
다중 센서 시스템을 이용한 이동로봇의 자동-절환 사용자 인터페이스



Auto Sequencing User Interface for Mobile Robot Using Multi Sensor System



송태훈, Taehoun Song*, 박지환, Jihwan Park**, 박종현, Jonghyun Park**
, 정순묵, Soonmook Jung**, 홍순혁, Soonhyuk Hong**, 김기오, Gioh Kim**, 전재욱, Jaewook Jeon***



요약 본 논문에서는 이동로봇에 사용되는 저가형 다중 센서를 이용하여 로봇의 작업환경을 인지할 수 있는 다중 센서 시스템을 개발하고, 이에 따른 이동로봇의 사용자 인터페이스를 개발함으로써 원격지에서 이동로봇을 조종하는데 주변 환경에 적합한 센서를 선택하고, 선택된 센서의 정보를 사용자 인터페이스 화면에 표시하는 '자동-절환' 기능을 추가함으로써 로봇 주위의 환경을 보다 효과적으로 파악할 수 있는 인터페이스를 구현하였다. 실험에 사용된 저가용 센서는 초음파, Position sensing detector, 저가형 CMOS 카메라 모듈을 사용하였다.

Abstract In this paper, we develop the multi sensor system, to get the sufficient information of mobile robot's environment, Mobile robot user interface, based on multi sensor system, can choice a suitable sensor by low-cost multi sensors and then acquisition information from remote robot's workspace using auto sequencing user display function. This research of multi sensor system is consists of ultrasonic sensor, position sensing detector, and low-cost CMOS camera module.

핵심어: *User interface, Auto-sequencing display, Mobile robot, Multi sensor system*

본 연구는 삼성전자주식회사(통신연구소)와 성균관대학교 산학협력단의 산학협동 연구 용역에 의해 개발된 연구결과로 수행되었음.

*송태훈 : 성균관대학교 정보통신공학부; e-mail: thsong@ece.skku.ac.kr

**박지환, 박종현, 정순묵 : 성균관대학교 정보통신공학부; e-mail: {fellens, uzinei, kuni80}@ece.skku.ac.kr

**홍순혁, 김기오 : 삼성전자 통신연구소 응용기술 Lab.; e-mail: {soonhyuk04,hong, gioh,kim}@samsung.com

***전재욱 : 성균관대학교 정보통신공학부; e-mail: jwjeon@yurim.skku.ac.kr

1. 서론

현재 로봇에 관한 연구는 사람과 상호작용을 하면서 동일한 공간에서 인간기능을 대신할 수 있는 다양한 형태의 로봇 개발에 집중되고 있다. 현재의 로봇 기술은 전기, 전자, 통신, 반도체 기술을 바탕으로 인공지능, 나노기술 및 인간공학과 결합된 여러 학문의 복합체적인 연구가 진행되고 있다. 이 중 인공지능 및 인간공학 기술은 사람과 로봇이 상호작용하는데 핵심적인 역할을 담당한다. 이는 로봇이 수행하는 역할의 변화로 인해 발생하는데, 과거의 로봇은 산업현장에서 단순 반복적인 형태의 업무를 대행하였다. 따라서 과거의 로봇은 사람이 교시하는 업무를 빠른 시간 안에 최대한 오차 없이 수행하는데 그 목적이 있었다. 하지만 현재의 로봇은 가사지원, 의료지원, 엔터테인먼트 등 인간의 삶의 질을 향상시키는 서비스 형태의 업무를 수행하는데 그 목적이 있다. 또한 나노기술의 발전과 유비쿼터스 기술로 로봇은 인간의 생활 공간 구석구석에서 인간의 삶의 질을 높일 수 있는 연구가 활발히 진행되고 있으며 그 형태 또한 다양해 지고, 소형화 되고 있다. 특히 사람과 같은 공간에서 생활하며 인간에게 편의를 제공하는 서비스 로봇은 사람이 쉽게 사용할 수 있으며, 자연스러운 상호작용이 가능한 형태의 인터페이스를 제공해야 한다. 따라서 이러한 개인용 서비스 로봇은 높은 지능과 안전을 고려한 개발이 중요하다 [1, 2]. Zenn Z.는 사용자와 서비스 로봇간의 유용한 정보를 주고 받는 것에 관한 연구를 수행하였으며, 이를 이용하여 인간 친화적인 MRI (Magnetic Resonance Imaging) 개발에 관한 연구 결과를 보였다. 그 결과인 지능형 휴먼-로봇 시스템은 알려지지 않은 상황에서 자연어를 이용하여 많은 서비스 기능을 수행하는데 있어서의 유용성을 강조하였다. Perzanowski D.는 이동로봇을 위한 멀티-모달 인터페이스에 관한 연구를 수행하였으며, 커뮤니케이션과 상호작용 모델을 세우고 사람과 의사소통 하기 위한 감각의 모방을 연구하였다. 그 결과로 자연 언어를 이해하고 제스처를 인식할 수 있는 체제 구축에 관한 내용을 소개하였다 [4]. 휴먼-로봇 상호작용에 관한 또 다른 연구로는 서비스 로봇의 인터페이스 프레임워크 디자인 방법에 관한 선행 연구들이 있다. 휴먼-로봇 상호작용 인터페이스 프레임워크를 위한 디자인에는 사용자 중심 디자인, 산업 디자인, 자연어 처리에 관한 연구들이 있다. 이러한 디자인 프로세스는 시제품을 이용한 사용자의 개발 노력과 구성 컴포넌트로부터의 결과를 바탕으로 지속적으로 적용되어 개발이 진행되고 있다 [5].

