

GPS(L1)/Galileo(E1/E5a) 다중 신호 통합 수신 소프트웨어 플랫폼 개발

The Development of Post-Processing GPS(L1)/Galileo(E1/E5a) Software Receiving Platform using MATLAB

전상훈*, 소형민*, 이택진*, 김강호*, 전승일*, 김종원*, 기창돈*, 조영수**, 최완식**, 이상욱**, 김재훈**

Sang-Hoon Jeon*, Hyoung-Min So*, Taek-Jin Lee*, Ghang-Ho Kim*, Seung-Il Jeon*, Jong-Won Kim*, Chang-Don Kee*, Young-Su Cho**, Wan-Sik Choi**, Sang-Uk Lee*** and Jae-Hoon Kim***

요 약

본 논문에서는 GPS L1 신호와 Galileo E1/E5a 신호를 통합 처리하는 소프트웨어 수신 플랫폼 개발에 관한 연구를 설명한다. 급변하고 다양화 되는 GNSS시스템의 현 상황에서 소프트웨어 수신 플랫폼은 새로운 신호 처리에 대한 연구를 그 특성에 맞는 프로그램 수정만으로 가능하게 한다. 논문에서는 샘플링된 중간 주파수데이터로부터 MATLAB 툴을 이용하여 GPS L1 및 Galileo E1/E5a 신호를 통합적으로 처리하는 GPS/Galileo L1/E1/E5a 통합 수신 소프트웨어 플랫폼의 구조를 설명하고 구현된 플랫폼을 이용하여 데이터를 처리한 결과를 살펴본다. 구현된 프로그램은 기능과 역할에 따라서 모듈화 되었으며 각 모듈은 위성신호에 따라서 필요한 기능을 선택적으로 활용할 수 있도록 구성된다. 구현된 플랫폼은 GPS 신호의 경우 L1 C/A 코드를 이용한 항법해를 계산하고, Galileo E1/E5a 신호에 대해서는 항법 데이터를 추출하도록 구현되었다. GPS/Galileo 실제 위성의 신호 데이터를 이용하여 테스트 하였다.

Abstract

This paper shows the research about the development of software receiving platform processing GPS/Galileo L1/E1/E5a signal. Various researches for new GNSS signal character are possible using software receiving platform by facile program code modification. In addition, the program that processes GPS and Galileo signal integration is expected to help developing integration of receiver algorithm that deal with new various GNSS signal. In this paper, it is introduced the structure of GPS/Galileo receiving platform using sampled IF data as a program input. The function of the software platform embodied using MATLAB tool is tested by live data from Galileo test satellites. The software platform is modulated according to their roll and function. Each module is able to use selective function on GNSS signal.

Key words : GNSS, Galileo, Software GNSS Receiver

* 서울대학교 기계항공공학부(Mechanical and Aerospace Engineering, Seoul National University)

** 한국전자통신연구원(Electronics and Telecommunications Research Institute, Deajeon, Korea)

· 제1저자 (First Author) : 전상훈

· 투고일자 : 2009년 4월 24일

· 심사(수정)일자 : 2009년 5월 4일 (수정일자 : 2009년 6월 5일)

· 게재일자 : 2009년 6월 30일

I. 서 론

현재 유럽에서 개발 중인 Galileo 시스템과 관련하여 국내외의 대학 및 연구기관에서 관련된 연구가 진행되고, 그에 따른 연구 성과 보고와 연구 논문이 발표되고 있다. 하지만 Galileo 시스템은 아직 두 개의 테스트용 위성만이 발사되어 있는 단계로써 아직 신호의 구조와 서비스 내용이 확정이 되지 않은 상태이다[1]. 이러한 환경에서 소프트웨어 수신 플랫폼은 수신 신호 특성에 따라 수신 처리 알고리즘의 변경이 용이하여, Galileo나 향후 새롭게 이용될 위성 신호 연구에 기반 도구로써 이용이 가능하다.

본 논문에서는 L1 신호 대역의 GPS(Global Positioning System), Galileo E1신호와 E5신호 대역의 Galileo E5a신호를 통합 처리하는 소프트웨어 수신 플랫폼에 대해 설명한다. 이 플랫폼은 두 항법 위성 시스템의 신호와 두 주파수 대역을 처리하고 MATLAB 기반 프로그램을 이용하여 모듈별 소프트웨어로 구현되어 있어 알고리즘 구현이나 디버깅이 용이하다. 구현된 통합 수신 플랫폼은 샘플링된 데이터를 이용하여 GPS C/A코드로 항법해를 계산하고 Galileo E1코드와 E5a코드를 이용하여 항법 데이터를 해독하게 된다.

