
실시간 차선 이탈 경고 및 Smart Night Vision을 위한 HDR Camera Platform 구현에 관한 연구

박화범* · 박지오** · 김영길***

*아주대학교

A Study on Implementation for Real-time Lane Departure Warning System & Smart Night Vision Based on HDR Camera Platform

Hwa-Beom Park* · Ge-O Park** · Young-kil Kim***

*Ajou University

E-mail : bayabarabam@ajou.ac.kr

요 약

최근 발전되고 있는 정보통신 IT기술은 자동차 시장에도 큰 영향을 미치며 발전하고 있다. 근래에는 운전자의 안전성과 편의성을 위해 IT 기술이 접목된 장치들이 장착 되고 있다. 하지만 편의성이 증가된 장점과 함께 운전자의 주의 분산으로 인해 교통사고를 증가시키는 단점도 가져오게 되었다. 이러한 사고를 미연에 방지하기 위해 여러 방식과 종류의 안전시스템 개발이 필요하다.

본 논문에서는 Radar Sensor나 Stereo Video 영상을 이용하지 않고 보행자 및 차선 이탈 경보를 알려주는 다기능 카메라 주행 안전 System을 구현하는 방법과 차선 이탈 경고 Software 결과 분석에 관한 연구를 제안하고 한다.

ABSTRACT

The information and communication technology that is being developed recently has been greatly influencing the automobile market. In recent years, devices equipped with IT technology have been installed for the safety and convenience of the driver. However, it has the advantage of increased convenience as well as the disadvantage of increasing traffic accidents due to driver's distraction. In order to prevent such accidents, it is necessary to develop safety systems of various types and ways.

In this paper, we propose a method to implement a multi-function camera driving safety system that notifies a pedestrian and lane departure warning without using a radar sensor or a stereo video image, and a study on the analysis of a lane departure alarm software result.

키워드

LDWS, PDS, lane departure warning system, adaboost

I. 서 론

최근 발전되고 있는 정보통신 IT기술은 자동차 시장에도 큰 영향을 미치며 발전하고 있다. 근래에는 운전자의 안전성과 편의성을 위해 IT 기술이 접목된 장치들이 장착 되고 있으며 이러한 발전으로 이동하는 자동차 안에서 실시간으로 도로의 상황 정보를 확인하거나 DMB를 통해 TV시청, 휴대폰 연동을 통한 인터넷 접속 등 이러한 발전

은 운전자의 편의성이 증가된 장점과 함께 운전자의 주의 분산으로 인해 교통사고를 증가시키는 단점도 가져오게 되었다.

교통 사고의 발생 원인은 신호위반, 차량간 안전거리 미확보, 과속 등이 있으며 특히 주된 원인은 연구 결과에 따르면 졸음 운전에 의한 차선 이탈 사고가 30%를 차지하였으며, 주/야간 운전자의 시야 분산 및 미확보에 따른 전방 장애물 및 보행자를 인식하지 못해 발생하는 경우도 대다수를

차지 하였다. 이러한 사고의 80% 이상은 운전자의 부주의나 주행 부담으로 인한 순간적인 운전자의 졸음이 원인인 것으로 조사되었다. 연구 결과에 따르면 운전자가 0.5초만 사전에 대응하였다면 60% 이상의 사고를 미연에 방지할 수 있었으며, 1초 전에 사전 대응하였다면 90% 이상의 사고를 방지할 수 있었던 것으로 나타났다. 이러한 사고를 미연에 방지 하고 교통사고 방지를 위해 여러 방식과 종류의 능동 안전 시스템 주목 받고 있으며 안전자동차(Safety Vehicle)의 개발은 일본, 미국, 유럽 등의 정부프로젝트에 의해 추진되고 있으며 현재 국내의 에서도 활발하게 연구 프로젝트로 추진되고 있다.

본 논문에서는 최근에 활발하게 연구되고 있는 레이더 센서나 스테레오 영상을 이용하지 않고 하나의 카메라 영상을 이용하여 차선이탈 경보 및 주/야간 장애물 및 보행자 인식을 수행할 수 있는 다기능 카메라 주행 안전시스템을 구현 하고 주/야간 전방 보행자 인식 및 차선이탈 경보 소프트웨어를 구성 하여 결과를 분석하였다.

II. 주행 안전 시스템

2.1. 다기능 카메라 주행 안전 시스템 개요

다기능 카메라 주행 시스템은 하나의 카메라를 이용하여 주/야간 장애물/보행자 인식 및 차선 이탈 경보시스템(Lane Departure Warning System, LDWS)을 수행 할 수 있는 통합적인 플랫폼 이며 카메라를 통하여 영상을 취득하고, 취득된 영상에서 차선 인식/전방 차량 검출/보행자 인식 등의 다기능 영상 분석을 수행하여 사용자의 운행 보조 및 안전성을 위한 능동안전 시스템 이다..

