

LED 전광판과 스마트폰을 이용한 AR 마커인식 기반의 URL 연결 서비스 플랫폼 구현

박근원*, 황준호*, 유명식^o

Implementation of URL Connecting Application Service Platform Based on Recognition of AR Marker Using LED Panel and Smartphone

Kunwon Park*, Junho Hwang*, Myungsik Yoo^o

요 약

스마트폰 활성화에 따라 모바일 마케팅의 활용성이 점차 증가하여 QR 코드나 증강현실의 AR 마커를 이용한 스마트폰 응용 서비스가 많은 관심을 받고 있다. 더욱이 옥외 광고의 형태가 LED 전광판으로 전환되면서 가시광 무선 통신 기술을 이용하여 모바일 마케팅 활용에 대한 시도가 이루어지고 있다. 이에 본 논문은 가시광 무선 통신 기술을 이용하여 LED 패널과 스마트폰 카메라를 이용하여 AR 마커 기반의 URL 연결 응용 서비스를 구현하였다. 이러한 구현 결과를 토대로 응용 서비스 실행을 위한 서비스 연결에 소요되는 시간 및 성공률에 대한 성능을 분석하였다.

Key Words : visible light communication, android, AR maker, OOK modulation, application

ABSTRACT

As the mobile marketing through the smartphone has gradually increased, the smartphone application services using the AR marker, QR codes and augmented reality have attracted much attention. Furthermore the outdoor advertising is migrated to LED signage, which brings the visible light wireless communication technologies to the trial for mobile marketing. In this paper we present the implementation of AR marker-based URL access application services through smartphone camera using visible-light wireless communication technologies. We analyze the performance of the implemented system in terms of connection time and success rate.

I. 서 론

최근 스마트폰의 보급이 급격히 증가함에 따라 모바일 마케팅의 활용이 매우 다양해지고 있다^[1,2]. 특히 QR 코드나 AR 마커는 스마트폰을 이용하여 기존의

홍보 방법 보다 사용자에게 친화적인 서비스 제공이 가능하다.

현재 가장 대중화된 마케팅의 형태는 광고할 대상의 정보를 옥외 광고판이나 광고, 전단지 등을 이용하는 것이다. 하지만 디지털 미디어 광고 시장의 증가함에

※ 이 논문은 미래창조과학부 및 정보통신산업진흥원의 IT융합 고급인력과정지원사업의 연구결과로 수행되었음
(NIPA-2013-H0401-13-1004)

♦ 주저자 : 송실대학교 정보통신전자공학부 통신망 설계 및 분석 연구실, park7mm@nate.com, 학생회원

° 교신저자 : 송실대학교 정보통신전자공학부 통신망 설계 및 분석 연구실, myoo@ssu.ac.kr, 중신회원

* 송실대학교 정보통신전자공학부 통신망 설계 및 분석 연구실, jhwang@ssu.ac.kr, 정회원

논문번호 : KICS2013-04-169, 접수일자 : 2013년 4월 9일, 최종논문접수일자 : 2013년 7월 31일

따라 광고판의 형태가 단순히 출력물의 정보를 일방적으로 전달하는 것이 아니라 소비자와의 양방향 소통이 가능한 통신 매체나 IT 기기를 이용하는 형태로 발전하고 있다. 특히 LED 패널(Panel)을 이용해 글자의 자유로운 변환이 가능하며, 그림과 다양한 색상을 함께 이용할 수 있는 LED 전광판에 대한 수요가 급증하고 있다.

최근 들어 이러한 LED 전광판은 단순히 마케팅의 수단뿐만 아니라 LED 전광판을 구성하는 LED 패널을 무선 통신 장치로 사용하는 가시광 무선 통신 기술(Visible Light Communication; VLC)과의 접목을 위한 시도가 이루어지고 있다^[3,4]. [3]에서는 LED 전광판에서 표시할 수 있는 색상에 따른 전송 속도와 전송 거리에 따른 성능을 분석 하였으며, [4]에서는 LED 패널을 이용하여 생성한 QR 코드와 AR 마커(Maker)의 인식 정확도를 4 ~ 6m 높이에서 소형 헬리콥터와 비디오 카메라를 이용하여 분석하였다. 그 결과 약 50%의 QR 코드 성공률과 약 90%의 AR 마커 인식을 확보하였다.

