

이용자 측면의 이동형 관람 안내 로봇 개선

Improvement of Mobile Tour-Guide Robots from the Perspective of Users

안 태 범, 강 이 석*
(Tae-Beom Ahn¹ and E-Sok Kang²)

¹National Science Museum

²Chungnam National University

Abstract: A mobile tour-guide robot is a very attractive tour-guide in the exhibition hall of science museums and the necessity of tour-guide robots for museums is gradually increasing. Two kinds of robots have served as tour-guide robots in an exhibition hall of the Korea National Science Museum which is a very densely populated museum of many people and exhibits. The robots move around the large exhibition area and provide guide services to lots of visitors. A robot leads the way to the exhibit that a visitor wants to find and it takes the shortest route. Robots were operated for four months from January to April 2011, and we observed behavior of visitors and collected subjective evaluation of users. The result shows that there are four stages of using a mobile tour-guide robot and some differences of subjective evaluations depending on the gender and the age of the user and we suggest several improvements on the mobile tour-guide robot.

Keywords: tour-guide robot, science museum, behavior of visitors, evaluation of users

I. 서론

로봇이 점점 우리 일상생활 속으로 들어오고 있다. 오래 전부터 발전을 거듭해오고 있는 산업용 로봇은 물론 국방 로봇, 위험작업로봇과 같은 특수임무를 위한 로봇들은 일상 생활과 거리가 있었지만 청소로봇, 애완로봇과 같이 집안에서 뿐만 아니라 수술로봇, 교육로봇과 같이 병원이나 학교와 같은 집 밖에서도 로봇을 보는 것이 이제 일상화되어가고 있다. 더 나아가 최근에는 전시관, 행사장, 쇼핑시설과 같은 많은 사람들이 이용하는 공공장소에서도 로봇이 점차 등장하고 있다. 이런 불특정 다수의 사람들이 찾는 공공시설에서는 방문객들을 위한 안내서비스가 필수적이어서 안내데스크와 같은 전용 안내 시설을 운용하거나 안내키오스크와 같은 멀티미디어 정보검색 시스템이 구비되어 있기 마련이다. 이런 역할을 대체하거나 보완이 가능한 안내로봇의 적용이 다양하게 시도되고 있는 추세이다.

이런 공공시설 중에서도 과학관이나 박물관과 같은 전시 시설은 수많은 전시물과 방문객들로 매우 혼잡한 환경을 가지고 있으며, 특히 방문객의 목적이 전시 관람으로써 관람 안내서비스 제공이 매우 중요하게 여겨진다. 이를 위해 안내서비스를 제공할 수 있는 관람 안내 로봇 시스템에 대한 연구가 지속적으로 진행되어 오고 있다.

1997년에 리노(Rhino)란 이름의 안내로봇은 자기위치인식, 충돌회피, 맵핑 등을 조합한 소프트웨어 아키텍처에 대한 실험테스트를 받기 위하여 독일 박물관에서 6일 동안

시연 운용된 적이 있다[1]. 그리고 1998년에는 이 로봇의 개량형인 미네르바(Minerva)가 활동적인 환경에서의 안전한 네비게이션에 중점을 가지고 미국 스미소니언 산하의 국립 역사박물관에서 2주일간 운용되면서 수천 명의 사람들과 인터랙션을 수행하였다[2]. 2001년에는 레프코스(Lefkos)란 이름의 로봇이 박물관을 원격으로 관람하는 목적의 아바타 개념으로 그리스의 고대 그리스 문화 박물관내 2000 m² 규모 특별전시회에서 1주일간 운영되었다[3]. 2002년 스위스 국립전시회 Expo.02에서는 로보엑스(RoboX)란 이동형 관람 안내 로봇이 315 m² 규모의 로봇틱스 전시관에서 5개월간 운용되며 모션감지, 안면추적, 음성인식, 인터랙션 시나리오 등 다양한 인터랙션 기능들이 실증 테스트되었다[4]. 2007년에는 관람객과 의사소통을 강조한 안내 로봇인 로보비(Robovie)가 RFID 기술을 통해 관람객과 대화하는 기능으로 일본의 오사카 과학관에서 2달간 운용 테스트되었다[5]. 같은 로봇은 2010년 쇼핑몰에 적용되어 한자리에 고정된 채 팔동작과 음성을 통한 지시적인 방법으로 길안내를 하는 기능을 수행하기도 하였으며[6], 학교에서 학생들과 인터랙션을 강조한 교사 역할의 기능을 수행하기도 하였다[7]. 2005년에는 본 논문의 배경이 되는 국립중앙과학관에서도 동적 환경에서의 네비게이션 연구를 위해 안내 로봇 지니(Jinny)가 관람객을 위한 안내 임무 수행 실험용으로 운용된 적이 있다[8].

앞선 연구들에서와 같이 전시관람 안내로봇은 심한 동적 환경인 수많은 사람들과 전시물로 번잡한 공간 속에서 지속적으로 이동하며 안내 임무를 수행해야 했다. 그리하여 로봇들은 모든 사람에게 동일하고 안정적인 서비스를 제공할 수 있는 신뢰성과 사람들에게 해를 끼치지 않으면서 자

* 책임저자(Corresponding Author)

논문접수: 2012. 3. 21., 수정: 2012. 7. 30., 채택확정: 2012. 9. 18.

안태범: 국립중앙과학관(tahn@mest.go.kr)

강이석: 충남대학교 기계설계공학과(eskang@cnu.ac.kr)

신을 보호할 수 있는 안전성을 추구하고자 개발되고 실제 환경에서 운용 테스트되었다. 더불어 불특정 다수의 사람들과의 효과적인 인터랙션을 위해 개발된 기술들의 테스트나 성능 개선이 주요 이슈로 연구되고 있다. 이런 이전의 연구들은 먼저 로봇의 기술적 개발을 시도하고 실 환경에서 검증하는 방식을 취하고 있다. 그러나 전시관람 안내로봇은 소수의 개인적인 이용보다는 수많은 불특정의 사람들이 이용하는 특성을 가지므로 로봇 자체 측면에서 접근하는 개발 방식과 더불어 이용자의 측면에서 바라보고 접근하는 개선 방식이 융합하면 보다 효율적일 것이다.

