

음원과 절대 방위를 이용한 지능형 로봇의 목표물 위치 추적 알고리즘

Object Position Tracking Algorithm of Intelligent Robot using Sound Source and Absolute Orientation

박경진, 양국보, 이해강, 장인훈, 심귀보

서울시 동작구 흑석동 221, 중앙대학교 전자전기공학부

E-mail: kbsim@cau.ac.kr

요 약

최근 가정용 로봇 연구가 활발히 진행됨에 따라, 가정과 같은 다이내믹한 환경에서 로봇이 목소리를 포함한 음원에 반응하고 그 위치를 정확히 찾아가는 것이 매우 중요해지고 있다. 인간이 목표물에 도달하기 위해 경로를 선택할 때, 그 목표물이 소리인 경우는 현재 위치에서 음원의 방향을 추적한다. 또한 그 목표물의 위치가 지도로 주위될 경우에는 현재 위치와 목표물의 절대적 방위를 기준으로 추적한다. 본 논문에서는 이처럼 사람이 다른 사람의 목소리를 듣고 반응하거나 어떤 방향으로 가고자할 때 소리가 나는 방향이나 지도를 통해 대략 자신만의 방위를 만드는 것에 착안하여, 지능형 모바일 로봇에 음원추적 장치와 전자나침반을 장착함으로써 음원의 방향 또는 절대 방위를 기준으로 목표물을 찾아가는 알고리즘을 제시하고자 한다.

Key Words : 지능형 모바일 로봇, 음원추적, 전자나침반

1. 서 론

지능형 모바일 로봇이 사람에게 도움을 주려고 한다면 우선 사람의 역할을 대신 해줄 수 있어야 한다. 그러기 위해서 현재 휴보, 아시모, Ever 등은 사람을 모방하여 두 발로 걷기도 하고, 두 팔을 가지며, 얼굴의 생김새 또한 비슷하게 만들어가고 있다. 이러한 상황에서 사람과 더욱 가까워지고 더 편리한 서비스를 제공하기 위해서는 사용자 인터페이스가 매우 중요하다. 사람이 인식하고 판단하고 움직이는 것의 정보는 많은 부분을 보는 것에 의해 얻는 것이다. 이처럼 가장 많은 정보를 얻고 그만큼 일반적으로 사용되는 것은 눈의 역할을 하는 Vision분야이다. Vision 분야는 장애물 회피나 사물의 인식, 거리 측정 등에 쓰이며 최근 사람의 표정을 통하여 감정을 인식하려는 연구 또한 활발하게 이루어지고 있다. 그러나 Vision의 경우는 많은 데이터 량, 매우 다양한 패턴, 색상, 조명등 인식에 있어서 많은 장애물이 있을 뿐만 아니라 비용도 많이 들어 사용자들에게 부담이 된다.

Vision만큼 사람이 인식하고 판단하며 특히 의사를 전달하기 위하여 많이 이용되는 것은 바로 소리다. 소리는 Vision 보다 데이터 량이 적고, 단조로운 데이터 형태를 가진다. 하지만 거리가 멀 경우 인식하는 데 있어서 Vision보

다는 소리가 더욱 유용한 데이터이며, 조명이 없는 곳, 장애물이 있어 보이지 않는 곳 등 Vision이 인식하지 못하는 것들을 보완 해줄 수 있는 데이터이다[1]. 특히 집안에서 사용되는 모바일 로봇에서 사람과의 인터페이스 중 소리 정보의 유용성은 매우 크다.

스마트 홈네트워크 서비스를[2] 위한 지능형 모바일 로봇에게는 사람이 거실에서 부르면 큰 방에서 거실의 소파에 앉아 있는 사람에게 찾아 갈 수 있는 방향 감각이 필요하게 된다. 사람의 방향 감각은 절대적 방위와 상대적 방위 감각이 있다. 우리는 이에 착안하여 로봇이 목표물을 추적하기 위한 경로를 결정하는데 있어 보다 효율적인 선택을 위하여 사람과 같은 방향감각을 부여하고자 하는 의도로 Vision, 소리, 전자나침반을 생각하였다. 이 중 소리로 상대적인 위치를 파악하고 로봇이 음성명령 없이 어떤 장소로 가는 명령을 받았을 때는 그곳으로 이동하기 위해 절대적 방위감각을 주는 전자나침반을 사용하였다. 추후에는 음원의 위치를 파악하여 그 방향으로 최적의 경로를 선택하여 목표물을 소리와 Vision으로 인식하여 최종적으로 도착하게 하는 것이 목표이다.

