

스마트 기기를 이용한 무인비행선의 비행제어 시스템 설계 및 구현

양명섭*, 김기원*, 양진영*

요약

무인 비행선은 군사, 항공 촬영용 등 특수한 분야에 사용하기 위해 많은 연구가 진행되어 왔으며 최근에는 스마트 기기를 이용한 무인 비행체의 제어에 대한 연구가 다양하게 이루어지고 있다. 따라서 본 논문에서는 스마트기기를 이용한 소형 무인 비행선의 비행제어를 위한 효율적인 제어시스템을 제안한다. 제안된 제어 시스템은 상승/하강 제어를 위한 2개의 로터와 전·후진 및 회전을 위한 2개 로터로 구성하여 제어할 수 있도록 시스템을 설계하였으며, 비행 제어를 위한 사용자 인터페이스는 누구나 쉽게 조정할 수 있도록 안드로이드 플랫폼의 스마트 기기를 이용하여 구현하였다.

Design and Implementation of the Flight Control System for Unmanned Airship using Smart Devices

Myung-Sub Yang*, Gi-Weon Kim*, Jin-Young Yang*

ABSTRACT

There has been many researches about an unmanned airship to be utilized in the specialized area such as military affairs and aerial photography. Various other researches based on UAV(Unmanned Air Vehicle) with Smart Devices have been developed and have recently received attention.

Therefore, in this paper we suggest an effective control system for a small-sized UAV flight control, using the smart device. The suggested flight control system is equipped with 4 rotors, 2 rotors for the up and down control and 2 rotors for the forward and backward motion with rotation. The user interface for flight control is designed to be easily managed by using smart device running the Android Platform.

Key Words : Unmanned Airship, Smart Device, Android Platform, AVR, Flight Control

* 초당대학교 IT융합학부 (✉msyang@cdu.ac.kr)

· 제1저자(First Author) : 양명섭 · 교신저자(Correspondent Author) : 양진영

· 접수일(2013년 11월 17일), 수정일(1차 : 2013년 12월 3일), 게재확정일(2013년 12월 12일)

1. 서 론

최근 무인기는 그 활용 목적에 따라 군사적 목적의 첩보 정찰, 공격 등의 임무 수행과 민간의 해안 및 국경감시, 국토관리, 농업, 어업, 기상관측 등 매우 다양한 활동을 보여주고 있다. 이러한 특징들이 무인기 성장 가능성을 더욱 높여 이에 대한 연구가 활발하게 진행 중에 있다.

현재, 무인기의 개발은 미국에 의해 주도되고 있으며 유럽 국가들과 이스라엘 등의 선진 국가에서 연구 개발이 주로 이루어지고 있다. 그리고 부품 소형화의 기술 발전에 따라 점차적으로 소형 및 고성능 무인항공기의 기술 개발과 다양한 무인 비행체에 대한 연구 개발이 진행되고 있는 실정이다[1][2].

무인 비행체 중에서 비행선은 1852년에 프랑스의 앙리 지파르(Henri Giffard)에 의해 항공사상 최초로 개발하였으며 Hindenburg호의 대참사와 현대식 항공기의 급격한 발전으로 정체상태에 머물러왔다. 그러나 현대에 들어 환경 문제와 광고 수단 혹은 통신 수단으로써 관심이 커지며 다시 비행선이 주목을 받고 있다. 특히, 무인 비행선은 군사, 항공 촬영용 등 특수한 분야에 사용하기 위해 많은 연구가 있어 왔다. 최근에는 스마트기기의 보급의 대중화로 인하여 스마트프로덕트인 앱세서리(Appcessory)에 대한 다양한 연구개발이 진행되고 있으며 이를 기반으로 소형 무인 비행체의 비행 제어에 대한 연구도 활발히 진행되고 있다.

일반적으로 무인 비행선은 비행체에 해당되는 기량과 꼬리날개 부분과 이를 운용하기 위한 제반 요소인 곤돌라와 추진장치 그리고 비행선을 제어하는 조종장치로 구성되어 있다.

