

시각장애인을 위한 보행유도기술

이응혁 (한국산업기술대학교 전자공학과)

1. 서론

일반적으로 사람은 일생동안 생활정보의 약 85% 이상을 시각을 통해 획득한다. 따라서 시각을 잃는다는 것은 정상적인 생활을 영위함에 있어 치명적일 수밖에 없다.

보건복지부가 지난 2000년 한국 보건사회 연구원에 장애인 실태조사를 의뢰한 결과 우리나라의 장애인은 전 국민의 약 3.1%인 145만 명으로 추정되며, 이들 중 89.4%가 사고나 질병 등의 후천적 요인에 의한 것으로 밝혀졌다. 이중 시각 장애인은 전체 장애인의 12.5%에 달하는 181,881명으로 이는 1995년에 비해 약 4만 명이 증가한 것이다¹⁾.

시각 장애인이 생활에서 느끼는 불편함은 여러 가지가 있지만 그중 가장 심각한 것은 장애인 이동권이다. 시각 장애인은 보행을 위해 보행 폭, 보행 거리, 발바닥의 감촉, 소리 등에 의지할 수밖에 없어 직선의 보도는 비교적 괜찮으나 구불구불한 길은 어렵고 도로 양측의 위치를 알 수 없어 단차나 웅덩이에 떨어질 위험이 있다. 또 신호등이 보이지 않아 횡단보도 보행 시에 위험하고 노상의

장애물을 발견할 수 없으며 위험물을 인식할 수 없는 등 많은 어려움이 있다²⁾.

시각 장애인의 경우 전체 시각 장애인의 약 65.6%가 외출시에 불편하다고 느꼈는데 그 원인으로는 몸이 아파서가 76.1%이고, 계단 및 승강기의 편의시설 부족이 59.0%이며, 버스 전철 등 대중교통수단의 편의시설 부족은 52.5% 등의 순이었다³⁾. 이는 현재 나와 있는 시각 장애인의 보장구가 시각 장애인의 외출시 충분히 편의성을 제공하지 못하며 실외 환경에 적합한 보장구가 아직 개발되어 있지 못함을 보여준다.

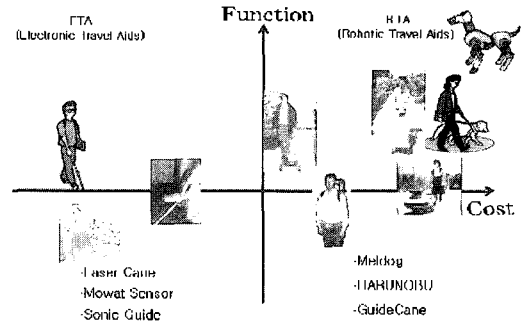
일반적인 시각 장애인용 보장구로는 흰지팡이 혹은 맹도건을 들 수 있다. 이중 시각 장애인이 가장 많이 사용하는 흰지팡이는 지면의 변화와 장애물에 대한 정보를 제공해주는 안테나이며, 귀나 코와 같은 감각기로 생각할 수 있는 보장구로 여타의 장비에 비해 비교적 저렴하다. 하지만 지팡이로 감지할 수 있는 범위가 짧고 직접 접촉해야만 장애물 유무를 판별할 수 있는 단점이 있다⁴⁾.

반면에 맹도건은 스스로 장애물을 판단하여 시각장애인을 안내하므로 흰지팡이에 비

해 안전성과 편의성이 높으나 높은 비용과 훈련 및 유지의 난점으로 보급이 어렵다. 따라서 비교적 저가이면서 관리가 용이하고 시각 장애인의 활동에 필요한 충분한 기능을 수행할 수 있는 보장구의 필요성이 대두되었으며 여기에 전기 전자 기술을 이용한 전기 보행 보조기(Electrical Travelling Aided : ETA)에 대한 연구가 진행되었다. ETA는 초음파, 레이저, CCD 센서 등을 이용하여 시각 정보를 대체하는 정보를 획득하여 시각 장애인에게 전달하는 보조 시스템으로, 대표적인 ETA 시스템으로는 초음파 안경, 레이저 지팡이, 소닉 가이드, 일본 메이지 대학의 “Hand held Vision System”, 미시간 대학의 “NavBelt” 등이 있다⁴⁻⁷⁾.

ETA는 흰지팡이와 같은 수동적인 보장구에 비해서는 많은 기능이 추가되어 편리하기는 하나 그 형태상 장애물 및 기타 정보 탐색이 수동적이고 보행 안내 기능이 기존의 보장구에 비해 크게 나아지지 못했다. 이러한 ETA의 한계점을 로봇 시스템을 이용하여 극복하고자 하는 시스템이 로봇 보행 보조기(Robotic Travelling Aided : RTA)이다.

RTA는 ETA의 기능을 포함하면서 시각 장애인이 들고 다니는 형태가 아니라 스스로 주행하며 시각 장애인을 안내하므로 ETA보다 다양한 기능을 추가할 수 있어 다각적인 보행 보조가 이루어진다. 대표적인 RTA 시스템은 미시간 대학의 “Guide Cane”, 일본 Yamanashi 대학의 “Harunobu” 등이 있다^{8,9)}. 그림 1에는 현재까지 개발되어온 대표적인 ETA 시스템과 RTA 시스템의 시제품을 기능 대 가격 대비로 도시하였다.



〈그림 1〉 시각 장애인을 위한 보행 보조기의 기능 비교

기존 개발되어진 ETA 시스템은 장애물을 감지하기 위하여 사용자가 직접 환경을 스캔하여야 한다는 점과 장애물이 감지되었을 때 물체의 모양과 크기를 알기 위해 부가적인 측정이 이루어져야 하며, 장애물에 대한 정보를 음향정보를 이용하여 시각장애인에게 전달하여 주변 정보에 대한 소리를 마스킹하는 효과가 있는 등의 단점을 내포하고 있다.

