

# 지능로봇 시뮬레이션 맵 자동생성을 위한 제어 동기화 설계 연구

손재현, 김영수, 홍성용  
한국과학기술원(KAIST)

e-mail: {sonjh022, ys0076, gosyhong}@kaist.ac.kr

## A Study and Design of Control Synchronization for Map Auto-Generated Simulation Smart Robot

Jae-Hyeon Son, Young-Soo Kim, Seong-Yong Hong  
Korea Advanced Institute of Science and Technology

### 요 약

IT융합의 중요성이 강조되고 있는 IT 지식정보화 사회에 지능형 로봇의 발전은 끝없이 연구되고 있다. 미래 인간사회에 로봇이 미치는 영향은 아주 클 것으로 예상하고 있으며, 인간의 실생활과 로봇의 가상공간 세계는 점점 일체화 되어 갈 것으로 예측된다. 따라서 인간은 로봇의 활동과 행동을 좀 더 구체적이고 자세하게 제어할 필요가 있다. 최근 현실세계를 가상공간의 세계로 표현하고자 하는 연구가 활발히 진행되고 있으며, 가상공간을 활용한 미래의 세상 환경은 점점 많아 질 것으로 예상된다.

따라서 본 논문에서는 지능로봇 시뮬레이션 맵 자동생성을 위한 제어 동기화 설계를 연구하였다. 현실세계의 실제 로봇과 가상공간의 시뮬레이션 로봇을 동기화하여 하드웨어 로봇의 움직임에 따라 가상공간의 로봇이 맵을 자동으로 생성시킬 수 있는 방법을 연구하고 설계하여 실험하였다. 실제 로봇의 움직임을 3차원 가상공간으로 자동 생성하게 함으로서, 로봇의 제어를 좀 더 지능화 시킬 수 있을 뿐 아니라, 여러 다양한 시뮬레이션 테스트 환경으로 응용할 수 있는 큰 장점이 있다. 또한 로봇을 활용한 가상공간 세계의 시뮬레이션은 미래 인간과 로봇이 함께하는 공존세계에 큰 역할을 할 수 있을 것으로 기대한다.

### 1. 서론

인간이 살아가는 미래 사회에 로봇과의 공존은 다양한 변화를 가져올 것이다. 지난 수십 년간 로봇은 인간을 위해 단순한 작업이나 위험한 일을 대체하기 위한 수단 등으로 사용하는 산업용 로봇의 형태가 대부분 이었다. 그러나 최근 인간을 중심으로 한 사회의 구조와 환경에 적응할 수 있는 로봇의 형태와 기술이 다양하게 연구 발전되고 있다[1]. 특히 인간과 함께 활동할 수 있는 공간에 움직임을 자유롭게 제어할 수 있는 서비스 형태의 로봇은 로봇의 단순한 제어만을 통해 인간 세계의 활동을 통제할 수 없다. 즉 로봇의 단순한 제어구조는 이제 더 이상 실세계(real world)의 환경에서 사용하기 어려운 단계에 이르렀다고 판단된다. 따라서 본 논문에서 설계 연구한 제어 동기화(control synchronization)는 실세계의 하드웨어 로봇의 움직임을 실시간으로 모니터링 하여 가상공간 로봇과 동기화하여 실제 로봇을 보지 않고도, 가상공간의 로봇을 제어하여 실제 하드웨어 로봇을 제어 할수 있는 방법을 제시하고자 한다. 또한 3차원 가상공간에 만들어진

시뮬레이션 환경에 로봇은 다양하게 변화된 로봇의 환경에 대처하기 위해 사전 시뮬레이션 환경으로 제공되어, 로봇의 활동 제어 예측과 변화에 큰 도움을 줄 수 있을 것으로 기대한다. 실험 환경에는 본 논문에서 제시한 제어 동기화 설계 연구를 바탕으로 실제 환경의 하드웨어 로봇이 라인 경로를 따라 주행하는 과정을 3차원 가상공간의 로봇이 라인 맵을 자동 생성 할 수 있도록 구현하여 실험하였다. 실험의 과정을 통해 본 연구에 내용이 향후 인간 사회에 공존하게 될 로봇의 환경을 좀 더 구체적이고 자세하게 제어 할 수 있는 가능성을 보였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 로봇 시뮬레이션에 관련한 연구를 살펴보고, 3장에서는 실제 하드웨어 로봇과 가상공간의 로봇 제어 동기화 설계 방법을 설명하고, 4장에서는 가상공간에 3차원 맵을 자동생성하기 위한 실험 사례를 소개하고, 마지막으로 결론과 향후 연구 방향에 대하여 간단히 설명한다.