신호 면에서 Galileo E1 신호의 경우 BOC(Binary Offset Carrier)-(1,1) 변조 기법을 대상으로 적용이 되어있으며, Galileo E5 신호의 경우 AltBOC(Alternative Binary Offset Carrier) 신호 변조 결과 생성된 E5a와 E5b신호 대역 중에서 E5a신호 대역에 대해서 신호를 처리한다. 항법 메시지에 있어서는 Galileo 시스템에서는 GPS와는 다른 항법 메시지의 구조, 인코딩 특성, Interleaving 기법 등을 분석하여 역변환 하는 알고리즘도 구현된 플랫폼에 적용 되었다.

설계된 GPS/Galileo L1/E5a 통합 수신 플랫폼은 L1대역에 대해서는 GPS위성과 Galileo GIOVE-A 신호가 존재하는 저장된 실제 데이터를 이용하고, E5a대역에 대해서는 Galileo GIOVE-B 신호를 이용하여 검증하였다.

II. 프로그램 구조

2-1 프로그램 전체 구조

전체 프로그램의 구성은 신호 획득 모듈, 신호 추

적 모듈, 항법 메시지 해독 및 최종 항법해 계산 모듈로 나뉜다. 저장된 파일 형태의 중간 주파수 (Intermediate Frequency, IF) 샘플 데이터를 입력으로 처리한다. 신호에 따른 샘플링 주파수 및 샘플링 비트 수, IF는 간단한 초기설정 변수의 수정만으로 저장된 신호 데이터 처리가 용이하게 설계 되었다. 데이터 처리 단위는 GPS L1신호와 Galileo E5a신호의 경우 코드 한 주기인 1ms, Galileo E1의 경우 E1B 코드의 한 주기인 4ms이다.

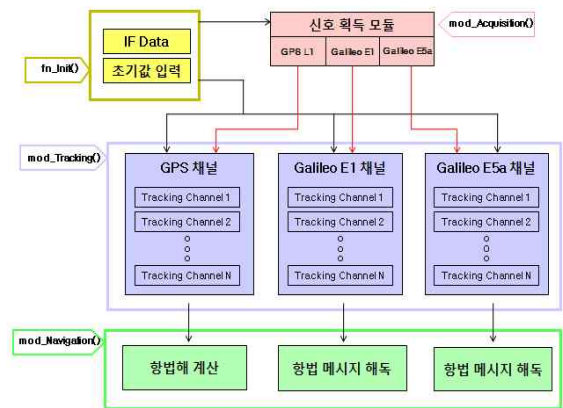


그림 1. MATLAB SDR Platform의 전체구조도
Fig.1 Structure of MATLAB SDR platform

프로세스의 처음은 초기 값을 저장하는 부분이다. 초기 값에서는 샘플링 주파수, IF, 양자화 비트수 (Quantization level) 등의 IF 데이터 파일에 대한 정보 뿐 아니라 신호와 주파수 선택, 프로그램 각 모듈에 필요한 신호 획득 문턱값, 신호 추적 루프 계수 등의 정보를 포함한다. 다음으로는 신호 획득 모듈로 진행된다. 이 모듈 내부에서 GPS C/A, Galileo E1, E5a 신호 함수로 구분이 되고, 해당하는 신호가 데이터 내에 존재 하는지 확인이 끝난 후 신호 추적 모듈로 진행이 된다. 신호 추적 모듈에서는 신호 획득한 신호와 PRN(Pseudo Random Number)에 대해서 신호 추적 채널 함수에 대한 설정을 하고 그 결과를 추적 루프 함수로 넘긴다. 추적 루프 함수는 GPS/Galileo 신호와 주파수에 따라 초기 설정이 다르지만 동일한 함수로 구현되어 있다. 이 모듈에서는 연속된 추적 결과로 얻어진 항법데이터와 의사거리 측정치를 저장한다. 항법해 계산 모듈 역시 GPS L1과 Galileo E1, E5a 세 모듈 함수로 나뉘게 되고 각각의 추적 결과 얻어진

상관 결과물로부터 항법 데이터를 얻어낸다. GPS의 항법해 모듈에서는 채널간의 상대적인 의사거리를 계산하고 항법 데이터로부터 위성의 위치와 시간 정보를 얻어낸 다음 상대적 의사거리 측정치를 이용하여 최종 항법해를 계산한다. 반면 Galileo E1과 E5a 항법해 모듈에서는 Viterbi 디코딩, De-interleaving, CRC 체크를 통하여 항법데이터를 해독해 내지만 의사거리를 이용하여 항법해를 구하지 않는다.

