

논문 2009-6-9

USN과 회전 센서를 이용한 이동로봇의 위치인식과 인터넷을 통한 원격제어 시스템 개발

Position Estimation of a Mobile Robot Based on USN and Encoder and Development of Tele-operation System using Internet

박종진*

Jong-Jin Park

요 약 본 논문은 유비쿼터스 센서 네트워크와 이동로봇에 내장된 회전 센서를 이용하여 실내에서의 이동로봇의 위치를 인식하고 이를 바탕으로 인터넷을 통한 원격제어 시스템 개발을 제안한다. 사용한 USN(Ubiquitous Sensor Network)은 ZigBee 기반으로 위치 인식 엔진을 탑재하고 RSSI(Received Signal Strength Indicator) 신호를 사용하여 노드간의 거리를 측정한다. 본 논문에서는 노드 간의 정확한 거리 정보를 얻고 이를 바탕으로 위치를 추정하기 위해 실험 입·출력 데이터를 가지고 퍼지 모델을 구하였고 거리의 오차를 수정하였다. 또한, RSSI 값의 부정확으로 인한 위치 인식의 오류를 보정하기 위해 이동로봇에 내장된 회전 센서를 이용하여 이동로봇의 좌표를 구하고 이를 위치 좌표의 보정에 사용하여 위치 인식의 정확성을 개선하였다. 제안된 방법에 의한 위치 인식을 기반으로 인터넷을 통한 원격제어 시스템을 개발하였다. 제안된 방법이 USN에 의해 추정된 위치 정보만을 사용하는 경우보다 정확하게 이동로봇의 위치를 추정하고 인터넷을 통한 원격 주행이 가능함을 보였다.

Abstract This paper proposes a position estimation of a mobile robot based on USN(Ubiquitous Sensor Network) and encoder, and development of tele-operation system using Internet. USN used in experiments is based on ZigBee protocol and has location estimation engine which uses RSSI signal to estimate distance between nodes. By distortion the estimated distance using RSSI is not correct, compensation method is needed. We obtained fuzzy model to calculate more accurate distance between nodes and use encoder which is built in robot to estimate accurate position of robot. Based on proposed position estimation method, tele-operation system was developed. We show by experiment that proposed method is more appropriate for estimation of position and remote navigation of mobile robot through Internet.

Key Words : USN, Encoder, Location Estimation, Mobile Robot, Tele-operation, Internet

I. 서 론

USN을 이용한 네트워크 이동로봇은 센서 네트워크의 정보를 이용하여 정해진 공간에서 임의의 경로로 자율적으로 주행하기 위해서 실내에서의 위치 인식 및 보정과 이를 기반으로 하는 주행 시스템의 개발이 필요하다. 로

봇이 자신의 위치를 추정하는 방법으로는 로봇의 바퀴에 회전수를 측정하는 회전 센서(Encoder)를 장착하여 초기 위치로부터 자신의 위치를 추정하거나 가속도 센서와 자이로 센서 등의 가속도 정보를 2차 적분하여 자신의 위치를 추정하는 방법 등이 사용되어 왔다. 이러한 방법은 센서의 측정 오차와 미끄러짐 등에 의해 오차가 누적되어 장시간 주행 시 심각한 문제가 발생된다[1-2].

최근에는 이동로봇의 위치 인식을 위해 초음파, 적외

*정회원, 청운대학교 인터넷학과
접수일자 2009.10.12, 수정일자 2009.11.13

선, RF, GPS 등을 이용한 방법이 다양하게 연구되고 있다. 또한 센서 네트워크에서의 노드의 위치인식 기술을 이동로봇과 통합하여 로봇의 위치를 추정하려는 노력들이 이루어져 왔다. 이러한 위치 인식 기술 중 대표적인 것은 두 노드 간에 수신된 신호의 세기(RSSI: Received Signal Strength Indicator)를 이용한 방법 또는 초음파 신호나 RF 전파 속도를 이용한 전파도달 시간(TOA: Time of Arrival) 등의 거리기반 측정법이 있다. 이 방법은 회로내부 손실이나 경로 손실 등 주위 환경에 민감하게 반응하여 오차를 가지게 되므로 이를 보완하는 기법이 필요하다. 주어진 거리 정보를 가지고 이동로봇의 위치 측정에 사용되는 알고리즘으로는 K-nearest Neighbor 알고리즘, 삼각측량법, 근접기법 등이 있다[3].

