

머저리티 샘플링 데이터 기반 위치 추정시스템

박건영 · 전민호 · 오창현*

Location Estimation System based on Majority Sampling Data

Geon-Yeong Park · Min-Ho Jeon · Chang-Heon Oh*

Department of Electrical, Electronics & Communication Engineering, Korea University of Technology and Education, Cheonan 330-708, Korea

요 약

실외에서는 GPS를 기반으로 하는 다양한 위치 추정 시스템을 사용하여 위치 추정 서비스를 제공할 수 있으나, 실내에서는 가시위성의 부족과 신호의 미약으로 GPS를 사용할 수 없어 실내에 존재하는 자원을 기반으로 하는 위치 추정시스템을 사용하고 있다. 특히 WLAN의 신호를 이용하는 fingerprinting 기법은 AP에서 제공하는 RSSI를 이용하여 위치를 추정하기에 실내에서 이용하기에 적합하다. 하지만 fingerprinting 기법은 fingerprinting map을 구축하는 offline 단계에서 얼마나 정확한 데이터를 이용하였는가에 따라 위치 추정의 정확도가 달라지는 단점이 존재한다. 본 논문에서는 이러한 단점을 보완하기 위해 fingerprinting map을 구축하는 단계에서 다수의 데이터를 샘플링 하여 그 중 빈도가 높은 데이터를 저장하여 위치 추정 정밀도를 높이는 위치 추정 시스템을 제안한다. 제안하는 머저리티 샘플링 데이터 기반의 위치 추정 시스템은 map에 저장되어야 하는 RSSI를 클라이언트와 서버에서 가장 빈도가 높은 RSSI데이터를 필터링하여 map을 구축한 후 유사거리측정방식에 의해 위치를 추정하는 시스템이다. 실험결과 최소 87.5%, 최대 90.4%의 위치 추정 정밀도를 가지는 것을 알 수 있으며, 최소 0.25 ~ 2.72m의 오차 범위를 가지는 것을 확인 할 수 있었다.

ABSTRACT

Location estimation service can be provided outdoors using various location estimation system based on GPS. However, location estimation system is based on existing indoor resources as GPS cannot be used because of insufficient visible satellites and weak signals. The fingerprinting technique that uses WLAN signal, in particular, is good to use indoors because it uses RSSI provided by AP to estimate location. However, its accuracy may vary depending on how accurate data the offline stage used where the fingerprinting map is built. The study sampled various data at the stage that builds the fingerprinting map and suggested a location estimation system that enhances its precision by saving the data of high frequency among them to improve this problem. The suggested location estimation system based on majority sampling data estimates location by filtering RSSI data of the highest frequency at the client and server to be saved at a map, building the map and measuring a similar distance. As a result of the test, the location estimation precision stood at minimum 87.5% and maximum 90.4% with the margin of error at minimum 0.25 to 2.72m.

키워드 : 고정밀 위치 추정, 샘플링, 핑거프린팅 기법, 머저리티, 유사거리 측정

Key word : High-precision location estimation, Sampling, Majority, fingerprinting techniques, Euclidean distance

접수일자 : 2014. 08. 18 심사완료일자 : 2014. 09. 16 게재확정일자 : 2014. 09. 29

* **Corresponding Author** Chang-Heon Oh(E-mail:choh@koreatech.ac.kr, Tel:+82-41-560-1215)

School of Electrical and Electronic communications Engineering, Korea University of Technology and Education, Cheonan 330-708, Korea

Open Access <http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2014.18.10.2523>

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. 서론

이동객체의 위치 추정을 위한 대표적인 위치 추정 시스템으로 GPS(global positioning system)이 존재한다. GPS는 실외에서 대표적으로 사용하고 있는 위치 추정 시스템이지만 실내에서는 가시 위성의 부족과 신호의 미약으로 수신율이 현저히 떨어져서 실내 위치 추정에는 적합하지 못한 문제점을 가지고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 적외선, 초음파, 이동 통신망, bluetooth, WLAN등을 기반으로 하는 위치 추정 시스템들에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있으며, 특히 그림 1과 같이 위치 추정의 정확도는 비록 낮지만 WLAN을 기반으로 하는 위치 추정 시스템이 이동전화 다음으로 많이 사용되고 있다[1-3].

