

영상센서/GPS에 기반한 차량의 이동변위 추정

Vehicle Displacement Estimation By GPS and Vision Sensor

김민우*, 임준후**, 박제두***, 김희성**, 이형근**

Min-Woo Kim*, Joon-Hoo Lim**, Je-Doo Park***, Hee-Sung Kim** and Hyung-Keun Lee**

요 약

위치결정기법으로 근래에 널리 활용되는 GPS(Global Navigation Satellite System)는 가시성이 확보되지 않은 상황에서는 측위가 어려운 단점을 내포하고 있다. 이와 같은 단점을 극복하고 위치 정확도를 향상시키기 위하여 최근에 영상센서와 기존 항법시스템을 결합하는 복합측위에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 본 논문에서는 GPS 기반 차량 항법의 성능을 보완하기 위하여 GPS와 단일 Webcam을 결합하여 차량의 이동변위를 효과적으로 추정하는 복합측위 방법을 제안하였다. 제안된 방법은 가시 위성이 부족한 구간에서도 2개 이상의 GPS 측정치가 가용할 경우 영상센서 정보를 결합하여 차량 위치해의 정확도를 유지한다. 실측 데이터를 바탕으로 GPS 위성을 2개로 줄인 구간에서도 오차가 바로 발산하지 않고 최대 누적 오차가 N축 방향으로 약 2.5m E축 방향으로 약 3m가 발생하는 것을 확인하였다.

Abstract

It is well known that GPS cannot provide positioning results if sufficient number of visible satellites are not available. To overcome this weak point, attentions have been recently moved to hybrid positioning methods that augments GPS with other sensors. As an extension of hybrid positioning methods, this paper proposes a new method that combines GPS and vision sensor to improve availability and accuracy of land vehicle positioning. The proposed method does not require any external map information and can provide position solutions if more than 2 navigation satellites are visible. To evaluate the performance of the proposed method, an experiment result with real measurements is provided and a result shows that accumulated error of n-axis is almost 2.5meters and that of e-axis is almost 3meters in test section.

Key words : Vehicle, Navigation, GPS, Vision sensor, Positioning algorithm

I. 서 론

위성항법시스템 (GNSS, Global Navigation Satellite System)은 항법위성과 수신기 사이 가시성이 확보된 구간에서는 효율적인 측위가 가능하지만, 실

제 응용에 있어서 다중경로 오차에 취약한 전파 측위의 근본적 문제점을 내포하고 있다. 이러한 단점을 극복하기 위하여 최근 GPS/INS(Inertial Navigation System) 결합[1], GPS/영상센서 결합[2], 같은 복합 측위 방법들이 연구되고 있으며, 차량 항법 분야 역시

* 현대 로템 통신제어개발팀(Communication & Control System Development team, Hyundai-rotem)

** 한국항공대학교 항공전자공학과(School of Electronics, Telecomm. & Computer Eng., Korea Aerospace University)

*** 한국 항공우주산업 (Korea aerospace industries, ltd.)

· 제1저자 (First Author) : 김민우

· 교신저자 : 이형근

· 투고일자 : 2012년 5월 16일

· 심사(수정)일자 : 2012년 5월 16일 (수정일자 : 2012년 6월 25일)

· 게재일자 : 2012년 6월 30일

영상센서를 이용하여 GPS와 INS의 정확도를 보정해주는 연구가 다방면으로 진행 중이다[3].

세 가지 이상의 센서를 결합한 연구도 활발히 진행되고 있는데 GPS와 영상센서, INS를 모두 활용한 대표적인 연구로는 4S-Van이 있다[4]. 4S-Van은 이중 주파수 GPS 수신기와 중급 INS 그리고 스테레오 영상센서를 활용하여 시스템을 구성하고 있으며 GPS와 INS의 결합보다 더욱 향상된 위치 정보를 제공한다. 4S-Van은 정확한 위치 측위가 가능하다는 장점이 있으나 고가의 장비를 사용하여 구현비용이 많이 든다는 단점이 있다. 이외에도 최근 SIFT (Scale Invariant Feature Transform) 알고리즘을 사용하여 항법 성능을 향상시키는 연구도 진행되고 있다[5].

본 논문에서는 GPS 수신기와 영상센서를 결합하여 지상 차량의 이동 변위를 비교적 정확하게 추정할 수 있는 복합측위 방법을 제안하였다. 따라서 제안된 방법은 GPS 가시위성의 개수가 부족한 구간에서 절대 위치의 정확도를 유지하기 위한 용도로 활용될 수 있다.

