

# 차량정밀측위를 위한 복합측위 기술 동향

박진원\* · 최계원\*\*

Overview of sensor fusion techniques for vehicle positioning

Jin-Won Park\* · Kae-Won Choi\*\*

요 약

본 논문에서는 차량정밀측위를 위한 센서융합 기술의 최근 동향에 대해 다룬다. GNSS 만으로는 자율주행에서 요구하는 정밀측위의 정확도 및 신뢰도를 만족시킬 수 없다. 본 논문에서는 GNSS와 주행계, 자이로스코프 등의 관성항법 센서를 결합하는 복합측위 기술을 소개한다. 또한 라이다 및 스테레오 비전에서 탐지된 랜드마크를 정밀지도에 수록된 정보와 매칭시키는 측위 기법의 최근 동향을 소개한다.

ABSTRACT

This paper provides an overview of recent trends in sensor fusion technologies for vehicle positioning. The GNSS by itself cannot satisfy precision and reliability required by autonomous driving. We survey sensor fusion techniques that combine the outputs from the GNSS and the inertial navigation sensors such as an odometer and a gyroscope. Moreover, we overview landmark-based positioning that matches landmarks detected by a lidar or a stereo vision to high-precision digital maps.

키워드

Vehicle Positioning, Sensor Fusion, GPS, INS, LDM  
차량 정밀 측위, 복합 측위, 센서 융합, GPS, 관성 항법, LDM

## 1. 서 론

최근 차량 자율주행에 대한 관심이 높아지면서 이를 실현하기 위한 기반 기술로써 데시미터 급의 정확도를 보이는 정밀측위에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다[1]. 실외 측위에 가장 기본이 되는 GNSS(Global Navigation Satellite System)를 이용하여 차량의 위치를 파악할 수 있으나 GNSS 만으로는 자율주행에서 요구되는 측위 정밀도를 달성할 수 없다. 그러므로 GNSS 외에도 주행계, 자이로스코프, 가속도계

등의 관성항법 센서를 융합하여 GNSS 정보를 보강하고 GNSS 음영지역에서도 지속적인 측위를 가능하게 하는 기법이 연구되어 왔다[2]. 또한 영상 및 라이다(lidar) 센서로 감지된 정보를 정밀지도에 수록된 랜드마크(landmark) 및 차선 정보에 매칭시키는 정밀측위 기술도 활발히 연구가 진행되고 있다[3]. 본 논문에서는 이러한 센서융합 기반의 차량정밀측위 기술에 대한 최근 동향에 대해 다룬다.

위성을 이용한 GNSS 측위의 경우 하나의 수신기만을 사용하는 단독측위의 오차는 최대 100 m 정도

\* 서울과학기술대학교 컴퓨터공학과(qkrw@sdnjs00@naver.com) · Received : Jan. 25, 2016, Revised : Feb. 13, 2016, Accepted : Feb. 24, 2016  
\*\* 교신저자 : 서울과학기술대학교 컴퓨터공학과 · Corresponding Author : Kae-Won Choi  
· Dept. of Computer Science and Engineering, Seoul National University of Science and Technology  
· 접 수 일 : 2016. 01. 25  
· 수정완료일 : 2016. 02. 13  
· 게재확정일 : 2016. 02. 24  
Email : kaewon.choi@seoultech.ac.kr

로써 정밀측위의 요건에 크게 벗어난다. 수신기 외에 별도의 고정 기준국을 설치하여 이로부터 생성된 고정 정보를 수신하여 수신기에서 획득한 정보와 융합하는 기술인 DGPS(: Differential Global Positioning System)이나 RTK(: Real Time Kinematic)로 보다 높은 정밀도를 얻을 수 있다. 특히 RTK는 정밀한 위치정보를 가지고 있는 기준국의 반송파 위상에 대한 보정치를 이용하여 실시간으로 cm 급의 정확도를 얻을 수 있다. 그러나 RTK의 경우에도 일반적인 GNSS의 오차원인으로 여겨지는 위성 시간 및 궤도 오차, 전리층 및 대류권의 굴절, Multipath 및 Shadowing 효과, DOP(: Dilution Of Precision) 등의 문제가 동일하게 발생할 수 있으며 특히 도심에서 자주 발생하는 위성 음영지역에서는 정밀도가 크게 떨어질 수 있다.

