

# 삼변측량법을 개선하기 위한 이용한 비콘 기반의 실내 위치 측정 방법

곽정훈<sup>1</sup>, 성연식<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>동국대학교 멀티미디어공학과

e-mail: sung@dongguk.edu

## Beacon-based Indoor Location Measurement Method to Enhanced Trilateration

Jeonghoon Kwak<sup>1</sup>, Yunsick Sung<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Multimedia Engineering, Dongguk University-Seoul

### 요 약

실내 환경에서 무인항공기(Unmanned Aerial Vehicle, UAV)를 활용하기 위해서는 실내에서 UAV의 위치 계산 방법이 요구된다. 실내 환경 내에서 위치를 측정하기 위해 블루투스 기반의 비콘(Beacon)과 세 개 이상의 AP(Access Point)를 활용하여 개선된 삼변측량법으로 위치를 계산한다. 개선된 삼변측량법을 활용하여 UAV의 위치를 계산하는 과정에서 AP에서 측정한 비콘의 거리 오차로 인해 개선된 삼변측량법으로 계산한 UAV의 위치에 대한 문제가 발생한다. 이 논문에서는 위치를 계산하는 과정에서 개선된 삼변측량법을 적용하는 과정에서 발생하는 문제를 해결하는 방법을 제안한다. 실험에서는 실내에서 제안한 방법을 활용하여 위치 측정한 결과와 기존의 삼변측량법을 활용하여 위치 측정한 결과를 비교하여 검증한다. 제안한 방법을 이용하여 기존의 삼변측량법을 68.67%의 위치를 개선하였다.

### 1. 서론

실내 환경에서 무인항공기(Unmanned Aerial Vehicle, UAV)[1]를 활용하여 배달, 감시 및 정찰에 대한 임무를 수행하기 위해서는 실내 환경에서 UAV의 위치를 계산하는 방법이 요구된다. UAV의 위치를 측정하기 위해서 UAV에 장착되어 있는 카메라와 3차원 환경을 이용하여 UAV의 위치 파악이 가능하다[2]. 하지만 UAV의 카메라를 활용하여 위치를 파악하기 위해서는 3차원 환경이 구축되어 있어야 한다. UAV가 비행환경에 대해 사전 구축 없이 UAV의 위치를 계산하는 방법이 필요하다.

비콘(Beacon)을 활용하여 UAV의 위치를 계산하는 방법이 있다[3-4]. 세 개 이상의 AP(Access Point)에서 하나의 비콘을 측정한 거리 기반으로 삼변측량법을 이용하여 위치를 계산하는 방법이 있다. 하지만 기존의 삼변측량법[3]을 활용하여 비콘의 위치를 계산하지 못하는 경우에도 공식을 통하여 계산이 가능하여 위치가 부정확하게 나오는 문제를 가진다. 위치를 계산하지 못하는 경우에 대해서 비콘의 위치를 계산하는 방법이 필요하다.

이 논문에서는 삼변측량법[3]을 활용하는 과정에서 공

식에 적합하지 않는 경우에 대한 비콘의 위치를 계산하는 방법을 제안한다. 각 AP로부터 수신한 비콘의 거리를 기반으로 세 개의 거리를 이용하여 삼변측량법[3] 사용 가능 여부를 확인한다. 삼변측량법[3]이 사용 가능한 경우에는 삼변측량법을 활용하여 비콘의 위치를 계산한다. 하지만 삼변측량법[3]으로 계산되지 않는 경우에 대한 비콘의 위치 계산하는 방법을 제안한다.

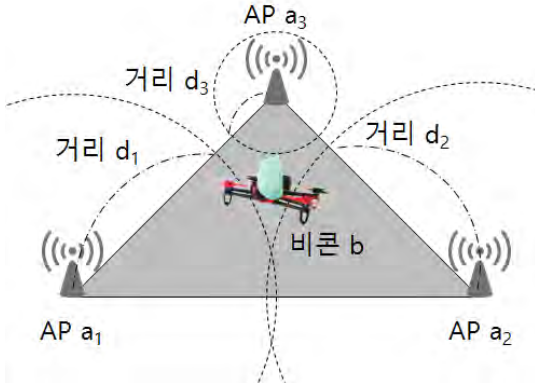
이 논문에서는 다음과 같이 구성한다. 2장에서는 삼변측량법[3]이 적용되지 않는 경우에 대한 비콘의 위치를 계산하는 방법을 제안한다. 3장에서는 제안한 방법을 실내에서 UAV의 위치를 측정하여 개선 여부를 검증한다. 마지막으로 제안한 방법에 대한 결론을 내린다.

