

주행 차선 내 전방 차량 감지를 통한 차량 야간 충돌 방지 시스템

손성훈, 임효진, 최진구

Night collision avoidance system by detection of forward vehicles in drive lane

Seong-hun Son, Hyo-Jin Lim, Jin-Ghoo Choi

Dept. of Information and Communication Engineering, Yeungnam University

IT building, 280, Daehak-ro, Gyeongsan-si, Gyeongsangbuk-do, Republic of Korea

seonghunie@gmail.com, nsn03065@naver.com, jchoi@yu.ac.kr

요약

본 논문은 야간환경에서 주행 차선 내 전방 차량의 후미등 정보를 활용하여 전방 차량 검출 및 차간 거리 측정을 통한 야간 충돌 사고 방지 시스템을 제안한다. 야간에 두드러지게 나타나는 차량의 후미등의 색 정보를 HSV와 YCbCr의 색 공간으로 변환하여 빨간색 픽셀 정보만을 추출하고 후미등 후보군을 1차로 생성한다. 이후 차량 후면부의 대칭 정보를 활용하여 차량의 후보군을 2차로 검출한다. 차량 후면의 명암의 특성을 추출하기 위해 Haar-like 특징과 Ada-boost 알고리즘을 활용하여 Classifier를 생성하고 검증한다. 검출된 차량의 후미등을 기준으로 차량 폭을 계산하고 차간거리를 측정하여 전방 차량과의 충돌을 예방한다.

I. 서론

오늘날 우리는 도로 위에서 전례 없는 차량의 증가를 목격하고 있다. 차량의 증가와 더불어 차량간의 충돌 위험이 심각하게 증가하고있고 이를 예방하기 위한 Advanced Driving Assistance System(ADAS)와 Forward Collision Warning(FCW)에 관한 연구가 전 세계적으로 진행되고 있다[5] [6] [7] [9]. 차량간의 충돌 사고는 다중 추돌의 위험성을 안고 있으며 교통사고의 큰 비율을 차지하고 있으며[3] 야간 운전자일 경우 특히 고령 운전자가 증가하는 상황에서 위험도가 높은 것으로 나타났다[4].

이러한 차량 추돌 사고를 피하기 위해서는 주행 중 주행 차선 내 전방의 차량간의 거리를 효과적으로 운전자에게 전달하는 시스템 (FCW) 이 도움을 줄 수 있다. 기존의 차량 후방에 부착되어 상용화 되고 있는 초음파 센서를 활용하면 복잡한 알고리즘 없이 전방의 차량 추돌 위험을 알려주는 시스템을 구성할 수 있지만 블랙박스 카메라를 활용한 영상처리 기법은 전방의 차량에 대한 식별의 장점과 영상을 기록할 수 있는 장점이 있다. 스테레오 카메라를 활용한 차량 검출시스템은 정확한 데이터를 제공 해주지 못하는 단점이 있다. 또한 기존의 차량 계기판은 너무 많은 정보를 가지고 있고 전방 차량의 상황을 확인

하기에 전방에서 시선을 놓치는 위험 상황을 가지고 있다.

본 논문에서는 야간 환경에 있어서 차량 검출의 효율성과 관심영역(Region of Interest)을 적절하게 조정하고 잡음 요소들을 제거하여 연산량을 줄인 차량 검출 방법을 제안한다. 차량 검증 단계에서는 차량 후미등에 나타나는 Haar-like 특징을 사용하였다.

본 논문의 2장에서는 주행 차선 범위 내의 차량 검출 기법에 대해 자세히 기술하고 3장에서는 후미등 기반의 차간 거리를 추정하는 알고리즘을 제안한다. 4장에서는 효율적으로 운전자에게 위험 정보를 전달해주는 Head-up Display (HUD) 시스템에 대해 기술하고 5장에서는 프로젝트의 결론과 향후 과제를 제시한다.

