

# 이동영역 필터와 영상대비를 이용한 실시간 시정측정

## Realtime Visibility Measurement Using Moving Area Filter and Image Contrast

김봉근\*

Bong-Keun Kim\*

### 요 약

카메라를 이용한 실시간 시정측정은 인간의 시정 감각과 유사하고 현실성 있는 시정자료를 획득할 수 있으며 기존 고가의 광학기기를 이용한 측정방법을 대체할 수 있는 새로운 측정방식이다. 영상으로부터 깊이정보나 3차원 구조의 추출 등을 통해 시정을 측정하려는 시도가 있으나, 단순하고 빠른 처리가 요구되는 실시간 시정측정과 이동물체가 많이 나타나는 경우에는 많은 문제점을 갖고 있다. 본 논문에서는 시정의 감소는 영상에서 지수적인 대비의 감소로 나타난다는 점에 착안하여 영상으로부터 이동영역 필터를 이용하여 대비를 추출하고 영상 대비와 시정간의 상관관계를 수학적으로 모델링함으로써 쉽고 빠르게 시정을 측정할 수 있는 방법을 제안한다. 이동영역 필터는 영상으로부터 시정측정에 영향을 주는 하늘과 물체의 이동영역을 효과적으로 제거하기 위해 사용된다. 제안된 방법은 카메라를 통해 입력된 영상으로부터 실시간 시정측정이 가능할 뿐만 아니라 도로와 같이 차량의 이동이 많은 경우에도 안정적인 시정측정이 가능하다.

### Abstract

Realtime visibility measurement using camera is a new method which can collect some realtime visibility data similar to those of the human eyes, and can replace the existing methods using the expensive optical equipment. There have been a few attempts to measure visibility by extracting depth and three-dimensional structure under bad weather conditions. However, if there are many movements of objects in the image, these approaches seem to be inappropriate. In addition, the realtime visibility measurement will require a relatively simple and fast processing. Typically the contrast degrades exponentially in the bad weather. Therefore, in this paper we propose an easy and quick method that extract contrast from images using a moving area filter and measure visibility by mathematically modelling of the relationship between image contrast and visibility. The moving area filter is used for removing the area of the sky and moving objects that affect visibility measurement on images. The method proposed here can make possible not only realtime visibility measurement from images taken by CCD cameras, but also steady visibility measurement by using the moving area filter in case of much traffic on the road.

**Key Words** : visibility, image contrast, moving area filter

### 1. 서 론

\*정희원, 충주대학교 전기전자및정보공학부 컴퓨터멀티미디어학전공, E-mail : bkkim@cjnu.ac.kr  
접수일자 : 2008.3.15, 수정완료일자 : 2008.5.30

일반적으로 시정(visibility or visual range)은 빛의 소멸계수에 의해 영향 받는 것으로 표현되고 있지만 단순히 빛의 소멸계수 보다 색상(color), 경계(edge)의 모호성, 태양의 위치, 공기

중의 습기, 구름의 양과 위치, 눈, 비, 안개 등 다양한 요소들에 의해 영향을 받고 있다[1].

시정측정방법은 관측자의 목측, nephelometer, transmissometer와 같은 광학적기기를 이용한 방법, 사진 및 비디오영상을 이용한 방법 등이 있다. 이중 가장 많이 사용되고 있는 목측방법은 인간이 감지하는 가시영역이 중요하다는 측면에서 가장 현실적인 자료를 제공하는 수단이나, 개인마다의 시력차이와 숙련도, 목표물의 특성에 따라 관측 자료의 유용성에 제한을 받게 된다.

최근에는 저렴한 고성능의 영상획득장치가 발전함에 따라 사진 및 비디오영상을 이용한 시정 관측방법에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있다. Clark, D. A.와 M. P. Matthews[2]는 시정과 관련된 새로운 응용분야로 실세계의 영상으로부터 에지(edge)영상과 같이 수치화가 가능한 영상으로 단순화시키는 접근방법을 제시한바 있으며, 인간의 시각을 센서와 컴퓨터기술을 결합하여 구현하려는 컴퓨터비전(computer vision) 분야의 Srinivasa G. Narasimhan와 Shree K. Nayar와 같은 학자들은 영상으로부터 안개와 안개의 색상, 깊이정보의 추출 및 분할, 3차원 구조의 추출 등의 연구를 활발히 진행하고 있다 [3][4]. 그러나 기존의 3차원 구조의 추출이나 깊이정보의 추출과 같은 복잡한 처리는 시간의 지연이 발생하게 되므로 빠른 처리를 요구하는 실시간 측정에 적합하지 않을 뿐만 아니라 영상에 움직이는 물체가 많은 경우 적절한 방법이라고 할 수 없다.

본 연구에서는 시정의 감소는 영상에서 지수적인 대비감소의 효과로 나타나므로 시정과 영상대비의 상관관계를 이용하여 인간의 시정과 비슷하면서 정량화 및 자동화가 가능하면서도 쉽고 빠른 실시간 시정측정방법을 제안한다. 입력된 영상에는 하늘, 나무와 같은 자연물 뿐만 아니라 건물, 도로, 철도, 차량 등과 같은 인공물이 나타날 수 있으며, 특히 하늘의 구름, 철도나

도로상에 주행하고 있는 차량과 같은 이동물체는 시정측정의 정확성을 떨어뜨리는 주요 요소가 될 수 있다. 따라서 본 연구에서는 영상대비를 이용한 시정측정에 장애요소인 이동영역을 영상에서 자동으로 찾아 필터링을 수행할 수 있도록 함으로써 시정측정의 안정성을 높인다.