또한, 기존 개발되어진 RTA 시스템은 계단 승월이 불가능하고, 책상과 같은 개방형 장애물 감지기능이 불가능하며, 모터의 채택으로 인해 장시간 사용이 불가능하다는 면과, Global navigation이 불가능하고, 환경 정보를 시각장애인에게 전달하는 방법이 빈약하며, 최종적으로 고가이고, 휴대하기 어렵다는 문제점 때문에 상용화와 보급화에 대한 어려움을 내재하고 있다.

따라서, 시각 장애인이 익숙하지 않은 환경에서도 독립적으로 그리고 원하는 장소로의 안전한 이동이 가능하도록 쉽게 휴대가 가능하고, 저가격으로 보급이 가능하며, 계단승월이 가능하며, 보행에 대한 정보를 보다 간편하고 효율적으로 제공해 줄 수 있으며, 복지 증진에 기여할 수 있는 새로운 개념

의 RTA 시스템의 도입이 절실하게 요구되고 있다.

본 고에서는 시각장애인을 위한 보행 보조 기기의 현황 및 보행 유도 기술에 대해 기술 하기로 한다.

II. 시각장애인 보행 보조기기 현황

1. 국외 기술 현황

시각 장애인을 위한 전자 보행 보조기기 (ETA)는 센서정보를 활용하여 시각장애인의 보행을 보조하기 위한 수단으로 1970년대 처음으로 개발되기 시작하여 현재에 이르고 있다.

시각 장애인을 위한 ETA 효시는 Leslie Kay 교수가 1974년에 연구한 Sonic Guide로서, 이는 안경에 초음파 센서를 장착하여 전방장애물과의 거리를 감지하여 장애물의 유무를 검출하여 이에 대한 장애물 정보를 전자 Tone의 발생으로 시각장애자에게 전방 장애물 정보만을 전달하여 주는 기능을 하였다. 이후 Sonic Guide의 불편한 점을 개선하기 위해 초음파 센서를 이용한 Sonic Path Finder로 1984년 Tony Heyes가 만들어졌으

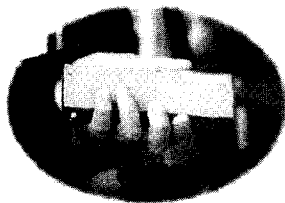
며, 이는 2개의 초음파 송신기와 3개의 초음파 수신기로 구성되어 전방 장애물의 정보를 전자 Tone으로 시각장애자에게 전달하여 주는 기능을 갖고 있다. 또한, 전방 장애물 정보를 획득하기 위한 수단으로 초음파 센서가 아닌 레이저를 이용한 C-5 Laser Cane 도 개발되었다.

이외에 간단하게 장애물의 유무를 검출하여 시각장애인의 보행에 편리를 제공하기 위한 시스템은 Mowat Sensor, Nottingham Obstacle Detector 등이 있다.

초음파 센서와 레이저를 사용한 범용 ETA의 제품명으로 호주 GDP Research의 miniguide는 초음파 센서로 4m 이내의 측정이 가능하며 음성, 촉감 방식으로 사용자에게 전달하는 기능을 갖고 있으며, 소형(55×35mm), 저가격, 사용시간이 길다는 장점을 가지고 있으나 사용자가 직접 스캔해야 하며 전역적 항법 기능이 불가능한 단점을 가지고 있다. 스웨덴 Reab사의 Talking Cane은 레이저를 이용하여 10-15m 전방의 장애물을 인식하고 음성출력을 할 수 있으며, GPS 시스템의 도입을 고안 중이며 저전력화를 추진중에 있다. 단방향 장애물 감지 방식이며, 저전력 및 경량화로 인하여 기능 확장의 어려움을 가지고 있다.



(a)

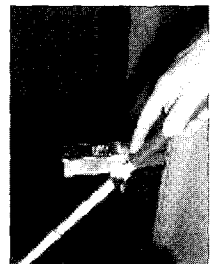


(b)

〈그림 2〉 Sonic Guide(a)와 Mowat Sensor(b)



(a)



(b)

〈그림 3〉 miniguide(a)와 Talking Cane(b)

이러한 ETA들은 장애물을 감지하기 위하여 환경을 스캔하여야 하고, 장애물을 감지하는 과정에는 많은 훈련이 필요하고, 장애물이 감지되었을 때 장애물의 크기를 알기 위해서는 추가 측정이 요구된다는 문제점을 가지고 있었다.

이러한 문제점을 해결하기 위해 1980년대 중반부터 단순기능의 장애인용 재활 보조 기기에 이동 로봇의 기술을 접목하기 시작하여 장애인의 편리성을 증진시키고, 고기능의 재활보조기기들이 개발되기 시작하였다. 이의 한 예가 1989년에 미국의 Borenstein 교수가 개발한 NavBelt이다. 이 NavBelt는 기존의 ETA의 불편한 점을 개선하였지만, 시각장애인에게 장애물의 방향과 거리 정보를 알려주는 기능과 현재 보행하고 있는 위치를 알기에는 여전히 미흡하였다.



〈그림 4〉 NavBelt

이상의 사용상의 불편함을 제거하기 위해 일반적인 개념의 ETA에 이동 로봇 기술을 결합한 형태의 시각장애인 유도를 위한 이동 로봇(RTA : Robotic Travel Aids)이 개발이 1980년 중반부터 개발되어 왔다. 1985년도에 일본의 MELLab에서는 그림 5에 나타난 바와 같은 MELDOG이라는 시각장애인용 이동 로

봇을 개발하였는데, 이는 전방 장애물 감지를 위해 초음파 센서 어레이를 사용하고 있으며, 시각 장애인의 유도를 위해 Landmark를 사용하고 있어 주어진 길이 아니면 이동하는데 문제점을 내포하고 있다.

