

가상주행환경에서의 측면 충돌 방지시스템 개발

Development of Vehicle Side Collision Avoidance System with Virtual Driving Environments

윤문영¹, 최정광¹, 정재업², 부광석³, 김홍섭^{3,✉}

Moon Young Yoon¹, Jung Kwang Choi¹, Jae Eup Jung², Kwang Seok Boo³, and Heung Seob Kim^{3,✉}

¹ 인제대학교 기계공학과 (Department of Mechanical Engineering, Inje Univ.)

² 제일전자공업주식회사 (Cheil Electronics Co.)

³ 인제대학교 고안전차량핵심기술연구소 (High Safety Vehicle Core Technology Research Center, Inje Univ.)

✉ Corresponding author: mechhsk@inje.ac.kr, Tel: +82-55-320-3748

Manuscript received: 2012.10.12 / Accepted: 2012.11.6

The latest vehicle yields a superior safety and reduction of driving burden by monitoring the driving state of vehicle and its environment with various sensors. To detect other vehicles and objects of the rear left and right-side blind spot area of driver, provide the information about a existence of objects inside the blind spot, and give a signal to avoid collision, this study proposes the intelligent outside rear-view mirror system. This study proposes SILS system with PreScan and Matlab/Simulink to verify practical applicability of developed BSDS. PreScan yields realistic driving environments and road conditions and vehicle model dynamics and collision warning is controlled by Matlab/Simulink.

Key Words: BSDS (Blind Spot Detecting System), SILS (Simulation-in-the-loop Simulation), Infrared Sensor (적외선센서), Optical Design (광학센서), Pulse Modulation (주파수변조)

1. 서론

현대의 자동차는 자산 소유의 개념에서 자동차의 고유의 기능인 공간 이동의 편의 목적이 보다 강조되는 변화의 시대를 맞이하고 있다. 이러한 개념의 변화에 따라서 현대의 자동차는 편의장치의 개선과 각종 통신장비의 도입이 이루어져 차량의 고유의 성능인 엔진성능, 가/감속, 정지, 선회능력 등의 향상과 더불어 인간의 정서적인 만족을 동시에 추구하는 감성공학적인 측면이 미래형 자동차의 개발방향에 이정표가 되고 있다. 뿐만 아니라, 자동차의 능동적인 주행안정성과 사고방지의 기술도 개발이 이루어지고 있으며 이에 관련한 부품도 속속들이 개발되고 있다. 이에 따라, 운전자의

의 행동을 관리하는 개념의 항법장치와 운행 중의 차량 조종을 보조하는 개념의 안전운전 보조 장치가 향후의 차량안전 시스템의 개발방향으로서 많은 연구가 이루어지고 있다. 특별히 운전이 미숙한 운전자의 차량 조종과 운행을 보조하는 자동주차 시스템, 차선 이탈 방지 시스템, 그리고 사각지대 감시 시스템 등이 개발에 주된 동기가 되고 있다.

일반적으로 차량의 사이드 미러는 차량 좌, 우측의 후방 시야를 확보하는 자동차의 기본 부품으로써 사용되고 있다. 차량의 사이드미러는 운전자의 시각적 관측의 한계 및 B-pillar 에 의해 일정 각도의 사각지대를 가지는데, Shaffer⁶ 등은 차량의 사각지대를 차체 측면을 기준으로 13°~45° 영역으로 정의 하였다. 본 연구에서 운전자가 사이드미러

