

무인기 제어용 데이터 링크



개요

무인기(드론)는 과거 군용으로 국한되어 활용되었으나 최근 드론 기술의 비약적인 발전과 국가 안전 및 방위, 긴급 재난재해 대처, 과학 분야의 상용화 등으로 인해 드론이 차지하는 영역은 점차 민간용 시장으로 확대되어 사용분야와 종류 등 그 규모가 급격히 커지고 있다.

증가하는 무인기 시장에 따라 필요로 하는 주파수 규모는 점차 늘어나고 있으며, 이에 따른 주파수 대역의 충돌을 피하기 위해 민간 무인기는 400피트(약 120m) 이하의 고도에서 여객기 등 유인항공기와 충돌 가능성이 거의 없는 제한적인 지역에서의 운영만 허가하고 있다. 현재 우리나라는 12kg를 초과하는 민간 무인기의 비행에 대해 150m 이하에서 관할 당국인 국토교통부의 허가를 받아 운영하도록 규제하고 있다.

이렇듯 국내외적으로 무인기의 사용이 증가함에 따라 무인기 제어에 필요한 제어주파수(UAS)의 안정적인 분배문제가 대두되고 있어 UAS 주파수의 효율적 이용방안을 모색하고자 한다.

무인이동시스템

무인이동시스템(UVS)은 무인이동체 외에 다양한 지상 구성부들이 통합되어 하나의 시스템으로 운영되며, 이를 모두 포괄해 무인이동시스템이라고 한다.

- UVS : 무인항공시스템(UAS or RPAS), 무인해양이동시스템(UMS), 무인지상이동시스템(UGS)로 구분
- UAS는 무인비행체, 지상장비, 데이터 링크로 구성

데이터 링크는 지상무선국과 무인기 사이의 지상 데이터 링크, 위성 경유 위성 데이터 링크로 구분되어 있고 UAS는 80년대 이후 군용으로 활용 되었으나 최근엔 민수용으로 활발히 활용되고 있다.

UVS : Unmanned Vehicle System

UAS : Unmanned Aircraft System

UGS : Unmanned Ground System

UMS : Unmanned Maritime System

무인(항공)기 제어용 지상 데이터 링크

무인기시스템(UAS) 지상 데이터 링크로는 임무용 링크와 CNPC 링크가 있다. 임무용 링크는 임무 관련 수집정보(통신포함)를 전달하고, CNPC 링크는 무인기의 비행제어와 시스템 상태 모니터링 및 CNPC 링크관리 관련 데이터를 전달한다. CNPC 링크는 다음과 같이 구성된다.

■ Pilot/ATC 중계 링크 : 파일럿과 ATC 간 음성 및 데이터를 무인기를 통해서 중계하기 위한 통신 링크

■ UAS 제어 통신 링크 : 파일럿과 무인기 사이의 안전 운항 관련 제어 정보를 전달하기 위한 링크

- TC 링크 (Uplink)

비행궤도 제어, 안전 비행을 위한 시스템 제어 정보

- TM 링크 (기체 조종자)

무인기 위치, 고도 및 속도, 시스템 동작 모드 상태,

항법 보조 데이터, 탐지 및 회피를 위한 목표물 추적 데이터,

항공 기상 레이더 데이터, 탑재 영상의 비디오 스트림

무인기 CNPC 링크 중요성

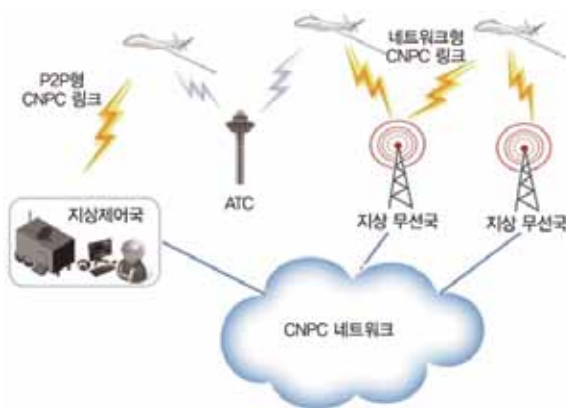


그림 1. P2P 및 네트워크형 지상 CNPC 링크 / 출처: 무인기 제어용 무선통신 기술 및 표준화 동향(ETRI)

지상 CNPC(Control and Non Payload Communication) 링크 접속 형태의 경우 P2P형과 네트워크형을 고려할 수 있다. P2P 형은 하나의 통제소(CS : Control Station)가 직접 무인기와 데이터 링크를 형성하는 개념으로, 기존 무인항공시스템에서 주로 고려되었던 형태이다.

