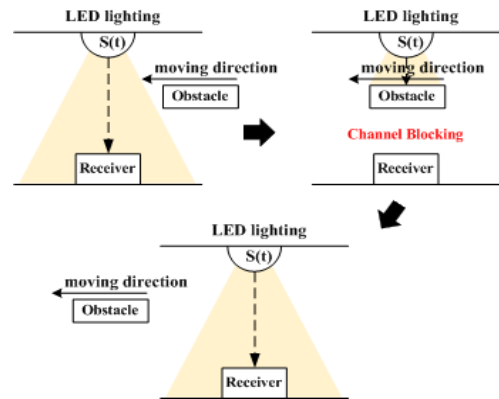
LED-ID시스템은 주로 실내 환경에서의 근거리 무선 통신으로 적합하며, 천장 혹은 벽면에 설치된 LED 조명 (Tag)과 실내 공간에 위치하는 수신단말기(Reader)로 구성되어 있다. 그리고 다른 광원들로부터 들어오는 배경 잡음은 AWGN로 분석할 수 있다. 벽면에서 반사되어 들어오는 반사광원은Lambertian 복사강도패턴으로 분석되며, 무선 광 채널에서 수신 신호 $r(t)$ 는 다음과 같이 정의 된다 [13].

$$r(t) = \gamma \cdot s(t) \otimes h(t) + n(t) \quad (4)$$

수식 (4)에서, γ 는 광/전 변환 효율을 의미하며, $s(t)$ 는 광 펄스 변조된 전송신호, $h(t)$ 는 LED-ID채널의 임펄스 응답이다. 또한 $n(t)$ 는 AWGN을 나타낸다[13].

한편 [Fig. 3]과 같이 채널 단절 상황에서의 수신 신호 $r(t)$ 는 다음과 같이 정의 할 수 있다.

$$r(t) = \gamma s(t) \otimes 0 + n(t) \quad (5)$$



[Fig. 3] The blocking channel model

수식 (5)에서, 채널 단절시간동안 채널 임펄스 응답 $h(t)$ 가 0이 되기 때문에, 수신신호 $r(t)$ 는 0이 된다. LED-ID 시스템은 LED 소자의 깜박임을 이용하여 정보를 보낸다. 따라서, 전송신호의 0과 1비트의 발생 비율이 동등하다고 가정할 경우, 채널 단절 시간 동안 전송 신호 중 1비트들은 모두 검출을 할 수 없다. 그래서 채널 단절 시간 동안 전송 신호의 오류 확률은 1/2이 된다. 따라서, 전체 수신 신호를 검출할 때, 채널 단절로 인해 기본적으로 추정할 수 있는 오류 확률 P_e 는 다음과 같이 정의 할 수 있다.

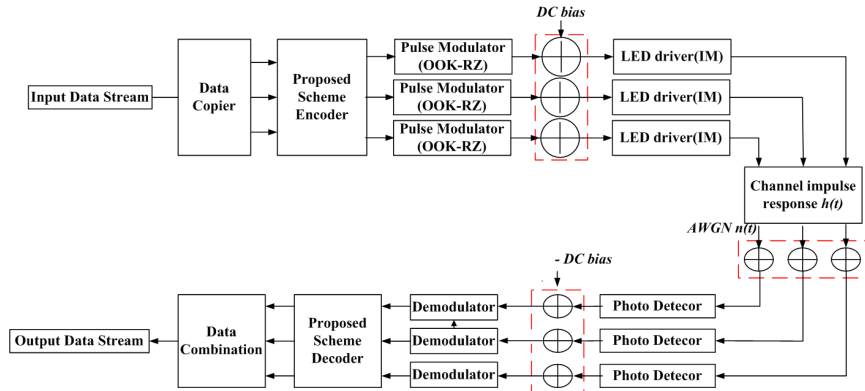
$$P_e = R_{cb} \times P_{de} \quad (6)$$

여기서, R_{cb} 는 전체 수신신호에서 단절된 구간의 비율을 의미하며, P_{de} 는 단절된 시간동안 전송 신호의 오류 확률을 의미한다. 따라서, 단절 시간이 증가할수록 전체 전송 신호의 검출 오류 확률은 증가 하게 된다.

