

## 블루투스 비콘 기반 실내위치추적기술을 활용한 스마트 팩토리 물류관리시스템

오암석\*

### Smart Factory Logistics Management System Using House Interior Position Tracking Technology Based on Bluetooth Beacon

Am-suk Oh\*

Department of Media Engineering, Tongmyong University, Busan 608-711, Korea

#### 요 약

스마트 팩토리는 생산공정, 물류관리, 서비스를 통합 관리하는 지능형 공장으로서 ICT와 제조업이 융합되는 신산업의 핵심으로 대두되고 있다. 본 논문에서는 기존 물류센터에서 구축, 활용되고 있는 물류관리시스템에 최근 부각되고 있는 ICT기술과 사물인터넷 기술을 융합하여 보다 스마트한 물류 추적 기능을 탑재한 스마트팩토리 물류관리시스템을 제안하였다. 제안하는 시스템은 블루투스 4.0 기반 비콘 Tag의 신호강도 값을 근거로 이동경로 및 보관위치를 추적하여 제품의 생산에서부터 출고까지의 모든 과정을 효율적으로 관리 할 수 있다. 아울러, 탈부착 형태의 편리한 설치, 센서를 연동한 최적화 관리 등 다양한 공장 환경에 적용이 가능할 수 있을 것으로 기대한다.

#### ABSTRACT

Smart factory has the function of integrated management of production process management, logistics management as a intelligent factory, it is also emerging as the core of new industry which converges ICT and manufacturing business. We suggested Smart factory logistics management system which embedded position tracking technology and the system converges ICT and IoT. This suggested system can manage all the processes from production to release by tracking route and position based on signal strength of bluetooth 4.0 beacon tag. For the more, we will expect to apply to the various type of factory environments like detachable installation, optimized management using sensor.

**키워드** : 스마트 팩토리, 사물인터넷, 물류관리시스템, 비콘

**Key word** : Smart Factory, Internet of Things, Warehouse Management System, Beacon

Received 02 October 2015, Revised 30 October 2015, Accepted 09 November 2015

\* Corresponding Author Am-Suk Oh(E-mail:asoh@tu.ac.kr, Tel:+82-51-629-1211)

Department of Media Engineering, Tongmyong University, Busan 608-7111, Korea

Open Access <http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2015.19.11.2677>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

©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.  
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

## I. 서 론

제조업은 1차(18세기)·2차(20세기 초)·3차 산업 혁명(70년 초)을 거쳐 ICT와 제조업이 완벽하게 융합하게 될 4차 산업혁명이 도래하고 있다. 4차 산업 혁명기에는 ICT와 제조업의 융합으로 산업기기와 생산과정이 모두 네트워크로 연결되고, 상호 소통하면서 전사적 최적화를 달성할 것으로 기대하고 있다[1].

현재 공장은 스스로 생산, 공정통제 및 수리, 작업장 안전 등을 관리하는 스마트팩토리(Smart Factory)로 전환되고 있는 추세이다. 스마트팩토리는 생산 공정, 조달-물류, 서비스까지 통합 관리하여 공장 스스로 스마트한 생산을 함으로써 생산 공정이 유연하게 최적화되어 다품종 대량생산이 가능하다. 또한 공장자동화 기술, 제조 기술, 정보통신 기술, 그리고 차세대인터넷의 중요한 방향성을 제시하고, 산업의 신시대를 선도할 것으로 기대하고 있다[2].

국외에서는 독일의 인더스트리4.0을 시작으로 미국, 중국, 일본 등 국가 전략으로 스마트팩토리를 추진 중이다. 독일은 현재 직면하고 있는 국가적 과제를 해결하기 위해 인더스트리 4.0이라는 민, 관, 학 프로젝트를 추진, 통신 네트워크를 통해 공장 안팎의 사물과 서비스들을 연계하여 새로운 가치를 창출하고 비즈니스 모델을 구축하고 있다. 그리고 자동차, 기계 등 제조업에 ICT를 접목해 모든 생산 공정, 조달 및 물류, 서비스까지 통합적으로 관리하는 스마트팩토리 구축이 목표로 IoT, CPS, 센서 등의 기반 기술 개발 및 생태계 확산에 집중하고 있다. 국내에서도 스마트팩토리의 중요성을 인지하여 지난해 ‘제조업 혁신 3.0’ 전략을 발표하였으며, 미래창조과학부와 산업통상자원부가 스마트팩토리 시범 구축 사업을 실시하고 있다[3,4].

