

『PBN 및 CNS/ATM』

(개념 정립위한 교육용)

한국 항공대학교

목 차

제 2 장 성능기반항행(PBN)의 개념

제 1 절 위성항행시스템(CNS/ATM)

- 2. CNS/ATM 기술의 도입 필요성**
- 3. CNS/ATM 기술의 변천사**
- 4. CNS/ATM 분야별 현 기술 수준**

제 2 절 성능기반항행(PBN)

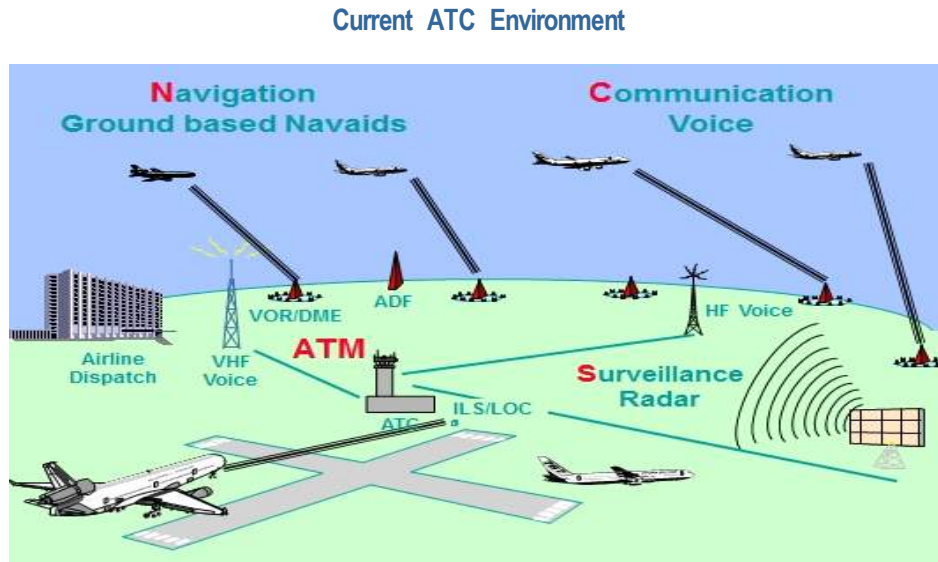
- 1. 성능기반항행(PBN)의 변화 발전 및 기본 개념**
- 2. 항행 성능 요건의 지정**
- 3. 항행안전무선시설 기반**

제 5 장 결 론

제 2 장 성능기반항행(PBN)의 개념

제 1 절 위성항행시스템 (CNS/ATM)

1. 기본 개념



"CNS/ATM"이란 "Communication, Navigation, Surveillance, Air Traffic Management"의 약칭으로 "ICAO(국제민간항공기구)에서 추진하고 있는 신 개념의 항행지원시스템"을 말한다.

[표 2-1] CNS/ATM의 영역

용어	원어	관련시설
C	Communication 항공통신 분야	VHF 음성 데이터 통신 HF 음성 데이터 통신 항공종합 통신망(ATN) 항공 이동 위성 통신
N	Navigation 항공항행(항법)분야	ILS, VOR, DME, NDB, GNSS LAAS, WAAS, INS/IRS
S	Surveillance 항공감시분야	RADAR, SSR Mode-S, ADS TCAS 등
ATM	Air Traffic Management 항공교통관리분야	통신, 항행, 감시분야의 지상 시설을 이용한 관제 및 운항

2. CNS/ATM 기술의 도입 필요성

현재까지 사용되고 있는 항행안전무선시설(V/UHF 송수신기, ILS, RADAR 등)들은 1950~1960년대에 개발된 전자 장비들로서 이 장비들은 다음과 같은 단점을 지니고 있다. 전파의 직진 특성으로 인한 신호 통달거리의 제한으로 원격지, 대양, 산악 및 차폐 장애물이 있는 지역에서는 신호 이용이 곤란하다. 지상과 항공기간의 주파수의 부족으로 용량상의 한계 발생한다. 지상 장비의 정밀도 부족으로 최단거리의 항공로 제공이 불가하다. 시설의 설치, 운영, 관리 측면에서 막대한 비용이 소요된다. 시스템 간의 호환성 부족으로 효율적인 항공교통관제시스템의 구축 곤란하다.

이상의 문제점들을 해소하고 향후의 항공교통량을 처리하기 위해서는 다음과 같은 항공교통업무 효율 증대를 위한 개선 소요 충족을 위한 새로운 기법의 기술 도입은 불가피하다.

- 항공기 간의 비행 간격 단축 방안
- 효율적인 비행경로 제공으로 운항 비용 절감 방안
- 항공교통관제 시스템 및 공항 용량의 증대 방안
- 항공기 지연 운항 해소로 시간적, 경제적 손실 최소화 방안

3. CNS/ATM 기술의 변천사

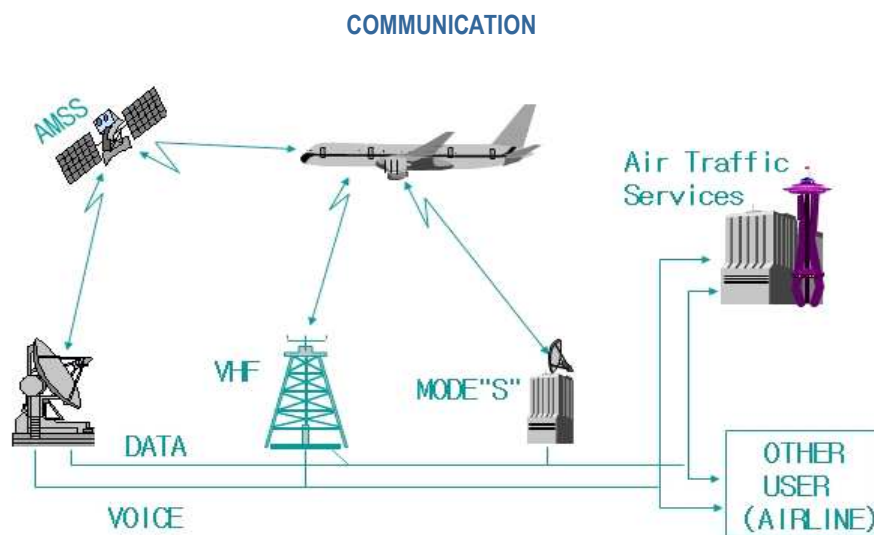
위에 언급한 바와 같이 종래 시설의 한계점과 개선 소요를 만족시키기 위한 목적으로, 인공위성 신호를 이용한 항행시스템에 대한 연구가 시작되었으며, 1983년에 ICAO에서 미래항행시스템(FANS : Future Air Navigation System) 특별위원회를 구성하면서 위성 신호를 이용하

는 항행시스템에 대하여 본격적인 연구 및 개발이 시작되었다.

1991년 국제민간항공기구(ICAO) 제10차 항공항행 회의에서 ICAO 체약국들은 FANS 개념을 21세기 표준 항행시스템으로 채택하기로 결의하였다. FANS의 개념이 실용화되고, 더 이상 Future(미래)의 개념이 아니라는 의견에 따라, FANS라 칭하던 용어는 사라지고, CNS/ATM(통신, 항행, 감시/항공교통관리)란 용어로 대체되어 호칭되고 있다.

4. CNS/ATM 분야별 현 기술 수준

가. 통신(Communication) 분야



“항공통신(Aeronautical Communications)”이란 항공기(조종사)와 지상시설(관제사 등) 간, 그리고 지상시설과 지상시설 간의 필요한 항공정보 전달과 교환을 의미한다. 항공통신은 항공기가 비행을 위한 준비단계에서 목적지에 도착할 때까지 안전하고 보다 경제적이며 효율적 운항을 할 수 있도록 여러 가지 다양한 항공정보를 교환하는 매개

체로서, 높은 신뢰성과 안정성·신속성을 필요로 하는 필수시설들이다. CNS/ATM 기술의 발전으로 항공통신 성능 변화는 다음과 같이 요약될 수 있다.

- 음성에 의한 개별 교신 → 고속 데이터(문자) 통합통신/음성 (비상용)
- 단거리(지역으로 제한) 교신거리 → 전 세계 권역(GLOBAL) 통신 가능

[표 2-2] 현행 시스템과 위성항행시스템의 차이점

구 분	현행 시스템	위성항행시스템
공항 계류 중	• 초단파(VHF) 음성	• VHF 데이터/음성 • 유선 데이터
단거리 육지 상공 비행 중	• 초단파(VHF) 음성	• VHF 데이터/음성 • SSR 모드 S 데이터
장거리 대양(대륙) 상공 비행 중	• 단파(HF) 음성	• 인공위성 데이터/음성 • HF 데이터/음성(비상용)
항공관련 정보의 처리	• 항공고정통신망(AFTN) - 저속, 개별통신망	• 항공종합통신망(ATN) - 고속, 통합통신망 - 패킷 교환망

주요 항공통신의 종류는 다음과 같다.

- VHF Data Link (VDL)

- VDL Mode 1 : Aircraft Communication Addressing and Reporting System (ACARS)
- VDL Mode 2 : 데이터 전용, analog VHF radio 이용
- VDL Mode 3 : 데이터 및 음성 전송, analog VHF radio 이용
- VDL Mode 4 : 통신 및 항법, 감시용 데이터 전송

- Secondary Surveillance Radar (SSR) Mode S

- 1090 MHz L-band
- 대부분의 항공기가 Mode S Transponder 장착
- 위치/속도/방위각 정보 제공

- Universal Access Transceiver (UAT)
 - 987 MHz
 - 항공기는 매초 마다 ADS-B 메시지 방송
 - 지상국은 기상데이터 등의 비행정보 방송
 - 많은 수의 미국 일반항공기에 장착
- Aeronautical Mobile Satellite Services (AMSS)
 - 정지궤도 통신위성 이용
 - 항공기와 지상 관문국 간 음성 및 데이터 통신
 - ATC 센터에는 지상망을 이용하여 통신
 - 대양 항공로 상에서 주로 이용
- HF Data Link (HFDL)
 - 대양 및 오지 항공로의 장거리 데이터 통신으로 사용
 - AMSS의 보조적 수단으로 사용
- 항공종합통신망(ATN)
 - 국제표준화기구(ISO)의 Open System Interconnection (OSI) 모델
 - 최적의 경로로 이용 가능한 데이터 링크를 통한 데이터 메시지 전달
- 항공통신의 종류별 기술 현황
 - 항공용 HF 통신은 음성통신의 품질이 양호한 VHF 통신의 단점인 가시거리 외 사용제한으로 원거리통신이 불가능한 통신, 즉 항공기가 대양상공이나 지상설비의 설치가 불가능한 사막, 정글 상공 등을 비행할 때 지상과의 통신에 이용된다.

- 이 HF 통신은 HF대의 전파 특성으로 야기되는 혼신과 잡음이 존재하나 지금까지 유일한 대양상의 장거리 통신 수단이다. 주파수대의 전파특성상 그 신뢰성은 매우 낮다.
- 일반적으로 각 비행정보구역(FIR)에 보통 1개소의 항공통신국이 존재한다. 그러므로 HF를 이용한 항공통신망은 여러 개의 항공통신국으로 이루어지며 이러한 HF를 이용한 통신방식은 인공위성을 이용한 통신이 확대될 때 서서히 사라질 것으로 예상되지만, 인공위성의 통달거리 밖에 있는 양 극지방에서는 계속 사용될 전망이다.

- 항공용 VHF 통신

- 초단파대(VHF) 전파를 사용하는 항공이동무선통신은 항공교통관제 통신, 운항관리 통신 등에 사용된다. VHF대의 전파통달은 직접파에 의한 가시거리(LOS : Line of Site) 내의 전달이기에 통달거리는 비행고도에 따라 정해지며 비행하는 항공기와 통신 통달거리는 대략 400Km 정도이다.
- 채널 간격은 항공기가 증가함에 따라 통신량이 비약적으로 증가하는 주파수 수요를 충족하기 위하여, 단계적으로 좁혀왔으며, 현재는 12.5KHz (118.000~136.975MHz에서 총 1,520개 채널) 간격이 일반화 되어 있다. 현재 추진하는 데이터링크가 실용화되더라도 당분간 현재의 채널 간격은 그대로 유지될 전망이다.

- 모드 S 데이터 통신

- 모드 S 데이터 통신은 2차 감시레이더(SSR)가 항공기와 감시시스템을 위한 정보를 교환할 때 부수적으로 관제 이외의

정보를 첨부하여 교환하는 통신방식으로 현재 개발되고 있는 중이다. 미국의 경우 1991년부터 설치가 시작되었으며 유럽과 일본에서도 설치를 추진하고 있다. 모드 S 데이터 통신의 특징으로는 지대공의 경우 4Mbps, 공대지인 경우 1Mbps의 속도를 제공할 수 있다.

- 이 모드 S 데이터링크도 차세대 항공통신망(ATN)의 하부구조로 이용될 전망이다. 그러나 이 통신망은 모드 S 레이더가 설치된 후에 레이더의 통달거리 내에 있는 항공기만 사용 가능하다.

- 항공이동위성서비스(AMSS)

- 항공이동위성서비스(AMSS) 시스템은 항공기의 하부시스템과 지상의 하부시스템 간을 정지궤도상의 인공위성과 지상국을 이용하여 직접 연결하는 세계적인 통신시스템이다. 이 시스템은 항공기에 탑재한 최종 이용자와 지상에 본부를 둔 최종이용자 사이를 데이터 및 음성통신으로 지원하는 시스템이다. 항공기의 최종이용자는 항공기에 탑승한 승객은 물론이고 항공기의 탑재시스템이 포함되며, 지상의 최종이용자의 대표적인 예는 항공로관제소, 항공기를 운용하는 항공사 및 기타 공중통신망 가입자 등이 있다.
- AMSS 기능에 의해 서비스될 수 있는 통신은 크게 4가지로 나뉜다. 이들은 항공교통서비스(ATS), 항공운항관리(AOC), 항공업무통신(AAC) 및 항공여객통신(APC) 등이다.

- 차세대 항공통신망(ATN)

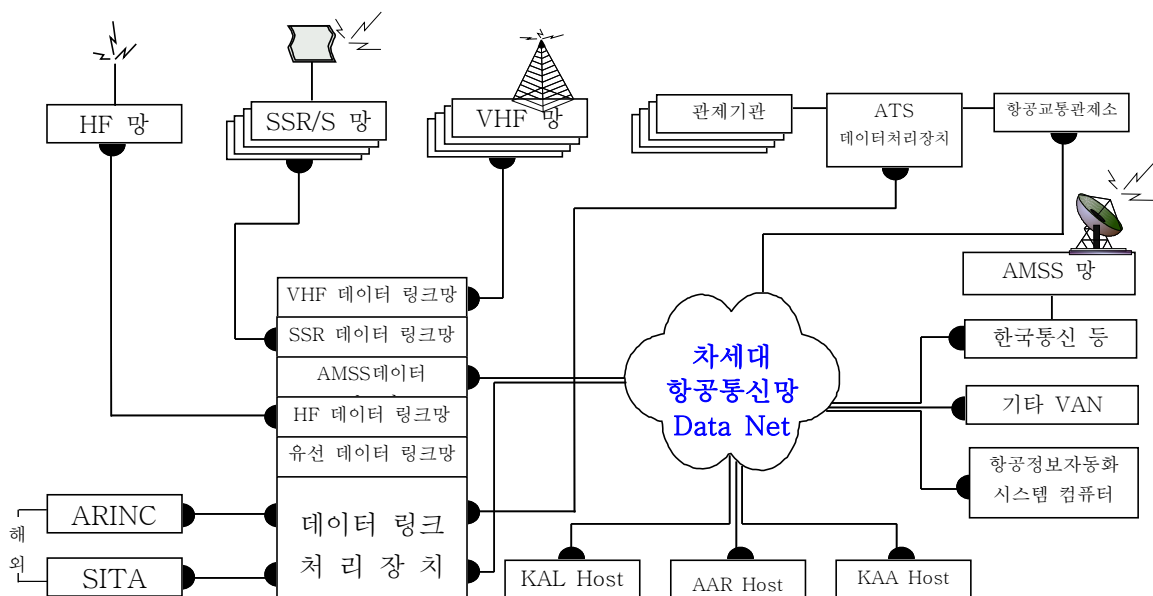
- 항공통신망(ATN : Aeronautical Telecommunication

Network)의 개념은 2차 감시레이더(SSR)의 MODE-S, VHF 데이터링크 및 항공이동위성서비스(AMSS) 데이터와 같이 서로 다른 공중-지상간의 데이터를 상호 공유할 수 있도록 하기 위해 ICAO 및 일부 선진국에서 개발 중에 있다.

