

學士學位論文

임베디드 쿼드콥터키트를 이용한 원격 무인정찰 시스템

전남대학교
전자컴퓨터공학부
컴퓨터공학전공

문 형 환

指導教授 박 재 형

2014年 8月

임베디드 쿼드콥터키트를 이용한 원격 무인정찰 시스템

전남대학교
전자컴퓨터공학부
컴퓨터공학전공

문 형 환

指導教授 박 재 형 (인)

專攻主任 김 영 철 (인)

2014年 8月

< 목 차 >

1. 서 론	1
1.1 사회적, 기술적 필요성	1
1.2 개발의 개요, 범위	2
2. 배경 지식	3
2.1 배경 지식	3
2.2 관련 연구	9
3. 시스템 설계 및 구현	10
3.1 사용자 요구사항	10
3.2 시스템 설계의 목표	10
3.3 시스템 설계	11
3.4 구 현	17
4. 실험 및 분석	23
4.1 실험 환경	23
4.2 실험 결과	23
4.3 실험 결과 분석	25
5. 결론 및 향후과제	26
6. 참고문헌	27

1. 서론

1.1 사회적, 기술적 필요성

무인항공기(Unmanned Aerial Vehicle; UAV)는 항공기에 사람이 탑승하지 않은 상태에서 원격 또는 자동으로 조종되는 항공기를 지칭한다. 군용 무인항공기의 성공적인 활용 사례를 바탕으로 항공 선진국들은 민간 무인항공기의 성장성과 효용성에 대하여 주목하고, 활용도를 확대하고자 노력을 하고 있다. 향후 민간무인항공기는 원격탐사, 환경감시, 기상관측, 국경감시, 재난구호 등 광범위한 분야에서의 활용될 것으로 예상된다.

항공기에 있어서 비행기는 그 제어가 쉽다는 장점이 있지만 어떤 한 지점 위를 오랫동안 날기 위해서 꽤 넓은 공간을 선회해야하는 단점이 있다. 이런 면에서 헬리콥터는 제자리 비행이 가능하기 때문에 작업영역의 선정에서 비행기보다 유리하다. 그러나 헬리콥터는 그 구동원리가 상당히 복잡하고 수학적 모델을 얻는 것이 아주 힘들어 여러 불확실한 환경에 적응한 알고리즘을 짜기 힘들다는 단점을 가지고 있다.



<그림 1. 쿼드콥터 모형>

쿼드콥터는 네 개의 회전날개를 마주보는 것끼리는 같은 방향으로 회전하고 인접한 것은 다른 방향으로 회전하게 설계되어 있다. 전체 회전날개의 속도를 변화시키면서 기체의 상승, 하강을 일으킬 수 있고 앞, 뒤 회전날개의 속도를 달리하면 Pitch Moment를 일으키며 좌, 우 회전날개의 속도를 달리하면 Roll Moment를 일으킨다. 동시에 좌, 우와 앞, 뒤를 쌍으로 속도변화를 일으키면 Yaw Moment를 일으킬 수 있다. 즉 쿼드콥터는 그 동작원리가 기존의 헬리콥터에 비해 너무나 간단하여 제어를 용이하게 할 수 있으므로 항공분야의 적임자로 떠오르고 있다.

이 논문에서는 제어하기 용이한 쿼드콥터 키트를 활용하여 민간분야에서 감시, 탐사 분야로 응용하는 예시를 제공하고자 한다.

1.2 개발의 개요, 범위

순찰 및 탐사 분야는 직접 사람이 확인하는 과정이 필요하기에 필연적으로 인력과 시간이 들어가게 된다. 대표적인 예로 현재 전남대학교 순찰 팀에서는 교내를 오토바이를 이용하여 주기적으로 순찰하고 있다. 업무를 돕기 위해서 CCTV등의 기존 기술이 개발되어 있지만 사각지대가 존재하기 때문에 결국 별도의 순찰인원이 직접 가서 순찰하여야만 한다. 따라서 이러한 수고를 덜어 줄 수 있는 시스템의 필요성이 생기며 그 해결책으로 원격 무인정찰 시스템을 개발하고자 한다.

민간 쿼드콥터 항공분야는 아직 초기단계이므로 키트를 선택할 수 있는 폭이 넓지 않다. 따라서 이 분야의 가장 선구자인 프랑스에 위치한 Parrot 社의 AR.Drone 2.0 키트를 구입하고 제공된 개발 문서를 보고 연구를 진행하였다.

개발 진행 순서는 다음과 같다. 먼저 키트의 움직임 제어를 해 보고, 각종 센서값을 불러와 화면에 표시하는 기능을 구현한 뒤 키트에 내장된 카메라로부터 영상을 불러와 화면에 출력할 수 있도록 개발을 진행하였다.

통신 기술을 통해 제어 가능한 커버리지 영역을 확장하도록 한다. 거리의 제약을 극복하고 원활한 제어를 위해 모바일 네트워크 기술을 활용한다. 키트 제어시 통신상에서 보안을 유지할 수 있게 한다.

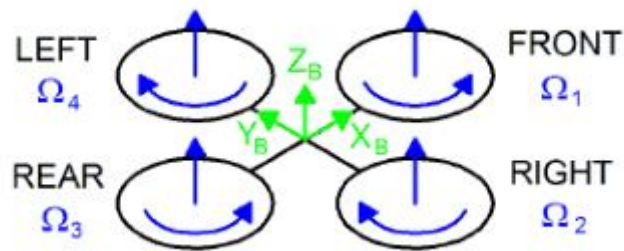
최종적으로는 비행체의 센서 값과, 화면 영상, 견고한 제어환경을 활용하여 쿼드콥터 정찰 시스템이라는 개발 목표를 달성한다.