## II. 본 론

### 1. 시정과 영상대비

#### 가. 시정이론

시정은 인간의 눈으로 확인할 수 있는 가시거리를 의미하며, 일반적으로 시정은 빛의 소멸계수  $b_{ext}$ 의 함수로 나타내는데,  $b_{ext}$ 는 식 (1)과 같이 4개의 부분으로 구성된다.

$$b_{ext} = b_{sg} + b_{ag} + b_{sp} + b_{ap} \quad (1)$$

$b_{sg}$ 는 기체상 물질에 의한 산란계수,  $b_{ag}$ 는 기체상 물질에 의한 흡수계수,  $b_{sp}$ 는 입자상 물질에 의한 산란계수,  $b_{ap}$ 는 입자상 물질에 의한 흡수계수이다. 광원으로부터 광도  $I_0$ 를 갖고 발생한 광선은 빛의 소멸계수  $b_{ext}$ 에 의해 그 광도가 약해진다. 거리  $X$ 를 통과한 후의 광도  $I$ 는 Beer-Lambert 법칙에 의해 식 (2)와 같이 계산된다[5].

$$I = I_0 e^{-b_{ext}X} \quad (2)$$

식 (2)에서 빛의 소멸계수  $b_{ext}$ 는 단위 공기부피당 빛 소멸물질의 흡수 또는 산란 유효 단면적과 같다. 따라서 원래의 대비(contrast)  $C_0$ 를 갖는 물체가 관측자에게 나타나는 대비  $C$ 는 거리  $X$ 에 대해 식 (3)과 같이 나타낼 수 있다.

$$C = C_0 e^{-b_{ext}X} \quad (3)$$

대비는 주위 밝기에 대한 물체(object)와 주위 밝기의 차이의 비로 정의되며, 흑체(black object)인 경우에  $C_0 = -1$ 이므로 식 (3)은 식 (4)와 같이 나타낼 수 있다.

$$C = -e^{-b_{ext}X} \quad (4)$$

시정을 주위 대기공간에 대해 물체의 식별이 가능한 최대거리로 정의하면 거리  $X$ 는 시정이 된다. 이때, 식 (4)에 인간의 시정한계 0.02~0.05를 대입하게 되는데, 시정한계값으로 2%를 대입하면 시정은 식 (5)와 같이 계산될 수 있다.

$$X = \frac{\ln(0.02)}{-b_{ext}} \approx \frac{3.912}{b_{ext}} \quad (5)$$

시정한계는 “contrast threshold of the eye”를 의미하며 시정 계산을 위해 가장 보편적으로 사용되고 있다[5]. 식 (5)는 시계도의 통용지수(universal index)로 널리 사용되고 있으며, 식 (2)와 (3)은 거리 및 빛의 소멸계수의 증가에 따라 광도와 대비가 지수적으로 감소한다는 점을 보여 주고 있다. 또한, 기존에 시정의 분석모델로 잘 알려진 turbidity 또는 deciview index[6]와 같은 모형은 그 형태가 대부분 지수함수의 형태를 가지고 있다.

#### 나. 시정과 영상대비

영상에서 대비는 일반적으로 밝은 영역과 어두운 영역의 차이를 나타낸다. 따라서 밝은 영역과 어두운 영역사이에 대비의 강도가 크면 그 경계가 뚜렷이 나타나게 되므로 대부분의 영상 처리에서는 대비의 강도를 나타내기 위해 에지 연산자(edge operator)를 이용하고 있다. 에지추출은 영역분할(segmentation) 과정 중의 하나로써 에지 추출에 의하여 특정한 물체를 추출하기도 하고, 그 면적이나 주위의 길이를 계측하기도 하며, 두 영상의 대응점을 구할 수도 있고 복잡

한 영상인식, 영상이해도에 이용한다. 이러한 에지 추출 방법으로는 함수의 변화량을 조사하는 1차(gradient) 또는 2차(laplacian) 미분 연산을 이용하는 것이 널리 사용되고 있으며, 1차 미분에는 대표적으로 Sobel, Prewitt, Roberts 연산자가 있으며, 2차 미분에는 Laplacian 연산자가 있다[7][8][9]. 본 연구의 목적은 배경과 물체의 경계를 정확히 추출하려는 것이 아니라 영상에서 나타나는 대비의 강도와 분포를 알기 원한다. 따라서 잡음에 강하고 에지의 강도를 넓게 표현해 줄 수 있는 Sobel 에지추출 연산자가 가장 적당한 것으로 판단하였다. 그림 1은 동일한 지역에 고정된 카메라로부터 입력된 영상에 대해 Sobel 에지 연산자를 적용한 결과와 시정에 따른 에지 강도(edgeness)의 차이를 보여주고 있다.

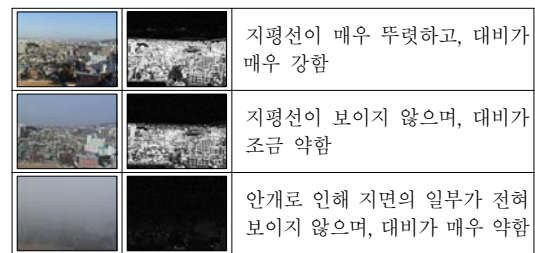


그림 1. 세 개의 이미지에 대한 대비감소의 예  
Fig. 1. Examples of contrast reduction for three different images

추출된 에지의 기울기는 에지강도  $E(x,y)$ 를 나타내게 되는데 본 논문에서는 이것을 주어진  $i$  번째 이미지 프레임  $F_i$ 에 대한 대비  $C(F_i)$ 로 간주하고 식 (6)과 같이 영상의 대비를 계산한다.

$$C(F_i) = \sum_x \sum_y E_i(x,y) \quad (6)$$

식 (6)과 같이 에지 연산자를 이용하여 영상의 모든 픽셀에 대해 계산된 에지강도를 합산함으로써 주어진 영상의 전반에 걸쳐 나타나는 대비

의 강도를 계산할 수 있다.

