

이치화 영상에 대한 계조치 동시발생행렬을 이용한 타이어 접지 패턴의 분류

박귀태*, 김민기**, 김진현*, 정순원*
*고려대학교 전기공학과, **고려대학교 의용 전자공학과

Tire Tread Pattern Classification Using Gray Level Cooccurrence Matrix for the Binary Image

Gwi-Tae Park*, Min-Gi Kim**, Jin-Heon Kim*, Soon-Won Jung*
*Dept. of Electrical Eng. Korea Univ.
**Dept. of Biomedical Electronic Eng. Korea Univ.

Abstract

Texture is one of the important characteristics that has been used to identify objects or regions of interest in an image. Tire tread patterns can be considered as a kind of texture, and these are classified with a texture analysis method. In this sense, this paper proposes a new algorithm for the classification of tire tread pattern. For the classification, cooccurrence matrix for the binary image is used. The performances are tested by experimentally 8 different tire tread pattern and the robustness is examined by including some kinds of noise.

1. 서론

타이어는 그 생산 공정의 특성상 여러 종류의 타이어들이 한개의 컨베이어 벨트를 따라 사출되어 나오도록 이루어져 있어서 이를 품종별로 선별하여 관리하는 것이 타이어 생산 공정상 커다란 문제점이다. 본 연구는 이러한 문제점을 해결하고자 타이어의 생산 공정중 분류를 위한 필수 단계인 타이어 접지면 패턴의 인식에 그 목적이 있다. 기존에는 컨베이어 벨트를 따라 사출되어 나오는 타이어를 작업자가 일일이 수작업으로 분류를 하였으나 이를 화상 처리 기술을 이용, 카메라로 타이어 접지 패턴을 입력받아 이를 처리, 인식하여 타이어의 종류를 자동 선별하기 위한 정보를 제공하고자 한다

화상 처리의 관점에서 볼 때 텍스처(texture)란 전체적으로 다소간 유사한 요소 혹은 패턴들로 이루어진 구조라 정의할 수 있다. 따라서 타이어 접지 패턴은 텍스처의 한 부류로 볼 수 있으며, 본 연구에서는 텍스처 분석 방법중 통계적 접근 방법을 기초하여 타이어 접지 패턴의 분류를 실시간으로 행할 수 있는 고속 알고리즘을 개발하였다.

2. 텍스처 분석 알고리즘

2.1 텍스처의 정의 및 분류 방법

텍스처란 전체적으로 다소간 유사한 요소 혹은 패턴들로 이루어진 구조라 정의할 수 있다. [1][2] 예를 들면 장기판과 같이 동일한 부패턴(subpattern)이 정확히 정렬된 것을 생각할 수 있는데, 그러한 텍스처를 결정적(deterministic) 텍스처라고 한다.

한편 인공위성 사진과 같이 통계적 법칙(statistical law)에 의해 표현되는 텍스처를 생각해 볼 수 있는데 이러한 텍스처를 확률적(stochastic) 텍스처라고 한다. 본 연구에서 다루고자 하는 타이어 접지 패턴의 경우 그 패턴의 형태는 결정적 텍스처라고 볼 수 있다.

한편 텍스처 분석에 쓰이는 가장 중요한 접근 방법 두가지는 통계적 접근 방법(statistical approach)과 구조적 접근 방법(structural approach)이라고 할 수 있다. [3][4][5][6][7] 실제에 있어서는 적용의 용이성 때문에 구조적 접근 방법보다는 통계적 접근 방법을 많이 사용하며 본 연구에서는 통계적 접근 방법중 계조치 동시 발생 행렬을 기초로 타이어 접지면 패턴의 인식을 수행 하고자 한다.

