발 간 등 록 번 호
11-7002246-000003-01

GBAS CAT II/III 기술개발 기본 계획 수립

2014

국토교통과학기술진흥원

국토교통부

Land Transpot and Maritime R&D Report

건설교통연구기획사업 최종보고서

R&D / 13RDPP-C065390-01

GBAS CAT-II/III 기술개발 기본 계획 수립

2014. 2. 4.

주관연구기관 / 한국항공대
공동연구기관 / 건국대학교
공동연구기관 / 한국과학기술원
공동연구기관 / 한국항공우주연구원

국 토 교 통 부
국토교통과학기술진흥원

제 출 문

국토교통부 장관 귀하

이 보고서를 "GBAS CAT-Ⅱ/Ⅲ 기술개발 기본 계획 수립"과제의 최종 보고서로 제출합니다.

2014. 2. 4.

주관연구기관명 : 한국항공대학교
주관연구책임자 : 이형근
연 구 원 : 윤문길
연 구 원 : 이재욱
연구보조원 : 김희성
연구보조원 : 임준후
연구보조원 : 정인환
연구보조원 : 한도희
연구보조원 : 김수영
연구보조원 : 맹연호

협동연구기관명 : 건국대학교
협동연구책임자 : 이영재
연구보조원 : 안종선
연구보조원 : 윤석창
연구보조원 : 최문석

협동연구기관명 : 한국과학기술원
협동연구책임자 : 이지윤
연구보조원 : 방유진
연구보조원 : 김민찬
연구보조원 : 류초롱
연구보조원 : 윤문석
연구보조원 : 김동우

협동연구기관명 : 한국항공우주연구원
협동연구책임자 : 전향식
연 구 원 : 배중원
연 구 원 : 정명숙
연 구 원 : 고완진
연 구 원 : 최윤정
연 구 원 : 최철희

보고서 요약서

<table>
<tr><td>과제고유번호</td><td></td><td>해 당 단 계
연 구 기 간</td><td>2013. 4. 5. ~
2014. 2. 4</td><td>단 계
구 분</td><td>(1단계)/
(총1단계)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 사 업 명</td><td>중 사 업 명</td><td colspan="4">건설교통연구개발사업</td></tr>
<tr><td>세부사업명</td><td colspan="4">건설교통연구기획</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 과 제 명</td><td>대 과 제 명</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td>세부과제명</td><td colspan="4">GBAS CAT-Ⅱ/Ⅲ 기술개발 기본 계획 수립</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 책 임 자</td><td rowspan="2">이형근</td><td>해당단계
참 여
연구원수</td><td>총 : 25명
내부 : 25명
외부 : 명</td><td>해당단계
연 구 비</td><td>정부 : 100,000 천원
기업 : 천원
계 : 100,000천원</td></tr>
<tr><td>총연구기간
참 여
연구원수</td><td>총 : 25명
내부 : 25명
외부 : 명</td><td>총연구비</td><td>정부 : 100,000천원
기업 : 천원
계 : 100,000천원</td></tr>
<tr><td>연구기관명 및
소 속 부 서 명</td><td colspan="2">한국항공대학교
산학협력단</td><td>참여기관명</td><td colspan="2">건국대학교
한국과학기술원
한국항공우주연구원</td></tr>
<tr><td>국제공동연구</td><td colspan="2">상대국명 :</td><td colspan="3">상대국연구기관명 :</td></tr>
<tr><td>위 탁 연 구</td><td colspan="2">연구기관명 :</td><td colspan="3">연구책임자 :</td></tr>
<tr><td colspan="4">요 약</td><td>보고서
면수</td><td>297</td></tr>
<tr><td colspan="6">GBAS CAT-II/III 기술 개발 기본 계획 수립과 관련하여 다음의 연구 항목들을 수행함
- 관련 국내외 기술, 특허, 규격, 정책 및 시장, 개발 동향 분석
- 국내 기술수준 및 수요조사
- 국내 연구개발 인프라 분석
- 중장기 로드맵 및 개발전략 도출
- 연구개발과제 목표, 주요 및 연차별 연구내용, 추진전략, 최종 성과물 도출
- 연구수행체계 및 성과활용방안 도출
- 중복성 검토
- 정책적/기술적/경제적 타당성 분석 및 SWOT 분석
- 전문가 자문위원회(3회), 전문가 설문조사(2회)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">색 인 어</td><td>한 글</td><td colspan="4">위성항법지역보강시스템, 카테고리-II/III, 로드맵, 연구개발</td></tr>
<tr><td>영 어</td><td colspan="4">GBAS, CAT-II/III, Roadmap, Technology Development</td></tr>
</table>

요 약 문

Ⅰ. 기획연구 추진배경 및 목표

○ 추진배경

- GBAS는 위성항법 기반 기술 중에서 CAT-II/III급 정밀 착륙을 보조할 수 있는 유일한 기술로서 1991년부터 ICAO에서 의욕적으로 추진을 시작한 CNS/ATM의 핵심 기술에 해당함.

- GBAS CAT-I 시스템은 2009년에 미국에서 개발이 완료되어 상업 운용을 시작하였으며, 이에 의하여 세계적으로 CAT-II/III 기술 연구와 제품 개발을 위한 본격적인 경쟁이 진행 중에 있음.

- 현 시점은 GBAS 분야의 국내 기술 역량을 파악하여 GBAS CAT-II/III 시스템의 개발 타당성을 분석하고, 개발 추진 필요시의 전략적인 개발 추진 방향을 제시할 사전 기획연구가 수행되어야 할 적절한 시점으로 판단됨.

- 본 기획연구는 항공기의 안전한 착륙을 위하여 ICAO에서 추진 중인 GBAS CAT-II/III 기술의 국내외 현황을 분석하고, 동 기술의 개발, 설치, 시험평가, 운용, 승인(approval) 등과 관련된 가능성을 검토한 후, 국내 상황에 적절한 연구개발의 범위와 일정을 도출하는 것을 연구의 범위로 함.

○ 목표

- GBAS CAT-II/III 기술의 개발 동향 및 환경분석, 기술수요조사, 경제성 분석, 사전 타당성분석, 기술 로드맵, 기술개발 전략 수립을 통한 연구 목표 및 범위 설정

- 연구 목표 달성을 위한 추진 방안 수립을 통한 추진방안 수립, 성과물 활용 방안 및 실용화 추진방안 제시, 인력투입 계획 및 소요예산 산정

- 기획대상 기술개발 연구과제 공모를 위한 RFP 작성 및 평가기준 설정

Ⅱ. 기획연구 내용

○ 기획연구 범위

- 기술 동향 분석
- 정책/시장 동향 분석
- 기술 수요 조사
- 경제성/SWOT 분석
- 중복성 검토
- 중장기 로드맵 작성
- 개발전략 및 후보과제 도출 및 평가
- 개발 대상 과제 도출
- 개발 방안 도출
- 개발 대상 과제 RFP 도출

○ 기획연구 추진 방법

- 자료수집 및 분석
- 자문위원회 (3회)
- 설문조사 (2회)

Ⅲ. 기획연구 결과

○ 연구개발 목표

- GBAS CAT-I 검증/ 분석 및 CAT-II/III 핵심기술 확보

○ 연구개발 내용

- GBAS CAT-I 시스템 시범운용, 성능·안정성 평가 및 분석
  - 장기 데이터별 수집/ DB화 및 원격 모니터링 시스템 개발
  - 지상시스템 상태 상시 모니터링 및 오류 검출 시스템 개발
  - 장기 데이터 분석을 통한 시범운용 시스템 성능/안정성/운용성 분석

• 획득된 필드 데이터별 분석을 통한 시범운용 시스템 성능 분석

• 공항환경 변화에 따른 시스템 장·단기적인 성능 변화 추이 분석

• GBAS 기준국 데이터 및 운용 데이터의 CAT-II/III 연구개발 활용

- GBAS CAT-II/III 시스템 체계설계 기술 개발

• 최상위 요구도(Top-level requirements) 개발

• 부체계/구성품 요구도 (Sub-system requirements) 개발

- GBAS CAT-II/III 무결성 위험도 및 고장 분석(Integrity risk & Fault analysis) 기술 연구

• 기능 및 위험수준 할당, H/W, S/W 무결성 위험도 할당 및 분석

• 고장 영향도 분석

- CAT-II/III 무결성 요건 달성을 위한 주요 핵심알고리즘 연구

• 단위 알고리즘 별 요구도 개발/ 설계 및 S/W 구현

• 단위 알고리즘 S/W 모듈 평가 및 성능 분석

• 단위 알고리즘 S/W 통합 구현 및 평가

- GBAS CAT-II/III 기반 기술 검증시스템 개발

• 검증시스템 기술 분석 및 요구도 개발

• 검증시스템 설계 및 제작

• 시험방안 수립 및 시험절차서 개발/시험평가 및 성능분석

- 시험평가 및 검증 기술 개발

• 통합 성능평가

• 검증 및 기술문서 개발

○ 주요 산출물

- GBAS CAT-I 시스템 시범운용, 성능·안정성 평가 및 분석

• 장기 데이터별 수집/ DB화 및 원격 모니터링 시스템

· 시스템 규격서/설계서/사용자 매뉴얼

· 데이터베이스 시스템, 운용 소프트웨어

• 지상시스템 상태 상시 모니터링 및 오류 검출 시스템

· 시스템 규격서/설계서/사용자 매뉴얼/운용 소프트웨어

• GBAS CAT-I 장기 운용 및 안정성 분석 보고서

- GBAS CAT-II/III 기반 조성 및 주요 핵심 기술 확보 관련

• 체계설계 기술 개발 규격서

· 최상위 요구 규격서, 부체계/구성품 요구 규격서

• 무결성 위험도 및 고장 영향도 분석서

· 무결성 위협 요인 정의 및 분석서

· 무결성 위협 요인 상관도 분석서

• 단위 및 통합 무결성 주요 핵심알고리즘 S/W

• 단위 및 통합 무결성 주요 핵심알고리즘 S/W 상세 기술서

• 단위 및 통합 무결성 주요 핵심알고리즘 S/W 평가 및 성능 분석서

• GBAS CAT-II/III 무결성 검증 시스템

· 시스템 기준 분석서/규격서

· 설계서/소프트웨어/시험절차서

· 데이터 저장장치, 데이터 처리장치, 시현장치

· 시스템 소프트웨어(인터페이스, 데이터 처리, GUI 등)

· 운용 매뉴얼, ICD

• 시험평가 기술 문서 개발

· 시험평가 방안 및 계획서, 시험평가 절차서, 성능 평가 결과 보고서

○ 연구개발 추진전략

- GBAS CAT-I 기술 보완 안정화 및 검증과 함께 CAT-II/III 기반 조성 및 핵심 기술 확보를 위한 연구를 병행하여 진행

- 정부주도의 학연의 협력 관계를 구축하여, 향후 기술의 국산화 및 산업체 기술 이전을 위한 기반 기술로 활용

○ 연구개발 기간 및 예산

- 연구기간 : 4년

- 연구개발비 : 49.5억

Ⅳ. 기획연구 결과의 활용계획

○ 최고의 무결성을 제공할 수 있는 GBAS CAT-II/III 시스템의 핵심기술 확보는 추후 현재 정확도 위주로 개발 및 활용 중인 항공, 육상, 그리고 해양 분야의 교통 및 항법기술에 파급효과가 매우 클 것으로 기대됨.

○ 핵심기술 개발에 의하여 제공될 다양한 산출물들은 추후 GBAS CAT-II/III 인증시스템의 국내 개발이 가시화될 경우에 인증에 대비한 분석 및 문서 산출과 인증시스템의 설계, 구현, 그리고 분석 및 평가에 연계 활용 가능함.

○ 핵심기술 개발의 결과를 토대로 인증시스템의 국내 개발이 성공적으로 완료될 경우 국내 공항에 설치되어 활용될 수 있을 뿐 아니라 시장 형성 단계에서 높은 해외 수출의 가능성을 기대할 수 있음.

○ 핵심기술 개발의 산출물들은 GBAS CAT-II/III 인증시스템을 해외에서 구매하는 경우에도 각 공항에의 설치 및 운영에 필수적인 현지화 작업에 직접적으로 활용될 수 있음.

○ 확보된 GBAS CAT-II/III 핵심기술은 향후 산업체로 이전되어 국내 기업의 위성항법 기반기술의 국제적인 기술경쟁력을 향상시킬 수 있으며 성능규정이 매우 엄격한 항공전자장치의 설계 및 인증에 파급효과가 큼.

목 차

1장. 기획연구 개요 ····· 1
1절. 기술의 정의 ····· 1
1. GBAS 시스템 구성 및 주요 기능 ····· 1
2. 개발 대상 시스템의 분류 및 정의 ····· 7
3. 체계개발 핵심기술 ····· 8
4. 성능관련 핵심기술 ····· 10
2절. 기획연구의 추진배경 ····· 13
3절. 기획연구의 필요성 ····· 14
1. 정책적 필요성 ····· 14
2. 기술적 필요성 ····· 14
3. 경제적 필요성 ····· 16
4절. 기획연구의 개관 및 연구내용 ····· 17
1. 기획연구의 개요 ····· 17
2. 기획연구의 범위 ····· 17
3. 기획연구의 목표 ····· 17
4. 기획연구 대상 기술의 정의 ····· 18
5. 기획연구 내용 ····· 18
6. 기획연구 추진전략 ····· 19

2장. 국내외 동향 및 환경 분석 ····· 21
1절. 국내외 기술개발 동향 및 분석 ····· 21
1. 국내 기술 및 연구 동향 ····· 21
2. 국외 기술 및 연구 동향 ····· 25
3. 기술 수준 및 예측 ····· 40
2절. 국내외 관련 특허 동향 분석 ····· 43
1. 국내 특허동향 및 분석 ····· 43
2. 국외 특허동향 및 분석 ····· 44
3. 특허 회피 방안 ····· 45
3절. 국내외 정책 및 시장동향 및 분석 ····· 51
1. 미국(FAA) 정책 동향 ····· 51
2. 유럽 정책 동향 ····· 52
3. 일본 GBAS 기술 개발 및 정책 동향 ····· 55
4절. GBAS 국제 규격 분석 ····· 57
1. ICAO Navigation System Panel (ICAO NSP) ····· 57
2. RTCA (Radio Technical Commission for Aeronautics) ····· 73

5절 연구개발 인프라 분석 ····· 88
1. 정부 출연 연구소 인프라 ····· 88
2. 산업계 연구 인프라 ····· 89
3. 학계 연구 인프라 ····· 89
6절 종합분석 ····· 91
1. GBAS CAT-II/III의 정책 및 시장 현황 ····· 91
2. GBAS CAT-II/III의 개발 필요성 ····· 91
3. 기술개발 핵심 요소 및 단계별 적용 ····· 92

3장. 중장기 로드맵 및 개발 전략 ····· 93
1절. 중장기 로드맵 ····· 93
1. 중장기 로드맵 작성 배경 ····· 93
2. 중장기 기술로드맵 ····· 95
3. 중장기 연구개발 추진로드맵 ····· 96
2절. 개발 전략 ····· 97
1. 대외환경 변화 ····· 97
2. 개발 전략의 검토 ····· 97

4장. 연구개발과제 구성 및 추진전략 ····· 102
1절. 비전 및 목표 ····· 102
1. 비전 ····· 102
2. 목표 ····· 102
2절. 핵심기술요소 선정 및 TRL 목표 ····· 103
3절. 연구개발과제 구성 ····· 106
1. 주요 연구내용 ····· 106
2. 상세 연구내용 ····· 107
3. 연차별 연구내용 ····· 111
4. 추진 전략 ····· 113
5. 최종 성과물 ····· 115
6. 기존 연구와의 중복성 및 연계방안 ····· 116
4절. 기술로드맵 및 성과 로드맵 ····· 123
1. 기술로드맵 ····· 123
2. 성과로드맵 ····· 124
5절. 성과활용방안 ····· 125
6절. 연구수행체계 ····· 126

5장. 사전타당성 분석 ····· 127
1절. 정책적 타당성 분석 ····· 127
2절. 기술적 타당성 분석 ····· 128
1. 국내 기술수준 ····· 128
2. 기술 중복성 ····· 128
3. 기술개발 성공 가능성 ····· 129
3절. 기술수준 및 수요조사 결과 분석 ····· 130
1. GBAS 기술 개발 필요성 및 활용성 ····· 130
2. 단계별 사업 목표의 적절성 ····· 137
3. 핵심 기술 분류의 적절성 ····· 139
4. 기술별 기술완성도 및 적절성 검토 ····· 146
4절. SWOT 분석 ····· 157
1. 강점 요인 ····· 157
2. 약점 요인 ····· 157
3. 기회 요인 ····· 158
4. 위협 요인 ····· 158
5절. 경제적 타당성 분석 ····· 160
1. 경제성 분석의 필요성 ····· 160
2. 경제성분석 범위 및 방법 ····· 160
3. GBAS CAT-II/III 시스템 도입 필요성 ····· 165
4. GBAS CAT-II/III 시스템 비용-편익분석 ····· 174
5. GBAS CAT-II/III 경제성 분석 ····· 202

6장. 연구투입 소요예산 산정 ····· 212
1절. 소요예산 총괄 ····· 212
2절. 항목별 소요예산 ····· 213
3절. 연차별 소요예산 ····· 214

7장. 과제제안 요구서 ····· 218
1절. 과제 제안요구서(RFP) ····· 218
2절. 평가기준 설정 ····· 223

Appendix

Appendix A : 약어집 ····· 228
Appendix B-1 : 1차 자문위원회 회의록 ····· 229
Appendix B-2 : 2차 자문위원회 회의록 ····· 233
Appendix B-3 : 최종 자문위원회 회의록 ····· 236
Appendix C-1 : 1차 전문가 설문조사 자료 ····· 239
Appendix C-1_2 : 1차 전문가 설문조사 응답 결과 ····· 253
본문 5장. 3절. 기술수준 및 수요조사 참조 ····· 253
Appendix C-2_1 : 2차 전문가 설문조사 자료 ····· 254
Appendix C-2_2 : 2차 전문가 설문조사 응답 결과 ····· 273
Appendix D : GBAS 무결성 핵심 소프트웨어별 TRL 목표 수준 ····· 296

표 목차

<표 1.1.1> 개발 대상 시스템의 분류 및 정의 ····· 7
<표 1.1.2> 체개개발 핵심 기술 분류 및 정의 ····· 8
<표 1.1.3> 성능관련 핵심 기술 분류 ····· 12
<표 1.4.1> 기관별 중점 연구목표 ····· 19
<표 2.1.1> 산업계 위성항법시스템 관련 주요 연구 ····· 22
<표 2.1.2> 학계 위성항법시스템 관련 주요 연구 ····· 23
<표 2.1.3> 정부출연연구소 GBAS 관련 주요과제 ····· 24
<표 2.1.4> ICAO PBN Navigatioin Specifications ····· 27
<표 2.1.5> GBAS 지상시스템 기술 수준 및 예측 ····· 40
<표 2.4.1> 항공기의 FAST-C와 FAST-D의 기준 차이 ····· 58
<표 2.4.2> Data Block 3의 추가적인 GAST-D 파라미터 ····· 62
<표 2.4.3> Coding에 따른 접근 서비스 분류 ····· 62
<표 2.4.4> P_{md_limit} 파라미터 ····· 67
<표 2.4.5> 항공기 탑재체 Message Type Processing ····· 67
<표 2.4.6> EL 상관기와 GPS를 추적하는 수신기의 제약조건 ····· 72
<표 2.4.7> EL 상관기와 GLONASS를 추적하는 수신기의 제약조건 ····· 72
<표 2.4.8> DD 상관기와 GPS를 추적하는 수신기의 제약조건 ····· 72
<표 2.4.9> EL 혹은 DD 상관기와 SBAS를 추적하는 수신기의 제약조건 ····· 73
<표 2.4.10> 접근 서비스를 위한 GBAS 서비스 레벨 ····· 73
<표 2.4.11> GSL Performance ····· 73
<표 2.4.12> CAT-II를 제공하기 위한 최소한의 서비스 범위 ····· 74
<표 2.4.13> CAT-III의 수직 경보 한계 ····· 77
<표 2.4.14> GBAS 서비스 분류 ····· 78
<표 2.4.15> 반송파를 이용한 평활화 필터 ····· 79
<표 2.4.16> 측위를 위한 최소 제곱 가중 행렬 ····· 81
<표 2.4.17> 특정 서비스에 대한 가중 변환 요구조건 ····· 81
<표 2.4.18> Lateral Alert Limit ····· 82
<표 2.4.19> Vertical Alert Limit ····· 82
<표 2.4.20> RRFM 평가 ····· 84
<표 2.4.21> 접근 서비스에 따른 보호수준계산에 사용되는 파라미터 ····· 85
<표 2.4.22> GAST-별 필요한 MT와 ADB ····· 86
<표 2.4.23> Message Type 11 형식 ····· 87
<표 3.2.1> GBAS CAT-II/III 개발 전략의 검토 대상 ····· 98
<표 3.2.2> GBAS CAT-II/III 개발 전략 검토 대상의 장단점 ····· 100
<표 5.3.1> 문 1의 응답결과 ····· 130

<표 5.3.2> 문 2의 응답결과 ····· 130
<표 5.3.3> 문 2-1의 응답결과 ····· 131
<표 5.3.4> 문 3의 응답결과 ····· 132
<표 5.3.5> 문 4.1) 개발 우선순위 응답결과 ····· 132
<표 5.3.6> 문 4.2) 개발 우선순위 응답결과 ····· 133
<표 5.3.7> 문 4.3) 개발 우선순위 응답결과 ····· 134
<표 5.3.8> 문 4.4) 개발 우선순위 응답결과 ····· 134
<표 5.3.9> 문 4.5) 개발 우선순위 응답결과 ····· 135
<표 5.3.10> 문 4.6) 개발 우선순위 응답결과 ····· 136
<표 5.3.11> 문 5의 응답결과 ····· 136
<표 5.3.12> 문 6의 응답결과 ····· 137
<표 5.3.13> 문 7의 응답결과 ····· 138
<표 5.3.14> 문 8.1)의 응답결과 ····· 139
<표 5.3.15> 문 8.2)의 응답결과 ····· 140
<표 5.3.16> 문 8.3)의 응답결과 ····· 141
<표 5.3.17> 문 8.4)의 응답결과 ····· 141
<표 5.3.18> 문 8.5)의 응답결과 ····· 142
<표 5.3.19> 문 8.6)의 응답결과 ····· 143
<표 5.3.20> 문 8.7)의 응답결과 ····· 144
<표 5.3.21> 문 8.8)의 응답결과 ····· 144
<표 5.3.22> 문 8.9)의 응답결과 ····· 145
<표 5.3.23> 문 10.1) 수준 조사 응답결과 ····· 146
<표 5.3.24> 문 10.2) 수준 조사 응답결과 ····· 147
<표 5.3.25> 문 10.3.1) 기술 수준 조사 응답결과 ····· 147
<표 5.3.26> 문 10.3.2) 기술 수준 조사 응답결과 ····· 148
<표 5.3.27> 문 10.3.3) 기술 수준 조사 응답결과 ····· 149
<표 5.3.28> 문 10.4) 수준 조사 응답결과 ····· 149
<표 5.3.29> 문 10.5) 수준 조사 응답결과 ····· 150
<표 5.3.30> 문 10.6) 수준 조사 응답결과 ····· 151
<표 5.3.31> 문 10-1.1) 확보 방안 응답결과 ····· 151
<표 5.3.32> 문 10-1.2) 확보 방안 응답결과 ····· 152
<표 5.3.33> 문 10-1.3.1) 기술 확보 방안 응답결과 ····· 153
<표 5.3.34> 문 10-1.3.2) 기술 확보 방안 응답결과 ····· 153
<표 5.3.35> 문 10-1.3.3) 기술 확보 방안 응답결과 ····· 154
<표 5.3.36> 문 10-1.4) 확보 방안 응답결과 ····· 155
<표 5.3.37> 문 10-1.5) 확보 방안 응답결과 ····· 155
<표 5.3.38> 문 10-1.6) 확보 방안 응답결과 ····· 156

<표 5.5.1> GBAS CAT-II/III 시스템 도입비용 시나리오 ····· 167
<표 5.5.2> ILS VS GBAS 시나리오별 연간비용 분석 ····· 168
<표 5.5.3> ILS VS GBAS 시나리오별 누적비용 비교 ····· 169
<표 5.5.4> GBAS CAT-II/III 국내 개발 시 비용 시나리오 ····· 171
<표 5.5.5> GBAS CAT-II/III 국내기술개발 시나리오별 연간비용 분석 ····· 172
<표 5.5.6> GBAS CAT-II/III국내기술개발 시나리오별 누적비용 비교 ····· 173
<표 5.5.7> 편익 추정의 전제조건 ····· 175
<표 5.5.8> GBAS II/III 설치공항 및 설치연도 ····· 176
<표 5.5.9> 국내공항 사용 장비 현황 ····· 176
<표 5.5.10> GBAS 시스템 설치에 따른 R&D 공헌 수익 ····· 178
<표 5.5.11> GBAS 시스템 경제적 편익 (현재가치) ····· 180
<표 5.5.12> 국내 항공사 항공기 유형별 점유율 시나리오 ····· 182
<표 5.5.13> 국내 항공사 항공기 유형별 점유비율 ····· 182
<표 5.5.14> 2012년 국제선 도착기준 지역별 운항편수 ····· 182
<표 5.5.15> 2026년 항공운항 횟수 추정 ····· 183
<표 5.5.16> SBAS 기종별 연료절감량 ····· 184
<표 5.5.17> 항공유 예상 가격 ····· 185
<표 5.5.18> 국제선의 국적사 운항비율 ····· 186
<표 5.5.19> 국내 공항 운항점유율 ····· 186
<표 5.5.20> GBAS CAT-II/III 장착률 추정 ····· 187
<표 5.5.21> 운항횟수 및 GBAS 장착률, 운항점유율 추정 ····· 188
<표 5.5.22> 시나리오 1의 연도별 연료절감 비용 편익 ····· 190
<표 5.5.23> 시나리오 2의 연도별 연료절감 비용 편익 ····· 191
<표 5.5.24> 시나리오 3의 연도별 연료절감 비용 편익 ····· 192
<표 5.5.25> SBAS 기종별 탄소배출 절감량 ····· 193
<표 5.5.26> 시나리오 1의 연도별 탄소배출 절감 비용 편익 ····· 196
<표 5.5.27> 시나리오 2의 연도별 탄소배출 절감 비용 편익 ····· 197
<표 5.5.28> 시나리오 3의 연도별 탄소배출 절감 비용 편익 ····· 198
<표 5.5.29> 연도별 지연감소에 따른 편익 ····· 201
<표 5.5.30> 단기적 관점의 사회적 편익 ····· 202
<표 5.5.31> R&D 투자비용의 현재가치 분석 ····· 203
<표 5.5.32> 단기적 관점의 GBAS CAT-II/III 비용편익 분석 ····· 205
<표 5.5.33> 단기적 관점의 연도별 GBAS CAT-II/III 비용-편익 ····· 206
<표 5.5.34> 우리나라 항공사 항공기 등록 현황 ····· 208
<표 5.5.35> GBAS CAT-II/III 핵심기술 개발 이후 사업 중단 가능성에 따른 비용-편익분석 ····· 211

그림 목차

<그림 1.1.1> GBAS 시스템 구성도 ····· 1
<그림 1.1.2> GBAS Approach Service Type (GAST)의 기준 분류 ····· 3
<그림 1.1.3> GBAS Approach Service Type D (GAST-D)를 위하여 제시된 지상시스템(Ground Facility)과 탑재시스템(Airborne Receiver)의 무결성 업무 분장 ····· 4
<그림 1.1.4> GBAS와 관련된 규격 문서 ····· 4
<그림 1.1.5> GBAS 연구개발 관련 절차 ····· 6
<그림 1.1.6> GBAS 개발 및 설치에 관련된 주요 인증 ····· 6
<그림 1.3.1> GBAS 민군 겸용 활용 가능 ····· 15
<그림 1.4.1> 연구 추진체계 ····· 19
<그림 1.4.2> 기획연구 추진 절차 ····· 20
<그림 2.1.1> ICAO Navigation Roadmap ····· 26
<그림 2.1.2> 중국의 PBN 구축 로드맵 ····· 26
<그림 2.1.3> 미국 FAA의 GBAS 연구개발 로드맵 ····· 30
<그림 2.1.4> 항공기의 수직, 수평 보호수준 ····· 31
<그림 2.1.5> Stanford diagram ····· 32
<그림 2.1.6> EUROCONTROL의 GBAS CAT-II/III 연구개발 계획 ····· 33
<그림 2.1.7> 호주의 GBAS 프로그램 계획 ····· 36
<그림 2.2.1> 국내 특허 동향 ····· 43
<그림 2.2.2> 국외 특허동향 ····· 44
<그림 2.2.3> GBAS 핵심 특허 국내외 비교 ····· 45
<그림 2.3.1> Honeywell의 GBAS CAT-III 연구개발 계획 도식도 ····· 52
<그림 2.3.2> 유럽의 GBAS 프로그램 관여기관 현황 ····· 53
<그림 2.3.3> Eurocontrol의 GBAS CAT-II/III (GAST-D) 개발을 위한 지상장비-탑재장비간 기술 호환성 교차 검증 계획 ····· 54
<그림 2.3.4> GBAS 연구개발 계획 도식도 ····· 54
<그림 2.3.5> CARATS(PBN) 구현 계획 도식 ····· 55
<그림 2.3.6> ENRI가 주관하는 GBAS R&D 활동 ····· 55
<그림 2.4.1> CAT-I, CAT-II의 최소 서비스 범위 ····· 75
<그림 2.4.2> 접근 및 착륙 운용 ····· 76
<그림 2.4.3> CAT-III Touchdown 성능 요구조건 ····· 76
<그림 2.4.4> 가로 방향 Touchdown 요구 조건 ····· 77
<그림 2.4.5> 의사거리 처리과정 ····· 80
<그림 3.1.1> GBAS 연구개발 관련 절차 ····· 93
<그림 3.1.2> GBAS CAT-II/III 중장기 기술로드맵 ····· 95

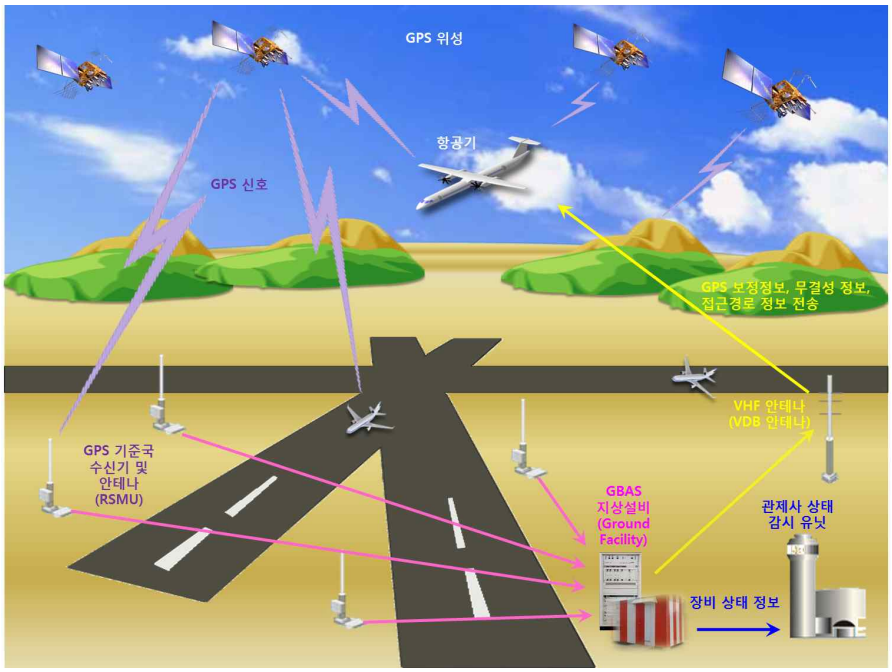
<그림 3.1.3> GBAS CAT-II/III 연구개발 추진로드맵 ····· 96
<그림 3.2.1> GBAS CAT-II/III 개발전략 검토 대상 ····· 99
<그림 4.1.1> GBAS CAT-II/III 기술개발 기본 계획 수립 비전 ····· 102
<그림 4.3.1> 지상시스템 상태 상시 모니터링 및 오류 검출시스템 예 ····· 107
<그림 4.3.2> 항법해 무결성 지표 (Protection Level 개념도) ····· 108
<그림 4.3.3> GBAS 무결성 위협요인 ····· 109
<그림 4.3.4> GBAS CAT-II/III 지상 기준국 알고리즘 구조도 예시 ····· 109
<그림 4.3.5> GBAS CAT-II/III 사용자 알고리즘 구조도 예시 ····· 109
<그림 4.3.6> SBAS와 GBAS의 대별성 ····· 121
<그림 4.4.1> 기술로드맵 ····· 123
<그림 4.4.2> 성과로드맵 ····· 124
<그림 4.6.1> GBAS CAT-II/III 기술개발 연구수행체계(안) ····· 126
<그림 5.3.1> 문 1의 응답 결과 도식 ····· 130
<그림 5.3.2> 문 2의 응답결과 도식 ····· 131
<그림 5.3.3> 문 2-1의 응답 결과 도식 ····· 131
<그림 5.3.4> 문 3의 응답결과 도식 ····· 132
<그림 5.3.5> 문 4.1) 개발 우선순위 응답결과 도식 ····· 133
<그림 5.3.6> 문 3.2) 개발 우선순위 응답결과 도식 ····· 133
<그림 5.3.7> 문 4.3) 개발 우선순위 응답결과 도식 ····· 134
<그림 5.3.8> 문 4.4) 개발 우선순위 응답결과 도식 ····· 135
<그림 5.3.9> 문 4.5) 개발 우선순위 응답결과 도식 ····· 135
<그림 5.3.10> 문 4.6) 개발 우선순위 응답결과 도식 ····· 136
<그림 5.3.11> 문 3의 응답결과 도식 ····· 137
<그림 5.3.12> 문 6의 응답결과 도식 ····· 138
<그림 5.3.13> 문 7의 응답결과 도식 ····· 139
<그림 5.3.14> 문 8.1)의 응답결과 도식 ····· 140
<그림 5.3.15> 문 8.2)의 응답결과 도식 ····· 140
<그림 5.3.16> 문 8.3)의 응답결과 도식 ····· 141
<그림 5.3.17> 문 8.4)의 응답결과 도식 ····· 142
<그림 5.3.18> 문 8.5)의 응답결과 도식 ····· 142
<그림 5.3.19> 문 8.6)의 응답결과 도식 ····· 143
<그림 5.3.20> 문 8.7)의 응답결과 도식 ····· 144
<그림 5.3.21> 문 8.8)의 응답결과 도식 ····· 145
<그림 5.3.22> 문 8.9)의 응답결과 도식 ····· 145
<그림 5.3.23> 문 10.1) 수준 조사 ····· 146
<그림 5.3.24> 문 10.2) 수준 조사 응답결과 도식 ····· 147
<그림 5.3.25> 문 10.3.1) 기술 수준 조사 응답결과 도식 ····· 148

<그림 5.3.26> 문 10.3.2) 기술 수준 조사 응답결과 도식 ····· 148
<그림 5.3.27> 문 10.3.3) 기술 수준 조사 응답결과 도식 ····· 149
<그림 5.3.28> 문 10.4) 수준 조사 응답결과 도식 ····· 150
<그림 5.3.29> 문 10.5) 수준 조사 응답결과 도식 ····· 150
<그림 5.3.30> 문 10.6) 수준 조사 응답결과 도식 ····· 151
<그림 5.3.31> 문 10-1.1) 확보 방안 응답결과 도식 ····· 152
<그림 5.3.32> 문 10-1.2) 확보 방안 응답결과 도식 ····· 152
<그림 5.3.33> 문 10-1.3.1) 기술 확보 방안 응답결과 도식 ····· 153
<그림 5.3.34> 문 10-1.3.2) 기술 확보 방안 응답결과 도식 ····· 154
<그림 5.3.35> 문 10-1.3.3) 기술 확보 방안 응답결과 도식 ····· 154
<그림 5.3.36> 문 10-1.4) 확보 방안 응답결과 도식 ····· 155
<그림 5.3.37> 문 10-1.5) 확보 방안 응답결과 도식 ····· 156
<그림 5.3.38> 문 10-1.6) 확보 방안 응답결과 도식 ····· 156
<그림 5.4.1> GBAS CAT-II/III (GAST-D) 시스템 국내 개발에 대한 SWOT 분석 ····· 159
<그림 5.5.1> GBAS CAT-II/III 경제성 분석 체계 ····· 163
<그림 5.5.2> NPV와 실물옵션 ····· 164
<그림 5.5.3> ILS 시스템 (1식) 비용 ····· 166
<그림 5.5.4> GBAS 시스템 비용 ····· 166
<그림 5.5.5> ILS(1식)시스템과 GBAS 시스템 비용 분석 ····· 169
<그림 5.5.6> GBAS 시스템 국내기술개발 총비용 비교 시나리오 ····· 173
<그림 5.5.7> GBAS 시스템 비용 추정근거 ····· 178
<그림 5.5.8> Honeywell 추정자료 ····· 181
<그림 5.5.9> 항공유 가격 전망 ····· 185
<그림 5.5.10> 시나리오별 GBAS 항공기 장착률 ····· 187
<그림 5.5.11> 탄소배출권 가격 전망 ····· 194
<그림 5.5.12> 국내선 SBAS 부재시 지연계 ····· 199
<그림 5.5.13> 국제선 SBAS 부재시 지연계 ····· 200
<그림 5.5.14> 지연 및 결항 감소 비용 추정 ····· 200

1장. 기획연구 개요

1절. 기술의 정의

1. GBAS 시스템 구성 및 주요 기능



<그림 1.1.1> GBAS 시스템 구성도[1-1]

○ GBAS 시스템은 <그림 1.1.1>에 도시된 바와 같이 크게 GBAS 보정정보 및 무결성 정보를 생성하고, 생성된 정보를 항공기로 전송하는 지상시스템과 지상시스템에서 전송한 VDB(VHF Data Broadcast) 정보 및 GPS 신호를 수신하여 항공기 항법정보(위치, 속도, 시간) 및 착륙유도정보(수평/수직 비행 편이도, 활주로 시단까지의 거리)를 생성하는 탑재시스템으로 구성되어 있음.

○ 지상시스템은 일반적으로 4개의 GPS 기준국 수신기, 보정정보를 계산하는 프로세서와 보정정보와 최종접근경로 (FAS : Final Approach Segment) 정보를 방송하는 VDB (VHF : VHF Data Broadcast) 장치로 구성됨.

○ 항공기 탑재시스템은 GLS (GBAS Landing System) 기능이 내장된 MMR (Multi Mode Receiver) 또는 INR (Integrated Navigation Radio)을 통해 지상시스템이 보내온 정보를 수신·처리하며 통합항법장치(FMS)에서 계산된 유도정보를 조종사에게 제공하고 항공기의 자동착륙기능과 연계되도록 구성됨.

○ GBAS 지상시스템과 탑재시스템의 구성품을 살펴보면, GBAS 지상시스템은 GPS 기준국 수신기 및 GPS 기준국 수신기 안테나, 보정정보 처리장치, VDB 송신기 및 수신기, VDB 송신 안테나, 유지보수 터미널, 관제사 상태감시 장치로 구성되어 있고, 탑재시스템은 다중모드수신기로 구성되어 있음.

○ 현재 상용화된 CAT-I급 GBAS 지상시스템은 4개의 GPS 기준국 수신기로 구성되어 있는데, 각 GPS 기준국 수신기는 GPS 안테나로부터 GPS 신호를 수신 받아 GPS 원시 데이터를 생성하고, 생성된 원시 데이터를 보정정보처리장치로 제공하는 기능을 수행함. 그리고 GPS 기준국 수신기 안테나는 각 GPS 기준국 수신기에 연결되어 GPS 위성으로부터 송신된 GPS 신호를 수신함.

○ 보정정보 처리장치는 GBAS 지상시스템의 주요 핵심장치로, 각 GPS 기준국 수신기로부터 공급받은 GPS 원시 데이터를 이용하여 아래와 같은 GBAS VDB 메시지를 생성하고, 생성된 메시지를 VDB 송신기로 전송하는 기능을 수행함.

- GPS 위치오차 보정정보 및 무결성 정보 : MT1, MT2

- 최종접근경로 정보 : MT4

○ VDB 송신기는 보정정보 처리장치로부터 받은 VDB 메시지를 RF 신호로 변환하여 VDB 안테나로 공급하는 기능을 수행하고, VDB 수신기는 VDB 송신기를 통해 전송되는 데이터의 품질을 모니터링하기 위기 위해 VDB 송신기로부터 RF 신호를 받은 후 VDB 메시지로 변환하여 보정정보 처리장치로 전송하는 기능을 수행함.

○ VDB 송신 안테나는 VDB 송신기로부터 받은 VDB RF 신호를 항공기로 전송하는 기능을 수행함.

○ 유지보수 터미널은 유지보수인력이 지상시스템의 운용 및 정비 작업을 수행 할 수 있도록 시스템에 접속할 수 있는 인터페이스를 제공하고, 관제사 상태감시 장치는 관제탑, TRACONs, 유지보수 운영센터, 항로(En-route) 레이더 시설 등에 설치되어, 시스템 모드 상태 및 GPS 위성군(constellation) 경보 정보를 시현하는 기능을 수행함.

○ 탑재장비 구성품중 하나인 다중모드수신기(MMR or INR)는 VDB 수신 안테나로부터 VDB RF 신호를 전송 받아 항공기 항법정보 및 착륙유도정보를 생성함.

○ GBAS에 기반한 접근서비스 GAST (GBAS Approach Service Type)의 등급은 <그림 1.1.2>에 도시된 바와 같이 활주로 가시거리와 착륙결심고도에 의하여 구분될 수 있음.

○ GBAS는 위성항법을 활용한 다양한 보강시스템들 중에서 유일하게 CAT-II/III 급 이상의 서비스를 제공할 수 있는 정밀접근 보조 시스템에 해당됨.

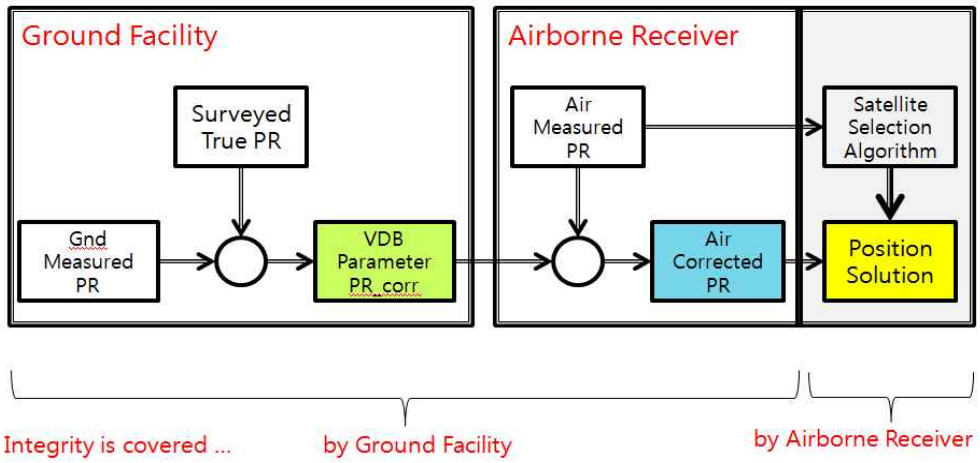
○ 본 기획연구는 단일 주파수를 활용하여 GBAS는 CAT-II/III 급의 정밀접근 서비스를 제공할 수 있는 GAST-D의 연구개발을 대상으로 함.

GNSS 기준	ILS 기준	설명	활주로 가시거리 (RVR)	착륙 결심고도 (DH:Decision Height)
GAST	Category			
GAST A	APV-I	APV I 성능을 위한 연산	1500m 이상	91~122m (300~400ft)
GAST B	APV-II	APV II 성능을 위한 연산	1000m 이상	76~91m (250~300ft)
GAST C	CAT-I	CAT-I 성능을 위한 연산	550m 이상	60m 이상 (200ft)
GAST D	CAT-II	CAT-II/III 성능을 위한 연산	350m 이상	30m~60m (100~200ft)
	CAT-IIIa		200m 이상	30m 미만 또는 제안 없음 (100ft 미만 / no DH)
	CAT-IIIb		50m≤RVR<200m	15m 미만 또는 제안 없음 (49ft 미만 / no DH)
	CAT-IIIc		제안 없음	제안 없음
GAST E (TBD)	CAT II 또는 CAT III	CAT II 성능 또는 L5/E5 CAT III	상황 따라 다름	
GAST F (TBD)	CAT III	다중성 양상, 다중주파수 CAT III 성능 레벨에 대안 계획	상황 따라 다름	

<그림 1.1.2> GBAS Approach Service Type (GAST)의 기준 분류

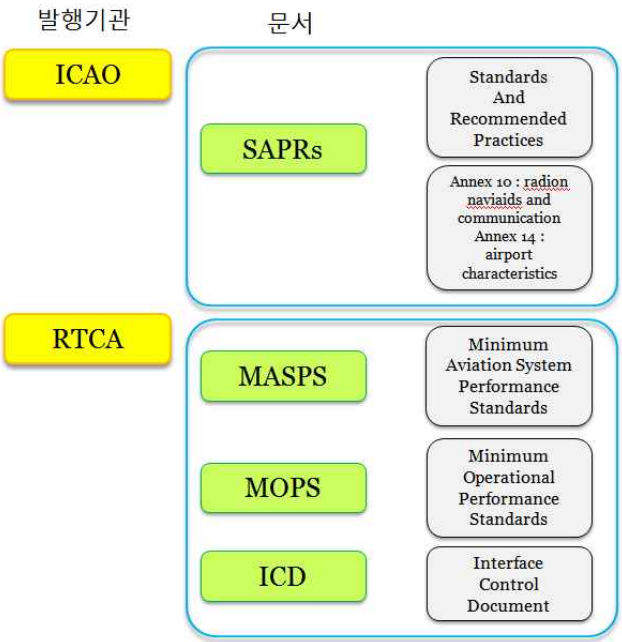
○ 지상시스템에만 의존하여 CAT-I 급의 정밀접근 보조 서비스를 제공하는 GAST-C에 비하여 GAST-D는 크게 상향된 무결성 요구조건을 만족시키기 위하여 <그림 1.1.3>에 도시된 바와 같이 탑재시스템에도 무결성 점검 기능을 부가함.

○ 크게 상향된 무결성 요구조건과 무결성 점검 기능이 <그림 1.1.3>에 나타난 바와 같이 분장됨으로 인하여 GAST-D를 제공할 수 있는 GBAS CAT-II/III 시스템은 GAST-C를 제공할 수 있는 GBAS CAT-I 시스템에 비하여 시스템의 구현 방식이 크게 다르며 복잡도가 현격하게 증가할 것으로 예상됨.



<그림 1.1.3> GBAS Approach Service Type D (GAST-D)를 위하여 제시된 지상시스템(Ground Facility)과 탑재시스템(Airborne Receiver)의 무결성 업무 분장

○ GBAS CAT-II/III 시스템은 기존의 항행보조시설 및 항공전자기기들과 유사하게 성능 및 요구사항과 관련된 다양한 규격문석들이 존재함. <그림 1.1.4>는 GBAS와 관련된 대표적 규격문서와 발행기관을 정리한 것임.



<그림 1.1.4> GBAS와 관련된 규격 문서

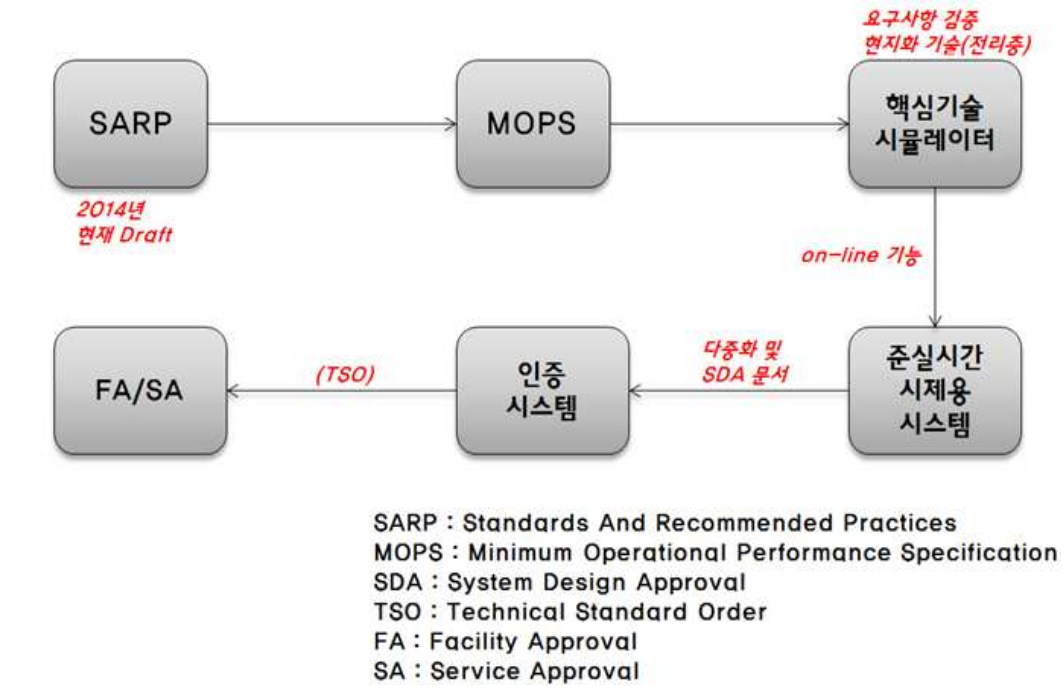
○ 미국, 유럽, 그리고 일본의 예를 살펴보면 GBAS CAT-II/III 시스템의 개발 과정은 다소의 차이는 있지만 전반적으로 <그림 1.1.5>에 도시된 절차를 밟고 있음. 최조의 단계에는 개념형성과 연구를 통한 타당성 분석을 통하여 SARP와 MOPS를 개발함.

○ SARPs와 MOPS가 정리되면 핵심기술 시뮬레이터를 개발함. 핵심기술 시뮬레이터는 실시간 기능은 고려되지 않으며 후처리 성능 분석이 주요 목점임.

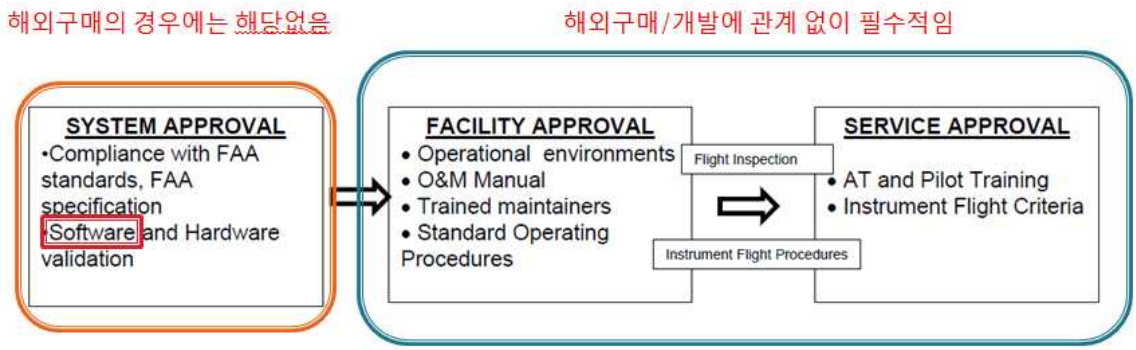
○ 핵심기술 시뮬레이터에 의하여 주요 성능지표의 획득 가능성이 가시화되면, 다음 단계로 준실시간 시제용 시스템을 개발함. 준실시간 시제용 시스템 단계에서는 실시간성, 다중성 (Redundancy), 그리고 시스템 인증이 고려되지는 않지만 구현을 통하여 요소기술 통합 연계 동작성과 안정성을 확인하고 핵심기술 시뮬레이터를 보완하는 작업이 주로 이루어짐.

○ 최종 단계로서 인증이 고려된 GBAS CAT-II/III 시스템이 개발되며 이를 위하여 앞서 개발된 핵심기술 시뮬레이터와 에 MOPS 시뮬레이터와 준실시간 시제용 시스템이 계속 활용되고 보완됨. 최종 단계에서 완료해야할 다양한 인증 중에서 진입 장벽이 가장 높은 부분은 SDA(System Design Approval)이며 현재 미국만이 GBAS CAT-I SDA를 획득하였으며 CAT-II/III SDA를 진행 중에 있음.

○ SDA를 포함한 시스템 인증이 완료되고 시스템 개발이 완료되면 각 공항에 설치가 가능함. FA (Facility Approval)와 SA (Service Approval)는 각 설치 공항별로 별도 인증이 필요함. <그림 1.1.6>은 GBAS 시스템 개발 및 설치에 관련된 주요 인증을 도시한 것임.



<그림 1.1.5> GBAS 연구개발 관련 절차



<그림 1.1.6> GBAS 개발 및 설치에 관련된 주요 인증

2. 개발 대상 시스템의 분류 및 정의

○ 국내외 기술 동향과 국내 기술 수준 조사를 통해 GBAS CAT-II/III(GAST-D급) 시스템 개발을 위한 개발 대상 시스템을 <표 1.1.1>과 같이 분류하였음.

○ 개발 대상 시스템은 크게 GAST-D급 GBAS CAT-II/III 지상시스템과 구성품으로 분류하였는데, 지상시스템은 GBAS 지상시스템의 주요 핵심장치인 보정정보 처리장치와 유지보수 터미널, 관제사 상태감시 장치 등의 개발을 포함하는 체계개발을 의미하고, 구성품은 지상시스템과 탑재시스템의 주요 구성품인 GPS 기준국 수신기, GPS 기준국 수신기 안테나, VDB 송신기, VDB 수신기, VDB 송신 안테나, 다중모드수신기 등 각 구성품을 개발하는 것을 의미함.

<표 1.1.1> 개발 대상 시스템의 분류 및 정의

1단계	2단계	3단계	정의	비고
GBAS CAT-II/III 지상시스템			GBAS CAT-II/III (GAST-D급) 지상시스템 체계 개발	보정정보 처리장치 (Differential Correction Processor), 유지보수 터미널, 관제사 상태감시 장치 등의 개발을 포함
GBAS 구성품	지상시스템 구성품	GPS 기준국 수신기	GBAS용 GPS 기준국 수신기 개발	
		GPS 기준국 수신기 안테나	GBAS용 GPS 기준국 수신기 안테나 개발	다중경로오차 저감
		VDB 송신기 /수신기	VDB 송신기, VDB 수신기	
		VDB 송신 안테나	VDB 송신 안테나	
	탑재장비 구성품	다중모드수신기(MMR, or INR)	GLS 기능을 구현한 항공기 탑재장비	• GLS: GBAS Landing System • MMR: Multi-Mode Receiver, Rockwell Collins사의 GBAS 탑재장비 명칭 • INR: Integrated Navigation Radio, Honeywell사의 GBAS 탑재장비 명칭

3. 체계개발 핵심기술

○ GBAS CAT-II/III 시스템을 제작하고 성능적합 증명 및 인증을 받고 개발 시스템의 설치 및 운용에 이르기까지, 체계개발 측면에서 GBAS CAT-II/III 시스템 개발을 위해 필요한 개발 대상 핵심 기술은 <표 1.1.2>과 같이 분류 및 정의할 수 있음.

<표 1.1.2> 체개개발 핵심 기술 분류 및 정의

대분류	중분류	소분류	기술 정의
시스템 공학 기술	체계 종합		- 시스템 공학 기술 - 시스템 개발 수명 주기 적용
	체계 설계	요구도 분석	- 요구사양 검토/결정
		기능 할당	- 시스템 요구사항을 구체화하여 기능 할당/정의(Functional Allocation)
	안전성 평가/분석	Risk Allocation/Analysis	- Fault Tree Analysis 등을 통한 시스템 H/W, S/W 별 위험도 할당 - 할당된 위험도 분석 기술
		안전성 평가	- Functional Hazard Assessment 기술 - System Safety Assessment 기술
	RFI / Jamming 대응	RFI 저감기술	- 비의도적 전파간섭 등의 영향에 대응하여 RFI 효과를 감소시키는 기술
		Jamming 감지/대응 기술	- 시스템 차원의 재밍 감지/대응 기술
하드웨어 개발	H/W 설계/제작		- 하드웨어 설계/제작 기술
	Redundancy, 신뢰성 보장		- 하드웨어 중복 사용 등을 통한 H/W 신뢰도 향상 기술
소프트웨어 개발 (학교기관 확인)	GBAS 핵심 알고리즘	무결성 향상	- GBAS 무결성 성능 향상을 위한 알고리즘 개발
	Real-time 프로그램 설계/구현		- 실시간 동작 소프트웨어 구현을 위한 프로그램 설계/구현 기술
	S/W 안전성 평가 및 검증	HMI 분석	- S/W의 안전성 평가 및 검증 기술
시험평가 기술	시험장비 개발		- 시험평가를 위한 시험장비 개발 기술
	개발 지원/보조 장비 개발		- 주장비 개발 지원을 위한 시험장비 개발 기술
	안전성 검증		- 시스템의 안전성 검증 기술

	시험절차 수립		- 시험평가 절차 개발
	시험 및 성능평가	지상시험 /비행시험	- 정적시험, 안정성 시험, 비행시험기술 - 시스템 종합 성능평가 기술
성능적합증명/인증	인증제도 및 절차		- GBAS CAT-II/III 제품 개발/설치/운영에 필요한 국내 인증제도 및 절차 연구
	탑재장비 인증 기술		- GBAS 탑재장비 인증 기술
	지상장비 성능적합증명/승인 기술	시스템 설계 승인(SDA) 기술	- (요구사항 vs 설계/구현) 합치성 확인 - 시스템 안전성 기준 설정/평가 - (FHA, PSSA, SSA, FMEA/FMES, HMI Analysis) - H/W Design Assurance - S/W Design Assurance - System Engineering Review - 교범, 교보재 검토
		시설 승인 (FA) 기술	- 설치 안전성 확인
		운용 승인 (OA) 기술	- 운용 적절성 확인
설치 및 운영 기술	설치위치 선정/분석 기술	공항 지형 /환경 분석	- 기준국 수신기, 안테나 등의 설치 위치 결정을 위한 지형/환경 분석 기술
		전파 분석	- 설치 위치 주변 전파환경 분석 기술
		설치위치 데이터 수집/분석/선정	- GPS 기준국 수신기 위치 결정을 위한 데이터 수집/분석 작업과 관련된 기술
	GLS 접근 절차 설계		- GBAS를 사용하여 항공기가 정밀 접근할 수 있도록 하는 운항 절차 설계 - GBAS의 장점을 살릴 수 있는 진보된 접근절차 설계 및 적용
	운영 및 유지보수 기술	운영 교범/ 유지보수 교범 제작	- 실사용에 필요한 운영 교범/유지보수 교범 제작
		운영 및 유지보수 교육훈련 교보재 제작	- 운영 및 유지보수 교육훈련 과정, 교보재 제작

4. 성능관련 핵심기술

○ 다음은 GBAS CAT-II/III 지상시스템 개발시 정확성 및 무결성과 같은 성능 요구조건을 만족시키기 위해 요구되는 핵심 S/W 기술을 정리하였으며, 또한 기존 CAT-I 지상시스템에서 구현된 핵심 S/W 기술 대비 CAT-II/III 지상시스템 개발을 위해 개선 및 추가 개발해야할 핵심 S/W를 비교 정리함.

<표 1.1.3> 성능관련 핵심 기술 분류

대분류	중분류	소분류	세부기술	CAT-I 핵심 S/W	CAT-II/III 위한 핵심 및 개선 S/W
정확성	SIS 신호 수신 및 해독	다중주파수신호수신기술		○	
	신호 잡음 저감 기술	반송파 기반 스무딩기술	30초 시간 상수 평활화 기술		○
			100초 시간 상수 평활화 기술	●	
	보정 정보 생성 기술	다중 기준 수신기 시계 및 위성 시계 오차 제거		●	
		다중기준수신기보정정보생성		●	
무결성	SIS 관련	궤도력고장 검출 기술	Ephemeris-Ephemeris Test	●	
			Almanac-Ephemeris Test	●	
			Measurement Based Test	●	
			YE-TE Test	●	
	SIS관련	신호고장 검출기술	신호세기테스트(C/N0)	●	
			Correlation Peak Symmetry 테스트	○	
			Excessive Interference 테스트	○	
			4개의 수신기 상관기를 이용한 SQM (※기존3개)		△
		위성시계고장검출기술	Carrier Acceleration / Ramp / Step 테스트	●	

	신호측정 및 방송 관련 (Measurement & Broadcast)	지상국수신기고장검출기술	MRCC (Multi Reference Consistency Check) 테스트	●	
			Carrier-smoothed Code Innovation 테스트	●	
			신호추적시간테스트 (Lock-Time Check)	○	
			(B-Value) Sigma-mean Monitor	●	
			RRFM(Reference Receiver Fault Monitor)		○
	신호전파 관련 (Propagation) 신호측정및방송관련 (Measurement & Broadcast)	전리층 이상 현상 감지 기술	코드-반송파발산모니터 (Code-carrier Divergence Monitor)	●	
			Spatial Gradient Change Monitor		○
			Adaptive Filtering of Divergence		△
			Divergence CUSUM (Cumulative Sum)		△
			Geometry Screening		○
			DSIGMA (Dual Smoothing Ionosphere Gradient Monitor Algorithm)		○
			IFM (Ionosphere Field Monitor)		○
	신호측정 및 방송 관련 무결성기술	VDB 고장 검출 기술	VDB모니터	○	
		지상국다중경로오차 및 잡음 감지 기술	(B-Value) Sigma-mean Monitor	●	
	무결성관련 중앙처리기술	EXM (Executive Monitoring)	무결성 모니터의 출력 변수에 대한 고장 판단 및 의사결정 기술	○	

			MRCC Test 와 연계기술	○	
			(B-Value) Sigma-mean Monitor 와 연계기술	○	
			GBAS지상시스템 Self-Recovery기술	○	
			GBAS지상시스템 Maintenance기술	○	
			MFRT (Message Field Range Test,보정 정보 고장감시)기술	●	
			GBAS 지상 시스템 장비의 Redundancy 증가		△
			불논리 (Boolean Logic)의 대안 모색		△
			의사거리 측정치 배제 (Exclusion) 과정의 효율화		△
	항공기 위치 무결성 확보 기술	위치 보호 수준 예측 기술	H0 Protection Level알고리즘	●	
			H1 Protection Level알고리즘	●	
			HE Protection Level알고리즘	●	
			보조 센서 결합 Protection Level알고리즘		△
		측정값 오차 모델링 기술	항공기 신호 잡음	○	
			항공기 다중 경로 오차	○	
			고도차에 따른 대류층 잔류오차	●	
			전리층 잔류 오차	●	
			지상국 설비 오차	○	
			이중 평활화 (Dual Smoothing) 오차		○

(●: 핵심 S/W 및 선행 연구 수행, ○: 핵심 S/W 및 선행 연구 수행 않음, △: 개선을 위한 S/W)

2절. 기획연구의 추진배경

○ GBAS (Ground Based Augmentation System)는 위성항법 기반 기술 중에서 CAT-II/III급 정밀 착륙을 보조할 수 있는 유일한 기술로서 1991년부터 ICAO에서 의욕적으로 추진을 시작한 CNS/ATM의 핵심 기술에 해당함.

○ GBAS 기술은 RNP (Requirement Navigation Performance) 절차와 연계한 곡선접근, 가변 활공각 지원 접근 비행 등 다양하고 유연한 접근방식을 지원함으로써 공항 주변의 소음 저감과 항공기 연료소모 절감이 기대되는 친환경적인 기술임.

○ 해외에서 GBAS CAT-I 장비는 현재 개발이 완료되어 상업 운용되고 있으며, 이를 기반으로 CAT-II/III 기술 연구와 제품 개발을 위한 본격적인 경쟁이 세계적으로 진행 중에 있음.

○ 국내에서 GBAS 시스템 분야에 가장 주도적으로 투자를 하고 있는 정부기관은 국토교통부로 1990년 후반부터 GBAS 시스템 개발을 위한 연구를 시작하였음.

○ 국내에서는 학계와 연구소를 중심으로 GBAS 핵심기술 연구, GBAS CAT-I 시범 운용 경험을 통해 GBAS CAT-II/III 기술 개발을 위한 연구 여건이 성숙된 상황임.

○ 따라서, 현 시점은 GBAS 분야의 국내 기술 역량을 파악하여 GBAS CAT-II/III 시스템의 개발 타당성을 분석하고, 개발 추진 필요시의 전략적인 개발 추진 방향을 제시할 사전 기획연구가 수행되어야 할 적절한 시점으로 판단됨.

○ 본 기획연구는 항공기의 안전한 착륙을 위하여 ICAO (International Civial Aviation Organization)에서 추진 중인 GBAS CAT-II/III 기술의 국내외 현황을 분석하고, 동 기술의 개발, 설치, 시험평가, 운용, 승인(Approval) 등과 관련된 가능성을 검토한 후, 국내 상황에 적절한 연구개발의 범위와 일정을 도출하는 것을 연구의 범위로 함.

3절. 기획연구의 필요성

1. 정책적 필요성

○ 항행시설은 국제적 표준에 적합한 장비만이 통용될 수 있는 국가 기반시설임.

○ 국경을 넘나드는 항공기와 항공교통의 특성으로 항공교통시설은 국제적인 협력과 조화를 고려해야 하는 특징을 갖고 있음. 해외 선도국이 기술선점 노력과 구축을 진행하고 있어 GBAS 기술의 전 세계적인 구현은 시기의 문제일 것으로 판단됨.

○ 동북아 항공허브 국가로의 위상 확보와 유지를 위해 주변국 보다 앞선 인프라 구축이 필요함.

○ ICAO 의결사항 및 위성항법 기반 항행장비의 장점을 판단할 때, 현재 사용되고 있는 VOR, DME, ILS 등의 지상기반 항행장비는 위성기반으로 대체되어 나갈 것이 확실함.

○ GBAS는 민간 뿐만 아니라, 군에서도 활용할 수 있으며 현재 진행되고 있는 군용 정밀착륙체계의 교체에 필요한 예산 절감이 가능할 것으로 보임. 미군에서는 JPALS (Joint Precision Approach and Landing System) 프로그램의 진행으로 기존의 군용 정밀착륙체계를 위성항법시스템 기반으로 운용하려는 연구가 진행되고 있음.

○ GBAS CAT-II/III에 대한 세부 규격이 아직 확정 되어있지 않지만 항행기술의 자립화 등을 고려하여 지속과제로서 연구개발 투자비용의 집행될 수 있는 정책적인 판단과 지원이 필요하다고 보임.

○ 향후 GBAS 장비가 ILS (Instrument Landing System)를 대체할 것으로 명확히 예측되는 국제적 상황 하에서 시기적으로도 지금이 우리나라에서 지금까지 연구를 수행해온 연구의 연속성을 살려 GBAS CAT-II/III 개발에 활용할 수 있는지를 판단할 수 있는 적기로 사료됨.

2. 기술적 필요성

○ 위성항법시스템 및 응용기술은 미래 유비쿼터스 경제, 사회, 군사, 안보 등 국가 전략 차원의 중추적 기능을 담당함.

○ GBAS 시스템은 기존 전파 항행시설(VOR, DME, ILS 등)과 같은 국가 교통 인프라로 관리되어야 할 항공교통시스템의 하나임.

○ 미국의 경우 CAT-I급 ILS는 GBAS로 대체될 것으로 전망하고 있으며, CAT-II/III용 ILS는 유지될 것으로 예측됨.

○ 더불어, GBAS CAT-I과 II/III 장비의 가격차이가 낮을 경우 더욱 많은 공항이 GBAS CAT-II/III급의 착륙을 지원하는 양상으로 변할 수 있을 것임.

○ 또한 GBAS에서 사용되는 신호체계를 암호화 작업 및 항재밍신호에 대한 연구가 진행된다면, 착륙에 필요한 기술적 방법은 동일하므로, 별도의 기술 개발 없이도 충분히 군에서 활용이 가능. 그리고 군에서 사용되는 정밀착륙 체계는 CAT-I급의 시스템으로 만약 GBAS CAT-II/III 개발로 인해 군에서도 충분히 현재 운용하고 있는 착륙체계의 성능 만족이 가능할 것으로 보임.



<그림 1.3.1> GBAS 민군 겸용 활용 가능

3. 경제적 필요성

○ GBAS CAT-II/III (GAST-D : GBAS Approach Service Type -D) 장비의 설치비용은 200-250만불 수준으로서 GBAS CAT-I 장비의 설치비용에서 크게 상향되지 않을 것으로 예상됨.

○ GBAS CAT-II/III (GAST-D) 시스템을 설치할 경우 후방호환성 (backward compatibility)이 필수적으로 고려될 것이므로 GBAS CAT-I 시스템도 포함하여 운용 가능함.

○ 국내 공항에 필요한 GBAS 장비 소요는 약 16대로 예상됨. (KAC 관리 14개 공항, IIAC 관리 1개 공항, 제주 정석 비행장. 공항당 1개 GBAS 장비 소요로 가정. 공항 여건에 따라 GBAS CAT-II/III 장비로도 CAT-I 서비스가 가능)

○ 국내 시장성은 미약하나 국제적으로 추정할 경우 향후 약 2,500-3000 대 수준의 신규 소요가 예상됨. (시장 소요량 산정 작업은 본 기획과제 수행을 통해 보다 면밀하게 분석)

○ 설치 시점을 보수적으로 평가할 경우, CAT-II/III 장비는 시제품의 제품 인증 (SDA : System Design Approval)이 완료되고, 각 국가 별로 장비에 대한 신뢰도 입증이 완료된 시점으로부터 보유하고 있는 ILS 장비가 노후화되어 교체해 나가는 시점으로 판단할 경우, 향후 5-7년 이후부터 약 10년에 걸쳐 일어날 것으로 판단됨.

○ GBAS 기술은 RNP 절차와 연계한 곡선접근, 가변 활공각 지원 접근 비행 등 다양하고 유연한 접근방식을 지원함으로써 공항 주변의 소음 저감과 항공기 연료소모 절감이 기대되는 친환경적인 기술임.

4절. 기획연구의 개관 및 연구내용

1. 기획연구의 개요

○ 항공기의 안전한 착륙을 위하여 차세대 항행안전기술로서 ICAO에서 추진하고 있는 위성항법 기반 「GBAS CAT-II/III 기술」(Ground-Based Augmentation System Category-II/III Technology)의 개발을 위한 사전 기획임.

○ 기존 계기착륙시설 (ILS : Instrument Landing System)를 대체하여 항공기의 정밀착륙을 보조할 GBAS CAT-II/III 시스템의 국내에서 개발하기 위한 효율적인 연구개발 방향 및 방안을 제시하고 연구개발 투입비용의 효율화를 기함.

○ 국내외 기술·정책·시장 동향과 국내 기술수준, 연구 인프라 및 수요 현황을 조사하여 기술개발방향을 정립하고, 효율적인 연구개발과 미래 발전성을 고려하여 우선개발 기술 및 단계적 개발기술 선정, 과제 수행형태 설정 등의 미래지향적인 기술개발 전략을 수립함.

○ 국내 기술현황, 연구/산업 인프라 현황을 기반으로 성공적인 연구개발을 위한 합리적인 연구목표, 연구범위, 세부연구내용, 연도별 추진목표 등을 설정하고 효과적인 연구개발 추진과 최대의 시너지를 발휘할 수 있는 최적의 연구추진 체제를 제안하고 인력투입계획 및 소요예산 산정을 수행함.

○ 국내 독자개발의 필요성과 효용성 등을 판단하기 위하여 기술적, 경제적, 정책적인 타당성을 분석하고, 연구 성과물에 대한 활용방안 대한 활용방안 및 실용화 추진방안을 제시함.

2. 기획연구의 범위

○ 본 기획연구는 항공기의 안전한 착륙을 위하여 국제민간항공기구 (ICAO : International Civil Aviation Organization)에서 추진 중인 GBAS CAT-II/III (Ground Based Augmentation System Category-II/III) 기술의 국내외 현황을 분석하고, 동 기술의 개발, 설치, 시험평가, 운용, 승인(approval) 등과 관련된 가능성을 검토한 후, 국내 상황에 적절한 연구개발의 범위와 일정을 도출하는 것을 연구의 범위로 함.

3. 기획연구의 목표

○ GBAS CAT-II/III 기술 관련 개발 동향 및 환경 분석, 기술수요조사, 경제성 분석, 사전 타당성분석, 기술개발 전략 수립을 통한 연구 목표 및 범위 설정

○ 연구 목표 달성을 위한 추진 방안 수립을 통한 추진방안 수립, 성과물 활용 방안 및 실용화 추진방안 제시, 인력투입 계획 및 소요예산 산정

○ 기획대상 기술개발 연구과제 공모를 위한 RFP (Request For Proposal)작성 및 평가기준 설정

○ 기획연구 중간 및 최종 보고서 작성

4. 기획연구 대상 기술의 정의

○ GBAS CAT-II/III 지상 시스템 기술 (H/W, S/W, 알고리즘)

○ GBAS CAT-II/III 구성품 기술 (H/W, S/W, 알고리즘)

○ GBAS CAT-II/III 성능적합성 증명, 승인(approval) 관련 기술 (기술 문서)

○ GBAS CAT-II/III 설치, 운용 및 시험평가 기술 (기술 문서)

5. 기획연구 내용

○ 기술 동향 분석

○ 정책/시장 동향 분석

○ 기술 수요 조사

○ 경제성/SWOT 분석

○ 중복성 검토

○ 장기 기술로드맵 작성

○ 개발전략 및 후보과제 도출 및 평가

○ 개발 대상 과제 도출

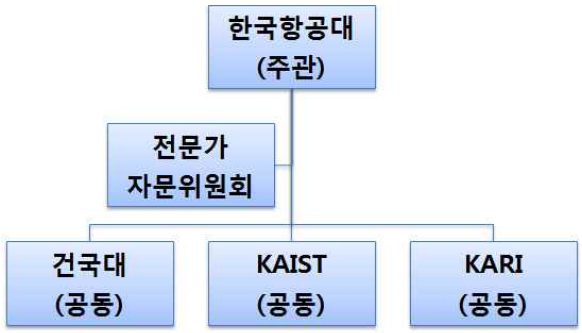
○ 개발 방안 도출

○ 개발 대상 과제 RFP 도출

6. 기획연구 추진전략

○ 추진체계

- 본 기획과제는 <그림 1.4.1>에 도시된 바와 같이 1개의 주관연구기관, 3개의 공동연구기관, 그리고 1개의 자문위원회로 구성됨.



<그림 1.4.1> 연구 추진체계

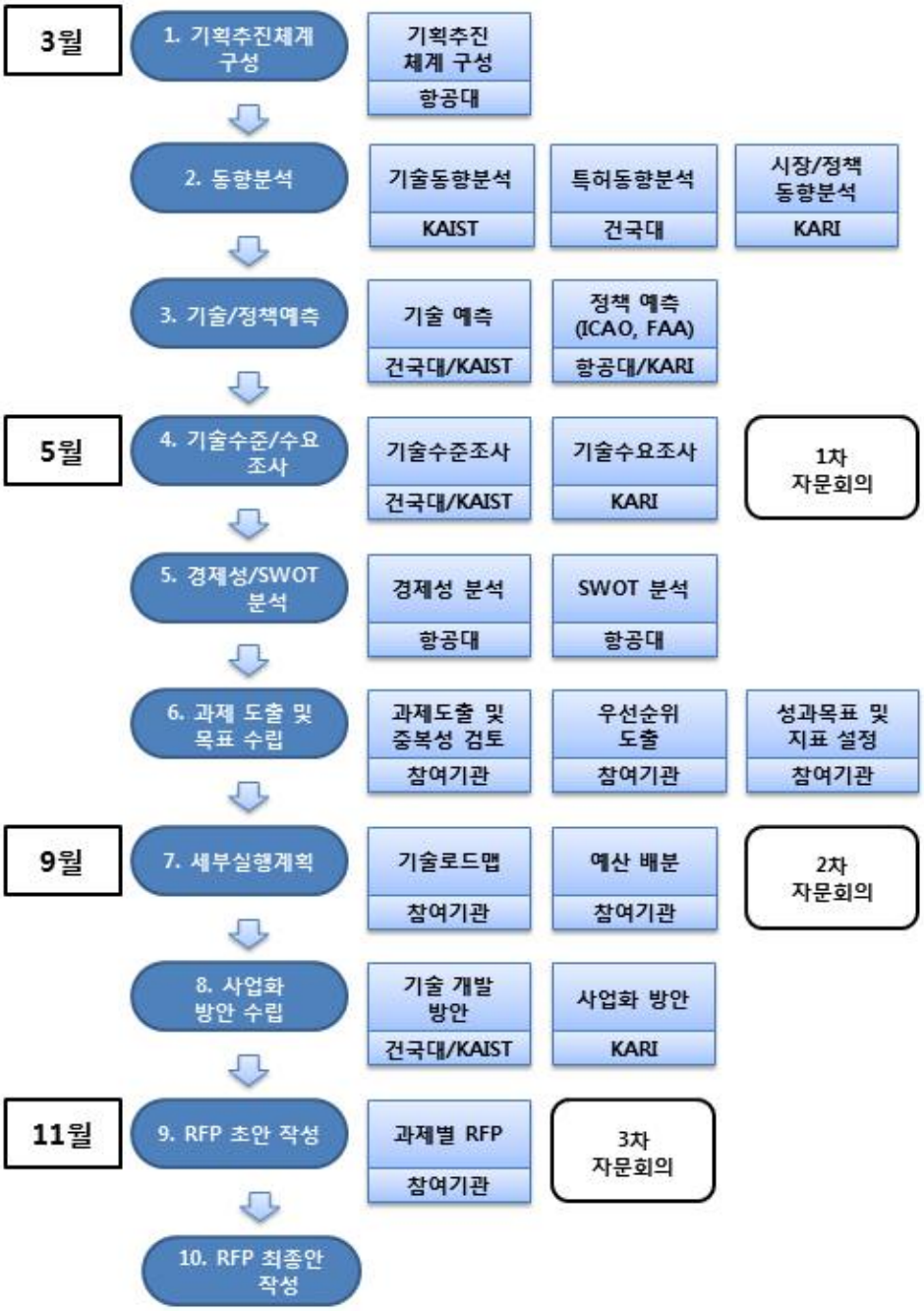
○ 기관별 중점 연구목표

<표 1.4.1> 기관별 중점 연구목표

연구기관	중점 연구목표
주관연구기관 (한국항공대)	- 추진체계 수립 및 관리 - 자문위원회 운영 - 경제성/SWOT 분석 - RFP 도출
공동연구기관 (건국대)	- 기술 동향 분석 (구성품) - 특허/표준화 동향 분석 - 중복성 검토 - 핵심기술 개발 추진 전략 도출
공동연구기관 (KAIST)	- 기술 동향 분석 (지상 시스템) - 기관 동향 분석 (ICAO, FAA, EUROCAE) - 기술 예측 - 핵심기술 개발 추진 전략 도출
공동연구기관 (한국항공우주연구원)	- 정책/시장 동향 분석 - 기술수요조사 실시 - 기술로드맵 초안 작성 - 실용화/사업화 방안 도출
자문위원회	- 기술수요 제기 및 검토 - 후보 과제 검토 및 우선 순위 도출 - 중복성 검토 결과 자문 - 개발/실용화/사업화 방안 검토

○ 기획연구 추진 방법

- 본 기획과제의 추진 절차는 아래 <그림 1.4.2>에 도시된 바와 같이 동향 분석, 기술수요조사, 후보 과제도출, 우선순위 결정, 경제성 분석, 로드맵 작성, 세부실행 계획 및 실용화 방안 도출, 그리고 RFP 작성 등의 단계를 거쳐서 진행됨.



<그림 1.4.2> 기획연구 추진 절차

2장. 국내외 동향 및 환경 분석

1절. 국내외 기술개발 동향 및 분석

1. 국내 기술 및 연구 동향

○ 항공용 GBAS 시스템의 기술은 아직 산업화 단계에 이르지 못해 주로 정부부처 중심으로 산학연 형태의 연구가 진행됨.

○ 국내에서 GBAS 시스템 분야에 가장 주도적으로 투자를 하고 있는 정부기관은 국토교통부로 1990년 후반부터 GBAS 시스템 개발을 위한 연구를 시작함.

○ 국토교통부의 지원으로 최근에는 미국 Honeywell 사의 미국 FAA에서 CAT-I 인증을 받은 SLS-4000를 도입하여 운영 및 승인에 관한 연구가 시작되었으며 2013년에 김포국제공항에 구축되어 시험평가 진행 중이며, 본 개발을 통하여 확보된 지상시스템과 시험평가 장비는 국가연구개발규정에 의거하여 국가 연구개발이나 시범운용에 활용될 계획임

○ '항공용 위성항행 통신시스템 개발' 연구에서 GBAS 운용기술에 필요한 핵심 기술(시험평가 기준서와 이를 수행한 경험 등)을 확보하였으며 확보된 핵심기술은 향후 산업체로 이전되어 운용 소프트웨어 및 항공기 탑재체 개발과 GBAS CAT-II/III 독자 또는 국제공동개발에 활용할 수 있을 것으로 사료됨.

○ 장기적으로 국토교통부를 중심으로 김포국제공항에서 GBAS CAT-I 시범운영을 시작으로, 주요공항 (인천국제공항 및 김해국제공항)에 확대 구축을 추진 계획 중임. 특히 인천국제공항 및 김해국제공항은 GBAS CAT-II/III 구축 계획 중에 있음.[2-1]

○ 한국과학기술원은 위성 항법 시스템 기반의 상시 전리층 감시 시스템을 보유하고 있으며, 이를 이용하여 전리층 위협 모델 구축을 통해 국내 전리층 현상을 거동을 이해하고 이를 바탕으로 항공 항행에 미치는 영향 분석을 진행하고 있음.

○ 국내에서 항공기의 안전한 착륙을 위해 다수개의 의사위성이 항공기의 착륙 경로에 설치되어 항법신호를 생성하여 전송하는 방식이 연구된 적이 있으며 이 과정에서 지상국이 무결성을 검사하고 관제국에 통보함으로써 위성의 가용성, 항공기의 위치 정밀도 및 위성항법시스템의 무결성을 향상시키는 연구가 진행된 적이 있음.

○ 항공기 착륙 시에 사용하게 될 DGPS (Differential GPS)를 이용해서 측정치의 고장을 검출하고 고장이 검출된 추정치를 제거하는 DGPS 측정치 무결성 감시 시스템 구현에 관한 연구가 진행됨.

가. 산업계

○ 항공용 GBAS 시스템의 기술은 아직 산업화 단계에 이르지 못하였지만, 점차 요소기술 (육상 교통용 단말기 개발, 신호 교란 대응, 무결성 확보기술)을 중심으로 개발을 진행하고 있음.

○ 산업계의 경우, 정부부처의 지원으로 점차 위성항법보강시스템의 기술 개발이 진행되고 있으며, GBAS와 유사 보강시스템에 대하여 지상 기준국에 필요한 알고리즘 및 하드웨어 설계에 대한 기초 연구를 진행하고 있음.

○ 또한, 북한의 신호 교란에 대응하기 위한 항재밍 (Anti-Jamming)에 대한 연구수행을 정부출연연구소와 진행하여 교란 신호의 원점 검색 및 대응 기술에 대한 연구를 진행하고 있음.

<표 2.1.1> 산업계 위성항법시스템 관련 주요 연구

산업체명 (가나다 순)	주요 연구내용
두시텍	▪ 해양용 지상 기준국 설비 개발 연구 ▪ GNSS 관측치 원시 항법메시지를 사용한 무결성 시스템
마이크로어드벤텍	▪ 상용 GNSS 단말기의 GPS재밍 대응 기술
LIG 넥스원	▪ 위성항법 보강시스템 지상 기준국 알고리즘 설계 ▪ 위성항법 보강시스템 지상 기준국 하드웨어 설계 ▪ 위성항법 보강시스템 보정정보 및 무결성 생성 기술 연구 ▪ RNSS (Radio Navigation Satellite Service)의 대역폭 연구 ▪ 복합항법장치 (DGPS/INS)를 이용한 항공기 이착륙 시스템
파인디지털	▪ GNSS 고정밀측정값 (반송파) 기반 보강시스템 단말기 개발
한양네비콤	▪ GNSS/INS 결합시스템 개발 기술 ▪ GNSS 음영 지역에 항법해 도출 기술 ▪ 외부 교란 신호 (Jamming Signal) 검출 기술

나. 학계

<표 2.1.2> 학계 위성항법시스템 관련 주요 연구

대학명 (가나다 순)	주요 연구내용
광운대학교	▪ GPS와 UWB 기술을 이용한 위치 검색 기술 (대류층관련)
건국대학교	▪ 반송파 신호 고장 검출 알고리즘 ▪ 항법메시지 고장 검출 알고리즘 ▪ 지상 기준국 수신기 고장 검출 알고리즘 ▪ 대류층 지연 오차 불확실성모델의 한국지역 적합성 연구 ▪ SBAS 보정정보 생성 알고리즘 분석 ▪ 한국형 독자 위성항법시스템 궤도 및 무결성 알고리즘 연구
서울대학교	▪ 육상교통 시스템 위치정확도 향상 기술 (네트워크 RTK) ▪ 한국형 WADGPS 지상 시스템 구축을 위한 기술 연구 ▪ 의사위성을 이용한 광역보정시스템 연구
인하대학교	▪ GPS 신호의 대류권 지연정보 격자지도 생성 ▪ 위성항법시스템 상대측위 정확도 분석 연구 ▪ NDGPS 관측자료의 품질향상을 위한 비교 연구 ▪ 지상파 DMB 기반 DGPS 서비스 연구
충남대학교	▪ GPS 및 Galileo의 복합 위성항법 신호 생성 및 최적화 ▪ 신호 생성 검증을 위한 항법신호 수신처리 방안 연구 ▪ GPS L2C 신호의 획득 및 추적 알고리즘 연구 ▪ GPS L2C 신호의 데이터 복조 및 추출 알고리즘 연구 ▪ GNSS 항재밍을 위한 배열안테나 신호처리 성능 분석 ▪ 다중경로 신호 환경에서의 항재밍 기법 성능 분석
한국과학기술원	▪ 전리층 위협요인 분석 및 검출 알고리즘 ▪ GBAS CAT-I 운용을 위한 한반도 전리층 위협모델 개발 ▪ GPS 위성 궤도력 및 시계 오차 분석 ▪ 위성항법보강시스템 무결성 시스템 연구 ▪ 다중 위성항법시스템을 이용한 무결성 이론 분석
한국항공대학교	▪ RTK를 위한 GNSS 데이터 처리 엔진 ▪ 실시간 전리층 지도 생성 및 분석 ▪ 전리층 지연과 채널간 편이 분리 추정 연구 ▪ 위성항법시스템 알고리즘 ▪ 이종센서 결합 시스템 연구

○ 학계에서는 위성항법보강시스템에 적용이 가능한 선행기술을 중심으로 연구가 수행중임.

○ 복합위성항법시스템 (GPS, Galileo, GLONASS, QZSS)의 국내 이용을 위한 다양한 알고리즘 연구 되고 있으며, 특히 시각 및 좌표체계 불일치 상황에서의

대처 방안, 반송파 기반의 채널간 편이 (IFB : Interfrequency Bias) 극복 방안 연구가 수행 중임.

○ GBAS와 관련하여, 현재 김포국제공항에 구축되어 있는 GBAS 장비의 향후 국산화를 위한 무결성 알고리즘 (위성시계, 위성 궤도, 지상국 수신기 고장 검출, 전리층 폭풍 감시, 반송파 기반 고정밀 측위 알고리즘 등) 연구가 진행 중임.

○ 특히, GBAS 전리층과 관련하여 GBAS의 항공기 안전한 이착륙을 위해 항공기의 위치오차 예측 (Protection Level) 의 CAT-I/II/III 만족을 위해, 과거 전리층 폭풍이 발생하였던 시기의 위성항법시스템 데이터를 기반으로 전리층의 기술기의 경향을 분석을 위해 한반도 전리층 위협모델을 설계하고, 한국지역에 적합한 GBAS 지상시스템 전리층 모델링의 성능 분석을 수행중임.