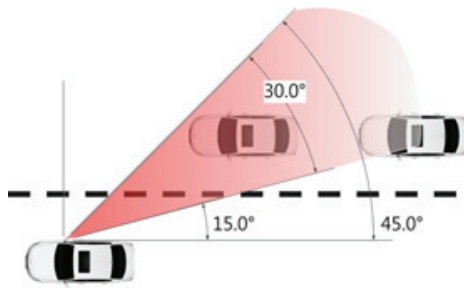


Fig. 1 Blind spot area of the vehicle

를 통하여 시야가 확보되지 않는 영역은 Fig. 1 에서와 같이 약 15°~45°의 영역으로 정의하였다.^{1,2}

최근 자동차의 주행안정성과 편의성의 향상을 이를 확보하기 위하여 사이드 미러 시스템에 각종 안전장치를 결합하는 연구가 많이 진행되고 있다. 세계적으로 차량의 사각지대 감지시스템 (Blind-spot detection system, BDS)의 연구개발이 활발히 진행 중에 있으며, 이미 제품화 된 사각지대 감지 시스템을 장착한 차량도 운행되고 있다. 현재 자동차에 장착되고 있는 차량 사각지대 감지 기술은 카메라를 사용하여 사각지대의 움직이는 물체를 감지하는 시스템^{3,5} 과 초음파와 레이더를 이용하여 차량주위 전체에서 물체를 감지하는 기술,^{6,7} 그리고 본 논문에서 연구한 적외선 센서를 사용하여 사각지대를 감지하는 시스템 등이 있다.⁸

본 논문에서 개발한 차량 사각지대 감지 시스템은 적외선 센서를 이용하여 사각지대 내의 물체를 감지하기 위하여 소형화된 저가의 시스템이다. 이 시스템은 적외선 센서의 발신부(emitter)에서 적외선을 사각지대에 발사하고 물체에 반사되어 돌아온 적외선을 수신부(detector)가 감지하여 사각지대에 물체가 존재함을 인식하는 원리이다. 센서의 감도를 높이기 위하여 적외선 신호를 반송 주파수(CRF: Carrier Frequency)와 적외선 센서의 중심 주파수(CTF: Center Frequency)를 혼합한 혼합 주파수로 구성하여 신호의 감도와 특성을 향상시켰다. 수신부는 발신부에서 발사된 적외선의 주파수 대역에 해당하는 주파수 파장영역(λ)의 적외선만을 감지할 수 있도록 설계하여 기타 광원에 의한 잡음에 강건하도록 설계하였다.

또한 본 논문에서는 제시된 BSDS의 사양과 구성을 바탕으로 SILS 환경을 구축하였다. 제안된 SILS 환경은 PreScan 과 Matlab/simulink 부분으로 구성되는데, PreScan 을 이용하여 도로의 환경을 구축

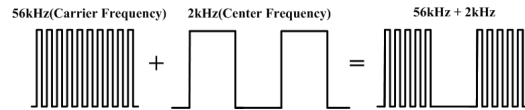


Fig. 2 Pulse modulation of Infrared ray LED

하였고 Matlab/simulink 를 사용하여 경고로직을 구성하였다.

2. 시스템 구성

적외선 센서를 이용한 차량 사각지대 감지 시스템의 전체 구성은 크게 적외선을 발사하는 발신부, 사각지대 내의 물체에 의하여 반사된 적외선을 감지하는 수신부, 센서의 성능 향상을 위한 광학설계부분으로 구성하였다. 또한 적외선 센서는 2 개의 발신부 LED 와 1 개의 수신부로 이루어진 2-1 채널의 시스템으로 구성하였다.

2.1 적외선센서 구성

2.1.1 발신부 구성

개발한 발신부는 적외선을 발신하는 제어부가 가장 중요한 기능을 수행하며 이를 기초로 제어 회로를 구성하였다.⁹ 적외선 발신부는 MICOM 과 16 MHz 발진기를 이용하여 56 kHz 의 반송 주파수와 2 kHz 의 중심 주파수를 혼합한 혼합 펄스 신호를 Fig.2 와 같이 생성하였다.

즉, 56 kHz 의 반송 주파수를 2 kHz 의 중심 주파수로써 On/Off 시켜줌으로써 56 kHz 의 반송 주파수를 2 kHz 의 주기로 변조된 펄스를 발신하는 시스템을 구성하였다. 여기서 혼합된 시스템 고유의 펄스신호를 스위칭하여 940 nm 적외선 파장을 가지는 적외선 LED 를 구동하도록 설계하였다. 두 개의 펄스신호의 변조에 의하여 구동된 신호는 적외선 LED 의 전력 소모량을 최소화시킬 수 있으며 햇빛 또는 야간의 진조등에 의한 오작동과 잡음의 영향을 줄일 수 있다.

