

工學碩士 學位論文

Navigation 용 GPS/DR 모듈 개발

GPS/DR Module Development for Navigation System

지도교수 윤 종 락

이 論文을 專任出 學位論文으로 提出함



2005年 2月

釜慶大學校 産業大學院

情報通信工學科

尹 榮 國

尹榮國의 工學碩士 學位論文을 認准함

2004年 12月

主 審 工學博士 하 덕 호 (印)

委 員 工學博士 김 석 태 (集)

委 員 工學博士 윤 종 락 (印)

목 차

Abstract	V
I. 서론	1
II. 재료 및 방법	4
1. 차량 항법을 위한 GPS/DR	4
1.1 접촉식 GPS/DR	5
1.2 비접촉식 GPS/DR	6
2. XGPM 비접촉 GPS/DR 시스템	7
2.1 시스템 구성	8
2.2 자이로 및 가속도계 사양	10
3. 비접촉 GPS/DR 알고리즘	11
3.1 정지판단	13
3.2 경사각 추정 알고리즘	13
3.3 위치 계산 알고리즘	15
3.4 항법 필터 구조	15
4. GPS/DR 항법모듈의 구성	16
4.1 프로토타입 GPS/DR 항법모듈 구성 및 하드웨어	17
4.2 프로토타입 GPS/DR 항법모듈의 인터페이스	19
4.3 프로토타입 GPS/DR 항법모듈의 장착	19
III. 실험 결과 및 고찰	20
1. 도심 빌딩 숲 (테헤란로)	20
2. 터널 구간	21

3. 고가도로 아래 GPS 미약 신호 구간	23
4. 지하 주차장 구간 (코엑스)	24
IV. 결론	25
< 참 고 문 헌 >	26

<표 차 례>

<표 1-1> 개발 목표 사양	3
<표 2-1> AnalogDevice ADXR150사양	10
<표 2-2> AnalogDevice ADXL202JE사양	11
<표 4-1> 시스템 구성요소의 목록	18

〈그 립 차 례〉

〈그림 1〉 GPS 시스템 구성도	4
〈그림 2〉 추측항법 개념도	6
〈그림 3〉 XGPS 항법 모듈 구성도	7
〈그림 4〉 비접촉 GPS/DR 시스템의 항법 기능수행 흐름도	9
〈그림 5〉 비접촉 GPS/DR 시스템의 소프트웨어 알고리즘 흐름도	12
〈그림 6〉 정지판단 흐름도	13
〈그림 7〉 3차원 비접촉 GPS/DR 시스템	13
〈그림 8〉 경사각 보정 알고리즘 개념도	14
〈그림 9〉 XGPM 결합 필터 구조	16
〈그림 11〉 차량 항법 시스템의 구성	17
〈그림 12〉 차량용 GPS/DR 항법 모듈의 구조	18
〈그림 13〉 메인 커넥터의 핀 배치 및 기능	19
〈그림 14-1〉 도심빌딩 숲 주행	20
〈그림 14-2〉 도심빌딩 숲 주행(축소)	21
〈그림 15〉 구룡터널 왕복	21
〈그림 16-1〉 내곡터널 왕복 1	22
〈그림 16-2〉 내곡터널 왕복 2	22
〈그림 17〉 홍진문 & 정릉터널 주행	23
〈그림 18〉 고가도로 아래 주행	24
〈그림 19〉 지하 주차장 (코엑스) 주행	24

GPS/DR Module Development for Navigation System

Young-gook Yoon

Department of Telematics Engineering, Graduate School of Industry

Pukyong National University

Abstract

Vehicle navigation system which gives an extra information services such as traffic and route information, is a modern high technology. It is based on GPS and telematics technique. But GPS unfits in its shadow region such as go-through a tunnel and under a high level load.

So added an accelerometer and gyro sensor which are operated together with the GPS, then vehicle navigation system switches to Dead Reckoning in the GPS shadow. But in the case of contact Dead Reckoning disassemble, the vehicle wiring system is needed to get odometer data. In this case the problem is the damage which can be occurred by disassembling the vehicle wiring system.

In this study, contactless GPS/DR module in which the vehicle's accurate position is available in the GPS shadow region, is developed. The module consists of an accelerometer and a gyro which are operated together with the GPS.

I. 서론

차량항법 시스템은 차량의 현재위치를 파악하고 이를 기반으로 다양한 경로안내, 교통안내, 부가정보 서비스 등을 제공하는 첨단기술이다. 이러한 차량항법 시스템의 상업화 구현이 가능했던 이유는 군사적으로 개발된 GPS의 민간적 사용이 가능했기 때문이다. 최근에는 무선 네트워크를 통해 운전자에게 운전 정보 이외에도 생활에 필요한 다양한 정보를 실시간으로 제공하는 서비스로 텔레매틱스(telematics) 시장이 떠오르고 있다. 텔레매틱스는 컴퓨터와 이동통신을 조합한 차세대 자동차기술의 꽃으로, 주요 제공 서비스로는 도로안내, 주행경로 안내, 교통상황정보 서비스, 안전보안 서비스, 엔터테인먼트 정보 제공 등으로 구분할 수 있다. 텔레매틱스 서비스가 상용화되면 운전자는 자동차에 장착된 무선모뎀과 텔레매틱스 단말기를 통해 실시간으로 뉴스 수신, 주식투자, 전자상거래, 금융거래, 주변 정보 수집 등을 할 수 있으며 인터넷에 접속해 정보검색, 온라인상거래, 예약서비스는 물론 팩스 송수신, 온라인 게임 등을 할 수 있을 것으로 예상된다. [1]

차량항법, LBS 또는 텔레매틱스 시스템에서 다양한 정보 서비스를 제공하기 위해서는 반드시 차량의 위치를 정확하고 연속적으로 파악하는 기술이 필요하다. 차량의 위치를 파악하기 위해 사용하는 기본적인 항법 장치는 GPS이다. GPS(Global Positioning System)는 자동차뿐만 아니라 비행기, 선박 등에도 사용이 되며 세계 어느 곳에서든지 인공위성을 이용하여 자신의 위치를 정확히 알 수 있는 시스템이다. 그러나 GPS는 전파를 수신할 수 없는 터널, 고가도로 밑, 빌딩 숲과 같은 지역에서는 GPS를 사용할 수 없으며 주변환경에 따라 연속적으로 위치를 제공할 수 없거나 오차가 커질 수 있다. 따라

서 GPS 단독으로 차량항법 장치를 꾸민 경우 GPS 위성 신호를 수신할 수 없는 환경에서는 차량의 위치를 파악할 수 없기 때문에 차량 항법 서비스를 연속적으로 제공하지 못한다는 단점을 가진다. 이를 보완하기 위해 일반적으로 GPS 수신기와 더불어 차량에 차속계와 자이로 정보를 추가로 이용하는 방법을 사용한다. GPS를 수신할 수 없는 지역에서는 차속계의 속도 정보와 자이로로부터 계산된 방향각 정보를 이용하여 추측항법(Dead Reckoning)을 수행하여 GPS 음영 지역에서도 연속적으로 위치 정보를 제공하도록 장치를 구성하게 된다. 그러나 GPS와 차속계 정보를 이용한 점촉식 추측항법의 경우에는 차량으로부터 차속계 정보를 얻기 위해 차량을 분해하여 새로운 배선작업을 수행해야 한다. 차량으로부터 차속계 정보를 얻기 위한 작업은 차량을 분해하고 차속계로부터 단말기까지 유선연결이 필요하기 때문에 차량 내부의 인테리어를 해치는 문제점이 있으며 특히 차량 소유주들이 차량 분해를 꺼리기 때문에 점촉식 GPS/DR 시스템의 경우에는 OEM 형식으로 차량 출고 이전에 설치되는 단말기 시장 이외에는 적용되고 있지 못한 실정이다. 또한 차량에 설치된 차속계는 차량마다 다른 특성을 가지기 때문에 설치 후에도 사용하는데 문제점을 가진다.

