



지능 교통콘의 위치제어를 위한 네트워크 구축

Network Implementation for Position Control of Intelligent Traffic Cones

저자 (Authors)	이현선, 정슬 Hyun-Sun Lee, Seul Jung
출처 (Source)	제어로봇시스템학회 논문지 23(5) , 2017.5, 394-401 (8 pages) Journal of Institute of Control, Robotics and Systems 23(5) , 2017.5, 394-401 (8 pages)
발행처 (Publisher)	제어로봇시스템학회 Institute of Control, Robotics and Systems
URL	http://www.dbpia.co.kr/Article/NODE07168202
APA Style	이현선, 정슬 (2017). 지능 교통콘의 위치제어를 위한 네트워크 구축. 제어로봇시스템학회 논문지, 23(5), 394-401.
이용정보 (Accessed)	충남대학교 168.***.235.247 2018/05/04 17:57 (KST)

저작권 안내

DBpia에서 제공되는 모든 저작물의 저작권은 원저작자에게 있으며, 누리미디어는 각 저작물의 내용을 보증하거나 책임을 지지 않습니다. 그리고 DBpia에서 제공되는 저작물은 DBpia와 구독 계약을 체결한 기관소속 이용자 혹은 해당 저작물의 개별 구매자가 비영리적으로만 이용할 수 있습니다. 그러므로 이에 위반하여 DBpia에서 제공되는 저작물을 복제, 전송 등의 방법으로 무단 이용하는 경우 관련 법령에 따라 민, 형사상의 책임을 질 수 있습니다.

Copyright Information

Copyright of all literary works provided by DBpia belongs to the copyright holder(s) and Nurimedia does not guarantee contents of the literary work or assume responsibility for the same. In addition, the literary works provided by DBpia may only be used by the users affiliated to the institutions which executed a subscription agreement with DBpia or the individual purchasers of the literary work(s) for non-commercial purposes. Therefore, any person who illegally uses the literary works provided by DBpia by means of reproduction or transmission shall assume civil and criminal responsibility according to applicable laws and regulations.

지능 교통콘의 위치제어를 위한 네트워크 구축

Network Implementation for Position Control of Intelligent Traffic Cones

이 현 선, 정 슬*
(Hyun-Sun Lee¹ and Seul Jung^{1,*})

¹ISEE, Department of Mechatronics Engineering, Chungnam National University

Abstract: This paper presents the implementation of wireless network for the automation of intelligent traffic cones (ITC) to assure the safety of both drivers and workers in the accidental area or maintenance area on the roadway. The intelligent traffic cones are developed to have mobility for the autonomous line up on the roadway. Traffic cones are equipped with a GPS and a camera for localization and monitoring the environment. For communication between a user and ITCs, network from a server to the ITC and a smart phone is built through wireless communication. An experimental study confirms the feasibility of automating the ITC.

Keywords: Intelligent traffic cones, server network, localization, position control

1. 서론

최근에 스마트 기기의 보급과 더불어 LTE와 같은 통신 기술이 급격히 발달하면서 네트워크 기반의 로봇 제어에 대한 관심이 높아지고 있다. 4차 산업혁명에 의거 IoT (Internet of things) 기술이 이슈화되고 국내 통신사 역시 이와 관련된 서비스와 상품을 출시하고 있다.

이에 발맞추어 로봇 산업계에서는 IoRT(Internet of Robotic Things)가 관심을 끌고 있다[1-4]. IoT 기술과 로봇 요소 기술의 접목이 현실화되어 아직 초기단계이지만 크게 주목받고 있다. 삼성에서는 다양한 IoT기기 개발을 지원하기 위한 개방형 플랫폼으로서 Artik을 개발하여 양산체제에 들어갔다[5].

IoRT를 현실화하기 위해 도로에서 IoT 기술을 이용한 사례가 늘어나고 있다. 영국에서는 ETI Software의 Beamfly 플랫폼을 사용한 교통콘을 건설현장에 설치하고 수집되는 데이터를 현장 노동자 보호를 위해 활용하고 있으며 각 장치의 상태와 위치를 실시간으로 기록하고 표시하는 웹 포털을 제공하고 있다[6]. 교통콘은 도로에서 사고나 공사의 주의 공간을 확보하기 위해 다수가 필요하며 작업자의 손으로 특정한 위치에 놓이게 되는데 이를 자동화하고자 하는 연구가 진행되고 있다. 미국 캘리포니아의 AHMCT 연구소에서는 고속도로 유지 보수를 위한 각종 IT 기반 로봇 시스템을 개발하고 있다. 그 중 하나로 고속도로에서 교통콘을 자동으로 수거하는 로봇 차량에 대한 연구를 해

왔다[7].

기존의 교통콘은 대부분 기동성이 없는 고정된 위치에서 단순한 마커 역할을 해왔다. 하지만 최근에는 교통콘의 역할이 단순 마커보다는 지능을 갖춘 감시기능이 필요하게 되었다. 고속도로뿐만 아니라 일반도로에서 정보를 수집하고 특정한 위치로 이동하여 보다 정확한 정보를 수집하는 장치로 발전하게 되었다.

따라서 본 논문에서는 도로 상의 사고나 유지 보수시 차량의 안전을 확보하고 일반 도로에서 다양한 정보를 수집하기 위한 교통콘의 자동화 시스템의 구현에 대해 논한다. 교통콘의 자동화 시스템의 전체적인 개념은 그림 1과 같다. 먼저 GPS와 카메라를 탑재하고 사용자가 원하는 위치로 이동할 수 있는 교통콘이 있고 이 교통콘의 위치를 사용자의 스마트기기에 실시간으로 알려주고 명령어를 교통콘에 전하여 제어하는 서버로 구성되어 있다.

