

차량 계수선 설치에 의한 영상기반 교통량 측정

이왕희*, 박진희*, 김홍갑**, 김형석*
 * 전북대학교 제어계측공학과, ** (주) 웰컴 소프트

Image-Based Traffic Measurement Using Counting Line on the Road

Wang-Hee Lee*, Jin-Hee Park*, Hong-Gab Kim**, Hyong-Suk Kim*

* Dept. of Control&Instrumentaion Eng. Chonbuk National University, ** Wellcom Soft oo.

Abstract - 도로 색과 대비를 이루는 계수선을 도로 위에 그려놓고 영상을 이용하여 통과 차량을 계수 하는 영상기반 교통량 측정 기술을 제안하였다. 기존의 컴퓨터 영상을 이용한 차량 계수 장치들은 대부분 도로와 차량의 gray level차이를 이용하는 방식이기 때문에 도로와 차량간의 구분이 쉽지 않고, 그림자와 차량의 식별도 어려우며 조명에 의해 착오를 일으키기 쉬운 문제를 안고 있었다. 제안한 계수방법은 도로 위에 도로 색과 뚜렷한 대비를 이루는 띠를 도로를 가로질러 그려 놓은 다음 이를 통과하는 차량에 의해 띠의 형상이 절단되는지의 여부를 판단하여 차량을 계수 하는 방법이다. 이를 위해서 계수선을 포함하는 영상의 창을 설치하고 수시로 에지를 추출한 후, 에지의 절단 여부를 검사한다. 이때 계수선의 색과 동일한 차량이 통과할 경우에는 계수선의 에지는 절단되어 도로방향으로 연장되게 되며 계수선의 색과 다른 차량인 경우에는 계수선의 에지가 계수선의 내부로 연장되게 된다. 계수선 상에 그림자가 있는 경우에도 도로와 계수선 간의 색상변화가 뚜렷하므로 계수선의 에지 검출에는 영향을 받지 않게 된다. 제안한 알고리즘을 실험실에 설치된 모형도로와 모형 차량들을 이용하여 실험하고 결과를 제시하였다.

1. 서 론

CCD카메라를 이용한 영상기반 교통량 측정 시스템은 지능형 교통 시스템(ITS)과 관련해 많은 주목을 받고 있다. 특히 루프 검지기과 같은 전형적인 센서식 방법보다 설치 및 유지 관리가 쉬워 최근 들어 널리 연구되고 있는 추세이다.

컴퓨터 비전을 이용한 교통량 측정 시스템은 이미 많은 선진국에서 활발히 연구, 개발되어지고 있고 현재는 조명이나 날씨영향에도 신뢰할 수 있는 강인한 시스템의 개발이 요구되어지고 있다.

Kato는 차량에서 발생하는 빛에 의존하여 차량계수를 수행하는 방법을 제시했다. 즉, 정해진 원도우 안에서 두 번 이상 같은 미동의 쌍이 검출되면 차량한대가 통과한 것으로 간주한다. Nicchiotti는 연속된 영상과 배경영상간의 gray값의 유사성을 이용하여 차량을 검출한 후 시간에 따른 Orientation의 변화로 차량을 추적하는 단계로 이뤄진 차량 계수 방법을 제안하였다. Taktak은 feature based matching방법을 이용 차량을 검출하고 차량간의 분리를 통해 차량계수의 정확도를 높이는 방법을 제안하였다. Fathy와 Siyal 또한 feature based matching 기술을 사용하여 차량을 검출하고 계수하는 시스템을 제안하였다. 위의 두 방법은 다만 정확도를 높이는 결과를 보였지 연속되는 차량의 처리에 관해서는 언급하지 않았다.[7]

위에서 보여준 것처럼 현재까지의 연구는 대부분 배경영상과 오브젝트 영상의 유사성을 이용하는 방

법을 보편적으로 사용하고 있다.

본 논문에서는 현재까지의 연구에서 나타나는 배경영상의 주기적인 수정, 차량 식별의 낮은 정확도와 그림자나 조명에 대단히 민감한 문제점들을 극복하고자 계수선을 도로를 가로질러 설치하고 이 계수선의 끊어짐 유무를 이용 차량 영역을 검출하는 방법을 제안하였다.

본 논문의 구성은 2절에서는 기존의 교통량 측정의 표준적인 방법인 농담 정규화 상관법(GLC)에 관해 기술했고, 3절은 계수선 설치에 의한 차량 측정 방법에 대해서 설명했으며, 4절에서는 본 논문에서 제안한 연구에 대한 실험 과정 및 결과를 제시하였으며, 5절은 결론이다.

