



# 무인캐리어를 위한 위치 추정 연구

박남욱\*, 최진규\*\*

## A Study on Location Estimation for Unmanned Carrier

Nam-Wook Park\*, Jin-Kyu Choe\*\*

이 논문은 2018학년도 한남대학교 학술연구조성비 지원에 의하여 연구되었음

### 요 약

최근 사용자의 위치 추정을 위해 근거리 통신망 환경을 이용한 방법들이 연구되고 있다. 그러나 근거리 통신망을 이용해 위치를 추정하기 위해서는 통신망 환경이 구축되어야 한다. 때문에 무인 캐리어 같이 환경이 자주 변하는 산업 현장이나 실내와 실외상황이 변하는 곳에서의 사용에 제약이 따른다. 본 연구에서는 무인 캐리어에 직접 근거리 통신 수신기를 부착하여 사용자의 위치를 추정하는 방식을 제안한다. 제안하는 방법은 근거리 통신 방법의 장점을 유지하면서 변화하는 환경에서 적용이 어려운 근거리 통신을 이용한 위치 추정방식의 제약을 보완 할 수 있다. 본 연구는 무인 캐리어 개발 및 무선통신을 이용한 위치 추정의 응용분야에 효과적으로 사용될 수 있을 것으로 기대된다.

### Abstract

A method using a local area network environment for user location estimation is being studied. However, in order to estimate a location using a local area network, a network environment must be established. Therefore, there is a restriction on the use in an industrial field where an environment such as an unmanned carrier changes frequently, or in a place where indoor and outdoor conditions change. This paper proposes a method of estimating the location of a user by attaching a local network receiver directly to an unmanned carrier. The proposed method can compensate the limitation of the localization method using the local area network which is difficult to apply in the changing environment while maintaining the advantage of the local area network method. This study is expected to be used effectively in the application field of location estimation using unmanned carrier development and wireless communication.

### Keywords

unmanned carrier, estimating location, RSSI, wireless

\* 한남대학교 대학원 전자공학과  
- ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0049-7646>  
\*\* 한남대학교 전자공학과 교수(교신저자)  
- ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2435-9806>

• Received: Jan. 08, 2019, Revised: Mar. 27, 2019, Accepted: Mar. 30, 2019  
• Corresponding Author: Jin-Kyu Choe  
Dept. of Electronic Engineering, Hannam University, 50 Hannam-ro,  
Daeduk-gu, Daejeon, 306-791, Korea,  
Tel.: +82-42-629-7566, Email: [jkchoe@hnu.kr](mailto:jkchoe@hnu.kr)

## 1. 서론

사람들의 힘든 업무 또는 위험이 되는 작업을 대신하여 주는 무인 캐리어의 많은 응용분야가 연구 개발되고 있다. 이에 따라 위치 인식 기술의 정확도를 높이기 위한 다양한 연구 역시 활발하게 진행되고 있다[1].

위치 인식 기술은 센서 기반의 위치 추정 기술과 무선 통신 기반의 위치 추정 기술로 크게 두 가지로 나눌 수 있다. 센서 기반의 위치 추정 기술에는 가속도계와 자자기계를 이용하는 IMU센서, 소리, 압력센서, LED, PIR센서 등을 이용한 기술들이 있으며, 무선 통신 기반의 위치 추정 기술에는 RFID, WLAN, UWB, 블루투스 등을 이용한 기술들이 있다[2].

센서 기반의 위치 추정 기술의 경우 외적인 영향으로 오류가 누적되면 추적 기능이 불가능할 정도로 오작동이 발생할 수 있는 단점이 있으며 무선 통신 기반의 위치 추정 기술은 측위 환경을 미리 조성해야 한다는 단점이 있으므로 이러한 문제점들을 개선하는 방향으로 많은 연구가 진행되고 있다 [3][4]. 기존의 무선 통신 기반의 위치 추정 기술은 측위 환경을 미리 구성해야 하는데 무인캐리어를 이용하여 이동할 경우 실내와 실외의 환경이 계속 변하는 경우가 발생하기 때문에 조성한 환경에서의 사용하기 힘든 문제점이 있다.

본 논문은 이러한 문제점을 인식하여 조성된 환경의 무선 통신 기반을 이용한 무인캐리어의 위치 추정이 아닌 무인캐리어와 목표물의 상대적 위치를 추정하여 무인캐리어가 목표를 따라가는 형태의 위치 추정 방법을 제안하였다.

본 논문의 구성은 2장에서 위치 추정에 관한 연구에 대하여 설명한다. 3장에서는 실험환경을 조성하여 제안하는 알고리즘을 적용해서 실제 측정값과 비교 및 분석한다. 4장에서 결론으로 맺는다.