다. 정부부처

<표 2.1.3> 정부출연연구소 GBAS 관련 주요과제

연구 과제	주요 연구내용	
위성항법시스템개발 ('98~'01)	발주기관	▪ 건설교통부, 항공공항공단
	주관기관	▪ 한국항공우주연구소, 서울대학교
	주요연구	▪ GBAS 오차 보정시스템 구축을 통한 위치 정확성 위주 성능 평가
	주요성과	▪ 차량 및 비행실험을 통한 GBAS 시스템 오차 보정 가능성 타진
항공용 위성항법시스템 기반기술개발 ('05~'07)	발주기관	▪ 건설교통부
	주관기관	▪ 한국항공우주연구원
	주요연구	▪ 핵심기반기술 (정확성, 무결성) 구현 및 시험평가용 Test-Bed 설계
	주요성과	▪ 핵심기반기술 기초 연구 및 평가용 시스템 구축 (제주국제공항)
항공용 위성항행 통신시스템 개발 ('10~'14)	발주기관	▪ 국토교통부
	주관기관	▪ 한국항공우주연구원
	주요연구	▪ GBAS 지상 및 항공기 탑재체의 해외도입을 통한 운용기술 연구
	주요성과	▪ ICAO 기준을 만족하는 GBAS CAT-I 지상시스템을 시험공항에 구축 ▪ CAT-I 시험평가 기술 및 장비확보 / 시험평가 수행 ▪ CAT-I 국가승인제도/절차/체계 수립을 위한 승인 (Approval) 기술자료 확보 ▪ CAT-I 무결성 핵심 알고리즘 기술확보

○ 국토교통부의 지원으로 최근에는 미국 Honeywell 사의 미국 FAA에서 CAT-I인증을 받은 SLS-4000를 도입하여 운영 및 인증에 관한 연구가 시작되었으며 2013년 현재 김포국제공항에 구축이 완료되어 장비 테스트가 진행 중임.

○ 위성항법 지역보강 시스템 인증기술 개발 기획 연구에서 GBAS 운용기술에 필요한 핵심 기술(시험평가 기준서와 이를 수행한 경험 등)을 확보함.

○ 한국항공우주연구원에서는 향후 GBAS 인증을 위한 SDA (System Design Approval) 및 FA (Facility Approval) 승인 기술 및 기술 개발, 비행시험의 평가절차 개발, 탑재시험평가 장비 제작 및 시험, 지상 시험 평가 및 제작하고, 핵심 알고리즘을 시연용 장비에 구현 연구가 수행 중임.

2. 국외 기술 및 연구 동향

가. 항법체계의 변화

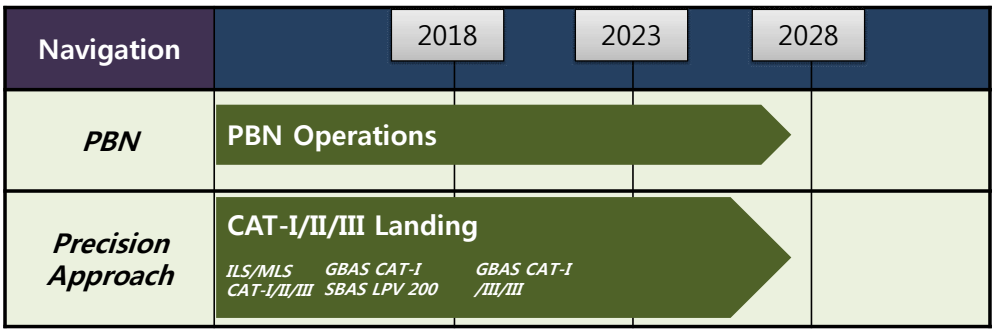
○ VOR, DME, ILS와 같이 지상항행시설을 기반으로 하는 기존의 지역 항법(RNAV : Area Navigation)은 항로구성에 있어 융통성이 부족하고 공역을 비효율적으로 사용하는 단점을 지님. [2-2]

○ 또한, 지상의 항법보조기기 유형, 성능 그리고 배치에 따라 공항 터미널지역 안에서의 비행 절차 및 경로 설계가 제약을 받게 됨. [2-2]

○ 최근에는 GNSS신호를 이용하여 항공기 위치를 계산하고 위치에 대한 감시와 경고 기능을 갖춘 항법 기능 (RNP)까지 이르게 되었음.

○ 이에 맞춰 국제민간항공기구(ICAO)에서는 늘어나는 항공 수요량과 GNSS (Global Navigation Satellite System) 기반 항행시스템의 기술 발전에 발맞춰 RNAV와 RNP를 아우르는 차세대 항법로드맵(Navigation Roadmap)을 제시함. [2-3]

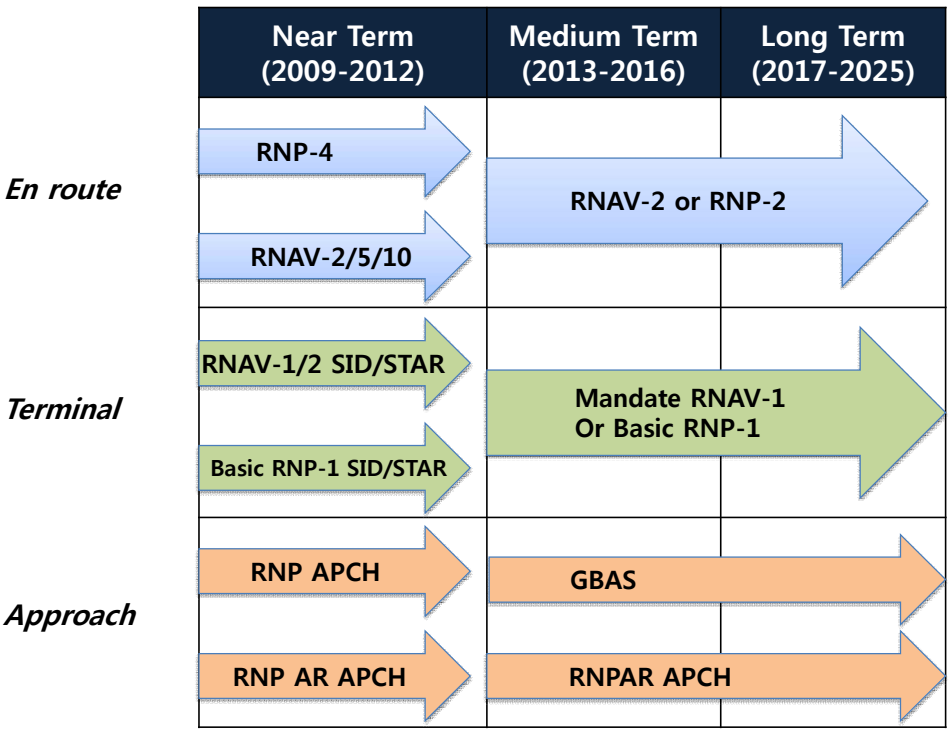
○ ICAO에서 제시한 항법지침은 착륙 프로세스의 'En Route', 'Terminal', 'Approach' 단계를 포괄하는 성능기반항법(Performance-Based Navigation, PBN)과 'Precision Approach' 단계에 대한 내용이 포함됨.



<그림 2.1.1> ICAO Navigation Roadmap [2-3]

○ ICAO에서 제시한 항법로드맵에 따르면 GBAS CAT-I/II/III는 'Precision Approach & Landing' 단계에서 GLS(GNSS Landing System)를 구축하기 위한 핵심요소임.

○ ICAO에서 합의된 내용에 따라 미국을 비롯하여 중국, 호주 등의 국가에서 자체적으로 각국의 PBN구축계획을 수립하고 PBN을 적용한 항로와 비행절차를 도입하고 있음.



<그림 2.1.2> 중국의 PBN 구축 로드맵 [2-2]

<표 2.1.4> ICAO PBN Navigatioin Specifications [2-2]

ICAO PBN Nav.	항법 센서	지상 항법 설비
RNAV-10 (RPN-10)	GNSS, INS/IRS	N/A
RNAV-5	GNSS, DME/DME, VOR/DME ,INS/IRS	VOR, DME
RNAV-1/2	GNSS, DME/DME, INS/IRS	DME
RNP-4	GNSS	N/A
Basic RNP-1	GNSS	DME
RNP Approach	GNSS	VOR, DME, NDB
RNP AR ARCH	GNSS	N/A

○ PBN 구축 초기 단계에는 RNAV와 RNP를 혼용하면서 과도기를 거치고, 이후 중기부터는 GNSS 항법 센서에 주로 의존하여 RNP위주의 항법을 수행하게 되며, PBN의 'Approach' 단계에서부터는 GNSS에만 의존하는 RNP AR ARCH와 GBAS CAT-I/II/III를 통해 항공기를 유도하는 것을 목표로 함.

○ FAA는 향후 GBAS에 대한 연구 및 개발을 지속하여 ILS가 없는 활주로에서도 CAT-I/II/III 수준을 만족시킬 수 있는 GLS의 운용을 목표로 하고 있음. [2-4]

나. 위성항법시스템(GNSS)의 환경변화

○ 현재의 GNSS 시스템은 미국의 GPS와 러시아의 GLONASS 이외에 유럽의 Galileo, 중국의 Beidou등 새로운 위성항법시스템이 추가되어 다양한 Aeronautical Radio Navigation Services (ARSN) 주파수대역의 신호들을 사용자가 사용할 수 있을 것으로 기대됨.

○ 다중 주파수 신호의 도입은 전리층 지연오차를 직접 추정하여 제거할 수 있게 되며 이로 인해 전리층 폭풍으로 인한 위협 혹은 고의적인 혹은 우발적인 무선 주파수 방해(radio frequency interference)에 더욱 견고해짐.

○ 이러한 GNSS 시스템의 변화의 이점을 이용하여 다중위성군 및 다중주파수를 기반으로한 GBAS CAT-II/III 에 대한 연구도 활발히 진행 될 전망임.

- Galileo

· Galileo는 In-Orbit Validation (IOV), Initial Operational Capability (IOC), Full Operational Capability (FOC), 총 3단계에 걸쳐 위성의 배치가 진행됨. [2-5]

· Galileo 위성들은 2011년 10월을 시작으로 2012년까지 총 4개의 위성이 궤도에 배치되어 IOV단계가 완료되었고, 배치된 4개의 위성에 대한 테스트와 제한적인 서비스가 진행 중. [2-5]

· 2013년부터 FOC단계를 진행하기 위한 위성 배치가 진행되고 있으며, 18개의 위성으로 구성되는 FOC단계가 완료되면 2014년 말 혹은 2015년 초부터 OS(Open Service), PSR(Public Regulated Service), SAR(Search and Rescue Service), CS(Commercial Service)를 시작할 것으로 예상. [2-5]

· Galileo는 1176.45MHz의 E5a, 1207.14MHz의 E5b, 1278.75MHz의 E6 그리고 1575.42MHz의 E1 신호를 제공할 예정. [2-6]

- GPS 현대화

· GPS는 2009년까지 현대화 작업을 통해 8개의 Block IIR-M 위성을 배치함으로써 민간용의 기존 1575.42MHz의 L1신호를 비롯하여 1227.60MHz의 L2C 신호도 추가적으로 제공하고 있음. [2-7]

· 2010년부터 2013년까지는 12개의 Block IIF 위성을 배치하여 민간용 L5신호를 제공하고 있으며, 2014년부터 2024년까지 GPS III 프로그램을 통해 Block III 위성을 배치하여 네 번째 민간용 신호 L1C를 제공할 예정임. [2-7]

· GPS의 현대화를 통해 측위성능의 개선뿐만 아니라 교란(Jamming)이나 기만(Spoofing)에 대한 보안성 또한 증대될 것으로 기대됨. [2-7]

- GLONASS 현대화

· 러시아는 2011년까지 GLONASS 프로그램을 통해 GLONASS-M 위성을 배치하고 FDMA기반의 L1SF, L2SF, L1OF, L2OF 신호들을 제공함으로써 GPS수준의 서비스를 제공함. [2-8]

· 2011년부터는 GLONASS-K1 위성의 배치하여 기존에 제공되던 FDMA (Frequency Division Multiple Access)신호를 비롯하여 CDMA (Code Division Multiple Access)기반의 신호를 추가적으로 제공하기 위한 테스트를 수행함. [2-8]

· 2012년부터 2020년까지 GLONASS-K2 프로그램을 통해 CDMA를 기반으로 하는 1600.995MHz의 L1OC와 L1SC, 1202.025MHz의 L3OC, 1248.06MHz의 L2SC 신호를 추가적으로 제공할 계획임. [2-8.2-9]

- Compass / BeiDou

· BeiDou는 'Regional Active Service', 'Regional Passive Service', 'Global Passive Service'를 각 단계의 목적으로 하여 총 3단계에 걸쳐 개발이 진행됨. [2-10]

· BeiDou 1단계 개발계획은 1994년부터 2000년까지 진행되어 완료되었으며, 현재 2단계 계획까지 완료되어 2012년 12월 27일부터 남위 55°에서 북위 55°, 경도 55°에서 180°까지 중국을 포함한 주변 지역에 대해 공식적으로 Full Operation Service를 제공함. [2-11]

· 현재 Beidou는 2단계 개발 계획이 완료됨으로써 GEO에 5개, IGSO에 5개, MEO에 4개, 총 14개의 위성으로 운용 중이며, 민간용으로 1561.098MHz의 B1(I)신호와 1207.14MHz의 B2(I) 신호를, 군용으로 B1(Q) 신호와 B2(Q)신호 그리고 1268.52MHz의 B3신호를 제공 중임. [2-10]

· BeiDou 3단계는 MEO에 24개, GEO에 3개, MEO에 4개, 총 30개의 위성 운용을 계획하고 있으며, 2014년을 시작으로 2020년까지 개발완료를 목표로 진행 중임. [2-11]

· BeiDou 3단계에서는 민간용으로 1575.42MHz의 B1-CD, B1_CP, 1191.795MHz의 B2aD, B2aP, B2bD, B2bP 신호가 제공되고, 군용으로 1575.42MHz의 B1, 1268.53MHz의 B3, B3-AD, B3_AP 신호가 제공될 예정임. [2-10]

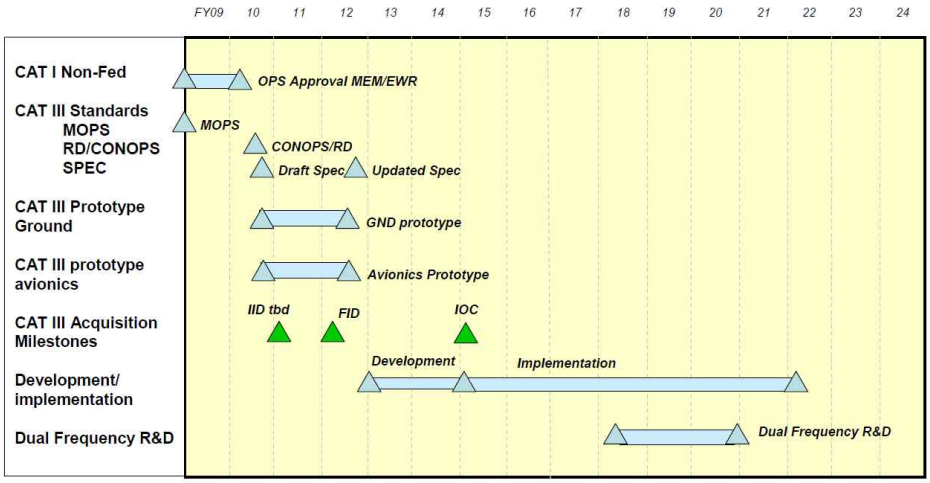
다. 미국

○ GBAS 기술은 NextGen 구축 계획에 포함된 기술로, 터미널 공역 환경에서 유연성을 증대시켜 운영 능력을 제고할 수 있는 중요기술로 인식됨.

○ 2007년 12월 6일 발행된 뉴욕/뉴저지 지역 항공기 지연문제 해결을 위한 Task Force Team 보고서에서도 GBAS가 이 문제를 해결할 수 있는 수단으로 제시됨.

○ FAA와 Honeywell사 주관으로 1990년대부터 LAAS (Local Aera Augmentation System)로 명명하여 CAT-I급 시스템을 약 20년간 단계적으로 SCAT-I, Beta-LAAS, Non-Fed LAAS, SLS-4000을 개발하고 기술검증과 인증을 추진하고 있음.

○ 미국 회사 및 대학의 지원으로 완료된 가능성 연구 결과에 의하면 정확도는 대략 1m, 보전성 시간은 1~2초, 그리고 시스템의 가용성의 만족가능성을 판별함.



<그림 2.1.3> 미국 FAA의 GBAS 연구개발 로드맵[2-12]

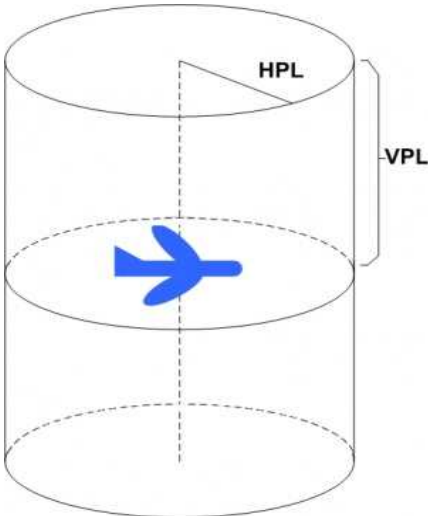
○ CAT-II/III에 대한 연구를 위해서 별도의 FAA Technical center를 구축하여 본격적인 연구에 착수하였으며, 현재의 CAT-II/III 계획은 국제적인 GBAS 방향과 일치하는 것으로 시제품과 요구 조건에 대한 검증을 통하여 기술적인 문제를 줄이는 것에 초점을 맞추고 있음.[2-13]

○ William J. Hughes Technical Center (WJHTC)는 CAT-III의 요구 조건과 상호 운용성을 검증하기 위하여 지상국 및 항공전자기기 시제품을 개발하고 있음.[2-14]

○ FAA는 2013년까지 GBAS CAT-II/III 시제품을 개발하고 시험 평가할 계획이며, 단기적으로 GPS 상용 단일주파수 (L1)를 이용하여 GBAS CAT-II/III 시스템을 개발할 전략을 갖고 있다. 장기적으로 이중주파수 (L1, L5)가 가용한 시점에 업그레이드 하는 방향으로 추진할 계획으로 전망됨.[1-1]

○ FAA는 GBAS 시스템의 무결성 분석과 시제품 개발을 위해 Honeywell 사와의 협력을 통해 연구를 수행한 적이 있으며 현재 CAT-III의 무결성 요구 조건을 만족시키기 위하여 계속해서 연구를 수행중임.[2-15]

○ FAA는 최근 GAST-D avionics를 개발하고 시험하기 위하여 Honeywell사와 계약하였으며 지상의 합동 비행 시험(joint flight testing)과 항공전자 시제품을 수행하고 있음.[2-16]



<그림 2.1.4> 항공기의 수직, 수평 보호수준 [2-15]

○ Stanford 대학에서는 무결성 분석을 위해 'Stanford diagram'을 제시함. 'Stanford diagram'은 정확성 및 무결성 기반의 가용성 만족 여부를 가시적으로 보여줌으로써 정확성 및 무결성이 보장되고 있는지의 여부를 쉽게 알려줌으로써 전체적인 시스템 가용성 분석에 널리 쓰이고 있음.[2-15]

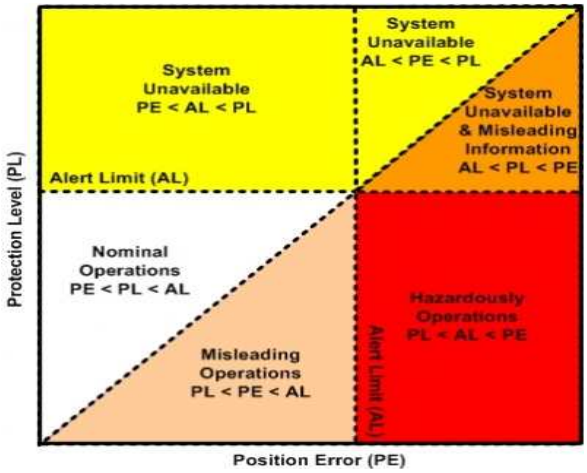
○ FAA는 2009년말에 Honeywell SLS-4000 (Block 0)의 CAT-I SDA를 완료하였으며 2012년 9월에 RFI 대비를 강화한 Honeywell SLS-4000 (Block I)의 CAT-I SDA를 완료함. 2012년 말에 PRN23 위성을 포함하여 가용성이 보완되고 전리층 이상과 관련하여 CONUS (Contiguous United States) 위협모델이 강화된 SLS-4000 (Block II)의 CAT-I SDA를 FAA에 신청함.[2-30]

○ Honeywell은 GAST-D를 포함한 CAT-III SDA가 2017년에 완료될 수 있도록 진행하고 있으며 Airbus 사와 공동으로 GAST-D 탑재장비 개발을 진행하고 있음. [2-30]

○ UA (United Airlines)는 GBAS를 장비를 장착한 항공기를 65대 이상 보유하고 있음. UA는 2013년에 GBAS 장착항공기들의 CAT-II 등급 자동 착륙을 위한 협의를 FAA와 진행하고 있음.[2-30]

○ 2013년 현재 BOEING의 CAT-I GLS 관련 현황은 아래와 같음 [2-30]

- 737NG는 인증됨.
- 787과 747-8은 인증되었으며 CAT-I /II는 기본 기능에 해당됨.
- 777은 2017년 인증획득을 목표로 하고 있음.



<그림 2.1.5> Stanford diagram [2-15]

라. 유럽

○ EUROCONTROL은 SESAR (Single European Sky ATM Research) 이하 CNS (Communication, Navigation Surveillance)팀에서 위성항법시스템에 대한 연구가 이루어짐.[2-17]

○ 현재 계기착륙시설 (ILS) 기반에서 GBAS 기반의 CAT-II/III를 위해 GPS 단독 사용과 다중 위성항법시스템 및 다중 주파수를 사용하는 방식에 대한 연구가 활발히 진행 중임.[2-17,18]

○ CAT-II/III를 위해 2015-2020까지는 정밀접근을 ILS / MLS (Microwave Landing System)와 같은 GLS (Ground Land System) 기반으로 유지하되, GBAS는 백업 시스템으로의 역할을 수행하며, 2020년 이후에는 GBAS 기반의 CAT-II/III 정밀 접근을 주로 하는 시스템을 구축할 예정임.[2-19]

○ 유럽의 갈릴레오에서는 기존 무결성 시스템에 더하여 SoL (Safety-of-Life application) 이라는 새로운 무결성 개념을 제시함.[2-18]

○ EUROCONTROL은 GAST-D에 대한 다양한 개발 방법론들에 관련성과 상호운용성 검증을 강조하였으며 이와 같은 작업을 통하여 다중위성군/다중 주파수 CAT-III 시스템으로 기술의 연계가 가능함을 언급하였음.[2-30]

○ EUROCONTROL은 GBAS CAT-II/III의 운용개념의 초안을 2013년 5월에 완료하였음.[2-30]

○ 유럽은 갈릴레오의 활용 저변 확대를 위하여 GBAS CAT-II/III 기술과 관련해서는 GPS만을 활용한 GAST-D 보다 다중위성군을 활용하는 GAST-F를 선호하고 있음. 따라서, GAST-D 기술을 분석하고 확보한 후 본격적인 개발은 GAST-F를 대상으로 하리라 분석됨.

○ EU는 기존의 ILS에 활용되던 접근방법을 GBAS 관련 규정에 활용할지 결정하지 못한 상태임. 다양한 국가로 구성된 EU의 특성상 규정의 수립에 앞서 국가별 approval 절차를 정리하고 통일해야할 필요가 있을 것으로 예상됨. 이에는 EGNOS approval 절차가 중요한 참고로 활용될 예정임.[2-30]

○ 2013년 현재 Airbus 의 CAT-I GLS 관련 현황은 아래와 같음 [2-30]

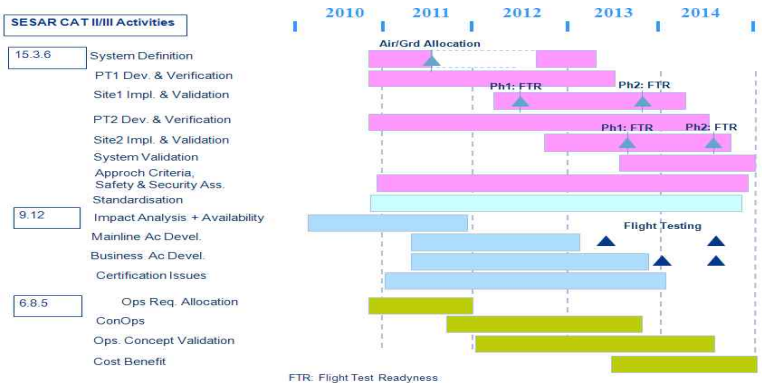
- A320과 A380은 인증됨.
- A330은 2013년 말에 인증 획득을 목표로 하고 있음.
- A350은 기본적인 인증만을 획득함.

○ Thales는 기존의 A400 MMR을 기반으로 MMR 개발을 2011년 3월부터 2014년까지 진행하고 있음.[2-30]

○ Thales는 다수 개형의 GBAS CAT-II/II I(GAST-D) prototype을 개발 중에 있으며 각각 Braunschweig, Toulouse 그리고 Palermo 공항에 설치하고 있음. 또한 가까운 시점에서는 GBAS MMR을 장기계획으로는 다중위성군 수신기를 계획하고 있음. 2014년에 시험비행이 예정되어 있음.[2-30]

○ THALES가 Toulouse와 Frankfurt 공항에 설치하여 운영하고 있는 CAT-II/III 지상시스템 prototype은 GAST-D 에 제시하는 SIS 기능에 부합하도록 신호를 송신함을 확인함.[2-30]

○ Indra Navia는 ICAO의 GAST-D에 대한 타당성 분석을 지원하기 위하여 Normarc 8100 GAST-D 지상시스템을 개발 중에 있음. 다중 VDB 송신기의 활용과 관련하여 기술적인 분석을 수행하고 있음.[2-30]



<그림 2.1.6> EUROCONTROL의 GBAS CAT-II/III 연구개발 계획

(EUROCONTORL, 11차 IGWG 발표자료, 2011)

마. 독일

○ 한국의 공항공사에 해당하는 독일의 DFS (Deutsche Flugsicherung GmbH)는 2008년부터 TUIfly, Air Berlin의 두 항공사는 계기 비행에 허용된 최소 하강고도까지 GBAS 시범 운영에 동참해 오고 있으며, 독일연방항공국에 의해 주 착륙시스템으로 독일 당국의 형식 인증을 받음. [2-19]

○ DFS는 GBAS CAT-II/III에 관한 요구조건과 확인 및 비준 개발을 위해 국가적으로 (HETEREX), 또한 국제적인 프로젝트(SESAR 15.3.6, SESAR 15.3.7)를 활발히 연구 진행 중임.[2-19]

○ 프랑크프루트 공항은 GBAS GAST-D 지상국 시제품이 설치 될 지역 중 하나이며, 장소 자격검증은 거의 끝난 상태이며 2013년 5월에 지상국 phase 1 설치를 할 것이며, CAT-I과 시제품 CAT-III는 다른 주파수에서 운영 될 것임.[2-16]

○ 2013년 현재 DFS는 GBAS 지상시스템을 GAST-D를 수용할 수 있도록 보강하고 VDB 통달영역을 분석하는 작업을 수행하고 있음.[2-30]

바. 스페인

○ 스페인의 Aena는 국제 민간 항공 기구 (ICAO)의 Navigation System Panel (NSP)와 유럽의 SESAR 프로그램에 공동 참여하여 GBAS CAT-II/III의 표준화 작업을 진행 중임.[2-20]

사. 프랑스

○ Thales사가 GBAS 개발을 주도하고 있으며, 개발된 시스템을 Toulouse, Palermo, Braunschweig 공항에 설치하고 Airbus와 협력하여 성능을 검증함.

○ 프랑스의 항공운항청인 DSNA(Direction des Services de la navigation aérienne)는 GBAS CAT-III를 위하여 두 개의 SEASR 프로그램에 참여하여 GBAS 적용에 대한 연구를 수행하고 있음.[2-16,21]

○ DSNA는 현재 툴루즈(Toulouse) 공항에서 시행하기 위한 GAST-D Thales 시제품 연구에 착수함.[2-16]

아. 일본

○ JCAB (Japn Civil Aviation Bureau)은 2009년도에 미래항공교통 (ATM and CNS systems)의 연구를 위한 CARATS (Collaborative Actions for Renovation of Air Traffic Systems) 장기계획수립과 조직을 구성하였으며, GBAS의 운용 및 기술적 측면에서 실행 가능성 연구에 관여함.

○ 일본은 GAST-D (GPS L1 신호를 이용한 CAT-III GBAS)의 기본 SARPs 개발에 참여하고 있으며, 본 개발에 있어 가장 큰 기술적 문제를 해결하기 위하여 GAST-D의 지상국 시제품 개발, 항공기용 무결성 모니터링 시스템 개발, 저 위도 지역용 전리층 위협 모델 검증, 총 세 가지 주제의 프로젝트를 구성함. [2-22]

○ 일본은 GAST-D 지상국 시제품을 개발하고 있으나 현 시점에서 인증시스템 개발이 확정되지 않음.

○ ENRI (Electronic Navigation Research Institute)는 2011년 이래로 중기 계획을 시작하였으며, 이는 GNSS를 활용하여 정밀 접근과 곡선 접근 방법을 개발 중임.[2-16]

○ ENRI에서 2011년 4월 이래로 GAST-D 무결성 위협의 연구를 포함한 시제품의 개발 프로젝트를 진행 중이며, 이 프로젝트에서 중요한 이슈 중 하나인 전리층 위협 모델을 포함한 GAST-D의 기준개발을 위한 운용 인증 수행 중임.[2-23]

○ ENRI는 2011년부터 4년 기간에 걸쳐서 ICAO GAST-D SARPs에 검토, 기여, 그리고 활용에 대한 연구를 적극적으로 진행하고 있음.

○ ENRI는 아시아는 물론 국제적으로 경쟁력 있는 GBAS 탑재체(CAT-I)를 개발해 보유하고 있으며 최근 GBAS 독자개발을 목표로 NEC와 공동연구개발을 수행하여 GBAS 시제품을 상용화하는데 성공함.

○ ENRI는 GBAS 이점을 최대화 할 고등의 절차 개발을 위한 새로운 프로젝트를 시작하기로 결정하였으며 이는 2013년 4월부터 시작 함. 이 프로젝트에서는 항공기와 GBAS 시뮬레이터를 사용하여 실험을 수행하며 향후에 필요할 항행 시스템 오차(NSE : Navigation System Error)와 운항기술 오차(FTE : Flight Technical Error) 모델을 개발하는 데에 그 목적이 있음.[2-16]

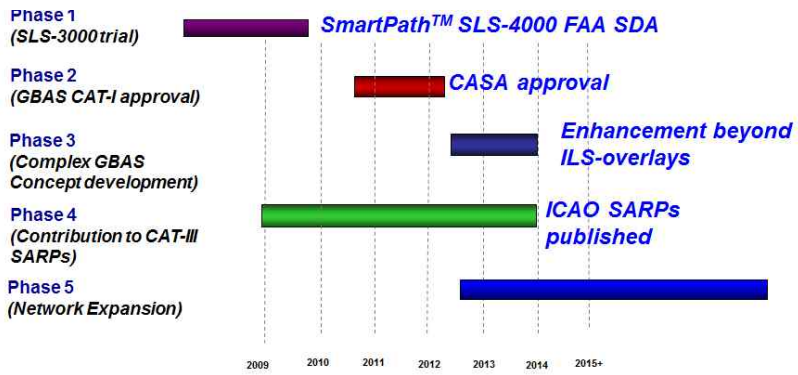
○ 2013년 현재 JCAB의 지원으로 ENRI는 GAST-D 와 관련하여 난기류, 가변 glide path, RFI, 우주일기와 plasma bubble이 전리층 지연에 미치는 영향 등을 조사하고 있음.[2-30]

○ NEC는 IFM (Ionosphere Field Monitor)를 Kansai 공항에 설치하여 GAST-D와 관련된 기술을 점검 중에 있으며 2014년 중순까지 2개의 CAT-I 시제품과 한 개의 CAT-III 시제품을 설치 예정임.[2-30]

자. 호주

○ GBAS는 호주의 차세대 항행 시스템으로 계획되고 있으며, Airservices Australia는 가능한 빠른 시일 내에 GBAS 서비스를 산업에 적용하기 위하여 5단계를 프로그램을 적용하여 최종적으로 GBAS를 호주 차세대 위성 기반 항법시스템의 통합요소로 구성됨.[2-24]

○ 호주 Qantas는 2006년부터 특별한 이상 없이 4,000회 이상의 GLS 활용 착륙을 수행하였으며 향후에는 CAT-I 시스템을 활용한 CAT-II 운용에 대하여 관심이 있음을 표명함. [2-30]



<그림 2.1.7> 호주의 GBAS 프로그램 계획

(Airservices Australia, 11차 IGWG 발표자료, 2011)

○ 2012년 12월에 Asia/Pacific Performance Based Navigation Task Force meeting의 일환으로 GLS 세미나를 개최하였으며 방글라데시, 홍콩, 인도, 말레이시아 등 여러 국가들이 참여함.[2-16]

○ 최근에 들어 호주의 AirServices Australia 는 CAT-II/III에 기반한 병렬 접근/착륙 기술을 고려하고 있음.[2-30]

차. 중국

○ GBAS 프로젝트는 이미 시작되었으며 현재 CAAC(Civil Aviation. Administration of China) 인증 단계에 있음.[2-16]

○ GBAS 시제품에 대해서 CAAC와 이와 관련된 기관의 지원을 받으며 이미 많은 연구가 진행 되고 있음.[2-16]

○ BeiDou 위성항법시스템이 지역적으로 서비스 제공이 되는 가운데, 중국의 ATMB (Air Traffic Management Bureau)는 GBAS 시제품을 다중 위성항법시스템(Multi-Constellation) 및 다중 주파수 데이터를 수집하여 이에 대한 GBAS로 연구하고자 함.[2-16]

카. Airbus

○ A320과 A380은 각각 2009년과 2008년에 GLS CAT-I 자동 착륙 인증을 받았으며 A330 또한 2014년 1분기에 인증을 할 예정임.[2-16]

○ Airbus는 이미 SESAR 프로젝트를 참여 하고 있으며 airborne project 9.12의 장을 맡아 GBAS GAST-D의 R&D 활발히 진행 중에 있음.[2-16]

○ Rockwell-Collins사와 함께 프랑스의 지원을 받아 GAST-D MMR 시제품을 개발하는 프로젝트에 참여 중임.[2-16]

○ 툴루즈(Toulouse)공항에 설치된 Thales GAST-D 지상국 시제품과 함께 처녀비행 실험을 계획하였으며, 프랑크프루트 공항에 설치된 다른 배치의 GBAS 지상국에서 상호 운용 비행 테스트를 할 계획임.[2-16]

타. Boeing

○ Boeing 737NG, 747-8, 787 항공기에 GLS를 실행하였으며 GLS를 이용한 비행 테스트를 2012년에 수행하였음.[2-16]

○ Boeing사는 ecoDemonstrator 프로젝트의 일환으로 2013년에 GAST-D 시범 테스트를 계획 중임.[2-16]

파. International GBAS Working Group [2-30]

○ 14차 IGWG (International GBAS Working Group)는 2013년 6월에 미국

보잉사가 위치해 있는 Everette에서 개최되었으며 16개국에서 110명 이상의 전문가들이 참석하였음.

○ GAST-D와 관련성이 높은 3개 세션의 결과를 정리하면 다음과 같음

- Working Session 1: Data collection/sharing/evaluation

· GAST-D의 성능향상을 위하여 SDM (Signal Deformation Monitor)에서 군용 코드와 민간용 코드 사이의 cross talk를 추가 고려해야 할 필요성이 Ohio University에서 제기됨.

· Egis Avia로부터 GAST-D 성능 모니터링에 있어서 연속성의 정의와 기하학적 요인을 검토해야 될 필요성이 있음이 제기됨.

· EUROCONTROL은 GBAS 검증용 소프트웨어인 PEGASUS 를 GAST-D MOPS의 변화를 prototyping 단계에서는 수용하는 것이 긍정적인 것으로 판단함.

· FAA는 Honeywell과 GBAS GAST-C INR (Integrated Navigation Receiver)을 수정하여 GAST-D 포맷과 알고리즘을 구현하는 연구개발 계약을 완료함. 개발된 2개의 INR에 대하여FAA Technical Center는 성능시험을 수행하였음. 탑재체 무결성 기능을 평가하기 위하여 비행 시험도 수행하였음.

- Working Session 3: Ionospheric Aspects

· FAA는 전리층 지연과 관련하여 LTIAM (Ionosphere Anomaly Monitor Toolset)의 개발을 계속 진행하고 있음. 최근에는 네트워크 기능이 보강되었음.

· IIT (Illinois Institute of Technology)는 Null Space monitor를 활용하여 전리층의 급격한 변화를 감지하는 새로운 방법론을 제안함.

· ENRI는 전리층 활동이 활발한 적도지역에서 전리층 지연을 모니터 할 수 있는 소프트웨어를 개발하고 있으며 개발 완료 후 LTIAM과 비교하여 성능을 검증할 예정임.

· ENRI는 단일 주파수 위상 측정치를 활용하여 전리층 지연의 절대값을 관측하는 기술을 꾸준하게 개발하고 있음. 시험 결과에 의하여 미지정수 결정에 강건하며 안테나 사이의 간격이 작은 경우에도 우수한 검출 성능을 보임.

· DLR (German Aerospace Center)은 유럽형 전리층 위협 모델을 개발하였으며 전리층 경사 절대값 추정을 위한 기준국 네트워크를 Braunschweig 공항에 설치하여 시험하고 있음.

· Indra Navia 에서는 활발한 전리층 산란 (scintillation)에 의하여 발생하는 잡음 증폭, 사이클 슬립, 그리고 신호유실 등이 GBAS 모니터에 미치는 영향을 분석하고 하고 있음.

· JAXA (Japan Aerospace Exploration Agency)는 급격한 전리층 지연의 변화를 수반하는 plasma bubble 현상에 대하여 비행시험과 데이터 축적을 통하여 꾸준히 연구를 수행하고 있음.

· Honeywell은 2011년 2월에 Rio de Janeiro에 GBAS 지상시스템을 설치하여 CAT-I 모니터의 강건성과 GAST-D 관련 전리층 모니터의 성능 분석에 활용하고 있음. 또한, 전리층 scintillation 측정을 위한 수신기를 공항에 설치하였음.

- Working Session 4: GBAS Future Operations: Operational and implementation aspects

· Airbus는 A350 flight simulator 를 활용하여 GBAS CAT-II/III 운용성 평가를 절차, 조종성, 조종사에 대한 부하 등의 관점에서 평가하고 있음.

· EUROCONTROL은 GBAS CAT-II/III의 운용서비스와 환경에 대한 정의서 초안을 2013년 5월에 완료하였음.

3. 기술 수준 및 예측

<표 2.1.5> GBAS 지상시스템 기술 수준 및 예측

범례 < ●: 핵심 SW 및 선행 연구 수행, ○: 핵심 SW 및 선행 연구 수행 않음, △: 개선을 위한 SW >

대분류	중분류	소분류	세부기술	기존 CAT-I 핵심 SW	CAT-II/III 위한 추가 및 개선 SW
정확성	SIS 신호 수신 및 해독			○	
	신호 잡음 저감 기술	반송파 기반 의사거리 측정치 평활화 (Smoothing) 기술	30초 시간상수 이용한 평활화		○
			100초 시간상수 이용한 평활화	○	
	보정 정보 생성 기술	다중 기준 수신기 시계 및 위성 시계 오차 제거 기술		○	
		다중 기준 수신기 보정 정보 생성 기술		○	
무결성	SIS 관련 무결성 기술	궤도력 고장 검출 기술	Ephemeris-Ephemeris Test	●	
			Almanac-Ephemeris Test	●	
			Measurement Based Test	●	
			YE-TE Test	●	
		신호 고장 검출 기술	신호 세기 테스트(C/N0)	●	
			Correlation Peak Symmetry 테스트	○	

			Excessive Interference 테스트	○	
			4개의 Correlator를 이용한 SQM (※ 기존은 3개의 Correlator)		△
		시계 고장 검출 기술	Carrier Acceleration Step 테스트	●	
	신호 전파 관련 무결성 기술 (Propagation)	전리층 이상 현상 감지 기술	코드-반송파 발산 모니터 (Code-carrier Divergence Monitor)	●	
			Spatial Gradient Change Monitor		○
			Adaptive Filtering of Divergence		△
			Divergence CUSUM (Cumulative Sum)		△
	신호 측정 및 방송 관련 무결성 기술 (Measurement & Broadcast)	지상국 수신기 고장 검출 기술	MRCC 모니터	●	
			Carrier-Smoothed Code Innovation 테스트	●	
			신호 추적 시간 테스트 (Lock Time Check)	○	
		VDB 고장 검출 기술	VDB 모니터	○	
		지상국 다중경로오차 및 잡음 감지 기술	Sigma-mean Monitor	●	
	무결성 관련 중앙 처리 기술	Executive Monitoring (EXM)	무결성 모니터(Quality Monitors)들의 출력변수에 대한 고장 판단 및 의사결정 기술 (Flag 표시 기법 연구 포함)	○	
			MRCC 모니터와 연계 기술	○	

			Sigma-Mean 모니터와 연계 기술	○	
			GBAS 지상 시스템 Self-Recovery 기술	○	
			GBAS 지상 시스템 Maintenance 기술	○	
			MFRT(Message Field Range Test, 보정정보고장 감시) 기술	●	
			GBAS 지상 시스템 장비의 Redundancy 증가		△
			불 논리(Boolean Logic)의 대안 모색		△
			의사거리 측정치 배제(Exclusion) 과정의 효율화		△
	항공기 위치 무결성 확보 기술	위치 보호 수준 예측 기술	H0 Protection Level 알고리즘	○	
			H1 Protection Level 알고리즘	○	
			HE Protection Level 알고리즘	○	
			보조센서 결합 Protection Level 알고리즘		△
		측정값 오차 모델링 기술	항공기 신호 잡음	○	
			항공기 다중 경로 오차	○	
			고도차에 따른 대류층 잔류 오차	○	
			전리층 잔류 오차	●	
			지상국 설비 오차	●	
			이중 평활화 (Dual Smoothing) 오차		○

2절. 국내외 관련 특허 동향 분석

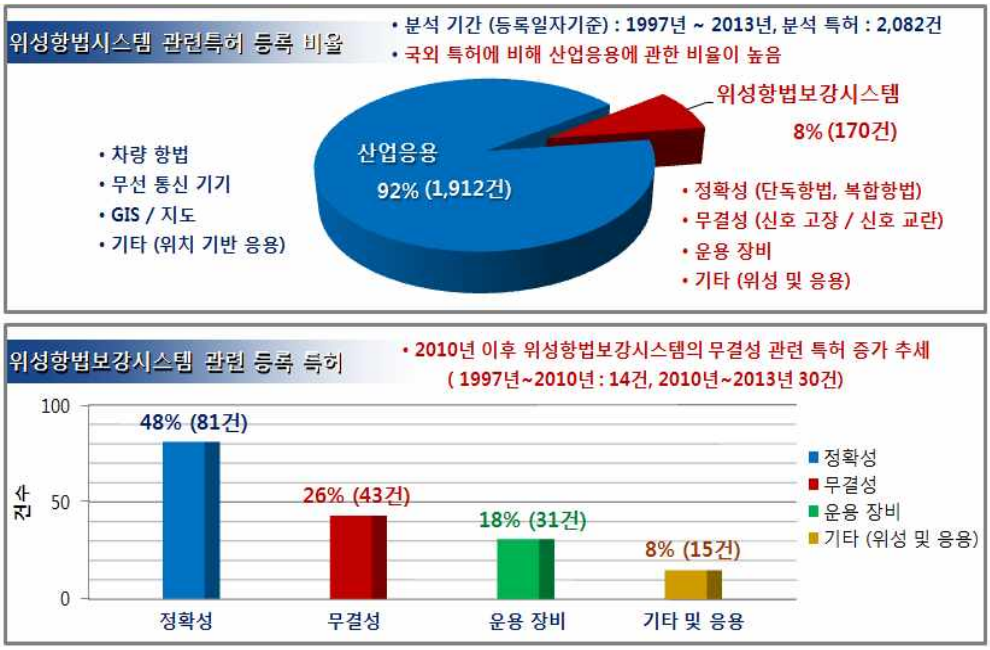
○ 국내외 관련 특허 동향 분석을 위해, 한국특허정보원에서 운영하는 KIPRIS를 검색사이트를 활용함.

○ 주요 검색식은 '위성항법시스템 (GNSS : Global Navigation Satellite System)', '지역기반 위성항법시스템 (GBAS :Ground Based Augmentation System)', 'LAAS (Local Area Augmentation System)', '정확성 (Accuracy)' ,'무결성 (Integrity)', '관성항법시스템' 등의 조합임.

1. 국내 특허동향 및 분석

○ 검색기간은 등록일자기준으로 1997년-2013년 국외 특허의 경우 2,082건으로 대부분 산업응용에 특허가 92% (1,912건) 위성항법보강시스템은 8% (170건)에 그침.

○ 위성항법보강시스템의 경우 정확성 관련 특허가 48% (81건), 무결성 26% (43건), 운용장비 18% (31건), 기타 및 응용 8% (15건)를 차지함. 특이한 사항은 2010년 이후로 위성항법보강시스템의 무결성 관련 특허가 증가 추세임.

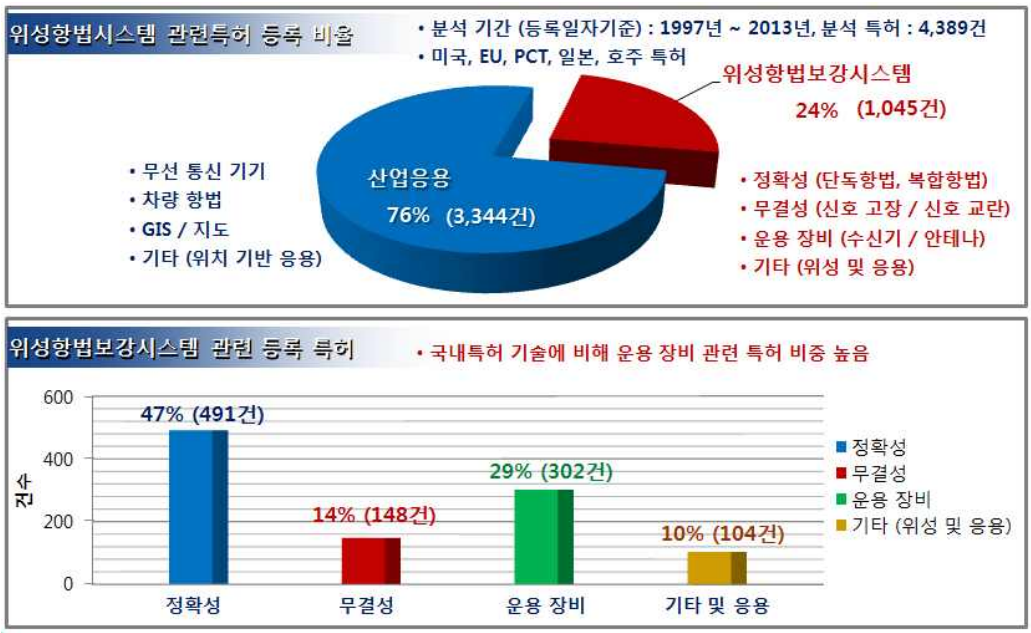


<그림 2.2.1> 국내 특허 동향

○ 1997-2010년에 14건에 그쳤던 무결성 관련 특허는 이후 3년 동안 30건으로 증가하여 위성항법보강시스템의 무결성에 대한 관심도가 높아지는 것이 확인됨.

2. 국외 특허동향 및 분석

○ 검색기간은 등록일자기준으로 1997년~2013년 국외 특허의 경우 4,389건으로 주로 미국, EU, PCT, 일본, 호주에서 등록된 특허 위주로 분석됨.



<그림 2.2.2> 국외 특허동향

○ 분석결과 주로 위성항법시스템 관련하여서는 무선통신기기, 차량항법, GIS/지도, 기타 (위치 기반 응용)과 같은 산업응용 관련 특허가 76% (3,344건)를 차지하였으며, 이중 위성항법보강시스템 관련 특허는 24% (1,045)를 차지함.

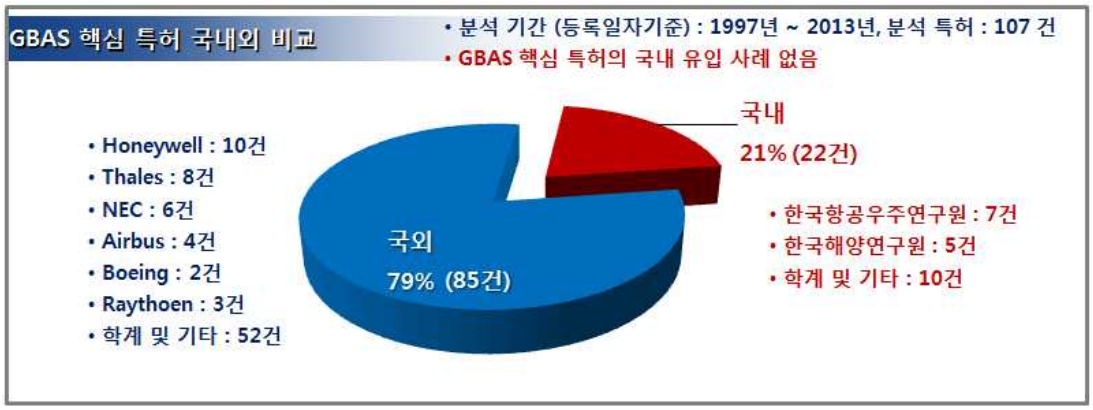
○ 위성항법보강시스템 관련 특허를 정확성, 무결성, 운용장비, 기타 및 응용으로 분류하였을 때 대부분의 특허는 사용자의 위치 정확도 향상을 주를 이루었으며, 운용 장비 역시 많은 수 특허가 등록됨.

3. 특허 회피 방안

○ 1997-2013년 동안의 국내외 특허 중 GBAS에 핵심이 되는 특허를 분류하였을 때, 107건이 검색됨.

○ 이중 79% (85건)가 해외에서 출원된 특허로 21% (22건)이 국내와 비교하였을 때 대부분을 차지. 국외의 경우 Honeywell, Thales, NEC, Airbus, Boeing, Raythoen 등 GBAS 관련 연구가 활발히 진행되는 업체를 중심으로 출원됨.

○ 하지만 국외에서 출원된 GBAS 핵심특허의 경우, 국내에 아직 유입된 사례가 없어 지금이라도 GBAS 관련 핵심특허기술을 분류하고 이에 대한 국내 출원 과정이 필요할 것으로 보임. 이를 통해 향후 참여하게 될 국내 개발업체의 국내에서의 특허 분쟁에서 우위를 점할 수 있음.



<그림 2.2.3> GBAS 핵심 특허 국내외 비교

가. 해외 GBAS 핵심특허

등록년도	출원인	발명제목
20130328	Airbus Operations S.A.S. Ecole Nationale de L'Aviation Civile (E.N.A.C.)	METHOD AND SYSTEM FOR DETERMINING THE POSITION OF AN AIRCRAFT DURING ITS APPROACH TO A LANDING RUNWAY
20110922	ONO TAKESHI Suzuki Kazushi Kaneso Takayuki Nakata Takayuki Aoki Kenji	ABNORMAL VALUE DETECTION APPARATUS FOR SATELLITE POSITIONING SYSTEM, ABNORMAL VALUE DETECTION METHOD, AND ABNORMAL VALUE DETECTION PROGRAM
20120628	NEC CORP	AIRCRAFT POSITION MEASURING SYSTEM, TIME SYNCHRONIZATION METHOD, AND TIME SYNCHRONIZATION PROGRAM FOR USE IN THE SYSTEM
20120531	NEC CORP	THRESHOLD DETERMINATION DEVICE, THRESHOLD DETERMINATION METHOD, AND PROGRAM
20110525	Beihang University	Method for monitoring completeness of ground based augmentation system (GBAS)

20120301	ELECTRONIC NAVIGATION RESEARCH INSTITUTE	METHOD AND APPARATUS OF DETECTING IONOSPHERE ABNORMALITY IN SATELLITE NAVIGATION SYSTEM
20111201	NEC CORP	GROUND SUPPLEMENTARY SATELLITE NAVIGATION SYSTEM, ABNORMALITY DETECTION METHOD AND ABNORMALITY DETECTION PROGRAM USED THEREFOR
20111006	NEC CORP , NEC AEROSPACE SYST LTD	APPARATUS, METHOD AND PROGRAM FOR DETECTION OF ABNORMAL VALUE IN SATELLITE POSITIONING SYSTEM
20110922	CMC ELECTRONICS INC.	AIRCRAFT LANDING SYSTEM USING RELATIVE GNSS
20110921	CMC Electronics Inc.	Aircraft landing system using relative GNSS
	McCusker Patrick D.	System, module, and method for varying the intensity of a visual aid depicted on an aircraft display unit
20110210	THE BOEING COMPANY	Vertical Required Navigation Performance Containment with Radio Altitude
20091105	Azaola Sáenz Miguel	Method for autonomous determination of protection levels for GNSS positioning based on navigation residuals and an isotropic confidence ratio
20120627	Honeywell International Inc.	Systems and methods for determining location information using dual filters
20091008	Suzuki Kazushi	SBAS navigation data update notifying system and method used in GBAS
20110203	Levy Jean-Christophe	Device and method for the real-time monitoring of the integrity of a satellite navigation system
20101223	Coatantiec Jacques Juillaguet Sébastien	Navigation system using hybridization by phase measurements
20090813	Coulmeau François Marty Nicolas Cordonnier Alain	Methods of optimizing the location of an aircraft on the ground and in the take-off and landing phases
20091105	Jeerage Mahesh Liu Fan	Systems and methods for determining location information using dual filters
20091104	GMV Aerospace and Defence S.A.	Method for autonomous determination of protection levels for GNSS positioning based on navigation residuals and an isotropic confidence ratio
20090402	NEC CORP	ORBITAL INFORMATION ERROR DETECTOR, NAVIGATION SYSTEM AND ORBITAL INFORMATION ERROR DETECTING METHOD USED THEREFOR
20071128	Honeywell International Inc.	Methods and systems for radar aided aircraft positioning for approaches and landings
20101007	Call Curtis J. Hedin David E. Vacanti David C.	Methods and systems for radar aided aircraft positioning for approaches and landings
20060928	Fagan John E. Wen Hengqing	Navigation system using external monitoring
20060622	Raytheon Company	Determining a predicted performance of a navigation system
20070829	RAYTHEON COMPANY	DETERMINING A PREDICTED PERFORMANCE OF A NAVIGATION SYSTEM
20071205	Honeywell International Inc.	LAAS GROUND FACILITY SIGMA MONITOR
20060727	Thales	Architecture of an onboard aircraft piloting aid system
20060720	Raytheon Company	Determining usability of a navigation augmentation system
20060712	Thales	Architecture for a boarding system for helping the pilotage of an aircraft
20070118	TOSHIBA CORP	POSITIONING SYSTEM
20061206	GMV, S.A.	Method and system for providing GNSS navigation position solution with guaranteed integrity in non-controlled environments

20060302		GNSS navigation solution integrity in non-controlled environments
20050420	Thales	Landing navigation method and corresponding ground station
20050818	The Boeing Company	Global navigation satellite system landing systems and methods
20051221	Honeywell International Inc.	APPARATUS FOR IMPROVED INTEGRITY OF WIDE AREA DIFFERENTIAL SATELLITE NAVIGATION SYSTEMS
20040521	HONEYWELL INTERNATIONAL INC.	APPARATUS FOR IMPROVED INTEGRITY OF WIDE AREA DIFFERENTIAL SATELLITE NAVIGATION SYSTEMS
20040708	Roke Manor Research Limited	Autonomous vehicle guidance on or near airports
20040624	The Board of Regents of the University of Oklahoma	Navigation system using locally augmented GPS
20040923		METHODS AND APPARATUS FOR CORRECTLY ADJUSTING BAROMETRIC PRESSURE SETTINGS ON BAROMETRIC ALTIMETERS
20041209	Thales	Method for the ground-based monitoring of EWF-type anomalies in a positioning satellite signal
20040506	Honeywell International Inc.	Apparatus for improved integrity of wide area differential satellite navigation systems
20030306	BLASCHKE, Guenter	HYBRID INSTRUMENT LANDING SYSTEMS FOR AIRCRAFT
20030227	Spectrum Astro	Self-monitoring satellite system
20011005	TOSHIBA CORP	GROUND DUMMY SATELLITE DEVICE OF NAVIGATION AID GPS POSITION MEASUREMENT SYSTEM AND DUMMY GPS SATELLITE SIGNAL SYNCHRONIZING METHOD OF GROUND DUMMY SATELLITE DEVICE
20000121	NEC CORP	ANTENNA SYSTEM
20061207	Van Boven Machiel	Flight management process for an aircraft
20061123	Ferro Daniel Van Boven Machiel	Navigation system for an aircraft and associated command process
	Honeywell International Inc.	LAAS ground facility sigma monitor
20070823	Waid James D.	System and method for detecting false navigation signals
20100513	Fetzmann Fabien Coldefy Pierre Malaval Thierry Collins Stéphane	Device for assisting ground navigation of an aircraft on an airport
20091112	Petillon Jean-Paul	Hybrid positioning method and device
20090312	Lapp Tiffany R. Murphy Timothy Allen	Method and apparatus for detecting anomalies in landing systems utilizing a global navigation satellite system
20090212	Deker Guy	Method for calculating an approach trajectory of an aircraft to an airport
20100624	Zhang Yufeng Gao Yang Lee Suen	System and method for applying code corrections for GNSS positioning
20100211	Lopez Nestor Zarraoa Piedelobo Juan Ramon Martin Lopez Manuel Toledo Schortmann Joaquin Cosmen	GNSS navigation solution integrity in non-controlled environments
20111117	HONEYWELL INTERNATIONAL INC.	METHOD OF IMAGE BASED NAVIGATION FOR PRECISION GUIDANCE AND LANDING
20110908	Brenner Mats A.	Ground-based system and method to monitor for excessive delay gradients
20111027	Rene Jr Landry Marc-Antoine Fortin	Universal acquisition and tracking apparatus for global navigation satellite system (GNSS)

	Jean-Christophe Guay	
20110519	MacDonald Andrew John Reeve David Robert Morrison Campbell Robert	VEHICLE CONTROL SYSTEM
20120315	Jean-Christophe Levy	Method and system for verifying the precision performance of a satellite navigation system
20121122	John W. Peake Gurcan Aral Gregory D. Chiocco	Agricultural Autopilot Path Adjustment
20101208	THALES ATM GmbH	Monitoring device for an augmented satellite-based positioning system and augmented satellite-based positioning system
20110921	Thales	Method and system for verifying the precision performance of a satellite navigation system
20060208	Honeywell Int Inc.	Apparatus for improved integrity of wide area differential satellite navigation systems
	Bell Helicopter Textron Inc.	Method and system for creating an approach to a position on the ground from a location above the ground
	Intel Corporation	Method and apparatus for mobile device location via a network based local area augmentation system
20050127	CMC Electronics Inc.	Low cost, high integrity digital signal processing
	Sharma Vivek Wichgers Joel M. Carrico Matthew J. Rathinam Sethu R. Koczo, Jr. Stefan	Runway and airport incursion alerting system and method
20101209	Guenther Christoph	METHOD FOR DETERMINING THE DISTANCE BETWEEN A TRANSMITTER AND A RECEIVER
20120301	NEXTEQ NAVIGATION CORP.	SYSTEM AND METHOD FOR APPLYING AUGMENTATION CORRECTIONS FOR GNSS POSITIONING
	Douglas A. Bell Richard D. Jinkins Sarah Barber Felix B. Turcios	Systems and methods for generating and verifying altitude data
20120126	MICRODERMIS CORPORATION	TRANSDERMAL COMPOSITIONS
20110728	AIRBUS OPERATIONS (S.A.S.)	Method And Device For Aiding The Piloting Of An Aircraft During A Final Approach Phase
20120315	THALES	METHOD AND SYSTEM OF CALCULATION FOR THE EVALUATION OF THE PRECISION PERFORMANCE OF A SATELLITE NAVIGATION SYSTEM
20020424	Bell Helicopter Textron Inc.	METHOD AND SYSTEM FOR CREATING AN APPROACH TO A POSITION ON THE GROUND FROM A LOCATION ABOVE THE GROUND
20060726	AIRBUS France	Flight management process for an aircraft
20060726	AIRBUS France	Aircraft navigation system and controlling method thereof
20081112	EUROCOPTER	HYBRID POSITIONING METHOD AND DEVICE
20080402	ASTRIUM SAS	System for providing augmentation data relevant to several different global navigation satellite systems
20130123	Honeywell International Inc.	Ground-based system and method to monitor for excessive delay gradients
20110921	Thales	Calculation method and system for assessing the precision performance of a satellite navigation system

나. 국내 GBAS 핵심특허

등록년도	출원인	발명제목
2007.12.26	한국항공우주연구원	지상기반 위성항법 보강시스템을 위한 통신제어장치 (Communication Controller Unit for Ground Based Augmentation System)
2011.06.30	한국항공우주연구원	전리층 폭풍에 의한 거리영역에서의 위성항법 이상신호 검출방법(Abnormal Signal Detecting Method in GPS Signal of Distance Domain Caused by Ionospheric Storm)
2009.12.29	한국항공우주연구원	위성항법 기반 기준국 지향 시공간 차분을 이용한 전리층 폭풍 감지 시스템 및 방법 (IONOSPHERE STORM DETECTION SYSTEM AND METHOD USING REFERENCE STATION ORIENTED SPACE-TIME DIFFERENTIAL BASED ON GNSS)
2011.09.20	건국대학교 산학협력단	운송수단용 위성항법시스템의 수신기 고장 검출 장치 및 그 방법 (APPARATUS AND METHOD FOR DETECTING RECEPTION OF GLOBAL NAVIGATIOIN SATELLITE SYSTEM RECEIVER FOR VEHICLE)
2010.10.01	주식회사 텔에이스	위치 정보 송신 장치, 위치 정보 수신 장치, 위치 정보 획득 방법, 그리고 위치 기반 서비스 시스템 (POSITIONAL INFORMATION TRANSMITTING DEVICE, POSITIONAL INFORMATION RECEIVING DEVICE, POSITIONAL INFORMATION OBTAINING METHOD, AND POSITIONAL INFORMATION BASED SERVICE SYSTEM)
2011.12.14	한국항공우주연구원	기준국 수신기 시계오차 조정 효과를 고려한 GNSS 의사거리 보정치 표준편차 설정방법 (Standard Deviation Establishing Method for GNSS Pseudorange Correction Considering Reference Receiver Clock Adjustment Effect)
2011.05.17	주식회사 두시텍	다중 위성 항법 원시 보정 통합 기준국 장치 (RAW MEASUREMENT CORRECTING REFERENCE STATION APPARATUS FOR MULTIPLEX SATELLITE NAVIGATION)
2011.05.17	주식회사 두시텍	다중 위성 항법 오류 검출 및 분석 장치 (APPARATUS FOR DETECTING AND ANALYZING MULTIPLEX SATELLITE NAVIGATION ERROR)
2011.05.17	주식회사 두시텍	다중 위성 항법 상태를 감시하기 위한 통합 감시 보강 시스템 (INTEGRATION MONITORING AND ARGUMENTATION SYSTEM FOR MONITORING MULTIPLEX SATELLITE NAVIGATION STATE)
2008.09.23	한국해양연구원	위성전파항법 보강 시스템 (GNSS augmentation system)

2011.12.14	한국항공우주연구원	기준국 수신기 시계오차 조정 효과를 고려한 GNSS 의사거리 보정치 표준편차 설정방법 (Standard Deviation Establishing Method for GNSS Pseudorange Correction Considering Reference Receiver Clock Adjustment Effect)
2007.05.08	한국해양연구원	위성전파항법 보강시스템용 기준국 수신기의 원시정보측정잡음 산출 장치 및 방법 (apparatus of computing the pseudorange measurement noise of reference station receiver for GNSS augmentation systems and method thereof)
2010.10.15	대한지적공사	측정치 보정정보의 위치영역 매핑을 이용한 위성항법 보강방법 (Differential GPS using Range Correction Mapping)
2010.07.07	한국해양연구원	위성전파항법 보강시스템의 기준국 장치 및 이에 적용되는 의사거리 보정정보에 대한 거리오차 추정값 산출방법 (DGNSS Reference Station and method of estimating a User Differential Range Error thereof)
2004.05.03	큐엑스 코퍼레이션 피티와이 리미티드	위치 네트워크를 시간순으로 동기화시키는 방법 및 장치 (A METHOD AND DEVICE FOR CHRONOLOGICALLY SYNCHRONIZINGA LOCATION NETWORK)
2009.12.29	한국항공우주연구원	위성항법 기반 기준국 지향 시공간 차분을 이용한 전리층 폭풍 감지 시스템 및 방법 (IONOSPHERE STORM DETECTION SYSTEM AND METHOD USING REFERENCE STATION ORIENTED SPACE-TIME DIFFERENTIAL BASED ON GNSS)
2008.04.11	한국해양연구원	위성전파항법 수신시스템의 원시정보 측정잡음 산출 장치및 방법 (Apparatus and Method of Gauging the Measurement Noise of the Raw Data observed by GNSS Receivers)
2009.10.22	한국해양연구원	DGPS 기준국용 수신기의 신호추적을 위한 루프 대역폭 조정 방법 (method of controlling Loop Bandwidth for optimal signal tracking of DGPS Reference Receivers)
2006.01.25	주식회사 네비콤	다중 경로 오차 제거를 위한 코드추적루프 및 다중 경로오차 제거 방법 (Code Tracking Loop and Method for Multipath ErrorMitigation)
2009.12.28	한국항공우주연구원	코쉬 분포를 이용한 의사거리 무결성 정보 제공 방법 (Method To Generate Pseudorange Integrity Information Using Cauchy Distribution)

3절. 국내외 정책 및 시장동향 및 분석

1. 미국(FAA) 정책 동향

가. FAA를 중심으로 한 기술개발 및 정책 동향

○ 미국은 NextGen 프로그램 활동의 한 부분으로 GBAS 기술 분야의 연구개발을 추진하고 있으며, GBAS 기술을 NextGen 구축과 차세대 항행시스템 구현을 가능하게 하는 핵심기술(enabling technology) 중 하나로 중요하게 인식하고 있음.

○ FAA를 중심으로 1990년 중반부터 산학연 전문연구기관들과 지속적인 계약적, 기술적 협력을 진행하며 GBAS 개발을 꾸준히 추진한 바 있음. 2009년 9월에는 Honeywell사의 SLS-4000 모델을 전세계에서 최초의 GBAS CAT-I 장비로 제품 설계 및 제작 승인(SDA : System Design Approval)에 이르렀음.

○ 기술개발 선도국으로서 국제민간항공기구(ICAO)의 표준 및 권고기준(SARPS)에 명시된 기술규격을 독립적으로 검토하여 수용하는 방식을 채택하고 있음. RTCA, FAA 등의 기술규격 생성을 통해 자국의 기술표준을 정립하고 이를 기술개발에 활용하고 있는 상황임. 즉, 관련 제품 개발 뿐 아니라 기술규격 제정에 있어서도 세계를 선도하는 역할을 수행하고 있음.

○ 현재 FAA의 GBAS 연구개발 주된 관심은 GPS L1 주파수를 이용하여 GBAS CAT-II/III를 구현하는 기술인 GAST-D 시스템 관련 연구와 비준에 맞춰져 있음. 현재 FAA의 GBAS 연구개발 활동을 요약하면, FAA의 GBAS 프로그램은 ICAO SARPS GAST-D 요구사항들에 대한 검증, GAST-C (CAT-I) 기술 보완 및 운용 경험 확보, RFI 문제 분석 및 저감 지원(현재 관련 활동은 완료됨)과 같은 세 가지 목표에 집중되어 있음.

○ GAST-D 시제품 및 연구개발에 대한 지원이 지속적으로 진행되고 있으며, 지상시스템 시제품을 FAA Tech Center(Atlanta)와 Honeywell사에 설치하고 개발 및 시험을 추진 중임. GAST-D 지상시스템은 SLS-4000 Block II 버전을 업그레이드하여 개발하는 방식으로 추진되고 있음. 또한 GAST-D 구현을 위해서 중요한 역할을 하는 CAT-II/III 탑재장비 시제품에 대한 연구도 병행되고 있음.

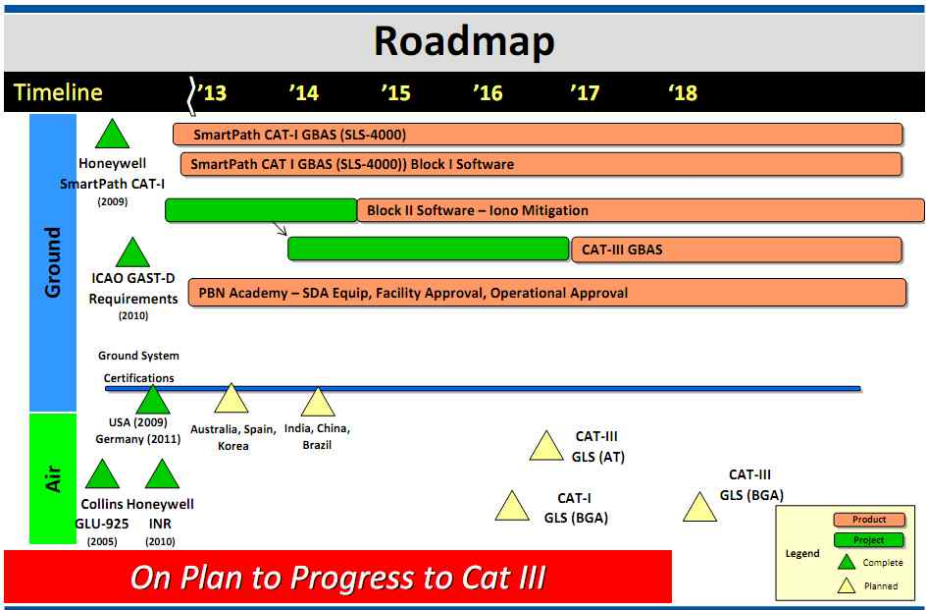
○ 현재 GBAS CAT-I 연구는 크게 Newark, Houston, Moses Lake 세 곳에서 진행되고 있음. Newark에서는 뉴욕뉴저지항만관리청이 2012년 9월에, Houston은 휴스턴 국제공항이 2013년 4월에, Moses Lake은 보잉사가 CAT-I의 관리 및 운용을 진행 중임. 특히 FAA와 Boeing은 Moses Lake에서 CAT-III 비준승인을 추진 중임.

○ 현재 GBAS CAT-I에 대한 성능평가 테스트는 완료되었으며, CAT-III의

기능적인 부분의 구축을 완료하기 위해 관련된 여러 가지 작업을 수행중임. CAT-III에 관련하여 30초 의사거리 스무딩 기법, D-SIGMA 기법, CCD (Code Carrier Divergence) 필터를 이용한 발산 모니터링 기능과, 고장을 검출하는 기법 등이 구축 완료되었으며, 비행실험을 통하여 데이터를 수집중임. 2017년 전후을 목표로 GAST-D 승인 프로그램을 완료할 계획이며, 이를 위해 Honeywell사는 FAA 기술 센터와 협력하여 미니애폴리스(Minneapolis)에서 GAST-D 시제품을 제작중임.

나. GAST-D 시스템의 승인 관련 일정

○ 2013년 9월에 기능 검증(Functional Validation)이 있을 예정이며, 2013년 중으로 Honeywell사는 FAA에 SDA 신청 접수를 추진하고 CAT-II/III 시제품 개발과 시험 평가를 진행할 계획임. 2017년에 SDA를 완료하는 것으로 예정되어 있음. 그러나 CAT-I 관련 과거의 전례로 보아 수년의 지연은 불가피할 것으로 전망됨.



<그림 2.3.1> Honeywell의 GBAS CAT-III 연구개발 계획 도식도

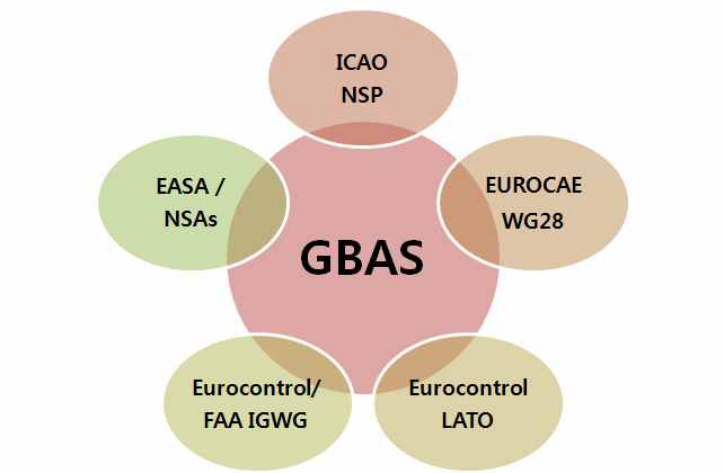
(14차 IGWG 발표자료, 2013)

2. 유럽 정책 동향

○ 미국의 NextGen 프로그램에 상응하는 유럽에 의해 추진 중인 SESAR (Single European Skay ATM Research) 프로그램은 GBAS 기술개발에도 많은 투자를 하고 있음.

○ 유럽은 Eurocontrol을 중심으로 SESAR 프로그램을 통해 GBAS 연구개발 활동을 전 방위적으로 지원중임. 유럽의 GBAS 기술 관련 연구활동은 단순 제품 개발 차원으로 한정되지 않고 진보된 GBAS 운영개념 및 운용 기술 개발, CAT-II/III 기술 개발, 유럽 각국의 구축 지원을 위한 연구 등의 다양한 과제로 분산되어 있음.

○ 또한 유럽 내의 여러 전문기술기관 (EASA, EUROCAE, Eurocontrol 등)의 전문가 기술 활동을 지원하고 있을 뿐 아니라 ICAO, FAA와의 국제적인 기술협력 활동을 통한 상호 기술 호환성 및 조화(harmonization)의 노력을 추진하고 있음.

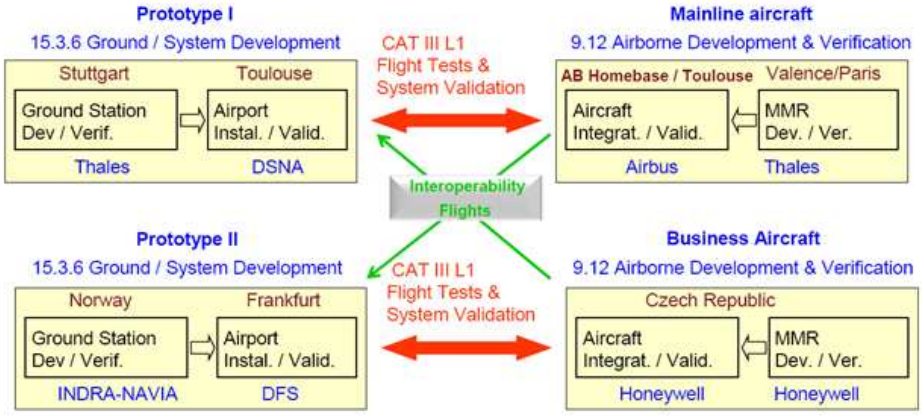


<그림 2.3.2> 유럽의 GBAS 프로그램 관여기관 현황

(14차 IGWG 발표자료, 2013)

○ Eurocontrol은 GBAS 운영 및 구축 지원 활동을 지속하고 있으며, CAT-II/III 기술 요구조건들의 유효성을 검증하는 활동과 다중주파수와 다중위성군을 지원하는 GBAS 기술에 대해서도 연구를 진행 중임.

○ 시험과 시뮬레이션을 위한 성능평가용 도구 PEGASUS를 개발하고 이를 활용하는 활동을 지원함. PECASUS는 GPS 파일 확장자 변환, Multipath 계산 등이 가능하며, B-value를 이용한 GAD 테스트 등을 활용해 지상평가를 수행할 수 있도록 지원하는 GBAS 기술에도 활용 가능한 소프트웨어 툴임.



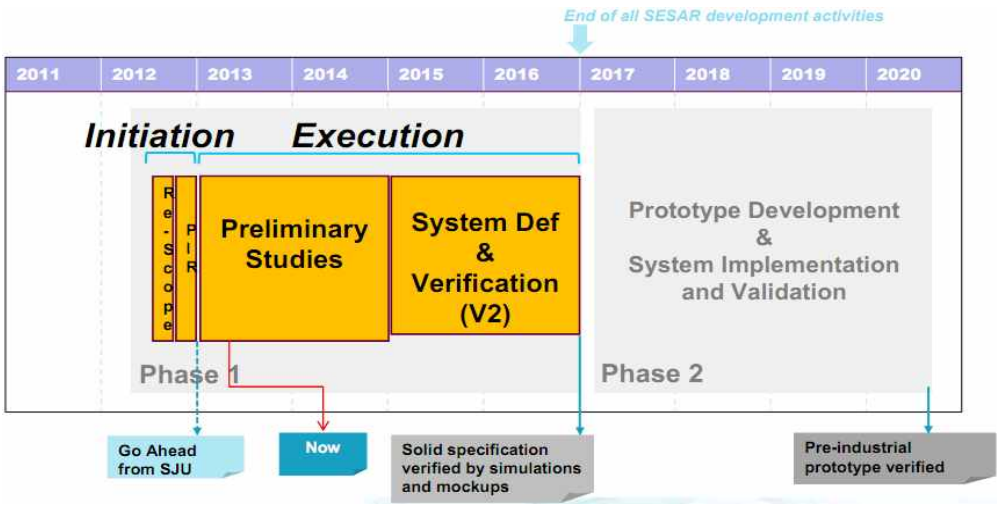
<그림 2.3.3> Eurocontrol의 GBAS CAT-II/III (GAST-D) 개발을 위한 지상장비-탑재장비간 기술 호환성 교차 검증 계획

(14차 IGWG 발표자료, 2013)

나. 지상장비 및 탑재장비 지원

○ CAT-II/III 지상 시제품은 Thales사, INDRA-NAVIA사가 개발에 참여 중임. 현재는 ILS (Instrument Landing System) 운영 개념을 기반으로 CAT-II/III GBAS 연구를 수행 중임. 대형기 탑재장비는 Airbus가, 중소형기 (Regional급) 탑재장비는 Alenia사가 연구를 맡고 있음.

다. 프로젝트 과정 및 계획



<그림 2.3.4> GBAS 연구개발 계획 도식도

(14차 IGWG 발표자료, 2013)

○ <그림 2.3.4>에서 알 수 있듯, 시스템 정의 및 검증 등 개발기법 연구를 하는 기간을 Phase 1, 시제품 개발과 완성을 하는 기간을 Phase 2라 규정하고 있음. 현재는 예비조사 기간에 해당하며 2016년까지 Phase 1 과정 완료, 2020년까지 Phase 2 과정 완료를 목표로 연구를 추진하고 있음.

3. 일본 GBAS 기술 개발 및 정책 동향

가. GBAS 관련 활동

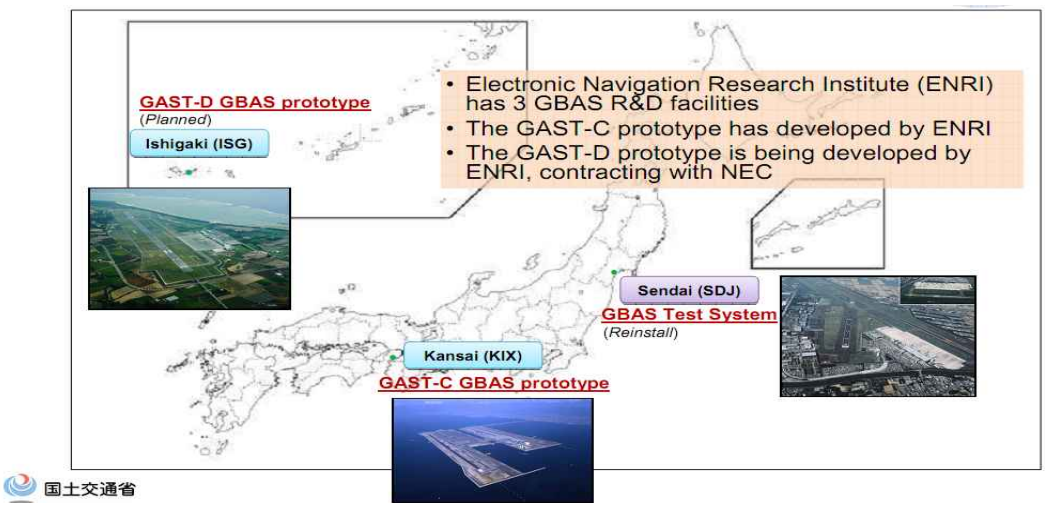
○ JCAB(Japan Civil Aviation Bureau)이 GBAS 구축 연구를 진행하고 있음. 주로 운용 실행 가능성에 대해 연구하고 있음.

○ ENRI R&D 활동인 GAST-C, GAST-D를 지원중임. ENRI는 Kansai지방에서 GAST-C GBAS 시제품을 만들고 있었으며, 앞으로 Ishigaki 지방에 GAST-D GBAS 시제품을 개발하고 설치하는 것이 예정되어 있음.



<그림 2.3.5> CARATS(PBN) 구현 계획 도식

(14차 IGWG 발표자료, 2013)



<그림 2.3.6> ENRI가 주관하는 GBAS R&D 활동

(14차 IGWG 발표자료, 2013)

나. GAST-D 접근 방식

○ IGM 수준의 개발을 진행 중이며 SDA는 고려하지 않고 있음. IGM 개발 및 시험 평가 결과를 바탕으로 IGWG (International GBAS Working Group)에 적극적으로 참여하고 있음. 기업으로서는 NEC가 GAST-D 연구 개발에 일부 참여하고 있음.

○ IGM 수준의 개발에서도 무결성 확보에 난항을 겪고 있음, 이는 전리층 활동이 활발한 지리적 특성에 기인하는 것으로 분석됨.

4절. GBAS 국제 규격 분석

1. ICAO Navigation System Panel (ICAO NSP)

○ 국제민간항공기구(ICAO)는 지속적으로 증가하는 21세기의 항공교통 수요에 대비하고 현재의 항행안전시설에 대한 근본적인 문제점을 해결하기 위하여 노력하고 있으며, 위성항법 시스템의 표준실행권고안 (SARPs) 개발을 위하여 CNS Section에 GNSS 위원회를 두어 2001년 11월에 GPS, GLONASS의 위성항법 시스템과 ABAS, SBAS, GBAS, GRAS 등의 보정항법 시스템에 대한 표준실행권고안 (SARPs)을 개발하여 Annex 10, Vol.1에 공표함.

가. Conceptual Framework for the Proposal for GBAS to Support CAT-III Operations [2-25]

○ 본 문서는 CAT-III 운영을 지원하기 위한 기술 컨셉을 서술하고 있으며, 새로운 항공기/지상 시스템의 요구조건을 개괄적인 측면의 개요를 서술하고 있음.

○ GAST-C/D의 차이

- GFC (GBAS Facility Classification) D 기지국은 현재 있는 FAST (Facility Approach Service Type) C와 새로운 FAST-D의 성능 요구조건을 만족해야 함.

- FAST-D는 CAT-II/III 자동 착륙 운용을 지원하기 위하여 추가적인 모니터 요구조건이 필요하며, 이 요구조건들은 특정 디자인을 기반으로 하여 위험한 요소들을 평가할 수 있도록 거리 도메인에 대하여 서술되어 있음.

- 고장 및 환경 조건에 대한 추가적인 완화 방법 등 새로운 항공기 기능이 포함되어야 함.

- 항공기 기능과 지상시스템을 결합하여 각 위험한 조건에 대하여 발생할 수 있는 총 리스크를 평가할 수 있음.

- GBAS SIS (Signal-In-Space) TTA (Time-To-Alert)는 용인할 수 있는 상태를 넘은 시점에서부터 GBAS 수신기가 경고를 받을 때까지의 최대 가능 경과시간이며, GAST-C와 달리 GAST-D 지상 시스템은 오차 상태를 발견하는 데 1.5초가 할당되어 있음.

- 기존 기준 개념은 지상국에서 귀무가설 환경 (Fault free condition) 항공기 수신기에서 결정되는 항법해의 무결성을 담당하였지만, 새로운 개념에서는 지상국에서 의사거리 도메인에서의 위성 신호를 모니터 하며 항공기에서는 결과가 적절한지를 판단함.

- 지상국의 현재와 새로운 개념의 기준 차이를 간단히 정리한 표가 아래와 같이 나타나 있음.

- 항공기의 현재와 새로운 개념의 기준 차이를 간단히 정리한 표가 아래와 같이 나타나 있으며, 이 둘의 가장 큰 차이점은 귀무가설 환경 (Fault free condition) 수신기의 상세한 정의가 제거되었으며 현재 상위 레벨 요구조건(정확성, 연속성, 무결성, 가용성)은 Main body에서 결정되지 않는다는 점임.

<표 2.4.1> 항공기의 FAST-C와 FAST-D의 기준 차이 [2-25]

<table>
<tr><th rowspan="2">요구조건 종류</th><th rowspan="2">기존 항공기 기준</th><th colspan="2">새로운 개념의 항공기 기준</th></tr>
<tr><th>Standard Characteristics</th><th>Non-standard</th></tr>
<tr><td>Positioning accuracy</td><td>(1) 의사거리 정확성
(2) code smoothing 특징</td><td rowspan="5">(1) “오차를 경계짓는 프로토콜”의 적용을 포함하여 경보 한계 비교는 기존 요구조건과 같이 유지
(2) 새로운 방송 파라미터 (MT 11)와 MT 2의 데이터 블록 3과 관련된 새로운 요구조건
(3) fault free 수신기의 결과에서 SIS성능은 CAT-I 기준과 동일하나 아래의 조건은 제외
- GAST-D SIS 요구조건의 범위에 전리층 이상현상 오차가 포함되지 않을 경우
- GAST-D에 적용하는 지상시스템의 추가적인 특정한 연속성 요구조건
(4) 추가적인 하위 레벨 모니터링 요구조건은 기준국과 항공기 탑재체 모두에 존재하는 전리층 이상현상 오차로 정의됨
(5) 전리층 이상현상으로 인하여 더욱 발견되지 않을 오차의 크기에 한계를 가지는 지상국의 자리선정 기준</td><td>항공기의 CAT-III TSE 요구조건과 운용인증을 지원하기 위한 기하 스크린 기법의 추가</td></tr>
<tr><td>Integrity risk</td><td>(1) 보정된 의사거리 오차의 경계
(2) 프로토콜 실행과 경보 한계의 비교에 대한 요구조건</td><td>(1) 추가적인 기하 스크린 방법은 위성의 고장 가설에서 할당된 요구조건을 만족해야 함
(2) 전리층 이상현상을 더욱 완화하기 위한 추가적인 요구조건
(3) 단일 기준 수신기 고장에 대한 B-value 파라미터의 모니터링 추가 요구조건</td></tr>
<tr><td>Continuity risk</td><td>None</td><td>모니터링과 기하 스크린 요구조건은 시스템의 운용과 일관되어야 함</td></tr>
<tr><td>Availability</td><td>None</td><td>유도의 가용성은 시스템의 운용과 일관되어야 함</td></tr>
<tr><td>VDB Messaging</td><td>(1) VDB 수신기 성능 특징
(2) 데이터 사용에 대한 기능적 요구조건</td><td>None</td></tr>
</table>

○ GBAS Approach Service Type D 개요

- 지상국을 위한 하위 레벨 모니터 성능 요구조건의 추가.
- 지상국에서 제공하는 추가적인 정보를 제공받기 위하여 항공기에서 30초 보정 정보의 사용 및 추가적인 전리층 모니터링.
- 추가적인 전리층 모니터링은 지상국 시스템에 요구됨.
- 지상국의 추가적인 자리선정 요구조건은 GAST-D를 지원하기 위한 활주로의 한계치(Threshold)와 지상국 간의 최대 거리로 제한됨.
- H1 가설을 기반으로 한 보호수준 무결성 식으로 경계 되지 않는 잔류하고 있는 위협이나 지상국에서 검출되는 것을 고려하기 위한 항공기의 B-value 모니터링 추가.
- 항공기 Geometry screening 요구조건 추가.
- 항공기 모니터링에서 커버하는 드문 전리층 이상 현상을 제외한 오버바운딩 기반의 보호 수준 파라미터 추가.
- 현재 기존 탑재체와 상호작용을 유지하며 다양한 서비스 타입을 지원하기 위하여 지상 및 항공기 기준의 변화.
- 지상국 시스템의 무결성 위험 요구조건의 추가.

○ 지상국 및 항공기에서의 추가적인 전리층 완화 방법

- GAST-D에서는 전리층 폭풍으로 인한 잔류 오차를 완화하기 위하여 30초 평활화 보정된 의사거리 보정 정보를 사용하여 항공기와 지상국에서 모니터 함.
- 30초와 100초 평활화를 거친 의사거리 측정치를 동시에 사용하여 항공기 탑재체에서 전리층 경사의 생성 여부를 모니터 함.
- 또한 항공기에서 CCD (Code-Carrier Divergence) 모니터를 사용하여 항공기가 지상국에 도착하기 전 혹은 보정 정보를 사용하기 전에 전리층 경사를 검출함.
- 항공기에서 검출하지 못하는 전리층 경사를 검출하기 위하여 지상국 시스템에서도 향상된 모니터링이 필요하며, 이는 거리측정값 기반 검출 기법과 위치 선정 제한요건 (지상국과 활주로 한계 거리의 최대는 5km 임)등과 같은 요구 조건을 말함.
- 다른 위험 완화 방법으로 우주 기상 날씨를 모니터링 하여 전리층 활동이

높은 날에는 시스템 운용 제한을 하는 방법도 있음.

