

## 민간항공용 데이터링크 기술동향

글/배 중 원 jwbae@kari.re.kr, 김 태 식, 전 향 식, 남 기 욱

한국항공우주연구원 항공사업단 차세대 항행팀

### 초 록

국제민간항공기구(ICAO)의 차세대 항행시스템(new CNS/ATM) 전환계획에 따라 전 세계적으로 항공통신, 항법, 감시 및 항공교통관리 분야의 항행안전시설과 대응되는 항공기 탑재시스템의 변화가 진행되고 있다. 특히 항공통신과 감시 분야에서는 공대지 데이터링크 기술을 활용한 새로운 항공교통서비스(CPDLC, ADS, ADS-B, FIS-B, TIS-B)가 도입되어 공역 처리능력을 제고하고 항공운항 안전에 기여하며 조종사와 관제사의 편의성을 대폭 향상시킬 것으로 기대되고 있다. 현재 민간항공에서 활발히 이용되고 있는 대표적인 데이터링크 기술인 ACARS 시스템은 국제민간항공기구가 표준화하여 제정한 VDL 기술로 대체되고 있으며 HFDL, Mode S, AMSS, UAT 등이 현재 가용한 데이터링크 기술로 개발되어 활용되고 있다. 미국과 유럽을 중심으로 관련 기술에 대한 검증과 시범 운용 사업이 활발하게 진행되고 있으며 2020년 이후를 대비한 미래 항공통신 신기술 연구에도 세계가 매진하고 있다.

본 논문에서는 현재까지 개발된 공대지 데이터링크 기술의 특성을 개관하고 관련 응용기술 구현 현황과 데이터링크 관련 세계의 미래 통신기술 연구 동향을 제시하고자 한다.

주제어 : 데이터링크, 항공통신, VDL, HFDL, Mode S, AMSS, UAT

### 1. 서 론

IT 기술, 특히 유무선 네트워크와 통신기술 분야의 눈부신 발전에 비해 항공통신기술 분야에 관한 국내 기술 연구는 초라한 수준이다. 이는 국내 통신 분야 기반기술이나 인력의 부족이 원인이 아니라 안전과 신뢰성이 무엇보다 중요한 항공기술의 특수성 및 보수성, 항공선진국들의 기술 선점, 국내 항공시장의 미약함 등을 주요 원인으로 들 수 있다.

이런 가운데 최근 들어 기술 컨버전스의 영향이 항공 전 분야에 빠른 속도로 파급되고 있으며, 특히 항공전자 및 항행시설 분야에 일반 상업용 제품

(COTS) 기술 도입과 IT 기술 접목 현상이 두드러지고 있다.

항공통신 분야는 활용분야와 목적에 따라 항공교통관제통신(ATC), 항공운항관리통신(AOC), 항공행정통신(AAC), 항공승객통신(APC)으로 분류할 수 있다. 그동안 항공통신은 아날로그 음성통신에 의존하고 있었고 현재에도 항공교통관제(Air Traffic Control) 업무의 중심에는 조종사와 관제사의 음성 교신이 매우 중요한 수단으로 활용되고 있다.

아직도 대부분의 항공통신서비스는 음성통신이 위주가 되고 있지만 사실 오래전부터 항공통신 분야에도 데이터통신 기술이 활용되어 왔다. 1978년 ARINC사는 최초로 민간항공사(airline)의 항공

운항관리통신(AOC) 용도로 VHF 대역을 이용한 ACARS 서비스를 제공하기 시작하였다. ACARS는 텍스트 기반의 공대지 항공용 메시지 전송 서비스로써, 현재 VHF 대역을 이용한 항공이동통신과 정지케도 통신위성을 이용한 서비스를 항공기의 비행 전 영역에서 제공하고 있다.

표 1은 민항기가 ACARS를 통해 항공사의 중앙운영센터(Airline Operational Center)로 자동 전송하는 OOOI(Out, Off, On, In) 메시지를 설명하고 있으며, 그림 1과 같은 자유 구문(Free Text) 메시지의 송수신도 가능하다.

표 1. ACARS를 통한 OOOI 메시지의 종류와 내용 설명

Movement	Event	Message Contents
Out	Leaving gate or parking position	Out time
Off	Take off	Off time
On	Touch down	On time
In	Arrival at gate or parking	In time
Return-to-gate	Returns to gate after Out event	Return time
Touch-and-go	Takes off immediately after landing	T&G time

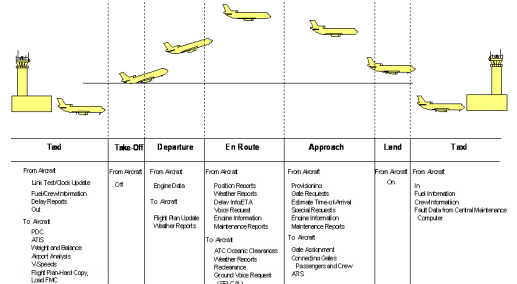
```
.HL7497 ---- KE0235    15AUG04 0154Z
PRINTER MSG
.SELOZKE 150151
AGM
AN HL7497/MA 001A
- FOOTBALL INFO
..KOREA WON
KOREA 1 : MEXICO 0
GOAL : KIM JEONG WOO AT THE FIRST HALF 16 MI
B.RGDS/DISP KIM JH
```

자료 : <http://www.realflight.net>

그림 1. ACARS Free Text Message의 예

ARINC의 성공 이후 SITA가 1985년부터 VHF AIRCOM ACARS 서비스에 뛰어 들게 되었고, 전세계 대부분의 공역에서 서비스를 제공하는 업체(service provider)로써 양사가 제공하는 ACARS 서비스의 사용은 기하급수적으로 늘어나게 되었다. 1990년대 초 이미 대부분의 항공사들은 자사 항공

기와 항공사 중앙운영센터 사이의 항공운용관리통신을 위해 대부분의 항공기에 ACARS 장비를 장착하게 된다.



자료 : Data Link Communications, ARINC, 2002년

그림 2. 비행단계별 ACARS 서비스

항공운항관리통신(AOC)에서 비롯된 이러한 투자와 데이터링크에 관한 경험은 항공교통서비스 제공자인 항공교통관제기관에게도 관심과 자극이 되었으며, ACARS를 항공교통업무(ATS)에 활용하는 것을 모색하기에 이르렀다. 항공교통서비스 영역에서 현재 가장 보편적으로 운용중인 애플리케이션으로 PDC와 D-ATIS가 있으며 대부분 ARINC와 SITA가 제공하는 ACARS 무선통신망과 네트워크를 활용하고 있다.

