

자율주행 개인화를 위한 순환 최소자승 기반 융합형 주행특성 구분 알고리즘

오광석^{1*}

¹한경대학교 기계공학과

A RLS-based Convergent Algorithm for Driving Characteristic Classification for Personalized Autonomous Driving

Kwang-Seok Oh^{1*}

¹Department of Mechanical Engineering, Hankyong National University

요약 본 논문은 자율주행 개인화를 위한 순환 최소자승 기반 융합형 종방향 주행특성 구분 알고리즘에 관한 연구이다. 최근 자율주행 기술은 Level 4 완전 자율주행 단계를 위해 다양한 연구가 수행되고 있다. 자율주행 자동차의 상용화를 위해서는 탑승자의 자율주행에 대한 이질감을 최소화할 수 있어야 하며 이를 위해 자율주행 개인화 기술이 필요하다. 이 문제를 해결하기 위해 본 연구에서는 운전자의 종방향 주행특성을 수학적으로 표현하고 순환 최소자승 기법 기반 실 주행 데이터를 이용하여 주행특성을 도출하는 알고리즘을 제안하였다. 두 명의 실제 운전자 데이터를 이용하여 종방향 주행특성을 도출하였으며 두 명의 운전자를 구분하기 위해 가설검정 기반 확률적 구분 알고리즘을 적용하였다. 제안된 종방향 주행특성 도출 및 구분 알고리즘은 개별 운전자의 주행특성을 합리적으로 나타낼 수 있었으며 가설검정 기반 확률적 구분기법에 의해 주행특성이 구분될 수 있음을 확인하였다.

• 주제어 : 순환 최소자승, 가설검정, 주행특성, 자율주행, 개인화, 융합형 알고리즘

Abstract This paper describes a recursive least-squares based convergent algorithm for driving characteristic classification for personalized autonomous driving. Recently, various researches on autonomous driving technology have been conducted for level 4 fully autonomous driving. In order for commercialization of the autonomous vehicle, personalized autonomous driving is required to minimize passenger's insecurity to the autonomous vehicle. To address this problem, this study proposes mathematical model that represents driving characteristics and recursive least-squares based algorithm that can estimate the defined characteristics. The actual data of two drivers has been used to derive driving characteristics and the hypothesis testing method has been used to classify two drivers. It is shown that the proposed algorithms can derive driving characteristics and classify two drivers reasonably.

• Key Words : Recursive least squares, Hypothesis testing, Driving characteristic, Autonomous driving, Personalization, Convergent algorithm

*Corresponding Author : 오광석(oks@hknu.ac.kr)

Received June 22, 2017

Accepted September 20, 2017

Revised July 31, 2017

Published September 28, 2017

1. 서론

현대의 자율주행 자동차는 2019년 Level 3 자율주행 기술의 상용화를 목표로 Ford, Volvo, Hyundai, Google, NVIDIA 등 다양한 자동차업계와 IT업계에 의해 연구개발이 이뤄지고 있다. 자율주행 기술의 네 가지 주요 요소 기술인 센싱, 인지, 판단, 제어기술 관점에서 기존의 다양한 센서 융합을 통해 구현되던 기술들이 딥 러닝 기반 인공지능 기술이 적용되면서 자율주행 기술의 상용화를 한층 가속화 시키고 있다. 하지만 센서 및 인공지능 기술의 발전으로 자율주행의 상용화 가능성이 점점 높아지더라도 탑승자 중심의 자율주행 개인화가 이뤄지지 않으면 상용화는 어려울 것이다. 그러므로 국내외 다양한 대학 및 연구소에서 다음과 같이 자율주행 개인화를 위한 연구를 수행하고 있다.