무인기 활용분야가 확대되면서 항공영상촬영, 교통감시, 재해재난대처, 치안감시, 산불감시 및 진화, 운송, 농약살포, 통신 중계용 등 다방면에서 여러 가지 목적으로 활용되고 있고, DME(Distance Measurement Equipment), ADS-B(Automatic Dependent Surveillance-Broadcast), TACAN(Tactical Air Navigation System) 등 기존 항공 시스템들이 L대역에서 혼잡하게 운용되고 있어 주파수 확보에 어려움이 있다. 이에 반해 C

대역의 경우 링크 마진 확보를 위해 지향성 안테나 사용이 고려되어야 하고 도플러 영향이 L대역에 비해 5배가 큰 단점이 있으나, 기존 시스템과의 주파수 혼신 영향이 적은 장점이 있다. 조종사 탑승 없이 통신수단으로만 무인기를 조종함으로써 조종사 탑승 수준의 높은 신뢰도를 갖는 링크방식을 필요로 한다.

무인기 CNPC 시스템 요구사항

무인기 CNPC 전용보호대역(L대역 : 960~1,160MHz, C대역 : 5,030~5,091MHz)의 확보와 다양한 고도에 위치하는 다수 무인기들을

고려한 주파수 계획 및 셀 변경의 고려가 필요하며, 항공탑재용 장비 제약을 고려하여 SWaP-C 관점에서의 시스템 설계도 중요한 부분이다. 또한, 이동성(무선국 Handover 등) 및 QoS 관리지원과 타 항공서비스 시스템과 유해한 간섭 없이 상호공존이 가능해야 한다.

기술개발 및 표준화 동향

국내외 기술동향

현재 국내에서는 무인기 개발 시 임의로 제어용 상용 통신장비를 도입, 또는 자체 제작하고 있으며, 미국연방항공국(FAA)에서는 민간 무인항공기 공역통합 로드맵을 발표하였고, 미국항공우주국(NASA)은 NextGen 프로젝트를 통해 제어용 통신기술, 탐지회피 기술 등 연구개발을 진행하며 ERSG 주도로 무인항공기의 유럽공역 내의 진입을 위한 R&D 로드맵을 발표하였다.

NASA 기술개발 (NASA NextGen Project)

NASA는 통신 신뢰성 확보를 위한 무인기 제어용 데이터 링크 기술을 개발 중으로, 이미 L대역 Prototype의 개발을 완료하였고 현재 C대역 채널 모델 및 Prototype을 개발 중이다. Layer 1 기술은 Rockwell Collins에서, Layer 2&3 기술은 NASA에서 개발 중이며 이 밖에도 지상/위성 통합 네트워크와 네트워크 기반 무인기 제어용 통신기술 또한 연구 중이다.

