인간-로봇 지능형 상호작용 지원을 위한 스마트폰 응용 인터페이스

곽별샘, 이재호
서울시립대학교 전자전기컴퓨터 공학부
semix2@gmail.com, jaeho@uos.ac.kr

Smartphone Application Interface for Intelligent Human-Robot Interactions

Byulsaim Kwak, Jaeho Lee
School of Electrical and Computer Engineering, University of Seoul

요 약

지능로봇은 복잡하고 동적으로 변화하는 환경 내에서 다양한 인식기를 통해 주변 환경 및 상황을 인식하고 이를 바탕으로 사용자에게 지속적으로 유용한 서비스를 제공하는 지능 시스템이다. 그러나 인식 기기의 성능 및 소프트웨어 알고리즘의 한계로 인해 로봇은 중요한 정보를 인식하지 못하거나 잘못된 정보를 인식할 수 있고, 이로 인해 사용자 의도를 파악하지 못하거나 의도하지 않은 행위를 수행할 수 있다. 본 논문에서는 스마트폰을 이용한 로봇-사용자 협력을 제시하여 이러한 문제를 해결하고자 한다. 스마트폰은 사용자가 항상 휴대하고 있기 때문에 언제든 로봇과 협력할 수 있으며 이 기기를 통해 로봇의 인식 정보를 효과적으로 표현하고 직관적인 작업 지시 인터페이스를 제공하여 로봇이 사용자 의도에 적합한 올바른 행위를 수행할 수 있게 한다.

1. 서론

지능 로봇은 일반 가정 및 사무실, 공공장소 등에서 다양한 인식기를 이용하여 주변 환경 및 물체, 사용자 등을 인식하고 인식된 정보를 바탕으로 고급 상황 정보 및 사용자 의도를 추론하여 다양한 행위 기능을 활용하여 사용자에게 유용한 서비스를 지속적으로 제공하는 지능 시스템이다[1][2][3].

그러나 주변 환경의 복잡성, 밝기, 소음 등의 다양한 환경적 요소와 기기 및 소프트웨어 알고리즘의 성능 문제로 인해 지능 로봇은 중요한 정보를 인식하지 못하거나 잘못된 정보를 인식할 수 있다. 이러한 인식의 오류나 불확실성으로 인해 로봇은 사용자 의도를 파악하지 못하거나 사용자가 의도하지 않은 행동을 수행할 수 있다. 또한 잘못된 상황 추론으로 인해 로봇 작업의 오류로 이어지기도 한다.

따라서 로봇 인식의 오류를 최소화하고 직관적으로 사용자 의도를 전달하며, 로봇이 잘못 판단한 상황 정보를 바로 잡아주는 등의 적절한 방법이 요구된다.

본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 스마트폰을 이용한 로봇-사용자 협력을 제시한다. 본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장에서 지능로봇의 작업 생성 및 관리 프로세스를 살펴보고 인식의 오류 및 불확실성으로 인한 다양한 문제를 살펴본다. 3장에서는 이를 극복하기 위해 로봇-사용자 협력을 제시하고 4장에서 스마트폰을 이용한 직관적인 로봇작업 지시와 효과적인 로봇 인식 및 추론 정보의 표현 방법을 제시한다. 5장에서는 실제 로봇과 스마트폰을 이용한 실험으로 이를 검증하고 6장에서 결론을 맺는다.