II. 차량 검출

2.1 후미등 색상 기반 후보군 추출

차량 후보군 추출의 가장 일반적인 접근 방식은 차량의 후미등의 색상인 빨간색 픽셀을 추출하는 것이며 이는 야간에 환경에 좀 더 두드러지게 확인할 수 있다. 입력된 RGB의 3개 Channel의 입력 영상에서 정밀한 빨간색 픽셀을 추출하기 위해 HSV 색 공간으로 표현한다[10]. HSV 색 공간은 Hue(색상), Saturation(채도), Value(명도)로 표현 되는데 본 논문은 Hue value 의 값으로만 빨간색 정보를 추출한다.

$$HSV_{Red\ Value} = \begin{cases} 0 < H(Hue) < 30 \\ 150 < H(Hue) < 180 \end{cases}$$

수식(1)

또한 야간에 자동차의 후미등 위치를 두드러지게 표현하기 위해 RGB 색 공간을 YCbCr의 색 공간으로 표현하고 Cb와 Cr의 Value값을 설정해 후미등 후보군영상을 이진화 한다.

$$YCbCr_{Red\ Lamp\ Value} = \begin{cases} 150 < Cb < 250 \\ 70 < Cr < 150 \end{cases}$$

수식(2)

연산량을 줄이기 위해 원본 영상에서 관심 영역(ROI)부분을 지정하고 이진화 영상의 후미등 객체를 효율적으로 지정하기 위해 일정 크기의 마스크를 이용하여 Figure 2와 같이 모폴로지 연산을 수행한다. 이후 후미등이 아닌 잡음 요소 제거와 후미등 후보군을 추출하기 위해 Two Pass Algorithm을 사용하고 8-connected labeling을 진행하여 Blob Labeling을 Figure 3과 같이 진행하였다.



Fig. 1. 원본 영상

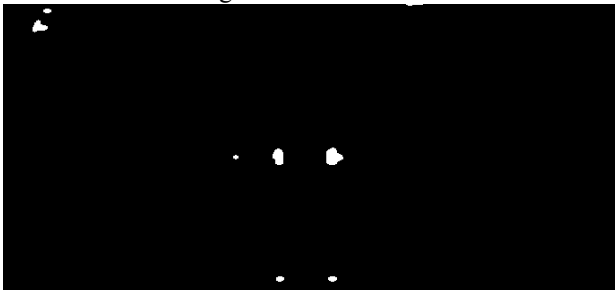


Fig. 2. 모폴로지 연산 결과

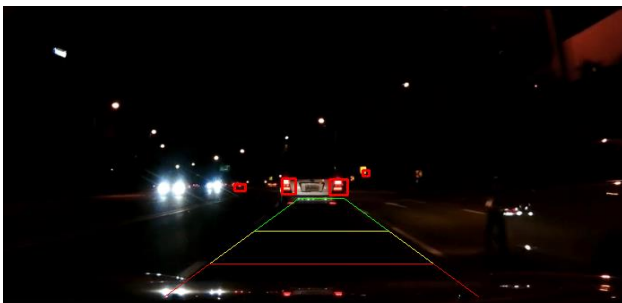


Fig. 3. 후미등 후보군 추출 결과

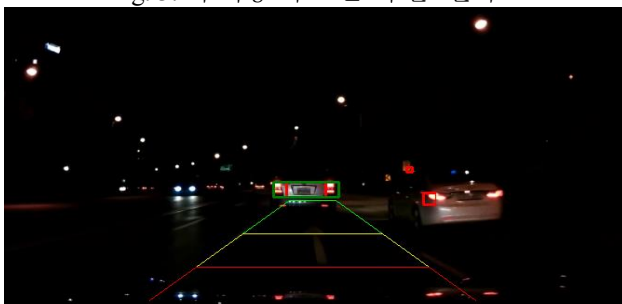


Fig. 4. Pairing 작업 수행 결과

검출된 후미등 후보군을 차량 후보군으로 지정하기 위해 차량 후면 부분은 항상 대칭한다는 특징을 이용하여 각각의 후미등 후보의 위치 및 특징을 비교하는 Symmetry Analysis를 수행하고 두개의

후미등의 짝을 정하는 Pairing 작업을 Figure 4와 같이 수행하였다.

2.2 차량 후보군 검증

본 2.2절에서는 추출된 차량 후보군을 좀 더 정확하게 차량임을 검증하기 위해서 Viola & Jones 가 제안하는[8] Haar-like feature와 Ada-boost Algorithm을 활용하여 차량을 한번 더 검증하는 절차를 거친다[5] [6] [7]. Haar-like feature는 픽셀들의 합과 차를 이용한 계산으로 계산이 단순하다는 장점을 가지고 있다. 본 논문에서는 Basic feature를 가지고 Ada-boost Algorithm을 통해 2000장의 positive image와 5000장의 negative 이미지를 활용하여 Classifier를 생성하고 Figure 5와 같이 검증하였다.

