

저시정 도로상 차량이동영역의 효과적인 추출을 위한 임계치 자동결정 방법에 관한 연구

김봉근*, 장인수**, 이광*, 박기범**, 조중식**, 이명진**

*충주대학교 컴퓨터멀티미디어학과

**충주대학교 환경공학과

e-mail:bkkim@cjnu.ac.kr

A Study on the Automatic Threshold Value Detection Method for Effective Extraction of Vehicle Movement Areas on Road with Poor Visibility Condition

Bong-Keun Kim*, In-Soo Chang**, Gwang Lee*, Ki-Bum Park**,
Jung-Sik Cho**, Myung-Jin Lee**

*Dept of Computer Multimedia, Chungju National University

**Dept of Environment Engineering, Chungju National University

요 약

도로상의 안개로 인한 시정감소는 교통사고를 유발하는 주된 원인이므로 전방의 운전자에게 도로의 시정거리를 미리 알려주어 안전운행을 유도하기 위한 안개경고시스템은 도로의 안전관리를 위해 매우 중요한 요소이다. 우리는 CCTV 카메라 영상에서 도로상에 통행중인 차량의 이동영역이 시정에 따라 달라진다는 점에 착안하여 이동영역을 추출하고 이를 이용하여 가시거리를 계산하는 시정 측정 장치를 개발하고 있으며, 주간, 야간 등 날씨의 변화에 덜 민감하면서도 효과적이고 정확한 이동영역의 추출은 시정측정을 위해 매우 중요하다.

본 논문에서는 이동영역의 추출을 위해 영상대비를 이용하여 자동으로 임계치를 결정하는 방법을 제안하며, 결정된 임계치를 적용시킴으로써 프레임간의 차영상으로 부터 잡음이 효과적으로 제거될 수 있음을 보인다. 또한, 차영상을 일정시간 누적시키는 방법을 통해 효과적으로 차량의 이동영역이 추출되는 것을 보이기 위해 실제 고속도로에서 촬영된 CCTV 영상을 이용하여 실험한 결과를 제시한다.

1. 서론

도로상의 안개로 인한 시정감소는 교통사고를 유발하는 주된 원인이므로 전방의 운전자에게 도로의 시정(visibility)을 미리 알려주어 안전운행을 유도하기 위한 안개경고시스템[1]은 도로의 안전관리를 위해 매우 중요한 요소이다.

우리는 현재 전국 고속도로상에 설치되어 있는 1,000여개의 기존 CCTV 시스템을 이용한 시정측정 기술[2]을 개발하고 있다. 이 기술은 추가적인 장비가 필요 없이 기존의 CCTV 시설을 활용할 수 있으므로 비용이 매우 저렴하며, 카메라를 이용하므로 인간의 시정감과 유사한 시정측정이 가능하다는 장점이 있다. 우리가 [2]에서 제시한 기술은 CCTV 카메라 영상에서 도로상에 통행중인 차량의 이동영역을 추출하고 이를 이용하여 가시거리를 계산하는 방법을 사용한다. 이러한 방법에서 주간, 야간, 날씨

의 변화 등에 덜 민감하면서도 효과적이고 정확한 차량이동영역(vehicle movement area)의 추출은 시정측정을 위해 매우 중요한 요소이다. 차량의 이동영역은 입력된 영상 프레임 간의 차영상에 특정 임계치(threshold value)를 적용하여 얻어진 결과들을 누적함으로써 얻을 수 있으며, 임계치는 일반적으로 경험에 의해 가장 적절하다고 판단되는 임계치를 부여하는 것이 보통이다. 그러나 차영상에 어떤 임계치를 사용하느냐에 따라 잡음이 많이 포함될 수도 있고 그렇지 않을 수도 있으므로 주간, 야간, 날씨의 변화 등 다양한 도로환경에 따라 적용될 임계치 또한 적절히 결정될 수 있어야 한다.

