

가시광 무선 통신 기반의 응용 서비스 모델 개발 동향

황준호, 류디시, 유명식
승실대학교

요약

가시광 무선 통신 기술은 발광소자인 LED와 수광 소자를 이용한 차세대 무선 통신 기술로서 많은 관심을 받고 있다. 더욱이 최근들어 연구 초장기의 이론적 연구를 벗어나 실제 상용 모델에 대한 개발 및 구현 결과가 발표되고 있다. 이에 본 보고에서는 가시광 무선 통신 기반의 실내의 응용 서비스 모델 개발을 위한 최근의 연구 개발 동향을 소개한다.

I. 서론

가시광 무선 통신(Visible Light Communication ; VLC)은 발광 소자인 LED(Light Emitted Diode)를 이용한 빛의 통신 매체개로 한 차세대 무선 통신 기술로서, 최초의 이론적인 연구[1]가 발표된 지 약 10여년의 기간이 흘렀으며, 그간 IEEE 802.15.7 WG[2]을 통해 가시광 무선 통신 기술의 표준화 및 수많은 연구/개발되었다. 이러한 노력들을 토대로 실제 가시광 무선 통신 기술에 대한 상용화가 점차 현실화되고 있으며, 이는 LED 조명 장치의 사용 확대와 더불어 다양한 분야에 적극 활용될 수 있을 것으로 기대되고 있다. 더욱이 가시광 무선 통신 기술에 대한 물리 계층(Physical Layer)과 MAC 계층(Medium Access Control Layer)에 대한 표준안에 마련됨에 따라 가시광 무선 통신 기반의 상용화 제품들이 속속 등장할 것으로 기대되며, 향후 차세대 근거리 통신 기술로서 전 세계적으로 광범위한 기술 시장이 형성될 것으로 분석된다.

이에 본 고에서는 미래 환경에서 가시광 무선 통신 기술이 가장 활발히 활용될 수 있는 응용 서비스 분야에 대해 설명하고, 실제 응용 서비스 모델 구현을 통해 가능성을 확인한 최근의 연구 사례들을 중심으로 응용 서비스 모델 및 특징을 살펴보고자 한다.

본고의 구성은 다음과 같다. 먼저 2장에서는 가시광 무선 통신의 기술 발전을 토대로 고려할 수 있는 핵심 응용 서비스 적용 분야에 대해 서술하고, 3장에서는 최근 발표된 응용 서비스 기술 개발 현

황에 대해 정리하였으며, 마지막으로 4장에서 결론을 맺는다.

II. 가시광 무선 통신 응용 서비스

가시광 무선 통신 기술은 반도체 발광 소자인 LED를 이용하기 때문에 빛의 도달 영역에서만 통신이 가능하다는 특징을 가지고 있다. 또한 LED 조명을 이용하기 때문에 조명 장치가 항상 이용되는 실내 환경의 응용 서비스가 많은 부분을 차지하며, 실외의 경우 직진성이 매우 강한 차량 및 도로에서의 활용도가 매우 높을 것으로 기대된다. 이에 다음과 같이 가시광 무선 통신 기술에 대한 핵심 응용 분야를 선정하고, 이에 대한 특징을 정리하였다.

1. 스마트 빌딩/홈 (Smart Building/Home)

스마트 빌딩의 경우 LED를 이용한 경관 조명 및 실내 조명 시스템이 구축되어 있고, 이를 기반으로 스마트 미터링(Smart Metering)을 통한 전력 감소 및 근무자가 없는 사무실의 경우 자동적으로 조명을 제어하는 지능형 빌딩 관리 시스템을 구현할 수 있다. 또한 스마트 홈의 경우 <그림 1>과 같이 거실, 주방, 침실, 공부방 등에서 가시광 무선 통신 기술을 이용한 인터넷 서비스 제공이 가능하며, PLC와 결합되어 가정 내 전력 감시를 위한 스마트 그리드 시스템 적용을 위한 융합 연구도 함께 이루어질 수 있다.

