

무선 센서 네트워크와 퍼지모델을 이용한 이동로봇의 실내 위치인식과 주행

Indoor Location Estimation and Navigation of Mobile Robots Based on Wireless Sensor Network and Fuzzy Modeling

김현종* · 강근택** · 이원창**

Hyun-Jong Kim, Guentaek Kang and Won Chang Lee

* (주)파워엠엔씨

** 부경대학교 전자컴퓨터정보통신공학부

요 약

이동로봇의 위치인식과 이를 바탕으로 하는 주행시스템은 이동로봇 핵심기술 중의 하나이다. 무선 센서 네트워크는 저전력, 저가, 단순성 등이 주된 특징으로서 실내 위치인식 시스템의 응용에 있어서 많은 가능성을 지니고 있다. 본 논문에서는 ZigBee 기반 무선 센서 네트워크에 퍼지 모델링 방법을 사용하여 이동로봇의 실내 위치인식 알고리즘을 구현하여 이를 주행시스템에 적용하고자 한다. ZigBee 기반 센서 네트워크에서는 노드들 간의 거리를 인식하기 위해서 RSSI (Received Signal Strength Indication) 값을 이용하게 된다. 그러나 이 RSSI 값은 건물 주위 물체에 의해 왜곡되거나 반사되는 수신 신호의 특성에 의해 영향을 받게 된다. 따라서 정확한 거리 정보를 알아내기 위해서는 적절한 교정 방법이 필요하며, RSSI 값에 퍼지 모델링 기법을 이용하여 정확한 거리 정보를 추출하고자 한다. 또한 이 거리 정보를 바탕으로 동적 삼각측량법을 이용하여 이동로봇의 실내 위치를 효율적으로 인식하고 주변 상황 변화에 효과적으로 대처할 수 있는 주행 알고리즘을 개발하고자 한다.

키워드 : 위치인식, 센서 네트워크, ZigBee, 퍼지모델, RSSI

Abstract

Navigation system based on indoor location estimation is one of the core technologies in mobile robot systems. Wireless sensor network has great potential in the indoor location estimation due to its characteristics such as low power consumption, low cost, and simplicity. In this paper we present an algorithm to estimate the indoor location of mobile robot based on wireless sensor network and fuzzy modeling. ZigBee-based sensor network usually uses RSSI(Received Signal Strength Indication) values to measure the distance between two sensor nodes, which are affected by signal distortion, reflection, channel fading, and path loss. Therefore we need a proper correction method to obtain accurate distance information with RSSI. We develop the fuzzy distance models based on RSSI values and an efficient algorithm to estimate the robot location which applies to the navigation algorithm incorporating the time-varying data of environmental conditions which are received from the wireless sensor network.

Key Words : Location estimation, Sensor network, ZigBee, Fuzzy model. RSSI

1. 서 론

최근 USN(Ubiquitous Sensor Network)을 구성하는데 있어서 주류를 이루던 산업 로봇과는 달리 오늘날의 로봇에는 음성인식, 물체 인식, 위치 파악, 주행 시스템 등 인간 친화적인 최첨단 기술들이 요구된다. 이를 응용한 개인용 로봇, 복지 로봇 및 서비스 로봇이 이미 각광 받고 있다. 개인용 로봇은 사무실이나 가정에서 자율적으로 이동하며 임의

의 경로를 자율적으로 주행하며 각종 서비스를 제공해야 하기 위해서는 실내 환경 안에서의 위치 인식과 주행 알고리즘의 필요성이 증가 하였다.

이러한 로봇의 위치 인식을 위한 시스템으로는 Microsoft사의 RADAR, 초음파를 사용한 Active Bat, 적외선을 사용한 Active Badges, RF를 사용한 Cricket, GPS 등이 있다. 이 중에서 GPS를 이용한 기술은 현재 가장 대중적으로 사용되고 있다[1]. 이러한 위치 인식 시스템들은 각각 초음파, 적외선 RF등을 이용하지만, 실내에서 이러한 기술을 사용하기 위해서는 몇 가지 까다로운 점이 있다. 또한 GPS같은 경우에는 위성을 사용하여 위치를 추적하기 때문에 실내에서 사용하기 힘든 단점이 있다. 이러한 점을 보완하기 위해 근거리 무선 네트워크를 이용한 실내 위치

접수일자 : 2007년 11월 20일

완료일자 : 2007년 12월 28일

이 논문은 2006학년도 부경대학교 기성회 학술연구비에 의하여 연구되었음(PK-2006-052)

인식 기술에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 이 중에서 최근에 실내에서 통신을 하기 적합한 ZigBee가 많은 관심을 끌고 있다. ZigBee 시스템은 실내에서 통신을 보다 싼 값에 저 전력으로 동작을 시키며, 사용의 편리성을 높이기 위해 만들어진 근거리 무선 네트워크의 대표적 기술 중의 하나이다. 이러한 ZigBee를 이용한 실내 위치 인식 기술 중에서 신호의 세기를 측정하는 RSSI(Received Signal Strength Indicator)를 이용한 방법이 대표적이라 할 수 있다. RSSI는 신호의 강도를 의미하며 이는 수신부에서 수신되는 전력이 얼마인지를 수치로 나타내어 주는 것이다. 이것은 수신부에서 수신한 수신 전력이므로 안테나의 이득이나 회로내부 손실, 경로 손실 등을 고려하지 않는 값이다. 그러므로 RSSI를 이용한 거리 측정에서 오차를 낳게 되며, 오차를 낳게 되는 거리 값은 실내 위치 인식 기술에 오차를 낳게 되기 때문에 수정할 기법이 필요하다. 본 논문에서는 실내에서 ZigBee의 RSSI값을 TSK 퍼지모델을 이용하여 모델링하여 거리 측정의 정확도를 향상시키고자 한다.

무선 네트워크 환경에서 위치 측정에 쓰이는 알고리즘으로는 K-Nearest Neighbor 알고리즘, 삼각측량 기법, Smallest Polygon 알고리즘, Learning Vector Quantization 알고리즘, Triangular Interpolation and extrapolation 알고리즘 등이 있으며[3], 본 논문에서는 TSK 퍼지모델을 이용하여 정확도가 향상된 RSSI 값을 삼각측량법에 적용하여 이동로봇의 위치인식 실험을 수행하였다. 또한 이것은 로봇의 주행 시스템에 사용 될 것이다. 이러한 실내에서 이동 로봇의 주행시스템으로는 Minerva의 주행시스템, 스케줄러를 이용한 주행시스템, Xavier 주행시스템, Care-O-Bot-II의 경로 계획 주행 알고리즘, RoboX의 확률적인 위치추정기와 경로 계획기로 구성된 주행시스템 [4] 등이 있다. 본 논문에서는 이러한 주행시스템들 중에서 스케줄러를 이용한 주행시스템을 사용할 것이다. 이러한 주행시스템은 TSK 퍼지모델을 이용하여 보완된 위치 추정 시스템과 혼용하여 좀 더 나은 주행 시스템을 구성하였다.

