

# 세미 트레일러 차량 상태 추정 시 GNSS 반송파 미지 정수 결정 성능 향상

## Performance Improvement of GNSS Carrier Integer Ambiguity Resolution in Semi Trailer Vehicle State Estimation

천세범\*, 박순철\*, 허문범\*

Se-Bum Chun\*, Soon-Chul Park\* and Moon-Beom Heo\*

### 요 약

세미 트레일러 차량의 잭나이핑 사고는 대형 사고를 유발할 가능성이 높은 사고 유형이다. 본 논문에서는 이러한 잭나이핑 사고의 예측 및 감지를 위한 차량 상태 추정에 GNSS 정밀 상대 위치 정보를 이용하였으며, 이를 위한 미지 정수 결정을 수행함에 있어 세미 트레일러의 동적 모델을 이용하여 성능 향상을 이룰 수 있는 방법을 연구하였다. 제안된 방법의 검증을 위해 시뮬레이션을 구성하였으며, 이 결과 GNSS 코드 정보만을 이용하는 경우에 비해 월등히 향상된 미지 정수 결정 성공률을 제공하는 것을 확인할 수 있었다.

### Abstract

Jack knifing accident of semi trailer vehicle is one of the most dangerous accident type because the vehicle cross over its lane by the accident. Jack knifing accident can be predicted and detected by GNSS precise relative positioning. But integer ambiguity resolution procedure is inevitable in GNSS precise relative positioning. In this paper, success rate improving method of integer ambiguity resolution is proposed for jack knifing accident prediction and detection of semi trailer vehicle, and proposed method is tested by simulation.

Key words : GNSS, relative positioning, jack knifing, integer ambiguity

### I. 서 론

현대의 화물 운송에 있어서 선박, 열차, 항공기 등의 비중이 계속 높아짐에도 불구하고, 여전히 차량에 의한 화물 운송은 전체 운송에서 매우 큰 비중을 차지하고 있다.

이러한 육상 화물 운송에서 1회 운행 당 운반 화물의 양을 증가시키기 위해 대형 차량을 이용하는 것이 일반적이다. 그러나 대형 화물 차량의 운행은 도로

여건상 불가능한 경우가 많다.

도로 이용의 제한을 줄이기 위해 굴절형 구조를 가진 트레일러 차량이 대형 화물 운반에 이용된다. 트레일러 차량은 일반 차량에 비해 증가된 자유도로 인해 도로 형태에 의한 제한을 최소화 할 수 있다. 그러나 트레일러 차량은 대형 차량의 특성 상 무게 중심이 높고 히치(Hitch) 축에 의한 불안정성이 발생할 소지가 크기 때문에 운전자의 사소한 실수나 판단 착오가 사고로 이어질 가능성이 매우 높다. 더욱이 이

\* 한국항공우주연구원(Korea Aerospace Research Institute)

· 제1저자 (First Author) : 천세범

· 투고일자 : 2010년 11월 1일

· 심사(수정)일자 : 2010년 11월 2일 (수정일자 : 2010년 12월 23일)

· 게재일자 : 2010년 12월 30일

러한 대형 화물 차량들은 주위 차량들의 사고를 유발하거나 누출된 유류나 화학약품에 의한 화재나 환경 재앙을 불러 올 수 있기 때문에 그 위험성이 더욱 높다고 할 수 있다.

트레일러 차량은 히치 축의 존재로 인해 잭나이핑(Jack knifing)이라는 독특한 사고 유형을 보인다. 잭나이핑은 트레일러와 같은 굴절 차량이 접이식 칼과 같은 형태로 접히며 발생하는 사고로 적절하지 못한 제동, 빗길이나 빙판길로 인한 접지력 손실 등에 의해 발생한다. 잭나이핑 사고 발생 시 견인 차량이 트레일러에 밀려서 불안정해 지게 되며, 안정성을 잃어 버린 차량이 인접 차선으로 침범하는 경우가 빈번하기 때문에 연속된 사고를 발생할 가능성이 매우 높은 사고 유형이다.