○ 단일 기준 수신기 고장의 항공기 B-value 모니터링

- GAST-C에서는 기준 수신기를 모니터링 하며 수신기의 고장 오차를 나타낸 B-value값을 MT-1로써 항공기에 전송함.

- GAST-C 보호 수준 무결성 할당에서는 기준 수신기 고장을 검출하는 데 효과적인 방법이지만, GAST-D에서는 추가적인 항공기 모니터링 기법이 필요함.

- GAST-D에서는 항공기에서도 방송된 B-value의 크기를 기하와 결합하여 모니터 하며, 단일 수신기 고장이 감항 기준을 위배하지 않는다는 것을 보장할 수 있어야 함.

- 항공기 RRFM (Reference Receiver Failure Monitor)은 기존의 B-value 방송 파라미터를 사용함.

- 모니터 검정통계량은 수직/수평 B-value와 30/100초 평활화 위치 차이를 결합하여 결정함.

○ 추가적인 항공기 Geometry Screening 요구 조건

- 항공기 탑재체는 단일 위성에 크게 의존하는 결과를 갖는 기하를 제거하기 위하여 추가적인 Geometry Screening가 필요함.

- 거리 도메인 (range domain)에서 위치 도메인 (position domain)으로 변환할 때 가장 작은 값이 되도록 기하를 선택함.

○ GAST-D 보호 수준 파라미터 및 프로토콜

- GAEC (GBAS Airborne Equipment Classification) D 탑재체는 GAST-C에 새로운 통신 파라미터를 사용하여 GAST-D 요구조건을 만족함.

- 새로운 파라미터는 100초 평활화를 이용한 항법해의 무결성 보호 수준을 제공하기 위하여 지상국에서 보내짐.

- 항공기의 새로운 알고리즘에서는 30초 항법해로 추가적인 오차를 계산하며 30초 항법해의 보호수준을 확장하는데 필요한 보정 정보를 적용함.

- 다른 파라미터는 GAST-C와 동일하지만 Kmd_e_D, GPS, Kmd_e_D, GLONASS, $\sigma_{vig,D}$, PD, $\sigma_{pr_gnd,100}$는 추가적으로 필요한 파라미터 임.

- Ground Facility Classification (GFC) D 기지국은 GAST-C와 D 보호수준

파라미터를 방송해야 함.

○ 다수의 서비스 타입을 허용하기 위한 지상 및 항공기 기준의 변화

- 미래의 지상시스템이 다수의 서비스 타입을 지원할 때, 지상국은 사용자에게 적절한 타입의 서비스를 선택할 수 있게 정보를 제공해야 하며 기존에 있던 탑재체도 새로운 타입의 서비스에 대한 지식 없이도 정상적으로 작동해야 함.

- 다수의 서비스 타입을 제공하기 위한 방법으로 다음과 같은 접근이 제안됨.

• 접근을 위하여 지원할 수 있는 최상의 서비스 타입을 MT-4의 FAS (Final Approach Segment) 블록에 명시해 놓음
• 항공기 탑재체는 FAS블록을 선택하고 적절한 서비스 타입을 선택한 후에 해당하는 기능적 요구조건을 적용함
• 항공기 탑재체는 어떠한 서비스 타입이 선택되었고 사용 중 인지에 대한 상태정보를 알림

○ GAST-D를 위한 운용 개념

- GAEC-D 사용자와 GAST-D가 가능한 지상국의 경우, GAST-D 서비스를 지금 사용하지 않는다고 하더라도 요구조건이 있으며 이는 전리층 경사 위협의 완화 모니터링과 같은 기법이 항공기가 최종 접근에 도달하기 전에도 수행되어야 함.

- GAEC-C 사용자와 GAST-D가 가능한 지상국의 경우, 항공기 탑재체는 정상적인 방법의 채널을 택하며 새로운 메시지 타입인 MT-11은 무시하게 됨. GAST-D가 가능한 지상국에서는 GCID (GBAS Continuity / Integrity Designator) 값이 '2'로 설정 됨.

- GAEC-D 사용자와 GAST-C만 가능한 지상국의 경우, 지상국에선 GCID를 1로 설정하고 항공기 탑재체는 더 높은 서비스 타입의 정보를 찾으려고 하지 않으며 지상국에서 GAST-C만 가능하다고 할지라도 CCD 모니터링 같은 기법은 항상 실행되어야 함.

나. GBAS CAT-II/III Development Baseline SARPs [2_4_2-17]

○ 데이터 내용

- MT 1 - GAST-D 파라미터

· Data Block 3의 추가적인 파라미터는 GAST-D 서비스가 활성화 될 경우 사용됨.

<표 2.4.2> Data Block 3의 추가적인 GAST-D 파라미터 [2-26]

데이터 내용	사용된 Bit	값의 범위	Resolution
$K_{md\_e\_D,GPS}$	8	0-12.75	0.05
$K_{md\_e\_D,GLONASS}$	8	0-12.75	0.05
$\sigma_{vert\_iono\_gradient\_D}$	8	$0-25.5\times10^{-6}$	0.1×10^{-6}
Spare	8	-	-

· $K_{md_e_D,GPS}$는 GPS 궤도력 오차의 미 검출 될 확률에서 유도된 승수, $K_{md_e_D,GLONASS}$는 GLONASS 궤도력 오차의 미 검출 될 확률에서 유도된 승수, $\sigma_{vert_iono_gradient_D}$는 전리층 잔류 오차의 불확실성에 대한 정규화 분포의 표준 편차값.

- MT 4 - 접근 성능 Designator (접근 서비스 분류)

<표 2.4.3> Coding에 따른 접근 서비스 분류 [2-26]

Coding	사용된 Bit
0	GAST-A 혹은 B
1	GAST-C
2	GAST-C와 GAST-D
3	GAST-C, GAST-D 및 향후 정의될 추가적인 접근 서비스
4	GAST-C, GAST-D 및 향후 정의될 두 개의 추가적인 접근 서비스
5~7	Spare

○ 데이터 적용을 위한 프로토콜 정의

- MT 11 정의

• 위 가. 3) RTCA LAAS ICD 참고

- 보정된 의사거리

$$PR_{corrected} = P_{CSC} + PRC \times (t - tz - count) + TC + c \times (\Delta t_{SV})_{L1}$$

· PRC는 의사거리 보정 정보로서 100초 시간상수 보정 정보는 MT 1로부터, 30초 시간상수 보정 정보는 MT 11로부터 추출됨.

· RRC는 의사거리 보정 정보 Rate으로서 100초 시간상수 보정 정보 Rate은 MT 1로부터, 30초 시간상수 보정 정보 Rate는 MT 11로부터 추출됨.

· t는 현재 시각, tz-count는 PRC (Pseudoragne Correction), RRC (Range Rate Correction)를 포함한 수정된 Z-count 메시지에서 얻어진 적용가능 시각, TC는 대류층 보정 정보임.

- 전리층 잔류오차의 불확실성

$$\sigma_{iono} = F_{PP} \times \sigma_{vig} \times (X_{air} + 2 \times \tau \times v_{air})$$

· F_{PP}는 주어진 위성에 대한 사상 함수이며, X_{air}는 항공기와 지상국간의 거리, v_{air}는 항공기의 속도임.

· σ_{vig}는 활성화된 GAST에 따라 달라지며, GAST-A, B 혹은 C일 경우 $\sigma_{vig} = \sigma_{vert_iono_gradient}$이고, GAST-D일 경우 $\sigma_{vig} = \sigma_{vert\_iono\_gradient\_D}$ 임.

· τ는 활성화된 GAST에 따라 달라지며, GAST-A, B 혹은 C일 경우 100초에 해당하며, GAST-D일 경우 100초 시간상수는 무결성 경계를 위해 30초 시간상수는 σ_{iono}의 측정치에 가중하는데 사용됨.

- 보호수준 (Protection Level)

$$\sigma_i^2 = \sigma_{pr\_gnd,i}^2 + \sigma_{tropo,i}^2 + \sigma_{pr\_air,i}^2 + \sigma_{iono,i}^2$$

· 보호수준 계산 시 사용되는 σ항은 위와 같으며, 이 중 $\sigma_{pr_gnd,i}^2$는 활성화된 GAST에 따라 달라지며, GAST-A, B, 혹은 C 일 경우 MT 1로부터, GAST-D일 경우 $\sigma_{pr_gnd,i}^2 = \sigma_{pr_gnd\,D}^2$을 MT 11로부터 사용됨.

· σ_{vig}는 활성화된 GAST에 따라 달라지며, GAST-A, B 혹은 C일 경우 $\sigma_{vig} = \sigma_{vert\_iono\_gradient}$ 이고, GAST-D일 경우 $\sigma_{vig} = \sigma_{vert\_iono\_gradient\_D}$ 임.

· 위 두 사항은 최소 제곱 가중 행렬 및 Faulted 상태에서도 적용됨.

- Ephemeris Error Position Bound

· 항법해를 구하는데 있어 사용되는 위성들에 한해서만 계산되며, SBAS나 의사위성과 같은 의사거리 측정치에 대해서는 행해지지 않음.

· 궤도력 Decorrelation 파라미터인 P_e는 활성화된 GAST에 따라 달라지며, GAST-A, B 혹은 C일 경우, $P_e = P$로서 MT1로부터, GAST-D일 경우 $P_e = P_D$로서 MT 11로부터 사용됨.

· 방송된 궤도력에 대한 미 검출 승수인 K_{md_e}는 활성화 된 GAST에 따라 달라짐.

· GAST-A, B 혹은 C일 경우, $K_{md\_e} = K_{md\_e,GPS}$ 혹은 $K_{md_e} = K_{md_e,GLONASS}$을 MT2로부터, GAST-D일 경우 $K_{md\_e} = K_{md\_e\_D,GPS}$ 혹은 $K_{md_e} = K_{md_e_D,GLONASS}$을 MT2의 추가적인 Datablock 3으로부터 사용됨.

○ 비 항공기 요소(Non-aircraft Element)

- GBAS 지상 시스템 무결성

· GAST-D에서 FAST-D로 분류된 GBAS 지상시스템의 SIS 무결성 위협은 $1.5\times10^{-7}/approach$ 보다 낮아야함.

· GAST-D에서 FAST-D로 분류된 GBAS 지상시스템의 1.5초 이상의 시간동안 명령에 순응하지 않는 정보의 생성 및 전송은 매 착륙마다 1×10^{-9}의 확률보다 낮아야함.

- 접근 서비스를 위한 최대 TTA (Time-to-Alert)

· FAST-A, B, C 혹은 D로 분류된 지상 시스템은 MT1 가 방송될 때, 모든 SIS 무결성 요구조건을 위해 TTA는 3초 이하가 되어야 함.

- FAST-D 지상 시스템을 위한 추가적인 경계 요구조건

· GAST-D에서 방송된 파라미터로부터 계산 된 σ_{vert}(VPL_{H0}계산에 사용), σ_{lat}(LPL_{H0}계산에 사용) 값은 보정 정보 적용 후 잔류하고 있는 오차를 zero-mean의 정규분포로서 경계 지음.

· GAST-D에서 방송된 파라미터로부터 계산 된 $\sigma_{vert,H1}$(VPL_{H1}계산에

사용), $\sigma_{lat,H1}$(LPL_{H1}계산에 사용) 값은 보정 정보 적용 후 잔류하고 있는 오차를 하나의 기준 수신기가 제외된 상태에서 영평균(zero-mean)의 정규분포로서 경계 지음.

- FAST-D 지상 시스템을 위해서 한 개 이상의 측정치와 한 개 이상의 기준 수신기의 고장률은 $1\times10^{-5}/150s$보다 낮아야함.

- FAST-D를 위한 추가적인 연속성 서비스 요구조건

  · 1.5초 이상 동안 GBAS 지상 시스템의 잘못된 경보, 의사거리 측정치의 배제 및 모니터, 계획되지 않은 서비스 중단의 원인에 대한 확률은 15초 동안 2.0×10^{-6}을 넘지 말아야함.

  · GBAS 지상시스템 모니터의 오검출 (false Detection) 의해 MT1 혹은 MT11 보정 정보의 Fault-free 의사거리 측정치가 배제될 확률이 15초 동안 2.0×10^{-7}를 넘지 말아야함.

- 입지기준(Siting Criteria)

  · FAST-D GBAS 지상시스템과 활주로의 LTP사이의 거리는 5km 이하여야함.

○ 기능적 요구조건(Functional Requirements)

- 데이터 방송 요구조건

  · GAST-C 혹은 D를 지원하기 위해 MT 4에 FAS Block을 방송 해주어야함.

- VDB 인증(Authentication)

  · FAST-D로 분류된 모든 GBAS 지상시스템은 VDB 인증을 지원함.

- FAST-D 지상시스템을 위한 SIS 무결성 파라미터 방송

  · GAST-D를 지원하는 지상시스템은 MT 11에 $\sigma_{pr_gnd_D}$와 각 의사거리 측정치에 해당하는 MT 1에 B 파라미터를 방송해줌.

  · FAST-D 지상시스템의 MT 11 방송을 위해 σ_{pr_gnd} Coding이 MT 1에서 유효하지 않다면, $\sigma_{pr\_gnd\_D}$ Coding 또한 MT 11에서 유효하지 않아야함.

- GAST-D를 위한 궤도력 Decorrelation 파라미터

· FAST-D로 분류된 지상시스템은 각 핵심 위성군의 의사거리 측정치에 대해 궤도력 Decorrelation 파라미터를 MT 11에 방송 해주어야하며, 해당하는 무결성 위협을 만족해야함.

- FAST-D 지상 시스템을 위한 전리층 불확실성 추정치 파라미터

· 지상시스템은 MT2에 전리층 지연 기울기 파라미터, 추가적인 데이터 Block-3을 위 보호수준 무결성 위협 요구조건을 만족시키기 위해 방송해야함.

- FAST-D를 위한 LTP/FTP와 FPAP (Flight Path Alignment Point) 위치

· GAST-D를 지원하는 접근을 위해 LTP/FTP는 FAS 정의에 따라 활주로의 중앙선과 착륙 한계(threshold) 교차점에 존재해야함.

· GAST-D를 지원하는 접근을 위해 LTP/FTP는 FAS 정의에 따라 확장된 활주로의 중앙선과 Offset 파라미터인 $\Delta Length$가 활주로의 끝을 정확히 알리기 위해 코딩되어야 함.

- 보강시스템에 대한 일반적 기능 요구조건

· FAST-D로 분류된 지상시스템은 하나의 핵심 위성군 중 12개 이상의 위성에 대한 보정 정보를 처리 할 수 있어야함.

○ 모니터링(Monitoring)

- RF 모니터

· FAST-D 지상시스템을 위해 데이터 전송은 모니터 시스템에 저장된 이전의 적용 데이터와 전송된 적용 데이터 간의 1초 동안 지속적으로 이상이 생길 경우 0.5초 안에 중단 되어야함.

- 데이터 모니터

· 지상시스템 모니터는 TTA 요구조건을 만족시키기 위해 MT1과 MT11 혹은 MT101를 측정치 Block 없이 방송함.

· 지상시스템 모니터는 TTA 요구조건을 만족시키기 위해 의사거리 측정치가 유효하지 않을시 MT1과 MT11 혹은 MT101를 $\sigma_{pr\_gnd\_D}$, $\sigma_{pr_gnd_D}$를 함께 방송함.

- GNSS 의사거리 측정치를 위한 무결성 모니터

· FAST-D 지상시스템을 위해, 1.5초 이내 보정 및 30초 평활화 과정을 거친 의사거리 측정치 중 의사거리 Source의 고장으로 인해 발생하며 검출 되지 않는 오차에 대한 확률, $|Er|$ 은 아래의 표와 같이 범위

안에 들어와야 함.

· 의사거리 Source 고장은 신호변형(Signal Deformation), Code-Carrier Divergence, Excessive pseudoragne acceleration, 잘못된 궤도력 데이터 방송으로 나누어짐.

· FAST-D 지상시스템을 위해, 1.5초 이내 보정 및 30초 평활화 과정을 거친 의사거리 측정치 중 의사거리 Source의0 고장으로 인해 발생하고, 검출 되지 않는 1.5m 이하의 오차에 대한 확률, $|Er|$ 은 모든 착륙에 대해 $P_{apriori}$가 곱해질 시 1×10^{-9}를 넘지 말아야함 .

<표 2.4.4> P_{md_limit}파라미터 [2-26]

미검출 확률 (Probability of Missed Detection)	의사거리 오차(Meter)
$P_{md\_limit} \le 1$	$0 \le \|Er\| < 0.75$
$P_{md\_limit} \le 10^{(-2.56\times\|Er\|+1.92)}$	$0.750 \le \|Er\| < 2.7$
$P_{md\_limit} \le 10^{-5}$	$2.7 \le \|Er\| < \infty$

- 전리층 기울기 모니터

· D는 FAST-D의 기준점과 한계(threshold)까지의 거리를 의미하며, 모든 방향에서 1.5m/D보다 큰 미 검출 전리층 지연 기울기 값이 발생할 확률이 1×10^{-9}보다 클 경우 FAST-D로 분류된 지상시스템에서 1.5초 안에 MT11 ($\sigma_{pr_gnd_D}$ 비트 패턴 “1111 1111”)안에 해당 위성이 유효하지 않는 것을 표시해야함.

○ 항공기 요소(Aircraft Element)

- GBAS 메시지 처리 능력

<표 2.4.5> 항공기 탑재체 Message Type Processing [2-26]

GBAS 항공기 탑재체 분류	처리되어야할 최소한의 메시지 타입
GAEC-(GBAS Airborne Equipment Classification) A	MT1 혹은 101, MT 2 (제공가능에 따라 ADB 1과 ADB 2 포함)
GAEC-B	MT1, MT 2(제공가능에 따라 ADB 1과 ADB 2 포함), MT4
GAEC-C	MT1, MT 2(제공가능에 따라 ADB 1 포함), MT4
GAEC-D	MT1, MT 2(제공가능에 따라 ADB 1,2와 4 포함) , MT4, MT11

- 의사거리 보정 정보 유효성

  · GAST-D가 활성화 될 때, 수신기는 MT 11의 $\sigma_{pr_gnd_D}$와 MT1의 σ_{pr_gnd}의 비트 패턴 “1111 1111” 지정을 위한 모든 의사거리 Source를 배제시켜야함.

- GCID (Ground Continuity and Integrity Designator) 지표

  · GAST-D가 활성화 될 때, GCID가 접근의 마지막 단계 시작에 앞서 2, 3 혹은 4를 나타낸다면 수신기는 GBAS 지상 시스템으로 전송된 메시지를 유도에만 사용해야함.

- 메시지 손실

  · GAST-D가 활성화 될 때, 수신기는 아래 조건을 만족한다면 적절한 주의를 제공하거나 활성화된 서비스 타입을 수정하여야함.

• LTP/FTP위 혹은 200ft아래에서 측위를 할시, 지난 1.5초 동안 MT 1의 수신 되지 않은 경우
• LTP/FTP위 혹은 200ft아래에서 측위를 할시, 지난 1.5초 동안 MT 11의 수신 되지 않은 경우
• LTP/FTP이상 혹은 200ft에서 측위를 할시, 지난 3.5초 동안 MT 1의 수신 되지 않은 경우
• LTP/FTP이상 혹은 200ft에서 측위를 할시, 지난 3.5초 동안 MT 11의 수신 되지 않은 경우

- 항공기 의사거리 측정치

  · GAST-D가 활성화 될 때, 항공기 탑재체는 30초 시간 상수의 의사거리를 측정치를 사용하여야 함.

○ 무결성

- GAST-D의 경우 위치 도메인의 무결성은 항공기에 위임하고 FAST-D 지상시스템은 항공기가 이 서비스를 사용할 수 있도록 추가적인 데이터와 모니터링을 제공함.

- GAST-D는 항법해를 경계 짓는 것과 같은 요구조건을 가지며 단일 지상 기준 수신기 고장과 전리층 이상 현상으로 인해 발생된 오차는 제외한 나머지 오차를 고려하여 보호 수준을 계산함.

- 전리층 이상 현상으로 인해 발생한 오차의 책임은 항공기에 할당되어 있음.

- GAST-D의 지상시스템 무결성 위험 요구조건은 착륙 시 최소 노출 시간동안 고장이 생겨 오류를 포함한 데이터를 전송할 확률을 제한하며, 고장에 노출될 임계시간은 수직 유도의 경우 고도 200ft에서 40ft 사이(보통 15초)를 말하며 수평 유도의 경우 200ft에서 완전히 rollout 할 때까지의 시간으로 주로 30초를 의미함.

- GAST-D를 위한 전리층 완화 방법

  · 전리층 이상현상은 접근 운용 시 항법해 결정에 큰 오차를 발생시키므로 이러한 오차를 완화시키는 방법이 필요하며, 이는 GBAS 접근 서비스에 따라서 다른 전략이 사용됨.

  · GAST-D에서 전리층 이상을 완화시키기 위하여 항공기에서 전리층의 급격한 기울기를 검출하는 CCD (code-carrier-divergence) 모니터와 의사거리 잔차 오차가 크지 않다는 것을 확실히 하는 Geometry Screening을 사용함.

  · 또 다른 항공기의 오차 완화 방법으로는 DSIGMA (Dual Solution Ionospheric Gradient Monitoring Algorithm)로 불리며 두 개의 다른 평활화 시상수를 사용하여 동시에 항법해를 결정하며 두 해를 가지고 검정 통계량을 계산하여 전리층 이상 현상을 검출함.

  · 이를 위해 GAST-D에서는 Kmd_e_D,GLONASS, Kmd_e_D,GPS, PD, σvert_iono_gradient_D 파라미터를 사용함.

  · GAST-D에서는 전리층 이상 현상을 완화하는 방법으로 지상국과 항공기에서 나누어서 감시를 하고, 위 파라미터를 이용하여 보호수준을 계산하는데 GAST-C처럼 전리층 이상 현상으로 인한 오차를 경계 짓는 것이 필요하지 않으나 정상 전리층 오차는 경계 지어져야 함.

  · 전리층 이상 현상을 검출하기 위한 모니터를 시뮬레이션 하기 위하여 “기준 위협 공간”이라는 이상 현상 범위가 필요하며, 이는 전리층 특징 및 현상에 의해 결정되고 이는 전리층 모델을 선형으로 증가하는 반무한의 선형모델로 구축됨.

  · GAST-D에는 고장 난 단일 기준 수신기 무결성 요구조건을 유지하기 위하여 항공기 수신기에 모니터가 추가되었으며, 항공기 수신기는 B-value를 근거로 하여 항법해의 오차를 계산하며 이를 한계치와 비교함.

  · 항공기에 위와 같은 모니터가 있기 때문에, 단일 기준 수신기의 고장으로 인한 가장 큰 오차 크기를 계산할 수 있으며 이는 모니터의 사전 고장 확률과 검출하지 못할 확률에 따라 크기가 달라짐.

  · GAST-D에서 의사거리 측정치의 고장을 검출하기 위하여 거리 도메인 모니터가 필요하며 거리 도메인 모니터 요구조건에는 의사거리 고장의

사전 확률과는 관계없이 특정 거리 요소 실패의 P_{md} 성능을 제한하고,

의사거리 고장에 대한 사전 확률이 주어졌을 때 특정 의사거리 Source의 P_{md} 성능의 사전 확률을 제한함.

- 위 모니터를 검증하는 방법은 테스트와 분석의 조합을 통해 이루어지며, 일반적인 방법으로는 각 고장 모드의 위협 공간을 확인함이 고려되어야 하고 항공기 파라미터와 같은 범위를 정의하는 Airborne configuration space을 확인하여야 함.

- CCD 위협은 위성에서 신호를 보낼 때 code와 carrier 신호가 급격하게 발산함으로 인해 발생하는 결함이며, GAST-D를 위하여 항공기 시스템에 CCD 변화율 모니터링이 필요함.

- 신호 변형은 방송된 C/A 코드가 변형되어 항공기와 지상국에서 신호를 추적 하는 데 사용되는 상관도 피크(correlation peak)가 변형되는 것이며, 항공기에서 신호 변형 위협을 확인하기 위해서 사용되는 파라미터 중 GAST-D에서 필요한 것은 상관기(correlator)의 종류(Early-Late or Double Delta)와 상관기의 간격(spacing), GPS 신호 대역폭임.

- 자동 착륙 시스템(CAT-II/III)의 감항 증명은 고장이 있을 때와 없을 때를 고려하여 성능 평가가 이루어져야 하며, 평소 성능은 지상국 정확성과 항공기 정확성, 위성 기하의 조합으로 추론할 수 있으며 고장 상태에서의 오차는 무결성 모니터링에서 유도할 수 있음.

- GAST-D의 경우 MT1 혹은 MT 11 중 하나가 SIS TTA를 만족시키는 메시지 타임 아웃 내에 항공기 수신기에 도달해야 하며, 지상시스템은 30초 보정 의사거리에 용인될 수 있는 오차를 넘어간 상태를 검출하고 무효한 거리 측정치를 제외시키는 데 1.5초만이 할당되어 있음.

- 또 다른 SIS TTA 할당으로 항공기가 활주로 한계값 200ft 아래에 있을 경우에 MT1 혹은 MT 11이 1.5초 안에 수신되지 않으면 경고를 생성하거나 서비스 타입을 바꾸게 됨.

- GAST-D를 위한 지상시스템의 무결성은 지상시스템에 고장이 생겼을 경우 시스템의 기능이나 잘못된 정보를 야기할 확률이 매우 적다는 것을 보장할 수 있는 방법으로 확인되며, 이를 검증하는 방법으로 분석과 디자인 절차와 관련된 적절한 안전성 조합을 통해 평가됨.

- 경보 한계값과 보호수준 비교를 통해서 항법해를 같은 요구조건으로서 경계를 지음.

- 전리층 이상 현상에 의해 발생하는 오차를 완화 시켜야함.

- 추가적인 모니터 요구조건과 Design Assurance 요구조건이 GAST-D를 지원하기 위해 필요함.

- 서비스의 연속성

  · GCID는 현재 GBAS 지상시스템이 어떠한 성능까지 지원할 수 있는지를 나타내는 지표로, GAST-A, B, C일 때에는 GCID가 1로 지정되며 GAST-D까지 가능할 때에는 GCID가 2로 지정됨.

  · GAST-D를 지원하는 지상국 연속성은 1-8.0 x 10-6/15 sec이고 이는 두 가지 요구조건으로 정의되며, 모든 요소의 고장을 포함하는 지상국의 연속성, 즉 무결성 실패로 발생하는 서비스의 중단과 fault free 검출 모니터와 관련된 연속성을 말함.

- 수직 경보한계 정의

  · 활성화 된 서비스가 C 혹은 D일 경우의 수직 경보 한계는 LTP/FTP 위로 높이 60m(200ft)로 조정됨.

- 모니터 및 유지보수 행동

  · VDB 신호는 GBAS 방송국의 운용에 있어서 중요하기 때문에 VDB 모니터가 필요하며 모니터에서 파워의 세기가 급격히 떨어질 경우, 정해진 메시지 타입 전송의 실패, 모든 메시지 타입 전송의 실패를 확인하며 각 요건에 해당하는 지속 시간은 FAST-C의 경우 최대 3초이며 FAST-D의 경우 최대 1.5초임.

- MT 2 추가 데이터 블록

  · Type 2 메시지의 추가 데이터 블록 3은 GAST-D를 지원하기 위해 필요한 정보를 포함하며, 요구조건 경계짓는 것을 만족시키기 위하여 모든 FAST-D 지상시스템은 추가 데이터 블록 3을 전송함.

- GAST-D를 위한 항공기 절차

  · GAST-D가 접근 서비스 타입으로 선택되었을 때 항공기 탑재체에서 MT 11에서 제공되는 30초 기반과 MT 1에서 제공하는 100초를 기반으로 한 평활화 의사거리로 항법해 차이를 계산함.

- MT 11

  · MT 11은 FAST-D 지상시스템에 필요하며 본 메시지에는 시상수 30초로 평활화 된 의사거리 데이터 차분 보정 정보가 포함되어 있음.

- SQM (Signal quality monitor) 디자인

  · SQM의 목적은 항공기가 잘못된 정보를 받는 것을 막기 위한 신호 이상을 검출하는 것이며 GAST-D의 경우 차분 의사거리 오차가 특정한 값에 도달하기 전에 검출을 확신하기 위한 추가적인 요구조건이 필요함.

· Early-late 상관기와 GPS위성 추적하는 GAEC-D (GBAS Airborne Equipment Class D) 수신기는 아래 표의 regions 2,3,4 범위 안에 들어와야 함.

<표 2.4.6> EL 상관기와 GPS를 추적하는 수신기의 제약조건 [2-26]

Region	3 dB precorrelation BW	Average correlator spacing (chips)	Instantaneous correlator spacing (chips)	Differential group delay
1	2 < BW ≤ 7 MHz	0.045 - 1.1	0.04 - 1.2	≤600ns
2	7 < BW ≤ 16 MHz	0.045 - 0.21	0.04 - 0.235	≤150ns
3	16 < BW ≤ 20 MHz	0.045 - 0.12	0.04 - 0.15	≤150ns
4	20 < BW ≤ 24 MHz	0.08 - 0.12	0.07 - 0.13	≤150ns

· Early-late 상관기와 GLONASS 위성 추적하는 GAEC-D 수신기는 아래 표의 regions 2,3 범위 안에 들어와야 함.

<표 2.4.7> EL 상관기와 GLONASS를 추적하는 수신기의 제약조건 [2-26]

Region	3 dB precorrelation BW	Average correlator spacing range (chips)	Instantaneous correlator spacing range (chips)	Differential group delay
1	7 < BW ≤ 9 MHz	0.05 - 1.0	0.045 - 1.1	≤100ns
2	9 < BW ≤ 15 MHz	0.05 - 0.2	0.045 - 0.22	≤100ns
3	15 < BW ≤ 18 MHz	0.05 - 0.1	0.045 - 0.11	≤100ns

· Double delta 상관기와 GPS 위성 추적하는 GAEC-D 수신기는 아래 표의 regions 2,3 범위 안에 들어와야 함

<표 2.4.8> DD 상관기와 GPS를 추적하는 수신기의 제약조건 [2-26]

Region	3 dB precorrelation BW	Average correlator spacing range (chips)	Instantaneous correlator spacing range (chips)	Differential group delay
1	2 < BW ≤ 7 MHz	0.045 - 0.6	0.04 - 0.65	≤600ns
2	7 < BW ≤ 14 MHz	0.045 - 0.24	0.04 - 0.26	≤150ns
3	14 < BW ≤ 16 MHz	0.07 - 0.24	0.04 - 0.26	≤150ns

· Early-late 혹은 Double-delta 상관기와 SBAS 위성 추적하는 GAEC-D 수신기는 아래 표의 regions 2 범위 안에 들어와야 함.

<표 2.4.9> EL 혹은 DD 상관기와 SBAS를 추적하는 수신기의 제약조건 [2-26]

Region	3 dB precorrelation BW	Average correlator spacing range (chips)	Instantaneous correlator spacing range (chips)	Differential group delay
1	2 < BW ≤ 7 MHz	0.045 - 1.1	0.04 - 1.2	≤600ns
2	7 < BW ≤ 20 MHz	0.045 - 1.1	0.04 - 1.2	≤150ns

2. RTCA (Radio Technical Commission for Aeronautics)

가. Local Areal Augmentation System Minimum Aviation System Performance Standards (LAAS MASPS; DO-245A) [2-27]

○ 공항 주변 및 국부적 영역에 정밀 접근과 착륙을 지원하기 위해 개발된 LAAS (Local Area Augmentation System)를 위한 최소 항공 시스템 성능 표준(Minimum Aviation System Performance Standards)에 대한 내용을 포함하고 있음.

○ GBAS 서비스 레벨(GSL) : LAAS 접근 서비스 성능은 GBAS 서비스 레벨(GSL)로 나누어짐.

- 각 레벨의 설명은 아래 표에 설명되어 있음

<표 2.4.10> 접근 서비스를 위한 GBAS 서비스 레벨 [2-27]

GBAS 서비스레벨 (GSL)	각 서비스 레벨로 인해 지원되는 운용 범위
A	수직 안내가 가능한 접근 운용 (APV-I 성능)
B	수직 안내가 가능한 접근 운용 (APV-II 성능)
C	Category I 최소조건 까지의 정밀 접근
D	Category IIIb 최소조건 까지의 정밀 접근 (단, 항공 탑재체와 함께 보강되었을 때)
E	Category II/IIIa 최소조건 까지의 정밀 접근
F	Category IIIb 최소조건 까지의 정밀 접근

- 각 GBAS 서비스 레벨(GSL)에 따른 정확성, 무결성, 연속성에 관한 요구조건은 아래에 설명되어 있음.

<표 2.4.11> GSL Performance [2-27]

	Accuracy		Integrity				Continuity
GBAS Service Level	Lateral NSE Accuracy 95%	Vertical NSE Accuracy 95%	Integrity Probability	Time to alert	Lateral Alert Limit	Vertical Alert Limit	Continuity Probability
GSL A	16.0 m	20 m	$1-2x10^{-7}$ in any 150 s	10 s	40.0 m	50 m	$1-8x10^{-6}$ in any 15 s
GSL B	16.0 m	8.0 m	$1-2x10^{-7}$ in any 150 s	6 s	40.0 m	20 m	$1-8x10^{-6}$ in any 15 s
GSL C	16.0 m	4.0 m	$1-2x10^{-7}$ in any 150 s	6 s	40.0 m	10 m	$1-8x10^{-6}$ in any 15 s
GSL D	5.0 m	2.9 m	$1-1x10^{-9}$ in any 15 s vert, 30 s lat	2 s	17 m	10 m	$1-8x10^{-6}$ in any 15 s
GSL E	5.0 m	2.9 m	$1-1x10^{-9}$ in any 15 s vert, 30 s lat	2 s	17 m	10 m	$1-4x10^{-6}$ in any 15 s
GSL F	5.0 m	2.9 m	$1-1x10^{-9}$ in any 15 s vert, 30 s lat	2 s	17 m	10 m	$1-2x10^{-6}$ in any 15 s vert, $1-2x10^{-6}$ in any 30 s lat

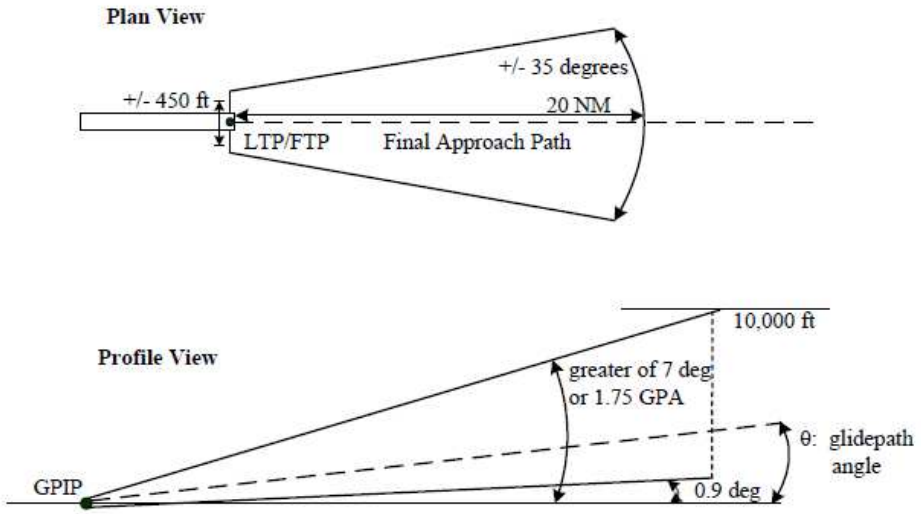
○ 서비스 범위(Service Volume): 특정 GSL에 해당하는 정확성, 무결성, 연속성을 만족해야 하는 범위를 말함.

- CAT-II를 제공하기 위한 최소한의 서비스 범위는 CAT-I과 동일하며 이는 다음과 같음.

<표 2.4.12> CAT-II를 제공하기 위한 최소한의 서비스 범위 [2-27]

횡방향	Landing Threshold Point/Fictitious Threshold Point (LTP/FTP)의 양쪽 450 피트로 시작하여, 최종 접근 경로 방향으로 LTP/FTP에서부터 20NM 떨어진 거리까지 +/-35° 안으로 들어오는 범위
종방향	횡방향 구역 안에서, GPIP(Glide Path Intercept Point)를 원점으로 하며 수평면 위로 최고 7° 혹은 활공각(Glide Path Angle, GPA)의 1.75배 각도를 가지며 최고 10,000ft 지상고도부터, GPIP를 원점으로 하는 수평면에서 0.9° 및 최소 고도가 결정 고도(DH)의 절반인 범위까지

- CAT-III를 제공하기 위한 최소한의 서비스 범위는 CAT-II와 동일한 범위에, threshold에서 활주로 끝까지로 연장되며 지면 위로 8ft에서 100ft까지 포함하는 구역을 추가한 범위.



<그림 2.4.1> CAT-I, CAT-II의 최소 서비스 범위 [2-27]

○ 시스템 요구사항 할당

- 정확성, 무결성, 연속성의 할당 방법은 CAT-I에서 했던 방법과 동일함.

- Non-Aircraft 요소 할당 요구조건은 기존 CAT-I과 동일함.

○ 정밀 접근 SIS 무결성

- LAAS의 SIS 요구조건은 ILS의 요구조건과 일치하게 개발됨.

- GSL D,E,F의 경우 수평, 수직 방향의 조건이 다름.

○ 무결성 노출 시간(Exposure Time)

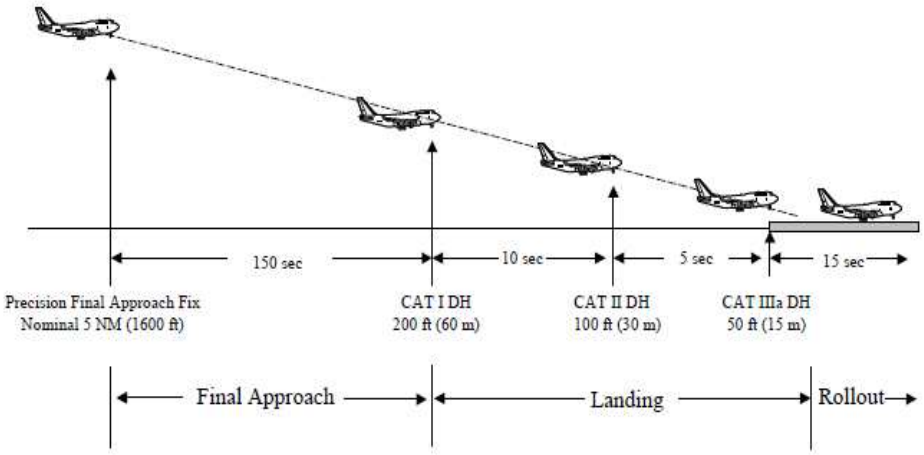
- 최종접근 지점(Final Approach Fix)에서 CAT-I 결정 고도까지의 시간 간격은 150초 이며 이는 항공기의 접근속도인 110 kts에 근거한 값임.

- CAT-II 운용은 200 ft와 CAT-II의 결정 고도 사이를 말하며 이 때 걸리는 시간은 10초이나, 보수적으로 15초로 정의함.

- CAT-IIIa 운용 시간은 CAT-I 결정고도부터 활주로의 시작 점(threshold, 50ft) 까지로 15초 임.

- CAT-IIIb의 수직 guidance는 CAT-IIIa와 동일하며 수평 guidance는 CAT-I 결정고도부터 착륙 후 활주(rollout) 까지를 의미하며 30초 임.

- SIS exposure interval은 기존 항공기 인증의 기준과 상응하는 것.

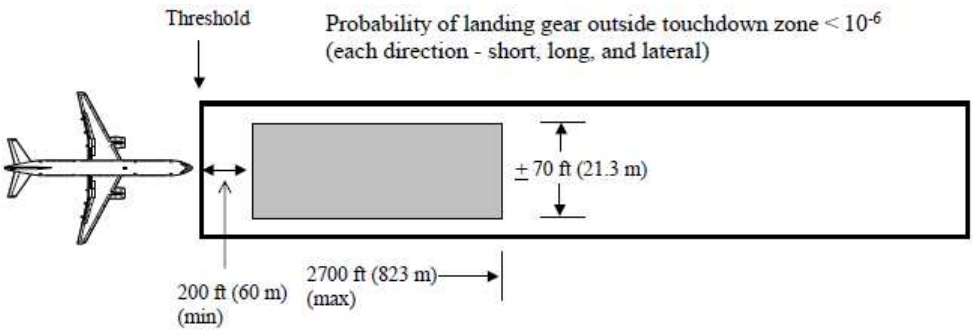


<그림 2.4.2> 접근 및 착륙 운용 [2-27]

○ CAT-II/III 경보 한계

- CAT-III의 수직 경보 한계는 CAT-I에서 유도 된 경보한계를 넘지 않으며 SIS 가용성을 최대화 하는 값을 선택함.

- 핵심 요구조건은 활주로의 시작점(Threshold)에서부터 200ft보다 짧지 않으며 2700ft보다 길지 않는 Touchdown 구역을 보장해야 함 (이외의 요구 조건은 FAA AC 120-28D 문서를 참고).



<그림 2.4.3> CAT-III Touchdown 성능 요구조건 [2-27]

- 성능 평가는 종 수평방향과 수직방향, 고장이 없을 때와 있을 때로 각각 구분하여 분석함.

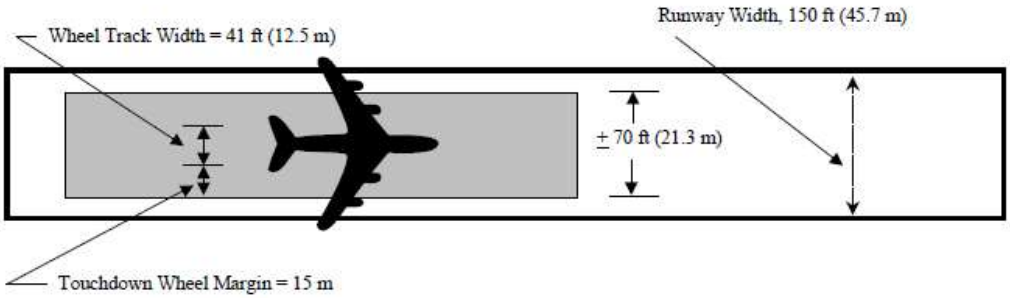
- CAT-III의 수직 경보 한계는 다음과 같이 계산함.

<표 2.4.13> CAT-III의 수직 경보 한계 [2-27]

Fault-Free	수직방향의 항행 시스템 오차 (NSE : Navigation System Error)와 운항기술오차 (FTE : Flight Technical Error)를 종 방향(longitudinal)으로 변환하여 활주로 내의 허용된 범위를 벗어나 착륙하게 될 확률 계산
Faulted	Fault-free와 비슷하게 구하며, 차이점은 JAR-AWO에 의해 정의된 한계 위험(limit risk)로 다룬다는 것. JAR-AWO의 한계 위험의 경우 Touchdown 구역을 2,700ft에서 3,000ft까지 늘림

- CAT-III의 가로 경보 한계(LAL : Lateral Alert Limit)는 수직 방향과 마찬가지로 Touchdown 기준을 기반으로 함.

- 가로 경보 한계는 수직 경보한계를 정립하는 과정과 거의 동일하지만, 활주로의 착륙이 허용된 범위지정 시 항공기 랜딩기어의 구조를 고려하여 착륙 범위를 설정함.



<그림 2.4.4> 가로 방향 Touchdown 요구 조건 [2-27]

○ CAT-II/III NSE 정확성 요구조건

- CAT-II/III의 수직 NSE 정확성 요구조건(95%)은 수직 경보 한계에서 유도됨.

- 수직 방향으로 가장 큰 Kffmd는 6.9이므로 수직경보한계가 10.0m인 경우 σVert_NSE는 1.5가 되며 따라서 95%(2σ)에 해당하는 값은 3.0m 임.

- CAT-III의 가로 방향 NSE 정확성 요구조건도 비슷한 방법으로 계산되며, 가장 큰 Kffmd는 7.0이고 수평경보한계가 17.0m인 경우 σLat_NSE는 2.5가 된다. 따라서 95%(2σ)에 해당하는 값은 5.0m 임.

나. Minimum Operational Performance Standards for GPS Local Area Augmentation System (LAAS) Airborne Equipment (LAAS MOPS; DO-253C) [2-28]

○ LAAS MOPS는 LAAS기반의 항공기 GPS 사용의 최저 운용 성능 기준을 포함하고 있으며, 항공기 정밀 접근 운용 등 다양한 서비스를 지원하는 LAAS 항공기 탑재체의 최저 성능 요구 조건 또한 포함하고 있음.

○ GBAS 서비스 분류

- GBAS 측위 서비스: 사용자에게 무결성 정보를 제공함.
- GBAS 접근 서비스: 보정 정보를 이용하여 사용자로 하여금 정확한 차분 측위를 서비스함.

○ GBAS 접근 서비스 분류(GAST)

<표 2.4.14> GBAS 서비스 분류 [2-28]

GAST-A, B, C	GAST-D
• ICAO Annex 10 Vol. I을 통해 APV I, APV II, and CAT-I으로 명시됨 • ICAO Annex 10 SARPs 표 A-3.7.2.4-1를 통해 위치 기반의 성능이 정리	• ICAO LAAS MOPS와 LAAS ICD DO-426D를 통해 정의 • GAST-C를 통해 성능 요구조건이 만족되나 CAT-II/III 운용을 위해 추가적인 요구조건 만족을 위해 정의

○ GNSS 수신기 기능

- Ranging Source

· LAAS 탑재체(Equipment)는 GAST-C 서비스를 제공할 때 5도 이상의 고도각에 해당하는 위성 집합을 다음과 같은 조건을 통해 선택하게 됨.

• 10개 이하의 위성이 존재 할 시, 시야의 모든 위성을 선택
• 10개 보다 많은 위성이 존재 할 시, 10개 보다 큰 위성 부분 집합을 선택

· LAAS 탑재체(Equipment)는 GAST-D 서비스를 제공할 때 GAST-C와는 다르게 주어진 위성 기하에 대해 사용가능 여부를 결정하게 됨.

- GAST-D 평활화 (Smoothing) 요구 조건

· LAAS 사용자와 지상국에서는 아래와 같은 필터를 통해 반송파를 이용한 평활화 과정을 거침.

<표 2.4.15> 반송파를 이용한 평활화 필터 [2-28]

$$P_{proj} = P_{n-1} + \frac{\lambda}{2\pi}(\phi_n - \phi_{n-1})$$
$$P_n = \alpha \rho_n + (1-\alpha) P_{proj}$$

where, P_n: 평활화 과정을 거친 의사거리 측정치
P_{n-1}: 이전의 평활화 과정을 거친 의사거리 측정치
P_{proj}: 투영된 의사거리 측정치
ρ_n: raw 의사거리 측정치
λ: 파장 길이
ϕ_n : 반송파 측정치
ϕ_{n-1} : 이전의 반송파 측정치
α: 필터 Weighting Function

- GAST-A, B, C에서는 필터의 Start-up에 기인하여 100s초 시간 상수를 이용하여 필터 Weighting Function을 정의하였으며, GAST-D에서는 100초의 시간 상수 이외에 30초의 시간 상수를 하나 더 정의하여 사용함.

- 이를 이용하여 GAST-D에서는 DSIGMA (Dual Smoothing Ionospheric Gradient Monitor)를 통해 급격한 전리층 기울기와 평활화 필터의 지체 등으로 발생한 특정 오차를 검출하게 됨.

○ 보정된 의사거리 측정치(Corrected Pseudorange)

- Reference Time Conditions

- 모든 위성의 의사거리 측정치들은 동일한 기준 시각을 이용한 동일한 지상국으로부터 생성된 보정 정보를 사용하며, 이 보정 정보를 차분 보정 정보 집합 (set of differential correction)이라 일컬음.

- GAST-D에서의 이 집합에는 100초 평활화 과정을 거친 보정 정보와, 30초 평활화 과정을 거친 보정 정보를 모두 포함함.

- Ranging Source Condition

: GAST-D를 제공할 때, 아래의 사항들을 Airborne Equipment Classification (AEC) D 탑재체(Equipment)에 적용하며, 100초와 30초 보정 정보는 아래의 조건을 충족할 시 사용하게 됨.

- Ranging Source를 위한 30초 보정 정보 포함한 MT 11의 $\sigma_{pr_gnd_30}$는 "1111 1111"로 세팅되어 있으면 안 됨.

- Ranging Source를 위한 30초 보정 정보 포함한 MT 11의 $\sigma_{pr_gnd_100}$는 "1111 1111"로 세팅되어 있으면 안 됨.

· LTP/FTP위, 200ft 아래에서 측위를 할시, 100초 보정 정보를 포함한 MT 1을 수신 경과 시간은 1.5초 미만이어야 함.

· LTP/FTP위, 200ft 아래에서 측위를 할시, 30초 보정 정보를 포함한 MT 11을 수신 경과 시간은 1.5초 미만이어야 함.

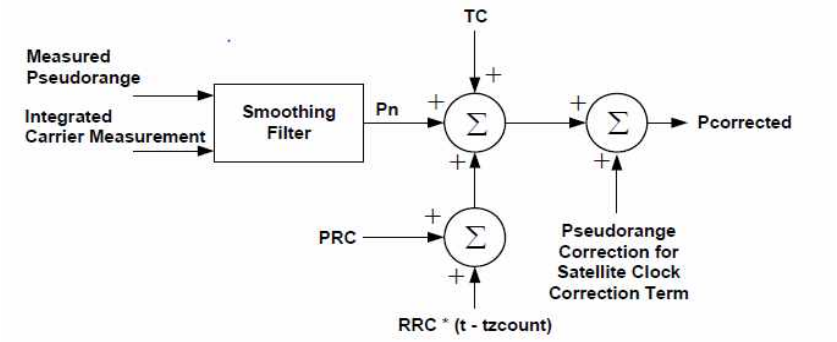
· LTP/FTP위, 200ft 아래에서 측위를 할시, 현재 시각과 보정 정보의 기준시각의 차이는 4초 미만이어야 함.

· LTP/FTP이상 혹은 200ft에서 측위를 할시, 30초 보정 정보를 포함한 MT 11을 수신 경과 시간은 3.5초 미만이어야 함.

· LTP/FTP이상 혹은 200ft에서 측위를 할시, 현재 시각과 보정 정보의 기준시각의 차이는 10초 미만이어야 함.

· MT 11 저주파수 데이터의 궤도력 비상관화 파라미터 (P_D)를 위한 적용 시각과 현재 시각의 차이는 120초 미만이어야 함.

○ 30초 보정 정보 적용



<그림 2.4.5> 의사거리 처리과정 [2-28]

- GAST-D 적용 시, 위 그림처럼 AEC D LAAS 탑재체(Equipment) 30초 보정 정보와 MT 11로부터 얻어진 PRC (Pseudoragne correction)와 RRC (Range Rate Correction) 와 함께 적용함.

○ LAAS Differential Position 요구조건

- 최소 제곱 가중 행렬(Least Square Weighting Matrix)

<표 2.4.16> 측위를 위한 최소 제곱 가중 행렬 [2-28]

$$W^{-1} = \begin{bmatrix} \sigma_1^2 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \sigma_2^2 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & \sigma_N^2 \end{bmatrix}$$

where, W^{-1}: 최소 제곱 가중 행렬의 역행렬

σ_i: 위성 i의 Fault-free 오차 1σ

$\sigma_i^2 = \sigma_{pr\_gnd\_x}^2[i] + \sigma_{tropo}^2 + \sigma_{pr\_air}^2[i] + \sigma_{iono}^2[i]$

($\sigma_{pr\_gnd\_x}$: 위성 i에 대한 접근 서비스 분류에 따른 Fault-free 오차)

σ_{tropo} : 위성 i에 대한 대류층 잔류 불확실성

σ_{pr_air} : 위성 i에 대한 Fault-free 항공기 오차

σ_{iono} : 위성 i에 대한 전리층 잔류 불확실성

- 항법해를 구하기 위에 위의 최소 제곱 가중 행렬이 쓰이게 되며, σ_i는 현재 행해지고 있는 서비스 분류에 따라 달라지며, $\sigma_{pr_gnd_x}$와 σ_{iono}가 해당됨.

<표 2.4.17> 특정 서비스에 대한 가중 변환 요구조건 [2-28]

서비스 분류	$\sigma_{pr\_gnd\_x}[i]$	$\sigma_{iono}[i]$
GAST-C	Message Type 1 $\sigma_{pr\_gnd}[i]$	Message Type 2의 $\sigma_{vert_iono_gradient}$와 100초 시간 상수 τ를 사용하여 변환
GAST-D	Message Type 11 $\sigma_{pr\_gnd\_30}[i]$	Message Type 2에서 추가적 인 데이터 Block 3 의 $\sigma_{vert_iono_gradient_D}$와 30초 시간 상수 τ를 사용하여 변환

- 접근 서비스 GAST-D를 위한 보정된 항법해

: GAST-D가 활성화되면, PAN (Precision And Navigation)는 30초 보정 정보를 이용한 항법해, 100초 보정 정보를 이용한 항법해 이 두 가지를 구하게 되며, 아래와 같은 요구조건이 적용됨.

· 100초 보정 정보를 이용한 항법해는 MT 1로부터 보정 정보를 이용해야함.

· 30초 보정 정보를 이용한 항법해는 MT 11로부터 보정 정보를 이용해야함.

· Projection 행렬 (S)는 위 두 가지 항법해를 구하는데 이용되는데, 하나는 Type 2 메시지의 $\sigma_{vert_iono_gradient}$와 100초 시간 상수 τ를 사용하여 변환되며, 다른 하나는 Type2 메시지에서 추가적 인 데이터 Block 3의 $\sigma_{vert_iono_gradient_D}$와 30초 시간 상수 τ를 사용하여 변환됨.

- Dual Solution Ionospheric Gradient Monitoring

· GAST-D를 지원할 경우 AEC (Airborne Equipment Class)-D 탑재체는 30초 보정 정보와 100초 보정 정보를 이용하여 항법해를 구함.

· 만약 두 항법해의 수직 방향 혹은 수평 방향 성분이 2m를 넘을 경우, 탑재체(Equipment)는 GAST-C로 접근 서비스를 변환하거나 이 테스트를 통과한 위성 Subset 기하를 사용함.

- Satellite Geometry Screening

· GAST-D를 활성화 될 때, AEC-D 탑재체(Equipment)을 위해 PAN는 아래와 같은 geometry screening을 실행함.

<표 2.4.18> Lateral Alert Limit [2-28]

Lateral Alert Limit(m)	LTP/FTP(D)로부터 항공기의 수평거리(m)
FASLAL	$0 \le D \le 873$
0.0044D+FASLAL-3.85	$873 \le D \le 7500$
FASLAL+29.15	$D > 7500$
FASLAL는 RTCA/DO-246() 정의	

<표 2.4.19> Vertical Alert Limit [2-28]

Vertical Alert Limit	H_P ($\sin GPA$, Glide Path Angle)
FASVAL	$H_P < 60.96$
$0.095965 H_p$+FASVAL-5.85	$60.96 < H_P \le 408.432$
FASVAL+33.35	$408.432 < H_P$
FASVAL는 RTCA/DO-246() 정의	

· Minimum VAL (Vertical Alert Limit)(위 표를 이용하여 변환)과 user-specified Max VAL를 사용하여 VAL를 변환함.

· 위와 같은 방법으로 LAL (Lateral Alert Limit)를 변환함.

· 항공기가 정밀 접근 지역(Precision Approach Region)에 진입하였을 때, 위성 Subset 중 Projection Matrix (S)의 수직 성분 $S_{Apr\_vert,i}$ 중 최대값인 $\max Svert$ 값이 특정 한계값을 넘게 되면 GAST-C로 접근 서비스를 변경하거나 특정 한계값을 넘지 않는 위성 Subset 기하를 사용하게 됨.

· 위와 마찬가지로 수평 성분에 대해서도 같은 과정을 거치게 됨.

· 항공기가 정밀 접근 지역에 진입하였을 때, 위성 부분 (subset) 기하 중 투영 메트릭스 (S)의 수직 성분 $S_{Apr\_vert,i}$ 중 최대의 두 값 $\max S_{vert2}$ 값이 특정 한계값을 넘게 되면 GAST-C로 접근 서비스를 변경하거나 특정 한계값을 넘지 않는 위성 부분 기하를 사용하게 됨.

- 고장 검출

· GAST-D가 활성화 되고 항공기가 PAR로 진입하였을 때, AEC-D 탑재체(Equipment)를 위해서 PAN는 4개 이상의 여분의 보정 정보가 존재할 시 30초 보정 정보 기반의 정밀 접근 항법해를 이용하여 고장 검출을 실행함.

· 고장 검출 알고리즘은 적어도 1분에 한번씩, PAR에 진입 시 6초 이내, 위성 기하가 변했을 경우 6초 이내로 실행되어야 함.

· Missed detection의 확률에 대한 요구조건은 정해져 있지 않으며, 한계치 (threshold)는 Sample 당 10^{-7}에 해당하는 False alarm의 확률로 정해져야함.

- 위성 추가에 대한 고장 검출

· GAST-D를 지원하는 탑재체는 항공기의 CCD 모니터의 출력 변수가 한계치 아래로 수렴한 이후로 실행됨.

· 항공기 CCD 모니터의 경과 시간에 의해서 20분의 관측 시간을 가지지 않은 위성에 대해서는 정밀 접근 항법해를 구하는데 사용되지 않음.

- Loss of Approach Guidance

: GAST-D 활성화 될 때, 아래의 조건 중 하나라도 시작이 될 경우 GAST-D는 0.4초 이내 무효화 되고, 탑재체는 낮은 접근 서비스로 시행을 하거나, 적절한 대처를 행함.

· 수평 방향 보호 수준(Lateral Protection Level) 혹은 수평 방향 Ephemeris Error Bound가 수평 방향 경보 한계를 넘을 경우

· 수직 방향 보호 수준(Lateral Protection Level) 혹은 수직 방향 Ephemeris Error Bound가 수직 방향 경보 한계를 넘을 경우

· LTP/FTP위 혹은 200ft아래에서 측위를 할시, 100초 보정 정보가 포함된 메시지 Type 1의 수신 경과 시간이 1.5초 이상인 경우

· LTP/FTP위 혹은 200ft아래에서 측위를 할시, 30초 보정 정보가 포함된

메시지 Type 11의 수신 경과 시간이 1.5초 이상인 경우

· LTP/FTP위 혹은 200ft아래에서 측위를 할시, 현재 시각과 보정 정보의 기준 시각의 차이가 4초 이상인 경우

· LTP/FTP이상 혹은 200ft에서 측위를 할시, 100초 보정 정보를 포함한 MT 1을 수신 경과 시간은 3.5초 이상인 경우

· LTP/FTP이상 혹은 200ft에서 측위를 할시, 30초 보정 정보를 포함한 MT 11을 수신 경과 시간은 3.5초 이상인 경우

· LTP/FTP이상 혹은 200ft에서 측위를 할시, 현재 시각과 보정 정보의 기준 시각의 차이가 6초 이상인 경우

- RRFM (Reference Receiver Fault Monitor)

· GAST-D를 위한 탑재체(Equipment)는 측위가 PAR에서 이루어질 경우 모든 기준 수신기에 대해서 RRFM 평가를 실행하게 됨.

<표 2.4.20> RRFM 평가 [2-28]

$$|B_{j\_Apr\_vert}| + D_V < T_{B\_air\_vert}$$

$$|B_{j\_Apr\_lat}| + D_L < T_{B\_air\_lat}$$

where, $B_{j\_Apr\_vert} = \sum_{i=1}^{N} s_{Apr\_vert,i} B[i,j]$

$B_{j\_Apr\_lat} = \sum_{i=1}^{N} s_{Apr\_lat,i} B[i,j]$

($B[i,j]$: 위성 i과 수신기 j의 B value)

D_V: 접근 서비스 분류에 따른 파라미터

D_L: 접근 서비스 분류에 따른 파라미터

$T_{B\_air\_vert} = K_{ffd\_B}\sqrt{\sigma^2_{B\_vert} + \sigma^2_{D_V}}$

$T_{B\_air\_lat} = K_{ffd\_B}\sqrt{\sigma^2_{B\_lat} + \sigma^2_{D_L}}$

$\sigma^2_{B\_vert} = \sum_{i=1}^{N} \frac{S^2_{Apr\_vert,i}\sigma^2_{pr\_gnd\_100,i}}{U[i]}$

$\sigma^2_{B\_lat} = \sum_{i=1}^{N} \frac{S^2_{Apr\_lat,i}\sigma^2_{pr\_gnd\_100,i}}{U[i]}$

$\sigma^2_{pr\_gnd\_100,i}$: 메시지 Type 11의 위성 i로의 보정 정보에 해당하는 GAST-D 총 Fault-free 오차

$K_{ffd\_B} = 5.5$: Fault-free detection의 승수

· $T_{B\_air\_lat}$, $T_{B\_air\_vert}$ 중 하나라도 초과할 될 경우, 접근 서비스 GAST-C로 변환하게 되거나, 위 한계치 (threshold)를 넘지 않는 위성 부분 기하를 사용하게 됨.

- 접근 서비스 분류별 보호 수준 요구 조건

  · 수직, 수평 보호 수준, 궤도력 오차 보호 수준, BAM evaluation 모두 접근 서비스에 따라 파라미터가 달라짐.

  · 오차 경계, σ_i, σ_{i_H1}, 궤도력 decorrelation 파라미터, P_{k_x}, missed detection 승수, $K_{md_e_k}$가 이에 해당함.

<표 2.4.21> 접근 서비스에 따른 보호수준계산에 사용되는 파라미터 [2-28]

서비스 분류	Positioning Service, GAST-C	GAST-D
$\sigma_{pr\_gnd\_x}$	메시지 Type 1의 σ_{pr_gnd}	메시지 Type 11의 $\sigma_{pr\_gnd\_30}$
σ_{iono}	메시지 Type 2의 $\sigma_{vert_iono_gradient}$와 100초 시간 상수 τ를 사용하여 변환	메시지 Type 2에서 추가적 인 데이터 Block 3의 $\sigma_{vert_iono_gradient_D}$와 30초 시간 상수 τ를 사용하여 변환
P_{k_x}	메시지 Type 1의 P_k	메시지 Type 11의 P_{k_D}
$K_{md\_e\_x}$	메시지 Type 2의 K_{md_e}	메시지 Type 2에서 추가적 인 데이터 Block 3의 $K_{md\_e\_D}$

다. LAAS ICD; DO-246D (Local Area Augmentation System Interface Control Document) [2-29]

○ GNSS를 기반으로 한 정밀접근인 Local Area Augmentation System (LAAS)의 인터페이스 규제 문서 (Interface Control Document)로, 본 문서에는 LAAS에서 방송되어야 할 정보들과 각 메시지에 대하여 정의 함.

○ GAST-D를 지원하기 위해서 LAAS는 추가적인 정보를 방송해야 함.

○ GAST-D를 지원하기 위해서 필요한 Message type과 ADB (Additional Data Blocks)가 있음.

- MT1 : 차분 보정 정보 제공 - 100초 평활화 의사거리 사용

- MT2 : GBAS와 관련된 정보를 전송하며 지상국의 정확한 위치 정보 등을 제공

- MT3 : VDB 인증 프로토콜을 지원하는 지상국에서 사용하는 Null 메시지

- MT4 : 최종진입부분(FAS : Final Approach Segment) 구성 데이터, (TAP : Terminal Area Path) 구성 데이터 제공

- MT5 : 지상국에서 항공기에 향후 가시권에 들어와 보정정보를 사용할 수 있는 측정치를 알려주는 메시지 - 측정치 가용성 정보 제공(Ranging Source Availability)

- MT11 : 차분 보정 정보 (30초, 100초 평활화 의사거리 보정 정보)를 제공하며 이는 GAST-D에 필요한 정보

- MT101 : GRAS 의사거리 보정 정보

○ Additional Data Block은 MT2 끝부분에 덧붙여 전송 됨.

- ADB 1 : 고정된 길이를 가지며, 기준국 데이터와 CAT- I을 위한 궤도력 오차 검출 “K″ 값과 LAAS 차분 보정치가 쓰일 수 있는 최대한의 거리 정보를 가짐.

- ADB 2 : GRAS를 위하여 남겨 둔 부분

- ADB 3 : GBAS 시설 분류(GFC : GBAS Facility Classification) D 지상국에서 전송되며 궤도력 오차의 missed detection ″K″값과 전리층 파라미터를 보냄.

- ADB 4 : 어떠한 슬롯(slot)이 지상국에서 할당되었는지 정보 포함(slot group definition)

<표 2.4.22> GAST-별 필요한 MT와 ADB [2-29]

Message Type	GAST-C	GAST-D
MT1	필요	필요
MT2	필요	필요
MT2-ADB 1	선택	필요
MT2-ADB 2	선택	선택
MT2-ADB 3	선택	필요
MT2-ADB 4	선택	필요
MT3	선택	필요
MT4	필요	필요
MT5	선택	선택
MT11	적용불가	필요
MT101	허락되지 않음	허락되지 않음

<표 2.4.23> Message Type 11 형식 [2-29]

데이터	비트수	값의 범위	설명
Modified Z-count	14	0 - 1199.9sec	본 메시지에 있는 파라미터의 기준 시각, MT1과 같은 값을 가짐
Additional Message Flag	2	0 - 3	단일 프레임 안에 보정 정보가 MT 11에도 포함 되어있는지 혹은 메시지와 연결되어있는지 여부
Number of Measurements	5	0 - 18	메시지 안에 포함된 측정치 개수
Measurement Type	3	0 - 7	보정 정보가 계산되는 시그널 타입
Ephemeris Decorrelation Parameter	8	0 -1.275x10^{-3}m/m	공간적 비상관화 (spatial decorrelation)로 인한 차분 궤도력 오차의 영향을 나타 냄
For N Measurement Block			
Ranging Source ID	8	1- 255	어떠한 위성의 측정치를 사용
Pseudorange Correction($PRC_{\tau 30}$)	16	±327.67m	30초 시상수로 계산한 의사거리 보정치, MT1에서 정의된 값으로 적용 가능
Range Rate Correction($RRC_{\tau 30}$)	16	±32.767m/s	보정치 변화율
$\sigma_{pr\_gnd,100}$	8	0 - 5.08m	시정수 100초로 보정 정보를 계산하였을 때의 오차에 대한 표준편차
$\sigma_{pr\_gnd,30}$	8	0 - 5.08m	시정수 30초로 보정 정보를 계산하였을 때의 오차에 대한 표준편차

5절 연구개발 인프라 분석

1. 정부 출연 연구소 인프라

○ 현재 응용분야는 다르지만 GBAS와 같은 위성항법보강시스템을 활용한 사용자 측위의 성능 향상을 위한 연구는 몇몇 정부 출연 연구소를 중심으로 진행되고 있음.

○ 항공분야에 적용을 위한 연구는 한국항공우주연구원을 중심으로 진행되고 있으며 1990년 초부터 항공기의 안전한 착륙 시스템 개발을 목표로 집중적인 연구가 진행되고 있음.

○ 지금까지의 연구는 항공기 착륙을 위한 정확도 확보 가능성에 대한 다양한 접근 방법으로 연구가 진행되어 그 연구결과에 있어 많은 성과가 나왔으며, 현재의 연구 흐름은 무결성 (Integrity) 확보를 위한 연구가 진행되고 있음.

○ 현재 국토해양부 지원으로 한국항공우주연구원이 진행하는 연구로는 '항공용 위성항행 통신시스템 개발 사업'으로 김포 국제공항에 CAT-I 급의 GBAS 장비 (Honeywell SLS-4000)을 도입을 통해 가시적인 연구 성과가 도출되고 있음.

○ 위 연구과제는 단순히 GBAS 장비의 해외 도입을 통한 운영에 그치지 않고, GBAS 운영에 필수적인 핵심 무결성 알고리즘으로 위성 부분, SIS (Signal in Space) 부분, 지상 기준국 부분의 고장 검출을 위한 연구가 진행되고 있으며 주요 알고리즘의 실시간 운영이 가능한 소프트웨어를 개발 중.

○ 이 중 SIS 부분의 무결성을 훼손하는 요인 중에 하나이자, GBAS CAT-II/III 개발을 위해 반드시 해결되어야 할 전리층 문제는 한반도에 적합한 모델을 위한 위탁 연구과제도 한국과학기술원과 함께 진행 중 있음.

○ 위 연구과제는 단순히 GBAS 장비의 해외 도입을 통한 운영에 그치지 않고, GBAS 운영에 필수적인 핵심 무결성 알고리즘 국내 개발을 위한 연구가 추가로 진행되고 있어 과거의 GPS 데이터를 기반으로 한반도 전리층 모델이 도출될 예정임.

○ 이 외에도 GBAS와 응용분야는 다르지만, 위성항법보강시스템의 육상 교통 적용을 위해 반송파 측정값을 이용한 차량 위치 정확도 향상 연구 능력도 축적되고 있어, 향후 GBAS CAT-II/III 개발에 가장 좋은 연구 인프라를 구축하고 있음.

2. 산업계 연구 인프라

- 산업계의 경우, 현재 위성항법보강시스템을 위한 응용 분야 중, 차량용 항법장치 개발에 많은 연구가 진행되고 있음.

- 하지만, 정부부처의 지원으로 정부 연구 과제 중심으로 선행 연구 개념으로 진행되고 있으며 GBAS와 유사 시스템인 SBAS의 경우 실제 산업체가 참여하여 연구개발이 진행되고 있음.

- 현재까지의 정부출연연구원, 학계 중심으로 진행되었던 연구결과를 기술 이전 형태가 진행되고, GBAS의 적용 분야를 민간뿐만 아닌 군용으로 확대한다면 충분히 산업체의 입장에서 투자의 가치가 있을 것으로 보임.

- 또한, 북한의 신호 교란에 대응하기 위한 항재밍 (Anti-Jamming)에 대한 연구 수행을 정부출연연구소와 진행하여 교란 신호의 원점 검색 및 대응 기술에 대한 연구를 진행하고 있음.

3. 학계 연구 인프라

- 국내의 위성항법보강시스템의 선행 연구는 사실상 정부출연연구원과 학계의 공동 연구로 진행.

- 공동연구 분야는 GBAS에 그치지 않고, 위성항법보강시스템이 응용될 수 있는 항공, 육상교통, 해양, 기상예측과 같은 순수 자연과학에 이를 정도로 광범위하게 진행.

- GBAS에 특화된 연구는 건국대학교, 서울대학교, 한국과학기술원, 한국항공대학교 (가나다 순) 중심으로 각기 특화된 연구 개발이 진행.

- 건국대학교의 경우 GBAS에 무결성 확보를 위한 다양한 알고리즘 구현 및 성능 평가를 통해, 반송파 활용, 항법 메시지, 지상 기준국 수신, GBAS 대류층 지연 오차 불확실성 모델, 독자 위성항법시스템 궤도 및 무결성 알고리즘 연구 수행 중.

- 서울대학교는 위성항법보강시스템을 이용한 항공기 착륙 관련 시스템 연구를 가장 먼저 수행한 기관으로 항공기 정확도 확보를 위한 활발한 연구를 수행하였으며, SBAS 알고리즘을 적용하여, 2000년대 초부터 한반도 전체에 응용이 가능한 Korean WADGPS (Wide Area DGPS), 및 반송파 활용을 통한 Network RTK에 연구 진행.

- 한국과학기술원은 GBAS 운영을 위한 핵심 분야인 전리층에 특화되어 연구가 진행되어 현재까지 과거의 GPS 데이터 처리를 통해 한반도 지역의 전리층

위협 시나리오 및 항공기 무결성 확보를 위한 전리층 모델 및 폭풍 알고리즘에 대한 연구가 진행.

○ 한국항공대학교의 경우 네트워크 RTK를 위한 실시간 GNSS 데이터 처리 엔진, 실시간 전리층 지도 생성 및 분석, 전리층 지연과 채널간 편이 분리 추정 연구, 위성항법시스템 항법 알고리즘, 이종센서 결합 시스템 연구를 통해 GBAS에 향후에 적용이 가능한 연구를 중심으로 진행.

○ 위와 같은 학계에서 진행되고 있는 GBAS 관련 연구는 정부 출연 연구원, 산업계의 연구에 이론적 근거를 제공할 수 있는 핵심적인 역할을 수행 중이며 GBAS CAT-II/III 개발을 인프라의 한 축을 담당할 수 있을 것으로 보임.

6절 종합분석

1. GBAS CAT-II/III의 정책 및 시장 현황

○ 미국은 현재 FAA에서 GPS L1 단일 주파수를 이용하여 GBAS CAT-II/III를 구현하는 기술인 GAST-D 시스템 관련 연구와 비준에 맞추어 GAST-D 시제품 및 연구개발에 대한 지원이 지속적으로 진행되고 있으며, 30초 의사거리 스무딩 기법, D-SIGMA 기법, CCCD 필터를 이용한 Divergence Monitoring 기법 등을 구축하고, 비행 테스트를 통해 데이터 수집 진행 중.

○ 유럽은 Eurocontrol을 중심으로 CAT-II/III 기술 요구조건들의 유효성을 검증하는 활동과 다중 주파수와 다중 위성군을 지원하는 GBAS 기술에 대해서도 연구 진행 중이며, CAT-II/III 지상 시제품 개발에는 Thales사와 INDRA-NAVIA사가 개발에 참여 중에 있음. 현재는 ILS (Instrument Landing System) 운영 개념을 기반의 CAT-II/III GBAS 연구를 수행 중이며, 대형기 탑재장비는 Airbus가, 중소형기(Regional급) 탑재장비는 Alenia사가 연구를 수행하고 있음.

○ 일본은 ENRI를 중심으로 GAST-C 시제품을 만들고 있으며, 앞으로 NEC 기업과 함께 GAST-D 시제품을 개발하고 설치할 예정임. IGM 수준의 개발을 진행 중이며 이를 바탕으로 IGWG (International GBAS Working Group)에 적극 참여하고 있지만, IGM 수준에서도 무결성 확보에 난항을 겪고 있음. 인증용 GAST-D 시스템 개발은 현재 고려하고 있지 않음.

2. GBAS CAT-II/III의 개발 필요성

○ GBAS 기술은 터미널 공역 환경에서 유연성을 증대시켜 운영 능력을 제고할 수 있는 중요기술로 인식되며, 뉴욕/뉴저지 지역 항공기 지연문제 해결을 위한 Task Force Team의 보고서에서도 GBAS가 관련 문제를 해결할 수 있는 수단으로 제시됨.

○ GBAS 기술은 RNP 절차와 연계한 곡선접근, 가변 활공각 지원 접근 비행 등 다양하고 유연한 접근방식을 지원함으로써 공항 주변의 소음 저감과 항공기 연료소모 절감이 기대되는 친환경적인 기술임.

○ GBAS는 위성항법 기반 기술 중에서 CAT-II/III급 정밀 착륙을 보조할 수 있는 유일한 기술로서 1991년부터 ICAO에서 의욕적으로 추진을 시작한 CNS/ATM의 핵심 기술에 해당함.

3. 기술개발 핵심 요소 및 단계별 적용

○ 다중 위성항법시스템 시각 동기 기술, 30초 의사거리 스무딩 기법, D-SIGMA 기법, CCD 필터를 이용한 Divergence Monitoring 기능, 탑재체의 고장 검출 기능 등 핵심 요소의 동시다발적인 개발과 정책적 지원을 평행하게 추진함으로써 CAT-Ⅱ/Ⅲ급 GBAS 정밀접근 및 착륙서비스를 위한 기반 기술의 확보와 유연성 제고가 필요함.

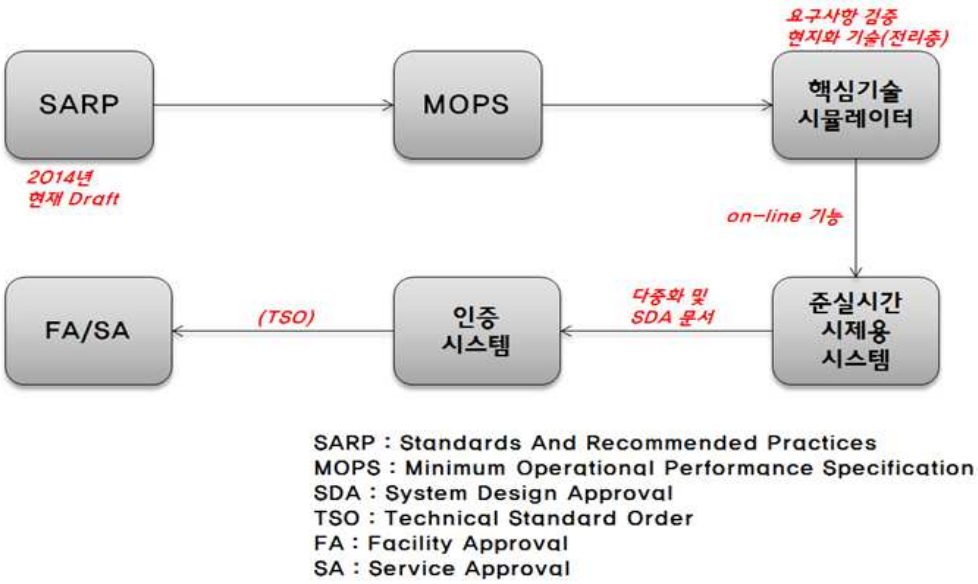
3장. 중장기 로드맵 및 개발 전략

1절. 중장기 로드맵

1. 중장기 로드맵 작성 배경

○ 국제적으로 GBAS 기술의 개발 절차는 <그림 3.1.1>에 도시된 절차를 따르고 있음.

- 먼저 표준규격서인 SARPs와 MOPS가 확정되어야 함.
- 개발기관은 핵심기술 시뮬레이터를 개발하여 후처리 개형으로 표준 규격서에 제시된 성능기준을 만족할 수 있는지 검증함.
- 핵심기술 시뮬레이터에 의하여 성능이 검증된 후 준실시간 시제용 시스템을 개발함. 준실시간 시제용 시스템은 on-line 측정정보를 활용하여 보정정보와 무결성정보를 안정적으로 제공해야 함. 인증을 획득한 기준 시스템이 가용한 경우 개발된 준실시간 시제용 시스템과의 비교 평가를 수행함.
- 준실시간 시제용 시스템에 의하여 안정적인 on-line 성능이 확인된 후 본격적인 인증시스템 개발에 착수함.
- 최종적으로, 인증시스템 개발이 완료되고 각 공항에 설치할 경우 추가적으로 시설 및 서비스 인증 (FA/SA)을 획득하여야 함.



<그림 3.1.1> GBAS 연구개발 관련 절차

○ GBAS CAT-II/III 기술을 국내에서 개발할 경우에도 <그림 3.1.1>에 도시된 절차를 따르는 것이 바람직함.

○ 핵심기술 시뮬레이터 개발에 선행되어야 할 표준규격서인 SARPs와 MOPS가 2013년 현재 아직 정식으로 공표되지 않은 상황이나 최종 완성 단계에 도달한 것으로 분석됨.

○ 준실시간 시제용 시스템의 국내 개발에 있어서 성능의 비교평가를 위하여 기준시스템으로 활용되어야 할 SDA 획득 인증시스템은 개발이 완료되지 않음.

- 2013년 현재 지상시스템의 경우 Honeywell 만이 GAST-D 지상시스템의 SDA를 준비 중에 있음.

- Honeywell 시제품의 SDA 획득은 차질이 없을 경우 2018년에 완료될 예정임.

- 반면, GBAS CAT-I 개발의 예를 참고하면 Honeywell 시제품의 SDA 획득은 3 내지 5년의 지연이 예상됨.

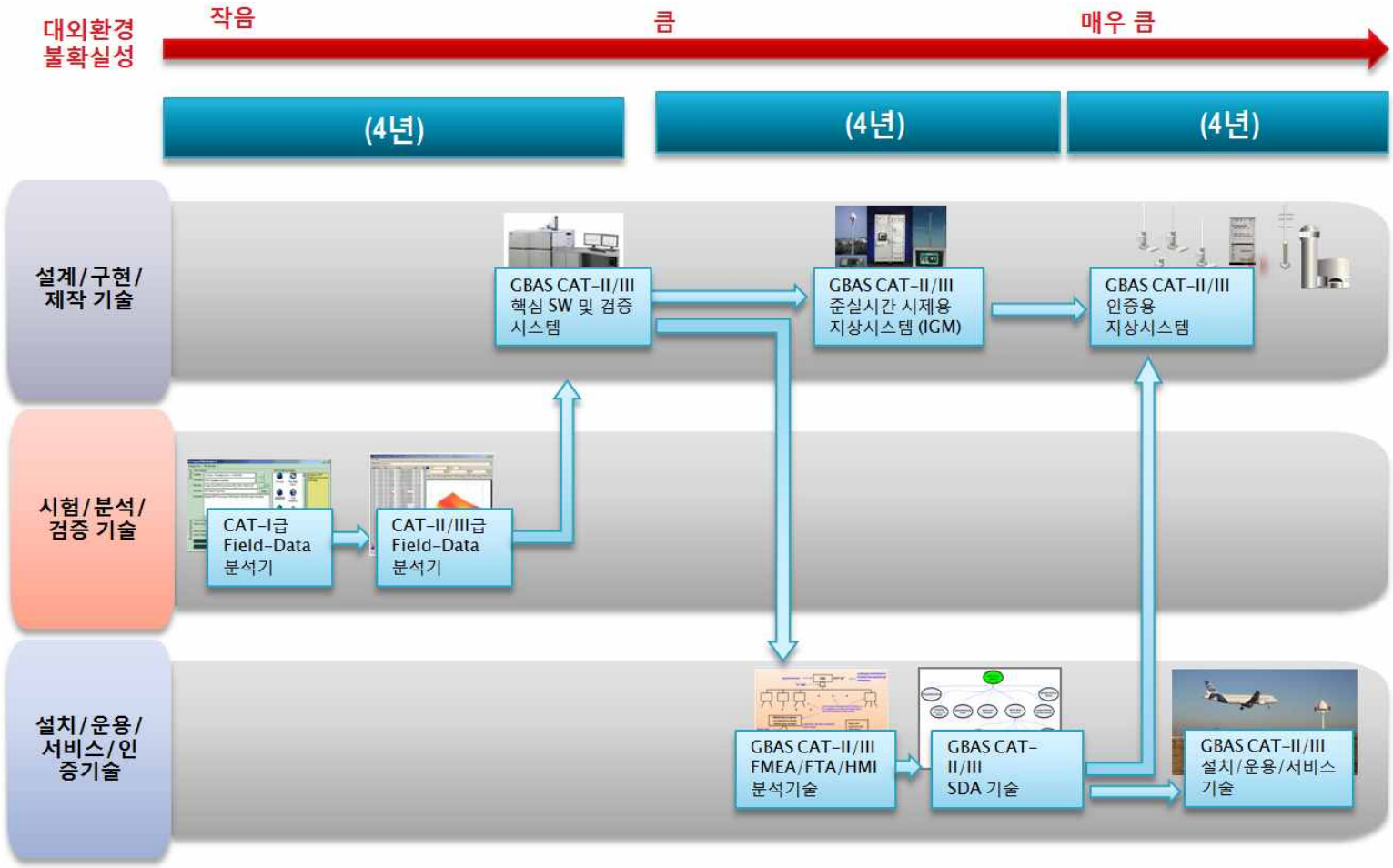
○ SDA 획득을 위한 국내의 시스템 기술이 선진국과 대비하여 상대적으로 많이 취약하므로 해외 지원이 반드시 필요할 것으로 분석됨.

- SDA 획득을 위해서는 HMI (Hazard Misleading Information) 분석/ Risk Analysis & Allocation / FTA (Fault Tree Analysis) 등의 설계 및 분석 기술이 요구됨.

- 기술 보호 차원에서 기술 선진국에서 SDA 획득에 필요한 상세 정보 제공에 난점이 있음.

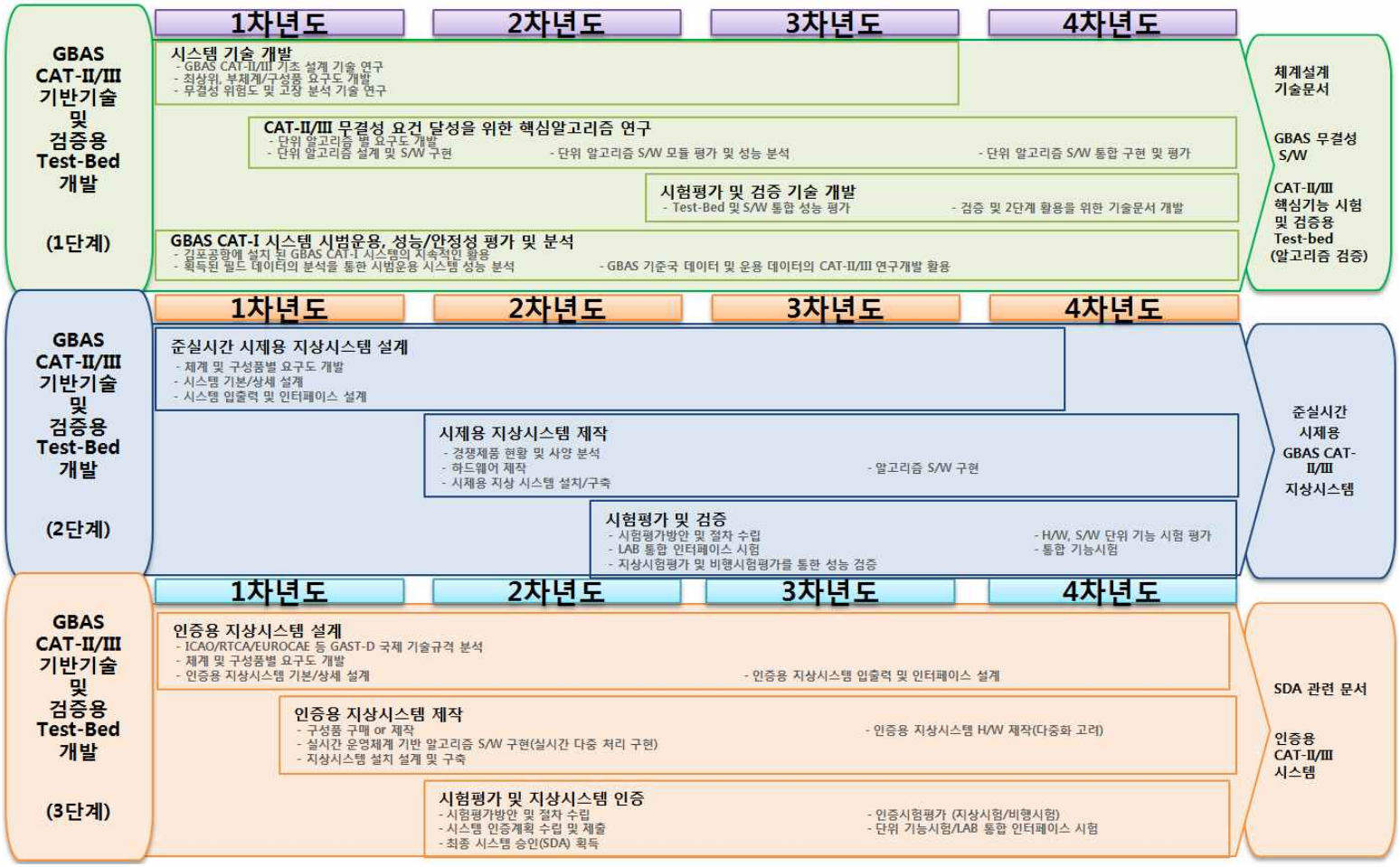
○ 앞서 분석된 사항들을 취합하여 정리하면 GBAS CAT-II/III 기술을 국내에서 개발하기 위해서는 <그림 3.1.1>에 도시된 절차를 따르되 준실시간 시제용 시스템과 인증용 시스템 개발의 시작 시기는 국제 동향을 참고하여 조절할 필요가 있음.

2. 중장기 기술로드맵



<그림 3.1.2> GBAS CAT-II/III 중장기 기술로드맵

3. 중장기 연구개발 추진로드맵



<그림 3.1.3> GBAS CAT-II/III 연구개발 추진로드맵

2절. 개발 전략

1. 대외환경 변화

○ 국제적인 GNSS 환경 변화에 따라 GBAS CAT-II/III 기술의 표준화와 상용화에도 파급이 예상됨.

- 다중위성군 등장 : GPS(미), GLONSS(러), Galileo(유럽), Beidou(중) 등
- 다중주파수: GPS 현대화(L5), Galileo(E5)
- 미국: GPS L1 code을 이용한 CAT-II/III 개발 추진
- 유럽 : GAST-D와 관련해서는 기반기술만 개발하고 인증을 고려한 본격적인 개발은 다중위성군을 활용하는 GAST-F로 추진할 가능성이 높음.
- ICAO : 최종 기술검증 지연으로 CAT-II/III 기술표준화 지연

○ CAT-I GBAS 지상시스템의 구축과 MMR 탑재 항공기의 활성화가 지연되고 있음.

