

이동통신망을 이용한 UAV(Unmanned Aerial Vehicle) 실시간 위치 추적 관제 방안에 관한 연구

최 현 택*, 류 갑 상**

A study on UAV (Unmanned Aerial Vehicle) Real Time Location Tracking Control Using Mobile Communication Network

Hyun-Taek Choi*, Gab-Sang Ryu**

요 약 본 논문은 UAV의 RF방식에 따른 정보 송수신의 한계를 극복하기 위해 이동통신 기반의 비행 중인 수 많은 UAV의 위치를 동시에 확인하고 관제를 N:N으로 할 수 있도록, LTE모뎀을 경량 및 저전력 기술을 활용하여 운행중인 UAV에 대한 정보를 수신하고 통제 할 수 있는 방안을 연구하였다. 본 연구를 통해 언제 어디서든지 네트워크에 접속하여 고해상도의 영상을 전송하여 실시간 위치추적 관제 할 수 있는 방안을 제시 하고, 이를 위해 LTE기반의 UAV의 통신 모듈 시스템을 제시함으로써 실시간 고속의 데이터 통신 기술을(3G, 4G LTE, 블루투스) 활용하여 LTE 모뎀의 요구사항 및 기준 요건을 제시하여 비행 중인 UAV의 동시 모니터링을 위한 N:N 관제 체계 개념 및 구현 기술(관제 시스템 구조, 관제 데이터 흐름도, 비행계획 수립 및 전송, 실시간 위치추적) 검증에 대해서 연구하였다.

Abstract In this paper, to overcome the limitation of information transmission and reception according to the RF system of UAV, it is necessary to check the position of many UAVs in flight on the basis of mobile communication and to make the LTE modem lightweight and low power And UAVs that are in operation are received and controlled. Through this study, we proposed a method to control real-time location tracking by connecting high-resolution images to the network anytime and anywhere. For this purpose, we propose the requirements and requirements of LTE modem using real-time high-speed data communication technology (3G, 4G LTE, Bluetooth) by presenting the communication module system of LTE-based UAV. N:N control system concept and implementation technology(Control system structure, control data flow chart, flight planning and transmission, real-time location tracking).

Key Words : IT(UAV) Marketing, Location Tracking Control, LTE, Mobile, UAV Monitoring

1. 서론

여기부터 논문을 작성한다'무인항공기, UAV(Unmanned Aerial Vehicle)'는 '드론(drone)'이란 애칭으로 쓰이면서 전 세계적으로 관심이 커지고 있다. 드론은 원래 낚벌이 낮게 날아다니며 웅웅거리는 소리를 창하는 영어 단어인데,

1930년대에 영국과 미국에서 대공포 훈련용으로 개발된 무인항공기를 타겟 드론(target drone)이라고 부르면서 드론이라는 용어가 최초로 쓰이기 시작하였다. 최근 급변하는 사회발전에 맞추어 지속적으로 이루어지는 도시 개발, 세계적인 이상기후로 인한 산사태, 지진 및 산불 등 대형

*Department of Computer Science Dongshin University

**Corresponding Author : Department of Computer Science, Dongshin University (gsryu@dsu.ac.kr)

Received October 31, 2017

Revised November 01, 2017

Accepted November 07, 2017

재난이 매우 빈번하게 발생하고 있다. 이러한 상황에 대응하기 위한 기존의 모니터링 시스템은 시간, 공간, 비용측면에서 한계가 있으며, 신속성과 정확도를 확보하기 위한 실시간 자료획득 시스템의 중요성의 크게 부각되고 있다.[1][2]

이로인해, 실시간 자료획득 방식 중의 하나인 무인항공기(UVA)는 소형화경량화 되면서 국방, 재난, 재해, 방송통신, 환경, 토목, 물류, 엔터테인먼트 등 다양한 분야에서 그 특성과 목적에 따라 광범위하게 활용되고 있다. UAV를 기반으로 한 실시간 자료획득 시스템은 항공기나 위성에 비해 비행고도가 상대적으로 낮고, 자율비행이 가능하기 때문에 경제적이고 기상환경의 영향을 최소화할 수 있으면서 고선명 공간 데이터의 획득이 가능하다. 본 연구는 기존의 RF(Radio Frequency) 모듈을 이용한 UAV의 무선통신 데이터 링크 기술의 한계인 통신거리와 전송속도를 개선하기 위해, 상용 LTE 네트워크를 무선통신 데이터링크 기술에 적용하기 위한 방안을 제시한다. 해당 시스템의 실제 설계와 구현을 통해서, 상용 LTE 네트워크를 이용한 N:N 방식의 UAV 관제 체계 기술을 검증하는데 목적을 둔다.[3][4]

2. 국내 UAV 운영현황

2.1 개요

국내 UAV 도입은 국방 분야에서 위험지역에 대한 정찰 및 정보 수집, 전투용 무인항공기 등에서 제한적으로 사용이 되었지만, 2013년부터는 공공민간 분야에도 본격적으로 활용되고 있다. 특히 방송, 영화 분야에서 UAV를 이용한 콘텐츠 제작으로 시청자와 영화 관람자에게 특별한 영상을 제공하기 위한 용도로 많이 활용 되었다. 최근에는 농약 살포, 국토 측량, 탐사, 재난현장, 건축토목, 물류 분야에 활용되고 있다. 국내 항공법에 의한 무인비행장치(UAV)의 분류는 아래 표 1 에서 보는 바와 같다.