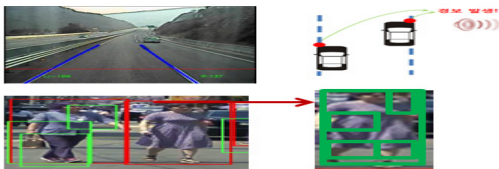


그림 1. 다기능 주행 안전 시스템

2.2. 시스템의 적용 예

그림2 은 현재 도요타 차량에 적용되고 있는 차선 이탈 경고 시스템이다. 타사와는 다르게 시스템과 기존의 다르게 후방 카메라를 활용하여 차선 이탈 경고를 수행하고 있다.

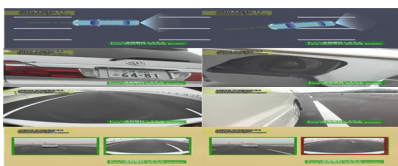


그림 2. 도요타 자동차의 차선 이탈 경고 시스템

그림3은 볼보의 시티 세이프티 시스템이며 30km 이하에서 전방 장애물을 감지 해서 자동적으로 브레이크를 잡아주는 기능을 제공 한다.

최근 50km 이하까지 장애물 감지가 가능 하며 일반적인 소형차 3분의 2크기에서만 동작 하지만 최종 개발 목적은 오토바이는 물론 보행자 인식 까지 적용 하는데 목적으로 하고 있다.



그림 3. 볼보 시티 세이프 시스템

III. 다기능 주행 안전 시스템 구성

3.1. 구현 시스템 구성

3.1.1 구현 시스템의 하드웨어 구성

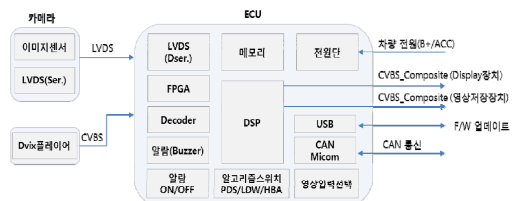


그림 4. 구현시스템 하드웨어 블록도

그림4 은 구현한 실시간 다기능 주행 안전 시스템의 내부 블록도이다. 구현 시스템에 사용한 프로세서는 DaVinci 기반 TMS320DM6437 프로세서로써 실시간 처리를 위해 Texas Instrument 사의 DSP/BIOS 라는 실시간 운영체제를 사용하였다. 또한 영상을 입력 받기 위해 NTSC Decoder와 처리된 결과를 출력하기 위한 FPGA Encoder를 포함시켰으며 차량과의 통신을 위한 CAN을 포함시켰다.카메라 이미지 센서는 CMOS HDR 이미지 센서를 사용 하였으며 화각 20도 및 Frame Rate 30fps 에 출력 해상도 720p를 사용 하였다. 또한 야간 시 IR 램프광원을 차량에 장착 하여 야간 환경에서 보행자를 인식 할 수 있게 구성 하였으며 IR 램프 장착 위치는 차량의 안개등에 위치를 하며 주요 사양으로는 33W 의 Peak wavelength 855(nm)를 사용 하였다. 그림5 는 제작된 사양을 나타내었다.

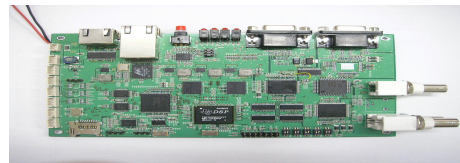


그림 5. 시스템 PCB 구현

3.2.2 구현 시스템의 소프트웨어 구성

3.2.2.1 차선이탈 방지 시스템 소프트웨어 구성

실시간으로 입력된 영상을 통해 차선이탈 경고 소프트웨어 구성은 다음 그림6와 같이 단계로 구성되어있다.

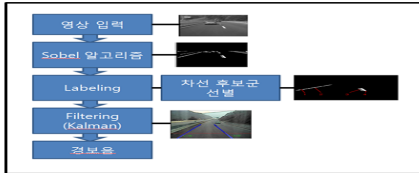


그림 6. 구현 시스템 소프트웨어 블록

입력된 영상에서 앞서 큰 밝기 차이가 나는 차선의 특징을 강조하여 얻기 위해 Sobel 필터를 적용하며 Sobel 데이터에서 미리 지정해 놓은 최소한의 차선 크기보다 큰 픽셀 영역만을 추출하여 각각의 영역에 번호를 지정하고 영역의 넓이, 길이, 폭, 위치, 무게 중심 등의 특징을 함께 연산하여 저장한다. 레이블링 작업을 통해 0이 아닌 값을 갖고 있는 픽셀에서 일정 크기 이상의 것들을 차선 후보로 가정하여 영역의 위치나 중심점 등 영역의 특징을 연산하여 함께 저장한다. 칼만 필터의 입력으로 최종적인 차선위치를 계산하게 된다.

