

# 3차원 특징을 이용한 DOT 분류 코드 추출

김재한<sup>0</sup> 심재창

안동대학교 대학원 컴퓨터 공학과

honey@comeng.andong.ac.kr, jcshim@andong.ac.kr

## DOT Classification Code Extraction through 3-Dimensional Features

Jae-Han Kim<sup>0</sup> Jae-Chang Shim

Dept. of Computer Engineering Andong University, Graduate School

### 요 약

본 논문의 목적은 타이어에 각인 되어 있는 DOT 코드 문자를 효과적으로 추출하는데 있다. 기존의 DOT 문자 인식 방법에서는 카메라와 조명에 의한 2차원 영상에서 DOT 문자 추출을 시도하였는데, 타이어는 DOT 문자와 배경이 동일한 색상이고, 조명에 민감해서 DOT 문자의 추출이 용이하지 않았다. 그래서, 본 논문에서는 타이어의 DOT 문자를 조명에 거의 영향을 받지 않는 3차원 레이저 스캐너를 이용해서 획득하고, 획득된 영상에서 높이 값 정보를 추출했으며, 추출된 높이 값 정보를 가진 영상에 패턴 인식 기법을 적용하여 DOT 문자를 효과적으로 추출할 수 있었다.

### 1. 서 론

타이어 제작을 위해서는 수많은 공정을 거쳐지게 되고, 각 공정을 통과 할 때마다 일정 기준에 따라 재차 분류하여 다음 공정으로 보내지는 과정이 반복되어지는데, 현재는 타이어의 분류 과정을 사람의 육안판별에 의존하고 있어서 공장 자동화에 큰 걸림돌이 되고 있다[1]. 육안으로 판별하고 분류하는 방법은 현재 자동차 타이어 회사에서 주로 사용하는 방법이지만, 이러한 방법은 많은 인력이 필요하기 때문에 인건비에 대한 부담도 많이 되며, 작업자의 착시 현상으로 인하여 오 인식이 발생할 확률이 높다. 이를 해결하기 위하여 타이어의 정보를 자동으로 인식하는 여러 방법들이 연구되어지고 있다. 바코드 레벨 부착 방법, 타이어 표면 위에 정보를 나타내는 코드를 프린트하는 방법, 형광 물질을 양각에 칠하는 방법 등의 여러 방법들이 제시되었으나 이러한 방법들은 새로운 공정의 추가, 기술적인 어려움 등 많은 문제점을 안고 있다 [2]. 따라서 새로운 공정을 추가하지 않는 자동화 방안으로 컴퓨터 비전을 이용해서 타이어의 정보가 포함되어 있는 DOT 분류 코드를 인식하고, 타이어를 분류하는 방법이 제시되었다. 하지만 카메라와 조명에 의한 2차원 영상에서 문자 추출을 시도할 경우, 타이어 표면에 각인된 문자가 조명에 민감한 반응을 보일 뿐 아니라 난반사로 인한 문자 경계선이 왜곡되는 현상과 인접한 두 개의 문자가 한 레이블을 갖는 현상이 나타난다.

본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해서 타이어의 DOT 코드를 3차원 레이저 스캐너를 이용해서 획득하고, 획득된 영상에서 높이 값 정보를 추출한 후, 추출된 높이 값 정보에 3차원 특징을 이용한 DOT 분류 코드 추출 알고리즘을 적용해서 DOT 코드를 인식하는 방법을 제안한다.

본 논문의 구성은 2장에서는 기존의 타이어 분류 방법에 대해, 3장에서는 제안된 3차원 특징을 이용한 DOT 분류 코드 추출 방법에 대해, 4장에서는 실험 및 고찰, 5장에서는 결론에 대하여 기술하였다.

