

---

# 차량의 윤곽선과 Chamfer Matching을 이용한 차량의 형태 분류

남진우\* · 프리마스투티 대위\* · 차의영\*

\*부산대학교

The Vehicle Classification Using Chamfer Matching and the Vehicle Contour

Jin-Woo Nam\* · Primastuti Dewi\* · Eui-Young Cha\*

\*Pusan National University

E-mail : junimnjw@pusan.ac.kr

## 요 약

본 논문에서는 Chamfer Matching을 이용하여 차량 영상의 형태를 대형, 중형, 소형으로 분류하는 방법을 제안하며, 다음과 같이 두 단계로 구성된다. 첫 번째, 템플릿 후보 영상에서 차량 윤곽선을 추출한 후, 윤곽선으로부터의 거리변환을 통해 에지 거리 템플릿을 생성한다. 두 번째, 입력 영상과 템플릿 간의 거리 값 차이가 최소인 템플릿의 형태로 차량 형태를 분류한다. 거리 값이란 입력 영상의 차량 윤곽선의 한 픽셀이 템플릿의 경계와 얼마나 떨어져 있는가를 나타낸 것이다. 실험 결과 제안된 방법은 실험 영상에 대해 80%의 만족할만한 성능을 나타내었다.

## ABSTRACT

In this paper, we propose a method to classify the types of vehicle as full, medium, or small size. The proposed method is composed of three steps. First, after obtaining vehicle contour from template candidate image, edge distance template is created by distance transform of the vehicle's contour. Second, the vehicle type of input image is classified as the type of template which has minimal edge distance with input image. The edge distance value means the measurement of distance between input image and template at each pixel which is part of vehicle contour. Experimental results demonstrate that our method presented a good performance of 80% about test images.

## 키워드

Vehicle Classification, Chamfer Matching, Distance Transform

## 1. 서 론

오늘날 차량과 관련된 범죄의 급격한 증가로 감시 카메라의 영상 분석을 통한 문제 해결의 중요성이 부각되고 있다. 현재 차량 영상에서의 번호판 인식에 관한 연구는 활발히 진행 중이나, 형태 분류에 관한 부분은 이에 미치지 못하고 있다.

영상에서의 패턴 분류 및 인식에 흔히 사용되는 정합 방법은 크게 세 가지로 나뉘어진다. 영상에서의 픽셀 값을 바로 사용하는 상관관계(Correlation)와 같은 기법, 영상에서의 Graph

Theoretic적인 특징들을 이용하는 방법, 마지막으로 에지와 같은 단순한 형태의 특징들을 사용하는 기법이 있다.

영상의 픽셀 값을 직접 사용하는 Correlation과 같은 방법은 조명 변화에 민감하다. 그러므로 같은 구조를 가진 영상이라도 다른 감도를 가지는 센서에 의해 촬영된 이미지에 대해 서로 정합되지 않는 결과를 나타내는 단점이 있다. Graph Theoretic적인 방법은 관심영역에 대한 정확한 검증이 선행되어야 하며 복잡한 알고리즘으로 인해 구현이 쉽지 않다는 단점이 있다.

따라서 본 논문에서는 차량 윤곽선에 기반을

문 영상간의 비교를 위해 에지 기반 정합에 널리 쓰이는 Chamfer Matching을 이용한 차량의 형태를 분류하는 시스템을 제안한다.

Chamfer Matching 방법은 두 입력 영상에서 검출된 에지간의 최소 에지 거리를 구함으로써 최상의 정합을 찾는 방법이다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 템플릿 생성 기법에 대해 기술하고, 3장에서는 입력 영상과 템플릿간의 비교 과정을 통한 차량 형태 분류 과정에 대해 기술한다. 4장에서는 실험결과를 설명하고 마지막으로 5장에서는 결론과 함께 차후 연구 방향에 대해 제시하겠다.

## II. 전체 시스템 구성

### 2.1. 시스템의 흐름도

본 논문에서 제안하는 차량 형태 분류를 위한 전체적인 시스템 흐름에 대해 그림 1에서 보여주고 있다. 먼저 배경영역이 제거된 입력 영상에서 전처리를 거쳐 차량의 윤곽선을 추출한다. 전처리에 대한 자세한 설명은 3.1에서 언급한다.