2.2 계조치 동시 발생 행렬을 이용한 텍스처의 특징량 추출

2.2.1 계조치 동시 발생 행렬

가로, 세로 N_x, N_y 의 해상도(resolution)를 가지고 N_g -level로 양자화된 화상을 생각해 보자. 화상 내에서 거리가 d 이고 두점간의 각도가 θ 인 두 점의 계조치가 각각 i, j 가 되는 조합의 발생 빈도를 $P(i, j)$ 라 하고, 이를 정규화한 동시 확률 밀도 함수를 $p(i, j)$ 라 한다. 계조치가 N_g 단계일 경우 $P(i, j)$ 는 $N_g \times N_g$ 행렬의 형태로 표현된다. 이와 같이 하여 구하여진 행렬은 (i, j) 각 화소들 간의 거리 뿐만 아니라 각도에 관한 함수이기도 하다. 단, 두 화소 간의 거리 d 는 다음과 같이 정의하기로 한다.

$$d((k, l), (m, n)) = \max\{|k-m|, |l-n|\} \quad (2-1)$$

동시 발생 행렬의 실제적인 예를 들어 보기로 하자.

그림2.1(a)가 입력화상의 계조치를 나타낸다고 하자. 이와 같은 입력화상에 대하여 $d=1$ 이고 각도가 $0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ$ 에 대한 동시 발생 행렬을 각각 그림2.1(b), (c), (d), (e)에 나타내어 보았다. 화상의 계조치는 4이므로 이로부터 구해지는 계조치 동시 발생 행렬은 4×4 행렬이 된다.

계조치 동시 발생 행렬의 정규화(normalize)를 위해서는 각 행렬에 대하여 행렬 내의 요소들의 합으로 각 요소를 나누어 주변 정규화가 된다. 즉 식(2-2)를 사용하여 행렬의 정규화를 행한다.

0	0	1	1	3
3	3	1	1	3
3	3	3	3	3
2	2	2	0	0
2	2	1	1	1

(a)

d=1, 0=0° :

$$P = \begin{bmatrix} 4 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 8 & 1 & 3 \\ 1 & 1 & 6 & 0 \\ 0 & 3 & 0 & 10 \end{bmatrix}$$

(b)

d=1, 0=90° :

$$P = \begin{bmatrix} 0 & 2 & 0 & 2 \\ 2 & 4 & 1 & 2 \\ 0 & 1 & 4 & 3 \\ 2 & 2 & 3 & 8 \end{bmatrix}$$

(c)

d=1, 0=45° :

$$P = \begin{bmatrix} 0 & 2 & 0 & 2 \\ 2 & 2 & 0 & 4 \\ 0 & 0 & 4 & 3 \\ 2 & 4 & 3 & 4 \end{bmatrix}$$

(d)

d=1, 0=135° :

$$P = \begin{bmatrix} 0 & 2 & 0 & 3 \\ 2 & 2 & 2 & 3 \\ 0 & 2 & 2 & 2 \\ 3 & 3 & 2 & 4 \end{bmatrix}$$

(e)

그림2.1 (a) 계조치 0-3을 가진 5×5 화상

(b)~(e) (d=1)인 4방향에 대한 계조치 동시 발생 행렬

$$p(i, j) = P(i, j) / \sum_{i=1}^{N_g} \sum_{j=1}^{N_g} P(i, j) \quad (2-2)$$

2.2.2 계조치 동시 발생 행렬로부터 구해지는 텍스처의 특징

계조치 동시 발생 행렬을 정규화한 $p(i, j)$ 로부터 유효한 텍스처 정보를 추출하기 위한 평가척도로 Haralick은 각 모멘트, 대비, 엔트로피등 14종류의 수치들을 제안하였다. 한편 제안된 14개의 평가 척도 중 모두가 텍스처의 평가 척도로 쓰이지는 않으며 3~5개 정도가 많이 쓰인다. 구하여진 각 값들을 패턴 분류를 위한 기준으로 직접 사용하지 않고 각 각도에 대한 특징량의 평균 혹은 최대, 최소값의 범위를 특징량으로 사용한다. 특징량을 이용한 패턴 분류법에는 여러가지 방법이 있으며 다음 장에서 벡터 거리를 이용한 패턴 분류법에 대하여 설명을 하겠다.

3. 타이어 접지 패턴의 분류

본절에서는 타이어 접지 패턴의 분류를 실시간으로 처리할 수 있는 새로운 알고리즘을 제안한다. 앞절에서 설명한 계조치 동시 발생 행렬을 2치화 영상에 대하여 구하고 구하여진 행렬에서 패턴의 방향 성분을 추출하였다. 또한 이를 패턴벡터로 삼음으로서 짧은 시간에 패턴 분류를 행할 수 있었다.

