이미지 기반 도로시정측정을 위한 도로모델에 관한 연구†

김봉근*, 이 광*
*충주대학교 컴퓨터멀티미디어학과
e-mail:bkkim@cjnu.ac.kr

A Study on the Road Model for Image-based Road Visibility Measurements

Bong-Keun Kim*, Gwang Lee*
*Dept of Computer Multimedia, Chungju National University

요 약

우리는 CCTV 카메라 영상에서 도로상에 통행중인 차량의 이동영역이 시정에 따라 달라진다는 점에 착안하여 이동영역을 추출하고 이를 이용하여 가시거리를 계산하는 시정 측정 장치를 개발하고 있으며, 이 때 가장 중요한 것은 어떻게 추출된 이동영역을 이용하여 시정측정값을 계산할 것인가 하는 것이다. 이동영역이 추출된 이미지에서 이동영역의 상단라인을 나타내는 가시선의 위치와 시정거리와는 일반적으로 지수함수의 관계를 가지게 된다. 본 논문에서는 가시선의 위치를 이용한 시정측정을 위해 도로의 표면과 카메라의 기하학적인 관계를 설명하고 비선형 곡선적합 방법에 기초한 도로모델과 이를 이용한 도로시정 측정과 실제 적용방안을 제시하고 구현한 결과를 보인다.

1. 서론

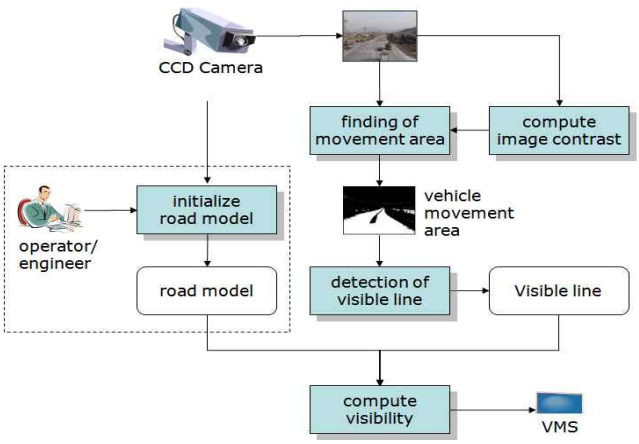
고속도로 안전관리시스템은 도로기상정보시스템과 가변속도제한시스템을 결합하여 안개다발지역의 다양한 대책들이 효율적으로 운영될 수 있도록 의사결정하고 시스템을 운영시키는 일련의 시스템을 말한다. 안개경고시스템[1]은 안개가 끼면 도로에 설치된 안개센서[2]를 통해 이 사실을 교통관리센터로 전송하고, 센터에서는 라디오 및 고속도로 정보안내판을 통해 운전자에게 알려주도록 하는 시스템이다.

우리는 CCTV 카메라 영상에서 도로상에 통행중인 차량의 이동영역(movement area)이 시정(visibility)에 따라 달라진다는 점에 착안하여 이동영역을 추출하고 이를 이용하여 가시거리를 계산하는 시정 측정 장치를 개발하고 있으며, 이 때 가장 중요한 것은 어떻게 추출된 이동영역을 이용하여 시정측정값을 계산할 것인가 하는 것이다. 카메라를 이용한 시정측정은 광학센서의 한계를 극복하고 인간의 시정감각과 유사하다[3]는 측면에서 많은 연구자들[4][5]에 의해 연구되고 있다.

이동영역이 추출된 이미지에서 이동영역의 상단라인을 나타내는 가시선(visible line)의 위치와 시정거리와는 일반적으로 지수함수의 관계를 가지게 된다. 본 논문에서는 가시선의 위치를 이용한 시정측정을 위해 도로의 표면과 카메라의 기하학적인 관계를 설명하고 비선형 곡선적합 방법에 기초한 도로모델과 이를 이용한 도로시정 측정과 실제 적용방안을 제시하고 구현한 결과를 보인다.

2. CCTV를 이용한 도로 시정측정

현재 개발되고 있는 CCTV를 이용한 도로 시정측정 시스템은 [그림 1]과 같다.



[그림 1] CCTV를 이용한 도로 시정측정 시스템

† 본 연구는 국토해양부 건설기술혁신연구개발사업의 연구비지원(과제번호 07-기술혁신-A01)에 의해 수행되었습니다.

CCTV를 이용한 도로 시정측정 시스템은 크게 초기화단계와 운영단계로 나뉘며, 초기화 단계는 운영자가 CCTV 카메라의 설치 높이, 도로의 경사도, CCTV 카메라의 각도 등의 기초자료를 이용하여 도로모델(road model)을 구축하는 단계로 시스템 설치 시에 한 번만 수행하면 된다. 운영단계는 차량의 이동영역으로부터 얻어진 가시선과 도로모델을 이용하여 시정을 측정하고 그 결과를 VMS를 통해 표출하는 단계이다.