2. 배경 지식

2.1 배경 지식

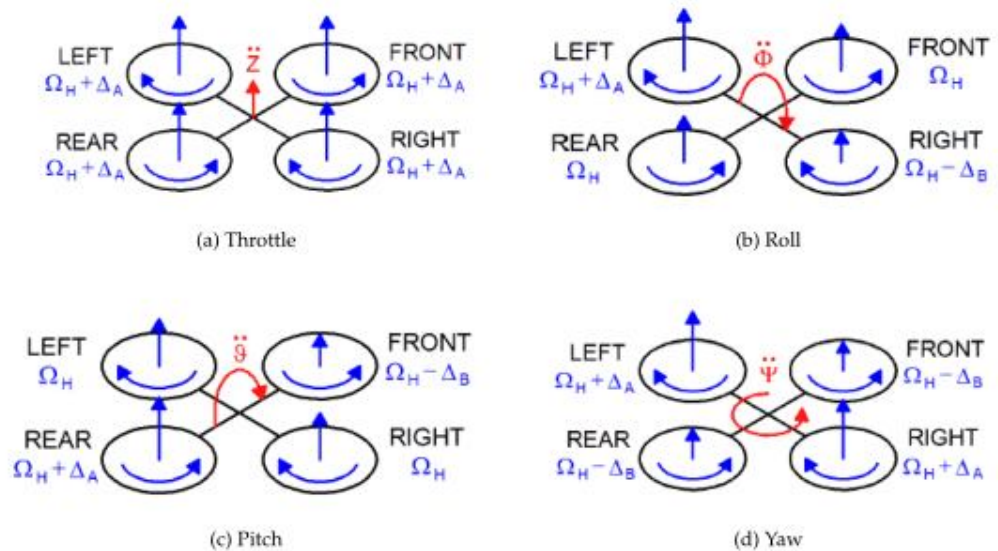
(1) 비행의 원리

4방향에 각각 회전모터가 장착되어 있으며 마주보는 각각의 쌍의 모터는 같은 방향으로 회전한다. 마주보지 않는 모터는 반대 방향으로 회전한다. 한 쌍이 시계방향으로 회전하면 다른 쌍은 시계반대방향으로 회전한다.



<그림 2. 쿼드콥터 회전날개 도식도>

4개의 프로펠러가 모두 세게/모두 천천히 회전하면, 상승/하강하게 되고, 한 쪽만 천천히 돌면 해당 방향으로 기울게 되고 이동하게 된다. 서로 대각선에 위치한 한 쌍의 프로펠러를 빠르게 회전 시키고 나머지를 그보다 천천히 회전 시키면 좌우 회전을 하게 된다.

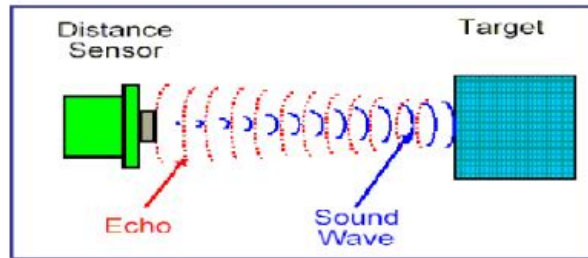


<그림 3. Throttle, Roll, Pitch, Yaw Moment>

(2) 센서의 기능과 원리

1) Ultrasound sensor (초음파 센서)

쿼드콥터의 하단부에 초음파 센서가 장착되어 있으며 이것을 통해서 비행기의 고도를 측정할 수 있다. 주기적으로 초음파를 발생하며 물체에 부딪치고 도착한 반송파와의 시간을 계산하여 고도를 추정한다.

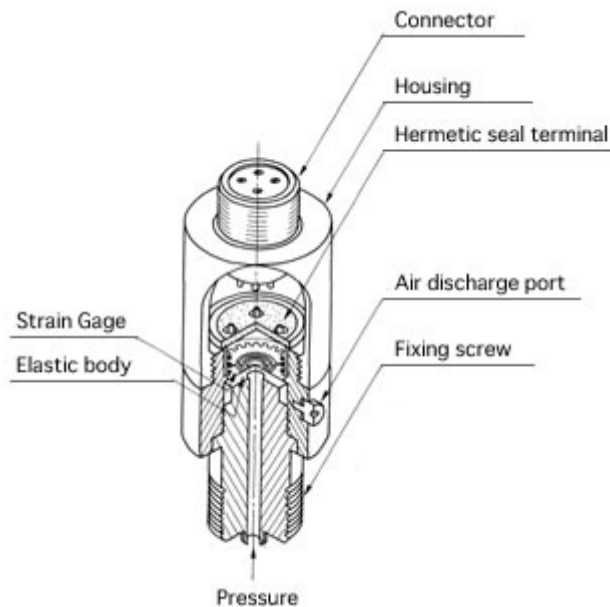


(a) Ultrasound sensor

<그림 4. 초음파 센서 동작원리>

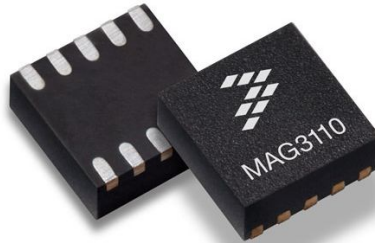
2) Gauge pressure sensor (압력 센서)

쿼드콥터 내부에는 게이지 압력 센서가 있다. 6미터 이상의 고도에서는 초음파 센서로 인한 고도측정이 불가능하므로 압력 센서를 사용한다. 대기압을 측정해서 현재의 고도를 측정한다. 이 기법은 항공기의 고도측정에서도 사용된다.



<그림 5. 압력 센서의 구조>

3) Magnetometer sensor & Gyrometer sensor (자력 센서, 자이로 센서)
Gyrometer sensor는 순간적인 바람이나 기타 외부요인으로 인해 쿼드콥터 비행체가 흔들리는 것을 방지해 준다. 만약 방향이 틀어졌을 경우에는 Magnetometer sensor를 사용해서 방향을 교정한다.



<그림 6. 자력 센서>

(3) 카메라 및 기초 영상처리

쿼드콥터에는 2개의 카메라가 장착되어 있다.

1) 전면 카메라

전면 카메라는 주 영상 촬영용 카메라로 이용되며 1280px*720px*30fps 로 영상 스트림을 촬영한다. 이 영상 스트림을 컴퓨터로 전송받아 사용자 시스템에서 이용할 수 있다.

2) 하단 카메라

하단 카메라는 패턴 인식용 카메라이다.

320px*480px*60fps 의 성능을 가지고 있다. 저화질 영상으로써 키트에 내장된 비행프로그램이 패턴인식 기법을 사용하여 비행체의 비행속도를 측정하고 기울기를 바로잡으며, 제자리 비행을 할 수 있도록 도와준다.