표 1. 무인비행장치(UAV) 분류

Table 1. UAV Classification

대구분	중구분	최대 이륙중량
대형 무인항공기	n/a	600kg 초과
중형 무인항공기	n/a	150kg 초과 600kg 이하
무인동력 비행장치	대형 무인동력비행장치	자체중량 25kg 초과 150kg 이하
	중소형 무인동력비행장치	2kg 초과 25kg 이하
	소형 무인동력비행장치	2kg 이하

2.2 국내 UAV 운영 및 활용 현황 [5]

국내에서 UAV는 콘텐츠 제작 분야에 최대 60% 이상이 활용되고 있으며, 농업, 측량탐사 분야 순으로 많이 활용되고 있다.

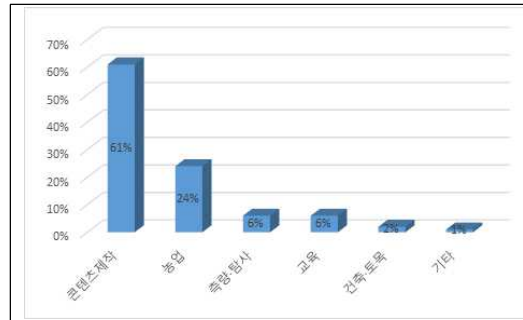


그림 1. 국내 UAV 업체 현황

Fig. 1. UAV companies in Korea

국토교통부는 2013년부터 UAV의 운영 현황에 대한 통계자료를 공개하고 있으며, 최대 이륙 중량이 25kg 이상인 대형 UAV를 상업적으로 활용하기 위한 조종 자격 취득자 수도 최근들어 크게 증가하는 추세이다.

표 2. 국내 UAV 운영 현황

Table 2. Domestic UAV Operation Status

구분	'13	'14	'15	'16	'17.6
기체신고 대수	195	354	921	2,172	2,900
사용사업 업체수	131	383	698	1,030	1,235
조종 자격 취득자 수	52	667	872	1,326	2,139

표 3. 국내 UAV 활용 사업체 현황
Table 3. Status of domestic UAV utilization business

구분		'16.11.07		'17.06.30	
		업체수	비율	업체수	비율
농업	비료/농약살포	233	24.2%	294	23.8%
	병충해 관측	3	0.3%	1	0.1%
콘텐츠 제작	사진촬영	438	45.5%	509	41.2%
	영상제작	181	18.8%	224	18.1%
	방송보도	12	1.2%	15	1.2%
측량/탐사	토지측량	44	4.6%	61	4.9%
	공간정보 구축	2	0.2%	16	1.3%
건축/토목	업체수	4	0.4%	6	0.5%
	시공	15	1.6%	16	1.3%
	안전진단/점검	6	0.6%	10	0.8%
교육	조종교육	22	2.3%	69	5.6%
기타	조경, 환경감시 등	2	0.2%	14	1.1%
합계		962	100%	1,235	100%

국내 UAV 활용 사업체 현황을 살펴보면, 농업 분야에서 넓은 경작 지역의 비료·농약 살포용으로 많이 활용되고 있다. 콘텐츠 제작 분야는 주로 사진촬영, 영상 제작 용도로 활용되고 있으며, 측량·탐사 분야에서는 토지측량과 공간정보 구축을 위한 항공사진 촬영에 많이 활용되고 있다. 건축·토목 분야에서는 건축물 설계, 시공, 안전진단·점검 용도로 활용하고 있는 것으로 조사 되었다.

2.3 UAV 활용 국토공간정보사업 사례[5][6]

무인항공기(UAV)를 활용한 국토 공간정보 구축 주요 사례와 해당 사업의 목적, 현황 및 문제점, 기대효과를 조사하였다.

