

## 차량 궤적 추정을 통한 운행 안전 모니터링 기법

# Method for Maneuver Monitoring with Vehicle Trajectory Reconstruction

허근섭, 이상룡, 신진호, 이춘영\*

(Geun Sub Heo<sup>1</sup>, Sang Ryong Lee<sup>1</sup>, Jin-Ho Shin<sup>2</sup>, and Choon-Young Lee<sup>1</sup>)

<sup>1</sup>Kyungpook National University

<sup>2</sup>Dong-Eui University

**Abstract:** In this paper, we proposed a method for vehicle monitoring with trajectory reconstruction. For safety, it is important to monitor the driving habit of driver. Every year, many accidents occur due to the reckless driving of the driver. Continuous monitoring of the status of commercial vehicles is needed for safety through the entire path from start point to the destination. To monitor the reckless driving, we try to monitor the trajectory of the vehicle by using vehicle's lateral acceleration data. Compared with steering angle and lateral acceleration, these resemble each other. So, we find the relationship of steering angle and acceleration, and find the global direction of vehicle. We find the position of non-GPS section with EKF (External Kalman Filter) and reconstruct the whole trajectory during vehicle driving.

**Keywords:** maneuver, steering angle, trajectory reconstruction, external kalman filter

### I. 서론

2011년 도로교통공단의 통계에 따르면 우리나라의 자동차 사고수는 897271건이다. 이 중 사업용 차량(시내, 시외, 고속버스, 운수용 등)에 의한 사고는 120968건으로 전체 교통사고 건수의 13.5%에 달한다[6]. 사업용 차량의 경우 그 부피와 질량이 크기 때문에 사고가 발생하면 교통장애를 일으켜 그에 따른 경제적 손실을 발생시킬 수 있다. 또한 사고차량 뿐만 아니라 주위차량에 피해를 입혀 복합적인 사고를 유발 할 가능성이 높으며, 운반물손상에 따른 추가적인 손실도 발생하기 때문에 그 피해가 크다. 미국의 National Highway Traffic Safety Administration의 통계에서 전체의 75%정도의 교통사고가 운전자의 잘못에 의한 것이라고 보고되었다[5].

사업용 차량 중 특수목적용으로 이용되는 탱크로리 차량은 일반적으로 고압 가스를 운반하며 공업에 사용되는 다양한 독성물질을 운반하는 차량이다. 탱크로리 차량에 사고가 발생하면 폭발로 인한 대형 참사로 연결될 수도 있고, 독성가스의 유출로 인한 환경오염/화학적 피해를 일으킬 수 있다. 독성 및 고압가스 운반 탱크로리 등의 운전자는 시, 군, 구청에 등록하도록 가스관련 법령에 규정되어 있고, 고

압가스 안전 관리법에서는 독성 및 고압가스운반 탱크로리 운반기준을 항상 확인하고 관리 감독하도록 되어있으나, 이를 일일이 확인하고 점검하는 것은 현실적으로 한계가 있다. 일반 사업용 차량 역시 인력적, 시간적, 절차적으로 위와 같은 운영을 수행하는 것은 불가능하다.

그렇기 때문에 차량 운행상의 위험 상황을 예방하기 위하여 최근 주행기록계, 차량용 블랙박스 등이 개발 되어 위험 운전 방지를 위하여 장착되고 있지만, 이 또한 차고지 정차 시 혹은 사후에 데이터 확인을 통하여 위험 운전을 구분하기 때문에 실시간으로 운전자에게 위험 상황을 인지하도록 하는 것은 불가능한 형태이고, 대부분 차량의 속도 및 RPM만을 이용하는 경우가 많아 운전자의 운전 습관을 반영한 운전 상태를 알기 힘들다[1]. 이를 보완하기 위하여 차량 동역학 데이터를 저장·판단할 수 있는 장치들이 개발 되고 있다.

이러한 장치들에는 주로 가속도센서와 자이로 센서를 이용하여 개발이 진행되고 있는데, 이들 센서는 차량의 모션에 의해서 발생하는 가속도 및 각속도 성분을 검출할 수 있도록 하여 차량의 자세 및 방향을 측정하는데 적합하다. 관련된 연구로는 주행기록기에서 수집된 차량 가속도 및 자이로 센서 정보를 무선통신망으로 주행분석센터의 운행 분석기에 전달하여 내장된 안전운전 판단 알고리즘을 통해서 안전운전진단을 하는 안전 운전 관리 시스템[2], 급출발, 급차선 변경시 측정되는 yaw rate 패턴을 분석하여 발생하는 yaw rate 값의 순차적인 임계값을 도출하여 이 임계값 패턴이 차례로 발생하는지를 모니터링하여 위험운전패턴을 인식하는 방법으로 위험 운전을 판단하는 방법을 제시한 연구가 있다[3]. 또, 차량의 횡방향 전복 위험도를 차량 모델링을 통해서 차량 제원과 횡방향 가속도와와의 관계

\* 책임저자(Corresponding Author)

논문접수: 2012. 8. 27., 수정: 2012. 9. 14., 채택확정: 2012. 9. 25.  
허근섭, 이상룡, 이춘영: 경북대학교 기계공학과

(angrii@hotmail.com/srlee@knu.ac.kr/cylee@knu.ac.kr)

신진호: 동의대학교 메카트로닉스공학과(jhshin7@deu.ac.kr)

※ 이 논문은 2012학년도 경북대학교 학술연구비, 차세대에너지안전 기술개발사업(탱크로리 안전관리 통합시스템 실증사업), 및 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NO. 2012-0009249, 2012-0005856, 2012-0008467).

