

도로주행환경을 고려한 차선유지지원장치 성능 평가

우현구* · 옹부중* · 김경진*

Performance Evaluation of Lane Keeping Assistance System

Hyungu Woo*, Boojoong Yong*, Kyungjin Kim*

Key Words : Lane Keeping Assistance System(차선유지지원장치), Test procedures(시험 방법), Lane Departure Warning System(차선이탈경보장치), ISO(국제표준화기구)

ABSTRACT

Lane Keeping Assistance System(LKAS) is a kind of Advanced Driver Assistance Systems(ADAS) which are developed to automate/ adapt/ enhance vehicle systems for safety and better driving. The main system function of LKAS is to support the driver in keeping the vehicle within the current lane. LKAS acquires information on the position of the vehicle within the lane and, when required, sends commands to actuators to influence the lateral movement of the vehicle. Recently, the vehicles equipped with LKAS are commercially available in a few vehicle-advanced countries and the installation of LKAS increases for safety enhancement. The test procedures for LKAS evaluations are being discussed and developed in international committees such as ISO(the International Organization for Standardization). In Korea, the evaluations of LKAS for vehicle safety are planned to be introduced in 2016 KNCAP(Korean New Car Assessment Program). Therefore, the test procedures of LKAS suitable for domestic road and traffic conditions, which accommodate international standards, should be developed. In this paper, some bullet points of the test procedures for LKAS are discussed by extensive researches of previous documents and reports, which are released in public in regard to lateral test procedures including LKAS and Lane Departure Warning System(LDWS). Later, it can be helpful to make a draft considering domestic traffic situations for test procedures of LKAS.

1. 서론

최근 교통사고 사상자를 줄이기 위한 자동차의 안전 및 운전 편의성에 대한 관심이 증가하고 있으며, 차량 운행 시 운전자의 안전성을 증가시키기 위한 자동차 첨단운전보조시스템 (ADAS, Advanced Driver Assistance System)에 대한 연구 개발이 전 세계적으로 활발히 이루어지고 있다. 특히 이러한 첨단운전보조시스템의 개발에는 운전자의 안전과 편의성을 보장

하기 위한 성능평가 시험이 필수적이므로, ADAS 개발자는 개발단계에서 가능한 실제와 동일한 상황에서 시스템의 성능을 평가하기 위해 많은 노력을 기울이고 있다. 미국, 유럽, 일본 등의 자동차 선진국들은 첨단 운전보조시스템의 개발 및 국제 표준화를 통해 자국의 경쟁력 확보를 위한 꾸준한 활동을 하고 있으며, 우리나라도 국내의 실정에 맞는 시험방법 및 절차에 대한 연구가 필요하다. 차선유지지원장치 (LKAS, Lane Keeping Assist System)는 ADAS의 한 가지로서 차선 인식용 전방 카메라를 통해 주행 차선을 감지하여 인식된 차선과 주행 차량 간의 상대적인 위치를 파악하여 운전자가 의도하지 않는 차선 이탈이 발생하는

* 경일대학교 기계자동차학부
E-mail : hgwoo@kiu.ac.kr

경우, 운전자에게 경고를 하고 차선 이탈을 방지하여 주행차선을 유지하도록 조향 방향을 조절하는 운전자 보조시스템이다. 현재 자동차 선진국에서는 LKAS가 장착된 차량이 판매되고 있으나, 국내의 경우 아직 국내 차량에는 적용되지 않았고 LKAS가 장착된 차량이 일부 수입되고 있는 실정이다. 국제적으로는 대표적으로 ISO와 같은 기구의 위원회에서 시험 방법이 논의되어 개발되고 있으며 현재 DIS(Draft International Standard)가 공개되어 있다.⁽¹⁾ 국내의 경우에는 LKAS에 관한 평가 시험법이 아직 결정되지 않았으며 이에 관해서는 KNCAP(Korean New Car Assessment Program)에 2016년부터 도입할 계획으로 관련 평가 기술 개발을 위한 연구 개발을 진행하고 있다.⁽²⁾

