

ROS를 이용한 이동 로봇 제어 시스템 구현

문용선* · 노상현** · 임승우*** · 배영철****

An Implementation of the Control System of the Mobile Robot using ROS

Yong-Seon Moon* · Sang-Hyun Roh** · Seung-Woo Lim*** · Young-Chul Bae****

요 약

본 논문은 로봇 미들웨어 기술 중 ROS(Robot Operating System)를 이용하여 이동 로봇의 원격 제어 및 인공지능위계를 이용한 충돌회피를 구현하였으며, 충돌회피 노드에 동적 재구성(dynamic reconfigure)을 적용하였다. 또한 ROS의 주된 목적인 공유와 협업에 맞게 LRF와 조이스틱과 같은 로봇에 자주 사용되는 하드웨어를 ROS에서 제공하는 노드로서 재사용하였다.

ABSTRACT

In this paper we implement collision avoidance using an artificial potential field and remote control of a mobile robot through ROS(Robot Operating System) among the robot's middleware. We also apply dynamic reconfigure to a node of collision avoidance. The main purposes of ROS are sharing and cooperation. In order to make to fit the purpose of ROS, the hardware that frequently is used in the robot such as LRF and joystick, were reused as node that provide in the ROS.

키워드

Robot Middleware, ROS(Robot Operating System), Mobile Robot, Artificial Potential Field, Dynamic Reconfigure
로봇 미들웨어, 로봇 운영 시스템, 이동 로봇, 인공 전위계, 동적 재구성

1. 서 론

최근 로봇 기술의 급격한 발전에 따라 로봇에 요구되는 기능들이 늘어나고 이러한 요구를 충족하기 위해 다양한 기능의 하드웨어 구성 요소가 개발되고 있다 [1-7]. 이제는 로봇 시스템을 위해서 단순한 구성의 하드웨어로는 로봇에 요구되는 기능을 만족하기 어렵게 되었다.

하나의 로봇 시스템은 다양한 기능을 수행하는 하드웨어의 조합으로 구성될 수 있으며, 어플리케이션에 따

라 여러 가지 형태나 기능을 가진 로봇이 개발되고 있지만, 그 구조는 일반적으로 이동 요소, 센서 요소, 액추에이터 요소등 기본적인 요소 기기의 집합체이며 공통적인 요소 기기가 사용되고 있다[8-11]. 그렇기 때문에 로봇 개발에 필요한 고유한 기능도 있지만 로봇 간에 서로 공유할 수 있는 요소들이 많이 있다. 이러한 공통적인 요소를 재사용하기 위해서는 구성 요소의 컴포넌트화 혹은 모듈화가 필요하며 각 컴포넌트나 모듈은 네트워크로 연결이 가능해야 한다.

최근에는 모듈화된 구성 요소를 기반으로 상위의 소

* 순천대학교(moon@sunchon.ac.kr),

** 레드윌테크놀러지,

*** 동강대학교 전기에너지과(lsw5482@hanmail.net)

**** 교신저자(corresponding author) : 전남대학교 전기·전자통신·컴퓨터 공학부(ycbae@jnu.ac.kr)

접수일자 : 2013. 09. 25

심사(수정)일자 : 2013. 10. 21

게재확정일자 : 2012. 11. 15

소프트웨어 레벨에서의 통합에 대한 필요성이 증대되고 있다. 소프트웨어 레벨에서의 통합이란 사용하는 제어 컴퓨터의 운용환경, 제어언어 등에 관계없이 공용으로 적용할 수 있는 통합 소프트웨어 개발 환경을 구축하여 제어 소프트웨어 환경의 호환성, 재사용성을 극대화하고자 하려는 것이다. 이러한 요구조건에 따라 개발된 것이 미들웨어 기술을 이용한 컴포넌트 기반의 통합 소프트웨어 기술이라 할 수 있다.

운영체제와 사용자 어플리케이션 사이에 공용으로 적용할 수 있는 미들웨어 레벨을 두고 이를 기반으로 하드웨어에 표준화된 컴포넌트 구조를 정의함으로써 실제 사용자 및 개발자는 시스템 운용환경 및 개발 언어에 상관없이 표준화된 컴포넌트를 수집 및 재구성함으로써 다양한 서비스를 구현할 수 있는 것이다. 이러한 로봇 미들웨어 소프트웨어 프레임워크로는 ROS, CORBA 기반의 OpenRTM, uPnP 기반의 iRSP, HTTP/DSSP 기반의 MSRDS 등을 들 수 있다[12-13].

