

실내 위치 기반 서비스 제공을 위한 효율적인 실내 위치 측위 시스템

윤창표¹ · 황치곤^{2*}

Efficient indoor positioning systems for indoor location-based service provider

Chang-Pyo Yoon^{1*} · Chi-Gon Hwang²

^{1*}Department of Computer Mobile Convergence, Gyeonggi College of Science and Technology, Siheung Gyeonggi-do 429-792, Korea

²Department of Internet Information, Kyungmin College, Gyeonggi 480-702, Korea

요 약

최근 인터넷을 기반으로 사물을 연결하여 사람과 사물 간의 정보 소통을 가능하게 하는 지능형 서비스로서 사물 인터넷 서비스(IoT)에 대한 관심이 증가하고 있다. 특히 스마트 기기의 발전과 더불어 실내 위치 기반 서비스에 대한 수요는 급격히 증가하고 있다. 실내 위치 정보 측정을 위해 BLE(Bluetooth Low Energy) 기술의 iBeacon이 제공하는 RSSI 신호를 이용하여 비콘과 단말의 거리 정보를 연산하여 단말의 위치를 측위하게 된다. 그러나 RSSI 신호를 이용한다는 점에서 신호 간섭과 날씨 등의 영향으로 인해 실내 위치 정보를 얻기가 어렵다는 문제점을 갖는다. 본 논문에서는 iBeacon의 신호 정보로부터 신뢰성 높은 거리 정보를 얻기 위한 연산을 수행하여 신뢰할 수 있는 실내 위치 정보를 제공하는 시스템을 제안한다.

ABSTRACT

Recently, There is increasing interest in the IoT(Internet of Thing) as intelligent information service that enables communication between people and things based on internet. In particular the demand for indoor location-based services with the development of smart devices is rapidly increasing. Using the RSSI signal that is provide to the BLE(Bluetooth Low Energy) for Indoor location information measurement calculates distance information between beacon and mobile terminal. However, simply using the RSSI signal to the distance measurement has a difficult to get the indoor location information due to the influence of the signal interference and the weather. In this paper, by performing an operation for obtaining a reliable distance information from the signal information of iBeacon we propose a system for providing reliable indoor location.

키워드 : 유전 알고리즘, BLE, iBeacon, 위치 기반 서비스, 사물 인터넷

Key word : Genetic Algorithm, BLE, iBeacon, IoT, Location-Based Services

Received 01 May 2015, Revised 30 May 2015, Accepted 08 June 2015

* Corresponding Author Chang-Pyo Yoon(E-mail: cpyoon@gtec.ac.kr, Tel:+82-31-496-6410)

Department of Computer Mobile Convergence, Gyeonggi College, Siheung Gyeonggi-do 429-729, Korea

Open Access <http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2015.19.6.1368>

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

최근 스마트 기기의 발전으로 개인이 소지하고 있는 단말을 이용하여 위치를 측정하는 측위 기술은 GPS와 상업 통신 사업자의 기지국 및 Wi-Fi를 이용하는 형태로 제공되고 있다. 특히 실내 측위를 대상으로 하는 위치 서비스의 수요 또한 점진적으로 증가하고 있다. 그러나 GPS의 실내 측위의 문제점과 Wi-Fi의 신호 간섭의 다양한 문제들로 인해 증가하는 오차 범위는 실내 위치 측위에 한계점으로 볼 수 있다[1,2].

최근 실내 위치 측위를 위한 기술로 BLE (Bluetooth Low Energy) 기반의 비콘이 있다. 이는 저 전력으로 단말의 위치를 파악할 수 있는 특징이 있으며 현재 실내 위치 측위 기술로 주목 받고 있다[1,3]. 그러나 RSSI(Received Signal Strength Indicator)를 사용자 위치 측위를 위한 비콘과 모바일 단말 사이의 거리 정보로 사용한다는 점에 있어 수신된 신호 정보의 큰 편차로 정확한 위치 서비스를 제공하기 위한 거리 정보 값으로 활용하기 어렵다[3,4].

본 논문에서는 실내 위치 측위 시스템의 신뢰도를 높이기 위해 RSSI의 신뢰 구간 신호 값을 얻기 위한 실측 표본 데이터의 수집 방법과 신뢰도 높은 거리 정보 값을 얻기 위해 유전 연산을 통한 비콘과 단말 사이의 최적의 거리 및 위치 값을 찾는 최적화 기법과 오차 범위 보정 그리고 주변 비콘 정보의 활용을 위한 관리 시스템을 통해 개선된 실내 측위 시스템을 제안한다.