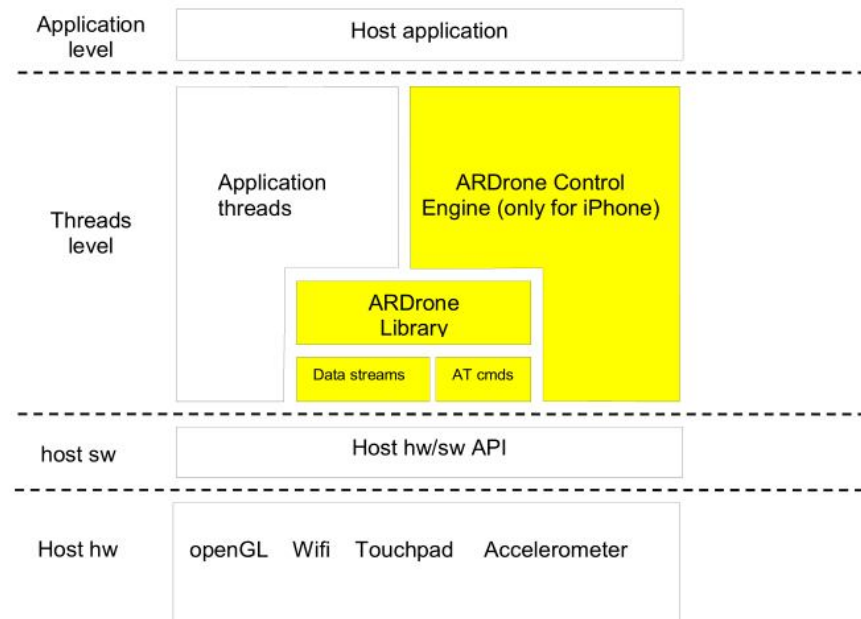


<그림 7. 저 화질 영상을 이용한 물체 이동측정>

(4) 제어 통신의 구현

쿼드콥터 키트의 내장 OS는 Embedded Linux 2.6 이다. 부팅시 미리 컴파일된 Host application이 동작하며 반드시 이 어플리케이션과의 TCP/IP 통신으로 제어를 해야 한다. 키트의 하드웨어 보호 및 상위 기종과의 호환을 위한 조치이다.

직접적인 하드웨어 제어는 허용되지 않는다.



<그림 8. AR.Drone Host application 의 Layered architecture>

Host application 과 통신하는 포트는 다음과 같다.

TCP 5551 (FTP), TCP 5553 (Video Recording), TCP 5555 (Video Stream), TCP 5559 (Control Data), UDP 5554 (Navigation Data), UDP 5556 (AT Command)

구현하고자 하는 목표 시스템은 TCP 5555(Video Recording), TCP 5559(Control Data), UDP 5554(Navigation Data), UDP 5556(AT Command) 포트를 사용하여 통신한다.

(5) PPTP 가상사설망 (PPTP VPN)

Point to Point Tunneling Protocol 을 이용하여 종단 시스템 간에 네트워크를 형성시켜주는 기능이다. 암호화는 MS-CHAP과 RC4 규약을 사용한다. 가상사설망을 형성한 경우 각 단말기는 인접해 있다고 말할 수 있다.

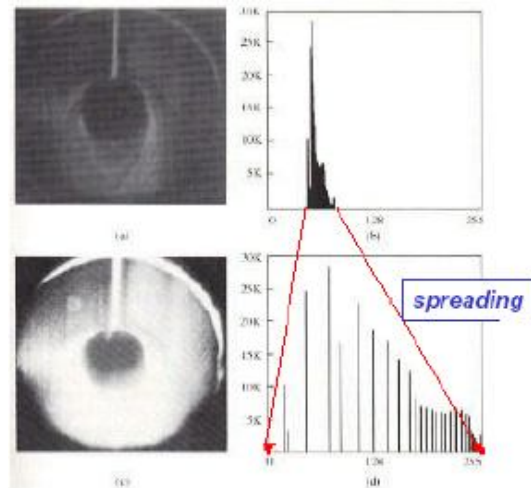
(6) Haar-like feature cascade

하르 유사도는 피처의 종류, 크기, 위치를 고려하여 계산한다. Haar-like feature는 (type, x, y, width, height)로 나타낼 수 있다. 여기에서 type은 Haar-like feature의 종류이며, x, y와 width, height는 Haar-like feature의 위치와 크기이다. 피처 간의 형태적 유사도를 계산하기 위해 피처 중심점 위치 (cx, cy)를 추가하여 Haar-like feature를 (type, x, y, width, height, cx, cy)로 나타낸다. 하르 유사도는 같은 종류의 피처들에 대해서만 고려하며 과완전 집합의 모든 피처의 중심점은 최초에 한번만 계산한다. 학습 샘플에 대해 에러가 최소인 피처를 선택하고 선택된 피처에 대해 과완전 집합의 모든 피처들의 유사도를 계산한다. 이때 유사도가 한계치보다 큰 피처들을 과완전 집합에서 제거하여 이후에 선택되지 않도록 한다. 이미 선택된 피처와 유사도가 높은 피처들이 피처 세트에서 제거되므로 이후에 빠르고 효율적인 피처 선택이 가능하게 된다. 이 작업은 매 boosting 단계에서 반복된다.

(7) Histogram Equalization

히스토그램이란 관찰한 데이터의 특징을 한눈에 알아볼 수 있도록 데이터를 막대그래프 모양으로 나타낸 것이다.

디지털 영상의 히스토그램은 가로축은 화소의 밝기를 나타내는 명도값, 세로축은 해당 명도 값의 빈도수이다. 따라서 히스토그램의 기둥이 좁은 범위에 분포되어 있으면 명암대비가 좋지 않은 영상이다.



<그림 9. 히스토그램 평활화를 이용한 대비보정>

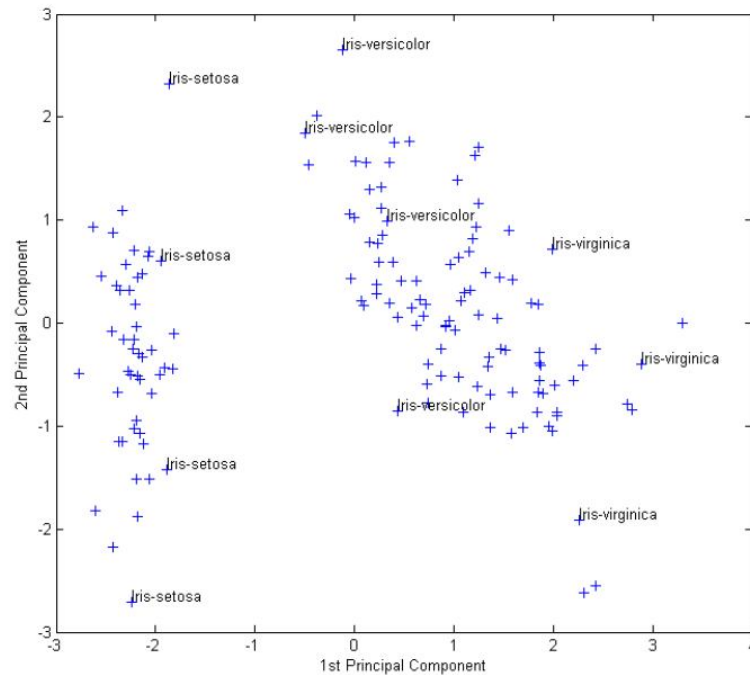
위의 그림은 히스토그램 기둥이 좁은 어두운 영상을 평활화 처리를 해 밝게 만든 것이다.

원본 영상에 비해 확실히 대비가 개선된 것을 확인할 수 있다.

히스토그램 평활화의 정의는 좁은 영역에 집중적으로 분포된 픽셀 분포를 spreading을 통해 0~255 영역으로 확장하고 명도 값의 누적 분포를 고르게 하는 것이며, 이를 통해 명암 분포가 한곳에 집중된 영상의 대비를 향상시킬 수 있다.

