

主題

텔레매틱스를 위한 측위기술

충남대학교 전기정보통신공학부 성 태 경

차 례

- I. 서론
- II. 텔레매틱스와 측위기술
- III. 향후전망 및 결론

1. 서론

측위(positioning)기술은 텔레매틱스(telematics) 각종 서비스를 구현하기 위하여 필수적인 요소기술로서 차량의 위치 확인, 경로 안내, 차량 추적, 차량 관리 및 제어, 그리고 각종 M-commerce 등에서 광범위하게 활용되고 있다. 차량의 위치를 확인하기 위한 측위기술은 여러 가지 종류가 있으며, 과거에는 INS(inertial navigation system)나 DR(dead reckoning)과 같이 자이로(gyroscope), 지자기 센서(magnetic compass), 가속도계(accelerometer), 주행거리계(odometer) 등의 관성/비관성 센서를 이용하여 항체(vehicle)의 이동거리 및 방향을 측정하여 위치를 구하는 방식을 주로 이용하였다. 그러나 이러한 시스템은 시작점에 대한 상대적인 위치를 제공하며, 특히 시간이 지남에 따라 위치 오차가 누적되는 단점을 가진다. 이에 반하여 전파를 이용하여 삼각법(triangulation)으로 위치를 구하는 전파항법

(radio-navigation)은 시간 경과에 따른 오차 누적이 없을 뿐만 아니라 절대적인 위치 정보를 제공할 수 있고 수신기의 가격도 저렴하다는 장점이 있다. 이러한 이유로 미국에서는 위성을 이용한 전파항법 시스템을 수십년간 개발하였으며, 1993년에 마침내 NAVSTAR GPS(global positioning system)의 FOC(full operation capability)를 완성하게 되었다. [1,2,3]

GPS는 전세계적으로 언제 어디서나 사용할 수 있기 때문에 차량이 이동할 때 주행지역에 제한을 받지 않고 끊임없이 측위가 가능하도록 설계되었으며, 90년대 중반 이후부터 비약적으로 사용이 증가하고 있다. 특히 일본의 경우 GPS를 이용한 차량항법시스템의 보급이 이미 보편화되었으며, 2002년에는 연간 약 250만대가 판매되었다. 더욱이 2000년 5월 미국에서 S/A(selective availability) 1)를 제거하게 됨으로써 측위 정확

1) GPS의 성능을 의도적으로 저하시키기 위하여 GPS 신호에 실어 보낸 오차신호

도가 100m(2drms)에서 25m로 향상되어 GPS 응용범위가 더욱 확대될 것으로 예상하고 있다.

GPS와 같이 위성을 이용하는 전파항법은 앞에서 설명한 여러 가지 장점이 있지만 반대로 일부 단점도 있다. 첫째, 가시 위성(visible satellites)의 기하학적인 구조에 따라 측위 성능이 영향을 받으며, 다중경로(multipath) 오차가 발생하는 곳에서는 오차가 커질 수 있다. 따라서 도심의 고층건물 숲과 같이 가시 영역이 제한되는 지역에서는 위치 성능이 저하되는 경향이 있으며, DOP(dilution of precision) ²⁾의 값이 일정 값 이하인 경우에만 사용하여야 정확도를 보장할 수 있다. 둘째, GPS 신호는 미약 전파(약 -130dBm)이기 때문에 전파 음영지역이 존재하며, 가로숲 길이나 터널, 건물지하 등에서는 위치를 구할 수 없다. 이러한 문제점을 보완하기 위한 방법으로 다른 종류의 측위 시스템과 함께 사용하는 혼합항법(hybrid navigation)이 개발되었다. DR, 지도 정합(map matching), 무선망 측위(wireless location), DSRC(dedicated short range communication)를 이용한 비이콘(beacon) 항법 등과의 통합 시스템이 이미 개발되었거나 현재 개발이 진행 중이다. 이외에도 GPS의 민감도(sensitivity)를 증대시켜서 실내에서도 측위를 할 수 있는 Assisted GPS 기술도 선보이고 있다. [3,4]

