

음원 센서네트워크를 이용한 지능형 로봇의 목표물 추적 알고리즘

Object Tracking Algorithm for Intelligent Robot using Sound Source Tracking Sensor Network

장 인 훈, 박 경 진, 양 현 창, 이 증 창, 심 귀 보*

(In-Hun Jang, Kyoung-Jin Park, Hyun-Chang Yang, Jong-Chang Lee, and Kwee-Bo Sim)

Abstract : Most of life thing including human being have tendency of reaction with inherently their own pattern against environmental change caused by such as light, sound, smell etc. Especially, a sense of direction often works as a very important factor in such reaction. Actually, human or animal life that can react instantly to a stimulus determine their action with a sense of direction to a stimulant. In this paper, we try to propose how to give a sense of direction to a robot using sound being representative stimulant, and tracking sensors being able to detect the direction of such sound source. We also try to propose how to determine the relative directions among devices or robots using the digital compass and the RSSI on wireless network.

Keywords : intelligent mobile robot, sound source tracking sensor, digital compass, RSSI(Received Signal Strength Indication)

I. 서론

자율이동 로봇이 임무를 수행함에 있어서 중요한 것 중 하나는 이동경로 설정이다. 이동경로 설정에 필요한 요소는 목적지와 출발지 그리고 이동경로 결정이 있다. 먼저 목적지의 설정은 로봇에게 주어진 임무에 따라 달라질 것이다. 본 논문에서는 음원 추적 장치를 통해 결정된 음원 발생 영역을 그 목적지로 설정한다. 출발지는 로봇의 현 위치이므로 출발지의 설정은 로봇의 자기위치 인식이 요구된다. 따라서 자기위치 인식 기반 기술은 자율이동 로봇에게는 매우 중요한 요소로서 많은 연구가 진행되어 오고 있다. 위성신호가 닿는 실외에서는 GPS를 이용할 수 있지만 실내에서는 보다 다양한 시도가 필요하다. 최근에는 적외선(Diffuse-Infrared)이나 초음파(Ultrasonic Wave), RF(Radio Frequency), UWB(Ultra Wideband), RFID 등의 다양한 무선통신 기술을 이용한 위치 측위 기술이 활발히 연구되고 있다.

본 논문에서는, ①지도 정보가 주어지고 음원 추적 장치로 이루어진 고정된 인프라 센서 네트워크 환경(Fixed Infra-structured Sensor Network)에서 음원 추적 장치 간 또는 음원 추적 장치와 로봇 간의 무선 통신을 통해 로봇의 현재 위치 영역과 목적지를 설정하는 방법; ②지도 정보가 없는 상황에서 음원 추적 장치를 장착한 여러 대의 로봇이 무선 네트워크를 형성하고 로봇간의 무선통신에 있어서 각각의 RSSI(Received Signal Strength Indication)값을 이용하여

상대적인 로봇의 현재 위치 영역과 목표물의 추적경로를 설정 하는 방법을 제시하고자 한다.

최종 이동경로 결정에 있어서 ①의 경우는 음원 발생 영역의 음원 추적 센서로부터 로봇까지의 라우팅 경로를 설정하고 저장된 맵과 전자나침반의 정보를 융합하여 최종 이동경로를 결정하는 방법; ②의 경우는 음원 발생을 감지한 로봇이 근처에 있는 로봇들에게 ZigBee 통신을 통해 음원 발생 정보를 보내고, 이때 생성된 라우팅 경로와 RSSI 값, 그리고 전자 나침반 정보를 융합하여 모든 로봇들이 음원 발생지역으로 집결하기 위한 각 로봇의 실시간 이동경로 결정방법을 제시한다.

이를 위해 II절에서는 직접 제작한 음원추적센서의 원리와 구조를, III절에서는 고정된 인프라 센서 네트워크 환경에서 음원추적센서와 전자 나침반을 이용한 목표물 추적 알고리즘을, IV절에서는 mobile ad-hoc 센서네트워크상에서 상대위치와 방향각을 이용한 목표물 추적 알고리즘을, 마지막 V절에서는 이에 대한 실험결과에 대해 설명한다.

II. 음원추적 센서

1. 개요

기존의 음원추적센서를 설계하는 방법으로는, 서로 다른 마이크를 통해 획득한 소리의 시간차를 이용한 위상을 계산하고 칼만 필터를 적용하는 방법과[1] 고정된 마이크로 들어오는 소리의 입사각을 계산하고 밴드패스 필터를 사용하는 방법이 있다[2].

[1]의 경우는 각 마이크로 들어온 신호의 지연 시간을 측정하고 마이크를 배치한 각을 고려한 계산 과정이 다소 복잡하다. [2]의 경우 또한 음원의 크기 값을 받아들여 마이크로부터 거리와 이득을 각각 마이크로마다 이산화하여 복잡한 계산하는 과정을 수행해야 하므로 음원의 방향을 알

* 책임저자(Corresponding Author)

논문접수 : 2007. 8. 5., 채택확정 : 2007. 9. 1.

