

차량 내부 센서를 이용한 위치·자세 결정 시스템 구축 및 평가

Development and Evaluation of a System to Determine Position and Attitudes using In-Vehivle Seonsors

김호준* · 최경아** · 이임평***

Ho Jun Kim · Kyuong Ah Choi · Im Pyeong Lee

요 약 GPS 기반 차량 내비게이션은 신호 수신이 어려운 터널과 빌딩 숲 같은 곳에서 위치 정확도가 현저히 떨어진다. 이에 본 연구는 GPS 없이 차량의 내부 센서 데이터만을 이용하여 위치·자세를 결정하는 방법을 제안한다. 제안한 방법의 실현 가능성 확인하기 위하여 내부 센서 데이터와 기준 데이터를 동시에 취득할 수 있는 시스템을 구축하였다. 취득된 데이터와 이를 이용하여 제안된 방법으로 추정된 경로에 대한 정확도 평가를 수행하였다. 내부센서로 측정된 속력과 각속도는 각각 1.1 km/h와 0.8 deg/s 정도의 RMS 오차를 보였고, 이를 이용하여 추정된 경로는 약 15분 정도 주행했을 때 20.8 m의 RMS 오차를 보였다. 향후 카메라와 GPS 등의 추가센서와 융합하면, 고가의 고정밀 외부 IMU가 없어도 높은 정확도의 저가 내비게이션으로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

키워드 : 차량 내비게이션, 차량 내부 센서, 위치자세 결정, 캔통신

Abstract GPS based car navigation systems show significant problems in such environment as a tunnel, a road surrounded by high buildings. In this study, we thus propose a method to determine positions and attitudes using only in-vehicle sensory data without a GPS. To check the feasibility of this method, we constructed a system to acquire in-vehicle sensory data and reference data simultaneously. We acquired test data using this system, estimated the trajectory based on the proposed method and evaluated the accuracy of both the sensory data and the trajectory. The speed and angular velocities provided by the in-vehicle sensors include 1.1 km/h and 0.8 deg/s RMS errors, respectively. The estimated trajectory using these data shows 20.8 m RMS errors for a 15 minute drive. In future, if we further combine additional sensors such as a camera and a GPS, we can achieve a high accurate navigation system at a low cost without an expensive high-grade external IMU.

Keywords : Car Navigation, In-vehicle Sensor, Position and Attitude Determination, CAN Communications

1. 서 론

차량용 내비게이션은 사용자의 위치를 추정할 수 있는 항법장치의 발전, 이를 표현해 줄 수 있는 전자지도 제작 기술의 발전, 스마트 폰의 보급 확대 등으로 인해 활발히 사용되고 있다[9]. 그러나 현재 사용되는 대부분의 내비게이션은 탑재된 GPS(Global Positioning System)의 성능에 의존적이다. 이러한 내비게이션의 구조적 문제 때문에 고층 빌딩 지역, 터널 등의 주변 환경에 의해 다중경로(Multipath) 오차가 생기거나 신호단절로 인해 평소에 비해 오차가 커지는 구간이 발생한다. 또한 Figure 1처럼 평행 도로 분기점과 같은

환경에서는 내비게이션에 장착된 GPS 수신율은 양호하지만 내비게이션을 통해 안내되는 위치의 정확도는 떨어지는 상황이 발생한다[15]. 한편 무인자동차나 최첨단 운전자 보조시스템(ADAS: Advanced Driver Assistance System)의 개발이 가속화 되고 있으며 이러한 시스템에서는 주행하고 있는 차량의 위치와 자세를 정확히 아는 것이 매우 중요하다. 그런데 이러한 시스템의 경우에도 절대적인 위치는 GPS를 사용하기 때문에 내비게이션에서와 같은 문제가 발생하게 된다. 그래서 이러한 문제를 해결하기 위해 센서를 추가 하는 방법 [3,6,14], 데이터 보정을 위한 필터를 새롭게 추가 하는 방법[7,8] 등의 연구가 수행되고 있다. 이 중에서도 여

† This work was supported by the Industrial Strategic Technology Development Program (10042808, Development of Driver Assistance Systems Using Camera, Radar and Road Characteristics) funded by the Ministry of Knowledge Economy(MKE, Korea).

* Hojun Kim, Master's Student, Dept. of Geoinformatics, University of Seoul. zzimss@uos.ac.kr

** Kyoungah Choi, Research Professor, Dept. of Geoinformatics, University of Seoul, shale@uos.ac.kr

*** Impyeong Lee, Associate Professor, Dept. of Geoinformatics, University of Seoul, iplee@uos.ac.kr (Corresponding Author)

러 가지 센서를 추가하고 이들 간의 결합을 통한 복합 측위 방법과 관련된 연구가 활발하게 이루어지고 있는데 그 예로 낮은 비율로 갱신되는 GPS와 높은 데이터 획득 주기를 가지는 INS(Inertial Navigation System)를 결합하여 항법에 활용하는 연구[16], GPS와 스테레오 영상, 중급 INS를 함께 활용하는 연구[21] 등이 있다.

이처럼 추가적인 센서를 이용하는 연구 중에는 영상 센서를 추가로 이용하는 연구도 활발하게 진행 중이다. Andrey[1]는 GPS와 영상센서를 결합하는 방법으로 이동하는 물체에 여러 대의 카메라를 탑재하고 GPS정보와 영상 정보를 함께 이용해 위치·자세 정보를 개선하는 연구로 GPS 수신 상태 및 카메라의 수를 조절해가며 그 정확도를 확인하는 실험을 수행한 연구였다. GPS기반 항법의 성능보완을 위해 영상센서를 이용하여 차선을 검출하고 이 추정치와 GPS 추정치를 결합해 이동변위를 측정하는 연구[12]의 경우 가시 위성이 2개 정도로 적을 때는 영상센서를 이용해 보정할 수 있다. 하지만 차선구분이 잘 되지 않거나 장시간 가시위성 개수가 부족할 경우에는 문제가 발생했다. 또 차량에 전방위 시각 센서(omnidirectional vision sensor)를 탑재하여 기존의 좁은 시야각을 가지는 문제를 해결하고자 하는 연구[13]에서는 영상센서 뿐만 아니라 INS, odometer 등을 함께 탑재하였으며 전방위 시각 센서를 이용해 소실점(vanishing point) 추출 및 추적하였다. 이를 이용하여 차량의 회전 정도를 추정하고 INS 품질을 개선하는데 사용하였는데, 차량의 위치 추정 정확도가 기존 방법에 비해 개선되긴 했지만 고가의 센서를 사용했다는 한계가 있다.

