

컴퓨터비전 처리에 의한 교통신호 차례를 기다리는 차량 댓수의 계수

조준희^o 김희승

서울시립대학교 컴퓨터통계학과
netbelle@venus.uos.ac.kr, hskim@uos.ac.kr

Counting the number of cars waiting at the traffic light by computer vision process

Jun Hee Cho^o Hee Sung Kim
Department of Computer Science and Statistics, University of Seoul

요 약

지능형 교통 시스템(intelligent traffic system)의 필요성은 컴퓨터비전기술의 발전에 따라 성장해오고 있다.

지능형 교통 시스템의 바람직한 방법들 중 하나는 비전처리를 통하여 자동차의 수를 계수하는 것이다.

차량이 포함된 도로 이미지들은 디지털 카메라에 의하여 촬영된다. 우선적으로 이미지에서 도로의 중앙선 오른쪽부분은 제외한다. 단순히 개개의 차량을 분리해 내는 것은 겹치는 문제, 그림자, 조명과 같은 많은 문제점을 가지고 있다. 차량계수를 목적으로 이미지를 세밀히 조사하다가 보니 낮에는 차량의 앞 범퍼 끝의 그림자로 밤에는 헤드라이트 불빛으로 차량을 식별할 수 있다는 것을 알 수 있었다. 이 논문에서는 그림자분석을 통한 차량계수를 다루었다. 이 특징을 사용하여 차량을 계수하여 만족할만한 정확성을 성취하는 것이 이 논문의 목표이다.

1. 서 론

날로 급증하는 교통량으로 인한 교통정체는 주거, 이동, 및 자연 환경 등에 심각한 문제를 유발하고, 국가 경쟁력을 저하시키고 있다. 기존의 도로, 차량, 신호 등의 교통체계에 전자, 통신, 컴퓨터 등의 첨단기술을 접목시켜 교통문제를 해결하고자 하는 새로운 지능형 교통체계를 ITS(Intelligent Traffic System)라 한다. 국내에서는 아직 ITS의 도입 단계로서 지능형 교통시스템을 구축하고자 노력하고 있다.

이러한 ITS에는 컴퓨터의 비전 처리에 의한 교통 상태 파악이 최우선 과제가 아닐 수 없다. 특히 신호기가 설치된 교차로에서 교통의 흐름과 교통량을 측정하여 적시에 적절한 신호를 발생하여 주는 시스템이 필요하다. 이 연구에서는 일차적으로 교차로에서 신호를 기다리고 있는 차량의 대수를 컴퓨터 비전 처리에 의하여 계수하는 방법을 모색하고자 한다.

차량의 계수에 관한 비슷한 유형의 연구가 있었다[14]. 그러나, 이것은 몇 대의 달리는 차량들이 일정한 시간 동안에 일정한 영역을 통과하는가에 대한 것으로서, 본 연구에서와 같은 차량 영상으로부터 차량의 댓 수를 계수하는 것과는 다르다.

차량영상을 인지하기 위한 방법은 고형 물체의 인지 방법에 따라야 할 것으로 사료된다. 고형 물체의 인지 방법에는 대략 세가지 정도가 알려져 있다. 첫째 방법은 영역 확대(region growing)와 물체의 기하학적 모형을 토대로 한 분석으로서 초창기에 많이 시도 되던 것이다[1][2][3][4][5][6][7]. 둘째 방법은 그림자 분석(shadow analysis)과 모서리 부분의 분석에 의한 물체의 인지 기법이다. 셋째 방법은 여러 가지 자료 분석에 기초한 자료 구동 기법이다.

교차로에는 정지하고 있는 차량들만 있는 것이 아니고, 계속 진행 중인 차량들도 있다. 그러므로, 운동하는 물체의 인지도 고려해 볼 수 있다. 운동하는 물체만 추적할 때에는 운동 물체의 추적을 위하여 차량상 기법을 도입하여 차량을 인지 할 수 있다. 그러나, 교차로에 정지한 차량은 운동하는 물체를 인지하는 기법에 의하여 인지되지 않으므로 그러한 방법을 사용할 수는 없다.

