

## 차세대 위성항행시스템(CNS/ATM) 기술개발 동향

글 / 오경륜 bigoh@kari.re.kr, 김 종철, 남기욱  
한국항공우주연구원 항공사업단 항공기술실 항공전자그룹

### 1. 서론

1980년대 초, 민간항공부분에서는 날로 증가하는 항공교통량의 증대로 인해 기존의 통신, 항법, 감시 및 관제시스템으로는 가까운 미래의 항공교통량을 감당하지 못할 것이라는 우려가 제기되었다.

국제민간항공기구(ICAO)는 이러한 문제점을 해결하기 위해 1983년 FANS(Future Air Navigation System) 특별위원회를 설치하여 21세기 항공교통량의 폭발적인 증가에 대비(그림2 참조)하기 위한 새로운 개념의 CNS/ATM(Communication Navigation Surveillance/Air Traffic Management) 시스템을 연구하기 시작하였다.



그림 1. 날로 증가하는 항공기 지연현상

FANS 특별위원회의 연구결과에 의해 1991년에 9월 캐나다 몬트리올에서 개최된 제10차 ICAO 항행 회의에서는 기존의 항공운항시설을 디지털 데이터 통신기술과 위성항행시스템(GNSS: Global Navigation Satellite System)을 기반으로 하는 새로운 개념의 차세대 CNS/ATM으로의 전환 계획(2010년 이후 실행)을 수립한 바 있다.[1]

기존의 CNS/ATM과 차세대 CNS/ATM의 핵심 구성에 대해 표1에 정리하였다. 통신부분은 현재의 아날로그 음성통신에서 데이터 통신으로 전환되며, 지상시설에 고착되어 있는 항법시스템은 GPS 등 위성항행시스템으로 전환되고, 레이더 및 조종사의 음성보고에 의존하는 현재의 항공감시 기능은 위성항행시스템과 데이터 통신을 기반으로 하는 시스템으로 전환되어, 레이더는 백업시스템의 기능을 담당할 것으로 예상된다. 통신, 항법, 감시 기능의 일대 전환은 항공교통관제 부분에서도 많은 변환을 가져올 것으로 기대된다.

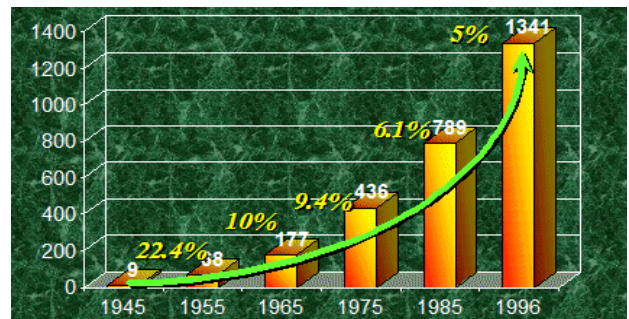


그림 2. 지난 50년간 항공승객변화 추이 (단위:백만명)

표 1. CNS/ATM 핵심구성 비교

용어	기존 시스템	차세대 시스템
통신 Communication	Voice(HF,VHF), AFTN	Data (HF,VHF) Mode S, AMSS, ATN
항법 Navigation	ILS VOR/DME	GNSS SBAS, GBAS
감시 Surveillance	PSR/SSR Voice (HF)	SSR Mode S ADS-B
관제 Air Traffic Management	local ATM	Global ATM

새로운 개념의 CNS/ATM의 가장 큰 기대효과는 직선항로의 개척과 통신기반의 감시능력을 들 수 있다. 지상항행안전시설에 의존하지 않고 통신기반의 감시기능 구현으로 북극권과 시베리아와 같이 항공교통 인프라 구축이 용이하지 않은 지역의 항로개척이 가능하게 되었다.[2]

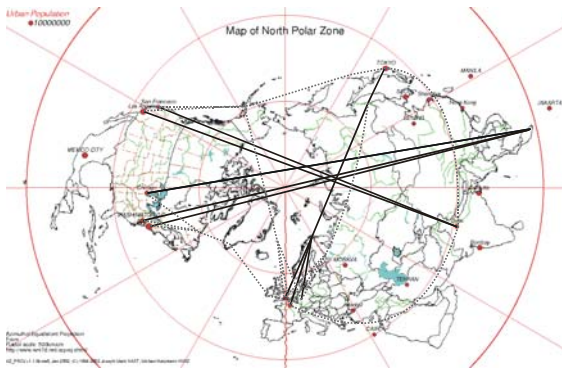


그림 3. 새로이 개척되는 북극권 항로

## 2. 항공통신링크 기술개발 동향

현행 항공통신링크의 문제로는 전파의 특성상 가시거리권(LOS; Line Of Sight) 내에서만 통신이 가능하고, 잡음 및 혼신 등이 항공기 안전운항에 저해요소로 작용하고 있다는 점이다. 이러한 문제점을 해소하기 위해 음성위주의 현행 통신시스템은 데이터 기반의 통신시스템으로 전환되고, 지역적 특성에 따른 데이터 링크를 활용하게 된다.

## 2.1 지대공 통신링크

음성 및 데이터 송수신이 동시에 가능한 VDL M3(VHF Data Link Mode 3)에 대한 연구가 미국 FAA를 중심으로 멕시코만에서 NEXCOM이라는 프로그램으로 진행 중에 있으며, 유럽에서는 CNS/ATM의 핵심 통신링크로서, VDL M4를 선택하여 이에 대한 연구가 진행 중에 있다. HF 밴드를 이용한 데이터 통신 연구는 미국의 ARINC사에 의해 독자적으로 진행되고 있으며, 정지궤도 통신위성 혹은 중궤도 통신위성 등을 이용한 데이터통신에 대한 연구가 진행 중에 있다. 정지궤도 통신위성을 이용하는 경우 고위도와 극지방에서는 그 효율이 현저히 떨어지게 되므로, IRIDIUM과 같은 통신위성을 이용하는 연구가 진행 중에 있다. 각 데이터 링크별 특성을 표2에 간략히 정리하였다.

다음의 표3은 거리별, 지역별 운영 통신링크를 정리한 것으로 음성위주의 현행 통신이 데이터통신 위주로 변화함을 볼 수 있다.

표 3. 거리 및 지역별 항공통신링크 운영(안)

구 분	현 행	차세대 통신
공항 계류 중	VHF 음성	VHF 데이터/음성(비상용) 유선 데이터(게이트 통신)
단거리 육지상공 비행 중	VHF 음성	VHF 데이터/음성(비상용) SSR 모드 S 데이터
장거리 대양(대륙)상공 비행 중	HF 음성	인공위성 데이터/음성 HF 데이터/음성(비상용)
항공관련 정보의 처리	항공고정통신망(AFTN) - 저속, 개별통신망	항공종합통신망(ATN) - 고속, 통합통신망 - 패킷 교환망

표 2. 항공용 통신링크 주요 특성 비교분석[3]

데이터 링크	SatCom	HF DL	ACARS	VDL M2	VDL M3	VDL M4
주파수 (MHz)	L-Band (1530-1660.5)	HF (2-30)	VHF (131.55)	VHF (118-137)	VHF (118-137)	VHF (118-137)
운용범위 (NM : Nautical Mile)	위도±80°	100-2,000	200	200	200	200
서비스	Data/Voice	Data	Data	Data	Data/Voice	ADS-B/Data
응용	AOC/ATC	AOC/ATC	AOC/ATC	AOC/ATC	ATC (Planned)	ATC (Planned)
채널간격(KHz)	5.0-17.5	2.8	25	25	25	25
변조	A-8PSK A-QPSK	M-PSK	MSK	D8PSK	D8PSK	GFSK
Multiple Access Data/Voice	TDMA/SCPC	TDMA	CSMA	CSMA	TDMA	STDMA
총 데이터 전송율 (Kbps)	0.3-10.5	0.3-1.8	2.4	31.5	31.5	19.2
음성전송율	9.6kbps 4.8kbps	N/A	N/A	N/A	4.8kbps	N/A

항공이동위성통신을 이용하는 연구는 많은 성과를 거두고 있어, 이를 이용한 기내 인터넷 서비스 등 다양한 응용서비스가 제공되고 있거나 개발 중에 있다.