2. 본 론

RSSI(Received Signal Strength Indication)는 신호를 수신 받은 수신강도를 의미한다. RSSI의 단위는 dBm으로서 송신측에서 송신한 신호를 수신 받아 이것을 전력에 의해서 수신된 신호의 강도로 나타내는 것이다. 수신된 강도는 일정한 식에 넣어서 거리로 환산이 가능하다. 그리고 이렇게 측정된 거리는 삼각측량법을 사용하여 자신의 위치를 알 수 있고, 이는 또한 로봇의 주행 알고리즘에도 사용된다. 그러므로 측정된 거리의 정확도는 본 논문에서 구현한 시스템에서 가장 기본이 된다.

실제로 실내에서 무선신호의 강도를 사용한 거리측정을 사용하게 되면 그림 1과 같이 경로 손실과 주변 환경의 간섭 등에 의해 정확한 RSSI값이 수신이 되지 않는다. 이는 거리를 측정하는데 상당한 오차를 유발하므로 이것을 제어 모델에서 오차를 줄이고 선형적인 식으로 표현이 가능한 TSK 퍼지모델을 사용하여 더욱 효율적이며 좀 더 정확한 거리를 산출 해 낼 수 있는 모델을 만들었다.

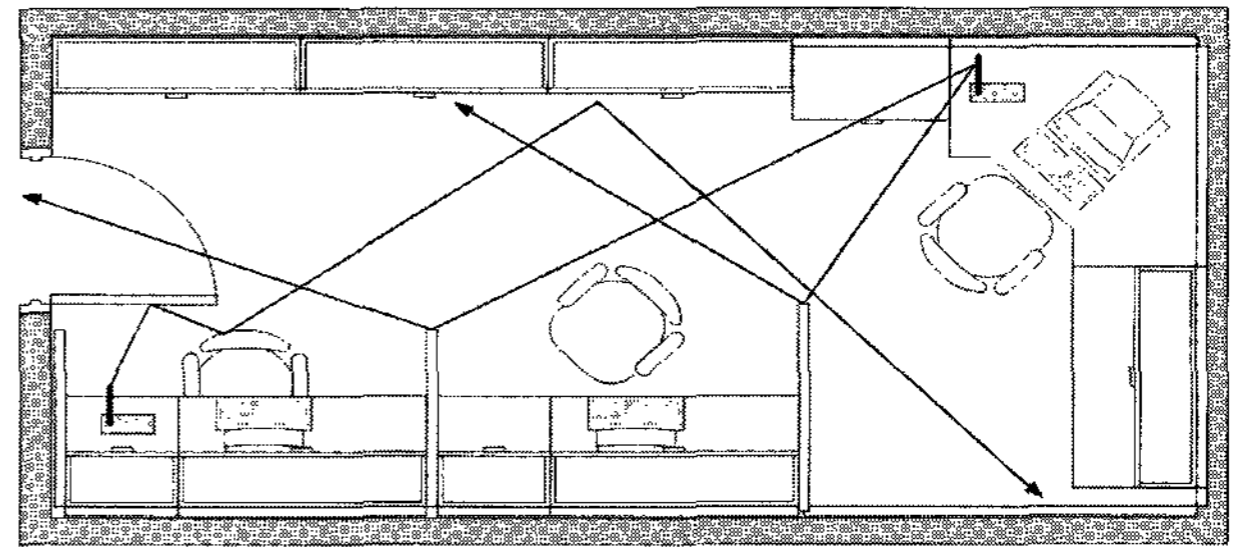


그림 1. 실내 환경의 무선신호 전송
Fig. 1. Wireless signal transmission in indoor environment

이렇게 개선된 거리 모델은 로봇의 위치를 추정하기 위해 기본이 된다. 측정된 거리는 원의 공식을 응용한 삼각측량법에 사용하여 로봇의 위치를 알 수 있게 되며, 또한 측정된 거리는 이동로봇이 원하는 노드로 움직이기 위해 거리를 알고 각도를 계산하는데 사용된다.

2.1 RSSI를 이용한 거리 측정

RSSI라는 것은 수신된 신호의 강도를 의미한다. 이러한 무선 신호 전달 특성 모델 가운데 그림 2는 Two-path 모델을 나타낸 것이다.

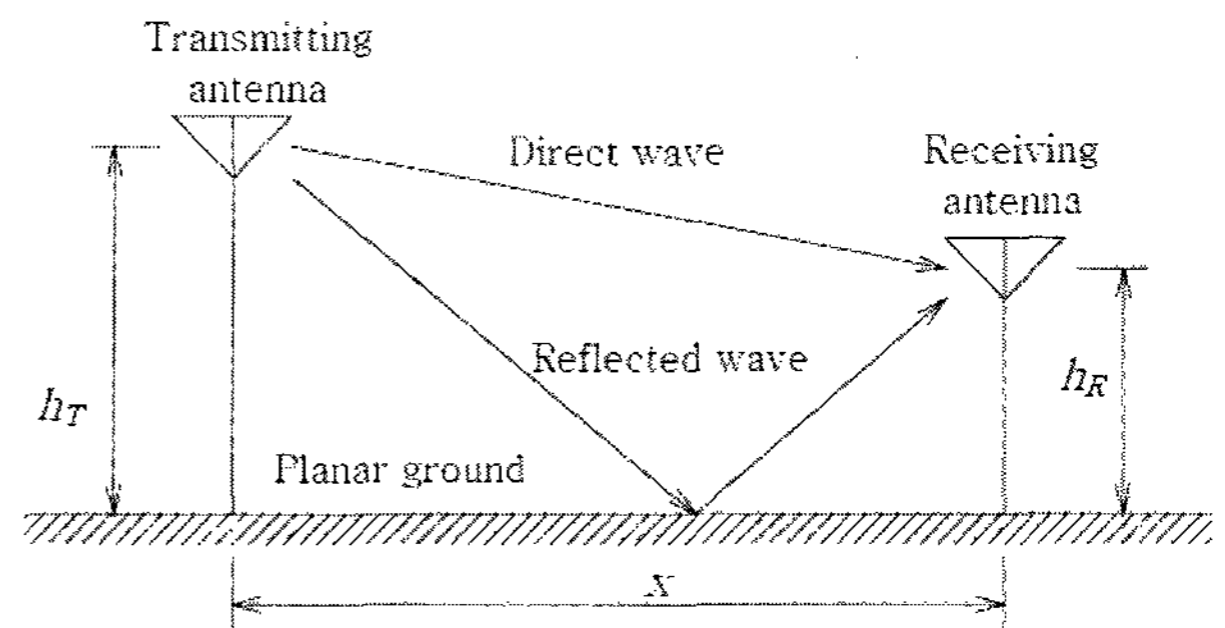


그림 2. Two-path 모델
Fig 2. Two-path model

Two-path 모델은 안테나의 길이와 지면의 손실만을 고려하여 거리 값을 계산하기 때문에 나머지 손실에 대한 보상이 없다. 그러므로 무선신호의 거리를 측정하는 데는 오류가 포함되어 있다.

