

퍼지 논리와 Interacting Multiple Model (IMM)을 통한 잡음환경에서의 맞은편 차량의 중앙선 침범 예측

Prediction of Centerlane Violation for vehicle in opposite direction using Fuzzy Logic and Interacting Multiple Model

김범성* · 최배훈* · 안종현* · 이희진** · 김은태*†

Beomseong Kim, Baehoon Choi, Jhonghyen An, Heejin Lee, and Euntai Kim*†

*연세대학교 전기전자공학부, **국립한경대학교 전기전자제어공학과

† School of Electrical and Electronics Engineering, Yonsei University

Electrical, Electronic and Control Engineering, Hankyong National University

요 약

지능형 차량의 안전 주행을 위해서 주변 차량의 상태를 파악하고, 충돌 위험도를 판단하는 일은 매우 중요하다. 특히 중앙선을 침범하여 주행하는 차량과의 충돌은 치명적일 수 있다. 맞은편에서 다가오는 차량의 중앙선 침범을 지능형 차량의 주요 센서 가운데 하나인 레이더 센서만을 이용하여 예측하면 센서의 특성상 발생하는 노이즈로 인해 오인식의 가능성이 높다. 오인식은 중앙선 침범보다 더 위험한 결과를 초래하기도 한다. 본 논문에서는 레이더 신호에 IMM을 사용한 추적 알고리즘과 퍼지 논리를 적용하여 중앙선 침범 예측의 정확도를 높이고 오인식을 감소시킬 수 있는 알고리즘을 제안한다. 퍼지 로직은 레이더 신호와 IMM알고리즘의 결합을 적절히 조절하는 기능을 한다. 제안된 알고리즘은 컴퓨터 모의 실험을 통해 오인식의 감소가 효과적으로 이루어짐이 검증되었다.

키워드 : 중앙선 침범 예측, 능동적 차량 안전 시스템, 지능형 자동차, Interacting Multiple Model.

Abstract

For intelligent vehicle technology, it is very important to recognize the states of around vehicles and assess the collision risk for safety driving of the vehicle. Specifically, it is very fatal the collision with the vehicle coming from opposite direction. In this paper, a centerlane violation prediction method is proposed. Only radar signal based prediction makes lots of false alarm cause of measurement noise and the false alarm can make more danger situation than the non-prediction situation. We proposed the novel prediction method using IMM algorithm and fuzzy logic to increase accuracy and get rid of false positive. Fuzzy logic adjusts the radar signal and the IMM algorithm appropriately. It is verified by the computer simulation that shows stable prediction result and fewer number of false alarm.

Key Words : Centerlane violation prediction, Active safety system, Intelligent vehicle, Interacting Multiple Model.

1. 서 론

접수일자: 2013년 5월 25일

심사(수정)일자: 2013년 9월 27일

게재확정일자 : 2013년 10월 14일

† Corresponding author

본 연구는 지식경제부 산업융합원천기술개발사업-사고예방 및 승객 상해 경감을 위한 능동 및 수동 안전 통합 시스템 개발 (과제번호:10042676)-에 의해 부분 수행되었습니다. 연구비 지원에 감사드립니다.

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

도시의 성장에 따라 도시의 교통량이 급속도로 증가하면서 도로 교통상의 사고는 전 세계적인 복지 문제로 대두되고 있다. 그중에서도 차량 간의 충돌은 2012년 경찰청의 통계자료[1]에서 보여주듯 도로 위 교통사고 중 72.6%라는 큰 비중을 차지한다. 그래서 점점 더 많은 사람들이 지능형 차량에서의 차량 간 충돌 예방 시스템을 승용차의 표준 장치라고 인식하고 있는 추세이다[2].

충돌 예방 시스템(collision avoidance system)은 지능형 차량에서 운전자의 안전한 운전을 돕기 위한 시스템으로, 크게 3부분으로 나누어 볼 수 있다. 센서들의 정보를 받아들이는 부분(sensor fusion), 이 정보를 이용해 충돌의 위험도를 판단하는 부분(decision making), 그리고 판단 결과를 가지고 실제로 차량을 통제하는 부분(actuator)이다[3].

그리고 차량 간 충돌은 후면충돌(rear end collision), 정

면충돌(head on collision), 그리고 측면충돌(sideswipe collision)으로 나눌 수 있다[4]. 그중에서도 중앙선을 넘어 서로 마주보고 달리는 차들 간의 충돌은 후면충돌이나 측면충돌보다 상대속도가 높아 큰 피해를 야기하게 된다. 따라서 정면충돌(head on collision)의 빠른 사전 예측은 대단히 중요하다. 그러므로 본 논문에서는 충돌의 위험도를 판단하는 부분 중 중앙선 맞은편 차량의 중앙선 침범을 예측하는 방법에 대하여 중점적으로 연구를 진행했다.