제안된 복합측위 알고리즘은 단일 영상센서를 이용하여 차선을 검출하여 차량의 기수각을 추정한 후 이를 GPS 수신기가 제공하는 측정치와 결합하여 차량의 이동 변위를 비교적 정확하게 추정하는 특징을 가지며 저가의 GPS 수신기와 webcam 만을 활용하여 구현 가능하다.

II. 차선 추출을 위한 영상처리

영상처리를 활용한 항법에 있어서 추적의 대상이 되는 객체를 적절히 선정하는 것은 매우 중요하다. 대상 객체는 매 시점 각 이미지 안에 모두 존재하여야 하며 이동 변위를 추정할 수 있어야 한다. 기존의 객체 추출 방법에 있어서 SIFT와 같이 영상의 크기변화, 회전변화, 밝기 변화에 강인한 매칭 성능을 가진 방법을 사용하는 경우도 많지만 본 연구에서는 매칭 속도가 중요하기 때문에 차선을 특징점으로 선정하고 검출하는 연구를 수행하였다.

그림 1은 본 연구에서 사용된 영상처리 알고리즘의 구조를 도시한 것이다. 제안된 방법에서는 지속적

으로 추정 가능한 객체로 차선을 선정하고 있기 때문에 차선을 연속적으로 추적하고 차선의 변위 값을 얻는 과정이 알고리즘에 포함되어 있다.

영상처리 알고리즘의 순서는 그림 1과 같이 먼저 카메라 Calibration 과정을 통해 필요한 파라미터들을 계산하고 이 후 영상 입력을 받는다[6]. 입력 받은 영상에서 차선이 될 수 있는 색 부분을 먼저 검출해 내고 차선이 위치할 수 있는 부분을 관심영역으로 지정한다. 관심영역의 영상을 활용하여 이미지 이진화와 레이블링 과정을 거쳐 차선을 추출하고 차선이

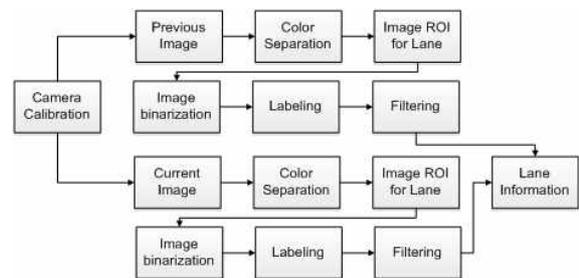


그림 1. 차선 검출을 위한 영상처리 알고리즘

Fig. 1. Image processing algorithm for lane detection



그림 2. 레이블링을 통해 검출한 차선

Fig. 2. Detected lane using labeling algorithm

될 수 있는 기하학적 조건을 활용하여 차선 부분만을 검출하는 과정을 수행한다.

차선 정보는 흰색과 노란색을 담고 있기 때문에 각 색상의 RGB 합성 비율을 고려하고 색 정보를 다시 R, G, B 성분에 대하여 분리한 후 이 정보를 활용하여 색을 검출해 낸다. 색을 검출할 때는 각 성분 별로 임계값을 설정하고 임계값 사이의 정보만을 취하

고 나머지 색 정보는 알고리즘에서 제외하는 방식을 이용하였다[7].

사용된 영상 처리 기법 중 레이블링(Labeling) 기법은 영상 내에서 서로 떨어져있는 물체들의 영역을 구분 지을 때 사용되는 기법으로 입력 영상의 픽셀들 사이의 거리영역 값이 임계값 이상의 값을 갖게 되면, 새로운 영역으로 판단하고 다른 번호를 부여하는 방식을 사용한다. 본 논문에서는 먼저 이미지 이진화를 한 이후 전체 영역을 레이블링하지 않고 차선 영역에 해당하는 영역만을 레이블링하는 기법을 이용하여 처리 정확도를 향상시켰다.

영상센서는 언제나 차량의 전진 방향을 지향하고 있으며 차선은 이 때 늘 영상의 하단에 위치한다는 특성을 이용하여 관심영역을 설정하여 알고리즘 처리 속도를 향상시켰으며 관심영역 내의 영상과 차선의 크기와 길이 특성을 활용하여 차선을 검출하였다. 그림 2는 입력 영상에서 색 정보 분리를 통하여 흰색과 노란색 영역을 선별한 후, 차선 영상을 이진화하고 레이블링을 통해 차선을 검출한 결과를 보여주고 있다.