2. 지능 로봇의 작업 생성 및 관리 프로세스

지능 로봇은 레이저 스캐너, 초음파 센서, 카메라, 마이크 등의 다양한 인식 기기를 활용하여 주변 환경 정보를 수집한다. 수집된 정보는 인식 알고리즘을 구현하는 소프트웨어 컴포넌트에 의해 가공되며, 가공된 정보의 조합을 통해 환경 및 물체, 사용자 얼굴 및 음성, 제스처 등을 인식한다. 이렇게 인식된 정보를 바탕으로 복잡한 추론 과정을 거쳐 사용자 의도를 파악한다. 사용자 의도는 로봇의 작업 관리기로 전달되며, 작업 관리기는 현재의 상황을 고려하여 로봇 작업을 생성하고 적절한 작업계획을 추론하여 사용자 의도에 적합한 행위를 수행한다. 로봇작업 수행 중에도 주변 환경 및 상황을 계속해서 변할 수 있으므로 인식 및 추론 과정은 계속되며, 작업 관리기는 환경 및 상황의 변화로 인해 로봇작업을 지속할 수 없는 경우 새로운 상황에 적합한 작업계획으로 대체하여 작업을 지속할 수 있도록 관리한다[4][5]. 따라서 로봇이 사용자 의도에 적합한 행위를 지속하기 위해서는 환경 및 상황 정보를 올바르게 인식하고 추론할 수 있어야 한다.

그러나 인식 기기의 성능 및 소프트웨어 알고리즘의

한계로 인해 로봇은 중요한 정보를 인식하지 못하거나 잘못된 정보를 인식할 수 있다. 이러한 인식의 오류 및 불확실성은 사용자 의도 생성 및 로봇 작업 수행 전반에 걸쳐 문제가 된다. 사용자 의도를 파악하지 못하여 로봇작업을 생성하지 못하거나, 사용자가 의도하지 않은 행위를 수행할 수 있으며, 로봇 작업 수행 중 주변 환경 및 상황에 적합하지 않은 행위를 수행하여 작업을 지속할 수 없게 된다.

따라서 로봇의 인식 능력을 보조하고 잘못된 추론 정보를 바로 잡으며, 잘못된 행위를 지적하여 로봇이 사용자 의도에 적합한 행위를 지속할 수 있게 하는 보조 수단이 요구된다.

3. 로봇-사용자 협력적 작업 수행

지능 로봇은 매우 복잡하고 역동적으로 변화하는 다양한 환경 및 상황에서 동작하므로 인식의 오류 및 불확실성, 추론 정보의 오류를 완전히 해소하는 것은 불가능하다. 이러한 문제를 해결하기 위한 많은 연구가 진행되고 있지만 이것은 불확실성을 낮추어줄 뿐 완전히 해결하지는 못한다[6].

한편 로봇에 의한 인식 및 추론 결과는 사용자에 의해 올바르게 평가될 수 있다. 사용자는 로봇에게 명령하는 주체이며 로봇 환경 및 상황을 가장 잘 이해하고 판단할 수 있기 때문이다. 따라서 사용자가 지능 로봇의 인식 및 추론, 행위 수행 과정에 적절히 개입하면 문제를 효과적으로 해결할 수 있다.

이러한 로봇-사용자 협력적 작업 수행을 위해서는 다음과 같은 것들이 요구된다.

- **직관적인 로봇작업 지시 및 감시**: 지능 로봇은 개발자뿐만 아니라 어린아이, 학생, 교사, 노인에 이르기까지 매우 다양한 지적 수준의 일반사용자를 대상으로 한다. 따라서 로봇에 대한 지식이 부족한 일반 사용자도 쉽게 로봇작업을 지시하게 하는 직관적인 방법이 요구된다.
- **효과적인 로봇의 인식 및 추론 정보 표현**: 로봇은 매우 다양한 인식기를 통해 많은 정보를 수집하고 고차원 상황을 추론한다. 그러나 로봇에 대한 지식이 부족한 일반 사용자에게 로봇이 인식하고 추론한 정보를 그대로 전달하면 효과적인 협력을 기대하기 어렵다. 따라서 다양한 지적 수준의 일반 사용자가 로봇의 내부 정보를 쉽게 판단할 수 있도록 효과적으로 표현하는 방법이 요구된다.
- **언제 어디서나 로봇-사용자 협력 가능**: 지능로봇은 사용자 의도에 적합한 로봇작업을 수행하는 과정에서 다양한 위치로 이동한다. 사용자 또한 항상 로봇을 주시할 수 없다. 따라서 로봇과 사용자의 위치에 관계없이 언제 어디서나 협력할 수 있게 하는 미디어 기술이 요구된다.