### 2. 기존의 타이어 분류 방법

2차원 정보를 이용한 기존의 타이어 분류 방법은 외형 인식에 의한 분류 방법과 DOT 코드의 인식에 의한 분류 방법으로 나누어진다[3]. 외형 인식에 의한 분류 방법은, 타이어의 내경, 외경

의 크기, 무게, 트레드 패턴을 조합하여 분류하는 방법으로 제한된 범위 내에서만 분류 가능하므로 비효율적이고, 새로운 타이어가 계속적으로 생산되기 때문에 타이어의 분류에 실효성이 없는 방법으로 거의 연구되지 않는다. 그래서 주로 DOT 코드의 인식에 의한 분류에 관해서 연구되어지고 있는데, DOT 코드는 제조 공장 코드, 타이어 규격 코드, 트레드 패턴 코드, 브랜드 코드, 생산 년과 주를 나타내는 코드로 구성되어 있어서, 타이어를 자동 분류할 수 있는 결정적인 요소가 된다[4]. 하지만 지금까지 연구된 방법들은 2차원 정보를 이용하기 때문에 CCD 카메라의 각도와 조명 각도에 아주 민감한 결과가 나타난다. 양호한 조건에서 영상을 획득하더라도 타이어 문자와 배경이 동일한 그레이 영상을 가지고 있어서 서로 구분이 안되는 경우가 많으며, 동일한 조명 조건에서 음각과 양각 문자의 타이어 영상이 다르게 나타나는 기술적인 어려움과 문자의 위치, 크기, 기울어짐이 명확하지 않기 때문에 DOT 코드의 추출이 효과적이지 않았다. 위와 같은 이유로 인해서 본 논문에서는 레이저 스캐너를 이용해서 3차원 영상을 획득하고, 획득된 영상에서 높이 값 정보를 추출한 후, 타이어에 각인된 표 1의 DOT 코드에 제안된 알고리즘을 적용하여 DOT 분류 코드를 효과적으로 추출할 수 있는 방법을 연구하였다.

표 1. DOT 분류 코드의 구성

DOT 코드	T7	RW	B6	Y	286
코드의 의미	공장 번호	규격 코드	트레드 패턴 코드	브랜드 코드	생산 년도와 생산 주

### 3. 제안된 3차원 특징을 이용한 DOT 분류 코드 추출

3차원 특징을 이용한 DOT 분류 코드 추출 알고리즘은 그림 1과 같이 크게 4단계로 나누어진다. 먼저, 문자 영상 획득 단계에서는 타이어에서 레이저 스캐너를 이용하여 3차원의 DOT 문자 영상을 획득하며, 명암도 보정 단계에서는 문자 영역의 추출을 위해 문자 영역과 라인필터링(line filtering)을 적용한 영상과의 차영상을 구한 후, 이진화를 수행한다. 다음으로, 개별 문자 추출 단계에서는 영역채색화(blob coloring)[5]를 적용하여 얻어진 여러 가지 정보를 이용해서 이진화를 수행한 영상으로부터 각각의

개별 문자를 분리해내며, 마지막으로 분리된 개별 문자로 문자 인식식을 적용한다. 3차원 특징을 이용한 DOT 문자 추출 알고리즘에 관한 자세한 설명은 다음과 같다.

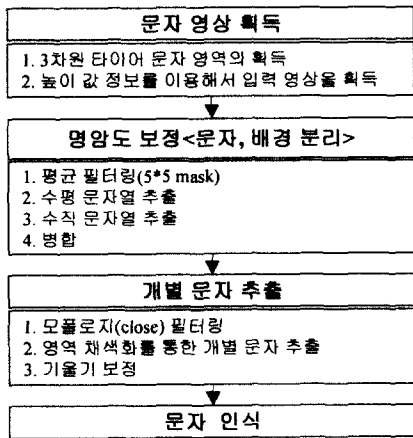


그림 1. 3차원 특징을 이용한 타이어 DOT 분류 코드 추출 알고리즘 구성도

### 3.1 문자 영상 획득 단계

레이저 슈트빔과 스캐너 장치로 구성된 3차원 스캐너를 이용해서 타이어 문자 영역을 획득한 후, 획득된 영상으로부터 높이 값 정보를 추출해서 입력 영상을 획득한다.