2-2 신호 획득 모듈

신호 획득 모듈은 위성이 제공하는 항법 신호로부터 코드에 해당하는 대역폭과 주파수에 대해서 필요한 정보를 얻고 신호를 추적하기 위한 정보를 신호 추적 모듈로 전달하는 역할을 한다. 이 모듈에서는 GPS L1과 Galileo E1/E5a 신호 각각 신호 획득이 이루어지게 되지만 기본적인 함수의 구조와 입출력 형식은 같도록 유지한다.

GPS 신호 획득 함수의 경우 저장된 IF 데이터를 1ms 단위로 읽어 들여, DFT(Discrete Fourier Transform) 또는 FFT(Fast Fourier Transform)를 이용한 코드 위상 병렬 주파수 검색을 수행한다[2]. 이때, 항법 데이터의 비트 반전을 고려하여 연속적인 2개의 1ms 길이의 데이터를 이용하여 신호 획득 과정을 반복한다.

Galileo E1의 신호 획득 함수의 경우 GPS 신호 획득 함수에 비교하여, 코드 주기(4ms), 구성 코드가 다르고 항법 데이터의 비트 반전을 고려하여 4ms 데이터와 1ms 지연된 4ms의 데이터에 대해서 신호 획득 과정을 반복한다는 차이가 있다.

Galileo E5 신호는 AltBOC변조 방식으로 생성되어 송출되는데, 이 AltBOC신호는 신호 변조의 특성에 따라 중심 주파수를 기준으로 양쪽으로 15.345MHz 치우친 신호 E5a와 E5b를 갖는다[3]. 이 AltBOC 변조로 생성된 E5신호는 E5a, E5b 각각의 신호는 BPSK(Binary Phase Shift Keying)변조 방식으로 수신이 가능하다. 따라서 구현된 Galileo E5a신호 획득 모듈은 GPS C/A코드를 이용한 L1신호의 획득과 마찬가지로 방법으로 FFT를 이용하여 신호 획득을 진행한다. E5a 신호 특성상 GPS C/A 코드와 동일하게 20ms마다 항법 비트의 반전이 일어나긴 하지만, 1ms의 주

코드(Primary code)한 주기가 반복될 때 마다 부코드(Secundary code)와 항법 데이터 비트 때문에 야기되는 코드 반전이 존재한다. 이 코드 반전으로 상관함의 크기가 감소되어 신호 획득이 불가능할 가능성이 있으므로 Galileo E1신호 방법과 같이 1ms와 0.25ms 지연된 1ms 데이터에 대해서 신호 획득 과정을 반복한다.

신호 획득 모듈은 입력으로 초기 변수 설정 값과 IF 데이터를 이용한다. 출력은 신호별 획득한 위성수, 획득한 위성의 위성번호(PRN), 코드값, 도플러값, 신호세기가 저장된다.

2-3 신호 추적 모듈

신호 추적 모듈은 신호 획득 부에서 얻은 위성 PRN, 도플러 주파수, 코드 지연값에 대한 정보를 이용하여 도플러 값과 코드 위상에 대한 정보를 DLL(Delay Lock Loop)/PLL(Phase Lock Loop)/FLL(Frequency Lock Loop)의 추적 루프를 통해서 정밀하게 추적하는 단계를 말한다. GPS L1 C/A코드와 Galileo E5a의 경우 BPSK신호의 특성을 가지므로 추적 루프의 구조가 유사하나 E1신호의 경우 BOC변조에 의한 자기 상관 최대 크기에 대한 모호성이 존재하여 추가적인 상관기와 알고리즘이 필요하다[4].

구현된 소프트웨어 수신 플랫폼에서는 신호의 종류를 포괄하는 통합적인 채널 추적 루프를 구현하고 설정만으로 선택적으로 적합한 신호를 선택하여 신호 추적 프로세스를 진행하도록 설계 되었다.