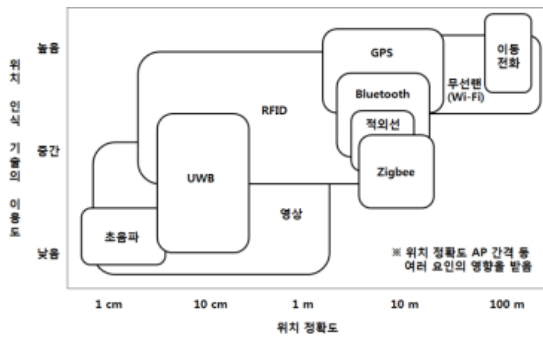


그림 1. 위치 인식 기술의 정확도와 사용빈도
Fig. 1 Accuracy and frequency of use of location recognition technology

WLAN을 이용하는 위치 추정 시스템은 WLAN의 전파 신호를 기반으로 위치를 추정하는 기법으로 실내 위치 추정 시스템에서 가장 많이 사용하며, 이때 fingerprinting 기법을 주로 이용한다. fingerprinting 기법은 기지국간의 동기화 및 기지국과 이동노드사이의 동기화 등의 제약조건이 없으며, WLAN을 사용하기 때문에 측정 범위가 WLAN 신호의 최대 도달거리로 정의할 수 있기 때문에 같은 범위에서 위치를 추정할 때 초음파, RFID, blue-tooth보다 적은 AP의 수로 위치를 추정할 수 있는 장점이 존재한다. 하지만 fingerprinting 방식도 초기에 생성되는 map에 존재하는 RSSI의 신호와 실제 시간이 지난 후에 수집되는 신호가 측정할 때마다 다르기 때문에 오차가 존재하게 된다.

본 논문에서는 이러한 fingerprinting 기법의 문제를 해결하고 신뢰성 높은 위치 추정 시스템을 개발하기 위해 머저리티 샘플링 데이터 기반의 위치 추정 시스템을 제안한다[4].

본 논문에서 제안하는 머저리티 데이터 기반의 위치 추정 시스템은 AP와 떨어진 거리에서 수집되는 데이터가 비슷한 특징을 이용하여 fingerprinting map을 구성할 때, 같은 장소에서 여러 번 측정된 데이터 중 가장 많이 수신된 RSSI(received signal strength indication) 데이터를 이용하여 map을 구성하고 위치를 추정할 때 역시 여러번 수신된 데이터 중 가장 많이 들어온 RSSI 데이터를 이용하여 위치를 추정하는 시스템이다[5].

본 논문의 구성은 2장에서는 본 논문에서 제안하는 머저리티 데이터 기반의 fingerprinting map 구성방법에 대해서 설명하고 3장에서는 위치를 추정하는 방법에 대해서 설명한다. 4장에서는 본 논문에서 제안하는 머저리티 데이터 기반의 위치 추정 시스템의 우수성을 증명하기 위해 실험 한 내용과 결과를 설명한다. 마지막으로 5장에서 결론을 맺는다.

II. 머저리티 샘플링 데이터 기반 map 구축

Fingerprinting 기법은 R+SSI를 이용하여 위치를 추정하기 때문에 매번 측정 할 때마다 수신된 RSSI가 다르며, 이 때문에 위치 오차가 발생한다. 그림 2은 AP에서 1m 떨어진 거리에서 데이터를 수집한 결과를 나타낸 그림이다.

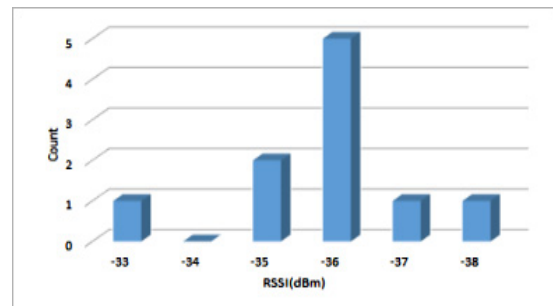


그림 2. AP와의 거리가 1m 일 때 수집되는 RSSI 분포
Fig. 2 RSSI distribution that is collected when the distance with AP is 1m

수신되는 RSSI가 -33 ~ -38 dBm의 강도를 가지고 있지만 -35dBm 이 약 50%의 확률로 수신되는 것을 확인 할 수 있으며, 이는 같은 장소에서 수신되는 RSSI는 항상 -35dBm일 확률이 높다는 결론이 도출된다.

따라서 본 논문에서는 수신되는 RSSI값을 안정적으로 수신하여 정확한 위치를 추정하기 위해 다수의 RSSI를 수신한 후 그 중 가장 빈도가 높은 RSSI를 이용하여 fingerprinting map을 구성하도록 하였다. 그림3은 AP의 RSSI 신호값을 거리별로 나타내는 그림이다.

