

정밀 GPS 기반의 실외환경에서의 로봇 위치 추정 및 OpenRTM을 이용한 모니터링

문용선* · 노상현** · 조광훈*** · 배영철****

Robot Localization and Monitoring using OpenRTM in Outdoor Environment based on Precision GPS

Yong-Seon Moon* · Sang-Hyun Roh** · Kwang-Hun Jo*** · Young-Chul Bae****

요약

로봇의 실외 주행의 경우 실내 주행과 달리 실외 환경 전체에 대한 지도를 미리 작성할 수 없어 대부분 GPS를 이용하고 있으며 지도에 기반한 연구는 거의 없는 상황이다. 본 논문에서는 경사 구간이 없는 2차원 평면의 실외환경에서 정밀 GPS를 사용하여 GPS 데이터를 MCL 알고리즘에 적용하여 실외 로봇 위치 추정을 구현하고, 이를 적용하여 간단한 임무 시나리오를 수행하였다. 그리고 미들웨어 기반의 OpenRTM을 적용하여 관리자가 서버를 통해 원격으로 로봇을 제어하거나 상황을 관제할 수 있도록 하였다.

ABSTRACT

In the case of outdoor moving of robot, it is differ to indoor moving case due to it cannot prepare map early for entire outdoor environments, there is nearly no research based on map because most outdoor robots use GPS. In this paper, we implement outdoor robot localization that using precision GPS and then GPS data applying MCL algorithm in outdoor environments of plane of 2 dimensional without incline section. We also perform a simple mission scenario by using applied robot localization in outdoor robot. We applying OpenRTM based on middleware, we can be controlled and grasped situation of the outdoor robot by remote through server by manager.

키워드

GPS, Outdoor robot, Localization, OpenRTM, Robot control
위성 측위 시스템, 실외 로봇, 위치 추정, OpenRTM, 로봇 제어

1. 서론

최근 공장자동화 및 홈 유비쿼터스 산업이 발달함에 따라, 고정된 공간에서 여러 센서들을 이용하여 상태를 인식하고 센서들의 정보를 바탕으로 움직이는 무인 주

행 시스템이 요구되고 있다. 특히 무인 주행 시스템을 구현할 때, 고정된 공간에서 물체의 절대 위치 및 상대 위치를 인식하는 문제는 성공적인 주행을 위하여 매우 중요하게 인식된다[1][2].

이런 위치인식 시스템에는 위성을 이용한 GPS

* 순천대학교 정보통신공학부(moon@sunchon.ac.kr),

** 순천대학교 정보통신공학부(magunza@naver.com),

*** (주)메크로스시스템엔지니어링(choicemylife@hanmail.net)

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

접수일자 : 2012. 02. 16

심사(수정)일자 : 2012. 03. 23

게재확정일자 : 2012. 04. 07

(Global Positioning System), 적외선 센서를 이용한 시스템, 초음파 센서[3]를 이용한 시스템, 카메라[4]를 이용한 시스템들이 있다. 또한 알고리즘적인 면에선 칼만 필터, 다중 추측 칼만 필터, 마코프 위치 추정, 그리고 몬테카를로 위치 추정(MCL)등과 같이 다양한 방법 [5-7]이 연구되고 있다.

실내주행과 달리 실외주행에서 위치인식은 GPS를 사용하여 상당부분 해결할 수 있다. 실외주행에서는 대상이 되는 환경이 매우 방대할 수 있는데, 이 경우 환경 전체에 대한 지도를 미리 작성하기도 어렵고, 지도가 있다고 해도 방대한 영역에서 GPS의 도움 없이 위치인식을 한다는 것은 매우 어렵고 현실적이지 못하므로, 거의 모든 실외 주행로봇은 GPS를 장착하고 있다. 따라서 실외주행의 경우 실내주행과 달리 환경에 대한 지도를 미리 가지고 있는 상태에서 지도에 기반한 위치인식을 하는 경우가 흔치 않은 상황이다[8-10].

본 논문에서는 경사 구간이 없는 2차원 평면의 실외 환경에서 정밀 GPS를 사용하여 GPS 데이터를 MCL 알고리즘에 적용하여 실외 로봇 위치 추정을 구현하고, 이를 적용하여 간단한 임무 시나리오를 수행하였다. 그리고 미들웨어 기반의 OpenRTM[11]을 적용하여 관리자가 원격으로 로봇을 제어하거나 상황을 관제할 수 있도록 하였다.

