

## 갈릴레오 프로젝트의 개요 및 진행현황

글/주 광 혁 ghju@kari.re.kr

한국항공우주연구원 통신해양기상위성사업단 체계종합그룹

### 1. 서론

유럽연합(EU)이 미국의 위성항법시스템인 GPS에 대응해 새로이 추진하고 있는 위성항법시스템인 ‘갈릴레오(GALILEO) 프로젝트’에 우리나라가 공식참여하기로 2005년 2월 24일 개최된 제4차 과학기술 관계 장관회의에서 결정됨에 따라 미국에만 의존해오던 GPS시스템을 다원화함으로써 서비스의 안전성을 확보하게 된 계기로 평가받고 있다. 아울러 미국, 캐나다, 일본 등의 몇몇 국가들에 의해 독점되어 오던 GPS 단말기 시장이 갈릴레오 기반 내지 GPS/갈릴레오 겸용 단말기 시장으로 재편될 것으로 예상됨에 따라 갈릴레오 사업에 대한 정부 및 국내 관련 업체들의 관심도가 그 어느 때 보다 높은 것이 사실이다.

본 논문에서는 갈릴레오 프로젝트에 대한 전반적인 이해를 돕기 위해 갈릴레오 사업의 추진배경, 사업운영체계, 항법체계의 구성, 예상서비스 및 활용분야, 신호의 구조, 예산 및 시장분석, 한국의 추진상황 등을 순서대로 기술하고자 한다.

### 2. 본론

#### 2.1 개요 및 추진현황

전 세계를 커버하는 유럽만의 독자항법체계를 구축하기 위하여 유럽의 각 분야 관계자들로 구성된 GNSS-2 포럼이 1998년 7월부터 12월까지 활동하

여 1998년 12월에 갈릴레오 사업의 성격과 추진방향을 규정하는 보고서를 작성한 이래, 2000년 5월 WRC-2000년에는 기존의 GPS, GLONASS의 성능향상을 위한 주파수 공간을 침해하지 않으면서 GALILEO개발을 허용하는 주파수 할당이 이루어졌다.

유럽은 미국의 차세대 GPS인 Block-IIIF가 선보이기 전에 2008년 운용을 목표로 유럽 내 육상의 기본적 시설과 연계한 새로운 유럽고유의 27개 중궤도 위성(지표면 고도 24000km)과 3개의 궤도상 보조위성으로 이루어진 항법위성군을 34억 유로를 들여 개발할 계획을 갖고 1999년 6월부터 2000년 12월에 걸쳐서 개념설계와 국제공동 파트너쉽을 진행하고 있다. 유럽은 전 세계 항법시스템의 지역적 참여자로서 기여하고자 하며, GPS 시스템과 독립된 갈릴레오 시스템을 개발하되 GPS와의 공동 운용이 가능하도록 하여 여타 다른 국가들의 참여를 유도하기 위해 다각적인 국제협력 방안을 모색하고 있다. 또한 2000년부터 2002년 사이에 기존의 인프라 프로젝트에 비교한 본 프로젝트의 경제적 유용성에 대한 다양한 연구를 진행시킨 바 있으며 현재 철도, 육상, 해상, 항공 교통 및 개인 항법체계 등의 응용을 위한 100여개의 연구과제가 EC와 ESA 공동 후원으로 진행되고 있다.

현재 2개의 실험용 위성이 허가된 주파수 대역을 선점하고 궤도상 성능 점검을 위하여 2005년에 발사될 예정이며 이후 2007년까지 2년내 잔여 위성을 모두 발사하여 2008년부터 상용 서비스에 돌입한다는 계획을 갖고 있다.

갈릴레오 프로젝트의 인프라는 다음의 3단계로 구축될 예정으로 있다.