### 2. 삼변측량법을 개선하기 위한 비콘 기반의 위치 측정 방법

AP에는  $[x, y]$ 의 2D 좌표를 가진다. AP  $a_1$ 에서 비콘  $b$ 를 측정한 거리를 거리  $d_1$ , AP  $a_2$ 에서 비콘  $b$ 를 측정한 거리를 거리  $d_2$  그리고 AP  $a_3$ 에서 비콘  $b$ 를 측정한 거리를 거리  $d_3$ 이다. 기존 연구[3]의 삼변측량법을 사용하지 못하는 경우는 AP의 위치와 측정한 거리로 이루어진 원이 겹치지 않거나 원이 다른 AP로부터 이루어진 원에 속하는 경우에 기존 연구[3]의 삼변측량법이 적용되지 않는다. 예를 들어, (그림 1) AP의 위치와 측정한 거리로 이루어진 원이 겹치지 않는 경우이다.

\* 교신저자: 성연식 (sung@dongguk.edu)

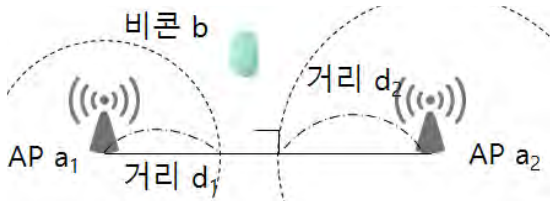
기존 연구[3]의 삼변측량법을 활용하기 가능 여부에 따라 사용 가능한 경우에는 기존 연구[3]의 삼변측량법을 활용하고 사용 불가능한 경우에는 제안한 방법을 사용한다. 첫 번째, 기존 연구[3]의 삼변측량법을 활용하여 비콘의 위치를 계산 가능 여부를 확인한다.



(그림 1) 비콘 기반의 삼변측량법이 되지 않는 경우

예를 들어, 식 (1)과 같이 거리  $d_1$ 과 거리  $d_2$ 의 합이 AP  $a_1$ 과 AP  $a_2$ 의 유클리드 거리가 더 큰 경우에 (그림 2)에 거리  $d_1$ 과 거리  $d_3$ 과 같이 두 개의 원이 접하지 않는다.

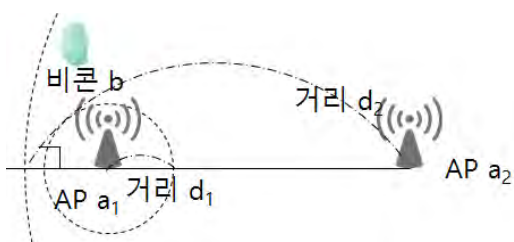
$$d_1 + d_2 < \sqrt{(a_{1,1} - a_{2,1})^2 + (a_{1,2} - a_{2,2})^2} \quad (1)$$



(그림 2) 두 개의 원이 접하지 않는 경우

식 (2)와 같이 거리  $d_1$ 과 거리  $d_2$ 의 차이의 절대 값이 AP  $a_1$ 과 AP  $a_2$ 의 유클리드 거리가 더 작은 경우에는 (그림 3)과 같이 AP의 위치와 거리로 이루어진 원이 다른 AP의 원이 내부에 존재하여 두 개의 원이 접하지 않는다.