RTK에서 발생하는 오차를 모두 직접적으로 제거하기에는 어려움이 따르며 저가의 GNSS 모듈을 활용하여 소프트웨어 적인 방법으로 이러한 오차를 완화시켜 보다 정밀한 결과를 얻어내는 방안이 합리적이라 할 수 있다. 이를 위해 GNSS와 관성항법 시스템을 결합하는 복합측위 기술을 고려할 수 있다. 관성항법 시스템은 주행계, 가속도계, 자이로스코프 등의 차량 센서를 기반으로 차량 운동 상태를 추정하여 차량의 상대적 위치를 결정할 수 있으며 약결합 및 강결합 방식으로 절대 위치를 제공하는 RTK 정보와 결합시킬 수 있다. 이러한 GNSS 및 관성항법 융합 외에도 정밀전자지도를 탑재한 LDM(: Local Dynamic Map)에서 제공하는 정밀 랜드마크 및 차선 정보를 측위에 활용할 수 있다. LDM에서는 1계층에 영구적인 지도 정보, 2계층에서 교통표지나 랜드마크 등의 반영구적인 정보를 제공한다. 1/2계층의 LDM 정보와 라이다나 스테레오 비전(stereo vision)으로부터 얻어진 실시간 정보를 결합함으로써 특정 랜드마크에 대한 상대적인 위치를 얻어낼 수 있다.

본 논문의 2장에서는 복합측위 항법 시스템의 개요를 소개한다. 3장에서는 GNSS와 관성항법 융합 기술에 대해 소개한다. 4장에서는 탐지된 랜드마크와 정밀 지도를 매칭하는 복합측위 기법에 대해 다루며 5장의 결론으로 논문을 마무리한다.

## II. 복합측위 기술 개요

### 2.1 복합측위 항법 시스템 구조

자율주행 차량에서 요구하는 고정밀, 고신뢰 측위의 실현을 위해 다양한 차량의 센서를 활용하는 복합측위 기법을 활용해야 한다. 복합측위 항법 시스템에서는 GNSS, 관성항법, 영상, 라이다 등의 다양한 센서로부터의 정보를 정보융합필터에서 결합하여 정밀한 위치 정보를 생성한다.

우선 주행계, 가속도계, 자이로스코프 등으로 구성된 관성 항법 시스템에서의 상대 좌표 출력을 GNSS의 절대 좌표와 결합하여 GNSS의 음영 지역을 해소하고 정확도를 높이는 GNSS 및 관성항법 결합 방식을 사용할 수 있다. 관성항법 센서의 출력 정보와 GNSS의 좌표를 확장 칼만 필터 등의 융합 필터를 이용해 결합한다. 필터를 설계하기 위하여 차량의 위치, 속도, 방향, 각속도, 가속도 등의 현재 상태를 표현하고 상태 변화 및 센서 출력 모델을 설정하기 위하여 차량의 동역학 모델이 요구된다.

LDM 등의 정밀 전자 지도를 이용하여 영상 및 라이다 센서로 탐지된 도로 및 랜드마크를 지도상의 위치와 매칭시키는 맵매칭 방식으로 측위의 정확도를 높일 수도 있다. 고정밀 전자 지도를 사용하는 경우 기존에 맵매칭과는 달리 지도로부터 얻어진 정보를 다시 GNSS 및 관성항법 결과에 적용시키는 양방향 매칭이 가능하다.