한편 여러 가지 센서가 하나의 기기에 탑재되어 있는 스마트폰을 활용하여 이동하는 객체의 위치·자세를 추정하려는 연구에 활용되고 있다. 스마트폰에 탑재된 GPS, 자이로 센서, 전자나침반 등의 다양한 센서를 활용하여 차량의 현재 위치를 추정하거나 주행한 경로를 추정하기도 한다. Retsher[18]는 스마트폰의

다양한 센서를 이용해서 사용자의 걸음을 카운트 하고 이를 GPS정보와 결합하는 방법을 통해 위치를 결정하는 스마트폰 애플리케이션을 개발하여 보행자의 위치나 차량의 위치를 추정하는 연구를 수행하였다. 그리고 이와 유사하게 자전거로 이동할 때 스마트폰의 모션 센서로부터 사람의 반복적인 페달 모션에 대한 데이터를 획득하고 이를 이용해 GPS/INS 오차 누적을 줄이는 방법에 관한 연구[5]도 있다.

앞서 언급한 연구들 이외에도 차량에 이미 탑재되어 있는 센서를 이용하는 연구도 진행되고 있다. 상용 차량에는 이미 휠 속도, 각속력, 핸들 정보 등의 센서가 설치되어 있는데 추가적인 센서 없이 이러한 내부 센서 데이터를 만을 이용하여 위치·자세를 추정하는 방법에 대해 시뮬레이션을 수행한 연구가 있으며[10], 저가형 GPS와 차량 센서를 함께 이용하여 두 정보를 결합해서 차량 위치를 추정하는 시뮬레이션을 수행한 연구[11]도 있었다.

현재 본 연구팀에서는 기존의 GPS에 의존적인 시스템의 문제를 개선하여 정밀 차량내비게이션이나 무인자동차 등에 활용될 수 있는 시스템을 개발하고자 한다. 이 때 기존의 연구에서도 많이 활용되고 있는 방법인 GPS 이외에 추가적인 센서를 활용하는 방법으로 연구를 수행 중에 있다. 이 연구에서 추가적으로 사용하고자 하는 센서는 크게 두 가지로 차량 내부 센서와 영상 센서이다. 차량 내부 센서는 현재 상용 차량에 많이 탑재되어 있으며 주행 중인 차량의 다양한 정보를 제공해 준다. 이를 위해 차량 내부 센서 데이터와 영상 데이터, 검증용 위한 기준데이터 등을 취득할 수 있는 시스템을 구축하였다. 또한 취득된 데이터를 효과적으로 처리하고, 이를 이용해 정밀하게 차량 위치·자세를 추정하는 알고리즘을 설계하고 있다. 이러한 과정 중에서 본 논문은 내부 센서 데이터만을 이용하여 차량 위치·자세를 추정하는 부분에 초점을 맞추어 기술하였다. 이를 위하여 시스템을 설계 및 구축하였으며, 구축한 시스템을 이용하여 데이터를 취득하고

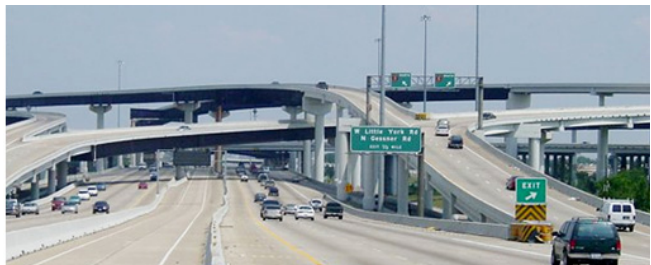


Figure 1. Low GPS accuracy section in parallel road junction

취득된 데이터에 대한 정확도 검증 또한 수행하였다. 그리고 취득된 데이터를 이용하여 차량의 위치·자세를 추정하였고 결과에 대한 정확도 비교 검증을 수행하였다.

2. 내부 센서 데이터를 이용한 위치·자세 결정방법

2.1 차량 내부 센서 데이터

차량에는 엔진이나 자동변속기 등의 상태를 컴퓨터로 제어하는 전자 제어장치(ECU: Electronic Control Unit)들이 탑재되어 있다. 이러한 전자 제어장치들 이외에도 다양한 센서들이 차량에 많이 탑재되어 있고 이들 간의 통신이 필요하다. 그런데 통신방식이 일대일 방식일 경우 안정성이나 비용, 무게 등의 문제가 발생할 수 있기 때문에 이러한 문제를 방지하기 위한 다중통신 방식이 필요하게 되었다. 그래서 차량용 네트워크를 위해 고안된 시리얼 네트워크 통신 방식인 CAN(Controller Area Network)이 만들어졌다. CAN 통신은 ECU를 병렬로 연결하여 ECU 상호간 정보 교환을 처리하며 노이즈에 강하다. 이러한 장점 때문에 처음에는 차량용으로 개발되었지만 안정성 및 장점이 입증되어 철도, 항공기, 의료기 등의 다양한 분야에 적용되고 있다[20]. 차량 CAN 통신으로부터 얻을 수 있는 센서 정보는 차량 휠 개별 속도, 종/횡가속도, 각속도, 기어 정보, 차량속력, 브레이크 상태, 핸들 회전 각 정보 등이 있다. Table 1은 CAN 통신으로부터 얻을 수 있는 데이터 중 일부 데이터의 ID, 데이터 명, 해상도, 단위, 획득주기 등을 보여준다. CAN 통신에서는 이러한 데이터뿐만 아니라 각속도나 종/횡가속도 등의 일부 데이터에 대해 얻어지는 값이 유효한 값인지 아닌지를 판별할 수 있는 신호 상태 값도 함께 제공한다.

Table 1. Examples of in-vehicle sensory data

ID (HEX)	Data name	Resolution	Unit	Period [ms]
0×1F1	wheel velocity	0.125	km/h	20
0×220	lateral/longitudinal acceleration speed	0.01	m/s ²	10
0×220	yaw-rate	0.01	deg/s	10
0×316	speed	1	km/h	10

2.2 위치·자세 결정 방법

본 연구에서는 주변 환경의 영향으로 인해 발생하는 신호 단절이나 분기점과 같은 형태의 도로에서 생기는 낮은 위치 정확도 문제 등으로 GPS 신호를 효과적으로 활용할 수 없을 때 이를 보완하는 방법으로 내부 센서 데이터를 활용하는 방법을 제안한다. CAN 통신으로부터 얻어지는 다양한 차량 내부 센서 데이터 중 시간에 따른 속력과 각속도를 입력 값으로 하고 추측항법(Dead Reckoning)을 이용하여 이동하는 차량의 위치·자세를 결정한다. 추측항법이란 외부 센서 정보를 이용하지 않고 자이로(Gyro), 주행거리계(Encoder), 속도계 등으로 이동하는 물체의 위치·자세를 추정하는 방법이다[17,19]. 추측항법을 이용할 경우 계산된 경로와 실제 운행 경로에는 차이가 존재하며, 차량의 위치·자세를 같은 수식의 반복계산을 통해 얻는다. 그런데 이러한 반복 계산을 할 때 계산식에 포함된 속력과 각속도가 센서로부터 기인하는 편차를 가지고 있을 경우 주행거리가 길어질수록 오차가 증가하는 단점이 있다. 하지만 센서의 추가 없이 기존에 존재하는 내부 센서 값만을 활용하며 간단한 수식으로 움직이는 물체의 위치·자세를 신속하게 결정할 수 있는 장점이 있다[4].