- 국제적으로 3개 공항 상용 서비스를 포함한 40개 공항에서 CAT-I 운용성 검증을 추진하고 있으나 본격적인 구축은 지연되고 있음.
- 세계적으로 GBAS 접근절차 연구, PBN 계획 수립, 정책결정 지연 및 항공사의 미온적은 참여로 MMR의 항공기 탑재가 활성화 되고 있지 않음.
- 국내 항공사의 경우에는 ILS를 대치할 GBAS MMR 탑재와 관련해서는 GAST-D보다 GAST-E/F를 선호하는 것으로 조사됨.

2. 개발 전략의 검토

○ 국내 GBAS 기술 개발의 지속적인 추진 필요성

- CAT-I 시스템의 인증 완료로 시장 형성기에 진입한 GBAS 기술에 대하여 시장 점유를 확보하기 위해서는 미국, 유럽, 그리고 일본 등의 기술 선진국과 같 지속적인 기술 개발 추진이 필요함.
- 향후 GBAS 연구 개발이 연속적으로 추진되지 않을 경우 현재까지 국내에서 GBAS 기술에 대하여 투자된 재원의 효용성이 유실됨.

○ 개발 전략 수립의 주요 고려 사항

- 국제적으로 GBAS 상용 구축에 대한 정책결정이나 활성화되지 않은 상황에서 본격적인 CAT-II/III 개발은 투자의 비효율성 손실 초래

- GBAS CAT-II/III 기술의 개발은 핵심기술 개발과 인증시스템 개발로 크게 구분하여 개별과제로 진행하는 것이 합당함.

- 초기에는 CAT-II/III 핵심기술 개발과 CAT-I 운영성 검증을 통하여 기술력을 우선 확보한 후 적절한 시기에 국제동향에 적극적이고 기민하게 대응하는 것이 바람직함.

- 인증시스템의 개발은 국내에서 핵심기술 개발을 완료한 후 국제적으로 미국의 GAST-D 인증 완료 시기와 유럽/일본 등의 인증시스템 개발 유형과 착수 시기 등을 모니터링 하면서 불확실성이 제거된 후 재기획을 거친 후 시작하는 것이 타당함.

- 재기획에 있어서 확보된 기반기술을 활용하면 경쟁력있는 다양한 개발모델을 창생할 수 있음 (국제 공동개발 등).

- 개발된 기반 기술은 CAT-II/III 본 개발에 활용하고 기술 이전을 통하여 위성항법/항공 산업에 기여하고 군용 GBAS 개발에도 활용이 가능하리라 예상됨.

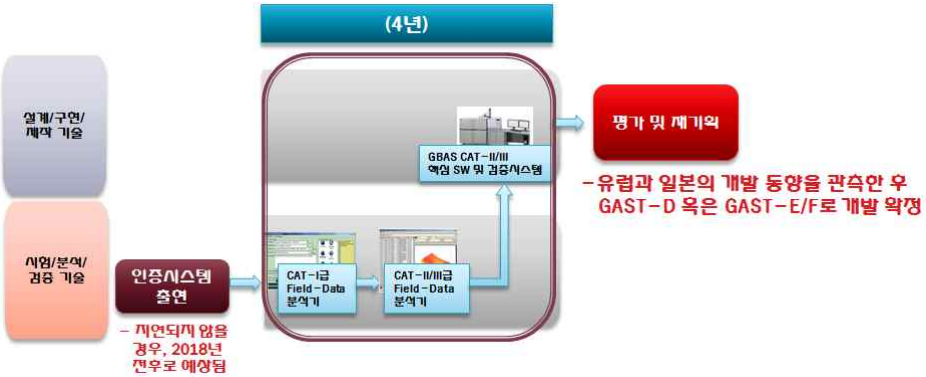
○ 개발 전략 검토 대상

- GBAS CAT-II/III 기술 로드맵에 대하여 대외환경 변화와 개발 전략 수립의 주요 고려 사항을 반영하여 <표 3.2.1>과 <그림 3.2.1>에 도시된 바와 같이 3 종류의 개발 전략 검토 대상을 수립하고 분석함.

<표 3.2.1> GBAS CAT-II/III 개발 전략의 검토 대상

구분	특징	개발 전략의 요약
전략 1	가장 보수적 전략	- 국제적으로 최초 인증제품이 출현한 이후 (2018년 전후)에 핵심기술 개발을 우선적으로 시작
전략 2	보수적 전략	- 핵심기술 개발을 우선적으로 시작 - 인증시스템 개발은 최초 인증제품이 출현한 이후에 재기획을 통하여 착수
전략 3	도전적 전략	- 핵심기술부터 인증시스템까지 연속적이고 지속적으로 개발을 추진

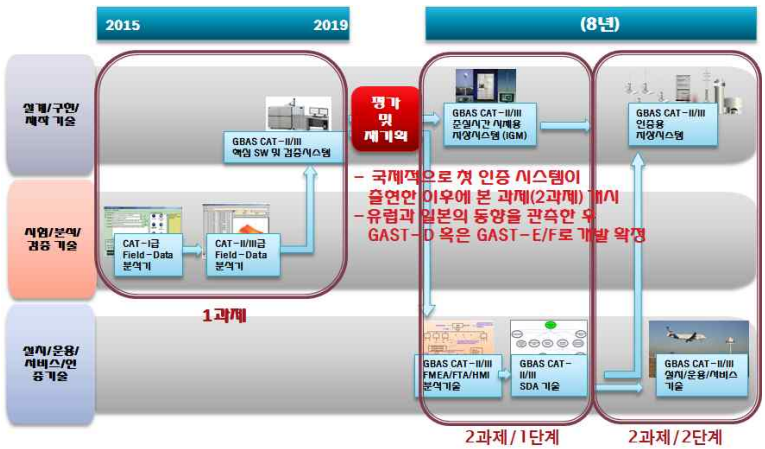
전략 1 : 가장 보수적 전략



전략 2 : 보수적 전략



전략 3 : 도전적 전략



<그림 3.2.1> GBAS CAT-II/III 개발전략 검토 대상

- <표 3.2.1>과 <그림 3.2.1>에 도시된 3 종류의 개발 전략 검토 대상은 최종자문위원회와 2차 설문조사를 통하여 적절하게 수립된 것으로 의견이 수집됨.

- 수립된 개발 전략 각각에 대한 장단점 분석 결과는 <표 3.2.2>와 같이 정리됨.

<표 3.2.2> GBAS CAT-II/III 개발 전략 검토 대상의 장단점

구분	특징	장점	단점
전략 1	가장 보수적 전략	- 투자비용과 사업성공률 관점에서 위험도가 가장 낮음.	- 연속적인 개발이 단절됨으로써 현재 시범공항에 설치된 GBAS CAT-I 장비 및 인력을 회수하고 공백기를 거친 후 재설치해야 하므로 불필요한 추가 비용 발생됨. - 국제적인 개발 경쟁과 시장 선점의 기회를 놓칠 가능성이 높음.
전략 2	보수적 전략	- 적절한 투자비용으로 국제적인 개발 동향에 기민하게 대응 가능 - 최소한의 시장 선점 기회 유지	- 최초 인증제품의 출현 (2018년 경 예상) 이후로 지연될 경우에는 핵심기술과 인증시스템의 연속적인 개발이 단절될 가능성이 높음
전략 3	도전적 전략	- 성공적으로 개발이 완료될 경우 시장선점의 기회를 획득할 수 있음.	- 투자비용과 개발 성공에 대한 위험부담이 매우 크게 요구됨. - 최초 인증제품의 출현이 지연될 경우 전체적인 사업일정에 큰 차질을 가져옴. - 국제적인 개발 동향의 변화에 유연하게 대응하기 부족함.

- <표 3.2.2>에 도시된 장단점에 의하여 전략 2(보수적 전략)가 대외환경 변화에 상대적으로 기민하게 대응할 수 있으며 개발 전략 수립의 주요 고려 사항을 반영할 수 있는 방안으로 분석됨.

- 개발 전략 2는 현재 시범공항에 기 설치된 GBAS CAT-I 장비 및 인력의 회수 및 재설치에 수반되는 불필요한 추가 비용을 방지하고, 적절한 투자비용으로 국제적인 개발 동향에 기민하게 대응 가능하며, 시장 선점의 기회를 유지할 수 있는 장점을 가지는 것으로 분석됨.

- 개발 전략 2의 시행 후 핵심기술을 확보한 후에는 관련 기술의 해외 동향을 반영한 재기획 절차를 통하여 본격적인 인증시스템 개발을 추진할 수 있음.

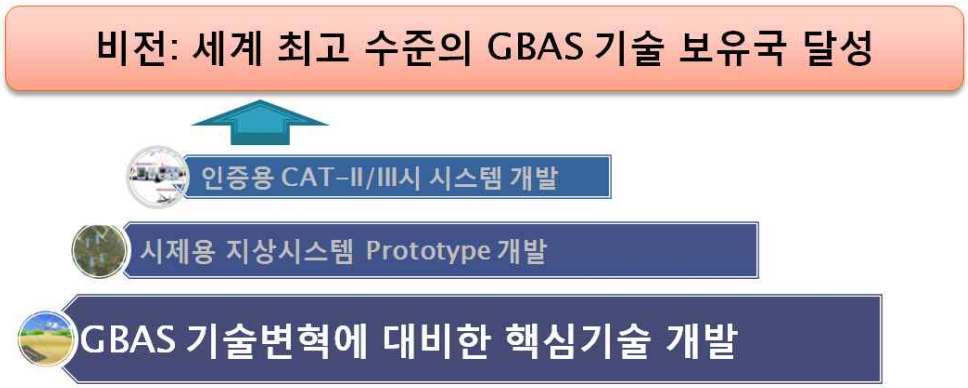
4장. 연구개발과제 구성 및 추진전략

1절. 비전 및 목표

1. 비전

○ “GBAS CAT-II/III 기술 개발”을 통해 위성항법기반 정밀접근 및 착륙시스템 기술자립과 국산화 기반을 완성하여 “세계 최고 수준의 GBAS 기술 보유국 달성”

- 세계 최고 수준의 GBAS 기술 확보와 국산화
- 기술 국산화와 수출의 발판이 될 항행시스템 기술 국가경쟁력 제고
- 우리 국민의 항공교통 안전성 향상 및 이동 적시성/편의성 개선



<그림 4.1.1> GBAS CAT-II/III 기술개발 기본 계획 수립 비전

2. 목표

비전 달성을 위한 본 과제의 과제명과 목표를 다음과 같이 수립하였음.

○ 과제명: GBAS 운용성능 및 기술변혁에 대비한 핵심기술 개발

○ 목표: GBAS CAT-I 검증/ 분석 및 CAT-II/III 핵심기술 확보

2절. 핵심기술요소 선정 및 TRL 목표

○ 핵심기술요소(CTE) 후보

No.	CTE명
후보1	CAT-I 시범운용 지상시스템 운용 및 유지보수 기술
후보2	CAT-I 시범운용 지상시스템 성능/안정성/운용성 분석
후보3	CAT-II/III 체계설계 기술
후보4	CAT-II/III 무결성 위험도 및 고장 분석 기술
후보5	CAT-II/III 무결성 핵심 소프트웨어
후보6	RFI/재밍 대응 기술
후보7	CAT-II/III 하드웨어 및 구성품
후보8	CAT-II/III 주요 기반 기술 검증시스템
후보9	CAT-II/III 시험평가 및 성능분석

○ 핵심기술요소(CTE) 선정

체크리스트	후보1	후보2	후보3	후보4	후보5	후보6	후보7	후보8	후보9	비고
1. 이 기술이 사용요구조건, 비용, 일정 등에 직접적으로 영향을 미치는가?	○	○	○	○	○			○	○	반드시 충족
2. 해당기술을 개발하거나 시연하는데 중대한 (실패)위험이 예상되는가?	○	○	○	○	○			○	○	
3. 해당기술이 새롭거나 독창적인가	○	○	○	○	○	○		○	○	
4. 기존에 성공적으로 적용된 이후에, 이번에 개발시 변경된 기술인가?										하나 이상 충족
5. 해당기술이 유사환경에서 실현되도록 재개발되는가?							○			
6. 이 기술이 임의의 환경에서 작동할 것으로 기대되거나 당초의 설계 의도 혹은 규정된 성능을 뛰어넘는 성능을 달성할 것으로 기대되는가?										
핵심기술요소(CTE) 선정여부	○	○	○	○	×	×	×	○	○	

○ 핵심기술요소(CTE) 목록

CTE	유형*	CTE명	목표 TRL
1	시스템	CAT-I 시범운용 지상시스템 운용 및 유지보수 시스템	7
2	공법·기법	CAT-I 시범운용 지상시스템 성능/안정성/운용성 분석	4
3	공법·기법	CAT-II/III 체계설계 기술	4
4	공법·기법	CAT-II/III 무결성 위험도 및 고장 분석 기술	2
5	소프트웨어	CAT-II/III 무결성 핵심 소프트웨어	4/5*
6	시스템	CAT-II/III 주요 기반 기술 검증 시스템	5
7	공법·기법	CAT-II/III 시험평가 및 성능분석	4

*무결성 핵심 소프트웨어별 목표 TRL은 APPENDIX D 참조

○ 기술성숙도(TRL) 단계별 목표

연구과제명			**유형**			
프레임워크		선행단계	개념정립	현장적용	성능검증	
마일스톤		현재 TRL	마일스톤 목표 TRL			
			1차년도	2차년도	3차년도	4차년도 (종료)
마일스톤 일정		'14.03	'15.12	'16.12	'17.12	2018.12.31.
CTE No.	**기술명**					
CTE 1	CAT-I 시범운용 데이터 수집 및 원격 모니터링 시스템	2	3	5	6	7
CTE 2	CAT-I 시범운용 지상시스템 성능/안정성/운용성 분석	1	1	2	3	4
CTE 3	CAT-II/III 체계설계 기술	1	2	2	3	4
CTE 4	CAT-II/III 무결성 위험도 및 고장 분석 기술	1	1	1	2	2
CTE 5	CAT-II/III 무결성 핵심 소프트웨어	1	1	2	3	4/5
CTE 6	CAT-II/III 주요 기반 기술 검증 시스템	2	2	3	4	5
CTE 7	CAT-II/III 시험평가 및 성능분석	1	1	2	3	4

3절. 연구개발과제 구성

1. 주요 연구내용

○ GBAS CAT-I 시스템 시범운용, 성능·안정성 평가 및 분석

- 장기 데이터별 수집/ DB화 및 원격 모니터링 시스템 개발
- 지상시스템 상태 상시 모니터링 및 오류 검출 시스템 개발
- 장기 데이터 분석을 통한 시범운용 시스템 성능/안정성/운용성 분석
- 획득된 필드 데이터별 분석을 통한 시범운용 시스템 성능 분석
- 공항환경 변화에 따른 시스템 장·단기적인 성능 변화 추이 분석
- GBAS 기준국 데이터 및 운용 데이터의 CAT-II/III 연구개발 활용

○ GBAS CAT-II/III 시스템 체계설계 기술 개발

- 최상위 요구도(Top-level requirements) 개발
- 부체계/구성품 요구도 (Sub-system requirements) 개발

○ GBAS CAT-II/III 무결성 위험도 및 고장 분석 기술 연구

- 기능 및 위험수준 할당, H/W, S/W 무결성 위험도 할당 및 분석
- 고장 영향도 분석

○ CAT-II/III 무결성 요건 달성을 위한 주요 핵심알고리즘 연구

- 단위 알고리즘 별 요구도 개발/ 설계 및 S/W 구현
- 단위 알고리즘 S/W 모듈 평가 및 성능 분석
- 단위 알고리즘 S/W 통합 구현 및 평가

○ GBAS CAT-II/III 기반 기술 검증시스템 개발

- 검증시스템 기술 분석 및 요구도 개발
- 검증시스템 설계 및 제작
- 시험방안 수립 및 시험절차서 개발/시험평가 및 성능분석

○ 시험평가 및 검증 기술 개발

- 통합 성능평가

- 검증 및 기술문서 개발

2. 상세 연구내용

가. GBAS CAT-I 시스템 시범운용, 성능·안정성 평가 및 분석

○ 장기 데이터별 수집/ DB화 및 원격 모니터링 시스템 개발

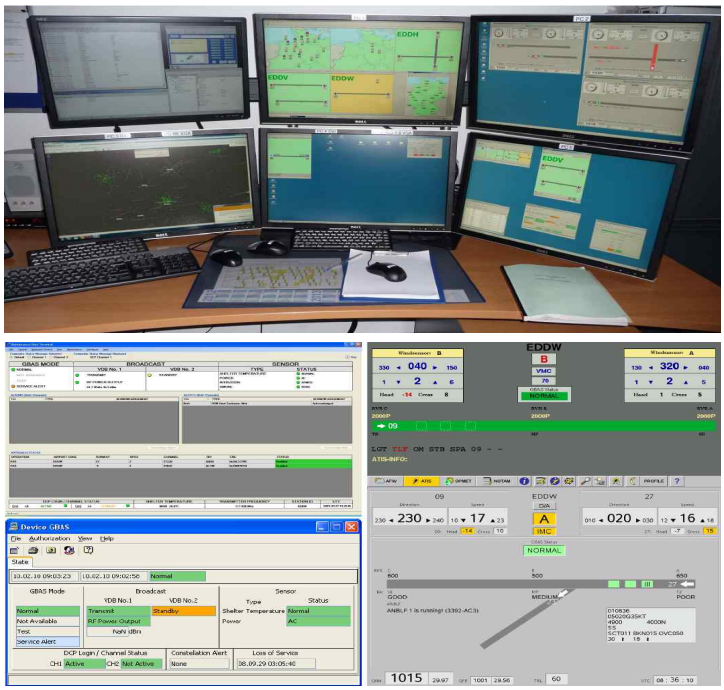
- 항법메시지, 2Hz 측정값 데이터, 공항 VDB 데이터

○ 지상시스템 상태 상시 모니터링 및 오류 검출 시스템 개발

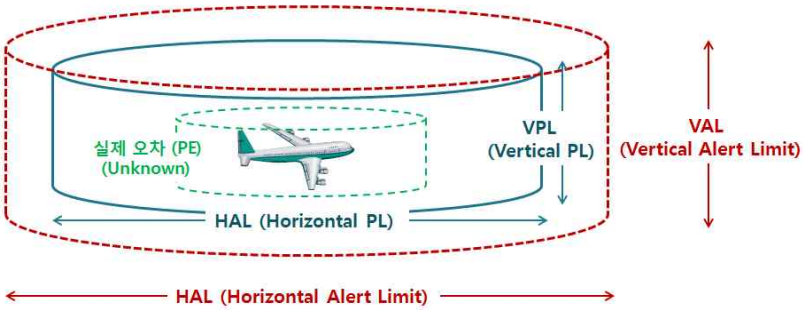
- 획득된 필드 데이터별 분석을 통한 시범운용 시스템 성능 분석

- 장기 데이터 분석을 통한 시범운용 시스템 성능/안정성/운용성 분석

- 공항환경 변화에 따른 시스템 장·단기적인 성능 변화 추이 분석



<그림 4.3.1> 지상시스템 상태 상시 모니터링 및 오류 검출시스템 예



<그림 4.3.2> 항법해 무결성 지표 (Protection Level 개념도)

나. GBAS CAT-II/III 기반 조성 및 핵심 기술 확보

○ 체계 설계 기술 개발

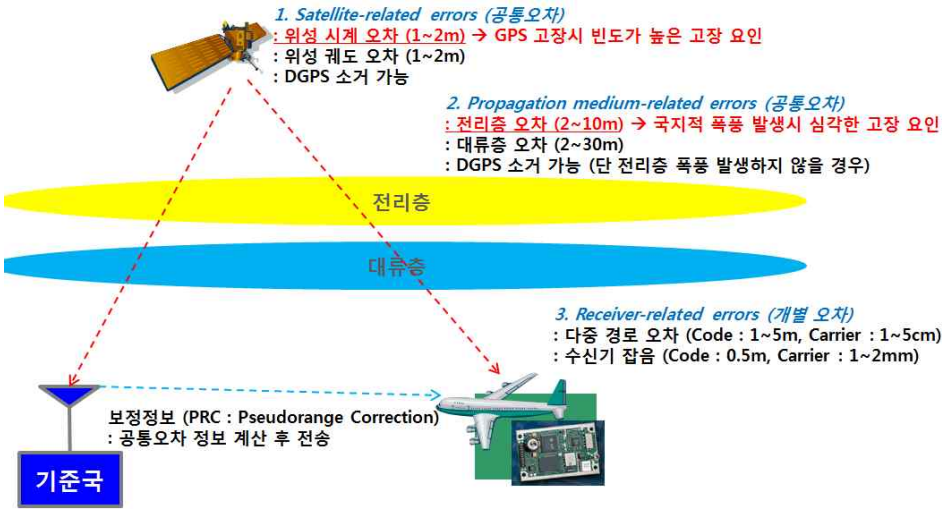
- 최상위 요구도(Top-level requirements) 개발
- 부체계/구성품 요구도 (Sub-system requirements) 개발

○ 무결성 위험도 및 고장 분석(Integrity risk & Fault analysis) 기술 연구

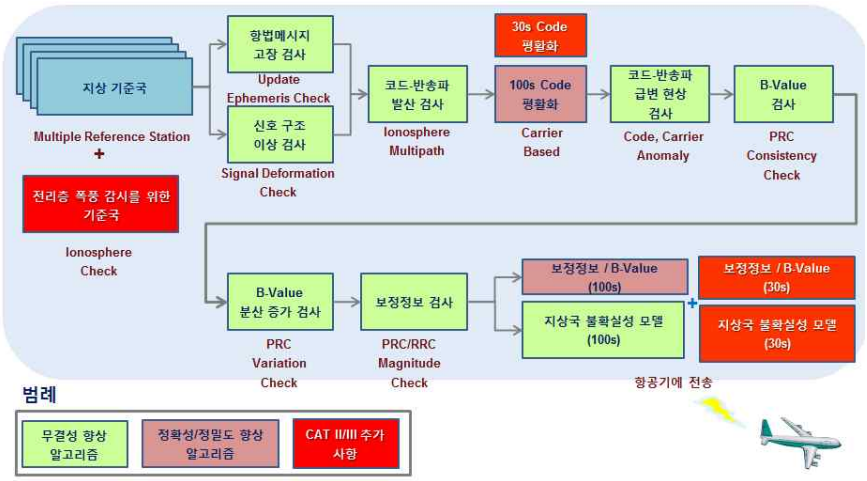
- 기능 및 위험수준 할당, H/W, S/W 무결성 위험도 할당 및 분석
  - · 무결성 위협요인의 위험도 할당
  - · 전리층 폭풍, 대류층, 항법메시지, 의사 거리 측정값, 수신기 시계, 다중경로
  - · 오경보 (False Alarm), 미경보 (Missed Detection) 확률 할당
- 고장 영향도 분석
  - · 무결성 위협요인의 Worst-Case 분석

○ CAT-II/III 무결성 요건 달성을 위한 주요 핵심알고리즘 연구

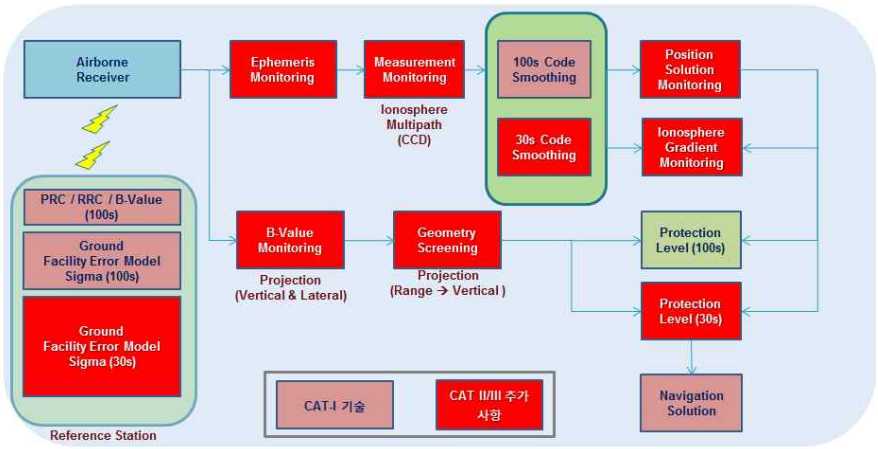
- 단위 알고리즘 별 요구도 개발/ 설계 및 S/W 구현
  - · 오경보 및 미경보율 기반의 MDE (Minimum Detectable Error) 요구도 정의
  - · 전체 보정정보 생성 및 무결성 알고리즘 구조 설계



<그림 4.3.3> GBAS 무결성 위협요인



<그림 4.3.4> GBAS CAT-II/III 지상 기준국 알고리즘 구조도 예시



<그림 4.3.5> GBAS CAT-II/III 사용자 알고리즘 구조도 예시

· 측정값 평활화 알고리즘 구현

· 반송파 기반 코드 측정값 평활화 알고리즘

· 단일 / 복수 지상 기준국 운용 무결성 알고리즘의 검정통계량 및 한계치 도출

· 사용자 운용 무결성 알고리즘 검정통계량 및 한계치 도출

· 사용자 운용 항법해 무결성 알고리즘 (Protection Level) 구현

· 측정값 오차 모델 구현

· 항법해 위치 오차 추정 알고리즘 구현

- 단위 알고리즘 S/W 모듈 평가 및 성능 분석

· 무결성 위협 요인의 위협 시나리오 개발

· 단위 알고리즘의 MDE 만족 여부 평가

- 단위 알고리즘 S/W 통합 구현 및 평가

○ CAT-II/III 주요 기반 기술 검증시스템 개발

- 검증시스템 기술 분석 및 요구도 개발

· CAT-II/III 정확성, 무결성, 연속성 가용성 요구도 분석

- 검증시스템 설계 및 제작

· 정적 / 동적 환경에서의 검증 시스템 설계

○ 시험방안 수립 및 시험절차서 개발/시험평가 및 성능분석

- 시험평가 및 검증 기술 개발

- 통합 성능평가

- 검증 및 기술문서 개발필요가 있음.

3. 연차별 연구내용

	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도
CAT-I 안정성 및 운용성 검정	• 기술자료 수집 및 분석 • 장기 데이터 확보 및 DB화 방안 수립 • 장기 데이터별 수집/DB화 및 원격 모니터링 시스템 개념 설계 • 지상시스템 상시 상태 모니터링 및 오류 검출 시스템 개념설계	• 기술자료 분석 • 장기 데이터별 수집/DB화 및 원격 모니터링 시스템 상세 설계, 제작 및 시험평가 • 지상시스템 상시 상태 모니터링 및 오류 검출 시스템 상세 설계	• 장기 데이터 분석 통한 안정성 분석 • 획득된 필드 데이터별 분석을 통한 시범운용 시스템 성능 분석 • 공항환경 변화에 따른 시스템 단기적인 성능 변화 추이 분석 • 지상시스템 상시 상태 모니터링 및 오류 검출 시스템 제작 및 시험평가	• 장기 데이터 분석 통한 성능 및 운용성 분석 • 공항환경 변화에 따른 시스템 장기적인 성능 변화 추이 분석 • 지상시스템 상시 상태 모니터링 및 오류 검출 시스템 안정화 • 최종 기술문서 및 결과보고서 작성
GBAS CAT-II/III 시스템 기술 개발	• 국제 기술 동향 분석 • CAT-II/III 시스템 국제기술문서 및 요구도 분석	• 시스템 최상위 요구도 개발	• 부체계 및 구성품 요구도 개발	• 기술문서 및 요구도 수정보완 • 최종 기술문서 및 결과보고서 작성
GBAS CAT-II/III 무결성 위험도/고장 분석 기술연구	• 기술자료 수집 및 분석 • 무결성 위험도 및 고장 분석	• 고장 영향도 분석 • 기능 및 위험수준 할당	• Feedback 결과를 반영한 위험수준 재 할당	• 무결성 위험도 및 고장 할당치 최종확정

GBAS CAT-II/III 주요 핵심 알고리즘 연구	• 기술자료 수집 및 분석 • 단위 알고리즘 별 요구도 분석	• 기술자료 및 문서 분석 • 단위 알고리즘 설계 및 SW구현 • 단위 알고리즘 시험절차 절차 개발 • 단위 알고리즘 시험평가	• 단위 알고리즘 개선 및 검정 시험평가 • 단위 알고리즘 통합 SW 개발 • 통합 알고리즘 시험평가 절차 개발	• 통합 알고리즘 시험평가 • 알고리즘 개선 • 최종 기술문서 및 결과보고서 작성
기반기술 검증시스템 개발 및 통합시험평가	• 검증시스템 요구도 분석 및 개념설계 • 검증시스템 통한 시험 방안 수립	• 검증시스템 상세설계 • 검증시스템 통한 시험 절차 개발	• 검증시스템 제작 및 성능 검증 시험	• 검증시스템을 활용한 기반 기술 통합 성능 시험평가 • 최종 기술문서 및 결과보고서 작성

4. 추진 전략

○ CAT-I 안정성 및 운용성 검증

- 기 설치된 CAT-I 지상시스템의 안정성 및 운용성 검증을 위해서는 공항 공사와의 긴밀한 연계가 필요함. 이를 위하여 해당기관을 연구개발에 참여하게 하거나 해당기관 전문가의 의견을 개발에 반영하는 것이 필요함.

- CAT-I 안정성 및 운용성 검증을 위한 장기 데이터 수집, 저장, 분석을 위한 DB 시스템의 구축은 주관기관이 담당하고 업체가 제작에 참여하도록 함.

- 확보된 데이터에 대하여 안정성과 운용성을 검증하고 보완하는 작업은 주관기관이 담당하고 학계 혹은 업체가 검증 및 보완에 참여하도록 함.

- CAT-I 지상시스템 원격 감시, 상시 모니터링 및 오류 검출 시스템 개발을 통하여 독립적이고 효율적인 감시시스템을 개발·구축함.

○ GBAS CAT-II/III 시스템 기술 개발

- 주관기관이 시스템 기술 및 체계 개발에 중점을 두고 요구도 분석, 무결성 위험도 및 고장 분석, 시스템 요구도 개발, 고장 영향도 분석, 기능 및 위험수준 할당, 부체계 및 구성품 요구도 개발, 기능 및 위험수준 개선 등의 연구개발을 수행하도록 함.

- 시스템 기술은 추후 CAT-II/III 인증시스템의 국내 개발 혹은 및 해외구매 등 모든 경우에 유용하게 활용될 수 있도록 인증시스템의 설치와 운용에 필요한 현지화 작업을 고려하여 추진 필요함.

- 학계에서는 단위 핵심 알고리즘에 대하여 관련된 요구도 분석, 무결성 위험도 및 고장 분석을 수행하여 주관기관이 수행하는 시스템 기술 개발을 보조하도록 함.

- 시스템 기술 및 체계 개발에 예견되는 국내 부족기술의 해결을 위해서는 해외 선도 기술 보유 기관과의 공동연구 혹은 해외 기술지원을 모색해야 함. 관련 기술 보유기관과의 공동연구 또는 기술자문을 추진하는 형태로 부족 기술을 해결할 수 있음.

○ GBAS CAT-II/III 주요 핵심 알고리즘 연구

- GBAS CAT-II/III 주요 핵심 알고리즘의 분석, 설계, 그리고 단위 소프트웨어 모듈의 구현은 학계가 주로 담당하여 추진함. 이에 덧붙여, 향후의 인증과 시험평가를 고려하여 단위 모듈별로 검증 및 시험평가 기술을 분석하고 개발하도록 함.

- 학계는 단위 핵심 알고리즘에 대하여 관련된 요구도 분석, 무결성 위험도 및 고장 분석을 수행하여 주관기관이 수행하는 시스템 기술 개발을 보조하고 주관기관이 추진하는 기반기술 검증시스템 개발에 협조하도록 함.

○ 기반기술 검증시스템 개발

- 주관기관이 개발한 시스템 기술과 학계가 개발한 핵심알고리즘 단위 소프트웨어 모듈들을 취합하여 업체가 GBAS CAT-II/III 무결성 검증 시스템을 제작하고 이와 관련된 규격서 및 매뉴얼을 포함한 문서를 산출하도록 함.

5. 최종 성과물

가. GBAS CAT-I 시스템 시범운용, 성능・안정성 평가 및 분석

ㅇ 장기 데이터별 수집/ DB화 및 원격 모니터링 시스템

- 시스템 규격서/설계서/사용자 매뉴얼
- 데이터베이스 시스템, 운용 소프트웨어

ㅇ 지상시스템 상태 상시 모니터링 및 오류 검출 시스템

- 시스템 규격서/설계서/사용자 매뉴얼/운용 소프트웨어

ㅇ GBAS CAT-I 장기 운용 및 안정성 분석 보고서

나. GBAS CAT-II/III 기반 조성 및 주요 핵심 기술 확보

ㅇ 체계설계 기술 개발 규격서

- 최상위 요구 규격서, 부체계/구성품 요구 규격서

ㅇ 무결성 위험도 및 고장 영향도 분석서 (Integrity risk & Fault analysis)

- 무결성 위협 요인 정의 및 분석서
- 무결성 위협 요인 상관도 분석서

ㅇ 단위 및 통합 무결성 주요 핵심알고리즘 S/W

ㅇ 단위 및 통합 무결성 주요 핵심알고리즘 S/W 상세 기술서

ㅇ 단위 및 통합 무결성 주요 핵심알고리즘 S/W 평가 및 성능 분석서

o GBAS CAT-II/III 무결성 검증 시스템

- 시스템 기준 분석서/규격서
- 설계서/소프트웨어/시험절차서
- 데이터 저장장치, 데이터 처리장치, 시현장치
- 시스템 소프트웨어(인터페이스, 데이터 처리, GUI 등)
- 운용 매뉴얼, ICD

o 시험평가 기술 문서 개발

- 시험평가 방안 및 계획서, 시험평가 절차서, 성능 평가 결과 보고서

6. 기존 연구와의 중복성 및 연계방안

가. 개발 기술에 따른 연관 과제 및 중복성 여부

과제명	개발 기술	연관 과제명	중복성 여부		연계 방안
GBAS CAT-II/III 기반기술 및 검증용 Test-bed 개발	시스템 기술 개발	국방위성항법특화연구센터	X	독자 위성항법시스템 설계 연구	GBAS 지상 지상국 설계 기법에 일부 반영 가능
		차세대 민간용 위성항법시스템 기반기술 개발 (예정)	X	SBAS 관련 연구	GBAS 시스템 기술 개발에 참고 가능
	핵심알고리즘 개발	한국형 WADGPS 구축 기술 연구	X	광역지역의 보정정보 적용 기술로 GBAS와는 시스템 형태가 다름	단일 기준국 보정정보 생성 기법에 활용 가능
		광역보정시스템 (WADGPS) 구축기술 개발	X	의사 위성 관련 연구는 GBAS CAT-II/III와 관련 없는 연구 주제	-
		항공용 위성항법시스템 기반기술 개발	X	CAT-I급 기술의 지상시스템 관련	CAT-II/III 핵심알고리즘의 기초 알고리즘으로 활용 가능
		위성항법시스템 활용을 위한 무결성 감시기법 기초연구	X	항공기 단독 운용 감시기법에 치중	GBAS 불능 상황에서 항공기 무결성 알고리즘에 활용 가능
		항공용 위성항행 통신시스템 개발 사업	X	CAT-I 기술의 지상시스템 관련 연구	CAT-II/III 핵심알고리즘의 기초 알고리즘으로 활용 가능
		차세대 민간용 위성항법시스템 기반기술 개발 (예정)	X	SBAS 관련 연구	-
	시험평가 및 검증기술 개발	항공용 위성항법시스템 기반기술 개발	X	CAT-I 기술의 지상시스템 관련 연구	비행 실험 데이터 후처리 분석 방법 활용 가능

나. 연관 과제 세부 연구 내용

○ 한국형 WADGPS 구축 기술 연구

- 광역 기준국 및 중앙처리국의 요소기술을 이용하여, 광역기준국 및 중앙처리국으로 구성되는 지상시스템 시범 구축을 완료 목표

- 국제 표준 규격에 따른 WADGPS용 지상 시스템의 시범 구축, 지상시스템의 성능 검증, 구축 시스템의 활용 방안 제시, GPS와 UWB (Ultra Wide Band) 기술을 이용한 위치 검색 기술 개발

- 국제 표준 규격에 따른 WADGPS용 지상 시스템의 시범 구축

  · 국제적 규격파악 및 적용 방안 연구를 수행

  · 시범 광역기준국의 설치

  · 중앙처리국 광역보정치 및 무결성 정보 생성 소프트웨어 개발

  · 중앙처리국 소프트웨어 GUI 환경 개발

  · 전리층 지연 모델 2차 연구, 중앙처리국 하드웨어 구축

- 지상 개발 시스템의 성능 검증으로 시스템의 가용성/연속성 관련 광역보정치 적용 사용자 모듈 개발, 시범 사용자 시스템 구성 및 성능 테스트

- GPS와 UWB 기술을 이용하여 위치 검색기술 2단계 개발

  · UWB 시스템 설계, 위치 추적 알고리즘 보완

  · 위치 추정 DSP (Digital Signal Processor)부 구현

  · 전송부 포함하여 시스템 구현

○ 광역보정시스템 (WADGPS) 구축기술 개발

- 의사위성을 이용한 광역보정 데모시스템 구축 및 준실시간 성능 검증

  · 준실시간 광역보정시스템 인프라 구축 방안 연구 및 알고리즘 연구

  · 광역기준국 준실시간 소프트웨어 개발 및 검증

- 광역사용자 준실시간 소프트웨어 개발 및 검증

  · 광역보정시스템 준실시간 테스트 및 기존 NDGPS와의 지역간 정확성, 무결성 성능 비교

- Galileo 및 GLONASS관련 연구

· WA-DGNSS관련 기술 적용 방안 연구

· 시뮬레이션 기반 알고리즘 및 테스트 베드 구현

○ 위성항법시스템 교통인프라 기술 개발

- 육상교통환경에서 위치정확도/신뢰도를 향상 시킬 수 있는 교통인프라 기술을 개발

· 위성항법기반 차로 구분이 가능한 수준의 위치결정 기술 개발.

· 반송파 활용을 통한 위치 정확도 향상 방안 연구 (Network RTK 기술)

· 복합항법시스템 (위성항법시스템 + 관성항법시스템) 운용

· 추가 항법시스템의 운용 가능성 분석

○ 국방위성항법특화연구센터

- 한국형 국방 위성항법시스템 설계/분석 기반기술 확보

· 한국형 위성항법시스템 모델 연구

- 항법전 대응 신개념 국방 위성항법시스템을 위한 융복합 기반기술 확보

· 다중 전파측위 융복합 연구

· 광역 차분측위 상대항법 연구

- 항법전 상황에서 강인한 위성항법신호 생성/송출/수신의 설계/분석 기반기술 확보

· 전파측위 신호생성 기법 연구

- 항법위성 탑재 원자시계 설계방안 및 시각동기 기반기술 확보

· 초정밀 원자시계 소형화 및 다중시각 동기 기법 연구.

· 위성항법신호의 보호/인증 기법 연구

- 다중 복합궤도 항법위성군 관측/감시 및 궤도력 생성 기반기술 확보

· 다중 복합궤도 정밀추적감시 기법 연구

- 항법위성/지상관측소간 양방향 링크를 이용한 무결성 상태감시 기반기술 확보

· 항법정보 품질감시 기법 연구

- 항법전 상황의 지상관측소 백업/대체 기반기술 확보

- 재밍대응 적응안테나 설계기법 및 배열안테나 빔포밍 신호처리 기술 연구

· 재밍 전파특성 적응안테나 패턴제어 기법 연구

- 광대역/기만/재방송 재밍신호 검출, 식별 및 위성항법신호 복원 기술 연구

- 재밍대응 SDR/CR (Software Defined Radio/Cognitive Radio) 신호처리 기법 연구

- PNT 정보 활용의 고도화를 위한 군 통신망 연동 요구사항 연구 및 데이터 링크 프로토콜 방안 제시

· 군 통신망 연동 PNT 데이터 링크 기법 연구

- PNT 정보의 신뢰성과 seamless 및 국방 위성항법 시스템의 대안이 가능한 근거리/셀룰러 무선네트워크 기반의 고정밀 전파 측위 시스템 실험 모델 개발

· 군 통신망 기반 근접 전파측위 기법 연구 과제

○ 항공용 위성항법시스템 기반기술 개발

- 위성항법 테스트 베드 상세 설계

· 지상기반 위성항법보정시스템 기술연구

- 지상기반 위성항법보정시스템 고장검출 알고리즘 연구

· SQM(Signal Quality Monitoring) 구현

· DQM(Data Quality Monitoring) 구현

· MQM(Measurement Quality Monitoring) 구현

· EXM(EXecutive Monitoring) 구현

- 전리층 폭풍에 의한 영향 평가 및 감지방법 연구

- 한반도 전리층 폭풍 발생 경향 파악

- 상시 관측 시스템의 고장 감지 기능과 결합 연구 및 대류권 모델 연구

- CAT-Ⅰ을 만족시키는 지역 무결성 감시 시스템 구성방안 및 성능예측

· 한국 지역의 보정 항법 시스템 구성 방안

· 시뮬레이터를 이용한 한국지역에서의 무결성 감시 시스템의 성능 예측

○ 위성항법시스템 활용을 위한 무결성 감시기법 기초연구

- 위성항법보정시스템 성능향상을 위한 항공기에서의 무결성 감시기법 연구

· 항공기에서의 위성항법 이상신호 검출 및 통합 신호처리 기법 연구

· 항공기에서의 전리층 폭풍에 의한 이상신호 검출 기법 연구

- 위성항법보정시스템 성능향상을 위한 지상국에서의 무결성 감시기법 연구

· 지상에서의 항법위성 시계 고장 및 다중 이상신호 검출기법 연구

· 수신신호 처리 필터 성능개선을 통한 이상신호 검출기법 성능향상 연구

· 한반도 전리층 기울기와 사용자 의사거리 보정 잔차 특성 및 영향 분석

- RAIM(Receiver Autonomous Integrity Monitoring)을 위한 벡터추적루프 기반의 초강결합 항법시스템분석

- IMT(Integrity Monitor Testbed) 장비를 이용한 위성항법 데이터 제공 및 활용방안 연구

- 통합 이상검출 SW 제작 및 모의신호를 이용한 알고리즘 성능평가

○ 항공위성항행 통신시스템 개발 사업

- GBAS CAT-I 인증기준 개발

· ICAO/FAA/RTCA 기술 문서 분석

· GBAS 인증기준 (System Design Facility, Operation Approval) 개발

· GBAS 인증절차, 방법 개발

- GBAS CAT-I 시범공항 구현

· GBAS CAT-I 탑재시스템 및 지상시스템 운영

· 시범공항선정 및 설치를 통한 연구 인프라 확보

- GBAS CAT-I 시험평가

· 장비성능 적합성 검증 기술 개발 및 평가

· 시설인증 (Facility Approval), 운용인증 (Operation Approval) 기술개발 및 평가

· 시험평가 장비 개발 및 이착륙 절차 개발, 시범 운영

- GBAS CAT-I 시험평가

· 핵심알고리즘 구현 (핵심알고리즘 구현을 위한 시연장비 포함)

· GBAS 체계설계, 구성품 개발을 통한 시장 개척 유도

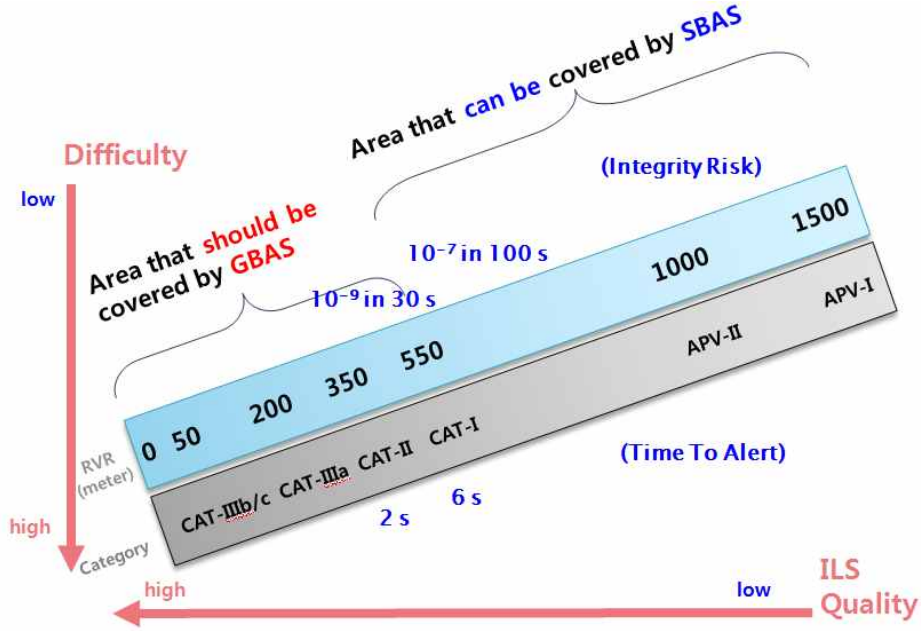
○ 차세대 민간용 위성항법시스템 기반기술 개발 (예정)

- SBAS 기반 기술 개발에 해당하며 SBAS는 GBAS에 대비하여 <그림 4.3.6>에 도시된 바와 같이 확연한 차이점을 가짐

· SBAS는 APV 규격에 의한 En-route 항법을 위하여 주로 활용됨

· CAT-II/III 급 정밀 착륙을 보조하기 위하여 GBAS에 SBAS에 비하여 100 배 이상의 무결성을 요구하므로 기술적 난이도가 매우 높음

· 미국과 유럽에서는 SBAS와 GBAS의 개발을 각각 별개의 기술개발로 간주하고 있음



<그림 4.3.6> SBAS와 GBAS의 대별성

- 주요 연구 내용

· 지상 시험평가 위성 탑재체 세그먼트 기반기술 개발

· 지상 시험평가 관제(신호감시, 시각동기, 중앙제어) 세그먼트 기반기술 개발

· 지상 시험평가 테스트베드 구축 및 시험

다. 중복성 관련 총평

○ GBAS CAT-II/III 기술의 최종 목표는 항공기가 자동 착륙이 가능할 정도의 위성항법보강시스템을 구현해야 할 정도로 아직 필요한 기술이 특정되지 않을 정도의 고난이도의 기술임.

○ 현재까지 국내에서 진행되었던 과제는 위성항법보강시스템 형태 및 응용 분야에서 GBAS CAT-II/III 기술에 비해 형태 자체가 다르거나 요구 기술 수준이 매우 낮은 연구가 진행되어 옴.

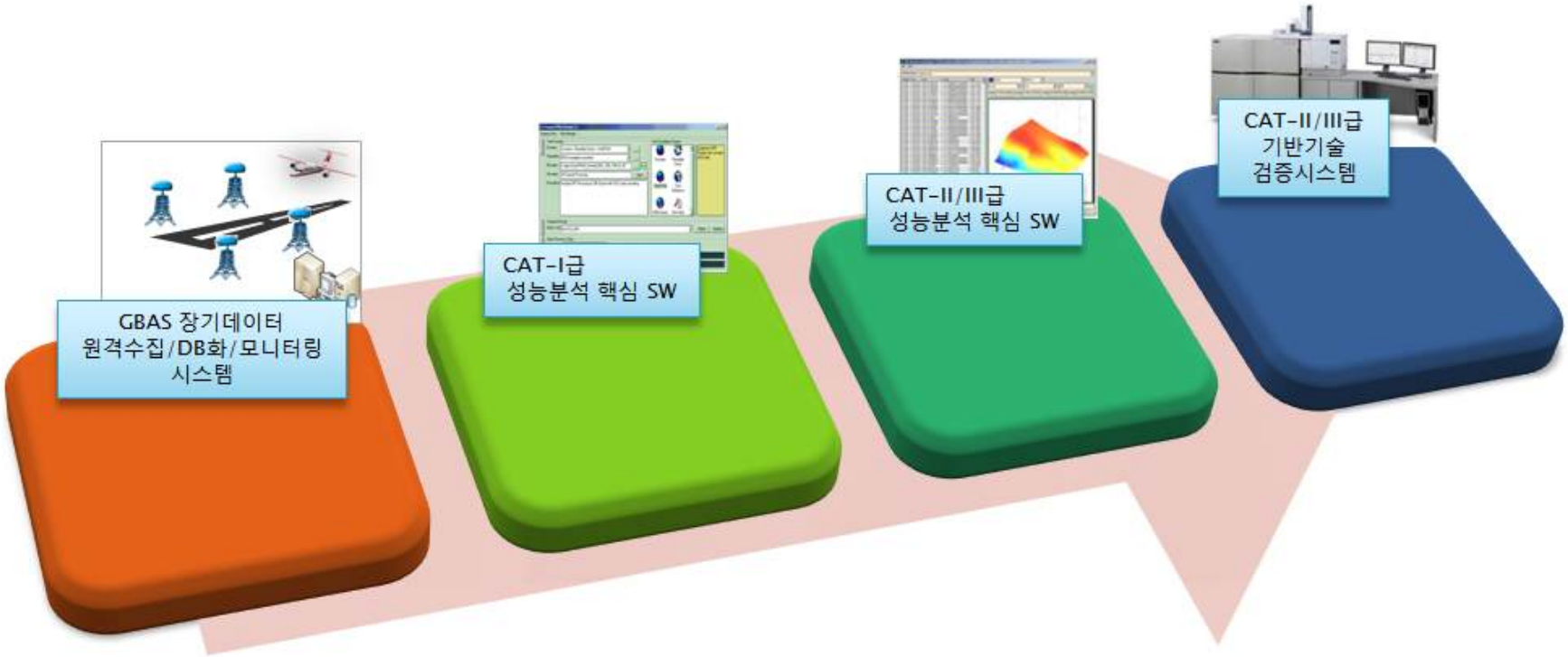
○ CAT-II/III 급 GBAS는 SBAS에 비하여 100 배 이상의 무결성을 요구하므로 기술적 난이도와 이를 구현하기 위한 방법론에서 근본적으로 다른 기술에 해당됨.

○ GBAS CAT-II/III 기술은 또한 지상 기준국 기술에 치중되어 현재까지 진행되어 왔던 GBAS CAT-I 기술에 비하여 현격하게 강화된 무결성을 만족해야 하는 기술로 항공기 자체에서도 무결성 향상을 위한 다양한 기술 및 이론적인 토대가 마련되어야 함.

○ 특히, GBAS CAT-II/III 인증 기술은 국내뿐만 아니라 전 세계적으로 아직 확정되지 않은 기술로, 인증을 위한 독립적인 연구 주제가 진행되어야 할 정도로 신규성이 있는 연구 주제임, 만약 관련 연구 주제가 성공적으로 진행된다면 전 세계 GBAS 연구 수준과의 격차를 줄일 수 있는 좋은 기회가 될 것으로 보임

4절. 기술로드맵 및 성과 로드맵

1. 기술로드맵



<그림 4.4.1> 기술로드맵

2. 성과로드맵



<그림 4.4.2> 성과로드맵

5절. 성과활용방안

- 최고의 무결성을 제공할 수 있는 GBAS CAT-II/III 시스템의 핵심기술 확보는 추후 현재 정확도 위주로 개발 및 활용 중인 항공, 육상, 그리고 해양 분야의 교통 및 항법기술에 파급효과가 매우 클 것으로 기대됨.

- 핵심기술 개발에 의하여 제공될 다양한 산출물들은 추후 GBAS CAT-II/III 인증시스템의 국내 개발이 가시화될 경우에 인증에 대비한 분석 및 문서 산출과 인증시스템의 설계, 구현, 그리고 분석 및 평가에 연계 활용 가능함.

- 핵심기술 개발의 결과를 토대로 인증시스템의 국내 개발이 성공적으로 완료될 경우 국내 공항에 설치되어 활용될 수 있을 뿐 아니라 시장 형성 단계에서 높은 해외 수출의 가능성을 기대할 수 있음.

- 핵심기술 개발의 산출물들은 GBAS CAT-II/III 인증시스템을 해외에서 구매하는 경우에도 각 공항에의 설치 및 운영에 필수적인 현지화 작업에 직접적으로 활용될 수 있음.

- 확보된 GBAS CAT-II/III 핵심기술은 향후 산업체로 이전되어 국내 기업의 위성항법 기반기술의 국제적인 기술경쟁력을 향상시킬 수 있으며 성능규정이 매우 엄격한 항공전자장치의 설계 및 인증에 파급효과가 큼.

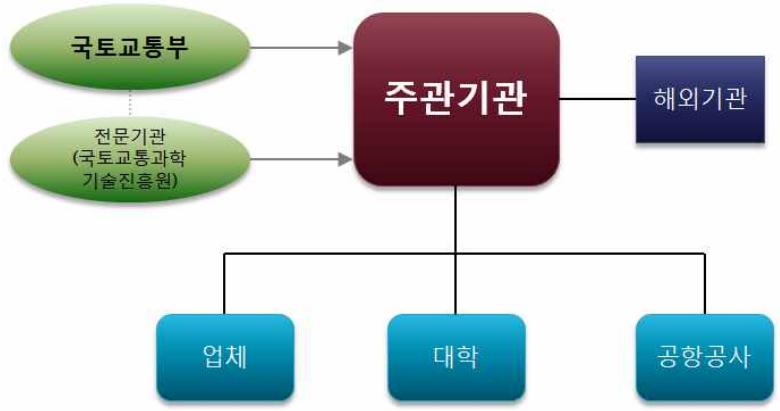
- GBAS CAT-II/III 시스템은 현존하는 항행안전시스템 중에서 최고의 안전성과 무결성을 요구하므로 추후 안전성과 무결성이 요구될 대형 국가연구개발사업에 중요한 예로서 활용할 수 있음.

- GBAS CAT-II/III 핵심기술은 추후 ADS-B와 Mulilateration 시스템의 인증 및 무결성 검증에 참조 가능함.

- GBAS CAT-II/III 핵심기술의 확보는 우리나라가 현재 국제적으로 개념형성 단계에 있는 ASBU와 관련하여 ICAO에 기여할 수 있는 가능성을 제공함.

6절. 연구수행체계

○ GBAS CAT-II/III 기술개발을 위해서는 국내 관련분야 연구기관의 경험과 역량을 효율적으로 종합하고 각 기관의 장점과 연구특성을 반영한 산학연관 연구체계를 구성하여 추진하는 것이 필연적임.



<그림 4.6.1> GBAS CAT-II/III 기술개발 연구수행체계(안)

○ 주관기관은 시스템 기술 및 체계 개발에 중점을 두고 전체 사업 일정을 관리하는 것이 요구됨. 또한, 공동연구기관들과의 긴밀한 협업을 주관하여 각각의 단위 연구개발 추진이 동기화 될 수 있도록 조율하는 것이 필요함.

○ 학계는 GBAS CAT-II/III 핵심 알고리즘의 분석, 설계, 그리고 단위 소프트웨어 모듈의 구현함. 이에 덧붙여, 향후의 인증과 시험평가를 고려하여 단위 모듈별로 검증 및 시험평가 기술을 분석하고 개발함.

○ 업체는 주관기관이 개발한 시스템 기술과 학계가 개발한 핵심알고리즘 단위 소프트웨어 모듈들을 취합하여 GBAS CAT-II/III 무결성 검증 시스템을 제작하고 이와 관련된 규격서 및 매뉴얼을 포함한 문서를 산출하도록 함.

○ 시스템 기술 및 체계 개발에 예견되는 국내 부족기술의 해결을 위해서는 해외 선도 기술 보유 기관과의 공동연구 혹은 해외 기술지원을 모색해야 함. 관련 기술 보유기관과의 공동연구 또는 기술자문을 추진하는 형태로 부족 기술을 해결하는 것이 바람직함.

○ 향후 GBAS 시스템을 이용한 항행서비스를 제공하고 장비를 운영 및 유지 관리하게 될 공항공사와 관계부처인 국토교통부의 요구사항을 개발 초기 단계부터 반영할 필요가 있으므로 해당기관을 연구개발에 참여하게 하거나 각 분야 전문가의 의견을 연구에 반영하는 것이 필요함.

5장. 사전타당성 분석

1절. 정책적 타당성 분석

○ 국제적으로 항공교통량의 증가로 기존의 통신·항법·감시 및 관제시스템으로는 미래에 급격히 증가할 항공교통량을 정상적으로 처리하기 어려울 것으로 예측됨에 따라 ICAO는 기존의 항행시설을 데이터 통신기술과 위성항법 기술 기반의 항행시스템 (CNS/ATM: Communication Navigation Surveillance/Air Traffic Management)으로 전환하는 계획을 수립 및 이행 중에 있으며, GBAS와 관련된 연구 및 구축 또한 강력하게 지원하고 있음.

○ GBAS는 현재 CAT-I급 이상의 정밀접근 및 착륙 서비스를 제공 가능할 수 있는 유일한 위성항법 기술 기반 항행시스템으로 인정받고 있음. 활주로 방향마다 장비 1식이 설치되어야 하는 기존 ILS에 비해, GBAS는 공항에 장비 1식만 설치하면 전체 활주로에 유연한 다수의 접근 경로 서비스 제공이 가능하며 ILS보다 저렴한 설치 및 운용 유지보수 비용이 소요되는 장점이 있음. 미국은 FAA를 중심으로 다년간의 GBAS 연구개발 로드맵을 계획하여 GBAS 시스템 개발을 진행해 오고 있고, 유럽도 Eurocontrol의 SESAR 프로그램을 통한 중장기 GBAS 시스템 개발 연구 계획을 바탕으로 GBAS 시스템 개발 연구를 진행하고 있음.

○ 우리나라의 경우 Low-Cost Carrier 항공사의 성장, 국제선 항공 교통 수요의 신장으로 향후 항공 교통량의 증가세가 지속될 것으로 전망되고, 민항기는 군사적인 이유로 매우 제한된 공역만을 사용해야 하며, 국토의 70%가 산악 지형으로 ILS와 지상고정 항행안전시설을 설치하고 운영하기에 용이하지 않은 상황이므로, 제한된 공역 환경에서 수용능력을 증가시킬 수 있는 GBAS 기술에 대한 연구가 적극적으로 필요함.

○ 국내에서도 1990년대 후반부터 학계와 연구소를 중심으로 GBAS 핵심기술 연구에 대한 소규모 연구를 지속적으로 시도하였고, 2010년 후반부터 현재까지 미국 Honeywell사의 GBAS CAT-I급 지상 장비를 도입하여 김포국제공항에 장비 구축 및 성능 적합성 확인, 운용기술을 획득하는 연구를 진행함에 따라 GBAS 시스템 및 기술 개발에 대한 성숙도가 향상되었고, 항공전자 관련 기업들의 관심도 또한 상당히 고조되고 있음.

○ 세계적으로 GBAS CAT-I 장비는 현재 개발이 완료되어 상업 운용 초기 단계에 있으며, GBAS CAT-II/III는 GBAS CAT-I 장비 개발과 운용 경험을 기반으로 시제품 개발을 위한 본격적인 경쟁이 진행 중에 있으므로, 국내에서도 GBAS CAT-II/III에 대한 연구 개발에 적극적으로 참여함으로써 차세대 항행시스템 시장에서 선점이 가능한 기술을 조기에 확보하고 향후 기술표준 활동을 주도하여 국가 기술력과 위상을 제고하는 기회 마련하는 기회가 될 것으로 판단됨.

2절. 기술적 타당성 분석

1. 국내 기술수준

○ GBAS 시스템은 기존 지상기반 전파항행시설(VOR, DME, ILS) 등과 같이 핵심 기술로 대두되고 있으며, 이를 기반으로 한 응용기술은 국가 전략원의 중추적 기능을 담당할 것임.

○ 위성항법 기반 항행장비의 장점을 판단할 경우, 현재 사용되고 있는 지상기반 항행 장비는 위성 기반 장비로 대체될 것이라고 판단되며, 현재 GBAS 기술이 차세대 항행시스템인 NextGen의 구축계획에 포함된 기술로서 터미널 공역 환경에서의 유연성을 증대시키는 효과가 대두됨에 따라, ICAO, RTCA 등의 기관으로부터 국제 기술기준이 활발히 정립되고 있음.

○ 이러한 국제적인 흐름과 발맞추어 미국의 FAA, 일본의 ENRI 및 독일의 DFS 등을 중심으로 GBAS를 이용한 CAT-II/III의 비행 실험을 하는 등 활발히 연구를 수행하고 있음.

○ 국내에서는 본 연구개발에 앞서 시행된 “GBAS 운용기술개발(한국항공우주연구원 주관)” 사업에서 GBAS 시스템에 대한 기술적인 가능성을 보여줬으며, 특히 GBAS CAT-I 지상 시스템의 핵심알고리즘에 대한 연구를 학계 및 연구소를 중심으로 활발히 수행 중에 있음.

2. 기술 중복성

주관 기관	수행 기관	연구 기간	과제명	과제 내용	중복성 여부
국토 해양부	KARI	2010 ~2014	위성항법지역보강시스템 (GBAS) 운용기술 개발	CAT-I급의 GBAS 운용기술 개발과제	X
국토 해양부	KARI	2006~	위성항법 기반 교통인프라 기술개발	육상교통 적용을 위한 위성항법 인프라 시스템 설계 기술 개발	X
국토 해양부	KARI	2005 ~2009	차세대 항공데이터 통신 시스템 개발	항공 무선통신 신기술 개발과제	X
국토 해양부	KARI	1997 ~2002	위성항법시스템 개발	항법 연구과제. GNSS 구축을 위한 개발 성능 향상 위한 연구	X
국토 해양부	KARI	2004 ~2008	항공용 위성항법시스템 기반 기술 개발	GBAS Test-bed 개발, 위치좌표 보정시스템 및 위성신호 영향	X

국토 해양부	서울 대학교	2002 ~2003	전 공역 위성보정시스템 구축방안	SBAS인 WAAS 구축 방안을 위한 연구	X
교육과학 기술부	KARI	2008 ~2011	위성항법시스템 활용을 위한 무결성 감시기법 기초연구	GBAS 성능향상을 위해 활용 가능한 무결성 감시기법 개발	X
교육과학 기술부	KARI	2005 ~2007	차세대 항공데이터 통신시스템 핵심기술 개발	ADS-B, VDB M4, UAT, 1090ES를 통한 항공 감시 시스템 연구	X
교육과학 기술부	KARI	2001 ~2004	항공사고예방을 위한 시뮬레이션 연구	항공교통관리 관련 연구. 충돌감시 시뮬레이터 개발	X
한서 대학교	한서 대학교	~2003	비행장 및 레이더 관제 시뮬레이터 개발	항공교통관제사 교육을 위한 시뮬레이터 연구	X

3. 기술개발 성공 가능성

○ 현재 GBAS 기술이 차세대 항행시스템인 NextGen의 구축계획에 포함된 기술로서 터미널 공역 환경에서의 유연성을 증대시키는 효과가 대두됨에 따라, ICAO, RTCA 등의 기관으로부터 국제 기술기준이 활발히 정립되고 있음.

○ 이러한 국제적인 흐름과 발맞추어 미국의 FAA, 일본의 ENRI 및 독일의 DFS 등을 중심으로 GBAS를 이용한 CAT-II/III의 비행 실험을 하는 등 활발히 연구를 수행하고 있음.

○ 국내에서는 본 연구개발에 앞서 시행된 “GBAS 운용기술개발(한국항공우주연구원 주관)” 사업에서 GBAS 시스템에 대한 기술적인 가능성을 보여줬으며, 특히 핵심알고리즘에 대한 연구는 활발히 진행 중에 있음.

○ 또한 김포국제공항에서는 미국 Honeywell사에서 도입된 SLS-4000 (Smartpath) 시범운용이 계획 중에 있으며, 이와 관련하여 Honeywell사와 많은 협력을 수행하였음.

○ 위에서 언급된 사항 등을 바탕으로 본 연구개발의 기술개발 성공가능성은 높은 것으로 사료됨.

3절. 기술수준 및 수요조사 결과 분석

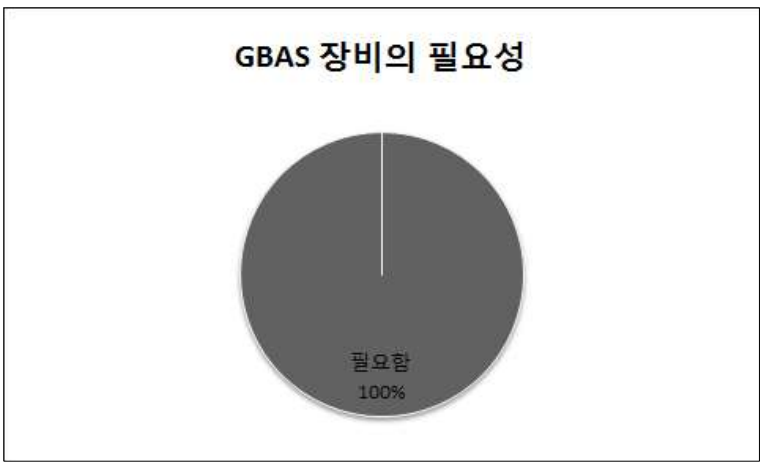
1. GBAS 기술 개발 필요성 및 활용성

문1. GBAS 기술은 기존 계기착륙장치(ILS)를 대체하거나 백업 가능한 위성항법기술 기반의 항행안전시스템입니다. 우리나라에서의 **GBAS 장비의 필요성**에 대해 어떻게 생각하십니까?

○ 위성항법 기술 기반의 항행안전 시스템 GBAS 장비의 필요성에 대하여 응답자들 모두 필요하다는 응답을 함. 이는 기존 계기착륙장치(ILS)를 대체하거나 백업 가능한 시스템이 필요 하고, 대체 시스템으로 위성항법 기술 기반의 GBAS 시스템을 도입하여야 한다는 전문가들의 의견이 일치함.

<표 5.3.1> 문 1의 응답결과

필요함	12



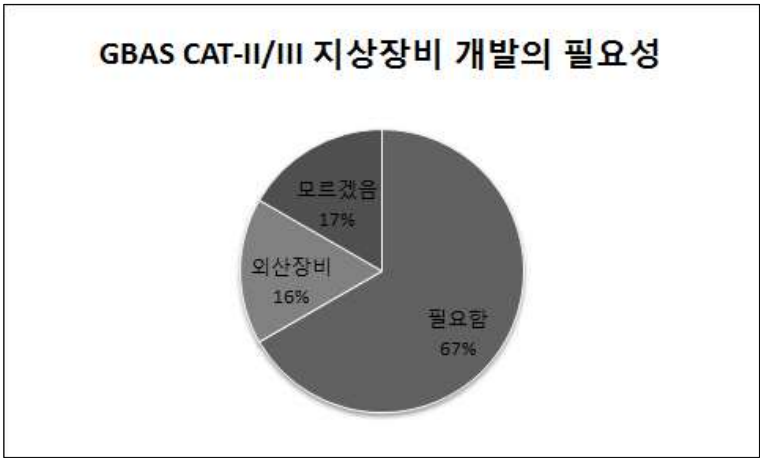
<그림 5.3.1> 문 1의 응답 결과 도식

문 2. 우리나라에서의 **GBAS CAT-II/III 지상장비 개발의 필요성**에 대해 어떻게 생각하십니까?

○ GBAS 시스템을 구성하는 장비들 중 CAT-II/III 조건을 만족하는 지상장비 개발의 필요성에 대한 질문에 응답한 전문가들 중 67%는 필요하다고 응답하였고, 16%는 개발이 완료된 외산 장비를 도입하여 GBAS 시스템을 구성하는 것이 바람직하다고 응답함. 전문가들 중 개발이 필요하지 않다는 의견은 나타나지 않음.

<표 5.3.2> 문 2의 응답결과

필요함	8
외상장비 도입이 바람직	2
모르겠음	2



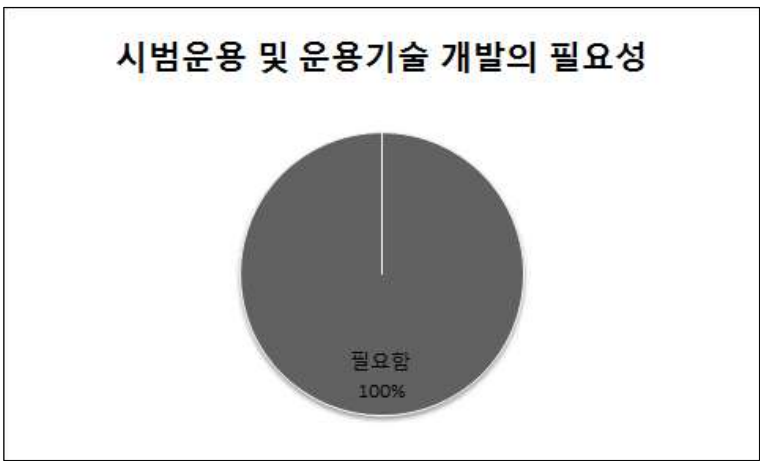
<그림 5.3.2> 문 2의 응답결과 도식

문 2-1. **GBAS CAT-II/III 지상장비 개발이 불필요 하거나 외산장비 도입시 시범운용 및 운용기술 개발의 필요성**에 대해 어떻게 생각하십니까?

○ 문 2의 응답자 중 개발이 완료된 외산 장비를 도입하여 GBAS 시스템을 구성하는 것이 바람직하다고 응답한 전문가들은 모두 시범 운용 및 운용기술 개발의 필요하다는 의견임.

<표 5.3.3> 문 2-1의 응답결과

필요함	2



<그림 5.3.3> 문 2-1의 응답 결과 도식

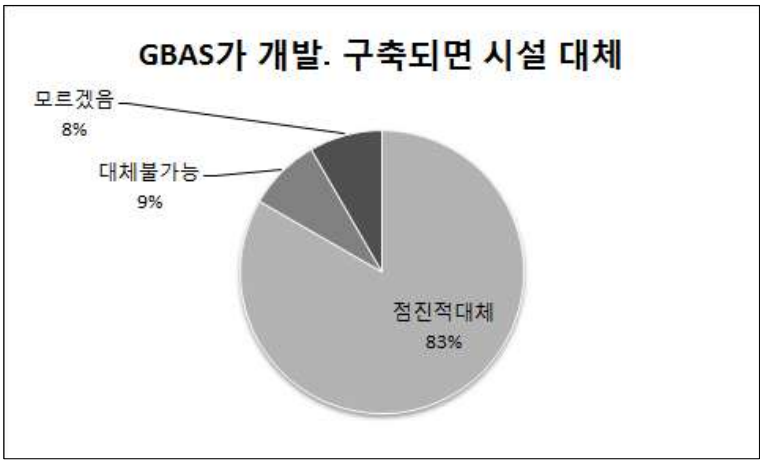
문 3. 우리나라는 주요 항행안전시설로 계기착륙장치(ILS), 준계기 착륙시설(LLZ/DME), 전방향표지시설(VOR/DME) 등이 운영되고 있습니다. 동 사업의 **GBAS가 개발·구축되면 시설 대체**에 대해 어떻게 생각하십니까?

○ GBAS 시스템 개발/구축 후 기존 시스템의 대체 질문에 대하여 점진적으로

대체 가능하다는 의견이 83%로 가장 높았고, 이후 기존 시스템 대체 불가능은 9%, 모르겠음 8%로 응답함. 이는 기존 시스템과 GBAS 시스템을 같이 사용하여 GBAS 시스템의 안전성을 확보 한 후 기존 시스템을 대체할 수 있다는 의견임.

<표 5.3.4> 문 3의 응답결과

점진적 대체 가능	10
대체 불가능	1
모르겠음	1



<그림 5.3.4> 문 3의 응답결과 도식

문 4. 설문조사지 [표 1. 개발 대상시스템 분류 및 정의]표에서 구성품 별 개발 우선순위를 상대적으로 평가해 주십시오(우선순위가 가장 높은 품목에 1번, 가장 낮다가 생각하시는 품목에 6번 표시).

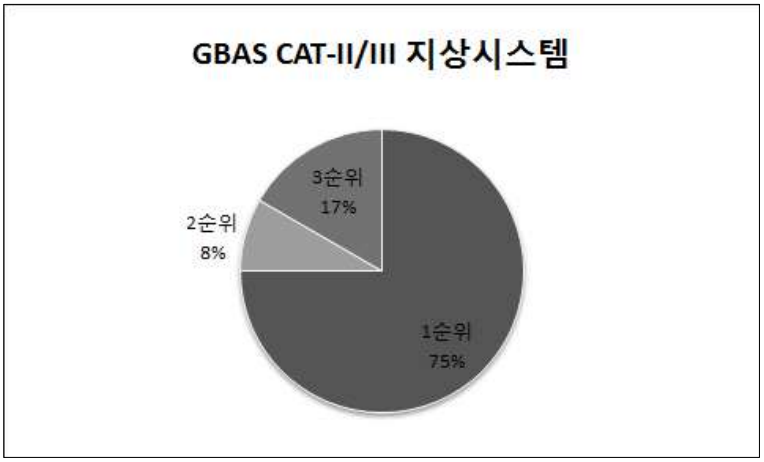
문 4.1) GBAS CAT-II/III 지상시스템

○ GBAS CAT-II/III 구성품들 중 지상시스템의 개발 우선순위에 대한 질문에 75%에 해당하는 전문가들은 1순위로 답하였고, 2순위는 8%, 3순위는 17%로 응답함.

- GBAS CAT-II/III 지상시스템은 구성품들 중 가장 높은 우선순위로 개발을 진행하여야 함.

<표 5.3.5> 문 4.1) 개발 우선순위 응답결과

1순위	10
2순위	1
3순위	1



<그림 5.3.5> 문 4.1) 개발 우선순위 응답결과 도식

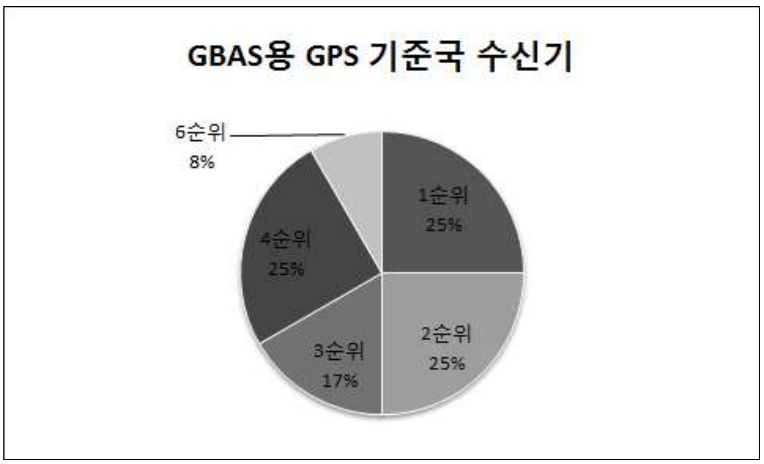
문4.2) GBAS용 GPS 기준국 수신기

○ GBAS CAT-II/III 구성품들 중 GBAS용 GPS 기준국 수신기의 개발 우선순위에 대한 질문에 25%에 해당하는 전문가들은 1,2,4순위로 답하였고, 3순위는 17%, 6순위는 8%로 응답.

- GBAS CAT-II/III GPS 기준국 수신기는 구성품들 중 높은 우선순위로 개발을 진행하여야 함.

<표 5.3.6> 문 4.2) 개발 우선순위 응답결과

1순위	3
2순위	3
3순위	2
4순위	3
6순위	1



<그림 5.3.6> 문 3.2) 개발 우선순위 응답결과 도식

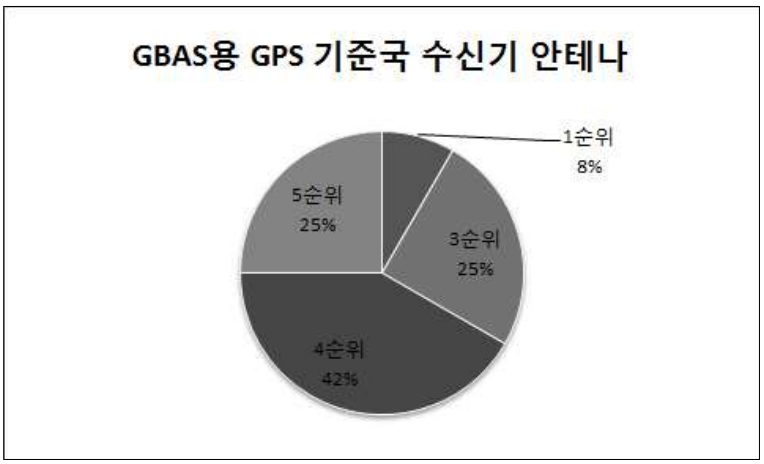
문 4.3) GBAS용 GPS 기준국 수신기 안테나

○ GBAS CAT-II/III 구성품들 중 GBAS용 GPS 기준국 수신기 안테나의 개발 우선순위에 대한 질문에 42%에 해당하는 전문가들은 4순위로 답하였고, 3,5순위는 25%, 1순위는 8%로 응답.

- GBAS CAT-II/III GPS 기준국 수신기 안테나는 구성품들 중 중간 정도의 우선순위로 개발을 진행하여야 함.

<표 5.3.7> 문 4.3) 개발 우선순위 응답결과

1순위	1
3순위	3
4순위	5
5순위	3



<그림 5.3.7> 문 4.3) 개발 우선순위 응답결과 도식

문 4.4) VDB 송신기/수신기

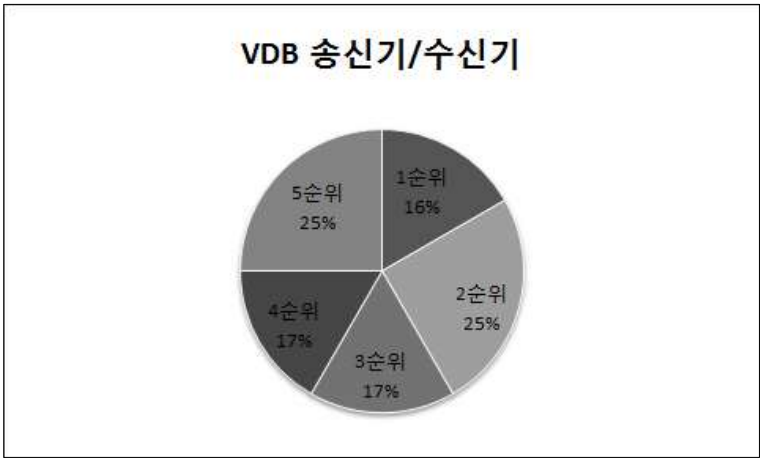
○ GBAS CAT-II/III 구성품들 중 VDB 송/수신기의 개발 우선순위에 대한 질문에 25%에 해당하는 전문가들은 2,5순위로 답하였고, 3,4순위는 17%, 1순위는 16%로 응답.

○ GBAS CAT-II/III VDB 송/수신기의 개발 우선순위에 해당하는 응답은 편차가 큼.

- 과제를 진행함에 있어 우선순위 할당에서 많은 자문 필요.

<표 5.3.8> 문 4.4) 개발 우선순위 응답결과

1순위	2
2순위	3
3순위	2
4순위	2
5순위	3



<그림 5.3.8> 문 4.4) 개발 우선순위 응답결과 도식

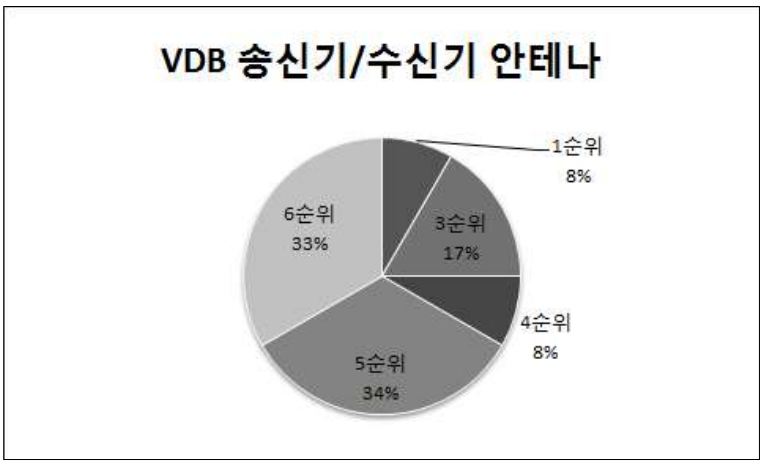
문 4.5) VDB 송신기/수신기 안테나

○ GBAS CAT-II/III 구성품들 중 VDB 송/수신기 안테나의 개발 우선순위에 대한 질문에 34%에 해당하는 전문가들은 5순위로 답하였고, 6순위는 33%, 3순위는 17%로 응답, 1,4순위 8%로 응답.

- GBAS CAT-II/III VDB 송/수신기 안테나는 구성품들 중 낮은 우선순위로 개발을 진행하여야 함.

<표 5.3.9> 문 4.5) 개발 우선순위 응답결과

1순위	1
3순위	2
4순위	1
5순위	4
6순위	4



<그림 5.3.9> 문 4.5) 개발 우선순위 응답결과 도식

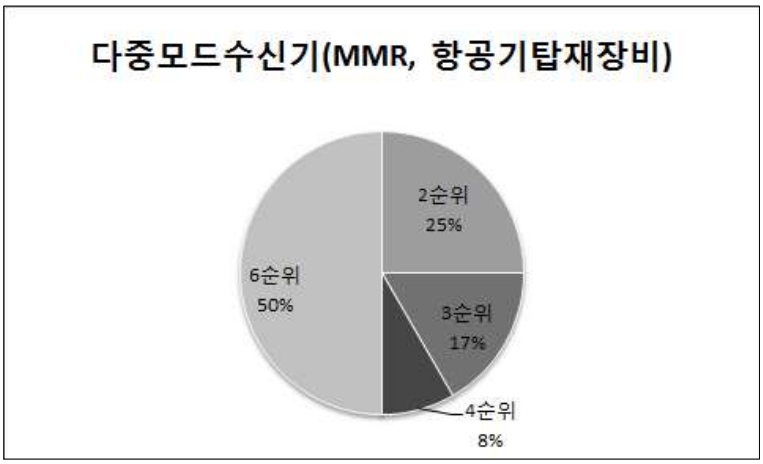
문 4.6) 다중모드수신기(MMR, 항공기탑재장비)

○ GBAS CAT-II/III 구성품들 중 다중모드수신기(MMR, 항공기탑재장비)의 개발 우선순위에 대한 질문에 50%에 해당하는 전문가들은 6순위로 답하였고, 2순위는 25%, 3순위는 17%로 응답, 4순위 8%로 응답.

- GBAS CAT-II/III 다중모드수신기(MMR, 항공기탑재장비는 구성품들 중 가장 낮은 우선순위로 개발을 진행하여야 함.

<표 5.3.10> 문 4.6) 개발 우선순위 응답결과

2순위	3
3순위	2
4순위	1
6순위	6



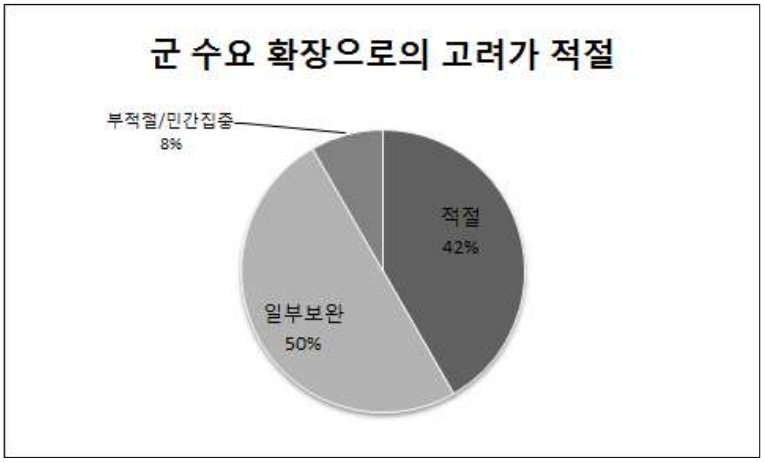
<그림 5.3.10> 문 4.6) 개발 우선순위 응답결과 도식

문 5. 국내에 설치 가능한 민간 공항의 개수는 15개 내외로 파악됩니다. 국내 공항의 GBAS 수요로 볼 때, 민간뿐만 아니라 **군 수요 확장으로의 고려가 적절**하다고 생각하십니까?

○ 위성항법 기술 기반의 항행안전 시스템 GBAS 장비의 군 수요 확장으로의 고려에 대한 질문의 응답자 중 50%는 GBAS 시스템을 일부 보완을 통하여 확장이 가능할 것이라는 의견으로 가장 높았고, 이후 기존 GBAS 시스템으로도 확장 고려가 적절하다는 의견은 42%, GBAS 시스템은 군 수요 확장으로의 고려가 부적절하다는 의견은 8%.

<표 5.3.11> 문 5의 응답결과

전반적으로 적절함	5
적절하나, 일부 보완이 필요함	6
부적절하므로, 민간 수요에 집중이 필요함	1



<그림 5.3.11> 문 3의 응답결과 도식

문 5-1. (문5의 ③번 응답자만) **군 수요의 고려가 부적절하다고 판단하신 근거 및 보완 의견**을 구체적으로 제시해 주시기 바랍니다.

- 응용의 범위 등이 다름.

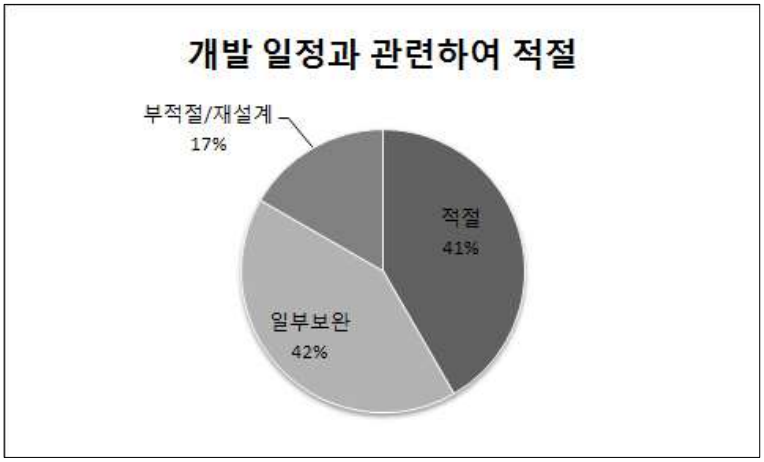
2. 단계별 사업 목표의 적절성

문 6. 설문조사지 표 2에 제시된 개발 방안은 **개발 일정과 관련하여 적절**하다고 생각하십니까?

○ GBAS CAT-II/III 시스템 개발 일정의 적절성에 대한 질문의 응답자 중 42%는 적절하나, 일부 보완이 필요하다는 응답을 하였고, 41%는 적절, 17%는 전체적인 일정이 부적절하므로 재설계가 필요하고 응답함.

<표 5.3.12> 문 6의 응답결과

전반적으로 적절함	5
적절하나, 일부 보완이 필요함	5
전체적인 일정에서 부적절하므로, 재설계가 필요함	2



<그림 5.3.12> 문 6의 응답결과 도식

문 6-1. (문6의 ③번 응답자만) **개발 일정이 부적절하다고 판단하신 근거 및 보완 의견**을 구체적으로 제시해 주시기 바랍니다.

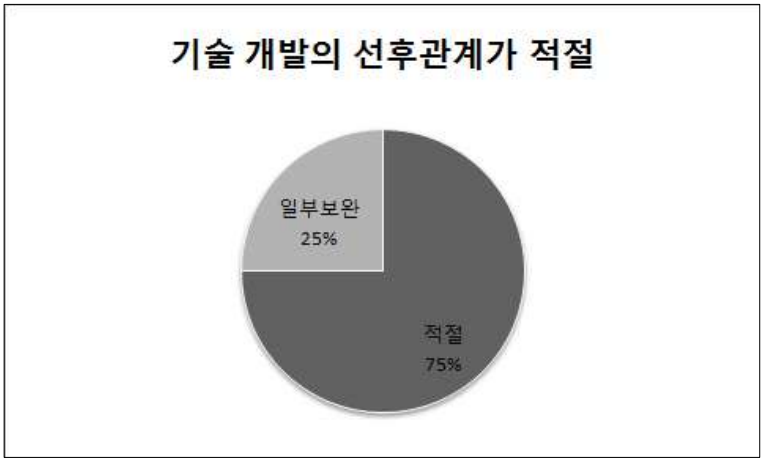
- 실사용을 위한 공역운영계획과 연동되지 않는 장비위주의 개발 진행이 필요함.
- 수요(공역운역)에 따라 필요한 것인지에 대한 판단 및 실행 필요함.
- 개발기간의 단축이 필요함.

문 7. 설문조사지 표 2에 제시된 **기술 개발의 선후관계가 적절**하다고 생각하십니까?

○ GBAS CAT-II/III 시스템 기술 개발의 선후관계의 적절성에 대한 질문의 응답자 중 75%는 적절하다고 응답하였고, 25%는 적절하나, 일부 보완이 필요하다고 응답함.

<표 5.3.13> 문 7의 응답결과

전반적으로 적절함	9
적절하나, 일부 보완이 필요함	3



<그림 5.3.13> 문 7의 응답결과 도식

3. 핵심 기술 분류의 적절성

문 8. 설문조사지 표 3에 제시된 체계개발 핵심기술 분류 자료를 참고하여 아래 질문들에 대한 검토 의견을 주시기 바랍니다.