이러한 위험성을 감소시키기 위해 차량 제어를 위한 다양한 시스템들이 개발되고 있다. [1,2] 그러나 이러한 시스템들은 차량 내부 구조에 센서가 설치되어야 하는 문제가 있기 때문에 차량 생산 단계에서만 설치가 가능하다는 단점이 있다.

반면, GNSS 상대 측정 정보를 이용하여 트레일러 상태를 추정하고, 이 정보를 바탕으로 잭나이핑을 검출하는 방법은 내부 구조물의 개조가 요구되지 않는 GNSS 안테나의 설치만으로 차량 개조 작업이 마무리되므로 이미 생산되어 있는 차량에 적용될 수 있다는 장점이 있다. 또한 설치 위치에 대한 제한이 적으므로 차량 형태에 영향을 적게 받는다.

트레일러 상태 추정을 위해 GNSS 정밀 상대 위치 측정 정보를 이용하는 경우 사전에 반송파 미지 정수를 결정하는 과정이 필수적이다. 본 논문에서는 반송파 미지 정수 결정 과정에서 트레일러의 동적 모델을 이용하여 성공률(Success rate)을 향상시키는 방법에 대해 연구하였다. 본 논문은 다양한 트레일러 형태 중 견인 차량이 트레일러의 하중을 일부 지탱하는 형태인 세미 트레일러에 대해서만 언급하였다. 그림 1은 화물 운반 차량의 세 가지 형태를 보여 주고 있다.



그림 1. 화물 운반 차량의 형태  
(a: 리지드 트럭, b: 트레일러, c: 세미 트레일러)  
Fig. 1 Classification of truck  
(a: rigid truck, b: trailer, c: semi trailer)

본 논문의 구조는 다음과 같다. 2장에서 세미 트레일러의 사고 예측 및 감지 방법에 대해 언급하고 3장에서는 GNSS 정보를 이용한 방향각 추정 방법에 대해 언급한다. 4장에서는 세미 트레일러의 동적 모델을 이용하여 차량 상태 및 미지 정수를 결정하는 방법에 대해 언급하고, 5장에서는 제안된 방법을 시뮬레이션을 통해 미지 정수 결정 성능 향상을 검증하였다.

## II. 잭나이핑 사고 예측

세미 트레일러 차량의 구성 요소에 대해 그림 2와 같이 정의한다.



그림 2. 세미 트레일러 차량의 구성  
Fig. 2 Structure of semi trailer vehicle

## 2-1 세미 트레일러 잭나이핑 특성

잭나이핑 현상은 세미 트레일러 차량에서 접지력 손실 등으로 인하여 안정성을 상실해 제어 불능에 빠지는 상황을 말한다. 잭나이핑 사고는 급작스러운 제동으로 인해 트레일러 휠이 잠긴 경우, 선회 중의 급격한 감속, 화물 배치 불량, 혹은 도로 상태로 인해 접지력을 상실한 경우 발생한다.

잭나이핑 현상은 견인 차량과 트레일러의 상대 각이 90도 이하일 때로 정의 된다. 잭나이핑은 구동력을 전달하는 휠이 접지력을 잃은 상태에서 상대적으로 높은 하중을 가진 트레일러에 밀리는 현상으로, 대부분 견인 차량이나 트레일러가 좌우로 회전하는 양상을 보인다.

잭나이핑 징후가 발견 되었을 때는 가속력이나 감속력을 줄여주어서 휠의 접지력을 회복시켜 주면 잭나이핑 진입을 방지 할 수 있다.[3]

## 2-2 잭나이핑 검출

세미 트레일러 차량의 잭나이핑은 히치 각과 밀접한 관계를 가지며 주행 조건 상 식 (1)과 같은 영역 내에 존재하면 안정하다고 할 수 있다.

$$\tan(-85^\circ) < C < \tan(85^\circ), C = \frac{U - X\dot{\psi}}{V - Y\dot{\psi}} \quad (1)$$

여기서,

$U$  : forward velocity at hitch axis

$V$  : side velocity at hitch axis

$X, Y$  : hitch axis position in local frame (east, north)

$\dot{\psi}$  : rate of hitch angle

위의 식에서 볼 때 세미 트레일러 차량의 히치 각 및 히치 각 변화율 추정이 잭나이핑 검출을 위해 가장 중요한 정보임을 확인 할 수 있다.