서버를 포함한 IoT 환경을 직접 구축한 뒤 GPS센서를 내장한 모바일 교통콘 로봇에 프로그래밍 가능한 WiFi모듈을 추가하여 사물인터넷 기능을 실장하고 시스템의 네트워크화를 통해 IoRT환경을 구축한다. 스마트기기를 통한 직접조종과 센서정보의 통신과 모니터링 및 제한된 공간에서 viapoint를 다수 지정한 P2P(Point to point)주행을 실험한다. 사용자의 스마트기기로 교통콘을 제어하는 실험을 구현함으로써 전체시스템의 타당성을 검증한다.

* Corresponding Author

Manuscript received December 22, 2016 / revised January 24, 2017 / accepted March 21, 2017

이현선, 정 슬: 충남대학교 메카트로닉스공학과
(yeahhappyday@naver.com/jungs@cnu.ac.kr)

※ 본 논문은 2016년 충남대학교 학술연구지원을 받아 수행되었으며 이에 감사드립니다.

Copyright© ICROS 2017

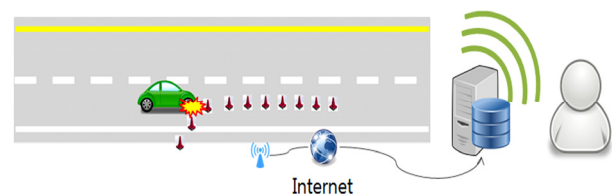


그림 1. 자동화된 교통콘의 개념도.

Fig. 1. Concept of automated traffic cone.

II. 전체 시스템

1. 전체 시스템

제안하는 환경은 그림 2에 보여진 것처럼 서버, 교통콘 그리고 스마트 단말기로 구성되어 있다. 서버와 교통콘 그리고 단말기와는 인터넷을 통해 통신을 취한다. 따라서 세부적으로는 지능형교통콘, 서버구축, WiFi 통신모듈, 사용자 어플리케이션의 4가지 구성요소로 이루어져 있다. 서버가 중심적인 역할을 하며 사용자와 교통콘을 연결한다. 사용자는 서버에 접속하여 교통콘을 제어하고 교통콘은 정보를 서버를 통해 사용자에게 전달한다. IoRT환경 구축 시 서버 구축이 중요하며 login, lobby, room 기능을 소규모 서버에 실장하여 Multi Play형 IoRT Service 개념을 도입한다.

2. 시스템 추가형 Client module

로봇 시스템이 네트워크 기능을 갖추기 위해서는 LTE 모듈 WiFi 모듈 등 인터넷 기능을 제공하는 장비가 필요하다. LTE 모듈을 포함하여 대부분의 WiFi 모듈은 AT-Command를 사용하고 있다. 모듈을 센서와 같이 사용할 경우 모든 처리를 맡기는 것으로 고려할 사항이 많이 줄어드나 간섭의 여지 또한 크게 줄어들어 자유로운 응용이 어려워진다. 또한 본 논문에서 목표로 하는 환경을 구축하기 위해서는 흐름에 따른 처리 프로세스를 프로그램할 필요가 있는데 이 경우 시스템에 내장된 MCU에 프로그램을 하거나 별도의 MCU를 네트워크 처리용으로 사용할 필요가 있다. 이상적인 것은 네트워크 기능을 제공하면서 프로그래밍 가능한 MCU형 모듈이다.

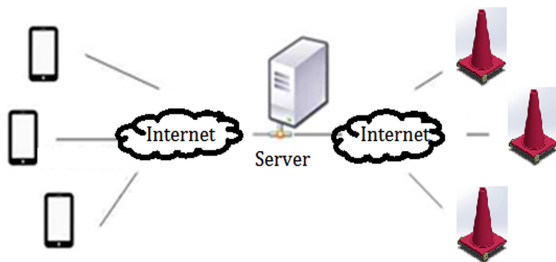


그림 2. 전체 시스템 구조.
Fig. 2. Overall system structure.

RedbearLab의 WiFi 모듈 CC3200은 ARM Cortex-M4코어로 메모리 또한 충분한 프로그래머블 모듈로 서버/클라이언트 기능을 동시에 제공하고 있으며 visual studio 개발환경을 사용할 수 있기 때문에 개발된 서버와 같은 library를 활용한 클라이언트 개발이 용이하여 이식성이 매우 뛰어나다.

LTE모듈에 비해 WiFi망의 제한은 Egg의 부작으로 해결하고, 저전력 IoT모듈과 비교하여 전력소모가 크기 때문에 1회 이동시간이 매우 짧은 문제점의 경우 시스템의 mobility에 따른 전력소모와 비교하면 매우 작은 것이므로 이식성과 프로그램 가능성을 보아 해당 모듈을 클라이언트 MCU로서 사용한다. 그림 3은 모듈에 프로그램된 client의 구조이다.

구축된 네트워크 환경에서 실제 유저와 달리 시스템을 조종하는 또 하나의 유저 역할을 하는 client module은 서버와 통신하는 TCP User영역과 시스템을 제어하는 system controller영역, 두 영역 사이에서 프로토콜을 분석하고 적절한 명령으로 변환하는 translator영역으로 이루어진다.

TCP User영역에서 임의 상 server로 명칭된 프로그램은 실제 네트워크 통신과 관련된 영역으로 WiFi망의 탐색, 서버에의 접근 및 유지와 직접적인 데이터 송수신을 맡고 있다. 따라서 네트워크 연결 단절 등 통신상에 대해서 일어날 수 있는 모든 예외 또한 처리한다.

Network packet session은 서버와 마찬가지로 수신한 패킷에 대한 분석을 하며 개발환경이 유사한 관계로 동일한 처리가 가능하다. client session은 모듈이 실제 유저와 같은 기능을 하기 위한 프로그램이며 분석된 패킷을 기반으로 Log In을 시작으로 하여 로비접속, 초대 수락, 준비상태 확인 및 알림, 구체적인 서비스 교환 등 흐름에 따른 user의 역할을 수행한다.

