

# 차량 간 GPS 공통 가시위성 검색을 통한 상대위치 추정 정확도 향상에 대한 연구

## Improvement of Relative Positioning Accuracy by Searching GPS Common Satellite between the Vehicles

한영민\*, 이성용\*\*, 김연실\*\*, 송준솔\*\*, 노희권\*\*, 기창돈\*\*

Young-Min Han\*, Sung-Yong Lee\*\*, Youn-Sil Kim\*\*, June-Sol Song\*\*, Hee-Kwon No\*\*, and Chang-Don Kee\*\*

### 요 약

본 논문은 저가의 GPS 수신기와 MEMS급 IMU, B-CDMA 무선 통신 모듈을 이용한 다수 차량의 상대위치 추정에 관한 연구이다. 차량의 상대위치를 추정함에 있어서, 각 차량의 가시 위성 조합이 불일치 할 경우 오차가 급증하는 현상이 발생한다. 본 논문에서는, 이를 개선하기 위하여 측정치 기반으로 상대위치를 계산하는 RGPS 알고리즘을 제안한다. 동시에 GPS/INS 통합 항법 알고리즘을 적용하여 각 차량의 방향각과 속도를 추정한다. 최종적으로 RGPS 알고리즘과 각 차량의 GPS/INS 통합항법 알고리즘 결과를 사용한 Position Integration Filter 알고리즘으로부터 최종적인 상대위치와 상대속도를 추정한다. 이와 같은 연구 결과를 증명하기 위하여 실제 실험을 통하여 추정 결과를 확인하였다. 실시간 프로그램과 실험용 모형 차량을 제작하여 상대위치, 상대속도 추정 실험을 실시, 실제 환경에서의 알고리즘의 성능을 검증하였다.

### Abstract

In this paper, we present relative positioning algorithm for moving land vehicle using GPS, MEMS IMU and B-CDMA module. This algorithm does not calculate precise absolute position but calculates relative position directly, so additional infrastructure and I2V communication device are not required. Proposed algorithm has several steps. Firstly, unbiased relative position is calculated using pseudorange difference between two vehicles. Simultaneously, the algorithm estimates position of each vehicle using GPS/INS integration. Secondly, proposed algorithm performs filtering and finally estimates relative position and relative velocity. Using proposed algorithm, we can obtain more precise relative position for moving land vehicles with short time interval as IMU sensor has. The simulation is performed to evaluate this algorithm and the several field tests are performed with real time program and miniature vehicles for verifying performance of proposed algorithm.

Key words : Relative Positioning, CAS, RGPS, GPS/INS Integration

### I. 서 론

통계 자료에 의하면 90% 이상의 차량 사고가 운전자 부주의에 의해서 발생한다[1]. 이러한 사고는 충

\* 현대자동차 운전지원 시스템 개발팀(HYUNDAI Motor Group)

\*\* 서울대학교 기계항공공학부(Mechanical and Aerospace Engineering and the Institute of Advanced Aerospace Technology, Seoul National University)

· 제1저자 (First Author) : 한영민 (Young-Min Han, Tel : +82-31-368-0866, email : yahowind@hyundai.com)

· 투고일자 : 2012년 10월 29일

· 심사(수정)일자 : 2012년 10월 29일 (수정일자 : 2012년 12월 18일)

· 게재일자 : 2012년 12월 30일

돌 경고, 충돌 회피 시스템으로 예방할 수 있다. 미국 NHYSA (National Highway Traffic Safety Administration)의 보고서에 의하면 1994년 미국에서 일어난 140만 건의 추돌 사고 중 50% 정도는 충돌회피 시스템에 의하여 예방될 수 있다는 보고가 있다 [2]. 최근 들어 이에 대한 연구의 중요성이 확대됨에 따라 충돌 경고 및 회피 시스템에 대한 많은 연구가 이루어지고 있다.

