

GPS/INS 통합 항법 시스템용 모니터링 시스템 설계

Monitoring System Design for the GPS/INS Integrated Navigation System

한 상 재, 오 상 현, 황 동 환, 이 상 정

(Sang Jae Han, Sang Heon Oh, Dong-Hwan Hwang and Sang Jeong Lee)

Abstract : We propose the monitoring system scheme for the GPS/INS integrated navigation system. The design requirements of the monitoring system are suggested and the software scheme based on GUI is proposed. The proposed monitoring system consists of an I/O interface part, a navigation data display part, and a post-processing part. The I/O interface part is responsible for data communication between the monitoring system and a navigation computer unit. The navigation data display part provides various display methods to show the navigation data to user in real-time. The post-processing part collects the navigation data to analyze the performance of navigation system. The proposed monitoring system software was developed using the Visual C++ programming language and a van test was carried out to demonstrate the real-time operation of the monitoring system. The test result shows that the proposed monitoring system can be effectively applied to the GPS/INS integrated navigation system.

Keywords : monitoring system, GPS, INS, integration system

I. 서론

항법 시스템용 모니터링 시스템(monitoring system)은 사용자에게 항법 데이터를 표시해 주고 사용자로부터 항법 시스템의 운용 명령을 전달하는 것을 목적으로 한다[1]. 대표적인 예로 항공기의 모니터링 시스템을 들 수 있는데 최근에는 이전의 아날로그 계기판을 대신하여 대기 속도(airspeed), 자세, 고도, 수직 속도 등의 다양한 데이터를 하나의 컬러 디스플레이에 나타낼 수 있는 다목적의 모니터링 시스템을 구비함으로써 운용자에게 운항에 필요한 각종 항법 데이터를 정확하고 신속하게 직관적으로 인지할 수 있도록 하여 항공기의 안전한 운항을 돕도록 하고 있다 [1][2].

구체적으로 모니터링 시스템의 일종인 제어 표시기(CDU: Control and Display Unit)는 항법 시스템의 데이터를 운용자에게 표시하고 시스템의 내장 항법 컴퓨터(onboard navigation computer)와의 인터페이스를 제공하는 역할을 수행하는데 비행 계획을 항법 컴퓨터에 로드(load)하는 기능, 항법 컴퓨터에서 계산한 항법 데이터를 표시하는 기능 및 항법 컴퓨터가 시스템의 고장 진단을 수행한 결과를 고장 코드(malfunction code)를 통하여 표시하는 기능을 수행한다. CDU에 부착된 키보드를 이용하여 초기 위치와 중간 지점 waypoint) 및 도착 지점의 정보를 입력할 수 있으며 이러한 정보는 인코딩되어 항법 컴퓨터의 입출력 인터페이스에 전달된다[1].

본 논문에서는 GUI 방식의 GPS/INS 통합 항법 시스템용

모니터링 시스템을 제안하고자 한다. 제안한 모니터링 시스템은 사용자에게 항법 데이터를 2차원 평면 상의 궤적이나 트랜드 커브 등으로 나타내고 사용자가 아이콘, 체크 박스, 대화 상자 등을 통하여 통합 시스템을 제어하거나 텍스트 상자(text box)를 통하여 필요한 정보를 통합 항법 시스템에 전송할 수 있는 기능을 제공한다.

본 논문의 전체 구성은 다음과 같다. 먼저, II절에서는 통합 시스템용 모니터링 시스템 설계 시 요구 사항과 전체 구조에 대하여 서술하였다. III절에서는 모니터링 시스템의 상세 설계에 대하여 서술하였다. IV절에서는 제안한 모니터링 시스템을 실시간 GPS/INS 통합 항법 시스템에 적용한 결과를 제시하였으며 마지막으로 결론을 맺었다.

II. 모니터링 시스템의 요구 사항 및 전체 구조

1. 모니터링 시스템 설계 시 요구 사항[1][2]

통합 항법 시스템용 모니터링 시스템의 설계 시에는 여러 가지를 고려하여야 하는데 첫째는 통합 항법 시스템을 관리 운용하는 기능을 포함하고 있어야 한다. 사용자는 모니터링 시스템을 통하여 통합 항법 시스템에 운용 명령을 전달하여 시작, 재시작 또는 종료를 수행할 수 있으며 초기 위치 및 초기 정렬 시간을 비롯한 시스템 운용 시 필요한 정보를 항법 컴퓨터에 전송할 수 있어야 한다.

둘째는 통합 항법 시스템에서 계산한 항법 데이터를 사용자에게 적절하게 표시하는 기능을 포함하여야 한다. 통합 항법 시스템으로부터 수신하는 데이터는 시스템의 동작 모드에 따라 달라지므로 각각의 경우에 대하여 사용자가 인식하기 쉬운 형태로 표시하여야 한다. 예를 들어 위도 및 경도로 표시된 수평 위치 데이터는 2차원의 평면에 시간에 따른 항체의 진행 경로로 표시된다. 고도 및 속도의 경우에는 시간의 경과에 따른 트랜드 커브로 나타낼 수 있다. 아울러 그래픽 형태로 표현되는 데이터는 실수값으로 표시할 수 있어야 한다. 또한 항법 수행 결과의 분석을 위해 통합

논문접수 : 2002. 11. 22., 채택확정 : 2003. 2. 25.

한상재 : 미디어코러스㈜ (xeon2k@mediachorus.com)

오상현 : 충남대학교 전자공학과(laborosh@cnu.ac.kr)

황동환, 이상정 : 충남대학교 정보통신공학부

(dhhwang@cnu.ac.kr/eesjl@cslab.cnu.ac.kr)

※ 본 연구는 BK21 대전 충남 정보통신 인력양성사업단의 RA 지원으로 수행되었습니다.

항법 시스템으로부터 수신한 데이터를 파일 형태로 저장하고 이를 다시 off-line으로 그래픽 디스플레이에 재현할 수 있는 기능을 가져야 한다.

셋째는 모니터링 시스템은 기능의 변경 및 확장에 용이한 구조를 가져야 한다. 이를 만족하기 위해서 각각의 기능은 모듈화된 구조로 설계 구현하여야 한다. 윈도우를 기반으로 한 GUI 프로그램은 구조적으로 SDI (Single Document Interface)와 MDI (Multiple Document Interface)로 나눌 수 있는데 SDI는 제공하고자 하는 정보를 하나의 윈도우에 나타내는 구조인 반면 MDI는 각각의 기능을 하나의 주 윈도우(primary window)와 여러 개의 독립적인 부 윈도우(secondary window)에 구현하는 구조이다[3]-[5]. 모니터링 시스템의 유지 보수를 용이하게 하기 위해서는 MDI 구조를 채택하는 것이 유리한 것으로 알려져 있다[5].

