

수동 RFID 환경에서의 이동로봇의 초기 속도 추정

*김성복, 이상협, 김학현
 한국의국어대학교 디지털정보공학부
 e-mail : sbkim@hufs.ac.kr, toto718@hufs.ac.kr

Mobile Robot Initial Velocity Estimation in Passive RFID Environment

*Sungbok Kim, Sanghyup Lee, Hak-Hyun Kim
 Department of Digital Information Engineering
 Hankuk University of Foreign Studies

Abstract

This paper presents the mobile robot initial velocity estimation using spatial/temporal information from passive RFID system. A mobile robot is traveling along a sequence of line segments, each at a constant velocity, and the number of passive tags sensed at every sampling instant is at most one. To simplify the problem, a mobile robot is commanded to traverse two passive tags with steering angle unchanged. The 6th order polynomial equation for the mobile robot initial velocity estimation is obtained, along with some discussion on resolving the multiplicity of solutions.

간, 즉 태그의 경유와 관련된 한 쌍의 시간 정보가 주어지면, 해당 구간에서 일정하게 유지되고 있는 이동로봇의 조향각과 선속도를 결정할 수 있다. 여기서, 미지수가 2개이고 또한 제한식이 2개임에 주목한다.

다음, 최초 주행 구간의 경우 이동로봇의 출발 위치가 알려져 있지 않다고 가정하는 것에 타당하므로, 이를 해결하기 위한 별도의 방안이 요구되게 된다. 최초 구간에서의 문제를 최대한 단순화하기 위해, 이동로봇이 일정한 조향각을 유지한 상태에서 일정한 선속도로 2개의 태그를 연속적으로 경유한다고 하자. 2개의 태그를 경유하는 과정에서 얻어지는 두 쌍의 시간 정보로부터 해당 구간에서의 이동로봇의 조향각과 선속도, 그리고 이동로봇의 초기 위치를 결정할 수 있다. 이때, 미지수의 개수와 제한식의 개수가 각각 4개임에 주목한다.

I. 서론

최근 RFID 시스템을 실내 환경에서의 이동로봇의 위치 추정에 적용하려는 시도가 국내외적으로 활발히 진행되어 왔다 [1-6]. 본 논문에서는 이동로봇이 일련의 직선 구간을 구간별 일정한 속도로 주행하며, 또한 한 순간 감지되는 태그의 수는 한 개 이하라고 가정한다. 이러한 가정 아래서, 태그에 의해 제공되는 위치 정보와 함께 이동로봇이 태그의 감지 범위를 통과하는 동안의 시간 정보를 활용하여 이동로봇의 현재 위치를 추정하고자 한다.

우선, 주어진 주행 구간의 시작 시점에서의 이동로봇의 출발 위치가 알려져 있다고 하자. 출발 후 태그 진입까지 경과 시간과 이 후 태그 이탈까지의 경과 시

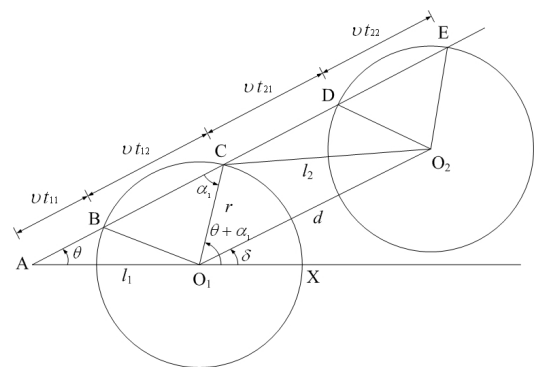


그림 1. 이동로봇의 초기 속도 추정

II. 이동로봇의 초기 속도 추정

태그의 감지 범위를 r , 두 태그의 상대적 위치를 (d_x, d_y) 그리고 두 쌍의 태그 경유 시간 정보를 각

각 (t_{11}, t_{12}) 와 (t_{21}, t_{22}) 라 하자. 이동로봇의 선속도 v 가 두 구간에서 일정하게 유지되고 있다고 하였으므로, ΔABO_1 과 ΔCDO_2 으로부터

$$v^2 = \frac{l_1^2 - r^2}{(t_{11} + t_{12})t_{11}} \quad (1)$$

$$v^2 = \frac{l_2^2 - r^2}{(t_{21} + t_{22})t_{21}} \quad (2)$$

여기서 $\overline{O_1B} = \overline{O_2D} = r$, $\overline{O_1A} = l_1$ 이고 $\overline{O_2C} = l_2$.