본 연구에서는 LKAS의 성능평가를 위해 자동차의 횡방향 움직임에 관한 국제적인 시험방법 및 기준과 연구사례 등을 비교 분석하고, LKAS의 성능평가 시험 방법 및 절차를 결정하기 위해 평가 시나리오에 필요한 항목을 분석하여 국내의 교통 환경 실정에 맞는 시나리오 방안을 제안하고자 한다.^(3,4)

2. LKAS(차선유지지원장치) 평가 방법들

LKAS 평가 시나리오 개발을 위하여 참조할 수 있는 현재까지 공개된 차량 횡방향 거동과 관련한 시험법인 다음과 같은 6가지의 평가 시험 방법을 살펴보고자 한다.

2.1. ISO/DIS 11270⁽¹⁾

지금까지 공개된 LKAS 시험법과 관련하여 가장 구체적인 자료를 포함하고 있으며, UNECE(United Nations Economic Commission for Europe)에서도 ISO11270을 참조하고 있어 평가 방법 개발에 기준이 되고 있다.

2.2. ISO17361⁽⁵⁾

이 시험법은 LDWS (Lane Departure Warning System, 차선이탈경보장치)에 대한 것이며 차량이 이탈하는 경우 운전자에게 경보를 주는 시스템이지만, 차선의 횡방향 거동이 비슷하여 LKAS의 전단계 안전장치로 많이 사용되고 있으며 시험법도 최종 결정되어 있어 LKAS 시험법 개발과정에서 종종 비교되어 참고

되는 시험법이다.

2.3. Report of NHTSA, LDWS(+LKAS)⁽⁶⁾

NHTSA(National Highway Traffic Safety Administration, 미국도로교통안전국)의 보고서에 LDWS의 시험법과 LKAS의 성능 평가에 관한 내용이 포함되어 있다. LDWS에 대한 내용이 주 내용이고 LKAS에 관한 내용은 LDWS의 테스트 결과를 보조하기 위한 것으로 정보의 목적으로 사용된다고 밝히고 있다.

2.4. Commission Regulation (EU) No. 351/2012⁽⁷⁾

이 시험법도 LDWS에 대한 것이며, 유럽 각국이 시행할 시험법의 기준을 설정한 것으로 개략적인 내용만이 포함되어 있다. 제시된 정량적인 기준들은 상세히 기술되어 있는 ISO13761보다 달성하기 쉬운 기준들로 되어 있어서 ISO13761을 만족한다면 이 기준들도 모두 만족할 수 있을 것이다.

LKAS에 대해서는 아직 평가 기준이 마련되지 않는 못하였고 UNECE에서 기준 개발을 위하여 최근까지도 계속 논의되고 있다.⁽⁸⁾

2.5. KS R 1172⁽⁹⁾

국내의 KS에 LDWS에 대한 기준이 제시되어 있다. 내용은 ISO17361과 거의 유사하며, 추가된 내용은 주변 상황을 맑음, 비, 눈, 안개, 터널 등 5가지로 구분하여 이들 각각의 상황 모두에서 시험을 반복 실시하도록 하고 있다. 또한 도로를 고속도로와 국도, 지방도 등으로 분류하여 고속도로에서 100 km/h 이상으로, 국도 및 지방도로에서는 60 km/h 이상으로 시험 속도를 규정하고 각 도로에서 시험을 반복하도록 하고 있다.

2.6. Reports of eVALUE Project⁽¹⁰⁾

eVALUE는 능동안전 평가를 위한 유럽 다국적 프로젝트로 “Testing and Evaluation Methods for ICT-based Safety Systems”라는 제목으로 2008년 1월부터 2010년 12월까지 수행되었으며, 이와 관련한 여러 가지 보고서들이 공개되어 있다. 이중에서 능동

안전 장치의 평가방법에 대한 것은 “Final Testing Protocols”라는 보고서에 언급되어 있다.⁽¹¹⁾ 이 보고서에는 LKAS와 LDWS의 구분이 없이 lane departure라는 제목으로 차량의 횡방향 이탈시 경고 시점과 이탈거리 등에 관한 실험 자료를 포함하고 있다.