본 논문에서는 GPS의 구성 및 기본원리에 대하여 간단히 설명하고 그 성능 및 특성에 대하여 알아보고 향후 전파항법의 발전계획에 대하여 소개한다. 두 번째로 GPS 측위의 문제점을 보완할 수 있는 다른 측위 시스템에 대하여 간략히 소개하고 이들의 통합 방법에 대하여 설명한다. 마지막으로 텔레매틱스를 위한 측위 시스템의 발전 방향 및 미래에 대하여 예측함으로써 이를 이

용하는 각종 텔레매틱스 응용분야의 향후 발전계획 수립에 도움이 되고자 한다.

2. 텔레매틱스와 측위기술

2.1 GPS(Global positioning system)

Navstar GPS는 약 20,000Km 고도 상을 12시간 주기로 운행하는 24개 이상의 항법위성들을 이용하여 전세계 어디서나 전파항법을 할 수 있는 시스템이다. GPS는 위성부(space segment), 제어부(control segment), 그리고 사용자부(user segment)로 구성되며, 제어부는 GPS 위성의 각종 상태를 관측하고 제어하는 역할을 수행하는 지상 시설로서 1개의 주제어국과 백업제어국, 그리고 5개의 관측국으로 구성되어 있다. GPS 위성부는 그림 1과 같이 55°의 경사각을 갖는 6개의 궤도상에 분포하여 있으며, 전세계 어디서나 항상 4개 이상의 위성이 보이도록 구성되어 있고 일반적인 가시위성의 개수는 6~8개이다. GPS 위성부는 L1, L2 두개의 반송파를 이용하여 신호를 송신하고 있으며, 일반적인 상용 수신기에서 사용하는 신호는 L1(1,575.42MHz) C/A코드신호로서 PRN(pseudo-random noise) code로 주파수 확산(spread spectrum)되어 있어 교란파(jamming)에 강인하다. GPS는 각 위성에서 발사된 전파의 진행 시간을 측정하여 위치를 구하는 TOA(time-of-arrival) 방식으로 측위할 수 있도록 설계되어 있으며, 위치나 속도정보 뿐만 아니라 정확도 100ns 이하의 정밀한 시각정보를 제공할 수 있다. [1,2]

2) 위성의 기하학적인 구조에 따른 측위 정확도를 판단할 수 있는 계수

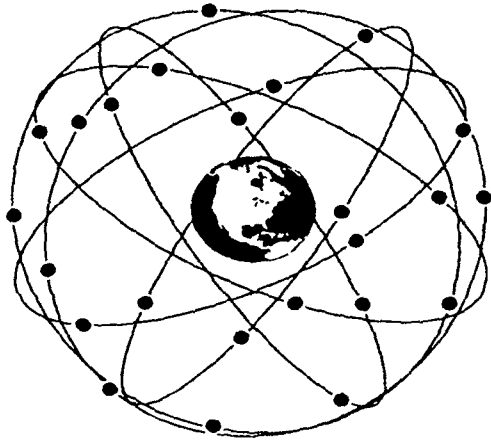


그림 1. GPS 위성 궤도

그림 2은 일반적인 GPS 수신기의 구조를 보인 것으로서 최근의 수신기는 일반적으로 중간 주파수(IF)로 주파수를 낮춘 후 샘플링을 하는 추세이다. 또한 8~16개의 채널을 가지고 있어서 여러 개의 위성에 대한 추적을 동시에 수행할 수 있도록 되어 있고 주파수 추적 및 코드 추적을 2차원적으로 수행한다. 신호추적이 성공적으로 이루어지면 위성에서 제공하는 항법메세지로부터 각종 위성정보를 획득한다. 이와 같이 구한 위성 정보와 신호 추적시 얻은 의사거리 및 의사거리 변화율을 항법 프로세스에 전달하고 위치 및 속도를 구하게 된다.

