

# 위성항법 지상국 시스템 요구사항 분석에 관한 연구

신 천 식\*, 이 상 옥\*\*, 김 재 훈\*\*\*

## A Study on Requirement Analysis of GNSS Ground Station System

CHEON SIG SHIN\*, Sanguk LEE\*\*, Jae Hoon KIM\*\*\*

### 요 약

본 논문은 위성항법지상국시스템 개발을 위하여 시스템 요구사항 정의, 시스템 구성, 시스템에 대한 주요 파라미터별 요구사항 도출 및 분석 결과를 기술한 논문이다. 위성항법 지상국 시스템은 항법 위성인 GPS와 Galileo 위성으로부터 항법 신호를 감시하는 신호감시국과 처리된 위성항법 데이터를 갈릴레오 위성으로 송신하는 상향링크국, 신호감시국 및 상향링크국을 구성하는 장비들에 대한 감시 및 제어기능을 수행하는 감시 및 제어시스템으로 이루어진다. 신호감시국은 항법 수신기와 원자시계, 기상정보처리 및 항법데이터 처리를 담당하는 서브시스템으로 구성되며 항법 수신기는 GPS와 Galileo 위성으로부터 항법 신호를 수신할 수 있는 복합 수신기 형태가 된다. 신호감시국은 항법 정보에 대한 보정정보처리를 위해 위성항법 제어센터인 GCC(GNSS Control Center)와 인터페이스 될 수 있어야 한다

### Abstract

The system requirement definition, system configuration, major parameters for GNSS ground station development are presented in this paper. GNSS ground station system consists of the GNSS sensor station, up link station and monitoring & control system. The GNSS sensor station consists of navigation receiver subsystem which process the GPS and Galileo navigation signal, atomic clock subsystem, meteorological data receiving subsystem and navigation data processing subsystem. To communicate the error correction of navigation data, GNSS sensor station interface with GNSS Control Center.

Key Words : Requirement(요구사항), GNSS(위성항법시스템), Ground Station System(지상국시스템), GNSS Sensor Station(신호감시국)

### I. 서 론

위성항법 시스템은 다수의 인공위성과 지상의 수신장치를 이용하여 사물 등의 위치 및 시각에 대한 정보를 제공하는 일련의 시스템으로서 지구 주위의 중궤도에 위치한 위성과 이들을 통제하고 서비스를 제공하는 지상관제소와 서비스 이용자의 수신기로 구성된다. 세계 선진 각국

은 GNSS를 21세기 첨단 정보화 사회를 이룩하기 위한 위치기반 텔레매틱스의 핵심요소로 인식하여 자국의 산업적/군사적 목적을 위해 기존 GNSS 성능을 향상시키거나 새로이 개발하는 GNSS 현대화 계획을 활발히 진행하고 있다. 미국의 경우, 기존 GPS 성능을 크게 향상시키는 GPS 현대화 계획을 천명하고 추진 중에 있으며 EU는 독자적인 갈릴레오 시스템 개발을 시도하고 있고, 러시아는 기존 GLONASS 를 디지털

\* 한국전자통신연구원 광역무선기술연구그룹 위성관제기술연구팀(cssin@etri.re.kr),

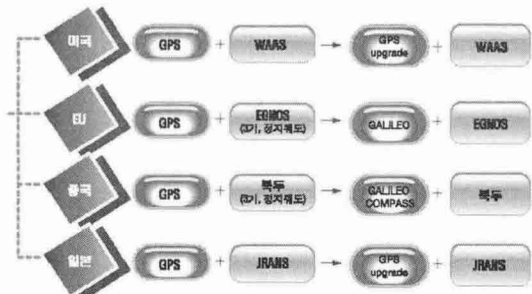
\*\* 한국전자통신연구원 광역무선기술연구그룹 위성관제기술연구팀(s동일한 형식으로 기록)

\*\*\* 한국전자통신연구원 광역무선기술연구그룹 위성관제기술연구팀

논문번호 : K2-1-8, 접수일자 : 2007년 5월 31일, 최종게재논문통보일자 : 2007년 6월 12일

※ 본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 IT성성장동력핵심기술개발 사업의 일환으로 수행하였음.[2007-S301-01, 위성항법지상국 시스템 및 탐색구조단말기 기술개발]

계획을 추진 중이며, 일본은 미국과 긴밀한 협의를 통해 아태지역을 커버하는 준천정 위성인 QZSS(Quasi-Zenith Satellite System) 개발을 추진하고 있다. 또한 중국의 독자적인 위성항법시스템 구축의 일환으로 Beidou 프로젝트를 통해 자체 위성항법에 대한 기술확보를 추진하고 있다. 각국의 위성항법 기술의 발전방향은 (그림 1)과 같다. 차세대 위성항법기술의 발전방향으로는 위성 및 지상시설의 성능향상은 물론 다중주파수 이용을 통해 위성항법 오차의 주요 원인인 이온층 오차를 보상하고 위성항법 보정 등을 통해 코드 위치 정확도를 향상하는 기술 개발, 가로수로 인한 측위오차 개선을 위해 Cross-Correlation Protection 향상 시키는 기술을 개발할 것이다. 수신기 분야에서는 개인 휴대용 수신기의 경우, 소형화, 저전력화 및 저가격화를 위한 온 칩(On-Chip) 솔루션을 지향하고 있다.



