

# 적응 형태학적 WCNN 알고리즘을 이용한 컬러 영상 에지 검출 연구

## A Study on Color Image Edge detection Using Adaptive Morphological Wavelet-CNN Algorithm

백영현, 신성, 문성룡  
원광대학교 전자공학과

Young-Hyun Back, Sung Shin, Sung-Ryong Moon  
Department of Electronic Engineering Wonkwang University  
E-mail : neural76@hotmail.com

### 요 약

**Abstract:** The digital color image can be distorted by noise for a transmission or other elements of system. It happens to vague of a boundary side in the division of a color image object, especially, boundary side of an input color image is very important because it can be determined to the division and detection element in pattern recognition. Therefore it is boundary part. In this paper, it detects the optimal edge with applying this color image to WCNN algorithm, after it does level up a boundary side of a color image by using the adaptive morphology as the threshold of an input color image. Also, it is used not a conventional fixed mask edge detection method but variable mask method which is called a variable BBM. It is confirmed by simulation that the proposed algorithm can be got the batter result edge at the place of closing to each edges and having smoothly curved line.

### 1. 서론

21세기 영상 미디어가 급속도로 발달하고 다양화 되어감에 따라 영상을 기반으로 하는 기계사용은 과학적인 분야의 큰 변화 속에서 폭 넓게 응용되고 있다. 이에 따라 수많은 분량의 영상들이 나타나고 이러한 영상들을 처리하기 위해 로봇이나 컴퓨터에 인간과 같은 시각적으로 물체를 인식하는 것이 필요하게 되고 복잡한 이미지를 이해하기 위한 매우 중요한 단계로서, 영상해석의 하위단계가 얼마만큼 정확하고도 유용한 정보를 찾아 주느냐에 따라 크게 영향을 받게 된다 [1]. 영상 인식에서 정확한 에지는 입력 영상에 대한 중요 정보들의 위치, 정보의 모양과 크기, 텍스처등에 대한 정보를 포함하는 중요한 요소이다. 즉, 인간의 시각 시스템이 물체를 인식하는데

있어서 대강의 윤곽선만으로 인식이 가능하듯 대부분의 유용한 정보는 서로 다른 영역간의 경계선에 위치해 있음을 알 수 있다. 이러한 에지는 영상의 밝기가 낮은 값에서 높은 값으로 또는 높은 값에서 낮은 값으로 변하는 지점에 존재하게 된다. 에지 추출은 영상 속에 위치한 이런 인접 영역간의 경계점들을 찾는 작업을 말하며, 이는 영상 분할의 첫 번째 단계이며, 영상의 구성을 결정하기 위한 화소들을 하나의 영역으로 만들기 위해 사용되고 있는 영상 인식에 핵심이 되는 분야이다[1,2].

영상 분할·인식에서 에지 검출이 중요한 이유는 영상에서의 중요한 정보가 서로 다른 영역간의 경계선에 위치하고 있으며 또한 영상을 에지로 표현하면 영상 속의 물체 형태에 관한 정보를 그대로 유지하면서 영상인식의 상위 단계에서 처

리해야 할 자료의 양을 줄일 수 있고, 많은 물체 인식 알고리즘과 쉽게 결합 가능하다는 장점을 가지고 있기 때문이다. 본 논문에서 기존의 흑백 영상에서 각 화소에서의 밝기의 불연속을 근거로 경계를 찾는 미분연산자(mask) 방식에 탈피하여, 흑백 영상보다 많은 정보를 포함하고 있는 컬러 영상을 공간적 객체 분할을 통한 영상을 사용하였고, 고정된 미분연산자가 아닌 입력되는 영상의 임계값의 차에 따라 가변적으로 변화하는 가변BBM연산자를 사용하였다. 또한 입력 영상의 임계값에 따라 경계면을 레벨 업, 레벨 다운 시킬 수 있는 적응적 형태학을 사용하여 영상의 경계면의 차를 확연히 부각 시켰고, 영상의 중요 정보가 모여 있는 저주파영역으로 단순화하기 위하여 웨이블릿 변환을 사용하였다[3-6].

