

자동차용 정밀 측위 기술 동향

정재승, 민정동
현대엠엔소프트

요약

본고에서는 자동차의 자율주행이라는 최종의 목표를 위해 필요한 여러 가지 필수 기술 중 하나라고 할 수 있는 자동차의 자기 위치 인식을 위한 측위 기술에 대해 소개하고 그와 관련된 여러 연구 개발 동향을 살펴보고자 한다. 또한, 지능형 운전보조 시스템(ADAS, Advanced Driver Assistance System)에서 필수적인 고정밀 전자 지도(High Precision Map)가 자동차의 자기 위치 인식 정확도 향상에 어떤 방법으로 활용되는 지에 대해서도 알아 보고자 한다.

I. 서론

기존의 자동차는 단순한 이동을 위한 수단으로써 운전자가 자동차의 모든 부분을 제어하며 동작하는 개념이었으나, 최근에는 각종 센서와 정보통신 기술이 자동차와 결합함으로써 자동차의 여러 부분을 자동차 스스로 제어하는 스마트 자동차의 단계에 까지 이르고 있다. 이러한 발전 추세는 궁극적으로 운전자의 관여 없이(또는 운전자의 개입을 최소로 하여) 자동차 스스로 목적지까지 찾아가게 하는 자율주행을 최종 목표로 한다. 이러한 자율주행을 실현하기 위해서는 여러 가지 다양한 기술들이 필요로 하게 되는데 그 중 정확하고 정밀한 자동차 위치를 인식하는 고정밀 위치인식(측위) 분야는 자동차의 ADAS기능 및 향후 자율주행에 있어 핵심 기술이라고 할 수 있으며, 여러 자동차 업체(HMC, GM, Volkswagen, Daimler Berta 등)뿐만 아니라 Google과 같은 정보통신 업체에서도 주도적으로 활발한 연구를 하고 있는 상황이다[1]. 다만, 아직까지는 고정밀의 측위를 위해 사용된 기술이 고가의 장비와 센서를 적용하고 있어 상용화에는 일정한 시간이 필요할 것으로 생각된다.

현재 차량용에 적용된 내비게이션은 이동체의 위치 파악을 위해 위성항법 기술, GNSS(Global Navigation Satellite System)를 기반으로 하고 있는 데, GPS(미국), GLONASS(러시

아), Galileo (유럽), Beidou(중국), QZSS(일본) 등의 지구 상공에 떠있는 위성으로부터 수신된 신호들을 분석하여 자동차의 위치를 해석해내는 방식이나, 위치 정확도 측면에서 수m, 또는 환경에 따라 수십 m의 오차를 갖는다. GPS와 같은 단일 GNSS 사용 대비 Multi-GNSS를 수신하는 경우 일정 부분 위치 정확도를 높일 수 있으나 위성 수신 불가 지역이나 도심 밀집 지역과 같은 환경에서는 위치 정확도의 일관성을 유지하기 어려운 문제가 있다. 여기서, 위치 정확도를 높이기 위하여 고정된 위치에 기준국을 두고 위성 정보 오차를 보정하는 상대 측위 방식의 DGPS(Differential GPS) 기술이 있으며[2], 응용 방식에 따라 SBAS(Satellite Based Augmentation System)와 GBAS(Grounded Based Augmentation System)와 같은 기술도 있으나, 다중경로 페이딩(Multi-path Fading)에 의한 거리 오차나 위성 수신 불가 지역에서 사용상 제약 등의 문제점은 남게 된다.

이러한 위성 항법 기술의 부족한 점을 보완하고 여러 다양한 외부환경, 즉, 개활지나 도심 밀집 지역 및 음영구간(지하터널, 지하공간 등)에서도 자동차의 위치를 파악하고 나아가 위치 정확도를 높이기 위해 위성 항법 시스템에 별도의 센서들을 융합하는 SFP(Sensor Fusion & Positioning) 기술이 많이 연구되고 있다. 가장 일반적인 방법은 GNSS와 관성항법시스템을 결합하는 방법으로 위성 수신 불가지역, 즉, 음영구간에서도 위치 추적이 가능하도록 하는 기술이다.

