

갈릴레오 원격 지상국 설치 요구조건 분석

*김태희¹, 주인원¹, 이상욱¹, 김재훈¹

¹ 위성관제기술연구팀 ETRI (Tel: 042-860-6706 E-mail: thkim72@etri.re.kr)

Abstract: 본 논문은 갈릴레오 위성항법시스템 중 갈릴레오 위성의 신호 수신 및 위성으로 무결성 정보 송신을 위한 지상국의 설치 요구조건에 대한 분석이다. 갈릴레오 위성항법시스템은 기존의 항법위성 시스템인 GPS 및 GLONASS 에 대응하기 위하여 유럽연합에서 새로이 추진중인 항법시스템이다. 이러한 항법시스템을 감시 제어하기 위한 지상국 중 신호감시국 및 상향링크국 설치에 필요한 다양한 요구 조건에 대하여 분석하여 갈릴레오 프로젝트에 우리나라가 참여할 수 있는 방안을 모색한다.

Keywords: 갈릴레오, 신호감시국, 상향링크국.

1. 서론

유비쿼터스 (Ubiquitous) 사회의 도래에 따라 항법, 측지, 긴급구조, 정보통신 등 위성항법시스템(Global Navigation Satellite System, GNSS)의 활용영역이 넓어지고 이들 분야에서 위성항법에 의존도가 날이 커지고 있다. 또한, 사회 전반의 기간 활동을 지원하고 개인의 편익을 증진하는 주요 인프라로서 GNSS의 중요성이 부각되고 있다.

대표적인 GNSS인 미국의 GPS는 2005년 이후 29기의 위성을 운용 중이며, 현대화 계획에 의해 L2와 L5 대역에 민간용 code를 제공하고 GPS III부터는 L1 대역에 갈릴레오의 Open Service 신호와 interoperable한 신호를 송출할 예정이다. 러시아의 GLONASS는 미국과 비슷한 시기에 개발을 시작하였으나 재정 문제로 2005년 이후 12기의 위성만을 운영하고 있으며, 미국과 마찬가지로 2011년까지 총 24기의 위성시스템의 구축을 목표로 하는 GLONASS-M이라는 현대화 계획을 추진 중이다. EU에서 1998년도에 개발에 착수한 갈릴레오는 미국(GPS)과 러시아(GLONASS) 주도의 위성항법 기술과 시장의 의존도를 낮추고 동시에 새로운 위성항법 관련시장을 창출하기 위하여 EU와 ESA가 공동으로 2007년 4기의 위성을 발사하여 IOV 단계를 거친 후 2010년에 총 30기의 위성으로 운영하는 FOC 서비스를 목표로 추진하고 있는 세계 최초의 민간용 위성항법시스템이다.

갈릴레오 프로젝트를 추진하고 있는 EU는 갈릴레오 사업에 대한 국제적 인지도 확산 및 사업비 분담을 위해 2001년 5월에 비 EU 국가들에 대한 문호개방을 결정하고 우리나라를 비롯한 중국, 이스라엘, 인도, 캐나다, 브라질 등 지역별 거점국가를 중심으로 갈릴레오 사업참여를 권유해 오고 있으며 이 중 원격 지상국을 유치하기 위한 작업들이 수행되고 있다.

따라서 본 논문에서는 원격 지상국을 유치하기 위해 필요한 설치 요구조건을 분석하여 향후 갈릴레오 프로젝트에 참여하기 위한 기초작업에 활용될 수 있을 것이다.