2. 모니터링 시스템의 전체 구성

모니터링 시스템의 설계 시 요구사항을 반영하여 시스템을 크게 데이터 송수신 처리부, 항법 데이터 표시부 및 후처리부로 구성할 수 있다. 데이터 송수신 처리부는 통합 항법 시스템에 운용 명령을 송신하고 실시간으로 수행한 항법 결과 데이터를 수신하는 기능을 담당한다. 항법 데이터 표시부는 수신한 항법 데이터를 여러 가지 형태의 표시 윈도우에 나타내는 기능을 수행한다. 후처리부는 항법 컴퓨터로부터 수신한 항법 데이터를 파일로 저장하고 통합 항법 시스템의 성능 분석 및 검증을 위해 저장한 파일을 로드하여 각각의 그래픽 디스플레이에 실시간 항법 결과를 재현하는 기능을 수행한다.

모니터링 시스템은 통합 항법 시스템의 시작에서 종료까지 각 단계의 동작을 관장하고 통합 항법 시스템으로부터 수신한 데이터를 표시하여야 하므로 전체 운용 순서는 통합 항법 시스템의 동작을 고려하여 설계하여야 한다.

모니터링 시스템의 전체 운용 과정을 그림 1에 나타내었다. 통합 항법 시스템이 시작되면 항법 컴퓨터는 모니터링 시스템으로부터 명령을 수신하기 위하여 대기 상태에 진입한다. 모니터링 시스템을 시작하면 통합 항법 시스템은 대기 상태에서 해제된다. 사용자는 실시간으로 수신한 항법 데이터를 모니터링하는 실시간 모드(real-time mode)와 이미 파일에 저장한 항법 데이터를 재현하는 후처리 모드(post-processing mode) 중 하나를 선택할 수 있다. 실시간 모드는 고장 진단(BIT: Built-In-Test) 단계, 초기 정렬 단계, 통합 항법 단계로 나누어진다. BIT 단계에서는 항법 컴퓨터와 센서의 이상 유무를 확인한다. 항법 컴퓨터의 BIT 단계에서는 CPU, 메모리 및 입출력 인터페이스의 정상 동작 여부를 확인하며 센서의 BIT 단계에서는 관성 센서(IMU: Inertial Measurement Unit) 및 GPS 수신기의 동작을 확인한다. BIT 결과 시스템에 이상이 없는 경우에는 초기 정렬 단계로 진행되며 이상이 발견된 경우에는 고장 코드를 통하여 고장이 발생한 부분을 알리고 BIT 단계에 머무르게 된다. 하지만 BIT 단계에서 BIT 수행을 생략하고 초기 정렬 단계로의 진행도 가능하다. 초기 정렬 단계에서는 초기 정렬 시작에 앞서 통합 시스템의 초기 위치와 초기 정렬 수행 시간을 통합 항법 시스템에 전송한다. 통합 항법 시

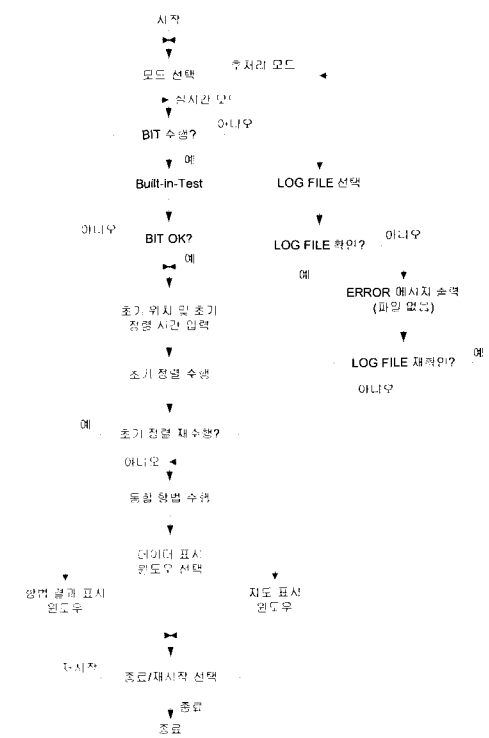


그림 1. 모니터링 시스템의 전체 운용 과정.

Fig. 1. Operating procedure of monitoring system.

스템이 초기 위치 및 초기 정렬 수행 시간을 수신하면 지정한 시간 동안 초기 정렬을 수행한다. 통합 시스템은 1초 간격으로 롤(roll), 피치(pitch), 방위(heading)각의 초기 정렬 결과를 담은 수행 시간과 함께 모니터링 시스템에 전송한다. 모니터링 시스템은 수신한 초기 정렬 결과를 초기 정렬 표시 윈도우에 나타낸다. 설정한 초기 정렬 시간이 경과한 이후 사용자는 초기 정렬 결과를 확인하고 결과가 만족스럽지 않으면 다시 초기 정렬 단계를 수행할 수 있다. 초기 정렬 종료 이후 다시 초기 정렬 단계를 선택하지 않으면 통합 항법 단계를 시작한다. 통합 항법 단계에서는 항법 컴퓨터에서 수행한 위치, 속도 및 자세 결과를 1초 간격으로 모니터링 시스템에 전송한다. 모니터링 시스템은 항법 데이터를 동적 그래프 형태로 표시하는 항법 결과 표시 윈도우와 위치 데이터를 전자 지도(electronic map) 상에 나타내는 지도 표시 윈도우를 가지고 있으므로 사용자는 메뉴를 이용하여 각각의 표시 윈도우를 선택할 수 있다. 후처리 모드에서는 이미 저장한 항법 데이터 파일을 로드하여 실시간 모드와 마찬가지로 항법 데이터 표시 윈도우 및 지도 표시 윈도우에 항법 결과를 재현할 수도 있다.

