

고 신뢰성 항공기 무선 네트워크 동향 및 기술 분석

안승표*, 김다혜*, 이재민**, 김동성^o

Analysis of Wireless Network Technology for High Reliability Aircraft Networks

Seung-Pyo Ahn*, Da-Hye Kim*, Jae-Min Lee**, Dong-Seong Kim^o

요약

본 논문에서는 항공기의 내부 네트워크를 유선에서 무선으로 대체하기 위해 무선 통신망 기술들의 성능을 비교한다. 기존 항공기의 유선 네트워크가 가지는 다양한 장비와 센서의 복잡한 구조에 따른 무게증가 그리고 유지보수 문제 및 비용 등의 단점과, 차세대 항공기 네트워크에서 요구되는 통신 속도 및 통신량 등의 성능적인 측면에 대한 요구사항이 증가하고 있다. 국제전기통신연합(ITU)에서 제안한 WAIC(Wireless Avionics Intra-Communications)는 기존 유선 항공기 네트워크의 요구사항을 기반으로 항공기 내/외부 환경 등을 고려한 무선네트워크 구조를 정의했다. 본 논문에서는 WAIC에서는 제안한 무선네트워크 구조에 적용할 수 있는 무선 통신망 기술들의 특징과 장단점을 고려한다. 또한 항공기 무선네트워크에 적용 가능한 무선 통신망 기술들을 비교 분석하여 WAIC에서 제안한 무선 항공기 토폴로지 환경 구조에 적합한 무선 통신망 기술 후보군을 알아본다.

Key Words : Wireless Networks , Avionic Systems, High Reliability, Real-time network, WAIC

ABSTRACT

This paper compares the performance of wireless communication technologies to replace the wired networks by wireless networks on avionics intra-communication. Due to the drawbacks of wired network, such as complexity, weight, maintenance cost and scalability, it leads to the high data rate and network traffic demands of avionics systems. Therefore, in WAIC(Wireless Avionics Intra-Communications) system suggested by ITU(International Telecommunication Union), based on environment of avionics system and requirements of a wired network, wireless network structures are defined to solve the problems of wired networks. In this paper, we consider features, advantages and disadvantages of wireless communication technologies which can be used for wireless avionics network, and we propose suitable wireless communication technology candidates for wireless avionics networks in WAIC environments.

1. 서론

항공기 및 전투기는 최신기술이 적용된 최첨단 기

계이며, 극심한 환경 변화를 극복하기 위해 가장 안전한 부품과 구성요소들을 사용한다. 이와 함께 모든 종류의 고장들을 예방, 탐지, 예측하고 결과적으로는 고

※ 본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신산업진흥원의 “창조ICT융합인재양성사업”(IITP-2016-H8601-15-1011) 및 한국연구재단의 금오공과대학교 BK21+ 사업으로 수행된 연구결과임.

♦ First Author : Department of IT Convergence Engineering, Kumoh National Institute of Technology, silverko23@kumoh.ac.kr, 학생회원

° Corresponding Author : Department of Electronic Engineering, Kumoh National Institute of Technology, dskim@kumoh.ac.kr, 정회원

* Department of Electronic Engineering, Kumoh National Institute of Technology, dahem91@kumoh.ac.kr, 학생회원

** ICT Convergence Research Center, Kumoh National Institute of Technology, ljmpaul@kumoh.ac.kr, 정회원

논문번호 : KICS2016-08-233, Received August 31, 2016; Revised November 21, 2016; Accepted December 7, 2016

장을 제거하는 신뢰성 있는 네트워크기반 관리 시스템을 사용한다¹⁻³⁾.

항공기의 기내 관리 시스템은 기내 시스템 동작 전체를 관리한다. 기존의 시스템은 모든 장비가 유선 통신망을 통해 연결되어 있으며 독점적 인터페이스 및 프로토콜들이 사용된다. 또한 최근에는 사용자들의 요구사항이 늘어남에 따라 좌석별 개인 정보 제공, 주문형 비디오 제공 등 다양한 추가 서비스를 제공하기 위한 시스템의 확장을 필요로 한다. 하지만 시스템의 확장은 비행기 무게 증가로 이어지며 이는 효율을 떨어뜨리는 결과로 이어진다. 또한 이러한 이유로 기존의 유선 통신네트워크는 항공기용 네트워크의 요구조건을 만족하지만 많은 양의 전선과 연결 장치로 인한 설치 및 관리 비용이 증가한다. 유선 네트워크를 구성하기 위해서는 많은 케이블이 복잡하게 연결되어 설치 및 유지보수 시 케이블짚이 올바르게 연결되지 않는 문제점이 발생하기 때문이다. 이러한 문제를 해결하기 위해 국제민간항공기구(International Civil Aviation Organization, ICAO) 및 국제전기통신연합(International Telecommunication Union, ITU)은 현재 WAIC(Wireless Avionics Intra-Communication) 기술표준 및 주파수 등을 연구 중에 있다. 특히 항공기내 전파간섭 영향들을 신중히 검토 중이며 실내에서 많이 사용되고 있는 무선 랜과 유사한 형태의 기술이지만 전파와 간섭영향 등을 고려하여 22GHz 대 주파수보다 높은 대역의 전파이용기술이 연구되었다^{4,5)}. 이후 2015년 ITU에서 4.2GHz ~ 4.4GHz 대역을 항공 전자 장비 간 통신주파수로 할당하였다⁶⁾. 하지만, 향후 항공기 요구사항을 고려하여 5GHz 대역의 무선망 기술과 22GHz 이상의 밀리미터파 무선망 기술 또한 연구될 필요성이 있다.

