# 이종 다수 로봇 협업 기반 사용자 위치 추종

이무훈, 조준면, 박준홍, 이강우, 서영호, 김현
한국전자통신연구원 네트워크로봇연구팀
e-mail:{leemh, jmcho, parkjunhong, kwlee, yhsuh, hyunkim}@etri.re.kr

# User location tracking based on multiple heterogeneous robot collaboration

Moohun Lee, Joonmyun Cho, Junhong Park, Kangwoo Lee,
Youngho Suh, Hyun Kim
Network Robot Research Team, ETRI

요 약

서비스 로봇의 활용에 있어, 보다 고품질의 다양한 서비스를 제공하기 위해 로봇이 사용자의 위치를 추적하고 필요에 따라 사용자 주위로 이동할 수 있는 추종 기능이 요구된다. 현실적으로 사용자 위치 추종 기능을 독립적인 단일 로봇만으로 구현하기는 어려우며 다수 로봇과 환경 내에 설치된 장치들을 복합적으로 활용하여 구현하는 것이 효과적이다. 한국전자통신연구원에서는 네트워크 기반으로 다수의 이종 로봇과 환경 내 장치간의 협업에 대한 연구를 진행해 왔으며, 이러한 연구의 일환으로 이종 다수 로봇 협업 기반 사용자 추종 및 사용자 위치 기반 로봇 서비스 시스템을 개발하였다. 본 논문에서는 기 개발된 사용자 위치 추적 시스템을 실제 로봇에 적용하여 사용자를 추종하고, 이를 바탕으로 로봇이 사용자에게 다양한 서비스를 제공하는 로봇 응용 시스템에 대해 설명한다.

## 1. 서론

최근 로봇 분야에서는 극한 작업과 같은 특수 목적의 로봇에 대한 연구뿐만 아니라, 가정과 사무실에서 범용적인 서비스 제공을 위한 서비스 로봇 분야도 연구개발이 활발히 진행 중이다. 서비스 로봇 분야에서는 특히, 로봇이 사용자와 지속적인 관계를 유지하며 지능적인 서비스를 제공하는 것이 중요하다. 지능적인 서비스 제공을 위해서는 단일 로봇의 기능만으로는 부족하고 환경 내의 다른 장치와 연동하여 다양한 정보를 획득할 수 있어야 하며, 다수 로봇과의 협업이 필요하다. 또한, 로봇과 사용자의 지속적인 관계유지를 위해서 로봇은 항상 사용자의 위치를 추적하고 근접 거리에서 서비스를 제공할 수 있어야 한다. 따라서, 본 논문에서는 환경 내 장치와 이종 다수 로봇이 협업하여 사용자를 추종하는 로봇 응용 시스템에 대해 설명한다. 논문의 구성은 2장에서 관련 연구를 소개하고, 3장에서 사용자 추종 시스템의 설계 및 구현에 대해 설명하고, 4장에서 결론을 제시한다.

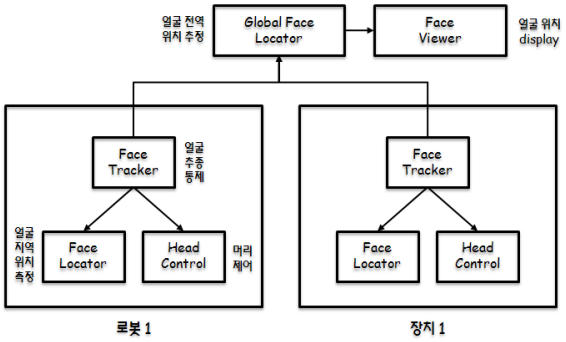
## 2. 관련 연구

### 2.1 CAMUS

한국전자통신연구원에서는 네트워크에 연결된 다수의 이종 로봇과 환경 내 다양한 장치들을 활용한 유비쿼터스 로봇 응용을 개발하고, 개발된 응용의 수행 및 관리를 지원하기 위해 CAMUS(Context-Aware Middleware for URC System)라는 소프트웨어 프레임워크를 개발하였다.[1]. CAMUS는 로봇 서비스 에이전트 관리기, 통신 프레임워크(PLANET), 서비스 프레임워크, 이벤트 기반 응용 관리기, 서버 관리도구 등 5 가지의 주요 서브 시스템으로 구성되어 있다.