3. LKAS 평가의 주요 결정인자

지금까지 LKAS 평가 방법에 참고할 자료를 언급하였으며 이 장에서는 평가 시 결정되어야 할 주요 인자들을 항목별로 비교 분석해 보고, 논의해 보고자 한다.

3.1. 차선이탈거리

1) ISO11270 : LKAS

- 타이어의 바깥쪽이 차선 경계선을 LKAS_Offset_max 이상 벗어나지 않는다면 테스트는 성공이다.
- LKAS_Offset_max = 0.4 m, for light vehicles
- LKAS_Offset_max = 1.1 m, for heavy vehicles

2) ISO17361 : LDWS

- latest warning line = 0.3 m, for passenger cars
- latest warning line = 1 m, for trucks and buses

3) NHTSA LDW(+LKS)

- LDW : latest warning line = 0.3 m
- LKS : 0.5 m 이탈이 기준임.

4) eVALUE

- 차선이탈거리에 대해 명확히 언급되지 않음.
- 차량의 반이 옆 차선으로 넘어가면 완전한 실패로 간주함.

5) 논의 및 검토

- [11270]이 [17361]에 비하여 거리 0.1 m 씩 더 큼.
- 이는 차선 이탈 제어 전에 경고가 발생하여야하므로 경고 발생 시점이 더 빠른 것으로 판단됨.
- 전체적으로 0.3 ~ 0.5 m 범위임.
- 차선폭을 3.5 m, 승용차의 폭을 2.0 m로 가정하고 전륜 타이어 중심점을 기준으로 살펴보면, Fig. 1에서 보이는 바와 같이 0.4 m의 차선이탈은 옆 차선의 차량과 0.35 m의 여유가 있어 부딪히지 않음.

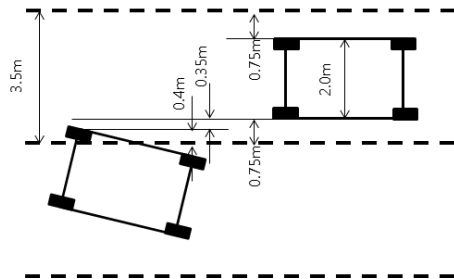


Fig. 1 Layout of vehicles and road for lane departure

3.2. 차선폭

1) ISO11270 : LKAS

- 차선표시의 중앙선을 기준으로, 3.4 m < 차선의 폭 < 3.9 m

2) ISO17361 : LDWS

- LDWS는 한쪽 차선만이 중요하므로 차선폭에 대한 명확한 언급이 없음.

3) NHTSA LDW(+LKS)

- LKS 테스트에서 차선의 안쪽과 안쪽은 3.7 m ~ 4.3 m 간격이어야 한다.

4) eVALUE

- 최소 차선폭은 3.5 m

5) 도로설계기준

- 국토교통부의 도로설계기준에는 Table 1과 같이 제시되어 있다.⁽¹²⁾

Table 1 Design specification of road width

도로의 구분	차로의 최소 폭(m)				
		지방지역	도시지역	소형차도로	
고속도로		3.50	3.50	3.25	
일반도로	설계속도 (km/h)	80 이상	3.50	3.25	3.25
		70 이상	3.25	3.25	3.00
		60 이상	3.25	3.00	3.00
		60 미만	3.00	3.00	3.00

- LKAS [11270] 와 LDWS [17361]에서는 국내의 도로폭은 2.75 ~ 3.5 m으로 보고되고 있음.
- 도로설계기준에서 자동차의 폭을 살펴보면 승용자동차가 2.0 m 임.

6) 논의 및 검토

- LKAS [11270] 와 NHTSA LDW(+LKS)의 기준 대로 하면 차선폭은 3.7m ~ 3.9m이어야 하나, 국내의 도로폭은 3.5m 이하이므로 시험도로도 3.5m 정도이어야 할 것으로 판단됨.