그러나 낮은 데이터 전송률(2400 bps)과 같은 ACARS 기술의 한계로 항공교통업무에서의 본격적인 활용은 매우 제한적이며, 이에 따라 여전히 ACARS 서비스의 대부분(95%)은 항공사의 AOC 용도로 제한되고 있다.

항공통신 분야에서 데이터링크 기술의 효용성을 확인한 관련 기관들은 ACARS를 대체할 새로운 국제 공용의 표준 데이터링크 기술의 필요성을 공감하게 되었다. 이에 따라 기존 ACARS가 이용하는 항공이동통신 주파수 대역인 VHF 대역을 그대로 이용하는 새로운 VHF Digital Link (VDL) 기술들이 제안되었으며 국제민간항공기구(ICAO)의 기술표준(SARPs)으로 승인되었다.

또한 국제민간항공기구(ICAO)는 항공종합통신망(ATN)이 포괄하는 서브네트워크로 VDL 기술 뿐만 아니라 HF/DFL, Mode S, AMSS와 같은 데이터링크 기술을 항공종합통신망(ATN)과 연계된 표준기

술로 채택하였으며 이를 활용할 수 있는 관련 애플리케이션을 정의하여 회원국이 적극적으로 구축하여 사용할 것을 권장하고 있다.

데이터링크 기술은 항공통신 분야 뿐 아니라 ADS-B와 같은 감시용 애플리케이션 구현에 널리 활용될 차세대 CNS/ATM 환경의 핵심기술로 부각 되고 있다.

본문에서는 민간항공의 통신 및 감시 응용분야에 활용 가능한 데이터링크 기술의 특성과 관련 기술개발 동향에 관해 기술한다.

## 2. 민간항공용 데이터링크 기술

CPDLC, ADS, FIS-B 등 데이터링크 기반 항공 교통서비스 애플리케이션에 활용되는 현재까지 개발된 항공이동통신 기반의 민간항공용 데이터링크 기술에는 VDL, HF DL, Mode S, AMSS, UAT 등이 있다.

### 2.1 VDL 기술

항공이동통신용 초단파(VHF) 대역인 118.000MHz~136.975MHz 사이의 채널을 이용하는 VHF 통신은 항공교통관제(ATC), 항공운항관리(AOC) 통신에 사용되는 중요한 무선통신 수단으로 사용되고 있다. 하지만 VHF 대역을 이용한 무선통신의 경우 비교적 양호한 음성통화 품질에도 불구하고 통달거리가 가시거리(LOS)로 제한되는 문제와 제한된 채널수(25kHz 채널 폭 기준 760개)로 인해 이용가능한 주파수 자원이 한정되는 문제를 내포하고 있다.

VHF 대역에서의 주파수 자원문제는 특히 항공 교통량이 많고 공역이 밀집된 유럽과 미국에서 심각한 문제로 대두되었다. SP COM/OPS/95 회의에서 유럽지역 VHF 통신의 혼잡을 완화시키기 위한 단기 해법으로 8.33 kHz로의 채널 간격 축소를 결정하였다. 이 해법은 ICAO의 항공이동통신 기술패널인 AMCP(현재는 ACP로 변경)에서 개발되어 1996년부터 적용되었다. 1999년 10월 7일 유럽의 핵심 지역(오스트리아, 벨기에, 프랑스, 독일, 룩셈부르크, 네덜란드, 스위스)의 고고도 비행

정보구역(FIR/UIR) 안에서 처음으로 구현되었으며, 이곳에서는 현재 FL 245 이상에서 운용되거나 운용 가능한 모든 항공기는 필수적으로 8.33kHz 채널 지원 음성 통신장비를 탑재하도록 하고 있다. 8.33kHz 간격 사용은 추가로 19개 국가로 확대되었으며 이들 국가들은 예외 없이 2002년 10월 31부로 FL 245 이상에서는 8.33kHz 운용을 시작하였다. FL 245 이상 공역에서의 8.33 kHz 장비의 필수 탑재는 2002년 10월 이후 다른 유럽 국가들로 계속 확대되고 있다. 2002년 12월 ICAO EANPG/44 회의에서는 8.33kHz 운용을 낮은 공역으로 확장하기로 결정하였다. 이 결정에 따라 2006년 이후 ICAO EUR 지역에서 FL 195부터 시작하는 단계적인 구현 계획이 예견되고 있다.

1980년대 항공 산업에서는 AOC 음성 서비스를 보충하는 데이터 통신 시스템의 필요성을 인식하였다. 원래 운항관리용 톨로 고안되었던 VHF ACARS는 민간단체인 AEEC(Airlines Electronic Engineering Committee)에 의해 개발되었는데 항공기가 언제 출발하고 어느 때 정해진 게이트에 도착하는지를 알려 주기 위한 항공기와 지상국 간의 자동적인 메시지 전송을 위해 개발되었다. 민간 표준안으로 ARINC 규격서 618-5가 제정되었다.

### ACARS와 VDL Mode 1

ACARS 데이터 링크는 텍스트 기반 서비스로써, 공유된 25kHz 폭 채널 상에서 2.4kbits/sec의 전송률을 특징으로 한다. ACARS는 MSK(Minimum Shift Keying) 변조 방식을 사용하며 채널 접근 방식은 CSMA로 스펙트럼 효율성에 제한이 있다. ACARS 프로토콜은 ICAO 표준이 아니며 현재 대략 만여 대의 수송기와 상업용 항공기가 VHF 대역에서 운용되는 ACARS를 장착하고 있다.

국제민간항공기구(ICAO)는 비트 기반의 향상된 메시지 무결성을 제공하고 ATS에 적합한 VHF 대역의 데이터링크 시스템을 채택하기로 하고 ACARS 물리계층(변조 방식, 데이터 전송률과 채널 접근 프로토콜)에 근거한 VDL mode 1 기술을 개발하였다. 이 표준은 1996년에 적용가능하게 되었으나 후에 부속서 10에서 삭제되었다. 이유는 VHF Mode 1

의 구현 계획이 존재하지 않았고 반면에 더욱 높은 수준의 성능을 보유한 VDL Mode 2의 구현이 벌써 진행 중이었기 때문이었다.

**VDL Mode 2**

VDL Mode 2 기술은 Mode 1 기술을 개량한 것으로 데이터 전송률은 31.5kbps이며 D8PSK 변조 방식을 채택하고 있다. ATN 호환의 비트 기반 프로토콜로 ACARS와의 하위 호환성을 유지하기 위하여 ATN 비호환 인프라에서 사용되는 문자기반 메시지를 처리하는 방식(AOA)을 제공한다. 그러나 CSMA 채널접속을 사용하고 있기 때문에 교통량이 많은 공역에서 time critical 한 애플리케이션을 지원하는 데에 한계가 있으며 메시지 우선순위 처리나 전송 시간을 완벽히 보장할 수 없는 것이 단점으로 지적되고 있다. VDL Mode 2 기술은 136.975MHz 채널을 전세계 공통 채널(CSC)로 할당하고 있다. ICAO 표준안은 1997년 공표되었으며, 단기 전망으로 ACARS 기반 네트워크와 애플리케이션을 대체할 수단으로 VDL Mode 2 기술의 사용이 유력하다.