를 통해 판단하도록 하는 연구도 있었다[7]. 이렇게 차량의 여러 거동 성분을 추출하기 위하여 다양한 센서들이 이용되고 있는데, 이러한 센서 데이터 처리에는 주로 확장 칼만 필터가 이용되고 있다. 차량의 운동 모델은 비선형 모델이기 때문에 EKF (Extended Kalman Filter)를 이용하여 시스템 모델 및 측정 모델을 통해 차량의 궤적 추정을 수행하고자 한다. EKF는 빠르고 간편하며 오랜 세월 이용되며 검증된 비선형 시스템에 사용가능한 칼만 필터이다[11]. 다양한 센서를 이용하면 센서들에 따라 요구 측정 주기가 다양해지는데, 이를 위해 Multi-Update 구조를 가지는 칼만 필터에 대한 연구하례도 있었다[10].

위험운전판단 기법들은 센서에서 측정되는 값이 특정 한계값을 넘었는가를 인지하도록 하는 임계값을 설정하는 방법을 통하여 위험 상황을 판단하도록 하고 있는데, 이 경우 도로표면이나, 차량의 기계적 상태의 변화에 따라 임계값을 넘었더라도 안전한 운전 상태에 있거나, 임계값 이내라도 위험한 운전 상태에 있을 가능성이 있다. 임계값을 이용하지 않고 운전 패턴을 인식하는 연구 사례로 진행방향가속도와 횡방향 가속도의 2축 가속도센서 데이터를 FFT 변환 후 6가지 특징매트릭스 SVD 방법을 통해 고유 벡터를 구하는 방법으로 진보된 패턴 인식 방법을 제안한 연구가 있다[4]. 하지만 이러한 방법 또한 환경조건 및 예외조건에 따른 잘못된 위험 운전 판단의 가능성을 가지고 있다. 이를 보완하기 위하여 이동경로상의 안정 궤적과 차량의 이동 경로 궤적을 비교하는 방법을 이용하면 차량의 오버스티어, 언더스티어 상태를 인식할 수 있어 난폭운전을 검출하고, 차량 위험 운전 상황을 보다 정확하게 판단할 수 있을 것으로 예상된다.

근래에 들어 GPS 모듈의 보급과 내비게이션 장치 이용의 활성화로 인해 위치 정보 서비스는 실생활에 중요한 역할을 하게 되었다. 이에 따라 기본적인 위치 정보 제공 뿐만 아니라 도로와 차량 등 기존 교통의 구성요소에 첨단 전자, 정보, 통신 기술을 적용시켜 교통 시설을 효율적으로 운영하고, 통행자에게 유용한 정보를 제공함으로써 안전하고 편리한 통행과 전체 교통체계의 효율성을 기하도록 하는 교통 부문의 정보화 사업인 ITS 사업이 지속적으로 성장하고 있다[13]. 이에 따라 사업용 버스, 경찰차, 소방차 등의 차량들에 대해 지속적으로 위치와 차량 상태 등을 모니터링하는 관제 시스템들이 개발되고 있다. 이 관제 시스템들은 차량의 신속한 배치와 운행상황, 위험운전 여부 등을 상시 모니터링하여 효과적이고 안전한 차량 운영을 목표로 하고 있다. 앞서 연구중인 위험운전판단기법들은 최종적으로 차량 안전 운행 모니터링 시스템에서 차량 운행 상태를 관제하기 위해 사용될 수 있다.

본 논문에서는 횡방향 가속도 데이터를 이용하여 차량의 진행방향을 추정하여 위치정도, 속도 정보와 융합하여 차량의 위치 추정을 통한 오버스티어, 언더스티어 상황을 인식하는 방법을 제안한다. II 장에서는 진행방향 추정방법과 위치 추정을 위한 시스템모델을 제안하고, III 장과 IV 장에서는 시뮬레이션을 통한 실험결과와 분석을 수행하며, V 장에서는 모니터링시스템과의 관계를 설명한 뒤 VI 장에서 결론 및 향후 연구계획을 제시한다.

## II. 차량 경로 추정

### 1. 차량 방향 추정

차량 진행방향을 구하는 방법으로 가장 좋은 방법은 직접 스티어링 휠에 센서를 장착하여 측정하는 방법이다. 그러나 아직 성숙된 기술이 아니기 때문에 고가이고, 장착 가능한 차량도 많지 않으며, 설치가 까다롭기 때문에 현재 사업장에서 실제로 운행중인 차량의 스티어링을 측정하는 방법으로 사용하기 힘들다[8]. 그렇기 때문에 많은 연구자들이 차량 스티어링을 추정하는데 관심을 가지고 있다. 차량 스티어링 추정 방법으로 차량 핸들링 역학을 통해 계산하는 방법이 있으나, 이 방법에는 타이어 강성과 수직방향 관성 모멘트의 측정이 필요한데, 이 변수들은 측정하기가 매우 까다롭다.