3.3. 종방향 주행 속도

1) ISO11270 : LKAS

- $V_{min}=20\text{ m/s} \leq V=20 \sim 22\text{ m/s} \leq V_{max}=30\text{ m/s}$
- 직진로와 곡선로 시험 모두 속도범위는 $V = 20 \sim 22\text{ m/s}$ 임.

2) ISO17361 : LDWS

- 다음 Table 2와 같이 차량 속도와 곡률반경반경에 따라 Class I, II 로 구분하여 제시되어 있다.

Table 2 Classification types of LDWS

	Class I	Class II
Radius of curvature	$\geq 500\text{m}$	$\geq 250\text{m}$
Vehicle speed	$\geq 20\text{m/s}$	$\geq 17\text{m/s}$

3) NHTSA LDW(+LKS)

- $72 \pm 2\text{ km/h}$

4) eVALUE

- 저속: $\geq 72\text{ km/h}$ (직선도로, 곡선도로)
- 고속: $102 \sim 110\text{ km/h}$ (직선도로)

5) 논의 및 검토

- [17361]의 경우가 비교적 낮은 속도 기준이다.
- [11270]와 eVALUE 의 경우 최저 속도는 20 m/s 이고 최고 속도는 30 m/s(=108 km/h \approx 110 km/h) 로 거의 일치한다.
- 네 개의 시나리오 모두 20 m/s(72 km/h)의 속도가 언급되어 있음.
- eVALUE에서는 110 km/h의 시험 속도가 언급되어 있고 ISO11270에서도 최대속도가 108 km/h이다. 국내의 현실을 고려하면 고속도로에서 100 km/h로 주행하는 경우가 많으므로 70 km/h 부근의 시험 속도에 100 km/h의 시험 속도를 추가하는 것이 바람직하다고 판단함.

3.4. 횡방향 이탈속도

1) ISO11270 : LKAS

- $V_{depart} = 0.4 \pm 0.2\text{ m/s}$
- 직선에서 곡선로 진입조건에서는 횡방향 이탈속도(V_{depart})가 없음.

2) ISO17361 : LDWS

- a) warning generation test: 곡선로
 - 낮은 이탈속도 : $0.0\text{ m/s} \sim 0.4\text{ m/s}$, 높은 이탈속도 : $0.4\text{ m/s} \sim 0.8\text{ m/s}$
- b) repeatability test: 직선로
 - $0.1\text{ m/s} < V_1 \leq 0.3\text{ m/s}$, $0.6\text{ m/s} < V_2 \leq 0.8\text{ m/s}$
 - 여기서, V_1 과 V_2 는 제작사가 선택한다.
- c) 최종적인 이탈속도 범위: $0.0\text{ m/s} \sim 0.8\text{ m/s}$

3) NHTSA LDW(+LKS)

- LDW : 0.5 m/s
- LKS : 0.5 m/s 간격으로 실패할 때까지 계속 증가, 최대 횡속도가 성능 threshold 임.

4) eVALUE

- a) 종속도의 1% $\pm 0.1\text{ m/s}$
 - 저속은 $72\text{ km/h}(=20\text{ m/s})$ 이므로, 즉 $0.1\text{ m/s} \sim 0.3\text{ m/s}$, 고속은 $108\text{ km/h}(=30\text{ m/s})$ 로 생각하면 약 $0.2\text{ m/s} \sim 0.4\text{ m/s}$
- b) 종속도의 3% $\pm 0.1\text{ m/s}$
 - 저속은 $72\text{ km/h}(=20\text{ m/s})$ 이므로, 즉 $0.5\text{ m/s} \sim 0.7\text{ m/s}$, 고속은 $108\text{ km/h}(=30\text{ m/s})$ 로 생각하면 약 $0.8\text{ m/s} \sim 1.0\text{ m/s}$

5) 논의 및 검토

- [17361]과 eVALUE가 각각 큰 횡속도와 작은 횡속도의 경우로 설정되어 있으며, 최저 0.0 m/s 에서 최고 1.0 m/s 로 비슷한 범위를 갖는다
- [11270]이 $0.2\text{ m/s} \sim 0.6\text{ m/s}$ 로 좁은 범위를 갖는다.
- 차량 주행 시 경고 발생의 경우 중 일부만이 차량 제어 되는 것으로 해석할 수 있다.