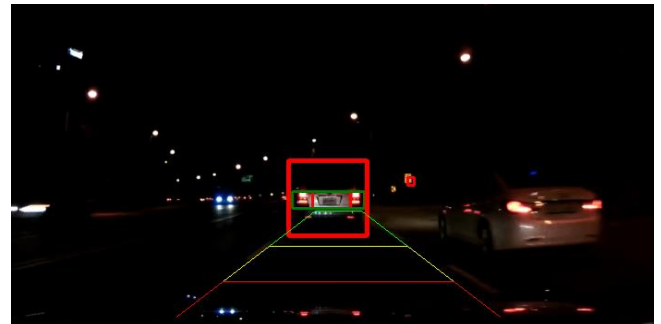


Fig. 5. Classifier를 통한 차량 검출 결과

III. 차간 거리 추정

3.1 후미등 기반 차간 거리 추정

기존에는 차량의 전체적인 폭을 기반으로 차간 거리를 추정했다[7] [11]. 본 논문은 야간 환경에서 후미등 특징이 두드러지게 나타난다는 점을 이용하여 추가적인 센서를 활용하지 않고 단일 카메라만을 활용하여 Figure 6과 같이 후미등 폭을 기반한 차간 거리를 추정한다.

$$D = \frac{f \times W}{w}$$

수식(3)

W 는 차량의 실제 추정 폭, D 는 전방 차량과 단일 카메라의 실제 거리, w 값은 영상 평면에 투영된 차량의 폭, f 의 값은 화소로 환산한 초점거리임을 이용해 $W:D = w:f$ 의 비례식을 세우고 차량과의 거리를 추출하는 식을 성립할 수 있다[11].

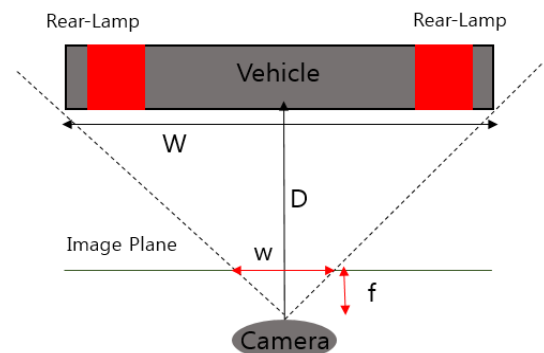


Fig. 6. 차간 거리 추정 모델

3.2 위험 단계 표시 방법

본 3.2절에서는 전방 차량간의 거리를 추정하고 위험 정보를 거리에 따라 3단계로 나누어 운전자에게 정보를 전달한다. 차간 거리가 20m미만일 경우 위험(Emergency), 20m이상 30m 미만일 경우 주의(Warning), 30m이상일 경우 안전(Safe)로 설정하여 Figure 7, Figure 8, Figure 9와 같이 판단한다.

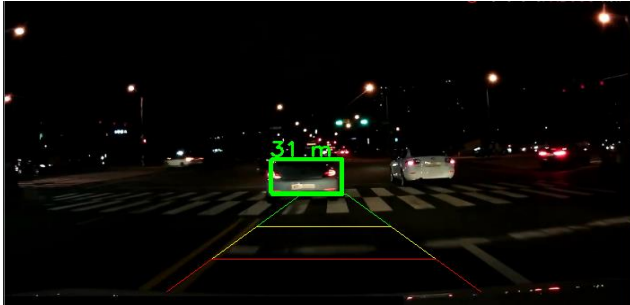


Fig. 7. 30m이상일 경우 안전(Safe)

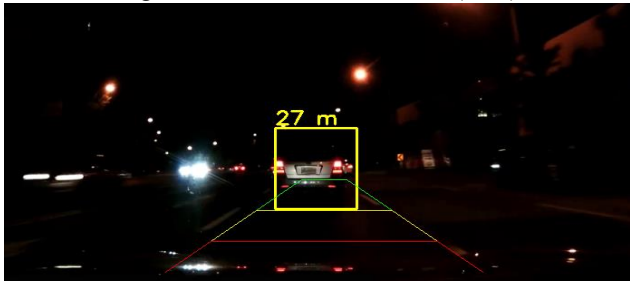


Fig. 8. 20m이상 30m 미만일 경우 주의(Warning)