System controller영역에서 system으로 명칭된 프로그램은 시스템과의 데이터 송수신을 맡고 있다. 수신된 데이터는 serial packet session에서 분석되고 system session은 실제 controller로서 기능한다.

TCP user영역과 system controller영역은 서로 별개의 프로토콜을 운영하고 있기에 translator 영역에서 두 영역간의 거동을 맞추어 주어야 한다. 예를 들어 서버로부터 room

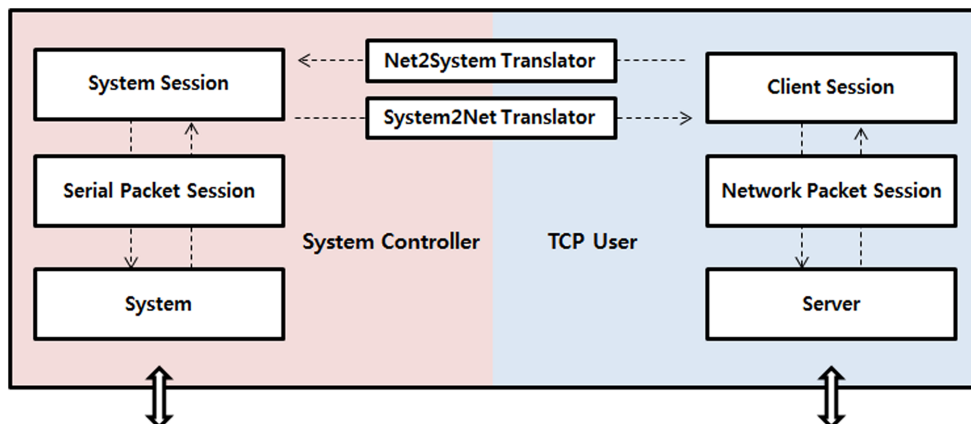


그림 3. 통신모듈의 프로그램 구성.
Fig. 3. Process of Network module.

입장 성공의 메시지가 날아올 경우, translator를 경유하여 system에 서비스 수행이 가능한지를 확인하기 위한 패킷을 시스템으로 보내게 된다. System으로부터 서비스 수행이 가능하다는 응답이 올 경우 translator를 경유하여 client ready 패킷이 생성되어 client session에 전송요청을 한다.

III. 네트워크 서버 구축

목적에 따라 다양한 서버가 존재하는 가운데 온라인 게임 서버를 사용하였다[8]. 온라인 게임 서버 또한 다양한 형태가 있으며 구축된 IoRT환경에서 연산은 각각의 시스템이 담당하기 때문에 서버의 역할만을 수행하며 안정적인 서버를 구축하였다. DB를 사용하지 않고 단순한 클라이언트-서버 관계를 형성하며 다수의 유저 중에 다시 소규모 그룹을 생성하며 서비스를 제공하기 위해 lobby와 room의 개념을 도입하였다.

대부분의 IoRT 시스템은 시스템 및 유저간 1:1관계에 있거나 서버 및 시스템과 유저간 1:N:N 관계에 있더라도 서비스 공간이 단 하나에 불과하다[6-8]. 본 연구에서는 다수의 시스템과 유저에 대하여 다수의 서비스 공간을 지원할 수 있도록 하였다.

해당 모델은 서버의 성능이 크게 중요하나 연구목적이 소규모 실험인 점과 실시간이지만 시간지연이 크게 중요하지 않고 DB가 필요하지 않는 서비스 형태이기 때문에 저 사양의 일반 PC 한 대를 서버로 사용하며 단일 채널을 사용한다. 그림 5는 서버의 서비스 흐름이다.

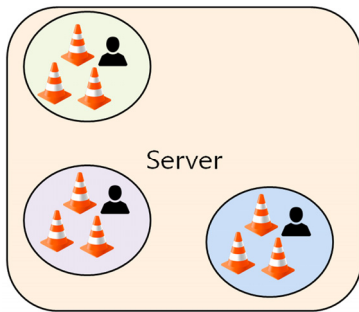


그림 4. 서버의 서비스 환경.
Fig. 4. Service environment of a Server.

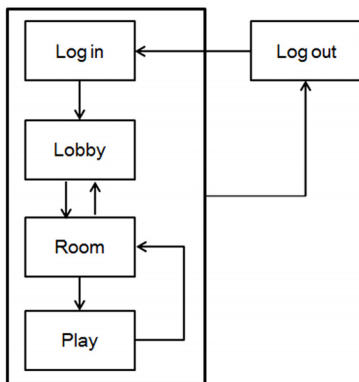


그림 5. 서비스 흐름.
Fig. 5. Flow for Service.

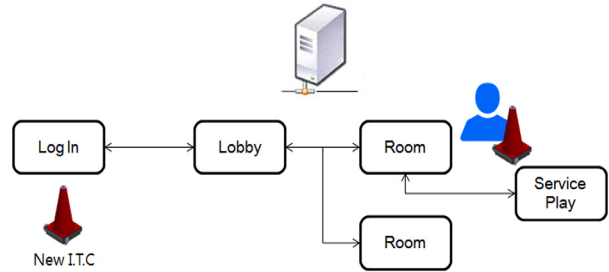


그림 6. 서버 시나리오.
Fig. 6. Scenario for server.

위 흐름은 서버뿐만 아니라 유저 어플리케이션, 인터넷 로봇이 공유한다. Log out은 전체 시나리오에서 예외상황으로 발생할 수 있기 때문에 서비스 흐름 밖에 위치한다. 서버에 접속하는 유저의 IP를 포함하여 송수신하는 GPS좌표, 조종 커맨드 등이 로그에 기록되며 메모리덤프, 송수신 스트림 처리, 스레드풀 등 서버 운영을 위한 기본적 기능이 구현되어 있다[9].