3.5. 곡선도로 곡률 반경

1) ISO11270 : LKAS

- Fig. 2와 같이 직선 \rightarrow clothoid \rightarrow 곡률 일정 곡선의 순서로 직진로에서 곡선로로 진입하는 도로의 형상을 제시하고 있다.
- 곡률반경은 아직 미정임.

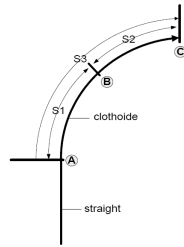


Fig. 2 Example of a curve test track

- 주행 속도에서 횡가속도(a_y)는 1.0 m/s^2 을 넘지 않도록 곡률반경(R) 선정함. 다음 식 (1)에 의해 주행속도 $v=20 \text{ m/s} \sim 30 \text{ m/s}$ 에서 $400 \text{ m} \sim 900 \text{ m}$ 범위로 계산됨.

$$R = v^2 / a_y \quad (1)$$

- 대표적인 주행속도인 $v=20 \text{ m/s}$ 조건에서는 $R = 400 \text{ m}$ 임.
- 곡선로 진입을 부드럽게 하기 위하여 clothoid 구간이 설정됨.
- 시험을 위해 좌우 방향 도로가 모두 필요함.
- 예시로 아래의 2경우를 제시하며, 총 곡선부 길이는 100 m 로 설정하고 있음. 아래에서 S1 구간이 clothoid, S2 구간이 일정곡률.
- ex1) $c=1/800$, $dc/ds=4 \times 10^{-5} / \text{m}^2$, $S1=c/(dc/ds)=31 \text{ m}$, $S2=100-S1=69 \text{ m}$
- ex2) $c=1/800$, $dc/ds=1.56 \times 10^{-5} / \text{m}^2$, $S1=c/(dc/ds)=80 \text{ m}$, $S2=100-S1=20 \text{ m}$
- 단지 예시일 뿐이며, 속도와 연계된 조건 등이 없음.

2) ISO17361 : LDWS

- Table 2에 곡률반경과 주행속도가 제시되어 있음.

3) NHTSA LDW(+LKS)

- 직진로만을 대상으로 함.

4) eVALUE

- $300 \text{ m} \sim 600 \text{ m}$
- 직진로 시험, 곡선로 시험, 직진 후 곡선로 진입 시험

5) 도로설계기준

- 국토교통부의 도로설계기준에는 도로의 곡률반경은 식 (2)와 같이 설치한다고 제시되어 있음.

$$R = \frac{V^2}{127(f+i)} \quad (2)$$

여기서, V : 설계속도(km/h), f : 횡방향미끄럼마찰계수, i : 편경사(%/100), R : 평면곡선반지름(m)

- LKAS에서는 평면시험도로이므로 편경사는 0
- 쾌적성을 고려한 횡방향 미끄럼 마찰계수는 70 km/h 에서 0.13이고, 100 km/h 에서는 0.11임.
- $70 \text{ km/h} \Rightarrow 297 \text{ m}$, $72 \text{ km/h} \Rightarrow 314 \text{ m}$, $100 \text{ km/h} \Rightarrow 716 \text{ m}$, $108 \text{ km/h} \Rightarrow 918 \text{ m}$
- LKAS [11270]에서 예시한 곡률반경 800 m 는 시속 100 km/h 의 속도에서도 적절한 것으로 판단됨.
- 설계속도가 60 km/h 이상인 도로의 평면곡선부에는 직선부와 곡선부의 원활한 주행 궤적 변화를 위하여 완화곡선을 설치한다.
- 완화곡선의 최소길이는 식 (3)과 같다.

$$L = v \cdot t = \frac{V}{3.6} t = \frac{V}{1.8} (m) \quad (3)$$

여기서, L: 완화곡선의 길이(m), t: 주행시간(2 sec), v: 주행속도(m/sec), V: 주행속도(km/h)

