

## 철도시스템에 GNSS 적용전망

정택교, 신경호, 윤용기, 황종규  
한국철도기술연구원

### Prospect on the Application of GNSS for Railway System

Rag-Gyo Jeong, Kyoung-Ho Shin, Young-Ki Yoon, Jong-Gyu Hwang  
Korea Railroad Research Institute (KRRI)

**Abstract** - This paper inspected about the application of transportation and the character of GPS&Galileo using the basis of GNSS. In the paper, searched the present condition of study which applied foreign GNSS in the railway and drew the applicable field which is corresponded with the railway environment. It also described about the embodiment and prospecton of system and presented the direction of study on the basis of it.

#### 1. 서 론

유럽이 추진 중에 있는 독자적 위성항법시스템 GALILEO는 미국이 주도하고 있는 군사목적 시스템인 GPS에 대한 의존도를 낮추고, 유럽 기업들에 경제잠재력이 큰 위성항법시스템 시장으로의 진출 기회를 마련해 주는 데 그 목적이 있다. GALILEO의 개발은 유럽경제 차원에서 충분히 그 의미가 큼 뿐 아니라, 나아가 유럽이 미국에 대항하여 최첨단 기술을 확보하고 경쟁력을 배양한다는 점에서 상당히 중요한 사업이다. GALILEO는 국민경제에 직접적인 활력을 가져온 물론, 장차 유럽의 기술 경쟁력을 보장하고 개선하는 데 적지 않은 기여를 할 것으로 보인다. GALILEO가 제공 서비스, 그리고 GALILEO가 GPS와 GLONASS로부터 구분되는 특징들에 대해서 자세하게 다루어 보고 더불어 GALILEO가 가지고 있는 한계를 지적하고, 교통 분야 중 철도분야의 고부가가치를 창출할 전망에 대하여 검토하였다. 아울러 기존의 GPS의 철도분야 연구현황을 중심으로 살펴보고 철도의 활용가능성과 전망을 중심으로 다각적으로 검토하고 앞으로 연구방향을 제시하고자 한다.

#### 2. 본 론

##### 2.1 GALILEO 일반

GALILEO는 유럽집행위원회와 유럽우주국이 공동으로 기획하고 개발 중에 있는 위성항법시스템이다. 이는 상용화 중인 미국의 GPS나 러시아의 GLONASS와 마찬가지로 GALILEO 또한 글로벌위성항법시스템(GNSS)으로, 이에 적합한 수신기를 갖춘 사용자라면 언제 어디서든지 3차원의 실시간 위치확인 서비스를 제공 받을 수 있다 최소 4대의 GALILEO 위성으로부터 동시에 수신이 가능해야 한다.

Open Service는 누구나 무료로 접근이 가능한 서비스로, 서로 다른 위성에서 보내는 두 개의 주파수, 즉 항법신호를 수신하여 위치를 확인한다. 각 수신기는 위성과의 거리를 측정하는 레이팅 코드를 내장하고 있다. 사용

자가 위치 확인에 사용하는 수신기가 단일주파수용인지 다중주파수용인지에 따라 기존 GPS 수신기보다 정확성 면에서 개선된 정보를 얻을 수 있다.

Safety of Life Service는 위의 두 개 주파수 외에 또한 개의 주파수와 무결성 정보를 반송한다. 전자는 TCAR(Three Carrier Ambiguity Resolution)와 같은 기술을 이용하여 이중주파수만으로는 한계가 있는 정확성을 보완하고, 후자는 서비스의 정확도가 더 이상 보장되지 못 할 경우, 그 사실을 즉각 사용자에게 알린다. Safety of Life Service는 정확성, 가용성, 그리고 지속성 면에서 Open Service를 능가한다.

Commercial Service는 Open Service보다 뛰어난, 보장된 성능을 제공하는 유료 서비스로, Safety of Life Service와 함께 GALILEO 기반 서비스를 대표하며, 서비스국에서 전송하는 정보를 사용자에게 제한된 용량으로 공급하는 것을 계획하고 있다.

Search & Rescue Service는 기존의 COSPAS-SARSAT 시스템을 보완해주는 긴급구조서비스로, 전용 송신기를 이용하여 긴급구조신호를 GALILEO 위성을 통해 COSPAS-SARSAT 본부에 전달하고, 이는 반대로 GALILEO 위성의 역방향 채널을 통해 해당 지역에 그 사실을 알린다. 이로써 기존 COSPAS-SARSAT 시스템의 성능이 현저히 개선될 것으로 내다본다.

