

카메라 위치를 반영한 후진 주차 가이드라인 생성 연구

허준호¹, 이선봉^{2*}

¹계명대학교 일반대학원 기계공학과, ²계명대학교 기계자동차공학과

A Study on Generation of Reverse Parking Guideline Reflecting Position of Camera

Jun-Ho Heo¹, Seon-Bong Lee^{2*}

¹Department of Mechanical Engineering, Keimyung University

²Division of Mechanical and Automotive Engineering, Keimyung University

요약 자동차 운행에 있어서 최종적인 단계는 주차로 마무리 되는데, 특히 운전을 처음 배우는 사람들이 가장 어려워하며, 협소한 주차공간에서의 주차는 초보자뿐만 아니라 일반 운전자도 편하지는 않다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 주차 조향 보조 시스템, 자동 항속 제어 시스템 등이 개발되어 운전자의 편의성을 향상시키고 있고, 초음파, 카메라, 열화상 카메라 또는 레이더 등을 이용하여 운전자에게 주변 환경을 보다 정확하게 인지할 수 있도록 주차 보조 시스템이 개발되고 있다. 본 연구에서는 카메라 위치가 차량 후면 어느 곳에 위치하든 중앙부에 위치했을 때와 동일하게 영상을 처리할 수 있도록 후진 회전 반경 식을 제안하고, 실차 검증을 통해 주차 가이드라인을 생성하고자 한다.

Abstract The final step of driving a car is parking, which is the most difficult part for people learning to drive. Parking in narrow parking spaces is difficult for both ordinary drivers and beginners. To solve this problem, the development of SPAS (Smart Parking Assist System), ACC (Automatic Control System) improves the convenience of drivers. In addition, parking assistance systems have been developed to recognize more accurately the surrounding environment to the driver using the ultrasound, camera, thermal camera, and radar.

This paper proposes the reverse turning radius to process images as if the camera is located in the center of the vehicle regardless of the actual camera position. In addition, it generates the parking guidelines through verification using the vehicle.

Keywords : Calibration, Guideline, Parking assist system, Reverse parking, Warping

1. 서론

자동차 운행에 있어서 최종적인 단계는 주차로 마무리 하게 되는데, 특히 운전을 처음 배우는 사람들이 가장 어려워하는 부분이고 협소한 주차공간에서의 주차는 초보자뿐만 아니라 일반 운전자에게도 어려움을 주기 때문이다. 또한 자신이 운전하고 있는 자동차의 폭이나 앞 뒤 길이에 대한 감각도 미숙하고 자동차의 운동 특성도

파악하기 어렵기 때문이다. 이에 따라 최근 지능형 자동차 주차 지원시스템에 관한 연구에 관심이 많아지고 있는 추세이다.[1]

최근의 양산용 자동차에는 차량의 모든 방향에 초음파 센서, 카메라, 열화상 카메라 또는 레이더 등을 설치하여 운전자로 하여금 주변 환경을 보다 정확하게 인지하고 반응하도록 주차 보조 시스템이 개발되고 있다. 또한 이러한 장치들을 이용하여 주차 조향 보조 시스템

*Corresponding Author : Seon-Bong Lee(Keimyung Univ.)

Tel: +82-10-5180-5067 email: seonbong@kmu.ac.kr

Received December 8, 2015

Revised January 13, 2016

Accepted March 3, 2016

Published March 31, 2016

(SPAS: Smart Parking Assist System), 자동 항속 제어 시스템(ACC: Automatic Control System) 등이 개발되어 운전자의 편의성을 향상시키고 있다.[2,3]

현재 국내에서 주차 보조 시스템에 대한 연구가 진행 중이다. 류대현 외 3명은 ‘경로 예측 방식의 후진 주차 가이드 시스템 개발’ 연구를 진행하여 애커먼 장토식으로 최소 회전 반경을 산출하여 핸들 조향각을 알려주는 화살표와 차량이 정지할 위치를 표시해주는 주차 보조 시스템을 개발하였다.[4] 이민구 외 1명은 ‘차량 정보를 이용한 멀티뷰 영상 주차 보조 시스템’ 연구를 진행하여 전 후 좌 우 영상 카메라로부터 영상의 왜곡을 보정하고 하나의 화면에 모든 영상을 디스플레이 되도록 기능을 구현한 주차 보조 시스템을 개발하였다.[5]

