

조종사의 위성항행시스템 적응방안에 관한 연구

한 경 근*, 송 병 흠**

A Study on the Pilot's Adaptation for GPS Operation

K. K. Han, B. H. Song

목 차

- | | |
|------|------------------|
| I. | 서 론 |
| II. | 위성항행시스템 전환계획 |
| III. | GPS 수신기 등급과 운영단계 |
| IV. | 문제점 및 대책 |
| V. | 결 론 |

Abstract

The FAA, along with the ICAO and other members of the civil aviation community, has recognized that a GNSS will provide the primary stand-alone navigation system in the 21st Century. FAA has initiated plans to transition from its present ground-based navigation and landing system to satellite-based using signals generated by the GPS. In spite of some risks, GPS users are increasing rapidly.

About 52 aircraft equipped with various GPS in their system and wide spread of GPS may be expected in Korea. However, the regulations concerning with GPS implementation were not established by the government. Another problem is GPS receiver's interface. The user interface, operating method and capability vary with GPS class and model. As a direct operator for the system, pilots have to ensure these limitations and rules for efficient adaptation and safety.

The issues identified by the study are highly interrelated, and are evidence of aviation system problem. To treat one issue in isolation may improve certain aspects of the aviation system, but will ultimately fail to fundamentally increase the safety and efficiency for the system.

* 한국항공대학교 비행교육원 조종실기교수

** 한국항공대학교 항공운항학과 교수

I. 서론

미연방항공국의 국가공역체계 전환계획에 의하면 GPS는 현용 지상설치형 항행안전시설의 기술기준과 대등한 수준의 기술기준과 서비스를 다가오는 2007년 이후에는 제공할 수 있을 것으로 예상하고 있다. 이를 위하여 미국을 비롯한 세계 각국에서는 GPS 보정시스템에 대한 다양한 연구가 진행되고 있으며 미국 내에 2007년을 전후하여 약 4100개소의 활주로에 3차원 광역보정위성항행시스템(3-D, GPS/WAAS)을 이용한 접근절차가 수립될 전망이다.

1999년 1월 미국의 존스홉킨스 대학교 응용물리 연구실에서는 FAA와 AOPA의 지원을 받아 수행한 GPS의 위험성 평가에 관한 연구의 최종보고서²⁾를 발표하였다. 보고서에 의하면 GPS는 보정시스템과 함께 사용될 경우 현용 항행안전시설의 기술기준을 충족할 수 있다고 하였다.

GPS는 몇 가지 문제점에도 불구하고 사용상 많은 장점으로 인하여 사용자가 급증하고 있으며 전세계적으로 다양한 종류의 GPS수신기가 급속히 보급되고 있는 추세이다. 건설교통부의 조사에 의하면 GPS수신기를 장착한 항공기는 총 258대중 52대에 달하고 있는 것으로 나타났으며, 특히 운송용 항공기를 제외한 일반 항공기의 경우에는 총 103대중 36대가 장착되어 있어 상대적으로 높은 장착율을 보이고 있는 것으로 조사되었다.

다른 항행안전시설의 수신기 및 인터페이스와는 달리 GPS수신기는 제작사마다 사용법이나 항법정보의 표시등이 매우 다양하고, 같은 제작사의 GPS수신기에서도 모델에 따라 그 사용법과 표시등이 많은 차이를 보이고 있다. 또한, GPS수신기의 등급에 따라 사용상의 한계가 다양하여 시스템의 직접적 운영자인 조종사들은 이러한 제한사항을 숙지하고 단계적인 경험을 통해서 새로운 항행시스템에 적응하여야만 한다.

본 논문에서는 위성항행시스템의 전반적인 도입에 앞서 국내 조종사의 점진적인 적용에 관련된 문제점을 분석하고, 앞으로 확대될 GPS수신기의 다양한 이용에 대비하여, 조종사의 새로운 항행시스템에 대한 적응방안을 제시하고자 한다.

II. 위성항행시스템 전환계획

2. 1 기존 시스템의 도태

미 연방항공국(FAA)의 국가공역체계 전환계획(NAS Operational Implementation Plan, 1997. 9. 26)에는 위성항행시스템으로의 전환을 위해 점진적으로 지상설치형 항행안전시설을 도태시키는 방안이 제시되어 있다.

지상설치형 항행안전시설 도태시점의 기준은 GPS가 기존 시스템과 동등한 수준의 서비스를 제공할 수 있는 시점을 기준으로 삼았다. 그러므로 기존의 VOR/DME, ILS시스템의 도태는 각종 보정위성항행시스템의 사용 가능시기에 따라 유동적이다. 미 연방항공국은 GPS가 사용 가능한 시기부터 기존시설이 완전히 사라지는 시기까지 약 10년에 걸친 전환기를 계획하고 있으며 이 기간의 처음 5년 동안은 기존시스템이 완전한 성능으로 유지되며 그 이후 사용자수의 감소에 비례하여 가용성은 떨어지겠지만 GPS를 장착하지 않은 항공기들도 비행을 계속할 수 있는 수준으로 기존 항행안전시설을 유지할 것이다. FAA에 의해 현재 운영중인 지상설치형 항

2) 'GPS RISK ASSESSMENT STUDY FINAL REPORT', JOHNS HOPKINS UNIV. APPLIED PHYSICS LABORATORY, 1999. 1

항안전시설의 현황과 도태시기는 다음 [표 1]과 같다.