(1) 개발 및 궤도상 검증 단계 (2002년-2005년)

- 임무요구사항의 확정
- 2-4개 위성 및 지상기반 요소 개발
- 시스템 성능의 궤도상 점검
- 12억 유로의 예산규모

(2) 전개 단계 (2006년-2007년)

- 나머지 26-28개 위성의 제작 및 발사
- 지상부문의 설치 완료
- 22억 유로의 예산규모

(3) 상업적 운용 단계 (2008년 이후)

- 민간 컨소시엄에 의한 서비스 개시 및 운영
- 연 2.2억 유로 소요 예상

당초에 계획하였던 비용을 훨씬 상회하는 예산의 외부조달과 경제성제고 및 비 유럽권의 기존 GPS 사용자를 끌어들이는 취지에서 비EU 및 비ESA 국가와도 초기 단계부터 협력을 강화하고 있으며 캐나다, 러시아 연방, 우크라이나 등의 국가가 프로젝트 초기 개념정립 단계부터 참여해 오고 있으며, 모로코, 이스라엘, 중국과 EU사이에 공식적인 협력에 관한 협약을 맺은 바 있고, 미국의 GPS 전송신호와의 호환성문제에 대한 협력협정도 체결하였다. 또한 한국을 비롯하여 지중해연안 국가와 아르헨티나 및 호주와도 다양한 형태의 협력방안을 협의 중에 있다.

2.2 사업운영체제

2003년 9월 개발단계를 성공적으로 수행하기 위하여 EC와 ESA에 의해 Galileo Joint Undertaking(GJU)이라는 단일 관리체제(그림 1)가 조직되어 연구 및 개발노력을 연결하고 민, 관으로부터의 프로젝트 비용을 조달 및 관리하며 다음 단계의 성공적인 진입을 위해 활동하고 있다. 개발단계가 종료되고 전개단계가 시작되면 갈릴레오 콘소시엄 (Galileo Concessionaire)에서 본격적인 위성발사와 배치 및 운용을 통해 전체적인 사업을 이끌어 나가도록 계획되어 있다. 2005년 4월 현재 Aena, Alcatel, Finmeccanica, Hispasat가 중심이 되는 Eurely 컨소시엄과 EADS Space, Inmarsat, Thales가 중심이 되는 iNavSat 컨소시엄이 최종 선택을 위하여 병행 협상을 진행하고 있으며 상반기 이전에 사업자가 선정될 예정이다.

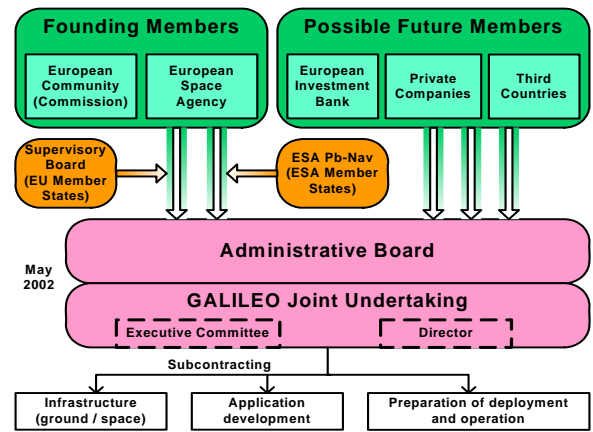


그림 1. GJU의 조직운영체제

3. 위성항법시스템의 구성

갈릴레오 항법체계는 사용자의 요구와 시장의 흐름, 개발비용 및 위험요소의 최소화, 그리고 기존 시스템과의 상호운용을 고려하여 디자인 되었으며 그림 2와 같이 크게 핵심 구성성분(global components), 지역 구성성분(regional components), 국부 구성성분(local components)으로 나눌 수 있다.