주차 보조 시스템 관련 특허로는, 현대 모비스에서 제안한 특허 ‘차량의 주차 안내 방법’에 의하면, 차량의 조향 안내를 위하여 주차 영상에 탑-뷰(top-view) 형태의 조향 안내 궤적이 표시된 주차 영상을 합성하여 운전자에게 제공한다.[6] 그리고 ‘영상을 이용한 주차 지원 시스템 및 이의 주차 지원 방법’에 따르면, 영상 화면을 통해 이동 예상 궤적뿐만 아니라 조향각 정보의 변동에 따라 거리 및 각도에 대한 정보를 운전자에게 제공하여 주차 편의성을 향상시킬 수 있다.[7] 또한, 쓰리에이치비전 주식회사에서 제안한 특허 ‘주차 가이드라인 장치’는 차량의 측면에 광빔을 장착하고 지면에 조사할 수 있도록 하는 주차 가이드라인 장치이다.[8]

본 연구에서는 후방 카메라 위치를 차량의 좌 우 상관없이 설치하였을 때 카메라 위치를 반영한 주차 가이드라인을 생성하고자 한다. OBD(On Board Diagnostics)-II를 이용하여 실제 차량의 핸들 조향각을 도출하고, 영상에 가이드라인을 생성할 때 왜핑(warping)을 통해 가이드라인에 원근감을 구현하고, 간단한 캘리브레이션(calibration)을 통해 주차 가이드라인을 생성한다. 또한, 카메라 위치를 반영한 상수 k를 이용하여 후진 회전 반경 식을 제안하고, 차량용 시뮬레이터(simulator) 장치와 실차 검증을 통해 카메라 위치에 상관없는 주차 가이드라인을 생성하고자 한다.

2. 원근감을 구현한 가이드라인 생성

2.1 가이드라인 생성

핸들 조향각에 따른 가이드라인을 생성하기 위해 K7 차량의 OBD-II를 이용하여 실제 차량의 핸들 조향각을 도출한다. K7차량의 CAN(Controller Area Network) 신호 값을 측정하고, 많은 신호들 중에서 핸들을 좌·우로 회전했을 때의 CAN 신호 변화 값을 대응시켜 핸들 조향각 ID를 찾았고, 핸들 조향각 ID가 ‘0x2B0’이라는 것을 확인하였다. 또한 CAN 신호 값을 각도로 변환하여 실제 핸들 조향각을 도출하였다.

영상에 가이드라인을 생성하기 위해 OpenCV를 이용하는데, 임의의 영상에서 차량의 양쪽 뒷바퀴 회전 반경을 생성하고 필요한 부분 이외의 선은 제거하여 핸들 조향각에 따른 가이드라인을 생성하였다.[9]

2.2 왜핑을 통한 가이드라인 원근감 구현

영상에 가이드라인을 생성하는데 원근감이 없는 가이드라인은 위에서 내려다봤을 때의 이동경로를 나타내기 때문에 실제 차량의 이동경로를 나타내지 않는다. 따라서 영상처리 과정을 통해 가이드라인에 원근감을 구현하여 실제 차량의 이동경로를 나타낸다.[9] 본 연구에서는 Fig. 1과 같이 영상의 기하학적 변환 중 하나인 왜핑을 통해 가이드라인의 원근감을 구현하여 차량의 이동경로를 나타내었다.[10]

영상의 해상도에 따라 ‘width’와 ‘height’의 값이 결정되는데, 본 연구에서 사용된 카메라의 영상 해상도가 640×480이기 때문에 ‘width=640’, ‘height=480’로 지정하고, ①번 좌표(0, 0)를 원점으로 하여 ②번 좌표(width, 0), ③번 좌표(width/3, height), ④번 좌표(width*2/3, height)를 선정한다. ③, ④번의 좌표 값을 선정한 이유는 가이드라인에 최적의 원근감을 구현하기 위해 여러 번의 왜핑을 통하여 ‘width’의 1/3 지점과 2/3 지점의 좌표 값을 선정하였다.