## III. GNSS를 이용한 방향각 추정

### 3-1 GNSS 반송파를 이용한 상대 위치 추정

상대 위치 추정을 위해 GNSS 코드나 반송파를 사용하는 방법 모두 가능하나 코드 정보의 경우 기본적인 정밀도가 반송파 정보에 비해 상대적으로 떨어지기 때문에 일정 수준 이상의 성능을 얻기 힘든 한계가 있다. 반면 반송파의 경우는 코드 정보에 비해 높은 수준의 정밀도를 가지고 있으나 사전에 반송파 미지 정수를 추정해야하는 단점이 존재한다.

이러한 상대 위치 측정을 수행하는 경우 차분 과정을 통해 두 지점에서 존재하는 공통 오차 성분을 제거할 수 있다. 일반적으로 코드 정보와 반송파 정보 모두 동일한 차분 방식을 이용하며, 차분 방법에 따라 위성간 차분, 수신기간 차분, 시각간 차분(삼중 차분) 등의 세 가지 종류가 있다.

위성간 차분의 경우는 단일 수신기에서 수신된 개별 위성의 신호를 차분하는 것으로 수신기 시계 오차 등 수신기 내부에서 가지고 있는 오차 성분을 제거할 수 있다. 반면 수신기간 차분은 개별 수신기에서 수신된 단일 위성의 측정치를 차분함으로써 위성이 가진 오차를 제거해 주는 방법이다.

삼중 차분의 경우는 하나의 측정치를 일정 시간 간격을 두고 차분하는 방법으로 반송파의 경우 미지 정수를 제거할 수 있다는 장점이 있다.

일반적으로 동적인 경우에는 위성간, 수신기간 차분을 사용하고 측지와 같이 정적인 분야에서는 긴 시간 관측을 하여 삼중 차분 방법을 적용하는 것이 일반적이다.

### 3-2 GNSS 반송파를 이용한 방향각 추정

상대 위치 정보에 존재하는 두 점 사이의 상대 위치를 알아낼 수 있다면 방향각을 알아낼 수 있으며, GNSS 상대 위치 정보를 이용한 방향각 추정은 이러한 원리를 이용한다. 상대 위치 벡터를 이용한 방법은 기본적으로 상대 위치 정확도에 의존하기 때문에 고정된 기저선 길이에서 상대 위치 정확도가 낮다면 방향각 정확도도 낮아지게 된다. 이와 같은 맥락에서 동일한 상대 위치 정확도를 제공한다고 하더라도 기저선 길이가 짧아지면 방향각 정확도도 이와 비례하여 나빠지게 된다.

### 3-3 세미 트레일러 차량의 상태 추정

기본적으로 세미 트레일러 차량에 3개 이상의 안테나가 설치되면 heading 및 hitch 각 정보를 획득할 수 있다. 추가 정보 없이 heading 및 hitch 각 정보를 얻기 위한 안테나의 배치는 그림 3과 같다.

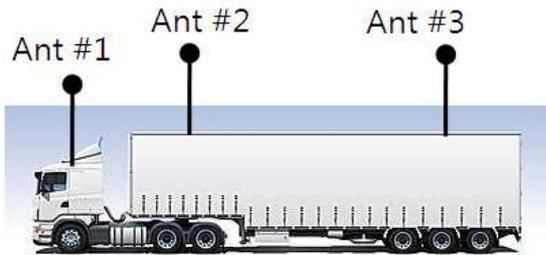


그림 3. 세미 트레일러 상태 추정 시 안테나 배치  
Fig. 3. Antenna arrangement for state estimation of semi-trailer

위 그림에서 견인 차량과 트레일러가 강체라고 가정하고 수평면 상에서만 운행한다고 가정하면, 안테나 1과 2의 heading과 안테나 2와 3의 heading을 상대 위치 정보에 기반을 두어 추정해 낼 수 있고, 견인 차량과 트레일러의 heading에서 hitch 각을 계산해 낼 수 있다. 이러한 경우 견인 차량과 트레일러 각각 반송파 미지 정수 추정이 수행되어야 한다.