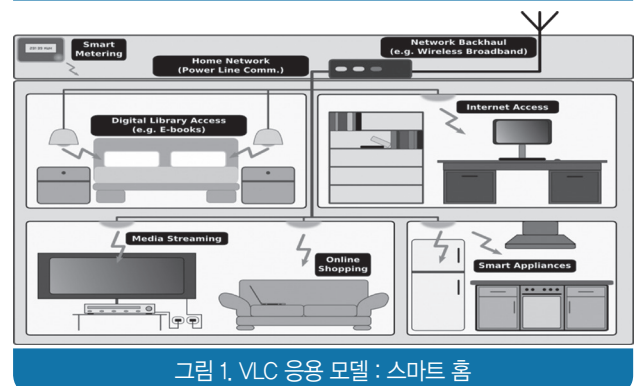


그림 1. VLC 응용 모델 : 스마트 홈

2. 병원 및 항공기 내부 통신

일반적으로 병원의 수술실이나 중환자실 그리고 항공기 내부에서는 RF(Radio Frequency) 신호를 발생시킬 수 있는 스마트 기기의 사용이 불가능하다. 이는 스마트 기기에게 발생하는 RF 신호가 환자의 관리 장비 및 항공 기기와의 간섭을 유발할 수 있기 때문이며, 이러한 간섭은 관리 장비의 신뢰성 저하와 오작동의 원인으로 작용하여 인명 및 경제적 피해를 야기한다. 하지만 가시광 무선 통신의 경우 해당 장비들이 사용하는 ISM 대역을 사용하지 않기 때문에 <그림 2>와 같이 기기간 통신 간섭없이 병원이나 항공기 내부에서도 사용자에게 편리한 인터넷 서비스 제공이 가능하다.

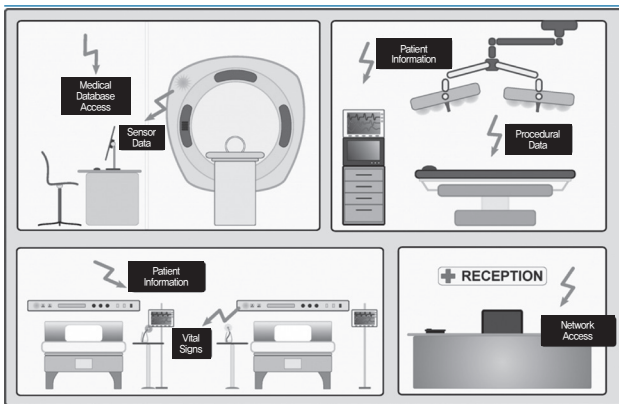


그림 2. VLC 응용 모델 : 병원

3. QR 코드 및 AR 마커

최근 근거리 환경에서 스마트폰을 이용한 광고 및 정보 전달 기술로 각광 받고 있는 기술이 QR 코드(Quick Response Code) 및 AR 마커(Augmented Reality Marker) 기술이다. 이러한 근거리 인식 기술은 스마트폰의 카메라로 촬영된 영상의 고유 패턴 인식을 통해 해당 정보의 홈페이지를 연결하거나 해당 제품의 정보를 전달하는데 매우 효율적이다. 하지만 QR 코드 및 AR 마커는 사람의 눈으로 해당 정보와 내용을 확인할 수 없기 때문에 보안상의 문제점을 가질 수 있다. 반면, LED를 이용한 전광판을 통해 코드를 생성할 경우 사용자에게 해당 광고의 정보를 눈으로 확인할 수 있을 뿐 아니라 코드 자체의 정보도 함께 전달할 수 있어 안전한 정보 전달이 가능하다.

4. 지능형 자동차

지능형 자동차는 IT 기술을 융합한 최첨단의 자동차로서, 자동차 자체의 첨단 시스템 도입은 물론 지능형 교통 시스템과의 연동을 통해 사용자 안전, 최적의 교통 정보를 제공하는 자동차로 정의할 수 있다. 따라서 차량 자체 통신 기술뿐 아니라 차량

과 도로 그리고 차량과 차량 간의 통신 방법이 적용되고 있다. 이중 가시광 무선 통신 기술은 차량 내 조명 장치로 활용되는 LED 실내등은 물론, LED 전조등, 후미등을 이용하여 차량간 통신을 통해 <그림 3>과 같이 차량 간 거리 인식을 통한 충돌 방지 기술, 주변 신호등 및 안내등을 이용한 교통 실시간 상황 정보 전달 등에 활용될 수 있다.