Huantai Zeng은 차량의 kinematic 모델을 통해 횡방향 가속도와 진행방향 속도만을 이용하여 차량 스티어링 각도를 산출하였다[9]. 이 방법은 스티어링 각 측정 시스템을 간단하게 구성할 수 있어, 시스템적, 경제적으로 우수한 결과를 가져올 수 있다. 그림 1은 이 방법에서 사용한 차량 kinematic 모델이며, 그림 2는 본 논문에서 정의한 좌표계를 나타내는 그림이다. 여기서  $X, Y$  는 고정 Global 좌표를 나타내고,  $x, y$  는 차량의 진행방향을  $x$  축으로 하는 Local 좌표계를 의미한다.

각 기호가 의미하는 바는 다음과 같다.

$l$  : 차축간 거리

$\delta$  : 차량의 스티어링 각

$\theta$  : Global 좌표계에서의 차량 진행 방향

$\alpha_f, \alpha_r$  : 전륜, 후륜의 Side slip angle

$\rho$  : 도로의 곡률반경

$V_x$  : 차량 진행방향 속도

$V_y$  : 차량 진행방향 대비 횡방향 속도

$a_y$  : 차량 진행방향 대비 횡방향 가속도

$\psi$  : Yaw angle

$\beta$  : Side slip angle

식 (1)은 그림 1에서 확인할 수 있는 각 인자들의 관계이며, 이를 통해 식 (2)와 같이 근사적으로 표현이 가능하다.

$$\frac{\rho}{\sin\{90^\circ - (\delta - \alpha_f)\}} = \frac{l}{\sin\{\delta - (\alpha_f - \alpha_r)\}} \quad (1)$$

$$\delta = \frac{l}{\rho} + (\alpha_f - \alpha_r) \quad (2)$$

식 (3)은 회전구간에서 차량 곡률과 속도, 가속도, yaw rate의 관계이다. 식 (4)는 횡방향 가속도를 횡방향 속도 성분의 미분과 원운동에 의한 법선방향 가속도의 합으로 표현한 것이다.

$$\rho = \frac{V_x}{\dot{\beta} + \psi} = \frac{V_x}{\dot{V}_y + \psi V_x} \quad (3)$$

$$a_y = \dot{V}_y + V_x \cdot \psi \quad (4)$$

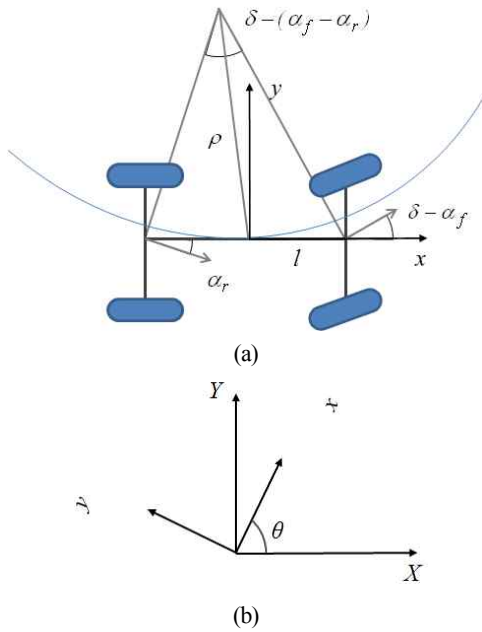


그림 1. (a) 차량 Kinematic 모델 (b) 시스템 좌표계.  
Fig. 1. (a) Vehicle Kinematics (b) System Coordinate.

식 (3)에 식 (4)를  $\dot{V}_y$  에 대하여 대입한 뒤, 식 (2)에  $\rho$  항에 대입하면 식 (5)와 같이 도로 곡률에 관계없이 속도와 가속도 관계식으로 정리된다.

$$\delta = \frac{a_y \cdot l}{V_x^2} + (\alpha_f - \alpha_r) \quad (5)$$

여기서 타이어의 강성이 충분히 강하다고 가정하면 side slip은 무시할 수 있으므로 최종적으로 식 (6)과 같이 정리할 수 있다.

$$\delta = \frac{a_y \cdot l}{V_x^2} \quad (6)$$

2. 차량 위치 추정

식 (6)을 이용하여 계산된 스티어링 각도를 이용하여 위치 추정을 수행하였다. 초기 위치 및 진행 방향에 대하여 현재 속도, 가속값 추정을 통하여 진행방향 변화를 글로벌 좌표에 대한 방향각으로 변환하여 다음 위치를 추정하여 값을 저장한다. 이를 반복하여 차량 운행 궤적을 생성하도록 하였다.