2. 기존의 교통량 측정방법

기존의 교통량 측정방법 중 표준적인 방법으로 쓰이는 기술은 농담 정규화 상관법(Gray level normalized correlation algorithm: GLC)이다.[6]

영상처리의 Stereo 정합 과정 중 Region을 기반으로 하는 정합에 사용되어지는 방법으로 기준 배경 영상(X_i)과 Object 영상(Y_i)간의 밝기 값의 평균과 분산을 이용, 두 영상간의 유사성을 검사, 두 영상의 정합여부를 검사하는 알고리즘이다. 카메라로 취득되는 연속된 영상을 Object 영상(Y_i)으로 하고, 차량이 없을 때의 영상을 기준 배경 영상(X_i)으로 하여 농담 정규화 correlation coefficient(C_k)로 차량의 검지 유무를 판단한다.

$$C_k = \frac{\sum_{i=0}^N [(X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})]}{\sqrt{\sum_{i=0}^N (X_i - \bar{X})^2 \sum_{i=0}^N (Y_i - \bar{Y})^2}}, \quad \bar{X}_i = \sum_{i=0}^N X_i / N, \quad \bar{Y}_i = \sum_{i=0}^N Y_i / N$$

여기서, X_i, Y_i: 기준배경 Image, Object Image

\bar{X}_i, \bar{Y}_i : average intensities

C_k : correlation coefficient

위 식의 분모 항은 밝기 값의 변화를 정규화 하기 위함이고, 분자 항은 기준 배경 영상과 Object 영상 각각의 correlation coefficient이다. 농담 정규화 correlation coefficient C_k는 -1에서 1사이 값을 갖는데, C_k가 1 일 때는 두 영상간의 완전 정합을 의미하고, C_k가 -1 일 때는 두 영상간의 완전 비정합을 의미한다.[8]

위의 농담 정규화 상관법을 차량 검지 algorithm에 응용할 때 기준 배경 영상과 Object 영상의 correlation coefficient를 사용하는데 기준 배경 영상과 Object 영상의 intensity 값의 변화가 없으면 즉 차량이 지나가지 않는 경우는 GLC 계수치가 1에 가깝게 나오고 intensity 값의 변화가 문턱치 이상일 때 즉, 차량이 있

는 경우에는 영상의 intensity 값의 크기가 달라지므로 GLC 계수치가 1보다 훨씬 작게 나온다. 이와 같이 GLC 계수치를 차량 검지의 측정치로 사용하면 차량의 통과 유, 무를 알아낼 수 있다.

3. 계수선을 이용한 교통량 측정

제안한 계수선 이용 기법은 도로의 색과 뚜렷이 대조가 되는 계수선을 설치하여 차량이 통과하면서 계수선을 훼손하는지의 여부를 검사하여 차량을 인식하는 원리이다. 차량이 없는 기준 배경영상의 에지를 검출하면 그림 2(a)와 같이 뚜렷한 에지가 검출된다. 이때 차량이 통과하면(그림 2(b)) 차량의 색이 1) 계수선과 유사한 경우 2) 도로와 유사한 경우 3) 도로와 계수선의 중간인 경우로 분류 할 수 있다. 차량이 계수선의 색과 유사한 경우에는 그림 2(c)와 같이 계수선의 윤곽이 절단 되게 되어 차량의 통과여부가 쉽게 검출되며 반대로 차량의 색이 도로와 유사한 경우는 그림 2(d)와 같이 도로와 차량 사이에는 에지가 나타나지 않고 차량과 계수선의 사이에만 에지가 나타나며 차량에 의해 가려진 계수선의 에지는 절단된다. 또한 차량의 색이 계수선과 도로의 중간인 경우에는 그림 2(e)와 같이 차량과 계수선 및 차량과 도로 사이의 경계에서 에지가 나타나며 차량에 의해 가려진 계수선 부분의 에지는 없어진다. 이상을 종합하면 계수선의 에지가 절단된다는 점이 공통적이며 계수선과 수직인 에지가 생성되는 경우도 있다. 이 두가지 조건을 조합하여 이용하면 안정적인 차량계수가 가능하다.

이 계수방식은 다음과 같은 특징이 있다.

