

가로 방향 에지를 이용한 자동차 타이어의 마모도 측정 및 편마모 여부 검출

(Wearing Degree and Uneven Wearing Detection of Tires Using Horizontal Edge Information)

이 태 희¹⁾, 박 은 진²⁾, 김 기 주³⁾, 최 두 현⁴⁾*
(Tae-Hee Lee, Eun-Jin Park, Ki-Ju Kim, and Doo-Hyun Choi)

요 약 본 논문에서는 수평 방향의 경계선 정보를 이용한 마모 정도 및 편마모 검출 알고리즘을 제안한다. 입력 이미지의 노이즈는 양방향 필터로 제거한 다음 제안된 마스크를 사용하여 필터링된 이미지에서 경계선이 추출된다. 타이어가 마모됨에 따라, 타이어 솔더 또는 타이어 바퀴의 바닥에 펜 홈이 수직 홈보다 더 많이 바뀐다. 그러므로 타이어 솔더 또는 타이어 홈의 모서리는 수직 홈의 모서리보다 타이어 장착에 대한 정보가 더 많다. 제안된 마스크는 이 특징을 반영하여 수평 모서리 추출에 사용된다. 경계선 추출 후, 경계선 이미지는 두 가지 레벨 시스템으로 표현된다. 이진화 이미지의 경계선 화소는 착용도 및 불균일한 착용을 결정하는데 사용된다. 이 제안된 방법은 다른 장비 없이 쉽게 사용할 수 있다. 제안된 방법은 실제 차량을 사용하여 수행되었으며, 실험 결과는 착용도 및 착용 불균일성을 검출하는데 있어 제안된 방법의 우수한 성능을 보여준다.

핵심주제어 : 마모 정도, 편마모 검출, 이진화, 수평 경계선, 양방향 필터

Abstract Wearing degree and uneven wearing detection algorithm using horizontal edge information is proposed in this paper. The noise in the input image is removed by bilateral filter, and then edges are extracted from the filtered image by using the proposed mask. As the tire is worn, grooves of tire shoulder or sipes are changed more than the vertical grooves. Therefore the edges from grooves of tire shoulder or sipes have more information about the tire wearing than the edges from vertical grooves. Proposed mask that is reflected this feature is used to extract the horizontal edges. After edge extraction, the edge image is represented in two-level system. The edge pixels of the binarization image are used to decide the wearing degree and uneven wearing. This proposed method can be used easily without any other equipments. The proposed method is conducted with a real vehicle, and the experimental results

* Corresponding Author : dhc@ee.knu.ac.kr

Manuscript received October 12, 2018 / revised October 31,
2018 / accepted November 5, 2018

1) 지능형자동차부품진흥원, 제1저자
2) 경북대학교 전자공학부, 제2저자
3) 지능형자동차부품진흥원, 제3저자
4) 경북대학교 전자공학부, 교신저자

show the good performance of the proposed method in detecting wearing degree and uneven wearing.

Key Words : Wearing Degree, Uneven Wearing Detection, Binarization, Horizontal Edge, Bilateral Filter

1. 서 론

타이어는 자동차의 하중을 지탱하며 구동력과 제동력을 노면에 전달하면서 노면으로부터 전달되는 충격을 흡수하고, 노면과의 마찰력을 이용하여 방향을 전환하는 매우 중요한 역할을 하지만 많은 운전자들이 자동차의 다른 부품에 비해 타이어의 관리나 주의를 소홀히 한다. 도로교통공단의 사고 통계에 따르면 타이어 불량으로 인한 교통사고의 치사율은 2014년 기준 9.0%로 전체 교통사고 치사율인 2.1%보다 4.2배가량 높게 나타난다[1]. 타이어 불량으로 발생하는 교통사고는 공기압 과다, 공기압 과소 또는 과도한 마모로 인한 타이어의 파열이 원인이 된 사고이거나, 타이어의 마모로 인한 조향이나 제동력 상실로 일어나는 사고가 대부분이다. 이처럼 타이어 불량으로 인한 교통사고의 상당수가 마모가 진행된 타이어로 고속주행 중에 발생하는 열 파손으로 분석된다. 이러한 이유로 타이어 마모에 대한 다양한 연구가 진행되고 있다.