### 2. 관련 연구

최근 로보틱스(Robotics) 분야의 필요성과 활용성이 전 세계적으로 증가하면서 다양한 분야의 로보틱스 형태들이

1) 본 논문은 2010년 한국과학창의재단 URP연구과제 사업지원을 받았음.

연구되어 개발되고 있다. 과거 단순한 작업용 로봇 형태와 기능들이 현재는 엔터테인먼트 로봇(Entertainment Robot), 감성 로봇(Emotional Robot), 가정 서비스 로봇(Home Service Robot), 교육용 로봇(Educational Robot) 그리고 헬스케어 로봇(Health Care Robot)과 같이 인간과 더욱 친숙하고 근접한 형태의 지능로봇 기능으로 발전해 나가고 있다[2-4]. 국내에서도 이미 2000년대에 들어오면서 미래 로봇 시장과 기술 시장을 큰 규모로 예측하고 인간 사회에 활용될 수 있는 로봇의 개발에 주력하고 있다. 이러한 지능로봇 형태의 공통된 특징은 인간의 실세계(real world) 생활 속에 필요한 기능을 포함한다는 것이다. 특히 휴머노이드(Humanoid) 형태의 로봇틱스 기술은 인간의 외형과 모습을 최대한 흡사하게 만들고자 노력 연구하고 있다. 로봇의 기능 또한 말하고 듣고 스스로 학습하여 생각할 수 있는 휴먼 로봇을 만들고자하는 욕망은 더 더욱 커져가고 있다[5-13]. 따라서 로봇의 시뮬레이션 환경은 더욱더 연구 발전해 가고 있는데, 특히 최근 마이크로소프트(Microsoft)에서는 RDS(Robotics Developer Studio)를 로봇 시뮬레이션 개발 플랫폼으로 제공하고 있다. RDS는 현실세계의 공간을 3D 가상공간으로 시뮬레이션 할 수 있는 방법을 제공한다[14,15]. 또한 다양한 실제 하드웨어 로봇의 형태를 가상 로봇(virtual robot)으로 제공하여 로봇의 센서 기술이나 모터 제어 등을 프로그램으로 가능하게 한다. 이뿐만 아니라 로봇의 장애물 혹은 실제 인간 사회의 환경을 제공하여 로봇의 현실 세계를 좀 더 구체적으로 개발 할 수 있는 시뮬레이션 환경 개발이 가능하다. 최근 이러한 소프트웨어 로봇(software robot)의 활용은 점점 증가되어 가고 있다. 소프트웨어 로봇을 "Softbots"라고 명명하기도 하며, 오픈 소스인 자바 3D 로봇 시뮬레이션을 개발하여 과학기술교육에 목적으로 사용하는 "Simbad"도 있다[16,17]. 이외에도 MIT 연구실에서 3D 그래픽 로봇 시뮬레이션 프로젝트를 진행하였으며, 자바의 환경을 기반으로 다양한 로봇의 동작을 시뮬레이션 환경에서 제어해 볼 수 있는 GUI를 제공하였다[18]. "EyeSim"은 멀티 모바일 로봇 시뮬레이션을 제공한다. EyeSim은 로봇의 적외선 센서와 범퍼 센서를 활용한 로봇 축구와 같은 여러 로봇의 동시 제어를 위한 멀티 테스킹(multi-tasking) 시뮬레이션 시스템 환경을 연구하여 실험한 사례가 있다[19,20].

### 3. 제어 동기화 설계

본 논문에서는 실제 하드웨어 로봇과 가상로봇의 제어 동기화를 위해 하드웨어 로봇의 움직임을 가상공간에 로봇과 동기화 하여 로봇의 움직임을 제어하고 모니터링 할 수 있도록 하였다. 제어 동기화의 필요성은 원격지에 있는 로봇을 직접 관찰하기 어려운 경우 로봇의 주변 환경과 함께 로봇의 움직임을 모니터링 할 수 있다. 또한 로봇의 이상 현상을 바로 발견하여 예외사항(exception)을 바로

해결 할 수 있을 뿐만 아니라, 로봇이 활동하고 있는 환경을 3D환경으로 자동 생성 할 수 있어, 로봇의 상황 대처 능력을 극대화 시킬 수 있다.



