

대형재난 및 산불 공중지휘통제용 무인자율헬기 개발에 관한연구

김종권* 곽지현** 손봉세***

동일파텍(주) (사)방재시험연구원 경원대학교

A Study on the design of Unmanned Autonomous Helicopter for Aerial Monitoring and Control of a Large Size Disaster and Forest Fire

Kim, Jong Kwon · Kwark, Ji Hyun · Son, Bong Sei

DRB Fatec Co. Ltd · Korean Fire Protection Association · Kyungwon University

Abstract

Unmanned helicopter has several abilities such as vertical take off, hovering, low speed flight at a specific altitude. Such vehicles are becoming popular in actual applications such as search and rescue, aerial reconnaissance and surveillance in the case of a large size disaster and forest fire. In this paper, a flight control system was designed for an unmanned helicopter. This paper was concentrated on describing the systematic design, electronic equipments and their interconnections for realizing the autonomous flight and aerial monitoring. A study on the autonomous waypoint navigation and altitude control performance were performed and tested on a test unmanned helicopter and the performance and the feasibility were represented.

1. 서 론

산불, 홍수, 산사태, 지진, 대형건물 화재 등 광범위한 지역의 화재 및 재난시 공중에서 재난 지역을 전체적으로 감시 통제하는 공중 감시통제체계는 재난 감시 뿐 만 아니라, 구난활동에 매우 효과적인 수단이다. 현재 산림청, 소방방재청, 지자체 등에서 유인 헬리콥터와 고정익 경항공기 형태의 항공감시통제 체계를 갖추고 있으나, 조종사 및 운영요원, 정비소요 등 고가의 비용이 발생하는 관계로 사용이 매우 제한적인 실정이다. 헬리콥터는 고정익 비행기가 할 수 없는 기동성, 수직 이착륙과 제자리 비행 능력으로 민간분야 뿐만 아니라 공공 및 국방용으로 여러 방면에 응용되어져왔다. 하지만 이러한 장점을 가지고 있음에도 불구하고 복잡한 기구학과 로터의 회전만으로 이륙할 수 있는

고출력 엔진의 개발이 어렵고 회전하는 로터로 인해서 각 운동 간의 연성이 강하여 모델링과 설계가 쉽지 않기 때문에 그 기술발전이 고정익 항공기에 비하여 뒤쳐져 있다. 무인항공기에 있어서도 고정익 무인 항공기가 먼저 실용화 되어 상당한 기술 수준에 있는 반면 무인 헬리콥터의 개발은 아직 국내에서는 시작단계이다. 최근에는 자율조종 무인 헬리콥터의 개발이 상당히 진행되고 있으며 많은 대학과 연구소에서 무인헬리콥터의 자율비행과 자율임무수행 시스템 개발에 많은 관심을 보이고 있다[1,2,3].

따라서 본 논문에서는 24시간 연속으로 대형재난 현장을 감시하고, 산불, 홍수, 산사태, 지진 등의 재난 발생 시 효과적으로 구난활동을 통제할 수 있는 공중지휘 무인헬기에 관한 연구를 실시하였다. 자율항법장치와 감시카메라, 첨단 정보통신장치를 탑재한 무인자율헬기를 이용하여 유인항공기가 가진 여러 가지 제한사항을 해결할 수 있는 무인공중지휘 통제체계에 대한 설계, 개발 및 시험과 성능평가에 대한 연구를 실시하였다.

2. 연구의 범위

본 논문에서는 무인 헬리콥터의 무인 자율비행을 위한 탑재센서, Data Link 및 지상통제제어장치의 구성에 대하여 시스템적 연구를 실시하였으며[4,5,6], 공중 모니터링 및 지휘통제를 위한 주요기능인 경로점항법(Way-Points Navigation)과 정점체공을 위한 고도유지(Altitude Holding) 임무를 위한 제어알고리즘을 설계하였다. 경로점항법 알고리즘으로는 LOS항법 알고리즘을, 고도유지를 위해서는 적응피지제어 알고리즘을 도입하여[7,8,9,10] 무인 헬리콥터의 자율비행을 위한 일환으로 도입한 제어알고리즘의 성능을 실제 무인헬리콥터의 비행시험을 통하여 검증하였으며, 이를 통하여 대형재난 현장의 공중 지휘통제 체계로서 활용 가능성을 평가하였다.

