

RGB LED전광판을 이용한 가시광 정보 방송 시스템

박성범 | 신홍석 | 최정석 | 이경우 | 정대광 | 이영민

삼성전자

요약

본고에서는 RGB LED전광판을 이용한 가시광 정보 방송 시스템에 대하여 기술한다. 현재 상용 RGB LED로 구성된 전광판에 기존의 디스플레이 기능 외에 디지털 데이터 변조 기능을 추가하였다. 전광판의 규격은 1단 2열 구조로 설정하였고, 전광판의 모든 RGB LED는 NRZ 10/20 Mbps신호로 동시에 변조가 가능하도록 설계하였다. LED가 공기 중으로 방사한 가시광 신호의 성능은 수신기를 통해 데이터를 검출한 뒤에 비트오율을 측정하여 검증하였다. 전광판 RGB LED를 최대한 활용하여 LED를 10 Mbps 데이터 신호로 변조하여 방송했을 때 에러 없이 5.6 m 이상 전송이 가능하였고, 전송 속도가 20 Mbps인 경우는 10^6 비트오율 기준으로 5.6 m 까지 방송이 가능하였다. 향후 전광판 LED가 통신용으로 설계된 제품으로 대체되어 변조 특성이 좋아지고, 전광판 구조가 커져 전광판이 방출하는 전체 광출력이 증가하면 전송 특성이 보다 향상될 것으로 예상 된다.

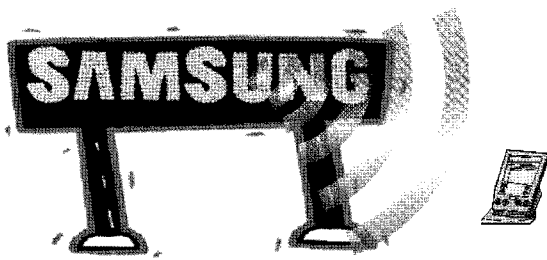
1. 서론

가시광 대역 LED (Light Emitting Diode)는 눈에 보이는 빛을 발광함으로써 조명이나 디스플레이 용도로 사용이 가능하다. 최근에 가시광 LED의 발광 효율이 개선되고 가격이 떨어짐에 따라 전광판, 신호등, 자동차, 그리고 조명기기에 사용 빈도가 증가하고 있다 [1][2]. 특히 LED기반 조명기기는

형광등 대비 전력소비가 적고, 수명이 길어 그린 산업의 한 분야로 주목 받고 있다 [3][5]. 가시광 LED는 일반 통신용 광원 LED와 마찬가지로 전기적인 디지털 신호를 인가함에 따라 데이터 변조가 가능하다. 이런 가시광 파장(380 ~ 680 nm)을 방출하는 LED의 특성을 이용하여 조명 및 디스플레이 기능과 동시에 데이터 통신을 가능하게 하는 기술 분야를 가시광 통신이라고 한다 [2][5]. 가시광 LED는 점멸을 통해서 디지털 신호 '1' 과 '0' 를 표시할 수 있으며, 고속으로 변조가 될 경우 사람의 눈으로는 점멸을 인지할 수 없어 사용하는 항상 조명 기기가 점등한 것으로 인식하게 된다. 이러한 서비스가 확대된다면 LED 조명이나 디스플레이가 있는 곳에서 가시광 무선 송수신 모듈이 장착된 단말기나 노트북을 통해 데이터 통신이 가능해 진다. 가시광 통신의 가장 큰 특징은 정보 발신원 및 데이터 전송의 흐름을 사용자의 눈으로 직접 볼 수 있다는 것이다. 즉, 사람의 눈에 보이는 빛의 영역안에서만 통신이 가능하고 빛의 영역 밖에서는 통신이 불가능해 진다. 가시광 통신의 응용 분야는 가시광 송수신 모듈이 장착된 단말기 간 고속 connectivity 분야에 접목이 가능하고 조명등과 휴대용 PC간 무선 근거리 통신망에서도 응용이 가능하다. 또한 조명 및 디스플레이 인프라를 통해서 이동하는 사용자에게 다양한 데이터 정보를 보내주는 방송 서비스를 지원할 수 있다. 정보 방송 서비스는 단방향 통신 서비스 방식으로 통신 프로토콜이 단순하고, 넓은 영역에서 빛이 방출되므로 수신자의 정보 수신에 용이한 장점이 있다. 사업자들은 (그림 1)과 같이 실외 및 실내에서 사용되는 다양한 종류의 LED 전광판을 통해서 다양한 콘텐츠 및 광고 그리고 유익한 공익 정보를 사용자들에게 전