(8) Principal Component Analysis

주성분 분석(Principal Component Analysis)은 데이터 집합을 분석하는 기법 가운데 하나이다. 주성분 분석은 데이터를 한 개의 축으로 사상시켰을 때 그 분산이 가장 커지는 축이 첫 번째 좌표축으로 오고, 두 번째로 커지는 축이 두 번째로 두며 작업을 반복한다. 같은 방법으로 차례로 놓이도록 새로운 좌표계로 데이터를 선형 변환한다. 이와 같이 각각의 축에 데이터의 “가장 중요한” 성분을 위치시킴으로써 여러 가지 응용이 가능하다.



<그림 10. Iris 꽃 데이터의 PCA 결과>

2.2 관련 연구

(1) 쿼드콥터를 이용한 레이싱 게임 (AR Race)

AR Race는 키트의 GPS 센서를 활용하여 지정된 장소를 왕복하는 레이싱 게임이다. 타이머 기능을 사용해 시간을 측정하며 다른 사람보다 빨리 왕복한 사람이 이기는 방식이다.



<그림 11. AR Race 게임 화면>

(2) 쿼드콥터를 이용한 증강현실 전투 게임 (AR Rescue)

Magnetometer sensor와 Gyrometer sensor를 활용하여 키트가 바라보는 방향과 기울어진 정도를 측정한다. 허공에 가상의 물체를 두고 미사일 버튼으로 격추시키는 게임이다.



<그림 12. AR Rescue 게임화면>

(3) 위의 두 활용 사례와 비교한 본 연구의 장점

본 연구는 단순히 게임 등의 즐길 용도가 아닌 원격지의 경찰 업무를 수행함으로써 민간 응용과 관련된 후행연구의 밑거름이 될 수 있다.

3. 시스템 설계 및 구현

3.1 사용자 요구사항

- 제어 프로그램 보안
키트 제어 클라이언트의 사용은 인증된 사용자만 가능해야 한다.
- 원격 제어
원격지에 위치한 제어 클라이언트의 명령으로 키트를 제어해야 한다.
- 넓은 제어 커버리지 및 견고한 제어
키트의 제어는 매우 넓은 범위에서 음영지역 없이 가능해야 한다.
- 센서 정보 수집
비행중인 키트의 위치를 알 수 있으며 비행에 관련된 정보도 수집이 가능해야 한다.
- 영상 정보 수집
비행 영상을 녹화 할 수 있어야 한다.
- 영상 대비
어두운 지역에서도 사용할 수 있도록 대비가 보정된 영상을 얻을 수 있어야 한다.
- IT에 익숙하지 않은 사람도 사용 가능해야 한다.
- 정보처리는 3초 이내여야 한다.

3.2 시스템 설계의 목표

(1) PC에서의 네트워크 제어 구현

키트의 SDK를 기반으로 PC에서 네트워크 통신을 사용해 제어하는 프로그램을 구현한다. 키트로부터 고도, 속도, 기울기, 배터리정보를 가져온다. 제어 명령을 전송하여 키트가 원하는 동작을 취하게 한다. 영상 정보를 받아와서 제어 프로그램에 출력하게 한다.

(2) 가상 사설 네트워크 구현

효율적인 제어를 위하여 키트와 제어 클라이언트 간에 가상 사설 네트워크를 구성한다. 연결이 설정되면 방화벽 연결문제나 보안문제를 해결할 수 있다.

(3) 휴대단말을 라우터로 구현

Wi-fi의 경우 네트워크 구성이 간편하고 사용하기 쉽다. 하지만 자유공간에서 100m만 넘어가도 신호의 세기가 대폭 약해진다. 이 경우 키트를 제어할 수

없는 상태가 된다. 이 문제를 해결하기 위하여 키트에 휴대단말을 장착한다.

LTE 통신단말을 장착하고 제어 클라이언트와 키트 간에 중계 기능을 수행하도록 설정한다.

(4) 카메라 영상 처리 구현

경찰 업무를 위해서 밝기 보정 영상처리를 실시한다. RGB영상을 Histogram Equalization 기법을 이용해 명도를 보정하여 어두운 영상을 밝게 만든다.

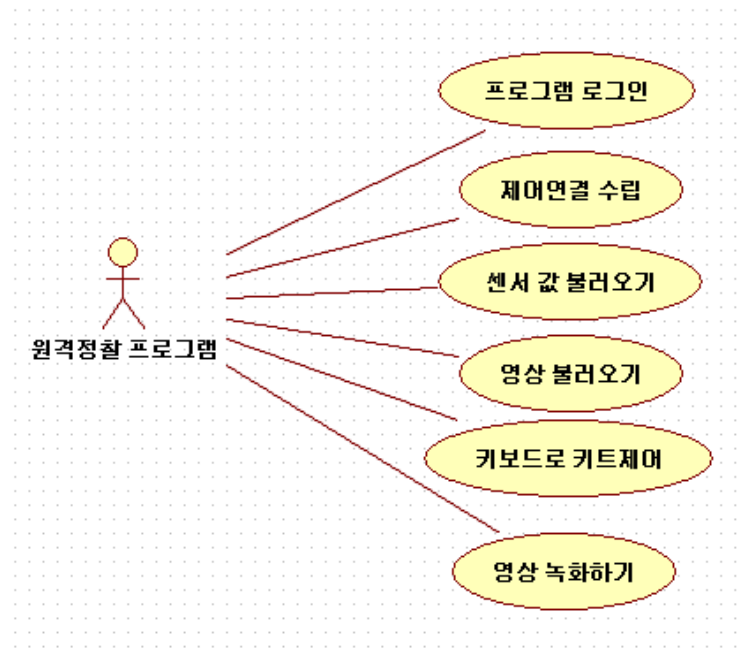
3.3 시스템 설계

(1) 시스템 구조

키트에서는 하드웨어 제어와 관련된 프로세스가 동작한다. 클라이언트는 키트와 TCP/IP 방식으로 연결하여 통신하여 영상처리는 클라이언트가 담당한다.

키트에 휴대단말이 장착되는데 항상 키트와의 연결을 수립하여 비정상적인 상태를 방지한다.