인터넷은 이제 우리 생활에서 필수적인 요소로 자리 잡고 있다. 최근에는 인터넷을 통한 사이버 공간의 발전 뿐 아니라 모든 정보가전 기기가 유무선 네트워크로 연결되어 누구나 시간과 장소에 구애 받지 않고 원격 교육, 홈 오토메이션, 멀티미디어 등을 이용할 수 있는 유비쿼터스 환경으로 발전하고 있다. 최근에는 홈 네트워크와 연계된 지능형 서비스 로봇의 제어 등에도 활용되고 있다. 네트워크를 통한 로봇의 원격제어는 현실에 적용할 수 있는 잠재적인 이용가치가 있는 시스템으로서 중요한 연구 주제가 되어 왔으며 이를 통해 상황에 따라 방범, 방재 및 청소, 노인 돌보미 등 각종 서비스를 제공하는 방향으로 발전해 왔다.

본 논문에서는 측정된 RSSI 값을 가지고 이동로봇의 위치를 인식하기 위해, 삼각측량법에 기반 한 위치 인식 엔진(Location Engine)을 가지는 TI사의 CC2431 칩을 장착한 센서 네트워크를 사용하고, 외부 환경 등에 의해 발생하는 측정 거리의 오차를 수정하기 위해 RSSI 값과 두 노드 간의 거리에 대한 퍼지 모델을 사용하여 거리 측정의 정확도를 향상하였다. 또한 개선된 거리 측정 방법에도 불구하고 측정된 RSSI 값의 손실과 그에 따른 위치 정보의 부정확성을 보완하기 위해 이동로봇의 모터에 내장된 회전 센서 값을 이용하여 로봇의 위치를 추정하고 이를 USN에 의한 추정 위치와 비교하여 보정함으로써 위치 인식의 정확도를 높였다. 또한 인터넷을 통해 기존의 공간적인 제약을 탈피하여 원격제어 및 모니터링이 가능한 이동 로봇의 원격제어 시스템을 개발한다. 이를 위해 멀티 플랫폼(multi-platform) 환경에서 강력한 네트워킹 API를 제공하는 자바를 이용하여 사용자 인터페이스

스, 서버 프로그램, TCP/IP 소켓을 이용한 네트워크 프로그램, 이동로봇 제어 프로그램을 구현한다.

II. 자율 이동로봇 및 위치 인식 시스템

2.1 자율 이동로봇 시스템

본 논문에 제안된 내용의 검증을 위해 사용되는 이동로봇은 시스템은 최근에 교육용 등으로 많이 사용되는 LEGO 사의 Mindstorms NXT를 이용하여 구현하였고 이를 무선 센서 네트워크와 연동하여 사용하였다. LEGO Mindstorms NXT는 다양한 블록을 가지고 창의적인 로봇을 설계할 수 있고 각종 센서와 기어를 통해 환경정보 습득과 동작이 가능한 이동로봇을 쉽게 구현하거나 새로운 형태로 변형할 수 있는 장점이 있다. 이것은 기본적으로 32bit ARM7 마이크로프로세서가 장착된 NXT 브릭(Brick), 8bit 인터랙티브 서보 모터(Interactive Servo Motor), 음향, 초음파 및 다양한 센서로 구성되고 블루투스 커뮤니케이션, 멀티 다운로드 기능들을 가진다. 중앙 제어부인 NXT 브릭은 입력포트 4개와 출력포트 3개를 통해 각종 센서 입력값과 제어신호를 주고 받으며, 인터랙티브 서보 모터는 속도와 거리를 측정하는 회전센서가 내장되어 1도 단위의 정확한 모터 제어가 가능하고 각종 기어와 연결 블록으로 이루어진 동작부에 실제적인 제어를 행하는 부분이다.