- 패킷 데이터 서비스를 위한 항공이동위성서비스(AMSS)는 항공 통신망 중의 하부 통신망(Sub-network)으로 간주되고 있다. 따라서 항공통신망이란 공중/지상 그리고 지상의 부분통신망끼리 접속을 확립하여 서로 다른 개별적인 모든 항공통신망을 하나로 통합, 연결하려는 개념이다. 서로 다른 기기끼리 상호운용이 되려면 시스템의 통신망 측면에서는 응용 환경에 무관하여야 하며 하드웨어는 여러 가지 서로 다른 공중-지상 링크에 의해서 분할될 수 있어야 한다. 데이터통신망은 전 세계 각 국가나 제작회사에 관계없이 모든 통신망내의 컴퓨터가 국제표준화기구(ISO)에 의해 개발된 개방형 상호접속방식을 사용하여야 한다.
- 항공통신망은 항공이동위성서비스(AMSS)를 비롯한 위성항행시스템의 대부분의 구축이 이루어지는 시점에서 전체적인 통신망이 완성되기 때문에 대단히 방대하고 장기적인 사업이 될 것이다. 그러나 지상에서의 업무용데이터 이용 시에는 컴퓨터 통신망을 통한 전송이 이루어지고 있으므로 점차 확장시켜 나가는 형태로 발전될 것이다.
- 항공통신망(ATN)은 위성항행시스템을 구성하는 하드웨어를 통합하여 전체 시스템으로 묶는 소프트웨어 작업이다. 따라서 종단시스템인 항공기 탑재 컴퓨터와 지상의 호스트 컴퓨터의 구성이 어떻게 되느냐에 따라 그 구성이 크게 달라질 수밖에

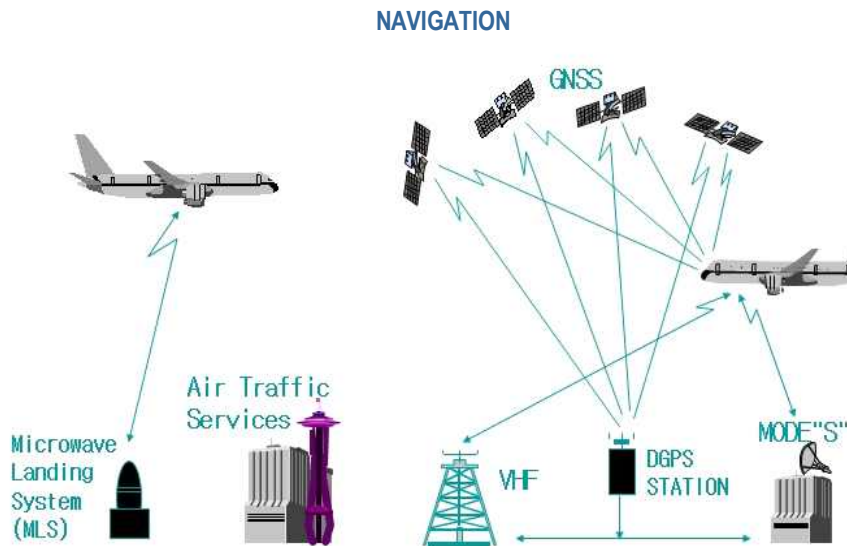
없다. 항공통신망은 항공이동위성서비스를 비롯한 위성항행시스템의 대부분이 구축되는 시점에서 전체 통신망이 완성되지만 국제민간항공기구(ICAO)에서 권장하고 있는 프로토콜 방식이 부분적이라도 각각의 단말에는 지장을 초래하지 않으면서 통신망이 이루어지기 때문에 지상에서의 업무용 데이터 이용에는 이미 적용되기 시작하였다.

- 컴퓨터 통신망의 개발은 항공통신망이 아니더라도 초기 접속과정과 프로토콜의 표준이 완성되면 일의 절반을 수행한 것이나 다름이 없기 때문에 현재 항공통신망 프로토콜로 추천되고 있는 개방형 상호접속 프로토콜이 점점 구체적인 부분까지 확장되고 있다. 2차 감시레이더의 MODE-S 시스템을 이용한 데이터통신을 개발하고 있는 ICAO의 2차 감시레이더(SSR) 개량 및 충돌방지위원회에서 공지데이터 통신시스템에 개방형 상호접속방식을 채택하도록 권고하고 있다.



[그림 2-1] 차세대 항공통신망(ATN) 구성도

나. 항행(Navigation) 분야



항행(Navigation)은 지구표면에 의한 항공기의 상대적 위치를 결정하고 원하는 방향을 유지하기 위한 기술이다. 현행 시스템과 위성항행시스템의 비교 및 국제 동향을 살펴보면 아래와 같다.

[표 2-3] 현행 시스템과 위성항행시스템의 차이점

현행시스템	위성항행시스템
• ILS, VOR/DME, INS	• LAAS, WAAS, INS/IRS 등 • RNAV
• 지역별 측지기준	• 범세계측지기준(WGS-84)



[그림 2-2] 항행분야 국제 동향

제11차 ICAO 항행회의(2003년) 권고 사항으로 전 세계적으로 APV-1 성능을 제공하며, RNAV 및 RNP 개념 도입을 촉구하였다. 미국의 추진 계획은 다음과 같다.

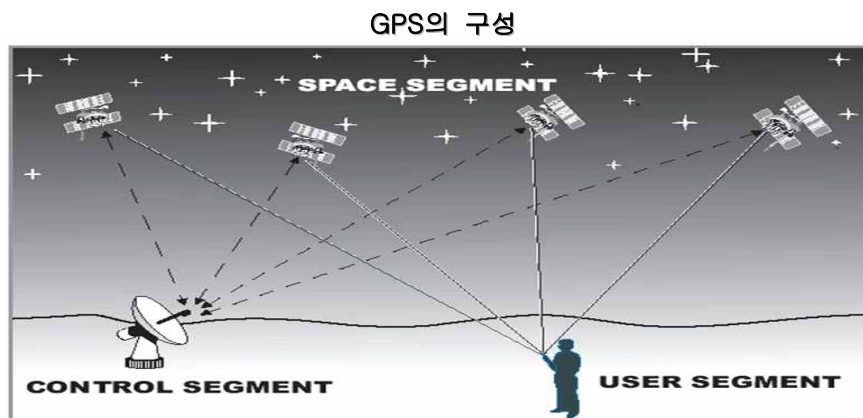
1) ADFs, NDBs 폐기 RNAV 장비 장착

상업항공(Air Carrier) 및 고급 일반항공(General Aviation)은 'on-the-fly' planning 기능을 통한 최적비행을 추구한다. 중·저급 일반항공은 GPS 및 Moving Map을 이용한 FMS를 장착하는 수준이다.

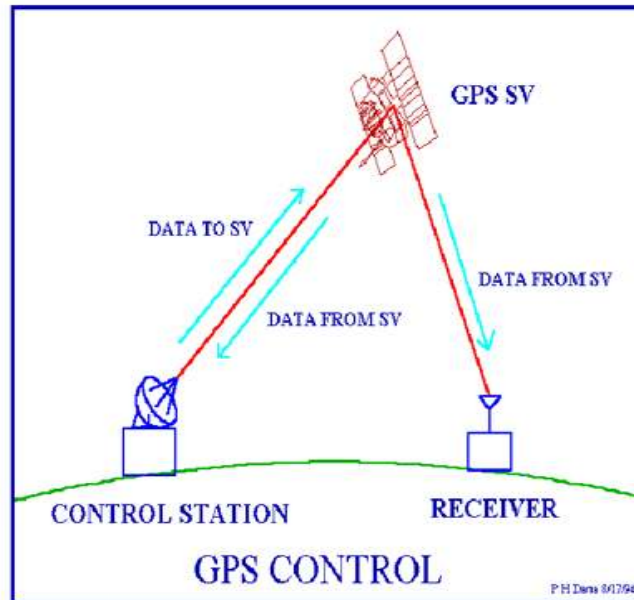
2) 위성항법시스템(GNSS : Global Navigation Satellite System)

미국은 월남전에서 밀림 속에서의 위치파악을 위하여 전파항법의 일종인 LORAN을 사용하였으나, 지상파의 왜곡과 야간이나 악천후 시 전파수신이 제대로 되지 않는 어려움을 겪으면서 지상기지국을 이용하지 않는 전파항법 개발의 필요성을 가지게 되었다.

미 해군은 1961년부터 Transit 위성 개발을 시작하여 고도 1,100 Km 궤도 상공에 1964년에 4개, 1967년에 6개의 위성을 각각 운용하면서 도플러효과를 이용하는 위치측정으로(위성의 수효가 많지 않아 빨라야 2시간 간격이지만) 위성을 이용한 항법의 가능성이 입증되어 1973년 미 국방성에서 항법위성 GPS의 개발이 이루어지게 되었다.



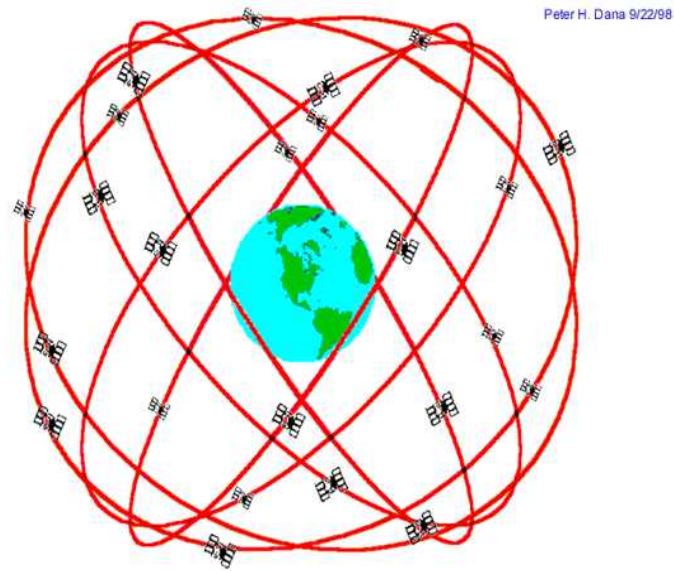
GPS의 구성 (관제부분)



관제부분 (control Segment) : 지상 관제소 (control center) 구성
GPS위성을 추적, 감시 후, 위성의 위치 추정
추정된 위치로 보정 정보를 위성에게 송신
보정 정보는 항법 데이터의 일부로 사용자에게 전송

초기 개념으로부터 시작하여 1995년 전체 24개 위성군 운영(아래 [그림 2-3] - [그림 2-5] 참조)으로 시스템을 완성한 미국은 군사용 L2는 국방임무로 쓸 수 있도록 하고 SA(Selective Availability) 기능을 가미한 L1은 민간용으로 전 세계에 개방하였다. GPS는 위성의 위치와 항법정보(위성시계, 전리층모델, 위성궤도변수, 위성상태 등)를 CDMA 방식의 1575.42MHz(L1) /1227.60 (L2)의 반송파로 방송하고, 사용자부문의 수신기는 위성시계와 동기 한 후 전파도달시간으로 위성으로부터의 거리를 구한 다음 삼각법에 의해 수신기의 3차원 위치를 결정하게 된다. GPS를 통해 결정된 위치의 오차는 100m 정도로써 이는 SA, 전리층, 대기권 통과지연오차 및 수신기오차 등의 성분이 포함되어 있기 때문에, 사용자들은 이러한 GNSS 오차를 줄여 위치정밀도 및 GNSS의 무결성(Integrity)을 높이기 위해 dGPS

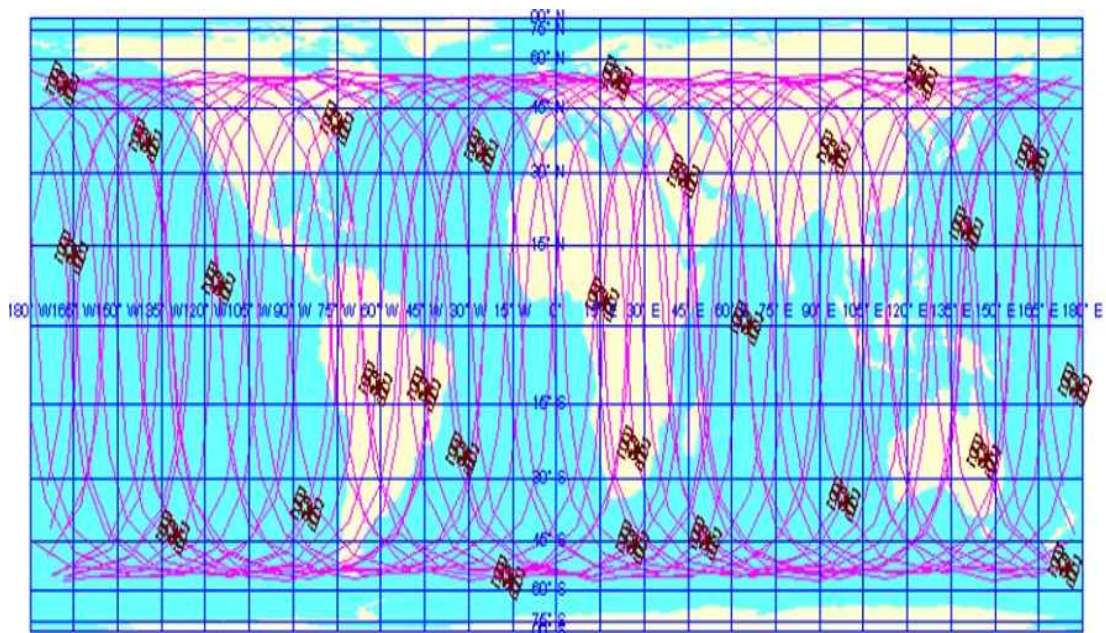
를 사용함으로써 3~4cm 위치오차의 정확도를 실현하고 있다.