#### IV. 세미 트레일러 차량의 동적 모델을 이용한 미지 정수 추정

GNSS 반송파 정보를 이용하여 세미 트레일러 상태 정보를 추정하기 위해서는 최소 3개의 수신기가 필요함을 앞서 언급하였다. 본 논문에서는 시스템 비용을 낮출 수 있는 방안으로 2개의 수신기만을 이용해 hitch 각을 포함한 트레일러의 상태를 추정하는 경우 미지 정수 추정 성능을 향상시킬 수 있는 방법을 적용하였다. 이러한 방법은 요구되는 GNSS 수신기의 수를 줄여 비용을 절감할 수 있으며, hitch 축에 설치되는 안테나가 없기 때문에 설치 위치에 대한 제한 조건이 적다는 장점이 있다.

기본적으로 미지 정수 결정 성공률은 실수 미지수의 공분산 값에 의해 결정되게 되며, 실수 미지수의 공분산은 기본적으로 위치 정보 정확도에 좌우된다.

본 논문에서는 세미 트레일러 차량의 동적 모델을 이용하여 상태 추정을 수행하고, 이를 바탕으로 트레일러 탑재 안테나의 위치를 추정하였다. 이러한 과정을 통하여 GNSS 코드 정보만을 이용하여 미지 정수를 추정하는 경우에 비해 미지 정수 결정 성능을 향상 시켰다.

#### 4-1 2개 수신기를 이용한 세미 트레일러 상태 추정

앞서 언급 했듯이 3개의 수신기를 이용하여 heading 과 hitch 각을 추정하는 경우 견인 차량과 트레일러의 heading을 각각 구하는 것으로 상태 추정이 마무리 된다.

그러나 2개의 GNSS 수신기만을 이용하는 경우 상대 위치 측정치가 정해진다고 하더라도 heading이나 hitch 각을 정의할 수 없는 문제가 발생하게 된다.

그림 4는 이러한 ‘모호성’ 문제를 나타낸 것이다.

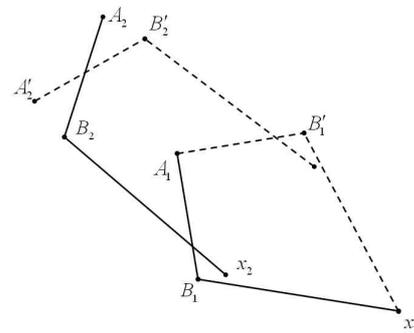


그림 4. heading/hitch 각 모호성 문제  
Fig. 4. Heading/hitch angle ambiguity problem

위 그림에서 차량의 기준 위치 A1이 알려진 상태에서 기준 위치에 대한 상대 위치  $x_1$ 을 알면 hitch 축의 위치는 B1과 B1'이 가능하다. hitch 축의 위치가 두 가지 경우가 존재하므로 heading과 hitch 각도 두 가지 경우가 존재하게 되며, 아래 그림에서 실선으로 나타낸 참 상태와 점선으로 나타낸 거짓 상태를 단일 에폭의 측정치만으로는 식별이 불가능하다.

그러나 일정 시간 동안 시스템 동적 모델을 이용해 갱신된 차량의 위치를 보면 두 가지 경우가 각각 다른 위치를 갖게 된다. 참 상태의 경우 A2, B2로 이동하고 거짓 상태의 경우 A2', B2'으로 이동하는데

이때의 차량 상태와 상대 위치 측정치  $x_2$ 와 비교하면 이전 단계에서와는 큰 차이를 보이기 때문에 헤딩과 히치 각에 존재하는 모호성을 극복해 낼 수 있게 된다.

4-2 세미 트레일러 차량의 시스템 모델

세미 트레일러 차량의 단순화된 형태는 그림 5와 같다.