출동 경고 및 회피 시스템에 대해서는 주로 레이더 센서에 대한 연구가 많이 진행되었는데 이러한 시스템은 제한적인 측정범위를 갖는 단점이 있다[4,5]. 이러한 한계를 보완하기 위해서 차량 간 통신을 이용한 주변 차량의 위치 정보를 획득하는 것에 대한 연구 등이 진행되고 있고 본 연구에서는 V2V(Vehicle-to-Vehicle) 통신을 이용한 차량 간 상대 위치 추정에 대한 연구를 진행하였다.

차량의 위치정보를 얻기 위해서는 Stand-alone GPS 위치를 이용할 경우 저렴한 비용으로 쉽게 적용이 가능하지만 상대 차량과 자차 간의 가시위성이 다를 경우에는 큰 상대위치 추정 오차를 유발하게 된다. 정밀한 상대위치 추정을 위한 다른 방법으로는 DGPS[6,7]나 반송파를 이용하는 RTK[8,9]등이 있으나 이 방법을 사용하기 위해서는 기준국 및 I2V(Infrastructure-to-vehicle)와 같은 인프라가 필요하고 구현이 복잡하다는 단점이 있다.

이러한 단점을 극복하기 위해서 본 연구에서는 V2V(vehicle-to-vehicle)통신을 이용한 공통위성 검색을 통한 정밀 상대위치 추정 알고리즘을 제안한다. 제안된 방법은 기준국과 같은 인프라가 필요하지 않으며 차량 간 공통위성 검색을 통해 의사거리 공통오차를 제거함으로써 구현이 용이하면서도 Stand-alone GPS에 비하여 정밀한 상대위치를 추정한다.

II. 상대 위치 추정 알고리즘

2-1 알고리즘 개요

다음의 그림은 제안된 알고리즘의 전체 구성을 보여준다.

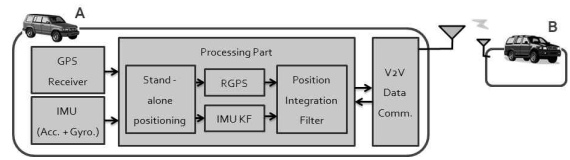


그림 1. 상대위치/상대속도 추정 알고리즘 소프트웨어 시스템 구성  
Fig. 1. Relative positioning algorithm configuration

시스템은 크게 세 가지 부분, 각각의 측정치를 제공 센서부와 차량 간 통신을 담당하는 통신부, 센서와 통신으로부터 획득한 데이터를 처리하는 처리부로 나뉜다.

센서부와 통신부로부터 처리한 데이터를 모아 처리부에서 상대위치/상대속도 추정을 실행한다. 처리부는 크게 4가지의 단계로 나눌 수 있다. 각각의 단계에 대한 자세한 설명은 아래와 같다.

2-2 Stand-alone Positioning

위치, 속도, 가시위성의 시선 벡터가 매 초 GPS 수신기에서 계산된다. 가시위성의 시선 벡터가 RGPS 알고리즘에서 사용되고 속도 정보가 IMU KF에서 사용된다.

2-3 RGPS 알고리즘

RGPS 알고리즘은 차량간 통신을 통하여 수집한 주변 차량(Other vehicle)의 의사거리 측정치와 자기 차량(My vehicle)의 의사거리 측정치를 사용하여 차량의 가시위성 조합 일치 여부와 관계없이 정확한 상대위치를 계산한다.