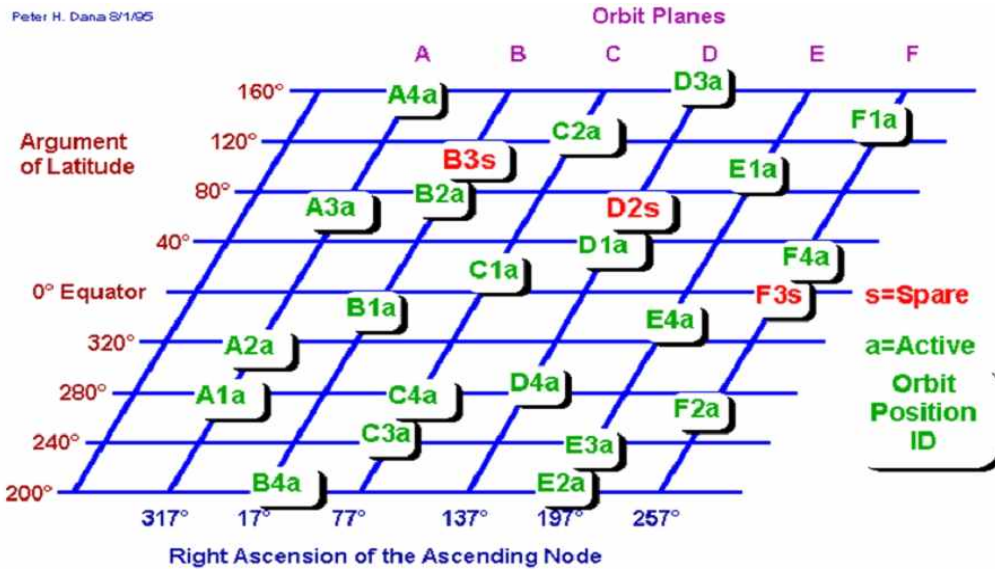
GPS Nominal Constellation
24 Satellites in 6 Orbital Planes
4 Satellites in each Plane
20,200 km Altitudes, 55 Degree Inclination

- * 총 24개 위성 : 21개 주 위성, 3개 보조 위성
- * 60도 간격 6개 궤도, 궤도 상 최소 4개 위성, 특정지점 최소 5개 위성 동시 관측 가능 구조

[그림 2-3] 미국의 24개 위성 체계



[그림 2-4] 미국의 24개 위성 궤도 체계 (1)



[그림 2-5] 미국의 24개 위성 궤도 체계 (2)

2000년 5월 1일부터 GPS위성의 SA 기능 신호를 제거하여 운영되고 있으며, 사용자 부분에서 느낄 수 있는 GPS 오차는 약 20m 정도인 것으로 알려지고 있다. dGPS는 정확한 위치를 알고 있는 지점(기지국)에서의 GPS 수신데이터와 이동국 또는 측지점에서의 GPS 데이터를 비교하여 공통되는 오차를 상대적으로 제거하며, 데이터 처리시점에 따라 실시간 무선데이터 전송방식과 데이터저장 후처리방식이 있다. 후처리방식은 측지 및 지구물리학에서 쓰이고 무선전송방식은 항법에 쓰이고 있으며, 항공, 선박 항행에서는 GPS시스템 이상여부를 판별할 수 있으며 정확도와 신뢰성 향상을 위하여 지구정지궤도 위성(INMARSAT, MTSAT)을 사용하는 광역의 dGPS 기술(WAAS)과 근거리의 dGPS 기술(LAAS)이 사용되고 있다. 이러한 위성을 이용한 육·해·공 분야의 항법시스템을 통칭하여 위성항법시스템(GNSS)으로 정의하고 있다.

미 항공국 및 항공분야 종사자들은 기존의 지상의 항법시설(ILS,

VOR, INS등) 방식의 단점을 극복하기 위한 대안으로 1980년대부터 GPS를 이용하는 항공항법에 관심을 가졌으며 GPS 보강시스템을 이용한 항공로항법 및 정밀접근항행에 대한 기술연구(dGPS)를 수행한 결과 항공항법에 적용 가능성을 확인하고 이를 국제적인 표준으로 채택하고자 노력을 기울이게 되었다. 1991년 9월 국제민간항공기구(ICAO) 10차 항행회의에서 미국은 GPS사용료를 1993년부터 10년간, 러시아는 GLONASS 1) 사용료를 1995년부터 15년간 직접 청구하지 않을 것을 선언함으로써 미국과 러시아로부터 제한 없는 이용의 보장과 성능의 신뢰성 차원에서 법적/제도적 검토를 권고하면서 레이더방식의 기존 항행안전시설(VOR, NDB, ILS등) 대신 위

1) , 美 GPS 맞설 자체 항법시스템 구축 완료, GLONASS 운용위한 24번째 위성 발사 성공, 세계 모든 지역에 안정적 위치정보 제공 가능

러시아가 미국 GPS에 맞서는 자체 위성 위치정보시스템 글로나스(GLONASS)의 정상적 운용을 위한 24번째 통신위성을 쏘아 올리는 데 성공했다. 이타르타스 통신 등에 따르면 러시아 우주군 대변인 알렉세이 졸로투힌은 3일(현지시간) "오늘 0시 15분 북부 플레세츠크 우주기지에서 통신 위성 '글로나스-M'을 실은 로켓 운반체 '소유스-2.1b'가 발사됐으며, 로켓은 오전 3시 47분 위성을 정상 궤도에 올리는 데 성공했다"고 밝혔다. 졸로투힌은 이어 "위성과의 원격 교신이 유지되고 있으며 모든 위성 시스템이 정상적으로 작동하고 있다"고 덧붙였다. 로켓 발사를 총 지휘한 올렉 오스타펜코 우주군 사령관은 "이번 위성 발사로 위성 위치정보시스템 GLONASS 운용에 필요한 통신 위성을 완벽하게 갖추게 됐다"고 설명했다.

GLONASS가 세계 어느 지역에서도 끊어지지 않고 안정적인 항법 신호를 보내는 데 필요한 24기의 통신 위성 발사가 마무리됐다는 의미다. 현재 우주궤도에는 GLONASS 시스템용으로 27기의 통신위성이 떠 있으나, 1기는 비행 시험 중이고 3기는 기술 점검 상태에 있어 실제 정상 작동되는 위성은 23기 뿐이다. 러시아 우주 당국은 다음 달 두 차례에 걸쳐 예비용으로 글로나스-M 위성 4기를 추가로 발사할 예정이다. 11월 4일 카자흐스탄 바이코누르 우주기지에서 3기, 같은 달 22일 플레세츠크 우주기지에서 1기를 발사한다. 러시아는 유사시 미국이 GPS 시스템 접근을 차단할 수 있다는 우려 때문에 자체 위치정보시스템 구축을 서둘러 왔다.

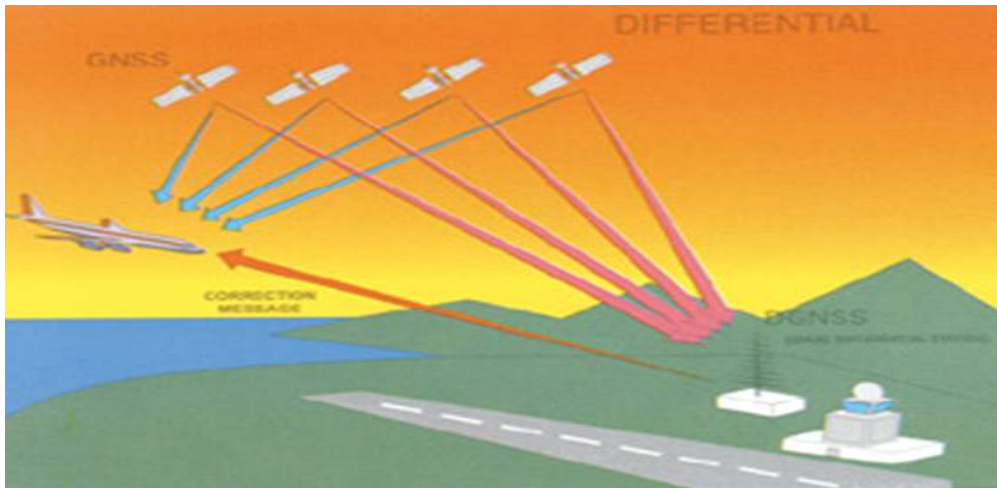
이날 글로나스-M 발사는 두 차례의 연기 끝에 성공했다. 애초 하루 전인 2일 새벽으로 예정됐던 발사는 상공 7천~1만 m 고도의 바람이 기준치 이상으로 세계 부는 바람에 연기됐다. 이에 앞서 8월 26일로 잡혔던 발사는 그보다 이틀 전 우주 화물선 '프로그레스-M'을 실은 '소유스-U' 로켓 운반체가 발사 후 325초 만에 3단 로켓 엔진 이상으로 추락하는 사고를 내면서 미뤄졌다. 지난해 말 발생한 통신 위성 발사 실패 사고는 글로나스 사업 자체에 큰 위기를 초래하기도 했다. 지난해 12월 5일 프로톤-M 로켓 운반체에 실려 발사된 글로나스-M 3기가 로켓 상단 가속블록의 작동 이상으로 정상 궤도에 진입하지 못하고 태평양 해상에 추락한 것이다. 이 사고 직후 드미트리 메드베데프 대통령은 로켓 제작사 '에네르기야' 부사장 바체슬라프 필린과 연방우주청 부청장 빅토르 레미셴스키를 즉각 해임하는 등 강력한 징계 조치를 취했다. 아나톨리 페르미노프 연방 우주청장도 사고의 여파로 지난 4월 말 결국 옷을 벗었다.

연합뉴스 2011-10-03 16:02

성항법을 이용할 때 전 세계적 비용편익 효과가 있음을 확인하고 2010년부터 위성항법을 전 세계 표준항법시스템으로 의무화할 것을 권고하였다.

3) LAAS (Local Area Augmentation System)

LAAS



FAA 의해 계획된 첫 번째 GPS 보정시스템은 WAAS이다. 이 시스템은 Cat-I 정밀접근을 통한 모든 비행단계 동안에 1차 항행 수단으로 GPS를 사용하는 항공기 요구조건을 지원하는데 필요한 정확성, 가용성 및 보전성을 제공하도록 설계되어졌다. FAA는 또한 CAT II/III 정밀접근 능력뿐만 아니라 WAAS가 할 수 없는 CAT I 정밀접근을 능력을 제공하는 LAAS를 구현하는 것을 계획 중이다. 게다가, LAAS 신호 성격은 공항주변에서 보다 정확한 위치정보를 사용자에게 제공하는 것이며 표면항행 센서와 표면 감시/교통 관리시스템으로서 LAAS가 사용 가능하다.

정정 메시지를 방송하는 통신위성의 사용을 결합하는 WAAS의 개념과 비슷한 LAAS는 이미 알고 있는 지리학적인 지점에서 송신국의

로부터 나온 VHF 무선 데이터 링크를 거쳐 정정 메시지를 방송한다. LAAS는 WAAS를 보완하는 것이므로 WAAS가 현재의 항행 및 착륙 요구조건을 충족시킬 수 없는 지역에서 사용될 것이다. 게다가, LAAS는 존재하는 더 자세한 CAT II/III 요구조건을 충족할 것이다. CAT III 이상에서 LAAS는 모든 기상표면 항행능력에서 사용되어질 수 있는 항행 신호를 사용자에게 제공할 것이다.

LAAS는 CAT II/III 정밀접근에 필요한 대단히 높은 정확성을 가져다주고 End state 구성은 항공기 위치를 1m 이하로 정확히 나타낼 것이며 서비스의 융통성, 안전성 및 사용자 운영비용이 상당히 향상되어질 것이다. 현재의 계기착륙시스템을 사용해서는 불가능한 선회접근 경로가 CAT II/III 정밀접근에서 가능할 것이다. 접근은 장애물, 제한 구역, 잡음 민감 지역 또는 혼잡 구역을 피하여 설계되어질 수 있다. 현재의 착륙 시스템과 달리, LAAS는 모든 활주로에 정밀접근 능력을 제공하므로 오로지 다수의 활주로를 원조하기 위한 장비의 중복이 제거되어진다. 또한 정밀한 표면지역 항행을 필요로 하는 공항들은 항공기의 위치 결정을 위해 LAAS의 정확성을 사용할 수 있다. 이 능력을 사용하기 위해 관제사들은 모든 항공기 서비스 차량 및 이동 중인 항공기의 위치를 알고 낮은 시정상태에서 활주로 침입을 막아야 한다. 항공기 운전자 이익은 다양한 무선 항행장비의 구매와 관련된 비용 감소이다. 만약 한 항공장비로 LAAS와 WAAS 임무를 둘 다 수행하는 같은 항공장비로 개발된다면 항공전자 유지비용이 감소되고 항공 승무원 훈련 절약이 실현될 것이다.

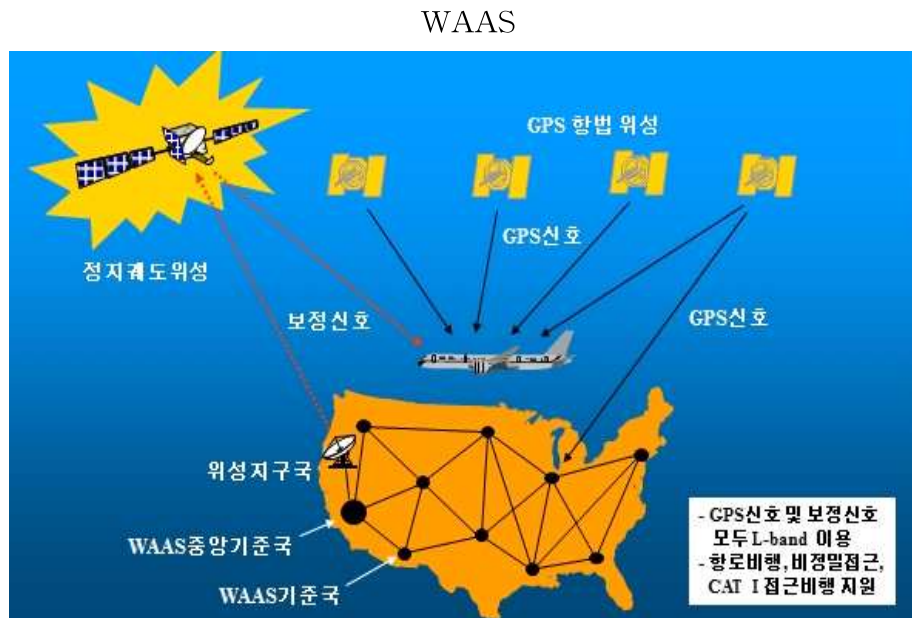
1992년 10월이래, CAT II/III 정밀접근을 위한 LAAS의 가능성

을 평가하기 위한 광범위한 연구가 수행되어졌다. 95년 여름에 FAA는 실험용 LADGPS (Local Area Differential GPS) CAT III 시스템의 비행시험을 성공적으로 완료했다. 400회 이상의 성공적인 자동착륙 접근 및 착륙이 4개의 다른 실험용 시스템을 사용한 B727, B737, B757 및 IAI Westwind 사업용 제트기에 로그되었다. 미국 회사 및 대학의 원조로 완료된 가능성 연구 결과는 정확도가 대략 1m, 보전성 시간은 1~2초 그리고 시스템의 가용성이 충분히 만들어질 수 있다고 나타났다.

LAAS는 처음에는 보완 시스템으로 NAS에 사용되어질 것이며 중국에는 무선 항행의 1차 수단의 주요 성분으로 완성되어질 것이다. 게다가, LAAS는 표면 항행 서비스를 요구하는 모든 사용자에게 제공할 것이다. 이 서비스는 단계적 접근으로 구현되어질 것이다. 1단계는 원하는 모든 NAS 사용들에게 제공되어질 CAT I 서비스를 보장할 필요가 있는 WAAS를 보완하는 능력을 제공할 것이다. 2단계는 LAAS가 CAT II/III 서비스를 제공할 것이며 마지막 3단계는 모든 원하는 사용자들에게 표면 항행 능력을 제공할 것이다.

LAAS는 점진적으로 전환될 것이며 GPS에 근거한 항행 및 착륙 시스템을 창조하기 위해 WAAS 및 기타 NAS 능력을 통합할 것이다. 전적으로 LAAS 능력은 표면항행, 장애물 및 지형 Clearance, 계기 접근, 시간 분리 그리고 ADS(Automatic Dependent Surveillance) 구현분야에서 충분히 개발되어질 것이다.

4) WAAS : Wide Area Augmentation System



기본적인 GPS 서비스는 이용자들에게 95%의 100m 수평 정확도를 제공하기 때문에, 정확히 인증된 TSO(Technical Standard Order) C129A 수신기를 갖춘 항공기들은 대양지역에서 1차 수단으로 GPS를 이용할 수 있다. 또한 GPS는 항공로비행에서 보조 항행 수단으로 사용되어질 수 있고 **절차가 개발되어지고 있는 비정밀접근에 사용**되어질 수 있다. TSO C129A 장비를 갖춘 기본적인 서비스는 많은 항공운영에 정확성, 가용성, 보전성 및 연속성이 충분치가 않다. 항법의 국내 1차 및 단독 수단으로 사용하기 위한 이러한 절박한 요구조건을 충족시키기 위하여 기본적인 GPS 서비스를 보정할 필요가 있다.

FAA(Federal Aviation Administration)에 의해 계획된 GPS 첫 번째 보정은 WAAS이다. 이 시스템은 CAT I 정밀접근을 통한 모든 비행단계 동안에 1차 항행수단으로 GPS를 사용하는 항공기 요구조건

을 지원하는데 필요한 정확성, 가용성 및 보전성을 제공하도록 설계되어졌다.

