한국항행학회 논문지 제13권 제6호 2009년 12월

OpenRTM 기술을 이용한 이동로봇 환경 모니터링 시스템 구현에 관한 연구

A Study on Implementation of Environment Monitoring System of Mobile Robot using OpenRTM

문용선*, 트롱루안*, 이영필**, 박종규***, 배영철****

Yong-Seomn Moon*, Vo Trong Tuan Anh*, Young-Pil Lee**, Jong-Kyu Park***, and Young-Chul Bae****

요 약

본 논문에서는 미들웨어 기반의 통합 소프트웨어 프레임워크 중 일본에서 개발된 OpenRTM을 이용하여 글로벌 이더넷 네트워크 상에서의 시스템 통합 구조를 제시하고, 제시한 모델의 검증을 위하여 OpenRTM 통합 구조를 적용한 이동로봇 환경 모니터링 시스템 구현하고 구현된 시스템에서의 실험을 통하여 제시한 통합 구조의 타당성을 검증하고자한다.

Abstract

In this paper, we propose the structure of system integration on the global ethernet networks using OpenRTM which was developed in Japan among the integration software framework based on middleware. In order to verify for propose model, we implement of environment monitoring system of mobile robot applied OpenRTM structure and we also verify that proposed validity of the structure of integration through experiment in the implemented system.

Key words : OpenRTM, Mobile Robot, Environment Monitoring, Integration System

I. 서 론

산업 기술의 급격한 발전에 따라 자동화 시스템 및 로봇 분야에 있어서 분산 시스템, 네트워크 기반 시스템 등의 용어는 일반적으로 사용한다. 분산 시스템 및 네트워크 기반 시스템의 가장 큰 특징은 다수의 장치를 대상으로 사용한다는 점이다. 다수의 장치를 효과적으로 분산 배치하고 이를 네트워크로 연결하는 방법에 대한 문제는 역으로 분산된 시스템 및 네트워크 시스템을 하나의 시스템처럼 동작하도록 통합할 수 있는가에 달려 있다고 할 수 있다.

산업 자동화 시스템의 경우 기존의 필드버스나 최신 산업용 이더넷 통신 기술을 이용하여 다수의 장치 및 시스템 들을 분산화, 네트워크화 하고 있다. 또한 다시 네트워크로서 분산된 장치들을 통합하는 구조를 적용함으로서 효율적으로 분산된 장치들을 운용

* 순천대학교 공과대학 전자공학과/레드원테크놀러지
** 레드원테크놀러지(주) 로봇연구소
*** 한국과학기술정보연구원(KISTI)
**** 전남대학교 공학대학 전기전자통신컴퓨터공학부
· 교신저자(Corresponding Author): 배영철
· 투고일자 : 2009년 10월 9일
· 심사(수정)일자 : 2009년 10월 12일 (수정일자 : 2009년 11월 9일)
· 게재일자 : 2009년 12월 30일

하고 있다. 이는 일종의 하드웨어 레벨에서의 시스템 통합을 수행한 것이라 할 수 있다.

최근에는 이러한 하드웨어적인 통합과 더불어 상위의 소프트웨어 레벨에서의 통합에 대한 문제가 점점 커지고 있다. 소프트웨어 레벨에서의 통합이란 사용하는 제어 컴퓨터의 운용환경, 제어언어 등에 관계없이 공용으로 적용할 수 있는 통합 소프트웨어 개발환경을 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 이미 매핑한 표준화된 컴포넌트 구조를 정의함으로서 실제 사용자 및 개발자는 시스템 운용환경 및 개발 언어에 상관없이 표준화된 컴포넌트를 수집 및 재구성함으로서 다양한 서비스를 구현할 수 있는 것이다. 이러한 미들웨어 기반의 통합 소프트웨어 프레임워크로는 CORBA 기반의 OpenRTM, uPnP 기반의 iRSP, HTTP/DSSP 기반의 MSRDS 등을 들 수 있으며 그 외도 OpenRDK, MIRO, OROCOS 등이 있다.[1-5]