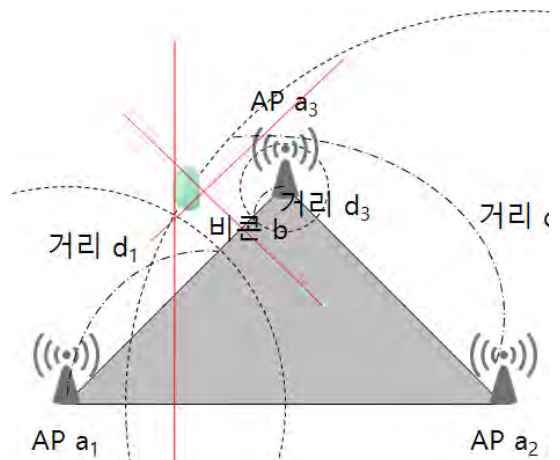
$$|d_1 - d_2| > \sqrt{(a_{1,1} - a_{2,1})^2 + (a_{1,2} - a_{2,2})^2} \quad (2)$$



(그림 3) 한 개의 원이 원의 내부에 있는 경우

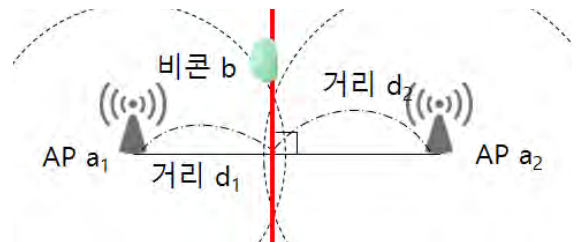
두 번째, 기존 연구[3]의 삼변측량법을 사용하여 비콘의 위치를 계산한다. AP  $a_1$ 과 거리  $d_1$ , AP  $a_2$ 과 거리  $d_2$ , 그리고 AP  $a_3$ 과 거리  $d_3$ 로 식 (1)과 식 (2)을 적용하였을 때 계산하는 세 개의 AP와 거리를 활용하여 모두 만족하지 않을 때 기존 연구[3]의 삼변측량법을 사용한다.

세 번째, 제안한 방법을 이용하여 비콘의 위치를 계산한다. AP  $a_1$ 과 거리  $d_1$ , AP  $a_2$ 과 거리  $d_2$ , 그리고 AP  $a_3$ 과 거리  $d_3$ 로 측정된 거리 식 (1)과 식 (2) 중에 하나를 만족하는 경우에 (그림 4)와 같이 두 개의 AP에 대한 직선의 수직이 되는 직선을 생성한다. 각 AP에서 측정된 거리 비율을 이용하여 겹치지 않는 위치에 임의의 위치를 생성하고 임의의 위치에서 AP와 AP에 대한 직선의 수직이 되는 직선을 생성한다. 생성한 세 개의 직선의 교점으로 비콘의 위치를 계산한다.



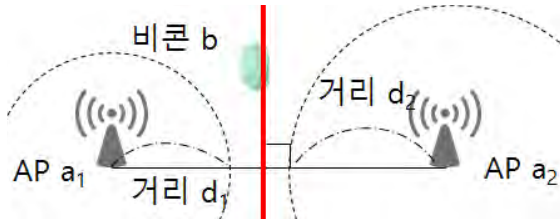
(그림 4) 거리 계산 방법

제안한 방법을 이용하여 직선을 구하는 방법은 세 가지 경우가 있다. 첫 번째 경우는 (그림 5)와 같이 AP로 구성된 두 개의 원이 겹쳐지는 경우이다. 두 원의 교점을 이용하여 직선을 생성한다.



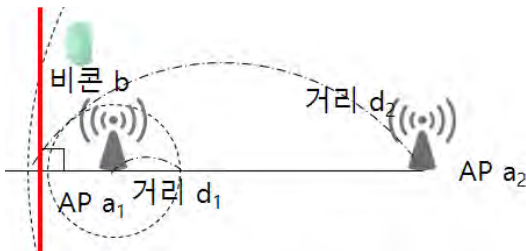
(그림 5) 거리 계산 방법

두 번째 경우는 (그림 6)과 같이 두 원이 겹치지 않는 경우이다. AP  $a_1$ 과 AP  $a_2$ 의 사이에서 각 거리에 대한 비율을 이용하여 중점의 위치에서 AP  $a_1$ 과 AP  $a_2$ 의 직선에 대한 수직인 직선을 구한다.