현재 주요국가의 네비게이션 시장의 추세는 보면 일본은 네비게이션 시장이 2004년 197만대에서 2007년 450만대, 북미 60만대에서 114만대, 유럽 197만대에서 273만대, 중국 2만대에서 30만대로 늘어날 것으로 예상된다. 현재 주요국가의 네비게이션 시장의 추세는 보면 일본은 네비게이션 시장이 2004년 197만대에서 2007년 450만대, 북미 60만대에서 114만대, 유럽 197만대에서 273만대, 중국 2만대에서 30만대로 늘어날 것으로 예상된다. 국내에서도 텔레매틱스 단말기를 포함해서 올해 약 2%의 장착율에서 2005년 6%, 2007년 25%로 증가할 것으로 보인다.[5]

본 연구에서는 차량단말기에 가속도계와 자이로를 설치하고 GPS와 연동하여 차량에 추가 배선없이 접촉식 단말기와 유사하게 GPS 음영지역에서도 연속적이며 정확한 위치정보를 제공할 수 있는 비접촉식 GPS/DR 모듈을 개발하는 것을 목표로 한다. 본 연구에서 목표로한 시스템의 성능 사양은 다음 표 1-1과 같다.

표 1-1 개발목표 사양

항 목	사 양
사용 자이로	ADI ADXRS150 (또는 Murata ENV05F)
최대 입력 각속도	±60Deg/sec
각속도 분해능	<0.1 Deg/sec
각도 분해능	<0.05 deg
각도 오차(GPS/DR)	<1 Deg Condition : PDOP <2.5 GPS Signal Level : 130 dBm Number of Visible Satellite : 6 Elevation Mask Angle : 5 Deg Velocity > 60Km/Hr No Obscuration and Interference around Antenna
각도 오차(DR Only)	0.5 Deg/sec(95%)
위치 정확도	GPS 사용시: GPS와 동일 비접촉식 DR : 주행시간에 따라 2m/sec(95%)

II. 재료 및 방법

1. 차량 항법을 위한 GPS/DR

그림 1에서 보이는 GPS 시스템은 위성을 이용한 항법 시스템으로 소형, 저가, 저전력화 개발이 많이 진행되어 현재의 대부분의 차량항법 시스템들이 기본 항법 장치로 채택하고 있다. GPS는 지상 2만km의 6개 궤도상에서 24개의 항법 위성이 발사하는 전파를 지상에서 수신하여 위치, 속도 및 시간 정보를 파악할 수 있도록 하는 시스템이다. 따라서 GPS수신기를 차량에 장착하고 위성 신호를 적절히 수신할 수 있으면 차량의 위치 및 속도를 파악할 수 있으며 이를 기반으로 지도 정보와 결합하여 모니터에 현재의 차량위치를 표시할 수 있다. 현재 국내의 대부분의 차량항법 시스템은 GPS 위치를 기반으로 경로 안내 서비스를 운전자에게 제공하는 차량항법 시스템을 구성하고 있다.

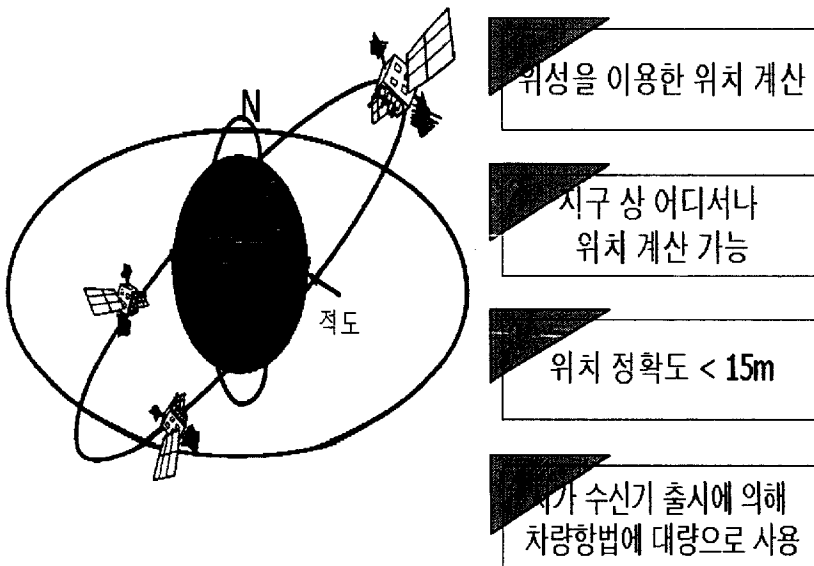


그림 1. GPS 시스템 구성도

그러나 GPS는 전파를 이용한 항법 시스템이기 때문에 GPS만을

이용한 차량항법 단말기는 전파를 수신할 수 없거나, 수신감도가 떨어지는 상황에서는 차량의 위치 정보를 제공할 수 없거나, 잘못된 정보를 제공하는 문제점을 가진다. 이를 개선하는 대표적인 방법은 GPS를 다른 항법 시스템과 결합하여 사용하는 것이다.

1.1 점측식 GPS/DR

차량항법 시스템에서 GPS의 문제점을 극복하는 가장 확실한 방법은 전파와 같은 외부의 정보를 사용하지 않고 독자적으로 위치를 파악하는 기법과 GPS를 결합하여 사용하는 것이다. 이러한 위치 측정 기법에는 INS, DR등의 기법이 있다. INS는 유도무기, 비행기, 잠수함, 우주선등에서 사용하는 항법시스템으로 외부의 정보를 이용하지 않고 항법정보를 제공하는 가장 확실한 방법이다. 그러나 차량항법에 적용할 수 있는 정도의 정확도를 얻기 위해서는 사용해야 할 센서의 가격이 아직까지는 고가이고, 크기 또한 커서 차량항법에 적용하기에는 아직까지는 적합하지 않다.

차량은 비행기, 잠수함등과는 달리 도로 위를 달리기 때문에 바퀴의 회전에 대한 정보를 얻을 수 있다는 장점이 있다. 차량의 속도정보를 바퀴의 회전으로부터 얻을 수 있다면 고가의 센서를 사용하지 않고 차량의 정보만을 사용하여 항법시스템을 꾸밀 수 있다. 이때 사용할 수 있는 기법이 그림 2에서 보이는 추측 항법(DR: Dead Reckoning)이다. 추측항법은 이전의 위치, 진행방향의 속도, 진행방향각을 이용하여 현재 위치를 파악하는 기법으로 차량에 추측항법을 적용하는 경우에는 차속계로부터 속도 정보를 얻고 진행방향에 대한 정보는 각속도 센서를 설치하여 구성할 수 있다. [2]