표 4. UAV 활용 주요 국토공간정보 사업
Table 4. Case study of UAV using major land information

사업명	목적	현황 및 문제점	기대효과
도시개발 사업	사업지구 내 토지이용현황 파악	조사방법의 오차 발생 보상금 과다 청구를 위한 불법행위 만연 시간 및 인력 과다 소요	토지보상업무의 정확성 제고
재개발사업	사업 착수 전 각종 인허가 대비 원형기록 정사사진 확보	이해관계자 설명자료 부재 전문적 측량성과에 대한 이해 어려움	개발 전 원형 사진 제공으로 설명 효과 극대화
지적재조사 사업	주민 홍보 및 설명/경계결정 참고 자료	설명자료 부재 지적선과 현실경계의 불일치에 따른 민원	정사영상 자료의 최신성 확보로 설명 및 홍보 극대 불부합 유형의 경계 정비 시 이해력 극대화
산업단지 조성사업	산업단지조성사업 보상금	대단위 산업단지 내 현황 파악의 어려움 보상 및 각종 민원업무 처리 등 장기 시간 소요 포털 등 지도서비스에서 제공되는 영상의 부정확	대단위 지구의 현황 파악 가능 보상금 지급시 미원업무 처리 효율성 증대 최신의 영상자료 확보
실태조사	점/사용 및 시설물 현황 등 다양항 분야의 실태 조사	기존의 조사방법의 오차 시간 및 인력 소요 과다 경계 분쟁에 따른 민원 발생	토지보상업무의 정확성/효율성 제고 해당지역 내 영상 확보로 시계열 자료 활용
재산관리를 위한 공간정보 구축	효율적인 재산관리를 위한 공간정보 구축	시설물의 정확한 위치정보 부재 문서형식의 재산관리로 시각화 부재 무단 점유에 대한 근거자료 부재	효율적인 재산관리 업무처리 프로세스의 개선 및 예산절감 재산관리 관련 의사결정 능력 향상
문화재	정확한 문화재의 위치/보존, 문화재 고시선 등재	문화재 위치에 대한 다양한 정보 부재 부정확한 고시	문화유산 등재에 필요한 위치정보 제공 시간 및 인력 투입 최소화

3. UAV 운영환경의 문제점

현재, UAV와 지상 통제 장비간의 가장 보편적인 데이터링크는 RF, WiFi, OcuSync, Bluetooth 등 무선 통신 방식을 이용한다. 지상 통제 장비를 통해서 실시간 위치 확인이 가능한 고가의 UAV(드론)일지라도, UAV가 조종자의 시야를 벗어났을 경우에는 현재 위치를 지상 통제 장비에서만 확인할 수 있는 1:1 관제 방식이다. 1:1 관제 방식의 가장 큰 문제는 UAV가 지상 통제장비의 통신거리를 벗어나거나 다른 이상 발생으로 조종 불능 상태인 노콘(NoCon) 상황에서 지정 장소로 복귀하지 못할 경우, 최종 위치를 파악할 수 없어서 분실과 함께 추락에 따른 인명 사고 및 재산 피해의 우려가 매우 크다는 점이다. 1:1 관제 방식의 또다른 문제는 지상 통제 장비를 운용 중인 조종자 외에는 UAV의 위치를 파악할 수 있는 방법이 없으므로, 다수의 UAV를 운용하는 기관이나 UAV 비행을 감독하는 기관에서는 현재 비행 중인 전체 UAV의 위치 조차 파악할 수 없다는 것이다.

카메라가 장착된 UAV는 조종사 없이 반자동 혹은 자동으로 저고도 공역에서 일정기간 동안 주어진 임무를 자율적으로 수행하는 비행체여서 UAV를 이용한 감시기술은 비행체에 카메라, 센서, 무선통신장비 등을 장착하여 대상지역의 영상정보와 상태정보를 실시간으로 지상으로 전송함으로써 약의적인 활용이 가능하다.

이렇듯이, UAV 비행에 대한 중앙 관제 부재로 인한 무분별한 활용으로 여러 문제점이 사회적인 이슈로 부각되고 있다. 이러한 문제들을 해결하기 위해서 상용 LTE 네트워크를 활용한 UAV N:N 관제 시스템 구축이 절실한 시점이다.

표 5. UAV 증가에 따른 위험요소

Table 5. Risk factors associated with increased UAV

위험요소	주요 위험
사고 가능성	*17.07 광주광역시 장흥군, 항공우주센터 소속 대형 드론 추락 (경로당 지붕 파손) *17.05 경북 봉화읍, 축제 행사장 대형 드론 추락 (어린이 3명, 어른 1명 부상) *16.07 국방과학연구소 실험용 UAV 시험비행 중 추락 (약 67억원 손실) *16.01 서울시, 주택가에 군용 UAV 추락 *14.04 강원도 홍천군, 군용 UAV 추락 *16년 영국에서 드론과 항공기 충돌 위험 상황 2회 발생
사생활 침해	개인의 공간을 넘어서 공공기관이나 경쟁사의 보안구역까지 넘볼 수 있는 기술 수준 도달 카메라 기술의 소형화 및 고화질화

4. UAV 종합관제의 구성

4.1 저고도 비행 환경에 적합한 통신 기술

현재, 저고도 비행 환경에 적용할 수 있는 무선 통신 기술은 Bluetooth, WiFi, 드론 전용 RF 통신, OcuSync, 3G, LTE, NB-IoT, LoRa, 위성통신 등이 있다. UAV의 안정적인 N:N 관제를 위한 무선 통신은 음영지역 최소화, 대용량 데이터 전송을 위한 Bandwidth, 비행거리의 제약 해소 등을 우선적으로 고려해야 한다. 이러한 요소들을 종합적으로 고려한 무선 통신기술 비교는 표 6 과 같으며, 국내 통신환경의 다양한 특성을 고려한 UAV N:N 관제에는 상용 LTE 네트워크가 가장 적합하다. 현재, 상용 LTE 네트워크는 저고도 관제 용도로 안정성과 성능을 인정받아 육군, 해군, 경찰청, 소방청, 산림청 등 국가기관의 저고도 항공기 관제 용도로 사용되고 있다.

