

DCT를 이용한 교통 혼잡도 측정 시스템의 설계 및 구현

정성일, 안철용, 김승호
경북대학교 컴퓨터공학과

Design and implementation of the system
for measuring congestion of road using DCT

Seong-Ji Cheong, Cheol-Woong Ahn, Sung-Ho Kim
Department of Computer Engineering, Kyungpook National University

요 약

최근 차량 수의 급격한 증가로 인하여 도로에서 운행되고 있는 차량의 수는 도로가 수용할 수 있는 한계치를 넘어서고 있어 교통 과밀 지역의 교통 흐름을 분산시키기 위한 많은 방법들이 제시되었다. 그러나, 현재까지의 연구들은 교통 혼잡도를 측정하기 위해 배경 영상을 사용해야 한다는 단점을 가지고 있다 따라서, 본 논문에서는 배경 영상을 사용하지 않고 교통 혼잡도를 측정하는 시스템을 설계하고 구현한다. 본 논문에서는 차량의 에지 정보를 얻기 위해 도로 영상에 DCT를 수행하고 그 결과를 이용하여 교통 혼잡도를 측정하는 방법을 제시한다.

1 서론

최근 차량 수의 급격한 증가로 인하여 도로에서 운행되고 있는 차량의 수는 도로가 수용할 수 있는 한계치를 넘어서고 있다 따라서, 교통 과밀 지역의 차량들을 분산, 통제하는 교통 관련 시스템의 개발이 필요하며 영상 처리 기법을 사용하는 교통 혼잡도 측정 시스템은 기계식에 비해 설치와 관리면에서 편리성이 우수하므로 최근 들어 활발히 연구되고 있다 [1-5].

도로 동영상에서 차량 정보들을 추출하여 교통 혼잡도를 측정하는 기존의 방식들은 여러 가지가 있다. 첫째, Hoose와 Willumsen은 획득한 영상과 배경과의 차(difference)를 이용하여 차량을 검출하고 도로 상의 수평 선분을 통과하는 차량의 수를 자동으로 계수(counting)하는 방법을 제안하였다[1]. 둘째, 건명태 등은 특정한 도로 구간에서 일정한 시간동안 이동한 차량을 촬영하여 계수하는 영상 처리 시스템을 구현하였다[2]. 셋째 Naomichi는 도로 영상에서 움직이는 차량에 대한 정보를 분리하는 방식을 사용하였다[3]. 마지막으로, 이광호 등은 획득한 영상과 배경 영상과의 차를 구하여 얻어지는 이진 영상의 결과를 사용하는 방식을 제안하였다[4].

위에서 기술한 것처럼 현재까지 행해진 연구의 대부분은 배경 영상과의 차이를 이용하여 혼잡도를 측정하는 방식을 사용하고 있다 이러한 방식들은 도로의 상황이 바뀌게 되면 다른 배경 영상을 준비해야 한다는 문제점이 있다. 그러나, 본 논문에서는 배경 영상을 사용하지 않음으로서 많은 배경 영상을 준비하지 않고도 교통 혼잡도를 측정할 수 있는 방법을 제시한다. 본 논문에서 제시하는 방식은 차량의 에지(edge) 정보를 이용하는 것으로서 에지 정보를 추출해 내기 위하여 DCT(Discrete Cosine Transform)를 사용한다 영상에 DCT를 수행하면 도로 영상이 주파수 영역으로 변환되는데 변환된 주파수 영역 중 고주파 성분은 차량의 에지에 민감하게 반응하여 높은 값을 가지게 된다 본 논문에서는 이와 같은 고주파 성분의 값을 분석하여 혼잡도를 측정한다

본 논문에서 제안하는 도로 동영상의 혼잡도 측정 과정은 다음과 같다. 첫째, 획득한 도로 영상내의 잡음(noise)을 없애기 위해 중간치 필터(median filter)를 사용하여 필터링시킨다. 둘째, 여파된 영상에 DCT를 사용하여 유클리드 공간상에 존재하는 정보들을 주파수 영역상으로 변환시킨다. 셋째, 2차원 공간상에 존재하는 주파수들을 지그재그 스캐닝(zigzag scanning) 기법을 사용하여 1차원 공간상에 크기순으로 정렬시킨다. 넷째, 1차원 공간상에 정렬된 주파수 중 고주파 성분들을 추출하여 표준편차를 구한다. 마지막으로, 계산되어진 표준편차를 이용하여 적절한 기준치에 따라 혼잡도를 분류한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 2장에서는 영상 처리와 관련된 기본적인 개념들에 대해 설명한다. 그리고, 3장에서는 교통 혼잡도를 측정하는 시스템을 구현하고 시스템의 수행 시간과 성능을 분석한다. 마지막으로 4장에서는 본 논문의 연구결과를 요약하고 문제점을 검토한다.