## II. 관련 연구

### 2.1 RSSI(Received Strength Signal Indicator)

본 연구에서는 무선통신 시 거리에 따라 감소하

는 수신 신호 세기 값인 RSSI를 이용하여 거리를 측정한다. 거리에 변화로 인해 수신되는 신호의 강도가 변화하는 것을 이용하여 무인 캐리어에 수신된 RSSI를 식 (1)과 같이 계산해서 이용한다.

$$RSSI = -10 * n * \log(d) + TxPower \quad (1)$$

( $d$  : 거리,  $n$  : 전파손실도)

### 2.2 피드백 필터링(Feedback Filtering)

RSSI 값의 오차를 줄이기 위해 피드백 방식 필터링을 사용한다. 직전에 수신된 값을 어느 정도 반영함으로써 이후에 수신된 값이 갑자기 큰 폭으로 변화하는 수치를 완화하는 형태로서 다음 식 (2)와 같이 표현할 수 있다.

$$R_m = k \cdot R_t + (1 - k) \cdot R_{m-1} \quad (2)$$

$R_m$ 은 현재 계산된 RSSI 값이며  $R_t$ 는 현재 측정된 RSSI 값이고  $R_{m-1}$ 은 이전에 계산된 RSSI 값이며  $k$ 는 피드백 하는 계수이다

피드백 방식의 필터링은 스무딩 효과는 떨어지지만, 이론적인 감쇠곡선에 근접하고 있으며, 계수 값의 조정을 통해 감쇠곡선에 더 근접한 결과를 도출할 수 있다[5].

### 2.3 아폴로니우스 정리(Apollonius' Theorem)

아폴로니오스의 정리 또는 중선정리(中線定理)는 삼각형의 각 변들 간의 관계를 설명한 정리이다. 그림 1과 같이 삼각형의 세 변의 길이를 알면 삼각형 중선과 한 꼭짓점 사이의 길이와 각도를 구할 수 있다[6].

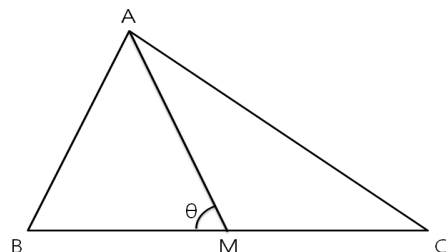


그림 1. 아폴로니우스 삼각형  
Fig. 1. Apollonius triangle

아폴로니우스의 정리와 제 2코사인 법칙인 식 (3)과 식 (4)를 이용하면 두 개의 수신부로 구성되어 있는 캐리어에서 송신부로 구성되어 있는 목표 물과의 거리와 각도를 계산할 수 있다.

$$\overline{AM} = \sqrt{\frac{\overline{AB}^2 + \overline{AC}^2}{2} - \overline{BM}^2} \quad (3)$$

$$\theta = \cos^{-1}\left(\frac{\overline{AM}^2 + \overline{BM}^2 - \overline{AB}^2}{2 * \overline{AM} * \overline{BM}}\right) \quad (4)$$

### 2.4 위치 추정 제안 알고리즘

본 연구에서 제안하고자 하는 위치 추정 방법은 사용자가 송신기를 동작하면 캐리어가 사용자의 위치를 추정하여 따라오는 무인 캐리어에 사용된다.

본 연구에서 비콘(Beacon)인 (주)Kongtec사의 플루토콘(Plutocon)으로 송신기를 구현한다. 플루토콘은 송신전력과 송신주기를 설정할 수 있으며, 코인배터리를 이용하여 3년에서 최대 5년까지 사용 가능하다. (주)유니콘정보시스템의 XU-400B 모듈을 수신기로서 사용한다. BLE 4.0을 제공하는 USB 2.0 타입의 블루투스로서 최대 20m의 무선수신거리를 가진다.

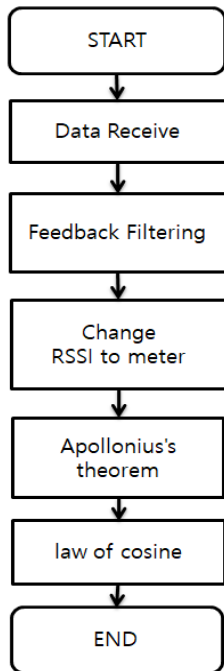


그림 2. 제안하는 알고리즘  
Fig. 2. Proposed algorithm

비콘은 고유의 UUID와 major number 및 minor number가 존재하여 수신기에서 수신 받을 송신모듈을 지정하면 지정된 송신모듈의 전파만을 수신이 가능하므로 다수의 송신모듈과 다수의 수신모듈이 혼선될 가능성은 없다. 무인캐리어에 두 개의 수신모듈을 설치하여 사용자의 위치 데이터를 수신한다.

