

GPS/INS 통합 시스템의 항법 알고리즘 설계를 위한 소프트웨어 플랫폼 개발

임덕원*, 김정원*, 정호철*, 황동환**, 이상정**
 *충남대학교 전자공학과, **충남대학교 전기정보통신공학부

Development of a Software Platform for Designing Navigation Algorithm of a GPS/INS Integrated System

Deok Won Lim*, Jeong Won Kim*, Ho Cheol Jeong*, Dong-Hwan Hwang** and Sang Jeong Lee**

*Department of Electronics Engineering, Chungnam National University

**School of Electrical and Computer Engineering, Chungnam National University

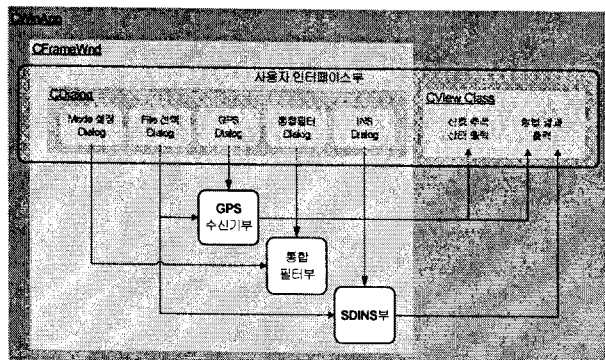
Abstract - A software platform which is able to evaluate the performances of a GPS/INS integrated system has been developed in this paper. And it consists of four parts including GUI(Graphic User Interface) part, GPS part, INS part and integrated filter part. It basically offers the loosely, tightly and deeply coupled GPS/INS algorithms, and many design parameters can be changed by users via GUI. Each functions of the platform has been confirmed with GPS signals and IMU data from commercial simulators.

1. 서 론

GPS(Global Positioning System) 수신기 설계 기술과 관성 센서 제작 기술이 발전함에 따라 GPS와 INS(Inertial Navigation System)의 통합 항법 시스템에 대한 필요성이 높아지고 있으며, 통합 항법 알고리즘과 그 활용 분야도 다양해지고 있다. Charles Draper Laboratory에서는 강결합 방식의 GPS/INS 통합 항법 시스템을 개발하였으며, 2000년 2월에 실제 함포용 지능 포탄의 발사 시험을 성공적으로 수행하였다[1]. 또한 최근에 신호 추적 성능 및 계밍 대응 성능이 향상되는 것으로 알려진 심층결합 방식에 대한 연구가 이루어짐에 따라 군사 분야 및 우주 분야에서의 활용 가능성이 높아지고 있다. 하지만 이러한 높은 기술력을 요구하는 GPS/INS 통합 항법 시스템을 개발하고 실제 환경에서 검증하는 데에는 시간적·비용적 어려움이 있으므로, 대상 시스템과 주변 환경을 모사하고 알고리즘의 성능을 평가할 수 있는 플랫폼이 필요하다[2]. 플랫폼의 예로 1996년에 Knight systems에서는 강결합 방식의 통합 항법 시스템의 성능을 평가할 수 있는 GPS/INS Navigation Integrator(GINI)를 개발하였으며[3], 2000년에는 사용자가 원하는 환경에서 GPS/INS 정보를 처리하기 위한 툴인 KINGSPAD(Kinematic Geodetic System for Position and Attitude Determination)가 개발되었다[4]. 또한 2001년에는 CAST Navigation사에서 GPS/INS 시뮬레이터를 출시하기도 하였다[5]. 본 논문에서는 약결합, 강결합 및 심층결합 방식의 통합 항법 알고리즘을 구현하고 성능을 평가할 수 있는 소프트웨어 기반 플랫폼의 구조에 대해서 설명하고, 상용 시뮬레이터 신호를 이용하여 기본적인 기능을 검증한다.

2. 플랫폼 설계

소프트웨어 기반의 GPS/INS 통합 항법 플랫폼의 구조는 <그림 1>과 같이 사용자 인터페이스부, GPS 수신기부, SDINS부, 통합 필터부로 구성된다. GPS 수신기부는 디지털화된 IF 대역의 GPS 신호를 입력받아 신호 획득과 추적, 항법 데이터 복조 및 항법해 계산을 하며, INS부는 IMU(Inertial Measurements Unit)의 가속도계와 자이로 출력에 입력받아 초기 정렬을 수행하고 자세, 속도, 위치를 계산한다. 통합 필터부는 약결합, 강결합, 심층 결합 방식에 대해서 구성되며 사용자가 원하는 방식을 선택할 수 있다. 사용자 인터페이스부는 각 블록의 설계 파라미터를 설정할 수 있으며 플랫폼 동작 결과를 보여준다.