국내외의 공장들이 스마트팩토리로 전환을 시도하면서 생산, 제조 이후 물류관리의 중요성이 부각되고 있다. 스마트팩토리를 위한 물류관리는 원료의 조달에서부터 생산 및 판매에 이르기까지 효율적이고도 유연한 물류체계의 정립이 절실히 요구되고 있으며, 이에 따른 다양한 물류시스템을 필요로 한다. 다품종 소량생산, ICT 융합 등 제조업 패러다임의 변화에 따라 생산 이후 내부 물류관리의 중요성이 부각되고 있으며 특히 생산되는 제품의 종류가 다양하고, 관리 제품의 변동이 빈번한 경우 재고관리, 출하신속성, 잘못된 피킹 등의

문제를 해결하기 위한 체계적인 물류 관리가 필요하다.

현재 물류센터에서는 창고, 생산, 공정 관리를 위한 물류관리시스템으로 WMS, POP, MES 등의 구축이 보편화 되어 있으며, 피킹 작업을 위한 시스템은 DPS, DAS가 대표적이다. 하지만 기존 물류센터에서 활용되고 있는 물류시스템을 스마트팩토리 환경에 적용하기에는 부적합하다. 기존 물류관리시스템은 물류센터를 위한 시스템으로 제품 입고, 보관, 지시를 위한 단순 출고시스템이다. 그러나 생산, 제조가 포함된 공장의 경우 공장별로 생산 제품의 크기, 특성, 보관방법 등 물류 관리 방식이 매우 다양하다. 특히 ICT 융합의 중요성에 따라 다양한 환경 센서의 융합과 자동인식, 작업의 정보화가 요구 된다. 즉, 기존 물류센터에서 활용되는 물류시스템은 스마트팩토리를 위한 물류관리 요구사항을 충족시키지 못하기 때문에 다양한 생산, 제조 공장 환경에 적합한 물류관리시스템 개발이 필요하다[5-7].

따라서 본 논문에서는 다양한 현장 요구사항을 충족하는 IPS 서비스를 활용한 블루투스 비콘 기반의 스마트팩토리 물류관리시스템을 제안한다.

## II. 스마트 팩토리 물류관리시스템 설계

### 2.1. 시스템 구성

본 논문에서 제안하는 블루투스 비콘 기반의 스마트팩토리 물류관리시스템의 구성은 다음과 같다.

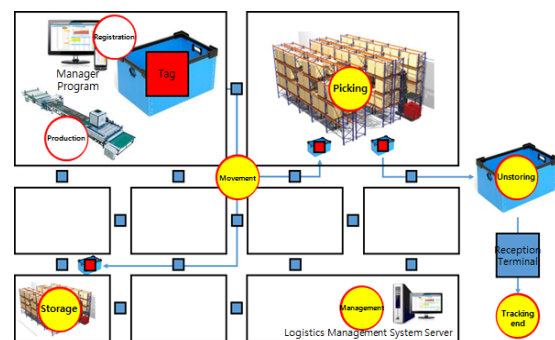


Fig. 1 System Configuration

- 블루투스 비콘 Tag : 생산된 제품 혹은 박스에 부착되어 해당 제품의 정보를 전송하는 블루투스 비콘 디바이스

- 수신 단말기 : 생산품 이동공간의 일정간격과 보관 랙(Rack)에 배치되어 블루투스 비콘 Tag의 이동경로와 보관 위치를 추적하는 블루투스 수신 디바이스
- 관리자 프로그램 : 제품이 생산되어 블루투스 비콘 Tag를 부착하는 과정에서 해당 Tag에 제품 정보를 입력하여 추적을 등록하는 소프트웨어 프로그램
- 물류관리시스템 서버 : 전체 디바이스(블루투스 비콘 Tag & 수신 단말기)의 네트워크 상태를 모니터링 하며, 제품의 이동경로, 보관위치, 재고수량 등 물류 관리시스템의 모든 정보를 관리하는 데이터베이스 서버

### 2.2. 블루투스 비콘 Tag

블루투스 비콘 Tag는 움직임 감지를 통해 생산품 이동 여부를 자동으로 판별한다. 3축 가속도 센서를 내장하여 블루투스 비콘 Tag의 이동 여부를 인식하고, 3축 가속도 센서의 데이터를 측정하여 X, Y, Z 축의 값이 변할 경우 해당 블루투스 비콘 Tag가 이동 중인 것으로 감지한다. 이동 중인 상태는 생산품의 이동을 추적해야 하는 상황이므로 ADVERTISING\_MODE(광고 모드)를 실행한다. 이동이 감지되지 않는 상태에서는 ADVERTISING\_MODE(광고모드)를 종료하여, 배터리 전력소모량을 절감하고, 주위 다른 비콘 신호의 간섭을 줄일 수 있다.