항공중합통신망(ATN) 구축은 항공기 운항정보의 글로벌화를 목표로 진행되고 있으며, 차세대 CNS/ATM 통신링크의 중추적인 역할을 하게 될 것이다.

표4에서는 ICAO에서 명명된 각 VDL 모드별 특성과 향후 확장성 및 유연성에 대해 비교하였는데, 특히 주목할 점은 VDL M4의 경우 지상의 어떠한 시설에 의존하지 않고도 운영이 가능하다는 점이다. 대양이나 극지방 혹은 레이더가 설치되지 않은 지역 등에서는 VDL M4를 이용한 다양한 응용기술의 개발이 가능하며 이에 대한 연구가 각 지역별 특성에 맞게 진행되어 있다. VDL M4는 25KHz의 다중채널 narrow band 특성으로 인해 낮은 주파수 전송률에도 불구하고 VDL Mode 2에 비해 약 15배의 높은 서비스 제공 성능을 가지고 있다.[4]

표 4. ICAO의 VDL 시스템 비교

특성/요구능력	VHF Data Links 시스템		
	VDL Mode 2 (CSMA)	VDL Mode 3 (TDMA)	VDL Mode 4 (STDMA)
전송률/변조	31.5kbps/D8PSK	31.5kbps/D8PSK	19.2kbps/GFSK
지역 간 운용	지상시설 의존	지상master국 의존	어디서나 사용가능
무결성	모든 VDL Mode는 적절한 이행으로 무결성 확보 가능		
링크 강건성	교통량이 많은 경우 불가	변조체계의 한계로 강건안함	강건
수용성 2020년	사용가능한 스펙트럼 문제로 불가	D8PSK 변조의 문제로 불가	강건, 7개의 채널확보 문제
유연성	ADS-B와 ATM에 부적합	제한된 유연성	유연
변환 용이성	용이, 스펙트럼의 이용성 가점시	잠재적 문제점	용이

그림 4에서는 각 VDL Mode별 데이터 구조를 비교하였는데, 보다 많은 타임슬롯(Time Slot)의 확보가 보다 유연하고 강건한 데이터 링크의 조건임을 알 수 있다.

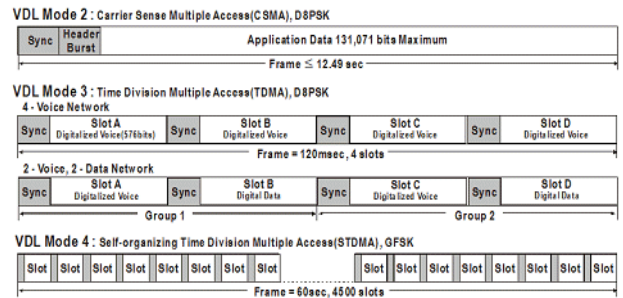


그림 4. VDL Mode별 데이터 구조 비교

## 2.2 ADS-B 후보 데이터 링크

ADS-B(Automatic Dependant Surveillance - Broadcasting)는 항공기 및 지상이동체 등의 위치정보를 자동적으로 방송하는 시스템이다. 기존의 레이더에 의존하던 감시기능을 통신링크의 데이터를 통해 구현하는 시스템으로 CNS/ATM의 혁신적인 기능이다.

ADS-B를 구현할 수 있는 통신링크로서는 미국 FAA에서 제안한 UAT(Universal Access Transceiver)와 ICAO SICASP(Secondary Surveillance Radar Improvement and Collision Avoidance System Panel)에서 제안한 Mode S Extended Squitter, 그리고 ICAO AMCP (Aeronautical Mobile Communications Panel)에서 제안한 VDL M4 등이 있다.[5]

### ■ 1090MHz의 확장스퀴터(1090ES)

1090ES는 3MHz의 대역폭으로 운영되며 항공 부문에서 광범위하게 사용되는 이차감시레이더의 Mode S 기술의 확장으로써 개발되었다. 각 메시지는 패러티를 위한 24비트를 포함한 112비트로 구성된다. 데이터 속도는 1M비트로 1090MHz 채널은 랜덤하게 접근하도록 설계되었으며, 채널은 현재 운영중인 ATCRBS(Air Traffic Control Remote Beacon System) 및 TCAS(Traffic-alert and Collision Avoidance System)와 지상 레이더로부터의 질문기에 응답하는 Mode S와 공유하게 된다. ADS-B를 위한 스퀴터는 ‘확장’이라는 용어를 쓰는데 이는 Mode S 스퀴터의 56비트 메시지를 포함하기 때문이다.

ADS-B를 위한 1090ES의 메시지 형식과 데이터 전송속도 등은 RTCA 특별위원회 186과 EUROCAE

Workin Group 51등과 관련하여 ICAO의 SICASP에 정의되어 있다. 위의 기관들은 1090ES에 대한 RTCA/EUROCAE의 공동 ADS-B MOPS(Minimum Operational Performance Standards)에 대해 각각 2000년 9월과 10월에 승인을 하였다. 1090ES 범위확장과 레이더 정보의 업링크를 위한 TIS-B(Traffic Information Services-Broadcast)의 지원을 위해 MOPs와 ICAO의 표준(SARPs-Standard and Recommended Practices)이 수정되고 있다. 수정된 MOPs와 SARPs에 근거하여 TLAT(Technical Link Assessment Team)는 1090ES에 대한 성능시험을 실시하였다. 또한 기상정보 등의 서비스를 위한 FIS-B(Flight Information Service-Broadcast) 등을 지원할 수 있는 부가적인 메시지 형식에 대해서도 실험이 이루어졌으며 이 때 시스템은 최고 1kW의 출력까지 실험하였다.

■ UAT(Universal Access Transceiver)

미국 Mitre 회사에 의해 개발된 UAT는 3MHz의 대역폭을 가지며 air-to-air, air-to-ground 등의 surveillance 및 상황별 경고 등에 응용하기 위한 최적화 데이터 링크로서 개발되었다. 데이터 전송속도는 대략 1M비트이다. 초기 UAT의 운용은 966MHz의 실험용 주파수 대역을 사용하였으며, 알래스카에서의 기술시연(Capstone Program)에서는 UAT 주파수로서 981MHz를 사용하였다. 평가는 최고 250W 출력까지 실시되었다. RTCA에서의 UAT MOPs는 2000년 12월부터 개발이 시작되었다.

■ VDL Mode 4

VDL Mode 4는 두 개의 25KHz의 광역신호채널(GSC; Global Signalling Channels)을 사용하고 있으며 교통량이 많은 지역에서의 부가적인 채널을 사용하도록 설계되었다. 데이터 전송은 19,200bps이다. 1991년 이후 여러 형태의 프로토타입이 제작되어 실험되어 오고 있다.