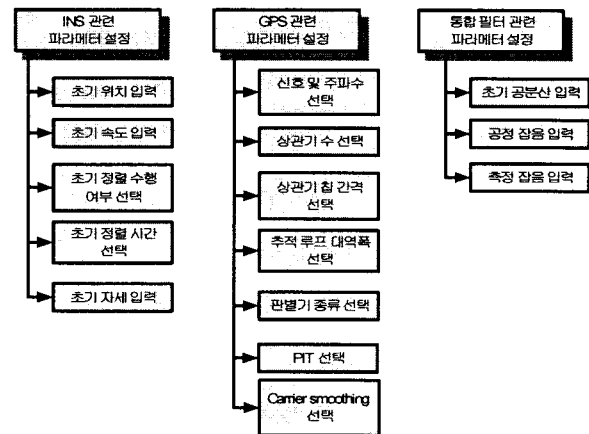
<그림 1> 플랫폼 구조

2.1 사용자 인터페이스부

사용자 인터페이스부에서는 각 블록의 입력 파라미터를 설정할 수 있으며, 플랫폼 동작 결과를 화면과 텍스트 파일을 통하여 확인할 수 있다.

2.1.1 입력 파라미터 설정

사용자 인터페이스부에서 설정할 수 있는 각 블록의 입력 파라미터는 <그림 2>와 같다.



<그림 2> 각 블록의 입력 파라미터

2.1.2 플랫폼 동작 결과

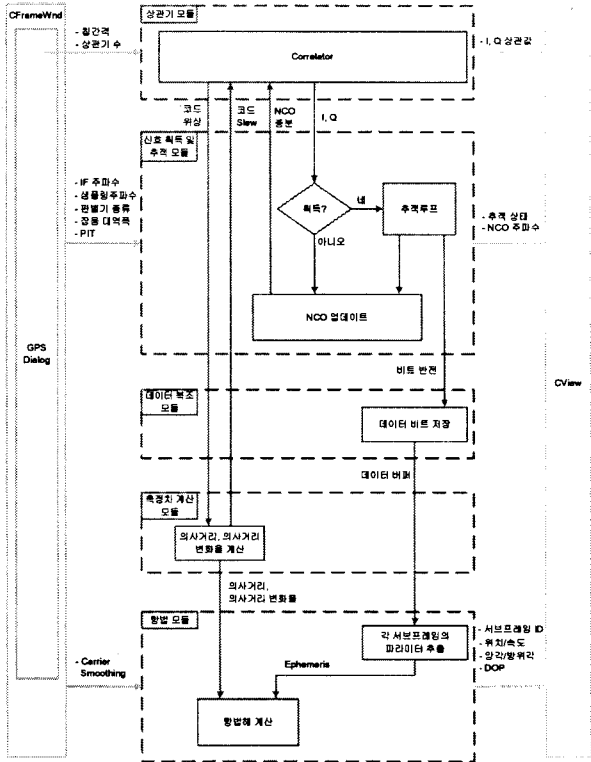
플랫폼 동작 결과는 화면과 텍스트 파일을 통해서 확인할 수 있으며, 각 블록의 출력 파라미터와 출력 형태는 <표 1>과 같다.

<표 1> 플랫폼 동작 결과의 출력 형태

구분	구분	출력 형태
GPS 수신기부	항법 결과(위치, 속도, 시간)	화면, 파일
	신호 추적 상태 (도플러 주파수, 추적 오차, 상관값 등)	화면, 파일
	PR, PRR, CP 측정치	파일
	항법 데이터(Ephemeris)	파일
	기타 (DOP, 가시위성 수 등)	화면, 파일
SDINS 및 통합 필터부	초기 정렬 결과	화면, 파일
	항법 결과(위치, 속도, 자세)	화면, 파일
	통합 필터 오차 추정치	파일
	통합 필터 오차 공분산	파일
	기타(가속도, 각속도, 수신기 aiding 정보 등)	파일