이동로봇과 연동되어 위치 인식에 사용되는 USN은 위치 인식 엔진을 가지는 TI사의 CC2431 칩으로 구현된 한백전자의 HBE-Ubi-CC2431으로 인식되는 위치는 각 모트에서 전달되는 RSSI 값을 사용하여 각 모트간의 거리를 측정하고, 이 정보를 가지고 삼각측량법에 의해 구현한다. CC2431은 2.4Ghz RF 기능을 가지는 8051 기반의 칩으로 UART 및 SPI 통신 기능을 제공하고 IEEE 802.15.4 PHY 표준을 기반으로 만들어졌다.

2.2 위치 인식 시스템

1) USN을 이용한 위치 인식

이동로봇의 위치 인식은 자율 주행에 있어 가장 중요한 문제 중 하나이다. 위치 인식을 위해 위치가 알려진 고정 노드(reference node)와 위치가 알려지지 않은 이동 노드(blind node)간의 위치 측정 알고리즘은 크게 거리 기반 방법과 거리 독립 방법으로 나뉜다. 거리 기반 방법

중 가장 많이 사용되는 방법은 RSSI 값을 이용하거나 초음파 신호 또는 RF 전파 속도를 이용한 전파 도달 시간 (TOA) 방법 등이 있다.

본 논문에서는 이동로봇의 위치 인식을 위해 실내에서 전력 소비가 적고 사용이 편리한 근거리 무선 네트워크 기술인 ZigBee를 통해 두 노드 간의 수신된 신호의 세기인 RSSI를 이용한 방법을 사용하였다. 그러나 이 방법은 회로내부 손실이나 경로 손실 등 주위 환경에 민감하게 반응하여 오차를 가지게 되므로 이를 보완하는 기법이 필요하다.

CC2431를 개발한 TI 사는 RSSI를 이용하여 거리를 구할 때 식 (1)을 사용하도록 권하고 있다.

$$RSSI = -(10 \times n \times \log_{10} d + B) \quad (1)$$

여기서, n : 전송지수,

d : 거리,

B : 송신 노드로부터 1미터 거리에서 수신한

RSSI 값의 -1을 곱한 값.

그러나 식 (1)에 의한 방법은 환경의 변화와 B, n 값의 설정에 따라 크게 변하므로 본 논문에서는 RSSI 값과 두 노드 간의 거리에 대한 퍼지 모델을 구하여 좀 더 정확한 거리를 계산하였다. 사용된 퍼지 모델은 T-S(Takagi-Sugeno) 퍼지모델로 각 퍼지 규칙의 전반부는 일반적인 퍼지집합으로 후반부는 입력 변수의 선형 식으로 이루어진 (2)와 같은 형태이다. 얻어진 거리 정보를 이용하여 이동 노드의 위치는 삼각측량법을 사용하여 구한다.

$$R^i: \text{If } x_1 \text{ is } A_1^i, x_2 \text{ is } A_2^i, \dots, x_k \text{ is } A_k^i \quad (2)$$

$$\text{Then } y^i = a_{i0} + a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 + \dots + a_{ik}x_k$$

여기서 R^i 는 퍼지모델의 i 번째 규칙을 의미하고, If 문에서 x 는 입력 변수, A_k^i 는 퍼지집합을 의미한다. Then 문에서 a_{ik} 는 후반부 파라미터, y^i 는 규칙 R^i 에서의 출력을 의미한다.

2) 내장 센서를 이용한 위치 인식

USN 노드에서 넘어온 이동로봇의 위치는 퍼지모델을 이용한 거리측정 값의 정확도 향상에도 불구하고 환경에 따라 RSSI 값 자체에 포함된 오차로 인해 정확하지 않다. 이는 이동로봇의 주행에 치명적인 영향을 미친다.