최근에는 FARAWAY-II 프로젝트를 통해 두 개의 GSC를 갖는 장비에 대한 평가가 이탈리아에서 수행되었는데 항공운항에서의 양방향 무선통신, ADS-B, GNSS 보정, TIS-B, FIS-B, 그리고 CPDLC(Controller-Pilot Data Link Communication)에 대해 기술을 시연하였다. VDL Mode 4 장비에 대한 평

가는 최고 25W 출력까지 실시되었다.

VDL Mode 4에 대한 ICAO SARPs는 ICAO AMCP에 의해 개발되어 2001년 3월에 ICAO 회의에서 승인을 받았다. VDL Mode 4의 항공기 탑재장비에 대한 EUROCAE MOPs가 완성되어 2001년 7월에 공표 되었다.

1090ES는 강한 송출파워를 필요로 하고 지상의 존시설이므로 지구 전 공역을 대상으로 확대되기는 곤란하지만 기존의 시스템을 보완하며 당분간 많은 이득을 줄 것이며, UAT는 VDL Mode 4에 비해 시스템이 최적화 되고 운용 로드가 가볍다는 매력적인 장점은 있지만 VDL Mode 4에 비해 표준화 작업이 미비한 상태이다. VDL Mode 4는 러시아 민간항공 당국에 의해 채택되어 2005년까지 러시아 공역에 대한 설치가 예정되어 있다.

표 5. ADS-B 데이터 링크 후보 비교

구분 시스템	주파수 (MHz)	변조형식	Multi plexing	Time Slot/Sec
Mode S	1090	PPM @1Mbps	Random Access	N/A
VDL M4	118~136.975 (25KHz chs)	GFSK@ 19.2kbps	STDMA	75
UAT	960~1215 (단일주파수)	PFSK @1Mbps	Random Access	4000 MSO*

\* MSO : Message Start Opportunities

3. 위성항법시스템 기술개발 동향

최초 미국의 군사적인 목적에 의해 개발된 GPS(Global Positioning System)가 민간에 문호가 개방된 이후 항공항법분야에는 일대 혁신이 일어났다. GPS는 이륙부터 착륙에 이르는 다양한 비행단계에서 사용이 가능하며, 비행단계별 복잡한 항법센서를 하나의 센서로 대체가 가능하기 때문이다.

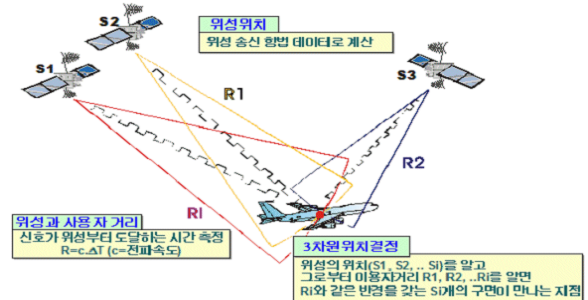


그림 5. GPS 신호를 이용한 측위 원리

CNS/ATM의 주요 기반 시스템은 GNSS(Global Navigation Satellite System)로 데이터 통신의 동기를 위한 시각동기원을 제공하며, 항공기 또는 이동체의 위치정보를 제공한다. GNSS에는 미국의 GPS와 러시아의 GLONASS, 유럽연합에서 개발 중인 GALILEO가 포함된다.

GNSS는 여러 오차요인으로 인해 그 자체만으로는 항공기 항법에서 요구되는 정확성(accuracy), 무결성(integrity), 연속성(continuity), 이용성(availability)을 만족할 수 없기 때문에 오차를 보정하기 위한 위성항행보정시스템이 요구되는데, 이에 보정정보방송에 정지궤도위성을 이용하는 SBAS (Satellite-Based Augmentation System-WAAS, EGNOS, MSAS), 공항 등에서 VHF Data Link를 이용하는 GBAS (Ground-Based Augmentation System) 등이 있다.

를 RNSS(Radio Navigation Satellite Service) 밴드로 전환하여 사용하는 방법이 고려되었으며, 2000년 5월에 열린 WRC2000 (World Radio Conference 2000)회의에서 승인되었다.[1]

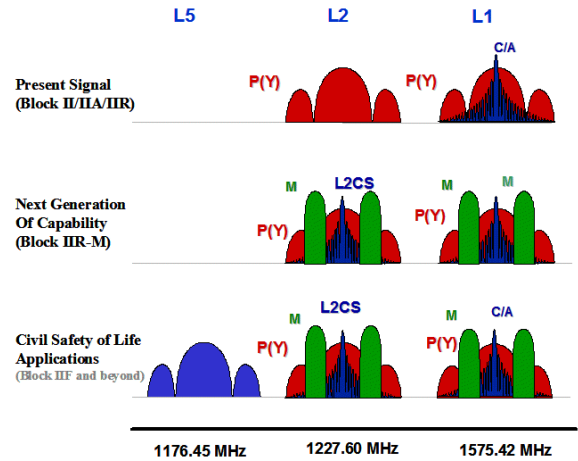


그림 6. GPS 현대화에 따른 주파수 할당 내역

### 3.1 GPS 및 GPS 현대화

GPS의 표준측위서비스는 민간, 상업용으로 제공되고 있으며, L1 신호(1575.42MHz)의 C/A 코드만이 민간 목적에 이용되도록 제공되고 있다. GPS 현대화 계획은 증가하는 GPS의 이용과 더불어 민간사용자들에게 부가적인 GPS 신호를 제공하는 것을 목표로 하고 있다.

새롭게 제공되는 L2 신호의 C/A 코드와 L5 신호는 GPS를 단독으로 사용하는 민간사용자에게 잉여신호로 이용되며, 이는 위치 정확도 및 이용성(availability)과 무결성(integrity)의 향상뿐만 아니라 지속적인 GPS 서비스를 가능하게 하고, RF(Radio Frequency) 신호와의 간섭현상을 줄이는 이점을 제공할 것으로 예상된다. 또한 항공 정밀착륙, 측량/측지 및 지구과학 분야 등에서 이용되고 있는 DGPS의 경우에도 현재보다 정밀한 위치정확도를 제공할 것으로 기대되고 있다.

L2 신호에 추가되는 C/A 코드만으로는 민간사용자들에게 충분한 신호의 안정성을 제공할 수 없는데, 이는 지상에서 운용 중인 레이더들이 GPS L2 신호와 비슷한 주파수를 사용하기 때문에 일어나는 신호의 간섭현상 때문으로, 이를 해결하기 위한 방법 중 ARNS(Aeronautical Radio Navigation Service) 밴드의 1164.45~1188.45MHz

새롭게 민간용으로 추가되는 세 번째 주파수인 L5 신호는 1176.45MHz의 주파수를 사용하며, 보잉 (Boeing)사에서 발사할 예정인 Block IIF 위성부터 제공될 계획이다. 기존의 L1 신호보다 6 dB정도(L5 : 2160dBW, L1 : 2154dBW) 파워가 증강되며, in-phase(I) data 채널과 quadrature(Q) data-free 채널을 분리하기 때문에 현재 비슷한 밴드에서 사용 중인 항공용 DME(Distance Measuring System)나 군용으로 사용되고 있는 JTIDS(Joint Tactical Information Distribution System)와의 간섭현상도 줄일 수 있는 장점을 가지고 있다.

