체인코드를 이용한 새로운 에지 방향 결정 기법

Chain code based New Decision Technique of Edge Orientation

성 민 철* 이 상 화* 조 남 익*
Sung, Min-Chul Lee, Sang-Hwa Cho, Nam-Ik

ABSTRACT

In this paper, we propose chain code based decision technique of edge orientation. Edge information is one of the most important information for handling image signals, and is applied to various civilian and military area, such as image surveillance for military reconnaissance, restoration of noised image signal, fingerprint recognition, and so on. The conventional methods to find edge orientations exploit a certain size of mask which weights for a certain direction, so they showed limitations in the case of diagonal edges except 45 degrees. We find edge orientations using chain code. According to the experiments, the proposed method shows better performance than the conventional approaches. The exact edge orientations including diagonal directions are well found.

주요기술용어(주제어) : Edge Orientation(에지 방향), Chain Code(체인 코드)

1. 머리말

신호처리 기술의 흐름이 아날로그에서 디지털로 진화하면서 비디오 및 정지 영상을 이용한 신호처리 연구는 비약적인 발전을 이룩하게 되었다. 위성 영상의 퓨전, 감시 및 정찰 영상의 확대 및 축소, 해상도의 향상과 잡음 제거, 영상내 특정 객체의 추출 및 추적과 인식, 스테레오 영상 신호를 이용한 3차원 가상현실 구성, 홍채 및 지문 등을 이용한 보안, 얼굴 인식을 통한 자동화 등 디지털 영상 처리 및 컴퓨터 비전의 패턴 인식 기술들은 민간 및 군사의 여러 분야에서 우리의 실생활에 적용되고 있으며, 앞으로의 연구성과가 주목되는 중요한 분야이다. 이러한 영상신호를 처리함에 있어서 가장 중요한 정보중 하나가 에지 정보이다. 에지 정보에서 중요한 포인트는 두 가지이다. 첫 번째는 에지의 위치로 디지털 영상 처리 기술의 가장 기본적이면서도 중요한 연구 과제로 고전적인 분야에 속하며, Sobel, Prewitt, LOG, DOG, SUSAN, Canny 등의 수많은 검증된 에지 탐색(Edge Detection) 알고리즘들이 존재한다. 두 번째는 에지의 방향으로 기존의 알고리즘들은 영상의 특징상 컨벌루션을 위한 3×3 크기의 연산자를 이용하였으며 이 블록 연산자들은 검출하고자 하는 기울기의 방향으로 가중치를 주는 형태로 구성되었다. 그러나 이러한 방법들은 적절한 가중치를 결정해야 하는 어려움과 45도이외의 대각선 방향의 에지에 대해서는 오류를 범하는 단점을 내재하고 있다. 사람은 시각적으로 라인(Line)단위로 에지의 방향을 구분하지만, 컴퓨터는 그

† 2006년 11월 20일 접수~2007년 1월 26일 게재승인
* 서울대학교(Seoul National University)
주저자 이메일 : s10007e@ ispl.snu.ac.kr

렇지 못함으로 에러가 발생하게 된다.

본 논문에서는 체인코드에 기반하여 사람의 시각과 유사하게 일정 기울기의 라인단위로 에지의 방향을 구분해 내는 새로운 알고리즘을 제안한다. 먼저 체인코드를 이용하여 에지의 종류를 구분하고, 체인코드를 이용하여 같은 기울기를 가지는 에지를 추적한다. 다음, 추적된 에지에 대해서 기울기를 계산하여 방향을 할당하므로, 제한된 크기의 연산자를 이용하는 기존의 방법들이 가지는 단점을 보완한다. 실험용 이미지를 통해서 제안하는 방법을 기존의 방법들과 근래에 들어 주목받는 SIFT(Scale Invariant Feature Transform)를 이용한 방법을 포함하여 비교해본 결과 우수한 성능을 확인할 수 있었다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 머리말에 이어서 2장에서는 기존의 방법들에 대해서 알아보고 3장에서는 제안하는 방법에 대해서 설명한다. 그리고 4장에서는 실험결과를 통하여 기존의 방법들과 제안하는 방법들을 비교하고, 이어서 마지막으로 맺음말을 통해 본 논문을 마무리 하였다.

