

## 효율적인 실내 위치 측위를 위한 비콘 신호세기 분석

# Beacon Signal Strength Analysis for Efficient Indoor Positioning

황현서<sup>1</sup> · 박진태<sup>1</sup> · 윤준수<sup>1</sup> · 표경수<sup>1</sup> · 문일영<sup>1\*</sup> · 이종성<sup>2</sup>

<sup>1</sup>한국기술교육대학교 컴퓨터공학과

<sup>2</sup>코드넥스

Hyun-seo Hwang<sup>1</sup> · Jin-tae Park<sup>1</sup> · Jun-soo Yun<sup>1</sup> · Gyung-soo Phyo<sup>1</sup> · Il-young Moon<sup>1\*</sup> · Jong-sung Lee<sup>2</sup>

<sup>1</sup>School of Computer Science and Engineering, Korea University of Technology and Education, Chungcheongnam-do 330-708, Korea

<sup>2</sup>CodeNex, Chungcheongnam-do 330-708, Korea

### [요 약]

최근 사용자의 위치를 인식하여 이루어지는 다양한 서비스가 근거리 무선통신기술들에 초점이 맞춰지고 있다. 그 중 비콘이 차세대 기술로 주목을 받고 있다. 비콘은 블루투스 및 인간이 들을 수 없는 비가청영역의 주파수를 활용하여 단말과 정보를 주고받는 단말로서, 최근 애플 iBeacon처럼 저전력 블루투스(BLE; bluetooth low energy) 기반의 비콘이 주류로 부상하는 양상을 보이고 있다. 비콘을 활용한 서비스는 기본적인 실내 특정 장소에 단말을 설치한다. 사용자가 별도의 행동을 취하지 않더라도 자동으로 사용자의 위치를 파악해 관련 서비스를 제공하는 것이 특징이다. 실내공간을 대상으로 제공되는 다양한 형태의 위치 기반 서비스들이 주목 받기 시작했다. 실내공간에서 제공되는 다양한 위치 기반 서비스들이 성공적으로 구축 및 제공되기 위해서는 실내공간에 대한 지도, 이동경로 등 다양한 형태의 정보를 구축하는 것이 필수적으로 요구된다. 따라서 본 논문에서는 효율적인 실내 위치 측위를 위해 특정 장소에서 비콘의 신호세기를 다르게 하여 측정 및 분석하였다.

### [Abstract]

Recent performed by recognizing a user's location, various services have been tailored focus on short-range wireless communication technology. A beacon in which is attracting attention as next-generation technology. Beacon is a terminal by utilizing the frequency of the non-audible area can not be bluetooth and human sending and receiving terminals and information, Apple recently iBeacon like a low-power Bluetooth (BLE; bluetooth low energy) based beacon showing a tendency to rise into the mainstream there. Services using a beacon is basically installs the terminal in a certain place indoor. It is characterized by providing the user the services to catch the user's position, even automatically take a separate action. Various types of location-based service provided by the target interior space began to attract attention. A variety of location-based services are provided in the interior space in order to be successfully deployed and provide guidance to the interior space, the movement route and the like are essentially required to build various types of information. In this paper, for efficient indoor positioning by varying the signal strength of the beacon in such areas were measured and analyzed.

**Key word** : Beacon, Bluetooth, Bluetooth low energy, Location-based services, Online to offline service.

<http://dx.doi.org/10.12673/jant.2015.19.6.552>



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.

Received 20 September 2015; Revised 22 September 2015

Accepted (Publication) 9 December 2015 (30 December 2015)