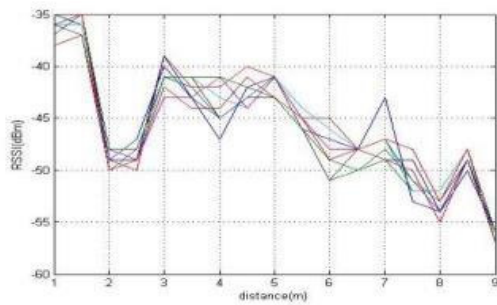


그림 3. 같은 위치에서 측정된 AP신호
Fig. 3 AP signal measured at the same position

그림 4는 본 논문에서 제안하는 머저리티 샘플링 데이터를 추출하기 위한 샘플링 데이터 추출방법을 나타낸 그림으로 map을 구성하기 위해 같은 장소에서 여러 번 수신된 RSSI 중 가장 빈도가 높은 데이터만 추출하여 서버로 전송하여 fingerprinting map을 구성한다.

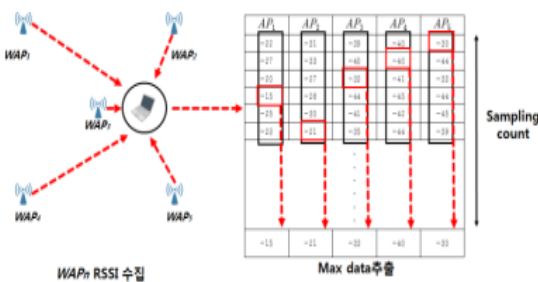


그림 4. 샘플링 데이터 추출 방법
Fig. 4 How to draw sampling data

그림 5는 수신된 RSSI를 이용하여 My-SQL에서 fingerprinting Map을 구축한 결과를 나타낸 그림이다.

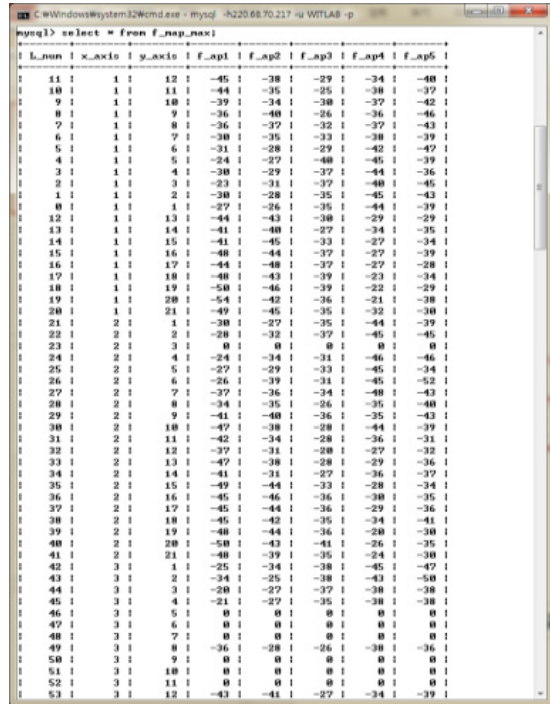


그림 5. 머저리티 샘플링 데이터를 이용하여 구축한 fingerprinting map
Fig. 5 Fingerprinting map built with majority sampling data

III. 머저리티 샘플링 데이터 기반 위치 추정

위치 추정을 위해 fingerprinting의 online 단계에서 수집되는 RSSI 역시 안정적인 분포를 가지는 데이터를 이용해야 더 높은 정확도를 가지는 위치 추정을 할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 fingerprinting의 offline 단계에서 map을 구축하는 방법과 같은 방법을 이용하여 위치를 추정하는 시스템을 제안한다.

그림 6은 본 논문에서 머저리티 샘플링 데이터를 추출하여 위치를 추정하기 위한 시스템의 순서도를 나타낸 그림이다. 위치를 추정해야 하는 노드는 map을 구성할 때와 마찬가지로 n개의 AP의 정보들을 수신한 후 수신할 때마다 이전의 값과 같은 경우 수신된 RSSI 값에 빈도수를 증가시킨다. 그 후 n개가 모두 수신된 후 가장 높은 빈도수를 가진 RSSI를 서버로 전송하여 위치를 추정하게 된다.