2. 갈릴레오 시스템

갈릴레오 시스템을 구성하고 있는 전체 시스템의 구성은 그림 1과 같이 Global component, Local components, 그리고 User receiver and terminals로 크게 구분되며, EGNOS와 external 갈릴레오-related systems components를 추가하기도 한다. Global component는 3개의 MEO(medium earth orbit)

위에 30기(27 + 3 active spares)의 항법 위성으로 구성되는 space segment와 항법 위성들을 모니터링하고 서비스를 제공하는 ground control and mission segment를 포함한다. Local components는 정확도, 가용성, 연속성, 무결성 등에 대하여 부가적인 성능이나 기능을 더하여 지역적인 서비스를 제공하기 위하여 필요한 구성요소이다. 이러한 지역적인 정보도 위성신호를 통하여 제공된다.

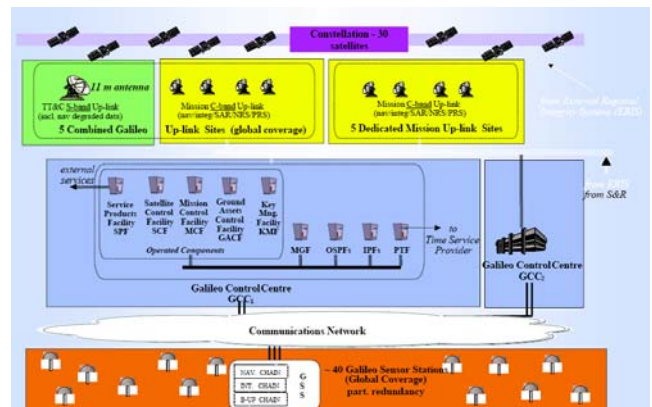


그림 1. 갈릴레오 시스템 구성도

2.1 우주부문

갈릴레오 위성은 총 30기로 예정하고 있고 위성 중량은 650kg, 위성 출력은 1,500W로 계획하고 있으며, 기타 특성은 다음 표 1 과 같다.

표 1. 갈릴레오 위성의 특성

	무게	전력
항법 Payload	115 kg	780W
탐색구조 Transponder	20 kg	100W
전체 위성체	680 kg	1.6 kW

많은 수의 궤도들이 적용범위, 정확성, 가능성과 비용을 고려한 모의실험 수단에 의해 평가되었으며 약 56° 기울어진 3개의 궤도에 30개의 MEO 위성으로 구성될 것이다. 위성의 높이는 지구에서 23,616km이고 궤도 완주시간은 14시간 21분

6초 정도로 예상하고 있다. 각각의 궤도에 10개의 위성을 고르게 배치한 것인지 아니면 9개의 위성을 고르게 배치하고 위성의 고장에 대비하여 교환이 쉬운 사용 가능한 예비 위성 하나를 배치하는 것에 대한 논의가 계속되고 있다.

2.2 지상부분

- **GCC**

갈릴레오 지상제어센터는 크게 지상제어세그먼트와 지상임무세그먼트 기능으로 분리된다. 지상제어 세그먼트에서는 모든 위성 운용을 안정적, 정상적으로 수행하기 위한 위성 운용계획을 수립하여 갈릴레오 위성군의 운용을 수행해야 한다. 지상임무세그먼트는 지상제어센터의 구성요소이며, 위성과 지상에 구현된 항법시스템 전반의 정상적인 운용을 위한 기능을 수행한다.

- **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 전세계 9개 정도의 사이트가 구축될 것이다. 전체 갈릴레오 위성군의 무결성정보를 확보하기 위하여 적어도 24개의 안테나가 있어야 하며 설치지역은 양국간 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 : Sensor Station)**

갈릴레오 신호감시국은 두개의 수신채널을 가지고 있으며 위성항법 신호(Signal in Space)의 질을 감시할 수 있는 전역에 위치하게 된다. 무결성 정보는 다른 GNSS 시스템과는 차별된 갈릴레오 시스템의 특징이며, 무결성 정보는 위성항법신호와 같이 갈릴레오 위성으로 전송되며 이러한 것은 Safety-of-Life와 같은 서비스에 보다 적합하다. 다음 그림은 신호감시국의 예상되는 위치를 나타낸 것이다.