[표 1] FAA 운영 지상항행안전시설 도태 계획

TYPE	보유수	도태시기
VORTAC	640	2005 - 모든 DOD항공기 GPS장착시까지
VOR/DME	250	GPS/WAAS 인가시점 - 2010
VOR	36	GPS/WAAS 인가시점 - 2010
NDB	725	- 2005
ILS CAT I	871	2005 - 2010
MLS CAT I	29	2005 - 2010
ILS CAT II III	80	2005 - 2010
OMEGA	-	1998(1997. 9. 30)
LORAN C	-	2001

2. 2. GPS 운영의 인가계획

1999년 7월 25일, 항법의 주요수단으로서의 광역보정위성항행시스템이 작동되기 시작하였고 이 날짜를 기준으로 58일의 주기로 계기접근절차 간행물이 발행될 것이다. 지역보정위성항행시스템은 2001년 초기운영능력을 갖게되고 2007년까지는 모든 현용 항행안전시설 기술기준의 요구조건을 충족하게 될 것이다.

일차적으로 1999년까지 50개소의 활주로에 3차원 광역보정위성항행시스템(3-D, GPS/WAAS) 접근절차가 수립되고 이후 매년 500개소의 활주로에 3차원 광역보정위성항행시스템(3-D, GPS/WAAS) 접근절차가 수립될 예정이다. GPS의 운영인가 내용을 [표 2]에 나타내었다.

[표 2] GPS 운영의 인가계획

연도 인가사항	'91	'92	'93	'94	'95	'96	'97	'98	'99	'00	'01	'02	'03
	Multi Sensor Nav에 GPS 신호입력												
해양항로	▲												
육상항로		▲											
공항지역		▲											
항법의 보조수단으로서의 GPS													
해양항로			▲										
육상항로			▲										
공항지역			▲										
비정밀접근			▲										
정밀접근 CAT I (Special)					▲								
정밀접근 CAT I (Public)													
정밀접근 CAT I											▲		

[표 2] GPS 운영의 인가계획(계속)

인가사항	연도												
	'91	'92	'93	'94	'95	'96	'97	'98	'99	'00	'01	'02	'03
항법의 주요수단으로서의 GPS													
해양항로(GPS w/FMS, IRS, & ADC)					▲								
육상항로									▲				
공항지역									▲				
비정밀접근									▲				
정밀접근 CAT I											▲		
정밀접근 CAT II & III													

III. GPS 수신기 등급과 운영단계

3. 1. GPS 수신기의 종류

3. 1. 1. GPS 수신기의 분류

기본적인 GPS 수신기는 종류에 따라 위성추적능력과 출력의 속도, 응용성 등에 있어서 많은 차이를 나타낸다. 여러 제조업체에서 더 많은 사양을 구비한 독창성 있는 제품을 계속해서 출시하고 있으며 일반적으로 시스템이 복잡해질수록 성능은 개선된다고 볼 수 있다. 그러나 사용자의 입장에서 가장 좋은 GPS 수신기의 사양은 시스템 내부의 복잡성이나 성능보다는 작동이 쉬운 단순한 모델이다.

GPS 수신기는 사용하는 RF 채널의 수나 위성추적방식 등에 따라 분류되기도 하며 아날로그 형식과 디지털 형식으로 분류되기도 한다. 또한 보정 위성항행시스템을 위한 수신기들도 그 외의 수신기들과 분류되기도 한다. 다음은 이러한 분류기준에 따른 GPS 수신기의 종류이다.

- Sequencing Receivers
- Continuous-Tracking Receivers
- Multiplex Receivers
- All-in-View Receivers
- Digital Receivers
- Differential Receivers
- Combined Input Receivers

3. 1. 2. 사용자 인터페이스

GPS 수신기와 사용자간의 인터페이스는 다음과 같이 2가지로 나누어진다.

- Keyboards.

수신기의 종류에 따라 데이터의 입력은 작은 계산기 모양의 키보드를 사용하는 형식과 Button이나 Knob을 이용하는 형식으로 분류된다. 키보드를 이용하는 경우 입력이 빠르고 쉬운 반면 기류가 좋지 않을 경우 입력이 어려워질 수도 있다. 또한 키보드의 형식은 비교적 더 넓은 설치공간을 필요로 한다. 수신기의 선택시 고려해야할 사항은 키보드 외양의 복잡성이나 단순성이 시스템의 성능을 평가하는 기준으로 사용되어서는 안된다는 것이다. 즉, 인터페이스는 작동상 직관적이어야 하며 모호하지 않

고, 단순하고 논리적이어야 한다.