(2) 유스케이스 다이어그램



<그림 13. UML 다이어그램>

(3) 유스케이스 기술서

유스케이스 ID	UseCase_P_1		
유스케이스 명	와이파이 연결		
작 성 자	문 형 환	마지막 수정자	오 규 석
작성 일시	2014.03.02	마지막 수정 일시	2014.06.18
액터	사용자(User)		
설명	사용자가 프로그램의 연결 버튼을 누르면 키트와 프로그램간의 연결이 설정된다.		
트리거			
사전 조건	PC와 키트가 같은 네트워크상에 있어야한다.		
사후 조건			
기본 흐름	1. 연결 버튼을 누르면 키트의 데몬 프로그램에 접속 시도한다. 2. 모든 데몬 프로그램이 접속가능하면 연결을 활성화 한다.		
대체 흐름			
예외 흐름	E-1 : 어느 하나라도 데몬 프로그램이 응답하지 않으면 접속할 수 없다는 메시지를 표시한다.		
포함			
우선순위			
비즈니스 규칙			
특수 요구 사항			
가정			
노트 및 이슈			

유스케이스 ID	UseCase_P_2		
유스케이스 명	센서 값 불러오기		
작 성 자	문 형 환	마지막 수정자	오 규 석
작성 일시	2014.03.02	마지막 수정 일시	2014.06.18
액터	사용자(User)		
설명	연결이 설정된 후 navdata 데몬에게 각 센서값의 정보를 요청한다. 요청된 정보를 화면에 출력한다.		
트리거			
사전 조건	PC와 키트가 연결이 되어있어야 한다.		
사후 조건			
기본 흐름	1. 프로그램이 고도, 속도, 기울기, 방향계, GPS 위치정보를 키트에 요청한다. 2. 키트로부터 응답을 받는다. 3. 프로그램 상의 값을 갱신한다.		
대체 흐름			
예외 흐름	E-1 : 키트로부터 값이 오지 않으면 값을 갱신하지 않는다.		
포함			
우선순위			
비즈니스 규칙			
특수 요구 사항			
가정			
노트 및 이슈			

유스케이스 ID	UesCase_P_3		
유스케이스 명	영상 불러오기		
작 성 자	문 형 환	마지막 수정자	오 규 석
작성 일시	2014.03.02	마지막 수정 일시	2014.06.18
액터	사용자 (User)		
설명	연결이 설정된 후 video 데몬에게 카메라 영상정보를 요청한다. 영상은 Opencv 데이터로 변환해서 출력한다.		
트리거			
사전 조건	PC와 키트가 연결이 되어있어야 한다.		
사후 조건			
기본 흐름	1. 프로그램이 영상정보를 키트에 요청한다. 2. 키트로부터 응답을 받는다. 3. 프로그램 상의 값을 갱신한다.		
대체 흐름			
예외 흐름	E-1 : 키트로부터 값이 오지 않으면 값을 갱신하지 않는다.		
포함			
우선순위			
비즈니스 규칙			
특수 요구 사항			
가정			
노트 및 이슈			

유스케이스 ID	UseCase_P_4		
유스케이스 명	키보드로 키트제어		
작 성 자	문 형 환	마지막 수정자	오 규 석
작성 일시	2014.03.02	마지막 수정 일시	2014.06.18
액터	사용자 (User)		
설명	사용자가 프로그램 활성상태에서 키보드를 입력하여 키트의 상하좌우 이동, 좌우 회전, 고도 조정등의 일을 할 수 있게한다.		
트리거			
사전 조건	PC와 키트가 연결이 되어있어야 한다.		
사후 조건			
기본 흐름	1. 미리 정의 된 값을 입력한다. (ex. W:전진) 2. 키보드의 입력이 일어나면 프로그램은 일정간격으로 전진 명령어를 키트에게 보낸다. 3. 전진 명령이 누적되면 키트는 전진상태를 유지한다.		
대체 흐름			
예외 흐름			
포함			
우선순위			
비즈니스 규칙			
특수 요구 사항			
가정			
노트 및 이슈			

유스케이스 ID	Use Case_P_5		
유스케이스 명	GPS 자동촬영		
작 성 자	문 형 환	마지막 수정자	오 규 석
작성 일시	2014.03.02	마지막 수정 일시	2014.06.18
엑터	사용자 (User)		
설명	키트에 GPS좌표가 주어진다면 해당지역으로 이동해서 카메라 촬영 후 돌아오는 기능을 이루어지게 한다.		
트리거			
사전 조건	PC와 키트가 연결이 되어있어야 한다.		
사후 조건			
기본 흐름	1. 사용자가 임의의 GPS좌표와 고도를 입력한다. 2. 프로그램이 거리와 각도를 계산한다. 3. 프로그램을 통해 해당 방향으로 가도록 명령한다. 4. 키트는 녹화를 시작한다. 5. 해당 위치로 이동 후 다시 원 위치로 귀환한다.		
대체 흐름			
예외 흐름			
포함			
우선순위			
비즈니스 규칙			
특수 요구 사항			
가정			
노트 및 이슈			

3.4 구 현

(1) 구현 환경

OS : Windows 7 64bit
Tool : Visual Studio 2012
Language : C++
Version Control : Subversion
Library : OpenCV
Router : iPhone 5S
VPN : Windows VPN Server

(2) 구현 결과

시스템은 허가된 사용자에게만 제어프로그램의 접근을 허용해야 한다.

비밀번호 입력 방식 로그인인 경우 자신이 주로 사용하는 비밀번호를 설정하는 경향이 있으며 주위 사람들의 시선에 의해 입력 시 노출될 수 있다.

지문인식 로그인인 경우 시선에 의해 노출되지는 않지만 처음부터 지문인식 장비가 제공되지 않으면 개인이 모듈을 구매 사용하기 어렵다.

따라서 실제 인간이 각각의 사람을 구별하는 데 가장 효과적인 인체부위인 얼굴을 이용한 로그인 기능을 작성하였다.

프로그램의 실행화면은 다음과 같다.



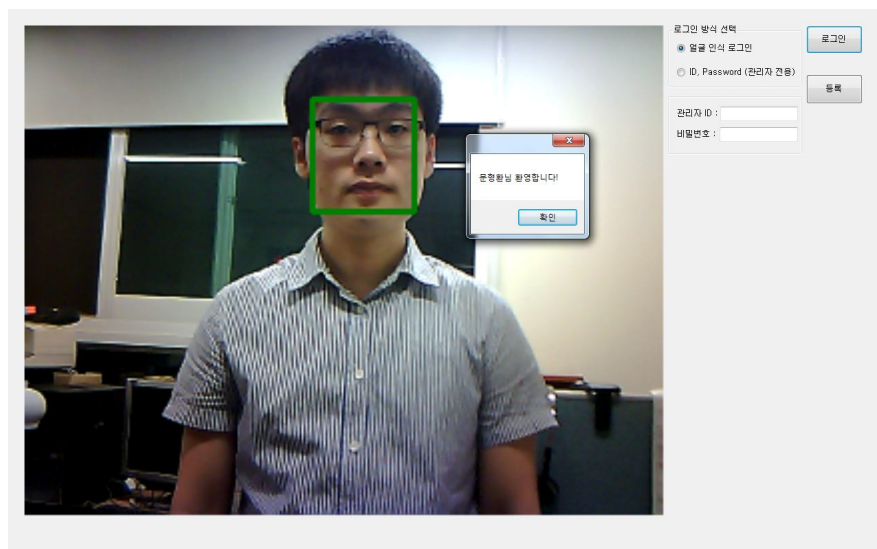
<그림 14. 얼굴 인식 로그인화면>

얼굴 인식은 OpenCV에 내장되어 있는 얼굴영역인식 알고리즘인 Haar-like cascade 방식을 이용한다. 등록 시에는 해당 방식을 이용하여 얼굴 영역을 추출한 후 시스템에 얼굴 영역 영상 표본을 40장 저장하게 된다.