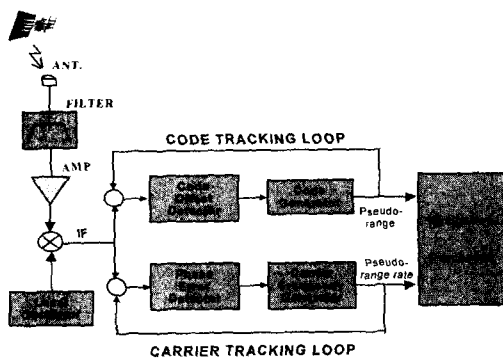


그림 2. GPS 수신기의

GPS 측위는 일반적으로 그림 3과 같이 4개 이상의 위성을 관측할 수 있을 때 측위가 가능하다. 즉, 위성에서 제공하는 항법 메세지(navigation message)로부터 구한 궤도정보(ephemeris)를 이용하여 i -번째 위성의 위치 $X_S^i(k)$ 를 이미 알고 있고 i -번째 위성에서 발사된 전파의 진행 시간으로부터 구한 의사거리(pseudo-range) $d^i(k)$ 를 측정하였다고 가정하였을 때 사용자 위치 $X_U(k)$ 는 다음과 같은 관계식으로 표시된다.

$$\|X_S^i(k) - X_U(k)\| = d^i(k) + c \cdot t_b(k), \quad i=1, \dots, m \quad (1)$$

식에서 m 은 가시위성의 개수, c 는 전파의 속도, $t_b(k)$ 는 위성시계에 대한 수신기시계의 바이어스(bias)를 나타내며, $t_b(k)$ 와 3차원 사용자 위치를 구하기 위해서는 4개 이상의 위성이 필요하다. 4개 이상의 의사거리 및 도플러 측정치가 얻어지는 경우 최소자승법이나 칼만필터 등을 이용하면 위치, 속도, 시각 추정치를 얻을 수 있다. 한편 2~3개의 위성으로부터 전파가 수신되는 경우에도 수신기시계 바이어스나 고도를 고정시킴으로써 측위가 가능하며, 이러한 경우에는 측위 정확도가 저하된다. 한편 GPS 신호로부터 의사거리를 구할 때 위성시계 오차, 위성궤도 오차, 대기층 지연(atmospheric delays), 다중경로(multipath), 수신기 잡음 등에 의해 약 25m 2dRMS의 수평오차가 발생한다. 이러한 위치 오차는 위치계산에 사용되는 위성들의 기하학적 구조에 따라 달라지며, 위치오차 공분산으로부터 구해지는 DOP을 이용하면 위성 배치에 따른 오차의 크기를 대략적으로 알 수 있다.[1,2,5]

