

해상 인명구조를 위한 무선랜기반 드론 설계 및 구현

김동현 · 신재호 · 김종덕*

Design and Implementation of Wi-Fi based Drone to Save People in Maritime

Dong Hyun Kim · Jae Ho Shin · Jong Deok Kim*

School of Computer Science and Engineering, Pusan National University, Pusan 46241, Korea

요 약

본 연구는 해상 인명구조를 위한 장거리, 광대역 멀티미디어 통신을 지원하는 드론을 설계하고 구현하는 것이다. 드론은 사람이 기계의 본체에 탑승하지 않고 무선전파의 유도에 의해서 조종이 가능한 무인항공기(UAV : Unmanned Aerial Vehicle)이다. 최근 증가하는 선박사고에 신속하게 대응하기 위하여 드론을 이용하고자 한다. 선박사고에 대응하기 위한 해상 장거리, 고속 영상 전송이 가능한 스마트 드론을 개발하기 위해서는 드론을 구조적으로 설계하는 하드웨어 설계부분과 개발된 드론을 동작시키기 위한 제어기술 그리고 원격지에서 드론을 제어하기 위한 통신기술등이 필요하다. 본 논문은 해상 장거리, 광대역 멀티미디어 통신을 지원하는 드론 구조를 설계하기 위한 제한사항과 요소기술을 정리하고 이를 위한 드론 구조를 설계 및 구현한다. 이러한 통신용 드론을 드론 네트워크로 확장함으로써 드론의 활용성을 확장하고자 한다.

ABSTRACT

This paper is to design and implement the drone that supports a wideband multimedia communication and a long-range to save people in maritime. The drone is an Unmanned Aerial Vehicle (UAV) that is controlled by a radio wave not by people boarding the machine. We use the drone to respond quickly to the boating accident. To develop a smart drone for the high speed seamless video streaming in a long-range maritime, a necessary techniques are hardware design techniques that design structure of a drone, controlling techniques that operate a drone and communication techniques that control a drone in a long distance. In this paper, the limitations and techniques to design and implement the structure of drone supporting wideband multimedia communication for long-range maritime are explained. By expanding this communication drone network, it is aimed at improving utility of a drone.

키워드 : 드론 시스템, 무선랜, 광대역통신, 장거리, QoS, 해상

Key word : Drone system, Wireless LAN, Wideband communication, Long distance, QoS, Maritime

Received 31 August 2016, Revised 01 September 2016, Accepted 19 October 2016

* Corresponding Author Jong Deok Kim(E-mail:kimjd@pusan.ac.kr, Tel:+82-51-510-3519
School of Computer Science and Engineering, Pusan National University, Pusan 46241, Korea

Open Access <http://doi.org/10.6109/jkice.2017.21.1.53>

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

최근 대형 해양 선박 사고는 뉴스를 통해 자주 접하게 되었으며 인명피해 또한 빈번히 발생하고 있다. 대표적으로 2014년 4월 전남 진도군에서 발생한 세월호 사고가 있다. 이사고로 탑승객 476명 가운데 172명만이 생존했고, 300여 명이 넘는 사망, 실종자가 발생했다. 사고 발생 시 가장 먼저 이루어져야 하는 것은 상황인지 및 상황전파인데 해상이라는 특수한 환경은 이를 지원할 적절한 통신망이 구축되어 있지 않은 실정이다. 본 연구에서는 해상에서 발생하는 다양한 상황에 빠르게 대처하기 위한 통신망으로 무선랜을 사용하고자 하고 이를 지원하기 위한 드론을 개발하고자 한다.

무인항공기 드론은 항공기에 사람이 탑승하지 않고 원격지에서 자동으로 통제되는 항공기를 가리키며, 무선조종 항공기로부터 대형 무형정찰기까지 모두 포함된다. 드론은 표적, 정찰, 공격 등 군사적 목적으로만 활용되었지만, 최근 세계 최대의 온라인 쇼핑몰 아마존에서 아마존 프라임 에어(Amazon Prime Air)라는 서비스를 발표 한 후 무인항공기의 활용성에 대해 주목하기 시작하여 그 이후 계속 활용분야가 창출 되고 있다[1].