영역 확대 방법은 고체물체 표면의 텍스처나 색깔 등의 성질이 같은 화소들을 서로 연결하여 물체 전체의 모양을 얻어 내는 방법이다. 이는 처리 시간도 문제이고, 같은 색깔의 차량이 중첩되어 나타나 보일 경우에는 그 차량들을 하나의 차량으로 오인식 할 우려가 높다. 그림자 분석에 의한 물체의 인식에 관한 중전의 방식은 그림자가 물체 위에 드리울 때에 휘어지거나 접혀지는 모양을 분석하여 그 물체의 모습을 파악하는 방법이다. 이것도 차량을 인식하여 계수하는 데에는 도움이 되지 못한다. 차량의 모서리들을 추출하여 그것들을 기초로 하여 차량의 모습을 파악한다는 것은

컴퓨터의 추론 방식에 의하면 다소 복잡한 처리가 뒤따라야 한다. 그러므로 이도 차량의 댓 수를 계수 하는 데는 적절하지 못하다.

교차로의 신호등 위치에서 촬영한 도로와 차량의 모습을 면밀히 분석해 보면 다음과 같은 사항을 발견할 수 있다.

첫째, 주간에는 차량 옆의 도로상에 그림자에 의한 음영이 나타나고, 야간 영상에서는 전조등 영상이 분명하게 드러남을 알 수 있다. Kato 등은 전조등에 의한 차량 인지를 시도한 바 있다. 그것은 터널을 통과하는 차량을 계수 하기 위함이었다. 본 연구는 교차로에서 차량의 댓 수를 계수함이 목적이므로 주간과 야간으로 나누어 실험하였다. 주간에는 차량의 그림자 음영을 추출하여 계수하였고, 야간에는 전조등을 추출하여 계수하였다.

1.1 영상의 조건

본 연구에서는 차량 객체(크기나 모양은 다르나 같은 성질과 유사한 용도를 가진 객체)에 대하여 거리의 변화에 따른 크기의 변화를 수용하며 객체들만의 독특한 특징을 추출하여 일부 변형 및 감추어짐(overlapping)을 극복할 수 있는 객체의 계수방법을 제안한다. 이 방법은 날씨 및 환경의 제약을 적게 받으며 최악의 환경을 제외한 보편적인 상황에서 탁월한 성능을 발휘함에 그 우월성을 가진다.

1.2 시도되었던 차량계수의 방법들

시도해본 방법 중 하나는 차량의 앞 유리의 인식이었다. 차량의 종류, 색상 및 크기는 천차만별이나 앞 유리의 형태와 색상은 매우 유사하다. 자료영상에서 차량의 앞 유리만을 추출하는 것에 성공할 수 있다면 그 추출된 유리들을 계수함으로써 차량의 댓 수를 계수할 수 있을 것이다.

이 방법으로 실험을 시도한 결과는 만족할 수 없었다. 차량 앞 유리의 색상은 도로의 그것과 유사하여 분별이 되지 않기 때문이었다. Edge detection 을 사용하여 차량을 분별 하기도 쉽지 않았다[10]. 그 형태가 뚜렷한 차별성을 지닌 개별적인 개체를 보여주기에는 지나치게 복잡해 보였다. 나아가 근거리와 위차한 것과 원거리의 위차한 것의 차이도 공통된 어떠한 특징을 잡아내기에 어렵도록 되어 있었다.

차 영상을 이용한 방법을 이용하여 차량 객체를 추출 하려고 시도해 보았다. 도로 위에 차량 객체들이 없는 영상과 차량들이 등장한 영상과의 차 영상을 이용하여 차량 객체만의 영상 만을 추출하고자 한 방법이다.

이 방법은 위성에서와 같은 공중 촬영 영상에서는 효율적일 수 있다[8]. 하지만 교차로의 한 지점에서 다가오는 차량을 촬영한 영상에서는 다음과 같은 문제가 발생한다. 우선 상기한 앞 유리 인식 방법의 문제점에서도와 같은 원거리와 근거리의 객체크기의 차이이다.