그림 1. 제어 동기화 설계 구조

그림 1과 같이 실제 환경에 하드웨어 로봇은 주변 환경의 조건에 따라 센서 기능을 통해 자율주행 혹은 라인 주행을 할 것이다. 이런 주행의 경로를 실시간으로 무선네트워크 통신을 통해 가상 로봇 시뮬레이션 시스템으로 데이터를 전송한다. 전송받은 시뮬레이션 시스템은 로봇의 경로와 위치를 파악하여 시뮬레이션 공간에서 동기화되어 제어한다. 즉, 현실 세계의 하드웨어 로봇과 가상공간의 로봇은 똑같은 역할을 하게 되는 로봇이 된다. 이러한 제어 동기화에 내부 구조는 멀티 스레드(thread)를 기반으로 설계되어 있다. 각 스레드는 하드웨어 로봇으로부터 전달 받은 데이터를 처리하기 위한 부분으로 다중처리 구조로 구현되어 있다. 예를 들어, 모터A와 모터B의 제어를 위해 방향을 제어하는 스레드는 각각의 A와 B 모터의 각도와 속도 값을 받아 처리하는 스레드로 동작한다.

### 4. 시뮬레이션 구현 및 실험

본 연구에서 사용한 실험도구는 NXT Mindstom2.0 하드웨어 로봇과 MSRDS R3 플랫폼에 SPL과 VPL 프로그램을 사용하여 구현하였다. 근거리 무선 통신을 위하여 블루투스(bluetooth)를 사용하여 데이터 통신을 하였고, 하드웨어 로봇의 움직임 제어를 위해 라인트레이서 로봇의 형태로 제작 실험하였다. 실제 하드웨어 로봇의 센서는 빛 센서(light sensor)를 활용하여 라인을 인식하게 하여 로봇의 동작을 제어하였으며, 시뮬레이션 환경에 로봇 움직임 동기화를 위해 모터 베이스를 두 개의 축으로 구성하였다. 또한 시뮬레이션 환경 구축 시스템은 WindowsXP OS기반에 Intel Core2 2.66GHz CPU와 2GB RAM 환경에서 실험되었다. 그림 2는 NXT 하드웨어 로봇이 라인트레이싱 하는 과정을 시뮬레이션 환경에서 그대로 제어 동기화가 되고 있는 과정을 설명하고 있다.

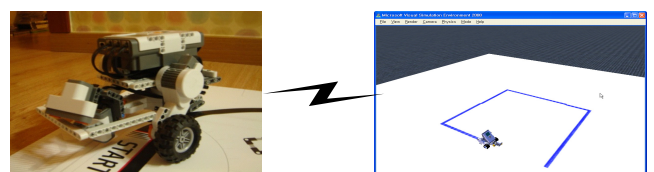


그림 2. 시뮬레이션 실험

이러한 과정은 실시간으로 로봇이 제어 동기화되기 때문에 로봇의 움직임이나 문제발생을 바로 알 수 있을 뿐만 아니라, 로봇이 현재 위치한 환경을 시뮬레이션 환경에 바로 생성할 수 있어, 로봇의 상황인식을 자세하게 표현할 수 있다.

## 5. 결론

본 논문에서는 지능로봇 시뮬레이션 맵 자동생성을 위한 제어 동기화 설계를 연구하고 실험 하였다. 현실세계의 실제 로봇과 가상공간의 시뮬레이션 로봇을 동기화하여 하드웨어 로봇의 움직임에 따라 가상공간의 로봇이 맵을 자동으로 생성시킬 수 있는 방법을 연구하고 설계하여 구현 하였으며, 미래 인간사회 속에 로봇의 활동 제어를 좀 더 구체적이고 효율적으로 관리 할 수 있는 방법을 제시하였다. 실제 로봇의 움직임을 3차원 가상공간으로 자동 생성 하게 함으로서, 로봇의 제어를 좀 더 지능화 시킬 수 있을 뿐 아니라, 여러 다양한 시뮬레이션 테스트 환경으로 응용 할 수 있는 큰 장점이 있음을 알았다. 미래 지능로봇을 활용한 가상공간 세계의 시뮬레이션은 미래 인간과 로봇이 함께하는 공존세계에서 로봇의 역할을 좀 더 안전하고, 문제발생 대처를 신속하게 할 수 있는 지능화 방법으로 연구 발전되어 갈 것으로 기대한다.