여러 가지 이유로 사람이 직접 참여하기 어려운 상황에서 드론은 무인항공기라는 점에서 큰 이점을 가지며 사용 방법에 따라 많은 활용 범위를 가진다. 물류 배송 및 농업 분야에서 드론을 활용하면 경제적인 측면에서 인력난 해소와 효율적인 방재작업의 이점을 가질 수 있으며, 군사적인 임무 수행 및 인명구조 분야에서 이용하면 모니터링을 통해 상황에 따라 대처하여 위험을 대폭 줄일 수 있다.

현재 드론의 활용 범위는 점점 넓어지고 있다. 특히 해상환경에 특화된 드론의 고려는 환경의 특수성 때문에 더욱 주목받고 있다. 특히 통신용 및 인명구조용 드론은 다양한 기능이 포함되어야 한다. 먼저, 원거리 사고현장의 상황을 신속하게 전파하기 위해서는 대용량 데이터 전송과 멀티홉과 같은 통신방식을 통해 장거리 통신이 가능해야한다. 더불어 인명구조를 위해서는 야간과 같은 환경에서도 사람을 식별할 수 있는 사물식별 기술 등이 필요하다[2].

따라서 인명구조에 필요한 해상 장거리 광대역 통신용 드론을 설계하는데 필요한 제한사항 및 요소기술을 설명하고 이것을 이용한 해상 장거리 광대역 통신용 드

론을 설계 및 구현하겠다. 물론 연구된 드론을 해상 인명구조용으로 한정하는 것은 바람직하지 않다. 이 드론은 해상환경에 사용가능한 드론으로 표현하는 것이 더 적합할 것이다.

구현한 드론의 성능은 통신부분과 사물식별 부분으로 구분하여 설명하겠다.

본 논문의 이후 구성은 다음과 같다. 2장에서는 배경 지식으로 장거리, 멀티미디어 통신, 멀티 홉 통신을 하기 위한 무선랜 매체 상태 측정 방법, 제어패킷과 데이터 패킷 전송방법, 영상정보 수집 시스템을 소개한다. 3장에서는 이를 기반으로 무선랜 기반 통신용 드론을 설계하고 4장에서는 설계된 드론의 요소기술을 기반으로 드론 네트워크용 AP와 드론을 구현한다. 5장에서는 구현된 드론의 성능을 측정하기 위한 실험 환경구축과 각 요소기술들을 실험을 통해 검증하고 분석한다. 6장에서는 논문의 결론을 맺고 앞으로의 연구 방향에 대한 설명을 한다.

II. 관련연구

2.1. 장거리, 멀티미디어 통신

대부분의 선박들은 정보를 수집하거나 전송하기 위해 일반적으로 위성 통신을 이용한다. 위성통신은 높은 요금과 낮은 전송속도로 음성, 인터넷과 같은 최소한의 정보를 주고 받는 데 사용된다. 선박사고의 대부분은 20km정도의 연근해에서 발생하고 현재 이러한 환경에서의 선박사고에 대하여 상황을 파악하고 상황을 실시간으로 전달할 수 있는 통신기술은 특별히 없다. 이러한 환경에서 장거리, 고속 무선랜 기술은 대체통신기술로 사용가능하고 멀티홉기술등을 이용하면 보다 넓은 지역에 광대역 서비스를 지원할 수 있다. 본 연구에서는 이러한 기능을 수행할 수 있는 드론을 설계하고 구현하고자 한다.