III. 모니터링 시스템의 상세 설계

1. 운용 메뉴

그림 2는 모니터링 시스템의 운용 메뉴 구조를 나타낸다. 운용 메뉴는 풀-다운 메뉴 방식으로 구성한다. 최상위 메뉴는 6개로 구성되어 있으며 각각의 메뉴는 적절한 개수의 하위 메뉴들로 구성된다. COMMAND 메뉴는 통합 항법 시스템을 제어하는 명령들인데 시작(START), 중지(STOP),

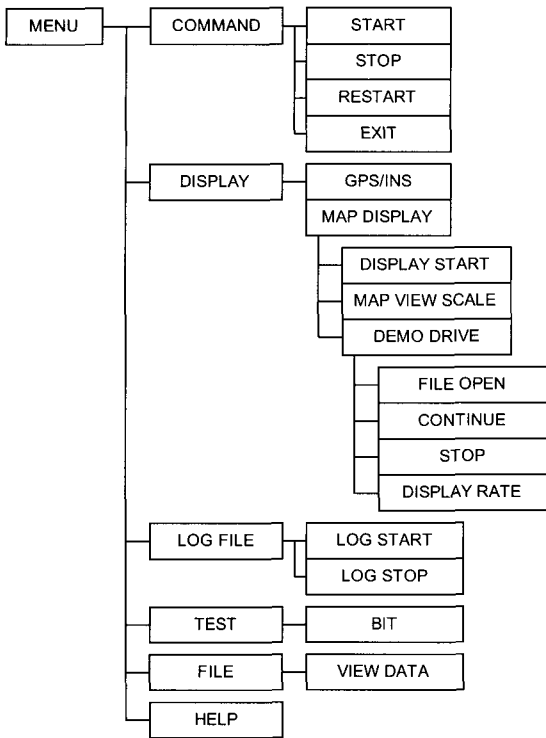


그림 2. 모니터링 시스템 메뉴.
Fig. 2. Monitoring system menu.

재시작(RESTART), 모니터링 시스템의 종료 메뉴(EXIT)를 포함한다. DISPLAY 메뉴는 항법 데이터의 표시 방법을 선택하는 메뉴이다. DISPLAY 메뉴는 다시 항법 데이터 표시 윈도우를 선택하는 메뉴(GPS/INS)와 지도 표시 윈도우를 선택하는 메뉴(MAP DISPLAY)로 나누어진다. MAP DISPLAY 메뉴는 시작 메뉴(DISPLAY START), 지도 축적 선택 메뉴(MAP VIEW SCALE) 및 저장된 항법 데이터를 재현하는 메뉴(DEMO DRIVE)로 더 자세하게 분류한다. 이 중 DEMO DRIVE 메뉴는 재현하고자 하는 항법 데이터 파일을 선택(FILE OPEN)하고 데이터 표시 속도를 조절하는 메뉴(DISPLAY RATE)를 포함한다. LOG FILE 메뉴는 항법 데이터를 파일로 저장하는 메뉴이다. TEST 메뉴와 FILE 메뉴는 각각 시스템의 이상 유무를 점검하는 메뉴(BIT)와 저장된 항법 데이터를 문서 편집기를 통하여 확인하는 메뉴(VIEW DATA)로 이루어진다. 마지막으로 HELP 메뉴는 모니터링 시스템의 버전 정보 및 간단한 사용법을 제공한다.

2. 데이터 표시 윈도우

데이터 표시 윈도우는 그림 3과 같이 위치, 속도, 자세 데이터를 표시하는 항법 데이터 표시 윈도우, 통합 항법 시스템과의 데이터 송수신 상태와 파일 저장 상태 표시 및 항법 데이터 선택 버튼으로 구성된 상태 표시 윈도우와 통합 시스템의 위치 결과를 지도 상에 나타내기 위한 지도 표시 윈도우로 구성된다.

전술한 바와 같이 윈도우를 기반으로 한 프로그램은 SDI 구조와 MDI 구조를 가질 수 있으며 제한하는 모니터링 시스템은 각각의 윈도우가 독립적인 기능을 수행하고 기능의

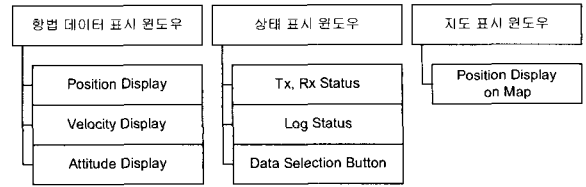


그림 3. 데이터 표시 윈도우의 구성.
Fig. 3. Data display window.

확장, 추가 및 변경이 용이하도록 MDI 형태로 설계한다. MDI 구조에서 각각의 부 윈도우는 모드리스(modeless) 또는 모달(modal) 형태의 윈도우가 될 수 있다[5]. 모드리스 형태의 윈도우에서는 사용자가 주 윈도우와 부 윈도우들 중에서 임의로 선택하여 각각의 작업을 동시에 수행할 수 있다. 반면 모달 형태의 윈도우에서는 사용자가 작업을 완료하고 해당 윈도우를 종료시킬 때까지 다른 윈도우가 활성화되지 못하도록 한다. 데이터 표시 윈도우는 모드리스 형태로 설계하므로 항법 데이터 표시 윈도우와 지도 표시 윈도우를 함께 실행할 수 있으며 마우스를 이용하여 임의의 윈도우를 선택할 수 있다. 모달 형태의 윈도우는 사용자가 통합 시스템에 대화 상자를 통하여 명령을 전달하거나 데이터를 입력하는 경우에 사용한다. 예를 들어 초기 정렬을 수행하기 위해 초기 위치를 입력하거나 항법 데이터를 저장하기 위해 파일 이름을 입력하고 저장하고자 하는 데이터를 선택하는 경우에는 반드시 활성화된 윈도우를 종료하고 다른 윈도우에서 작업을 수행할 수 있도록 함으로써 부적절한 조작으로 인한 시스템의 오동작을 방지하도록 한다.

모니터링 시스템의 시작 시에는 다폴트로 주 윈도우 상에 항법 데이터 표시 윈도우와 상태 표시 윈도우가 나타난다. 이후 DISPLAY 메뉴의 MAP DISPLAY 메뉴를 선택하여 항법 데이터 표시 윈도우 위에 지도 표시 윈도우를 함께 나타낼 수 있다.

2.1. 항법 데이터 표시 윈도우

항법 데이터 표시 윈도우는 그림 4와 같이 위치, 속도, 자세 정보 표시부로 이루어진다. 화면상의 데이터 갱신 주기는 통합 항법 시스템으로부터 수신하는 데이터의 전송 주기에 의하여 결정되는데 통상 통합 시스템의 데이터 전송 주기는 1초로 둔다. 위치 및 속도 정보 표시부는 자동 척도(auto-scale) 기능을 가지도록 하며 위치 정보 표시부에서 가로축은 경도, 세로축은 위도를 나타내는 격자창(grid window)에 매 순간 변화하는 수평 위치를 도트로 나타낸다. 각각의 도트는 화면에 누적하도록 하여 통합 항법 시스템의 위치 변화를 연속적으로 파악할 수 있도록 한다. 속도 정보는 시간에 따른 속도의 변화량을 연속적으로 표시하는 트렌드 커브로 나타낸다. 자세 정보는 롤각, 피치각, 방위각 정보를 다이얼 형태의 동적 이미지로 나타내어 변화하는 자세 정보를 보다 효과적으로 파악할 수 있도록 한다. 각각의 그래프에 대하여 텍스트 윈도우 상에 실수값으로 표시하여 모든 항법 정보의 정확한 수치 정보도 제공할 수 있도록 한다.