이와 같은 LED 패널을 이용한 가시광 무선 통신 기술에 대한 접속 시도는 광고 매체의 활용 방안을 더욱 확대시킬 수 있는 기회로 작용할 수 있을 것으로 사료되며, 이에 본 연구에서는 가시광 무선 통신이 가능한 LED 패널을 이용해 AR 마커를 생성하고, 이를 토대로 스마트폰의 카메라를 이용하여 응용 서비스를 연계할 수 있는 서비스 플랫폼을 구현하였다.

본 논문에서 구현한 응용 서비스 플랫폼은 LED 송신부와 스마트폰 수신부로 구성되는데, 송신부는 LED 패널을 이용해 AR 마커를 표시하고 발광되는 LED 소자에 OOK(On-Off Keying) 변조^[5]를 적용하여 데이터를 전송한다. 수신부의 경우 스마트폰 카메라로 촬영된 AR 마커의 형태에 따른 코드 인식 테이블을 토대로 글자를 인식한 후 해당 글자의 조합을 이용해 URL을 생성한다. 이후 스마트폰 내에서 추출한 URL을 이용해 홈페이지에 접속한다.

이와 같은 개발 서비스 플랫폼에 대한 상세한 설명을 위한 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 구현 응용 서비스 플랫폼 구조 및 개발 환경에 대해 상세히 설명하고, 3장에서는 실제 개발된 응용 서비스 플랫폼의 동작 및 서비스 실행에 따른 성능을 분석한다. 마지막으로 4장에서는 결론 및 향후 연구 계획을 설명한다.

II. 응용 서비스 플랫폼 구조

본 장에서는 앞서 설명한 스마트폰 기반의 응용 서비스 플랫폼 개발을 위해 구현한 송신부와 수신부 그리고 스마트폰 응용 서비스 SW 구조에 대한 상세한 설명을 한다. 이를 위해 먼저, LED 패널을 통해 데이터 전송을 위해 구현된 송신부 구조와 스마트폰 기반의 수신부 구조를 순차적으로 설명한다.

2.1. 송신부 구조 및 개발 환경

본 논문에서 구현한 송신부는 그림 1과 같이 제어 PC와 LED 드라이버 그리고 LED 패널로 구성된다. 먼저 제어 PC의 경우 표시하고자하는 AR 마커를 생성해서 LED 드라이버에게 제공하는 역할을 담당하며, LED드라이버의 경우 수신된 AR 마커에 따라 각 LED 패널의 ON/OFF를 결정하는 역할을 담당한다. 마지막으로 LED 패널은 LED 드라이버에 지시에 따라 AR 마커를 표시하는 기능을 담당한다.

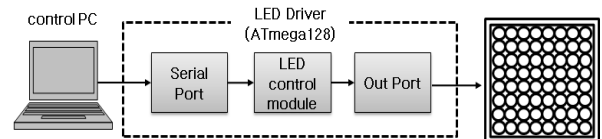


그림 1. LED 패널을 이용한 송신부 구조
Fig. 1. Structure of Transmitter using LED Panel

이와 같은 송신부 개발을 위해 본 논문에서는 6cm²의 크기를 가지며, 8×8 배열로 64개의 LED 소자를 장착한 LED 패널을 사용하여 5×4 배열(30cm × 24cm)로 구성하여 총 1280개의 LED 소자를 통해 AR 마커를 표시할 수 있는 LED 패널을 제작하였다. 이러한 LED 패널의 변조 기법 및 AR 마커 표시를 위한 LED 드라이버는 Atmega128^[6]을 사용하였으며, 제어 PC는 AVR studio 4.0 개발툴^[6]을 이용하여 LED 드라이버 SW를 개발하였다. 그림 2는 본 논문에서 개발한 LED 패널의 개발 회로도를 도시하고 있다.

2.2. 수신부 구조 및 개발 환경

앞서 설명한 송신부 구조를 기반으로 수신부는 그림 3과 같이 스마트폰에 내장된 카메라를 이용한 AR 마커 촬영과 수집된 영상에 대한 프레임 분할 그리고 패턴 인식 및 데이터 추출 모듈 등을 거쳐 최종적인 서비스를 실행하는 구조를 가지고 있다. 이에 보다 자세한 수신부의 구조 및 개발 환경을 설명하면 다음과 같다.

