

실내 GPS 환경에서 로봇의 이동속도기반 강인한 위치 및 방향 추정

Robust Estimation of Position and Direction Based on Robot Velocity in the Inner GPS Environment

김승석* · 김용태**

Sung-Suk Kim* and Yong-Tae Kim**

*한국과학기술원 전산학과

**한경대학교 정보제어공학과, IT융합기술연구소

요 약

실내 복잡한 환경에서 이동 로봇의 정확한 이동 동작과 작업의 정확도를 높이기 위해서는 보다 정확한 위치 및 방향 추정이 요구된다. 본 논문에서는 실내 환경에서 이동 로봇이 실내 GPS(iGPS) 정보와 이동속도를 기반으로 위치 및 진행 방향을 강인하게 추정하는 기법을 제안하였다. 초음파를 사용한 iGPS를 기반으로 하는 실내 위치 추정 시스템은 외부 잡음과 초음파 자체의 오차를 가지고 있다. 외부 잡음과 자체 오차 한계를 가지는 환경에서 강인한 위치 및 방향 추정 시스템을 구현하기 위해 로봇의 이동 속도와 취득된 위치 정보의 불확실성을 고려한 소속 함수를 활용하여 강인한 추정 시스템을 제안하였다. 제안된 추정방법은 센서의 개수와 다양한 위치 오차를 고려한 모의실험을 통해 검증하였다.

키워드 : 위치 추정, 방향 추정, 실내 GPS, 위치인식, 이동 로봇

Abstract

The accurate estimation of position and direction of the mobile robot is essential for preparing precise movement and works in the inner complex environment. In this paper, we propose a robust estimation method of location and direction using the velocity of mobile robot in the inner GPS environment. The estimation using the inner GPS with ultrasonic sensors have to consider with various acoustic noise and sensor errors. We design a robust estimation method using a membership function based on uncertainty of the obtained information and robot velocity. The simulation results of the proposed method show effectiveness in the contaminated environment with position errors.

Key Words : Position estimation, direction estimation, inner GPS, localization, mobile robot

1. 서 론

실내 환경에서 이용되는 이동 로봇은 다양한 활용도를 가진다. 인간이 수행했던 작업을 대신하거나, 인간이 하기 어렵거나 불편한 작업을 추가로 수행할 수 있다. 한정된 공간의 실내 환경에서 원활하게 작업을 수행하는 전제 조건 중 하나가 이동로봇의 정확한 위치와 방향 추정이다. 위치 추정 방법은 비전 시스템을 이용하는 방법에서부터 GPS, 소나, 레이저 거리 스캐너, iGPS까지 여러 가지 방법을 활용할 수 있으며, 정확도를 높이기 위해 다른 추정 시스템을 융합하는 시도들도 이루어져 왔다[1-5]. 그러나 각각의 추정 시스템은 센서 특성과 외부 요인들로 인해 추정된 위치에는 항상 오차가 존재한다. 이동 로봇의 위치 추정 연구들은 센서 융합 방법을 사용하여 하나의 센서 기반 추정 기법

들의 위치 추정 오차를 줄이고, 외부 잡음에 의한 영향을 해결하고자 하는 연구가 꾸준히 진행되고 있다[6-8].

iGPS 시스템은 실내 환경에서 장착된 3-4개의 초음파 수신부와 이동로봇에 장착된 초음파 발신부와 상호 작용을 이용하여 로봇의 위치를 추정할 수 있다[4]. 초음파 센서를 활용한 iGPS 시스템은 실내에서 활용하기 좋은 장점들을 가지고 있지만, 주위 잡음 및 음향 조건에 의해 오차가 증감할 수 있는 문제점을 가진다. iGPS 시스템은 위치 정보 오차 범위를 기본적으로 포함하고 있기 때문에 추정하는 위치 정보의 정확성을 높이기 위해 다수의 발신기를 장착하여 위치 정보의 신뢰성을 높이면서 진행 방향 정보까지 획득하는 방법과 다른 추정 시스템을 융합하여 오차를 줄이면서 부가적인 정보까지 추정하는 방법들이 시도되고 있다.

제안된 위치와 방향 추정 기법은 다른 기법과의 융합이 아닌 단일 추정 방법으로 빠르면서 강인한 추정이 가능하도록 설계하였다. 또한 이동 로봇의 진행 방향 정보도 획득하기 위해 2개 또는 3개의 초음파 발신부를 일정한 거리 간격을 두고 장착하여 위치 추정의 신뢰도를 높이면서도 진행방향에 대한 정보까지 추정하고자 하였다. 여러 시스템이 융합되는 경우 개별 시스템의 연산량이 많게 되면 전체 시스템의 연산속도를 저해하는 요인이 되기도 한다. 위치 및 진

접수일자 : 2010년 4월 3일

완료일자 : 2010년 6월 22일

** 교신저자

본 논문은 2010년 한국지능시스템학회 춘계 학술대회에서 우수 논문으로 선정된 논문입니다.