달할 수 있다. 그리고 최근에는 광고용 디스플레이 LCD의 BLU(backlight unit)에 LED가 사용됨에 따라 BLU의 LED를 변조하여 LCD 화면을 통해서 정보 방송 서비스 제공이 가능하다.

본 논문에서는 가시광 LED로 구성된 전광판을 이용하여 가시광 데이터 방송 시스템을 구현하고 그 성능을 검증하였다. 다양한 형태의 전광판을 제작하여 20 Mbps급 고속 데이터가 5.6 m 까지 전송 가능함을 검증하였다.



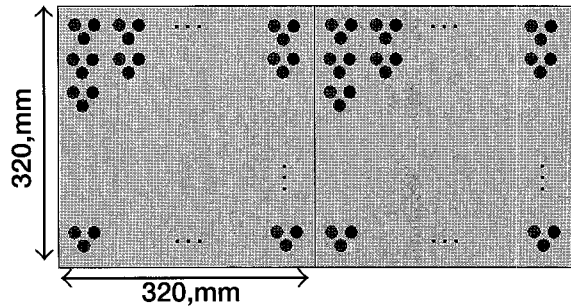
Signboard

(그림 1) 전광판을 이용한 무선 가시광 정보 방송 시스템의 기본 구조

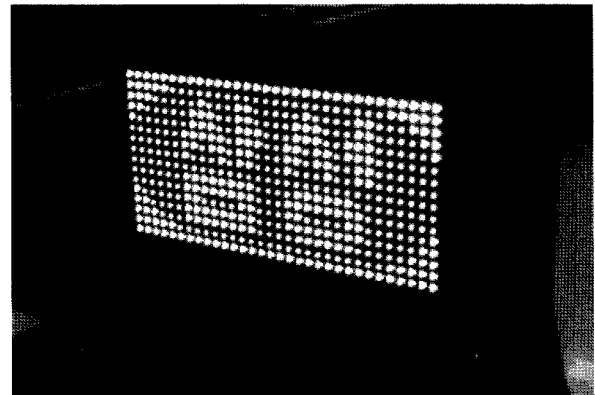
II. 본 론

LED 전광판을 이용하여 가시광 정보 방송 시스템을 구현하기 위해서는 기존의 상용 전광판의 기본적인 기능구조를 유지한 채 LED의 디지털 변조 기능을 추가하는 것이 중요하다. LED 전광판이 표시할 수 있는 색상의 가지수는 사용되는 LED의 종류의 개수에 의해 결정된다. 단색 전광판의 경우는 하나의 색상만이 가능하고, RGB(Red, Green, and Blue) LED를 사용할 경우 기본적으로 7색이 가능하고 LED의 펄스 폭을 조정하여 full-color 표시가 가능해 진다. 그리고 사용되는 장소와 공간, 그리고 용도에 따라 모듈의 개수 및 크기가 결정된다. 여기서 전광판의 모듈은 문자 하나를 표시할 수 있는 기본 단위로써, 예를 들어 2단 4열 (8개 모듈)로 구성된 전광판은 동시에 8개 문자를 표시할 수 있다. 전광판이 설치되는 공간이 크고 지상에서의 거리가 먼 경우에는 보통 모듈의 개수가 많아지고, LED 간의 간격이 커지면 모듈 사이즈가 커지는 것이 통상적이다. 통신 관점에서 바라볼 때

데이터 정보를 보다 멀리 전송하기 위해서는 송신단에서 방사하는 광량을 키워 주어야 한다. 이를 위해서 LED 간격을 촘촘히 하고 모듈 개수를 늘리는 것이 필요하다.