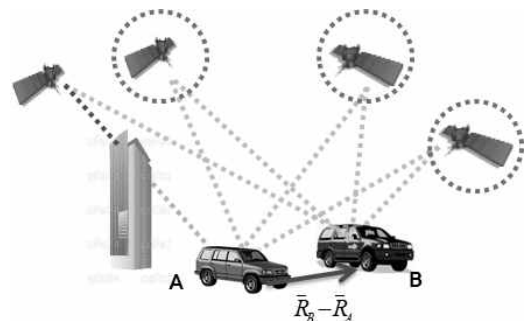


그림 2. RGPS 알고리즘 개념  
Fig. 2. RGPS algorithm

위 그림에서 빌딩에 의해 차량 A와 B의 가시위성 조합이 달라진다. 이 때 각 차량의 의사거리에는 전리층 지연 오차, 대류층 지연 오차 등의 공간 상관 오차가 포함되어 있게 된다. 위 공간 상관 오차 성분들은 두 차량의 거리가 가까울 경우 거의 같은 값을 가지기 때문에 두 차량 사이의 거리가 가깝고 두 차량의 가시위성 조합이 같을 경우 이 오차 성분들은 다음의 식을 통하여 제거될 수 있다. 아래 식에서 두 차량이 가까울 경우 가시위성의 시선 벡터는 거의 평행에 가깝다는 것을 이용한다.

$$\begin{aligned} \tilde{\rho}_{BA}^j &= \rho_B^j - \rho_A^j & (1) \\ &= (R^j - R_B) \cdot \hat{e}_B^j + B_B + \delta_B^j + \varepsilon_{\rho,B}^j \\ &\quad - (R^j - R_A) \cdot \hat{e}_A^j - B_A - \delta_A^j - \varepsilon_{\rho,A}^j \\ &\approx (R_A - R_B) \cdot \hat{e}_A^j + \Delta B + \varepsilon_{\Delta\rho} \\ &(\hat{e}_A^j \approx \hat{e}_B^j, \delta_A^j \approx \delta_B^j) \end{aligned}$$

- $\rho_B^j$  : pseudorange from j-th satellite to B vehicle
- $R^j$  : vector from earth origin to j-th satellite
- $R_B$  : vector from earth origin to B vehicle
- $\hat{e}_B^j$  : unit vector from B vehicle to j-th satellite
- $B_B$  : receiver clock bias (B vehicle)
- $\delta_B^j$  : common error source (iono. delay, tropo. delay etc)
- $\varepsilon_{\Delta\rho}$  : noise of pseudorange measurement

최종적으로 위 식을 각 위성에 대한 벡터 식으로 정리하면 다음과 같이 표현된다. 위 식에서 A차량과 B차량의 거리가 가깝기 때문에 각 차량의 의사거리에 포함되어 있는 공간 상관 오차들이 유사한 값을 가지게 되고 두 차량의 공통위성의 의사거리를 차분함으로써 이러한 공간 상관 오차가 제거된다.

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} \hat{e}_{AorB}^1 & -1 \\ \vdots & \vdots \\ \hat{e}_{AorB}^N & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} (R_B - R_A) \\ \Delta B \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} -\tilde{\rho}_{BA}^1 \\ \vdots \\ -\tilde{\rho}_{BA}^N \end{bmatrix} \\ \rightarrow HX &= Z & (2) \\ \therefore X &= (H^T H)^{-1} H^T Z \end{aligned}$$

위 식을 이용하여 단일항법해(Stand-alone GPS)와

마찬가지 방식으로 최소자승법으로 A, B 두 차량의 상대위치를 계산할 수 있다. 이렇게 구해진 차량 간 상대위치는 공통오차가 제거되어 Stand-alone GPS 위치해에 비해 높은 정확도를 가진다.

GPS 수신기로부터 1Hz의 의사거리 측정치가 출력되므로, RGPS 알고리즘에서는 1Hz의 상대위치를 제공한다. 그런데 급격한 차량 기동 상황에서는 실시간 차량 간 상대위치를 구하는 데 1Hz는 충분치 않고 차량 간 충돌 방지 및 회피를 위해서는 상대위치 뿐만 아니라 실시간 상대 속도도 출동을 피하는 데 중요한 정보가 된다. 따라서 본 연구에서는 IMU KF와 PIF 알고리즘을 통해 높은 출력 주기의 차량 간 상대 위치, 속도 정보를 추정한다.