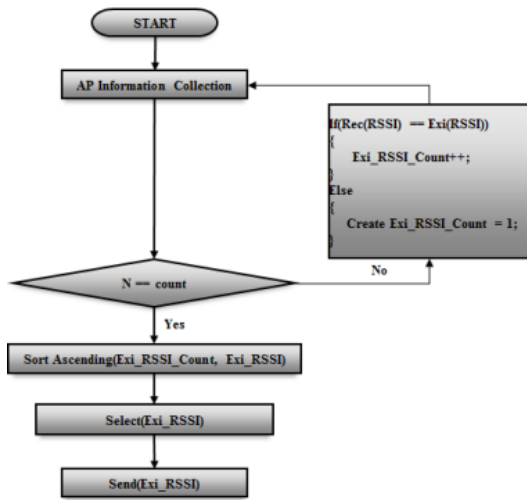


그림 6. 머저리티 샘플링 데이터 전송 시스템 순서도
 Fig. 6 Flow chart of majority sampling data transmission system

서버에서는 클라이언트에서 송신한 RSSI를 이용하여 위치를 추정하게 된다. 위치를 추정하기 위한 방법으로는 대표적으로 그림 7과 같이 euclidean distance를 사용한다. 하지만 euclidean distance만을 이용할 경우 유사한 값이 여러 개 발견되어 위치 오차를 발생시키게 된다. 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 유사한 데이터 중 가장 인접한 AP를 중심으로 위치를 추정하기 위해 QoS가 가장 높은 AP를 가지는 euclidean distance를 선택하는 방법을 사용하였다.

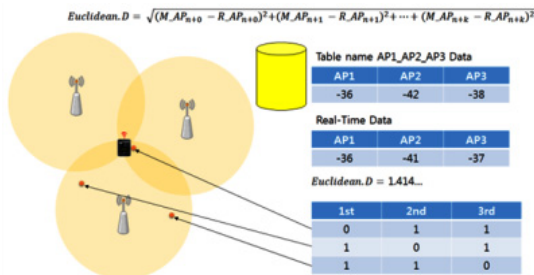


그림 7. Euclidean distance를 이용한 위치 추정 방식
 Fig. 7 Location estimation method using Euclidean distance

IV. 실험 및 평가

본 논문에서 제안한 머저리티 샘플링 데이터 기반 위치 추정 시스템의 우수성을 평가하기 위해 실험을 하였으며 C#언어를 이용하여 위치 추정 시스템을 구현하였다. 구현에 관한 사항은 표 1과 같으며, 위치를 추정하기 위한 환경은 그림 8과 같다. 또한 본 논문에서는 위치 오차를 최소화 하기 위한 수단으로 AP 거리에 따른 RSSI특성을 추출하기 위해 0.5m간격으로 데이터를 수집하여 매우 높은 해상도를 가지는 fingerprinting map을 구성하였다.

표 1. 구현환경 및 설정
 Table. 1 Implementing environment and setup

항목	내용
운영체제	Windows 7(Client) Windows server 2008 (server)
사용언어	C#
DB	My-SQL
CPU	Intel i7 3230M(Clinet) Intel E3-1240 V3(server)
AP	IP time A200 NS (5개)
Beacon 간격	50 ms
전송 횟수	실험 1회 당 20 회 전송 (샘플링 개수 : n=20) 실험 1회 당 120 회 전송 (샘플링 개수 : n=120)
실험 횟수	20 회



그림 8. 실험환경
 Fig. 8 Test environment

실험은 샘플링 횟수별 오차율을 구하는 실험을 진행하였다. 그림 9에서 실험위치는 fingerprinting map의 좌표가 X:5, Y:4 일 때와 X:7, Y:2 일 때 그리고 X:9, Y:12일 때이다. 같은 장소에서 총 20번 실험을 진행하

였다. 샘플링 데이터가 20번일 때는 유사한 장소를 측정하긴 하지만 오차가 발생하는 것을 알 수 있다. 하지만 샘플링 데이터가 높아질수록 더욱 정확한 위치를 추정하는 것을 확인할 수 있다.

그림 8과 같은 장소에 그림 9와 같이 총 177개의 좌표를 가지는 fingerprinting map을 구성하여 모든 장소에서 위치를 추정한 결과 14 ~ 22개의 좌표에서 0.6 ~ 2.47m의 오차가 발생하는 것을 알 수 있었다. 이는 본 논문에서 제안하는 머저리티 샘플링 데이터 기반 위치 추정 시스템의 위치 추정 정확도가 최소 87.5%, 최대 90.4%라는 것을 나타내며, map의 해상도를 기반으로 했을 때의 위치 오차는 최소 0.25 ~ 2.72 m로 매우 우수하다는 것을 나타낸다.