3. LED-ID 시스템 및 제안기법

3.1 LED-ID 송·수신 시스템

[Fig. 4]는 본 논문에서 제안하는 LED-ID 통신 시스템의 블록도를 나타내었다. 먼저 송신단에서, 입력 데이터열은 R, G, B 각 chip으로 입력되며, 이때 각각 같은 데이터를 전송하는 repetition code(RC) 방식으로 동작한다. 즉, 전송 시스템에서 입력되는 하나의 신호열을 R, G, B의 3개 칩에 맞게 복사 하여 입력된다.



[Fig. 4] The structure of LED-ID system

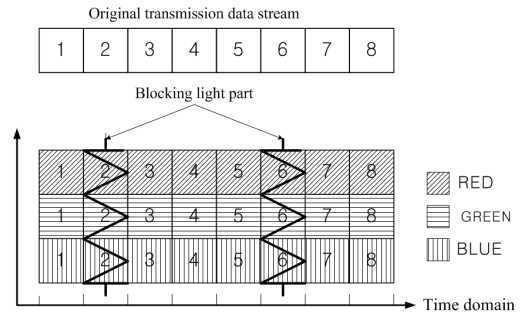
입력된 신호는 채널 단절에 의한 시스템의 성능 열화를 줄이고 시간 다이버시티 이득을 얻기 위해 전송 데이터에 제안 알고리즘을 적용한 후 OOK-RZ 펄스 변조 수행을 통하여 다중경로 분산으로 인한 영향을 완화한다. 그리고 전체 전송신호의 전력을 평균 전력으로 정규화하기 위해 일정 수준의 DC bias를 인가한 후 LED 드라이버를 통해 광원의 세기 변조(Intensity Modulation : IM) 후 방사된다. 방사된 전송신호들이 무선 광 채널과, AWGN 채널을 통과한 후에 수신단의 PD(Photo Diode)를 통해 입사되며 이때, PD는 Long-Pass 광학 필터와 Band-Pass 광학 필터 그리고 광학 집광 렌즈를 이용하여 주변 광원으로부터 입사되는 산란잡음을 필터링 하고, 넓은 FOV(Field of View)와 집광 이득을 얻어 입사각에 따른 수신 신호의 전력 손실을 최소화 할 수 있다[14, 15]. 수신된 신호는 복조 후, 제안시스템의 복호화를 통하여 R, G, B의 신호를 검출하고, 서로 다른 시간 슬롯을 사용하여 전송된 데이터를 결합하여 데이터를 복원한다. 이를 통하여 채널 단절에 의한 영향을 줄이고 타임 다이버시티 이득을 획득함으로써 시스템의 성능을 향상 시킨다.

3.2 낮은 상관관계를 이용한 순환 지연 결합 기법

LED 광원을 이용한 LED-ID 시스템은 고속의 전송이 가능하고 조명과 동시에 통신을 사용할 수 있는 장점이 있다. 그러나 가시광의 특성상 빛의 간섭에 취약하고 빛이 차단 될 경우 통신이 불가능한 단점이 있다. 전파를 이용한 통신의 경우 데이터의 재전송 기법이나, 채널 코

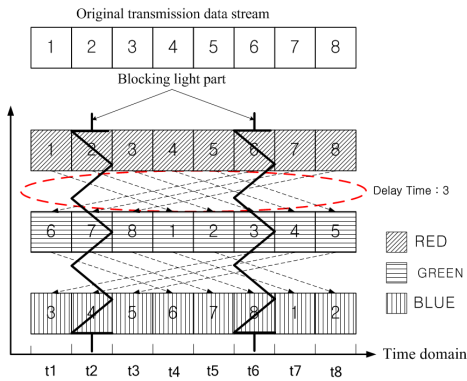
딩 기법 등을 이용하여 성능을 향상 시킬 수 있으나, LED-ID의 경우 빛이 차단될 때 데이터 오류에 의한 문제인지 전송데이터가 '0'인지 판단하기 어려워 재전송 기법을 사용하기 어렵다. 또한, 채널 코딩의 경우도 고속의 LED-ID 시스템에서 복잡한 연산으로 인한 지연이 발생하여 사용하기 어렵다.