장인훈, 박경진, 양현창 : 중앙대학교 전자전기공학부

(inhun@wm.cau.ac.kr/01jesus01@hanmail.net/icase@icase.or.kr)

이증창 : 삼성전자 통신연구소 응용기술팀(birdy.lee@samsung.com)

심귀보 : 중앙대학교 전자전기공학부(kbsim@cau.ac.kr)

※ 본 연구는 삼성전자 정보통신 Track 산학과제에 의해 수행되었으며, 연구비지원에 감사드립니다.

아내는 시간과 비용이 많이 소요된다. 또한 두 문헌 모두 잡음을 제거하기 위해 [1]에서는 마이크의 값들을 모두 이산화 한 후 칼만 필터링으로 여러 단계 계산 과정을 통하여 필터링하고, [2]에서는 로우패스 필터링과 밴드패스 필터링 과정 등을 추가하여 매우 복잡하다.

본 논문에서 제안하는 음원 추적센서의 방법은 음원의 크기 값을 이용하는 점에서 [2]의 경우와 같지만 특정하게 위치시킨 고정된 다수의 마이크로 들어오는 마이크 입력 신호를 하드웨어적으로 보다 간결하게 처리하여 상대적으로 사용하기 쉬운 음원추적센서를 제안 한다.

2. 음원 추적센서의 원리

본 논문에서 제안하는 음원 추적센서의 목적은 음원의 정확한 위치를 검출하는 것이 아니라 음원이 발생한 쪽의 방향을 찾아내고 대략적인 음원 발생 영역을 유추하는 것이다. 따라서 기준 위치로부터 왼쪽인지 오른쪽인지, 앞인지 뒤인지를 판단하면 대략적인 방향을 알 수 있다는 것이 기본 아이디어이다. 우선 그림 1과 같이 정사각형의 방 내부 천정 중앙에 총 네 개의 마이크(MIC 1-4)를 설치하고 방의 중심에 좌표 원점으로 하는 기준 좌표를 잡았다.

음원의 위치 영역 A를 구하기 위하여, 먼저 그림 1과 같이 설치한 마이크의 방향성에 근거하여 그림 2와 같이 마이크에 들어온 신호의 세기를 입력으로 하는 비교기를 구성하였다.

그림 2와 같이 각각의 마이크에 들어온 신호를 방향성에 따라 비교기의 (+), (-) 입력으로 하면 각 마이크 신호의 세기에 따른 출력값 X, Y를 얻을 수 있다. 이를 통하여 그림

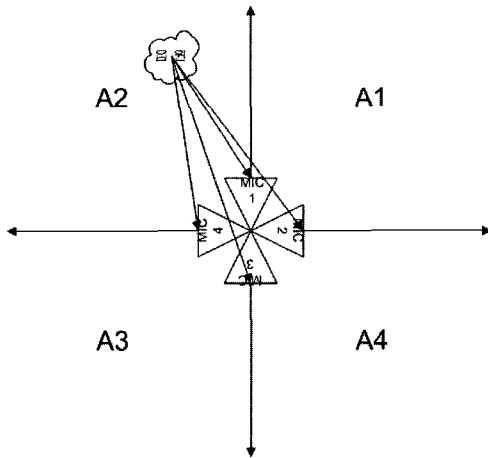


그림 1. 4개의 마이크를 이용한 음원 위치 추정.
Fig. 1. Sound source assumption using four microphones.

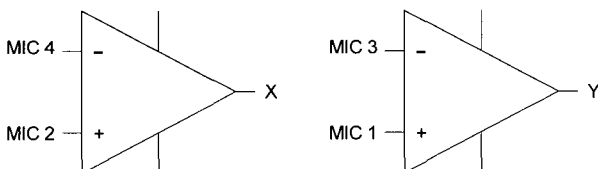


그림 2. 음원의 위치 영역 검출을 위한 비교기.
Fig. 2. Comparator for detecting the source position area.

1의 영역 A1~4중 음원이 발생한 위치 영역 A를 아래와 같이 결정할 수 있다.

비교기의 출력 X, Y에 대해 다음과 같은 방법으로 A를 결정한다.

$$X \geq 0, Y \geq 0 \Leftrightarrow A1, X < 0, Y \geq 0 \Leftrightarrow A2$$

$$X < 0, Y < 0 \Leftrightarrow A3, X \geq 0, Y < 0 \Leftrightarrow A4$$

이 경우 음원센서로부터 음원까지의 정확한 거리를 산출하기는 힘들지만, 하드웨어적인 구성이 간단하고 음원센서로부터 음원으로의 대략적인 방향벡터를 구하는 연산이 매우 간단한 장점이 있다.