• Display

조종사는 디스플레이를 통하여 항법과 데이터베이스에 관한 정보를 얻으며 입, 출력되는 정보를 확인한다. 디스플레이는 관측이 쉽고 판독이 용이하게 설계되어야 한다. 다시 말해서 나타나는 정보가 사용하기 편리해야 한다. 디스플레이의 종류는 다음과 같으며 각각 장단점을 갖고 있다.

- LCD (Liquid Crystal Display)
- LED (Light Emitting Diodes)
- Gas Discharge Display
- Fluorescent Display
- CRT(Cathode Ray Tube)

또한 항법정보를 지시하는 방식에도 전통적인 CDI 디스플레이, Moving-Map, Electronic CDI 디스플레이 등 다양하며 FMS나 LORAN 등에 연계된 경우 기존장비의 디스플레이를 사용하기도 한다. 특히 문자나 숫자로 나타내는 항법정보의 경우 수신기에 따라 차이를 보일 수 있으므로 조종사는 사용하는 해당 GPS 수신기의 교범을 완전히 숙지하여야 한다.

3. 2. GPS 수신기의 등급

3. 2. 1. TSO C-129

미연방항공국의 기술기준서 TSO C-129에는 GPS 장비의 등급과 범주에 따른 사용한계가 명시되어 있다[표 3]. 또한 수신기의 종류나 운영단계에 따라 요구되는 인가사항을 [표 4]에 나타내었다.

[표 3] GPS IFR Equipment Classes / Category

TSO C-129				
EQUIPMENT CLASS	Integrity Function		Approved for use in:	
	RAIM	INT. NAV SYS. TO PROV. RAIM EQUIP	OCEANIC ENROUTE TERMINAL	NONPRECISION APPROACH CAPABLE
Class A - GPS sensor and navigation capability.				
A1	yes		yes	yes
A2	yes		yes	no
Class B - GPS sensor data to an integrated navigation system (i. e. FMS, multi-sensor navigation system, etc.).				
B1	yes		yes	yes
B2	yes		yes	no
B3		yes	yes	yes
B4		yes	yes	no
Class C - GPS sensor data to an integrated navigation system (as in Class B) which provides enhanced guidance to an autopilot, or flight director, to reduce flight tech. error. Limited to 14 CFR Part 121 or equivalent criteria.				
C1	yes		yes	yes
C2	yes		yes	no
C3		yes	yes	yes
C4		yes	yes	no

[표 4] GPS Approval Required/Authorized Use

Equipment type *1	Installation Approval Required	Operational Approval Required	IFR Enroute *2	IFR Terminal *2	IFR Approach *3	Oceanic Remote	In Lieu of ADF and/or DME *3
Hand Held *4	X *5						
VFR Panel Mount *4	X						
IFR EnRoute and Terminal	X	X	X	X			X
IFR Oceanic /Remote	X	X	X	X		X	X
IFR Enroute, Terminal, and Approach	X	X	X	X	X		X

- *1 장비의 인가사항과 제한사항의 확인은 AFM 및 AFM Supplements 혹은 조종사 지침서를 참고한다.
- *2 데이터베이스의 유효기간이 지난 경우 데이터의 정확성을 확인할 필요가 있다.
- *3 유효한 데이터베이스가 필요하다.
- *4 VFR용과 휴대용 GPS 장비는 계기항법, 계기접근 혹은 항법의 주된 수단으로서 사용할 수 없다. 이러한 장비들은 계기비행 상태에서 상황인지의 보조수단으로 사용할 수 있다.
- *5 휴대용 수신기는 인가를 득할 필요가 없으나 이러한 장비의 외부안테나를 부착하거나 혹은 영구적으로 장착대 등을 설치할 경우 이에 대한 인가를 득하여야 한다.

3. 2. 2. 국내 GPS 장착현황 및 분류

최근 건설교통부에서 End-of-the-Week Rollover³⁾ 문제로 조사한 국내 항공기 GPS 수신기 장착현황 자료에 의하면 국내 운송용항공기 총 155대중 16대, 일반항공기는 총 103대중 36대에 GPS가 장착되어 있는 것으로 조사되었다. 운송용항공기의 경우 대부분 FMS등과 함께 Multisensor 시스템의 일부로 사용되고 있어 인터페이스도 기존 시스템을 사용하고 있음을 알 수 있다. 일반 경항공기의 경우 장착된 GPS의 제작사나 모델, TSO C-129등급 등이 매우 다양하게 분포되어있음을 알 수 있으며 이러한 다양성은 시스템의 직접적인 사용자인 조종사가 특정한 모델의 GPS 인터페이스에 익숙하여도 다른 모델의 GPS를 이용하는데 어려움을 느낄 수 있다는 점에서 문제점으로 지적할 수 있다.