(검토결과는 절대아님 : ①, 약간아님 : ②, 보통 : ③, 약간포함 : ④, 매우포함 : ⑤ 로 표시해 주십시오)

절대 아님 — **약간 아님** — **보통** — **약간포함** — **매우 포함**

① ② ③ ④ ⑤

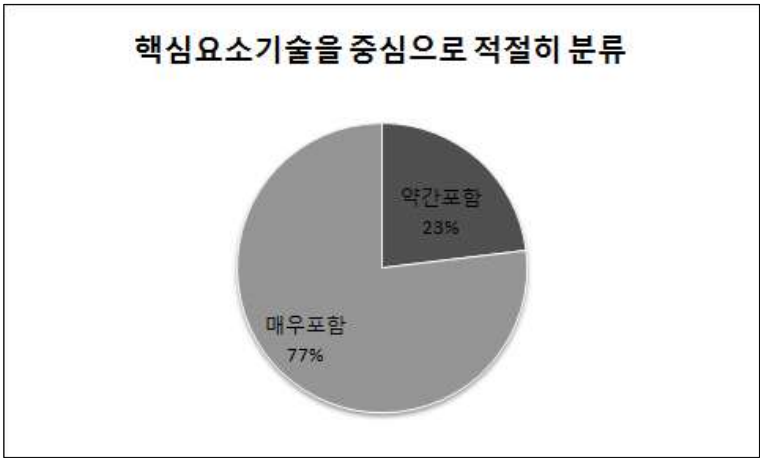
8.1) 핵심요소기술을 중심으로 적절히 분류되었는가?

○ GBAS CAT-II/III 체계개발 핵심기술 분류 및 정의표를 기반으로 핵심요소 기술을 중심으로 적절히 분류되었는가에 대한 질문에 77%의 전문가들이 매우 포함으로 응답하였고, 25%는 약간 포함으로 응답함.

- GBAS CAT-II/III 체계개발 핵심기술 분류 및 정의표가 핵심요소 기술을 중심으로 적절히 분류됨.

<표 5.3.14> 문 8.1)의 응답결과

약간 포함	3
매우 포함	10



<그림 5.3.14> 문 8.1)의 응답결과 도식

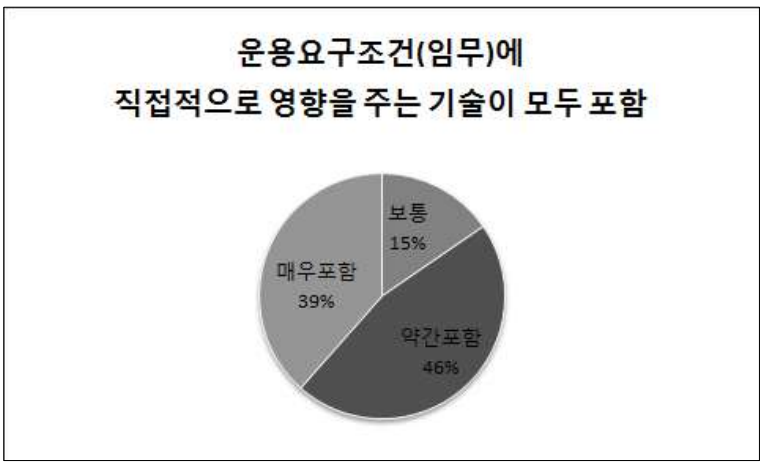
8.2) 운용요구조건(임무)에 직접적으로 영향을 주는 기술이 모두 포함되었는가?

○ GBAS CAT-II/III 체계개발 핵심기술 분류 및 정의표를 기반으로 운용요구조건(임무)에 직접적으로 영향을 주는 기술이 모두 포함되었는가에 대한 질문에 46%의 전문가들은 약간포함으로 응답하였고, 39%는 매우 포함, 15%는 보통으로 응답함.

- GBAS CAT-II/III 체계개발 핵심기술 분류 및 정의표의 운용요구조건(임무)에 직접적으로 영향을 주는 기술에 대하여 추가적인 조사와 일부 보완이 필요함.

<표 5.3.15> 문 8.2)의 응답결과

보통	2
약간 포함	6
매우 포함	5



<그림 5.3.15> 문 8.2)의 응답결과 도식

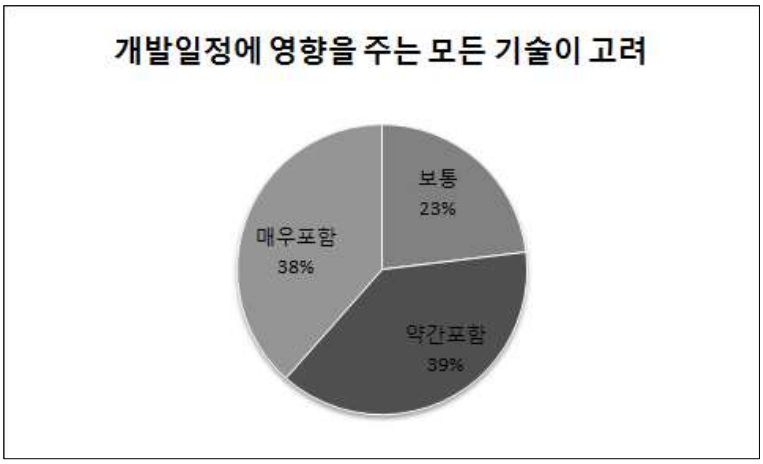
8.3) 개발일정에 영향을 주는 모든 기술이 고려되었는가?

○ GBAS CAT-II/III 체계개발 핵심기술 분류 및 정의표를 기반으로 개발일정에 영향을 주는 모든 기술이 고려되었는가에 대한 질문에 39%의 전문가들은 약간포함으로 응답하였고, 38%는 매우 포함, 23%는 보통으로 응답함.

- GBAS CAT-II/III 체계개발 핵심기술 분류 및 정의표의 개발일정에 영향을 주는 모든 기술에 대하여 추가적인 조사와 일부 보완이 필요함.

<표 5.3.16> 문 8.3)의 응답결과

보통	3
약간 포함	5
매우 포함	5



<그림 5.3.16> 문 8.3)의 응답결과 도식

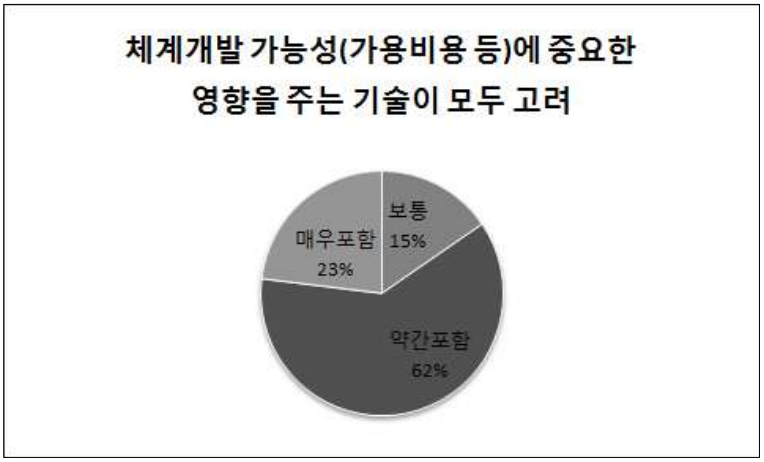
8.4) 체계개발 가능성(가용비용 등)에 중요한 영향을 주는 기술이 모두 고려되었는가?

○ GBAS CAT-II/III 체계개발 핵심기술 분류 및 정의표를 기반으로 체계개발 가능성(가용비용등)에 중요한 영향을 주는 기술이 모두 고려되었는가에 대한 질문에 62%의 전문가들은 약간포함으로 응답하였고, 23%는 매우 포함, 15%는 보통으로 응답함.

- GBAS CAT-II/III 체계개발 핵심기술 분류 및 정의표의 체계개발 가능성에 중요한 영향을 주는 기술에 대하여 추가적인 조사와 일부 보완이 필요함.

<표 5.3.17> 문 8.4)의 응답결과

보통	2
약간 포함	8
매우 포함	3



<그림 5.3.17> 문 8.4)의 응답결과 도식

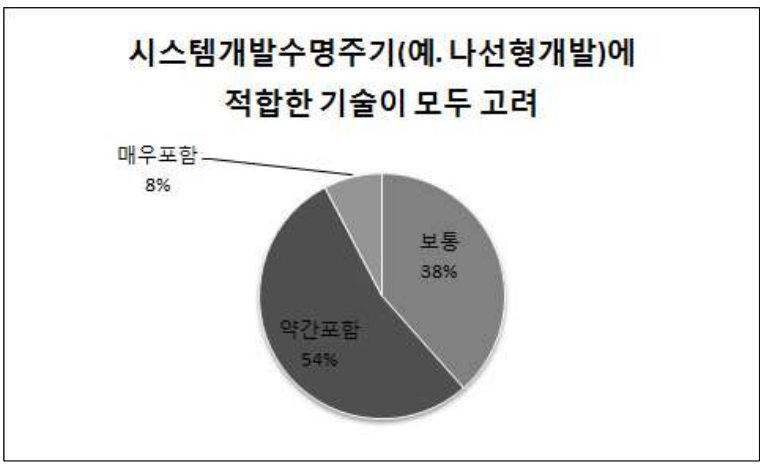
8.5) 시스템개발수명주기(예. 나선형개발)에 적합한 기술이 모두 고려되었는가?

○ GBAS CAT-II/III 체계개발 핵심기술 분류 및 정의표를 기반으로 시스템개발수명주기(예.나선형개발)에 적합한 기술이 모두 고려되었는가에 대한 질문에 54%의 전문가들은 약간포함으로 응답하였고, 38%는 보통, 8%는 매우포함으로 응답함.

- GBAS CAT-II/III 체계개발 핵심기술 분류 및 정의표의 시스템개발수명주기에 적합한 기술에 대하여 추가적인 조사와 일부 보완이 필요함.

<표 5.3.18> 문 8.5)의 응답결과

보통	5
약간 포함	7
매우 포함	1



<그림 5.3.18> 문 8.5)의 응답결과 도식

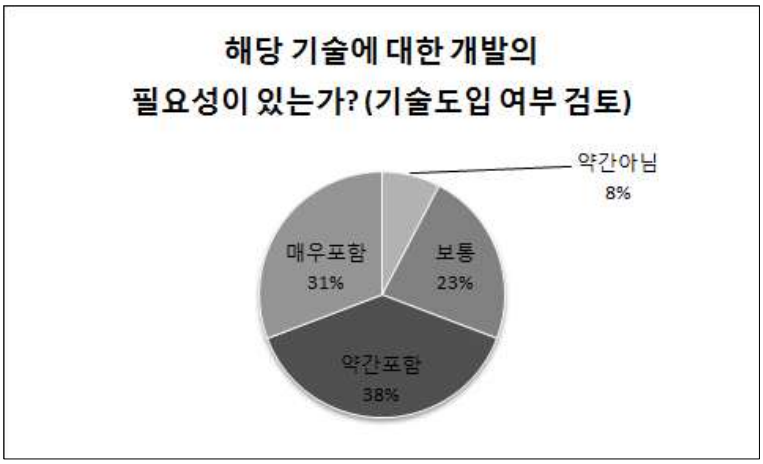
8.6) 해당 기술에 대한 개발의 필요성이 있는가?(기술도입 여부 검토)

○ GBAS CAT-II/III 체계개발 핵심기술 분류 및 정의표를 기반으로 해당 기술에 대한 개발의 필요성에 대한 질문에 38%의 전문가들은 약간포함으로 응답하였고, 31%는 매우 포함, 23%는 보통, 8%는 약간 아님으로 응답함.

- GBAS CAT-II/III 체계개발 핵심기술 대한 기술 도입을 통하여 개발이 필요함.

<표 5.3.19> 문 8.6)의 응답결과

약간 아님	1
보통	3
약간 포함	5
매우 포함	4



<그림 5.3.19> 문 8.6)의 응답결과 도식

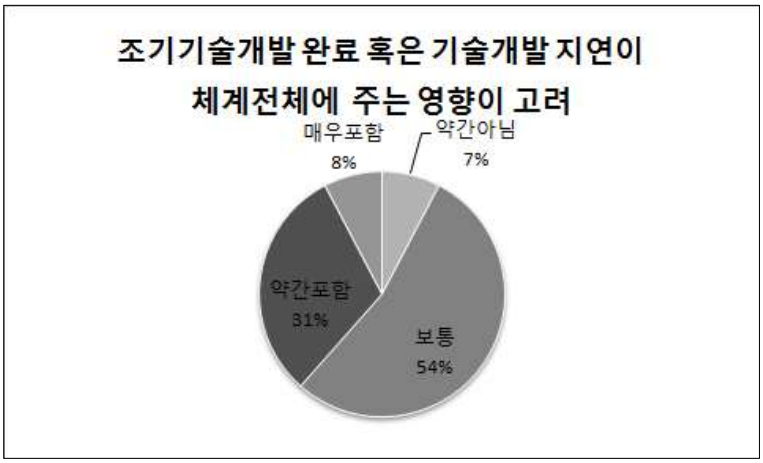
8.7) 조기기술개발 완료 혹은 기술개발 지연이 체계전체에 주는 영향이 고려되었는가?

○ GBAS CAT-II/III 체계개발 핵심기술 분류 및 정의표를 기반으로 조기기술개발 완료 혹은 기술개발 지연이 체계전체에 주는 영향이 고려되었는가에 대한 질문에 54%의 전문가들은 보통으로 응답하였고, 31%는 약간 포함, 8%는 매우포함, 7%는 약간 아님으로 응답함.

- GBAS CAT-II/III 체계개발 핵심기술 분류 및 정의표의 조기기술개발 완료 혹은 기술개발 지연이 체계전체에 주는 영향에 대하여 추가적인 조사와 보완이 필요함.

<표 5.3.20> 문 8.7)의 응답결과

약간 아님	1
보통	7
약간 포함	4
매우 포함	1



<그림 5.3.20> 문 8.7)의 응답결과 도식

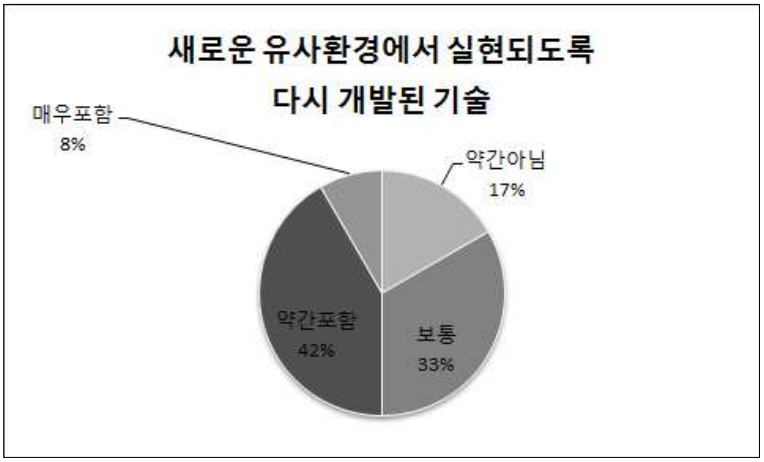
8.8) 새로운 유사환경에서 실현되도록 다시 개발된 기술인가?

○ GBAS CAT-II/III 체계개발 핵심기술 분류 및 정의표를 기반으로 새로운 유사환경에서 실현되도록 다시 개발된 기술인가에 대한 질문에 42%의 전문가들은 약간포함으로 응답하였고, 33%는 보통, 17%는 약간 아님, 8%는 매우 포함으로 응답함.

- GBAS CAT-II/III 체계개발 핵심기술은 새로운 유사환경에서 실현 가능성이 높음.

<표 5.3.21> 문 8.8)의 응답결과

약간 아님	2
보통	4
약간 포함	5
매우 포함	1



<그림 5.3.21> 문 8.8)의 응답결과 도식

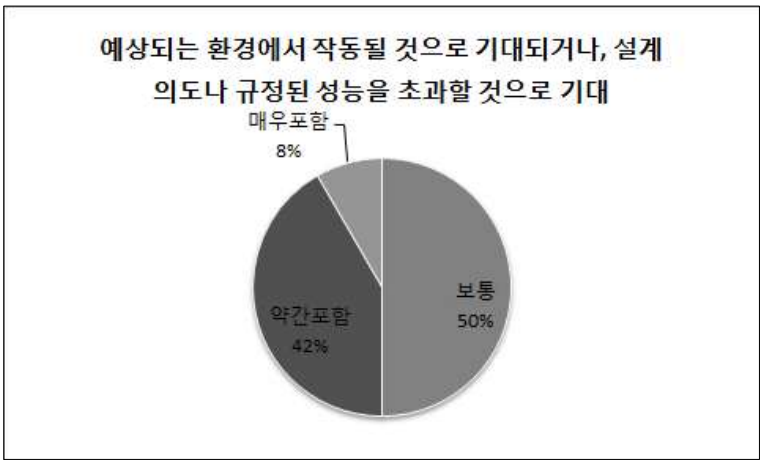
8.9) 예상되는 환경에서 작동될 것으로 기대되거나, 설계 의도나 규정된 성능을 초과할 것으로 기대되는가?

○ GBAS CAT-II/III 체계개발 핵심기술이 예상되는 환경에서 작동될 것으로 기대되거나, 설계 의도나 규정된 성능을 초과할 것으로 기대되는가에 대한 질문에 50%의 전문가들은 보통으로 응답하였고, 42%는 약간 포함, 8%는 매우 포함으로 응답함.

-> GBAS CAT-II/III 체계개발 핵심기술은 예상되는 환경에서 작동될 것으로 기대되거나 설계 의도나 규정된 성능을 초과할 것으로 기대할 수 있음.

<표 5.3.22> 문 8.9)의 응답결과

보통	6
약간 포함	5
매우 포함	1



<그림 5.3.22> 문 8.9)의 응답결과 도식

문 9. 위의 핵심기술 구분에 대한 추가적인 의견이 있으시면 작성하여 주시기 바랍니다.

- 개발자체로 보면 타당한 핵심기술 분류임.

- 과제의 성격상 운영과 연동되어야 하나 연동성은 약해 보임.

4. 기술별 기술완성도 및 적절성 검토

문 10 제출된 설문조사지의 TRL 수준을 참고하여 현재 TRL은 어느 수준이라고 생각되십니까?

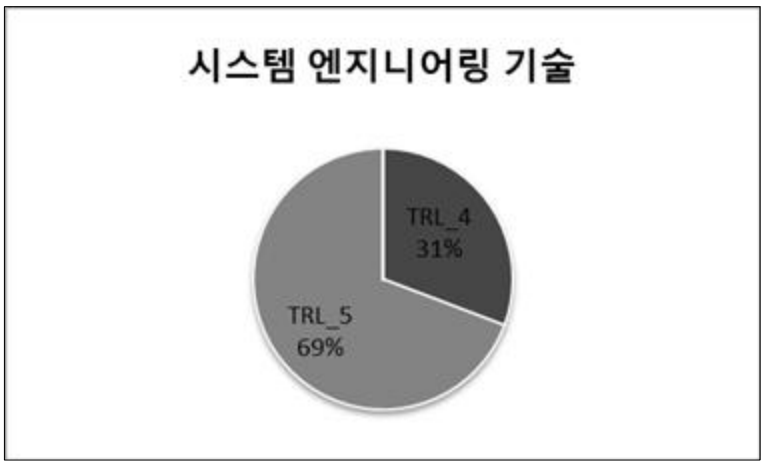
1) 시스템엔지니어링 기술

: 체계종합, 체계설계, 안정성 평가/분석, RFI/Jamming 대응 기술

○ GBAS CAT-II/III 시스템 엔지니어링 기술은 실험실 환경에서 구성요소를 조립하여 유효성을 확인하거나 또는 유사한 환경에서 시스템모형이나 서브시스템 시작품 검증을 확인 할 수 있는 수준임.

<표 5.3.23> 문 10.1) 수준 조사 응답결과

TRL_4	4	실험실 환경에서 구성요소를 조립하여 유효성 확인
TRL_5	9	유사한 환경에서 system모형이나 subsystem 시작품 검증



<그림 5.3.23> 문 10.1) 수준 조사 응답결과 도식

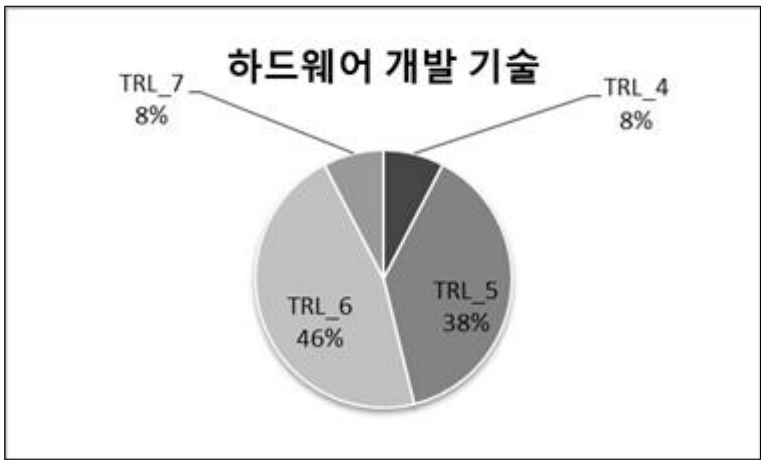
2) 하드웨어 개발 기술

: H/W 설계/제작, Redundancy, 신뢰성 보장 기술

○ GBAS CAT-II/III 하드웨어 개발 기술은 유사한 환경에서 시스템 모형이나 서브시스템 시작품 검증 또는 실제 환경에서 시스템 시작품 검증을 확인할 수 있는 수준임.

<표 5.3.24> 문 10.2) 수준 조사 응답결과

TRL_4	1	실험실 환경에서 구성요소를 조립하여 유효성 확인
TRL_5	5	유사한 환경에서 system모형이나 subsystem 시작품 검증
TRL_6	6	실제 환경에서 system 시작품 검증
TRL_7	1	실제 system 완료 및 인증



<그림 5.3.24> 문 10.2) 수준 조사 응답결과 도식

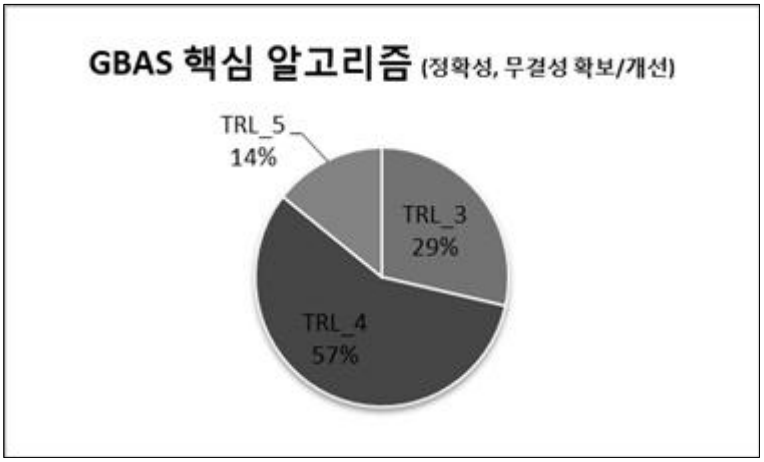
3) 소프트웨어 개발 기술

3.1) GBAS 핵심 알고리즘(정확성, 무결성 확보/개선)

○ GBAS CAT-II/III 핵심 알고리즘에 대한 기술 수준은 실험실 환경에서 구성요소를 조립하여 유효성을 확인할 수 있는 수준임.

<표 5.3.25> 문 10.3.1) 기술 수준 조사 응답결과

TRL_3	4	이론/실험에 의한 핵심기능이나 개념기술의 특성증명
TRL_4	8	실험실 환경에서 구성요소를 조립하여 유효성 확인
TRL_5	2	유사한 환경에서 system모형이나 subsystem 시작품 검증



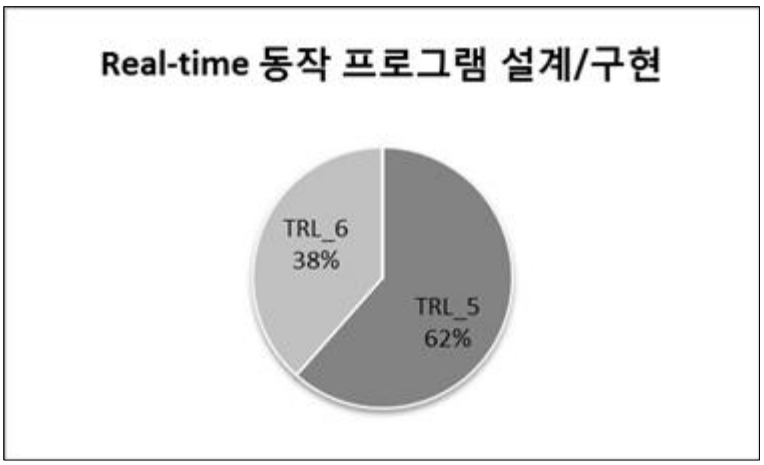
<그림 5.3.25> 문 10.3.1) 기술 수준 조사 응답결과 도식

3.2) Real-time 동작 프로그램 설계/구현

○ GBAS CAT-II/III Real-time 동작 프로그램 설계/구현 기술은 유사한 환경에서 시스템 모형이나 서브시스템 시작품 검증 또는 실제 환경에서 시스템 시작품 검증을 확인할 수 있는 수준임.

<표 5.3.26> 문 10.3.2) 기술 수준 조사 응답결과

TRL_5	8	유사한 환경에서 system모형이나 subsystem 시작품 검증
TRL_6	5	실제 환경에서 system 시작품 검증



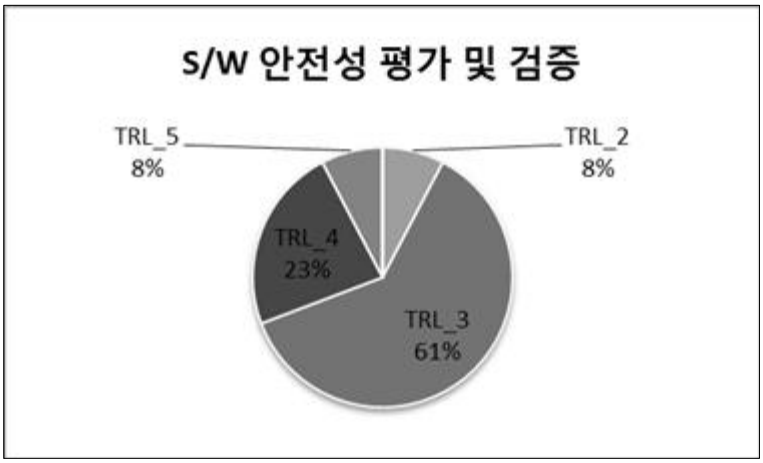
<그림 5.3.26> 문 10.3.2) 기술 수준 조사 응답결과 도식

3.3) S/W 안전성 평가 및 검증

○ GBAS CAT-II/III S/W 안전성 평가 및 검증 기술은 이론/실험에 의한 핵심기능이나 개념기술의 특성 증명 또는 실험실 환경에서 구성요소를 조립하여 유효성을 확인할 수 있는 수준임.

<표 5.3.27> 문 10.3.3) 기술 수준 조사 응답결과

TRL_2	1	개념기술 또는 공인된 응용기술
TRL_3	8	이론/실험에 의한 핵심기능이나 개념기술의 특성증명
TRL_4	3	실험실 환경에서 구성요소를 조립하여 유효성 확인
TRL_5	1	유사한 환경에서 system모형이나 subsystem 시작품 검증



<그림 5.3.27> 문 10.3.3) 기술 수준 조사 응답결과 도식

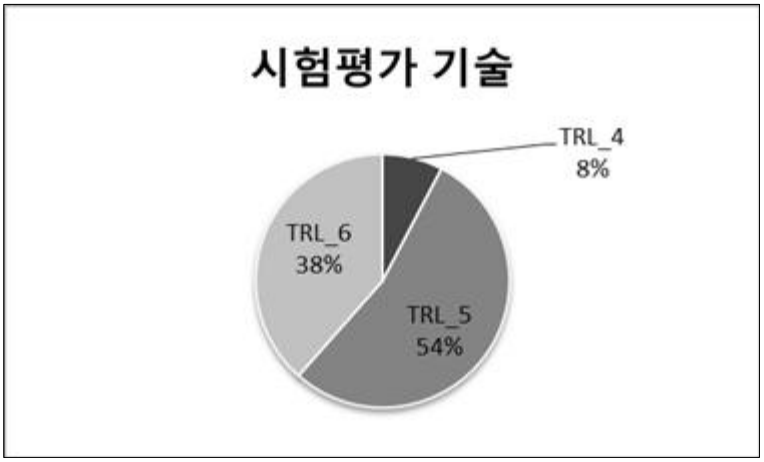
4) 시험평가 기술

: 시험장비 개발, 개발지원/보조 장비 개발. 시스템 안정성 검증, 시험절차 수립, 시험 및 성능평가

○ GBAS CAT-II/III 시험평가 기술은 유사한 환경에서 시스템 모형이나 서브시스템 시작품 거증 또는 실제 환경에서 시스템 시작품을 검증할 수 있는 수준임.

<표 5.3.28> 문 10.4) 수준 조사 응답결과

TRL_4	1	실험실 환경에서 구성요소를 조립하여 유효성 확인
TRL_5	7	유사한 환경에서 system모형이나 subsystem 시작품 검증
TRL_6	5	실제 환경에서 system 시작품 검증



<그림 5.3.28> 문 10.4) 수준 조사 응답결과 도식

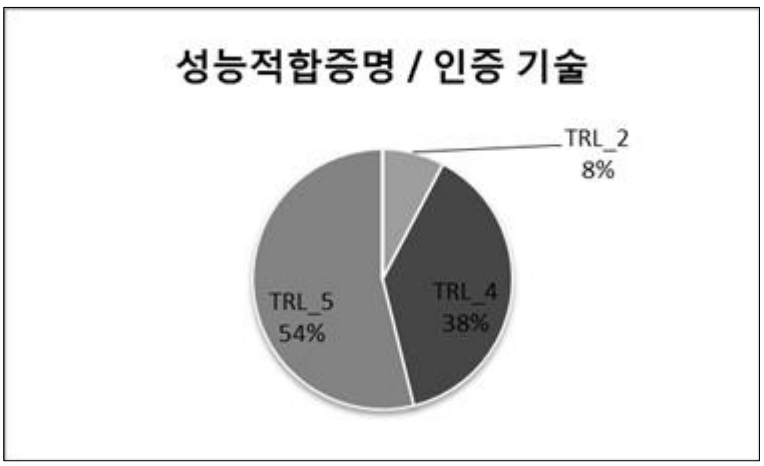
5) 성능적합증명 / 인증 기술

: 인증제도 및 절차, 탑재장비 인증 기술, 지상 장비 성능적합증명/승인 기술

○ GBAS CAT-II/III 성능적합증명 / 인증 기술은 실험실 또는 유사한 환경에서 시스템 모형이나 서브시스템 시작품 검증을 할 수 있는 수준임.

<표 5.3.29> 문 10.5) 수준 조사 응답결과

TRL_2	1	개념기술 또는 공인된 응용기술
TRL_4	5	실험실 환경에서 구성요소를 조립하여 유효성 확인
TRL_5	7	유사한 환경에서 system모형이나 subsystem 시작품 검증



<그림 5.3.29> 문 10.5) 수준 조사 응답결과 도식

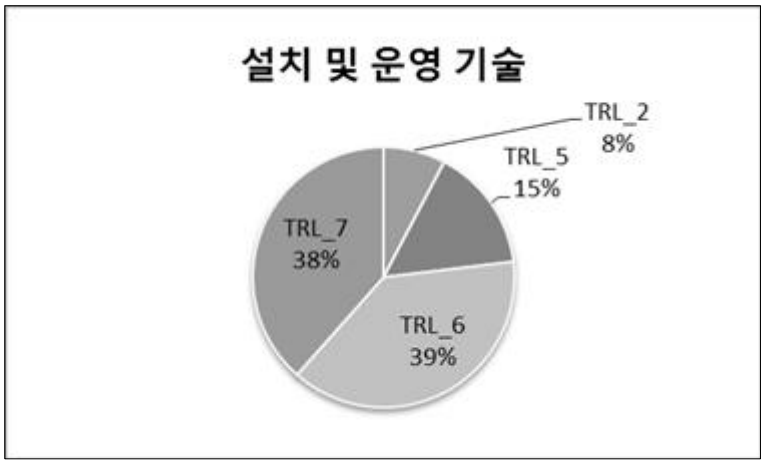
6) 설치 및 운영 기술

: 설치위치 선정/분석 기술, GLS 접근절차 설계, 운영 및 유지보수 기술

○ GBAS CAT-II/III 설치 및 운영 기술은 실제 환경에서 시스템 시작품 검증 또는 완료 및 인증을 할 수 있는 수준임.

<표 5.3.30> 문 10.6) 수준 조사 응답결과

TRL_2	1	개념기술 또는 공인된 응용기술
TRL_5	2	유사한 환경에서 system모형이나 subsystem 시작품 검증
TRL_6	5	실제 환경에서 system 시작품 검증
TRL_7	5	실제 system 완료 및 인증



<그림 5.3.30> 문 10.6) 수준 조사 응답결과 도식

문10-1. 제출된 설문조사지의 기술확보방안과 감안하여 적절한 기술 확보 방안은 무엇입니까? [보기 2]를 참조하여 기입해 주시기 바랍니다.

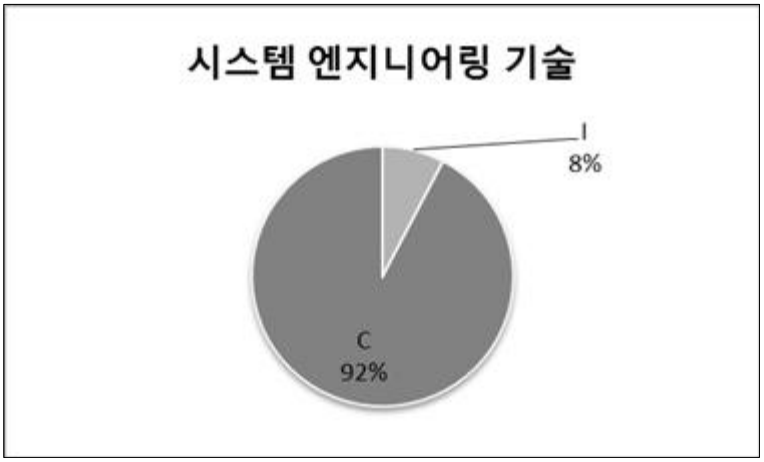
1) 시스템엔지니어링 기술

: 체계종합, 체계설계, 안정성 평가/분석, RFI/Jamming 대응 기술

○ GBAS CAT-II/III 시스템 엔지니어링 기술 확보 방안으로 대부분 국내주도 해외기술협력 또는 자문을 통한 기술을 확보하여야 한다는 의견임.

<표 5.3.31> 문 10-1.1) 확보 방안 응답결과

I(Internalization)	1	국내독자개발로 기술 확보 가능
C(Cooperation)	12	국내주도 해외기술협력 또는 자문을 통해 기술 확보



<그림 5.3.31> 문 10-1.1) 확보 방안 응답결과 도식

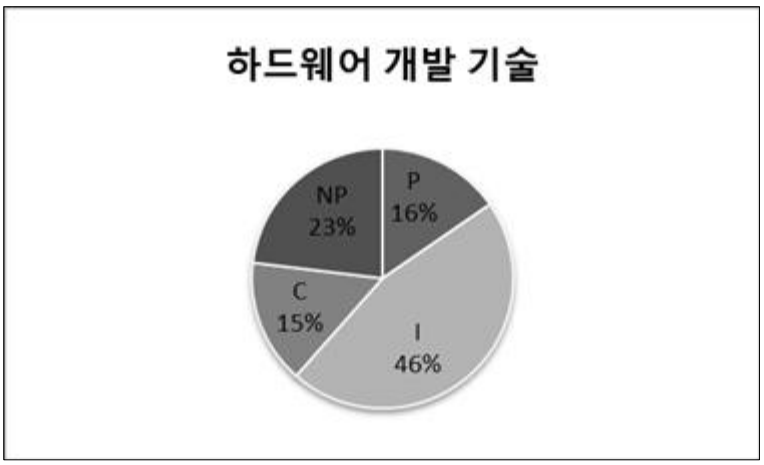
2) 하드웨어 개발 기술

: H/W 설계/제작, Redundancy, 신뢰성 보장 기술

○ GBAS CAT-II/III 하드웨어 개발 기술 확보 방안으로는 국내독자개발로 기술 확보가 가능하다는 의견이 주도적이나, 사업 기간 내 독자 개발 또는 해외 기술 도입/개발이 어렵다는 의견도 있음. 하드웨어 개발 기술 확보 방안에 대한 조사 및 보완이 필요함.

<표 5.3.32> 문 10-1.2) 확보 방안 응답결과

P(Purchase)	2	해당 기술의 해외 패키지 구매
I(Internalization)	6	국내독자개발로 기술 확보 가능
C(Cooperation)	2	국내주도 해외기술협력 또는 자문을 통해 기술 확보
NP(Not possible)	3	사업 기간 내 독자 개발 또는 해외기술 도입/개발이 매우 어려움



<그림 5.3.32> 문 10-1.2) 확보 방안 응답결과 도식

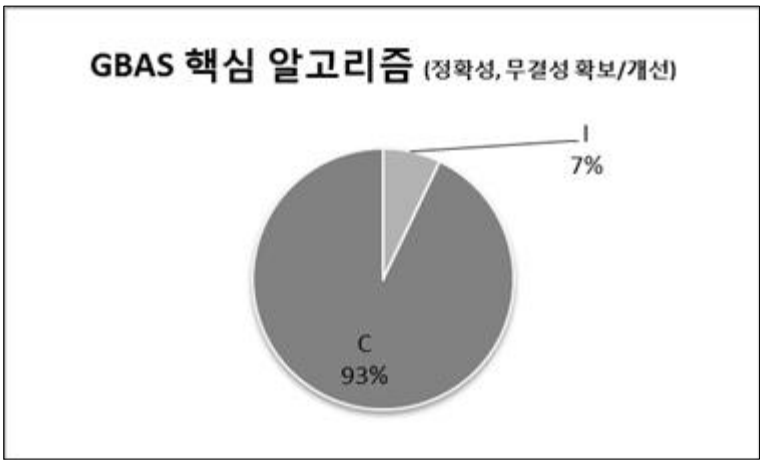
3) 소프트웨어 개발 기술

3.1) GBAS 핵심 알고리즘(정확성, 무결성 확보/개선)

○ GBAS CAT-II/III 핵심알고리즘 기술 확보 방안으로 대부분 국내주도 해외기술협력 또는 자문을 통한 기술을 확보하여야 한다는 의견임.

<표 5.3.33> 문 10-1.3.1) 기술 확보 방안 응답결과

I(Internalization)	1	국내독자개발로 기술 확보 가능
C(Cooperation)	13	국내주도 해외기술협력 또는 자문을 통해 기술 확보



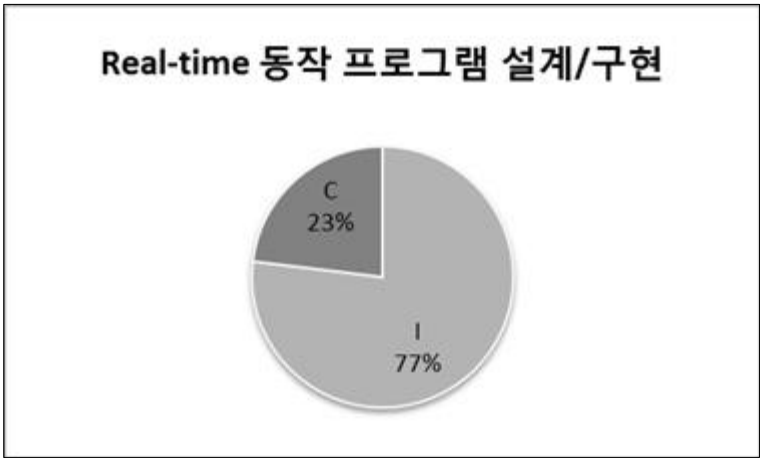
<그림 5.3.33> 문 10-1.3.1) 기술 확보 방안 응답결과 도식

3.2) Real-time 동작 프로그램 설계/구현

○ GBAS CAT-II/III Real-time 동작 프로그램 설계/구현 기술 확보 방안으로 국내독자개발로 기술 확보가 가능하다는 의견인 주도적임.

<표 5.3.34> 문 10-1.3.2) 기술 확보 방안 응답결과

I(Internalization)	10	국내독자개발로 기술 확보 가능
C(Cooperation)	3	국내주도 해외기술협력 또는 자문을 통해 기술 확보



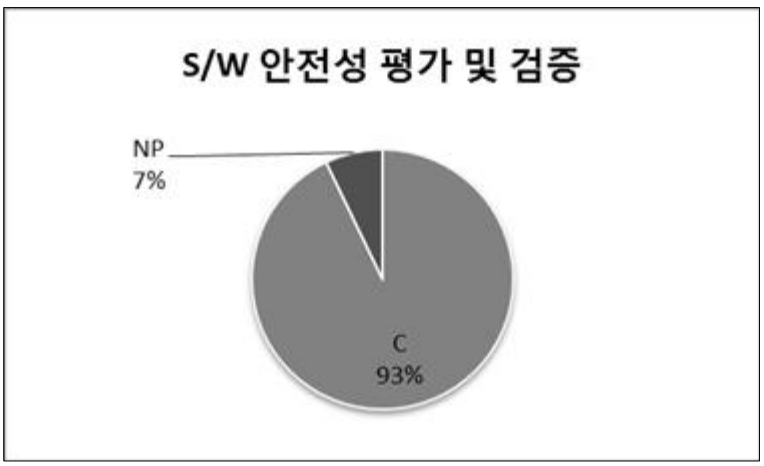
<그림 5.3.34> 문 10-1.3.2) 기술 확보 방안 응답결과 도식

3.3) S/W 안전성 평가 및 검증

○ GBAS CAT-II/III S/W 안전성 평가 및 검증 기술 확보 방안으로 국내주도 해외기술협력 또는 자문을 통해 기술을 확보할 수 있다는 의견이 주도적임.

<표 5.3.35> 문 10-1.3.3) 기술 확보 방안 응답결과

C(Cooperation)	13	국내주도 해외기술협력 또는 자문을 통해 기술 확보
NP(Not possible)	1	사업 기간 내 독자 개발 또는 해외기술 도입/개발이 매우 어려움



<그림 5.3.35> 문 10-1.3.3) 기술 확보 방안 응답결과 도식

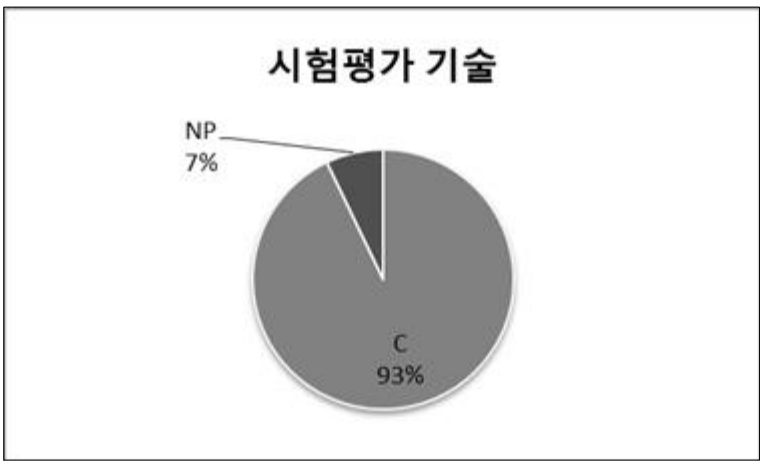
4) 시험평가 기술

: 시험장비 개발, 개발지원/보조 장비 개발. 시스템 안정성 검증, 시험절차 수립, 시험 및 성능평가

○ GBAS CAT-II/III 시험평가 기술 확보 방안으로 국내주도 해외기술협력 또는 자문을 통해 기술을 확보할 수 있다는 의견이 주도적임.

<표 5.3.36> 문 10-1.4) 확보 방안 응답결과

C(Cooperation)	13	국내주도 해외기술협력 또는 자문을 통해 기술 확보
NP(Not possible)	1	사업 기간 내 독자 개발 또는 해외기술 도입/개발이 매우 어려움



<그림 5.3.36> 문 10-1.4) 확보 방안 응답결과 도식

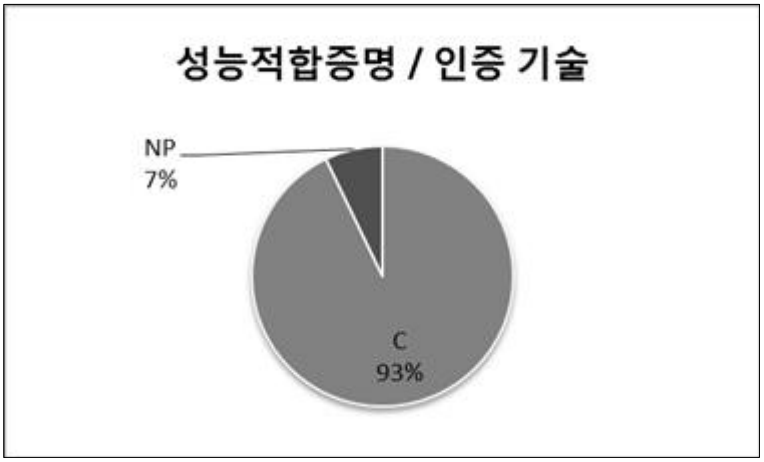
5) 성능적합증명 / 인증 기술

: 인증제도 및 절차, 탑재장비 인증 기술, 지상 장비 성능적합증명/승인 기술

○ GBAS CAT-II/III 성능적합증명 / 인증 기술 확보 방안으로 국내주도 해외기술협력 또는 자문을 통해 기술을 확보할 수 있다는 의견이 주도적임.

<표 5.3.37> 문 10-1.5) 확보 방안 응답결과

C(Cooperation)	13	국내주도 해외기술협력 또는 자문을 통해 기술 확보
NP(Not possible)	1	사업 기간 내 독자 개발 또는 해외기술 도입/개발이 매우 어려움



<그림 5.3.37> 문 10-1.5) 확보 방안 응답결과 도식

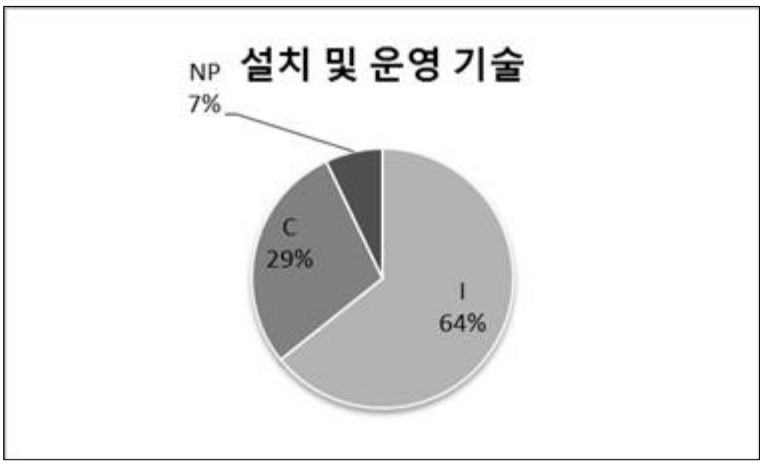
6) 설치 및 운영 기술

: 설치위치 선정/분석 기술, GLS 접근절차 설계, 운영 및 유지보수 기술

○ GBAS CAT-II/III 설치 및 운영 기술 확보 방안으로 국내독자개발로 기술 확보가 가능하다는 의견이 주도적이고, 국내주도 해외기술협력 또는 자문을 통해 기술을 확보할 수 있다는 의견도 있음.

<표 5.3.38> 문 10-1.6) 확보 방안 응답결과

I(Internalization)	9	국내독자개발로 기술 확보 가능
C(Cooperation)	4	국내주도 해외기술협력 또는 자문을 통해 기술 확보
NP(Not possible)	1	사업 기간 내 독자 개발 또는 해외기술 도입/개발이 매우 어려움



<그림 5.3.38> 문 10-1.6) 확보 방안 응답결과 도식

4절. SWOT 분석

1. 강점 요인

○ 국내에서는 1990년대부터 학계 및 한국항공우주연구원을 중심으로 GBAS 요소기술들에 대한 연구가 착실히 진행되어 옴.

○ GBAS는 위성항법기술을 활용하여 CAT-II/III급 이상의 정밀착륙서비스를 제공할 수 있는 유일한 기술에 해당됨. 참고로 SBAS는 최대 APV급 혹은 CAT-I급의 서비스까지만 제공할 수 있음.

○ 기획대상인 CAT-II/III GBAS의 선행 시스템에 해당하는 CAT-I GBAS 시스템은 국내(김포공항)에 설치하여 시험 운영이 개시되었으므로 설치 및 운영에 관련된 노하우의 축척이 시작됨.

○ 전리층 지연과 같이 GBAS 시스템의 현지화에 필요한 핵심기술들에 대한 연구개발 노하우는 일부 축적되어 있음.

○ CAT-II/III GBAS에 의한 정밀착륙 기술은 향후 군용 GBAS (JPALS; Joint Precision Approach and Landing System)의 국내 연구개발에 연계 가능함.

○ 국내 IT 기반 기술은 세계 최고 수준이고, 정부 차원에서 항공+IT 융합 기술을 新성장 동력의 하나로 선정하여 “저탄소 · 녹색성장”을 추진하고 있음.

2. 약점 요인

○ 기술의 개발이 완료되고 각 공항에 전개가 시작될 시점이 최소 10년 이상 소요될 것으로 전망되며, 국내 공항에만 전개하는 규모를 고려할 경우에는 만족할 만한 경제성을 확보하지 못함.

○ 현재 운영 기술 개발에 활용 중인 GBAS CAT-I 지상시스템은 현지화에 관련된 일부 핵심 기술을 제외하고는 해외 도입하여 운용 중이므로 해외 기술 의존도가 높음.

○ 특히 GBAS 시스템 개발 및 판매를 위하여 선행되어야 할 주요 인증에 해당하는 SDA (System Design Approval)와 관련해서는 경험이 전무함.

○ 국내 연구개발 추진 시 산학연 간 협력체계를 구축해 왔으나 상호 긴밀한 연계가 이루어지지 않아 시너지 효과가 미흡함.

○ GBAS 시스템 연구개발에 대한 안정적인 지원이 부재하여 연구개발의 연속성이 떨어짐.

○ 실패를 용인하지 않는 평가시스템에 기인하여 도전적이고 선도적인 연구개발보다 입증된 선도연구 결과를 추격하는 연구개발에 안주하는 경향이 있음.

3. 기회 요인

○ 전 세계적으로 차세대 항행시스템으로의 전환계획이 수립되어 초기구축 및 이행 단계에 있음.

○ GBAS CAT-II/III 기술은 선진국도 아직 개발을 진행 중에 있으며 계획대로 차질 없이 진행이 되어도 2025년경이 되어서야 완료가 될 수 있을 것으로 예상됨.

○ 후발 주자에 해당하는 우리나라는 추후 10년간 연구개발을 적극적으로 추진함으로써 기술 선진국으로 진입할 수 있는 여력이 있음.

○ 세계적으로 경쟁력을 가진 국내의 IT 기술 접목 가능.

○ GBAS 원천 특허는 미국에 의하여 점유되어 있으나, 기술적인 병목지점에 해당되는 전리층 지연과 RFI에 효과적으로 대응할 수 있는 기술을 개발할 경우 핵심 특허를 점유할 수 있는 기회가 있음.

4. 위협 요인

○ 기술 선진국의 항공분야의 첨단기술 보호정책으로 인하여 기술 추월에 난점을 부여함.

○ 특히 GBAS 시스템 개발의 주요 인증에 해당하는 SDA (System Design Approval)와 관련해서는 전세계적으로 미국만이 기술을 보유하고 있으며 기술보호 장벽이 높음.

○ GBAS와 관련된 원천 특허와 표준을 기술 선진국이 선점함에 따라 기술적으로 종속될 가능성이 높음.

○ CAT-I GBAS의 개발 및 인증 연혁에 의하면 CAT-II/III GBAS의 개발 및 인증도 당초 계획보다 지연될 가능성이 높음.

○ 기술 미확보에 의하여 해외 장비의 단순 구매를 시도할 경우 무리한 비용을 가능성이 높으며 대안이 부재함.

○ GBAS 시장은 수요가 제한적이고 이미 해외 대기업이 선점하고 있음. 국내 업체가 시장에 진출하기 위해서는 해외 대기업과 경쟁해야 하는 어려움이 있으며 경제성도 낮음.



<그림 5.4.1> GBAS CAT-II/III (GAST-D) 시스템 국내 개발에 대한 SWOT 분석

5절. 경제적 타당성 분석

1. 경제성 분석의 필요성

○ 위성항법지역보강시스템(GBAS : Ground-Based Augmentation System)는 공항주변 공역에서 활주로까지 항공기를 유도하는 정밀접근서비스와 공항 주변에서 정밀위치정보서비스를 제공할 수 있는 위성항법 보강시스템 기술의 일부분임. [1-1]

○ 미국과 유럽 등 선진국을 중심으로 1990년대부터 활발한 연구가 진행 중에 있으며, 여러 개발단계를 거쳐 2010년 미국의 Honeywell사에서 개발한 SLS-4000 시스템이 FAA의 승인을 받아 최초의 CAT-Ⅰ급 제품인증을 받았음[5-1]. CAT-Ⅰ에 대한 GBAS 시스템 개발 이후, 각 국가에서는 CAT-Ⅱ/Ⅲ에 대한 GBAS 기술을 선점하기 위해 연구개발에 박차를 가하고 있음.

○ 본 절의 경제적 타당성 분석은 보수적인 접근을 위하여 3가지 개발 전략 중 가장 비용이 많이 소요되고 도전적인 개발 시나리오를 가정함. 즉, GBAS CAT-Ⅱ/Ⅲ 기술개발 연구는 총 3단계로 12년에 걸쳐 GBAS CAT-Ⅱ/Ⅲ 인증용 시스템을 개발하는 것임. 1단계(4개년)의 목표는 GBAS CAT-I 검증 분석 및 CAT-II/III 핵심기술 확보, 2단계(4개년)는 지상시스템의 기본기능 및 성능을 검증하기 위한 준 실시간 시제용 지상시스템 프로토타입을 개발, 3단계(4개년)는 인증 절차에 의거하여 시스템을 개발하고 시험평가를 통해 최종 검증 단계임.

○ 현재까지 국내에서는 GBAS CAT-Ⅱ/Ⅲ 기술에 관련된 경제성 평가가 이루어지지 않았으며 경제성 평가에 필요한 정량적 자료 역시 부족함.

○ GBAS CAT-II/III 기술개발에 대한 경제성 분석은 1) 해당기술의 국내 도입 경제성, 2) 국내개발의 경제성, 3) 개발 이후 사업화에 따른 사업성으로 구분하여 분석함.

○ 미래가치 분석을 위해 불확실한 시장 환경을 고려한 시나리오 분석방법을 적용함.

2. 경제성분석 범위 및 방법

가. 기본방향

○ GBAS는 국가 교통 인프라로 관리되어야 할 주요 시스템으로, ICAO의 의결에 의하여 VOR, DME, ILS 등 기존의 전파항행장비는 위성항법 기반으로 대체되어 나갈 것임.

○ 현재의 국내공항에 필요한 GBAS 장비 소요는 약 16대로 예상되어 국내

시장의 경제성 확보는 미약하나 글로벌 시장을 추정할 경우 향후 약 2,500-3000 대 수준의 신규 소요가 예상됨.

○ GBAS는 국가 정책적으로 중요한 기술로 항행장비가 국제적 표준에 적합한 장비만이 운용될 수 있으며, 항행안전을 위한 국가 기반시설임.

○ 항공허브 국가로의 위상 확보와 유지를 위해 주변국 보다 앞서 독자기술에 의한 인프라 구축을 위해서도 전략적으로 확보해야 할 기술임. 또한, GBAS CAT-II/III 개발을 위해 다양한 복합기술의 융합이 필요하고, 항행장비 기술을 확보할 수 있는 중요한 전략적 의미를 갖고 있으며, 설치 이후 운용단계에서의 유지보수에 필요한 정비기술 및 정비부품도 지속적으로 소요되어 국내 MRO 산업의 기반을 확대할 수 있음.

○ 따라서 GBAS CAT-II/III 의 경제성 분석은 GBAS 자체의 설치에 따른 경제성뿐만 아니라 이후 발생하는 MRO 부문의 경제성도 포함하여 분석하고, 연구개발에 대한 기술적 파급효과, 정책적 효과를 고려하여 평가하고 이를 기반으로 비용-편익 분석을 실시함.

○ 본 GBAS CAT-Ⅱ/Ⅲ 기술 개발의 경제성을 평가하기 위해 전통적인 비용-편익 분석 방법, 손익분기점분석(BEP), 옵션모형을 이용. GBAS시스템의 국내 개발에 따른 대표적인 편익은 투자비용 및 연간 유지보수 비용 절감임.

○ 기존시스템은 활주로마다 설치되어 있는 반면에 GBAS시스템은 공항 당 하나만 설치해도 여러 활주로를 커버할 수 있어 상당한 유지보수비용을 절감할 것으로 기대[5-3]. 시스템 자체에 대한 기본적인 유지보수비용이 ILS시스템보다 낮음.[5-2]

○ GBAS시스템 설치로 인한 비용은 해외기술을 도입하는 것과 국내기술을 개발하는 것으로 나눌 수 있음. 해외시스템과 국내에서 개발한 시스템의 성능을 동일하다고 가정하였을 때, 고려할 수 있는 사항은 해외기술 도입비용과 국내개발비용 및 생산비용으로 함축할 수 있음.

나. 경제성 분석체계

○ GBAS CAT-II/III 시스템은 세계적으로도 개발단계에 있는 기술로 미래 시장수요 뿐만 아니라 시스템 개발비용에 대한 불확실성으로 사업성 분석에 한계가 있음. 특히, GBAS CAT-II/III가 항행장비 기술에서 갖는 기술적 중요성을 고려한 기술적 가치가 반영 되어야 하고, 기술자체의 확보에 따른 정책적 가치 역시 포함되어 분석되어야 함.

○ 따라서 GBAS CAT-II/III 시스템에 대한 경제성 분석 및 비용-편익 분석은 시장수요 기반의 시장경제성, 기술적 중요도를 고려한 기술적 가치, 기술보

유에 따른 정책적 가치로 구분하여 분석되어야 함.

○ 시장경제성 분석

- 수익성 분석 : 상용시스템 개발을 목적으로 하는 경우 분석됨. 개발된 기술을 바탕으로 상용 시스템을 생산하여 판매함으로써 수익을 달성하기 위한 경우에 분석 필요함. 주로 현금흐름 할인 방법을 통해 수익성 분석함. 투자 대비 경제적 수익을 분석하고, IRR, NPV 등을 통해 수익성을 분석하여 사업성 평가. 시장개발 전략 등이 주요 이슈가 됨.

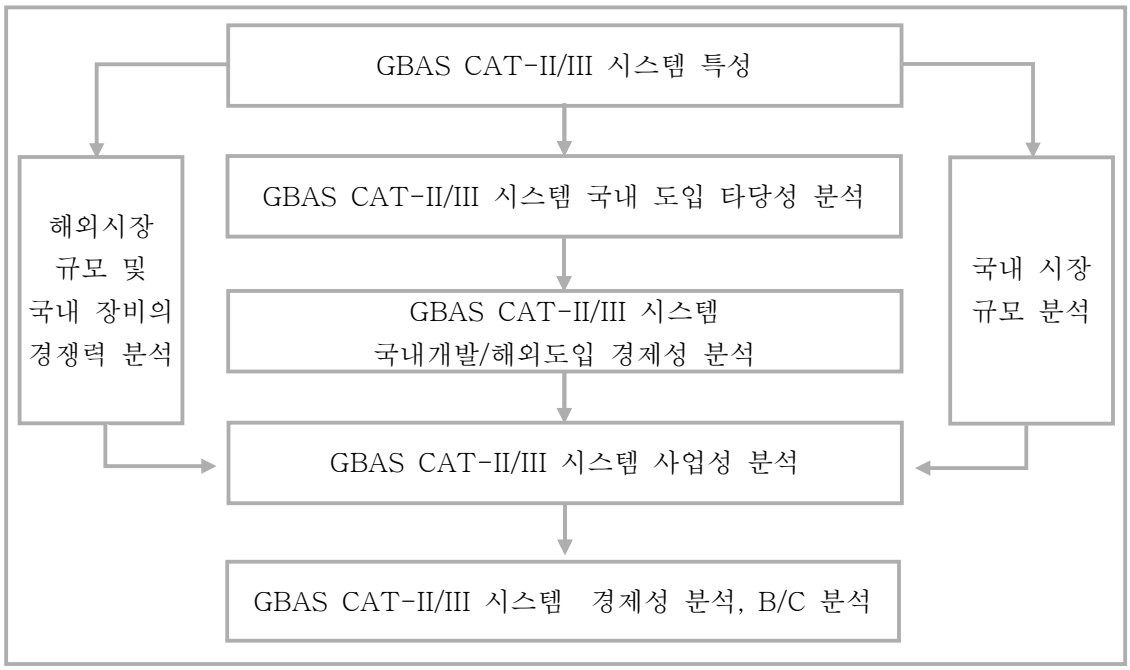
- GBAS CAT-II/III 시스템의 국내 도입타당성, 국내 개발타당성, 국내시장 수요를 고려한 경제성 분석, 국내 도입으로 인한 사회적 편익 분석으로 구분하여 실시함.

○ 비용-편익분석

- 비용-편익분석 : 주로 공공투자사업에 대하여 분석. 개발된 기술이 상업적 시스템 생산 보다는 공공목적의 시스템 투자 (도로, 항만, 공항, 에너지 등) 대상으로 분석. 기술개발에 따른 편익은 직접적인 수익 외에도 간접적인 파급효과를 수익으로 환산하여 편익 분석함. 경제적 편익, 사회적 편익으로 구분하여 평가함.

- GBAS 기술개발에 따른 비용-편익 분석은 시장경제성 분석, 기술경제성 분석 및 정책적 가치평가를 종합하여 분석함. 특히, 시장경제성, 기술경제성, 정책적 가치분석에 대한 중요도의 차이를 고려하여 GBAS 기술 전반에 대한 편익을 분석함.

- 비용 및 편익분석은 미래의 시장 및 운영환경에 따라 달라질 수 있음으로 미래 시장 및 운용환경에 대해 시나리오를 설정하여 분석함으로써 다양한 환경에 대한 비용-편익분석 결과를 제시하여 기술개발의 타당성을 도출하고자 함.



<그림 5.5.1> GBAS CAT-II/III 경제성 분석 체계

다. 경제성 분석방법

○ 현금할인모형

- 본 연구의 경제성을 평가하기 위해 비용-편익 분석의 대표적 방법인 순현재가치법, 손익분기점분석, 불확실성을 고려하여 투자시기를 결정하는 실물옵션법을 사용함. 순 현가가치법은 비용편익분석의 방법론 중에 가장 선호되는 방법으로, 사업이나 연구과제에 대한 미래가치를 현재가치화하여 계산됨. 사용되는 할인율은 사업이나 연구에 이용되는 자본비용의 성격에 따라 적절하게 조정할 수 있음.

$$NPV = \sum_{t=1}^{N} \frac{(NB_t)}{(1+r)^t} - I_0 + S_0$$

(NB_t: t 기간의 개발편익, r: 할인율, I_0: 초기투자비, S_0: 잔존가치, N: 총 사업기간)

- 개발편익은 매출 및 비용으로 평가될 수 있음.

- NPV의 효과적 산출을 위해 모형에서 요구하는 여러 요소에 대한 적절한 평가가 이루어져야 함. 특히, 사업기간동안 나타나는 편익과 비용의 흐름에 대한 정보가 중요함. 미래의 각 기간마다 발생하는 현금흐름을 현재가치로 환산하기 위해 적절한 할인율을 이용함. 일반적으로 NPV가 0보다 큰 경우 사업 및 연구의 경제적 타당성이 확보된다고 볼 수 있음.

- 내부수익률법이나 B/C 비율법 등도 모두 NPV와 같은 현금흐름 할인모

형을 기초로 하여 분석함으로 생략함.

- 할인율은 미래의 현금 가치를 현재 가치로 환산해 주는 기준이 됨. 일반적으로 할인율은 사업의 투자비용 차입 성격에 따라 결정되기 때문에 이자율과 밀접한 관련이 있음. 또한 사업의 리스크에 따라 할인율이 결정되기도 함. 리스크가 거의 없는 사업은 일반적으로 무위험 할인율을 적용하며, 가장 많이 쓰이는 것이 국공채 할인율로 5년 만기 국공채 수익률을 많이 사용함.

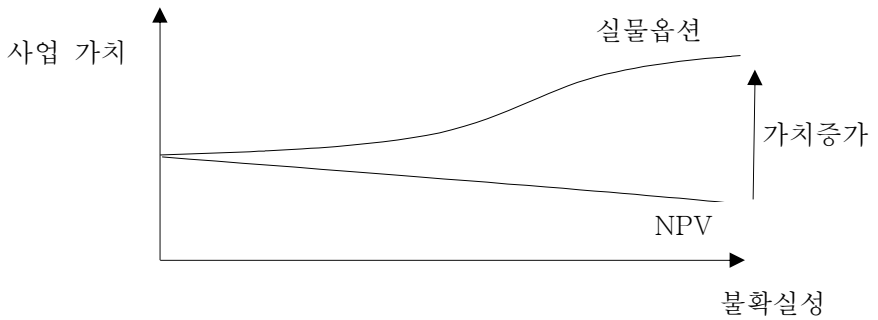
○ 실물옵션 모형

- 실물옵션은 미래의 불확실한 상황에 따른 사업주체자의 선택권, 역량 등을 사업의 가치에 포함시키는 것임. 일반적인 NPV분석에 따르면 사업의 가치는 불확실성이 증가함에 따라 감소하게 됨. 그러나 실물옵션은 사업주체자의 신축적인 의사결정의 가치를 평가하기 때문에 NPV분석보다 높은 가치를 나타냄.

$$Expanded\,NPV = NPV + Option$$

$Expanded\,NPV$: 실물옵션을 적용한 가치
NPV: 현금할인모형을 통한 가치
$Option$: 상황에 따른 유연성 가치

- 실물옵션은 일반적으로 단독으로 사용되기 보다는 NPV와 함께 사용됨. 사업에 대한 불확실성이 존재하고, 사업투자비용이 매몰적 성격을 지니는 사업의 경우 투자시기에 따라 기회비용이 크게 나타남. 이러한 경우 NPV에 비해 실물옵션의 가치가 훨씬 높게 나타남. 따라서 실물옵션은 NPV와 보완적인 측면에서 사용될 때 보다 바람직한 결과를 이끌어 낼 수 있음.



<그림 5.5.2> NPV와 실물옵션

- 실물옵션의 종류는 연구 개발과정의 특성에 따라 확장, 축소, 연기 또는 포기하는 옵션으로 구성된다. 본 GBAS 경제성 분석에서는 ILS시스템과 GBAS시스템의 편익비교를 통해 GBAS시스템의 즉각 도입을 하지 않고 다음 시기로 연기할 수 있는 연기옵션을 적용하여 경제성 분석을 보완하고자함.

3. GBAS CAT-II/III 시스템 도입 필요성

가. ILS와 GBAS CAT-II/III 시스템 비교

○ GBAS CAT-II/III의 국내 도입에 대한 타당성을 분석함. 현재 운영 중인 ILS 시스템을 대체하는 GBAS 시스템의 도입에 따른 경제적 타당성을 분석함. ILS와 GBAS 시스템에 대하여 장비비용, 운영유지비용, 내용연수 등을 고려하여 손익분기점 (BEP) 분석을 실시함.

○ 일반적으로 설치기간이 오래될수록 시스템은 노후화 율이 진행됨에 따라 연간유지비용이 늘어남. 특히 시스템을 사용할 수 있는 기한이 가까울수록 빠르게 증가함. 고장비용은 우발적으로 발생하는 비정기적 성격의 비용. 이 또한 시스템의 노후화에 따라 증가. 항행장비의 기존시스템의 경우 현재 내용연수에 따라 연간 유지보수 비용이 증가함.

$$TC_{ILS} = \sum_{t=0}^{N} \frac{A_t^1}{(1+i)^t} + IC_{ILS} - S_{ILS} \quad (1)$$

A_t^1 : 노후화 율을 고려한 ILS 시스템 연간 유지보수 비용 (=$a_1(1+r_1)^t$)
IC_{ILS}, S_{ILS} : ILS시스템 도입 및 설치비용, 잔존가치
a_1 : ILS시스템 연간 유지보수 비용
r_1 : ILS시스템 노후화율 i : 할인율 N : 내용년수

$$TC_{GBAS} = \sum_{t=0}^{N} \frac{A_t^2}{(1+i)^t} + IC_{GBAS} - S_{GBAS}$$

A_t^2 : 노후화 율을 고려한 GBAS시스템 연간 운영유지 비용 (= $a_2(1+r_2)^t$)
IC_{GBAS}, S_{GBAS} : GBAS 시스템 도입 및 설치비용, 잔존가치
a_2 : GBAS 시스템 연간 운영유지 비용
r_2 : GBAS 시스템 노후화율 i : 할인율 N : 내용년수

○ ILS 시스템(1식) 비용요소 및 가정(Category Ⅲ infrastructure(ILS/DME))

ILS unit cost

The table below gives the ILS itemised costs in KEUR.

Cost items	Cost in K€
Category I infrastructure (ILS/DME)	336
Category II infrastructure (ILS/DME)	384
Category III infrastructure (ILS/DME)	406
Category I infrastructure (ILS/Markers)	330
Category II infrastructure (ILS/Markers)	378
Category III infrastructure (ILS/markers)	400
Civil works	195
Initial Flight Inspection	30
Installation & Commissioning	176
CAT I Operating cost/year	79
CAT II Operating cost/year	95
CAT III Operating cost/year	105

Table 11: ground ILS-related unit costs

<그림 5.5.3> ILS 시스템 (1식) 비용

(자료 : Eurocontrol, 2005 Report on the Eurocontrol Xls business Case)

- ILS 시스템 도입 및 설치비용 : infrastructure + civil works + initial flight inspection + installation & commissioning = 807 KEUR = 11억 7천만원(2013년 환율 적용)
- ILS 시스템 연간 유지비용 : operating cost/year = 105 KEUR = 1억 5천만원(2013년 환율 적용)
- ILS 시스템 내용연수 : 14년 (국토교통부 고시 항행장비 내용 년수)
- ILS 시스템 노후화율 : 5% 가정 (항행장비 내용 년수를 고려한 보수적 가정)
- ILS 시스템 잔존가치 : 기반장비 도입 및 설치비용의 10%

○ GBAS 시스템 비용요소에 대한 가정(Category Ⅱ/Ⅲ infrastructure)

GLS unit cost

The table below gives the GLS itemised costs in KEUR.

Cost items	Cost in K€
GLS CAT I Infrastructure	500
GLS CAT II/III Infrastructure	1 000
Civil works	44
Installation & Commissioning	120
Flight Certification	30
Operating cost/year	43

<그림 5.5.4> GBAS 시스템 비용

(자료 : Eurocontrol, 2005 Report on the Eurocontrol Xls business Case)

- GBAS 시스템 도입 및 설치비용 : infrastructure + civil works + installation & commissioning + flicht certification = 1,194 KEUR = 17억 3천만원 (2013년 환율 적용)

- GBAS 시스템 연간 유지비용 : 43 KEUR = 6천 2백만원 (2013년 환율 적용) (비관적, 낙관적 시나리오 10%의 민감도 조정)

- GABS 시스템 내용연수 : 14년

- GBAS 시스템 노후화율 : 보편적 5% (ILS 시스템 노후화율과 동일한 노후화율을 보편적 시나리오로 가정하고 비관적, 낙관적 시나리오 1%의 민감도 조정)

- GBAS 시스템 잔존가치 : 도입 및 설치비용의 10%

<표 5.5.1> GBAS CAT-II/III 시스템 도입비용 시나리오

구 분	비관적 시나리오	보편적 시나리오	낙관적 시나리오
GBAS 시스템 도입 및 설치비용	19억원	17억 3천만원	15억 5천만원
GBAS 시스템 연간 유지비용	6천 8백만원	6천 2백만원	5천 6백만원
GBAS 시스템 내용년수	14년		
GBAS 시스템 노후화율	6% 가정	5% 가정	4% 가정
GBAS 시스템 잔존가치	GBAS 시스템 도입 및 설치가격의 10%		
할인율	사회적 할인율 5.5% 가정		

○ 시나리오별 GBAS CAT-II/III 시스템 도입 타당성 분석

- 분석대상 시점 (Y)에서 ILS 장비와 GBAS 시스템이 동시에 설치되어 운영되는 경우 시나리오별 총비용을 분석함.

<표 5.5.2> ILS VS GBAS 시나리오별 연간비용 분석

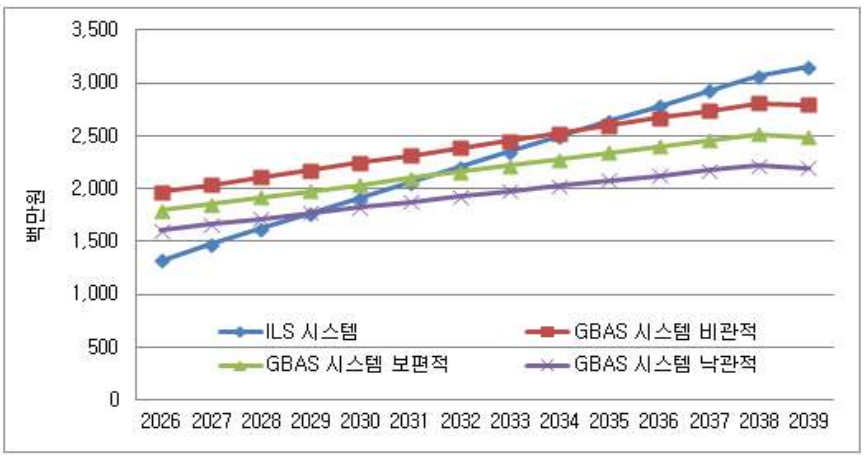
단위 : 백만원

시나리오	ILS				GBAS											
					비관적				보편적				낙관적			
연도	도입 및 설치비	연간 운영비	잔존 가치	연간총 비용	도입 및 설치비	연간운영비	잔존 가치	연간총 비용	도입 및 설치비	연간운영비	잔존가치	연간총 비용	도입 및 설치비	연간운영비	잔존가치	연간총 비용
2026	1170	150		1320	1900	68		1968	1730	62		1792	1550	56		1606
2027		158		149		72		68		65		62		58		55
2028		165		149		76		69		68		61		61		54
2029		174		148		81		69		72		61		63		54
2030		182		147		86		69		75		61		66		53
2031		191		146		91		70		79		61		68		52
2032		201		146		96		70		83		60		71		51
2033		211		145		102		70		87		60		74		51
2034		222		144		108		71		92		60		77		50
2035		233		144		115		71		96		59		80		49
2036		244		143		122		71		101		59		83		49
2037		257		142		129		72		106		59		86		48
2038		269		142		137		72		111		59		90		47
2039		283	55	141		145	90	72		117	82	58		93	73	46

<표 5.5.3> ILS VS GBAS 시나리오별 누적비용 비교

단위 : 백만원

연도	ILS	GBAS 시스템		
		비관적	보편적	낙관적
2026	1,320	1,968	1,792	1,606
2027	1,469	2,036	1,854	1,661
2028	1,618	2,105	1,915	1,716
2029	1,766	2,174	1,976	1,769
2030	1,913	2,243	2,037	1,822
2031	2,059	2,313	2,098	1,874
2032	2,205	2,383	2,158	1,926
2033	2,350	2,453	2,218	1,976
2034	2,495	2,524	2,278	2,026
2035	2,638	2,595	2,337	2,075
2036	2,781	2,666	2,396	2,124
2037	2,924	2,738	2,455	2,172
2038	3,066	2,810	2,513	2,219
2039	3,152	2,792	2,490	2,193



<그림 5.5.5> ILS(1식)시스템과 GBAS 시스템 비용 분석

- 보편적 시나리오에서는 2026년을 시점으로 2032년에 GBAS시스템의 경제성 효과가 나타남.

- 낙관적 시나리오에서는 2026년을 시점으로 2030년에 GBAS시스템의 경제성 효과가 나타남. GBAS시스템의 가격 및 기술수준을 낙관적으로 전망하여 도입 및 설치비용과 연간 유지비용을 보편적 시나리오보다 낮게 잡음. 또한 노후화의 진행률을 낮추면서 편익 시점을 앞당길 수 있음.

- 비관적 시나리오에서는 2026년을 시점으로 2035년에 GBAS시스템의 경제성 효과가 나타남. GBAS시스템의 가격 및 기술수준을 비관적으로 전망하여 도입 및 설치비용과 연간 유지비용을 보편적 시나리오 보다 높게 잡음. 노후화의 진행률도 ILS시스템보다 빠르게 잡았으나, 시스템 내용연수 내에 편익효과를 봄.

나. GBAS CAT-II/III 시스템 국내개발과 해외도입 비교

○ GBAS 시스템에 대한 해외기술도입과 국내기술개발의 경제성을 분석하기 위해서 도입 및 설치비용과 연간 유지비용의 비용·편익 분석 실시. 해외시스템과 국내개발 시스템의 내용연수는 동일한 것으로 가정함.

○ 시스템 잔존가격은 기반장비 도입비용의 10%를 가정함.

○ GBAS 시스템의 노후화 율은 5%를 가정함.

$$TC_D = \sum_{t=0}^{T_0} \frac{A_t^I - A_t^D}{(1+i)^t} + (IC_G - DC_G) - (S_I - S_D)$$

A_t^I, A_t^D : 해외 GBAS 시스템과 국내 개발 시스템의 노후화 율을 고려한 연간 운영유지 비용 (= $a_I(1+r_I)^t$, $a_D(1+r_D)^t$)

IC_G, DC_G : 해외 GBAS 시스템과 국내 개발 시스템 도입 및 설치비용

a_I, a_D : 해외 GBAS 시스템과 국내 개발 시스템의 연간 운영유지비용

r_I, r_D : 해외 GBAS 시스템과 국내 개발 시스템의 노후화율

○ NPV_D가 0 보다 크면 국내 개발시스템이 비용 효과적이며, T_0가 내용연수 보다 작게 나타남.

- GBAS 시스템 도입 및 설치비용 : infrastructure + civil works + installation & commissioning + flicht certification = 1194 KEUR = 17억

3천만원(2013년 환율 적용)

- GBAS 시스템 연간 유지비용 : 43 KEUR = 6천 2백만원(2013년 환율 적용)
- GABS 시스템 내용연수 : 14년
- GBAS 시스템 노후화율 : 5%
- GBAS 시스템 잔존가치 : 도입 및 설치비용의 10%

○ 국내 개발 시스템의 비용요소 및 가정

- 해외장비 도입 및 설치가의 90%가정 : 15억 5천만원

  (전문가 설문조사 결과 국내 개발 장비 가격은 해외 장비 대비 80% 이상으로 예상하는 경우가 70%임. 따라서 보수적으로 해외장비 가격의 90%를 가정함)

- 연간 유지비용은 부품의 국산화로 해외장비 유지보수비용의 90% 가정 : 5천 6백만원

  (전문가 설문조사 결과 해외장비 유지보수비용의 80% 이상 수준으로 예상하는 경우가 80%임. 따라서 보수적으로 90%를 가정함)

- GABS 시스템 내용연수 : 14년 (국토교통부 고시 항행장비 내용연수)
- GBAS 시스템 노후화율 : 보편적 6%, 비관적 7%, 낙관적 5%

  (설문조사 결과를 노후화 율이 5% 이상을 추정하는 경우가 80%이고, 국토교통부 항행시설 내용연수를 고려하여 보편적 기준으로 노후화율 6% 가정함)

- GBAS 시스템 잔존가치 : 생산 및 설치비용의 10%

<표 5.5.4> GBAS CAT-II/III 국내 개발 시 비용 시나리오

구 분	비관적 시나리오	보편적 시나리오	낙관적 시나리오
GBAS 시스템 생산 및 설치비용	17억 5백만원	15억 5천만원	13억 95백만원
GBAS 시스템 연간 유지비용	6천 1백만원	5천 6백만원	5천만원
GBAS 시스템 내용연수	14년		
GBAS 시스템 노후화율	7% 가정	6% 가정	5% 가정
GBAS 시스템 잔존가치	GBAS 시스템 기반 장비가격의 10%		
할인율	사회적 할인율 5.5% 가정		

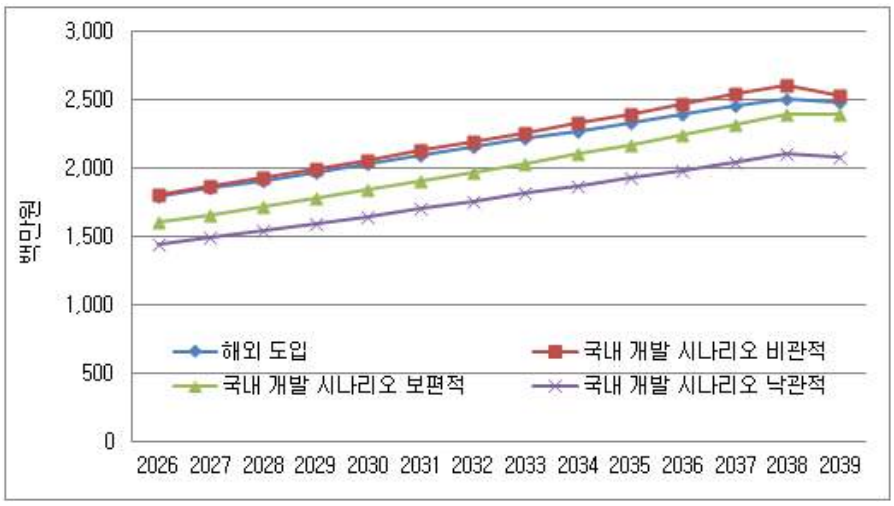
<표 5.5.5> GBAS CAT-II/III 국내기술개발 시나리오별 연간비용 분석

시나리오	해외기술도입				GBAS 국내기술개발											
					비관적				보편적				낙관적			
연도	도입 및 설치비	연간 운영비	잔존 가치	연간총 비용	도입 및 설치비	연간 운영비	잔존 가치	연간총 비용	도입 및 설치비	연간 운영비	잔존 가치	연간총 비용	도입 및 설치비	연간 운영비	잔존 가치	연간총 비용
2026	1730	62		1792	1750	61		1811	1550	56		1606	1395	50		1445
2027		65		62		65		62		59		57		53		51
2028		68		61		70		63		63		59		55		51
2029		72		61		75		64		67		60		58		52
2030		75		61		80		65		71		62		61		53
2031		79		61		86		65		75		63		64		54
2032		83		60		92		66		79		65		67		55
2033		87		60		98		67		84		66		70		55
2034		92		60		105		68		89		68		74		56
2035		96		59		112		69		95		69		78		57
2036		101		59		120		70		100		71		81		58
2037		106		59		128		71		106		73		86		59
2038		111		59		137		72		113		75		90		59
2039		117	82	58		147	83	73		119	73	76		94	86	60

<표 5.5.6> GBAS CAT-II/III국내기술개발 시나리오별 누적비용 비교

단위 : 백만원

연도	해외 도입	국내 개발 시나리오		
		비관적	보편적	낙관적
2026	1,792	1,811	1,606	1,445
2027	1,854	1,873	1,663	1,496
2028	1,915	1,936	1,722	1,547
2029	1,976	2,000	1,782	1,599
2030	2,037	2,065	1,844	1,652
2031	2,098	2,130	1,907	1,706
2032	2,158	2,196	1,972	1,761
2033	2,218	2,263	2,038	1,816
2034	2,278	2,331	2,106	1,872
2035	2,337	2,400	2,175	1,929
2036	2,396	2,470	2,246	1,987
2037	2,455	2,541	2,319	2,046
2038	2,514	2,613	2,394	2,105
2039	2,490	2,539	2,397	2,079
	2,466	2,596	2,402	2,054



<그림 5.5.6> GBAS 시스템 국내기술개발 총비용 비교 시나리오

○ GBAS CAT-II/III 시스템의 국내 개발은 비관적인 상황의 경우에도 2030년 이후에는 해외도입 장비에 비해 비용효과적임을 알 수 있음. 보편적 시나리오와 낙관적 시나리오에서는 해외도입의 경우에 비해 국내 개발의 경우가 보다 비용효과적임을 확인 할 수 있음.

○ 따라서 GBAS CAT-II/III 시스템의 도입이 고려되는 경우에는 국내 개발 장비 가격이 해외장비 가격의 90% 수준 이하로 판매될 수 있다면 국내 개발이 보다 효과적임.

4. GBAS CAT-II/III 시스템 비용-편익분석

가. 비용-편익 분석 개요

○ GBAS CAT-II/III는 공공인프라 시설로 GBAS 시스템 사업자의 개별 사업성 보다는 국내 항공 산업에 미치는 편익을 보다 중요하게 고려하여야 한다. GBAS CAT-II/III 시스템의 편익은 경제적 편익과 사회적 편익으로 구분하여 분석한다.

- 경제적 편익 : 시스템 판매를 통해 얻어지는 수익 (매출수익)과 시스템 설치에 따른 비용절감 (대체수익) 으로 평가.

  1) 매출수익 : 시스템 매출액에서 R&D 기여율을 곱하여 기여 수익 산출
  매출수익 = 시스템 가격 x R&D 기여율 x R&D 사업성공률 x 부가가치율
  시스템 가격 : 기존 경쟁 시스템 대비 개발 시스템 가격
  R&D 기여율 : R&D가 수익에 기여한 비율
  부가가치율 : 시스템 가격에서 순재료비 등의 원가를 공제한 부가가치율
  R&D 사업성공률 : R&D 결과 사업화 성공가능성 (여기서는 100% 가정)
  2) 대체수익 : 기존 장비를 국산 장비로 대체하는 경우의 비용 절감

- 사회적 편익 : GBAS 시스템의 도입에 따라 발생하는 사회적 편익으로 연료비 절감, 탄소배출 절감, 항공기 지연 감소 등으로 구분하여 평가.

  1) 연료절감 : 착륙과정의 효율화와 지연감소 등으로 인한 연료비 절감 편익.
  2) 탄소배출 절감 : 착륙과정의 효율화와 지연 감소에 따른 탄소 배출량 절감 비용
  3) 항공기 지연감소 편익 : 기상상황 (태풍 및 바람 등 GBAS와 무관한 기상 제외)에 따라 발생하는 지연 감소에 따른 편익

○ 경제적 편익과 사회적 편익은 GBAS 생산, 설치운영에 따라 편익이 발생함. 따라서 GBAS 설치 지역에 대한 가정 필요. 해외시장 진출 효과 등은 경제적 편익 분석에서 별도로 고려하여 분석함. 따라서 경제적 편익은 국내

외 시장에서 모두 고려될 수 있으나, 사회적 편익은 국내 시장에 대해서만 분석.

○ 편익 분석기간은 사업개시 후 10년, 20년을 기준으로 함.

○ 편익 추정을 위한 기본 가정

- 사회적 할인율 - 5.5%. KISTEP에서 발간한 연구개발부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 연구(제1판)에 의해 5.5%적용.

- R&D사업화 성공률 - 100%. GBAS시스템은 미래 항행시설로 필수적이기 때문에 R&D사업화 성공률은 100%로 적용.

- R&D기여율 - 28.1%. R&D 사업결과 개발 장비 가격에 포함된 부가가치에 공한하는 R&D 기여율. R&D 사업에 대한 KISTEP 예비타당성조사에서 사용되는 28.1% 적용.

- 부가가치율 - 56.7%. R&D 사업결과 개발 장비의 가격에서 순수 재료비 등의 원가를 제외하고 이윤을 포함하여 얻어지는 부가가치 비율. 다목적 전공역 위성항법보정시스템(SBAS) 개발·구축 사업 예비타당성 조사에 사용된 부가가치율 56.7% 적용.

- 적용환율 : 1,050원/USD, 1,450/EUR (2013년 연평균 환율 기준)

<표 5.5.7> 편익 추정의 전제조건

구분	적용값	근거
현재가치 기준년도	2026년	R&D 투자비는 2014년부터 집행되고, GBAS 설치는 2026년 이후임으로 2026년을 기준년도로 가정
편익 발생기간	10년/20년	GBAS 시스템의 내용연수를 ILS시스템의 평균인 14년을 가정하고, R&D 투자의 장단기 효율성 분석을 위해 10년/20년으로 가정
사회적 할인율	5.5%	KISTEP의 연구개발부문 사업 예비타당성 조사 표준지침(제 1판)
R&D사업화 성공률	100%	GBAS 시스템은 미래 항행시설로 필수적이기 때문에 R&D사업화 성공률은 100%로 적용
R&D 기여도	28.1%	R&D 사업에 대한 KISTEP 예비타당성조사의 일반적 기여율 28.1% 적용
부가가치율	56.7%	SBAS 예비타당성 조사에 사용된 부가가치율 56.7% 적용
적용환율	1,050원/USD 1,450원/EUR	2013년 연평균 환율(외환은행)
노후화율	6%	국토교통부 고시 및 전문가 설문조사 결과 참조

○ GBAS CAT-II/III 설치공항 및 시기 : ILS 시설대체 주기와 전문가 설문을 통하여 결정함.