2.2. 매체 상태 측정 방법

멀티홉 드론 네트워크를 구성하기 위해서는 거리에 따른 무선 라디오 자원 측정 기법이 필요하다. 무선자원 측정은 무선 노드의 채널 할당, 무선 링크의 유효대역폭 추정, QoS를 위한 흐름 제어, 전송 속도 제어 메커니즘에 사용된다. IEEE 802.11은 현재 채널에 대한

유휴(idle)상태와 사용(busy)상태를 MAC(Medium Access Control)에 보고하는 CCA(Clear Channel Assessment) 기능을 수행함으로써 하나의 무선채널을 여러 단말이 공유하는 방식으로 동작한다. 무선랜 채널 감지 기능은 2가지 방법이 존재하고, 물리계층 형태에 따라 조합하여 사용한다. 동적으로 동작하는 드론에서 이러한 무선자원 측정은 매우 큰 어려움이며 극복해야 할 문제중 하나이다[3].

2.3. 제어패킷과 데이터 패킷 전송

무선랜기반 드론 제어 및 드론의 멀티미디어 데이터를 원격지에서 확인하기 위해서는 2가지 목적의 패킷을 구분해야한다. 그것은 드론을 제어하기 위한 제어패킷과 현장에서 수집된 멀티미디어 정보를 전달하기 위한 데이터 패킷이다. 제어패킷은 드론 조정과 관련된 정보와 드론의 상태정보를 담고 있고, 데이터 패킷은 현장 상황정보를 담고 있다. IEEE 802.11 MAC은 스테이션들이 무선 매체를 공유하는데 DCF(Distribution Coordination Function)라는 방법을 사용한다. DCF는 CSMA/CA(Carrier Sensing Multiple Access/Collision Avoidance)를 기본으로 하며 몇 가지 한계점이 있다. 대표적으로 충돌문제이며 이것은 사용 가능한 대역폭을 감소시킨다. 그리고 전송에 대한 우선 순위에 대한 개념이 없다. 이를 극복하기 위해 무선랜에서는 EDCA(Enhanced Distributed Channel Access)를 제안하였고 IEEE 802.11e의 MAC으로 알려져 있다. 무선랜기반 드론에서는 제어패킷과 데이터패킷을 구분하여 패킷의 우선권을 보장하기 위해 EDCA를 적용하고자 한다. 예를 들어 제어패킷은 음성 카테고리, 데이터패킷은 Best Effort 카테고리로서 전송하도록 설계하는 것이다[4].

2.4. 영상정보 수집 시스템

밤 낮을 가리지 않고 발생하는 해상 인명사고에 대하여 사고 상황을 정확히 인지하기 위해서는 사고 현장의 영상정보를 수집할 필요가 있다. 이를 위해 본 연구에서는 Ubuntu에서 제공하는 Motion이라는 아파치 기반 웹서버를 사용하여 실시간 스트리밍을 지원하게 하며 이와 더불어 OpenCV(Open Computer Vision)를 이용해 카메라의 영상에서 사람의 수를 측정할 수 있도록 할 것이다[5].

OpenCV는 인텔이 개발한 오픈 소스 컴퓨터 비전 C 라이브러리이다. 윈도우, 리눅스 등의 여러 플랫폼에서 사용할 수 있으며 실시간 이미지 프로세싱에 중점을 둔 라이브러리이다. 인텔 CPU에서 사용되는 경우 속도의 향상을 볼 수 있는 IPP(Intel Performance Primitives)를 지원하기도 한다. OpenCV에서 사람과 사물을 구분하기 위하여 Haar / Cascade Training 기법을 사용하였다. 이 기법은 영상에서 특정 형태의 물체를 찾고자 할 때 사용할 수 있는 대표적인 방법들 중에 하나로 픽셀단위로 RGB값 Matrix를 표준 사진과 촬영한 영상을 각각 비교하여 인식하는 방법이다.