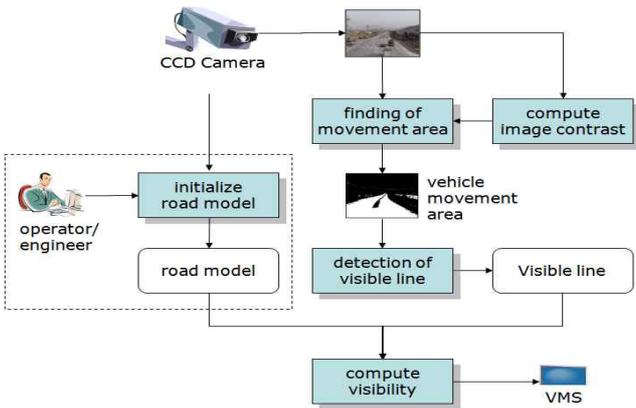
본 논문에서는 이동영역의 추출을 위해 영상대비를 이용하여 주어진 도로환경에 적합한 임계치를 자동으로 결정하는 방법을 제안한다. 우리는 실제 고속도로에서 촬영된 CCTV 영상을 이용하여 실험한

결과를 제시하고 제안된 방법으로 자동 결정된 임계치를 적용시킴으로써 프레임간의 차영상으로 부터 잡음이 효과적으로 제거될 수 있음을 보인다.

2. CCTV를 이용한 도로 시정 측정

2.1 CCTV를 이용한 도로 시정 측정 시스템 개요

CCTV를 이용한 도로 시정 측정 시스템은 그림 1과 같다.



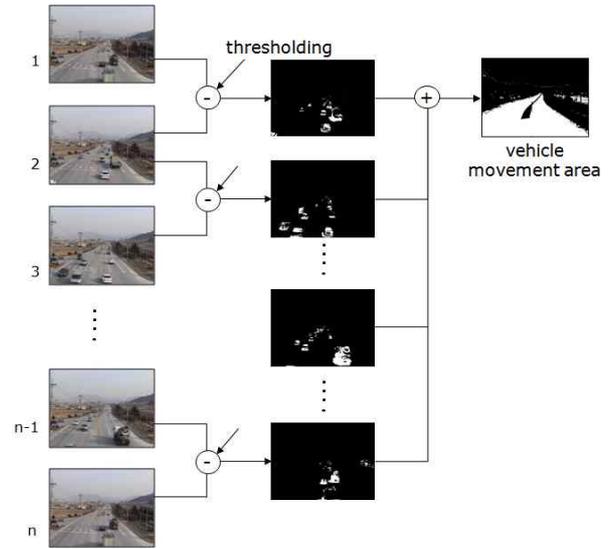
[그림 1] CCTV를 이용한 도로 시정 측정 시스템

CCTV를 이용한 도로 시정 측정 시스템은 크게 초기화 단계와 운영 단계로 나뉘며, 초기화 단계는 운영자가 CCTV 카메라의 설치 높이, 도로의 경사도, CCTV 카메라의 각도 등의 기초자료를 이용하여 도로 모델(road model)을 구축하는 단계로 시스템 설치시에 한 번만 수행하면 된다. 운영 단계는 차량의 이동영역으로부터 얻어진 가시선(visible line)과 도로 모델(road model)을 이용하여 시정을 측정하고 그 결과를 VMS를 통해 표출하는 단계이다. 우리는 가시선을 차량 이동영역의 상단 끝 부분을 지나는 수평선으로 정의하였다.

2.2 이동영역 추출과 임계치 결정

고속도로와 같은 환경에서 도로상에 움직이는 물체가 이동한 영역은 안개 등 가시거리에 영향을 주는 요소에 따라 다르게 나타나게 된다. 만일 우리가 차량의 이동영역을 정확히 추출할 수 있다면 차량의 이동이 확인되는 곳까지 식별이 가능하다는 것을 의미한다. 따라서 차량이 이동한 영역의 상단 끝 부분을 지나는 수평선 즉, 가시선을 추출할 수 있다면 가시선의 위치와 도로 모델을 이용하여 시정을 계산할 수 있다. 따라서 차량 이동영역의 정확한 추출은 시정 측정을 위해 무엇보다 중요하다.

입력된 CCTV 영상으로부터 차량의 이동영역을 추출하는 방법은 그림 2와 같이 설명될 수 있다.



[그림 2] 차량 이동영역의 추출 방법

본 논문에서는 이동영역을 추출하기 위해 그림 2와 같은 방법으로 일정 시간 동안 입력된 n개의 이미지 프레임과 이웃하는 이미지 프레임 간의 차연산(difference operation)을 이용한다. 이미지 프레임 간의 차영상(difference image)들은 주어진 임계치를 이용하여 이진화되고, 생성된 차영상들은 차례대로 합성되는데, 이것을 차량의 이동영역으로 정의할 수 있다.