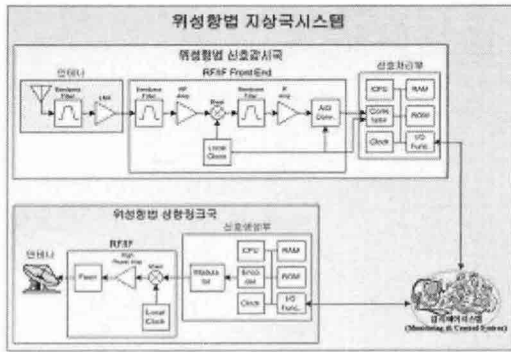
(그림 1) 각국의 위성항법 기술발전방향[1]

상관기 개수를 증가시켜 초기신호획득 성능을 개선함은 물론 많은 신호를 동시에 추적 가능하게 될 것이다. 안테나 분야에 있어서는 광대역화, 전용화로 발전되며 RF(Radio Frequency) 및 DSP(Digital Signal Processing)회로를 위해 SDR 기술의 도입이 추진될 것으로 전망된다. 위성항법시스템은 활용분야로는 지상, 항공, 해상교통 항법, 측지 및 측량, 지구과학, 농업 등은 물론 긴급구조, 자연재해 대책 등 국가 차원의 위기관리에도 적용하는 등 이용분야가 더욱 확대되고 있다. 전자기기 제조기술의 발달로 소형이면서 경량인 GPS 수신기가 출시됨에 따라 다양한 종류의 응용분야가 생겨나고 있다. 고가, 고성능 수신기와 저가 수신기 시장 형태로 양극화 추세이다[2]. Trimble사, Leica Geosystem사, Topcon 사등은 고성능 측지/측량 GPS 수신기와 네트워크 보정 소프트웨어를 포함하는 종합 솔루션

제작 판매업체들이다. 고성능 항법용 수신기 제작판매 업체로는 Novatel사, NavCom 사, Septentriion 사 등이 있다. 상용 FPGA 기반 수신기들도 있는데 독일의 Ifen 사는 갈릴레오 관제국용 수신기를 판매하고 있으며 상용으로 구현된 실시간 소프트웨어 수신기를 생산 판매하는 업체들에는 Nordnav사, Ifen사 등이 대표적이다. Ifen 사의 경우, 별도의 작업 없이 광대역폭을 갖는 하나의 RF-Front End로 GPS L1 신호, L2C신호,L5신호 및 갈릴레오 E1 신호를 처리하는 기능의 확장성을 가진 소프트웨어 수신기를 개발한바 있고, 특히, Ifen 사는 NAVport라는 모델을 개발했는데 이 모델은 세계최초의 상용 GPS/갈릴레오 항법 소프트웨어 수신기로 신호 획득, 신호추적, 기저대역 신호처리는 물론 항법 소프트웨어 등 모든 프로세스들이 윈도우 환경하에서 구동되도록 되어 있고, RF 신호를 받아 IF 대역으로 하향주파수 변환과정을 수행하고 PC 측으로 전송하고자 하는 AD 보드를 장착한 USB 타입의 RF Front End를 제공하도록 되어 있다. 이와 같은 국외의 기술개발 추세에 따라, 한국전자통신연구원에서는 정보통신부의 출연사업으로 위성항법 지상국 시스템 기술개발을 '06년도부터 선행연구 사업을 시작하였고, 그 결과를 바탕으로 '07년도부터 2010년까지 4개년에 걸쳐 위성항법 지상국 시스템 기술 개발을 추진하고 있다. 본 사업을 통해 ETRI는 지상국 시스템 기술개발에 있어 필요한 요소기술을 우선적으로 개발하여 관련 기술을 습득함은 물론 이를 검증하기 위한 프로토타입 구현도 병행하여 주요 블록단위의 기능검증도 함께 수행할 계획이다.