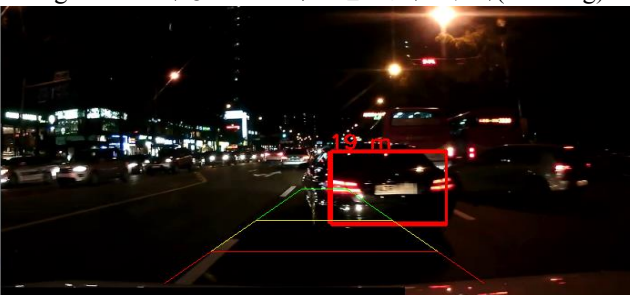


Fig. 9. 20m미만일 경우 위험(Emergency)

전체적인 영상처리 상세 블록 다이어그램은 다음 Figure 10과 같다.

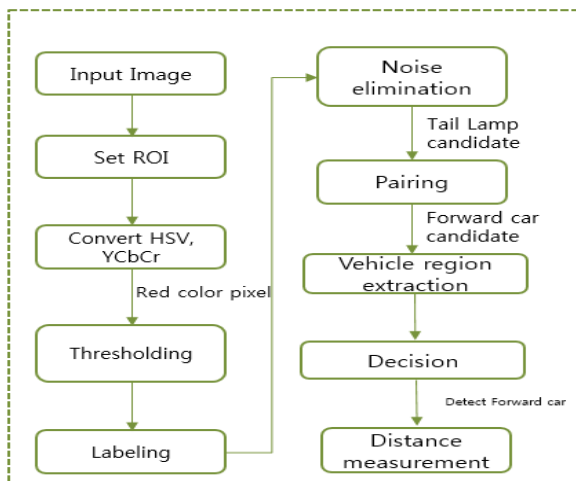


Fig.10. 영상처리 상세 블록 다이어그램

IV. Head-Up Display 제작 및 실험 평가

4.1 추돌사고 방지 알림 H/W

차량의 기존의 계기판은 이미 많은 정보를 표현하고 있으며 이를 주행중에 확인할 경우 전방에서 시선을 놓치는 경우가 발생하고 이는 추가적인 추돌사고를 발생시킬 수 있다.

본 논문에서는 Raspberry Pi 3 임베디드 보드를 활용해서 운전자에게 효율적으로 추돌 방지(Forward Collision Warning)를 알려주며 주행 중 시선을 전방에서 놓치지않게 도와주는 Head-up Display(HUD)를 Figure11의 구성으로 제작하였다. 또한 기존의 HUD 방식은 비용이 많이 들고 구현이 복잡하지만 간단한 방식의 HUD를 제작하면서 비용절감 효과를 검비한다.

단일 카메라를 활용해 영상을 입력 받은 후 실시간 영상처리 과정으로 차량 검출 및 거리를 추정하고 그 결과를 단방향 통신으로 PC에서 Raspberry Pi 3 임베디드 보드로 정보를 전달한다. Raspberry Pi 3 임베디드 보드의 LCD와 Text LCD 그리고 Sound Buzzer 센서를 통하여 위험 정보를 운전자에게 표현한다.

