

무선랜 기반 무인선박 제어시스템 설계 및 구현

김동현 · 이채석 · 김종덕*

A Design and Implementation of Wi-Fi Based Unmanned Ship Control System

Dong-Hyun Kim · Chae-Seok Lee · Jong-Deok Kim*

Department of Electrical and Computer Engineering, Pusan National University, Busan 609-735, Korea

요 약

무인선박 제어 시스템은 원격지에서 무인선박을 제어, 통제하기 위한 시스템이다. 특히, 무인선박을 제어하기 위해서는 환경에 적합한 무선 통신망이 필요한데 본 논문은 IEEE 802.11 기반 무선랜을 이용한다. IEEE 802.11 기반 무선랜 기술은 광대역을 지원하는 무선 접속기술로 비디오, 오디오와 같은 멀티미디어 및 데이터를 전송해야하는 무인선박 제어시스템에 적합하다. 본 논문에서는 무인선박을 제어하기 위한 전체적인 시스템 구조를 설계한다. 그리고 무선랜의 제한적 통신반경을 극복하기 위해 여러 가지 통신망을 사용할 수 있는 통신망 구조를 설계하였다. 설계된 무선랜기반 무인선박 제어시스템을 구현하고 테스트하였다. 테스트 결과 무선랜을 이용하여 무인선박을 제어 통제했으며, 더불어 해양 지역에서의 무선랜 전파 특성을 분석하였다.

ABSTRACT

The unmanned ship control system controls the unmanned ship at a distance in ocean. Expecially, in order to control the unmanned ship, it needs the wireless communication networks and we use the IEEE 802.11 based WLAN. The IEEE 802.11 based WLAN technology for supporting a wide bandwidth is suitable for unmanned ship control system which has to transmit the multimedia data. First, we design the system structure for controlling the unmanned ship. Then, in order to overcome the limited communication area, we design the network structure for the unmanned ship communication network which can use a various communication network. we implemented and evaluated the unmanned ship system based on WLAN. We controlled the unmanned ship by use the WLAN and confirmed the signal feature of WLAN in the ocean.

키워드 : IEEE 802.11, 무인선박, 제어시스템, 수신신호세기, 블루투스

Key word : IEEE 802.11, Unmanned Ship, Control System, RSSI, Bluetooth

접수일자 : 2013. 11. 28 심사완료일자 : 2013. 12. 26 게재확정일자 : 2014. 01. 10

* **Corresponding Author** Jong-Deok Kim(E-mail:kimjd@pusan.ac.kr, Tel:+82-51-510-3941)

Department of Electrical and Computer Engineering, Pusan National University, Busan 609-735, Korea

Open Access <http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2014.18.2.437>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서 론

무인선박 제어 시스템은 사람이 탑승하지 않고 원격지에서 무인선박을 제어, 통제하는 시스템이다.

위험한 해상환경은 유인선박보다 무인선박을 사용하는 것이 효과적일 때가 많다. 특히, 악천후시나 야간의 해상조난 구조 작업 또는 장기간에 걸친 해상경계 및 관측 작업에 이용될 수 있다. 그러나 무인선박을 상용화하기에는 법률적인 문제와 더불어 해상이라는 환경에 적합한 여러 기술들이 필요하다.

무인선박 또는 로봇은 군사 분야에서 활발히 연구 개발되고 있으며 실전에도 적용되고 있다. 무인선박을 비롯한 로봇으로 구성된 무인체계는 병사의 사망 위험을 줄이고 병력의 효율적인 운용을 가능하게 할 것이다. 또한, 지뢰 탐지, 정보수집, 목표물 정찰, 생화학 방사능 등의 임무수행을 원활히 할 것이다. 이러한 무인체계의 각종 도구들을 원활히 이용하기 위해서는 목적과 용도에 적합한 통신망이 필요한데 우리는 무인선박 제어를 위해 IEEE 802.11[10]기반 무선랜을 사용하고자 한다.