최근 이처럼 복잡한 기내 유선 네트워크 구조를 개선하기 위해 활발한 연구가 이루어지고 있는 산업용 무선 제어 네트워크 연구를 항공기 및 전투기 내부 네트워크에 적용하고자 하는 시도들이 진행되고 있다⁶⁻⁸⁾. 이러한 시도들을 통한 항공기용 시스템 내부의 무선 네트워크 구현은 디자인에서부터 생산, 유지, 점검 및 수리의 과정에서의 비용을 감소시킨다. 하지만 현재의 무선 통신망 기술들은 간섭 및 전파방해에 민감하며, 항공기 네트워크가 요구하는 신뢰성 및 실시간 통신 조건들에 만족하지 못하는 등의 문제점들이 산재해 있다. 특히 무선 통신에서는 잡음 및 간섭에 의한 성능 열화 문제가 발생하여 항공기 안전을 위협하는 요소가 된다. 따라서 항공기에 가장 적합한 무선 통신망을 개발하기 위하여, 항공기 잡음 및 간섭을 고

려한 통신망 기술을 선정해야 한다.

항공기 무선 네트워크에 적용 가능한 무선 통신망 기술로는 IEEE 802.15.3c 및 UWB와 같이 초 광대역 주파수를 사용하는 기술로 WAIC에서 분류한 항공기 내외부의 시스템들의 제어가 가능하다. 또한 기내에 탑재한 각각의 탑승객을 위한 서비스로 IEEE 802.11n IEEE 802.15 WPAN(Wireless Personal Area Networks)의 응용도 가능하다. 이러한 무선 통신망 기술들은 산업용 통신망, 센서 네트워크, 모바일 서비스, 사물인터넷(IoT), 홈 네트워크 서비스 등을 위해서 개발되었다. 이러한 기술들은 높은 데이터 전송률과 넓은 전송범위 등의 장점을 가지고 있지만 기존의 유선 항공기 네트워크와 비교했을 때 상대적으로 안정성 및 보안과 같은 신뢰성을 만족 시키지는 못한다. 또한 성층권이상의 열악한 기후환경과 엔진주변의 잡음환경 등이 고려되지 않았다. 이러한 기존의 무선 통신망 기술들의 장단점을 분석하기 위해서 WAIC에서 제안한 무선네트워크의 요구사항을 바탕으로 적합한 기술의 적용이 필요하다.

본 논문은 다음과 같이 구성되어있다. II절에서는 기존의 유선 통신망이 가지는 문제점에 대해서 언급하며, III절에서는 항공기용 네트워크를 위한 기술과 요구사항들을 알아본다. IV절에서는 항공기 무선네트워크를 위한 요구사항을 기반으로 무선 통신망 기술들의 특성을 파악한 후 V절에서 결론을 맺는다.

II. 관련 연구 및 문제점 분석

2.1 유선 항공기 네트워크 기술의 문제점 분석

대표적인 항공기 기종인 A380, A400M, A350의 네트워크 구조는 엔드시스템을 서로 연결하기 위해 AFDX(Avionics Full Duplex Switched Ethernet)을 이용하여 높은 데이터 전송률을 가진 유선의 백본 네트워크로 구성되어있다. 또한 ARINC429, MIL -

표 1. 대표적인 유선 항공기 네트워크 기술
Table 1. Wired aircraft network technology.

	ARINC429	MIL-STD 1553	AFDX
Data rate	0.1Mbps	1Mbps	100Mbps
Feature	Messages consist of 32bit	Messages consist of 32bit	Messages consist of 32bit
	point to multi-point	half duplex transmission	A full-duplex, Switched Ethernet
	multi-drop bus with up to 20 receivers	Remote Terminal, Bus Controller, Bus Monitor	Support exchanged data using VL(Virtual Link) and policing mechanisms

STD-1553, CAN같이 낮은 데이터 전송률을 제공하는 유선의 데이터 버스를 이용해 서브시스템들을 센서 및 액추에이터로 연결하고 있다. 표 1은 대표적인 유선 항공기 네트워크 기술의 특징들을 보여준다^{9,10}. 이러한 항공기의 유선 네트워크 시스템은 독립적 인터페이스 및 프로토콜들이 사용된다. 이렇게 구성된 기내 관리 시스템은 항공기내 시스템 동작의 모든 권한을 가지고 있다. 이러한 기존의 유선 통신 네트워크 구조로는 점점 빨라지는 기술에 따른 세대교체주기에 적응하기 힘들고 늘어나는 요구사항과 스펙을 만족시키기에는 한계가 있다. 또한 이러한 사용자들의 요구사항을 만족시키기 위해서는 장비 및 시스템의 추가는 불가피 하다. 이렇게 추가되는 및 장비들을 항공기 내부의 제한된 공간에 설치하기엔 한계가 있으며 그림 1에서 보여주는 것처럼 유선 통신망 구조의 복잡성의 증가는 기체의 무게를 증가시킬 뿐만 아니라 운송의 효율을 떨어트린다. 예를 들어 기존의 항공기 기종인 A380~800시리즈의 유선케이블설치 개수는 최대 100,000개에 육박하며 총 길이는 470km에 달한다. 그리고 항공기 운항에 있어서 유선 네트워크의 가장 중요한 문제점인 무게비중은 5,700kg에 달한다. 그리고 유선케이블 고정 및 설치를 위한 하네스 구조물 설치에 약 30%의 중량이 추가된다. 이러한 유선네트워크의 구조로 인해 많은 커넥터가 복잡하게 연결되어 설치 및 유지보수 시 케이블쌍이 올바르게 연결되지 않는 문제가 있으며 커넥터와 전선의 노후화로 인한

결함은 화재위험이나 오작동 등을 유발할 수 있다. 이는 작은 결함에서 막대한 피해를 줄 수 있으므로 높은 신뢰성을 요구하는 항공기 시스템에 적절하지 않다.