상용 LTE 네트워크를 이용한 UAV 데이터링크는 음영지역을 최소화한 전국적인 커버리지 확보가 가능하며, UAV가 비행 중에 수집한 영상정보 및 센서 정보와 같은 대용량 멀티미디어 데이터를 실시간으로 수신할 수 있다[7][8].

표 6. 무선 이동통신 기술 비교

Table 6. Wireless mobile communication technology

통신 기술	UAV 적용 시 특징
Bluetooth	- 저전력 통신으로 배터리 소모 낮음 - WiFi에 비해 저속·근거리 데이터 전송 - 근거리 1:1 UAV 관제에 사용
WiFi	- HD 영상 등 대용량 데이터 전송 가능 - 출력 제한으로 주로 레저용으로 활용 - 근거리 1:1 UAV 관제에 사용
상업용 드론 전용 RF 통신	- 5,030 ~ 5,091MHz (61MHz 폭, 출력10W) - 12Kg 이상의 상업용 드론만 허가 - 대용량 데이터 전송 가능 - 중거리 1:1 UAV 관제에 적합 (수 Km)
임무용 드론 전용 RF 통신	- 5,091 ~ 5,150MHz (60MHz 폭, 출력10W) - 소방, 경찰, 산림 방제 등 특정 임무 전용 - 대용량 데이터 전송 가능 - 중거리 1:1 UAV 관제에 적합 (수 Km)
Ocusync	- 대용량 데이터 전송 가능 - 중국 드론 제조사인 'DJI'의 프로토콜 - 중·장거리 1:1 관제에 적합 (최대 7Km)
3G	- 전국 N:N 관제 가능, 이동통신 3사 서비스 - 주파수 특성 상 LTE 대비 음영지역 많음 - LTE 대비 저속의 데이터 전송
LTE	- 전국 N:N 관제 적합, 이동통신 3사 서비스 - 음영지역이 가장 적음 - 영상정보 등 대용량 데이터 전송에 유리
NB-LTE	- KT와 LGU+가 공동 전국망 구축 ('17. 7) - 저전력·광역(LPWA) 통신 기술 - 저고도 공역 통신 검증 필요 (상용화 초기) - 영상정보 등 대용량 데이터 전송에 부적합
LoRa	- SK텔레콤이 전국망 구축하여 서비스 중 - 저전력·광역(LPWA) 통신 기술 - 저고도 공역 통신 검증 필요 (상용화 초기) - 영상정보 등 대용량 데이터 전송에 부적합
위성통신	- 대용량 데이터 전송에 유리 - 고가의 구축·운영 비용, 전송 지연 우려 - 국내 위성 숫자 부족으로 대중화에 한계

4.2 UAV 탑재용 위치추적 단말기

4.2.1 위치추적 단말기 HW 요구사항[9]

UAV 탑재용 위치추적 단말기의 주요 사양은 표 7과 같다. GPS 측위, 전송 주기, 오랜 비행에 영향을 미치는 무게, 비행시간을 좌우 하는 전력량, 기상환경을 고려한 방수 여부 등 UAV의 효과적인 위치추적을 위한 사양을 제시하였다.

표 7. 위치추적 단말기 HW 요구사항

Table 7. Location Tracking Terminal HW Requirements

요구사항	요건
GPS 측위좌표 전송주기, 연속 비행 시간	1초, 30분
UAV 이륙중량을 고려한 무게	배터리 포함 115g 이하 배터리 제외 80g 이하
비행시간 60분 내외를 고려한 Battery 용량	980mA
우천 시 운항에 대비한 방수 여부	최소 생활 방수 (비행체 내부에 탑재)

위의 요구사항을 기준으로 아래의 그림 2에서는 상용화를 위한 단말기 H/W 구성에 대해 제시한다.

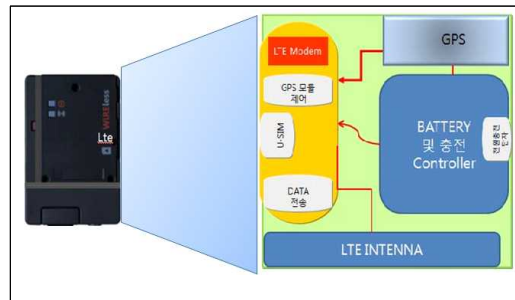


그림 2. 실용화 요구에 대한 단말기 H/W 구성

Fig. 2. Terminal H/W configuration for practical use request

4.2.2 위치추적 단말기 HW 주요 사양[9][10]

UAV의 효과적으로 위치추적을 위해 HW 사양을 제시하였다. 단말기 내부 구성은 기존의 LTE기반의 없었으므로, LTE기반의 HW를 구성 가능한 MAIN PCB를 제안하였고, LTE BASEBAND CHIP은 퀄컴사의 MDM9215가 많이 활용이 되고 있다. AS의 편의성을 고려하여 CONNECTOR TYPE의 LTE MODEM

TYPE가 필요하며, 저저력 및 수신율이 높은 UBX-G7020, UBS-G6020을 GPS CHIPSET으로 하였다. 기존의 배터리 소모의 문제점을 개선하기 위해 리튬 폴리머 980mA를 사양으로 제시하여 가벼우면서 장시간(1시간 이상) 위치추적기의 비행을 보장 할 수 있는 사양을 도출 하였다. 고공비행의 UAV의 위치를 추적하기 위해 기존보다 -10 이상 낮은 온도에서도 위치를 측정 할 수 있는 HW 사양을 제시합니다.