### 2-4 IMU KF(Kalman Filter) 알고리즘

IMU KF는 heading 필터와 속도 필터 두 가지의 필터로 구성된다. IMU KF는 GPS 측정치(1Hz)와 MEMS IMU 측정치(10Hz)를 사용하여 각 차량의 heading과 속도를 추정하는 역할을 한다. 또한 주행 중, Filter 내부에서 가속도계와 자이로의 바이어스를 다시 한 번 추정, 제거하는 2차 calibration을 수행하여, MEMS 센서 측정치의 정확도를 향상시킨다.

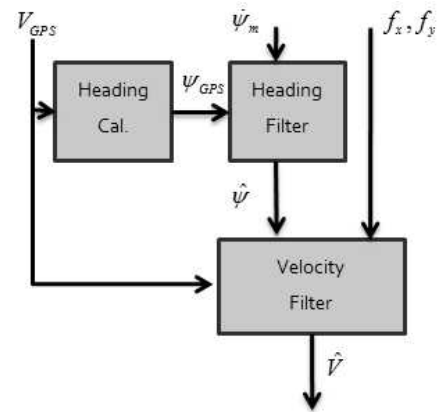


그림 3. IMU KF 알고리즘 block diagram  
Fig. 3. IMU KF algorithm block diagram

다음은 heading 필터 식을 나타낸다.

System equation

$$\begin{bmatrix} \dot{\psi} \\ \ddot{\psi} \\ \dot{b} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \psi \\ \dot{\psi} \\ b \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ w_1 \\ w_2 \end{bmatrix}$$

Measurement equation(GPS on)

$$\begin{bmatrix} \psi_{GPS} \\ \dot{\psi}_{gyro} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \psi \\ \dot{\psi} \\ b \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \end{bmatrix}$$

Measurement equation(GPS off)

$$\begin{bmatrix} \dot{\psi}_{gyro} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \psi \\ \dot{\psi} \\ b \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} v_2 \end{bmatrix} \tag{3}$$

$\psi$  : heading of vehicle

$b$  : gyro bias

$\psi_{GPS}$  : GPS heading

$\dot{\psi}_{gyro}$  : gyro output

헤딩필터를 이용하여 10Hz의 헤딩, 자이로 바이어스를 추정한다.

다음은 속도필터 식을 나타낸다.

System equation

$$\begin{bmatrix} \dot{V}_E \\ \dot{V}_N \\ \dot{a}_x \\ \dot{b}_x \\ \dot{a}_y \\ \dot{b}_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & \cos \psi & 0 & -\sin \psi & 0 \\ 0 & 0 & \sin \psi & 0 & \cos \psi & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_E \\ V_N \\ a_x \\ b_x \\ a_y \\ b_y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ w_3 \\ w_4 \end{bmatrix}$$

Measurement equation(GPS on)

$$\begin{bmatrix} V_{E_{GPS}} \\ V_{N_{GPS}} \\ f_{x_{accel}} \\ f_{y_{accel}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_E \\ V_N \\ a_x \\ b_x \\ a_y \\ b_y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \\ v_4 \\ v_5 \\ v_6 \end{bmatrix}$$

Measurement equation(GPS off)

$$\begin{bmatrix} f_{x_{accel}} \\ f_{y_{accel}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix} \bar{x} + \begin{bmatrix} v_5 \\ v_6 \end{bmatrix}$$

(4)

$V_E$  : east direction velocity of vehicle

$V_N$  : north direction velocity of vehicle

$a_x$  : body frame x-axis acceleration

$b_x$  : x-axis accelerometer bias

$f_{x_{accel}}$  : x-axis accelerometer output

속도 필터는 1Hz GPS 속도, 10Hz 가속도계 출력, 헤딩필터에서 추정된 헤딩을 입력으로 하여 각 차량의 10Hz의 속도를 추정한다.