Fig. 1의 왼쪽 그림에서 ①번 좌표는 오른쪽 그림의 ①’번 좌표(0, height/3)로 픽셀을 이동하고, ②번 좌표는 ②’번 좌표(width, height/3), ③번 좌표는 ③’번 좌표(0, height), ④번 좌표는 ④’번 좌표(width, height)로 픽셀(pixel)을 이동시켜 가이드라인에 원근감을 구현하였다. 여기서 ①’, ②’의 좌표 값을 선정한 이유 또한 가이드라인에 최적의 원근감을 구현하기 위해 ‘height’의 1/3 지점 좌표 값을 선정하였다. Fig. 1에는 핸들 조향각이 0°일 때 왜핑 과정을 나타내었고, Fig. 2에는 핸들 조향각이 540°일 때 왜핑 과정을 나타내었다.

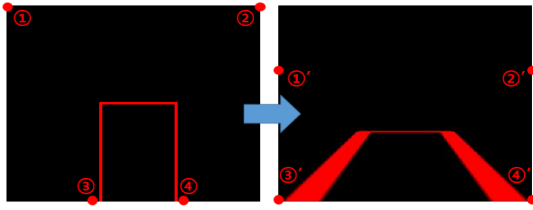


Fig. 1. Warping when handle steering angle is 0 degree

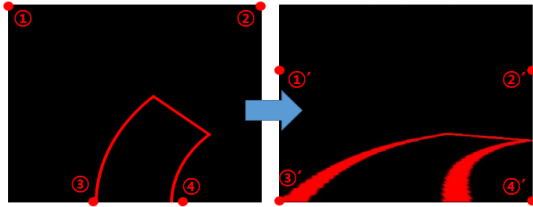


Fig. 2. Warping process when handle steering angle is 540 degree

좌표 간의 상관관계 식을 Table 1에 나타내었고, 그때의 좌표 값을 Table 2에 나타내었다. Table 1의 상관관계 식을 통해 영상의 해상도와 가이드라인의 형태에 따라 라인의 원근감 구현이 가능하게 되었다.

Table 1. Formula of correlation

Coordinate transition	Formula of correlation
① → ①'	$x'_1 = x_1, y'_1 = y_1 + (height/3)$
② → ②'	$x'_2 = x_2, y'_2 = y_2 + (height/3)$
③ → ③'	$x'_3 = x_3 - (width/3), y'_3 = y_3$
④ → ④'	$x'_4 = x_4 + (width/3), y'_4 = y_4$

Table 2. Value of coordinate

Coordinate transition	Value of coordinate
① → ①'	(0, 0) → (0, 160)
② → ②'	(640, 0) → (640, 160)
③ → ③'	(213.3, 480) → (0, 480)
④ → ④'	(426.6, 480) → (640, 480)

영상에 라인을 생성할 때 계산에 의해 라인을 생성하는 방법이 있지만, 계산 양이 많아지기 때문에 라인을 생성하는데 시간이 길어지게 된다. 본 연구에서는 저장해 둔 데이터 값을 바로 불러낼 수 있는 LUT(Look Up Table)을 이용하여 응답시간을 최소화하였다.

2.3 캘리브레이션을 통한 가이드라인 생성

차량용 시뮬레이터 장치를 이용하여 Fig. 3과 같이 웹캠 용 카메라를 장치의 정중앙에 설치하고 간단한 캘리브레이션을 통해 가이드라인을 생성한다. 각 단계별 과정은 다음과 같다.



Fig. 3. Camera position located in the center of vehicle simulator device

Fig. 4와 같이 카메라와 가장 가까운 지점을 0m, 그 지점으로부터 실제 7m 거리에 있는 두 지점을 선택한다.