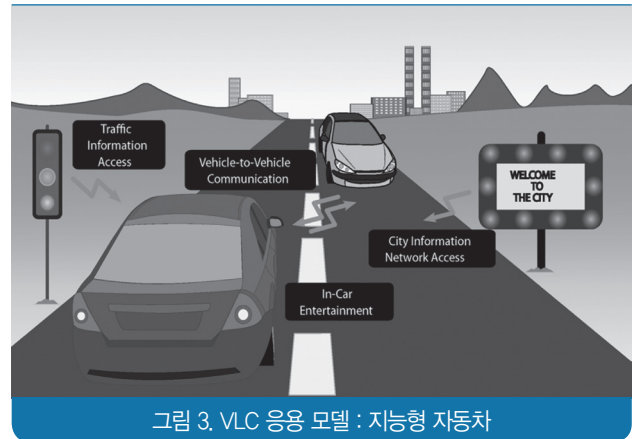


그림 3. VLC 응용 모델 : 지능형 자동차

5. 수중 근거리 통신 시스템

최근 해양 방위 산업 및 해양 레저 그리고 해양 조사등의 산업이 활성화됨에 따라 수중 환경에서도 수신호(Hand Signal)가 아닌 IT 기술을 적용한 통신 기술 개발이 요구되고 있다. 이에 따라 2011년 국토해양부를 통해 수중 무선 통신 네트워크 기술이 개발되었고, 현재 LIG 넥스원을 통해 상용화를 수행하고 있다[3]. 하지만 통신 속도가 수kbps에 불과하고, 비싼 개발 비용을 동반하기 때문에 해양 레저 및 해양 조사 환경에서 사용될 만큼 가격 경쟁력을 갖추기 위해서는 많은 시일이 소요될 것으로 분석된다. 하지만 가시광 무선 통신을 사용할 경우 수중 환경에서도 LED 손전등과 수신기를 이용한 근거리 음성 통신이 가능하고, 가격 측면에서도 경쟁력을 갖출 수 있어 그 활용 가능성이 매우 높다고 할 수 있다.

6. 실내 위치 기반 서비스

스마트폰의 보급과 더불어 위치 기반 서비스 (Location Based Service ; LBS)에 관심이 매우 높아지고 있다. 이러한 위치 기반 서비스를 제공하기 위해서는 사용자의 위치를 정확히 파악하는 것이 중요하다. 일반적으로 실외 통신 환경에서는 GPS(Global Positioning System) 기술을 이용한 측위 기술이 보편화되었으며, 이를 활용한 다양한 위치 기반 서비스가 활용되고 있다. 하지만 GPS는 실내 환경에서 활용될 수 없으며, 삼각 측량, 전파 지도 등의 다양한 측위 기법 등을 통해 사용자

의 위치를 측정하여야 하나 주파수 간섭, NLOS(Non Line of Sight), 동기화(Synchronization) 등의 문제로 인한 측위 정확도를 보장할 수 없다. 하지만 가시광 무선 통신을 활용한 실내 측위 기법을 사용할 경우 최대 1m 이내에서 최소 수 cm까지의 측위 성능 보장이 가능하며, 이를 토대로 다양한 위치 기반 서비스와의 연계가 가능하다.

Ⅲ. 각 응용 서비스별 데모 구현 동향

본 절에서는 앞서 설명한 가시광 무선 통신 시스템의 주요 응용 서비스 분야에 대한 실제 데모 구현 사례에 대해 국내외의 논문 및 발표 결과를 토대로 정리하였다.

1. 가시광 무선 랜 시스템 (LED 조명, LED 스탠드)

가시광 무선 랜 시스템(Visible Local Area Network ; VLAN)은 빌딩 및 집 그리고 병원이나 항공기 내부 등의 응용 서비스 환경에서 가장 빈번하게 활용될 수 있는 기술로서, 개발 환경도 LED 스탠드를 시작으로 LED 조명, 가로등에 이르기 까지 매우 다양하게 구성될 수 있다. 먼저 미국 LVX System사에서 개발한 VLAN 시스템[4]은 <그림 4>에서 보는 바와 같이 LED를 이용한 실내 조명 장치와 노트북과 연결할 수 있는 수신 모듈을 이용해 Wi-fi 기술을 대체 할 수 있는 VLAN 시스템으로 전송 거리 3m와 최대 전송속도 3Mbps급의 인터넷 서비스를 제공할 수 있다.