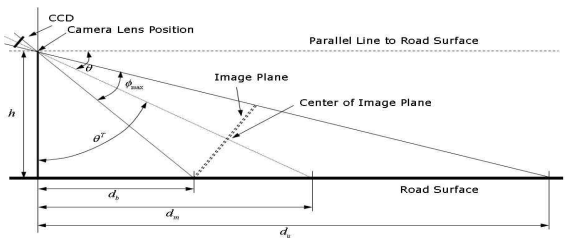
일반적으로 고속도로와 같은 환경에서 도로상에 움직이는 물체가 이동한 영역은 안개가 발생한 경우와 안개가 없는 경우가 다르게 나타나게 되며 안개가 낀 정도에 따라 물체의 이동영역(가시선) 또한 다르게 나타난다는 점을 이용하여 시정측정을 수행할 수 있다.

3. 도로모델과 시정측정

3.1 도로모델

도로모델은 도로영역과 도로외 영역의 분리, CCTV 카메라의 설치 높이, 도로의 경사도, CCTV 카메라의 각도 등을 이용하여 시정측정에 활용될 수 있는 파라메터를 결정한 것을 말한다. 일반적으로 CCTV 카메라로부터 입력된 2D 이미지로부터 특정 목표물까지의 거리를 정확히 계산하는 것은 거의 불가능하다. 그러나 고속도로에서 시정측정은 안개다발지역의 안개경보를 위해 사용하는 것을 고려하면 몇 cm까지의 정확한 거리의 계산을 필요로 하지 않는다. 따라서 우리는 [그림 2]와 같은 도로모델을 이용하여 대략적인 시정을 측정할 수 있다.

도로의 표면에 CCD 카메라가 일정높이(h)에 설치되어 있고, 카메라가 설치된 각도(θ)와 CCD의 높이 C_h는 사전에 알 수 있다. 그러면 [그림 2]의 카메라 뷰앵글의 최대값 $\Phi_{\max}$는 카메라의 초점거리(focal length) f를 이용하여 식 (1)과 같이 계산될 수 있고 이미지상의 최하단, 중간, 최상단까지의 거리는 식 (2), (3), (4)와 같이 각각 계산될 수 있다[6].



[그림 2] 도로표면이 수평인 경우의 도로모델

$$\Phi_{\max} = \tan^{-1}(C_h/f) \quad (1)$$

$$d_b = \tan(\theta^T - \frac{\Phi_{\max}}{2}) \cdot h \quad (2)$$

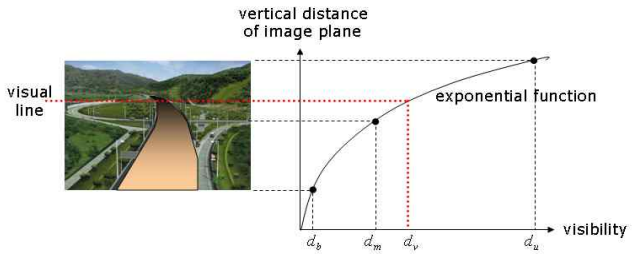
$$d_m = \tan(\theta^T) \cdot h \quad (3)$$

$$d_u = \tan(\theta^T + \frac{\Phi_{\max}}{2}) \cdot h \quad (4)$$

이미지상의 각 위치 즉, 하단, 중간, 상단까지의 거리를 계산했다면 특정 목표물까지의 거리 d를 구할 수 있어야 한다. 보통 d_b와 d_u사이의 거리는 지수적으로 증가하므로, 우리는 d_b, d_m, d_u를 이용하여 주어진 지수함수 즉, 목적식(objective function)에 대한 비선형 곡선적합(non-linear curve fitting)을 수행한 후 목적식의 파라메터를 저장한다.

3.2 시정측정

목적식의 파라메터가 결정되면 [그림 3]에서 보는 것과 같은 지수함수에 찾아진 가시선의 높이를 대입함으로써 매우 간단히 시정을 계산할 수 있다.