IEEE 802.11기반 무선랜은 ISM(Industrial Scientific Medical)대역을 사용하는 광대역 접속 기술로 노트북, 스마트폰 등에 장착되면서 폭넓게 사용되고 있는 기술이다. 무선랜 기술을 무인선박 제어에 사용하기 위해서 우리는 무선 메시 네트워크 기술을 활용하였다. 무선 메시 네트워크(Wireless Mesh Network, WMN)는 IEEE 802.11s로 표준화되었으며, AP(Access Point)연결을 위한 백본네트워크로 유선이 아닌 무선 링크를 사용하는 다중 홉 무선 통신 망이다. 이 기술을 이용하여 통제실과 무인선박을 멀티 홉으로 동작하게 하였으며, 다중 인터페이스 AP(Access Point)를 이용하여 메시네트워크 망과 AP망을 동시에 사용하였다. AP망은 서비스 망으로 무선 카메라를 통하여 생성된 멀티미디어 영상을 수집한다. 또한 무인선박의 위치를 측위하기 위해 스마트폰의 GPS(Global Positioning System)정보를 블루투스 모듈을 이용하여 수신하였다. 무인선박의 정보를 처리하기 위한 중앙제어장치의 성능은 임베디드 보드 수준이기 때문에 연산능력이나 외부 인터페이스에 제한이 있다. 본 연구에서는 이러한 제한점을 고려하여 무인선박 제어 시스템을 설계하였다[1][9].

통제실과 무인선박간은 메시 네트워크 기술을 이용했으며, 무인선박의 멀티미디어 정보는 무선랜의 AP기

술을 이용하였다. 이것은 메인보드의 성능을 고려하여 디지털 카메라의 멀티미디어 데이터를 메인보드를 안 거치고 바로 AP를 통해 전송하도록 하였다. 무인선박의 AP와 중앙제어장치는 유선으로 연결되었으며, 위치 측위를 위한 스마트폰의 GPS정보는 블루투스기술을 이용하여 중앙제어장치에 연결되었다. 이것은 차후 3G 망을 연동하기 위한 방안이기도 하다.

설계된 무인선박 제어 시스템을 구현했으며, 성능측정을 위해 광안리 앞 바다와 독도 근방에서 성능을 측정하였다. 또한 해양에서 무선랜 신호의 특징을 분석하기 위한 측정도 실시하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련 연구를 소개하고, 3장에서는 무인선박 제어 시스템을 설계한다. 4장에서는 무인선박 제어 시스템을 구현하였으며 5장에서는 성능을 확인하기 위한 테스트 및 무선신호 분석을 설명한다. 6장에서는 논문의 결론을 맺고 향후 연구 방향을 소개한다.

II. 관련 연구

기존 무인 장치에 대한 연구는 군사 분야에서 활발히 연구되었다. 특히 무인차량의 위치추적(AVL : Autonomous Vehicle Location) 그리고 무인차량의 모니터링(AVM : Autonomous Vehicle Monitoring) 기법은 지금까지 많은 연구가 이루어져 왔다. 이러한 연구들의 응용 분야로는 렌트카의 위치 추적, 긴급 차량의 파견, 방문자의 안내, 네비게이션 시스템에서 차량의 위치 파악 등이 있다. 무선 단말기를 탑재한 차량이나 사람의 위치를 추적하는 것이 목적인 이러한 기술은 무선신호의 크기를 이용하여 추적하는 방식, 무선신호의 방향을 이용하여 추적하는 방식 등으로 분류할 수 있다. 이러한 기술들은 무인장치의 위치를 측위하고 알려주는데 초점을 맞추고 있고 무인장치를 조절하지는 않고 있다[2-6,7-8].