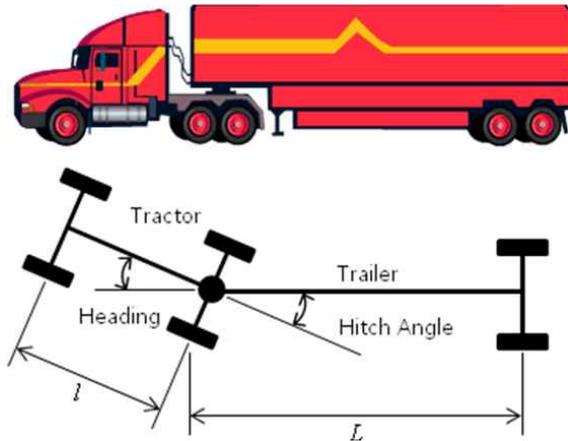


그림 5. 단순화된 세미 트레일러 모델  
Fig. 5. Simplified semi trailer model

세미 트레일러의 상태 추정을 위해 사용하는 시스템 동적 모델은 식 (2)와 같다.[3]

$$\begin{aligned}
 x_{0,t+1} &= x_{0,t} + \frac{v_t \cdot dt}{l} \cdot \tan(u_t) \\
 x_{1,t+1} &= x_{1,t} + \frac{v_t \cdot dt}{l} \cdot \tan(x_{0,t} - x_{1,t}) \quad (2)
 \end{aligned}$$

여기서,

- $x_{0,t}$  : tractor heading at time t
- $x_{1,t}$  : trailer heading at time t
- $v_t$  : vehicle speed at time t
- $l$  : tractor length (front wheel shaft to hitch axis)
- $dt$  : sampling time
- $u_t$  : steering input

조향 입력은 차량에서 제공하며, 속력은 차속계 정보나 GNSS에서 제공하는 전진 속력 정보를 이용한다. 조향 입력의 경우 본 논문에서는 차량 제동을

가정하고 있으나 자이로 등의 각속도 센서를 이용하여 입력하는 것도 가능하다.

4-3 관측 모델

관측 정보는 미지 정수 추정이 이루어진 후 반송파 정보를 이용해 얻어진 위치 정보를 이용한다. 본 연구에서는 동적인 차량의 상태를 추정하는 것이 목적이므로 시각간 차분을 제외한 수신기간 차분 및 위성간 차분 방법을 적용하였다. 식 (3)에서 특별히 언급하지 않는 이상 모든 측정치는 이중 차분 (수신기간, 위성간)된 측정치이다.

$$\begin{aligned}
 X_{trailer} &= X_{tractor} + C_1 \vec{l} + C_2 \vec{L} \\
 R_0 &= DD \cdot \begin{bmatrix} norm(X_{sat\#1} - X_{tractor}) \\ \vdots \\ norm(X_{sat\#N} - X_{trailer}) \end{bmatrix} \\
 N &= round\left(\frac{\lambda\Phi - R_0}{\lambda}\right) \\
 y &= \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \lambda\Phi - \lambda N \\ \rho \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_0 + H \cdot dx + v_1 \\ R_0 + H \cdot dx + v_2 \end{bmatrix} \quad (3)
 \end{aligned}$$

여기서,

- $X_{tractor, trailer}$  : tractor and trailer position
- $DD$  : cofactor matrix for double difference
- $C_1$  : rotational transformation matrix for tractor
- $C_2$  : rotational transformation matrix for trailer
- $y$  : observation vector
- $\vec{l} = \begin{bmatrix} 0 \\ l \end{bmatrix}, \vec{L} = \begin{bmatrix} 0 \\ L \end{bmatrix}$
- $l$  : tractor length
- $L$  : trailer length

4-4 필터 구성

시스템 상태를 추정하기 위한 방법으로 다양한 필터링 방법들이 존재하나 대부분 시스템 모델이 선형이고 대상 상태의 잡음이 백색-가우시안 잡음인 경우에만 적용이 가능하다. 이러한 가정이 성립하지 않는 경우 선형화 등을 통해 대응하는 방법이 있으나 초기 오차 등이 큰 경우 대응이 불가능할 수도 있다. 특히

앞서 언급한 세미 트레일러 차량 동적 모델의 경우 삼각 함수를 포함하고 있고, 이로 인해 선형화 중심 점이 정확하지 않는 경우 필터가 불안정해 지거나 추정 오차가 커지는 문제가 있다.