2. 기존의 방법과 문제점

제안하는 방법은 에지의 방향에 따라서 동적계획법의 방향을 결정하므로, 에지의 방향을 정확하게 구별하는 것이 알고리즘의 성능에 큰 영향을 미친다. 에지의 방향을 구별하는 일반적인 방법들은 그림 1과 같이 특정 방향의 기울기에 가중치를 둔 마스크를 컴퍼스(Compass)의 형태로 만들어서 여러 방향의 에지 성분을 분리해 내는 것이다. 그러나 이 방법은 적정 크기의 문턱치를 선정해야 하는 어려움을 내재하고 있다.

최근에 인식분야에서 주목받는 기술인 SIFT(Scale Invariant Feature Transform)에서 키포인트의 방향을 할당하는 방법을 이용하여 에지의 방향을 구분해 낼 수 있도록 하였으며, 이 방법은 위의 방법에 비해서 일정 영역을 설정하고 2차원의 가우시안(Gaussian) 연산자를 가중치로 적용하므로 좀 더 좋은 결과를 보여준다. 구체적으로 에지 픽셀을 중심으로 3×3 크기의 블록을 잡고, 다음의 식을 통해서 블록 내 각 픽셀의 기울기와 그 크기를 계산한다.

-1	-2	-1
0	0	0
1	2	1

(a) 수평방향 에지 검출

-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

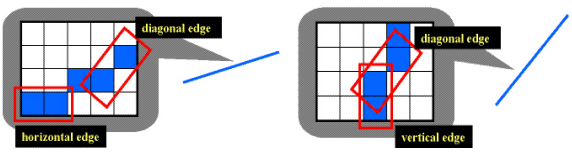
(b) 수직방향 에지 검출

[그림 1] 소벨 연산자

$$m(x,y) = \sqrt{\delta x^2 + \delta y^2}, \quad (1)$$
$$\delta x = I(x+1,y) - I(x-1,y),$$
$$\delta y = I(x,y+1) - I(x,y-1),$$
$$\theta(x,y) = tan^{-1}\left(\frac{I(x,y+1) - I(x,y-1)}{I(x+1,y) - I(x-1,y)}\right).$$

이후에 2차원 가우시안함수를 블록 내 각 픽셀의 크기에 가중치로 곱해준다. 중심점으로부터 멀어지거나 기울기가 작은 위치의 방향은 상대적으로 중요성이 떨어지므로, 중심점으로부터 거리 및 기울기의 크기 측면에서 가장 두드러진 방향을 정할 수 있다. 각 픽셀의 크기에 가우시안 가중치를 곱한 값을 이용하여 방향성 히스토그램(Orientation Histogram)을 구성하고, 가장 큰 값이 그 에지 픽셀의 방향이 된다. SIFT의 방법이 일반적인 방법들 보다는 훨씬 더 효과적이다. 그러나 이러한 방법들로는 45도의 배수가 아닌 대각선 방향의 에지에 대해서는 정확한 방향을 구별해 내는 데에는 한계가 존재한다.

이유는 영상을 표시할 때 픽셀 단위로 표시되기 때문에 표현의 한계가 따른다. 즉 픽셀을 더 작은 단위로 나누어 서로 다른 색을 할당할 수 없고, 픽셀 단위로만 근사화 하기 때문에 45도의 정수배가 아닌 대각선 방향의 에지는 그림 2와 같이 대각선 방향의 에지 외에 작은 수평 또는 수직 방향의 에지들을 통해서 이루어진다. 사람은 시각적으로 이러한 작은 수평 또는 수직 에지들이 대각선을 이루기 위한 한 부분이며, 별도의 독립된 에지가 아니라는 것을 알지만 컴퓨터는 그것을 인식할 수 없기 때문에 에러가 발생한다. 이러한 오류를 막기 위해서는 적절한 라벨링(Labeling)과정을 통하여 이것이 별도의 수평 또는 수직 에지가 아닌, 일정 기울기의 대각선을 구성하는