2.2. 상태 표시 윈도우

상태 표시부는 사용자에게 항법 시스템의 동작 상태를

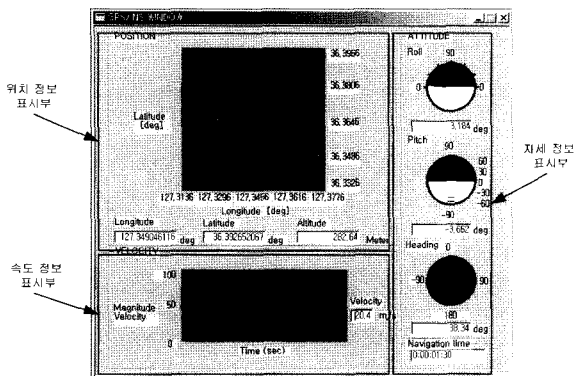


그림 4. 항법 데이터 표시 윈도우.
Fig. 4. Navigation data display window.

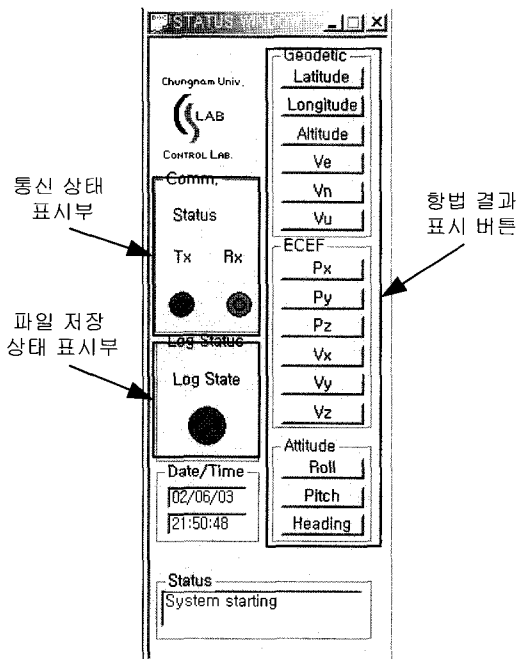


그림 5. 상태 표시 윈도우.
Fig. 5. Status window.

알려주는 것을 목적으로 하는데 일반적으로 상용의 모니터링 시스템은 항법 시스템의 경보 또는 경고 메시지나 배터리 이상 여부에 관한 정보를 항법 데이터 표시부에 나타내거나 조작 패널에 부착된 별도의 지시등을 점등함으로써 사용자에게 알려준다[1].

모니터링 시스템의 상태 표시 윈도우는 그림 5와 같이 통신 상태 표시부, 항법 데이터의 파일 저장 상태 표시부 및 항법 결과 표시 버튼들로 구성된다. 통신 상태 표시부는 항법 데이터의 수신 및 통합 항법 시스템 제어 명령의 송신 상태를 나타내는 지시등의 형태로 통합 항법 시스템과 데이터 송수신을 수행하는 경우 녹색으로 점멸하도록 한다. 데이터의 파일 저장 상태 표시부도 파일에 새로운 데이터를 저장할 때 마다 녹색으로 점멸하도록 한다. 상태 표시 윈도우의 오른쪽은 지리(geodetic) 좌표계와 지구 고정(ECEF: Earth Centered Earth Fixed) 좌표계에서 위치, 속도 및 자세를 나타내는 15개의 항법 결과 표시 버튼으로 구성

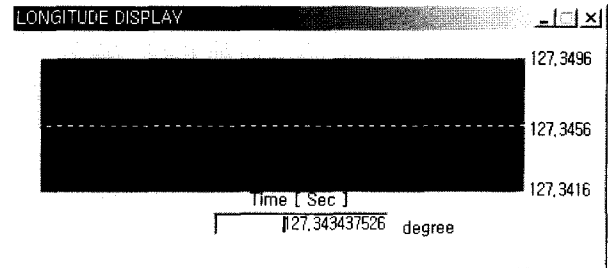


그림 6. 항법 데이터 표시용 팝-업 윈도우.
Fig. 6. Pop-up window for navigation data display.

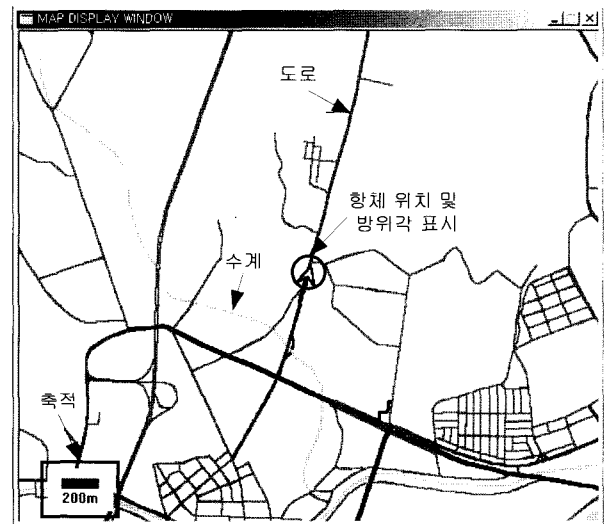


그림 7. 지도 표시 윈도우.
Fig. 7. Map display window.

된다. 이들 버튼을 누르면 각각에 대하여 그림 6과 같은 팝-업 윈도우(pop-up window)가 생성된다. 이들 팝-업 윈도우는 항법 데이터 표시부의 속도 정보 표시부와 마찬가지로 트랜드 커브 형태로 나타내며 자동 척도 기능과 실수 표시 기능도 갖는다.

2.3. 지도 표시 윈도우

전자 지도란 도로 및 각종 지형 지물의 위치 정보를 수치화 하여 데이터베이스 형태로 저장한 것으로서 항법 시스템에서 제공하는 항법 정보와 함께 결합할 경우 사용자에게 항체의 위치를 쉽게 파악할 수 있도록 할 수 있다. 전자 지도를 이용한 항법 데이터의 표시는 주로 군용 또는 항공기용 항법 시스템에 적용되어 왔는데[2] 최근에는 저가의 GPS 수신기와 전자 지도를 이용한 자동차 항법 시스템(CNS: Car Navigation System)의 보급으로 민간에서도 널리 사용되는 추세이다[6].