본 논문에서는 어떤 외부 환경의 영상정보나 기하학적 지도를 사용하지 않고 앞에서 USN을 통해 추정된 이동로봇의 위치의 보정을 위해 모터에 내장된 회전 센서 값으로 로봇의 처음 위치로부터의 움직임 궤적을 계산하여 현재 위치 좌표를 계산하고 이 값을 USN에 의한 위치 좌표와 비교하여 그 차가 일정 크기의 범위를 벗어나는 경우 보정한다. Mindstorms NXT의 서보 모터에는 포토커플(Photo-couple)을 이용한 회전 센서가 내장되어 있으며 분해능은 1°이고 ±1°의 작동 오차를 가진다. 회전 센서 값은 모터의 회전 방향과 회전 각도에 따라 실시간으로 증가하거나 감소하며, 임의로 값을 초기화시키거나 입력된 값을 읽을 수 있다.

구현된 이동 로봇은 5.6×2.6(지름×폭) cm 크기의 바퀴 (Tire)를 사용하였다. 관측 시각 t 에 바퀴의 회전에 따른 회전 센서의 회전각, $\Delta\theta(^{\circ})$ 와 이동 거리, $\Delta d(\text{cm})$ 의 관계는 다음과 같다.

$$\Delta\theta = \Delta d \times 360 / (\pi \times R) \quad (3)$$

$$\theta(t+1) = \theta(t) + \Delta\theta$$

$$\Delta d = \pi \times R \times \Delta\theta / 360 \quad (4)$$

$$d(t+1) = d(t) + \Delta d$$

여기서, R 은 로봇 바퀴의 지름이다.

그림 1은 이동로봇의 기구학과 좌표계의 관계를 보여 준다. 표 1은 각 파라미터의 의미를 나타낸다.

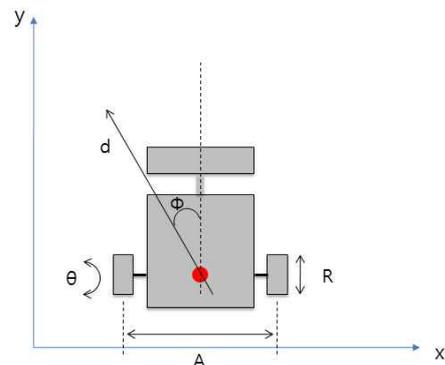


그림 1. 이동 로봇의 기구학
Fig. 1. Kinematics of mobile robot.

로봇의 이동에 따른 위치 좌표는 다음 식 (5)로 정의한다.

$$R(t) = [x(t), y(t), \phi(t)]^T \quad (5)$$

여기서, $x(t)$ 와 $y(t)$ 는 관측시각 t 에서 나타나는 로봇의 좌표이고, $\phi(t)$ 는 로봇의 방향각으로 로봇의 전방

이 절대 좌표계의 x축과 이루는 각도이다.

표 1. 이동 로봇의 기구학 파라미터
Table 1. Kinematics parameters of mobile robot.

기호	의미
d	이동로봇의 이동거리
Φ	이동 로봇의 방향각
R	바퀴 지름
Θ	바퀴의 회전 각도
A	회전 반지름(두 바퀴사이의 거리)

로봇의 이동에 따른 위치와 방향의 변화는 회전이 있는 경우와 회전이 없는 경우에 대해 각각 다음 식(6)~(11)에 의해 구한다. 로봇의 회전은 좌표 값의 계산을 단순하게 하기위해 한쪽 바퀴를 고정시키고 다른 쪽 바퀴만을 구동하는 스윙 턴(swing turn)으로 동작하게 하였다.

- 회전 운동이 있는 경우

$$\Delta x = \frac{A}{2} (1 - \cos \Delta \Phi) \tag{6}$$

$$\Delta y = \frac{A}{2} \sin \Delta \Phi \tag{7}$$

$$\Delta \Phi = R \times \Delta \Theta / (2 \times A) \tag{8}$$

- 회전 운동이 없는 경우(직진의 경우)

$$\Delta x = d \times \cos (90 - \Delta \Phi) \tag{9}$$

$$\Delta y = d \times \sin (90 - \Delta \Phi) \tag{10}$$

$$\Delta \Phi = 0 \tag{11}$$

따라서 절대 좌표계 내에서 로봇의 이동에 따른 로봇의 위치와 방향각은 다음 식 (12)에 의해 추정된다.

$$\begin{aligned} x(t+1) &= x(t) + \Delta x, \\ y(t+1) &= y(t) + \Delta y, \\ \Phi(t+1) &= \Phi(t) + \Delta \Phi \end{aligned} \tag{12}$$

식 (12)에 의해 추정된 이동 로봇의 위치는 명령어 실행 시 아주 작은 시간 간격동안 더 움직이거나 관성이나 마찰력 같은 물리적 특성으로 인해 바로 정지하지 않고 밀립 등으로 오차가 발생한다. 특히, 로봇이 빠르게 움직이거나 무게가 무거운 경우는 더 많이 밀리게 된다.