표 6. GPS 현대화에 따른 위치정확도 예측

시기	단독 GPS		DGPS (RTK)		
	정확도 (m)	정 보	범위 (km)	정확도 (cm)	정 보
'00.5 이전	25-100	L1 C/A, SA	10	2	코드 -L1 반송파 - L1 / L2 Data Link
'00.5 이후	10-20	L1 C/A			
'09	5-10	L1 C/A L2 C/A			
'13	1-5	L1 C/A L2 C/A L5 New Code	100	2	코드 -L1/L2/L5 반송파 -L1/L2/L5

또한 carrier-phase 추적에 있어서 보다 강건한 기능을 제공하며, 최소 20MHz의 대역 및 높은 chipping rate는 잡음 및 다중경로 오차가 존재하는 환경에서 보다 향상된 정확도를 제공할 수 있을 것으로 예상된다. L1 신호나 L2 신호의 C/A 코드보다도 더 긴 코드를 가지게 되므로 CDMA의 상호상관에 의해 나타나는 자기간섭현상(self-interference)도 줄일 수 있는 장점을 가진다.[6]

### 3.2 GLONASS 및 현대화

러시아의 GLONASS는 1982년 개발프로그램이 시작되어, 120°로 분리된 2개의 궤도면에 7개의 위성을 배치함으로써 1단계 GLONASS 프로그램이 1991년 완성되었다. 1995년까지 120°씩 떨어져 배치된 3개의 궤도면에 7개의 위성과 1개의 예비

표 7. GLONASS 프로그램별 위성 특성

	GLONASS satellite	GLONASS-M satellite	GLONASS-K satellite
First launch	1982	2003	2006
Lifetime(year)	3	7	10
Mass(kg)	1400	1400	750
Number of satellite per launch	3	3	6/2
Power(Watts)	1000W	1000W	1000W
Vertical real time navigation accuracy(95%)(m)	60	30	5-8
Number of civil signals	1	2	3
Number of dedicated signals	2	2	3
On-board clocks stability	$5 \times 10^{-13}$	$1 \times 10^{-13}$	$1 \times 10^{-14}$
Inter-satellite radio link	-	+	+
Supplementary functions	-	-	Integrity signal Differential corrections Search & Rescue
Satellite autonomy (day)	-	30	60
SA square(m <sup>2</sup> )	23	30	22

위성을 구성하려던 2단계 GLONASS 프로그램은 러시아 내 사정으로 인하여 중단되기도 했다.

러시아는 GLONASS의 정상화와 H/W의 개선을 위해 GLONASS-M이라 불리는 개선된 위성 항행 시스템을 계획하게 되고 1998년 말 GLONASS

보장을 위해 3개의 위성을 발사하였다.

1999년 1월 18일, 러시아 대통령은 GLONASS의 개방과 개선을 위해 새로운 차원의 국제 협력을 도모할 것을 결정하였고, 이에 러시아 연방정부는, 2001년 8월 20일, GLONASS 운영의 민간 이양과 GLONASS 기반의 민간국제협력의 GLONASS 프로그램을 승인하고, 2002년 시작하여 2011년에 마무리 되는 GLONASS-M 프로그램을 추진 중에 있다.

한편 미국의 GPS 현대화와 유럽연합의 GALILEO 사업에 고무된 러시아는 GLONASS 항법시스템의 국제경쟁력 강화를 위해 GLONASS-K라는 프로그램을 준비 중에 있으며 첫 위성을 2006년에 발사할 예정이다.[7]

### 3.3 유럽 연합의 GALILEO

유럽연합은 GPS와 GLONASS를 대처할 수 있는 민간전용의 새로운 위성항법시스템 개발의 필요성을 인식하고, 전략적인 측면에서 미국과 러시아가 주도하고 있는 위성항법시스템에 대응하기 위한 GALILEO 프로그램을 진행하게 되었다.

미국 GPS와의 호환성을 고려한 GALILEO는 서비스 주파수부분에서 GPS 신호와의 신호간섭 문제가 제기되었으나, 이에 대한 분석 및 해결책을 마련하여 2004년 초 GALILEO 프로그램에서 군사부분을 제외한 모든 부분에서 미국과 유럽연합이 협력하기로 합의하고 2008년 서비스 개시를 목표로 개발이 진행 중이다.

GALILEO는 아래와 같은 5단계의 서비스를 계획하고 있다.[8]

#### ■ 서비스 단계 1 : Open Service(OS)

- 측위, 항법, 시각정보를 무료로 제공
- E5a, E5b 캐리어, E2-L1-E1 캐리어의 B-채널과 C-채널에 암호화되지 않은 측위 코드와 항법정보 메시지 서비스
- OS 신호를 사용하여 이온층 지연에 대한 보정 가능

#### ■ 서비스 단계 2 : Safety of Life Service (OS+ 무결성 정보)

- 무결성에 대해 글로벌한 경고메시지 제공
- 무결성 메시지는 OS 신호의 E5a, E5b, 그리

고 E2-L1-E1 캐리어에 통합

- 성능은 ICAO SARPs에 정의된 APV-II (Approach with Vertical Guidance)의 요구 사항에 부합

■ 서비스 단계 3 : Commercial Service (OS+ Commercial 데이터)

- 부가적인 정보를 OS 서비스 신호의 E5b 캐리어에 암호화하여 서비스
- E6 캐리어의 B채널과 C채널에 암호화된 CS 측위 코드와 항법 데이터 메시지를 제공하여 사용자가 3개 캐리어 위상을 이용하여 ambiguity 해를 구하는 기술을 이용할 수 있어 위치 정확도를 향상

■ 서비스 단계 4 : Public Regulated Service

- 항법, 시각, 무결성 정보를 독립적이고, 접근에 제한을 갖는 신호를 통해 높은 서비스의 연속성을 요구하는 특별한 사용자에게 제공
- PRS 서비스의 접근은 EU 멤버 국가들에 의해 관리
- 암호화된 측위 코드와 항법정보 메시지를 E6와 E2-L1-E1 캐리어에 실어 보냄

■ 서비스 단계 5 : Search and Rescue Service

- COSPAS/SARSAT 406MHz의 비콘 신호를 감지하여 COSPAS/SARSAT 서비스에 전달
- GALILEO 수신기를 장착한 비콘에 메시지 전달

### 3.4 GNSS 보강시스템

위성항행시스템(GNSS)의 민간사용으로 상업항공 부문에 안전과 효율의 증대를 가져오리라는 큰 기대를 갖게 되었으나 위성항행시스템의 몇 가지 단점들로 인해 민간항공부문에서 위성항행시스템을 유일한 항법체계로 이용하는 데에 장애가 발생되었다. 민간항공요구조건을 충족하기 위해서는 위성항행시스템에 대한 보강시스템의 필요성이 제기 되었으며 특히 위성항행시스템의 무결성(integrity) 확보에 관한 부분에서의 보강이 요구되었다.

최근까지 위성항행시스템의 보강시스템들은 SBAS와 GBAS, 그리고 ABAS(Aircraft Based Augmentation System)의 세 가지 범주로 구분되어 왔다. 다음에서는 데이터 링크를 사용하는 SBAS와 GBAS에 대해 간략히 알아본다.