하지만 차량용 센서로 주로 사용되는 마이크로웨이브 레이다는 잡음에 취약하기 때문에 [5] 이를 이용한 단순한 중앙선 침범예측은 위험한 결과를 초래하게 된다. 본 논문에서 제안한 방법은 (1) Interacting Multiple Model (IMM)을 이용하여 중앙선 침범 상황을 예측하고 (2) 퍼지논리를 이용하여 다른 상황과 결합하여 최종 위험을 판단하는 것이다. IMM은 주로 다중모드 추적에 사용되는 필터링 기법으로 추적에 널리 사용되며 [6][7] 모드변환을 의도 파악(intention prediction)에 사용한 연구는 거의 없으며 의도 파악을 퍼지논리와 결합한 경우도 없는 것으로 보인다.

본 논문은 최근의 [8]의 연구에서 더 나아가 IMM을 이용한 의도예측을 확장하여 퍼지 논리를 통해 다른 환경 조건과 예측된 운전자의 의도를 결합해 중앙선 침범 예측의 속도와 정확도를 높이고 오인식을 감소시키는 알고리즘을 제안한다.

본 논문의 2장에서는 퍼지 논리, 3장에서 차량의 동역학과 필터링에 대하여 설명하고 4장에서 이를 이용한 중앙선 침범 예측 알고리즘을 제안한다. 5장에서는 컴퓨터 모의실험을 통하여 제안한 알고리즘을 검증하였고, 6장에서 결론을 맺는다.

2. 퍼지 논리

퍼지 논리는 퍼지 변수로 이루어지고, 퍼지 변수는 기본적으로 부울 대수의 확장형으로 0과 1 사이의 실수로 표현한다. 이는 참과 거짓 뿐 아니라 참인 정도를 표현할 수 있다. 퍼지 논리 시스템은 그림 1과 같이 퍼지화기(Fuzzifier), 몇 가지의 퍼지 규칙 그리고 퍼지 추론기, 비퍼지화기(Defuzzifier)로 이루어진다.

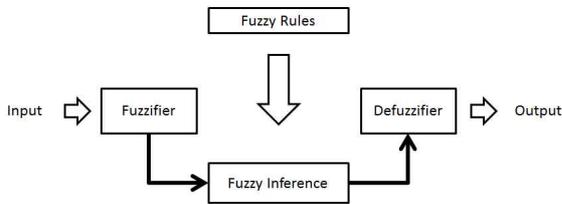


그림 1. 퍼지 논리 시스템 구성

Fig. 1. The configuration of fuzzy logic system

퍼지 추론기는 입력 퍼지 벡터 $\mathbf{x} = (x_1, \dots, x_p)^T$ 를 퍼지 규칙에 따라 출력 퍼지 벡터를 생성하는 기능을 한다.

$$y_i = \text{FuzzyLogic}_i(\mathbf{x}) \quad (1)$$

퍼지 로직 시스템은 퍼지화기, 퍼지 추론기, 비퍼지화기의 설계에 따라 그 성능이 결정된다.

3. 차량의 동역학과 필터링

본 논문에서 상대 차량의 움직임을 다음 (2)식과 같이 표현한다.

$$\begin{aligned} \mathbf{X}_k &= [x \quad \dot{x} \quad \ddot{x} \quad y \quad \dot{y} \quad \ddot{y}]^T \\ \mathbf{X}_{k+1} &= \mathbf{F}\mathbf{X}_k + \mathbf{G}u_k \end{aligned} \quad (2)$$

그리고 여기에 레이다 신호에서 발생하는 노이즈를 정규 분포로 모델링하여 아래와 같은 식으로 표현한다.

$$z_k = \mathbf{H}\mathbf{X}_k + \nu \quad (3)$$

이때 ν 는 0의 평균과 Q 의 공분산을 갖는 정규분포 확률변수이다. 레이다 신호는 기본적으로 큰 노이즈를 가지고 있으므로 이것을 가지고 중앙선 침범을 예측하는데 많은 오인식이 발생할 수 있다.

본 논문에서는 식 (2)의 차량 모델을 정상 주행 모드와 조종(maneuvering) 모드로 표현하고, 다음과 같이 IMM 모델을 적용하여 차량을 추적한다. 여기서 $\mu_i(k)$ 는 시간 k 에서 해당 차량이 i 번째 모드일 확률을 나타내고, $\hat{x}_i(k)$, $P_i(k)$ 는 시간 k 에 모드 i 라는 가정 하에서 상태의 평균과 분산의 기댓값을 나타내고, $\hat{x}(k)$, $P(k)$ 는 해당 차량의 상태의 평균과 분산의 기댓값을 각 모드의 조합을 통해 얻은 값이다. π_{ij} 는 모드 i 에서 모드 j 로의 전이 확률을 나타낸다.