또한 TSO C-129에 의한 인가를 받지 않은 장비나 A2 등급의 GPS 수신기는 GPS의 사용이 본격화될 경우 사용상의 제한을 많이 받게 된다는 점에서 또다른 문제점으로 지적할 수 있다. [표 5]에 국내항공기의 GPS 장착현황과 등급을 분류하였다.

3) GPS End-of-the-Week Rollover란 GPS 시스템의 시간계산에 있어서 1,024주를 최대로 다시 0으로 돌아간다는 뜻이다. 즉, GPS 시스템은 1980년 1월 6일을 기점으로 시간을 계산하였고 약 20년의 반복주기로 이러한 과정이 반복된다. 이러한 반복주기의 첫 번째 시점이 1999년 8월 22일 0시(UTC)에 도래하였다.

[표 5] 국내 항공기 GPS 장착현황 및 등급분류

소 속	기 종	GPS 장착대수	GPS제작사, 모델	TSO C-129 class
대한항공	B777	5	HG 2021 GP 01	C3
	A330	6	LITTON, LTN-2001(2) COLLINS, GLU-920(4)	C4, C3, C1 NO TSO'd
	B747-400	1	COLLINS, GLU-920	NO TSO'd
	G-IV	1	HG 2021 AB 02	C3
	SENECA III	3	GARMIN, GPS 100AVD	NO TSO'd
	C-212	1	GARMIN, GPS 100AVD	NO TSO'd
	SUPER PUMA	1	GARMIN GPS 195	A1
	MD-900	1	KLX 135	A1
	DAUPHINE II	1	GPS 95XL	A1
	CESSNA 208	1	TNL 2000T	A2
	CTN-560	4	ALLIED SIGNAL, GNS-XES	A1, A2, A3
아시아나항공	B747-400	4	HONEYWELL, HG 2021 GC 02	C3
비행점검소	CL-601	1	UNC. GPS 1200	A1, A2, A3
한국항공대학교	M20J	3	TNL 2000T,A	A2
		1	GARMIN, GPS 100AVD	NO TSO'd
	CESSNA 172	4	KLN 89B	A1
선경건설	SIKORSKY-76	1	UNC. UNS-1A	A1, B1, C1
삼성항공	AS365N2	2	ALLIED SIGNAL, GNS-X	A1, A2, A3
시티항공	W-3A	5	GARMIN GPS 155	A1
대우중공업	W-3A	3	GARMIN GPS 155	A1
동아건설	JETSTREAM 32	1	TNL 8100T	A1, A2
한화중화	SIKORSKY-76	1	UNC. UNS-1D	A1, B1, C1
L G정유	SIKORSKY-76	1	UNC. UNS-1D	A1, B1, C1
한국항공선교회	C-206G	1	GARMIN, GPS 100AVD	NO TSO'd

※ 건설교통부 자료, '99. 11

3. 3. GPS 운영단계별 절차

미 연방항공국에서는 조종사등 GPS를 이용하는 사용자에게 도움을 주기 위한 목적으로 Advisory Circular 90-94를 발행하였다. 물론 AC 90-94의 내용이 미국공역체계 내에서 GPS가 아닌 위성항행시스템(GNSS)을 사용하거나 미국공역체계 밖에서 GPS를 사용할 경우의 내용은 제외하였으나 사용자의 관점에서 GPS 운영에 관련된 체계적 정보를 얻을 수 있다는 점에서 참고해 볼 필요가 있다고 본다.

AC 90-94에는 GPS의 운영단계 및 운영단계별 RAIM 요구조건, Database 요구조건, 등급별 분류 등이 언급되어 있으나 본 논문에서는 운영단계별 절차만을 요약하여 설명하기로 한다.

3. 3. 1. 운영단계별 절차의 적용

다음에서 언급할 운영단계별 절차는 계기비행증명을 소지한 조종사가 14CFR Part 91에 속하는 비행용 GPS를 사용하여 비행할 경우를 전제조건으로 하며 14CFR Part 121, 129, 135에 속하는 GPS IFR 운영은 별도의 인가된 적절한 운항규정을 따라야 한다.