2. 기본 개념

이 장에서는 영상 처리 기법 중 본 논문에서 사용하는 중간치 필터링, 지그재그 스캐닝 및 DCT에 대해서 설명한다.

2.1 중간치 필터링

일반적으로 도로 영상은 많은 잡음을 가지고 있으며 영상의 특성상 같은 도로면이라 할지라도 같은 화소치(intensity of pixel)를 가지지 않게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 잡음 제거 기법이 필요하다. 현재까지 연구되어 있는 대표적인 필터는 평균치 필터(mean filter)와 중간치 필터가 있다. 평균치 필터에 비해 중간치 필터의 가장 큰 장점은 더 많은 에지 부분의 정보를 유지할 수 있다는 것이다. 본 논문은 차량의 에지 부분의 정보를 이용해서 혼잡도를 측정하고자 하는 것이므로 에지에 대한 정보를 손실하지 않아야 한다. 따라서 본 논문에서는 평균치 필터에 비해 에지 정보의 손실이 적은 중간치 필터를 사용한다.

중간치 필터링은 영상 내에서 한 화소씩 윈도우를 움직이면서 윈도우내의 화소치들을 그 값이 증가하는 순으로 정렬함으로써 수행되며 정렬한 값들 중 중간값이 출력 영상에 기록된다. 이러한 중간치 필터링의 기본적인 기능은 윈도우 내에서 이웃하는 화소치보다 아주 큰 차이가 있는 화소 즉, 영상 내에 한 개씩 존재하는 흰집과 같은 잡음을 제거하는 것이다. 그림 1은 획득한 도로 영상과 중간치 필터링을 수행한 결과 영상을 보여주고 있다.

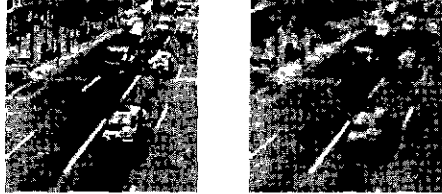


그림 1 도로 영상과 중간치 필터링을 수행한 영상

2.2 지그재그 스캐닝

본 논문에서 사용한 도로 영상은 2차원 상에 존재하는 신호 정보로서 이 신호 정보에 DCT를 수행하면 2차원 상의 주파수 정보로 변환된다. 그러나, 본 논문에서는 2차원 상의 주파수 정보 중에서 고주파 부분만을 추출해야 하므로 1차원 상의 정보로 바꾸어주어야 한다. 2차원 상의 정보를 1차원 상의 정보로 바꾸어주는 스캐닝 기법 중 현재 가장 보편적으로 쓰이는 기법이 지그재그 스캐닝 기법이다. 이 기법은 직관적으로 주파수들을 오름차순과 근접하게 정렬할 수 있는 방법이다.

그림 2은 8x8 블록에서의 지그재그 스캐닝 기법을 보여주고 있고 그림 3은 2-D 상의 주파수들을 256x256 지그재그 스캐닝을 수행한 후에 1-D 상에 정렬된 모습을 보여 주고 있다.

0	1	5	6	14	15	27	28
2	4	7	13	16	26	29	42
3	8	12	17	25	30	11	43
9	11	18	21	31	40	44	53
10	19	23	32	39	45	52	54
20	22	33	78	46	51	55	60
21	34	37	47	50	56	59	64
25	36	48	49	27	58	62	63

그림 2 지그재그 스캐닝 과정

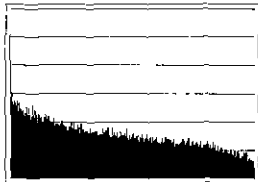


그림 3 지그재그 스캐닝 후 정렬된 주파수 성분

2.3 DCT

상의 1 NxN 개의 입력 신호 {U(m,n), 0 ≤ m,n ≤ N-1} 에 대해서 2-D forward DCT V(k,l)는 다음과 같이 정의한다

$$I(k,l) = \frac{1}{N} C(k)C(l) \sum_{m=0}^{N-1} \sum_{n=0}^{N-1} U(m,n) \cos\left[\frac{\pi(2m+1)k}{2N}\right] \cos\left[\frac{\pi(2n+1)l}{2N}\right] \quad (1)$$

$0 \leq k, l \leq N-1$

$$C(\gamma) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}}, & \gamma = 0 \\ 1, & \gamma > 0 \end{cases}$$

그림 4 (a)의 도로 영상을 2-D DCT를 사용하여 영상 변환을 수행한 결과는 그림 4 (b)와 같다

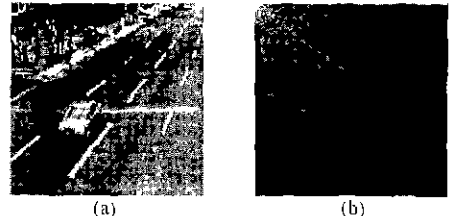


그림 4 입력 영상과 DCT를 수행한 영상

본 논문은 도로 영상을 이용하여 교통 혼잡도를 측정하는 것으로서 DCT를 사용하여 혼잡도를 측정한다. 도로 영상에 DCT를 적용하면 영상이 주파수 영역상의 정보로 변환되는데 도로에 존재하는 차량의 수가 증가할수록 고주파 성분의 수치도 증가한다. 그림 5과 그림 6은 차량의 수와 고주파 성분의 표준편차와의 관계를 보여주고 있다.