위치 추정은 확장 칼만 필터를 이용하여 수행하였다. 확장 칼만 필터 알고리즘은 식 (7)과 같은 비선형 시스템 모델을 고려하여 설계하였다.

$$x_{k+1} = f(x_k) + w_k \quad (7)$$

$$z_k = h(x_k) + v_k$$

$$x = \begin{pmatrix} X \\ \dot{X} \\ Y \\ \dot{Y} \\ \delta \\ \theta \end{pmatrix} \quad (8)$$

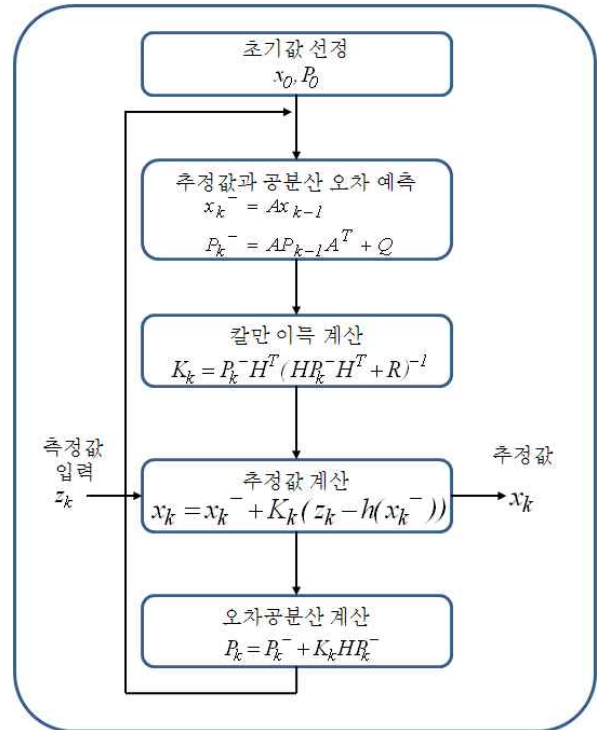


그림 2. EKF 진행 과정.

Fig. 2. Process of EKF.

상태변수는 식 (8)과 같이 선정하였으며, 각 상태변수가 의미하는 바는 다음과 같다.

- $X$  : global 좌표계에서의 X 좌표
- $\dot{X}$  : X 축 방향 속도
- $Y$  : global 좌표계에서의 Y 좌표
- $\dot{Y}$  : Y 축 방향 속도
- $\delta$  : 차량의 front wheel angle
- $\theta$  : 차량의 global 진행 방향

칼만 필터는 초기값을 선정한 뒤 시스템 모델을 통해 추정 예측 값과 오차 행렬을 계산하고, 비선형 측정 모델을 선형화하여 칼만 이득을 구한 후 최종 추정 위치를 반환하도록 하였으며, 측정값으로 위치, 속도와 가속도 값을 이용한다. 절차는 그림 2와 같다.

시스템 모델 A 식 (8)과 같이 구성하였다. 시스템 모델 A는 속도가 일정하며, 차량의 진행각의 변화율이 0임을 의미한다. 각 항들이 의미하는 바는 II 장에서 언급한 내용과 동일하다.

$$\begin{pmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \\ \dot{x}_3 \\ \dot{x}_4 \\ \dot{x}_5 \\ \dot{x}_6 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ x_5 \\ x_6 \end{pmatrix} \quad (9)$$

식 (7)에서 보인 시스템은 이산 시스템이지만, 식 (9)의

행렬은 이산 시스템이 아니므로 식 (10)를 통해서 이산화 시켜주었다.

$$A = I + \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \times dt \quad (10)$$

$$X_k = X_{k-1} + V_{x,k} \cos \theta_k \Delta t \quad (11)$$

$$Y_k = Y_{k-1} + V_{x,k} \sin \theta_k \Delta t \quad (12)$$

$$v_{x,k} = v_{x,k-1} \quad (13)$$

$$a_{y,k} = \frac{\delta_k V_{x,k}^2}{l} \quad (14)$$

식 (15)는 측정행렬  $H$ 를 나타내며, 식 (11)~(14)는 식 (15) 내의  $h_1 \sim h_4$ 이다. 식 (16)은 최종적으로 계산된 측정 모델 행렬이다.

$$H = \begin{pmatrix} \frac{\partial h_1}{\partial x_1} & \dots & \dots & \dots & \frac{\partial h_1}{\partial x_6} \\ \vdots & \ddots & & & \\ \frac{\partial h_4}{\partial x_1} & \dots & \dots & \dots & \frac{\partial h_4}{\partial x_6} \end{pmatrix} \quad (15)$$

$$H = \begin{pmatrix} 1 (-\cos \theta \Delta t) & 0 & 0 & 0 & (V_x \sin \theta \Delta t) \\ 0 (-\sin \theta \Delta t) & 1 & 0 & 0 & (-V_x \cos \theta \Delta t) \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{2\delta V_x}{l} & 0 & 0 & \frac{V_x^2}{l} \end{pmatrix} \quad (16)$$

식 (17)은 오차공분산 행렬로 정규분포를 따르도록 하였으나, 본 연구에서는 편의상  $\sigma^2 = 1$ 로 사용하였다.

$$Q = \begin{pmatrix} \sigma^2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \sigma^2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \sigma^2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \sigma^2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \sigma^2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \sigma^2 \end{pmatrix} \quad (17)$$

III. 시뮬레이션

II 장에서 설명한 스티어링 추정과 위치추정 방법을 시뮬레이션을 통해서 검증하여 보았다. 시뮬레이션을 위한 데이터는 MSC 소프트웨어의 Trucksim 시뮬레이션 소프트웨어를 이용하여 추출하였다. 추출한 데이터는 위치, 경로, 차량속도, 횡방향 가속도이다. 추출된 위치 데이터를 GPS 신호로 가정하고, 1 hz의 간격으로 측정값에 입력하였으며, 1 초 사이의 위치값은 칼만필터를 통하여 추정된 추정값을 삽입하여 GPS신호 사이의 차량 거동을 상시 파악하도록 하는 개념으로 접근하였다. 시뮬레이션은 차선을 변경하였다가 원래 차선으로 돌아오는, 즉 차선변경을 2번 실행하는 상황으로 수행되었다. 시뮬레이션에서 사용된 차량모델의 차축거리는 7.8 m이다.