이를 위해 본 논문에서는 과학박물관내에서 자율주행하면서 각 전시물들을 안내해주는 휴머노이드형 로봇을 장기간 운영하여 얻은 이용자들의 인터랙션 경향과 평가를 분석하고 이용자 측면의 개선 접근방식을 제시하고자 한다.

II. 로봇 운용 환경

연구의 배경이 되는 국립중앙과학관은 자연사, 과학기술사, 기초과학, 응용과학 등 과학과 관련한 모든 분야의 자료를 수집, 보존, 연구 및 전시하는 종합과학박물관이다. 건립된 지 20년이 경과한 곳으로 수많은 과학전시물들이 복잡하게 배치 구성되어 있으며 다양한 과학 분야에 대한 전시물을 관람하고 체험 학습을 할 수 있어 전국에서 항상 수많은 사람들이 방문하고 있다.

관람객은 그 규모가 연간 약 100만 명에 달하는데, 하루에 적게는 1천여 명, 많을 땐 약 1만 명의 관람객으로 붐비게 된다. 그 대상은 유아, 어린이, 청소년, 성인까지 전 연령층이 해당된다. 주요 전시시설로 상설전시관이라는 주 전시관이 있으며 지하 1층, 지상 2층의 약 6,600 m² 규모이며 여기에 구성된 전시물은 3,000여점에 이른다. 건립 된지 20년이 경과한 이 전시관은 다양한 전시물의 누적된 설치와 변경으로 복잡한 실내 구성의 특성을 가지고 있다.

이와 같이 본 연구의 환경은 안내 로봇을 위해 미리 준비된 곳이 아닌 실제 환경으로 전형적인 일반박물관보다 복잡한 공간 구조로 형성되어 있고 많은 관람객들이 방문하여 혼잡도가 매우 높은 곳이다. 그렇기 때문에 자율 주행하는 관람 안내 서비스 로봇의 실환경 적용 연구에 매우 적합하다고 볼 수 있다.

이번 연구에서 로봇이 안내서비스를 수행한 영역은 상설 전시관의 중간층에 해당하는 1층 영역(약 2,000 m²)으로 전시관 주출입구와 아래층과 위층 관람 동선이 모두 합쳐져 가장 혼잡한 관람 환경을 만들어 내는 곳이다. 또한 전시주제가 기초과학 및 응용과학을 다루고 있어 어린이와 청소년들이 선호하는 곳으로써 다른 전시영역에 비해 관람 형태가 활발하여 관람객의 행동 패턴 및 이동 속도가 빠르다.

그림 1에서와 같이 1층 영역은 □ 형태의 평면 구조를 가지고 있으며 그림의 화살표와 같은 관람객의 일반적인 동선을 보인다. 주요 전시 관람 지점에 대해 로봇이 직접 안내해주었는데 그 위치는 그림 1의 기호 A에서 I까지이다. 동선의 순서에 따라 각 위치는 기초과학(A), 기획전시실(B), 명사의 방(C), 천체관 입구(D), 에너지(E), 기계(F), 정보통신(G), E-스튜디오(H), 교통(I)으로 총 9곳이다.

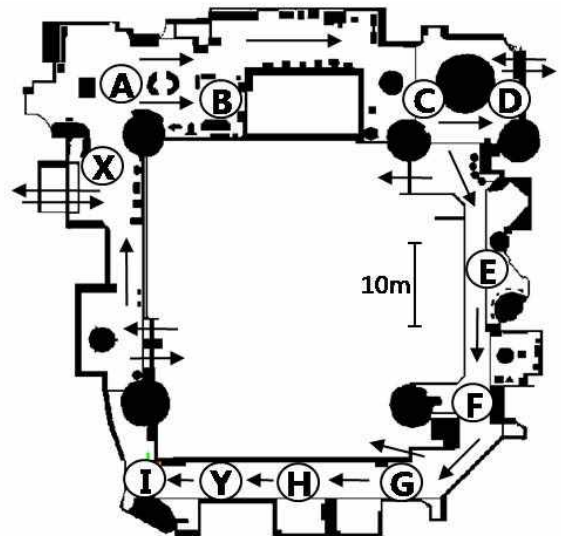


그림 1. 자율주행 로봇의 안내서비스를 제공하는 전시영역 모습. 화살표는 관람객 주요 동선을 나타냄. X는 안내데스크, Y는 로봇 충전 스테이션의 위치. (A) 기초과학. (B) 기획전시실. (C) 명사의 방. (D) 천체관 입구. (E) 에너지. (F) 기계. (G) 정보통신. (H) E-스튜디오. (I) 교통.

Fig. 1. Overview of the exhibition area where mobile robots serve as tour-guides. Arrows denotes the main stream of visitors. X denotes the information desk and Y is the battery charging station. (A) Basic Science. (B) Special gallery. (C) The famous scientist's room. (D) The entrance of Planetarium. (E) Energy. (F) Mechanics. (G) Information Technology. (H) E-studio. (I) Transportation.

이곳에서도 다른 다중이용시설과 마찬가지로 그림 1(X)과 같이 사람이 운영하는 안내시스템이 있으며 그 위치는 전시관 주출입구 앞인 기호 X지점이다.

III. 운용 로봇

전시 관람 안내를 위하여 휴머노이드 형태에 가까운 2종류의 로봇이 운용되었다. 두 로봇은 자기위치인식, 장애물 감지 및 회피, 경로 계획 등의 주행 기능과 터치스크린으로

구성된 사용자 인터페이스는 유사하나 그 외형이나 구조는 매우 상이하다.

1. 외형 및 구조

안내로봇 I의 외형은 높이 140 cm, 폭 60 cm, 길이 60 cm, 무게 70 kg이며 안내로봇 II는 높이 120 cm, 폭 63 cm, 길이 58 cm, 무게 100 kg이다. 주행을 위하여 두 로봇은 모두 2바퀴 차동구동 방식을 사용하고 보조캐스터를 가지고 있다. 2바퀴 차동구동 방식은 제자리 회전이 용이하여 관람객으로 둘러싸여 있을 때나 급격한 곡선 경로에서 방향 전환이 비교적 자유로울 수 있었다.

그림 2와 3에서와 같이 두 안내로봇의 가장 큰 차이점은 그 외형에 있다. 안내로봇 I은 사람과 유사한 얼굴에 몸통



그림 2. 안내로봇 I의 하드웨어 구성.
Fig. 2. Hardware elements of the tour-guide robot I.