본 연구에서는 이러한 미들웨어 기반의 통합 소프트웨어 프레임워크 중 일본에서 개발된 OpenRTM을 이용하여 글로벌 이더넷 네트워크상에서의 시스템 통합 구조를 제시하고, 제시 모델의 검증을 위하여 OpenRTM 통합 구조를 적용한 이동로봇 환경 모니터링 시스템 구현 하고 구현된 시스템에서 실험을 통하여 제시한 통합 구조의 타당성을 검증하고자한다.

Ⅱ. OpenRTM을 이용한 이동로봇 환경 모니터링 시스템 구조 설계

2-1 OpenRTM 기반의 분산 시스템 통합 구조

CORBA 기반 RT 미들웨어 기술인 OpenRTM은 인터넷 네트워크상에 분산된 하드웨어 장치 및 시스템들에 대한 통합 소프트웨어 환경을 제공한다. 이와 같은 통합 소프트웨어 환경 구축을 통하여 각각 분산된 시스템들은 서로 다른 운용체제 및 하드웨어 시스템 상에서 운용을 하더라도 공용의 소프트웨어 인터페이스를 적용함으로서 네트워크상에 분산된 장치들과 자유롭게 정보의 교환 및 재사용이 가능하게 된다.

최근에는 OpenRTM과 같이 미들웨어 기반의 통합 소프트웨어 환경을 구축을 기반으로 하는 소프트웨어 프레임워크들이 많이 개발되고 있으며, 대표적인 통합 소프트웨어 프레임워크로는 iRSP, MSRDS 등이 있다. 그러나 OpenRTM의 경우 종래의 미들웨어 기반의 통합 소프트웨어 프레임워크와는 달리 분산된 장치들과의 실시간 통신에 대한 부분까지 일정부분 보장하고 있어 차별성을 가진다. 그림 1은 OpenRTM을 이용한 통합 소프트웨어 환경에 대한 개념적인 모델을 나타낸다.[5-6]

2-2 OpenRTM을 적용한 이동로봇 환경 모니터링 시스템 구조 설계

본 연구에서는 통합 소프트웨어 환경을 제공하는 OpenRTM을 적용하여 이동로봇 환경 모니터링 시스템에 대한 시스템 통합 구조를 설계하였다. 그림 2에 구현할 OpenRTM 기반의 이동로봇 환경 모니터링 통합 시스템에 대한 개념적인 구조를 나타낸다.

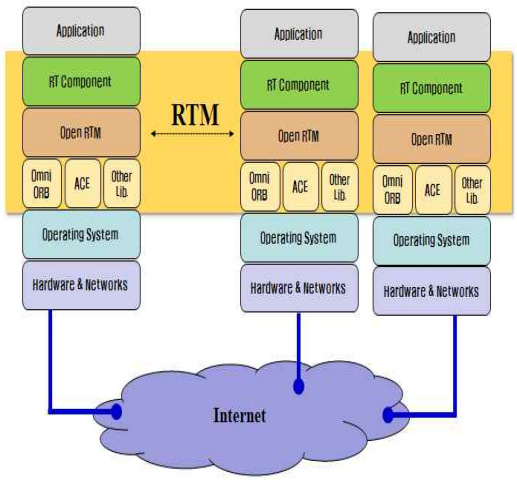

그림 1. CORBA 기반 RT 미들웨어 기술을 적용한 OpenRTM의 개념적인 시스템 통합 구조
Fig.1 The Structure of conceptual system integration of OpenRTM applied CORBA base RT middleware