S. Lefevre 는 고속도로 주행상황에서 운전자 조작을 구분할 수 있는 학습 기반 운전자 모델을 개발하였으며, 이를 기반으로 운전자의 입력을 예측하였다 [1]. 또한 운전자의 조작입력을 통해 학습 기반 자율주행 자동차의 속도제어를 위한 체계를 구축하였다 [2]. 그리고 제안된 속도제어 체계를 이용하여 자율주행 자동차 종방향 제어에 적용하였다. V. Butakov 는 자율주행 자동차의 탑승자가 인지하는 실제 주행 안전과 편안함을 향상시킬 수 있는 운전자 성능모델 기반 자동주행 개인화 방법론을 제안하였다 [3]. 자율주행 개인화를 위해서는 개별 운전자의 합리적 주행특성을 도출하는 것이 중요하며, 이를 자율주행 제어에 적용함으로써 탑승자의 이질감을 최소화하는 것이다. M. Cunningham 은 자율주행 자동차의 자율주행 제어를 위해 고려되어야 할 Human factor들을 도출하고, 자율주행 개인화에 대해 기술하였다 [4]. T. Mioch 는 트럭의 군집주행 제어를 위한 Driver Readiness(DR) 모델을 제안하고, 제어를 위한 주요 요소를 육체적 요소와 정신적 요소로 구분하여 분석을 수행하였다 [5].

기존 연구들을 살펴보면 일반적으로 고속도로 혹은 군집주행과 같은 특정 상황에 대해 운전자의 주행특성을 대표할 수 있는 요소들을 도출하고 이를 기반으로 제어에 반영하였다. 본 연구에서는 운전자가 전방차량과 함께 주행할 때 운전자 주행특성을 대표할 수 있는 인자를 정의하고, 이를 기반으로 자율주행 개인화를 위한 가설검정 및 확률 융합형 운전자 구분 알고리즘을 제안하였다. 주행특성 도출을 위해 가속도와 종방향 오차를 이용

한 민감도를 정의하였으며, 순환 최소자승 기법을 이용하여 추정하였다. 추정된 민감도는 민감도 평면에서 가설검정 기법을 이용하여 확률적으로 운전자를 구분할 수 있도록 알고리즘 구성하였다. 이를 위해 실제 두 운전자의 주행데이터를 이용하였으며, 본 연구에서 제안하는 모든 알고리즘은 Matlab 환경에서 구성되었다. 다음은 본 논문의 구성을 나타낸다.

2 장에서는 종방향 주행특성 및 추정 알고리즘에 대해 기술하고, 3 장에서는 가설검정 기반 주행특성 구분 알고리즘에 대해 기술한다. 4 장에서는 제안된 알고리즘의 성능평가 결과에 대해 기술하고, 마지막 5 장은 본 연구의 향후계획과 함께 결론에 대해 기술한다.

2. 종방향 주행특성 및 추정 알고리즘

2.1 종방향 주행특성

선행차량과 함께 주행하는 운전자는 일반적으로 선행차량이 정지했을 때 충돌하는데 까지 걸리는 시간을 나타내는 Time gap 물리량을 운전자마다 다른 특값으로 일정하게 유지하려고 한다. 그리고 선행차량과의 상대속도를 0 으로 유지하려는 특성을 가지고 있다. 다음 수식들은 Time gap(T_g)과 상대속도(v_r)를 나타낸다.

$$T_g = \frac{c}{v_s} \quad (1)$$

$$v_r = v_p - v_s \quad (2)$$

여기서 c 는 상대거리, v_p 과 v_s 는 각각 선행차량과 자차량의 속도를 나타낸다. Fig. 1 은 자차량이 선행차량과 함께 주행하는 상태를 나타낸다. 두 운전자가 일반도로에서 각각 선행차량과 자차량을 직접 운전하며 자차량에 장착된 Radar 기반 선행차량과의 정보를 획득하였다.



