

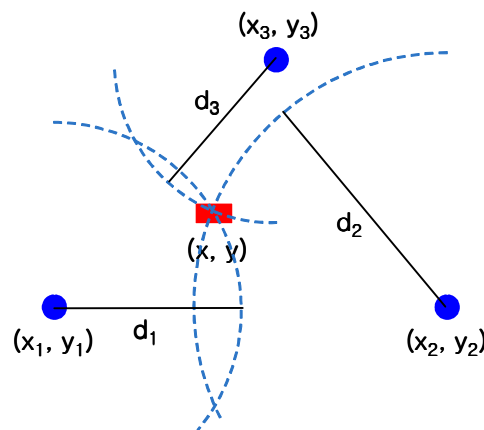
삼각측량법

김학용

요약 — 본 문서에서는 실시간 위치 추적 시스템(RTLS)을 비롯한 다양한 위치 측정 시스템에서 위치 추정에 사용하는 삼각측량법을 설명하고 수신 신호 세기(RSSI)를 이용하는 경우 및 도착 시간을 이용하는 경우의 삼각측량법에 의한 이동 개체의 현재 위치 추적 과정을 설명한다.

1. 삼각측량법(Triangulation) 개요

삼각측량법은 간단한 기하학적인 방법으로 RTLS 시스템에서는 2차원 평면상에서 이동하는 개체의 실시간 위치를 추정하는데 가장 보편적으로 사용되는 방법이다. 2차원 평면상(이하 2차원 평면만을 가정한다.)에서 이동하는 개체의 실시간 위치를 추정하기 위해서는 최소 3개 이상의 기준점이 필요하다. 이런 기준점을 AP1, AP2, AP3라고 하고, 아래 그림에 보이는 것처럼 각 AP의 좌표를 (x_1, y_1) , (x_2, y_2) , (x_3, y_3) 라고 하자. 이동하는 개체를 M으로 나타내고, 현재의 위치가 (x, y) 라고 하자. 또한, 이동 개체 M으로부터 세 개의 기준점까지의 거리를 d_1 , d_2 , d_3 라고 하자.



이동 개체 M으로부터 각 기준점 사이의 거리는 피타고라스 정리에 의해 간단히 계산될 수 있다. 즉,

$$d_1^2 = (x - x_1)^2 + (y - y_1)^2 \quad (1)$$

$$d_2^2 = (x - x_2)^2 + (y - y_2)^2 \quad (2)$$

$$d_3^2 = (x - x_3)^2 + (y - y_3)^2 \quad (3)$$

가 된다. 여기서, d_1 , d_2 , d_3 의 값은 다양한 방식에 의해 얻어질 수 있다. 예를 들어, 수신 신호의 세기(RSSI)와의 관계를 이용해서 구할 수도 있으며, 도착 시간(TOA) 혹은 도착 시간차(TDOA) 등을

이용해서도 구할 수 있다. 따라서, 이곳에서는 d_1, d_2, d_3 의 값을 알고 있다고 가정한다. 또한, 세 기준점의 좌표값도 알고 있기 때문에, 이동 개체의 현재 위치인 (x, y) 의 값은 위의 식(1)~식(3)을 이용해서 구할 수 있다.

2. 수신 신호 세기 (RSSI) 정보를 이용하는 경우

이곳에서는 수신 신호 세기를 이용한 삼각측량법에 의한 위치 추정을 설명한다. 1절에서도 설명한 것처럼, 삼각 측량법의 원리는 그대로 적용되며 이동 개체로부터 세 개의 기준점 사이의 거리를 구하는 과정만이 추가로 설명될 것이다.