본 연구에서는 다양한 로봇 미들웨어 중에서 소프트웨어 개발자들이 로봇 어플리케이션들을 쉽게 개발하도록 하드웨어의 추상화, 저수준 기기 제어, 프로세스간의 메시지와 패키지 관리 기능이 우수한 ROS(Robot Operating System)를 이용하여 원격 제어와 충돌 회피 기능을 가지는 이동 로봇의 제어 시스템을 구현하여 보다 우수한 성능의 로봇 미들웨어를 사용할 수 있는 방법을 제시한다.

II. ROS를 이용한 이동 플랫폼

2.1 ROS

ROS는 미국의 Willow Garage사에서 시작되어 세계적으로 많은 리서치 그룹들과 회사들이 쓰기 시작한 오픈소스 로봇 미들웨어이다. ROS는 소프트웨어 개발자들이 로봇 어플리케이션들을 쉽게 개발하기 위한 하드웨어 추상화, 저수준 기기 제어, 빈번히 사용되는 기능들이 구현되어 있으며 프로세스간의 메시지, 그리고 패키지 관리 기능 등을 제공한다.

ROS의 기본 구성은 그림 1과 같이 표현된다. ROS는 P2P 네트워크 방식으로 연결된 노드(node)라 불리는 여러 개의 프로세스들로 이루어져 있으며 이 각각의 노드들은 로봇 드라이버 제어, 영상처리 제어, 사용

자 인터페이스 제어 등 서로 다른 역할을 하며 다른 노드들과 “메시지”를 주고받으면서 통신을 한다. “메시지”는 boolean 같은 기본 데이터 형태부터 PointCloud와 같은 복잡한 형식까지 표현이 가능하고 사용자가 기본 메시지들을 조합해서 새로운 데이터 형식을 만들 수도 있다[14,15].

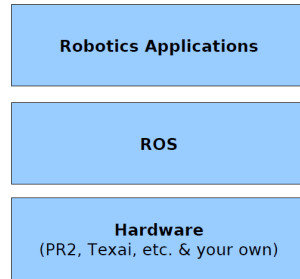


그림 1. ROS의 구성도
Fig. 1 Configuration of ROS

2.2 이동 로봇 플랫폼 구성

본 논문에서는 그림 2에서 보는 것과 같이 레드윈테크놀로지(주)에서 개발된 MRP-NRLAB02 이동 로봇 플랫폼이다. MRP-NRLAB02 이동 로봇 플랫폼은 실시간 모션제어 네트워크인 이더넷(EtherCAT, Ethernet for Control Automation Technology)을 기반으로 개발된 자율주행 로봇으로 내부 구성 요소들이 이더넷을 기반으로 모듈화되어 있는 네트워크 기반 제어 시스템 구조를 가진다.

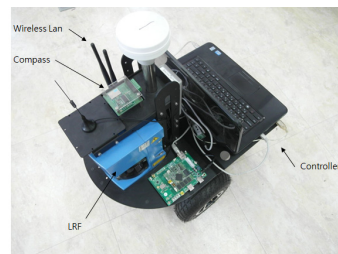


그림 2. MRP-NRLAB02 이동 로봇
Fig. 2 Mobile robot of MRP-NRLAB02

2.3 이동 로봇 제어를 위한 노드 및 토픽 설계

이동 로봇의 제어 시스템을 ROS 기반의 로봇 제어 노드와 충돌회피를 위해 LRF(Laser Range Finder)를 이용한 인공지능계 노드를 구현하였으며 구현된 결과

와 재사용한 결과를 표 1에 정리하여 나타내었다.

표 1. 이동로봇 제어 시스템의 노드 및 토픽 설계
Table 1. Design of node and topic of control system of mobile robot

Node	Function	Topic	Other
NRLAB02	EtherCAT master MRP-NRLAB02 control Data receiving of joystick Data receiving of collision avoidance	/velCmd /joy	Implementation
APF_LMS_P aram_node	Data receiving of LRF Artificial potential field,	/scan /velCmd	Implementation
joy_node	Data sending of joystick	/joy	Reuse
sicklms	Data receiving of LRF	/scan	Reuse

2.4 이동 로봇 제어 노드 구현

본 논문에서 사용된 이동 로봇의 하드웨어 모듈은 이더넷 슬레이브로 구성되어 이더넷 네트워크[1-7] 기반으로 제어하는 로봇으로 이동 로봇을 제어하기 위해서는 이더넷 마스터가 필요하다. 여기서는 또 다른 오픈 소스인 SOEM(Simple Open EtherCAT Master)을 적용하여 이더넷 마스터가 포함된 이동 로봇 제어 노드인 NRLAB02 노드를 구현하였다. SOEM은 C로 구현된 리눅스 기반의 이더넷 마스터 라이브러리이다.