\*Corresponding Author; Il-Young Moon

Tel: +82-10-5054-1564

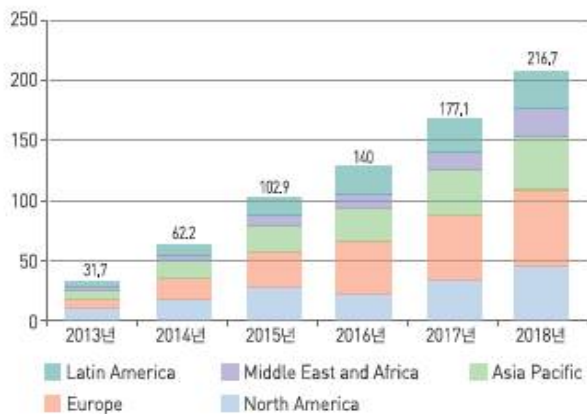
E-mail: smilebear1@koreatech.ac.kr

## 1. 서론

사용자의 정확한 위치를 인식하여 이루어지는 다양한 서비스가 최근에는 근거리 무선 통신기술들에 초점이 맞춰지고 있다. 비콘(beacon)은 블루투스 저에너지(BLE; bluetooth low energy) 통신규약에 근거하여 BLE 신호와 연동해 GPS 정보 등 다양한 정보를 송수신하는 무선통신기술이다. 원래 선박이나 항공기 등의 위치 확인이나 운행 상의 안전을 돕기 위해 설치되던 신호 장치였다. BLE는 기존 블루투스 대비 전력 사용량을 크게 줄여 적은 배터리 용량으로도 수개월 이상 동작을 가능하도록 하는 기술로 소형화가 가능하고 비용이 상대적으로 저렴하므로 디바이스에 대한 비용 부담이 다른 기술에 비해 적으므로 실내의 많은 매장에 설치되어야 하는 비콘의 기반 기술로 적합합니다[1].

비콘은 현재 사용자의 위치를 파악하여 쿠폰 안내 및 맞춤형 정보 제공 등의 광고 플랫폼으로 이용하거나, 실내 측위 서비스로도 사용되고 있다. 또한 소비자의 행동에 따라, 소비자 들은 온라인 그리고 모바일을 통해 언제 어디서든 다양한 정보에 대한 접근권을 가지게 되어, 검색은 온라인에서, 구매는 오프라인에서 행하며 온라인과 오프라인 커머스의 장점만 취하는 이른바 크로스 채널(cross channel) 쇼핑이 새로운 쇼핑 트렌드로 부상하고 있다[2]. 구매를 위한 활용뿐 아니라, 비콘의 저전력에 대한 장점으로 홈 오토메이션, 무선 의료기기, 운동 센서 및 모바일 결제 등에 적합하여 대중성이 확대될 전망이다[3],[4]. 그리고 블루투스 애플리케이션보다 보안이 강화된다면, 모바일 결제도 활성화되어 비콘이나 블루투스를 활용한 세계 시장은 2016년 140백만 달러에서 2018년 216.7백만 달러의 규모에 이를 것으로 전망된다. 그림 1은 비콘 기반 지역별 위치서비스 시장규모를 나타내고 있다.

비콘은 스마트 폰과 같은 허비 기기와 주변장치, 액세서리들 간의 다리역할을 한다.



\* 출처 : 'Indoor Location Market', 2013, Market & Market Analysis

그림 1. 비콘 기반 지역별 위치서비스 시장규모  
Fig. 1. Beacon-based location services market by region.

이는 의사결정에 사람의 개입을 줄여주어, IoT와 웨어러블 디바이스의 발전을 촉진시킨다. 따라서 차세대 IoT 관련 유망 기술이며, 스마트 폰을 사용하는 사람들에게 정보를 제공하거나 필요한 알람을 줄 수 있어 생활편의 기능에서 마케팅 분야까지 다양하게 쓰일 것으로 전망된다. 실내 위치 추적이 가능하다는 점에서 모바일을 이용한 최적의 오프라인 마케팅을 가능하게 해주기 때문에 비콘이 유통 시장을 중심으로 마케팅 수단으로 급부상하고 있다.

본 논문에서는 실내위치기반을 중심으로 서비스되고 있는 비콘에 대해서 효율적인 실내위치측위를 위한 비콘의 신호세기를 분석하였다. 사용자에게 정확한 정보를 제공하기 위해서는 실내위치측위가 정확히 이루어져야한다. 실내 특정 장소에 비콘을 설치하여 효율적인 위치측위위한 신호세기를 측정 및 분석하였다.

## II. 관련 연구

본 장에서는 비콘의 동작원리 및 사용자의 접근을 판단할 수 있는 다양한 기술들에 대해 연구하였다. 또한, 비콘이 O2O(online to offline) 서비스에 있어 매우 유용한 기술로 인정 받고 있다[5],[6]. 비콘의 현재, 그리고 가능성에 대해 알아보고자 한다.