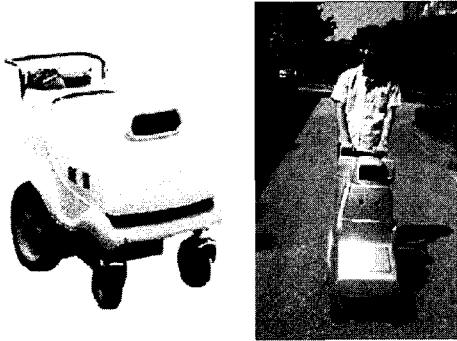


〈그림 5〉 MELDOG

MELDOG 개발을 기점으로 RTA 시스템은 일본 Yamanashi 대학에서 개발한 HARUNOBU, 1998년에 미국의 미시간 대학에서 개발한 Guide Cane, 미국의 Trinity 대학에서 개발한 PAM-AID, 캐나다 Toronto대학의 blind person's companion 등이 이동 로봇 기술을 접목하여 개발 중에 있다.

HARUNOBU는 영상, 초음파 센서와 GPS 센서등을 이용하여 주변 환경을 인지하는 기능을 가지고 있으며, 지도 DB를 이용하여 주변 장애물 및 방향 정보를 인식하여 보행을 유도하는 기능과 signed pattern based stereotyped motion(STM) 방법을 이용하여 로봇이 기본적으로 능숙하게 이동할 수 있도록 보행자의 고정된 패턴 즉, moving sighting, moving toward, moving along, following a person, moving along wall 등의 동작 패턴을 정의하여 보행의 편리성을 향상시켜 제공하고 있으며, 교차로 및 점자

보도블록 등을 영상 처리를 통해 인식하고 이를 이용하여 보행 정보로 활용하는 다양한 기능을 구현하고 있다.



〈그림 6〉 HARUNOBU System

Guide Cane은 odometer, 이동 메커니즘, 초음파 센서 및 디지털 컴퍼스와 자이로스코프 데이터를 이용하여 주변 장애물 및 방향 정보를 인식하여 사용자에게 전달하며 전자동 장애물 회피가 가능하다.

PAM-AID 연구 프로젝트는 허약한 시각 장애인을 안내하기 위한 목적으로 육체적인 보조와 함께 사용자의 자율성을 개선시키기 위한 시스템으로서, 움직임에 대한 많은 연구를 수행하였다. PAM-AID는 사용자의 수동조작과 공유된 제어 방법의 두 가지로 사용자의 움직임을 보조하며, 이와 함께 장애물을 회피하거나 사용자에게 표지물, 로봇 주위의 장애물에 대한 정보를 알려주는 기능도 있다. 기능의 검증을 위해 노약자를 위한 주거공간에서 수차례에 걸쳐 평가되어 왔다. 따라서 복합장애인이 사용하기에 적합하나 실내 환경에서만 적용된다는 단점을 가지고 있다.

Toronto 대학의 blind person's companion은 초음파 센서 등 환경인식센서를 이용하여 주변 장애물 및 방향정보를 인식하고 오디오

방식으로 사용자에게 주변 정보를 피드백하여 주며 사용자는 주변정보에 근거하여 조향 버튼으로 로봇의 속도 및 방향을 조절함으로써 장애물을 회피한다. 전자동 장애물 회피방식의 “guard mode”와 반자동 장애물 회피방식의 “override mode”를 제공함으로써 주행의 유연성을 제고한다. 그러나 계단 승월이 불가능하며 사용 환경을 장애인이 익숙한 곳에만 한정해야 하는 단점을 가지고 있다.

이외에 GPS 시스템을 이용하여 시각장애인을 유도하기 위한 GPS Talk도 상품화 되어



(a)



(b)



(c)

〈그림 7〉 Guide Cane(a), PAM-AID(b), blind person's companion(c)

출시되고 있으며, 이는 시각장애인에게 현재의 위치, 가고 싶은 거리, 상점 등 가고 싶은 곳의 정보를 음성으로 출력 해주는 시스템으로, 전역적 항법이 가능하며 시각장애인 인도기기로서만 아니라 물품배달 등 기타용도로도 사용이 가능하다. 그러나 장애물 회피 기능이 없고 단지 전자지도에 근거하여 정보를 제공한다.

현재 시각장애인을 위한 RTA 요소 기술로서 초음파 센서를 이용한 시각-청각 변환 시스템 기술, data fusion 기술 및 실시간 제어 기술 등이 연구되고 있다.

2. 국내 기술 현황

국내의 ETA의 기술 개발은 외국의 예에서와 마찬가지로 일반적인 ETA, RTA, 복합기능의 안내용 지팡이(guide-cane)등으로 구분하여 설명할 수 있다.

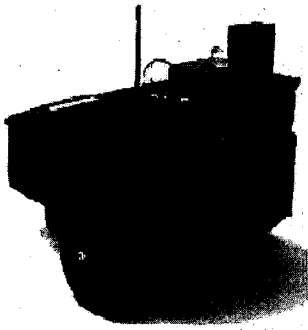
일반적인 ETA는 1980년대 중반 인하대학교에서 국내 최초로 “시각장애인을 위한 초음파 안경”을 설계하였으며, 이는 보행 경로 상에 있는 장애물을 초음파 센서로 감지하여 거리에 따른 정보를 음성 톤으로 시각장애자에게 알려주는 시스템이다. 시각 장애인을 위한 초음파 안경의 신호 변환 시스템은 실내 및 실외에서의 보행 시에 필요한 시각적 주변 환경 정보를 청각 신호를 통하여 효과적으로 감지함으로써 맹인 안내견 등의 역할을 대체 할 수 있으며, 시각 장애인의 절대 위치와 이동방법을 타인의 도움을 받지 않고도 알 수 있으므로 개발당시에는 단순한 보행 보조 시스템 이상의 역할을 기대할 수 있는 개발품이었다. 또한, 기존의 시각 대체 장

비에 비하여 저렴하고도, 휴대가 용이한 시스템의 개발을 통하여 많은 시각 장애인이 독립적인 생활이 가능하도록 함으로서 장애인 복지 향상의 일익을 담당할 수 있는 획기적인 연구결과였다.



