

위성항법시스템 기반 한국형 군용 정밀착륙체계 국내개발 방향 및 기술타당성 분석

Feasibility Study on Domestic Development of a Precision-Landing System for Korean Military Based on GNSS

이 기 훈* 안 종 선** 이 영 재**
Keehoon Lee Jongsun Ahn Young Jae Lee

ABSTRACT

Korean military is currently using and operating a precision approach and landing system, called RAPCON (ASR/PAR), which is imported from overseas. However, drawbacks of this system are operational and cost problems that come along, e.g. straightness of the radio waves, limited ability of narrow searching, lack of interoperability, and high cost of installation and maintenance. Moreover, as the civilian air traffic control uses a similar system compared to the military, the so called DME/VOR/ILS, disturbance between these two systems triggered the consideration of GNSS as alternative system. In this paper, we conduct a research on trends in the field of precise approach and landing systems based on GNSS, analyze weaknesses of GNSS(jamming, fault) and consider possible solutions. Furthermore, we propose the precise approach and landing system based on GNSS to be used by the Korean military as we found it to be also suitable for military purposes. Finally, we examine the benefits of a domestic development with different focuses(development/cost of mass production/operational advantages and potential for increased performance).

Keywords : GNSS(위성항법시스템), Precision Approach and Landing System(정밀 접근 및 착륙 체계), Domestic Development(국내 개발)

1. 서론

위성항법시스템(GNSS : Global Navigation Satellite

System)은 기상 상황과 관계없이 사용자로 하여금 위치(Position), 속도(Velocity), 시각(Time) 정보를 제공할 수 있는 위성 전파 항법시스템이다^[1]. 다양한 분야에서 위성항법시스템이 활용되고 있으며 특히 항공우주 분야에서는 민군 영역 구분 없이 위성, 항공기, 무기체계 등에서의 항법(Navigation)용으로 운용되고 있다. 현재 민간국제항공기구(ICAO : International Civil Avigation Organization)에서는 기존의 착륙시스템의 단점을 보완

† 2013년 7월 15일 접수~2013년 10월 18일 게재승인

* 합동군사대학교 합동전쟁연습실

** 건국대학교 공과대학 항공우주정보시스템 공학과
책임저자 : 이기훈(powerlee@yonsei.ac.kr)

하고자 위성항법시스템 기반의 착륙 시스템 전환을 권고하는 상황^[2]이며 미군에서는 위성항법시스템 기반의 정밀착륙시스템인 JPALS(Joint Precision Aircraft Landing System) 프로그램을 추진하고 있다^[3].

본 논문에서는 군에서 위성항법시스템 기반의 정밀착륙체계의 국내개발의 필요성을 제기하고자, 위성정밀착륙체계 관련 기술 동향을 분석하고, 위성항법시스템의 취약성과 이에 따른 대처 방안, 군에 특화된 한국형 위성정밀착륙체계 형태를 제안하고 공군을 비롯한 육·해군 항공기의 위성항법시스템 기반의 정밀착륙체계의 국내개발의 타당성을 운용의 장점, 성능 향상 및 예산절감 측면을 분석하였다.

2. 위성정밀착륙체계의 국내외 개발 동향

가. 민간 위성정밀착륙체계 개발 동향

위성항법시스템 기반의 정밀착륙체계는 지상 및 위성의 추가 시설과 함께 보강시스템(Augmentation System) 형태로 개발되고 있다. 이 중 항공기의 정밀 접근 및 착륙을 위해서는 지상 설비 기반의 보강시스템을 활용해야 하며, 이를 위해 민간에서는 GBAS(Ground Based Augmentation System)를 개발하고 있다^[4]. GBAS는 공항주변 23NM 내에 정밀 접근 및 착륙 서비스가 가능하며 민간의 ILS(Instrument Landing System)을 대체할 수 있는 위성정밀착륙시스템이다. GBAS는 크게 위성항법시스템과 위성항법시스템 신호 오차를 계산하고 고장 여부를 판별하는 지상국(Reference Station), 계산된 신호 오차와 무결성 관련 정보를 항공기에 전송하는 신호 전송국(VDB : VHF Data Broadcast)으로 구성된다^[4].

GBAS 시스템의 세계적 구축 동향으로, 미국 Honeywell사에서는 2009년 9월 11일 미국 연방항공청(FAA : Federal Aviation Administration)에서 CAT-I 인증을 받아 미국 내 공항(Newark, Houston, Moses Lake 등)에 구축하고 있다. 호주, 독일, 브라질, 일본에서도 해외의 도입 또는 자체 개발에 나서고 있다^[4].

한국은 관련 연구가 1998년부터 시작되어, 현재 한국항공우주연구원에서 국토교통부의 지원을 받아 Honeywell사의 SLS-4000을 김포국제공항에 설치하여 운용 및 국내 인증을 위한 연구를 수행 중에 있으며 고도화된 GBAS(CAT-II/III 급)의 국내개발 타당성 및 로드맵 설정을 위해 ‘GBAS CAT-II/III 기술개발 기본 계획 수립’의 기획 연구가 진행 중이다^[5].