III. 무선 항공기 네트워크를 위한 WAIC표준의 요구사항

3.1 WAIC(Wireless Avionics Intra-Communication) 기술표준

2015년 세계전파회의(World Radiocommunication Conference, WRC) 항공분야 차기의제로 제안된 항공기 내부 무선 통신망 시스템은 단거리 무선 통신망을 이용한 항공기 내부 장비 간 정보교환을 기반으로 한다. 현재 국제민간항공기구(ICAO) 및 국제전기통신연합(ITU)에서는 항공기 무선네트워크의 기술표준 등을 연구 중에 있으며, 특히 항공기 내부의 전파간섭에 따른 영향들을 신중히 검토하고 있다. 항공기용 무선 네트워크는 최근 빌딩 오피스 등 실내에서 많이 사용되고 있는 무선 LAN과 유사한 형태의 기술이지만 전자파 간섭영향 등을 고려하여 안전한 전파를 이용한다는 차이점이 있다^{4,5}. 항공기 무선 시스템에서 항공기 동체 내부와 외부의 통신장비들은 무선 네트워크로 연결되어 데이터를 교환한다. 이 데이터는 기내에서 승무원이 사용하는 음성과 영상 데이터뿐만 아니라 조종사에게 무선으로 제공하는 비행 상태 정보도 포함한다¹¹.

항공기용 무선 통신망 시스템은 중형 항공기급(150~220인승) 유인 항공기를 기준으로 그림 2와 같이 LI(Low Inside), LO(Low Outside), HI(High Inside), HO(High Outside)의 세부 분류로 나뉘어 네트워크 구조와 무선통신 환경을 설명한다. 다양한 비행정보 내에서 10kbps 이하의 전송률을 요구하는 항공기 내부의 비행정보는 LI(Low Inside)로 분류되며 근접감지센서, 항공기 구조센서 등 조종을 위해 필요

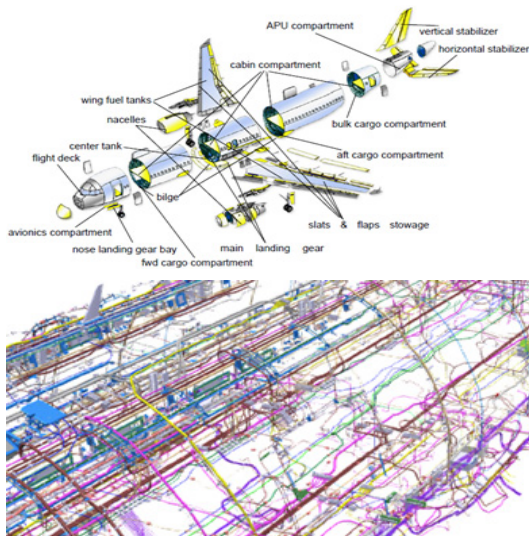


그림 1. 기존의 항공기를 구성하는 기능과 그에 따른 유선 네트워크의 복잡성
Fig. 1. Function of avionic system and complexity of wired aircraft network.

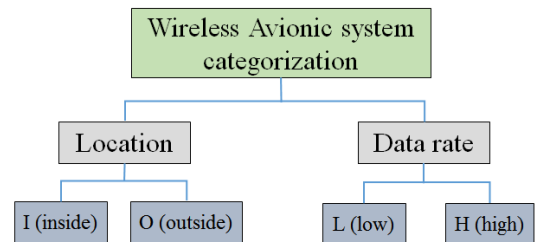


그림 2. WAIC에서 정의한 무선 항공기 내부 통신망 분류
Fig. 2. Categorization of WAIC system.

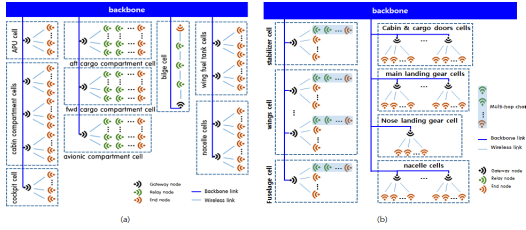


그림 3. WAIC의 네트워크 토폴로지 구조 (a) 항공기 내부 (b) 항공기 외부
 Fig. 3. Network topology of WAIC system (a) Inside of the aircraft (b) Outside of the aircraft.

한 외부 정보는 LO(Low Outside), 디지털 음성통신, 비디오카메라 영상통신과 같이 높은 데이터 전송률을 요구하는 비행정보는 HI(High Inside), 앞에 나온 3가지의 분류 이외에 높은 데이터 전송률을 가진 항공기 외부 감지센서 등은 HO(High Outside)로 분류되어 총 4가지 형태의 네트워크로 구성되고 이 네트워크를 통해 정보가 무선으로 조종석에 전달된다.