3.2.2.2 보행자 인식 소프트웨어 구성

실시간으로 입력된 영상을 통해 보행자 인식 소프트웨어 구성은 다음 그림7 과 같다.

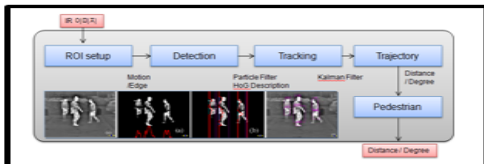


그림 7. 구현 시스템 소프트웨어 블록

입력된 영상에서 ROI setup 단계에서 속도를 추정하여 배경이미지에서 Sobel 알고리즘을 이용 보행자라 인식되는 객체를 구분 추적 Detection 단계에서 보행자의 패턴을 분석 하여 형상을 추출하고 Tracking단계에서 AdaBoost 알고리즘을 통해 영상을 고정된 크기로 분할 각 영역 마다 객체 모델로 사물의 특징적인 부분들을 인식 조합하여 보행자를 검출하여 Trajectory 단계 에서 거리 각도에 따른 Feature Set 가운데 최적 조합을 선택하여 보행자 유무를 판단한다.

IV. 실험 및 결과

4.1. 실험 환경

그림8은 실험 환경 구성한 것이다.



그림 8. 구현한 전체 시스템

4.2. 실험 결과

4.2.1 차선 이탈 경고 시스템 결과

아래의 그림은 위의 실험 환경에서 얻은 영상이다. 정상적으로 차선을 유지하면서 차선의 각도가 각각 32.3, 39.3도 정도로 비슷한 각도를 유지하고 있음을 확인 할 수 있다



그림 9. 차선의 기본 위치 화면

약간의 차이는 주행 영상 촬영시 카메라의 설치 각도와 운전 습관의 차이로 차량의 중심이 도로의 중심과 일치하지 않아 발생한 것이다. 그림10은 차선 이동 과정 중 인식한 차선의 각도 변화를 보여주고 있다. 차선 변경 전을 나타내고 있는 29에서는 왼쪽 차선은 36.04도, 오른쪽 차선은 70.12도를 나타내고 있는 것을 확인할 수 있다.



그림 10. 차선의 기본 위치 화면

차선의 변경 과정에서 좌, 우 차선의 각도 변화 값은 다음과 같다.

표 4. 차선 각도 변화

Frame	L Angle	R Angle
1	35.34	35.85
2	35.72	35.6
3	36.03	35.34
4	36.15	35.11
5	36.34	34.86
6	36.34	34.86
7	36.34	34.86
8	36.34	34.86
9	36.34	34.86
10	36.34	34.86
11	36.34	34.86
12	36.34	34.86
13	36.34	34.86
14	36.34	34.86
15	36.34	34.86
16	36.34	34.86
17	36.34	34.86
18	36.34	34.86
19	36.34	34.86
20	36.34	34.86
21	36.34	34.86
22	36.34	34.86
23	36.34	34.86
24	36.34	34.86
25	36.34	34.86
26	36.34	34.86
27	36.34	34.86
28	36.34	34.86
29	36.04	70.12
30	37.35	70.83
31	36.04	70.12
32	34.69	69.86
33	33.34	68.95
34	31.99	67.71
35	30.64	67.04
36	30.64	67.04
37	30.64	67.04
38	30.64	67.04
39	30.64	67.04
40	30.64	67.04
41	30.64	67.04
42	30.64	67.04
43	30.64	67.04
44	30.64	67.04
45	30.64	67.04
46	30.64	67.04
47	30.64	67.04
48	30.64	67.04
49	30.64	67.04
50	30.64	67.04

표 4의 R Angle 값을 확인 해 보면 60도 이상으로 각도가 높아지는 부분이 있다 이 부분이 차선을 이탈 하여 경보가 발생된 부분이다. 다음 표

는 실제 도로 에서 측정 한 결과 값 을 나타 낸 것 이다.

