

영역 정보를 이용한 교통 혼잡도 측정 시스템의 설계 및 구현

최병걸, 안철응, 김승호
경북대학교 컴퓨터공학과

Design and Implementation of the System for Measuring Congestion of Road using Region Information

Byung-Geol Choi, Cheol-Woong Ahn, Sung-Ho Kim
Department of Computer Engineering, Kyungpook National University

요 약

본 논문에서는 차량 영역 정보를 이용한 교통 혼잡도 측정 시스템을 설계하고 구현한다. 제시한 교통 혼잡도 측정 시스템은 첫째 영역 분할, 둘째 작은 영역의 제거와 영역의 직사각형화, 셋째 영역의 병합 및 삭제의 세 단계로 나눌 수 있다. 영역 분할 단계에서는 획득한 도로 영상을 주어진 임계치에 의해 영역으로 분할한다. 영역 분할후의 영역 정보 중 차량 영역을 추출하는데 영향을 미치지 않는 작은 영역들을 제거하고 영역을 직사각형화하는 단계를 거친다. 이 단계에서 필요없는 많은 작은 영역 정보들을 제거한다. 마지막으로 차선 밀로 영역을 병합, 삭제함으로써 각 차선 마다 차량 영역 정보를 추출할 수 있다. 본 논문에서는 이러한 차량 영역 정보를 추출하는 방법을 제시하며, 또한 이를 이용한 효과적인 교통 혼잡도 측정 시스템을 소개하고 평가한다.

1. 서 론

최근의 도로 상황을 살펴보면 급격한 운행 차량 수의 증가로 정체 현상이 자주 나타남을 볼 수 있다. 따라서 교통 과밀 지역의 교통 흐름을 원활하게 하기 위하여 교통 혼잡도를 지동으로 측정하여 차량들을 분산시키는 등 교통 상황 조사와 같은 업무를 자동화하는 교통 관련 시스템의 개발이 연구되고 있으며[1-5], 이러한 연구는 주로 영상 처리 기법을 기반으로 하고 있다.

영상 처리 기법을 사용하여 교통 혼잡도를 측정하는 기존의 방식들은 다음과 같다. 첫째, 전병태 등은 특정한 도로 구간에서 일정한 시간동안 이동한 차량을 촬영하여 계수하는 영상 처리 시스템을 구현하였다[1]. 둘째, hoose와 Willumsen은 획득한 영상과 배경과의 차이(difference)를 이용하여 차량을 검출하고 도로 상의 수평 선분을 통과하는 차량의 수를 자동으로 계수하는 방법을 제안하였다[2]. 셋째, Naomichi는 도로 영상에서 움직이는 차량에 대한 정보를 분리하는 방식을 사용하였다[3]. 마지막으로, 이광호 등은 획득한 배경 영상과의 차를 구하여 얻어지는 이전 영상의 결과를 사용하는 방식을 제안하였다[4].

위에서 기술한 방법들은 대부분 배경 영상과의 차이를 이용하여 혼잡도를 측정한다. 이러한 방식은 도로 상황에 민감하게 반응하므로 도로의 상황이 바뀌게 되면 다른 배경 영상을 준비해야 한다는 문제점이 있다. 따라서 본 논문에서는 위의 문제점을 해결하고자 배경 영상 없이 도로 영상 자체에서 추출한 차량 영역(region) 정보를 이용하여 도로 혼잡도를 측정하는 방법을 제시한다.

본 논문에서는 도로 영상을 영역 분할(segmentation), 작은 영역의 제거(small region elimination) 및 영역의 직사각형화(re-

gion rectangularity), 영역의 병합(region merge)과 삭제의 단계를 거치 영역 정보를 추출하고, 이러한 영역 정보를 이용하여 교통 혼잡도를 측정하는 방법을 제시한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 2장에서는 전처리 과정에 대해서, 3장에서는 영역 분할과 삭제에 대해 기술한다. 4장에서는 교통 혼잡도를 측정하는 시스템의 실현 결과와 성능을 분석한다. 마지막으로 5장에서 본 논문의 연구결과를 요약하고 문제점을 검토한다.

2. 전처리 과정

이 장에서는 영역 분할을 하기 위한 전 처리 과정으로 먼저 도로 이미지의 배경 부분을 제거하고 도로 영상을 영역 군할한다. 그 다음으로 차량 영역에 영향을 미치지 않는 작은 영역을 제거와 영역의 직사각형화를 통해 영역 분할의 효율성을 높이도록 한다.