이와 같은 알고리즘을 처리하기 위해 병렬적이고 반복적인 구조를 가지고 있어서 연산량을 줄일 수 있는 CNN(Cellular Neural Networks)구조를 사용하였다. 그 결과 고정 미분 연산자를 이용한 방법과는 달리 세밀하고 정확한 결과를 얻을 수 있었으며 이를 이용한 처리 또한 기존 방법보다 좋은 결과를 보인다[3,4].

## 2. 공간 컬러모델

공간 컬러 모델은 각 색을 한 점으로 나타내는 시스템에서의 부분 공간으로, 380nm에서 780nm 범위의 파장 즉, 눈의 망막에 입사되는 스펙트럼을 가시광선이라고 한다. 그리고 이 가시광선 영역의 빛을 인지하는 결과를 컬러라 한다[1,2].

컬러 모델의 종류는 RGB(Red, Green, Blue) 모델, YCbCr(Luminance, Chrominance-Blue, Chrominance -Red) 모델, HSV(Hue, Saturation, Value) 모델, HMMD(Hue, Max, Min, Diff) 모델이 있다.

### 2.1 RGB 컬러 모델

RGB 컬러 모델에서 각 색들은 빨강, 초록, 파랑의 기본 스펙트럼 성분들로 나타난다[2]. 이 모델은 직교 좌표 시스템(cartesian coordinate system)에 기초한 것이다. 컬러 부분 공간은 그림 1에 나타낸 입방체 구조를 가지고 있다. RGB 값은 세 꼭지점으로 검은색은 원점이고, 그리고 흰색은 원 점에서 가장 먼 꼭지점이다. 이 모델에서 명암도는 검은색부터 흰색까지 두 점을 연결하는 선을 따라 전개되고, 색은 원점으로부터 확장되는 벡터로 정의되는 정육면체 상이나 또는 안쪽의 점이다. RGB 컬러 모델에서의 영상은 각 원색 당 하나씩 모두 3개의 독립적인 영상 평면

으로 구성되었다. 영상처리를 위한 RGB 컬러 모델의 사용은 영상 자체 값들이 세 가지 색 평면으로 자연스럽게 표현될 때 필요하다. 디지털 영상을 얻기 위해 사용되는 대부분의 컬러 카메라들이 RGB 포맷을 사용하는데 이 사실 하나만으로도 RGB 컬러 모델이 영상처리에서 아주 중요하다는 것을 알 수 있다.

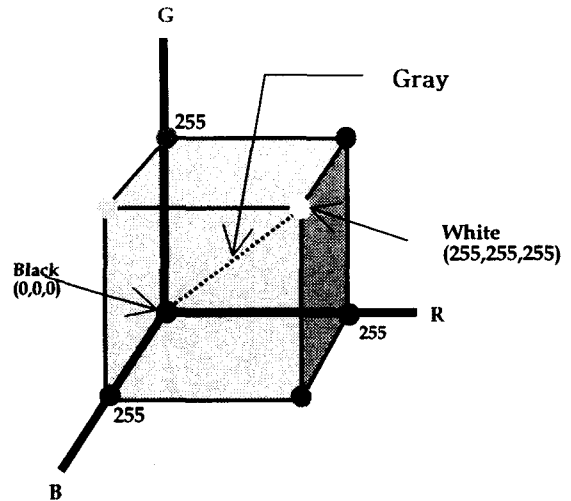


그림 1. RGB 컬러 모델의 공간 좌표계

### 2.2 YCbCr 컬러모델

YCbCr 컬러 모델은 컬러 정보로부터 광도를 분리하는 또 하나의 컬러 공간으로 MPEG에서 사용하는 컬러 모델이다[2]. 광도는 Y(휘도)로 기호화되고, 비디오 신호의 색상 부분인 푸른 정보와 붉은 정보는 Cb와 Cr로 기호화된다. RGB 컬러 모델에서 YCbCr 컬러 모델로 변환하는 것은 식(1)을 이용하여 변환된다. 그리고 YCbCr 컬러 모델과 RGB 컬러 모델을 서로 변환하는 방법은 여러 가지로 제안되어 있다.

$$\begin{aligned}
 Y &= 0.29900R + 0.58700G + 0.11400B \\
 Cb &= -0.16874R - 0.33126G + 0.50000B \quad (1) \\
 Cr &= 0.50000R - 0.41869G - 0.08131B
 \end{aligned}$$

본 논문에서는 RGB와 같이 중요 정보들이 구분포된 분할이 아닌 에지를 추출하는데 유용한 광도성분을 가지고 있는 Y를 이용하였다.