그림 1의 A위치를 송신 모듈로 위치하고 B와 C의 위치를 무인 캐리어 양 옆의 두 수신 모듈로 가정한다. 두 수신 모듈에서 수신한 RSSI는 그림 2의 알고리즘을 이용하여 송신기와 무인 캐리어간의 상대적 위치를 계산 할 수 있다. 피드백 필터링을 이용하여 외적으로 발생하는 오차를 최소화하며, 수신된 RSSI 값을 식 (1)을 이용하여 거리로 변환한다. 그리고 아폴로니우스 정리와 제 2코사인 법칙을 이용하여 목표와 무인 캐리어와의 거리와 각도를 계산한다.

## III. 실험 및 결과

### 3.1 통신 거리에 따른 RSSI 측정

RSSI 수신 동작의 타당성을 검증하기 위하여, 각 위치에서 50회씩 RSSI 값을 수신하고 75%의 비율로 피드백 필터링을 사용하여 값의 오차를 보정한다. 수신 신호의 RSSI 값을 공식에 의한 값과 수신모듈에 수신된 패킷을 계산한 값을 측정하여 비교 분석한다. 전파손실도 n의 값은 실내 기준인 2~3 중 2로 적용한다[7][8].

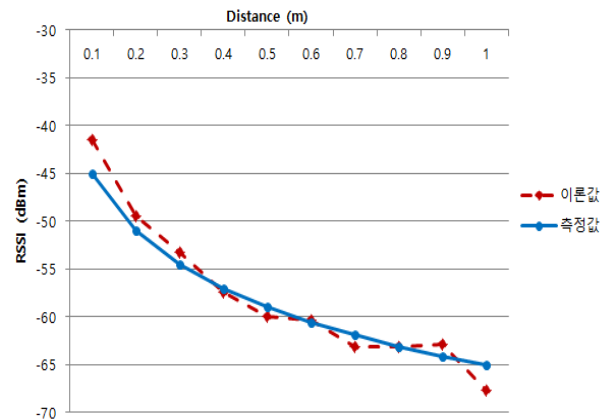


그림 3. 통신 거리에 따른 RSSI값의 변화  
Fig. 3. Comparison of RSSI value according to distance

그림 3은 거리 변화에 따른 공식 값과 실험에 의해 계산된 RSSI 측정치를 비교한 것이다. 송신모듈과 수신모듈 사이의 거리를 변화하면서 10cm 간격으로 측정한 결과로, 시뮬레이션한 값과 측정값의 신호 세기의 변화는 유사한 패턴을 보인다. 다만, 이론치와 실험치의 차이는 실내의 여러 방해 요소들로 인한 오차로 판단된다[9]. 또한 일정 거리 이상 벌어지게 된다면 외부의 전파 방해요소의 영향이 커지기 때문에 오차가 발생할 수 있다. 두 값이 유사한 패턴을 보이므로 본 연구에서 설계하고 구현한 비컨으로 신호 세기를 이용한 무인 캐리어 구현에는 문제가 없음을 확인할 수 있다.

### 3.2 모듈 사이의 거리 변화에 따른 추적 성능

본 연구에서는 일반적으로 사용하는 캐리어인 폭 0.4m을 기준으로 사용자가 무인 캐리어의 0.5m 및 0.7m 앞에서 좌우로 이동하는 경우, 수신부에서 수신되는 RSSI 값의 크기의 변화를 측정한다.

사용자가 무인 캐리어의 중앙을 기준으로 좌우로 이동할 경우의 양쪽 모듈에 수신되는 RSSI 값을 측정 방법을 그림 4에서 묘사한다. 결과 분석에서 두 모듈간의 간섭에 의한 영향을 최대한 줄이기 위하여 두 모듈에 수신된 값을 동시에 측정한다. 그림 5에서 보이는 바와 같이 좌측모듈과 우측모듈의 중심에서 형태가 정확한 형태의 좌우 대칭으로 측정되지 않는 이유는 주변 환경의 간섭에 의한 것이다.

측정된 RSSI 값을 제안한 알고리즘에 적용하여 각도와 거리로 계산한 결과는 각각 그림 6과 그림 7에 나타난다.