GNSS와 관성항법시스템을 결합하면 위성 수신이 불가능한 지역에서의 위치 추적이 가능하게 되어 자동차의 이동에 따른 위

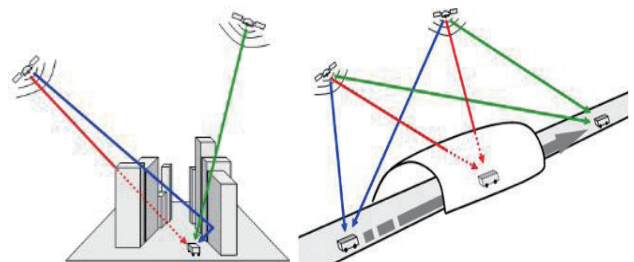


그림 1. GNSS 도심밀집지역 및 음영지역

치 인식의 연속성을 확보할 수는 있으나, 관성항법시스템의 특성 상 이동거리 및 시간에 따라 관성오차가 지속적으로 누적되므로 고가의 관성항법시스템을 적용하지 않는 한, 위치 정확도가 시간에 따라 나빠지게 된다. 이런 문제점을 해결하기 위해 추가적인 여러 센서를 융합하는 연구가 다양하게 시도되고 있으며, 대표적인 것이 카메라와 같은 Vision 센서를 이용한 영상 인식 위치보정 기술과 LiDAR(Light Detection & Ranging)나 RADAR 센서를 이용한 위치보정 기술이라 할 수 있는데, 여기에는 각종 도로 및 시설물의 속성과 절대좌표 정보가 포함되고 정밀 지도가 필수적으로 필요하다.

자율 주행을 하기 위한 자동차의 고정밀 측위 기술은 결국 지능형 교통체계인ITS(Intelligent Transportation System) 기반 하에서의 다양한 서비스를 위해서도 더욱 중요하게 된다. 자동차의 정밀 측위는 V2X기반의 ITS와 자동차 항법 시스템과의 유기적인 연동을 통하여서도 가능하다.

표 1. V2X 환경하에서의 위치 정확도 요구사항[3]

정확도 범위	요구 정확도(m)
도로	5
차선	1.5
차선내부	1

여기서 V2X는 차량 대 차량, 차량 대 시설물, 차량 대 사람 등의 교통정보 교환을 위한 연결 네트워크를 의미한다.

자동차는 결국 도로 위를 달리는 이동체이므로 도로 주변 시설물(장비)와 자동차간의 통신(V2I, Vehicle to Infrastructure)을 이용하게 되면 보다 정확한 자기 위치 인식이 가능하게 되며, DSRC와 WAVE 방식의 관련 기술이 연구, 일부 상용화 되고 있다. 이러한 기술은 도로 주변의 RSE(Road Side Equipment) 설치 등 필수적인 인프라 구축을 위한 많은 비용이 선행되어야 하므로, 정부 주도의 스마트 하이웨이, C-ITS 사업을 통해 일부 지역(도로)에서 제한된 서비스가 시행 중, 또는 계획되고는 있다. 그러나, 도로 주변의 인프라 구축에 따른 비용 문제 및 개별 차량에 장착되어야 하는 ITS단말기의 가격이 매우 고가인 문제 등으로 인하여 가까운 시일 내에 상용화 되기는 쉽지 않을 것으로 보여진다. 또한, ITS를 활용하여 정밀 측위 서비스를 하기 위해서는 기술적인 보완도 추가적으로 필요하다.

본문에서는 지금까지 언급한 자동차의 위치 인식 기술의 동향에 대해 알아보고, 고정밀 전자 지도(High Precision Map)가 자동차의 자기 위치 인식 정확도 향상에 어떤 방법으로 활용되는 지에 대해서도 알아본다. 그리고 결론에서는 가까운 시일 내에 상용화가 가능하며, 경제성 측면에서 보다 유리한 기술이 무엇인지 살펴보고, 그 이유에 대해서 고찰해 보고자 한다.

II. 본론

1. 위성항법기술

GNSS(Global Navigation Satellite System)은 다수의 위성을 이용한 항법시스템으로 3차원 위치정보 및 시각정보를 연속적, 전지구적으로 제공하는 시스템이다. 위성항법을 이용한 측위 시스템은 전세계적인 서비스 영역을 기반으로 민간 및 관련 등 다양한 분야에 서비스 되고 있다.