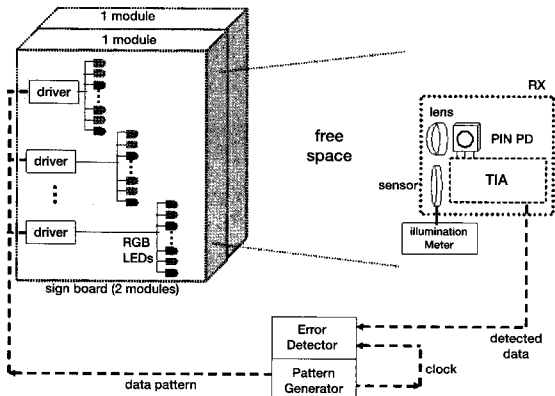
(그림 2) 방송용 전광판의 RGB LED 배열 구조



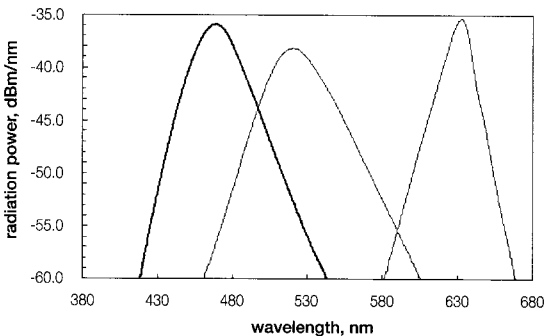
(그림 3) '삼성' 로고를 표시한 정보 방송용 전광판

본 연구에서는 1단 2열, 즉 모듈 2개로 구성된 정보 방송용 RGB LED전광판을 (그림 2)와 같이 제작하였다. 제작된 모듈의 사이즈는 가로, 세로 모두 320 mm이고, RGB LED는 모두 16 x 16 배열로 배치되어 총 768개의 LED가 하나의 모듈에 사용되었다. 제작된 전광판은 RGB LED의 색상 조합에 의해 적색, 녹색, 청색, 노랑, 주황, 하늘색, 백색 총 7가지 색상 표현이 가능하고, RGB LED를 모두 동시에 변조 구동할 수 있도록 설계하였다. (그림 3)은 제작된 전광판으로 간단하게 '삼성' 로고를 디스플레이한 장면이다.

(그림 4)는 가시광 정보 방송 시스템의 실험 구성도를 표시한 것이다. RGB LED는 통신 용도로 특별히 제작된 것이 아닌 일반 전광판용 상용 LED를 사용하였다. 사용된 RGB



(그림 4) 가시광 전광판 기반 정보 방송 시스템 실험 구성도



(그림 5) 전광판에 사용된 RGB LED의 스펙트럼

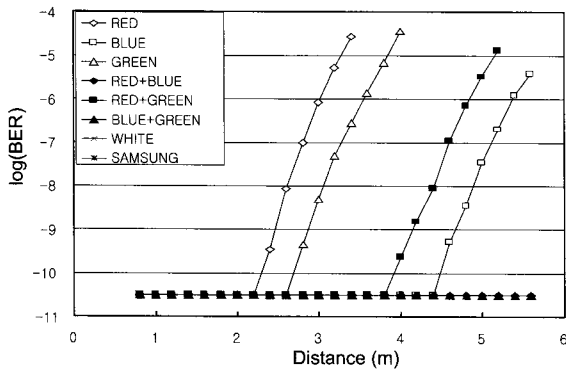
LED의 측정된 스펙트럼은 (그림 5)와 같다. RGB LED에 인가된 전류는 모두 20 mA이고, 중심 피트 파장은 각각 633 nm, 521 nm, 그리고 470 nm 이었다. LED에 데이터 변조를 위하여 8개의 LED마다 하나의 구동 드라이버를 사용하였다. 따라서, 하나의 모듈에 총 96개의 드라이버를 사용하였고, 신호의 동기를 맞추기 위해 드라이버의 입력단은 버퍼를 통해 모두 병렬로 연결하였다. 데이터 신호는 드라이버 개수만큼 분기된 후, 분기마다 시간 지연을 최소화하여 각 드라이버 입력단에 입력되도록 설계하였다. 전광판의 디스플레이 기능을 우선시 하기 위하여 변조 데이터 신호 보다 디스플레이 신호에 우선권을 주었다. 이미지 형상을 위해 특정 LED들을 점멸 시키라는 디스플레이 정보를 보낼 경우에는 그 LED는 변조에 의해 점등과 점멸을 반복하지 않고 꺼진 상태를 유지하게 된다. 수신기의 PD는 가시광 대역을 감지하기 위하여 Si-PD를 사용하였고 PD의 위치는 전광판