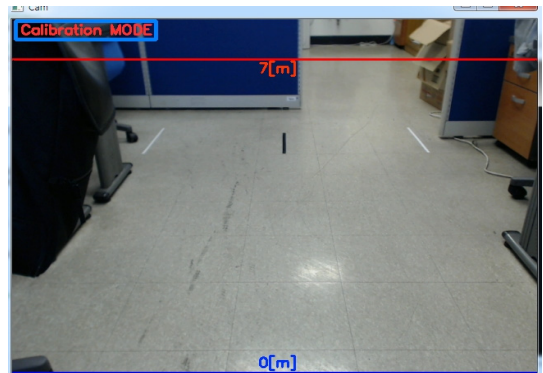


Fig. 4. Calibration process-1

다음은 Fig. 5와 같이 ①, ② 좌표 값을 이동시켜 흰 주차선이 일직선이 되도록 하고, Fig. 6과 같이 일직선이 된 주차선에 L선과 R선을 위치시킨다.

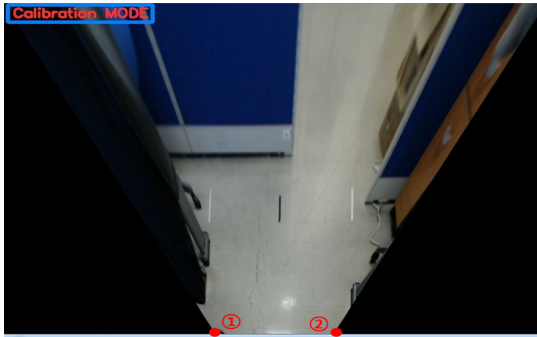


Fig. 5. Calibration process-2

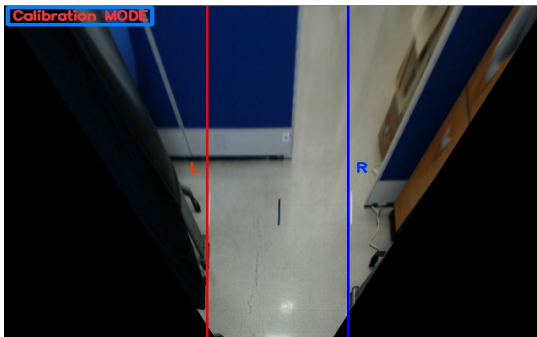


Fig. 6. Calibration process-3

캘리브레이션 과정을 모두 수행하면 Fig. 7과 같이 가이드라인이 생성된다. 바닥에는 흰 선과 검은 선을 표시하였는데 양쪽 흰 선은 임의의 주차선을 나타낸 것이고, 검은 선은 시뮬레이터 장치의 중앙을 표시한 것이다. Fig 7의 가이드라인은 양쪽 주차선 안에 위치해 있고 시뮬레이터 장치의 중앙에 위치하고 있기 때문에 가이드라인이 제대로 생성된 것을 알 수 있다.

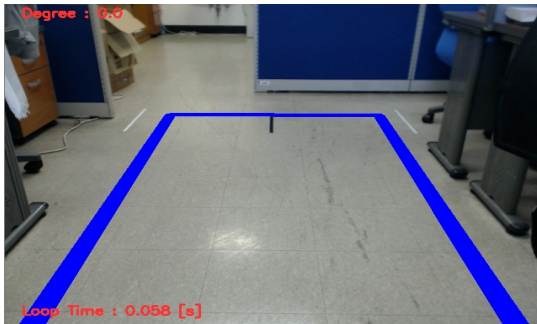


Fig. 7. Guideline using vehicle simulator device

카메라 위치가 시뮬레이터 장치의 중앙을 기준으로 좌측에 설치하였을 때 가이드라인을 생성하기 위해 다음

과 같은 실험을 하였다. Fig. 8에는 시뮬레이터 장치의 중앙에서 좌측으로 최대 30cm 떨어진 지점에 카메라를 설치하였는데, 일반적으로 후방 카메라의 위치는 트렁크 가이드 바 내면에 장착되기 때문에 이를 반영하여 본 연구에서는 중앙을 기점으로 좌우 최대 30cm의 위치에 카메라를 설치하고 실험을 진행하였다. Fig. 9에는 좌측으로 30cm 떨어진 지점에 카메라를 설치하였을 때의 가이드라인을 나타내었다.