이러한 Two-path 모델인 식 (1)을 이용하여 구해진 식 (2)가 거리로 환산하는데 사용되어 진다. 이는 잡음이 포함되어 있는 거리 값으로 정확하게 거리로 환산이 되지 않는다. 이는 뒤에 소개될 TSK 퍼지모델과 비교 할 것이다.

$$L[dB] = 10 \log_{10} \left[\left(\frac{c}{4\pi f d} \right)^2 \left\{ 1 + \gamma^2 + 2\gamma \cos \left(\frac{2\pi \Delta l}{c} + \phi \right) \right\} \right] \quad (1)$$

$$d = \frac{C}{4\pi f} 10^{L/20} [m] \quad (2)$$

L : 수신된 신호의 LOSS [dBm]
 d : 거리 [m]
 C : 무선 신호의 전파속도 [m/sec]
 f : 주파수 [Hz]
 $\gamma = 0, \phi = \pi$

2.2 TSK(Takagi-Sugeno-Kang) 퍼지 모델

일반적으로 제어 모델에서 사용되어지는 TSK 퍼지 모델은 불규칙적인 데이터 값을 일반적인 퍼지 모델을 이용하여 선형적인 모델로 만들어주는 것으로서 입출력 모델의 i 번째 규칙은 다음과 같다.

$$R^i: IF\ z_1\ is\ F_1^i,\ z_2\ is\ F_2^i,\ \dots,\ z_n\ is\ F_n^i \quad (3)$$

$$THEN\ y^i = a_0^i + a_1^i x_1 + a_2^i x_2 \cdot \dots \cdot a_n^i x_n$$

여기에서 R^i 는 퍼지 모델의 i 번째 규칙임을 뜻하고, 전제부에서 z_n 는 전제부 변수 F_n^i 는 z_n 위에 하나의 퍼지 집합을 나타낸다. 결론부에서 x_n 는 결론부 변수, a_n^i 는 결론부 파라미터 y^i 는 규칙 R^i 로부터의 출력을 뜻하게 된다.

이렇게 구성된 r 개의 규칙으로 퍼지 모델의 출력 y 는 식 (4)와 같이 무게 중심 법을 이용하여 추론한다.

$$y = \frac{\sum_{i=1}^r w^i(z) y^i}{\sum_{i=1}^r w^i(z)} \quad (4)$$

여기서 r 은 규칙의 개수이며 $w^i(z)$ 는 i 번째 규칙의 적합도를 나타내며 식 (5)와 같이 구해진다.

$$w^i(z) = \prod_{k=1}^n F_k^i(z_k) \quad (5)$$

여기서 $F_k^i(z_k)$ 는 퍼지 집합 F_n^i 에서 z_k 의 멤버쉽 값이다. 이러한 TSK 퍼지 모델에서의 오차를 구하는 것은 다음 식 (6)과 같다. [5]

$$Error = \sum_{i=1}^n (y_R^i - y_F^i)^2 \quad (6)$$

실제 값에서 측정값을 뺀 값들의 제곱들의 총 합을 더한 것을 오차 값으로 가지며, 이것은 퍼지 모델을 쓴 것과 안 쓴 것에 동일하게 적용하여 두 모델을 비교 할 것이다.

TSK 퍼지 모델은 입출력 값에 의해 결정되고, IF 부분의 규칙은 일반적인 퍼지 IF-THEN 규칙과 같고 THEN 부분은 입력 값의 선형 결합이며, TSK 퍼지 시스템은 구분적인 선형 함수(Piece-wise Linear Function)가 된다.

2.3 삼각측량기법(Triangulation)

위치를 파악하는데 자주 쓰이는 기법으로는 삼각측량기법이 있다. 삼각측량법에 의한 위치의 측정 방식은 어떤 한 점의 좌표와 거리를 삼각형의 성질을 이용하여 알아내는 방식이다. 그러나 이것은 일반적인 삼각측량의 방법이고 움직이는 로봇의 각도는 계속 변화하기 때문에 움직일 때마다 각도를 측정하면 그만큼의 많은 연산이 필요로 하게 된다. 그러므로 거리 값만을 가지고 삼각측량을 하기 위해서는 원의 공식을 이용하여 변형한 삼각측량법을 사용하게 되었다.

원의 공식을 이용하여 위치를 측정하는 삼각측량법은 그림 3과 같다. 각각의 세 노드에서 로봇에게 어떠한 데이터 값을 주게 되면 RSSI값이 나오게 되고 이는 TSK 퍼지 모델을 이용한 거리 모델에 의해 일련의 계산이 되게 되고 이를 이용하여 세 개의 원이 만나는 점을 찾게 된다. 이러한 교차점이 로봇의 위치가 되는 것이다.

이러한 원의 공식을 응용한 삼각측량법의 계산식은 다음 식 (7), (8), (9)와 같다 식 (7)은 원점으로 잡은 노드에서의 원의 공식이고 식 (8)은 x축으로 잡은 노드의 원의 공식이 되며, 식 (9)는 y축으로 잡은 노드의 원의 공식이 된다. 각 식의 d_1, d_2, d_3 는 각각의 노드와 로봇간의 거리가 되게 된다.

$$x^2 + y^2 = d_1^2 \quad (7)$$

$$(a-x)^2 + y^2 = d_2^2 \quad (8)$$

$$x^2 + (b-y)^2 = d_3^2 \quad (9)$$

이러한 각각의 원의 공식을 변형하여 서로간의 교차점을 찾기 위해 식 (10)과 같이 변형을 하였다. 각각의 위치는 원점을 넘어서는 움직이지 않기 때문에 절대 값을 취하였다.