가. GPS(Global Positioning System)

GPS는 미국정부가 1970년대에 군사적인 목적으로 개발한 전지구적 위성 측위 시스템으로 가장 일반적으로 사용되는 위성항법시스템이다.

나. GLONASS

GLONASS는 러시아의 위성항법시스템으로 1976년 최초 서비스를 시작했으며, GPS와 동일하게 총 24개의 위성을 이용하여 전지구적 위치 측위를 하는 시스템이다. <표 2>는 GPS와 GLONASS의 주요 제원에 대한 비교이다.

표 2. GPS, GLONASS 비교[4]

구분	GPS	GLONASS
위성수	24개,4개×6궤도	24개,8개×3궤도
주기	11시간 58분	11시간 15분
고도	약 20,200Km	약 19,300Km
속도	50bps	50bps
경사각	55°	64.8°
주파수	1575.42MHz	1602.5625MHz-1615.5MHz
PN코드	1,023MHz	0.511MHz
측지계	WGS-84	SGS-90

다. SBAS

초정밀 GPS 보정시스템(SBAS : Satellite Based Augmentation System)는 기존 수십미터의 위치 오차를 보유하고 있는 위성항법시스템의 오차를 1m내로 줄이는 시스템으로 기준국, 중앙처리국, 위성통신국, SBAS위성 등을 활용하는 시스템의 구성을 보인다. SBAS의 동작원리는 기준국에서 오차요소(위성궤도/시계 추정오차, 전리층 추정오차, 대류층 추정오차, 수신기 잡음)를 계산 후 표준기지국에서 송출하여 SBAS위성을 통해 보정정보를 송출해주는 원리로 동작된다.

위성항법을 이용한 측위 시스템은 전세계적인 서비스 영역을 기반으로 민간 및 군사용 등 다양한 분야에 서비스 되고 있다.

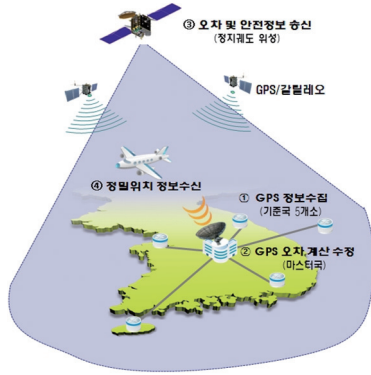


그림 2. SBAS 동작원리[5]

다만 위성항법시스템의 경우 다양한 오차요인 및 지형지물들에 의한 수신감도 저하 등의 이유로 차량용 정밀 측위 시스템에 있어 활용은 제한적인 경우가 다수 존재한다.

최근에는 GPS와 같은 단일 GNSS 사용 대비 Multi-GNSS를 수신(예, GPS와 GLONASS를 동시 수신)하는 위성 항법 시스템이 상용화 되어있고 이 경우 일정 부분 위치 정확도를 높일 수는 있으나 위성 수신 불가 지역이나 도심 밀집 지역과 같은 환경에서의 불완전성은 문제로 남아있다.

2. 센서융합(Sensor Fusion) 기술

위성항법시스템을 이용한 측위 시스템의 경우 다양한 오차 요인과 제약조건으로 인해 오래 전부터 다양한 센서들을 이용한 측위 방법에 대한 연구가 지속되었다. 이에 본고에서는 다양한 센서들을 이용한 측위 시스템의 연구동향에 대하여 알아보고자 한다.

가. 추측항법시스템(DR)

대다수의 차량용 위치 측위 시스템은 GNSS 정보만을 이용하여 자기 위치를 계산한다. 이럴 경우 터널이나 빌딩숲 같이 GNSS정보가 신뢰될 수 없거나 신호가 미약한 지역에서는 관성항법을 이용한 추측항법(DR, Dead Reckoning)이 주로 사용된다.