WAAS는 매우 넓은 서비스 지역을 커버하는데 사용한다. WRS (WAAS ground Reference Station)들은 WAAS Network를 형성하여 링크되며 이 Network들은 Canada와 다른 가능한 지역들을 커버하도록 연장되어질 것이다. GPS 위성들로부터 나온 신호들은 정확히 측정된 WRS에 수신되어지고 이들 신호들에 포함된 Error들이 결정되어진다. Network에 있는 각 기준국들은 정정 정보들을 계산하는 WMS(Master Station)로 데이터를 전송한다. WMS에서 정정 메시지들이 준비되면 GUS(Ground Uplink Station)를 거쳐 GEO로 Uplink 시킨다. 그 다음 이 메시지들은 WAAS의 서비스 지역에서 비행하는 항공기에 탑재된 수신기로 GPS(L1, 1575.42MHz)와 같은 주파수로 방송되어진다.

WAAS 전송메시지는 GPS 신호 정확도를 100m에서 대략 7m로 향상시키며, 항법 메시지에 포함된 정보는 GPS/WAAS 수신기에 의해 처리되며 통신 위성은 또 하나의 추가 GPS 위성처럼 거리정보원으로 사용되어진다. 이는 위치결정 및 보전성 감시에 대한 위성 배치에 추가 위성을 더함으로써 분명히 전체 시스템의 가용성을 증가시킬 것이다. 또한 방송 메시지들은 전체 GPS 위성배치에 관한 매우 중요한 보전성 정보들을 포함한다. 결국 WAAS에 의해 제공되는 정확성, 가용성, 보전성, 연속성 강화는 GPS가 CAT I 정밀접근 이하의 모든 비행단계에서 1차 항행수단으로서 역할을 할 것이다.

WAAS는 모든 기능을 제공하는 하나의 통합된 시스템으로 구성되어, 최초의 운영시스템 인도와 P3I (Pre-Planned Product Improvement)

를 통한 시스템 개량에 의한 3단계 사업으로 추진되고 있다.

1단계는 2개의 Master Station과 5개의 Reference Station들로 구성된 FVS(Functional Verification System)으로 제공되어, CAT I 정밀접근을 위한 보조 수단 능력뿐 아니라 비 정밀접근 능력을 통한 항공로 1차 수단 능력을 얻기 위하여 WAAS의 최초 운영 시스템 구성은 2개의 Master Station과 25개의 Reference Station, 임차된 정지통신위성(GEO) 및 Ground Uplink로 구성되었다. 1단계 완료 후, FAA는 NAS(National Airspace System)에 운영을 위해 WAAS 운영을 개시하였다.

2단계는 추가적인 Master Station, Reference Station 및 통신위성 제공에 의해 최초 구성을 연장할 옵션들로 구성된다. 2단계는 또한 완전한 운영 및 유지보수 기능을 제공할 것이다.

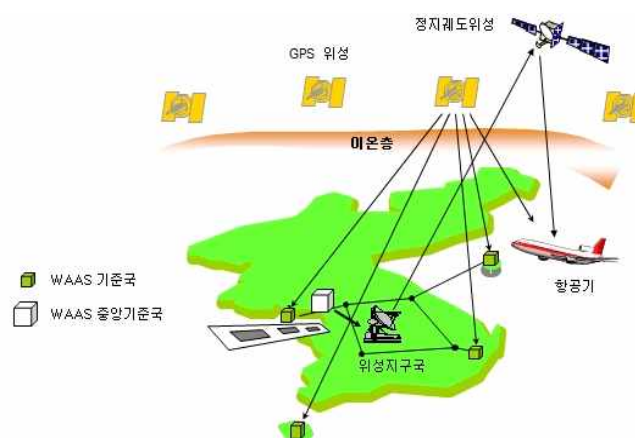
3단계는 WAAS FOC(Final Operating Capability)를 완료하고 추가적인 Master Station, Reference Station 및 통신위성을 제공하여 정밀접근 능력을 제공할 것이다. 최종 시스템은 단독수단 항행시설로서 GPS를 사용하는 CAT I 정밀접근 RNP 요건의 항공로 요구를 만족시킬 것이다.

WAAS 계획은 또한 NAS에서 WAAS 운용을 위한 기준, 인증, 시설 및 절차의 개발을 지원한다. 이에는 항공교통에 사용하기 위한 GPS 절차, 장애물 회피 요구조건, 항공기 분리 기준, 항공 측량, 민간 조종사들을 위한 훈련 프로그램 지원, 위성항행 사용에 반영하기 위한 비행 점검 및 FAA 규정 및 문서의 개정과 같은 요구조건들을 포함한다.

1996년 8월 21일, Hughes Fielding Team은 예정보다 5주 앞당겨 WAAS를 위한 FVS(Functional Verification System)를 완료했다. FVS는 WAAS의 축소판이며 5개의 지상국과 2개의 Master Station으

로 구성되었다. FVS는 초기 DT&E (Development Test and Evaluation), 부지선정 절차의 개선, WAAS 시스템 레벨 시험, WAAS 운영 시험 및 WAAS의 장기간 지원을 위해 Hughes사에 의해 이용되고 있다. 이것은 또한 운영자와 하드웨어 유지 보수자 훈련을 지도하기 위해 사용되고 있다. 최초의 5개의 지상국들은 단지 서로가 하드웨어 및 통신 링크 시험을 위해 링크 되었으나 일단 통신위성이 이용 가능하게 되면 WAAS 축소판은 적소에서 영구적인 WAAS 시험시설로서 존재하고 남아있을 것이다. 연구개발 원형장비를 WAAS에 연결하기 원하는 나라들이 있다면, 장비들이 보전성을 보장하고 WAAS 운영시스템의 퇴조 가능성을 막기 위하여 FVS에서 시험되어질 수 있다.

한국의 오차 보정 시스템 개념



5) 지역항법(RNAV)

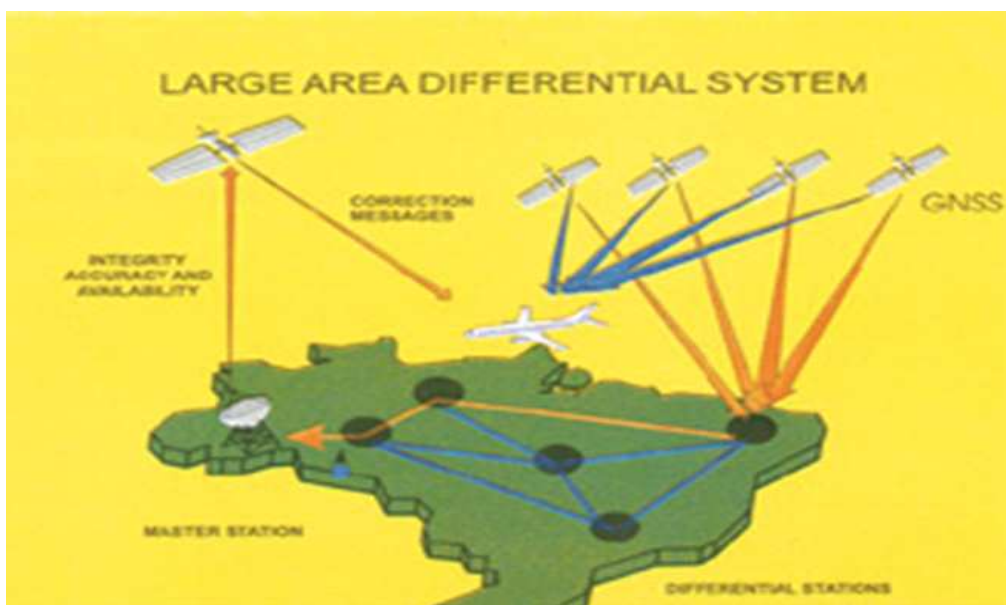
지역항법(Area Navigation)이란 항행기술(Navigation)²⁾의 일종으로, NASA의 정의에 따르면 “지구표면에 대한 항공기의 상대적 위치를

2) 항법 또는 항행기술(Navigation)이라 함은 항공기의 위치·진로·이동거리 등을 측정하여 출발지에서 목적지까지 비행해 가는 기술을 말하며, ①지형을 관찰하고 육안으로 관측하여 기준을 잡는 대지항법(Pilotage), ②예상경로를 따라서 비행시간과 속도를 계산하고 예측한 통과거리 등을 감안하여 위치를 측정하는 추측항법(Dead Reckoning), ③지상전파 장비와 연계된 항공기 탑재 수신 장비로 위치를 결정하는 무선항법(Radio Navigation), ④비행체의 가속도를 감지하고 비행거리를 계산하여 출발지와의 상대거리를 산출하는 관성항법(Inertial Navigation), ⑤지역항법 등이 있다.

결정하고 원하는 방향을 유지하기 위한 기술”이라고 정의되고 있다.

지역항법의 개념은 지상 항행 안전시설의 유효범위 내에서 또는 항공기에 탑재된 항법장비의 성능 한도 내에서 지상 또는 항공기의 장비를 모두 이용하여 항공기가 원하는 비행로를 설정하여 비행하는 항행기술이며, 발전된 기술 수준에 따라 다음과 같이 3가지로 분류하고 있다.

RNAV 개념



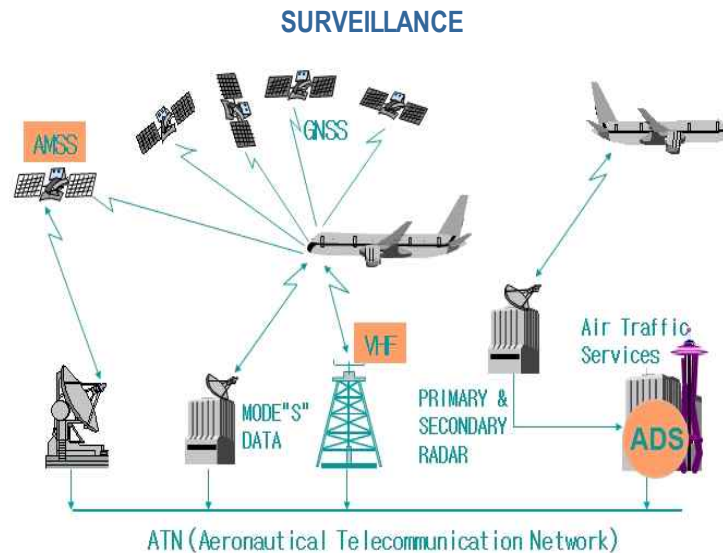
- 2차원 RNAV : Horizontal Plane
- 3차원 RNAV : Horizontal Plane + Vertical Plane
- 4차원 RNAV : Horizontal Plane + Vertical Plane + Time

지역항법(RNAV)을 수행하는 데에는 지점과 지점 사이를 유도하는데 사용될 수 있는 항행 신호를 수신하는 항공기 센서 수신기, 항법 데이터를 포함한 컴퓨터와 시현장치(Display)를 필요로 하며, 이 장비들은 모두 자동비행통제시스템(Automatic Flight Control System)에 연결되어야 한다.

RNAV 항법을 적용 시에는 지상의 항법시설 상공을 비행할 필요 없이 허용된 오차의 한도 내에서 원하는 비행을 비행할 수 있으므로 위성항행시스템(CNS/ATM)의 목표중의 하나인 항공기 분리 적용기준의 단축으로(FL290 이상 고도에서 수직 1,000ft 및 수평 30NM 분리 기준 적용), 공역의 용량(Capacity)을 증대시킬 수 있으며 기존의 항법에 비교하여 다음과 같은 장점이 있다. 두 지점 간을 최단거리로 연결하여 비행 거리 및 시간 단축하며, 복선 항공로의 설정으로 항공로에서의 항공기 소통 원활화 및 교통이 밀집한 터미널지역에서 우회 비행로 설정으로 항공기 소통 원활화 도모한다. 상황에 따른 대체 비행로 설정·운용이 가능하며, 최적의 장소에 Holding Pattern 설정을 할 수 있다. 지상의 항행안전무선시설 감축이 가능하다.

다. 감시(Surveillance) 분야

1) 개 요



“감시(Surveillance)”란 시각적으로 어떤 비행물체에 대한 위치를 파악하는 것으로, 지속적인 관심(關心)과 주시(注視)를 하는 기능으로서 **항공교통 분리 활동에 있어 가장 민감한 기능**이다. 항공기가 운항하는 항공로 상에는 많은 비행기들이 운항하고 있지만 지상의 자동차, 열차 등과 같이 정면 충돌사고가 발생하지 않는 이유는 지상에서 관제요원들이 레이더를 이용한 항공관제 서비스를 하고 있기 때문이다. 창공을 날고 있는 비행기들이 자유롭게 비행하는 것으로 보이지만 실질적으로는 레이더(RADAR)와 같은 하늘을 감시하는 장비에 의해서 방향과 고도 등을 적당한 간격으로 유지하도록 지상에서 유도하고 있으며, 길 잃은 철새가 되지 않도록 하늘의 비행활동 상황을 모두 관찰하고 있는 것이다.

항공기의 안전운항을 위한 많은 시설들이 있지만 **가장 민감하고 사고와 직결될 수 있는 분야가 “감시분야”**이며 나날이 증가하는 항공교통량을 처리하기 위해서는 **단지 화면에 의하여 시각적으로 항공기의 위치를 표현해 주는 기능만으로는 부족하여, 인공위성을 이용하고 데이터통신 기법을 도입한 새로운 개념의 감시시스템(Surveillance system)들이 개발**

되고 있는 실정이다.

현행 시스템과 위성항행 시스템을 비교하여 보면 아래와 같다.

[표 2-4] 현행 시스템과 위성항행시스템의 차이점

현행 시스템	위성항행시스템
<ul style="list-style-type: none">• ASR/SSR (Mode A/C)• 음성위치보고 (HF 통신시설)	<ul style="list-style-type: none">• SSR모드-S• 자동항행감시시스템(ADS)

2) Mode-S

Mode-S는 1970년대 말과 1980년대 초에 영국과 미국에서 시험이 수행되어 Mode-S 개념이 입증되었다. 이 시스템은 질문과 응답 메시지가 개개의 항공기 주소로 부호화된다는 점에서 재래식 SSR과 다르다.

Mode-S는 재래식 SSR의 문제점을 해결하였다. 항공기 질문과 응답들이 각각 목록화 되었을 때, 오버랩 응답 문제들이 제거되어졌다. 단일 질문과 응답 Sequency들이 FRUIT 레벨을 상당히 감소시킨다. Mode-S 주소는 길이가 24 Bit로 항공기를 유일하게 식별할 수 있는 12 Bit 식별코드를 보완할 수 있다. 또한 증가된 Mode-S 메시지 길이는 ATC에서 자동화를 증가시킬 수 있는 데이터링크 능력을 제공하여 조종사/관제사의 업무부하를 줄일 수 있게 되었다.

Mode-S는 1960년대에 계획을 세워 1970년대 및 1980년대에 시험을 거쳐 1990년대에 서비스를 하기 시작했다. 이렇게 오랜 기간이 걸린 이유는 임의의 새로운 ATC 시스템은 운영상 요구조건이 필요했고 이 시기 동안에 지상기반 Mode-S에 대한 요구조건을 확인하는 것이 어려웠기 때문이었다. 영국에서는 MSSR 시스템이 PRF(Pulse Repetition Frequency)를 감소시킴으로써 감시 성능을 향상시켜 간섭레벨(FRUIT)을 감소시키고 추적의 정확성을 향상시켰다. 또한 데이터링크 정보를 이용할 만한 지상의 하부구조가 한정되어 있었다는 제약도 있었다.

미국은 1989년 이후에 등록된 대부분의 여객기를 TCAS 운영을 지원할

수 있는 트랜스폰더(Transponder)를 휴대할 것을 요구했다. 이것이 현재 많은 수의 Mode-S 장비를 장착한 항공기가 있도록 한 것이다.

VHF와 위성을 사용하는 ADS 시스템의 출현으로 상황은 더 복잡하게 되었다. 그러나 세계적 기준이 수립되어지고 장비가 장착되기에는 수년이 걸릴 것이다. 현재의 ADS 시스템은 레이더 기반 감시가 가능하지 않는 지역에서 감시를 제공할 것이지만 가까운 시일에 레이더를 대체할 것 같지는 않다.