발신부 회로의 구성은 Fig. 3 에서 같이 펄스 발생부, 스위칭부 그리고 적외선 LED 로 되어 있으며 PIC16F873 를 이용하여 혼합 펄스를 생성하였다. 생성된 펄스를 이용하여 NPN 트랜지스터에 의하여 스위칭된 전원을 적외선 LED 공급함으로써 LED 가 혼합 펄스 신호에 따라 구동되게 하였다. 전원공급은 12V-2A 배터리와 8V-Voltage regulator 를 이용하여 8 V 전압을 공급하였다. LED

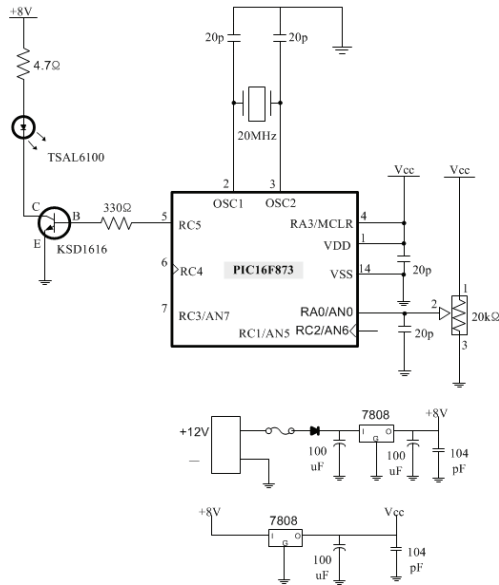


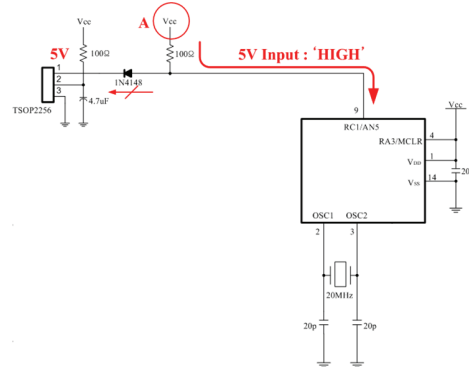
Fig. 3 Infrared ray emitter circuit

에 인가되는 평균 전류는 40 mA 이며 피크전류는 1.25 A 가 되도록 회로를 구성하였다.

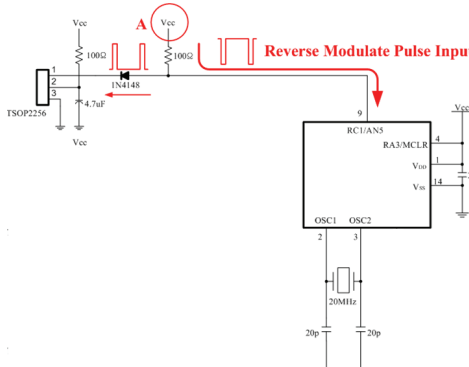
2.1.2 수신부 구성

설계한 사각지대 감지시스템의 수신부는 다른 광원의 주파수에 대하여 반응하지 않고, 두 개의 펄스에 의하여 변조된 940 nm 의 적외선에만 반응하여야 하므로 전치 증폭기와 자동이득 제어기를 내장하고 제어용 중심주파수가 56 kHz 이며 대역폭이 ±10%인 수신모듈을 사용하였다. 시스템의 적외선 특성을 결정하는 CRF 와 CTF 의 혼합 펄스에 의해 구동된 적외선이 수신부에 입력되면 CRF 는 전치 증폭기에 의하여 제거된다. 따라서 다른 광원이 입력되어도 센서가 반응하지 않으므로 순수 CTF 만이 물체감지 여부판단에 사용되게 된다.⁹

사각지대 내의 물체가 존재하지 않을 때는 2-1 채널 수신 모듈의 수신신호는 기본적으로 'HIGH' 신호가 출력된다. Fig. 4 의 수신부 회로와 같이 수신 모듈 측의 신호가 'HIGH' 인가되는 경우에는 센서로부터의 입력단과 MICOM 인식단의 전압레벨이 같으므로 전류가 수신모듈방향으로 흐를 수 없다. 따라서 사각지대내의 물체 유무를 판단하는 MICOM 의 수신신호 입력단에는 'HIGH' 신호가 입력되어서 물체가 없음을 인식하고 경보신호로서 'LOW' 신호를 출력하므로 운전자에게 사각지대 내 물체가 존재하지 않음을 알려준다.



