

## 인터랙티브 로봇 지팡이

심인보\*(부산대 대학원 지능기계공학과), 윤중선(부산대 기계공학부)

### Hardware Solutions for Interactive Robotic Cane

Inbo Shim(Intelligent Mech. Eng. Dept., PNU), Joongsun Yoon(Mech. Eng. School, PNU)

#### ABSTRACT

A human-friendly interactive system, based on the harmonious symbiotic coexistence of humans and robots, is explored. Based on this interactive technology paradigm, a robotic cane is designed to help blind or visually impaired travelers to navigate safely and quickly among obstacles and other hazards faced by blind pedestrians. We outline a set of the hardware solutions and working methodologies that can be used for successfully implementing and extending the interactive technology to complex environments, robots, and humans. The issues discussed include the interaction of human and robot, design issue of robotic cane, hardware requirements for efficient human-robot interaction.

**Key Words :** Interactive technology(인터랙티브 테크놀로지), Man-machine interaction(기계-인간 상호작용), Robotic cane(로봇 지팡이), Welfare robots(복지 로봇), Interactive robots(인터랙티브 로봇)

#### 1. 서론

최근의 로봇 개발의 현황을 살펴보면 인간과 로봇이 공존(symbiotic coexistence)하면서 인간이 로봇으로부터 서비스를 받을 수 있는 서비스 로봇(service robots)의 개발이 계속적으로 증가하는 추세이다[1, 2].

그 중에서도 특히 관심을 끌고 있는 것은 복지 로봇(welfare robots)에 관한 연구인데, 특히 시각 장애인을 위한 복지 로봇은 1970 년대에 시각 장애인들의 활동성과 안전성을 향상시키기 위하여 전자적 보행 도우미(electronic travel aids)가 등장한 이후, 지금까지 점진적으로 연구 개발이 계속되어 오고 있다[3-5].

인터랙티브 테크놀로지는 기계와 인간의 신체적 관계성을 통한 인터액션에 기반을 두고 있다[6, 7]. 이러한 인터랙티브 테크놀로지를 바탕으로 주변 상황의 정보와 사용자의 의도를 파악하여 장애물을 회피함으로써, 시각 장애인에게 안전한 경로를 신속하게 전달해 줄 수 있는 로봇 지팡이의 설계를 제안한다.

#### 2. 인터랙티브 로봇 지팡이

#### 2.1 인간-로봇 인터액션

##### (human-robot interaction)

시각 장애인은 주변 환경으로부터의 시각적 정보를 얻을 수 없기 때문에 이동성이나 안전성에 많은 제약을 받는다. 하지만 이동 로봇은 CCD 카메라와 같은 계측 장비를 이용해서 주변의 상황을 파악할 수 있을 뿐만 아니라 장애물을 피해 빠른 속도로 주행도 가능하다[8]. 그렇기 때문에 이동 로봇 기술을 시각 장애인의 보행 보조 기구에 적용한다면 보다 쉽게 시각 장애인들에게 활동성을 보장해 줄 수 있을 것이다. 하지만 이동 로봇은 복잡한 주변 환경을 정확하게 파악하기 위해서 많은 계측 장치들을 요구하며, 주변 상황을 인지 하겠다 하더라도 주어진 상황에 맞는 적절한 판단을 내리기 어렵다. 이러한 문제점들은 인간이 로봇에 의존하겠다는 생각에 기인하게 되는 것이다.

인간과 로봇이 주종 관계가 아닌 더불어 공존할 수 있는 시스템이 되기 위해서는 인간과 로봇이 상호작용을 통해 하나의 시스템으로 작동하여야 한다. 그러기 위해서는 로봇이 주변 환경으로부터 얻을 수 있는 정보와 인간이 주변 상황으로부터 얻을 수 있는 정보를 공유할 수 있어야 하며, 인간-로봇 상호작용이 요구되어진다.

우리는 로봇이 간단한 계측 장비를 통해 효과적

으로 주변 환경으로부터 정보를 획득할 수 있는 방법과, 로봇으로부터 얻어진 정보와 사용자의 판단이나 다른 감각 기관으로부터 얻어질 수 있는 정보들의 공유를 위한 인간-로봇 상호작용 방법을 제안한다[6, 9].