II. 시스템 설계

2.1 정밀 GPS를 이용한 이동 로봇의 위치 추정

GPS 수신기로부터 나오는 데이터는 세계측지계를 기준으로 한 3차원 좌표(위도, 경도, 표고)이다. 이를 로봇의 맵으로 사용하기 위해서 x-y의 2차원 좌표계로 변환하여 사용하게 된다. 본 논문에서는 2차원 좌표계를 UTM 좌표계를 사용하였다. 그리고 변환된 좌표계와 로봇의 맵 정보와 매핑시켜 최종적으로 x-y 좌표계를 사용한다. 로봇의 맵 정보와 매핑시킬 때 로봇의 맵을 UTM 좌표계와 맞추기 위해 맵을 회전하여 GPS 정보와 일치시킨다.

로봇의 위치 추정은 좌표를 변환한 GPS 데이터를 MCL 알고리즘에 적용하였다. MCL 알고리즘은 로봇

이 위치할 수 있는 공간에 파티클을 랜덤으로 위치시키고, 센서의 값을 통해 파티클에 가중치를 부여한다. 가중치가 부여되고 다시 파티클을 위치시키는 것을 샘플링이라고 표현하며, 이러한 샘플링이 반복되면서 로봇의 현재 위치를 추정할 수 있게 된다. 그리고 기본적인 오차율을 적용하기 위한 모션 에러 모델과 센서에러 모델을 사용하여 정확도를 높게 된다. 여기서 로봇의 위치 (x, y)의 데이터는 GPS 데이터의 위도와 경도로 사용하고, 로봇의 heading각도는 IMU 센서의 각도 값을 이용한다.

2.2 OpenRTM을 이용한 로봇 원격 제어 및 모니터링

OpenRTM은 로봇 시스템을 컴포넌트 지향의 개발을 하기 위한 소프트웨어 플랫폼으로 CORBA 기반의 RT 미들웨어 기술을 적용한 것이다. 로봇 시스템을 만들 때 기능 요소마다 RTC라 부르는 프로그램을 작성해 RTC를 결합하는 방식으로 시스템을 구축한다. RTC는 다른 컴포넌트와 데이터나 명령을 통신하기 위한 입출력 포트가 있으며, 동기화를 위한 액티비티라 부르는 RTC의 상태 천이와 RTC의 파라미터를 조정할 수 있는 배치 기능 등이 갖추어져 있다. 그리고 미들웨어 기반으로 네트워크상에서 분산 실행된 RTC를 결합하여 시스템을 구성할 수 있어, 본 논문에서는 로봇 제어와 원격 모니터링을 구성하는데 사용하였다.

2.3 하드웨어 시스템 구성

본 논문에서 사용한 로봇은 그림 1의 레드윈테크놀러지(주)의 실외주행용 이동로봇 MRP-NRLAB04로, 주행 방식은 4개의 바퀴가 독립적으로 구동되며, 회전은 스키드 타입이다. 평지에서 최대속도 0.9m/sec, 최대 적재하중 20kg, 최대 등판각도 30°의 사양을 가지고 있다. 거리센서는 SICK의 실외환경용 레이저스캐너인 LMS200 모델로, 0.5/1° 간격으로 180°를 스캔할 수 있으며, mm 수준의 정밀도로는 최대 32m까지, cm 수준의 정밀도로는 최대 80m 까지 거리를 측정할 수 있다. 로봇의 이동은 엔코더와 자이로를 이용하여 계산한다[12]. 자이로 센서는 마이크로인피니티사의 CruzCore R1050K로 각속도와 상대각도를 측정할 수 있다. 카메라는 로지텍사

의 QuickCam Sphere AF로 주행 중 주변 상황을 알기 위한 모니터링용으로 사용된다. 본 논문에서는 3대의 로봇을 사용하였다. GPS는 아센코리아사의 정밀 GPS AKN1M 모델로 위치 정확도는 SBAS 방식으로 0.7 RMS이다.