또한 차량이 겹쳐 보이는 경우에 계수하는 것은 무척 어려운 과제로 남는다

Optical Flow 에 의한 방법도 생각해 볼 수 있다. 이 방법은 차량이 움직인다고 가정했을 때 일련의 동화상을 사용하여 움직이는 물체의 각 표면에서의 운동벡터를 구한다. 그 운동 벡터들의 영역이 움직이는 물체이다. 그러나, 교차로에는 정지한 차량도 있다. 나아가, 모든 차량이 동일한 속도로 진행할 경우 겹쳐 보이는 차량들의 개체를 분리할 방법이 없다.

1.3 영역 분리

정지영상 속에서 차량들을 정확히 계수하기 위해서는 몇 가지 전처리 과정을 필요로 한다. 일반적인 전처리 과정은 차치하고 교차로에서 사용되는 차량 덧 수의 정보를 위한 특별한 전처리는 다음과 같다.

차량의 진행방향은 영상 채집을 위한 카메라의 위치를 기준으로 정 방향과 역 방향이 있다. 카메라를 향하여 오고 있는 차량들의 방향을 정 방향이라고 하고, 반대 방향으로 가고 있는 차량들의 방향을 역 방향이라고 하자.

교차로의 지능형 교통체계에서 필요한 정보는 정 방향으로 정차되어 있거나 혹은 진행중인 차량의 계수이다. 그러므로 역 방향 차량들은 계수의 대상에서 제외시킬 필요가 있다. 그러기 위해서 정 방향 차선의 도로만을 영역분리 할 필요가 있다.

카메라에 가장 인접한 부분의 경우는 그림자 추출 및 전조등 인식이 불가능 하므로 인접 일정거리는 무시하도록 한다.

도로가 아닌 부분 예를 들면 인도, 이정표, 가로수 등의 영상 역시 사진에 제거하여 차량의 계수를 보다 쉽게 한다.

1.4 가정(Assumptions)

본 논문에서 제시하는 방안은 두 가지이다. 낮에는 차량의 그림자가 앞 범퍼 밑에 나타나 보이고, 밤에는 헤드라이트 모습이 뚜렷하다. 여기서는 그림자 추출만을 다루기로 한다.

아래와 같은 가정을 두기로 한다.

첫째로는 영상을 채집하는 카메라의 높이이다. 충분한 높이를 가지지 않는다면 그림자 영상을 채집하기가 불가능하다. 그러므로 충분한 높이에서 영상을 채집한다고 가정한다.

두 번째로 눈이나 비 혹은 우박이 내릴 경우의 상황은 실현대상에서 제외되었다.

세 번째로 가변 차선의 경우는 제외하고 영역을 추출한다. 시간이나 차량의 흐름에 따라 변하는 가변 차로는 전처리 과정에서 해당영역으로 확보하지 않는다.

2. 전처리 방법 및 관련된 작업들

중앙선을 중심으로 왼쪽의 차량행렬은 신호등을 향하여 달려 오는 것이므로 이 부분만을 추출할 필요가 있다. 따라서 먼저 할 일은 중앙선을 찾아내는 작업이다. 야간에는 중앙선 탐지가 불가능 하므로 주간에 탐지해 놓은 중앙선의 값을 야간에도 참고하여 활용하는 방법을 사용한다.

그리고 나서 찾아낸 중앙선을 기반으로 하여 영상전체를 가르는 수직선을 생성한다. 영상의 오른쪽 면은 모두 흰색으로 바꾼다.

다음으로 할 일은 도로만을 영역으로 표시하는 일이다. 이를 위해서는 사전작업이 필요한데 우선 차량이 없는 도로의 영상을 미리 입력해 놓아야 한다. 그 입력된 영상을 기준으로 도로와 도로가 아닌 부분을 분리해 낸 후 도로가 아닌 지역은 선택영역에서 제외한다. 여기까지의 작업이 끝나면 차량을 계수하고자 하는 영역만을 선택할 수 있게 된다.

마지막으로 전처리 작업에서 해야 할 일은 계수하고자 하는 거리를 책정하는 일이다. 신호 정지 선에서부터 어느 거리까지 정차 혹은 움직이고 있는 차량을 계수할 것인가의 문제이다.