영상의 에지강도와 시정간의 상관관계는 대부분의 시정 분석모델과 마찬가지로 지수함수의 형태를 나타내게 된다. 본 논문에서 제시한 영상 대비와 시정이 지수함수의 관계를 갖고 있음을 증명하기 위해 7개 지역의 영상데이터에 대해 실험한 결과를 3장에서 보인다.

## 2. 연구방법

### 가. 제안하는 실시간 시정측정 방법

본 논문에서 제안하는 실시간 시정측정 방법은 그림 2와 같다. 제안하는 시정측정 방법은 크게 초기화단계와 운영단계로 나눌 수 있다. 초기화 단계에서는 카메라로부터 입력된 이미지 프레임들로부터 이동영역필터를 생성하고, 시정이 비교적 좋은 것과 중간 시정, 그리고 시정이 좋지 않은 세 가지 경우의 이미지 샘플로부터 영상대비를 계산한다. 기상관측자가 세 가지 경우에 해당하는 시정값을 부여하면 시정측정을 위한 목적식의 계수를 결정하기 위해 비선형 곡선 적합을 수행한다. 운영단계에서는 입력된 이미지 프레임을 추출하고 초기화단계와 동일한 방법으로 영상대비를 계산한 후, 이를 목적식에 대입하여 실시간으로 시정을 측정하여 출력한다. 시정, 이미지 등 측정된 시정관련 자료는 사용목적에 맞게 데이터베이스에 저장되어 향후 활용이 가능하다.

### 나. 이동영역 필터

시정측정을 위해 설치된 카메라로부터 입력된 대부분의 영상에는 하늘, 건물, 도로, 자연물 등이 포함되어 있다. 특히, 하늘에는 날씨에 따라 구름의 양과 색상이 매우 다양하게 나타날 수 있으며, 도로나 철로에는 매우 빠르게 이동하는 차량이 나타나게 된다. 따라서 영상 전체에 단순히 에지연산자를 적용한다면 구름과 이동물체에 의해 식 (6)의 계산결과는 같은 시정을 갖는 경

우에도 다르게 나타날 수 있다.

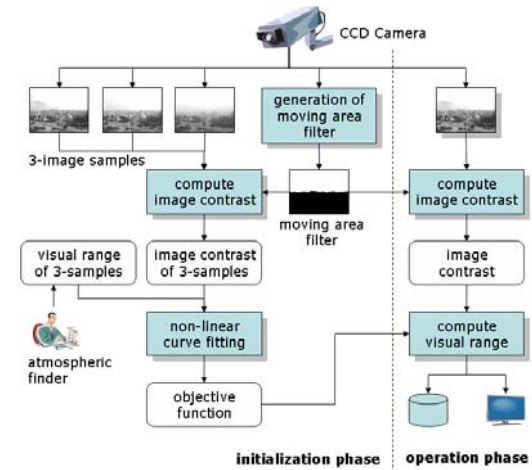


그림 2. 제안된 실시간 시정측정 방법  
Fig. 2. Proposed method for the real-time visibility measurements

입력된 이미지 프레임은 일반적으로 하늘과 땅, 그리고 차량의 이동이 빈번한 이동영역을 포함하고 있으므로 영상의 대비를 나타내는 (6)은 식 (7)과 같이 표현될 수 있다.  $C_s$ 는 하늘영역의 대비,  $C_m$ 는 이동영역의 대비,  $C_g$ 는 하늘과 이동영역을 제외한 나머지 영역, 즉 건물, 자연물 등의 영역에 대한 대비를 의미한다.

$$C(F_i) = C_s(F_i) + C_m(F_i) + C_g(F_i) \quad (7)$$

본 논문에서는 하늘과 차량 등의 이동물체가 움직이는 영역을 이동영역(moving area)라고 정의한다. 결국, 시정의 계산은  $C_g(F_i)$ , 즉, 이동영역을 제외한 나머지 영역에 대해서만 이루어져야 같은 시정을 갖는 경우에 나타날 수 있는 대비량의 변동성을 줄일 수 있다. 또한, 시정측정은 실시간으로 이루어져야 하므로 복잡한 처리보다는 단순하면서도 빠른 처리가 요구된다. 따라서 본 논문에서는 시정이 좋고 맑은 날씨에 얻어진 연속적인 이미지 프레임들을 이용하여

이동영역을 찾아내고 이를 대비의 계산에서 제외하는 단순한 방법을 사용한다. 이동영역의 검출은 하늘영역을 검출하는 단계와 차량 등의 이동물체가 움직이는 영역을 검출하는 두 가지 단계로 이루어진다.

(1) 하늘영역 검출

하늘영역을 검출하기 위해 본 논문에서는 사용자로부터 입력된 임계치(thresholding value)를 이용하여 영상을 이진화 하고 하늘영역의 상단으로부터 아래쪽 방향으로 지평선을 찾는 단순한 방법을 이용한다.

