

위성항법 지상국 시스템 기술개발에 관한 연구

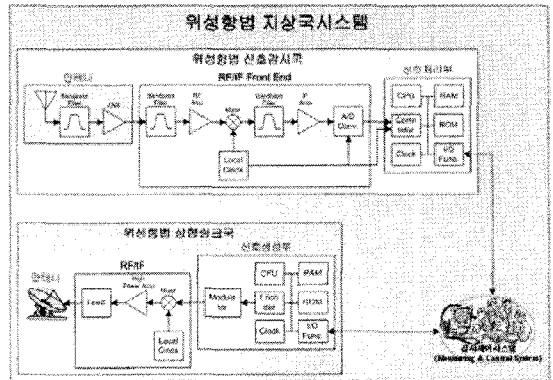
A Study on Technical Development of Ground System for GNSS

신천식*, 이상욱, 이점훈, 김재훈(한국전자통신연구원)

1. 서 론

위성항법시스템은 21세기 첨단 정보화 사회의 핵심인 위치기반 정보서비스 산업인 텔레매틱스 기술 구현에 필수적인 핵심 원천기술로 인식되고 있어, 미국을 비롯한 러시아, 중국, 일본, 유럽 등에서 자국의 기술보호와 차세대 시장 선점을 위하여 노력하고 있는 분야이다. 위성항법시스템을 통해 제공되는 서비스는 지상, 항공, 해상교통 항법, 측지 및 측량, 지구과학, 농업 등은 물론 긴급구조, 자연재해 대책 등 국가 차원의 위기관리에도 적용될 수 있는 시스템이다. 이와 관련하여 한국전자통신연구원에서는 위성항법 지상국 시스템 기술개발을 '06년도부터 선행연구 사업을 시작하였고, 그 결과를 바탕으로 '07년도부터 2010년까지 4개년에 걸쳐 위성항법 지상국 시스템 기술개발에 있어 필요한 요소기술을 우선적으로 개발하여 기술을 습득하고 이를 검증하기 위한 프로토타이핑 형태의 시스템 제작도 병행할 계획이다. 개발하고자 하는 지상국 시스템의 구성은 신호감시국(Signal Sensor Station)과 상향링크국(Up link Station), 감시 및 제어시스템(Monitoring and Control System)으로 구성되며 시스템별 수행기능 및 시스템별 요구사항과 함께 요구사항 분석결과를 2장에서 다루어지며 3장에서는 위성항법 지상국 시스템 개발에 관한 분석결과를 제시하고자 한다.

한 수신기술을 개발하고 고성능 안테나 및 RF 기술을 개발하는 것이며 상향링크국의 경우에는 위성항법에 필요한 정지궤도/중궤도 상향링크 안테나 및 RF 장비의 핵심부품 기술을 연구하고 항법기능 위성용 상향링크국 모델 및 기저대역 기술연구와 함께 다중대역 주파수 신호의 상향링크 기술을 개발하는 것이다. 지상국 시스템의 감시 및 제어기술분야에서는 다중 신호감시국과 다중 상향링크국으로 구성되는 위성항법 지상국 시스템의 장비에 대한 감시 및 제어기술을 개발하고 위성항법 지상국의 감시 및 제어를 자동화할 경우에 필요한 요소기술을 개발할 계획이다. 지상국 시스템에 관한 구성 개념도는 (그림 1)과 같이 도시할 수 있다.



(그림 1) 지상국 시스템의 구성개념도

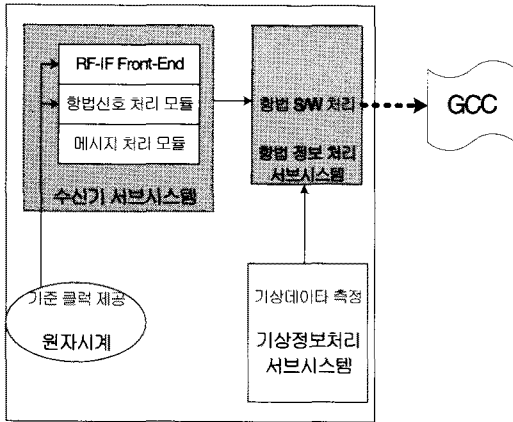
2. 본 론

2.1 지상국 시스템 임무

위성항법 지상국 시스템 개발 목적은 위성항법 신호감시국과 상향링크국 및 지상국 시스템에 대한 감시 및 제어에 필요한 기술을 개발하는 것이다. 위성항법 신호감시국의 경우, 갈릴레오 및 GPS 위성으로부터 항법신호를 수신하는데 필요