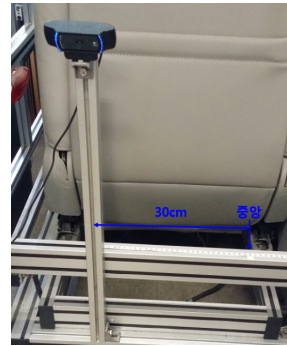


Fig. 8. Camera position located on the left of simulator device

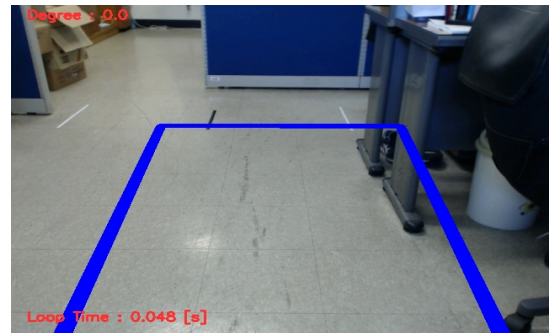


Fig. 9. Guideline when the camera position is located on the left

Fig. 9의 가이드라인은 바닥에 표시한 주차선의 위치를 반영하지 않은 채 카메라 영상 중앙에 위치한 것을 볼 수 있다. 이와 같이 카메라 위치를 고려하지 않은 가이드라인을 이용하여 주차할 경우, 카메라 위치만큼의 오차가 발생하기 때문에 실제로 주차하는데 어려움이 발생한다.

반대로, Fig. 10과 같이 시뮬레이터 장치 중앙에서 우측으로 최대 30cm 떨어진 지점에 카메라를 설치하고 그때의 가이드라인을 Fig. 11에 나타내었다.

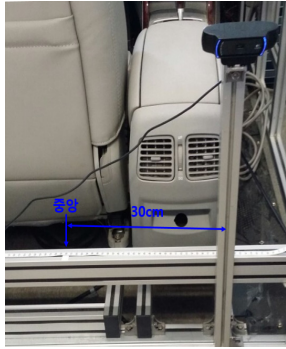


Fig. 10. Camera position located on the right of simulator device

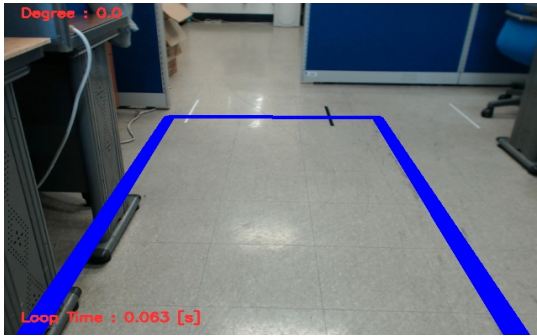


Fig. 11. Guideline when the camera position is located on the right

Fig. 11의 가이드라인 또한 바닥에 표시한 주차선의 위치를 반영하지 않은 채 카메라 영상 중앙에 위치하는 것을 볼 수 있다.

3. 후진 회전 반경 식 제안 및 검증

3.1 카메라 위치를 반영한 후진 회전 반경 식 제안

차량의 정중앙을 기준으로 좌우 상관없이 카메라를 설치하였을 때, 주차 가이드라인을 생성할 수 있도록 식을 제안하였다. 차량의 중심으로부터 카메라 위치까지의 거리를 나타내는 상수 k 를 이용하여, 카메라 위치에 상관없이 가이드라인을 생성할 수 있는 식(3.1)을 제안하고 Fig. 12에 도식적으로 나타내었다. 상수 k 는 차량의 중앙을 기점으로 카메라가 우측에 위치해 있을 때는 양수 값을, 카메라가 좌측에 위치해 있을 때는 음수 값을 나타낸다.