**VDL Mode 3**

VDL Mode 3 기술은 VDL 기술 중 유일하게 음성과 데이터 전송이 모두 가능하다. VDL Mode 3는 Mode 2와 동일한 물리계층을 사용하지만 TDMA 방식을 채택하고 있다. 25kHz 단위의 채널을 사용하며 한 프레임을 4개 혹은 3개의 슬롯으로 분할하여 vocoder를 이용한 디지털 음성과 데이터를 동시에 사용할 수 있도록 고안되었다. 다른 VDL 기술과 마찬가지로 ATN과 호환되는 서브네트워크이며 2001년 11월 ICAO 표준안이 공표되었다.

VDL Mode 3 기술은 VHF 음성통신에서 이미 8.33kHz로 채널폭을 축소하여 사용하기로 결정한 유럽에서는 관심이 없었으며 미국과 일본에서 주로 연구가 진행되었다.

유럽과 달리 미국은 음성채널의 혼잡을 VDL Mode 3 기술로 해결하기 위해 VDL Mode 3 기술 및 제품개발에 투자하였으나 VDL Mode 3 구축

과 통신 인프라 개선사업으로 의욕적으로 추진되던 구현사업인 NEXCOM 프로그램에서 VDL Mode 3 구축이 현재 잠정 중단된 것으로 알려져 있다.

표 2. VHF Digital Link 기술별 특징 비교

특성	ACARS	VDL M2	VDL M3	VDL M4
주파수 (MHz)	131.55	118-137	118-137	118-137
채널간격 (kHz)	25	25	25	25
변조방식	DSB-AM/MSK	D8PSK	D8PSK	GFSK
다중접속	CSMA	CSMA	TDMA (CSMA)	STDMA
데이터 전송률 (kbps)	2.4	31.5	31.5	19.2
디지털 음성 전송률 (kbps)	N/A	N/A	4.8	N/A
운용범위 (NM)	200	200	200	200
서비스	Data	Data	Data/Voice	Data
통신 서브넷	Air to Ground	Air to Ground	Air to Ground	Air to Ground Air to Air
응용 분야	AOC/ATC	AOC/ATC	ATC	ATC
비고			데이터 전용시 CSMA	감시용 우선

**VDL Mode 4**

VDL Mode 4 기술은 1980년대 말 스웨덴에서 최초로 개발되었다. VDL Mode 4는 초기에 CNS/ATM 애플리케이션의 항법 및 감시용 데이터링크를 목적으로 고안되었다. VDL Mode 4는 STDMA (Self-organizing TDMA) 기법과 GFSK 변조방식을 채택하고 있으며 19.2 kbps의 데이터 전송률을 지원한다. VDL Mode 4는 다른 감시용 데이터링크인 Mode S ES, UAT는 달리 데이터 전송률이 작아 다수의 채널을 사용하며, 이에 따라 기본적으로 2개의 전역신호채널(GSC) 이외에 이용 지역 및 애플리케이션 특성에 따른 별도 채널(region and local channel)이 요구된다. 주로 스웨덴을 중심으로 한 유럽에서 관련 기술에 대한 연구와 시범운영이 활발하며 ICAO 표준안은 2001년 11월 공표되었다.

VDL 기술은 VHF 대역을 이용하는 데이터링크

라는 공통성으로 모드별로 유사성과 차이점을 동시에 지니고 있다. 전술한 바와 같이 각 모드별 데이터링크는 용도에 따라 다르게 고안된 기술이며 구축을 원하는 CNS/ATM 애플리케이션에 따라 적합한 링크의 선정이 이루어져야 할 것으로 판단된다.

## 2.2 HF DL 기술

HF DL은 HF 대역을 이용한 데이터링크 기술이다. 항공용 이동통신서비스영역으로 할당된 2.85MHz - 22MHz 사이의 주파수 대역에서 3kHz 간격으로 서비스가 운용된다.

HF 음성통신은 장거리 항공이동통신 수단으로 오래전부터 이용되어 왔다. 대양과 오지(remote region)를 비행하는 항공기와 항공교통관제기관 사이의 ATS 음성 통신 교환을 지원하며 항공기와 항공사의 운항관리센터 간의 항공운항관리통신에도 사용된다. HF 음성통신은 수천 킬로미터까지의 장거리 통신이 가능하지만 태양 활동과 다른 자연 현상에 영향을 많이 받는다. 이로 인해 통달거리와 가독성이 유동적이며 어떤 주파수의 경우는 때에 따라 사용이 불가능하기도 하다. 일반적으로 이 시스템을 효과적으로 이용하기 위해서는 특수하게 훈련된 무선사(Radio operator)와 숙련된 조종사가 필요하다. HF 음성통신은 장거리 항공교통관제를 위한 통신링크로 아직까지 유지되고 있다.

1990년대 항공사 관련 산업에서는 HF 통신을 개선하기 위한 방법을 강구하였다. 군용 기술로 출발한 HF Data Link (HF DL)를 민간항공용으로 사용하기 위해 기술을 개선하고 HF 음성통신에서와 같은 주파수와 장비를 이용할 수 있게 하였다. HF DL은 SSB 디지털 변조 방식으로 3kHz 채널단위로 운용되며 2.4kbits/s까지의 처리량(throughput)을 제공한다. HF DL은 무선 주파수와 데이터 전송률에 따라 자동으로 적응/변화하는 프로토콜로 넓은 에러 감지 및 보정 알고리즘을 포함하기 때문에 HF 음성보다 전송 조건에 따른 민감도가 적다. HF DL 시스템은 ATN의 서브 네트워크로써 작동하도록 설계된 비트 기반 데이터 프로토콜을 사용한다. 또한 현재 항공사의 데이터 통신 인프라와 호환성을 갖게 하기 위하여 문자 기반의 ACARS 메시지를

지원하고 있다. HF DL의 평균 전송 지연값은 75초이고 95% 전송 보장의 경우 200초이다. 현재 AOC 용도로 전 세계적으로 사용되고 있다. 또한 북태평양과 북대서양 지역에서의 ATS 구현을 위한 사전 운용점검 시험에도 활용되고 있다. 통신위성 기술의 발전에 따라 HF 기술은 소멸될 것처럼 보이나 정지궤도 통신위성이 없는 지역이나 도달할 수 없는 극 지방에서 위성통신의 백업으로 사용될 가능성은 남아 있다.