(a) Not detecting reflection IR ray



(b) Detecting reflection IR ray

Fig. 4 Input signal of detector

2.2 광학설계

적외선 센서가 기본적으로 가지고 있는 감지 성능을 향상시키기 위하여 적외선 LED 가 허용하는 최대 전류를 인가하는 방법과 발신부에 광학(optical) 시스템을 적용하는 방법이 있다. 본 연구에서 개발한 시스템에서는 적외선 LED 의 한계용량인 약 1 A 의 전류를 연속적으로 사용하지 않고, 혼합 펄스에 의해 LED 를 구동시켰다. 또한 적외선 센서 시스템의 전망에 볼록렌즈를 적용하게 되면 적외선의 산란이 최소화되어 더욱 강한 적외선이 물체에 도달하게 되고 물체의 표면에서 난반사되는 적외선을 수신부로 집중시켜 더욱 강한 광 에너지를 받을 수 있어 센서의 성능이 향상 된다.

렌즈의 지름(diameter)은 적외선 LED 의 하프앵글(half angle, H.A.)이 10° 인 것을 고려하여 식 (1)의 유효지름(De)을 바탕으로 선정하였다. 그리고 사이드 미러의 크기와 식 (2)의 확대율(magnification ratio, M) 고려하여 렌즈의 초점 거리(focus length, F.L.)를 결정하였다. 따라서 시스템의 렌즈는 940 nm 적외

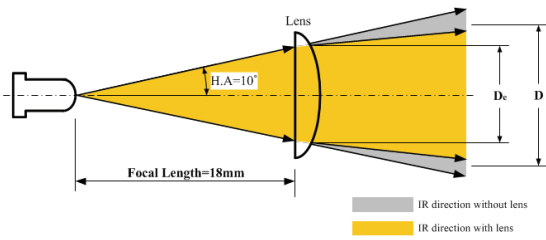


Fig. 5 Optical design

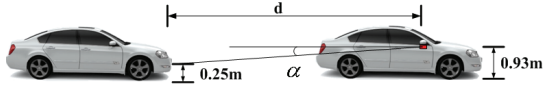


Fig. 6 Vertical angle of IR sensor mount

선에 대하여 2.5% 반사율을 가지는 초점 거리가 18 mm 이고 유효지름이 12 mm 인 PCX 렌즈를 사용하였으며 확대율은 약 8 배이다.

$$D_e = 2 \cdot FL \cdot \tan(H \cdot A) \quad (1)$$

$$M = (250 / FL) + 1 \quad (2)$$

2.3 사각지대 감지를 위한 센서설계

차량에 설치된 2 개의 발신부 적외선 센서들의 수평각도차량의 사각지대를 약 20° 범위로 감지할 수 있도록 각각 10° 정도로 할당하여 설정하였다. 수직각도는 적외선 센서의 측정 범위와 장착 높이 그리고 대상차량 중 센서감지 목표지점의 높이를 고려하여 센서의 수직 각도를 설정하였다. 측정결과 대상차량 앞 범퍼의 높이는 0.25 m 이며 센서가 장착된 높이는 사이드 미러 하단 부 높이인 0.93 m 로 나타났다. 그리고 식 (3)와 Fig. 6 을 바탕으로 두 차량 사이의 측정 범위 d 가 10~11 m 으로 설정하여 각각의 센서 수직 각도를 구성하였다. 따라서 최종 센서의 수직각도는 각 경우의 각도의 평균 각도로 약 4° 로 규정하였다.

$$\alpha = \tan^{-1}(0.68 / d) \quad (3)$$

2.4 통합제어기

기존의 사각지대 감지장치는 오로지 차량의 방향전환신호에 의해 차선변경을 판단하고 적외선 센서의 작동을 제어하였다. 본 논문에서 개발한 사각지대 감지장치는 Fig. 7 과 같은 통합제어기를 통하여 실시간으로 입력되는 차량의 조향각 센서