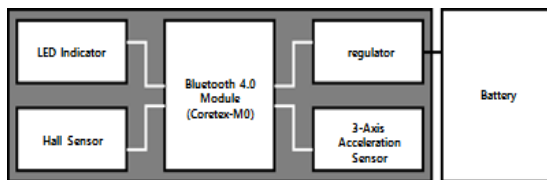


Fig. 2 Bluetooth beacon tag

그리고 생산된 제품 혹은 박스에 벨크로 B면(루프(loop)면)을 부착하고, 블루투스 비콘 Tag에 벨크로 A면(후크(hook)면)을 구성하여 블루투스 비콘 Tag를 제품 혹은 박스에 탈부착 가능하도록 한다. 제품 생산 후 블루투스 비콘 Tag 정보를 등록하고 해당 Tag를 부착하며, 제품의 출고를 마치면 해당 Tag를 탈착하여 블루투스 비콘 Tag 정보를 리셋한다.

또한 블루투스 비콘 Tag에 홀(Hall) 센서를 내장하여 벨크로 B면의 자석을 센싱하여 해당 Tag의 탈부착 상

태를 인식하여, 부착 시 등록된 제품정보를 전송하고, 탈착 시 해당 정보를 자동으로 리셋한다.

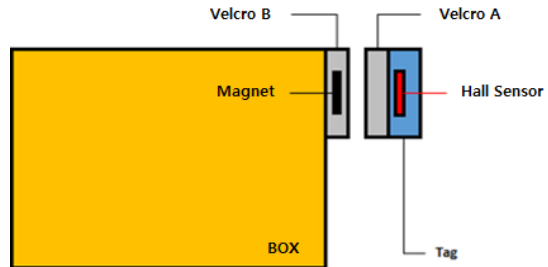


Fig. 3 Detachable bluetooth beacon tag

### 2.3. 수신 단말기

수신 단말기는 서버 통신 및 디바이스 사물인터넷화를 위한 WiFi 모듈을 구성(블루투스 무선 통신과 WiFi 무선 통신을 동시 사용)한다.

그리고 재고/출고 수량의 확인을 위한 LCD 모듈을 내장(생산품의 이동/보관에 대한 작업을 지시)하여 추적을 통해 인식된 해당 제품이 보관랙(Rack)의 수신 단말기는 LED를 깜박깜박 출력하며, LCD에 출고하는 재고 수량을 출력한다.

또한, 비콘 정보의 수신 신호강도(RSSI : 라디오 신호의 강도를 측정하는 지표) 값을 활용한 이동 경로 및 보관 위치를 추적한다. 이때, 블루투스 비콘 Tag의 이동 시 수신되는 신호의 RSSI 값을 기반으로 해당 블루투스 비콘 Tag의 이동 경로를 추적하며, 이동하지 않을 경우 수신되고 있던 블루투스 비콘 Tag 수신 신호가 종료됨을 인식하여 최종 인식된 수신 단말기의 위치를 기반으로 보관되거나 이동이 중지된 위치를 인식한다.

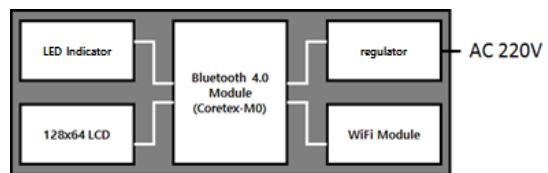


Fig. 4 Reception terminal

### 2.4. 관리자 프로그램

관리자 프로그램은 전체 블루투스 비콘 Tag의 상태 관리를 하며, 정보가 등록되지 않은 사용 대기 상태의 Tag를 자동 인식하고, 생산 완료된 제품의 정보(제품

ID, 제품 수량 등)를 Tag에 업로드하기 위한 프로그램으로 구성은 다음과 같다.