### 2-1 비콘의 동작원리

비콘이란 쉽게 표현하자면 반경 50m 내에 있는 사용자의 위치를 찾아 메시지 전송(모바일 쿠폰 및 정보안내 등)하는 스마트 폰 근거리 통신 기술이다. 비콘의 동작원리는 그림 2와 같다.

비콘 디바이스는 자신의 신호 도달 거리 내로 스마트 폰을 가진 사람이 접근하면 특정 ID 값을 전송한다. 스마트 폰 애플리케이션은 이러한 값을 인식하여, 서버로 전송한다. ID 값을 가지고 있는 서버는 전송된 값과 비교하여 위치를 확인한다. 그 후 해당 위치에 설정된 이벤트나 서비스 정보를 스마트 폰으로 전송한다. 일반적으로 오프라인 매장에서 가장 많이 사용하고 있다. 비콘은 현재 애플뿐 아니라 구글, 나이키 플러스 등 다양한 분야에서 도입되고 있는 기술이다.

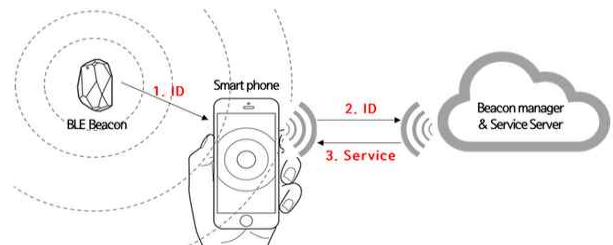


그림 2. BLE beacon의 서비스 동작원리  
Fig. 2. Service operation principle of BLE beacon.

표 1. 사용자 위치 측위에 활용 가능한 기술 비교

Table 1. Utilize available technology to compare the user positioning.

	BLE	NFC	Wi-fi	Sound	Geo-fencing
Contact method/ distance	Non-contact / up to 50 m	Contact / up to 0.1 m	Non-contact / up to 100 m	Non-contact / up to 10 m	Non-contact / 100 m or more
Frequency	2.4 ~ 2.5 GHz	13.56 MHz	2.4 GHz	18 ~ 20 KHz	-
Android	4.3 or more	2.3 or more	Support	Support	2.2 or more
iOS	iOS7 or more	Non-Support	Non-Support	Support	iOS 4.3 or more

2-2 사용자 위치 측위 기술

사용자들에게 제공하는 서비스는 사용자의 위치를 판별 혹은 인지할 수 있는 기술이 필수적이다. 최근 사용자 위치를 측위 하는 기술들이 다양한 방식으로 시도되고 있다. 표1은 해당 기술들을 정리한 내용이다. 스마트 디바이스 기반으로서는 BLE 비콘, nfc, wi-fi, sound 비콘, geo-fencing 기술을 활용할 수 있다. 안드로이드 경우에는 BLE를 지원하는 디바이스가 글로벌 시장에 이미 45.6%(2015년 1월 5일/구글 플레이 1주일 방문자 기준)를 차지하고 있다. 그리고 하이엔드 디바이스가 선호되는 국내에서는 훨씬 높은 비율을 차지하고 있으므로 국내에서는 더욱 활용가치가 높은 기술이다.

1) 지오펠스(Geofence)

지오펠스는 현재 사용자의 위치가 어디인지 알려주는 기존 기술과는 달리 가상의 경계로 구획된 영역에 대해 디바이스의 접근을 감지하는 측위 기반 기술이다. 지오펠스는 서비스 구축 시 별도의 장비나 설비가 필요하지 않다는 장점이 있다.

GPS에 의한 위치 정보가 가장 범용적이며 오차 범위가 크지 않은 방식이지만, GPS의 약점은 지속적인 측위를 사용할 경우 배터리 소모를 유발한다. 그리고 위성의 신호가 도달하지 못하는 실내나 음영 지역에서 측위 기능이 정상적으로 동작하지 않거나 오차가 커지는 문제점이 있다.

최근에는 위치 측위를 GPS에만 의존하지 않고, 인접 기지국 및 WiFi AP의 정보와 신호 강도를 별도 서버에 저장되어 있는 기존 데이터와 비교하여 위치를 측정 및 보정하고 있다.