$$x = \left| \frac{d_2^2 - d_1^2 - a^2}{-2a} \right| \quad (10)$$

$$y = \left| \frac{d_3^2 - d_1^2 - b^2}{-2b} \right|$$

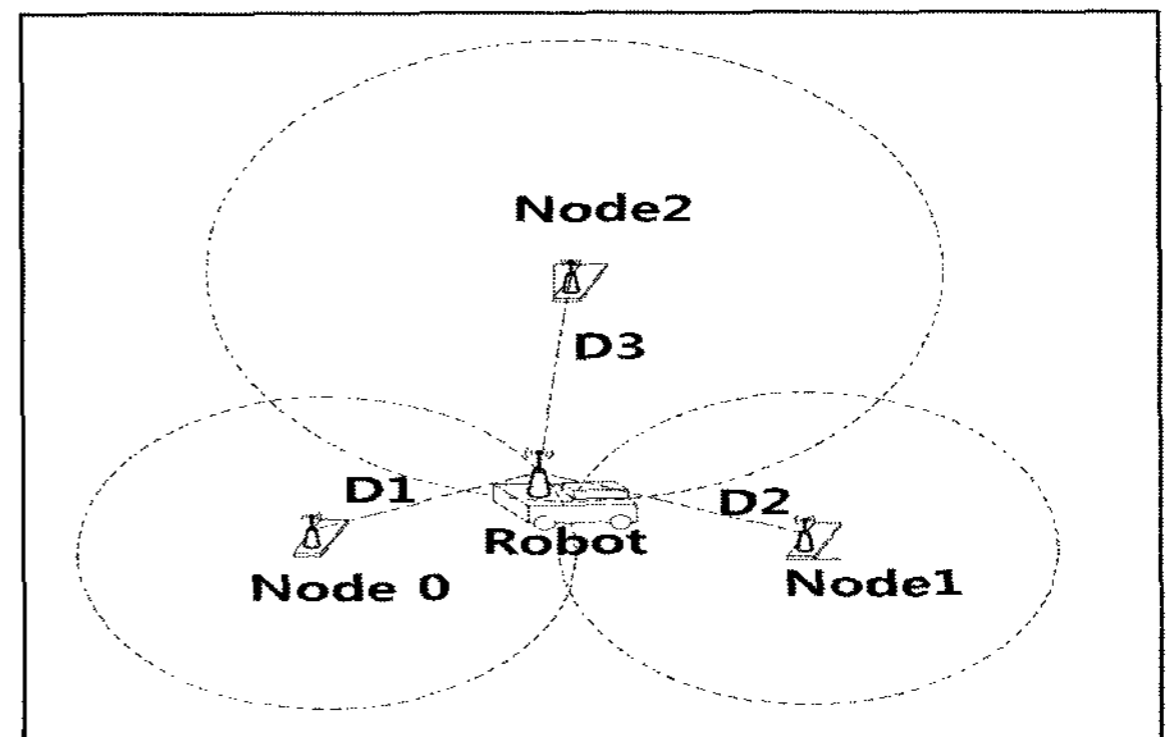


그림 3. 삼각측량법
Fig. 3. Triangulation Method

3. 실험 환경 및 결과

3.1 실험 환경

본 실험에서 사용된 환경은 실제 물건들이 많은 일반 가정의 환경을 조성하기 위해 그림 4와 같이 실제 많은 물건들이 존재하는 실험실 내에서 $2 \times 4\ m^2$ 의 공간을 만들고 원점이라고 가정된 점에 고정 노드를 두고 다른 한 노드를 각 $0.5\ m$ 간격으로 노드를 움직여 가면서 각 간격마다 20개의 RSSI값을 측정 하였다.

측정에서 사용된 ZigBee 모듈은 Chipcon사의 CC2420 DB Rev1.8을 재구성한 모듈을 사용하였다. 또한 ZigBee로 측정된 데이터는 컴퓨터로 전송하게 하였으며 컴퓨터 사양으로는 Celeron(R) 2.6 GHz, 224MB RAM, Microsoft Windows XP SP2로 구성되어 있다.

3.2 알고리즘을 이용한 거리 모델

3.2.1 실제 거리와 Two-path 모델을 이용한 거리

그림 5에서 보듯이 수신된 데이터 값을 이용하여 거리로 환산하는 Two-path 모델은 많은 오차 값을 가지고 있다.

이는 Two-path 모델이 안테나의 오차율과 바닥면의 오차율 값을 고려한 모델이므로 이렇게 큰 오차가 발생하게 되었고, 이는 다음 절에 나올 TSK 퍼지 모델을 이용한 거리 모델을 이용하여 측정된 오차를 좀 더 보완하였다.

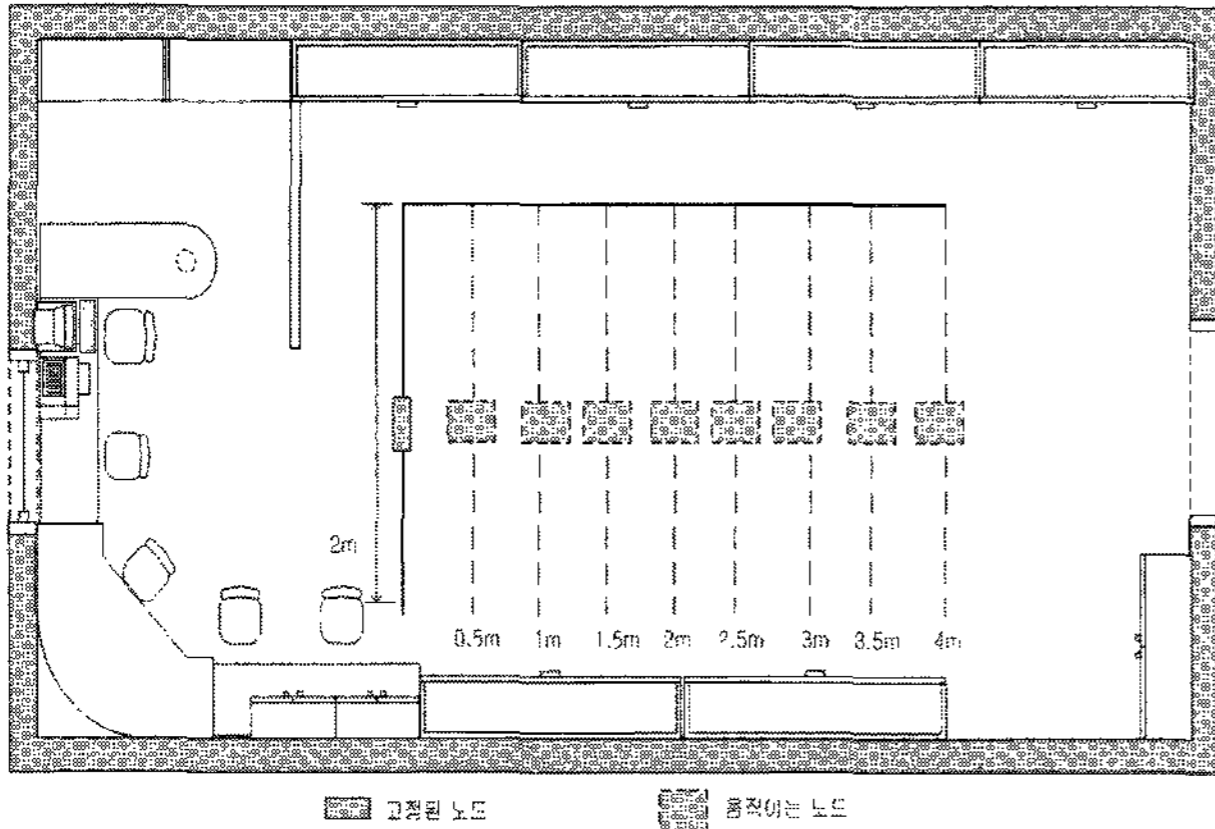


그림 4. ZigBee 모듈을 이용한 거리 측정
Fig 4. Distance measure using ZigBee modules

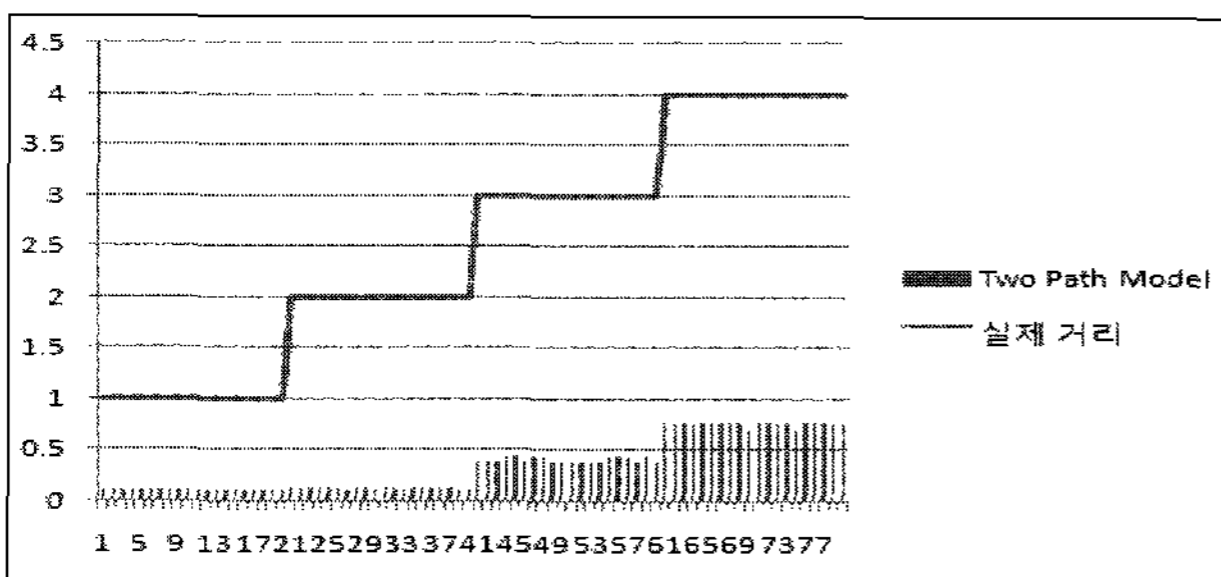


그림 5. Two-path 모델을 사용한 거리 측정
Fig 5. Distance measure using two-path model

3.2.2 TSK 퍼지 모델을 이용한 거리 측정

TSK 퍼지 모델을 이용한 거리에 대한 퍼지 모델은 식 (11)과 같고 퍼지 모델의 퍼지 집합은 그림 6과 같다.