마르코프 가정에 의해 모드의 전이를 식(3)과 같이 예측할 수 있다.

$$\bar{\mu}_j(k|k-1) \equiv P(m_j(k)|Z^{k-1}) = \sum_{i=1}^r \{ \pi_{ij} \mu_i(k-1) \} \quad (4)$$

각 모드의 상태 예측을 위해 시간 $k-1$ 에서의 모드 확률 $P(m_i(k-1)|m_j(k), Z^{k-1})$ 을 정의할 필요가 있고, 이는 $\mu_{ij}(k-1)$ 로 나타낸다.

$$\mu_{ij}(k-1) = \frac{\pi_{ij} \mu_i(k-1)}{\bar{\mu}_j(k|k-1)} \quad (5)$$

식 (5)에서 구한 모드 확률을 이용해 시간 k 에서 각 모드에서의 평균과 분산을 칼만필터 알고리즘을 적용해 아래와 같이 예측할 수 있다.

$$\hat{x}_j^o \equiv E(x|m_j(k), Z^{k-1}) = \sum_{i=1}^r \{ \hat{x}_i(k-1) \mu_{ij}(k-1) \} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} P_j^o(k-1) &= E \left[\begin{aligned} &(x(k-1) - \hat{x}_j^o(k-1)) \times \\ &[(x(k-1) - \hat{x}_j^o(k-1))^T m_j(k), Z^{k-1}] \end{aligned} \right] \\ &= \sum_{i=1}^r \left(P_i(k-1) + (\hat{x}_i(k-1) - \hat{x}_j^o(k-1)) \right) \mu_{ij}(k-1) \\ &\quad \times (\hat{x}_i(k-1) - \hat{x}_j^o(k-1))^T \end{aligned} \quad (7)$$

$$\hat{x}_j(k|k-1) = F_j \hat{x}_j^o(k-1) + \Gamma_j \bar{w}_j(k-1) = F_j \hat{x}_j^o(k-1) \quad (8)$$

$$P_j(k|k-1) = F_j P_j^o(k-1) F_j^T + \Gamma_j Q_j(k) \Gamma_j^T \quad (9)$$

$$v_j(k) = z(k) - H_j \hat{x}_j(k|k-1) \quad (10)$$

$$W_j(k) = P_j(k|k-1) H_j^T (H_j P_j(k|k-1) H_j^T + Q_j)^{-1} \quad (11)$$

$$\hat{x}_j(k) = \hat{x}_j(k|k) = \hat{x}_j(k|k-1) + W_j(k) v_j(k) \quad (12)$$

$$P_j(k) = [I - W_j(k) H_j] P_j(k|k-1) \quad (13)$$

그리고 각 모드에서의 칼만 필터링 결과를 결합하여 모드 확률을 구하고 시간 k 에서의 상태와 분산을 아래와 같이 예측할 수 있다.

$$\mu_j(k) \equiv P(m_j(k)|Z^k) = \frac{A_j(k) \bar{\mu}_j(k)}{\sum_{j=1}^r A_j(k) \bar{\mu}_j(k)} \quad (14)$$

$$\hat{x}(k) \equiv E(x(k)|Z^k) = \sum_{i=1}^r \hat{x}_i(k) \mu_i(k) \quad (15)$$

$$P(k) \equiv E[(x(k) - \hat{x}(k))(x(k) - \hat{x}(k))^T | Z^k] = \sum_{j=1}^r \{ [P_j(k) + (\hat{x}(k) - \hat{x}_j(k))(\hat{x}(k) - \hat{x}_j(k))^T] \mu_j(k) \} \quad (16)$$

다음 장에서 제안하는 알고리즘은 식 (14)의 모드를 운전자의 의도를 예측하는 데에 사용하게 된다.