### 2.2 센서 정보 융합 필터

정보 융합 필터를 통해 GNSS, 관성항법, 영상, 라이다 센서 정보를 융합할 수 있다[4]. 이 때, 중앙집중적 필터와 분산적 필터 모델을 고려할 수 있다[2]. 중앙집중적 필터에서는 모든 센서의 정보가 그대로 하나의 필터로 입력되어 처리된다. 그러므로 가공되지 않은 센서 정보가 그대로 필터로 모아져서 처리되므로 정보의 손실이 거의 없다는 장점이 있다. 그러나 많은 양의 가공되지 않은 정보를 한꺼번에 처리하여야 하므로 계산복잡도가 매우 높다는 단점도 있다. 반면에 분산적 필터 모델에서는 센서 정보가 각각의 필터에서 일차적으로 처리된 후 도출된 위치 정보를 마스터 필터에서 모아 각 위치 결과의 중요도 및 신뢰도에 따라 결합한다. 그러므로 분산적 필터 모델은 중앙집중적 필터 모델보다 마스터 필터에서의 부담이

적은 장점이 있다. 그러나 분산적 필터에서는 중앙집중적 필터에 비해 모델의 정교함이 떨어지므로 성능이 저하될 수 있다.

차량 시스템의 동작 과정과 센서 측정 모델을 정립하여 정보 융합 필터에 적용하여야 한다. 이러한 차량 모델링을 위하여 CT 모델, Bicycle 모델, FWVM 등의 차량 동역학 모델을 활용할 수 있다. 차량 모델링을 위해 차량의 상태를 나타내는 벡터를 정의하여야 하고 입력 값에 따른 상태 벡터의 시간적 변화를 나타내는 공식을 만들어야 하며 상태 벡터에 따라 센서 측정 결과가 나타나는 모델을 센서 오류를 고려하여 정의해야 한다. 이러한 차량 모델은 주로 비선형적 모델이 되므로 이를 처리하기 위한 필터도 비선형 필터를 사용하여야 한다.

가장 널리 사용되는 비선형 필터로써 확장 칼만 필터(EKF: extended Kalman filter)를 들 수 있다[4]. 확장 칼만 필터는 기본적으로 상태 벡터의 변화 및 센서 측정 결과를 나타내는 비선형 수식을 현재 상태를 중심으로 선형화하여 최소제곱오류를 가지는 차기 상태 벡터를 구해내는 방식이다. 선형화를 통해 일반적인 칼만 필터와 유사한 형태의 계산이 가능하나 원래의 문제를 선형화하여 변형시키게 되므로 최적해가 아닌 근사해를 구하게 되는 단점이 있다. 또한 경우에 따라 해가 수렴하지 않고 발산할 수도 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 단순한 선형화 필터가 아닌 좀더 정교한 비선형 필터를 사용할 수 있다. 이러한 필터에는 대표적으로 Unscented 칼만 필터와 파티클 필터(particle filter)가 있다[5]. 이러한 필터는 모델의 비선형성을 유지하나 다수의 시그마 포인트(sigma point)나 파티클을 이용하여 현재의 비선형 상태를 표현하며 상태를 나타내는 변수가 모델의 차원이 증가함에 따라 급격히 증가하게 되므로 상태 변화를 계산할 때 높은 복잡도를 가지게 된다.

### III. GNSS 및 관성항법 결합 기술

#### 3.1 GNSS 및 차량 관성항법 센서

위성측위시스템인 GNSS를 이용하면 인공위성의 신호를 수신 받아 지구 상의 차량 위치에 대한 절대 좌표를 구할 수 있다. 위성이 송신하는 C/A 코드에서 구해지는 의사거리(pseudo range)나 L1, L2 반송파

위상(carrier phase)를 관측하여 위성과의 상대 측위를 수행하여 차량의 위치를 파악한다. 단일 수신기를 이용하는 단독측위의 경우 대류권/전리층 지연, 다중경로, 위성 시간 및 궤도 오류 등의 다양한 오차 요인으로 인해 낮은 정확도를 보이므로 차량 정밀측위에는 적합하지 않다. 수신기 외에 지상 기준국의 보정 정보로 측위 정밀도를 높이는 방식으로 DGPS가 있으며 1m 내외의 정확도를 가진다. 의사거리 외에 반송파 위상도 관측하여 지상 기준국 정보와의 이중차분으로 정확도를 높일 수 있는 RTK 방식도 있으며 이는 cm 급의 정밀도를 보여 정밀측위에 가장 적합한 방식이라 할 수 있다[6]. 표 1에 GNSS의 종류 및 정밀도를 정리하였다.