또한 정확한 방향을 찾아내기 위해 비교기에서 추출된 방향벡터 (X, Y)의 비를 이용하여 다음의 (1)과 (2)를 이용하여 방향벡터의 방위 값 θ 를 구한다.

$$\theta = \arctan(Y/X) : X > 0 \text{인 경우} \quad (1)$$

$$\theta = 180^\circ + \arctan(Y/X) : X < 0 \text{인 경우} \quad (2)$$

이와 같이 계산할 경우 음원 방향의 정밀한 값을 구할 수 있다. 또한 음원 추적 센서로부터의 거리는 다르고 방향은 같은 음원의 경우 X, Y의 비를 이용하므로 동일한 결과를 얻을 수 있다.

방향벡터를 구하기 위해 사용한 비교기는 부수적으로 생활 잡음과 같은 공통 잡음을 간단하게 제거할 수 있게 해주었다.

3. 음원 추적 장치의 구성

본 연구의 실험에서는 음성인식 기능은 사용하지 않고 특정세기 이상의 소리에 반응하여 소리가 나는 영역으로 로봇이 이동하는 것까지만 진행하였다. 그림 3의 샘플보드의 구성은 ATmega128, 캐릭터 LCD, 프리앰프가 내장된 콘덴서 마이크 4개, 증폭기와 비교기는 OP amp를 사용하였다.

마이크의 위치는 로봇의 중심이나 센서의 중심으로부터 같은 거리에 위치하게 하고 마이크 1과 3, 2와 4는 각각 반대 방향으로 장치하였다. 또한 각각 마이크 사이 각은 90°로 하여 얻어진 값을 바로 직각 좌표계에 적용 시킬 수 있

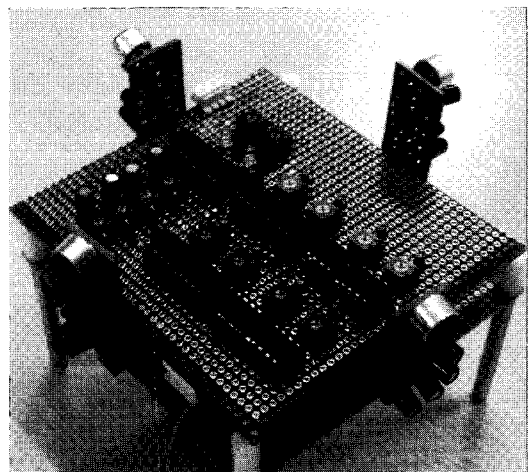


그림 3. 음원 추적 board.
Fig. 3. Board for source tracking.

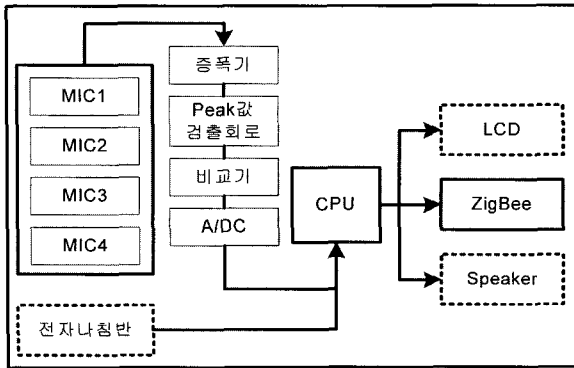


그림 4. 음원 추적센서의 블록도.
Fig. 4. Block diagram for source tracking sensor.

도록 하였다. 그림 1과 같이 출력값 X, Y 를 얻을 수 있도록 비교기를 이용하여 그림 3의 음원 추적 board를 제작하였다.

마이크로 받아들이는 음성 신호는 수 mV의 매우 낮은 값이기 때문에 증폭기를 사용하여 신호를 확실히 구분할 수 있게 하였다. 또한 음성 신호의 특성상 +/- 전압으로 나타나므로 다이오드를 이용하여 양의 값만 취한 후 그 peak 값을 추출하였다[6,7]. 이와 같이 양의 값만 추출하여 비교기에서 두 값을 빼기만하면 X, Y 값의 부호를 결정할 수 있으므로 영역을 구분하기 용이하였다.

잡음에 대해서는 peak 검출 회로가 lowpass filter의 역할도 함께 하여 고주파 잡음이 제거 되며, 비교기를 거치면서 생활 잡음과 같이 각 마이크에 동일한 세기로 들어오는 잡음 또한 제거 된다[8]. 음원 추적 board의 구성은 그림 3, 4와 같이 나타내고, 그 처리과정은 다음과 같다.

Step 1: 음원에서 마이크로 들어온 신호는 증폭기에서 증폭이 된다.

Step 2: 증폭된 신호는 peak 값 검출회로에 의해서 양의 값의 peak 값을 그림 8과 같이 유지하게 된다.