그림 3. 안내로봇 II의 하드웨어 구성.
Fig. 3. Hardware elements of the tour-guide robot II.



그림 4. 전시관 천정에 부착된 랜드마크.
Fig. 4. The landmarks attached to the ceiling of the exhibition hall.

과 팔을 가지고 있으며 LED Dot Matrix (LDM)로 간단한 표정까지 연출이 가능하다. 반면 안내로봇 II는 원래 방법 로봇으로 개발된 것으로 사람의 일반적인 형상을 따르지 않고 있다[9].

2. 주행기능

다양한 전시물들과 어우러진 수많은 관람객들은 로봇의 주행에 상당한 장애요소가 되고, 역으로 로봇의 주행이 사람들에게는 안전 위협 요소가 된다. 특히 과학관의 특성상 주의 집중이 떨어지는 어린이, 청소년 관람객들이 많아 충돌 사고의 개연성이 높고 어린아이의 경우 사고에 따른 부상 정도가 심할 수도 있다. 따라서 안내 로봇의 주행에 있어 장애물 감지 및 회피에 대한 기능은 안전 측면에 있어 매우 중요한 요소이다. 이 장애물 감지 및 회피를 위하여 초음파 센서, 레이저 스캐너 정보들이 센서 퓨전을 통해 높은 성능을 발휘하였다. 더불어 범퍼 센서를 추가하여 안전성을 높였다[9].

로봇의 자율 주행이 가능하기 위하여 자기 위치 인식이 필요하다. 이를 위해 로봇은 상단부에 위치인식센서를 장착하고 있으며 그림 4와 같은 전시관의 천정에 부착된 랜드마크를 인식하여 자신의 위치 정보를 추출한다. 로봇은 자율 주행을 위해 운용 환경의 지도 정보를 바탕으로 현 위치에서 목적지까지 경로를 계획하고 로봇에 장착된 센서 정보를 이용하여 실시간으로 경로를 수정하며 원하는 위치까지 찾아가게 하였다[9].

3. 사용자 인터페이스

두 로봇은 모두 가슴부위에 10.4 inch 크기의 LCD 터치스크린을 장착하고 있으며, 이 장치를 통해 이용자와 상호 정보 전달을 한다. 이용자는 화면을 통해 전시관 안내에 대한 정보를 파악하고 길안내를 명령할 수 있다. 즉, 이용자는 로봇의 터치스크린을 누르면서 원하는 정보를 찾거나 길안내 받을 위치를 고를 수 있다.

IV. 로봇의 안내방법

평상시의 안내로봇은 안내영역내의 지정된 경로를 따라 순회 주행을 하면서 관람객의 이용을 유도하였다. 이렇게 이동 중이던 안내로봇의 터치스크린을 사람이 접촉하면 로봇은 주행을 정지하고 안내서비스를 시작하였다.

1. 안내 인터랙션

로봇의 터치스크린을 터치하게 되면 로봇은 “무엇을 도와 드릴까요? 원하는 메뉴를 선택해 주세요”라는 음성을 출력하고 그림 5(a)와 같이 화면에는 전시관 안내, 홍보동영상, 길안내 등의 선택이 가능하다. 주요 서비스인 길안내를 선택하면 안내영역에 대한 전체 지도가 그림 5(b)와 같이 표시되고 이용자가 원하는 위치를 선택하면 로봇은 “길 안내를 시작하겠습니다”하는 음성을 내보내고 해당 지점으로의 이동을 시작한다. 길안내 중에는 터치스크린 화면에 ‘길안내중’이라는 표시를 출력하고 다른 사람이 화면을 터치하더라도 멈추지 않고 기존 안내를 계속한다. 목적지에 도착하면 길안내를 마친다는 음성과 함께 다시 안내 준비 상태로 전환된다.

2. 로봇의 운용

안내로봇은 통상 주 6일 오픈하는 전시관의 개관일에 맞춰 운용하였으며 하루 중 운용시간은 오전 10시부터 오후 5시까지로 전시관의 개관시간과 거의 동일하게 맞추었다. 운용된 로봇은 총 3대로써 안내로봇 I은 1대, 안내로봇 II는 2대가 배치되었다. 로봇은 배터리 충전 방식으로 1일 운용 시간 내에 1회 이상의 충전이 필요하였으며 3대의 로봇은 충전과 임무수행을 번갈아 진행하였다. 따라서 개관 중인 전시관에는 통상적으로 2대, 최소한 1대 이상의 로봇이 안



그림 6. 충전 스테이션. (a) 전면 모습. (b) 측면 모습.

Fig. 6. The battery charging station. (a) The front view. (b) The side view.

내 임무를 수행하도록 운영하였다.

로봇의 동력 충전을 위해 그림 6(a)와 같이 충전스테이션을 구축하였다. 충전스테이션에는 그림 6(b)와 같은 충전 단자를 가진 소형의 충전장치가 구비되어 있다. 로봇은 임무 수행 중 방전상태를 체크하여 필요시 충전스테이션까지 스스로 이동하여 충전장치와 도킹하고 충전을 한다.

V. 운용 결과

안내로봇들은 국립중앙과학관 상설전시관의 개관일에 맞춰 2011년 1월부터 4월까지 약 4개월간 운용되었다. 그동안 전시관의 관람객은 25만 명이었으며 이를 하루 평균으로 환산하면 약 2,500명에 해당한다. 로봇은 혼잡한 실제 전시 환경 속을 자율 주행하면서 안내서비스 임무를 원활히 수행하였다. 운용기간 중 관람객들의 안내로봇에 대한 이용 패턴을 관찰하여 분석하였고 마지막 1개월 중에는 이용자 대상의 설문조사를 통해 안내로봇에 대한 주관적 평가를 수행하였다.

1. 이용자의 사용패턴

안내로봇의 이용자들을 오랜 기간 동안 관찰한 결과 일반적인 사용패턴을 몇 단계의 과정으로 나누어 정리할 수 있다. 그 과정은 4단계로써 접근, 접촉, 추종, 종료로 정의할 수 있다. 그리고 각 이용 단계별로 구분하여 다음과 같이 그 특성들을 서술한다. 또한 이용 4단계와 같은 통상적인 과정을 벗어난 특이한 이용양상을 추가로 서술한다.