4. 중앙선 침범 예측알고리즘

위의 IMM 필터링 식에서 $\mu_j(k)$ 는 맞은편 차량의 움직임 모드와 경향성을 나타내며 조종 상태를 나타내는 $\mu_{\text{maneuver}}(k)$ 가 $\mu_{\text{normal}}(k)$ 에 비해 우세하다면 차량은 차선을 바꾸는 방향으로 steering이 진행되었다고 판단할 수 있고, 이는 중앙선 침범의 가능성을 높인다. 본 논문에서는 단순 레이더 신호 정보에 IMM 기반 칼만 필터의 $\mu_{\text{maneuver}}(k)$ 를 퍼지 논리를 이용하여 결합한다. 이를 이용하여 전방 차량의 중앙선 침범을 예측하고 오인식을 감소시키도록 알고리즘을 개발했다.

$$\text{Warning}(k) = \text{FuzzyLogic}(f_1(k), f_2(k), f_3(k)) \quad (17)$$

이 때,

$$f_1(k) = \mu_{\text{maneuver}}(k)$$

$$f_2(k) = 2 \frac{\text{centerlane position} - z_1(k)}{\text{lane width}}$$

$$f_3(k) = f_2(k - d)$$

위의 세 개의 입력 변수에 대해서 소속 함수는 사다리꼴(trapezoidal)을 사용하며 $f_1(k)$ 에 대해서는 2의 소속 함수,

$f_2(k)$ 와 $f_3(k)$ 에 대해서는 3개의 소속 함수를 구성하였다.

$$\text{mem}(f_1(k)) = \{\text{ZR}, \text{ONE}\}$$

$$\text{mem}(f_2(k)) = \{\text{CL}, \text{MD}, \text{FAR}\}$$

$$\text{mem}(f_3(k)) = \{\text{CL}, \text{MD}, \text{FAR}\}$$

여기서 $\text{mem}(\bullet)$ 는 각 해당 변수의 소속 함수 집합을 나타낸다. 출력 $\text{Warning}(k)$ 에 대해서도 3개의 소속 함수를 작성하였고 다음과 같다.

$$\text{mem}(\text{Warning}(k)) = \{\text{ZR}, \text{PS}, \text{PM}, \text{PB}\} \quad (18)$$

본 시뮬레이션은 MATLAB 2009b에서 fuzzy toolbox를 이용하여 진행했고, 본 논문에서 사용한 소속 함수는 아래 그림 2-5와 같다.

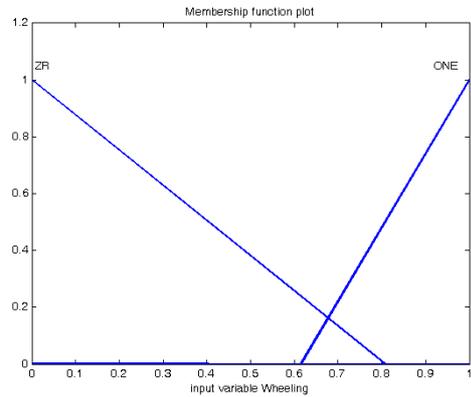


그림 2. 퍼지변수 $f_1(k)$ 의 소속 함수

Fig. 2. The membership function of fuzzy variable $f_1(k)$

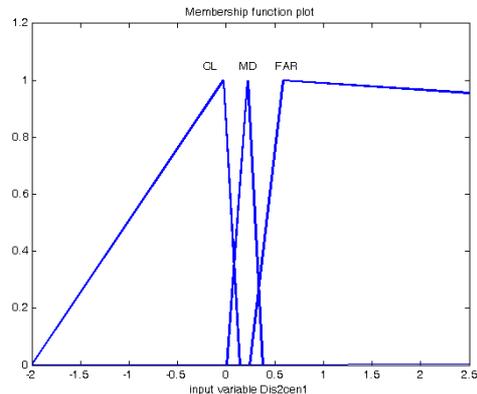


그림 3. 퍼지변수 $f_2(k)$ 의 소속 함수

Fig. 3. The membership function of fuzzy variable $f_2(k)$

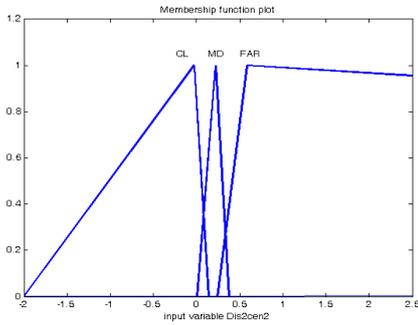


그림 4. 퍼지변수 $f_3(k)$ 의 소속 함수
Fig. 4. The membership function of fuzzy variable $f_3(k)$

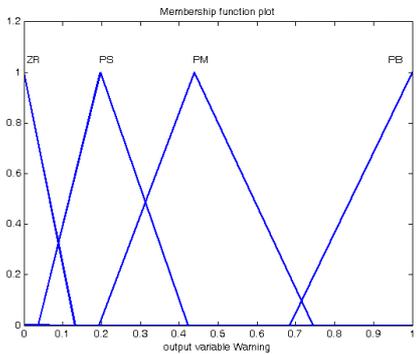


그림 5. 퍼지 출력 $Warning(k)$ 의 소속 함수
Fig. 5. The membership function of fuzzy output $Warning(k)$

이제 위의 소속 함수에 대하여 다음과 같이 퍼지 규칙을 형성한다. 본 퍼지규칙은 경험에 기반한 방식으로 $\mu_{maneuver}(k)$ 를 구현하였다.