표 8. 위치추적 단말기 H/W 주요 사양
Table 8. Location tracking H/W specifications

구분	기존	개선 사양
단말기 내부 구성	N/A	LTE Modem 및 ANT, GPS 및 ANT, Battery 및 충전 Block, Main PCB(LED Indicate 포함), 사출
LTE BASEBAND CHIP	Qualcomm MDM9215	Qualcomm MDM9215
LTE memory	2Gb NAND 1Gb SDRAM	2Gb NAND 1Gb SDRAM
LTE MODEM TYPE	SMD TYPE	CONNECTOR TYPE, AS편의성 고려
GPS CHIPSET	UBX-6020	UBX-G7020,6020 대비 저전력 높은 수신율
BATTERY 및 Changer Block	리튬이온	Battery는 30분 동안 LTE 구동 및 1초 주기로 위치전송을 위하여, 리튬 폴리머 980mA(리튬이온 보다 안정성 경량화에 유리) battery 를 적용하며 무게는 30g 이하, Changer Block 포함 시 35g 이하
작동온도	-20℃ ~ - 60℃	-30℃ ~ -70℃

UAV 제조사가 상용 LTE 모뎀과 UAV Control Unit을 연동하여 개발·생산 시에는 Battery, GPS Module, GPS Antenna, PCB, 사출 등을 공유하여 설계함으로써, 해당 기능 구현을 위한 추가 중량을 획

기적으로 줄일 수 있다.

4.2.3 LTE 모뎀 사양 구성[10]

LTE MODEM 의구성은MCU ,PMIC, MCP, FILTER, RFIC , PAM, USIM SLOT, CODEC , LOAD S/W , I/O CONNECTOR 등으로 구성된다. UAV 운행을 함에있어 가장 중요한 GPS MODULE에서 받은 측위를 1초 주기로 전송하며 이에 따른위치추적단말기의 전력소비는 UAV가 30분 이상 운행 중 사용가능토록 POWER MANAGEMENT 설계와 무게 및 충전 용량을 고려한 BATTERY 선택이 중요한 요건이다.

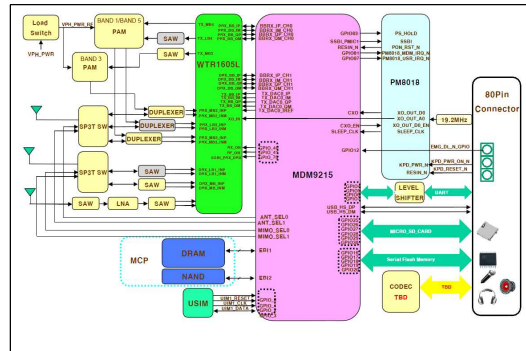


그림 3. LTE 모뎀 사양 및 구성
Fig. 3. LTE Modem Specifications & Configurations

4.3 UAV 관제시스템 설계

상용 LTE 네트워크를 UAV의 데이터링크 기술에 접목하여 무인 비행체(UAV)의 N:N 관제시스템을 아래 그림 4 와 같이 설계·구현하였다. 이를 통해, 비행 중인 다수의 UAV 위치/고도 정보 동시 수집 기능, 비행금지구역 진입 등 위반 현황 모니터링, GIS를 이용한 비행계획 좌표 입력 기능, 수립된 비행계획 정보를 UAV에 전송하는 기능, 노콘(NoCon) 등 비상 상황에서 UAV 원격 제어를 통한 복귀명령 기능을 검증하였다.

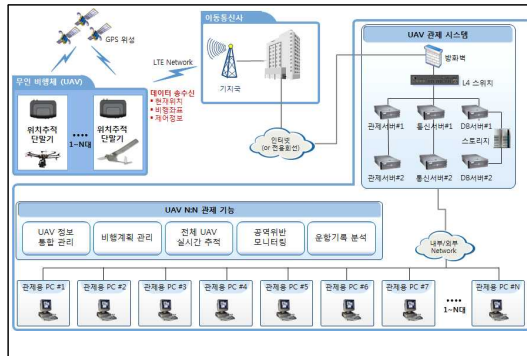


그림 4. UVA N:N 관제 개념도
Fig. 4. UVA N:N Control Diagram

UAV 관제시스템은 단위 시스템의 기능과 역할에 따라 Front-end Service 영역과 Back-end Service 영역으로 나누어 그림 5 와 같이 설계하였다. Front-end Service 영역은 관제용 Client PC로써 UAV의 위치와 상태를 모니터링하고 제어하는 기능을 제공하며, TCP/IP 네트워크를 통해서 N개 까지 확장이 가능하다. Back-end Service 영역은 UAV와 데이터 송수신을 담당하는 통신 Gateway 서버, 송수신 데이터를 처리하고 저장하는 DB 서버, 신속한 관제를 위해 3-Tiered 구조 설계로 Business Process를 분리한 Middleware 서버, 관제 서비스 제공을 위한 관제 서버로 구성하였다. 관제 서버는 전국 어디서나 별도의 프로그램 설치 없이 웹 브라우저를 통해서 관제가 가능하도록 WEB 기반 서비스 환경으로 구축하였다. 실시간 UAV 관제 특성을 고려하여, WEB 기반 시스템의 단점인 속도 문제를 해결하기 위해서 GIS 데이터는 관제용 Client PC에 탑재하는 방식으로 설계하였다.