위성항법 지상국 시스템 기술개발을 위한 추진체계로는 사업지원, 추진방향 설정 및 사업진도 검토/평가는 정보통신부가 주관하고 한국전자통신연구원은 다년간의 위성 지상국 개발기술 경험을 최대한 활용하여 핵심기술 연구 및 개발 등의 핵심 분야는 자체 연구수행하며 국내외 기업, 대학등과 활발한 기술교류를 통해 복합적인 기술인 위성항법 지상국 시스템 관련기술을 개발할 계획이다. 또한 유럽의 갈릴레오 지상국 개발기관 및 기술보유기관과 협력을 통해 항법 관련 기술을 적극 확보할 계획이다.

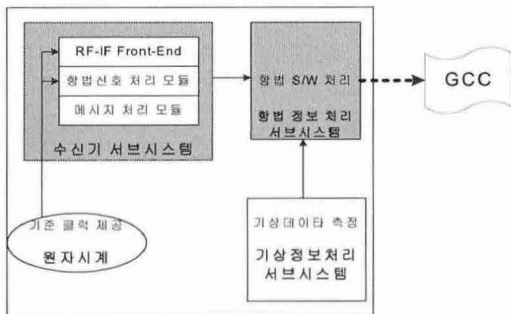
개발할 지상국 시스템의 구성은 신호감시국(GNSS Sensor Station)과 상향 링크국(Up link Station), 감시 및 제어시스템(Monitoring and Control System)으로 (그림 2)와 같이 구성된다.



(그림 2) 위성항법 지상국 시스템 구성도

## II. 지상국 서브시스템 별 구성 및 임무

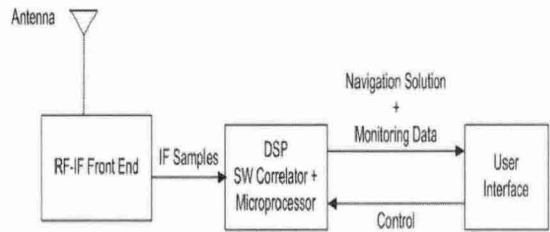
위성항법신호감시국은 위성항법 신호를 수신하는 수신기와 기상정보 자료를 송수신할 수 있는 기상정보처리기, 항법정보를 입/출력할 수 있는 항법정보처리기, 수신기내 정확한 시각정보를 제공하기 위한 원자시계로 구성되며 개념적인 구성도는 (그림 3)와 같다.



(그림 3) 위성항법신호감시국 구성도

위성항법 수신기는 전자통신 기술의 발달로 소형, 경량화, 저가, 가변형 등의 특성을 갖는 방향으로 개발되고 있는 추세이다. 수신기의 개발 형태측면에서 가급적 소프트웨어로 모든 신호처리를 수행함으로써 일반적인 하드웨어 회로 방식에서 문제되었던 아날로그 회로소자의 비선형성, 온도 민감성, 내구성 등의 문제를 해결할 수 있음은 물론 성능향상을 위하여 많은 시간이 소요되는 하드웨어의 변경 없이도 소프트웨어 코드를 컴파일하고 프로세서에 다운로드 함으로써 시스템 변경이 용이하여 새로운 알고리즘 설계, 개발, 시험평가를 간단히 수행할 수 있는 형태로 개발되고 있다. RF-IF Front End를 제외한 모든 디지털 신호처리 프로세싱 및 항법 알고리즘이 고정된 하드웨어 상관기가 아닌 프로세싱

부에 내장된 소프트웨어에서 구동되는 추세로 (그림 4)와 같은 형태가 되고 있다.



(그림 4) 소프트웨어 기반의 위성항법수신기 블록도

소프트웨어 기반의 위성항법 수신기 블록도를 세분화하면, 갈릴레오위성 및 GPS 위성에서 송신하는 항법 신호를 수신하는 안테나를 포함한 RF-IF Front End부, 항법 신호에 대한 신호획득 및 신호 추적은 물론 이산거리, 반송파의 신호 대 잡음 비를 산출하는 기저대역 신호 처리부, 처리된 정보를 항법 정보 처리를 할 수 있도록 하는 메시지 처리 모듈로 구성된다.

위성항법제어센터로부터 무결성 정보를 위성을 전송하는 기능을 수행하는 상향링크국은 위성항법 제어 센터로부터 계산된 위치정보를 다시 위성으로 전송하기 위한 시스템으로 (그림 5)와 같이 안테나부, RF부, 모뎀을 포함한 기저대역부 및 RF 장비 등의 상태를 감시하고 제어하는 C&M(Control and Monitoring)부로 구성되어 있다. 사용하는 주파수 대역이 C 대역(6/4GHz)이며 사용하는 안테나의 크기는 3미터 급이며 상향링크국의 송신전력 레벨은 58 dBW 가량 될 것으로 추정된다.