본 논문에서는 소리의 세기 차이를 이용한 좌표를 설정하고[1,3], 전자 나침반을 이용하여 절대 방위를 인식하여 로봇에게 음원이 나는 곳으로의 방향감각을 갖게 하려고 한다. 이를

위해 방 천정중심에 마이크를 설치하는 것과 방 모서리에 마이크를 설치한 것을 비교 실험했다.

2. 마이크를 이용한 음원 위치 인식

2.1 마이크를 방의 중앙에 설치한 경우 위치 인식

그림 2와 같이 정사각형의 방 내부에 방의 천정 중앙에 총 네 개의 마이크(MIC 1~4)를 설치하고 방의 중심에 좌표 원점을 잡았다.

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

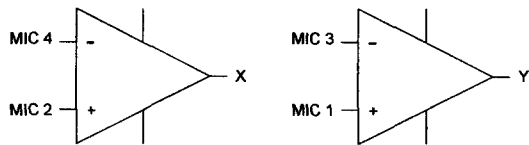


그림 1. 비교기를 이용한 음원 위치 영역 검출

그림 1은 각각의 마이크에 들어온 신호를 방향성에 따라 비교기의 (+), (-) 입력으로 하면 각 마이크 신호의 세기에 따른 출력값 X, Y를 얻을 수 있다. 이를 통하여 영역 A1~4중 음원 위치 영역 A를 아래와 같이 결정할 수 있다.

비교기의 출력 X, Y가

- $X \geq 0, Y \geq 0 \Rightarrow A1$
- $X < 0, Y \geq 0 \Rightarrow A2$
- $X < 0, Y < 0 \Rightarrow A3$
- $X \geq 0, Y < 0 \Rightarrow A4$

으로 A를 결정한다.

이 경우 하드웨어적인 구성과 음원 위치 결정을 위한 연산이 매우 간단한 장점이 있다. 그리고 정확한 위치를 파악하는 것보다는 대략적인 영역만을 결정할 수 있다. 이 점을 이용하여 로봇 자체에 같은 방식으로 음원 방위 장치를 장착하면 음원 위치 영역 안에 로봇이 존재할 경우에도 음원의 위치를 찾는 데 유용하다.

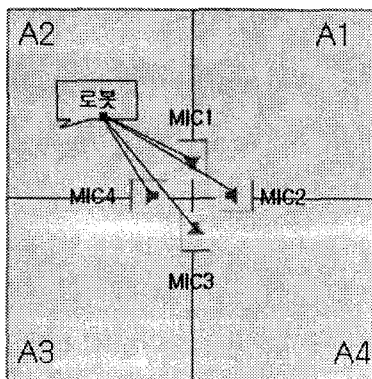


그림 2. 마이크를 방의 중앙에 설치한 경우

2.2 마이크를 방의 모서리에 설치한 경우 위치 인식

그림 3과 같이 정사각형 방의 천정 각각 모서리에 마이크(MIC 1~4)를 설치하고 방의 중심에 좌표 원점을 잡았다.

음원의 위치 좌표 S를 구하기 위하여, 먼저 마이크 방향 벡터를 원점을 기준으로 식 (1)과 같이 각 마이크에 90°의 위상 차이가 나는 단위 벡터 $n_i (i=1, 2, 3, 4)$ 를 지정한다.

$$\begin{aligned} n_1 &= (-1, 1), n_2 = (1, 1) \\ n_3 &= (1, -1), n_4 = (-1, -1) \end{aligned} \quad (1)$$

그리고 각각의 마이크로 들어오는 음원의 상대적 세기 P_i 를 식 2와 같이 정의한다.

$$P_i \equiv \frac{3V_i}{\sum_{k=1}^4 (V_k) - V_i}, \quad i=1, 2, 3, 4 \quad (2)$$

식에서 V_i 는 i 번째 마이크로 들어오는 음원의 세기를 나타낸다.

