논문 2010-6-39

OOK-SS Watermarking을 이용한 LED-ID용 송신기 검출기법에 관한 연구

A Study of Transmitter Detection Method for LED-ID using OOK-SS Watermarking

차재상*, 김진영**, 장영민***, 임윤식****, 김종태*****, 이경근****, 이민호*‡

Jae-Sang Cha, Jin-Young Kim, Yeong-Min Jang, Yoon-Sik Lim, Jong-Tae Kim, Kyong-Gun Lee, Min-Ho Lee

요 약 본 논문에서는 OOK-SS Watermarking기법을 LED 통신에 적용하여 위치정보 및 부가데이터 전송 및 복원이 가능한 LED-ID 식별기술을 제안하였다. LED 신호의 단극성 신호 특성상 Wateramrking용 확산코드로 기존의 양극성이 아닌 단극성 코드를 사용했으며, LED 신호에 확산코드를 이용한 Watermarking기법을 적용할 경우 영향력 평가 및 성능을 분석하고, LED-ID 위치인식을 위한 유용성을 입증하였다.

Abstract We propose new identification method of LED location in indoor environment. It can transmit and receive position information and additional data, as applying OOK-SS watermarking method for LED transmission signal. Especially, we use a unipolar form code for watermarking spread code, because LED signal has unipolar characteristic. we analysis LED signal influence and interference with watermarking code, demonstrate usefulness of LED-ID using OOK-SS Watermarking.

Key Words : LED-ID, OOK, Spread Spectrum, Watermarking, Positioning

Ⅰ. 서 론

최근 유비쿼터스 네트워크 시대가 도래함에 따라 위치인식 기반 응용 서비스의 중요성이 확대되고 있다[1][2]. 또한 LED가 조명 인프라를 바꾸는 신성장 기술로 급부상함에 따라 RF 무선통신에 비해 주파수 규제가 없는 조명 통신 기술인 LED를 이용하는 통신기술등이 미래 첨단 기술로 주목을 받고 있다[3][4].

*정회원, 서울과학기술대학교 매체공학과
**정회원, 광운대학교 전자융합공학과
***정회원, 국민대학교 전자공학부
****정회원, 여주대학 방송영상제작과
*****정회원, 성균관대학교
*‡정회원, 서울과학기술대 NID융합대학원(교신저자)
접수일자 2010.11.5 수정일자 2010.12.10
게재확정일자 2010.12.15

한편, 본 논문의 교수진들은 국내에서 기존에 정의된 가시광통신의 개념을 뛰어넘어서 새로운 LED기반의 ID 알고리즘을 개발하고자 지경부 혁신자 연구과제로서 LED-ID기술을 제안하고 연구를 진행하고 있는데, 이는 LED를 이용하여 ID기능을 수행함과 동시에 다양한 위치인식알고리즘을 적용하여 그 효용성을 제고하고자 하는 신기술 분야라고 할수 있다. 본 논문에서는 이러한 LED-ID용 위치인식기법 중의 하나로서 확산코드기반의 Watermarking기법을 적용하여 LED용 ID의 송신신호를 검출하는 기법을 제안하고 모의실험을 통해 유용성 및 성능을 입증하고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 Watermarking을 이용한 LED-ID 송신신호 검출 방식을 기술하고, 3장에서는 Watermarking을 이용한 LED-ID

송신기 검출 알고리즘을 제시하고자한다. 4장에서는 모의실험 및 결과를 분석하고, 5장에서는 결론을 맺는다.

Ⅱ. Watermarking을 이용한 LED-ID의 개요

본 논문에서 제안하는 LED-ID용 Watermarking 기법을 이용하면, 송신단에서는 LED 위치정보를 갖는 Watermarking용 확산코드를 준비하고 이를 극히 낮은 진폭값의 형태로 만들어 정보신호에 Watermarking 처리하고 , 수신부에서는 자기상관(Auto-Correlation) 피크치를 이용한 송신기 판별과정을 거쳐 LED 위치정보를 검출한다.