- 국내 GBAS CAT-II/III 설치 대상 가능 공항에 대한 전문가 설문조사 결과 4~5개 공항으로 예상하는 경우가 80%에 해당함. 따라서 보수적 관점으로 5개 공항에 GBAS CAT-II/III가 설치되는 경우를 가정하고, 설치시기는 현재 설치된 ILS 장비의 내용연수를 고려하여 결정함.

<표 5.5.8> GBAS II/III 설치공항 및 설치연도

연도	설치공항	비 고
2026	인천공항, 제주공항, 청주공항	ILS 장비 내용년수에 따른 교체
2027	김해공항	ILS 장비 내용년수에 따른 교체
2028	김포공항	ILS 장비 내용년수에 따른 교체

<표 5.5.9> 국내공항 사용 장비 현황

공항명	시설명	수량 (식)	설치일자	내구년한 (14년)	2026년 이후 교체 시기
김포	14R ILS	1	2001-09-21	2015-09-21	2029
	14L ILS	1	2001-07-21	2015-07-21	2029
	32R ILS	1	2002-09-30	2016-09-30	2030
	32L ILS	1	2011-05-05	2025-05-05	2025
김해	36R ILS	1	2010-03-05	2024-03-05	-
	36L ILS	1	1999-12-24	2013-12-24	2027
제주	07 ILS	1	2011-03-18	2025-03-18	2025
	25 ILS	1	2010-11-30	2024-11-30	-
대구	31L ILS	1	2011-11-30	2025-11-30	2025
	31R LLZ/DME	1	2004-09-30	2018-09-30	2032
	13R LLZ/DME	1	2008-05-07	2022-05-07	-
울산	36 ILS	1	2004-11-20	2018-11-20	2032
청주	24R ILS	1	2010-10-31	2024-10-31	-
	06L ILS	1	2012-01-10	2026-01-10	-
양양	33 ILS	1	2001-12-31	2015-12-31	2029
무안	01 ILS	1	2003-08-13	2017-08-13	2031
	19 ILS	1	2003-08-13	2017-08-13	2031
광주	04R ILS	1	2009-06-12	2023-06-12	-
	22L LLZ/DME	1	2012-01-28	2026-01-28	-
여수	17 ILS	1	2004-11-12	2018-11-12	2032
	35 ILS/DME	1	2009-12-30	2023-12-30	-
사천	06L LLZ/DME	1	1999-12-30	2013-12-30	2027
	24R ILS	1	1999-12-30	2013-12-30	2027
포항	10 LLZ/DME	1	2007-12-27	2021-12-27	2035
울진훈련 비행장	17 ILS/DME	1	2009-07-07	2023-07-07	-
	35 ILS/DME	1	2009-07-07	2023-07-07	-

자료 : 한국공항공사

○ GBAS CAT-II/III 시스템 유지보수의 유지부품 점유율은 전문가 설문 결과 전체 유지보수비용의 50% 이상을 차지할 것으로 예상하는 경우가 30%이고, 30%~50%가 20%, 10%~30%가 30%, 10% 미만이 20%로 조사되었음. 따라서 보수적 관점에서 유지보수비용 중 유지부품 비율을 30%로 가정함.

나. GBAS CAT-II/III 시스템 경제적 편익 추정

○ 경제적 편익은 개발 장비의 매출을 통해 얻어지는 기여수익, 유지보수 장비부품 매출에 의한 기여수익 및 기존 ILS 장비 대체에 따른 기여수익으로 구분할 수 있음. 장비대체에 따른 기여수익은 국내 장비설치에만 적용되고, 해외 장비 설치 시에는 장비 매출과 유지보수 부품의 기여수익만 고려함.

- 매출 수익 = 국내 GABS시스템 수요× 국내 GBAS시스템 기술 개발 판매가격

× R&D 사업화 성공률×부가가치율×R&D 기여율

- 운영유지 부품판매 수익 = 국내 GBAS시스템 수요×유지보수비용×부품비용 점유율×부가가치율

- 국내공항의 장비대체 수익 = (ILS 장비 도입 및 운영비용 - GBAS 시스템 도입 및 운영비용)

○ 경제적 편익 추정 가정

- 국내 GBAS CAT-II/III 시스템 설치 수요 : 인천국제공항 및 한국공항공사(14개 공항) 운영 공항에 대하여 현재 ILS 장비에 대하여 2025년 이후 대체장비는 GBAS 장비로 대체

- 국내 GBAS CAT-II/III 시스템 판매가격 : 가격경쟁력을 고려하여 EuroControl 도입 및 설치 가격의 90%인 15억 5천만원 가정. 장비가격 인상률 연평균 3% 가정.

(EuroControl GBAS 시스템 도입 및 설치비용 : infrastructure + civil works + installation & commissioning + flicht certification = 1194 KEUR = 17억 3천만원, 2013년 환율 적용)

- 국내 GBAS시스템 운영유지보수 비용 : 5천 6백만 원 (EuroControl 유지보수비용의 90%가정-국내조달로 인해 가격경쟁력 있음)

(EuroControl GBAS 시스템 연간 유지비용 : 43 KEUR = 6천 2백만 원, 2013년 환율 적용)

GLS unit cost

The table below gives the GLS itemised costs in KEUR.

Cost items	Cost in K€
GLS CAT I Infrastructure	500
GLS CAT II/III Infrastructure	1 000
Civil works	44
Installation & Commissioning	120
Flight Certification	30
Operating cost/year	43

<그림 5.5.7> GBAS 시스템 비용 추정근거

(자료 : Eurocontrol, 2005 Report on the Eurocontrol Xls business Case)

- 국내 GBAS시스템 부품판매 점유율 50% 가정, 노후화율 6% 가정.

- R&D 기여율, 부가가치율, 사회적 할인율 등은 기본 가정 적용

○ 매출수익

- 국내 공항 ILS 장비 내용연수 경과 시 GBAS시스템으로 대체 고려.

- 2025년 이후 교체 대상 공항 중, 항공기 운항 편수를 고려하여 인천공항, 김포공항, 김해공항, 제주공항 및 청주 공항을 GBAS 시스템 대체 공항으로 가정하고, ILS 장비 내용연수를 고려하여 연도별 설치는 다음과 같이 구분하여 설치.

2026	인천공항, 제주공항, 청주공항	ILS 장비 내용년수에 따른 교체
2027	김해공항	ILS 장비 내용년수에 따른 교체
2028	김포공항	ILS 장비 내용년수에 따른 교체

- GBAS CAT-II/III 시스템 당 판매 매출 수익 : 2.47억 원

1,550백만 원 × 100% × 56.7% × 28.1% = 247백만 원

- 2026년부터 2028년까지 단계적으로 국내 5개 공항에 GBAS CAT-II/III 설치 가정

<표 5.5.10> GBAS 시스템 설치에 따른 R&D 공헌 수익

(단위: 백만 원)

연도	시스템수	매출수익	현재가치
2026	3	740.9	740.9
2027	1	254.4	241.1
2028	1	262.0	235.4
계	5	-	1,217.4

- GBAS 시스템 매출에 대한 10년간 R&D 기여수익의 현가는 12.17억 원. 내용연수 경과 후 동일 시스템 재설치 가정함.

- 운영유지 부품판매 수익은 10년 단기분석 기간 동안 발생한 운영유지 비용 중 부품비용의 부가가치. 초기 0.56억 원의 운용유지비용에 대해 노후화율을 고려한 운영비용에 대한 부품매출에 대한 R&D 기여수익은 4.44억 원임.

- 따라서 시스템 매출 및 부품매출에 대한 R&D 총 기여수익은 16.61억원으로 추정됨.

연도	시스템 설치수	부품매출편익 (백만 원)				
		2026설치장비	2027설치장비	2028 설치장비	계	부품 매출편익 (현재가치)
2026	3	168.0	0.0	0.0	168.0	28.6
2027	1	178.1	56.0	0.0	234.1	37.7
2028	1	188.8	59.4	56.0	304.1	46.5
2029	0	200.1	62.9	59.0	322.0	46.6
2030	0	212.1	66.7	63.0	341.8	46.9
2031	0	224.8	70.7	67.0	362.5	47.2
2032	0	238.3	74.9	71.0	384.3	47.4
2033	0	252.6	79.4	75.0	407.0	47.6
2034	0	267.8	84.2	79.0	431.0	47.8
2035	0	283.8	89.3	84.0	457.1	48.0
합 계	5	2,214.4	643.5	554.0	3,411.9	444.4

○ 시설대체 수익

- ILS 시스템을 GBAS 시스템으로 대체함으로써 얻어지는 비용 감소로 대체수익을 정의할 수 있음.

연도	시스템 설치수	시설대체편익				
		2026설치장비	2027설치장비	2028 설치장비	계	현금할인
2026	3	11,022	-	-	11,022	10,497
2027	1	1,632	1,034	-	2,666	2,418
2028	1	1,632	244	3,674	5,550	4,794
2029	0	1,632	244	544	2,420	1,991
2030	0	1,632	244	544	2,420	1,896
2031	0	1,632	244	544	2,420	1,806
2032	0	1,632	244	544	2,420	1,720
2033	0	1,632	244	544	2,420	1,638
2034	0	1,632	244	544	2,420	1,560
2035	0	1,632	244	544	2,420	1,486
합 계	5	25,710	2,986	7,482	36,178	29,806

○ GBAS 시스템 개발에 따라 2026년을 기준으로 10년간의 경제적 편익은 시스템 매출 수익 12.17억 원, 부품매출 수익 4.44억 원, 장비대체 수익 298.06억 원으로 총 314.67억 원으로 추정됨.

<표 5.5.11> GBAS 시스템 경제적 편익 (현재가치)

(단위: 억 원)

연도	기여수익	비고
시스템 매출 기여수익	12.17	국내 5개 공항 단계적 시스템 설치 가정
부품매출 기여수익	4.44	
설비 대체 기여수익	298.06	
합계	314.67	-

○ 국내 GBAS 시스템 운영기간(10년)동안의 경제적 편익 추정 값은 2026년 기준으로 약 314.67억 원으로, 국내 시장 만을 대상으로는 총 연구개발비용 714.1억 원을 투자하는 것은 수익성 확보가 어려워 경제적 편익만을 고려한 경우 사업성이 없음.

○ 따라서 연구개발에 따른 결과를 바탕으로 국내 주요 공항에 GBAS 장비를 설치하여 공공의 편익을 통해 연구비를 회수하고, 이후 사업성 확보를 위해 국내시장뿐만 아니라 해외시장의 진출을 고려하는 사업화 전략을 개발해야 할 것임.

다. GBAS CAT-II/III 시스템 사회적 편익 추정

○ GBAS 시스템의 사회적 비용은 항공기 연료절감, 탄소배출 절감, 지연 및 결함 감소에 따른 효과로 구분하여 분석할 수 있음. GBAS 시스템이 착륙과정에서 공역운영의 효율화를 통해 편익이 발생하는 점을 고려하여, 본 분석에서는 착륙과정의 연료비 절감 편익과 탄소배출 절감에 따른 비용편익에 대하여 분석함.

○ 사회적 편익 추정을 위한 가정

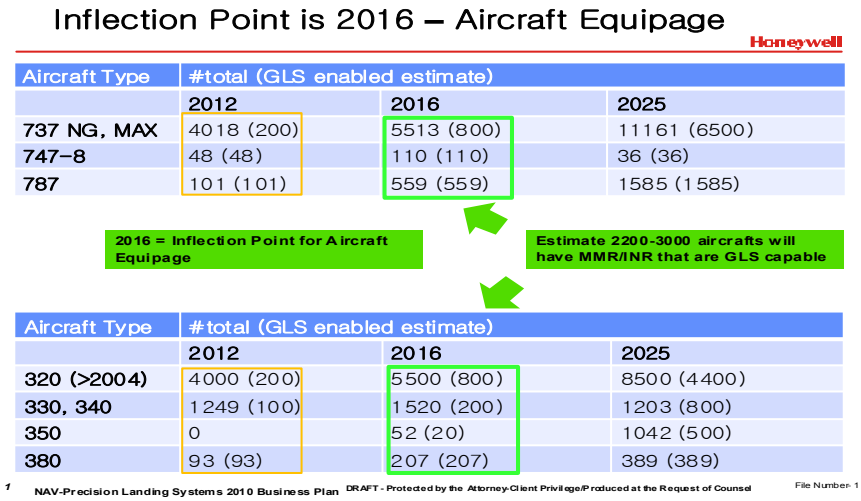
- 2026년부터 5개 공항에 단계적으로 GBAS 시스템이 설치되는 것을 가정함.

- 항공기 연료절감은 국적 항공사 운항횟수의 착륙과정을 대상으로 하고, 탄소배출 감소는 국적 항공사의 전체 운항횟수를 대상으로 하며, 지연 및 결항감소에 따른 효과는 전체 운항편수를 대상으로 고려함. 국내선은 국적항공사만 운항하고, 국제선은 최근 3년간 운항 실적을 분석하여 국적항공사가 운항점유율 추정함.

1) GBAS CAT-II/III 장착율

• Honeywell 사의 경우 매우 높은 GBAS 장착률을 추정하고 있음. 2016년

평균 장착률 19%, 2025년 신형 대형기종 100% GBAS 가능 장비 장착, 기존 항공기 기종별 50%~75% 장착 (평균 55%) 추정. 2025년 모든 항공기 대상 GBAS 평균 장착률 약 60% 추정함.



<그림 5.5.8> Honeywell 추정자료

- 전문가 설문조사 결과 2026년 국적 항공기 GBAS CAT-II/III 장착률은 30% 이상을 예상하는 경우가 60%, 모든 전문가가 2045년에는 80% 이상 장착할 것으로 예상함.

- 기존 연구인 위성항법 지역보강시스템 인증기술 개발 기획보고서(2010. 1., 국토해양부/한국건설교통기술평가원)는 2014년 5%, 2034년 60%~100%를 가정하여 시나리오 설정 분석.

- 따라서 GBAS CAT-II/III 장착률은 보수적 관점에서 2026년 20%/30%, 2045년 80%를 가정하여 Logistic 성장곡선 모형을 이용하여 추정함.

2) GBAS CAT-II/III 접근관제 시간 : 우리나라 공역에서 SBAS의 관제 적용구간을 최대 2시간으로 가정하는 경우 GBAS CAT-II/III의 적용 시간은 공항입지와 환경에 따라 다를 수 있음. 전문가 설문결과 10분~15분이 60%로 조사되고 있어, 15분을 기준으로 분석함.

3) 국제선 국적항공사 운항비율 : 2010~2012년 국내 운항하는 국내외 항공사 운항비율을 분석하여 2026년 이후 동일한 비율이 적용되는 것으로 가정함. 2010년~2012년 3년 평균 국내선 운항 점유율 63% 임.

4) 국내선 및 국제선 대형기, 중형기, 소형기 운항비율

- 2012년 국제선 도착기준의 지역별 운항편수는 장거리지역이 21%, 중거

리지역이 30%, 단거리 지역이 49%의 점유비율을 나타내고 있음. 장거리는 대형기종이 운항하고, 중거리는 대형기종과 중형기종이 동시에 운항하고 있고, 단거리는 중형기종과 소형기종이 주로 운항하고 있으나, 일부 노선의 경우 대형기종도 운항하고 있음.

- 국내 항공사 지역별 운항 비율 및 항공기 보유 분포를 고려하여 3가지 시나리오로 설정. 전문가 설문조사 결과 응답자 50%가 시나리오 3의 발생 가능성 예상.

<표 5.5.12> 국내 항공사 항공기 유형별 점유율 시나리오

구 분	국제선			국내선		
	대형	중형	소형	대형	중형	소형
시나리오 1	20%	30%	50%	10%	30%	60%
시나리오 2	25%	33%	42%	10%	50%	40%
시나리오 3	35%	40%	25%	10%	50%	40%

<표 5.5.13> 국내 항공사 항공기 유형별 점유비율

(2013. 4. 기준)

유형	대수	비율(%)	비고
대형	148	53.8	B747, B777, B767, A380, A300, A330-300
중형	99	36.0	B737-800/900, A330-200, A321-100/200
소형	28	10.2	B737-400/500/600/700, A320-200
계	275	100.0	-

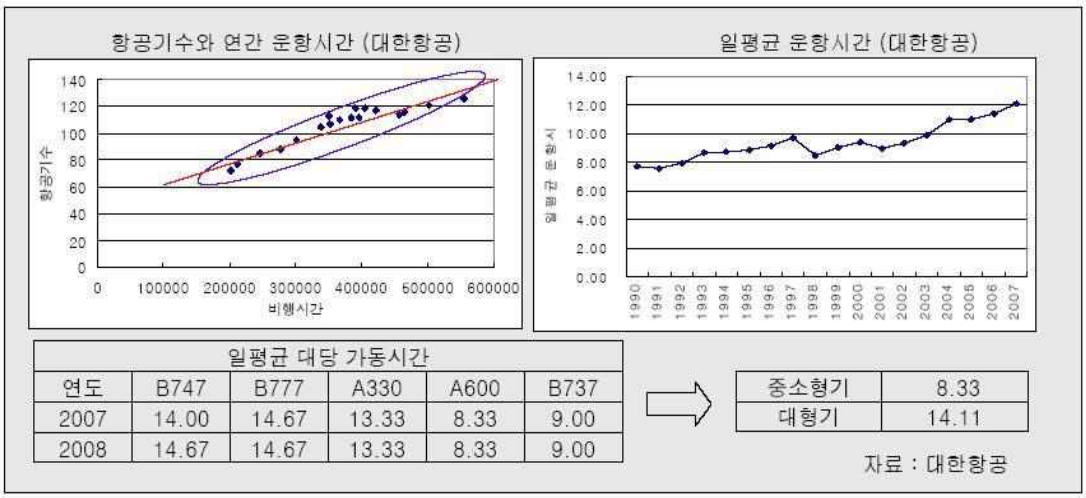
<표 5.5.14> 2012년 국제선 도착기준 지역별 운항편수

거리	지역	운항횟수	점유율	비 고
장거리	미주	15,200	20.93	대형기종
	유럽	8,278		
	독립연합	2,931		
	중동	1,717		
	아프리카	86		
	대양주	4,548		
	소계	32,760		
중거리	동남아	46,421	29.65	대형/중형기종
단거리	일본	34,976	49.42	중형/소형기종
	중국	42,395		
	소계	77,371		
합계		156,552	100.0	-

5) 운항횟수 추정

- GBAS 설치에 따른 국내 공항의 착륙과정의 연료절감 효과, 탄소배출 절감효과, 지연효과 분석을 위해, 국내 운항 항공기의 운항횟수 추정이 필요함. 2013년 현재 국적 항공사의 기종별 항공기 점유율은 <표 5.5.13>과 같이 나타나고 있으나, 대형기종은 주로 장거리에 투입되어 운항 횟수가 적은데 비해, 중소형기종은 단거리에 투입되어 운항횟수가 많게 됨.

- 2008년 한국항공진흥협회 기종별 일평균 가동시간은 대형기종의 경우 14.11시간, 중소형기종의 경우 8.33시간으로 나타나, 대형기종은 주로 장거리 노선에, 중소형 기종은 국내선 및 중단거리 국제선 노선에서 운영되고 있음.



한국항공진흥협회, 항공조종인력 교육수요예측, 2008. 11.

- 따라서 제 4차 공항개발 중장기 종합개발수립 보고서를 바탕으로 국내선과 국제선 항공 수요 전망치의 평균 사용.

<표 5.5.15> 2026년 항공운항 횟수 추정

구분	2012년 운항횟수	연평균 항공수요 증가율(%)	2026년 예상 운항횟수
국내선	155.609	1.69	196,757
국제선	313,726	5.34	649,916

○ 연료절감 편익

- 연료절감량 추정

• 호주 GBAS 사례의 접근 당 평균 연료절감(140kg)에 대하여 항공기 기종별(대형, 중형, 소형) 연료절감을 조정하여 적용함.

• 항공기 기종은 여객기와 화물기 등 제트기를 대상으로 분석하고, 대형(B747/B777급), 중형(A330급), 소형(A320/B737급)으로 구분함.

• 기종별 연료절감량은 IATA의 SBAS에 대한 기종별 연료 절감량의 분포를 고려하여 GBAS 기종별 연료절감량을 산출함. <표 5.5.16>으로부터 대형기종은 약 290kg, 중형기종은 150kg, 소형기종은 67.5kg의 연료절감을 나타내고, 평균 약 170kg의 연료 절감량을 나타냄. 따라서 평균 대비 각 기종별 연료절감비율(기종별 연료절감량/평균연료절감량)은 대형기종 1.706, 중형기종 0.882, 소형기종 0.397로 나타남.

<표 5.5.16> SBAS 기종별 연료절감량

항공기 기종	연료절감량(kg)/접근시
B747	330
B777	250
A330	150
A320	70
B737	65

(자료 : IATA, 2009 Guidance Material and Best Practices for Fuel and Environmental Management)

• 호주의 GBAS 평균 연료절감 사례를 SBAS의 기종별 연료절감비율을 적용하여 기종별로 환산하면 대략적으로 대형기종 240kg, 중형기종 120kg, 소형기종 55kg으로 나타낼 수 있음.

• 따라서 <표 5.5.12>의 국적 항공사 항공기 유형별 점유율 시나리오를 적용하여 각 시나리오별 유류절감량을 산출함.

• 국내선 접근 시 평균 연료 절감량은 시나리오에 따라 93kg~106kg, 국제선 접근 시 평균 연료 절감량은 111.5kg~145.8kg으로 나타남.

1) 시나리오 1 :
국내선 = 0.1×240kg + 0.3×120kg + 0.6×55kg = 93kg (0.7285 배럴)
국제선 = 0.2×240kg + 0.3×120kg + 0.5×55kg = 111.5kg (0.8734 배럴)
2) 시나리오 2 :
국내선 = 0.1×240kg + 0.5×120kg + 0.4×55kg = 106kg (0.8303 배럴)

국제선 = 0.25×240kg + 0.33×120kg + 0.42×55kg = 111.5kg (0.9612 배럴)

3) 시나리오 3 :

국내선 = 0.1×240kg + 0.5×120kg + 0.4×55kg = 106kg (0.8303 배럴)

국제선 = 0.35×240kg + 0.40×120kg + 0.25×55kg = 145.8kg (1.1417 배럴)

- 항공유 가격 전망 : 2013년 Jet유 가격을 기준으로 2040년까지 연간 1.1%의 가격 상승 추정. 따라서 2026년 이후 배럴당 유가는 145.5달러~179.2달러로 추정됨.

Sector and source	Reference case							Annual growth 2011-2040 (percent)
	2010	2011	2020	2025	2030	2035	2040	
Transportation								
Propane	27.52	26.06	24.48	25.83	26.80	27.77	29.07	0.4%
E85[3]	25.56	25.30	29.64	27.27	26.94	29.19	30.58	0.7%
Motor gasoline[4]	23.18	28.70	27.84	29.26	30.73	32.99	36.18	0.8%
Jet fuel[5]	16.57	22.49	21.50	23.73	26.03	28.52	31.07	1.1%
Diesel fuel (distillate fuel oil)[6]	22.38	26.15	26.61	28.98	30.81	33.19	36.05	1.1%
Residual fuel oil	10.62	17.83	14.91	16.58	18.34	20.25	22.45	0.8%
Natural gas[7]	16.51	16.14	16.87	17.97	18.90	19.86	21.20	0.9%
Electricity	33.91	32.77	29.60	30.40	31.53	32.84	35.07	0.2%

<그림 5.5.9> 항공유 가격 전망 (자료 : Annual Energy Outlook 2013 with Projections to 2040)

<표 5.5.17> 항공유 예상 가격

1 MMBtu = 5.551365225 Barrel

연도	Jet Fuel(2011 dollars per MMBtu)	Jet Fuel(2011 dollars per Barrel)
2026	26.5	147.1
2027	26.8	148.7
2028	27.1	150.4
2029	27.4	152.0
2030	27.7	153.7
2031	28.0	155.4
2032	28.3	157.1
2033	28.6	158.8
2034	28.9	160.6
2035	29.2	162.3
2036	29.6	164.1
2037	29.9	165.9
2038	30.2	167.8
2039	30.6	169.6
2040	30.9	171.5
2041	31.3	173.4
2042	31.6	175.3
2043	32.0	177.2
2044	32.3	179.2
2045	32.6	181.0

(항공운항 횟수의 적용(2026년 기준 산정결과))

• 국내선 운항횟수 : 196,757. 전체 국적항공사로 이륙과 착륙이 모두 국내에서 발생함으로 착륙과정만 고려하여 50%에서 편익 발생함.

• 국제선 운항횟수 : 전체 국제선 운항회수 649,916에서 국적항공사 운항점유율 63% 및 국내에서 착륙과정이 발생하는 50%만 고려함.

<표 5.5.18> 국제선의 국적사 운항비율

구 분	2010	2011	2012	합계
국적사	161,271 (62.8)	176,703 (63.0)	200,165 (63.8)	538,139 (63.2)
외항사	95,417 (37.2)	103,865 (37.0)	113,561 (36.2)	312,843 (36.8)
계	256,688	280,568	313,726	850,982

• 국내선 및 국제선 모두 GBAS 시스템이 설치된 공항에 대해서만 편일 분석. 따라서 연도별 전체 운항횟수에서 GBAS 시스템 설치 공항의 점유비율을 추정하여 운항횟수 적용. 2026년 이후 공항별 운항점유율은 2012년 운항점유율을 적용함.

<표 5.5.19> 국내 공항 운항점유율

(자료 : 항공통계)

구분		인천	김포	김해	제주	대구	청주	무안	양양	여수	포항	광주	울산	사천	군산	원주	계
국내선	2010	1.6	35.3	13.4	33.4	2.5	2.8	0.1	0.0	1.9	1.2	3.5	2.9	0.7	0.5	0.2	100.0
	2011	1.6	35.4	12.7	35.3	2.4	2.6	0.1	0.0	1.9	1.2	3.6	2.0	0.6	0.5	0.2	100.0
	2012	1.9	35.0	12.6	36.1	2.3	2.5	0.1	0.0	1.9	1.1	3.5	1.8	0.6	0.4	0.2	100.0
	평균	1.7	35.2	12.9	34.9	2.4	2.6	0.1	0.0	1.9	1.2	3.5	2.2	0.6	0.5	0.2	100.0
국제선	2010	81.9	5.9	9.0	2.1	0.4	0.4	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
	2011	80.1	6.7	10.0	2.0	0.5	0.5	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
	2012	79.1	6.8	10.3	2.7	0.4	0.4	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
	평균	80.3	6.5	9.8	2.3	0.4	0.4	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0

- 운항항공기의 GBAS 장착율은 시나리오를 통해 분석할 수 있음. Honeywell사 및 기존연구에서의 장착률에 비해 보수적으로 추정하기로 함.

• 2026년 기존연구의 장착률 추정 (28%~34%)을 기반으로 장착률 20%, 30%의 두 가지 시나리오 고려함.

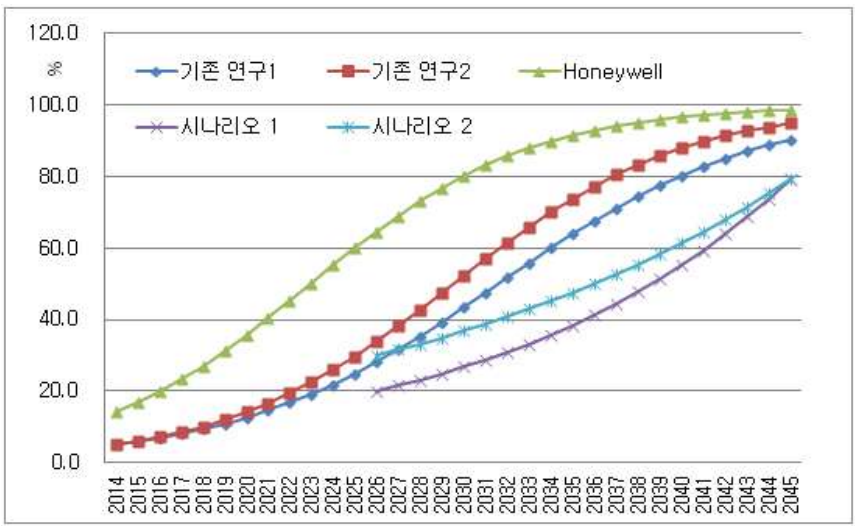
• 2045년의 경우 기존연구와 Honeywell사의 추정에서 90%~100%의 장착률을 추정하고 있으나, 본 연구에서는 보수적인 80%를 가정.

• 연도별 장착률 추정은 Logistic 성장곡선 모형을 이용하여 추정함.

$$Y(\text{장착률}) = \frac{100}{(1+e^{a+bt})}$$

<표 5.5.20> GBAS CAT-II/III 장착률 추정

연도	기존 연구1	기존 연구2	Honeywell	시나리오 1	시나리오 2
2014	5.0	5.0	14.4	-	-
2015	5.9	6.0	17.0	-	-
2016	6.9	7.1	20.0	-	-
2017	8.0	8.5	23.4	-	-
2018	9.3	10.1	27.1	-	-
2019	10.8	12.0	31.2	-	-
2020	12.6	14.1	35.7	-	-
2021	14.5	16.6	40.4	-	-
2022	16.7	19.4	45.2	-	-
2023	19.2	22.5	50.2	-	-
2024	21.9	26.0	55.1	-	-
2025	24.9	29.8	60.0	-	-
2026	28.2	33.9	64.7	20.0	30.0
2027	31.7	38.2	69.1	21.5	31.6
2028	35.5	42.8	73.2	23.1	33.2
2029	39.4	47.5	76.9	24.9	35.0
2030	43.4	52.2	80.2	26.7	36.8
2031	47.6	56.9	83.2	28.8	38.8
2032	51.8	61.5	85.8	30.9	40.8
2033	55.9	65.9	88.1	33.3	43.0
2034	60.0	70.0	90.0	35.8	45.2
2035	63.9	73.8	91.7	38.5	47.6
2036	67.7	77.3	93.1	41.4	50.1
2037	71.3	80.5	94.2	44.5	52.7
2038	74.6	83.3	95.2	47.8	55.5
2039	77.6	85.8	96.1	51.4	58.4
2040	80.4	87.9	96.7	55.3	61.5
2041	82.9	89.8	97.3	59.4	64.7
2042	85.1	91.4	97.8	63.9	68.1
2043	87.1	92.8	98.2	68.7	71.7
2044	88.9	94.0	98.5	73.8	75.4
2045	90.5	94.9	98.8	79.4	79.4



<그림 5.5.10> 시나리오별 GBAS 항공기 장착률

- 연료절감액 추정

• 연료절감액은 운항횟수에서 도착과정을 파악하고, GBAS 이용가능 공항 운항비율과 GBAS 장착 항공기 비율과 유가를 고려하여 산출함. 운항편당 연료절감액은 다음과 같이 산출 가능함.

국내선 연료절감액 = 운항횟수 × 도착비율 × GBAS 장착 비율 × GBAS 설치공항 운항비율 × 운항 편당 연료절감량 × 유가

국제선 연료절감액 = 운항횟수 × 도착비율 × 국적항공사 점유율 × GBAS 장착 비율 × GBAS 설치공항 운항비율 × 운항 편당 연료절감량 × 유가

• GBAS CAT-II/III 운항점유율은 GBAS CAT-II/III 도입 공항의 2010~2012년 국내선 및 국제선 운항 점유율의 평균으로 추정함.

<표 5.5.21> 운항횟수 및 GBAS 장착률, 운항점유율 추정

연도	운항횟수		GBAS 장착률		GBAS 운항점유율	
	국내선	국제선	시나리오I	시나리오 II	국제선	국내선
2026	196,757	324,958	0.20	0.30	82.6	36.6
2027	200,082	342,311	0.22	0.32	92.8	52.1
2028	203,464	360,590	0.23	0.33	99.3	87.3
2029	206,902	379,845	0.25	0.35	99.3	87.3
2030	210,399	400,129	0.27	0.37	99.3	87.3
2031	213,954	421,496	0.29	0.39	99.3	87.3
2032	217,570	444,004	0.31	0.41	99.3	87.3
2033	221,247	467,714	0.33	0.43	99.3	87.3
2034	224,986	492,690	0.36	0.45	99.3	87.3
2035	228,789	518,999	0.38	0.48	99.3	87.3
2036	232,655	546,714	0.41	0.50	99.3	87.3
2037	236,587	575,908	0.44	0.53	99.3	87.3
2038	240,585	606,662	0.48	0.55	99.3	87.3
2039	244,434	638,815	0.51	0.58	99.3	87.3
2040	248,345	672,672	0.55	0.61	99.3	87.3
2041	252,319	708,324	0.59	0.65	99.3	87.3
2042	256,356	745,865	0.64	0.68	99.3	87.3
2043	260,458	785,396	0.69	0.72	99.3	87.3
2044	264,625	827,022	0.74	0.75	99.3	87.3
2045	268,859	870,854	0.79	0.79	99.3	87.3

• 따라서 2026년 연료 절감액은 시나리오에 따라 30.91억원~58.58억원으로 추정됨.

(1) 시나리오 1-시나리오 I (항공기 유형 점유율-GBAS CAT-II/III 장착률)

국내선 : 196,757회x50%x20%x0.366x0.7285배럴x147.1달러x1,050원 = 8.10억원

국제선 : 324,958회x50%x0.63x20%x0.826x0.8734배럴x147.1달러x1,050원= 22.81억원

시나리오 1-시나리오 II (항공기 유형 점유율-GBAS CAT-II/III 장착률)

국내선 : 196,757회x50%x30%x0.366x0.7285배럴x147.1달러x1,050원 = 12.15억원
국제선 : 324,958회x50%x0.63x30%x0.826x0.8734배럴x147.1달러x1,050원= 34.21억원

(2) 시나리오 2-시나리오 I (항공기 유형 점유율-GBAS CAT-II/III 장착률)
국내선 : 196,757회x50%x20%x0.366x0.8303배럴x147.1달러x1,050원= 9.24억원
국제선 : 324,958회x50%x0.63x20%x0.826x0.9612배럴x147.1달러x1,050원= 25.11억원
시나리오 2-시나리오 II (항공기 유형 점유율-GBAS CAT-II/III 장착률)
국내선 : 196,757회x50%x30%x0.366x0.8303배럴x147.1달러x1,050원 = 13.85억원
국제선 : 324,958회x50%x0.63x30%x0.826x0.9612배럴x147.1달러x1,050원= 37.66억원

(3) 시나리오 3-시나리오 I (항공기 유형 점유율-GBAS CAT-II/III 장착률)
국내선 : 196,757회x50%x20%x0.366x0.8303배럴x147.1달러x1,050원 = 9.24억원
국제선 : 324,958회x50%x0.63x20%x0.826x1.1417배럴x147.1달러x1,050원= 29.82억원
시나리오 3-시나리오 II (항공기 유형 점유율-GBAS CAT-II/III 장착률)
국내선 : 196,757회x50%x30%x0.366x0.8303배럴x147.1달러x1,050원 = 13.85억원
국제선 : 324,958회x50%x0.63x30%x0.826x1.1417배럴x147.1달러x1,050원= 44.73억원

- 2026년부터 10년간의 단기적 관점의 연료비 절감 편익의 현재가치는 시나리오 1에서 622.8억원~836.2억원, 시나리오 2에서는 694.1억원~931.9억원, 시나리오 3에서는 777.0억원~1,043.4억원으로 추정됨. 장기적 편익관점의 20년간의 연료비 절감 편익의 현재가치는 시나리오 1에서 1,930.9억원~2,260.7억원, 시나리오 2에서는 2,148.7억원~2,516.0억원, 시나리오 3에서는 2,427.8억원~2,835.2억원으로 추정되고 있음.

- 단기적 관점과 장기적 관점에서 볼 때 국내 5개 공항에 GBAS CAT-II/III가 설치됨으로써 국적 항공사들이 얻게 되는 연료비 절감 편익이 매우 높게 나타나고 있음.

<표 5.5.22> 시나리오 1의 연도별 연료절감 비용 편익

(단위: 백만 원)

연도	국내선 연료절감					국제선 연료절감				
	국내선 운항	GBAS 적용운항		연료절감액		국제선 운항	GBAS 적용운항		연료절감액	
		시나리오I	시나리오II	시나리오I	시나리오II		시나리오I	시나리오II	시나리오I	시나리오II
2026	196,757	7,201	10,802	810	1,215	324,958	16,910	25,365	2,281	3,422
2027	200,082	11,210	16,460	1,209	1,775	342,311	21,522	31,600	2,782	4,085
2028	203,464	20,542	29,523	2,123	3,052	360,590	26,089	37,493	3,233	4,646
2029	206,902	22,464	31,601	2,224	3,129	379,845	29,553	41,574	3,508	4,935
2030	210,399	24,566	33,826	2,331	3,210	400,129	33,478	46,098	3,809	5,245
2031	213,954	26,863	36,207	2,443	3,293	421,496	37,924	51,115	4,135	5,574
2032	217,570	29,376	38,756	2,560	3,378	444,004	42,959	56,676	4,489	5,922
2033	221,247	32,122	41,483	2,682	3,464	467,714	48,661	62,842	4,872	6,291
2034	224,986	35,125	44,402	2,812	3,554	492,690	55,120	69,678	5,290	6,687
2035	228,789	38,408	47,526	2,945	3,644	518,999	62,435	77,257	5,740	7,102
2036	232,655	41,996	50,869	3,086	3,738	546,714	70,719	85,659	6,230	7,547
2037	236,587	45,919	54,446	3,234	3,834	575,908	80,100	94,973	6,762	8,018
2038	240,585	50,208	58,274	3,390	3,934	606,662	90,724	105,299	7,343	8,523
2039	244,434	54,846	62,314	3,547	4,030	638,815	102,716	116,702	7,965	9,049
2040	248,345	59,912	66,634	3,714	4,131	672,672	116,289	129,337	8,643	9,613
2041	252,319	65,444	71,253	3,888	4,233	708,324	131,652	143,338	9,378	10,210
2042	256,356	71,484	76,190	4,070	4,338	745,865	149,040	158,851	10,173	10,843
2043	260,458	78,079	81,468	4,259	4,444	785,396	168,718	176,041	11,034	11,513
2044	264,625	85,280	87,110	4,459	4,555	827,022	190,988	195,087	11,973	12,230
2045	268,859	93,140	93,140	4,668	4,668	870,854	216,190	216,190	12,991	12,991
합계	-	-	-	60,456	71,620	-	-	-	132,632	154,446

<표 5.5.23> 시나리오 2의 연도별 연료절감 비용 편익

(단위: 백만 원)

연도	국내선 연료절감					국제선 연료절감				
	국내선 운항	GBAS 적용운항		연료절감액		국제선 운항	GBAS 적용운항		연료절감액	
		시나리오I	시나리오II	시나리오I	시나리오II		시나리오I	시나리오II	시나리오I	시나리오II
2026	196,757	7,201	10,802	924	1,385	324,958	16,910	25,365	2,511	3,766
2027	200,082	11,210	16,460	1,378	2,023	342,311	21,522	31,600	3,062	4,495
2028	203,464	20,542	29,523	2,420	3,478	360,590	26,089	37,493	3,558	5,113
2029	206,902	22,464	31,601	2,535	3,566	379,845	29,553	41,574	3,861	5,431
2030	210,399	24,566	33,826	2,657	3,659	400,129	33,478	46,098	4,192	5,772
2031	213,954	26,863	36,207	2,785	3,753	421,496	37,924	51,115	4,551	6,134
2032	217,570	29,376	38,756	2,918	3,850	444,004	42,959	56,676	4,940	6,517
2033	221,247	32,122	41,483	3,057	3,948	467,714	48,661	62,842	5,361	6,924
2034	224,986	35,125	44,402	3,205	4,051	492,690	55,120	69,678	5,822	7,359
2035	228,789	38,408	47,526	3,357	4,153	518,999	62,435	77,257	6,316	7,816
2036	232,655	41,996	50,869	3,517	4,260	546,714	70,719	85,659	6,857	8,305
2037	236,587	45,919	54,446	3,685	4,370	575,908	80,100	94,973	7,442	8,824
2038	240,585	50,208	58,274	3,863	4,484	606,662	90,724	105,299	8,081	9,380
2039	244,434	54,846	62,314	4,043	4,594	638,815	102,716	116,702	8,766	9,959
2040	248,345	59,912	66,634	4,233	4,708	672,672	116,289	129,337	9,512	10,579
2041	252,319	65,444	71,253	4,432	4,825	708,324	131,652	143,338	10,320	11,236
2042	256,356	71,484	76,190	4,638	4,944	745,865	149,040	158,851	11,196	11,933
2043	260,458	78,079	81,468	4,854	5,065	785,396	168,718	176,041	12,143	12,670
2044	264,625	85,280	87,110	5,082	5,191	827,022	190,988	195,087	13,177	13,459
2045	268,859	93,140	93,140	5,321	5,321	870,854	216,190	216,190	14,297	14,297
합계	-	-	-	68,904	81,628	-	-	-	145,965	169,972

<표 5.5.24> 시나리오 3의 연도별 연료절감 비용 편익

(단위: 백만 원)

연도	국내선 연료절감					국제선 연료절감				
	국내선 운항	GBAS 적용운항		연료절감액		국제선 운항	GBAS 적용운항		연료절감액	
		시나리오I	시나리오II	시나리오I	시나리오II		시나리오I	시나리오II	시나리오I	시나리오II
2026	196,757	7,201	10,802	924	1,385	324,958	16,910	25,365	2,982	4,473
2027	200,082	11,210	16,460	1,378	2,023	342,311	21,522	31,600	3,637	5,339
2028	203,464	20,542	29,523	2,420	3,478	360,590	26,089	37,493	4,226	6,074
2029	206,902	22,464	31,601	2,535	3,566	379,845	29,553	41,574	4,586	6,451
2030	210,399	24,566	33,826	2,657	3,659	400,129	33,478	46,098	4,979	6,856
2031	213,954	26,863	36,207	2,785	3,753	421,496	37,924	51,115	5,406	7,286
2032	217,570	29,376	38,756	2,918	3,850	444,004	42,959	56,676	5,867	7,741
2033	221,247	32,122	41,483	3,057	3,948	467,714	48,661	62,842	6,368	8,224
2034	224,986	35,125	44,402	3,205	4,051	492,690	55,120	69,678	6,915	8,741
2035	228,789	38,408	47,526	3,357	4,153	518,999	62,435	77,257	7,503	9,284
2036	232,655	41,996	50,869	3,517	4,260	546,714	70,719	85,659	8,144	9,865
2037	236,587	45,919	54,446	3,685	4,370	575,908	80,100	94,973	8,840	10,481
2038	240,585	50,208	58,274	3,863	4,484	606,662	90,724	105,299	9,599	11,141
2039	244,434	54,846	62,314	4,043	4,594	638,815	102,716	116,702	10,412	11,829
2040	248,345	59,912	66,634	4,233	4,708	672,672	116,289	129,337	11,298	12,566
2041	252,319	65,444	71,253	4,432	4,825	708,324	131,652	143,338	12,258	13,346
2042	256,356	71,484	76,190	4,638	4,944	745,865	149,040	158,851	13,298	14,173
2043	260,458	78,079	81,468	4,854	5,065	785,396	168,718	176,041	14,424	15,050
2044	264,625	85,280	87,110	5,082	5,191	827,022	190,988	195,087	15,651	15,987
2045	268,859	93,140	93,140	5,321	5,321	870,854	216,190	216,190	16,982	16,982
합계	-	-	-	68,904	81,628	-	-	-	173,375	201,890

○ 탄소배출 절감편익

- 탄소배출 절감량

• 호주 GBAS 사례의 접근 당 평균 탄소절감량(440kg)[1]이 IATA의 SBAS 적용에 따른 탄소배출량 보다 높게 추정되고 있음. 따라서 본 연구에서는 SBAS의 탄소배출 절감량을 기준으로 GBAS의 탄소배출 절감량을 조정함.

• SBAS의 접근관제 적용구간을 최대 2 시간으로 가정하고, GBAS 공항 접근 관제 적용구간을 15분으로 가정하는 경우 GBAS의 탄소배출 절감량은 SBAS의 탄소배출 절감량의 12.5%에 해당됨.

• IATA의 SBAS에 대한 기종별 탄소배출 절감량은 <표 5.5.25>와 같고, 대형기종은 평균 약 230kg, 중형기종은 약 120kg, 소형기종은 약 60kg의 탄소배출 절감을 나타냄. 따라서 GBAS에 의한 탄소배출 절감은 이들 값에 대한 12..5%를 적용하여 대형기종 30kg, 중형기종 15kg, 소형기종 8kg의 절감량으로 추정할 수 있음.

<표 5.5.25> SBAS 기종별 탄소배출 절감량

항공기 기종	CO_2절감량(kg)/접근시
B747	280.6
B777	181.1
A330	118.1
A320	66.2
B737	53.2

(자료: IATA, 2009 Guidance Material and Best Practices for Fuel and Environmental Management)

• 국제선과 국내선 국적항공사 항공기 운항 점유율에 대한 시나리오는 연료절감 효과에서와 동일하게 가정하여 GBAS의 운항편당 탄소배출 절감액을 추정함.

• 따라서 국내선 접근 시 평균 탄소배출 절감량은 국내 항공사 항공기 유형별 점유율 시나리오에 따라 93kg~106kg, 국제선 접근 시 평균 탄소배출 절감량은 111.5kg~145.8kg으로 나타남.

1) 시나리오 1 :
국내선 = 0.1×30kg + 0.3×15kg + 0.6×8kg = 12.3kg
국제선 = 0.2×30kg + 0.3×15kg + 0.5×8kg = 14.5kg

1) M. Yan, GBAS Implementation in Australia, GBAS Development Manager Airservices Australia, 2009. 10.

2) 시나리오 2 :

국내선 = 0.1×30kg + 0.5×15kg + 0.4×8kg = 13.7kg

국제선 = 0.25×30kg + 0.33×15kg + 0.42×8kg = 15.8kg

3) 시나리오 3 :

국내선 = 0.1×30kg + 0.5×15kg + 0.4×8kg = 13.7kg

국제선 = 0.35×30kg + 0.40×15kg + 0.25×8kg = 18.5kg

- 탄소 배출권 거래가 : 평균 10 유로/톤을 가정함. EU 탄소시장의 과잉공급으로 상당량의 잉여탄소배출권이 시장에 잔존하고 있어 가격이 정체. 탄소배출권이 이월될 경우 톤 당 10유로 이상의 가격을 받기 어려울 것으로 전망됨.

구분	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년
가격 (유로/tCO_2)	6.5	7.5	8.5	9.6	9.7	10.0	10.5	11.0

자료: Societe Generale (2013). Carbon Market in a State of Flux.

<그림 5.5.11> 탄소배출권 가격 전망

(자료 : 삼성경제연구소 재인용(2013), 탄소시장의 3대 이슈와 전망)

- 탄소배출 감소편익 추정

• 운항항공기의 GBAS 장착률 및 GBAS 운항비율은 GBAS 연료절감 분석과 동일한 가정 및 시나리오 적용함.

국내선 탄소배출 절감액 = 운항횟수 × 도착비율 × GBAS 장착 비율 × GBAS 설치공항 운항비율 × 운항당 탄소배출절감량 × 배출권가격

국제선 연료절감액 = 운항횟수 × 도착비율 ×국적항공사 점유율 × GBAS 장착 비율 × GBAS 설치공항 운항비율 × 운항당 탄소배출절감량 × 배출권가격

• 따라서 2026년 탄소배출 절감액은 시나리오에 따라 4.64 백만원~8.57 백만원으로 추정됨.

(1) 시나리오 1-시나리오 I (항공기 유형 점유율-GBAS CAT-II/III 장착률)

국내선 : 193,487회x50%x20%x0.366x12.3kgx10유로x1,450원 = 1.26 백만원

국제선 : 308,485회x50%x0.63x20%x0.826x14.5kgx10유로x1,450원 = 3.38 백만원

시나리오 1-시나리오 II (항공기 유형 점유율-GBAS CAT-II/III 장착률)

국내선 : 193,487회x50%x30%x0.366x12.3kgx10유로x1,450원 = 1.89 백만원

국제선 : 308,485회x50%x0.63x30%x0.826x14.5kgx10유로x1,450원 = 4.29 백만원

(2) 시나리오 2-시나리오 I (항공기 유형 점유율-GBAS CAT-II/III 장착률)

국내선 : 193,487회x50%x20%x0.366x13.7kgx10유로x1,450원 = 1.41 백만원
국제선 : 308,485회x50%x0.63x20%x0.826x15.8kgx10유로x1,450원 = 3.68 백만원
시나리오 2-시나리오 II (항공기 유형 점유율-GBAS CAT-II/III 장착률)
국내선 : 193,487회x50%x30%x0.366x13.7kgx10유로x1,450원 = 2.11 백만원
국제선 : 308,485회x50%x0.63x30%x0.826x15.8kgx10유로x1,450원 = 5.52 백만원

(3) 시나리오 3-시나리오 I (항공기 유형 점유율-GBAS CAT-II/III 장착률)
국내선 : 193,487회x50%x20%x0.366x13.7kgx145.5달러x1,050원 = 1.41 백만원
국제선 : 308,485회x50%x0.63x20%x0.826x18.5kgx10유로x1,450원 = 4.31 백만원
시나리오 3-시나리오 II (항공기 유형 점유율-GBAS CAT-II/III 장착률)
국내선 : 193,487회x50%x30%x0.366x13.7kgx10유로x1,450원 = 2.11 백만원
국제선 : 308,485회x50%x0.63x30%x0.826x18.5kgx10유로x1,450원 = 6.46 백만원

- 2026년부터 10년간의 탄소배출 절감 편익의 현재가치는 시나리오 1에서 0.9억원~1.2억원, 시나리오 2에서는 0.95억원~1.3억원, 시나리오 3에서는 1.06억원~1.4억원으로 추정됨. 20년간의 탄소배출 절감 편익의 현재가치는 시나리오 1에서 2.7억원~3.1억원, 시나리오 2에서는 2.8억원~3.3억원, 시나리오 3에서는 3.1억원~3.6억원으로 추정됨.
- 따라서 장단기적 관점에서 국내 5개 공항에 GBAS CAT-II/III의 설치에 따른 국적항공사의 탄소 배출절감 편익은 매우 낮게 나타나고 있음.

<표 5.5.26> 시나리오 1의 연도별 탄소배출 절감 비용 편익

(단위: 백만 원)

연도	국내선 탄소배출 절감					국제선 탄소배출 절감				
	국내선 운항	GBAS 적용운항		탄소배출 절감액		국제선 운항	GBAS 적용운항		탄소배출 절감액	
		시나리오I	시나리오II	시나리오I	시나리오II		시나리오I	시나리오II	시나리오I	시나리오II
2026	196,757	7,201	10,802	1.28	1.93	324,958	16,910	25,365	3.56	5.33
2027	200,082	11,210	16,460	1.90	2.78	342,311	21,522	31,600	4.29	6.30
2028	203,464	20,542	29,523	3.29	4.73	360,590	26,089	37,493	4.93	7.08
2029	206,902	22,464	31,601	3.41	4.80	379,845	29,553	41,574	5.29	7.44
2030	210,399	24,566	33,826	3.54	4.87	400,129	33,478	46,098	5.68	7.82
2031	213,954	26,863	36,207	3.67	4.94	421,496	37,924	51,115	6.10	8.22
2032	217,570	29,376	38,756	3.80	5.01	444,004	42,959	56,676	6.55	8.64
2033	221,247	32,122	41,483	3.94	5.09	467,714	48,661	62,842	7.03	9.08
2034	224,986	35,125	44,402	4.08	5.16	492,690	55,120	69,678	7.55	9.55
2035	228,789	38,408	47,526	4.23	5.24	518,999	62,435	77,257	8.11	10.03
2036	232,655	41,996	50,869	4.38	5.31	546,714	70,719	85,659	8.70	10.54
2037	236,587	45,919	54,446	4.54	5.39	575,908	80,100	94,973	9.35	11.08
2038	240,585	50,208	58,274	4.71	5.47	606,662	90,724	105,299	10.03	11.64
2039	244,434	54,846	62,314	4.88	5.54	638,815	102,716	116,702	10.77	12.23
2040	248,345	59,912	66,634	5.05	5.62	672,672	116,289	129,337	11.55	12.85
2041	252,319	65,444	71,253	5.23	5.69	708,324	131,652	143,338	12.40	13.50
2042	256,356	71,484	76,190	5.41	5.77	745,865	149,040	158,851	13.30	14.18
2043	260,458	78,079	81,468	5.60	5.85	785,396	168,718	176,041	14.28	14.90
2044	264,625	85,280	87,110	5.80	5.93	827,022	190,988	195,087	15.32	15.65
2045	268,859	93,140	93,140	6.01	6.01	870,854	216,190	216,190	16.44	16.44
합계	-	-	-	84.76	101.11	-	-	-	181.23	212.52

<표 5.5.27> 시나리오 2의 연도별 탄소배출 절감 비용 편익

(단위: 백만 원)

연도	국내선 탄소배출 절감					국제선 탄소배출 절감				
	국내선 운항	GBAS 적용운항		탄소배출 절감액		국제선 운항	GBAS 적용운항		탄소배출 절감액	
		시나리오I	시나리오II	시나리오I	시나리오II		시나리오I	시나리오II	시나리오I	시나리오II
2026	196,757	7,201	10,802	1.33	2.00	324,958	16,910	25,365	3.67	5.51
2027	200,082	11,210	16,460	1.97	2.89	342,311	21,522	31,600	4.43	6.50
2028	203,464	20,542	29,523	3.42	4.91	360,590	26,089	37,493	5.09	7.32
2029	206,902	22,464	31,601	3.54	4.98	379,845	29,553	41,574	5.47	7.69
2030	210,399	24,566	33,826	3.67	5.06	400,129	33,478	46,098	5.87	8.08
2031	213,954	26,863	36,207	3.81	5.13	421,496	37,924	51,115	6.30	8.49
2032	217,570	29,376	38,756	3.94	5.20	444,004	42,959	56,676	6.77	8.93
2033	221,247	32,122	41,483	4.09	5.28	467,714	48,661	62,842	7.26	9.38
2034	224,986	35,125	44,402	4.24	5.36	492,690	55,120	69,678	7.80	9.86
2035	228,789	38,408	47,526	4.39	5.44	518,999	62,435	77,257	8.37	10.36
2036	232,655	41,996	50,869	4.55	5.51	546,714	70,719	85,659	8.99	10.89
2037	236,587	45,919	54,446	4.72	5.59	575,908	80,100	94,973	9.65	11.44
2038	240,585	50,208	58,274	4.89	5.68	606,662	90,724	105,299	10.36	12.03
2039	244,434	54,846	62,314	5.07	5.76	638,815	102,716	116,702	11.12	12.63
2040	248,345	59,912	66,634	5.25	5.84	672,672	116,289	129,337	11.93	13.27
2041	252,319	65,444	71,253	5.43	5.92	708,324	131,652	143,338	12.81	13.94
2042	256,356	71,484	76,190	5.62	6.00	745,865	149,040	158,851	13.74	14.65
2043	260,458	78,079	81,468	5.82	6.08	785,396	168,718	176,041	14.74	15.38
2044	264,625	85,280	87,110	6.03	6.16	827,022	190,988	195,087	15.82	16.16
2045	268,859	93,140	93,140	6.24	6.24	870,854	216,190	216,190	16.98	16.98
합계	-	-	-	92.87	110.79	-	-	-	187.50	219.87

<표 5.5.28> 시나리오 3의 연도별 탄소배출 절감 비용 편익

(단위: 백만 원)

연도	국내선 탄소배출 절감					국제선 탄소배출 절감				
	국내선 운항	GBAS 적용운항		탄소배출 절감액		국제선 운항	GBAS 적용운항		탄소배출 절감액	
		시나리오I	시나리오II	시나리오I	시나리오II		시나리오I	시나리오II	시나리오I	시나리오II
2026	196,757	7,201	10,802	1.33	2.00	324,958	16,910	25,365	4.30	6.45
2027	200,082	11,210	16,460	1.97	2.89	342,311	21,522	31,600	5.19	7.62
2028	203,464	20,542	29,523	3.42	4.91	360,590	26,089	37,493	5.96	8.57
2029	206,902	22,464	31,601	3.54	4.98	379,845	29,553	41,574	6.40	9.00
2030	210,399	24,566	33,826	3.67	5.06	400,129	33,478	46,098	6.87	9.46
2031	213,954	26,863	36,207	3.81	5.13	421,496	37,924	51,115	7.38	9.94
2032	217,570	29,376	38,756	3.94	5.20	444,004	42,959	56,676	7.92	10.45
2033	221,247	32,122	41,483	4.09	5.28	467,714	48,661	62,842	8.51	10.98
2034	224,986	35,125	44,402	4.24	5.36	492,690	55,120	69,678	9.13	11.54
2035	228,789	38,408	47,526	4.39	5.44	518,999	62,435	77,257	9.80	12.13
2036	232,655	41,996	50,869	4.55	5.51	546,714	70,719	85,659	10.53	12.75
2037	236,587	45,919	54,446	4.72	5.59	575,908	80,100	94,973	11.30	13.40
2038	240,585	50,208	58,274	4.89	5.68	606,662	90,724	105,299	12.13	14.08
2039	244,434	54,846	62,314	5.07	5.76	638,815	102,716	116,702	13.02	14.79
2040	248,345	59,912	66,634	5.25	5.84	672,672	116,289	129,337	13.97	15.54
2041	252,319	65,444	71,253	5.43	5.92	708,324	131,652	143,338	14.99	16.33
2042	256,356	71,484	76,190	5.62	6.00	745,865	149,040	158,851	16.09	17.15
2043	260,458	78,079	81,468	5.82	6.08	785,396	168,718	176,041	17.26	18.01
2044	264,625	85,280	87,110	6.03	6.16	827,022	190,988	195,087	18.52	18.92
2045	268,859	93,140	93,140	6.24	6.24	870,854	216,190	216,190	19.88	19.88
합계	-	-	-	88.03	105.01	-	-	-	219.16	257.01

4) 지연감소 편익

- 지연감소에 따른 고객 편익

- 착륙과정 시간을 고려하여 SBAS 지연감소율을 조정하여 지연시간 감소편익 산출.

- SBAS의 접근관제 적용구간을 최대 2 시간으로 가정하고, GBAS 공항 접근 관제 적용구간을 15분으로 가정하는 경우 GBAS의 지연감소율은 SBAS 지연감소율의 12.5%에 해당됨 (지연시간 국내선 30분, 국제선 60분 기준).

- 2001~2012년간 SBAS로 인한 지연감소율 평균 분석

SBAS 국내선 지연감소율 = 40.5%
SBAS 국제선 지연감소율 = 42.3%
국내선 지연감소율 = 40.5% x 0.125 = 5.06%
국제선 지연감소율 = 42.3% x 0.125 = 5.29%

연도	운항(회)	정상운항(회)	전체 지연계(회)	기상 SBAS관련 지연(회)	공역 SBAS관련 지연(회)	SBAS관련 지연합계(회)	SBAS관련 지연율(%)
2001	160,360	154,737	5,623	1,427	803	2,230	1.39
2002	158,713	153,833	4,880	1,435	707	2,142	1.35
2003	161,485	157,123	4,362	1,297	611	1,908	1.18
2004	141,171	137,247	3,924	1,032	601	1,633	1.16
2005	124,110	121,172	2,938	768	448	1,216	0.98
2006	121,879	118,094	3,785	920	586	1,506	1.24
2007	125,378	119,284	6,094	1,250	1,003	2,253	1.80
2008	128,261	124,116	4,145	758	709	1,467	1.14
2009	143,912	138,161	5,751	1,351	987	2,338	1.62
2010	141,898	133,087	8,811	1,846	1,259	3,105	2.19
2011	147,215	137,928	9,287	2,488	1,807	4,295	2.92
2012	148,765	139,756	9,009	1,946	1,817	3,763	2.53

<그림 5.5.12> 국내선 SBAS 부재시 지연계
(자료 : SBAS 예비타당성 분석)

연도	운항(회)	정상운항(회)	전체 지연계(회)	기상 SBAS관련 지연(회)	공역 SBAS관련 지연(회)	SBAS관련 지연합계(회)	SBAS관련 지연율(%)
2001	49,681	47,288	2,393	664	217	881	1.77
2002	56,771	55,148	1,623	419	196	615	1.08
2003	56,889	55,364	1,525	503	210	713	1.25
2004	64,678	62,882	1,796	444	216	660	1.02
2005	72,304	70,216	2,088	460	304	764	1.06
2006	83,359	80,694	2,665	637	385	1,022	1.23
2007	103,787	99,121	4,666	1,194	1,254	2,448	2.36
2008	104,432	101,109	3,323	774	566	1,340	1.28
2009	99,300	97,080	2,220	475	406	881	0.89
2010	107,077	102,425	4,652	1,098	984	2,082	1.94
2011	118,980	114,190	4,790	911	1,386	2,297	1.93
2012	134,713	127,785	6,928	1,152	2,292	3,444	2.56

<그림 5.5.13> 국제선 SBAS 부재시 지연계
(자료 : SBAS 예비타당성 분석)

- 2003~2012 국내 항공사 평균 지연율은 국내선 3.06%, 국제선 2.97%이고, 2026년 이후 이 같은 지연율이 지속되는 것으로 가정함.

- 지연비용은 분당 63유로 적용

Cost item	Costs (Euros)
Cost per minute of delay	63
Cancellation cost	6,126
Short Haul diversion cost	4,371
Long Haul diversion cost	4,371

Table 1: Units cost estimates derived from IATA Study [8]

<그림 5.5.14> 지연 및 결항 감소 비용 추정
(자료 : Eurocontrol, 2005 Report on the Eurocontrol Xls business Case)

- 지연기준의 최소시간을 지연시간으로 적용하는 경우 각 운항편당 평균 지연비용은 국내선 4,243.28원, 국제선 8,611,36원으로 추정됨.

국내선 = 63유로x1450원x국내선 지연율(0.0306)x지연감소율(0.0506)x30분
= 4,243.28원
국제선 = 63유로x1450원x국제선 지연율(0.0297)x지연감소율(0.0529)x60분
= 8,611,36원

- 따라서 2025년 지연감소에 따른 편익은 시나리오에 따라 1.74억원~2.61억원으로 추정됨.

(1) 시나리오 I
국내선 : 193,487회x50%x20%x0.366x4243.28원 = 30.05 백만원
국제선 : 308,485회x50%x0.63x20%x0.826x8611.36원 = 145.62 백만원

(2) 시나리오 II

국내선 : 193,487회x50%x30%x0.366x4243.28원 = 45.07 백만원

국제선 : 308,485회x50%x0.63x30%x0.826x8611.36원 = 218.43 백만원

- 2026년부터 10년간의 지연감소에 따른 편익의 현재가치는 시나리오 I에서 32.0억원, 시나리오 II에서는 43.0억원으로 추정되고, 20년간의 지연감소에 따른 편익의 현재가치는 시나리오 I에서 94.1억원, 시나리오 II에서는 110.7억원으로 추정됨.

<표 5.5.29> 연도별 지연감소에 따른 편익

(단위: 백만원)

연도	국내선 지연감소 절감					국제선 지연감소 절감				
	국내선 운항	GBAS 적용운항		지연감소 절감액		국제선 운항	GBAS 적용운항		지연감소 절감액	
		시나리오I	시나리오II	시나리오I	시나리오II		시나리오I	시나리오II	시나리오I	시나리오II
2026	196,757	7,201	10,802	30.05	45.07	324,958	16,910	25,365	145.62	218.43
2027	200,082	11,210	16,460	44.34	65.10	342,311	21,522	31,600	175.67	257.93
2028	203,464	20,542	29,523	77.01	110.68	360,590	26,089	37,493	201.84	290.08
2029	206,902	22,464	31,601	79.83	112.30	379,845	29,553	41,574	216.73	304.89
2030	210,399	24,566	33,826	82.75	113.94	400,129	33,478	46,098	232.72	320.44
2031	213,954	26,863	36,207	85.77	115.60	421,496	37,924	51,115	249.87	336.79
2032	217,570	29,376	38,756	88.90	117.29	444,004	42,959	56,676	268.29	353.96
2033	221,247	32,122	41,483	92.14	119.00	467,714	48,661	62,842	288.06	372.01
2034	224,986	35,125	44,402	95.50	120.73	492,690	55,120	69,678	309.29	390.98
2035	228,789	38,408	47,526	98.99	122.48	518,999	62,435	77,257	332.07	410.90
2036	232,655	41,996	50,869	102.59	124.27	546,714	70,719	85,659	356.52	431.84
2037	236,587	45,919	54,446	106.33	126.07	575,908	80,100	94,973	382.76	453.83
2038	240,585	50,208	58,274	110.20	127.90	606,662	90,724	105,299	410.93	476.94
2039	244,434	54,846	62,314	114.20	129.75	638,815	102,716	116,702	440.99	501.03
2040	248,345	59,912	66,634	118.25	131.51	672,672	116,289	129,337	473.23	526.33
2041	252,319	65,444	71,253	122.43	133.30	708,324	131,652	143,338	507.82	552.90
2042	256,356	71,484	76,190	126.76	135.10	745,865	149,040	158,851	544.92	580.80
2043	260,458	78,079	81,468	131.24	136.93	785,396	168,718	176,041	584.71	610.09
2044	264,625	85,280	87,110	135.87	138.78	827,022	190,988	195,087	627.39	640.85
2045	268,859	93,140	93,140	140.65	140.65	870,854	216,190	216,190	673.15	673.15
합계	-	-	-	1,983.78	2,366.45	-	-	-	7,422.59	8,704.17

5) 사회적 편익 요약

○ GBAS를 이용한 착륙과정의 효율성으로 연료비 절감 비용 편익과 탄소배출 절감 비용 편익을 포함하는 10년간의 사회적 편익의 현재가치는 시나리오에 따라 655.7억원~1,088.1억원으로 추정되고 있어 2026년 이후 국내 5개 공항에 GBAS CAT-II/III의 설치에 따른 국적 항공사의 편익 효과가 매우 높게 나타나고 있는 것을 확인할 수 있음.

<표 5.5.30> 단기적 관점의 사회적 편익

(단위: 억원)

시나리오	연료절감 편익	탄소배출 절감편익	지연감소 편익	사회적 편익 합계
시나리오 1-I	622.8	0.92	32.0	655.7
시나리오 1-II	836.2	1.24	43.0	880.4
시나리오 2-I	694.1	0.95	32.0	727.1
시나리오 2-II	931.9	1.28	43.0	976.2
시나리오 3-I	777.0	1.06	32.0	810.1
시나리오 3-II	1043.7	1.42	43.0	1,088.1

5. GBAS CAT-II/III 경제성 분석

가. GBAS CAT-II/III 국내개발 R&D 투자비용 분석

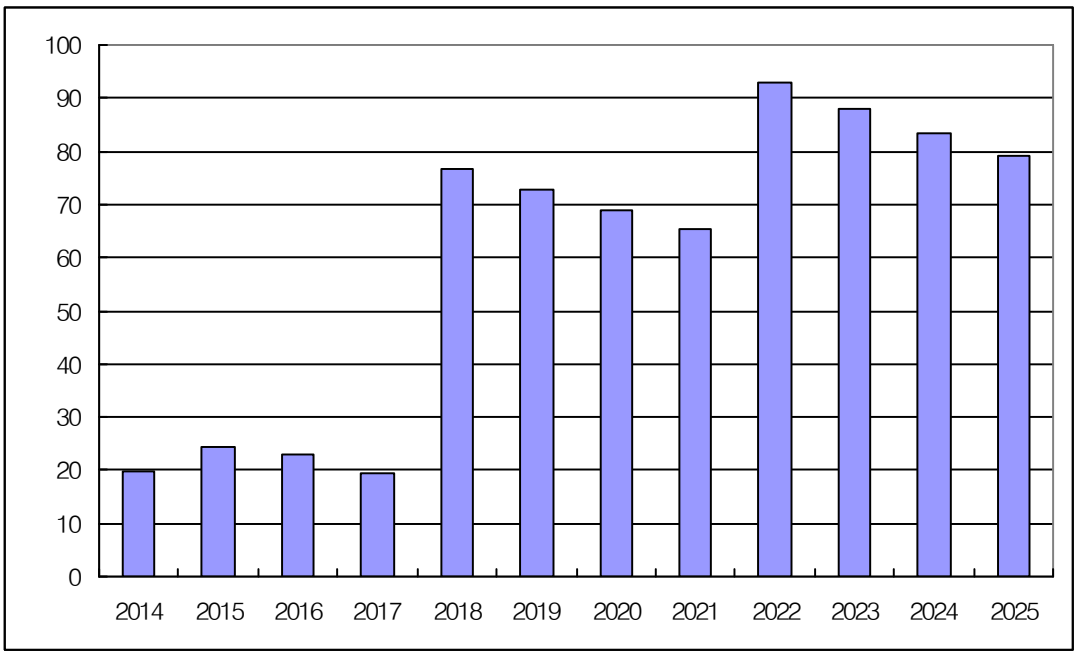
○ 2014년 이후 3단계에 걸쳐 연구개발을 추진하고, 2025년 GBAS CAT-II/III 개발을 완료하여 2026년 이후 사업을 개시하는 것을 목표로 하고 있음. 따라서 2014년 이후 투자비에 대하여 2026년 기준의 현재가치로 환산하여 경제성 및 사업성 분석을 실시함.

○ 명목 R&D 투지비용은 총 549.5억원이 소요되지만, 사회적 할인률 5.5%를 고려하여 2026년 기준 현재가치로 환산하는 경우 714.1억원으로 평가됨.

<표 5.5.31> R&D 투자비용의 현재가치 분석

(단위: 억원)

연도	R&D 투자비(억원)	2026년 기준 현재가치
2014	10.5	19.96
2015	13.5	24.33
2016	13.5	23.06
2017	12	19.43
2018	50	76.73
2019	50	72.73
2020	50	68.94
2021	50	65.35
2022	75	92.91
2023	75	88.07
2024	75	83.48
2025	75	79.13
합 계	549.5	714.1



나. GBAS CAT-II/III 국내개발 R&D 사업성 분석

○ GBAS CAT-II/III 개발 에 따른 사업성은 시장수요에 의해 크게 영향을 받게 됨. 국내시장의 경우 GBAS CAT-II/III의 시장 수요가 5개로 예상되고 있으나, 국내 판매에 따른 R&D 기여수익이 10년간 16.6억에 불과하고, ILS 장비 대체 편익을 고려하는 경우에도 10년간 315억원에 달하고 있어 R&D 투자비용 714억원의 44%에 달하고 있음.

○ GBAS CAT-II/III 시스템의 개발은 국내 시장만을 고려해서는 사업성을 달성할 수 없으며, 해외시장에 대한 적극적인 판매 전략을 고려해야 할 것임. 해외시장 매출 추정은 GBAS CAT-II/III 사업자의 시장전략에 따라 달라질 수 있으나, 최소한 투자된 연구개발비를 10년간 판매수익으로만 회수하는 경우에는 최소한 10년간 215 시스템을 국내외에 추가로 판매해야 가능함.

○ GBAS CAT-II/III 시스템은 공공편익 향상을 위해 국내에도 도입되어야 할 장비임으로 R&D 투자비용을 순수 판매수익으로만 회수하는 것 보다는 공공편익 향상에 따른 효과를 통해 회수하는 것을 포함해야 함.

다. GBAS CAT-II/III 국내개발 R&D 비용-편익분석

○ 장기적인 관점에서 ILS 장비의 대체 보다는 GBAS CAT-II/III의 도입이 경제적임을 확인하였고, GBAS CAT-II/III 도입을 고려하는 경우에는 외산 장비의 도입보다는 국내 개발 장비가 보다 경제적인 것으로 분석되었음.

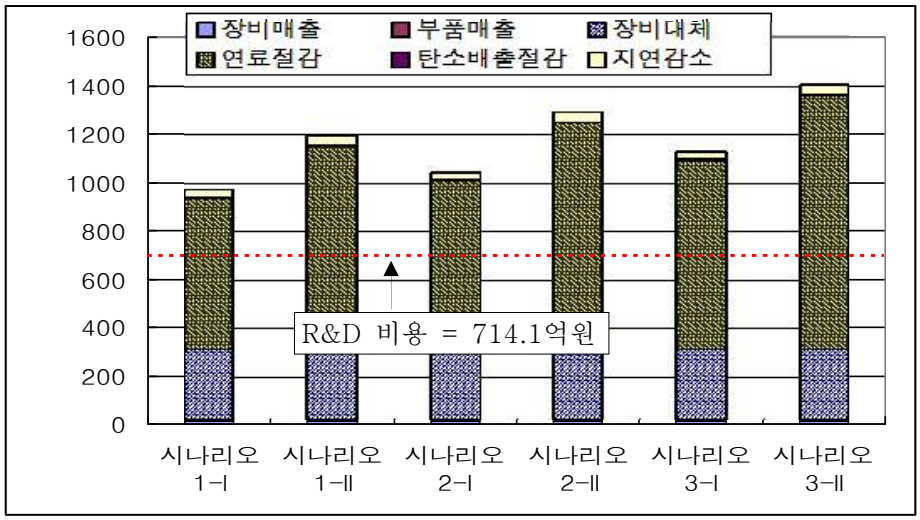
○ GBAS CAT-II/III의 공공성을 고려하여 국내 5개 공항에 설치되는 경우를 가정하여 10년간의 단기적 관점으로 경제적 편익과 사회적 편익으로 구분하여 편익을 산출 한 후 비용-편익 분석을 실시함. 사회적 편익 산출은 GBAS CAT-II/III 탑재율과 항공기 유형별 운항 분포에 따른 시나리오를 설정하여 분석하였음.

○ R&D 투자비용은 714.1억원인데 비하여 시나리오에 따른 편익의 합계는 970.4억원~1,402.8억원에 달하고 있는 것으로 나타나고 있음. 따라서 비용-편익 비율 (B/C비율)은 1.36~1.96으로 비교적 높게 나타나고 있음.

<표 5.5.32> 단기적 관점의 GBAS CAT-II/III 비용편익 분석

(단위: 억원)

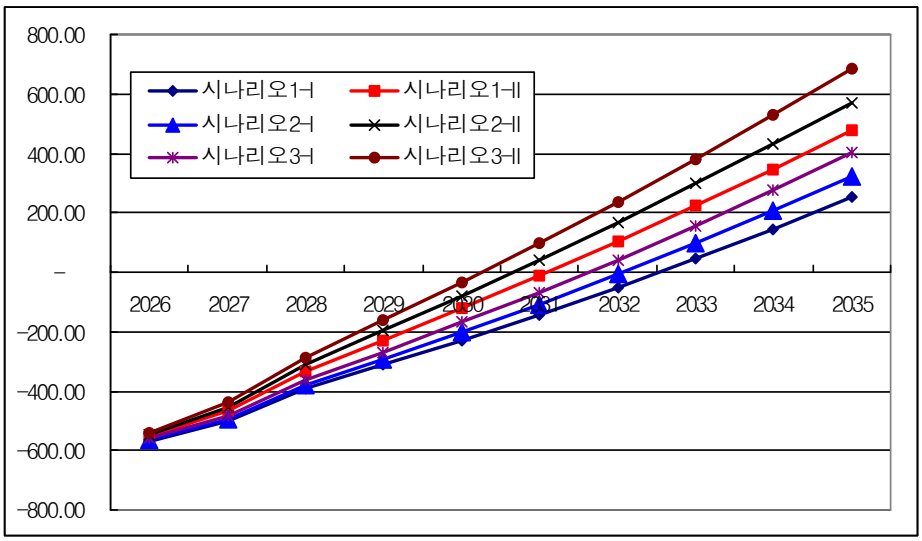
시나리오	R&D 투자비	경제적 편익			사회적 편익			총 편익 합계	B/C 비율
		매출편익	부품매출 편익	장비대체 편익	연료절감 편익	탄소배출 절감편익	지연감소 편익		
시나리오 1-I	714.1	12.17	4.44	298.06	622.8	0.92	32.0	970.4	**1.36**
시나리오 1-II					836.2	1.24	43.0	1,195.1	**1.67**
시나리오 2-I					694.1	0.95	32.0	1,041.7	**1.46**
시나리오 2-II					931.9	1.28	43.0	1,290.9	**1.81**
시나리오 3-I					777.0	1.06	32.0	1,124.7	**1.58**
시나리오 3-II					1043.7	1.42	43.0	1,402.8	**1.96**



<표 5.5.33> 단기적 관점의 연도별 GBAS CAT-II/III 비용-편익

(단위: 억원)

연도	R&D 투자 비용	총 편익						순 편익 누계					
		시나리오 1-I	시나리오 1-II	시나리오 2-I	시나리오 2-II	시나리오 3-I	시나리오 3-II	시나리오 1-I	시나리오 1-II	시나리오 2-I	시나리오 2-II	시나리오 3-I	시나리오 3-II
2026	714.1	144.9	161.2	148.3	166.4	153.0	173.5	- 569.2	- 552.9	- 565.8	- 547.7	- 561.1	- 540.6
2027	-	68.9	88.7	73.4	95.2	79.2	103.7	- 500.3	- 464.2	- 492.4	- 452.5	- 481.9	- 436.9
2028	-	106.5	131.2	112.7	140.	119.4	149.7	- 393.8	- 333.0	- 379.7	- 312.3	- 362.5	- 287.2
2029	-	80.4	104.9	87.0	114.3	94.3	124.5	- 313.4	- 228.1	- 292.6	- 198.1	- 268.2	- 162.7
2030	-	83.6	108.0	90.7	117.8	98.6	128.6	- 229.8	- 120.1	- 201.9	- 80.3	- 169.6	- 34.1
2031	-	87.3	111.3	94.8	121.6	103.4	133.1	- 142.5	- 8.7	- 107.1	41.3	- 66.2	99.0
2032	-	91.3	115.0	99.4	125.6	108.7	137.9	- 1.2	106.2	- 7.7	166.9	42.5	236.9
2033	-	95.7	118.8	104.3	130.0	114.4	143.0	44.5	225.1	96.6	296.9	156.9	379.9
2034	-	100.6	123.1	109.9	134.8	120.8	148.6	145.1	348.2	206.5	431.7	277.7	528.6
2035	-	105.9	127.6	115.8	139.8	127.7	154.5	251.0	475.8	322.3	571.5	405.4	683.1
계	714.1	965.1	1,189.9	1,036.4	1,285.6	1,119.5	1,397.2	-	-	-	-	-	-



○ 국내 5개 공항에 GBAS CAT-II/III가 설치되는 경우에 얻어지는 편익을 고려하는 경우 단순히 매출효과 만을 고려하는 경우에 비해 R&D 투자비용 대비 높은 편익효과가 발생하고 있다.

○ 항공기 유형별 운항점유율에 대한 시나리오 (3가지)와 GBAS CAT-II/III 장착율 시나리오 (2가지)를 고려한 비용-편익 분석에서 GBAS CAT-II/III 장착률이 높고, 중대형 운항비율이 높은 시나리오 3-II의 경우 사업개시(2026년) 5년 후인 2031년에 편익이 연구개발 투자비를 상회함을

알 수 있음.

○ 모든 시나리오에서 사업개시 5년~7년 후에 GBAS CAT-II/III 연구개발 투자비용이 편익으로 모두 회수 될 수 있는 것으로 분석됨.

○ GBAS CAT-II/III의 연구개발은 사업성 측면에서 국내외 수요확보에 따른 문제점으로 수익성을 갖기 어려울 것이나, GBAS CAT-II/III의 국내 도입이 고려되는 경우에는 2026년 이후 단계적으로 5개 공항에 도입되는 경우에 단기적 효과인 10년간의 편익에 대한 **BC 비율**이 **1.36~1.96**으로 높게 나타나고 있어 연구개발에 대한 경제성이 높은 것으로 분석됨.

○ 따라서 장기적인 전략적 관점까지 고려되는 경우에는 GBAS CAT-II/III의 연구개발 효과가 매우 클 것으로 기대되고 있어 연구개발에 대한 경제적 타당성이 높은 것으로 분석됨.

<표 5.5.34> 우리나라 항공사 항공기 등록 현황

(2013. 4. 기준 : 국토교통부)

항공사	유형	기종	대수
대한항공	여객기	A300-600R	3
		A330-200	8
		A330-300	16
		A380-800	6
		B737-800	20
		B737-900	16
		B737-900ER	4
		B747-400	16
		B777-200	18
		B777-300	4
		B777-300ER	11
		소계	122
	화물기	B747-400BCF	5
		B747-400F	17
		B747-8F	3
		B777F	3
		소계	28
	합 계		150
아시아나항공	여객기	A320-200	10
		A321-100	2
		A321-200	21
		A330-300	12
		B747-400	4
		B767-300	7
		B777-200	5
		B777-200ER	7
		소계	68
	화물기	B747-400BDSF	2
		B747-400F	5
		B747-400SF	3
		B767-300F	1
		소 계	11
	합 계		79
에어부산	여객기	A320-200	1
		A321-200	3
		B737-400	4
		B737-500	2
	합 계		10
에어인천	화물기	B737-400F	1
	합계		1
이스타항공	여객기	B737-600	1
		B737-700	5
		B737-800	3
	합 계		9
제주항공	여객기	B737-800	12
	합 계		12
진에어	여객기	B737-800	9
	합 계		9
티웨이항공	여객기	B737-800	5
	합 계		5
총 계			275

라. 연구개발 환경 변화를 고려한 경제성 분석

○ GBAS CAT II/III 연구개발은 장시간의 연구기간이 소요되고 있고, 국제적으로 인증 시제품이 아직 출시되고 있지 않은 상황임. 따라서 이 같은 연구개발 환경의 변화를 고려한 경제성 분석이 필요함.

○ 본 기획연구에서는 연구개발 환경의 변화를 두 가지 측면에서 고려하여 경제성 분석을 실시함. 1) 기존 GBAS CAT-I 기술과 연계한 경제성 분석, 2) 1단계 GBAS CAT-II/III 핵심기술 연구개발 이후 후속사업의 중단 가능성을 고려한 경제성 분석.

○ GBAS CAT-I 확보 기술을 연계하여 연구개발을 추진하는 경우 연구개발비 절감 보다는 연구개발 기간을 일부 단축시키는 효과가 있을 수 있음. 그러나 이 경우에도 1년 이상의 연구기간 단축은 어려울 것임. 개발기간 단축으로 얻어지는 일정부분의 기간은 시스템 인증/평가에 투자하는 것이 합리적임. 또한, CAT-I과 기술연계가 가능한 경우에도 2016년 이후 사업화가 가능하다면 편익은 변함이 없음으로 기존의 경제성 분석은 변동이 없음.

○ 시장 환경의 불확실성으로 1단계 이후 연구개발이 중단되는 경우에는 1단계에서 개발한 기술은 타 분야의 연구개발에 활용될 수 있으나, 독자적인 상품으로 활용이 불가능하기 때문에 편익은 0으로 가정함.

○ 따라서 1단계 GBAS CAT-II/III 핵심기술 연구개발 이후의 사업 중단이 확실한 경우에는 현 단계에서의 연구개발 투자가 경제성이 없게 됨. 그러나 1단계 이후의 사업 중단에 대한 가능성이 불확실한 상황임으로 사업 중단 가능성 0%~100%를 가정한 통제변수로 하여 확률적인 분석을 실시함. 1단계 및 이후 연구개발에 따른 연구개발비용과 편익은 2026년 현재가치를 기준으로 분석함.

구분	연구개발 투자비 (억원)		편 익 (억원)					
	명목가치	현재가치	시나리오 1-I	시나리오 1-II	시나리오 2-I	시나리오 2-II	시나리오 3-I	시나리오 3-II
1단계 이후 사업 중단 (사업중단 가능성 100%)	49.5	86.8	0.0					
1단계 이후 사업 지속 (사업중단 가능성 0%)	549.5	714.1	965.1	1,189.9	1,036.4	1,285.6	1,119.5	1,397.2

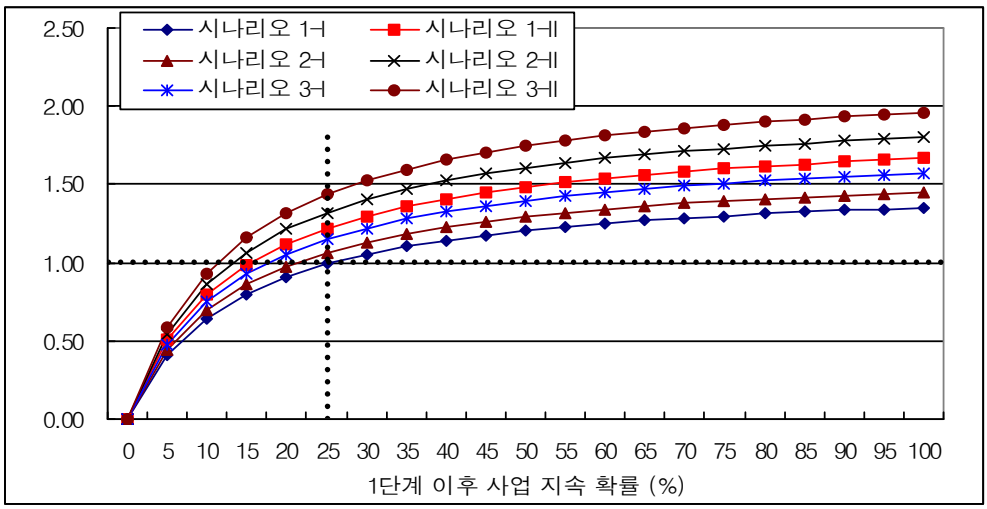
○ 1 단계 연구개발 결과 사업지속 확률에 따라 편익이 다르게 나타남.

○ 사업지속 가능성이 0%, 즉 사업 중단이 결정되는 경우는 발생 편익이 0임으로 1 단계 기술의 기술가치를 0으로 가정하는 그동안 투입된 연구개발

비용만큼 비용만 발생하게 되어 순편익은 모든 시나리오에서 -86.8억원이 됨. 또한 비용변익 비율은 0이 됨.

○ 1 단계 GBAS CAT-II/III 핵심기술 연구개발 이후 사업지속 가능성이 증가함에 따라 비용-편익 (B/C) 비율이 증가하게 되는데, 시나리오에 따라 다르지만, 사업지속 가능성이 25%를 초과하는 경우에는 비용-편익 비율이 1.0을 넘게 됨.

○ 따라서 현 상황에서 1 단계 이후의 사업 중단 가능성을 예단할 수는 없지만 최소한 50% 이상만 예상하는 경우에도 비용-편익 비율은 1.21~1.74로 나타남으로 경제적 측면에서의 사업타당성을 확보할 수 있음.