본 논문에서는 비행체 자체의 설계보다는 스마트기기를 이용한 소형 무인 비행선의 비행제어를 위한 추진장치와 조종장치에 대한 효율적인 제어시스템을 제안한다. 제안된 제어 시스템은 상승/하강 제어를 위한

2개의 로터와 전후진 및 회전을 위한 2개 로터로 구성되어 제어할 수 있도록 시스템을 설계하였으며, 비행 제어를 위한 사용자 인터페이스는 실내외에서 누구나 쉽게 조정할 수 있도록 안드로이드 플랫폼의 스마트기기를 이용하여 구현하였다. 본 논문에서 제시한 무인 비행선은 소형의 저가 제작이 가능하므로 레저용 또는 무인 항공기 제작 등 항공 교육용으로 활용될 것으로 기대된다.

II. 관련연구

비행선은 공기와 헬륨의 밀도 차로 발생하는 부력이 작용하여 비행한다. 과거 비행선의 대부분은 수소 가스를 이용하여 부양력을 얻었지만, 최근 등장한 거의 모든 비행선은 일반 비행기의 날개가 제공하는 양력을 얻기 위해 헬륨(He) 가스를 사용한다. 헬륨 가스는 지상에서 1 입방미터당 약 1kg의 부양력을 제공한다. 비행선은 고도가 상승하면 헬륨의 부피가 팽창하고, 하강하면 압축된다. 그러므로 형상유지를 위하여 압력을 조절할 수 있는 시스템이 구축되어야 한다. 헬륨가스의 부력 이외에, 비행선은 비행기의 날개와 같은 원리로 추가 양력을 얻을 수 있다. 즉, 정해진 속도로 비행하는 동안 받음각이 증가하면, 비행선의 양력도 증가한다. 그러나 비행선은 일반 비행기처럼 양력을 얻기 위해 고속 비행이 필요한 것은 아니며, 따라서 대용량의 동력원이 필요치 않아 소형의 엔진만으로도 비행이 가능하다[3].

비행선의 구성요소를 공기 중에 뜨기 위해서는 최소한 구성요소의 무게 이상의 양력을 필요로 한다. 즉, 비행선의 양력은 무게와 직접적으로 관련되므로 온도의 변화와 기압 변동으로 인해 변화되는 요소를 극복할 수 있을 정도의 양력을 고려해야 한다.

비행선의 장단점을 살펴보면 다음과 같다.

(1) 장점

- 헬륨 가스 양력으로 인하여 다른 비행체에 비해 비행 효율이 좋다.
- 아주 심한 악천후가 아니면 비행이 가능하다.
- 헬기와 같은 호버링 기동이 가능하다.
- 타 비행체에 비해 소음과 진동, 환경파괴가 적다.
- 비행 속도가 저하되어도 헬륨가스의 양력으로 인하여 조종이 용이하며, 안전하다.

(2) 단점

- 다른 비행체에 비하여 고속비행이 불가능하다.
- 비행체에 사용하는 헬륨가스가 비싸다.
- 비행선의 부피가 워낙 커서 보관이 어렵다.

2.1 비행선의 구조

비행선은 구조상으로 크게 두 가지로 분류된다. 하나는 경식 비행선이고, 다른 하나는 연식 비행선이다. 경식비행선은 자체의 형태와 강도를 내부의 골격에 의하여 유지한다. 연식 비행선은 오직 기낭 내부의 헬륨의 압력으로 형태를 유지하며, 내부 공기실안의 공기압을 조절하여 지지된다. 오늘날 대부분의 비행선이 이러한 형태이다[4].