Table 1. Requirements of precision approach and landing service, CAT^[6]

요구조건		CAT-I	CAT-II	CAT-III
정확성	수평 (H)	16.0 meter	6.9 meter	6.1 meter
	수직 (V)	7.6 meter	2.0 meter	2.0 meter
무결성	경보 시간	6s 이내	2s 이내	2s 이내
	한계 (m)	H : 40, V : 12	H : 17.3, V : 5.3	H : 15.5, V : 5.3
	손상 확률	$2 \times 10^{-7}/app$	$2 \times 10^{-9}/app$	$2 \times 10^{-9}/app$
연속성	손상 확률	$5 \times 10^{-5}/app$	$4 \times 10^{-6}/15s$	H : $2 \times 10^{-6}/30s$ V : $2 \times 10^{-6}/15s$
가용성		0.99-0.99999	0.99-0.99999	0.99-0.99999

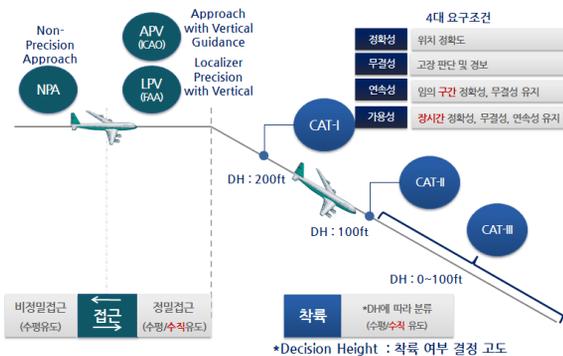


Fig. 1. Aircraft approach and landing service level

나. 군용 위성정밀착륙체계 개발동향

군용 위성정밀착륙체계의 대표적인 시스템으로는 미국에서 개발하고 있는 JPALS를 들 수 있다. JPALS는 운용 형태에 따라 지상형 JPALS, 해상형 JPALS, 순항 및 접근 JPALS으로 구분된다^[3].

지상형 JPALS의 경우, 현재 민간에서 운용하고 있는 GBAS의 확장된 개념으로 추가적으로 군용 신호인 P(Y)-Code 사용, 전파교란 대응 GPS 안테나, UHF 기반 암호화 통신 시스템, 이동형 기준국 설비로 구성되어 있다^[3].

해상형 JPALS의 경우, 구축함 또는 항공모함에 착륙하는 항공무기체계 대상으로 운용되는 형태로, 위성항법시스템 뿐만 아니라 관성항법시스템(INS : Inertial Navigation System)을 활용한다. 바다 위에 떠 있는 착륙시설의 특성상 함정의 자세와 항공무기체계 간의 자세정보를 서로 쌍방향 통신을 통해 계산해야 하기 때문이다. 착륙 시 고정된 기준국 설비가 없는 만큼 절대 위치의 정확도 보다는 상대 측위 기법이 적용되고 있다³⁾.

항공모함에서 항공작전 임무빈도가 높은 미군으로서는 지상형 JPALS보다는 해상형 JPALS 개발을 우선적으로 추진하고 있다³⁾.

순항 및 접근 JPALS의 경우, 착륙 이전 단계인 순항 및 지상공항 또는 항공모함 주변 접근 단계를 위한 시스템으로, 항공기에 단독 항법시스템의 탑재가 요구된다. 특히 기존 항법시스템에 GPS 신호 오차 제거를 위해 SBAS(Space Based Augmentation System) 보정정보 처리가 가능한 GPS 수신기, 항 신호교란 GPS 안테나, EGI(Embedded GPS Inertial) 항법시스템 등이 추가로 필요하다³⁾.

3. 위성정밀착륙체계의 군 적용시 제한 사항 및 극복 방안

가. 위성신호 고장 요인 및 극복 방안

위성 신호 고장의 주된 요인은 첫 번째, 위성체 관련 고장으로 위성 시계 고장 및 위성 궤도 고장이 있다. 위성 내부에 탑재된 원자시계는 정상상태일 경우 시간에 흐름에 따라 점차 오차가 증가하는 형태(Drift)로 나타난다. 오차를 보정하기 위해 지상 설비에서는 오차 모델을 예측하고 사용자에게 제공해주지만, 고장이 발생될 경우 급격한 발산 형태로 나타나게 된다. 과거 위성 신호 고장 사례를 분석해 보면 위성 시계 고장이 가장 많은 빈도를 차지하고 있다⁸⁾. 위성 궤도 역시 지상 설비에서 예측한 궤도 정보와 다르게 위성체가 기동을 할 경우 고장으로 판별하게 된다⁸⁾. 두 번째로, 자연적 환경 고장 요인으로 대표적으로 전리층 폭풍에 의한 고장을 들 수 있다. 전리층 폭풍에 인한 고장은 태양의 활동주기가 극심해지는 약 11년 주기로 나타나는 시점에 발생하고 있다. 전리층 폭풍이 위성정밀착륙체계에 심각한 영향을 끼치는 이유는 발생 지역이 국지적이어서 발생 경로 및 고장의 크기를