그리고 무인선의 무선통신환경에 관한 연구들이 이루어져있지만 이러한 연구는 해양환경에서 무인선박을 조절하기 위한 통신환경에 대한 부분으로 통신시스템의 여러 제한점에 대하여 이야기하고 있고 무인선박을 실제 조절하고 있지는 않다. 따라서 실제 무인선박을 구축하고 거기에 따른 제어 및 통제 시스템과 시스템을

사용하기 위한 통신시스템의 연구가 부족하다. 본 연구진은 실제 제작된 무인선박 안에 제어 시스템을 설계하고 구현한 후 성능평가를 통해 시스템의 성능을 확인하고자 한다. 더불어 무선랜을 해양환경에서 사용하기 위한 기본적인 정보인 무선 신호의 특성을 분석하기 위한 정보를 수집하고 분석하고자 한다.

III. 무인선박 제어 시스템 설계

3.1. 시스템 구성도

본 연구의 목적은 무인선박을 제어하기 위한 제어 시스템을 설계 및 구현하는데 있다. 무인선박 제어 시스템은 크게 무인 선박을 모니터링 및 제어하기 위한 모니터링 및 제어부, 무인선박과의 통신을 위한 네트워크 그리고 실제 무인선박을 조절하기 위한 무인선박 조절부로 나눌 수 있다.

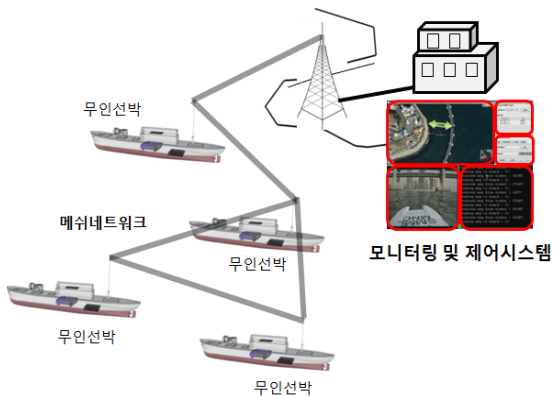


그림 1. 무인선박 제어 시스템 구성도
Fig. 1 The composition of unmanned ship control system

그림 1은 전체적인 무인선박 제어 시스템의 구성도를 보여준다. 모니터링 및 제어부는 선박의 위치 및 선박이 가지는 멀티미디어 정보를 무선 네트워크를 통해 모니터링하고 선박의 방향등을 지시함으로써 선박의 진행 방향을 제어할 수 있다. 무인선박 제어 시스템의 백본 네트워크는 무선 백본 네트워크 기술인 메쉬 네트워크 기술을 이용하였다. 무선랜 기술은 소출력 광대역 무선 네트워크 기술로 넓은 대역의 무선 소스 자원을 사용할 수 있지만 정보전달거리가 짧은 단점을 가지고

있다. 이러한 단점을 보장하기 위해 무선 멀티홉 기술을 이용하였다. 무인 선박 조절부는 크게 메인보드 역할을 하는 AVR보드와 무선랜 접속을 위한 무선 네트워크, 그리고 GPS 정보를 수집하기 위한 위치 수신부로 구성된다.

3.2. 모니터링 및 제어부

모니터링 및 제어부는 무인선박의 위치를 확인하기 위해 지도 위에 선박의 위치를 표시하였으며, 정보전달을 위한 무인선박 통신모드 및 IP정보, 선박을 조절하기 위한 조절 패널, 선박에서 전송되는 멀티미디어 자료화면 표시, 조절 패널에 의해 생성된 제어 명령을 확인할 수 있는 기능으로 구성하였다. 그림 2는 모니터링 및 제어시스템의 구성 요소 및 구성도를 나타내고 있다.