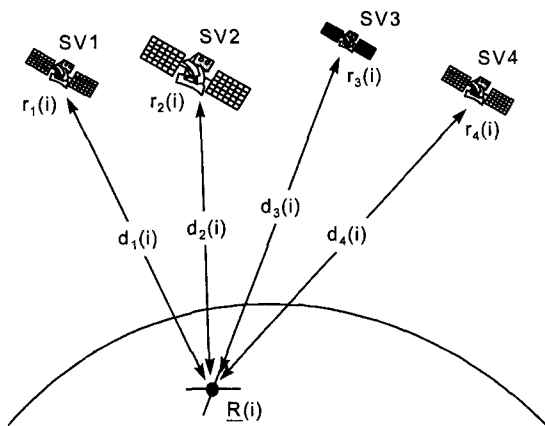


그림 3. GPS 측위의 원리

2.2 미래의 전파항법

위성을 이용하여 전세계적으로 측위 서비스를 제공하는 시스템을 GNSS(global navigation satellite system)라 하며, 미국의 Navstar GPS 외에 러시아의 GLONASS가 존재한다. 그러나 GLONASS는 러시아 정부의 재정 부족으로 인하여 현재 위성의 일부만을 가지고 운용하고 있으며, 최근 러시아 정부가 2006년까지 수명이 보다 길어진 신형 위성들을 이용하여 18개의 위성으로 초기 운영을 개시한다는 GLONASS-M 계획을 발표하였다. 또한 유럽에서도 독자적인 GNSS인 GALILEO 프로젝트를 추진하고 있으며, 2005년까지 설계 및 개발을 완료하고 2006-2007년중에 위성의 배치를 진행한 후 2008년부터 상용서비스를 제공한다는 목표아래 현재 ESA 주관으로 개발을 진행하고 있다. GALILEO는 GPS와 연동성(interoperability)을 갖도록 설계되었으며, GPS와 서로 보완적인 동시에 대안으로써 큰 의미를 갖는다. [6, 7]

이러한 새로운 GNSS의 등장에 자극을 받아 미국에서도 GPS의 현대화를 추진한다고 발표하

였다. GPS 현대화는 상용 사용자의 측위 성능 향상을 위하여 기존의 L1 주파수 외에 L2c 주파수를 통하여 데이터를 수신할 수 있도록 하고 항공 등의 특수목적으로 사용하기 위한 L5 주파수를 제공하도록 설계되어 있으며, 2009년까지 24개 이상의 신형 GPS 위성이 배치될 것으로 예정하고 있다. 이와 같은 GPS 현대화가 완료되면 측위 정확도가 대폭 향상되고 실내에서의 GPS 측위도 보다 원활하게 이루어질 수 있게 된다. [8]

GPS의 성능 향상을 위하여 DGPS(differential GPS) 기술을 사용하기도 한다. DGPS는 그림 4와 같이 지상의 기준국(reference station)에서 수신한 GPS 신호를 분석하여 신호에 포함된 오차의 크기를 알아내어 이를 사용자에게 알려줌으로써 사용자 측위 성능을 향상시키는 방법이다. DGPS를 이용하는 경우 측위 정확도가 대폭 향상되며, 기준국과의 거리에 따라 1~5m의 오차를 갖는다. 이러한 DGPS 보정정보(correction data)는 GBAS(ground-based augmentation system)를 이용하여 지상파를 통하여 사용자가 수신할 수도 있고 SBAS(space-based augmentation system)를 이용하여 위성으로부터 수신할 수도 있다. GBAS는 별도의 무선 링크가 필요한데 비하여 SBAS는 GPS payload를 탑재하여 GPS의 L1 C/A 코드를 통하여 보정 정보를 제공하기 때문에 별도의 무선링크가 필요없다는 장점을 갖는다. 더욱이 SBAS로부터 수신된 신호는 또다른 GPS 위성의 신호로서 위치계산에 이용할 수도 있다. 이러한 SBAS의 대표적인 예는 미주지역에 서비스하는 WAAS, 유럽지역을 담당하는 EGNOS가 있으며, 일본에서는 2004년, 2005년에 2개의 MSAS를 발사할 예정이다. 또한 인도에서도 GAGAN이라는 SBAS를 계획하고 있다. [1,2,9]