1. LED-ID 송신부 구조

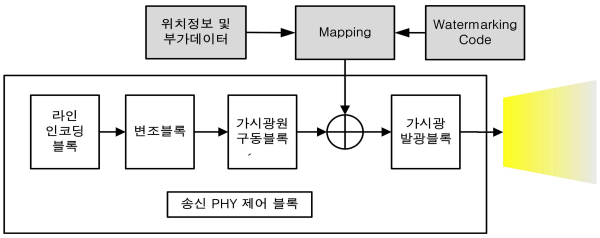

그림 1. Watermarking을 이용한 LED-ID 송신부 구조
Fig. 1. Watermarking based LED-ID Tx structure

그림1에 나타낸바와 같이 송신부에서는 전송데이터는 라인 인코딩블록, 변조블록, 가시광원 구동블록을 거쳐 Watermarking 코드와 맵핑된다. 가시광원 구동블록에서는 광원의 디밍(dimming)을 조절하고 OOK(on off keying)변조를 행한다. 위치정보 및 부가데이터는 Watermarking cdoe와 mapping되어 낮은 진폭값의 형태로 원 전송데이터에 Watermarking 된 후 가시광 발광블록을 통해 송신된다.

2. LED-ID 수신부 구조

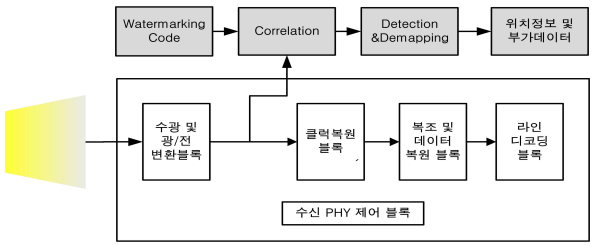

그림 2. Watermarking을 이용한 LED-ID 수신부 구조
Fig. 2. Watermarking based LED-ID Rx structure

그림2에서 나타낸바와 같이, LED-ID 수신부에서는 포토다이오드와 같은 광/전 변환 소자를 통해 광신호를 검출하고 , Watermarking 신호에 대한 상관처리을 통이용한 피크치 Detection & Demapping과정을 통해 LED 위치정보 및 부가데이터를 복원한다.

Ⅲ. Watermarking을 이용한 LED-ID 성능 분석

본 장에서는 제안한 Watermarking을 이용한 LED-ID 송신기 검출 알고리즘 모델의 성능을 수식상으로 분석해 보면 다음과 같다.

LED-ID기반의 변조방식으로서는 기존 LED 통신관련 참고자료[1]에 나온 내용을 상당수 인용하였으며, 이곳에 기술된 OOK와 SC-BPSK의 내용을 토대로 수식을 기술하면 이하와 같다.

우선 송신단의 신호기로부터 발신한 데이터 수열 ak=-1,1은 식(1)과 같이 변조된다.

$$d(t) = \sum_{k} a_k p(t - kT) \tag{1}$$

이 펄스형 p(t)는 변조 방식에 의해 다르며 OOK인 경우 식(2) SC-BPSK인 경우 식(3)과 같이 나타낸다.

$$p(t) = \begin{cases} 1 & 0 \le t \le T \\ 0 & elsewhere \end{cases} \tag{2}$$

$$p(t) = \begin{cases} \cos(2\pi f_{sc} t) & 0 \le t \le T \\ 0 & elsewhere \end{cases} \tag{3}$$

또한, fsc는 반송 주파수 방식이다. 변조된 신호는 광강도 변조에서 식(4)과 같은 광신호 X(t)를 얻는다.

$$X(t) = \overline{P_t} 1 + m_0 d(t) \tag{4}$$

이와 같이 얻어진 광신호 반송파에 위칭정보 및 부가데이터 정보를 갖는 워터마킹용 확산코드 $s_i(t)$를 워터마킹하기 전후의 신호를 각각 $X(t)$ 와 $X'(t)$로 나타내면 식(5)과같다. 여기서 ρ는 LED 반송파 신호 평균에너지대비 낮은 진폭값의 형태의 에너지값을 의미한다. 즉, 평균 LED 반송파 에너지 값의 -30dB 낮은 에너지값을