표 1. GNSS 및 차량 센서의 측정값  
Table 1. Output of GNSS and vehicle sensors

GNSS and vehicle sensor		Output/accuracy
GNSS	Standalone	Accuracy: < 100 m
	DGPS	Accuracy: < 1 m
	RTK	Accuracy: < 1 cm
Vehicle Sensor	Odometer	Distance traveled
	Steering wheel encoder	Front wheel angle
	Magnetometer	Magnetic north direction
	Accelerometer	3-axis acceleration
	Gyroscope	3-axis angular velocity

높은 정밀도를 가진 RTK를 사용하는 경우에도 차량의 주변 환경에 따라 위성의 음영지역이 발생할 수 있으며 GNSS의 출력 속도도 1 Hz 내외로 고속의 차량 위치를 파악하기에는 GNSS 만으로는 충분하지 않다. GNSS와 융합하여 사용할 수 있는 차량 센서에는 주행계(odometer), 스티어링 휠 인코더(steering wheel encoder), 지자기계(magnetometer), 가속도계(accelerometer), 자이로스코프(gyroscope) 등이 있다. 이들 센서에서 제공되는 정보를 GNSS에서 제공하는 절대 좌표와 결합하여 측위 정확도를 향상시키는 데 사용할 수 있다[7]. 표 1에 차량 센서의 종류 및 측정값을 정리하였다.

주행계는 차량 바퀴의 회전수를 측정함으로써 누적 이동거리를 측정하는 데 사용한다. 이는 바퀴가 회전할

때마다 펄스를 출력하는 인코더로 구현하며 일정 시간마다 출력된 펄스의 수를 측정하여 바퀴 반경에 의해 계산된 상수를 곱함으로써 이동 거리를 계산할 수 있다.

스티어링 휠 인코더는 스티어링 휠의 각도를 측정하며 이를 통해 차량 전륜의 각도를 추정하여 차량의 이동 방향을 예측하는 데 사용할 수 있다. 주행계의 정보와 스티어링 휠 인코더의 정보를 결합하여 차량의 이동 경로 및 방향을 알아낼 수 있다. 그러나 이러한 방식의 이동 경로 및 방향 추정은 바퀴의 회전 및 방향이 지표에 대한 차량의 움직임으로 그대로 전달된다는 가정 하에 가능한 것이며 여러 요인으로 인해 위와 같은 가정이 틀어질 수 있다.

지자기계는 센서 주변의 자기장을 감지함으로써 지구의 자북극(magnetic north)에 대한 상대적인 방향을 측정하는데 사용한다. 그러나 전력선이나 교량과 같은 금속 구조물이 자기장에 큰 영향을 미칠 수 있으며 이로 인해 차량 위치 측정에 오류를 발생시킬 수 있으므로 위치 추정을 위한 차량 센서로서 지자기계를 사용하는 것은 제한적이어야 할 것이다.

가속도계는 차량의 가속도를 측정하기 위해 사용하며 이는 중력 가속도도 포함한다. 가속도계로 측정된 가속도를 이용하여 속도를 계산하고 다시 이를 통해 이동거리를 추산할 수 있다. 반면 자이로스코프는 차량의 각속도를 측정하여 차량의 회전을 감지하며 이러한 정보를 토대로 차량의 방향을 알아낼 수 있다. 차량에는 MEMS 센서 기술로 구현된 저가, 소형의 가속도계 및 자이로스코프를 사용할 수 있으나 상대적으로 낮은 정확도를 보일 수 있다.