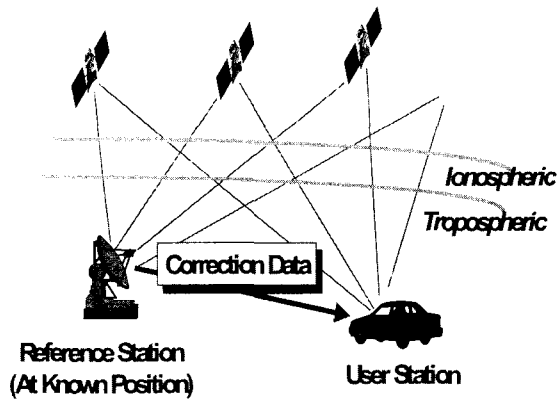


그림 4. DGPS의 원리

한편 GNSS는 전세계적으로 사용할 수 있으나 그 운용이 특정 국가에 의하여 좌우되기 때문에 기술의 종속성을 우려하는 일부 국가에서는 자국 부근에 일정 개수의 항법위성을 운용하는 LNSS(local navigation satellite system)를 추진하기도 한다. 일본에서는 JRANS(Japanese Regional Advanced Navigation Satellites)라는 LNSS 개념을 발표한 바 있으며, 현재는 QZSS(quasi-zenith satellite system) 계획을 추진 중이다. QZSS의 위성들은 GPS와 호환성을 갖도록 할 예정이며, 3개의 준천정 위성을 이용하여 사용자의 천정 부근에 항상 하나의 위성이 존재하도록 함으로써 GPS의 가시성(visibility)을 향상시키는 동시에 기존 시각용과 고정밀 DGPS 등에 이용할 계획이다. [10]

2.3 전파항법과 혼합항법

GPS와 같이 위성을 이용하는 전파항법 시스템은 여러 가지 장점을 갖지만 전파가 수신되지 않는 지역에서는 측위가 불가능하다는 문제점을 갖는다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 다른 종류의 측위시스템과 서로 통합하여 서로의 단점을 보완하는 혼합항법을 사용하기도 한다. 본 절에서는 이러한 혼합항법에 이용할 수 있는

다른 측위기술들에 대하여 간단히 소개하도록 한다.

2.2.1 추측 항법(dead reckoning)

추측항법(이하 DR)은 관성/비관성 센서 등을 이용하여 외부의 도움 없이 자기위치 및 자세를 알아낼 수 있는 방법이다. 차량에서 사용하는 DR센서는 차속계(speedometer), 주행거리계, 가속도계 등 주행거리를 측정하기 위한 센서와 지자기센서, 자이로, 차등 주행거리계, 조향 휠센서(steering wheel sensor) 등의 회전각을 측정하기 위한 센서로 분류할 수 있으며, 이들을 적절히 조합하여 DR 시스템을 구성한다. 최근 MEMS(micro-machined electro-mechanical system) 기술의 발전에 힘입어 각공 DR 센서는 소형화, 저전력화, 저가화되고 있으며, 그 성능도 계속 향상되고 있다. GPS와 DR을 통합한 시스템은 위치 오차가 GPS 단독일 경우의 오차보다 작은 값을 가지며, 전파가 수신되지 않은 지역에서도 일정 시간동안에는 신뢰할 수 있는 위치정보를 제공할 수 있는 장점을 갖는다. [11~13]

2.2.2 지도 정합(map matching)

지도매칭법은 DR, GPS 등으로부터 구한 차량 궤적과 지도 데이터의 도로형상, 교차로 위치 및 각종 토폴로지(topology) 정보(도로 연결 정보, 좌회전 금지, 일방통행 등)를 이용하여 차량의 위치를 보정하는 방법이다. 지도매칭은 그 계산 방식에 따라 비확률적 방법과 확률적 방법으로 구분할 수 있으며, 최근에는 오차에 강인한 확률적 방법을 대부분 이용하고 있다. 확률적 지도정합은 측위센서로부터 구한 차량위치 부근의 도로들에 대하여 차량위치 측정치와의 거리오차, 방향오차 및 이전 정합점과의 연결성, 도로의 방향성, 궤적형상, GPS 수신상태 등을 고려하여 차량이 각 도로에 위치할 확률을 구하고 이를 이용하

여 차량이 위치한 도로를 찾아낸다. 이와 같은 지도정합을 이용하면 운전자에게 정확한 차량의 위치를 알려줄 수 있으며, 신뢰성 높은 경로안내가 가능하다는 장점이 있다. [3,4,14]

2.2.3 무선망 측위(wireless location)