본 논문에서 USN에 의한 위치 좌표의 부정확성을 보정하기 위해 특정 위치에서 USN에 의한 좌표 값과 회전 센서를 이용한 식 (12)의 좌표 값의 차를 비교하여 그 절대값이 정해진 범위를 벗어나면 회전 센서에 의한 좌표 값을 이동로봇의 위치 좌표로 사용하고 USN의 고정 노드에 가까이 가면 USN에 의한 위치 좌표가 더 정확하므로 로봇의 위치 좌표를 갱신하는 방법을 사용하였다.

III. 인터넷을 통한 원격제어 시스템

원격제어 시스템은 크게 서버와 클라이언트 시스템으로 구성된 컴퓨터 네트워크와 자율이동 로봇으로 나눌 수 있다. 서버와 클라이언트 시스템은 인터넷으로 연결되고, 서버 컴퓨터는 LEGO Mindstorms NXT용으로 개발된 자바의 iCommand 방식으로 이동 로봇을 제어한다. 서버 컴퓨터는 클라이언트 컴퓨터에서 받은 명령을 해독하여 적절한 iCommand 명령을 블루투스를 통하여 전달하고 실행한다. 클라이언트 컴퓨터에서 동작하는 프로그램은 네트워크 기능, 보안, 이종 플랫폼간의 호환성에 있어 강력한 자바로 구현되는데 TCP/IP 소켓을 이용한 네트워크 프로그램과 이동로봇의 위치 인식과 제어를 위한 프로그램, 그리고 이동로봇의 위치를 화면에 표시하는 표준 자바 프로그램으로 구성되어 있다. 사용된 포트 번호는 7360이다. 다음 그림 2는 인터넷을 통한 이동로봇의 원격제어 시스템 구조를 보여준다.

구현된 소프트웨어는 Java와 Java Applet을 이용하여 클라이언트/서버 모델에 기초하여 이벤트 구동(event-driven) 방식으로 작성하였다. 원격제어는 자바의 소켓 통신을 이용한 프로그램 작성 방법을 사용하였는데 네트워크에서 데이터가 전송되기 위해서는 패킷(Packet)이라는 단위로 쪼개져서 데이터가 전송되고, 상대방에서 이러한 패킷을 합쳐서 데이터를 복원한다. 이러한 동작을 해주는 것이 바로 TCP/IP 프로토콜이다. 소켓은 TCP/IP 네트워크 통로의 끝처럼 생각할 수 있는데, 현재 소켓은 TCP/IP 프로토콜을 사용하는 네트워크 프로그램을 작성하는 표준으로 사용되고 있다. 자바에서 소켓을 이용하여 데이터를 전송하기 위해서는 Java API의 java.net.Socket 클래스를 이용한다.

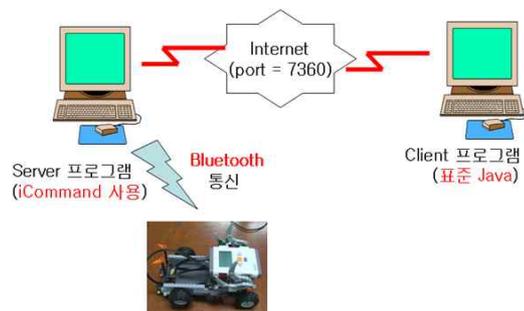


그림 2. 인터넷을 통한 이동로봇의 원격제어 구조
Fig 2. Structure of tele-operation of a mobile robot using Internet

그림 3은 본 논문에서 사용하기 위해 LEGO Mindstorms NXT를 이용하여 구현한 이동로봇의 외형이다. 로봇에 장착된 웹 카메라를 통해 실시간으로 원격지의 영상을 전송하여 서버에 표시할 수 있으며 빛 센서는 향후 장애물 회피나 특정 경로로의 라인 트레이싱(line tracing) 등에 사용될 수 있다.