4. 스마트폰을 이용한 로봇-사용자 협력

로봇-사용자 협력적 작업 수행의 요구사항 중 특히 세 번째 항목, 언제 어디서나 사용자 협력이 가능하게 하는 것은 이 기술의 기반 플랫폼을 결정하므로 매우 중요하다. 지능로봇은 사용자 의도에 따라 로봇작업을 생성하여 그것을 수행하는 과정에서 다양한 위치로 이동하는데 만약 사용자 협력을 위한 도구가 로봇의 일부로 제공되면 사용자가 로봇 곁에 있는 동안에만 협력할 수 있으므로 이는 적합하지 않다. 따라서 사용자 협력을 위한 도구는 로봇으로부터 분리되어야 하며, 사용자가 언제 어디서나 이용할 수 있어야 한다.

따라서 협력 도구는 원격지에서 실행되어야 한다. 이 도구의 기반 플랫폼으로 다양한 것들을 생각해볼 수 있다. 첫 번째로 데스크탑 PC를 생각해볼 수 있다. 그러나 데스크탑 PC는 한 곳에 고정되어 있으므로 사용자의 이동을 제한하기 때문에 적합하지 않다. 두 번째로 노트북을 생각해볼 수 있다. 노트북은 데스크탑 PC와 달리 이동과 휴대가 용이하므로 더 나은 환경을 제공한다. 그러나 로봇과 협력하기 위해 항상 노트북의 전원이 켜진 상태로 두는 것은 효율적이지 못하다.

우리는 로봇-사용자 협력 도구의 기반 플랫폼으로 스마트폰을 선택했다. 스마트폰을 이용하는 사용자는 그것을 항상 전원이 켜진 상태로 휴대하고 있기 때문에 언제 어디서나 로봇과 협력할 수 있어야 하는 세 번째 요구사항에 적합하다. 최근 스마트폰들[7][8][9]은 기기 성능이 매우 뛰어나 일정 관리, 메일, 미디어 스트리밍, 네트워크를 이용한 온라인 게임 등 다양한 목적의 어플리케이션을 구동할 수 있게 되었다. 이러한 기기 성능은 로봇과 협력하기 위한 도구기술을 구현하여 실행하는 데 충분하다.

그러나 스마트폰은 데스크탑 PC나 노트북에 비해 많은 제약이 따른다. 특히 조작을 위한 버튼과 화면이 매우 제한적이다. 풀 터치 방식의 스마트폰은 오직 화면으로만 상호작용할 수 있는데 일반적으로 화면의 크기는 4인치를 넘지 않는다. 화면의 크기가 작기 때문에 많은 정보를 한꺼번에 표현하기가 어렵다. 또한 다양한 상호작용을 위한 인터페이스 지원에도 제약이 따른다.

스마트폰은 이러한 제약을 극복하기 위해 다양한 사용자 인터페이스 기술을 제공한다. 화면을 단순히 한 손가락으로 터치하는 것뿐만 아니라 두 손가락 이상을 이용한 화면 확대, 회전, 이동 등의 상호작용 기능이 제공된다. 또한 작은 화면을 효과적으로 사용하기 위한 다양한 기술들이 제공된다. 이렇게 스마트폰에서

기본으로 제공되는 기술들은 이미 그것을 사용하는 사용자들에게 친숙해져 있기 때문에 로봇-사용자 협력 도구 구현에 이를 활용하면 다양한 지적 수준의 일반 사용자가 쉽게 그것을 활용하여 로봇과 협력할 수 있다.

4.1. 직관적인 로봇작업 지시 및 감시

지능로봇으로 가능한 기초적인 작업은 특정 위치로 이동하기, 특정 위치 감시하기, 물건 가져오기 또는 이동시키기 등이 있으며 이러한 기초적인 작업들의 조합을 통해 복잡한 작업을 수행한다. 작은 화면과 제한적인 인터페이스를 제공하는 스마트폰으로 복잡한 로봇작업을 한 번에 지정하는 것은 적합하지 않으며, 일련의 기초적인 작업 지정을 통해 복잡한 작업 계획을 수립하는 것이 적합하다.