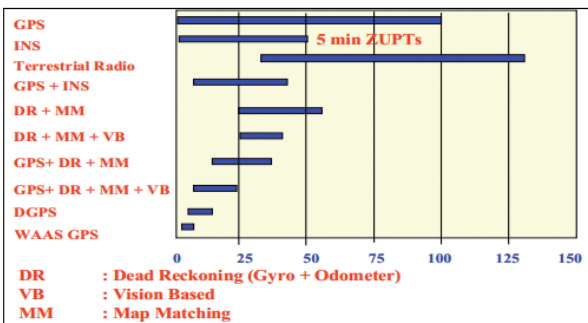


그림 3. 다양한 센서융합시스템 성능 비교[6]

다. 대부분의 추측항법 시스템은 차량의 차속계 정보와 차량에 장착된 자이로 센서를 이용하여 위치를 산출하게 된다. 추측 항법은 이미 위치를 알고 있는 한 점에서 속도와 방향각을 이용하여 차량의 새로운 위치를 계산하는 방법으로 위치를 계산하게 된다.

GNSS와 관성항법 시스템을 융합(GNSS/DR)하는 시스템을 구성하기 위해서는 DR에 대한 오차모델을 적절하게 구성해야 한다.

DR구성 방법은 강결합 방식(Tightly-Coupled)과 약결합 방식(Loosely-Coupled)이 있다. 강결합 방식은 GNSS 측정치인 코드 의사거리와 반송파 의사 거리를 사용한다. 수신되는 위성이 1~2개만 되어도 센서의 오차 보정을 할 수 있어 DR센서 계수 오차 증가율을 줄일 수 있지만, 수신 위성의 개수가 증가하면 방정식 차수가 늘어나서 계산량이 증가하는 단점이 있다. 약결합 방식은 DR 항법 방정식과 GNSS 항법 방정식을 측정치로 이용하는 융합 방식으로 구조가 간단하기 때문에 강결합 방식에 비해 계산량이 적고 센서 보상이 비교적 용이하다는 장점이 있다[7].

그러나, DR의 핵심을 이루는 IMU(Inertial Measurement Unit)는 시간에 따른 관성오차를 가지게 되는데, 관성오차가 적은 고정밀의 IMU는 가격이 너무 비싸 상업용으로 적용하기에는 무리가 있다. 따라서, 현재 상용화되어 있는 관성항법시스템에는 저렴한 가격의 IMU가 적용되어 있고, 이로 인해 IMU의 시간에 따른 관성 오차가 계속 누적되고, 계속 증가하는 문제로 자동차의 측위 정확도가 나빠지는 단점이 상존하고 있다.

나. 복합센서 시스템

GNSS/DR 시스템에 다양한 센서를 융합하여 차량의 위치정보를 결정하는 방법에 대한 연구가 이루어지고 있다. 이때 위치결정에 도움이 되는 Landmark 정보의 3차원 위치 정보가 포함되어 있어야 차량의 위치정보 결정에 도움이 된다.

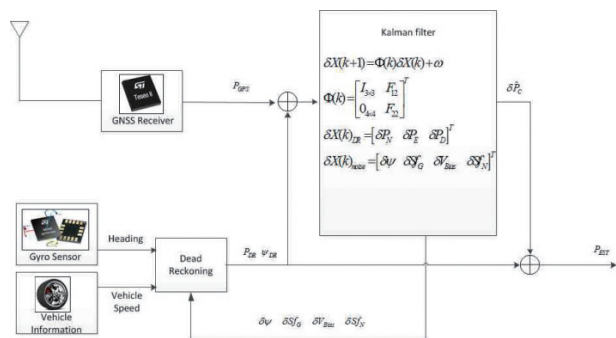


그림 4. GNSS/DR 약결합 항법 시스템 구성의 예[8]