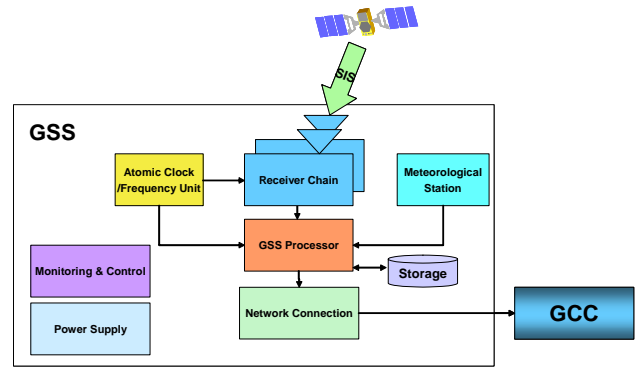


그림 2. 갈릴레오 신호감시국 구성도

갈릴레오 신호감시국은 GCC에서 원격으로 운영되며 유지보수만 해당 유치기관에서 수행한다.

3.2 상향링크국

상향링크국은 지상제어센터에서 처리된 갈릴레오 임무 데이터를 원격으로 수신하여 갈릴레오 위성으로 송신하는 기능을 수행하며 상향링크국을 이루는 구성요소는 C밴드 안테나, 안테나 제어유닛, 고풍력증폭기, 주파수상향변환기, 시험주파수하향변환기, 커플러, 베이스밴드 유닛, 시각&주파수 장치, 감시/제어 컴퓨터, Ethernet hub 등이 있다. 또한 상향링크국은 갈릴레오 위성으로 데이터를 전송하기 위하여 갈릴레오 위성을 추적할 수 있는 기능을 포함하고 있다.

그림 3은 상향링크국의 구성도이다.

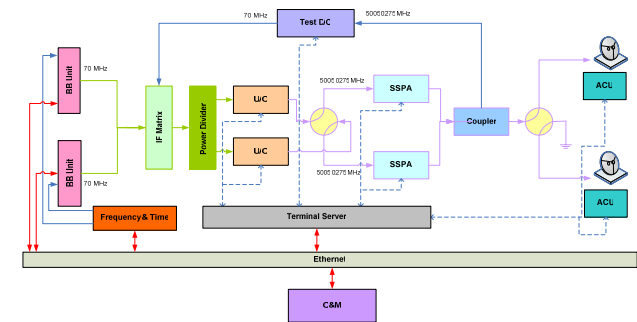


그림 3. 상향링크국의 구성도

3. 원격 지상국의 구성요소

3.1 신호감시국

갈릴레오 신호감시국은 위성항법 및 무결성 정보를 위하여 갈릴레오 위성의 신호를 감시하는 기능을 수행한다. 갈릴레오 신호감시국은 적어도 2개 이상의 수신경로를 이용하여 갈릴레오 위성으로부터 4개의 L밴드 신호를 수신, 복조한 후 GCC로 데이터를 전송한다.

갈릴레오 신호감시국은 갈릴레오 위성군의 신호를 감시하기 위하여 전 세계에 분포되어 있으며 신호감시국 시스템의 구성은 갈릴레오 수신 안테나, 전증폭기, 수신기로 이루어진 수신 채널, 데이터 저장장치가 포함된 신호감시국 프로세서, 신호감시국의 기상정보를 수집하기 위한 기상 스테이션, 신호감시국 장비로 주파수 및 클럭 정보를 제공하기 위한 원자시계 및 주파수 유닛, 이러한 장비를 감시 및 제어하기 위한 감시제어장치로 구성된다. 또한 기반설비 장비로 GCC와 통신링크를 설정하기 위한 네트워크 장비 및 장비로의 전원인가를 위한 전원 장치로 구성된다.

다음 그림 2는 신호감시국의 구성도이다.