백과 장[2]은 직진형 레이저 센서를 이용하여 타이어의 표면 데이터를 수집하고, 이로부터 타이어의 마모도를 검출한다. 하지만 이 방법은 타이어의 트레드 종류, 타이어의 형태 등 여러 변수에 따라 타이어의 마모를 감지하는 위치가 달라질 수 있다. Huang 등[3]은 공액면(Epipolar plane)에 기반한 삼각법(Triangulation)을 이용하여 타이어 트레드의 깊이를 측정하였다. 그러나 이러한 장비들은 운전자 개개인이 다루기 힘들어 정비소를 방문해야하는 번거로움이 있다. 따라서 정비소를 방문하거나 별도의 장비 없이 운전자가 필요시마다 손쉽게 마모도나 편마모 여부를 측정할 수 있는 방법이 필요하다. 본 논문에서는 자동차에 장착된 카메라를 이용하여 획득한 타이어 영상으로부터 가로방향의 경계선을 비교함으로써

새 타이어 대비 마모도 및 편마모 여부를 검출하는 방법을 제안하였다.

2. 마모도 측정 및 편마모 검출 방법

새 타이어에 비해 현재 사용 중인 타이어가 얼마나 마모가 되었는지, 그리고 편마모가 있는지를 검출하기 위해 먼저 입력 영상에 대하여 관심 영역을 선택한다. 관심 영역은 마모된 정도의 차이를 이용하여 편마모 여부를 결정하기 위해서 Fig. 1에서처럼 좌, 우 두 부분으로 나누어 설정한다.



Fig. 1 Selected ROI.

그리고 선택된 관심 영역에 바이레터럴(Bilateral) 필터를 적용하여 운행 중에 타이어에

부착된 이물질과 영상의 잡음을 제거한다. 바이레터럴 필터는 화소 값의 레벨 차이가 크지 않은 인접 화소들을 동일 지역으로 인식하고, 레벨차가 큰 부분을 경계선으로 인식하여 경계선을 제외한 나머지 영역에 대하여 블러링 하므로 경계선 정보는 살리면서 영상의 잡음들을 효과적으로 제거할 수 있다[4]. 관심 영역에 바이레터럴 필터를 적용시킨 결과를 Fig. 2에 나타내었다.

타이어의 마모 정도는 트레드(Tread) 패턴의 마모 또는 그루브(Groove)의 깊이 변화를 보고 판단할 수 있다. 본 논문에서 제안한 방법은 마모에 따른 트레드 패턴의 변화를 이용하기 때문에 트레드 패턴의 변화를 가장 잘 파악할 수 있는 경계선의 검출이 필요하다.



Fig. 2 Result of Bilateral Filtering for the ROI.

세로 방향의 그루브는 타이어의 마모에 따른 변화가 작은 반면, 가로 또는 대각선 방향의 사이프(Sipe)나 솔더의 그루브는 마모에 따른 변화가 크다. 따라서 본 논문에서는 세로 방향의 경계선은 검출하지 않고, 가로 방향과 대각선 방향의 경계선만을 검출하기 위한 경계선 연산자를 구현하였다. Fig. 3은 경계선을 검출하기 위해 제안한 마스크이다.

1
-1

Fig. 3 Proposed Mask for Edge Operator.



Fig. 4 Result of Edge Operation on the Filtered Image.

바이레터럴 필터를 적용시킨 영상에 경계선 연산자를 이용하여 가로 및 대각선 방향의 경계선만을 검출한 결과를 Fig. 4에 나타내었다.

이렇게 검출된 경계선 영상을 이진화 한 후 영상 내의 화소수를 이용하여 타이어의 마모 정도를 측정하고, 좌우의 화소수를 비교하여 편마모 여부를 결정한다.