HF DL에 대한 ICAO SARPs는 ACP에서 개발되었으며 1999년부터 적용되었다. 전 세계적인 상업용 서비스가 현재에도 가동 중이다.

## 2.3 AMSS 기술

항공위성통신서비스(AMSS)는 정지 위성을 이용하여 디지털 음성과 데이터 서비스를 제공하며 이동통신용 위성서비스 주파수 대역인 1545MHz-1555MHz와 1646.5MHz-1656.5MHz 사이의 UHF 주파수를 사용한다.

중요한 메시지의 안전성을 보장하기 위해 AMSS의 표준안에는 메시지에 우선권과 선점권을 주는 방식을 채택하고 있다.

AMSS는 항공종합통신망(ATN)의 서브네트워크의 일종으로 설계되었고 ACARS 메시지를 지원하고 있다. AMSS는 남태평양 지역에서 FANS-1/A를 통해 항공교통업무(ATS)를 지원하는데 사용되고 있으며, 평균 전송 지연값 요구사항으로 30초 이하를 명시하고 있다.

또한 북대서양 지역에서 ADS(ADS-C)로 경로점 waypoint) 보고가 가능한 항공기의 FANS-1/A 서비스를 지원하는데 활용되고 있다. AMSS의 디지털 음성 부분은 지상의 공중 전화 교환망(PSTN)과 ATS 음성 네트워크와 인터페이스 되고 항공승객통신(APC)과 항공교통업무통신(ATS) 및 항공운항관리통신(AOC)을 위한 고품질의 음성통화 서비스를 제공하도록 구성되었다. 몇몇 AMSS 통신 서비스 제공자들은 비상 상황과 비정상 항로 비행시 통신 수단으로 AMSS를 사용할 수는 방안을 제공하고 있다. 대략 3000대의 항공기가 위성 통신 시스템을 탑재하고 있으며 대부분은 항공승객통신용

으로 사용되고 있지만 ATS와 AOC용 음성통신이 가능하도록 되어 있다.

ICAO SARPs와 참고 자료는 1995년 최초 공표되었으며 2000년에 갱신이 완료된 상태이다.

Inmarsat 상업용 통신위성시스템은 AMSS를 지원하고 극지방을 제외한 대부분의 영역을 커버하고 있으며 또한 일본에서 MSAS 프로그램으로 발사된 MTSAT 위성이 태평양 지역에서 운영되고 있다.

## 2.4 Mode S 및 Extended Squitter 기술

SSR Mode S는 최신의 지상 기반 이차감시레이더(Second Surveillance Radar) 시스템 기술이다. SSR Mode A/C와 Mode S 감시 기능에 더하여, Mode S는 ATN 호환 서브네트워크로 정의되며 데이터링크 기능을 지원한다.

운용 주파수로 UHF 대역의 고정주파수 채널을 이용하며, 업링크(지상에서 항공기)로는 1030MHz, 다운링크(항공기에서 지상)로는 1090MHz를 사용한다. 확장 스쿼터(Extended Squitter)는 자동종속 감시기능(ADS-B)을 지원하고 ACAS를 강화하기 위해 설계된 Mode S 시스템의 추가적인 기능 확장으로 볼 수 있다. 확장 스쿼터는 항공기 위치, 속도, 식별 ID와 관련된 정보를 제공하는 일련의 방송 메시지로 구성된다. 또한 현재의 Mode S 데이터링크와 동일 포맷을 사용하고 Mode S의 다운링크 주파수인 1090MHz를 통해 운용된다.

1090MHz 채널을 통해 항공기가 방송하는 정보를 이용하는 Mode S 기반의 ADS-B 메시지는 Mode S 확장 스쿼터 포맷으로 구성된다. 확장 스쿼터 메시지는 112 비트 길이이며 이 중 24 비트는 패리티로 사용된다. 채널 접속방식은 랜덤하게 이루어지며 데이터 전송률은 약 1 Mbit/set이다. 확장 스쿼터 방식은 기존의 항공교통관제원격비콘 시스템(ATCRBS)과 Mode S 응답을 공유하게 된다. 이전의 Mode S 스쿼터는 56비트 길이의 메시지를 사용했기 때문에 여기에 확장(Extended)의 의미가 추가되었다.

SSR Mode S 기술표준(SARPs)은 1996년 국제 민간항공기구에 의해 승인 후 공표되었다. ADS-B

를 위한 확장 스쿼터 메시지 포맷과 전송률은 ICAO의 이차감시레이더 개선 및 충돌방지시스템 기술패널(SICASP)이 중심이 되어 RTCA 특별기술 위원회 186과 EUROCAE Working Group 51의 협조로 정의 되었다. RTCA와 EUROCAE는 2000년에 각 기국의 표준안을 제정, 승인하였으며 최근 까지 ICAO 표준안 및 개별 표준에 대한 보강과 수정작업을 지속적으로 진행하여 확장 스쿼터 시스템의 통달범위를 강화하고 TIS-B 기능을 지원 하는 부분 등을 추가하였다.

## 2.5 UAT 기술

ADS-B 데이터링크 기술 중 가장 뒤늦게 개발된 UAT(Universal Access Transceiver)는 ADS-B와 지대공 데이터 방송 기능을 지원하도록 설계되었다. UAT는 미국의 MITRE사에서 기반기술로 최초 개발되었으며 이후 관련 기술이 Sensis사, Garmin사 등의 산업체로 이전되었다. UAT는 항공기와 지상 기반의 데이터 방송 애플리케이션을 지원하여 감시 기능 및 주변상황인식능력(situational awareness)을 제고할 수 있도록 최적화되었다.

UAT는 UHF 주파수 대역인 960-1215MHz 범위에서 운용되도록 설계되었다. 개발 초기에는 966 MHz의 실험 주파수를 사용하여 운용시험을 수행하였고 알래스카 지역에서의 시범 운용에서는 한때 981MHz를 사용하기도 하였으나 현재는 978MHz를 사용하는 것으로 정해져 있다.

UAT는 광대역 데이터링크로 단일 채널로 운용되며 데이터 전송률은 약 1Mbps/sec 정도이다. 매체 접속방식은 1초 단위의 프레임을 두 부분(segment)으로 시분할하여 다중접속을 가능하도록 하고 있다. 개별 프레임의 전반부는 기상기반 방송 서비스(예로 TIS-B, FIS-B)에 할당되며 후반부는 ADS-B 용으로 할당된다. 지상기반 방송 부분에는 메시지 중첩을 피하기 위해 시분할 방식을 이용하는 반면에 ADS-B 부분에서는 랜덤 매체접속 방식으로 동작된다.