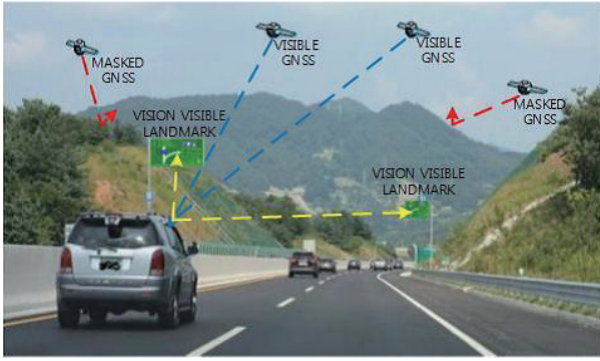


그림 5. 도심환경이나 산악지역에서 GNSS/DR과 Vision센서를 융합한 위치 결정의

GNSS/DR 정보에 부가적으로 사용되는 정보는 Vision, LiDAR, RADAR 등 다양한 복합센서 정보가 활용 가능하며, 센서의 가격 및 활용성 등의 제한조건을 감안해 볼 때, 최근에는 Vision 센서를 이용하는 방법이 중요하게 대두되고 있다.

이 중 Vision 센서를 결합하는 기술은 카메라를 통해 들어오는 영상에서 교통표지판, 노면표시, 신호등을 인식하고 시스템에 탑재된 고정밀지도의 절대좌표와 비교하여 주기적으로 GNSS/DR 시스템의 시간에 따른 위치오차를 보정할 수 있으며, 시스템 구성이 간단하고 필요로 하는 Vision 센서(VGA급 카메라)의 가격이 저렴하여 경제성 측면에서 우수하다고 할 수 있겠다. 물론 이런 장점 외에 해결해야 할 문제점도 있으며, 안개, 폭우, 강설 등의 시야확보가 불가능한 악천후 시에는 Vision 센서의 사용이 제한될 수 있어 이를 극복하기 위한 연구가 진행되고 있는 실정이다. 즉, LiDAR나 RADAR 센서 등을 추가할 필요가 있는 것이다. 이를 볼 때, 결국 어떤 하나의 센서에 전적으로 의존하여 모든 지역, 모든 상황에서 자동차의 정밀한 위치를 인식하는 것은 어려울 수 있으며, 기존의 위성항법 시스템에 여러 복합 센서를 융합함으로써 다양한 상황에서의 정밀 측위가 가능할 것이다.

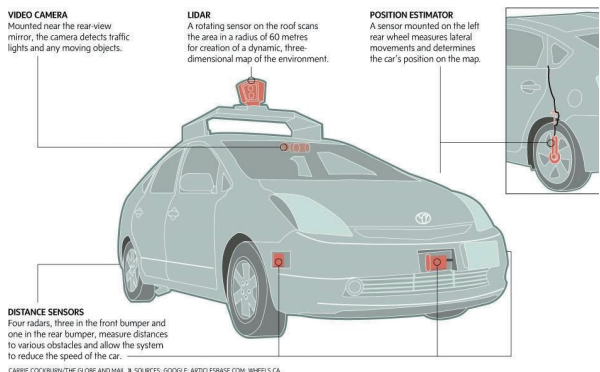


그림 6. Google 자율주행 자동차[10]

특히 Google에서 개발하여 시범운영중인 자율 주행자동차의 경우는 고가의 LiDAR센서를 이용하여 주행경로 상의 고정밀 지도를 구축하고 이를 이용하여 차량의 자율주행에 도움을 주는 위치정보를 제공해준다.

다. 고정밀 전자지도

고가의 LiDAR센서인 경우 해당 가격이 현재 시판되고 있는 차량 가격보다 더 비싼 경우가 대부분이다. 그러므로 정밀 측위를 위해서 고가의 LiDAR 센서와 같은 부가 센서를 부착하여 정밀측위에 활용하는 것은 현재시점에서 경제성이 떨어진다. 이에 복합센서시스템에서 언급된 것과 같이 측위용 위치 참조점을 3차원 지도 형태로 구축하는 프로젝트가 국내외적으로 진행 중이다.

여기서 구축된 위치 참조점은 절대좌표 형태로 GNSS/DR 시스템의 오차를 주기적으로 보상하는 데 활용하게 된다.

국내에서는 현대자동차그룹의 내비게이션과 전자 지도 구축 전문업체인 현대엠엔소프트가 모바일 맵핑 시스템(MMS)을 이용하여 산업통상자원부의 'GPS-DR, 영상 및 도로정보를 융합한 횡방향 정밀도 20cm 이내의 저가형 정밀 측위 시스템 개발'이라는 센서 융합기반 정밀 측위 프로젝트에 정밀지도 정보를 제공한바 있다.