### 2.2 사용자 위치 추적 시스템

한국전자통신연구원에서는 또한, CAMUS를 기반으로 다수의 로봇이나 카메라, 레이저 센서와 같은 환경 내 장치 그리고 얼굴인식 시스템을 활용하여 사용자의 위치를 추적하는 시스템을 개발하였다[2].



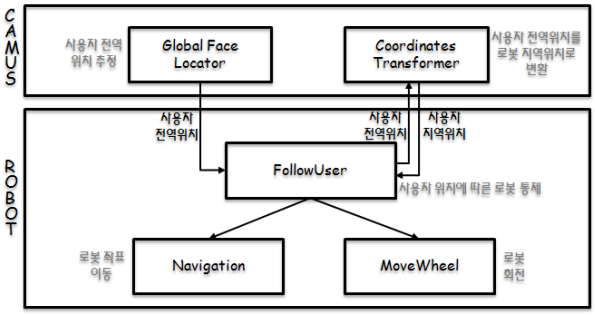

(그림 1) 사용자 위치 추적 시스템 구조

그림 1은 사용자 위치 추적 시스템의 구조를 간략히 보여준다. 하나의 로봇이나 장치(카메라)가 사용자의 얼굴을 검출하게 되면 카메라 영상에서의 얼굴 영역의 정보, 로봇 또는 카메라의 자세(posture) 정보, 그리고, 레이저 센서와 같은 장치가 가용되면, 사용자까지의 거리 정보를 GlobalFaceLocator에 전달하고 GlobalFaceLocator는 사용자의 위치를 계산한다.

## 3. 사용자 추종 시스템의 설계 및 구현

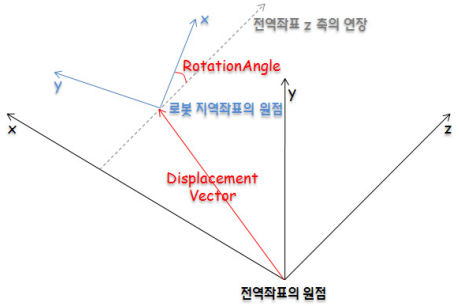
사용자 추종 시스템은 2.2절에서 설명한 사용자 위치 추적 시스템으로부터 획득한 사용자 위치를 기반으로 사

용자를 추종하게 된다. 이러한 사용자 추종 시스템은 사용자 근접 위치에서 로봇 서비스를 제공해야 하거나, 근접 위치에서 제공될 때 보다 높은 품질이 보장되는 다양한 로봇 서비스를 위해 필수적이다.




(그림 2) 사용자 추종 시스템 구조

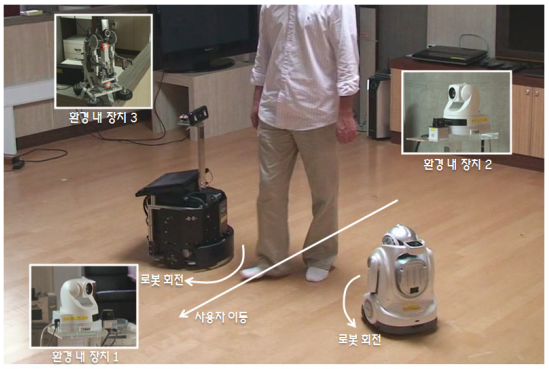
그림 2는 사용자 추종 시스템의 구조를 보여주고 있다. 사용자 위치에 따라 로봇의 이동을 통제하는 FollowUser 모듈은 GlobalFaceLocator로부터 사용자의 전역위치를 가져온다. 가져온 전역위치는 특정 로봇에서 사용하는 지역위치와 상이하기 때문에 CoordinatesTransformer에게 전역위치를 넘겨주고 로봇에서 사용하는 지역위치로 변환된 사용자 위치 정보를 얻어온다. 획득한 사용자 지역위치 정보와 로봇의 현재 지역위치 정보를 바탕으로 FollowUser 모듈은 로봇의 이동 여부를 결정하게 된다. 만일 로봇이 사용자의 일정 반경 밖에 있을 경우는 로봇이 사용자를 추종하기 위한 최단 거리 목표 위치를 계산하고, 이 목표 위치를 Navigation 모듈을 통해 이동 후 사용자를 바라보고 정지하게 된다. 또한 로봇이 사용자의 일정 반경 안에 있을 경우는 사용자의 이동에 따라 MoveWheel 모듈을 통해 사용자를 바라보도록 로봇의 몸통 각도를 회전한다.