핵심 구성성분은 우주 부분(space segments), 지상 부분(ground segments), 사용자 부분(user segments)으로 나눌 수 있다. 우주 부분은 56도의 궤도경사각을 가진 3개의 궤도면에 각각 10개씩(1개는 여유분) 총 30개의 중궤도 위성을 배치함으로써 GPS 위성보다 지구전역에서 보다 많은 가시위성수를 제공하도록 구성된다. 각각의 위성에는 버스플랫폼과 항법과 수색 및 구조신호의 제공을 위한 탑재장비가 장착되며 하루에 10nsec이하의 오차와 안정성을 가진 루비듐 원자시계도 탑재될 예정이다. 유럽의 아리안 발사체 또는 러시아의 프로톤이나 소유즈 발사체 등에 탑재되어 동시에 다중발사가 가능하도록 설계된 30개의 중궤도 위성들을 통해 정확성과 이용성, 가시성 측면에서 최적화 된 성능을 낼 수 있도록 한다. 지상 부분에서는 궤도 결정이나 위성 원자 시계의 동기화 등의 임무에 대한 통제 및 중궤도 위성의 배치를 관리하고 수색 및 구조 서비스를 위한 COSPAS-SARSAT 지상 부분과 상업서비스센터와의 인터페이스를 제공한다. 지상부분은 그 역할에 따라 갈릴레오 제어센

터, 갈릴레오 센서관제소, 갈릴레오 상향관제소, 임무 상향관제소 등으로 나누어진다. 사용자 부분은 위성 신호를 획득하고, 제공되는 서비스를 이용하기 위한 단말기를 말한다. 지역 구성성분은 갈릴레오 서비스의 무결성 보장을 위한 역할을 한다. 지역 서비스 제공자는 갈릴레오에 의해 제공된 무결성 상향 채널들을 사용해서 지역적으로 무결성 데이터를 제공한다. 지역 구성성분은 신호의 무결성을 감독하기 위한 관제소들의 네트워크와 무결성 데이터를 제공하기 위한 처리 기구로 이루어져 이며, 이는 무결성 데이터와 오차 보정 데이터를 제공하는 유럽의 시스템인 EGNOS (European Geo-stationary Navigation Overlay Service) 와 갈릴레오 핵심 구성성분에 의존하지 않고 이러한 서비스를 사용하려는 유럽 이외의 지역에 무결성 데이터를 제공하기 위한 지상 부분을 포함한다. 국부 구성성분은 공항, 항만, 철로 등의 좀더 높은 측위 성능이 요구되는 경우에 구성한다. 이는 기존 통신 네트워크나 지상 전파 전송을 수단으로 국부 보정 데이터를 제공한다. 또한 실내 사용자들의 항법 서비스를 가능하도록 하기 위해 배치되기도 한다.

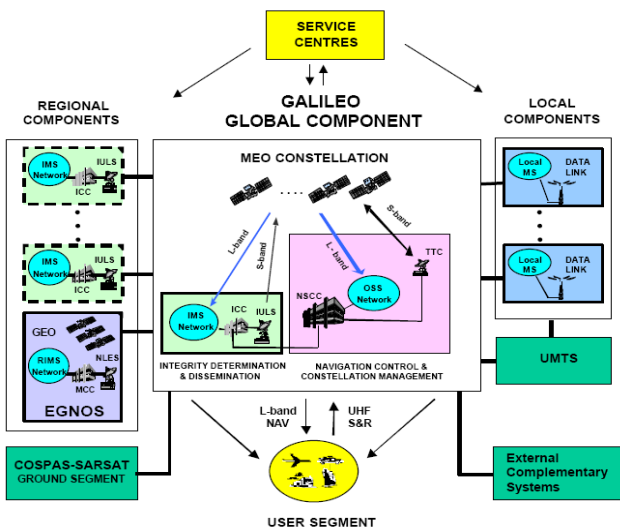


그림 2 갈릴레오 위성항법시스템의 구성

## 4. 예상서비스 및 예상활용분야

### 4.1 예상서비스

갈릴레오는 사용자의 요구와 시장 분석을 통해 포

괄적인 서비스를 제공한다. 갈릴레오 서비스에는 그림 3과 같이 갈릴레오만으로 제공되는 서비스도 있을 것이며, 갈릴레오와 GPS나 GLONASS 같은 다른 항법 시스템과의 통합 또는 의사위성과 같은 국부 보조 시스템과의 통합, GSM이나 UMTS와 같은 이동통신망과의 통합으로 생기는 서비스도 있을 것이다. 갈릴레오 서비스는 다음과 같이 네 가지로 분류된다.