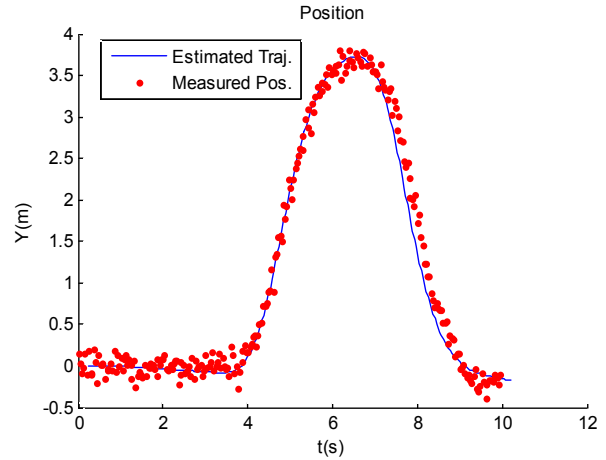


그림 3. 추정된 횡방향 위치.  
Fig. 3. Estimated lateral position.

그림 3은 칼만 필터링 결과로 추정된 위치, 전역좌표, 진행방향이다. 노이즈에 불구하고 위치값이 잘 추정되었음을 볼 수 있으며,  $y + v_x \sin(\theta) dt$ , 진행방향의 적분 = 전역좌표 관계에 적합하도록 추정되었다고 판단 할 수 있다.

IV. 위험운전 시뮬레이션

위험운전으로 판단 될 수 있는, 좌우 핸들링이 많은 운전 모델을 생성하여 시뮬레이션 해보았다. 도로의 길이는 총 1.6 km이고, 20여 차례 좌우로 왕복하도록 하였다. 그림 4는 시뮬레이션에서 사용한 도로를 나타낸 것이다. 직선로와 160 m, 80 m의 회전반경을 가지는 곡선로를 반복적으로 구성하여, 코너 핸들링에 따른 차량 거동을 관찰 할 수 있도록 하였다. 그림 5는 차량 궤적 추정 기법을 통한 최종 추정 궤적이다. 그림 5의 화살표는 차의 진행 방향을 나타낸다. 경로를 따라 잘 운행하였다고 보여질 수 있으나, 그림 5의 궤적을 살펴보면 좌우로 중간에 커브가 진 부분들이 존재하는데, 이는 좌우로 많이 움직이는 운전 형태를 잘 표현하고 있는 것이라 할 수 있다.

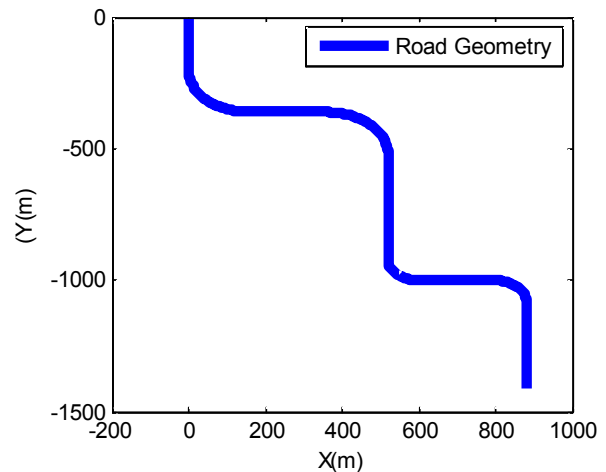


그림 4. 주행 도로.  
Fig. 4. Road geometry.

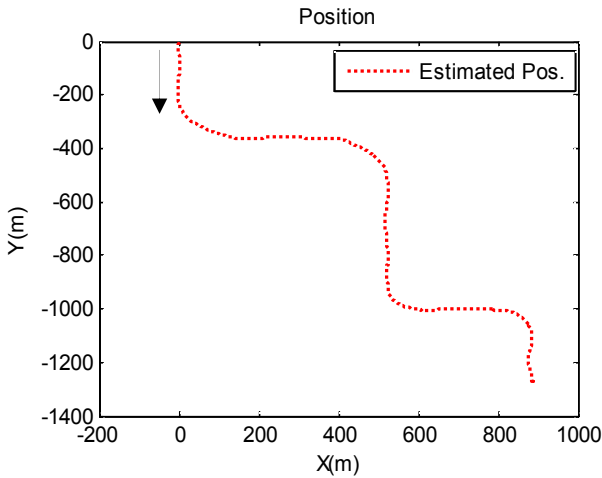


그림 5. 차량 궤적 추정 결과.  
Fig. 5. Result of vehicle trajectory reconstruction.