III. 무선랜 기반 통신용 드론 설계

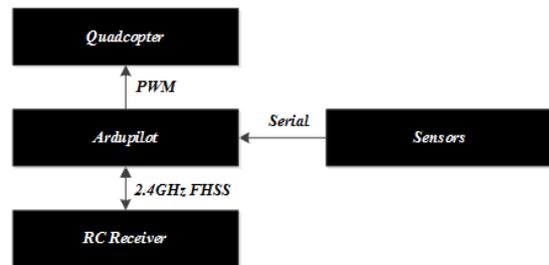


Fig. 1 Hardware configuration of wireless LAN drone

그림 1은 무선랜기반 드론의 하드웨어 구성도이며 무선랜 통신을 위한 무선통신부, 드론 제어를 위한 드론 제어부, 그리고 각종 센서부로 구성된다. 무선랜 통신을 위한 무선통신부는 OpenWRT를 이용하였으며, 멀티홉 통신 기능, IEEE 802.11e, 그리고 무선자원측정 기능을 수행한다[6].

드론제어를 위한 드론 제어부는 ArduPilot를 사용하였으며 ArduPilot은 Multicopters, Fixed-wing Aircraft, helicopters and ground rovers들을 자동으로 제어할 수 있는 오픈 소스 플랫폼이다[7].

상황 인식을 위한 영상 정보를 수집하기 위하여 카메라라는 무선통신부에 연결하였으며 ArduPilot은 제어 정보를 바탕으로 드론의 각 모터 변속기에 PWM(Pulse Width Modulation) 신호를 보내고 변속기에서 신호에 따라 모터 회전 속도를 제어하여 비행을 할 수 있게 한다. 그리고 GPS(Global Positioning System)를 통한 위

치정보 및 제어 정보들을 통신부로 전송한다.

촬영한 이미지가 사람인지 아닌지를 확인하기 위하여 OpenCV에서 Haar / Cascade Training 기법을 구현하였다. 이 기법을 구현하기 위하여, 먼저 입의의 사람 이미지를 Pixel단위의 RGB값 Matrix로 변화하고 이것을 다시 Gray Scaly Matrix로 변환하였다. 이때 흰색은 1, 검은색은 0에 가까운 실수 값으로 표현하였다. 이러한 입의의 사람 이미지를 촬영하여 변환된 영상 이미지와 비교하여 눈, 코, 입 등과 구분하였다. 이 때 구분 가능한 Threshold값은 이미지에 따라 다르게 설정하는데 본 연구에서는 사람을 구분하는 것에 초점을 맞추어 Threshold값을 설정하였으며 이를 바탕으로 사람인지 사물인지 구분하였다.

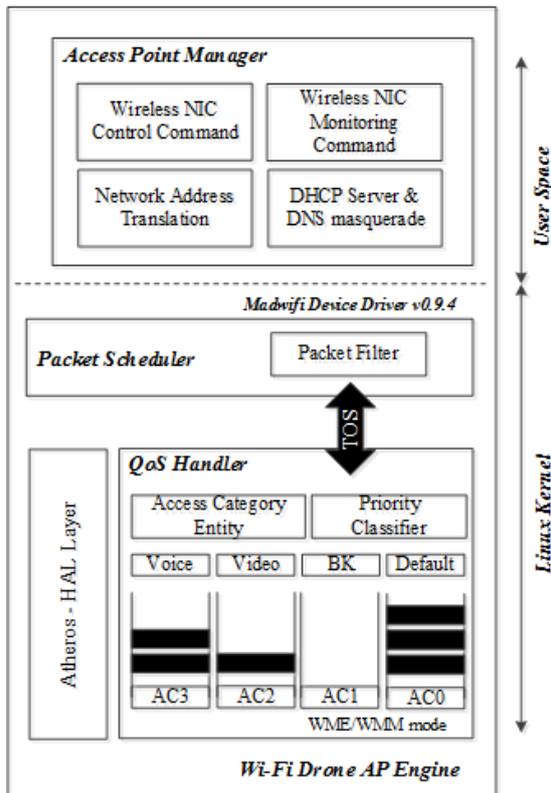


Fig. 2 AP configuration for stable control packet transmission

그림 2는 안정적인 제어패킷 전송을 위한 무선통신부(AP(Access Point))의 구조를 나타낸다. 리눅스 커널 영역과 사용자 영역은 TOS(Type Of Service)필드를 이

용하는 Packet scheduler에 의해 메시지가 전달된다. AP의 구조는 패킷 스케줄러, QoS 핸들러, 그리고 AP Manager로 구성된다.