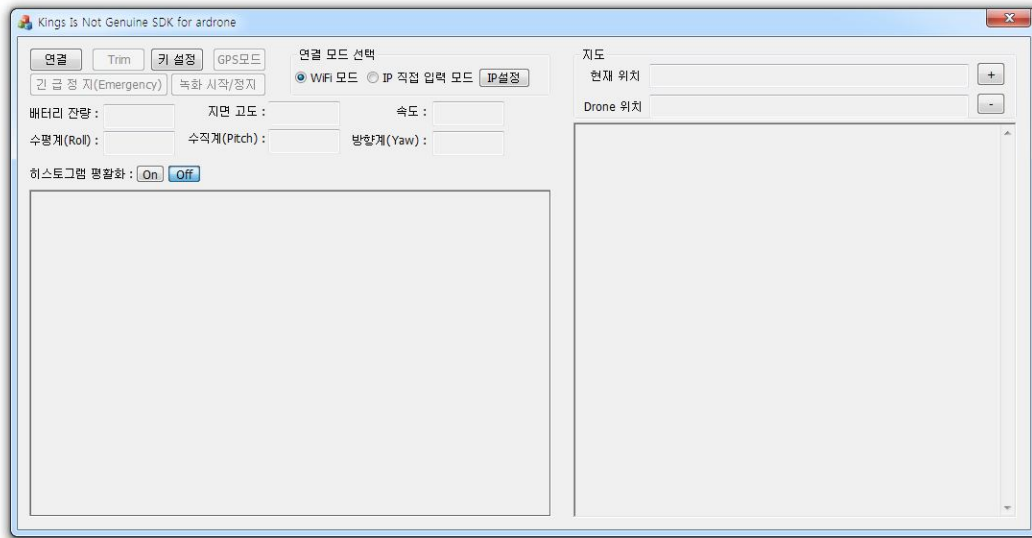
<그림 15. 얼굴 성분 학습화면>

로그인 과정에서는 얼굴 영역을 Haar cascade 를 이용하여 추출하고 그 영역을 기존에 학습된 데이터와 Principal Component Analysis를 사용하여 시스템에 저장된 얼굴 데이터와 고유 벡터(Eigen Vector)를 비교하여 일치 여부를 확인한다.



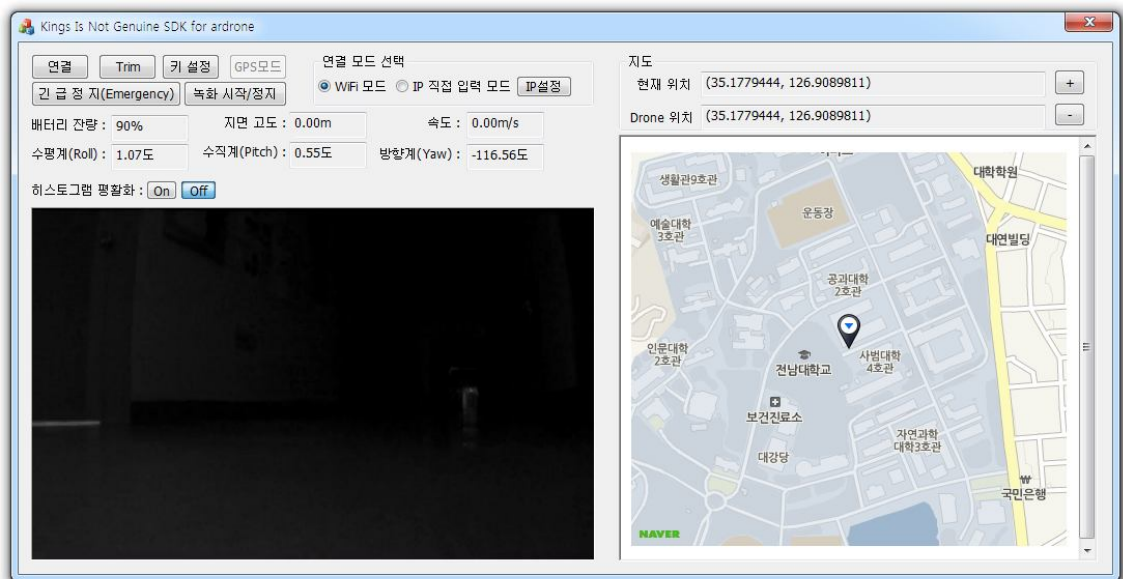
<그림 16. 얼굴인식 로그인 성공>

로그인이 성공하면 쿼드콥터 제어 프로그램이 실행된다.



<그림 17. 제어 프로그램 화면>

키트와 연결되면 센서 및 영상 정보를 얻어오고, 제어기능이 활성화된다.



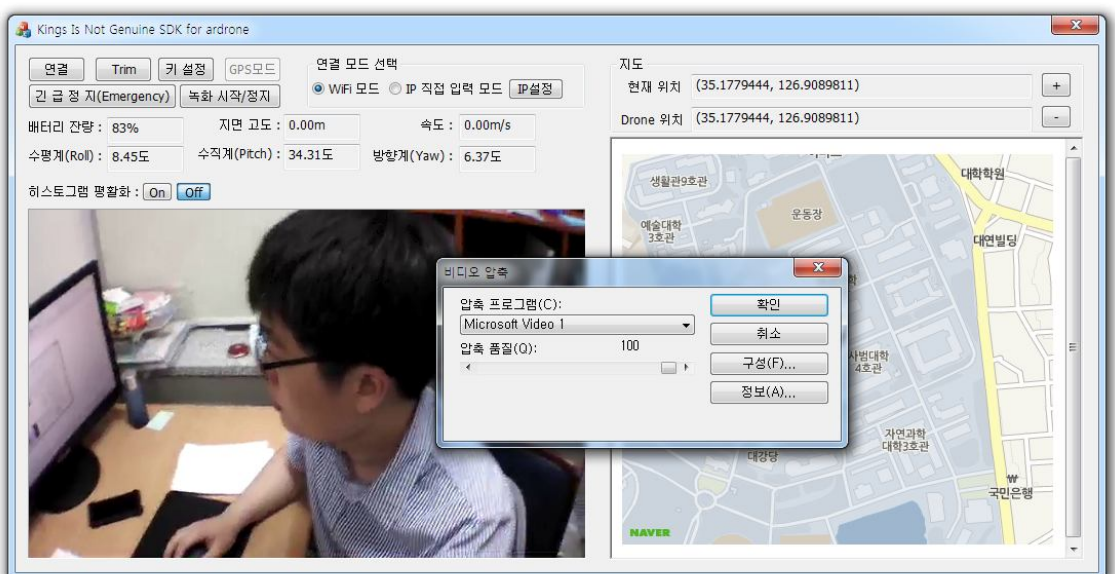
<그림 18. 키트 연결 후 영상 및 센서 값 표시>

언어은 영상정보를 효율적인 경찰 탐사를 위해서 Histogram Equalization 기법을 활용하여 영상의 대비를 보정한다. 이를 통해 어두운 곳에서도 선명한 영상을 얻을 수 있다.