이를 해결하기 위한 방법으로 LED-ID 시스템에서 낮은 상관관계를 이용한 순환 지연 결합 기법에 대해서 제안한다.



[Fig. 5] The conventional transmitting with LED-ID system

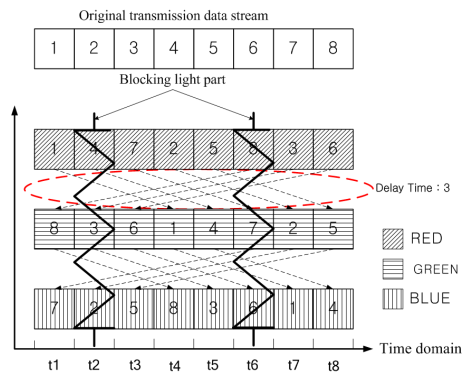
[Fig. 5]는 기존의 LED-ID 시스템의 전송 방법이다. 기존의 시스템은 전송데이터를 R, G, B의 같은 시간 슬롯에 같은 데이터를 복사하여 전송하는 기법으로, 만약 그림에서와 같이 t2번과 t6번 시간 슬롯에서 장애물에 의한 통신이 차단된 경우 R, G, B 모두 2번과 6번의 데이터가 손상되어 시스템의 성능이 열화 된다.



[Fig. 6] The transmitting the LED-ID system using constant cyclic delay scheme

[Fig. 6]은 전송데이터를 일정한 시간 지연을 통하여 전송하는 순환 지연 기법을 나타낸다. 이 방법의 경우 지연 시간을 3타임 슬롯으로 하여 R, G, B의 서로 다른 시간 슬롯에 데이터를 전송하기 때문에 채널 차단 시 시스템의 오류를 줄일 수 있다.

[Fig. 5]와 마찬가지로 그림 6에서도 t2번과 t6번 시간 슬롯에서 장애물에 의한 통신이 차단된 경우 R, G, B의 데이터는 2번, 7번, 4번과 6번, 3번, 8번 데이터가 각각의 채널에서 손상된다. 그러나 서로 다른 시간 슬롯에서 전송된 동일한 신호들의 결합을 통하여 채널 차단에 의한 영향을 줄이고, 시간 다이버시티 이득을 얻을 수 있지만 빛이 연속으로 차단되는 연접 오류의 문제를 해결할 수 없다.



[Fig. 7] The transmitting the LED-ID system using low correlation cyclic delay scheme

[Fig. 7]은 이 논문에서 제안하는 낮은 상관관계를 이

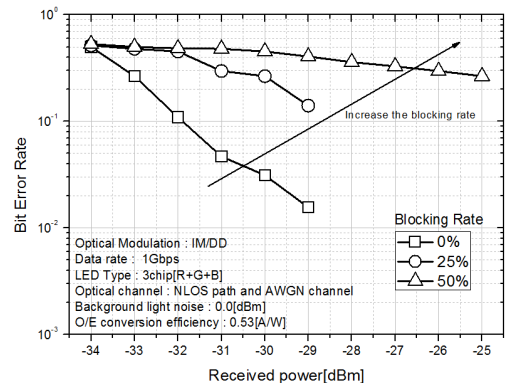
용한 순환 지연 결합 기법을 나타낸다. [Fig. 7]의 경우 시간 다이버시티 이득을 최대화하기 위해서 전송 시 낮은 상관관계를 갖는 시간 슬롯을 이용하여 데이터를 전송한다. 만약, 8개의 전송데이터 입력이 들어올 경우 각각의 데이터의 상관도를 줄이기 위해서 2개의 시간 슬롯을 간격으로 할당함으로써 모든 데이터들의 똑 같은 낮은 상관관계를 갖는다. 또한, 이를 통하여 연접 오류에 대한 문제를 해결 할 뿐만 아니라 시간 다이버시티 이득을 최대화 할 수 있어 LED-ID 채널에서의 문제점을 해결할 뿐만 아니라 시스템의 성능을 향상 시킬 수 있다.