본 논문에서 실험에 사용한 비행선은 연식 비행선으로 기낭 내부를 헬륨의 압력으로 형태를 유지한다. 또한 1m의 소형이고 비행 고도가 비교적 높지 않기 때문에 내부 공기실의 공기압을 조절할 필요가 없다. 결과적으로 전체적인 형태는 헬륨의 압력과 기낭 외피의 형태로 유지된다고 할 수 있다. <그림 1>은 일반적인 비행선의 구조를 나타내며 <그림 1>에서 A는 고정원추 (Nose Cone), B는 버팀살 (Battens), C는 기낭 (Envelope), D는 수직 날개 (Vertical Fins), E는 수평 날개 (Horizontal Fins), F는 곤돌라 (Gondola), G는 엔진 (Engines & Propellers)을 표시한다[4][5].

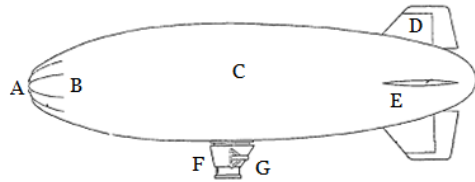


그림 1. 비행선의 구조
Fig 1. Airship Structure

2.2 비행선의 비행제어

일반적으로 소형비행선은 비행선의 추진을 위하여 곤돌라의 좌우에 위치하는 2개의 로터를 사용하며, 전진과 회전 그리고 로터 자체를 회전하여 상승과 하강하는 방법을 사용한다. 또 다른 방법으로는 다중로터를 사용하는 추진방법으로 <그림 2>와 같이 좌우에 위치하는 2개의 로터를 이용하여 상승/하강 및 호버링에 사용하며, 상하에 위치하는 2개의 로터는 전·후진 추진과 회전을 위해서 사용하는 추진방법이다. 전자의 방법은 로터 자체의 축을 회전하는 기계적 방법이 필요하면 후자의 경우는 많은 로터의 사용으로 다양한 제어가 가능하지만, 로터의 수 증가로 인하여 무게가 증가되는 단점이 있다.

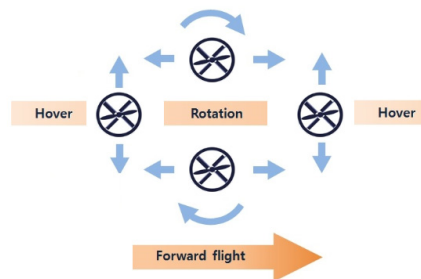


그림 2. 비행선 제어
Fig 2. Airship Control

본 연구에서는 후자의 방법으로 4개의 로터를 이용하여 편리하게 비행제어를 할 수 있도록 하였다.

2.3 스마트기기의 통신기술

현재 스마트기기와 외부장치와의 연결을 위한 통신 방법은 매우 다양하며 대부분의 스마트기기들은 통신을 위한 장치들이 기본적으로 내장되어 있다. 따라서 어떤 장치를 사용해서 스마트기기와 연결할지가 핵심이며, 최근의 연구사례를 살펴보면 무선 조종 완구, 운동량 측정 장치, 원격 조정 장치 등 다양하다. 이러한 제품들을 스마트 프로덕트인 앱세서리(Appcessory)라고 부르는데, 앱을 통해 조정하는 장치 혹은 부가 장치라는 의미를 가지고 있다. 이들 대부분은 스마트기기에 내장된 블루투스나 와이파이 등의 통신방법을 사용해 연결하지만, 마이크 또는 스마트기기와 PC와의 동기화 과정에서 사용하는 커넥터를 통한 연결방법도 사용한다. 스마트기기와 외부기기의 연결을 위한 통신방법들은 다음과 같다[7].

(1) 블루투스(Bluetooth)

일반적인 스마트기기들은 블루투스 장치를 모두 내장하고 있으므로 대부분의 스마트기기에 사용될 수 있다. 블루투스는 10M 정도의 짧은 거리에서 사용이 가능한 근거리 무선 통신망으로, 다른 기술에 비해 상대적으로 저렴하고 전력 소모가 적어 대부분의 스마트기기에 기본 장착되어 있다.