실험을 위한 서버의 시나리오는 그림 6과 같다. (1)서버에 log in한 (2)유저는 lobby에 입장하며 유저리스트에 등록된다. (3)서비스 이용을 위하여 room 생성을 요청하고 승인받을 경우 입장한다. (4)유저리스트에서 다른 유저(시스템)를 초대하여 (5)room 내의 모든 유저가 준비가 완료될 경우 (6)서비스를 플레이한다. 서버 입장에서는 유저와 시스템 모두 user로 취급되며 (7)room을 생성한 방장이 임의 또는 사고로 방을 나갈 경우 모든 유저가 lobby로 돌아가게 된다.

IV. 네트워크기반 제어

유저 어플리케이션은 유저가 IoRT환경에 개입하기 위한 도구이며 단말기로 현 시대에 가장 친숙한 장비인 스마트폰을 선정하였다. 안드로이드 OS환경에서 개발되었으며 큰 구조는 그림 7과 같다.

본 어플리케이션은 실제 기능과 구성요소를 고려하여 설계하였으며 크게 network 계층, announcer 계층, 서비스 계층, UI계층의 4개 계층으로 구성되어 있다.

(1) Network 계층

Network계층의 network thread 객체는 서버접속, 데이터 송수신과 이에 관련한 예외처리를 포함하여 모든 네트워크 관련 작업을 수행한다. 송신 요청을 받은 패킷은 그대로 전송하며 수신된 패킷 또한 번역 없이 옮겨버로 등록된 announcer 객체로 전송한다.

(2) Announcer 계층

Announcer 계층의 announcer 객체는 network 계층에 접근하기 위한 중계자이다. 객체 자체는 실제 기능을 가지지 않고 네트워크 기능에 대한 통합 인터페이스를 제공한다. 네트워크 활성화, 서버접속, 데이터 송신 함수 등을 제공하며 이것이 실행되었을 경우 적절한 객체에 그 역할을 위임한다. 또한 서비스와 통신의 주체인 server의 아바타 객체에서 수신된 패킷을 번역하고 이를 적절한 서비스 객체에 전달하는 역할을 한다.

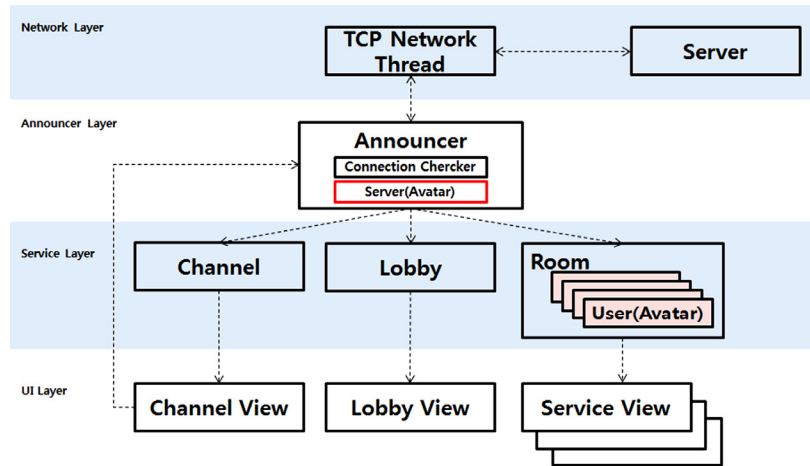


그림 7. 어플리케이션의 구조.
Fig. 7. Structure of Application.

(3) Service 계층

서비스 계층은 전체 서비스의 구성요소를 대표하고 데이터를 관리한다. 실제 서비스 흐름에서 channel, lobby, room의 역할을 각각의 객체가 맡고 있으며 역할에 맞는 패킷을 수신하고 처리한다. Channel에서 로그인, 로비접속을 처리하고 lobby에서 유저리스트 확인, 방의 생성요청 등을 맡으며 room에서 유저초대, 강제퇴장, 서비스시작과 실제 서비스 기능을 맡고 있다.

(4) User Interface(UI)계층

UI계층은 view에 해당하는 계층이며 사용자가 어플리케이션에 접근하기 위한 인터페이스를 제공하며 조작에 따라 통합 인터페이스를 제공하는 announcer계층에 작업을 요청하게 된다. 기본적인 기능을 수행하기 위한 현재 단계에서는 각 서비스 층에 해당하는 view와 기능을 제공하는 login 탭과 map기반 주행 서비스를 제공하는 map탭, 그리고 영상을 처리하는 camera탭으로 구성되어 있다.

그림 8의 login 탭에서는 login, lobby, room view와 그 기능을 제공하여 이 탭을 통해 방을 생성하고 다수의 시스템의 초대하여 driving 서비스에 진입할 수 있다.

그림 9의 MapDriving 탭에서는 Google Map, 시스템의 GPS 센서정보에 기반한 driving서비스를 제공한다. 서버를 중계로 방에 참여한 다수의 시스템들로부터 주기적으로 GPS 위치정보를 수신하여 map상의 위치와 heading을 확인

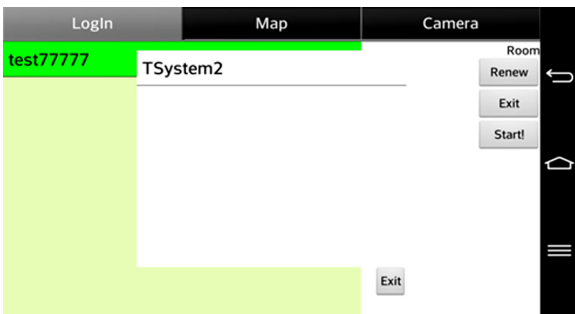


그림 8. Invitation UI(Room).
Fig. 8. Invitation UI(Room).