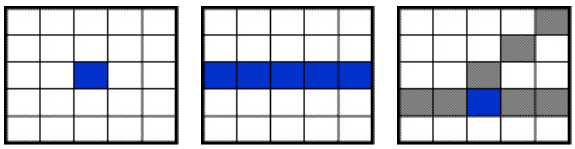
[그림 2] 대각선 방향 에지의 구성

부분 에지라는 것을 알려주어 오류를 막아야 한다. 일정 크기의 마스크를 사용하거나, 일정한 크기의 지역을 한정해서 기울기를 추정하는 모든 방법들이 정도의 차이만 있을 뿐, 모두 위와 같은 결점을 가질 것이다. 그래서 제안하는 알고리즘에서는 체인 코드(Chain Code)를 이용하여 이러한 결점을 해결하는 새로운 방법을 제안한다. 제안하는 방법은 기울기가 다른 2개 이상의 라인이 만나는 점까지 체인 코드를 이용하여 라인을 추적해가므로, 기존의 다른 방법들이 가지는 한계를 극복할 수 있다.

3. 제안하는 알고리즘

우선 모든 에지를 그림 3과 같이 3가지 종류의 에지로 구분한다. 먼저 싱글(Single) 에지는 아무런 연결이 없는 에지(점)를 말하며, 링크(Link) 에지는 여러 개의 싱글 에지가 연결이 되어있는 에지(선), 그리고, 브랜치(Branch) 에지는 2개 이상의 링크 에지가 연결되어 있는 부분을 뜻한다. 8방향 체인 코드를 활용하여, 주변의 연결된 에지에 대해서 시계 방향으로 차례로 해당되는 숫자를 라벨링한다. 이 때, 연결된 에지가 하나도 없으면, 싱글 에지로 구분하고, 두 개 이상의 연결된 에지가 있을 때는 그 연결 포인트를 브랜치 에지로 결정한다. 그리고 싱글 에지와 브랜치 에지를 제외한 나머지 에지들은 링크 에지로 구분한다.

제안하는 방법에서 브랜치 에지의 구분은 매우 중요하다. 해당되는 중심 포인트에 대해서 체인코드를 통하여 시계방향으로 하나씩 에지의 유무를 확인하여 해당되는 번호를 할당하고, 다음에 발견되는 방향의 또 다른 에지에는 자리수를 하나 추가하여 할당한다. 예를 들어, 3번과 8번 방향으로 2개의 링크 에지가 연결된 브랜치 에지라면 시계 방향으로 검색하므로, 3이 먼저 할당되고, 두 번째 발견된 8은 한자리수 증



(a) 싱글에지 (b) 링크에지 (c) 브랜치에지

[그림 3] 에지의 분류

6	7	8
5		1
4	3	2

[그림 4] 8방향 체인 코드

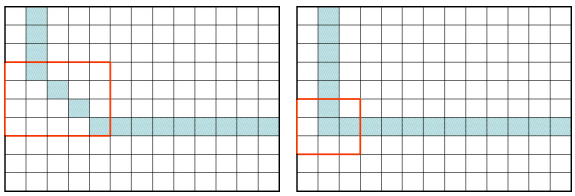
가한 80이 할당되어 총 83이 할당된다. 이를 통하여 2 자리 수 이상이 할당되면 이것이 브랜치 에지이며, 몇 개의 링크 에지들이 연결되어 있는지 알 수 있다. 이후에 링크 에지 단위로 추출하여 구별된 방향이 같은 링크 에지라면 같은 방향을 가지도록 할당한다. 즉, 링크 에지에서부터 브랜치 에지를 만날 때까지 체인 코드를 이용해서 추적해 가며, 시작점(y1, x1)과 끝점(y2, x2)을 이용하여 다음과 같이 기울기를 계산한다.

$$\theta = tan^{-1}(\frac{dy}{dx}), \quad (2)$$
$$where\ dy = |y1 - y2|, dx = |x1 - x2|.$$

그리고 계산된 기울기에 해당하는 방향을 할당하며, 브랜치 에지의 경우에는 연결된 링크에지들에게 할당된 방향들 중 하나의 방향을 부여한다.