4. 시뮬레이션 파라미터 및 결과

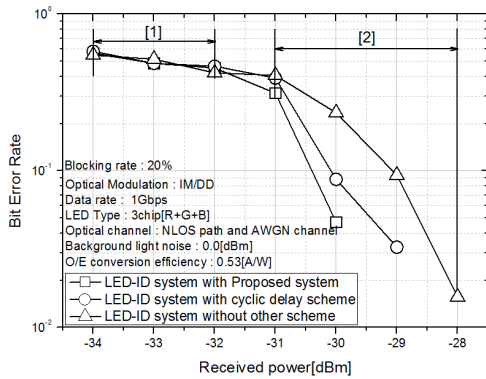
<Table 1>은 시뮬레이션에 사용된 파라미터를 나타낸다. 변조기법은 IM-DD를 사용하였고, 필수 변조는 OOK-RZ를 사용하였다. 데이터 전송률은 1Gbps로 하였고, 광채널은 다중경로 및 AWGN 잡음 모델을 사용하였다. 또한 background light 잡음은 0[dBm], 광전 변환 효율은 0.53[A/W]을 사용하였다.

<Table 1> Simulation parameter

Modulation Scheme	IM-DD
Pulse Modulation	OOK RZ
Multiplexing Method	WDM
Optical Channel Model	NLOS path and AWGN channel
Symbol rate	1 Gbps
Background light noise	0 dBm
O/E convert efficiency	0.53[A/W]



[Fig. 8] Comparing the performance of BER following the block rate as 0%, 25%, and 50%



[Fig. 9] Comparing the performance of BER using the cyclic delay scheme

[Fig. 8]은 차단률에 따라 LED-ID 성능을 비교한 결과이다. 차단률이 0% 일 때 LED-ID 통신 시스템 상 채널 단절이 없기 때문에 성능 가장 우수하다. 그리고 차단률이 25% 일 때는 차단률이 50% 일 때, 보다 성능은 우수하지만, 차단률이 0% 일 때 보다는 성능이 좋지 않다. 이를 통해, 장애물로 인한 차단률이 증가 할수록 LED-ID 채널 단절로 인한 데이터 손상이 증가하여 성능이 저하됨을 알 수 있다.

[Fig. 9]는 기존 시스템과 일정한 시간 지연을 통한 순환 지연 기법과 낮은 상관관계를 이용한 순환 지연 결합 기법에 대하여 LED-ID 성능을 비교한 결과이다. 각 시스템의 성능 비교를 위해서 채널 차단률을 20%로 정의하였다. 첫 번째 구간, 수신된 빛의 세기가 -34에서 -32 dBm이 될 때 까지는 채널 차단에 의한 성능저하가 빛의 세기로 인해 성능 보상이 가능하여 기존 시스템과 일정한 시간 지연을 통한 순환 지연 기법과 제안 시스템과의 성능차이가 없음을 알 수 있다. 그러나 두 번째 구간, 수신된 빛의 세기가 -31dBm에서 점차 줄어들게 되면서 채널 차단으로 인한 성능저하가 발생하게 된다. [Fig. 9]의 [2] 구간에서, 기존 LED-ID 시스템은 채널 단절에 의한 성능 보상 기법이 존재하지 않아 3개 시스템 중 성능이 가장 좋지 않음을 알 수 있다. 또한, 일정한 시간 지연을 통한 순환 지연 기법을 사용한 시스템은 시간 다이버시티 이득을 얻어 기존 LED-ID 시스템 보다 성능은 향상되지만, 빛이 연속으로 차단되는 연접 오류를 보상할 수 없기 때문에 제안 시스템 보다는 성능이 떨어진다.

마지막으로, 제안 시스템이 3개 시스템 중 성능이 가

장 우수함을 알 수 있다. 시간 지연을 통한 시간 다이버시티 이득과, 일정 간격의 시간슬롯을 할당하여 데이터를 전송하여 낮은 상관관계를 통해 연접 오류를 보상할 수 있기 때문에 다른 시스템들의 단점을 보완한다. 따라서 제안 시스템은 이러한 LED-ID 채널 차단 및 연접 오류에 대한 문제를 해결하고, 시간 다이버시티 이득을 극대화 할 수 있기 때문에 기존의 시스템들 보다 성능이 향상되어 성능이 가장 우수함을 확인 할 수 있었다.