그림 7의 지도 표시 윈도우에서 위치 결과인 위도와 경도를 전자 지도상에 표시한다. 이와 함께 지도에는 도로, 수계 및 축적이 표시된다. 항체의 위치는 화살표 형태로 나타내어 방위각을 함께 표시하도록 한다. 항체의 이동 시에는 배경이 되는 지도가 이동하도록 설계하여 항체의 위치가 항상 지도의 가운데에 표시되도록 한다. 전자 지도는 모니터링 시스템의 위쪽 방향을 북으로 하고 항체의 움직임에 따라 상하 좌우로 이동하는데 DISPLAY 메뉴, MAP

DISPLAY 메뉴의 MAP VIEW SCALE 메뉴를 선택하여 세 가지의 서로 다른 축적으로 표시가 가능하다. 지도 표시부의 위치 정보 갱신은 실시간 모드의 경우 항법 데이터 표시 윈도우와 마찬가지로 통합 항법 시스템의 출력 전달률에 의하여 결정된다. 후처리 모드에서는 파일 형태로 저장한 항법 데이터를 다시 지도상에 재현할 수 있도록 하는데 그림 2의 DISPLAY RATE 메뉴를 선택함으로써 위치 정보 갱신률을 선택할 수 있다.

3. 실시간 데이터 송수신

항법 시스템과 모니터링 시스템 간의 실시간 데이터 송수신을 위해서는 데이터의 종류 및 인터페이스를 결정해야 한다. 상용의 모니터링 시스템(또는 CDU)에서 항법 시스템에 전달되는 데이터는 시작, 종료, 재시작, BIT 수행, 초기 위치 입력, 초기 정렬 수행, 항법 수행 및 시스템 구성과 같은 명령이 있으며 항법 시스템에서 출력되는 데이터는 위치, 속도, 자세와 같은 항법 데이터와 BIT 수행 결과 데이터 및 시스템의 동작 상황을 나타내는 상태 데이터 등이 있다[1][7][8]. 일반적으로 항법 시스템과 모니터링 시스템 사이의 데이터 교환은 프레임에 데이터 송수신의 기본 단위로 하는 방법을 사용하고 있는데 대표적인 것으로 군용 항공 시스템의 데이터 송수신 표준인 MIL-STD-1553B, 민간 항공 시스템에서 사용하는 ARINC (Aeronautical Radio Incorporated) 429 및 SDLC(Synchronous Data Link Control) 프로토콜 등을 들 수 있다[2][7][8]. 표준 인터페이스의 구조를 살펴보면 각각의 데이터는 하나의 메시지 프레임으로 구성되어 있으며 각각의 메시지는 MIL-STD-1553B에서는 메시지 ID에 의하여[7], ARINC 429의 경우는 라벨에 의하여 구별된다[8].

그림 8에 메시지 프레임에 이용한 데이터 송수신 방법을 나타내었다. 각각의 메시지는 2 문자의 ASCII 코드로 구별되는 메시지 ID와 데이터로 구성된다. 모니터링 시스템이 요청 메시지를 전송하여 항법 데이터를 요구하면 통합 항법 시스템은 수신한 명령 메시지의 ID를 확인하고 동일한 메시지 ID를 가지는 응답 메시지를 구성하여 모니터링 시스템에 전달한다.

표 1과 표 2에 통합 시스템 운용 명령과 응답 메시지 중 초기 정렬 결과 메시지와 항법 결과 메시지의 구성 예를 나타내었다. 초기 정렬 결과 메시지는 메시지 ID("AL")와 초기 정렬 결과인 롤각, 피치각, 방위각 및 남은 초기 정렬 시간의 총 16 바이트로 구성된다. 항법 결과 메시지는 메시지 ID("NA")와 GPS 수신기로부터 제공받은 UTC 정보, 그리고 지역 수평 좌표계(local level frame)에서 나타낸 위치,

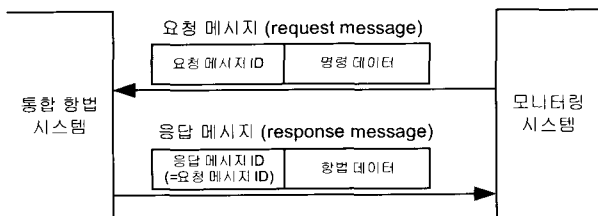


그림 8. 메시지 프레임을 이용한 데이터 송수신.
Fig. 8. Data communication using message frame.

표 1. 통합 항법 시스템 운용 명령.

Table 1. Integrated navigation system operation command.

메시지 ID (2 바이트)	설명
'ST' (START)	항법 시스템 대기 해제 명령
'BT' (BIT)	BIT 수행 명령
'IP' (INITIAL POSITION)	초기 위치 입력 명령
'AL' (ALIGNMENT)	초기 정렬 시작 및 초기 정렬 결과 요청 명령
'NA' (NAVIGATION)	항법 시작 및 항법 결과 요청 명령
'SP' (STOP)	항법 시스템 대기 명령
'RE' (RESTART)	초기 정렬 재시작 명령

표 2. 응답 메시지 포맷.

Table 2. Response message format.

	데이터 필드	바이트 수	단위
초기 정렬 결과 메시지	메시지 ID('AL')	2	-
	롤각	4	(msec)
	피치각	4	(msec)
	방위각	4	(msec)
	남은 초기 정렬 시간	2	초
	총 바이트 수	16	
항법 결과 메시지	메시지 ID('NA')	2	-
	UTC 월	1	월
	UTC 일	1	일
	UTC 년	2	년
	UTC 시	1	시
	UTC 분	1	분
	UTC 초	1	초
	위도	4	(msec)
	경도	4	(msec)
	고도	4	(msec)
	북쪽 방향 속도	4	cm/s
	동쪽 방향 속도	4	cm/s
	수직 방향 속도	4	cm/s
	롤각	4	(msec)
	피치각	4	(msec)
방위각	4	(msec)	
	총 바이트 수	45	

속도 및 자세 정보의 총 45 바이트로 구성된다. 시스템 운용 명령 및 응답 메시지는 메시지 ID를 새롭게 추가함으로써 확장이 가능하다.

실시간으로 메시지를 송수신하기 위하여 그림 9와 같은 SDLC 프로토콜의 프레임 포맷을 사용한다.

SDLC 프레임의 시작과 끝은 0x7E의 플래그로 구별되며 메시지(데이터)의 다음에 2 바이트의 FCS(Frame Check

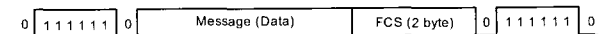


그림 9. SDLC 프레임 포맷.
Fig. 9. SDLC frame format.