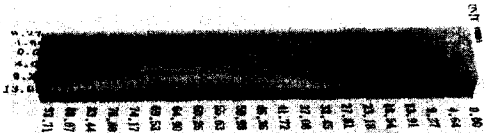


그림 2. 3차원 레이저 스캐너를 이용해서 획득한 타이어 영상의 렌더링 결과



그림 3. 입력된 타이어의 3차원 영상

### 3.2 명암도 보정 단계

우선, 원 영상에서의 잡음을 제거하기 위해서, 5\*5 평균(average) 필터링을 적용한다[6]. 다음으로, 입력 영상인 명도영상(gray-scale image)을 이진영상(binary image)으로 바꾸는 적응 이진화 과정을 수행하게 되는데, 양각 문자와 음각 문자를 분리해서 적용한다. 양각 문자일 경우, 원 영상에서 적응 이진화 과정을 수행하며, 음각 문자일 경우에는 원 영상을 반전(invert)한 후에 적응 이진화 과정을 수행하게 된다. 명암도 보정 과정을 수행하기 위해서는 라인필터링을 적용한 영상을 구해야 하는데, 라인 필터링을 위한 마스크는 표 2에 나타난 타이어 문자 정보를 이용해서 구하였다. 수평 방향으로는 25\*1 미디언(median) 필터링을 적용했으며, 수직 방향으로는 1\*23 미디언 필터링을 적용했다. 먼저, 평균 필터링을 적용한 영상에서 라인 필터링을 적용한 영상과의 수평, 수직 방향으로의 차분 영상을 구한 후, 두 영상을 병합하는 과정을 거치게 된다.

표 2. 3차원 영상에서의 타이어 문자 정보

정보		size(pixel)	
		1120*220	1140*220
문자	양각	Width: 8 - 12 Height: 10	Width: 14 - 15 Height: 14
	음각	Width: 12 - 14 Height: 10	Width: 13 - 14 Height: 14
문자크기	양각	Width: 55 - 65 Height: 75 - 80	Width: 60 - 75 Height: 80
	음각	Width: 60 - 65 Height: 70 - 72	Width: 50 - 75 Height: 75 - 80

#### 3.2.1 수평 문자열 추출

입력 영상으로부터 수평 방향으로의 문자열을 추출하는 과정으로, 결과 영상을  $W(x, y)$ , 원 영상에 5\*5 평균 필터링을 적용한 후의 영상을  $A(x, y)$ , 라인필터링을 적용한 후의 k번째 값을  $Mid[k]$ 라 하면, 식 (1)과 같은 과정을 거쳐서  $W(x, y)$ 의 값을 구할 수 있다. 양각 문자일 경우 k는 3이며, 음각 문자일 경우 k는 2이다.

$$W(x, y) = A(x, y) - Mid[k] \quad (1)$$

구해진 영상으로부터 식(2)와 같은 이진화 과정을 수행하게 되며, 임계값은 3이다.  $g(x, y)$ 는 각 화소의 밝기,  $b(x, y)$ 는 이진화된 값, T는 임계값 일 때,

$$b(x, y) = \begin{cases} 255 & g(x, y) \geq T \\ 0 & g(x, y) < T \end{cases} \quad (2)$$

#### 3.2.2 수직 문자열 추출

입력 영상으로부터 수직 방향으로의 문자열을 추출하는 과정으로, 결과 영상을  $H(x, y)$ , 원 영상에 5\*5 평균 필터링을 적용한 후의 영상을  $A(x, y)$ , 라인필터링을 적용한 후의 k 번째 값을  $Mid[k]$ 라 하면, 식 (3)과 같은 과정을 거쳐서  $H(x, y)$ 의 값을 구할 수 있다. 양각 문자일 경우 k는 3이며, 음각 문자일 경우 k는 2이다.

$$H(x, y) = A(x, y) - Mid[k] \quad (3)$$

구해진 영상으로부터 식(2)와 같은 이진화 과정을 수행하게 되며, 임계값은 4이다.