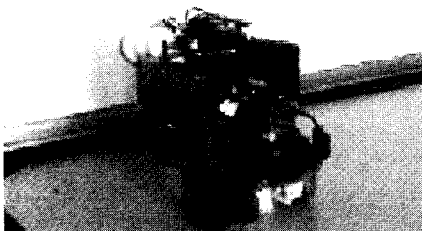
〈그림 8〉 인하대학교에서 개발한 초음파 안경

시각 장애인을 위한 RTA 시스템은 1985년 인하대학교에서 맹인 안내용 이동 로봇을 시작으로 1990년대 말부터 보건복지부의 보건 의료사업과 G7 사업이 활성화되고, 과학기술부의 서비스 로봇 과제에 연구비가 수혜되면서 한국과학기술원에서 RTAS를 개발하기 시작하였다. RTAS는 2000년부터 개발에 착수하였으며, 기구부는 개발하지 않고 미국의 Pioneer사에서 개발한 이동 로봇 플랫폼을 사용한 맹인 안내 로봇이다. 이는 초음파 센서를 통해 장애물을 회피하는 기능을 가지고 있으며, 무선کن 개념의 장애인 유도 장치가 장착되어 있다. 이 시스템은 아직 연구중에 있으며, 모든 기구부 및 제어부를 Pioneer사의 제품을 그대로 사용하고 있기 때문에 이를 상용화하는 데는 아직 거리가 멀고, 고가로 구성되어 있는 점이 문제이다.



〈그림 9〉 RTAS

복합기능을 가진 안내용 지팡이는 미시간 대학의 Borenstein 교수가 개발한 Guide Cane의 개념을 갖고 구현한 시스템으로 부산대학교에서 연구를 진행하고 있다. 이 시스템은 흰지팡이의 장점과 안내견 (guide dog)의 장점을 효과적으로 융합할 수 있으면서 보다 인간과 친화적인 상호작용을 구현할 수 있는 로봇 지팡이이다. 이 시스템 또한 단순 연구용으로 제작한 것으로 odometry 기능과 주행 정보를 보정할 수 있는 기능이 없어 실제 실외에서 사용하기에는 아직 미흡한 단계에 있다.



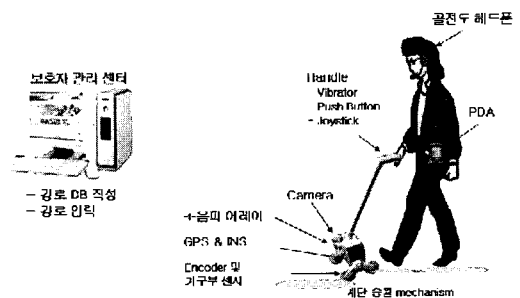
〈그림 10〉 안내용 지팡이 로봇

이외에 국내에서 GPS talk방식의 제품이 개발되었다. (주)엔트랙사의 GPS폰을 이용한

엔트랙 standard 서비스가 차량용으로 개발되었다. Entrac사는 인공위성위치표시시스템 (GPS)과 무선데이터통신을 이용하여 목적지까지의 빠른 길을 음성 및 휴대폰 LCD의 간단한 그래픽과 문자로 안내한다.

III. 시각장애인 유도 기기의 요소기술

시각장애인 유도를 위한 유도 기기가 갖추어야 하는 기능으로는 기본적으로 실내외 환경에서 시각장애인이 원하는 목적지까지 안전하게 이동할 수 있도록 장애물이 있는 경우 경고 및 회피하여 장애인을 유도 하여야 하며, GPS, INS, GIS를 활용하여 자기위치 추정 및 목적지 경로에 의한 유도 기술이 필요하다. 그리고 보호자 관리 프로그램으로 경로 DB, 경로 입력이 가능해야한다. 저가로 구현되어 보급이 원활하여야하고, 장시간 사용이 가능하도록 고기능·고효율의 제어기 구조를 가지고 있어야 한다. 또한, 시각장애인의 사용의 편리성을 고려한 인터페이스 제공과 자율 유도 기능 등이 갖추어져 있어야 한다.

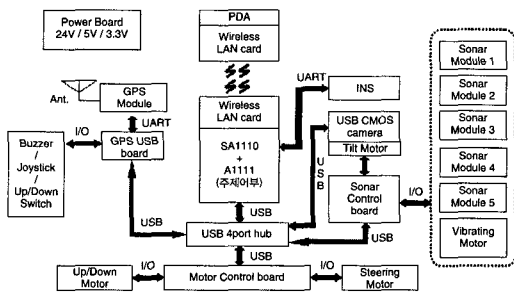


〈그림 11〉 시각장애인 유도 기기의 개념도

1. 시각장애인 유도기기의 제어

시각장애인 유도로봇은 시각장애인이 상실

한 시각의 기능을 대신 수행함으로써 보행을 보조할 수 있어야 한다. 그러므로 시각장애인 유도로봇은 시각장애인과 함께 주행할 수 있는 주행 시스템을 가지고 있고, 외부환경의 변화, 특히 이동 경로상에 발생한 장애물을 감지하고, 이를 회피할 수 있어야 하며, 보행 경로의 설정과 이동 및 변경을 할 수 있어야 한다. 실외 환경에서 보도상의 주행과 계단 승월이 가능하고, 카메라와 초음파센서를 이용한 장애물 검출 기능이 있으며, 시각장애인의 수동명령에 따라 로봇을 이동시킬 수 있는 조향 장치를 가지고 있어야 한다. 그림 12는 이러한 개념의 시각장애인 유도기기의 전체 시스템 구성도를 보여주고 있다.