Step 3: 유지되는 peak 값은 비교기를 통하여 MIC 1과 3, MIC 2와 4를 비교한다.

Step 4: 비교된 값은 A/D converter를 통해 디지털 값으로 변환된다.

Step 5: 디지털화된 입력 값은 MCU에서 $X = MIC1 - MIC3, Y = MIC2 - MIC4$ 로 인식하여 영역 A1-4를 판단하게 된다.

III. 음원 좌표와 전자 나침반을 이용한

목표물 위치 추적 알고리즘

로봇이 어떤 장소로 이동하라는 명령을 받았을 때 그 장소로 이동하기 위해서는 그 곳을 찾아가는 기준이 필요하다. 우리는 그 기준을 방위로 선택하여 전자나침반을 선택하였다. 이를 위해 OPCEL社의 모듈을 사용하였다. 이 모듈은 2축 방식의 magnetic sensor에 의하여 자계를 측정하여 자북(magnetic north)를 판단하는 모듈이다.

본 논문에서는 소리의 세기 차이를 이용한 음원추적센서를 이용하여 목표물의 대략적인 위치 좌표를 설정하고, 음

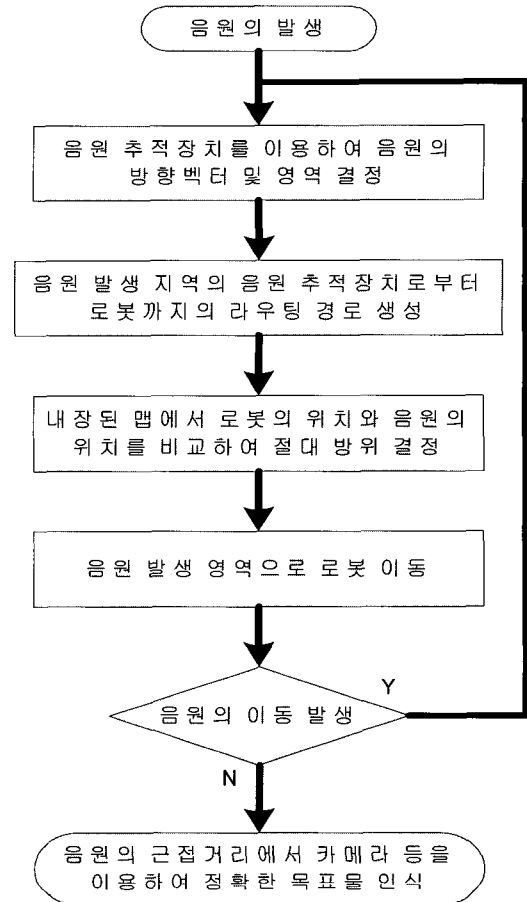


그림 5. 음원 추적 과정.
Fig. 5. Process for source tracking.

원 발생 영역에서 로봇까지 각 음원 추적 장치를 node로 무선 hopping하는 라우팅 경로를 설정하게 된다. 이 라우팅 경로를 토대로 내장된 맵과 전자나침반을 이용하여 목표물의 절대 방위를 생성한 후 음원 근처까지 갈수 있는 경로를 생성한다. 이 때 전자나침반의 정북이 내장된 맵의 정북, 로봇의 이동 모터 absolute encoder의 0°와 일치하도록 보정한다.

위의 그림 5는 음원의 발생 위치 정보와 전자 나침반을 이용한 음원 추적 알고리즘의 개략적인 순서도를 나타낸다.

음원 추적 장치를 이용하여 로봇이 목표물을 추적하는 과정은 다음과 같다.

Step 1: 음원 추적 장치에서 마이크로 들어오는 음원의 방향벡터 (X, Y)를 계산하고 위치 영역(A1~4)을 결정한다.

Step 2: 음원을 감지한 음원 추적 장치는 로봇까지 라우팅 경로를 생성하여 음원 발생 정보를 로봇으로 전송한다.

Step 3: 로봇은 라우팅 경로와 내장된 맵, 전자나침반을 이용하여 이동경로를 결정한다.

Step 4: 결정된 경로를 통하여 장애물을 회피하며 음원 발생 영역으로 이동한다. 이때 전자나침반의 정북이 내장된 맵의 정북, 로봇의 이동 모터 absolute encoder의 0°와 일치하도록 보정한다. 이 과정은 부팅과 동시에 이루어지며 수시로 보정하게 된다.

Step 5: 발생한 음원이 이동하는 경우 로봇의 새로운 이동 경로를 설정하기위해 step 1로 돌아가 다시 음원 발생 정보와 라우팅 경로를 생성한다.

Step 6: 음원 발생지에 도착한 후, 카메라를 이용한 비전 정보로 세부적인 목표물 인식을 수행한다.