휴먼-로봇 인터페이스 기술은 크게 4 종류로 구성되어 있다. 첫째는 입력도구를 이용한 상호작용 기술이다. 가장 기본적인 입력 장치는 키보드 또는 마우스를 이용한 방법이다 [6, 7]. 햅틱 입력장치는 키보드나 마우스에 비해 보다 정밀한 상호작용을 가능하게 한다. 일반적으로 햅틱장치와 착용형 입력 장치는 특별한 목적을 위해 사용되며, 로봇 제어에 다양하게 적용되는 추세이다. 이러한 다양한 종류의 입력 장치들은 이동로봇 혹은 휴머노이드 로봇과 같은 다양한 종류의 로봇 제어에 사용된다 [8, 9, 10, 11]. 둘째는 센서 정보를 이용한 외부환경 전시 및 모니터링 기술이다. 로봇은 초음파, PSD, 레이저 레인지 파인더 등의 센서를 이용하여 로봇의 주위 환경을 파악할 수 있고, 2D 혹은 3D 환경지도를 작성할 수 있다. 따라서 사용자는 원격지에서 로봇 주위 환경을 모니터링 할 수 있다 [12, 13]. 셋째는 감성명령인식 및 재현 기술이다. 로봇과 상호작용을 위한 감성명령에는 음성, 제스처, 감정, 터치 및 압력 센서를 이용

하는 방법이 있다 [14, 15, 16, 17]. 그리고 마지막 넷째는 사람과 로봇이 효율적으로 정보를 주고 받기 위한 인터페이스 프로그램의 프레임워크 기술이다. 인터페이스 프레임워크에 관한 최근의 연구는 시멘틱 웹을 사용한 프레임워크 기술[18, 19]과, 멀티모달을 이용한 프레임워크 기술 등이 있다 [20, 21].

본 논문은 인터페이스 프로그램의 프레임워크에 관한 내용이다. 기존에 개발된 프레임워크 기술에 데이터 가공 기술 및 자가진단 기능을 추가함으로써 사용자가 보다 편리하게 로봇의 기능을 사용할 수 있으며, 또한 로봇의 오작동을 방지할 수 있는 기능을 제공하는데 그 목적이 있다. 원격지에서 이동로봇의 작업환경을 파악하는데 가장 일반적인 방법은 로봇에 장착된 카메라를 이용하여 로봇의 작업환경을 모니터링 하는 방법이다. 하지만 카메라가 동작할 수 없는 상황 (로봇의 주위 환경이 너무 밝거나 혹은 너무 어두운 경우)가 발생할 경우 이를 대체할 센서가 필요하다. 따라서 카메라의 고장이나 조명의 영향으로 카메라가 정상적인 작동을 수행하지 못하는 경우 저가이며 넓은 거리를 측정할 수 있는 초음파센서가 로봇 주위의 환경을 카메라 대신 인지한다. 하지만 초음파 센서는 약 30 도의 빔 형태의 측정 범위를 갖게 되고, 측정물체와 수직하지 않은 상황에서 거리를 측정할 경우 정밀한 환경인지에 취약한 단점을 지니고 있다. 따라서 초음파센서가 정상적으로 작동하기 힘든 환경이나 고장에 대신 사용할 센서가 필요하다. Position sensing detector (이하 PSD)는 초음파센서에 비해 짧은 거리를 측정함으로, 초음파센서에 비해 탐색영역이 좁은 특성을 갖고 있으나, 거리측정이 초음파센서에 비해 정밀하고 측정 대상과 수직하지 않은 상황에서도 초음파 센서에 비해 비교적 정밀한 거리를 측정할 수 있어 초음파센서의 동작오류 및 고장 발생시 대신 사용할 수 있다.