III. 복합측위 알고리즘

3-1 알고리즘 구조 및 관련 좌표계

제안된 알고리즘의 개형은 그림 3과 같이 구성된다. 그림 3에 도시된 바와 같이 영상센서를 활용하여 차량의 지향 방향 각도인 기수각을 추정한 후 가시성이 충분하지 않은 GPS 수신기와 결합하여 차량의 이동변위를 추정하여 차량 위치의 정확도를 유지하는 기능을 수행하게 된다. GPS 가시위성의 개수가 충분한 시점에 도달하면 정상적인 GPS 단독 측위를 수행하게 된다.

다양한 센서를 활용한 복합 측위에 있어서 중요하게 고려되어야 할 부분은 각 센서와 연관된 좌표계들 사이의 관계를 명확히 규정하는 것이다. 본 논문에서는 다음과 같이 여섯 개의 좌표계를 사용하였다.

e : 지구 좌표계

- n : 항법 좌표계
- b : 동체 좌표계
- s : 영상센서 좌표계
- r : 도로 좌표계
- p : 2차원 화상 좌표계

여기서 동체 좌표계는 차량의 주행 방향을, 영상센서 좌표계는 차량에 부착된 영상센서의 지향 방향을, 그리고 도로 좌표계는 영상센서의 설치에 의한 피치각 θ 에 의하여 영상센서 좌표계와 구별되도록 각각 설정된 좌표계 들이다.

2차원 화상 좌표계는 화상의 중심을 원점으로 하고 화상의 수평방향을 x축으로 수직방향을 y축으로 설정된 좌표계이다. 3차원 영상센서 좌표계와 2차원 화상 좌표계 사이의 관계는 식 1로 표현된다[8].

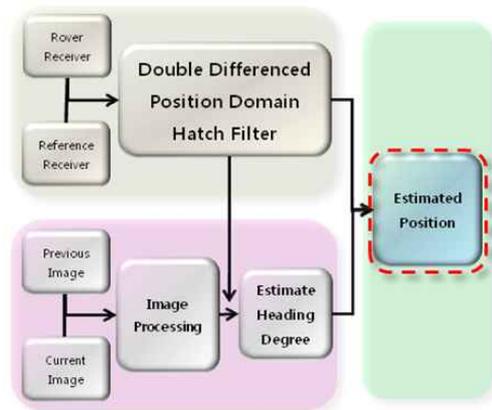


그림 3. 복합측위 알고리즘 개형
Fig. 3. Hybrid positioning algorithm

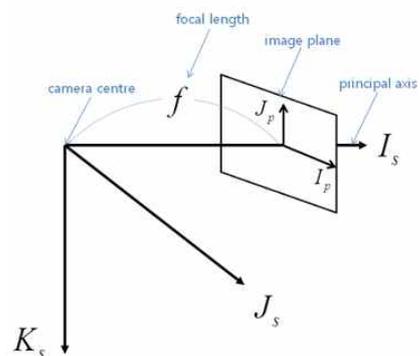


그림 4. 2차원 좌표계와 3차원 좌표계
Fig. 4. 2D coordinate and 3D coordinate

$$x_p = f \frac{y_s}{x_s}, y_p = -f \frac{z_s}{x_s} \quad (1)$$

식 (1)에서 f 는 초점거리(Focal Length)를 x_p 와 y_p 는 2차원 화상 좌표계에 대한 투영좌표값을 나타내며 x_s, y_s, z_s 는 영상센서 좌표계에 대한 3차원 좌표값을 각각 나타낸다. 그림 4는 2차원 투영 좌표계와 3차원 좌표계 사이의 기하학적 관계를 도시한 것이다. 그림 4에서 I_s, J_s, K_s 는 3차원 영상센서 좌표계의 기저벡터를 나타내며 I_p, J_p 는 2차원 화상 좌표계의 기저벡터를 나타낸다.

본 연구에 있어서 차량이 주행하는 도로는 평탄하며 지역 수평의 조건을 만족한다고 가정하였다. 또한 영상센서 좌표계는 동체좌표계에 대하여 설치에 의한 피치각 θ 만큼만 차이가 있다고 가정하였다. 참고로 본 연구에서 고려되지 않은 기울어진 도로의 개형과 영상센서의 설치오차는 향후 보다 상세한 모델링을 통하여 제거 가능하리라 예상된다.