먼저 본 연구에서 사용한 스마트폰은 안드로이드

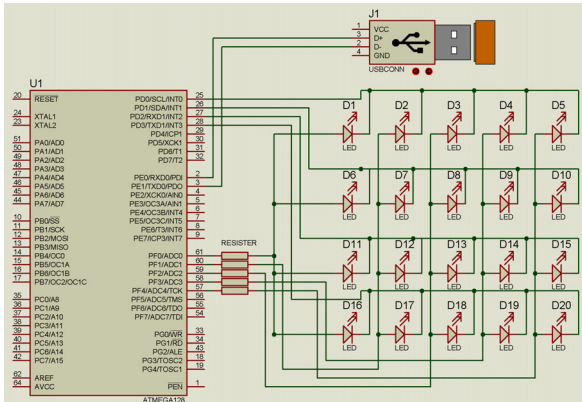


그림 2. 송신부 개발 회로도
Fig. 2. Development Transmitter Circuit

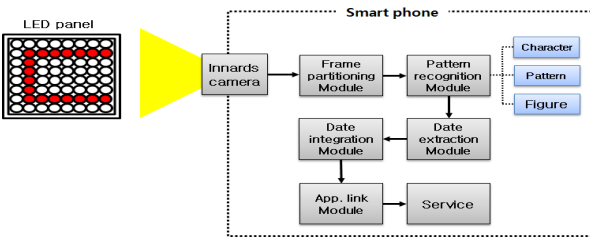


그림 3. 스마트폰을 이용한 수신부 구조
Fig. 3. Structure of Receiver using Smartphone

OS를 기반으로 운용되며, 내장 카메라는 500만 화소의 CMOS 이미지 센서를 사용한다. 이러한 내장 카메라를 통해 촬영된 LED 패널은 프레임 분할 모듈에서 평균 8 FPS(Frame Per Second) 속도로 프레임을 분할하고, 패턴 인식 모듈을 통해 분할된 프레임의 형태를 분석한다.

이후 OOK 변조 기법을 통해 전송된 비트열을 데이터 추출 모듈에 저장한 데이터 매칭 테이블(Data Matching Table)을 이용하여 데이터를 추출하고, 응용 서비스 연결을 위한 데이터 통합 모듈에서 해당 데이터를 조합한다. 이어 조합된 데이터의 형태가 URL인지, 데이터 파일인지 등을 App. 연결 모듈에서 처리한 후 해당 서비스를 실행하는 구조를 가지고 있다. 이때 데이터 매칭 테이블은 표 1과 같이 6비트의 이진 값과 변환 값의 매칭을 통해 구성되며, 송신기와 수신기가 동일한 매칭 테이블을 사용한다.

표 1. 데이터 매칭 테이블
Table 1. Data Matching Table

Binary Code	Matching Code
000000~011001	a ~ z
011010~100011	0 ~ 9
100100	.
100101	/

이와 같이 본 논문에서 개발한 송신부와 수신부의 개발 환경에서 대한 상세 스펙을 표 2와 같이 정리하였다.

표 2. 응용 서비스 상세 개발 환경
Table 2. Developmental Environments of Application

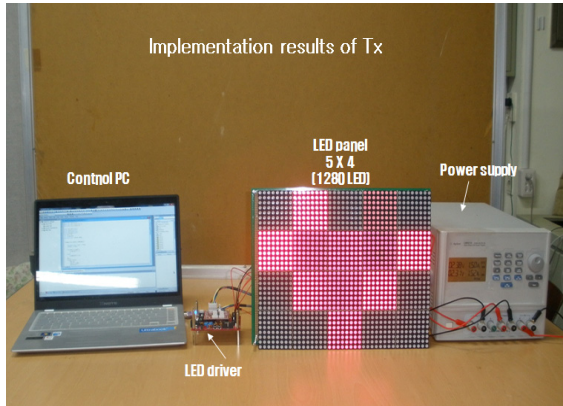
	item	standard
Tx	control PC OS	laptop (Windows xp)
	LED driver	Atmega128 (8bit MCU)
	LED panel arrange	5 × 4 (1280 LED)
	LED panel size(cm)	Width 30 × height 24
	Power supply [W]	LED panel - 3 LED driver - 5
Rx	Galaxy Note 10.1	
	OS	Android 4.1.2 jellybean
	CPU	1.4 GHz Quad-Core
	camera	500million pixel CMOS
	memory	2GB(RAM)
	FPS(min ~ max)	7.8 ~ 11
SW	Avr studio	ver 4.5
	eclipse	ver Juno
	Android development	Andriod sdk