## 2.2 인터랙티브 로봇 지팡이

인터랙티브 로봇 지팡이는 주변 상황을 인식하기 위하여 적외선 센서(infrared sensor)와 더듬이 센서(contact sensor), 능동 센서(active sensor)를 이용한다. 본체 정면에 부착된 적외선 센서로는 지면 위로 나와있는 양의 장애물을 감지하고, 지면에 닿게 만든 더듬이 센서로부터 웅덩이나 계단과 같은 음의 장애물을 파악한다. 그리고 모터로 구동되는 초음파 능동 센서(active sensor)는 로봇 스스로 또는 사용자의 조작에 의해 안전한 경로를 탐색하는데 사용된다. 도우미 지팡이를 사용하는 사람이 시각 장애인임을 알리기 위해서 지팡이 부분을 흰색으로 한다. 마지막으로 인간과 기계의 상호작용을 위해 지팡이 끝에 조작부를 설치하여 주행 조작성을 가능하게 하며, 시각 장애인에게 발달된 청각, 촉각 등의 감각을 통해 인간과 기계간의 의사 소통을 가능하도록 한다.

전체적인 개념도는 Fig. 1(a)와 같다. 제안된 로봇 지팡이에 사용된 센서들의 배치와 검출 범위, 사용자 인터페이스를 위한 구성은 Fig. 1(b)와 같다.

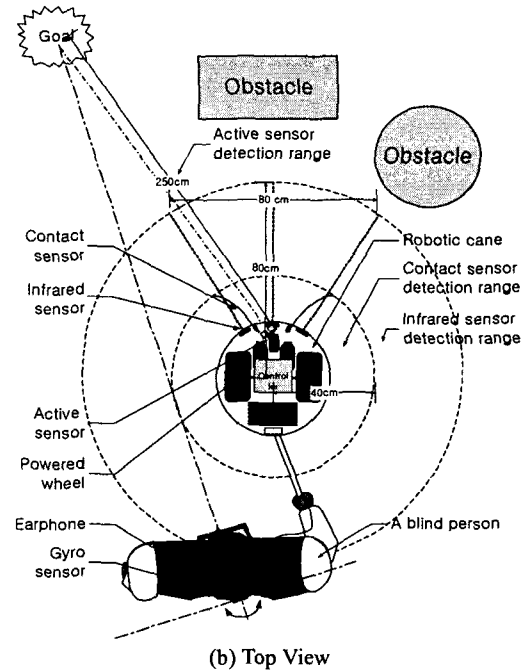
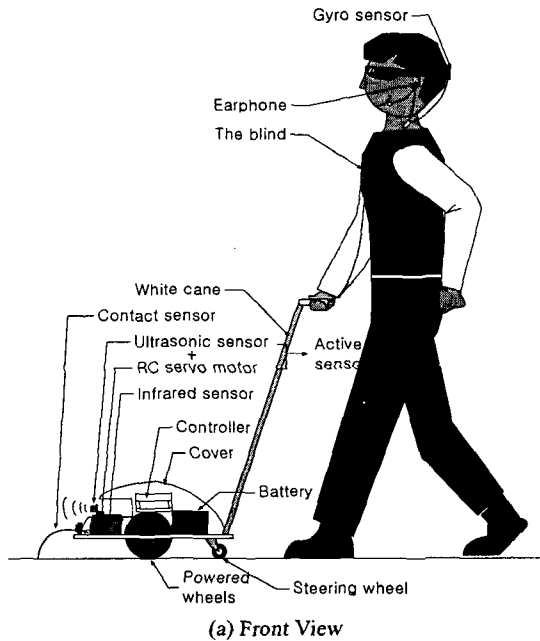


Fig. 1 An Interactive Robotic Cane

## 3. 로봇 지팡이 RoJi

인간과 로봇의 조화로운 공생적 상호작용을 구현하는 도우미 로봇의 개발에 초점을 맞추어, 이동 로봇의 장애물 회피 기술과 인간과 기계 사이의 원활한 상호작용을 위한 인터랙티브 기술을 시각 장애인을 위한 보행 도우미 로봇에 적용한 로봇 지팡이의 연구를 진행해 오고 있다[10-12].