UAT 장비는 미연방항공국(FAA)의 Safe Flight 21 프로그램, SATS 프로그램에서 ADS-B 장비로 활용 중이며 많은 GA급 항공기에 탑재되어 효용성을 입증하고 있다.

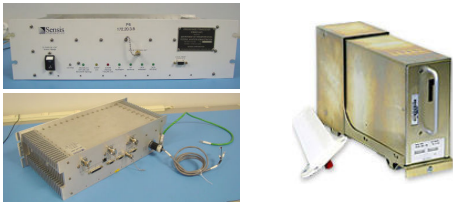
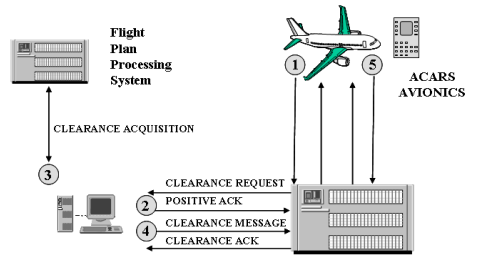


그림 3. Sensis사의 지상용 UAT 송수신기(좌)/  
Garmin사의 항공기 탑재용 UAT 송수신기(우)



자료 : <http://www.cnsatm.co.kr> (한국공항공사)

그림 5. PDC 수행 절차

### 3. 국내외 현황 및 전망

#### 3.1 국내 현황

ACARS 서비스는 국내에 기 구축되어 민간항공사의 항공운항관리통신과 항공교통관리기관의 항공교통서비스에 활발히 활용되고 있다. 국제적으로 ACARS 서비스를 제공하는 양대 서비스제공자인 ARINC와 SITA사는 국내 공항과 공역에서 서비스를 제공하기 위해 그림 4와 같이 RGS(Remote Ground Station)을 설치하고 운영하고 있다.



자료 : <http://www.cnsatm.co.kr> (한국공항공사)

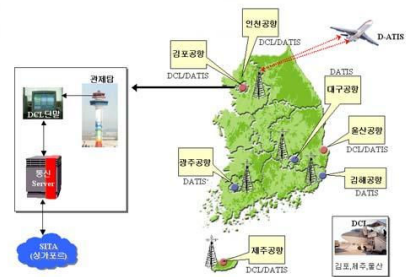
그림 4. ACARS용 RGS 설치 현황

또한 항공교통업무로 ACARS 망을 사용한 PDC, D-ATIS 서비스가 제공되고 있다.

PDC(또는 DCL)는 VHF 음성통신으로 통보하는 출발허가를 조종사가 요청(REQ)하면 관제사가 컴퓨터 화면을 통하여 이를 인식하고 미리 준비된 비행허가 사항을 컴퓨터를 통하여 문자데이터로 항공기로 전달(SNT)하고 다시 복창(ACK)하게 하는 시스템이다.

D-ATIS는 음성으로 방송되는 ATIS 정보를 조종사의 요청에 의하여 문자데이터로 항공기로 전달하는 서비스로, 조종사가 요청하면 비행 중에도 ACARS를 통해 전달되어 조종석의 프린터 또는 시현화면으로 ATIS 정보(도착활주로 진입방향, 출발 활주로 방향, 출발 관계 주파수, 활주로 표면상태 등의 각종 공항정보)를 확인할 수 있는 시스템이다.

PDC는 1994년 12월부터 1996년 12월까지 국내 기술로 개발하여 시범운행을 거쳐 1997년부터 김포공항에서 운영을 시작한 후 전국 공항으로 확대되었다. D-ATIS 서비스의 경우 1999년 5월 개발을 완료하고 김포공항에서 2000년 1월부터 서비스를 제공하기 시작하였으며 특히 조종사들의 호응이 높아 이용 건수가 급증하고 있다. 현재 국내에는 그림 6과 같이 인천공항을 포함한 총 7개 공항에서 PDC와 D-ATIS 서비스를 제공하고 있다.



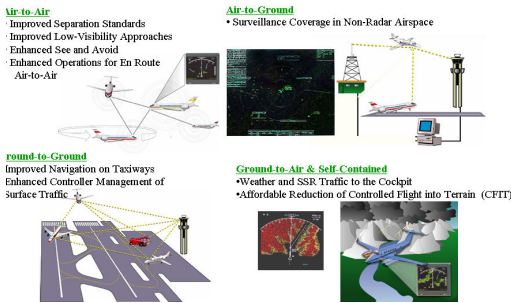
자료 : <http://www.cnsatm.co.kr> (한국공항공사)

그림 6. 국내 PDC(DCL)/D-ATIS 구축 현황

ACARS 데이터통신망을 활용한 PDC와 D-ATIS가 구축되어 활용되고 있으나 아직까지는 항공교통 관제업무에 데이터링크 기반 기술을 본격적으로 활용하고 있지 못한 실정이다.

### 3.2 미국과 유럽의 기술 동향

미국은 국가공역시스템(NAS) 현대화 계획을 수립하여 갱신하면서 CNS/ATM 기술개발과 구축사업을 추진하고 있다. 1990년대 말부터 추진된 Safe Flight 21 프로그램을 통해 정부와 산업체가 협력하여 Free Flight를 위한 9개 분야의 기능 강화에 주력하고 있다.



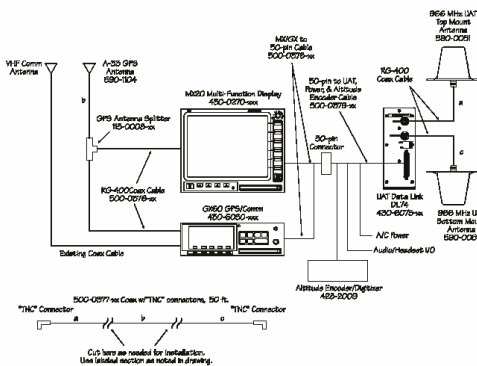
자료 : FAA

그림 7. Safe Flight 21 프로그램의 기능개선 분야

Safe Flight 21 프로그램의 일환으로 오하이오 벨리, 알래스카 Capstone 지역, 미동부 해안 지역, 텍사스 지역 등에서 민간 대형항공기와 GA급 항공기를 이용한 CNS/ATM 신 기술(ADS-B, TIS-B, FIS-B)을 개발, 연구하고 시범 적용하고 있다. 특히 기상과 지형조건이 열악한 Capstone 지역에서는 GA 항공기에 ADS-B 기술의 도입하여 사고율을 40% 감소시키는 효과를 달성하였다.

자료 : Garmin

그림 8. SF21에 사용된 GA 항공기 Avionics 구성도 (UAT, WAAS, MFD for CDTI)



통신인프라 강화와 개선을 목적으로 추진한 NEXCOM 프로그램에서는 VDL Mode 3 기술을 완성하고 인증 제품을 개발 완료하여 2005년에 시연하였다.