[Fig. 1] Driving situation with preceding vehicle

운전자는 자차량의 종방향 제어를 위해 가감속을 제어하고, 이를 위해 선행차량과 자차량의 상대거리 및 상대속도 정보를 이용한다. 다음과 같이 상대거리와 상대

속도를 이용하여 자차량의 가속도를 나타낼 수 있다 [16].

$$a_s = k_1 e_1 + k_2 e_2 \quad (3)$$

e_1 과 e_2 는 각각 상대거리와 유지하려는 T_g 에 의한 거리의 오차 $T_g v_s - c$ 와 상대속도를 나타낸다. k_1 과 k_2 는 자차량의 가속도를 결정하기 위한 상대거리와 상대속도에 대한 민감도(sensitivity)를 나타내며 다음과 같이 정의될 수 있다.

$$k_1 = \frac{\partial a_s}{\partial c}, \quad k_2 = \frac{\partial a_s}{\partial v_r} \quad (4)$$

수식 (4)의 민감도는 일반적으로 운전자마다 다른 값을 보이지만 개별 운전자는 선행차량과 함께 주행 시 앞서 정의된 민감도를 일정 범위 내에서 유지하면서 주행하는 특성이 있다. 그러므로 본 연구에서는 민감도(k_1, k_2)를 종방향 주행특성으로 간주하고, 추정 및 구분하는 알고리즘을 설계하였다. 다음 절에서는 순환 최소자승 기반 제시된 민감도 추정 알고리즘에 대해 기술한다.

2.2 순환 최소자승 기반 민감도 추정 알고리즘

본 연구에서는 다중 망각인자 기반 순환 최소자승 기법을 이용하여 종방향 주행특성(민감도) 추정 알고리즘을 설계하였다. 설계된 알고리즘은 다중 망각인자를 사용하기 때문에 두 개 이상의 변수를 추정할 수 있으며, 오차와 가속도 값을 이용하여 실시간으로 변수를 추정할 수 있기 때문에 실시간으로 운전자를 구분할 수 있다. 민감도 추정을 위해 수식 (3)을 이용하였으며 아래와 같이 행렬을 이용하여 표현하였다.

$$a_s = \phi^T \theta = [e_1 \ e_2] [k_1 \ k_2]^T \quad (5)$$

ϕ 과 θ 는 순환 최소자승 기법을 위한 regressor와 추정치를 의미한다. 민감도를 추정하기 위해 두 개의 망각인자(λ_1, λ_2)가 사용되었으며 개별 민감도의 추정을 위해 다음과 같은 목적함수가 정의되었다.

$$J(\hat{\theta}_{1,k}, \hat{\theta}_{2,k}, k) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^k \lambda_1^{k-i} (y - \phi_{1,i} \hat{\theta}_{1,k} - \phi_{2,i} \hat{\theta}_{2,k}) + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^k \lambda_2^{k-i} (y - \phi_{1,i} \hat{\theta}_{1,k} - \phi_{2,i} \hat{\theta}_{2,k}) \quad (6)$$

y 는 response로써 자차량의 가속도 a_s 를 의미한다. 수식 (6)에서 정의된 목적함수(J)를 최소화하는 추정치는 추정치가 실제 값과 크게 차이나지 않는다는 가정 하에 다음과 같이 도출 될 수 있다.

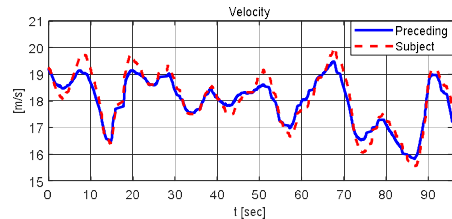
$$\begin{bmatrix} \hat{\theta}_{1,k} \\ \hat{\theta}_{2,k} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & L_{1,k} \phi_{2,k} \\ L_{2,k} \phi_{1,k} & 1 \end{bmatrix}^{-1} \times \begin{bmatrix} \hat{\theta}_{1,k-1} + L_{1,k} (y_k - \phi_{1,k} \hat{\theta}_{1,k-1}) \\ \hat{\theta}_{2,k-1} + L_{2,k} (y_k - \phi_{2,k} \hat{\theta}_{2,k-1}) \end{bmatrix} \quad (7)$$

L 은 추정을 위한 최적 이득값으로써 매 스텝 Covariance(P)와 함께 아래와 같이 계산될 수 있다.