2.2 서브시스템별 세부구성 및 임무

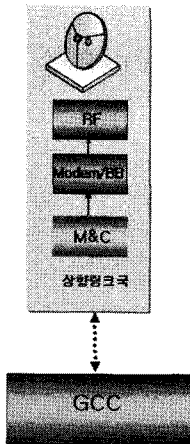
위성항법신호감시국은 위성항법 신호를 수신하는 수신기와 기상정보 자료를 송수신할 수 있는 기상정보처리기, 항법정보를 입출력할 수 있는 항법정보처리기, 수신기내 정확한 시각정보를 제공하기 위한 원자시계로 구성된다. 위성항법 신호감시국의 개념적인 구성도는 (그림 2)와 같이 도시할 수 있다.



(그림 2) 위성항법신호 감시국 구성도

수신기는 갈릴레오 및 GPS 등으로부터 항법 신호를 수신할수 있는 RF-IF Front End부, 신호 처리를 위한 기저대역 신호처리부, 처리된 정보를 항법정보처리를 할 수 있도록 메시지화 하는 메시지 처리 모듈로 구성된다.

상향링크국은 안테나부, RF부, 모뎀을 포함한 기저대역부 및 RF 장비등의 상태를 감시하고 제어하는 C&M(Control and Monitoring)부로 구성되어 있다. 상향링크국에 대한 개념적인 구성도는 (그림 3)과 같다.



(그림 3) 상향링크국의 구성 개념도

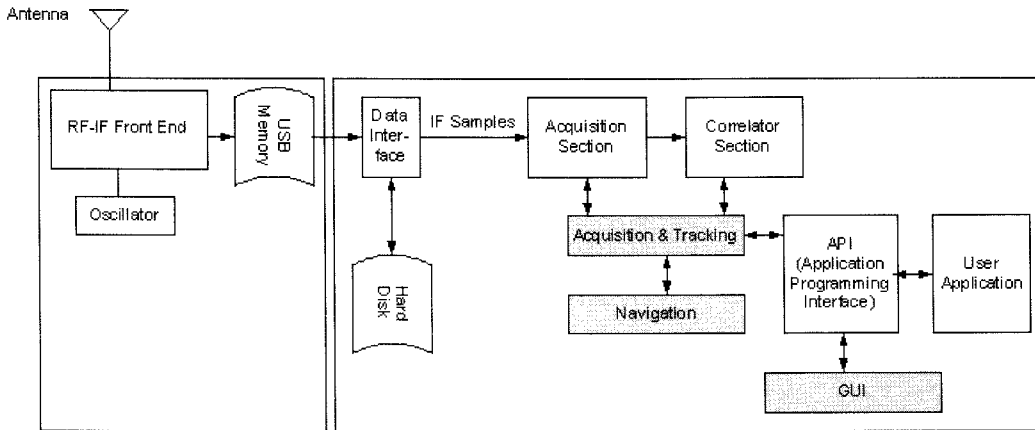
(그림 3)에서 도시한 바와 같이 상향링크국은 위성항법 제어센터로부터 항법관련 정보등을 수신할 수 있도록 인터페이스를 가져야 한다.

감시 및 제어시스템은 항법신호 측정치에 대한 보정 및 항법 메시지 처리 기능을 수행하는 항법 데이터 처리 및 제어부와 항법알고리즘 및 오류를 감지하고 외부시스템과의 인터페이스를 수행하는 항법 신호감시부로 구성된다. 특히 항법신호감시부는 위성항법제어센터와 인터페이스 될 수 있어야 한다.

2.3 서브시스템별 주요 요구사항 분석

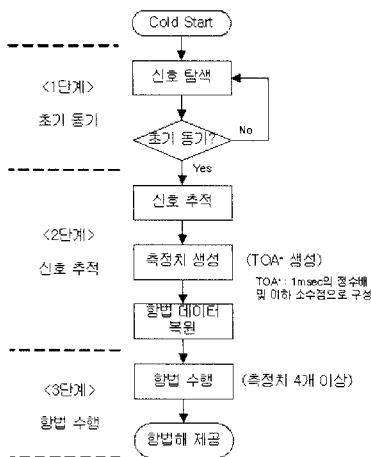
위성항법 신호감시국을 구성하는 각 서브시스템별 주요 요구사항을 제시하면 다음과 같다.