다음에 (1)과 (2)식을 이용하여 i 번째 마이크의 신호의 세기 비율값 벡터 N_i 와 거리 환산 비례 상수 Q 를 구한다.

$$N_i = V_i \cdot P_i \cdot n_i \quad (3)$$

$$Q = D_i / V_i \cdot P_i \quad (4)$$

단, 식에서 i 는 신호 세기가 가장 큰 마이크 번호를 나타내고, D_i 는 원점으로부터 i 번째 마이크까지 최단거리를 나타낸다. 상기 식들을 이용하여 음원의 위치 좌표 S를 구하면 다음과 같다.

$$S = n_i \cdot (Q \cdot \sum_{k=1}^4 N_k) \quad (5)$$

마이크가 원점으로부터 떨어져 있는 경우이므로 S는 마이크 방향으로 신호의 세기와 원점으로부터 마이크까지 거리가 비례한다.

이 경우 음원의 정확한 위치를 파악할 수 있다는 장점이 있다. 그러나 음원 위치 결정을 위한 신호의 처리와 연산 과정이 복잡하다.

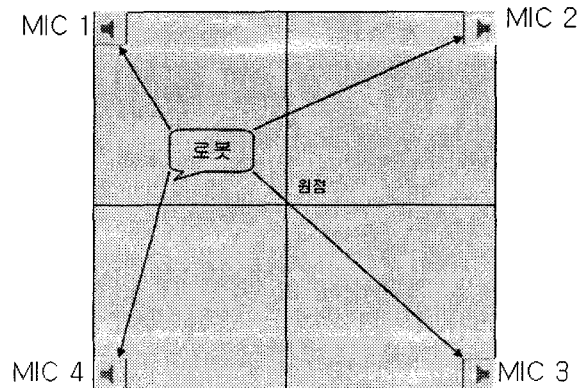


그림 3. 마이크를 방의 모서리에 설치한 경우

3. 전자 나침반을 이용한 절대 방위 인식

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 OPCEL사의 모듈을 사용하였다. 이 모듈은 2축 방식의 Magnetic Sensor에 의하여 자계를 측정하여 자북(Magnetic North)를 판단하는 모듈이다.

전자나침반은 지구에 의한 자기장 외에 주위 자기장의 영향을 받는다. 집에서 로봇이 돌아 다닌다고 했을 때 집안의 자기장은 크게 변할 확률이 적다는 점에 착안하여 두 자기장 성분이 일정한 고립된 곳에서 실험을 하였다.

그림 4와 같이 Digital Magnetic Compass Board를 만들어, 지능형 모바일 로봇에 탑재하여 로봇의 절대 방위를 실시간으로 입력 받을 수 있도록 하였다(그림 5). 그리고 측정된 방위는 로봇이 가지고 있는 지도에 나타낸다.

전자나침반은 다음과 같은 문제점을 가지고 있다.

- (a) 모듈의 방위각 지시 값은 자북 (Magnetic North)를 나타낸다. 정북(True North)와는 반시계방향으로 11.5도 벗어나고 있다.
- (b) 나침반은 지구의 자력을 이용하기 때문에 자동차나 철교 같은 금속물체, 모터 또는 TV같은 전자기파를 일으키는 물체 안이나 근처에서는 방위각이 일시 또는 장기간 정확한 지시를 하지 못하는 경우가 발생할 수 있다.
- (c) 나침반의 방위각을 판독할 경우 지구의 수평선과 평행을 유지하지 않으면 방위 값이 많은 편차를 가질 수 있다.