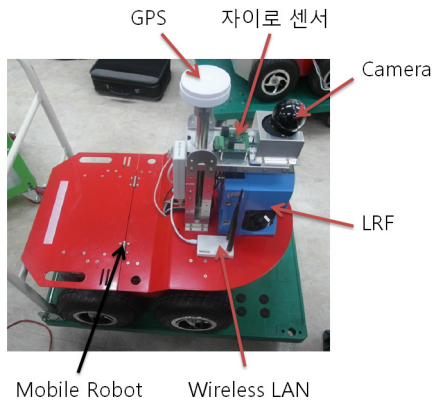


그림 1. 이동 로봇 시스템
Fig. 1 Mobile robot system

또한 이동 로봇의 동작 모드 제어와 로봇의 위치와 속도 등과 같은 상태를 모니터링하기 위한 서버 역할을 하는 데스크 탑 컴퓨터로서 그림 2에 나타내었다.



그림 2. 로봇 제어와 상태 모니터링을 위한 서버
Fig. 2 Server for robot control and state monitoring

2.4 임무 설정

본 논문에서는 GPS 좌표와 방위각을 이용한 로봇의 위치 제어에 LRF와 MCL 알고리즘을 이용하여 정밀 위치 제어를 구현하고 이를 이용하여 3가지 임무 시나리오를 설정하고 동작 테스트를 목적으로 한다.

첫 번째는 커버리지 모드로 정해진 영역에 대한 정찰 임무이다. 이동 로봇은 서버에서 지시한 경로 계획을 통해 중복되는 구역이 없도록 모든 구역에 대한 정찰을 수행하며, 이동 중에 이동식 장애물을 만날 경우 이를 회피하고 본래의 경로로 복귀하여 정찰을 계속적으로 수행하는 임무이다. 경로 계획은 로봇이 이동 가능한 곳에 미리 경유점과 경유점에 대해 순번을 지정하여 순차적으로 경유점을 지나도록 설정하였다. 이를 그림 3에 나타내었다.

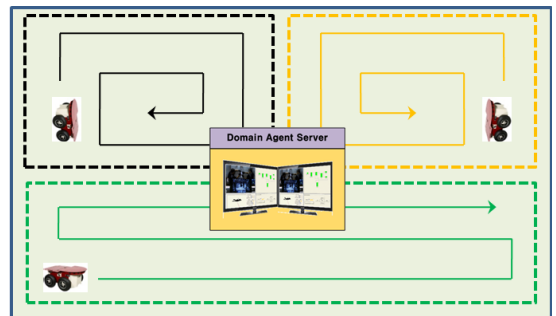


그림 3. 커버리지 임무
Fig. 3 Mission coverage

두 번째는 화재 감지로 정확하게는 상황이 발생한 위치로 신속하게 이동하는 임무이다. 서버에서는 각종 센서를 이용하여 상황 발생을 인식하고 위치를 로봇에게 알림으로써, 로봇은 상황 발생 위치로 이동하여 정확한 상황을 서버에게 알리는 역할을 수행하는 임무이다. 이를 위해서는 평소의 경로 계획에 따른 정찰이 아니라 상황 발생 위치로의 최단거리로 경로를 설정하여 상황 발생 위치로 이동하게 된다. 이를 그림 4에 나타내었다.

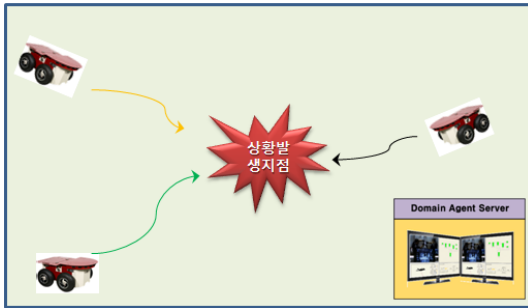


그림 4. 화재 감지 임무
Fig. 4 Mission of fire detection

세 번째는 침입자 추적으로 침입자 발생시 로봇이 침입자를 추적하는 모드이다. 이를 위해서 하나의 로봇을 침입자로 가정하고, 다른 로봇은 침입자 로봇의 위치 정보를 알고 있어야 한다. 침입자의 위치 정보는 서버를 통해서 추적 로봇에게 알려지게 되며 추적 로봇은 자신의 현재 위치와 침입자의 위치를 비교하여 침입자 반경 1m 이내에 도달하면 침입자 추적에 성공한 것으로 하였다. 침입자가 다시 이동하면 다시 추적을 시작하여 계속적으로 추적하도록 하였다. 이를 그림 5에 나타내었다.