$$R'' = (L/\sin\alpha) \cdot \cos\alpha - (l/2) + r + k \quad (3.1)$$

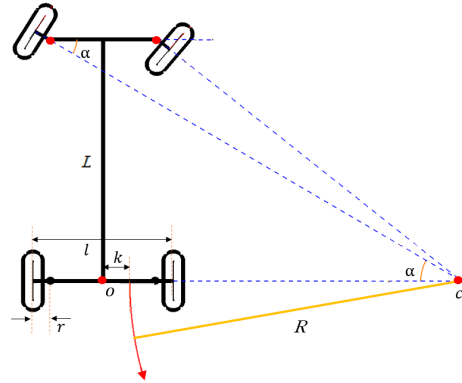


Fig. 12. Reverse turning radius according to camera position

여기서 R 은 후진 회전 반경이고 l 은 윤거, L 은 축거, α 는 선회 시 바깥쪽 바퀴의 최대 조향각, r 은 바퀴 접지면 중심과 킹핀과의 거리이다. 그리고 k 는 차량의 중앙에서 카메라 위치까지의 거리이다.

식(3.1)을 이용하여 카메라 위치에 상관없이 주차 가이드라인을 생성하기 위해 영상처리를 수행한다. 상수 k 의 값으로 월드좌표(world coordinate)를 이동하는 영상처리를 수행하여 주차 가이드라인을 생성한다. 월드좌표는 컴퓨터 그래픽에서 사용되는 좌표계로 본 연구에서는 가이드라인이 생성되는 좌표계를 의미한다.

3.2 제안 식 검증

시뮬레이터 장치의 중앙을 기준으로 좌측 30cm 지점에 카메라를 설치하고, Fig. 13과 같이 'move center' 값을 -0.3으로 입력하여 영상처리를 수행하고 Fig. 14에 가이드라인을 생성하여 나타내었다.

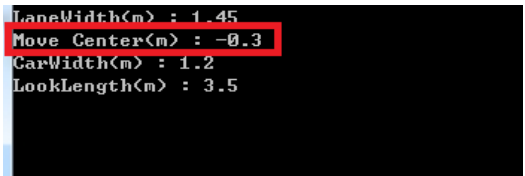


Fig. 13. Input information to performing image processing

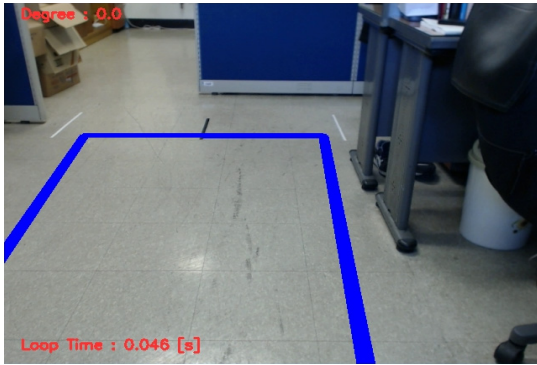


Fig. 14. Guideline performing image processing when camera is located on the left

영상처리를 수행한 가이드라인은 차량의 중심을 나타내는 검은색 선의 중앙에 위치하고 양쪽 주차선 안에 위치하는 것을 확인할 수 있다. 영상에서 가이드라인은 좌측으로 치우쳐 있지만 실제로는 주차선과 일치한 가이드라인이 생성되었다.

반대로 중앙을 기준으로 우측 30cm 지점에 카메라를 설치했을 때는 ‘move center’ 값을 0.3으로 입력하고, 영상처리를 수행하여 Fig. 15에 나타내었다. 영상의 중앙에 생성되었던 가이드라인이 영상처리를 통해 영상의 우측에 생성되어, 주차선에 맞게 가이드라인이 생성되었다.