표 1. $f_1(k)$ 가 ZR일 때 f_2, f_3 에 대한 퍼지 규칙
Table 1. Fuzzy rule table when $f_1(k) = ZR$

$f_2(k)$	$f_3(k)$	CL	MD	FAR
CL	CL	PB	PM	PS
MD	CL	PS	ZR	ZR
FAR	CL	ZR	ZR	ZR

표 2. $f_1(k)$ 가 ONE일 때 f_2, f_3 에 대한 퍼지 규칙
Table 2. Fuzzy rule table when $f_1(k) = ONE$

$f_2(k)$	$f_3(k)$	CL	MD	FAR
CL	CL	PB	PM	PM
MD	CL	PM	PS	ZR
FAR	CL	ZR	ZR	ZR

위의 소속함수와 퍼지규칙을 이용하여 아래의 그림과 같이 퍼지시스템을 구현하였다. 퍼지 시스템은 min t-norm, mamdani추론, centroid 비퍼지화를 사용하였다.

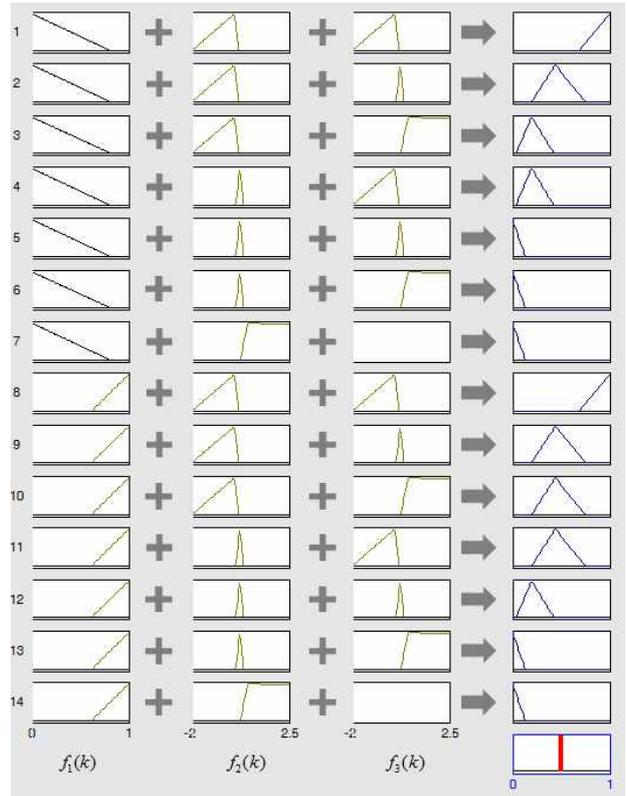


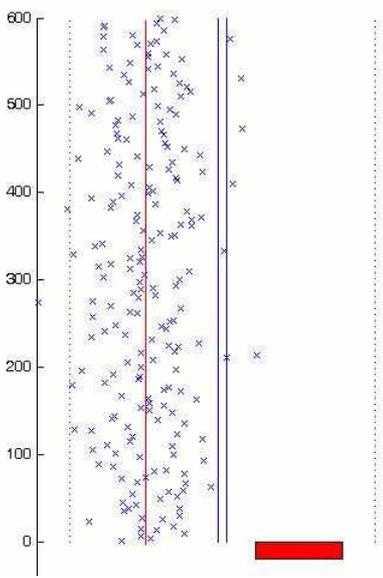
그림 6. 제안된 퍼지 시스템 구성
Fig. 6. The proposed fuzzy system

5. 컴퓨터 모의실험

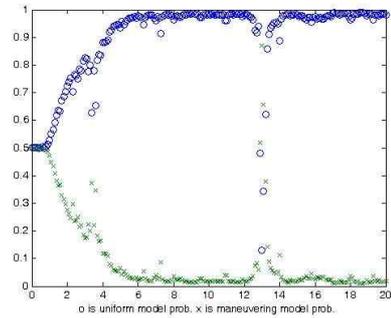
본 장에서는 앞에서 개발한 퍼지시스템을 세 가지 시나리오에 적용하여 타당성을 확인하였다.