II. 본론

본 장에서는 비콘과 단말 사이의 거리를 측정하기 위한 RSSI 신호의 활용 방법과 RSSI의 거리 정보의 사용에 대한 문제점을 나타내고 분산된 RSSI 정보의 표본 추출 시 감안해야하는 점을 나타내었다.

2.1. RSSI를 이용한 거리 측정

비콘을 이용하여 실내 위치 측위를 위해서는 BLE 기반 비콘과 모바일 단말의 거리 정보 값이 반드시 요구된다. 거리 측정을 위해서는 iBeacon의 RSSI 신호 값을 사용하여 비콘과 모바일 단말 사이의 거리 값을 얻는다. RSSI(Received Signal Strength Indicator)를 이용한 위

치측위를 위한 거리 계산 방법은 비콘과 신호가 수신된 단말의 신호 세기를 측정하여 이용한 것으로, 단말과 비콘 사이에서의 RSSI 신호의 세기(파워) 손실 혹은 경로 손실을 이용하여 거리를 산출하는 방식이다. 신호의 경로 손실과 거리와의 관계는 수식 1의 Friis의 공식을 통해 설명된다[5]. 수집된 단말과의 거리 정보를 이용하여 단말의 실내 위치 측위를 위해 삼각 측량법 등을 이용하여 단말의 실내 위치를 측위 할 수 있다[4,7].

$$L = 20 \log_{10} \left(\frac{4\pi d}{\lambda} \right) (dBm) \quad (1)$$

$$d = \frac{\lambda}{4\pi} \cdot 10^{\frac{L}{20}} = \frac{c}{4\pi f} \cdot 10^{\frac{L}{20}}$$

그림 1은 RSSI의 거리 계산을 위한 알고리즘을 나타내었다. 거리 계산을 위한 알고리즘에 나타낸 상수 값은 실험에 의해 얻어진 값을 의미한다.

```
double ratio = RSSI*1.0/txPower;
if (ratio < 1.0) {
    return Math.pow(ratio, POW_CONSTANT);
}
else {
    double accuracy =
        BEST_SIGNAL_CONSTANT *
        Math.pow(ratio, BEST_POW_CONSTANT) +
        BEST_ADDED_CONSTANT;
    return accuracy;
}
```

그림 1. RSSI 거리 계산 알고리즘
Fig. 1 RSSI distance calculation algorithm

2.2. 거리 측정의 문제점

정보 획득을 위한 RSSI 신호 정보는 장애물, 날씨, 습도 등과 같은 다양한 간섭에 민감하며 이는 수집된 정보의 오차가 큰 값으로 인해 정확한 위치 정보를 얻기 위한 거리 정보로서의 기능을 할 수 없다는 문제가 있다. 또한 큰 오차를 갖는 RSSI신호는 동일 위치에서 측정된 값임에도 그 편차가 심한 값이라는 점에서 정확한 정보로 사용할 수 없다는 결론을 얻게 된다. 즉, 단말과의 부정확한 거리 값은 실내 측위를 위한 기본 정보로 사용될 수 없다는 결론을 의미한다.

따라서 단말까지의 거리 정보의 보정 과정이 반드시 필요하며 오차 범위의 보정 연산을 수행하여 실제 거리

와 부합되는 거리 정보의 최적화가 필요하다.

2.3. 거리 표본 데이터의 문제점

오차가 큰 거리 데이터의 신뢰도를 높이기 위한 방법은 실내 위치 측위에서 반드시 요구된다. 이는 신호 잡음의 필터링과 같은 수정 처리 과정을 통해 일부분 해소할 수 있다. 그러나 수신 신호의 간섭 중에 RSSI 신호의 난반사의 문제점은 해소하지 못한다. 이러한 신호의 난반사는 실내의 천장과 바닥 그리고 기타 장애물 등을 통해 발생하게 되며 환경이 열악한 상황에서 층간의 비콘 사이에서도 신호 정보가 교환될 수 있다. 이러한 신호의 난반사는 정확한 거리 계산을 저해하는 문제로 작용된다. 따라서 발신 신호의 난반사 문제 역시 기본적으로 고려되어야 하며 해소해야 할 문제로 지적된다.

III. 제안 기법 및 실험

본 장에서는 거리 정보 개선을 위한 물리적 구성과 더불어 거리 정보 개선 기법 그리고 거리 정보 최적화 기법, 측위를 위한 비콘의 물리적 배치의 맵 구성을 나타낸다.