예측하기 어렵다는 점이다. 위성신호의 고장 검출을 위해 지상 시설 및 항공기 자체적으로 다양한 검출 알고리즘이 개발되고 있으며, 특히 전리층 폭풍 극복 방법으로 별도로 전리층 폭풍을 감시하는 지상국 운용, 항공기 자체적으로 운용하는 전리층 폭풍 모니터링 알고리즘(Code-Carrier Divergence Test, Dual Smoothing Ionosphere Gradient Monitoring Algorithm, Geometry Screening), 광대역 주파수(L1, L2, L5 등 : 전리층을 통과시 주파수마다 전리층 폭풍에 영향 정도가 다를 수 있음)를 이용한 방법이 제시되고 있다⁹⁾. 민간에서는 착륙시스템에 대한 높은 수준의 무결성 확보를 위해 전리층 폭풍에 관한 문제를 반드시 해결해야 한다. 현재까지는 전리층 폭풍이 발생되었을 경우 CAT-I급의 요구조건을 만족시킬 수준까지 이르렀으며, CAT-II/III 요구조건 만족을 위한 연구도 진행되고 있다.

나. 위성 전파교란 요인 및 대응 방안

국내외에 다양한 위성 전파교란 사례가 보고되고 있다. 국내의 경우 2010년 8월, 2011년 3월, 2012년 4월 세 차례의 전파교란이 북한과 근접한 수도권 서북부 지역에서 주로 발생되었다. 해외의 의도적인 교란 사례로 2001년 미국 Moss Landing 항구, 2007년 미국 San Diego, 2010년에 독일 German Airport, 2010년 Newark Airport 등에서 교란 신호가 감지되었다. 특히 해외에서 주목하고 있는 전파교란 형태는 공항 주변에서 발생하는 전파교란 형태로, 일부 민간 사용자들이 자신의 위치를 노출시키지 않고자 하는 의도로, 차량 내부에 개인용 전파교란 발생기(PPD : Personal Privacy Devices)에 의한 형태이다¹⁰⁾. 이외에도 사용자로 하여금 거짓 위성 신호를 수신하여 잘못된 위치해를 계산하도록 하는 기만 형태가 있다. 이란에서 미국의 무인 항공기인 드론에 기만 신호를 발생시켜 불시착하게 하는 사례가 보도⁹⁾되었지만, 아직까지는 그 원인이 기만이라는 뚜렷한 증거가 없는 상태이다.

GPS 전파교란 대응 방안의 첫 번째로 정상신호 세기를 약화시키는 전파교란의 특성을 감안하여, 전파교란이 의심되는 지역의 정상신호 세기를 증폭하는 방법이다. 항법위성에서 Spot Beam 형식으로 특정 지역의 신호 세기를 선택적으로 증폭하는 방식을 적용하는 것이다¹⁰⁾. 두 번째로 전파교란에 노출된 위성을 감지하여, 가중치를 조절하는 방법이다. 이를 위해 다중 배열 안테나 기법을 채택하거나 보조센서(대표적으로 관성항법시스템)를 사용할 수 있다¹²⁾. 하지만 현재 기술상

일정 수준이상의 교란신호에 노출될 경우, 교란신호의 검출 이전에 수신기에서 위성신호 자체를 수신할 수 없게 되는 한계점이 있다. 강한 세기의 전파교란이 발생하였을 때는 원천적으로 신호 발생원을 감지하여, 조기 타격할 수 있는 검색 기법을 활용해야 한다. 세 번째로, 광대역 주파수 대역의 신호를 활용하여 대응이 가능하다. 광대역에 지속적으로 전파교란을 하기 위해서는 교란신호를 광대역화 및 고출력화 해야 하지만 이 경우 전파교란 발생원이 쉽게 노출되고, 기술 구현 또한 쉽지 않은 것으로 알려져 있다. 활용이 가능한 주파수 대역으로는 민간에서 사용하는 L1 뿐만 아니라 GPS의 현대화 과정을 통해 향후 2024년까지 계획된 광대역 민간용 주파수(L2C, L5, L1C 등)의 신호를 활용이 가능할 것으로 보인다. 마지막으로 전파교란 신호에 강인한 군용 신호 운용도 하나의 방법이며, 현재 국내에서도 암호화된 미국 군용 GPS P(Y)-코드를 한국군이 독자 개발한 무기체계에도 적용 계획을 추진 중이다¹³⁾.