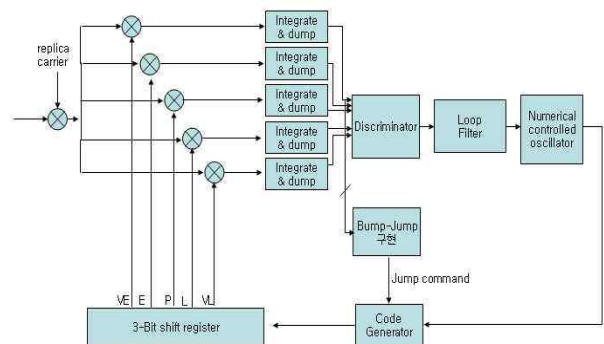


그림 2. 채널 개념도

Fig.2 The concept block diagram of signal tracking channel in SDR platform

그림2에서 나타난 채널 추적루프는 In-phase와 Quad-phase의 반송파 상관 신호와, 각각 Early, Prompt, Late 3개의 코드 상관 신호를 구성하여 총 6개의 상관기를 기본적으로 포함하고, Galileo E1 신호의 경우 BOC신호에 의한 자기상관 모호성을 고려하여 very early와 very late에 위치한 2쌍을 추가로 이용한다. 채널 별로 코드 한 주기 단위의 저장 데이터를 이용하며 저장된 IF 데이터로부터 얻은 신호를 수신기에서 생성한 반송파, 코드와 곱하고 누적하여 항법 신호에 대한 상관 값을 얻게 된다. 상관값을 바탕으로 코드 신호 추적을 위해서 DLL을, 반송파 신호 추적을 위하여 FLL/PLL을 이용한다[5][6]. 루프필터는 2차 필터를 사용하였으며 Carrier NCO(Numerical Controlled Oscillator)값, Code NCO값을 이용하여 추적 루프를 구성하게 된다. 출력은 GPS L1과 Galileo E1, E5a 위성에 따른 각각의 채널 행렬에 저장된다.

2-4 항법해 계산 모듈

항법해 계산 모듈은 내부적으로 GPS 항법데이터 처리 부분과 Galileo E1/E5a 항법데이터 처리 부분으로 나뉜다. GPS 항법해 계산모듈은 추적모듈의 결과물로부터 최종 항법해를 계산하고 Galileo 항법데이터 처리부분은 신호 추적 결과로부터 코딩 되어 있는 항법데이터를 읽어 내어 디코딩된 항법 데이터를 얻는 것을 목표로 한다[7].

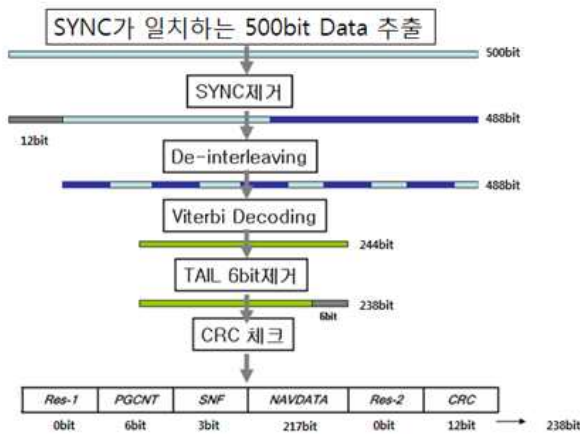


그림 3. Galileo E5a-I 항법 데이터 해독 과정
Fig.3 Galileo E5a navigation data decoding process

그림 4에서 신호 추적 정보의 결과는 GPS 부분에서는 1ms 마다의 상관기 결과물이 항법 데이터 비트 동기를 맞추어, 20개씩 모아 항법 데이터 비트를 만들어 내고, 서브프레임 1번의 시작점에 해당하는 샘플의 위치를 이용하여 의사거리를 구한다음 이를 이용하여 항법해를 계산한다.

