

철도응용분야에서의 갈릴레오 시스템의 적용방안 연구

The study on the applicability of Galileo system in railway application

신경호*
Shin, Kyung-Ho*

정의진**
Joung, Eui Jin**

이준호***
Lee, Jun Ho***

정락교****
Jeong, Rag Gyo****

ABSTRACT

EU is in the process of developing a new european global navigation satellite system - Galileo project - which technologies and capitals from member states of EU are put into, after determining to set up a separate GPS against that of US late in the 1990s. Galileo system is commercial global navigation satellite system, which allows other else nations outside of EU to participate in system development and operation, different from GPS. Korea also decided to join in the project on February in 2005. Galileo system provide 5 Services - Open Service, Safety of Life, Commercial Service, Public Regulated Service, Search and Rescue Service, and especially it can be applicable to safety-critical areas, and is to provide its part of services certified. In this paper, we are to compare the services of Galileo system, and to present necessary factors to be considered, and the applicability to use the Galileo system in safety-critical application areas, such as train control system

1. 서 론

1990년대 후반부터 유럽연합은 미국의 위성항법시스템에 대항하는 독립된 위성항법시스템을 구축하기로 결정하고 유럽연합 회원국들의 기술과 자본이 투입된 새로운 위성항법시스템인 갈릴레오 프로젝트(Galileo Project)를 추진 중에 있다. 갈릴레오 시스템은 미국의 위성항법시스템인 GPS와는 달리 상업적인 위성항법시스템으로 시스템의 개발과 운영에 대하여 유럽연합 이외 국가의 참여를 허용하고 있으며, 우리나라도 2005년 2월 갈릴레오 프로젝트의 참여를 공식 결정하였다. 갈릴레오 시스템은 상업적인 위성항법시스템으로 5가지 서비스(Open Service, Safety of Life, Commercial Service, Public Regulated Service, Search and Rescue Service)를 제공할 예정이다[1]. GPS가 군용시스템인 반면 갈릴레오 시스템은 순수 민간용 위성항법시스템으로 일부 서비스에 대하여 유료로 서비스를 할 예정이며, Safety of Life 등의 서비스에 대해서는 인증된 서비스를 제공할 예정으로 안전이 중요한 응용분야에 대한 적용이 가능하다. 본 논문에서는 갈릴레오 시스템에서 제공하는 서비스를 비교하며, 열차제어 분야와 같이 안전이 중요한 철도관련 응용분야에서 새로운 위성항법시스템인 갈릴레오 시스템의 적용을 위한 고려사항과 적용방안을 제시한다.

* 한국철도기술연구원, 전기신호연구본부, 정회원

E-mail : khshin@krri.re.kr

TEL : (031)460-5488 FAX : (031)460-5449

** 한국철도기술연구원

*** 한국철도기술연구원

**** 한국철도기술연구원

2. 갈릴레오 시스템

갈릴레오 시스템은 유럽연합 회원국들의 기술과 자본이 투입된 상업용 위성항법시스템이다. 갈릴레오 시스템은 2003년 시스템 정의를 확립하고 2010 완전상용운영(FOC)을 목표로 현재 시스템 개발 중에 있으며 시험용 위성 1기를 궤도에 띄워 시험운영 중에 있다. 그림 1은 갈릴레오 프로젝트의 개발 로드맵이다.



그림 1. 갈릴레오 프로젝트의 개발 로드맵

갈릴레오 시스템을 구성하고 있는 전체 시스템은 그림 2와 같이 Global component, Local components 그리고 User segment로 구성되며, EGNOS와 같은 위성보강항법시스템이 외부적인 추가 구성요소로 포함될 수 있다. Global component는 3개의 지구중궤도(MEO : Medium Earth Orbit) 위에 30기(27기 운용 + 3기 예비)의 항법 위성으로 구성되는 우주구성부분(space segment)과 항법 위성들을 모니터링하고 서비스를 제공하는 지상구성부분(ground segment)을 포함한다. Local components는 정확도, 가용성, 연속성, 무결성 등에 대하여 부가적인 성능이나 기능을 더하여 지역적인 서비스를 제공하기 위하여 필요한 구성요소로서 지역적인 정보도 위성신호를 통하여 제공가능 하다.