의 중심에 배치하였다. 전송되는 빛의 밝기의 세기를 측정하기 위하여 수신기 옆에 조도계를 설치하였다. RGB LED중 Green LED만 켜고 다른 LED를 끈 상태에서 1 m 거리에서 측정한 조도는 1140 lux로 제일 밝았다. Red LED와 Blue LED를 동일 조건에서 측정하면 조도가 각각 550 lux와 730 lux로 측정되었다.

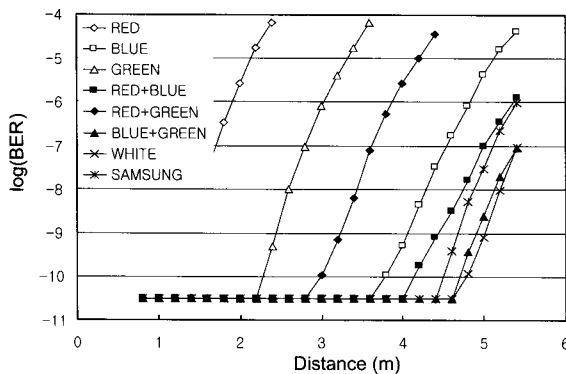
정보 방송용 전광판의 전송 특성을 검증하기 위하여 전광판 신호 입력단에 NRZ PRBS (패턴길이 : $2^7 - 1$) 신호를 인가한 후, 수신기를 통해 수신된 신호와 보낸 신호를 비교하여 비트 오차를 비트오율 측정기(BERT)를 통해 측정하였다. 인가된 디지털 신호의 전송 속도는 10 Mbps와 20 Mbps로 한정하고 두 속도에 따라 전송 거리에 따른 전송 특성을 비교 검증하였다.

전송 특성을 검증하기 위하여 10 Mbps 전송 속도로 데이터를 변조하여 전송했을 때 전송거리에 따라 측정된 비트오율은 (그림 6)과 같다. 그림에서 'RED'는 전광판에 Red LED만 점등하고 나머지 LED는 점멸했을 때 측정된 결과를 의미한다. 'BLUE+GREEN'는 모든 Blue LED와 Green LED를 점등하고 Red LED를 점멸한 상황이다. 실제 RGB 전광판의 경우 단색으로 사용이 되는 경우는 많지 않고 특정 광고 이미지를 표시하므로 실질적이 전송 특성은 광고 이미지의 색상에 따라 특성이 달라질 수 있다. 아마도 White 계열이 많을 수록 RGB LED모두를 사용하므로 전광판 전체 광출력은 증가하게 된다. 단색이 아닌 특정 이미지에 대한 실험 예시로 삼성 로고 이미지를 추가하였다. 실험 데이터에서는 'SAMSUNG'으로 표시하였다. 본 논문에서는 전송 가능 거리를 비트오율 특성이 10^{-6} 을 만족하는 최대 거리로 설정하였다. 3가지 LED 색상 중 가장 특성이 안 좋은 LED는 Red LED이었으며, 전송 가능 거리는 대략 3.0m이었다. 가장 특성이 좋은 LED는 Blue LED로써 5.2 m 정도 전송이 가능하였다. 'RED + GREEN'의 경우를 제외하고는 2가지 이상의 LED를 사용할 경우 10 Mbps 속도의 데이터 정보를 에러 없이 5.6 m 이상 전송할 수 있다는 것을 확인할 수 있었다. 본 실험에서는 실험 공간의 부족으로 인해 5.6 m 이내에서만 측정을 하였다. Si-PD의 수신 감도는 800 nm 에서 최상의 값을 갖고, 저 파장대역으로 갈수록 감소하는 것이 일반적인데 반하여 신호 전송 특성이 Red LED보다 Blue LED의 특성이 좋게 나왔다. 이는 실험에 사용된 RGB LED가 통신 용도

