

동적 햅틱 기술을 이용한 운전자 위험 경고 시스템

김완식, 김성재, 박성현, 김혜린, 이영섭

인천대학교 임베디드시스템공학과

E-mail: {wsdosaa, hlkim266}@naver.com, {ksj66543, psh9602032}@gmail.com

YSL@inu.ac.kr

A Warning System using Dynamic Haptic Technology for Drivers

Wan-Sik Kim, Sung-Jae Kim, Sung-Hyun Park, Hye-Rin Kim, Young-Sup Lee
Dept. of Embedded Systems Engineering, Incheon National University

요 약

본 논문에서는 운전자의 편의를 위해 직관적인 방향 정보를 햅틱 정보로 전달하기 위한 시스템을 제안한다. 제안하는 시스템을 구현하기 위해, 햅틱 진동에 방향성을 추가하기 위한 햅틱 기술을 적용하였다. 제안하는 시스템의 작동 과정은 인지와 햅틱 신호 생성으로 나누어지며 그 과정은 다음과 같다. 인지 과정에서는 차량의 양 측면에 달린 카메라를 이용해 차선을 검출한다. 또한 상단에 부착된 라이다 센서를 이용해 장애물의 방향과 거리를 판단한다. 동적 햅틱 신호 생성 과정에서는 인지된 정보들을 활용하여 차선 이탈과 장애물 충돌의 경보를 구분할 수 있고 방향성을 포함하는 동적 햅틱 신호가 생성된다. 생성된 신호는 스티어링 휠과 시트에 부착된 진동 모터를 통해 전달된다. 이러한 기능을 갖는 시스템은 로봇을 사용한 시뮬레이션 환경에서 진행되었다.

1. 서론

2018년도에 도로교통공단이 2017년 한국에서 발생한 교통사고에 영향을 미친 운전자의 행동들과 환경요인에 따르면 교통사고 216,335건의 원인은 운전자의 주의 및 경계 소홀이 가장 높은 비율인 56.08 %를 차지한다[1]. 또한, 운전자가 차선 변경 시 사이드 미러 사각지대의 차량을 인지 하지 못하여 사고가 발생하는 경우 또한 2.79 %에 달한다[1].

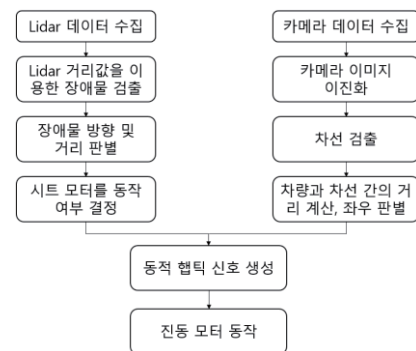
이런 사고들을 방지하기 위해 현재 대다수의 차량에는 ADAS(Advanced Driver Assistant System)라는 운전자 보조 시스템이 탑재되어 있다. ADAS 시스템 중 대표적인 LDWS(Lane Departure Warning System) 및 BSD(Blind Spot Detection) 시스템은 차선 이탈 방지 및 측·후방의 위험 상황에 대해 경고하며, 주로 시각 및 청각 신호로 전달한다[2]. 최근 차량의 고급화 추세로 인하여 스티어링 휠에 진동을 발생시키는 햅틱 기능이 장착되고 있지만, 단순히 진동을 운전자에게 전달하는 것에 그친다.

본 논문은 운전자에게 차선 이탈과 장애물과의 충돌을 햅틱 기능으로 경고할 때, 좌, 우 차선 중 이탈 가능성이 높은 방향 혹은 장애물의 위치를 포함하는 시스템을 제안한다.

2. 이론

2.1 운전자 위험 경고 시스템 개요

동적 햅틱 기술을 이용한 운전자 위험 경고 시스템은 그림 1과 같이 구성된다.



*이 논문은 2018 한이음 ICT 멘토링 프로젝트의 연구비 지원을 받은 결과물입니다.