위성항법수신기는 갈릴레오 및 GPS 위성으로부터 항법 신호를 수신할 수 있어야 한다. 수신기를 구성하는 RF-IF Front End는 갈릴레오 및 GPS 위성으로부터 신호를 수신할 수 있어야 한다. 수신기내 신호처리부는 소프트웨어 수신기 형태로 개발한 후 성능 검증 과정을 거쳐 하드웨어 형태로 제작하도록 한다. 소프트웨어 수신기의 개념적인 구성도는 (그림 4)와 같이 도시할 수 있다.



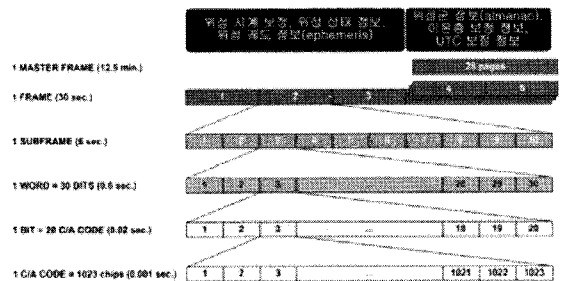
(그림 4) 소프트웨어 수신기의 구성 개념도

수신기는 GPS 위성 24기, 갈릴레오 위성 27기로부터의 항법신호를 수신할 수 있어야 하며 수신기의 주요 성능 지표 중 TTFF(Time To First Fix)와 Accuracy 분석결과를 제시하였다. 수신기가 동작하여 신호 및 항법 데이터를 획득하고 항법 해를 처음 구할 때까지의 소요 시간인 초기 위치 획득시간을 나타내는 TTFF는 수신기의 상태에 따라 Cold Start, Warm Start, Hot Start로 구분된다. 그 중 Cold Start는 수신기가 현재의 모든 위성에 대한 개략적인 궤도정보인 Almanac과 각 위성에 대한 정확한 궤도정보인 Ephemeris, 초기위치 및 시각정보가 전혀 없는 상황에서의 TTFF 시간이며, Warm Start는 수신기가 현재의 Almanac, 초기위치 및 개략적인 시각정보를 갖고 있는 상황에서의 TTFF 시간을 의미한다. 수신기가 Cold Start 상황에서의 동작 과정 (그림 5)에 도시하였다.



(그림 5) 수신기의 Cold Start 동작과정

수신기의 동작 상태별 TTFF 시간을 산출하기 위하여 메시지의 형태가 고려되어야 하는데 본문에서는 (그림 6)에서와 같이 GPS의 메시지 프레임에 의하여 분석하였다.



(그림 6) TTFF 산출을 위한 메시지 구조

수신기의 동작상태별 TTFF 분석결과는 수신기의 상태가 Cold Start일 경우, 40초 이하, Warm Start일 경우, 35초 이하, Hot Start 일 경우, 10초 이하가 되는 것으로 분석되었다. Hot Start 인 경우, 수신기를 온 시키고 신호 획득 및 추적까지의 시간과 프레임 동기시간 및 항법해를 복원 시키기까지의 시간이 필요하다.

수신신호 입력레벨인 Sensitivity는 수신기가 위성 신호를 추적할 수 있는 위성으로부터의 최소 수신 전력레벨을 의미한다. GPS의 경우, 최소 수신전력 레벨은 -130dBm으로 정의하고 있다.[1]

이와 같은 수신기의 입력 전력값은 백색잡음의 전력 레벨 이하로 수신기에서 위성에서 보내온 신호를 검출하기 위해서는 안테나를 크게 하거나 상관기를 사용하여야 한다. 상관기의 기능은 잡음 중에 있는 약한 정보 신호를 분리하기 위한 전자 장치로 볼 수 있는데 신호 주파수대역을 저대역으로 떨어뜨린 후 자체내의 모사된 의사잡음 코드를 곱하고 일정 시간 적분하여 미약한 신