2-5 PIF(Position Integration Filter) 알고리즘

Position Integration Filter(이하 PIF 알고리즘)는 상대위치/상대속도 추정 알고리즘의 마지막 단계로, 10Hz 상대위치를 상대속도를 제공한다. RGPS 알고리즘 1Hz 상대위치를 IMU KF 알고리즘으로 계산된 각 차량의 속도 추정치를 입력받아 최종적인 상대위치를 상대속도를 제공한다. 이 때, IMU KF 알고리즘은 각 차량에서 단독적으로 실행되므로 East, North 방향 속도 추정치를 방송/수신하여 획득하고 두 차량의 속도를 차분하여 PIF 알고리즘에 사용한다.

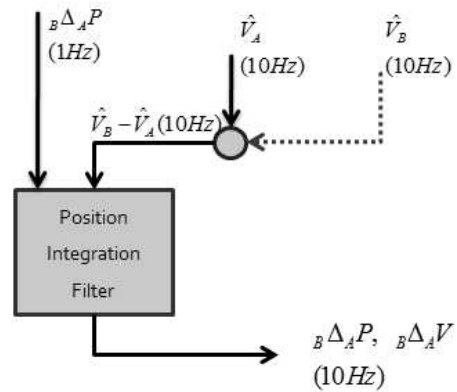


그림 4. Position Integration Filter block diagram  
Fig. 4. Position Integration Filter block diagram

다음은 PIF의 시스템 방정식이다.

System equation

$$\begin{bmatrix} {}_B\Delta_A\dot{P}_E \\ {}_B\Delta_A\dot{P}_N \\ {}_B\Delta_A\dot{V}_E \\ {}_B\Delta_A\dot{V}_N \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} {}_B\Delta_A P_E \\ {}_B\Delta_A P_N \\ {}_B\Delta_A V_E \\ {}_B\Delta_A V_N \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ w_1 \\ w_2 \end{bmatrix}$$

Measurement equation(RGPS on)

$$\begin{bmatrix} (R_B - R_A)_E \\ (R_B - R_A)_N \\ (\hat{V}_B - \hat{V}_A)_E \\ (\hat{V}_B - \hat{V}_A)_N \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} {}_B\Delta_A P_E \\ {}_B\Delta_A P_N \\ {}_B\Delta_A V_E \\ {}_B\Delta_A V_N \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \\ v_4 \end{bmatrix}$$

Measurement equation(RGPS off)

$$\begin{bmatrix} (\hat{V}_B - \hat{V}_A)_E \\ (\hat{V}_B - \hat{V}_A)_N \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \bar{x} + \begin{bmatrix} v_3 \\ v_4 \end{bmatrix} \tag{5}$$

${}_B\Delta_A P_E$  : relative east position of vehicle A,B

${}_B\Delta_A V_E$  : relative east velocity of vehicle A,B

### III. 실험을 통한 성능 평가

#### 3-1 실험 환경

제안한 알고리즘을 검증하기 위하여 모형차량을 이용하여 실시간 프로그램을 이용한 검증을 실시하였다.



그림 5. 모형 차량  
Fig. 5. Miniature Vehicle

아래 표는 모형 차량의 대표적인 구성 요소에 대한 스펙을 나타낸다.

표 1. 모형 차량 구성 요소 제원

Table 1. Specification of miniature vehicle

Parts	Model	Specification
GPS receiver	Ublox LEA-6T	2~2.5(m)
Accelerometer	ADXL 345	290 $\mu g / \sqrt{Hz}$
Gyro	ITG-3200	0.03 deg/ sec/ $\sqrt{Hz}$
Embedded PC	Kontron PC104	Windows XP 700MHz, 512MB
V2V com. module	B-CDMA module	5Mbps ~ 500m range

실험은 서울대학교의 대 운동장에서 이루어졌으며 트랙은 90미터의 직선구간과 50미터의 반원구간으로 이루어져있다.



그림 6. 실험 환경  
Fig. 6. Experiment environment

모형 차량에 두 개의 패치 안테나(이하 A, B)를 접촉하도록 부착하여 두 안테나 사이의 실제 상대위치와 속도가 0이 되도록 하였다. 아래의 표는 실험의 시나리오에 대한 설명이다.