차량이 주행하면서 시간의 흐름에 따라 얻을 수 있는 속력과 각속도를 CAN 통신을 이용해 획득하고 이를 이용하면 차량의 2차원 위치·자세를 결정할 수 있다. 차량의 초기 위치가 $[x(0), y(0)]$ 라고 할 때, 시간 t 에서의 차량의 위치 $[x(t), y(t)]$ 는 식 (1)로 표현된다. 여기서 $v(t)$ 와 $\theta(t)$ 는 각각 시간 t 에서의 차량의 속력과 진행방향에 해당하는 각을 의미한다. 또한, $\theta(t)$ 는 차량의 초기 진행 방향이 $\theta(0)$ 이고 각속도가 $\omega(t)$ 일 때, 식 (2)로 표현된다.

$$\begin{bmatrix} x(t) \\ y(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x(0) \\ y(0) \end{bmatrix} + \int_0^t v(t) \begin{bmatrix} \cos\theta(t) \\ \sin\theta(t) \end{bmatrix} dt \quad (1)$$

$$\theta(t) = \theta(0) + \int_0^t \omega(t) dt \quad (2)$$

식 (1)과 (2)의 적분은 아주 작은 시간 간격 Δt 를 주기로 이산화하여 근사적으로 표현하면 식 (3)과 (4)처럼 나타내어진다. 여기서 t 대신에 n 또는 k 라는 첨자를 사용하였는데, 이는 $t = n\Delta t$ 또는 $t = k\Delta t$ 시점에서 샘플링된 것을 의미한다. 예를 들어, $[x_n, y_n]$ 은 $t = n\Delta t$ 일 때 차량의 위치 $[x(n\Delta t), y(n\Delta t)]$ 를 나타낸다.

$$\begin{bmatrix} x_n \\ y_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_0 \\ y_0 \end{bmatrix} + \sum_{k=0}^{n-1} v_k \begin{bmatrix} \cos\theta_k \\ \sin\theta_k \end{bmatrix} \Delta t \quad (3)$$

$$\theta_n = \theta_0 + \sum_{k=0}^{n-1} \omega_k \Delta t \quad (4)$$

이러한 수식을 이용하여 $n-1$ 인 순간의 위치, 자세를 알고 있을 때, 속력과 각속도를 이용하여 n 인 순간의 위치, 자세를 식 (5)와 (6)처럼 계산할 수 있다. 이러한 연산과정을 짧은 Δt 마다 반복하게 되면 차량의 2차원 주행경로를 초기 위치·자세를 기준으로 상대적으로 결정할 수 있다.

$$\begin{bmatrix} x_n \\ y_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_{n-1} \\ y_{n-1} \end{bmatrix} + v_{n-1} \begin{bmatrix} \cos\theta_{n-1} \\ \sin\theta_{n-1} \end{bmatrix} \Delta t \quad (5)$$

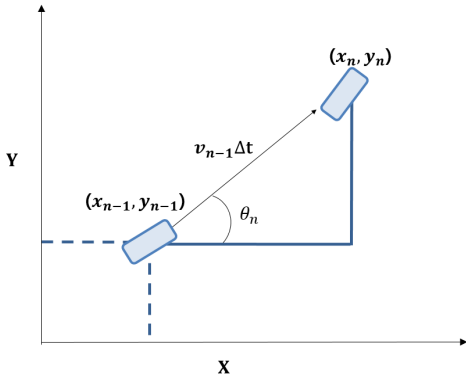


Figure 2. Car position and attitude estimation

$$\theta_n = \theta_{n-1} + \omega_{n-1} \Delta t \quad (6)$$

Figure 2는 설명한 차량의 상대적인 위치·자세 결정 과정을 그림으로 표현한 것이다. 이와 같은 방법은 속력과 각속도를 이용하여 차량의 위치·자세를 결정할 수 있기 때문에 차량 CAN 통신으로부터 속력과 각속도의 내장 센서 데이터를 획득할 수 있는 시스템이 구비된다면 실시간으로 차량의 상대적 위치·자세를 결정할 수 있게 된다. 또한 만약 차량의 초기 위치·자세나 특정 시점의 위치·자세를 얻을 수 있다면 차량의 절대적인 2차원 주행경로를 결정할 수 있는 내비게이션 시스템이 가능하게 된다. Figure 3은 위와 같은 방법을 이용하여 모의 주행경로를 추정한 예로써 시간에 따른 속력과 각속도를 입력 값으로 하고 추측항법을 이용해 차량 위치·자세를 결정한 결과이다.

2.3 시스템 구축 및 평가

차량 내부 센서 데이터를 이용하여 차량의 위치·자세를 결정하는 방법의 실현 가능성을 검증하기 위해서 내부 센서와 위치·자세 결정 방법에 대한 평가가 필요하다. 이를 위해 차량 내부 데이터와 정확도 검증에 이용할 수 있는 기준 데이터를 함께 취득할 수 있는 시스템을 구축하였다. 구축된 시스템을 이용하여 취득된 내부 센서 데이터를 기준데이터와 비교하여 센서의 개별 정확도를 평가하였다. 또한 얻어진 센서 데이터를 이용하여 차량의 주행 경로를 추정하였고 추정된 경로와 기준데이터에서 얻은 경로와의