3. 3. 2. 비행전 점검

- 일반사항 : GPS를 계기비행에 사용하기 전에 조종사는 GPS 장비와 장착에 대한 인가 내용을 확인하고 원하는 비행단계에서의 사용이 가능한지 확인하여야 한다. 또한 조종사는 사용하려는 항공기에 장착된 GPS 장비의 작동법과 제한사항을 확실히 인지하여야 한다.
- GPS 수신기 : 조종사는 제공된 적절한 교범에 의하여 수신기를 시동하고 자체검사 절차를 수행하여야 한다.
- NOTAM's : GPS IFR 운영전 조종사는 GPS와 관련된 NOTAM 사항을 확인하여야 한다. GPS NOTAM의 내용은 'GPS'라는 식별부호로 확인할 수 있으며 조종사는 원하는 접근절차에 적용될 수 있는 NOTAM 사항을 확인해야 한다. 만약 Phase II 접근절차를 이용하는 조종사는 해당 접근절차의 지원하는 지상항행안전시설의 작동여부도 확인하여야 한다.
- 조종사는 공항, 활주로, 접근절차, IAF 등을 선택할 때 GPS 수신기의 RAIM 기능의 가능성을 고려하여야 한다. 관제사는 시스템의 완전성(Integrity)에 대한 정보를 제공할 의무가 없다는 점을 조종사는 알아야 한다. 특히 GPS의 고장이 예상되거나 발견된 경우에는 이륙을 연기하거나 비행을 취소하여야 한다.
- 비행계획서의 장비표시항목에 GPS 장비에 해당하는 문자를 추가하고 비행중 GPS 장비가 정상작동을 하지 못할 경우 이를 관제기관에 보고하여야 한다.

3. 3. 3. 해상 항로비행

IFR 상태에서 GPS를 사용하는 항공기는 VOR, NDB, INS, LORAN 등의 사용 가능한 인가된 대체장비를 탑재하여야 한다. 그러나 GPS 장비의 RAIM 기능이 정상적으로 작동될 경우 대체장비를 감시하거나 Cross Check 할 필요는 없다. 대체장비의 감시는 GPS 장비의 RAIM 기능이 손실된 경우에 한한다.

NAS 밖에서 GPS는 장거리항법시스템(LRNS)으로서 사용할 수 있다. 1개의 LRNS가 요구되는 항로에서 GPS는 RAIM 기능이 정상적으로 작동될 경우 단독장비로 사용할 수 있으며, 2개의 LRNS가 요구되는 항로에서 다른 LRNS와 더불어 사용할 수 있다. 이런 경우 GPS 수신기의 등급은 TSO C-129에 제시된 등급 A1, A2, B1, B2, C1, C2이어야 한다.

3. 3. 4. 육상 항로비행

항로를 구성하는 지상 항행안전시설이 사용 가능한 상태이고 항공기에도 이들 시설을 이용할 수 있는 장비가 GPS 수신기와 함께 장착되어 있어야 한다. 그러나 해상항로비행에서와 같이 RAIM 기능이 정상적으로 작동될 경우 대체장비의 감시는 불필요하다.

3. 3. 5. 공항 부근의 비행

IFR 상태에서 GPS를 이용하여 SID나 STAR 절차를 수행할 경우 현용 RNAV에 요구되는 동일한 방법으로 비행한다. 항로를 구성하는 지상 항행안전시설이 가용상태이고 항공기에도 이들 시설을 이용할 수 있는 장비가 GPS 수신기와 함께 장착되어 있어야 한다. 그러나 RAIM 기능이 정상적으로 작동될 경우 대체장비의 감시는 불필요하다.

3. 3. 6. 계기접근절차

GPS를 이용한 IFR 비행상태에서의 계기접근절차는 기존 비정밀 접근절차와 중첩되어 사용될 수 있으나 로컬라이저(LOC), LDA(Localizer Directional Aid), SDF(Simplified Directional Facility) 절차의 경우는 중첩사용

이 제외된다. 또한 사용 가능한 비정밀 접근절차의 경우도 GPS에 내장된 데이터베이스에 입력되어 있는 경우에만 가능하다. 기존 비정밀접근절차와 중첩 사용하는 경우 접근절차는 GPS 단독접근절차의 설계원칙을 따르지 않고 지상의 항행안전시설을 이용한 접근절차의 설계원칙에 기초하여 수립된다.

GPS IFR 접근비행은 적절한 장비가 장착되고 다음과 같은 요구조건을 충족할 경우 언제든지 가능하다.

- GPS를 이용한 계기접근비행의 권한은 미연방 공역내로 제한된다.
- 위 공역 외에서의 GPS 사용은 미 연방항공국의 특별 인가를 득하여야 한다.
- 또한, 미국 연방 공역 외에서의 GPS 계기접근비행절차는 해당 주권국의 관계기관에서 인가되어야 한다.

IFR 비행상태에서 GPS를 이용하여 계기접근 비행을 하기 위해서는 장착된 GPS 장비가 TSO C-129의 요구조건을 충족하고 GPS 등급이 A1, B1, B3, C1 혹은 C3인 경우로 제한되며 해당 계기접근비행에 해당하는 데이터베이스를 구비하고 있어야 한다.