Fig. 5는 검출된 경계선 영상에 대한 이진화 결과를 보여준다.



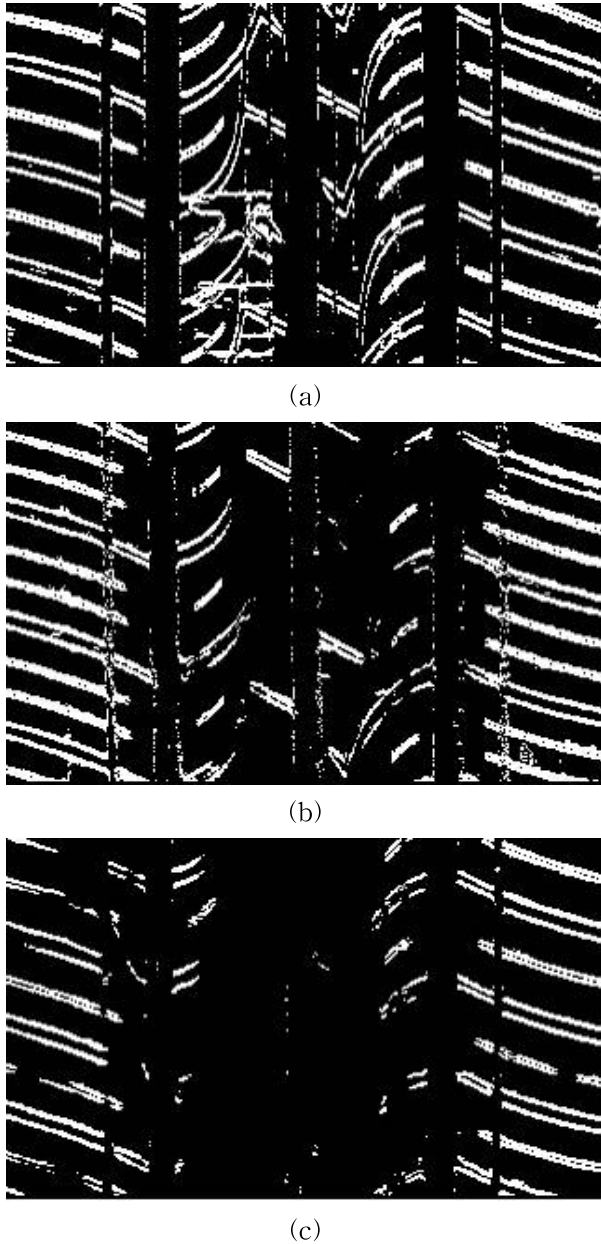
Fig. 5 Results of Binarization for the Edge Image.

새 타이어에 대한 이진영상 내의 화소수와 운행 중인 타이어에 대한 이진영상 내의 화소수를 비교하여 새 타이어 대비 마모 정도를 측정하고, 좌측과 우측을 비교하여 각각의 마모 정도가 다를 경우 편마모가 있음을 알 수 있다.

3. 실험 결과 및 고찰

3.1 타이어 마모도 측정

타이어 정면을 촬영한 영상에 제안한 방법을 적용하여 타이어의 마모도를 측정하고 분석하였다. 새 타이어와 10,000km, 20,000km, 40,000km를 주행한 타이어 영상의 마모도를 확인하였다.



(d)

Fig. 6 Results of Binarization for Experimental Images. (a) 1,000km, (b) 10,000km, (c) 20,000km and (d) 40,000km.

주행 거리가 늘어날수록 타이어 중심부에 있는 사이프와 그루브, 솔더의 사이프, 그리고 솔더의 그루브 순으로 마모가 진행됨을 확인할 수 있다. 그림 6은 주행 거리가 다른 각각의 타이어에 대한 이진화 결과 영상들이다. 주행 거리에 따라 흰색 화소수가 줄어드는 것을 확인할 수 있다. 40,000km 이상 주행한 타이어는 1,000km 이하 주행한 타이어에 비해 화소수가 15.84%밖에 남지 않았다. 이를 Table 1에 정리하였다.