Table 2. Characteristics of GPS Code¹¹⁾

코드	대역	칩 속도	반복주기
C/A	L1	1.023 MHz	1 ms ~ 1 μs
P(Y)	L1, L2	10.23 MHz	1 week

GPS 수신기에 교란신호가 수신되었을 때, 칩 속도(Chip Rate)가 높을수록 처리 과정에서 교란신호가 넓은 주파수 대역으로 분포하기 되어 수신기에 미치는 영향 또한 감소하게 된다. 이로 인해 칩 속도가 높은 P(Y)-코드가 민간에서 사용하고 있는 C/A-코드에 비해 상대적으로 교란신호에 강인하다. 또한 신호 복제를 통한 신호기만(Spoofing)을 위해서는 반복 코드 정보를 활용해야 하는데, 반복주기가 1주일이고 암호화가 되어 있는 P(Y)-코드의 경우 실시간 복제가 사실상 불가능하다. 이러한 P(Y)-코드를 사용하기 위해 2011년 7월 감사원이 국방부의 ‘번개사업’의 감사결과로 정밀 무기체계의 GPS 수신기를 P(Y)-코드가 수신 가능한 군용 GPS 수신기로 교체하라는 권고가 내려진 이후 국방과학연구소가 2012년 4월부터 추진 중인 ‘차세대 휴대용 GPS P(Y)-코드 위성항법수신기’ 사업이 그것이다. P(Y)-코드 칩만 해외구매하고 나머지는 국산화하겠다는 의지를 확인할 수 있다¹³⁾.

4. 한국형 군용 위성정밀착륙체계 개발 방안

한국형 군용 위성정밀착륙체계 개발에 있어 군 항법체계 개량화를 시작으로 현재 군에서 운용하고 있는 항공기의 자체 항법성능 향상시켜야 한다. 동시에 전파교란 대응 인프라 시스템을 구축하여 전파교란을 감지하고 나아가 발생원을 검색할 수 있는 능력을 향상시켜 취약점을 보완해야 한다. 그 후 기존의 레이더 기반의 군용 착륙체계(RAPCON) 및 계기착륙(ILS) 시설 기반 정밀착륙체계를 대체할 수 있는 내륙공항형 및 야전 전술형 위성정밀착륙체계의 개발 순으로 진행되어야 한다. 미국과 달리 항모를 운영하지 않는 한국 해군의 항공력 운영개념을 기반으로 소요의 타당성을 검토한 이후 해상형 체계의 추진여부를 판단하여야 할 것이다.

가. CAT-I 급 군용 위성정밀착륙체계 제안

1) 군 항법체계 개량화 및 전파교란 대응 인프라

군 항법체계 개량화는 항공기의 자체 전파교란 대응 능력 향상을 위해 다중배열안테나를 채택하며, 위성항법시스템에 절대적 의존 구조의 취약점 보완을 위해 관성항법시스템과 결합한 복합항법시스템으로 구축되어야 한다.

항공기 자체 전파교란 대응과 함께 지상부에도 추가적인 설비가 구축되어야 한다. 지상부 전파교란 대응 인프라는 항공기 자체 전파교란 대응 능력을 초과하는 강도 높은 전파교란 상황에서 전국에 분포된 위성항법시스템 기준국을 이용하여 항공기 안전 착륙을 위한 전파위협원 위치추적 시스템을 의미한다¹⁴⁾. 이를 통해서 전파교란 상황 하에서 군으로 하여금 조기 경보 등 능동적 대처가 가능하도록 하는데 목적이 있다. 전파교란 상황이 발생한다 해도 전국의 모든 기지에 동시 영향을 끼칠 수는 없으므로, 전파교란 유무와 기지별 영향권 포함 여부를 감지 전파하는 체계를 구축하여, 정상지역(Green), 주의지역(Yellow), 경보지역(Red) 등으로 구분하여 선별적 운영을 할 수 있을 것이다.

또한 상호보완적 백업체계가 될 기존 정밀착륙체계의 운영전환 절차를 마련 시행할 수 있을 것이다.

이를 통해 위성항법시스템 신호의 가용 및 불가용 지역에 대한 경보가 가능하여 평시 및 전시 상황에서 위성정밀착륙체계가 무력화되는 것으로 최소화 할 수 있다.