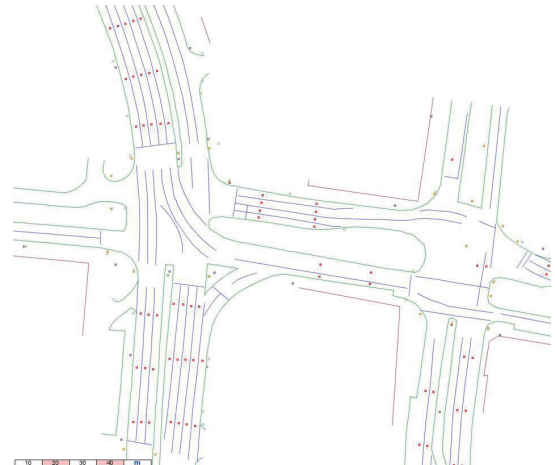
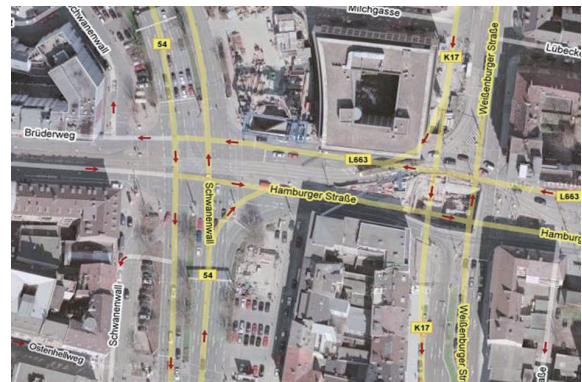


그림 7. 정밀지도 예시[11]

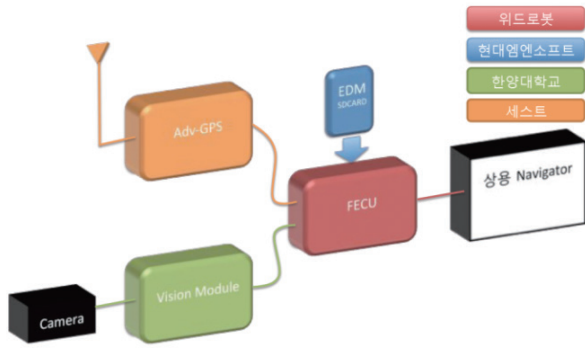


그림 8. 저가형 측위 시스템 개발 과제 구성도



그림 9. 고정밀 전자지도 구축을 위한 모바일 매핑 시스템

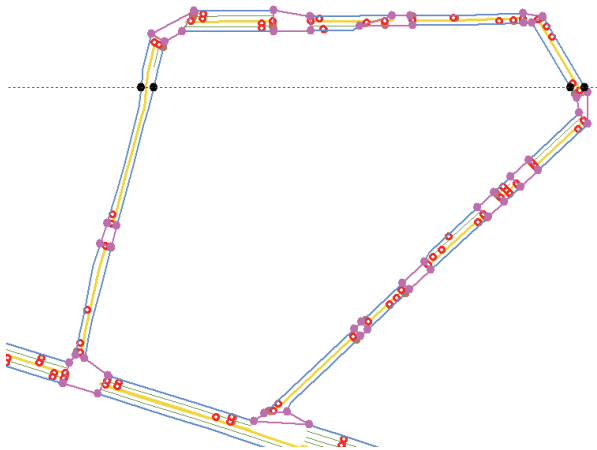


그림 10. 고정밀 전자지도 형상

3. ITS 연동 기술

ITS는 뜻 그대로 지능형 교통 시스템을 의미하는 데, 궁극적으로는 자동차의 자율주행을 목표로 하지만 그와 함께 충돌회피, 차로별 차량통행, 교차로 충돌방지 등의 다양한 서비스를 제공하여 안전과 에너지 효율화를 구현하고자 하고 있다. 이런 서비스를 정확하고 안정적으로 제공하기 위해서는 도로 주변의 RSE 설치와 자동차내의 전용 송수신 단말과 아울러 주행 중 자동차의 정밀한 차량 위치 인식 기술이 필요하다. 지금까지 언급되어진 각종 항법 시스템만으로는 주야간, 악천후 등의 날씨 변

동과 위성 수신 불가한 음영구간, 개활지, 도심밀집 지역 등의 전과 변동 구간 등의 모든 상황에서 정확한 위치 정밀도를 지속적이며 안정적으로 유지하기가 어려운 것이 사실이다. 이때, 도로 주변에 일정 간격으로 설치된 RSE와 차량간 통신(V2I)을 통한 위치 측위 기술이 해답을 줄 수 있을 것이다.

