

융기된 영상의 골격선 추출에 의한 에지 보정 알고리즘

*박미진, **양영일

경상대학교 *교육학과 공업교육전공, **전기전자공학부

경남 진주시 가좌동 900

e-mail: *s_pmjin@gshp.gsnu.ac.kr, **yyang@nongae.gsnu.ac.kr

Edge Compensation Algorithm

by Extracting the Skeletons from the Uplifted Image

Mi-Jin Park, Yeong-Yil Yang

Division of Electric and Electronics Eng. GyeongSang Nat'l. Univ.

Gazwa-Dong 900, ChinJu, KyungNam, 660-701, Korea

Abstract

In this paper, we propose the edge compensation algorithm which connects the adjacent edges without losing the information of the skeletons on the edge image. The proposed edge compensation algorithm is composed of succeeding two steps. In the first step, the uplifted image is obtained by applying the uplifting process to the edge image. The next step is to extract the edge image from the uplifted image using the skeleton extraction algorithm. Experimental results show that the proposed method connects the adjacent edges without the distortion of the original edge information compared to the traditional method.

1. 서론

영상에서 에지를 구하는 과정은 물체 구분, 글자 인식 등 영상처리 분야에서 중요한 전처리 과정이다. 또한 MPEG-4와 MPEG-7에서 요구되는 영상 처리를 수행하기 위해서는 영상에서 물체를 정확히 분리하여야 하므로 에지를 정확히 추출하는 과정이 더욱 더 중요하여 졌다. 영상에서 에지를 구하기 위하여 잡음에 강한 Sobel 연산자^[1], Laplacian 연산자^[1], Watershed^[2] 등의 여러 가지 방법이 사용되고 있다. 영상에서 에지를 구하는 방법들은 영상에서 인접한 화소의 밝기 값의 차를 이용하여 구하므로, 인접한 두 영역의 경계선에서 밝기 값이 유사한 부분이 있으면 두 영역을 분리하는 경계선 즉 에지의 끊어짐이 발생하게 된다. 영역의 경계선의 에지가 정확히 연결되지 않으면, 영상에서 물체가 정확히 분리되지 않으므로 얻고자하는 영상처리를 수행할 수 없게 된다. 이진 영상으로 입력되는 영상입력장치가 많은 응용분야에

활용이 많아지므로, 이진 영상에서 끊어진 에지를 연결해야 될 필요성이 증가하고 있다. 그레이 영상에서 에지를 구할 때 끊어짐을 적게 하는 연구는 이루어 졌으나, 구해진 에지 영상에서 끊어진 에지를 보정하는 방법에 대한 연구는 거의 이루어지지 않았다. 에지 영상에 불림 연산을 수행하여 인접한 에지들을 연결시킨 후 녹임 연산을 수행하거나 골격선을 구하여 끊어진 에지들을 보정 할 수 있다. 단순한 불림 연산을 사용하면 에지 영역에 인접한 화소에 대하여 인접한 에지 값을 대입하여 에지 영역을 크게 하므로 입력 영상의 골격선을 평탄화시키는 단점이 있다. 본 논문에서는 불림 연산을 사용하지 않고 에지 영상을 융기시켜 골격선의 값을 크게 함으로써 에지 영상의 골격선을 유지하면서 동시에 끊어진 에지를 연결하는 에지 보정 알고리즘을 제안하였다. 제안한 에지 보정 알고리즘은 추출된 에지 영상을 융기시켜 융기된 영상을 얻는 단계와 융기된 영상에서 골격선을 구하는 단계로 구성되어 있다.

본 논문의 2 장에서는 본 논문에서 제안하는 융기된 영상의 골격선 추출에 의한 에지 보정 알고리즘을 기술하였다. 그리고 실험 결과를 제 3 장에서 설명하였고, 제 4 장에서 결론을 내렸다.