구현된 NRLAB02 노드는 2개의 토픽으로부터 메시지를 받아 이동 로봇을 제어하게 된다. 첫 번째 토픽은 주 제어 수단인 조이스틱의 값을 수신하는 /joy메시지로 조이스틱의 축의 값과 버튼 입력값을 수신할 수 있어 조이스틱을 이용한 원격제어와 동작 모드의 변경을 할 수 있게 구현되었다. 두 번째 토픽은 /velCmd로 인공전위계 노드로부터 충돌회피에 필요한 직진속도와 회전속도를 받게 된다.

2.5 충돌회피 노드 및 동적 재구성 구현

인공 전위계 노드는 LFR의 센서 값을 수신하여 충돌회피에 필요한 직진속도와 회전속도를 생성하여 NRLAB02 노드로 전송하는 기능을 수행한다. LRF의 센서 데이터는 sicklms 노드의 토픽 /scan 으로부터 수신한다.

충돌회피를 위한 알고리즘은 인공 전위계를 사용하였다. 인공 전위계는 장애물로부터 로봇을 밀어내는 척력과 목표 위치로부터 로봇에 작용하는 인력의 정도 값으로부터 가상의 힘 벡터를 구할 수 있다. 로봇은 이와 같은 가상의 힘 벡터를 모두 합성한 합성 벡터의 방향으로 진행하게 된다. 척력은 장애물과 거리가 멀면 멀수록 힘은 작아져야 하며, 인력은 거리에 비례해서 커져야 한다. 척력은 식(1)과 같다.

$$\vec{F}_{obs} = -A \cdot \sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i^2} \cdot \hat{r}_i \quad (1)$$

A 는 constant scaling factor이며 실험을 통하여 값을 결정해준다. n 은 장애물의 수, d_i 는 장애물 i와 로봇 사이의 거리, \hat{r}_i 는 로봇에서 장애물로의 단위 방향 벡터이다. 이와 같이 장애물 등의 척력은 거리가 가까워질수록 무한대로 증가하게 된다.

인력은 식(2)와 같다.

$$\vec{F}_{goal} = B \cdot d^2 \cdot \hat{r} \quad (2)$$

B는 constant scaling factor이며 실험적으로 적절한 값을 결정해준다. d는 로봇과 목표 지점 사이의 거리, \hat{r} 은 로봇에서 목표 지점으로의 단위방향 벡터이다 [13].

여기서 실험값의 적용이 필요한 A, B 의 값에 ROS의 동적 재구성(Dynamic reconfigure)기능을 적용하여, 노드의 재시작 또는 정지 없이 A, B의 파라미터를 변경할 수 있도록 하였다.

III. 시스템 구현 및 결과

구현된 이동 로봇 제어 시스템을 rqt_graph를 이용하여 살펴보면 그림 3과 같다. 여기서 각각의 원들은 ROS 노드들을 의미하고, 각 선들은 각 노드들의 데이터 통신을 의미하며, 사각형은 데이터 통신에 사용되는 토픽의 이름을 나타내고 있다. 충돌회피 노드에는 다른 노드와는 다르게 동적 재구성을 위한 파라미터 업데이트와 파라미터 디스크립션 토픽이 추가되어 있다.