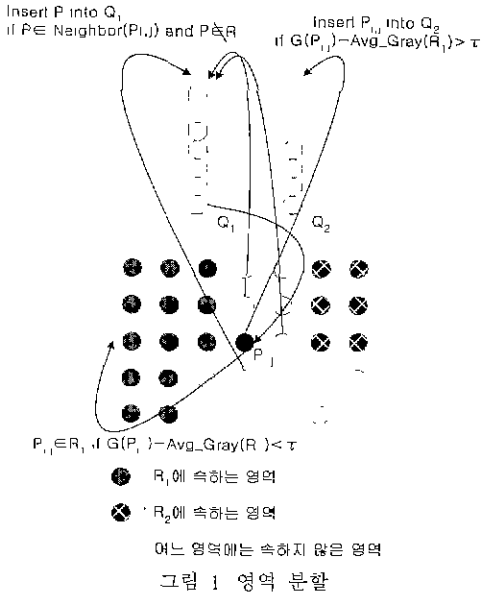
2.1. 영역 분할

영역 분할을 하기 전에 먼저 도로 영상에서 배경 부분을 0의 화소치로 채움으로써 배경 부분은 한 영역이 되게 한다. 영역 분할은 임의의 한 화소를 선택하고 이 화소를 한 영역의 시작점으로 택한다. 그리고 시작 화소의 주변 네 개 화소를 차례대로 스케닝하면서 영역의 평균 화소치와 선택된 화소의 화소치 차가 임계치보다 적으면 현재 영역에 포함시키고, 그렇지 않으면 다른 영역에 포함된다. 화소가 한 영역에 포함되는 기준은 다음의 식에 의해 결정된다.

$$P_{i,j} \in R, \text{ if } G(P_{i,j}) - \text{Avg_Gray}(R_i) < \tau, \quad (1)$$

(1)의 수식에서 $P_{i,j}$ 는 (i, j) 좌표에 위치한 화소를, R_i 는 i

번째의 영역을, $G(i,j)$ 는 (i, j) 좌표에 위치한 화소의 화소치를, $Avg_Gray(R_i)$ 는 i 번째 영역의 평균 화소치를, τ_s 는 임계치를 가르친다. 영역 분할하는 방법을 그림으로 나타내면 아래와 같다.



흑백 영상에서 도로의 화소치와 차량의 화소치가 비슷한 값을 가지는 것이 대부분이므로 영역 분할 시에 적은 임계치로 설정해야 한다.

2.2. 작은 영역의 제거와 영역의 직사각형화

영역 분할의 결과로 나온 영역 정보는 차량 영역 정보 이외에 많은 영역 정보들을 포함하고 있다. 따라서 작은 영역의 제거 단계에서는 차량 이외의 작은 영역 정보들을 제거함으로써 차량 영역 정보를 효율적으로 추출하도록 한다. 다음 식 (2)에 의해서 제거할 영역을 판단한다.

$$merge(R_i, Adj(R_i)) \text{ if } w \times Size(R_i) < \tau_{sr} \quad (2)$$

식 (2)에서 $Adj(R_i)$ 는 영역 R_i 의 인접한 영역을, w 는 도로 영상에서 원근에 따른 가중치를, $Size(R_i)$ 는 영역 R_i 의 크기를, τ_{sr} 는 제거하고자 하는 영역 크기의 임계치를, $merge(R_i, R_j)$ 는 영역 R_i 와 R_j 를 병합한다는 것을 나타낸다.

다음으로 작은 영역의 제거를 거쳐 나온 영역들을 직사각형화한다. 영역의 직사각형화는 임의의 영역에서 x 축으로 가장 작은 값과 큰 값을, y 축으로 가장 작은 값과 큰 값을 각각 취해서 그 영역을 직사각형화한다. 영역을 직사각형화하는 이유는 다음과 같다. 첫째, 포함관계에 있는 두 영역이 있을 경우 영역을 직사각형화함으로써 포함되어지는 영역을 자동적으로 제거한다. 둘째, 임의의 차량이 영역 분할될 때 그 차량 부분이 도로 영역의 화소치와 비슷하며 두 개의 영역으로 나뉘는 경우가 많다. 이러한 경우 두 영역은 서로 떨어져 있어 영역 병합이 불가능하다. 그러나 영역을 직사각형화하면 두 개의 영역이 인접하게 되거나 일부 영역은 하나의 영역에 포함되므로 두 영역은 영역 병합의 대상이 된다.