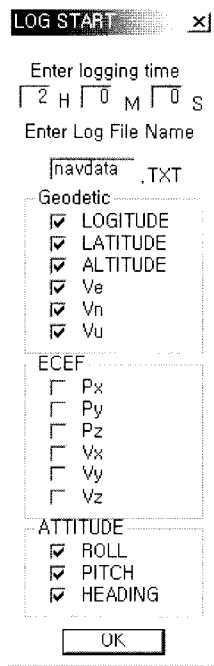


그림 10. 항법 데이터 저장 대화 상자.

Fig. 10. Navigation data logging dialog box.

Sequence)가 첨가된다. 모니터링 시스템의 데이터 수신부는 데이터 표시부를 비롯한 다른 프로세스의 실행에 대한 영향을 최소화하도록 스레드를 사용한다. 데이터 수신부는 데이터 표시부와 독립적으로 항법 데이터의 수신여부를 감시하며 SDLC 인터페이스에서 응답 메시지를 수신하면 이를 링 버퍼의 형태로 모니터링 시스템의 메모리에 저장한다. 링 버퍼에 저장한 메시지는 표 2에서 정의한 각각의 항법 데이터 형식에 맞도록 처리하여 항법 데이터 표시부 및 저장부에 전달한다.

4. 항법 데이터 저장

그림 10은 항법 데이터 저장을 위한 대화 상자이다. 사용자는 텍스트 상자를 통하여 데이터 저장 시간 및 파일명을 입력할 수 있다. 상태 표시 윈도우의 15개의 항법 결과 확인 버튼과 마찬가지로 지리 좌표계와 지구 고정 좌표계로 나타낸 위치, 속도 및 자세 정보를 선택적으로 저장할 수 있는 체크 박스를 가진다. 파일로 저장한 항법 데이터는 두 가지 방법으로 확인할 수 있는데, 첫째는 FILE 메뉴의 VIEW DATA 메뉴를 선택하여 외부 텍스트 편집 프로그램을 실행시켜 저장된 데이터를 직접 확인할 수 있으며 둘째로 DISPLAY 메뉴에서 DEMO DRIVE 메뉴의 FILE OPEN 메뉴를 선택하여 모니터링 시스템에 재현할 수 있다.

IV. 실시간 GPS/INS 통합 항법 시스템에의 적용

1. GPS/INS 통합 시스템

GPS/INS 통합 시스템은 높은 데이터 전송률로 비교적 짧은 시간 동안 정확한 항법 결과를 제공하는 INS와 장시간 동안 유계된 오차를 가지는 항법 결과를 제공하는 GPS를 결합하여 각각의 시스템보다 더욱 정밀하고 안정적인 항법 성능을 제공하는 항법 시스템이다[9]. GPS/INS 통합 시스템은 현재 군용 및 민간 항공기를 비롯한 여러가지의

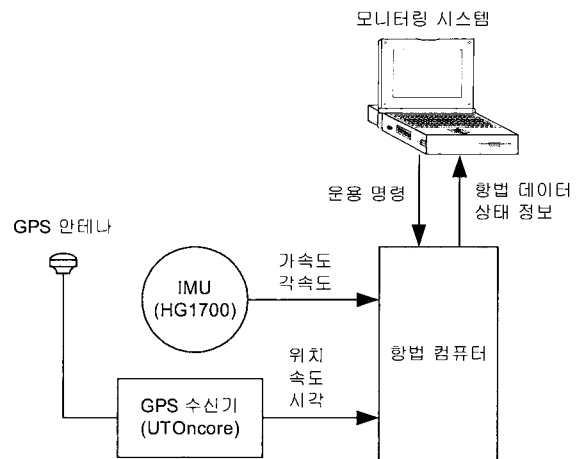


그림 11. GPS/INS 통합 항법 시스템의 구조.

Fig. 11. Structure of GPS/INS integrated navigation system.

주요 항법 시스템에서 널리 사용중이며 Honeywell 사, Litton 사, Rockwell 사 등의 군수 업체를 중심으로 한 상용 시스템[10][11]을 비롯하여 여러 형태의 통합 시스템과 저가형 시스템의 성능 향상에 관하여 국내외에서 많은 연구가 수행되고 있다[12]-[16].

그림 11은 본 논문에서 제안하는 모니터링 시스템을 적용하고자 하는 GPS/INS 통합 항법 시스템의 구조를 나타낸다[12].

그림 11에서 보듯이 통합 항법 시스템은 관성 센서, GPS 수신기 및 항법 컴퓨터로 구성된다. 관성 센서로 사용된 Honeywell 사의 HG1700AE는 가속도와 각속도 정보를 100Hz의 출력 전달률로 제공한다. GPS 수신기인 Motorola 사의 UTOncore는 최대 8개의 위성용 동시에 추적할 수 있는 C/A 코드 수신기로서 위치, 속도의 항법해와 시각 정보를 제공한다. 항법 컴퓨터는 센서 데이터를 처리하고 통합 알고리즘을 수행한다. 항법 컴퓨터는 모니터링 시스템과 데이터를 교환하기 위해 SDLC 인터페이스를 가진다.

2. 모니터링 시스템의 적용

2.1. 실시간 실험

제안한 통합 항법 시스템용 모니터링 시스템의 기능을 검증하기 위하여 그림 12와 같이 GPS/INS 통합 항법 시스템과 모니터링 시스템을 차량에 탑재하고 실험을 수행하였다. 모니터링 시스템은 Visual C++ 언어로 구현하였으며 Microsoft 사의 Windows95 운영체제를 기반으로 한 노트북 컴퓨터에서 실행된다. 모니터링 시스템의 SDLC 인터페이스를 위해서 Quatech 사의 MPAP-200 PCMCIA 카드를 사용하였다. MPAP-200 카드는 1024 바이트의 송수신 FIFO를 가지며 최대 4Mbps의 전송속도를 갖는다.

본 시스템의 기능 검증 및 성능 평가를 위하여 실험을 수행한 경로는 충남대학교 주변 도로를 선택하였으며 총 주행 시간은 약 45분이다. 그림 13, 14, 15에서 실험 결과로 나타난 모니터링 시스템의 운용 모습을 보여준다. 항법 컴퓨터는 표 2의 항법 메시지를 1Hz로 출력하며 모니터링 시스템은 이를 각각의 표시 윈도우에 동적으로 나타낸다. 그림 13은 모니터링 시스템의 주 화면을 나타낸다. 주 윈도우

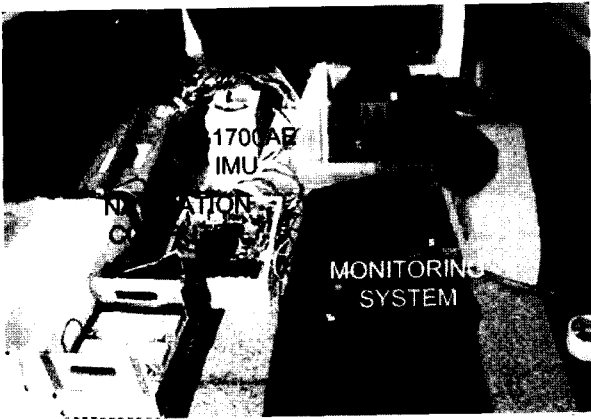


그림 12. 모니터링 시스템 실험 장치 구성.
Fig. 12. Experimental setup for monitoring system test.