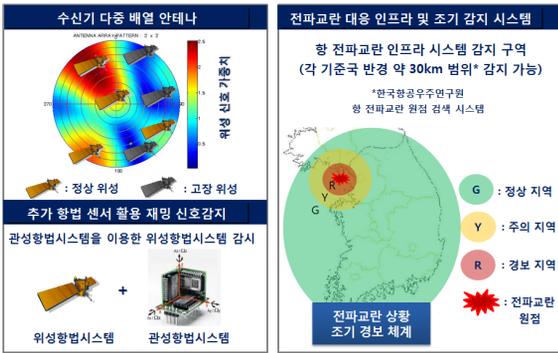


Fig. 2. Concepts of advanced navigation system and anti-jamming infrastructure for military applications

2) 내륙공항형 및 야전전술형 위성정밀 착륙체계

내륙 공항형의 경우, 현재 민간에서 개발되고 있는 GBAS 시스템과 유사하지만 군용 위성 신호(P(Y)-코드)를 활용하고, 암호화된 UHF(Ultra High Frequency) 통신이 가능. 추가적으로 UHF 뿐만 아니라, 민간 GBAS에서 사용하고 있는 VHF(Very High Frequency) 채널을 함께 운용함으로써 민간 겸용으로 사용이 가능하여 호환성이 증대될 수 있다.

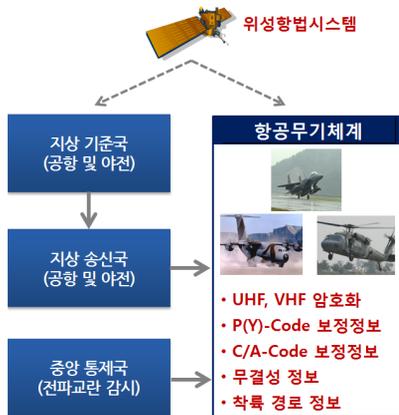


Fig. 3. Operational concept of precision landing system of fixed-base and tactical field types

야전 전술형의 경우 내륙공항형 보다는 착륙에 필요한 절대 위치 정확도 측면에서 한계가 있지만, 정확한 상대 위치 제공이 가능하여 항공기의 착륙이 가능하다. 특히, 전시 상황에서 내륙 공항의 착륙설비가 파괴되었거나, 적진에 점유한 공항에 신속한 착륙시설 구축이 가능하다.

Table 3. Main functions of tactical field type

착륙체계	주요 기능
야전 전술형	내륙공항형 기본적 기능 동일
	+ 신속한 야전 기준국 설치 가능
	+ 휴대성 강화
	+ 기준국 안테나 위치 검색 기술 필요

나. 국내개발 방안

1) 비용분석 기법 선정

비용분석 기법의 적용은 획득사업의 단계, 체계의 유형, 획득방법 및 위험 정도 등에 따라 서로 다른 자료 및 방법론을 사용하게 된다. 구체적인 단계를 살펴보면 획득 단계에 따라 개념형성, 탐색개발, 체계개발, 양산단계로 구분할 수 있다. 이를 위한 비용 추정방법으로는 매개변수 추정법, 공학적 추정법, 유사장비/시스템 추정법, 전문가 의견수렴 방법 등이 있다. 전문가 의견 수렴 방법을 제외하고는 관련 정확한 데이터베이스, 세부계획이나 생산계획, 유사장비의 개발사례 등의 정보가 필요하다^{15,16}. 본 논문에서의 제안체계는 개념형성 단계로 유사장비/시스템 추정법 및 전문가 의견 수렴 방법을 활용할 수 있다. 하지만 국내에서 군용으로 운용 가능한 위성정밀착륙체계의 독자개발 사례의 부재로 인해, 전문가 의견수렴 방식을 채택하였다.

2) 비용 및 기간 산정

전문가 의견 수렴 방식의 단점을 최대한 보완하기 위해 다수의 위성항법시스템 관련 전문기관에 자문을 요청하였으며, 핵심 기술에 대한 WBS(Work Breakdown Structure)를 통해 세부 연구 개발 내용을 선정, 필요한 연간 인력수(M/Y : Man/Year)와 이에 대한 인건비를 1억 원으로 책정하고, 장비 비용을 합산하여 전체 개발 비용 및 양산 비용을 산정하였다. 의견 수렴과정에 의견을 받은 기관으로는 한국항공우주연구원, (주)D사, (주)L사, (주)M사 등과 같이 국내 위성항법시스템을 활용한 연구를 수행 중인 정부출연 연구기관, 대기업 및 중견기업 등이다. 이를 통해 전체적인 개발 기간은 선행 연구 단계 2년, 본 연구개발단계라 할 수 있는 핵심기술 개발 단계 2년, 시제품 제작 및 성능 평가 기간 3년으로 총 7년의 연구개발기간이 필요한 것으로 예상하였다.

연구 개발의 시작 시점은 현재 진행되는 위성정밀착륙체계 필요한 연구 개발 사업은 정부주도로 이루어지고 있지만 세부 연구 요소 기술 개발들이 개별적으로 수행되고 있어, 각 사업들의 연구 개발 내용이 성숙 단계에 이르르면 수행하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. 이로 인해 연구 개발 시작 시점은 따로 명시하지 않았으며 개발이 시작되었을 때 소요되는 기간을 중심으로 분석하였다.