2.2 GPS 수신기부

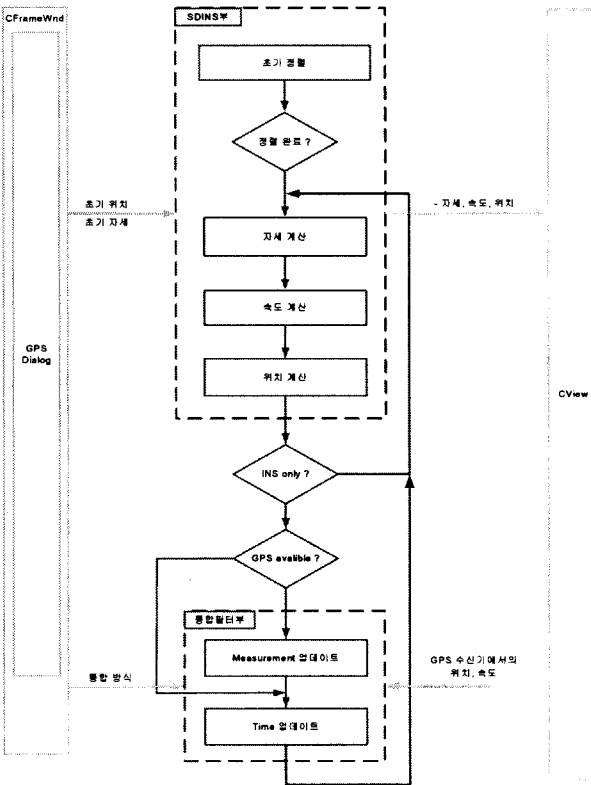
GPS 수신기부의 모듈 구성은 <그림 3>과 같으며, 플랫폼으로서 동작하기 위하여 유연성 있는 구조를 갖는다. 따라서 상관기 모듈에서는 상관기 채널수와 상관기 칩 간격, ERC(Extended Range Correlator) 개수, IF 주파수, 가시 위성 번호, 초기 도플러 주파수 등을 조절할 수 있으며, 신호 획득 및 추적 모듈에서는 반송파 추적루프와 코드 추적 루프 각각에 대하여 루프 필터의 잡음대역폭, 판별기 종류, PIT(Predetection Integration Time) 등을 조절할 수 있다. 또한 측정치 계산 모듈에서는 Carrier Smoothing 여부 등을 조절할 수 있다.



〈그림 3〉 GPS 수신기부의 모듈 구성

2.3 SDINS부와 통합 필터부

SDINS부와 통합 필터부의 구성은 <그림 4>와 같으며, 플랫폼으로서 동작하기 위하여 SDINS부에서는 초기 정렬 방법, 초기 위치, 초기 속도, 초기 자세, 출력률 등을 조절할 수 있으며, 통합 필터부에서는 결합 방식(약결합, 강결합, 심층 결합), 초기 오차 공분산, 공정 잡음, 측정 잡음을 조절할 수 있다.

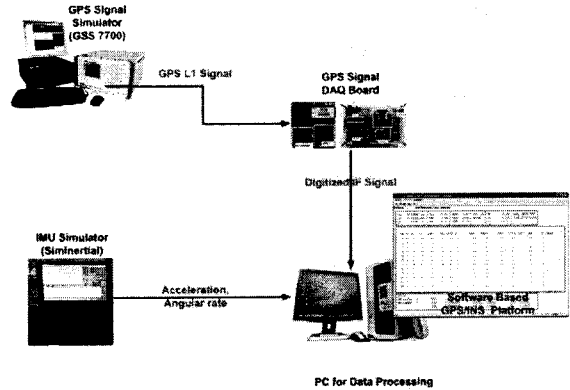


〈그림 4〉 SDINS 및 통합 필터부의 구성

3. 플랫폼 검증

3.1 검증 환경

플랫폼을 검증하기 위한 환경은 <그림 5>와 같다. GPS IF 신호는 상용 GPS 시뮬레이터(GSS 7700) 신호를 충남대학교에서 개발한 신호 수집 장치를 이용하여 수집하였으며, IMU(가속도계, 자이로) 데이터는 IMU 시뮬레이터(SimInertial)를 이용하여 생성하였다.



〈그림 5〉 플랫폼 검증 환경

3.2 검증 결과

플랫폼 검증 결과는 <그림 6>과 같으며, GPS를 이용한 위치 결과와 GPS/INS 통합 항법 결과가 실제 입력 환경(항제 위치, 자세)과 유사한 것을 확인하였다.