3.1 타이어 접지 패턴의 특징

타이어 접지 패턴은 주로 타이어와 노면과의 마찰 계수를 확보하고 제동 특성, 구동 특성, 코너링 특성등의 역학적 특성을 발휘하게 하기 위하여 마련된 것이다. [8] 그림3.1에 타이어 접지 패턴의 예를 보인다. 화상 처리의 관점에서 볼 때, 타이어 접지 패

턴은 텍스처의 한 부류로 볼 수 있으며 동일한 부패턴이 정렬되어 있으므로 결정적 텍스처라 볼 수 있다. 결정적 텍스처는 그 특성상 구조적 접근 방법으로 특징을 잘 추출할 수 있으나 실제에 있어서는 적용의 용이성 때문에 구조적 접근 방법보다는 통계적 접근 방법을 많이 사용하며 본 연구 역시 통계적 접근 방법에 기초하고 있다.

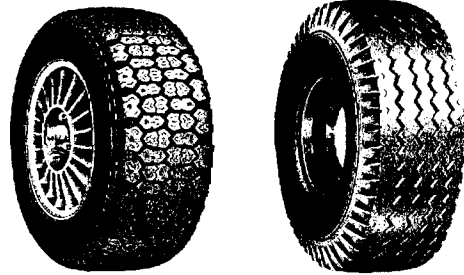


그림3.1 타이어 접지 패턴

3.2 화상의 전처리

타이어 접지 패턴의 분류를 위한 특징량 추출의 전단계로 전처리를 행한다. 전처리를 행하는 이유는 목적에 따라 여러가지가 있으나 본 실험에서의 전처리는 처리해야 할 데이터량을 줄이고 특징량 추출에 용이한 이치화 화상을 얻는데 그 목적이 있다.

3.2.1 서브 샘플(subsample)

처리해야 할 데이터량을 줄이기 위하여 서브 샘플(subsample)을 행한다. 서브 샘플은 그림3.2와 같은 3×3마스크로서 마스크를 취한 후 4화소당 한화소를 취하여 행하는 것으로 한다. [9]

1/16	1/8	1/16
1/8	1/4	1/8
1/16	1/8	1/16

그림3.2 저역 통과 필터에 상응하는 마스크

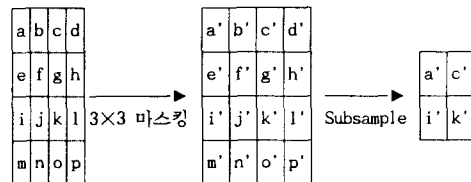


그림3.3 서브 샘플의 과정

3.2.2 외곽선(edge)검출 및 화상의 이치화(binanzation)

본 연구에서는 화상의 2진화 뿐만아니라 외곽선 검출도 동시에 병행하는 알고리즘을 제안하기로 한다. 알고리즘은 식(3-1)과 같다.

$$g(i, j) = \begin{cases} 1, & (g(i-1, j)+g(i+1, j)-2g(i, j) > T_1) \text{ or} \\ & (g(i, j-1)+g(i, j+1)-2g(i, j) > T_2) \text{ or} \\ & (g(i-1, j-1)+g(i+1, j+1)-2g(i, j) > T_3) \text{ or} \\ & (g(i+1, j-1)+g(i-1, j+1)-2g(i, j) > T_4) : \\ 0, & \text{otherwise} : \end{cases} \quad (3-1)$$

위 식(4.3-2)에서 T_1, T_2, T_3, T_4 는 각각 가로, 세로, 대각선 방향에 민감한 문턱치이며 본 실험에서는 모두 같은 값으로 하여 실험을 하였다.