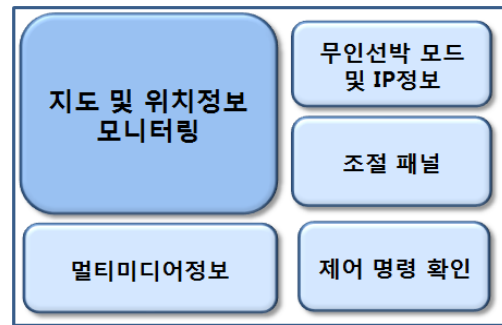


그림 2. 모니터링 및 제어부 구성도
Fig. 2 The composition of monitoring and control system

3.3. 네트워크

무인선박의 자료를 모니터링 및 제어부에 전달하고 제어부의 명령을 무인선박에게 전달하기 위해 본 연구진은 무선 메쉬 네트워크를 기반으로 무선 백본 네트워크를 구성하였다. 이 네트워크의 장점으로는 멀티홉 통신이 가능하기 때문에 보다 넓은 영역에서 무인 선박의 자료를 수집하는 것이 가능할 것이고, 보다 많은 무인선박을 제어하는데 적합할 것으로 판단했다. 그와 더불어 여러 가지 네트워크를 같이 사용할 수 있는 멀티 무선 인터페이스 수집 장치를 설계하였다. 무인선박을 보다 넓은 범위에서 제어하기 위해서는 제한적인 거리를 가지는 무선랜 보다 3G 및 위성통신과 같은 네트워크를 같이 사용할 수 있어야 할 것이다.

그림 3은 여러 네트워크를 사용하기 위한 네트워크 스위치와 무선 네트워크 그리고 무인선박의 AVR보드와의 관계를 나타낸 구성도이다. 여러 네트워크를 같이 사용하기 위한 구성도로 본 논문에서는 네트워크 스위치의 구성도만을 제안하고 실제 구현 및 테스트 내용은 제외하겠다.

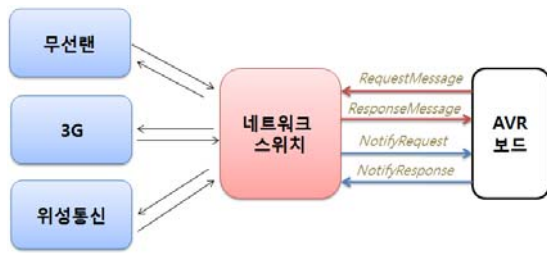


그림 3. 네트워크 스위치 구성도
Fig. 3 The composition of network switch

3.4. 무인선박 제어시스템

무인선박을 제어하기 위해 AVR(Atmega Risc) 보드를 이용했다. 이 AVR보드는 메인 조절 장치로서 모니터링 및 제어부와 통신을 위해 AP와 Serial로 연결되어 있으며, GPS정보를 수집하기 위해 스마트폰과 블루투스로 연결되어 있다. 멀티미디어 데이터를 수집하기 위한 카메라는 AP와 바로 연결되어 AVR보드의 리소스를 줄이고자 하였다. 주목할 만한 특징으로 GPS정보를 수집하기 위해 안드로이드 기반의 스마트폰을 블루투스로 연결하여 사용하였는데 이것은 무선랜 연결이 끊어졌을 때 3G망을 사용하기 위한 것이다. 그리고 AVR에 USB형태의 블루투스 dongle을 장착하여 스마트폰과 블루투스로 연결하였다. 안드로이드 운영체제는 AVR과의 직렬통신에 제한 사항을 가지고 있었기 때문에 본 연구진은 블루투스 기술을 이용하였다.

3.5. 무인선박 위치 추적 알고리즘

사용자가 가고자 하는 위치에 무인선박을 위치시키기 위해 본 연구진은 무인선박 위치 추적 알고리즘을 설계하였다. 이 기능은 모니터링 시스템의 지도에 무인선박의 목적지를 선택하면 무인선박이 자동으로 위치를 추적하는 기능으로 스마트폰의 GPS 정보 중에 위치 정보와 방향정보를 바탕으로 목적지를 추적하도록 설계하였다.