2. 제안한 에지 보정 알고리즘

이 장에서는 본 논문에서 제안하는 에지 보정 알고리즘을 기술한다. 제안된 알고리즘은 추출된 에지를 융기시켜 융기 영상을 얻는 단계와 융기된 영상에서 골격선을 추출하여 에지를 구하는 단계로 되어있다. 그림 1은 영상의 융기과정을 보여준다. 그림 1에서 흰색으로 표시된 화소는 그레이 값이 0인 화소이고, 화소의 밝기가 어두울수록 그레이

이 값이 큰 화소를 나타낸다. 그림 1에서 □으로 표시된 화소는 영상에서 에지 영역에 해당되는 화소이고, □으로 표시된 화소는 배경에 해당하는 화소이다. 영상의 용기는 에지 영역의 화소들과 에지 영역에 인접한 배경 화소의 값을 증가시키는 단계를 반복하여 이루어진다. 그림 1(b)는 그림 1(a) 영상을 한 레벨 용기시켜 얻어진 용기 영상이고, 그림 1(c)는 그림 1(b) 영상을 한 레벨 더 용기시켜 얻어진 용기 영상이다.

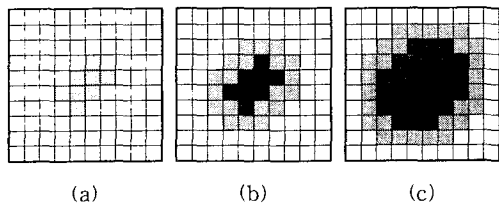


그림 1. (a) 에지 영상 (b) 영상 (a)를 한 레벨 용기시켜 얻어진 용기 영상 (c) 영상 (b)를 한 레벨 용기시켜 얻어진 용기 영상

Fig. 1 (a) The edge image (b) The uplifted image of the image (a) by one-level (c) The uplifted image of the image (b) by one-level

그림 2는 256×256 크기의 영상을 용기시켜 얻어지는 용기 영상을 보여준다. 그림 2(a)는 에지 영상을 나타내고, 그림 2(b)는 그림 2(a) 영상에 대하여 용기 과정을 10회 반복하여 얻어진 용기 영상을 보여준다. 그리고, 그림 2(c)는 그림 2(a) 영상에 대하여 용기 과정을 20회 반복하여 얻어진 용기 영상을 나타내고 있다.

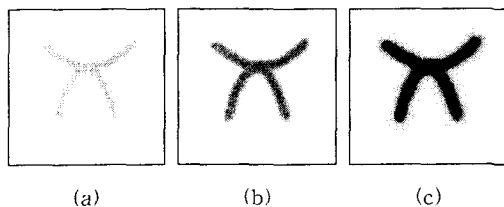


그림 2. (a) 256×256의 크기의 영상 (b) 영상 (a)를 10번 반복 용기시켜 얻어진 영상 (c) 영상 (a)를 20번 반복하여 용기시켜 얻어진 영상

Fig. 2 (a) The image with 256×256 pixels. (b) and (c) is the uplifted image by applying the uplifting process 10 and 20 times, respectively.

입력 영상이 I_i 이고, 용기가 이루어진 용기 영상 I_o 일 때는 I_i 의 각 화소 값은 다음과 같이 결정된다.

N_4	N_3	N_2
N_5	$I_i(x,y)$	N_1
N_6	N_7	N_8

그림 3. 3×3 그레이 레벨 영상에서 화소 정의
Fig. 3 The definition of the pixels on the gray level image with the size the 3×3 pixels

N_4	N_3	N_2	N_4	N_3	N_2	N_4	N_3	N_2
N_5	$I_i(x,y)$	N_1	N_5	$I_i(x,y)$	N_1	N_5	$I_i(x,y)$	N_1
N_6	N_7	N_8	N_6	N_7	N_8	N_6	N_7	N_8

그림 4. 화소 $I_i(x,y)$ 가 에지 영역의 화소 일 때 8-근방 화소 값에 따른 용기 영상의 화소 값 $I_o(x,y)$ 의 결정

Fig. 4 The determination of the value of the pixel $I_o(x,y)$ on the uplifted image according to the values of the pixel $I_i(x,y)$ and it's neighbors when the pixel $I_i(x,y)$ is the pixel on the edge regions.