그림 6은 실제 송신기와 각도를 측정한 값과 알고리즘을 이용해 각도를 계산한 결과로서 최대 10%의 오차율을 보이면서 실제 값에 유사한 결과가 나타난다. 그림 7의 경우 두 수신기 사이의 실질적 캐리어의 위치에서 송신기까지의 최단거리를 측정한 값과 알고리즘을 적용한 결과이다.

수신기의 중앙 부분에서는 최대 12%의 오차가 발생하였는데 다중경로 현상에 의한 중첩 수신 발생이 두 수신부에 중첩되면서 오차가 더 커지게 된다.

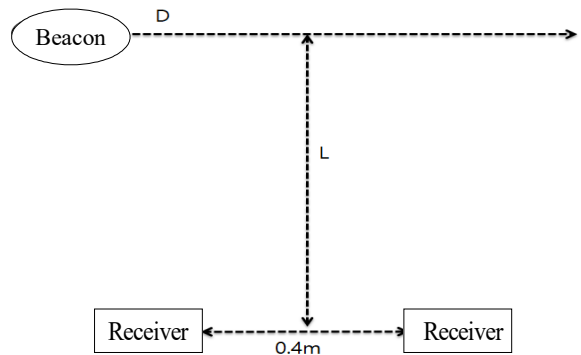


그림 4. 비컨의 위치에 따른 좌우 RSSI 변동  
Fig. 4. Right and left RSSI variation by beacon position

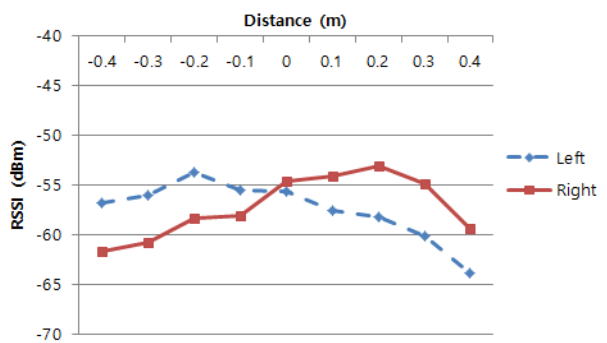


그림 5. L = 0.5m에서 RSSI 측정  
Fig. 5. RSSI measurement at L = 0.5m

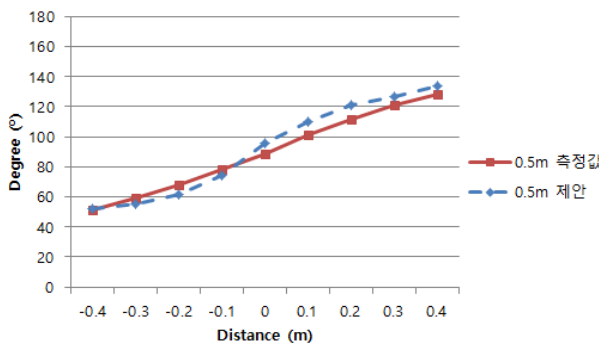


그림 6. L = 0.5m에서 각도 계산  
Fig. 6. Angle calculation at L = 0.5m

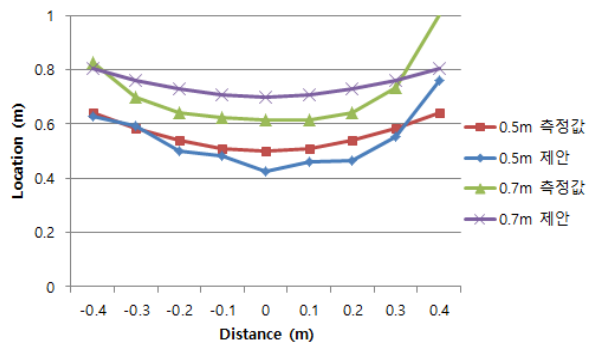


그림 7. L = 0.5m, 0.7m에서 거리 계산  
Fig. 7. Distance calculation at L = 0.5m, 0.7m

### 3.3 실험 결과

3.1절에서 거리에 따라 RSSI 값이 감소함을 직접 측정하여 이론적인 값과 유사함을 나타내어 RSSI 값을 이용하여 거리를 측정할 수 있음을 보인다. 3.2절에서는 두 수신부에서 수신한 RSSI 값이 유사함으로 두 수신부의 동작이 유사함을 보이고 측정된 RSSI 값을 알고리즘에 적용하여 0.5m 앞에서 이동하는 사용자의 위치를 추정된 결과 각도의 경우 최대 오차율 10%의 정확성을 가지고 거리의 경우 최대 오차율 12%의 정확성을 보였다. 이 결과는 다른 알고리즘을 적용해 거리와 각도를 계산할 경우 20%정도의 오차가 나타나는 것과 비교해 정확도가 높다[10].