이에 본 연구에서는 CMOS 카메라 모듈과, 초음파센서, PSD 를 이용하여 다중 센서 시스템을 개발하고, 개발한 다중 센서 시스템을 이용하여 원격지에서 이동로봇을 제어하는 사용자에게 로봇 주위의 환경을 효과적으로 알려줄 수 있는 자동-절환 사용자 인터페이스를 제안한다. 다중-절환 사용자 인터페이스는 사용자가 로봇에 장착된 센서의 상태를 직관적으로 파악할 수 있는 장점과 환경에 적합한 센서의 활용을 높여 보다 세밀하고 정밀한 환경 인지를 가능하게 한다. 또한 이종간의 센서 융합 과정에서 이종간의 센서의 오류 검사를 병행하여 검사할 수 있으며, 센서 오류 발생시 오류 센서를 대체할 수 있는 센서 융합 방법을 제안한다. 제안하는 자동-절환 사용자 인터페이스는 인간과 동일한 공간상에서 작업하는 서비스 로봇과의 상호작용에 있어서 환경인지와 센서의 오류 검사를 수행할 수 있는 인터페이스를 제공함으로써 보다 효과적인 원격지 사용자 인터페이스 방법을 제공하는데 그 의의가 있다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2 장에서는 CMOS 카메라와 초음파센서, 그리고 PSD 센서를 이용한 다중 센서 시스템 구성에 관한 내용을 설명한다. 3 장은 다중 센서의 센서 융합 방법에 관한 내용을 기술한다. 4 장은 인터페이스 화면의 디스플레이 자동-절환 기능에 대한 설명과 로봇의 센서 오류 검사 방법에 대한 내용을 설명하였다. 5 장은 제안한 다중 센서 시스템을 이용한 이동로봇의 자동-절환 사용자 인터페이스에 실험내용을

설명하였다. 마지막으로 제안 내용에 대한 결론을 맺는 것으로 본 논문이 구성되어 있다.