## 2. 가변 BBM템플릿

많은 에지 추출을 위한 알고리즘은 적용하는 분야에 한정하여 에지 템플릿을 정의하고 있으며, 그 정의를 벗어나는 입력영상에서 에지를 추출하는데는 효과적이 못한 단점이 있다[2]. 예를 들어 프리윗(Prewitt)은 행과 열 마스크의 출력과 이들의 합성 영상을 보여준다. 즉, 대각 방

향의 에지보다는 수평, 수직에지에 민감하다. 그리고 로버츠(Roberts) 연산자는 잡음에 또한 민감하다. 영상 에지 추출에서 가장 많이 이용되고 있는 소벨(Sobel) 연산자는 수평과 수직 에지 보다는 대각선 방향에 놓여진 에지에 더욱 민감한 특성을 가지고 있다. 본 논문에서는 일반적인 템플릿의 단점을 보완하고 여러 방향의 에지 검출에 적용될 수 있는 가변적인 템플릿을 제안한다. 또한 특성이 일치하지 않는 두 영역을 분리한다는 기본적인 성질외에도 에지의 구조적 특성에 따라 다르게 정의 할 수 있다.

이러한 정의식에 따라 입력되는 영상을 YCbCr로 객체 분할한 뒤 분할된 많은 에지 정보가 들어 있는 Y의 데이터 값을 얻는다. 본 논문에서 가변 BBM(Y.H. Back, O.S. Byun, S.Y. Moon) 템플릿은 에지의 기본정의에 따르고 있으며, 각 화소마다의 데이터 값의 차에 따라 가변적으로 3x3 마스크가 만들어진다. 즉, 어떠한 영상이 들어오더라도 그 영상의 화소 단위의 데이터 값의 차에 따라 에지가 추출되어 지는 것이다[6,7].

$$\begin{bmatrix} -Y(i,j) & -Y(i,j+1) & -Y(i,j+2) \\ Y(i+1,j) & 0 & Y(i+1,j+2) \\ Y(i+2,j) & -Y(i+2,j+1) & Y(i+2,j+2) \end{bmatrix} \quad (2)$$

식(2)는 3x3 가변 BBM 템플릿으로 Y는 입력된 영상 전체 광도를 나타내는 파라미터이고, 각각의 i, j는 각 픽셀의 위치를 나타내는 행과 열이다.

### 3. 적응 형태학적 WCNN 알고리즘

컬러 입력영상을 공간적 객체 분할을 통하여 얻은 영상의 임계값을 검출하여 형태학의 기본 연산인 dilation과 erosion을 적응적으로 선택하게 하기 위하여, 식(3)를 적용하여, 각 픽셀의 임계값에 따라 레벨업·다운이 이루어져, 경계면의 차를 부각시킨다[4,5].

$$T_{m,n}(x) = \begin{cases} 1, & \text{if } x \geq t \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

$$X = \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N T_{m,n}(x) \quad (M, N: \text{행} \cdot \text{열의 크기})$$

즉, 식(3)을 통해 얻어진 임계값(t)에 따라 형상을 선택 하도록 하고 연산 형태학을 이용하여 경계면을 레벨 업 시킨 후, 웨이브렛 변환을 이용하여 영상을 단순화한다.

웨이브렛  $\psi(t)$ 가 무한시간영역에서 크기만 급속도로 감소하는 특징을 가지고 있는 Meyer 웨이브렛을 이용하였다. Meyer 웨이브렛은 식(4)과 같다.

$$\psi(\omega) = e^{-j\omega/2} H^*\left(-\frac{\omega}{2} + \pi\right) \phi(\omega/2) \quad (4)$$