III. 응용 서비스 플랫폼 구현 결과

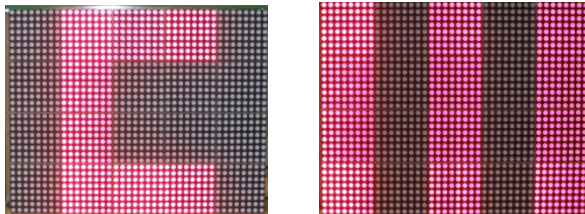
본 논문에서 구현한 응용 서비스 플랫폼은 LED 전광판과 스마트폰의 이미지 센서를 이용한 카메라를 이용한 새로운 형태의 가시광 무선 통신 기술을 사용하며, 이를 통한 데이터 송수신을 위해 다음과 같이 송신기와 수신기를 설계/구현하였다. 이에 본 장에서는 송신기와 수신기 구현 결과와 서비스 시나리오 단계에 맞춰 실행한 응용 서비스의 실험 결과를 설명한다.

3.1. 송신기 구현 결과

본 논문에서 구현한 LED 전광판 송신기는 그림 4(a)와 같이 제어 PC와 LED 드라이버 그리고 LED 전광판으로 구성되며, LED 전광판은 그림 4(b)와 같이 글자, 패턴, 도형의 세가지 형태로 AR 마커를 표시할 수 있다. 이때 LED 전광판은 OOK 변조 기법을 사용하기 때문에 1 FPS당 1비트를 전송한다. 따라서 평균 8 FPS의 성능을 가진 CMOS 수신기를 고려하여 상위 6 FPS 구간에는 데이터 비트열을 전송하고, 하위 2 FPS LED 전광판의 깜빡임을 최소화하기 위해 ON 신호를 전송한다.



(a) 송신기 구현 결과



(a) 글자(Character - C자) (b) 패턴(Pattern-줄무늬)



(c) 도형 (Figure-하트)

그림 4. 구현한 송신부 및 AR 마커 형태
Fig. 4. Implemented Transmitter and AR marker Type

3.2. 수신기 구현 결과

본 논문에서 개발한 수신기는 스마트폰에 내장된 CMOS 이미지 센서를 이용하며, 앞서 그림 3에서 설명한 수신기 기능을 처리할 수 있는 스마트폰 앱(App.)을 개발하였다. 본 논문에서 개발한 앱은 그림 5와 같이 4단계의 기능을 통해 수신기의 역할을 수행한다.

- Home 모드 : 앱 실행 시 초기화 기능 담당
- Start 모드 : 촬영된 영상을 분할하는 기능을 담당하며, 분할된 프레임을 데이터 추출 모듈로 전달하는데, 일정시간이 지나면 자동으로 전달함 (이때 일정 시간은 프레임 분할을 위해 사용되는 OpenCV^[8] 변수를 통해 설정 가능함)
- Analysis 모드 : 개발 수신기의 가장 핵심 모듈로서 데이터 추출 및 통합 그리고 서비스 연결 기능을 수행함

- DB-delete 모드 : Start 모드에서 생성된 데이터를 삭제시킴

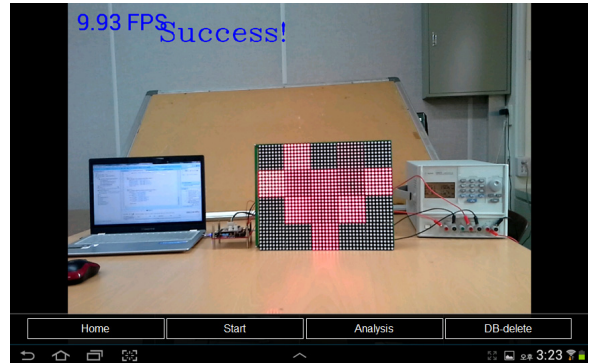


그림 5. 수신기의 앱 실행 화면
Fig. 5. Execution Screen of Receiver App

IV. 성능 분석

본 논문에서 구현한 LED 패널 기반의 응용 서비스의 서비스 실행 결과를 분석하기 위해 표 3과 같은 서비스 실행 환경을 구성하고 이에 대한 성능을 분석하였다.