이러한 문제를 극복하기 위해 본 논문에서는 파티클 필터를 적용하였다. 파티클 (Particle) 필터는 점밀도 확률 분포 (Point mass probability distribution) 방식에 기초한 순차적 몬테카를로 (Monte Carlo) 기법을 이용한 준 최적 필터이다.[4] 이때 점밀도를 파티클이라고 한다. 파티클 필터는 비선형 모델과 백색-가우시안 잡음이 아닌 경우에도 상태를 추정 가능하다는 장점이 있으나 연산량이 칼만 필터 등에 비해 매우 크다는 문제가 있다. 본 논문에서 사용된 필터는 표 1과 같은 특징을 갖는다.

표 1. 필터 구성

Table 1 Filter configuration

상태 변수	트랙터 heading, 트레일러 heading
파티클 수	100개
연산 주기	10Hz
적용 방식	SIR 파티클 필터[5]

## V. 시뮬레이션을 통한 검증

### 5-1 시뮬레이션 구성

세미 트레일러의 상태 추정을 위해 구성된 시뮬레이션은 그림 6과 같은 구성을 갖는다.

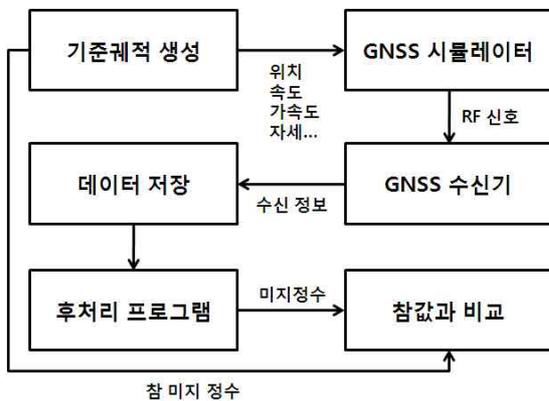


그림 6. 시뮬레이션 구성

Fig. 6. Simulation Configuration

기준 궤적은 적절한 조향 입력을 주어서 구성하였으며, 생성된 기준 궤적과 조향 입력은 그림 7, 8과 같다.