이 경우는 상황과 정책에 따라서 많은 변화가 있으리라 예상된다. 이 논문의 실험에서는 시작점과 끝점을 수평선으로 나타내어 그 안의 영역 안의 차량만을 계수하도록 한다.

3. 그림자영상

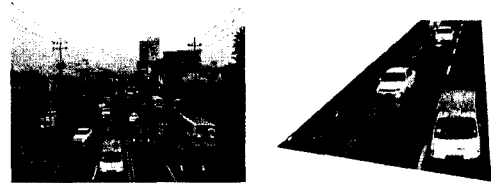
모든 차량은 제각각 다른 모양과 크기를 가진다. 차량을 계수함에 있어서 특정 모양과 윤곽선 추출의 방법을 쓰는 것이 어려운 이유가 바로 이것이다. 차량마다 특정한 조영 하에 특이한 그림자를 가지고 있다. 모든 차량이 다른 형태를 가지고 있다고 하더라도 앞 범퍼를 가지고 있다. 앞 범퍼는 도로에서 20-50 Cm 가량 떠 있게 된다(물론 대형 중장비차량들은 도로와 더 큰 공간을 가진다.). 그러므로 어떠한

각도의 태양광선에도 검은 그림자를 만들어 낸다. 신호등 위치의 비스듬한 상 방의 각도에서 촬영한 사진에는 그 그림자가 도로의 어떤 물체보다도 검은색을 띠고 있다는 것을 관찰할 수 있다.

이러한 특징을 기반으로 하여 그림자의 영도보다 높은 영도를 가진 것들을 모두 없애 버리면 결국 자동차 한대 당 한 개의 그림자만이 남게 된다. 차량의 덧 수는 이러한 그림자의 갯수로 차량의 계수가 가능하다.

차량 앞쪽의 그림자는 여러 가지 조건에 따라 나타날 수도 있고 그렇지 않을 수도 있다. 반드시 일출 시간부터 일몰시간 사이에 나타나는 것은 아니다. 한낮에도 먹구름으로 받쳐준 경우엔 그림자가 뚜렷하지 않다. 일출, 일몰시간은 정해져 있는 것도 아니다. 계절과 날씨에 따라 그림자가 생기는 것은 불규칙하다. 이러한 그림자 생성 시간의 불규칙 성을 해소하는 방안으로 하늘의 영도를 제어 변수로 삼는다. 이 값이 특정치 이하로 내려가게 되면 그림자 영상을 추출하기 어렵다는 것은 많은 실험을 통하여 확인되고 있다.(실험 자료 참조)

도로의 영상으로부터 차량의 계수를 위해서는 앞의 전처리 과정을 충실히 시행한 후 전처리가 완전히 끝난 영상을 토대로 작업에 들어간다. 이 영상은 도로 및 역 방향의 도로 그리고 선택되어지지 않는 영역은 배제되어 있는 마름모꼴의 영역이다.



(a)원래의 영상 (b) 전처리후의 영상

그림 1. 원래의 영상과 전처리 후의 영상

전처리가 끝난 영상 [그림 1]의 (b)에서 그림자 영상을 추출해 내기 위한 첫 번째 작업은 칼라 영상을 그레이 영상으로 변환하는 것이다.



그림 2. 그레이 영상으로 변환 후의 영상

그레이 영상으로 작업을 마친 후의 영상은 [그림 2]와 같다 이와 같이 선택된 영역은 다시 영상 채집기에 근접한 지역과 먼 지역으로 나눈다. 그러면 직사각형 영역이 생긴다. 그 후 근접지역은 영도치 "25", 먼 지역을 "35"을 기준으로 하여 그 기준치보다 낮은 값은 흰색으로 높은 값은 검은색으로 나타낸다. 본 실험에서는 측정하고자 하는 거리를 비교적 짧게 설정해 놓았으므로 전체를 영도치 "25"를 기준으로 삼아 실험하였다. 그 결과 아래 그림과 같은 작은 가로가 긴 검은색 유사 직사각형들이 다양한 크기로 나타난다.