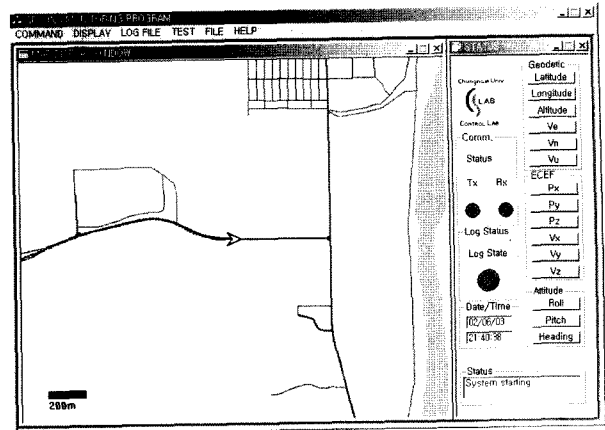


그림 14. 지도 표시 윈도우 실행.
Fig. 14. Operation of the map display window.

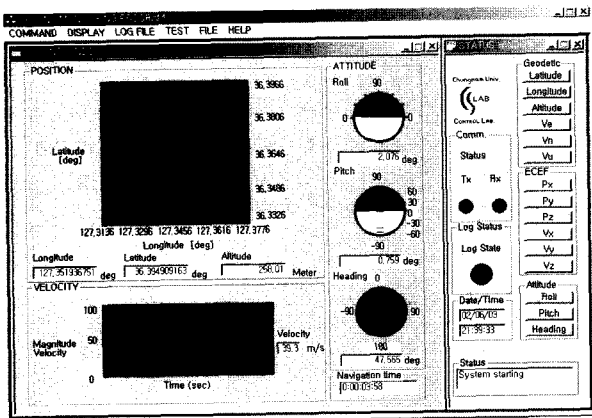


그림 13. 모니터링 시스템 주 윈도우.
Fig. 13. Main window of the monitoring system.

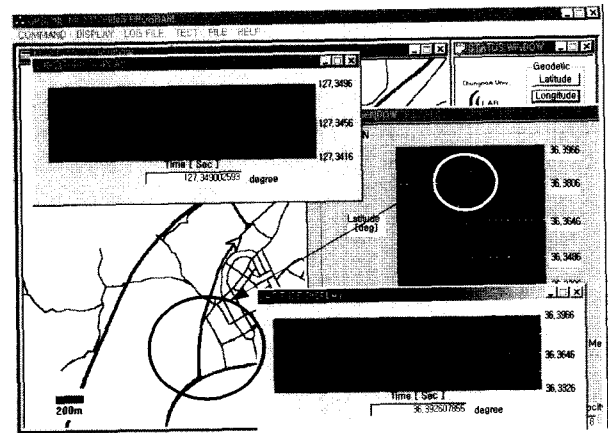


그림 15. 다중 윈도우 실행.
Fig. 15. Operation of the multi-windows.

우 내부에 부 윈도우인 항법 데이터 표시 윈도우와 상태 표시 윈도우가 각각 좌우에 위치한다. 항법 데이터 표시 윈도우에서 위치 정보 표시부는 항법 수행 시 자동 척도 기능에 의해 표시 범위가 변경됨을 확인할 수 있다. 또한 항체의 위치를 누적하여 표시함으로써 이동 경로가 변화하는 것을 확인할 수 있다. 속도 정보와 자세 정보 역시 항법 수행에 따라 동적 이미지가 변화하는 것을 확인할 수 있다. DISPLAY 메뉴의 MAP DISPLAY 메뉴를 선택하면 그림 14와 같은 지도 표시 윈도우를 볼 수 있다. 항법 데이터 표시 윈도우의 위치 정보 표시부와 마찬가지로 항체의 이동 경로가 궤적으로 나타나며 각각의 위치에서 화살표의 방향이 항체의 방위각을 나타낸다. 지도 표시 윈도우는 항법 데이터 표시 윈도우 위에 겹쳐 나타나며 DISPLAY 메뉴의 GPS/INS 메뉴를 선택하면 다시 항법 데이터 표시 윈도우를 지도 표시 윈도우 위에 나타낼 수 있다. 그림 15는 상태 표시 윈도우의 항법 결과 표시 버튼 중에서 위도와 경도를 선택하고 지도 표시 윈도우 위에 항법 결과 표시 윈도우를 함께 나타낸 것이다. 그림을 살펴보면 항법 결과 표시 윈도우와 지도 표시 윈도우에 동일한 위치 정보가 표시됨을 알 수 있다.

2.2. 후처리 실험

그림 16은 실시간 실험 시 저장한 항법 데이터를 후처리

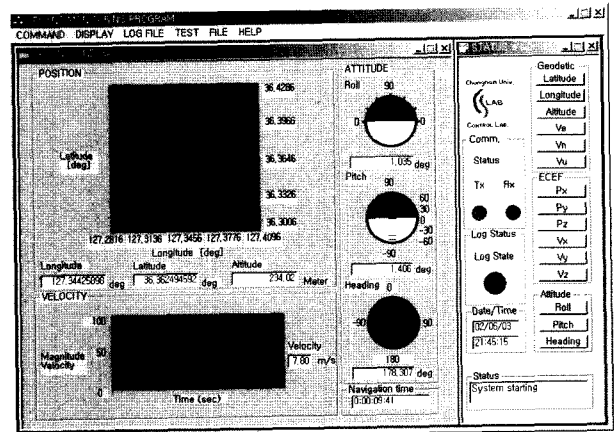


그림 16. 후처리 실험 결과.
Fig. 16. Post-processing test result.

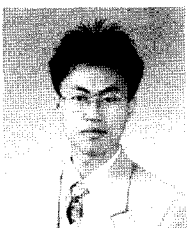
모드에서 모니터링 시스템에 재현한 결과를 나타낸다. 항법 데이터 표시 윈도우의 위치 정보 표시부에 실시간 실험 시 수행한 전체 경로가 표시되어 있다. 저장한 항법 데이터를 모니터링 시스템에 재현함으로써 통합 항법 시스템의 항법 결과를 재확인 할 수 있으며 또는 저장한 항법 데이터를 직접 처리함으로써 정량적인 성능 분석이 가능하다.