[그림 3] 가시선을 이용한 시정측정 방법

3.3 도로모델의 구축방안 및 구현결과

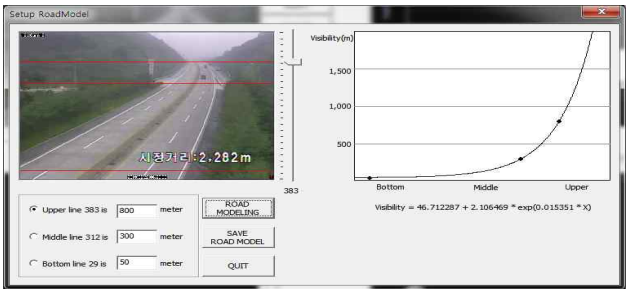
[그림 2]에서 언급한 도로모델은 여러 가지 문제를 포함하고 있다. 설치된 CCD 카메라의 설치된 각도(θ)와 CCD 소자의 높이 C_h를 사전에 알고 있어야 하며, 도로의 표면이 카메라가 설치된 폴대와 직각을 이루는 경우의 도로모델로 일반화된 도로모델이 아니다. 또한, 이미지의 최상단 d_u는 보통 도로의 끝 부분이 아닌 하늘과 인접된 부분까지의 거리를 의미하고 있어 실제 이 도로모델을 다양한 형태를 갖는 도로에 적용하기는 어렵다. 따라서, 다양한 유형의 도로에 적용할 수 있으며, 쉽고 빠르고 정확하게 도로모델을 구축하기 위한 방안이 필요하다.

본 논문에서는 [그림 4]와 같이 주어진 이미지를 도로를 포함하는 세 가지 영역 즉, 하단, 중간, 상단 영역의 기준선을 정하고, 운영자가 실측을 통해 각

기준선과 카메라의 거리를 지정한 후, 이를 목적식의 파라메터를 결정하는데 사용하는 방법을 제안한다. 이러한 도로모델의 구축과정은 설치 시에 한 번만 수행하면 된다. 도로모델을 위해 사용된 목적식은 지수함수로 식 (5)와 같다.

$$V_i = v_0 + a e^{bH_i} \qquad (5)$$

목적식의 파라메터 v_0, a, b는 기준선 및 거리의 쌍으로부터 비선형곡선적합을 위해 가장 널리 사용되고 있는 Levenberg-Marquardt 방법으로 결정되며, 이미지로부터 가시선의 위치 H_i가 결정되면 시정 V_i는 식 (5)에 의해 간단히 계산될 수 있다.



[그림 4] 기준선 및 거리의 지정과 비선형곡선적합을 통한 도로모델의 파라메터 결정

도로모델의 구축를 위한 파라메터의 결정과정과 시정측정은 Visual C++과 MFC, DirectShow를 이용하여 구현하였으며, [그림 5]는 구현된 결과를 보이고 있다.

[그림 5] 가시선과 도로모델을 이용한 시정측정방법의 구현결과

4. 결론

본 논문에서는 CCD 카메라에서 입력된 이미지로부터 구해진 이동영역과 가시선으로부터 효과적으로 시정을 계산하기 위해 효과적으로 사용될 수 있는 방법을 제안하였다. 이동영역이 추출된 이미지에서 이동영역의 상단라인을 나타내는 가시선의 위치와 시정거리와는 일반적으로 지수함수의 관계를 가지게 된다. 따라서 본 논문에서는 가시선의 위치를 이용한 시정측정을 위해 도로의 표면과 카메라의 기하학적인 관계를 설명하고 비선형 곡선적합 방법에 기초한 도로모델의 구축방법과 이를 이용한 도로시정 측정방안을 제시하고 구현한 결과를 보였다.

제안된 방법은 CCTV를 이용한 시정측정을 위해 필요한 기본적인 체계를 제안한 것으로 도로모델을 구축할 때 사용된 기준선과 거리가 정확히 입력되고 저시정 도로상의 차량 이동영역이 정확히 추출된다면 비교적 높은 정확도를 갖는 시정측정이 가능하다. 향후, 보다 정확한 도로모델의 구축을 위해 가장 적합한 목적식을 찾아내는 실험과 정확성을 검증하는 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] Jacqueline H. Carrillo, Scott E. Emert, D. Eli Sherman, Pierre Herckes, Jeffrey L. Collett Jr., "An economical optical cloud/fog detector", Atmospheric Research 87, 2008. p.259-267.

[3] 문길주, 김신도 등, 지구환경 감시 및 기후변화 예측기술 - 서울 지방의 스모그 현상 연구(II), 한국과학기술연구원 제2차년도 연차보고서, 1993.

[4] Jason S. McCarley, William K. Krebs, "Visibility of road hazards in thermal, visible, and sensor-fused night-time imagery", Applied Ergonomics 31, 2000, p.523-530.

[5] D. Baumer, S. Versick, B. Vogel, "Determination of the visibility using a digital panorama camera", Atmospheric Environment 42, 2008, p.2593-2602.

[6] Taek Mu Kwon, An Atmospheric Visibility Measurements Using Video Cameras: Relative Visibility, Univ. of Minesota Duluth, July 2004.