현재 V2X를 위한 통신은 DSRC(Dedicated Short Range Communication)와 WAVE(Wireless Access for Vehicular Environment) 방식이 대표적으로 적용되고 있으며, 이 두 가지 통신방식의 특징과 차이점을 <표 3>에 나타내었다.

표 3. DSRC, WAVE 비교

항목	DSRC	WAVE
주파수	5.8GHz	5.850~5.925GHz
대역폭	10MHz	10MHz
최대지원속도	160km/h	200km/h
최대통신반경	100m	1,000m

III. 결론

본고에서는 자율주행 자동차를 구현하기 위한 기반 기술 중의 하나라 할 수 있는 자동차의 자기 위치 인식과 관련된 여러 기술과 국내외 연구개발 동향에 대해 살펴보았다. 종래에는 위성을 이용한 위성항법 측위 기술이 가장 일반적이라 할 수 있는데, 기존의 단일 GNSS 수신방식에서 최근에는 Multi-GNSS를 수신하는 방식으로 가고 있고, 수신율과 위치 정확도를 보다 높이기 위하여 고정된 위치의 기준국을 활용하여 위치정확도를 개선하는 DGPS 기술이 개발, 적용되고 있다. 그러나, 도심 밀집 지역 이나 위성 수신 불가 지역과 같은 위성항법 자체만으로 정밀 측위가 어려운 상황에 대한 보완으로 관성항법시스템과 결합된 형태의 시스템이 상용화되어 있다.

이러한, 기술적, 경제적 제약사항을 해결하기 위한 GNSS와 관성항법 융합시스템(GNSS/DR)이 있으며, 나아가 부가적인 센서들을 융합하여 위치 정확도를 향상시키려는 연구가 활발히 진행되고 있는데, 카메라와 같은 Vision 센서나 LiDAR 센서를 융합하여 정밀 측위를 가능하게 하는 기술이 개발되고 있다.

<그림 11>에는 GNSS/DR에 여러 센서간 융합을 통한 정밀 측위 기술의 발전 방향을 간략하게 도식화 하였다.

그림에서 알 수 있듯이 복합 센서 융합 기반의 정밀 측위에서 필수적으로 요구되는 부분이 고정밀 전자지도이다. 고정밀 전자지도에는 도로 상의 곡률과 구배 및 차선정보가 포함되어 있으며, 도로 상의 노면표시, 즉, 횡단보도, 정지선, 방향지시 등

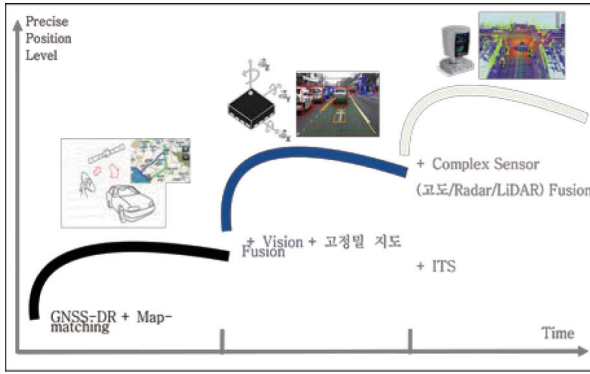


그림 11. 센서 융합 기술의 발전 방향

의 정보와 도로 주변의 교통표지, 신호등에 대한 정보가 포함되어 있다. <그림 12>에 고정밀 전자지도 데이터의 일부 속성을 나타 내었으며, 이 정보에 포함된 절대좌표와 복합 센서 측위 시스템의 결과를 비교, 위치 오차를 보정한다[12].

