

에지 트레이싱 기법을 이용한 사각형 물체의 선형 특징점 검출

한국외국어대학교 정보통신공학과
오 중 원, 한 희 일
전화 031-330-4893 / 핸드폰 017-345-5297

Linear Feature Detection of Rectangular Object Area using Edge Tracing-based Algorithm

Joong-Won Oh, Hee Il Hahn
Dept. of Information and Comm Engineering, Hankuk University of Foreign Studies
E-mail : jwoh@hufs.ac.kr

Abstract

In this paper, we propose an algorithm to extract rectangular object area such as Data Matrix two-dimensional barcode using edge tracing-based linear feature detection. Hough transform is usually employed to detect lines of edge map. However, it requires parametric image space, and does not find the location of end points of the detected lines. Our algorithm detects end points of the detected lines using edge tracing and extracts object area using its shape information.

I. 서론

물체 인식에서 중요한 요소 중의 하나는 물체모양을 정의하고 그에 따른 특징을 찾아내는 것으로, 물체모양의 기본적인 특징인 외곽선이나 모서리를 찾아내는 작업을 통하여 물체를 검출하게 된다[1]. 직선을 검출하는데 있어서 일반적으로 Hough 변환이 이용되고 있으나 Hough 변환은 에지에 해당하는 좌표를 두개의 파라미터 평면에 표현하기 위하여 이미지 크기에 비례하는 영역을 필요로 하고 직선의 양 끝점을 알아내기 위해서는 추가적인 작업을 수행해야 하는 단점이 있다. 이에 본 논문에서는 에지 검출기를 통하여 구한

에지영상으로부터 에지픽셀 간의 연결성을 이용한 에지 트레이싱 기반 외곽선 검출을 통하여 선을 검출하고[2], 검출된 선들 중에서 직선 성분을 추출하는 알고리즘을 이용하여 물체 영역 검출 알고리즘을 구현하였다. 본 알고리즘은 CCD 카메라를 통해 스캔한 이미지에서 Data Matrix 이차원 바코드를 검출하는데 적용하였다.

II. 물체 영역 검출 알고리즘

CCD 카메라로 스캔한 이미지에서 Data Matrix 바코드는 그림 1에 제시한 바와 같이 사각형의 형태를 가지며 두개의 직교하는 직선과 그의 반대 방향에는 점선 형태의 외곽선으로 둘러 쌓여 있다.

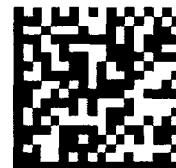


그림 1. Data Matrix 이차원 바코드의 예

본 논문에서 구현한 알고리즘은 그림 2에서 설명한 바와 같이 5단계의 과정을 통하여 사각 영역을 나타내는 네 꼭지점을 찾아낸다.

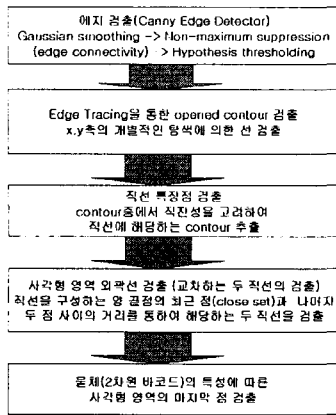


그림 2. 물체 영역 검출 알고리즘

2.1 에지 검출

에지는 그레이 레벨의 변화가 심한 영역에서 발생하므로 고역필터링을 수행하면 그 위치를 찾을 수 있는데 일반적으로 미분 관련 연산자를 주로 이용한다. 미분 연산자를 이용한 에지 검출방법으로 일차 미분 연산자를 이용한 Canny의 에지 검출기와 이차 미분 연산자를 이용한 Marr-Hildreth의 에지 검출기 등의 다양한 방법들이 제안되어 있다. 본 논문에서는 Canny 에지 검출기를 이용하여 이미지에서 에지 영상을 추출하였다. Canny 에지 검출기에서의 가우시안 필터링은 에지영상의 잡음을 제거하여 얼룩잡음에 의해서 외곽선 에지가 끊어지는 것을 방지하는 역할을 한다. 아래의 그림 3은 가우시안 필터의 인자 값(σ)에 따라 나타나는 에지영상의 결과이다.