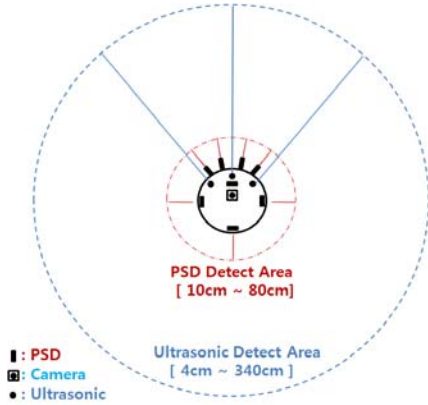


그림 1. 다중 센서 구성도

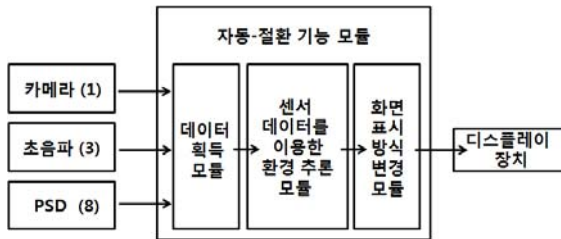


그림 2. 다중 센서 시스템

2. 다중 센서 시스템

다중 센서 시스템은 한 개의 CMOS 카메라와 세 개의 초음파 센서, 그리고 여덟 개의 PSD 센서로 구성된다(그림 1). PSD 센서(GP2Y0A21YK)는 5V의 입력 전압을 이용하여, 인접거리 10cm ~ 80cm에 위치하는 장애물을 측정할 수 있다. 초음파센서(DUR5200)는 40KHz에서 동작하며, 4cm ~ 340cm까지 장애물에 대한 거리 측정이 가능하다. 초음파센서보다 큰(cone) 특성이 적은 PSD 센서는 인접거리의 장애물을 측정하는데 효과적이며, 초음파센서는 PSD 센서에 비해 측정거리가 길기 때문에 PSD 센서가 측정할 수 없는 범위의 장애물을 측정한다. 카메라를 이용한 장애물 측정은 PSD 센서와 초음파센서가 측정한 장애물의 위치를 이용하여 장애물의 세밀한 외형을 획득하는데 사용된다. 단일 카메라를 이용하여 물체까지의 거리정보를 획득할 수 없는 카메라 센서는 초음파센서와 PSD 센서가 획득한 장애물과의 거리값과 격자형태의 환경지도상의 좌표값을 이용하여 장애물이 위치하는 지점을 영상의 중심에 맞추기 위해 카메라가 장착된 PAN/TILT의 상/하 혹은 좌/우를 조정한다. 초음파, PSD, 카메라 센서는 “자동-절환 기능 모듈”의 입력으로 사용되며, 자동-절환 기능 모듈에서 환경에 가장 적합한

센서를 선택하고, 선택한 센서의 정보를 디스플레이 장치에 출력한다(그림 2).

3. 센서 융합

주행평면상의 장애물은 일정한 간격으로 나눈 격자형태의 환경지도를 이용하여 표현할 수 있다. 일정한 간격으로 나눈 환경지도상의 장애물 표시는 해당 격자에 장애물이 존재여부를 확률적으로 표현하는 확실성값으로 표시할 수 있다. 장애물의 존재여부를 나타내는 확실성값은 초음파센서와 PSD 센서의 설치위치와 측정된 거리값을 이용하여 장애물이 존재할 것으로 예상되는 격자를 찾을 수 있다. 따라서 초음파센서와 PSD 센서를 이용하여 장애물이 존재할 것으로 예상되는 격자의 확실성값을 증가시키으로써 주행평면상의 장애물을 표시할 수 있다. 확실성값과 사용자가 지정한 임계값을 이용하여 사용자는 로봇의 주행평면상에 존재하는 장애물을 인식하고 장애물이 존재할 것으로 예상되는 위치를 추정할 수 있다. 하지만 초음파센서와 PSD 센서와 같은 콘(cone) 특성을 갖는 거리 센서는 장애물의 정확한 형태를 관측하기 어렵다는 단점이 있다. 이에 장애물의 외형을 세밀하게 관측할 수 있는 카메라센서를 융합함으로써 로봇 주변에 존재하는 장애물의 형태를 보다 세밀하게 관측할 수 있다. 다음 그림은 본 논문의 센서 융합에 사용된 동종센서(초음파센서 및 PSD 센서) 융합과 이종센서(거리센서 및 영상센서) 융합 알고리즘에 대한 구성도를 설명하였다(그림 3). 초음파센서와 PSD 센서는 거리를 측정할 수 있는 특성을 지닌 동종의 센서로써, 근거리 장애물의 확실성값은 PSD 센서에 의존하여 증가시키고 중/장거리 장애물의 확실성값은 초음파센서를 사용하여 측정하는 융합 메커니즘을 적용하였다. 초음파센서와 PSD 센서간의 융합에 사용되는 계산식은 수식(1)과 같다.

$$W \times \text{Sonar_CV}[i][j] + (1-W) \times \text{PSD_CV}[i][j] \quad (1)$$

수식(1)에서 W는 초음파센서와 PSD 센서 융합에 사용되는 가중치를 의미하며 Sonar_CV[i][j]와 PSD_CV[i][j]는 초음파센서와 PSD 센서를 이용하여 획득한 격자형태의 환경지도 i, j 번째 위치의 장애물 존재 여부에 대한 확실성값을 의미한다. 센서 융합에 사용되는 가중치 W는 퍼지 알고리즘을 이용하여 구한다.