〈그림 12〉 시각장애인 유도 기기의 전체 시스템 구성도

전체 시스템은 센서 정보의 처리와 주변 장치 제어를 위한 주제어부와 장애물 검출과 위치 추정을 위한 센서부, PDA와 GPS와의 데이터 송수신을 위한 통신부, 계단 승월용 모터와 조향용 모터 구동부, 시각장애인과 로봇과의 상호 연결을 위한 유저 인터페이스부, 기기의 전원 공급을 위한 전원부로 나눌 수 있다.

2. 센서 정보를 이용한 장애물 인식 및 회피

시각 장애인 유도로봇이 주행 중 나타나는 입의 장애물을 검출하여 장애물과의 충돌 회피를 위해 유도 기기로부터 장애물의 정보를 제공받아야 한다. 장애물의 정보는 장애물의 존재 유무, 방향, 크기, 유도기기와 장애물과의 거리 및 조향각 등이 있다.

이러한 정보들은 센서에 의해 얻을 수 있다. 유도로봇에서 일반적으로 초음파 센서, CCD 카메라, 적외선 센서, 레이저 센서 등을 사용한다. 초음파 센서는 가장 많이 사용하는 반면, 고유 문제인 지향성, 물체로부터의 산란과 센서의 부정확성을 가지고 있어서 이러한 정보로는 정확한 장애물에 대한 정보를 제공받기 어렵다. 따라서 초음파 센서 어레이를 사용하여 정확도를 높일 수 있다.

하나의 초음파 센서를 사용할 경우, 장애물의 존재 유무와 거리를 검출하는데 용이하나 지향각의 한계로 인해 넓은 영역에서의 방향, 크기, 거리를 구하는데 어려움이 있다. 다중의 초음파 센서 어레이를 사용할 경우, 하나의 초음파 센서를 사용할 경우보다 더 넓은 영역에서의 장애물을 검출하고 방향 및 거리를 구할 수 있다. 그러나 장애물의 크기를 구하는데 많은 오차를 수반한다.

영상 센서만을 사용할 경우, 장애물의 윤곽을 검출하는데 용이하나 장애물의 크기를 구하는데 기준값이 없어 복잡한 알고리즘을 통해 구현을 해야 하는 단점이 있다.

따라서 센서퓨전을 이용해 초음파 센서 어레이로부터 일정 거리의 장애물이 검출되면 영상 센서로부터 입력된 영상을 영상 처리하여 장애물의 크기, 조향각 등을 산출할 수 있

다. 이렇게 산출된 조향각을 통해 시각 장애인을 장애물로부터 회피 및 유도가 가능하다.

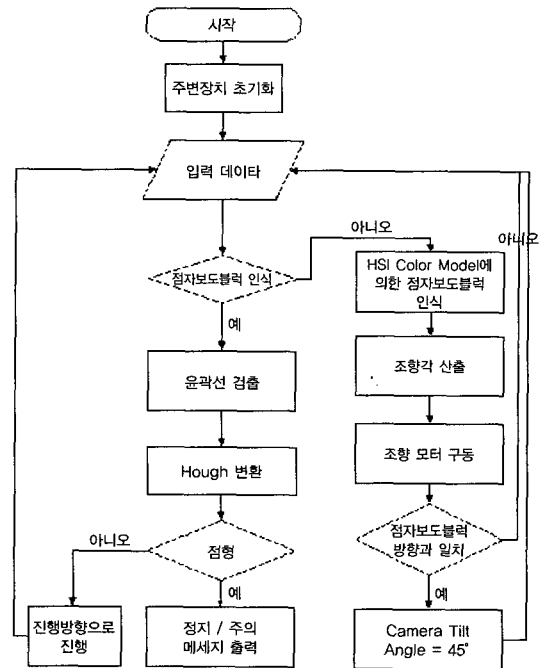
3. 점자보도블록 인식

현재 RTA에 공통적으로 나타나는 문제점은 실외 환경에서 이동로봇이 감지할 고정적인 물체나 쉽게 검출할 만한 물체가 많지 않아, 자기 위치 추정이 어렵고, 주행경로에 대한 신뢰성을 보장하지 못한다는 점이다.

이에 대한 방안으로 도심지역에 설치되어 있는 점자보도블록을 랜드마크로 활용한 이동로봇의 주행 연구가 이루어지고 있으며, 일본 쓰쿠바 대학의 지능로봇연구소에서 개발한 YAMABICO-fra는 영상 시스템과 레이저 센서를 이용한 점자보도블록 인식기법을 사용하여 선형점자보도블록만을 검출하여 로봇의 주행에 적용하였다.

미리 작성한 경로 맵을 사용하여 점자보도블록이 설치된 곳에서 선형블록을 따라 이동하는 YAMABICO-fra는 점자보도블록을 찾아 이동하기보다는 점자보도블록을 따라 자율주행하는 로봇으로서, 시각장애인을 유도하는 기능을 수행하기에 적합하지 않다.