3.2.3 2차화 화상에 대한 계조치 동시 발생 행렬 및 특징량 추출

계조치가 N_8 인 화상에 대해서 계조치 동시 발생 행렬을 구하면 $N_8 \times N_8$ 인 행렬이 구해짐을 앞에서 설명하였다. 따라서 이치화 화상 즉, 계조치가 2인 화상에 대해서 동시 발생 행렬을 구하면 2×2 의 행렬로 표시할 수 있다. 한편 앞장에서 설명한 d, θ 에 관한 $P(i, j)$ 는 d_1, d_2 에 관한 $P(i, j)$ 로 표시할 수 있다. 이에 의해 $d=(d_1, d_2)$ 의 종류만큼의 계조치 동시 발생 행렬을 구할 수 있다. (d, θ)와 (d_1, d_2)에 대한 관계를 그림3.4에 표시하였다.

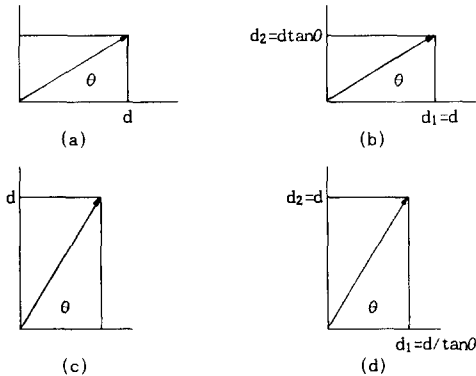


그림3.4 (d, θ)좌표를 (d_1, d_2)좌표로 좌표 변환

한편 d, θ 에 관한 $P(i, j)$ 를 d_1, d_2 의 함수로서 $P_{d_1, d_2}(i, j)$ 라 표시하기로 하자. 한 예로 그림3.5(a), 그림3.6(a)의 화상에 대한 $d=(1,0), d=(1,1), d=(0,1), d=(-1,1)$ 인경우의 P_{d_1, d_2} 를 그림 3.5(b), 3.6(b)~그림3.5(e), 3.6(e)에 나타낸다.

$d=(1,0), d=(1,1), d=(0,1), d=(-1,1)$ 인 경우 각각은 $0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ$ 의 방향에 대응하게 되며 계조치 동시 발생 행렬의 (2,2)요소 즉 $P_{d_1, d_2}(2,2)$ 는 각각 계조치가 1인 화상의 방향 성분을 나타내게 된다. 따라서 그림3.5(a)에 대한 패턴 벡터를 구하면 $P_1=(0, 6, 0, 6)$ 이 되고 이를 정규화 시키면 $P_1/|P_1|=(0, 0.707, 0, 0.707)$ 이 된다. 이렇게 구한 $P_1/|P_1|$ 를 각 화상에 대한 패턴 벡터라 하고 패턴 벡터의 요소는 화상이 포함하고 있는 각도 성분을 나타내게 된다. 이러한 성질을 이용하여 d 의 종류를 다양하게 줌으로서 그에 해당하는 각도의 성분을 추출할 수 있다. 본 연구에서는 d 의 종류를 12종류로 주었으며 이로부터 계조치 동시 발생 행렬을 구하고 계조치 동시 발생 행렬에서 구한 12개의 양을 패턴 벡터로 삼아 분류를 행할 수 있다. 타이어 접지 패턴의 경우, 전처리를 행한후 위와 같은 과정을 거치면 패턴의 분류에 사용할 수 있는 패턴 벡터를 구할 수 있으며 다음절에서 설명할 벡터 거리(vector distance)를 이용하여 패턴 분류를 할 수 있다.

본 보고서에서 사용한 각도 성분과 대응되는 $d=(d_1, d_2)$ 를 그림3-7에 표시 하였다.