- 완화곡선의 길이는 주행시간이 2초가 되도록 설정하고 있음.
- $70 \text{ km/h} \Rightarrow 38.9 \text{ m}$, $72 \text{ km/h} \Rightarrow 40 \text{ m}$, $100 \text{ km/h} \Rightarrow 55.6 \text{ m}$
- LKAS [11270] 에서 예시한 clothoid 구간길이는 31 m 와 80 m 임.
- 따라서 80 m 의 경우에는 저속인 72 km/h 에서 도로환경보다 곡률이 크므로 완화된 조건이며, 31 m 의 경우에는 좀 더 엄격한 시험 조건이 될 수 있으나 고속에서는 가혹한 조건이 될 수 있음.
- 완화구간 혹은 clothoid 구간길이는 약 $30 \text{ m} \sim 80 \text{ m}$ 범위여야 한다고 판단됨.
- 곡선도로의 곡률반경이나 완화구간을 엄격하게 적용하면 차량의 안정성을 충분히 확보할 수 있지만 제작사에게 어려움이 있을 수 있고, 완화된 기준을 적용하면 차량의 안정성을 충분히 확보하지 못할 수 있어서 국제기준과 비교하여 적절한 수준에서 결정되어야 한다.

6) 논의 및 검토

- eVALUE가 곡률 반경이 좀 작지만, [17361]과 범위가 비슷

- eVALUE와 [17361]는 곡선로를 따라 주행하며 시험 방법 제시함.
- [11270]은 직선로 주행 후 곡선로 진입 시험 방법이며, 곡선로 만의 시험 방법은 없음.
- 곡선로 주행에서는 운전자의 졸음이나 부주의의 확률이 매우 낮기 때문에 핸들을 놓고 있을 가능성이 낮을 것으로 추정됨.
- 다른 평가 방법에 비하여 [11270]는 차량 제어의 경우이므로 부드러운 곡선진입과 더 큰 곡률반경으로 완화됨.
- 시험도로의 곡률반경은 시험차량의 종방향 속도에 따라 다르므로 차속을 먼저 결정해야할 것으로 판단됨.

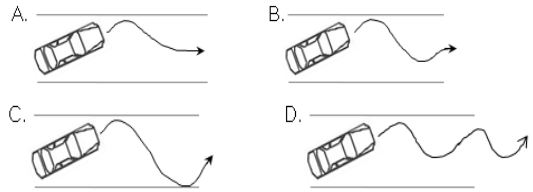


Fig. 3 Examples of a vehicle behavior controlled by LKAS

3.6. 차선 복귀 후 차량의 안정성

- 1) 운전자의 조향 안정감과 관련이 있으며, 차선 복귀 후 차선 중앙으로 조향 성능 평가
- 2) 차선이탈 시 LKAS에 의해 차선 내로 복귀 후 차량의 Fig. 3과 같은 거동을 보일 수 있다.
 - A. 부드러운 복귀
 - B. 복귀 후 차선 중앙에서 과조향에 의한 overshoot 발생
 - C. 차선 사이 왕복(ping pong 모션발생)
 - D. 톱니 모양 주행
- 3) [11270] 등 기존의 시험법에서는 이러한 안정성을 다루지 않았으나, LKAS 성능의 주요요소로 고려될 수 있다고 판단함.
- 4) C, D 와 같은 경우를 방지하기위한 정량적 평가(안)는 시험 주행시간 동안 좌, 우 차선을 이탈하는 지 여부로 판단할 수 있으며 총 시험 주행시간은 5 초 이상 10초 이하로 제안한다.

3.7. 기타 평가 항목 및 조건

이 외에도 직선로 시험을 위한 직진 차로의 길이나 혹은 주행시간, 곡선 시험차로의 길이, 곡선로에서만 주행 시 평가 방법, 곡선로 주행 후 직선로 진입 시 평가 방법 등 추가로 검토할 항목들도 있으나 지금까지 다루었던 항목들이 주요 인자라 생각된다.