(그림 3) 전역/지역위치의 변환

그림 3은 사용자의 전역위치를 로봇이 사용하는 지역위치로 변환하는 좌표계의 관계를 설명하고 있다. 전역위치는 GlobalFaceLocator가 사용하는 좌표이다. 로봇좌표(즉, 지역좌표)로의 변환은 전역좌표의 원점으로부터 지역좌표의 원점까지의 변위벡터, 전역좌표계와 지역좌표계 사이의 회전각도(적어도 하나의 좌표축의 방향은 일치한다고 가정), 그리고 좌표계 시스템의 일치를 위해 대응하는 축 관계 (예: 전역 x -> 지역 y, 전역 z -> 지역 x) 정보를 이용하여 계산된다.

그림 4는 사용자 추종 시스템의 실험 환경을 설명하고 있다. 환경 내 장치로 카메라 3대와 로봇 2대를 활용하고 있으며, 사용자의 일정 반경 내에 로봇이 있을 경우 사용자의 움직임에 따라 로봇의 몸통을 회전하게 된다. 사용자 일정 반경 밖에 로봇이 있을 경우는 로봇이 사용자와의 최단 거리를 계산하여 목표 지점으로 이동하게 된다.




(그림 4) 사용자 추종 시스템 실험 환경

## 4. 결론

본 논문에서는 다양한 환경 내 장치와 복수의 로봇을 연동하여 사용자를 추종하고 이를 기반으로 서비스를 제공하는 시스템의 구현에 대해 설명하였다. 다수의 환경 내 장치 및 로봇을 네트워크를 기반으로 연동하기 위해 CAMUS 프레임워크를 사용하였고, 사용자 위치 추적을 위해 카메라, 레이저 센서 등의 장치와 얼굴인식 시스템을 이용하여 구현된 사용자 위치 추적 시스템을 이용하였다. 사용자 추종은 사용자 위치 정보를 각 로봇의 지역좌표계로 변환한 후 최단 거리 이동, 영역내 자세 제어 등의 알고리즘을 이용하여 구현하였다. 마지막으로 구현된 사용자 추종 시스템의 검증을 위해 실제 환경에 구축하여 실험한 결과를 설명하였다.

향후에는 사용자가 바라보는 위치를 추적하여 로봇이 항상 사용자의 정면으로 이동하는 기능을 구현할 예정이다. 이 기능은 추가적인 정보 또는 장치나 복잡한 알고리즘 없이 구현될 수 있다.

본 논문에서 설명한 사용자 추종 시스템을 활용하면 사용자 근접 거리에서 제공해야 하거나, 근접 거리에서 제공할 때 고품질이 보장되는 다양한 로봇 서비스를 쉽게 구현할 수 있을 것이다.

## Acknowledgement

본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 IT성장동력 기술 개발사업의 일환으로 수행하였음 [2009-S-030-02, 개방형 로봇 소프트웨어 플랫폼(OPRoS) 기술개발]

## 참고문헌

[1] H. Kim, K.-W. Lee, Y.-H. Suh, J.-M. Cho, and Y.-J. Cho, “Client/server framework for providing context-aware services to network based robots,” in Int’l Conf. on Robot & Human Interactive Communication, 2007

[2] 박준홍, 이강우, 조준면, 서영호, 김현, “이종 다수 로봇 협업 기반 얼굴 추종 시스템,” 한국지능로봇종합학술대회, p.261-266, 2009.