4. 원격 지상국의 공통 설치 요구조건

본 장에서는 ESA에서 원격 지상국 설치와 관련하여 상향링크국과 신호감시국의 공통된 용구사항을 분석하였다. 갈릴레오 위성항법 서비스를 제공하기 위하여 ESA에서는 지상국의 운영수명을 적어도 20년 이상 유지되어야 하는 요구조건을 제시하며 이외의 다양한 요구조건을 분야별로 제시하였다.

4.1 접근성

원격 지상국의 접근성측면에서 살펴보면 우선 신호감시국 장비 수송 및 설치/운용 인력 접근이 용이하도록 고속도로, 공항, 기차역 등에서 근접해야 하며 원격 지상국까지의 차량 접근로가 제공되어야 한다.

4.2 옥외 대지

원격 지상국을 설치하기 위한 대지의 조건은 신호감시국의 경우에는 4개의 신호감시국 안테나가 설치될 수 있는 면적이 확보될 수 있는 공간과 3개의 컨테이너 설치 공간이 요구된다.

또한 VSAT을 이용하여 GCC와 통신을 수행할 경우 한개 또는 2개 VSAT 안테나를 설치할 공간이 요구된다.

안테나 및 컨테이너 설치를 위한 옥외 작업 공간은 신호감시국의 경우 500m², 상항링크국의 경우 1500 m²의 공간이 필요하다.

원격 지상국의 경우 중요한 설치 조건으로 지평 시야 (Horizon profile masking)을: 360도 전역에 지평면으로부터 5도 이상의 시야 확보해야 하며 20년 운영 기간 동안 해당 조건을 유지해야 한다. 이는 갈릴레오 위성으로 신호 수신 및 송신에 방해물을 제어하여 안정적으로 갈릴레오 위성군의 임무를 수행하기 위함이다. 이와 같은 조건은 그림 4 에 나타나 있다.

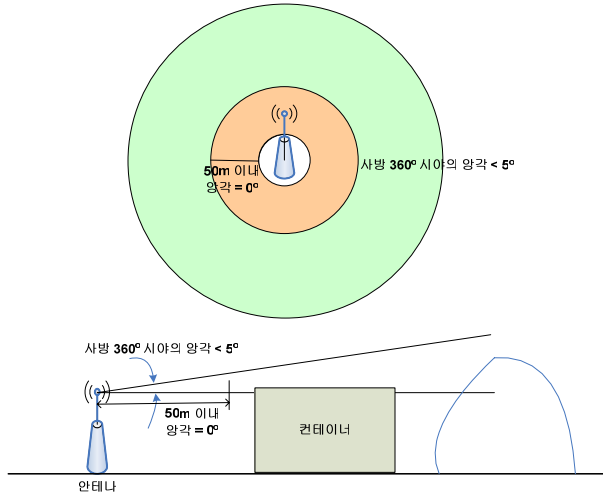


그림 4. 원격 지상국의 시야 요구 조건

원격 지상국의 경우 옥외에 설치되므로 장비 및 안테나의 안정적인 운용을 위하여 설치류 등 야생동물로부터 관측소가 보호되어야 하며, 자연재해 위험으로부터 안전이 보장되도록 추가적인 보호 장비가 갖추어져야 한다. 또한 물에 취약한 장비를 보호하기 위하여 안테나 건물 또는 기둥, 컨테이너가 방수 되어야 한다.

장비간 연결된 케이블보호를 위하여 도관을 이용하여 케이블링을 수행해야 하며 전원 케이블과 통신 케이블을 분리해야 한다.

마지막으로 원격 지상국 위치 결정을 위해 해당 지역의 토양 분석이 이루어져야 한다.

4.3 실내 공간

원격 지상국의 백업 장비를 관리하기 위하여 여분의 보관 공간이 신호감시국은 3m², 상항링크국은 10m² 필요하며 임시 사무실 시설로 24m²의 공간이 요구된다.