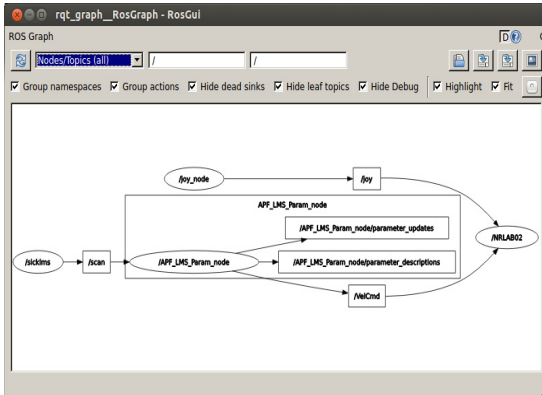


그림 3. rqt_graph를 이용한 시스템 구성도
Fig. 3 System configuration using rqt_graph

LRF의 데이터를 수신하는 sicklms 노드, LRF의 데이터를 이용하여 충돌회피에 필요한 직진속도와 회전속도를 생성하는 APF_LMS_Param_node 노드, 조이스틱의 값을 수신하는 joy_node 노드, 그리고 이동 로봇을 직접 제어할 수 있는 NRLAB02 노드로 총 4개의 노드로 이동 로봇 제어 시스템이 구현되었으며, 각 노드 사이의 데이터는 LRF의 센서 값을 전송하는 /scan 토픽과 조이스틱의 값을 제공하는 /joy 토픽, 그리고 충돌회피에 필요한 직진속도 및 회전 속도를 제공하는 /velCmd로 총 3개의 토픽을 통해 송수신된다.

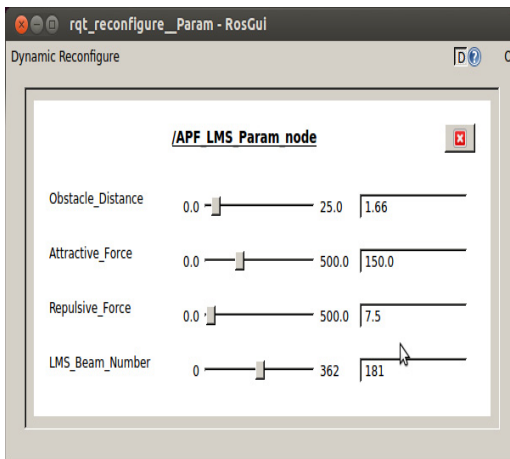


그림 4. rqt_reconfigure를 이용한 파라미터 조정
Fig. 4 Parameter adjusting using rqt_reconfigure

충돌회피 노드에 적용된 동적 재구성 파라미터는 장애물 감지 거리, 인력, 척력 그리고, LRF의 레이저 빔의 수량이다. GUI를 제공하는 rqt_reconfigure 노드를 통해 동적 재구성이 적용된 파라미터를 변경할 수 있으며 그림 4와 같이 나타난다.

이러한 시스템 구현 결과 그림 3과 그림 4를 통하여 보는 것과 같이 OpenRTM[13] 및 RTC[10]에 비교하였을 때 더욱 쉽고 가벼운 미들웨어임을 알 수 있다.

IV 결론

본 논문에서는 로봇 미들웨어 기술 중 ROS를 이용하여 이동 로봇의 원격 제어 및 인공지능위를 이용한 충돌회피를 구현하였으며, 동적 재구성을 적용하였다. LRF와 조이스틱과 같은 로봇에 자주 사용되는 하드웨어를 제공되는 노드를 재사용함으로써 제어 시스템 구현에 대한 개발 시간이 단축되었다. 기존에 적용했던 다른 로봇 미들웨어인 OpenRTM 및 RTC와 비교하면 더 쉽고, 가볍고, 활용도가 높았다.

앞으로는 ROS를 지원하는 다양한 로봇들과 같이 MRP-NRLAB을 위한 패키지를 개발하고 배포하는 일이 과제로 남는다.

감사의 글

본 연구는 정보통신산업진흥원의 2012~2013년 지역 SW융합사업의 사업비 일부를 지원받아 수행된 연구 결과임

참고 문헌

- [1] Yong-Jin Kim, Kwang-Heon Kim, Young-Chul Bae, "An implementation of vector control of AC servo motor based on optical-EtherCAT network", The Journal of The Korea Institute of Electronic Communication Sciences, Vol. 8, No. 4, pp. 583-587, 2013.
- [2] Yong-Jin Kim, Young-Chul Bae, Kwang-Heon Kim, "Implementation of motor driver for control of AC Servo motor of robot", The