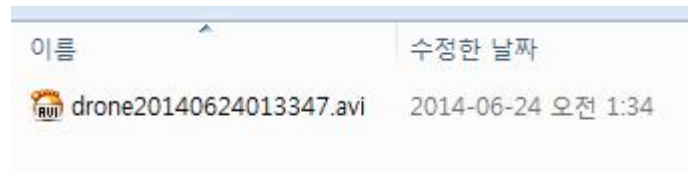
<그림 19. 키트 영상을 Histogram Equalization을 사용해 대비보정>

화면의 영상은 제어프로그램을 통해 녹화된다.



<그림 20. 영상 녹화시 코덱 선택화면>

녹화가 진행되면 “droneYYYYMMDDhhmmss.avi” 파일이 생성된다.

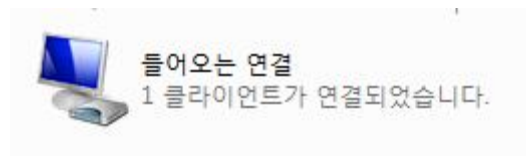


<그림 21. 영상 녹화 파일>

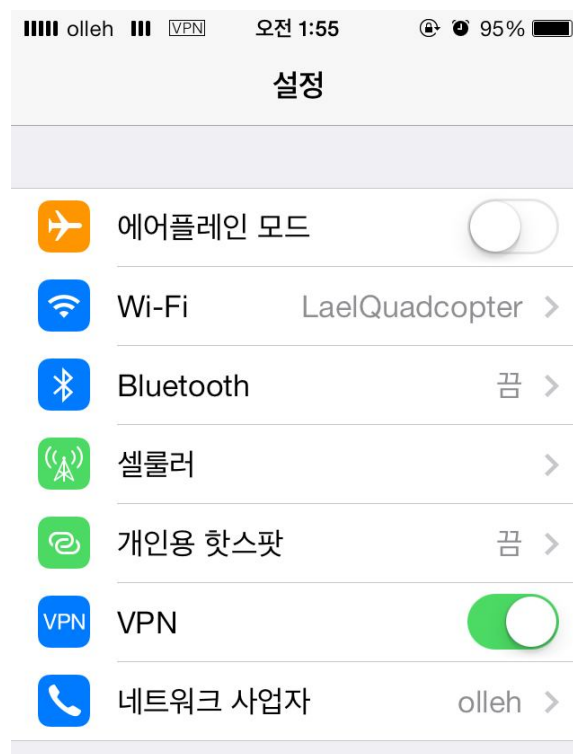
통신보안을 확보하고, 제어 커버리지를 확장하기 위해서 휴대단말을 중계기로 사용한다.

PC와 휴대단말을 인접 네트워크로 설정하기 위해서 VPN 기술을 사용한다.

Windows 7에 내장된 PPTP VPN 서버를 생성한다.



<그림 22. VPN 서버 설정 후 네트워크 모습>



<그림 23. 휴대단말에서 쿼드콥터 및 제어 PC 연결>

아이폰을 중계기로 사용하여 제어 프로그램과 쿼드콥터 키트를 연결한다.

```
Laelis-Iphone5S:~ root# netstat -na
```

Active Internet connections (including servers)

Proto	Recv-Q	Send-Q	Local Address	Foreign Address	(state)
tcp4	0	0	192.168.1.2.49826	192.168.1.1.5555	ESTABLISHED
tcp4	0	14936	10.20.30.2.5555	10.20.30.1.61254	ESTABLISHED
tcp4	0	0	10.178.242.14.49825	173.194.79.108.993	ESTABLISHED
tcp4	0	0	10.178.242.14.49822	14.63.162.9.993	ESTABLISHED
tcp4	0	0	10.178.242.14.49821	110.76.143.178.9282	ESTABLISHED
tcp4	0	0	*.5559	*.*	LISTEN
tcp4	0	0	*.5555	*.*	LISTEN
tcp4	0	52	10.20.30.2.22	10.20.30.1.57590	ESTABLISHED
tcp4	0	0	10.178.242.14.49733	168.131.152.175.1723	ESTABLISHED
tcp4	0	0	10.178.242.14.49208	173.252.103.16.443	ESTABLISHED

<그림 24. TCP 5555번 포트가 휴대단말을 통해 연결되어 있는 모습>

중계 설정이 끝난 후 쿼드콥터 키트에 휴대단말을 장착한다. 이때 비행에 무리가 가지 않게 무게중심을 잘 맞추어 장착한다.



<그림 25. 키트에 휴대단말을 장착한 모습>

4. 실험 및 분석

4.1 실험 환경

본 실험에서는 사용자 요구사항의 적용과 시스템 설계 목표의 달성여부를 테스트 하기 위해 다음과 같은 환경을 구성하였다.

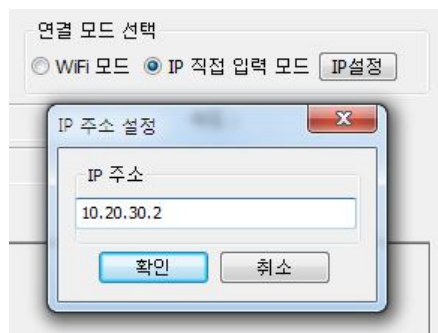
제어 프로그램은 전남대학교 공과대학 7호관에 위치한 경비실(연구실)에서 실행한다. 제어 시간은 저녁 시간대이다. 키트의 화면 영상과 GPS 데이터를 활용하여 공과대학 7호관에서 자연과학대학 1호관까지 비행 정찰해야한다.

4.2 실험 결과



<그림 26. 로그인 화면>

로그인 작업이 선행된다. 미리 등록된 얼굴 영상을 사용하여 로그인 할 수 있다.



<그림 27. IP 설정화면>

로그인이 성공하여 제어 프로그램이 실행되면 VPN으로 미리 연결되어 있는 휴대단말의 IP를 입력한다. 입력이 완료되면 연결 버튼을 눌러 연결을 수립한다.