VDL Mode 3 기술 개발은 완료되었으나 배치는 잠정 중단된 것으로 알려져 있다.

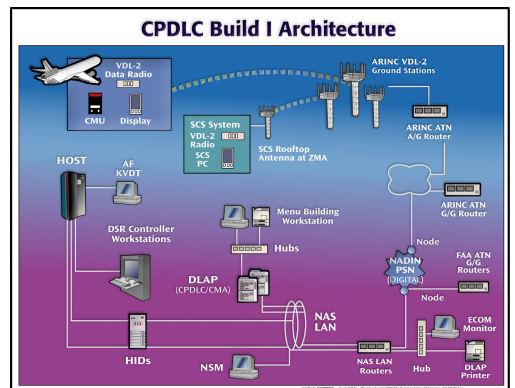
The summary panels indicate the following status for NEXCOM VDL Mode 3:

- Multimode Digital Radio (MDR):** Deploying in Enroute Airspace.
- Control Equipment:** Deferred.
- Certified Avionics Development:** Complete.
- Demo/Stakeholder Outreach:** Complete.

자료 : FAA, 2005년

그림 9. NEXCOM VDL Mode 3 진행현황

NEXCOM 사업의 일환으로 미국은 2002년 1월부터 마이애미 지역에서 VDL Mode 2를 사용한 FAA CPDLC 시범운용 프로젝트를 진행한 바 있다. 이 사업에는 Rockwell Collins, Teledyne, Harris, Honeywell, ARINC 등이 시스템 개발에 참여하고 FedEx, Delta, USAF, CA 등의 항공기에 장착하여 FAA CPDLC Build 1을 구성하여 효용성을 평가하였다.



자료 : FAA

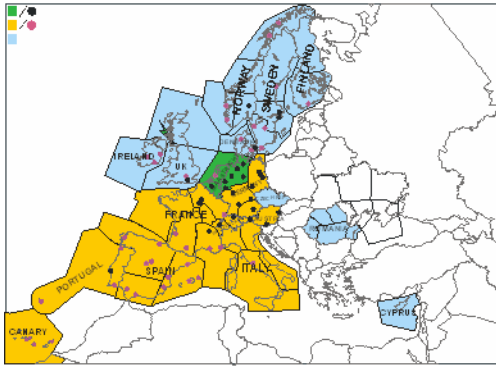
그림 10. CPDLC Build I 구성도

평가결과 ATC 시스템 처리용량의 확대와 지연시간의 감소 효과를 확인하였으나 FAA의 결정으로 CPDLC Build/A 계획이 이후 계속 추진되지 못하고



공대지 데이터링크를 포함한 기술 재검토에 착수하여 데이터링크 관련 기술 구현 전략과 로드맵을 새로이 작성할 계획으로 알려지고 있다.

유럽은 Eurocontrol을 중심으로 LINC2000+ 프로그램을 추진하면서 LINC 공역의 항공로에서 CDDLC 서비스(ACM, ACL, AMC, DLIC)를 유럽 중심 공역에 도입할 계획을 추진 중이다.

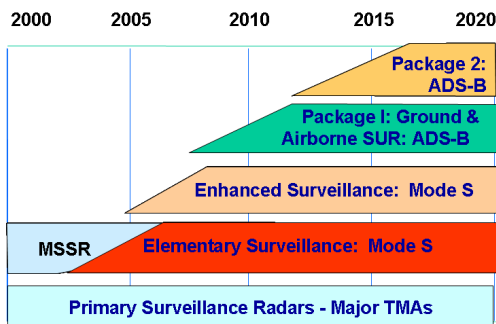


자료 : Eurocontrol

그림 11. LINC2000+ 참여국 및 시범공역

유럽은 시범사업에 참여하는 항공사들에게 2%의 항로 이용료를 줄여 주는 인센티브 정책을 쓰고 있으며 해당 공역에서의 필수 사용을 강제할 계획을 수립하고 있다. LINC2000+ 프로그램의 효과로 11%의 공역 처리능력 증가를 예상하고 있다.

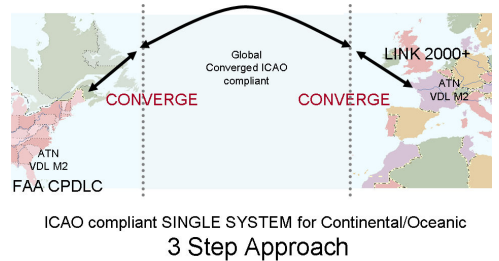
유럽에서의 감시 분야 데이터링크 활용 계획은 그림 12와 같다. Mode S 기술을 이용한 감시 기능 강화(Mode S EHS)와 CASCADE 프로그램을 통한 단계적인 ADS-B 애플리케이션 패키지 개발을 추진하고 있다.



자료 : JAA

그림 12. 유럽의 감시 분야 구축 계획

그림13은 ICAO EUR/NAT Data Link Steering Group에서 추진하고 있는 ICAO 호환 단일 시스템으로의 전환을 위한 3단계 전략이다. 이 전략은 유럽과 북미대륙, 북대서양 지역에서의 모든 운용 요구사항을 완전히 충족하는 미래 단일 솔루션 개발을 목표로 하고 있다. 이 미래 데이터링크 시스템은 현존하고 있는 기술의 파생형이 될 수도 있고 추가적인 미래 요구사항을 지원하는 완전히 새로운 기술도 고려하고 있으며 이에 대한 정의 작업이 현재 진행 중이다.

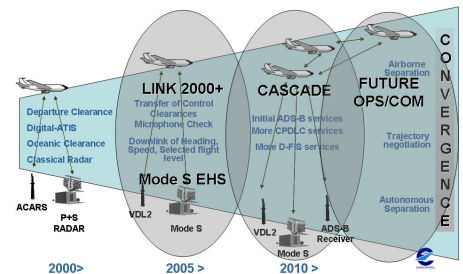


자료 : EUROCONTROL

그림 13. Single Global Data Link Service

새로운 개념의 CNS/ATM 기술을 도입하는 데에는 매우 많은 시간이 소요된다. 초기 개념정립, 개발과 시범운영, 표준화와 인증, 전환 기간과 최종 배치의 사이클이 길게 소요된다. 2020을 내다본 애플리케이션 요구조건을 포용하는 새로운 통신 시스템을 위한 첫 단계의 추진이 현재 진행되고 있다.

그림 14는 현재 Eurocontrol을 중심으로 유럽이 추진하고 있는 데이터링크 기반 애플리케이션 구축 전략을 설명하고 있다.