그림 4는 위치 추적 알고리즘의 흐름도이다. 먼저 사용자는 무인선박을 보내고자 하는 곳의 위치를 지정한다. 그 다음 무인선박의 위치를 스마트폰을 이용하여 가져온다. 무인선박과 목적지의 거리를 GPS정보를 바탕으로 계산한다. 거리가 5m 이상이면 위치 추적 시스템은 동작한다. 무인선박과 목적지와의 거리가 5m 이상이면 현재 무인선박과 목적지와의 각도를 계산한다. 무인선박과 목적지와의 각도와 현재 무인선박의 진행각도를 비교한다. 현재 무인선박의 진행각도는 무인선박의 GPS정보에서 가져올 수 있다. 각도 비교를 통해 우회전을 해야 하면 왼쪽 모터를 회전시키고 좌회전을 해야 하면 오른쪽 모터를 회전시키고 직진 방향이면 양쪽 모터를 회전시키도록 하였다. 그 다음 무인선박 위치 확인과정을 다시 반복하였다.

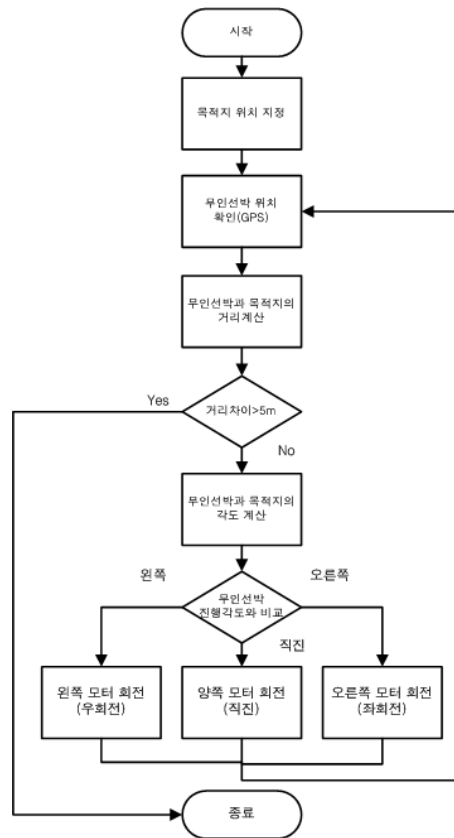


그림 4. 위치 추적 알고리즘 순서도
Fig. 4 The flow chart of location trace algorithm

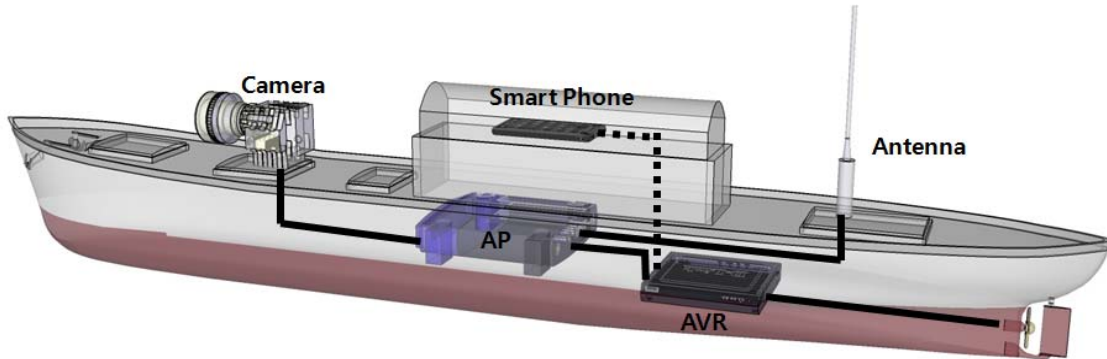


그림 5. 무인선박 제어 시스템 구성도
Fig. 5 The composition of unmanned ship control system

IV. 무인선박 제어 시스템 설계

무인선박 제어 시스템은 크게 모니터링 및 제어부, 백본 네트워크인 메쉬 네트워크 그리고 무인선박으로 구성되어 개발하였다. 모니터링 및 제어부는 2개의 독립적인 시스템으로 개발하였으며 각 모듈을 하나의 서버에서 동작할 수 있도록 개발하였다. 이러한 모듈은 메쉬 노드를 통해 무인선박과 메시지를 송, 수신 할 수 있다.