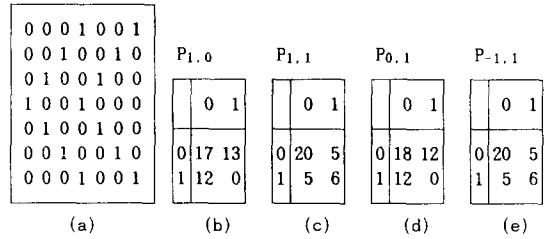


그림3.5 (a) 이치화 영상

(b)-(e) 계조치 동시 발생 행렬의 계산

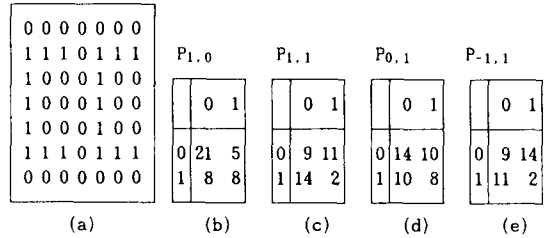


그림3.6 (a) 이치화 영상

(b)-(e) 계조치 동시 발생 행렬의 계산

Angle	d	Angle	d
0°	$d = (5, 0)$	90°	$d = (0, 5)$
14°	$d = (4, 1)$	104°	$d = (-1, 4)$
27°	$d = (4, 2)$	117°	$d = (-2, 4)$
45°	$d = (2, 2)$	135°	$d = (-2, 2)$
63°	$d = (2, 4)$	153°	$d = (-4, 2)$
76°	$d = (1, 4)$	166°	$d = (-4, 1)$

그림3.7 각도와 대응되는 거리

3.2.4 벡터 거리(vector distance)에 의한 텍스처분류

앞에서 설명한 바와 같이 다양한 d 에 대하여 계조치 동시 발생 행렬을 구할 수 있다. 또한 각각의 계조치 동시 발생 행렬에서 구한 12개의 양을 패턴 벡터로 삼아 벡터 거리에 의한 방법으로 분류를 행할 수 있다.

M 개의 패턴 부류를 생각해 보자. 또한 각각의 패턴 부류에 대하여 각각의 표준 패턴 벡터 (prototype pattern vector)가 Z_1, Z_2, \dots, Z_M 으로 주어진다고 하자. 임의의 벡터 X 와 i 번째 표준 패턴 벡터와의 유클리드 거리(euclidian distance)는 식(3-3)와 같이 주어지게 된다. [10]

$$D_i = \|X - Z_i\| = \sqrt{(X - Z_i)^T (X - Z_i)}$$

X : unknown pattern vector
 Z_1, Z_2, \dots, Z_M : prototype pattern vector
for M pattern class (3-3)

즉, 각 Z_i 에 대해 미지의 패턴 벡터 X 와의 거리를 구하고 식 (3-4)의 규칙을 이용하여 D_i 가 가장 작은 패턴 부류에 X 를 할당하는 것이다.

$$D = \text{Min}_{\text{all } i} \{D_i\}$$

(3-4)

4. 실험 결과

4.1 실험에 사용한 타이어 접지 패턴

앞에서 서술한 타이어 접지 패턴 분류 알고리즘을 이용하여 패턴 분류를 하는데 있어서 6종류의 접지 패턴에 대하여 실험을 행하였다. 사용한 패턴중 P1과 P6를 그림4.1, 4.2에 나타내었다.

4.2 화상의 전처리 결과

그림4.1, 4.2에 보인 화상에 대해서 전처리 과정을 거친 영상을 그림4.3, 4.4에 보인다.

4.3 벡터 거리를 이용한 타이어 접지 패턴의 분류

4.3.1 가우시안 노이즈(Gaussian noise)하에서의 분류

촬영되는 영상은 공기중의 먼지 혹은 카메라 렌즈 위에 부착된 먼지등에 의하여 영향을 받게된다. 이러한 영향을 영상에 분포되어 있는 가우시안 노이즈(Gaussian noise)라 가정하고 약 60dB의 가우시안 노이즈를 영상에 첨가해 보았다. 이들 영상으로부터 구한 패턴 벡터와 원 영상에서 구한 패턴 벡터를 그림4.5, 4.6에 그래프로 표시 하였다. 실선이 원 영상이고 점선이 노이즈 영상이다. 마지막으로 벡터 거리를 이용하여 패턴 분류를 행한 결과를 표4.1에 보인다. 동일한 패턴끼리 벡터 거리 값이 가장 작음을 볼 수 있다.