GPS 위치 결과		GPS 속도, 방향		DOP	가시 위성	시간																																																
<table border="1"> <tr> <th>Time</th> <th>Lat</th> <th>Lon</th> <th>Alt</th> <th>Vel</th> <th>Dir</th> <th>DOP</th> <th>Fix</th> <th>Time</th> </tr> <tr> <td>00:00:00</td> <td>37.517842</td> <td>127.065479</td> <td>104.26</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>2.35</td> <td>2D</td> <td>00:00:00.000</td> </tr> <tr> <td>00:00:01</td> <td>37.517842</td> <td>127.065479</td> <td>104.26</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>2.00</td> <td>3D FIX</td> <td>00:00:01.000</td> </tr> </table>							Time	Lat	Lon	Alt	Vel	Dir	DOP	Fix	Time	00:00:00	37.517842	127.065479	104.26	0.00	0.00	2.35	2D	00:00:00.000	00:00:01	37.517842	127.065479	104.26	0.00	0.00	2.00	3D FIX	00:00:01.000																					
Time	Lat	Lon	Alt	Vel	Dir	DOP	Fix	Time																																														
00:00:00	37.517842	127.065479	104.26	0.00	0.00	2.35	2D	00:00:00.000																																														
00:00:01	37.517842	127.065479	104.26	0.00	0.00	2.00	3D FIX	00:00:01.000																																														
<table border="1"> <tr> <th>Time</th> <th>SV</th> <th>PV</th> <th>EV</th> <th>AZ</th> <th>DEFP</th> <th>MS</th> <th>LESE</th> <th>SF</th> <th>Pfreq</th> <th>Pfreq</th> <th>IPfreq</th> <th>DiFC</th> <th>LOCK</th> <th>SNR</th> <th>INS Output</th> </tr> <tr> <td>00:00:00</td> <td>1</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.000000</td> </tr> <tr> <td>00:00:01</td> <td>1</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.000000</td> </tr> </table>							Time	SV	PV	EV	AZ	DEFP	MS	LESE	SF	Pfreq	Pfreq	IPfreq	DiFC	LOCK	SNR	INS Output	00:00:00	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000000	00:00:01	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000000
Time	SV	PV	EV	AZ	DEFP	MS	LESE	SF	Pfreq	Pfreq	IPfreq	DiFC	LOCK	SNR	INS Output																																							
00:00:00	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000000																																							
00:00:01	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000000																																							
<table border="1"> <tr> <th>INS Output</th> <th>INS Counter</th> <th>위도</th> <th>경도</th> <th>고도</th> <th>속도</th> <th>자세</th> </tr> <tr> <td>00:00:00</td> <td>5590</td> <td>37.5173267869</td> <td>127.065479258</td> <td>104.26</td> <td>0.000000</td> <td>0.000000</td> </tr> <tr> <td>00:00:01</td> <td>10413</td> <td>37.5173267869</td> <td>127.065479258</td> <td>104.26</td> <td>0.000000</td> <td>0.000000</td> </tr> </table>							INS Output	INS Counter	위도	경도	고도	속도	자세	00:00:00	5590	37.5173267869	127.065479258	104.26	0.000000	0.000000	00:00:01	10413	37.5173267869	127.065479258	104.26	0.000000	0.000000																											
INS Output	INS Counter	위도	경도	고도	속도	자세																																																
00:00:00	5590	37.5173267869	127.065479258	104.26	0.000000	0.000000																																																
00:00:01	10413	37.5173267869	127.065479258	104.26	0.000000	0.000000																																																

〈그림 6〉 플랫폼 검증 결과

4. 결론

본 논문에서는 다양한 환경(GPS 신호 및 항제의 운동 상태)에 대해서 GPS/INS 통합 항법 시스템의 성능을 평가할 수 있는 소프트웨어 기반의 플랫폼을 개발하였으며, 상용 시뮬레이터의 GPS 신호와 IMU 데이터를 가지고 기본적인 기능을 검증하였다. 추후 연구계획으로서 플랫폼이 소프트웨어 기반으로 개발되었다는 장점을 활용하여 GPS 현대화 및 갈릴레오 시스템의 개발에 의한 새로운 항법 신호를 처리할 수 기능을 추가할 계획이다.

[참고 문헌]

- [1] Kessler, S.S. et al, "Design and Manufacture of a High-g Unmanned Aerial Vehicle Structure." Master of Science Thesis, Charles Stark Draper Laboratory, 2002
- [2] Jennifer Denise Gautier, "GPS/INS GENERALIZED EVALUATION TOOL (GIGET) FOR THE DESIGN AND TESTING OF INTEGRATED NAVIGATION SYSTEMS," Ph.D. Thesis, Stanford University, 2003.
- [3] D. Knight, "The Rapid Development of Tightly-Coupled GPS/INS Systems," Proceeding of the IEEE Position Location and Navigation Symposium, 1996, Atlanta.
- [4] K. P. Schwarz, N. El-Sheimy, *KINGSPAD User's Manual*, University Technologies International, Inc., Calgary, Alberta, Canada, April 2000.
- [5] CAST Navigation, *CAST-4000 Specifications*, 2001.