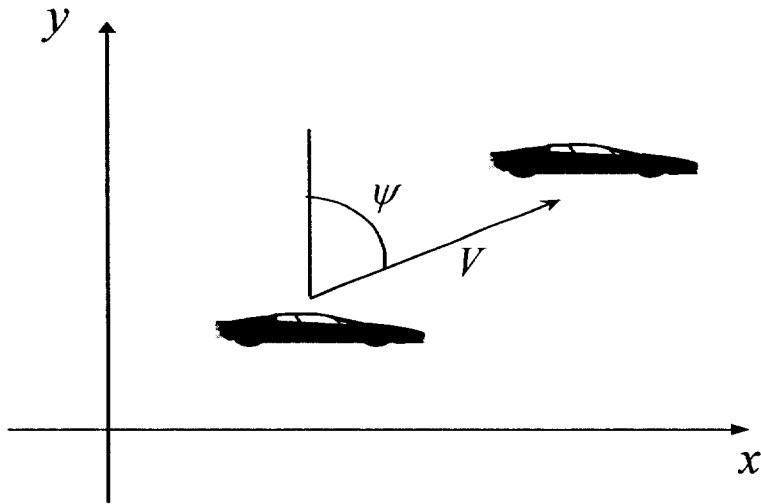


그림 2. 추측항법 개념도

GPS와 추측항법은 서로 상반되는 특성을 가지고 있기 때문에 GPS/DR 결합시스템을 구성하면 서로의 단점을 상호보완하고 장점을 살려서 안정적이고 연속적인 위치정보를 제공할 수 있도록 시스템을 구성한다. 이때 GPS는 웨이브다임의 스마트 GPS를 이용하여 전체 시스템의 크기가 작아 지도록 한다. 또한 X GPM의 DR 모듈에 GPS/DR 알고리즘을 처리하도록 하여 전체 항법 시스템에서 계산량 분산이 이루어져 최적의 처리가 가능하도록 한다.

1.2 비접촉식 GPS/DR

차속계를 사용하는 GPS/DR 결합시스템은 차속계 정보를 얻기 위하여 차량으로부터 별도의 배선 작업을 수행해야 한다. 또한 일반적으로 차량에서 출력하는 차속계 정보는 차량마다 다르며 차속계 정보를 빼내는 곳의 위치도 틀리기 때문에 신호를 얻기가 어렵다. 특히 예전에 출시된 차나 외제차의 경우는 차속신호 출력단자가 없으며, 차속센서 연결시 설치비용이 추가된다. 이밖에도 차량의 내부를 수정하는 것은 꺼리는 사람들이 많기 때문에 차속계 정보를 이용하는 것이 어렵다.

따라서 실제 제품을 사용할 사용자의 관점에서 볼 때, 시스템 장착이 간단하고 이동성이 있으며 비교적 가격이 저렴한 새로운 항법시스템의 개발이 필요하다. 장착을 간편하게 하기 위해서는 차량에서 별도의 신호를 추출하지 않는 관성센서와 같은 비접촉식 센서만을 이용해야 하며, 가격이 저렴하기 위해서는 저급의 센서들로부터 고급 센서의 성능을 구현할 수 있어야 한다.

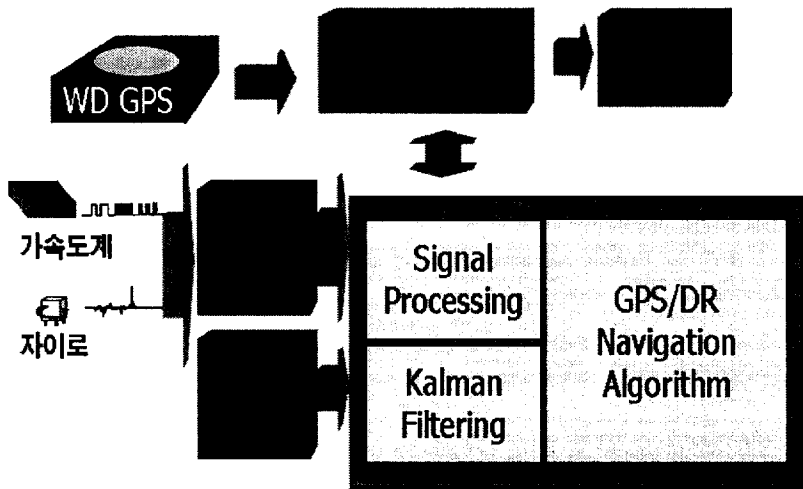


그림 3. XGPS 항법 모듈 구성도

GPM용 비접촉식 GPS/DR 모듈은 가속도 센서를 이용하여 비접촉으로 항법이 가능하고, 설치가 간편하고, 이동성이 용이하며 GPS와 추측항법의 결합 항법 기능을 수행할 수 있는 장점을 가진다.

2. XGPM 비접촉 GPS/DR 시스템

현재 차량항법시스템에 사용되고 있는 GPS 수신기들은 대부분 15~25m(2DRMS) 사이의 위치오차를 가진다. 그러나 GPS는 위성 신호 환경 변화에 따라 위치오차가 수백 미터까지 도달할 수 있으며 터널, 지하주차장과 같이 전파를 수신할 수 없는 환경에서는 위치 정보를 제공할 수 없다. 추측항법은 이동거리와 진행방향을 이용하여 초

기위치로부터 적분을 수행하여 위치를 얻는 방식으로 외부 신호의 의존 없이 항법을 수행할 수 있으나 시간이 지남에 따라 위치가 발산하는 특징을 가진다. XGPM용 비접촉 GPS/DR 시스템은 GPS와 관성 센서를 사용한 GPS/DR 시스템으로 가속도계와 자이로를 이용하여 속도정보를 계산하여 추측항법을 수행하고 마우스 형식의 GPS 수신기와 결합하여 연속적인 측위 정보를 제공하는 특징을 가진다.

2.1 시스템 구성

그림 4는 XGPM용 비접촉 GPS/DR 시스템의 항법 기능수행 흐름도를 나타낸다. GPS 수신기는 GPS 위성으로부터 수신된 신호를 이용하여 비접촉 항법 장치가 설치된 차량의 주행 상태에 따른 방위각, 속도 및 위치 정보를 생성하여 오차추정필터에 제공한다.

좌표계는 차량의 전진 진행 방향을 X축으로, 지구 중심을 향하는 방향을 Z축으로 그리고 Y축은 우수계를 만족하는 방향으로 가정한다. 차량에 설치된 센서는 차량의 움직임에 따른 관성량을 추출한 다음 랜덤오차 보정부에 측정값을 제공한다.

랜덤오차보정부는 가속도센서와 자이로 센서에서 측정한 값의 오차를 보정하는 부분이다. 센서 오차 보정값은 GPS 정보가 유효한 경우에는 GPS의 속도, 방향각 및 위치 정보와 차량 움직임 제한 조건을 이용하여 계산되며, GPS 정보가 유효하지 않은 경우에는 차량의 움직임 제한 조건만을 이용하여 계산되게 된다. 따라서 센서 오차의 보정값은 GPS 등의 외부 정보가 없는 경우에도 연속적으로 계속 생성되게 된다. 보정된 가속도 및 자이로 센서 값은 속도계산, 자세계산, 그리고 정지판단을 위해 사용된다.

대부분의 GPS 수신기들은 위치 정확도에 대한 신뢰도 정보를 제공하지 않을 뿐더러 GPS 항법해의 오차 정도를 측정하기 위해 많이 이용되는 DOP(Dilutions Of Precision)도 다중경로와 같은 오차 요인의 지표가 되지 못한다. 또한 GPS 수신기마다 내부의 필터 및 처리 결과가 다르기 때문에 수신기의 특성을 파악하는 것이 중요하다.