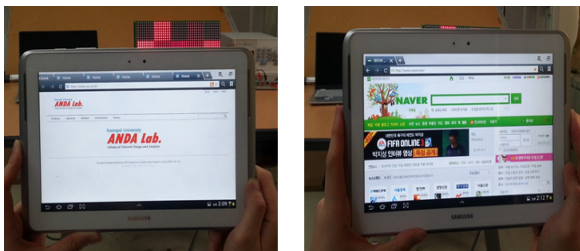
표 3. 실험 환경
Table 3. Experimental Environments

Variable	value
AR Maker Type	Figure(Heart)
distance	1m
URL address	9 ~ 14 character
Number of repetition	10 times
Sampling of OpenCV	1,100 ~ 7,700

이를 보다 자세히 살펴보면, 성능 분석을 위한 실험 환경은 도형 기반의 AR 마커를 고려하였으며, LED 전광판과 수신기는 약 1m 거리에서 성능을 측정하였다. 이와 더불어 사용자에게 제공되는 서비스는 URL 연결 서비스를 고려하였고, URL의 글자 수는 9 ~ 14사이의 URL 주소를 사용하였다. 또한 각 실험의 반복회수는 총 10회씩을 고려하였으며, OpenCV^[7] 내 샘플링 수는 1,100 ~ 7,700로 설정하였다. 이때 샘플링 수는 하나의 프레임에서 산출되는 해상도 정보의 수를 의미한다. 이를 보다 상세히 설명하면, 한 프레임의 0과 1을 구분하기 위해서는 최소 15개의 해상도 정보가 필요한데, 본 논문에서 구현한 시스템의 경우 여덟 개의 프레임(6 프레임 : 데이터, 2 프레임 : 항상 ON)을 통해 1 글자를 인식하기 때문에 글자당 약 120개의 해상도 정보가



(a) LED 패널 촬영 화면



(b) URL 연결 서비스 실행 결과

그림 6. 실험 결과 (스마트폰 촬영 및 서비스 실행)
Fig. 6. Experimental Results

필요하고, 9자를 모두 인식하기 위해서는 최소 1,100개의 샘플링 정보가 요구된다. 또한 실험 환경에서의 외부 햇빛은 차단하고, 4개의 형광등이 4m 높이에서 존재하는 실험 환경에서 촬영하였기 때문에 외부 조명에 의한 신호 검출 오류는 없다고 가정하였다.

이와 같은 실험 환경을 토대로 그림 6은 수신기에서 URL 서비스까지 연결되는 실험 결과를 도시하고 있는데, 그림 6(a)는 스마트폰 환경에서 LED 패널을 촬영한 것이며, 6(b)는 수신된 URL 정보를 토대로 해당 홈페이지 연결 서비스가 완료된 후 상태를 촬영한 것이다. 이때 실험 환경은 도형 기반의 AR 마커와 14 글자 수를 가진 URL(anda.ssu.ac.kr)과 9개의 글자 수를 가진 URL(naver.com)을 사용하였다.

그림 7은 앞서 그림 6에서 설명한 실험 환경에서 OpenCV의 샘플링 수 변화에 따른 서비스 연결 소요되는 시간을 측정하여 이 때 사용한 URL은 9 글자로 구성되었다. 그림에서 보는 바와 같이 샘플링 수가 가장 낮은 1,100에서는 총소요시간이 10.8초가 소요되었는데, 이는 데이터 수신에 소요된 9초의 시간과 나머지 1.8초는 서비스 실행을 위해 데이터 처리 모듈 등에서 소요되는 시간으로 분석된다. 또

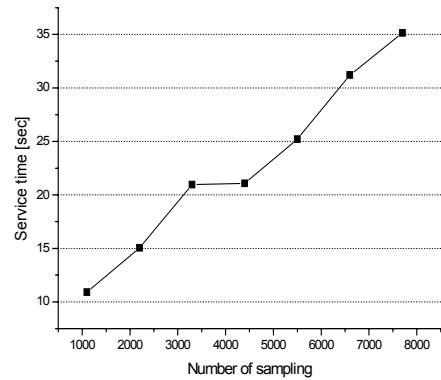


그림 7. 샘플링 수 변화에 따라 서비스 소요 시간
Fig. 7. Service Time with Changing Number of Sampling

한 샘플링 수를 증가하면서 서비스 요소시간을 측정한 결과 샘플링 수에 비례하게 소요되는 시간이 증가하는 것을 볼 수 있다.