행 방향 추정을 위해 오차가 포함된 위치 정보에 대해 불확실성을 해소하는 방법으로 이전 거리와의 차이를 소속도로 표현하고 이 정보를 이용하는 방식으로 위치 오차 보정 방법을 제안하였다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 강인한 위치 및 방향 추정 기법에 대해 설명하고, 3장에서는 2개의 발신센서와 3개의 발신 센서의 경우에 다양한 위치 오차 환경에서 모의실험을 실시하여 결과를 고찰하였다. 4장에서 결론 및 향후 연구 방향을 제시하였다.

2. 강인한 위치 및 방향 추정 기법

실내용 이동로봇은 원활한 작업을 수행하기 위해 실시간으로 자신의 위치와 진행 방향 정보를 획득해야 한다. 위치 정보는 하나의 초음파 센서의 데이터를 통해 추정할 수 있지만, 진행 방향에 대한 정보는 다른 센서 정보들과 융합하거나 추가로 초음파 발신부를 활용하여 방향 정보를 얻어야 한다. 본 논문에서 사용한 이동 로봇의 위치 및 진행 방향 추정을 위한 전체 시스템의 구성은 그림 1과 같다. RF와 초음파센서 기반의 iGPS를 사용하였으며, 이동 로봇의 위치 추정을 위해 4개의 초음파 수신기 비컨(Beacon)을 각 모서리에 배치하고, 로봇의 진행 방향 추정을 위해 로봇의 진행 방향과 수직으로 두 개의 초음파 발신기인 태그(Tag)를 로봇에 장착하였다. 또한 그림 2와 같이 3 개의 초음파 발신기를 로봇에 삼각형으로 배치하여 위치 및 방향정보의 정확성과 신뢰성을 증가시킬 수 있다.

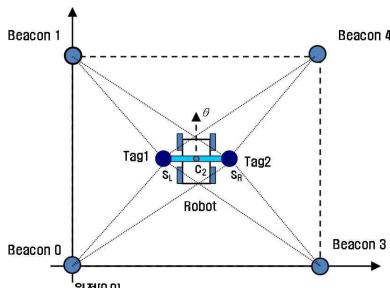


그림 1. 2개 초음파 발신기를 갖는 위치 및 방향 추정시스템

Fig. 1. Estimation system of position and direction of robot with 2 ultrasonic sensors

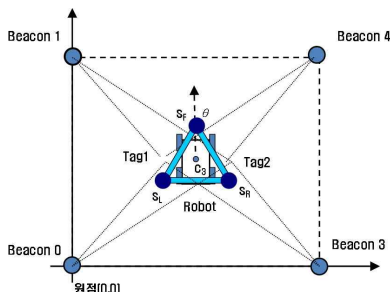


그림 2. 3개 초음파 발신기를 갖는 위치 및 방향 추정시스템

Fig. 2. Estimation system of position and direction of robot with 3 ultrasonic sensors

이동 로봇은 두 개의 발신기에서 송신한 신호를 4개 초음파 수신기에서 수신하고, 이를 기반으로 이동 중인 로봇의 실시간 위치와 진행 방향을 추정한다. 그러나 추정된 위치 신호는 초음파 신호의 자체 오차와 외부 환경에 의한 잡음에 취약하다. 이러한 위치오차 문제를 해결하기 위해 두 개의 초음파 발신기를 통해 추정된 각 2곳의 위치를 기반으로 이동 로봇의 중심좌표 벡터, C_2 를 다음 식 (1)과 같이 추정한다.

$$C_2 = \frac{s_L + s_R}{2} \quad (1)$$

여기서 s_L 은 로봇의 좌측 초음파 발신기 위치, s_R 는 로봇의 우측 발신기 위치이며, s_L 과 s_R 에는 x, y 좌표 정보로 구성된 벡터 형태로 나타낸다.

또한 그림 3과 같이 3개의 초음파 발신기를 활용하여 로봇의 위치를 추정하는 경우 다음 식 (2)와 같이 로봇의 중심좌표 C_3 를 추정한다.

$$C_3 = \frac{s_L + s_R + s_F}{3} \quad (2)$$

여기서 s_F 는 로봇의 정면에 위치한 발신기 좌표이다.