IV. 무선랜기반 통신용 드론 구현

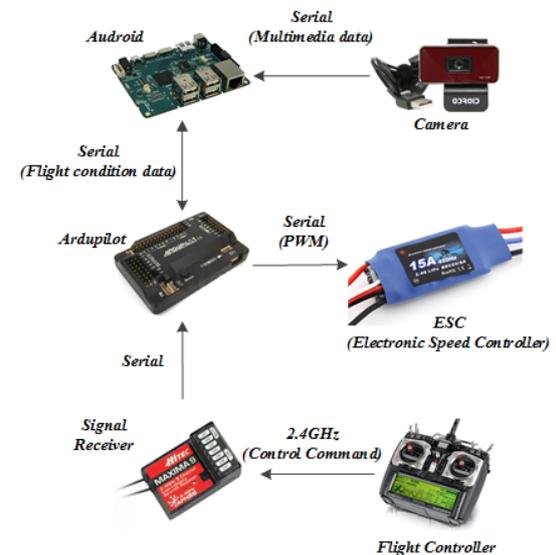


Fig. 3 Wireless LAN drone configuration

그림 3은 구현된 무선랜기반 통신용 드론의 전체 구성도이다. 드론 내부의 인터페이스는 Serial로 되어있고 Odroid보드에 Motion이라는 프로그램을 이용하여 카메라의 영상을 원격지에 전송할 수 있도록 하였다. 또한 Ardupilot의 상태를 실시간으로 확인하기 위하여 Odroid보드에 ser2net환경 구성을 하였다. Odroid보드는 alix보드로 대체가능하고 장거리 링크 구성을 위해서 변경예정이다. ArduPilot은 비행을 위해 PWM(Pulse Width Modulation)신호를 Serial로 모터에게 전송하고 이러한 정보는 Odroid보드를 통해 원격지에 전송된다. 그림4는 개발된 무선랜기반 드론이다[8].

2kg의 payload를 가지는 대부분의 드론은 항공기에서 연료와 Payload를 제외한 무게인 dryweight가 4kg 내외의 무게를 가지며 장착되는 배터리의 무게는 약 1kg 전후, payload는 2kg을 실을 것이므로 최소 이륙중량은 7kg이 되어야 한다. 따라서 이륙이 가능하기 위한

모터 한 쪽의 최소 추력은 $7\text{kg}/4$, 즉 1.75kg 이 되어야 한다. 이러한 추력을 가지는 모터는 여러 종류가 있으나, 우리나라에서 쉽게 구할 수 있는 TigerMotor사의 U7 모터를 선정 하였다. 모터의 무게는 255g 이며 사용 가능한 배터리는 LiPo(3-8S), 최대 사용 전류 40A 이다.



Fig. 4 Developed drone via WLAN

프로펠러는 17×6.1 규격을 가지는 프로펠러가 더 많은 추력을 낸으로 17×6.1 규격을 가지는 Xoar사의 프로펠러를 선정 하였고 추후에 카본 프로펠러를 사용하여 내구성을 높일 것이다. 프로펠러의 규격은 지름(in) x 길이방향 3/4지점의 각도($^{\circ}$)가 있다.

모터에 사용되는 변속기는 $40\text{Ax}2$ 즉 80A 전류량을 허용하는 변속기를 사용하여야 하며 2배의 전류량을 견뎌야 하는 이유는 모터의 최대 사용 전류량은 40A 이지만, 버스트 전류량은 대개 최대 사용 전류량의 두 배가 되기 때문에 TigerMotor사의 제품 상세 내용에도 최소 80A 를 허용하는 변속기를 사용하는 것을 권장하고 있다. 따라서 HobbyWing사의 Platinum Pro-100A 변속기를 선정하였다.