(2) 와이파이(Wi-Fi)

스마트기기에 무선 인터넷 접속 시 자주 사용하는 와이파이는 무선랜을 이용해 무선 데이터를 송수신하는 데이터 기술이다. 반면 와이파이 다이렉트(Wi-Fi Direct)는 AP없이 무선으로 직접 다른 기기에 접속해 데이터를 송수신하는 기술로, 와이파이 다이렉트를 지원하는 스마트 기기끼리 데이터를 주고 받을 때 주로 사용된다. 와이파이 다이렉트는 블루투스보다 전송 반경도 넓고 속도도 빠르기 때문에 다양한 형태로 사용되고 있다.

(3) 헤드폰 잭(Headphone jack)

헤드셋을 장착할 수 있는 헤드폰 잭을 사용한 것이다. 이 방식의 장점은 저렴한 부품으로 스마트기기와 연결되는 장치를 만들 수 있다는 것이다.

본 연구에서는 비행선 조정을 위해서 스마트기기에 대부분 내장되어 있는 WIFI를 이용하여 통신하는 연결방법을 사용하며 TCP/IP기반의 소켓통신 프로토콜을 기반으로 비행선 컨트롤 시스템과 연결하는 방식으로 개발한다.

III. 비행제어 시스템 설계

본 논문에서는 제안하는 스마트기기를 이용한 비행선제어 시스템은 다음과 같은 설계기준에 맞추어 제어시스템을 설계하였다.

첫째, 실내비행과 활용성과 소형화 측면을 고려하여 기구적인 구조가 단순하고 안정성 있는 비행선을 설계한다.

둘째, 비행의 안정성, 소형화, 경량화 측면에서 덕트 팬 모터의 제어 방식의 다중로터 적용으로 인한 무게, 크기, 비용 등을 고려하여 설계한다.

셋째, 일반적으로 무인기의 경우 단점으로는 상황 인식능력과 판단력의 부재이다. 아무리 각종 계기와 카메라 시야가 제공된다고 해도 실제 비행기에서 조종하는 것과는 다를 수밖에 없기 때문이다. 또한 전자 방해(ECM)에 의해 컨트롤을 상실할 가능성이 있다는 점도 약점이라고 할 수 있다. 따라서 기계나 그 부품에 고장이나 기능불량이 생겨도 항상 안전을 유지하는 구조와 기능인 패일 세이프(Fail Safe)기능을 고려하여 설계한다.

3.1 비행제어 시스템

본 논문에서는 비행선의 비행제어 시스템을 위해서 [그림 2]에서와 같이 상승과 하강 제어를 위한 2개의

DC모터와 전후진 추진과 회전을 위한 2개의 DC 모터를 구성하여 모터를 제외한 기계적인 제어 부분을 제거하여 설계하였다. 시스템에서 제어를 위해 사용한 마이크로프로세서는 AVR RISC 아키텍처 기반의 ATmega-128을 사용하였다. ATmega-128은 전력소모가 적으며 또한 다양한 많은 컨트롤러 기능이 있다. 그중에서 I/O포트를 제어하는 기능, 인터럽트 제어기능, 서보모터를 제어하기 위한 타이머 기능 등을 활용하였다[6]. 모터의 구동은 비행제어시 정회전과 역회전이 필요한 관계로 DC모터 드라이버를 구성하여 설계하였다.

비행제어 시스템의 전체적인 시스템구성은 <그림 3>과 같다.

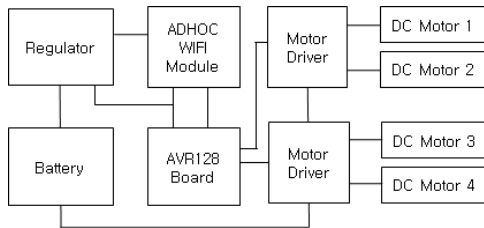


그림 3. 비행제어 시스템
Fig 3. Flight Control System

DC모터의 속도와 방향을 제어하기 위해서는 소프트웨어적으로 펄스폭 변조(PWM)방식을 사용하며 펄스폭의 듀티비를 바꿈으로서 평균전압을 조절하여 속도를 제어한다. 본 연구에서는 이를 위하여 AVR I/O Port를 이용한 정/역방향 설정과 2개의 타이머 기능을 사용하여 PWM신호를 발생하여 모터 드라이버를 구동하였다.