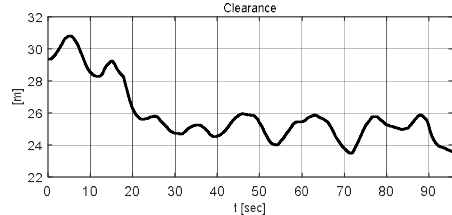
$$L_k = P_{k-1} (\lambda + \phi_k^T P_{k-1} \phi_k)^{-1} \quad (8)$$

$$P_k = (I - L_k \phi_k^T) P_{k-1} / \lambda \quad (9)$$

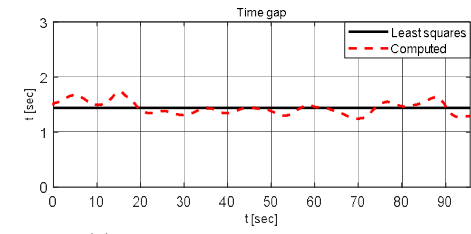
앞서 기술된 다중 망각인자 기반 순환 최소자승 기법을 이용하여 정의된 종방향 주행특성을 추정할 수 있으며 추정 성능을 확인하기 위해 실제 주행 데이터를 이용하여 추정결과를 분석하였다. Fig. 2와 3 은 실제 운전자 (1)과 (2)의 주행상황과 주행특성 추정 결과를 보여준다.



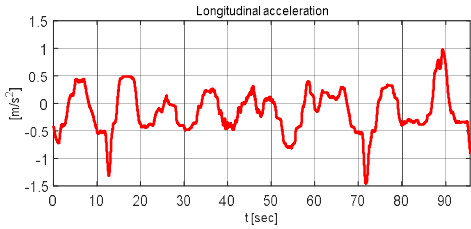
(a) Velocity: preceding and subject



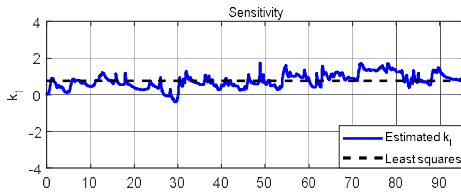
(b) Clearance



(c) Average time gap: least squares

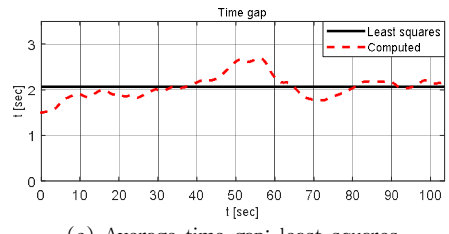


(d) Acceleration: subject

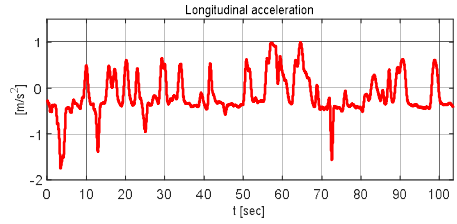


(e) Sensitivity: k_1 and k_2

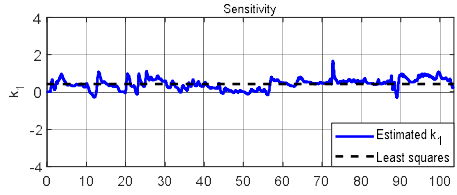
[Fig. 2] Sensitivity estimation results: *driver - 1*