■ SBAS(Space Based Augmentation System)

여러 기준국들이 넓은 범위에 걸쳐 위치하여 각 기준국 지점에서 관측되는 모든 위성들의 정보를 종합하여 중앙처리기관으로 보낸다. 이 기준국들은 지상 또는 공중과 네트워크를 통해 연결된다. 중앙처리기관에서는 그 정보들을 종합하여 광역보정 값을 계산한다. 즉, SBAS 서비스 지역 내의 미리 지정된 지점들(기준국 지점)에 대한 대기 지연에 관한 예측 정보를 제공하여

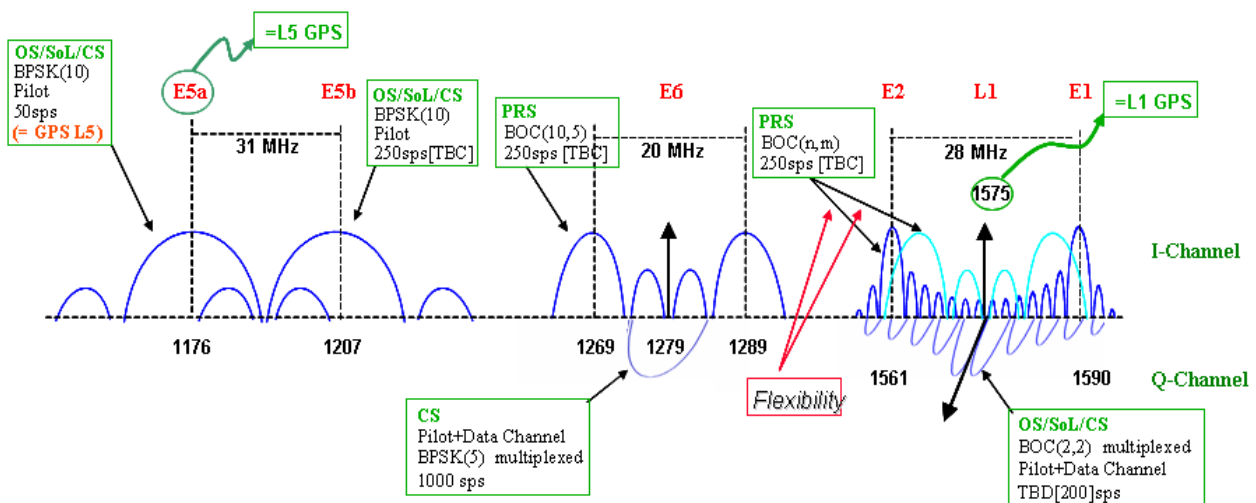


그림 7. GALILEO 주파수 배치도

사용자들로 하여금 이용지점에서의 전리층 지연을 예측할 수 있게 한다. 또한 위성신호의 무결성에 관한 파라미터를 계산하여 각 위성항행시스템 위성의 파라미터 정보를 제공하여 사용자로 하여금 어느 위성조합에 대해서도 보정신호의 이용성을 결정할 수 있게 한다. 보정과 무결성 정보는 GPS 또는 GLONASS와 유사한 위성데이터 링크를 통해 방송된다. 현재 개발되고 있는 SBAS는 다음과 같다.

- FAA에서 개발 중인 WAAS(World Wide Augmentation System)
- 유럽연합이 EUROCONTROL과 제휴한 유럽 우주국의 EGNOS(European Geostationary Navigation Overlay Service)
- 일본 민간항공국에서 개발 중인 MSAS (MTSAT Satellite Augmentation System)

SBAS는 상대적으로 적은 수의 지상 기반시설을 이용한다는 점과 CAT-I 수준의 정밀접근 서비스를 광역에 걸쳐 제공할 수 있다는 점에서 매력적이지만, 시스템의 복잡성과 구축비용 측면에서 모든 국가나 지역에서 이러한 보정시스템을 채택하기에는 많은 어려움이 있을 것으로 예상된다.

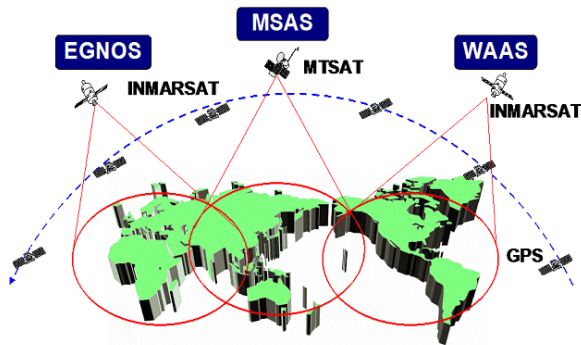


그림 8. 전세계 SBAS 개발 현황

■ GBAS(Ground Based Augmentation System)

GBAS는 공항 또는 그 주변의 비교적 좁은 지역 내에 3~4개의 기준수신기들로 이루어진 몇 개의 수신기 집합들로 구성된다.

이 기준수신기들은 항법위성의 신호를 모니터링하며 의사거리 측정값들을 중앙처리장치로 보낸다. 이 정보를 이용하여 중앙처리장치에서는 각 위성 신호에 대한 의사거리 보정값을 계산하게 된다. 사용자들은 중앙처리장치에서 계산된

파라미터 값을 이용하여 주어진 가시위성조합에서의 신호에 대한 이용성을 결정하게 된다.

보정 값과 무결성 정보는 VDB(VHF Data Broadcast)를 이용하여 108.0~117.975MHz 로 이용자에게 전송된다.

GBAS는 활주로로 이어지는 원하는 기준경로를 정의하는 데에 필요한 정보도 방송한다. 하나의 GBAS 지상국은 48개까지의 기준경로를 전송할 수 있다.

GBAS는 ILS와 같은 100KHz대를 사용하고 있지만, ILS가 하나의 활주로에 하나의 접근만을 유도할 수 있는 반면 GBAS는 한 활주로에 대해 이론상으로 192개의 접근을 유도할 수 있다. GBAS는 현존하는 ILS 운용에 상당한 유연성을 제공할 수 있다.

표 8. GBAS 요구항법성능(Draft ICAO SARPs ver.8.0)

요구조건	CAT-I	CAT-III
수평방향 (95%)	16 m	3.9m
수직방향 (95%)	6.0~4.0 m *	0.8 m
무결성	1-2.0×10 <sup>-7</sup> /접근 **	1-2.0×10 <sup>-9</sup> /접근
Time-to-alert	6 s	2s
Vertical Alert	10 m	5 m
Continuity	1-8×10 <sup>-6</sup> (in any 15s)	1-6×10 <sup>-6</sup> (in any 30s)
Availability	99.9 % ~ 99.999 %	

\* '99.3. GNSSP-3 최종안

\*\* 국제공항의 연간 항공기 착륙회수는 100,000회 기준  
 CAT-I 무결성 : 100,000회/년 × 2.0×10<sup>-7</sup> = 2.0×10<sup>-2</sup>회/년 (사고확률 1회/50년)

■ GRAS(Ground based Regional Augmentation System)

GNSS의 보강시스템으로 부상하는 GRAS는 GBAS의 자연스런 확장형태로서 지난 몇 년간 ICAO와 RTCA SC-159에 의해 정의되어 왔다.

GRAS에 관한 논의는 1998년 뉴질랜드 웰링턴에서의 GNSSP WG-B 회의에서 스웨덴과 호주의 제안으로 시작되었으며, 미국 시애틀에서의 GNSSP WG-B 회의에서는 GRAS 서브 그룹이 결성되어 GRAS 운용 개념, 성능요구조건, 2002년도 완성을 목표로 한 SARPs 제정 등 GRAS에



관련한 작업들을 시작하게 되었다.