Table 1 Comparison of number of Pixels for Experimental Images.

Tire condition	Mileage	Pixels		
		Left	Right	Total
New	1,000km or less	5907	5584	11491
Normal	About 10,000km	5257	4684	9941
	About 20,000km	2248	3212	5460
Worn	40,000km or more	1535	285	1820

3.2 실제 차량에 장착된 타이어에 대한 마모도 검출

본 절에서는 좌측 후륜 휠 하우스 내부에 카메라가 설치된 실험 차량으로 타이어를 마모시킨 뒤 주행 전후의 타이어 마모도를 측정하였다. 장착된 카메라는 시간과 장소의 영향을 최소화하기 위해 LED 플래시가 내장된 카메라를 사용하였다. 약 5,000km를 주행한 타이어를 실험 차량에 장착한 후 35,000km를 주행하였고, 주행 전후의 타이어 영상을 비교함으로써 제안한 방법의 성능을 확인하였다. Fig. 7은 실험 차량에 부착된 카메라로 측정된 타이어 영상이며, 타이어 마모도 측정을 위한 관심 영역을 흰색 사각형으로 나타내었다.

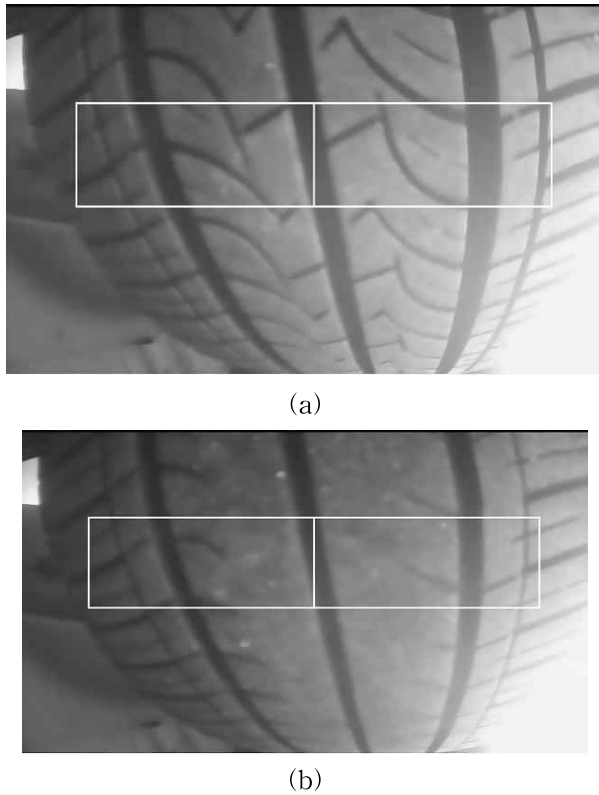


Fig. 7 Tire Tread Image Obtained from Experimental Vehicle. (a) 5,000km (b) 40,000km

실험 차량의 카메라로부터 획득한 영상에 제안한 방법을 적용한 결과를 Fig. 8과 Table 2에 나타내었다. Fig. 8(a)는 주행 전의 타이어에 대한 이진영상이며 관심 영역 내의 흰색 화소의 수는 10,603이고, Fig. 8(b)는 35,000km를 주행한 후의

타이어에 대한 이진영상이며 관심 영역 내의 흰색 화소의 수는 5,783으로 54.54%가 남은 것으로 확인되었다.