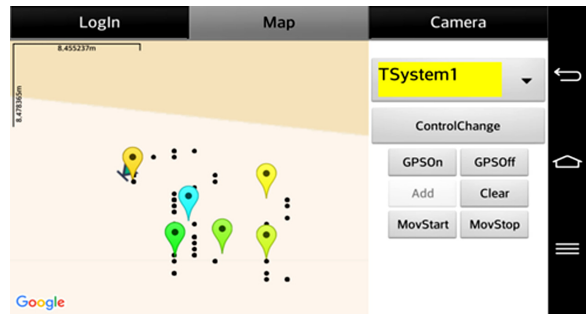


그림 9. Control UI(P2P 주행).
Fig. 9. Control UI(P2P drive).

할 수 있으며 하나의 시스템을 선택하여 map상의 viapoint를 다수 전송하고 이에 대한 순차적인 P2P 주행을 지시할 수 있다. 또한 control panel을 교체하여 joystick을 사용한 수동조작 또한 가능하다. 다만 수동조작의 경우 서버의 상태와 통신환경에 따라 지연이 발생할 수 있다.

서버와 어플리케이션 간의 개발환경과 언어가 다르기 때문에 이기종간의 통신의 경우 이를 고려한 data wrapping이 필요하다. 그림 10은 서비스 통신과정을 보여준다.

Network thread 객체에서 수신한 ByteBuffer형식의 데이터는 server 아바타 객체로 전송된 후 packet wrapper를 통해 프로토콜 번호에 매칭되는 protocol parameter로 번역되어 해당하는 서비스 객체로 전송된다. 유저의 조작을 반영하는 service view는 목적에 맞는 protocol parameter 데이터를 생성하여 announcer 객체에 전송을 위임하고 ByteBuffer로 번역된 후 전송된다. 프로토콜 매칭과 패킷 변환 과정에서 프로토콜을 key로 하는 map과 command 패턴을 이용하였다. 송수신하려는 정보의 프로토콜에 따라 이를 번역해주는 인터페이스 객체가 map에 등록되어 있다.

그림 11에서 각 교통콘 시스템의 GPS좌표변화, heading 등의 시스템 정보는 room을 거쳐 해당하는 ID의 user 객체에 전송되어 값을 갱신한 후 이를 필요로 하는 service view에 전달된다. 이때 해당 service view는 user 객체들의 움직임이다.

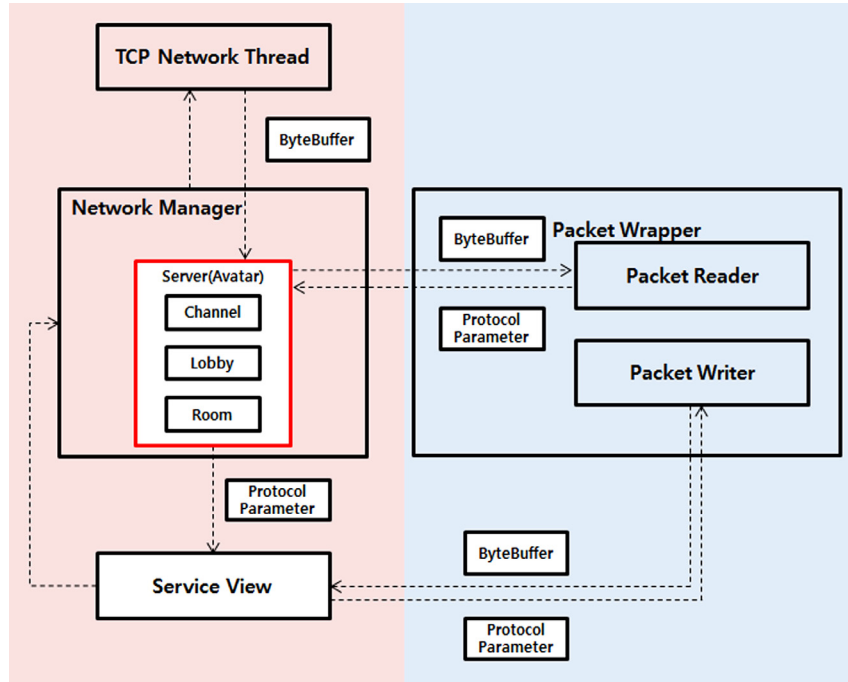


그림 10. 서비스 통신 과정(1).
Fig. 10. Communication process(1).

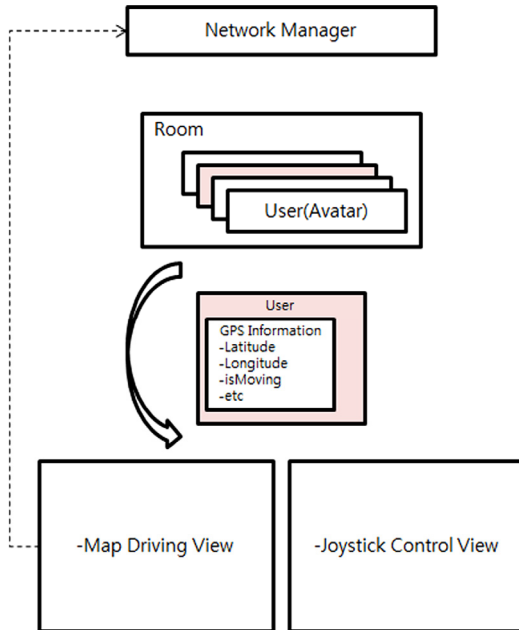


그림 11. 서비스 통신 과정(2).
Fig. 11. Communication process(2).