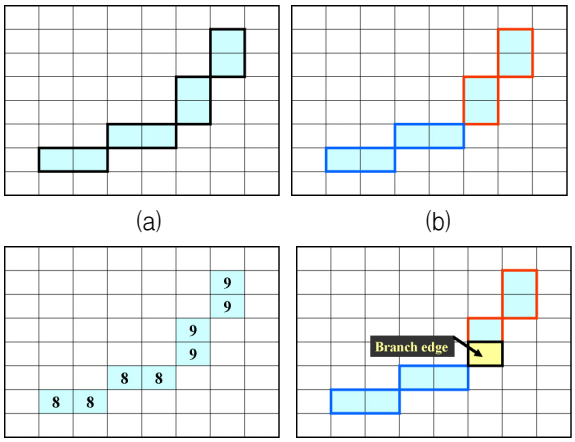
그림 5의 (b)와 같이 2개의 링크 에지가 연결된 경우는 쉽게 2개의 기울기가 서로 다른 에지가 연결되어 있음을 알 수 있으나, 그림 (a)와 같은 경우는 하나의 링크 에지로 구분하여 잘못된 방향을 할당하는 오류를 범할 수 있다.

이 문제를 해결하기 위해서는 우선 에지를 3가지 종류로 구분한 후에, 같은 링크 에지라도 할당된 체인 코드값을 이용하여 기울기 변화를 관찰해 나간다. 그리고 일정한 문턱치(Threshold) 보다 크게 변하면 그 부분을 브랜치 에지로 재분류한다. 예를 들어 그



(a) (b)

[그림 5] 브랜치 에지의 잘못된 구분 예제



(a) (b) (c) (d)

[그림 6] 추가적인 브랜치 에지의 구분

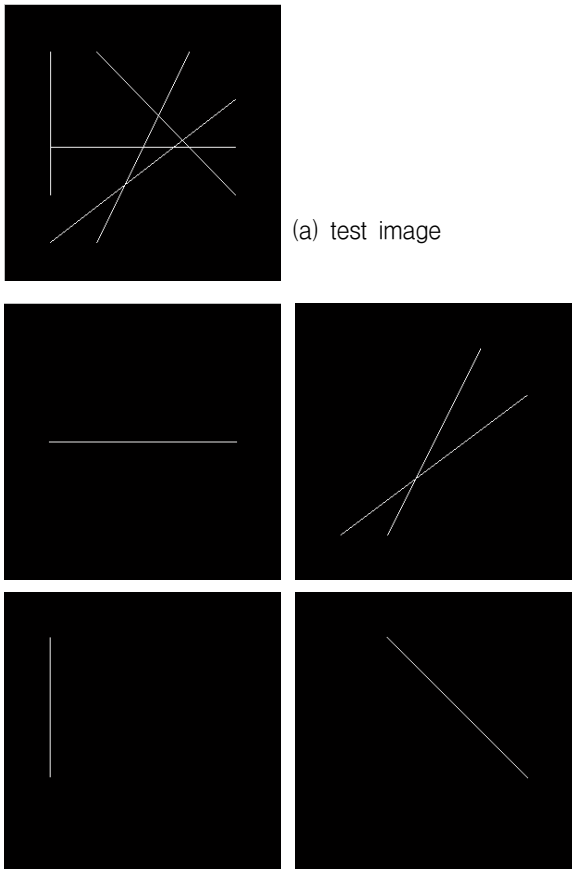
림 6의 (a)는 체인 코드를 이용한 1차 분류의 결과로는 하나의 링크 에지지만, 실제로는 그림 (b)와 같이 2개의 기울기가 다른 에지가 연결된 것이다. 다음, 할당된 체인코드 값을 이용해서 기울기의 변화를 기울기에 따른 방향을 할당해 나간다. 이 때, 다음 식을 만족하는 픽셀이 있으면, 그 픽셀을 추가적인 브랜치 에지로 분류한다.

$$|O_C - O_{C-1}| - |O_C - O_{C+1}| > t \qquad (3)$$

여기서 Oc는 현재 픽셀의 계산된 기울기를 이용하여 할당된 에지 방향 번호를 뜻한다. 본 논문에서는 360도를 10도 간격으로 계산된 기울기에 따라서 36개의 방향번호를 할당하였다. c는 픽셀의 인덱스로서 대상이 되는 픽셀이 n개라면 2~(n-1)개가 된다. 그리고 t는 문턱치 값으로 0(zero)을 사용하였다. 주어진 그림 6의 예제에서는 5번째 픽셀의 기울기가 문턱치보다 큰 것을 알 수 있으며, 이를 추가적인 브랜치 에지로 분류하여 (d)와 같이 2개의 링크에지로 분리해 내었다.