다음과 같이 스마트폰을 이용한 기초적인 로봇작업 지시 방법을 제시한다.

- **일련의 기초 작업 지시에 의한 복잡한 작업계획 수립**: 스마트폰의 작은 화면과 제한된 인터페이스로 로봇의 복잡한 작업을 한 번에 지정하는 것은 효과적이지 못하다. 그보다는 일련의 기초 로봇 작업을 따로 지정하여 그 순서를 적절히 배열하는 방법이 더욱 효과적이다.
- **한 손가락 드래그를 통한 환경 맵 이동**: 스마트폰의 작은 화면 크기로 인해 환경 맵을 한 화면에 표시하는 것은 적합하지 않다. 따라서 적절한 가독성을 유지한 상태에서 맵의 일부분을 화면에 표시하고, 드래그를 통해 초점을 이동시키는 것이 더 적합하다. 이것은 스마트폰의 지도 어플리케이션 등에서 많이 사용하는 방법으로 많은 사용자에게 익숙한 방법이다.
- **두 손가락 터치를 통한 환경 맵 확대/축소**: 스마트폰에 표시된 환경 맵은 작업 환경에 따라 가독성이 변하는데 맵의 확대/축소 기능을 통해 가독성 문제를 극복할 수 있다. 두 손가락을 이용한 멀리 벌리기/가까이 모으기 방식의 인터페이스는 스마트폰에서 사진이나 지도를 볼 때 그것을 확대/축소시키는 방법으로 많은 사용자에게 익숙한 방법이다.
- **상하좌우 버튼을 이용한 직관적인 로봇 이동**: 로봇의 정밀한 조작을 위해 사용자가 직접 로봇을 조작하고자 하는 경우, 상하좌우 버튼을 이용하여 전진, 후진, 좌우 회전시킨다.
- **환경 맵의 특정 위치를 한 손가락으로 터치하여 이동/감시**: 로봇을 특정 위치로 이동시키는 가장 직관적이고 쉬운 방법은 맵의 해당 위치를 직접 지정하는 것이다. 화면에 표시된 환경 맵 상의 특정 위치를 한 손가락으로 터치하여 로봇이 그 위치로 이동하게 하거나 그 위치를 감시하게 한다.
- **환경 맵의 특정 물체를 한 손가락으로 터치하여 잡기/내려놓기**: 로봇이 특정 물체를 조작하게 하는 가장 직관적이고 쉬운 방법은 맵에 표시된 해당 물체를 직접 지정하는 것이다. 표시된 물체를 한 손가락으로 터치하여 로봇이 그 물체를 조작하게 한다.

4.2. 효과적인 로봇의 인식 및 추론 정보 표현

직관적으로 로봇작업을 지정하기 위해서는 환경 맵이 필수적이다. 따라서 환경 맵을 바탕으로 로봇의 인식 및 추론 정보를 그 위에 입히는 것이 효과적이다. 이 때 정보는 다양한 지적 수준의 일반 사용자를 고려해야 한다. 센서로부터 인식된 저수준 정보를 있는 그대로 표현하면 로봇에 대한 지식이 부족한 일반 사용자가 그 정보를 활용하기 어렵다. 그러므로 적절한 추상화를 통해 시각적으로 보여주는 것이 효과적이다.

로봇은 다양한 인식기를 통해 매우 많은 정보를 수집하고, 복잡한 추론 과정을 거쳐 고수준의 상황 정보를 생성한다. 그리고 로봇 환경 및 상황이 매우 복잡하고 동적으로 변화하기 때문에 이러한 정보는 매우 빠르게 변화한다. 그러나 스마트폰은 처리 속도 및 메모리, 네트워크 속도와 안전성 등의 제약이 따른다. 또한 작은 화면에 모든 정보를 표현하면 사용자를 혼란스럽게 할 수 있다. 따라서 사용자가 선택적으로 원하는 정보를 표시할 수 있게 하여 혼란을 줄이고 기기 성능에 적합한 만큼만 보여주는 것이 효과적이다.