## IV. 결 론

본 연구에서는 실내나 실외 같은 환경에 상관없이 캐리어에 수신부를 부착하여 별도의 조작 없이 무인 캐리어가 사용자의 위치를 추정하는 방법을 제안하였다. 비컨을 이용하여 통신 패킷 속에 있는 RSSI 값이 통신 거리 변화에 따라 변화하는 것을 이용하여 무인 캐리어가 사용자의 위치를 추정하는 알고리즘을 제안하였다. 사용자의 위치를 두 개의 수신 모듈이 거리를 측정하여 수신된 RSSI 값을 이용하여 캐리어와 사용자 사이의 각도와 거리를 계산하여 사용자의 위치를 추정할 수 있다. 이는 사용자의 위치가 변할 경우 각도와 거리를 이용하여 캐리어의 이동을 제어하여 사용자를 따라가는 기술의 토대로써 사용할 수 있다.

본 논문은 기존의 위치 추정 방식의 경우 환경을 구축해야 하는 방법과 다르게 무인캐리어 같이 주변 환경이 계속해서 변할 경우 무인캐리어가 직접 사용자의 위치를 추정하는 방법을 제안하였다. 제안한 방법을 실험한 결과 최대 10~12%의 오차로서 실제로 적용할 수 있는 정확도를 보였다.

본 연구 결과는 무인 캐리어 시스템 개발 및 활용과 위치 추정 응용분야에 유용하게 사용될 수 있을 것으로 기대된다.

## References

- [1] H. J. Shin, Y. H. Chon, Y. G. Kim, and H. J. Cha, "A participatory service platform for indoor location-based services", *IEEE Pervasive Computing*, Vol. 14, No. 1, pp. 62-69, Jan. 2015.
- [2] H. W. Choi, "Indoor location estimation system using bluetooth low energy beacon landmark", MS Thesis, Korea Univ. 2016.
- [3] J. H. Jung, Y. M. Hwang, and S. G. Hong, "Position Error Correction Algorithm for Improvement of Positioning Accuracy in BLE Beacon Systems", *Journal of Satellite, Information and Communications*, Vol. 11, No. 4, pp. 63-67, Apr. 2016.
- [4] M. Saxena, P. Gupta, and B. N. Jain, "Experimental analysis of RSSI-based location estimation in wireless sensor networks", *Communication Systems Software and Middleware and Workshops*, Vol. 3, No. 6, pp. 503-510, Jun. 2008.
- [5] J. S. Kim, "Implementation of Indoor Navigation Service System Based on Naturally Beacon RSSI", MS Thesis, Wonkwang Univ. 2017.
- [6] Apollonius's theorem, Wikipedia: [https://en.wikipedia.org/wiki/Apollonius%27s\\_theorem](https://en.wikipedia.org/wiki/Apollonius%27s_theorem). [accessed: Oct. 20, 2018]
- [7] A. C. Salas, "Indoor Positioning System based on Bluetooth Low Energy", *Universitat Politècnica de Catalunya*, 2014.
- [8] Y. T. Kim, G. C. Park, and Y. S. Jeong, "Energy-efficient routing protocol based on Localization Identification and RSSI value in sensor network", *Journal of Digital Convergence*, Vol. 12, No. 1, pp. 339-345, Jan. 2014.
- [9] U. J. Jang, "A Control of Moving Path on the Rotation Section for an AGV using BLE in Indoor Environments", MS Thesis, Incheon Univ. 2017.
- [10] M. S. Cheon and J. K. Choe, "Study on the

Implementation of Unmanned Carrier Using Zigbee", Journal of Korean Institute of Information Technology, Vol. 14, No. 10, pp. 97-103, Oct. 2016.

저자소개

박 남 옥 (Nam-Wook Park)



2017년 2월 : 한남대학교  
전자공학과(공학사)  
2019년 2월 : 한남대학교 대학원  
전자공학과(공학석사)  
관심분야 : 디지털시스템 설계,  
마이크로 컨트롤러, Embedded  
System

최 진 규 (Jin-Kyu Choe)



1980년 : 고려대학교  
전자공학과(공학사)  
1982년 : 고려대학교 전자공학과  
공학석사  
1987년 : 고려대학교 전자공학과  
공학박사  
2005년 ~ 2006년 : 미국 University

of Arizona 방문 교수

2019년 4월 현재 : 한남대학교 전자공학과 교수  
관심분야 : 통신망 성능평가, 디지털시스템 설계,  
Embedded System