Meyer 웨이브렛은  $|\omega| \leq 4\pi/3$  구간에서 실질적인 계수가 존재하고, 이 밖의 구간에는 0으로 존재한다.  $\phi(t)$ 는 원 신호에 대칭적이기 때문에  $\psi(\omega)$ 는 실질적인 값을 가지며,  $\psi(\omega)$ 는  $\omega=0$ 가 일 때 상호 대칭적이다.  $\psi(\omega)$ 는 발생하는 신호의 곡면의 기울기를 결정하여, 식(5)과 같은 조건을 갖는다.

$$|\psi(\omega)|^2 = \begin{cases} 1 & 0 \leq |\omega| \leq 2\pi/3 \\ 1 - |\phi(2\pi - \omega)|^2 & 2\pi/3 \leq |\omega| \leq 4\pi/3 \\ 0 & \text{otherwise.} \end{cases} \quad (5)$$

Meyer 웨이브렛의 계수는 CNN 상태방정식인 식(5)의 입력  $v_{ukl}$ 에 적용되었고, 그리고 에지 검출을 위해 B(i, j; k, l) (feed-forward 템플릿) 파라미터에 가변 에지 검출 템플릿인 BBM 템플릿을 적용하였다.

C<sub>ij</sub> 상태방정식(State equation) :

$$C \frac{dv_{x,ij}(t)}{dt} = \frac{-1}{R_x} v_{x,ij}(t) + \sum_{c(k, l) \in N_{x,i,j}} A(i, j, k, l) v_{y,kl}(t) + \sum_{c(k, l) \in N_{x,i,j}} B(i, j, k, l) v_{ukl} + I \quad (6)$$

C<sub>ij</sub>의 출력방정식

$$v_{yij}(t) = \frac{1}{2} (|v_{xij}(t)| + 1 - |v_{xij}(t) - 1|) \quad 1 \leq i \leq M; 1 \leq j \leq N \quad (7)$$

식(6)의 상태 방정식의 결과 나온 값을 정리하여 식(7)의 출력 방정식의  $v_{yij}$  값으로 적용한다. 최적의 에지 검출과 결과 영상을 비교하기 위하여 식(8)를 이용하였다.

$$V_{\hat{y}}(t) = 1 - | -R(x^c) + \sum_{j=1}^9 B_j v_{ukl} | \quad (8)$$

여기서,  $R(x^c)$ 은 식(9)과 같다.

$$R(x^c) = \begin{cases} -\infty, & x^c \leftarrow -1 \\ 0, & |x^c| < 1 \\ \infty, & x^c \rightarrow 1 \end{cases} \quad (9)$$

그리고  $B_d$  파라미터는 에지 검출 템플릿인 가변 BBM이고,  $u_d$ 는 웨이블릿 계수 입력부분이다[6,7].

#### 4. 모의 실험 및 결과

제안된 알고리즘의 성능을 평가하기 위해 다양한 칼라 영상을 테스트 영상으로 사용하였다. 그리고 모의 실험은 비주얼 C++과 Matlab을 이용하였다. 여기서 테스트 영상은 30개 컬러 영상을 사용하였고, 대부분의 테스트 영상들의 장면은 영상처리의 성능 테스트에 쓰이는 영상들이다. 30개의 영상에는 다양한 성분의 에지가 포함되어 있고, 다양한 크기를 가지고 있다. 제안된 알고리즘은 입력 영상을 YCbCr 컬러 모델을 적용하여 Y(휘도) 성분을 검출한다. 이 때 경계면을 레벨 업 시키기 위하여 적응적 형태학을 사용하여 선택적으로 경계 레벨을 부각시킨다. 또한 연산의 단순화와 처리 속도의 감소를 위한 웨이블릿-CNN알고리즘을 사용하였고, 가변적인 에지 검출 템플릿인 BBM 마스크를 사용하여 최종적으로 영상의 에지 영역을 검출하는 알고리즘을 구현하였다.

그림 2는 실험에 사용한 영상 중 각기 구성성분이 다른 4가지의 비교 원영상들이다.