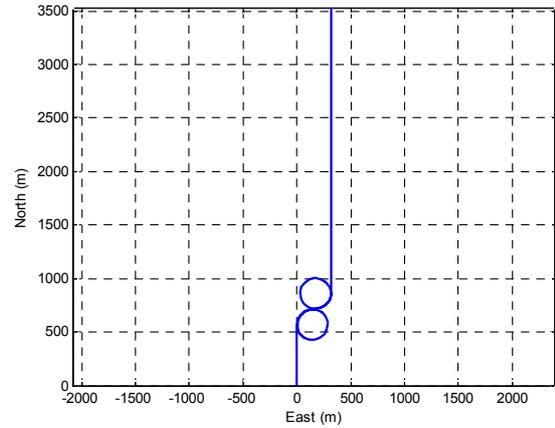


그림 7. 기준 궤적

Fig. 7. Reference trajectory

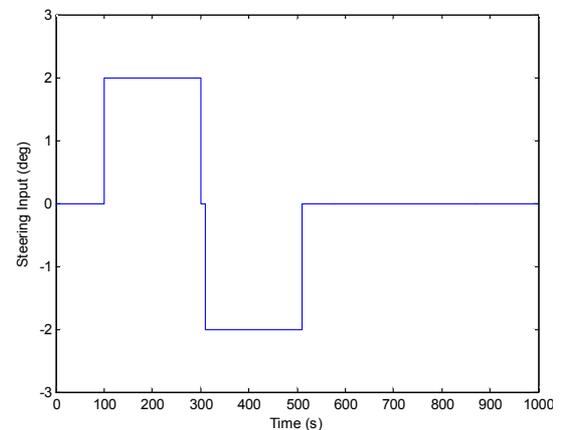


그림 8. 조향 입력

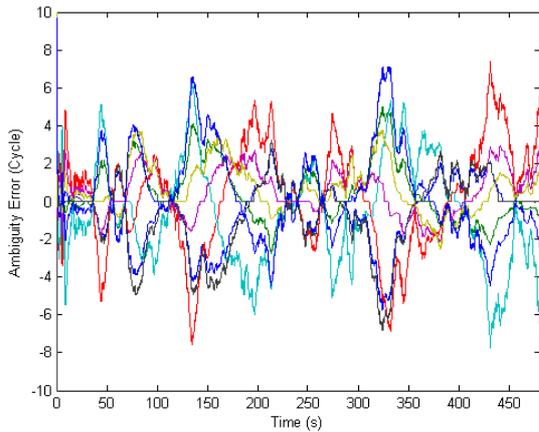
Fig. 8. Steering input

### 5-2 시뮬레이션 결과

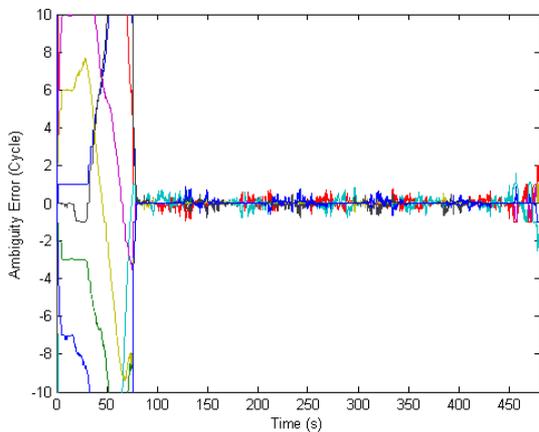
세미 트레일러 차량의 동적 모델을 사용하는 경우의 미지 정수 결정 성능 향상을 확인하기 위해 기준 궤적을 이용하여 계산된 참 미지 정수와 추정된 미지 정수의 오차를 분석하였다. 성능 비교를 위해 세미 트레일러의 동적 모델을 이용하여 상태 추정 필터를 구성한 경우와 그렇지 않을 경우를 비교하였다.

그림 9는 차량 상태 추정과 동시에 추정되어진 미지 정수의 추정 오차를 비교한 것이다. 이 결과에서 볼 때 수렴 특성은 세미 트레일러 차량 모델을 이용할 경우 좋아지지 않는 경향이 있으나 최종적으로 추

정된 미지 정수는 코드 측정치만 이용하는 경우에 비해 제안된 방법이 각 에폭의 미지 정수의 추정 오차가 확연히 감소되는 것을 확인 할 수 있다.



(a)



(b)

그림 9. 미지 정수 추정 오차  
(a: 코드 측정치만 이용, b: 세미 트레일러 차량 모델 이용)

Fig. 9. Integer ambiguity estimation error  
(a: Code measurement only, b: with semi-trailer vehicle model)

표 2는 수렴 이후 구간에서 특정 순간의 성공률을 비교한 것이다. 성공률은 반올림 (round off)방식으로 근사 되었다. [6] 성능 비교를 위해 식 (3)에서 반올림 부분은 제외되었다. 이 결과에서 볼 때 국 관측치 조합의 관측 상황에 따라 정도의 차이는 보이지만 일반적으로 향상된 성공률을 보이고 있는 것을 확인할 수 있다.