그림 3은 그림 3(a) 영상으로부터 임계치를 적용하여 그림 3(b)와 같은 하늘 필터영상이 생성된 예를 보여 주고 있다. 그림 3(a)에 적용된 임계치는 사용자와 대화방식으로 결정되며, 사용하는 임계치를 조절함으로써 지평선을 좀 더 정확히 설정할 수 있다. 그림 3(a)에서 왼쪽의 전신주와 전선에 의해 하늘영역이 일부 검출되지 않는 현상이 발생할 수 있다. 그러나 전신주와 전선의 아래에 있는 하늘영역이 영상대비의 계산에 포함되더라도 실제 대비의 변화량에는 거의 영향이 없다. 물론, 이러한 문제는 영상의 분할(segmentation)과 영역 레이블링(area labelling), 하늘 영역으로 판단되는 영역을 찾아 머지(merge)함으로써 해결할 수 있다. 그러나 이러한 과정은 매우 복잡하며 그 결과에 대해서도 확신할 수 없으므로 현실적이지 못하다. 따라서 본 논문에서 제시한 방법을 사용하면 매우 단순하면서도 효과적으로 하늘영역을 검출할 수 있다.

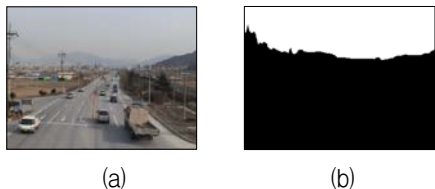


그림 3. 입력된 이미지(a)에 대한 하늘필터(b)  
Fig. 3. Sky filter(b) for an input image frame(a)

(2) 이동영역 검출

일반적으로 도로와 같은 환경을 포함하는 경우, 그림 5(a)와 같이 도로에 움직이는 차량이 매우 많으며 이것은 실시간으로 계산되는 대비가 매우 많이 그리고 빠르게 변화한다는 것을 말한다. 따라서 이러한 도로상에 움직이는 물체는 시정관측에 불필요하며 시정관측을 어렵게 하는 중요한 요소이다. 영상에서 나타날 수 있는 동적인 요소로는 자동차, 기차, 신호등 등이 있으며, 차량의 움직임 또한 주행, 신호대기, 회전, 유턴 등 다양한 형태가 있을 수 있고 이들 움직임 사이에 시간적인 갭이 발생하는 등 매우 복잡한 형태를 보이고 있다. 결국, 이 모든 요소들을 일일이 고려하는 것은 바람직하지 않다.

따라서 본 논문에서는 그림 4와 같은 방법으로 일정시간(약 2~5분 정도)동안 입력된 n개의 연속적인 이미지 프레임과 최초의 이미지 프레임간의 차연산을 이용하여 이동영역을 검출한다. 입력된 최초의 이미지 프레임과 나머지 이미지 프레임간의 차영상(difference image)들은 주어진 임계치를 이용하여 이진화되고, 생성된 차영상들은 그림 3에서 얻어진 하늘영역의 필터영상과 차례대로 합성된다.

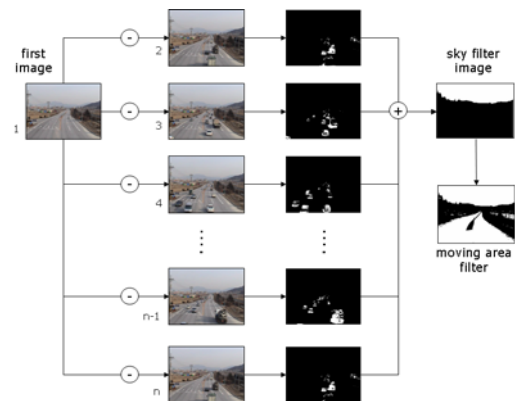


그림 4. 최초의 이미지와 다른 이미지프레임간의 차연산을 이용한 이동영역 검출방법  
Fig. 4. Moving area detection method using difference operation between a first image and other image frames

그림 5는 주어진 입력영상으로부터 하늘영역과 동적인 영역을 검출하여 작성된 이동영역 필터의 예를 보여 주고 있다. 그림 5(b)는 약 3분간 입력된 이미지 프레임들에 차영상의 이진화에 사용된 임계치를 최대밝기 값인 255의 25%인 64를 적용한 경우로 도로의 차량외에 왼쪽의 신호등과 오른쪽의 철도에 기차가 지나간 부분이 검출된 것을 확인할 수 있다.

따라서 입력된 이미지 프레임으로부터 식 (7)의  $C_g(F_i)$ 를 계산하기 위해 그림 5(b)와 같은 이동영역 필터의 검은색 영역에 속한 영역에 대해서만 영상대비를 계산함으로써 시정측정에 불필요한 하늘과 물체의 이동영역을 제거한다.



그림 5. 입력된 동영상(a)에 대한 이동영역필터(b)  
Fig. 5. Moing area filter(b) for input movie(a)

#### 다. 영상대비를 이용한 시정측정

##### (1) 영상밝기에 의한 정규화

시정은 이동영역 뿐만 아니라 목표물들의 밝기(brightness)에 의해서도 영향을 받는다. 목표물의 밝기에 영향을 미치는 요소로는 운량, 태양의 각도, 스모그 또는 안개 등이 있으나 주로 빛의 강도와 태양의 각도에 따라 목표물들의 밝기가 달라진다. 즉, 정오와 같이 태양 빛이 강렬한 때에는 목표물들이 비교적 뚜렷하게 구분되지만 흐리거나 구름에 의해 태양 빛이 가려진 경우 또는 해 뜨는 시간대와 해지는 시간대에는 상대적으로 목표물들의 구분력(대비)이 약해지게 마련이다. 이러한 목표물들의 밝기는 지역적인 밝기의 변화 보다는 전역적인 밝기의 변화에 민감하다고 할 수 있다.