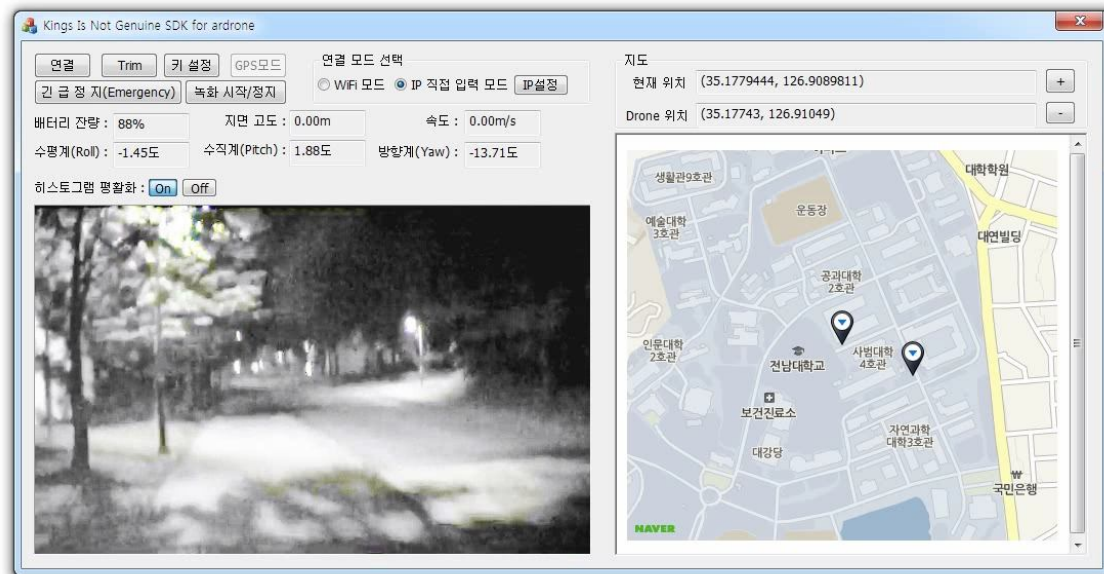


<그림 28. 연결 후 화면>

연결 후 영상이 어둡다면 히스토그램 평활화 기능을 활성화 한다.



<그림 29. 히스토그램 평활화 후 화면>



<그림 30. 야간 정찰화면>

쿼드콥터에서 전송되는 영상을 이용하여 원격 무인정찰을 수행한다.

4.3 실험 결과 분석

쿼드콥터키트를 이용한 원격 무인정찰 시스템의 실험 결과는 다음과 같다.

사용자의 요구사항은 원격 제어, 넓은 커버리지, 센서 정보 수집, 영상 정보 수집, 영상 대비, 빠른 반응속도이었다. 제어 프로그램을 통해서 키트를 제어 할 수 있었으며 휴대단말을 장착하여 매우 넓은 커버리지를 확보하였다. 전송되는 센서 값을 통해 비행 상황을 쉽게 알 수 있었고 비행 화면도 볼 수 있었다. 영상 히스토그램 평활화를 통해서 어두운 부분도 탐지할 수 있었다. 센서 값의 수집, 제어 명령등은 모두 1초 이내에 동작하였다.

시스템이 모든 요구사항을 만족하여 개발 목표에 도달한 것을 알 수 있었다.

5. 결론 및 향후과제

본 논문에서는 제어하기 용이한 쿼드콥터 키트를 활용하여 민간분야에서 감시, 탐사 분야로 응용하는 예시를 보였고 이를 바탕으로 널리 활용될 수 있는 가능성을 열어두었다. 과학기술의 발달로 이전에는 무시되던 공중 영역에 대해 관심이 높아지고 있다. SF 영화를 보면 대부분 하늘을 나는 자동차가 등장한다. 현재 쿼드콥터에 관한 연구가 활발히 진행 중이며 조금씩 일상생활로 적용이 되고 있다. 이 기술이 어느정도 발전하면 하늘을 나는 자동차가 개발될 것으로 예상된다. 물체를 하늘로 띄운다는 것은 그것을 끌고 가는 것보다 매우 많은 에너지가 소비된다. 실험에 사용된 키트의 경우 400g의 비행체를 약 15분정도 비행할 수 있었다. 비행체 무게의 대부분을 차지하는 배터리의 경량화가 하드웨어 분야의 관건으로 보이며 향후 많은 분야에서 이용될 수 있을 것으로 보인다. 본 시스템에서 비행 자동항법 기능을 구현하려고 하였으나 자유공간(free space)과 달리 일상공간에서의 자동항법은 환경의 불확실성이 많아서 그 구현난이도가 매우 높아 구현할 수 없었다. 하지만 비행시 많은 정보를 수집하기 때문에 이를 이용하여 물체를 탐지하고 회피 비행하는 연구가 진행될 것으로 보인다.



<그림 31. 비행 자동차 HN48 컨셉디자인>

6. 참고 문헌

- [1] 유승우, 박종혁, 「민간 무인항공기 인증인프라 구축 방안 연구」, 항공진흥 제59호, 2012.
- [2] V.Purandhar Reddy, 「Object Tracking Based on Pattern Matching 」, International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering Volume 2, Issue 2, February 2012 .
- [3] 윤호선, 홍성백, 염홍열, 김인재, 「스마트워크 환경에 적합한 모바일 VPN 구조」, 한국정보기술학회논문지 제9권 제5호, 2011.
- [4] Phillip Ian Wilson, Dr. John Fernandez, 「FACIAL FEATURE DETECTION USING HAAR CLASSIFIERS」, JCSC 21, 4, 2006.
- [5] 김진석, 「센서 결합을 통한 쿼드콥터의 자세제어 시뮬레이터 구현」, 동아대학교 석사학위 논문, 2011. 1
- [6] S. Thakur, J. K. Sing, D. K. Basu, M. Nasipuri, M. Kundu, 「Face Recognition using Principal Component Analysis and RBF Neural Networks」, IJSSST, Vol. 10, No. 5, 2009.
- [7] Dong Hyun Jeong, Caroline Ziemkiewicz, William Ribarsky and Remco Chang 「Understanding Principal Component Analysis Using a Visual Analytics Tool」, Charlotte Visualization Center, UNC Charlotte.
- [8] 로버트 라가니에, 「OpenCV 2를 활용한 컴퓨터 비전 프로그래밍」, 에이콘출판, 2012.
- [9] 이철우, 정민영, 「EMGUCV를 이용한 C# 디지털 영상처리」, 영출판사, 2011.
- [10] 유동근, 「네트워크 멀티스레드 프로그래밍」, 정보문화사, 2007.
- [11] 「AR.Drone Developer Guide 2.0」, Parrot, 2013.
- [12] Wikipedia.