IV. Mobile Ad-hoc 센서네트워크를 이용한 방향감 부여

1. 개요

지금까지의 예에서는 음원센서가 건물의 특정한 위치에 고정되어 있고 이들 음원센서들이 네트워크를 형성하여 이동로봇이 음원을 추적하기 위한 위치 정보를 지도정보와 함께 제공하였다. 그러나 대개 로봇들은 그러한 인프라 네트워크가 구성되어 있지 않은 상황에 처하게 되는 경우가 빈번하게 발생하게 된다. 따라서 본 장은 음원 추적센서를 장착한 다수의 이동 로봇들이 알려지지 않은 미지의 환경에서 음원을 감지하고 다수의 로봇들이 그 음원을 추적하는 방법에 대한 것이다.

인간을 비롯한 대부분의 생물체들은 빛, 소리, 냄새 등과 같은 주변 환경의 변화에 본능적으로 자기만의 일정한 패턴을 가지고 반응하는 경향이 있다. 특히 그러한 반응에 있어서 방향성은 매우 중요한 요소로 작용한다. 특히 인간이나 동물과 같이 자극원에 대해 즉각적인 움직임을 행할 수 있는 경우, 자신의 *x-y*좌표를 통한 정확한 위치보다는 자극원과 자신과의 상대적인 거리감과 함께 자극원에 대한 방향감각을 가지고 다음 행동방향을 결정한다.

Mobile ad-hoc 네트워크는 고정된 인프라의 도움 없이 이동 노드만으로 이루어진 네트워크로서, 네트워크의 독립성과 융통성을 높일 수 있다는 장점을 가진다. 이 경우 무선 네트워크상에 연결되어 있는 기기 또는 로봇은 인간에게는 없는 특별한 기능이 있는데 네트워크상의 다른 기기나 장치들로부터의 수신감도(RSSI)를 측정할 수 있다는 것이다. 네트워크상의 노드들은 수신 감도를 통해 각 노드들에 대한 상대적인 거리감을 가질 수 있다.

본 장에서는 이와 같은 상대적인 거리감과 함께 전자나침반을 이용한 상대적인 방향감을 로봇에게 부여하고자 한다.

2. 이동로봇의 자기 위치인식과 이동 경로 설정

기존의 ad-hoc routing protocol은 크게 proactive routing protocol(table-driven 방식)과 reactive routing protocol(demand-driven 방식)으로 나눌 수 있는데, 전자의 대표적인 방법이 DSDV(Destination-Sequenced Distance-Vector) Routing [8]이고 후자의 대표적인 방법이 DSDV기반의 AODV(Ad-hoc On-Demand Distance-Vector) [10]와 DSR(Dynamic Source Routing) [11,12]이 있다.

음원추적센서를 장착한 이동로봇은 HOP 값과 RSSI 값에 기반한 AODV 알고리즘을 이용하여 그림 6과 같은 라우팅 경로를 형성할 수 있다. 이 경우 0번 로봇이 음원을 감지하고 전체 네트워크상에 자신을 중심으로 하는 라우팅 경로를 형성한 예이다.

그러나 각 로봇이 가지고 있는 정보는 테이블 상에서 트리형태로 표현되기 때문에 주변 로봇에 대한 각 로봇의 상

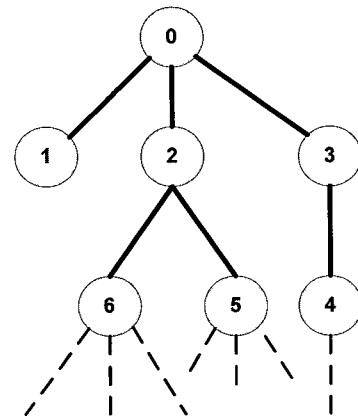
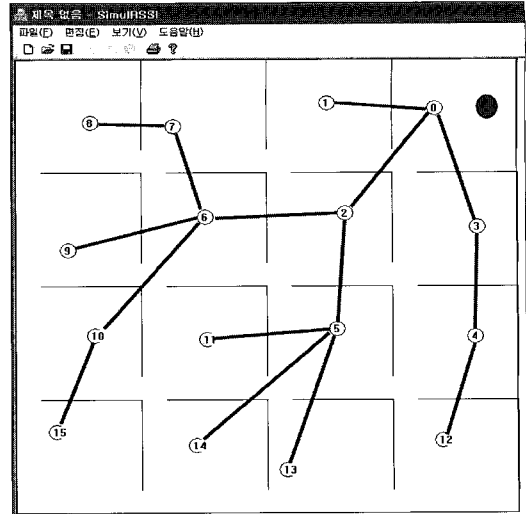


그림 6. 라우팅 경로의 생성.
Fig. 6. Generation of routing path.

대적인 방향은 알 수 없다. 따라서 서로에 대한 방향감을 부여하기 위해 전자나침반을 사용하는 방법을 다음과 같이 제안한다.