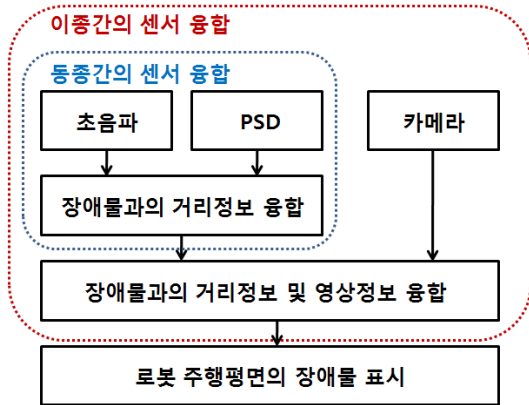


그림 3. 센서융합 구성도

표 1. 초음파센서 거리정보 입력의 언어변수

| 언어변수 | 의미 |
|------|--------------------------------|
| Z | 초음파센서가 장애물을 측정하지 않았다. |
| S | 초음파센서가 장애물을 측정한 거리값이 짧다 |
| M | 초음파센서가 장애물을 측정한 거리값이 중간 정도로 길다 |
| B | 초음파센서가 장애물을 측정한 거리값이 길다 |
| VB | 초음파센서가 장애물을 측정한 거리값 매우 길다 |

표 2. PSD 거리정보 입력의 언어변수

| 언어변수 | 의미 |
|------|--------------------------------|
| Z | PSD센서가 장애물을 측정하지 않았다. |
| S | PSD센서가 장애물을 측정한 거리값이 짧다 |
| M | PSD센서가 장애물을 측정한 거리값이 중간 정도로 길다 |
| B | PSD센서가 장애물을 측정한 거리값이 길다 |
| VB | PSD센서가 장애물을 측정한 거리 값이 매우 길다 |

표 3. 센서융합을 위한 가중치 출력의 언어변수

| 언어변수 | 의미 |
|------|---------------------------|
| Z | 센서 융합에 사용되는 가중치가 없다 |
| S | 센서 융합에 사용되는 가중치가 작다 |
| M | 센서 융합에 사용되는 가중치가 중간 정도이다. |
| B | 센서 융합에 사용되는 가중치가 크다 |
| VB | 센서 융합에 사용되는 가중치가 매우 크다 |

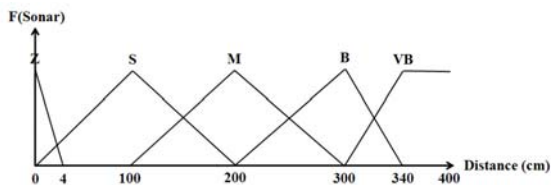


그림 4. 초음파센서가 측정한 거리값의 소속함수

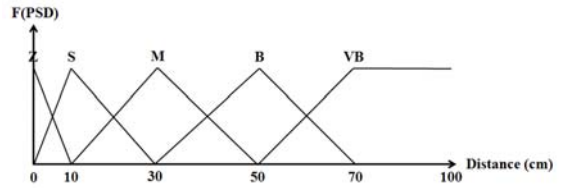


그림 5. PSD 센서가 측정한 거리값의 소속함수

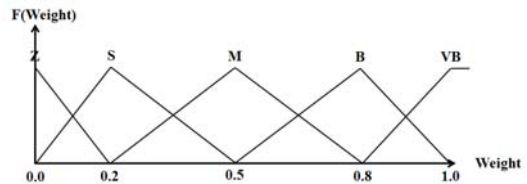
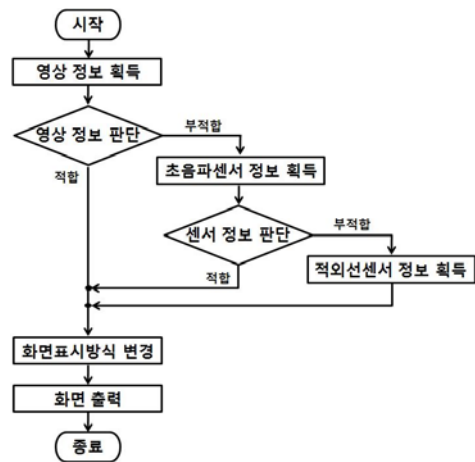


그림 6. 가중치의 소속함수

그림 7. 디스플레이 자동-절환 기능 흐름도

4. 디스플레이 자동-절환 기능 및 센서 오류 검사

4.1 자동-절환 기능

다중 센서 시스템은 로봇의 주행환경에 가장 적합한 센서를 판별하고, 그 센서의 데이터를 디스플레이 장치에 표시하는 역할을 담당한다. 다중 센서 시스템은 CMOS 카메라 모듈로부터 영상을 획득하고, 획득한 영상데이터가 로봇의 주행환경을 인지하는데 적합한지 판단 한다.