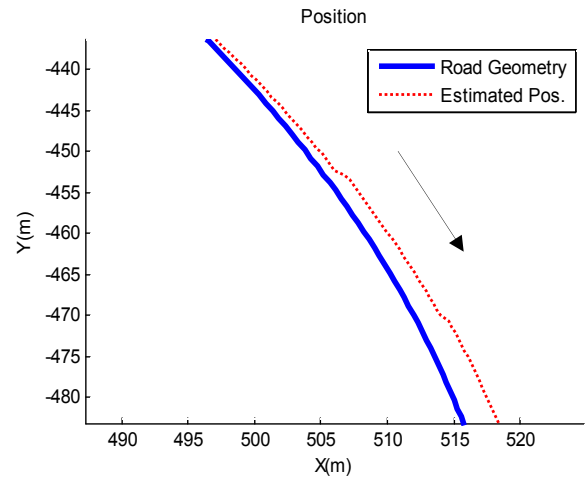


그림 7. 언더스티어링.  
Fig. 7. Understeering section.

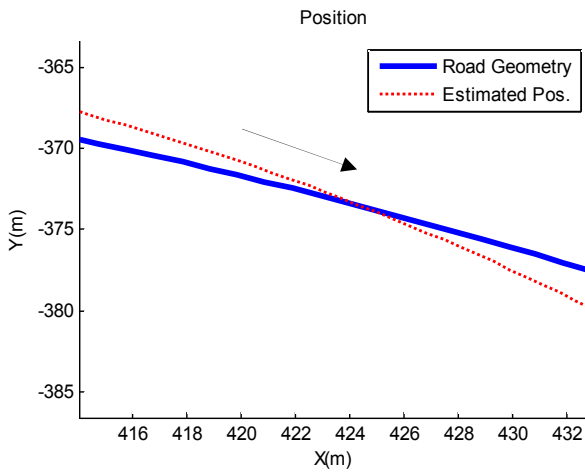


그림 6. 오버스티어링 구간.  
Fig. 6. Oversteering section.

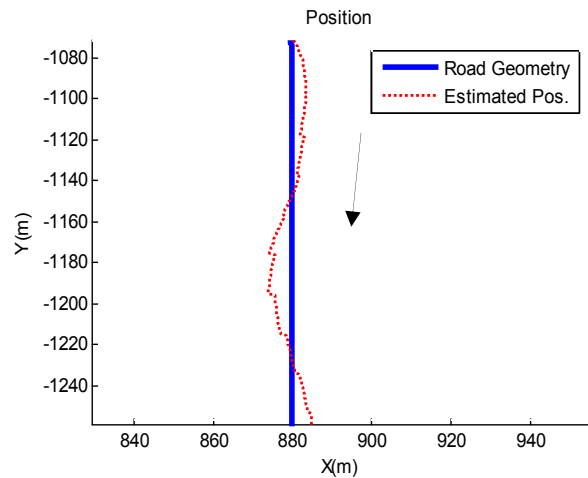


그림 8. 연속 차선변경 구간.  
Fig. 8. Driving lane changing section.

그림 6은 궤적상에서 발견 할 수 있는 오버스티어링 구간중의 하나이다. 오버스티어링은 차량이 도로의 차선을 따라 커브를 돌 때 차선을 유지할 수 있는 조향각보다 더 커브 안쪽으로 조향을 한 상태를 의미하고, 언더스티어링은 더 바깥쪽으로 조향을 한 상태로, 의도적 혹은 노면상태에 따라 발생할 수 있다. 연속적인 차선변경은 도로의 진행방향에 대해 연속적으로 오버스티어링과 언더스티어링이 일어나는 경우로 볼 수 있다.

궤적 추정 결과 차량의 궤적이 진행방향을 잘 추정하고 있으므로, 주행하고 있는 도로의 지오메트리를 알고 있다면, 도로의 기본 곡률과 추정된 진행방향을 비교하여 오버스티어링과 언더스티어링을 찾아내고, 스티어링 경향을 분석하면, 운전자의 운전 성향을 판단해내는 것이 가능할 것으로 보인다. 차량이 기본적으로 차선을 따라 이동한다고 가정하면, 도로의 형상에 따른 이상적인 진행경로를 형성할 수 있다. 추정된 경로의 진행방향이 이상적인 진행방향과 차이가 나게 되었을 때, 진행방향에 대해 직교축 방향 이동 거리를 확인하여 차선 변경한 것을 판단할 수 있다. 또한

직교축방향 이동 속도를 통해 급차선변경인지를 확인해 볼 수 있을 것이다. 본 궤적 추정에서 추출할 수 있는 요소들을 기준으로 위험 운전 종류별 차량 거동을 재정리하면 다양한 위험운전을 판단해 낼 수 있을 것으로 생각된다. 현재는 차량거동과 도로의 기하학적 구조를 비교해, 운전자의 안전운행 성향을 분석하는 용도로 사용되며, 실시간 경고발생은 주어진 경로를 1 km 이상 이탈한 경우 차량 운행상황을 확인하는 방법으로 적용되고 있다.