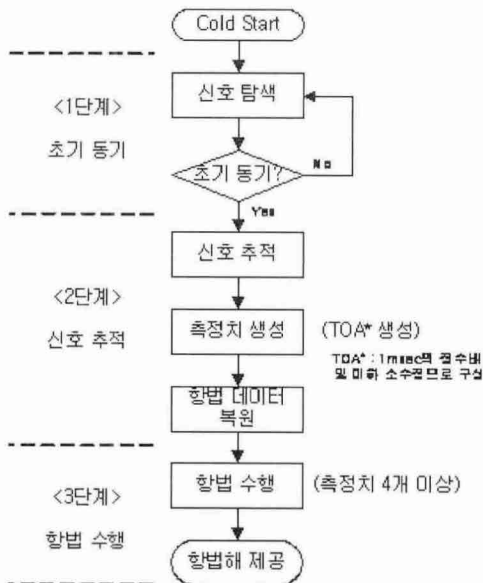


(그림 5) 상향링크국 구성도

상항링크국은 위성항법 제어 센터인 GCC(GNSS Control Center)와 인터페이스 되어 위치보정 정보 등을 송/수신할 수 있어야 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 위성항법 제어센터(GCC)와 인터페이스 될 수 있어야 한다.

### III. 시스템 요구사항 분석결과

본 장에서는 위성항법 신호감시국을 구성하는 서브시스템 별 주요 요구 파라미터에 대한 요구사항 분석결과를 제시토록 한다. 주요 요구 파라미터로는 위성 수신갯수, 초기위치획득시간, 수신기의 입력신호레벨, 수신기의 위치정확도 등을 들 수 있다. 위성항법 수신기는 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.

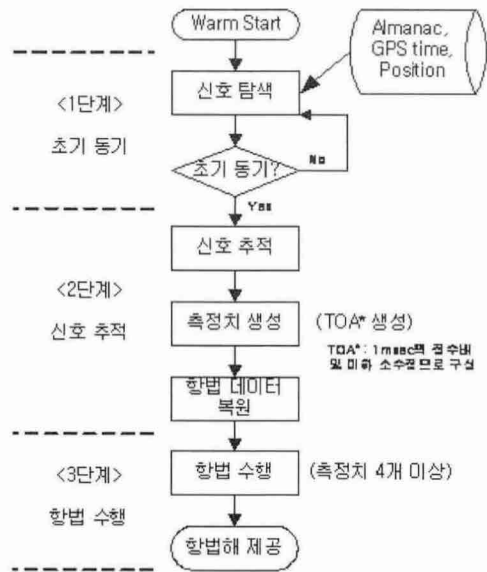


(그림 6) 위성항법수신기의 Cold Start 흐름도

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 초기위치 획득시간을 나타내는 TTFF는 수신기의 상태에 따라 Cold Start, Warm Start, Hot Start로 구분된다[3]. 그 중 Cold Start는 수신기가 현재의 모든 위성에 대한 개략적인 궤도정보인 Almanac 과 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 동작과정 (그림 6) 에 도시하였다.

수신기가 warm start일 경우에는 위성 궤도 정보(Almanac)와 대략적인 시간 정보 및 이전의 항법 정보를 갖고 있어 이 정보들을 이용하여 가시 위성에 대한 정보를 생성하고, 이를 신호 탐색 과정에 이용하기 때문에 항법신호 탐색에 소요되는 시간을 크게 줄일 수 있다, Warm Start 일 경우의 수신기 동작과정은 (그림 7)과 같이 도시할 수 있다.



(그림 7) 위성항법수신기의 Warm Start 흐름도

수신기의 동작과정은 Hot Start 가 있는데 이는 수신기가 현재의 Almanac(모든 위성에 대한 개략적인 궤도 정보), Ephemeris(각 위성에 대한 정확한 궤도정보), 위치정보를 갖고 있는 상황에서 수신기가 동작하므로 항법신호 탐색에 소요 되는 시간이 크게 줄어들게 된다.

이와 같은 수신기의 동작과정으로 수신기의 성능을 평가하는 파라미터가 TTFF(Time To First Fix)로 이는 수신기가 동작하여 신호 및 항법 데

이터를 획득하고 항법 해를 처음 구할 때까지의 소요 시간인 초기위치 획득시간을 나타내는 성능 지표이다. 위성항법 수신기의 동작과정에 따른 TTFF 성능 분석결과는 <표 1>과 같이 분석되었다.