<표 5.5.35> GBAS CAT-II/III 핵심기술 개발 이후 사업 중단 가능성에 따른 비용-편익분석

사업지속 확률 (%)	시나리오별 순편익 (억원)						시나리오별 비용편익(B/C) 비율					
	1-I	1-II	2-I	2-II	3-I	3-II	1-I	1-II	2-I	2-II	3-I	3-II
0	-86.8	-86.8	-86.8	-86.8	-86.8	-86.8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	-69.9	-58.7	-66.3	-53.9	-62.2	-48.3	0.41	0.50	0.44	0.54	0.47	0.59
10	-53.0	-30.5	-45.9	-21.0	-37.6	-9.8	0.65	0.80	0.69	0.86	0.75	0.93
15	-36.1	-2.4	-25.4	**11.9**	-13.0	**28.7**	0.80	0.99	0.86	1.07	0.93	1.16
20	-19.2	**25.7**	-5.0	44.9	**11.6**	67.2	0.91	1.12	0.98	1.21	1.05	1.32
25	-2.3	53.9	**15.5**	77.8	36.3	105.7	0.99	1.22	1.06	1.32	1.15	1.43
30	**14.5**	82.0	35.9	110.7	60.9	144.2	1.05	1.30	1.13	1.40	1.22	1.52
35	31.4	110.1	56.4	143.6	85.5	182.7	1.10	1.36	1.18	1.47	1.28	1.60
40	48.3	138.2	76.8	176.5	110.1	221.2	1.14	1.41	1.23	1.52	1.33	1.65
45	65.2	166.4	97.3	209.4	134.7	259.7	1.18	1.45	1.26	1.57	1.36	1.70
50	82.1	194.5	117.8	242.4	159.3	298.2	1.21	1.49	1.29	1.61	1.40	1.74
55	99.0	222.6	138.2	275.3	183.9	336.6	1.23	1.52	1.32	1.64	1.43	1.78
60	115.9	250.8	158.7	308.2	208.5	375.1	1.25	1.54	1.34	1.67	1.45	1.81
65	132.8	278.9	179.1	341.1	233.1	413.6	1.27	1.56	1.36	1.69	1.47	1.84
70	149.7	307.0	199.6	374.0	257.7	452.1	1.28	1.58	1.38	1.71	1.49	1.86
75	166.6	335.2	220.0	406.9	282.4	490.6	1.30	1.60	1.39	1.73	1.51	1.88
80	183.4	363.3	240.5	439.8	307.0	529.1	1.31	1.62	1.41	1.75	1.52	1.90
85	200.3	391.4	260.9	472.8	331.6	567.6	1.32	1.63	1.42	1.76	1.53	1.92
90	217.2	419.5	281.4	505.7	356.2	606.1	1.33	1.64	1.43	1.78	1.55	1.93
95	234.1	447.7	301.8	538.6	380.8	644.6	1.34	1.66	1.44	1.79	1.56	1.94
100	251.0	475.8	322.3	571.5	405.4	683.1	1.35	1.67	1.45	1.80	1.57	1.96

6장. 연구투입 소요예산 산정

1절. 소요예산 총괄

(단위: 천원)

구분	항목	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	총계
CAT-I 운용성 및 안정성 검증	**항목소계**	**250,000**	**700,000**	**600,000**	**300,000**	**1,850,000**
	GBAS CAT-I 지상시스템 운용 및 유지보수	50,000	300,000	150,000	100,000	600,000
	장기 데이터별 수집/DB화 및 원격 모니터링 시스템 개발	50,000	200,000	50,000		300,000
	지상시스템 상시 상태모니터링 및오류검출 시스템 개발	50,000	100,000	200,000	50,000	400,000
	장기데이터 분석을 통한 성능, 안정성 및 운용성 검증	100,000	100,000	200,000	150,000	550,000
시스템기술 개발	**항목소계**	**50,000**	**100,000**	**150,000**	**100,000**	**400,000**
	CAT-II/III 기술문서 분석 및 요구도 개발	50,000	100,000	150,000	100,000	400,000
무결성 위험도/ 고장분석 기술연구	**항목소계**	**100,000**	**200,000**	**150,000**	**100,000**	**550,000**
	무결성 위험도 및 고장분석	100,000	100,000			200,000
	기능 및 위험수준 할당		100,000	150,000	100,000	350,000
핵심알고리즘 개발	**항목소계**	**150,000**	**350,000**	**450,000**	**400,000**	**1,350,000**
	CAT-II/III 핵심알고리즘 설계	150,000	100,000			250,000
	CAT-II/III 핵심알고리즘 구현		250,000	100,000		350,000
	CAT-II/III 핵심알고리즘 단위절차 개발 및시험평가			100,000	100,000	200,000
	단위알고리즘 통합 소프트웨어개발			150,000	100,000	250,000
	통합알고리즘 절차개발 및시험평가			100,000	200,000	300,000
검증 및 평가기술 개발	**항목소계**	**50,000**	**200,000**	**400,000**	**150,000**	**800,000**
	CAT-II/III 무결성 알고리즘 검증시스템 개발	50,000	100,000	300,000		450,000
	CAT-II/III 무결성 알고리즘 검증시스템 절차 및 시험평가		100,000	100,000	150,000	350,000
년도별총계		**600,000**	**1,550,000**	**1,750,000**	**1,050,000**	**4,950,000**

2절. 항목별 소요예산

(단위: 천원)

예산항목	상세항목	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	소계
인건비	책임연구원	48,000	115,200	91,200	96,000	350,400
	선임연구원	75,600	134,400	134,400	134,400	478,800
	연구원	120,000	163,200	110,400	124,800	518,400
	소계	**243,600**	**412,800**	**336,000**	**355,200**	**1,347,600**
직접비	연구장비 재료비	6,250	504,000	652,000	102,000	1,264,250
	연구활동비	65,332	92,344	81,991	108,588	348,255
	연구수당	48,720	82,560	67,200	71,040	269,520
	소계	**120,302**	**678,904**	**801,191**	**281,628**	**1,882,025**
위탁연구개발비		**200,000**	**350,000**	**500,000**	**350,000**	**1,400,000**
간접비		**36,098**	**108,296**	**112,809**	**63,172**	**320,375**
총계		**600,000**	**1,550,000**	**1,750,000**	**1,050,000**	**4,950,000**

3절. 연차별 소요예산

(단위: 천원)

1차년도 비목별 명세				
비목			금액	구성비(%)
직접비	미지급 인건비		-	0.0%
	지급 인건비	현금	243,600	40.6%
		현물	-	0.0%
	학생인건비		-	0.0%
	지급액 소계		243,600	40.6%
	연구장비 및 재료비	현금	6,250	1.0%
		현물	-	0.0%
	연구활동비		44,836	7.5%
	연구과제추진비		20,496	3.4%
	연구수당		48,720	8.1%
	소계		120,302	20.1%
위탁연구개발비			200,000	33.3%
간접비			36,098	6.0%
총 계		현금	600,000	100.0%
		현물	-	0.0%
		합계	600,000	100.0%

(단위: 천원)

2차년도 비목별 명세				
비목			금액	구성비(%)
직접비	미지급 인건비		-	0.0%
	지급 인건비	현금	412,800	26.6%
		현물	-	0.0%
	학생인건비		-	0.0%
	지급액 소계		412,800	26.6%
	연구장비 및 재료비	현금	504,000	32.5%
		현물	-	0.0%
	연구활동비		63,100	4.1%
	연구과제추진비		29,244	1.9%
	연구수당		82,560	5.3%
	소계		678,904	43.8%
위탁연구개발비			350,000	22.6%
간접비			108,296	7.0%
총 계		현금	1,550,000	100.0%
		현물	-	0.0%
		합계	1,550,000	100.0%

(단위: 천원)

3차년도 비목별 명세				
비목			금액	구성비(%)
직접비	미지급 인건비		-	0.0%
	지급 인건비	현금	336,000	19.2%
		현물	-	0.0%
	학생인건비		-	0.0%
	지급액 소계		336,000	19.2%
	연구장비 및 재료비	현금	652,000	37.3%
		현물	-	0.0%
	연구활동비		48,207	2.8%
	연구과제추진비		33,784	1.9%
	연구수당		67,200	3.8%
	소계		801,191	45.8%
위탁연구개발비			500,000	28.6%
간접비			112,809	6.4%
총 계		현금	1,750,000	100.0%
		현물	-	0.0%
		합계	1,750,000	100.0%

(단위: 천원)

4차년도 비목별 명세				
비목			금액	구성비(%)
직접비	미지급 인건비		-	0.0%
	지급 인건비	현금	355,200	33.8%
		현물	-	0.0%
	학생인건비		-	0.0%
	지급액 소계		355,200	33.8%
	연구장비 및 재료비	현금	102,000	9.7%
		현물	-	0.0%
	연구활동비		59,400	5.7%
	연구과제추진비		49,188	4.7%
	연구수당		71,040	6.8%
	소계		281,628	26.8%
위탁연구개발비			350,000	33.3%
간접비			63,172	6.0%
총 계		현금	1,050,000	100.0%
		현물	-	0.0%
		합계	1,050,000	100.0%

7장. 과제제안 요구서

1절. 과제 제안요구서(RFP)

연구과제명	GBAS 운용성능 및 기술 변혁에 대비한 핵심기술 개발

1. 연구목표

○ GBAS CAT-I 시스템 시범운용, 성능·안정성 평가 및 분석

○ GBAS CAT-II/III 기반 조성 및 핵심 기술 확보

2. 연구 필요성 및 기술동향

2-1. 연구의 필요성

○ 위성항법시스템 및 응용기술은 미래 유비쿼터스 경제, 사회, 군사, 안보 등 국가 전략 차원의 중추적 기능 담당하고 있으며, 항공분야에서는 ICAO (International Civil Aviation Organization) 의결을 통해 기존 항행 시설을 위성항법시스템 기반으로 구축할 것을 권고하고 있음.

○ 현재 공항 및 주변에서 운용되고 있는 VOR, DME, ILS 등의 지상기반 항행장비는 위성항법시스템 기반으로 대체되어 나갈 것이 확실하며, 항공기 정밀 접근 및 착륙을 위한 항행 시설은 GBAS로 대체될 것으로 예측 됨.

○ GBAS 기술은 항공기의 안전한 정밀접근 및 착륙 유도의 역할 뿐만 아니라, RNP 절차와 연계한 곡선접근, 가변 활공각 지원 접근 비행 등 다양하고 유연한 접근방식을 지원함으로써 공항 주변의 소음 저감과 항공기 연료소모 절감이 기대되는 친환경적인 기술임.

○ 해외 선도국이 기술선점 노력과 구축을 진행하고 있는 GBAS 기술의 전 세계적인 구현은 시기의 문제일 것으로 판단되며, 우리나라 역시 1990년 이후로 산학연을 중심으로 GBAS 기술의 연구가 활발하게 진행되고 있음.

ㅇ 공항에서의 GBAS 도입이 명확히 예측되는 국제적 상황은 시기적으로 항행안전 관련기술의 변혁기에 해당하며, 우리나라에서 지금까지 GBAS 연구를 수행해온 연속성을 살려 CAT-II/III (GAST-D) 개발을 통해 선진국에 진입할 수 있는 적기로 사료됨.

2-2 국내외 기술 동향

ㅇ 국외 기술 동향

- 2012년 2월에는 독일 Bremen 공항에서 첫 번째로 GBAS CAT-I (GAST-C)에 해당하는 상업 운용을 시작하였으며, 2012년 9월, 미국 Newark 공항에서도 GBAS CAT-I (GAST-C) 운용을 개시하고 있음.

- CAT-II/III (GAST-D)에 대한 ICAO SARPs 개발이 진행되고 있는 상황이며, GAST-D 지상시스템 시제품을 FAA Tech Center(Atlanta)와 Honeywell사 공장에 설치하고 개발 및 시험 추진 중에 있으며 탑재장비 시제품에 대한 연구도 병행하고 있음.

- 유럽의 경우에는 GBAS CAT-II/III (GAST-D)와 관련해서는 기반 기술만 개발하고 인증을 고려한 본격적인 개발은 다중주파수/다중위성군을 활용하는 GAST-E/F로 추진할 가능성이 높음.

- 일본은 GBAS CAT-II/III (GAST-D)의 SDA (System Design Approval)를 고려하지 않고 있지만 IGM (Independent Ground Monitor) 기술은 개발되고 있음. 하지만 일본 주변의 예측하기 어려운 전리층 활동으로 인해 무결성 확보에 난항을 겪고 있는 실정임.

ㅇ 국내 기술개발 동향 분석

- 항공용 GBAS 시스템의 기술은 아직 산업화 단계에 이르지 못해 주로 정부 부처 중심으로 산학연 형태의 연구가 진행됨.

- 학계에서는 GPS의 현대화, 다중 위성항법시스템의 활용, 반송파를 활용한 위치 정확도의 향상, 전리층 폭풍 감시, 대류층 관련 선행연구를 수행.

- 국내에서 GBAS 시스템 분야에 가장 주도적으로 투자를 하고 있

는 기관은 국토교통부로 1990년 후반부터 GBAS 시스템 개발을 위한 연구를 시작함.

- 한국항공우주연구원에서는 국토교통부의 지원으로 FAA로부터 인증을 받은 미국 Honeywell 사의 GBAS CAT-I (GAST-C)급의 SLS-4000를 도입하여 운영 및 인증에 관한 연구가 시작되었으며 2013년에 김포국제공항에 구축하여 시험 평가 진행 중.

3. 연구 내용

▢ GBAS CAT-I 시스템 시범운용, 성능·안정성 평가 및 분석

- ㅇ 장기 데이터별 수집/ DB화 및 원격 모니터링 시스템 개발 (CTE1;TRL7)
- ㅇ 지상시스템 상태 상시 모니터링 및 오류 검출 시스템 개발 (CTE1;TRL7)
- ㅇ 장기 데이터 분석을 통한 시범운용 시스템 성능/안정성/운용성 분석 (CTE2;TRL4)
- ㅇ 획득된 필드 데이터별 분석을 통한 시범운용 시스템 성능 분석 (CTE2;TRL4)
- ㅇ 공항환경 변화에 따른 시스템 장·단기적인 성능 변화 추이 분석 (CTE2;TRL4)
- ㅇ GBAS CAT-I 지상시스템 시범운용 및 유지보수 (CTE1;TRL7)

▢ GBAS CAT-II/III 기반 조성 및 핵심 기술 확보

체계설계 기술 개발
- ㅇ 최상위 요구도(Top-level requirements) 개발 (CTE3;TRL4)
- ㅇ 부체계/구성품 요구도 (Sub-system requirements) 개발 (CTE3;TRL4)

무결성 위험도 및 고장 분석(Integrity risk & Fault analysis) 기술 연구
- ㅇ 기능 및 위험수준 할당, H/W, S/W 무결성 위험도 할당 및 분석 (CTE4;TRL2)
- ㅇ 고장 영향도 분석 (CTE4;TRL2)

CAT-II/III 무결성 요건 달성을 위한 주요 핵심알고리즘 연구
- ㅇ 단위 알고리즘 별 요구도 개발/ 설계 및 S/W 구현

(CTE5;TRL4/5)

○ 단위 알고리즘 S/W 모듈 평가 및 성능 분석 (CTE5;TRL4/5)

○ 단위 알고리즘 S/W 통합 구현 및 평가 (CTE5;TRL4/5)

GBAS CAT-II/III 주요 기반 기술 검증시스템 개발

○ 핵심 알고리즘 검증시스템 기술 분석 및 요구도 개발 (CTE6;TRL5)

○ 핵심 알고리즘 검증시스템 설계 및 제작 (CTE6;TRL5)

시험방안 수립 및 시험절차서 개발/시험평가 및 성능분석

○ 시험평가 및 검증 기술 개발 (CTE7;TRL4)

○ 통합 성능평가 (CTE7;TRL4)

○ 검증 및 기술문서 개발 (CTE7;TRL4)

4. 연구 추진 방법

4-1. 추진 전략

○ GBAS CAT-I 기술 보완 안정화 및 검증과 함께 CAT-II/III 기반 조성 및 핵심 기술 확보를 위한 연구를 병행하여 진행

○ 정부주도의 학연의 협력 관계를 구축하여, 향후 기술의 국산화 및 산업체 기술 이전을 위한 기반 기술로 활용

4-2. 추진 체계

○ 정부 주도의 학연의 업무 분담 및 협력체제에 의한 연구개발 추진 체계의 효율화 및 기술 확보 추진

- 정부 : GBAS 개발을 투자 및 법 제도, 규정 정립
- 연 : CAT-I 시스템 시범운용을 통한 안정화 및 CAT-II/III 검증방안 연구
- 학 : CAT-II/III 핵심 기술의 설계 및 이론적 분석
- 산 : 개발 시스템 용역 제작

4-3. 성과목표 지표 설정

○ 성과목표(지표)를 달성목표치 및 가중치 등을 연구개발계획서에 제안하여야 하며, 이는 과제 선정 후 해당 연구책임자에 대한 진도점검, 관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용됨

5. 최종 성과물

▢ GBAS CAT-I 시스템 시범운용, 성능・안정성 평가 및 분석

○ 장기 데이터별 수집/ DB화 및 원격 모니터링 시스템

- 시스템 규격서(1건)/설계서(1건)/사용자 매뉴얼(1건)
- 데이터베이스 시스템, 운용 소프트웨어(1식)

○ 지상시스템 상태 상시 모니터링 및 오류 검출 시스템

- 시스템 규격서(1건)/설계서(1건)/사용자 매뉴얼(1건)/운용소프트웨어(1식)

○ GBAS CAT-I 장기 운용 및 안정성 분석 보고서

▢ GBAS CAT-II/III 기반 조성 및 주요 핵심 기술 확보 관련

○ 시스템 기술 개발 규격서 (1건)

- 최상위 요구 규격서, 부체계/구성품 요구 규격서

○ 무결성 위험도 및 고장 영향도 분석서(1건)

- 무결성 위협 요인 정의 및 분석서
- 무결성 위협 요인 상관도 분석서

○ 단위 및 통합 무결성 주요 핵심알고리즘 S/W(1식)

○ 단위 및 통합 무결성 주요 핵심알고리즘 S/W 상세 기술서(1건)

○ 단위 및 통합 무결성 주요핵심알고리즘 S/W 평가 및 성능 분석서(1건)

○ GBAS CAT-II/III 무결성 검증 시스템

- 시스템 기준 분석서(1건)/규격서(1건)
- 설계서(1건)/소프트웨어/시험절차서(1건)
- 데이터 저장장치, 데이터 처리장치, 시현장치
- 시스템 소프트웨어(인터페이스, 데이터 처리, GUI 등)(1식)
- 운용 매뉴얼(1건), ICD(1건)

○ 시험평가 기술 문서 개발

- 시험평가 방안 및 계획서(1건), 시험평가 절차서(1건), 성능 평가 결과 보고서(1건)

6. 연구 기간 및 소요 예산

○ 총 사업 기간 : 4년

○ 총 소요 예산 : 4,950 백만원

2절. 평가기준 설정

구 분	평가기준	점 수
연구진의 역량	연구책임자의 역량	10
	참여 연구진의 역량	10
	소 계	**20**
추진체계 및 기술/관리의 전문성	추진체계의 적절성	5
	주관기관의 사업관리 능력	5
	참여기관의 GBAS 핵심기술 전문성	10
	참여기관의 GBAS 인증기술 전문성	10
	소 계	**30**
연구개발 계획/환경	RFP와의 부합도	5
	연구개발계획 내용의 적절성 및 상세성	3
	예산편성의 적절성 및 상세성	2
	시험평가계획의 적절성	5
	성과지표의 도전성	5
	국외 전문가/기관과의 연계 계획	5
	가용 장비 및 시설 구비 현황	5
	소 계	**30**
기대 달성도 및 실적	성과지표 기대 달성도	10
	관련 연구개발 실적	10
	소 계	**20**
총 계		**100**

<참고문헌>

[1-1] 배중원, 전향식, 김동민, 염찬홍, “위성항법 지역보강시스템 (GBAS) 기술 개발 및 구축 동향,” 항공우주산업기술동향 제9권 2호, 2011.12, page(s): 187-195

[2-1] "항공교통분야 지능형교통체계 기본계획 2020," 국토해양부(항공정책과), 29 Dec 2011

[2-2] “Performance-Based Navigation Implementation Roadmap”, Version 1.0, Civil Aviation Administration of China(CAAC), October, 2009

[2-3] Twelfth Air Navigation Conference, Agenda Item 1, Global Air Navigation Plan (GANP) - framework for global planning, Navigation Roadmap, 19-30 November 2012

[2.-4] “Roadmap For Performance-Based Navigation”, Version 2.0, Federal Aviation Administration(FAA), July 2006

[2-5] “Galileo Programme State Update”, Countdown to Horizon 2020 Space, Brussels, 12 December 2013

[2-6] “Galileo Commercial Service”, Fugro Satellite Positioning AS, Geodesidagene. 11 November 2013

[2-7} “GPS Modernization: GPS III On the Road to the Future“, Stanford PNT Symposium, 13-14 November 2012

[2-8] “GLONASS Status and Modernization”, United Nations/Latvia Workshop on the Applications of Global Navigation Satellite Systems, Central Research Institute of Roscosmos Federal Space Agency, 14-18 May 2012

[2-9] “GLONASS Policy, Status and Evolution”, Eighth Meeting of the International Committee on GNSS, Russian Federal Space Agency, 10 November 2013

[2-10] “BeiDou Navigation Satellite System”, The 5th meeting of International Committee on GNSS, China Satellite Navigation Office, October 18-22, 2010

[2-11] “Ran Chengqi: The Construction and Development of Beidou Navigation Satellite System”, BeiDou Navigation Satellite System News, 29 September 2013

[2-12] "FAA GBAS Activities Update for APEC / GIT-11," FAA GBAS Program Manager, 25-28 June 2007

[2-13] SatNav News, Volume 41, Federal Aviation Administration (FAA), fall 2011

[2-14] "FAA Global Navigation Satellite System Update," International Committee on GNSS (ICG), Federal Aviation Administration (FAA), 7 September 2011

[2-15] EESA navipedia, http://www.navipedia.net/index.php/Integrity, 2013.4.12.

[2-16] "Report of the Meeting of the CAT-II/III Subgroup (CSG)," Navigation System Panel (NSP) WGW meeting, 20-22 March 2013

[2-17] “SESAR consortium ", European Commission and EUROCONTROL, September 2007

[2-18] EESA navipedia, http://www.navipedia.net/index.php/Integrity, 2013.4.12.

[2-19] "Augmentation System principle and concept GBAS (Ground Based Augmentation System)", ACAC seminar, 17-18 Oct 2011

[2-20] "Approaching the future: GBAS in Germany, Spain and Australia", Air Space, issue 07, quarter 4, 2009

[2-21] 전향식, 김동민, 염찬홍, "차세대 항행시스템 (CNS/ATM) 기술 동향 분석," 항공우주산업기술동향 제8권 2호, 2010., page(S): 113-123

[2-22] THE COMMUNICATIONS/NAVIGATION/SURVEILLANCE AND METEOROLOGY SUB-GROUP (CNS/MET SG/16) OF APANPIRG, Agenda Item 5, JAPAN, 23-27 July 2012

[2-23] THE COMMUNICATIONS/NAVIGATION/SURVEILLANCE AND METEOROLOGY SUB-GROUP (CNS/MET SG/15) OF APANPIRG, Agenda Item 5, JAPAN, 25-29 July 2011

[2-24] Airservice Australia, "http://www.airservicesaustralia.com/"[NOAA]

NOAA, "National Geophysical Data Center," http://www.ngdc.noaa.gov/stp/geomag/[retrieved 25 February 2013].

[2-25] Conceptual Framework for the Proposal for GBAS to Support CAT-III Operations, Navigation System Panel (NSP) Working Group 1 meetings, 10-20 November 2009

[2-26] GBAST CAT-II/III Development Baseline SARPs (Draft version), Navigation System Panel (NSP) Working Group of the Whole meetings, 17-28 May 2010

[2-27] Minimum Aviation System Performance Standards For The Local Area Augmentation System (LAAS), RTCA/ DO-245, RTCA Special Committee-159, 9 December 2004

[2-28] Minimum Operational Performance Standards (MOPS) for GPS Local Area Augmentation System (LAAS) Airborne Equipment, RTCA/DO-253, RTCA Special Committee-159, 16 December 2008

[2-29] GNSS-Based Precision Approach Local Area Augmentation System (LAAS) Singal-in-Space Interface Control Document (ICD), RTCA/DO-246, RTCA Special Committee-159, 16 December 2008

[2-30] Minutes of 14th International GBAS Working Group, Everett, WA June 4-7, 2013

[5-1] 배중원, GBAS 시범운용을 위한 설치 및 시험방안연구, 2010, 한국항공우주학회 추계학술대회

[5-2] Chris Baur, Pat Reines, Performance Based Navigation SmartPath Ground Based Augmentation System And RNAV.RNP, 2010, AVIATION WEEK

[5-3] EUROCONTROL, Validating the Interoperability of Ground-Based Augmentation Systems(GBAS), 2008

[5-4] EUROCONTROL, Report on the EUROCONTROL 틴 Business Case studies, 2005

Appendix A : 약어집

ADB	Additional Data Blocks
FA	Facility Approval
FTA	Fault Tree Analysis
FAST	Facility Approach Service Type
FTE	Flight Technical Error
GAEC	GBAS Airborne Equipment Classification
GAST	GBAS Approach Service Type
GBAS	Ground Based Augmentation System
GCID	GBAS Continuity / Integrity Designator
GFC	GBAS Facility Classification
GLS	GNSS Landing System
GS	Ground Station
HMI	Hazardously Mis-leading Information
ICD	Interface Control Document
IFM	Ionosphere Field Monitor
IGM	Independent GBAS Monitor
MASPS	Minimum Aviation System Performance Standards
MMR	Multi-Mode Receiver
MOPS	Minimum Operational Performance Specification
NSE	Navigation System Error
PR	Pseudo Range
SA	Service Approval
SARP	Standards And Recommended Practices
SDA	System Design Approval
SIS	Signal-In-Space
TAP	Terminal Area Path
TSO	Technical Standard Order
TTA	Time-To-Alert
VDB	VHF Data Broadcast

Appendix B-1 : 1차 자문위원회 회의록

일시	2013.07.03
장소	한국항공대학교 항공우주센터 204호
참석인원	26명 (자문위원 8명)

자문위원명단		
성명	소속	전문분야
김영백	한양네비콤	구성품(수신기)
김정주	대한항공	운영
박형택	인하대	운영
지규인	건국대	기술
서지원	연세대	기술
박병운	세종대	기술
신동호	국과연	기술
이철수	LIG 넥스원	통신시스템

범주	자문의견	답변
국내 기술력	CAT-I 국내 기술 수준은?	- 시스템 기술은 선진국 대비 50~60% 수준.
		- 특히 GBAS Risk 분석 및 HMI 분석과 관련해서는 국내 경험이 얕으므로 선진국 대비 기술수준이 많이 낮은 상황임.
	MMR 개발 가능성은?	- MMR 개발 부분은 주관하여 개발할 의지가 있는 업체가 있을 경우에 추진 가능함.
		- 발표자료(p.40)를 참조하면 3개의 track으로 나누어 국내 주관 하에 개발을 진행할 수 있음. 국내에서 구성품 개발이 어려울 경우, 지상시스템 연구개발 및 시험평가를 위하여 MMR과 같은 구성품은 해외구매를 통하여 지상시스템 개발을 수행할 수 있음.
해외 기술력 / 해외 규격 문서	일본과 유럽의 IGM 연구개발과 인증 준비 현황은?	- IGM라는 표현보다는 시제품 수준의 연구개발이라는 것이 정확한 표현으로 사료됨. 미국의 경우 Honeywell은 CAT-I 시스템의 개발과 인증을 완료하였으며 CAT-II/III의 개발은 시제품이 완료된 것으로 발표되었고, SDA 인증 절차는 밟고 있음. - 유럽의 경우 탈레스에서 SDA 인증절차를 준비하고 있는지는 알려진 바 없음.
	CAT-II/III 관련 문서의 수준과 IGM 설치에 관한 문서 열람 범위는?	- SDA 관련(FAA) 상세한 문서는 입수가 어려움. 특히, HMI 부분은 상세한 자료의 공개가 되지 않음. - 표준문서(ICD)는 공개되었으나 역시 상세한 내역은 공개하지 않음.

		- FAA technical center에서 일부 문서를 공개함.
		- 부품별 세세한 내역은 열람할 수 없음. 기업의 노하우에 해당하므로 기업에서 공개하지 않음.
		- 기술표준문서와 특허는 참조 가능함.
시장성 / 경제성 / 활용성	GAST-D MMR 개발 가능성은?	- MMR의 개발 비용은 크나 시장 수용성 관점에서는 의문임. 예를 들면 Boeing에서 Honeywell 제품 대신에 국내에서 개발한 MMR을 구매할지는 의문임.
		- 최소한 GAST-D GBAS 지상시스템 연구개발 및 시험평가 목적으로는 연구개발이 필요하다고 판단되며, 구성품은 기업의 의지가 중요한 사항임.
	GBAS CAT-II/III는 지형적/비용적으로 타당성이 있는지 전세계적 수요 예측이 필요함.	- 미국의 경우 개발이 완료된 GBAS CAT-I 시스템을 미전역에 설치하는 것을 유보하고 CAT-II/III의 개발이 완료되는 시점에서 미전역 설치를 검토할 예정임. - CAT-II/III의 개발이 완료되는 시점에서 CAT-I 시스템과 CAT-II/III 시스템 가격은 크게 차이가 나지 않을 것으로 예상됨. - 수요와 관련해서는 향후 항공량이 증가하고 기존에 설치된 ILS가 노후와 되면 가격면에서 수요 창출이 가능하리라 예상됨. - 경제성 분석 관점에서는 국내 개발된 ILS/VOR이 해외에 수출되고 있는 점을 고려할 필요 있음.
	개발기간에 따른 활용성 검토 필요.	- 로드맵 초안의 개발 기간은 계획/지원에 따라 연도별 검토 필요. - 근간 기술은 장기간 연구가 필요하며, core 기술은 지원 규모에 따라 개발 기간을 조절하는 방향을 심층적으로 검토할 필요 있음.
	경제성분석에 있어서 다른 시스템과 비교하여 타당성 검토	- 경제성 부분은 기획연구에서 가장 난점에 해당되는 부분임. 세계시장을 보수적으로 간주하고 분석이 필요함. 국내 개발 ILS/VOR의 세계 시장 점유율을 참고할 예정임.
	GBAS가 모든 공항에 설치되어도 ILS는 필요하리라 예상됨. 또한, GBAS 운용비용은 항공사 입장에서 부담이 됨. 타당한 경제성 분석이 필요함.	- 국가적 차원에서 back-up 장비 등을 고려할 필요 있음.
		- GBAS가 개발되면 ILS의 성능에 상응하거나 upgrade가 되었음를 의미함. 미국의 일부 공항에 사용된다는 것은 RFI 문제가 해결되었다는 것을 의미함. GBAS는 전반적으로 ILS 보다 나은 성능이 되리라 예상되지만 ILS를 대체할 필요성은 또 다른 문제임. 또한, RFI 관점에서 우리나라는 특이 상황에 해당되므로 back-up 장비는 필요함.

기획 단계 / Road-map	기획 단계에 대한 정의	- 1단계 : Integrity Monitoring SW/알고리즘개발, 기반기술 system-fault tree, interference 분석 등 - 2단계 : system개발, 시스템기술 등
	GBAS CAT-II/III 시스템 개발과 인증은 독립적으로 2개의 과제로 진행 필요하다고 분석됨. 지상시스템과 인증 기술 2개의 독립적인 road-map이 필요함. FAA의 인증 기술지원이 가능한지도 고려	- 자문위원회 이후에도 자문위원님들께 추가적인 의견을 요청하고자 함. CAT-II/III가 개발되면 CAT-I은 backward compatibility에 의하여 동시 기능 가능. CAT-II/III 개발 완료 후, 일부 국내 공항들에 설치 가능하리라 예상됨.
		- ILS CAT-II/III와 GBAS CAT-II/III는 다른 개념임. ILS CAT-I을 활용하는 공항이 GBAS CAT-II/III 활용 가능. 현재 ILS CAT-II/III를 사용하는 공항의 수는 무의미.
	CAT-II/III는 GPS만으로는 불가능하리라 예상되며 다른 위성군을 모두 활용하는 것이 타당하리라 예상됨. 개발 계획을 시제품 개발인지 혹은 R&D 인지 명확하게 정의하여 진행이 필요함.	- 다중 위성군 / 다중 주파수를 활용한 CAT-II/III는 외부환경에 영향을 크게 받음. 예를 들면 Galileo가 가용한 시점이나 GPS L5 주파수를 사용할 수 있는 시점은 프로그램을 진행하고 있는 국가나 기관의 환경변화에 따라 변화되기 때문에 언제일지는 예측하기 어려움. 그래서 현재 시제품 개발은 용이하지 않은 상황임. 개발계획에는 핵심기술을 개발하는 R&D와 시제품 개발하는 R&D가 동시 포함되어 있음.
		- Road-map에 관한 지속적인 전문가 자문회의가 필요하므로 많은 관심을 부탁드림.
핵심 기술	전리층 이상 현상 감지 기술은?	- 규격서에 명시되어 있는 것과 명시되어 있지 않은 것도 있음 (범례참조).
	전리층 이상 현상에 대한 detection/Isolation과 관련하여 CAT-I과 CAT-II/III의 차이점은?	- Detection과 Isolation은 완전히 다른 분류.
		- GBAS는 MSG로 이상여부 알려줌.
		- CAT-I은 TTA 5초 이내에, CAT-II/III는 3초 이내에 장비 사용 가능 여부를 알려줌. 이와 같은 경우 다른 장비 사용이 필요함. CAT-I과 CAT-II/III는 이상 검출을 위하여 완전히 다른 Threshold를 활용하므로 다른 개념임.
Back-up 장비 활용성	ILS CAT-II/III를 적용하지 못한 상황에서 GBAS CAT-II/III를 적용하여 CAT- II/III 조건 충족이 가능한지? 전리층에 의하여 신뢰성 확보가 되지 않은 상황에서는 back-up장비의 사용이 필요한지?	- CNS/ATM은 GPS와 ILS 그리고 다양한 시스템을 모두 활용하는 개념임. GPS는 전리층 등 외부환경에 취약성을 가지고 있으며, 이에 대비한 신뢰성 확보를 위하여 다양한 기법이 개발되고 있음. 항행시스템은 안전이 중요시 되므로 한 장비 신뢰성 확보가 어려운 경우에는 back-up 장비의 활용이 필요함(정책적).

	무인자동차 관련 다른 학회에서의 근황을 보면 위치정보의 신뢰성 확보는 GPS단독으로는 불가능하며 다른 장비가 필요한 것으로 흐름이 가고 있음. 항공시스템에서는?	- 항공에서도 INS와 ILS 등의 back-up 장비를 redundancy 확보 차원에서 사용함. ILS까지 고장 시에는 다른 공항으로 유도가 필요.
기타	국내 개발과 해외 구매가 어려울 시 대안은?	- 발표자료에 나타난 바와 같이 인증시스템 개발 시작 시점은 GAST-D MMR이 시장에 나온 이후에 가능함.
		- 해외기관과 해외공동연구개발 혹은 해외기관의 기술 지원 개발이 가능함. MMR은 국내 주도로 연구 진행이 가능하나 시장성이 문제가 될 것으로 판단됨.
	접근절차의 의미는?	- GBAS를 활용한 CAT-II/III 접근절차를 의미함
	SBAS와의 연계성과 중복성	- SBAS와 연계성과 중복성 검토 예정
추가의견	- MMR장비의 기능은 통상 ILS(LOC+GS),GLS,FLS 기능을 포함하는 장비를 말함. 그러므로 MMR 을 개발하겠다는 것은 GLS만을 언급하는 것이 아님을 인지해야 함. GLS 기능만 따로 운영하는 장비는 최근 항공기 장비에는 없음.	
	- 현재 ILS 사용과 GBAS 사용의 비교는 시설, 사용 방법 등이 다르므로 비교의 대상이 아니나, 공항의 장비 시설시 성능이 무조건 좋은 것을 설치하는 것은 아님.	
	공항의 시설운영은 - 공항의 운영에 필요한 성능여부(기상, 지형 등 고려) - 운항 항공기의 성능, 승무원교육, 공항절차 수립 등에 따라 결정됨. => BACK UP 장비 (ILS)가 있는 경우는 특히 필요성 여부 결정에 신중해야 함.	

Appendix B-2 : 2차 자문위원회 회의록

일시	2013.11.27 15:00 ~ 18:00
장소	호텔마누 회의장(서울특별시 중구 남대문로 5가 84-16)
참석인원	11명 (자문위원 4명)

자문위원명단		
성명	소속	전문분야
김정주	대한항공	운영
송진우	마이크로인피니티	기술
염철문	LIG 넥스원	기술
윤상준	넵코어스	개발

범주	자문의견	답변
인증	SDA 인증기관은 국가별로 다른가?	- 각 국가별로 인증기관을 통하여 인증함. - 미국의 경우 FAA, 유럽의 경우 EUROCONTROL이 담당함.
		- 각 국가별로 연계된 인증기관의 인증절차임. - 특히, 지상장비의 인증부분은 각 국가 권한임. 국내의 경우에는국토부가 지정한 기관에서 성능을 검증함. - 추후 항공안전기술원(가칭; 항공안전과 관련하여 국토부에서 설립 준비중인 기관)에서 GBAS/SBAS에 대한 인증을 실시할 것 으로 예상됨.
		- 인증의 경우 개발하는 기관 못지않게 인증을 부여하는 기관에서 인증에 대한 많은 학습과 연구가 필요할 것임.
	IGM과 SDA의 차이점은?	- IGM의 경우 싱글 하드웨어 환경에서 구동하여 GBAS기능을 수행할 수 있음을 보이는 단계임. SDA의 경우에는 무결성을 보장함을 장기간 데이터와 이론적 분석 등을 통하여문서의 형태로 준비하여야 함. 또한 IGM과는 달리 안정성을 위하여 redundancy까지 고려하여야 함.
		- 군의 경우에는 탐색->선행->실용 단계들 중에서 IGM은 선행 단계로 생각할 수 있음. - 인증단계를진행하기전에는인증에필요한문서도함께제작.
	FA/OA 인증 단계까지 진행될 경우에 일반 중소업체의 참여가능성은?	- FA/OA의 경우 각 공항별로 추진함. - SDA의 경우는 개발업체나 기관에서 추진함.
		- 인증비용까지 개발비용으로 포함되어 있음.
		- 국토부 승인시 3단계까지의 인증비용에 대한 부분도 포함되어있음. 1단계에서는기반기술(핵심알고리즘,시스템(HMI))

		을진행, 2단계에서는 실시간이 아닌 일반적인 소프트웨어 개발 환경으로 진행, 3단계에서는 소프트웨어 개발 단계에 맞추어 진행하며, redundancy 및 문서인증 등을 포함한 모든 것을 진행g하는 것임.
	예상되는 인증 소요 기간은?	- SDA에 대한 경험이 전무하기 때문에 인증 기간 및 비용에 대한 예상이 어려움.
		- 미국의 경우에도 CAT-I의 경우 10년정도, CAT-II/III의 경우4~5년을 예상하고 있으며 추가지연될 전망임. 따라서, 국내의 경우에는 개발 2단계부터 SDA에 대비한 문서를 준비하는 것이 바람직함.
활용성 / 운용성	활용 위성은 GPS만을 고려하는지 ?	- GPS 활용 기술을 확보하고 있으면 단기간 내 수정하여 Beidou를 활용한 시스템에 대한 개발도 수월해질 것으로 예상함.
	GBAS를 탑재하는 항공기의 크기는?	-전기종이 가능함.
	PAR 25급(소형) 항공기의 경우에는?	- 선택 사항임. 현재 대형 항공기는 기본으로 장착하고 있음.
	실시간 시스템은 3단계 몇 년 차부터 가용한지? 사용하기 위한 데이터의 수집은?	- 1단계부터 데이터를 수집하여 활용할 예정
		- 3단계부터 진행되는 FA/OA는 개발자의 문제가 아닌 당국의 문제이지만, 현 시점에서 실정에 맞추어 예상한 것임.
	FA / OA를 위한 시범 공항은?	- CAT-I 의 경우 현재 김포공항에 설치하여 운영 중
	공항공사에서 운용을 하는 것에 대해서는 현실성이 있는지? 유지보수에 대한 비용은 국토부에서 지원하는지?	- 국내 개발에 대한 국토부의 정책 사항에 대한 뒷받침이 필요함. CAT-I에 대한 R&D는 진행 중에 있음. 단계별 진행을 통하여 향후 환경을 분석하여 방안을 예측하여 적용할 예정임
	MMR개발과 관련하여 국내 항공기개발 과제와의 연계 방안은?	- 본 과제의 초점은 지상시스템의 개발임. MMR의 경우는 국내 업체의 관심이 필요함.
경제성	탑재가 아닌 지상시스템에 초점시 MRO 분석이 필요한지?	- 현재 경제성 분석은 현실적인 파라미터를 활용하여 다양한 시나리오에 대하여 경제성을 빠른 시간 내에 분석할 수 있는 툴을 만들었다는데 의의가 있음.
	경제성 분석시 가격은 공항당 설치 가격인지?	- 경제성 분석에 활용한 자료는 대당가격에 설치가능한 국내 공항의 수를 곱하여 산출하였음.
	개발부터 양산까지의 개발 비용을 모두 고려하였는지?	- 해외의 경우도 정확한 개발 비용에 대한 구체적 언급은 없음. 개발비용에 양산단가를 확인 할 수 없기 때문에 업체의 도움이 필요함
		- 자문 회의를 통하여 파라미터들을 확보한 후 경제성 분석 툴을 활용하여 분석 시간을 줄이는 방향으로 대비하고 있음.
	일본이나 유럽의 경우의 개발 비용에 대한 정보는?	- 일본이나 유럽의 경우 SDA를 고려하지 않았음.
		- 미국의 경우에는 Honeywell의 장비 판매 가격을 기준으로 개발 단가를 예상하였음.

	장비가격 기준이 아닌 개발단계 부터의 비용은 어떻게 산정하는지?	- 학술대회 문헌을 참조로 CAT-II/III 장비의 비용을 예상하였음.
	회사의 경우 손익분기점이 중요. 이와 관련된 내용이 빠짐	- 해외판매 및 파급효과를 고려하여 산출할 예정임.
	해외 후발국을 추가할 필요 있음.	- VOR/DME 해외 수출의 예를 분석하여 추가할 예정임.
	ILS가 설치되어 있지 않은 공항의 경우 GBAS 시스템도 설치 하지 않을 것임. -순수 R&D의 목적이라면 경제성분석이 필요 없을 것 같음	- 가정임. 국가적인 정책이 필요함.
		- 향후 10년 이상의 환경을 예상하는 것이기 때문에 명확하게 예측하기에는 어려움이 있음. 현 시점에서 확실한 것은 ICAO 및 FAA가 GBAS를 장려하므로 시기의 차이는 있지만 GBAS가 ILS를 점진적으로 대체하리라 전망함. 오늘 최근의 헬기 사고와 관련하여 항공 사고 위원회의 보완사항으로 향후 각 공항 별 항행보조시설의 상향 조절이 필요하다는 발표가 있었음.
		- 경제성 분석에 기존 항행안전시설 수출을 참조하여 국외 공항도 일정 부분 포함할 예정임
	-순수R&D인지개발과제인지구분과국내공항의수요는 명확하지않음. -김포/인천공항의경우대형항공기의회향율이높아질경우CAT-II 로 상향 조정, 국내 모든 공항에서 CAT-II/III가 필요한지?	- CAT-II/III를 설치하면 CAT-I을 사용 할 수 있음. CAT-II/III장비의 가격이 CAT-I 에 비하여 2배의 비용이 아님.
		- 최근에발생한항공기착륙사고와헬기사고를고려할경우항행안전에대한규정과설비투자가강화될것으로전망함.오늘국내모든공항에대하여향후PBN을실시할예정임이보도됨.
기타 / 보완 의견	- 경제성 분석 시 Profit과 파급효과 등 사업성 분석에 보완	
	- 연구개발의 필요성 제기에 있어서 우리나라가 향후 항공 사업 세계 7위를 목표로 하고 있어 GBAS와 같은 지상시스템의 개발을 통하여 항공 산업과 연계할 필요가 있음을 강조 할 필요 있음.	
	- 파급효과는 연료절감과 환경 등 2가지의 대표적인 예를 생각해 볼 수 있음. 연료절감과 같은 이익(경제 효과)에 대한 내용이 빠져 있음. 또한, 업체에서 느끼는 사업의 규모와 과제의 규모가 다른 느낌임.	
	- 타당성을 제시할 때 향후 항공기의 수요 및 회향율에 대한 분석이 필요함. PBN만 제시하는 것이 아닌 주변 환경에 대한 언급이 필요할 것으로 예상됨.	
	- 기획과제의 성격 상 GBAS CAT-II/III 시스템 개발 타당성에 대한 추가적인 보완이 필요할 것임	
	- 연구개발의 필요성 제기에 ILS와의 경제성 비교가 꼭 필요한지? 또한 SBAS와의 비교 시 시정거리만을 비교하는 것이 아닌 무결성 등을 비교하여 개발 필요성을 강조하는 것이 필요함. BC 분석에 있어서는 ILS를 제외하고 운용상의 문제점과 해외 도입의 문제점에 대한 설명이 필요함.	

Appendix B-3 : 최종 자문위원회 회의록

일시	2014.01.21
장소	LW컨벤션센터 (중회의실)
참석인원	15명 (자문위원 6명)

자문위원명단		
성명	소속	전문분야
김봉훈	맥스틴	경제성분석
박형택	인하대	운영
서지원	연세대	기술
이철수	LIG 넥스원	통신시스템
천기진	LIG 넥스원	기술
홍교영	한서대	시스템

범주	자문의견	답변
과제 타당성 / 진행 방향	GBAS CAT-I 개발이 1994년 시작 후 현재까지 인증 단계 및 실용화에 있어 난점이 발생되고 있는 시점에서 CAT-II/III 개발 세부 과제를 수립한 배경은 어떠한가?	- 급변하는 해외 동향에 맞추어 CAT-II/III 개발 과제를 세분화한 것이고, 외국의 CAT-II/III 개발 이후 그 시점에서 평가 후 결정하는 방안도 고려한 것이다. 현재 예상되고 있는 과제의 진행 방향은 2번째(보수적) 방법이다.
	세계적으로 공항에 GBAS CAT-I의 수요가 훨씬 많은상황에서, 우리나라는 GBAS CAT-I을 상품화 한다는 계획도 없이 CAT-II/III를 개발한다는 것이 타당한가?	- CAT-I의 기능이 포함/보완 되어 있는 CAT-II/III 시스템이다. 또한 장비 가격적인 측면에서도 CAT-II/III 장비가 CAT-I과 비교하여 경쟁력이 있다. - CAT-II/III를 개발 완료하면 CAT-I 급 공항에 설치할 경우 CAT-II/III의 기능 중 일부를 해제, 약화 시켜서 설치할 수 있으며, 현지화 비용 역시 경쟁력이 있다. CAT-II/III 만을 위한 경제성 분석을 수행하였기 때문에 보수적 관점에서 CAT-I 장비 활용 가능성에 대한 부분은 현재 제외되어 있다. - GBAS CAT-II/III 장비를 활용하여 CAT-I의 기능을 수행할 수 있으므로 우리나라 전역에 설치도 가능하며 수출도 가능하다.
	GBAS CAT-II/III 시스템 수출을 목적으로 한다면 공항에 설치되어 운영할 수 있는 단계로의 개발이 필요하다. 현재 제시되어 있는 세부과제에는 H/W에 대한 언급이 되어 있지 않다. 개인적인 의견	- 현재 세부 과제에 CAT-I 과제 연속성을 위한 부분이 포함되어 있지만, 세분화하여 조절하고, 이에 관련한 지원(현재 운용중인 CAT-I 장비의 운용기술 및 데이터 분석 공유)이 필요하다.

	으로는 CAT-I 연구과제에 대한 연속성과 함께 안정화 연구를 통하여 CAT-II/III의 핵심 S/W 기술의 병렬 연구가 바람직하다고 생각한다. 또한 공항 운용 허가를 위하여 지속적인 검증 단계를 거쳐 실제 운용하는 측면에 있어 제시 되어야 한다. CAT-I 과제의 연속성으로 현재 구축 되어 있는 CAT-I 장비의 안정화 및 장비 운용과 더불어 CAT-II/III 핵심기술에 대한 연구가 진행되는 과제로 도출하는 것이 바람직하다고 생각한다.	
	도출하는 기술 중 급변하는 사회 환경에서도 변하지 않는 핵심기술에 대한 추가적인 언급이 필요하다고 생각된다. GBAS CAT-II/III기술의 중요성과 더불어 기반기술 수준에 따른 평가등을 통하여 도출된 핵심기술들의 활용성을 GBAS뿐만 아니라 일반적인 항법에도 사용할 수 있는 가능성을 제시하는 것이 필요하다.	- 급변하는 세계 동향에 따라 4~5년 정도 기반을 쌓은 다음 CAT-I에 대한 연구와 동시에 CAT-II/III에 대한 핵심 기술에 개발이 필요하다. 현재 제한 세부과제들은 1단계 과제를 마치고, 기술 동향을 고려한 평가 및 재기획을 통하여 핵심 기술에 대한 보완을 진행할 예정이다.
	CAT-II/III에서는 현재 구축되어 있는 CAT-I 시스템의 연장선으로 제안하며, 보완을 통한 CAT-II/III 핵심 기술 개발이 적절한 것으로 사료된다. 전략 2를 제시하면서, CAT-I을 보완을 통하여 CAT-I을 상품화시키는 과정과 함께 CAT-II/III의 핵심기술을 동시에 연구하는 제안이 필요하다.	- 현재 제안된 내용에서 CAT-II/III의 H/W부분은 빠져있다. 인증에 대비해서 완성도를 높이는 방향에서 H/W까지 고려할 경우 현재 예측한 비용보다 현격하게 증가할 것이다.

	H/W까지 고려한 합당한 예산을 반영하여 CAT-I의 수출까지 생각하는 것이 적절하다고 생각된다. 현재 제안된 부분에 CAT-I H/W에 대한 예산을 고려하여 완성도 높여 수출까지 고려하면 더욱 과제에 진행 여부에 대한 정당성을 뒷받침 할 수 있을 것이라 생각된다.	- CAT-I에 대한 결과물을 포함하여 CAT-II/III에 대비하는 것을 고려하겠다.
경제성분석	CAT-II/III 편익 분석 부분에서 10년간 이익의 기준이 되는 시점은 언제인가?	- 2025년까지 개발을 완료하여, 2026년부터 이후로 추정한 이익이다.
	사회적 편익 부분(연료 절감 등)은 장비 해외 구매/도입 시에도 동일하게 적용되는 것으로 국내 개발 시 경제성 분석 부분에 있어 제외하는 것에 대한 의견은 어떠한가?	- 사회적 편익 부분은 개발 시에도 포함되어야 하는 것이 적절하며, SBAS 경제성 분석 부분에서도 장비 해외 구매와 국내 개발에 대한 분류를 하지 않고 사회적 편익 부분에 대하여 적용하였다.
	- SBAS 경제성 분석을 하였을 때에도 사회적 편익 부분은 국외 장비 도입과 국내 개발 시에도 모두 적용되는 부분이지만, 포함하여 BC분석을 수행하였다. 특히 항공 관련 산업 경제성 분석에서 사회적 편인 부분을 제외하고는 분석이 불가능하다. 다만, SBAS의 경우에는 처음 제출 시 BC Ratio가 3 정도로 추정되었으나, 최종 평가에서 1점대 초반으로 절하되었다는 결과를 반영하여. GBAS 사회적 편익 구성 시 보완이 필요하다. GBAS의 경우 국가 인프라 사업이기 때문에 사회적 편익 부분에 대하여 제외하는 것이 아니라 보강할 필요가 있다.	
	국가적인 경쟁력을 갖추기 위해서 사업적인 경제성이 없지만 개발을 추진해야 되는 이유는 무엇인가?	- 직접적인 사업성 보다는 사회적 편익은 매우 큰 과제이다. 또한 기술적인 측면에서도 국가 경쟁력을 높이기 위하여 수행되어야 하는 과제라 판단된다.
	- 기업의 입장에서는 GBAS CAT-II/III 기술 개발 과제는 수익사업이 아니다. 기술 개발에 걸리는 기간이 10년이며, 향후 10년 이상을 끌고 가야하는데, 매출에 대해서만 평가하자면 사회적 편익이 포함되어도 기업의 입장에서 수익을 창출할 수 있는 근거가 부족하다. 이 부분에 대한 보완이 필요하다고 생각한다.	
	- 기업의 입장의 사업성 분석과 국가 연구 기반 과제의 사업성 분석은 엄연히 다르다. 현재 기획 중인 GBAS CAT-II/III 과제는 국가 인프라 구축을 위한 과제이므로, 기업의 입장에서 수익창출을 기대하는 것은 현 과제 제안에 대하여 적절하지 않은 것 같다. 추가적으로 기업의 입장에서 사업성을 분석한 부분을 추가적으로 보완하면 경제성 분석에 도움이 될 것 이다.	

Appendix C-1 : 1차 전문가 설문조사 자료

위성항법 지역보강시스템 (GBAS) CAT-II/III 기술개발 기본계획 수립을 위한 전문가 설문 조사	ID			

응답하시는 전문가께서는 ID를 작성하실 필요가 없습니다.

안녕하십니까?

이번에 한국항공대학교에서는 「위성항법 지역보강시스템(GBAS) CAT-Ⅱ/Ⅲ 기술개발 기본계획 수립 사업」을 수행하기 위하여 계획의 적절성 및 기술수준조사 등 사업 전반에 관련된 사항에 대해 전문가 여러분의 의견을 조사하여 사업의 평가 및 과제도출에 반영하고자 합니다.

응답내용은 통계법33조에 의거, 연구목적 외에는 절대 사용되지 않을 것이며, 비밀이 보장되오니 번거로우시더라도 성실하게 답변해 주시면 대단히 감사하겠습니다.

특히, 본 조사는 전문가를 대상으로 실시되는 조사이므로 각 응답자분들의 의견이 중요한 부분을 차지합니다. 각 문항별로 개인적인 의견에 대해서는 어떤 것이라도 좋으니 꼭 기재해 주시면 감사하겠습니다.

주관기관 : 한국항공대학교
담 당 자 : 이형근 교수
주 소 : (412-791) 경기도 고양시 덕양구 항공대학로 76

Ⅰ~Ⅳ의 설문은 타당성 있는 국내 GBAS CAT-Ⅱ/Ⅲ 기술개발 방안을 도출하기 위한 전반적인 사항에 관한 것으로 Ⅰ. GBAS 기술 개발 필요성 및 활용성, Ⅱ. 단계별 사업 목표의 적절성, Ⅲ. 개발대상 핵심기술 식별, Ⅳ. 기술별 기술완성도(TRL) 및 적절성 검토 등을 평가하기 위하여 준비되었습니다. 함께 제시되는 자료를 참고하시고, 주어진 설문에 답변해주시기 바랍니다.

1. 위성항법 지역보강시스템(GBAS) 개요

1.1. 시스템 개요

○ 전지구위성항법시스템(GNSS[2])은 우주 공간의 위성을 이용하여 지구상에서 사용자의 위치와 시각을 결정하는 시스템으로 미국의 GPS[3]가 대표적임 (러시아 GLONASS[4], 유럽 Galileo 등)

○ GNSS의 신호는 우주부분에서 사용자부분으로 전달되는 동안 이온층, 대류층 등을 통과하며 전파지연 오차, 주변 건물 및 지형으로 의한 다중경로오차 등이 발생하게 됨

○ 위성항법 지역보강시스템(GBAS)은 지상에 설치된 VDB 안테나를 통해 전달된 GBAS 정보를 활용하여 항공기에 GPS 신호의 보정정보를 제공하는 시스템

○ GBAS는 항공기의 안전한 운항을 위하여 GPS의 위치오차 보정정보 및 무결성 정보, 최종접근경로(FAS) 정보를 제공하도록 국제민간항공기구(ICAO[5])가 국제표준으로 정한 시스템으로 현재 위성항법 기술로는 유일하게 CAT-I급 이상의 정밀접근서비스를 제공함

- CAT-I급 정밀접근서비스를 제공하는 시스템은 개발 완료되어 운용 중임(미국, 독일)
- CAT-Ⅱ/Ⅲ급 정밀접근서비스를 제공할 수 있는 유일한 위성항법 기술임.

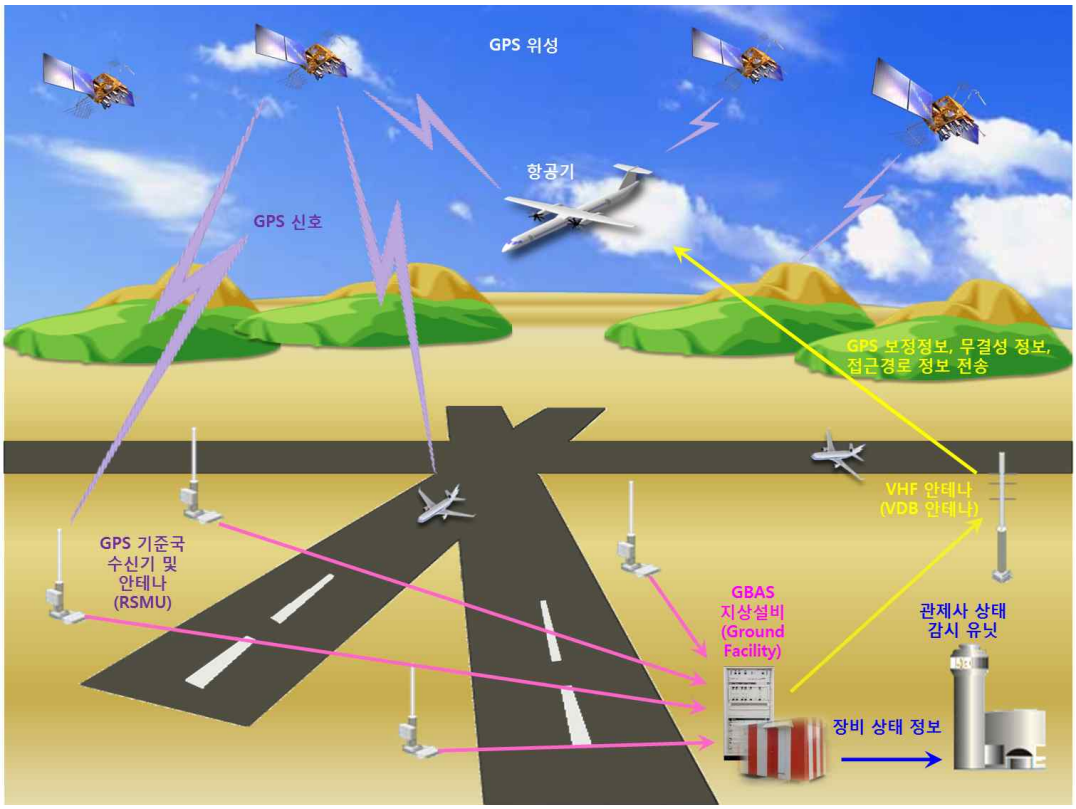
GNSS 기준	ILS 기준	설명	활주로 가시거리 (RVR)	착륙 결심고도 (DH:Decision Height)
GAST	Category			
GAST A	APV-I	APV I 성능을 위한 연산	1500m 이상	91~122m (300~400ft)
GAST B	APV-II	APV II 성능을 위한 연산	1000m 이상	76~91m (250~300ft)
GAST C	CAT-I	CAT-I 성능을 위한 연산	550m 이상	60m 이상 (200ft)
GAST D	CAT-II	CAT-II/III 성능을 위한 연산	350m 이상	30m~60m (100~200ft)
	CAT-IIIa		200m 이상	30m 미만 또는 제한 없음 (100ft 미만 / no DH)
	CAT-IIIb		50m≤RVR<200m	15m 미만 또는 제한 없음 (49ft 미만 / no DH)
	CAT-IIIc		제한 없음	제한 없음
GAST E (TBD)	CAT II 또는 CAT III	CAT II 성능 또는 L5/E5 CAT III	상황 따라 다름	
GAST F (TBD)	CAT III	다중성 양상, 다중주파수 CAT III 성능 레벨에 대한 계획	상황 따라 다름	

GBAS 지원 가능

GBAS 지상시스템 서비스 수준(GAST)

2) GNSS (Global Navigation Satellite System) 전지구위성항법시스템
3) GPS (Global Positioning System) 미국의 위성항법시스템
4) GLONASS (GLObal NAvigation Satellite System) 러시아의 위성항법시스템
5) ICAO (International Civil Aviation Organization) 국제민간항공기구

1.2. 시스템 구성 및 주요 기능



○ 지상시스템 구성품

1) 기준국 수신기

- GBAS 지상시스템은 4개의 기준국 수신기로 구성(GBAS CAT-I 기준)되어 있는데, 각 기준국 수신기는 GPS 안테나로부터 GPS 신호를 수신 받아 GPS raw 데이터를 생성하고, 생성된 raw 데이터를 보정정보처리 프로세서로 제공함.

2) 기준국 수신기 안테나

- 각 기준국 수신기에 연결되어 GPS 위성으로부터 송신된 GPS 신호를 수신함.

3) GBAS 지상설비(Ground Facility)

- 보정정보처리장치, VDB 송신기, VDB 수신기, 전원공급장치 등으로 구성된 랙(Rack) 형상의 GBAS 주장비가 쉘터 안에 설치됨.

3-1) 보정정보처리장치

- 4개의 기준국 수신기로부터 공급받은 GPS raw 데이터를 이용하여 아래와 같은 VDB 메시지를 생성하고, 생성된 메시지를 VDB 송신기로 전송함.
  - GPS 위치오차 보정정보 및 무결성 정보(MT1, MT2)
  - 최종접근경로 정보(MT4)

3-2) VDB 송신기

- 보정정보처리 프로세서로부터 받은 VDB 메시지를 RF 신호로 변환하여 VDB 안테나로 공급함.

3-3) VDB 수신기

- VDB 송신기로부터 RF 신호를 받은 후 VDB 메시지로 변환하여 보정정보처리 프로세서로 공급함. 이는 VDB 송신기를 통해 전송되는 데이터의 품질을 모니터링하기 위함임.

4) VDB 송신기 안테나

- VDB 송신기로부터 받은 VDB RF 신호를 항공기로 전송함.

5) 유지보수 터미널

- 유지보수인력이 지상시스템의 운용 및 정비 작업을 수행 할 수 있도록 시스템에 접속할 수 있는 인터페이스를 제공함.

6) 관제사 상태감시 장치

- 관제탑, TRACON;s, 유지보수 운영센터, 항로(En-route) 레이더 시설 등에 설치되어, 시스템 모드 상태 및 GPS 위성군(constellation) 경보 정보를 시현함.

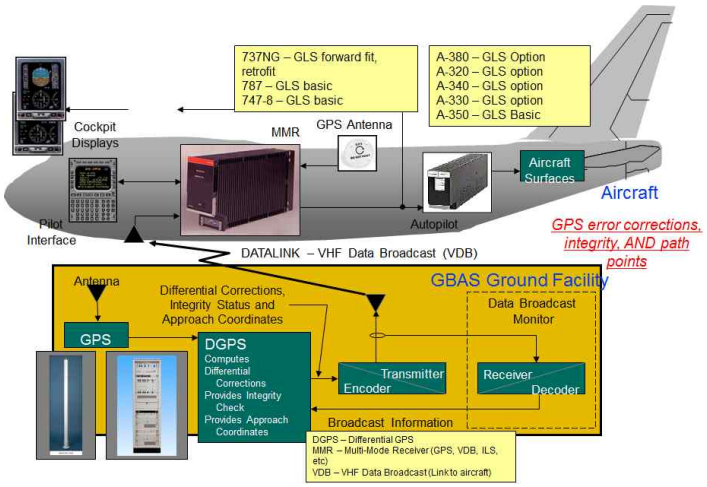
○ 탑재장비 구성품

1) 다중모드수신기(MMR)

- VDB 수신 안테나로부터 VDB RF 신호를 전송 받아 항공기 항법정보(위치, 속도, 시간) 및 착륙유도정보(수평/수직 비행 편이도, 활주로 시단까지의 거리)를 생성함.

2) VDB 수신 안테나

- GBAS 지상시스템의 VDB 안테나를 통해 송신된 VDB RF 신호를 수신하여 다중모드수신기로 공급함.



다음의 표 1은 본 기획과제가 시작된 4월 이후 현재까지 조사된 국내외 기술 동향과 국내 기술 수준 조사를 근거로 작성된 GBAS CAT-Ⅱ/Ⅲ 시스템의 분류와 정의를 정리한 것입니다.

표 1. 개발 대상 시스템의 분류 및 정의

1단계	2단계	3단계	정의	비고
GBAS CAT-II/III 지상시스템			GBAS CAT-II/III(GAST-D급) 지상시스템 체계 개발	보정정보 처리장치 (Differential Correction Processor), 유지보수 터미널, 관제사 상태감시 장치 등의 개발을 포함
GBAS 구성품	지상시스템 구성품	GPS 기준국 수신기	GBAS용 GPS 기준국 수신기 개발	
		GPS 기준국 수신기 안테나	GBAS용 GPS 기준국 수신기 안테나 개발	다중경로오차 저감
		VDB 송신기/수신기	VDB 송신기, VDB 수신기	
		VDB 송신기/수신기 안테나	VDB 지상용/탑재용 안테나	
	탑재장비 구성품	다중모드수신기(MMR, or INR)	GLS 기능을 구현한 항공기 탑재장비	• GLS: GBAS Landing System • MMR: Multi-Mode Receiver, Rockwell Collins사의 GBAS 탑재장비 명칭 • INR: Integrated Navigation Radio, Honeywell사의 GBAS 탑재장비 명칭

Ⅰ GBAS 기술 개발 필요성 및 활용성

문1. GBAS 기술은 기존 계기착륙장치(ILS)를 대체하거나 백업 가능한 위성항법기술 기반의 항행안전시스템입니다. 우리나라에서의 GBAS 장비의 필요성에 대해 어떻게 생각하십니까? ( )

① 필요함 ② 불필요 ③ 모르겠음

문2. 우리나라에서의 GBAS CAT-II/III 지상장비 개발의 필요성에 대해 어떻게 생각하십니까? ( )

① 개발 필요 ② 개발 불필요 ③ 외산장비 도입이 바람직 ④ 모르겠음

문2-1. (문2의 ②, ③ 번 응답자만) GBAS CAT-II/III 지상장비 개발이 불필요 하거나 외산장비 도입시 시범운용 및 운용기술 개발의 필요성에 대해 어떻게 생각하십니까? ( )

① 필요함 ② 불필요 ③ 모르겠음

문3. 우리나라는 주요 항행안전시설로 계기착륙장치(ILS), 준계기 착륙시설(LLZ/DME), 전방향표지시설(VOR/DME) 등이 운영되고 있습니다. 동 사업의 GBAS가 개발·구축되면 시설 대체에 대해 어떻게 생각하십니까? ( )

① 완전 대체 가능 ② 점진적 대체 가능 ③ 대체 불가능 ④ 모르겠음

문4. [표 1. 개발 대상시스템 분류 및 정의] 표에서 구성품 별 개발 우선순위를 상대적으로 평가해 주십시오(우선순위가 가장 높은 품목에 1번, 가장 낮다가 생각하시는 품목에 6번 표시).

개발 대상 구성품	개발 우선 순위
GBAS CAT-Ⅱ/Ⅲ 지상시스템	
GBAS용 GPS 기준국 수신기	
GBAS용 GPS 기준국 수신기 안테나	
VDB 송신기/수신기	
VDB 송신기/수신기 안테나	
다중모드수신기(MMR, 항공기탑재장비)	

문5. 국내에 설치 가능한 민간 공항의 개수는 15개 내외로 파악됩니다. 국내 공항의 GBAS 수요로 볼 때, 민간 뿐만 아니라 군 수요 확장으로의 고려가 적절하다고 생각하십니까? ( )

① 전반적으로 적절함
② 적절하나, 일부 보완이 필요함
③ 부적절하므로, 민간 수요에 집중이 필요함(☞**문5-1로**)

문5-1. (문3의 ③번 응답자만) 군 수요의 고려가 부적절하다고 판단하신 근거 및 보완 의견을 구체적으로 제시해 주시기 바랍니다.

다음의 표 2는 본 기획과제가 시작된 4월 이후 현재까지 조사된 국내외 기술 동향과 국내 기술 수준 조사를 근거로 작성된 GBAS CAT-Ⅱ/Ⅲ 시스템 분류별 개발 일정 (상단)과 단계별 사업목표와 내용 (하단)을 초안으로 정리한 것입니다.

표 2. 개발 방안(안) 및 고려 사항

< 시스템 분류별 개발 일정 >

구분	1단계 (4개년)	2단계 (4개년)	3단계 (4개년)
지상시스템	기반기술 개발	준실시간 시제용 개발	인증용 시스템 개발
구성품		1단계 이후 우선순위별로 구성품 개발	
인증, 운용 및 접근절차	○ 인증기술, 접근절차는 3단계에서 추진 ○ 운용기술개발은 지상시스템 개발 이후 수행		

< 단계별 사업 목표, 내용 및 산출물 >

단계	1단계 (4개년)	2단계 (4개년)	3단계 (4개년)
목표	• CAT-Ⅱ/Ⅲ 기반 조성 및 핵심기술 확보	• 지상시스템의 기본 기능/성능을 검증하기 위한 준실시간 시제용 지상시스템 개발	• 인증 절차에 의거한 시스템 개발 및 시험평가를 통한 검증
산출물	• 체계설계 기술문서 • 공항전파감시분석시스템 • GBAS 무결성 S/W • CAT-Ⅱ/Ⅲ 핵심기능 시험 및 검증용 Test-bed(알고리즘 검증)	• 준실시간 시제용 GBAS CAT-Ⅱ/Ⅲ 지상시스템	• SDA 관련 문서 • 인증용 CAT-Ⅱ/Ⅲ 시스템
내용	• 무결성 분석 기술 • 지상시스템 기초 설계 기술 • RFI 감시 기술 • CAT-I 운용 경험 확보 및 안전성 검증	• 무결성 모니터와 지상시스템의 기본적인 기능/성능을 검증하기 위한 수준의 단일 String 준실시간 시제용 지상시스템 개발 • 시험평가와 기술검증을 통한 일반 기능의 성능 평가	• RTCA/DO-278 등 기술개발 규격/기준에 의거한 H/W, S/W 개발 • 환경조건 및 전파간섭 등의 기술개발 절차에 의거한 지상시스템 개발 • 시스템 다중성 확보 • 인증을 위한 시험평가활동 및 검증

II 단계별 사업 목표의 적절성

문6. 위 표 2에 제시된 개발 방안은 개발 일정과 관련하여 적절하다고 생각하십니까? 〔 〕

① 전반적으로 적절함
② 적절하나, 일부 보완이 필요함
③ 전체적인 일정에서 부적절하므로, 재설계가 필요함(☞문6-1로)

문6-1. (문6의 ③번 응답자만) 개발 일정이 부적절하다고 판단하신 근거 및 보완 의견을 구체적으로 제시해 주시기 바랍니다.

문7. 표 2에 제시된 기술 개발의 선후관계가 적절하다고 생각하십니까? 〔 〕

① 전반적으로 적절함
② 적절하나, 일부 보완이 필요함
③ 전체적인 선후관계가 부적절하므로, 재설계가 필요함(☞문7-1로)

문7-1. (문7의 ③번 응답자만) 선후관계가 부적절하다고 판단하신 근거 및 보완 의견을 구체적으로 제시해 주시기 바랍니다.

다음의 표 3은 본 기획과제가 시작된 4월 이후 현재까지 조사된 국내외 기술 동향과 국내 기술 수준 조사를 근거로 작성된 GBAS CAT-Ⅱ/Ⅲ 시스템의 체계개발 핵심기술 분류 및 정의를 정리한 것입니다.

표 3. 체계개발 핵심기술 분류 및 정의

대분류	중분류	소분류	기술 정의	비고
시스템 공학 기술	체계 종합		● 시스템 공학 기술 ● 시스템 개발 수명 주기 적용	
	체계 설계	요구도 분석	● 요구사양 검토/결정	
		기능 할당	● 시스템 요구사항을 구체화하여 기능 할당/정의(Functional Allocation)	
	안전성 평가/분석	Risk Allocation/Analysis	● Fault Tree Analysis 등을 통한 시스템 H/W, S/W 별 위험도 할당 ● 할당된 위험도 분석 기술	
		안전성 평가	● Functional Hazard Assessment 기술 ● System Safety Assessment 기술	
	RFI / Jamming 대응	RFI 저감기술	● 비의도적 전파간섭 등의 영향에 대응하여 RFI 효과를 감소시키는 기술	
		Jamming 감지/대응 기술	● 시스템 차원의 재밍 감지/대응 기술	
하드웨어 개발	H/W 설계/제작		● 하드웨어 설계/제작 기술	
	Redundancy, 신뢰성 보장		● 하드웨어 중복 사용 등을 통한 H/W 신뢰도 향상 기술	
소프트웨어 개발	GBAS 핵심 알고리즘	정확성 향상	● GBAS 정확성 성능 향상을 위한 알고리즘 개발	
		무결성 향상	● GBAS 무결성 성능 향상을 위한 알고리즘 개발	
	Real-time 프로그램 설계/구현		● 실시간 동작 소프트웨어 구현을 위한 프로그램 설계/구현 기술	
	S/W 안전성 평가 및 검증	HMI 분석	● S/W의 안전성 평가 및 검증 기술	Hazardously Misleading Information
시험평가 기술	시험장비 개발		● 시험평가를 위한 시험장비 개발 기술	
	개발 지원/보조 장비 개발		● 주장비 개발 지원을 위한 시험장비 개발 기술	

	안전성 검증		● 시스템의 안전성 검증 기술	
	시험절차 수립		● 시험평가 절차 개발	
	시험 및 성능평가	지상시험/비행시험	● 정적시험, 안정성 시험, 비행시험 기술 ● 시스템 종합 성능평가 기술	
성능적합증명/인증	인증제도 및 절차		● GBAS CAT-II/III 제품 개발/설치/운영에 필요한 국내 인증제도 및 절차 연구	
	탑재장비 인증 기술		● GBAS 탑재장비 인증 기술	
	지상장비 성능적합증명/승인 기술	시스템 설계 승인(SDA) 기술	● (요구사항 vs 설계/구현) 합치성 확인 ● 시스템 안전성 기준 설정/평가 ● (FHA, PSSA, SSA, FMEA/FMES, HMI Analysis) ● H/W Design Assurance ● S/W Design Assurance ● System Engineering Review ● 교범, 교보재 검토	System Design Approval
		시설 승인FA) 기술	● 설치 안전성 확인	Facility Approval
		운용 승인(OA) 기술	● 운용 적절성 확인	Operation Approval
설치 및 운영 기술	설치위치 선정/분석 기술	공항 지형/환경 분석	● 기준국 수신기, 안테나 등의 설치 위치 결정을 위한 지형/환경 분석 기술	
		전파 분석	● 설치 위치 주변 전파환경 분석 기술	
		설치위치 데이터 수집/분석/선정	● GPS 기준국 수신기 위치 결정을 위한 데이터 수집/분석 작업과 관련된 기술	
	GLS 접근 절차 설계		● GBAS를 사용하여 항공기가 정밀접근할 수 있도록 하는 운항 절차 설계 ● GBAS의 장점을 살릴 수 있는 진보된 접근절차 설계 및 적용	
	운영 및 유지보수 기술	운영 교범/유지보수 교범 제작	● 실사용에 필요한 운영 교범/유지보수 교범 제작	
		운영 및 유지보수 교육훈련 교보재 제작	● 운영 및 유지보수 교육훈련 과정, 교보재 제작	

III 핵심 기술 분류의 적절성

문8. 표 3에 제시된 체계개발 핵심기술 분류 자료를 참고하여 아래 질문들에 대한 검토 의견을 주시기 바랍니다.

(검토결과는 절대아님 : ①, 약간아님 : ②, 보통 : ③, 약간포함 : ④, 매우포함 : ⑤ 로 표시해 주십시오)



검토 의견	검토 결과 (응답란)
1) 핵심요소기술을 중심으로 적절히 분류되었는가?	
2) 운용요구조건(임무)에 직접적으로 영향을 주는 기술이 모두 포함되었는가?	
3) 개발일정에 영향을 주는 모든 기술이 고려되었는가?	
4) 체계개발 가능성(가용비용 등)에 중요한 영향을 주는 기술이 모두 고려되었는가?	
5) 시스템개발수명주기(예. 나선형개발)에 적합한 기술이 모두 고려되었는가?	
6) 해당 기술에 대한 개발의 필요성이 있는가?(기술도입 여부 검토)	
7) 조기기술개발 완료 혹은 기술개발 지연이 체계전체에 주는 영향이 고려되었는가?	
8) 새로운 유사환경에서 실현되도록 다시 개발된 기술인가?	
9) 예상되는 환경에서 작동될 것으로 기대되거나, 설계 의도나 규정된 성능을 초과할 것으로 기대되는가?	

문9. 위의 핵심기술 구분에 대한 추가적인 의견이 있으시면 작성하여 주시기 바랍니다.

Ⅳ 기술별 기술완성도 및 적절성 검토

[보기 1] 기술완성도(TRL) 개념

○ 기술완성도(Technology Readiness Level, TRL)란 기술·부품 등의 진화·발전 정도를 포괄적으로 평가하기 위한 척도
○ 기술·부품 등이 시스템 및 서브시스템 등에 응용·조립되기 전에 정상적 작동 가능성을 사전에 평가
○ 특히, 그 성능의 명확하게 검증되지 않은 신기술·부품은 시스템 또는 서브시스템과의 적합성 여부를 사전에 평가·확인할 필요가 있음
○ 궁극적으로 TRL은 최종 시스템 개발 비용·일정을 통계적 신뢰도 내에서 예측하기 위한 주요 도구로서 사용

TRL	정의	세부 내용
①	관찰된 혹은 보고된 기초원리	기초연구 집단에서 새로운 소프트웨어의 영역이 조사됨. 기초 사용법의 개발, 소프트웨어 구조의 기본특성, 수학적 공식화, 일반적 알고리즘까지 확장됨.
②	개념기술 또는 공인된 응용기술	개발시작, 기본 원리 탐색 후 실용적 응용 개발 가능. 추론이므로 증명 또는 가정을 뒷받침하는 상세한 해석이 없을 수 있음.
③	이론/실험에 의한 핵심기능이나 개념기술의 특성증명	기술개발의 착수. 과학적 타당성이 분석적이고 실험실 수준 연구로 증명됨. 소프트웨어가 집적되지 않은 상태로 제한된 작동환경에서 부분적인 자료로 중요 특성이나 분석적인 예측이 확인됨.
④	실험실 환경에서 구성요소를 조립하여 유효성 확인	기초 소프트웨어 구성품이 집적됨. 최종 시스템에 비해 효율성/내구성 측면에서 초기단계임. 시스템 구성이 상호호환성, 연장/확장성, 정비성, 보안성과 관련된 이슈에 초점이 맞추어짐.
⑤	유사한 환경에서 구성요소를 조립하여 유효성 확인 또는 system모형이나 subsystem 시작품 검증	– 기존 시스템에 적용될 준비가 된 단계. 유사한 구동환경에서 시작품의 성능을 확인함. 현실적으로 발생 가능한 문제점에 대한 실험을 함. – 공학적 타당성을 증명하는 단계. 시작품을 기존 시스템에 부분적으로 적용하여 발생되는 문제점을 총괄적으로 파악함.
⑥	실제 환경에서 system 시작품 검증	프로그램 타당성을 증명하는 단계. 실제 운영환경에서 개발기술의 기능이 문제없이 충실하게 작동되는 것을 증명함.
⑦	실제 system 완료 및 인증	기존 운영체계에 적용되는 단계. 모든 기능이 다양한 작동조건에서 시험되었음.
⑧	성공적인 작동, 양산 및 적용	반복적으로 사용되는 단계. 운영체제에 완전히 적용됨. 성공적인 운영경험이 있고, 현장에서 기술지원을 유지함.

[보기 2] 기술확보방안(해외공동개발/해외기술자문) 검토

GBAS CAT-II/III 사업 기술 개발 시 기술 확보 가능성과 위험수준 범례는 다음과 같음

확보방안		SBAS 사업 기술 개발 시 기술 확보 가능성	위험수준
①	P(Purchase)	해당 기술의 해외 패키지 구매	낮음
②	I(Internalization)	국내독자개발로 기술 확보 가능	낮음, 중간
③	C(Cooperation)	국내주도 해외기술협력 또는 자문을 통해 기술 확보	중간, 높음
④	NP(Not possible)	사업 기간 내 독자 개발 또는 해외기술 도입/개발이 매우 어려움	매우 높음

※ 위의 기술완성도 개념을 참고하여 다음 사항을 검토해주시기 바랍니다.

문10. 제출된 TRL 수준을 참고하여 현재 TRL은 어느 수준이라고 생각되십니까? [보기 1]을 참조하여 기입해 주시기 바랍니다.

문10-1. 제출된 기술확보방안과 감안하여 적절한 기술 확보 방안은 무엇입니까? [보기 2]를 참조하여 기입해 주시기 바랍니다.

구분		적절성 판정 검토			
		제출 TRL	문10. TRL 응답란 [보기 1]	제출 기술확보 방안	문10-1. 기술확보방안 응답란 [보기 2]
1)	1. 시스템 엔지니어링 기술	⑤		③	
	1.1. 체계종합				
	1.2. 체계설계				
	1.3. 안전성 평가/분석				
	1.4. RFI/Jamming 대응 기술				
2)	2. 하드웨어 개발 기술	⑥		② or ④	
	2.1. H/W 설계/제작				
	2.2. Redundancy, 신뢰성 보장 기술				
3)	3. 소프트웨어 개발 기술	–	–	–	–
	3.1. GBAS 핵심 알고리즘 (정확성, 무결성 확보/개선)	④		③	
	3.2. Real-time 동작 프로그램 설계/구현	⑥		②	
	3.3 S/W 안전성 평가 및 검증	③		③	
4)	4. 시험평가 기술	⑥		③	
	4.1. 시험장비 개발				
	4.2. 개발 지원/보조 장비 개발				
	4.3. 시스템 안전성 검증				
	4.4. 시험절차 수립				
	4.5. 시험 및 성능평가				
5)	5. 성능적합증명 / 인증 기술	⑤		③	
	5.1. 인증제도 및 절차				
	5.2. 탑재장비 인증 기술				
	5.3. 지상장비 성능적합증명 / 승인 기술				
6)	6. 설치 및 운영 기술	⑦		②	
	6.1. 설치위치 선정/분석 기술				
	6.2. GLS 접근절차 설계				
	6.3. 운영 및 유지보수 기술				

문11. 위의 TRL 및 기술확보방안을 감안하여 종합적 의견이 있으시면 작성하여 주시기 바랍니다.

문12. GBAS CAT-II/III 기술개발 사업에서 발생할 수 있는 위험요인이 있다면, 간략하게 작성하여 주시기 바랍니다.

문13. GBAS CAT-II/III 기술개발 사업의 성공적인 추진을 위한 발전적인 제언을 부탁드립니다.

♣ 바쁘신 중에도 끝까지 응답해 주셔서 진심으로 감사드립니다. ♣

Appendix C-1_2 : 1차 전문가 설문조사 응답 결과

일 시 : 2013.07.03 ~ 2013.08.09

설문 인원 : 12 명

본문 5장. 3절. 기술수준 및 수요조사 참조

Appendix C-2_1 : 2차 전문가 설문조사 자료

위성항법 지역보강시스템 (GBAS) CAT-II/III 기술개발 기본계획 수립을 위한 2차 전문가 설문 조사

ID			

응답하시는 전문가께서는 ID를 작성하실 필요가 없습니다.

안녕하십니까?

본 설문 조사에서는 2013년 4월부터 한국항공대학교, 건국대, 한국과학기술원, 한국항공우주연구원에서 공동으로 수행하고는 「위성항법 지역보강시스템(GBAS) CAT-Ⅱ/Ⅲ 기술개발 기본계획 수립 사업」의 결과로 수립된 기술개발 기본계획 초안에 대하여 개발 전략의 적절성과 경제성 분석 관련 사항에 대하여 전문가 여러분의 의견을 수집하고자 하는 목적으로 실시되고 있습니다.

본 설문 조사는 전문가를 대상으로 실시하므로 각 응답자분들의 의견은 기술개발 기본계획 수립에 매우 중요한 부분을 차지하게 됩니다. 본 설문 조사의 응답내용은 통계법33조에 의거하여 연구목적 외에는 절대 사용되지 않으며 비밀이 보장되오니 번거로우시더라도 성실하게 답변해 주시면 대단히 감사하겠습니다.

각 설문 문항에 앞서서는 참고 자료들이 표와 그림의 형태로 제시되어 있으므로 이를 참고하여 각 설문 문항에 답변해 주시길 바랍니다. 또한, 각 문항별로 어떠한 의견이라도 경청할 예정이오니 빠짐없이 의견 주시길 요청 드립니다.

본 설문 조사와 관련된 어떠한 의견도 아래 연구 책임자에게 연락 주시면 최대한 반영하도록 하겠습니다. 귀중한 시간 할애해 주셔서 감사드립니다.

2013년 1월

주관기관 : 한국항공대학교
책임자 : 이형근 교수
주 소 : (412-791) 경기도 고양시 덕양구 항공대학로 76

다음은 위성항법 지역보강시스템(GBAS)의 개요를 정리한 것이오니 설문 참여에 앞서 참고 부탁드립니다.

1. 위성항법 지역보강시스템(GBAS) 개요

1.1. 시스템 개요

○ 전지구위성항법시스템(GNSS[6])은 우주 공간의 위성을 이용하여 지구상에서 사용자의 위치와 시각을 결정하는 시스템으로 미국의 GPS[7]가 대표적임 (러시아 GLONASS[8], 유럽 Galileo 등)

○ GNSS의 신호는 우주부분에서 사용자부분으로 전달되는 동안 이온층, 대류층 등을 통과하며 전파지연 오차, 주변 건물 및 지형으로 의한 다중경로오차 등이 발생하게 됨

○ 위성항법 지역보강시스템(GBAS)은 지상에 설치된 VDB 안테나를 통해 전달된 GBAS 정보를 활용하여 항공기에 GPS 신호의 보정정보를 제공하는 시스템

○ GBAS는 항공기의 안전한 운항을 위하여 GPS의 위치오차 보정정보 및 무결성 정보, 최종접근경로(FAS) 정보를 제공하도록 국제민간항공기구(ICAO[9])가 국제표준으로 정한 시스템으로 현재 위성항법 기술로는 유일하게 CAT-I급 이상의 정밀접근서비스를 제공함

- CAT-I급 정밀접근서비스를 제공하는 시스템은 개발 완료되어 운용 중임(미국, 독일)
- CAT-Ⅱ/Ⅲ급 정밀접근서비스를 제공할 수 있는 유일한 위성항법 기술임.

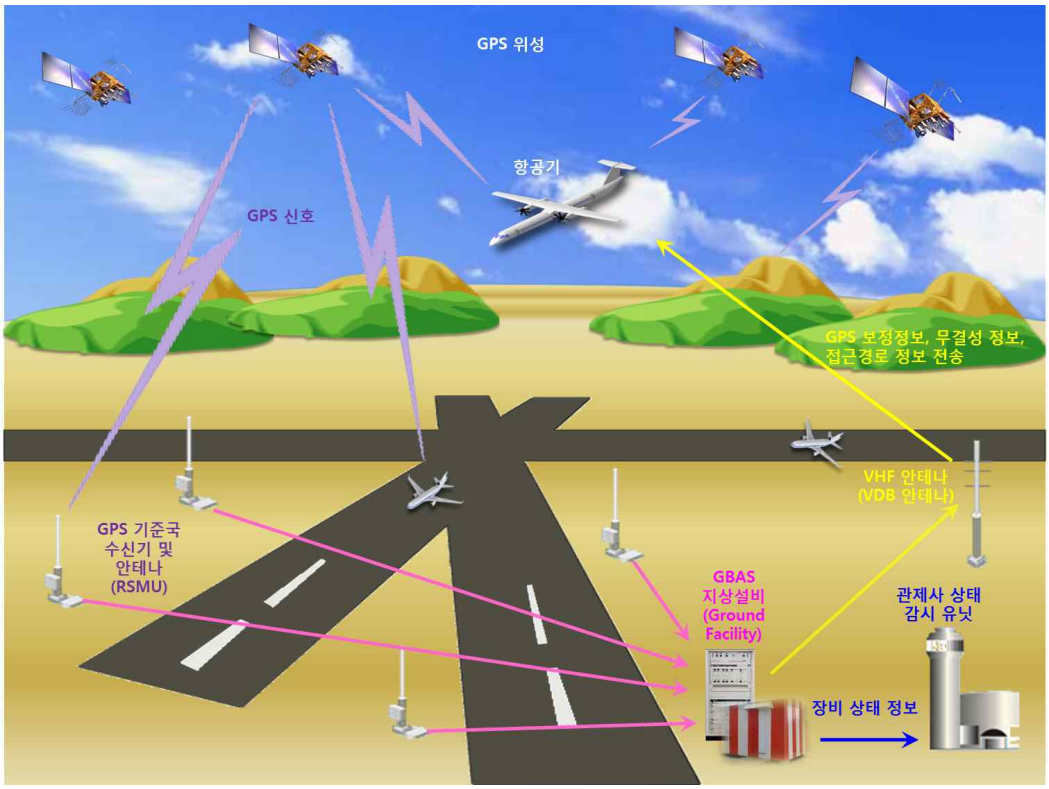
GNSS 기준	ILS 기준	설명	활주로 가시거리 (RVR)	착륙 결심고도 (DH:Decision Height)
GAST	Category			
GAST A	APV-I	APV I 성능을 위한 연산	1500m 이상	91~122m (300~400ft)
GAST B	APV-II	APV II 성능을 위한 연산	1000m 이상	76~91m (250~300ft)
GAST C	CAT-I	CAT-I 성능을 위한 연산	550m 이상	60m 이상 (200ft)
GAST D	CAT-II	CAT-II/III 성능을 위한 연산	350m 이상	30m~60m (100~200ft)
	CAT-IIIa		200m 이상	30m 미만 또는 제한 없음 (100ft 미만 / no DH)
	CAT-IIIb		50m≤RVR<200m	15m 미만 또는 제한 없음 (49ft 미만 / no DH)
	CAT-IIIc		제한 없음	제한 없음
GAST E (TBD)	CAT II 또는 CAT III	CAT II 성능 또는 L5/E5 CAT III	상황 따라 다름	
GAST F (TBD)	CAT III	다중성 양상, 다중주파수 CAT III 성능 레벨에 대한 계획	상황 따라 다름	

GBAS 지원 가능

GBAS 지상시스템 서비스 수준(GAST)

6) GNSS (Global Navigation Satellite System) 전지구위성항법시스템
7) GPS (Global Positioning System) 미국의 위성항법시스템
8) GLONASS (GLObal NAvigation Satellite System) 러시아의 위성항법시스템
9) ICAO (International Civil Aviation Organization) 국제민간항공기구

1.2. 시스템 구성 및 주요 기능



○ 지상시스템 구성품

1) 기준국 수신기

- GBAS 지상시스템은 4개의 기준국 수신기로 구성(GBAS CAT-I 기준)되어 있는데, 각 기준국 수신기는 GPS 안테나로부터 GPS 신호를 수신받아 GPS raw 데이터를 생성하고, 생성된 raw 데이터를 보정정보처리 프로세서로 제공함.