무선망 측위는 무선통신망의 기지국들에서 송수신하는 신호를 이용하여 삼각법으로 위치를 구하는 방법이다. 원시적인 무선망 측위는 사용자가 소속된 기지국 셀을 알아내는 셀 기반 방식이며, 이러한 경우에는 위치오차가 매우 크다. 무선망 측위는 위치를 계산하는 주체에 따라 자가측위(self positioning)와 원격측위(remote positioning)로 구분하며, 자가측위는 순방향 링크를 이용하여 사용자가 위치를 구하는데 반하여 원격측위는 역방향 링크를 이용하여 각 기지국에서 전파를 수신한 후 특정 측위서버(location server)로 보내어 위치를 알아내는 방법이다. 무선망 측위는 사용하는 측정치에 따라 AOA(angle of arrival), TOA(time of arrival), TDOA(time difference of arrival)로 구분하며, AOA는 전파가 수신되는 각도를 구하기 위하여 열 안테나(array antenna)가 필요하며, 원격측위 방식에 주로 이용된다. TOA나 TDOA 측위를 위해서는 기지국간의 시각 동기가 필요하며, CDMA 망의 경우 이미 GPS를 이용하여 기지국간의 동기가 되어 있다. 무선망 측위는 무선망의 송수신 전력이 크기 때문에 실내에서도 측위가 가능하다는 장점이 있지만 NLOS(non-line-of-sight)오차가 커서 GPS보다 위치 정확도가 떨어진다는 단점이 있다. 또한 TOA나 TDOA를 이용하는 2차원 측위를 위해서는 3개 이상의 기지국신호를 수신할 수 있어야 하므로 이러한 가청성(hearability)를 제공하기 위해서 기지국의 증설이나 기지국 신호의 전력 증대 및 버스트 신호(burst signal)의 이용 등이 필요하다는 문제점이 있다. [15]

2.2.4 비이콘 항법(beacon navigation)

DSRC는 노변이나 도로 위쪽에 설치되어 매우 작은 통신영역을 통과하는 차량과 통신하는 인프라 장치로서 ITS(intelligent transport system)의 각종 서비스를 위하여 현재 세계 각국에서 설치하고 있다. 운전자는 DSRC를 통하여 운전애 필요한 각종 교통정보 관련 데이터를 송수신하며, 비이콘의 통신영역 좌표를 이용하여 차량의 위치를 구하는 방법이 비이콘 항법이다. 비이콘 항법의 정확도는 통신영역의 크기에 의하여 결정되며, 일본의 비이콘의 경우 약 5m 이내의 높은 정확도를 가진다. 비이콘 항법은 측위 가능지역에 있어서 공간적인 연속성을 가질 수 없다는 단점을 갖지만 GPS의 전파가 수신되지 않는 음영지역과 같은 특수지역에 설치하여 사용하면 효과적으로 오차를 보정할 수 있다. [3,4]

2.2.5 Assisted GPS

일반적인 GPS 수신기는 실내에서는 측위가 불가능하지만 최근 개발된 AGPS(assisted GPS) 기술을 이용하면 비록 실시간은 아니지만 실내에서도 정지상태의 위치를 구할 수 있다. GPS의 PRN 코드가 1ms의 주기성을 갖는다는 사실을 이용하여 스냅샷 메모리(snapshot memory)에 수십~수천ms의 신호를 저장한 후 여러 주기동안의 신호를 더함으로써 민감도를 향상시킬 수 있다. 이러한 민감도 향상 및 계산 시간 감소를 위해서는 그림 5와 같이 무선통신망을 이용하여 위치 서버에 연결된 PDE(position determination equipemtn)와의 통신이 필요하며, 통신망으로부터 시각 및 주파수 도움을 받는 것이 유리하다. 한편 1초 동안의 GPS 신호를 저장하여 처리하면 최대 약 26dB의 이득을 얻을 수 있다. [16]