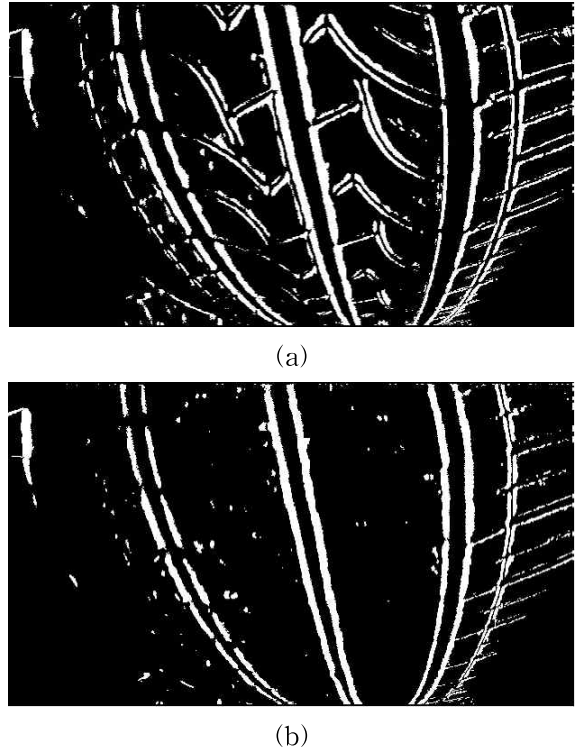


Fig. 8 Binarization Results for Tire Tread Images. (a) 5,000km (b) 40,000km

Table 2 Comparison of number of Pixels for Tire Tread Images.

Tire condition	Mileage	Pixels		
		Left	Right	Total
New	5,000km	4792	5271	10063
Worn	40,000km	2397	3886	5783

3.3 편마모 타이어에 대한 마모도 검출

본 절에서는 타이어의 마모도를 분석하여 편마모를 검출하는 실험을 하였다. Fig. 9(a)는 좌측에 편마모가 발생한 타이어 영상에 바이레터럴 필터를 적용한 후의 영상이며, Fig. 9(b)는 이 영상에 제안한 방법을 적용한 결과 영상이다.

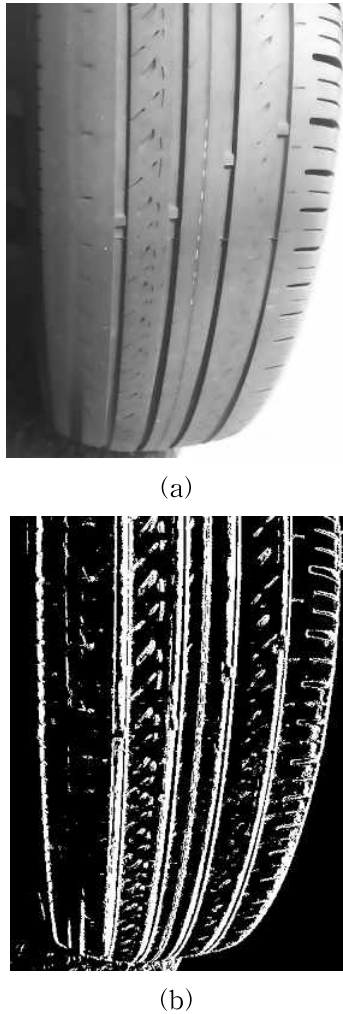


Fig. 9 Uneven Worn Tire Image. (a) Result of Bilateral Filtering (b) Result of Binarization.

좌우 두 영역으로 나누어진 관심영역의 화소 수는 각각 1,242와 2,131로 새 타이어의 관심 영역의 좌, 우측과 각각 비교했을 때 좌측은 21.82%가 남은 반면 우측은 47.03%가 남았다. 표 3에 그 결과를 나타내었다. 이로부터 타이어의 좌측과 우측이 다른 비율로 마모가 진행되었음을 알 수 있다. 이는 타이어에 편마모가 있음을 의미한다.

Table 3 Number of Pixels for Uneven Worn Tire Image.