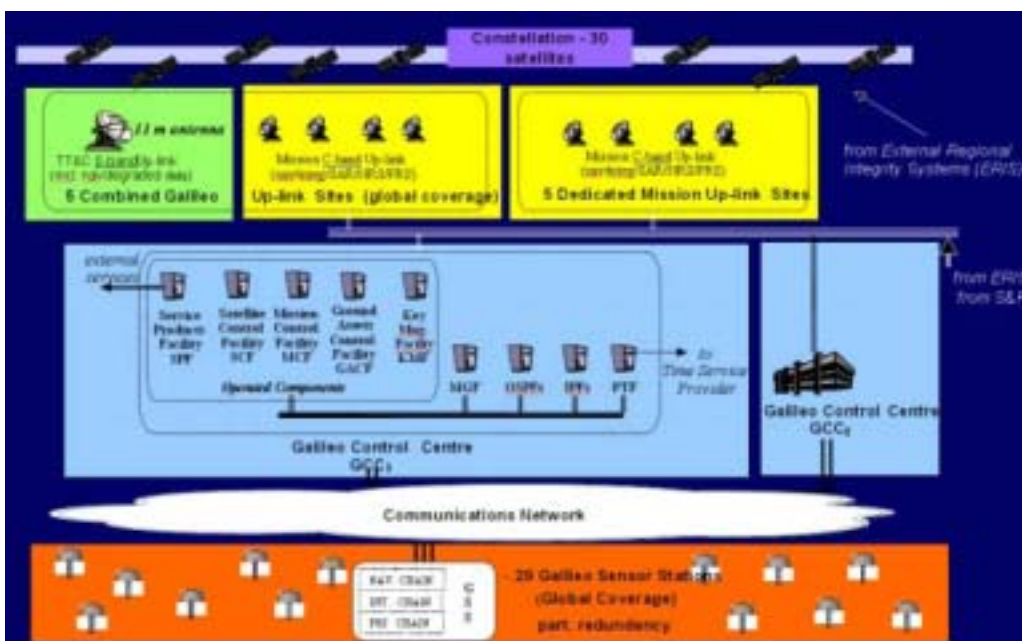


그림 2. 갈릴레오 시스템 전체 구성도

2.1 우주 구성 부분(Space Segment)

갈릴레오 시스템에서 이용되는 항법위성의 개수는 총 30기 예정되어 있으며 약 56° 기울어진 3개의 궤도에 30개의 중궤도(MEO) 위성으로 구성될 것이다. 갈릴레오 위성은 지구로부터 23,616km의 고도에 위치하고, 1 궤도 주기는 14시간 21분 6초 이다. 현재 각각의 궤도에 10개의 위성을 고르게 배치하는지 아니면 9개의 위성을 고르게 배치하고 위성의 고장에 대비하여 예비위성 하나를 추가로 배치하는지에 논의가 진행 중에 있다[4].

2.2 지상 구성 부분(Ground Segment)

- 지상제어센터(GCC : Ground Control Center)

갈릴레오 지상제어센터는 지상제어부분과 지상임무부분으로 분리된다. 지상제어부분에서는 모든 위성 운용을 안정적, 정상적으로 수행하기 위한 위성 운용계획을 수립하여 갈릴레오 위성군의 운용을 담당하며 지상임무부분은 위성과 지상에 구현된 항법시스템 전반의 정상적인 운용을 위한 기능을 수행한다.

- 위성상태감시국(TTC : Telemetry Tracking and Command)

TTC 스테이션은 13m S밴드 안테나로 구성되며 총 5개의 사이트에 설치된다. 설치위치는 유럽국가 및 유럽과 협정이 수립된 나라에 위치한다. TTC 스테이션의 기능은 위성의 상태를 직접적으로 감시 및 제어를 수행하는 것이다. 해당 기능은 위성의 자세제어, 궤도예측, 위성의 health 상태 등이 있다.

- 상향링크국(ULS : Uplink Station)

갈릴레오 상향링크국은 하나의 사이트가 4개의 3.2m C밴드 안테나로 구성되어 있으며 전 세계 9개 정도의 사이트가 구축될 것이다. 전체 갈릴레오 위성군의 무결성정보를 확보하기 위하여 적어도 24개의 안테나가 있어야 하며 설치지역은 협정이 수립된 나라와 유럽국가 지역에 설치된다. 상향링크국의 주요 임무는 실시간으로 위성임무명령을 위성으로 전송하는 기능이다. 즉 GCC에서 전송한 무결성 정보 및 궤도와 관련된 정보를 상향링크국을 통하여 갈릴레오 위성으로 전송한다.