관성센서 중 저가형 자이로 센서는 바이어스가 매우 불안정하다. 자이로 바이어스에 영향을 미치는 가장 중요한 요소들로는 ADC(Analog Digital Converter) 분해능(resolution), 전기적 잡음, 기계적인 잡음, 열 잡음, 전원 잡음 등이 있다. 잘못된 조그마한 바이어스 추정이라도 적분항에 영향을 미치기 때문에 항법 영역에서는 큰 오차를 생성하게 되는데, 예를 들어 잘못된 바이어스 추정으로 인해 $0.1[\text{degree/sec}]$ 의 오차가 발생한 채로 5분간 주행 했다면, 오차는 $30[\text{degree}]$ 에 달한다. 2차적인 자이로 오차로는 비선형성과 환산계수 섭동오차가 있다. 이는 실험에 의한 정확한 환산계수 추정을 통해 대부분 해결할 수 있다.

시스템 성능에 영향을 미치는 또 한가지 오차요인으로는 지형조건을 들 수 있다. 회전 감도 축을 가진 자이로는 위치 해를 계산하는 기준 좌표평면에 수직이어야 한다. 만일 수직이지 않다면 환산계수 감도는 경사각의 Cosine값으로 감소하게 된다. 예를 들어, 10도의 아주 가파른 경사면을 가정한다면, 환산계수 오차가 약 1.5% 정도 더 해지게 된다.

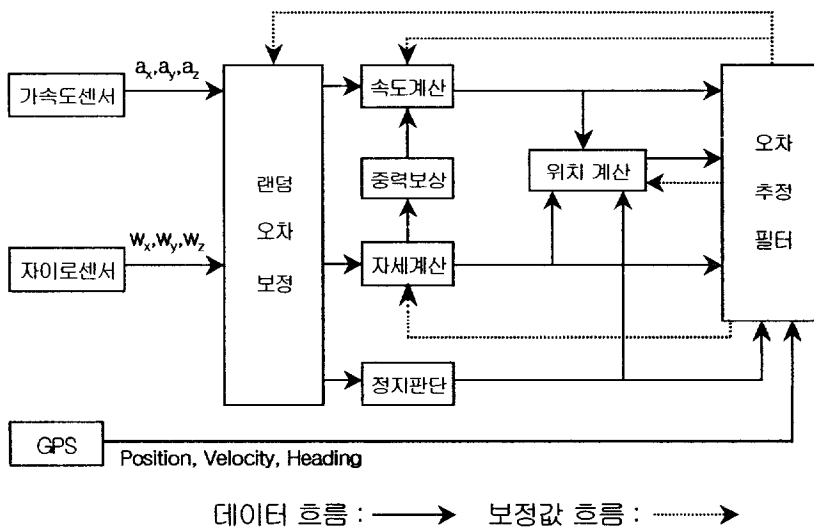


그림 4. 비접촉 GPS/DR 시스템의 항법 기능수행 흐름도

자세계산은 랜덤오차보정부에서 오차가 보정된 각속도 값을 이용하여 차량의 진행 방향각 및 경사각등의 자세각을 계산한다. 자세각을 검출하기 위해 오일러 각을 이용하거나, 쿼터니온(Quaternion) 또는 직접 각을 적분하는 방법을 사용할 수 있다.

중력보상은 자세계산 후 보정된 경사각에 응답하여 가속도 출력에 포함된 중력 성분의 크기를 계산하고 이를 속도계산 부분에 제공한다.

속도계산에서는 랜덤오차보정부에서 제공된 가속도와 중력보상부에서 제공된 보정항을 이용하여 보상된 차량속도를 검출한다. 차량속도의 속도계산은 중력 보상부로부터 제공되는 중력 보상항을 가속도에 보상한 후 적분하여 검출한다. 검출된 차량속도는 위치계산을 위해 사용된다.

2.2 자이로 및 가속도계 사양

시스템 제작을 위해 Analog Devices ADXR150 자이로와 Analog Devices ADXL202JE 가속도계를 각 3축씩 사용하였다. 센서 사양은 표 2-1 및 2-2와 같다.

표 2-1 Analog Devices ADXR150사양

	Condition	MIN.	MAX.
Max. angular velocity		150 deg/sec	150 deg/sec
Output	Angular vel. = 0 At - 40~85 $^{\circ}$ C	2.2V	2.8V
Scale factor	@25 $^{\circ}$ C	11.25 mV/Deg/s	13.75 mV/Deg/s
Temp. coefficient of scale factor	Proportional to Absolute Temperature		8.4mV/ $^{\circ}$ K
Linearity	Best Fit Straight Line		0.1 % of FS
Drift	At - 40~85 $^{\circ}$ C	300mV	300mV
Noise level	@25 $^{\circ}$ C		0.05 $^{\circ}$ /s/sqrt(hz)

표 2-2 Analog Devices ADXL202JE 사양

	Condition	MIN.	Typical	MAX.
Measurement range			$\pm 2g$	-
Temp. drift	Delta from 25°C		$\pm 0.5\%$	-
Scale factor		265mV/g	312mV/g	360mV/g
Nonlinearly	Best Fit Straight Line		0.2% of FS	

3. 비접촉 GPS/DR 알고리즘

비접촉 차량항법 장치는 차속계로부터 속도 정보를 얻지 않고 관성센서인 가속도계 출력을 적분하여 속도를 얻는 방법을 사용하는 것이다. 가속도계를 이용하여 속도를 구하는 경우 차량이 경사면을 주행한다면 차량의 움직임에 의한 가속도와 더불어 지구 중력의 영향이 같이 측정되기 때문에 거리연산 수단에서 지구중력의 영향을 정확히 보정하지 않으면 속도가 급격히 발산한다는 특징을 가진다. 따라서 차량의 지구 중력방향 축에 수직인 면에 대하여 기울어짐 정도를 측정하는 경사각 자이로 센서(Pitch Gyro)를 설치하여 진행방향의 경사각을 측정하고 중력성분을 보정한 뒤 가속도 성분을 속도 연산하는 과정에 사용하게 된다.

그러나, 가속도 센서와 자이로 센서들로부터 얻어지는 속도와 각도 정보는 적분 연산을 수행하여 계산되기 때문에 가속도와 자이로 출력의 조그마한 오차가 시간이 지남에 따라 항법 성능을 급격히 저하시키는 요인이 된다. 이들 가속도와 자이로 센서의 오차를 제거하는 일반적인 방법은 GPS 신호가 유효한 경우 GPS의 속도와 방향각 정보를 이용하여 센서 오차를 추정 하여 제거하거나 차량이 정지한 상

태로 판단되는 경우 센서 출력의 각속도와 가속도 성분의 바이어스를 직접 추정하는 방법이 사용된다. 하지만, GPS가 유효하지 않거나 차량이 주행 중이라면 센서 보정을 수행할 수 없기 때문에 비접촉 항법 시스템의 성능이 급격히 발산하는 문제를 가진다.

그림 5에서는 구현된 비접촉 GPS/DR 시스템의 소프트웨어 알고리즘 흐름도를 보였다.