V. 교통콘

1. 전체 시스템

교통콘의 모습은 그림 12에 나타나 있다. GPS, 카메라 및 AHRS센서는 시스템 중앙 상부에서 층을 이루고 있으며 하부에는 주행을 위한 모터와 바퀴가 장착되어 있다. MCU로 DSP28377D를 사용하고 있으며 모터드라이버, CC3200과 함께 모듈화시켜 장착하였다.



그림 12. 교통콘.
Fig. 12. Intelligent traffic cone.

2. 교통콘과 네트워크

시스템으로 사용된 intelligent traffic cone은 모바일 교통콘에 클라이언트 모듈을 추가한 형태로 모듈과는 독립적으로 작동한다[11]. 그림 13은 시스템의 프로그램 구조이다.

프로그램은 크게 네트워크 영역과 시스템 영역으로 나뉘어져 있다. 시스템 영역에는 각종 센서에 대한 처리나 actuator 제어, 센서 정보와 방정식을 통한 P2P 주행 알고리즘 등이 내장되어 있다. 네트워크 영역은 통신모듈과의 통신기능을 담당한다. Stream manager에서는 서버나 통신모듈과 마찬가지로 수신을 위한 패킷분석과 송신을 위한 패킷생성을 담당하며 network communicator는 분석된 프로토콜에 대한 판단과 그에 따른 각종 응답을 하거나 시스템이

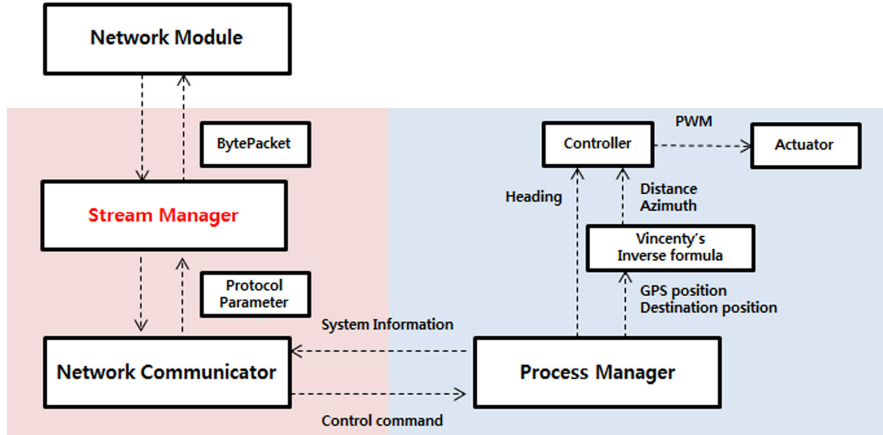


그림 13. 지능형 교통콘의 구성.

Fig. 13. Components of an intelligent traffic cone.

네트워크에 접근하기 위한 각종 함수를 제공한다. 또한 시스템이 참고해야할 정보(joystick, 목표 이동 좌표 등)를 queue에 누적한다.

시스템의 거동을 결정하는 main에 해당하는 process manager는 네트워크와 독립적으로 동작하며 제어주기마다 network communicator에 접근하여 queue에 누적된 정보를 일괄처리 한다.

3. 교통콘의 Point to Point(P2P) 주행 알고리즘

구축된 IoRT환경을 응용하기 위한 실험으로 유저어플리케이션에서 보내지는 via point에 대한 GPS정보를 기반으로 시스템의 현재 위치와 목표위치에 대한 Vincenty's inverse formula를 통해 시스템이 향해야할 목표점까지의 거리(distance)와 방향각(azimuth)를 도출하여 이동한다[9].

GPS 기반의 주행에서 성능을 결정하는 것은 GPS센서의 정확도와 정밀도, 목표좌표의 정확도이다. 센서가 제공하는 좌표 간격이 좁을수록 시스템이 더욱 정밀하게 위치조정을 할 수 있다. 또한 유저 어플리케이션의 map의 축적이 현실을 정확하게 반영할수록 목표좌표에 대한 신뢰도가 상승한다. intelligent traffic cone에서 목표점까지의 거리와 방향각에 대한 시스템의 주행식은 (1)과 같으며 그림 14에 나타나 있다.

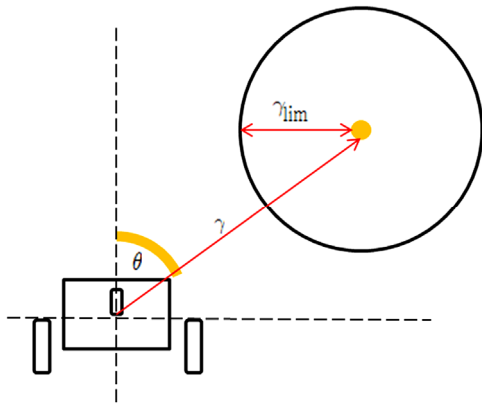


그림 14. 지능형 교통콘의 P2P 주행.

Fig. 14. P2P driving of Intelligent Traffic Cone.

표 1 교통콘의 변수와 단위.

Table 1 Variables and units of ITC.

Variables	Description	unit
θ	error of azimuth	radian
G_θ	gain for azimuth	-
D_θ	duty ratio of motor(azimuth)	%
γ	error of distance	m
γ_{lim}	limit of distance	m
G_γ	gain for distance	-
D_γ	duty ratio of motor(distance)	%
w_s	static speed of motor	RPM

$$G_\theta = \frac{1}{\pi} \frac{\gamma}{\gamma_{lim}}$$

$$G_\gamma = 1.0 - |\tau_\theta| \tag{1}$$

$$D_\theta = G_\theta \theta$$

$$D_\gamma = G_\gamma \frac{\gamma}{\gamma_{lim}} \tag{2}$$

D 는 모터에 주어지는 pwm의 듀티비로 0에서 1사이의 값을 가진다. 따라서 모터에 공급되는 전압과 이에 따른 모터의 정상상태 속도는 다음과 같다[10-12].