비행조정 장치와 통신을 위해서는 애드혹(Ad hoc) 네트워크를 지원하는 WIFI 모듈을 이용한다. 애드혹 네트워크는 무선 인터페이스를 사용해 패킷 데이터를 전송하는 무선 노드로 구성된, 중앙 관리 없이 형성된 네트워크로 유형의 네트워크에 있는 노드는 라우터나 호스트로 이용될 수 있기 때문에 다른 노드 대신 패킷

을 전송할 수도 있다. 따라서 사용자 애플리케이션들을 실행할 수 있는 기능을 활용하여 조정장치와 데이터링크를 설정하여 통신하였다. 패일세이프 기능으로는 비행조정 장치와 일정간격으로 패일체크 패킷을 전송하여 오류발생 또는 무응답 신호 시 비행선을 스스로 하강하는 방법을 채택하였다.

3.2 비행조정 시스템

본 연구에서는 비행선의 비행을 조종하는 사용자 시스템은 기본적으로 무선랜 기술을 활용하여 원격제어 할 수 있도록 WIFI 기능을 지원하는 스마트기기(스마트패드, 스마트폰)에서 쉽게 조종할 수 있도록 시스템을 설계한다. 또한 스마트기기의 GUI환경에서 터치를 지원하는 사용자 인터페이스를 이용하여 비행조정 인터페이스 시스템을 개발한다.

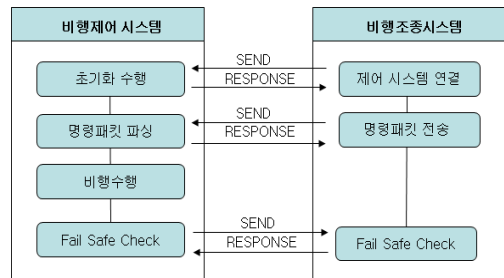


그림 4. WIFI 컨트롤 데이터 링크
Fig 4. WIFI Control Data Link

<그림 4>는 비행제어 시스템과 비행조정시스템 사이의 연결 링크 개념도를 나타낸다. <그림 4>에서와 같이 먼저 비행조정시스템에서 비행제어시스템에 연결하면 비행제어시스템 모터의 정상 작동여부를 체크하고 초기화가 진행된다. 다음으로 상호간 명령패킷의 송수신으로 비행제어가 이루어진다. 또한 두 시스템 간 데이터 링크를 주기적으로 확인하여 오류 발생 시 시스템을 정지하거나 착륙할 수 있도록 처리한다.

두 시스템간의 통신은 TCP/IP 프로토콜에 기반한 네트워크 프로그램 API인 소켓(Socket)을 이용하여 헤더(ESC*)와 제어명령어, 모터속도, 캐리지 리턴문자(0x0D)로 구성되어 있는 명령패킷, 즉 제어 명령어와 모터의 속도 값 데이터를 포함하는 명령패킷을 비행 제어 시스템에 전송하면, 비행제어 시스템에서 명령어 파싱에 의하여 비행명령을 수행한다.

헤더	명령어	속도
	명령어	설명
	INIT	초기화 제어
	STOP	시스템 정지 제어
	LEFT	좌회전 제어
	RIGH	우회전 제어
	UPWN	상승 제어
	DOWN	하강 제어
	FSPD	상승/하강 속도 제어
	RSPD	전진/후진 속도 제어
	FORD	전진 제어
	BACK	후진 제어

그림 5. 시스템 제어 명령어
Fig 5. System Control Command

<그림 5>는 비행조종 시스템에서 사용하는 명령패킷과 제어 명령어를 보인다. 비행 제어시스템의 패일세이프 기능으로는 통신연결이 끊어지는 것을 체크하기 위해서 시스템 간에 주기적으로 연속적인 체크명령을 전송하여 통신링크를 확인하여 통신에러 발생시 시스템을 정지 및 하강하는 명령을 처리한다.