다양한 인식 정보를 작은 화면에 표시하는 과정에서 사용자 혼란을 최소화하는 것은 매우 중요하다. 화면 크기의 제약으로 인해 정보 각각을 의미 있는 텍스트로 표현하는 것보다는 크기나 색상이 다른 점, 선, 면, 이미지 등으로 표시하는 것이 더 적합하다. 이 경우 화면에 표시된 정보가 무엇을 의미하는지 설명하는 별도의 정보가 요구된다. 최초 사용자는 별도의 정보를 통해 표시된 인식 정보가 무엇인지 확인할 것이며, 익숙해지고 나면 별도의 정보 없이도 충분히 파악할 수 있다. 스마트폰의 작은 화면을 효과적으로 활용하기 위해 인식 정보를 설명하는 별도의 정보는 선택적으로 보여져야 한다.

5. 실험

스마트폰을 이용한 로봇-사용자 협력의 유용성을 검증하기 위해 모바일로봇 사의 Pioneer P3-AT 로봇[10]과 애플 사의 아이폰 3GS[7]를 이용하여 실험을 수행하였다. P3-AT 로봇은 레이저 스캐너와

초음파 센서를 내장하여 위치를 파악하고 장애물을 탐지할 수 있으며, 네 개의 바퀴를 통해 이동할 수 있다. 아이폰 3GS는 3.5인치의 와이드 스크린 멀티 터치 디스플레이를 갖추고 있고 GPS를 내장하고 있으며 3G, Wi-Fi, 블루투스 네트워크를 지원한다. 이 실험에서는 Wi-Fi를 이용하여 로봇과 통신하도록 하였다. 그리고 아이폰에는 음량 조절 및 슬립 버튼, 홈 버튼이 있는데 각각의 버튼은 기본 기능에 밀접하게 연관되어 있어서 어플리케이션에서 다른 목적으로 활용하기가 어렵다.

그림 1. 로봇 인식 정보의 선택적 표시

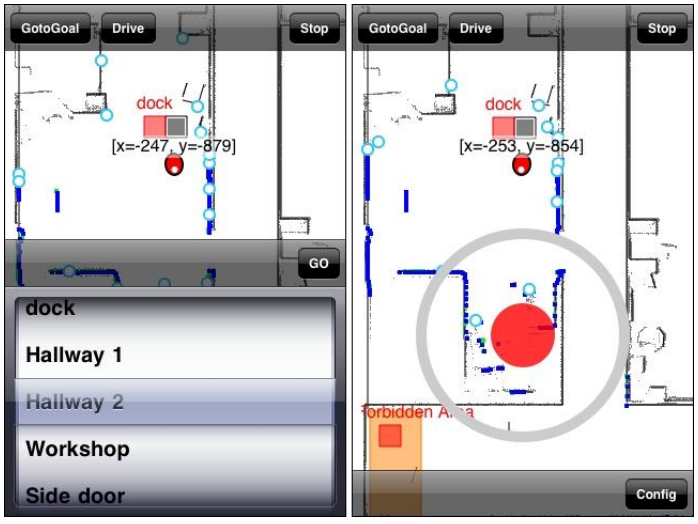

그림 2. 직관적인 로봇작업 지시 인터페이스

아이폰용으로 개발된 로봇-사용자 협력 도구는 화면 전체에 환경 맵을 표시한다(그림 1). 맵 위에서 한 손가락으로 화면을 드래그하여 맵의 다른 부분으로 이동할 수 있으며, 두 손가락 터치를 이용하여 맵을 확대하거나 축소시킬 수 있다. 로봇의 인식 및 추론 정보는 맵 위에 다양한 색상의 점, 선, 면으로 표현된다. 이렇게 표현된 정보가 무엇을 의미하는지는 화면 하단의 설정 버튼을 클릭하여 확인할 수 있으며, 정보의 표시 유무를 선택할 수 있게 하였다.화면 상단에는 로봇작업을 지시하기 위한 버튼을 배치하였다. P3-AT 로봇의 환경 맵에는 미리 특정 위치를 지정하여 이름을 부여할 수 있는데, 이 위치로 로봇을 이동시키기 위해 그림 2의 좌측 그림과 같은 인터페이스를 제공한다. 또한 우측 그림은 직관적인 로봇 이동을 위한 인터페이스이다. 아이폰은 이동을 위한 버튼을 제공하지 않기 때문에 조이스틱과 유사한 터치 기반의 인터페이스를 제공하였다.