(c) Average time gap: least squares

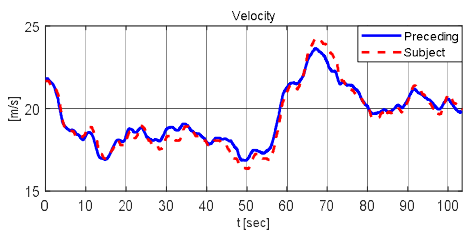


(d) Acceleration: subject

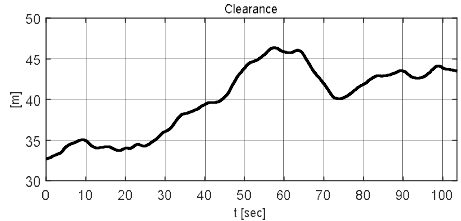


(e) Sensitivity: k_1 and k_2

[Fig. 2] Sensitivity estimation results: *driver - 2*



(a) Velocity: preceding and subject



(b) Clearance

자차량에 장착된 Radar를 이용하여 선행차량과 자차량을 두 운전자가 직접 운전하면서 상대거리 및 상대속도를 획득하였고, 자차량의 가속도 센서를 이용하여 가속도 값을 계측하였다. 선행차량과 함께 주행한 두 운전자의 주행데이터를 이용하여 운전자의 Time gap을 도출하고, 도출된 Time gap을 이용하여 순환 최소자승 기반 민감도를 추정하였다. 추정된 민감도는 운전자(1)과 운전자(2) 모두 특정 영역 내에서 일정한 값을 유지하는 것을 확인할 수 있다. 그리고 Table. 1 은 운전자(1)과 (2)의 Time gap 과 민감도 값의 요약을 보여준다.

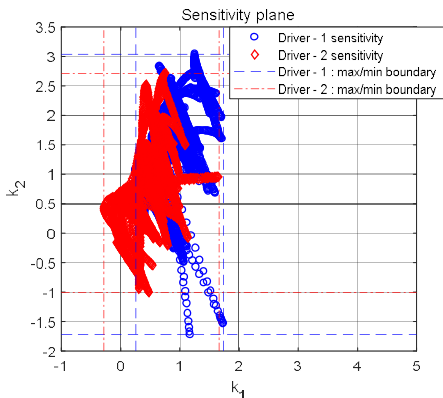
<Table 1> Time gap and sensitivity

Division		Unit	Driver [1]	Driver [2]
Time gap		sec	1.4390	2.0659
Sensitivity	k_1	-	0.7685	0.4359
	k_2	-	1.2066	0.6553

최소자승 기법을 이용하여 분석된 두 운전자의 주행 특성은 Time gap과 민감도 관점에서 확연히 다른 특성을 보여주고 있다. 하지만 시간영역에서 분석한 결과들을 보면 불확실성으로 인해 두 운전자의 주행특성을 완벽히 구분할 수 있는 경계값 혹은 규칙을 도출할 수 없게 된다. 그러므로 본 연구에서는 민감도 평면에서 확률적 방법으로 주행특성을 구분하는 알고리즘을 제안하고, 다음 3 장에서 가설검정 기법과 함께 기술한다.

3. 융합형 주행특성 구분 알고리즘

선행차량과 함께 주행하는 운전자의 주행특성을 구분하기 위해 민감도 평면(k_1, k_2)을 이용하였으며 2 장에서 도출된 운전자(1)과 (2)의 k_1 과 k_2 를 민감도 평면에서 나타내면 Fig. 3 과 같다.



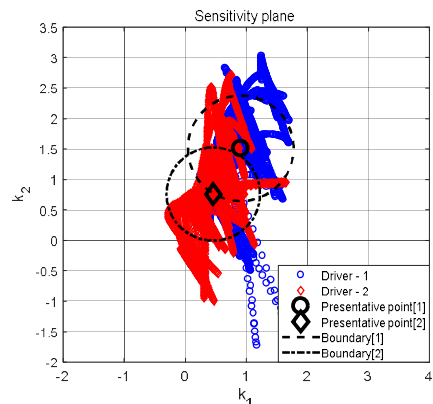
[Fig. 3] k_1 and k_2 in sensitivity plane

Fig. 3 에서 표시된 운전자(1)과 (2)는 서로 다른 민감도 영역에서 표시될 수 있지만 서로 중복되는 영역이 분명히 존재한다. 그리고 민감도 k_1 에 대하여 k_2 는 상대적으로 민감도 평면 내 1 사분면에 존재하면서 그 변화관계는 선형적 관계가 있음을 확인할 수 있었다. 본 연구에서는 민감도 평면에서 운전자 간 중복되는 영역을 구분

하기 위해 확률적 접근 방법을 이용하였다. 이를 위해 각 운전자의 민감도 대표점을 클러스터링 기법을 이용하여 도출하고, 도출된 대표점에 대한 모든 점들의 Root Mean Square(RMS) 값을 반경으로 하는 원을 도출함으로써 개별 운전자의 주행특성 영역을 정의하였다. 아래 수식은 주행특성 영역의 반경을 나타내며 Fig. 4 는 대표점과 주행특성 영역을 나타낸다.

$$r_r = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (d_i^2)}{N}} \tag{10}$$

N 은 운전자 주행데이터 개수를 나타내고, d 는 대표점과 각 민감도 데이터와의 거리를 나타낸다. Fig. 4 는 도출된 대표점과 계산된 반경을 이용하여 정의된 주행특성 영역을 함께 보여준다.