로 동일한 특성을 갖게 설계된 것이 아닌 일반 디스플레이 용 상용 LED를 사용하였고, 각 LED의 광출력과 변조 가능 대역폭이 다르기 때문에 나온 결과로 예상된다. 실제 밝기 조도에 의한 광량을 보아도 Green 및 Blue LED가 Red LED 보다 높게 측정되었다. 단품 LED의 대역폭을 테스트한 결과에 의하면 Blue LED가 48 Mbps까지 변조가 가능하였으며, Red LED와 Green LED 순으로 변조 가능 속도가 각각 44 Mbps와 38 Mbps로 저하되었다. 향후 가시광 통신을 위한 전광판용 LED가 동일한 출력과 대역폭을 갖도록 설계된다면 PD의 수신 감도에 따라 오히려 Red 계열로 갈수록 통신 전송 특성이 좋아질 것으로 예상된다.



(그림 6) 전송속도 10 Mbps에 대하여 전송거리에 따라 측정된 비트오율 곡선



(그림 7) 전송속도 20 Mbps에 대하여 전송거리에 따라 측정된 비트오율 곡선

(그림 7)은 전송 속도를 20 Mbps로 올렸을 경우 전송 거리에 따른 비트오율 곡선을 도시한 것이다. 10 Mbps 결과와

비교했을 때 전반적으로 전송 거리가 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 전송 속도가 올라감에 따라 동일한 전송 성능을 위해 더 많은 광량이 필요하기 때문이다. Red LED의 경우는 2 m 전송도 불가능하였다. 3가지 LED를 모두 사용한 'WHITE'의 특성이 제일 좋았으며 4.6m까지는 에러 없이 전송이 가능하고, 비트오율 성능기준에 따르면 5.6 m 까지 전송이 가능하였다. 전광판의 방송 성능을 개선하기 위해서는 LED간의 간격을 좁히거나 개수를 늘려 단위 면적에서 방사하는 광출력을 키워 줘야 한다. LED간의 간격을 줄이는 것은 전광판 규격을 준수해야 하므로 한계가 있어 모듈 개수를 늘리는 것을 고려해야 한다. 현재 사용된 전광판은 실험실 공간을 고려하여 단순 2개의 문자만을 표시할 수 있는 1단 2열 사이즈를 사용하였으나, 실제 사용되는 상용 전광판은 이보다 실제 크기가 크므로 (모듈 개수가 많으므로) 20 Mbps 전송 속도 데이터의 전송 가능 거리는 더욱 증가할 것이다.

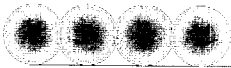
III. 결론 및 토론

조명과 디스플레이에서 사용되는 가시광 LED를 사용하여 다양한 정보 통신 서비스를 부가적으로 제공할 수 있다. 본 논문에서는 가시광 RGB LED 전광판을 이용하여 가시광 정보 방송 시스템을 구현하여 실험적으로 검증하였다. 제작된 전광판은 1단 2열 구조이며, RGB LED 배열을 동시에 데이터 변조할 수 있도록 설계하였다. 전광판의 정보 전송 특성을 검증하기 위하여 비트오율을 측정할 결과 10 Mbps 전송 신호는 RGB LED를 전체 사용할 경우 에러 없이 5.6 m 이상 전송이 가능하였다. 전송 속도를 20 Mbps로 올릴 경우에는 비트오율 10^{-6} 기준으로 5.6 m까지 전송이 가능하였다. 전광판 기반 방송 시스템은 전광판의 규격이나 LED 종류에 따라 광원의 출력이 달라지므로 방송 성능은 달라지게 된다.