작은 영역의 제거와 영역의 직사각형화의 단계를 거쳐서 나온 영역을 어떻게 병합하고 삭제할 것인지에 대해서는 영역 병합과 삭제의 단계에서 설명한다.

3. 영역 병합과 삭제

차량 영역 정보를 추출하기 위한 마지막 단계로써 하나의 차량 영역이 여러 개의 영역으로 나뉘어져 있을 경우 이러한 영역을 하나의 영역으로 병합, 삭제하는 단계이다.

3.1. 영역 병합의 삭제

작은 영역의 제거와 영역의 직사각형화 단계를 거친 하나의 차량은 하나의 영역을 가지는 경우도 있지만 그렇지 않은 경우도 많다. 이러한 영역들을 영역 병합, 삭제 단계에서 처리한다. 먼저 하나의 차량이 두 영역으로 나뉘어져 있으며 두 영역이 붙어 있는 경우 영역을 병합하는 기준은 아래의 식과 같다.

$$merge(R_i, R_j) \text{ if } \begin{cases} Size(R_i), Size(R_j) < \tau_{size} \\ Dist(C_{R_i}, C_{R_j}) < \tau_{dist} \\ L_{R_i} = L_{R_j} \\ Adj(R_i, R_j) = TRUE \end{cases} \quad (3)$$

식 (3)에서 C_{R_i} , C_{R_j} 는 각각 영역 R_i , R_j 의 중심점을, $Dist(C_{R_i}, C_{R_j})$ 는 두 영역 중심점의 거리를 나타낸다. 또한 L_{R_i} , L_{R_j} 는 영역 R_i , R_j 의 중심점이 몇 차선인지를 나타낸다. 식 (3)의 조건을 만족하면 두 영역 R_i, R_j 를 병합한다.

다음, 하나의 차량이 두 영역으로 나뉘어져 있으나 두 영역이 떨어져 있는 경우에 두 영역을 하나의 영역으로 만드는 기준은 식 (3)에서 인접 영역인지를 판단하는 부분을 삭제한 것과 같다. 그림 5는 영역 병합과 삭제의 한 예이다.



그림 2. 영역 병합, 삭제 전과 후

그림 2에서 보는 것과 같이 영역이 인접해 있는 경우는 병합을, 떨어져 있는 경우는 두 영역중 작은 영역을 삭제한다. 본 논문에서는 위의 두 경우를 모두 고려하여 얻어진 영역의 수를 차량의 수로 판단한다.

4. 실험 결과

이 장에서는 앞에서 기술한 내용을 바탕으로 실험한 결과를 보여주고 그 결과를 분석하여 도로 영상에서 교통 혼잡도를 구하게 된다.

4.1. 실험 결과와 분석

본 실험에서는 캠코더로 촬영된 도로 영상을 실험 대상 자

료로 사용하였으며, 펜티엄 프로 200(Pentium pro-200) 개인용 컴퓨터에서 Win NT 환경하에 Visual C++로 구현하였다. 실험 대상 자료로 사용한 영상은 256×256 크기의 256 단계 농도치를 가진 도로 영상을 사용하였다

실험 과정에서 나온 결과는 다음 그림과 같다.

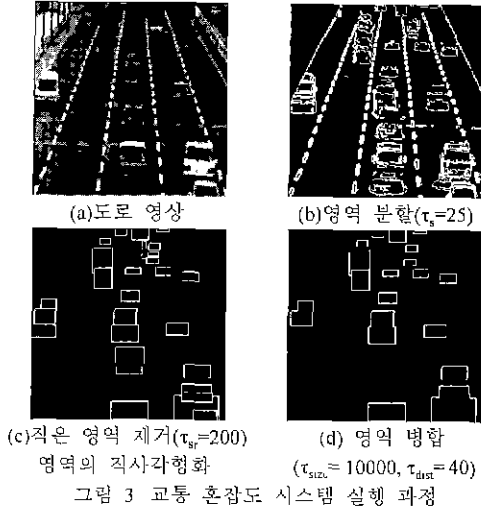


그림 3 교통 혼잡도 시스템 실행 과정

그림 3의 (a)에서 차량의 수는 대략 17대를 나타내며, (d)에서 보는 것과 같이 영역 병합의 결과로 나온 영역의 수는 18개로 거의 차량의 수와 일치한다.