$$\begin{aligned}
 R^1 &: \text{IF } x_1 \text{ is } F^1 \text{ then } y^1 = 0.009x_1 + 4.649 \\
 R^2 &: \text{IF } x_2 \text{ is } F^2 \text{ then } y^2 = -0.106x_2 - 4.434 \\
 R^3 &: \text{IF } x_3 \text{ is } F^3 \text{ then } y^3 = -1.038x_3 - 60.238
 \end{aligned}
 \tag{11}$$

이를 이용하여 오류 값이 포함된 수신 값을 퍼지 모델에 적용시켰을 경우 그림 7과 같이 변화 되었다. 이 때 오차는 식 (12)와 같으며, Error1은 퍼지 모델을 사용하지 않았을 경우이고, Error2는 퍼지 모델을 사용하였을 때의 오차 값이다.

$$\begin{aligned}
 \text{Error1} &= 425.9715 \\
 \text{Error2} &= 0.111325
 \end{aligned}
 \tag{12}$$

이것은 앞에서 언급한 Two-path 모델을 이용한 거리 측정 모델보다는 TSK 퍼지 모델을 이용한 거리 측정이 더 정확하다는 것을 보여 주고 있다.

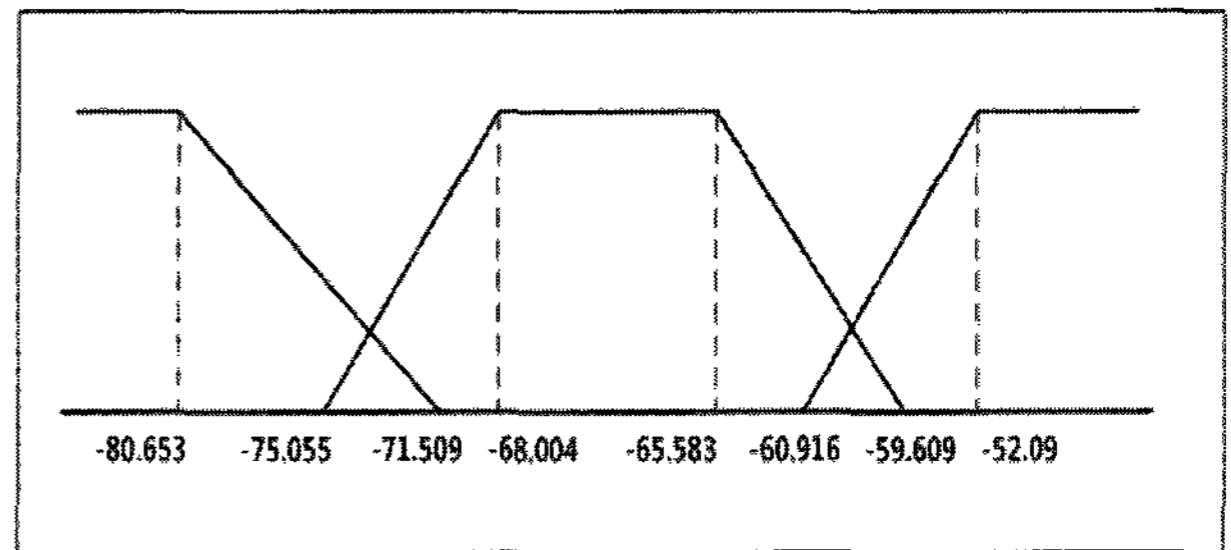


그림 6. TSK 퍼지 모델의 전체부 퍼지 집합
Fig 6. TSK fuzzy membership function

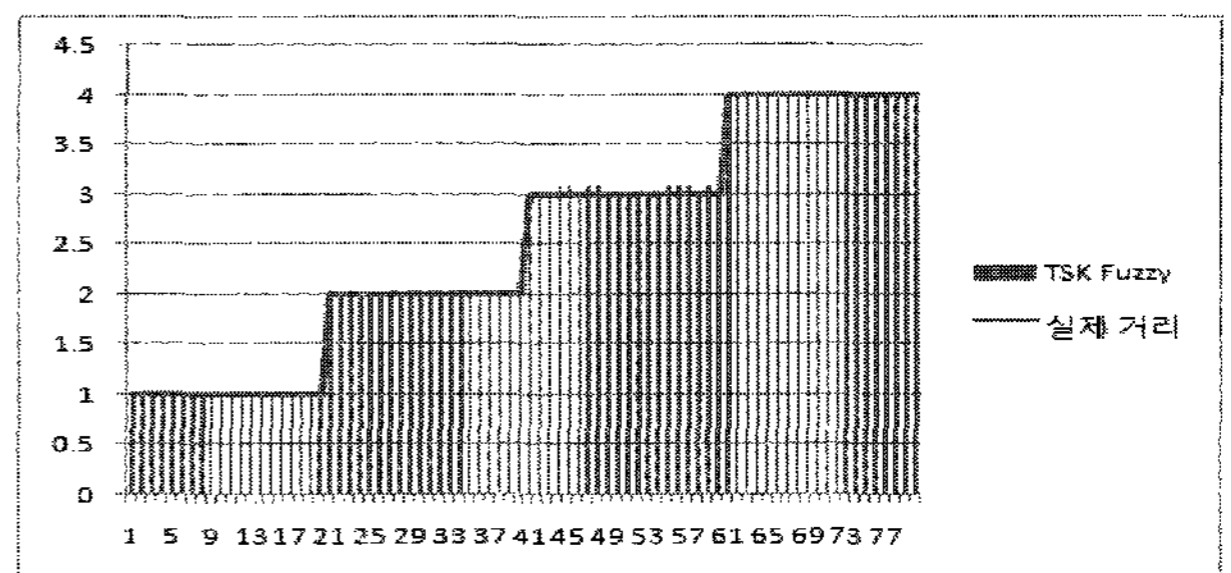


그림 7. TSK 퍼지 모델을 이용한 거리
Fig 5. Distance measure using TSK fuzzy model

3.3 거리를 이용한 삼각 측량 기법

거리 값에 대한 측정은 그림 8에서 보듯이 실내에서 측정 하였으며 움직이는 노드 즉, 자신의 위치를 파악하기 위한 노드를 1m의 간격으로 움직이고, 각 노드의 Packet의 개수는 20개의 RSSI 값을 수신 받아서 저장하였다.