$$V_s = V_{in} D \tag{3}$$

$$w_s = \frac{(V_s - V_b)}{K_e} = (1/K_e) V_s - w_b \doteq \frac{V_s}{K_e} \tag{4}$$

K_e 는 모터의 역기전력 상수이며 모터의 속도는 D 에 한 공급전압 V_s 에 비례한다. D_L 과 D_R 은 좌우 모터의 듀티비이며 D_γ 는 병진, D_θ 는 회전운동에 대한 값이다. D 에 대한 두 모터의 회전방향을 반대로 하였기 때문에 병진운동과 회전운동을 조합한 시스템의 주행식은 다음과 같다.

$$D_L = D_\gamma + D_\theta$$

$$D_R = D_\gamma - D_\theta \tag{5}$$

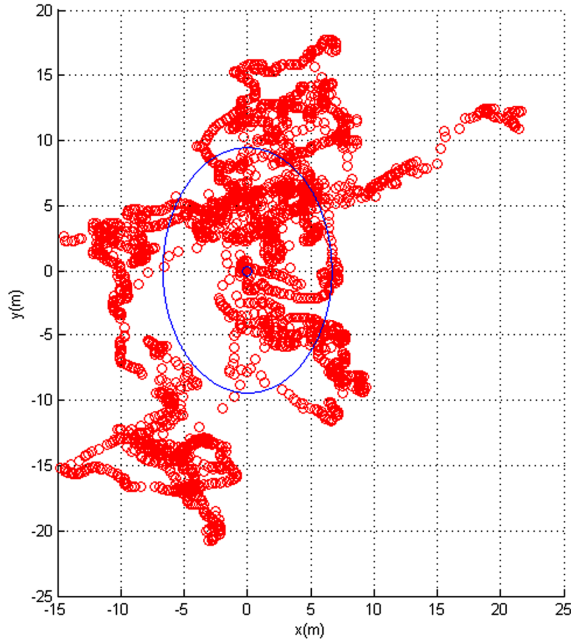


그림 15. ITC의 GPS 좌표.

Fig. 15. GPS positions of ITC.



그림 16. ITC 실험 환경.

Fig. 16. Environment of experiments for ITC.

$$\begin{aligned} w_L &= (1/K_s) V_{in} D_L - w_b \\ w_R &= (1/K_s) V_{in} D_R - w_b \end{aligned} \quad (6)$$

시스템이 주행도중 미끄럼이나 경사가 존재할 수 있으므로 엔코더 정보는 사용하지 않는다. γ_{lim} 은 목표점까지의 거리에 대한 임계값으로 GPS 센서의 정밀도보다 높은 값으로 설정한다. D_L 과 D_R 의 절대값의 최대값은 1.0이며 목표좌표와의 거리가 멀수록 방향각을 우선하여 제어하고 가까워질수록 감속하면서 방향각과 거리에 대한 gain이 균형을 이루게 된다.

그림 15는 정지상태의 ITC의 좌표를 1시간동안 1초 주기로 서버에 전송하고 서버 log에 기록된 약 3500개 좌표의 평균점을 원점으로 하여 Vincenty's inverse formula로 계산한 xy좌표이다. xy좌표에 대한 산포도를 표준편차의 타원방정식으로 표현하였으며 측정된 환경에서 ITC의 GPS센서 표준편차는 x는 9.44m, y는 6.67m이다.

VI. 실험결과

1. 실험환경

다수의 통신모듈과 유저 어플리케이션을 통한 Multi play를 테스트하고 제안한 방법의 현실성을 검증하기 위해 Google map서비스와 시스템의 GPS를 기반으로 한 교통콘의 P2P

주행을 테스트하여 서버 log에 기록된 시스템의 좌표정보와 실제 지능형 교통콘 시스템의 거동을 비교하였다.

Intelligent traffic cone의 전원이 켜짐과 동시에 통신모듈은 주변의 WiFi존을 검색하여 user로서 서버에 접근을 시도한다. 실험에서는 이동형 WiFi 단말인 4G egg를 내장하였다. 스마트폰 단말기로 서버에 방을 생성하여 ITC를 초대하였다. 그림 16은 ITC에 대한 실험환경이다. GPS센서가 동작하기에 유리한 개방된 공간에서 1시간 동안 데이터 수집을 하였으며 다수의 viapoint에 대한 P2P 주행 실험을 하였다.

GPS정보의 기준이 되는 진북과 ITC의 방위각 정보를 알려주는 AHRS센서의 자북은 실험장소에서 서편 8.02도에 해당한다. 실험에 사용된 AHRS센서는 자체 지자기센서 정보를 통하여 heading값을 교정한다. 따라서 약 5분간의 calibration작업을 통하여 heading값을 수렴시킨 후 실험을 실시한다. 사용된 GPS의 전송주기는 1초이기 때문에 고속주행에 적합하지 않다. P2P 주행에 적용된 주행알고리즘은 목적지까지의 거리가 짧을수록 감속하도록 되어있으며 목표점 기준 반경 1m 이내에 돌입하면 목적완료로 간주하도록 한다.

2. 실험결과

그림 17은 ITC에 대한 P2P(Point to Point) 주행 실험이다. 총 5개의 viapoint를 설정하면 서버에서 통신모듈을 거쳐 ITC에 기록되며 주행신호를 보내면 목표점에 차례대로 이동한다. 그림 17(a)는 ITC에서 서버에 전송되어 log에 기록된 데이터에 대한 plot이다. 표시된 0,0 좌표에서 시스템이 출발하여 viapoint를 순회하였다. 그림 17(b)는 (a)에 대한 정보를 수신한 유저 어플리케이션의 UI이다.