3.1. 거리 정보 개선을 위한 제안

거리 정보로 활용할 RSSI의 신호 정보는 동일한 측정 거리에서 역시 그 편차가 크다. 또한 비콘의 TX Power의 신호 세기별 범위와 Signal Range가 나타내는 신호의 전달 거리는 이론상으로 70m 까지 가능하나 실제로 유효한 정보는 3m 내외이다. 그 이유는 3m 이상의 거리에서는 RSSI의 값의 오차가 급증하며 실제 거리 정보로 사용할 수 없는 값이 대부분이기 때문이다.



그림 2. 난반사 차폐 장치
Fig. 2 Irregular reflection kit

그림 2에 비콘 데이터의 난 반사 문제를 해결하기 위한 방법으로 신호의 불규칙적인 송신을 차단하기 위한 전파의 차폐 장치를 물리적으로 구성하였다. 이 장치는 벽면과 천장으로부터 발생하는 전파의 난반사를 차단하는 재질로 구성된다.

표 1. RSSI 거리 계산 상수

Table. 1 RSSI constant for distance calculates

TX Power Value	Effective Range
POW_CONSTANT	10
BEST_SIGNAL_CONSTANT	0.8 ~ 0.9
BEST_POW_CONSTANT	7 ~ 8
BEST_ADDED_CONSTANT	0.1 ~ 0.15

표 1은 RSSI 신호를 거리 값으로 계산하기 위한 상수들이며 이는 그림 1의 알고리즘에 적용된 값으로 실제 거리와 측정 거리의 매핑 과정을 통해 얻은 상수 값이다.

표 2. 비콘 사양 및 실험 환경

Table. 2 iBeacon specification and test environment

	Secification	Test Value
Advertising Time	0.2 ~ 20Hz	20Hz
TX Power	4 ~ -23dBm	4dBm
Signal Range	Up to 70m	Up to 70m

표 2는 실험에 사용된 비콘의 사양과 실측 실험에 적용된 비콘의 환경 설정이다.

표 3. TX Power 실험 결과 유효 범위

Table. 3 Experimental results effective range of TX Power

TX Power Value	Effective Range
-16dBm	~1m
-9dBm	~2m
4dBm	~3m

표 3에는 실측 실험을 통해 얻은 TX Power 별 RSSI 수신 신호의 유효 범위를 나타내었다.

거리 정보 개선을 위해 비콘의 RSSI 신호 간격을 20Hz로 설정하였으며 이는 유전 연산에 필요한 최소한의 실시간 신호 데이터 집합을 얻기 위한 설정이다. TX

Power는 3m 이내의 유효한 데이터를 측정하기 위해 4dBm의 신호 세기를 사용하였다.

그림 1에 나타난 알고리즘을 통해 RSSI 신호 정보를 거리 정보로 변환하는 과정은 이론상으로 아주 간단하게 RSSI값이 거리에 대한 정보를 줄 수 있을 것으로 보인다. 이는 라디오 신호의 세기(파워)가 거리의 제곱과 반비례하고, RSSI값은 이 강도를 임의로 정한 기준에 로그에 비례하여 표현한 단위이기 때문이다. 그러나 현재의 BLE기술은 거리나 위치를 측정하는 용도로 설계된 것이 아니기에 RSSI 값을 거리 측정으로 사용하기에는 한계가 있다[2-4].

3.2. 거리 보정 제안

본 논문에서는 RSSI 값의 무선 신호의 특성으로 인해 불규칙적인 수신 신호 값을 의미 있는 거리 값으로 활용하기 위해 물리적 잡음 제거 과정과 다음의 소프트웨어적인 과정을 제안한다.

첫째, 칼만 필터(Kalman Filter) 알고리즘 이용하여 분산된 기본 신호에 편차를 줄이는 과정을 수행한다.

둘째, 실측 거리별 신호의 오차 범위를 계산하고 그 결과를 기반으로 수신 신호의 신뢰 구간을 계산한다.

셋째, 비콘과 단말 사이의 거리를 실측 거리와 예측 거리를 통해 매핑하는 과정을 수행한다.

마지막으로 실측 거리와 신뢰 구간 정보를 바탕으로 예측 거리의 최적화 과정을 유전 연산을 통해 수행한다. 표 4에 실험에 사용한 각 단말의 사양을 나타내었다.