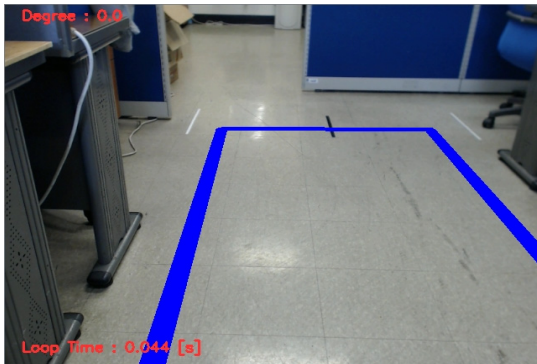


Fig. 15. Guideline performing image processing when camera is located on the right

실차 검증을 위해 K7 차량에서 위와 같은 실험을 수행하였다. Fig. 16과 같이 K7 차량의 중앙을 기준으로 좌측으로 30cm 떨어진 지점에 카메라를 설치하여 영상처리를 수행하고, Fig. 17에 카메라 위치를 반영한 주차 가이드라인을 생성하였다.



Fig. 16. Camera position located on the left of the vehicle

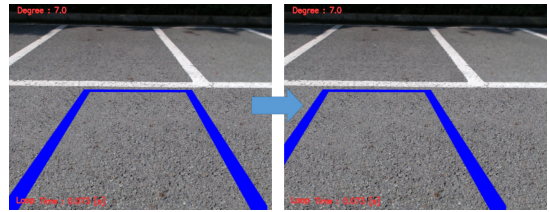


Fig. 17. Parking guideline when camera is located on the left

- (a) Guideline not performed image processing
- (b) Guideline performing image processing

Table 3에는 좌측 30cm 지점에 카메라를 설치했을 때, 핸들 조향각에 따른 영상 처리를 수행하지 않은 가이드라인의 반경과 영상 처리를 수행한 가이드라인의 반경을 표로 나타내었다. 영상 중앙에서 좌측으로 카메라 위치만큼 월드좌표를 이동하여 라인을 생성하였기 때문에 반경이 300mm만큼 차이나는 것을 확인할 수 있다.

Table 3. Reverse turning radius after image processing

Handle angle(°)	Wheel angle(°)	Turning radian before image processing(mm)	Turning radius after image processing(mm)
5	0.3	501,407	501,707
10	0.6	250,372	250,672
15	1.0	166,690	166,990
...
530	34.4	3,505	3,805
535	34.7	3,455	3,755
540	35.1	3,406	3,706

반대로, K7 차량의 중앙을 기준으로 우측으로 30cm 떨어진 지점에 카메라를 설치하고 영상처리를 수행하여 Fig. 18에 카메라 위치를 반영한 주차 가이드라인을 나타내었다.

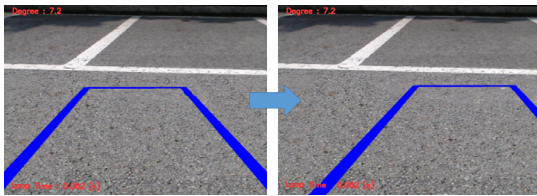


Fig. 18. Parking guideline when camera is located on the right
 (a) Guideline not performed image processing
 (b) Guideline performing image processing

4. 결론

운전자에게 편리한 주차를 위한 가이드라인을 제공하기 위해 카메라 위치에 상관없는 주차 가이드라인을 생성하였다. 실험의 방법과 결론은 아래와 같다.

1. 핸들 조향각에 따른 가이드라인을 생성하기 위해 K7차량의 OBD-II를 이용하여 실제 조향각을 도출하였다.
2. 영상 처리 중 왜곡을 통해 가이드라인에 원근감을 구현하였고, LUT을 이용하여 응답시간을 최소화 하였다.
3. 상수 k 를 이용하여 후방 카메라 위치를 반영한 회전 반경 식을 제안하였다.
4. 제안 식을 검증하기 위해 차량용 시뮬레이터 장치를 이용하여 카메라 위치에 따른 가이드라인을 생성하였다.
5. 실차검증을 위해 K7차량에서도 동일한 실험을 하여 최종적으로 카메라 위치를 반영한 주차 가이드라인을 생성하였다.