UAV 관제시스템에서 송수신 데이터의 전송은 통신 Gateway 서버가 담당한다. 통신 Gateway는 그림 6. 과 같이 송신 데이터 처리 모듈과 수신 데이터 처리 모듈로 구성하였다. 관제시스템에서 UAV로 송신하는 데이터는 비행계획좌표, 원격 제어정보로 구성되며 송신 데이터 처리 모듈이 담당한다. 관제시스템이 UAV로부터 수신하는 데이터는 UAV 위치, UAV 상태, 영상 및 센서 정보와 같은 UAV의 수집 정보 등이 있으며, 수신 데이터 처리 모듈이 담당하도록 설계하였다. UAV에 탑재되는 위치추적 단말기는 상용 LTE 네트워크를 통해

서 관제시스템과 데이터를 주고 받는다. 향후, UAV 제조사와 협력을 통해서 위치추적 단말기는 UAV의 Control Unit으로부터 UAV 상태정보를 수신하여 관제 시스템에 전송하고, 관제시스템으로부터 받은 비행계획 좌표를 Control Unit에 전송하도록 구현이 가능하다.

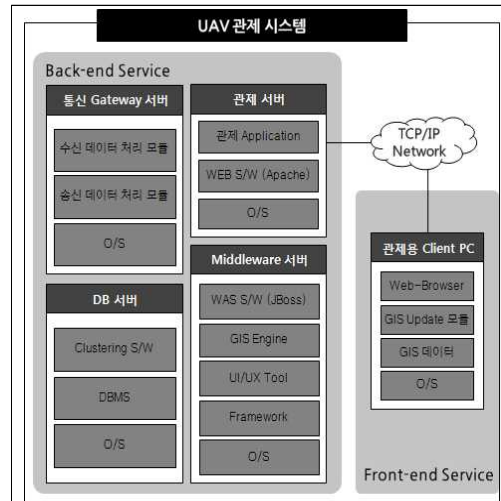


그림 5. UVA 관제 시스템 구조
Fig. 5. UAV Control System Architecture

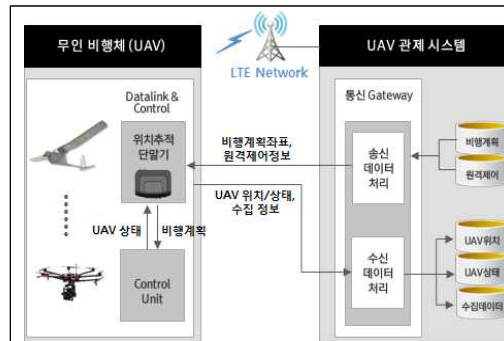


그림 6. UVA 관제 데이터 흐름도
Fig. 6. UAV Control Data flow

지상 통제장비를 이용한 UAV의 수동 조작 방식 외에 자동 비행에 필요한 비행계획 수립 기능과 비행계획 좌표 전송 기술을 검증하였다. 관제시스템의 전자지도 상에서 Way point 입력을 통해 비행계획을 수립하는 기능을 그림 7 과 같이 구현하였다. 수립된 비행계획의 좌표를 상용 LTE 네트워크를 통해서 UAV에 탑재된 위

치후적 단말기로 전송하는 기능도 함께 구현하였다.



그림 7. UAV 비행계획 수립 및 전송
Fig. 7. UAV flight panning & transmission

상용 LTE 모델이 탑재된 위치추적 단말기를 UAV에 장착하여 비행 중에 1초 주기로 위치를 추적하는 기능을 그림 8 과 같이 구현하였다. 이를 통해 저고도 공역을 비행 중인 UAV로부터 안정적으로 위치를 수집하고 전자지도 상에 실시간으로 표출하는 기술을 검증하였다.

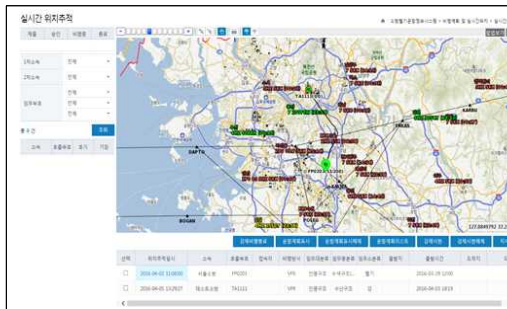


그림 8. UAV 실시간 위치추적
Fig. 8. UAV Real time Location tracking

UAV 위치추적과 운항기록 검증 환경은 국토교통부 항공안전법(제129조, 시행규칙 제199조 및 제310조)의 제약요소로 인하여 표 9와 같이 진행되었으며, 국가기관 헬기 관제시스템의 수년간 운영 경험을 통해 파악한 상용 LTE 네트워크의 저고도 항공관제 적용 결과를 추가로 제시하였다.