WAIC시스템은 이러한 분류를 통해 그림 3과 같이 항공기 내·외부에 사용되는 네트워크 토폴로지로 구성된다. 센서들의 연결에 사용되는 많은 수의 유선 케이블을 감소시키고 센서의 증가에도 효과적으로 대응하기 위하여 항공기의 각 기능에 맞게 구성된 센서, 액추에이터들은 무선으로 게이트웨이 노드와 연결하고 게이트웨이 노드들은 유선으로 연결한 후 백본 네트워크와 연결하는 구성으로 이루어져 있다. 항공기의 기능별 구역에 따라 토폴로지가 다르며 또한 비행기 내부, 외부에 따라 달라진다. 이는 구역별로 요구하는 성질이 다르기 때문에 각 구역에 따라 적합한 토폴로지를 사용하기 때문이다. 예를 들어 항공기 내부에서 작은 구역일 경우는 스타 토폴로지를 사용해도 문제가 되지 않지만 이보다 큰 구역의 경우에는 신뢰성과 데이터 속도간의 절충을 위해 멀티스타 토폴로지가 이용된다. 이때 항공기 동체 외부에 항공기내 무선 통신망(WAIC)을 접속하기 위해서는 각 부분에 맞는 전파 범위를 고려해야 한다.

3.2 무선 항공기 네트워크를 위한 WAIC 기술표준의 요구사항

앞서 보았듯이 WAIC표준은 항공기 내외부의 어플리케이션을 HI, HO, LI, LO로 분류 하였다. 항공기 무선 네트워크에 무선 통신망 기술을 적용하기 위해서는 이러한 분류의 기준이 되는 각각의 시스템의 요구사항에 따른 설계가 필수적일 것이다. WAIC에서는 어플리케이션별 요구사항을 표 2와같이 정의 하였다.

표 2. WAIC에서 분류한 모든 어플리케이션의 요구사항 스펙트럼
 Table 2. Requirement spectrum of categorized WAIC application.

WAIC application category	Low data rate Inside (LI)	Low data rate Outside (LO)	High data rate Inside (HI)	High data rate Outside (HO)
Application data rate in kbps (Peff)	394	856	18385	12300
Protocol overhead factor (α)	1.38	1.38	1.04	1.04
Channelization overhead factor (δ)	1.92	1.92	1.2	1.2
Multiple-aircraft factor (m)	1.0	1.7	1.0	2.9
Modulation efficiency bps per Hz (η)	0.096	0.096	0.723	0.723
WAIC Spectrum requirements MHz (F)	40	40	32	62

WAIC에서 제안한 표 2의 요구사항의 척도는 기존의 유선항공기 네트워크에서 요구하는 사항들의 최소 요구사항이다. 그러므로 실제 항공기 무선 네트워크가 적용되거나 차세대 항공기용 무선 네트워크를 구축할 때 향상된 성능이 요구될 가능성이 높으므로 최소한의 요구사항을 충분히 만족시킬 수 있는 무선 통신망 기술의 적용을 고려해야 할 것이다.

IV. 항공기 내부 무선 통신망 기술 및 고 신뢰성 네트워크의 요구사항

4.1 무선 통신망기술 후보

본 장에서는 항공기 내부 무선 네트워크에 적용 가능한 무선 통신기술들을 알아본다. 또한 각각의 장단

표 3. 항공기 네트워크에 적용 가능한 무선통신 기술 후보의 성능 비교
 Table 3. Comparison of wireless communication technology for avionic networks.

System	IEEE 802.11n	UWB	ECMA-368	IEEE 802.15.3c
Frequency	2.4, 5GHz	3.1-10.6 GHz	3.1-10.6 GHz	57-64 GHz 59-66 GHz 57-66 GHz
Bandwidth	20, 40Mhz	≥ 500MHz	500-7680MHz	7GHz
Maximum data rate	600Mbps	100, 200, 480Mbps	53.3-480Mbps	3000Mbps
Maximum transmission range	~70m	~10m	~10m	~20m
Channel access method	DCF(CSMA/CA), CF(Polling)	TDMA or CSMA	TDMA or CSMA	TDMA
Modulation	BPSK/ QPSK/ 16, 64QAM	DSSS/ OFDM	QPSK/ DCM/ MB-OFDM	OFDM/SC-FDE

점을 분석하여 WAIC 표준에 따른 항공기 무선 네트워크의 환경에 최적화시킬 수 있는 무선 통신망 기술들을 알아본다¹¹²⁻¹⁴¹. 표 3은 항공기용 무선 네트워크에 적용 가능한 대표적 무선 통신망 기술들의 성능을 보여준다.

4.1.1 IEEE 802.11

IEEE 802.11은 900MHz, 2.4, 3.6, 5, 그리고 60GHz 대역에서 통신하는 Wireless Local Area Network(WLAN)에 적합한 프로토콜이다. 표 4는 IEEE 802.11 시리즈 중 대표적인 버전을 비교하여 나타내었다.

IEEE 802.11a, IEEE 802.11b, IEEE 802.11g는 100Mbps 보다 낮은 전송 속도를 보여주고 있으며 최근 장거리 무선 통신으로 각광을 받고 있는 IEEE 802.11ah 는 낮은 전송 속도를 가지며 1GHz 미만의 대역폭을 사용하기 때문에 GHz대역의 고속 통신을 고려하는 항공기용 무선 통신에 적용하는데 무리가 있다.

IEEE 802.11n은 이전 시리즈와는 다르게 Multiple Input Multiple Output(MIMO)를 적용하여 전송 속도를 600Mbps까지 증가시켜 널리 쓰이고 있다. 또한 기존의 산업 및 통신 분야에 널리 쓰이고 있으므로 성능 및 신뢰성이 검증이 되어있다고 할 수 있다. IEEE 802.11n의 기본적인 특성은 항공기용 무선네트워크의 성능에 대한 요구사항인 속도와 거리, 신뢰성 등을 만족시키며 단거리 무선통신 기술 중에서는 가장 긴 최대전송거리를 가지고 있다.