호를 찾아내는 것이다. 위성항법에서의 의사거리 오차를 발생시키는 원인에는 위성에서의 궤도 및 시각오차, 전리층 및 대류권 오차, 다중경로 오차, 수신기 자체오차등이 존재한다. 전리층 오차 극복 방안에는 이중 주파수를 사용하거나 단일주파수를 사용하되 DGPS와 Klobuchar 모델이 이용된다. 이때, DPGS 기법을 사용할 경우에는 위성관련 오차와 대기권 관련 오차인 이온층 및 대류권 오차는 해결 가능하지만 수신기 자체의 오차는 해결할 수 없다. 본 사업에서는 GPS와 갈릴레오 겸용 수신기를 개발하는바, 이온층에 의한 오차를 발생하지 않는 것으로 여겨도 될 것이다. 위성항법에서의 오차는 위성관련 오차와 대기권 관련 오차가 전체 오차의 80~90퍼센트를 차지하는 것으로 판단된다. 다중경로에 의해 발생하는 오차를 경감하기 위한 방안에는 상관기 함수의 Leading Edge를 사용, 협대역 상관기 사용, MEDLL(Multipath Estimating Delay Lock Loop), Strobe 상관기 및 개질된 상관기 기준 파형을 이용한다. 수신기 자체의 에러에는 열잡음에 의한 에러, 채널간 바이어스에 의한 에러 및 계산상의 소프트웨어 에러가 포함된다.

수신기의 주요 성능 파라미터인 위치정확도는 위성 궤도상 위치에 따른 DOP(Dilution Of Precision)값과 의사거리 측정 오차에 따른 UERE(User Equivalent Range Error)의 곱셈 형태로 계산되어진다. 개발되는 수신기는 GPS와 갈릴레오 위성으로부터 항법 신호를 수신할 수 있도록 하므로 수신기가 위성을 볼 수 있는 수가 많아져 낮은 DOP를 유지할 수 있을 것이다. 수신기가 위성을 바라볼 수 있는 양각이 작을수록 많은 위성을 볼 수 있을 것이다. 위성양각이 5도인 경우, 항법메시지 처리 분야에서 오차보정 알고리즘을 적용하였다고 가정하여 2dRMS값으로 수평오차 및 수직오차는 1미터 내외가 될 것으로 분석되었다. 위성항법 알고리즘에는 Least Square를 이용한 항법해 알고리즘과 칼만필터를 이용하여 항법해를 구하는 알고리즘이 많이 사용되고 있는 것으로 분석되었다.

상향링크크은 신호감시국으로부터 수집된 위성거리 측정 데이터를 처리하여 무결성 정보를 위성으로 전송할 수 있어야 한다. 위성으로 무결성 정보를 전송하기 위한 다중대역 주파수 상향링크 기술과 정밀한 증폭도/정지궤도 위성추적기술을 만족해야 한다.

감시 및 제어시스템은 위성항법 지상국이 여러 지역에 존재할 경우, 이를 하나의 망으로 묶어 감시 및 제어를 수행하는데 필요한 기술을 개발

하고 항법 해를 구하는 모듈을 구비해야 한다. 향후의 위성항법 지상국 시스템의 운용자 개입을 가능한 최소화 할 수 있는 방안도 함께 고려되어야 할 것이다.

3. 결 론

본 논문에서는 위성항법 지상국 시스템 기술 개발에 관한 연구개발 범위, 시스템 구성 및 임무, 주요 요구사항에 대한 분석결과를 기술하였다. 위성항법 지상국 시스템 기술개발 사업은 '06년도에 사전연구 단계를 수행하였고, '07년도부터 본격 개발에 착수한 사업으로 당해연도인 '07년도에는 위성항법 지상국 시스템에 대한 요구사항 도출, 규격 및 예비설계를 수행할 계획이다. 지상국 시스템을 구성하는 서브시스템 중 수신기에 대해서는 소프트웨어 수신기 구성에 대한 개념도를 제시하였고 일부 요구사항 파라미터에 대한 분석결과를 제시하였다. 요구사항 분석 결과 수신기의 초기 위치획득 시간은 Cold start인 경우, 40초 이하가 될 것으로 판단되고 위치정확도 측면에서 수신기가 위성을 바라보았을 때의 양각이 5도 이상인 경우, 수평 및 수직 정확도는 1미터 이하가 될 것으로 분석되었다.

향후 계획으로는 요구사항 분석결과를 근거로 분석서를 확정된 다음 시스템 규격 및 예비설계를 수행할 계획이다.

Acknowledgement

본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 IT신성장동력핵심기술개발사업의 일환으로 수행하였음. [2007-S-301-01, 위성항법지상국시스템 및 탐색구조단말기 기술개발 사업]

참 고 문 헌

- 1) ION-STD-101 ver C
- 2) Elliott D. Kaplan, Christopher J. Hegarty, Understanding GPS Principles and Application
- 3) Birkhauser, A Software-Defined GPS and Galileo Receiver
- 4) ESTEC, Galileo System Simulation Facility-Algorithms and Models
- 5) Denis M.Akos, Introduction to Global Navigation Satellite System(GNSS) Software Receivers