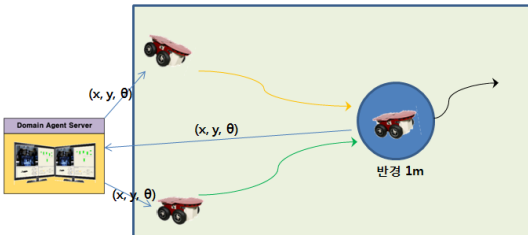


그림 5. 침입자 추적 임무
Fig. 5 Mission of intruder trace

III. 시스템 구현 및 테스트

OpenRTM을 적용하기 위해 시스템의 기능 요소들을 RTC로 만든 결과를 그림 6과 표 1에 각각 나타내었다.

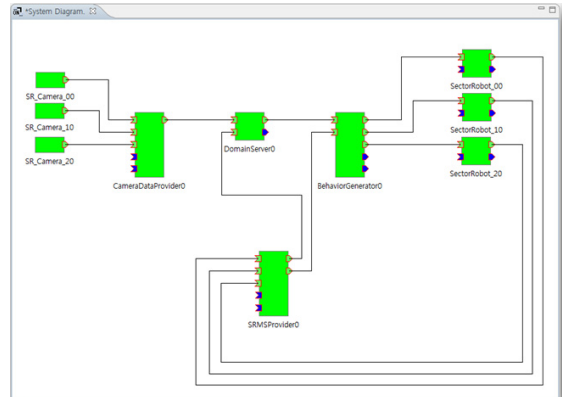


그림 6. RT system editor를 이용한 시스템 구성
Fig. 6 System configuration using RT system editor

표 1. 기능 요소별로 구현한 RTC
Table 1. Implemented RTC as function elements

RTC	기능
DomainAgentServer	도메인 에이전트 서버, 도메인 구성원 제어 기능 및 상태 모니터링 기능
BehaviorGenerator	도메인 에이전트 서버의 제어명령과 로봇 상태 정보에 따른 섹터 로봇의 제어 명령 생성 기능 담당
SectorRobot	도메인 구성원인 섹터 로봇의 제어 기능 담당
SRMSProvider	섹터 로봇의 모션 스테이투스 정보를 모아 DomainAgentServer와 BehaviorGenerator에게 전달
SR_Camera	섹터 로봇에 장착된 카메라로부터 영상 데이터를 획득하는 기능
CameraDataProvider	SR_Camera의 영상 데이터를 모아 DomainAgentServer에 전달하는 기능 담당

DomainAgentServer RTC는 그림 7과 같이 Tracking Map Display와 Sector Robot Control Window GUI를 구성하였다. 로봇의 위치와 경로 등을 나타낼 수 있는 맵과 제어 명령, 상태 모니터링을 위한 것이다. 맵에서 원으로 표현된 것은 로봇이며, 로봇의 헤딩 방향을 가리키기 위한 직선이 표현되어 있다. 작은 원들은 경로 계획을 위한 경유점들이다. 이 경유점들을 연결하여 정찰 임무를 수행한다.

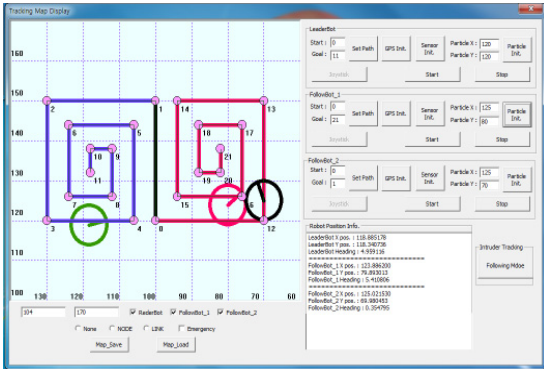


그림 7. 추적 지도 표시 창
Fig. 7 Tracking map display window

Sector Robot Control Window는 카메라 영상, 로봇 파라미터 디스플레이와 로봇의 개별 제어 기능이 포함되어 있다. 로봇 제어는 버튼을 이용한 제어와 조이스틱을 이용한 제어가 있으며 이를 그림 8에 나타내었다.