[Fig. 4] Representative points and boundary for driving characteristic

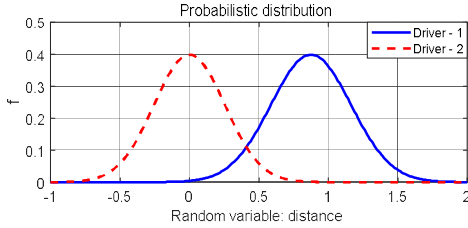
도출된 대표점과 주행특성 영역을 이용하여 주행특성을 구분하기 위해 본 연구에서는 영역 내 분포하는 민감도들이 정규분포를 이룬다는 가정을 하였다. 개별 운전자의 정규분포를 결정하는 평균과 표준편차는 운전자(2)를 기준으로 다음과 같이 정의되었다.

$$Driver[1] \sim N(d_{re}, \frac{r_{r1}}{3}) \tag{11}$$

$$Driver[2] \sim N(0, \frac{r_{r2}}{3}) \tag{12}$$

주행특성 영역 내 99%의 확률분포가 구성되도록 표준

편차를 도출된 반경을 이용하여 정의하였고, 각 대표점을 공통으로 지나는 직선을 확률변수 축으로 정의하였다. Fig. 5 과 Table. 2 는 도출된 두 정규분포를 보여준다.



[Fig. 5] Derived two normal distributions

<Table 2> Summary of normal distribution

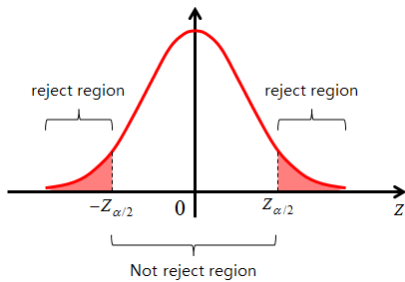
Division	Driver - 1	Driver - 2
Average	0.8746	0
S.T.D	0.2886	0.2549

도출된 두 정규분포를 이용하여 주행특성 구분을 위해 가설검정 기법을 적용하였으며 아래와 같이 귀무가설과 대립가설을 정의하였다.

[귀무가설] $H_0 : \mu = \mu_{driver}$ (13)

[대립가설] $H_1 : \mu \neq \mu_{driver}$ (14)

검정통계량으로 Z-statistic 을 이용하였고, 유의수준은 5% 로 정의하였다. Fig. 6 은 reject region을 보여준다.



[Fig. 6] Reject region(significance level, 5%)

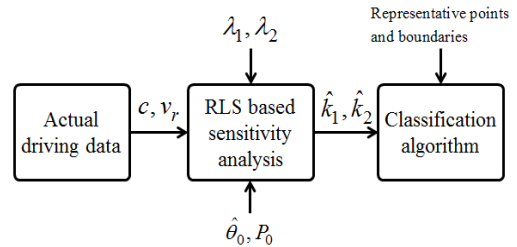
민감도가 정의된 정규분포가 중첩되는 영역에 있을 때는 각 정규분포의 P-value를 비교함으로써 주행특성이 구분되도록 알고리즘을 설계하였다.

$$P_{driver - value} = \Pr[|Z| \geq Z_k] \quad (15)$$

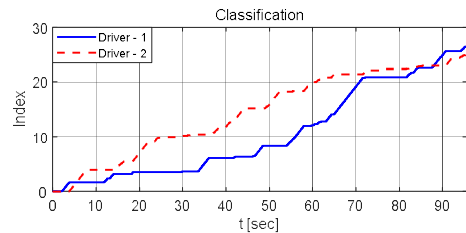
각 정규분포에 대한 P-value 가 클수록 해당 정규분포의 주행특성에 가깝다고 확률적으로 정의된다. 다음 장에서는 제안된 확률적 주행특성 구분 알고리즘을 이용한 주행특성 구분성능에 대해 기술한다.