잡음을 포함하고 있는 초음파 센서를 사용해 로봇의 중심을 추정하는 경우 2개 또는 3개의 센서 정보들을 함께 사용하면 1개의 센서를 사용하여 위치를 추정할 때 보다 우수한 위치 추정 성능을 가진다. 각 초음파 센서의 정보만을 이용하여 로봇의 진행 방향을 추정해야 하는 경우 오차에 의해 실제 진행 방향과 차이를 가질 수 있다. 또한 초음파 센서에 포함되는 오차의 크기가 클수록 진행 방향의 추정 오차가 커진다. 이 경우 추정된 위치와 이전 위치를 기반으로 추정할 수 있는 진행 방향과 실제 잡음에 노출되어 추정된 센서 위치를 기반으로 진행 방향에 대한 보정이 가능하다.

이동 속도가 제한되어 있는 로봇은 한 위치에서 다음 위치로 이동한 거리는 한정적인 값을 가지며, 이동 속도에 따라서 이동 거리가 정해진다. 로봇이 정속도 주행할 때는 샘플링 시간동안 이동거리는 정해져 있으며, iGPS 시스템에 의해 추정된 위치 정보와 이동거리가 차이가 나는 경우에는 그림 3과 같이 추정된 위치에 대한 소속도 함수를 표현할 수 있으며, 소속도 함수로는 가우시안 함수를 사용하였다.

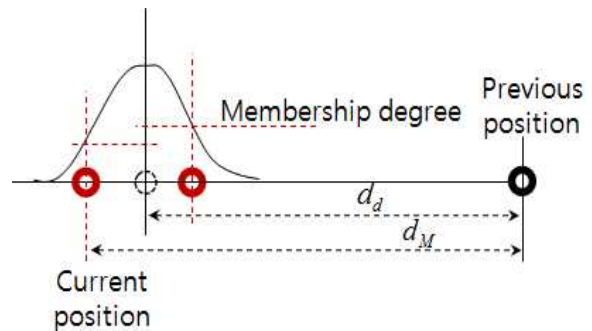


그림 3. 로봇의 이동 거리 기반 추정된 위치에 대한 소속도 함수

Fig. 3. Membership function of estimated position based on the movement distance of the robot

진행 방향 보정을 위한 소속도 함수 ω 는 기준 길이 d_d 와 센서에서 측정된 정보에 의해 계산된 위치 정보에서 얻어진 측정 길이 d_M 를 이용하여 $\exp(-\|d_M - d_d\|/2\sigma^2)$ 로 소속도 값 ω 를 얻는다. 가중치 ω 는 추정된 이동로봇의 진행 방향 정보를 보정하는데 이용한다. 로봇의 보정된 진행 방향 θ_{CM}^* 은 가중치 ω 를 활용하여 다음의 식 (3)과 같이 표현된다.

$$\theta_{CM}^* = \theta_{EM} + \omega \cdot (\theta_M - \theta_{EM}) \quad (3)$$

여기서 θ_M 은 iGPS를 사용하여 얻은 로봇의 현재 진행 방향이며, 추정된 방향 θ_{EM} 은 로봇의 현재 중심 위치 θ_M 과 이전 위치 θ_{M-1} 를 사용하여 추정된 진행 방향이다. 소속도를 획득하는 기본 가정은 이전 위치와의 거리가 예측된 거리와 차이가 있는 경우, 실제 로봇의 이동 위치와 추정된 위치 정보와 소속함수를 이용하여 근접시키고자 하였다. 또한 실제 이동로봇의 이동 거리 및 위치에 대한 정보가 없으므로 이전 위치와 현재 위치 정보에서 기준 거리를 획득하였다. 취득된 가중치는 실제 센서 위치를 통해 추정된 진행 방향과 이전 위치에서 현재 추정된 위치를 기반으로 계산된 진행방향과의 차이를 현재 위치의 진행 방향과 보정하는데 활용한다.

이전 위치에서 이상적인 현재 위치와 추정된 현재 위치의 개념을 다음의 그림 4에서 나타내었다. 본 논문에서는 센서를 활용하여 로봇의 위치를 추정한 후 로봇의 진행 방향을 보정하는 기법을 2개의 초음파 발신기를 활용하여 정보를 추정할 때와 3개의 발신기를 이용하여 추정할 때와의 비교 연구를 수행하였다.