2.1 재난 감시통제 무인헬기 항법 및 통신장치

그림 1에는 공중 재난감시통제 장치로 활용되는 무인헬기의 탑재 및 지상제어장치의 구성도를 나타낸다. 탑재센서로 위치센싱을 위한 GPS 수신기, 자북을 측정하는 마그네틱

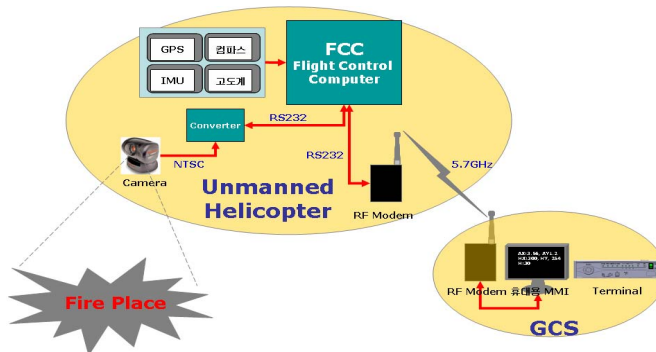


그림 1. 재난 감시통제 무인헬기의 항법 및 통신장비 구성도

컴파스, 무인헬기의 자세를 측정하여 자동항법제어를 가능하게 하는 자세측정 관성센서 (IMU : Inertial Measurement Unit)와 고도센서로 구성된다. 그림 2와 그림 3에는 이러한 센서들을 모듈형태로 모아놓은 탑재(On-Board) 센서모듈과, 관성센서와 제어알고리즘 및 통신을 통제하는 중앙제어장치인 비행제어컴퓨터 (FCC : Flight Control Computer)를 각각 나타내었다.



그림 2. 무인헬기의 On-Board 센서모듈

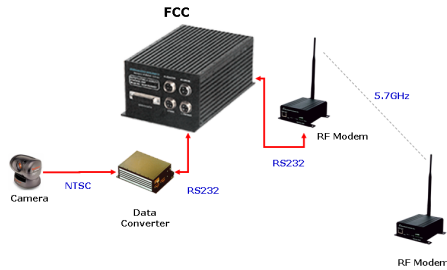


그림 3. FCC와 Data Link 장치

2.2 무인헬기 탑재 임무 센서 및 액추에이터

그림 4에는 무인헬기에 탑재된 임무센서와 헬기의 동력과 비행자세를 조종하는 액추에이터인 엔진과 서보를 나타내었다. 모든 센서와 엔진 및 액추에이터는 FCC에 의해 조종되며 지상의 조종자에 의해 수동으로도 조종이 가능하도록 설계하였다. 주요 임무장비로 CCD카메라를 탑재하여 공중에서 재난현장을 모니터링하여 지상으로 재난현장의 영상정보를 실시간으로 보낼 수 있다.