영상정보 판단의 결과 적합한 경우에는 영상정보를 디스플레이 장치의 주 화면에 표시할 수 있도록 화면표시방식 변경을 실행한 후 디스플레이 장치에 화면 출력을 실시한다. 만약 영상정보 판단 결과가 부적합한 경우 초음파센서 정보를 획득하고, 획득한 초음파센서의 정보를 이용하여 작업환경에 효율적인지 판단 한다. 센서정보 판단 결과 초음파센서의 정보가 작업환경인지에 적합하면 화면 표시방식을 변경하여, 초음파센서를 이용하여 작업환경 인지결과를 화면에 출력한 후 사용자 인터페이스 구성을 종료한다. 만약 센서정보 판단 결과가 작업환경을 인지하는데 부적합한 경우 PSD 센서 정보를 획득한 후 화면 표시방식 변경을 통해 PSD 센서를 이용하여 작성된 작업 환경인지 결과를 디스플레이장치에 출력한 후 사용자 인터페이스 구성을 종료 한다. 디스플레이 자동-절환 알고리즘의 흐름도는 그림 7 과 같다.

4.2 센서 오류 검사

센서의 오작동을 파악하는 것은 어렵고 힘든 일이다. 하지만 본 논문에서는 센서의 종류를 미리 정의함으로써 이를 해결할 수 있다. 본 연구에서 사용하는 센서는 카메라, 초음파, PSD 센서이다. 사용되는 센서는 모두 저가형 센서를 사용하였다. 카메라 센서의 FAULT 감지는 획득한 영상의 평균값이 FAULT_PIXEL_HIGH_VALUE 와 FAULT_PIXEL_LOW_VALUE 범위 밖에 있을 때 FAULT CAMERA_COUNT 값을 증가 시킨다. 카메라 FAULT 판단의 기준은 원격지의 사용자가 모니터를 통해 물체를 식별할 수 있는 밝기의 PIXEL 값을 정상적인 카메라의 동작으로 판단한 것이다. 초음파센서와 PSD 센서의 FAULT 측정은 초음파센서와 PSD 센서의 설치 위치를 고려함으로써 측정 가능하다. 각 각의 초음파센서와 PSD 센서가 획득한 거리 정보를 이용하여 두 센서의 데이터 비교를 통해 FAULT 를 감지한다. 초음파 센서의 FAULT 발생시 FAULT_SONAR_COUNT 를 증가시키고, PSD 센서의 FAULT 발생시 FAULT_PSD_COUNT 를 증가시킨다.

5. 다중 센서시스템을 이용한 이동로봇의 자동-절환 인터페이스 실험

본 논문에서 제안한 다중 센서 시스템을 이용한 이동로봇의 자동-절환 사용자 인터페이스를 이용한 실험은 그림 8 과 같은 주행환경에서 실험하였다. 사용자는 이동로봇을 Start 지점에서부터 Target 지점까지 원격지에서 장애물을 회피하며 이동로봇을 조종한다. 사용자가 원격지에서 사용한 다중 센서 시스템을 이용한 이동로봇의 자동-절환 사용자 인터페이스는 그림 9 와 같다. 인터페이스 화면은 CMOS 카메라와 초음파센서, 그리고 PSD 센서의 값을 이용하여 환경에 따라 적합한 센서의 값을 절환하며 디스플레이 한다.