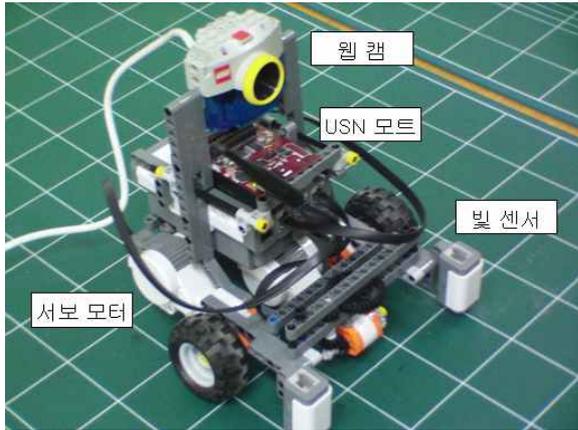


그림 3. 자율 이동로봇 시스템의 외형
Fig 3. Appearance of a mobile robot

IV. 실험 및 결과

실험을 위해 실험실 내에 $2 \times 4(m^2)$ 의 공간을 만들고 고정 노드와 이동 노드의 간격을 0.5 m 간격으로 이동하며 RSSI 값을 20개씩 측정하였다. 이 값들을 가지고 앞에서 기술한 거리 측정 방법으로 고정 노드와 이동 노드 간의 거리를 구하였다. 거리 측정에 사용되는 퍼지 모델은 MATLAB 프로그램을 이용하여 구하였다. 위치 인식과 주행을 위해서는 각 끝점(0,0), (2,0), (2,4), (0,4)에 4개의 노드를 설치하고 1, 2, 3, 4번으로 번호를 붙여 실험하였다.

그림 4, 5 그리고 6은 각각 기존의 방법과 퍼지 모델에 의한 거리 계산 결과와 얻어진 퍼지 모델의 퍼지 집합을 보여준다. 퍼지 모델에 의한 거리 측정 결과가 우수하며 정확하게 거리를 측정하는 것을 볼 수 있다. 표 2는 얻어진 퍼지 모델의 파라미터를 나타낸다.

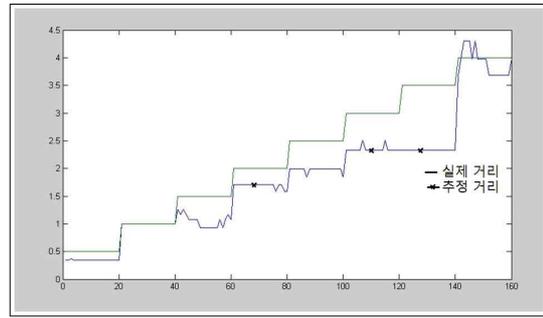


그림 4. 식 (1)의 거리 계산 결과(A=57, n=3)
Fig. 4. Results of calculation of distance using eq. (1).

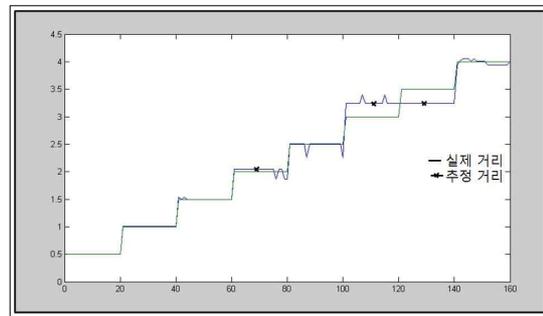


그림 5. 퍼지 모델의 거리 계산 결과.
Fig. 5. Results of calculation of distance using fuzzy model.