그림 3. 지오펠스의 기본 동작  
Fig. 3. The basic operation of the geofence.

특히 지오펠스 기술들은 모니터링으로 인한 배터리의 과소 모를 방지하기 위해 이러한 GPS 외의 정보와 플랫폼 수준에서의 다양한 스케줄링 정책 등을 활용하여 배터리의 소모를 최소화하는데 초점을 맞추고 있다. 그림 3은 지오펠스의 기본 동작을 표현하고 있다.

2) Wi-Fi 스캐닝

Wi-Fi는 근거리무선통신 기술의 일종이며, 이미 익숙한 기술로 알려져 있다. Wi-Fi는 무선 네트워크 통신을 위한 기술이지만 디바이스에서 Wi-Fi를 연결하기 이전에 AP를 스캔할 수 있도록 프로세스에서 AP의 응답을 비콘 신호로 활용하여 위치 측위가 가능하다. 하지만, Wi-Fi의 경우 신호의 세기가 다양하고 BLE에 비해 넓은 범위까지 신호가 도달할 수 있기 때문에 BLE 기반의 비콘 보다는 넓은 범위의 서비스에 적합하다. 그림 4는 Wi-Fi 인증 과정을 보여주고 있다.

단말기가 AP에 접근할 경우, probe request를 통해 접근을 시도한다. Probe request를 통해 AP의 SSID(Service set identifier) 및 속도 등을 확인한 단말기는 인증요청과 응답을 통해 인증을 거치게 된다. 인증이 완료된 단말기 또한 이 요청과 응답을 통해 결합하게 된다. AP와 결합한 단말기는 AP에게 데이터 메시지를 보내고 AP는 데이터 메시지를 목적지에 전달할 수 있도록 해준다.

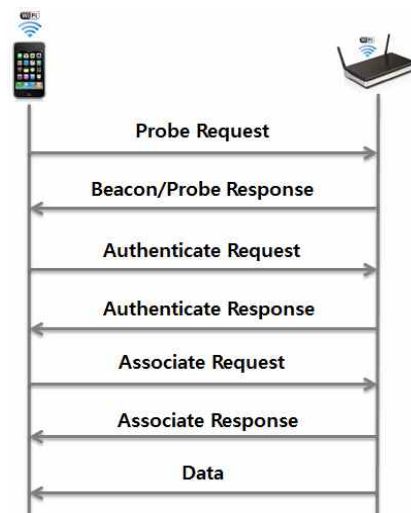


그림 4. Wi-Fi 인증과정  
Fig. 4. Wi-Fi certification process.

### III. 실험 및 분석

본 장에서는 비콘을 이용하여 효율적인 실내위치측위를 위해 비콘의 신호세기를 실험 및 분석하였다. 비콘의 신호세기를 변경하여 거리에 따른 RSSI 값을 측정하고 분석하였다.

#### 3-1 실험 환경

거리 정보로 활용할 RSSI의 신호 정보는 동일한 측정 거리에서 그 편차가 크다. 또한 비콘의 tx power의 신호 세기별 범위와 signal range가 나타내는 신호의 전달 거리는 이론상으로 70 m 까지 가능하나 실제로 유효한 정보는 3 m 내외이다. 그 이유는 3 m 이상의 거리에서는 RSSI 값의 오차가 급증하여 실제 거리 정보로 사용할 수 없는 값이 대부분이기 때문이다.

그림 5는 RSSI의 거리 계산 알고리즘이다. 거리를 추정하기 위해 tx power과 RSSI의 값인 두 숫자를 아래의 알고리즘 공식에 대입할 수 있다. 공식의 3개의 상수(0.89976, 7.7095, 0.111)는 정해진 거리에서 특정 단말기를 사용하여 측정한 신호 세기에 기반하여 best fit으로 계산한 값이다. 표 2는 실험에 사용된 비콘 스펙 및 비콘 환경설정에 대한 내용이다.

```
protected static double calculateDistance(int txPower, double rssi)
{
    if (rssi == 0) {
        return -1.0;
    }
    double ratio = rssi*1.0/txPower;
    if (ratio < 1.0) {
        return Math.pow(ratio,10);
    }
    else {
        double accuracy=
            (0.89976)*Math.pow(ratio,7.7095) + 0.111;
        return accuracy;
    }
}
```

그림 5. RSSI 거리 계산 알고리즘  
Fig. 5. RSSI distance calculation algorithm.