(a)번의 문제점은 소프트웨어적으로 11.5도를 보정해줌으로써 해결하였다. (b)번의 문제점이 발생했을 때는 음원이나 비전을 사용하여 이러한 에러를 탈출 또는 보정할 수 있기 때문에 충분히 사용할 만한 가치가 있다고 판단한다. 마지막으로 (c)번의 문제점은 우리가 적용하고자 하는 곳을 가정이나 빌딩내의 평지로 가정하였기 때문에 큰 문제가 되지 않는다.

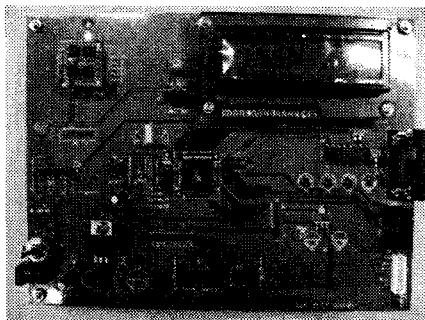


그림 4. Digital Magnetic Compass Board



그림 5. Digital Magnetic Compass Board를 장착한 지능형 모바일 로봇 CAN N-2

4. 음원 좌표와 절대 방위를 이용한 목표물 위치 추적 알고리즘

2장의 2.2절의 경우는 수식적으로 2.1절에 비하여 정확한 음원의 위치 좌표를 알아낼 수 있지만 하드웨어로 구현하기에 많은 문제점이 있다. 그래서 본 연구에서는 구현이 간단한 2.1절을 구현하고 위치 추적에 부족한 부분은 로봇 자체에 음원 방위 장치를 장착하여 보완하였다. 그림 6은 음원 위치 영역과 절대 방위를 이용한 목표물 추적 알고리즘을 나타낸다. 홈 네트워크 환경에서 홈 서버에 연결된 음원 추적 장치를 이용하여 로봇이 목표물을 추적하는 과정은 다음과 같다.

- [Step 1] 음원 추적 장치에서 마이크로 들어오는 음원의 위치 영역을 결정한다.
- [Step 2] 음원 추적 장치는 홈 서버로 음원의 발생 정보와 위치 영역 정보를 보낸다.
- [Step 3] 홈 서버는 로봇에게 음원 위치 영역 정보를 보낸다.
- [Step 4] 로봇은 음원 위치 영역과 자신의 위치 영역을 비교한다.
- [Step 5] ① [Step 4]의 비교 값이 다를 경우 전자 나침반의 정보와 지도를 이용하여 이동하여 카메라를 이용하여 비전을 정보로 목표물을 인식한다. ② [Step 4]의 비교 값이 같을 경우 로봇에 장착된 음원 방위 장치와 카메라를 이용하여 비전을 정보로 목표물을 인식한다.

6. 결론 및 향후 과제

본 논문은 지능형 모바일 로봇의 목표물 추적에 있어서 음원과 절대 방위를 이용하여 효율적인 경로 선택의 방법을 제안하였다.

음원 추적에 있어서 마이크 위치의 기하학적 구조에 따른 비교를 통하여 마이크를 중앙에 집중하여 설치하는 것이 모서리에 대칭구조를 이루어 설치하는 것보다 현실적이라는 결론을 내렸다. 또한 주어진 지도의 방위 설정과 음원 추적 방향 선택에 있어서 마이크만을 이용한 위치 추적으로는 부족한 부분을 보완하기 위하여 Digital Magnetic Compass를 이용하여 절대 방위 정보를 활용하였다. 이 두 가지를 활용하여 목표물 추적에 있어서 효율적인 경로 선택을 할 수 있도록 하였다. 이는 실제 목표물 추적에 있어서 마지막은 카메라를 이용한 비전 정보 인식이 되어야 하는데, 로봇이 카메라로 목표물 인식이 가능한 위치까지 도달하는데 매우 효율적이다. 뿐만 아니라, 음원 추적에 부가하여 음성인식 기능을 추가하면 음원의 추적을 통한 목표물 추적에 다른 명령을 복합적으로 수행 할 수 있을 것이다. 이는 본 연구의 다음 단계의 연구 내용으로 향후 계속 연구를 수행 할 것이다.