스웨덴, 러시아 연방, 호주와 같은 고위도 지역은 질 좋은 위성항행시스템 서비스를 제공받지 못하고 있다. 이러한 문제점의 해결을 위해 추가적으로 위성기반시스템을 확충하는 것은 비용 측면에서 그리 효과적이지 못하다. 스웨덴과 호주에서는 기존의 시설을 이용하여 자국의 실정에 적합한 GRAS 시스템을 구축하여 현재 시험운용 중에 있다.

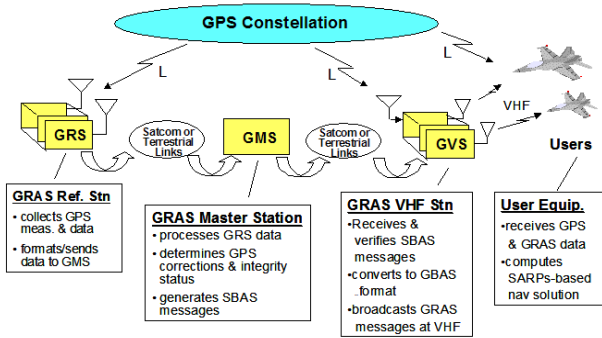


그림 9. 호주에서 제안한 GRAS의 구성도

GBAS 개념을 근간으로 하는 GRAS는 광역을 커버(Cover)하기 위한 VDB(VHF Data Broadcasting) 자동중계장치 그룹으로 구성된다. 각 VDB 자동중계장치는 GBAS와 유사한 또는 독립된 신호를 송출하게 된다. GRAS 영역 내를 비행하는 이용자의 장비는 하나 이상의 GBAS 신호를 수신하게 되는데 가장 좋은 성능을 나타내는 신호를 선택하여 사용가능하다.

현재 두 가지 형태의 GRAS 구성이 가시화되고 있는데 향후 실제 GRAS는 두 형태를 결합한 구조가 될 것이다.[1]

· Type A GRAS 구조

A 타입의 GRAS 네트워크는 비교적 작은 범위를 커버하기 위한 시스템의 형태로 비용이 저렴하고 구현이 용이하다. 서로 독립적인 GBAS 지상국을 모아 구성하며 스펙트럼 플랜과 주파수, 타임슬롯(Time Slot) 등을 고려하여 자동중계장치를 배치하게 된다.

· Type B GRAS 구조

B 타입의 GRAS는 통신망으로 서로 묶여 있는 기준국들의 집합으로 이루어진다. 각 기준국으로부터의 측정값은 SBAS에서와 같

은 방법을 통해 단일 기준국 위치에 대한 보정 값과 무결성 데이터가 생성되게 된다. 이 데이터는 VDB 신호를 통해 사용자에게 전달된다. 광역 네트워크를 통해 수집된 정보는, 보정 값이 가장 정확한 기준점을 나타내는 가상 GBAS 기준점을 잡는데 사용된다. 이곳에 VDB 자동중계장치를 설치하게 된다.

GRAS 시스템은 고위도 지방, 특히 스웨덴, 러시아, 호주 등을 중심으로 활발한 연구개발활동이 진행 중에 있다.

### 4. 항공감시 기술개발 동향

기존의 레이더 체계에 의존하던 항공감시기능은, 데이터 통신기반에 의한 항공감시구현을 위한 연구가 진척됨에 따라, 레이더를 백업으로 하는 새로운 개념의 항공감시체계로의 전환을 준비하고 있다. 그 대표적인 예가 ADS-B이다.

초기 ADS 시스템 개념은 지상 레이더가 설치되지 않은 지역에서 항공기가 자신의 위치를 자동적으로 보고하는 시스템 구축을 위해 개발되었으며, ADS-B 개념은 일반항공기(GA)의 ACAS(Airborne Collision Avoidance System)를 구현하기 위해 개발되었다.

ADS-B는 조종실 내의 조종사와 지상의 항공교통관제사가 예전에 비해 정밀하게 항공교통상황을 볼 수 있게 해주는 시스템으로, 미국 FAA(Federal Aviation Administration)에서는 ADS-B의 비행안정성 증대, 공역의 효율성 증대의 관점에서 분석을 실시한 바 있다.

ADS-B 장비를 장착한 항공기는 디지털 데이터 링크를 통해 자신의 정확한 위치, 항공기 형태, 비행속도, 비행번호, 고도, 비행지역 기상정보, 상승 또는 하강에 관한 정보를 불특정 다수를 향해 방송하게 되며, 모든 이용자(항공기, 지상작업 차량 등)가 ADS-B 장비를 장착하게 되면 기존의 레이더가 제공하였던 것보다 더욱 정밀하고 정확한 항공교통정보의 교환이 가능하게 된다. 단, 자신의 정확한 위치를 보고하기 위해 GNSS에 의존하게 된다.

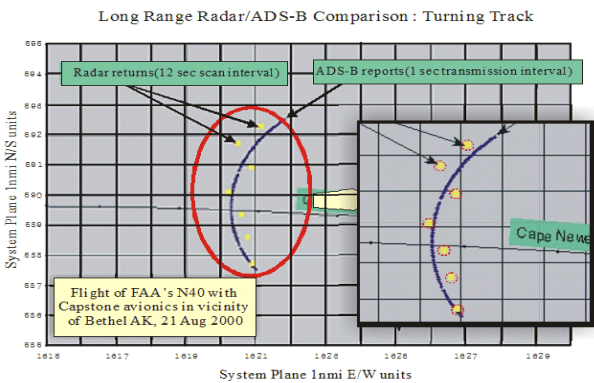


그림 10. 감시 레이더와 ADS-B 데이터 비교

위의 그림은 미국 알래스카에서 진행 중인 Capstone 프로그램의 레이더와 ADS-B 데이터를 비교한 결과를 보여주고 있다. ADS-B에 의한 데이터가 더욱 정교함을 볼 수 있다.[9]

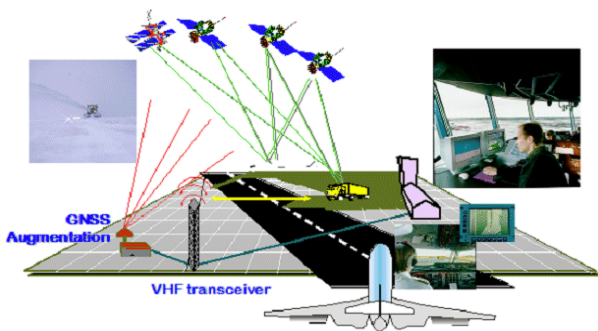


그림 11. 지대지 감시시스템 개념도

ADS-B는 지상시설에 의존하지 않기 때문에 원격지역 또는 레이더 범위 밖에서도 유용하며, 가장 큰 장점은 항공기 조종사, 관제탑의 관제사, 지상이동체의 운전자 등이 모두 같은 정보를 동시에 실시간으로 공유할 수 있다는 것이다.