표 4. 실험 비콘과 모바일 단말
Table. 4 Experiment iBeacon and mobile device spec

	iBeacon Device	Mobile Device
Maker	Dio Interactive	Samsung
Model	Wizturn pebBLE	Galaxy S4 LTE-A
OS	-	Android 4.4.4

3.3. 비콘 관리

실험에 사용된 위치 측위 방법은 그림 2에 나타난 난반사 차폐 장치를 통해 거리 정보를 수신하게 된다. 이때 위치 측위를 위해 사각형 구간의 실험 공간에 4곳의 모서리에 비콘 쌍으로 구성하였다. 이때 대각선 2개의 비콘이 하나의 쌍을 이루며 비콘 간의 거리는 5m를 유지하였다. 또한 넓은 공간의 위치 측위를 위해 기본 공

간을 추가 구성하였다. 이는 실내 측위를 위한 지도 역할을 하며 제안 시스템의 실내 측위 맵으로 활용된다. 그림 3에 실험을 위한 비콘의 배치와 맵의 구성을 나타내었다.

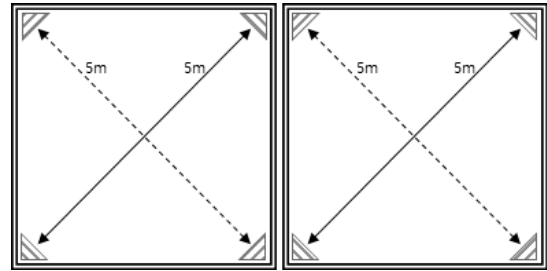


그림 3. 비콘 배치와 맵 구성
Fig. 3 iBeacon device placement and Map configuration

맵 구성을 위한 비콘 쌍은 위치 측위를 위해 각 쌍들이 별도로 관리되며 그림 4에 나타난 것과 같이 비콘 쌍을 관리하기 위해 제안 시스템에 관리 페이지를 구성하였다.

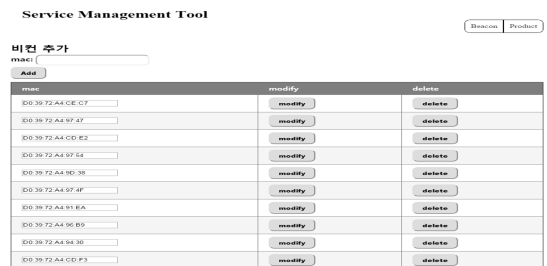


그림 4. 비콘 쌍 관리 도구
Fig. 4 iBeacon device pairs management tools

3.4. 최적화를 위한 유전 연산

3.2절에서 실측 거리와 RSSI 신호를 통한 측정 거리와의 매핑과정을 위해 거리 신호의 신뢰 구간을 이용하였다. 그러나 이는 신호의 허용 오차 범위를 이용하여 일대일 대입을 수행하는 과정으로 단순 대입 형태를 갖게 된다. 따라서 수신 신호를 기반으로 예측한 거리와 실제 거리와의 차이는 존재하게 된다. 따라서 실측 거리와 신뢰 구간의 값에 신뢰성 있는 최적의 거리 정보 예측이 필요하며 해당 최적화 과정을 유전 알고리즘의 연산을 통해 수행하였다.

유전 연산은 가장 성능이 낮은 해를 선택하여 대처하

는 Steady State GA를 사용하였으며 이는 실내의 이동 상태를 갖는 단말에 실시간 위치 정보를 제공하기 위해 빠른 수렴을 수행하기 위함이다. 따라서 오차 범위를 통한 신뢰 구간의 특정 영역에 대한 신뢰성 있는 거리 정보를 빠르게 얻기 위해 유전 연산의 설익은 수렴의 가능성은 배제 하였다[6]. 표 5는 유전 연산 및 신뢰 구간의 최적화 연산에 적용된 환경 변수이다.

표 5. 유전 알고리즘 환경 변수

Table. 5 Environment variables of genetic algorithms

Environment Variables	Values
Chromosome Length	50, 100, 200
Population Size	10 X Chromosome Length
# Generation	50
Selection	Tournament Selection
Crossover	1 Point Crossover
Mutation	Typical Genewise Mutation
Mutation Rate	0.005(=50/1000)

그림 5와 6은 근거리(1m 이내)와 중거리(3m 이내)에서 거리 값의 최적화를 위해 실측 데이터를 기준으로 유전 연산을 수행한 후 얻은 최적화 결과 데이터를 나타내었다.

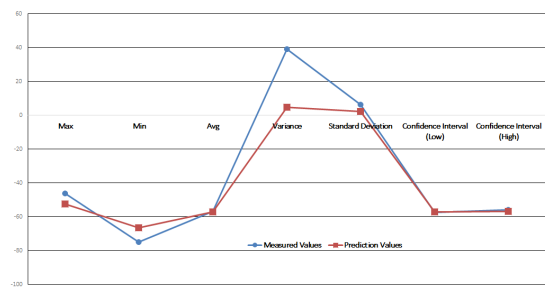


그림 5. 1미터 이내 근거리 정보 최적화
Fig. 5 Optimization within 1m Local Area Information

두 실험 결과의 그래프를 통해 확인 되듯 분산된 비콘 신호의 안정화를 확인할 수 있으며 상위 하위 신뢰 구간 역시 최적화되었음을 확인할 수 있다. 이는 거리 측정을 위한 수신 신호의 분석 과정으로 거리 정보의 신뢰도가 향상되는 것을 확인할 수 있다.