- 1단계: 접근(approaching)

안내로봇을 이용하기 위해서는 우선 로봇의 앞에 서야 한다. 또한 주행 중인 안내로봇을 멈추기 위해서는 로봇 전면부의 터치스크린을 눌러야 한다. 그런데 과학관은 관람객의 이동 동선이 비교적 자유롭기 때문에 주행 중인 로봇의 전면부와 자연스럽게 마주치는 경우보다 후면이나 좌우에서 접근하는 경우가 더 많게 된다. 특히 전진 이동하고 있는 로봇의 후방에 위치한 이용자가 로봇을 앞질러 전면부의 터치스크린을 눌러 정지시키는 행동과 같은 부자연스러운 이용형태를 보였다. 또한 이용자가 로봇을 앞지르기위해 보행속도를 높이거나 심지어 뛰게 되는 상황을 유발하였다.



(a)



(b)

그림 5. 안내로봇 터치스크린 사용자 화면. (a) 메인 메뉴 화면. (b) 로봇이 안내하는 전시물을 나타내는 길안내 화면.

Fig. 5. Graphic user interface of the touch screen on robots. (a) The view of Main menu. (b) Tour-guide menu indicating the exhibit guided by the robot.



그림 7. 로봇의 터치 스크린을 사용하는 다양한 자세. (a) 어린이들의 서있는 자세. (b) 청소년들의 허리 구부린 자세. (c) 성인의 서있는 자세. (d) 청소년들의 앉은 자세.
 Fig. 7. Various postures for using the touch screen of the robot. (a) A standing posture of kids. (b) A bending posture of teenagers. (c) A standing posture of a man. (d) A sitting posture of teenagers.

과학관 특성상 어린 학생들이 많은 관계로 뛰는 현상은 자주 관찰되었으며 이는 관람안전을 저해하는 요소가 될 수도 있다.

• 2단계: 접촉(contact)

관람객들은 로봇과 마주하여 가슴부위에 장착된 터치스크린을 사용하여 안내기능을 이용하였다. 일반적으로 한사람이 로봇 앞에 서있는 상태로 터치스크린을 이용할 것으로 보였으나 이와 다른 다양한 행동 특성을 보였다.

첫째, 이용 인원수 측면에서 볼 때 한사람이 이용하는 경우보다 다수의 인원이 같이 사용하는 경우가 더 일반적이었다(그림 7). 단독 관람보다 2인 이상이 함께 관람하는 과학관의 방문객 특성상 안내로봇의 이용에서도 함께 조작하고 공동으로 결과를 이용하려는 경향이 보이는 것으로 판단된다.

둘째, 이용 자세의 측면에서 볼 때 앉은 자세, 허리를 굽힌 자세, 선 자세 등 다양한 형태를 보였다. 키가 작은 어린이뿐만 아니라 키가 큰 어른도 선 체로 이용하는 반면 키가 중간인 학생들도 허리를 굽히거나 앉거나 하는 자세로 이용하고 있었다(그림 7). 이것은 단지 터치스크린의 높이와 이용자 신장의 상대적 관계만으로는 설명이 안되며 이용자 시력, 개인적인 성향, 환경 상황 등 복합적인 요소가 작용하는 것으로 보인다.

• 3단계: 추종(following)

안내로봇은 이용자의 희망 안내 위치를 입력받으면 최적화된 경로를 산출한 후 주행을 시작하였다. 그리고 그 계산된 경로를 기본으로 하여 출몰하는 장애물들을 회피하면서 해당 목적지까지 이동하였다.

이 때 이용자는 목적지 안내를 받기 위해서 로봇을 따라



그림 8. 로봇이 길안내하는 중의 이용자 위치. (a) 로봇의 후면. (b) 로봇의 측면.

Fig. 8. The location of users when the robot is guiding. (a) The rear of the robot. (b) The side of the robot.

가야 했는데 그림 8에서와 같이 따라가야 하는 상황의 특성상 이용자의 위치는 주행 중인 로봇의 후면 또는 측면이었다. 이동 경로에 사람들이 많아 혼잡도가 높을 때는 주로 로봇의 뒤를 따라가는 양상이었으며, 그렇지 않은 경우는 옆에서 나란히 걷는 양상을 보였다.

결과적으로 로봇의 전면부에서 접촉하여 안내 명령을 입력한 이용자는 로봇의 측면이나 후면으로 위치 이동하여 로봇의 자율 주행을 추종하는 양상을 나타내었다.

• 4단계: 종료(end)

로봇이 목적지까지 길안내 주행을 마치면 이용자와 자연스럽게 헤어지게 된다. 로봇이 해당 안내명령을 마치면 다시 자율 순찰 모드로 들어갔으며 이용자는 해당 전시물을 관람하였다. 그러나 이런 정상적인 종료 양상만 보이는 것은 아니고 비정상적인 종료 양상도 보였다. 길안내 중 로봇을 그냥 두고 사라지는 등 비정상적인 이용 종료가 발생하기도 하는데, 이 경우 로봇은 이를 인식할 수 없으므로 안내 종료될 때까지 임무수행을 할 수 밖에 없었다.

• 안내기능 외적 이용형태

안내 로봇의 이용자 중에는 본연의 기능인 전시 안내와는 무관한 이용형태가 관찰되었는데 다음과 같이 크게 2가지로 설명된다.

첫째, 안내로봇을 하나의 전시물로 보는 경향이 있다. 관람객들은 안내기능의 활용에 앞서 스스로 움직이고 있는 로봇 자체에 흥미와 관심을 보였다. 로봇을 계속 구경하거나 만져보거나 사진을 찍는 등의 행동을 하였다. 또한 로봇의 주행을 일부러 방해하거나 건드리는 등의 행동을 통해 로봇의 반응을 관찰하기도 하였다.

둘째, 안내로봇을 인간으로 대하는 경향이 있었다. 이는



그림 9. 로봇을 친구로 대하는 어린이.
 Fig. 9. Children treating the robot as a friend.

주로 어린이들에게서 관찰되었는데 로봇을 무생물로 보는 것이 아니라 생물을 대하는 듯 한 행동을 보였다. 그 형태로는 그림 9와 같이 로봇을 쓰다듬는 행위, 말을 걸어보는 행위 등이 있었다.