시간 속력 각속도

0	0	0
1	20	0
3	20	2
4	20	1
5	40	0
7	40	-1
9	0	1

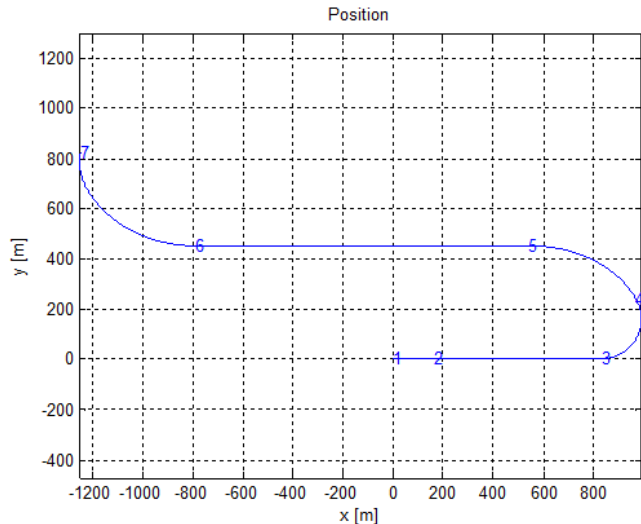


Figure 3. Example of dead reckoning using in-vehicle data

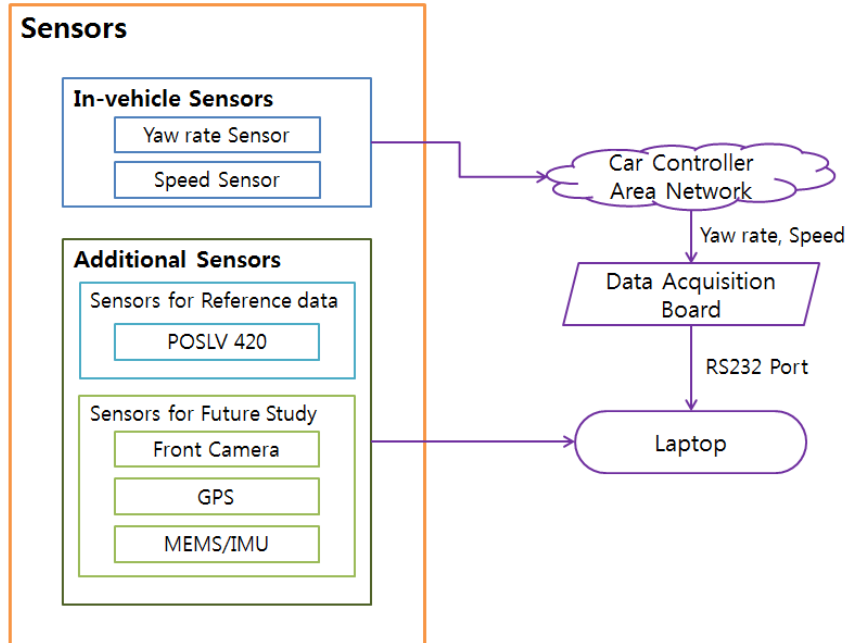


Figure 4. System configuration

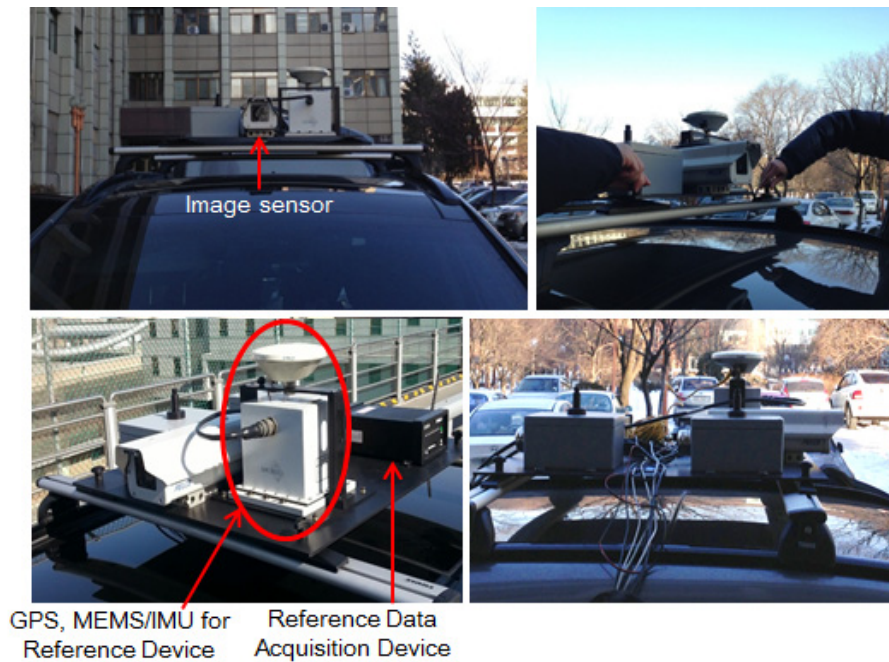


Figure 5. System mounted on the roof of a car

비교를 통해 위치·자세 결정 방법에 대한 정확도 검증을 수행하였다.

2.3.1 데이터 취득 시스템 구축

앞서 제시한 방법에 따라 차량의 위치·자세를 결정하기 위해 차량 CAN 통신으로부터 내부 센서 데이터

를 취득하는 시스템을 구축했다. 구축된 시스템은 차량의 CAN 통신으로부터 신호를 얻고 이를 통합보드에서 수신 및 처리하며 그 결과를 다시 데이터 저장용 노트북에 전달하는 구조를 가지고 있다. 또한 정확도 검증을 위하여 취득된 내부 데이터와 비교할 수 있는 기준데이터도 함께 취득할 수 있도록 Applanix사의 POS-LV 420을 차량에 함께 탑재하였다. Figure 4는 데이터를 취득하는 시스템의 전체 구성도이며 Figure 5는 구성된 시스템을 차량에 탑재한 사진이다. 현재 구축된 시스템의 경우 향후 추가적인 연구를 위하여 영상센서도 함께 탑재하여 내부 센서 데이터와 기준 데이터 이외에 영상센서, GPS, MEMS/IMU 등의 다른 센서 데이터도 함께 얻을 수 있도록 하였다.

현재 구축된 시스템에서 내부 센서로부터 얻은 데이터와 기준 데이터를 비교하거나 향후 실생활에 내비게이션 시스템으로 사용하기 위해서는 얻어진 데이터를 실시간으로 수신 받고 처리할 수 있어야 한다. 또한 취득되는 개별 데이터에 대한 정확한 시간정보가 추가적으로 필요하다. 이를 위해 본 시스템에서는 수신 받은 데이터의 시간을 수집하고 이 시간을 데이터와 함께 저장하는 기능을 담당하는 통합보드를 구축하였다. 통합보드는 실시간 처리 및 정확한 시간 기록에 유리하도록 펌웨어를 기반으로 구성하였으며 펌웨어는 C 언어로 작성되었다. 차량 CAN 통신으로부터 신호를 수신 받을 수 있도록 차량의 CAN 포트를 통합보드와 연결하였고 보드에서는 신호가 입력되면 이때의 시간을 기록하여 타임태깅(time tagging) 되어진 메시지를 생성한다. 통합보드는 RS232포트를 이용하여 통신하며 연결된 노트북에 생성된 메시지를 전

송하게 되는데 이 때 메시지에는 CAN 통신으로 부터 얻은 신호와 이때의 시간을 의미하는 신호까지 함께 포함되어 있다. 이렇게 생성된 메시지는 노트북으로 전송되며 노트북에서는 하이퍼터미널을 이용하여 실시간으로 시간 동기화가 이루어진 메시지들을 시간 순서대로 전송받고 이를 저장한다. 이러한 과정을 통해 타임태깅이 이루어진 차량 내부 센서 데이터를 획득할 수 있게 된다.