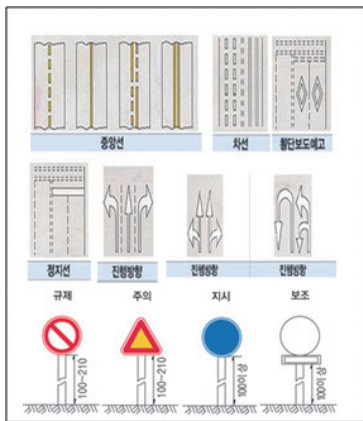


그림 12. 고정밀 전자지도 정보 속성(일부)

고정밀 전자지도는 정밀 측위를 하기 위한 기반 데이터이기 때문에 주기적인 실측을 통한 지도 데이터의 최신성 유지가 가장 중요하다고 할 수 있겠다.

궁극적으로 자동차의 주행 중 상태에서 수 Cm 이내의 위치 정확도 확보 및 어떠한 상황에서도 안정적인 측위를 유지하기 위해서는 자동차의 지능화된 복합 센서 기반의 항법시스템과 도로주변에 구축된 RSE 혹은 ITS Infra 와의 유기적인 통신을 통한 실시간 네트워크가 형성되었을 때일 것이다. 그러나, RSE의 설치 등 ITS인프라 구축을 위한 막대한 비용을 고려할 때 일부 시범지역이나 특정 구간을 제외하고는 가까운 시일 내에 전면적인 상용화가 이루어지기는 쉽지 않을 것이다.

자동차의 자율주행이라는 목표를 구현하기 위한 기술 중 하나인 주행 차량의 정밀한 위치 인식에 대한 많은 기술이 연구, 개

발되고 있으며, 이러한 노력들이 여러 상황에서 발생하는 문제점들을 해결해 나갈 것이다.

참고 문헌

- [1] 송정훈, 서대화 “차량용 센서융합 정밀 측위 기술”, 한국통신학회지 제30권 제11호, pp. 43-50.
- [2] 황두진, 양영현, 조한길, 윤은아 "GPS와 DGPS의 측위 값 비교에 관한 연구,"Bull. Inst. Fish Tech. , Vol.5, No.1, pp. 59-63.
- [3] Dr. Chaminda Basnayake, “Relative positioning for vehicle-to-vehicle communications-enabled vehicle safety applications”
- [4] <http://www.ndgps.go.kr>
- [5] 보도자료, “차세대 위성항법보정시스템, 우리나라 개발·구축”, 2012.04.27.
- [6] Dr. Naser EL-SHEIMY, “Integrated Systems and their Impact on the Future of Positioning, Navigation, and Mapping Applications”
- [7] 조성준, 저가형의 GPS+DR 혼합 항법 시스템 개발, 석사논문, 인하대학교.
- [8] 박준기, 이동선, 박귀우, 김용석, 박찬식 “상용 네비게이터를 이용한 차량용 GNSS/DR 융합 항법시스템의 구현”, 한국통신학회 2015년도 동계종합학술발표회
- [9] 박지호, 김남혁, 박경용, “GNSS와 Vision System의 최적 융합 분석”, Journal of The Institute of Electronics and Information Engineers Vol.52, NO.3, March 2015, pp.395-400.
- [10] <http://www.theglobeandmail.com/news/national/time-to-lead/the-google-driverless-car/article2141124/>
- [11] <http://www.watchover-eu.org/>
- [12] 김동석, 정호기, “센서 융합 기반 정밀 측위를 위한 노면 표시 검출”, 한국자동차공학회 2014종합 학술대회, pp. 673-676.

약 력



정재승

2005년 인하대학교 공학사
2007년 인하대학교 공학석사
2007년~현재 현대엠엔소프트 책임연구원
관심분야: 내비게이션, 지도/측위 분야



민정동

1991년 2월: 서울시립대학교 공학사
1993년 2월: 서울시립대학교 공학석사
2011년 8월: 서울시립대학교 공학박사
1995년 11월 ~ 2011년 8월: 팬택 중앙연구소
수석연구원
2013년 3월 ~ 현재: 현대엠엔소프트 수석연구원
관심분야: 이동통신, 내비게이션, 복합측위 분야