의미한다.

$$X(t)' = X(t) + \rho s_i(t) \quad (5)$$

또한, p(t)는 신호기의 평균 광신호 전력을 표시하고 m0 는 송신기 LED의 광변조 지수를 나타낸다. 광신호는 대기 중에 전달하여 배경광 잡음과 함께 수신기에 도달하여 광수신 전력 Pr(t)를 얻는다.

$$P_r(t) = hX'(t) + n(t) = h\overline{P_t}1 + m_0 d(t) + n(t) \quad (6)$$

여기서 h는 광공간 전송 채널 이득, n(t)는 가법성 백색 가우스 잡음(AWGN : Additive White Gaussian Noise)이다. 수신기는 광전력은 전기 신호로 변환(직접 검파)한다.

Ⅳ. 모의실험 및 결과

본 장에서는 앞에서 제시한 OOK 신호에 확산코드를 이용한 Watermarking기법을 적용할 경우 영향력 평가 및 Unipolar 코드[5-6]를 이용한 LED-ID 송신기 식별 시스템의 유용성을 입증하고자 한다.

표 1. 실험 파라미터
Table 1. Simulation Parameters

구 분	내용
Modulation	OOK
DATA Length	1024
Watermarking code (Chip Length)	Unipolar code (1024)
Channel	AWGN
Watermarking code Amp.	-30 ~ -5 dB

모의실험은 OOK 특성을 고려하여 단극형 형태의 확산코드를 적용하여 BER 성능특성 및 위치정보/부가데이터 DER성능특성을 도출하였다.

1. 위치정보 및 부가데이터 워터마킹 레벨에 따른 OOK 신호 BER 성능분석

LED 신호에 Watermarking용 확산코드를 이용한 방식을 적용할 경우, LED 신호에 최대한 영향을 주지 않을 정도의 낮은 진폭값의 형태로 확산코드를 사용해야한다. 이를 위해 Watermarking용 확산 코드를 다양한 레벨값으로 워터마킹 시켜 적용할 경우 LED 전송신호의 BER(Bit Error Rate)을 도출 하였다.

그림 3은 LED 전송신호의 평균전력에 각각 -5~30dB에 해당하는 진폭값의 확산코드를 워터마킹 시킬 경우와 Watermarking 기법을 적용하지 않은 LED 신호를 비교한 그래프이다.

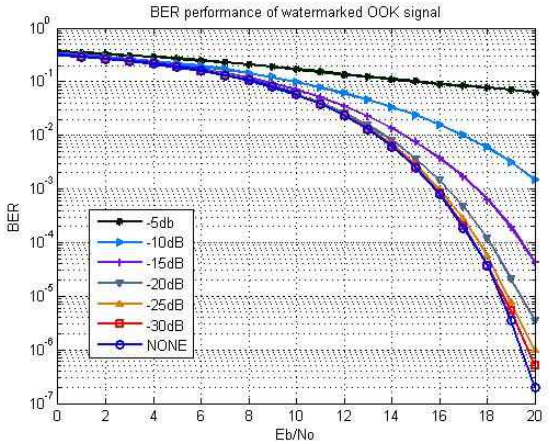

그림 3. Watermarking 레벨에 따른 OOK 신호 BER 성능
Fig. 3. OOK signal BER performance by watermarking level

모의실험결과 LED 전송신호의 평균전력값의 -10dB 이하로 워터마킹 시킬 경우 BER값이 10^{-3} 지점에서 수렴됨을 확인하였으며, -30dB 이하에서는 워터마킹을 하지 않은 LED 신호의 BER과 거의 유사한 결과를 나타냈다.