그림 1. 운전자 위험 경보 시스템 동작 흐름도

수집된 라이다 데이터와 카메라 데이터를 활용하여 위험 상황을 판단한다. 검출된 결과로 동작 햅틱 신호를 생성하여 운전자가 인지할 수 있도록 모터를 동작시킨다.

2.2 차선 검출 알고리즘

카메라로부터 촬영된 이미지는 각각 HSV 색공간과 L*a*b* 색공간으로 변환되며, 그림 2 (b)와 (d) 같이 그려진다. 이후 HSV와 L*a*b* 색공간에서 각 차선을 분할하는 이진화 과정을 거쳐 그림 2 (c)와 (e)같이 이진화 이미지를 구한다. 최종적으로 이 두 이진화 이미지를 합쳐 그림 2 (f)와 같이 차선을 검출한다.

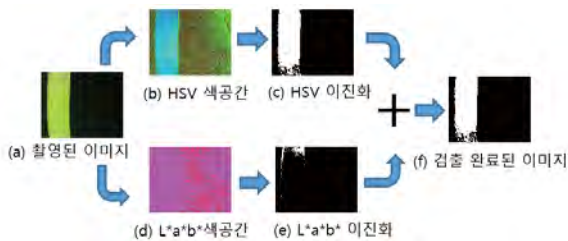


그림 2. 차선 검출 과정

2.3 라이다 센서를 활용한 장애물 인식

현재 위치의 주변장애물을 검출하기 위해 라이다 센서를 사용한다. 360 도를 탐지하여 해당 각도의 거리 값을 탐지한다. 검출된 각도에 대한 거리 값으로 장애물의 위치와 거리를 탐지한다. 장애물과의 위험상황을 판단하고 방향성과 세기를 결정한다.

2.4 차선 이탈과 장애물 충돌에 대한 PWM duty ratio

PWM duty ratio은 검출된 차선과의 거리와 장애물과의 거리로 구한다. PWM duty ratio을 구하는 과정은 다음과 같다. 그림 3에서 카메라 2 대의 위치를 (x_n, y_n) 라고 하고, 인접한 차선의 중앙을 (x_n', y_n') 이라 한다. 카메라와 차선의 거리 D 는 다음의 식(1)에 의해 구해진다.

$$D = \sqrt{(x_n - x_n')^2 + |y_n - y_n'|^2} \quad (1)$$

구하고자 하는 PWM duty ratio, dr 는 D 로부터 다음의 수식을 통해 구해진다.

$$dr(\%) = \frac{dr_{max} - dr_{min}}{D_{wmax} - D_{wmin}} D + dr_{min} \quad (2)$$

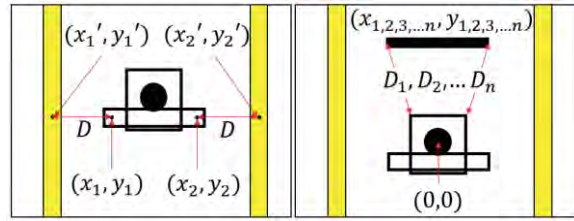


그림 3. 차선과 장애물 및 센서의 위치

dr_{min} 과 dr_{max} 은 각각 dr 의 최솟값과 최댓값이며, D_{wmin} 과 D_{wmax} 은 각각 햅틱 모터의 세기를 최소와 최대로 동작시킬 때의 거리를 뜻한다.

3. 실험 환경 구성

3.1 시트와 스티어링 휠의 햅틱 모터 구성

그림 4와 같이 시트와 스티어링 휠에 사람이 인지할 수 있을 정도의 세기를 발생하기 위해 스티어링 휠에 그림 4 (b)처럼 DC 5 V 동전형 진동 모터 8개, 시트에는 그림 4 (a)처럼 DC 12 V 소형 진동 모터 우측 상단과 하단에 2 개씩, 좌측 상단과 하단 2 개씩, 총 8 개를 부착했다[4][5]. 모터의 진동 세기는 차선의 이탈 정도와 충돌 가능성이 있는 장애물과의 거리 등의 위험 상황에 의해 결정된다. 시트의 모터는 표 1과 같이 장애물 위치와 방향을 운전자에게 전달한다. 스티어링 휠의 모터는 스티어링 휠의 회전 각도를 고려하여 좌우 차선 이탈 정보를 전달한다.