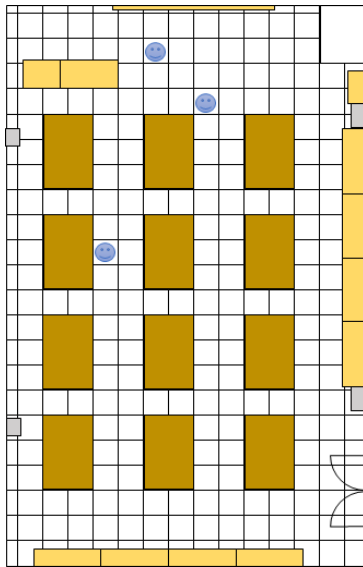


그림 9. 실험환경의 Fingerprinting Map 좌표
Fig. 9 Fingerprinting Map coordinate of the test environment

모든 위치에서 측정된 데이터를 본 논문에서 모두 표시할 수 없으므로 그림 9에 표시된 장소에서 측정된 결과 그래프를 그림 10부터 그림12에 나타내었으며, 샘플링 횟수가 줄어들었을 때 발생하는 경우를 추정하기 위해 샘플링 횟수를 20번, 120번으로 설정한 후 위치를 추정하였다. 그 결과 샘플링 횟수가 적어지게 되면 오류가 발생하는 것을 알 수 있으며, 높을수록 매우 정확한 위치를 추정하는 것을 알 수 있다.

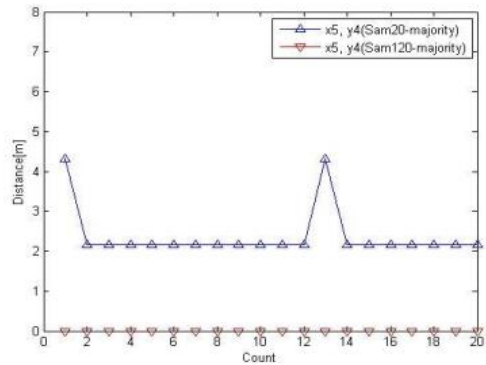


그림 10. X:5, Y:4 위치에서의 샘플링 개수별 오차거리 비교
Fig. 10 Comparing error distances per the number of sampling at X:5, Y:4 position

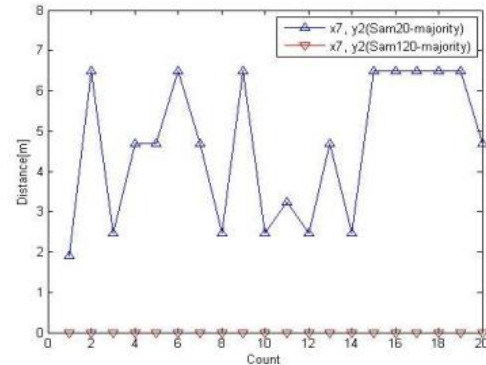


그림 11. X:7, Y:2 위치에서의 샘플링 개수별 오차거리 비교
Fig. 11 Comparing error distances per the number of sampling at X:7, Y:2 position

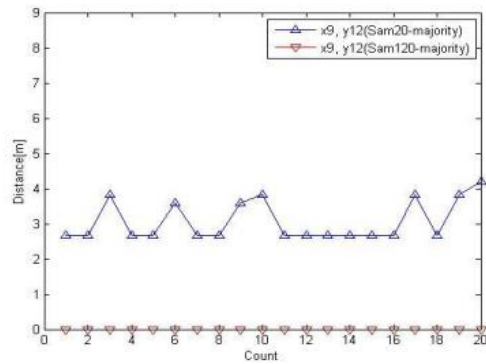


그림 12. X:9, Y:12 위치에서의 샘플링 개수별 오차거리 비교
Fig. 12 Comparing error distances per the number of sampling at X:9, Y:2 position

표 2에는 측정된 RSSI로 추정된 위치(o_x, o_y)와 실제 위치(r_x, r_y)를 표시한 후 측정오차(location_error)를 나타내었다.