실내의 모든 케이블은 배관(canalization)으로 연결되어야 하고 하우징 컨테이너와 안테나 건물의 화재 경보 시스템이 지역 소방대 및 유치기관 화재 감시 시스템에 연결되어야 한다. 또한 원격 지상국을 감시제어하기 위한 주제어실의 적당한 공간에 M&C(Monitor & Control) 시설, 전원 및 전용 LAN 통신 (광케이블 연결이 요구될 수 있음)이 가능하도록 충분한 공간이 주어져야 한다.

원격 지상국 장비를 보관하기 위한 공간 조건은 온도는 +10°C ~ 30°C, 상대습도는 95% 이하로 맞춰줘야 한다.

4.4 전원 공급 및 접지

원격 지상국 장비에 제공되는 전원의 조건은 단상 전원은 230Vac±10%, 50Hz±5%, 삼상 전원은 400Vac±10%, 50Hz±3%, 마진을 15%에서 전체 전원 용량은 신호감시국의 경우 8kVA, 상항링크국의 경우 40kVA를 제공해야 한다.

컨테이너와 안테나에 구성된 모든 전자 장비를 보호하기

위하여 접지되어야 하며, 각각의 시설을 낙뢰로부터 보호하기 위한 낙뢰 방지시스템이 설치되어야 한다.

4.5 통신

원격 지상국이 설치되는 지역은 GCC와 통신을 수행하기 위해 통신 인프라가 설치된 지역이어야 한다. 통신 방식으로는 VSAT, Frame Relay, ISDN이 있으며 통신사업자(CSP : Communication Service Provider)의 네트워크는 적어도 2개의 서로 다른 회선으로 유럽에 접속할 수 있어야 한다.

4.6 보안

원격 지상국의 보안을 위해 원격 지상국 접근 통제를 수행해야 한다. 이를 위하여 주차장은 갈릴레오 안테나 및 장비와 분리되어 설치해야 하며 차량 접근은 갈릴레오 장비 및 안테나로부터 적어도 100m 이내에 접근 금지해야 하며 출입자의 신원 파악 체계를 확립하고 상시 보안/감시 체계를 가져야 한다. 또한 갈릴레오 안테나 및 관련 장비들은 펜스 및 출입문으로부터 적어도 20m 거리를 유지해야 한다.

5. 원격 지상국의 특별 설치 조건

5.1 신호감시국

안테나 설치 조건

신호감시국 안테나에서 갈릴레오 위성 신호를 수신하여 케이블을 통해 수신기로 전송할 경우 발생하는 감쇠 및 시각오차를 최소화하기 위하여 신호감시국 안테나와 수신기(컨테이너에 위치)간 거리는 80m 이내로 유지해야 한다. 또한 신호감시국 안테나들 간의 거리는 100m 이상으로 유지하여 보다 정밀한 갈릴레오 신호를 수신할 수 있도록 해야 하며 신호감시국 안테나는 반경 50m 주위에 고도 0도 이상인 장애물이 없어야 한다. 안테나 설치 시 다음과 같은 요구조건을 만족하기 위하여 기둥이나 타워를 이용할 수 있으나 안테나와 수신기간 거리 요구조건을 고려해야 한다.

RF 주파수 사용 및 간섭

신호감시국 안테나를 설치하기 위한 장소는 기존의 GPS를 이용한 의사거리 오차 측정치가 ESA에서 제시하는 GPS 평균 의사거리 오차보다 좋은 성능을 만족해야 한다. 또다른 RF 주파수 요구조건으로 신호감시국 안테나 이득 및 LNA, 케이블 손실을 보정한 신호감시국 안테나 위치에서 등방 안테나(0 dBi 이득)의 측정된 간섭은 ESA에서 제시한 값보다 작아야 한다.

다음 그림 5 는 신호감시국을 설치하기 위한 기본 설계 개념도이다.