현 시스템은 전광판 전용 상용 LED를 사용하였으나, 통신용으로 설계된 LED로 대체한다면 전송 속도를 높이고 전송 거리를 증대시키는 것이 충분히 가능할 것으로 판단된다. 그리고 RGB LED에 동일한 정보가 아닌 각 색상에서 서로 다른 정보를 따라 변조한 후, 수신단에서 광필터를 통해 정보

를 선택적으로 수신할 수 있는 파장분할 다중방식 정보 방송 서비스도 고려할 수 있다.

향후 점차적으로 LED 전광판이 평판 LCD 디스플레이로 대체되면, LCD BLU LED를 데이터 변조하는 LCD BLU 기반 정보 방송 시스템도 출현할 것으로 예상된다.



- [1] G. Pang, C. H. Chan, and T. Kwan, "Tricolor light emitting diode dot matrix display system with audio output," *IEEE Trans. Ind. Applicat.*, vol. 37, pp. 534-540, 2001.
- [2] G. Pang, T. Kwan, C. H. Chan, and H. Liu, "LED traffic light as communication device", in *Proc. IEEE/IEEJ/JSAI Int. Conf. Intelligent Transport Syst.*, Tokyo, pp. 788-793, 1999.
- [3] G. Pang, "Information technology based on visible LEDs for optical wireless communications", *TENCON 2004*, vol.2, pp 395-398, 2004.
- [4] M. Akanegawa, Y. Tanaka, and M. Nakagawa. "Basic study on traffic information system using led traffic light", *IEEE transactions on intelligent transportation systems*, vol.2, no.4 pp. 197-203, 2001.
- [5] M. Wada, T. Yendo, T. Fujii, M. Tanimoto, "Road-to-vehicle communication using LED traffic light", *Intelligent Vehicles Symposium, 2005. Proceedings. IEEE*, pp. 601-606, June, 2005.

약 력



1997년 한양대학교 학사
1999년 한국과학기술원 석사
2003년 한국과학기술원 박사
2003년 ~ 현재 삼성전자 DMC연구소 책임연구원
관심분야: 가시광통신, 광가입자망, 통신공학

박 성 범

약 력



1996년 부산대학교 학사
1998년 코넬대학교 석사
1998년 삼성전자 통신연구소 선임연구원
2001년 TyCom Laboratory 선임연구원
2002년 ~ 현재 삼성전자 DMC연구소 책임연구원
관심분야: 광통신공학, 가시광통신

신 홍 석



1998년 성균관대학교 학사
2006년 성균관대학교 석사
1998년 ~ 현재 삼성전자 DMC연구소 책임연구원
관심분야: 무선영상전송, 가시광통신

최 정 석



1998년 한양대학교 학사
2000년 Texas A&M Univ. 석사
2005년 Texas A&M Univ. 박사
2005년 ~ 현재 삼성전자 DMC연구소 책임연구원
관심분야: 가시광통신, 광센서

이 경 우



1994년 한국과학기술원 학사
1996년 한국과학기술원 석사
2001년 한국과학기술원 박사
2001년 ~ 현재 삼성전자 DMC연구소 수석연구원
관심분야: 가시광통신, 광가입자망, 광통신공학

정 대 광



1987년 서울대학교 학사
1989년 한국과학기술원 석사
1993년 한국과학기술원 박사
1993년 ~ 1997년 삼성전자 반도체연구소 책임연구원
2002년 ~ 현재 삼성전자 DMC연구소 수석연구원
관심분야: 모바일기기, H/W집적기술

이 영 민