점자보도블록의 인식을 위해 먼저 점자보도블록의 구조와 종류를 파악하고, 카메라를 통해 입력된 영상으로부터 점자보도블록을 효과적으로 인식하고 판별할 수 있는 영상처리 알고리즘이 요구된다. 점자보도블록의 지정 색상이 노란색인 점에 착안하여, 카메라를 통해 입력받은 원 영상에서 색상정보를 이용하여 점자보도블록을 분리하고, 검출된 점자보도블록의 윤곽선의 크기와 방향은 1차 미분 연산자를 이용한 윤곽선 검출을 사용하



〈그림 13〉 점자보도 블록을 인식 및 검출

여 구한 후, Hough 변환을 이용한 직선 검출과 원 검출을 수행하여 점자보도블록의 위치와 형태에 관한 정보를 획득하여 조향각 만큼 조향용 모터를 구동하여, 시각장애인을 점자보도블록으로 유도할 수 있다. 점자블록의 검출 및 인식을 위한 전체 흐름도를 그림 13에 도시하였다.

4. 주행정보 획득을 통한 시각장애인 유도

각종 센서를 이용하여 획득한 주행 정보를 이용하여 시각장애인에게 주행 경로를 유도하고 장애물의 위치를 안내하기 위해서는 음성, 음향, 촉각 등의 시각의 감각들을 이용해야 한다. 시각 장애인의 보행 중에 일어날 수 있는 상황으로는 현재 자기 위치의 판별, 장애물의 존재 유무 표시, 점자 보도블록의 유

무 및 주행/정지 신호의 판별, 계단 승하강, 목표지 도착 등이 있으며 각각의 상황에 적절한 안내가 필요하다. 따라서 시각장애인이 유도기기를 구동하면서 목표지까지 도착하기까지의 다음 상황의 특징에 따라 적절한 안내 기법이 요구된다.

- 시스템 준비 안내
- 목표지 설정 사용자 인터페이스
- 로봇 동작 안내 • 점자 블록 검출
- 점자 블록 추종 • 장애물 검출/회피
- 중간 노드 도착 • 계단 검출 - 승 · 하강
- 목적지 도착

메시지 전달을 위한 안내기법들로는 음성, 음향, 진동 등을 들 수 있으며, 음성은 비교적 정확한 정보전달과 다양한 정보전달이 가능하며 주로 TTS(Text To Speech)로 구현된다. 음향은 신속한 정보 전달이 가능하고 정보량이 적은 장애물 검출 안내 등에 이용되며 사운드 이미징(sound imaging) 기법으로 구현된다. 진동은 음향/음성의 보조 신호로 사용이 가능하고 진동손잡이를 이용하여 구현이 가능하다.

5. 유도기기 경로 보정을 위한 INS

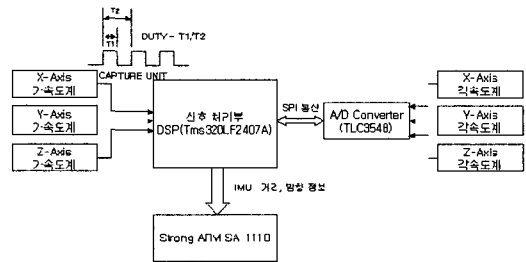
주로 자기 위치 추정 기법으로 GPS를 사용한다. 그러나 GPS는 오차가 최대 10m까지 발생하며 실내에서 위치 정보 수신이 불가능하다. 따라서 관성항법시스템(INS : Inertial Navigation System)을 GPS의 보조 항법 시스템으로 사용되고 있다.

유도 기기의 자기 위치 추정 시스템으로 사용하는 INS는 가속도계 및 각속도계와 같은 관성 센서를 이용하여 운동하는 동체 내

부에 실장된 상태로 자신의 위치를 추정하는 항법시스템이다.

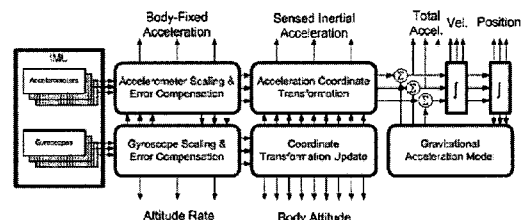
INS는 형태에 따라 짐벌(Gimbal)형과 스트랩다운(strapdown)형으로 구분한다. 초기의 INS는 외부 회전계와 격리된 회전 격자인 짐벌에 센서를 장착하여 관성 인자들을 감지하는 짐벌형 INS가 주를 이루었으나 크기, 소비전력, 기계적 오차의 감소 및 안정성 및 신뢰도의 향상을 위하여 최근에는 스트랩다운형의 INS(SDINS)가 주를 이루고 있다.

그림 14는 스트랩다운 INS의 전체 블록도를 보여주고 있다.



〈그림 14〉 SDINS 하드웨어 블록도

그림 15는 INS 동작을 나타낸 블록도이다. INS는 동체 좌표계에서 선형가속도계를 사용하여 가속도를 측정하고 중력장 모델링을 통해 중력 g를 계산한 후, 자이로에서 측정되는 각속도를 통해 구할 수 있는 좌표 변환 행렬을 사용하여 동체 좌표계에서의 가속도를 관

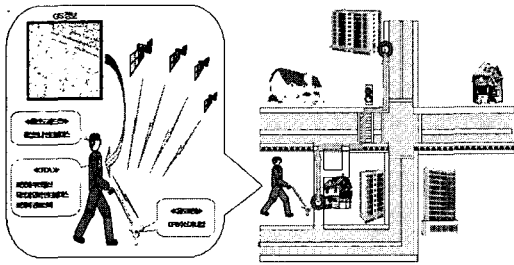


〈그림 15〉 INS 동작 블록도

성 좌표계 또는 항법 좌표계에서의 가속도로 변환하여 이를 적분함으로써 속도와 위치에 대한 X, Y, Z축의 값을 얻게 된다.