다음으로 RMSA(Root Mean Square Average)[1] 비교 기준치를 통해 검출된 차량 윤곽선과 템플릿간의 에지 거리 차를 구한다. 입력영상과 템플릿간의 에지 거리 차이를 구하는 방법에 대해서는 4장에서 설명한다. 이러한 비교 과정을 전체 템플릿에 대해 적용한 후, 최종적으로 입력 영상의 차량은 최소의 에지 거리 차이 값을 가지는 템플릿의 형태 정보로 분류한다.

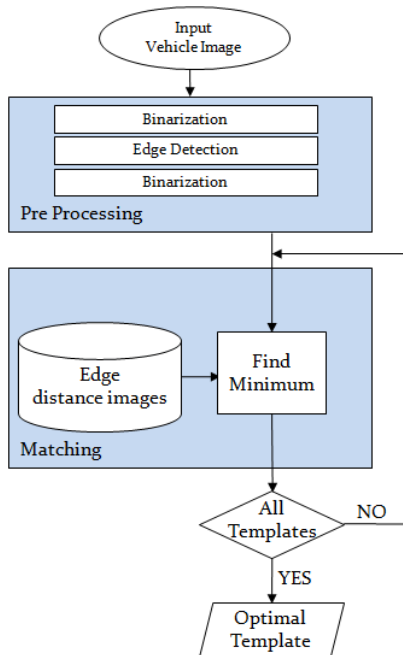


그림 1. 시스템 흐름도

### 2.2 형태 분류 방법 정의

차량에 대한 형태 분류는 그 기준과 목적에 따라 다양하게 나뉠 수 있다. 본 논문에서는 교통량 정보 제공 시스템(TMS)에서 제공하는 차종 분류표[5]를 참고하여 표 1과 같은 형태 분류법을 정의하였다.

표 1. 차종에 따른 형태 정의

형태	차종
대형	버스(25인승 이상), 트럭(15톤 이상)
중형	대형Van, 트럭(15톤이하), 봉고
소형	중소형Van, 세단, 소형기타

### 2.3 템플릿 구성

모든 경우의 수를 고려한 템플릿 구성은 비교 대상의 증가로 이어져 분류 시스템의 급격한 속도 저하를 불러온다. 따라서 본 논문에서는 템플릿 구성에 있어 각 형태별 차종에 대해 그림 2와 같이 0, ±30, ±60의 특정 방향에서 촬영한 영상을 템플릿 후보로 설정하였다.



그림 2. 방향별 템플릿 후보 영상

## III. 템플릿 생성 기법

### 3.1 차량의 윤곽선(contour) 검출

본 논문에서는 그림 2와 같이 배경이 제거된 템플릿 후보 영상에서의 차량 윤곽선 검출을 위해 다음과 같은 전처리 과정을 적용한다.

먼저 이진화를 통해 차량영역을 분할(segment)하고 sobel연산을 통해 에지를 검출한다. 검출된 에지는 이진화와 세션화(thinning)[2]과정을 통해 두께 1픽셀의 차량 윤곽선으로 나타난다. 그림 3에서는 배경으로부터 분할된 차량영역과 경계선 검출을 통한 얻어진 차량의 윤곽선을 나타낸다.



그림 3. 분할된 차량영역(좌)과 윤곽선 영상(우)

### 3.2 3-4 DT(Distance Transform)를 이용한 에지 거리 측정

일반적으로 유클리디안 거리 측정 방식은 정확도는 높은 반면 square 계산으로 인해 지나친 연

산 시간을 요구한다. 그리고 City-Block 거리 측정법[2]은 유클리디안 거리 측정법에 비해 빠르지만 정확도가 떨어지는 단점이 있다. 본 논문에서는 정확성과 속도 면에서 좋은 성능을 가진 3-4 DT(Distance Transform)[3, 4]를 사용하여 에지 거리를 측정한다.