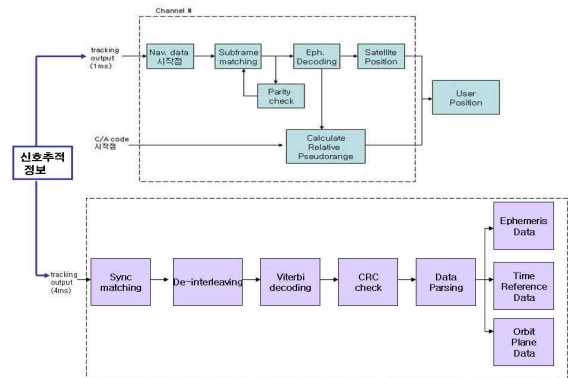


그림 4. 항법해 계산 모듈의 개념도
Fig.4 The concept block diagram of navigation data processing

Galileo 부분에서는 E1 신호는 4ms 마다, E5a신호는 1ms마다의 상관 결과물이 데이터 처리 단위가 된다. E1코드는 부코드가 존재하지 않기 때문에 주코드 4ms의 상관 결과물이 하나의 데이터 비트를 이루지만, E5a-I코드는 20bit의 부코드가 존재하고, 이 20bit의 부코드의 반전으로 항법 데이터 비트 반전이 해독 가능하다. E1/E5a 신호에 맞는 페이지 구조와 데이터 구조를 적용하여 항법 메시지를 추출한다.

III. 테스트 결과

3-1 테스트에 사용한 IF 데이터

테스트 파일로는 L1 주파수 대역에 대해서는 안테나와 RF front-end를 거쳐 샘플링된 라이브 데이터를 사용하였고, Galileo E5a 대역에 대해서는 GIOVEB위성이 LOS(Line-Of-Sight)에 존재하는 시간에 RF front-end를 거친 라이브 데이터를 사용하였다. 사용된 파일에 대한 정보는 다음 표1과 같다.

표 1. 테스트에 사용된 IF 데이터 정보
Table.1 IF sampled data used for test

포함된 신호	IF Freq	Sampling Freq.	Quantization bit
GPS/Galileo L1	4.1304MHz	16.3676MHz	2 bit
Galileo (E5a)	112MHz	140MHz	8 bit

3-2 신호 획득 결과

L1 데이터 신호로 신호 획득 과정을 수행해 본 결과 GPS C/A코드를 이용하여 수행하였을 경우는 5개의 위성 PRN = [3 11 19 25 27]에 대해서 신호를 획득하였고, Galileo E1B코드를 이용한 경우는 GIOVEA에 해당하는 PRN 1번 위성이 획득 되었다.

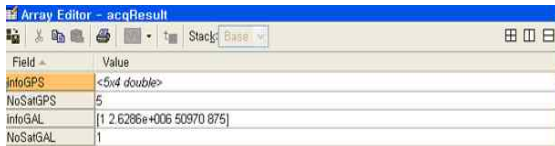


그림 5. L1 data의 위성획득 정보
Fig.5 Signal acquisition information of L1 data

E5a 데이터 신호로 신호 획득을 수행한 경우는 GIOVEB 신호만이 획득되었다.

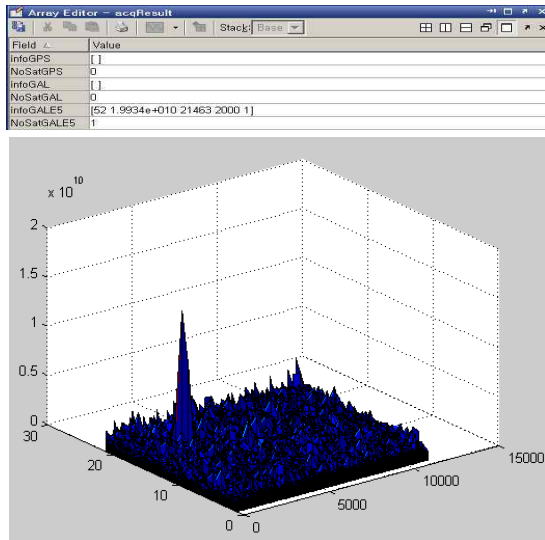


그림 6. GIOVE-B 위성의 E5a신호 위성획득 정보
Fig.6 Signal acquisition information of GIOVE-B from Galileo E5a data

3-3 신호 추적 결과

그림 7은 MATLAB GUI프로그램에서 5초 동안

Galileo E1B 코드를 이용하여 GIOVEA위성에 대해서 신호 추적을 진행한 그림이다. IQ plot에서 신호가 양쪽으로 수렴을 하는 것을 알 수 있다.