배터리는 6셀($3.7\text{V} \times 6 = 22.2\text{V}$)의 리튬-폴리머 배터리를 선정 하였는데, 선정한 모터는 6셀에서 8셀에서의 동작을 권장하고 있고, 배터리의 전압이 높을수록 모터의 출력이 높아지는 장점이 있으나 배터리 충전기의 가격이 셀 수에 따라 가격 차이가 많이 나고, 셀 수가 6개 이상이 되는 배터리는 시중에서 구하기가 힘들다는 단점을 가지고 있으므로 비교적 구하기 쉬운 6셀의 10000mAh 의 배터리를 선정 하였다.

드론의 프레임은 Artcopter사의 프레임을 채택 하였다. 프레임의 무게가 3kg 이 되는데, 이는 모터 4개의 무게 약 1kg 을 더하여 약 4kg 인 평균 드론의 dryweight를 고려한 것이다. 또한, 카본과 알루미늄으로 제작되어 플라스틱으로 제작되는 다른 회사의 제품보다 가볍고 튼튼하다는 장점을 지니고 있으며, 국내에서 생산, 판매하고 있기에 유지, 보수 측면에서 유리하다는 장점을 가지고 있기에 선정하게 되었다.

비행 제어 컴퓨터 부분은 아두이노 오픈소스로 개발된 ArduFlyer 컨트롤러를 선정하고 사용하였는데, 오픈소스의 장점인 실험 환경에 맞게끔 소스를 수정, Customizing이 가능하다는 장점이 있기에 선택하게 되었다.

RC 조종기와 수신기는 Hitec사의 Aurora 9x 조종기와 그에 대응되는 Maxima-9 수신기를 채택 하였다. 송수신기가 세트로 판매가 되며 9채널의 조작 환경을 가지고 있다. 드론 조종에 사용되는 4채널을 제외한 5채널의 넉넉한 확장성을 가지고 있기에 선택하게 되었다.



Fig. 5 AP for developed drone network

구현된 드론 네트워크용 AP는 그림 5와 같으며 PCEngine사의 Alix3d2보드를 이용하였다. 랜카드는 Atheros사의 AR9160 Wi-Fi Chipset을 사용하는 UBIQUITI사의 SR71-A라는 IEEE 802.11a/b/g/n 무선

Mini-PCI 어댑터 카드를 사용하였다[9].

Radio는 IEEE 802.11g를 이용한 IEEE 802.11n을 사용하였으며, 자세 제어 및 상태 모니터링을 위한 제어 패킷과 동영상을 위한 데이터 패킷을 구분하여 전송하였다[10,11].

V. 실험 및 성능분석

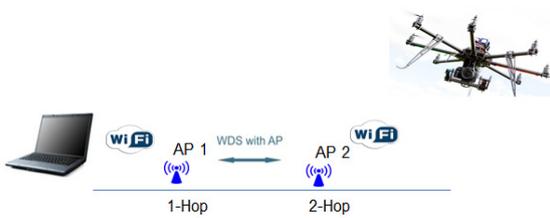


Fig. 6 Drone network configuration for experiment

그림 6은 구현된 드론의 성능을 확인하기 위한 드론 네트워크 구성도이고 AP 2대를 이용하여 다수의 드론이 동작하는 것을 표현하였다. AP1에는 드론을 상태를 모니터링하고 제어하기 위한 장치가 Wi-Fi를 이용하여 연결되고 AP 2에는 드론이 Wi-Fi를 이용하여 연결된다. AP 1과 AP 2는 WDS(Wireless Distribution System)로 연결하였다.

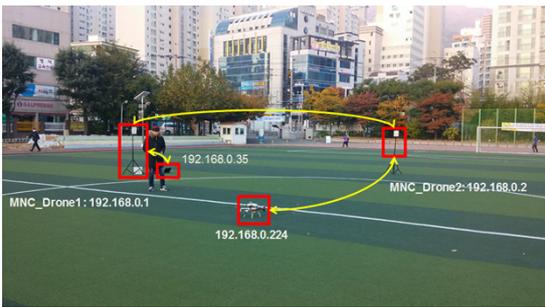


Fig. 7 Experience environment and test

그림 7은 운동장에서 드론 네트워크를 통한 드론 모니터링 및 제어를 하는 모습입니다. 실제 실험을 통해 구현된 드론 네트워크용 AP와 드론의 성능을 확인하고자 하였다.