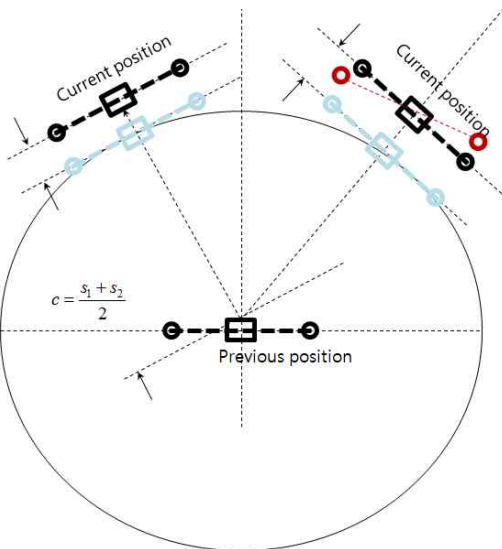


그림 4. 로봇의 현재 위치 및 추정 위치
Fig. 4. Present and estimation position of the robot

3. 모의실험 및 고찰

3.1. 2개의 초음파 발신기 기반 위치 및 방향 추정

먼저 2개의 초음파 발신기를 이용한 추정시스템에서 이동로봇의 중심을 추정하고, 진행 방향을 보정하는 모의실험을 실시하였다. 그림 5에서 잡음이 포함되지 않은 이상적인

상태에서 로봇의 이동 경로를 나타내었다. 로봇의 중심에서 각 초음파 발신기들 사이의 간격은 20cm로 고정되어 있다고 가정하였다. 각 발신기에 의해 추정된 2차원 평면 위치를 활용하여 식 (1)로 이동 로봇의 중심을 추정한다. 그림 6에서 그림 8까지는 최대 3.5784배에서 최소 -2.9443배 가우시안 잡음을 0.3배에서 2.1배까지 증가시켰을 때 모의실험에서 추정된 이동로봇의 위치와 진행 방향을 나타내었다.

그림 6에서 잡음이 0.3배 포함된 센서의 위치를 이용하여 이동로봇의 중심을 추정하였을 때 결과를 나타내었다. 상대적으로 작은 잡음의 영향으로 이상적인 경우의 그림 5와 비교해서 큰 차이를 보이지 않는다. 그림 7은 기본 잡음에 1.2배를 증폭시켜 센서 정보에 첨가하였을 때 결과를 그림에 나타내었다. 그림 8은 잡음을 2.1배로 증폭하여 센서 위치 정보에 첨가하였을 때 결과를 나타내며, 정상적인 경로나 진행 방향의 추정이 매우 어려운 것을 보여 준다. 그림 7은 이상적인 경로와 1.2배의 잡음에 노출된 위치 정보에 의해 추정된 정보를 동시에 보여주며, 두 개의 센서에 의해 추정된 이동로봇의 위치 정보와 달리 이동 로봇의 진행 방향에 대한 추정은 큰 차이를 나타낸다. 그림 9에서는 그림 7의 일부 경로의 부분적인 보정 과정을 확대하여 나타내었다.

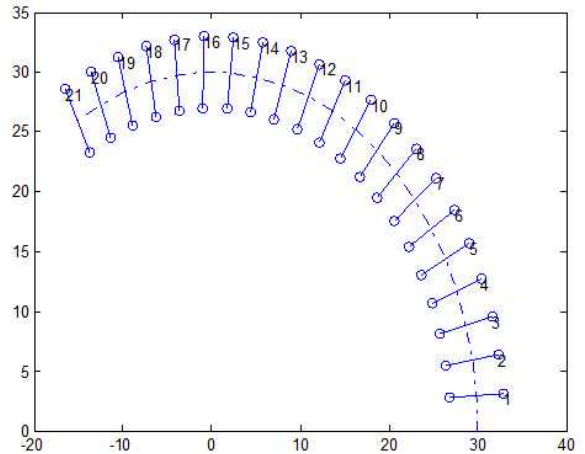


그림 5. 잡음이 없는 이상적인 로봇 경로
Fig. 5. Ideal robot path without noises

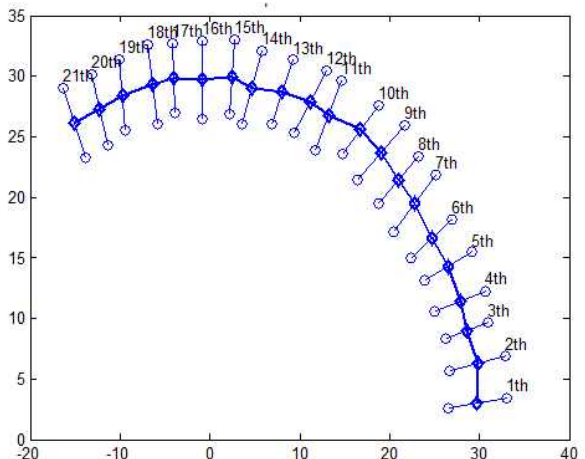


그림 6. 잡음이 포함된 로봇 경로(잡음레벨: 0.3)
Fig. 6. Robot path with noise(noise level: 0.3)