IEEE 802.11ac는 Multi-User Multiple Input Multiple Output(MU-MIMO)를 지원하여 무선통신에서의 신뢰성, 범위 그리고 커버리지가 향상 되었으며

전력 소모율도 적다는 장점이 있다. 하지만 IEEE 802.11ac는 80MHz의 넓은 채널 폭을 가지나 타 기술들과 비슷한 대역폭을 사용하므로 Wi-Fi 채널로부터의 RF간섭에 더 취약하다. 또한 80MHz 채널 폭은 타 시리즈와 비교하였을 때 최대 20MHz 채널을 4개 사용하는 것과 같기 때문에 DCS(Dynamic Channel Selection)를 사용하는 라우터들은 다른 채널을 선택하는 폭이 줄어드는 단점이 있다¹⁵¹.

종합적으로 볼 때 WAIC 에 적합한 무선 통신망으로 IEEE802.11이 ITU에서 채택한 4GHz대역에 유사한 5GHz 대역으로 PHY Layer가 유사하므로 가장 가능성이 높을 것으로 예상된다. 하지만 MAC Layer가 CSMA/CA방식을 사용하기 때문에 실시간성 보장이 어려우므로 이에 대한 보완이 필요하다.

4.1.2 UWB(Ultra Wide Band)

UWB(Ultra Wide Band)는 광범위한 주파수 대역에서 운용이 가능한 기술로써 타 기술들에 비해 낮은 스펙트럼 밀도의 신호 수신이 가능하여 과거의 미군에서 지뢰 탐지 및 벽 투시용 등으로 사용될 정도로 높은 투과력을 가진다. 또한 이중의 통신망을 동시에 사용할 때 간섭에 대한 피해를 줄일 수 있다. 이는 복잡한 장비 등으로 구성된 항공기 내부 네트워크 환경에 큰 장점을 가지고 있다. 다만 다소 짧은 전송거리를 가지고 있으며 허용범위를 초과하게 되면 신뢰성이 급격하므로 신뢰성 유지를 위해 최대전송거리 보다 짧은 범위 내에서 사용되도록 권장된다. 따라서 가용범위 내에서의 신뢰성은 항공기용 무선네트워크 시스템에 적합하다고 할 수 있다. 또한 타 통신망에 주는 영향이 적다는 장점이 있으며 높은 투과력으로 항공기 내부의 복잡한 구조를 극복하기에 유리하다. UWB의 이러한 이점을 이용하기 위해 IEEE 802.15.3a, IEEE 802.15.4a 등 다양한 프로토콜들이 있으며 기존의 프로토콜을 더 효율적으로 이용하기 위해 새로운 프로토콜 또한 제안되고 있다¹¹⁶⁻¹⁸¹.

4.1.3 ECMA-368

ECMA-368 역시 항공기용 무선 네트워크를 구성하기 위한 유력한 통신망 기술 중의 하나이다. ECMA-368는 WiMedia 규격의 고속 근거리 무선통신으로서 UWB를 기반으로 하여 UWB와 비슷한 특성을 띠고 있으며 차세대 통신방식으로 각광 받고 있다. 초고속 근거리 무선통신으로 AV 스트리밍 및 도킹장치 등에 사용되고 있다. CSMA/CA방식을 사용하여 가용성이 높지만 타이밍 정확도와 신뢰성이 낮다

표 4. IEEE 802.11 버전별 특성 비교
Table 4. Specification of IEEE 802.11.

	802.11a	802.11b	802.11g	802.11n	802.11ac	802.11ah
Operation frequency (GHz)	5	2.4	2.4	2.4 / 5	5	0.9
Modulation	OFDM	DSSS/CK	DSSS/OFDM	MIMO-OFDM	MIMO-OFDM	SC/-OFDM
Higher order modulation	64QAM	CCK	64QAM	64QAM	256 QAM	256 QAM
Channel bandwidth (MHz)	20	20	20	20, 40	20, 40, 80, 80+, 160	1, 2, 4, 8, 16
Maximum Speed (Mbps)	54	11	54	600	6,933	40
Range	35m	35m	70m	70m	35m	1km

는 단점이 있다. 이는 항공기를 운항함에 있어서 우선 시되는 신뢰성을 만족시키기 위해 다소 무리가 있지만 성능 개선을 통하여 신뢰성을 향상시켜 항공기 무선 네트워크에 적용 가능할 수 있기 때문에 배제할 수 없다. 또한 항공기 네트워크에서 상대적으로 높지 않은 신뢰성을 요구하는 승객용 인포테인먼트 시스템에는 적용이 가능하다.

4.1.4 IEEE 802.15.3

IEEE 802.15 WG 산하에 존재하는 표준은 IEEE 802.15.1부터 IEEE 802.15.10까지 있으며 Bluetooth, 메쉬 네트워킹, BAN(Body Area Networks)등이 있으며 주로 근거리 WPAN(Wireless Personal Area Networks) 서비스를 제공하는 무선통신 표준이다¹⁹⁾.