표 2. 실험 시나리오

Table 2. Experimental scenario

Speed	Constant speed (about 3m/sec)
Driving scenario	straight 90m, curve 140m straight 90m, curve 140m
True relative position	East 0 m, North 0 m
True relative velocity	East 0 m/sec, North 0 m/sec

3-2 제안된 알고리즘 결과

다음은 실험 시간 동안의 가시위성 변화와 제안된 알고리즘의 실험 결과이다.

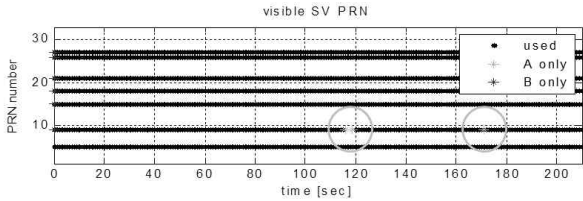


그림 7. A, B의 가시 위성 변화  
Fig. 7. Visible satellites of A, B

그림 7에서 9번 PRN의 위성이 120초 부근, 170초 부근(원으로 표시)에서 A에서만 가시권에 들어 해당 시간에서 A, B의 가시위성 조합이 불일치한다.

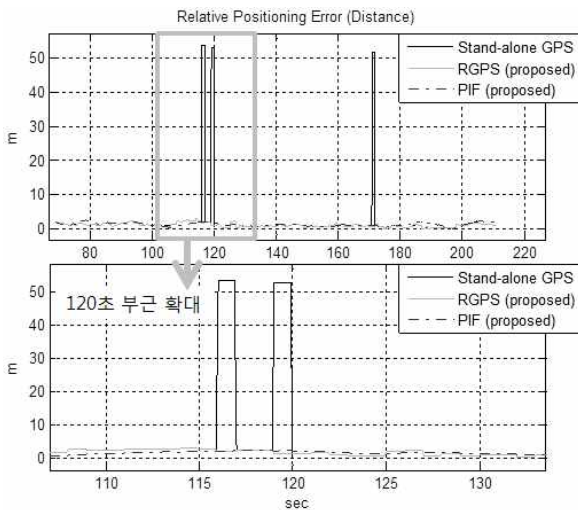


그림 8. 단일항법해 차분, RGPS, PIF 알고리즘 상대 거리 오차

Fig. 8. Relative positioning distance error of Stand-alone GPS, RGPS and PIF algorithm

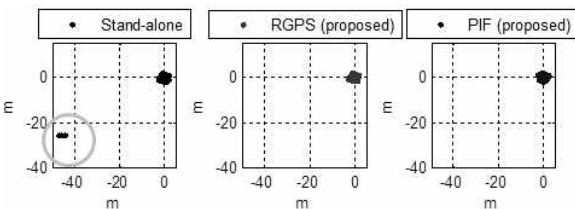


그림 9. 단일항법해 차분, RGPS, PIF 알고리즘 상대 위치 오차

Fig. 9. Relative positioning error of Stand-alone GPS, RGPS and PIF algorithm

그림 8은 제안된 알고리즘의 2D 거리오차를 나타낸다. 앞에서 언급한 가시위성 조합이 불일치하는 구간에서 Stand-alone GPS의 상대거리 오차는 50미터가 넘지만 제안된 알고리즘은 A, B 간 공통위성의 의사 거리 차분으로 공간 상관오차가 제거됨으로써 상대 거리 오차가 3미터 이내, 표준 편차 1미터 정도의 상대 위치 추정 성능을 보인다.

그림 9는 East, North 방향 상대 위치 추정 오차를 나타내고 그림 8과 마찬가지로 Stand-alone GPS 결과에서 원으로 표시된 부분(가시위성 불일치 구간)에서 상대위치 오차가 급증하는 것을 확인할 수 있다. 그림에서 RGPS와 PIF는 거의 유사한 상대위치 추정 성능을 보이는데 이는 PIF 알고리즘이 RGPS 알고리즘에서 추정된 상대 위치를 측정치로 사용하기 때문이다. PIF는 RGPS와 유사한 상대 위치 추정 정확도를 유지하면서 상대 위치 추정 출력 주기를 향상시키며 차량 간 상대 속도를 함께 추정하는 역할을 한다. 이를 통해 제안된 알고리즘으로 차량 간 충돌 방지 및 회피에 적극 활용될 수 있을 것으로 예상된다.