항공기는 이미 Mode-S 트랜스폰더를 장착하고 있고 아무런 개조 없이 Mode-S 감시의 모든 이점을 제공받을 수 있으며, 개량된 감시(Enhanced Surveillance) 시스템을 위해 개조되어야 할 사항도 아주 적다. 또한 24 Bit 어드레스를 가진 12 Bit 식별 코드를 보완하는 능력으로 고도 데이터를 제공하는 이점을 포함하고 있으며, 간섭응답과 관련된 문제 즉, 항공기 간격이 가까울 때 발생했던 간섭을 해결하고 있다.

적합하게 입증된 Mode-S 시스템은 지금 이용이 가능하고 2차 레이더는 가까운 장래까지 주요한 ATC 감시 보조시설로 계속 사용이 될 것이다. 지난 10년 동안 조달되어온 시스템들은 Mode-S로 개량할 수 있는 요구조건을 가지고 있고 현재 조달된 시스템들이 Mode-S로 개량된 감시 정보를 제공하지 못할 이유가 없다.

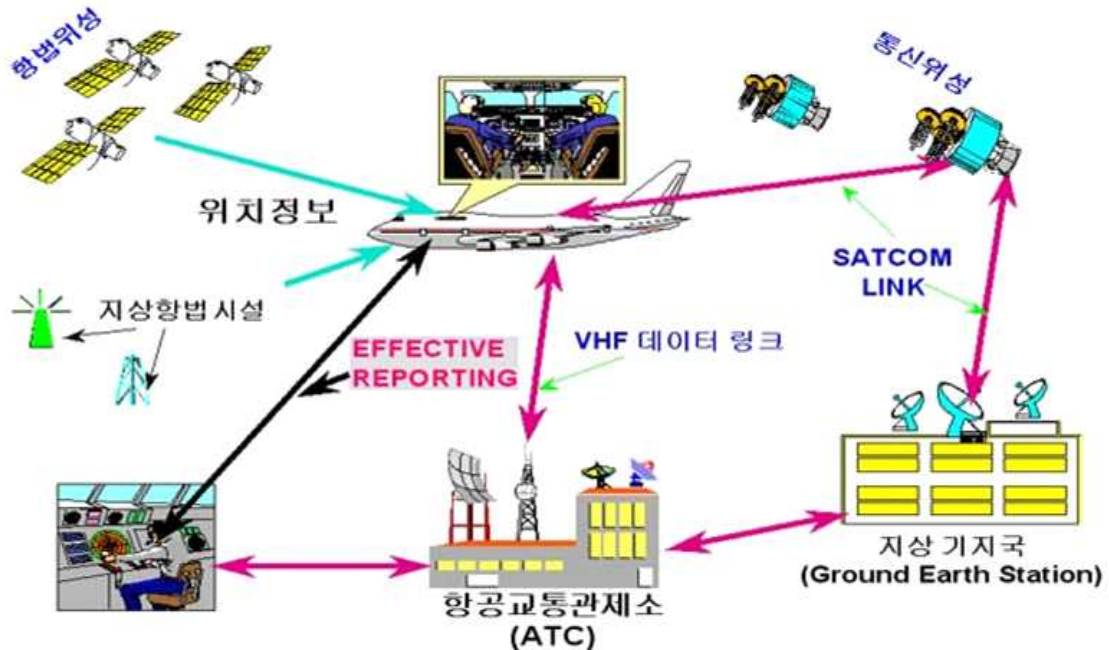
3) 자동항행감시(ADS : Automatic Dependent Surveillance)

가) 개 관

오늘날 항공교통관제업무는 주로 두 가지의 감시방법을 이용하고 있다. 하나는 레이더를 이용한 직접적인 감시이고, 다른 하나는 HF 음성통신을 이용한 조종사의 보고에 의한 간접적인 감시이다. 항공교통이 밀집하는 공항 터미널 지역과 내륙 상공의 항공로에 대한 감시 시스템은 VHF 통신과 1차 감시레이더 및 2차 감시레이더의 MODE A/C를 이용하여

상당히 양질의 서비스가 제공되고 있다.

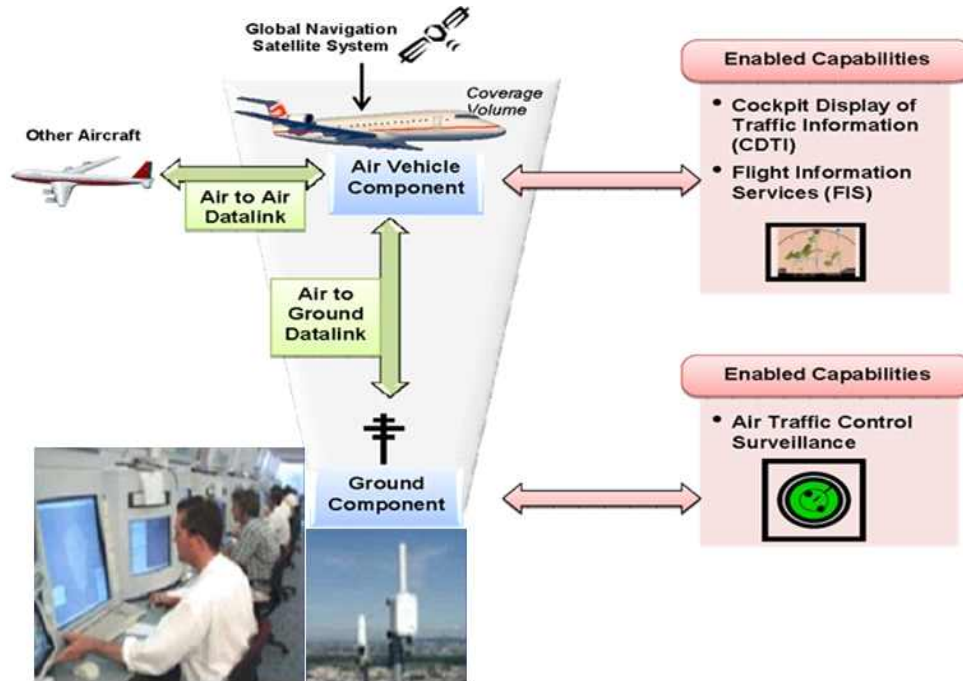
ADS(Automatic Dependent Surveillance) 개념



반면에 전자파의 직진성에 의해 레이더에 의한 감시가 불가능한 대양지역이나 사막, 정글, 산악 등과 같은 대륙 원격 지역에서의 감시시스템은 HF대의 통신을 이용한 간접적인 감시방법을 이용한다. 후자는 조종사가 매 30분 혹은 60분마다 음성으로 보고한 위치를 기준으로 지상관제사가 엄격한 분리기준 및 절차적인 방법 등을 적용하여 판단에 의한 항공교통 관제업무를 수행한다. 그러나 HF 통신의 불안정한 전파 특성, 즉 통신의 왜곡현상으로 질적 저하는 물론 정보의 신뢰성을 현저하게 저하시킨다.

이러한 **시스템의 취약점**으로 인하여 항행감시분야에 대한 불확실성이 표출되어 공역의 활용도가 불충분하게 되고 항공교통의 수용능력 한계로 **항공기 지연상태가 증가**하고 있는 실정이다. 항공기의 지연은 항공사 뿐만 아니라 항공기 이용자에게도 시간과 비용 면에서 매우 큰 불이익을 가져온다. 이에 **국제민간항공기구(ICAO)에서는 1983년부터 이러한 취약점을 극복하기 위하여 수동조작 없이 시스템에 의해 자동으로 위치정보의 송출이 가능한 ADS(Automatic Dependent Surveillance) 시스템을 개발**

하게 되었다.



[그림 2-6] 자동 항행 감시(ADS-B) 구성도

ADS의 개념은 국제민간항공기구(ICAO)의 위성항행시스템 특별위원회에 의해 개발되었으며 인공위성을 중심으로 한 위성항행시스템의 핵심개념들 중의 하나이다. ADS는 레이더와 같은 정확하고 효율적인 감시수단이 없는 지역에서 항공교통관제용 감시시스템으로 사용될 수 있는 최적의 시스템으로 평가되었다. 또한 ADS는 레이더에 의한 감시개념의 보조적인 역할로도 사용될 예정이다. 그러므로 ADS 데이터를 이용하는 항공교통관제시스템은 특히 대양지역이나 레이더감시가 가능하지 않은 가시거리범위 밖의 대륙 원격 지역에서의 교통관제상황을 획기적으로 향상시켜 줄 것이다.

시기적절하게 이루어지는 정확한 항공기 위치보고와 양질의 통신 상태는 항공안전과 효율적 관제에 있어서의 핵심요소로서 관제사로 하여금 손쉽게 운항 상태를 감시하게 하고, 안전 분리 기준을 준수하게 함으로서 사용자(조종사)의 요청에 즉각 응답을 할 수 있게 한다. 또한 ADS를 사용함으로써 재래식 절차 지향적 항공관제에서 탈피하여, 새로운 차세대

항공관제 양상으로 발전하게 될 것이다.

나) ADS 개념

ADS는 항공기의 위치정보를 조종사의 관여 없이 적절한 데이터링크를 통하여 자동으로 또는 수시로 지상에 있는 항공교통관제사에게 전달되는 시스템이다. 이와 같이 ADS정보를 레이더 시현장치와 같은 데스크탑형 컴퓨터 영상장치에 시현시키기 위해서는 항공기의 위치정보를 데이터화하여 인공위성 데이터링크를 경유하여 지상관제시설에 송신한다. 송신 데이터는 최소한 항공기 식별정보와 3차원적인 위치정보 및 시간정보가 포함되며, 추가적인 데이터도 필요에 따라 적절히 제공된다. 일반적으로 이러한 일련의 상황들은 자동적으로 이루어지게 된다.

항공기의 위치정보는 현재 유용하게 사용되고 있는 관성항법시스템이나 장차 상용항공기에 도입될 GPS나 GLONASS 등과 같은 위성항행시스템을 이용하는 탑재 항법장비로부터 얻어진다. ADS에 기초를 둔 항공교통관제시스템은 또한 비상용이나 비정기 통신용으로 항공기 조종사와 지상관제사 간의 데이터링크와 음성에 의해서 메시지를 교환할 수 있는 능력도 포함되어야 한다.

항공기에 탑재된 항법장비들로부터 얻어진 항공기의 3차원 위치정보와 시간, 그리고 기타 지상에서 필요한 관련정보는 먼저 통신에 필요한 형태로 전환된 다음 항공기지구국인 항공기내의 위성통신장비를 경유하여 적도상공 지구정지궤도에 있는 인공위성의 중계에 의해 지구상에 있는 지상 지구국으로 보내지며, 이 정보는 지상의 통신망을 통하여 항공관제센터에 보내져 적절히 처리된 후 영상 시현장치에 시현되면 관제사는 이를 분석하여 항공교통관제업무에 이용된다.

다) ADS 기능 및 목적

현재 HF 음성통신을 이용한 수동식 위치보고를 조종사의 관여 없이 자동화로 전환하기 위한 시스템은 다음과 같은 기능을 보유한다. 항공기의 모든 정보를 수집하고 처리하여 이를 지상으로 보고하는데 소요되는 모든 작업은 자동으로 이루어진다.

레이더 감시영역 이외의 지역에 대한 항공기 감시능력을 확보하여 항공기의 충돌위험을 사전에 감지함으로서 비행안전을 개선시킨다. 실시간으로 항공기의 이동 상황을 감시하여 항공기의 항법오차를 조기에 감지하고 조종사에 의한 항공기 경유점 데이터의 입력실수를 감지한다. 현재 적용하고 있는 비행계획의 적합성을 관찰하고 필요시 수정비행계획을 조종사에게 제공하며 허가경로로부터 이탈을 감지하고 수정, 지시한다. 최소 분리간격을 안전범위 내에서 최소화하여 부수적으로 얻을 수 있는 항공로의 수용능력을 향상시킴과 아울러 항공교통운용의 효율성을 증가시킨다. 특히, 상황에 부응하는 기술적인 관제방식의 채택으로 항공 공역의 활용을 유연성 있게 한다. 비상 상황에서 개선된 위치정확도를 수시로 통보한다.

라) ADS 발전과정

ADS의 개념은 대양권에만 한정되는 것은 아니며, 사막, 정글, 산악지역과 같은 지역에서도 위성 또는 초단파 데이터링크 통신이 가능한 지역이면 어디에서나 이용될 수 있다. 위성을 기지로 하는 통신 및 감시는 레이더와 초단파통신을 근거로 하는 시스템인 만큼 초기자본투자를 필요로 하지 않기 때문에 경제적으로도 이득이 되며 운영 및 유지보수 비용보다 낮을 것으로 예상된다.

ADS는 항공기에 탑재된 항법장치에 의하여 얻어진 위치정보를 송신함으로서 그 항법장치의 형식에 관계없이 미국의 GPS CIS의 GLONASS와 같이 고도로 정확한 위성항행시스템을 ADS에 근거한 ATC 시스템에 통

합시킬 수 있다. GPS나 GLONASS와 같은 세계적인 항행시스템을 ADS와 함께 사용하게 되면 각 개별적인 항공기의 항행시스템 성능 및 편차의 영향이 최소화될 것이므로 항공기 분리간격을 감소시키는데 도움이 될 것이다.

위성데이터링크는 지금도, 그리고 앞으로도 주요한 통신방식으로 남아있게 될 것이며, 지상의 관제자동화 장치와 항공기의 비행데이터 관리시스템 간의 직접통신은 데이터링크를 통하여 이루어질 것이다. 그러나 조종사 인터페이스에 있어서 위성채널을 이용하는 디지털 음성통신의 역할이 점차 증대될 것이다.

위성통신의 높은 신뢰성(Reliability)과 효율성(Availability) 그리고 그것이 광범위하게 이용될 경우의 비용 효과 때문에 HF와 같은 현재의 공대지 음성시스템은 앞으로는 주로 예비시스템으로 채택될 것으로 전망된다.

ADS-B(Automatic Dependent Surveillance-Broadcast)는 새로운 항공감시 개념이며 이것에 의해 항공기들은 무선 데이터링크에 의해서 자신들의 위치(일반적으로 항공기에 장착된 GNSS 수신기로부터 얻어진)를 송신한다. 송신되어진 위치정보는 주변에 있는 모든 항공기에 의해 수신되어지며 모든 이용자들은 자기 자신의 위치정보와 주위에 있는 모든 항공기 위치를 알게 되는 것이다.

항공기에 적절히 장착되어 새로운 위치인식 능력을 제공하기 위하여 위치정보는 조종실에 디스플레이 된다. 지상 차량과 고정지상국 역시 모든 형태의 교통감시와 양방향 데이터링크 능력의 제공에 의하여 위치데이터를 송신하고 수신하기 위하여 장착되어질 수 있다. 위치정보에 덧붙여서 기타 데이터가 데이터링크를 통해 방송된다. 더 중요한 것은 모든 이용자가 그 외의 모든 이용자를 식별할 수 있는 항공기 식별과 일반적으로 GNSS 수신기로부터 얻어진 항공기 속도를 포함한다는 것이다.

ADS-B를 Satellite ADS(ADS Contract 즉 ADS-C로 알려진)와 혼

동하지 말아야 한다. ADS-B를 사용하는 항공기는 규칙적이고 빈번히 지상시설 또는 항공기 등 주변에 있는 이용자들에게 자신의 위치를 송신한다. 그러나 ADS-C를 사용하는 항공기는 단지 하나의 지상센터에 저주파수로 지상센터가 요구할 때마다 자신의 위치를 송신한다. 스웨덴 CAA는 VDL Mode 4로 알려진 ADS-B 기술을 개발하고 있다. 이것은 항공 및 지상 이용자들에게 많은 다른 형태의 이익을 제공한다.

ADS-B는 조종사에게 주위에 있는 모든 교통 환경(비행하는 항공기 수가 자동적으로 스크린에 나타난다)의 완전한 위치인식을 제공하기 때문에 조종실 환경에 주요한 영향을 줄 것이다. 조종실 디스플레이는 200NM 이내에 있는 모든 항공기의 위치와 의도를 나타내기 위하여 사용되어진다.