한편 차량 내부 센서 데이터와의 비교를 위해 본 실험에서 사용한 기준데이터 취득 시스템인 POS-LV420의 경우 차량에 장착해서 주행 로그를 기록하는 장비이다. 이 시스템의 경우 차량 운행 중 GPS신호 단절구간이 존재할 경우에도 적은 오차를 가지는 정보를 제공해 줄 수 있다. 이 연구에서는 POS-LV420 제조사에서 제공하는 후처리 소프트웨어(POSPac)를 이용하여 주행이 끝난 후 기록된 로그를 처리하여 차량 주행에 대한 데이터를 얻었으며 이를 기준데이터로 사용했다. 후처리 과정을 통해 얻을 수 있는 데이터는 차량의 데이터 획득 시간 시간에 따른 이동거리, 자세, 고도, 위/경도, 속도 등이 있다. 사용된 장비 및 소프트웨어를 이용한 후처리 과정을 거쳤을 경우의 정확도는 Table 2와 같다[2].

Table 2. Reference device accuracy

	Accuracy
X, Y [m]	0.020
Z [m]	0.050
Roll, Pitch [°]	0.015
Heading [°]	0.020

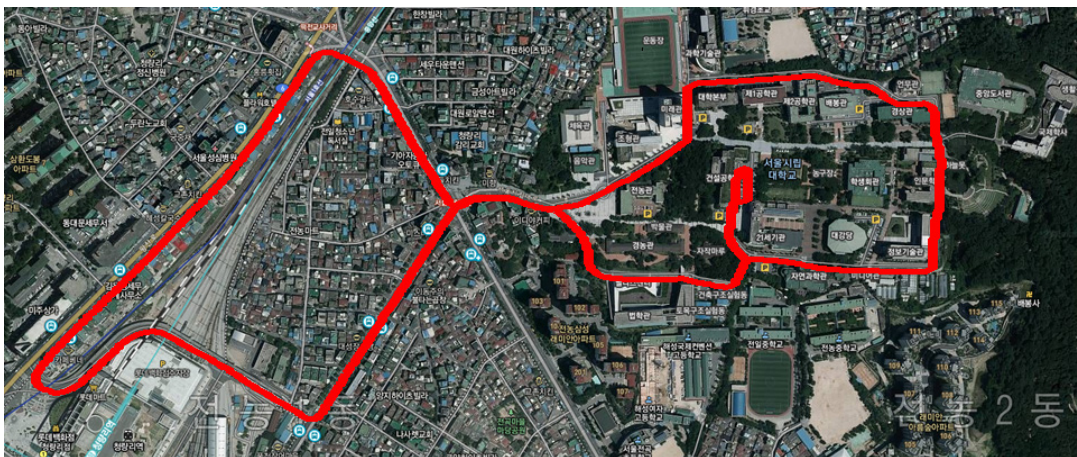


Figure 6. Test site and trajectory

2.3.2 내부 센서 데이터 처리 및 경로 추정

차량이 주행 하면서 취득되는 내부 센서 데이터를 이용하여 위치·자세를 결정하는 방법이 활용가능한지, 얼마나 합리적인 결과를 얻을 수 있는지를 검증하

기 위한 실험을 진행하였다. 앞서 구축한 시스템을 이용하여 차량 내부 센서 데이터를 취득하였고 이때의 기준데이터도 함께 취득하였다. 실험은 서울특별시 동대문구 전농동 서울시립대학교 및 청량리 역 부근

Table 3. Example data of in-vehicle sensors

Time	ID	Value							
		0x5	0x12	0x62	0xc	0x12	0xe	0x0	0x0
252764	0x316	0x5	0x12	0x62	0xc	0x12	0xe	0x0	0x0
252765	0x220	0x2	0x4	0xff	0x3	0x0	0x0	0x5	0x10
252766	0x329	0x40	0xaa	0x80	0x94	0x9	0x20	0x0	0x14
252766	0x43f	0x0	0x40	0x60	0xff	0x70	0x80	0xb	0x0
252773	0x2b0	0x35	0x0	0x0	0x7	0x32	0x0	0x0	0x0

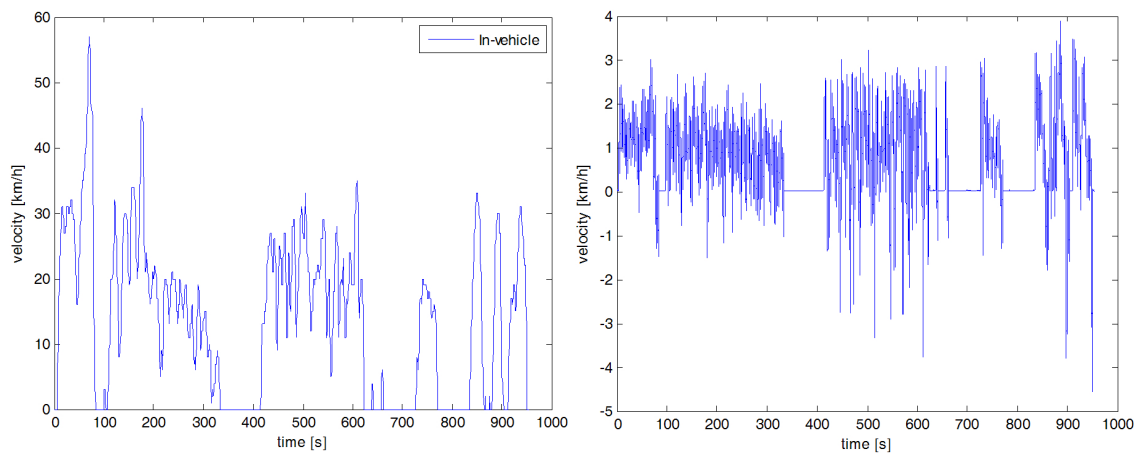


Figure 7. Velocity derived from in-vehicle sensor (left) and differences between in-vehicle sensor and reference data (right)

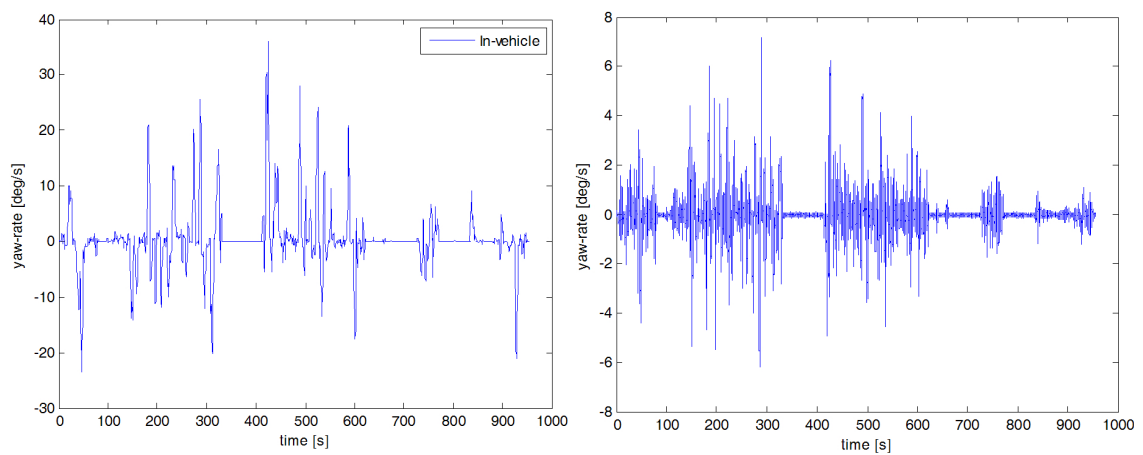


Figure 8. Yaw-rate derived from in-vehicle sensor (left) and differences between in-vehicle sensor and reference data (right)