본 논문에서는 주어진 이미지 프레임  $F_i$ 에 나

타나는 전역적 밝기  $I_g(F_i)$ 를 식 (8)과 같이 계산한다. 즉, 이동영역 필터를 통과한 각 픽셀의 밝기  $B_i(x, y)$ 의 합을 픽셀의 면적  $A_i(F_i)$ 으로 나누어 평균밝기를 계산한다.

$$I_g(F_i) = \frac{\sum_x \sum_y B_i(x, y)}{A_i(F_i)} \quad (8)$$

그리고  $I_g(F_i)$ 를 이용하여 전역적 밝기에 따라 변하는 영상대비를 정규화할 수 있다. 따라서 이미지 프레임  $F_i$ 에 대한 정규화된 영상대비  $NC_g(F_i)$ 는 식 (9)와 같이 계산된다.

$$NC_g(F_i) = \frac{C_g(F_i)}{\lambda \cdot I_g(F_i)}, \text{ where, } 0 < \lambda \quad (9)$$

$\lambda$ 는  $I_g(F_i)$ 의 크기를 조절하기 위해 사용하는 상수로 색상차(color difference), 온도, 습도, 시각, 계절적 요인 등에 의한 변화요인 등을 적용하기 위해 사용될 수 있으나, 본 논문에서는 이러한 요인들은 고려하지 않았으므로  $\lambda$ 의 값으로 1을 사용한다.

##### (2) 목적식과 계수의 결정

앞에서 기술한 바와 같이 시정측정을 위한 척도와 시정간의 상관관계는 지수적인 함수관계를 갖고 있다. 만일 지수함수인 목적함수  $O$ 를 정의할 수 있고 목적함수의 계수를 계산할 수 있다면 시정  $VR_i$ 는 식(10)과 같이 계산될 수 있다.

$$VR_i = O(NC_g(F_i)) \quad (10)$$

목적함수  $O()$ 를 찾아내기 위해  $NC_g(F_i)$ 와  $VR_i$ 의 쌍으로 이루어진  $n$ 개의 샘플(sample)이 주어진다고 가정하면, 이 문제는 비선형 곡선적합(nonlinear curve fitting) 문제로 간주될 수 있다. 따라서 본 논문에서는 식 (11)을 목적식으로

하고 비선형 곡선적합 방법으로 가장 널리 사용되고 있는 Levenberg Marquardt 방법[10]을 사용하여 비선형 곡선적합을 수행한다.

$$y = y_0 + ae^{bx} \quad (11)$$

식 (11)의 목적식은 다양한 지수함수들에 대한 테스트를 거쳐 가장 적합할 것으로 생각되는 것으로 선정한 것이다. Levenberg Marquardt 방법에서 필요로 하는 식 (11)의 편미분계수는 식 (12)와 같다.

$$\frac{dy}{dy_0} = 1, \quad \frac{dy}{da} = e^{bx}, \quad \frac{dy}{db} = ax e^{bx} \quad (12)$$

표 1은 Air Resource Specialists, Inc.의 John Molenaar에 의해 개발된 소프트웨어인 WinHaze 2.9.0을 이용하여 Boston지역의 모델링된 영상자료를 추출하고 정규화된 영상대비를 추출한 데이터를 보여주고 있다. 표 1과 같이  $NC_g(F_i)$ 와  $VR_i$ 의 쌍으로 이루어진 40개의 샘플에 대해 목적식 (11)에 대한 비선형 곡선 적합을 수행한 결과를 그림 6에 보이고 있다. 그림 6에서 보면 비선형 곡선적합의 결과와 주어진 샘플들과의 신뢰도가 매우 높게 나타나고 있으므로 목적식 (11)의 계수  $y_0$ ,  $a$ ,  $b$ 가 비교적 적절하게 결정되었다는 것을 알 수 있다.

$$VR_k = 118.311 + 68.3529 \times \exp(0.0005 \times NC_g(F_k)) \quad (13)$$

따라서 새롭게 입력된 k-번째 이미지 프레임  $F_k$ 으로부터 계산된 대비  $NC_g(F_k)$ 가 주어지면 시정  $VR_k$ 는 식 (13)과 같이 매우 간단히 계산될 수 있다. 따라서 초기화 과정을 거쳐 목적식의 계수가 결정되면 시정측정은 매우 간단하고 빠르게 수행될 수 있으므로 제안된 방법은 실시간 시정측정에 적합한 방법이라고 할 수 있다.