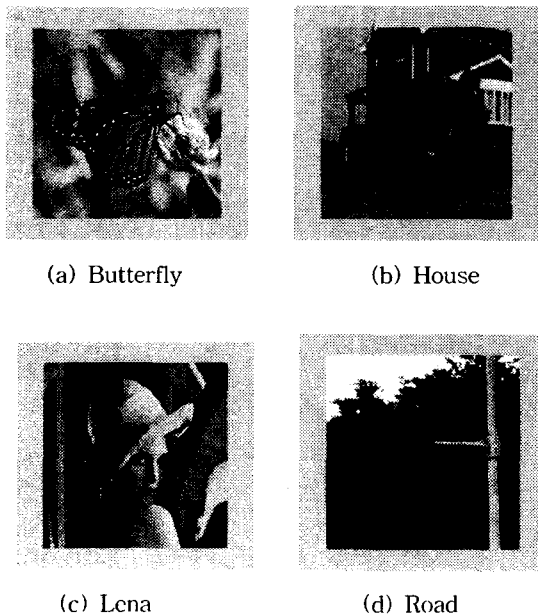


그림 2. 각각의 구성성분이 다른 컬러 영상

그림 2의 컬러영상을 RGB값으로 분할 후, 에지검출에 용이한 광도를 갖는 YCbCr로 분할하여 얻은 Y정보의 영상은 그림 3 (a), (b), (c), (d)와 같다.

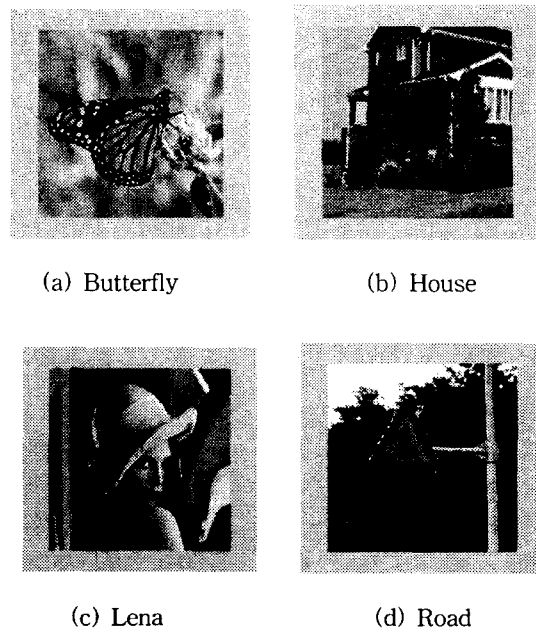
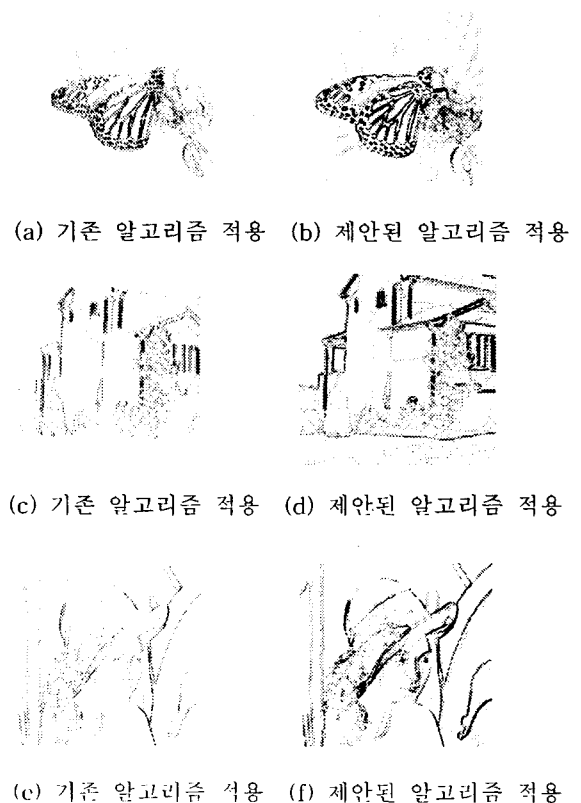


그림 3. Y정보를 가진 영상들

그림 3의 Y의 영상에 기존 알고리즘 에지 검출 방식을 각각 적용하여 에지를 추출한 결과와 본 논문에서 제안한 알고리즘을 이용한 에지 검출 결과를 그림 4에서 비교하였다. 그 결과 제안한 알고리즘을 이용한 에지 검출 방식이 더 우수한 에지가 검출되었음을 확인하였다.