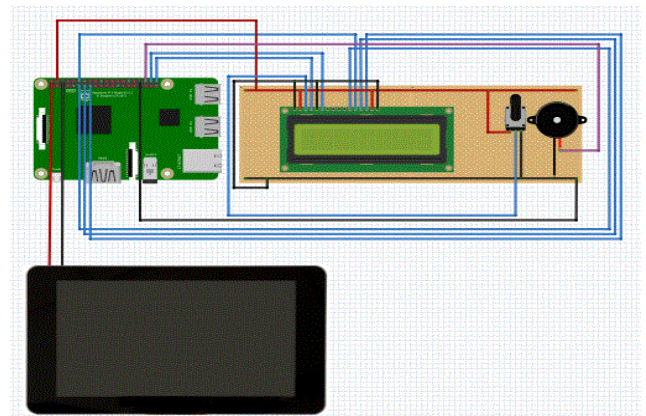


Fig. 11. 출력 시스템 회로도

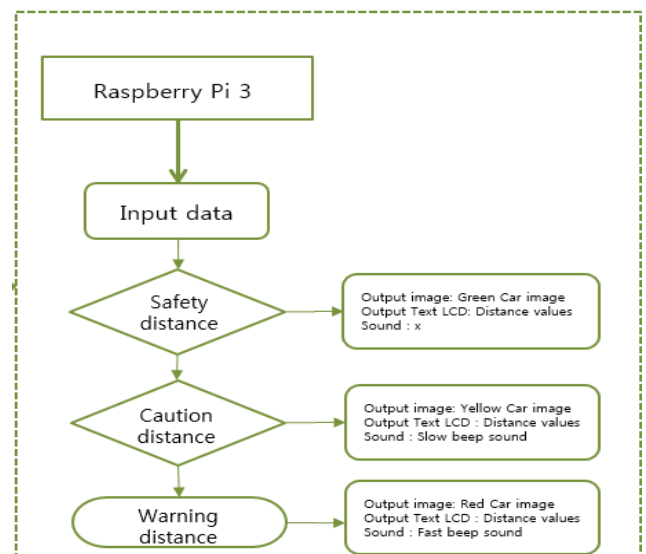


Fig. 12. 출력 시스템 상세 블록 다이어그램

4.2 Prototype 제작 및 실험

본 논문의 실험은 아이나비 FXD990 2k의 야간 주행 영상을 실험영상으로 선택하였고 차량이 많은 도심 지역과 차량이 적은 주행 영상을 토대로 진행하였다. 단일 카메라는 Microsoft사의 LifeCam 화상 카메라 HD-3000을 활용하였고 Logitech사의 Webcam C-270을 활용하여도 오차가 없음을 확인하였다. 실시간 검출 환경을 직접 제작하여 구현하였고 주변의 빛을 차단하고 야간 주행 환경과 동일하게 Figure 13, Figure 14와 같이 구성한 결과 90%의 검출 결과를 보였다. 처리속도의 경우 15~20 fps의 속도를 확인 할 수 있었다



Fig. 13. Prototype 1



Fig. 14. Prototype 2

4.2 분석결과

실험 결과를 분석한 결과 주변의 빛 요소에 대한 영향을 민감하게 반응하였고 실제 주행환경에서는 빛과 카메라 각도에 대한 이유로 비교적 낮은 정확도를 보였다. 다음 Figure 15, Figure 16, Figure 17은 야간과 동일환경에서 실험을 진행한 최종 구현 결과이다.