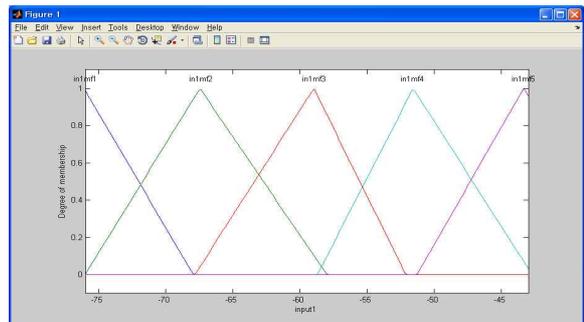


그림 6. 얻어진 퍼지 모델의 퍼지 집합.
Fig. 6. fuzzy membership function of fuzzy model.

표 2. 퍼지모델의 파라미터
Table 2. Parameters of fuzzy model

	R^1	R^2	R^3	R^4	R^5
a_0	-143.4	-156.3	-130.8	192.7	341.9
a_1	-10490	-10290	-7440	11330	14650

제안된 알고리즘의 타당성을 검토하기 위해 이동 로봇을 실험 공간의 (1,4) 위치에서 (1,0)로 주행시키고 그 결과를 화면에 표시하였다. 그림 7과 8은 각각 USN의 위치 인식 값만을 나타내는 경우와 제안된 USN과 회전센서에 의한 위치 인식 값을 나타내는 경우의 예이다. 결과에서 보듯이 제안된 방법에 의한 로봇의 위치 인식이 정확함을 알 수 있다.

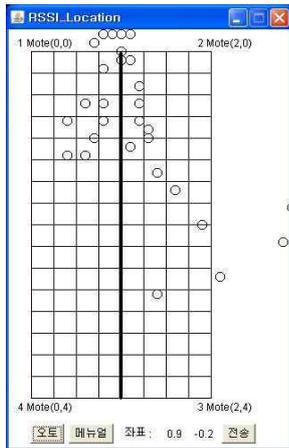


그림 7. USN에 의한 위치 인식
Fig. 7. Position estimation using USN

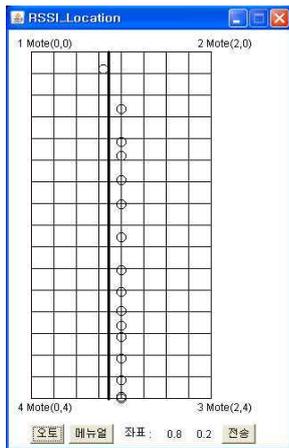


그림 8. USN과 회전센서에 의한 위치 인식
Fig. 8. Position estimation using USN and Encoder

또한 제안된 위치인식 방법에 기초하여 개발된 인터넷을 통한 원격제어 시스템을 실험하기 위해 2 대의 컴퓨터를 인터넷을 통해 연결하고, 서버 컴퓨터에서 블루투스로 로봇을 제어하였다. 서버 컴퓨터는 클라이언트 컴퓨터에서 받은 명령을 해독하여 적절한 iCommand 명령을 블루투스를 통하여 전달하고 실행한다. 인터넷에 연결되어 있으면 클라이언트가 서버 컴퓨터를 이용하여 로

봇을 제어하고, 필요한 정보를 얻어 로봇의 위치를 알 수 있다.

그림 9는 구현된 인터넷을 통한 원격 제어 시스템의 화면을 보여준다. 화면에는 수동(매뉴얼)으로 조작되는 이동로봇의 위치가 표시되며 이동 로봇의 주행은 무선으로 로봇을 움직일 수 있는 로봇 제어기 창을 통해 가능하다. 로봇 제어기 화면의 십자 부분을 마우스로 끌어서 (drag) 상하좌우로 움직이면 원하는 위치로 로봇을 움직일 수 있다. 가장 오른쪽 창은 서버에서 넘어오는 이동 로봇의 위치와 엔코더 값 등 각종 변수 값들을 표시한다.

로봇이 인터넷을 통해 원격으로 마우스 움직임을 따라 이동하는 가를 실험하기 위해 정해진 궤적을 따라 마우스를 움직였다. 그림 10은 그 결과를 보여준다. 실선은 마우스의 움직임을 나타내고 원으로 표시된 것은 PC로 전달된 이동 로봇의 위치 좌표를 나타낸 것이다. 실험 결과 이동로봇은 좌표 (1, 4)에서 출발하여 마우스의 움직임을 따라 좌표 (2, 0) 위치로 움직이는 것을 볼 수 있다.