6. 자기 위치 추적 시스템/사용자 인터페이스

유도로봇이 외부환경에서 유도기능을 수행하기 위해서는 자기위치에 대한 정보가 필수적이다. GPS를 이용하여 실외환경에서 유도 로봇의 지구좌표를 얻고 전자지도와의 맵매칭을 통하여 수치지도상의 위치정보(TM좌표)를 추출하여 시각장애인을 유도하는 시스템 개요도를 그림 16에 도시하였다.

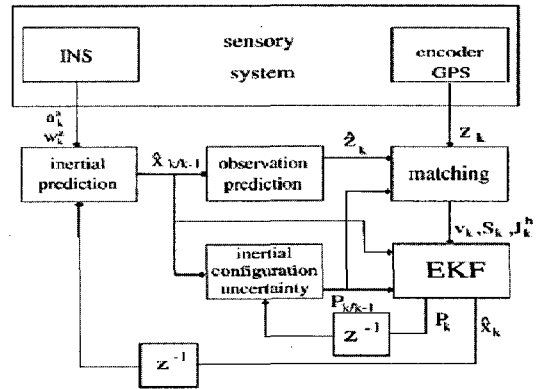


<그림 16> 시스템 개요도

GPS수신기모듈을 이용하여 현재 위치정보를 얻고 맵매칭을 통하여 우리나라 수치지도에 투영하여 보행방향 및 현재 위치에 대한 안내정보를 생성한다. 사용자 인터페이스로는 PDA의 터치스크린을 이용한 점자키패드로 입력하고 TTS엔진을 이용하여 음성출력을 하는 ARS방식으로 인터페이스를 구성한다.

주변 환경정보 인식 및 GPS 오차 보정 기능을 가진 통합된 시각장애인용 전역적 항법 시스템이 요구된다. 유도기기에 장착된 INS, GPS, 엔코더 등 센서의 퓨전을 통한 위치추적을 구현하기 위하여 확장 칼만 필터(EKF)

를 주로 사용한다. EKF는 비선형시스템을 추정계적기준에 의해 선형화 하는 방식으로 가장 많이 쓰이는 추정기법이다. EKF를 이용한 위치추적시스템의 구조를 그림 17에 나타내었다.



<그림 17> 위치추적 알고리즘의 구성

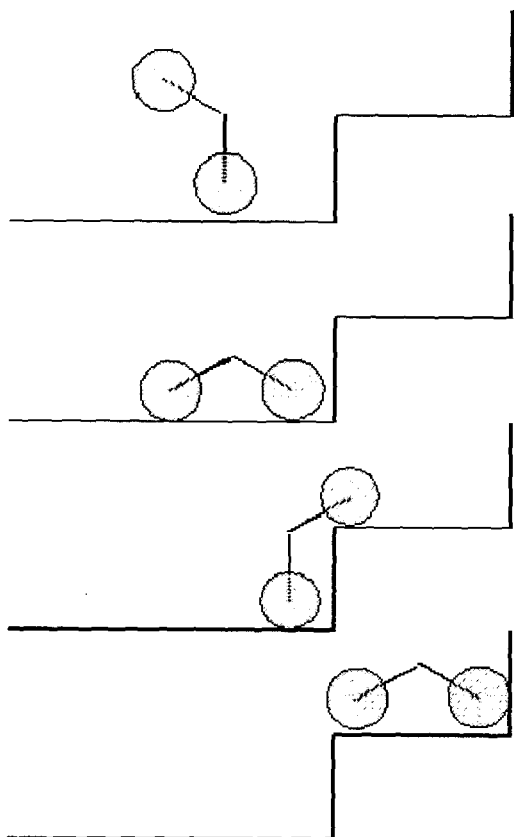
이 시스템은 EKF의 시간갱신 및 측정갱신 방정식에 의해 구성 된 것으로 매 k시간마다 유도로봇의 역학모델로부터 상태예측자 $\hat{x}_{k|k-1}$ 상호분산 행렬 $P_{k|k-1}$ 를 계산한다. 상태관측자 \hat{z}_k 는 센서시스템으로부터 관측되는 z_k 와 비교하여 v_k 와 상호분산행렬 S_k 갱신하며 EKF를 통해 상태예측자 \hat{x}_k 와 새로운 상호분산행렬을 구하게 된다.

7. 계단 승월이 가능한 이동 메커니즘

계단이 많이 존재하는 인구밀도가 높은 나라에서 시각장애자를 효율적으로 유도하기 위하여 계단을 승월할 수 있는 이동 메커니즘이 요구된다.

계단 승월이 가능한 시각장애인 유도기기에 적합한 이동메커니즘은 크게 탱크식, 특수차륜식, 각식 등으로 나눌 수 있다. 이중

각식은 아직 기술적으로 실현하기 어렵고, 탱크식은 시스템이 무겁고 평지 주행성이 떨어지기 때문에 특수차륜식 중 유성차륜형 이동 메커니즘이 사용된다. 유성차륜식 이동 메커니즘은 그림 18에서 보여주는 것처럼 평지 주행 시에는 바퀴가 회전하여 이동하고, 평지 주행 중 계단이나 장애물을 만나게 되면 삼각 암이 회전하여 계단 및 장애물을 승월하는 방식이다.