아래의 그림 4와 같이 먼저 에지를 제외한 모든 픽셀은 무한대의 값으로, 에지 성분은 0으로 초기화 한 다음, 그림 5와 같은 거리 변환 알고리즘을 통해 각 픽셀 값의 변화가 없을 때까지 반복하여 에지 거리를 측정한다.

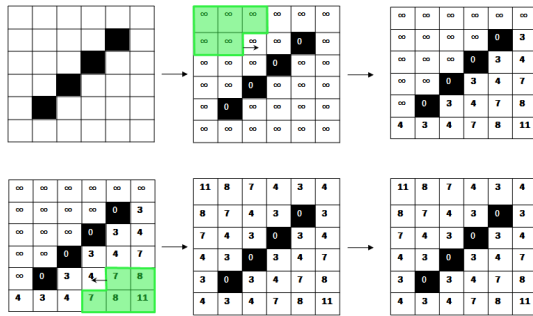


그림 4. 거리 전파 과정

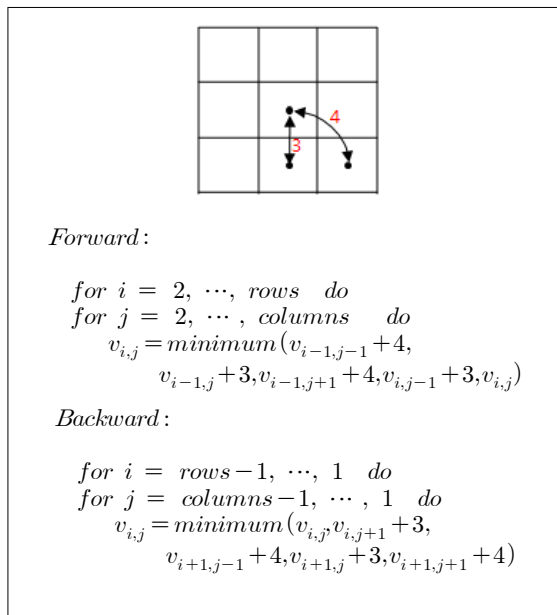


그림 5. 3-4 거리 변환 알고리즘

### 3.3 양자화를 통한 에지 거리 영상 생성

영상에서 차량의 윤곽선으로부터 최대 에지 거리를  $v_{max}$  라고 할 때 각 픽셀의 에지 거리  $v_{i,j}$ 는 식(1)을 통해 그레이 레벨로 양자화 된 값  $I_{i,j}$ 로 변환한다. 그림 6은 이러한 과정을 거쳐 생성된 에지 거리 영상이다.

$$I_{i,j} = \frac{v_{i,j}}{v_{max}} \times 255 \quad (1)$$



그림 6. 에지 거리 영상

## IV. 정합 알고리즘

본 논문에서는 템플릿과 입력 영상 간의 비교를 위한 비교 기준치로 RMSA(Root Mean Square Average)[1]를 사용한다. 이러한 RMSA는 식(2)와 같이 표현된다. 만약 입력 영상이 템플릿과 완벽한 정합을 이룰 경우 두 영상간의 에지 거리 차의 평균  $D_{avg}$ 는 0이 된다.

$$D_{avg} = \sqrt{\frac{1}{n \times m} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m I_{i,j}^2} \quad (2)$$

식(1)에서의  $n$ 과  $m$ 은 각각 템플릿 영상에서의 가로와 세로 총 픽셀수를 의미한다. 입력된 차량 영상은 전체 템플릿들과 비교를 통해 평균 에지 거리 차  $D_{avg}$ 의 최소값을 찾고 이에 대응하는 템플릿의 차량 형태정보로 분류한다.

## V. 실험 결과

실험에서는 번호판 인식이 비교적 어려운 차량의 측면 영상을 대상으로 하였다. 영상의 촬영은 감시카메라 기반의 특성을 고려하여 수평 위치와 지면의 각도를 30도로 유지한 상태에서 이루어졌다. 이후 촬영한 영상에 대해서 배경영역을 제거하고 325×100의 크기로 정규화 하였다.

본 논문에서 제안한 방법을 통한 실험 영상의 분류 결과를 표 2에서 보여주고 있다. 실험에는 Pentium 4(2.67Hz, 4G RAM)를 사용하였다.