Tire condition	Pixels	
	Left	Right
Worn	1242	2131

4. 결 론

본 논문에서는 정비소에 가지 않고, 별다른 장비 없이 간단하게 자동차 타이어의 마모 정도와 편마모를 검출할 수 있는 방법을 제안하였다. 자동차에 장착된 카메라를 통하여 획득한 타이어 영상에 바이레터럴 필터를 적용하여 여러 잡음을 제거하고, 제안한 마스크를 이용하여 가로 방향의 경계선만을 검출한 후 이진화 하였다. 이진화 영상 내의 화소수를 새 타이어의 값과 비교하여 마모가 진행된 정도를 측정하고, 편마모 여부를 결정할 수 있다. 또한 트레드 패턴이 종 방향으로는 일정하기 때문에 제안한 방법은 타이어의 마모 정도를 측정하기 위해 타이어 영상을 획득할 때 타이어의 위치가 반드시 동일하지 않아도 되는 장점이 있다. 실험을 통하여 제안한 방법이 타이어의 마모 정도를 정확히 측정하고, 편마모 여부를 검출할 수 있음을 확인하였다. 향후 앱이나 IoT기술에 제안한 방법을 접목하여 운전자가 필요시 어디에서나 타이어 관리가 용이해 질 수 있을 것으로 기대된다.

References

[1] Kim, K. J., Lee, T. H., Yun, K. S. and Choi, D. H., "Development of a Diagnosis Algorithm of Tire Wears Using a Camera Vision System," Summer Conference of the Institute of Electronics and Information Engineers, pp. 628-629, 2017.

[2] Baek, S. H. and Jang, J. W., "Implementation of Vehicle Tire Wear Check System,"

Winter Conference of the Korea Institute of Communication Sciences, 2016.

[3] Huang, S. Y., Chen, Y. C. and Wang, J. K., "Measurement of Tire Tread Depth with Image Triangulation," Proceeding on IEEE Conference, International Symposium on Computer, Consumer and Control, pp. 303-306, 2016.

[4] Tomasi, C. and Manduchi, R. "Bilateral Filtering for Gray and Color Images," Proceeding of the IEEE International Conference on Computer Vision, pp. 839-846, 1998.

[5] Hung, S. Y. and Syu, Y. J., "Based on the Texture Analysis to Inspect the Tread Worn Status on the Tire," Proceeding on IEEE Conference, pp. 431-434, 2014.

[6] Du, W., Phlypo, R. and Adali, T., "Adaptive Feature Split Selection for Co-training: Application to Tire Irregular Wear Classification," Proceeding on IEEE Conference, pp. 3497-3501, 2013.

[7] Kwon, S. K. and Lee, D. S., "Recognition method of multiple objects for virtual touch using depth information," Journal of the Korea Industrial Information systems Research Vol. 21 No. 1, pp. 27-34, 2016.

[8] Seo, H. S., Kim, B. M., Moon C. B. and Lee, D. S., "Binarization of number plate Image with a shadow ," Journal of the Korea Industrial Information systems Research Vol. 13 No. 4, pp. 1-13, 2008.

[9] Kim, I. J., "Adaptive Binarization for Camera-based Document Recognition ," Journal of the Korea Industrial Information systems Research Vol. 12 No. 3, pp. 132-140, 2007.



이 태 희 (Tae-Hee Lee)

- 정회원
- 창원대학교 제어계측공과 공학사
- 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 공학석사
- 지능형자동차부품진흥원 선임연구원
- 관심분야 : 영상신호처리, 지능형자동차



박 은 진 (Eun-Jin Park)

- 경북대학교 전자공학과 공학사
- 경북대학교 전자공학과 공학석사
- 경북대학교 전자공학과 공학박사
- 경북대학교 전자공학부 초빙교수
- 관심분야 : 컴퓨터 비전, 신호처리



김 기 주 (Ki-Ju Kim)

- 금오공과대학교 전자공학부 공학사
- 경북대학교 전자공학과 공학석사
- 지능형자동차부품진흥원 선임연구원
- 관심분야 : 영상신호처리, 객체인식



최 두 현 (Doo-Hyun Choi)

- 경북대학교 전자공학과 공학사
- Postech 대학원 전자전기공학과 공학석사
- Postech 대학원 전자전기공학과 공학박사
- 경북대학교 전자공학부 정교수
- 관심분야 : 영상신호처리, 지능형자동차