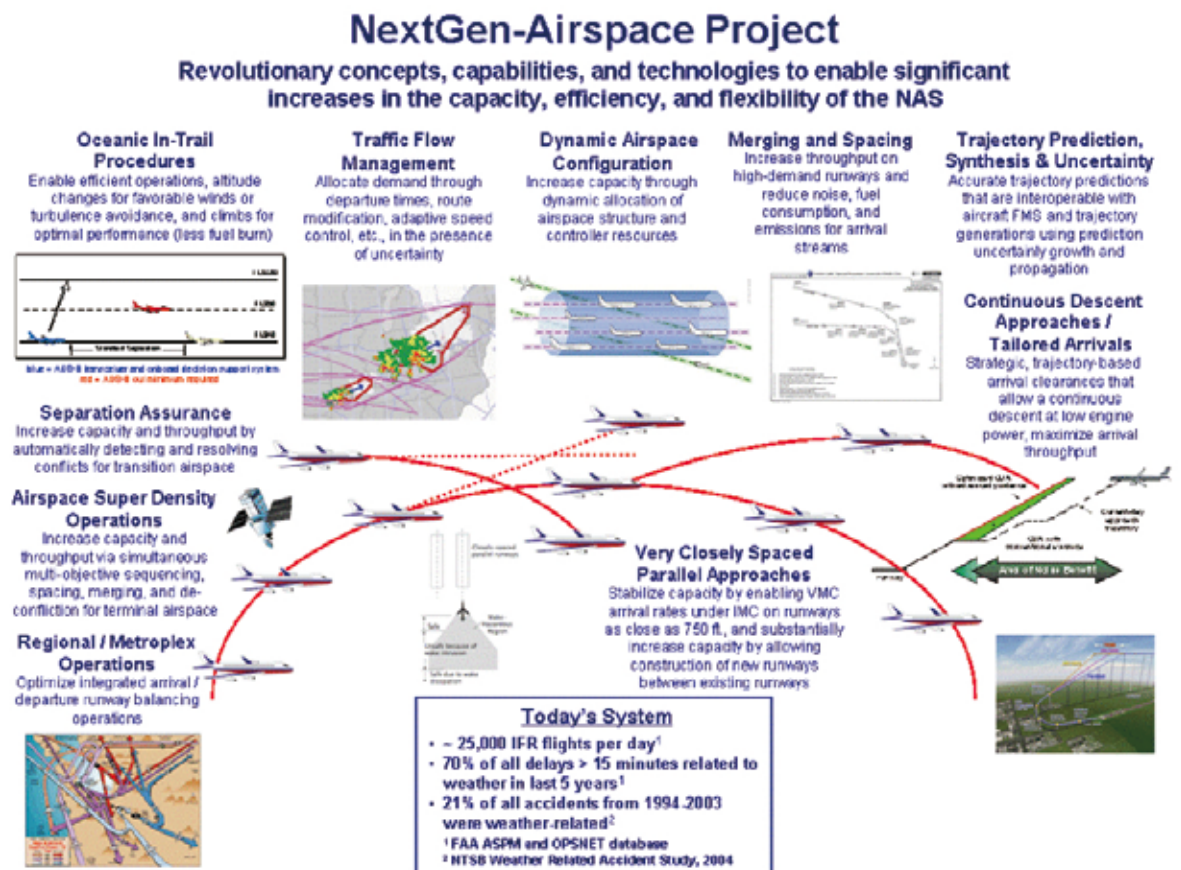


그림 2. 미국항공우주국(NASA)의 NextGen 프로젝트

국내외 CNPC 주파수 현황

- ITU-R(국제전기통신연합-무선통신)

- WRC-12 : 항공이동업무(무인기 지상 CNPC)용 C대역 주파수 신규분배(5,030 ~ 5,091MHz)

- WRC-12 : 전파규칙 개정을 통해 L대역(960~1,160MHz)을 무인기 제어용으로 가능하게 함
- WRC-15 : Ku/Ka대역 고정위성업무용 주파수의 무인기 제어용 활용 주파수로 결의

- 미국

민간용으로는 FAA 주도 아래 RTCA에서 C대역(5,030~5,091MHz)과 함께 L대역(960~1,164MHz)도 무인기 제어용(전용) 주파수로 할당을 검토 중으로 알려져 있고, 군용으로는 UHF, L대역, C대역, X대역, Ku대역을 사용하고 있다. 우리가 알고 있는 글로벌호크는 4,669.7MHz 대역폭을 사용한다.

먼저 획득이 필요한 주파수 대역으로는 가시영역운용 (310~390MHz, 405~425MHz, 1350~1390MHz)과 비가시영역운용(위성주파수대의 12~18GHz)을 사용하며, 비면허 대역으로는 915MHz, 2.4GHz, 5.8GHz 대역을 사용한다.

- 유럽

비면허 대역인 433MHz, 2.4/5.8GHz 대역을 사용 중이며, 가시영역 운용은 VHF/UHF(항공교통관제)와 Ku-대역을, 비 가시영역 운용은 Ku-대역(위성)을 사용한다. 무인기 제어전용으로 신규 분배된 C대역은 위성/지상 통합 무인기 제어 통신링크를 위해 고려되고 있으며, 차세대 항공교통관제를 위한 데이터 링크는 L대역을 고려 중이다.

- 한국

무인기 제어전용의 C대역(5,030~5,091MHz)은 주파수 분배표 상의 국내분배 및 용도지정을 완료했으나, L대역(960~1, 164MHz)의 경우 항공용 DME/TACAN 등 다수 무선국의 사용으로 무인기 CNPC 주파수 활용에 어려움이 따르고 있다.

현재 취미/레저용 소형무인기의 경우, 주로 비 면허 대역을 사용하며 중계기술국(KBS)에서 생방송 위주로 운영되고 있는 기체 또한 비면허대역인 2.4GHz를 사용한다. 또한, 촬영용으로는 아직 전력 제한(10mW/1MHz)이나 운용거리의 제한과 운용안전성의 문제를 가지고 있는 ISM 밴드를 사용 중이다.

궁극적인 목표는 국가 공역 시스템(NAS : National Airspace System)의 통합 운용이며, 이를 위해 무인 비행체 제어를 위한 비업무용(non-payload) 주파수뿐만 아니라 다양한 활용분야에 필요한 업무용(payload) 주파수 확보가 필요한 시점이다.