차영상 S_{ij} 는 식 1과 같이 각 이미지 프레임 즉, F_i 와 F_j 의 명암값에 임계치 TH 를 적용한 후 얻어진다[3].

$$S_{ij}(x,y) = \begin{cases} 1, & |f_i(x,y) - f_j(x,y)| > TH \\ 0, & otherwise \end{cases} \quad (1)$$

차영상에는 비교적 큰 영역을 나타내는 차량의 움직임 뿐만 아니라 나뭇가지의 흔들림, 차량 진조등의 간섭, 가로등 등의 영향에 의해 많은 잡음이 포함될 수 있다[4]. 이러한 잡음들은 차영상들의 합성이 진행 될수록 차량 이동영역이 아닌 잡음영역을 확대하게 되므로 차량 이동영역의 정확한 추출을 어렵게 하는 원인이 된다. 따라서 적절한 임계치의 선택은 매우 중요하며, 일반적으로 경험에 의해 가장 적절하다고 판단되는 임계치를 부여하는 것이 보통이다. 차영상에 어떤 임계치를 사용하느냐에 따라 잡음이 많이 포함될 수도 있고 그렇지 않을 수도 있

으므로 주간, 야간, 날씨의 변화 등 다양한 도로환경에 따라 적용될 임계치 또한 적절히 결정될 수 있어야 한다. 그러나 시스템 운영자가 매번 도로의 상황에 맞게 수동으로 임계치를 변경하여 적용하는 것은 불가능하므로 도로환경에 적합한 임계치를 자동으로 결정해 줄 수 있는 방법의 개발이 필요하다. 본 논문에서는 도로의 환경적인 요소를 주간 및 야간의 시간적인 요소와 눈, 비 등의 날씨 요소, 그리고 시정의 변화로 보고 영상에서 안개 또는 날씨의 감지를 수행하는데 사용되는 대비(contrast)를 임계치를 자동으로 결정하는 근거로 사용하고자 하였다.

3. 영상대비를 이용한 임계치 자동결정

3.1 영상대비

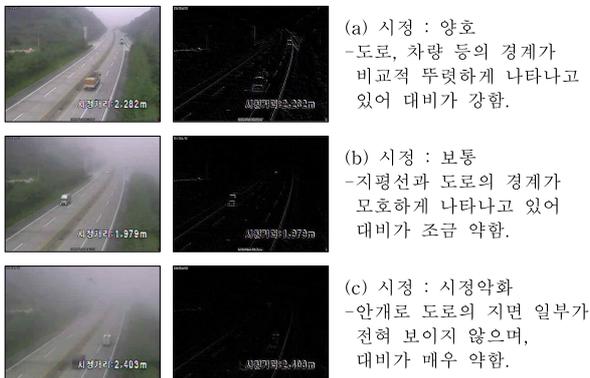
영상에서 대비는 일반적으로 식 2와 같이 계산될 수 있으며, 이를 이용하여 안개 또는 날씨의 감지를 수행하는데 사용하고 있다[5].

$$C = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}} \quad (2)$$

그러나 본 논문에서는 영상의 각 부분에서 나타나는 대비의 강도와 분포를 알기 위해 에지추출 연산자 중의 하나(본 논문에서는 Prewitt 연산자[6]를 사용하였음)를 i 번째 영상의 x, y 좌표상의 화소에 적용하여 추출된 에지강도(edge strength) $e_i(x, y)$ 의 합을 영상대비 C_i 로 정의하고 식 3과 같이 영상대비를 계산한다.

$$C_i = \sum_x \sum_y e_i(x, y) \quad (3)$$

그림 3은 영상대비와 시정의 감소현상의 관계를 설명하고 있다.



[그림 3] 시정과 영상대비의 관계

3.2 임계치의 자동결정 방법 및 실험결과

만일 영상대비가 높으면 프레임간의 밝기 차가 커지므로 물체와 배경의 경계가 뚜렷이 나타나게 되나 잡음 또한 많이 나타나며, 영상대비가 낮으면 잡음은 적게 나타난다. 영상대비가 높게 나타나는 예로는 그림 3에서와 같이 맑고 시정이 좋은 날씨인 경우와 야간에 도로를 주행하고 있는 차량의 밝은 전조등 또는 미등에 의해 대비가 높게 나타나는 경우를 들 수 있다. 또한, 영상대비가 낮게 나타나는 예로는 안개와 같은 환경적인 이유로 시정이 감소하거나 흐린 날씨의 경우를 들 수 있다.