- (1) 위성 단독 서비스 : 갈릴레오 위성 신호만을 이용한 서비스
  - 개방 서비스 (Open Service)
  - 안전 서비스 (Safety of Life Service)
  - 상업 서비스 (Commercial Service)
  - 공공 규제 서비스 (Public Regulated Service)
  - 수색/구조 서비스 (Search and Rescue Service)
- (2) 국부 보조 서비스 : 오차 보정 기준국, 이동통신 네트워크 등의 국부 요소들을 통한 갈릴레오 위성 단독 서비스의 정확도, 가용성, 지속성 등을 향상
- (3) EGNOS 서비스 : GPS와 GLONASS 서비스에 추가된 형태로 2004년부터 유럽에 제공되는 서비스
- (4) 통합 서비스 : 다른 항법 시스템이나 통신 시스템에서 제공되는 서비스와 결합되는 서비스로 GNSS 서비스의 가용성을 향상시킴

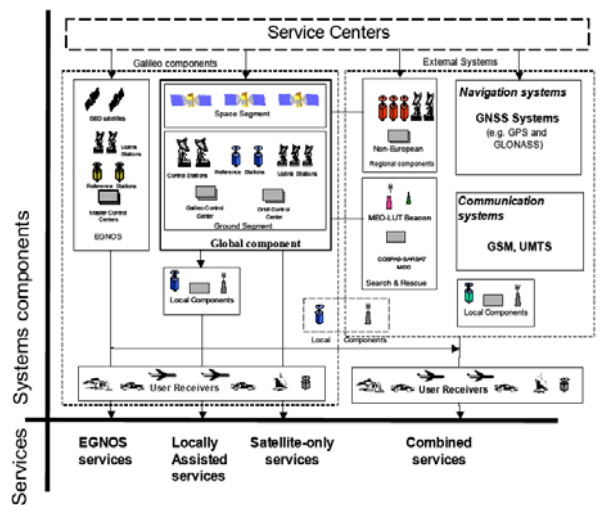


그림 3 시스템 요소와 서비스 구성

### 4.2 예상활용분야

갈릴레오 위성항법시스템을 기반으로 하여 예상되는 활용분야는 해양, 항공, 차량 및 철도의 항법과 안전, 교통상황감시, 이동통신, 지적, 측량, 재난상황감시 및 인명구조 등 매우 광범위하며 다양한 응용이 가능하다. 예상활용분야를 크게 인명구조와 일반대중시장 및 전문응용시장으로 나눌 수 있으며 각각의 분야에서 활용될 수 있는 항목을 다음 표에 나열하였다.

표 1. 갈릴레오의 예상활용분야

구분	활용분야
인명구조	항공, 철도, 해양, 구급차, 경찰서, 소방서, 수색/구조, 개인보호, 교통감시
일반대중시장	개인휴대통신/항법, 차량항법, 트럭/버스, 경상용차량, 내륙수로, 개인야외용레저
전문가시장	석유산업, 광업, 시각동기, 차량관리, 재산관리, 측지, 기상관측/예보, 지적측량, GIS, 정밀농업, 수산업, 차량제어, 로봇틱스, 건설/토목, 우주응용

### 5. 갈릴레오의 신호구조

갈릴레오 시스템은 4가지 종류의 측위 서비스와 수색 및 구조 서비스를 제공한다. 갈릴레오 시스템의 주파수 및 신호 설계에 있어서 다양한 서비스를 위한 최적화된 주파수 할당 및 기존의 GNSS 시스템과의 호환성을 고려하였다.