<표 1> 모드별 TTFF 분석결과

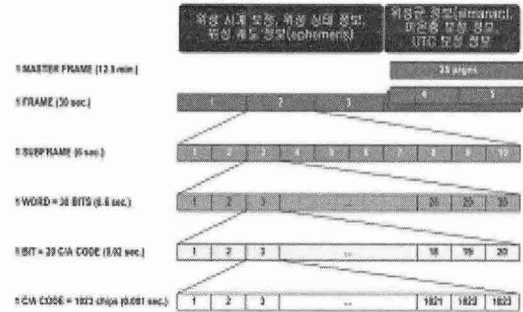
	cold	warm	hot
1단계 (신호 획득) 평균 소요 시간 (acquisition 알고리즘에 따라 변함) : $T_1 = \overline{T_{MA}}$	○	○	○
2단계 (신호 추적) 평균 소요 시간	비트동기 소요시간	○	○
	프레임동기 소요시간	○	○
항법데이터 복원소요 시간	○	○	○
3단계 (항법 수행) (프로세서의 수행 능력에 좌우)	○	○	○
TTFF(1단계+2단계+3단계)(초)	33.6 + $T_1$	33.6 + $T_1$	9.6 + $T_1$

<표 1>에 나타난 바와 같이 TTFF의 시간은 수신기의 모드가 Hot Start 인 경우, 약 10초 가량이 소요되는 것으로 분석되었고, Cold Start 모드인 경우 약 35초 이내가 될 것으로 분석되었다.

초기신호획득 시간을 산출하기 위해서는 위성항법 신호의 메시지 프레임 구조를 분석해야 한다. 일례로 (그림 8)는 GPS 위성에서의 사용하는 메시지 프레임 구조를 나타낸 것이다. 한 개의 프레임은 5개의 부 프레임으로 이루어지며 1개의 부 프레임을 전송하는데 소요되는 시간은 6sec로 프레임 전체를 전송하는데 소요되는 시간은 30sec가 된다. 1개의 마스터 프레임을 전송한다는 것은 25개 프레임으로 전송한다는 의미로 1개 프레임은 5개의 서브프레임으로 구성되며 1번~3번째 부 프레임에는 위성시계 보정, 위성상태정보 및 위성궤도정보가 포함되며 4번째와 5번째 부 프레임에는 위성군 정보와 이온층 보정정보와 UTC (Coordinated Universal Time)보정정보가 포함된다.

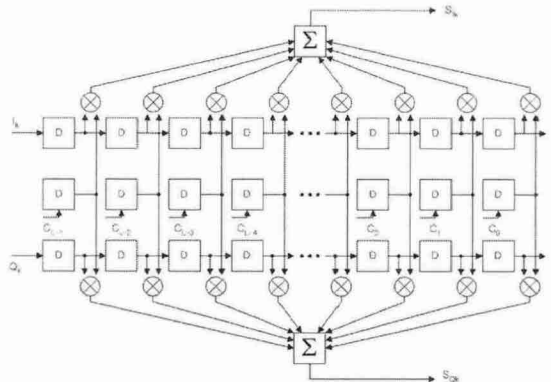
수신기 성능 향상은 신호포착 시간에 의해 크게 영향을 받는다, 신호 포착의 성능은 하드웨어의 복잡성과 빠른 신호 포착에 달려 있으며 신호 포착에 소요되는 시간은 상관기 설계 방식에 의해 크게 좌우된다. 다수의 칩을 동시에 병렬로 상관하는 신호 포착 방법은 직렬 상관기를 채용한 신호포착 방법보다 신호 포착 시간이 빠르지만 상관기의 아키텍처에 비례하여 하드웨어

복잡도는 증가한다. 이러한 이유로 대부분의 실시간 신호 포착은 직렬 상관 방식을 채용해 왔다. 신호포착 시간을 빠르게 하기 위한 방법으로는 정합필터를 사용하거나 FFT방식 또는 다중상관기법을 사용한다.



(그림 8) 메시지 프레임 구조(예)

정합필터 방식은 (그림 9)과 같은 형태로 구현될 것이다.



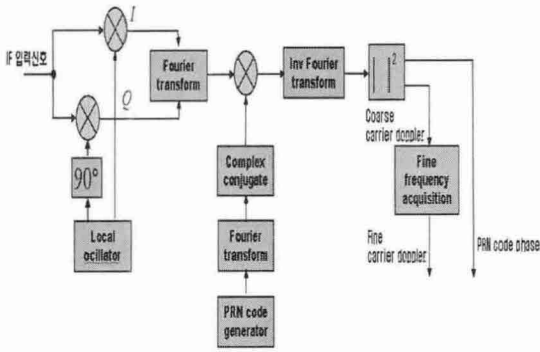
(그림 9) 정합필터 기법의 개념 구성도

본 방식을 이용하는 경우는 코드의 샘플주기에 해당하는 수의 상관기를 필요로 하므로 그로 인해 하드웨어 복잡성과 샘플주기 안에 상관기의 개수만큼 연산을 수행해야 하는 문제가 있다.

FFT 방법에 의한 신호 획득은 (그림 10)과 같은 형태를 이용하여 신호획득이 이루어진다. 입력신호 샘플과 복사신호 샘플 사이의 가능한 모든 조합에 대한 검색을 한번에 수행하는 것으로 코드영역의 검색공간은 사라지고, 주파수 영역의 1차원 검색공간만이 남게 된다.