그림 6은 무인선박 제어 시스템의 상세 구성도로 메시지 전달과정과 각 모듈의 구성요소를 보여주고 있다.

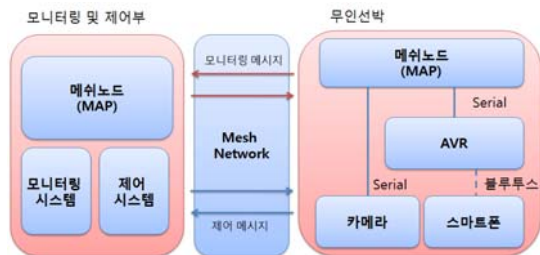


그림 6. 무인선박 제어시스템 상세 구성도
Fig. 6 The detail composition of unmanned ship control system

4.1. 모니터링 및 제어부

그림 7은 모니터링 및 제어 시스템의 GUI를 보여준다. 지도의 위치정보는 스마트폰의 GPS에 의해 수집된 위치정보를 블루투스를 통해 AVR로 전달하고 이 위치정보를 네트워크를 통해 전송 받은 후 지도위에 표시

된다. 무인선박 AP의 동작모드는 AP, MAP(Mobile Access Point), MAPP(Mobile Access Point Portal)로 동작할 수 있으며 이 동작모드는 우측 상단에 표시하였다.



그림 7. 모니터링 및 제어 시스템
Fig. 7 The monitoring and control system

AP는 무선랜 서비스를 위한 모드, MAP는 무선 스위치 역할을 하며 MAPP는 메쉬 포탈로 인터넷 서비스를 할 수 있도록 지원한다. 그리고, 무인선박을 제어하기 위한 조절패널이 아래측에 위치한다. 이 패널을 이용하여 무인선박에 방향지시 메시지를 전송하고 이 메시지를 전송받은 무인선박의 AVR은 모터를 구동하여 방향을 제어한다. 무인선박이 동작할 때 주변 환경 정보를 수집하기 위해 카메라를 설치하여 멀티미디어 동영상을 실시간으로 전송받아 보여주었으며, 제어 명령에 따른 메시지 생성 및 전달사항을 확인하기 위한 모니터링

화면을 별도로 생성하였다.

4.2. 무인선박

그림 8은 메쉬네트워크를 사용하기 위한 MAP와 무인선박을 나타내고 있다. 무인선박은 부산대학교 조선공학과와의 도움으로 제작되었다.



그림 8. 무인선박과 메쉬네트워크 MAP
Fig. 8 The unmanned ship and MAP of mesh network

4.3. 위치정보 수집

AVR보드의 제한적인 인터페이스와 3망 연동을 고려하여 우리는 GPS의 위치정보를 블루투스를 이용하여 수집하였다.

그림 9는 블루투스의 프레임 포맷을 나타내며 우리는 Payload부분을 위, 경도 자료를 기반으로 설계하여 사용하였다. 스마트 폰의 Orientation Sensor와 Accelerometer Sensor를 사용하였는데, Sensor listener는 sensor값이 바뀔 때마다 sensor값을 읽어온다. 이러한 경우 sensor값이 바뀔 때 마다 블루투스 장치를 통하여 데이터를 전송하면 overhead가 크기 때문에 Handler

class를 이용하여 200ms마다 데이터를 수집하여 전송하도록 구현하였다.