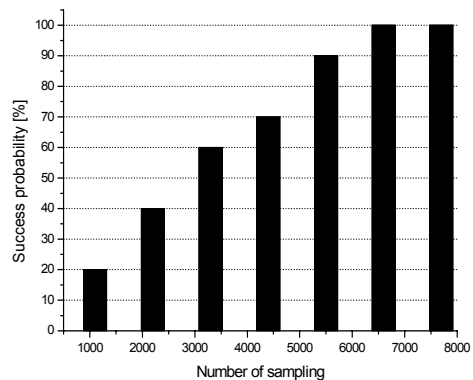


그림 8. 샘플링 수 변화에 따라 서비스 성공률
Fig. 8. Success Probability with Changing Number of Sampling

따라서 샘플링 수의 증가는 자칫 서비스 사용자의 대기 시간을 증가시켜 만족도를 저하시킬 수 있기 때문에 각 샘플링에 따른 성공 확률을 토대로 적절한 샘플링 수 값을 설정하는 것이 중요하다. 이를 위해 그림 8에서는 샘플링 수 변화에 따른 서비스 성공 확률을 도시하고 있다.

그림에서 보는 바와 같이 샘플링 수가 가장 적은 환경에서는 서비스 소요 시간을 가장 짧으나 성공률이 가장 낮게 나타나는 것을 볼 수 있다. 하지만 서비스 소요 시간이 약 25초가 소요되는 5,500의 경우 90% 이상의 서비스 성공 확률을 제공하는 것으로 분석된다. 이는 1,100 ~ 3,300까지는 한 개의

URL을 처리할 수 있는 프레임들의 해상도 정보를 이용해 글자를 판별하는 반면, 4,400 ~ 6,600까지는 두 개의 URL 처리가 가능한 프레임들을 조합하고, 각 해상도 위치를 비교하여 보다 정확한 글자를 도출한다. 7,700 이상의 경우 세 개의 URL 처리가 가능한 프레임들의 데이터를 비교하여 비트 열을 산출하기 때문에 100% 정확한 글자 인식이 가능하여 서비스의 실패가 발생하지 않는 것으로 분석된다.

이와 같은 LED 전광판과 스마트폰을 이용한 URL 연결 응용 서비스 개발 과정에서 실제 상용 서비스로 이어지기 위해서는 현재의 서비스 제공 속도를 향상시키는 것이 가장 중요하다. 즉, 본 논문에서 구현한 실험 환경을 통해 도출된 100%의 성공률을 가진 URL 서비스 연결에 소요되는 약 30초 정도의 대기 시간으로는 실상용 서비스에 적용하기에는 매우 어렵다. 이러한 상용 서비스 개발의 가능성을 타진하기 위해서 다음과 같은 송신부와 수신부 관점에서 다음과 같은 기술을 수용할 경우 빠른 시간 내에 서비스 처리가 가능할 것으로 분석된다.

먼저, 기존 연구 결과를 토대로 송신부의 전송 속도 향상 방법을 살펴보면, OOK 기법은 LED ON/OFF시 1비트의 데이터 전송밖에 되지 않기 때문에 RGB LED의 각 색상별로 데이터 전송이 가능한 CSK(Color Shift Keying) 변조 기법^[8]을 사용할 경우 3배 이상의 전송 속도 향상이 가능하다.

따라서 현재의 초당 8비트를 전송을 통해 1글자가 인식가능하나, 초당 24비트의 전송을 통해 초당 4글자의 처리가 가능하여 2~3초 사이의 9글자로 구성된 URL 산출이 가능하다. 이러한 변조 기법으로도 서비스 제공 시간을 획기적으로 감소시킬 수 있으며, 이밖에도 LED 전광판의 분할을 통해 각 분할면에 각기 다른 데이터를 서비스 할 경우 논문에서 제시한 서비스보다 제공 시간을 더욱 단축할 수 있을 것으로 분석된다.