에서 진행되었으며 2013년 2월 19일 14시부터 약 15분간 구축된 시스템을 이용해 데이터를 취득했다. 실험 대상지 및 대략적 주행경로는 Figure 6과 같다. 대상지는 평소 교통 혼잡이 적은 지역으로 선정하여 원활한 데이터 취득이 가능하도록 하였다. 또한 주행 경로는 직선 경로와 곡선 경로를 함께 포함하여 한 번의 경로에 다양한 주행상황을 포함하려고 하였으며, 주행 출발 지점과 도착 지점이 같도록 경로를 설정하여 추정된 경로의 폐합 여부도 확인할 수 있도록 실험을 진행하였다.

취득된 내부 센서 데이터는 txt 확장자를 가지는 텍스트 파일 형태로 노트북에 저장된다. Table 3는 저장된 내부 센서 데이터의 일부인데 이처럼 시간, 데이터 ID, 값 형태로 저장되며 ID와 값은 16진수로 저장된다. 이렇게 저장된 내부 센서 데이터 중 경로 추정에 사용될 속력과 각속력이 저장된 필드만을 계산을 통해 10진수로 변환 하였다. 예를 들어 속력에 해당하는 값은 ID가 0x316인 필드에 포함되어 있으며, 해당 필드의 총 8개의 값 중 7번째 값이 속력 값을 의미한다. 그리고 이 7번째 값에 1을 곱한 결과 값이 속력을 의미하며 그 단위는 km/h 이다.

취득된 내부센서 데이터의 정확도 비교를 위해 함께 획득한 기준데이터의 경우 후처리 소프트웨어를 통해 결과를 얻었으며 이 데이터 또한 텍스트 파일 형태로 얻을 수 있다. 기준데이터의 경우 속력 데이터는 바로 제공되기 때문에 그 값을 그대로 사용하였다. 그런데 기준데이터의 각속도는 제공하지 않기 때문에

기준데이터의 heading 값의 차이를 취득된 시간의 차이로 나누어 준 결과 값을 각속도로 사용했다. 이렇게 얻어진 기준데이터의 속력과 각속도를 내부 센서 데이터와 비교함으로써 차량 내부 센서 데이터의 정확도를 검증했다. 이 때 검증은 약 15분간 주행하면서 취득된 데이터를 처리하여 얻어진 값을 이용하였다. Figure 7, 8의 (a)는 내부 센서로부터 취득된 속력과 각속도를 주행 시간에 따라 나타낸 그래프이며 Figure 7, 8의 (b)는 주행 시간에 따른 두 데이터의 속력과 각속도 차이 값을 나타낸 그래프이다. Table 4는 그 차이 값에 대한 표이며 RMS는 속력은 1.1km/h, 각속도는 0.8deg/s 였다.

계산된 내부 센서 데이터인 속력과 각속도를 입력 값으로 하고 식 (5), (6)을 이용하여 차량 주행 경로 또한 추정하였고 이때 차량의 기준 위치·자세에 해당하는 POS-LV를 이용한 경로도 함께 추정하였다. 식 (5), (6)을 이용하여 경로 추정 시 Δt (추정주기)의 크기에 따라 계산에 소모되는 시간과 추정 경로가 달라진다. 그러므로 계산 시간과 추정경로의 정확도를 고

Table 4. Difference between in-vehicle sensor and reference data

	Velocity [km/h]	Yaw-rate [deg/s]
Mean	-0.68	-0.01
STD	0.86	0.80
RMS	1.10	0.80
Max	3.87	7.20
Min	-4.55	-6.19

Table 5. Trajectory comparison result according to Δt

Δt [ms]	Mean [m]	STD [m]	RMS [m]	Max. [m]	Min. [m]	Computation Time [ms]
1	0.04	0.03	0.05	0.12	0.00	0.0027
2	0.07	0.05	0.09	0.21	0.00	0.0042
3	0.17	0.12	0.21	0.47	0.00	0.0042
4	0.25	0.19	0.32	0.74	0.00	0.0024
5	0.74	0.29	0.79	1.25	0.00	0.0045

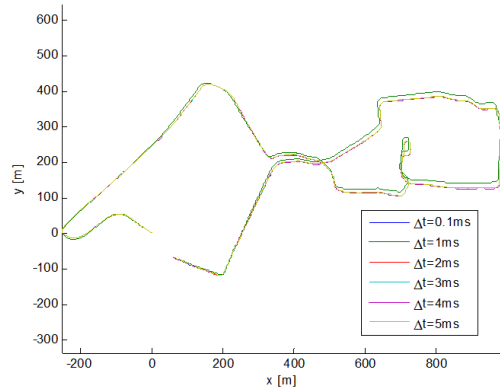


Figure 9. Trajectory comparison according to Δt

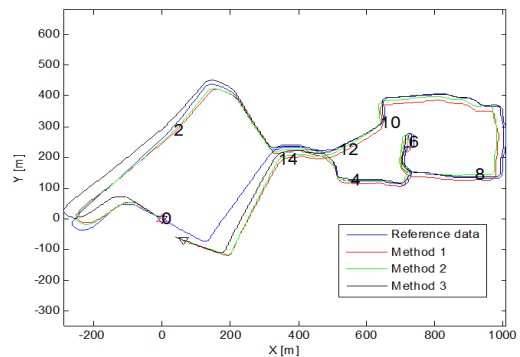


Figure 10. Trajectory comparison between reference data and in-vehicle sensor data

러한 Δt 를 선택할 필요가 있다. Figure 9는 Δt 가 0.1ms 일 때 경로와 1ms부터 5ms까지 1ms씩 변화시켰을 때 추정된 경로이다. 0.1ms가 매우 짧은 시간이라고 보고 이 때 추정된 경로를 참 값으로 간주하고 이때의 추정 결과를 1ms부터 5ms까지의 추정결과와 비교 해보았다. Table 5는 이러한 실험의 결과를 정리한 표이다. 그 결과 미세하지만 Δt 가 증가함에 따라 경로의 차이가 점점 커지는 결과를 보였다. 또한 5ms부터는 그 차이가 큰 폭으로 커지는 것을 확인할 수 있었다. 이러한 결과가 발생하는 이유는 데이터의 취득 주기와 관련이 있다. 현재 사용되는 시스템의 경우 차량의 속력과 각속도가 각각 10ms 주기로 취득된다. 그런데 경로를 추정할 때에는 속력 혹은 각속도 값 중에서 하나의 값이 새롭게 추가되면 새롭게 추가된 값 이외의 값은 기존에 저장된 값을 그대로 사용한다. 그러므로 실험에 사용되는 데이터의 시간간격 평균은 약 5ms 가 되며, 이런 데이터 취득의 시간적 특성 때문에 5ms 혹은 그 이상의 Δt 로 계산을 하게 되면 추정된 경로의 오차가 크게 벗어나게 된다. 또한 계산에 소요되는 시간을 확인해본 결과 모든 실험에서 0.0027ms에서 0.0045ms 정도의 연산 시간을 보여 Δt 에 따른 소요 시간은 큰 차이가 없음을 확인할 수 있었다. 이러한 결과를 바탕으로 1ms로 계산할 경우 적은 시간이 소모되면서 추정된 경로의 오차는 적다고 판단되어 경로 추정 시 Δt 의 값으로 사용했다.