계기접근절차의 중첩 프로그램은 3단계로 나뉘어 수행되었으며 1단계는 개발단계로서 미연방항공국이 GPS가 일반인에게도 사용 가능함을 선포함으로써 1994년 2월 이후 종료되었다. 2단계는 기존 접근절차의 명칭을 사용하지만 접근을 위한 계기비행 유도시스템으로 GPS를 이용하며 기존의 접근절차를 위한 지상시설의 신호를 감시할 의무는 없으나 지상시설은 작동가능하고 항공기에 해당 장비를 탑재하여야 한다. 그러나 이러한 기상장비를 접근중 작동시킬 의무는 없다. (가능한 경우 이러한 기상장비는 예비용으로 감시할 것이 권고되고 있다.) 접근의 요청과 인가는 기존접근절차의 명칭을 사용한다. 예를 들면, 'VOR RWY 32', 'NDB RWY 14' 등으로 부른다. 이 단계는 1994년 2월 17일부터 시작되었다. 3단계에서는 계기접근절차의 명칭이 변경되어 'VOR or GPS RWY 32' 등으로 개정된다. 기존 지상시설의 운용은 요구되지 않으며 항공기에 해당시설의 수신기를 탑재, 감시, 동작시킬 의무는 없다. 접근의 요청과 인가는 GPS라는 용어를 사용하여 'GPS RWY 32' 등의 접근절차 명칭을 사용한다. 이 단계는 1994년 4월 28일부터 시작되었다.

기존의 비정밀 접근절차를 이용하지 않고 GPS를 위해 새롭게 수립된 GPS 단독절차(GPS Stand-Alone Approach)는 지상장비와 탑재장비의 요구조건은 3단계 중첩프로그램과 동일하며 1994년 7월 21일 첫 번째 절차가 발행되었다.

3. 3. 7. GPS 계기접근을 위한 조종사 절차

- 일반사항 : 중첩프로그램에 의한 GPS 비정밀접근절차는 기존절차와 동일하다. 다른 점은 항법정보를 디스플레이에 나타내는 방식과 용어 등이다. GPS 단독접근절차는 보통 지점과 지점을 연결하는 항법방식(Point to Point Navigation)으로 지상에 설치된 항행안전시설과는 독립적이다.
 - 데이터베이스에 입력된 순서로 WPT(Waypoint)와 WPT를 직선 비행하는 것을 설정된 접근절차를 준수하는 것으로 확인하면 안된다.
 - GPS 중첩프로그램을 사용하여 접근절차를 수행할 경우 VOR Track은 VOR 기지국의 위치를 기준으로 편차(Magnetic Variation)수정을 하고 GPS는 현재 위치를 기준으로 자차수정을 함으로서 차트상의 VOR Track과 GPS 지시 값이 차이를 보일 수 있다.
- 접근절차의 선택
 - GPS를 이용한 접근절차를 수행하기에 앞서 조종사는 적절한 공항, 활주로/접근절차, IAF(Initial Approach Fix)등을 선택하여야 한다.

- 조종사는 IAF 이전에 접근모드를 작동시켜야 하며 접근모드로 전환되면 CDI의 감도가 향상된다. 그러나 IAF가 30NM 지점보다 멀리 위치한 경우 IAF 이전에 접근모드를 작동하여도 30NM 이내로 접근되었을 때 감도가 향상된다. 만약 IAF 이전에 접근모드로의 전환에 실패하였을 경우 수신기는 시각적 혹은 청각적 경고를 발하며 이후 FAF 3NM 이전에 최종경고를 발한다. 조종사가 이후에도 계속적으로 모드전환에 실패하면 수신기는 이를 시각적으로 경고하고 FAF 이후에는 항법정보를 제공하지 않는다. 이때 수신기는 자동으로 IAF에서 MAP로의 항로를 시연하게 된다.
- MAWP에서 GPS는 다음 WPT로 자동변환시키지 않는다. 따라서 조종사는 반드시 수동으로 다음 WPT로 비행할 수 있도록 입력하여야 한다.
- RADAR Vector를 받는 경우 조종사는 WPT의 입력을 수동으로 하여야 한다.
- Initial Approach Segment
 - Arc 절차 : Arc 비행절차는 GPS 수신기의 모델에 따라 다양하다. 따라서 조종사는 수신기의 비행교범에 제시된 방법에 따라야 한다. Arc 진입을 위해 IAF가 아닌 Arc상의 지점으로 Vector를 받았을 경우 조종사는 진입지점에서 Arc상으로 진입하기 위해 수동으로 입력하여야 한다.
 - Course Reversal 절차 : 절차선화와 같이 Course Reversal이 요구되는 경우 GPS수신기를 자동에서 수동으로 전환하며, Outbound 동안은 일반적인 수동비행 방식과 동일한 방법을 사용한다. Course Reversal이 끝나고 최종접근경로상에 진입되면 다시 자동모드로 전환한다.
 - Turn Points : 초기접근단계에서 선회지점이 지정된 경우도 있으며 이를 또는 부호화된 WPT로 표현된 선회지점을 인지하는 것은 매우 중요하다.
- Intermediate Approach Segment