일반적으로 가속도계 및 자이로스코프를 결합하여 가속도 3축, 각속도 3축의 결과를 출력할 수 있는 6 DOF( Degree Of Freedom)의 관성 센서(IMU: Inertial Measurement Unit)을 많이 사용한다. 주행계, 스티어링 휠 인코더, 지자기계와 달리 가속도계 및 자이로스코프의 출력은 주변 지형이나 환경의 영향을 받지 않는다. 그러나 이러한 센서에도 다양한 오류가 발생할 수 있으며 가속도 및 각속도를 적분하여 차량의 위치 및 방향을 측정하게 되므로 오류가 누적되어 일정 시간이 지난 후에는 매우 큰 오차로 이어질 수 있다. 그러므로 절대 좌표를 생성하는 GNSS와 결합하여 누적 오차를 보정해 줄 필요가 있다.

### 3.2 GNSS 및 관성항법 결합 방법

GNSS와 관성항법을 결합하는 방식에는 크게 약결합과 강결합 방식이 있다. 우선 약결합 방식은 GNSS를 절대 좌표를 출력하는 하나의 독립된 센서로 간주한다. GNSS에서 출력된 위치 정보는 센서 융합 필터로 입력되어 관성항법 정보와 융합된다. 이러한 약결합 방식은 비교적 간단하게 구현할 수 있으며 안정적으로 동작하는 장점을 지닌다. 하지만 GPS의 측위를 위해 의사거리와 반송파 위상 정보를 처리할 수 있는 별도의 필터에서의 추적 루프(tracking loop) 동작이 필요하며 이러한 필터의 동작을 위해 일정 수 이상의 위성이 탐지되어야만 한다. 또한 GNSS 필터와 융합 필터가 직렬로 배치됨으로써 융합 필터로 입력되는 신호의 오류가 시간적 연관성을 지니게 되어 칼만 필터에서 가정하는 비상관(uncorrelated) 오류 모델과 맞지 않을 수 있다.

강결합 방식은 약결합 방식보다 GNSS 정보와 관성항법 정보를 보다 기초적인 단계에서 하나의 필터를 통해 결합함으로써 약결합 방식에서 나타나는 연관 오류 문제를 해결할 수 있으며 관성항법에서 GNSS의 추적 루프를 지원함으로써 보다 적은 수의 위성으로 측위를 가능하게 하는 장점이 있다. 강결합 방식에서 GNSS 수신기는 측정된 위치 정보를 필터에 공급하는 것이 아니라 보다 기초적인 정보인 의사거리와 반송파 위상을 직접 융합 필터에 입력하여 관성항법 정보와 결합한다. 그러나 구현이 복잡하고 하드웨어 종류에 따라 달리 설계되어야 하는 단점이 있다. 강결합 방식에서는 관성항법 정보를 GPS 추적 루프에 입력하여 이를 지원할 수 있으나 초강결합 방식에서는 이보다 한 단계 더 나아가서 추적 루프 단계에서 결합하여 위성 신호의 신호 대 잡음비(signal-to-noise ratio)를 향상시키고 다중 경로 문제를 완화시키며 신호 획득 속도를 빠르게 할 수 있다.

## IV. 랜드마크와 정밀지도 매칭 측위 기술

### 4.1 정밀전자지도 및 LDM

GNSS 및 관성항법 외에도 사전에 정밀전자지도를 제작하고 주행 중에 검출한 랜드마크 및 도로 속성에 관한 정보를 정밀전자지도에서 찾아 절대위치를 계산

해 내는 방법을 사용할 수 있다. 과거에는 cm 급의 정확도를 가지는 정밀전자지도를 구축하는데 많은 어려움이 있었으나 최근에는 차량에 정밀한 GNSS 및 관성항법 등의 도로 상황을 수집할 수 있는 센서들을 장착하고, 이 차량을 운전하여 도로의 상황을 수집하는 MMS( Mobile Mapping System) 활용하여 정밀 전자지도를 제작할 수 있다.