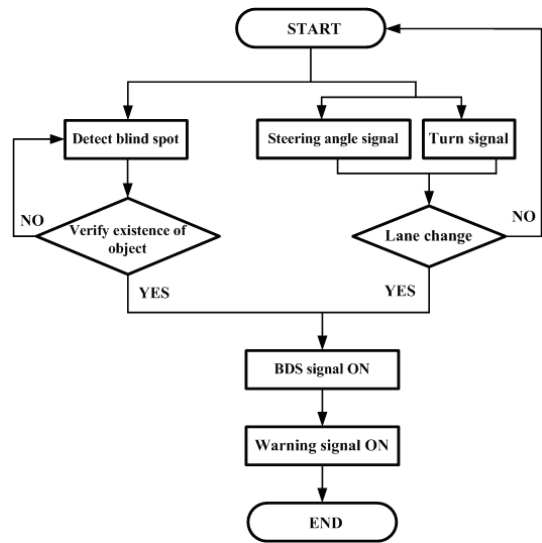


Fig. 7 Integrated controller

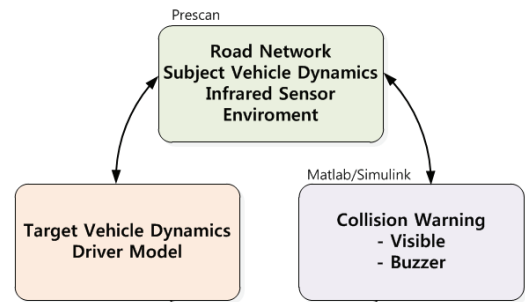


Fig. 8 SILS schematic

신호와 운전자의 차선변경 지시등의 점멸에 따라 차량의 선회와 차선변경의 여부를 판단한다. 아울러 차선변경 시에는 적외선 센서 신호에 따라 운전자에게 시각적, 청각적인 경고신호를 출력을 통해 사각지대의 위험상황과 장애물의 존재유무를 전달한다.

3. 시뮬레이션 방법 및 조건

SILS 의 구축을 위하여 국제 ISO 의 기준에 맞게 BSDS 의 시뮬레이션을 수행하였으며, Fig. 8 과 같이 PreScan 프로그램을 사용하여 시험에 요구되는 성능평가 기준에 맞는 도로의 환경을 구축하였고 사람이 인지 할 수 있는 경보를 주기 위하여 Matlab/simulink 기반의 경고로직을 구성하였다.

Table 1 Vehicle and IR sensor specifications

Spec Item	DATA	UNIT
Length	4.425	m
Width	1.860	m
Height	1.314	m
View angle	25(H), 10(V)	deg
Mounting location (X)	1.8	m
Mounting location (Y)	0.9	m
Mounting location (Z)	0.9	m

시뮬레이션을 위한 조건은 차량의 전장 4.425 m 전폭 1.86 m, 전고 1.314 m 로 설정하였고 적외선 센서의 화각은 수평각 25°, 수직각 10° 로 설정하여 시험을 수행하였다. 센서의 장착위치의 경우 사이드 미로 아래에 부착하여 실제 주행 환경과 같은 상황에서 시뮬레이션이 가능하도록 하였다.

4. 성능검증을 위한 실험

본 논문에서 연구한 사각지대 감지장치의 성능 검증을 위한 실험은 센서의 특성을 파악하기 위하여 정지된 물체를 감지할 수 있는 센서의 최대 성능을 알아보는 실험과 전체 2-1 채널 센서를 차량에 장착하여 주행 중 차선 변경 시 사각지대에서 주행하는 주변의 차량에 대한 감지성능을 알아보는 실차실험을 실시하여 성능을 검증하였다.

4.1 센서의 특성 및 성능검증

센서에 대한 성능 검증 실험은 센서가 정지하고 있는 검출대상 차량의 표면과 수직으로 배치된 상태에서 센서의 최대성능을 파악하기 위한 실험을 수행하였다.

실험은 Table 2 와 같이 태양광의 영향을 알아보기 위하여 태양광이 많은 맑은 날의 주간과 야간으로 나누어 실시하였다. 실험대상 차량의 색상도 흰색과 검정색으로 나누어 실험하여 차량의 색상에 따른 센서의 성능 차이를 실험하였다. 실험 결과에 따르면 빛에 의한 산란의 영향이 큰 주간보다는 야간에 검출거리가 증가하였으며 또한 검정색보다는 반사율이 높은 흰색에서 최대 13.7 m 이상까지 검출거리가 증가함을 알 수 있다.