자료 : EUROCONTROL

그림 14. 유럽 데이터링크 애플리케이션 구축전략

"One sky for Europe"을 슬로건을 내걸고 추진하고 있는 각종 프로그램들은 유럽의 ATM 2000+

전략의 4단계를 통해 이전 단계에서 개발된 분야의 기술 강화와 통합 구현으로 귀결될 것으로 예상된다. 기술 강화의 예로는 사용자가 결정하는 4D 경로 (trajectory)와 경로 기반의 ATM 기능 구현이 될 것이다. 이러한 기능 강화는 항공교통관리의 효율성을 제고하고 조종사와 관제사의 ‘trajectory contract’ 개념에 근간한 새로운 종류의 clearance가 도입될 것으로 보인다. 현 세대의 데이터링크 애플리케이션과는 달리, 미래의 애플리케이션은 서비스의 품질(QOS)의 보장하며, ‘plug and play’ 방식으로 상황에 적절한 데이터링크를 자동적으로 선택하여 사용할 수 있게 될 것이다.

### 3.3 신기술 연구 동향

현 세대의 ATS 데이터링크 애플리케이션은 ICAO가 정의한 항공종합통신망(ATN)을 기반으로 고 개발되고 있다. 항공종합통신망은 항공의 인터넷(네트워크들의 네트워크)으로 쉽게 설명된다. 현재의 지역적/독립적으로 운용되는 항공의 유무선 네트워크는 궁극적으로 전 세계가 연결된 항공종합통신망 체계로 통합될 것이다.

ATN은 ISO의 CLNP와 IDRP 프로토콜에 기반하고 있다. CLNP와 IDRP은 Internet Protocol 조합과 기능적으로는 유사하지만 상당한 차이가 존재한다. 또한 ISO의 CLNP/IDRP 기반의 ATN 라우터는 IP 기반의 라우터에 비교하여 경제성이 떨어진다. 이러한 이유로 ATN을 위한 IP 기술이 정의되고 있으며 항공용 지상 통신망에 IP 기술의 사용이 점증하고 있다. ICAO가 최근에 표준화한 IP SNDCF를 구현하면 IP를 ATN의 지대지 서브네트워크 분야에도 사용할 수 있게 되었다. 이 모드에서 표준 ATN 프로토콜은 IP 패킷에 완벽히 캡슐화 된다.

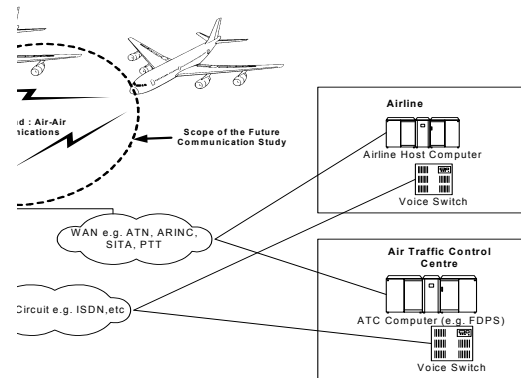
지상망 부분의 IP기술 도입은 공대지 부분의 도입 혹은 전체 항공통신 분야로의 도입을 검토하게 하는 자극과 계기가 되었다.

미국과 유럽을 중심으로 전 세계는 ATN과 ACARS 기반 시스템을 단일한 미래 통신 인프라로 통합하는 작업을 진행하고 있다.

ICAO의 ACP Working Group N에서는 TCP/IP 프로토콜의 항공 네트워크 상의 사용 가능성에 대한

검토를 수행한 바 있다. 이 결과에 따르면 지대지간 통신에서 TCP/IP가 충분히 사용될 수 있으며 적절한 해법이 될 수 있다고 보고하고 있다. 하지만 공대지 통신의 경우, IP 이동성과 보안성을 포함한 일부 분야에 대한 추가 검토가 필요한 것으로 결론 맺고 있다.

이와 별도로 미국 FAA와 유럽 Eurocontrol은 2005년부터 공동으로 2020년 이후 항공기와 지상 시스템 간의 ATS와 AOC 데이터통신 애플리케이션을 지원하는 미래 통신 인프라(FCI or FCS)에 대한 공동연구를 추진하고 있다. 이는 현재까지 개발되어 표준화된 기술들이 미래 환경에 적합한 궁극적인 해결책으로는 미진하다는 판단에 따른 것으로 파악된다. 더불어 날로 발전하고 있는 인터넷 기반의 상용 기술 및 제품(COTS)의 경제성과 진보성을 항공통신 기술에 적극적으로 도입하고 활용할 수 있는 방안을 모색하기 위한 시도라고 볼 수 있다.



자료 : Eurocontrol

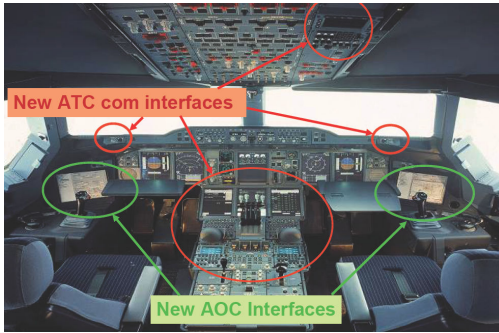
그림 15. FAA-Eurocontrol의 FCS 연구 분야

이 공동연구에서는 차세대 항공교통서비스 애플리케이션을 인터넷 프로토콜(IP) 기반으로 하는 것을 검토하고 그 실현가능성을 평가하는 것을 목표로 삼고 있다. 평가의 기준으로는 상용제품 및 기술의 안전성, 성능, 효율성, 커버리지, 비용 및 가용성 등을 포함한다. 연구의 범위는 그림과 같이 항공용 공대지 애플리케이션 데이터의 교환을 지원하는 무선 데이터링크 분야에 일단 집중하고 있다.

연구 분야에는 지상 IP 네트워크와의 연결 부분도 포함되어 있으며, IP 기반으로 CNS/ATM 애플리케이션 구현시 예상되는 한계점들도 고려할 계획이다. 또한 현재의 서브네트워크 기술(예를 들어 Mode S

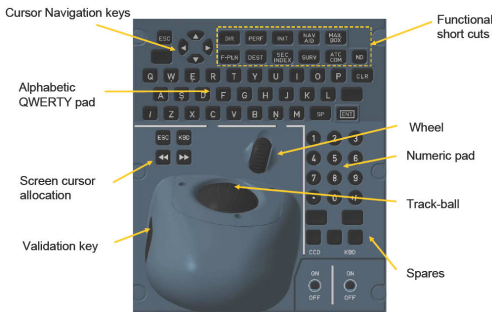
1090 ES, VDL Mode 4)에 깊이 종속된 방송 데이터 서비스(ADS-B, TIS-B)에 IPS 프로토콜을 채택할 때 어떤 이익이 있는지에 대한 조사도 포함될 것이다.