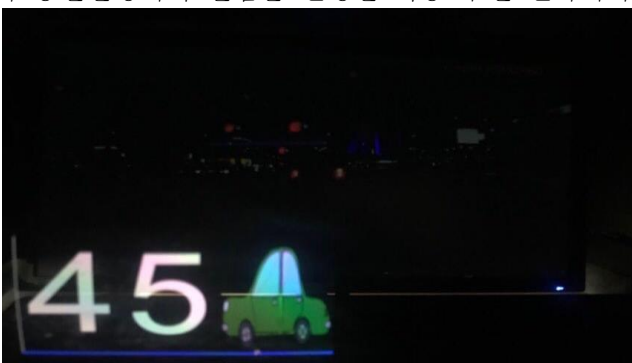


Fig. 15 30m이상일 경우 최종 결과물



Fig. 16. 20m이상 30m 미만일 경우 최종 결과물

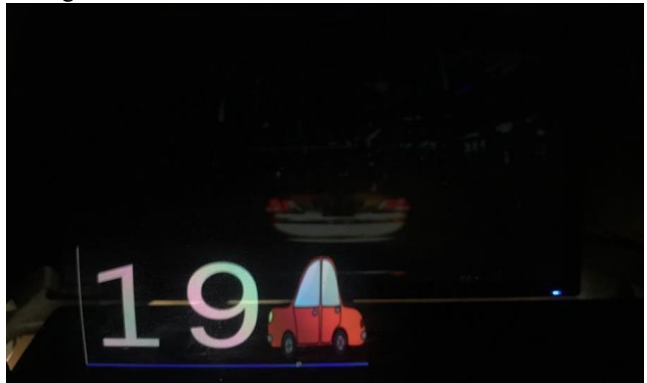


Fig. 17. 20m 미만일 경우 최종 결과물

V. 결론

본 논문에서는 야간환경에서 전방 차량의 후미등을 효율적으로 검출하기 위해 RGB 색 공간을 HSV와 YCbCr로 변환하여 후미등을 검출하였다. 후미등 기반으로 차량 후보군을 생성하고 Haar-like feature과 Ada-boost 알고리즘을 활용하여 2000장의 positive image와 5000장의 negative image를 활용하여 차량임을 검증하였으며 실시간 영상처리에서 처리속도를 줄이기 위해 관심영역(ROI)를 지정하였다. 후미등 기반으로 검출된 차량간의 거리를 계산하기 위해 각 후미등을 기반으로 차량 폭을 추정하고 차간거리를 계산하였다.

추돌 위험 상황을 효과적으로 운전자에게 전달해 주기 위해 Head-up Display를 제작하고 3 level의 소리로 위험상황을 알려주었다(FCW).

효과적으로 차량 검출의 오차율을 줄이기 위해서 미래의 영상프레임의 차량을 추적하기 위해 Mean-Shift Tracking 혹은 Kalman Filter를 활용한 Tracking을 추가하고 좀 더 정확한 분류기(Classifier)를 활용한다면 전방 차량 검출의 성능향상에 도움 될 것이며 성능향상에 효과적인 방법을 지속적으로 연구할 계획이다.

Acknowledgement

본 연구는 영남대학교 정보통신공학과 학부 학생 졸업작품 “종합설계과제”의 프로젝트로 진행되었음.

References

- [1] 오일석, *Computer Vision*, 한빛아카데미, July 2014.
- [2] 김동근, *Open Cv Programing*, 가메출판사, July 2011
- [3] 삼성교통문화안전연구소, “교통사고 예방의 달인 시리즈”http://sts.samsungfire.com/information/regulations/asn/ASN160406/asn_issue1.html, 12, April 2016.
- [4] 김영태, “밤운전, 낮보다속도20% 줄이고2,3차선달리는게 좋아”, 경북매일, <https://kbmaeil.com/news/articleView.html?idxno=296586>, 28, August, 2013
- [5] Ye Li, Oingming Yao, “Rear Lamp Base Vehicle Detection and Tracking for Complex Traffic Conditions.” *In Networking, Sensing and Control (ICNSC), 2012 9th IEEE International Conference on*, Beijing, China, April. 11-14, 2012.
- [6] Ronan O'Malley, Edward Jones, “Real Lamp Vehicle Detection and Tracking in Low-Exposure Color Video for Night Conditions,” *IEEE TRANSACTIONS ON INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS*, Vol. 11, No.2, pp.453-462, July 2010.
- [7] Sung-hyun LEE, Soon-ho Shin, Seong-hun Son and Ho-yel Jung “Vehicle Crash Avoidance based on Real Lamp Detection Systems,” *2016 International Workshop on Emerging ICT*
- [8] Paul Viola, Michael Jones, “Robust Real-Time Face Detection,” *Proceedings Eighth IEEE International Conference on Computer Vision. ICCV*, July 2001.
- [9] Minsong Ki, Sooyeong Kwak and Hyeran Byun, “후미 등 하단학습기반의 차종에 무관한 전방 차량 검출 시스템,” *방송공학회논문지*, Vol. 21, No. 4, July 2016.
- [10] 박호식, “HSV 색 공간을 이용한 야간 차량 검출 시스템,” *한국 정보전자통신기술학회논문지*, Vol.8, No.4, August 2015.
- [11] 이창화, 이재원, 김가현, 이현아, 정수지, 진우철, 김상기, 한동석, “단일 카메라를 이용한 차량 검출 및 거리추정,” *2016년도 한국통신학회 추계종합학술발표회 논문집*, pp.348-349, November 2016.
- [12] 김성우, *사물인터넷을 품은 라즈베리파이*, Jpub, January 2016.
- [13] 우재남, *파이썬: 컴퓨팅 사고력을 키우는 sw교육*, 한빛아카데미, 2016