Public Regulated Service는 승인된 사용자에 한해서만 접근이 가능한 서비스로, 뛰어난 정확성과 지속성을 자랑한다. 항법신호는 암호화된 코드 및 데이터들로 구성된다.

이처럼 GALILEO 프로젝트는 핵심서비스 제공 외에도 기존 위성위치확인시스템의 성능을 개선하기 위한 기술개발 및 보완시스템 사용을 계획 중에 있다. 여기에는 EGNOS(European Geostationary Navigation Overlay Service)와 같은 지역적 구성요소를 비롯, 추가 항법신호(예: 의사위성), 추가 수정 및 무결성 정보(예: DGNSS), 통합적 해결책(예: 실내 측위가 가능한 지상 위치 추적장치) 등의 국지적 구성요소가 포함되며, 이를 구성요소는 위치추적의 정확도와 가용성, 무결성을 한 단계 높여줄 것으로 예상한다.

보다 정확한 위치확인을 위해서는 추가적인 지역 및 국지적 구성요소의 사용이 불가피하다. GALILEO는 기존 위성위치확인시스템들과 마찬가지로 보완적인 서비스나 요소를 사용하지 않고는 초정밀 위치확인이 불가능하다. 따라서 초정밀의 안전한 시스템을 원한다면, 추가적인 지역 및 국지적 구성요소(예: 추가 무결성 정보, 음영이 있는 지역의 위치확인 설비)를 함께 사용하여야 한다.

## 2.2 기존 위성항법시스템의 철도적용 연구현황

### 2.2.1 LOCOPROL 사업

LOCOPROL(Low Cost satellite-based fail-safe train protection and control) 사업은 유럽에서 위성을 이용하여 열차안전의 핵심인 차량의 위치를 Vital의 Fail-safe 방식으로 검지하고 이를 통하여 열차제어시스템을 개발하는 것을 목적으로 하고 있다.

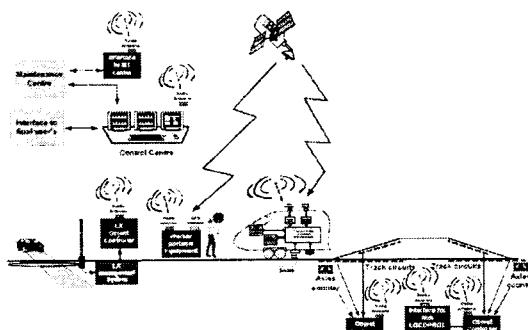


그림 1 기본 개념도

사업목적을 구체적으로 보면 “Fail-Safe한 철도 맵핑 기술과 인터로킹기법을 결합한 위성항법기반의 다양한 차량위치 검지기술 정의”와 “저밀도 운행노선에서의 단기 응용을 통한 검증 투자”, “설계노선에서 시험을 통한 시스템의 적합성을 확보하기 위한 시험노선 운영”, “선로변, 작업자의 안전을 위한 응용가능성 연구”로 정의할 수 있다.

### 2.2.2 Integ Rail 사업

INTEGRAIL(GPS/EGNOS(European Geostationary Navigation Overlay System : 유럽지역정지위성)based Rail Navigation User Equipment)는 GNSS 정보를 수신하여 철도의 운행관리 및 제어에 적용을 위하여 시험을 수행하는 사업이다.

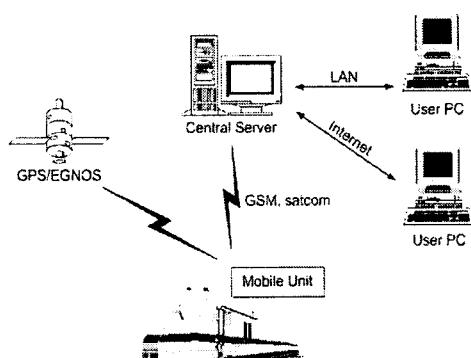


그림 2 기본 개념도

사업목적을 구체적으로 보면 “복선과 교차점에서의 제어가 가능한 정밀한 위치정보 제공”, “ETCS(European Train Control System)에서 사용가능한 위성기반의 철도차량 위치정보시스템 개발”, “보정 가능한 다수의 센서를 활용한 철도차량 위치정보시스템 개발”, “독립적이면서 영구적으로 사용 가능한 장치 개발”으로 정의할 수 있다.

### 2.2.3 철도분야에서의 GALILEO 적용성 연구

2000년대 초반부터 국제철도기구인 UIC에서는 유럽의 위성항법시스템인 GALILEO 시스템 개발과 맞물려 철도분야에 대한 적용성 연구를 진행해왔으며 향후 GALILEO 시스템의 상용운영시를 대비한 철도응용분야의 기술개발 로드맵을 제시하였다.