2.3.3 추정된 경로의 정확도 검증

차량 내부 센서 데이터를 이용하여 추정한 결과를 분석하기 위해 기준 데이터인 POS-LV와의 비교를 통해 정확도 검증을 수행하였다. 그런데 기준 데이터는 위치가 절대 좌표계로 이루어져 있고 차량 내부 센서 데이터의 경우 상대 좌표계로 이루어져 있다. 그러므로 두 데이터의 비교를 위해서는 데이터 비교 이전에 좌표계를 일치시켜주는 과정이 필요하다. 이를 위해서는 내부 센서 데이터로부터 추정한 경로의 초기 위치, 방향각을 설정해주어야 한다. 본 논문에서는 초기 위치와 방향각을 결정하기 위해 세 가지 방법을 사용하였으며 각각의 방법을 이용하여 경로를 추정하고 그 결과 값을 비교해 보았다. 첫 번째 방법과 두 번째 방법의 경우 초기 위치는 비교데이터의 시작 위치와 같게 설정해 주었다. 또한 방향각의 경우 첫 번째 방법은 비교데이터와 초기 주행경로가 유사하도록 방향각을 설정해주었다. 두 번째 방법의 방향각은 첫 번째 방법과 마찬가지로 비교데이터와 유사한 주행경로를 가지도록 초기 방향각을 설정하지만 초기 주행경로가

아닌 전체 주행경로가 유사하도록 방향각을 설정하였다. 세 번째 방법은 추정된 경로와 비교데이터 사이의 2차원 닮음변환(Similarity Transformation)을 이용하여 설정하였다. 이 때 추정된 경로의 위치 데이터를 30초 간격으로 추출하고 이 데이터를 같은 시각에 취득된 비교 데이터를 이용하였으며 그 결과 값으로 얻어진 변환행렬을 이용하여 전체 경로를 비교하는 방법을 사용하였다. 닮음변환에 사용한 수식은 아래의 식 (7)과 같다. 이 식에서 (x_f, y_f) 는 비교데이터, (x_m, y_m) 은 내부 센서를 이용하여 추정한 경로 데이터를 의미하며 이 식을 이용하여 a_{11}, a_{12}, x_t, y_t 4개의 값을 구하였고 이를 이용하여 축척 변화량, 각 변화량 등을 계산하였다. 닮음변환을 통해 얻어진 값을 이용하여 계산한 결과 축척은 1.04, 각 변화량은 1.59° 를 얻을 수 있었다.

$$\begin{bmatrix} x_{1f} \\ y_{1f} \\ x_{2f} \\ y_{2f} \\ \vdots \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_{1m} - y_{1m} & 1 & 0 \\ y_{1m} & x_{1m} & 0 & 1 \\ x_{2m} - y_{2m} & 1 & 0 \\ y_{2m} & x_{2m} & 0 & 1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_{11} \\ a_{12} \\ x_t \\ y_t \end{bmatrix} \quad (7)$$

Figure 10은 비교데이터와 함께 초기 방향각을 결정하는 세 가지 방법을 이용하여 각각 얻어진 경로를 2차원 평면에 나타낸 것이다. 경로 옆의 숫자는 주행을 시작한 이후에 흐른 시간을 의미하고 단위는 분이다. 이 Figure에서 사용된 \triangle, ∇ 두 기호는 각각 경로의 출발점과 도착점을 의미한다. 실제 주행은 시작점과 도착지점이 동일하도록 주행하였다. 그런데 비교데이터의 경우 시작점과 도착지점이 동일하게 추정되었지만 차량 내부 센서 데이터를 이용하여 추정한 경

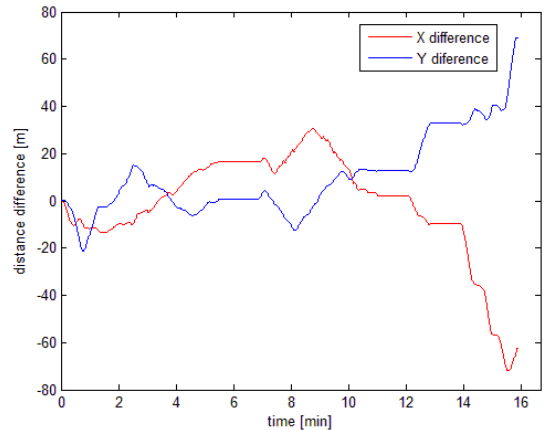


Figure 11. X, Y position difference during driving

로의 경우에는 도착지점이 출발지점과 동일하지 않을 수 있었다. Figure 11은 기준 데이터와 세 번째 방법을 사용하여 추정된 경로를 비교 했을 때 주행 시간 변화에 따른 X, Y 좌표 차이를 그래프로 나타낸 것이다.

차량 내부 센서 데이터를 이용한 방법은 앞서 설명한 식 (5), (6)을 이용하여 결정하기 때문에 차량 위치를 추정할 경우 2차원 위치만 얻을 수 있다. 그래서 두 데이터의 위치 비교는 X, Y 좌표에 대해서만 이루어졌다. 이처럼 비교 했을 경우의 오차는 Table 6과 같으며 약 15분 정도 주행하면서 실험을 진행 했을 때 앞서 설명한 방향각을 설정하는 방법에 따른 오차를 의미한다. 실험결과 전체 경로에 대한 RMS는 방법 별로 각각 22.77m, 20.81m, 16.14m 로 답음변환의 결과를 이용하여 설정한 초기 방향각을 사용하였을 때 가장 비교데이터에 가깝게 경로를 추정할 수 있었다.