또한 위치를 파악하기 위해 삼각 측량 방법을 사용하였는데, 이를 2차원 평면에 매칭을 시켜서 중점노드와 평행한 노드를 2개를 두고 각각 x축, y축으로 좌표를 주었다. 이를 좌표로 표현하면, (0,0), (x,0), (0,y)로 표현이 되며, 이를 이용하여 2차원 평면 안에서 실험하였다. 본 논문에서는 실험에 사용된 각 노드의 위치로는 (2,0)의 위치에 하나의 고정된 노드를 두고 (0,4)에 다른 고정된 노드를 두고 측정하였다.

위치를 파악하기 위해 각 노드의 거리들을 다음과 같이 하고 계산 하였다. 중심노드에서 움직이는 노드의 거리를 d_1 으로 두고 x축에 고정된 노드 즉, (2,0)에서 움직이는 노드의 거리를 d_2 , y축에 고정된 노드 (0,4)에서 움직이는 노드 사이의 거리를 d_3 으로 두고 이를 원의 공식을 응용한 삼각 측량 기법에 사용하여 움직이는 노드의 위치를 추정하였다. 또한 움직이는 노드는 그림 8과 같이 움직이며, 각각 좌표로 환산하면, (1,1), (1,2), (1,3), (1,4)의 순으로 측정을 하였다.

실내에서 측정된 값을 이용하여 Two-path 모델에 적용한 위치는 그림 9과 같다. 그림 9에서 보듯이 많은 오류 값이 포함되어져 있다. 이를 보정하기 위하여 앞 절에서 구현한 TSK 퍼지 모델을 이용한 거리 시스템 모델을 사용하였으며, TSK 퍼지 모델을 사용하여 측정된 값은 그림 10과 같았다.

퍼지 모델을 이용했을 경우와 사용하지 않았을 경우의 위치 추정에 관한 결과는 사용하지 않았을 경우에는 위치가 거의 한 점에 몰려있는 상태를 볼 수 있었다. 그러나 퍼지 모델을 사용했을 경우에는 원래의 위치와 비슷하게 나왔지

만 정확한 위치는 나오지 않았다. 이것은 원의 공식을 응용한 위치 측정법에서 원이 겹칠 정도의 거리 값이 나와야 하나 고정된 노드들의 각각의 공간의 특성으로 거리 측정시의 값과 거리 값이 각각 다르게 나오고 정확하게 나오지 않아서 나온 문제로 보인다.

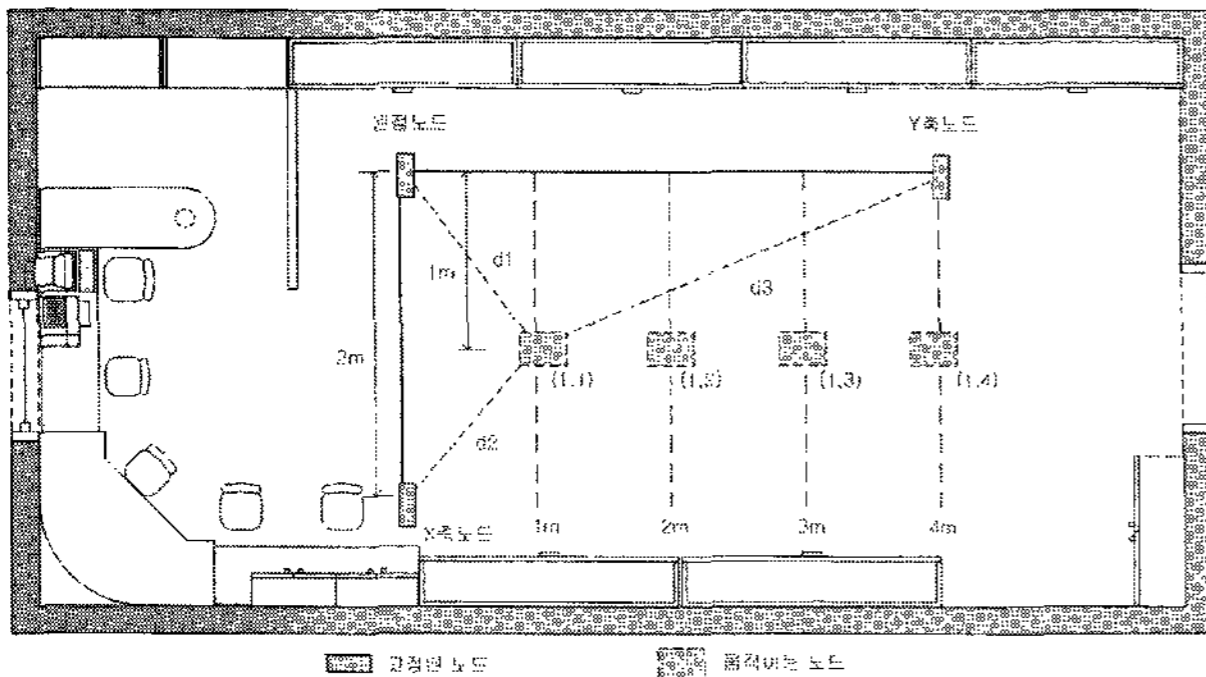


그림 8. 실내 위치 추적을 위한 실험 환경
Fig 8. An experimental environment for indoor localization

로봇을 움직이기 위한 각도는 미리 정해진 정지 점을 이용하여 각각의 정지 점에서 다음 정지 점까지의 각도를 구하게 된다. 각도가 구해지면 로봇이 움직이기 전에 구해진 각도만큼 회전한 다음 정해진 정지 점의 위치까지 움직이게 되고 다음 값을 이용하여 다음 노드를 향해 로봇이 회전 한 뒤 다음 정지 점으로 움직이는 방법으로 로봇 주행 알고리즘을 구현하여 테스트하였다.