갈릴레오 시스템의 신호는 기본적으로 기존의 GPS와 같은 위성 측위 시스템과 동일하거나 더 나은 성능의 측위 및 시각 서비스를 제공하도록 설계되었을 뿐만 아니라 미국의 GPS와의 호환성 및 상호 운용성, 고의적인 신호 방해에 대한 보안 등의 설계요구조건을 만족하도록 설계되었다.

갈릴레오 위성은 모두 10개의 항법 신호를 제공하고 크게 4가지의 서로 다른 중심 반송파 주파수를 사용하여 서비스한다. 10개의 Galileo 신호 중 6개는 E5a-I, E5a-Q, E5b-I, E5b-Q, E2-L1-E1-B, E2-L1-E1-C 반송파 주파수에서 생성되며 개방 서비스와 안전 서비스를 위해 사용된다. 나머지 4개의 신호는 E6-A, E6-B, E6-C, E2-L1-E1-A의 반송

파 주파수에서 생성되며 암호화가 되어 있어 상업 서비스 및 공공 규제 서비스를 이용하는 제한된 사용자에게만 사용된다. 그림 4에서는 주파수별 갈릴레오 신호 스펙트럼을 표 2과 3에서는 방송되는 갈릴레오 신호별 특성과 신호 및 주파수별 서비스를 정리하여 나타내었다.

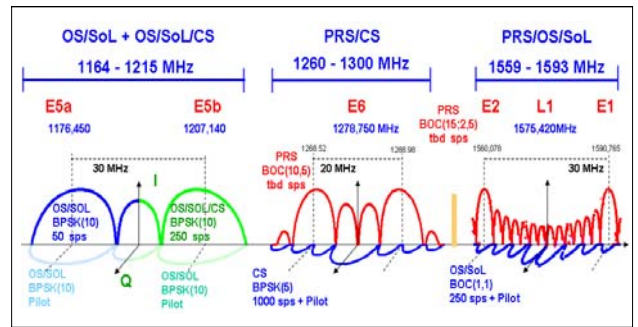


그림 4. 주파수별 갈릴레오 신호의 스펙트럼

표 2. 갈릴레오 신호별 특성

신호	중심주파수 (MHz)	변조방식	코드 암호화	데이터 암호화
E5a-I	1176.45	BPSK(10)	X	X
E5a-Q	1176.45	BPSK(10)	X	N/A
E5b-I	1207.14	BPSK(10)	X	X
E5b-Q	1207.14	BPSK(10)	X	N/A
E6-A	1278.75	BOC(10,5)	○	○
E6-B	1278.75	BPSK(5)	○	○
E6-C	1278.75	BPSK(5)	○	N/A
E2-L1-E1-A	1575.42	BOC(15,2.5)	○	○
E2-L1-E1-B	1575.42	BOC(1,1)	X	X
E2-L1-E1-C	1575.42	BOC(1,1)	X	N/A

표 3. 갈릴레오 신호 및 주파수별 제공서비스

	E5a OA+Q	E5b I+Q	E6 RA	E6 CA+Q	L1 RA	L1 IS+Q
개방서비스 단일주파수						○
개방서비스 이중주파수	○					○
개방서비스 삼중주파수	○	○				○
상업서비스 부가가치				○		○
상업서비스 다중반송파	○	○		○		○
안전서비스	○	○				○
공공규제 서비스			○		○	

## 6. 투자비용 및 시장분석 개요

### 6.1 투자비용분석

갈릴레오 프로그램에 투자되는 비용은 시스템 기술 관련 비용과 유지비용, 위성체 제작비용, 위성 발사 비용, 지상 제어국 구축비용, 운용 및 검증비용, 기술 지원 프로그램 비용, 시스템 관리 운용비용 등으로 이루어 졌다. 또한 EGNOS 통합비용은 총 비용 추정 값에 포함하여 추정한 총 투자비를 시간별, 항목별로 다음 표 4에 정리 하였다. 갈릴레오의 완전한 운영 능력이 되는 2008년부터는 매년 운영비용이 220만 유로가 될 것으로 예상된다. 여기에는 매해 70만 유로의 운영 및 유지비용과 45개 이상의 위성 교체 비용을 20년 주기로 나눈 비용이 포함되었다.