(그림 6) 거리 계산 방법

세 번째 경우는 (그림 7)과 같이 두 원 중 하나의 원이 다른 하나의 원 내부에 있는 경우이다. 두 원의 비율로 위치를 계산하고 AP a<sub>1</sub>과 AP a<sub>2</sub>의 직선에 대한 수직인 직선을 구한다.



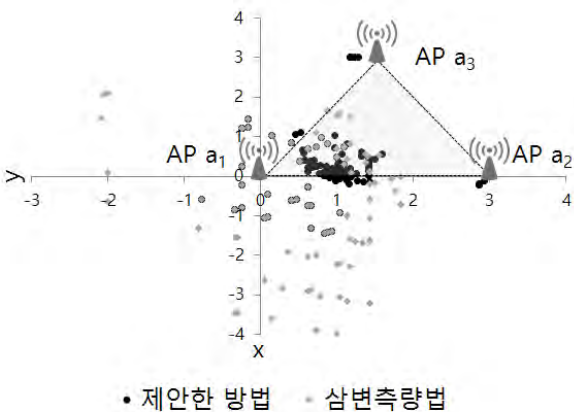
(그림 7) 거리 계산 방법

각 경우에 대해 계산한 직선을 활용하여 세 직선의 교점인 세 개의 위치의 평균으로 비콘의 위치를 도출한다.

### 3. 실험

실험에서는 AP a<sub>1</sub>은 [0,0], AP a<sub>2</sub>는 [3,0], AP a<sub>3</sub>는 [1.5,3]의 크기의 삼각형 안에 UAV가 움직이는 과정에서 측정된 비콘 신호를 활용하여 위치를 계산하였다. 기존의 삼변측량법[3]을 활용하여 계산한 경우와 제안한 방법을 (그림 8)과 같이 비교하였다. 150개의 비콘 위치를 측정하는 과정에서 103개의 비콘의 거리로는 위치 계산이 불가하였다.

제안한 방법으로 계산한 위치의 범위는 x축으로 -0.77에서 2.92, y축으로 -1.43에서 3을 값을 나타냈다. 기존의 삼변측량법[3]을 활용한 경우 위치의 범위는 x축으로 -2.1에서 1.84, y축으로는 -10.80에서 2.10의 값을 나타냈다.



(그림 8) 기존의 삼변측량법[3]과 제안한 방법 비교

### 4. 결론

이 논문에서는 비콘의 위치를 보정하기 위한 개선된 삼변측량법을 제안하였다. 기존의 삼변측량법[3]이 가능한 경우에는 삼변측량법을 활용하고 삼변측량법이 불가능한 경우에는 AP에서 측정된 비콘의 거리를 활용하여 비콘의 위치를 계산한다.

실험에서는 제안한 방법과 기존의 삼변측량법을 비교하여 분석하였다. 제안한 방법을 이용하여 68.67%의 거리를 개선하였다. 제안한 방법으로 위치를 계산하였을 때 사용자가 있는 위치에 가깝게 위치가 측정되었다. 하지만 제안한 방법에서는 삼각형의 크기가 커질 수록 위치 오차가 커진다는 것을 예측이 가능하다.

### 사사표기

이 논문은 2014년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임 (NRF-2014R1A1A1005955).

### 참고문헌

- [1] Paul Gerin Fahlstrom, Thomas James Gleason, "Introduction to UAV Systems," Forth Edition, Willy, 2012.
- [2] 문성태, 조동현, 한상혁, "실내 자율 비행을 위한 영상 기반의 위치 인식 시스템", 항공우주기술, Vol. 12, No. 1, pp. 128-136, 2013.
- [3] 이호철, 이동명, "비콘노드의 동적배치 기반의 3차원 삼각측량 알고리즘을 적용한 위치인식 시스템에 대한 연구", 한국통신학회논문지, Vol. 36, No. 4, pp. 378-385, 2011.
- [4] 손종훈, 황기현, "개선된 삼변측량법을 이용한 위치인식 알고리즘 개발", 한국정보통신학회논문지, Vol. 17, No. 2, pp. 473-480, 2013.