N_4	N_3	N_2	N_4	N_3	N_2	N_4	N_3	N_2
N_5	$I_i(x,y)$	N_1	N_5	$I_i(x,y)$	N_1	N_5	$I_i(x,y)$	N_1
N_6	N_7	N_8	N_6	N_7	N_8	N_6	N_7	N_8

그림 5. 화소 $I_i(x,y)$ 가 배경 영역의 화소 일 때 8-근방 화소 값에 따른 용기 영상의 화소 값 $I_o(x,y)$ 의 결정

Fig. 5 The determination of the value of the pixel $I_o(x,y)$ on the uplifted image according to the values of the pixel $I_i(x,y)$ and it's neighbors when the pixel $I_i(x,y)$ is the pixel on the background regions.

그림 3은 3×3 그레이 레벨 영상에서 화소를 나타내며, 화소 $I_i(x,y)$ 에 인접한 8개의 화소를 (N_1, N_2, \dots, N_8) 화소 $I_i(x,y)$ 에 대한 8-근방(8-neighbor)으로 정의한다. 입력 영상에서 화소 $I_i(x,y)$ 에 대응되는 용기 영상에서 화소 값 $I_o(x,y)$ 는 그림 4와 그림 5에 보인 것처럼 입력 영상 화소 값 $I_i(x,y)$ 와 $I_i(x,y)$ 의 8-근방 화소 값들에 의하여 결정된다. 그림 4에서 □으로 표시된 화소는 에지 영역에 해당하는 화소이고 □으로 표시된 화소는

배경에 해당하는 화소이다. 화소 값 $I_o(x, y)$ 을 결정하기 위하여 화소 값 $I_i(x, y)$ 가 0이 아닌 경우와 (에지 영역의 화소인 경우) 0인 경우로 배경 (배경 영역의 화소인 경우) 구분한다. 화소 값 $I_i(x, y)$ 가 0이 아닌 경우, 즉 $I_i(x, y)$ 가 에지 영역상의 화소인 경우에는 다음과 같이 세 가지 경우에 따라 $I_o(x, y)$ 를 결정한다. i) 화소 $I_i(x, y)$ 의 8-근방 화소가 모두 배경 화소일 때 (그림 4(a)), 화소 값 $I_o(x, y)$ 는 화소 값 $I_i(x, y)$ 에 V_1 을 더한 값으로 결정된다. (식 1) ii) 화소 $I_i(x, y)$ 의 8-근방 화소가 배경 화소와 에지 영역의 화소로 이루어 졌을 때 (그림 4(b)), 화소 값 $I_o(x, y)$ 는 화소 값 $I_i(x, y) + V_2$ 의 값을 갖는다. (식 2) iii) 화소 $I_i(x, y)$ 의 8-근방 화소가 모두 에지 영역의 화소일 경우 (그림 4(c)), 화소 $I_i(x, y)$ 는 에지 영역 내부에 있는 화소로 출력 영상의 화소 값 $I_o(x, y)$ 는 화소 값 $I_i(x, y)$ 에 V_3 을 더한 값으로 결정된다. (식 3) 둘째로 $I_i(x, y)$ 가 0인 경우, 즉 화소 $I_i(x, y)$ 가 배경 화소이면 다음과 같은 경우로 구분된다. i) 8-근방 화소 값이 모두 배경 화소인 경우에는 (그림 5(a)) 주위에 에지 영역이 없으므로, $I_o(x, y)$ 는 0을 갖는다. ii) 8-근방 화소가 모두 에지 영역의 화소이면 (그림 5(b)), 이 화소는 배경 영역을 유지해야 하므로 화소 값 $I_o(x, y)$ 는 0을 갖는다. iii) 그림 5(c)와 같이 $I_i(x, y)$ 가 배경 영역과 에지 영역의 경계에 있는 화소일 경우, ($I_i(x, y)$ 의 8-근방 화소가 배경 영역과 에지 영역의 화소로 이루어 졌을 때) $I_o(x, y)$ 는 화소 값 $I_i(x, y)$ 에 V_2 를 더한 값으로 결정된다. (식 2) 본 논문에서 사용한 V_1, V_2, V_3 값은 각각 1, 2 와 3이다.

$$I_o(x, y) = I_i(x, y) + V_1 \quad (1)$$

$$I_o(x, y) = I_i(x, y) + V_2 \quad (2)$$

$$I_o(x, y) = I_i(x, y) + V_3 \quad (3)$$

위와 같은 융기 과정은 골격선을 평면적으로 증가시킬 뿐만 아니라 원 에지 영역의 화소 값도 높기 때문에, 융기 과정에서의 골격선이 평탄화 되지 않고 유지하므로 에지 정보를 잃지 않고 인접한 에지를 연결시킨다. 융기 과정을 통해 끊어진 에지들이 연결될 수 있을 때까지 반복 수행시켜 최종적인 융기 영상을 얻는다.