선행 연구 개발 단계(2년, 30억 소요)는 현재 국토교통부, 한국항공우주연구원에서 구축한 GBAS 시험장비의 성능평가를 목적으로, 제주국제공항에 GBAS 시스템에 필요한 통신 및 항공기 탑재체를 추가하여 차량 및 항공실험을 통해 착륙 정확도 확보 여부를 판단하게 된다.

선행 연구 개발 단계가 완료된 뒤 본 연구 개발단계는 총 5년 단계로 700억원이 소요 될 것으로 예상된다.

연구 내용	핵심기술 (2년) + 시제품 제작 및 성능 평가 (3년)	소요예산
전파교란 대응 복합항법시스템	전파교란 대응 복합항법시스템 핵심기술 개발 (20억) → 군 항법체계 시제품 제작 및 성능평가 (30억)	50억원
전파교란 대응 인프라 시스템	전파교란 대응 인프라 시스템 핵심기술 개발 (20억) → 전파교란 대응 인프라 시제품 제작 및 성능 평가 (30억)	50억원
내륙 공항형 위성정밀 착륙체계	내륙 공항형 핵심 기술 개발 (200억) → 내륙 공항형 시제품 제작 및 성능 평가 (350억)	550억원
야전 전술형 위성정밀 착륙체계	야전 전술형 핵심 기술 개발 (20억) → 야전 전술형 시제품 제작 및 성능 평가 (30억)	50억원
소요 예산	260억원 440억원	700억원

Fig. 4. Development phase and cost

핵심 기술 개발(2년, 260억 소요)는 군 항법체계 개량화 및 전파교란 대응 인프라 구축에 40억, 내륙공항형/야전 전술형 위성정밀착륙체계의 기술 개발에 220억원이 소요되어 총 260억원이 소요될 것으로 분석하였다.

시제품 제작 및 성능 평가(3년, 440억 소요)는 한국형 군용 위성정밀착륙체계의 성능 평가를 수행하는 단계로 인증에 관련된 비용(100억원)을 포함하여 총 440억원을 추정하였다.

이로써 선행 연구 개발 30억, 군 항법체계 개량화 및 전파교란 대응 인프라 구축에 100억원, 내륙공항형/야전전술형 위성정밀착륙체계에 600억원으로 총 730억원이 소요될 것으로 추정된다.

시제품 제작 및 성능 평가 완료 후 시험 운용은 저속 비전술 항공기부터 단계적인 적용을 통해 시간적인 여유를 가지고 고속 전술 항공기로 확대 적용해야 한다.

다. 군 위성정밀착륙체계 국내개발 타당성

군 획득방식으로 본 논문에서는 국내개발 형태를 제안하였다. 해외 도입도 검토하였으나, 현재 군용 위성정밀착륙체계 시설은 미국 Raytheon 사에서 개발되고 있으나 구매가 불투명한 상황이며, 현재 민간용 GBAS로 도입되고 있는 Honeywell 사의 민간 위성정밀착륙체계 역시 해외 수출 시에 핵심 기술 공개를 거부하고 있다. 공개가 거부되고 있는 기술은 하드웨어 기술보다는 소프트웨어 기술로 위성정밀착륙체계의 무결성과 관련된 알고리즘 부분이며, 국내 기술진이 내부 하드웨어 및 소프트웨어 접근 및 수정이 어려워 향후 유지 관리 측면에서도 문제가 발생할 수 있다. 이를 종합적으로 판단할 때, 국가 중요 기간 시설인 착륙체계의 해외도입은 부적절하다.

Fig. 5에서 보듯이 예산절감 측면에서도, 제안체계의 국내개발 당위성은 분명해진다. 제안체계의 국내개발을 위해서는 약 730억원이 소요되므로 기존 정밀착륙체계인 RAPCON의 해외 구매(163억) 또는 국내개발(530억)¹⁷⁾ 보다는 상대적으로 높은 개발 비용이 필요하다.



Fig. 5. Cost comparison of mass production of precision approach and landing system

하지만 양산비용 측면에서는 제안체계의 예산절감 효과가 뛰어나다. 더욱이 아직 RAPCON이 설치되어 있지 않은 우리 군(육군, 해군) 공항의 소요가 공군의 소요보다 많다는 점을 고려할 때 양산 금액은 더욱 더 낮아질 수 있을 것으로 예상된다.

현재 공군의 항공기 정밀착륙체계를 갖춘 공항에 대한 고정 소요(10대)를 기준으로 해외 RAPCON 도입과 비교하였을 때 총 비용(개발 + 양산) 측면에서 위성정밀착륙체계 개발의 타당성을 확인할 수 있다. 이는 공군 소요만을 분석할 경우이고, 위성정밀착륙체계의 소요가 육해군으로 확장된다면, 위성정밀착륙체계 개발로 인한 예산절감 효과는 대폭 향상될 수 있다.