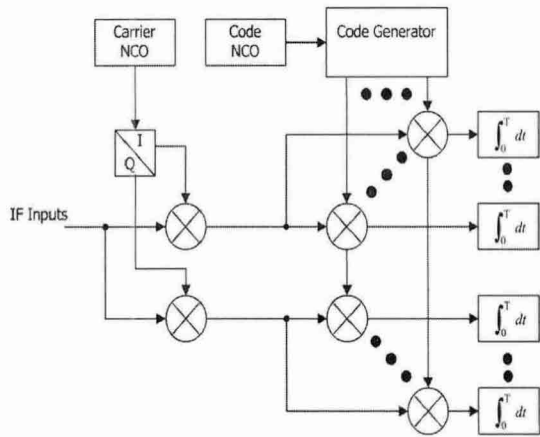
이 방법은 코드만을 검색하면 되므로 순차검색 신호획득 방법에 비하여 검색속도를 향상시킬 수 있다. FFT는 FPGA를 이용하여 구현하는

것이 일반적이며, 마이크로프로세서로 구현하는 경우 아직 처리속도의 문제로 실시간 구현에 어려움이 있다. 그러나, SDR로 구현하는 경우 가장 선호되는 구조이며, 실시간 구현을 위한 연구가 활발히 진행 중이다.



(그림 10) FFT 기법의 개념 구성도

다중 상관기법을 이용하여 초기 신호 획득시간을 수행할 수 있으며 다중상관기 기능구성도는 (그림 11)과 같은 형태로 상관기를 병렬로 연결하여 구현한다.



(그림 11) 다중상관기의 기능 구성도[4]

이와 같은 수신기에서의 신호포착시간을 보다 향상시키기 위한 기법으로 본 사업에서는 (그림 12)와 같은 형태 또는 FFT 기법을 적용할 계획이다.

수신기의 입력신호레벨은 위성에서의 송신파워 및 위성안테나 이득의 곱인 위성 EIRP 값에 따라 대부분 좌우된다. 수신 신호 입력 레벨은 수신 민감도로도 불려지며 수신기가 위성 신호를 추적할 수 있는 위성으로부터의 최소 수신

전력 레벨을 의미하는데 이를 테면 GPS 위성의 경우, 최소 수신 전력 레벨은 -130dBm으로 정의[5] 되어 있는데 그 값에 대한 분석은 다음과 같이 이루어진다. GPS 위성의 경우, 위성의 송신 전력이 27 와트, 안테나 이득이 10 ~ 16 dBi 범위로 유효 등가 방사 전력은 270 ~ 432 W 범위가 되며 이를 데시벨 값으로 표기하면 26.35 dBW 에 해당된다. 위성에서의 유효등가 방사 전력값은 수신기가 위치해 있는 지구까지의 거리 등으로 인한 경로상의 손실을 고려해야 하는바, 지상의 수신기에 입력되는 신호 레벨은 대략 -160 dBW(-130 dBm) 로 매우 미약한 신호가 된다, 이와 같은 신호레벨은 잡음 레벨 이하로 되어 수신기가 수신하게 된다. 따라서 잡음이하의 신호레벨로 수신되는 신호를 찾아내기 위해서는 수신기에서는 상관기를 구비하고 있어야 한다. 수신기의 입력신호 레벨값은 다음과 같은 절차로 분석되어진다. 수신기는 1Hz의 대역에서의 잡음 전력은 통상적으로 -205 dBW/Hz 이며 신호대 잡음 밀도를 계산하면 (식 1)과 같다.

$$C/No = -160 \text{ dBW} - (-205 \text{ dBW/Hz}) = 45 \text{ dBHz} \quad (\text{식 1})$$

수신기에서는 1kHz의 필터를 사용할 경우, 신호 대 잡음비는 (식 2)와 같이 계산된다.

$$S/No * B = -160 \text{ dBW} - (-205 \text{ dBW/Hz}) - 10 * \log(1 * 10^3) = 15 \text{ dB} \quad (\text{식 2})$$

(식 2)와 같은 계산식에 의해 수신기는 미약한 신호를 추적할 수 있음을 알 수 있다. 미약한 신호를 검출에는 기지국 또는 많은 병렬 상관기법들이 사용되며 기지국을 사용할 경우, 획득시간을 향상시킬 수 있고, 많은 병렬 상관기법을 사용할 경우에는 탐색 시간을 향상시킬 수 있다. 개발하고자 하는 위성항법 수신기의 신호 획득이 가능한 신호 레벨을 -142dBm(-172 dBW), 추적과정에서의 신호 레벨을 -152 dBm(-182dBW)로 정의할 경우, 이를 dBW/Hz로 환산하면 획득과정의 경우는 33dBW/Hz가 되고 추적과정의 경우 23dB/Hz 에 해당 된다.