프로그램의 총 비용 예상에서 시스템 수명은 FOC (Full Operational Capability) 이후 20년이라 가정하였으며, 이 단계에서 보다 자세한 비용 분석을 세우기는 어려우므로 연 평균 비용만을 소개한다. 이 비용은 보급 전략(replenishment strategy)에 따라 FOC이후 첫해 안에 상당히 낮은 수준으로 떨어질 것이다.

표 4. 갈릴레오 운영경비와 자금의 추정치 (단위 : 백만유로)

	누적 경비		연소요 경비		
	2001년 -2005년	2006년 -2007년	2010년	2015년	2020년
시스템 개발 및 관리 비용	160	130			
위성 개발 및 발사 비용	320	1,320			
지상부분 설치비용	480	380			
EGNOS와의 결합		50			
사용자군 기술 보조 비용	70	60			
운영 및 검증 (2008년후 대체)	70	210	220	220	220
합 계	1100	2150	220	220	220

갈릴레오 위성의 배치를 위한 보급에 추가적으로, 갈릴레오의 핵심 구성성분을 포함하는 지상국의 기반기술의 향상 비용이 이 기간동안 포함된다. 우주와 지상부분 기반기술 포함한 총 보급 비용은 대략 연 평균 1억 5천만 유로, 2028년까지 20년 간 30억 유로로 추정된다. 경로 유지가 포함된 운영비용은 대략 연간 7천만 유로, 또는 20년 이상 14억 유로로 추정

된다. EGNOS와 비교해 보면 EGNOS의 운영비용은 2003년에서 2007년 기간 동안에 연간 2천 5백만 유로로 추정되었다. 2008년부터 20년 이상 FOC을 유지하는 총 비용은 대략 44억 유로, 또는 연 평균 비용으로 2억 2천만 유로로 책정되었다.

### 6.2 시장분석

세계위성항법시스템(GNSS, Global Navigation Satellite System)의 시장 규모는 GNSS를 사용하는 단위나 단말기의 수로서 정의될 수 있다. 단, 여기서 분석한 시장 규모는 시장에 공급된 제품 중 칩셋 등은 제외하고 GNSS 서비스를 완전하게 사용 할 수 있는 차량 항법 시스템, 이동 통신 단말기, 측량 시스템이나 독립 수신기와 같은 제품만을 고려하였다. 그림 5에 따르면, EU측에서 분석하고 있는 세계 GNSS 시장은 2010년까지는 GPS시장의 독점체제가 유지되나 갈릴레오의 서비스가 본격화되는 2010년 이후에는 점차적으로 시장을 양분하게 되어 2020년에는 세계시장의 30% 가까운 점유율을 갈릴레오 단말기가 차지할 것으로 예상하고 있다.