2. 이용자의 주관적 평가

이전 연구[5,6,10,11]의 로봇에 대한 이용자의 주관적 평가 방법을 참조하여 안내 로봇에 대한 평가 설문지를 작성하였다. 그리고 운용된 안내로봇을 이용한 관람객을 대상으로 이용 직후 현장에서 설문조사를 실시하였으며 그 결과 251명분의 유효한 조사서를 확보하였다. 설문참여자의 성별 구성으로는 여성이 66 %, 남성이 34 %이었으며, 연령별 구성으로는 20대 이하인 초중고학생들은 74 %, 20대 이상인 성인은 26 %이었다. 연령구분을 학생과 성인으로만 구분한 것은 과학관의 관람객 특성이 학생과 교사, 자녀와 부모 등과 같이 학생과 성인의 동반 관람구성이 주류를 이루고 이를 기준으로 한 비교가 의미 있기 때문이다. 단, 취학 전 아동 관람객들은 설문지에 대한 이해도가 낮아 평가자 그룹에서 배제하였다.

• 로봇 인상

안내로봇은 불특정 다수의 사람들을 대상으로 서비스를 제공하므로 사람들이 감정적으로 느끼는 로봇에 대한 인상이 중요한 평가 요소가 될 필요가 있다. 이에 ‘흥미로움’, ‘친근함’, ‘똑똑함’, ‘외형호감’ 등의 4가지 요소를 로봇에 대한 인상 평가 항목으로 사용하여 설문지를 구성하였다.

설문지에 있어 모든 주관적 평가 항목들은 1-5점의 척도를 사용하였는데 1점은 가장 부정적, 3점은 중간, 5점은 가장 긍정적인 것으로 평가하도록 하였다.

그 결과, 각 항목들의 평균값이 ‘흥미로움’은 4.32, ‘친근함’은 4.10, ‘똑똑함’은 4.27, ‘외형호감’은 4.02점으로 나타남으로써 안내로봇에 대한 전반적인 인상은 긍정적인 것으로 평가되었다.

그런데 이 인상에 대한 평가 결과를 이용자의 성별이나 연령에 따라 비교해보면 남자보다는 여자가, 성인보다는 학생의 평균 점수가 높은 것을 볼 수 있다(그림 10).

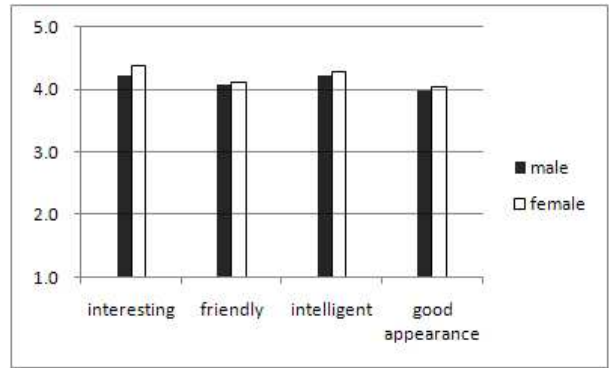
• 로봇 성능

로봇의 안내 성능을 평가하기 위한 항목으로 ‘사용의 편리함’, ‘길안내의 정확성’, ‘장애물 회피’ 등의 3가지 요소를 사용하였다. 그 결과, 각 항목들의 평균값은 각각 4.06점, 4.05점, 4.06점으로써 성능에 대한 이용자의 평가는 긍정적이었다.

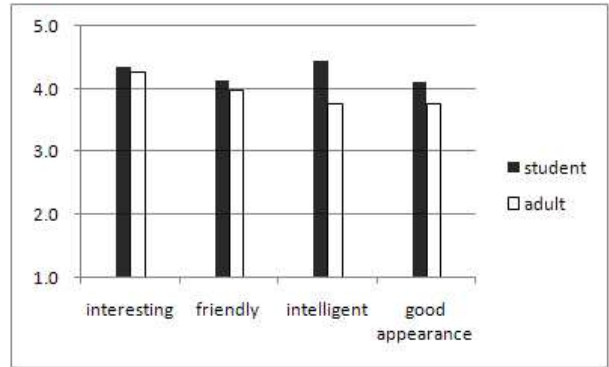
성별과 연령별로 비교하였을 때 여자보다 남자가, 성인보다 학생이 더 높은 점수를 주었다(그림 11).

• 이동속도

안내로봇은 이용자가 원하는 위치까지의 경로를 안내하므로 이용자와 같이 이동해야 하는 특성이 있다. 여기서 운용된 로봇들의 주행 속력은 약 0.5 m/sec이었다. 이는 시속 1.8 km로써 성인의 일반적인 보행 속력인 시속 4-5 km 보다 매우 느린 것으로 보이지만, 실내 전시관에서 전시물을 관람하는 이용객 입장에서의 주관적인 평가를 확인할 필요가 있었다. 이에 대한 평가는 ‘매우 느리다’, ‘느리다’, ‘보통이다’, ‘빠르다’, ‘매우 빠르다’의 5가지 척도를 사용하였다.



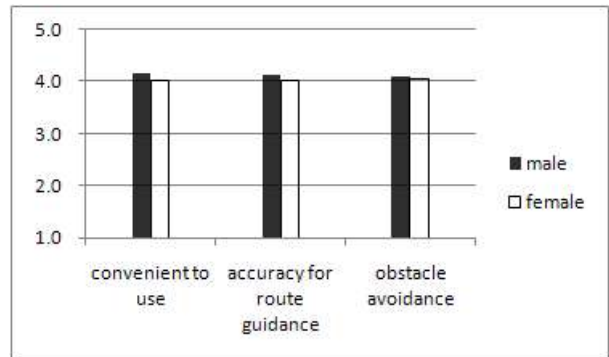
(a) Comparison of male and female.