수신기의 위치 오차는 위성들의 궤도상 위치에 따른 DOP(Dilution of Precision)와 의사거리의 측정 오차에 따른 UERE(User Equivalent Range Error)의 곱으로 나타낼 수 있다. DOP 값은 기하학적인 위치값에 좌우되고 UERE값은 위성의 위치오차, 전파상의 오차 및 장치오차에 좌우된다 [6].

위성의 배치상황에 따른 기하학적 오차를 나타내는 DOP는 수신기 주위로 위성이 적당이 고

르게 배치되어 있을 경우에는 DOP가 작아지고 위치 오차는 줄어든다[7]. 이는 육상에서 독도법으로 위치를 나타낼 때 적당한 간격의 목표를 선택하여 독도법을 실시하면 오차 삼각형이 작아져 위치 정확도가 높아지고, 몰려있는 물표를 이용하는 경우 오차 삼각형이 커져서 위치가 부정확해지는 것과 같은 원리이다. 따라서 GPS와 Galileo 위성을 모두 고려하면 선택할 수 있는 위성의 수가 늘어나 DOP가 작은 위성 조합을 선택할 수 있으므로 이를 위하여 위성의 선택에 관한 최적화된 알고리즘을 개발해야 한다. 아래의 <표 2>는 GPS와 Galileo의 위성과 Mask angle에 따른 DOP값 변화를 분석한 것이다.

<표 2> 갈릴레오/GPS 위성과 마스크 각도에 따른DOP

	DOP (Mask angle= 10 deg)		DOP (Mask angle = 40deg)	
	Minimum	Mean	Minimum	Mean
GPS only	1.47	2.31	4.45	37.01
Galileo only	1.56	2.04	3.74	43.91
GPS Galileo +	1.09	1.37	2.91	12.39

	Mask angle = 5°	
	Mean HDOP	Mean VDOP
GPS only	0.95 ~ 1	1.4 ~ 1.45
Galileo only	0.92 ~ 0.93	1.38 ~ 1.43
GPS + Galileo	0.62 ~ 0.64	0.9 ~ 0.95

GPS나 Galileo 위성 단독으로 DOP를 구성할 경우 DOP의 값이 커지게 되나 Galileo와 GPS를 모두 고려할 경우 선택할 수 있는 위성의 수가 늘어나기 때문에 낮은 DOP를 유지할 수 있게 된다. 또한 위성의 양각에 따라 선택할 수 있는 위성의 수와 배치될 수 있는 영역이 달라지므로 양각이 클 경우 DOP가 급격하게 커지는 것을 볼 수 있다.

UERE는 측정 오차에 영향을 끼치는 요인들을 거리로 환산하여 표준편차의 크기로 나타낸 것으로 이 때 측정 오차는 구조적 요인으로 생기는 오차로서 인공위성 시간 오차, 인공위성 위치 오차, 전리층 및 대류층 전파 지연 오차와 같이 위성에 기인한 오차 성분과 다중 경로 오차, 수신기 잡음과 같이 사용자에게 기인한 오차 성분 등이 있다. <표 3>에서는 Galileo 및 GPS 위성에 대한 오차 버짓값을 제시한 것으로 위성의 양각을 5도로 가정하였고 지역을 한반도로 가정하여 계산한 값이다.

<표 3> 갈릴레오/GPS 오류 버짓

	Worst case	Typical value
Satellite Clock and Orbit	1.2 m	0.6 m
Residual Ionospheric error	20 ~ 25 m	< 1.5 m
Residual Tropospheric error	2 ~ 2.5 m	0.08 ~ 0.1 m
Multipath	0.37 m (GPS), 0.23 m (Galileo)	0.37 m (GPS), 0.23 m (Galileo)
Receiver error	1.773 m(GPS), 0.885 m(Galileo)	0.315 m(GPS), 0.152 m(Galileo)
Total	25.343 ~ 30.843 m (GPS) 23.43 ~ 28.93 m (Galileo)	2.865 ~ 2.885 m (GPS) 2.562 ~ 2.582 m (Galileo)

GPS와 Galileo의 경우 한반도에서 측정되는 평균 위성의 각도는 약 36°이다. 이를 바탕으로 이온층 및 대류층의 오차 성분을 추정할 수 있으나 여기서는 Worst case로 5°인 위성을 고려하여 오차를 분석하였다. 전파 지연은 여러 모델로 추정하여 보정할 수 있으며 이온층 지연의 경우 GPS의 Klobuchar와 Galileo의 NeQuick을 적용하여 보정하고, 전리층 지연의 경우 TropGrid를 적용하여 보정하였다. 이 때 추정값과 실제 전파 지연 사이의 residual 오차는 위에서 나타난 바와 같다.