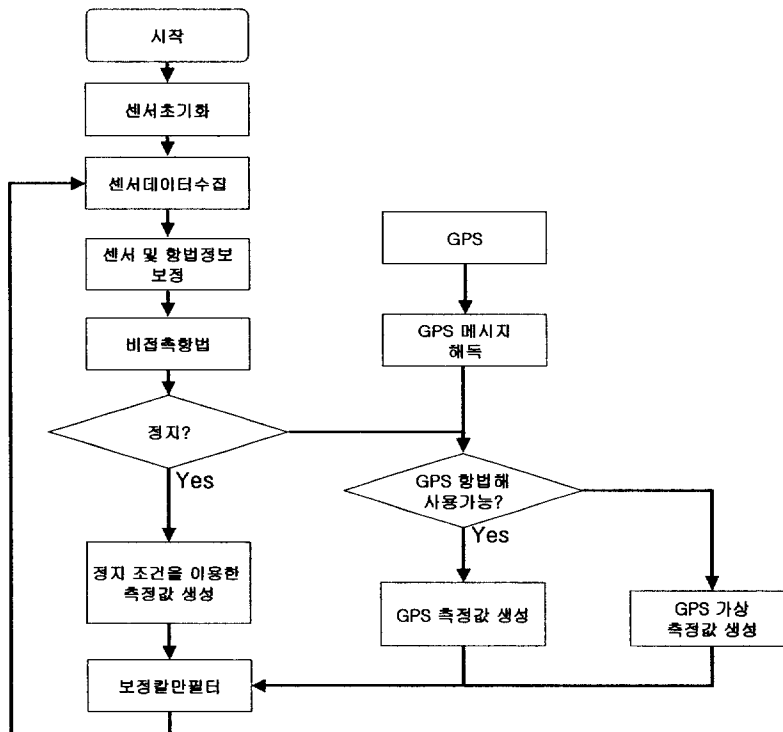


그림 5. 비접촉 GPS/DR 시스템의 소프트웨어 알고리즘 흐름도

3.1 정지판단

그림 6은 정지판단 흐름도를 나타낸다. 정지판단은 가속도계와 자이로를 이용하여 결정한다. 정지라고 판단이 되는 경우에는 위치계산 및 필터를 수행하지 않고 자이로 및 가속도계의 불규칙 오차를 보상한다

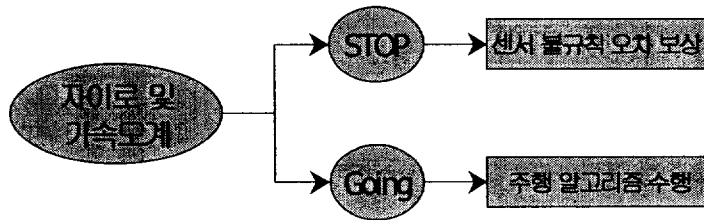


그림 6. 정지판단 흐름도

3.2 경사각 추정 알고리즘

차량의 동특성을 이용한 경사각 추정 알고리즘은 그림 7과 같다.

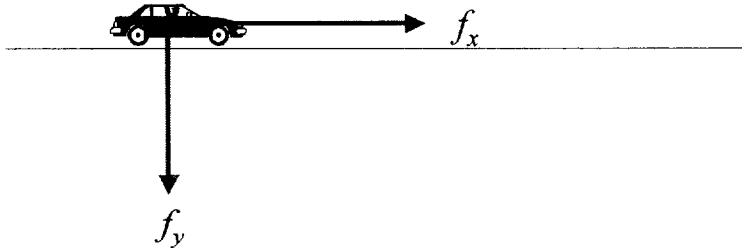


그림 7. 2차원 비접촉 GPS/DR 시스템

차량이 수평인 길을 진행한다고 가정하면 전진방향 가속도를 검출하기 위해 설치된 가속도는 순수한 차량움직임만의 가속도를 측정한다. 이때 차량의 전진방향 속도는 식 (1)과 같이 계산할 수 있다.

$$v_x = \int f_x dt \quad (1)$$

그러나 실제로 차량은 경사도가 있는 길을 주행하게 되고 이런 경우에 전진방향의 가속도계는 차량의 움직임에 의한 가속도와 지구 중력성분에 의한 가속도를 측정하게 된다. 즉 가속도계가 측정한 값은 식 (2)와 같이 모델 된다.

$$f_x = a_x + g \sin(\theta) \quad (2)$$

따라서 차량의 움직임에 의한 차량의 속도는 식 (3)과 같이 계산할 수 있다.

$$v_x = \int (f_x - g \sin(\theta)) dt \quad (3)$$

이때 차량의 움직임에 의한 가속도를 계산하기 위해서는 정확한 도로의 기울기를 측정해야만 한다. 경사각 자이로를 이용하여 차량의 움직임에 대한 경사각을 측정하며 차량이 정지한 경우 그림 8에서 보이는 경사각 보정 알고리즘과 식 (4)를 이용하여 경사각 보정을 수행한다.

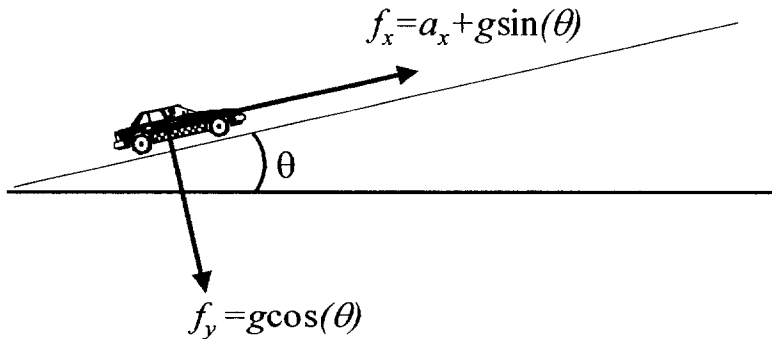


그림 8. 경사각 보정 알고리즘 개념도

$$\theta = \sin^{-1} \left(\frac{f_x}{g} \right) \quad (4)$$

차량이 주행 중에 있을 때에는 자이로를 이용하여 경사각을 구한다. 이때 자이로의 환산계수오차와 바이어스 편향오차 등이 차량의 경사각을 계산하는데 오차로 작용하게 된다. 자세를 계산하는 방법

에는 DCM, Euler, Quaternion등이 있으나 실제 응용시스템에서는 오일러 각을 이용한 방법이 사용되었다.

3.3 위치 계산 알고리즘

차량의 속도를 구하게 되면 일반적인 추측 항법식을 이용하여 차량의 위치를 구할 수 있다. 추측 항법식은 식 (5)와 같이 계산된다.

$$\begin{aligned} x &= \int v \sin \psi \cos \theta dt \\ y &= \int v \cos \psi \cos \theta dt \end{aligned} \quad (5)$$

3.4 항법 필터 구조

GPS와 비접촉 추측 항법 알고리즘의 결합은 그림 9에서 보이는 바와 같이 칼만필터를 이용하여 구현되었다. 칼만 필터는 선형 필터로 정규분포를 갖는 백색잡음에 의하여 구동 되는 선형 시스템에 적용되는 경우 최적 필터로 알려져 있으며, 상태변수와 추정된 상태변수의 공분산을 최소로 하는 특징을 가진다. 이러한 칼만 필터는 가우시안(Gaussian) 분포를 갖는 백색잡음에 의하여 구동 되는 선형 시스템에 적용되는 경우 최적 필터임이 알려져 있다. 따라서 GPS/DR 시스템 통합에 칼만 필터를 이용하기 위해서는 비선형 항법 방정식을 갖는 추측항법식을 선형화(linearization) 하는 과정이 필요하다.

칼만 필터를 이용한 GPS/INS 통합 방법은 수행되는 선형화 과정에 따라 다양하게 분류되는데, 간접 앞먹임(indirect feedforward), 간접 되먹임(indirect feedback) 방식으로 나누는 방법 및 선형칼만필터(linearized Kalman filter), 확장칼만필터(extended Kalman filter)로 나누는 방법이 있다.

XGPM의 GPS/DR 결합 필터는 확장칼만필터 형식의 간접 되먹임

구조로 설계되었다.