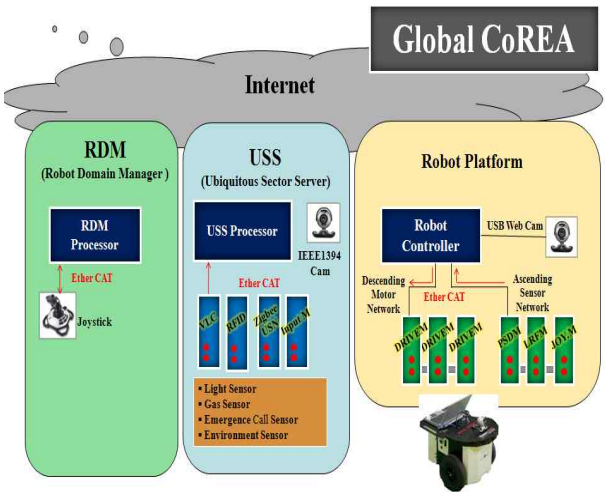

그림 2. 이동로봇 환경 모니터링 시스템 구조
Fig.2 Structure of environment monitoring of mobile robot

설계된 OpenRTM 기반의 이동로봇 환경 모니터링 시스템은 Global CoREA(Cooperating Robot Enterprise Architecture)라고 정의한 시스템 통합 계층 구조를 사용하며 세부적인 내용은 다음과 같다.

● Global CoREA

이동로봇 환경 모니터링 시스템의 전반적인 관리를 담당하는 최상위 계층의 관리자로서 하위의 로봇 도메인 매니저(RDM)를 관리 제어한다.

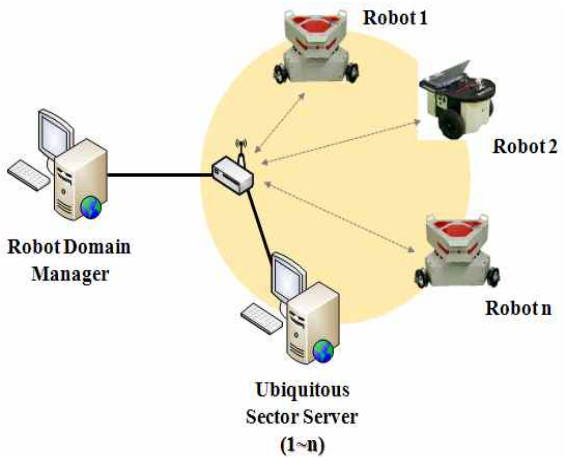

그림 3. 로봇 도메인 매니저 구조
Fig.3 Structure of robot domain manager

● RDM(Robot Domain Manager)

로봇 도메인 매니저는 해당 도메인 내에 존재하는 이동로봇 및 유비쿼터스 섹터 서버들을 일괄적으로 관리 및 제어하는 중간레벨의 관리자로서 상위의 CoREA에 의해 관리 및 제어된다. RDM의 구조를 그림 3에 나타내었다.

● USS(Ubiquitous Sector Server)

유비쿼터스 섹터 서버는 제한된 섹터 내의 각종 센서 및 입출력 장치 등을 일괄적으로 관리 및 제어하는 중간레벨의 관리자로서 로봇 도메인 매니저에 의해 관리 및 제어된다. 유비쿼터스 섹터 서비를 그림 4에 나타내었다.

● Robot Platform

로봇 도메인 매니저에 의해 관리 및 제어되는 최하위 레벨의 동작을 수행하는 로봇 플랫폼으로서 주변 환경 및 침입자를 감시하는 기능을 수행한다.