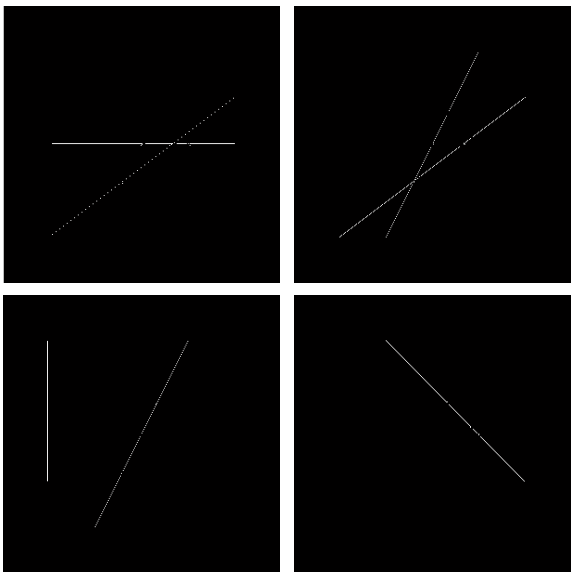
4. 실험 결과 및 평가

그림 7은 제안하는 방법을 실험을 통해서 다른 방법들과 비교한 결과이다. 실험영상은 위치 및 기울기가 서로 다른 5개의 직선을 포함하고 있다. 실험 진행은 실험영상의 에지들에 대해서 수평, 우대각선, 수직, 좌대각선의 방향으로 각각 나누어 표시토록 하였다. 즉, 첫 번째는 수평방향의 에지만 나오도록 하고, 두 번째는 우대각선 방향의 에지만, 세 번째는 수직방향의 에지만, 그리고, 네 번째는 좌대각선 방향의

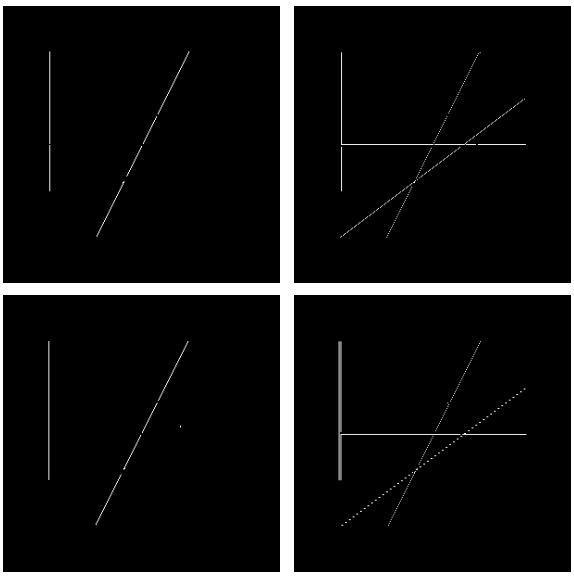


(a) test image

(b) 제안하는 방법



(c) SIFT



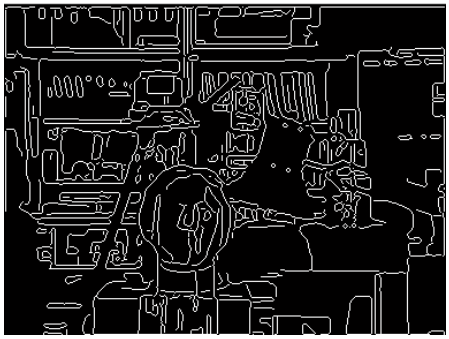
(d) compass 연산자(sobel사용 threshold:3)

[그림 7] 성능 비교

에지만 표시되도록 구성하였다. 실험결과들을 살펴보면 (b)SIFT 방법은 그림 (c)의 콤파스 에지 연산자를 이용한 방법 보다는 양호한 결과를 보여주지만, 대각선 방향의 에지들에 대해서는 에러를 보이고 있다. 그 반면에 제안하는 새로운 방법은 정확하게 수