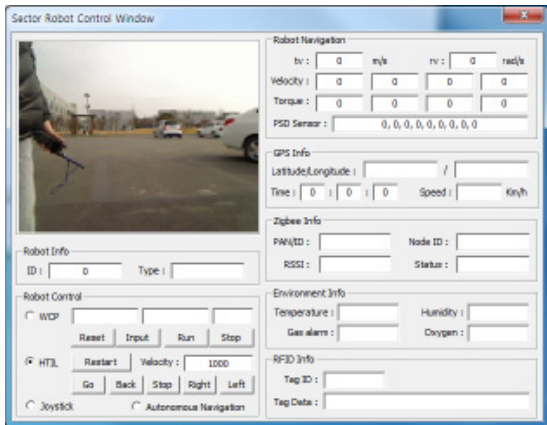


그림 8. 섹터 로봇 제어 창
Fig. 8 Sector robot control window

시작 단계이기 때문에 장애물이 없는 환경에서의 테스트를 그림 9에 나타내었다.



그림 9. 테스트 환경
Fig. 9 Test environment

3가지 임무에 대한 동작 테스트를 수행한 결과, 대체적으로 잘 동작하였으나 몇 가지 보완해야 될 문제점을 발견하였다.

첫 번째, 정찰 임무 수행에서는 20분 이내의 임무 수행에서는 정해진 경로대로 잘 이동하였다. 그렇지만 임무 수행 시간이 길어지면, 경로를 이탈하는 상황이 발생하였다. 그 원인은 로봇의 위치 추정에 자이로 센서를 로봇의 heading 각으로 사용하였는데, 로봇의 주행 시간이 길어지면, 자이로 센서의 누적오차로 인해 실제 로봇이 지정된 경로를 이탈하였는데도 서버의 모니터링 화면에선 정상적으로 주행하는 것으로 나타났다. 사용한 자이로 센서의 데이터시트엔 시간당 10°의 오차를 보정할 알고리즘이 필요하게 되었다.

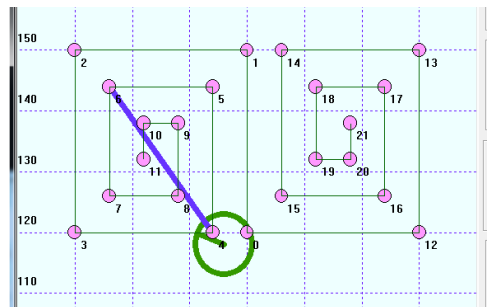


그림 10. 최단 경로 설정
Fig. 10 Setting the shortest path

두 번째, 화재 감지 임무는 아래 그림 10과 같이 장애물이 없는 환경임을 감안하여 현재 위치와 가장 가까운 경유점과 목표 경유점을 연결하여 로봇의 이동 경로를

생성하여 수행하였다. 로봇의 이동 자체는 정해진 경로를 이동한다는 점에서 첫 번째 임무와 다를 바가 없다.

세 번째, 침입자 추적 모드는 서버에서 명령을 2번 내려야 침입자를 추적하기 시작했으며, 한 번의 추적 완료로 임무를 종료하는 문제가 있었다. 문제의 원인은 프로그램상에서 로봇의 임무 수행 모드에 대한 설정이 잘 못되어 문제가 발생한 것을 확인하였으며, 이는 테스트 수행 전에 충분한 검증을 하지 않았기 때문에 발생한 문제였다. 이로 인해 2번의 명령을 보내주거나, 한 번의 임무 완료로 침입자 추적 모드가 종료된 것이다.

IV. 결론 및 향후 계획

로봇의 위치를 추정하는 방법에는 여러 가지가 있다. 시스템적인 방법과 알고리즘적인 방법, 그리고 이 두 가지를 융합한 방법들이 많이 연구되고 있다.