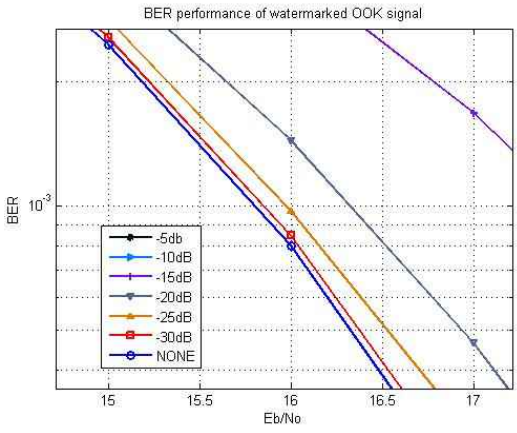

그림 4. OOK 워터마킹 기법 10^{-3} 지점 BER 성능
Fig. 4. OOK signal BER performance by watermarking level (expansion graph)

그림 4는 10^{-3} 지점에서 Watermarking 레벨에 따른 BER그래프를 확대한 그래프이다. 모의실험 결과 BER값이 10^{-3} 지점에서 워터마킹을 하지 않은 LED 신호와 0.05dB차이로 영향이 거의 없음을 확인하였다. 따라서 효율성을 고려하여 Watermarking용 확산코드의 전압레벨을 -30dB로 선정하였다.

2. OOK 신호에 대한 부가데이터 워터마킹 레벨에 따른 DER분석

위의 모의실험결과를 토대로 LED 신호에 평균전력의 -30dB기준으로 -28dB~-32dB에 해당하는 Unipolar 코드를 Watermarking 시킬 경우, Eb/No 값에 따른 DER(Detection Error Rate)을 도출하였다.

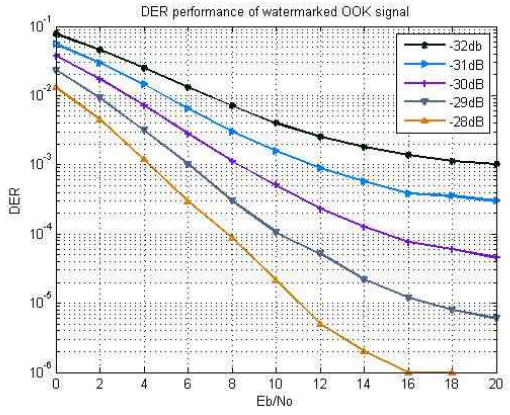

그림 5. 워터마킹 레벨에 따른 DER분석
Fig. 5. DER performance by watermarking level

모의 실험결과 DER값 10^{-3} 지점에서 LED 신호의 평균전력 대비 -32dB 이상레벨로 watermarking 시켜 전송할 경우 수렴하는 결과를 확인할 수 있다.

따라서 LED 신호에 위치정보 및 부가데이터를 Watermarking시켜 전송시 LED 신호의 평균 전력대비 -32dB 이상 레벨로 적용할 경우 Watermarking 확산코드 기반의 LED-ID용 송신기 정보 및 위치정보의 전송이 가능함을 확인 하였으며, 유용성을 입증하였다.

V. 결 론

LED-ID기술은 LED통신과 위치인식기반의 ID기술을 융합시켜 새로운 알고리즘을 개발해 가고 있는 신기술 분야에 관하여 본 논문의 교수진들이 새롭게 명명한 시스템이다. 본 논문에서는 이러한 LED-ID시스템을 위한 부가데이터 전송 및 위치인식기법 중의 하나로서 OOK-SS Watermarking을 이용한 LED-ID용 송신기 검출기법을 제안하고 모의실험을 통해 성능 및 유용성을 입증하였다.

참 고 문 헌

[1] 배영철 외, "가시광통신(VLC)의 기술 동향 및 이용 활성화 방안 연구 ", 연구보고서, 한국전파진흥원, 2009

[2] 김용원, LED 광원 응용기술, LED 광원기술과 응용 워크숍, 2007. 5. 17., p.190.

[3] 조준범, 유승진, 최수일, "LED 조명을 이용한 직렬 데이터 전송 시스템", 12월전자통신기술연구소논문지, 12권 1호, 2009년 12월

[4] 김용원, LED 광원 응용기술, LED 광원기술과 응용 워크숍, 2007. 5. 17., p.190.