4. 결론

지금까지 3장에서 LKAS 평가 시나리오를 위한 여러 가지 관련 자료를 비교, 분석하여 보았다. 본 연구에서 [11270]과 다른 시나리오의 제안 사항은 다음과 같이 정리할 수 있다.

- 1) 차선이탈거리 : [11270]에서는 승용차의 경우 0.4 m를 기준으로 성공과 실패로 판정하지만, 어떻게 차선을 넘어가게 되면 차량의 안전성이 낮아지기 때문에 0.0 m, 0.1 m, 0.2 m, 0.4 m 등으로 세분화하여 KNCAP에서 예를 들면 별5개, 별4개, 별3개, 별2개 등으로 등급화하는 것을 제안하고자 한다.
- 2) 차선폭 : 평가규정에 대한 국제조화를 고려하여 다른 평가 방법의 범위 이내이면서, 국내 실정에 맞게 도로폭은 3.5m가 적절하다고 판단된다.
- 3) 종방향 주행속도 : [11270]에서는 20 ~ 22 m/s, 즉 72 ~ 79.2 km/h로 규정되어 있으나, 국내의 고속도로 주행속도를 고려하여 70 km/h 부근과 100 km/h부근의 2가지 시험 속도로 정하는 것이 적절하다고 판단된다.
- 4) 횡방향 이탈속도 : 0.4 m/s ~ 0.6 m/s내의 범위에서 저속 주행 속도는 조금 낮은, 고속인 경우는 조금 높은 이탈속도가 적절하다고 판단된다.
- 5) 곡선도로 곡률 반경 : 저속인 경우 400 m, 고속 주행인 경우 800 m가 적절하다고 판단된다.

본 연구의 결과는 평가 방법의 연구에 따른 제안일 뿐이며, 실제 시행 여부는 정부의 평가 시행 관련부처에서 결정하여야 하며, 이 연구결과가 도움이 되기를 바란다.

후 기

본 연구는 국토해양부 교통물류연구사업의 연구비 지원(과제번호 09교통체계-미래02)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- (1) ISO/DIS 11270, 2013, Intelligent transport systems - Lane Keeping Assistance Systems - Performance requirements and test procedures.
- (2) 이재완, 2012, “자동차 능동안전 기술 및 신차안전도평가 제도,” 오토저널, Vol. 34, No. 6, pp. 31-34.
- (3) 우현구, 용부중, 김경진, 임재환, 2014, “첨단자동차 안정성 평가를 위한 차선유지장치 평가 시나리오,” 자동차안전학회 추계학술대회, pp. 33-38.
- (4) 김경진, 우현구, 용부중, 김성섭, 임재환, 2013, “차선유지지원장치(LKAS) 성능검증을 위한 평가시나리오 항목 설정과 분석,” 자동차안전공학회 부문종합 학술대회, p. 2180.
- (5) ISO 17361, 2007, Intelligent transport systems - Lane departure warning systems - Performance requirements and test procedures.
- (6) NHTSA Office of Vehicle Safety and Office of Crash Avoidance Standards, 2013, Report - Lane Departure Warning System Confirmation Test And Lane Keeping Support Performance Documentation.
- (7) Commission Regulation (EU) No 351/2012 : Requirements and Tests for the type-approval of motor vehicles with regards to lane departure warning systems.
- (8) UNECE GRRF-78-43, 2014, Proposals to UN R-79 to introduce the requirements of LKAS, Informal document.
- (9) KS R 1172, 2012, 승용차용 차선이탈 경고장치 성능 시험-도로 및 환경 조건의 정의와 시험방법.
- (10) Reports of eVALUE projects, 2011, Final Report - Testing and Evaluation Methods for ICT-based Safety Systems, <http://www.evaluate-project.eu/pdf/evaluate-101231-d52-v10-final.pdf>.
- (11) Report of eVALUE projects, 2011, Final Testing Protocols - Testing and Evaluation Methods for ICT-based Safety Systems, <http://www.evaluate-project.eu/pdf/evaluate-101031-d32-v20-final.pdf>, pp. 99-109.
- (12) 국토해양부, 2012, 도로설계기준, pp. 3-17 ~ 3-23.