(a) 원본 영상



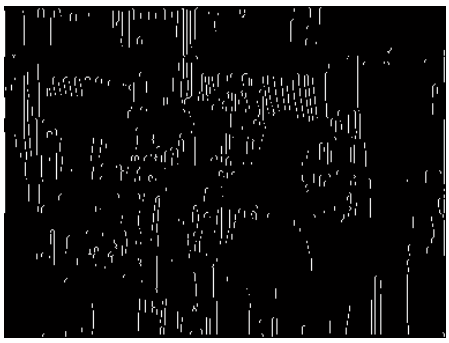
(b) 에지 영상



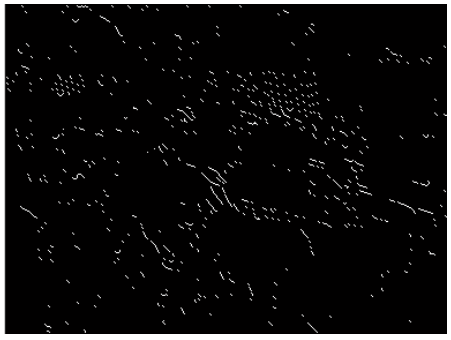
(c) 수평 방향 에지



(d) 우대각선 방향 에지



(e) 수직 방향 에지



(f) 좌대각선 방향 에지

[그림 8] 실험 결과

평, 수직 방향의 에지들뿐 아니라, 여러 기울기의 대각선 모두를 오류없이 잘 분리해내고 있다. 그림 8은 제안하는 방법을 실제 영상에 적용을 해본 것이다. 결과를 통해서 제안하는 방법이 여러 기울기의 에지들을 잘 분리해 내고 있음을 확인할 수 있다. 실험에서는 4가지 방향으로 구분하였으나, 제안하는 방법은 방향별 기울기에 대한 정도를 할당하는 것으로 쉽게 그 이상의 방향으로 구분할 수 있다.

5. 맺음말

에지 정보는 산업적 혹은 군사적인 목적으로 활용되는 수많은 영상신호처리 기술들에서 사용되는 중요한 부가 정보이다. 영상으로부터 획득할 수 있는 에지 정보는 크게 위치와 방향으로 나눌 수 있으며, 기존의 방향 정보에 대한 방법들은 모두 제한된 마스크를 이용한 컨벌루션을 이용하므로, 45도외의 기울기를 가지는 대각선 방향의 에지들에 대해서는 한계를 가지고 있었다. 본 논문에서는 체인코드를 이용하여 인간의 시각체계와 유사하게 라인 단위로 기울기를 구분하여 계산하는 새로운 방법을 제안하였으며, 여러 가지 실험 영상들을 통하여 기존의 방법들과 비교한 결과 우수한 성능을 확인하였다. 본 논문에서 제안하는 방법을 통하여 에지 정보를 활용하는 여러 영상처리기술들의 성능향상을 도모할 수 있으리라 확신한다.

참 고 문 헌

[1] D. Lowe, “Distinctive image features from scale-invariant keypoints”, IJCV, Vol. 60, pp. 91~110, Nov. 2004.

[2] R. Gonzalez and R. Woods, “Digital image processing”, 2nd ed., Prentice Hall Inc., 2002.

[3] S. Li, “Markov random field modeling in image analysis”, Tokyo : Springer, 2001.

[4] D. A. Forsyth and J. Ponce, “Computer vision : a modern approach”, Prentice Hall Inc., 2003.

[5] L. G. Shapiro and G. C. Stockman, “Computer vision”, Prentice Hall Inc., 2001.

[6] O. Faugeras, “Three-dimensional computer vision”, Cambridge : MIT Press, 1993.

[7] S. Z. Li, “Markov random field modeling in image analysis”, Tokyo : Springer, 2001.

[8] G. Wolberg, “Digital image warping”, Tokyo : IEEE Computer Society Press, 1990.

[9] C. Harris and M. Stephens, “A combined corner and edge detector”, In Alvey Vision conference, pp.147~152, 1988.

[10] S. Smith and J. Brady, “SUSAN- A new approach to low level image processing”, International Journal of Computer Vision, 23 (1), pp.45~78, May 1997.

[11] J. Canny, “A computational approach to edge detection”, IEEE Trans. on PAMI, Vol. 8, No. 6, pp.679~698, Nov. 1986.