본 연구를 바탕으로 향후 연구로는 지능로봇의 사물 혹은 장애물 인식 기능을 추가하여, 현실 세계의 로봇 활동 환경을 좀 더 구체적으로 자동 생성 할 수 있는 방법을 연구 발전시키고, 로봇의 상황인지 능력을 좀 더 지능화 시킬 수 있는 연구 방향으로 지속화 시키는 것이다.

## 참고문헌

- [1] S. Nolfi and D. Floreano. "Evolutionary robotics," MIT press, 2000.
- [2] M. Bennewitz, W. Burgard, S. Thrun, "Finding and optimizing solvable priority schemes for decoupled path planning techniques for teams of mobile robots," *Robotics and Autonomous Systems* 41 (2-3), pp.89-99, 2002.
- [3] Y. Mezouar, F. Chaumette, "Avoiding self-occlusions and preserving visibility by path planning in the image," *Robotics and Autonomous Systems* 41 (2-3), pp.77-87, 2002.
- [4] S. Rolfes, M.-J. Rendas, "Statistical environment representation for navigation in natural environments," *Robotics and Autonomous Systems* 41 (2-3), pp.129-136, 2002.
- [5] N. Winters, J. Santos-Victor, "Information Sampling for vision based robot navigation," *Robotics and Autonomous Systems* 41 (2-3), pp. 145-159, 2002.
- [6] P. Sveska, M. Overmars, "Coordinated motion planning for multiple car-like robots using probabilistic road maps," in: *Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA-95)*, Nagoya, Japan, 1995.
- [7] F. Gravot, R. Alami, "An extension of the plan-merging paradigm for multi-robot coordination," in: *Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA-01)*, Seoul, Republic of Korea, 2001.
- [8] T. C. Henderson and E. Shilcrat, "Logical sensor systems," *J. Robotics Syst.*, vol. 1, no. 2. pp. 169-193, 1984.
- [9] R. G. Brown and B.R. Donald. "Mobile robot self-localization without explicit landmarks," *Algorithmica*, 26(3/4):515-559, 2000.
- [10] J.-S. Gutmann, W. Hatzack, I. Herrmann, B. Nebel, F. Rittinger, A. Topor, and T. Weigel. "Reliable self-localization, multirobot sensor integration, accurate path-planning and basic soccer skills: playing an effective game of robotic soccer," In: *Proceedings of the Ninth International Conference on Advanced Robotics*, pp.289-296, 1999.
- [11] J. Z. Sasiadek and P. Hartana. "Sensor data fusion using Kalman filter," In: *Proceedings of the Third International Conference on Information Fusion*, Vol.2, pp.19-25, 2000.
- [12] Ren C. Luo. "Multisensor Fusion and Integration: Approaches," *IEEE SENSORS JOURNAL*, Vol. 2, No. 2. 2002
- [13] Roy Want, Bill N. Schilit, Norman I. Adams, Rich Gold, Karin Petersen, David Goldberg, John R. Ellis, and Mark Weiser, "The Parc-Tab Ubiquitous Computing Experiment," *Mobile Computing*, Chapter 2, Kluwer Academic Publishers, 1996.
- [14] Microsoft Robotics - <http://msdn.microsoft.com/en-us/robotics/default.aspx>
- [15] Kyle Johns, Taylor Trevor, "Microsoft® Robotics Developer Studio," Wrox Press, 2008.
- [16] L. Hugues and N. Bredeche. "Simbad: an autonomous robot simulation package for education and research," In *Proceedings of The Ninth International Conference on the Simulation of Adaptive Behavior (SAB'06)*, Rome, Italy, 2006.
- [17] Simbad Simulator - <http://simbad.sourceforge.net>
- [18] 3D Graphic Robot Simulation - <http://icmit.mit.edu/robot/simulation.html>
- [19] EyeSim-EyeBot Simulator - <http://robotics.ee.uwa.edu.au/eyebot/doc/sim/sim.html>
- [20] T. Braunl, H. Stolz, "Mobile Robot Simulation with Sonar Sensors and Cameras," *Simulation*, vol. 69, no. 5, Nov, pp.277-282(6), 1997