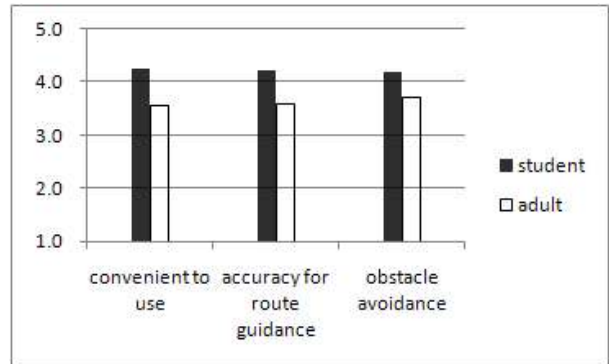
(b) Comparison of student and adult.

그림 10. 로봇 인상에 대한 평균 점수.

Fig. 10. Average score for the robot impression.



(a) Comparison of male and female.



(b) Comparison of student and adult.

그림 11. 로봇 성능에 대한 평균 점수.

Fig. 11. Average score for the robot performance.

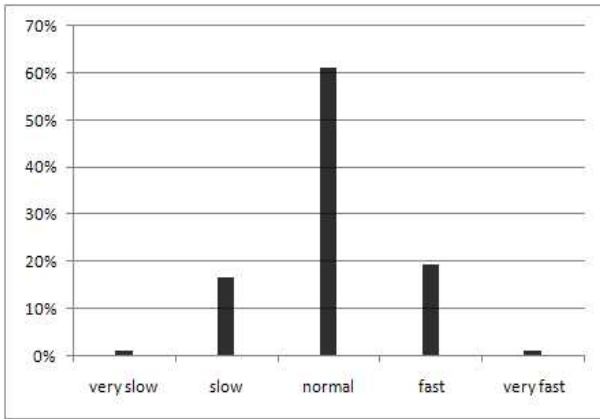


그림 12. 로봇 주행속도에 대한 설문결과.
Fig. 12. Survey results for the traveling speed of the robot.

그 결과 그림 12와 같이 ‘적당하다’고 판단하는 이용자가 약 60%이고 전체 평균이 중간 값에 가까우므로 안내로봇의 이동속도는 적절한 것으로 판단된다. 그리고 이런 경향은 이용자의 성별이나 연령에 따른 차이가 거의 없었다.

• 과학전시 기능

안내로봇이 운용된 과학관의 역할은 과학기술 성과물을 전시하여 이에 대한 대중의 이해와 관심을 증대하는 것이다. 이런 측면에서 안내로봇 자체는 안내기능을 넘어서 첨단과학기술 성과물 전시로서의 의미를 지닌다. 따라서 과학관에 운용되는 로봇은 적절한 전시 기능을 가져야 하며, 이를 평가한 결과 성별이나 연령에 관계없이 모두 4점 이상의 점수를 얻어 전반적으로 전시 기능으로써도 적절한 것으로 파악되었다.

• 안내데스크와 선호도 비교

안내로봇은 궁극적으로 사람이 직접 운영하는 안내데스크를 대체하는 역할을 해야 하므로 이 둘 간의 선호도 비교를 통해 이용자의 성향을 알아볼 필요가 있다. 이를 위해 안내로봇을 이용한 관람객들을 대상으로 안내데스크와 안내로봇 중 더 좋아하는 것을 선택할 수 있는 질문을 제시하였다.

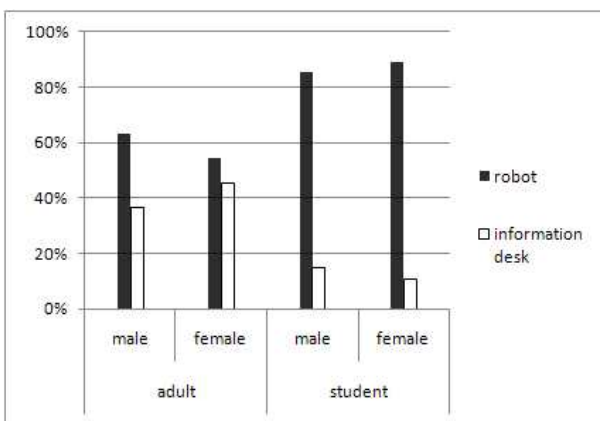


그림 13. 안내데스크와 안내로봇 선호도 비교.
Fig. 13. The preference comparison of the information desk and the tour-guide robot.

그 결과 이용자의 성별과 연령 구분에 따라 비교할 때 남성과 여성의 차이점은 작았고 학생과 성인 그룹을 비교할 때 그 차이가 매우 컸다(그림 13). 학생의 경우 거의 90%가 안내로봇을 선호하였으나, 성인의 경우는 남자와 여자를 합한 평균치가 60%에 미치지 못하였다. 즉, 성인의 약 40%는 안내로봇보다 안내데스크를 더 선호하는 경향을 가지고 있는 것을 알 수 있다.

VI. 안내로봇 개선에 대한 고찰

안내로봇 이용패턴 관찰 분석 및 이용자 주관적 평가 분석의 결과를 통해 이용자 측면을 고려한 개선 방안을 도출할 수 있었다. 첫째는 안내로봇의 이용 단계별 개선이고 둘째는 안내로봇의 이용자 그룹별 개선이다. 본 절에서는 이 두 가지 개선방안을 기준으로 구체적인 방법들을 제시하고자 한다.

1. 이용 단계별 개선

안내로봇 이용행태 고찰을 통해 이용과정을 4단계로 나눌 수 있었고 단계별 특징이 존재하였으며, 각 단계별 분석 결과로 이용자 측면의 개선방법들을 다음과 같이 제안한다.

• 접근단계: 이용자접근 감지기능 부가

안내로봇을 이용하기 위하여 전면으로 주행 중인 로봇을 후면에서 접근하여 전면의 터치스크린을 사용하는 데는 부자연스러움이 발생하였다. 그러므로 로봇의 후면에서 쉽게 로봇의 최초 접촉을 할 수 있는 기능이 추가될 필요가 있다. 이를 위해 로봇의 전면부에만 사용되고 있는 레이저 스캐너나 초음파 센서의 사용을 후면부까지 연장하거나 추가 설치할 수 있겠다. 이들 센서로부터 접근하는 이용자의 상대적 거리 정보를 획득할 수 있고 거리 값의 변화를 인지하여 이용자 접근 여부를 판단하게 할 수 있다. 또 다른 방법으로는 음성 인식 모듈을 설치하여 이용자가 음성으로 로봇의 주행 정지 명령을 내리도록 할 수 있다. 이런 개선으로 후면에서 접근하는 이용자는 보다 손쉽게 로봇을 멈추고 최초 접촉을 할 수 있을 것이다.