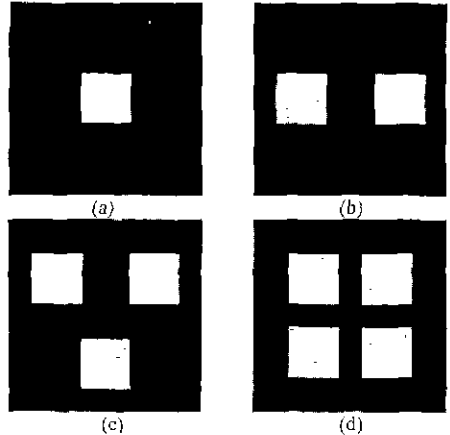


그림 5 차량이 한대, 두대, 세대, 네대인 경우의 가상영상

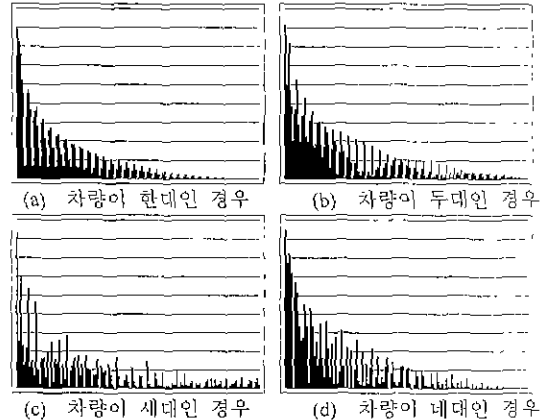


그림 6 그림 3의 DCT 수행 결과

그림 6은 그림 5의 네가지 영상 각각에 대하여 DCT를 수행한 다음 DCT 값들 중 대각선 부분의 DCT 값을 표시한 것이다. 그림 6의 그래프는 x 축은 추출한 주파수 성분을 저주파에서 고주파 순으로 정렬한 것이고 y 축은 x 축의 번호에 해당하는 DCT 값으로서 실제 값들을 밑에 10인 로그 눈금계를 사용하여 나타낸 것이다. 그림 6에서 알 수 있는 것처럼 차량의 수가 증가할수록 고주파 성분의 수치가 커지고 또한 그 분포가 넓어진다. 즉, 표준편차의 값이 큰 경우에는 차량의 에지의 양이 많을 때이며 교통 혼잡도가 높을 때라고 판

될 수 있다.

3. 실험 결과 및 분석

본 장에서는 2장에서 기술한 내용을 바탕으로 실험 결과를 보여주고 혼잡도 측정 성능을 분석한다.

3.1 혼잡도의 분류

본 논문에서는 차량을 계수하는 것이 목적이 아니라 혼잡도를 구하는 것이 목적이므로 표 1과 같이 5개의 계층으로 차량의 혼잡도를 분류하였다. 표 1의 혼잡도 분류 기준은 실험을 통해 결정하였다.

표 1 혼잡도 분류 기준

차량의 수	혼잡도의 분류	표준편차에 따른 분류임계치
0 ~ 7	아주 한산	1.40
8 ~ 14	비교적 한산	1.75
15 ~ 21	보통	2.00
21 ~ 28	비교적 혼잡	2.20
28 ~	아주 혼잡	

3.2 혼잡도 측정 성능 분석

본 절에서는 실제 도로 영상을 적용하여 혼잡도 측정 성능을 실험하고 분석한다. 본 논문에서 사용한 도로 영상은 여러 지역과 여러 시간대의 편도 4차선 도로를 촬영한 것으로서 입력 영상의 각 화소에는 8 비트를 할당하여 256 가지의 색상(gray scale)을 표현할 수 있게 하였고, 256x256 크기의 도로 영상을 사용하였다.