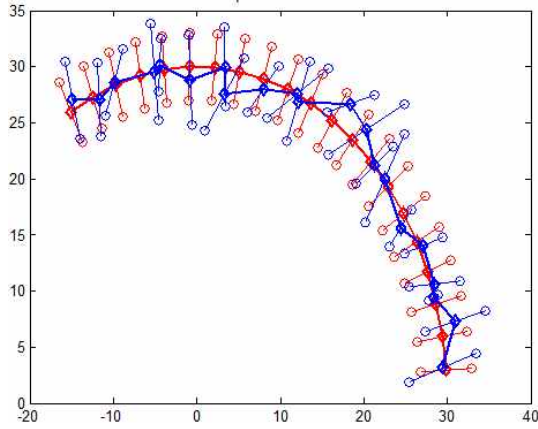


그림 7. 이상적 경로와 잡음 포함된 경로 비교(잡음레벨: 1.2)

Fig. 7. Comparison of the ideal path and path with noise (noise level: 1.2)

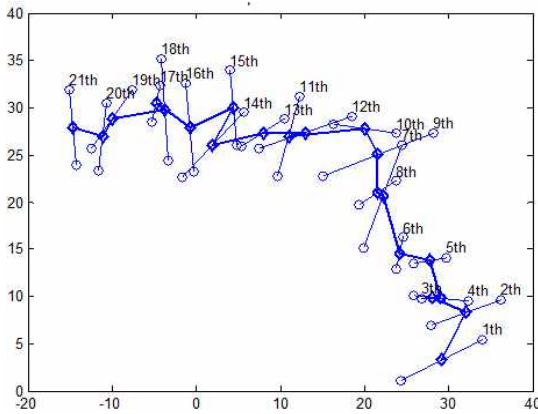


그림 8. 잡음이 포함된 로봇 경로(잡음레벨: 2.1)
Fig. 8. Robot path with noise (noise level: 2.1)

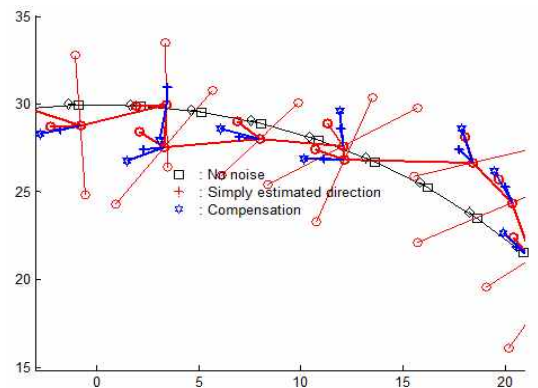


그림 9. 잡음이 포함된 경로 보정 (잡음레벨: 1.2)
Fig. 9. Path compensation in the noise environment (noise level: 1.2)

잡음을 0.3배에서 2.1배까지 증폭하였을 경우 추정된 이동 로봇의 위치 오차와 추정된 진행 방향 정보 오차, 오차가 개선된 진행 방향 정보 오차를 RMSE(Root Mean Square Error)를 이용하여 표 1에 나타내었다. 이상적인 위치 및 진행 방향 정보에 대한 추정된 정보 및 보상된 정보

의 오차에 대해 비교하였다.

표 1. 잡음별 추정 위치 및 방향 오차 비교(발신기 2개)

Table 1. Error comparison of estimated position and direction in various error conditions(2 Tags)

Error(RMSE) Error Levels	Robot Position	Estimated Direction	Compensated Direction
0.3	0.3180	0.6734	0.3773
0.6	0.7143	0.7322	0.5432
0.9	1.2751	1.0466	1.0111
1.2	2.2777	1.2542	1.2501
1.5	3.0250	1.3671	1.3589
1.8	3.6568	1.3828	1.3611
2.1	4.2204	1.3992	1.3894

그림 10에서 오차크기의 변화에 따른 추정된 진행 방향 정보 오차의 변화를 나타내었다. 그림에서 볼 수 있듯이 2개의 센서를 활용하여 보정을 하는 경우 오차가 증가하면 보정된 오차 개선효과가 줄어든다. 2개의 초음파 발신기 시스템은 그림 10에서 보듯이 오차가 증가하면서 이동로봇의 위치 정보보다 진행 방향 정보가 더 크게 훼손되는 것을 확인할 수 있다. 오차 크기가 0.9배가 되는 시점부터 RMSE는 1 라디안 이상 증가되어 진행 방향 정보로서 의미를 점차 상실하게 된다. 주변 환경과 잡음에 크게 영향을 받는 추정 시스템의 잡음 및 오차 제거 방법에 대한 연구가 필요하다.