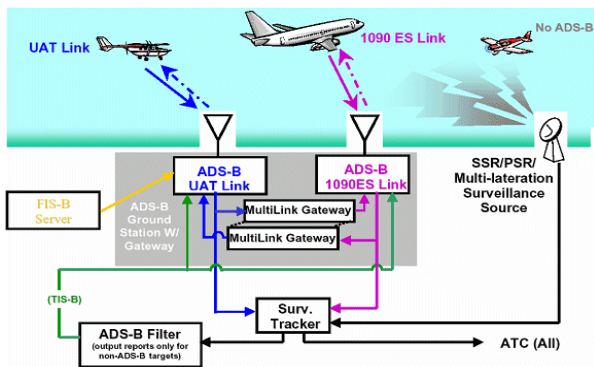


그림 12. ADS-B 지상국 개념도(미 FAA Ohio밸리 프로그램)

미국의 FAA에서는 Safe Flight 21 프로젝트를 통해 유럽과 공동으로 ADS-B용 후보 데이터 링크들에 대한 평가를 공동으로 수행하였으며, ADS-B 장비 및 절차 테스트(@hub airports)를 진행 중이며, 알래스카(Capstone 프로젝트)에서 소형의 일반 항공기에 대한 ADS-B 응용 실험을 150여회 실시한 바 있다. 또한 미국 화물기 업체들의 참여로 ADS-B의 과학적 평가를 위한 자료를 수집하고 있다. 현재 미국의 UPS사는 230여대 이상의 자사 항공기에 ADS-B를 장착하여 운행 중에 있다.[10]

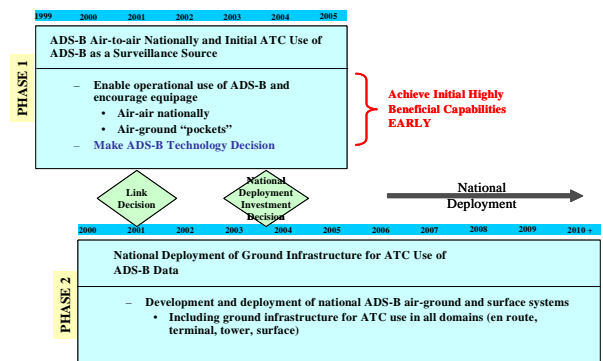


그림 13. ADS-B 이행을 위한 FAA 기술 로드맵

유럽에서도 Eurocontrol, European Air Traffic Control agency 등을 중심으로 ADS-B 장비 평가 작업을 실시 중이며, 특히 북유럽을 중심으로 ADS-B 시스템이 시현 중에 있다.[11]

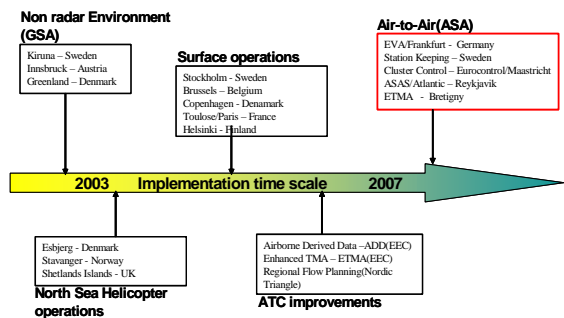


그림 14. 유럽 내 ADS-B 구현 로드맵

ADS-B 응용 관련 S/W로는 공중 충돌 위험 탐지에 대한 알고리즘이 구현되어 있어 현재 사용 중인 충돌 방지 시스템(ACAS/TCAS)보다 더 원거리(>200NM)에서도 충돌위험을 감지할 수 있게 되었다.

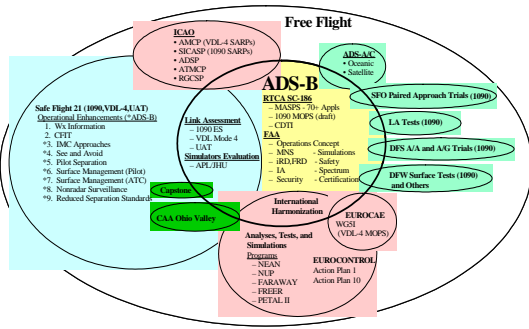


그림 15. Free Flight 구현을 위한 전세계 활동현황

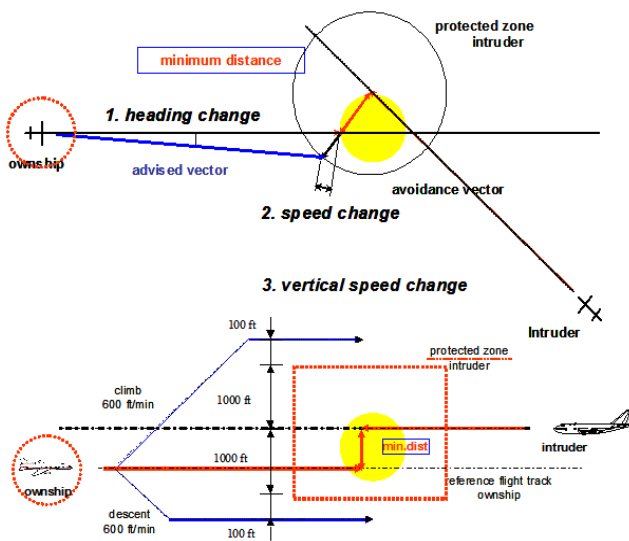


그림 16. ADS-B를 이용한 충돌회피 기능

ADS-B와 TIS-B(Traffic Information Service -Broadcast)라는 새로운 개념의 도입을 통해, 레이더 지역뿐만 아니라 대양지역 및 극지방을 운항하는 항공기에 이르기까지, 지구 곳곳의 항공기 운항정보를 모두 파악할 수 있게 되었고, 관제사, 항공기 조종사, 항공사 등이 이 정보를 공유할 수 있게 되어 관제사 업무의 형태에 많은 변화가 있을 것으로 기대된다.

최근 항공관제분야의 연구는 데이터 통신을 기반으로 하는 새로운 시스템 하에서의 인간과 기계간의 조화에 대한 연구 및 새로운 시스템이 관제사의 업무를 어느 정도 감소시켜 줄 수 있는지에 대한 분석 등이 진행되고 있으며, 새로운 통신/항법/감시 기능을 통합한 관제 시뮬레이션에 대한 연구가 다양한 방법으로 진행되고 있다.[12]

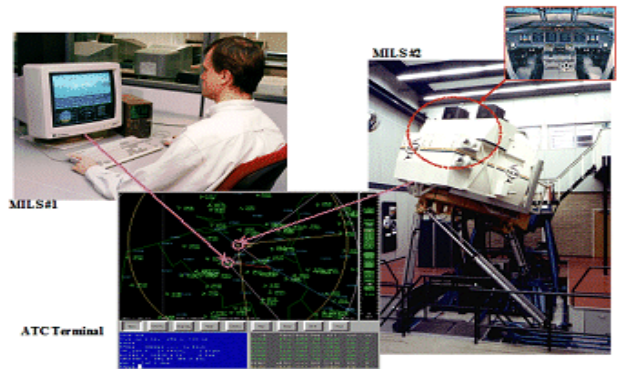


그림 17. CNS/ATM 개념을 도입한 관제시스템 시뮬레이션

## 5. ATM 관련 기술개발 동향

앞서 설명한 CNS/ATM의 요소기술들의 가장 큰 수혜부분은 항공관제 분야이다. 항공기 운항도 자동차의 운행처럼 자유롭게 할 수 있다는 개념인 Free Flight라는 원대한 꿈을 위한 연구개발의 노력이 항공관제 관련분야에서 진행되고 있다. 무엇보다도 항공관제부분에 있어서의 혁신은 항공운항정보의 공유라는 점을 들 수 있다.