• 접촉단계: 명령 인터페이스 구조 개선

이용자들은 터치스크린을 이용할 때 신장이나 연령 등에 대한 일정한 경향이 없이 서기, 앉기, 구부리기 등 다양한 이용 자세 양상을 보였다. 인간을 표방하는 휴머노이드형 로봇의 목적에 비추어 가장 자연스러운 이용 자세는 서서 이용할 수 있도록 하는 것이다. 따라서 이용자의 신체조건에 관계없이 자연스럽게 기립한 자세로 터치스크린을 이용할 수 있도록 개선할 필요가 있다. 이를 위해 고정형의 터치스크린 대신 이용자 시야각과 높이에 맞추어 자율 조절할 수 있는 수직 높이 조절 기능이나 상하 각도 조절 기능이 추가된 가변형의 터치스크린을 적용할 수 있겠다. 이런 개선을 통해 안내로봇과 접촉한 이용자는 별다른 자세 변화 없이 자연스럽게 명령 인터페이스를 이용할 수 있을 것이다.

• 추종단계: 인터랙션 기능 부가

추종단계는 다른 이용 단계보다 사용 시간이 상대적으로 길다. 그러나 관찰 결과 안내로봇과 이용자는 길안내 명령 입력 후 목적지 도착까지 추가적인 상호 인터랙션 없이 단

순이 이끌고 따라가는 행동만을 보이고 있다. 따라서 이용자는 일반적으로 로봇을 뒤따라가면서 무의미한 로봇의 후면부를 바라보며 이동하게 된다. 이를 개선하기 위해 로봇의 후면부에 이용자에게 정보를 줄 수 있는 디스플레이 장치나 음성 출력 장치를 추가할 수 있겠다. 디스플레이 장치로는 간단한 문자 표시가 가능한 LED Dot Matrix (LDM), 음성 출력 장치로는 일반적인 내장형 스피커를 제안한다. 이 장치를 사용하여 이동 중인 지역의 전시물 안내와 같은 정보를 계속 제공해 줄 수 있다. 또한 접근단계에서 제안한 음성 인식 모듈과 연계가 된다면 좀 더 복잡하고 다양한 질문 응답을 통한 대화 인터랙션이 가능할 것이다. 다른 방법으로 로봇 자체를 후진 주행시켜줌으로써 이용자가 자연스럽게 로봇의 전면을 마주보도록 할 수도 있다. 이런 개선을 통해 안내로봇 이용의 효율성 증대와 더불어 로봇과 이용자와의 친밀감을 향상시킬 수도 있을 것이다. 또한 수동적인 개념인 추종단계는 보다 나은 동행단계라는 개념으로 발전될 수 있을 것이다.

• 종료단계: 자동종료 기능 부가

이용자들 중에는 안내로봇에게 길안내를 명령한 직후 또는 길안내 이동 중에 갑자기 이용을 중단하고 자리를 떠나는 경우가 있다. 이런 경우 로봇은 이용자가 없는 상황을 인지하지 못하므로 최초 명령대로 목적지까지 길안내 주행을 계속하게 된다. 그만큼 로봇 이용의 효율성은 떨어지게 된다. 이를 개선하기 위해 앞서 접근단계에서 제안한 초음파 센서 등과 추종단계의 디스플레이나 음성 출력 장치를 활용하여 이용자의 중도 이용 종료 여부를 판단하게 할 수 있겠다. 초음파 센서로부터 얻어지는 데이터를 통해 일정 시간 이상으로 이용자 감지가 안 될 경우 출력 장치를 통해 이용자에게 계속 사용 여부를 요청할 수 있다. 이런 일련의 과정을 통해 이용자 부재를 판단하고 필요시 로봇이 길안내 명령을 자체 종료할 수 있도록 알고리즘을 개발할 수 있을 것이다. 이런 개선을 통해 로봇의 시간적 이용 효율성이 증대되어 결과적으로는 보다 많은 이용자들에게 안내로봇의 사용 기회를 제공할 수 있게 될 것이다.

2. 이용자 그룹별 개선

안내로봇 이용자의 주관적 평가 결과에서 평가 항목에 따라 성별과 연령별 구분의 이용자 그룹 간에 차이점이 존재하는 것을 발견하였다. 이를 바탕으로 안내로봇에 대한 개선방안들은 다음과 같다.

로봇 인상에 대한 주관적 평가 결과로써 여자보다 남자가, 학생보다 성인이 낮은 점수를 주는 것을 알 수 있었다. 이는 남자이면서 성인인 이용자 그룹이 로봇에 대해 상대적으로 좋지 않은 인상을 가진다고 볼 수 있다. 따라서 외형 디자인과 같은 로봇의 인상을 결정짓는 요소는 성인 남성의 성향을 더욱 고려하여 개선되어야 할 것이다.

로봇 성능에 대한 주관적 평가에 따르면 남자보다 여자가, 학생보다 성인의 점수가 낮은 것을 보였다. 이는 여자이면서 성인인 이용자 그룹에서 로봇에 대한 성능을 낮게 평가하고 있는 것으로 볼 수 있다. 따라서 사용의 편리함과 같은 로봇의 성능 요소에서는 성인 여성의 성향이 고려된 개선이 있어야 할 것이다.

로봇의 이동속도에 대한 평가로 성별이나 연령별 그룹에 차이가 없이 평균치가 중간 값인 ‘적당하다’고 판단하는 것을 보였다. 하지만 적당한 속도라고 응답한 60%의 이용자를 제외한 나머지 40%는 로봇의 속도를 느리거나 빠른 것으로 평가하고 있다고 볼 수 있다. 이를 개선하기 위해 이용자에게 속도를 선택적으로 조절할 수 있는 기능을 제공하거나 로봇이 이용자와 항상 적정한 간격이 유지되는 기능을 마련할 수 있을 것이다. 전자의 경우 터치스크린을 통해 몇 단계의 속도를 제시하고 선택 취소할 수 있는 환경을 제시할 수 있으며, 후자의 경우 앞서 제안한 초음파 센서를 활용하여 이용자와의 거리 정보를 얻어 항상 일정 거리 범위내로 유지되도록 로봇의 주행 속도를 제어하는 알고리즘을 개발할 수 있겠다.