표 2. 비콘 스펙 및 실험 환경  
Table 2. Beacon specification and test environment.

	Beacon spec	Test value
Interval	0.2 ~ 20 Hz	10 Hz
Tx Power	-23 dBm ~ 4 dBm	-23 dBm ~ 4 dBm
Signal Range	Up to 70 m	Up to 70 m

표 3. 실험에 사용된 비콘과 모바일 디바이스  
Table 3. Experiment beacon and mobile device spec.

	Beacon	Mobile device
Manufacturer	Dio Interactive	Samsung
Model	WizTurn pebBLE	Galaxy Note 4
OS	-	Android 4.4.2

RSSI 신호 간격은 10 Hz로 설정하였으며, tx power는 값을 -23 dBm ~ 4 dBm 중 4개를 선택하여 실험을 진행하였다. 위의 표 3은 실험에 사용한 디바이스에 대한 정보를 나타내었다.

위치측위를 위해서 길이가 80 m인 실내 실험 공간에 2개의 비콘을 설치하여 실험을 진행하였다. 그림 6에 나타난 것과 같이 비콘 2개를 실내 실험 공간 양 끝에 설치하여 tx power 값에 따라 RSSI 값을 측정하였다.

tx power에 따른 RSSI 값을 측정하기 위해 설치된 비콘들은 별도로 관리되며 그림 7에 나타난 것과 같이 비콘들을 관리하기 위한 스마트 폰 애플리케이션이다. 비콘 관리 애플리케이션에서는 비콘의 설정 값을 변경할 수 있으며, 비콘 측정 애플리케이션은 주위에 있는 비콘 신호를 스캔하여 보여준다.

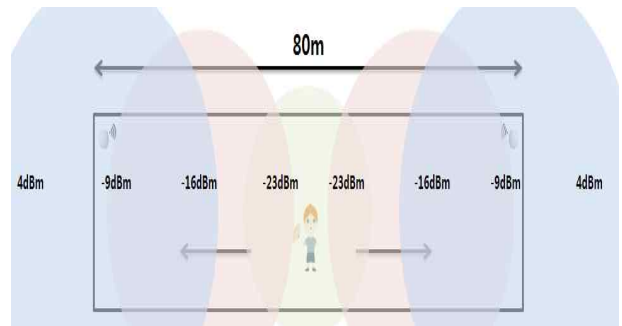


그림 6. 실내 실험 공간  
Fig. 6. Indoor experimental space.



그림 7. 비콘 관리 및 스캔 애플리케이션  
Fig. 7. Beacon management and scanning application.

### 3-2 측정 결과 분석

비콘의 tx power 값은 -23 dBm, -16 dBm, -9 dBm, 4 dBm으로 설정하였고, 각 tx power에 따른 RSSI 값을 측정하였다. tx power값이 클수록 신호세기도 크다. 그림 8~11는 각 tx power에 대한 RSSI 값을 나타내고 있다. 가로축은 거리(m)를 나타낸다.

그림 8은 tx power 값이 -23 dBm이다. -23 dBm일 경우 측정 거리는 10 m 내이다.

그림 9은 tx power 값이 -16 dBm이다. -16 dBm일 경우 측정 거리는 20~40 m이다.

그림 10은 tx power 값이 -9 dBm이다. -9 dBm일 경우 측정 거리는 40~50 m 내이다.

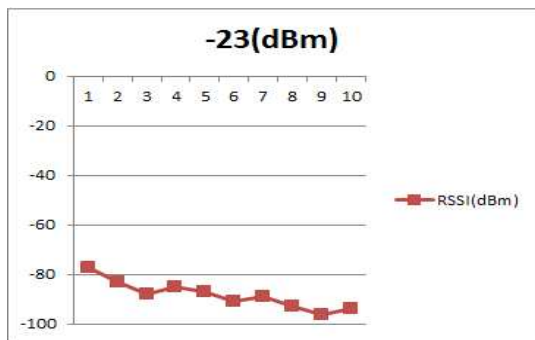


그림 8. Tx power 값이 -23 dBm일 경우 RSSI 값  
Fig. 8. If tx power value is -23 dBm, RSSI value.