3-2 이동변위 추정을 위한 복합측위

차량의 기수각을 추출하기 위해서는 차선 특징점의 상대위치를 추정하는 과정이 선행되어야 한다. 이를 위하여 식 (1)을 식 (2)로 변환하여 활용한다.

$$\begin{bmatrix} x_p(k) - f & 0 \\ y_p(k) & 0 & f \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_s \\ y_s \\ z_s \end{bmatrix} = 0 \quad (2)$$

동일한 차선 edge의 영상센서 좌표계 기반 상대 좌표값 $\Delta X^s(k)$ 은 2차원 화상 좌표값 $p_x(k)$ 와 $p_y(k)$ 를 활용하여 다음과 같이 관측할 수 있다.

$$T(k)\Delta X^s(k) = 0 \quad (3)$$

$$T(k) = \begin{bmatrix} p_x(k) - f & 0 \\ p_y(k) & 0 & f \end{bmatrix} \quad (4)$$

여기서 영상센서 좌표계 기반 상대 좌표값 $\Delta X^s(k)$ 는 차선 edge의 좌표 X_L^s 과 차량에 장착된

영상센서의 원점의 좌표 $X_c^s(k)$ (영벡터)의 차분 값으로서 다음과 같이 정의 된다.

$$\Delta X^s(k) = X_L^s - X_c^s(k) = X_L^s = \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} \quad (5)$$

화상에서 검출된 차선의 edge는 영상센서 좌표계와 차선 좌표계에 대하여 다음의 관계를 만족하게 된다.

$$X_L^s = C_r^s(L^r + D^r) \quad (6)$$

여기서 D^r 은 차선 edge로부터 영상센서 좌표계의 시선각 방향 x 축과 도로평면의 접점까지의 벡터이며 L^r 은 접점으로부터 차선 edge까지의 벡터에 해당된다. 이들 중 D^r 은 영상센서의 설치 고도 및 각도와 다음의 관계를 만족한다.

$$D^r = \begin{bmatrix} h/\tan\theta \\ 0 \\ h \end{bmatrix} \quad (7)$$

또한 L^r 은 다음과 같이 수평성분으로만 구성된다.

$$L^r = \begin{bmatrix} x \\ y \\ 0 \end{bmatrix} \quad (8)$$

영상센서 좌표계로부터 지역수평 도로 좌표계로의 좌표변환행렬 C_s^r 은 영상센서의 설치각도 θ 에 의하여 다음의 관계를 만족한다.

$$C_s^r = \begin{bmatrix} \cos\theta & 0 & -\sin\theta \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin\theta & 0 & \cos\theta \end{bmatrix} = (C_r^s)^T \quad (9)$$

식 (7)-(9)를 식 (5)에 대입하고 정리하면 다음의 관계식을 얻을 수 있다.

$$X_L^s = \begin{bmatrix} \cos\theta & 0 \\ 0 & 1 \\ -\sin\theta & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} h/\sin\theta \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (10)$$

식 (10)을 식 (3)에 적용하여 정리하면 다음의 관계식을 얻는다.

$$\begin{aligned}
 TX_L^s &= \begin{bmatrix} p_x - f & 0 \\ p_y & 0 & f \end{bmatrix} \begin{bmatrix} (h/\sin\theta) + x\cos\theta \\ y \\ -x\sin\theta \end{bmatrix} \\
 &= \begin{bmatrix} p_x\cos\theta & -f \\ p_y\cos\theta - f\sin\theta & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} hp_x \\ \sin\theta \\ hp_y \\ \sin\theta \end{bmatrix} \\
 &= 0
 \end{aligned} \tag{11}$$

식 (11)을 변형하면 다음과 같이 도로 좌표계에 대한 차선 edge의 좌표값을 얻을 수 있다.

$$\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & \frac{1}{p_y\cos\theta - f\sin\theta} \\ \frac{1}{f} & \frac{p_x\cos\theta}{f(p_y\cos\theta - f\sin\theta)} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} hp_x \\ \sin\theta \\ hp_y \\ \sin\theta \end{bmatrix} \tag{12}$$

차량의 진행방향에 해당하는 기수각을 구하기 위해서는 먼저 도로 좌표계에서 항법 좌표계로의 좌표 변환을 구해야 한다. 두 좌표계 모두 지역 수평 좌표계에 해당하므로 두 좌표값 사이에는 다음의 관계가 만족된다.

$$\begin{bmatrix} \Delta n \\ \Delta e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\psi & -\sin\psi \\ \sin\psi & \cos\psi \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta x \\ \Delta y \end{bmatrix} \tag{13}$$