본 논문에서는 경사 구간이 없는 2차원 평면의 실외 환경에서 정밀 GPS를 사용하여 GPS 데이터를 MCL 알고리즘에 적용하여 로봇 위치 추정을 구현하고, 이를 적용하여 간단한 임무 시나리오를 수행하였다. 그리고 미들웨어 기반의 OpenRTM을 적용하여 관리자가 원격으로 로봇을 제어하거나 상황을 관제할 수 있도록 하였다.

앞으로의 연구과제로 테스트를 통해 발견한 문제점을 수정, 보완하여 구현된 시스템의 안정성을 높이며, 향후 무인 경비 시스템, 오염된 지역의 정찰 임무나 조난자 구출과 같은 임무를 수행할 수 있도록 연구할 예정이다.

감사의 글

지역혁신인력양성사업

Human Resource Training Project for Regional Innovation

본 연구는 교육과학기술부와 한국연구재단의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구결과임

This research was financially supported by the Ministry of Education, Science Technology (MEST) and National Research Foundation of Korea(NRF) through the Human Resource Training Project for Regional Innovation

참고 문헌

- [1] 이상목, "Vision센서와 초음파센서를 이용한 이동로봇의 Localization", 충남대학교 석사학위논문, 2001.
- [2] 권태범, 송재복, 강신천, "실외 이동로봇의 고도지도 기반 위치인식을 위한 고도관성모멘트 추출 및 정합", 제어·로봇·시스템회 논문지, 15권, 2호, pp. 203-210, 2009.
- [3] 윤강섭, "초음파 위성 시스템을 위한 개선된 위치추정 알고리즘", 한국전자통신학회논문지, 6권, 5호, pp. 775-781, 2011.
- [4] 김익순, 신현식, "CCTV 카메라를 활용한 3D 지리정보시스템 구현", 한국전자통신학회논문지, 6권, 4호, pp. 148-156, 2011.
- [5] 김태균, 고낙용, 노성우, 이영필, "몬테카를로 위치추정 알고리즘을 이용한 수중로봇의 위치추정", 한국전자통신학회논문지, 6권, 2호, pp. 288-295, 2011.
- [6] 노성우, 고낙용, 김태균, "위치 추정, 충돌 회피, 동작 계획이 융합된 이동로봇의 자율주행 기술 구현", 한국전자통신학회논문지, 6권, 1호, pp. 148-156, 2011.
- [7] 김광진, 고낙용, 박세승, "시뮬레이션을 이용한 이동 로봇의 충돌회피 알고리즘 비교", 한국전자통신학회논문지, 7권, 1호, pp. 187-194, 2012.
- [8] H. Durrant-Whyte and T. Bailey, "Simultaneous Localization and Mapping: Part I, the essential algorithms," IEEE Robotics and Automation Magazine, Vol. 13, No. 2, pp. 99-110, March 2006.
- [9] 박영빈, 서일홍, 최병욱, "실제 실내 환경에서 이동로봇의 위상학적 위치 추정", 로봇학회논문지, 4권, 1호, pp. 25-33, 2010.
- [10] 조성호, 한순신, 이인욱, 이장명, "iGS를 사용한 이동로봇의 실내 위치 인식 시스템", 부산대학교 석사학위논문, 2007.
- [11] OPEN RTM Document, "http://www.openrtm.org/"
- [12] OMG "Robotic Technology Component Specification Version 1.0", 2008.

저자 소개



문용선(Yong-Seon Moon)

1983년 2월 : 조선대학교 전자공학과(공학사)
1989년 2월 : 조선대학교 대학원 전자공학과(공학박사)

1992년~현재 : 순천대학교 정보통신공학부교수
※ 관심분야 : 산업통신망 및 로봇, 실시간 모션 제어



노상현(Sang-Hyun Roh)

2007년 2월 순천대학교 전자공학과(공학사)
2009년 2월 순천대학교 전자공학과(공학석사)

2009년~현재 순천대학교 전자공학과(공학박사 재학 중)
※ 관심분야 : 로봇 제어, 모터 제어, 산업통신망



조광훈(Kwang-Hoon Cho)

2003년 2월 순천대학교 전자공학과 졸업 (공학사)
2003년 2월~현재 (주)메크로 시스템 엔지니어링 입사

※ 관심분야 : 자동화 시스템, 산업통신망



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.