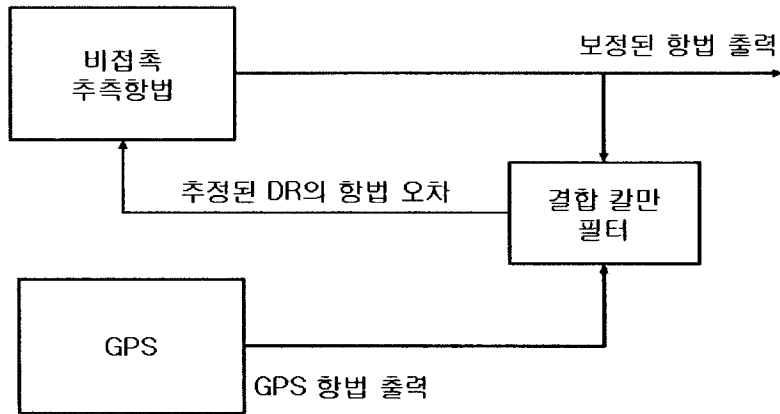


그림 9. XGPM 결합 필터 구조

4. GPS/DR 항법모듈의 구성

본 개발과제에서 개발되는 차량항법시스템은 비접촉GPS/DR 모듈과 차량항법 플랫폼으로 구성된다. 그림 10은 사용된 GPS/DR 모듈을 보이고 그림 11은 시스템의 전체구성도이다. GPS/DR 모듈은 GPS수신기와 DR 센서부 및 GPS/DR 프로세서부를 포함하며 주기적으로 GPS/DR 항법해를 차량항법 플랫폼에 전달하는 것을 그 목적으로 한다

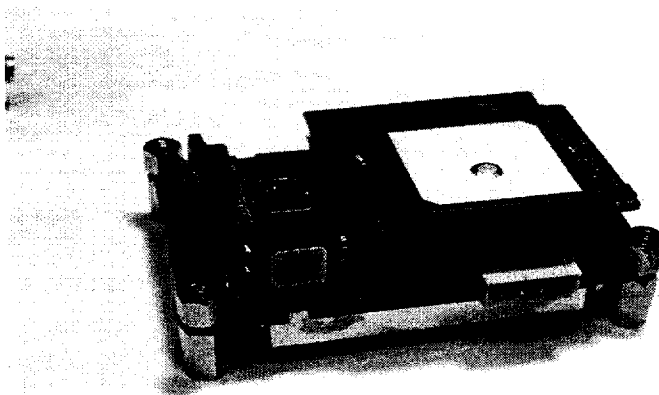


그림 10. 마이크로인피니티 비접촉 GPS/DR 모듈

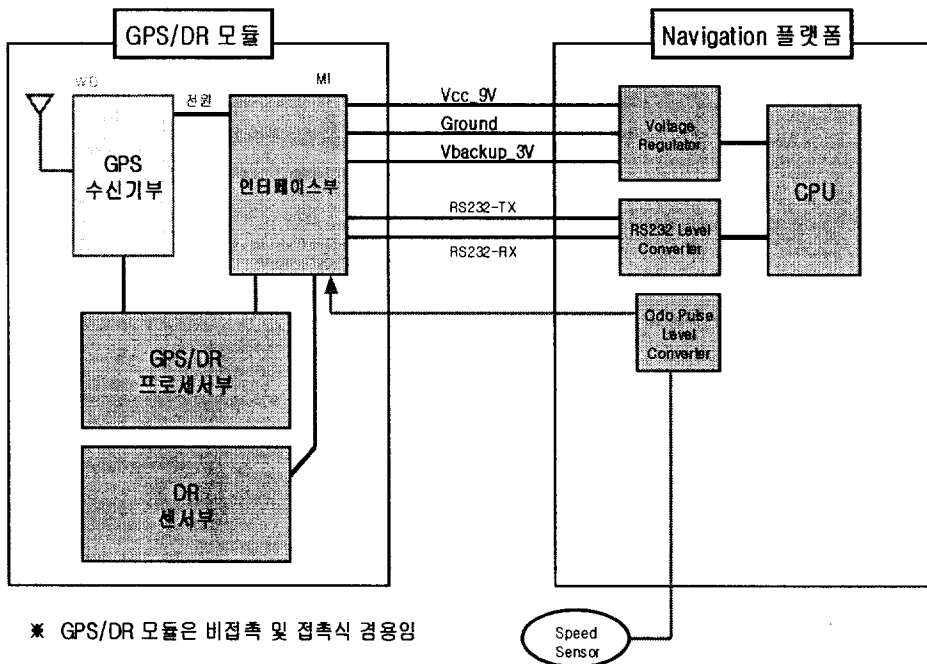


그림 11. 차량 항법시스템의 구성

4.1 프로토타입 GPS/DR 항법모듈 구성 및 하드웨어

그림 12에서 보이는 차량용 GPS/DR 항법 모듈은 GPS수신기와 DR 센서부 및 GPS/DR 프로세서부를 포함한다. 프로세서부는 GPS 수신기로부터의 GPS항법 데이터를 수집하고 DR 센서부로부터 DR 데이터를 획득하여 GPS/DR 항법이 이루어질 수 있도록 구성된다. 과제의 진행상 Navigation 플랫폼의 구성이 이루어지지 않은 상태이므로 차량용 GPS/DR 항법 모듈에 백업용 전원부를 추가하고 수정된 Odometer 인터페이스를 적용하도록 한다. 표 4-1은 시스템을 구성하는 중요 하드웨어 및 장치요소들이다.

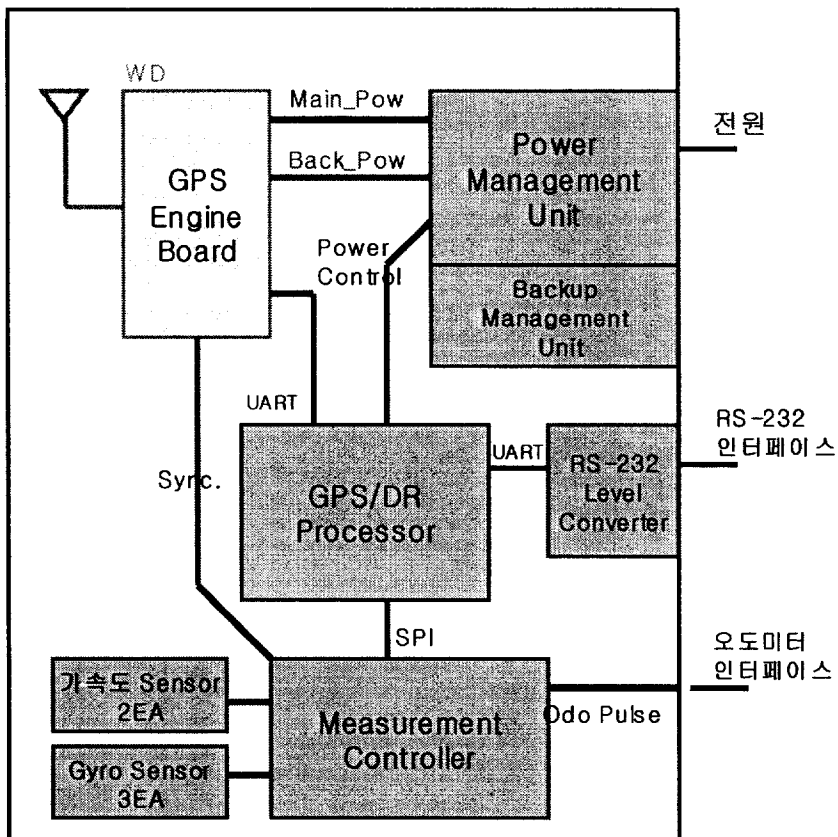


그림 12. 차량용 GPS/DR 항법 모듈의 구조

표 4-1 시스템 구성요소의 목록

하드웨어 및 장치	수 량	비 고
GPS 수신기	1	(주)웨이브다임
GPS/DR 프로세서	1	ARM7TDMI 60MHz
Meas. 컨트롤러	1	12 bit A/D, PWM Capture
Gyro	3	ADI 150deg/sec
Accelerometer	2	ADI 2g, 2axis

4.2 프로토타입 GPS/DR 항법모듈의 인터페이스

GPS/DR 항법 모듈은 전원 및 통신을 위한 4핀의 메인 커넥터와 차량의 오도미터를 인터페이스 하기위한 2핀의 오도미터 커넥터를 가지고 있다. 메인 커넥터는 DC 12볼트의 전원과 RS 232 레벨의 비동기 시리얼 입출력 핀으로 구성되며 핀 배치 및 기능은 그림 13과 같다.