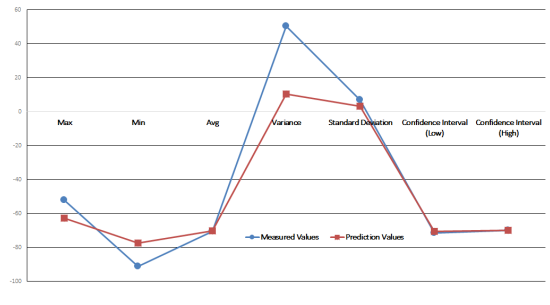


그림 6. 3미터 이내 중거리 정보 최적화
Fig. 6 Optimization within 3m Medium Range Area Information

본 논문의 제안 시스템은 그림 3에 나타난 맵 구성 및 지도에 배치된 비콘 쌍의 거리 측정을 이용해 실내 위치 측위를 수행하여 보다 신뢰성 있는 실내 위치 측위 가능성이 확인하였다.

IV. 결론

제안된 실내 측위 시스템은 비콘 신호의 간섭 문제를 물리적으로 최소화하였으며, 모바일 단말에 수신된 RSSI 신호로 거리를 측정하는데 있어 개선된 결과를 확인할 수 있다. 또한 실내 측위를 위해 제안하는 지도 구성의 방법과 비콘 쌍의 배치로 실내 위치 측위를 수행하는 과정에서 실측 거리와 매핑 과정에서 거리의 오차를 유전 연산을 통해 거리 정보의 정확도가 향상된 결과를 확인할 수 있다. 그러나 비콘의 특성을 고려한 다양한 환경 변수들을 사용하여 맵 정보 구성이 필요하며 다양한 환경에서의 실내 측위에 정확도 측정을 수행해야 하며 유전 연산의 다양성 및 신뢰성 향상을 제공할 수 있는 실험 및 연구가 향후 수반되어야 한다.

REFERENCES

[1] Sichitiu, Mihail L., and Vaidyanathan Ramadurai. "Localization of wireless sensor networks with a mobile beacon." *Mobile Ad-hoc and Sensor Systems, 2004 IEEE International Conference on. IEEE*, 2004.

[2] A. Kotanen, M. Hannikainen, H. Leppakoski, T. D. Hamalainen, "Experiments on local positioning with

- bluetooth," *Information Technology: Coding and Computing*, pp. 297-303, 2003.
- [3] M. M.organero, P. I. Munoz, and C. D. Kloos, "Using bluetooth to implement a pervasive indoor positioning system with minimal requirements at the application level," *Mobile Information Systems*, 2012.
- [4] Oksar, Irfan. "A Bluetooth signal strength based indoor localization method." *Systems, Signals and Image Processing (IWSSIP), 2014 International Conference on. IEEE*, 2014.
- [5] Hightower, J. and G. Borriello, "Location systems for ubiquitous computing", *IEEE Computer*, Vol.34, No.8 (2001), pp.57-66.
- [6] Yoon, C. P., and Hwang-Bin Ryou. "A genetic algorithm for the routing protocol design of wireless mesh networks." *Information Science and Applications (ICISA), 2011 International Conference on. IEEE*, 2011.
- [7] Bluetooth specification, (available online at: <http://www.bluetooth.com>)



윤창표(Chang-Pyo Yoon)

1998년 광운대학교 전자계산학과 이학사
 2001년 광운대학교 컴퓨터과학과 공학석사
 2012년 광운대학교 컴퓨터과학과 공학박사
 2012년 ~ 현재 경기과학기술대학교 컴퓨터모바일융합과 조교수
 ※ 관심분야 : 사물 인터넷, 모바일 운영체제, 네트워크 프로토콜, 무선 네트워크, 네트워크 보안



황치곤(Chi-Gon Hwang)

1995년 창원대학교 경영학과 경영학사
 2004년 광운대학교 정보통신학과 공학석사
 2012년 광운대학교 컴퓨터과학과 공학박사
 2006년 ~ 2015년 (주)인찬 연구원
 2015년 ~ 현재 경민대학교 인터넷정보과 조교수
 ※ 관심분야 : 모바일 클라우드, 멀티미디어 온톨로지, 클라우드 컴퓨팅, 데이터 상호운용