기존의 항공운항정보는 관제사만이 접근 가능하여, 관제사의 지시에 의해 항공기의 통제 및 운항이 이루어지는 체계였다. 날로 증가하는 항공교통량은 고스란히 관제사의 업무 증가로 이어지게 되어, 관제분야에서도 새로운 기술과 개념의 도입이 필요하게 되었다.

CNS/ATM은 많은 데이터를 다양한 센서로부터 취합하여 종합적인 항공기 운항정보를 도출하게 된다. 이를 위해서는 신뢰성 높은 데이터를 생성하는 데이터 퓨전(Fusion)기술이 필요하여 이에 대한 연구가 ADS-B 테스트 베드(Test-bed)를 통해 수행되고 있다.

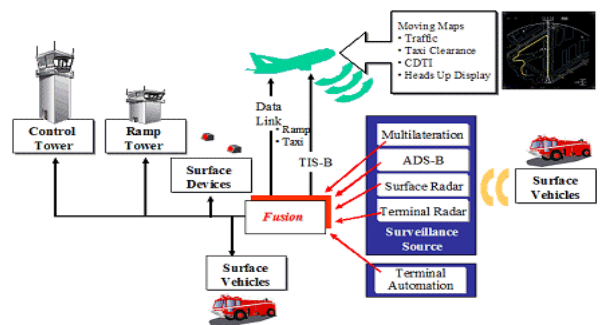


그림 18. ADS-B test-bed를 통한 데이터 퓨전 개념도

미국과 유럽에서는 CNS/ATM 도입과 Free Flight의 실현을 위해 새로운 공역관리 개념에 대한 개발과 분석을 진행 중이다. 공역(airspace)을 Free Flight 영역, 항로영역, 터미널 영역, 공항영역으로 구분하고, 주요 관제관리 구역과 그렇지 않은 구역으로 구분하며, 공역의 구분에 따른 ADS-B 보고주기 등을 정의해 나가고 있다.

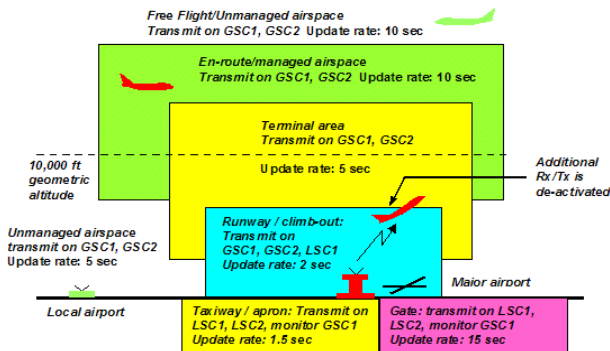


그림 19. CNS/ATM 환경 하에서의 공역분류

미래의 항공기 조종사는 항로 선택에 대한 자율성을 가지게 되며, 미래의 관제사는 항공기 안전을 저해하는 요소들의 관찰과 이의 회피를 위한 최소한의 관제만을 시도하게 될 것이다.

환경이다. 이러한 환경은 항공기 이착륙시의 안전성을 저해하는 요인으로 그간 국내에서 발생한 항공기 사고 중 대다수를 차지하고 있다.

기존의 지상고착 항법시스템은 직선의 고정된 접근항로만을 제공하나, GPS 등 위성항행시스템을 이용하는 경우 지형적인 장애를 극복할 수 있는 다양한 접근항로를 이용할 수 있어, 활주로 양방향에 ILS 등을 설치할 수 없는 국내 지방공항의 안전한 항공기 이착륙이 가능하게 되어 항공기 안전사고를 획기적으로 줄일 수 있게 된다.



그림 21. DGNSS를 이용한 곡선 접근항로

## 6. 결론

국내 지방공항 대부분은 군과 같이 공항을 사용하고 있는 실정으로, 군 공항입지 특성상 활주로 양방향에 정밀계기착륙장치(ILS)를 설치할 수 없는

미국 및 유럽 등 CNS/ATM 연구개발의 선두그룹에서는 CNS/ATM의 요소기술들에 대한 연구개발이 상당히 진척되어 통신, 항법, 감시기술들을 구현한 테스트 베드(Test-bed)가 몇몇 공항에 구축되어 시범운용 중이며, 본격적인 자율비행(Free Flight) 구현을 위해 관제부분에서의 요구성능을 수용하기 위한 작업을 진행 중에 있다.

반면 국내에서는 CNS/ATM에 대한 연구가 본래도에 오르지 못하고 있으나, 그 동안 학계 및 정부출연연구원을 중심으로 CNS/ATM 요소기술들에 대한 연구가 진행되어 오고 있어, 국내 IT 산업의 잠재력, DGNSS(Differential GNSS) 요소기술 개발 성과, 데이터통신링크 생산기술수준 등을 감안할 때 향후 국내에서의 CNS/ATM 관련 연구성과 및 파급효과는 기대 이상으로 클 것이다.

2004년에는 국내 CNS/ATM 구축계획이 수립될 전망이어서 조만간 CNS/ATM에 대한 국내 연구가 본격적으로 전개될 것으로 기대된다.



그림 20. 국내 공항별 항공기 사고 일지

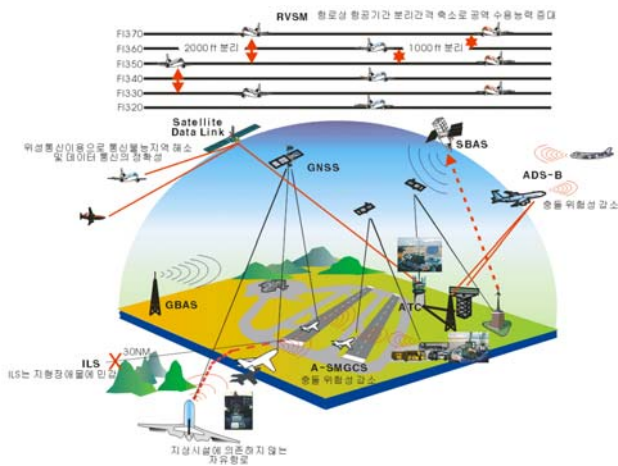


그림 22. CNS/ATM 운용도

## 참고문헌

1. 김중철 외 8인, 위성항법시스템 개발 3차년도 사업, 한국항공우주연구소, 최종보고서, 2000.11
2. <http://www.aatl.net/publications/russia.htm>
3. CANSO CNS/ATM Working Group, "Demystifying CNS/ATM Final Ver", 1999.
4. Jonny Nilsson, "VHF Data Links and ADS-B" Swedish Civil Aviation Administration, 2000
5. ADS-B Technical Link Assessment Team, Technical Link Assessment Report, March 2001.
6. Global Positioning System Joint Program Office, "Navstar GPS Space Segment/User Segment L5 interface," ARINC ICD-GPS-705, March 2002.
7. Bartenev V.A, " GLONASS Navigation Satellite System Status and Development", 4th CGSIC II SC Asia Pacific Rim Meeting, Nov. 16, 2003.
8. [http://europa.eu.int/comm/dgs/energy\\_transport/galileo/index\\_en.htm](http://europa.eu.int/comm/dgs/energy_transport/galileo/index_en.htm)
9. <http://www.alaska.faa.gov/capstone/>
10. <http://adsb.tc.faa.gov/ADS-B.htm>
11. <http://www.eurocontrol.int/ads/>
12. <http://www.nlr.nl/public/areas/brochure/c-aviation.html>