4.3.2 글자 노이즈(character noise)하에서의 분류

촬영되는 영상은 위에서 언급한 가우시안 노이즈뿐만 아니라 타이어의 생산 공정중 접지 패턴위에 글자등이 찍히게 된다. 따라서 접지 패턴위에 글자를 영상에 첨가해 보았다. 접지 패턴위에 글자를 첨가한 영상을 그림4.7, 4.8에 나타내었다. 이들 영상으로부터 구한 패턴 벡터와 원 영상에서 구한 패턴 벡터를 그림 4.9, 4.10에 그래프로 표시 하였다. 이러한 전처리 결과에 대하여 벡터 거리를 이용하여 패턴 분류를 행한 결과를 표4.2에 보인다. 표4.1에서의 결과와 마찬가지로 동일한 패턴끼리 벡터 거리 값이 가장 작음을 볼 수 있다.

4.3.3 복합 노이즈(complex noise)하에서의 분류

가우시안 노이즈와 글자 노이즈가 복합적으로 나타난 상황이다. 이들 행렬에서 구한 패턴 벡터와 원 영상에서 구한 패턴 벡터를 그림4.11, 4.12에 그래프로 표시 하였다. 이러한 전처리 결과에 대하여 벡터 거리를 이용하여 패턴 분류를 행한 결과를 표4.3에 보인다.



그림4.1 타이어 접지 패턴 P1

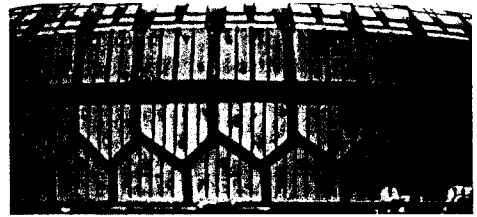


그림4.2 타이어 접지 패턴 P6

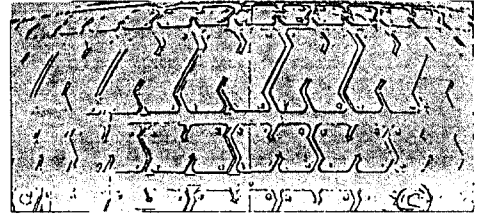


그림4.3 P1의 전처리 결과

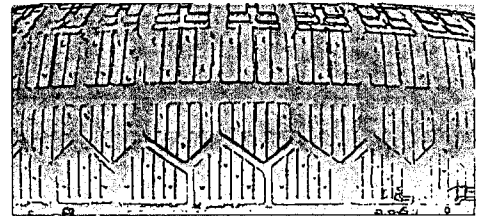


그림4.4 P6의 전처리 결과

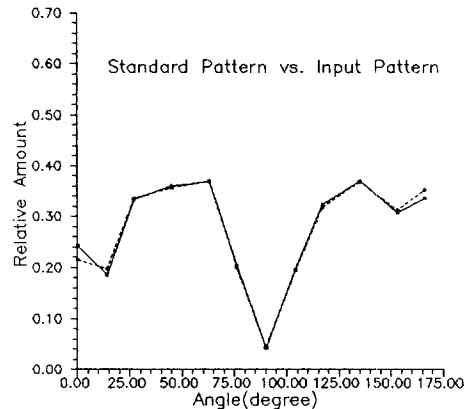


그림4.5 P1과 G1의 패턴 벡터

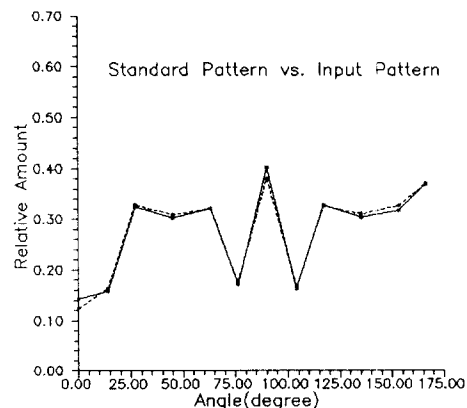


그림4.6 P6과 G6의 패턴 벡터

	P1	P2	P3	P4	P5	P6
G1	<u>0.03615</u>	0.11115	0.26093	0.12198	0.13438	0.38327
G2	0.14473	<u>0.02605</u>	0.19568	0.12172	0.08666	0.37420
G3	0.26956	0.19004	<u>0.02142</u>	0.21895	0.14537	0.38055
G4	0.13087	0.10085	0.22416	<u>0.02021</u>	0.11191	0.38877
G5	0.16743	0.09169	0.14524	0.13535	<u>0.02844</u>	0.39295
G6	0.37487	0.34813	0.35725	0.37514	0.36379	<u>0.03334</u>