중앙선 맞은편에서 다가오는 차량이,
1) 차선을 바꾸지 않고 지나가는 경우
2) 차선을 오른쪽으로 바꾸어 더 멀어지는 경우
3) 핸들이 왼쪽으로 꺾여 중앙선을 침범하는 경우
로 나누어 실험하였다. 3)의 실험은 [8]와 같은 시나리오에서 실험되었다. 차량의 동역학 움직임은 식(2)를 따르고 위의 퍼지시스템을 이용하여 충돌을 미리 예측하였다. 식 (8-13)에서 사용한 동역학 시스템 파라미터와 IMM의 파라미터는 다음과 같다.

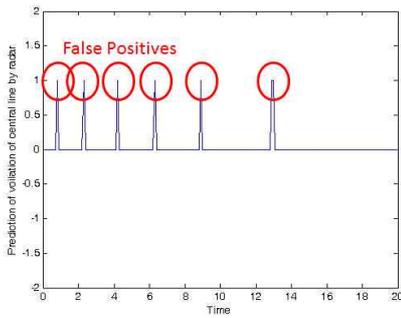
$$F_{1,2} = \begin{bmatrix} 1 & (\Delta t) & \frac{(\Delta t)^2}{2} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & (\Delta t) & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & (\Delta t) & \frac{(\Delta t)^2}{2} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & (\Delta t) \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \Gamma_{1,2} = \begin{bmatrix} \frac{(\Delta t)^2}{2} & 0 \\ (\Delta t) & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & \frac{(\Delta t)^2}{2} \\ 0 & (\Delta t) \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$



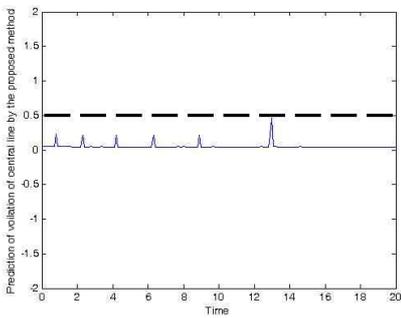
(a)



(b)

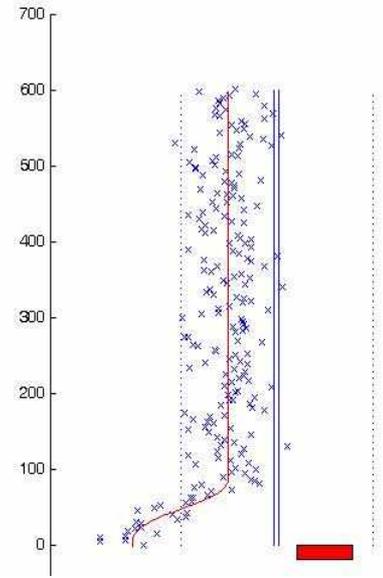


(c)

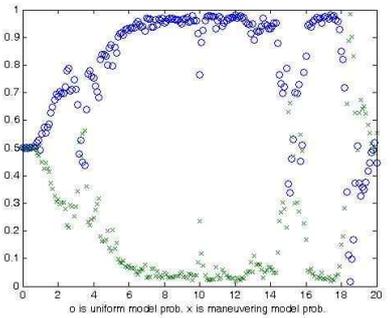


(d)

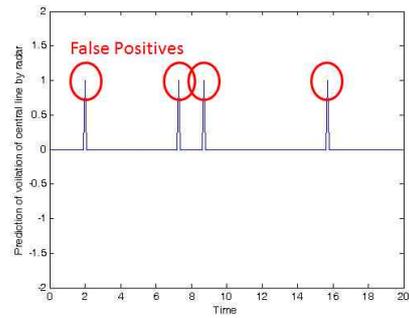
그림 7. 시나리오1)에 대한 시뮬레이션 결과
Fig. 7. Simulation results for Scenario 1)



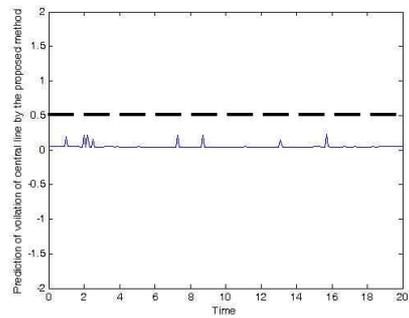
(a)



(b)

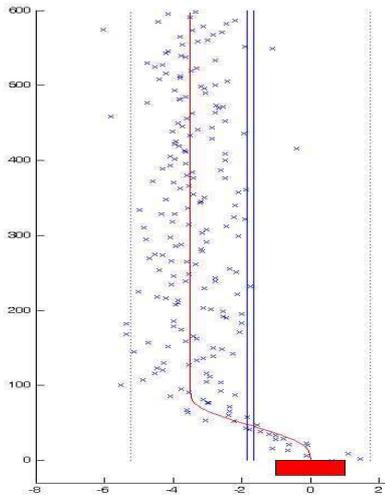


(c)