그림 8은 구현된 드론을 확인하기 위한 프로그램이고, 동영상확인을 위한 동영상 재생부, 드론의 자세 상태를 모니터링하는 상태 모니터링부, 그리고 GPS를 통한 현재 드론의 위치를 파악하는 위치 확인부로 구성된다. 프로그램을 통해 드론에서 생성된 멀티미디어 데이터가 멀티 홉 통신을 통해 전송되는 것을 확인하였다. 안정적인 드론 주행과 멀티미디어 데이터전송을 분석하기 위해서는 다양한 형태의 실험과 도구가 필요하다. 이러한 연구는 드론 활성화에 꼭 필요하나 본 연구의 범위에서는 제외하겠다.



Fig. 8 Program to check the implemented drone

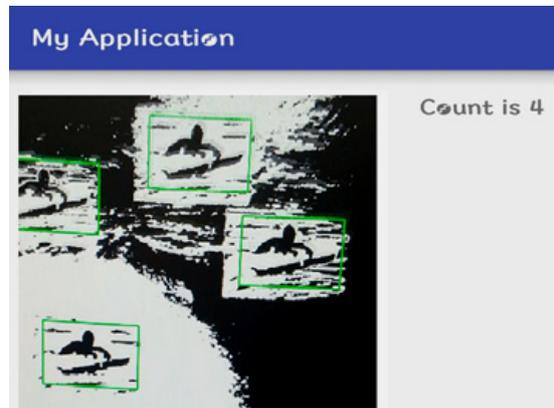


Fig. 9 GUI for people awareness program by OpenCV

그림 9는 카메라로 촬영되어 전송된 화면에 사람과 사물을 구분하기 위한 영상처리화면을 나타내고 있다. 실제 인명구조를 위해서는 열화상카메라와 같은 기능을 지원하는 카메라가 필요할 것이다. 본 연구에서는

고가의 열화상카메라 없이 일반 카메라로 사람과 사물만을 구분하는데 초점을 맞추어 영상처리를 지원하는 드론을 설계하고 구현하였다.

비행 중 영상정보 전송을 위한 패킷 전송에 대한 성능을 확인하기 위하여 Ping테스트를 수행하였다. 표 1은 테스트 결과를 보여주고 있다.

Table. 1 The result of data transmission according take off and landing of drone

	Before take-off	After take-off
Number of Pings	10,000	10,000
TTL time<20ms	10,000	8,918
TTL time>20ms	0	810
Disconnection	0	272

실험은 드론이 이륙하기전과 이륙 후에 데이터 송, 수신 상태를 비교하기 위해 모니터링 서버가 드론에게 패킷 10,000를 100회 송신하고 이에 대한 성능을 비교하였다. 실험은 10회 시행하였으며 평균으로 결과를 도출하였다. 이륙전은 전송패킷이 모두 수신되었을 뿐만 아니라 TTL시간이 20ms이하로 비교적 안정적인 통신 상태를 유지하였다. 이륙 후에는 TTL시간이 20ms이하인 패킷이 약 89.1%이었으며 20ms 넘는 패킷은 8.1% 그리고 연결이 끊어져 못 받은 패킷은 약 2.7%이었다. 움직이는 드론을 고려할 때, 드론 네트워크용 AP와 드론과의 통신은 비교적 안정적인 통신을 유지함을 확인할 수 있었다. 물론 유동적인 비행 환경, 주변의 네트워크 상황 등은 시스템의 성능을 저하시킬 것이며 이는 추후에 보완하도록 하겠다.