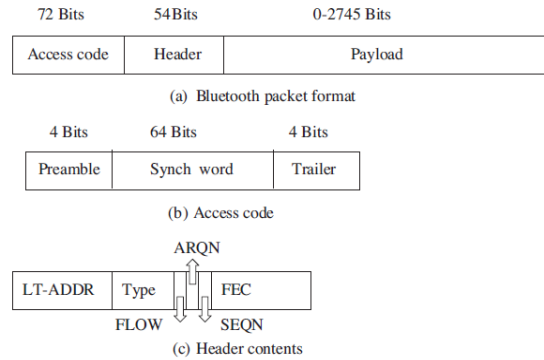


그림 9. 블루투스 프레임 구조
Fig. 9 The bluetooth frame structure

V. 테스트 및 성능분석

무선랜 기반 무인선박 제어 시스템의 성능을 확인하기 위해 15회의 테스트를 실시했다. 부산 연근해에서 10회의 실험을 실시하였고, 독도 부근에서 5회 실험하였다. 무인선박의 제어와 더불어 해양에서의 무선랜 신호 특징을 분석하기 위한 실험을 같이 실시하였다.

부산 연근해 실험에서 모니터링 및 제어부는 육상에 위치하고 무선랜을 이용하여 단일 홉으로 무인선박을 제어하였다. 독도인근에서는 통제선을 이용하여 바다 한 가운데에서 무인선박을 제어하였다. 모니터링 및 제어부를 통제선에 위치시켜 무인선박을 제어 하였다. 무인선박 제어간 연결 단절현상은 없었으며 각 환경에 따른 무선랜 신호의 특성을 분석하고자 로그 파일을 남겨 분석하였다.

그림 10은 육상, 연근해, 독도에서 무인선박의 거리에 따른 RSSI(Received Signal Strength Indicator)를 측정한 결과이다. 수신신호세기인 RSSI는 거리가 멀어짐에 따라 일반적으로 낮아진다. 이 값은 무선랜에서 적용적으로 무선 데이터의 전송속도를 변경시키는데 사용됨으로 무선랜 성능을 나타내는데 중요한 척도이다.

육지와 근해에서의 신호세기는 비슷한 수준으로 감소하였다. 파도가 높지 않은 근해와 육지는 실험환경이 비슷하다고 할 수 있기 때문에 거의 비슷한 RSSI 감소

형태를 확인 할 수 있었다.

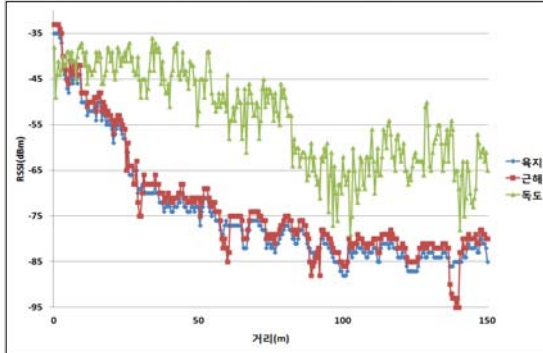


그림 10. 육상, 근해, 독도에서 거리에 따른 무선랜의 수신신호세기 비교

Fig. 10 The comparison received signal strength indicator according to distance in land, coastal and Dokdo

독도에서의 실험은 통제선에 메쉬 네트워크를 위한 AP를 설치하고 무인선박에서 수신하는 RSSI값을 측정하였다. 채널 간섭이나 장애물 같은 것이 없어서 육상, 근해에 비해 평균 RSSI값은 높았다. 그러나 파도에 의해 무인선박의 흔들림이 심해서 신호의 편차가 큰 것을 확인할 수 있었다. 이러한 환경에서 무선 데이터를 전송하기 위해서는 신호의 편차를 고려한 데이터 전송방법 등이 연구되어야 한다. 몇 번의 실험으로 연근해가 아닌 해상 환경의 전파특성을 분석하기는 어렵다. 추후 해상환경에서의 무선랜 전파특성에 대한 연구가 추가되고 그것을 고려한 데이터 전송방법이 제안되어야 될 것으로 판단된다.