표 2. 제안된 방법의 차량 분류 결과

템플릿 수(개)	형 태	분류 성공률(%)	걸린시간 (sec/장)
700	대형	83.3 (60/72)	0.584
	중형	73.33 (132/180)	0.550
	소형	83.04 (284/342)	0.551
522	대형	80.56 (58/72)	0.423
	중형	70.00 (126/180)	0.412
	소형	79.53 (272/342)	0.411
300	대형	80.56 (58/72)	0.284

	중형	65.56 (118/180)	0.279
	소형	77.78 (266/342)	0.279
100	대형	80.56 (58/72)	0.098
	중형	66.67 (120/180)	0.090
	소형	67.25 (230/342)	0.090

실험 결과에서, 템플릿의 수가 감소함에 따라 수행 속도는 빨라지는 반면 분류 성공률은 낮아지는 결과를 보였다. 대형차량의 분류에서는 템플릿의 수와 무관하게 양호한 결과를 나타내었지만 중 소형 차량에 대해서는 템플릿의 수가 감소할수록 낮은 성공률을 보였다.

다음 그림 7은 실패 분류의 대표적인 예이다. 입력된 소형(세단)차에 대한 최소 에지 거리 차이 값을 찾은 결과가 중형(스타렉스)형태의 템플릿으로 나타난 경우이다.



그림 7. 입력 영상(좌)과 템플릿의 원본 영상(우)

이외에도 트럭을 제외한 스타렉스와 같은 중형 차량은 윤곽선의 모양이 대형의 템플릿으로 구성되어있는 미니버스(Mini Bus)와 유사해 제대로 분류되지 못하는 경우가 발생했다. 소형 차량의 경우에는 독특한 모형(외제차)의 차량과 측면 영상의 각도가  $\pm 60$ 에 가까워질수록 중형 형태로 판단하는 빈도가 높았다. 이러한 가운데 템플릿의 수가 감소함에도 대형 차량에 대한 분류 성공률은 비교적 높았다. 결과를 통해 비추어 볼 때, 대형 차량에 대한 분류 성공률은 차량 윤곽선의 모양이 중 소형과 명확히 구분되어 비교적 높는데 반해 소 중형은 그 차이가 명확하지 않아 오판될 가능성이 높다.

이러한 유추에 비추어 볼 때 시스템의 분류 성능을 향상시키기 위해서는 소 중형의 형태 템플릿의 밀도를 높이는 방법과 함께 전체 템플릿 구성에 대한 체계적인 정의가 필요하다.

## VI. 결 론

본 논문에서는 에지 기반의 정합에 널리 쓰이는 chamfer matching을 이용하여 차량영상에 대한 형태 분류 기법을 제안하였다.

제안된 방법을 통해 700개의 템플릿을 기준으로 총 540장의 차량 영상 가운데 80%에 해당하는 476장에 대해 형태분류가 성공하였다.

실험 결과, 제안된 방법은 대형 차종의 형태 분류에서 높은 성공률을 보인 반면 소 중형에 대

해서는 다소 낮은 성공률을 보였다.

향후 연구에서는 다양한 차종에 대한 보다 효율적인 템플릿 체계를 정의할 것이며, 계층적인 Chamfer Matching(Hierarchical Chamfer Matching)의 적용을 통한 보다 빠른 시스템 구현에 대해 다룰 것이다.

## 참고문헌

- [1] G. Borgefors, "An improved version of the chamfer matching algorithm," in 7th Int. Conf. Pattern Recognition, Montreal, P.Q., Canada, 1984, pp. 1175-1177
- [2] TY Zhang, CY Suen, "A fast thinning algorithm for thinning digital patterns" Communications of ACM, vol. 27, 1984, pp. 236-239
- [3] G. Borgefors, "Distance transformations in arbitrary dimensions," Comput. Vision, Graphics, Image Processing, vol. 27, 1984, pp. 321-345
- [4] G. Borgefors, "Distance transformations in digital images," Comput. Vision, Graphics, Image Processing, vol. 34, 1986, pp. 344-371
- [5] <http://www.road.re.kr/intro>, accessed on April 26<sup>th</sup> 2010