그 결과, 후진 회전 반경 식의 제안으로 차종에 상관없이 차량의 제원을 이용하여 후진 시의 회전 반경을 도출할 수 있고, 왜곡의 관계식을 정의하여 가이드라인의 원근감을 마음대로 구현할 수 있게 되었다. 또한, 상수 k 를 이용하여 카메라 위치를 좌 우 상관없이 설치하였을 때 카메라 위치를 반영한 주차 가이드라인 생성이 가능하게 되었다.

본 연구는 PC기반으로 실험용으로 간단하고 편리하게 쓰이지만 임베디드 환경으로 개발할 수 있도록 보완해야 하고, 국산차가 아닌 해외 차종에도 적용가능한지 실험적 검증이 필요하다.

References

- [1] G. Y. Jung, J. W. Son, E. G. Chang and I. S. Lee, "The parking guide system using front & rear camera", Transactions of Korea Society of Automotive Engineers, Vol. 5, No. 4, pp. 1737-1741, 208.
- [2] I. S. Shin, J. H. Kwon and J. Y. Oh, "Development of Model-based Automatic Testing Environment for Smart", The Korean Society Of Automotive Engineers, Vol. 2012, No. 5, pp. 835-838, 2012.
- [3] Y. K. Noh and S. B. Choi, "Development of Active Front Steering System for Front Collision Prevention on Reverse Maneuver", The Korean Society Of Automotive Engineers, Vol. 2013, No. 5, pp. 1249-1253, 2013.
- [4] D. H. Ryu, L. D. Woo, H. S. Choi, and T. W. Choi, "Reverse Parking Guidance System with the Path Prediction", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 14, No. 8, pp. 4006-4011, 2013.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2013.14.8.4006>
- [5] M. G. Lee and K. K. Jung, "Multi-View Image parking Assistant System using vehicle Data", Journal of information and communication convergence engineering, Vol. 15, No. 2, pp. 266-272, 2012.
- [6] B. Y. You, M. S. Heo and Y. C. O, "Method for Guide Parking of vehicle", Korea Institute of Patent Information, www.kipris.or.kr, 2014.
- [7] S. K. Hwang, "Parking Guide System Using Image and Parking Guide Method", Korea Institute of Patent Information, www.kipris.or.kr, 2013.
- [8] B. W. Kang and I. H. Heo, "Parking Guide Line Device", Korea Institute of Patent Information, www.kipris.or.kr, 2011.
- [9] J. H. Heo and S. B. Lee, "A Study on Parking Guideline Generation Algorithm", Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 16, No. 5, pp. 3060-3070, 2015.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2015.16.5.3060>
- [10] H. S. Ahn, "Slit-light Laser Range Finding Using Perspective Warping Calibration", The Journal of Korea Institute of Signal Processing and Systems, Vol. 11, No. 3, pp. 232-237, 2010.

허 준 호(Jun-ho Heo)

[정회원]



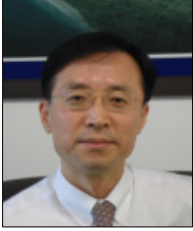
- 2007년 3월 ~ 2014년 2월 : 계명대학교 기계자동차공학과 (공학사)
- 2014년 3월 ~ 현재 : 계명대학교 일반대학원 기계공학과 (공학석사)

<관심분야>

자동차 전자장치, 지능형 자동차

이 선 봉(Seon-bong Lee)

[정회원]



- 1993년 1월 ~ 2005년 4월 : 대우 정밀(주) 기술연구소 수석연구원
- 2004년 2월 : 부산대학교 대학원 기계공학 (공학박사)
- 2005년 5월 ~ 2007년 2월 : 대구 경북과학기술원 지능형자동차 연구 팀장
- 2009년 11월 ~ 2015년 2월 : 대구 지능형자동차부품진흥원 원장
- 2007년 3월 ~ 현재 : 계명대학교 기계자동차공학과 교수

<관심분야>

자동차 전자장치, 지능형 자동차