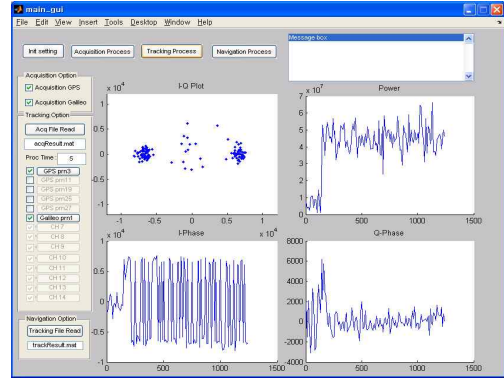


그림 7. Galileo 신호 채널 추적화면(5sec)
Fig.7 Signal tracking view of Galileo channel

다음 그림은 Galileo GIOVE-B 위성의 E5a신호에 대해서 신호 추적을 진행한 그림이다.

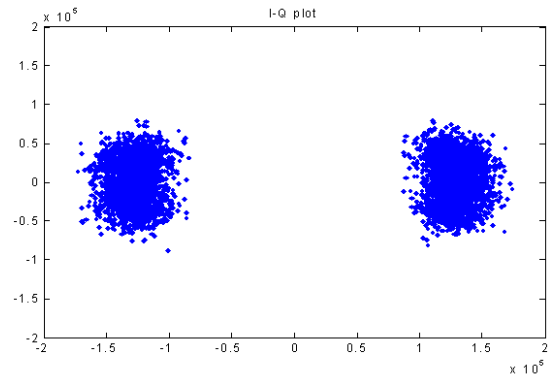


그림 8. Galileo 신호 채널 추적화면(6sec)
Fig.8 Signal tracking view of Galileo channel

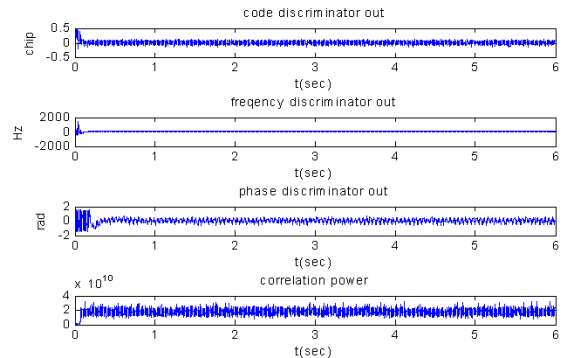


그림 9. Galileo 신호 채널 추적화면(6sec)
Fig.9 Signal tracking view of Galileo channel

3-4 항법해 계산 결과

GPS data를 이용한 GPS-ICD 200에 근거하여 계산되었으며, 전리층 및 대류층 보정을 거쳤다. 그림 10의 위치해는 20ms동안 smoothing된 의사거리를 이용하여 20ms 간격으로 계산되었고, 도출된 위치해에 대해서는 별도의 필터를 구성하지 않은 결과이다.

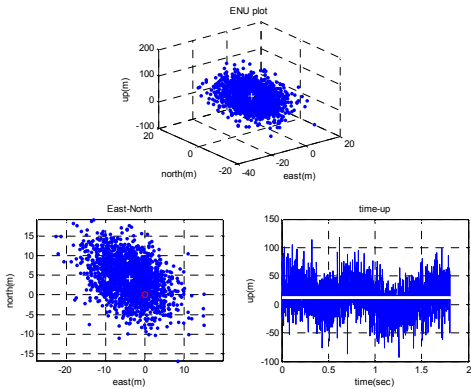


그림 10. GPS신호를 이용한 위치 측정
Fig.10 Navigation solution using GPS only

데이터를 처리해 본 결과 수평방향으로는 5m 정도의 bias와 5m 정도의 표준편차를, 수직 방향으로는 13m 정도의 bias와 30m 정도의 표준편차를 나타내었다.

다음 그림은 Galileo E1 채널의 항법 데이터 출력 결과로 저장된 navResult 행렬이다.