그림 4. 시트와 스티어링 휠에 실제 부착된 진동 모터

표 1. 장애물 방향에 따른 동작 모터

장애물 방향	시트의 동작 모터 번호
--------	--------------

Front	1,5
Left-front	5,6
Left	5,6,7,8
Left-rear	7,8
Rear	4,8
Right-rear	3,4
Right	1,2,3,4
Right-front	1,2

3.2 실험용 시뮬레이터 로봇 및 트랙 구축

시뮬레이션을 위한 로봇으로 그림 5 (a)에 해당하는 버거를 사용했다[6]. 데이터 수집을 위하여 버거에 single-layer 라이다 센서와 2대의 oCam을 부착했다[7]. 그림 5 (b)와 같이 실제 도로와 비슷한 시뮬레이션 환경을 구축했다.



(a)



(b)

그림 5. (a) ROS 기반 로봇 시뮬레이터 버거(Burger), (b) 직접 제작한 2.4 M * 1.8 M 크기의 시뮬레이션용 트랙 환경 구축

3.3 차선 검출을 위한 파라미터 값 설정

원본 이미지에서 HSV와 L*a*b* 색 공간에서 효율적으로 검출하기 위해 threshold를 설정했다. Threshold는 MATLAB에서 제공하는 ‘Color Threshold’ 툴을 사용하여 파라미터를 추출했다. HSV와 L*a*b* 각각의 색공간에서 추출한 각각의 채널별 파라미터들은 표 2과 같다.

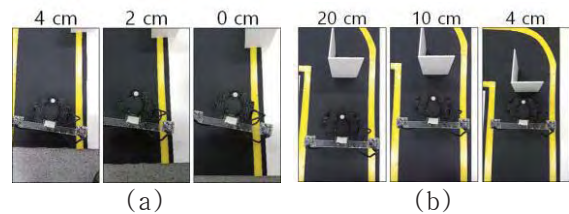
표 2. HSV와 L*a*b* 색공간에서의 차선 검출을 위한 threshold 파라미터

	Min	Max		Min	Max
H	0.173	0.216	L*	21.234	87.386
S	0.000	1.000	a*	-37.480	3.533
V	0.000	1.000	b*	26.958	78.822

4. 실험 결과

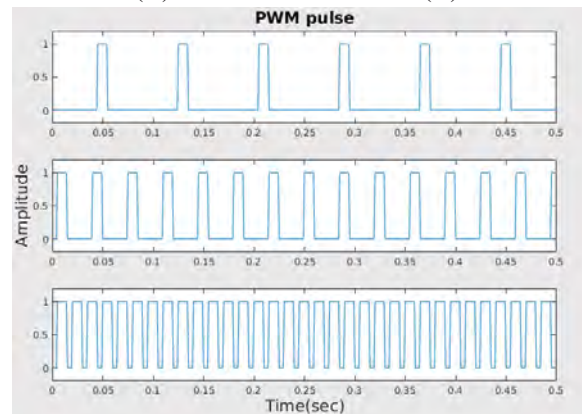
그림 6은 로봇과 차선 사이의 거리 및 장애물과의 거리에 따른 PWM 신호의 차이를 보여줬다. 로봇과 차선 사이의 거리가 4 cm이면 duty ratio을 약 20 %, 0 cm이면 80 %로 설정했다. 로봇과 차선의 거리가 가까워지면 duty ratio이 증가하도록 설계하였다. 그림 6과 같이 로봇이 차선의 오른쪽에 붙어있으면 그림 4의 스티어링 휠 1,2,3,4 번 모터가 동시에 같은 세기로 동작했고, 차선의 왼쪽에 인접하게 되면 그림 4의 스티어링 휠 5,6,7,8번 모터가 동시에 같은 세기로 동작했다. 장애물 인지 결과에 따라 시트의 진동 모터를 제어하게 된다.