정밀전자지도의 발전된 개념으로 협력적으로 ITS를 구현하는 C-ITS( Cooperative ITS)에서 고려하는 LDM( Local Dynamic Map)을 들 수 있다[8]. C-ITS는 V2X 통신을 이용하여 여러 차량 및 도로 인프라에서 발생한 정보를 서로 공유하는 협력 지능형교통체계를 뜻한다. LDM은 C-ITS의 필수적인 요소로써 지도 정보와 차량 정보를 종합해서 관리할 수 있도록 도와주는 C-ITS에 관한 데이터들의 집합이라 할 수 있다. LDM은 C-ITS 시스템에 사용되는 데이터를 특성에 따라 여러 계층으로 분할하여 관리하기 위한 메커니즘을 제공한다.

그림 1을 살펴보면 LDM은 총 네 가지 계층으로 이루어져 있다. 첫 번째 계층은 도로 데이터와 같은 실시간으로 갱신되지 않는 반영구적 데이터, 두 번째 층은 표지판이나 랜드마크와 같은 데이터, 세 번째 층은 기상 정보, 교통 혼잡도나 신호등 상태와 같은 다소 동적인 데이터, 네 번째 층은 보행자나 자전거, 교통사고처럼 시간 규모가 짧은 데이터들로 구성되어 있다[8]. 차량은 V2X 통신을 통해 LDM의 1계층 및 2계층 데이터를 수신하여 영상 및 라이다 센서의 정보와 매칭시켜 현재 위치를 파악하는데 사용할 수 있다.

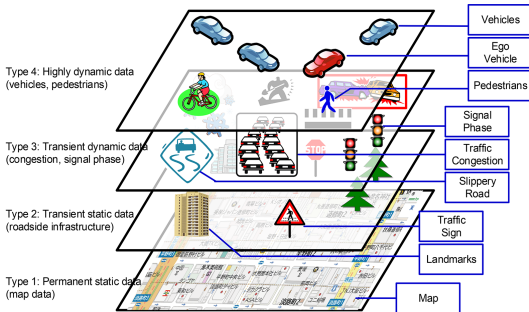


그림 1. LDM의 4가지 계층[8]

Fig. 1 Four layers of local dynamic map[8]

## 4.2 랜드마크 및 도로 속성 맵매칭 기술

영상 및 라이다를 이용한 정밀지도 매칭 측위 시스템을 살펴보도록 한다. [9]에서는 라이다 기반 정밀측위를 수행하는 시스템을 구현하고 이의 성능을 보였다. 해당 연구에서는 그림 2와 같은 라이다 탑재 차량을 이용하여 라이다 반사율을 나타내는 확률적 지도를 생성하였다. 실제 측위 과정에서 얻어진 라이다 센서 결과를 미리 생성한 반사율 지도와 비교하여 위치를 파악한 후 GNSS와 관성항법 결합 결과를 보강하여 60-90 cm에 이르는 오류를 9-12cm까지 감소시켰다[9].

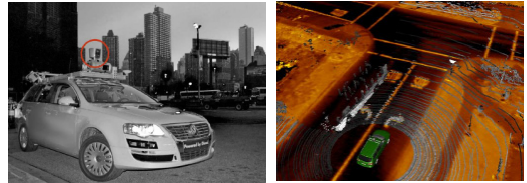


그림 2. 라이다 기반 정밀측위[9]

Fig. 2 Lidar-based vehicle positioning[9]

라이다 측위의 높은 정밀도에도 불구하고 고가의 라이다를 이용한 차량 양산에는 어려운 점이 있으며 이를 대체할 만한 다른 센서로 스테레오 카메라를 고려하는 연구가 있다[10]. 그림 3에서는 스테레오 카메라를 이용한 특징 기반 측위와 차선 기반 측위를 보여준다. [10]에서는 스테레오 카메라로 랜드마크를 탐지하여 이의 특징 및 위치를 파악하여 지도에 기록하고 실제 주행 시에는 후방 일반 카메라로 찾아낸 특징을 지도와 매칭시키는 특징 기반 측위 기법을 제시하였다. 또한 랜드마크가 별로 없는 도시 외 지역에서 측위를 위해 차선을 탐지하여 지도와 매칭하는 차선 기반 측위 기법도 제시하였다.