- 신호감시국(GSS : Ground Sensor Station)

갈릴레오 신호감시국은 두개의 수신채널을 가지고 있으며 위성항법 신호(Signal in Space)의 품질을 감지할 수 있는 전역에 위치하게 된다. 무결성 정보는 다른 GNSS 시스템과는 차별된 갈릴레오 시스템의 특징이며, 무결성 정보는 위성항법신호와 같이 갈릴레오 위성으로 전송되며 Safety-of-Life 서비스를 통해 제공한다[4].

2.3 갈릴레오 제공 서비스 및 GPS와의 비교

갈릴레오 시스템은 총 5개의 서비스를 제공할 예정으로 Open Service, Safety of Life, Commercial Service, Public Regulated Service, Search and Rescue Service가 있다. 갈릴레오 시스템에서 제공하는 서비스의 가장 큰 특징은 서비스의 연속성이라 할 수 있다. GPS는 군용시스템으로 미국의 군사 전략적 상황에 따라 지역적으로 서비스가 불가능할 수 있는 반면 갈릴레오 시스템은 상용시스템이므로 서비스의 연속성이 보장된다. 그림 3은 Galileo Mission High Level Definition 문서에서 정의하고 있는 3가지 서비스에 대한 사양을 나타낸다[1][2]. 이 중 Open Service(OS)는 GPS의 SPS(Standard Positioning Service)와 유사한 성능의 측위 서비스를 무료로 제공한다. 하지만 갈릴레오의 Open Service는 무결성(integrity)정보를 제공하지 않는다. 무결성 정보는 위성의 건강상태를 알려주는 정보로서 안전응용분야에 위성항법기반의 장치적용을 위해서는 반드시 필요한 정보이다. GPS의 경우에도

시간을 이용하는 전파항법장치로서 최소 4개 이상의 위성의 가시성이 반드시 보장되어야만 측위가 가능하다. 하지만 항공이나 항해 분야와 같이 가시성이 보장되는 환경과는 달리 대표적인 육상운송수단인 철도환경에서는 지리적인 영향으로 충분한 가시성을 확보하기 어렵다. 따라서 갈릴레오 시스템은 가시성이 제약된 환경에서는 위치오차의 증가와 연속적인 위치결정이 불가능할 수 있으므로 이에 대한 해결 방안이 필요하다[3].

3.1 가시성 제약 해결방안

전파항법을 기본원리로 사용하는 위성항법시스템의 특성상 가시성이 보장되지 못하면 위치결정이 불가능하다. 가시성 제약을 완화 또는 해결하기 위한 방법으로 2가지 방안이 있다. 하나는 유럽연합의 갈릴레오, 미국의 GPS, 러시아의 GLONASS와 같은 위성항법시스템을 통합 사용하여 가용위성의 수를 증가시켜 가시성 제약을 완화하는 방안이다. 30기의 갈릴레오 위성과 24기의 GPS 위성, 그리고 현재 운용중인 11기의 GLONASS 위성을 통합하여 사용한다면 총 65기 항법위성의 이용이 가능하다. 따라서 통합위성항법을 사용함으로써 도심과 같은 가시성의 제약이 있는 환경에서 단독의 위성항법을 이용하는 경우보다 더 높은 측위 성공을 거둘 수 있으며 통합위성항법을 구성하기 위해서는 각 위성항법시스템에서 사용하는 시각과 좌표계의 매칭을 필수적으로 고려해야만 한다. 하지만 교량 하부나 터널과 같은 위성신호가 완전히 차단된 환경에서는 운용 위성 수의 증가만으로는 측위가 불가능하다. 따라서 위성항법이 불가능한 환경에서도 연속적인 측위가 가능하도록 추가적인 보조 측위장치를 결합하여 사용함으로써 가시성 제약을 해결할 수 있다. 즉 가시성이 확보된 환경에서는 위성항법을 이용하여 측위하고 가시성 제약 환경에서는 보조 측위장치를 이용함으로써 연속적인 위치결정이 가능하다. 보조 측위장치는 상호운영성을 고려하여 타코메타와 도플러레이더센서, 관성항법장치와 같이 열차에 탑재 가능한 보조측위장치의 사용이 적절하다.