Field	Value
ECEF	<4x4422 double>
LLH	<3x4422 double>
ENU	<3x4422 double>
PG_str	<1x99 struct>
PG_num	99
EphemGal	<1x1 struct>
TimeRefGal	<1x1 struct>
AddDataGal	<1x1 struct>

그림 11. Galileo 항법해 계산 모듈 출력 정보
Fig.11 Galileo navigation decoding information

그림 11는 100초 동안 데이터를 처리하여 GPS 신호 추적을 통하여 4422 에폭의 항법해 계산한 결과가 저장되어 있다. Galileo E1 신호 추적을 통해서 항법 데이터를 해독하게 되고 이 결과 페이지 수 (PG_num), 페이지 구조체(PG_str), 위성획득 정보 (EphemGal), 기준시각 정보(TimeRefGal), 추가적인

Almanac과 위성 궤도평면 정보가 저장되어 있는 기타 항법 정보(AddDataGal)이 해독 되어 저장되어 있는 결과가 확인 가능하다. Galileo의 항법 데이터는 1초당 하나의 페이지가 해독 가능한데, PG_num 변수는 100초의 데이터 중 앞뒤의 잘려진 데이터를 제외한 99개의 페이지가 Viterbi 디코딩, De-interleaving, CRC 체크를 완료한 것을 의미한다.

IV. 결 론

MATLAB기반의 GPS/Galileo L1/E1/E5a 통합 수신 플랫폼을 구현하였다. 완성된 결과물을 이용하여 GPS 위치해를 계산하였고, Galileo에 대해서는 항법 데이터를 해독하였다. 완성된 결과물은 실제 Galileo test 위성에서 수신한 GNSS 중간 주파수 샘플 데이터로 검증되었다. GPS 신호에 대해서는 위성 시계오차 보정, 전리층 및 대류층 보정을 수행하였다. 항법 정확도의 경우, 현재 상용 수신기에서 활용되고 있는 알고리즘에 대한 추가 연구를 통해 성능을 향상시킬 수 있을 것으로 예상된다.

또한, Galileo의 테스트 위성인 GIOVE-A와 GIOVE-B 신호를 처리하여 항법 데이터를 해독하였다. E1신호의 경우 BOC(1,1)에 의한 자기 상관 모호성이 존재하기 때문에 이를 위해서 Bump-Jumping 방법을 적용하였지만, E5a 신호는 BPSK신호로 가정하고 수신 가능하므로 별도의 방법을 적용하지 않았다. Galileo항법 메시지 해독에 있어서는 ICD문서를 분석하여 구현된 코딩 기법 및 Interleaving, 메시지 구조에 맞는 해독 알고리즘을 구현하였다.

Galileo 시스템은 그 자체로 항법이 가능한 시스템이지만 GPS와 함께 사용하였을 경우 가용성이 배가된다. GPS와 Galileo 두 GNSS시스템의 통합 항법해를 계산하고, L1/E5a 이중 주파수를 활용하여 정밀 위치측정이 가능한 수신기의 개발이 구현된 플랫폼을 기반으로 발전 가능하다. 또한 E1신호의 경우 광대역 RF front-end에 적합한 CBOC(Composite Binary Offset Carrier)변조에 대해서도 활용 가능하도록 하는 연구가 기대된다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부 및 산업기술연구회의 협동 연구과제의 일환으로 수행하였음. [08AR2310, GPS/Galileo 환경에서의 위성항법신호생성/수신처리 및 측위성능향상 기초연구]

본 연구는 서울대학교 항공신기술연구소의 지원 하에 수행하였음

참 고 문 헌

- [1] <http://www.esa.int/esaNA/galileo.html>
- [2] James Bao, Yen Tsui, Fundamentals of Global Positioning System Receivers, *Wiley-interscience*, 2005
- [3] Galileo Project Office, GIOVE-A+B SIS ICD ,2008
- [4] 전상훈, 소형민, 김강호, 기창돈, 조영수, 최완식, “Galileo E1B신호 소프트웨어 수신 프로그램 개발”, *한국항공학회 논문지*, vol 12. no. 6, pp 574-582, Dec 2008
- [5] Elliot D.Kaplan, Understanding GPS, 2nd Edition ,*Artech house*, pp 173~179
- [6] S. A. Stephens, J.B. Thomas, " Controlled-Root Formulation for Digital Phase-Locked Loops", *IEEE Transactions on aerospace and electronics systems*, vol 31, No 1. Jan 1995, pp73~95
- [7] 전상훈, 소형민, 김강호, 기창돈, 조영수, 최완식, “ Matlab을 이용한 후처리 GPS(L1) /Galileo(E1) 통합 신호 수신 플랫폼 개발”, 2008 *GNSSWORKSHOP*, Oct. 2008

전 상 훈 (田尙勳)