IV. 시스템 구현 및 실험

본 연구의 목표는 비행선의 비행제어에 있는 관계로 비행체에 해당하는 기낭은 은박지 재질로 되어 있

는 1m의 크기의 기낭을 이용하여 실험하였다. 또한 비행 제어장치의 무게를 계산하여 비행체는 이중으로 구성하여 부양력을 맞추었으며, 안정적인 비행선의 비행 추진을 위하여 수평/수직 날개를 연결하여 비행선을 제작하였다.<그림 6>은 이중의 기낭으로 구성하여 실험에 사용된 비행선의 구조를 보인다.



그림 6. 비행시험 비행체
Fig 6. Flight Test Vehicle

<그림 7>은 본 논문에서 제안한 비행제어 시스템의 성능을 테스트하기 위해 구현된 비행제어 시스템을 보이며 직진 방향의 추력을 위한 2개의 덕트팬과 비행선의 고도를 유지할 수 있도록 하는 2개의 덕트팬으로 구성되어 있다. 또한 최소의 무게를 유지하도록 회로를 최대한 집적화하여 제작하였다.

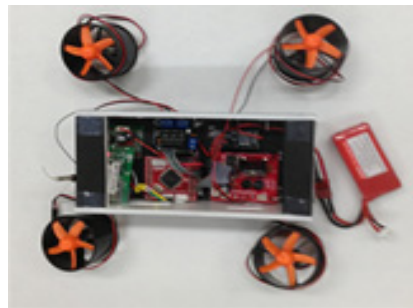


그림 7. 비행제어 테스트 시스템
Fig 7. Flight Control Test System

구현된 비행조종 시스템의 프로그램 구현은 안도로

이드 3.2를 지원하는 갤럭시탭 환경에서 개발하였다. <그림 8>은 구현된 조종시스템의 터치기반 사용자 인터페이스 화면으로 화면에서 중앙 영역은 WIFI 통신 링크의 설정을 위한 인터페이스 부분을 나타낸다. 비행선을 제어하기 위해서는 제어시스템과 조종시스템 간의 프로그램이 무선 네트워크로 연결되어야 한다. 이를 위해서는 먼저 제어 시스템 SSID로 WIFI 네트워크를 생성한다. 그리고 조종 시스템에 IP 주소를 할당해야만 한다.

왼쪽 영역은 비행추진을 위한 부분으로 모터속도 제어와 비행조종의 전·후진 추진과 좌우회전을 위한 인터페이스 부분이다. 오른쪽 영역은 모터속도 제어와 비행조종의 상승과 하강을 위한 인터페이스 부분을 나타낸다.

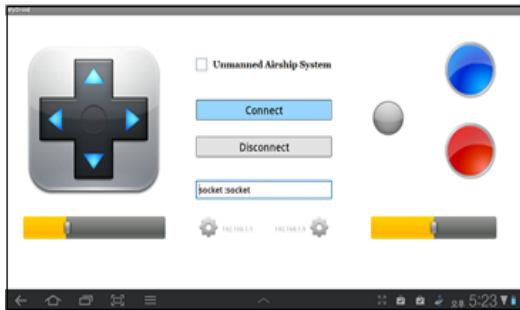


그림 8. 사용자 조종 시스템
Fig 8. User Control System

V. 결론 및 향후연구

최근 무인 비행체에 대한 연구개발이 선진국을 중심으로 활발히 진행되고 있으며, 외부기기 제어를 위한 스마트 프로덕트 기술에 대한 연구가 다양하게 이루어지고 있다. 이에 따라 본 논문에서는 첫째, 무인비행기 중에서 소형 크기를 갖는 비행선의 비행제어를 안정적으로 실행하기 위한 환경을 제시하였다. 그리고 비행제어를 위해 비행선의 비행제어 시스템의 구