VI. 결론 및 향후 과제

드론은 다양한 응용을 가지며 활용분야가 점점 확대되고 있다. 활용분야가 넓어지는 드론에 적합한 통신기술 개발의 부족으로 연근해에서 발생하는 선박사고는 상황인식과 상황전파에 어려움이 있으며 이를 극복하기 위한 방안이 필요하다. 이러한 문제를 극복하기 위한 제한사항으로 장거리 멀티미디어 통신, 매체상태측정방법 그리고 효율적인 제어패킷과 데이터 패킷 전송 방법을 설명하였다. 그리고 장거리 멀티미디어 데이터

를 전송할 수 있는 드론 네트워크와 이를 사용할 수 있는 드론을 설계 및 구현하였다. 구현된 드론네트워크용 AP와 드론은 드론 네트워크 형태로 실험을 통해 검증하였다.

향후 이러한 연구를 기반으로 해상에서 멀티 홉 드론 네트워크의 라우팅 및 신뢰성 있는 데이터 전송을 위한 연구를 수행하겠다.

ACKNOWLEDGMENTS

“This work was supported by the National Research Foundation of Korea(NRF) grant funded by the Korea government(MSIP) (No. NRF-2016 R1A2B4013150).”

“This work was supported by BK21PLUS, Creative Human Resource Development Program for IT Convergence.”

REFERENCES

- [1] J. J. Lugo and A. Zell, “Framework for autonomous onboard navigation with the ar.drone,“ in *Proceedings of the International Conference on Unmanned Aircraft Systems*, pp. 575- 583, 2013.
- [2] D. Mellinger, N. Michael, and V. Kumar, “Trajectory generation and control for precise aggressive maneuvers with quadrotors,“*The International Journal of Robotics Research*, vol. 31, no. 5, pp. 664-674, Jan. 2012.
- [3] IEEE Std. 802.11, *IEEE 802.11 Standard for a Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer(PHY) Specifications*, IEEE, Jan. 1997.
- [4] IEEE Std. 802.11e/D13.0, *Draft Supplement to Standard for Telecommunications and Information Exchange between Systems-LAN/MAN Specific Requirements. Part11: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications: Medium Access Control (MAC) Enhancements for Quality of Service (QoS)*, IEEE, Apr. 2005.
- [5] Opencv [Internet]. Available: <http://www.opencv.org>.
- [6] Openwrt [Internet]. Available: <http://www.openwrt.org>.
- [7] ArduPilot [Internet]. Available: <http://www.ardupilot.com>.

- [8] ODDROID [Internet]. Available: <http://www.hardkernel.com>. IEEE, Jan. 2003.
- [9] SR71-A [Internet]. Available: <http://www.ubnt.com>.
- [10] IEEE Std. 802.11g, *Part 11 : Wireless LAN, Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) Specification : Further Higher Data Rate Extension in the 2.4GHz Band*, IEEE, Jan. 2003.
- [11] IEEE Std. 802.11n, *Part 11 : Wireless LAN, Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) Specification : Enhancements for Higher Throughput*, IEEE, Oct. 2009.



김동현(Dong Hyun Kim)

2013년 8월 부산대학교 전자전기컴퓨터공학과 졸업(박사).
2013년 11월 ~ 현재 부산대학교 IT기반 융합산업 창의인력양성사업단 박사후연구원
※ 관심분야 : 이동통신, 멀티미디어 전송, 무선통신망 성능분석



신재호(Jae-Ho Shin)

2016년 부산대학교 전기컴퓨터공학과 졸업(학사).
2016년 ~ 현재 부산대학교 전자전기컴퓨터공학과 석사 과정
※ 관심분야 : 클라우드 컴퓨팅, 저속도 무선통신, 사물인터넷



김종덕(Jong-Deok Kim)

1994년 서울대학교 계산통계학과 졸업(학사).
1996년 서울대학교 전산과학과 졸업(석사).
2003년 서울대학교 컴퓨터공학과 졸업(박사).
2004년 ~ 현재 부산대학교 전기컴퓨터공학부 교수
※ 관심분야 : 무선통신, 라우팅, 사물인터넷, 무선 멀티미디어 방송 시스템