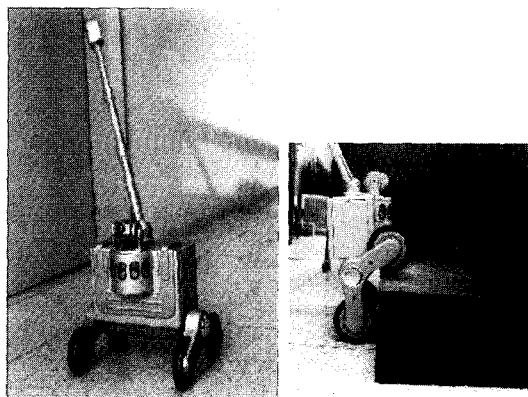


〈그림 18〉 유성차륜식 이동구조 이동구조

특히 본 방식은 삼각 암이 120도를 회전할 때 마다 1단의 계단을 올라가기 때문에 자율적인 계단 승월 알고리즘을 적용하기 용이하

고, 시각장애자에게도 계단 승월 상태를 전달할 수 있다. 그림 18에서 맨 위 그림이 유성차륜 이동 메커니즘내 바퀴가 처음 계단을 접촉하는 상황을 보여주고, 중간 그림이 계단 감지 후 유성차륜내 삼각 암을 60도 회전시켜서 계단 면과 수평을 이룬 후 아래 그림과 같이 삼각 암을 추가로 60도 회전하면 계단 1단을 승월하는 상황을 보여 주고 있다.

그림 19는 한국산업기술대학교에서 개발한 계단 승월이 가능한 유성 차륜 방식의 시각장애인 유도기기를 보여주고 있다.



〈그림 19〉 계단 승월이 가능한 시각장애인 유도기기

한국산업기술대학교의 유도 로봇은 장애물과 같은 정보의 획득 및 회피를 위해 영상 및 초음파 센서를 이용하였으며 초음파 센서 어레이와 CCD 카메라를 융합한 센서 퓨전을 통해 장애물을 인식함으로써 장애물을 회피하였다. 또한 시각 장애인을 유도하기 위한 기법으로 점자 보도블록을 색신호와 직선 및 원 검출을 이용하여 인식하였다.

시각장애인에게 주행정보를 전달하기 위해 사운드 이미지 기법과 진동 손잡이를 통하여 전달하였다. GPS의 오차를 보정하기 위하여

관성항법시스템을 이용하였으며 계단 승월을 위해 2개의 휠을 이용한 이동 메커니즘을 제작하였다.

IV. 결론

시각 장애인용 전자 보행 보조기는 1970년대부터 개발이 진행되어 왔으나, 표준화를 위한 노력은 진행되고 있지 않으며, 현재 각 연구소 별로 독자적으로 전자기술, 정밀제어 기술, 정보통신 기술을 접목하여 보다 시각장애인의 편리성 증진을 위해 제품을 연구 개발하고 있는 단계이고, 상품화하여 실용화한 연구단체 및 기업은 사실상 부재한 실정이다.

시각 장애인을 위한 보행 보조기기들은 여러 가지 환경인식용 센서를 사용하여 시각장애인이 장애물을 회피할 수 능력을 보유할 수 있게 되었다. 그러나 국부지역에서는 인도기능까지 구현할 수 있었지만 그 이상의 발전 즉 전역적 항법을 효과적으로 실현할 수 있지는 못하다. 따라서 전역적 항법을 실현하기 위해 필수적인 세계좌표를 구할 수 있는 효과적인 수단 즉, GPS 시스템의 도입을 적극 검토하고 있다.

GPS를 이용한 수동/전동 전환이 가능한 로봇시스템이 현 시점에서 고기능이고 실현 가능한 시각장애인 유도기기로 널리 개발되고 있다. 또한 GPS수신 불가지역(지하, 고층빌딩사이 등)에서 기존의 ETA는 사용자의 이동거리를 측정하는 수단이 미비하기 때문에 지속적인 전역적 항법이 어렵다. 그러나 RTA는 간단히 encode와 디지털 컴파스를 사용함으로써 비교적 정확히 사용자의 이동거리

및 방향정보를 얻을 수 가 있다. 따라서 현 시점에서 전역적 항법을 실현할 수 있으며 시각장애인이 편리하게 하게 사용할 수 있는 최적의 솔루션으로서 이동로봇을 이용한 시각장애인 유도기기가 활발하게 연구가 진행 될 것이다.

참고문헌

1. 한국보건사회연구원 장애인복지팀, 2000년도 장애인 실태조사 결과보고, 보건복지부, pp. 5-24, 2001.
2. 오혜경, 장애인 복지학 입문, 아시아미디어 리서치, 1997.
3. S. Shoval, J. Borenstein, Y. Koren. "Auditory guidance with the Navbelt-a computerized travel aid for the blind," *Systems, Man, and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews, IEEE Transactions on*, Volume: 28 Issue: 3, pp. 459-467, 1998.
4. 심현민, 이웅혁, 민홍기, 홍승홍, "시각 장애인을 위한 장애물 경보기의 개발," 2002년도 대한전자공학회 하계학술대회 vol. V, pp. 113-116, 2002.
5. I. Ulich and J. Borenstein, "The Guide Cain-Applying Mobile Robot Technologies to Assist the Visually Impaired," *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics-Part A: Systems and Humans*, Vol. 31, No. 2, pp. 131-136, 2001.
6. Daigo Ikeya and Junichi Takeno, "Research and Development of a Hand-held Vision System for the Visually Impaired,"

Proceedings of the 1999 IEEE International Workshop on robot and Human Interaction Pisa, Italy, pp. 13-17, 1999.

7. S. Kotani, T. Nakata, M. Hideo, "A strategy for crossing of the robotic travel aid "Harunobu"," Intelligent Robots and Systems, 2001. Proceedings. 2001 IEEE/RSJ International Conference on , Volume: 2, pp. 668-673, 2001.

저자소개



이응혁

1987년 10월 - 1992년 5월 (주)대우중공업 중앙연구소 주임연구원
 1992년 5월 - 1993년 3월 생산기술연구원 HDTV개발실 연구원
 1995년 3월 - 2000년 2월 건양대학교 컴퓨터공학과 조교수
 2000년 3월 - 현재 한국산업기술대학교 전자공학과 부교수
 주관심 분야 지능형서비스로봇제어, 재활보조시스템, 의용전자 기기 및 신호처리, 임베디드 시스템