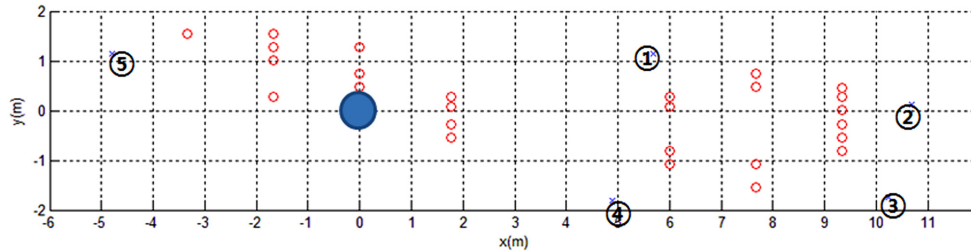
Vincenty's inverse formula로 1초마다 GPS좌표가 갱신되기 때문에 목표점에 다가갈수록 저속주행하며 목표달성 거리는 2.5m로 설정하였다.

VII. 결론

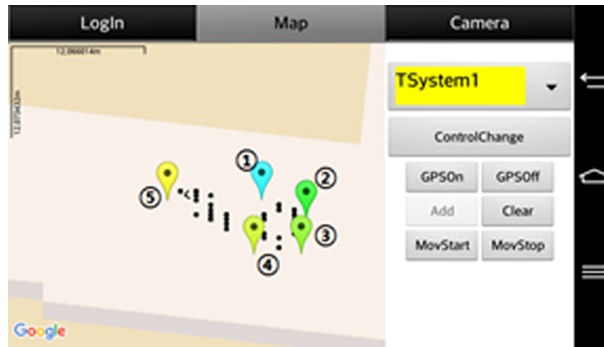
본 논문에서는 도로의 안전영역 확보를 위한 교통콘을 개발하고 이를 자동화하기 위해 IoT기술을 접목하여 구현하였다. Multi Play형 IoRT service 개념을 도입하여 서버를 구축하고 이를 통해서 현실의 시스템과 유저의 추가, 제거가 용이하며 다수의 room 생성으로 환경의 구성 및 전환을 빠르게 하였다. 네트워크 통신과 시스템을 분리하여 개발하여 프로그램 가능한 통신모듈이 모든 네트워크 기능을 부담하고 다른 시스템에 이식 및 양산이 용이하도록 하였다. 유저 단말기로 스마트폰을 채택하였기에 어플리케이션의 설치로 간단하게 서비스 사용이 가능하며 해당 연구에서 사용한 map뿐만 아니라 단말기에서 제공하는 다양한 기능과 연계한 확장이 가능하다.

REFERENCES

- [1] O. Bay, "The Internet of Robotic Things (IoRT), Greatly Expanding Capabilities and Business Opportunities" ABI-research, <https://www.abiresearch.com/press/the-internet-of-robotic-things-iort-greatly-expand/>



(a)



(b)

그림 17. P2P 주행(User application).

Fig. 17. P2P driving(User application).

[2] C. Razafimandimby, "A neural network and IoT based scheme for performance assessment in Internet of Robotic Things," *IEEE First International Conference on Internet-of-Things Design and Implementation(IoTDI)*, pp. 241-246, 2016.

[3] C. Turcu, "Integrating robots into the Internet of Things," *International Journal of Circuits, Systems and Signal Processing*, vol. 6, Issue. 6, 2012.

[4] O. Said and M. Masud, "A Space Unrestricted Multi-Robot Combat Internet of Things System," *Advances in Internet of Things*, vol. 2, no. 3 pp. 56-62, 2012.

[5] S. H. Yun, "Samsung ARTIK Smart IoT Platform Delivers the Power of IoT Development to Businesses," delighIT.net, <http://www.ddaily.co.kr/news/article.html?no=148795>.

[6] M. B. Henderson, "Smart Traffic Cones: How the 'Internet of Things' Save Lives" ETISoft, <http://etisoftware.com/smart-traffic-cones-how-the-internet-of-things-save-lives/of-the-Ministry-of-Overseas-Development>

[7] "Python - Automated Hot Asphalt Pothole Repair," AHMCT, http://ahmct.ucdavis.edu/wp-content/uploads/pdf/Pothole_2_Pager_2014.pdf

[8] D. H. Han, *Online game server programming*, Information Publishing Group, 2007.

[9] T. Vincenty, "Direct and inverse solutions of Geodesics on the ellipsoid with application of nested equations," *Survey Review of the Directorate of Overseas Surveys*, vol. 23, no. 176 pp. 88-93, 1975.

[10] G. Chinnadurai and H. Ranganathan, "IOT Controlled

Two Wheel Self Supporting Robot Without External Sensor," *Middle-East Journal of Scientific Research*, 23, vol. 23, Issue. 23, pp. 286-290, 2015.

[11] H. S. Lee and S. Jung, "Driving Control of an Intelligent Traffic Cone based on GPS through TCP Network," *Proceedings of KIIS Autumn Conference 2016*, vol. 26, no. 2, pp. 85-86, 2016.

[12] H. S. Lee and S. Jung, "Calibration of a DC Motor by Estimating Parameters from Experiment," *IEIE Summer Conference*, pp. 994-996, 2015.



이 현 선

2014년 한국기술대학교 메카트로닉스공학과 졸업. 2014년~현재 충남대학교 메카트로닉스공학과 석사과정. 관심분야는 Internet of Robot Thing, 시스템 프로그래밍, 이동로봇.



정 슬

1988년 미국 웨인 주립대 전기 및 컴퓨터공학과 졸업. 1991년 미국 캘리포니아대 데이비스 전기 및 컴퓨터공학과 석사. 동 대학 박사. 1997년~현재 충남대학교 메카트로닉스공학과 교수. 관심분야는 지능 제어 시스템 및 지능

로봇 시스템, 다양한 밸런싱 메커니즘의 제어 및 응용, 유무인 수송체 시스템, 자이로 구동기 응용, 로봇교육.