V. 결 론

본 논문은 LED를 이용한 가시광 무선 통신 기술을 토대로 스마트폰과 연계를 위한 응용 서비스 플랫폼을 제시하였고, 실제 데모를 통한 성능 분석을 수행하였다. 그 결과 가시광 무선 통신 기술과 스마트폰을 이용한 새로운 형태의 응용 서비스 개발이 가능함을 입증하였다.

더욱이 본 논문에서 기존 구현 연구와 달리 수광

소자인 PD(Photo Diode)를 이용하는 것이 아니라 스마트폰 내 내장된 카메라를 이용한다는 측면에서 기술적 차별성을 가지고 있으며, 이런 장점을 이용하여 개발한 서비스 제공의 가능성을 입증하였다는 데 큰 의의를 두고 있다. 이러한 시도는 가시광 무선 통신 기술을 이용한 응용 서비스의 다양성을 증진시킬 수 있는 계기가 될 수 있을 것으로 기대된다.

이와 더불어 향후 계획으로 AR 마커보다 진화된 광고 형태인 QR 코드의 인식률을 증대시켜 QR 코드를 적용한 응용 서비스로의 확장 연구와 서비스 속도 증가를 위한 연구를 향후 연구 계획으로 진행할 예정이다.

References

- [1] J. Park, "Mobile marketing of smart phone age," *Marketing*, vol. 45, no. 1, pp. 33-38, Jan. 2011.
- [2] Y.-W. Jung, "A study of types of QR codes and their effects on advertising," *Archives of Design Research*, vol. 26, no. 1, pp. 147-165, Feb. 2012.
- [3] S. Park, H. Shin, J. Choi, K. Lee, D. Jung, and Y. Lee, "Visible Information Broadcasting System using RGB LED Light Panel," *Inform. Commun. Mag.*, vol. 26, no. 5 pp. 10-14 Apr. 2009.
- [4] H. Ukida, M. Miwa, Y. Tanimoto, T. Sano, and H. Yamamoto, "Visual communication using LED panel and video camera for mobile object," in *Proc. IEEE Int. Conf. Imaging Syst. Techniques (IST 2012)*, pp. 321 - 326, Manchester, U.K., July 2012.
- [5] N. Hao, M. Zhang, and Y. Zhang, "An OOK based visible light communication system for short distance," in *Proc. Int. Conf. Commun. Networking China (CHINACOM 2012)*, pp. 306 - 308, Kun Ming, China, Aug. 2012.
- [6] E. Lee, *AVR ATMEGA128 : Micro-controller programming and interfacing*, ITC Press, 2009.
- [7] OpenCV, android-opencv, Retrieved, april, 22, 2013, from <http://opencv.org>.
- [8] D. Liu and M. Yoo, "Implementation of CSK

Modulation based on Image Sensor for Visible Light Communication systems,” in *Proc. Korea Inst. Commun. Inform. Sci. (KICS) Fall Conf.*, pp. 558-559, Seoul, Korea, Nov. 2012.

박 근 원 (Kunwon Park)



2013년 2월 숭실대학교 정보통신전자공학부 학사

2013년 3월~현재 숭실대학교 정보통신전자공학부 석사과정

<관심분야> Visible Light Communication

황 준 호 (Junho Hwang)



2004년 2월 숭실대학교 정보통신전자공학부 학사

2006년 2월 숭실대학교 정보통신전자공학부 석사

2013년 8월 숭실대학교 정보통신전자공학부 박사

<관심분야> Optical Access Network, Wireless MAC Protocol, RFID/USN, Visible Light Communication

유 명 식 (Myungsik Yoo)



1989년 2월 고려대학교 전자공학과 학사

1991년 2월 고려대학교 전자공학과 석사

2000년 6월 SUNY at Buffalo Dept. of EE 박사

2000년 9월~현재 숭실대학교 정보통신전자공학부 부교수

<관심분야> Optical Network, OBS, EPON, QoS, Wireless MAC Protocol, MANET, RFID/ USN, CR, Visible Light Communication