[5] Jaesang Cha, "Class of ternary spreading sequences with zero correlation duration", IEE Electronics Letters , Vol. 36, no.11, pp. 991-993, May. 2001

[6] H .Donelan and T.O. Farrell, "Families of ternary sequences with aperiodic zero correlation zones for MC-DS-CDMA", IEE Electronics Letters , Vol. 38, no.25, pp. 1660-1661, Dec. 2002

※ 본 논문의 일부는 지식경제부 및 한국산업기술평가관리원의 산업원천기술개발사업)의 일환으로 수행 하였음. [10035264, LED-ID 기반 홈네트워크 기술개발]

저자 소개

차 재 상(정회원)

- 2000년: 일본 東北(Tohoku)대학교 전자공학과 (공학박사)
- 2000년~2002년: 한국전자통신연구원 (ETRI) 무선방송 기술연구소 선임연구원
- 2002년~2005년: 서경대학교 정보통신공학과 전임강사
- 2008년 미국 Florida University, Visiting Professor
- 2005년~ 현재 : 서울과학기술대학교 매체공학과 부교수

<주관심분야 : LED-ID, 조명IT융합신기술, LBS, ITS, UWB, 무선홈네트워크, DMB 및 디지털 방송 등 >

장 영 민(정회원)

- 1995년~1999년: Univ. of Massachusetts, Computer Science (공학박사)
- 1987년~2000년: 한국전자통신연구원 이동통신연구소 선임연구원
- 2000년~2002년: 덕성여자대학교 컴퓨터과학부 교수
- 2002년~ 현재 : 국민대학교 전자공학부 교수
- 2005년~ 현재 : 국민대학교 유비쿼터스 IT 융합 연구센터 소장
- 2010년~ 현재 : 국민대학교 LED 융합 연구 센터 소장

<주관심분야 : LED-ID, 차세대 IT융합 통신망, 4G/5G 이동통신, 이종망간 연동, WPAN, 홈네트워킹 등>

김 종 태 (정회원)

- 1982년 2월 : 성균관대학교 전자공학과졸업
- 1987년 6월 : University of California, Irvine Department of Electrical and Computer Engineering 졸업 석사
- 1992년 12월 : University of California, Irvine Department of Electrical and Computer Engineering 졸업 박사
- 1995년 3월~현재 : 성균관대학교 정보통신공학부 교수

<주관심분야: 통신시스템, 임베디드시스템, SoC 설계, LED-ID>

이 민 호(정회원)

- 2009년: 서울산업대학교 매체공학과 (공학석사)
- 2010년~ 현재: 서울과학기술대 NID 융합대학원 박사과정

<주관심분야 : LED-ID, 디지털 방송 시스템, 유무선 홈 네트워크, 디지털 신호처리>

김 진 영(정회원)

- 1998년: 서울대학교 전자공학과 (공학박사)
- 2000년: 미국 Princeton University, Research Associate
- 2001년: SK 텔레콤 책임연구원네트웍연구원
- 2009년~ 2010년: 미국 M.I.T 공대 Visiting Scientist
- 2001년~ 현재: 광운대학교 전자융합공학과 정교수

<주관심분야 : LED-ID, 3G/4G/5G 통신기술, 대역확산 및 다중접속기술, OFDM/MIMO, UWB, , 신호처리, 채널부호화 등>

임 윤 식(정회원)

- 1998년: 성균관대 전기공학과 (공학박사)
- 1998년~2005년: 여주대학 전기과 조교수
- 2005년~ 현재 : 여주대학 방송영상제작과 부교수

<주관심분야 : 제어이론 및 응용 분야, PLC 이론 및 응용, 무선통신, 방송 기술 분야>

이 경 근 (정회원)

- 2010:한국외국어대학교 학사
- 2010~현재:성균관대학교 전기전자 및 컴퓨터 공학과 석사과정

<주관심분야 : LED-ID, 임베디드 컴퓨터 시스템, 통신시스템>