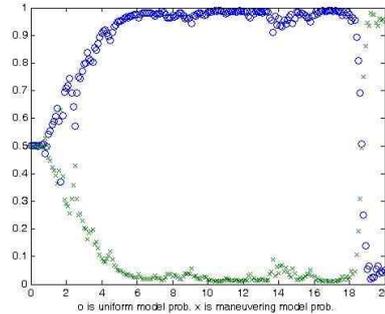


(d)

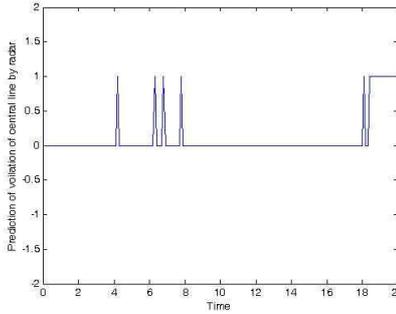
그림 8. 시나리오2)에 대한 시뮬레이션 결과
Fig. 8. Simulation results for Scenario 2)



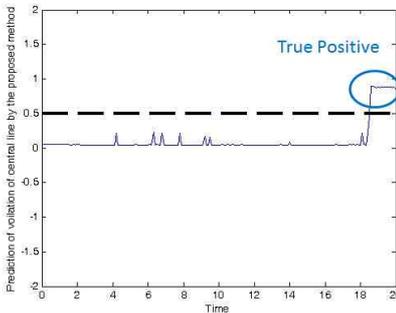
(a)



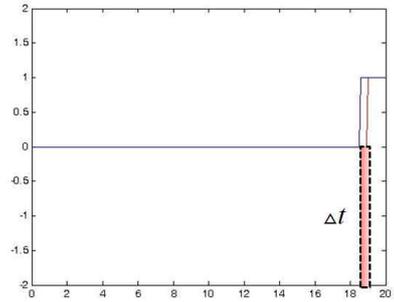
(b)



(c)



(d)



(e)

그림 9. 시나리오3)에 대한 시뮬레이션 결과

Fig. 9. Simulation results for Scenario 3)

$$Q_1 = \begin{bmatrix} (10^{-4}g)^2 & 0 \\ 0 & (10^{-4}g)^2 \end{bmatrix}, Q_2 = \begin{bmatrix} (0.05g)^2 & 0 \\ 0 & 0.001 \end{bmatrix}$$

$$H_1, H_2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

위의 실험에서 샘플링 주기(Δt)는 0.1초로 정하였고, 차선의 폭은 3.5m로 설정하였다. 그림 7, 8, 9은 각각 시나리오 1), 2), 3)에 대하여 모의실험을 수행한 결과이다.

그림 7(a), 8(a)는 각 시나리오가 진행되는 모습을 나타내며 그림 7(b), 8(b)는 IMM을 통해 얻게 되는 모드 확률을 나타낸다. 차선 침범 예측 결과를 보면 단순 레이더 신호에 기반한 차선 침범 예측은 그림 7(c), 8(c)와 같이 오인식을 발생시키지만 IMM의 모드 예측과 결합하면 그림 7(d), 8(d)와 같이 안정적인 출력을 얻는 것을 확인할 수 있다. 시나리오 3)에 대해서는 참고문헌 [8]과 성능을 비교했다. 성능비교를 위해 충돌예측은 이진값으로 설정했다. 그림 9(a)는 시나리오를 나타내고 (b)는 모드예측, (c)-(e)는 각 레이더에 의한 예측, 제안한 방법, [8]와의 성능비교를 나타낸다.

그림에서 보는바와 같이 제안한 방법은 기존의 방법 [8]과 비교하여 신속하게 중앙선 침범을 예측하는 것을 볼 수 있다. 비록 작은 시간이지만 중앙선 침범에 대처하기에 매우 중요한 순간을 운전자에게 제공하는 것으로 볼 수 있다.

6. 결론

레이더 신호는 많은 잡음을 가지고 있고 이를 직접 이용하여 중앙선 침범을 예측하는 것은 매우 위험한 일이다. 본 논문에서는 마이크로웨이브 레이더를 이용하여 중앙선 반대편에서 오는 차량의 중앙선 침범을 예측하는 방법을 제안하였다. 본 논문에서는 IMM을 대상추적용이 아닌 의도와 악용으로 사용하여 맞은편 차량의 중앙선 침범의도를 예측하였고, 퍼지논리를 이용하여 다른 정황정보와 결합하여 위험예측을 진행하였다.