### V. 차량 관제 시스템

본 연구 및 다른 연구들에서 수행한 위치추정기법들은 차량 모니터링 시스템에 중요한 요소중 하나이다. 차량 모니터링 시스템은 관제하고 있는 차량의 안전을 목적으로 하는 시스템이다. 앞에서 예를 든 탱크로리의 경우 인화성, 압축성, 독성 가스를 운반하기 때문에 사고가 발생 했을 때 일반 차량들에 비해 더 큰 피해가 발생할 가능성이 크고, 추가적인 피해를 발생시킬 수 있기 때문에 운행에 있어서 많은 주의를 요하는 차량이다. 이러한 위험 때문에 우리는

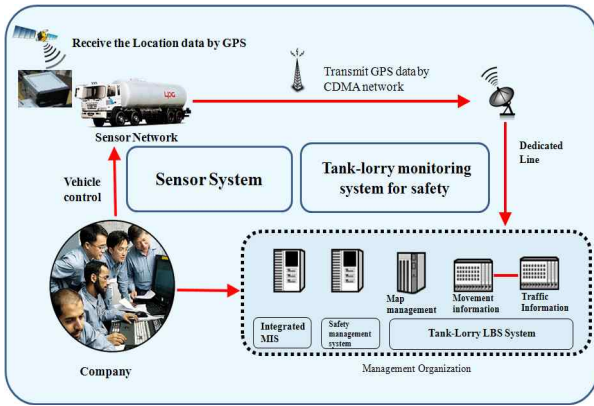


그림 9. 차량 관제 시스템.

Fig. 9. Vehicle monitoring system.

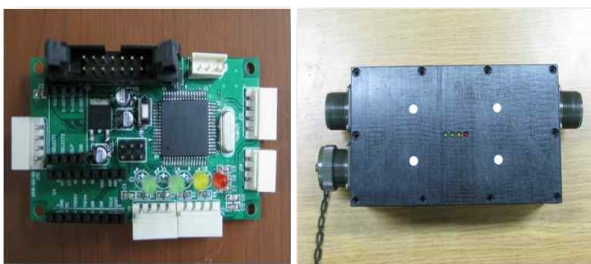


그림 10. 센서노드 및 센서노드 케이스.

Fig. 10. Sensor node board and the appearance.

탱크로리 관제 모니터링 시스템에 대한 연구를 수행했었다 [12]. 차량 각 부위의 밸브개폐 상태부터 가스 누출여부, 탱크 온도, 차량 전복 위험도 등 차량 상태부터 이동경로의 날씨, 운반물에 대한 전문가 정보 등 차량 특성과 관계된 전방위의 요소들을 관제하도록 하였다. 그림 10은 개발된 데이터 수집 모듈이다.

차량에서 단말 및 센서모듈을 통해 수집된 데이터는 무선 환경으로 관제 서버에 전송 및 저장이 되고, 서버에서는 위험요소가 발생 시 관제자에게 알려 줄 수 있도록 되어 있다. 이러한 관제 시스템에서 차량 위험요소 관리중 가장 중요하다고 할 수 있는 것이 차량 위험 운전 관리이다. 현재까지 발생한 대부분의 사고 원인은 운전자의 운전 부주의이기 때문에 이를 효과적으로 관리하기 위해 원격의 운전자 운전 행태를 모니터링 하는 것이 요구된다. 차량 관제 시스템은 모니터링 된 데이터를 바탕으로 차량의 안전여부를 상시 감시한다. 운전자의 비정상 운전이 관측이 되면 관제 서버 시스템에 위험운전이 발생하였음을 알리는 알람이 표시되고 기록이 저장되며, 차량에는 관제시스템과 무선으로 연계되어있는 전용정보표시용 단말기가 설치되어 있어 운전자에게 위험운전 경고를 보낼 수 있다. 이러한 운전 위험도 감시를 통해 사고를 미연에 방지하도록 하며, 사고 발생시 신속한 대응을 통해 대형사고를 방지하도록 구성된다. 본 연구에서 연구한 차량 궤적 추정을 통한 위험 운전 분석은 이러한 스마트 모니터링시스템의 일부분으로 GPS를 응용하여 특수 차량 안전 관리 외에도 다양한 사업용 차량의 안전 운행 관리까지 확대 될 수 있을 것으로 예상된다.

VI. 결론

본 연구에서는 간단한 센서시스템으로 신뢰성 있는 위치 추정을 통해 위치정보가 제공되지 않는 구간에서의 차량 거동을 알아내기 위한 방법을 연구 하였다. 차량 kinematic 모델 해석을 통해서 가속도 성분과 프론트 휠 각도사이의 관계를 계산하고, 이를 이용하여 EKF를 통해 위치 추정 시스템을 설계하고, Trucksim을 이용한 시뮬레이션 데이터로 그 성능을 검증하였다. 그 결과 의미있는 차량 궤적이 생성되었다.

측정 모델에서는 위치와 속도, 가속도를 측정하는 모델로 설계가 되어있는데, GPS와 가속도센서는 데이터 업데이트 타이밍이 다르기 때문에 측정모델에서 위치 정보가 들어오지 않는 구간이 발생한다. 이 구간을 그대로 두면 궤적 추정값이 심각한 오차를 발생하기 때문에 이를 보완하기 위하여 시스템 모델을 통하여 계산된 추정값을 위치 측정 모델에 전달하여 칼만 필터링을 수행하였는데, 결과적으로는 차량 궤적의 추정이 잘 되었으나 위치 측정값에 GPS요소 외의 값이 들어가게 되어 칼만 계인의 계산에 영향을 미칠 것으로 판단이 된다. 따라서 다중 센서 이용 시 다중 측정모델을 적용하는 방법을 통해 다시 실험해 볼 가치가 있다고 판단되며, 칼만 필터의 성능 향상을 위하여 적합한 노이즈 모델을 설계하여야 할 것이다. 또 실제 차량에 적용할 경우 GPS 수신 지연에 따른 잘못된 위치값, 진행방향이 초기값으로 입력 될 수 있기 때문에 알고리즘 작동 시기와 오류 데이터 처리 방법에 대한 분석에 대한 추후 연구가 필요할 것으로 고려된다. 차로 구분이 가능한 정밀전자지도와 연계한 관제기법의 연구도 가능할 것이다[14].