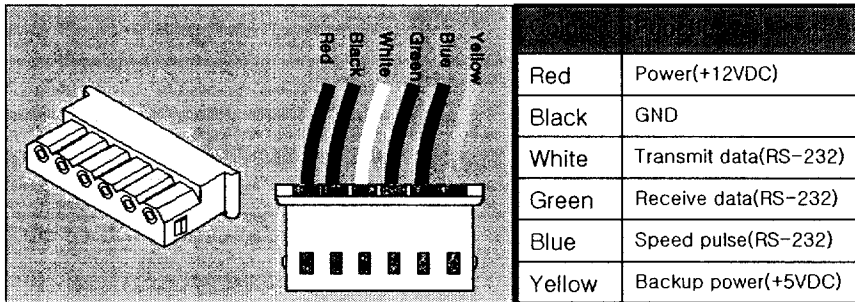


그림 13. 메인 커넥터의 핀 배치 및 기능

GPS/DR 모듈을 PC와 연계하여 차량에서 실험할 경우 편의를 위해 메인 커넥터와 연결하여 차량용 전원 및 PC 시리얼 포트에 연결할 수 있도록 제작된 인터페이스 보드를 사용할 수 있다. 인터페이스 보드는 프로토타입 샘플 제공시 함께 제공한다. 실험시 GPS/DR 모듈의 데이터를 PC로 전송받기 위해서는 PC의 RS 232 통신포트는 데이터비트 8bit, 스톱비트 1비트, 패리티 없음, 하드웨어 제어 없음으로 설정하고 통신속도는 115200bps로 세팅하면 된다.

오도미터를 이용할 경우 RS 232 레벨로 변환된 Blue Color 핀에 차속 펄스를 입력해 주어야 한다.

4.3 프로토타입 GPS/DR 항법모듈의 장착

GPS/DR 항법 모듈은 방향성이 고려된 센서를 내장하고 있으므로 장착시 전면이 차량의 진행방향과 일치하도록 장착하며 되도록이면 차량의 바닥면과 수평인 면에 장착한다.(케이블이 연결된 부분이 모듈의 후면임)

III. 실험결과 및 고찰

본 연구의 목표인 차량단말기에 가속도계와 자이로를 설치하여 GPS와 연동하여 접촉시 단말기와 유사하게 GPS 음영지역에서도 정확한 위치정보를 제공하는 것을 검증하기 위해 대표적인 GPS음영지역에서 GPS 단독 주행시와 GPS/DR 모듈 적용시 비교 실험을 한 결과는 아래와 같다.

1. 도심 빌딩 숲(테헤란로)

그림 14에서 GPS 신호가 빌딩에 간섭받아 GPS 단독으로 주행시 실제 주행과 달리 표시하는 것을 볼 수 있다. 이에 반해 GPS/DR 모듈 적용시에는 실제 주행과 유사하게 표시되는 것을 볼 수 있다.

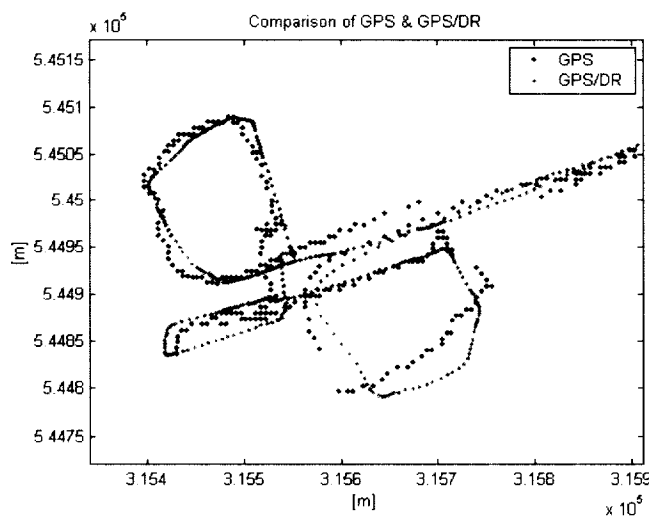


그림 14-1 도심 빌딩 숲 주행

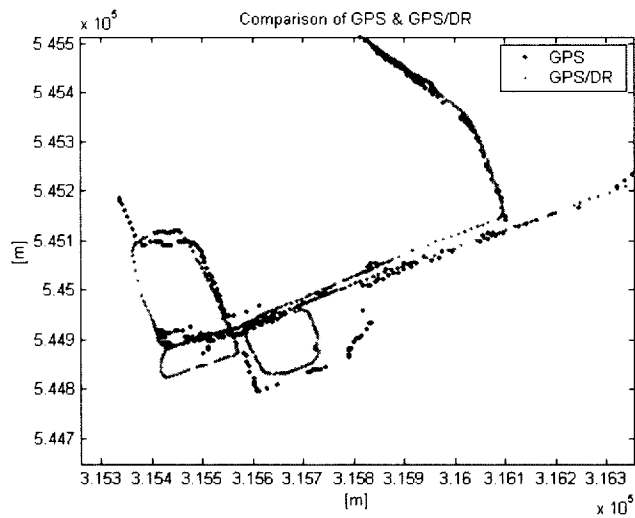


그림 14-2 도심 빌딩 숲 주행 (축소)

2. 터널 구간

그림 15, 16 및 17에서 GPS 단독으로 주행시 터널 안에서는 GPS 신호 수신에 불가능하므로 차량의 주행상태를 표시하지 않는 것을 볼 수 있다. 이에 반해 GPS/DR 모듈 적용시 실제 주행과 유사하게 표시하는 것을 볼 수 있다.