Table 2 Experiment of single channel sensor

Time Color	Detecting distance (m)	
	Day	Night
White	13.2	13.7
Black	10	10.3



(a) Day



(b) Night

Fig. 9 Driving vehicle performance experiment

4.2 실차 주행성능 평가

2-1 채널 센서에 대한 주행 중 성능 실험을 위하여 개발한 시스템을 실제 차량에 장착하였으며, 차량감지여부는 경보용 LED 와 스피커를 통하여 운전자가 인식 할 수 있도록 하였다. 각 채널의 적외선의 광량은 주행상황에서 발신부 회로의 가변저항을 통하여 조절할 수 있도록 설계하였다.

실험은 Fig. 9 와 같이 주간, 야간 시의 상황에서 수행하였으며, 운전자 측 사이드 미러에 개발한 시스템을 부착하여 실험하였다.

5. 실험 결과 및 고찰

BSDS 의 성능검증을 위한 대상차량과의 상대속도를 1 m/s 주행상황 시뮬레이션 결과 Fig. 10 과 같이 센서 인식거리 약 11 m 지점에서 대상차량 인식을 시작하여 약 14 초간 인식함을 확인 하였다.

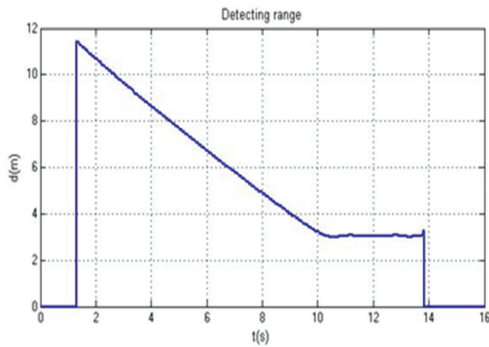
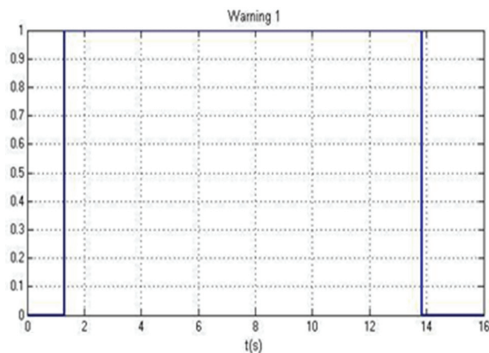
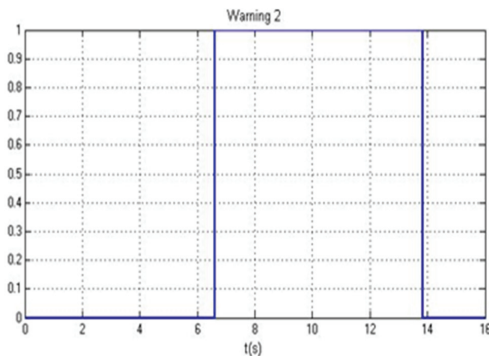


Fig. 10 Detection range



(a) Visual warning



(b) Auditory warning

Fig. 11 Detection warning

또한 Fig. 11 에서 알 수 있듯이 시각경보는 차량을 인식하는 11 m 지점에서 발생하였고 청각경보의 차간거리 약 6 m 지점에서 작동하는 것을 확인할 수 있다. 시뮬레이션을 바탕으로 수행한 실차 실험에서 2-1 채널 IR 센서를 이용한 사각지대 감지실험에서는 유효지름(De)이 12 mm, 초점거리(F.L.)가 18 mm 인 렌즈를 장착한 센서를 사용하여 시스템을 구성하였다. 이렇게 구성된 채널 센서는

Table 3 Detecting results various vehicle during a day

	Detecting Distance (m)	Relative V 60 kph	Relative V 80 kph
Yellow	11	○○○	○○○
Red	11.5	○○○	○○○
Black	10	○○○	○○○

Table 4 Detecting results various vehicle during a night

	Detecting Distance (m)	Relative V 60 kph	Relative V 80 kph
Yellow	11.3	○○○	○○○
Red	11.7	○○○	○○○
Black	10.2	○○○	○○○

수평각 25°, 수직각 10° 의 각도로 최대 후방거리 약 11 m 사각지대 영역을 감지 할 수 있는 것으로 나타났다.