여기서 $[\Delta x \ \Delta y]^T$ 는 차선 두 edge의 좌표값을 식 (18)에 의하여 각각 추정된 뒤 이들을 차분하여 구한다. $[\Delta n \ \Delta e]^T$ 는 차선 두 edge 좌표값들의 차이를 항법 좌표계로 표현한 것이다. 식 (13)에 근거하여 차량의 기수각은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\begin{bmatrix} \cos\psi \\ \sin\psi \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta n & -\Delta e \\ \Delta e & \Delta n \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \Delta x \\ \Delta y \end{bmatrix} \tag{14}$$

$$\psi = \tan^{-1} \frac{\sin\psi}{\cos\psi} \tag{15}$$

가시위성이 부족한 상황에서 추정된 기수각과 결합하여 차량의 이동변위를 추정하기 위하여 가용

한 GPS 위상 측정치의 시간차분 $\nabla\phi$ 를 활용한다. 위상 측정치의 시간차분 $\nabla\phi$ 는 차량의 이동변위 ∇X^n 에 대하여 다음의 관계를 만족한다 [10].

$$\nabla\phi = H \nabla X^n + v \tag{16}$$

여기서 H 는 수신기로부터 가시위성까지의 시선 각 벡터와 지구 좌표계에서 항법 좌표계로의 좌표변환행렬 C_e^n 이 결합된 관측행렬을 나타내며 v 는 측정오차를 나타낸다. 식 (16)에서 추정의 대상이 되는 차량의 이동변위 ∇X^n 는 다음의 관계를 만족한다.

$$\nabla X^n = \begin{bmatrix} d \cos\psi \\ d \sin\psi \\ 0 \end{bmatrix} \tag{17}$$

식 (17)을 식 (16)에 대입하면 수식 내의 미지수는 이동거리 d 만이 남게 된다. GPS 위상측정치로 이동거리 d 를 구한 뒤 식 (17)에 대입하면 이동변위를 구할 수 있다. 본 논문에서는 이와 같은 방법을 활용하여 2개의 GPS 가시 위성의 측정치와 영상센서로 구한 기수각으로 이동변위를 구하는 방법을 사용하였다. GPS 가시위성이 충분하지 않은 구간에서는 영상센서와 GPS 측정치를 결합하여 이동변위를 구한 후 시간전달만을 수행하였으며 GPS 가시위성이 충분한 경우에는 시간전달과 측정갱신을 GPS 측정치만을 활용하여 수행하였다.

IV. 실험을 통한 검증

영상센서/GPS 복합 측위 알고리즘의 성능을 분석하기 위하여 실험을 수행하였다. 실험 장소인 한국항공대학교 앞 도로는 위성 가시성이 좋기 때문에 실험을 위해 임의의 구간에 대해 GPS 가시 위성을 2개로 제한하고 위 방법의 성능을 검증하였다.

실험에는 저가형 Webcam인 로지텍 C910 모델을 영상센서로 활용하였으며 저가의 단일 주파수 GPS 수신기인 Ublox-LEA-4T 모델을 이동 수신기로 사용하였다. 기준국 수신기로는 이중 주파수 수신기인 Septentrio PolaRX2e를 사용하였다. 기준국의 위치는

한국항공대학교 전자관 건물이며 이동 수신기는 차량에 장착하여 그림 5에 나타난 바와 같이 항공대 앞 약 270m 내외의 거리에서 주행하며 실험을 수행하였다.

실험에 있어서 전반적으로 10개 내외의 위성 신호가 안정적으로 수신되는 것을 확인하였으나 제안된 복합 측위 알고리즘의 평가를 위하여 인위적으로 가시위성의 개수를 제한하였다. 그림 6은 복합측위 알고리즘을 사용한 구간과 GPS로 단독 측위한 구간을 가시위성의 개수로 도시하고 있다. 그림에서 위성의 개수가 10개인 구간은 GPS만을 사용하여 측위를 수행한 구간이며 위성의 개수가 2개 보이는 구간은 제안된 복합측위 알고리즘을 적용한 구간이다.

그림 7은 가시위성을 인위적으로 제한하고 식 (17)을 적용하여 얻은 복합측위 위치해와 가시위성을 모두 활용하여 얻은 GPS 위치해를 비교한 것이다. 그림 7에 나타난 바와 같이 오차가 조금씩 계속 발산하는 것을 확인할 수 있었으나 누적 오차량이 크지 않고 비교적 비슷한 값으로 출력되는 것을 확인할 수 있었다.