RoJi 는 시각 장애인을 위한 보행 도우미 연구의 세번째 프로토타입으로 이동 로봇 기술을 이용하여 시각 장애인에게 활동성과 안전성을 제공하기 위한 목적으로 만들어 졌다.

### 3.1 로봇의 주변 환경 인식

로봇 지팡이에는 주변 환경을 인식하기 위해 능동 센서(active sensor), 적외선 센서(infrared sensor), 더듬이 센서(contact sensor)가 사용되며 Fig. 2 와 같다.

능동 센서는 로봇과 장애물의 상대적 위치와 거리를 감지할 뿐만 아니라 안전한 경로를 탐색하는데 사용된다. 능동 센서는 RC 모터와 초음파 센서로 구성되며, RC 모터를 이용하여 초음파 센서의 검출 방향을 결정하고 초음파 센서를 통해 물체까지의 거리를 측정한다. RC 모터는 특정 주파수를 가지는 펄스로 구동되며, 작동 범위는  $\pm 90^\circ$  이다.

초음파 센서는 초음파를 발생시켜 물체에 반사되어 오는 시간을 측정함으로써 물체의 거리를 측정할 수 있다. 제안된 로봇 지팡이에 사용된 초음파 센서의 유효 검출 범위는 250 cm 이고, 측정되는 디지털 값은 0~2500 이다. RC 모터가 구동될 때 초음파 센서를 통해 얻어지는 값이 최대가 되는 위치가 열린 공간(open space)이 된다. 또한 능동 센서는 자율적으로 구동되기도 하며 사용자와의 인터페이스를 통해 구동되기도 한다.

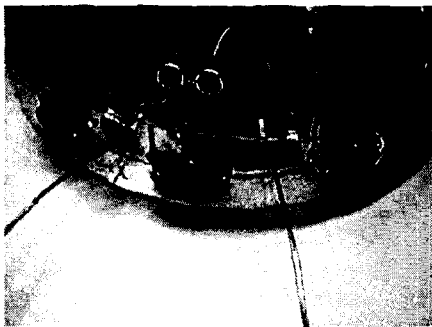


Fig. 2 Sensors for RoJi

적외선 센서는 지면 위로 솟아 로봇의 주행에 방해가 되는 장애물을 검출하기 위해 사용된다. 센서의 위치는 로봇의 정면과 정면을 중심으로 좌/우로 30° 간격으로 배치되며, 약 60 cm의 검출 거리 내에 있는 장애물의 유무를 판단할 수 있다. 이는 사용자의 어깨 너비를 고려한 것으로 원형의 로봇 본체의 반지름이 18 cm 인 것을 고려한다면 진행 방향으로 폭 80 cm 정도의 안전한 경로를 확보할 수 있다.

더듬이 센서는 지면 아래로 나타나는 장애물, 즉 계단이나 웅덩이와 같은 음의 장애물(negative obstacles)을 검출하기 위해 사용된다. 이러한 접촉 센서로 가장 많이 사용되는 것은 리미트 스위치로써 물체의 접촉 유무에 따라 On/Off 신호를 발생하게 하여 물체를 감지할 수 있다[13]. 제안된 로봇 지팡이의 두 번째 프로토타입[12]에서 리미트 스위치를 이용한 더듬이 센서를 제작했으며, RoJi 에서는 리미트 스위치 대신에 가변저항(Potentiometer)을 사용하였다. 더듬이의 길이는 22 cm 이고, 적외선 센서 사이에 배치된다. 더듬이는 지면과 맞닿아 있으며 로봇의 주행에 방해가 되지 않도록 유연한 재질을 사용한다. 더듬이는 가변 저항과 연결되어 지면의 변화를 측정할 수가 있다. 즉 계단과 같은 급격한 지면의 변화는 저항 값의 변화를 가져오고, 이 저항 값에 따라 다르게 출력되는 전압을 측정하면 지면의 변화를 파악할 수 있으며 작동 원리는 Fig. 3 과 같다.