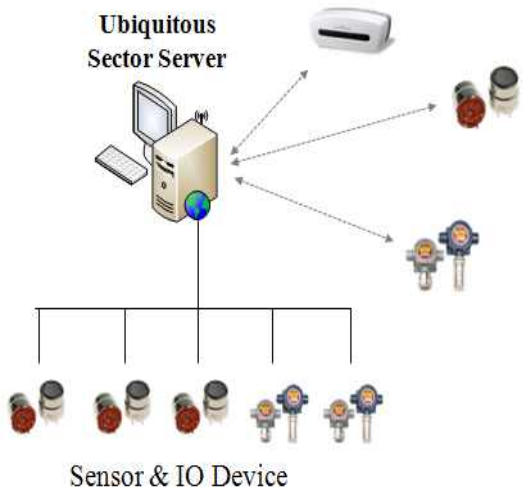

그림 4. 유비쿼터스 섹터 서버 구조
Fig. 4 Structure of ubiquitous sector server

Ⅲ. 이동 로봇 환경 모니터링 시스템 구현

OpenRTM을 이용한 이동로봇 환경 모니터링 시스템 구현 및 실험은 테스트용으로 구축된 실험 룸을 기반으로 하였다. 이는 대규모 시스템이 아니므로 시스템 구현에 있어서 이동로봇 환경 모니터링 시스템 설계 구조의 최상단 계층인 Global CoREA를 제외한 로봇 도메인 매니저 이하의 레벨만을 구현하였다. 실

제 구현된 세부적인 장치의 구성은 다음과 같다.

3-1 로봇 도메인 매니저 구현

1~n 개의 로봇의 동작 태스크를 담당하는 로봇 도메인 매니저에는 하나의 노트북으로 구성되었으며 이동로봇과 무선 인터넷을 통하여 연결되며 각각의 시스템은 CORBA 기반의 RT 미들웨어 기술을 적용한 OpenRTM을 이용한 소프트웨어 통합 환경을 적용하여 데이터를 교환하는 구조로서 구현하였다. 로봇 도메인 매니저와 로봇간의 통신 구조를 그림 5에 나타내었다.

3-2 유비쿼터스 섹터 서버 구현

1~n 개의 환경 센서의 동작 및 환경 정보를 수집 및 디스플레이하는 유비쿼터스 섹터 서버는 노트북으로 구성되며 로봇 도메인 매니저와 같이 OpenRTM을 이용한 소프트웨어 통합 환경을 적용하여 데이터를 교환하는 구조로 구현되었다. 실제 무선 환경 센서와 유비쿼터스 섹터 서버와의 하드웨어 적인 통신은 RF 통신을 사용하며 유비쿼터스 섹터 서버 상에 부착된 RF to USB 동글을 이용한 통신을 수행하는 구조를 적용하였다. 유비쿼터스 섹터 서버와 환경 센서간의 통신 구조를 그림 6에 나타내었다.

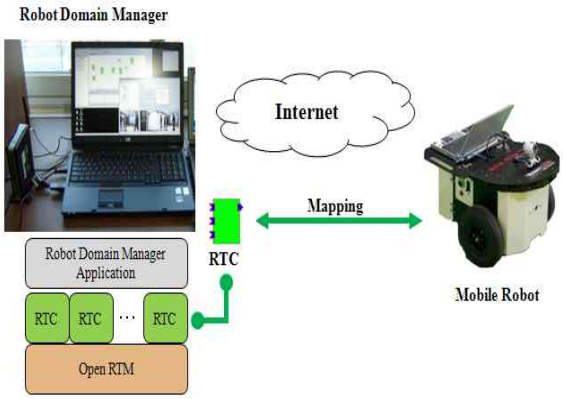

그림 5. 로봇 도메인 매니저와 로봇 간의 통신 구조
Fig. 5 Communication structure between robot domain manager and robot

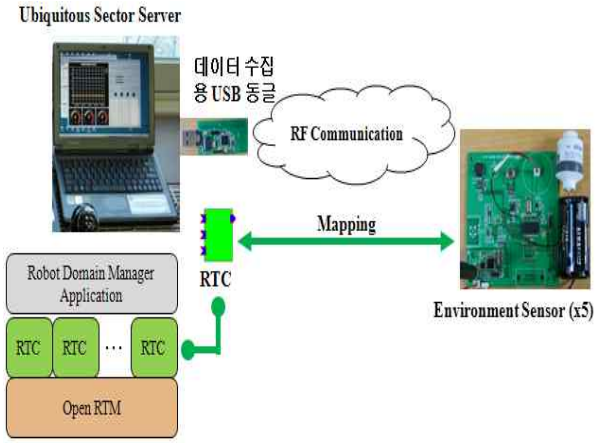

그림 6. 유비쿼터스 섹터 서버와 환경 센서 간의 통신 구조
Fig. 6 Communication structure between ubiquitous sector server and environment sensor