디스플레이는 CDTI (Cockpit Display Traffic Information) 또는 TSD(Traffic Situation Display)로 알려져 있고 일부 SAS 항공기에서 시험 중이다. 조종사들은 그들 주변에 있는 교통을 감시하고 교통량 분포의 흐름에 뒤떨어지지 않기 위하여 **조종실 디스플레이**를 사용한다. 조종사들은 쉽게 필수적인 교통량을 감시할 수 있고 무엇보다도 **관제사와 같은 감시화면**을 갖는다는 것이다.

조종실 디스플레이는 위치유지 같은 새로운 조종을 지원할 것이고 조종사는 다른 항공기에게 특별한 거리분리를 따르도록 요청할 수 있다. 이것은 **지상 관제사에게 거리분리유지에 대한 책임을 덜어주는 것이 아니라 조종사에게 그들의 업무부하 일부를 분담**하게 하는 것이다. 예를 들어 위치유지는 출발운항 동안에 효율적으로 항공기를 배열하기 위해 사용되어질 수 있다.

또 하나의 적용은 저밀도 대양 공역에서 항공기의 궤도변경을 허락할 수 있다. 지금 항적상승 같은 궤도변경은 항공기 분리를 보장하기 위해 TCAS를 사용하고 있다. 이것은 궤도변경을 하는 동안에 TCAS 경고를

무시하는 조종사가 있어 어쩌면 조종사에게 혼동을 주고 기타 TCAS 경고의 가치를 떨어뜨릴 수 있기 때문에 바람직하지 않다. 조종실 디스플레이의 장점 중의 하나는 경계선을 대치시킬 수 있으며 조종사들은 그 밖의 조종사들과 관제사간의 교신을 들을 수 있는 VHF 무선 청취항공로를 참조할 수 있다. 무선을 청취함으로써 조종사는 근처의 교통량의 상황 인식을 강화시킬 수 있다.

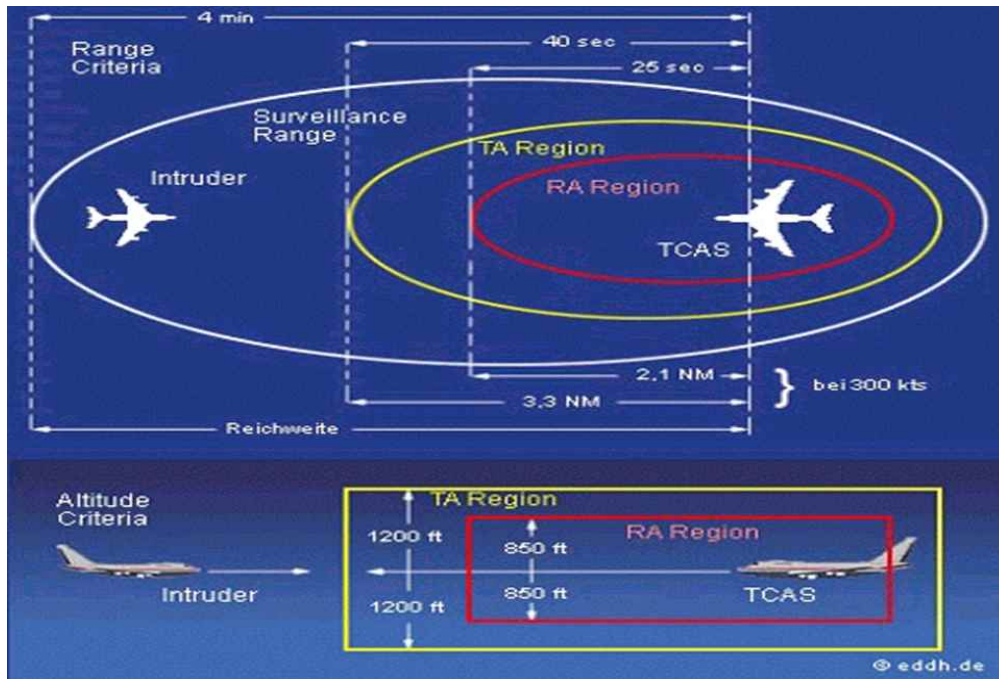
조종사들은 CPDLC(Controller-Pilot Data link Communication)이 도입되면 경계선을 제거하여 현재의 상황 인식을 잃게 될 것이라고 걱정하고 있다. 그러나 적절한 조종실 디스플레이를 갖춘 ADS-B는 이러한 염려를 극복시키는데 도움을 주는 더 나은 상황 인식을 제공할 것이다. 지상에서 ADS-B는 재래식 SSR의 일부 비용으로 ATC에 새로운 감시 능력을 제공할 것이다. ADS-B 지상국은 레이더 시스템과 같이 비싸고 복잡한 회전 안테나를 가지지 않는 송신/수신국이다. 게다가 레이더 시스템과 달리 ADS-B 지상국은 항공기 위치의 고정밀 측정이 요구되지 않으므로 지상 전자장비의 비용이 적게 든다.

4) TCAS(Traffic alert and Collision Avoidance System)

가) TCAS 기술의 변천

TCAS는 지상 시설의 지원 없이 항공기가 자체적으로 독립적으로 주변의 교통상황을 감시하는 시스템이다. 1950년대 초 항공운송의 급속한 성장에 따라 공중충돌사고는 매년 2~3건씩 발생하였으며, 이 때문에 공중충돌은 항공사고의 주요 항목 가운데 하나로 부각되었다. 특히 1956년 미국의 그랜드캐년(Grand Canyon)에서의 사고를 계기로 항공기 충돌방지의 개념에 관한 연구가 시작되었다. 그러나 항공교통관제에 있어서 어느 정도의 개선에도 불구하고 이런 현상은 계속되어 1968년에서 1972년까지 5년 동안 미국에서 일어난 공중 충돌사고는 모두 11건이나 기록되었다.

TCAS(TA/RA)



[그림 2-7] TCAS 탑재 장비

1950년대 후반에서 1960년대 초반까지는 수동적이고 비 협동적인 면에 중점을 둔 연구가 진행되었으나 이는 여러 면에서 비실용적인 것으로 밝혀졌다. 1960년대 후반에서 1970년대 초반에는 질문 후 응답방식과 시간 영역과 주파수영역에 기초한 연구가 진행되었다. 이 연구는 테스트과정에서는 적절한 동작을 하였지만 일반적으로 교통량이 밀집된 공항부근에서

불필요한 경고를 너무 많이 발생시켜 신뢰성을 잃었다.

1970년대 중반에 항공교통관제 레이더비컨시스템(ATCRBS)을 이용한 비컨 충돌방지시스템(BCAS)이 출현하여 비로소 실용적인 시스템으로 나타나기 시작했다. 이 장비는 항공기 상호간에 질문을 할 수 있어 침입기에 대한 고도, 방위 및 거리에 대한 자료를 제공하도록 되어 있었다. 계속되는 질문파와 컴퓨터로 연산된 자료에 의해 TCAS를 장착한 항공기는 침입기의 항공로와 위치를 파악할 수 있게 된 것이다.

BCAS로 알려진 초기의 비컨충돌방지시스템은 연구에 대한 가능성을 보여주긴 했지만 많은 기술적인 문제가 뒤따랐으며, 동시에 여러 항공기로부터 응답을 해독할 만한 능력이 부족했다. 그 후 MODE-S중계기, TCAS용 안테나와 특수 전자기술이 개발됨에 따라 자료의 전송문제가 풀리게 되었다.

1981년에 이르러 실용적인 시스템의 개발이 가능하다는 인식을 하게 되었고 TCAS에 대한 최저운용성능사양(MOPS) 개발을 위해 FAA, RTCA, ATA, 사설연구기관, 항공전장비 제작사 등이 공동의 노력을 기울이게 되었으며, FAA에서는 TCAS-II라는 수직 충돌방지경보시스템을 설계하게 되었다. 이 시스템은 현재의 교통밀도에서 단위 해리면적 당 0.3대, 또 장래의 높은 교통밀도를 생각해서는 단위 해리 면적 당 24대에서 동작하도록 설계되었다.

TCAS-II 충돌방지 알고리즘은 불필요한 경보의 발생을 방지하며 적절한 동작을 위해 수천 시간의 컴퓨터 모의실험이 필요하였으며, Piedmont, United, Northwest 등의 3개 항공사의 상업용 항공기에 장착, 실험을 실시한 결과 조종사나 ATC 관제사 모두에게서 만족하다는 결론을 내렸다. 또한 TCAS-II에 관한 보다 광범위한 연구가 수행되었으며 그 결과로 TCAS-II는 공중에서의 거의 모든 치명적인 상황을 해결해 줄 수는 있지만 몇 가지 경우에 대해서는 해결책을 제공해주지 못한다는 것이다. 그러

나 이러한 문제점에 대한 확실적인 분석통계에 의하면 TCAS-II를 장착하지 않았을 때 일어날 50여건의 사고에 대하여 TCAS-II는 매년 1건 미만의 사고를 유발할 수 있다는 장점이 있다.

1970년대 중반 이래 항공교통관제 상의 개선으로 공중충돌사고는 상당히 감소되었지만 매년 늘어나는 교통량에 따라 안전측면에 대한 관심은 고조되어 왔다. 그러다가 공중충돌방지를 위한 미국 의회의 권고가 나오면서 FAA는 지상의 항공교통관제시스템에 추가하여 운송용 항공기에 TCAS의 장착을 명하게 되었다. TCAS에 대한 장착규정은 1989년 1월 "Federal Regulation Title 14"의 개정안으로 발표되었는데 이 규정에서는 10명 이상의 승객을 태우고 미국공역을 운항하는 모든 항공기는 적절한 TCAS의 장착을 요구하고 있다. 즉 외국 국적의 항공기를 포함하여 미국 내를 운항하는 모든 상업용 항공기는 10~30석의 터빈 추진력의 항공기의 경우 최소한 TCAS-I을 1995년 2월까지, 30석 이상의 대형항공기의 경우 TCAS-II를 1993년 12월30일까지 장착하고 운항하여야 하는 것이다.

시스템에 대한 최근의 변화와, 새로운 TCAS 시현(display)장비의 개발에 따라 상기 기한 내에 각 업체의 원활한 지원이 불가할 것이라는 우려도 있다. 이에 따라 최근에 의회와 FAA는 모든 항공기에 대한 장착계획의 변경이나 단계적 장착방안을 모색하고 있다.

나) TCAS 종류

TCAS는 크게 3가지로 나뉜다. 첫 번째는 교통상황만을 경고하는 TCAS-I, 두 번째는 TCAS-I과 같은 교통상황은 물론이고 이탈경고와 수직축으로는 기동형태도 제공하는 TCAS-II이다.(TCAS-II : Climb! Climb!, descend! Descend!)

끝으로 세 번째의 TCAS-III는 수평과 수직축으로 교통상황 경고는 물론 이탈경고도 제공한다. (TCAS-III : Turn right! Turn right!, Turn left! Turn left!)

다) 미국에서의 TCAS 동향

TCAS-I은 1987년 3월에는 실용 TCAS-I 시스템용 기술 개발이 MOPS를 발간함으로서 완성되었다. 1989년 1월에는 10에서 30석의 상업용 항공기에는 의무적으로 TCAS-I시스템을 1995년2월까지 장착하도록 규정하였다.

TCAS-II는 Piedmont 항공사의 B-727 항공기에 탑재한 시제기의 평가가 1988년 1월에 완성되었다. 양산제품으로는 Bendix/King 제품이, UAL의 B737항공기와 DC-8항공기에, Honeywell사 제품은 Northwest 항공사의 MD-80항공기에 장착 운용중이며 항공사와 조종사 모두가 안정성과 효용성이 있다고 보고하고 있다. FAA에서는 1993년 12월까지 30석 이상의 민항공에서는 의무적으로 TCAS-II를 장착하도록 규정하고 있다. TCAS-III는 현재 개발 중에 있다.

라. 항공교통관리(ATM : Air Traffic Management) 분야

1) 개 요

ATM 시스템이란 “항공기를 비행계획에 따라 이륙시켜 안전을 유지하면서 그들이 원하는 최적 운항경로로 목적지에 정해진 시간에 무사히 착륙시키기 위해 존재한다.” 즉, 항공교통의 안전과 능률성의 확보가 ATM 시스템이 존재하는 최대의 목적이라 할 수 있다.

그러나 항공기의 증가와 함께 점차 문제가 되고 있는 현존 시스템의 결함사항을 평가해 보면, 항행안전시설의 미비와 지역항법 루트 시스템의 부족, 수직 및 수평분리의 부적절, 항공기 항행장비의 불충분, 운항관리상의 결함, 착륙지원장비의 부족 등이 초래되고 있으며, 지상과 공중에서 항공기의 지연을 유발하게 하고 때로는 최적 항공로로부터의 항공기 이탈을 불가피하게 하고 있다.

따라서 새로운 기술과 절차를 이용한 항공교통관리 시스템의 혁신은 항공교통수요 증가와 함께 매우 시급한 현실이 되었다.

2) ATM 시스템의 구성 요소 및 임무

ATM 시스템은 항공기의 전체적인 운항기간 동안 야기되는 안전문제의 처리와 능률적인 기동을 지원하기 위해 **Air Part(탑재 시스템)**와 **Ground System(지상 시스템)**으로 구성된다.

Air Part (항공기 탑재시스템)는 ATM의 목적 달성을 위해 지상시스템(Ground Part)과 상호 연계되는 항공기의 각 요구 기능별로 구성된다. 예를 들면 항공전자장비와 비행관리시스템(FMS), 위치제어기능을 위한 항행시스템, 항공기 충돌방지시스템(TCAS)등을 말하며 공대공(Air to Air), 공대지(Air to Ground) 데이터링크 시스템들이 이를 지원한다.

Air Part (탑재 시스템)

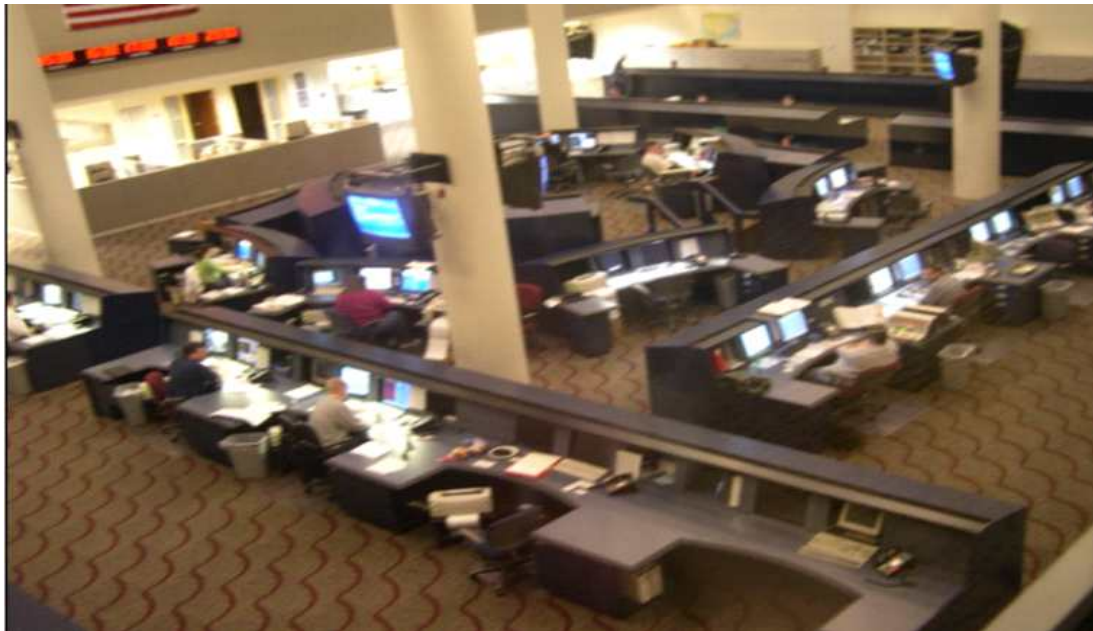


지상 시스템(Ground Part)은 항공교통업무(ATS : Air Traffic Service), 항공교통흐름관리(ATFM : Air Traffic Flow Management) 및 공역관리(ASM : Air Space Management)로 구성된다.