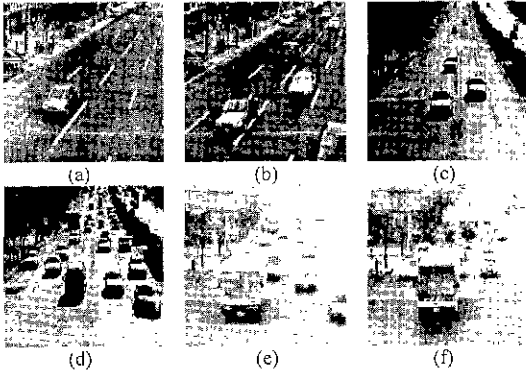


그림 7 실험에 사용한 도로 영상

표 2 도로 영상에 따른 표준편차

차량의 수	표준편차	혼잡도
1	1.008262	아주 한산
3	1.183371	아주 한산
5	1.235969	아주 한산
12	1.712188	비교적 한산
18	1.856678	보통
25	2.105095	비교적 혼잡

표 2는 그림 7의 도로 영상들을 실험한 결과이다. 차량의 수와 표준편차와의 관계를 살펴보면 표 2에 나타나 있는 것처럼 차량의 수에 따라 표준편차가 크기 순으로 정렬됨을 알 수 있고 차량의 혼잡도의 경우도 표 1에 따라 분류가 잘 됨을 알 수 있다. 이러한 사실은 DCT 한 결과에서 고주파 성분들의 표준편차를 사용하여 혼잡도를 분류할 수 있다는 것을 말해 준다.

4. 결론

본 논문에서는 도로 영상을 이용하여 교통 혼잡도를 측정하는 알고리즘을 제시하고 교통 혼잡도 측정 시스템을 구현하였다. 본 논문의 기본 전략은 차량의 예지 정보를 이용하는 것이다. 이 작업을 수행하기 위하여 유클리드 공간상에 존재하는 정보들을 주파수 영역상의 정보로 바꾸어 주는 영상 변환의 한 종류인 DCT를 사용하였다. 또한, DCT를 수행하기 전에 영상 내에 존재하는 잡음과 균일하지 않은 도로면의 문제점을 제거하기 위하여 중간치 필터링을 사용하였다.

혼잡도를 측정하기 위해 모든 차량을 정확히 계수하려면 비교적 많은 시간이 걸리게 되지만 본 논문에서와 같이 영상 변환을 수행한 결과만의 정보를 사용하여 혼잡도를 분류하는 경우에는 비교적 빠른 시간 내에 혼잡도를 측정할 수 있다. 즉, 본 논문과 같은 접근 방법은 차량을 모두 계수하지 않고 혼잡도만 구하려는 측면에서는 좋은 방법이라고 할 수 있다. 또한, 기존의 연구들은 배경 영상을 사용하여야 하므로 길은 도로에서 혼잡도를 측정하는 경우에도 상황에 따라 많은 배경 영상을 준비해야 하는 문제점이 있었지만 본 논문에서 제시하는 방법은 배경 영상을 사용하지 않는다는 장점이 있다.

그러나, 본 논문에서 사용한 DCT는 직사각형 형태만 변환이 가능하므로 도로만 DCT를 하지 못하고 배경까지 모두 DCT를 수행하여야 하는데 이 경우에 배경의 정보도 포함되어 DCT의 특성상 배경과 차이가 큰 화소치일수록 주피수의 성분의 수치가 커지게 되는 문제점이 있다. 따라서 앞으로 교통 혼잡도의 정확도를 높이기 위하여 도로만을 선택적으로 영상 변환을 수행할 수 있으며 차량간에 화소치의 차이가 큰 경우의 문제점을 해결할 수 있는 연구가 계속되어야 할 것이다.

참고 문헌

- [1] N. Hoose and L. Willumsen, "Automatically extracting traffic data from video-tape using the CLIP4 parallel image processor," Pattern Recognition Letters, pp 199 - 213, 1987.
- [2] 전병태, 소정, "제한된 영역을 이용한 효율적인 차량 계수," 정보과학회 논문지(B), 제 23 권, 6 호, pp 611 - 623, 1996.
- [3] Y. Yagi, N. Mune, and M. Yachida, "Finding and Tracking moving objects from image sequences," Proceedings of First Korea-Japan Joint Conference on Computer Vision, pp 192 - 198, 1991.
- [4] 이광호, 정순기, 김주환, 원광연, "컴퓨터 비전을 이용한 혼잡도 측정 시스템," 정보과학회지, 제 11 권, 4 호, pp 36 - 46, 1993.
- [5] 정태성, 야간 도로 영상을 이용한 교통 혼잡도 측정 시스템의 설계 및 구현, 석사학위논문, 경북대학교 대학원, 1996.
- [6] W. Pratt, Digital Image Processing Second Edition, John Wiley & Sons, 1991.
- [7] A. Jain, Fundamentals of Digital Image Processing, Prentice Hall, 1989.
- [8] R. Crane, A simplified approach to image processing, Prentice Hall, 1997.
- [9] B. Lee, "A new algorithm to compute the discrete cosine transform," IEEE Transactions, Vol. ASSP-32, No. 6, pp 1243 - 1245, 1984.