IEEE 802.15.3c는 2005년 발표된 IEEE 802.15.3 표준을 60GHz대역에서 2Gbps 이상을 지원하도록 개정된 차세대 무선통신 표준으로 초고속 비압축 무선 전송 기술이다. 넓은 대역폭 사용이 가능하며 점대점 통신으로 보안성이 높아 국가 정보기관과 군사용 위성통신에 사용이 되었다. 또한 높은 데이터 전송률을 얻을 수 있고 직진성이 강한 특성으로 주변 환경의 간섭에 의한 영향을 적게 받는다. 반면에 공기 중의 산소분자에 의한 감쇄현상이 심각하기 때문에 통신거리가 짧고 가시거리(LoS)와 방향성을 고려해야 하는 이유로 항공기 네트워크 구성 시 가장 큰 단점이 될 수 있다²⁰⁾. IEEE 802.15.3c는 사용가능한 대역폭이 넓고 보안성이 높으나 심각한 감쇄와 가시거리에 따른 품질의 저하가 우려된다. 하지만 이와 같은 단점을 극복할 수 있다면 앞서 소개한 기술들에 비해 적용가능성이 높으므로 지속적인 성능개선이 요구된다.

밀리미터파 통신을 종합적으로 볼 때, IEEE

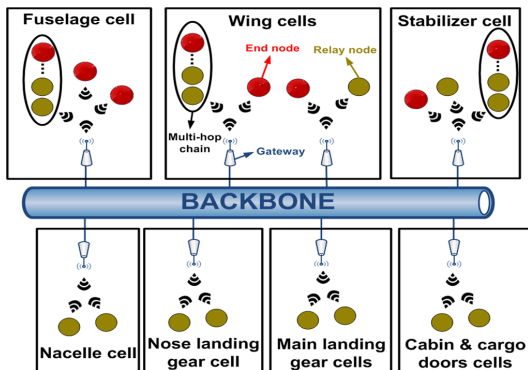


그림 4. 항공기 동체내부에 장착되는 WAIC 시스템 네트워크 구조
Fig. 4. Network structure of categorized cells in WAIC system.

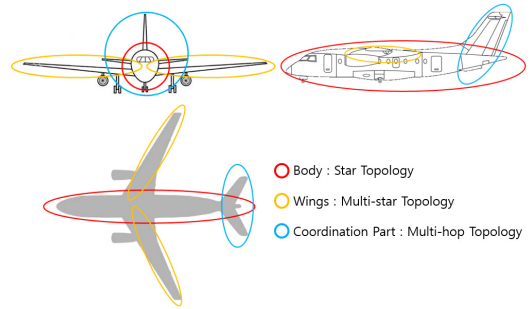


그림 5. 항공기 동체외부에 장착되는 WAIC 시스템 내 무선 토폴로지
Fig. 5. Wireless network topology of WAIC system.

802.15.3c나 ECMA-368은 PHY Layer의 차이가 크지만 MAC Layer에서 실시간성 보장이 되고 전송 속도가 크기 때문에 향후 증대 되는 요구 사항을 고려할 경우의 적용 가능성을 배제할 수 없다.

4.2 WAIC표준에 따라 요구되는 무선 항공기 네트워크 구조 및 요구사항 분석

앞서 항공기 무선네트워크를 위한 각각의 무선 통신망 후보 기술들의 장단점을 비교해 보았다. 이와 같은 기술들을 항공기 무선 네트워크에 적용하기 위해서는 우선적으로 신뢰성과 안전성이 가장 중요한 우선순위가 된다. 또한 WAIC표준제안에 따라 분류된 어플리케이션의 분류에 따라 요구되는 네트워크 구조를 고려해야 한다. 그림 4는 WAIC 표준을 기반한 네트워크 구조를 보여준다. 조종석과 같은 협소한 공간의 경우에는 스타토폴로지 구조의 채용이 용이하다. 객실이나 화물칸처럼 넓은 공간을 차지하는 네트워크의 경우는 링 신뢰성과 데이터 전송률 간 절충을 위해 멀티 스타 토폴로지 구조의 적용이 유리하다. 항공 전자 장비가 탑재된 구역에는 전파의 심각한 산란과 감쇄가 예상되므로 멀티 홉 토폴로지 구조를 통한 네트워크 구성으로 신뢰성의 저하를 줄일 수 있다. 그림 5은 항공기 외부동체에 설치된 셀의 위치와 전파영역을 보여준다. 크게 몸체, 날개, 조종면의 세 가지 영역으로 분류하여 각각의 통신 범위 및 구조를 고려하여 네트워크를 구성하도록 해야 한다. 이러한 분류는 단순히 데이터전송량과 항공기 내·외부만을 고려하였다. 하지만 추가적으로 심각한 감쇄가 예상되는 날개 및 엔진, 조종실과 객실사이의 장애물, 착륙기어, 동체 외부의 송수신기 등 위치별 사용 목적이 뚜렷한 항공기 환경에 맞게 채널의 특성을 고려할 필요가 있다²¹⁾.

그림 6은 IEEE 802.15.3c 및 UWB 기술을 적용한 항공기내 무선 통신망 구조도를 보여준다. 이처럼 차

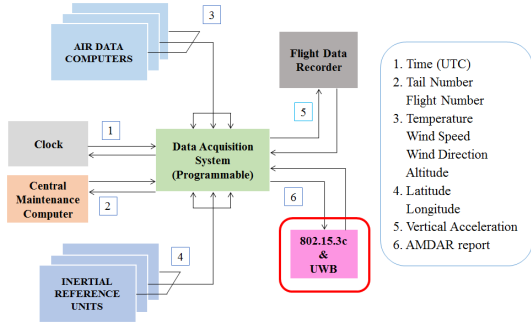


그림 6. IEEE 802.15.3c/UWB망 기술을 적용한 항공기내 무선 통신망 구조도
 Fig. 6. Avionic network structure for IEEE 802.15.3c and UWB.