VI. 결론 및 향후연구

무인선박, 무인 자동차 등의 무인화 연구는 많은 응용분야를 가진다. 특히, 군대와 같은 위험한 상황에서 임무를 수행해야하면 그 사용 가치는 더욱더 높다. 본 연구진은 선박을 무인화하기 위한 무인선박 제어시스템을 무선랜을 기반으로 설계 및 구현하였다. 무선랜은 광대역 접속 기술로 멀티미디어와 같은 동영상 데이터를 실시간으로 전송하는데 적합하며, 양 방향 통신을 통해 무인선박을 모니터링 및 제어 할 수 있었다. 더불어 하나의 통신망으로는 넓은 지역에서 무인선박을 제

어하기 어렵기 때문에 여러 가지 망을 같이 사용할 수 있는 무인선박 네트워크 스위치 구조를 설계하였다.

제안한 무인 선박 제어 시스템을 구현하여 테스트하였다. 테스트는 연근해와 독도에서 실시했으며, 테스트 간 무인 선박 제어 시스템의 동작 및 무선랜 신호의 특징을 분석하였다. 무선랜의 수신신호세기는 전송속도와 밀접한 관련이 있고 이러한 전송속도는 데이터 전송을 또는 여러 가지 응용에 많은 영향을 미칠 수 있다.

향후, 본 연구진은 이러한 자료를 기반으로 무선랜을 해상에서 사용하기 위한 추가 연구를 진행할 계획이다.

감사의 글

This research was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea(NRF) funded by the Ministry of Education, Science and Technology(2012-0001578)

REFERENCES

- [1] R. Bruno, M. Conti, and E. Gregori, " Mesh Network: Commodity Multihop Ad Hoc Networks," *IEEE Com. Mag.*, pp. 123-131, Mar. 2005.
- [2] S. Gezici, " A survey on wireless position estimation," *Springer Wireless Personal Communications*, vol. 44, no. 3, pp. 263-282, Feb. 2008.
- [3] F. Gustafsson and F. Gunnarsson, " Mobile positioning using wireless networks: Possibilities and fundamental limitations based on available wireless network measurements," *IEEE Signal Processing Mag.*, vol. 22, no. 4, pp. 41-53, July 2005.
- [4] G. L. Turin, W. S. Jewell and T. L. Johnston,, "Simulation of urban vehicle-monitoring systems," *IEEE Trans. on Vehicular Technology*, vol. 21, no. 1, pp. 9-16, 1972.
- [5] J. Caffery, and G. Stuber, " Subscriber location in CDMA cellular networks," *IEEE Trans, on Vehicular Technology*, vol. 47, no. 2, pp. 406-416, 1998.
- [6] M. Vossiek, L. W etc., " Wireless local positioning," *IEEE*

- Microwave Mag.*, vol. 4, no. 4, pp 77-86, Dec. 2003.
- [7] H. HASHEMI, " Pulse raging radio-location technique and its application to channel assignment in digital cellular radio," *IEEE Vehicle Tech Conference*, pp. 675-680, 1991.
- [8] X. Shen, J. Mark and J. Ye, "Mobile location estimation in cellular networks using fuzzy logic," *IEEE Vechcle Tech. Conf.*, pp. 2108-2114, 2000.
- [9] IETF MANET (Mobile Ad hoc Networks) Working Group, MANET Charter's page in <http://www.ietf.org/html.charters>.
- [10] IEEE 802.11, *Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specification*, IEEE 802.11-2007.



김동현(Dong-Hyun Kim)

동의대학교 전자통신학과 졸업
동의대학교 정보통신학과 공학석사
부산대학교 컴퓨터공학과 공학박사
현 부산대학교 전자전기컴퓨터공학과 박사 후 과정
※관심분야 : 무선통신



이채석(Chae-Seok Lee)

경성대학교 컴퓨터공학과 졸업
부산대학교 컴퓨터공학과 공학석사
현 부산대학교 전자전기컴퓨터공학과 박사과정
※관심분야 : 무선통신, RFID/USN, 이동통신망



김종덕(Jong-Deok Kim)

서울대학교 계산통계학과 졸업
서울대학교 전산과학과 공학석사
서울대학교 컴퓨터공학과 공학박사
현 부산대학교 전자전기컴퓨터공학과 부교수
※관심분야 : 무선통신, RFID/USN, 이동통신망