융기된 영상에 골격선 추출 알고리즘^[3-5]을 적용하여 보정된 에지 영상을 얻는다.

3. 실험 결과

제안된 알고리즘은 Visual C++프로그램을 이용하여 구현한 후 256×256 크기의 그레이 레벨 영상에 대하여 실험해 보았다. 에지 영상은 영상에 Sobel 연산자를 수행하여 미분 영상을 구하고 미분영상의 화소 값이 임계치 T 보다 크면 화소 값에서 T 를 뺀 값으로 결정하고 화소 값이 T 보다 적으면 0으로 결정하여 얻어진다. 그림 6(a)는 Lenna 영상에 임계값 $T=25$ 를 사용하여 구해진 에지 영상이다. 그림 6(b)는 그림 6(a)의 영상에 불림 연산을 10회 반복 수행한 후 골격선 추출 알고리즘을 적용하여 얻어진 에지 영상이다. 그리고 그림 6(c)는 본 논문에서 제안한 방법인 융기 과정을 10회 반복 수행하여 융기 영상을 구한 후 골격선 추출 알고리즘을 적용하여 구해진 에지 영상이다. 그림 6(a)의 모자 윗 부분이 배경 색과 비슷하여 에지가 완전히 연결되지 않아 배경과 모자 영역이 분리되지 않았으나, 에지가 보정된 영상인 그림 6(b)와 그림 6(c)에서는 에지가 연결되어 모자 영역과 배경 영역이 분리됨을 알 수 있다. 그러나 그림 6(b) 에지 영상은 제안한 방법으로 얻어진 에지 영상인 그림 6(c)에 비하여 영상의 심한 왜곡을 일으킴을 알 수 있다.

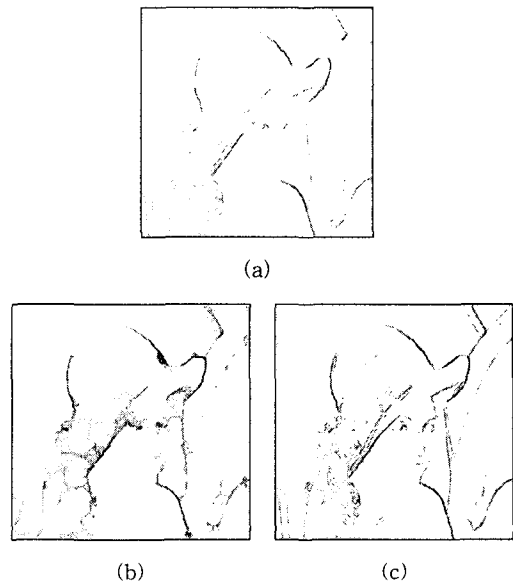


그림 6. (a) 256×256 크기의 Lenna 영상에서 추출한 에지 영상 (b) 영상 (a)에 불림 연산을 10회 반복 수행하여 얻어진 영상으로부터 골격선을 구한 영상 (c) 영상 (a)에 제안한 방법을 이용해서 10회 융기시켜 얻어진 융기 영상으로부터 골격선을 구한 영상.

Fig. 6 (a) The edge image of Lenna image (b)

and (c) are the edge image by applying the skeleton extraction algorithm to the image obtained by applying the dilation operations 10 times and the uplifting process proposed in this paper repeatedly to the image (a), respectively.

그림 7(a)는 그레이 레벨의 Tools 영상에 임계치 T 를 20을 사용하여 얻어진 미분 영상이다. 그림 7(b)는 그림 7(a)에 불림 연산을 10회 반복 수행하여 얻어진 영상에 대하여 골격선을 구한 에지 영상이다. 그림 7(c)는 그림 7(a)의 에지 영상에 본 논문에서 제안한 방법인 용기 과정을 10회 반복 수행하여 얻어진 용기 영상으로부터 골격선을 추출하여 얻어진 에지 영상이다. 그림 7(b)의 에지 영상을 살펴보면 렌치 부분에 나타나는 심한 왜곡이 발생하였으나 제안한 방법으로 얻어진 그림 7(c)의 에지 영상에서는 왜곡이 나타나지 않음을 알 수 있다. 그리고, 또한 오른쪽 연장의 에지는 뚜렷하게 얻을 수 있음을 알 수 있다.