2.1 상대 방향을 구하는 알고리즘

Step 1: 노드 0이 전자나침반 상의 동쪽, 즉 오른쪽으로 움직이고 이러한 정보를 주변 노드들에게 전한다.

Step 2: 노드 0의 주변 노드인 노드 1, 2, 3은 노드 0과는 반대 방향인 왼쪽으로 움직인다.

Step 3: 노드 1, 2, 3은 RSSI 값을 측정하여 이전 RSSI 값과 비교한다.

Step 4: 비교된 RSSI 값이 기준값보다 크면, 노드 0의 상대적인 위치는 자신의 왼쪽으로 결정할 수 있다.

```

if (curRSSI - oldRSSI > d) {
    dirNode = dirMoved;
}
else {
    dirNode = OppositeDir(dirMoved)
}
    
```

위의 그림 6의 예에서, 로봇 1과 2는 로봇 0의 왼쪽 편에 있음을 알 수 있고 로봇 3은 로봇 0의 오른쪽 편에 있음을 인식할 수 있다. 마찬가지로 방식으로 아래위로 움직이

면서 대략적인 방향감을 인식할 수 있으며 이를 토대로 다음 움직임 방향을 결정할 수 있다.

음원의 이동에 따라 로봇 0이 움직이는 경우 앞에서 구한 상대거리와 상대방향은 실시간으로 변하기 때문에 이러한 값들은 음원 추적 중에 계속적으로 변할 수 있으며 라우팅 테이블 상에 hopping 값 및 RSSI 값과 함께 저장된다.

V. 실험 결과 및 고찰

음원 추적 장치의 정확성을 알아보기 위해 음원의 영역 구분 실험과 함께 같은 방향의 음원의 거리에 따른 변화 실험을 하였다.

1. 음원 추적 장치의 실험

음원의 영역 구분을 위한 첫 번째 실험에서 제작한 음원 센서는 발생음원의 위치 영역(A1-4)을 정확히 찾아냄을 실험을 통해 알 수 있었는데 영역에 따라 X, Y 값이 양과 음으로 구분이 되어 음원의 영역을 확실히 구분하였다. 그림 7은 X 값이 양 Y 값이 음으로 A4 영역을 나타내었고, 그림 8은 X, Y 값 모두 양을 나타내어 A1 영역을 나타내었다. 비교되는 두 마이크와 같은 거리에 있을 경우 영역의 구분이 힘들었지만 프로그램 상에서는 경계를 각각의 영역으로 포함시켜 문제를 해결하였다.

두 번째 실험에서는, 음원과 음원 추적 장치가 이루는 각과 음원의 세기는 82dB로 일정하게 하고 거리만 1m, 4m, 7m로 달리하여 실험 하였다. 그림 8(a)는 거리가 1m 떨어져서 측정된 결과로 X 값은 0.5V, Y 값은 3V로 측정되었다. 그림 8(b)는 4m 떨어져서 측정된 결과로 X 값은 0.3V, Y 값은 2.2V로 측정되었고 음원 추적 장치에서 소리 세기는 75dB이 측정되었다. 그림 8(c)는 7m 떨어져서 측정된 결과로 X 값은 0.13V, Y 값은 1.5V로 측정되었고 음원 추적 장치에서 소리 세기는 69dB이 측정되었다. 결과 파형의 크기는 줄었지만 X, Y의 값이 모두 양으로 나타나 영역은 유지되는 결과를 얻었다.

2. RSSI와 전자나침반을 이용한 음원 추적실험

ZigBee를 이용한 하드웨어 제작의 지연에 따라 본 실험은 소프트웨어적으로 시뮬레이터를 구성하여 진행하였다.

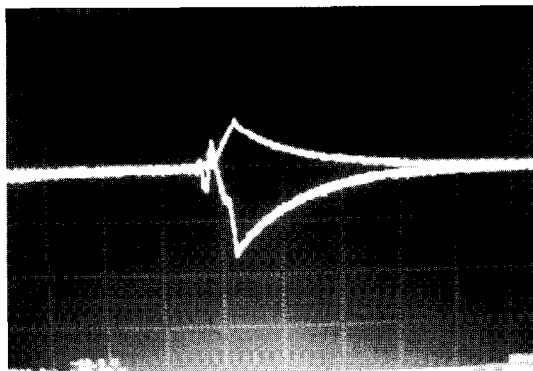


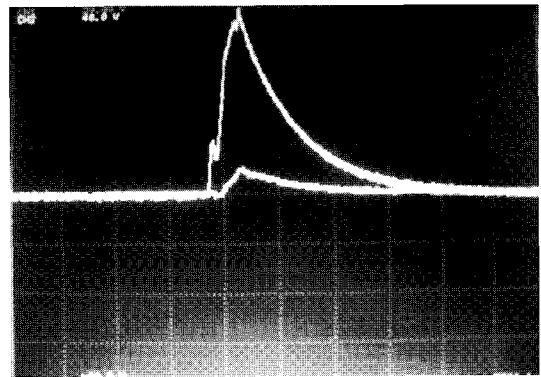
그림 7. 음원이 A4에 위치한 경우 파형(이하 10V/DIV, 500ms/DIV).