표 2. 샘플링에 의한 실제 좌표 및 추정 좌표
Table. 2 Implementing environment and setup

r_x	r_y	o_x	o_y	Location_Error
1	1	1	1	0
1	2	1	2	0
1	3	2	3	0.6
1	4	1	4	0
1	5	1	5	0
1	6	1	6	0
1	7	1	7	0
1	8	1	9	0.6

V. 결 론

최근 스마트폰과 같은 스마트 기기의 보급으로 다양한 위치 기반 서비스에 대한 연구가 사회·경제적 요구의 증가로 인해 활발히 진행되고 있다. 다수의 연구자들은 보다 나은 실내 위치 추정 서비스를 제공하기 위해 위치 추정을 위한 인프라 구축이 필요하지 않으며, 실내와 실외를 연계한 위치 추적이 가능한 wi-fi 기반의 fingerprinting 기법을 이용한 위치 추정 시스템을 연구하고 있다.

Fingerprinting 기법은 map의 해상도에 따라 위치 추정의 정밀도가 올라가지만 RSSI를 이용하여 위치 추정을 하기 때문에 무선 신호의 특성으로 인해 같은 장소에서 측정하더라도 위치가 틀려지는 문제점을 가지고 있었다. 본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 수집되는 데이터들을 샘플링 하여 가장 빈도수가 높은 데이터를 이용하여 map을 구성하고 위치를 추정하는 머저리티 샘플링 데이터 기반의 위치 추정 시스템을 제안하였다. 제안하는 머저리티 샘플링 데이터 기반 위치 추정시스템은 수신되는 RSSI 중 가장 빈도가 높은 데이터만을 추출하여 위치를 추정하는 시스템이다. 실험결과 샘플링 횟수가 증가할수록 높은 위치 정밀도를 가지

는 것을 확인할 수 있었다. 특히 샘플링 데이터가 120개 일 때 map을 구축하고 20번의 위치를 추정할 경우 177개의 좌표 중 최소 14개에서 최대 22개의 좌표에서만 오차가 발생하는 것을 알 수 있었으며, 오차범위는 최소 0.6에서 최대 2.47m로 위치 추정 정밀도가 매우 높게 나타나는 것을 확인할 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신산업진흥원의 IT/SW창의연구과정의 연구결과로 수행되었음 (NIPA-2013-H0502-13-1082)

REFERENCES

- [1] J. Hightower and G. Borriello, "Location System for Ubiquitous Computing," *IEEE Computer Society*, vol. 34, no. 8, pp. 57-66, Aug. 2001.
- [2] L. Binghao, J. Salter A. D. Dempster and R. Chris, "Indoor Positioning Techniques Based on Wireless LAN," in *proceeding of the First IEEE International conference on wireless Broadband and Ultra Wideband communications, Sydney*, pp. 13-16, 2006.
- [3] Y. Gu, A. Lo and I. Niemegeers, "A Survey of Indoor Positioning Systems for Wireless Personal Networks," *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol. 11, no. 1, pp. 13-32, Mar. 2009.
- [4] L. Hui, H. Darabi, P. Banerjee and L. Jing, "Survey of Wireless Indoor Positioning Techniques and System," *IEEE Transactions on systems, Man and Cybernetics*, vol. 37, no. 6, pp. 1067-1080, Oct. 2007.
- [5] P. Guyn-Yung, "Design of Location Estimation System based on Sampling Data for High-Precision Location Estimation," Master dissertation, Korea University of Technology and Education, Cheonan, Chungnam, 2014.



박건영(Geon-Yeong Park)

2014년 8월 한국기술교육대학교 전기전자통신공학과 공학석사
2008년 2월 한밭대학교 전기공학과 공학사
※관심분야 : 무선통신, Wireless Sensor N/W, Fingerprinting



전민호(Min-Ho Jeon)

2009년 8월 ~ 현재 한국기술교육대학교 전기전자통신공학과 석박사통합과정
2009년 2월 극동대학교 게임디지털컨텐츠학과 공학사
※관심분야 : 무선통신, Wireless Sensor N/W, 빅데이터, 사물지능통신, 상황인지



오창현(Chang-Heon Oh)

1999년 2월 ~ 현재 한국기술교육대학교 전기전자통신공학부 교수
2006년 8월 ~ 2007년 7월 방문교수(University of Wisconsin-Madison)
1993년 10월 ~ 1999년 2월 삼성전자(주) CDMA 개발팀 선임연구원
1990년 2월 ~ 1993년 8월 한진전자(주) 기술연구소 전임연구원
1996년 2월 한국항공대학교 항공전자공학과 공학박사
1990년 2월 한국항공대학교 항공통신정보공학과 공학석사
1988년 2월 한국항공대학교 항공통신공학과 공학사
※관심분야 : 이동통신, 무선통신, Wireless Sensor N/W, CR