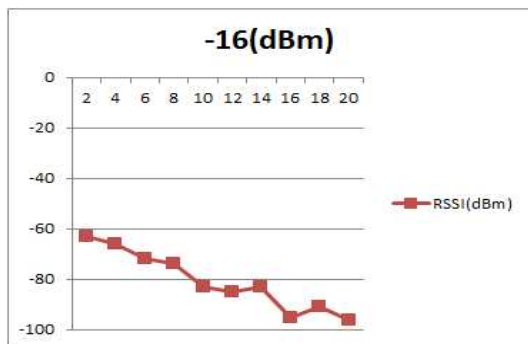


그림 9. Tx power 값이 -16 dBm일 경우 RSSI 값  
Fig. 9. If tx power value is -16 dBm, RSSI value.

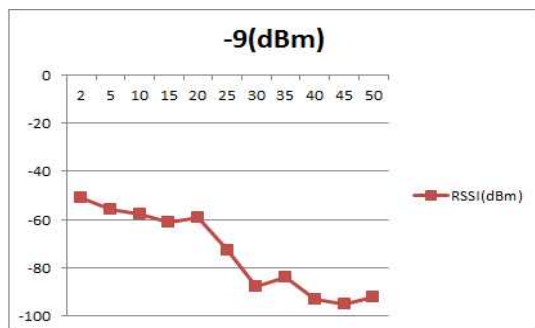


그림 10. Tx power 값이 -9 dBm일 경우 RSSI 값  
Fig. 10. If tx power value is -9 dBm, RSSI value.

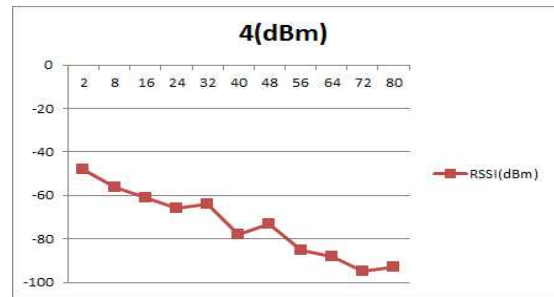


그림 11. Tx power 값이 4 dBm일 경우 RSSI 값  
Fig. 11. If tx power value is 4 dBm, RSSI value.

그림 11은 tx power 값이 4 dBm이다. 4 dBm일 경우 측정 거리는 최대 70 m이다.

본 논문에서는 효율적인 실내위치추위를 위한 비콘의 신호 세기를 분석하였다. 신호세기에 따라 RSSI 값이 측정되는 거리가 다르며, 값의 변화 폭이 다르다는 것을 알 수 있었다. 비콘을 이용하여 서비스를 할 경우 서비스의 종류 및 설치 장소에 따라 비콘의 신호세기를 어떻게 설정하는 것이 효율적인 방법인지를 판단할 수 있는 가능성을 확인하였다.

### IV. 결 론

본 논문에서는 효율적인 실내위치추위를 위해 비콘의 신호 세기에 따른 RSSI 값을 측정 및 분석하였다. 오픈된 장소에서 비콘의 신호세기 값을 다르게 설정하여 RSSI 값 및 수신 거리를 측정하였다. 비콘을 이용하여 실내에서 서비스를 할 경우 사용자의 위치에서 가장 가까운 비콘 디바이스의 신호를 인식하여 이벤트를 발생시킨다. 따라서 서비스를 제공하는 장소의 특성에 맞게 비콘의 신호세기를 설정하는 것이 중요하다. 이번 실험에서는 장애물이 없는 오픈된 장소에서 실험을 진행하였기 때문에 신호간섭이 심하지는 않았다. 하지만, 장애물이 많은 장소이거나 건물 내부의 복잡한 장소일 경우에는 신호간섭이 심할 것이다. 본 논문에서 측정 및 분석한 내용은 향후 신호간섭 문제를 해결하고 실내 위치 추위의 정확성을 높이는 실험 전 수행한 연구 결과이다. 따라서 비콘의 특성을 고려한 다양한 환경 변수들을 사용하여 실내 맵 정보의 구성이 필요하다. 또한, 다양한 환경에서의 실내 추위에 대한 정확성을 높이기 위한 실험 및 연구가 향후 이루어져야 한다.