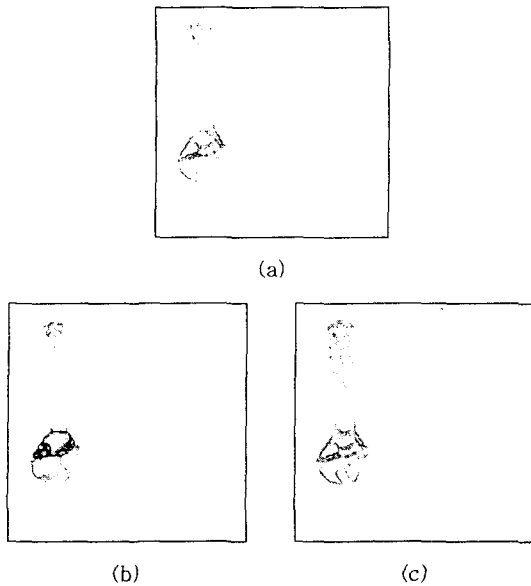


그림 7. (a) 256×256 크기의 Tools 영상에서 추출한 에지 영상 (b) 영상 (a)에 불림 연산을 10회 반복 수행하여 얻어진 영상으로부터 골격선을 구한 영상 (c) 영상 (a)에 제안한 방법을 이용해서 10회 용기시켜 얻어진 용기 영상으로부터 골격선을 구한 영상.

Fig. 7 (a) The edge image of Tools image (b) and (c) are the edge image by applying the skeleton extraction algorithm to the image obtained by applying the dilation operations 10 times and the uplifting process proposed in this paper repeatedly

to the image (a), respectively.

4. 결론

본 논문에서는 에지 영상에서 인접한 에지를 연결하는 에지 보정 알고리즘을 제안하고 Visual C++ 프로그램을 이용하여 구현하였다. 제안한 에지 보정 알고리즘은 입력된 에지 영상에서 영상을 용기시켜 용기 영상을 얻는 단계와 용기 영상에서 골격선을 구하여 에지를 구하는 단계로 구성되어 있다. 불림 연산을 통하여 인접된 에지를 연결하면 골격선이 평탄화되어 골격선 정보가 소실되지만 제안된 알고리즘은 에지 영상을 용기시킴으로써 에지 영상의 골격선 정보를 유지하면서 인접된 에지를 연결시켰다. 테스트 영상에 대하여 실험해 본 결과, 제안된 방법은 불림 연산을 이용하여 인접한 에지를 연결시키는 방법에 비해 영상 왜곡이 적고 원래 영상의 골격선이 유지되면서 에지가 연결됨을 알 수 있었다. 제안된 방법은 영상에서 물체를 분리하는 과정이 중요시되는 MPEG-4와 MPEG-7 등의 영상처리 분야의 전처리 과정을 수행하는데 사용될 수 있을 것이다.

5. 참고문헌

- [1] Rafael C. Gonzales and Richard E. Woods, *Digital Image Processing*, Addison Wesley, 1992.
- [2] Luc Vicent and Pierre Soille, "Watersheds in Digital Spaces : An Efficient Algorithm Based on Immersion Simulations," *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 13, No. 6, pp. 583-598, June, 1991.
- [3] Y. S. Chen and W. H. HSU, "A Modified Fast Parallel Algorithm for Thinning Digital Patterns," *Pattern Recognition Letters*, Vol. 7, pp. 99-106, 1988.
- [4] C. R. Dyer and A. Rosenfeld, "Thinning Algorithm for Gray-Scale Pictures," *IEEE trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. PAMI-1, No. 1, Jan., 1979.
- [5] 박중조, "Gray-Scale Thinning Algorithm Using Local min/max Operations," *대한전자공학회 논문지*, 제35권 S편, pp. 96-104, 1998.