#### 3.2.3 병합

수평 방향으로 추출된 결과 영상과 수직 방향으로 추출된 결과 영상을 병합하는 과정으로, 수평으로 적용된 영상을  $W(x, y)$ , 수직으로 적용된 영상을  $H(x, y)$ , 결과 영상을  $R(x, y)$ 이라 하면, 식(4)와 같은 과정을 거쳐서  $R(x, y)$ 의 값을 구할 수 있다.

$$R(x, y) = W(x, y) + H(x, y) \\ \text{if } (R(x, y) > 255) \quad R(x, y) = 255 \quad (4)$$

### 3.3 개별 문자 추출

적용 이진화를 거친 영상에서 잡음을 제거하기 위하여 모폴로지 필터링 중에서 close 필터링을 수행한다[7]. 다음 단계로, 영역 채색화를 통한 개별 문자 추출과 기울기 보정 단계를 거쳐서 문자 인식이 가능한 각각의 개별 문자를 추출하게 된다.

#### 1) 영역 채색화를 통한 개별 문자 추출

전체 영상에서 문자가 존재하는 위치를 찾아내 글자 하나 하나를 인식에 용이하도록 분리하는 과정을 거치게 된다. 문자가 있는

위치를 찾아내는 알고리즘은 여러 가지 있을 수 있으나, 본 논문에서는 개별 문자를 분리하기 위하여 영역채색화를 수행한다. 연산 수행 후 각 영역의 크기, 중심 좌표, 주변 길이 정보 등을 얻을 수 있으며, 이러한 정보를 이용해서 각각의 개별 문자 영역을 얻을 수 있다.

2) 기울기 보정

개별 문자의 기울기 보정을 통해 영상을 정규화 한다. 추출된 개별 문자의 위치 정보를 이용해서 기울기 값을 유도한 후, 기울기 보정을 수행함으로써 문자 인식이 가능한 각각의 개별 문자를 추출하게 된다.

4. 실험 및 고찰

실험에 사용된 영상은 3D 레이저 프로파일러와 2축 이동 로봇으로 구성된 (주)4D Culture의 3차원 레이저 스캐너를 사용해서 300dpi 해상도로 입력받은 타이어 영상 200개이다. 각 입력 영상은 1120\*220, 1140\*220 크기의 3차원 정보를 가진 명도 영상이다.

그림 3의 입력 영상을 사용해서 3차원 특징을 이용한 DOT 문자 추출 알고리즘을 적용한 결과 영상은 아래와 같이 나타난다. 수평 문자열을 추출한 영상이 그림 4의 (a)와 같고, 수직 문자열을 추출한 영상이 그림 4의 (b)와 같으며, 두 영상을 병합한 영상이 그림 4의 (c)와 같다. 영역채색 기법을 적용하여 개별 문자로 분리된 결과 영상이 그림 4의 (d)와 같으며, 정규화 과정을 거친 후 문자 인식기에 적용되는 최종 결과 영상이 그림 4의 (e)와 같다.

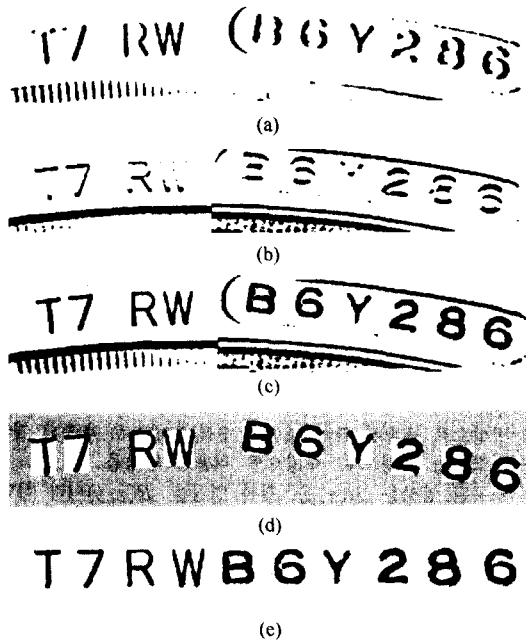


그림 4. DOT 문자 추출을 위한 각 단계별 처리 결과 영상 (a) 수평 문자열 추출 결과 영상 (b) 수직 문자열 추출 결과 영상 (c) 병합한 후의 결과 영상 (d) 개별 문자로 분리된 결과 영상 (e) 정규화 과정을 거친 후의 결과 영상

실험에서는 양각 문자의 추출에 관해서 알아보았으며, 수행 결과는 표 3과 같다.