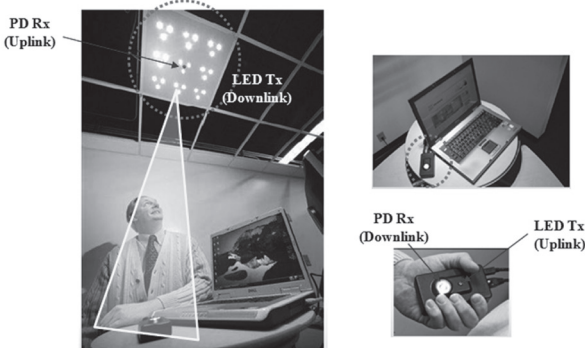


그림 4. 미국 LVX System 사의 VLAN 시스템

국내에서도 VLAN 서비스 제공을 위해 LED 스탠드를 이용한 통신 시스템을 개발하였다. <그림 5>에서 보는 바와 같이 LED 스탠드와 서버를 연결하고, 브로드캐스트 정보를 통해 노트북에 연결된 전용 수신기를 이용해 인터넷 서비스를 제공받을 수 있다. 이러한 LED 스탠드는 서재나 공부방 그리고 항공기 내부

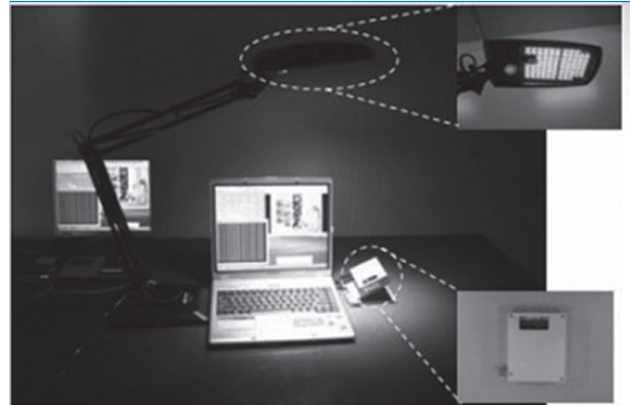


그림 5. 삼성전자의 LED 스탠드

등에서 효과적으로 사용될 수 있을 것으로 기대된다.

이와 더불어 2011년 일본의 Nakagawa Lab, Inc.에서는 근거리 음성 전송 서비스를 위한 가시광 무선통신 송수신 모듈을 개발하였다[5]. <그림 6>에서 보는 바와 같이 LED 조명용 송신 장치와 핸드형 스피커와 하단부의 수신기가 연결된 음성용 수신 장치를 개발하였다.

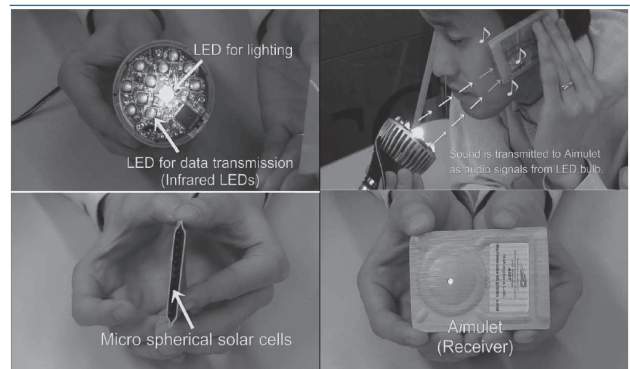


그림 6. 음성 통신용 VLAN 통신 모듈

2. LED 전광판을 이용한 QR 및 AR 마커 인식 시스템[6]

최근 일본의 토쿠시마 대학 (The university of Tokushima)에서는 블루투스 제어가 가능한 소형 헬기를 이용하여 LED 전광판(Panel)에 AR 마커 및 QR 코드 인식 시스템을 구축하고, 4m ~ 6m 높이에 촬영한 이미지를 토대로 해당 정보를 인식하는 실험 수행 결과를 발표하였다. <그림 7>은 실험 환경에 대한 개념도를 도시하고 있으며, <그림 8>은 실제 소형 헬리콥터를 이용한 성능 평가 상황을 촬영한 것이다. 그 결과 그림 9에서 보는 바와 같이 CV로 표시되는 AR 마커 영상과 QR 코드 패턴을 정확히 인식할 수 있었으며, AR 마커의 경우 약 90% 이상의 인식률을 제공하였으며, QR 코드의 경우 약 55% 정도의 인식 성공률을 나타내었다.