감사의 글 : 본 논문은 2006년도 산학연공동기술개발 컨소시엄사업[중기청, 서울시, 참여기업: (주)알피에이네트워크]에 의해 수행되었습니다. 연구비 지원에 감사드립니다.

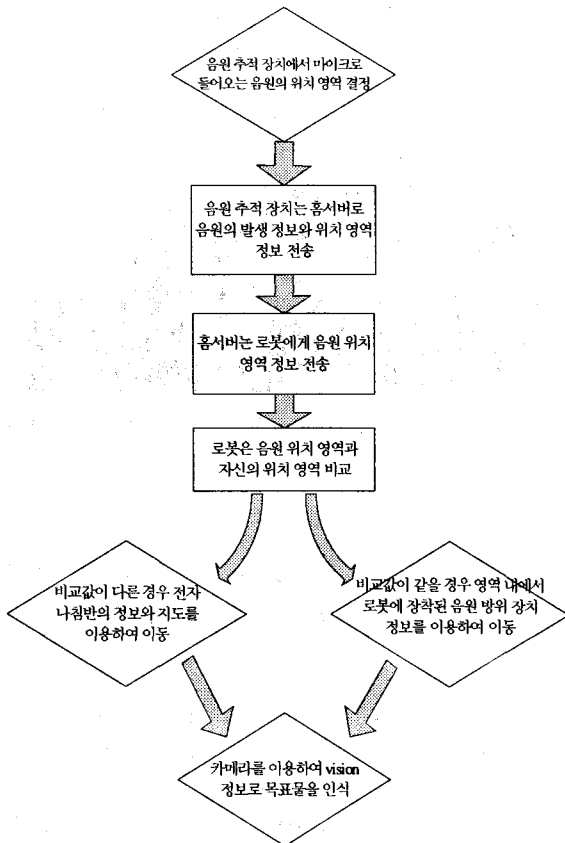


그림 6. 목표물 추적 과정

5. 실험 결과 및 고찰

본 연구의 실험에서는 음성인식 기능은 사용하지 않고 특정세기 이상의 소리에 반응하여 소리가 나는 곳으로 로봇이 이동하는 것까지만 진행하였다.

본 논문의 2.1절에서 제안한 방법으로 실험을 하였다. 그림 2의 구조와 같이 네 개의 마이크를 구성하고 그림 1과 같이 비교기를 통하여 출력값 X, Y를 얻었다. 음원 위치 영역 A1~4를 결정하는 데는 있어서 거의 정확한 결과를 보였다. 로봇과 음원 위치 영역이 다를 경우 그 영역의 중심 좌표로 이동하고 이동 후, 카메라를 이용하여 비전 정보로 목표물을 인식하였다. 그러나 로봇과 음원 위치 영역이 같을 경우는 로봇 자체에 음원 방위 장치를 장착하여 음원의 방향을 추출하고 비전 정보로 목표물을 인식하였다.

전자 나침반(Digital Magnetic Compass)은 방위 센서 Chip 특성 또는 주위 자기장의 영향, 기타 DMC 모듈 특성에 따라 표시되는 방위각이 실제 방위각과 오차가 발생할 수 있다. 그래서 오차를 보정하기 위해 전자나침반을 지면과 수평이 되도록 설치하고[4], DMC Viewer 프로그램에서 제공되는 방위각 보정기능을 사용하였다.

참고 문헌

- [1] 이지연, 한민수 "지능형 서비스 로봇을 위한 원거리 음원 추적 기술," *대한음성학회지*, 제57호, pp. 85-97, 2006
- [2] 심귀보 "유비쿼터스 지능형 공간에서의 로봇 에이전트 설계 및 응용," *제어자동화시스템공학 논문지*, vol. 11, no. 12, pp. 1039-1044, 2005. 12.
- [3] 특허-특허권자:(주)조원정보, "감시시스템에서의 음원 탐지 및 제어방법," 출원번호 10-2003-0010086.
- [4] 문채영, "전자 나침반을 이용한 4족 로봇의 보행능력 향상," *한밭대학교*, 2005.