표 9. 위치추적 검증 환경

Table 9. Verification environment for location tracking

구분	검증 환경
최대 비행고도	조종자가 위치한 지상으로부터 150m (항공안전법에 의한 제약요소: 12Kg 이하의 무인비행장치는 지상으로부터 최대 150m까지만 비행 가능) ※ 국가기관 헬기위치추적 운영을 통해 검증된 평균 비행고도는 300~400m (헬기의 일반적인 운항고도)
총 비행시간	400분 (20회 * 평균 20분/회)
총 비행거리	50Km (20회 * 평균 2.5Km/회)
평균 비행속도	7.5Km/h (50Km/400분) * 60분
순간 최대 비행속도	68Km/h ※ 국가기관 헬기위치추적 운영을 통해 검증된 평균 비행속도는 200~250Km/h (헬기의 일반적인 운항속도)
위치좌표 전송 주기	1회/Sec (1초 주기)
위치 데이터 전송 성공률	99.9958% (23,999회/24,000회) ※ 전송 시도 건수: 24,000회 (400분 * 60초) ※ 전송 성공 건수: 23,999회
NoCon 발생 시 복귀 성공률	100% ※ NoCon 발생: 6회 ※ Return to home 성공: 6회

N:N 관제 검증을 위한 동시 비행 UAV 대수와 동시 관제 Client PC 대수는 표10과 같이 부하 테스트 도구인 Apache Jmeter를 사용하여 검증하였다. 본 연구를 위해 구성된 개발 서버의 열악한 성능을 고려하여 각각 10대까지 부하 테스트를 진행하였으나, 대규모 동시 관제가 필요한 시스템 구축 시에는 고사양 서버 구성 및 서버별 역할 분리, 네트워크, DB 및 통신 Gateway 등에 대한 Load balancing 설계를 통해 동시 관제 대수를 크게 증가시킬 수 있다.

표 10. UAV N:N 관제에 대한 검증 환경

Table 9. Verification environment for UAV N:N control

구분	검증 환경
동시 관제 테스트	Stress test 도구를 이용하여 서버에 가상의 부하 발생 (Test 도구: Apache JMeter 3.1)
관제 UAV 대수	동시 비행 10대
관제용 Client PC 대수	동시 관제 10대

UAV의 비행 이후, 항적과 상태이력을 전자지도를

통해 분석하는 기능을 그림 9 와 같이 구현하였다. 상용 LTE 네트워크를 이용하여 전국 어디서든지 다수의 비행 중인 UAV에 대해 안정적인 N:N 관제가 가능함을 검증하였다.



그림 9. UVA 운항기록 분석
Fig. 9. UVA Record analysis

5. 기대효과

상용 LTE 네트워크를 이용한 UAV N:N 관제 시스템은 전국에서 비행 중인 전체 UAV의 위치, 고도, 상태, 수집정보를 운영기관 및 유관기관에서 동시에 확인할 수 있다. 물론, 단순 기술 적용 외에도 UAV 관련 법규의 정비와 함께 시행 시에는 그 효과를 극대화할 수 있다. 비행 중인 다수의 UAV를 중앙에서 집중 관제함으로써 UAV의 추락, 분실, 악의적인 활용을 사전에 예방하고, 비행 중인 UAV의 위치고도 정보를 항공 관제 기관에 제공함으로써 유인 항공기와 UAV의 충돌 우려를 사전에 제거할 수 있다. 항공 관제기관은 비행 금지구역 진입 등 공역통제 규정을 위반한 UAV에 대한 실시간 모니터링을 통해서 신속한 대응이 가능하다. UAV 운영 기관에서는 UAV가 수집하여 전송한 정보를 여러 담당자가 동시에 실시간으로 확인할 수 있어 업무 효율성이 향상된다. UAV의 장애 또는 지상 조종자의 통제권을 이탈하는 NoCon 상황 발생 시, LTE 네트워크를 통한 원격 제어 명령으로 자동 복귀시킬 수 있으므로 추락이나 분실로 인한 인명피해, 재산 피해를 최소화 할 수 있다. 또한, 사고 발생 시에는 비행 이력 분석을 통해서 사고 원인 조사의 객관성을 확보할 수 있다. UAV 추락 시에는 추락지점 확인을 통해서 신속한 회수가 가능하며, LTE 네트워크를 이용한 수집

데이터의 원격 삭제 기능을 구현하면 중요 정보의 외부 유출을 사전에 차단할 수 있다. 이처럼, UAV N:N 관제 체계를 이용한 동시 관제 및 원격 관제 기술은 UAV를 이용하는 다양한 산업 분야에 적용할 수 있으므로, 관련 산업의 경쟁력 향상에도 기여한다.