Ground Part(지상 시스템)의 항공교통업무(ATS : Air Traffic Service)



Ground Part(지상 시스템)의 항공교통흐름관리(ATFM : Air Traffic Flow Management) 및
공역관리(ASM : Air Space Management)



지상시스템은 공대지, 지대지 데이터 통신망을 통해 항공기에 대한 정보를 수신한다. 수신된 정보를 계산하고 의사 결정(Decision Making)을 한 다음 적절한 명령을 지대공 통신링크를 통해 항공기에 송출한다. 즉, 지상교통관리시스템의 주요기능은 비행계획과 비행위치와의 편차확인을 통한 분리기준의 확보, 적절한 시간분리와 공간분리를 통해 항공기의 운항순서와 통과시간을 결정(속도 및 지연도착 정보 포함)하여 안전하고 경제적인 최적의 운항경로를 항공기에 명령하는 일이다.

ATFM 및 ASM은 다음과 같은 기능을 실행한다.

- **ATFM** : 항공교통이 혼잡하거나 혼잡이 예상될 때 최적의 운항소통 체제를 유지하며 ATC의 효율적인 목적 달성과 공역 및 공항지역의 수용능력을 최대한으로 신장시키고 항공기의 운항지연시간을 최소화 시켜 준다.
- **ASM** : 주어진 공역 내에서 항공기의 운항시간을 배분하고 항공기간의 적절한 간격분리를 통해 제한된 공역을 최대한으로 활용코자 ATFM과 함께 ATC의 보조수단으로 사용된다.

3) 미래 ATM 시스템의 목표

새로운 ATM 시스템의 기술적인 측면 개발과 그에 따른 절차의 개발은 조종사와 관제사에게 부여된 임무인 교통관리와 통제책임을 좀 더 원활히 수행토록 지원하는 방향으로 그 초점을 맞추어야 한다. 그를 위해서는 신규 시스템은 물론이고 각개 시스템 요소들 간의 통합과 호환성 유지가 매우 중요한 일이다. 그리고 인체 공학적 측면에서의 평가도 간과해서는 안 될 것이며 미래의 ATM 시스템의 개발목표를 살펴보면 다음과 같다.

- 기존의 안전 레벨을 유지하거나 증진시킬 것.
- 항공교통수요에 대응하는 시스템 수용능력 증대와 관련된 모든 자원을 최대한으로 활용할 수 있을 것.
- 사용자가 선호하는 3차원, 4차원적 운항능력을 최대한으로 보장할 것.
- 좀 더 향상된 기상자료, 교통상황정보의 제공이 가능하고 시설 이용률이 최대한으로 증진될 것.
- 향상된 접근 및 이륙절차를 지원하기 위한 항행 및 착륙능력을 갖출 것.
- 공대지(Air to Ground) 컴퓨터간의 통신을 포함한 모든 ATM 관련 의사결정과정에 사용자를 좀 더 많이 관여시킬 것.

- 가능한 최대한으로 공역간의 경계가 없도록 시공의 연속성을 확보할 것.
- ATM 관련시설과 절차에 일치하는 공역을 구성해 줄 것.

4) 시스템 디자인의 고려사항

가) 항공교통흐름관리(ATFM)

ATFM은 ATC의 보조 역할로서 공역과 공항수용능력을 최대한으로 이용할 수 있도록 해야 한다. 장기적으로 볼 때 결코 완벽한 상황이란 있을 수 없지만 변화하는 주변 환경에 능동적으로 적극 대응하여 운항소통을 원활히 해주는 것이 무엇보다 중요하다. 터미널 지역에서의 대기(Holding)나 지연상태는 바람직하지 못하나 공항지역과 공항의 수용능력을 극대화시키기 위한 약간의 대기나 지연사태는 어쩔 수 없을 것이다.

미래의 시스템을 이용해서 운항관리를 하는 데에는 실시간(Real Time) 관리를 위한 자동화 수단이 필요하고, 자동화를 통해 많은 양의 정보를 처리하고 상황변화에 즉각 대처할 수 있도록 운항정보를 전술적으로 주고받을 수 있어야 한다. 그런 점에서 지상 ATC 시스템과 자동적으로 통신을 주로 받을 수 있는 항공기의 비행관리시스템(FMS)은 의사결정 과정에서 없어서는 안 될 필수적인 도구들이다.

ATFM의 업무처리과정은 실제상황 속에서 짧은 시간 안에 마주 칠 공역과 공항수용능력에 의해 크게 좌우되며 공역의 수용능력은 공역의 구성과 항공로교통관제, 관제섹터의 능력범위(Controller Sector Capacity), ATC 시스템의 지원능력, 그리고 운용절차에 의해 좌우되며 공항의 수용능력은 환경적인 요소와 활주로 상태, 가용시설들의 동작상태, 활주로 이용전략, 소음관계, 운항중인 항공기들의 요란(Wake Turbulence)에 따른 분리조건, 유도 및 대기지역의 가용상태 등 여러 가지 요인들에 의해 좌우된다. 미래의 시스템은 현실 상황은 물론이고 예견되는 인접공역이나 공항 수용능력에 대한 관련 데이터들도 실시간으로 최대한 이용할 수 있도록 해야 한다.

나) 공역관리(ASM)

설정된 공역 내에서 동적인 시간배분으로 주어진 공역자원을 최대한으로 활용하여야 하고 이를 위해 항공기의 종류와 성능에 따라 공역을 적절히 분할하여 사용하는 일이 무엇보다도 중요하다. 만일 공역 간 경계선의 명료성을 위해 공역관리를 어느 특정 국가의 인접공역까지 확대할 필요가 있다면 주 기관간의 업무 분담과 위임관계를 규정할 필요가 있다.

현재 ATS와 ATFM은 통상적으로 동일 기관에 편제되어 있고 서로 밀접한 관계를 유지하고 있다. 그러나, 공역관리는 보통 최소한 두 개의 기관이 책임을 지고 있는데 군과 민으로 대별될 수 있다. 군과 민이 공역관리를 담당할 경우 미래 ATM에서는 필요할 경우 공역관리를 위한 새로운 별개의 기관을 설립할 수 있다.

다) 절차 및 분리기준

ATM 시스템이란 근본적으로 일정한 규정에 의해 움직여지는 시스템이다. 그리고 항공교통관제사는 그러한 규정과 절차들을 전체 항공시스템의 안전을 위해 빈틈없이 적용해야만 한다. 새로운 기술과 신형 항공기들은 규정의 변화를 요구하고 있는데 그 이유는 그들의 새로운 기술과 능력이 좀 더 향상된 협력관계의 유지를 가능케 하였기 때문이다. 말하자면, 공대지 데이터링크의 기능은 탑재장비와 지상 장비를 좀 더 밀접하게 통합시키고 그 결과 조종사들을 새로운 방법으로 ATM의 처리과정에 관여케 하였다.

특히 분리기준은 미래시스템의 수용능력과 기능에 지대한 영향을 끼치게 될 것이다. 따라서 새로운 기술과 절차에 적용할 분리기준의 결정을 위해 광범위하고 신뢰할만한 방법들의 개발이 요청되고 있다. 또 한 가지 주요한 측면은 새로이 개발되는 절차들이 사용자들을 만족시켜 줄 수 있어야만 그들은 새로운 시스템으로의 전환을 위해 투자를 감행할 것이기 때문에 새로이 개발되고 적용되는 절차들은 사용자들에게 좀 더 향상된 운

항 상의 안전과 경제성을 입증시켜 주어야만 한다.

라) ATM의 자동화

미래시스템의 최대의 장점은 항공교통관리시스템의 자동화에 의해 달성된다. 자동화의 최대목표는 ATM 운용상의 여러 가지 제한사항들을 감소시키거나 제거시켜 주는 일이다. 또한 실시간의 비행 상태와 예정된 운항경로상의 모든 상황을 데이터베이스화하여 제공되며 혼잡과 지연을 예고해 줄 수 있는 실시간의 효과적 관리를 가능케 한다.

전술적인 비행관리과정은 각개 항공기의 비행 과정을 모니터 하면서 자동화를 최대한 활용하여 그들의 비행경로를 조정할 수 있다. 만일 항공기가 비행계획의 변경이나 수정을 결정하였다면 그에 대한 통보 및 처리과정은 항공기에 탑재된 비행관리 컴퓨터시스템과 지상시설에 의해 처리되는 전술적 관리시스템의 직접적인 링크에 의해 이루어지며 항공기의 비행 상태와 분리기준 등과 같은 ATM의 제한조건들을 동시에 만족시켜 주는 결정을 신속하게 내려줄 수 있게 된다.

이와 유사하게 지상의 전술적 관리시스템이 허가된 항공기의 비행경로를 변경할 필요가 있다고 판단했다면 지상 ATM 관련 컴퓨터가 직접 항공기에 탑재된 비행관리 컴퓨터와 조정 링크를 구성하고 항공기가 원하는 경로를 최대한 보호해 주면서 운항경로의 수정작업을 수행한다. 지상 ATM 자동화 시스템과 직접 교신할 수 있는 비행관리 컴퓨터가 없는 항공기들은 데이터링크 또는 음성채널을 이용해서 지상 시스템과 교신한다.

마) 비행계획

ATC 시스템이 사용하는 비행계획정보의 정확성은 3차원, 4차원적 비행 경로를 설정하기 위한 항공기에 탑재된 비행관리 컴퓨터의 계산된 자료들에 의해 그 기능이 향상된다. 그리고 비행경로에 대한 계산 기능과 비행경로의 유지기능은 비행관리시스템과 지상의 ATC 시스템에 의해 공동 처리

되며 항공기에 탑재된 비행관리 시스템은 다음과 같은 작업을 수행한다.

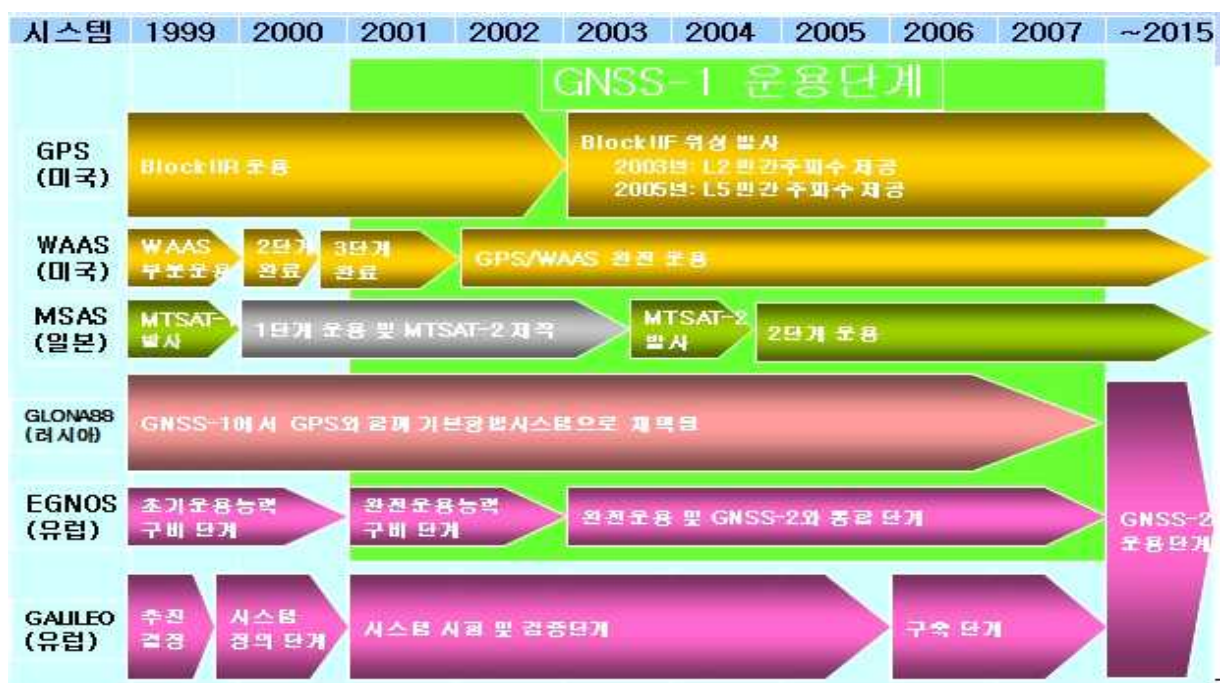
- 비행계획과 비행경로를 유지하기 위한 최적의 비행궤적 계산
- 항공기의 비행실행능력 내에서 지상 ATC 시스템이 허가한 비행궤적의 지속적인 수행
- 허가된 비행경로를 이탈하게 될 경우 지상의 ATC 시스템에 즉각적으로 자동 통보 실행

항공기의 비행경로가 변경될 수 있는 허용한도는 그 때의 교통상황과 항공기의 비행능력에 의해 결정되고 또 지상과 항공기 쌍방의 협의에 의해 결정된다. 또한 지상 시스템과 비행관리 시스템간의 이와 같은 협력적인 처리과정은 데이터링크 시스템이 구비되어 있을 때만이 가능하다.

※ ATM의 운영

- 항법과 착륙
- 통신 (Communications)
- 감시 (Surveillance)
- 기상 (Meteorology)
- 비행계획의 사용
- 대양 지역에서의 운용
- 항공로 및 터미널 운용
- 공항 운용

세계 위성항법시스템 구축 일정



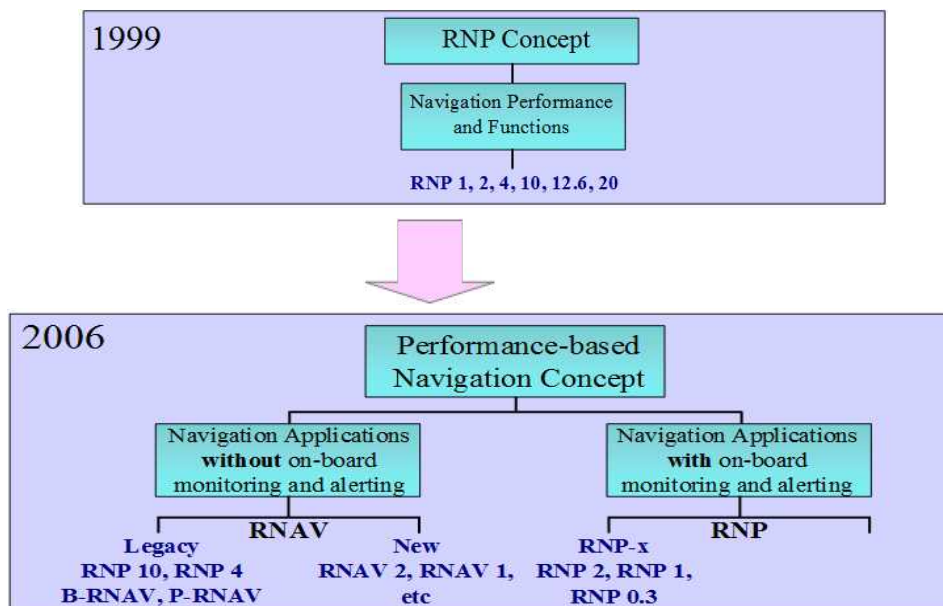
제 2 절 성능기반항행(PBN)

1. 성능기반항행(PBN)의 변화 발전 및 기본 개념

가. 성능기반항행(PBN)의 구성요소 및 요구조건

성능기반항행(PBN)은 “항행 요건”, “항행안전무선시설 기반”, “항행 적용”의 세 가지 요소로 구성된다. 항행 요건은 승인기관이 운항승인과 형식승인을 기본으로 하며, 승인받고자 하는 항행 요건의 공역 내에서 절차, 각 항공로를 비행하는 지역항법시스템 등에 대하여 다음의 요구조건을 만족하여야 한다.