표 1. 정규화된 대비의 계산 결과

Table 1. Computation results of normalized image contrast

No	deci-view	b <sub>est</sub>	VR (m)	Normalized Contrast(NC <sub>g</sub> )
1	59.7	3912	1000	6236
2	52.8	1956	2000	7404
3	48.7	1304	3000	8126
4	45.8	978	4000	8704
5	43.6	782	5000	9139
6	41.8	652	6000	9505
7	40.2	559	7000	9836
8	38.9	489	8000	10135
9	37.7	435	9000	10405
10	36.7	391	10000	10644
11	35.7	356	11000	10851
12	34.8	326	12000	11044
13	34.0	301	13000	11221
14	33.3	279	14000	11398
15	32.6	261	15000	11548
16	32.0	245	16000	11689
17	31.4	230	17000	11829
18	30.8	217	18000	11957
19	30.2	206	19000	12072
20	20.0	196	20000	12184
21	29.2	186	21000	12300
22	28.8	178	22000	12398
23	28.3	170	23000	12497
24	27.9	163	24000	12588
25	27.5	156	25000	12685
26	27.1	150	26000	12771
27	26.7	145	27000	12842
28	26.4	140	28000	12918
29	26.0	135	29000	12999
30	25.7	130	30000	13079
31	25.4	126	31000	13144
32	25.0	122	32000	13211
33	24.7	119	33000	13262
34	24.4	115	34000	13334
35	24.1	112	35000	13389
36	23.9	109	36000	13441
37	23.6	106	37000	13499
38	23.3	103	38000	13555
39	23.1	100	39000	13613
40	22.8	97.8	40000	13657

(3) 세 개의 샘플을 이용한 목적식 계수의 결정 그러나 실제 시정측정에서 초기화 단계에서 표 1과 같이  $NC_g(F_i)$ 와  $VR_i$ 의 쌍으로 이루어진 많은 개수의 샘플은 주어질 수 없다. 따라서 시정측정 시스템의 초화 단계에서는 목적식의 계수를 유사하게 결정하기 위해 필요로 하는 최소한의 샘플만을 가지고 계수를 결정하여야 한다. 본 논문에서는 표 1과 그림 6의 경우를 예로 들어, 표 1에 있는 단지 세개의 샘플만으로도 그림 6과 유사한 계수의 결정이 가능함을 보인다.

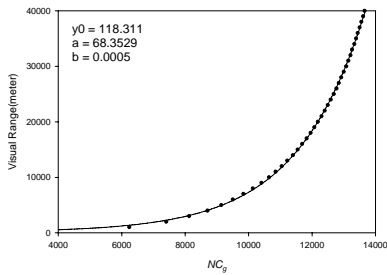
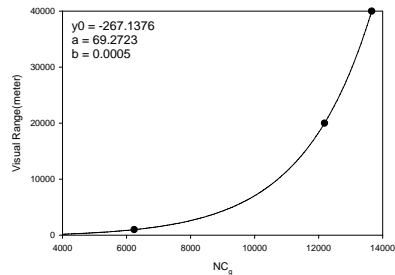
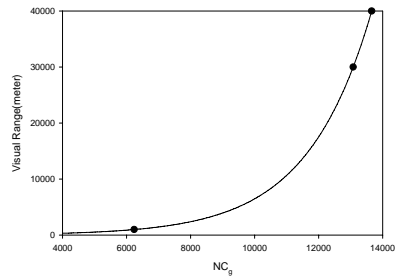


그림 6. 비선형 곡선적합의 결과  
Fig. 6. A result of non-linear curve fitting (Levenberg Marquardt method)

본 논문에서 제시한 방법의 세 가지 샘플은 각각 비교적 좋은 시정을 갖는 것과, 중간, 그리고 시정이 좋지 않은 것을 의미한다. 따라서 표 1의 데이터로부터 비교적 시정이 좋은 40Km와 시정 좋지 않은 1Km의 두 개의 샘플과 중간 정도의 시정을 갖는 시정 즉, 5Km, 10Km, 20Km, 30Km를 각각 나머지 하나의 샘플로 이용하여 Levenberg Marquardt 방법을 적용하였으며, 그림 7은 각각의 결과를 보여주고 있다.



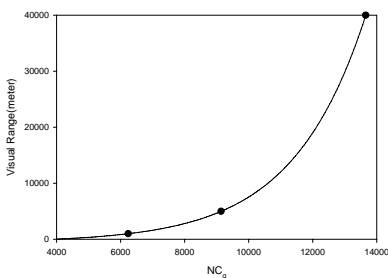
(c) Case 3 : 3 sample(1 km, 20 km, 40 Km)



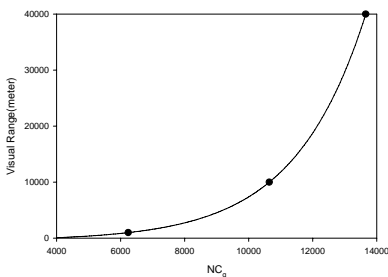
(d) Case 4 : 3 sample(1 km, 30 km, 40 Km)

그림 7. 3점 곡선적합의 결과  
Fig. 7. Results of the 3-point curve fitting

그림 7(c)는 최대 시정의 50%인 20Km를 나타내는 이미지 샘플을 중간시정으로 이용한 것으로서 그림 6과 비교하여 보면 목적식의 계수  $a$ 와  $b$ 에 큰 차이가 없다. 이것은 시정측정 시스템의 초기설정시 세 가지 경우(최상, 중간, 최악 시정)에 대해 목적식의 계수를 결정하는 것만으로도 비교적 근접한 시정계산이 가능하다는 것을 의미한다. 물론, 향후 실제 시정측정 과정 중에서 보다 많은 샘플을 획득함으로써 목적식의 계수를 보다 정확히 산출할 수 있으며, 이를 통해 시정측정의 정확성을 개선할 수 있다.