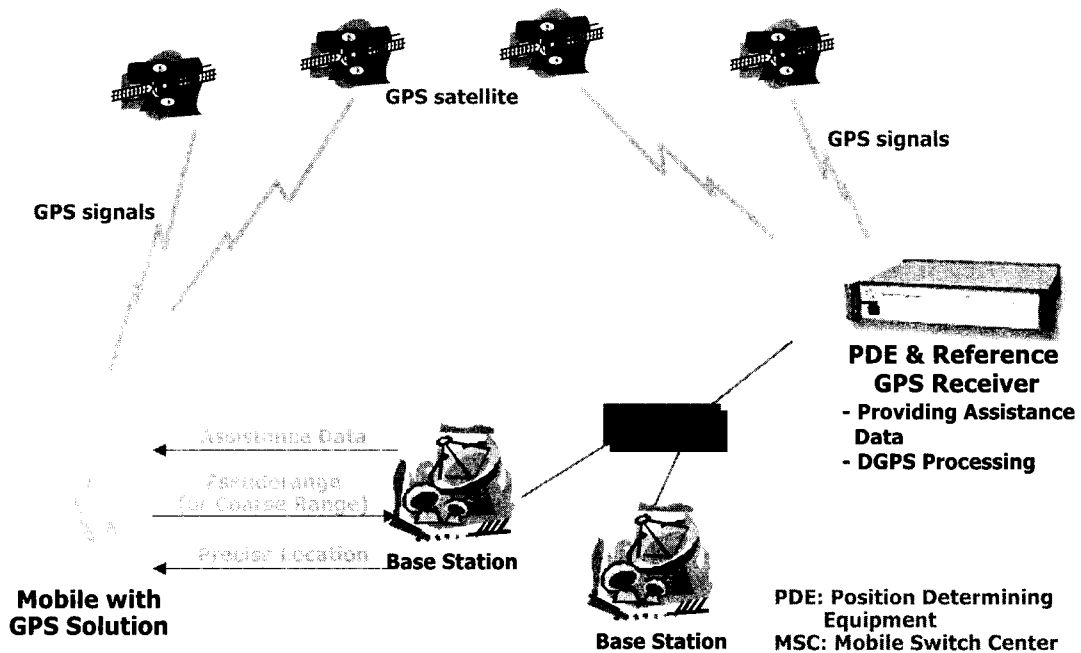


그림 5. AGPS의 원리

3. 향후 전망 및 결론

미래에는 텔레매틱스 각종 응용분야에서 사용할 수 있는 측위 시스템이 보다 다양해 지고 정확도가 향상되며, 복합화 될 것으로 예상된다. 앞에서 살펴본 바와 같이 미래에는 GPS, GLONASS, GALILEO 등의 다양한 GNSS에서 측위 서비스가 제공되고 여러 가지 보완시스템 (augmentation system)들이 생겨날 것이다. 또한 무선통신망 측위나 DSRC의 비이콘 항법 등의 인프라가 보강되거나 신규로 설치되어 그 응용분야가 증가할 것으로 예상된다. 이외에도 UWB(ultra wide band)나 adhoc network의 mesh 망을 이용하는 측위방법도 새로운 신기술로 주목받고 있다. GPS 현대화가 이루어지면 GPS의 성능이 10m 이내로 향상될 것이며, DGPS를 이용하면 수m의 측위성능을 갖게 될 것이다. 또한 DR, 지도정합법, 비이콘 항법 등과 혼합항법을 구성하면 측위성능이 보다 향상될 것

이며, 이에 따라 새로운 응용분야가 계속 창출될 것이다.