표 4.1 패턴 P와 G의 벡터 거리

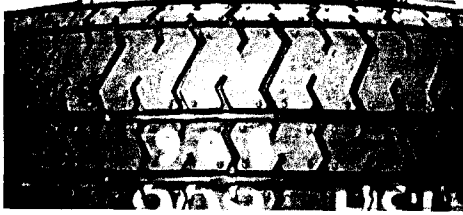


그림 4.7 타이어 접지 패턴 C1 - 문자 노이즈

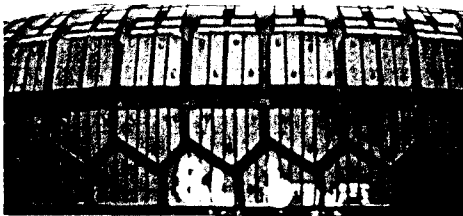


그림 4.8 타이어 접지 패턴 C6 - 문자 노이즈

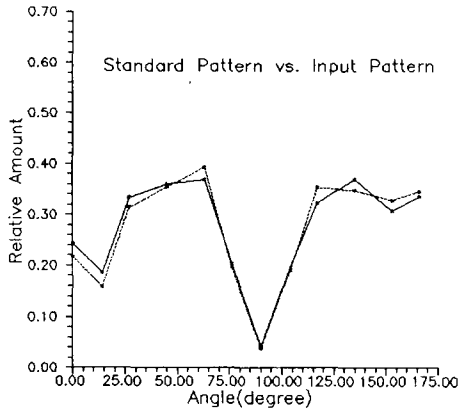


그림 4.9 P1과 C1의 패턴 벡터

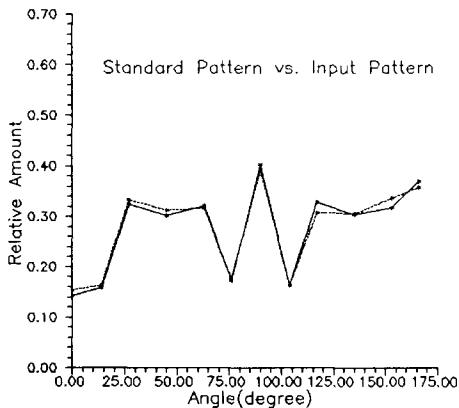


그림 4.10 P6과 C6의 패턴 벡터

	P1	P2	P3	P4	P5	P6
C1	<u>0.06749</u>	0.09793	0.26124	0.09013	0.12995	0.38745
C2	0.15026	<u>0.05382</u>	0.20159	0.13747	0.10732	0.37132
C3	0.28983	0.21055	<u>0.04214</u>	0.23526	0.17143	0.39207
C4	0.12360	0.13737	0.25235	<u>0.04421</u>	0.14185	0.39802
C5	0.14377	0.07485	0.16221	0.11198	<u>0.02851</u>	0.38511
C6	0.37841	0.36261	0.37397	0.38793	0.37676	<u>0.03757</u>