Fig. 7. Case of position that sound source located at A4(Below 10V/DIV, 500ms/DIV).

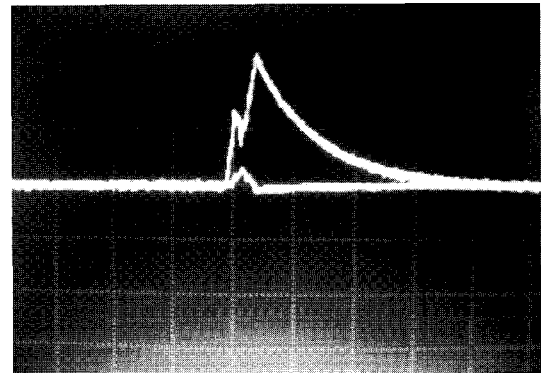
시뮬레이터에서 라우팅 경로와 RSSI는 유클리디안 거리를 이용하여 결정하였으며 이 때 장애물에 대한 수신 감도 감쇄분은 고려하지 않았다.

음원은 따로 발생시키지 않았으며 대신 4.2절 설명에서 로봇0에 해당하는 노드는 사용자 키보드에 의해 음원을 추적하는 것처럼 움직임을 주었다.

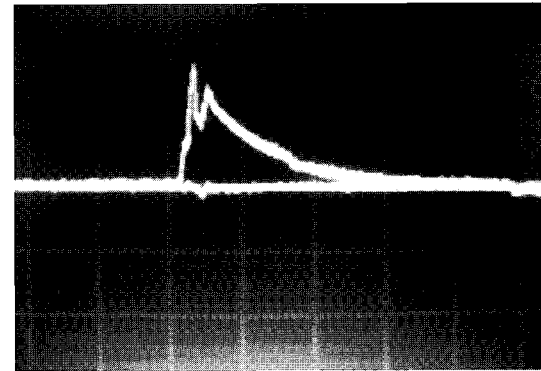
로봇0 이외의 모든 로봇들은 키보드에 의한 로봇0의 움직임에 따라 라우팅 경로를 형성하는 트리에서 바로 상위 노드를 추적하도록 하였다. 즉, 4.2절 그림 6의 예에서 노드 0은 사용자에게 의해서 키보드로 움직이고, 노드 1, 2, 3은 노드0의 움직임을 쫓으며, 노드 4는 노드 3을, 노드 5, 6은 노드 2를 쫓는 식으로 하였다.



(a) Sound source track board at intervals of 1 meter.



(b) Sound source track board at intervals of 4 meter.



(c) Sound source track board at intervals of 7 meter.

그림 8. 음원이 A1에 위치한 경우 파형.

Fig. 8. Case of position that sound source located at A1.

VI. 결론 및 향후 과제

본 논문을 통해, 지도 정보가 주어지고 음원 추적 장치로 이루어진 고정된 인프라 센서 네트워크 환경에서 음원 추적 장치와 로봇 간의 무선 통신을 통해 로봇의 현재 위치 영역과 목적지 위치를 설정하는 방법, 그리고 지도 정보가 없는 상황에서 음원 추적 장치를 장착한 여러 대의 로봇이 무선 센서 네트워크를 형성하고 각각의 RSSI 값과 전자침반을 이용하여 로봇간의 상대적인 위치와 목표물에 대한 방향감을 추정하여 추적경로를 설정 하는 방법을 제시하였다. 그리고 이를 실험하기 위하여 음원 추적센서를 직접 설계하고 그 결과를 보였으며, Ad-hoc 센서네트워크를 위한 시뮬레이터를 제작하였다. 향후 과제로는 군집로봇 제어에 직접 적용하여 본 논문의 시뮬레이션 결과를 직접 적용해보는 것이다. 그리고 보다 다양한 형태의 지도를 적용하고 로봇의 개수에 따른 성능평가를 해볼 수 있는 시뮬레이터를 제작해 볼 필요가 있다.

참고문헌

[1] 이지연, 한민수 “지능형 서비스 로봇을 위한 원거리 음원 추적 기술,” 대한음성학회지, 제 57 호, pp. 85-97, 2006.

[2] 특허-특허권자: (주)조원정보, “감시시스템에서의 음원 탐지 및 제어방법,” 출원번호 10-2003-0010086.

[3] 심귀보 “유비쿼터스 지능형 공간에서의 로봇 에이전트 설계 및 응용,” 제어 · 자동화 · 시스템공학 논문지, 제 11 권, 제 12 호, pp. 1039-1044, 2005. 12.