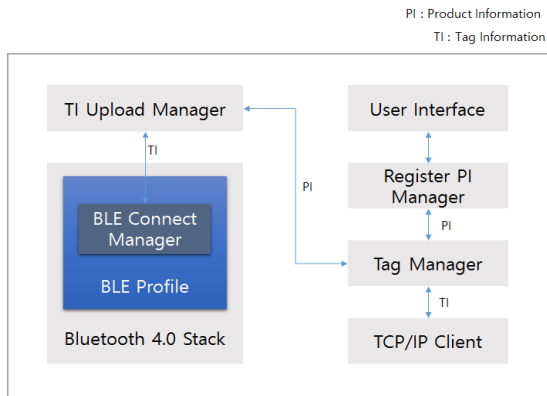


Fig. 5 Configuration of manager program

- BLE Connect Manager : 블루투스 BLE 프로파일을 활용해 Tag를 연결하고, 해당 Tag에 제품 정보의 업로드 유/무를 확인하여 프로그램에 출력
- TI Upload Manager : 사용자 인터페이스를 통한 이벤트를 입력받아 BLE Connect Manager를 통해 연결된 Tag에 등록된 제품 정보를 업로드 하는 관리자
- Register PI Manager : 제품 생산 정보를 등록하거나 삭제하고, 생산 완료 이벤트에 따라 Tag에 해당 제품의 정보를 Tag Manager에 전달하는 제품 정보 관리자
- Tag Manager : Tag의 비콘 디바이스 정보 관리자

### 2.5. 물류관리시스템 서버

물류관리시스템 서버는 수신단말기 모니터링, Tag 추적, 재고/보관 위치 관리, 작업관리 기능을 한다.

수신 단말기 네트워크 모니터링은 WiFi를 통해 연결되는 전체 수신 단말기의 연결상태 및 단말기 정보(단말기 ID, 단말기 위치 등)와, 수신 단말기를 통해 전달 받는 Tag의 상태정보를 서버를 통해 모니터링 한다.

Tag 추적정보의 모니터링은 Tag의 이동에 따른 수신 단말기의 신호강도(RSSI)의 변화 값과 수신 단말기 위치정보를 기반으로 Tag의 이동경로를 분석/추적한다.

재고/보관 위치 관리는 보관 장소 랙(Rack)에 위치한

수신 단말기에서 최종 이동 정보를 획득하고, 비콘 신호가 종료됨을 인식하여 Tag의 보관 위치를 추적하며, Tag에 저장된 제품의 정보를 서버 데이터베이스와 동기화하여 해당 제품의 재고를 관리한다.

작업관리는 제품의 이동 혹은 출고에 대한 작업을 서버를 통해 지시하고 출고 관리자는 서버의 작업 호출에 따라 해당 작업을 수행한다. 서버 프로그램의 작업 호출을 통해 작업 제품의 위치 및 수량을 LED를 통해 확인하며, 이동, 재고 수량은 작업 수행을 자동으로 인식하는 Tag 디바이스를 통해 자동으로 동기화된다.

물류관리시스템 서버의 구성은 다음과 같다.

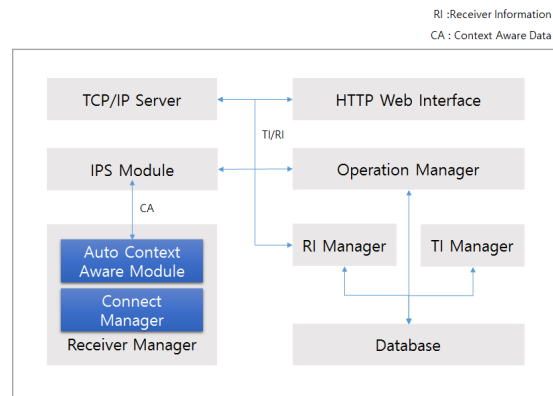


Fig. 6 Configuration of server program

- Connect Manager : WiFi 혹은 유선 랜을 통해 연결되는 수신 단말기의 네트워크 연결을 관리하고, 수신단말기를 통해 Tag의 정보를 수신하는 연결 관리자
- Auto Context Aware Module : 수신 받은 수신단말기 및 Tag 정보를 바탕으로 이동, 보관, 작업 등 상황을 자동 인식하는 알고리즘 모듈
- IPS Module : 수신 받은 수신단말기 및 Tag 정보를 바탕으로 이동 중 이동경로를 추적하고, 보관 위치를 인식하는 위치인식 모듈
- Operation Manager : 웹 인터페이스를 통해 작업지시 이벤트를 전달 받아 해당 작업의 상황인식 모니터링 및 데이터베이스 동기화 등 작업 지시 관리자
- RI/TI Manager : 시스템 전체의 수신 단말기 정보와 Tag 정보 관리자