다음의 표에서 단일항법해 차분에 의한 상대위치, RGPS 알고리즘까지 진행하여 얻은 상대위치, PIF 알고리즘까지 진행하여 추정한 최종적인 상대위치의 오차를 비교하였다.

표 3. 제안된 알고리즘의 상대 위치, 상대 속도 결과  
Table 3. Relative position, velocity result of proposed algorithm

Applied algorithm	Relative position error [m]		
	Local x,y	drms	Error reduction
Position difference	6.62, 3.82	7.78	-
RGPS (1Hz)	1.04, 0.92	1.38	82.22 %
PIF(10Hz)	1.15, 1.02	1.53	80.35 %

A, B의 가시위성 조합이 불일치하는 구간이 존재하기 때문에 해당 부근에서 단일항법해 차분 상대위치 오차가 급증한 결과를 보인다. 그러나 RGPS 알고리즘까지의 상대위치 오차와 PIF 알고리즘의 최종 상대위치 오차는 가시위성 조합 불일치와 무관하게 각 축으로 1m 내외의 정확도를 보인다. 결과적으로

본 논문에서 제안한 상대위치/상대속도 추정 알고리즘을 통하여 단일항법해 차분 상대위치 오차에 비하여 80% 이상 오차가 감소하였으며, IMU KF와 PIF를 통해 RGPS 알고리즘의 상대위치 정확도를 유지하면서 10Hz의 출력 주기를 가지는 상대위치, 상대속도를 추정하였다.

#### IV. 결 론

본 논문에서는 저가의 GPS 수신기, MEMS IMU, B-CDMA 통신 모듈을 사용하여 다수의 차량에 대한 상대위치/상대속도 추정 알고리즘을 제안하였다.

두 차량의 가시위성 조합이 불일치할 때 발생하는 단일항법해 차분 상대위치의 오차 급증현상을 보완하기 위하여 의사거리 측정치를 사용하여 정확한 상대위치를 계산하는 RGPS 알고리즘을 제안하였으며, IMU KF 알고리즘에서는 GPS/MEMS IMU 통합항법을 적용하여 각 차량의 heading과 속도를 추정하였다. 최종적으로 PIF 알고리즘에서 RGPS, IMU KF 알고리즘의 결과를 통합하여 10Hz의 상대위치/상대속도를 획득하였다.

모형차량과 관련 시스템을 제작하여 실시간 실험을 진행, 실제 상황에서의 알고리즘 성능을 검증하였다. 결과적으로 단일항법해 차분에 비하여 상대위치 오차를 80% 이상 줄이는 성능을 확인하였다. 또한 10Hz의 정확한 상대위치와 상대속도를 획득하여, 두 차량의 상대적 움직임을 연속적으로 파악할 수 있었다. 이를 통해 차량 간의 충돌 방지 및 회피에 적극 활용 가능할 것으로 예상되며 레이더 센서를 이용한 충돌 방지 시스템에 비해 넓은 측정 범위를 가지므로 차량 간 충돌을 더욱 효과적으로 예방할 수 있을 것으로 예상된다.

#### 감사의 글

본 연구는 서울대학교 정밀기계설계공동연구소를

통해 계약된 기초기술연구회의 "재난예방 및 국민안전제고를 위한 위성기반 위치추적기술 연구" 과제의 일환으로 수행되었으며 지원에 감사드립니다.