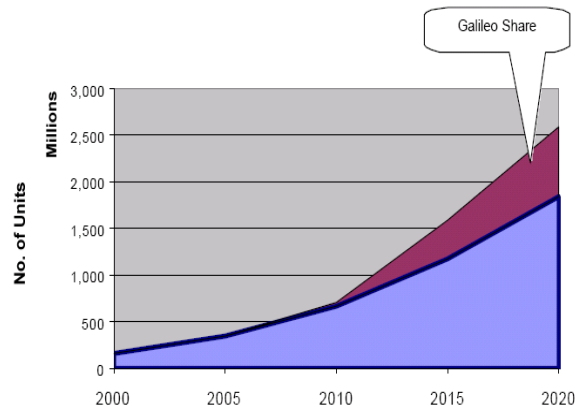


그림 5. 전 세계 위성항법시스템 시장 규모

그림 6에서는 2015년에 갈릴레오가 유럽 사용자에게 어떠한 형태로 판매될지는 나타낸 예측도이다. 이 예측은 현재 판매되고 있는 GNSS 제품의 판매량을 바탕으로 추측한 것이다. 그림에서 보듯이 주로 개인이나 차량에서 사용되는 관련제품의 수요가 가장 큰 시장을 형성할 것으로 쉽게 예측할 수 있다.

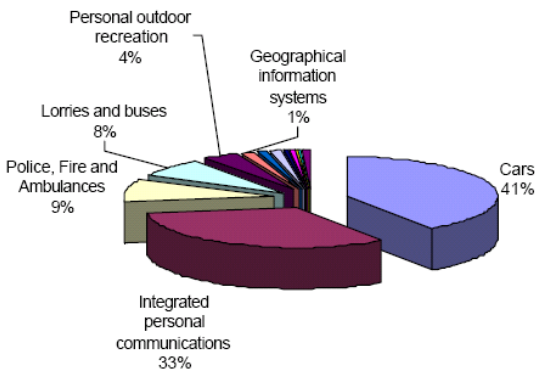


그림 6. 응용 형태에 따른 2015년 유럽시장 분석

## 7. 우리나라의 갈릴레오 사업참여 경과 및 현황

10여 년 전부터 GPS에 기반을 둔 각종 인프라를 정부주도로 구축하고 정부출연연구소와 대학을 중심으로 GPS에 관한 기초 및 응용연구가 활발히 이루어져 왔으며 산업체에서는 차량항법을 비롯한 제반 응용분야에서 활발한 연구개발 및 관련제품의 생산 활동을 담당하여 왔다. 우리나라의 위성항법 관련시장의 잠재력과 IT산업의 수준 높은 기술력을 염두에 둔 EU는 2001년부터 서너 차례의 준비회담을 통해 계속해서 갈릴레오 프로젝트에 대한 우리나라의 참여의사를 타진해 왔다. 특히, 2003년 12월과 2004년 10월에 가졌던 두차례의 한-EU GNSS 전문가회의는 양국간의 분명한 입장을 확인하는 동시에 우리나라가 갈릴레오 프로젝트에 참여해야 한다는 당위성을 재확인하는 기회를 제공하였다.

이와 병행하여 해양수산부와 정보통신부를 비롯한 정부부처에서는 갈릴레오 사업참여에 대한 타당성을 조사하기 위한 기획연구를 주도하여 본 사업참여의 타당성을 확인한 바 있다.

2005년 2월 24일 개최된 제4차 과학기술 관계장관회의에서 갈릴레오 프로젝트에 우리나라가 공식참여하기로 결정함에 따라 미국에만 의존해오던 GPS 시스템을 다원화함으로써 정보 인프라의 안전성을 높일 수 있으며 세계 위성항법단말기 시장진출과 수출다각화에 기여할 수 있는 계기로 평가받고 있다. 또한, 우리나라가 갈릴레오 사업에 참여하기 위해 출연해야 할 500만유로의 현금을 정부가 2006년 예산

에 반영하여 지출하기로 결정하였다.