(g) 기존 알고리즘 적용 (h) 제안된 알고리즘 적용

그림 4. 제안한 알고리즘 비교 영상

### 5. 결론 및 향후과제

영상에 포함된 객체를 정확히 인식하는데 있어 영상처리의 주요단계는 전처리 단계로써, 영상 시스템과 인터넷 내용기반 비디오 검색 시스템, 출입자 보안 감시 시스템, 표정 인식 등 많은 응용분야에서 매우 중요한 처리과정이다. 에지 검출은 인간의 능력 중에서 영상을 인식하는 접근 방법으로, 영상의 많은 부분들은 에지를 주체로 표현되며, 에지 검출의 중요한 특성은 목적 윤곽에 일치하는 라인을 생산하는 능력이라 할 수 있다. 기존의 많은 에지 검출 방법은 그레이 스케일 입력 영상에 초점을 두고 연구 되어왔다. 또한 입력 영상에 대한 처리과정 없이 에지 검출을 시도하였고, 고정된 마스크와 한정된 분야에 맞게 조정된 에지 검출 기술만을 정의하고 있다. 이는 레벨차가 거의 없는 영상이나 한정된 분야를 벗어난 영상이 입력될 경우 정확한 에지를 검출할 수 없는 단점을 가지고 있다.

본 논문에서는 컬러 영상을 기반으로 실시간으로 사용자 개입 없이 영상 객체를 분할하고 영상의 레벨의 경계를 부각시키기 위해서 적응 형태학을 사용하였다. 또한 기존의 고정된 마스크를 탈피하여 입력되는 영상마다의 화소값의 차를 바탕으로 하는 가변 마스크를 사용하였고, 영상의 단순화와 처리속도를 위해 CNN구조를 사용하였다. 제안된 전체적인 구조는 병렬처리 구조로 구성되어 있으며, 원 영상에 MPEG-4 표준안에서 제시한 YCbCr 컬러모델을 적용하여 공간적인 영상을 분할하였다. 다른 여러 가지 공간 컬러모델 방법들 (HSV 컬러모델, YIQ 컬러모델, HSI 컬러모델) 중 YCbCr 컬러모델을 이용한 분할이 객체를 정확하게 분할함을 확인하였다. 또한 영상 단순화를 위해 Meyer 웨이브렛의 특성을 이용하였다. 따라서 제안된 적응 형태학적 WCNN 알고리즘은 영상처리시, 확대·축소 변형을 하여도 저주파영역의 웨이브렛 계수를 이용하여 뭉개짐이나 블록화 현상이 없는 특성과 BBM 템플릿과 적응 형태학의 특성을 적용하여 내각선, 수직,

수평 부분뿐만 아니라 곡선 영역, 레벨 차이가 적은 영역에서도 정확하고 우수한 에지를 검출할 수 있음을 시뮬레이션을 통하여 확인하였다. 향후 과제로는 우수한 검출 능력을 보이는 적응 형태학 WCNN 알고리즘을 적용하여 더 향상된 지능형 지문 인식기, 자동차 번호판 감식, 표정인식, 얼굴검출 등의 방법을 연구해 보는 것이다.

### 6. 참고문헌

- [1] R. Crane, "A simplified approach to Image Processing," Prentice-Hall, 1997.
- [2] R. Gonzalez and R. Woods, "Digital Image Processing," Addison-Wesley Publishing Company, 1992.
- [3] M. Vetterli and T.A. Tony, "Filterbank Implementation of Meyer's Wavelets," EE392G Stanford University, June 10, 1998.
- [4] O. C. Leon and L. Yang, "Cellular Neural Networks: Theory," IEEE Trans. on Circuits and Systems, vol. 35, no. 10, pp. 1257-1272, Oct. 1998.
- [5] O. S. Byun, "A Study on HFSD system using HMMD Color Model and Wavelet Morphology," 원광대학교 박사 학위 논문, 2. 2003.
- [6] Y. H. Back, "A Study on Edge Detection using Meyer Wavelet-CNN Algorithm," Fall of KICS, Vol. 26, pp.326-248-270, Nov. 2002.
- [7] Y. H. Back, "Efficient variable BBM template for color image's edge detection," Spring of KMMS, Vol. 6, No. 1, pp.385-388, Apr. 2003.