참고문헌

- [1] B. K. Cho and S. J. Song, "An analysis of vehicle handling characteristics with ADAMS," *Transactions of the Korean Society of Automotive Engineers of Korean (in Korean)*, vol. 4, no. 5, pp. 109-118, 1996.
- [2] J. H. Cho and W. S. Lee, "Development of a Safe driving management system," *Transactions of the Korean Society of Automotive Engineers of Korean (in Korean)*, vol. 15, no. 1, pp. 71-77, 2007.
- [3] G. S. Kim, H. S. Jung, K. B. Yun, K. H. Jeong, K. D. Kim, "Implementation of telematics system using driving pattern detection algorithm," *Journal of the Institute of Electronics Engineering of Korea (in Korean)*, vol. 45, no. 4, pp. 191-199, 2008.
- [4] G. S. Heo, K. M. Bae, S. R. Lee, and C. Y. Lee, "Recognition of driving patterns using accelerometers," *Journal of Institute of Control, Robotics and Systems (in Korean)*, vol. 16, no. 6, pp. 517-523, 2010.
- [5] National Highway Traffic Safety Administration, National Survey of Speeding and Other Unsafe Driver Actions. Volume II: Driver Attitudes and Behavior, <http://nhtsa.dot.gov/people/injury/risky/unsafe/att-beh/cov-toc.html>, 1998
- [6] Road Traffic Authority, IAAS Traffic accident analysis

system, [http://taas.koroad.or.kr/service/accidentInfo/accidentMain.jsp?link=accident5\\_2](http://taas.koroad.or.kr/service/accidentInfo/accidentMain.jsp?link=accident5_2), 2012.

- [7] A. Hac, "Rollover stability index including effects of suspension design," *Society of Automobile Engineers Technical Paper of SAE2002 World Congress Detroit*, March 2002-01-0965, 2002.
- [8] J. Gao, M. Petovello, and M. E. Cannon, "Integration of steering angle sensor with global positioning system and micro-electro-mechanical systems inertial measurement unit for vehicular positioning," *Journal of Intelligent Transportation Systems*, vol. 12, no. 4, pp. 159-167, 2008.
- [9] H. Zeng, H. Zhang, H. Wu, and Z. Yu, "Driver maneuvers reconstruction based on vehicle traveling data recorder," *Applied Mechanics and Materials*, vol. 130-134, pp. 295-299, 2012.
- [10] S. H. Bae and B. K. Kim, "An efficient outdoor localization method using multi-sensor fusion for car-like robots," *Journal of the Institute of Electronics Engineering of Korea (in Korean)*, vol. 17, no. 10, pp. 995-1005, 2011.
- [11] S. Y. Hwang and J. M. Lee, "Estimation of attitude and position of moving objects using multi-filtered inertial navigation system," *Journal of the Institute of Electronics Engineering of Korea (in Korean)*, vol. 60, no. 12, pp. 2339-2345, 2011.
- [12] G. S. Heo, S. H. Ryu, K. Y. Park, S. R. Lee, and C. Y. Lee, "Integrated monitoring system of tank-lorry," *Proc. of IEEE International Symposium on Industrial Electronics 2009*, Seoul, Korea June, pp. 200-204, 2009.
- [13] H. D. Moon, "IT strategy items technology/market report," *Electronics and Telecommunications Research Institute (in Korean)*, Korea, Report, pp. 27-42, 2003.
- [14] W. Y. Kang, E. S. Lee, G. W. Lee, J. I. Park, K. S. Choi, M. B. Heo, "A study on the performance of precise digital map for road lane recognition," *Journal of Institute of Control, Robotics and Systems (in Korean)*, vol. 17, no. 1, pp. 47-53, 2011.



#### 허근섭

2009년 경북대기계공학과 졸업. 2011년 경북대기계공학과 대학원 석사. 2011년~현재 경북대학교 기계공학과 박사과정. 관심분야는 로봇시스템 및 지능제어.



#### 이상통

1980년 서울대학교 기계공학과 졸업. 1982년 한국과학기술원석사. 1989년 Georgia Institute of Technology 박사. 1982년 8월~현재 경북대학교 기계공학부 교수. 관심분야는 시스템 제어 및 자동화.



#### 신진호

1991년 한양대학교 전자공학과(공학사). 1993년 한국과학기술원 전기및전자공학과(공학석사). 1999년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(공학박사). 2002년~현재 동의대학교 메카트로닉스 공학과 교수. 관심분야는 강인 적응 제어, 로봇틱스, 지능제어, 경로계획, 자율주행, 임베디드 시스템 등.



#### 이춘영

1996년 한양대전자공학과 졸업. 1998년 한국과학기술원 대학원석사. 2003년 한국과학기술원박사. 2005년 2월~현재 경북대학교 기계공학부 교수. 관심분야는 지능제어 및 메카트로닉스.