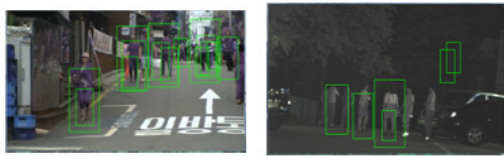
표 5. 차선이탈 실차 평가 결과값

주행 구간	이탈 경보를 및 차선 인식율				
	차선이탈	경보발령	오경보	경보율	인식율
고속도로 (90km)	21	21	2	100	99.73
일반국도 (50km)	17	17	0	100	99.59
평택 시내 (60km)	8	8	1	100	99.64

고속도로 주행시 인식율 성능이 가장 높았으며 시내 주행시 환경적 요인에 의해 인식율이 떨어 졌다 원인으로서는 주행중인 도로의 차선 위치가 약간 틀어진 것으로 판단되며 오경보는 정상적 주행 에서 소프트웨어 알고리즘의 오류 부분에 의해 발생 된 것으로 판단된다.

4.2.2 보행자 인식 시스템 결과

아래의 그림은 주/야간 보행자 인식 알고리즘 성능을 확인 하기 위해 실제 도로 에서 촬영 하여 인식된 보행자를 자동으로 초록색 선으로 표시한 그림이다. 주간에 비해 야간 검출 성능이 떨어 지는 걸 확인 할 수 있다.



주간 보행자 인식 야간 보행자 인식
그림 11. 보행자 인식 알고리즘 측정

주간에서 보행자 인식은 정상 범위 안에서 95%의 성능 검출이 되었지만 야간에서 보행자 영상은 신체 전체가 원활하게 나오지 않아 보행자 인식 성능이 떨어졌다.



그림 12. 보행자 인식 알고리즘 측정

보행자를 일정한 거리에서 주간/ 야간 모드에서 각 거리마다 20회 측정 하였다 거리 별 인식율은 다음과 같은 결과를 확인 할 수 있었다.

표 6. 주/야간 평가 결과 값

거리	주간			야간		
	인식	미인식	인식율	인식	미인식	인식율
30미터	19	1	95%	16	4	80%
40미터	19	1	95%	16	4	80%
60미터	20	20	100%	14	6	70%
100 미터	18	2	90%	6	14	30%

측정 결과 주간에서는 목표 설정 성능에 적합 했지만 야간 에서는 인식율이 좋지 않았다 원인으로서는 나이트 비전용 카메라를 사용 하지 않고 CMOS HDR 카메라 성능의 한계를 가지고 있지만 적외선 램프를 사용 하여 60미터 에서 70% 인식 율의 결과값을 도출 할 수 있었다

V. 실험 및 결과

본 논문에서는 최근에 활발하게 연구되고 있는 레이더 센서나 스테레오 영상을 이용하지 않고 하나의 카메라 영상을 이용하여 차선이탈 경보 및 주/야간 장애물 및 보행자 인식을 수행할 수 있는 다기능 카메라 주행 안전시스템을 구현 하고 주/야간 전방 보행자 인식 및 차선이탈 경보 소프트웨어를 구성 하여 결과를 분석하였다

분석 결과 차선이탈 방지 시스템 과 주간에서의 보행자 인식 시스템의 성능 및 알고리즘은 최초 목표 했던 성능에 적합 했지만 야간 보행자 인식 은 CMOS 카메라의 야간 성능이 떨어져 성능 목표 보다 미흡 했지만 실험을 통해 IR 램프를 통한 인식거리를 높일 수 있는 가능성을 확인 할 수 있다. 다기능 카메라 주행 안전시스템은 Texas Instrument 사의 DaVinci 기술을 기반으로 하여 C64x+ 코어와 고속 비디오 데이터 처리를 위한 Video Imaging Co-Processor(VICP)를 가지고 있는 고성능 TMS320DM647-900 프로세서를 사용한 DaVinci Platform을 기반으로 제작되었다.

본 시스템은 다른 고성능 프로세서에 비해 적은 전력을 소모하면서도 강력한 소수점 연산능력을 가지므로 앞으로 상황인식을 위해 영상 처리에 의존하게 될 자동차 안전시스템 안전장치 개발 및 통합 플랫폼 개발의 기초가 될 것이다.

참고문헌

[1] Erez Dagan, Ofer Mano, Gideon P.Stein and Amnon Shashua, "Forward Collision Warning with a Single Camera", 2004 IEEE Intelligent Vehicles Symposium, June 14-17, 2004
 [2] JunHyung Song and WoonSung Lee, "Lane Departure Warning Based On Driver Monitoring, Author", Proceedings of 2008 KSAE Meeting, 2008
 [3] 이상민, "싱글 비전 센서를 이용한 차선 보정 알고리즘 개발", 한양대 석사논문, 2009
 [4] 유희재, "다빈치 기반 스마트 카메라 S/W 설계 및 구현", 숭실대 석사논문, 2008.6
 [5] N.Dalal and B. Triggs, 'Histograms of oriented gradients for human detection,' in Proc. of CVPR 2005