#### Reference

- [1] D. Lenton, "The small screen [TV to Mobile Devices]," *IEE Rev.*, vol. 49, no. 10, pp. 38-41, Oct. 2003.
- [1] "Traffic Accident Factor Analysis", *Traffic Accident Analysis Center*, Korea, 2009.
- [2] Kyoung-su Yi, "Collision Warning/Collision Avoidance System for Land Vehicle", *Journal of Korea Society of Automotive Engineers(KSAE)* / v.21 no.4, 1999년, pp.19-22
- [3] Clack,S, Durrant-Whyte, H, "Autonomous land vehicle navigation using millimeter wave radar", *IEEE*, 1998.
- [4] Yasushi Yagi, Shinioro Kawate, "Collision Avoidance Using Omnidirectional Image Sensor", *IEEE*, 1991.
- [5] TX CHen, ZR Zhuang, "Outdoor vision-based obstacle avoidance for autonomous land vehicle using fuzzy logic", *ICSSE*, 2011.
- [6] M.J.Woo, G.W. Choi, "A Relative Navigation System for Vehicle Platooning", *SICE*, 2001.
- [7] Walton Williamson, Jeehong Min, Jason L. Speyer and Jay Farrell, "A Comparison of State Space, Range Space and Carrier Phase Differential GPS/INS Relative Navigation", *American Control Conference*, 2000.
- [8] Gemunu Senadeera Gurusinghe, Takashio Nakatsuji, Yoichi Azuta, Prakash Ranjitkar, Yordphol Tanaboriboon, "Multiple Car-Following Data with Real-Time Kinematic Global positioning System", *Journal of the Transportation Research Board*, 2002.
- [9] T Williams, P Alves, G Lachapelle, "Evaluation of GPS-based method of relative positioning for automotive safety applications", *University of Calgary*, 2011.

한 영 민 (韓泳敏)



2010년 2월 : 한국대학교 전파공학과 (공학사)  
 2012년 2월 : 한국대학교 전파공학과 (공학석사)  
 2012년 3월~현재 : 현대자동차 운전 지원 시스템 개발팀 연구원  
 관심분야 : land vehicle navigation, GPS를 이용한 차량 충돌 방지 및 예방 기법

이 성 용 (李成用)



2011년 2월 : 한국기술교육대학교 정보통신학과 (공학사)  
 2011년 3월~현재 : 서울대학교 기계항공공학부 석사 과정  
 관심분야 : land vehicle navigation, relative-GPS

김 연 실 (金連實)



2009년 2월 : 세종대학교 기계항공우주공학부(공학사)  
 2011년 2월 : 서울대학교 기계항공공학부(공학석사)  
 2011년 3월~현재 : 서울대학교 기계항공공학부 박사 과정  
 관심분야 : Land vehicle navigation, GPS carrier-phase based navigation, GPS&INS integration

송 준 슬 (宋俊率)



2008년 8월 : 서울대학교 기계항공공학부(공학사)  
 2008년 9월~현재 : 서울대학교 기계항공공학부 석박사 통합과정  
 관심분야 : Network RTK, Carrier-phase based algorithms

노 희 권 (盧熙權)



2008년 2월 : 서울대학교 기계항공공학부(공학사)  
 2008년 3월~현재 : 서울대학교 기계항공공학부 석박사 통합과정  
 관심분야 : GPS&INS integration, UAV

기 창 돈 (奇昌敦)



1984년 2월 : 서울대학교 항공공학과 (공학사)  
 1986년 2월 : 서울대학교 항공공학과 (공학석사)  
 1994년 1월 : Stanford Univ. 항공우주공학과(공학박사)  
 1996년 9월 ~ 2000년 9월 : 서울대학교 기계항공공학부 조교수

2000년 10월~2006년 9월 : 서울대학교 기계항공공학부 부교수

2006년 10월~현재 : 서울대학교 기계항공공학부 교수  
 관심분야 : 위성항법시스템, 실시간 보정위성항법시스템, 실시간 광역보정위성항법시스템, 실시간 초정밀 위치결정 시스템, 항공기/우주비행체 자세결정, 무인항공기 자동 제어 시스템