표1 GPS, GNSS, GALILEO 시스템의 성능지표 비교표

Feature(criterion)	GPS	GNSS	G-O.S.	G-C.S.	G-S.O.
Accuracy	4-6m <sup>1</sup>	~1m	3-4m <sup>2</sup>	3-4m <sup>3</sup>	3-4m <sup>4</sup>
Coverage	+	+++	++	++ <sup>5</sup>	++ <sup>6</sup>
Integrity	Not	Yes <sup>7</sup>	Not	Not	Yes
Alarm limit	Not	~20 σ	Not	Not	~20 σ
Time To Alarm	Not	~6 s	Not	Not	~6 s
Continuity of the service	Not	Not	Not	Yes	Yes
Guarantee	Not	Not	Not	Yes	Yes
Certification	Not	Yes <sup>8</sup>	Not	Not	Yes
Liability	Not	Yes <sup>9</sup>	Not	Yes	Yes
Civil control	Not	(Not)	Yes	Yes	Yes
Pay for service	Not	(Not)	Not	Yes	Yes <sup>9</sup>
Indoor service	Not	Not	Not	Yes	Yes
Standard local components	Not	Not	Not	Yes	Yes

철도관련 상용응용분야, 전문응용분야, 안전관련 응용분야에 따라 GPS, GNSS, GALILEO 시스템의 적용가능성에 대한 상대평가를 수행하였으며, 이에 대한 평가 결과는 표2와 같다. 해당 응용분야에서의 평가수치가 큰 시스템일수록 적용성이 높은 항법시스템이라 볼 수 있음. GALILEO시스템(SoL서비스)의 경우 안전관련 응용분야에서의 적용성이 가장 높으며, 이것은 안전 무결성 성능이 높고, 인증(Certification)이 가능한 유일한 위성항법시스템이기 때문이다.

표2 응용분야와 위성항법시스템간의 적용성 척도

Application	System			
	GPS only	GALILEO only	GNSS	GNSS+sensors
<b>Commercial/mass market information system</b>				
Tracking & tracing	5	5	10	No need
Fleet monitoring & diagnosis	5	5	10	No need
Information systems	3	5	10	No need
<b>Professional applications</b>				
Track survey	3	5	10	Not applicable
Track machine guidance	3	6	9	10
Precision positioning in civil engineering	4	5	10	Not applicable
Track construction and geometry maintenance	3	5	10	Not applicable
Localisation of track & overhead failures	3	5	8	10
<b>Safety related applications</b>				
Train supervision	0	10	4	6
Train control	0	10	0	5
Safety of work in track	0	10	2	7

유럽의 철도분야에 GNSS/GALILEO 연구개발 로드맵 상 현재 GNSS(GPS+EGNOS) 기반의 열차제어분야 적용성 연구를 수행중이며 대표적인 적용성 연구로서 앞서

기술한 LOCOPROL과 INTEGRAIL이 있음. 2008년 이후 GALILEO 상용운영 시 기존에 수행하였던 GNSS에 GALILEO를 결합하여 상용·옹용분야와 전문·옹용분야에 대한 상세연구가 진행될 예정이며, 안전성이 최우선되는 안전관련 응용분야에서는 GALILEO SoL 서비스에 대한 인증관련 연구 및 열차제어분야 적용을 위한 상세 연구가 진행될 것이다.

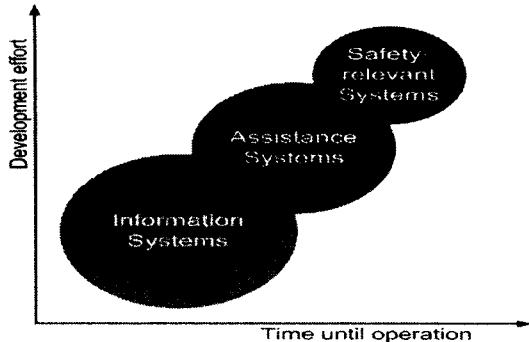


그림 3 위성항법기반 철도적용 분류

위성항법기반 요구사항을 도출하기 위한 파라미터로는 적용형태, 운영특성, Safety Case 등에 종속적이며, 이는 기능 요구사항(정밀도, 성능, 열차보정 데이터포맷 등)과 시스템 요구사항(안전성, 신뢰성, 가용성, 유지보수성 등)으로 구분하여 도출하여야 할 것임[IEC17000 : 적합성평가]