ΔABO_1 과 ΔCDO_2 의 기하적 관계를 결정하고 있는 ΔCO_1O_2 로부터

$$l_2^2 - r^2 = d^2 - 2rd_x \cos(\Theta + \alpha_1) - 2rd_y \sin(\Theta + \alpha_1) \quad (3)$$

여기서 $\overline{O_1O_2} = d$, $\angle O_1AB = \Theta$, $\angle O_1CB = \alpha_1$,

$\angle O_2O_1X = \delta$, $d_x = d \cos \delta$, 그리고 $d_y = d \sin \delta$.

식 (1)을 (3)에 대입하면

$$Pv^2 - d^2 + Q \cos(\Theta + \alpha_1) = R \sin(\Theta + \alpha_1) \quad (4)$$

이 얻어지고, 또 양변을 제곱한 후 정리하면

$$(Pv^2 - d^2)^2 + 2(Pv^2 - d^2)Q \cos(\Theta + \alpha_1) + (Q^2 + R^2) \cos^2(\Theta + \alpha_1) - R^2 = 0 \quad (5)$$

한편, ΔAO_1C 으로부터

$$\cos(\Theta + \alpha_1) = -\frac{r^2 + l_1^2 - (t_{11} + t_{12})^2 v^2}{2rl_1} \quad (6)$$

이를 (5)에 대입하면 다음 형태의 식이 얻어진다.

$$4r^2(Pv^2 - d^2)^2 l_1^2 - 4r(Pv^2 - d^2)Q(r^2 + l_1^2 + Sv^2)l_1 + (Q^2 + R^2)(r^2 + l_1^2 + Sv^2)^2 - 4r^2R^2 l_1^2 = 0 \quad (7)$$

식 (1)로부터 v^2 을 l_1 의 2차 다항식으로 표현하면

$$v^2 = T l_1^2 + U \quad (8)$$

이고, 다음 형태의 관계식이 성립됨을 보일 수 있다.

$$Pv^2 - d^2 = V l_1^2 + W \quad (9)$$

$$r^2 + l_1^2 + Sv^2 = X l_1^2 + Y$$

최종적으로, (9)를 (7)에 대입한 후 정리하면, 다음과 같은 l_1 에 대한 6차 다항식을 얻을 수 있다.

$$A l_1^6 + B l_1^5 + C l_1^4 + D l_1^3 + E l_1^2 + F l_1 + G = 0 \quad (10)$$

식 (10)에 보인 6차 다항식의 7개 계수는 태그의 감지 범위 r , 두 태그의 상대적 위치 (d_x, d_y) 그리고 두

쌍의 태그 경유 시간 정보, 즉 (t_{11}, t_{12}) 와 (t_{21}, t_{22}) 등 7개 변수들의 함수임에 주목해야 한다. 즉, 안테나 감지 범위, 태그 배치 상태, 그리고 두 쌍의 시간 정보가 주어지면 6차 다항식의 모든 계수가 정해지게 된다. 식 (10)을 풀어 l_1 이 구해지면, 식 (1)로부터 이동로봇의 선속도 v 를 결정할 수 있으며, 그 결과를 이용하여 조향각 Θ 도 구할 수 있다.

III. 해의 다중성 해소

6차 다항식인 (10)에 대한 수학적 해가 최대 여섯 개 존재하게 되는 반면 그 가운데 실제적으로는 하나만이 유효하다. 일반적으로 6차 다항식의 주어진 계수로부터 해의 성질을 알아내는 것은 매우 어려운 대수학적 문제에 속한다. 본 논문에서는 앞에서 언급한 7개 변수의 값을 폭넓게 변화시켜 가면서 matlab을 이용하여 6개의 해를 직접 구해 보았다. 반복 실험 결과 흥미롭게도 실수인 해는 최대 2개이고, 또한 그 중 하나만이 실제적으로 유효함을 확인할 수 있었다.

IV. 결론

본 논문에서는 수동 태그로부터의 위치 및 시간 정보를 이용하여 이동로봇의 초기 속도를 추정하는 문제를 다루었다. 문제의 단순화를 위해 이동로봇이 일정한 조향각을 유지한 상태에서 일정한 선속도로 2개의 태그를 경유한다고 가정하였다. 이러한 가정 아래, 이동로봇의 초기 속도 추정을 위한 6차 다항식을 유도하였으며, 아울러 컴퓨터를 이용한 반복 실험 결과를 토대로 해의 다중성 해소에 대해 언급하였다.

참고문헌

- [1] D. Hahnel et al., "Mapping and localization with RFID technology," Proc. ICRA, pp. 1015-1020, 2004.
- [2] 김성부 외 2인, "RFID 응용 기술을 이용한 이동로봇의 실내 위치 추정," 제어자동화시스템공학논문지, 제11권, 제12호, pp. 996-1001, 2005.
- [3] 최병석 외 1인, "RFID 센서 공간에서의 모바일 로봇의 효율적인 위치 인식," 제어자동화시스템공학논문지, 제12권, 제1호, pp. 15-22, 2006.