조와 비행원리를 분석하였다. 둘째, 스마트기기를 이용하여 사용자가 쉽게 조종할 수 있는 소형 비행선의 비행조종 시스템을 제시하였으며, 스마트기기와 비행제어 시스템과의 통신을 위해 WIFI 통신 링크를 설정하여 안드로이드 플랫폼 기반의 프로그램으로 조종시스템을 구현하였다.

제안된 비행제어 시스템은 구현을 통하여 실내공간에서 고도유지와 추진 및 회전이 안정적으로 제어됨을 확인하였다. 앞으로 시스템의 안정성을 극대화시킬 수 있도록 더 많은 실험이 이루어져야할 것으로 판단된다.

향후 연구로는 카메라 모듈의 연결에 의한 동영상 실시간 전송과 실외에서 정밀한 조종성의 확보를 위한 자이로스코프 장치와 위치파악을 위한 위성위치시스템(GPS)장치를 장착한 제어 알고리즘에 대한 연구를 진행할 예정이다.

본 논문에서 제시한 소형 무인 비행선은 타 비행선에 비하여 소형의 저가 제작이 가능하며, 레저용이나 무인 항공기 제작 등의 교육용으로 활용될 것으로 기대된다. 또한 스마트기기를 이용한 스마트 프로덕트인 앱서버리 개발 기술을 확보하는데 있어서 많은 도움이 될 것으로 판단된다.

참고문헌

- [1] Jin-Won Kim, Dong-Young Ryu, Dong-Hyun Cho, Sung-Tae Moon, "Spherical Flying Machine Development", Korea Aerospace Research Institute, Vol. 11, No. 2, 2012.
- [2] Gi-Weon Kim, Hung-Jun Oh, Myung-Sub Yang, Jin-Young Yang, "A Study on UAV Control Using the Eye Mouse", *KKITS*, Spring Conference, 2012.
- [3] Dong-Min Kim, Hae-Chang Lee, Jin-Woo Lee, Chan-Hong Yeom "Design and Development of a Medium Altitude Unmanned Airship System" Korea Society for Aeronautical & Space Sciences, Autumn

- Conference, 2002.
- [4] Wangu Kang, Dong-Min Kim, Jin-Woo Lee, Chan-Hong Yeom and Chulho Lim "The Structure and Materials of Airship", Korea Society for Aeronautical & Space Sciences, Spring Conference, 2001.
- [5] Gun-Sik Kim, "A Study on Automatic Flight Control and Flight testing of Unmanned Airship", a master's thesis, Korea Aerospace Univ., 2011.
- [6] Bong-Gil Song, Gui-Bo Sim, *AVR ATmega128 Microcontroller*, Sungandang, 2008.
- [7] "Smart phone & Hardware Connectivity" Microsoftware, No. 9, 2013.

저자소개



양명섭(Myung-Sub Yang)

1995년 전북대학교 전자계산학과
(이학석사)

1999년 전북대학교 전자계산학과
(이학박사)

2000년~현재 초당대학교 IT융합학부 교수

※ 관심분야: 무인비행체제어, 자율비행



양진영(Jin-Young Yang)

1988년 조선대학교 전자계산학과
(공학석사)

2002년 목포대학교 컴퓨터공학과
(공학박사)

1997년~현재 초당대학교 IT융합학부 교수

※ 관심분야: 무인항공로봇, 항공영상데이터베이스



김기원(Gi-Weon Kim)

1989년 숭실대학교 전자계산학과
(공학석사)

2001년 한남대학교 컴퓨터공학과
(공학박사)

1996년~현재 초당대학교 IT융합학부 교수

※ 관심분야: 무인항공로봇, 영상처리