만약 Intermediate Fix(IF) 혹은 WPT가 계기접근절차에 포함되었을 경우 이러한 WPT 혹은 Fix의 정보는 데이터베이스에 저장되어 있다. Intermediate Approach Segment에서의 비행절차는 기존 지상설치 항행안전시설을 이용한 계기접근절차와 동일하다.
- Final Approach Segment
 - Final Approach Fix(FAF) : 중첩프로그램 절차에서 GPS 수신기는 차트상에 명시되지 않은 FAF WPT를 화면에 전시한다. FAF나 Stepdown Fix가 없는 접근절차는 데이터베이스에 부호화된 가상의 FAF WPT가 입력되어 있다. 이를 센서 FAF WPT라 한다. 센서 FAF WPT는 MAP WPT로부터 4NM 이상 떨어져 있어야 하며 이런 경우 MAP WPT는 지상항행안전시설 상공으로 정한다. 만약 MAP로부터 2NM이상 떨어진 지점에 Stepdown Fix가 있을 경우 이 지점이 센서 FAF WPT가 되며 Stepdown Fix 2NM 미만에 위치한 경우 센서 FAF WPT MAP로부터 4NM 떨어진 곳에 임의로 설정된다. 센서 FAF WPT는 GPS수신기의 디스플레이 감도가 향상되는 전환점이 된다. 조종사는 관제 기관에 위치보고를 행할 경우 GPS 장비의 지시 값이 아닌 차트상의 지점을 기준으로 하여야 한다.
 - Final Approach Waypoint : GPS 단독접근절차의 FAF WPT는 보통 활주로 말단으로부터 5NM 떨어진 지점에 위치하며 표준화된 방법으로 명칭이 부여된다.
 - Course Sensitivity : CDI의 감도는 GPS 장비의 운영모드에 따라 변화한다. 접근단계 이전의 항로비행시 CDI가 완전히 편위되었을 때의 거리는 중심선 양쪽으로 각각 5NM을 나타낸다.
 - 접근모드로 전환되면 디스플레이의 감도는 5NM에서 1NM로 향상된다.
 - FAF WPT를 통과한 후 2NM 지점부터 디스플레이의 감도는 0.3NM로 향상되며 GPS 수신기에 따라 FAF WPT와 MAP 사이의 강하각을 기존 ILS 로컬라이저와 같은 방식으로 지시하는 경우도 있다.
 - Missed Approach가 수행될 경우 디스플레이 감도는 다시 1.0NM로 낮아진다.
 - Stepdown Fix : Stepdown Fix에서의 비행절차는 기존방식과 동일하다. 중첩접근절차에는 FAA에 의

해 명명된 경우를 제외하고 WPT로서 인식되지 않는다. 명명되지 않은 Stepdown Fix는 데이터베이스의 WPT 정보에 나타나지 않는다. 조종사는 GPS의 거리정보를 읽고 강하지점을 인지해야 한다. GPS의 거리정보는 기존 DME의 거리정보와 차이가 있다는 점에 주의해야 한다. 조종사는 MAP까지의 ATD(Along Track Distance)를 주시하여 강하지점을 확인하여야 한다. GPS 단독접근절차의 경우 MAWPT 이전의 어떠한 강하지점도 ATD(Along Track Distance)로서 확인이 가능해야 한다.

● Missed Approach Segment

다음에 GPS 비정밀접근절차를 수행하는 조종사가 인지해야 하는 몇가지 특성을 설명하였다.

- Missed Approach Point(MAP) : 중첩프로그램에서 MAP WPT는 활주로 말단, 기존시설, 혹은 활주로 말단이나 기존시설로부터 정해진 거리만큼 떨어진 지점에 위치할 수 있다. 차트상에 명시된 DME 거리정보와 GPS의 ATD 사이에 차이점을 정확히 계산하여 Missed Approach 지점을 확인해야 한다.
- Missed Approach 기능의 수동조작 : Missed Approach 지점을 통과하면 GPS 장비는 Missed Approach Holding WPT로 자동적으로 전환되지 않는다. 따라서 조종사는 Missed Approach 지점을 통과하면서 수동모드로 전환하고 정해진 다음 WPT로 진행해야 한다. Missed Approach는 차트에 명시된 내용에 따라 기존방식과 동일하게 수행되어야 한다.

IV. 문제점 및 대책

1. 미국의 공역체계 전환계획의 예에서와 같이 위성항행시스템의 도입은 장기적인 계획에 의해 점진적으로 이루어지는 것이 바람직하다. 특히 시스템의 직접적인 운영자인 조종사는 기본적인 운영단계에서 시작하여 비교적 복잡한 운영단계인 접근절차 등으로 운영의 난이도를 높이는 것이 요구된다.