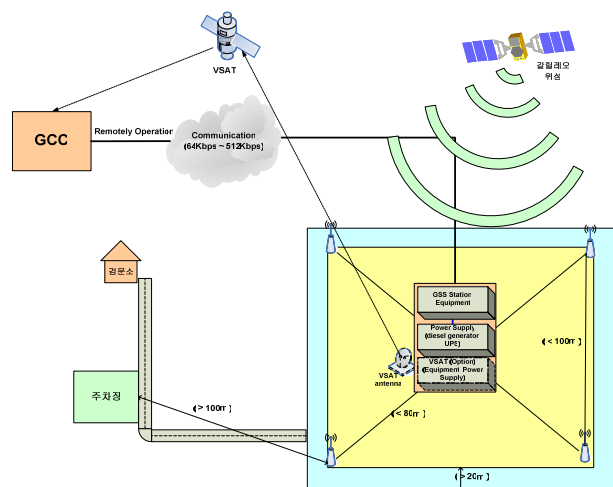


그림 5. 신호감시국을 설치하기 위한 기본 설계 개념도

5.2 상향링크국

상향링크국은 신호감시국과 다르게 갈릴레오 위성으로 데이터를 전송해야 하기 때문에 주파수 및 RF 간섭에 대한 요구조건이 보다 엄격하다. 상향링크국에서 이용하는 주파수 특성은 C밴드 주파수인 5000-5010 MHz 대역의 스펙트럼 범위를 이용하며 최대 EIRP는 58 dBW 이다.

상향링크국에서 이용하고 있는 RF 주파수 주변의 주파수에 대해 운용의 안정성을 위하여 주변 주파수와의 간섭을 최소화해야 한다. 설치될 상향링크국 주변의 전파천문 간섭은 시간당 2%이상 -171 dBW/m^2 in a 10 MHz band 보다 작아야 하며 상향링크국과 전파천문관측소간 거리는 최대 91Km 정도 거리 이내에 있어야 한다.

상향링크국에서 이용하는 주파수는 극초단파착륙시스템 (Microwave Landing System)에서 이용하는 주파수와 동일 대역을 이용하므로 주변의 극초단파착륙시스템과의 주파수 간섭을 최소화해야 한다. 이러한 조건을 만족하기 위해 극초단파착륙시스템과의 주파수 간섭은 -124.5 dBW/m^2 in a 150 kHz 밴드 보다 작아야 한다.

5. 결론

본 논문은 갈릴레오 위성항법시스템 중 갈릴레오 위성의 신호 수신 및 위성으로 무결성 정보 송신을 위한 원격 지상국의 설치 요구조건에 대한 분석이다. 원격 지상국 중 상향링크국과 신호감시국의 설치 요구조건을 공통적인 요구와 시스템 특성을 반영한 특별 요구에 관하여 살펴보면, 갈릴레오 신호를 안정적으로 수신 및 송신할 수 있는 장소 및 기반시설을 갖춰야 하며 전파 환경을 우선적으로 고려하여 신뢰성있는 원격 지상국 운용을 보장해야 할 것이다.

따라서 갈릴레오 프로젝트에 적극적 참여를 통한 차세대 위성항법시스템 시장에서의 입지를 굳건히 하기 위하여 ESA에서 요구하는 Galileo Sensor Station 및 Uplink Station을 포함하는 원격 지상국의 설치 요구조건을 분석하고 우리나라에 유치를 위한 협상을 수행해야 할 것이다.

참고 문헌

1. A.Castro, "Galileo Ground Station Site Interface Requirement Document (GS-SIRD)" *ESA-DEUI-NG-REQ/02154-AC*, Jul. 2005,
2. A.Castro, "Hosting Services for GSS Stations During the Galileo IOV Phase" *ESA-DEUI-NG-SoW/0254-AC*, Jun. 2006
3. Philippe Roghi "Feasibility Study and analysis of GNSS ground segment for ERIS Interim report" ALCATEL Space, 2006.07