3. 결 론

현재 사용되고 있는 대부분의 내비게이션은 그 정확도가 GPS 신호에 의존적이기 때문에 여러 가지 문제가 발생하고 있으며 이러한 문제점을 해결하기 위한 다양한 연구가 진행 중이다. 본 연구는 이러한 문제를 해결하고자 현재 사용되는 대부분의 차량에 탑재되어 있는 내부 센서를 위치·자세 결정에 활용하는 방법을 제안하였다. 이를 위해 CAN통신을 이용하여 차량 내부 센서 데이터를 취득할 수 있는 시스템을 구축했고 취득된 내부 센서 데이터만을 이용하여 위치·자세를 결정하는 방법을 이용하여 운행된 차량의 주행 경로를 추정해 보았다. 또한 개별 내부 센서 데이터 및 추정 경로의 정확도를 기준데이터와의 비교를 통해 검증해 보았다. 실험에 사용된 내부 센서 데이터의 경우 속력은 0.9km/h, 각속도는 0.21deg/s 정도의 RMS를 보여 센서의 활용 가능성을 확인했다. 이러한 데이터를 이용한 추정경로의 경우 15분 정도 주행 했을 때 약 20.81m 정도의 RMS로 비교적 큰 오차를 보였다. 그 이유는 내부 센서 데이터 및 사용된 위치·자세 결정 모델을 이용할 경우 추측항법 모델의 특성상 주행이 길어지면 그 오차가 점점 커지기 때문일 것으로 판단된다. 또한 센서 캘리브레이션과 같은 과정 없이 실험을 진행했기 때문에 발생하는 오차 또한 포함되어 있을 것으로 예상된다. 향후 연구에서는 이러한 단점을 보완하고 차량 위치·자세 결정의 정확도를 개선시키기 위하여 센서 캘리브레이션을 수행할 예정이다. 그리고 현재 사용한 방법의 경우 내부 센서

만 활용하기 때문에 차량의 2차원 위치·자세를 얻을 수 있는데, 현재 방법에 영상 센서를 추가로 활용하는 방법을 통해 3차원 위치·자세를 획득할 수 있는 연구를 진행할 예정이다.

References

- [1] Andrey, S; Donald, V. 2010, Integration of GPS and vision measurements for navigation in GPS challenged environments, Paper presented at the Position Location and Navigation Symposium, 2010 IEEE/ION, Indian Wells, California, May 3-6.
- [2] Applanix. 2012, POSLV Specifications, Applanix, Accessed July 20. http://www.applanix.com/media/downloads/products/specs/poslv_specifications12032012.pdf.
- [3] Bayoud, F. A. 2005, Vision-aided inertial navigation using a geomatics approach, Paper presented at the 18th International Technical Meeting of the Satellite Division, Long Beach, September.
- [4] Byun, Y. S; Mok, J. K; Kim, Y. C. 2011, Kinematic model of 4ws vehicle for dead-reckoning, Paper presented at the 2011 Conference on Information and Control Systems, Gyeongju, October 20-22.
- [5] Chang, H; Georgy, J; El-Sheimy, N. 2013, Monitoring Cycling Performance Using a Low Cost Multi-Sensors Navigation Solution, Paper presented at the 8th The International Symposium on Mobile Mapping Technology, Tainan, May 1-3.
- [6] Dissanayake, G; Sukkarieh, S; Nebot, E. 2001, The aiding of a low-cost strapdown inertial measurement unit using vehicle model constraints for land vehicle applications, Robotics and Automation, IEEE Transactions on, 17(5):731-747.
- [7] El-Sheimy, N; Nassar, S; Shin, E. H; Niu, X. 2006, Analysis of various kalman filter algorithms using different inertial navigation systems integrated with the global positioning system, Canadian Aeronautics and Space Journal, 52(2):59-67.
- [8] Hasan, A. M; Samsudin, K; Ramli, A. R; Azmir, R. S. 2010, Comparative study on wavelet filter and thresholding selection for GPS/INS data fusion. International Journal of Wavelets, Multiresolution Information Processing, 8(3):457-473.

- [9] Jeon, H. 2011, Trend of LBS market and industry, National IT Industry Promotion Agency, January 19.
- [10] Jo, K. C; Chu, K. Y; Lee, K. Y; Sunwoo, M. H. 2010, Integration of multiple vehicle models with an IMM filter for vehicle localization, Paper presented at the 2010 IEEE Intelligent Vehicles Symposium, San Diego, California, June 21-24.
- [11] Jung, H. J; Lee, D. H; Kim, S. K; Kim, C. S; Huh, K. S. 2012, Development of Vehicle Position Estimator using Dead Reckoning Algorithm, Paper presented at the KSAE 2012 Annual Conference and Exhibition, Goyang, November 21-24.
- [12] Kim, M. W; Lim, J. H; Park, J. D; Kim, H. S; Lee, H. K. 2012, Vehicle Displacement Estimation By GPS and Vision Sensor. The Journal of Korea Navigation Institute, 16(3):417-425.
- [13] Kim, S. B; Bazin, J. C; Lee, H. K; Choi, K. H; Park, S. Y. 2011, Ground vehicle navigation in harsh urban conditions by integration inertial navigation system, global positioning system, odometer and vision data. Radar, Sonar&Navigation, IET, 5(8): 814-823.
- [14] Kim, S. H; Lee, S. I; Lee, K. S; Cho, S. I; Park J. H; Choi, K. H. 2009, Understanding Lane Number for Video-based Car Navigation System. Journal of Korea Spatial Information System Society, 11(1):104-111.
- [15] Kim, Y. K; Lee, K. S; Cho, S. I; Park, J. H; Choi, K. H. 2008, Real-time Identification of Traffic Light and Road Sign for the Next Generation Video-Based Navigation System. Journal of Korea Spatial Information System Society, 10(2):13-24.
- [16] Langel S. E; Samer M; Chan F. C; Pervan B. S. 2010, Tightly coupled GPS/INS integration for differential carrier phase navigation systems using decentralized estimation, Paper presented at the Position Location and Navigation Symposium, 2010 IEEE/ION, Palm Springs, California, May 3-6.
- [17] Park, K. C; Chung, H. Y; Lee, J. G. 1998, Dead Reckoning Navigation for Autonomous Mobile Robots, Paper presented at the Intelligent Autonomous Vehicle, Madrid, March 25-28.
- [18] Retsher, G; Hecht, T; Mok, E. 2013, Location Capabilities and Performance of Smartphones for LBS Navigation Applications, Paper presented at the 8th The International Symposium on Mobile Mapping Technology, Tainan, May 1-3.
- [19] Rogers, R. 1997, Land Vehicle Navigation Filtering for a GPS/Dead-Reckoning System, Paper presented at the 1997 National Technical Meeting of the Institute of Navigation, Santa Monica, January 14-16.
- [20] Song, J. K; Park, J. S. 2011, Implementation of Access Control System Based on CAN Communication, The Journal of The Korean Institute of Electronic communication Sciences, 6(6):951-956.
- [21] Yoo, J. J; Choi, J. H; Sung, K. B; Kim. J. S. 2005, Vehicular image based geographic information system for telematics environments, Paper presented at the 2005 Geoscience and Remote Sensing Symposium, IGARSS '05, IEEE International, Seoul, July 25-29.

논문접수 : 2013.10.29

수정일 : 2013.12.19

심사완료 : 2013.12.30