그림 8과 그림 9는 각각 북쪽 방향과 동쪽 방향의 누적 오차를 출력한 모습이다. 그림 8의 전 구간을 동작하는 동안 N축 방향의 최대 누적 오차는 약 2.5m 였으며 E축 방향의 최대 누적 오차는 약 3m 누적 오차는 증가하는 구간이 있는 반면 오차가 반대 방향으로 발생하여 전체적으로 감소되는 구간도 나타났다. 오차가 급격히 커지는 구간도 존재하였는데 이 오차의 경향은 기수각의 누적 오차가 커지는 구간에서 크게 나타났으며 기수각의 오차가 매우 작은 구간에서는 누적 오차 역시 작게 증가하였다. 이를 통하여 기수각을 추정하는 과정에서 발생한 오차가 누적 오차의 주 원인임을 그림 8에서 확인할 수 있다.

그림 8과 그림 9에 도시된 바와 같이 제안된 방법은 GPS 가시위성이 부족한 상황에서 5m 이내의 정확도를 무난하게 유지하는 것으로 판단할 수 있다. 따라서, 제안된 복합측위 방법은 일시적으로 가시위성이 부족한 현상이 발생하는 도심 환경에서 유용하게 적용이 가능할 것으로 보인다.



그림 5. 기준국의 위치와 실험궤적
Fig. 5. Location of base station and experiment trajectory

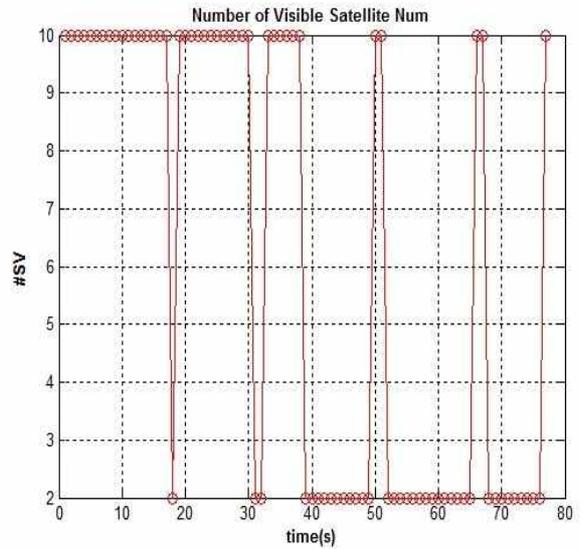


그림 6. 가시위성의 개수
Fig. 6. Number of visible satellites

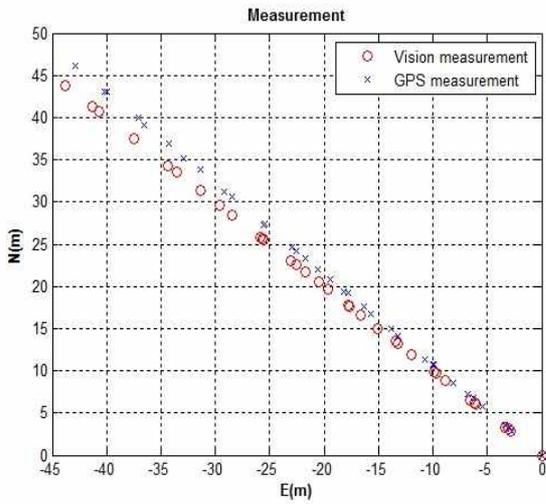


그림 7. GPS 위치해와 복합측위 위치해의 궤적비교
Fig. 7. Comparison GPS only positions and GPS/Vision hybrid positions