세계 최대 민수용 대형항공기 제조업체인 보잉과 에어버스사도 데이터링크 기술의 도입에 따른 기술 개발을 일찍부터 추진해 왔다. 이미 항공운항관리통신(AOC), 비 ATN 호환의 CPDLC, ADS, FIS 기능을 지원하는 FANS-1/A 시스템을 탑재한 항공기들이 ACARS 기반으로 운용되고 있으며, 이 시스템들은 LINK2000+, CASCADE 프로그램 등을 통한 지상시스템의 발전에 따라 ATN 호환 기술로 개량되고 있다. 또한 조종사의 편의성 향상을 위해 기존 항공기의 데이터통신 관련 탑재장비들을 개량하고 신규 개발 항공기의 데이터통신장비 인터페이스를 혁신적으로 변경하고 있다.



자료 : Airbus

그림 16. A380 Cockpit FANS/Datalink Interface



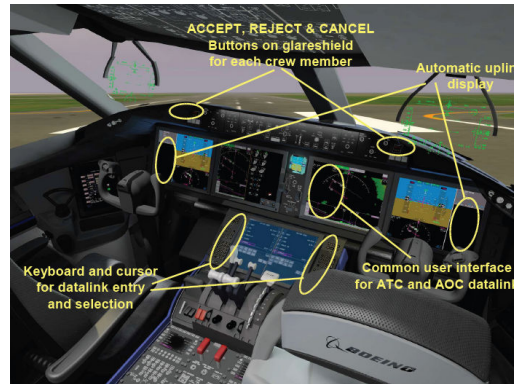
자료 : Airbus

그림 17. A380 Cockpit FANS/Datalink Interface

일상적으로 진행되는 음성교신의 많은 부분이 자동적인 데이터교환을 통한 데이터통신으로 대체될

것이 확실시 된다. 이를 통해 조종사와 관제사, 조종사와 항공사 오퍼레이터의 업무 부담을 해소하고 각자의 업무에 유용한 보다 많은 정보를 제공하여 안전운항과 경제성 향상에 기여할 것으로 예상된다.

조만간 항공기 조종사들도 일반 PC 기반의 인터넷 사용자처럼 Cockpit 내에서 마우스와 키보드를 사용하여 항공교통관제기관과 데이터를 교환하고 공유하며 비행에 필요한 각종 정보를 획득하는 시대가 도래할 것으로 전망된다.



자료 : Boeing

그림 18. 데이터링크를 고려한 B787 Cockpit

## 4. 결론

민간항공용 데이터링크로 오래전부터 ACARS가 사용되어 오고 있으며 국제민간항공기구는 새로운 표준 데이터링크 기술로 VDL, HFDL, Mode S, AMSS, UAT 기술을 표준화했거나 표준화를 진행 중에 있다. 데이터링크 기술은 CPDLC, ADS(-B), FIS-B, TIS-B와 같은 새로운 통신, 감시 CNS/ATM 애플리케이션 구현에 있어 핵심 요소기술로 사용되며 세계 각국은 관련 기술 개발과 시범운용 사업, 구축사업을 진행하고 있다. 항공중합통신망을 총체적으로 개선하기 위해 미국과 유럽, ICAO를 중심으로 현재 개발된 기술을 진보된 민간 상업용 제품(COTS)을 도입하여 보완하고 새로운 미래 기술을 찾기 위한 노력으로 인터넷 프로토콜 기반 기술 도입을 신중하게 검토하고 있는 상황이다.

데이터링크를 사용하는 지상 시스템의 변화에 발맞춰 항공기 탑재시스템의 변화도 예견되며, 데이터링크를 통한 용이한 조종사 및 관제사의 정보 교환과 공유를 통해 새로운 개념의 항공교통서비스 기술이 개발되고 개선될 것으로 전망된다.

항공기술의 보수성은 그동안 항공통신 분야에서도 예외가 아니었으나 이제 50-60년대 아날로그 기술을 탈피하여 최신 IT 기술과 상용통신기술을 적극적으로 도입하려는 시도가 늘고 있다. 국제적인 IT 기술 역량을 보유한 우리나라도 이러한 민간항공통신 환경의 변화에 주목하고 새로운 시장 참여를 모색하기 위한 과감한 투자와 노력이 필요한 시점이라고 사료된다.

## 참고문헌

1. 배중원 외, “차세대 위성항행시스템 핵심기술 개발-1차년도 연구보고서”, 한국항공우주연구원, 2005.4
2. 배중원 외, “차세대 항공 데이터통신시스템 개발-1차년도 연구보고서”, 한국항공우주연구원, 2006.4
3. ICAO AN-Conf/11-IP/1, “Aeronautical Mobile Communication System Development”, 11th Air Navigation Conference, Montreal, 22 Sept. 2003
4. RTCA DO-282A, “Minimum Operational Performance Standards (MOPS) for Universal Access Transceiver (UAT) ADS-B”, July 29 2004
5. EUROCONTROL, “Requirements Specification for a Study into IP in the Future Infrastructure for Air-Ground Communication Applications”, 16 Feb 2006

## 약어정리

CNS/ATM : Communication, Navigation, Surveillance  
/Air Traffic Management

CPDLC : Controller-Pilot Data Link Communication

ADS(-C) : Automatic Dependent Surveillance  
(-Contract), ADS=ADC-C

ADS-B : Automatic Dependent Surveillance  
-Broadcasting

FIS-B : Flight Information Service-Broadcast

TIS-B : Traffic Information Service-Broadcast

ACARS : Aircraft Communication and Reporting System

VDL : VHF Digital Link

HF DL : HF Data Link

AMSS : Aeronautical Mobile Satellite System

UAT : Universal Access Transceiver

ATC : Air Traffic Control

AOC : Airline Operational Communication

AAC : Aeronautical Administrative Communication

APC : Aeronautical Passenger Communication

ATS : Air Traffic Service

PDC : Pre-Departure Clearance

DCL : Departure Clearance

D-ATIS : Digital-Automatic Terminal Information  
System

SARPs : Standards And Recommended Practices

ATN : Aeronautical Telecommunication Network

AMCP : Aeronautical Mobile Communication Panel,  
ACP의 전신

ACP : Aeronautical Communication Panel

FIR : Flight Information Region

AEEC : Airlines Electronic Engineering Committee

CSC : Common Signal Channel

GSC : Global Signal Channel

QOS : Quality of Service

ISO : International Organization for Standardization

ICAO : International Civil Aviation Organization

CLNP : ConnectionLess Network Protocol

IDRP : Inter-Domain Route Protocol

IP : Internet Protocol

IPS : Internet Protocol Suite

SNDCF : Sub-Network Dependent Convergence  
Function

SATS : Small Aircraft Transportation System