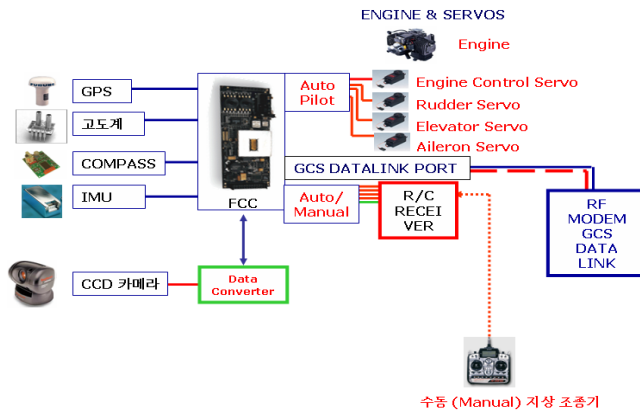


그림 4. 무인헬기의 센서 및 액추에이터 구성도

2.3 자동 및 수동 조종 장치 및 지상통제장치

무인헬기의 주된(Primary) 제어는 지상의 수동(Manual) 조종에 의해 이루어지며, 이 수동 Data-Link는 비상시 및 이착륙시를 위하여 항상 보장되어야 한다. 본 연구에서는 수동 조종 채널로 72MHz를 사용하였으며, 자동항법을 위한 Data Link 채널로는 5.7GHz 무선주파수를 사용하였다. 이 Data-Link 채널로는 비행경로점 정보와 임무명령을 교환하며, 자동비행을 위한 자동(Autonomous) Data-Link를 제공한다. 그림 6에는 무인헬기의 상태와 재난현장을 지상운영자 측면에서 모니터링 및 제어 통제할 수 있는 지상제어장치 (GCS : Ground Control System)를 보여준다. 지상제어장치는 휴대용 또는 콘솔형으로 구성되며, 무인헬기자체의 비행 상태와 현재위치를 파악할 수 있으며, 비행경로점을 지정 및 명령할 수 있고, 자동/수동 조종을 변경할 수 있는 등 전체적 시스템의 통제기능을 가진다. 또한, 주요 임무중 하나인 공중감시화면을 전송하여 재난구조현장을 위한 적절한 판단을 할 수 있는 사용자 인터페이스(User Interface)를 제공하며 인터넷전송 등 현장 정보를 필요로 하는 제 3자에게 정보를 제공할 수도 있게 해준다.

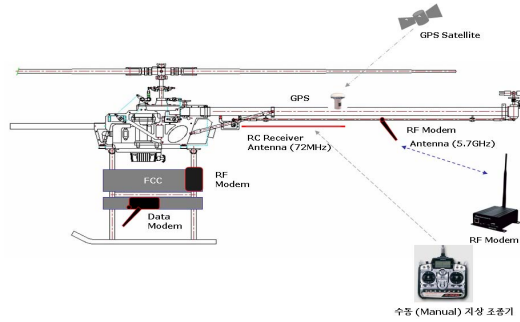


그림 5. 무인헬리콥터 Data Link 및 자동/수동 전환 장치

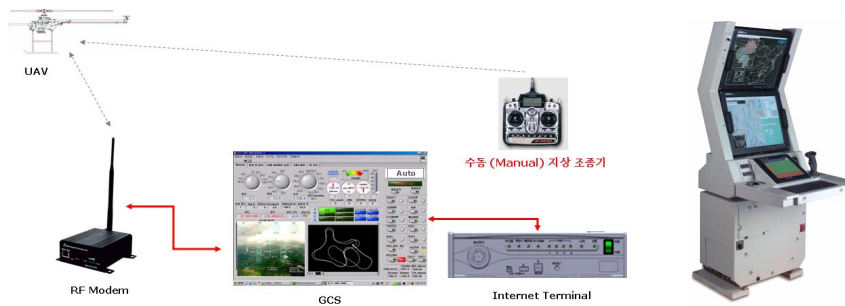
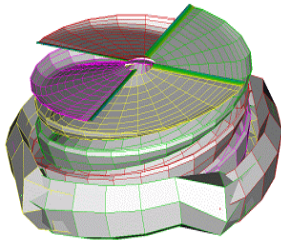


그림 6. 공중지휘 통제용 무인헬기의 GCS

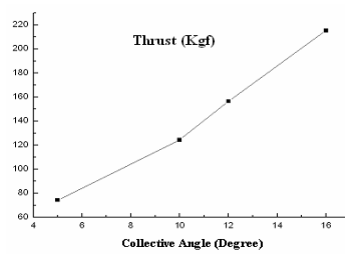
3. 무인헬기의 공력해석 및 비행시험

무인 헬리콥터의 무인 자율화를 위해서는 탑재센서에 의한 센싱을 통하여 적절한

추진력을 조절하여 헬리콥터의 자세를 조종하여야 한다. 무인헬기의 추력은 주로터에서 나오며 이 주로터의 추력, 항력해석은 전산유체역학(CFD : Computational Fluid Dynamics)에 의한 방법으로 구하였으며[11,12], 이 결과를 실제 무인헬기의 비행시험에 활용하였다. 그림 8에는 시험에 사용된 무인헬리콥터의 실 시험비행사진을 나타내었다. 그림 9에는 공중 지휘통제 무인헬기의 주요한 성능지표인 경로점 항법성능과 고도유지 성능을 시험한 결과를 나타내었다. 경로점 항법알고리즘으로는 일반적인 LOS항법 알고리즘을 사용하였으며, 위치정밀도 10m (RMS)인 5Hz GPS 수신기를 사용하였다. 고도제어 알고리즘으로는 적응퍼지제어 알고리즘을 사용하였다[7].