정해진 시점에 제반규정이나 기술기준 등을 일괄 적용할 경우, 조종사나 관제사등 운항의 주체들이 효과적으로 적용하지 못할 가능성이 예상된다. 따라서 국내에서 GPS를 항법의 보조수단으로 사용할 수 있는 법적 근거를 시작으로 항법의 주요수단으로서 사용할 수 있는 법적 근거가 순차적으로 제정되어야 한다.

GPS사용을 자국 공역내에서 인가한 나라는 아직 미국과 호주 이외에는 없다. 국가간 이해관계나 시스템이 미국에 의해 운영된다는 점, MLS시스템의 전환계획에서의 경험, 혹은 전반적인 기술부족등으로 GPS 시스템의 도입이 미루어지는 국가가 많은 것이 사실이다. 그러나 장기적으로 도입이 가시화되고 있는 국가에서는 이의 점진적 도입이 필수적이라고 할 수 있다.

2. 기존 지상설치형 항행안전시설의 사용자 인터페이스는 제작사나 모델에 따라 큰 차이가 없었다. 이에 반해 GPS 수신기는 등급에 따른 운영의 한계와 사용자 인터페이스가 매우 다양하다. 따라서 조종사는 소유하고 있거나 운항하려는 항공기에 장착된 GPS 수신기의 운영의 한계를 명확히 알아야 하며 제작사나 모델에 따라 작동법이 상이하고 항법정보의 표시도 상이할 수 있으므로 사용전 반드시 해당기종에 대한 운영교범에 숙달되어야 한다. 또한 GPS 수신기의 선택시 등급별 운항한계를 충분히 고려하고 운영인가의 단계가 각종 보정시스템을 적용한 정밀접근 단계로 향상될 것에 대비하여 가능하다면 호환성이 있는 모델을 선택하는 것이 바람직하다.

3. 효과적인 조종사의 적응을 돕기 위해 적절한 정보와 훈련기회의 제공이 요구된다. 이를 위해 다양한 형식의 교재가 개발되어 관련 조종사가 쉽게 접근할 수 있어야 한다. 교재의 형식은 정기간행물 형식의 Newsletter와

단행본, 인터넷상의 홈페이지등 다양하게 제공되어야 한다. FAA에서 GPS관련 내용을 별도의 홈페이지를 구축하여 서비스를 제공하고 있는 것은 좋은 예라고 할 수 있다.

V. 결 론

21세기를 대표하는 항행안전시설은 위성항행시스템이 될 것이다. 국내에도 2005년까지 위성항행시스템을 도입하려는 계획이 진행되고 있으며 시스템의 안전하고 효율적인 운영을 위해서는 항공산업의 구성원이 함께 준비하여야 한다.

본 논문에서는 위성항행시스템의 점진적 적용을 위하여 관련 법률을 단계적으로 제정할 것과 조종사가 위성항행시스템에 효과적으로 적용하고 안전하게 운영할 수 있는 경험을 축적할 수 있는 다양한 지원이 필요하다는 점을 문제점으로 분석하고 이에 대한 대안을 제시하였다.

그리고 이상에서 분석된 문제점들은 상호 연관성이 매우 크다. 각각의 문제해결도 시스템의 안전성, 효율성 향상에 도움이 되겠으나 기본적으로 전반적인 시스템 안전성, 효율성의 향상효과는 크지 않을 것으로 본다. 전환기에 우려되는 안전저해요소를 제거하고 효과적으로 적용하기 위해서는 항공산업의 구성원이 상호 연계되어 준비하는 것이 바람직하다.

■ 참 고 문 헌

1. AIM, FAA, 1999
2. Airborne Supplemental Navigation Equipment Using GPS : TSO C-129a, FAA, 1996. 2. 20,
3. Airworthiness Approval of GPS Navigation Equipment for use as a VFR and IFR Supplemental navigation system : AC 20-138, FAA, 1994. 5. 25,
4. Civil Utilization of GPS : FAA Order 8260.38A, FAA, 1997. 8. 14
5. GPS Risk Assessment Study Final Report, JHU/APL, 1999. 1
6. GPS as a Primary means of navigation for Oceanic/Remote Operations : Notice 8110.60, FAA, 1996. 12
7. Guidelines for Using GPS System Equipment for IFR EnRoute and Terminal Operations and Nonprecision Instrument Approaches in the U.S. NAS : AC 90-94, FAA, 1994. 12. 24
8. National Operational Implementation Plan, FAA, 1997. 9. 26
9. Airworthiness Approval of GPS Navigation or FMS Integrating Multiple Navigation Sensors : AC 20-130, FAA
10. Aviator's Guide to GPS, Bill Clarke, McGraw-Hill, 1998
11. 항공보안시설과 이용, 윤 승중, 한 경근, 한국항공대학교 출판부, 1999, 2.