표 4.2 패턴 P와 C의 벡터 거리

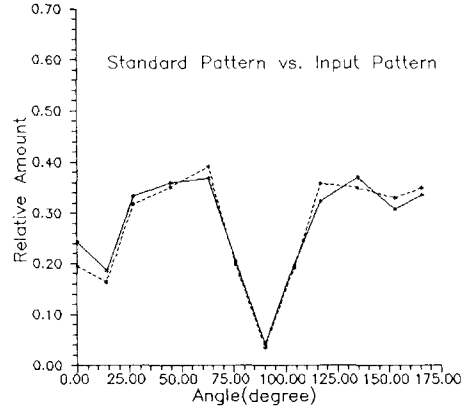


그림 4.11 P1과 C1의 패턴 벡터

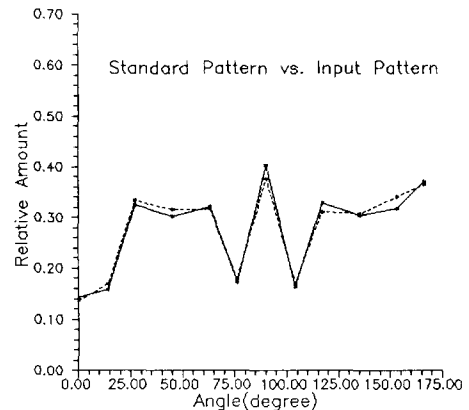


그림 4.12 P6과 C6의 패턴 벡터

	P1	P2	P3	P4	P5	P6
GC1	<u>0.07206</u>	0.08675	0.24488	0.08390	0.11347	0.38643
GC2	0.16107	<u>0.06086</u>	0.19037	0.14253	0.10113	0.37539
GC3	0.28507	0.20371	<u>0.03982</u>	0.23043	0.16451	0.39334
GC4	0.12713	0.12119	0.23482	<u>0.02628</u>	0.12449	0.39489
GC5	0.14592	0.07798	0.16236	0.11585	<u>0.03617</u>	0.38582
GC6	0.36744	0.34491	0.35376	0.37428	0.35963	<u>0.04600</u>

표 4.3 패턴 P와 GC의 벡터 거리

5. 결 론

본 연구에서는 타이어 생산 라인에서 타이어를 자동 인식 분류하기 위한 필수 단계인 타이어 접지 패턴의 인식을 위한 고속 알고리즘을 개발하였다. 새로운 알고리즘이 실제 생산 라인에서 잘 적용하는가를 보이기 위하여 여러 상황을 가정하여 실험을 하였으며 실험 결과에서 보인바와 같이 분류를 행함을 알 수 있었다.

실험을 통하여 본 연구에서 수행한 연구 결과에 대하여 다음과 같은 결론을 내릴 수 있다.

1) 동시 발생 행렬을 이치화 영상에 대하여 구하고 구한 행렬의 원소중 하나만을 취하여 특징량 벡터로 이용함으로써 계산시간을 단축시켰다.

2) 실제 상황에서 발생할 수 있는 노이즈보다 더 심한 노이즈를 첨가시켜 봄으로서 본 알고리즘에 대한 적응성을 확인하였다.

한편 앞으로의 연구 방향으로는 구조적 접근 방법을 기초로 하여 타이어 접지 패턴의 기본 요소를 직접 고속으로 추출하고 인식함으로써 더욱 안정되면서도 實時間 처리가 가능한 알고리즘의 개발이라고 하겠다.

참고 문헌

- [1] R.M.Haralick,K.Shanmugam,and I.Dinstein,"Textural features for image classification",IEEE Trans.Systems,Man, Cybernet.SMC-3,No.6,1973.p610-621
- [2] L. Van Gool,P.Dewaele,and A.Oosterlinck,"Texture Analysis Anno 1983",Comput.Graphics Image Process.29,1985, p336-357.
- [3] S.W.Zucker and D.Terzopoulos,"Finding structure in co-occurrence matrices for texture analysis" ,Comput.Graphics Image Process.12,1980,p286-308.
- [4] R.W.Conners and C.A.Harlow,"Toward a structural textural analyzer based on statistical methods",Comput.Graphic s Image Process.12,1980,p224-256.
- [5] R.W.Conners and C.A.Harlow,"A theoretical comparison of texture algorithms",IEEE Trans.PAMI-2,No.3,1980,p204-222.
- [6] L.S.Davis,S.A.Johns,and J.K.Aggarwal,"Texture analysis using generalized cooccurrence matrices",IEEE Trans.PAMI-1,No.3,1979,p251-259.
- [7] F.Tomita,Y,Shirai,and S.Tsuji,"Description of textures by a structural analysis",IEEE Trans.Pattern Anal.Mach.Inte-1 l.PAMI-4,No.2,1982,p183-191.
- [8] "타이어, 고무",1989,5-6,p2-11
- [9] Rafael C. Gonzalez,"Digital Image Processing",Addison-Wesley,1987,p170-173
- [10] Rafael C. Gonzalez,"Pattern Recognition Principle",Addison-Wesley,1974,p75-90

* 주 : 본 연구는 상공부 시행 '91 년 공업기반 기술 사업의 지원을 받아 시행되었음.