3.2 정확성 수준 증대방안

위성항법시스템의 주요 오차 원인으로 위성궤도오차와 이온층, 대류층, 다중경로에 기인한 전파지연에 기인한 오차를 들 수 있다. 위성궤도오차는 위성 궤도정보의 오차로 인해 발생하는 위치오차이며, 이온층, 대류층 지연오차는 위성신호가 지구의 이온층, 대류층을 통과하면서 발생하는 신호지연에 기인하는 위치오차로서 일정 지역 내에 있는 사용자에게는 공통적으로 발생하는 오차요인이다. 다중경로오차는 사용자가 위치한 환경에서 위성신호의 반사에 기인한 지연오차로서 사용자에게 따라 서로 다른 특성을 가지는 오차이다. 사용자에게 공통적으로 발생하는 오차는 외부의 링크를 통해서 보정이 가능하다. 즉 정확한 위치를 알고 있는 기준국에서 현재 위성신호에 포함된 오차를 계산하여 사용자에게 전송함으로써 공통오차의 보상이 가능하므로 정확성 수준의 증대가 가능하다. GPS의 경우 국내에서도 해양수산부 산하 위성항법중앙사무소에서 선박의 안전항해를 목적으로 11개의 해안기준국과 6개의 내륙기준국을 운용 중에 있다. 하지만 공통오차도 가시위성이 존재해야만 보상이 가능하므로 교량이나 터널과 같은 환경에서는 다른 정확성 증대 방안이 필요하다. 위성항법의 이용이 불가능한 환경에서는 보조측위장치를 사용하여 연속적인 위치결정이 가능하며 보조측위장치의 운행시간 및 거리 증가에 따라 위치오차가 누적되는 특징이 있으므로 일정한 거리마다 RFID 또는 발리스 기반의 위치보정을 통해 정확성 수준의 증대가 가능하다.

3.3 신뢰성 수준 증대방안

현재 위성항법시스템의 철도분야에서의 적용은 화물추적 및 선로 등의 지상설비 측량, 측지 등 일반

적인 분야에서만 적용되고 있으며 신뢰성이 중요시되는 열차제어분야에 적용하기 위해서는 위성항법시스템에서 제공하는 위성신호의 신뢰성 수준의 증대가 필요하다. GPS는 시스템 레벨의 무결성 정보를 제공하지 않아 열차제어분야에 적용이 어려운 반면 갈릴레오 시스템에서는 SoL 서비스를 통해 위성에서 직접 무결성 정보를 제공하므로 열차제어분야에 적용이 용이하다. 하지만 열차제어분야에서는 열차의 위치결정의 신뢰성과 함께 정확성과 연속성이 반드시 보장되어야 하므로 갈릴레오와 GPS의 통합위성항법 및 보정항법을 통해 위치결정의 연속성과 정확성을 확보하고 지상에서 독립적으로 GPS 무결성 감시 및 무결성정보를 제공함으로써 위치결정의 신뢰성 확보가 가능하다. 갈릴레오의 SoL 서비스에서 제공하는 무결성 정보의 수준은 APV-II급으로 항공관련규정에 기인한 것으로서 직접적인 철도적용은 무리가 있으므로 철도분야에서 요구하는 수준으로의 수정 및 보완을 통해 철도에 적용해야한다.

4. 결론

본 논문에서는 갈릴레오 시스템에 대하여 살펴보았으며, 주요 제공서비스를 GPS와 비교하였다. GPS와는 달리 갈릴레오 시스템은 SoL 서비스를 통한 위성신호에 대한 무결성 정보의 제공으로 신뢰성이 중요한 요소로 취급되는 철도응용분야에서 위치정보제공을 위한 기간 인프라로서의 활용이 가능하다. 열차제어분야에서의 적용을 위해서는 갈릴레오 시스템의 성능만으로는 부족하며 GPS 등과 같은 타 위성항법시스템과 통합하고 추가 보완장치의 적용을 통하여 가시성, 정확성, 신뢰성 증대가 필수적으로 요구된다. 현재 갈릴레오 시스템은 2010년 상용운명을 목표로 개발 중에 있으며, 유럽의 관련연구기관에서도 활발히 철도응용관련분야에 대한 적용성 연구를 진행하고 있다. 아직까지 국내에서는 위성항법 기반 장치의 열차제어분야에 대한 적용연구가 미진한 상태이며 갈릴레오 시스템과 GPS를 통합적용하여 가시성, 정확성, 신뢰성 향상기술의 연구가 필요하다.

참고문헌

1. "GALILEO High Level Definition Documents", EU/ESA, 2003.
2. "GALILEO Application For Rail-Roadmap for implementation", UIC, 2005.
3. "GALILEO Application For Rail-Integration of technologies for maximisation of effects", UIC, 2006.
4. 김태희,주인원,이상욱,김재훈, "갈릴레오 원격 지상국 설치 요구조건 분석", IAIN/GNSS2006, 2006.