안내로봇과 안내데스크의 선호도를 평가한 결과에서 학생 그룹은 안내로봇 선호도가 약 90%로 매우 높은 반면 성인 그룹의 경우는 약 60% 정도에 그쳤다. 특히 성인 여성 그룹의 경우 안내로봇 대 안내데스크 선호도가 55:45로 안내로봇 선호도가 상대적으로 낮았다. 성인이 학생에 비해 새로운 환경에 대한 거부감이 높은 현상 등을 반영한 것일 수도 있었으나 전 이용자들에게 만족을 줄 수 있는 안내로봇 개발에 있어 극복해야 할 필요가 있다. 성인 그룹의 관점에서 볼 때 안내데스크에 비해 자세하고 복잡한 문의를 할 수 없는 점과 친절하게 대하지 못하는 점이 약점으로 판단된다. 이런 관점에서의 개선책으로 로봇이 이동 가능한 범주의 길안내 정보 외에도 보다 넓은 범위와 다양한 정보를 이용자에게 제공하도록 하고 로봇의 친절함을 강화하기 위한 다양한 표정의 얼굴과 함께 손동작 및 몸동작을 추가할 수 있을 것이다.

VII. 결론

다양한 연령층의 수많은 방문객들이 복잡하고 활동적인 관람 동선을 특징으로 가진 과학관이라는 전시시설에서 자율주행 안내로봇을 장기간 운용하였다. 운영기간 동안 안내로봇 이용 관람객들의 행동을 관찰하여 이용과정을 크게 접근, 접촉, 추종, 종료의 4단계 프로세스로 정립하였으며 각 단계별 이용 행태의 특징을 서술하였다. 또한, 이용자들에 대한 설문조사를 통하여 안내로봇에 대한 주관적인 평가 결과를 얻었으며 이용자의 성별과 연령에 따라 결과 값의 차이가 존재하는 것을 알 수 있었다. 이런 운용 결과에 대한 분석을 바탕으로 개선 기준을 이용 단계별 개선 및 이용자 그룹별 개선으로 제시하고 각각 구체적인 개선 방안들을 제안하였다. 본 논문에서 제안한 2가지 개선 기준과 개선 방안들은 이용자 중심의 안내로봇 개발에 활용될 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] W. Burgard, A. B. Cremers, D. Fox, D. Hähnel, G. Lakemeyer, D. Schulz, W. Steiner, and S. Thrun, "Experiences with an interactive museum tour-guide robot," *Artificial Intelligence*, vol. 114, pp. 3-55, 1999.
- [2] S. Thrun, M. Bennewitz, W. Burgard, A. B. Cremers, F.

Dellaert, D. Fox, D. H'ahnel, C. Rosenberg, N. Roy, J. Schulte, and D. Schulz, "MINERVA: a second-generation museum tour-guide robot," *Proc. of the 1999 IEEE International Conference on Robotics & Automation*, pp. 1999-2005, May 1999.

[3] M. Roussou, P. Trahanias, G. Giannoulis, G. Kamarinos, A. Argyros, D. Tsakiris, P. Georgiadis, W. Burgard, D. Haehnel, A. Cremers, D. Schulz, M. Moors, E. Spirtounias, M. Marianthi, V. Savvaides, A. Reitelman, D. Konstantios, A. Katselaki, "Experiences from the Use of a Robotic Avatar in a Museum Setting," *Proc. of the 2001 Conference on Virtual Reality, Archeology, and Cultural Heritage*, pp. 153-160, Nov. 2001.

[4] B. Jensen, N. Tomatis, L. Mayor, A. Drygajlo, and R. Siegwart, "Robots meet humans-interaction in public spaces," *IEEE Trans. on Industrial Electronics*, vol. 52, no. 6, pp. 1530-1546, Dec. 2005.

[5] M. Shiomi, T. Kanda, H. Ishiguro, and N. Hagita, "Interactive humanoid robots for a science museum," *IEEE Intelligent Systems*, pp. 25-32, March/April 2007.

[6] T. Kanda, M. Shiomi, Z. Miyashita, H. Ishiguro, and N. Hagita, "A communication robot in a shopping mall," *IEEE Trans. Robotics*, vol. 26, no. 5, pp. 897-913, Oct. 2010.

[7] T. Kanda, R. Sato, N. Saiwaki, and H. Ishiguro, "A two-month field trial in an elementary school for long-term human-robot interaction," *IEEE Trans. on Robotics*, vol. 23, no. 5, pp. 962-971, Oct. 2007.

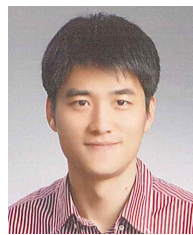
[8] G. Kim and W. Chung, "Navigation behavior selection using generalized stochastic petri nets for a service robot," *IEEE Trans. on Systems, Man, and Cybernetics-*

Part C: Applications and Reviews, vol. 37, no. 4, July 2007.

[9] H. Park, W. Yu, S. Hong, S. Bu, and S. Song, "Hybrid u-Robot service system technology development for u-City," Ministry of Knowledge Economy, Korea, Report, 2011.

[10] T. Shibata, K. Wada, and K. Tanie, "Questionnaire results of subjective evaluation of seal robot at the national museum of science and technology in stockholm, sweden," *International Symposium on Advanced Intelligent Systems*, pp. 16-19, Sep. 2003.

[11] T. Shibata, K. Wada, Y. Ikeda, and S. Sabanovic, "Cross-culture studies on subjective evaluation of a seal robot," *Advanced Robotics* 23, pp. 443-458, 2009.



안 태 범

1997년 한양대학교 기계공학과 졸업. 1999년 동 대학원 석사. 현재 충남대학교 기계설계공학과 박사과정 재학중이며 국립중앙과학관에 재직중. 관심분야는 로봇 응용, 휴먼-로봇 인터랙션.



강 이 석

1974년 서울대학교 기계공학과 졸업. 1983년 아주대학교 기계공학과 석사. 1994년 한국과학기술원 기계공학과 박사. 1991년~1992년 MIT대학 방문연구원. 1981년~현재 충남대학교 기계설계공학과 교수. 관심분야는 제어이론의 응용, 로보틱스, 인공지능, 유압공학.