세대 항공기용 무선 네트워크 시스템에서는 이미지 및 영상 스트리밍 서비스와 같은 높은 전송률을 요구하는 기술의 접목이 필수적일 것이다. 앞서 살펴본 무선 통신망기술들의 비교처럼 60GHz 대역을 사용하는 기술인 IEEE 802.15.3c, UWB와 같은 기술들은 가시거리 조건을 충족시키기 위해 최적화된 안테나의 위치선택이 중요하다.

이처럼 항공기 네트워크에 최적화 되지 않은 기술들의 적용을 위해서는 추가적인 고려사항이 필요하다. 먼저 기존의 유선네트워크 환경과는 달리 무선 네트워크 환경은 외부간섭과 전투기의 경우 EMP공격 등에 대비하기 위해 EMI/EMC테스트를 통하여 전자파 간섭에 영향을 최소화 하거나 전자파 간섭에 강건한 프로토콜을 선정해야 한다. 두 번째로 낮은 오류율을 유지해야한다. 특히 항공기용 네트워크에서는 작은 오류가 안전사고로 직결된다. 기존의 유선 항공기 네트워크에서는 10⁻⁹의 오류율을 지니지만 기존의 무선 네트워크 기술의 오류율은 유선 네트워크에 비해 상대적으로 높다. 따라서 기존의 무선 통신망 기술로 구현 가능한 최저 오류율인 10⁻⁵정도의 오류율을 만족시켜야 한다. 세 번째로 고장감지 기법과 복구 알고리즘 등을 통해 신뢰성을 확보함과 동시에 실시간성을 만족하여야 한다^[22]. 또한 기존의 항공기용 유선 네트워크는 고장에 대비하기 위해 이중화 또는 삼중화로 네트워크를 구성하고 있다. 무선 네트워크구성 또한 이와 같은 이중화 네트워크를 구성할 수 있으며 유선네트워크에 비해 높은 유연성을 가지므로 삼중화 이상의 보조 네트워크를 구성이 가능하다. 마지막으로 항공기용 무선 네트워크구조의 특성상 항공기 내부에 구성되는 환경이다. 고로 장비 및 벽으로 인해 가시거리 확보가 힘들기 때문에 투과력이 높은 특성을 가진 통신망

기술의 적용가능성이 높다.

V. 결 론

본 논문에서는 항공기용 무선네트워크의 적용 가능 여부를 판단하기 위해 고려해야할 사항들에 대해 연구 하였으며, 항공기용 무선네트워크 적용은 기존의 유선네트워크의 단점이 되었던 항공기 무게, 유지보수의 단점 등을 보완 할 수 있음을 설명하였다. 그리고 항공기용 무선네트워크 시스템을 구성하기위한 기존의 무선 통신망 기술을 적용하기 위해서 WAIC에서 제안한 표준을 통해 항공기 무선네트워크 환경을 고려했다. 이를 위해 기존의 무선 통신망 기술들 중에서 항공기 환경에 적용하기 적합한 무선네트워크 기술의 선별을 위해 요구사항을 조사했다. 항공기용 무선 네트워크를 위한 무선 통신망 기술의 선정을 위한 요구사항으로는 시스템의 안전성과 신뢰성이 가장 중요한 사항이며 데이터전송률, 전파특성, 채널특성, 전송범위 등의 성능을 종합적으로 판단해야 한다. 또한 실제 항공기 네트워크에 적용하기 위해 선별한 기술의 최적화 및 성능향상을 통하여 항공기 네트워크 요구사항을 만족시킬 수 있도록 개선이 필요하다. 따라서 상대적으로 넓은 주파수 대역폭을 사용하며 주변 전파 환경의 간섭에 강경하고 안정적인 성능을 꾸준히 유지하는 무선 통신망 기술의 선정이 필요하다.

현재까지 진행된 표준 연구에서 보았을 때 WAIC에 적합한 무선 통신망으로 IEEE 802.11이 가장 유력하나 향후 요구사항을 고려했을 때 IEEE 802.15.3c, UWB, ECMA-368도 추가적으로 고려해볼 필요성이 있다. 따라서 향후 4GHz 대역에 적합한 PHY Layer 뿐만 아니라 실시간성이 보장되는 MAC Layer 가진 새로운 무선 통신망 제안도 고려해볼 필요가 있다.

향후 연구로는 항공기 구조들을 세분화 하여 각각의 네트워크 조건에 따른 시뮬레이션을 통하여 항공기용 무선네트워크 시스템에서 통신망 기술들의 실시간성을 판단할 것이다. 이를 위해 Delay 및 데이터 처리량 등 각각의 통신망 기술의 장단점을 확인할 필요가 있으며 항공기용 무선 네트워크 실제 적용을 위해 신뢰성을 만족하는 내부 프로토콜 설계와 EMI/EMC 테스트 표준 연구를 통하여 기존 무선 통신망 기술들을 개선하기 위한 연구가 필요할 것이다.