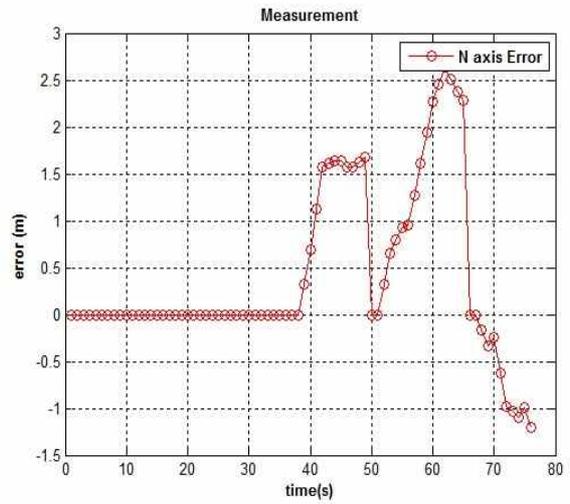


그림 9. 북쪽 방향 누적 오차
Fig. 9. Accumulated error in north direction

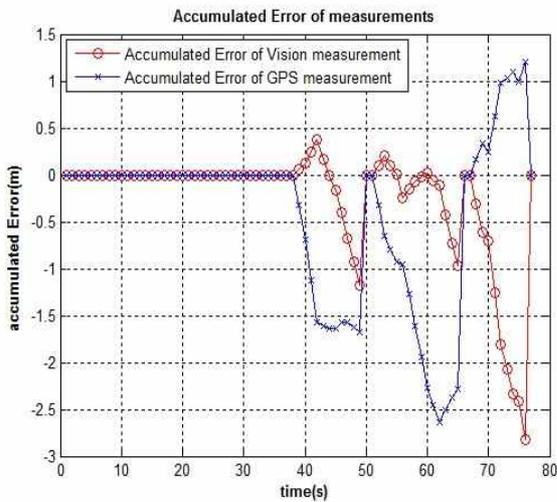


그림 8. 기수각 추정 과정에서 발생한 누적 오차
Fig. 8. Accumulated Error of the estimated heading measurement

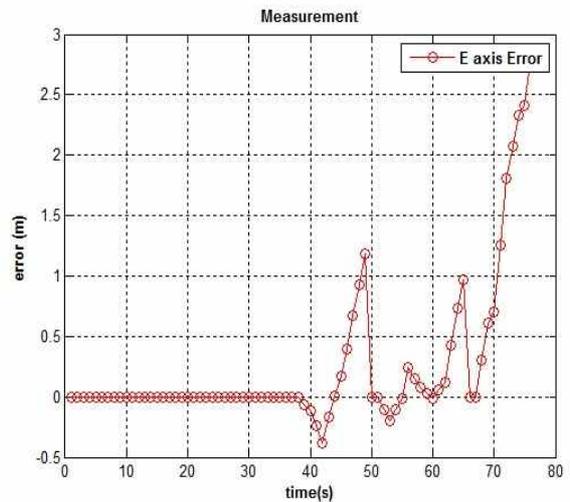


그림 10. 동쪽 방향 누적 오차
Fig. 10. Accumulated error in east direction

지상 차량에 대하여 GPS 가시위성이 부족한 상황에서도 차로 구분이 가능하려면 약 1m 이내의 정확도가 요구된다고 알려져 있다. 소형 자동차의 폭은 2m이고, 도시지역의 일반도로 차선은 3m의 폭을 가진다[11]. 이에 따라 차로의 구분을 위해서는 약 1m 이내의 정확도가 요구된다. 이와 같은 정확도를 얻기 위해서는 제안된 방법에서 영상센서에 의한 기수각 추정 정확도를 보다 더 향상시킬 필요가 있다고 판단된다. 이는 보다 더 상세한 모델링과 추가적인 연구를 통하여 진행되어야 할 것이다.

V. 결 론

본 논문에서는 GPS의 가시위성이 부족한 도심 환경에서 단일 영상센서를 활용하여 측위 정확도를 유지할 수 있는 복합측위 알고리즘을 제안하였다. 제안된 복합측위 알고리즘은 GPS 영상센서를 이용하여 차선을 검출하여 차량의 기수각을 추출한 후 이를 GPS 수신기가 제공하는 측정치와 결합하여 차량의 이동 변위를 추정하는데 활용된다.

선행된 연구들과 비교하여 본 논문에서 제안한 방안은 저가의 수신기와 webcam을 사용하여 차량의 기수각과 이동변위를 추정한다. 이는 설치비용의 절감 효과와 영상과 누적 위상 증분치를 기반으로 차량의 기수각을 추정하여 위치 정확도를 향상 시킬 수 있는 장점을 가지고 있다.

제안한 방안의 성능 검증을 위하여 실제 주행에 의하여 수집된 영상 및 위성항법 측정치를 활용하여 GPS 가시위성이 부족한 상황을 모사한 실험을 수행하였다. 실험 결과에 의하면 제안한 방법은 GPS 위성 가시성이 좋지 않은 구간에서도 5m 이내의 정확도를 무난하게 유지할 수 있는 것으로 확인되었다.

반면, 차선의 구분과 장시간 가시위성의 개수가 부족한 상황에 대해서는 개선이 필요한 것으로 판단된다. 제안된 방법에 보다 더 상세한 모델링을 추가하여 영상센서에 의한 기수각 추정의 정확도를 향상 시킨다면 차선 구분이 가능한 수준의 정확도를 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

본 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업의 결과물입니다.