### 2.3 위성항법기반 철도 적용 분야 도출

- 열차 위치확인을 바탕으로 열차 제어(자동운행, 제동)가 가능하며 열차운행의 안전(열차간 간격 유지)도 보장할 수 있도록 구현이 가능하다.
- 진로 제어 및 감시 : 열차의 토폴로지학적 위치정보를 바탕으로 진로를 제어하거나 감시할 수 있도록 할 수 있다.
- 열차길이 감시 : 열차길이를 감시함으로써 원치 않는 열차분리를 막는 것에 이용할 수 있다.
- 인프라 감시 : 열차 운행구간(선로, 교량, 터널 등)의 상태를 파악하고, 필요할 경우에는 상태에 따른 점검이나 수리를 요구할 수 있도록 구현이 가능하다.
- 절대적 또는 상대적 제동거리간격 : 제동거리간격을 가지는 열차운행에서 무엇보다 중요한 것은 상대적인 간격을 정확하게 측정하는 것이다. 이 같은 상대적 제동거리간격은 두 열차의 절대적 위치 차이로부터 산출이 가능하다.
- 열차 수리 : 열차 상태를 파악하고, 필요할 경우에는 상태에 따른 점검이나 수리를 요구할 수 있도록 시스템 구성이 가능하다.
- 지선(분기선)을 위한 효율적, 통합적 유도시스템 : 운행선로구간과 열차 및 그 배치의 안전과 제어를 담당한다.
- 운행계획 확인 : 열차가 운행계획(시간 또는 위치)에 맞게 운행되고 있는지를 확인한다. 필요할 경우 운행계획상의 오차를 알릴 수 있게 시스템을 구현할 수 있다.
- 충돌 경고 : 충돌 가능성을 감지하고 경고하며, 향후 자동적인 개입을 통한 충돌방지 기능 추가를 고려해볼 수 있다.
- 승강장 안내방송 : 열차의 진입 내지는 통과, 올바른 승강장 등을 자동으로 알려준다.
- 열차번호 전송 : 기존의 컴퓨터기반 열차번호 전송의 보완 또는 대체 서비스로, 신호설비에 열차의 위치와 운행방향을 알려줄 수 있도록 구성할 수 있다.

- 화물 감시 : 화물의 상태를 지속적으로 감시하고, 필요할 경우에는 조치를 취할 수 있는 시스템구현이 가능하다.

### 3. 결 론

위성항법기반 철도적용분야를 도출하였던 것과 같이 많은 분야에 적용이 가능하다. 특히 위성항법을 철도시스템에 적용할 경우 가장 두드러진 변화는 설비의 간략화이다. 열차 위치확인을 바탕으로 제어측면에서 보았을 때 남북철도(한반도 종단철도, TKR) 및 유러시아 철도(중국횡단철도, TCR, 시베리아횡단철도, TSR)건설 시 활용가능성 여부 판단 기초자료 획득 가능하고 국가 간의 연계 운영을 위한 시스템 호환성 및 국제 표준화 동향파악이 가능하다.

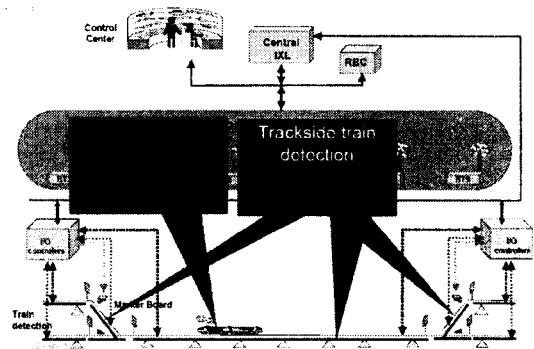


그림 4 시스템 간략화도

또한 지상시스템이 연결하여짐에 따라 지상설비 구축 비용을 10억 원/Km로 추정할 경우에 약 30%의 비용절감 효과를 거둘 수 있으며, 철도의 지상설비 유지보수 비용을 약 30%정도 절감할 수 있는 기대 효과가 예상된다.

따라서 도출된 철도적용분야 구체화하여 구현접목 계획의 수립이 필요하다.

### [참 고 문 헌]

- [1] European Space Agency(2002), GALILEO,
- [2] 독일 항공우주센터, “유럽형 위성항법시스템 GALILEO의 교통 분야의 응용가능성”
- [3] UIC, “GALILEO application for rail(Integration of technologies for maximisation of effects)” 2006년도
- [4] UIC, “GALILEO application for rail(Roadmap for implementation)” 2006년도