(a) Case 1 : 3 sample(1 km, 5 km, 40 Km)



(b) Case 2 : 3 sample(1 km, 10 km, 40 Km)

### III. 실험

#### 1. 시정과 영상대비의 상관관계

영상대비와 시정간의 관계가 지수함수의 관계가 있음을 검증하기 위하여 본 논문에서는 Air Resource Specialists, Inc.의 John Molenaar에 의



해 개발된 컴퓨터 영상화 소프트웨어 WinHaze 2.9.0을 이용하여 7개 지역의 모델링된 영상자료를 추출하여 실험하였다. 그림 8은 실험에 사용된 지역 중 주변환경이 서로 다른 지역의 시정별 이미지들을 보여주고 있다.



그림 8. WinHaze 2.9.0으로부터 추출된 샘플의 예  
Fig. 8. Examples of sample extracted from the WinHaze 2.9.0

WinHaze 소프트웨어의 각 모델영상에 대해 각각 시정을 1Km부터 40Km까지 입력하여 모델링된 영상 40개씩 총 280개의 영상에 대해 식 (9)에 의해 제시된 영상대비를 계산하고 시정과의 관계를 실험한 결과는 그림 9와 같다. 그림 9에서 보면 각 지역마다 목표물들의 분포와 복잡도가 서로 다르기 때문에 영상대비와 시정간의 분포가 서로 다르게 나타나고 있으나, 그림 6에 보인바와 같이  $i$ -번째 영상에 대한 영상대비  $C(F_i)$ 와 시정(VR)간에는 지수함수적인 관계가 있는 것을 확인할 수 있다.

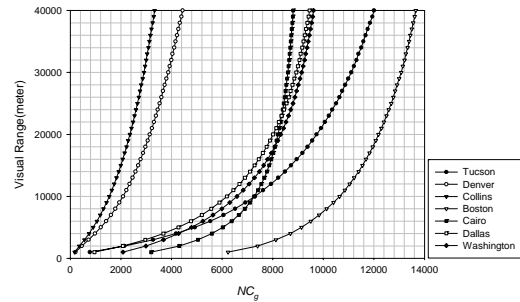


그림 9.  $NC_g$ 과 시정간의 상관관계  
Fig. 9. Relationship of  $NC_g$  and visibility(visual range)

## 2. 이동영역필터 적용과 시정측정의 안정성

본 논문에서는 동일한 시정을 갖는 경우, 이동영역 필터가 적용된 경우와 그렇지 않은 경우의 영상대비의 변화량을 비교함으로써, 이동영역 필터가 적용된 시정측정이 비교적 안정적으로 나타날 수 있음을 보인다. 또한, 이동영역 필터를 이용한 방법에서 시정이 서로 다른 두 가지 경우에 있어서도 안정적인 결과를 얻을 수 있음을 보임으로써 제안된 방법의 효과를 제시한다.

실험을 위해 충주시 이류면의 육교위에 캠코더를 설치하여 시정이 서로 다른 동영상상을 약 2~3분씩 수차례에 걸쳐 획득하였으며, Microsoft Visual C++언어와 MFC(Microsoft Foundation Class Library) 및 VFW(Video for Windows) 라이브러리를 이용하여 구현하였다. 본 논문에서는 미리 촬영된 1분 40초 분량의 비디오 데이터로부터 초당 1 프레임씩을 추출하여 실험에 사용하였다. 그림 10은 동일한 시정을 갖는 경우, 이동영역 필터가 적용된 경우와 그렇지 않은 경우(하늘 필터만 적용한 경우)의 영상대비 변화량을 비교한 결과를 보여주고 있다.

그림 10에서 이동영역 필터를 적용한 경우의 정규화된 영상대비 변화량이 단지 하늘영역 필터만을 적용한 경우보다 안정적인 것을 알 수 있다. 따라서 이동영역 필터를 사용하는 제안된 방법이 이동물체가 많이 나타나는 경우의 시정

측정에 더 효과적이라고 할 수 있다.

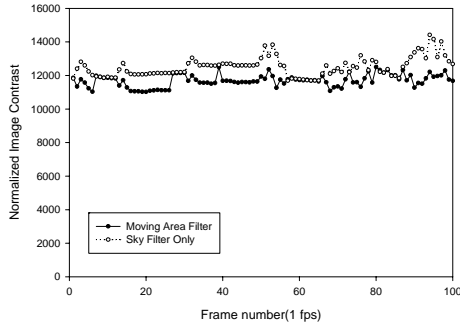


그림 10. 같은 시정을 갖는 정규화된 영상대비의 비교(하나는 이동영역필터가 적용된 경우이고, 다른 하나는 단지 하늘필터만 적용한 경우임)

Fig. 10. Comparison of normalized image contrasts with the same visibility. One is using the moving area filter, the other one is just using the sky filter

게 나타나고 있으므로, 향후 이를 효과적으로 제어할 수 있는 방안에 대한 연구가 지속되어야 할 것으로 보인다.

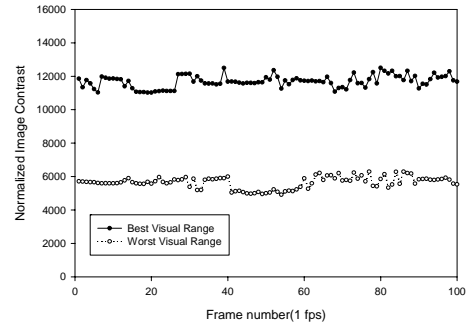


그림 11. 서로 다른 시정을 갖는 정규화된 영상대비의 비교

Fig. 11. Comparison of normalized image contrast with the different visibility

본 논문의 2장에서 제시한 목적함수를 이용한 시정측정의 효과를 검증하기 위해 서로 다른 시정을 갖는 경우에 대해 실험하였다. 그림 11은 비교적 양호한 시정을 갖는 경우와 좋지 않은 시정을 갖는 두 가지 경우에 이동영역 필터를 적용하였을 때 나타나는 영상대비의 변화량을 비교한 결과를 보여주고 있다. 그림 11에서 보면 비교적 양호한 시정을 갖는 경우의 영상대비와 시정이 좋지 않은 경우의 영상대비 차이가 뚜렷하게 나타나는 것을 알 수 있다. 따라서 본 논문에서 제안한 방법과 같이 목적식의 계수가 결정되면 시정의 측정은 단지 목적식에 정규화된 영상대비값을 대입함으로써 매우 간단히 측정할 수 있다.