2004년 2월 : 서울대학교 기계항공공학부(공학사)
2004년 3월 ~ 현재 : 서울대학교 기계항공공학부(공학석박사통합과정)
관심분야 : GNSS 수신기, GPS를 이용한 자세결정 수신기, RTK

소 형 민 (蘇亨敏)



2001년 2월 : 고려대학교 기계공학과(공학사)
2003년 8월 : 서울대학교 기계항공공학부(공학석사)
2003년 9월 ~ 현재 : 서울대학교 기계항공공학부(공학박사과정)
관심분야 : GNSS 신호처리 및 측위 기술, 소프트웨어 수신기

김 강 호 (金江皓)



2004년 8월 : 서울대학교 기계항공공학부(공학사)
2006년 8월 : 서울대학교 기계항공공학부(공학석사)
2006년 9월 ~현재 : 서울대학교 기계항공공학부(공학박사과정)
관심분야 : GPS 수신기

전 승 일 (田承一)



2007년 8월 : 서울대학교 기계항공공학부(공학사)
2008년 9월 ~ 현재 : 서울대학교 기계항공공학부(공학석사과정)
관심분야 : GPS/INS Integration

김 종 원 (金鐘源)



2008년 2월 : 서울대학교 기계항공공학부(공학사)
 2008년 3월 ~ 현재 : 서울대학교 기계항공공학부(공학석사과정)
 관심분야 : 실내항법, GNSS 수신기, RTK

기 창 돈 (奇昌敦)



1984년 2월 : 서울대학교 항공공학(공학사)
 1986년 2월 : 서울대학교 항공공학(공학석사)
 1994년 1월 : 미국 스탠포드대학교 항공우주공학(공학박사과정)
 1994년 5월 ~ 1995년 5월 : 미연방항

공청의 GPS Program에 관한 기술고문.
 2000년 10월~ 현재 : 서울대학교 기계항공공학부 교수
 2001년 3월 ~ 현재 : 한국 항행학회 부회장
 2006년 9월 ~ 현재 : 국제항법학회(Institute of Navigation) 아시아 대표
 1994년 4월 ~ 현재 : 건교부 서울지방항공청 설계자문위원회
 관심분야 : WADGPS, RTK, 항공기/우주비행체 자세결정, 무인항공기 자동제어 시스템, 실내용 자동항법시스템

조 영 수 (曹永壽)



2000년 2월 : 서울대학교 기계항공공학부(공학사)
 2002년 2월 : 서울대학교 기계항공공학부(공학석사)
 2002년 3월 ~ 2005년 6월 : 공군사관학교 항공우주공학과 전임강사
 2005년 10월~현재 : 한국전자통신연구원 텔레매틱스연구부 측위시스

템연구팀 연구원
 2006년 12월~현재 : OMA LOC WG 표준화 활동(에디터)
 관심분야 : GNSS 신호처리 및 측위 기술, 실내외 연속측위 기술, LBS 표준화

최 완 식 (成春香)



1979년 2월 : 성균관대학교 기계공학과(공학사)
 1986년 8월, 1988년 8월 : The Univ. of Alabama 기계공학 및 응용수학(공학석사)
 1992년 5월 : The Univ. of Alabama, 기계공학과(공학박사)

1979년 3월 ~ 1984년 8월 : ADD/국방품질검사소, 연구원
 1992년 6월 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 텔레매틱스연구부 측위시스템연구팀장(책임연구원)
 2008년 2월 : TTA LBS PG 의장
 관심분야 : Seamless 측위, 위치기반서비스, 텔레매틱스

이 상 욱 (李相郁)



1988년 2월 : 연세대학교 천문기상학(이학사)
 1991년 3월 : 미국 Auburn대학교 항공우주공학(석사)
 1994년 3월 : 미국 Auburn대학교 항공우주공학(박사)
 1993년 3월 ~ 현재 : 한국전자통신

연구원, 책임연구원
 관심분야 : 위성제어 및 관제, 위성항법 및 항법 응용

김 재 훈 (金載勳)



1983년 2월 : 숭실대학교 전자계산학과(공학사)
 1993년 2월 : 숭실대학교 전자계산학과(석사)
 2001년 9월 : 충북대학교 컴퓨터공학(박사)

1983년 3월 ~ 현재 : 한국전자통신연구원, 팀장/책임연구원
 관심분야 : 위성관제, 위성통신 위성항법 및 항법응용