단위: 억원	개발비용	구매 / 양산	*유지비용
RAPCON 해외 구매	-	163	16
RAPCON 국내 개발	530	112	11
위성정밀착륙체계 국내 개발	730	40	4



Fig. 6. Cost comparison of mass production of precision approach and landing system with respect to ROKAF needs

라. 기존 정밀착륙체계와의 운용방안

위성정밀착륙체계가 도입된다면 기존의 공항 고정형 정밀 접근 및 착륙 체계로 사용되고 있던 RAPCON (ASR/PAR)과 ILS의 대체가 가능할 것으로 보인다. 항공기 정밀 접근으로 사용되었던 ASR의 경우, 군 항법체계 개량화를 통해 항공무기체계 단독(GPS+INS, 복합항법시스템)으로 대체가 가능하며, 착륙단계에서 운용되던 기존의 ILS와 PAR을 내륙공항형, 야전 전술형 위성정밀착륙체계로의 전환이 가능하다.

미군의 경우, 기존 착륙체계를 모두 위성정밀착륙체계로 전환하려는 움직임을 보이고 있다. 하지만 독자 위성항법시스템이 부재한 한국의 경우 기존 공항 고정형 정밀 접근 및 착륙 체계(RAPCON, ILS)를 모두 도

태시키는 것은 무리가 있을 수 있다. 그리하여 정밀접근 및 착륙체계가 구축되지 않은 기지와 야전을 중심으로 도입을 시작하고, PAR, ILS은 주요 거점 공항에 제안체계와의 상호보완적 백업체계로서 운영유지가 바람직할 것으로 판단하였다. 이동형 정밀접근 및 착륙체계의 경우, 우리나라에서는 운용되고 있지 않은 시스템으로 야전전술형 위성정밀착륙체계로의 전량 구축이 필요하다.

5. 결론

현재 군에 특화된 위성정밀착륙체계 형태로서 본 논문에서 제안한 CAT-I급의 내륙공항형 및 야전전술형 위성정밀착륙체계의 구축을 위해서는 현재 운영 중인 군의 항법체계 개량화와 전과교란 대응 인프라 구축이 선행되어야 하며, 제안체계의 개발은 초기 단계부터 시작할 필요 없이 기존의 민간 개발 GBAS 기술에 전과교란 대응 및 이동형 기준국 기술을 추가한 형태로 진행이 가능함을 밝혔다. 제안체계가 국내개발 시의 장점을 다음과 같이 정리할 수 있다.

첫째, 예산의 절감이 가능하다. 제안체계 개발에는 총 730억원이 소요될 예정으로 기존의 정밀착륙체계보다는 상대적으로 높은 개발비용이 소요될 것으로 예상되나, 공군의 고정 소요 10대(현재 공군 기지)를 감안했을 때 예산절감이 가능하다. 더욱이 양산 단계로 접어들었을 때 육군과 해군, 그리고 경찰과 소방 등 공공기관의 잠재적 소요를 추가한다면 예산절감 효과는 상상을 초월하는 수준으로 커지게 될 것이다.

둘째, 능동적 접근 및 착륙이 가능하다. 현재 시스템은 레이더와 음성 기반의 정밀착륙관제체제를 운영하고 있으나, 제안체계를 도입함으로써, 공군은 물론 육군과 해군이 운영하는 항공기의 작전제한 기상조건 완화는 물론 무인 관제체제로 운영개념의 전환이 이루어지면서 작전지속성을 대폭 개선하게 될 것이다.

셋째, GPS 전과교란 대응이 가능하다. 최근 북한에서 발생된 전과교란 신호에 의해 위성항법시스템의 취약성이 일부 언론에서 보도되었지만, 이를 극복할 수 있는 방안에 대해 많은 연구가 국내에서 진행되고 있다. 1차적으로 항공무기체계 자체적으로 전과교란 신호에 오염된 위성항법시스템 신호를 다중 배열 안테나 기술을 통해 대응이 가능하다. 하지만 1차적 대응 방법에는 강한 전과교란 신호가 감지되었을 경우

위성항법시스템 신호 자체를 수신할 수 없는 한계가 있다. 이를 극복하기 위해 2차적으로, 지상에 설치된 전파교란 대응 인프라 시스템을 통해 전파교란 신호의 방향 및 위치를 검색하여 군으로 하여금 조기 타격할 수 있는 정보를 제공할 수 있다. 또한 제안체계의 종합적인 무결성을 상시 감시하고 경보하는 체계를 함께 구축 운영하게 될 것이다. 항공기의 착륙과정에서 전파 교란이 발생하는 최악의 상황을 고려하더라도, 본 논문에서 제안하는 목표 성능인 CAT-I 급에서는 200ft 이전까지만 위성항법시스템을 활용하므로 언제든지 위성항법시스템 가용여부 판단 및 안전조치가 가능할 것이다.