위의 두 가지 실험을 통해 이동영역 필터와 영상대비를 이용한 실시간 시정측정 방법이 비교적 안정적인 시정측정이 가능함을 보였다. 그러나 그림 10과 그림 11에서 알 수 있듯이 동일한 시정을 갖는 경우에도 실제 영상대비의 변화는 다양한 주변 환경의 변화에 의해 비교적 크

#### IV. 결론

카메라를 이용한 실시간 시정측정은 인간의 시정 감각과 유사하고 현실성 있는 시정자료를 획득할 수 있으며 기존의 고가의 광학기기를 이용한 측정방법을 대체할 수 있는 새로운 측정방식으로 실시간 시정측정을 위해서는 단순하고 빠른 처리가 요구된다.

본 논문에서는 시정의 감소는 영상에서 대비의 감소로 나타나는 점에 착안하여 영상으로부터 시정측정에 영향을 주는 이동영역에 대한 필터링을 수행하고 추출된 나머지 영역에 대해 영상대비와 시정간의 상관관계를 수학적으로 모델링함으로써 쉽고 빠르게 시정을 측정할 수 있는 방법을 제안하였다. 또한, 시정과 영상대비간에는 지수함수의 관계가 있음을 실험을 통해 증명하였으며, 이동영역 필터와 영상대비를 이용함으로써 보다 안정적인 시정측정이 가능함을 보였다. 그러나 영상대비의 변화는 여전히 다양한 주변 환경의 변화에 의해 비교적 크게 나타나고 있으므로, 향후 이를 효과적으로 제어할 수 있는

방안에 대한 연구가 지속되어야 할 것이다.

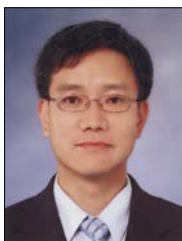
제안된 방법은 카메라를 통해 입력된 영상으로부터 인간의 감각과 유사한 실시간 시정측정이 가능할 뿐만 아니라 이동영역 필터를 이용함으로써 도로와 같이 움직임이 많은 경우에도 안정적인 시정측정이 가능한 장점을 가지고 있다. 따라서 향후, 도로의 상습 안개구간에 대한 실시간 시정정보시스템과 같은 분야에 응용이 가능하다.

### 참 고 문 헌

- [1] Marian L. Hobbs, Good practice guide for monitoring and management of visibility in New Zealand, Ministry for the Environment, pp.3-4, 2001.
- [2] Clark, D. A., and M. P. Matthews, An integrated weather sensor testbed for support of theater operations in areas of complex terrain. Battlespace Atmospheric and Cloud Impacts on Military Operations, Fort Collins, CO., pp.25-27, April, 2000.
- [3] Srinivasa G. Narasimhan and Shree K. Nayar, Vision and the Atmosphere, International Journal of Computer Vision, Vol.48, No.3, pp.233-254, 2002.
- [4] Srinivasa G. Narasimhan and Shree K. Nayar, Contrast Restoration of Weather Degraded Images, IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.25, No.6, pp.716-718, 2003.
- [5] 문길주, 김신도 등, 지구환경 감시 및 기후 변화 예측기술 - 서울 지방의 스모그 현상 연구(II), 한국과학기술연구원 제2차년도 연차보고서, pp.26-28, 1993.
- [6] L. Willard Richards, Use of the Deciview Haze Index as an Indicator for Regional Haze, Journal of the Air & Waste Management Association, Vol.49, pp.1231-1232, 1999.
- [7] Anil K. Jain, Fundamentals of Digital Image Precessing, Prentice Hall Inc., 1989.
- [8] Paul M. Embree and Bruce Kimble, C Language Algorithms for Digital Signal Processing, Prentice Hall Inc., 1991.
- [9] Stephen P. Banks, Signal Processing, Image Processing and Pattern Recognition, Prentice Hall Inc., 1990.
- [10] William H. Press, Brian P. Flannery, Saul A. Teukolsky, William T. Vetterling, Numerical Recipes in C, Cambridge University Press, pp.542-547, 1998.

이 논문은 충주대학교 대학구조개혁지원사업비(교육인적자원부 지원)의 지원을 받아 수행한 연구임.

### 저 자 소 개



김봉근(정 회원)

- 1984.3.~1987.2. : 수원대학교 전자계산학과 졸업(이학사)
- 1989.8.~1991.7. : 숭실대학교 전자계산학과 졸업(공학석사)
- 1991.8.~1997.2. : 숭실대학교 전자계산학과 졸업(공학박사)
- 1993.4.1~2006.3.31 : 청주과학

대학 컴퓨터학과 교수

- 2006.4.1~현재 : 충주대학교 전기전자및정보공학부 컴퓨터멀티미디어학전공 교수

<주관심분야> 패턴인식, 영상처리, 감성공학