4. 실 데이터 기반 성능평가

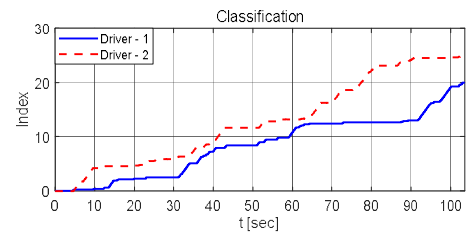
주행특성 구분에 대한 성능평가를 수행하기 위해 제안된 가설검정 기반 확률적 구분 알고리즘을 이용하여 실제 운전자(1)과 (2)에 대한 구분 결과를 확인하였다. Matlab/Simulink 환경에서 개별 운전자의 민감도를 추정하고, 추정된 민감도를 이용하여 제안된 구분 알고리즘에 적용하여 구분되는 결과를 확인하였다. Fig. 7 은 성능평가를 위한 모델 개략도를 나타내고, Fig. 8 은 개별 운전자에 대한 주행특성 구분 결과를 나타낸다.



[Fig. 7] Performance evaluation results



(a) Driver - 1



(b) Driver - 2

[Fig. 8] Performance evaluation results

주행특성을 구분하기 위해 구분된 주행영역을 기준으로 해당 주행특성일 때 시간에 대해 적분함으로써 정의된 index를 계산하였다. Fig. 8에서 볼 수 있듯이 제안된 확률적 주행특성 구분 알고리즘은 개별 운전자의 주행특성을 합리적으로 구분할 수 있었다. 하지만 운전자(1)의 경우 평가 초반부에 운전자(2)와 특성이 중첩되어 정확한 구분이 이루어지지 않았다. 이를 해결하기 위해 향후 가중치 적용에 따른 합리적인 index를 개발하는 것을 계획하고 있다.

5. 결론 및 향후계획

5.1 결론

본 논문에서는 자율주행 개인화를 위한 순환 최소자승 기반 융합형 주행특성 구분 알고리즘을 제안하였다. 선형차량과 함께 주행할 때 운전자의 주행 특성을 수식화하고, 주행특성을 실시간으로 추정할 수 있는 알고리즘을 적용하였다. 그리고 가설검정 기반 확률적으로 주행특성을 구분할 수 있는 알고리즘은 설계하였다. 알고리즘의 성능평가를 위해 두 명의 실 주행데이터를 이용하였으며, 평가결과 합리적인 주행특성 추정성능과 구분결과를 확인할 수 있었다. 하지만 두 운전자 중 운전자(1)의 경우 구간에 따라 좋지 않은 구분성능을 보여주었다. 이를 해결하기 위한 향후 계획은 다음 장에서 기술한다.

5.2 향후계획

향후 합리적인 index 개발에 따른 분류 알고리즘 최적화를 계획하고 있으며 다양한 제어 알고리즘과 함께 실차 기반 주행특성 성능검증 및 실시간 주행특성 학습알고리즘 개발을 계획하고 있다 [6,7,8]. 더불어 직접주행 모드와 자율주행 모드가 공존하는 자율주행 자동차의 기계학습 기반 주행특성 학습 알고리즘을 개발하여 실시간으로 운전자의 특성을 학습하고, 이를 기반으로 탑승자의 자율주행에 대한 이질감을 최소화할 수 있는 연구를 수행할 계획이다 [9,10,11,12,13,14,15]. 본 연구에서 제안한 운전자 구분 알고리즘은 향후 자율주행 자동차의 개인화를 위한 알고리즘으로 적용 가능할 것으로 기대한다.