Table 3, 4 차량의 상대속도에 따른 센서의 감지 능력 결과를 나타낸 것이다. 결과에서 알 수 있듯이 밝은 색상에서는 차종에 상관없이 센서의 검출 성능이 매우 높게 나타났으며, 태양광의 양향이 없는 야간에서 높은 감지능력을 나타냈다. 아울러 적외선에 대해 상대적으로 반사율이 높은 백색 대상체의 감지성능이 높게 나타났다.

6. 결론

본 연구에서 개발한 적외선 센서를 이용한 차량 사각지대 감지장치의 성능실험을 통하여 방법도 충분히 차량의 사각지대를 감지하는 시스템에 적용 될 수 있음을 알 수 있었다.

실차 실험에서는 주간 태양광에 의한 산란잡음에 강인하고 야간의 가로등과 주변 차량의 진조 등에 의한 잡음에 강인한 센서의 설계로써 검출성능이 높은 시스템의 구축을 확인할 수 있었다. 또한 차량의 형상에 따른 반사면의 영향을 성능검증을 수행한 결과 상용화의 가능성도 확인할 수 있었다.

또한 본 논문에서는 BSDS 시스템의 실제 적용 가능성을 검증하기 위해 PreScan 과 Matlab/simulink 를 이용하여 실제 주행환경과 같은 차간 거리, 조향각, 속도 등의 정보를 주어 안전한 상황과 사고

발생 상황을 시각적으로 표현하고 데이터화 하여 시스템의 적용가능 범위를 제시하였다.

향후에는 통합 제어기에서 조향각 센서 신호로부터의 운전자의 차선변경 판단 알고리즘에 대한 연구와 정확한 사각지대 영역을 설정하고 각 채널 간의 연속적인 감지반응을 위하여 상하 및 채널 사이의 각도 등 BSD 에 적용되는 모든 각도와 센서가 최대의 성능을 발휘하는 위치, 그리고 센서 장착 차량이 2 차선 주행상황을 기준으로 가드레일에 의한 잡음이 발생하지 않는 최대한의 범위에서 적외선 센서 최대한의 성능을 발휘하는 각 채널의 적외선 광 에너지 설정에 대한 연구를 하고자 한다.

후 기

본 연구는 교육과학기술부와 한국연구재단의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구결과임.

참고문헌

1. Shaffer, A., Aulakh, G., Getman, A., and Miller, R., "Vehicle blind spot detection using anisotropic magnetic resistive sensor," SAE Paper, No. 2005-01-0456, 2005.
2. Hyland, W., "Blind spot systems-design issues," SAE Paper, No. 952618, 1995.
3. Park, K.-I., Yi, J.-W., and Oh, J.-H., "3-D Range Finding Algorithm Using Small Translational Movement of Stereo Camera," J. Korean Soc. Precis. Eng., Vol. 12, No. 8, pp. 156-167, 1995.
4. Matuszyk, L., Zelinsky, A., Nilsson, L., and Rilbe, M., "Stereo Panoramic Vision for Monitoring Vehicle Blind-spots," IEEE Intelligent Vehicles Symposium, pp. 31-36, 2004.
5. Cho, Y., Jung, H., and Yoon, P., "Implicit Optical Flow Based Blind Spot Detection Improvement Using Connected Component," Proc. of KSAE, Vol. 3, pp. 1555-1562, 2006.
6. Gat, I., Benady, M., and Shashua, A., "A monocular vision advance warning system for the automotive Aftermarket," SAE Paper, No. 2005-01-1470, 2005.
7. Pakett, A. G. and Asbury, J. R., "Smart blind spot sensor with object ranging," US Patent, No. 5517196, 1996.
8. Stuckman, B. E., Zimmerman, G. R., and Perttunen, C. D., "A solid state infrared device for detecting the presence of car in a driver's blind spot," IEEE 89CH2785-4, 1990.
9. ILTA, "The complete tagger, 2nd ed.," pp. 34-37, 2006.