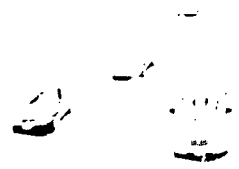


그림 3. 영도치"25"로 문턱값을 주고 이하 값만을 표시한 영상

이 유사 직사각형들을 계수하면 결국 차량의 계수가 가능해진다. 계수의 방법은 4장에서 다루도록 하겠다.

4. 계수 방법

그림자만의 영상을 추출한 다음 차량의 계수를 시도할 수 있다. 그림자에는 특징이 있다. 그림에서 보는 바와 같이 검은색 그림자들은 근거리에서는 두껍게 원거리에서는 얇게 가로로 길게 나타난다. 이것에 착안하여 Thining(세선화) 방법을 응용하여 영상의 인식을 돕는다.

그림자 영상을 우선 열 단위로 분석한다. 연속되는 검은색 픽셀들의 그룹은 하나의 픽셀로 가장 상위의 자리에 표기하고 나머지는 흰색으로 변환한다.

영상을 열 방향으로 검색하여 연결된 검은색 픽셀이 나타날 경우 처음 나타낸 곳에만 검은색으로 표시하고 나머지 연결된 검은색 픽셀들은 흰색으로 바꾸어준다. 아래의 [표 1]에서 설명하고 있다

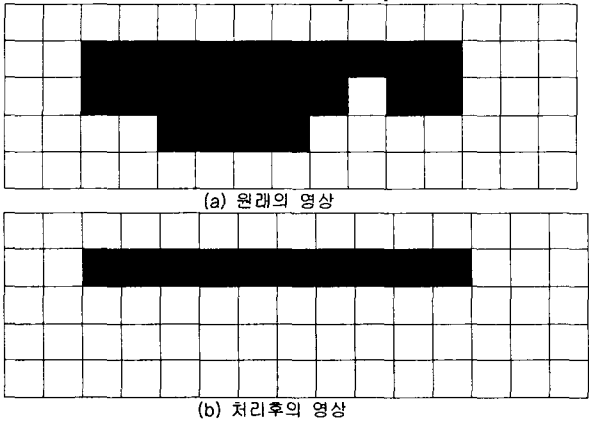


표 1. 계수를 위한 응용 세선화 처리 방법

이러한 작업을 첫째 열부터 마지막 열까지 수행한다. 이와 같은 방식으로 처리를 한 영상이 [그림 4]이다.

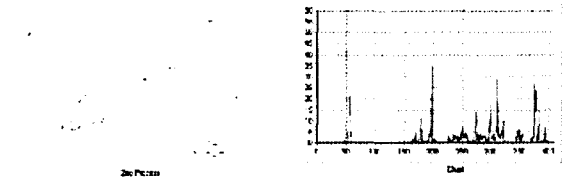


그림 4. 연속된 픽셀처리 후 그림 5. 행방향 계수 다이어그램

행 방향으로 픽셀의 수를 계수한다. 간단하지만 이 방법이 주된 인식 알고리즘이다. 이렇게 되면 열 방향으로 픽셀 수에 대한 히스토그램을 그릴수가 있다. 아래의 [그림 5]와 같이 차량의 앞 그림자가 나타난 위치의 열 방향에 해당하는 부위에서 급격히 증가된 픽셀 수를 계수 할 수 있다. 그것이 어떤 기준치 이상인 봉우리로 나타나면 현대의 차량으로 계수한다.

영상에서 행 방향으로 검은색을 가진 픽셀의 수를 계수하여 히스토그램으로 나타낸 것이다.

[그림 5]는 그 히스토그램을 나타낸 것이다.

6. 차량 계수의 결과

총 영상	25	25	25	25	25
영상 내 차량	1	2	3	4	5
인식차량	1	2	3	3.8	4.6
인식 덧수	25/25	50/50	75/75	95/100	115/125
인식률	100%	100%	100%	95%	92%

표 2. 계수 결과 및 인식률

전처리 처리 후 선택된 영역 내에 있는 1 대 이상 5 대 이하의 차량을 계수하여 본 결과 [표 2]와 같았다

방법의 편리성이나 저해상도의 디지털카메라의 영상으로도 차량의 계수가 가능하며 기존 설치되어있는 교통 감시 카메라의 활용도 가능할 것으로 기대된다.