영상대비가 낮은 경우에 높은 임계치를 적용하면 프레임간의 차영상에 차량의 이동영역으로 보이는 정보가 잘 나타나지 않을 수 있고, 반대로 영상대비가 높은 경우에 낮은 임계치를 적용하면 잡음이 많아지게 된다. 즉, 임계치를 크게 하면 차량 이동영역의 추출이 어렵고 임계치를 낮게 하면 잡음제거가 어렵게 된다. 따라서 서로 다른 도로환경을 갖는 경우 즉, 영상대비에 따라 각각 다른 임계치를 적용함으로써 이러한 문제를 해결할 수 있다.

그림 4는 임계치 자동결정과 이를 이용한 이동영역 추출 알고리즘을 나타내고 있다.

- Phase 1. $TH_{\min} = m; TH_{\max} = n; C_{\max} = p; i = 0; j = 1;$
- Phase 2. compute image contrast C_i from i -th image frame.
- Phase 3. extract a S_{ij} using equation 1.
- Phase 4. compute a threshold value TH_i using following equation,

$$TH_i = TH_{\min} + \frac{(TH_{\max} - TH_{\min}) \cdot C_i}{C_{\max}}$$
- Phase 5. apply TH_i to S_{ij} and accumulate the result for a certain period of time.
- Phase 6. $i = j; j = j + 1;$ go to phase 2.

[그림 4] 임계치 자동결정과 이동영역 추출을 위한 알고리즘

그림 4에서 TH_{\min} 과 TH_{\max} 는 실험을 통해 얻어진 임계치의 최소값 m 과 최대값 n 으로 설정하고 대비가 가장 큰 영상으로부터 얻어진 영상대비값 p 를 C_{\max} 의 값으로 설정한다.

그림 5(a)는 서로 다른 도로환경을 갖는 프레임들의 차영상에 같은 임계치를 적용하였을 때의 결과를 나타내고 있으며, 그림 5(b)는 서로 다른 도로환

경을 갖는 프레임들 간의 차영상에 제시된 알고리즘에 의해 자동으로 결정된 임계치를 적용하였을 때의 결과를 나타내고 있다.



(a)



(b)

[그림 5] 프레임 간의 차영상에 임계치를 적용한 결과 (a) 모두 동일한 임계치를 적용한 결과, (b) 자동결정된 서로다른 임계치를 적용한 결과

실험은 Visual C++언어를 이용하여 Visual Studio 2008, MFC, DirectShow를 이용하여 수행하였으며, 자동 결정된 임계치를 이용함으로써 동일한 임계치를 적용한 경우에 비해 효과적으로 잡음이 제거된 차량이동영역의 추출이 가능함을 확인할 수 있었다.

4. 결론

본 논문에서는 이동영역의 효과적인 추출을 위해 영상대비를 이용하여 주어진 도로환경에 적합한 임계치를 자동으로 결정하는 방법을 제안하였으며, 실제 고속도로에서 촬영된 CCTV 영상을 이용하여 실험한 결과를 제시하고 제안된 방법으로 자동 결정된 임계치를 적용시킴으로써 프레임간의 차영상으로 부터 잡음이 효과적으로 제거될 수 있음을 보였다. 제안된 방법은 CCTV를 이용한 시정측정을 위해 저시정 도로상의 차량 이동영역을 효과적으로 추출하는데 사용될 수 있으나, 적용될 임계치 범위의 자동 설정 등 보다 효과적이고 정확한 임계치의 결정을 위해 기계학습(machine learning) 등 다양한 방법에 관한 연구를 계속할 계획이다.

참고문헌

- [1] Ali S. Al-Ghamdi, "Experimental evaluation of fog warning system", Accident Analysis and Prevention 39, 2007, p.1065-1072.
- [2] 김봉근, 장인수, 박기범, 조중식, 이명진, "고속도로 안개경고시스템을 위한 Non-ROI 실시간 CCTV 시정측정에 관한 연구", 2009년 한국산학기술학회 춘계학술발표논문집, 제10권, 제1호, 2009. 5. 23., p.709-712.
- [3] 오주택, 민준영, 허병도, "원거리 차량 추적 감지 방법", 한국도로학회논문집, 10권, 1호, 2008. 6., p.159-166.
- [4] Amde Elgammal, David Harwood, Larry Davis, "Non-parametric Model for Background Subtraction", 6th European Conference on Computer Vision, June/July 2000.
- [5] 민준영, 허병도, 남궁성, 이인정, "영상정보분석을 이용한 CCTV영상기반 날씨정보 감지시스템 개발", 2008, p.192-195.
- [6] Sing-Tze Bow, Pattern Recognition and Image Preprocessing, Marcel Dekker Inc., 1992.