- 1) 차량의 색에 무관하게 계수가 가능
- 2) 조명이나 날씨변화에 민감하지 않게 계수
- 3) 그림자에 강한 계수방식

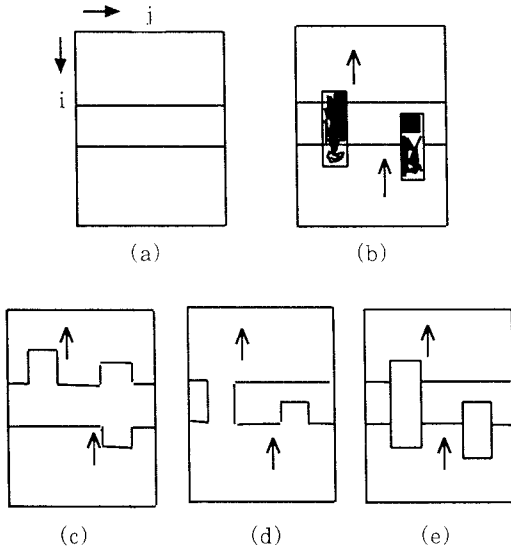


그림 2. 계수선을 포함한 윈도우의 개략도

계수선상에 위의 조건을 만족하여 차량의 출현 가능성이 있다고 판단되면 차량의 중앙위치로 추정되는 곳의 메모리에 counter를 설치하여 매 frame마다 증가시킨다. 특정위치에서 일정 시간동안 반복적으로 차량 출현으로 판단되어져 counter의 값이 증가되어 정해진 문턱치 이상에 이르면 차량이 통과된 것으로 확정하여 차량 계수기를 증가시킨다. 이와 같은 과정을 요약하면 그림 3과 같다.

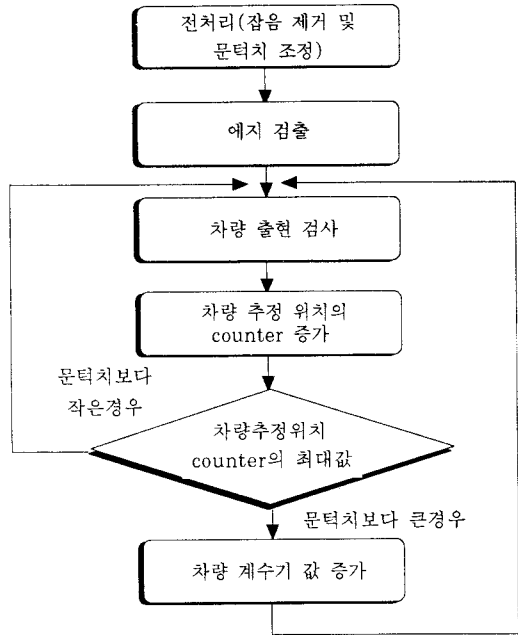


그림 3. 계수선에 의한 차량 계수 알고리즘

4. 차량 계수 실험

제안한 방법에 의한 차량 계수장치의 가능성을 검토하기 위해서 실험실내에 검은 색의 도로와 흰색 계수선을 설치하고 다양한 색상의 모형 차량을 통과시켜 실험하였다. 모형차량의 계수선 통과는 0.2초 이내에 완료 되도록 하는 조건에서 다양한 속도가 되도록 하였다. 이 실험에서는 여러 가지 조명과 그림자가 계수기 성능에 미치는 영향을 중점 검토하였다. 실험 결과에 대한 객관적 비교를 위하여 기존의 GLC 방법으로 주간에 실시한 정확도를 제시하였다.

4.1 실험환경

실제 외부 환경과 똑같이 생긴 모형의 도로 및 차량을 이용하여 그림 4에 보여지는 것과 같이 모형의 실험환경을 실험실내에 설치하였다. 여기에서 카메라는 항상 수직하게 설치하였고, 조명의 영향을 고려하기 위해 다수의 형광등 조명, 강한 수직 조명 및 강한 45도 조명 하에서 실험을 해 보았다. 이 때의 영상크기는 320×240이었으며, 초당 15frame의 속도로 처리하였다.

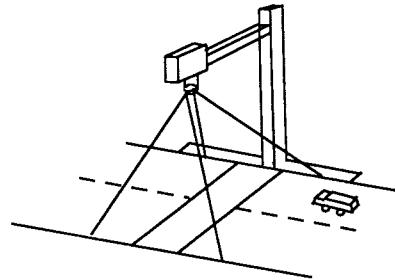


그림 4. 전체 실험 환경 모형도

4.2 실험결과 및 검토

표1과 표2에서는 본 논문에서 제안한 방법을 이용하여 모형 차량 400대의 계수결과를 보여준다. 표1은 차량이 한 대씩 계수선을 통과할 때의 결과이고, 표2는 차량이 두 대 이상 동시에 계수선 위를 통과할 때의 결과이다. 조명의 영향을 살펴보기 위해 다수의 형광등 조명이 설치된 경우와 카메라 수직 위 부분에 강력한 조명이 설치된 경우, 그리고 강력한 조명을 45° 각도로 하였을 경우의 계수 결과를 나타낸다. 차량이 한 대씩 통과한 경우는 차량과 도로 및 차량과 그림자간의 인식 문제이지만 두 대 이상 통과한 경우는 차량들의 그림자까지 도로 및 차량 상호간에 영향을 주기 때문에 좀더 어려운 환경이 된다.

실험 결과에서 다수 형광등 조명의 경우나 강력한 수직 조명이 있는 경우는 계수 정확도에 차이가 없었지만 45°의 조명인 경우에는 그림자의 영향으로 정확도가 약간 감소하였다. 차량 두 대를 동시에 통과시킨 경우에는 그림자에 의한 상호간의 간섭으로 정확도가 다소 감소하였지만 조명이 계수에 미치는 효과는 단일한 차량 통과와 유사하였다.