이 방법을 통하여 차량을 계수할 경우 빠른 처리와 부가적인 시설 투자 비용의 절감으로 인하여 보다 효율적인 지능형 교통시스템으로의 발전에 도움이 되리라 생각된다.

교차로에서의 차량 계수는 복잡한 서울 시내 교통의 원활한 흐름을 위한 지능형 교통 시스템을 구축하는 것에 초석이 될 것이다.

7. 향후 방향

현재까지 것을 기반으로 하여 향후에 연구되어야 할 것들 중 가장 시급한 것은 예외 처리이다.

여기서 언급하는 예외 처리란 다음과 같다.

1. 서론에 나타나있듯 그림자 처리로써 계수할 수 없는 어둡속에서의 차량계수이다. 전조등 추출이라는 방법을 사용할 경우의 많은 문제점들을 해결하는 것을 의미한다.
2. 그림자 처리에서 트럭 등 중장비 차량에 대한 패턴을 실험 등을 통하여 밝혀 낸 후 그들만의 인식방법을 적용하여 보다 높고 정확한 계수를 이루어내는 것이다.
3. 원거리에 있는 차량 즉 카메라로부터 멀리 떨어져 있는 차량의 작은 그림자를 현대의 차량으로 인식하는 문제를 해결하는 것이다. 우선적인 접근방법은 거리 별로 그림자의 길이를 통계화하여 기준을 만드는 것일 것이다.

위와 같은 연구가 지속적으로 이루어 진다면 교통 흐름 제어와 통제를 위한 초석인 교차로 내에서의 차량계수가 원하는 수준의 결과를 도출할 수 있을 것이라고 생각한다.

참고 문헌

- [1] R.W.Conners, M.M.Trivedi, and C.A.Harlow, "Segmentation of a High-Resolution Urban Scene Using Texture Operators," Computer Vision, Graphics, and Image Processing, vol. 25, pp.273-310, 1984.
- [2] D.Harwood, S.Chang, and L.Davis, "Interpreting Aerial Photographs by Segmentation and Search," Proc. DARPA Image Understanding Workshop, pp.507-520, Fed. 1987.
- [3] M.Herman and T.Kanade, "Incremental Reconstruction of 3D Scenes from Multiple, Complex Images," Artificial Intelligence, vol. 30, pp.289-341, 1986.
- [4] O.M. Mckeown and J.L.Denlinger, "Map-Guided Feature Extraction from Aerial Imagery," Proc. IEEE Workshop Computer Vision:Representation and Control, pp.205-213, Annapolis, Md., 1984.
- [5] M.Nagao and T. Matsuyama, A Structural Analysis of Complex Aerial Photographs. New York:Plenum, 1980.
- [6] B.Nicolin and R. Gambler, "A Knowledge-Based System for the Analysis of Aerial Images," IEEE Trans. Geoscience and Remote Sensing, vol.25,no.3,pp.317-329, May 1987
- [7] M.Tavakoli and A.Rosenfeld, "Building and Road Extraction from Aerial Photographs," IEEE Trans. Systems, Man, and Cybernetics, vol.12,no1,pp.84-91,Jan./Feb.1982.
- [8] 이정호, "항공사진을 이용한 자동차 추출" 서울대학교, 2002.
- [9] 김희승, "영상인식," 생능출판사, 1993.
- [10] 이현숙, "차량 번호판 문자인식," 서울시립대학교, 2001.
- [11] 심상보, "교차로 내 차량의 이동 궤적 추출에 관한 연구," 건양대학교, 2001.
- [12] 서창진, "도로에서 주행하는 차량의 움직임 추적에 관한 연구," 한국통신학회 논문지 Vol.25 No 6T, 2000.
- [13] 오창은, "물체와 배경의 분리를 이용한 물체 추적," 포항공과대학교, 1994.