수신 신호 세기를 이용하는 경우 이동 개체로부터 기준점 사이의 거리는 Friis의 공식

$$L = 20 \log_{10} \left(\frac{4\pi d}{\lambda} \right) \quad [\text{dB}] \quad (4)$$

을 통해 구할 수 있다. 식(4)의 Friis의 공식은 자유 공간에서의 경로 손실을 구하는 것이며, 여기서 λ 는 전파의 파장을 나타내며 거리 d 와 동일한 단위를 사용한다. 식(4)를 두 지점 사이의 거리 d 에 대해 나타내면

$$d = \frac{\lambda}{4\pi} \cdot 10^{\frac{L}{20}} = \frac{c}{4\pi f} \cdot 10^{\frac{L}{20}} \quad (5)$$

과 같이 된다. 여기서 c 는 전파 속도이며 f 는 주파수를 나타낸다.

예를 들어, 2.4GHz 대역을 사용하는 무선랜 기반의 위치 추적 시스템에서 이동 개체가 송신한 신호의 손실¹이 60dB이고 공기 중 무선 신호의 전파 속도가 3×10^8 [m/sec]라면, 두 지점 사이의 거리 d 는

$$d = \frac{3 \times 10^8}{4 \times 3.14 \times 2.4 \times 10^9} \cdot 10^{\frac{60}{20}} \cong 0.01 \times 1000 = 10 \text{ [m]}$$

가 된다.

나머지 두 기준점에 대해서도 동일한 방식으로 거리를 구하고, 식(1)~식(3)에 대입하면 이동 개체의 현재 위치인 (x, y) 의 좌표값을 구할 수 있게 된다.

3. 도착 시간(TOA) 정보를 이용하는 경우

2절에서 설명한 것과 마찬가지로, 삼각 측량법의 원리는 그대로 적용되며 이동 개체로부터 세 기준점 사이의 거리를 구하는 과정만 설명하도록 한다. 도착 시간(TOA) 정보를 이용하는 경우는 수신 신호 세기를 이용하는 것보다 간단하다. 즉, 이동 개체가 위치 정보를 보낸 시간과 기준점에서 그 정보를 수신한 시간 사이의 차이를 거리로 환산해 주기만 하면 되며, 이는 속도=거리/시간 ($c = d/t$)이라는 간단한 물리 공식을 사용해서 해결할 수 있다. 물론, 도착 시간 정보를 이용하기 위해서는 이동 개체와 모든 기준점은 시간 측면에서 서로 동기가 맞춰져 있어야 한다.

¹ 이동 개체의 신호 전송 세기는 이미 알려져 있고, 기준점에서의 수신 신호의 세기는 측정에 의해 구해진다. 따라서, 이동 개체가 송신한 신호의 전송 손실은 이들 사이의 차로 계산된다.

예를 들어, t [sec]에 전송한 이동 개체의 위치 정보를 어느 기준점에서 0.2 [μsec] 후에 수신했다고 가정하면, 도착 시간과 전송 시간과의 차이는 0.2 [μsec]가 되며, 전파의 전달 속도를 3×10^8 [m/sec]라면, 이동 개체와 기준점 사이의 거리 d 는

$$d = c \cdot t = 3 \times 10^8 \times 0.2 \times 10^{-6} = 60 \text{ [m]}$$

가 된다.

나머지 두 기준점에 대해서도 동일한 방식으로 거리를 구하고, 식(1)~식(3)에 대입하면 이동 개체의 현재 위치인 (x, y) 의 좌표값을 구할 수 있게 된다.

4. 참고 자료

[1] 없음.

※ 상기의 내용은 개인적으로 수집하고 공부한 내용들을 바탕으로 작성된 것이므로, 일반적이지 않을 수도 있으며 잘못된 내용을 포함하고 있을 수도 있습니다. 상기의 내용에 대해 문의가 있거나 잘못된 내용이 있는 경우에는 이메일 주소(honest72@korea.com)로 연락 주시기 바랍니다. 기타 다른 내용에 대해서는 홈페이지 <http://hakyongkim.net> 혹은 <http://hykim.net> 을 참고하시기 바랍니다.