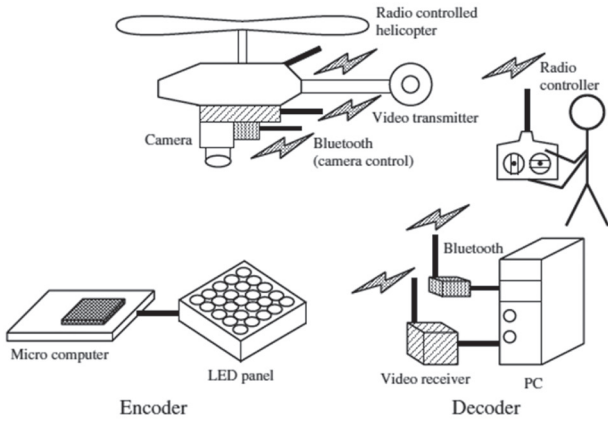


그림 7. 가시광 무선 통신을 이용한 QR 코드 및 AR 마커 인식 시스템 구성도

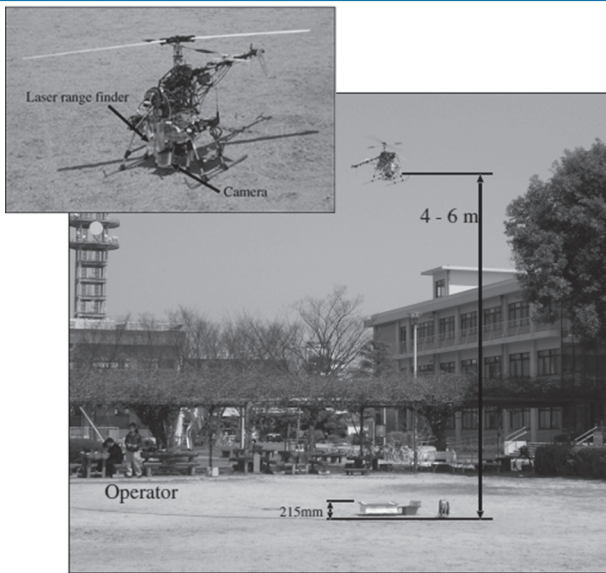
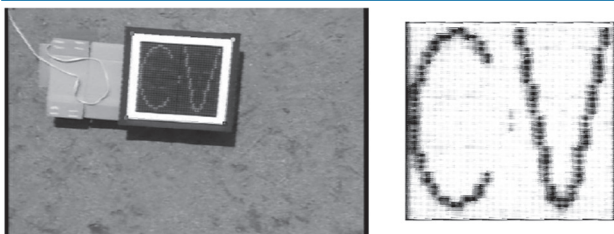
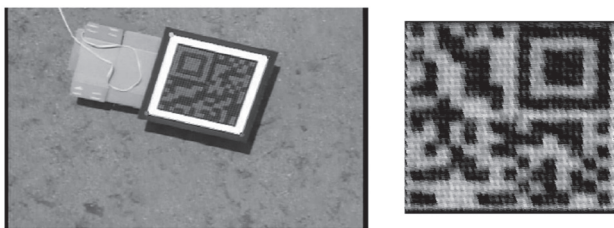


그림 8. 실험 환경



(a) AR 마커 인식 결과



(b) QR 코드 인식 결과

그림 9. 촬영 결과

〈그림 9〉는 LED 전광판과 실제 촬영된 이미지 영상을 비교한 것이다.

3. 차량 LED 조명을 이용한 차량 간 통신 시스템[7]

최근 국내의 연세대학교에서는 차량용 LED 전조등(Head Light)과 LED 후미등(Tail Light)을 사용해 CAN(Controller Area Network) 통신과 가시광 무선 통신을 이용한 차량간 통신 성능 시연 결과를 발표하였다. 〈그림 10〉에서 볼 수 있듯이 차량 전조등 내부에 가시광 무선통신용 송신기를 설치하고, 전조등 옆에 수신기를 설치하였다. 이와 마찬가지로 후미등 내부에 송신기와 수신기를 설치하여 양방향 통신이 가능한 가시광 무선 통신용 자동차 조명 장치를 구현하였다.

이를 기반으로 〈그림 11〉과 같이 차량과 차량간 통신의 가능성을 분석하기 위해 약 20m의 거리를 두고 통신 성능을 분석하였다. 그 결과 외부 햇빛의 영향으로 인해 Q-factor가 낮아지는 현상을 보였으나 전조등과 후미등의 전면부에 광 렌즈 설치할 경우 가시성의 증가로 인해 보다 안정적인 데이터 전송이 가능함을 확인하였다.