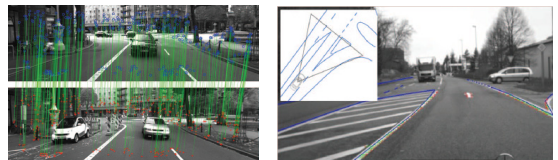


그림 3. 스테레오 비전 기반 정밀 측위[10]

Fig. 3 Stereo vision-based vehicle positioning[10]

## V. 결론

본 논문에서는 차량정밀측위를 위한 센서융합기술에 대한 최근 동향을 정리하였다. GNSS와 관성항법 센서 결과를 융합하는 기법 외에 라이다나 스테레오 비전으로 탐지한 랜드마크 및 도로 속성을 정밀지도와 매칭시켜 위치를 파악하는 정밀측위기법을 소개하였다.

### 감사의 글

본 논문은 2015년도 국토교통부의 스마트 자율협력주행 도로시스템 개발 사업 (15TLRP-B101406-01)의 지원으로 수행되었음.

## References

- [1] J. Park, J. Choi, and Y. Bae, "Scientometric analysis of autonomous vehicle through paper analysis of each nation," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 8, no. 2, 2013, pp. 321-328.
- [2] I. Skog and P. Handel, "In-car positioning and navigation technology - a survey," *IEEE Trans. Intelligent Transportation Systems*, vol. 10, no. 1, Mar. 2009, pp. 4-21.
- [3] K. Jang and S. Kwak, "Fast center line detection method or vehicle application," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 9, no. 9, 2014, pp. 999-1004.
- [4] F. Gustafsson, *Statistical Sensor Fusion*, vol. 2:1, Lund: Studentlitteratur 2012.
- [5] S. Noh, T. Kim, N. Ko, and Y. Bae, "Particle filter for correction of GPS location data of a mobile robot," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 7, no. 2, 2012, pp. 381-389.
- [6] P. Teunissen, "The least-squares ambiguity decorrelation adjustment: a method for fast GPS integer ambiguity estimation," *J. of Geodesy*, vol. 70, no. 1-2, Nov. 1995, pp. 65-82.
- [7] D. Titterton and J. Weston, *Strapdown Inertial Navigation Technology*, vol. 17, Stevenage: IEE 2004.
- [8] H. Shimada, A. Yamaguchi, H. Takada, and K. Sato "Implementation and evaluation of local dynamic map in safety driving systems," *J. of Transportation Technologies*, vol. 5, no. 2, May. 2015, pp. 102-112.
- [9] J. Levinson and S. Thrun, "Robust vehicle localization in urban environments using probabilistic maps," In *Proc. IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation*, Anchorage, USA, May 2010, pp. 4372-4378.
- [10] J. Ziegler, et al(30), "Making Bertha drive - an autonomous journey on a historic route," *IEEE Intelligent Transportation Systems Mag.*, vol. 6, no. 2, Apr. 2014, pp. 8-20.

## 저자 소개



### 박진원(Jin-Won Park)

2016년 금오공과대학교 컴퓨터공학과 졸업(공학사)

2016년~현재 서울과학기술대학교 컴퓨터공학 석사과정

※ 관심분야: Sensor fusion, vehicle localization



### 최계원(Kae-Won Choi)

2001년 서울대학교 지구환경시스템공학부 졸업(공학사)

2007년 서울대학교 대학원 컴퓨터공학과 졸업(공학박사)

2010년~현재 서울과학기술대학교 컴퓨터공학과 교수

※ 관심분야: V2X communication, Wireless Power Transfer