- 지역항행시스템의 정확성, 무결성, 지속성, 가용성
- 요구되는 성능에 부합되는 지역항행시스템의 기능
- 요구되는 성능에 부합되는 지역항법시스템의 항행 감지장치
- 지역항행시스템과 관련된 성능에 부합되도록 하는 절차와 운항승무원의 능력

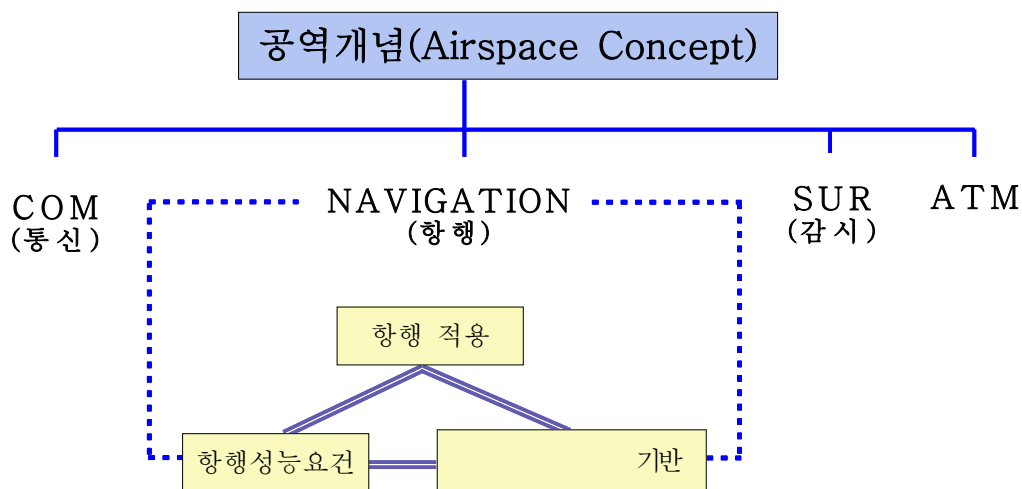


[그림 2-8] PBN의 변화 발전과 기본 개념

나. 공역개념에서의 항행 적용

항행 적용은 “항행 요건”과 관련된 “항행안전무선시설 기반”이 공역개념

과 관련된 ATS 항공로, 계기접근절차, 일정 공역 등에 적용되어질 때를 말한다. 항행 요건과 항행안전무선시설 기반이 항행 적용에 있어 함께 사용되어지는 예는 RNAV 또는 RNP의 SIDS와 STRs, RNAV 또는 RNP의 ATS항공로와 RNP 접근절차 등이 있다.



[그림 2-9] 성능기반항행(PBN)의 개념

2. 항행 성능 요건의 지정

가. 해양, 원격 대륙, 항공로와 터미널

해양, 원격, 항공로와 터미널 운항을 위하여 RNP 기준은 RNP 4 등 RNP X로 지정된다. RNAV 기준은 RNAV 1 등 RNAV X로 지정된다. 두 가지 항행 요건이 동일한 기준을 적용할 경우에는 Advanced-RNP 1과 Basic-RNP 1 처럼 어두를 사용하여 구분한다.

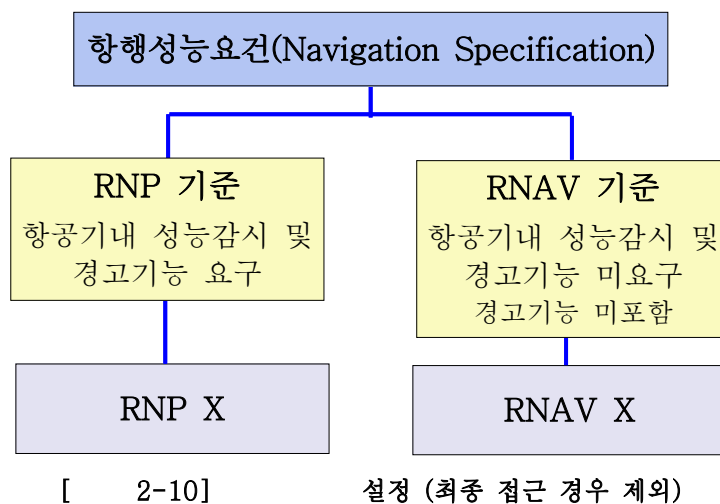
나. RNP “X” 또는 RNAV “X”의 표시

“X”로 표시되는 RNP와 RNAV 기준은 항공기가 공역, 항공로 또는 절차 중에 비행시간의 최소한 95%를 도달하여야 하는 횡적 항행 정확도를 해상마일(NM)로 나타낸 것이다.

다. 항공기 성능감시 및 경고기능

성능기반항행(PBN)은 항공기 성능감시 및 경고기능 유무에 따라 다음과 같이 구분된다.

- 1) RNP 기준 : 항공기에 성능감시 및 경고기능이 요구
- 2) RNAV 기준 : 항공기에 성능감시 및 경고기능이 미 요구



라. 접근절차

접근 항행절차는 계기접근의 모든 단계에 적용된다. RNP 기준은 RNP APCH 또는 RNP AR APCH 등과 같이 RNP를 어두에 두고 어미에 축약형으로 지정한다. RNAV 접근절차 기준은 지정되지 않는다.

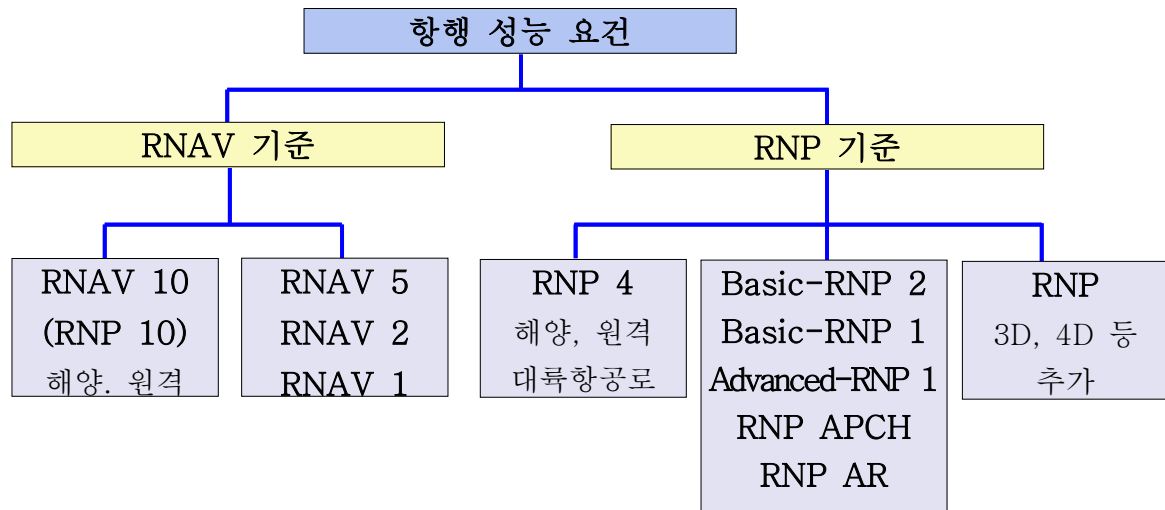
마. RNP와 RNAV의 비행계획

ATS항공로, 절차 또는 공역을 운항하는 항공기의 능력에 대하여 자동 또는 수동 통보는 비행계획을 통해 관제사에게 제공된다. 비행계획 절차는 PANS-ATM, ICAO Doc. 4444에 언급되어 있다.

바. 일치하지 않는 RNP 항행 요건의 수용

현재의 RNP 10 기준은 PBN RNP와 RNAV 기준과 일치하지 않는다. RNP 10 은 항공기 탑재 성능감시 및 경고기능을 요구조건으로 포함하고

있지 않다. 그러므로 본 지침에서는 PBN 개념과의 일치성을 목적으로 RNP 10을 RNAV 10 으로 규정한다.(결과적으로 현재 또는 새로운 운항 승인은 지정된 RNP 10 으로 계속될 것이며, Chart 상에도 RNP 10 으로 표기될 것이다.)



[2-11] 현재와 미래의 명칭 지정

사. RNAV, RNP 명칭의 통일

미국과 유럽은 현재 지역별 RNAV 기준을 다른 명칭으로 사용하고 있으나, ICAO에서 국제기준으로 PBN을 제시함에 따라 기존 RNAV 기준의 명칭은 PBN 명칭으로 바뀌게 된다. 따라서 그간 유럽의 기준에 따라 설정 하였던 B-RNAV와 P-RNAV 승인절차를 RNAV 5 와 RNAV 1 승인절차 로 동일시하며, 미국 기준을 참조하여 승인하였던 RNP 10 승인절차도 RNAV 10과 동일시한다.

아. 최소 항행성능 기준(MNPS)

북대서양 MNPS 지역을 운항하는 항공기는 MNPS를 만족하도록 요구 되어진다. MNPS 기준은 의무사항이고 향후 MNPS 개선이 직면해 있지 않기 때문에 명칭 지정도표에서 의도적으로 제외되었다. MNPS의 요건은 ICAO Nat Doc 001에 설정되어 있다.

자. 미래의 RNP 기준

미래의 RNP 기준은 미래의 공역개념에 따라 항행의 정확도 요건의 변화 없이 추가적인 기능이 요구될 것이다. 수직 RNP 또는 시간요소가 추가된 4D 요건이 포함될 것이다.

3. 항행안전무선시설 기반

항행안전무선시설은 지상 또는 위성의 항행안전무선시설을 말하며, 지상의 시설에는 DME 와 VOR을 의미한다. 위성 기반의 항행시설은 ICAO 부속서 10에 명시된 GNSS의 일부분으로 포함된다.

가. 항행 요건의 범위와 이용

ICAO 항행 요건의 대부분은 특정 공역 개념의 운영적인 요구사항에 부합되게 국지적인 사용에 맞춰 발전하여 왔다. 이들 항행 요건의 일부는 해양 또는 원격 대륙 공역의 공역개념에 적용되고, 일부는 대륙 또는 터미널 공역에 적용된다.

나. 비행단계별 항행 요건의 적용³⁾

다음의 표는 항행 요건별로 항행의 정확성을 나타내며, 기재된 숫자는 정확성이 95% 요구되는 항공로 폭을 해상마일(NM)로 표시한 것이다. RNAV 5는 최저안전고도(MSA) 이상과 공항으로부터 30NM 밖 STAR의 최초 단계로 이용되는 항공로 상의 항행 요건을 뜻한다.

3) ICAO Doc 9613/AN937, "PBN Manual", Volume 1, 1.2.5.5.

[표 2-5] 비행 단계별 항행 요건의 적용

항행성능요건	비행단계							
	해양/원격항 공로	대륙항공로	도착	접근				출발
				최초	중간	최종	실패	
RNAV 10	10							
RNAV 5		5	5					
RNAV 2		2	2					2
RNAV 1		1	1	1	1		1 ^b	1
RNP 4	4							
Basic-RNP 1			1 ^{ac}	1 ^a	1 ^a		1 ^{ab}	1 ^{ac}
RNP APCH				1	1	0.3	1	

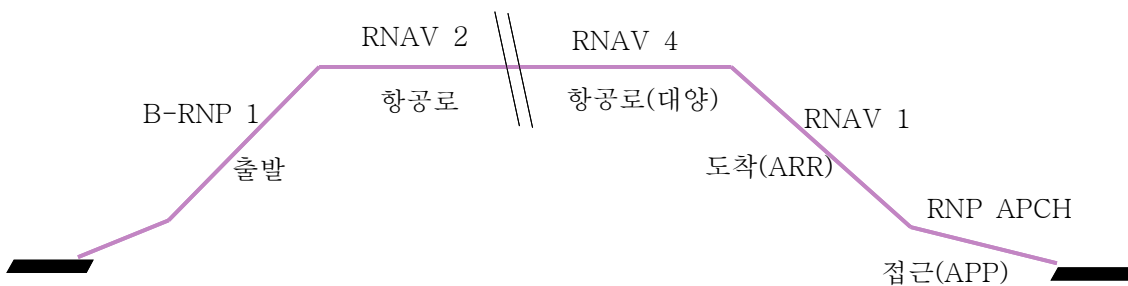
○ a : 항행 적용이 STAR와 SID로 한정된 경우

○ b : 적용 지역을 실패접근단계의 최초 상승이후에 설정할 수 있다.

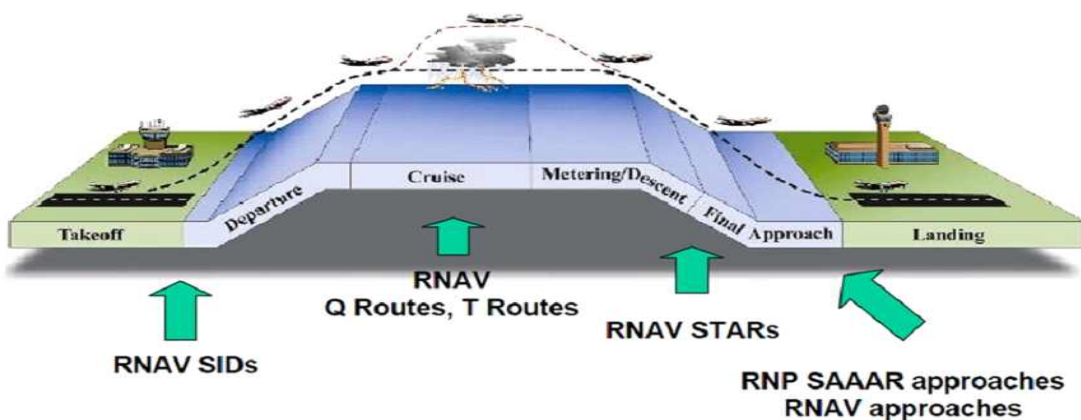
○ c : 공항표시지점으로부터 30 NM 넘어서는 경고기능의 정확도 범위가 2NM이 된다.

다. 비행단계별 항행 요건 적용 예시

다음은 항공로 및 계기절차에서의 RNAV 와 RNP 적용을 순차적으로 적용한 예시이다. 예를 들면, Basic RNP-1 SID로 비행을 시작하여 RNAV 2나 RNAV 4가 요구되는 항공로로 전환하고 RNAV 1 또는 RNP APCH가 요구되는 도착 및 접근절차로 종료될 수 있다.



[그림 2-12] 항공로 및 계기절차에서의 RNAV, RNP 기준 적용의 예



[그림 2-13] 미국의 신 항행체계 적용 개념

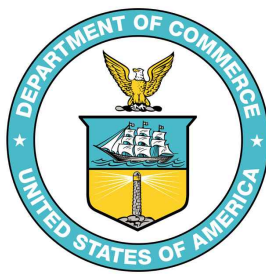
제 5 장 결 론

결론적으로 ICAO가 제시한 PBN은 주권을 가진 모든 국가의 국내법에 의한 국가안보, 비행안전 및 경제성 등의 영향을 고려하여 민·군의 전적인 합의하에서 범 국가적으로 적용이 가능함. 단, 군의 필요에 의해서 군이 독자적으로 적용할 수도 있음.

미국(NexGen) 등과 같이 민·군의 단일 법체계 하에서나 또는 우리나라와 같이 이원화된 민·군의 항공관련 법체계인 경우 민·군이 범 국가적으로 정책적인 합의하에 국가 항공·공역관리 체계 개선 계획을 수립할 수 있도록 추진 시에는 이에 동참하여 군의 영향성을 구체적으로 반영하여 개선할 수 있도록 것이 가장 바람직함.



(DoD)
(Department of Defense)



상무부(DoC)
(Department of Commerce)



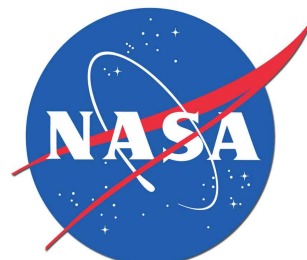
국토안보부(DoHS)
(Department of Homeland Security)



과학기술정책실
(The White House Office of Science and Technology Policy)



연방항공청(FAA)
(Federal Aviation Administration)



항공우주국(NASA)
(National Aeronautics and Space Administration)

[그림 5-1] 미국 NextGen 참여 정부기관