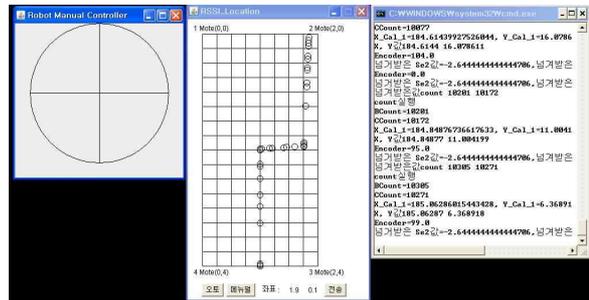


그림 9. 인터넷을 통한 원격 제어 시스템의 화면
Fig. 9. A view of tele-operation system through Internet

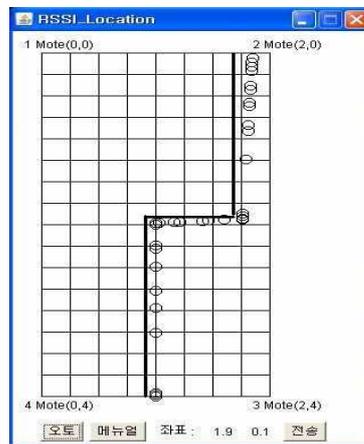


그림 10. 이동 로봇의 원격 주행 화면
Fig. 10. A view of remote navigation of mobile robot

V. 결 론

권 제9호, 2004.

본 논문에서는 위치 인식 엔진을 탑재한 ZigBee 기반 유비쿼터스 센서 네트워크와 이동로봇에 내장된 회전 센서를 이용하여 이동로봇의 위치를 인식하는 방법과 인터넷을 통한 원격제어 시스템을 제안하였다. 로봇 위치 인식의 정확성을 높이기 위해 실험 입·출력 데이터를 가지고 퍼지 모델을 구하였고 이를 통해 외부 환경 등에 의한 손실에 의해 발생하는 측정 거리의 오차를 수정하였다. 또한, RSSI 값의 부정확으로 인한 위치 인식의 오류를 보정하기 위해 이동로봇에 내장된 회전 센서를 이용하여 이동로봇의 좌표를 구하고 이를 위치 좌표의 보정에 사용하여 위치 인식의 정확성을 개선하였다. 제안된 방법이 USN에 의해 추정된 위치 정보만을 사용하는 경우보다 정확하게 이동로봇의 위치를 추정하고 이에 따른 주행이 가능함을 보였다. 또한 실험을 통해 인터넷을 이용하여 자율이동 로봇을 원격으로 제어함으로써 기존의 기능에서 탈피한 능동적인 운용이 가능함을 보였고 인터넷을 통한 이동 로봇의 원격 제어는 만족할 만한 성능을 나타냄을 볼 수 있다.

저자 소개

박 중 진(정회원)

- 제9권 1호 참조
- 현 청운대학교 인터넷학과 교수
- <주관심분야 : 지능시스템, 임베디드시스템, 이동 로봇>

참 고 문 헌

- [1] S. I. Roumeliotis, G. A. Bekey, "Bayesian estimation and Kalman filtering: a unified framework for mobil robot localization," Robotics and Automation, Proc. ICRA. IEEE International Conference on, vol. 3. pp. 2985-2992. April 2000.
- [2] 진태석, 이민중, 탁한호, 이인용, 이준탁, "실시간 다중이동물체 추적에 의한 이동로봇의 위치개선," 한국지능시스템학회 논문지, vol. 18, No. 2, pp. 187-192, 2008.
- [3] 김현중, 강근택, 이원창, "무선 센서 네트워크와 퍼지모델을 이용한 이동로봇의 실내 위치인식과 주행," 한국지능시스템학회 논문지, vol. 18, No. 2, pp. 163-168, 2008.
- [4] 김건희, 정우진, 김문상, "실내용 서비스 로봇을 위한 거리 센서 기반의 통합 자율 주행 시스템 개발," 제어·자동화·시스템공학 논문지, 제10