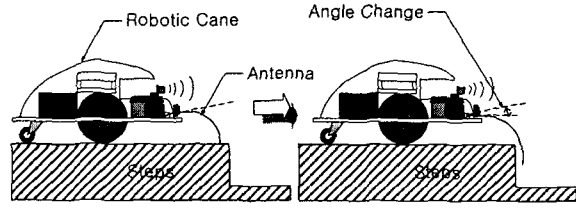


Fig. 3 Antenna type contact sensors for RoJi

### 3.2 사용자 인터페이스 (user interface)

RoJi 에 적용된 사용자 인터페이스는 인간과 기계의 상호작용을 위해 지팡이 끝에 조작부를 설치하여 주행 조작성을 가능하게 하며, 시각 장애인에게 발달된 청각, 촉각 등의 감각을 통해 로봇이 받아들인 정보를 시각 장애인이 인지할 수 있는 정보로써 바꾸어 주는 기능을 가진다.

즉, 로봇이 획득한 장애물 정보는 디지털 신호 값이므로 사용자는 이를 인지할 수 없다. 따라서 장애물의 거리 데이터 신호를 소리 신호로 바꾸어 시각 장애인이 인지할 수 있도록 하였다. 초음파 센서로부터 획득되는 신호는 0~2500 의 값으로 표현되고 검출 가능 범위가 250 cm 라고 할 때 10 /cm 의 값을 갖는다. 이를 1 cm 마다 다른 음정의 소리 신호로 바꾸어 이어폰을 통해 사용자에게 전달한다. 사용자는 이러한 모든 정보를 바탕으로 로봇 지팡이의 지팡이 끝 부분에 부착된 조작부를 통해 로봇 지팡이에게 주행 명령을 내린다.

그리고 사용자는 자신이 바라보는 방향으로 능동 센서의 방향을 바꿀 수 있다. 사용자의 머리에 부착된 자이로 센서는 사용자가 머리를 움직일 때 그 각속도를 측정할 수 있는데, 이 센서의 측정 값과 RC 모터를 구동시키기 위한 펄스 출력 값 사이의 비례 관계를 규명함으로써 가능하게 된다. 본 연구에서는 정확한 계측이 목적이 아니라 센서의 적용에 초점을 맞추고 있으므로, 시행 착오법을 통해 비례 상수를 구하였으며 그 값은 1.4 이다.

사용자는 자신이 바라보는 위치에 장애물이 얼마나 떨어져 있는가를 소리 정보로써 알 수가 있고, 자신이 갈 방향을 정할 수 있다. 가고자 하는 방향이 정해지면 사용자는 조작부의 전후좌우 버튼을 통해 로봇을 구동시킬 수 있다. 제작된 RoJi 의 사용자 인터페이스 장치는 Fig. 4 와 같다.

## 4. 결론

인터랙티브 테크놀로지(interactive technology)를 기반으로 하여 시각 장애인에게 주변의 상황이나 안전경로를 제공할 수 있는 로봇을 제안하고 구성해 보았다.

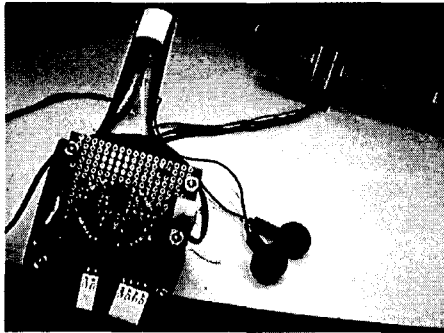


Fig. 4 User interface for RoJi

제안된 로봇 지팡이에는 상호작용을 위한 다양한 정보의 수집을 위해 광전 센서 외에 더듬이 센서와 모터로 구동되는 능동형 초음파 센서 등 새로운 센서 조합의 사용이 시도되었다. 동력 모터의 사용으로 로봇의 자율 조향뿐 아니라 견인 주행을 가능하게 하여 안내견의 역할까지도 겸할 수 있도록 하였으며, 지팡이와 따로 떼어 별도로 다양한 자율 주행 알고리즘을 실험할 수 있는 구조로 구성되었다[10-12].