6. 결론

2015년 12월 31일에 국립전파연구원은 '항공 업무용 무선설비 기술기준'을 개정하여 무인항공기(UAV) 운용을 위한 전용 주파수로 5,030 ~ 5,091MHz대역(61MHz 폭)을 할당했다. 전 세계적으로 무인항공기 개발 경쟁이 치열한 가운데, 한국이 가장 먼저 드론의 지상 제어 전용 주파수를 할당한 것이다. 또한, 10mW로 제한을 두던 전파 출력을 최대 10W까지 허용하면서 드론의 운용 거리도 대폭 향상되었다. 5,030 ~ 5,091MHz 대역은 '세계전파통신회의(WRC-12)'에서 채택된 지상 제어용 드론 전용 주파수 대역이다. 최근에는 소방, 경찰, 산림 방제 등 특정 임무를 수행하는 드론을 위한 주파수로 5,091 ~ 5,150MHz 대역(60MHz 폭)을 추가로 할당했다. 하지만, 이러한 전용 주파수도 비행 중인 여러 대의 UAV의 위치, 고도, 상태, 수집정보를 전국 어디서나 다수의 관계자가 동시에 확인하는 것은 불가능하다.

본 연구는 이러한 제약을 극복하기 위한 N:N UAV 관제 방안을 제시 하였다. 상용 LTE 통신 모델이 내장된 UAV 탑재용 위치추적 단말기의 규격을 제시하여 LTE기반의 저전력 기반의 수신율을 개선하였으며 기존의 빔테리보다 30분 이상 1초 주기로 위치를 추적할 수 있는 리듬 폴리머 980mA를 제시하였다. 이러한 규격을 통해 UAV의 고공비행에 따른 고도의 한계(기존의 고도가 높아 질수록 온도가 급격하게 떨어져 측정이 불가)를 개선(-10℃ 개선) 가능한 HW 요구사항이라고 판단된다. 이를 이용한 UAV N:N 관제 시스템을 설계하여 정보수집, 모니터링, 비행좌표 입력, 노콘(NoCon)등 비상상황에 대해 제어 능력에 대해 검증하였다. 이러한 UAV관제시스템을 활용하여 동시 비행 UAV 대수와 관제 PC의 부하시험을 통해 안정성을 검증하여, LTE기반의 UAV실시간 위치추적 관제가 효과적으로 구현할 수 있을 것으로 판단된다.

REFERENCES

[1] [1] Yoon Kwang Jun, Special Edition 1 Status of domestic and foreign drone industry and activation plan, 04-14, REAL ESTATE FOCUS, 2016

[2] Lee, InSu•Hyun, Chang-Uk, Applicability of Hyperspectral Imaging Technology for the Check of Cadastre's Land Category, Korean Society Of Subveying Geodecy, Photogrammetry And Cartography, pp 77-78, 2013

[3] Jinwoo Park•Dongyoon Shin•Chuluong Choi•Hohyun Jeong, Development of Android-Based Photogrammetric Unmanned Aerial Vehicle System, Korean Journal of Remote Sensing, pp 1-3, 2015

[4] Moon, Yong-Ho•Cheon, Seung-Hyeon •Ha, Seok-Wun, Location and Direction Tracking of Small UAVs on Occlusion Area in Moving Surveillance System, Institute of Embedded Engineering of Korea, pp 1-5, 2015

[5] KOREA LAND AND GEOSPATIAL INFORMATIX CORPORATION, UAV Utilization of Land Use Information, KOREA LAND AND GEOSPATIAL INFORMATIX CORPORATION, 2017

[6] Lee, In Su, Utilization of Ultra Lightweight Unmanned Aerial Vehicle, KOREA LAND AND GEOSPATIAL INFORMATIX CORPORATION, pp 3-7, 2016

[7] Young-Chae MUN•Hong-Ro LEE, Development of Mobile System for Crop Situation Investigation using GPS based on GIS, The Korean Association of Geographic Information, pp 22-24, 2008

[8] Woo Sang, Hyun, A Study on the unmanned planes that control IT technology Unmanned flight around the device , pp 17-21, 2017

[9] Lee, In Su•Lee, Jae One•Kim, Su Jeong•

Hong, Soon Heon, Orhtophoto Accuracy Assessment of Ultra-light Fixed Wing UAV Photogrammetry Techniques, KOREAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS, pp 2594-2596, 2013

[10] David McGriffy, Make: Dron(Make: Projects), pp 142-195, MAKERMEDIAS, 2017

저자약력

최 현 택(Hyun-Taek Choi)

[중신회원]



- 1986년 2월 : 조선대학교 회계학과 (회계학학사)
- 1995년 2월 : 홍익대학교 국제경영대학원 경영학과 (경영학석사)
- 2017년 3월 ~ 현재 : 동신대학교 컴퓨터공학과 (박사과정)

<관심분야> 경영정보, 항공관계

류 갑 상(Gab-Sang Ryu)

[중신회원]



- 1983년 2월: 전남대학교 일반대학원 컴퓨터학과(이학석사)
- 2000년 2월: 고려대학교 일반대학원 컴퓨터학과(이학박사)
- 1985년 3월 ~ 1996년 2월 : 한국기계연구원 책임연구원
- 1996년 3월 ~ 현재 : 동신대학교 컴퓨터학과 교수

<관심분야> 사물인터넷, 정보보호, 컴퓨터교육