그림 7에 시스템 구현을 위해 실험실에 실제 비치된 로봇 도메인 매니저와 유비쿼터스 섹터 서버를 나타내었다.

그림 7. 로봇 도메인 매니저 및 유비쿼터스 섹터 서버용 노트북
Fig. 7 Robot domain manager and notebook of ubiquitous sector server

3-3 이동 로봇 플랫폼

환경 감시를 위해 사용될 이동로봇 플랫폼은 레드원테크놀러지(주)의 실내형 이동로봇 플랫폼인 NRLAB02 로봇을 적용하였으며 로봇 구성 장치들(휠, 센서, 통신, 카메라, PSD 센서)에 대한 OpenRTM 기반의 RT 컴포넌트들을 그림 8과 같이 구현하였다.[6]

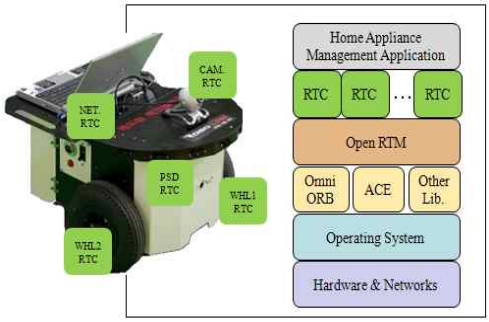

그림 8. OpenRTM 기반의 컴포넌트 기반 이동로봇 통합 소프트웨어 구조
Fig. 8 Structure of mobile robot integration software based on OpenRTM of component base

3-4 환경센서 모듈

환경 센서 모듈은 실험실 내의 가스, 온도, 습도, 산소량, 침입자 등의 감지를 위해 사용이 되며 유비쿼터스 섹터 서보와 RF to USB 동글을 통하여 통신을 수행하는 구조로 되어 있다. 실제 실험을 위해 사용된 환경 센서 모듈은 실험 실 내에 비치될 4개의 센서 모듈과 로봇 상단에 탑재될 1개의 센서모듈을 합하여 전체 5개의 환경 센서 모듈이 사용이 되었다.

그림 9. 온도, 습도, 가스, 침입자 감지 센서 모듈(좌) 및 데이터 수집용 USB 동글(우)
Fig. 9 Module of temperature, humidity, gas, intrude detection sensor(left) and USB dongle for data collection

3-5 이동 로봇 환경 모니터링 서비스 개발

이동로봇 환경 모니터링 시스템의 구현이 완료되면 각 인터페이스 장치(로봇, 환경센서, 카메라, 네트워크) 등에 대한 RT 컴포넌트를 구현하며 구현된 RT 컴포넌트를 이용하여 이동로봇 환경 모니터링을 위한 RT 링크 태스크 서비스를 최종적으로 개발한다.

그림 9는 이동로봇 환경 모니터링 시스템 동작을 위한 RT 링크의 일부분을 나타낸다.