기존의 표준적인 방법인 GLC의 경우는 조명조건이 양호한 주간에 측정된 정확도가 89.05%인데 비해 본 논문에서 제안한 방법은 최악의 조명조건인 경우에도 96%이상의 정확도를 나타냄으로서 실제 차량 계수시에도 좋은 효과를 얻을 가능성을 확인하였다.

표1. 차량이 한 대씩 통과할 경우

결과	조명	다수의 형광등 조명	강력한 수직 조명	강력한 45도 조명
통과 차량 대수		400대	400대	400대
계수된 차량 수		395	394	389
계수 정확도		98.75%	98.5%	97.25%

표2. 차량이 두 대 이상씩 동시에 통과할 경우

결과	조명	다수의 형광등 조명	강력한 수직 조명	강력한 45도 조명
통과 차량 대수		400대	400대	400대
계수된 차량 수		373	390	386
계수 정확도		98.25%	97.5%	96.5%

그림 5는 모의 실험 환경에서의 차량 계수 실험 모습이다.

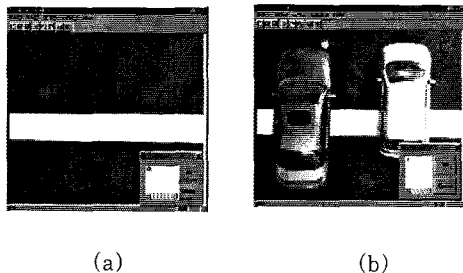


그림 5. 모의 환경 하에서의 차량 계수 실험 모습
(a) 모의도로 영상
(b) 모의도로 위를 모형차량들이 통과하는 모습

5. 결 론

영상을 기반으로 하는 교통량 측정방법에 있어 도로와 차량의 구별, 그림자와 차량의 구별을 쉽게 하고 조명의 영향 등에 강인한 차량 계수 방법을 제안하였다.

이 방법은 계수 하려고 하는 도로 위에 도로를 가로질러 도로 색과 크게 다른 밝기의 계수선을 그려놓고 이 계수선의 절단 유무를 가지고 차량의 통과 유무를 판단, 계수 하는 방법이다.

제안한 방법을 실험실내에 설치한 모의 실험장치를 통하여 시험한 결과 열악한 조명환경(45° 조명)하에서도 96%이상의 정확도를 보였다. 이것은 기존에 많이 사용하는 GLC 방법이 조명 조건이 좋은 주간에 약 89%를 보이는 것과 비교하면 많이 개선된 방법이라고 할 수 있다.

본 논문에서 수행한 실험은 실내의 모의 실험 환경 내에서 만의 결과이기 때문에 실제 차량에 대한 실험 결과와는 차이가 있을 수 있지만, 실제 도로상에서의 적용시에도 좋은 효과를 얻을 수 있는 가능성을 보여 주었다.

(참 고 문 헌)

- [1] N. Hoose and L. G. Willumsen, "Automatically extracting traffic data from video-tape using the CLIP4 parallel image processor," Pattern Recognition Letters, 6, 199-213, August 1987.
- [2] K. Kato, K. Nishiyama, M. Deguchi, Y. Ito, and K. Sakai, "Image-processing traffic flow measuring system of the Hokuriku Expressway," Proc. of IAPR Workshop on Computer Vision-Special Hardware and Industrial Applications, 95-98, Tokyo, Oct. 1988.
- [3] G. Nicchiotti, "Automatic vehicle counting from image sequences," Time-Varying Image Processing and Moving Object Recognition, 3: Proc. of 4th Int'l Workshop, V. Cappellini(ed), 410-417, Elsevier, Amsterdam, Netherlands, 1994.
- [4] R. Taktak, M. Dufaut, and R. Husson, "Road modelling and vehicle detection by using image processing," Proc. of IEEE Int'l Conf. on Systems, Man, and Cybernetics, III, 2153-2158, San Antonio, Texas, October 1994.
- [5] M. Fathy and M. Y. Siyal, "A window based edge detection technique for measuring road traffic parameters in real-time," Road-Time Imaging, 1(4), 297-305, October 1995.
- [6] 정상철, "영상 시퀀스 처리에 의한 차량의 검지와 차량의 윤곽 검출," 한국 과학 기술원 석사학위 논문, 1996.
- [7] 전병태, "제한된 검색 영역을 이용한 효율적인 차량계수," 정보과학회지 논문지(B) 제 23 권 제 6 호, June 1996.
- [8] Y. Yakimovsky & R. Cunningham, "A System for Extracting Three-Dimensional Measurements from a Stereo Pair of TV Cameras," University of Miami, Miami, Florida, June 1976.