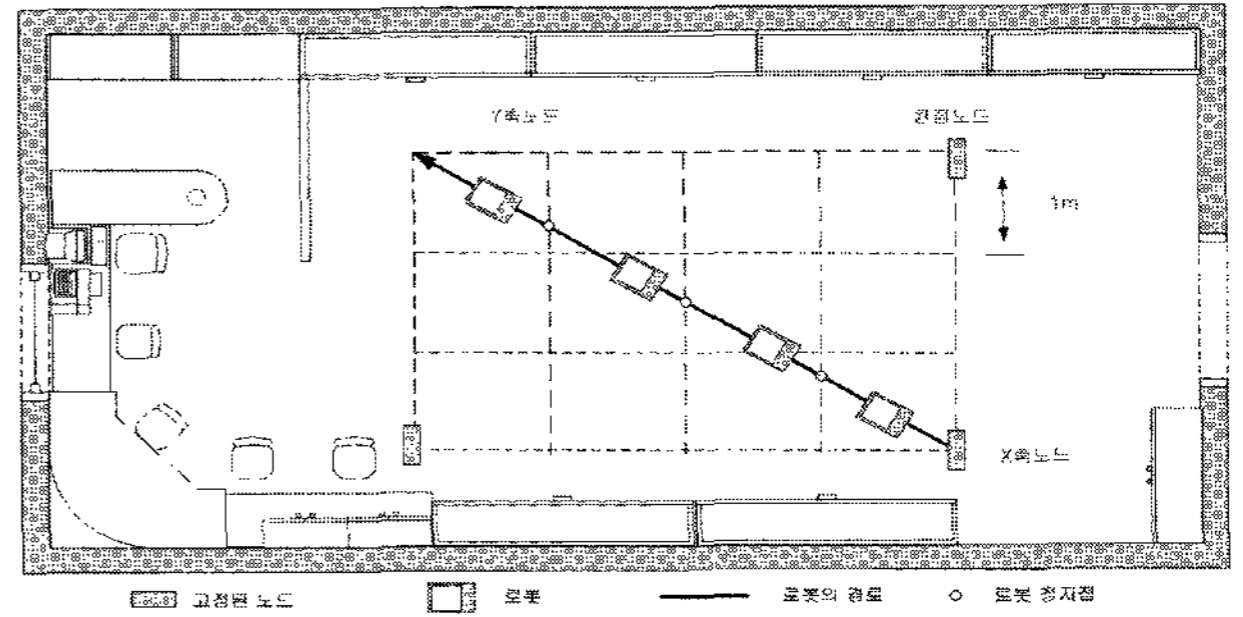


그림 11. 로봇 경로 설정 환경
Fig 11. An experimental environment for indoor navigation

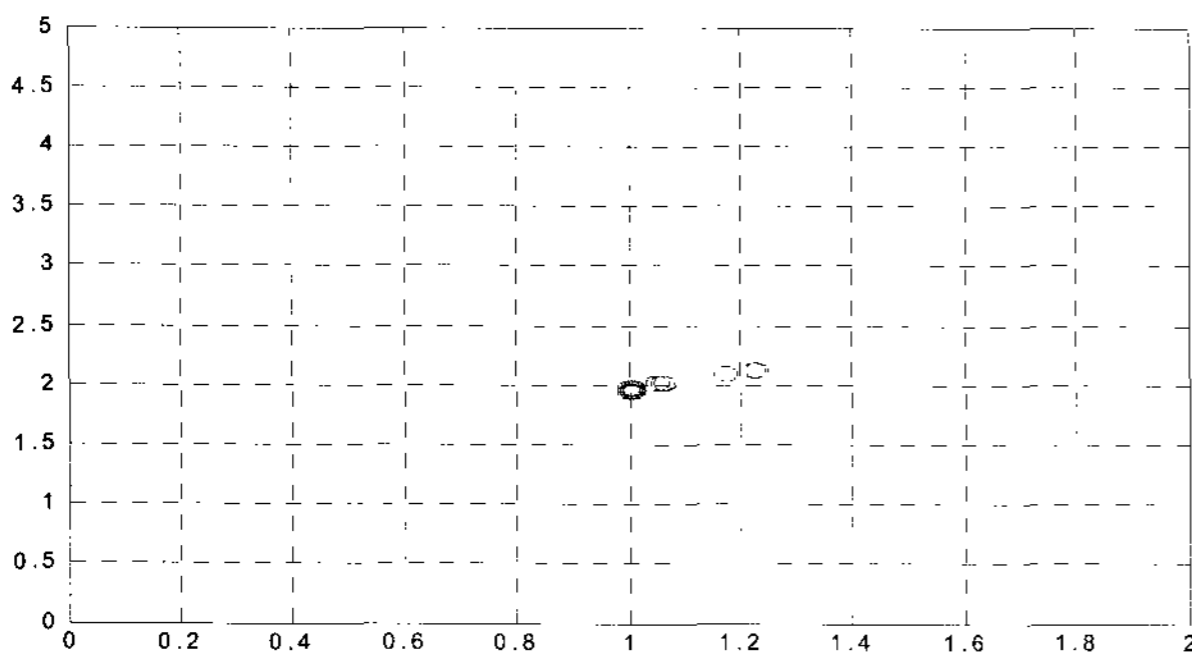


그림 9. Two-path 모델을 이용한 노드 위치 추정
Fig 9. Localization using two-path model

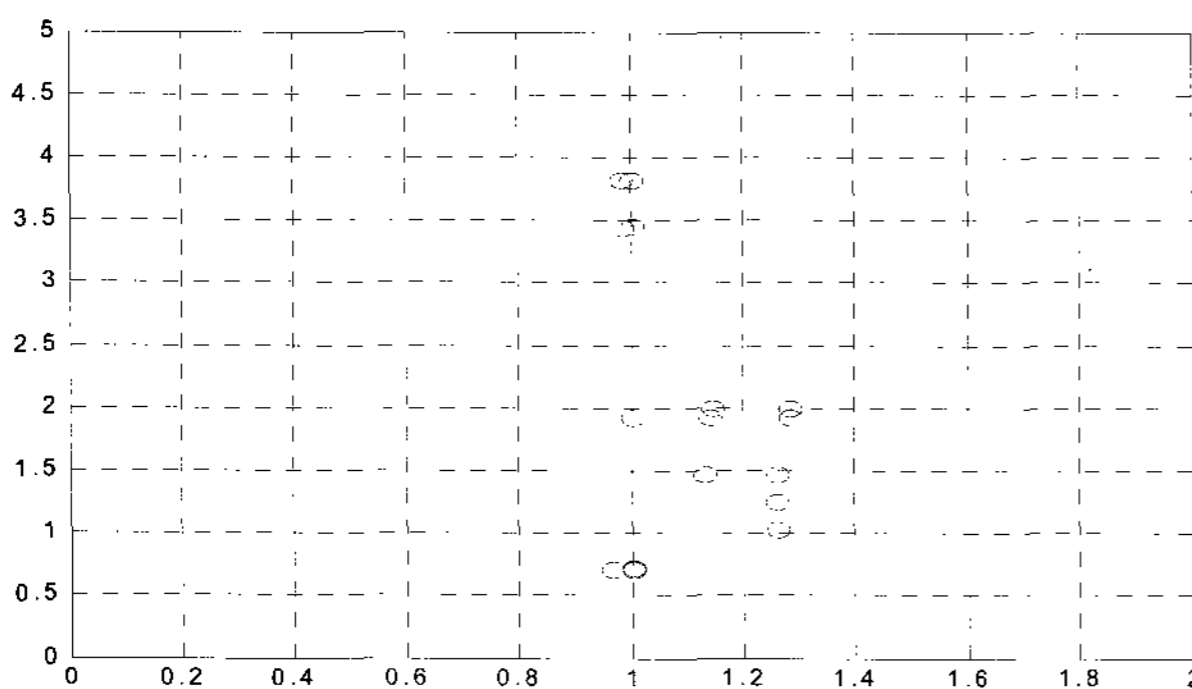


그림 10. TSK 퍼지모델을 이용한 위치 추정
Fig 10. Location estimation using TSK fuzzy model

3.4 위치인식을 이용한 로봇의 주행 알고리즘

로봇을 목적지까지 가기 위해서는 미리 계획된 경로 즉, 스케줄러를 이용하여 그 경로를 따라 움직이게 된다. 이러한 경로는 그림 11과 같은 1m 간격으로 나누어진 정지 점들을 이용하여 이 정지 점들을 각각 거치는 방법으로 경로를 설정하여 따라가게 된다.