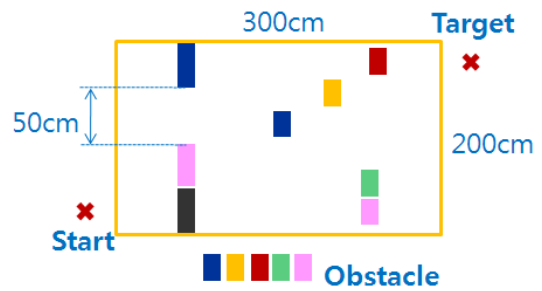


그림 8. 이동로봇의 주행환경

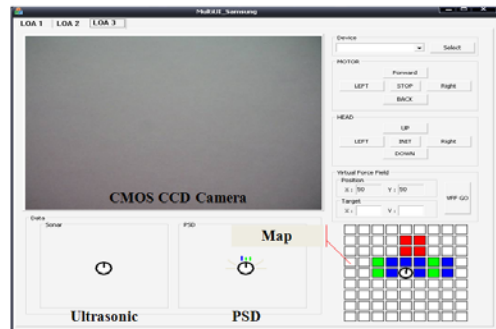


그림 9. 다중 센서 시스템을 이용한 이동로봇의 자동-절환 사용자 인터페이스

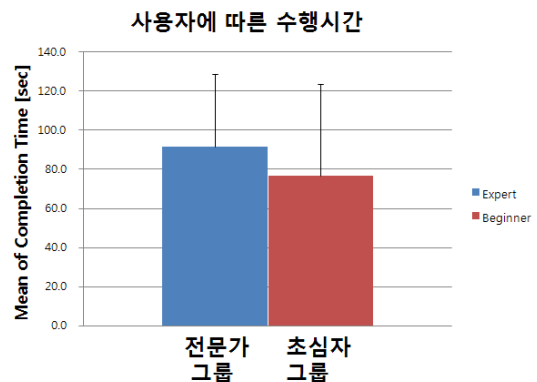


그림 10. 사용자에 따른 수행시간 측정 데이터

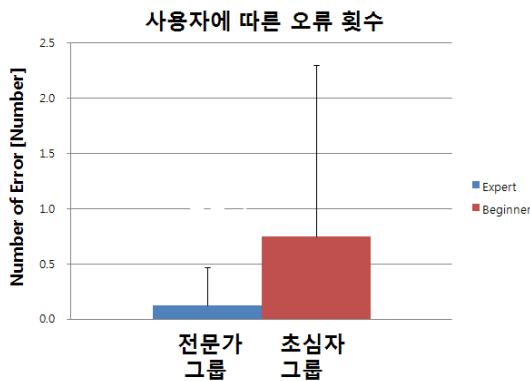


그림 11. 사용자에 따른 조작 오류 데이터

실험에 참가한 인원은 총 8 명으로 인터페이스 개발에 참여한 개발자를 ‘전문가 그룹’ 이라 정하였으며, 그 외의 인원을 ‘초심자 그룹’ 으로 정하였다. 실험은 총 4 회 실시하여 그룹별 수행시간의 평균과 조작오류로 인한 충돌 횟수의 평균으로 사용자 인터페이스의 유용성을 검증하였다. 그림 10 에 의하면 전문가 그룹이 초심자 그룹에 비해 수행시간은 다소 느린 반면 조작 오류의 횟수 데이터(그림 11)는 초심자 그룹에 비해 상당히 낮은 것을 알 수 있다.

6. 결론

로봇을 조종하기 위한 사용자 인터페이스는 로봇이 사용하는 센서 디스플레이 방식을 누구나 이해하기 쉽고 장애물의 위치를 직관적으로 표시하는 방법을 제시함으로써 로봇주위 환경을 파악하기 어려운 원격 조작에서 유용한 결과를 얻을 수 있다.

참고문헌

[1] IFR UN-ECE, World Robotics 2000.
 [2] J. Heinzmann, and A. Zelinsky, “A safe-control paradigm for human-robot interaction”, *Journal of Intelligent and Robotic Systems*, 25(4), pp. 295-310, 1999.
 [3] Z. Zenn, J. Jung, and K. Park, “Human-friendly Man-Machine Interaction in Smart Home”, *IEEE International Workshop on Robot and Human Communication*, pp. 177-182, 1996.
 [4] D. Perzanowski, A. Schultz, W. Adams, E. Marsh, M. Bugajska, “Building a Multimodal Human-Robot Interface”,

Intelligent Systems Publication Date, Volume: 16, no.1, pp. 16-21, Jan-Feb 2001.