사용자는 언제든 이 도구를 실행시켜서 로봇의 작업 상태 및 인식 정보를 확인하고, 직관적인 인터페이스를 통해 매우 쉽게 로봇으로 작업을 지시할 수 있다. 또한 음성이나 제스처를 이용한 작업 지시와 달리 사용자가 로봇 곁에 없어도 이 도구를 통해 로봇으로 작업을 지시할 수 있으며 로봇이 위치를 잘못 판단하고 있거나 잘못된 이동 명령을 수행 중인 경우, 언제든 로봇을 중지시킬 수 있다.

6. 결론 및 향후 연구 계획

지능로봇은 다양한 인식 기능을 활용하여 주변 환경 및 물체, 사용자를 인식하고 사용자 의도를 파악하여 적절한 행위를 수행한다. 그러나 인식의 오류 및 불확실성으로 인해 사용자 의도를 파악하지 못하거나 잘못된 행위를 수행할 수 있기 때문에 이를 보완하는 적절한 방법이 요구된다.

본 논문에서는 지능로봇의 이러한 문제를 해결하기 위해 스마트폰을 이용한 로봇-사용자 협력을 제시하고 실제 로봇과 스마트폰으로 실험하여 협력의 유용성을 검증하였다. 사용자는 항상 스마트폰을 휴대하고 있기 때문에 언제든지 스마트폰을 통해 로봇의 상태를 확인하고 로봇으로 작업을 지시할 수 있어서 로봇-사용자 협력에 매우 적합하다. 그러나 성능 및 기기 제약으로 인해 주의가 요구된다.

제시한 로봇-사용자 협력은 로봇작업을 지정하거나, 로봇의 상태를 확인하는 것을 중점적으로 다룬다. 이러한 협력은 사용자에 의해 시작된다. 반대로 로봇이 스스로 문제를 파악했거나, 스스로 결정할 수 없는 분기가 발생했을 때 사용자에게 문제 해결을 요청하는 것을 생각해 볼 수 있다. 향후 이 부분을 중점적으로 연구하여 로봇-사용자간 양방향 협력 체계를 완성할 계획이다.

참고문헌

[1] Dowling, K.: Robotics: comp.robotics frequently asked questions. http://www.faqs.org/faqs/robotics-faq/, 1995.

[2] Michael Beetz, "Autonomous Agents and Multi-Agent Systems," Bolume 4, Issue 1-2, p. 25-55, March-June 2001.
[3] Pack, R.T.: IMA: The Intelligent Machine Architecture. PhD thesis, Vanderbilt University, Nashville, Tennessee, 2003.
[4] Jaeho Lee, Byulsaim Kwak, "A Task Management Architecture for Control of Intelligent Robots" PRIMA 2006, pp. 59-70.
[5] Marcus Huber, "JAM, A BDI-theoretic Mobile Agent," Proceedings of the Third International Conference on Autonomous Agent (Agent-99), May 1999.
[6] O. Pettersson, "Execution monitoring in robotics: A survey." Robotics and Autonomous Systems, vol. 53, no. 2, pp. 73-88, 2005.
[7] Apple iPhone, http://www.apple.com/iphone/specs.html
[8] Motorola Motoroi, http://www.motoroi.co.kr/
[9] iPhone3GS, OMNIA 2, 5800XpressMusic 비교 http://review.cetizen.com/4732/view/23/4732/rview/review
[10] MobileRobots Pioneer 3-AT, http://mobilerobots.com/ResearchRobots/ResearchRobots/P3AT.aspx