5. 결론

본 논문에서는 낮은 상관관계를 이용한 순환 지연 결합 기법에 대해서 제안하였다. 실내에서의 LED-ID 시스템은 실내 환경과 구조에 따라서 채널 환경이 다양하게 나타나게 된다. 그 중 장애물에 의해서 채널 차단 현상이 LED-ID 시스템의 성능 저하에 대한 영향이 가장 크다. 제안 시스템은 이러한 채널 차단으로 발생하는 연접 오류 현상을 데이터들 간의 낮은 상관관계를 통해 해결하고, 시간 다이버시티 이득을 통해 성능 향상이 될 수 있도록 한다.

REFERENCES

- [1] S. Z. Wang, "photon computer is vividly portrayed", *Electron Science and Technology*, vol. 4, pp. 12-13, Jun 2006.
- [2] Yuichi Tanaka, "A Study on Optical Wireless Communication Systems and Their Applications", Keio University, January 2002.
- [3] Masao Nakagawa, "Wireless home link", *IEICE Trans. Commun.*, Vol.E82-B, No.12, pp. 1893-1896, December 1999.
- [4] C.P Kuo, R.M Fletcher, T.D. Osentowski, M.C. Lardizabal, and M.G. Craford, "High performance AlGaInP visible light-emitting diodes", *Appl. Phys. Lett.*, Vol.57, No.27, pp.2937-2939, 1990.
- [5] Yuichi TANAKA and Masao NAKAGAWA, "Optical Parallel Transmission with Multi-Eavelength for High Speed Communications on Indoor

- Channels” IEICE Trans. Commun, vol E91-B, No. 4, April 1998.
- [6] F. R. Gfeller, and U. Bapst, “Wireless in-house data communication via diffuse infraredradiation”, Proc. IEEE, Vol. 67, No.11, pp. 1474-1486, 1979.
- [7] J. Vučić et al., “513 Mbit/s Visible Light Communications Link Based on DMT-Modulation of a White LED,” J. Lightw. Technol., vol. 28, no. 24, pp. 3512 - 3518, December, 2010.
- [8] R.M. Gagliardi and S. Karp, “Optical Communications,” McGraw-Hill, New York, 1976.
- [9] S. Rajagopal, et al., “TG7 technical considerations document,” IEEE 802.15.7 Task Group Document, Jul. 2009.
- [10] Changping Li, “Visible Light Communicaion Applied in Intelligent Transportation Systems”, KyungHee University, 2013.
- [11] Kaur. M, “Electromagnetic interference”, ICECT Vol. pp.1-5, April 2011.
- [12] Toshihiko Komine and Masao Nakagawa, “Fundamental Analysis for Visible-Light Communication System using LED Lights” IEEE Transaction on Consumer Electronics, Vol. 50, No.1, February 2004.
- [13] J. M. Kahn, and J. R Barry, “Wireless infrared communications”, Proc. IEEE, Vol. 85, No. 2, pp. 265-298, 1997.
- [14] T. Nakamura and T. Takebe, “Development of znse-based white light emmiting diodes”, OPTRONICS, vol. 19, pp. 126-131, 2000.
- [15] J. P. Savicki and S. P. Morgan, “Hemispherical concentrators and spectral filters for planar sensors in diffuse radiation fields”, vol. 33, no. 34, pp. 8057-8061, 1994

이 규 진(Lee, Kyu Jin)



- 2005년 2월 : 경희대학교 전자공학과 (공학사)
- 2007년 2월 : 경희대학교 전파통신공학과 (공학석사)
- 2011년 2월 : 경희대학교 전자·전파공학과 (공학박사)
- 2011년 3월 ~ 2013년 2월 : 경희대학교 전자·전파공학과 학술연구교수
- 2013년 3월 ~ 현재 : 세명대학교 전자공학과 교수
- 관심분야 : OFDM, MC-CDMA, VLC, MIMO
- E-Mail : kyujin@semyung.ac.kr

김 귀 정(Kim, Gui Jung)



- 1994년 2월 : 한남대학교 전자계산공학과(공학사)
- 1996년 2월 : 한남대학교 전자계산공학과(공학석사)
- 2003년 2월 : 경희대학교 전자계산공학과(공학박사)
- 2001년 9월 ~ 현재 : 건양대학교 의공학부 교수
- 관심분야 : HIS, 3D e-learning, CRM
- E-Mail : gikim@konyang.ac.kr