### 감사의 글

본 연구는 중소기업청에서 지원하는 2015년도 산학연협력 기술개발사업(C0277691)의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

**참고 문헌**

[1] C. P. Yoon and C. G Hwang, "Efficient indoor position systems for indoor location-based service provider," *Journal of the Korean Institute of Information and Communication Engineering*, Vol. 19, No. 6, pp. 1368-1373, 2015.

[2] T. Y. Ka, S. W. Jo, J. H. Park, S. S. Shin and J. M. Chung, "Analysis of BLE beacon device's industrial trend and possible problem," *Korea Society for Internet Information*, Vol. 16, No. 1, pp. 199-200, 2015.

[3] G. C. Lee, S. I. Kim and S. M. Hwang, "O2O sales platform using ICT and location-based technology," in *2015 Korea Computer Congress*, Jeju; Korea, pp. 401-403, 2015.

[4] D. K. Kim, "O2O(online-to-offline) trends and implications," *Korea Information Society Development Institute*, Vol. 26, No. 22, pp. 1-20, 2014.

[5] Y. J. Moon, H. C. Choi, Y. R. Jang and S.M. Lee, "O2O web site design considering user's shopping values," in *2015 Korea Contents Society Spring General Conference*, Busan; Korea, pp. 363-364, 2015.

[6] H. J. Kim and B. J. Choi, "O2O-based social media marketing method for word-of-mouth effect: Focused on the analysis of case studies," *The Korea Contents Association*, Vol. 15 No. 7, pp. 403-413, 2015.



**황 현 서 (Hyun-Seo Hwang)**

2014년 2월 : 한국기술교육대학교 컴퓨터공학과 졸업 (공학사)  
 2014년 2월 ~ 현재 : 한국기술교육대학교 대학원 컴퓨터공학과 석사과정  
 ※관심분야 : HTML5, BigData, iBeacon



**윤 준 수 (Jun-Soo Yun)**

2014년 8월 : 한국기술교육대학교 컴퓨터공학과 졸업 (공학사)  
 2014년 8월 ~ 현재 : 한국기술교육대학교 대학원 컴퓨터공학과 석사과정  
 ※관심분야 : WebOS, HTML5, BigData



**박 진 태 (Jin-Tae Park)**

2013년 8월 : 한국기술교육대학교 컴퓨터공학과 졸업 (공학사)  
 2015년 8월 : 한국기술교육대학교 대학원 컴퓨터공학과 졸업 (공학석사)  
 2015년 8월 ~ 현재 : 한국기술교육대학교 대학원 컴퓨터공학과 박사과정  
 ※관심분야 : WebOS, HTML5, JavaScript



**표 경 수 (Gyung-Soo Phyo)**

2015년 8월 : 한국기술교육대학교 컴퓨터공학과 졸업(공학사)  
 2015년 8월 ~ 현재 : 한국기술교육대학교 대학원 컴퓨터공학과 석사과정  
 ※관심분야 : WebOS, HTML5, Android



**문 일 영 (Il-Young Moon)**

2000년 2월 : 한국항공대학교 항공통신정보공학과 졸업 (공학사)  
 2002년 2월: 한국항공대학교 대학원 항공통신정보공학부 졸업 (공학석사)  
 2005년 2월: 한국항공대학교 대학원 정보통신공학과 졸업 (공학박사)  
 2004년 ~ 2005년 : 한국정보문화진흥원 선임연구원  
 2005년 3월 ~ 현재 : 한국기술교육대학교 컴퓨터공학부 부교수  
 ※관심분야 : 무선 인터넷 응용, 무선 인터넷, 모바일 IP



**이 종 성 (Jung-Sung Lee)**

2011년 8월 : 나사렛대학교 정보통신과 졸업 (공학사)  
 2014년 2월 : 한국기술교육대학교 대학원 정보통신공학과 졸업 (공학석사)  
 2014년 2월 ~ 현재 : 코드넥스 대표