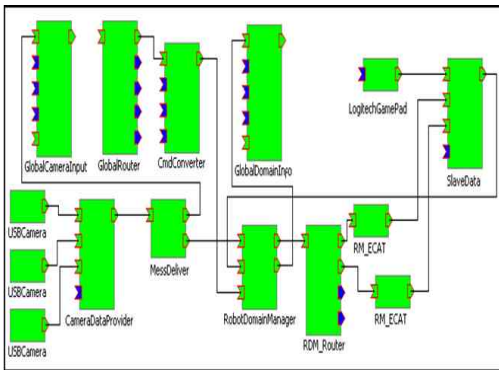

그림 10. 이동로봇 환경 모니터링 동작을 위해 제작된 RT 링크 서비스
Fig. 10 RT link service for operation of mobile robot environment monitoring

3-6 이동 로봇 환경 모니터링 시스템 가동

실제 구현한 OpenRTM 기술을 적용한 이동로봇 환경 모니터링 시스템을 이미 구축된 실험 실에서 가동하여 동작 결과를 확인하였다.

그림 11은 로봇 도메인 매니저의 경우 원격으로 연결된 로봇의 감시 카메라 및 센서 정보 등을 디스플레이 하는 결과를 나타낸다.

그림 11. 로봇 도메인 매니저 실행 결과 화면
Fig.11 Result of operation of robot domain manager

그림 12는 유비쿼터스 섹터 서버에서 수집한 환경 정보를 디스플레이하는 결과를 타나낸다.

그림 12. 유비쿼터스 섹터 서버의 환경 정보 디스플레이 결과
Fig. 12 Display result of environment information of ubiquitous detector server

실제 구현한 환경 모니터링 시스템의 성능 대한 측정은 환경의 요인에 크게 의존되는 무선 컴포넌트들에 대한 성능은 측정하지 않았으며, 유선 컴포넌트로 연결된 환경 감시로봇의 내부 컴포넌트들에 대한 동작 성능을 측정하였다. 측정방법은 이더넷 기반의 통신 장치들의 패킷 송수신 시간을 측정하는 Ethereal을 이용하였으며, 측정 내용은 이동 로봇 제어기 상에 구현된 RT 컴포넌트들의 통신 사이클 및 업데이트 타임을 측정하는 방법으로 수행을 하였다. 그림 13에 RT 미들웨어 컴포넌트의 사이클 시간을 나타내었으며 그림 14에 로봇 도메인 매니저 실행 결과를 나타내었다.

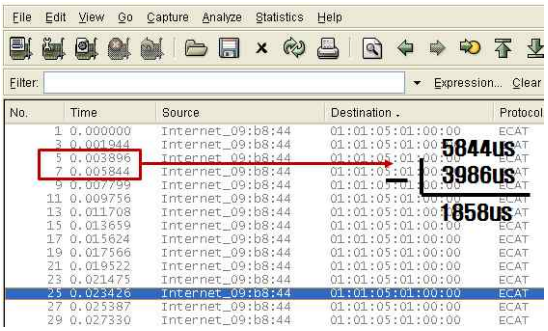

그림 13. RT 미들웨어 컴포넌트의 사이클 시간
Fig.13 Cycle time of RT middleware component

실험 결과는 RT 컴포넌트의 동작 사이클 타임은 1~2m 이내의 성능을 만족하였으며, 통신 패킷의 업데이트 타임은 10us 정도의 성능을 나타내었다. 이는 일반 적인 제어 시스템 및 이동로봇의 성능으로서 매우 우수한 성능이라 할 수 있다.

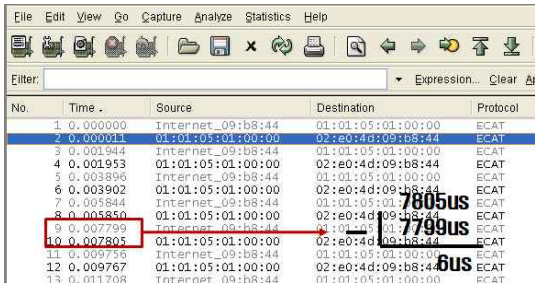

그림 14. 로봇 도메인 매니저 실행 결과 화면
Fig.14 Execution result of robot domain manager

Ⅳ. 결 론

본 논문에서는 CORBA 기반의 RT 미들웨어 기술을 적용한 통합 소프트웨어 프레임워크인 OpenRTM을 이용하한 계층적 통합 구조인 Global CoREA라는 개념적인 모델을 정의하였다. 또한 Global CoREA 구조를 기반으로 하는 이동로봇 환경 모니터링 시스템을 구현하여 제작된 실험실 내에서 가동 실험을 하였다.