### III. 블루투스 비콘 Tag의 이동경로 및 보관 위치 추적 방법

#### 3.1. 이동경로 추적

블루투스 비콘 Tag 이동 경로 추적의 예로는 그림5.와 같이 생산품에 부착된 하나의 블루투스 비콘 Tag가 3개의 수신 단말기에 연결되었을 경우 각각의 수신 단말기에서 수신되는 Tag의 신호강도는 차이가 있다. 가장 가까운 ‘수신 단말기 - 1’에서 가장 강한 신호강도가 측정되며, 수신되는 단말기 중 가장 먼 거리의 ‘수신 단말기 - 3’에서는 가장 약한 신호강도가 측정된다. 만약 블루투스 비콘 Tag 단말기가 ‘수신 단말기 - 3’의 위치로 이동된다고 하면, ‘수신 단말기 - 1’과 ‘수신 단말기 - 2’의 신호강도는 이동 방향에 따라 감소하며, ‘수신 단말기 - 3’의 수신 강도는 증가된다. 이를 기반으로 알고리즘을 구현하여 생산물의 이동 경로 추적이 가능하다.

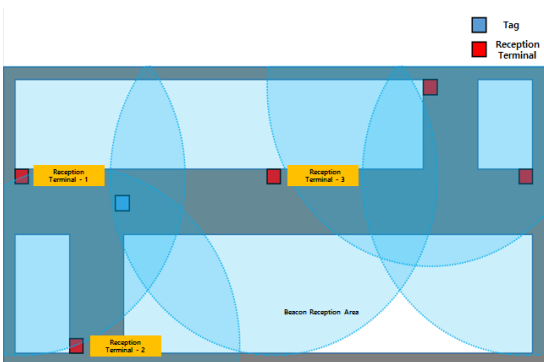


Fig. 7 Tracking of moving route to bluetooth beacon tag

#### 3.2. 보관위치 추적

블루투스 비콘 Tag 보관 위치 추적의 예로는 그림6.과 같이 생산품에 부착된 블루투스 비콘 Tag가 이동을 종료하고 보관 장소의 팔레트 랙(Rack)에 보관되었을 경우 최종 수신되는 가장 높은 강도의 신호수신 후 수신 종료된 수신 단말기 위치에 보관되었음을 활용한다. 수신 단말기의 비콘 수신 강도는 거리에 따라 민감하게 반응하며, 가장 가까운 비콘이 가장 높은 신호 강도로 수신된다. 그림에서와 같이 블루투스 비콘 Tag - 1이 이동되어 보관되면 인접한 수신단말기 모두에서 해당 비콘 신호를 수신하며 가장 인접한 수신 단말기 - 1의 신호강도(RSSI) 값이 가장 높게 측정된다. 이를

이용해 해당 제품의 보관 랙(Rack) 위치를 추적하여 등록한다.