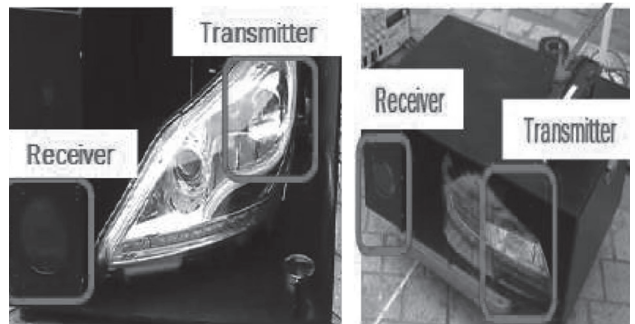


그림 10. VLC용 차량 전조등 및 후미등

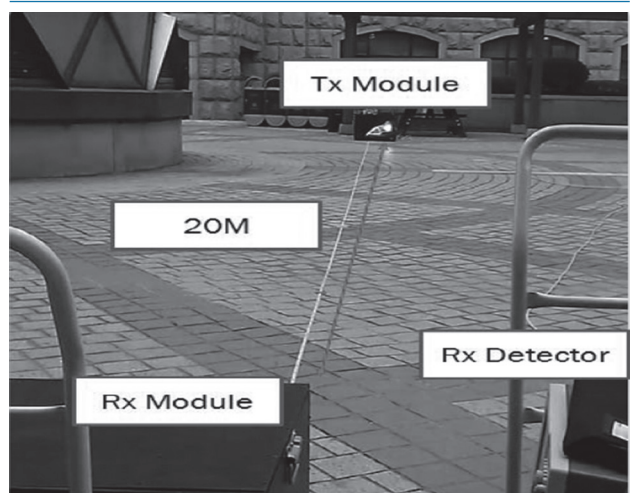


그림 11. VLC 차량간 통신을 위한 실험 환경

4. 다이버용 가시광 스마트 마스크 및 수중 양방향 통신 시스템[5]

일본의 Nakagawa Lab, Inc.은 가장 활발하게 가시광 무선 통신 응용 서비스 개발이 앞장서고 있으며, 특히 수중 환경에서도 가시광 무선 통신 기술의 적용 사례 및 이와 관련한 응용 서비스 개발을 위한 연구를 시도하고 있다. 이중 해양 레저 환경에서 매우 활용성이 높을 것으로 분석되는 가시광 무선 통신 기술을 이용한 가시광 스마트 마스크와 수중 양방향 통신 기술에 대해 소개하고자 한다.

먼저, <그림 12>는 해양 레저 중에서 스킨스쿠어다이빙 (Skin-scuba Diving)에서 다이버간 통신을 위해 수신호가 아닌 음성 통신용 가시광 스마트 마스크 구성도 및 활용 그림이다. 그림에서 보는 바와 같이 마이크와 휴대용 LED 손전등을 이용해 물속 환경에서도 음성 데이터를 송신할 수 있는데, 손전등에 결합된 수신기와 골전도 이어폰을 통해 음성 데이터를 수신하는 구조를 가지고 있다. 또한 스마트 마스크는 수중 환경에



그림 12. 다이버용 가시광 스마트 마스크



그림 13. 수중 양방향 통신 시스템[5]

서 다이버 간의 통신을 물론 물위에 떠있는 배와의 다이버 간의 통신 시스템도 지원할 수 있는 특징을 가지고 있다.

이와 더불어 스마트 마스크 보다 수중 환경에서 통신 속도와 통신 거리를 향상시키기 위한 연구도 진행되고 있다. <그림 13>은 양방향 통신이 가능한 가시광 무선 통신 송수신 모듈을 이용해 외부 인터넷과 연결하고, 데이터 전송 시 수중 환경을 가정한 실험 환경이다. 그림에서 보는 바와 같이 양방향 통신 방향에 수조를 설치하고, 물속에서 빛의 분산을 방지하기 위해 렌즈(Lens)를 이용해 빛의 집광 능력을 향상시켜 인터넷 서비스가 가능한 실험 결과를 볼 수 있다.

5. VLC 기반의 실내 측위 기법 및 네비게이션 시스템

실내 환경에서 가시광 무선 통신을 이용할 경우 기존 RF 신호를 이용한 측위 기법에 비해 매우 높은 측위 정확도를 제공할 수 있다. 특히 가장 간단하게는 Cell-ID와 유사하게 LED 조명마다 ID를 부여하고 해당 ID를 수신하는 영역내에서 측위하는 기법이 있는데, 이는 가시광 무선 통신의 통신 영역이 해당 LED의 발광 영역과 동일하다는 특성을 이용한 것이다[8]. 이와 더불어 보다 정밀한 측위를 위해 현재 가시광 무선 통신 환경에서 가시광 무선 통신 측위 기법들에 대한 연구가 진행되고 있다 [9][10][11].