표 3. DOT 분류 코드 추출 실험의 결과

The number of images	200
The number of DOT codes	800
The number of succeed DOT codes	789
Success rate(%)	98.6%

실험 결과에서 알 수 있듯이, 제안된 알고리즘을 사용함으로써 3차원 정보를 가진 입력 영상에서 효과적으로 DOT 분류 코드를 추출할 수 있었다. 문자 추출에 실패한 경우는 타이어 문자의 크기가 대부분 일정하지 않아서 문자의 크기가 표 2에 나타난 문자 두께와 차이가 많이 날 경우, 적응 이진화 과정에서 문자의 끊어짐이 발생하기 때문이다.

5. 결론

본 논문에서는 타이어에 각인 되어 있는 DOT 코드 문자를 효과적으로 추출할 수 있는 방법에 관하여 연구하였다. 기존의 방법에서는 카메라와 조명에 의한 2차원 영상에서 DOT 문자 추출을 시도하였는데, 타이어는 DOT 문자와 배경이 동일한 색상이고, 조명에 민감해서 DOT 문자의 추출이 용이하지 않았다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서, 조명에 거의 영향을 받지 않는 3차원 레이저 스캐너를 이용해서 영상을 획득했으며, 획득된 영상의 높이 값 정보에 3차원 특징을 이용한 타이어 DOT 분류 코드 추출 알고리즘을 적용해서 DOT 코드 문자를 추출했다. 2차원 정보를 이용해서 DOT 문자열을 추출했던 기존 방법보다 제안된 방법을 사용함으로써 더 효과적으로 문자열을 추출할 수 있었다. 제안된 알고리즘을 사용하여 800개의 타이어 양각 문자에 적용한 결과 98.6%가 바르게 추출되었다. 앞으로는, 본 연구에 의해서 추출된 문자의 인식과 실제 타이어 공장의 생산라인에서의 적용에 관해서 연구할 계획이다.

참 고 문 헌

- [1] 박귀태, 김진현, 정순원, 송승철, "실 시간 처리를 위한 타이어 자동 선별 비전 시스템," 한국자동차공학회의 논문지, pp.358-363, 1992
- [2] 하중은, 이재용, 권인소, "표면의 반사 특성을 이용한 타이어 정보 마크의 추출," 제어·자동화·시스템공학 논문지 제2권 제4호, pp.324-329, 1996
- [3] 이기성, "타이어 DOT 코드 인식 분류를 위한 최적의 영상 처리 기법에 관한 연구," 숭실대학교 박사학위논문, pp7-16, 1996
- [4] 구건서, 오해석, "타이어 분류 코드의 효율적 인식을 위한 MCBP방," 한국정보처리학회 논문지 제4권 제2호, pp.465-482, 1997
- [5] 심재창, "새로운 윤곽추적 기법을 이용한 영상처리 및 질감인식," 경북대학교 박사학위논문, pp46-64, 1993
- [6] Linda Shapiro, and George Stockman, "Computer Vision", pp.145-207, 2000
- [7] 최경주, 변혜란, 이일병, "효과적인 이진화를 위한 영상 개선 기법의 정의 및 구현," 한국정보처리학회 논문지 제26권 B편 제2호, pp.284-296, 1999
- [8] 정태영, 류한성, 탁영봉, "음·양각의 타이어 문자 인식을 위한 영상전처리," 대한전자공학회 논문지 제19권 B편 제2호, pp.1428-1431, 1996
- [9] Oivind Due Trier, and Anil K. Jain, "Goal-Directed Evaluation of Binarization Methods," IEEE Trans. PAMI, Vol.17, No.12, pp.1191-1201, 1995
- [10] 김경민, 박중조, 박귀태, "퍼지 a 컷 집합에 의한 고무 타이어 영상의 문자 윤곽선 추출," 대한전자공학회 논문지 제31권 B편 제6호, pp.71-79, 1994