표 2. 세미 트레일러 차량 모델 사용 여부에 따른 성공률 비교

Table 2 Success rate with/without semi trailer vehicle model

PRN 조합	세미 트레일러 차량 모델 미사용		세미 트레일러 차량 모델 사용	
	실수미지수 표준편차 (cycle)	성공률 (%)	실수미지수 표준편차 (cycle)	성공률 (%)
5-9	0.31	99.99	0.21	99.99
9-12	1.89	88.5	1.32	97.7
12-14	7.82	29.5	3.98	55
14-15	6.85	33.5	2.34	80
15-18	1.17	98.5	0.92	99.85
18-21	3.80	56.5	2.60	75
21-22	0.01	99.99	0.02	99.99
22-30	3.43	61.5	1.84	89.5

## VI. 결 론

본 논문에서는 세미 트레일러 차량의 사고 예측 및 검출을 위한 상태 추정을 위해 GNSS 정밀 상대 위치 추정 정보 이용 시 미지 정수 결정 성능 향상 방안을 연구하였다.

이를 위해 세미 트레일러 차량의 동적 모델을 이용한 상태 추정 방법을 적용하였고, 이를 통하여 GNSS 반송파와 미지 정수의 결정 성공률 향상을 분석하였다.

분석 결과 세미 트레일러 차량의 동적 모델을 적용하여 미지 정수를 결정한 경우와 코드 측정치만을 이용한 경우의 미지 정수 결정 성공률에 높은 차이가 존재함을 확인하였으며, 측정치의 질과 기하학적인 배치에 따라 성능 향상 정도에는 차이가 있으나 미지 정수 결정 성능 향상에 기여할 수 있을 것으로 판단 된다.

향후 타이어의 슬립 등을 포함한 좀 더 향상된 동적 모델을 이용하여 상태 추정 및 미지 정수 결정을 수행할 예정이며, 잭나이프 등의 사고 상황에서 필터 거동에 대한 연구도 수행할 예정이다.

감사의 글

본 연구는 기초기술연구회의 “재난예방 및 국민안전제고를 위한 위성기반 위치추적기술 연구” 과제의 일환으로 수행되었으며 지원에 감사드립니다.

참 고 문 헌

[1] “Electronic Stability Control”, www.wabeco-auto.com  
 [2] “The Bendix ESP System”, www.bendix.com  
 [3] M.Bouteldja, A.Koita, V. Dolcemascolo, J.C. Cadiou, “Prediction and Detection of Jackknifing Problems for Tractor Semi-Trailer,” *Proceedings of Vehicle Power and Propulsion Conference*, p1~6, Sept. 2006  
 [4] 천세범, 복수 비전 센서를 이용한 INS/GPS 성능 향상, 박사학위논문, 2007년 12월  
 [5] Branco Ristic, *Beyond the Kalman Filter*, Artech House, 2004  
 [6] P.J.G Teunissen, “Statistical GNSS Carrier Phase Ambiguity Resolution: a Review,” *Proceedings of the 11th IEEE Signal Processing Workshop on Digital Object Identifier*, p4~12, 2001

박 순 철 (朴淳哲)



2007년 2월 : 울산대학교 전자공학과 (공학사)  
 2009년 2월 : 광주과학기술원 기전공학과 (공학석사)  
 2009년 1월~현재 : 한국항공우주연구원 위성항행항법팀 연구원  
 관심분야 : GNSS, INS, 영상처리

허 문 범 (許文範)



1992년 2월 : 경희대학교 기계공학과 (공학사)  
 1997년 12월 : Illinois Institute of Technology 항공기계공학과(공학석사)  
 2004년 12월 : Illinois Institute of Technology 항공기계공학과(공학박사)  
 2005년 10월 ~ 현재 : 항공우주연구원 선임연구원  
 관심분야: GNSS, 위성항법, 항행시스템 등

천 세 범 (千世範)



2000년 2월 : 건국대학교 항공우주공학과 (공학사)  
 2002년 2월 : 건국대학교 항공우주공학과 대학원(공학석사)  
 2008년 2월 : 건국대학교 항공우주공학과 대학원(공학박사)

2008년 1월 ~ 2010년 3월 : (주)마이크로인피니티 (책임연구원)  
 2010년 4월 ~ 현재 : 한국항공우주연구원 위성항행항법팀 (선임연구원)  
 관심분야 : GNSS, 관성항법, 센서퓨전, 비선형 시스템 상태 추정