넷째, 민군 겸용 착륙체계 구축 운영이 가능하다. 민간 항공기의 경우, 이미 자체적으로 위성항법시스템을 이용한 항법을 수행하고 있다. 군에서 사용될 위성항법시스템 정보는 민간에서 사용하는 정보와 거의 유사하여, 군 위성정밀착륙체계에서 관련 정보를 UHF(군용), VHF(민간용)에 동시 송신한다면 민간 항공기 착륙에도 활용이 가능하다.

다섯 째, 제안체계의 운영으로 인해 군용 항공기 착륙 성능의 개선이 가능하다. 민간용 위성정밀착륙체계(GBAS)는 CAT-I 급의 착륙성능에 대한 인증이 완료된 상태로서 현재 CAT-I급의 성능에 미치지 못하는 RAPCON 보다 우수한 착륙 성능을 제공할 수 있다. 또한 위성정밀착륙체계에는 착륙 성능 개선이 가능한 다양한 환경적 변화가 일어나고 있다. 먼저 위성정밀착륙체계의 성능 개선의 제한요소인 전리층 폭풍 감지를 위해 추가적인 주파수 신호의 개발 및 운용이 되고 있으며, 미국의 GPS 뿐만 아니라 다양한 위성항법시스템군의 등장으로 인해 현재 한국 상공의 가용위성(6~12대)이 최소 2배 이상 증가할 것으로 보인다. 이는 장기적인 관점에서 항공기 착륙에 필요한 정확도뿐만 아니라 안전에 직결된 무결성이 향상되어 CAT-II/III 구현에 호재로 작용할 것으로 예상된다.

마지막으로, 위성항법 관련 산업 및 R&D 파급 효과이다. 한국에서 제안체계의 국내개발과 성공적 운용사례를 근거로 KT-1, T-50, 수리온 등 국산 항공기의 수출협상 과정에서 제안체계를 패키지로 함께 공급하는 등 수출의 다양한 판로를 개척할 수 있을 것이며, 한국형의 독자 위성항법체계 개발 추진의 당위성을 제고하는 동력으로 작용하는 등 위성항법 관련 산업 및 R&D 전반에 직간접적 파급효과를 기대할 수 있다.

후 기

본 논문은 2012년 하반기 국방부 국방정책연구과제 연구비 지원으로 수행하였습니다. 지원에 감사드립니다.

References

- [1] Hofmann-Wellenhof, Lichtenegger Walse, "GNSS, Global Navigation Satellite Systems. GPS, GLONASS, Galileo & More", SpringerWienNewYork.
- [2] ICAO(Intentional Civil Aviation Organization) (<http://www.icao.int>)
- [3] Joint Precision Approach and Landing System Program Update, US Navy, NAVAIR PMA-213, 2010.
- [4] G. Xie, "Optimal On-Airport Monitoring of the Integrity of GPS-Based Landing Systems", Ph.D Thesis, Electrical Engineering, Stanford University, 2004.
- [5] 한국항공우주연구원, "항공용 위성항법 기반 기술 개발 - 3차년 보고서", 2005. 8.
- [6] RTCA DO-245A "Minimum Aviation System Performance Standards for the Local Area Augmentation System(LAAS)", Latest Release, Dec. 9th 2004.
- [7] Liang Heng, Grace Xingxin Gao, Todd Walter, and Per Enge, "Ephemeris Error Screening and Results for 2006~2009", Proceeding of ION ITM 2010.
- [8] Konno, Hirhyuki, "Dual Frequency Smoothing for CAT III LAAS : Performance Assessment Considering Ionosphere Anomalies", Proceeding of ION GNSS 2007.
- [9] Sam Pullen, Grace Wingxin Gao, "GNSS Jamming in the Name of Provicry", Inside GNSS March 2012.
- [10] <http://news.dongascience.com>, "무인기, 극한임무 날개 활짝", 기사 중, 2013. 1. 25.
- [11] U.S. Department of Defense, "The Future of the Global Positioning System", Defence Science Board Task Force, October 2005.
- [12] David S. De Lorenzo, "Navigation Accuracy and Interference Rejection for GPS Adaptive Antenna Arrays", Ph.D Thesis in Stanford Univ., August

2007.

- [13] “GPS 수신기 뒤늦게 군용으로 대체”, 내일신문, 2012년 5월 14일 기사
- [14] “GPS 교란 방지기술 개발한다”, 동아일보, 2011년 6월 2일 기사
- [15] 한경건, 국방대학교 석사학위논문, “T-50 항공기 양산 비용 추정에 관한 연구”, p. 14, 2002.
- [16] 강성진, “미래 예측가 판단 중심의 비용분석 기법 개발”, 국방대학교, 정책연구보고서, p. 67, 1999.
- [17] 김윤석 외 3인, “항공관제시설 획득대안 및 사업 추진기본전략 수립”, 공군사관학교, 정책연구보고서, p. 165, 2007.