데이터링크 주요이슈 및 대응방안

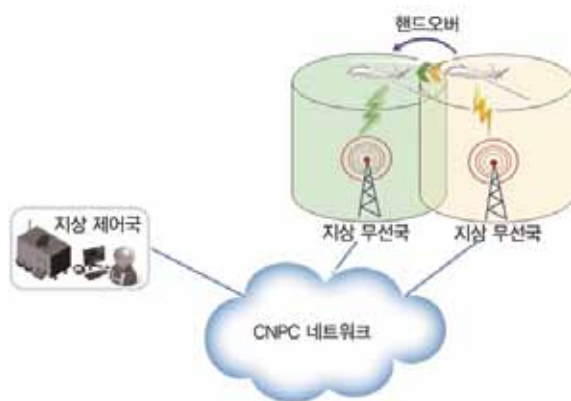


그림 3. 지상 CNPC 링크 핸드오버 개념 / 출처 : 무인기 제어용 무선통신 기술 및 표준화 동향(ETRI)

지상 CNPC 네트워크/리피터

CNPC 링크 접속 형태로는 P2P형(하나의 통제소(CS)가 직접 무인기와 데이터 링크를 형성)과 네트워크형(지상무선국 GRS)들이 네트워크에 연결, 각 CS는 지상 네트워크와 GRS를 통해 무인기와 정보를 교환한다. 공공 및 민간 무인기 응용 확대와 안정적 운용을 위해서는 전국 커버리지의 보안이 강화된 CNPC 네트워크 또는 커버리지 확장을 위한 CNPC 리피터를 필요로 한다.

무인기 제어용 주파수 활용 방안

주파수 자원의 효율적 활용으로는 셀룰러 개념의 스펙트럼 재사용 방식의 적용과 무인항공기의 클래스별 수직/수평적 분포, 셀당 지상무선국 위치, 셀 크기, 무인기 클래스별 요구조건을 만족

해야 한다.

P2P 기반 지상 무선국은 셀 가장자리에도 위치할 수 있어 셀 크기가 커지면 인접 셀 간 간섭을 야기하며, 셀 크기가 작아지면 스펙트럼 재사용 효율이 높아진다. 높은 고도의 무인기는 주파수 변화가 많고 고도가 높을수록 간섭을 피하기 위해 낮은 스펙트럼 재사용(넓은 셀 크기)이 필요하며, 이러한 링크 구성을 위해서는 민간공역 내에서 무인기 무선국 셀 간의 끊임 없는 통신링크 지원을 위한 핸드오버 기술과 전파음영지역(B-LOS)의 끊임 없는 통신링크를 위한 위성링크 기술을 활용하는 방법이 제시됐다.

국내 CNPC용 주파수 이슈 및 대응방안

현재, 무인기 무선설비 기술기준이 제정되어있지만 L대역은 다수 항공용 무선국이 이용 중으로, 무인기 제어용 주파수 확보에는 어려움이 따른다. C대역과 L대역 주파수 특징을 비교하자면 C대역은 기존 시스템과 주파수 혼신 영향 및 다중경로 지연확산이 낮고, 링크 마진 확보를 위해 지향성 안테나가 필요하며, 도플러 영향은 L대역에 비해 5배나 크다. L대역은 C대역에 비해 전파특성이 좋으나(전파손실 약 14db 낮음) 기존 시스템과 주파수 혼신율이 높고 대역폭이 작다.

무인기 제어용으로 신규 분배된 C대역을 주파수 분배표 상에 국내분배 및 용도지정과 스펙트럼 할당과 관리방안 등의 마련이 시급하다. 특히 미국 등 국제 호환성 및 글로벌 활용을 고려해 L대역(960~1,164MHz)의 확보 노력이 필요하다.

공공 및 민간 무인항공기의 응용 사용 확대를 위해서는 다수 무인기 제어를 위한 표준화된 제어용 지상 통신 기술, 전국 커버리지의 무선통신 네트워크 구축, 최적 스펙트럼 할당 및 주파수 재사용 방안 등이 필수적으로 고려되어야 할 것으로 보인다.

용어설명

CNPC : Control and Non Payload Communication

ATC : Air Traffic Control

TC : Telecommand

TM : Telemetry

P2P : Point-to-Point

CS : Control Station

SWaP-C : Size ,Weight,and Power-Cost

TDD : Time Division Duplex

FDMA : Frequency Division Multiple Access

TDMA : Time Division Multiple Access

Hand-over : 단말기가 연결된 기지국의 서비스 공간에서 다른 기지국의 서비스 공간으로 이동할 때, 단말기가 다른 기지국의 서비스 공간에 할당한 통화 채널에 동조하여 서비스가 연결되는 기능

참고문헌

- 초연결 시대의 UAS 주파수의 효율적 활용방안, 강영홍

An Efficient Frequency Utilization Policy for UAS in Hyper-Connectivity Era

- “무인기 제어용 무선 통신 기술 및 표준화 동향”, ETRI 전자통신동향분석, 2015년 6월 김희욱, 강군석, 장대익, 안재영 