이와 관련하여 2012년 일본 Nakagawa Lab, Inc.에서는 스마트폰의 이어폰 인터페이스에 가시광 수신 모듈을 직접 연결하여 가시광 무선 통신을 이용한 위치 기반 서비스 제공이 가능한 응용 서비스 모델을 개발하였다. <그림 14>에서 보는 바와 같이 LED 수신 장치를 스마트폰에 연결하면, 박물관이나 미술관 등의 전시품 소개 및 백화점 입구 등에서 쿠폰 발생이나 상품 소개문과 같은 서비스를 스마트폰을 통해 제공받을 수 있다.

이와 더불어 2012년 일본의 게이오 대학에서는 시각 장애인이나 노인들의 복잡한 실내 환경에서 길안내 서비스를 제공할 수 있는 응용 서비스 모델을 개발하였다.



그림 14. LED-ID를 이용한 위치 기반 서비스

〈그림 15〉는 장애인용 길안내 시스템의 개념도를 도시하고 있는데, 그림에서 보는 바와 같이 LED ID를 이용해 해당 위치의 정보를 사용자 수신기(스마트폰)로 전송하고, 수신 장치와 헤드폰(Headphone)을 연결하고 사용자에게 현재의 위치와 목적지까지의 진행 방향 등을 음성을 통해 전달하는 구조를 가지고 있다. 이에 대한 실제 개발 모듈은 〈그림 16〉과 같다.

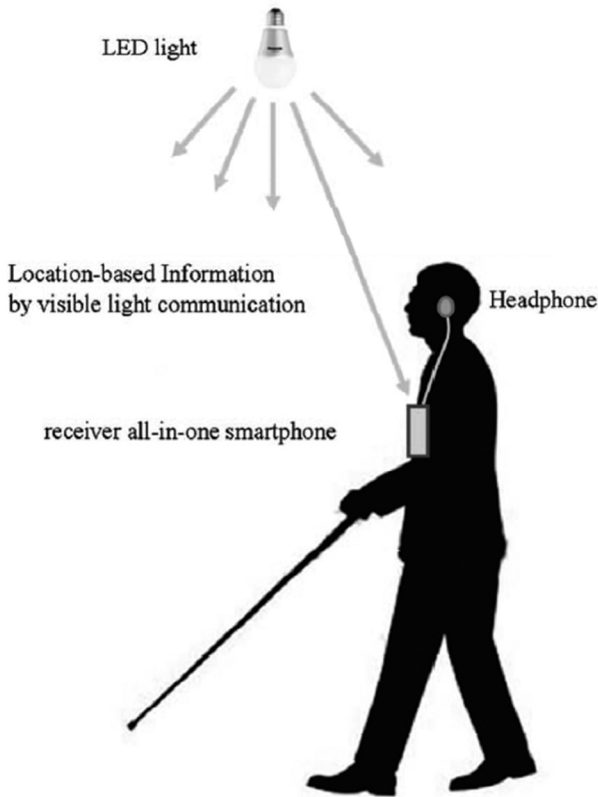


그림 15. 실내 길안내 서비스 개념도

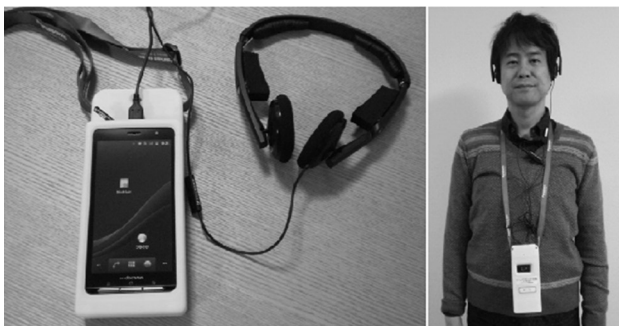


그림 16. 길안내 개발 모듈

이러한 시각 장애인 실내 길안내 시스템을 토대로 6명의 50~70대사이의 시각 장애인(Blind) 및 저 시력자(Low Vision)를 토대로 실험한 결과 사용자 보행에 따른 스마트폰의 흔들림이 발생하여 수신 오차율이 증가하였으나 스마트폰을 고정할 경우 매우 정확한 측위 신호의 수신에 가능하였다. 이와 더불어

실험 대상에 대한 인터뷰를 통해 해당 시스템의 만족도가 매우 높은 것을 확인할 수 있었다.