이어서 정부는 위성항법시스템관련 정책의 심의와 관계부처간 업무조정 등을 위해 10개 부처의 1급 공무원들로 구성된 정책협의회(위원장 과학기술혁신본부장)를 구성하기로 결정하였다. 또 관련 정책에 대한 사전협의 및 의견수렴을 위해 관계 부처 과장급 공무원 및 산·학·연 전문가로 구성된 실무협의회(위원장 과기혁신본부 정보전자심의관)를 운영키로 하였으며 이와 함께 위성항법시스템 관련 정책대안을 마련하고 전문적인 검토를 해 나가기 위해 산·학·연 전문가 및 관련 공무원 14명으로 실무작업팀(TFT 팀장 과기혁신본부 정보전자심의관)을 구성하고 본격적인 작업에 착수한 바 있다. 실무작업팀은 앞으로 수시로 회의를 개최, 위성항법시스템 관련 현안사항에 대한 대응방안을 마련하는 한편, 중·장기적인 위성항법시스템 발전 종합계획도 수립할 계획으로 있다.

본 사업의 추진을 담당할 과학기술부의 과학기술 혁신본부는 과학기술 관계장관회의에서 결정된 갈릴레오 프로젝트 참여를 위한 후속조치에 따라 우선 외교통상부와 협의해 갈릴레오 프로젝트 참여의향서를 2005년 3월 25일자로 EU에 제출하였다. EU측이 우리나라의 참여의향서를 접수하면, 집행위원회 검토와 이사회 승인 등 내부적인 행정처리 절차를 거쳐 약 10주 후인 오는 6월초부터 협정 체결을 위한 협상을 본격적으로 진행할 것으로 예상된다. 정부는 EU와의 협상에 대비해 위성항법시스템 실무협의회 및 태스크포스팀(TFT)을 통해 관계부처 의견수렴, 협상전략 수립 등을 하는 한편 관계부처 담당자, 산·학·연 전문가, 국제법률전문가 등으로 협상대표단을 구성할 계획이다.

EU와의 협상이 원만히 진행될 경우, 2005년 말에는 EU와 협력협정을 체결하고 우리나라가 갈릴레오 프로젝트에 참여할 수 있을 것으로 내다보고 있다.

## 8. 결론

본 논문에서는 갈릴레오 프로젝트에 대한 전반적인 이해를 돕기 위해 갈릴레오 사업의 추진배경, 사업운영체계, 항법체계의 구성, 예상서비스 및 활용분야, 신호의 구조, 예산 및 시장분석, 한국의 추진상

황 등을 살펴보았다.

군사용으로 설계된 미국의 GPS와 러시아의 GLONASS와는 달리 EU가 미국의 위성항법시스템인 GPS에 대응해 새로이 추진하고 있는 위성항법시스템인 ‘갈릴레오 프로젝트’는 순수 민간용 서비스를 위한 글로벌 위성항법시스템 이란 점에서 우리정부의 공식 참여결정은 미국에만 의존해오던 GPS시스템을 다원화함으로써 항법 및 관련 서비스 인프라의 안전성을 확보하게 된 계기로 평가받고 있다.

아울러 미국, 캐나다, 일본 등의 몇몇 국가들에 의해 독점되어 오던 GPS 단말기 시장이 갈릴레오 기반 내지 GPS/갈릴레오 겸용 단말기 시장으로 재편될 것으로 예상됨에 따라 우리기업의 단말기시장 참여와 수출다각화에 기여할 것으로 평가되어 그 어느 때 보다도 위성항법시스템분야에 대한 우리나라의 자체 기술력과 국제경쟁력을 확대하기 위한 좋은 기회라고 판단된다.

## 참고문헌

1. Galileo Joint Undertaking, Galileo : The European Programme for Global Navigation Services, 갈릴레오 소개자료, European Commission, 2002.
2. Galileo Joint Undertaking, Business in Satellite Navigation, 위성항법 시장동향 보고서, European Commission, 2003.
3. Galileo Joint Undertaking, The Galilei Project: GALILEO Design Consolidation, 갈릴레오 설계 요약 보고서, European Commission, 2003.
4. Galileo Joint Undertaking 발표자료 다수.
5. 이상정 외, 갈릴레오 국가 인프라 구축을 위한 타당성조사 및 기술개발 기획연구, 해양수산부 기획과제 최종연구 개발결과보고서, 충남대학교, 2004.