3가지 시나리오에 대하여 제안된 방법의 타당성을 확인하였고 기존의 방법과 비교하여 비교적 빠른 반응으로 운전자에게 더 많은 반응시간을 제공할 수 있음을 확인했다. 다만 퍼지시스템의 예측에서 채터링 현상 등이 발생했을 때 이를 좀 더 안정적으로 처리하는 방식들에 대해서는 연구가 추가적으로 진행되어야 한다.

References

- [1] Korean National Police Agency, *The 2013 Traffic accident statistics*, pp 46,2013
- [2] M. Distner, M. Bengtsson, T. Broberg, and L. Jakobsson, "City safety-A system addressing rear-end collisions at low speeds," in *Proc. 21st Enhanc. Safety Veh. Conf.*, Stuttgart, Germany, 2009, paper 09-0371.
- [3] M. Brannstrom, F. Sandblom, and L. Hammarstrand "A Probabilistic Framework for Decision-Making in Collision Avoidance Systems," *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, vol. 14, no.2, Jun.2013.
- [4] J. Jansson, *Collision avoidance theory with application to auto-motive collision mitigation*, Ph.D. dissertation, Linkping Univ., Linkping,Sweden, Jun. 2005.
- [5] S. Park, J. P. Hwang, E. Kim and H. J. Kang, "Vehicle tracking using a microwave radar for situation awareness," *Control Engineering Practice*, vol.18, issue.4, pp.383-395, April, 2010.
- [6] S. Park, J. P. Hwang, K. J. Ryu, E. Kim, "Vehicle-Tracking with Distorted Measurement via Fuzzy Interacting Multiple Model," *Journal of Korean Institute of Intelligent Systems*, vol. 18, no. 6, pp.863-870, 2008
- [7] H. Kim, "Adaptive Fuzzy IMM Algorithm for Position Tracking of Maneuvering Target", *Journal of Fuzzy Logic and Intelligent Systems*, vol. 17, no. 7, pp.855-861, 2007.
- [8] B. Choi, B. Kim, J. An, C. Yoon, E. Kim, "Prediction of Centerlane Violation for vehicle in opposite direction using Interacting Multiple Model," in *proc. of the Korean Institute of Intelligent Systems Conference*, Vol. 23, No. 1, pp.207-208, Dae-gu, Apr 2013.

저 자 소개



김범성(Beomseong Kim)

2009년 : 연세대학교 전기전자공학부 졸업
(공학사)

2009년~현재 : 동 대학원 전기전자공학과 석박사통합과정

관심분야: Computational Intelligence, Intelligent vehicle system

E-mail : battlebs@yonsei.ac.kr



최배훈(Baehoon Choi)

2010년 : 연세대학교 전기전자공학부 졸업
(공학사)

2010년~현재 : 동 대학원 전기전자공학과 석박사통합과정

관심분야 : State Estimation, Intelligent vehicle system.

E-mail : choibae@yonsei.ac.kr



안종현(Jhonghyen An)

2013년 : 연세대학교 전기전자공학부 졸업
(공학사)

2013년~현재 : 동 대학원 전기전자공학과 석박사통합과정

관심분야 : Intelligent vehicle system.

E-mail : jhonghyen@yonsei.ac.kr



이희진(Heejin Lee)

1987년 : 연세대학교 전자공학과 졸업

1989년 : 연세대학교 전자공학과 석사 졸업

1989년~1993년 : (주) 대우통신 종합연구소 연구원

1993년~1995년 : (주) 에스원 종합연구소 연구원

1998년 : 연세대학교 전자공학과 박사 졸업

1998년~현재 : 국립한경대학교 전기전자제어공학과 교수

관심분야 : 로보틱스, 강인제어, 지능제어, 전력제어 시스템.



김은태(Euntai Kim)

1992년 : 연세대학교 전자공학과 졸업
(공학사)

1994년 : 연세대학교 전자공학과 석사과정 졸업(공학석사)

1999년 : 연세대학교 전자공학과 박사과정 졸업(공학박사)

1999년 3월~2002년 2월 : 국립한경대학교 제어계측공학과 조교수

2002년 3월~현재 : 연세대학교 전기전자공학부 교수

2003년 : Univrsity of Alberta, visiting researcher

1998년~현재 : IEEE TFS, IEEE T SMC, IEEE T CAS, FSS 등에서 심의위원 활동 중

2003년 : 대한 전자공학회 해동상 수상

관심분야 : Computational Intelligence, 지능형 로봇

Phone : +82-2-2123-7729

E-mail : etkim@yonsei.ac.kr