그림 4와 표 1에서 몇 개의 도로 영상에 대한 본 논문에서 제시한 시스템의 결과, 실제 차량 수와 추출된 영역의 수의 비교, 혼잡한 정도를 보인다

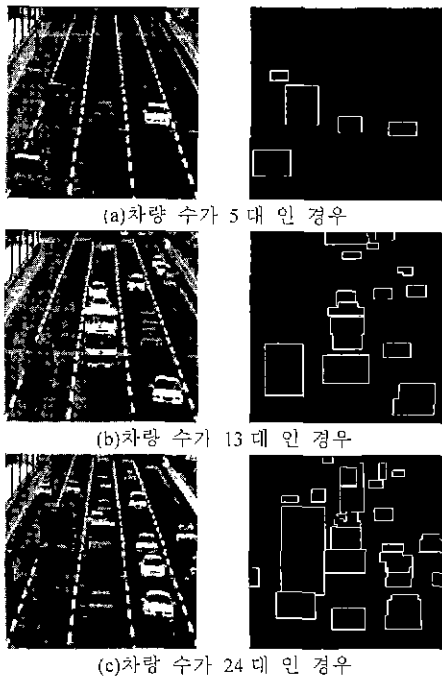


그림 4 실험 결과($\tau_s=25, \tau_{size}=10000, \tau_{dist}=40$)

그림 4에서 보여준 결과를 표로 요약하면 아래와 같다

표 1 교통 혼잡도

	차량 수	영역 수	정확도	혼잡도
(a)	5	5	100%	한산
(b)	13	14	92.8%	보통
(c)	23	24	95.3%	혼잡

표 1에서 보는 것과 같이 본 논문에서 제시한 교통 혼잡도 측정 시스템은 차량 대수와 거의 일치한 차량 영역의 수를 추출하였다. 다른 도로 영상에서도 거의 90%에 가까운 정확도를 나타내었다.

5. 결론

본 논문에서는 도로 영상에서 차량 영역 정보를 이용한 교통 혼잡도 측정 시스템을 설계하고 구현하였다. 개발된 교통 혼잡도 측정 시스템은 크게 영역 분할, 작은 영역의 제거와 영역의 직사각형화, 영역 병합 및 삭제의 세 단계로 이루어져 있다.

배경 영상을 이용하는 기존의 방법들은 도로 상황에 따라 많은 배경 영상의 준비가 필요하다는 문제점이 있다. 본 논문에서 제시한 교통 혼잡도 측정 시스템은 배경 영상을 사용하지 않음, 또한 차량의 수와 추출된 영역의 수가 거의 일치하므로 효율적으로 도로 혼잡도를 측정할 수 있다는 장점이 있다. 그러나 추출되는 차량 영역 정보는 영역 분할의 결과에 의해 크게 좌우된다. 즉 영역 분할의 결과 좋지 않으면 차량 영역 정보가 정확하게 추출되지 않는 문제점이 있다

참고 문헌

- [1] 전병태, 소정, "제한된 영역을 이용한 효율적인 차량 계수" 정보과학회 논문지(B), 제 23권, 6호, pp 611 - 623, 1996
- [2] N Hoose and L G Willumsen "Automatically extracting traffic and from video-tape using the CLIP4 parallel image processor" Pattern Recognition Letters, pp 199 - 213, 1987
- [3] Y Yagi, N Mine, and M Yachida, "Finding and Tracking moving objects from image sequences," Proceeding of First Korea-Japan Joint Conference on Computer Vision pp. 192 - 198, 1991
- [4] 이광호, 정순기, 김주환, 원영연 "컴퓨터 비전을 이용한 혼잡도 측정 시스템," 정보과학회지, 제 11권 4호, pp 36 - 24, 1993
- [5] 정태성, 야간 도로 영상을 이용한 교통 혼잡도 측정 시스템의 설계 및 구현, 석사학위논문, 경북대학교 대학원 1996
- [6] W K Pratt, *Digital Image Processing Second Edition*, John Willy & Sons 1991
- [7] A. K. Jain, *Fundamentals of Digital Image Processing*, Prentice Hall, 1989