V. 결론

본 논문에서는 GPS/INS 통합 항법 시스템용 모니터링 시스템의 기능을 제안하고 이를 윈도우 운영 체제에서 GUI를 기반으로 설계 구현한 결과를 제시하였다. 모니터링 시스템은 메뉴를 통해 시작, 종료, 재시작과 같은 시스템 운용 명령을 항법 컴퓨터에 전달하여 통합 항법 시스템을 관리 운영하는 기능을 갖는다. 통합 항법 시스템의 항법 데이터를 나타내기 위하여 자동 척도 기능을 가지는 2차원의 격자창과 트랜드 커브 및 실수값 표시 기능을 가지는 항법 데이터 표시 윈도우를 구현하였으며 지도 표시 윈도우를 구현하여 항체의 위치 데이터를 전자 지도상에 나타낼 있도록 하였다. 실시간 항법 수신 데이터는 파일로 저장 가능하며 후처리 모드에서는 저장한 데이터를 로드하여 모니터링 시스템의 데이터 표시 윈도우에 항법 결과를 재현할 수 있다. 모니터링 시스템의 효용성을 검증하기 위하여 GPS/INS 통합 항법 시스템과 함께 차량에 탑재한 주행 실험에서 제안한 시스템이 잘 동작하고 항법 시스템의 성능 검증에 효과적으로 이용될 수 있음을 보였다. 또한 실시간으로 저장한 항법 데이터는 후처리 모드에서 재현하여 통합 항법 시스템의 성능 분석에 이용할 수 있었다. 구현한 모니터링 시스템은 MDI 구조를 기반으로 모듈화 하여 설계하였으므로 추후 새로운 기능의 요구에 따라 수정이 용이하다. 뿐만 아니라 모니터링 시스템의 기능을 일부 변경하면 GPS/INS 통합 시스템의 모니터링뿐만 아니라 기타의 항법 시스템의 모니터링 시스템으로도 활용이 가능할 것으로 예상된다.

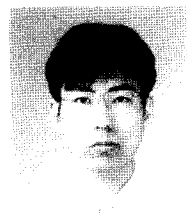
참고문헌

- [1] G. M. Siouris, *Aerospace Avionics Systems*, Academic Press, San Diego, California, 1993.
- [2] C. R. Spitzer, *The Avionics Handbook*, Editor, CRC press, Boca Raton, Florida, 2001.
- [3] S. Stanfield, *Visual C++ How-To*, 에프윈, 서울, 1996.
- [4] 이상엽, *Visual C++ Programming Bible*, 영진출판사, 서울, 1997.
- [5] 최영완, “최적의 UI 설계 가이드”, *월간 프로그램세계*, pp. 212-227, 11, 1999.
- [6] 김형중, 최명환, 김형수, 최병욱, “가상현실 기술을 이용한 차량항법장치 GUI 설계”, '97한국자동차공학 학술회의 논문집, pp. 980-983, 1997.
- [7] DoD, *MIL-D-70789A(AR) Military Specification Dynamic Reference Unit (DRU)*, Department of Defence, USA, August 18, 1997.
- [8] ARINC, *Mark 33 Digital Information Transfer System Part 1, Functional Description, Electrical Interface, Label Assignments and Word Format*, ARINC Specification 429P1-15, Aeronautical Radio, Inc., Annapolis, Maryland, September 1, 1995.
- [9] R. L. Greenspan, “GPS and Inertial Integration”, in *Global Positioning System: Theory and Application II*, AIAA, Washington DC, pp. 187-220, 1996.
- [10] D. C. Moya, J. J. Elchynski, “Evaluation of the World Smallest Integrated Embedded GPS/INS, the H-764G”, *Proceedings of the ION GPS '92*, pp. 59-102, 1997.
- [11] M. K. Martin, B. C. Detterich, “C-MIGIT II Design and Performance”, *Proceedings of the ION GPS '97*, pp. 59-102, 1997.
- [12] 김종혁, 문승욱, 김세환, 황동환, 이상정, 나성웅, 오문수, “약결합 방식의 GPS/INS 통합 시스템의 구현”, *한국군사 과학 기술 학회지 제 2 권, 제 2 호*, pp. 186-196, 2, 1999.
- [13] S. W. Moon, J. H. Kim, D.-H. Hwang, S.-W. Ra and S. J. Lee, “Implementation of a Loosely-Coupled GPS/INS Integration System”, *Proceedings of the 4th International Symposium on Satellite Navigation Technology and Applications*, Brisbane, Queensland, Australia, July 20-23, 1999.
- [14] S. W. Moon, D.-H. Hwang, T. K. Sung and S. J. Lee, “Design and Implementation of an Efficient Tightly Coupled GPS/INS Integration Scheme”, *Proceedings of the ION2000 National Technical Meeting*, January 2000.
- [15] D. B. Cox, “Integration of GPS with Inertial Navigation Systems”, *reprinted in Collected GPS Papers, vol. 1*, pp. 144-153, Institute of Navigation, Alexandria, Virginia, 1980.
- [16] R. E. Philips, G. T. Schmidt, “GPS/INS Integration”, *AGARD Lecture Series 207*, France, July 1-2, 1996.



한 상 재

1976년 4월 25일생. 2000년 충남대학교 전자공학과 졸업. 2002년 동대학원 석사. 2002년~현재 미디어코러스㈜ 연구원. 관심분야는 멀티미디어 시스템, 임베디드 시스템 설계.



오 상 현

1976년 11월 7일생. 1999년 충남대학교 전자공학과 졸업. 2001년 동대학원 석사. 2001년~현재 동대학원 박사과정. 관심분야는 관성항법시스템, GPS/INS 통합항법시스템, 추정이론.



황 동 환

1962년 10월 29일생. 1985년 서울대학교 전기공학과 졸업. 1987년 한국과학기술원 전기공학과 석사. 1991년 동대학원 박사. 1996년~현재 충남대학교 정보통신공학부 부교수. 관심분야는 관성항법시스템, 통합항법시스템, 공정제어시스템.



이 상 정

1957년 8월 15일생. 1979년 서울대학교 전자공학과 졸업. 1981년 동대학원 석사. 1987년 서울대학교 제어계측공학과 박사. 1988년~현재 충남대학교 정보통신공학부 교수. 관심분야는 강인제어, GPS 수신기 설계.