(a) 메인블레이드의 공력해석 (압력분포)

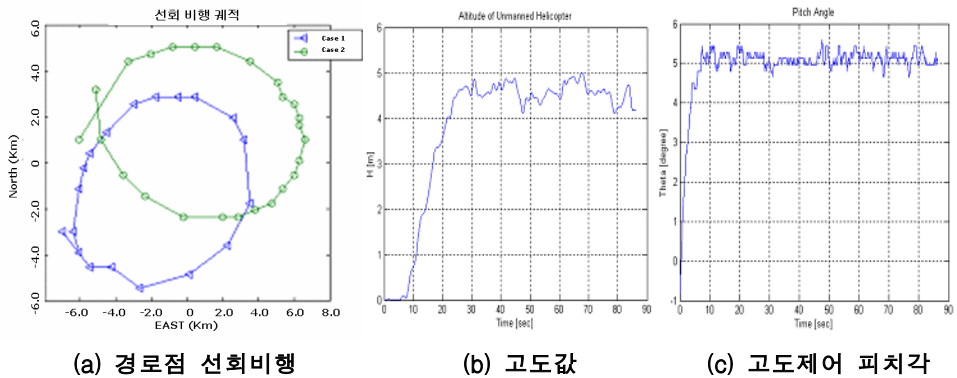


(b) 메인블레이드의 받음각에 따른 추력

그림 7. 메인블레이드 성능 해석



그림 8. Test bed 무인헬기의 비행시험 사진



(a) 경로점 선회비행

(b) 고도값

(c) 고도제어 피치각

그림 9. 고도제어 시험 결과

재난 공중에서 감시통제체계에서 주요한 성능인 경로점항법 성능에서 탑재된 GPS의 정밀도인 10m (RMS)를 유지하였고, 고도유지 정점체공 성능에서는 2m (RMS) 이내로 유지할 수 있음을 확인할 수 있다. 이는 재난지역을 위치정밀도 10m 이내, 고도정밀도 2m이내에서 자율적으로 공중통제 및 모니터링하여 원격의 지상통제국에 정보를 전달 할 수 있다는 것을 의미하므로, 실 현장에서 매우 유용한 수단으로 활용할 수 있을 것으로 판단되는 성능을 보임을 알 수 있다.

4. 결 론

산불, 홍수, 산사태, 지진 등의 대형 재난을 공중에서 감시통제하는 공중 감시통제체계를 자동화할 수 있는 무인자율헬기의 전체적 구성과 항법장비에 대한 기능적, 체계적 구성을 연구하였으며, 현재 구성된 무인헬기를 통하여 재난 감시 및 구난활동에 필수적인 기능인 경로점항법과, 고도유지기능에 대한 실 비행 시험을 실시하여 그 결과를 평가하였다. 개발된 무인헬기와 탑재 항법제어장치는 경로점 항법비행성능과 고도유지 성능에서 공중감시 및 지휘 통제기로 사용될 수 있는 성능을 가진 것으로 판단된다.

참고문헌

1. J. G. Leishman, "Principles of Helicopter Aerodynamics", Cambridge Aerospace Series, Cambridge University Press, 2000.
2. S. Newman, "The Foundations of Helicopter Flight", Edward Arnold, 1994.
3. 이수갑, 최기영, 장세명 공역, "헬리콥터 공학", 도서출판 인터비전.
4. MIL-H-8501, "Helicopter Flying and Ground Handling Qualities, General Requirements for", 1962.
5. Raymond W. Prouty, *Helicopter Performance, Stability, and Control*, 1986
6. Texas Instruments(TI), *S320F243/F241/C242 DSP Controllers Reference Guide, SPRU276C*, 2000.
7. 성기준, 김중권, 조겸래, 이대우, "퍼지제어기를 이용한 헬리콥터 고도제어에 관한 연구", 2004, 추계항공우주학술 발표대회.
8. 왕현민, 허경무, 우광준, "개선된 신경망을 이용한 헬리콥터 고도 제어기의 설계", Journal of Control, Automation and Systems Engineering, Vol. 7, No 3, March, 2001.
9. 이현엽, 문경일 공저, "MATLAB을 이용한 퍼지-뉴로", 도서출판 아진.
10. J. S. Roger Jang, Ned Gulley, "Fuzzy Logic ToolBox", Mathworks.
11. Aeronautical Design Standard -33C, "Handling Qualities Requirements for Military Rotorcraft", 1989.
12. M.F. Weilenmann, H.O. Geering, "A Test Bench for Rotorcraft Hover Control", Proc. AIAA Guidance, Navigation and Control Conference, pp1372-1382, 1993.