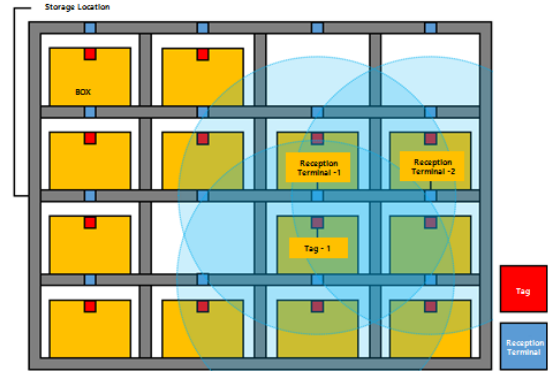


Fig. 8 Tracking of storage location to bluetooth beacon tag

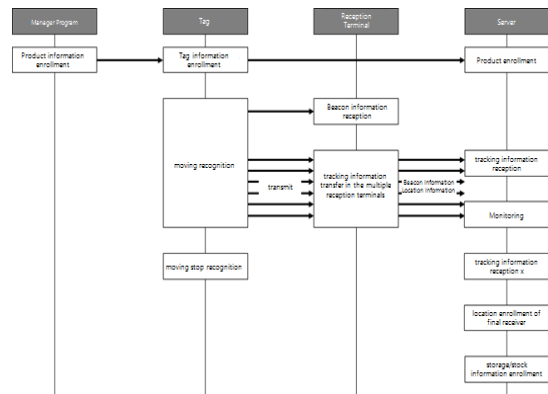


Fig. 9 Scenario of tracking for moving route and storage location

## IV. 결론

ICT와 제조업의 융합을 통한 제조업의 서비스화와 고부가가치 창출은 과거보다 제조업의 효율을 높이면서 각국의 제조업의 비중을 높이는 수단으로 작용하여 새로운 경쟁력이 되고 있으며 생산 방식의 혁명을 일으키며 제조업 위기의 돌파구로 주목 받으면서 제조업 부활에 날개를 달아 주는 요소로 부상하고 있다. IC 기반의 지능화는 스마트폰, 스마트카, 스마트홈, 스마트시티 등 모든 분야에 적용되고 있으며 공장의 지능화 또

한 필수적으로 요구된다. 스마트 팩토리는 새로운 제품 생산뿐만 아니라, 에너지 소비나 기피되는 제조업 근로자의 노동환경 등 현대 사회가 안고 있는 다양한 문제 까지도 해결이 가능하다.

현재는 조업 재개를 위해 많은 에너지를 소비하지만, 공장 조업에 맞추어 에너지공급을 실 기간으로 관리하면 전체 에너지 소비량을 큰 폭으로 절감하는 것이 가능하다.

본 논문에서는 블루투스 비콘 기반 실내위치추적기술을 활용한 스마트 팩토리 물류관리시스템을 제안하였다. 제안하는 시스템으로 자동화된 물류추적 및 작업 관리, Tag 정보를 활용한 자동화된 재고관리, 복수개의 블루투스 Tag와 복수개의 수신 단말기를 활용한 제품의 물류과정 경로 및 제품 보관위치 추적이 가능하다. 그리고 Tag를 제품에 부착하고, 수신 단말기를 설치하는 것만으로 시스템의 적용이 가능하고, 랙(Rack)과 물품에 대한 정보를 유동적으로 변경할 수 있기 때문에 환경에 따른 제약이 없으며 기존에 사용하고 있는 물류 처리 환경으로의 도입도 용이하다.

아울러, 다양한 센서의 연동으로 센서 정보를 활용한 정보화 및 공장 최적화 관리가 가능하여 스마트 팩토리 환경에 적합한 물류관리시스템이 될 수 있을 것으로 기대한다.

### ACKNOWLEDGMENTS

This work (Grants No. C0276645) was supported by Business for Cooperative R&D between Industry, Academy, and Research Institute funded Korea Small and Medium Business Administration in 2015.

### REFERENCES

- [1] M. Y Yoon, J. E Kwon, "Creative valuable connections, Hyper-connected Society", *NIA*, 2013.
- [2] Y. H. Kim, J. A Lee, "4.0 Industry and manufacturing creative economy strategy", *NIA*, 2014.
- [3] H. G. Park, "Industry 4.0, the future of the manufacturing industry in Germany", *POSCO*, 2014.
- [4] S. C Kang, "*German industrial revolution (Industry) 4.0*", NIPA Week Technology Trends, 2014.
- [5] J. H Kim, K. S Jung, "An Efficient Beacon Management Technique for Sensor Network-Based Indoor Location Systems", *Journal of KISS*, 36(4), pp. 330-338, 2009.
- [6] "Beacon, emerging as a key infrastructure of location-based services", *KCA*, 2014.
- [7] H. Y. Kim, D. G Seo, D. W Shin, "A Wireless Solution for Indoor Location Services", *JCCI*, 2007.



오암석(Am-Suk Oh)

1984년 부산대학교 전자계산학과 이학사  
1986년 중앙대학교 컴퓨터공학과 공학석사  
1997년 부산대학교 컴퓨터공학과 공학박사  
1987년~1990년: LG연구소 연구원  
현재: 동명대학교 공과대학 정보공학부 미디어공학과 교수  
※관심분야 : 데이터베이스, 의료정보시스템, 빅 데이터, 사물인터넷