- Journal of The Korea Institute of Electronic Communication Sciences, Vol. 7, No. 3, pp. 553-558, 2012.
- [3] Yong-Seon Moon, Sang-Hyun Roh, Kwang-Hun Jo, Young-Chul Bae, " Design of robot joint structure using multiple motors", The Journal of The Korea Institute of Electronic Communication Sciences, Vol. 7, No. 2, pp. 417-423, 2012.
- [4] Yong-Seon Moon, Sang-Hyun Roh, Young-Pil Lee, " Implementation of integration module of vision and motion controller using Zynq", The Journal of The Korea Institute of Electronic Communication Sciences, Vol. 8, No. 1, pp. 159-164, 2013.
- [5] Yong-seon Moon, Young-chul Bae, Jong-kyu-Park, Sang-hyun Roh, "The Implementation of wire and wireless Integration Module of Zigbee and Optical Communication for Ship Area network(SAN)", The Journal of the Korea Institute of Electronic Communication Science, Vol. 5, No. 5, pp. 428-434, 2010.
- [6] Yong-Seon Moon, Young-pil Lee, Dong-Jin Seo, Sung-Ho Lee, Young-Chul Bae, "A study on Development of Soft-Motor Controller using EtherCAT", Hournal of Korean Institute of Intelligent System, Vol. 17, No. 6, pp. 826-831, 2007.
- [7] Yongseon Moon, Nak Yong Ko, Kwangseok Lee, Youngchul Bae, Jong Kyu park, " Real-time EtherCAT Master Implementation on Xenomai for a Robot System, International Journal of Fuzzy Logic and Intelligent Systems, Vol. 9, No. 3, pp. 244-248, 2009.
- [8] Yong-seon Moon, Young-chul Bae, Sang-hyun Roh, " A Study on Implementation of Zigbee Module based on CC520", The Journal of The Korea Institute of Electronic Communication Sciences, Vol. 5, No. 6, pp. 664-671, 2010.
- [9] Yong-seon Moon, Young-chul Bae, Sang-hyun Roh, Kwang-hoon Cho, Yong-gu Park, " The Development of RTC Middleware of Mobile Robot Module", The Journal of the Korea Institute of Electronic Communication Science, Vol. 5, No. 2, pp. 214-220, 2010.
- [10] Sung-woo Noh, Nak-yong Ko, Tae-gyun Kim, " Implementing Autonomous Navigation of a Mobile Robot Integrating Localization, Obstacle Avoidance and Path Planning", The Journal of the Korea Institute of Electronic Communication Science, Vol. 6, No. 1, pp. 148-156, 2011.
- [11] C Rich, B Ponsler, A Holroyd, "Recognizing engagement in human-robot interaction", Human-Robot Interaction, 2010.
- [12] SC Ahn, JH Kim, K Lim, H Ko, "UPnP approach for robot middleware", Robotics and Automation, ICRA 2005.
- [13] OPENRTM-AIST Document "http://www.openrtm.org/"
- [14] M Quigley, K Conley, B Gerkey, "ROS: an open-source Robot Operating System", ICRA workshop on, 2009.
- [15] ROS.org Documentation, "http://wiki.ros.org"

저자 소개



문용선(Yong-Seon Moon)

1983년 조선대학교 전자공학과(공학사)

1985년 조선대학교 대학원 전자공학과(공학석사)

1989년 조선대학교 대학원 전자공학과(공학박사)

1992년~현재 순천대학교 정보통신공학부 교수

2005년~현재 레드윈테크놀러지(주)기술이사

※ 관심분야 : 산업통신망, 로봇, 실시간 모션 제어



노상현(Sang-Hyun Roh)

2007년 순천대학교 전자공학과 졸업(공학사)

2009년 순천대학교 전자공학과 졸업(공학석사)

2009년~2012 순천대학교 전자공학과 공학박사 수료

2012~현재 레드윈테크놀러지(주) 연구원

※ 관심분야 : 로봇 제어, 모터 제어, 산업용통신망



임승우(Seung-Woo Lim)

1988년 조선대학교 전자공학과(공학사)

1990년 조선대학교 대학원 전자공학과(공학석사)

1996년 조선대학교 대학원 전기공학과(공학박사)

1991년~현재 동강대학교 전기에너지공학과 교수

※ 관심분야 : 로봇 제어, 모터 제어



배영철(Young-Chul Bae)

1984년 광운대학교 전기공학과(공학사)

1986년 광운대학교대학원 전기공학과(공학석사)

1997년 광운대학교대학원 전기공학과(공학박사)

1986년~1991년 한국전력공사

1991년~1997년 산업기술정보원 책임연구원

1997년~2006년 여수대학교 전자통신전기공학부 부교수

2002년~2002년 Brigham Young University 방문교수

2006년~현재 전남대학교 전기·전자통신·컴퓨터공학부 교수

2011년~2011년 University of Utah 방문교수

※ 관심분야 : Chaos Control and Chaos Robot, Robot control etc.