가동 실험 결과 제시한 시스템 통합 모델은 잘 구현되었으며, 구동 역시 만족할 만한 수준이었다. 그러나 유무선 환경을 혼용하여 이용하는 시스템 구조로 인하여 통합 적인 환경에서의 정확한 성능에 대한 수치적인 결과는 얻지 못하였으며, 제시한 개념에서는 하나의 로봇 도메인 매니저에서 다수의 로봇을 운용할 수 있는 구조를 제시하였으나 실제 실험에서는 하나의 로봇만을 대상으로 한 실험만을 수행하여 멀티 로봇 환경에서의 동작에 대한 결과는 얻지 못하였다.

앞으로 하나의 로봇 도메인 매니저에서 다수의 로봇을 운용하는 것과 함께 정량적인 수치에 기반 한 성능 평가가 과제로 남는다.

감사의 글

본 논문은 스마트친환경 가전사업에 의해 지원에 의해 수행되었음.

참 고 문 헌

[1] Donald E. Knuth, "The Art of Computer Programming. Four volumes," 1973.

[2] Slovakian, "Hungarian Joint Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics," 2007.

[3] Daniele Calisi, OpenRDK, "a modular framework for robotic software development," 2008.

[4] Herman Bruyninckx. "the OROCOS project," *In Proceedings of Int. Conf. of Robotics and Automation*, 2001.

[5] S. Sablatnog, S. Enderle, and G. Kraetzschmar. "Miro middleware for mobile robot applications," *IEEE Transaction on Robotics and Automation,* 2002.

[6] OPENRTM Document "http://www.openrtm.org/," 2005

[7] REDONE TECHNOLOGY "NRLAB02 User Guide," 2009.

문 용선(文庸善)

1983년 2월 : 조선대학교 전자공학과(공학사)

1989년 2월 : 조선대학교 대학원 전자공학과(공학박사)

1992년 ~ 현재 : 순천대학교 정보통신공학부교수/레드원테크놀러지(주) 기술이사

관심분야 : 산업통신망 및 로봇, 실시간 모션 제어

이 영필(李榮必)

2006년 2월 : 순천대학교 전자공학과 (공학사)

2008년 2월 : 순천대학교 전자공학과(공학석사)

2008년 ~ 현재 : 레드원테크놀러지(주) 연구원

관심분야 : 로봇 제어, 모터 제어, 산업통신망

트롱루안(Vo Trong Tuan Anh)

2006년 9월 : Vietnam National University - Ho Chi Minh city - University of Natural Sciences - Information Technology

2008년 2월 : 순천대학교 전자공학과(공학석사)

관심분야 : 로봇 제어, 모터 제어, 산업통신망

박 종규(朴 宗圭)

1984년 2월 : 중앙대학교 전자공학과(공학사)

19908년 2월 : 중앙대학교 전자공학과(공학석사)

1991년 ~ 현재 : 한국과학기술정보연구원 선임연구원

배 영 철(裵英哲)

1984년 2월 : 광운대학교 전기공학과(공학사)

1986년 2월 : 광운대학교대학원 전기공학과(공학석사)

1997년 2월 : 광운대학교대학원 전기공학과(공학박사)

1986년 ~ 1991년 : 한국전력공사

1991년 ~ 1997년 : 산업기술정보원 책임연구원

1997년 ~ 2006년 : 여수대학교 전자통신전기공학부 부교수

2006년 ~ 현재 : 전남대학교 전기전자통신컴퓨터공학부 교수

관심분야“ Chaos Control and Chaos Robot, Robot control etc.