경로를 그림 11처럼 설정하여 로봇을 원점 즉, (0,0)인 점에서 출발하여 미리 설정된 경로를 움직이게 된다. 이때 로

구현된 로봇 주행 시스템의 테스트는 로봇을 이상적인 경로로 움직여 이 경로의 위치 추정을 하여 위치추정치와 이상적인 위치 추정치가 같게 나오면 로봇의 주행 알고리즘을 적용할 수 있다는 가정 하에서 로봇을 이상적인 주행으로 무조건 주행 시킨 뒤 로봇의 위치 추정 값에 의거하여 테스트하였으며, 그 결과는 그림 12와 같았다.

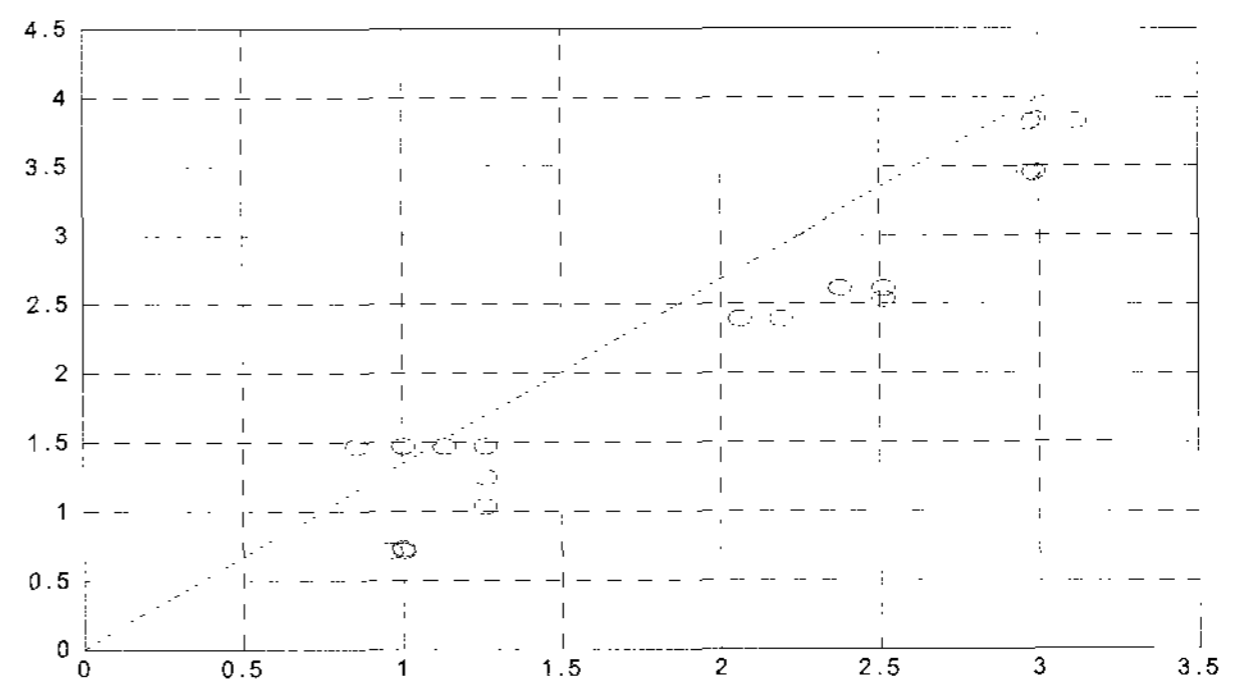


그림 12. 이동로봇 주행 테스트
Fig. 12. Test results of mobile robot navigation

테스트 결과 처음 출발할 때의 원점 노드와 로봇의 노드 간의 위치가 제대로 나오지 않았으며, 이는 앞에서 제기된 위치 인식 알고리즘의 각각의 노드의 환경이 달라서 생기는 문제점이다. 이는 위치 인식 알고리즘의 개선을 통해서 위치가 개선이 된다면 로봇의 주행에는 문제가 없을 것이라고 예상된다.

4. 결과 및 향후 과제

결과에서 볼 수 있듯이 원래 모델을 사용한 모델과 TSK 퍼지모델을 사용한 위치 측정 모델을 비교 했을 때 후자가 더 나아지는 것을 알 수 있었다. 이는 Two-path 모델이 실내 환경 안에서는 정확한 거리 값을 산출 하지 못한

다는 의미한다.

그러나 위치추정 알고리즘에서의 결과는 좀 미흡한 면이 없지 않다. 이는 앞에서 언급한 것과 마찬가지로 거리측정 모델에 반해서 위치추정을 하는 노드 주위에 많은 장애물이 있어서 생겨난 현상이라 판단된다. 이러한 문제점은 노드를 높은 곳 즉, 실내 천장으로 달아서 실험을 해 보면 좀 더 나아질 것이라고 예상하고 있다. 이와 같은 환경에서는 모든 노드들의 장애물 상황이 비슷해 질 것이며, 또한 로봇의 위치를 좀 더 정확하게 산출 해낼 수 있을 것이다. 또한 이렇게 개선된 위치추정 알고리즘을 이용하여 경로문제를 지능 알고리즘을 사용하여 로봇의 주행시스템에 적용하면 훨씬 더 나은 결과를 얻을 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- [1] P .Bahl and V. N. Padmannabhan, "RADAR: A In-building RF-based user location and tracking system", *Proceeding of the IEEE Conference on Computer Communications(INFOCOM'00)*, vol.2, pp. 775 - 784, 2000.
- [2] IEEE, "Wireless Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) specifications for low rate wireless personal area networks", IEEE std, 802.15.4, 2003 .
- [3] R. C. Luo, O. Chen, S. H. Pan, "Mobile user localization in wireless sensor network using grey prediction method," *IECON 2005, 32nd Annual Conference of IEEE*, pp. 6-10, 2005 .
- [4] 김건희, 정우진, 김문상, "실내용 서비스 로봇을 위한 거리 센서 기반의 통합 자율 주행 시스템 개발," *제어·자동화·시스템공학 논문지*, 제10권 제 9 호, 2004.
- [5] T. Takagi, and M. Sugeno, "Fuzzy identification of system and its application to modeling and control," *IEEE Transaction on System, Man, Cybernetics*, vol. 15, no. 1, pp. 116-132, 1985.

저 자 소 개



김현종(Hyun-Jong Kim)
 2006년 : 부경대학교 전자컴퓨터정보통신
 공학부 졸업.
 2008년 : 동 대학원 전자공학과(공학석사)
 2008년~현재 : (주)파워엠앤씨

관심분야 : 로봇공학, 퍼지시스템

E-mail : kalmen80@nate.com



강근택(Geuntaek Kang)
 1976년 : 서울대학교 공과대학 응용물리학과
 (공학사).
 1984년 : 일본 동경공업대학 시스템과학전공
 (공학석사).
 1987년 : 일본 동경공업대학 시스템과학전공
 (공학박사).
 1987년~현재 : 부경대학교 전자컴퓨터
 정보통신공학부 교수.

관심분야 : Fuzzy System

E-mail : gtkang@pknu.ac.kr



이원창(Won Chang Lee)
 1983년 : 서울대학교 제어계측공학과(공학사).
 1985년 : 한국과학기술원 전기 및 전자공
 학과(공학석사).
 1992년 : 포항공과대학교 전자전기공학과
 (공학박사).
 1993년~현재 : 부경대학교 전자컴퓨터정
 보통신공학부 교수.

관심분야 : 로봇틱스, Embedded System

E-mail : wlee@pknu.ac.kr