참 고 문 헌

- [1] Langel Steven E., Samer M., Chan Fang-Cheng, Pervan Boris S., "Tightly coupled GPS/INS integration for differential carrier phase navigation systems using decentralized estimation", *Proceedings of IEEE/ION PLANS 2010*, Palm Springs, CA, May 2010.
- [2] Soloviev Andrey, Venable Donald, "Integration of GPS and vision measurements for navigation in GPS challenged environments", *IEEE Symposium on Position Location and Navigation, Indian Wells*, 4-6 May 2010, pp. 826-833
- [3] S.B. Kim, J.C. Bazin, H.K. Lee, K.H. Choi, and S.Y. Park, "Ground vehicle navigation in harsh urban conditions by integration inertial navigation system, global positioning system, odometer and vision data," *IET Radar, Sonar, & Navigation*, Vol.5, No.8, 2011, pp. 814-823
- [4] J.J. Yoo, J.H. Choi, K.B. Sung, J.S. Kim, "Vehicular image based geographic information system for telematics environments," *Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2005. IGARSS '05 Proceedings, 2005 IEEE International*, Volume 2, 2005, pp. 1206-1209
- [5] Maya Dawood, Cindy Cappelle, Maan E. El Najjar, Mohamad Khalil, Denis Pomorski, "Vehicle geo-localization based on IMM-UKF data fusion using a GPS receiver, a video camera and a 3D city model" *Intelligent Vehicles Symposium(IV)*, 2011 *IEEE*, 2011, pp.510-515.
- [6] Z. Zhang, "A flexible new technique for camera calibration." *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 2000, pp. 1330-1334
- [7] Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods, *Digital Image Processing, 3rd. edition, Addison-Wseley*, 1992.
- [8] Richard Hartley, Andrew Zisserman, *Multiple View Geometry in Computer Vision, 2nd edition, Cambridge University Press*, 2000
- [9] Andrew H. S. Lai, Nelson H. C. Yung, "Lane Detection by Orientation and Length Discrimination." *IEEE Transaction, on Systems, Man, and Cybernetics*, Volume 30, No.4, 2000, pp.539-548
- [10] H.S. Kim, H.K. Lee, "Position-Domain DD Hatch Filter to Maintain Float Solution Accuracy in RTK," *Proceedings of International Symposium on GPS/GNSS*, 11-14 Nov., Tokyo, 2008

- [1] Langel Steven E., Samer M., Chan Fang-Cheng, Pervan Boris S., "Tightly coupled GPS/INS integration for differential carrier phase navigation systems using decentralized estimation", *Proceedings*

[11] 국토해양부령 제 456호, 도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙

김민우 (金玟佑)



2010년 2월 : 한국항공대학교 항공 전자공학과(공학사)
2012년 2월 : 한국항공대학교 항공 전자공학과(공학석사)
2012년 2월~현재 : 현대로템 주식회사 통신제어개발팀 연구원

관심분야 : GPS, Vision sensor,

Navigation, Image processing

임준후 (林俊候)



2007년 3월 : 한국산업기술대 메카트로닉스공학과 (공학사)
2011년 9월~현재 : 한국항공대학교 항공전자공학과 (석사과정)
관심분야 : GNSS무결성, 영상/GNSS 결합

박제두 (朴齊斗)

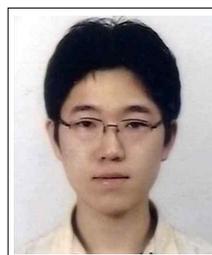


2010년 2월 : 한국항공대학교 항공 전자공학과 (공학사)
2012년 2월 : 한국항공대학교 항공 전자공학과 (공학석사)
2012년 2월~현재 : 한국항공우주산업 (KAI) 연구원

관심분야 : INS, GPS, Embedded

programing

김희성 (金熙成)



2007년 2월 : 한국항공대학교 항공 전자공학과 (공학사)
2009년 2월 : 한국항공대학교 항공 전자공학과 (공학석사)
2009년 3월~현재 : 한국항공대학교 항공전자공학과 박사과정
관심분야 : LI RTK, 분산형 GNSS 마스터스테이션, 장기저선 미지정수 결정

이형근 (李炯瑾)



1990년 2월 : 서울대학교 제어계측 공학과 (공학사)
1994년 2월 : 서울대학교 제어계측 공학과 (공학석사)
2002년 : 서울대학교 전기공학부 (공학박사)
1994년 3월 ~ 1998년 2월 : 현대우주

항공(주) (주임연구원)

2002년 9월 ~ 2003년 8월 : SNAP, UNSW (Postdoctoral Fellow)

2002년 9월 ~ 현재 : 한국항공대학교 항공전자 및 정보통신 공학부 (부교수)

관심분야 : 항법/측위 시스템, 교통시스템, 추정이론