그림 6의 (a)는 직선 코스에서의 로봇과 오른쪽 차선 사이의 거리가 왼쪽부터 4 cm, 2 cm, 0 cm인 경우를 나타내었다. 그림 6의 (b)는 전방 장애물과의 거리가 왼쪽부터 20 cm, 10 cm, 4 cm인 경우를 나타냈으며 그림 (c)는 그에 따른 PWM 신호 변화를 보여주었다.



(a)

(b)



(c)

그림 6. 로봇과 차선 사이의 거리 및 장애물과의 거리에 따른 PWM 신호 변화

5. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 운전 중 차선 이탈 및 물체 충돌을 방지하기 위한 스티어링 휠과 시트에 진동 모터를 부착하여 운전자에게 경고를 주는 시스템을 제작했다. 시스템을 시뮬레이션 하기 위해 시뮬레이터 로봇인 버거와 로봇이 이동할 수 있는 트랙을 제작했다.

영상 처리 기법을 사용하여 영상이미지에서 차선을 검출하였다. Single-layer 라이다 센서를 이용한 장애물 검출은 라이다 데이터의 최솟값을 범위를 나누어 장애물을 검출하였다.

카메라와 라이다 센서를 통해 검출된 차선 및 장애물과 로봇의 거리 및 방향에 따라 모터에 전달할 PWM 신호의 duty ratio를 구하는 식을 작성하였다. 도출된 duty ratio를 이용해 모터를 제어한 결과, 차선 및 장애물과 로봇의 거리에 따라 모터의 세기가 달라짐을 확인하였다.

최근 스마트카 산업에서 자율주행자동차뿐만 아니라 ADAS 분야의 폭발적인 성장이 예상되고 있으므로[3] 본 논문에서 제시한 시스템의 수요가 상승할 것으로 예상된다.

향후 연구 방향으로 라이다 및 영상데이터의 전송 속도를 높이는 방법에 대해 연구할 것이며, 차선 검출 방식도 기존의 영상 처리 방법이 아닌 딥러닝 기술을 활용하여 더욱 강인하게 검출을 가능하게 할 것이다.

실제 주행에 맞는 장비들을 부착함과 더불어 안전성이 보장된 시스템을 구현하게 되었을 때, 실제 차량에 탑재할 수 있는 ADAS에 관한 연구를 진행할 것이다. 운전자들에게 받은 직접적인 피드백을 반영하며 편의성과 안정성이 높은 연구를 진행할 것이다.

참고문헌

- [1] 교통사고분석시스템 TAAS (Traffic Accident Analysis System) (2018). 2017 교통사고통계, 도로교통공단.
http://taas.koroad.or.kr/sta/acs/exs/typical.do?menuId=WWEB_KMP_OVT_UAS_ASA#
- [2] 김정환, 박기영. (2011). 영상처리를 이용한 측후방 차량 감지 시스템 개발. 한국자동차공학회 추계학술대회 논문집, 1560-1565.
- [3] 조성연, 이경호, 현재호, 노철우. (2013). 사용자 측면에서 분석한 ADAS의 향후 개발 방향. 한국자동차공학회 추계학술대회 논문집, 869-870.

[4] DC 5V 동전형 진동 모터
<http://www.devicemart.co.kr/1312914#detail>

[5] DC 12V 소형 진동 모터
<http://www.devicemart.co.kr/1329747>

[6] ROS turtlebot3 burger 참고문헌
http://www.robotis.com/shop/item.php?it_id=901-0118-200

[7] 위드로봇 oCam-5CRO-U 참고문헌
<http://withrobot.com/camera/ocam-5cro-u/>