주행 실험 결과 광전 센서로 물체를 감지할 때 주위 환경의 밝기에 따라 센서가 오동작을 일으키고 open-loop 제어로 바퀴를 구동하기 때문에 바퀴의 슬라이딩 현상에 따라 방향의 보상이 덜 이루어지는 문제가 발생하였다. 센서의 노이즈를 감소시키기 위해 필터(low-pass filter)와 대체 센서의 사용을 모색하고 있다. 구동부 문제는 모터에 엔코더를 부착시켜 정확한 회전량을 측정하여 보상하는 방법으로 해결할 수 있을 것이다.

또한 센서와 구동기를 일체로 하여 제어 방법을 학습시키는 진화 공학(evolutionary engineering)적인 지능 제어(intelligent control) 기법을 적용하는 연구가 진행 중이다[14-17].

#### 참고문헌

- Schraft, R. and Schmierer, G., *Service Robots*, A. K. Peters, Wellesley, Mass., 2000.
- Engelberger, J., "Services," *Handbook of Industrial Robotics*, S. Y. Nof, ed., John Wiley & Sons, New York, pp. 1021-1212, 1999.
- Lacey, G. and Dawson-Howe, K., "The Application of Robotics to a Mobility Aid for the Elderly Blind," *Robotics and Autonomous Systems*, Vol. 23, pp. 245-252, 1999.
- Borenstein, J., and Ulrich, I., "The GuideCane-A Computerized Travel Aid for the Active Guidance of Blind Pedestrians," *Proceedings of the 1991 IEEE Conference on Robotics and Automation*, pp. 1283-1288, Albuquerque, New Mexico, April 1997.
- Shoval, S., Borenstein, J., and Koren, Y., "The NavBelt-A Computerized Travel Aid for the Blind Based on Mobile Robotics Technology," *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, Vol. 45, pp. 1376-1386, November 1998.
- 윤중선, "인터랙티브 테크놀로지와 진화로봇," 2000 한국자동제어학술회의, 현대인재개발원, 용인, 2000. 10. 19-20.
- 윤중선, "MMI의 새로운 패러다임," 월간 자동제어계측, pp. 2-9, 2001. 5.
- Nehmzow, U., *Mobile Robotics: A Practical Introduction*, Springer-Verlag, Berlin, 2000.
- Aigner, P., and McCarragher, B., "Shared Control Framework Applied to a Robotic Aid for the Blind," *IEEE Control Systems Magazine*, Vol. 19, No. 2, pp. 40-46, April 1999.
- 심인보, 박한길, 윤중선, "시각장애인을 위한 보행 도우미 로봇," 제어·자동화·시스템공학회 부산·경남·울산 지부 종합학술대회 논문집, 부산대학교, 2000. 12. 19.
- Shim, I., Park H., and Yoon, J., "Robotic Cane for Blind Travelers," *Proceedings of the 2nd Workshop on Human-friendly Welfare Robotic Systems*, KAIST, January 15-16, 2001.
- 심인보, 박한길, "시각장애인을 위한 보행 도우미 로봇," 제 7 회 삼성휴먼테크논문대상, 2001. 2.
- Kaneko, M., Kanayama, N., and Tsuji, T., "Active Antenna for Contact Sensing," *IEEE Transactions on Robotics and Automation*, Vol. 14, No. 2, pp. 278-291, April 1998.
- Nolfi S., and Floreano, D., *Evolutionary Robotics*, MIT Press, Massachusetts, 2000.
- Liu, J., and Wu, J., *Multi-Agent Robotic System*, CRC, New York, 2001.
- Floreano, D. and Mondada, F., "Hardware solutions for Evolutionary Robotics," *Evolutionary Robotics: First European Workshop, EvoRobot98*, P. Husbands and J.-A. Meyer eds., Springer-Verlag, Berlin, pp. 137-151, April 1998.
- Arkin, R., *Behavior-based Robotics*, MIT Press, Massachusetts, 1998.