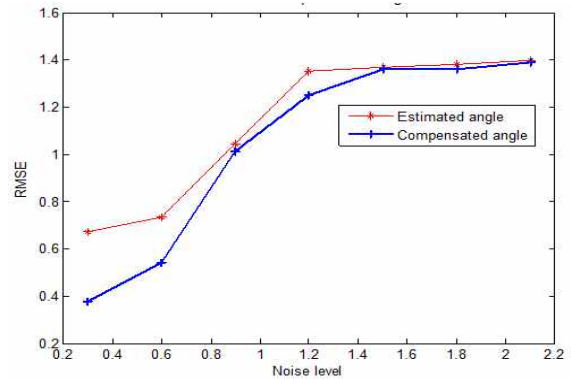


그림 10. 잡음별 추정 및 보정 방향 오차 비교(발신기 2개)
Fig. 10. Error comparison of estimated and compensated direction in various error conditions(2 Tags)

3.2. 3개의 초음파 발신기 기반 위치 및 방향 추정

3개의 초음파 발신기를 활용하는 경우 2개의 발신기를 이용하는 경우보다 더 많은 유효한 정보를 획득하여 위치 및 방향 정보를 추론할 수 있는 장점을 가진다. 초음파 발신기를 그림 11과 같이 전방, 좌우 위치에 3개를 고정하였다고 가정하고, 잡음이 포함되지 않은 이상적인 상태에서 로봇의 이동 궤적을 나타내었다. 통계적으로 독립적으로 획득할 수 있는 정보가 증가하면서 추정되는 위치 정보의 신뢰도가 높아질 수 있다.

발신기 2개인 경우와 동일한 1.2배의 잡음을 추가하였을

때 결과를 그림 12에서 나타내었다. 3개의 발신기에 의해 추정된 정보도 역시 주변 환경의 잡음에 의해 추정 정보가 훼손되는 것을 볼 수 있으나, 발신기 2개인 경우보다는 위치 및 방향 정보가 오차가 줄어든 것을 보여준다. 반면 그림 13과 같이 잡음을 2.1배인 경우 추정된 센서의 위치가 상당히 훼손되었음에도 추정된 이동로봇의 중심은 1.2배의 잡음 오염에 비해 크게 훼손되지 않을 것을 볼 수 있다.

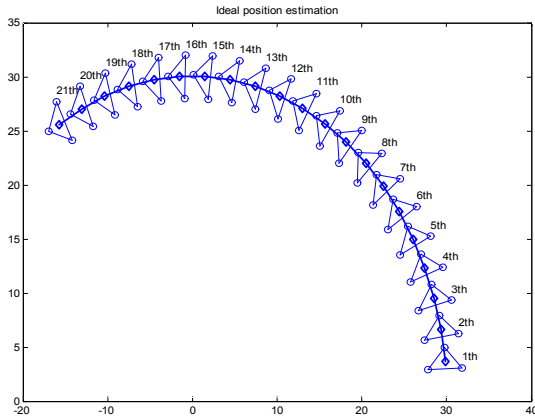


그림 11. 잡음이 없는 이상적인 로봇 경로
Fig. 11. Ideal robot path without noises

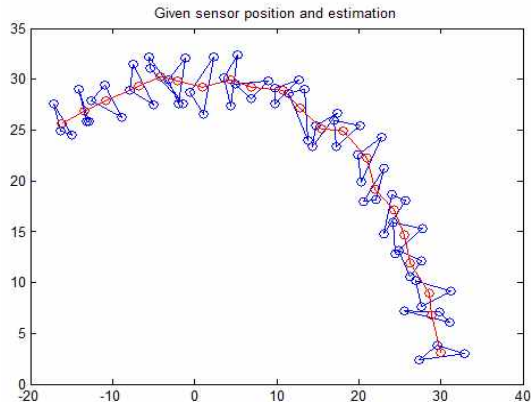


그림 12. 잡음이 포함된 로봇 경로(잡음레벨: 1.2)
Fig. 12. Robot path with noise(noise level: 1.2)

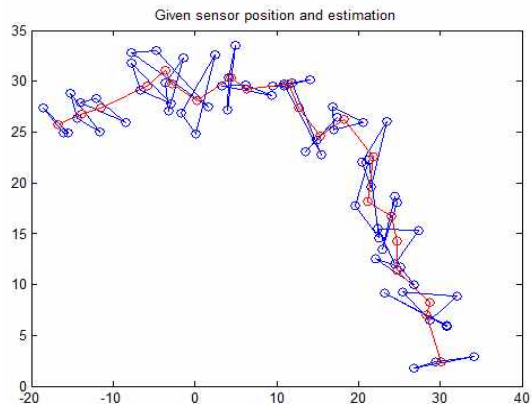


그림 13. 잡음이 포함된 로봇 경로(잡음레벨: 2.1)
Fig. 13. Robot path with noise(noise level: 2.1)

실제 경로와 잡음에 2.1배 노출되었을 때 추정된 이동로봇의 중심을 그림 14에 나타내었다. 그림 8과 그림 14를 비교하면, 독립된 3개의 초음파 발신기 정보에 의한 추정 결과가 2개의 발신기를 활용하였을 때 보다 우수한 것을 확인할 수 있다.