Multipath 오차는 주변의 환경과 해당 위성의 각도에 따라 달라지기 때문에 평균 위성의 각도인 35°에서의 값을 도시하였다. 그리고 수신기의 오차는 주로 code tracking noise에 영향을 받으므로 일반적인 coherent early minus late tracker를 사용하여 code tracking variance에 대한 bound를 나타내고, correlator spacing은 0.1로 설정하였다.

지상국 시스템용 수신기는 보통 이동을 하지 않고 주변이 트인 개활지에 설치되기 때문에 Multipath 오차를 무시할 수 있으며, Galileo와 GPS의 이중 주파수 지원에 의해 이온층 지연 오차는 쉽게 제거할 수 있다. 또한 수신기 오차의 경우 적용되는 correlator에 따라 code tracking noise가 달라지므로 적절한 correlator가 필요할 것으로 사료된다.

#### IV. 결 론

본 논문에서는 위성항법 지상국 시스템 개발에 대한 국외 기술개발 동향을 분석하고 지상국 시스템을 구성하는 시스템에 대해 살펴본 후 위성항법 수신기 개발에 필요한 요구사항을 도출하고 그에 따른 주요 파라미터별 요구사항 분석

결과를 제시하였다. 위성항법수신기 개발에 있어 성능향상을 위한 방안을 제시하고 각각에 대한 장단점을 기술하였다.

위성항법 수신기에서 요구되는 주요 파라미터 중 초기신호획득 시간을 나타내는 TTFF에 대한 세부적인 분석을 수행하였고, 위성항법 수신기의 입력신호 레벨을 분석하였으며, 갈릴레오와 GPS 위성과 마스크 각도에 따른 DOP 값 변화량을 분석하였다, 또한 갈릴레오와 GPS 위성에서의 오류버짓에 대한 분석 결과도 함께 제시하였다.

향후에는 본 위성항법 지상국 시스템 개발에 대한 개념적인 연구결과를 보다 구체화하여 시스템 규격 작성 및 예비설계를 수행하고 일부 항목에 대해서는 시작품등을 통해 성능 검증도 병행할 계획이다. 위성항법 수신기 분야에 대해서도 주요 요구 파라미터를 구체화하기 위한 연구업무를 추진할 계획이다

참 고 문 헌

- [1] 한재현,김미경, "갈릴레오 위성항법시스템에 대한 한국의 대응전략", 한국교통연구원 연구보고서, pp. 76-86, May 2005.
- [2] 원중훈, "해외 선진국의 위성항법 시스템 기술 동향(ICON GNSS 2006 보고서)", 한국과학기술정보연구원 보고서, 2006.
- [3] Elliott D. Kaplan, Christopher J. Hegarty, " Understanding GPS Principles and Applications 2<sup>nd</sup>, pp. 573-577.
- [4] Elliott D. Kaplan, Christopher J. Hegarty, " Understanding GPS Principles and Applications 2<sup>nd</sup>, pp. 173-176.
- [5] ION-STD-101 ver C
- [6] Denis M.Akos, "Introduction to Global Navigation Satellite System(GNSS) Software Receivers", Aerospace Engineering Sciences, University of Colorado at Boulder.
- [7] M.Spelat, M.Hollreiser, M.Crisci, M. Falcone, "GLOVE-A Signal-In-Space Test Activity at ESTEC", ION GNSS 2006, Fort Worth(US), Sept. 2006.

저 자

신 천 식(CHEON SIG SHIN)

정회원



1990년 2월: 한양대학교  
전자 공학과 졸업  
2000년 2월: 충남대학교  
전자공학과 석사  
2005년 3월~현재:  
한양대학교 전자통신  
컴퓨터공학과 박사과정  
1990년 2월~현재 :  
한국전자통신연구원 책임연구원

<관심분야> 위성통신, 위성궤도 및 주파수, 위성항법

이 상 욱(Sanguk Lee)

정회원



1988년 2월: 연세대학교  
친문기상학과 졸업  
1991년 3월: Auburn대학교  
항공우주공학과 석사  
1994년 3월 : Auburn대학교  
항공우주공학과 박사  
1993년 3월~현재: 한국전자  
통신연구원 책임연구원

<관심분야> 인공위성시스템, 위성항법

김 재 훈(Jaehoon Kim)

정회원



2001년 2월: 충북대학교  
컴퓨터 공학과 박사  
1983년 2월~현재: 한국전자  
통신연구원  
위성관제기술연구팀장  
1992년~1994년: 무궁화위성  
개발 프로젝트 OJT 참여  
1995년~1999년: 다목적실용

위성 1호 관제시스템 참여 및 실용위성 2호 위성관제팀장

<관심분야> 위성관제시스템, 위성항법