[5] A. Green, H. Huttenrauch, M. Norman, “User Centered Design for Intelligent Service Robots”, *Proceedings of the 2000 IEEE International Workshop on Robot and Human Interactive Communication Osaka, Japan*, pp. 161-166, September 27-29, 2000.
 [6] H. Yanco, J. Drury, J. Scholtz, “Analysis of Human-Robot Interaction at a Major Robotics Competition”, *Journal of Human-Computer Interaction*, 2004.
 [7] B. Maxwell, N. Ward, and F. Heckel, “Game-Based Design of Human-Robot Interfaces for Urban Search and Rescue”, *CHI 2004 Fringe*, 2004.
 [8] S. Zhai, “User performance in Relation to 3D Input Device Design”, *Computer Graphics* 32(4), ACM, pp. 50-54, November 1998.
 [9] S. Zhai, E. Kandogan, Barton, A. Smith and T. Selker, “Design and Experimentation of a Bimanual 3D Navigation Interface”, *Journal of Visual Languages and Computing*, 3-17, Oct. 1999.
 [10] J. Lapointe, N. Vinson, “Effects of joystick mapping and field-of-view on human performance in virtual walkthroughs”, *Proceeding of th 1st International Symposium on 3D Data Processing Visualization and Transmission Padova, Italia*, June 18-21, 2002.
 [11] H. Hasunuma, M. Kobayashi, H. Moriyama, T. Itoko, Y. Yanagihara, T. Ueno, K. Ohya and K. Yokoi, “A Tele-operated Humanoid Robot Drives a Lift Truck”, *IEEE International Conference on Robotics and Automation Washington, D.C*, pp. 2246-2252, May. 2002.
 [12] J. Park, Y. Lee, J. Song, “Intelligent Update of a Visual Map Based on Pose Reliability of Visual Features”, *International Conference on Advanced Robotics, Jeju, Korea*, August 21-24, 2007.(3D)
 [13] H. Ahn, I. Sa, J. Choi, “3D Remote Home Viewer for Home Automation Using Intelligent Mobile Robot”, *International Joint Conference 2006, Busan, Korea*, pp. 3011-3016, Oct. 18-21, 2006.
 [14] J. Trafton, N. Cassimatis, M. Bugajska, D. Brock, F. Mintz, and A. Schultz, “Enabling Effective Human-Robot Interaction Using Perspective-Tacking in

- Robot” , IEEE Transactions on Systems, Man, And Cybernetics–Part A: Systems and Humans, Vol.35, No. 4. , pp. 460–470, July 2005.
- [15] K. Kim, K. Kwak and S. Chi, “Gesture Analysis for Human–Robot Interaction” , ICACT, pp. 1824–1827, Feb 2006.
- [16] R. Mourant and P. Sadhu, “ Evaluation of Force Feedback Steering in a Fixed Based Driving Simulator” , Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 46th Annual Meeting, pp. 2202–2205, 2002.
- [17] M. Scheutz, P. Schermerhorn, C. Middendorff, J. Kramer, D. Anderson and A. Dingler, “Toward Affective Cognitive Robots for Human–Robot Interaction” , American Association for Artificial Intelligence (www.aaai.org), 2006.
- [18] Y. Ha, J. Sohn, Y. Cho, and H. Yoon, “Design and Implementation of Ubiquitous Robotics Service Framework” , ETRI Journal, Vol. 27, Number 6, pp. 666–676, December 2005.
- [19] H. Yanco, J. Drury, “A Taxonomy for Human–Robot Interaction” , AAAI Technical Report FS–02–03, pp. 111–119, November 2002.
- [20] D. Ryu, S. Kang, M. Kim, “Multi–modal User Interface for Teleoperation of ROBHAZ–DT2 Field Robot System” , Proceedings of 2004 IEEE/RSJ International Conference on intelligent Robots and Systems, Sendai, Japan, pp. 168–173, Sep. Oct. 2, 2004.
- [21] R. Sharma, V. Pavlovic, T. Haung, “Toward multimodal human–computer interface” , Proc. IEEE, vol.86, pp. 853–869, May 1998.