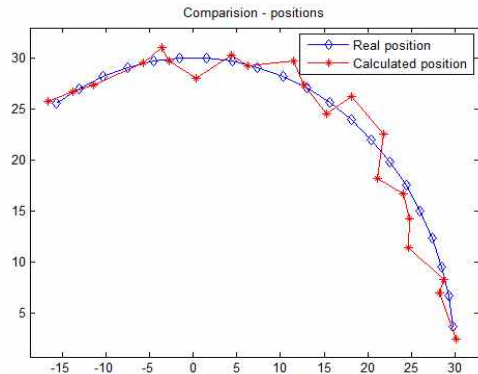


그림 14. 이상적 경로와 잡음 포함된 경로 비교(잡음레벨: 2.1)

Fig. 14. Comparison of the ideal path and path with noise (noise level: 2.1)

잡음을 0.3배에서 2.1배까지 증폭하였을 경우 추정된 이동 로봇의 위치 오차와 추정된 진행 방향 정보 오차, 오차가 개선된 진행 방향 정보 오차를 RMSE를 이용하여 표 2에 나타내었다.

표 2. 잡음별 추정 위치 및 방향 오차 비교(발신기 3개)
Table 2. Error comparison of estimated position and direction in various error conditions(3 Tags)

Error(RMSE) Error Levels	Robot Position	Estimated Direction	Compensated Direction
0.3	0.2052	0.3468	0.0611
0.6	0.4105	0.6845	0.1165
0.9	0.6157	0.7279	0.1704
1.2	0.8209	1.0018	0.2208
1.5	1.0262	1.2912	0.3086
1.8	1.2314	1.3098	0.3964
2.1	1.4366	1.3298	0.5051

그림 15에서 오차크기의 변화에 따른 추정된 진행 방향 정보 오차의 변화를 나타내었다. 그림에서 볼 수 있듯이 3개의 발신기를 활용하여 보정을 하는 경우 오차가 증가하면 보정된 오차 개선효과가 2개의 발신기를 활용하여 보정하는 것 보다 우수한 성능이 나타나는 것을 볼 수 있다. 2 발신기 시스템과 비교하여 오차가 증가함에 따라 추정된 방향 정보 오차에 대해 우수한 보정 성능을 가지는 것을 볼 수 있다. 반면 오차의 증가는 그림 15와 같이 우수한 보정 성능에도 불구하고 정보로서 가치를 가지지 못할 수 있다. 더구나 더 우수한 정보의 추정을 위해 초음파 발신기를 추가하면 더 우수한 결과를 얻을 수 있지만, 센서 증가에 따른 시스템의 복잡성 증가와 추정에 필요한 처리 시간 증가에 따른 부작용을 고려해야 한다.

발신기 2개 시스템의 그림 10과 발신기 3개 시스템의 그림 15의 추정 오차 및 보정 결과는 독립된 센서 정보의 증가에 따른 오차 보정 성능을 확연하게 보여주고 있다. 오차의 증가에 따라 진행방향 보정 성능이 함께 나빠지는 2 발신기 시스템에 비해 3 발신기 시스템은 잡음의 증가에도 불구하고 우수한 보정 성능을 보인다. 하지만 실제의 경우 잡음이 증가된 경우의 보정된 정보 역시 다음 작업을 위한 정보로 활용할 만한 가치를 가지지 못할 수 있다. 더구나 표 1과 표 2의 오차 정보는 RMSE가 기준이므로 각 상태에서의 오차는 잡음 정보가 증가하는 경우 정보로서의 가치가 아니라 오히려 정확한 추정을 방해하는 요소로 작용할 수 있으므로 이에 대한 추가적인 고려가 필요하다.