2) 기준국 수신기 안테나

- 각 기준국 수신기에 연결되어 GPS 위성으로부터 송신된 GPS 신호를 수신함.

3) GBAS 지상설비(Ground Facility)

- 보정정보처리장치, VDB 송신기, VDB 수신기, 전원공급장치 등으로 구성된 랙(Rack) 형상의 GBAS 주장비가 쉘터 안에 설치됨.

3-1) 보정정보처리장치

- 4개의 기준국 수신기로부터 공급받은 GPS raw 데이터를 이용하여 아래와 같은 VDB 메시지를 생성하고, 생성된 메시지를 VDB 송신기로 전송함.
  - GPS 위치오차 보정정보 및 무결성 정보(MT1, MT2)
  - 최종접근경로 정보(MT4)

3-2) VDB 송신기

- 보정정보처리 프로세서로부터 받은 VDB 메시지를 RF 신호로 변환하여 VDB 안테나로 공급함.

3-3) VDB 수신기

- VDB 송신기로부터 RF 신호를 받은 후 VDB 메시지로 변환하여 보정정보처리 프로세서로 공급함. 이는 VDB 송신기를 통해 전송되는 데이터의 품질을 모니터링하기 위함임.

4) VDB 송신기 안테나

- VDB 송신기로부터 받은 VDB RF 신호를 항공기로 전송함.

5) 유지보수 터미널

- 유지보수인력이 지상시스템의 운용 및 정비 작업을 수행 할 수 있도록 시스템에 접속할 수 있는 인터페이스를 제공함.

6) 관제사 상태감시 장치

- 관제탑, TRACON;s, 유지보수 운영센터, 항로(En-route) 레이더 시설 등에 설치되어, 시스템 모드 상태 및 GPS 위성군(constellation) 경보

정보를 시현함.

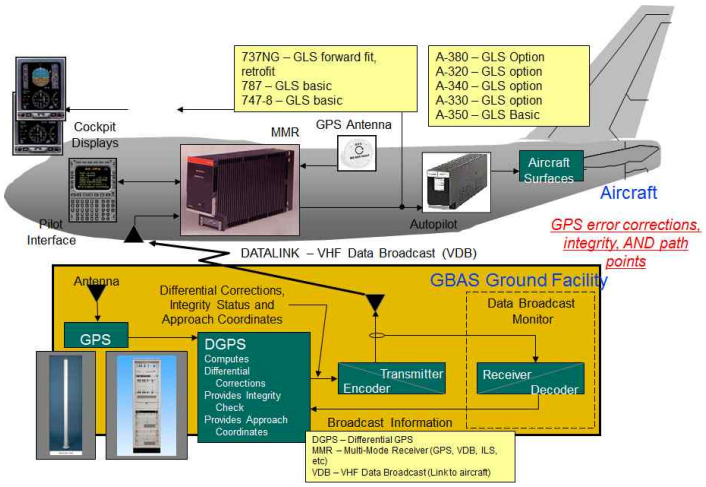
○ 탑재장비 구성품

1) 다중모드수신기(MMR)

- VDB 수신 안테나로부터 VDB RF 신호를 전송 받아 항공기 항법정보(위치, 속도, 시간) 및 착륙유도정보(수평/수직 비행 편이도, 활주로 시단까지의 거리)를 생성함.

2) VDB 수신 안테나

- GBAS 지상시스템의 VDB 안테나를 통해 송신된 VDB RF 신호를 수신하여 다중모드수신기로 공급함.



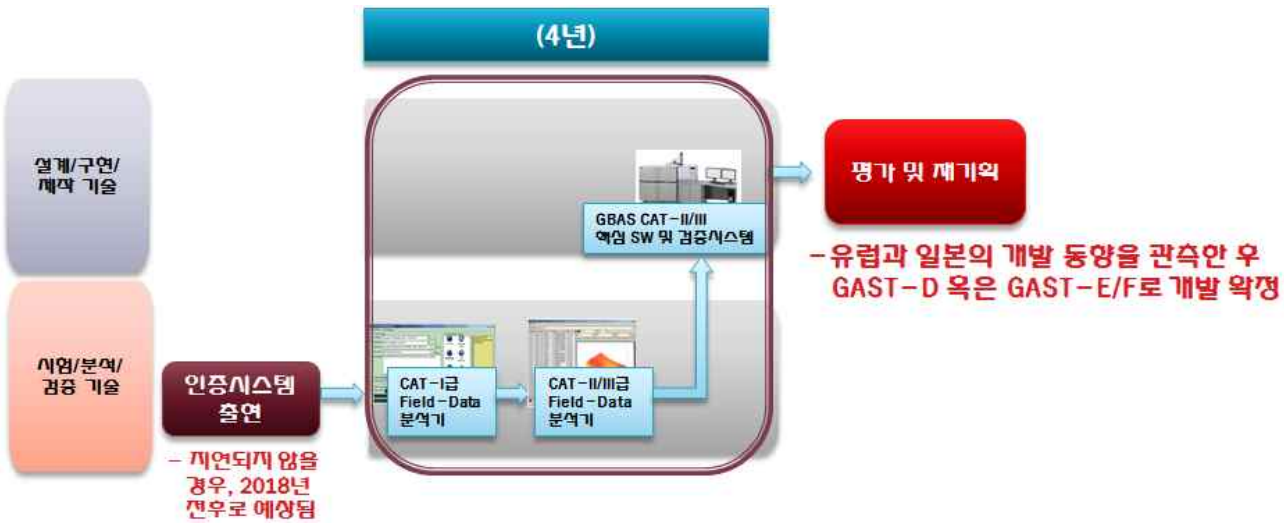
Ⅰ 개발 전략의 적절성

다음의 표1과 세가지 그림들은 GBAS CAT-Ⅱ/Ⅲ 시스템 기술 개발 전략별 방안을 초안으로 정리한 것입니다. 이를 참고하여 문1에 대한 의견을 부탁 드립니다.

표 1. 개발 전략(안) 및 전략별 사업 체계

< 개발 전략 >

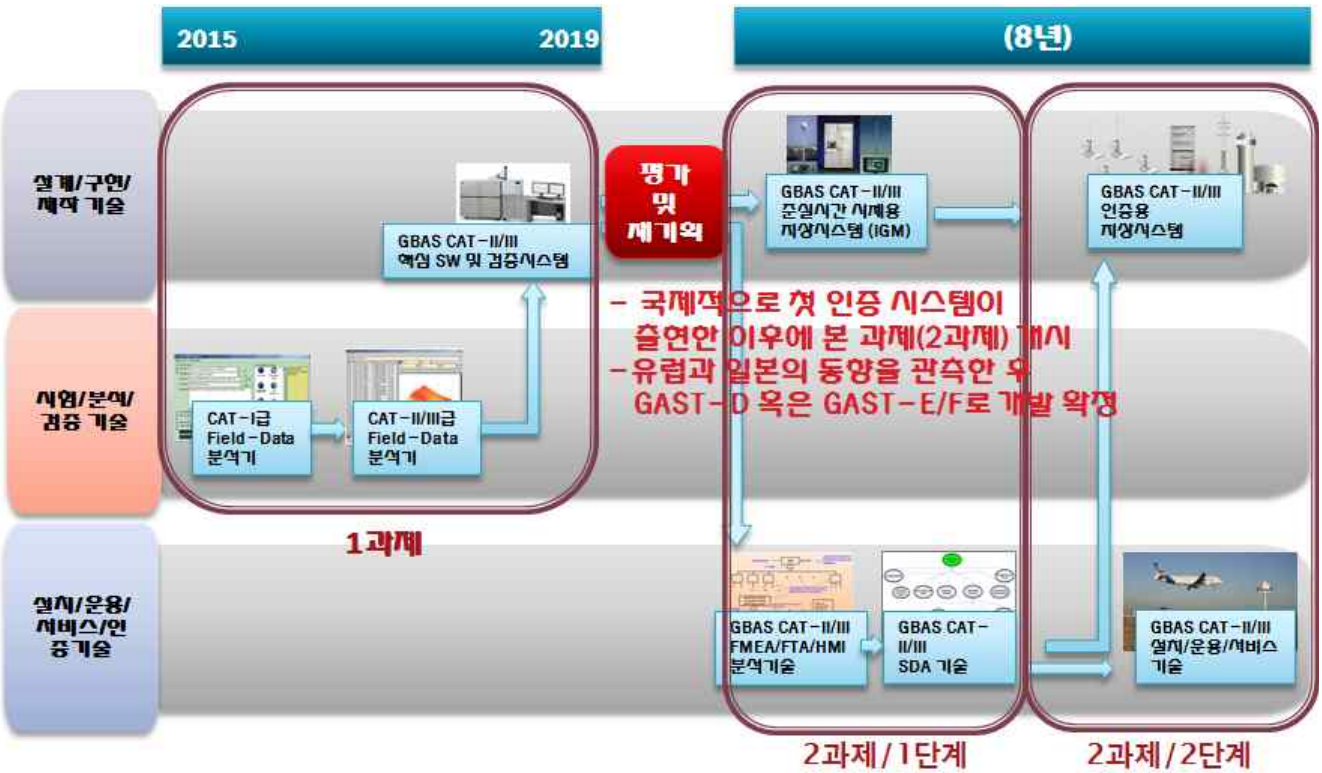
구분	전략 방안	전략 내용
전략 1	가장 보수적 전략	- 시작 시기를 조정하여 핵심기술만 개발 (최초 인증제품의 출현이 지연되지 않을 경우 2018년 전후로 예상됨)
전략 2	보수적 전략	- 핵심기술 개발을 우선 시작
전략 3	도전적 전략	- 첫 인증 시스템 출현 후에 인증 시스템 개발을 착수 - 인증시스템 개발은 2단계로 구분하여 실시



전략 1 : 가장 보수적 전략



전략 2 : 보수적 전략



전략 3 : 도전적 전략

문1. 위 표 1에 제시된 개발 방안은 기술 개발 전략과 관련하여 적절하다고 생각하십니까? [ ]

① 전반적으로 적절함
② 적절하나, 일부 보완이 필요함(☞문1-1로)
③ 전체적인 일정에서 부적절하므로, 재설계가 필요함(☞문1-2로)

문1-1. (문1의 ②번 응답자만) 기술 개발 전략의 보완 의견을 구체적으로 제시해 주시기 바랍니다.

문1-2. (문1의 ③번 응답자만) 기술 개발 전략이 부적절하다고 판단하신 근거 및 보완 의견을 구체적으로 제시해 주시기 바랍니다.

Ⅱ 핵심기술 개발 과제의 적절성

다음의 표2는 GBAS CAT-Ⅱ/Ⅲ 시스템 기술 개발에 있어서 핵심기술 개발 과제의 목표, 산출물, 그리고 소요 예산을 초안으로 정리한 것입니다. 이를 참고하여 문2와 문3에 대한 의견을 부탁드립니다.

표 2. 핵심기술 개발 과제(안) 개요 및 소요 예산

< 핵심기술 개발 과제의 목표, 산출물 및 소요 예산 >

	1 단계 과제 (4년)
과제명	GBAS 기술변혁에 대비한 기반 기술 조성 연구
목표	CAT-I 운용성 / 안전성 검증 및 CAT-Ⅱ/Ⅲ 기반 조성과 핵심기술 확보
산출물	- CAT-I 성능 분석 / 운용 기술 문서 - 체계설계 기술 문서 - GBAS 무결성 S/W - CAT-Ⅱ/Ⅲ 핵심기능 시험 및 검증 시스템
내용	- 무결성 분석 기술 - CAT-I 운용 경험 확보 및 안전성 검증
소요 예산	- 4,950(백만원)

< 핵심기술 개발 과제의 연차별소요 예산 >

(단위:백만원)

구분	항목	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	총 계
시스템 기술 개발	항목 소계	**500**	**700**	**800**	**1,000**	**2,450**
	CAT-II/III 시스템 개발 관리 연구(주관기관)	500	500	500	500	2,000
	CAT-II/III 시스템 개념 연구(공동연구/국내업체)		50	50	50	150
	CAT-II/III SDA 개념 연구(공동연구/해외업체)		100	100	100	300
핵심알고리즘 개발	항목 소계	**400**	**500**	**500**	**300**	**1,700**
	CAT-II/III 핵심알고리즘 설계	400	200			600
	CAT-II/III 핵심알고리즘 구현		300	500	100	900
	CAT-II/III 핵심알고리즘 단위 시험				200	200
검증 및 평가 기술 개발	항목 소계	**50**	**150**	**200**	**200**	**800**
	CAT-II/III 무결성 알고리즘 검증시스템 설계		50			50
	CAT-II/III 무결성 알고리즘 검증시스템 제작			100		100
	CAT-II/III 무결성 알고리즘 검증시스템 시험평가				150	150
	CAT-I 운용성 및 안전성 평가를 위한 시험운용	150	150	100	100	500
년도별 총계		1,050	1,350	1,350	1,200	4,950

문2. 위 표 2에 제시된 핵심기술 개발 방안은 적절하다고 생각하십니까? [ ]

① 전반적으로 적절함
② 적절하나, 일부 보완이 필요함
③ 전체적인 일정에서 부적절하므로, 재설계가 필요함(☞문2-1로)

문2-1. (문2의 ③번 응답자만) 핵심기술 개발 방안이 부적절하다고 판단하신 근거 및 보완 의견을 구체적으로 제시해 주시기 바랍니다.

문3. 표 2에 제시된 핵심기술 개발 과제의 소요 예산 책정과 관련하여 적절하다고 생각하십니까? [ ]

① 전반적으로 적절함
② 적절하나, 일부 보완이 필요함
③ 전체적인 선후관계가 부적절하므로, 재설계가 필요함(☞문3-1로)

문3-1. (문3의 ③번 응답자만) 핵심기술 개발 과제의 소요 예산 책정이 부적절하다고 판단하신 근거 및 보완 의견을 구체적으로 제시해 주시기 바랍니다.

Ⅲ 성능 관련 핵심기술 분류의 적절성

다음의 표3은 GBAS CAT-Ⅱ/Ⅲ 시스템의 성능 관련 핵심기술 분류 및 정의를 정리한 것입니다. 이를 참고하여 문4와 문5에 대한 의견을 부탁드립니다.

표3. 성능 관련 핵심기술 분류 및 정의

대분류	중분류	소분류	세부기술	CAT-I	CAT-II/III
정확성	다중 위성항법시스템	다중 위성항법시스템 시각동기			○
		GLONASS(러시아)			○
	신호 수신/해독	다중 주파수 신호 수신 기술		○	
	신호 잡음 저감	반송파기반스무딩기술	30초 시간상수 이용한 평활화		○
			100초 시간상수 이용한 평활화	○	
	보정 정보 생성	다중 기준수신기 및 위성 시계오차 제거		○	
		다중 기준수신기 보정정보 생성		○	
무결성	SIS	궤도력고장 검출 기술	Ephemeris-Ephemeris Test	●	
			Almanac-Ephemeris Test	●	
			Measurement Based Test	●	
			YE-TE Test	●	
		신호고장 검출기술	신호체기테스트(C/NO)	●	
			Correlation Peak Symmetry 테스트	○	
			Excessive Interference 테스트	○	
			4개의 상관기를 이용한 SQM (※기존3개)		△
		시계고장 검출기술	Carrier Acceleration Step 테스트	●	
	신호측정 및 방송	지상국수신기 고장 검출기술	MRCC(Multi Reference Consistency Check) 모니터	●	
			Carrier-Smoothed Code Innovation	●	
			신호추적시간테스트(Lock Time Check)	○	
			Sigma-Mean Monitor	○	
			RRFM(Reference Receiver Fault Monitor)		○

대분류	중분류	소분류	세부기술	CAT-I	CAT-II/III
무결성	전리층	전리층 이상 현상 감지 기술	Code-carrier Divergence Monitor	●	
			Spatial Gradient Change Monitor		○
			Adaptive Filtering of Divergence		△
			DivergenceCUSUM (Cumulative Sum)		△
			GeometryScreening		○
			Dual Smoothing Ionosphere Gradient Monitor		○
			Ionosphere Field Monitor (IFM)		○
	신호측정 및 방송	VDB 고장 검출 기술	VDB모니터	○	
		지상국다중경로오차 및 잡음 감지 기술	Sigma-mean Monitor	●	
	무결성 중앙처리	Executive Monitoring (EXM)	고장판단 및 의사결정기술	○	
			MRCC 모니터와 연계기술	○	
			Sigma-Mean 모니터와 연계기술	○	
			GBAS 지상시스템 Self-Recovery기술	○	
			GBAS지상시스템 Maintenance기술	○	
			보정정보 메시지 고장감시 기술	●	
			GBAS 지상 시스템 장비의 Redundancy 증가		△
			불논리(BooleanLogic)의 대안 모색		△
			의사거리 측정치 배제(Exclusion) 과정의 효율화		△
	항공기 무결성 확보	위치 보호 수준 예측 기술	H0 ProtectionLevel알고리즘	○	
			H1 ProtectionLevel알고리즘	○	
			HEProtectionLevel알고리즘	○	
			보조센서결합 ProtectionLevel알고리즘		△
		측정값 오차 모델링 기술	항공기 신호 잡음	○	
			항공기 다중 경로 오차	○	
			고도차에 따른 대류층 잔류오차	●	
			전리층 잔류 오차	●	
			지상국 셀비 오차	○	
			이중평활화(Dual Smoothing) 오차		○

문4. 표 3에서 제시된 성능 관련 핵심기술 분류 자료를 참고하여 아래 질문들에 대한 검토 의견을 주시기 바랍니다.

(검토결과는 절대아님 : ①, 약간아님 : ②, 보통 : ③, 약간포함 : ④, 매우포함 : ⑤ 로 표시해 주십시오)



검토 의견	검토 결과 (응답란)
1) 핵심요소기술을 중심으로 적절히 분류되었는가?	
2) 운용요구조건(임무)에 직접적으로 영향을 주는 기술이 모두 포함되었는가?	
3) 개발일정에 영향을 주는 모든 기술이 고려되었는가?	
4) 핵심기술 개발 가능성(가용비용 등)에 중요한 영향을 주는 기술이 모두 고려되었는가?	
5) 시스템개발수명주기(예. 나선형개발)에 적합한 기술이 모두 고려되었는가?	
6) 해당 기술에 대한 개발의 필요성이 있는가?(기술도입 여부 검토)	
7) 조기기술개발 완료 혹은 기술개발 지연이 체계전체에 주는 영향이 고려되었는가?	
8) 새로운 유사환경에서 실현되도록 다시 개발된 기술인가?	
9) 예상되는 환경에서 작동될 것으로 기대되거나, 설계 의도나 규정된 성능을 초과할 것으로 기대되는가?	

문5. 표 3에 제시된 성능 관련 핵심기술 구분에 대한 추가적인 의견이 있으시면 작성하여 주시기 바랍니다.

Ⅳ 공항 수요 분석

다음의 표4는 국내공항 운항점유율을 정리한 것입니다. 이를 참고하여 문6에 대한 의견을 부탁드립니다.

표4. 2010~2012년 국내공항 운항점유율

자료 : 항공통계(2013)

구분		인천	김포	김해	제주	대구	청주	무안	양양	여수	포항	광주	울산	사천	군산	원주	계
국내선	2010	1.6	35.3	13.4	33.4	2.5	2.8	0.1	0.0	1.9	1.2	3.5	2.9	0.7	0.5	0.2	100.0
	2011	1.6	35.4	12.7	35.3	2.4	2.6	0.1	0.0	1.9	1.2	3.6	2.0	0.6	0.5	0.2	100.0
	2012	1.9	35.0	12.6	36.1	2.3	2.5	0.1	0.0	1.9	1.1	3.5	1.8	0.6	0.4	0.2	100.0
	평균	1.7	35.2	12.9	34.9	2.4	2.6	0.1	0.0	1.9	1.2	3.5	2.2	0.6	0.5	0.2	100.0
국제선	2010	81.9	5.9	9.0	2.1	0.4	0.4	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
	2011	80.1	6.7	10.0	2.0	0.5	0.5	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
	2012	79.1	6.8	10.3	2.7	0.4	0.4	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
	평균	80.3	6.5	9.8	2.3	0.4	0.4	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0

문6. GBAS 시스템이 설치될 국내 공항의 수요 분석 설문입니다. 표 4의 국내선 및 국제선 운항 점유율을 고려하여 2026년 GBAS 시스템 설치가 필요한 공항 수요는 어느 정도로 생각하고 있습니까? [ ]

① 1개 공항
② 2~3개 공항
③ 4~5개 공항
④ 6~7개 공항
⑤ 8개 이상 공항
⑥ 기타 ( ) (☞문6-1로)

문6-1. 2026년 GBAS 시스템 설치가 필요한 공항 수요에 대한 의견을 구체적으로 제시해 주시기 바랍니다.

V GBAS 장착률

다음의 자료와 표5는 2012년 International GBAS Working Group에서 Honeywell이 전망한 GBAS 장착률 관련 자료입니다. 이를 참고하여 문7에 대한 의견을 부탁드립니다.

□ Honeywell의 GBAS 장착률 전망 자료

- Honeywell 사의 경우 전반적으로 높은 GBAS 장착률을 전망하고 있음. 이는 장비개발업체의 시장 확대 희망이 반영된 결과로 보임.

표5. Honeywell GBAS 장착률 전망 자료

Inflection Point is 2016 – Aircraft Equipage

Honeywell

Aircraft Type	#total (GLS enabled estimate)		
	2012	2016	2025
737 NG, MAX	4018 (200)	5513 (800)	11161 (6500)
747-8	48 (48)	110 (110)	36 (36)
787	101 (101)	559 (559)	1585 (1585)

2016 = Inflection Point for Aircraft Equipage

Estimate 2200-3000 aircrafts will have MMR/INR that are GLS capable

Aircraft Type	#total (GLS enabled estimate)		
	2012	2016	2025
320 (>2004)	4000 (200)	5500 (800)	8500 (4400)
330, 340	1249 (100)	1520 (200)	1203 (800)
350	0	52 (20)	1042 (500)
380	93 (93)	207 (207)	389 (389)

1 NAV-Precision Landing Systems 2010 Business Plan DRAFT - Protected by the Attorney-Client Privilege/Produced at the Request of Counsel File Number- 1

위 표에서 괄호 밖과 괄호 안의 수치는 각각 총 항공기의 수와 GBAS 기능이 장착된 항공기의 수를 나타냄. 즉, "총항공기수(GBAS 기능 장착 항공기)"

- 표 5를 참고하면 (2016년 평균 20% 2025년 평균 60%) Logistic 성장곡선 모형을 이용하여 2045년까지 추정할 수 있음.
- 표 5에 의하면 2025년 대형기종 (B787, A380)에 100% GBAS 장비 장착을 전망하고 있음. 기타 항공기는 기종별 50%~75% 장착 전망함.

문7. GBAS 시스템이 운영되기 위해서는 지상뿐만 아니라 항공기에도 GBAS(MMR)장비가 장착되어야 합니다. 표 5를 참고하면 2026년 이후 우리나라 국적기 MMR 장착률에 대한 전망을 어떻게 보고 있습니까? [ ]

① 2026년 장착률 10%로 시작하여 2045년 80%까지 성장
② 2026년 장착률 20%로 시작하여 2045년 90%까지 성장
③ 2026년 장착률 30%로 시작하여 2045년 80%까지 성장
④ 2026년 장착률 30%로 시작하여 2045년 100%까지 성장
⑤ 기타 2026년 장착률 ( )%로 시작하여 연간 ( )% 성장(☞문7-1로)

문7-1. 2026년 이후 우리나라 국적기 MMR 장착률에 대한 전망을 구체적으로 제시해 주시기 바랍니다.

Ⅵ GBAS 접근관제 적용 구간

문8. 접근관제는 공항 관제실에서 공항으로 진입하고나 이륙하는 항공기를 관제하는 업무에 해당합니다. 우리나라 공역에서 여객 항공기의 비행시간을 최대 2시간으로 가정했을 때, GBAS 시스템의 공항 접근 관제 시간은 어느 정도로 보고 있습니까? 〔 〕

① 5분
② 10분
③ 15분
④ 20분
⑤ 25분
⑥ 기타 ( ) (☞문8-1로)

문8-1. GBAS 시스템의 공항 접근 관제 시간에 대한 추가적인 의견이 있으시면 작성하여 주시기 바랍니다.

Ⅶ 항공기 유형별 점유 비율

다음의 표6은 2013년 4월을 기준으로 한 국내 항공사 항공기의 유형별 점유 비율을 정리한 것이며 표7은 2012년을 기준으로 국제선의 지역별 운항 편수를 정리한 것입니다. 이를 참고하여 문9에 대한 의견을 부탁드립니다.

표6. 국내 항공사 항공기 유형별 점유 비율

2013. 04 기준

유형	대수	비율(%)	비고
대형	148	53.8	B747, B777, B767, A380, A300, 330-300
중형	99	36.0	B737-800/900, A330-200, A321-100/200
소형	28	10.2	B737-400/500/600/700, A320-200
계	275	100.0	-

표7. 2012년 국제선 도착 기준 지역별 운항 편수

2012년 기준

거리	지역	운항횟수	점유율	비 고
장거리	미주	15,200	20.93	대형기종
	유럽	8,278		
	독립연합	2,931		
	중동	1,717		
	아프리카	86		
	대양주	4,548		
	소계	32,760		
중거리	동남아	46,421	29.65	대형/중형기종
단거리	일본	34,976	49.42	중형/소형기종
	중국	42,395		
	소계	77,371		
합계		156,552	100.0	-

문9. 다음은 국내 보유 항공기 기종 자료 및 국제선 도착기준 지역별 운항 편수입니다. 표 6과 표 7을 참고로 2026년 이후 국내 운항 항공기의 예상 점유율은 어떻게 보고 있습니까? [ ]

구 분	국제선			국내선		
	대형	중형	소형	대형	중형	소형
①	20%	30%	50%	10%	30%	60%
②	25%	33%	42%	10%	50%	40%
③	35%	40%	25%	10%	50%	40%
④(기타)	( )%	( )%	( )%	( )%	( )%	( )%

문9-1. 2026년 이후 국내 운항 항공기의 예상 점유율에 대한 추가적인 의견이 있으시면 작성하여 주시기 바랍니다.

Ⅷ GBAS 시설 연간 유지비용 및 연간 노후화율

다음의 표8은 2005년에 Eurocontrol에서 추산한 GBAS 시설의 설치 및 유지비용을 정리한 것입니다. 이를 참고하여 문10~문13에 대한 의견을 부탁드립니다.

표 8. Eurocontrol, 2005 Report on the Eurocontrol Xls business Case

GLS unit cost

The table below gives the GLS itemised costs in KEUR.

Cost items	Cost in K€
GLS CAT I Infrastructure	500
GLS CAT II/III Infrastructure	1 000
Civil works	44
Installation & Commissioning	120
Flight Certification	30
Operating cost/year	43

문10. 표8의 EUROCONTROL 자료에 따르면 GBAS CATⅡ/Ⅲ 시스템의 도입 및 설치가격(판매비)은 약 1194 KEUR = 약 25억(2005년 대비 물가상승률, 수입물가 및 2013년 환율 적용)입니다. 국내 개발 후 해외 판매를 위해 가격 경쟁력을 감안할 경우 적정한 판매가격은 어느 정도로 보고 있습니까? ( )

① 해외 시스템의 95% 수준
② 해외 시스템의 90% 수준
③ 해외 시스템의 85% 수준
④ 해외 시스템의 80% 수준
⑤ 기타 ( ) (☞문10-1로)

문10-1. 국내 개발 후 해외 판매를 위해 가격 경쟁력을 감안할 경우 적정한 판매가격에 대한 추가적인 의견이 있으시면 작성하여 주시기 바랍니다.

문11. 표8의 EUROCONTROL 자료를 바탕으로 추정된 GBAS시스템의 유지비용은 연간 43 KEUR = 약 1억원(2005년 대비 물가상승률, 수입물가 및 2013년 환율 적용)입니다. 국내 개발할 경우 원천기술 확보, 부품의 국산화 등으로 인해 연간 유지보수 비용이 절약될 것으로 기대됩니다. 적정한 연간 유지비용은 어느 정도로 보고 있습니까? [ ]

① 해외 시스템의 95% 수준
② 해외 시스템의 90% 수준
③ 해외 시스템의 85% 수준
④ 해외 시스템의 80% 수준
⑤ 기타 ( ) (☞문11-1로)

문11-1. 연간 유지비용에 대한 추가적인 의견이 있으시면 작성하여 주시기 바랍니다.

문12. 연간 유지비용에는 시설운영비, 부품비, 인건비 등이 포함됩니다. 이중 부품판매로 인한 점유율은 어느 정도로 생각하고 있습니까? [ ]

① 10% 이하
② 10~30%
③ 30~50%
④ 50~70%
⑤ 기타 ( ) (☞문12-1로)

문12-1. 부품판매로 인한 점유율에 대한 추가적인 의견이 있으시면 작성하여 주시기 바랍니다.

문13. 대부분의 기계 설비는 노후화로 인하여 연간 유지보수 비용이 증가하게 됩니다. GBAS 시스템의 적정 연간 노후화율에 대해 어느 정도로 생각하고 있습니까? 〔 〕

① 3%
② 4%
③ 5%
④ 6%
⑤ 기타 ( ) (☞문13-1로)

문13-1. GBAS 시스템의 적정 연간 노후화율에 대한 추가적인 의견이 있으시면 작성하여 주시기 바랍니다.

♣ 끝까지 응답해 주셔서 감사드립니다. ♣

Appendix C-2_2 : 2차 전문가 설문조사 응답 결과

일 시 : 2014.01.21 ~ 2014.01.29
설문 인원 : 10 명

I. 개발 전략의 적절성

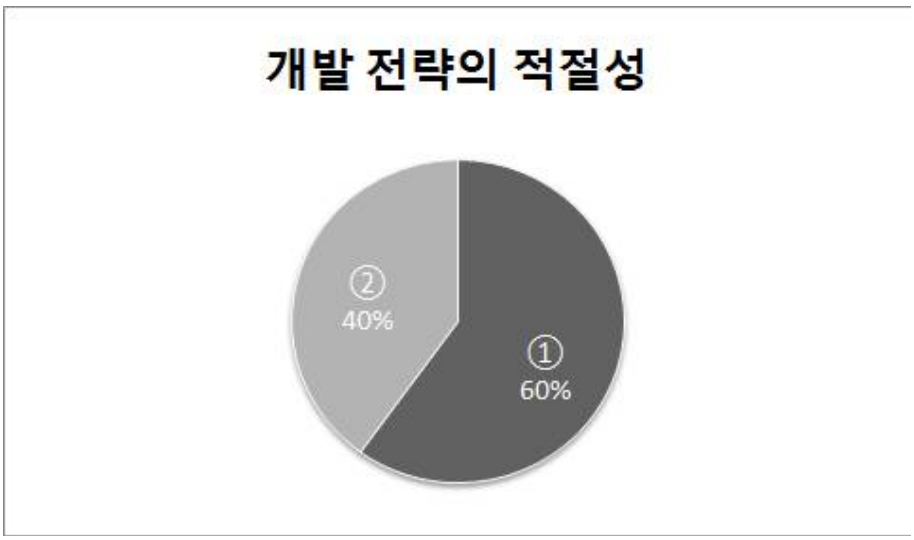
표 1. 개발 전략(안) 및 전략별 사업 체계

< 개발 전략 >

구분	전략 방안	전략 내용
전략 1	가장 보수적 전략	- 시작 시기를 조정하여 핵심기술만 개발 (지연되지 않을 경우 2018년 전후로 예상됨)
전략 2	보수적 전략	- 핵심기술 개발을 우선 시작
전략 3	도전적 전략	- 첫 인증 시스템 출현 후에 인증 시스템 개발을 착수 - 인증시스템 개발은 2단계로 구분하여 실시

문 1. 위 표 1에 제시된 개발 방안은 기술 개발 전략과 관련하여 적절하다고 생각하십니까?

① 전반적으로 적절함 (6)
② 적절하나, 일부 보완이 필요함 (4)
③ 전체적인 일정에서 부적절하므로, 재설계가 필요함



문 1-1. (문1의 ②번 응답자만) 기술 개발 전략의 보완 의견을 구체적으로 제시해 주시기 바랍니다.

- 전반적으로는 적절함. 전략 1, 2의 경우 핵심기술 혹은 기초 기술 연구 결과만 도출되고 마는 경우도 발생될 수 있으므로 GBAS CAT-I 연구의 경험이 계속 기초 기술 연구로만 이어진다고 볼 수 있음.
- 이에, 전략 II에 GBAS CAT-I의 국산화 연구를 보다 심도 있게(운용기술까지 포함시켜) 함과 동시에 CAT-II/III 핵심기술 연구를 진행한다면 CAT-I의 실증적 결과와 CAT-II/III의 핵심기술 사전 연구가 이루어질 수 있을 것으로 판단됨. 이를 반영한다면 예산도 그에 맞게 증액되어야 한다고 생각됨.

- CAT-I 인증 장비 개발을 포함하여 로드맵 수립 검토 필요.

- 전략 2의 핵심기술 개발에 대한 내용 보완 필요.
  - 시스템 개발에 따른 전략 방향이 전략 2의 기술개발 내용에 영향성이 너무 과다함.

- 보수적 전략의 가정과 도전적 전략의 가장이 외부적인 요소만으로 결정되기 보다는 지체의 가정이 필요함. 시나리오도 고려.
  - 국제적 첫 인증 시스템 – 완료 / 완료 지연 시

II. 1 단계 과제 기획의 적절성

< 1 단계 과제 목표, 산출물 및 소요 예산 >

	1 단계 과제 (4년)
과제명	GBAS 기술변혁에 대비한 기반 기술 조성 연구
목표	CAT-I 운용성 / 안전성 검증 및 CAT-II/III 기반 조성과 핵심기술 확보
산출물	- CAT-I 성능 분석 / 운용 기술 문서 - 체계설계 기술 문서 - GBAS 무결성 S/W - CAT-II/III 핵심기능 시험 및 검증 시스템
내용	- 무결성 분석 기술 - CAT-I 운용 경험 확보 및 안전성 검증
소요 예산	- 4,950(백만원)

< 1 단계 연차별소요 예산 >

(단위:백만원)

구분	항목	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	총 계
시스템 기술 개발	항목 소계	**500**	**700**	**800**	**1,000**	**2,450**
	CAT-II/III 시스템 개발 관리 연구(주관기관)	500	500	500	500	2,000
	CAT-II/III 시스템 개념 연구(공동연구/국내업체)		50	50	50	150
	CAT-II/III SDA 개념 연구(공동연구/해외업체)		100	100	100	300
핵심알고리즘 개발	항목 소계	**400**	**500**	**500**	**300**	**1,700**
	CAT-II/III 핵심알고리즘 설계	400	200			600
	CAT-II/III 핵심알고리즘 구현		300	500	100	900
	CAT-II/III 핵심알고리즘 단위 시험				200	200
검증 및 평가 기술 개발	항목 소계	**50**	**150**	**200**	**200**	**800**
	CAT-II/III 무결성 알고리즘 검증시스템 설계		50			50
	CAT-II/III 무결성 알고리즘 검증시스템 제작			100		100
	CAT-II/III 무결성 알고리즘 검증시스템 시험평가				150	150
	CAT-I 운용성 및 안전성 평가를 위한 시험운용	150	150	100	100	500
년도별 총계		1,050	1,350	1,350	1,200	4,950

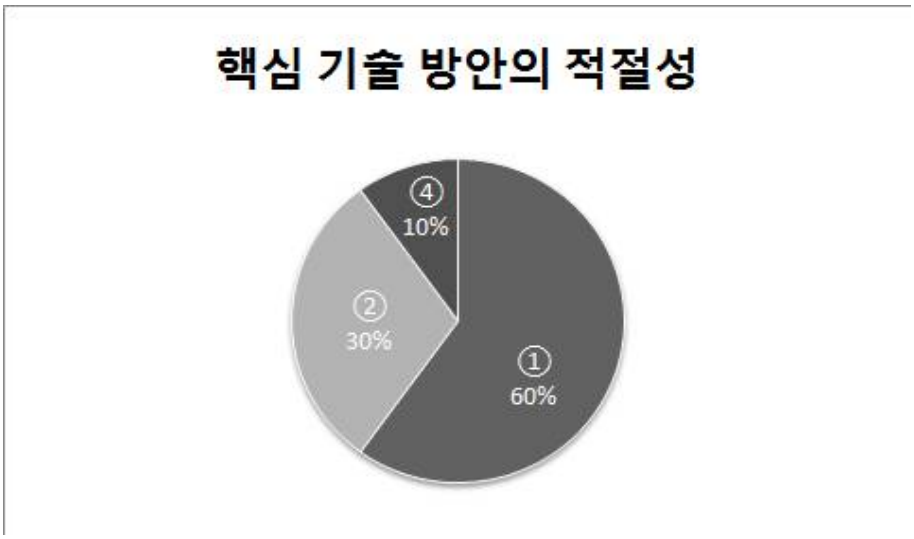
문2. 위 표 2에 제시된 방안은 1 단계 과제 기획과 관련하여 적절하다고 생각하십니까?

① 전반적으로 적절함 (6)

② 적절하나, 일부 보완이 필요함 (3)

③ 전체적인 일정에서 부적절하므로, 재설계가 필요함

④ 무응답 (1)



문2-1. (문2의 ③번 응답자만) 단계별 과제 기획이 부적절하다고 판단하신 근거 및 보완 의견을 구체적으로 제시해 주시기 바랍니다.

• CAT-II/III만을 적용 시 적절함.

• 사업 추진 타당성이 있을 경우 적절함.

• 체계 중심의 기술 개발 중심임. 변경 가능성이 높음 • 요소 기술에 대한 기술개발(좀 더 세분화하여) 비중을 높이는 것에 대한 검토 건의함.

• CAT-I 운용성 및 안전성 평가를 위한 시험 운용에 대해서는 기 완료된 과제와의 중복성 등을 고려할 필요가 있으며, 중복된 것이 아니라면 무엇이 다른지에 대해 적절한 설명 등이 필요할 것임.

문3. 표 2에 제시된 1 단계 과제의 소요 예산 책정과 관련하여 적절하다고 생각하십니까?

① 전반적으로 적절함 (4)

② 적절하나, 일부 보완이 필요함 (3)

③ 전체적인 선후관계가 부적절하므로, 재설계가 필요함(1)

④ 무응답 (2)



문3-1. (문3의 ③번 응답자만) 1 단계 과제의 소요 예산 책정이 부적절하다고 판단하신 근거 및 보완 의견을 구체적으로 제시해 주시기 바랍니다.

• 검증 시스템을 해외 구매 하는 경우 해당 비용으로 제작이 어려울 것으로 예상됨.

• 기존에 수행한 과제에 5억을 투자한다는 것에는 이견이 많이 있을 것으로 판단됨. 문 2에 대한 사항이 보완하고서 예산 분배 필요.

III. 성능 관련 핵심기술 분류의 적절성

표3. 성능 관련 핵심기술 분류 및 정의

대분류	중분류	소분류	세부기술	CAT-I	CAT-II/III
정확성	다중 위성항법시스템	다중 위성항법시스템 시각동기			○
		GLONASS(러시아)			○
	신호 수신/해독	다중 주파수 신호 수신 기술		○	
	신호 잡음 저감	반송파기반스무딩기술	30초 시간상수 이용한 평활화		○
			100초 시간상수 이용한 평활화	○	
	보정 정보 생성	다중 기준수신기 및 위성 시계오차 제거		○	
		다중 기준수신기 보정정보 생성		○	
무결성	SIS	궤도해고장 검출 기술	Ephemeris-Ephemeris Test	●	
			Almanac-Ephemeris Test	●	
			Measurement Based Test	●	
			YE-TE Test	●	
		신호고장 검출기술	신호세기테스트(C/NO)	●	
			Correlation Peak Symmetry 테스트	○	
			Excessive Interference 테스트	○	
			4개의 상관기를 이용한 SQM (※기존3개)		△
		시계고장 검출기술	Carrier Acceleration Step 테스트	●	
	신호측정 및 방송	지상국수신기 고장 검출기술	MRCC(Multi Reference Consistency Check) 모니터	●	
			Carrier-Smoothed Code Innovation	●	
			신호추적시간테스트(Lock Time Check)	○	
			Sigma-Mean Monitor	○	
			RRFM(Reference Receiver Fault Monitor)		○

대분류	중분류	소분류	세부기술	CAT-I	CAT-II/III
무결성	전리층	전리층 이상 변상 감지 기술	Code-carrier Divergence Monitor	●	
			Spatial Gradient Change Monitor		○
			Adaptive Filtering of Divergence		△
			DivergenceCUSUM (Cumulative Sum)		△
			GeometryScreening		○
			Dual Smoothing Ionosphere Gradient Monitor		○
			Ionosphere Field Monitor (IFM)		○
	신호측정 및 방송	VDB 고장 검출 기술	VDB모니터	○	
		지상국다중경로오차 및 잡음 감지 기술	Sigma-mean Monitor	●	
	무결성 중앙처리	Executive Monitoring (EXM)	고장판단 및 의사결정기술	○	
			MRCC 모니터와 연계기술	○	
			Sigma-Mean 모니터와 연계기술	○	
			GBAS 지상시스템 Self-Recovery기술	○	
			GBAS지상시스템 Maintenance기술	○	
			보정정보 메시지 고장감시 기술	●	
			GBAS 지상 시스템 장비의 Redundancy 증가		△
			불논리(BooleanLogic)의 대안 모색		△
			의사거리 측정치 배제(Exclusion) 과정의 효율화		△
	항공기 무결성 확보	위치 보호 수준 계측 기술	H0 ProtectionLevel알고리즘	○	
			H1 ProtectionLevel알고리즘	○	
			HEProtectionLevel알고리즘	○	
			보조센서결합 ProtectionLevel알고리즘		△
		측정값 오차 모델링 기술	항공기 신호 잡음	○	
			항공기 다중 경로 오차	○	
			고도차에 따른 대류층 잔류오차	●	
			전리층 잔류 오차	●	
			지상국 셉비 오차	○	
			이중평활화(Dual Smoothing) 오차		○

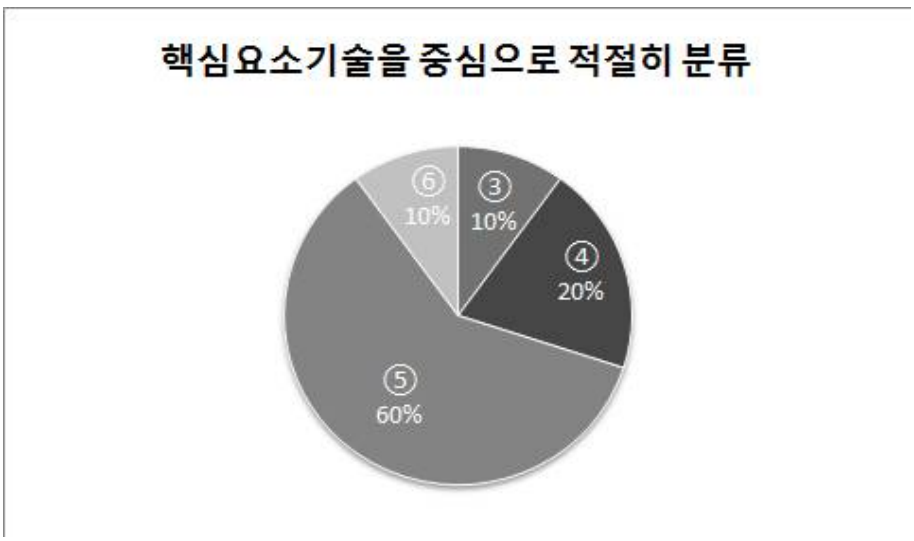
문4. 표 3에 제시된 성능 관련 핵심기술 분류 자료를 참고하여 아래 질문들에 대한 검토 의견을 주시기 바랍니다.

(검토결과는 절대아님 : ①, 약간아님 : ②, 보통 : ③, 약간포함 : ④, 매우포함 : ⑤ 로 표시해 주십시오)

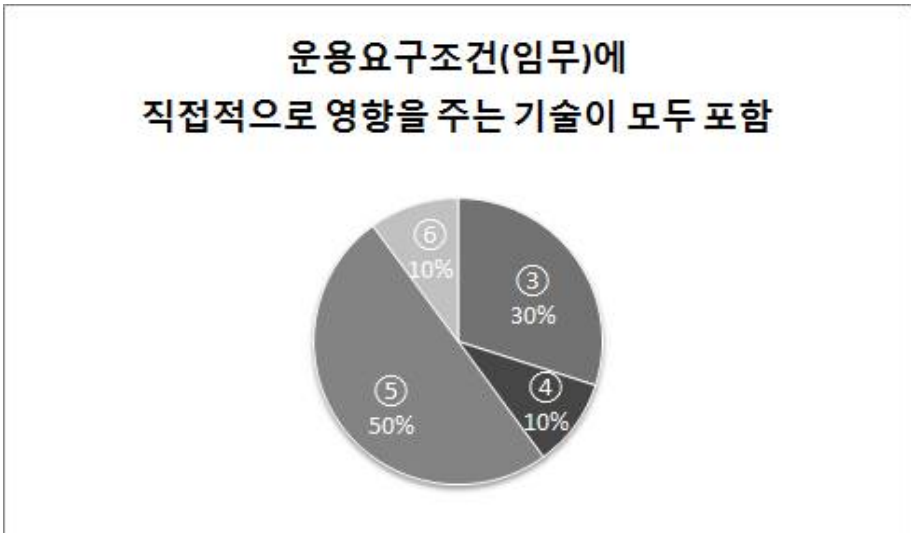
절대 아님 ① — 약간 아님 ② — 보통 ③ — 약간포함 ④ — 매우 포함 ⑤

검토 의견	검토 결과 (응답란)
1) 핵심요소기술을 중심으로 적절히 분류되었는가?	
2) 운용요구조건(임무)에 직접적으로 영향을 주는 기술이 모두 포함되었는가?	
3) 개발일정에 영향을 주는 모든 기술이 고려되었는가?	
4) 핵심기술 개발 가능성(가용비용 등)에 중요한 영향을 주는 기술이 모두 고려되었는가?	
5) 시스템개발수명주기(예. 나선형개발)에 적합한 기술이 모두 고려되었는가?	
6) 해당 기술에 대한 개발의 필요성이 있는가?(기술도입 여부 검토)	
7) 조기기술개발 완료 혹은 기술개발 지연이 체계전체에 주는 영향이 고려되었는가?	
8) 새로운 유사환경에서 실현되도록 다시 개발된 기술인가?	
9) 예상되는 환경에서 작동될 것으로 기대되거나, 설계 의도나 규정된 성능을 초과할 것으로 기대되는가?	

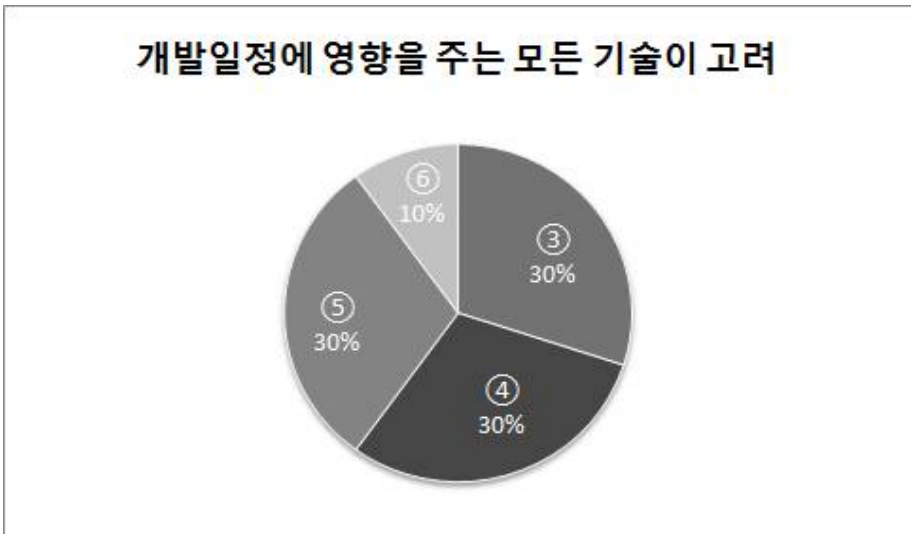
1) 핵심요소기술을 중심으로 적절히 분류되었는가?



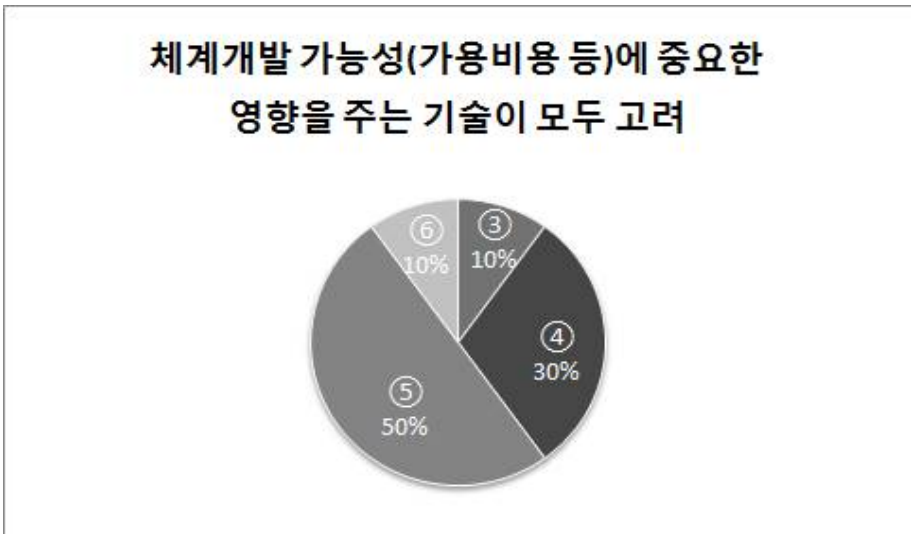
2) 운용요구조건(임무)에 직접적으로 영향을 주는 기술이 모두 포함되었는가?



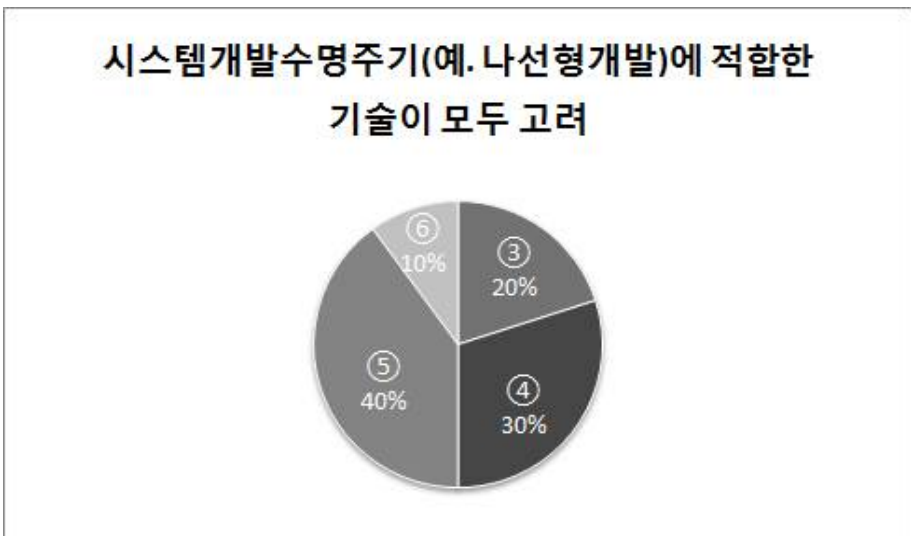
3) 개발일정에 영향을 주는 모든 기술이 고려되었는가?



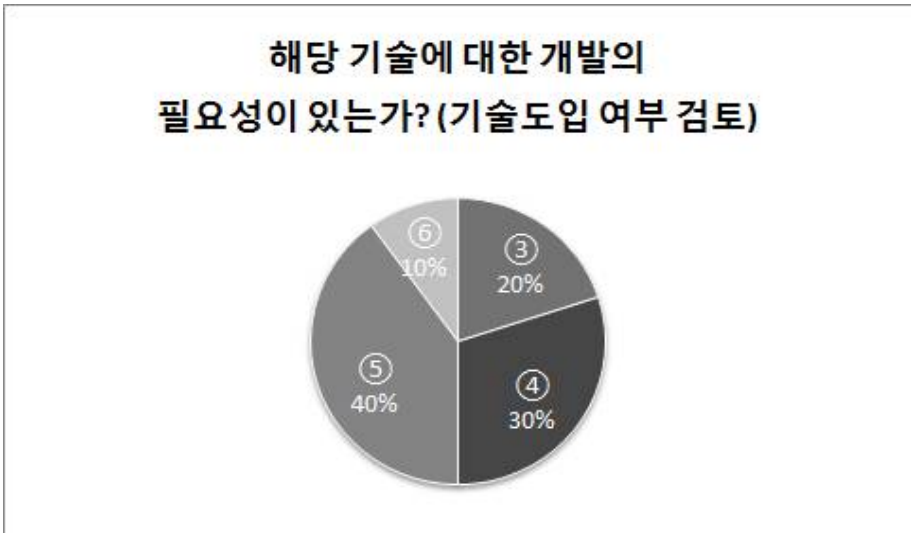
4) 핵심기술 개발 가능성(가용비용 등)에 중요한 영향을 주는 기술이 모두 고려되었는가?



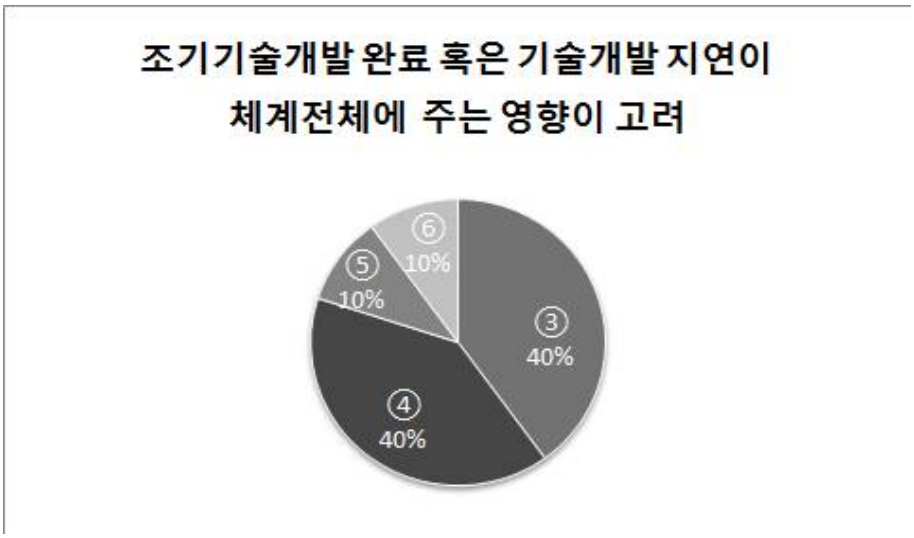
5) 시스템개발수명주기(예. 나선형개발)에 적합한 기술이 모두 고려되었는가?



6) 해당 기술에 대한 개발의 필요성이 있는가?(기술도입 여부 검토)



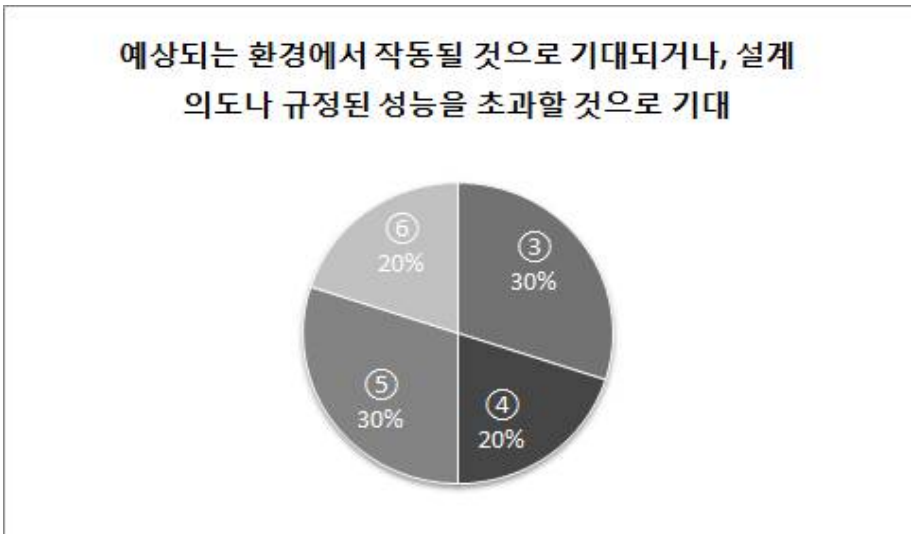
7) 조기기술개발 완료 혹은 기술개발 지연이 체계전체에 주는 영향이 고려되었는가?



8) 새로운 유사환경에서 실현되도록 다시 개발된 기술인가?



9) 예상되는 환경에서 작동될 것으로 기대되거나, 설계 의도나 규정된 성능을 초과할 것으로 기대되는가?



문5. 표 3에 제시된 성능 관련 핵심기술 구분에 대한 추가적인 의견이 있으시면 작성하여 주시기 바랍니다.

• 전리층 이상 현상 감지기술은 CAT-I에서도 주요기술인 것으로 알고 있는데 확인 요망.

• SQM(Signal Quality Monitoring)이 포함되었는지 확인 필요.

• 연구분야 전문가가 아닌관계로 적절 답변 어려움.

• GBAS 지상 시설에 대한 개발이므로 지상 장비 개발에 필요한 기술을 나열되었으나, GBAS를 운영하기 위해서는 위성, 항공기, 지상시스템에 대한 고려가 필요함. • 그러므로 위성 관련한 RAIM 등과의 연계 기술, 현재 항공기 장비가 개발완료가 안된 상태이므로 항공기 장비 개발 진행과의 연계에 대한 부분(리스크 측면)의 고려가 있어야 할 것으로 판단됨.

IV. 공항 수요 분석

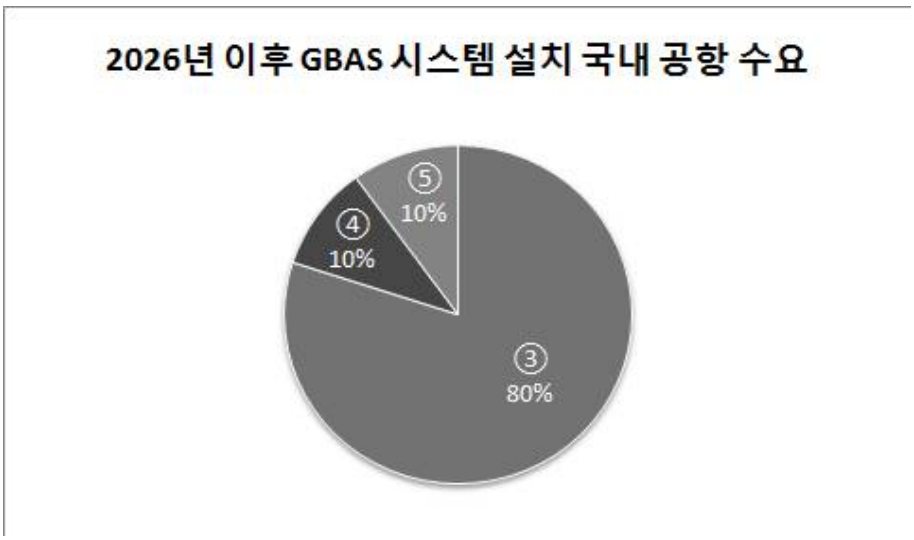
표4. 2010~2012년 국내공항 운항점유율

자료 : 항공통계(2013)

구분		인천	김포	김해	제주	대구	청주	무안	양양	여수	포항	광주	울산	사천	군산	원주	계
국내선	2010	1.6	35.3	13.4	33.4	2.5	2.8	0.1	0.0	1.9	1.2	3.5	2.9	0.7	0.5	0.2	100.0
	2011	1.6	35.4	12.7	35.3	2.4	2.6	0.1	0.0	1.9	1.2	3.6	2.0	0.6	0.5	0.2	100.0
	2012	1.9	35.0	12.6	36.1	2.3	2.5	0.1	0.0	1.9	1.1	3.5	1.8	0.6	0.4	0.2	100.0
	평균	1.7	35.2	12.9	34.9	2.4	2.6	0.1	0.0	1.9	1.2	3.5	2.2	0.6	0.5	0.2	100.0
국제선	2010	81.9	5.9	9.0	2.1	0.4	0.4	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
	2011	80.1	6.7	10.0	2.0	0.5	0.5	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
	2012	79.1	6.8	10.3	2.7	0.4	0.4	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
	평균	80.3	6.5	9.8	2.3	0.4	0.4	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0

문6. GBAS 시스템이 설치될 국내 공항의 수요 분석 설문입니다. 표 4의 국내선 및 국제선 운항 점유율을 고려하여 2026년 이후 GBAS 시스템 설치가 필요한 공항은 어느 정도로 생각하고 있습니까?

① 1개 공항
② 2~3개 공항
③ 4~5개 공항 (8)
④ 6~7개 공항 (1)
⑤ 8개 이상 공항(1)
⑥ 기타 ( )



문6-1. 2026년 이후 GBAS 시스템 설치가 필요한 공항 수요에 대한 의견을 구체적으로 제시해 주시기 바랍니다.

- 국제선과 국내선의 점유율 고려 시 인천~청주 까지 고려해야 할 것임. 더 고려한다면 향후 KTX 사업 방향을 고려하여 공항을 고려

- SBAS가 CAT-I까지 커버할 것으로 예상되기 때문에 CAT-II/III가 가능한, 그리고 필요한, 공항의 수에 대한 정보가 필요함.

- 국내선 항공기 보다는 국제선 항공기가 CAT-II/III 시스템을 선호할 것으로 보임.
  - 생소한 공항 조건을 장비로 보완. 선진국은 이미 시스템을 보유하거나 노력하고 있을 것임.

- 국제공항 위주이면서 CAT-II/III는 공항시설, 운항사 교육 등과도 관련이 있으므로 CAT-II/III는 많은 수요가 있다고 기대되지는 않을 수도 있다고 판단함.

- CAT-I은 SBAS로 수용하므로 CAT-II 이상의 공항은 5개 정도로 예상됨.
- 항공기 탑재 장비의 준비는 매우 지연되어 예측이 곤란한 상황임.

- ILS 시설 없는 포항, 한방향 ILS 시설 여수, 울산, 광주, 대구, 사천, 양양 등 우선 설치 필요성 여부를 검도하여야 할 것이며, 양방향 ILS 시설이있는 공항 역시 수명기간 경과하면, 경제성 고려하여 GLS 시설을 갖출 필요가 있을 것으로 판단됨 (터미널 지역 RNAV 절차와 연결된 GLS 절차를 적용하여 경제성 고려한 Continued Decent Approach 가능한 절차 설계 적용이 필요할 것으로 판단됨)
- 김포, 인천 공항은 CAT-II/III 수준의 GLS 설치 적용이 필요할 것임.

- 항공기 장비 장착률에 따라 GBAS 시스템 설치가 공항의 정도는 영향을 받을 것으로 보이나, 순수하게 공항의 이용률만을 고려해서 수요공항을 판단한다면 4개 정도(인천, 김포, 김해, 제주) 공항에 수요가 예측됨.

V. GBAS 장착률

표5. Honeywell 추정 자료

Inflection Point is 2016 – Aircraft Equipage

Honeywell

Aircraft Type	#total (GLS enabled estimate)		
	2012	2016	2025
737 NG, MAX	4018 (200)	5513 (800)	11161 (6500)
747-8	48 (48)	110 (110)	36 (36)
787	101 (101)	559 (559)	1585 (1585)

2016 = Inflection Point for Aircraft Equipage

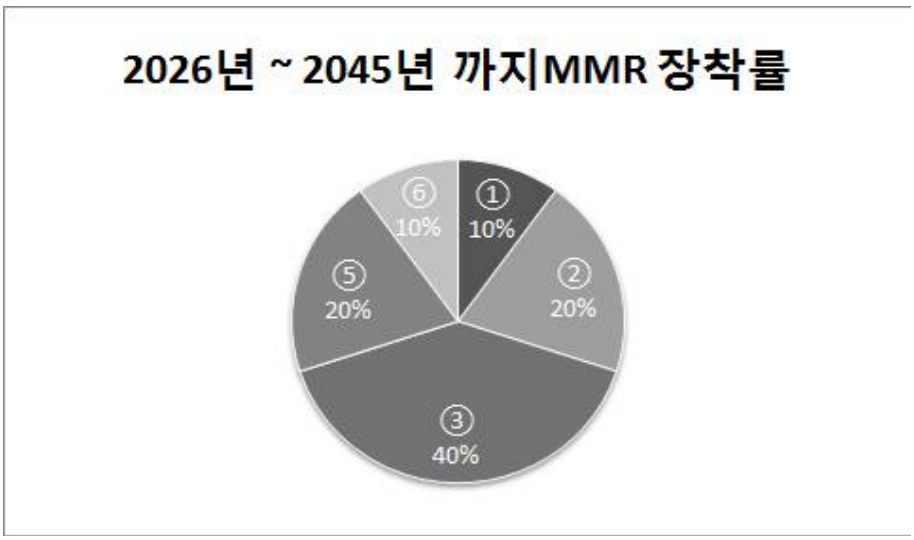
Estimate 2200-3000 aircrafts will have MMR/INR that are GLS capable

Aircraft Type	#total (GLS enabled estimate)		
	2012	2016	2025
320 (>2004)	4000 (200)	5500 (800)	8500 (4400)
330, 340	1249 (100)	1520 (200)	1203 (800)
350	0	52 (20)	1042 (500)
380	93 (93)	207 (207)	389 (389)

NAV-Precision Landing Systems 2010 Business Plan DRAFT Protected by the Attorney Client Privilege/Produced at the Request of Counsel File Number:

문7. GBAS 시스템이 운영되기 위해서는 지상뿐만 아니라 항공기에도 GBAS(MMR)장비가 장착되어야 합니다. 표 5를 기반으로 2026년 이후 우리나라 국적기 MMR 장착률에 대한 전망을 어떻게 보고 있습니까?

① 2026년 장착률 10%로 시작하여 2045년 80%까지 성장 (1)
② 2026년 장착률 20%로 시작하여 2045년 90%까지 성장 (2)
③ 2026년 장착률 30%로 시작하여 2045년 80%까지 성장 (4)
④ 2026년 장착률 30%로 시작하여 2045년 100%까지 성장
⑤ 기타 2026년 장착률 ( )%로 시작하여 연간 ( )% 성장(2)
- 2026년 장착률 (40)%로 시작하여 연간 (3)% 성장
⑥ 무응답 (1)



문7-1. 2026년 이후 우리나라 국적기 MMR 장착률에 대한 전망을 구체적으로 제시해 주시기 바랍니다.

- 새로 도입되는 항공기에만 장착을 하겠다는 항공사의 의견을 반영함이 바람직함.

- 국내선 항공기의 경우 20%이하로 저조할 것으로 사료됨.
- 국제선의 경우는 해외 공항의 필수 요구사항 등으로 50%이상 장착할 것으로 보임.

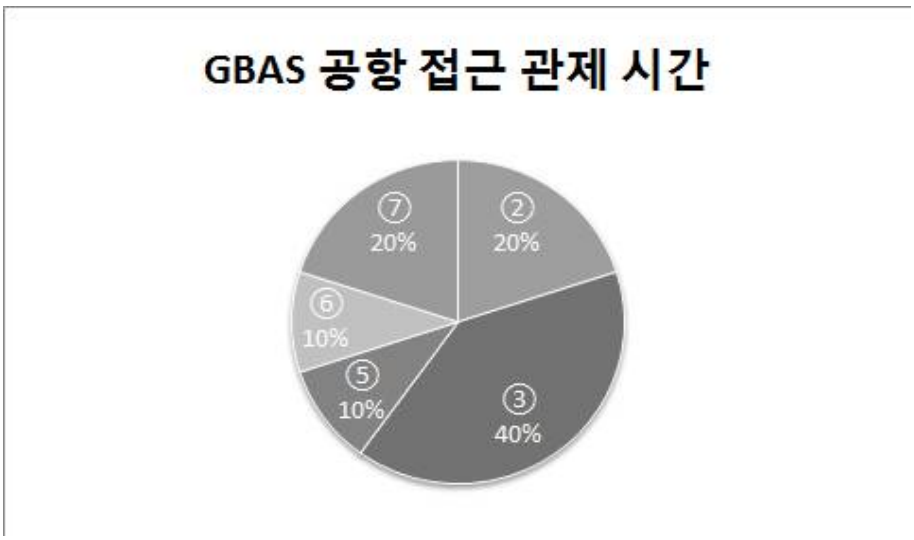
- 대형 신기종 도입에는 적용될 가능성이 높으나, 중형 국내선 취항의 경우는 다소 낮게 될 경우도 예상됨.

- 2026년 30%로 시작하여 년간 %는 신형 도입기의 비율에 따라 변동적일 것으로 판단됨.
- 하니웰의 전망은 GBAS 성능을 갖출 수 있는 MMR의 장착을 보고 있으나, 실제 II/III를 지원할 수 있을지에 대해서는 현재로는 많은 난관이 있을 것으로 전망하고 있음.
- MMR 이란 장비의 장착이 신형 기종의 경우 최신의 기능을 구비한 것을 장착하여 운영하겠지만, 기존 항공기이 경우 주변의 여건(국가의 mandate, 꼭 필요한 공항 여부)에 따라 장착 결정이 되어 지기 때문에
- 의무사항(Mandate)가 되지 않은 상황에서는 급격한 증가는 없을 것으로 판단됨.

VI. GBAS 접근관제 적용 구간

문8. 우리나라 공역에서 SBAS의 접근관제 적용구간을 최대 2시간으로 가정했을 때, GBAS 시스템의 공항 접근 관제 시간은 어느 정도로 보고 있습니까?

① 5분
② 10분 (2)
③ 15분 (4)
④ 20분
⑤ 25분 (1)
⑥ 기타 (1)
⑥ 무응답 (2)



문8-1. GBAS 시스템의 공항 접근 관제 시간에 대한 추가적인 의견이 있으시면 작성하여 주시기 바랍니다.

- 직접 관제를 수행하시는 분들의 의견이 필요할 것으로 예상됨.
- 추정 정도이므로 의견을 피력하기가 어려움.

- 현 접근 관제는 20분 수준이며, ILS 접근 시간은 6분 수준임. GLS 접근은 터미널 지역 RNAV 절차와 연계한 RNAV to GLS 절차를 적용하여 원할한 접근이 가능하도록 진행하여 제성을 도모할 필요가 있으므로 10분 이상의 관제 시간으로 판단할 필요가 있을 것임.

- 접근 관제와 IAF(Initial Approach Fix) 또는 FAP(Final Approach Point) 에서의 관제는 별개의 문제임.
- 통상적으로 항공기가 강하하기 시작하면(TOD) 이후 어느 지점에서 항로 관제소에서 접근 관제소로 항공기 관제가 이양되고, FAP에서 타워로 관제가 이양됨.
- GBAS는 ILS와 같은 FAP부터 착륙까지를 지원하는 장비입니다. 그러므로 실제 이용 시간은 1 ~ 2분 미만임.
- 접근관제소로 이양하여 FAP까지의 관제는 접근 관제소에서 진행하며, 이 시간은 인천 공항의 경우 15 ~ 8분 내외, 나리타 같은 경우 12 ~ 4분 내외 정도가 될 것임.
- 이 부분에서는 GPS를 이용한 항법 또는 지상 NAVAID를 이용한 항법으로 충분함.

VII. 항공기 유형별 점유 비율

표6. 국내 항공사 항공기 유형별 점유 비율

2013. 04 기준

유형	대수	비율(%)	비고
대형	148	53.8	B747, B777, B767, A380, A300, 330-300
중형	99	36.0	B737-800/900, A330-200, A321-100/200
소형	28	10.2	B737-400/500/600/700, A320-200
계	275	100.0	-

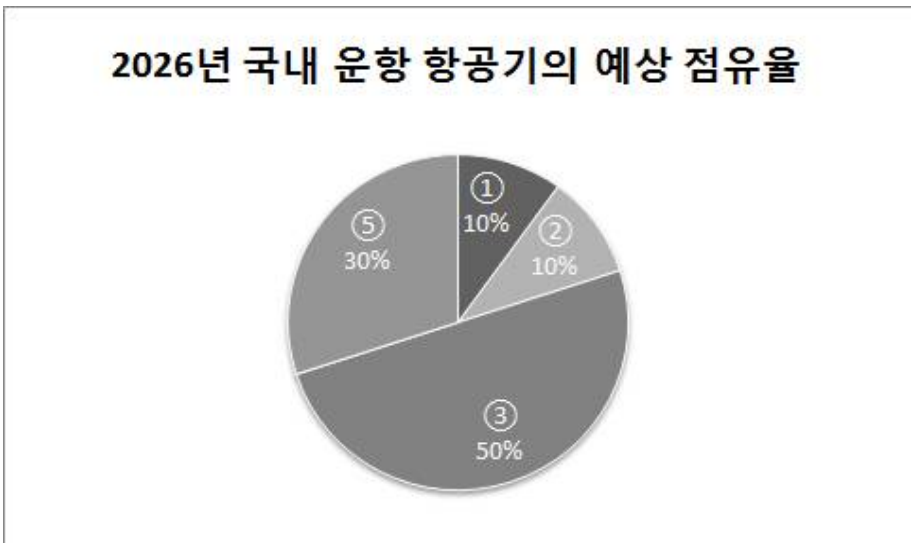
표7. 2012년 국제선 도착 기준 지역별 운항 편수

2013. 04 기준

거리	지역	운항횟수	점유율	비 고
장거리	미주	15,200	20.93	대형기종
	유럽	8,278		
	독립연합	2,931		
	중동	1,717		
	아프리카	86		
	대양주	4,548		
	소계	32,760		
중거리	동남아	46,421	29.65	대형/중형기종
단거리	일본	34,976	49.42	중형/소형기종
	중국	42,395		
	소계	77,371		
합계		156,552	100.0	-

문9. 다음은 국내 보유 항공기 기종 자료 및 국제선 도착기준 지역별 운항 편수입니다. 표 6과 표 7을 참고로2026년 이후 국내 운항 항공기의 예상 점유율은 어떻게 보고 있습니까?

구 분	국제선			국내선		
	대형	중형	소형	대형	중형	소형
①	20%	30%	50%	10%	30%	60%
②	25%	33%	42%	10%	50%	40%
③	35%	40%	25%	10%	50%	40%
④(기타)	( )%	( )%	( )%	( )%	( )%	( )%



문9-1. 2026년 이후 국내 운항 항공기의 예상 점유율에 대한 추가적인 의견이 있으시면 작성하여 주시기 바랍니다.

- 예측 곤란함

- 실제 공항, 항공사 의견이 필요할 것으로 판단됨.

- B767 보다 A330 이 큰 항공기로 분류 타당하며, A320계열은 B737 NG계열과 유사하므로 다음과 같은 분류가 타당성 있음.

- A380/B747/B777: 대형기, A330/B767/A350?: 중형기, A320/321/B737-678: 소형기
- 분류에 따라 점유율 변동 상이할 것임.
- 당사 2026년 108대 예상 :
- 국내선 10대 : 소형기, 중형기 위주 예상 (A320/A321)
- 국제선 100대 : A350 (30), A380 (6), A330 (10) A320 (30) 기타 중대형 (24)

- 현재 보유한 항공기 기준으로는 점유율은 위와 같겠지만
- 항공기를 많이 사용하고, 단거리 이동이 많은 나라의 경우 단거리 노선의 경우 100석 미만의 비행기가 많이 운항하고 있습니다.
- 이와 같은 상황을 고려해 보면 2026년 이후에 동남아시아의 수요가 많아지면 소형기의 비율이 올라갈 것으로 예상됩니다.

VIII. GBAS 시설 연간 유지비용 및 연간 노후화율

표 8. Eurocontrol, 2005 Report on the Eurocontrol Xls business Case

GLS unit cost

The table below gives the GLS itemised costs in KEUR.

Cost items	Cost in K€
GLS CAT I Infrastructure	500
GLS CAT II/III Infrastructure	1 000
Civil works	44
Installation & Commissioning	120
Flight Certification	30
Operating cost/year	43

문10. 표8의 EUROCONTROL 자료에 따르면 GBAS CATⅡ/Ⅲ 시스템의 도입 및 설치가격(판매비)은 약 1194 KEUR = 약 25억(2005년 대비 물가상승률, 수입물가 및 2013년 환율 적용)입니다. 국내 개발 후 해외 판매를 위해 가격 경쟁력을 감안할 경우 적정한 판매가격은 어느 정도로 보고 있습니까?

① 해외 시스템의 95% 수준 (0)
② 해외 시스템의 90% 수준 (1)
③ 해외 시스템의 85% 수준 (2)
④ 해외 시스템의 80% 수준 (7)
⑤ 기타 (　　)



문10-1. 국내 개발 후 해외 판매를 위해 가격 경쟁력을 감안할 경우 적정한 판매가격에 대한 추가적인 의견이 있으시면 작성하여 주시기 바랍니다.

- 해외업체의 지속적인 가격인하에 대한 감안 필요.

- 2005년에 추정한 비용은 현재가치로 환가를 해야 하며 환율과 더불어 물가 상승률을 감안해야함. 비율적인 측면에서는 가격을 책정 시에 관세 부분을 고려한다면, 그리고 인지도 측면 고려하여 해외 판매를 위하여 해외 시스템의 80% 수준이 적절함.

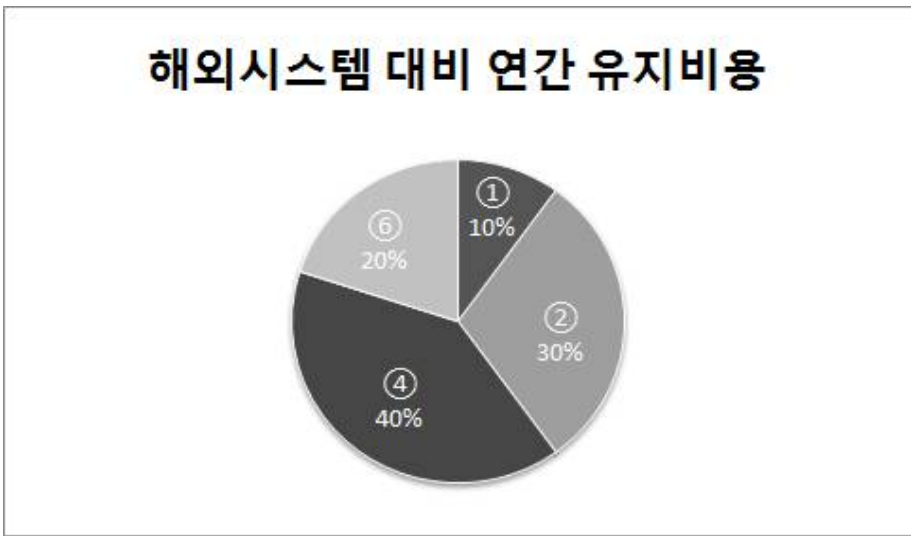
- 최초 장비 개발에 해외 협력이 많다면 해외 장비 대비 가격 경쟁력은 상당히 떨어질 수 있음.

- 신뢰성에 대한 FAA, EASA 인가를 득하였다 하더라도 초기 진입 장벽은 있을 것임. 주로 연구 개발 비용에 의한 가격형성을 감안하여야 할 것임. 삼성, LG 같인 이름이 알려진 업체의 참여를 고려할 필요가 있을 것임.

- 해외 판매을 위해서는 국내 선 사용이 필수 적인 것으로 생각되며, 가격 경쟁력은 그 다음으로 생각됨.

문11. 표8의 EUROCONTROL 자료를 바탕으로 추정된 GBAS시스템의 유지비용은 연간 43 KEUR = 약 1억원(2005년 대비 물가상승률, 수입물가 및 2013년 환율 적용)입니다. 국내 개발할 경우 원천기술 확보, 부품의 국산화 등으로 인해 연간 유지보수 비용이 절약될 것으로 기대됩니다. 적정한 연간 유지비용은 어느 정도로 보고 있습니까?

① 해외 시스템의 95% 수준 (1)
② 해외 시스템의 90% 수준 (3)
③ 해외 시스템의 85% 수준
④ 해외 시스템의 80% 수준 (4)
⑤ 기타
⑥ 무응답 (2)



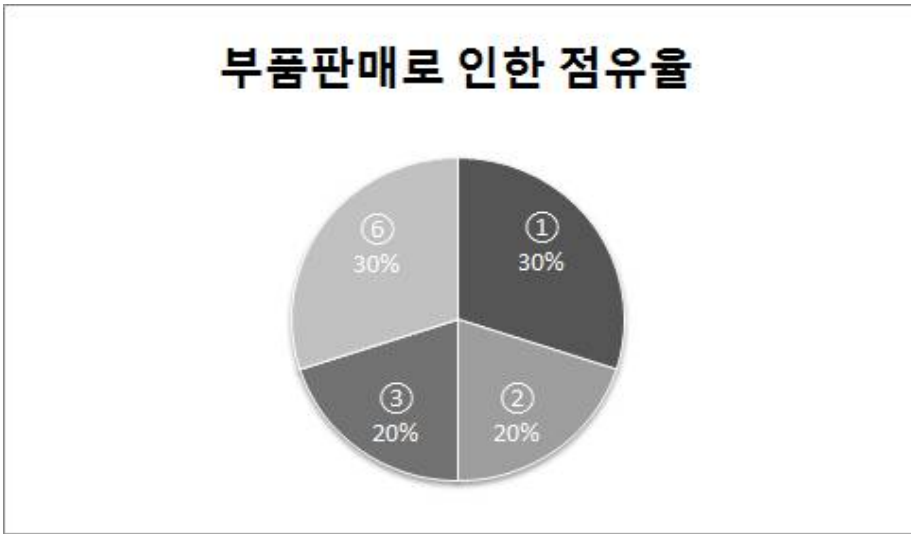
문11-1. 연간 유지비용에 대한 추가적인 의견이 있으시면 작성하여 주시기 바랍니다.

- GLS 유지는 H/W 보다는 S/W 위주 비용 위주로 인건비 차이 수준으로 예상.

- 국내 생산 장비의 유지를 위해서는 개발사의 지속성을 고려해야 하므로, 업체 선정 또는 과제 진행시 견실한 기업 선정이 요구됨

문12. 연간 유지비용에는 시설운영비, 부품비, 인건비 등이 포함됩니다. 이중 부품판매로 인한 점유율은 어느 정도로 생각하고 있습니까?

① 10% 이하 (3)
② 10~30% (2)
③ 30~50% (2)
④ 50~70%
⑤ 기타
⑥ 무응답 (3)



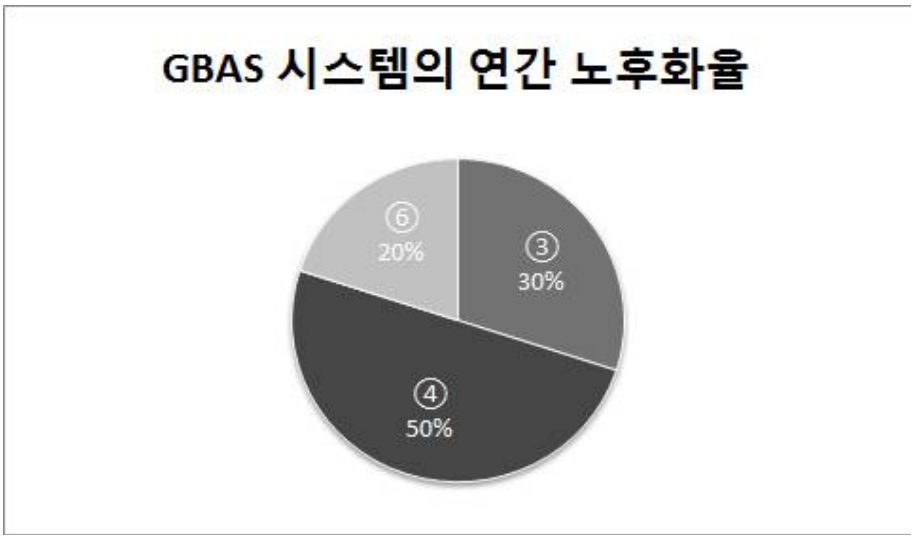
문12-1. 부품판매로 인한 점유율에 대한 추가적인 의견이 있으시면 작성하여 주시기 바랍니다.

- 판단 불가.

- 인건비 위주의 유지비 일 것이나, 안테나 등 일부 H/W 교체 및 S/W 개선 upgrade 등을 고려할 필요가 있을 것으로 보임.

문13. 대부분의 기계 설비는 노후화로 인하여 연간 유지보수 비용이 증가하게 됩니다. GBAS 시스템의 적정 연간 노후화율에 대해 어느 정도로 생각하고 있습니까?

① 3%
② 4%
③ 5% (3)
④ 6% (5)
⑤ 기타
⑥ 무응답 (2)



문13-1. GBAS 시스템의 적정 연간 노후화율에 대한 추가적인 의견이 있으시면 작성하여 주시기 바랍니다.

• 항행안전시설의 내용연수 기준 적용(국토부 고시)하여 6%
• 항행장비 평균 적용률로 5~8%가 적절함.
• 상법상 감각상각은 20% 수준(연간)
• 장비 수명을 고려한다면 20년 이상 이용 가능할 수 있을 것이며, S/W upgrade 및 일부 부품 교체 등을 고려하여 산정 필요할 것으로 사료됨.
• 7% 정도 : 항행안전시설 내구년한이 통상 14년으로 고시된 것을 참조함..

Appendix D : GBAS 무결성 핵심 소프트웨어별 TRL 목표 수준

분류	세부기술	CAT-I 핵심 S/W	CAT-II/III 위한 핵심 및 개선 S/W	목표 수준
다중주파수신호수신기술		○		TRL4
반송파 기반 스무딩기술	30초 시간 상수 평활화 기술		○	TRL4
	100초 시간 상수 평활화 기술	●		TRL5
다중 기준 수신기 시계 및 위성 시계 오차 제거		●		TRL5
다중기준수신기보정정보생성		●		TRL5
궤도력고장 검출 기술	Ephemeris-Ephemeris Test	●		TRL5
	Almanac-Ephemeris Test	●		TRL5
	Measurement Based Test	●		TRL5
	YE-TE Test	●		TRL5
신호고장 검출기술	신호세기테스트(C/N0)	●		TRL5
	Correlation Peak Symmetry 테스트	○		TRL4
	Excessive Interference 테스트	○		TRL4
	4개의 수신기 상관기를 이용한 SQM (※기존3개)		△	TRL3
위성시계고장 검출기술	Carrier Acceleration / Ramp / Step 테스트	●		TRL5
지상국수신기 고장검출기술	MRCC (Multi Reference Consistency Check) 테스트	●		TRL5
	Carrier-smoothed Code Innovation 테스트	●		TRL5
	신호추적시간테스트 (Lock-Time Check)	○		TRL4
	(B-Value) Sigma-mean Monitor	●		TRL5
	RRFM(Reference Receiver Fault Monitor)		○	TRL4
전리층 이상 현상 감지 기술	코드-반송파발산모니터 (Code-carrier Divergence Monitor)	●		TRL5
	Spatial Gradient Change Monitor		○	TRL4
	Adaptive Filtering of Divergence		△	TRL3
	Divergence CUSUM (Cumulative Sum)		△	TRL3
	Geometry Screening		○	TRL4

	DSIGMA (Dual Smoothing Ionosphere Gradient Monitor Algorithm)		○	TRL4
	IFM (Ionosphere Field Monitor)		○	TRL4
VDB 고장 검출 기술	VDB모니터	○		TRL4
지상국다중경로오차 및 잡음 감지 기술	(B-Value) Sigma-mean Monitor	●		TRL5
EXM (Executive Monitoring)	무결성 모니터의 출력 변수에 대한 고장 판단 및 의사결정 기술	○		TRL4
	MRCC Test 와 연계기술	○		TRL4
	(B-Value) Sigma-mean Monitor 와 연계기술	○		TRL4
	GBAS지상시스템 Self-Recovery기술	○		TRL4
	GBAS지상시스템 Maintenance기술	○		TRL4
	MFRT (Message Field Range Test,보정 정보 고장감시)기술	●		TRL5
	GBAS 지상 시스템 장비의 Redundancy 증가		△	TRL3
	불논리 (Boolean Logic)의 대안 모색		△	TRL3
	의사거리 측정치 배제 (Exclusion) 과정의 효율화		△	TRL3
위치 보호 수준 예측 기술	H0 Protection Level알고리즘	●		TRL5
	H1 Protection Level알고리즘	●		TRL5
	HE Protection Level알고리즘	●		TRL5
	보조 센서 결합 Protection Level알고리즘		△	TRL2
측정값 오차 모델링 기술	항공기 신호 잡음	○		TRL4
	항공기 다중 경로 오차	○		TRL4
	고도차에 따른 대류층 잔류오차	●		TRL4
	전리층 잔류 오차	●		TRL4
	지상국 설비 오차	○		TRL4
	이중 평활화 (Dual Smoothing) 오차		○	TRL4