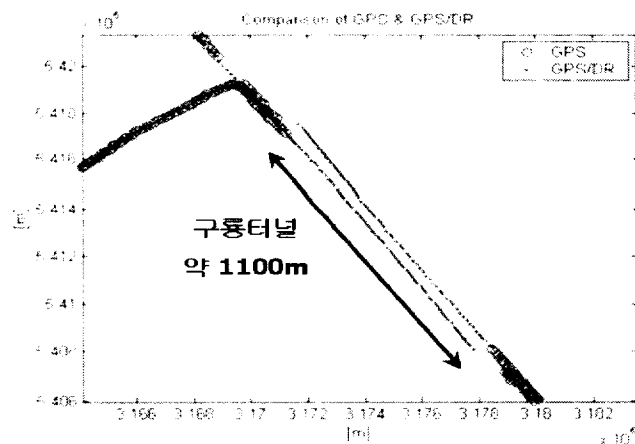


그림 15 구룡터널 왕복

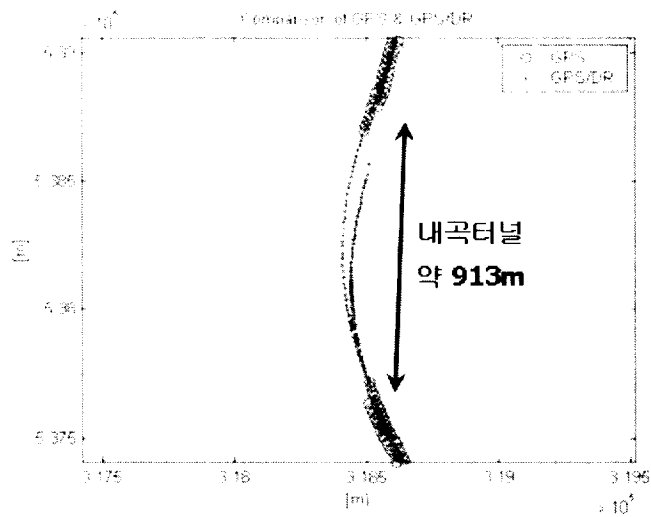


그림 16-1 내곡터널 왕복 1

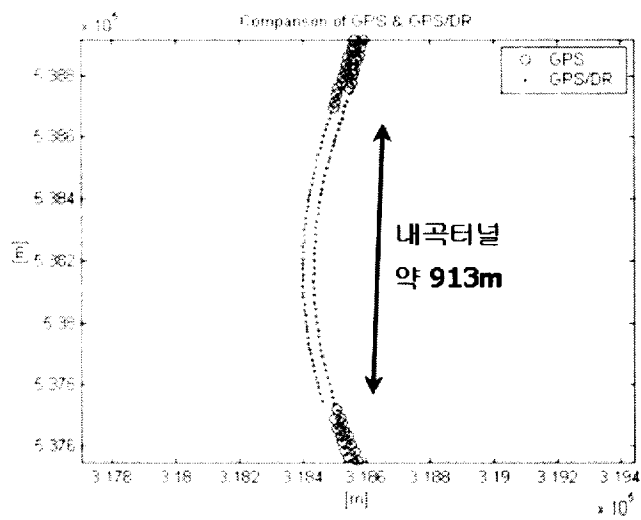


그림 16-2 내곡터널 왕복 2

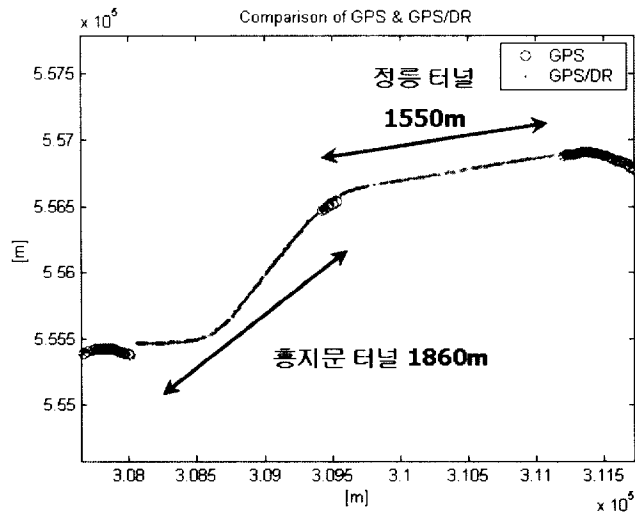


그림 17 홍지문 & 정릉터널 주행(터널 과 터널간의 노출거리 : 50m)

3. 고가도로 아래 GPS 미약 신호 구간

그림 18은 고가도로 아래의 결과로 GPS 단독으로 주행시 일부 구간에서 차량의 실제 주행경로를 표시하지 않는 것을 볼 수 있다. 이에 반해 GPS/DR 모듈 적용시 실제 주행과 유사하게 표시하는 것을 볼 수 있다.

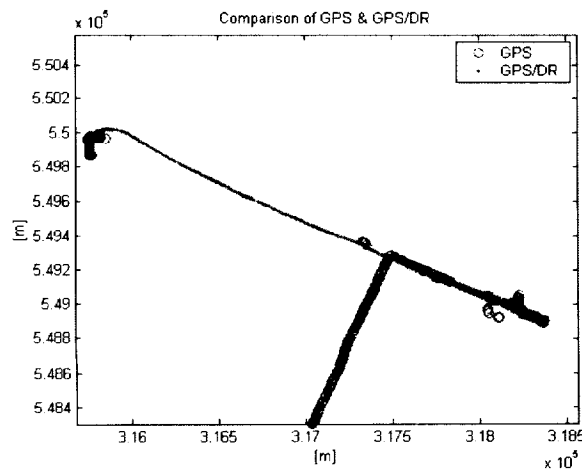


그림 18 고가도로 아래 주행

4. 지하주차장 구간 (코엑스)

그림 19는 GPS 수신이 불가능한 복잡한 도로 주행 조건인 지하 주차장의 결과로 GPS/DR 모듈 적용시 실제 주행과 유사하게 표시하는 것을 볼 수 있다.

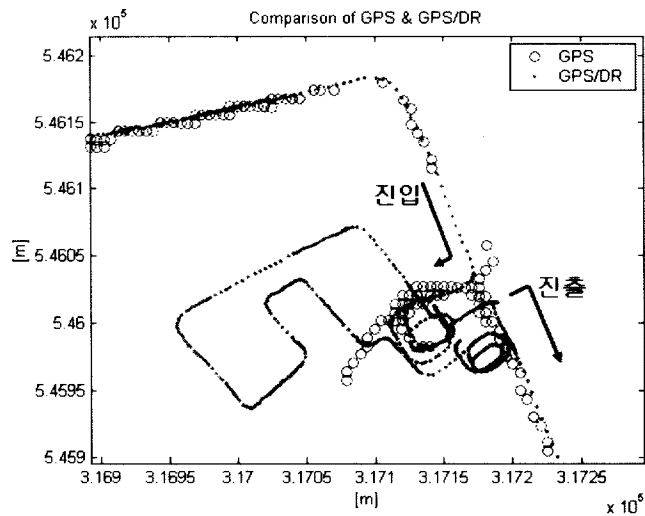


그림 19 지하 주차장(코엑스) 주행

IV.결론

본 연구에서는 접촉식 GPS/DR 모듈의 단점인 추가적인 배선작업을 없애기 위해 가속도계와 자이로를 이용 비접촉식 GPS/DR 모듈을 개발하였다.

차량단말기에 가속도계와 자이로를 이용 GPS와 연동하여 접촉식 단말기와 유사하게 연속적이며 정확한 위치정보를 제공할 수 있는지 검증하기 위해 GPS/DR 모듈을 제작하여 대표적인 GPS 음영지역인 도심 빌딩 숲, 터널 속, 고가도로 아래, 지하주차장에서 각각 실험한 결과 실제 도로와 유사하게 위치 정보를 제공할 수 있었다.

향후 과제는, 본제품은 차량에 장착 되므로 차량주행시의 온도, 진동등의 환경조건에서 정상적으로 작동되는지를 확인하기 위한 신뢰성 검사를 실시하여 소비자가 만족할 수 있는 수준의 제품을 개발하는 것이다.

참고문헌

- [1] 정보 통신 정책, 11권 6호, pp86 -87, 2004.
- [2] ISDN 시대의 이동통신, "도로교통 정보 통신 시스템," 2001.
- [3] 최영환 외, "각속도 적분 자이로의 불규칙 오차 특성 분석,"
유도 무기 학술 대회 논문집, pp143-148, 1997.
- [4] 충남대학교 제3차 GPS workshop 논문집, "차량항법을 위한
GPS/DR 통합 칼만 필터," pp398-400, 1996.
- [5] 전자신문, "부문별 시장전망-텔레메틱스편," 2004.