References

- [1] D.-S. Kim, "Embedded system based on network," *Korean Studies Information*, pp. 22-167, 2012.
- [2] D.-S. Kim, *Military/Industrial Convergence Real-time Networks*, Haksan media, pp. 18-189, 2014.
- [3] D.-K. Dang, A. Mifdaoui, T. Gayraud, "Design and analysis of UWB-based network for reliable and timely communications in safety-critical avionics," in *Proc. IEEE WFCS*, pp. 1-10, Toulouse, France, May 2014.
- [4] Report ITU-R M.2197, *Technical characteristics and operational objectives of wireless avionics intra-communications (WAIC)*, Nov. 2010.
- [5] Report ITU-R M.2283-0, *Technical characteristics and spectrum requirements of wireless avionics intra-communications systems to support their safe operation*, Nov. 2013.
- [6] Report ITU-R M.2319-0, *Compatibility analysis between wireless avionic intra-communication systems and systems in the existing services in the frequency band 4 200-4 400 MHz*, Nov. 2014.
- [7] Andrew Swartza, et al., "Hybrid wireless hull monitoring system for naval combat vessels," *Structure and Infrastructure Eng.*, vol. 8, no. 7, pp. 621-638, 2012.
- [8] Dinh-Khanh Dang, A. Mifdaoui, and T. Gayraud "Fly-by-wireless for next generation aircraft: Challenges and potential solutions," *2012 IFIP Wireless days*, pp. 21-23, Dublin, Ireland, Nov. 2012.
- [9] A. Basu, et al., "Verification of an AFDX infrastructure using simulations and probabilities," *Runtime Verification*, pp. 330-344, St. Julians, Malta, Nov. 2010.
- [10] IEEE Computer Society, *P802.11- Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications*, 2010.
- [11] F. Leipold, D. Tassetto, and S. Bovelli, "Wireless in-cabin communication for aircraft infrastructure," *Telecommun. Syst.*, vol. 52, no. 2, pp. 1211-1232, Feb. 2013.
- [12] IEEE Computer Society, *IEEE std 802.15.3: Wireless Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) Specifications for High Rate Wireless Personal Area Networks (WPANs)*, 2003.
- [13] ECMA International, *Standard ECMA-368*, 3rd Ed., Dec. 2008.
- [14] IEEE Computer Society, *IEEE std 802.15.3c: Wireless Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) Specifications for High Rate Wireless Personal Area Networks (WPANs)*, 2009.
- [15] S. N. Kelkar, "A survey and performance analysis of IEEE802.11ac wifi networking," *Int. J. Comput. Sci. and Inf. Technol. Res.*, vol. 3, no. 2, pp. 808-814, Apr. 2015.
- [16] X. S. Shen, et al., "Medium access control in ultra-wideband wireless networks," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 54, no. 5, pp. 1678-1683, Sept. 2005.
- [17] S. Bali, et al., "Performance of three routing protocols in UWB ad hoc network deployed in an industrial application," *2007 IEEE Globecom Wkshp.*, pp. 1-9, Washington, DC, USA, Nov. 2007.
- [18] M. S. I. M. Zin, et al., "A review of UWB MAC protocols," *AICT 2010*, pp. 526-534, Barcelona, Spain, May 2010.
- [19] S. Kim, "IEEE 802.15 WPAN standard trend," *J. KICS*, vol. 32, no. 3, pp. 85-93, Feb. 2015.
- [20] D. T. Nguyen, et al., "A hybrid TDMA protocol based ultra-wide band for in-car wireless communication," *2009 IEEE Region 10 Conf.(TENCON 2009)*, pp 1-7, Singapore, Jan. 2009.
- [21] M. Cho, et al., "Link performance analysis for intra-aircraft wireless communications in 4.4GHz," *J. KICS*, vol. 20, no. 7, pp. 1243-1246, Jul. 2016.
- [22] T. Yang, et al., "Reliable real-time data dissemination protocol in wireless sensor networks," *J. KICS*, vol. 40, no. 8, pp. 1567-1576, Aug. 2015.

안 승 표 (Seung-Pyo Ahn)



2013년 8월 : 금오공과대학교
전자공학부 졸업
2016년 8월 : 금오공과대학교
전자공학과 석사 졸업
2016년 9월~현재 : 금오공과대학
교 IT융복합공학과 박사과정
<관심분야> 실시간 네트워크,
산업용 통신망, 항공기 네트워크

김 동 성 (Dong-Seong Kim)



1992년 2월 : 한양대학교 전자
공학과 졸업
2003년 3월 : 서울대학교 전기
및 컴퓨터공학부 박사졸업
2004년 : Cornell 대학교 ECE
박사 후 연구원
2004년 3월~현재 : 금오공대 전
자공학부 정교수

2014년 6월~현재 : ICT 융합특성화연구센터 센터장
/ kit융합기술원 원장

2014년 9월~현재 : IEEE/ACM Senior 회원

2016년 9월~현재 : 국방부 CIO 자문위원

<관심분야> 국방/산업용 제어 통신망, 실시간 임베
디드 시스템, 유무선 실시간 통신망

김 다 혜 (Da-Hye Kim)



2015년 2월 : 금오공과대학교
전자공학부 졸업
2016년 3월~현재 : 금오공과대
학교 전자공학과 석사과정
<관심분야> 실시간 시스템, 기상
화 시스템, 항공기 네트워크

이 재 민 (Jae-Min Lee)



1997년 : 경북대학교 전자공학
과 학부 졸업
1999년 : 경북대학교 전자공학
과 석사졸업
2005년 : 서울대학교 전기 및
컴퓨터공학부 박사졸업
2004년~2016년 : 삼성전자 수
석연구원

2016년~현재 : 금오공과대학교 ICT융합특성화 연구
센터 산학협력중점교수

<관심분야> 실시간 통신망, 무선 통신망 성능 분석,
TRIZ