REFERENCES

- [1] S. Lefevre, A. Cavalho, Y. Gao, H. Tseng, and F. Borrelli, "Driver models for personalised driving assistance", *Vehicle System Dynamics*, Vol. 53, No. 12, pp.1705-1720, 2015.
- [2] S. Lefevre, A. Cavalho, and F. Borrelli, "A Learning-Based Framework for Velocity Control in Autonomous Driving", *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, Vol. 13, No. 1, pp.32-42, 2016.
- [3] V. Butakov and P. Loannou, "Driving Autopilot with Personalization Feature for Improved Safety and Comfort", *Intelligent Transportation Systems (ITSC), 2015 IEEE 18th International Conference on*, pp.387-393, 2015.
- [4] M. Cunningham and M. Regan, "Autonomous vehicles: human factors issues and future research", *Proceedings of the 2015 Australasian Road Safety Conference*, 2015.
- [5] T. Mioch, L. Kroon, and M. Neerinx, "Driver Readiness Model for Regulating the Transfer from Automation to Human Control", *Proceedings of the 22nd International Conference on Intelligent User Interfaces*, pp. 205-213, 2017.
- [6] S. Jung, "IT Convergence UAV Swarm for Aerial Advertising", *J. of the Korea Convergence Society*, Vol. 8, No. 4, pp. 183-188, 2017.
- [7] S. Jung, "The Control of Spring-Mass-Damper Convergence System using H^∞ Controller and μ -Synthesis Controller", *J. of the Korea Convergence Society*, Vol. 8, No. 5, pp. 1-11, 2017.
- [8] J. Park, B. Kim, J. Shen, and D. Rho, "Development of Remote Monitoring and Control Device of 50KW Photovoltaic System", *J. of the Korea Convergence Society*, Vol. 2, No. 3, pp. 7-14, 2011.
- [9] J. Ku, "A Study on the Machine Learning Model for Product Faculty Prediction in Internet of

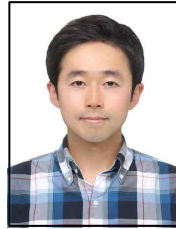
Things Environment”, J. of Convergence for Information Technology, Vol. 7, No. 1, pp. 55-60, 2017.

- [10] G. Kim and J. Han, “Unsupervised Machine Learning based on Neighborhood Interaction Function for BCI(Brain-Computer Interface)”, J. of Digital Convergence, Vol. 13, No. 8, pp. 298-294, 2015.
- [11] D. Choi and J. Park, “Security Tendency Analysis Techniques Through Machine Learning Algorithms in Big Data Environments”, J. of Digital Convergence, Vol. 13, No. 9, pp. 269-276, 2015.
- [12] H. Lee, S. Chung, and E. Choi, “A Case Study on Machine Learning Applications and Performance Improvement in Learning Algorithm”, J. of Digital Convergence, Vol. 14, No. 2, pp. 245-258, 2016.
- [13] B. Hwang and S. Kim, “On Implementing a Learning Environment for Big Data Processing using Raspberry Pi”, J. of Digital Convergence, Vol. 14, No. 4, pp. 251-258, 2016.
- [14] Y. Ki and Jong Lim, “Lip Reading Method Using CNN for Utterance Period Detection”, J. of Digital Convergence, Vol. 14, No. 8, pp. 233-243, 2016.
- [15] Y. Yun, “Development of Smart Senio Classification Model based on Activity Profile Using Machine Learning Method”, J. of Digital Convergence, Vol. 8, No. 1, pp. 25-34, 2017.
- [16] S. Moon and K. Yi, “Human driving data-based design of a vehicle adaptive cruise control algorithm”, Vehicle System Dynamics, Vol. 46, No. 8, pp. 661-690, 2008.

저자소개

오 광 석(Kwang-Seok Oh)

[정회원]



- 2013년 2월 : 서울대학교 일반대학원 기계항공공학부 (기계공학석사)
- 2016년 8월 : 서울대학교 일반대학원 기계항공공학부 (기계공학박사)
- 2009년 1월 ~ 2011년 2월 : 현대 엔지니어링

• 2017년 9월 ~ 현재 : 한경대학교 기계공학과 조교수
 <관심분야> : 차량 동역학, 적응제어, 능동안전 시스템, 고장진단