IV. 결론

가시광 무선 통신 기술은 근거리 환경에서 LED 조명과 수광 소자를 이용한 차세대 무선 통신 기술이다. 특히 저탄소 녹색 성장 운동의 일환으로 전세계적으로 LED 조명의 사용의 권장하고 있기 때문에 LED 조명 장치 인프라를 비단 조명 장치뿐만 아니라 통신 기술의 접목을 통한 가시광 무선 통신 기술의 적용 환경에 매우 다양해 질 것으로 기대된다. 이에 본 고에서는 가시광 무선 통신 기술을 활용할 수 있는 응용 서비스 모델과 주요 개발 사례를 중심으로 한 연구 결과들을 소개하였다. 그 결과 가시광 무선 통신 기술이 기존 무선 통신 기반의 응용 서비스를 보완할 수 있으면서 독창적인 응용 서비스 모델을 창출할 수 있을 것으로 기대된다.

참고 문헌

- [1] Y. Tanaka, T. Komine, S. Haruyama and M. Nakagawa, "Indoor Visible Light Data Transmission System Utilizing White LED Lights," IEICE Trans. Communication, E86-B, pp. 2440-2454, 2003
- [2] IEEE Standard Association, "IEEE Std. for Local and metropolitan area networks-Part 15.7: Short-Range Wireless Optical Communication Using Visible Light," IEEE computer Society, Sept. 2011.
- [3] 국토해양부 해양정책국 해양영토개발과, "세계최고 수준 수중 무선통신 네트워크 기술 개발," 한국개발연구원 연구결과 보고서, 2011년
- [4] <http://www.lvx-system.com/>
- [5] <http://www.naka-lab.jp/>
- [6] Ukida, H., et, al., "Visual Communication Using LED Panel and Video Camera for Mobile Object," In proc. of IEEE conference on Imaging Systems and Techniques (IST), pp. 321-326, Jul. 2012.
- [7] Deok-Rae Kim, et, al., "Outdoor Visible Light Communication for inter-vehicle communication using Controller Area Network," In proc. of Fourth

International conference on communications and electronics (ICCE) , pp. 31-34, Aug. 2012.

- [8] TTAK,KO-10.0290, “가시광 무선통신 조명의 위치 정보 제공 기본 구조,” 2008년 12월
- [9] 황준호, et. al., “가시광 무선 통신을 이용한 LBS 서비스 및 위치 측정 기술 동향,” 한국통신학회지(정보와통신), vol. 28, no.12, pp.61-68, 2011년 11월
- [10] 황준호, 유명식, “가시광 무선 통신을 이용한 TDoA 기반 실내 측위 시스템에서 파일럿 신호 인식 방식에 따른 측위 성능 분석,” 한국통신학회 논문지, vol. 37, no.9, pp.787-794, 2012년 9월
- [11] S. Y. Jung, et. al., “TDOA-based optical wireless indoor localization using LEd ceiling lamps,” IEEE Trans. on Con. Elec., vol. 57, no. 4, Apr. 2011.
- [12] Madoka Nakajima, et. al., “Indoor navigation system for visually impaired people using visible light communication and compensated geomagnetic sensing,” In proc. of IEEE International Conference on Communications in China (ICCC), pp. 524 - 529, Aug. 2012.

약 력



황 준 호

2004년 송실대학교 정보통신전자공학부 학사
2006년 송실대학교 정보통신전자공학부 석사
2006년~현재 송실대학교 정보통신전자공학부
박사과정

관심분야: Optical Access Network,
Wireless MAC Protocol,
Visible Light Communication,
Wire/Wireless Fieldbus System



류 디 시

2011년 호남대학교 정보통신공학부 학사
2011년~현재 송실대학교 정보통신전자공학부
석사과정

관심분야: Visible Light Communication



유 명 식

1989년 고려대학교 전자공학과 학사
1991년 고려대학교 전자공학과 석사
2000년 SUNY at Buffalo Dept. of EE 박사
2000년~현재 송실대학교 정보통신전자공학부
부교수

관심분야: OBS, EPON, Wireless MAC Protocol,
MANET, RFID/ USN, CR,
Visible Light Communication,
Wire/Wireless Fieldbus System