[4] 문채영, “전자나침반을 이용한 4족 로봇의 보행능력 향상,” 한밭대학교, 2005.

[5] 지동임, 이정준, 강근택, 이원창 “비전과 후가 센서를 이용한 이동로봇의 냄새 발생지 추적,” 한국퍼지 및 지능시스템학회 논문지, 2006, 제 16 권, 제 6 호, pp. 698-703, 2006.

[6] 谷本 茂저, OP 앰프 실전기술, 세운출판사.

[7] 강경일 저, OP-Amp. 회로실험, Mc Graw Hill.

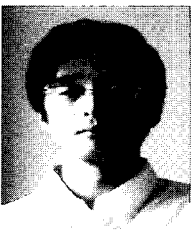
[8] 조현철, 김종찬, 김용필 공저, OP-AMP 이론 및 실험, 機電硏究社.

[9] Carlson, A. Bruce, Circuits, Pacific Grove, CA: Brooks/Cole, 2000.

[10] C. E. Perkins and P. Bhagwat, “Highly dynamic Destination-Sequenced Distance-Vector Routing(DSDV) for Mobile Computers,” *comp. Commun. Rev.*, pp. 234-244, Oct 1994.

[11] C. E. Perkins and E. M. Royer. “Ad hoc On-demand distance vector routing.” *Proceedings of the 2nd IEEE Workshop on Mobile Computing Systems and Applications*, New Orleans, LA, pp. 90-100, Feb. 1999.

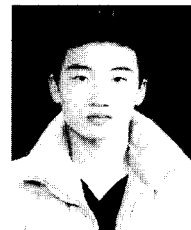
[12] David B. Johnson. “Routing in ad hoc networks of mobile hosts. Proceedings of the workshop on mobile computing systems and applications,” pp. 158-163, *IEEE Computer Society*, Santa Cruz, CA, Dec. 1994.



장 인 훈

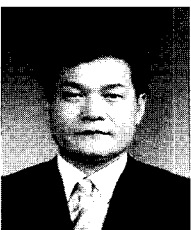
1993년 중앙대학교 제어계측공학과 졸업(공학사). 1999년 중앙대학교 대학원 제어계측공학과(공학석사). 1999년~2000년 (주)신도리코 기술연 구소 연구원. 2000년~현재 (주)아로마솔루션 기술연 구소 책임연구원. 2004년~현재 중앙대

학교 대학원 전자전기공학부 박사과정 재학중. 관심분야는 Machine Learning, 지능형 홈 및 홈네트워킹, Multi-Agent Robotic Systems(MARS), Reinforcement Learning 등.



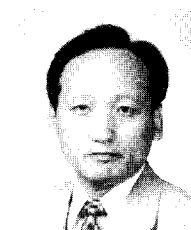
박 경 진

2007년 현재 중앙대학교 전자전기공학부 4학년 재학중. 관심분야는 Intelligent Robot, Intelligent Systems, 지능형 홈, Artificial Brain 등.



양 현 창

2004년 숭실대학교 대학원 산업공학과(공학석사). 2006년~현재 중앙대학교 전자전기공학부 박사과정 재학중. 관심분야는 로봇 정책, 유비쿼터스 센서 네트워크, 지능형 홈 등.



이 증 창

1984년 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사). 삼성 반도체 통신 입사. 통신연구소 교환연구실 사설전자교환기 PABX SW 개발, SDX-2000D (2,000회선)개발, 네트워크사업부 Inforex 1만회선 교환기 SW개발, 이동통신

Pager 시스템 개발, 통신연구소 홈네트워킹 셋탑박스 개발. 현재 통신연구소 응용기술랩 장(네트워크로봇 응용기술 개발).



심 귀 보

1956년 9월 20일생. 1984년 중앙대학교 전자공학과(공학사). 1986년 중앙대학교 전자공학과(공학석사). 1990년 동경대학교 전자공학과(공학박사). 1991년~현재 중앙대학교 전자전기공학부 교수. 2003년~2004년 일본 계측 자동제어학회(SICE) 이사. 2000년~2004년 제어·자동화·시스템 공학회 이사. 2002년~현재 중앙대학교 산학연컨소시엄센터 센터장 및 기술이전센터 소장. 2006년~현재 한국퍼지 및 지능시스템학회 회장. 2005년 제어·자동화·시스템공학회 Fellow 회원. 관심분야는 인공지능, 지능로봇, 지능시스템, 다개체 로봇시스템, 학습 및 적응알고리즘, 소프트 컴퓨팅(신경망, 퍼지, 진화연산), 인공면역시스템, 침입탐지시스템, 진화하드웨어, 인공두뇌, 지능형 홈 및 홈네트워킹, 유비쿼터스 컴퓨팅 등.