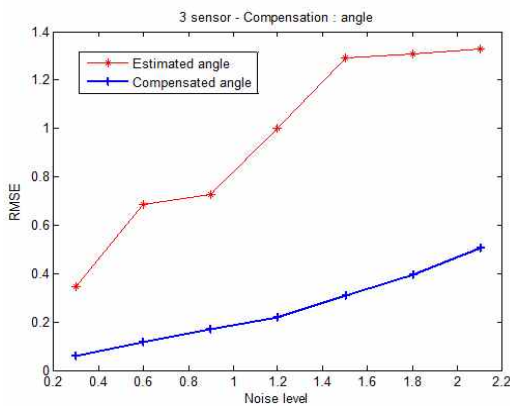


그림 15. 잡음별 추정 및 보정 방향 오차 비교(발신기 3개)
Fig. 15. Error comparison of estimated and compensated direction in various error conditions(3 Tags)

4. 결 론

이동 로봇의 위치와 진행 방향을 추정하는 다양한 기법들은 실제로 취득되는 센서 데이터 잡음이나 외부 잡음에 의한 오차 문제에 대해 민감한 성능 차이를 가진다. 본 연구에서는 잡음이 있는 실내 환경에서 iGPS 기반 이동 로봇의 강인한 위치 및 방향 추정 기법을 제안하였다. 제안된 방법에서는 추정된 위치 및 진행 방향 정보의 불확실성을 소속도 함수를 사용하여 보정하였다. 초음파 발신기 2개와 3개를 사용한 모의실험의 결과들에서 볼 수 있듯이 다양한 잡음에 대해 제안된 기법의 특성과 우수성을 보였다.

앞으로 과도한 잡음 환경에서 추정된 정보의 보정 또는 평가에 의한 삭제 등을 사용한 강인한 추정 기법 개발하고, 카메라와 지자기 센서 등 다른 센서들과의 센서 융합을 통해 이동로봇의 위치 및 방향 정보의 고신뢰 추정 기법을 연구할 예정이다.

참 고 문 헌

[1] P. Bonnifait, P. Bouron, P. Crubillat and D. Meizel, "Data fusion of four ABS sensors and GPS for an enhanced localization of car like vehicles," *IEEE International Conference on Robotics and Automation*, vol. 2, pp. 1597 - 1602, 2001

[2] M. Agrawal and K. Konolige, "Real time localization in outdoor environments using stereo vision and inexpensive GPS," *International Conference on Pattern Recognition (ICPR)*, vol. 3, pp. 1063-1068, 2006

[3] J. D. Tardis, J. Neira, P. M. Newman and J. J. Leonard, "Robust mapping and localization in indoor environments using sonar data," *International Journal of Robotics Research*, vol. 21, no. 4, pp. 311 - 330, 2002.

[4] 김지성, 태용민, 유연걸, 김시중, 정명진, "센서융합 기반의 자가 재결합 로봇을 위한 위치인식시스템", *제4회 한국지능로봇융합학회 논문집*, pp 1-4, 2009

[5] 진재호, 이수영, "실내용 이동 로봇의 자기 위치 추정을 위한 전역 초음파시스템", *대한전기학회 하계학술대회 논문집*, pp 2421-2423, 2002

[6] 진태석, 이장명, "단일 초음파 센서모듈을 이용한 이동로봇의 위치추정 및 주행", *전자공학회 논문지*, 제 42권 제 2호, pp. 47-56, 2005

[7] 김동선, 엄학선, 김선우, "이상 잡음에 강인한 확장 칼만 필터를 이용한 실내 위치 추정 시스템", *한국전자공학회 논문지*, 제 20권 제 9호, pp. 954-960, 2009

[8] 김지민, 정태원, "초음파센서와 격자지도 생성을 통한 자율 이동로봇의 자기 위치 추정", *대한전기학회 하계학술대회 논문집*, pp 2426-2428, 2004

저 자 소 개



김승석(Sung-Suk Kim)
 1998년 : 충주대학교 전기공학과(공학사)
 2002년 : 충북대학교 전기공학과(공학석사)
 2005년 : 충북대학교 전기공학과(공학박사)
 2005년~2009년 : 충북대학교 산학협력단
 누리사업 초빙교원
 2010년 7월~현재 : 한국과학기술원
 전산학과 연구교수

관심분야 : 뉴로-퍼지 모델링, 지능모델 학습, 지능제어
 E-mail : powerkimss@kaist.ac.kr



김용태(Yong-Tae Kim)
 1991년 : 연세대학교 전자공학과 졸업
 (공학사)
 1993년 : KAIST 전기 및 전자공학과
 졸업(공학석사)
 1998년 : KAIST 전기 및 전자공학과
 졸업(공학박사)
 1998년~2000년 : (주)삼성전자
 2006년 : Univ. of Illinois at Urbana-Champaign 방문연구
 2002년~현재 : 국립 환경대학교 정보제어공학과 부교수

관심분야 : 지능로봇, 지능시스템, 지능제어, 기계학습
 E-mail : ytkim@hknu.ac.kr