차량의 텔레매틱스 단말에서 요구하는 측위 시스템은 점차 고성능화 되고 있는 동시에 소형화/경량화 되어 가고 있다. 특히 차량 단말의 경량화에 있어서 하드웨어의 저전력화나 SoC 방향으로 발전해 나갈 뿐만 아니라 지도 DB의 중앙화 등을 통한 콘텐츠의 경량화를 동시에 도모하기도 한다. 지도 DB가 중앙 집중화 되기 위해서는 무선통신이 필수적이며, 콘텐츠의 중앙화는 콘텐츠 갱신의 용이성에서도 장점을 갖는다. 차량의 텔레매틱스 단말에 무선통신 모듈을 장착하여 이동성을 갖출 경우 차량에서의 정보단말로 사용할 뿐만 아니라 개인이 이동할 때 사용할 수 있는 착탈식 휴대형 정보단말로 사용할 수 있다. 텔레매틱스를 위한 차량단말이 휴대형으로 발전하게 된다면 실내에서의 측위도 중요성을 가지게 될 것이며, AGPS를 이용한 실내 측위뿐만 아니라 현재 새로이 주목을 받고 있는 유비쿼터스 센

서 망과 연계하여 실내외에서 끊임없는 측위서비스를 제공할 수 있게 될 것이다.

참고문헌

- [1] E.D. Kaplan, UNDERSTANDING GPS : PRINCIPLES AND APPLICATIONS, Artech House, 1996.
- [2] B.W. Parkinson, J.J. Spilker, Global Positioning System : Theory and Applications, Vol. I, II, AIAA, 1996.
- [3] Y. Zhao, Vehicle Location and Navigation Systems, Artech House, Boston, 1997.
- [4] C. Drane, C. Rizos, Positioning Systems in Intelligent Transportation Systems, Artech House, 1998
- [5] J.A. Farrell, M. Barth, Global Positioning system & Inertial Navigation, McGraw-Hill, 1999
- [6] V.A. Bartenev, et. al., "GLONASS Navigation Satellite Status and Development", 4th CGSIC Asia Pacific Rim meeting, Tokyo, Japan, Nov/2003
- [7] J. Issler, G.W. Hein, et. al., "GALILEO Frequency and signal Design", GPS world, Jun. 2003
- [8] M. Shaw, et. al., "Modernization of the Global Positioning System," Proc. Int'l Symp. on GPS/GNSS, Jeju islan, Korea, Nov/2001
- [9] J. Imamura, "MSAS Program and Overview", 4th CGSIC Asia Pacific Rim meeting, Tokyo, Japan, Nov/2003
- [10] S. Kogure, et. al., "The Status and Experiment Plan for GPS Augmentation Using QZSS", 4th CGSIC Asia Pacific Rim meeting, Tokyo, Japan, Nov/2003
- [11] 電子ナビゲーションシステムの設計技術とその展開・例, 應用技術出版, 1988.
- [12] 서홍석, 성태경외, "이중 모드 GPS/DR 통합 칼만필터," 제어자동화시스템공학 논문지 7권 3호, 2001. 3., pp. 269-275
- [13] 서홍석, 성태경외, "반송파 정보를 이용한 GPS/DR 통합 방법," 전기학회 논문지 48권 10호, 1999. 10., pp.1279-1285
- [14] J.S. Pyo, T.K. Sung, "Development of a Map Matching Method using the Multiple Hypothesis Technique", Proc. 4th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, California, U.S.A., Aug/2001, pp.23-27
- [15] J.J. Caffery, Wireless Location in CDMA Cellular Radio systems, Kluwer Academic Publishers, 2000
- [16] L.D. Vittorini, B. Robinson, "Optimizing Indoor GPS Performance", GPS world, Nov. 2003



성 태 경

1984.2. 서울대학교 제어계측
공학과 학사 취득

1986.2. 서울대학교 제어계측
공학과 석사 취득

1987.3.~1988.2. 포항공대 연
구원

1992.8. 서울대학교 제어계측

공학과 박사 취득

1993.4.~1996.2. 고등기술연구원 선임연구원

1996.4.~1997.8. 삼성전자 수석연구원

1997.9.~현재 충남대학교 전기정보통신공학부 부교수

<주관심분야 : GPS & GNSS, 텔레매틱스