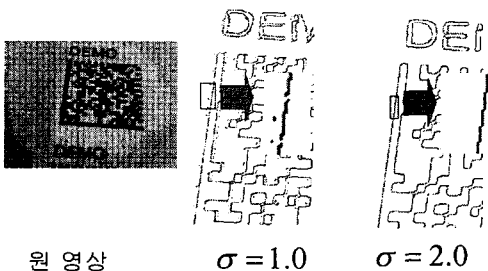


그림 3. 가우시안 필터의 인자값에 따른 에지영상

2.2 외곽선 추적 기법

물체의 외곽선에 해당하는 선의 개체는 에지를 이루는 픽셀들의 집합으로 정의할 수 있다. 개개의 직선을 나타내기 위해 직선 양 끝점의 좌표와 끝점 사이의 Euclidean distance를 개체로 사용하였다. 이진영상에서 물체의 외곽선을 검출하기 위해 픽셀간의 연결성을

인접한 여덟 개의 픽셀로 나타내고 한 픽셀을 중심으로 연결된 픽셀들의 경로를 찾아내어 연결된 픽셀들의 집합을 외곽선으로 찾아내는 에지 트레이싱 기법이 널리 이용되고 있다[2].

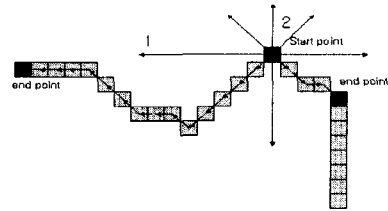


그림 4. 에지 트레이싱 기반 알고리즘

본 논문에서 구현한 외곽선 추적 알고리즘은 시작픽셀을 중심으로 가로와 세로방향의 스캔 라인을 통해 직선 예상 선들을 찾아낸다. 그림 4는 가로방향의 스캔 라인을 통한 탐색 과정의 예이다. 시작점을 중심으로 좌우 양방향으로, 세로방향의 스캔 라인을 제외한 여섯 방향의 연결성을 통하여 에지를 추적하며 라인의 끝점에 도달하거나 축이 바뀔 경우 그 점을 양 끝점으로 저장하여 선을 찾아낸다.

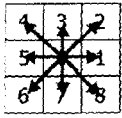
2.3 직선 특징점의 검출

에지 영상으로부터 개방된 곡선 중에서 직선을 찾아내는 알고리즘으로는 polygonal 근사화 알고리즘[6]이나, RANSAC 알고리즘, LMS 알고리즘[7] 등이 주로 사용되고 있다. 그러나 위의 알고리즘들을 사용하기 위해서는 선을 구성하는 모든 픽셀들을 저장하거나 양 끝점을 찾아낸 후에 역 탐색과정을 통하여 직선성분을 찾아내어야 한다. 본 논문에서는 탐색 중에 직선성분을 추출할 수 있는 방법을 제안하였다. 외곽선 추적단계에서 탐색 시작점과 현재 진행 중인 픽셀사이의 거리를 Euclidean distance를 이용하여 구한다. 그리고 길이 예측기[4]를 이용하여 추정된 곡선의 길이를 구한 다음, 이 두 길이의 차가 허용오차 범위 내에 있으면 직선으로 판정하였다. 여기서 길이 예측기란 곡선을 구성하는 픽셀들의 연결된 방향성을 가지고 곡선의 길이를 추정하는 방법이다. 그림 5에서 나타낸 바와 같이 픽셀을 중심으로 여덟 방향의 이웃픽셀에 시계 반대방향으로 번호를 붙여서 짝수에 해당하는 이웃픽셀로 이동할 때에는 단위길이를 $\sqrt{2}$ 로 하고 홀수에 해당하는 이웃픽셀로 이동할 때에는 단위길이를 1로 하여 이동한 픽셀의 개수와 이동한 방향성을 통해서 곡선의 길이를 예측하는 방법을 말한다. 예측기를 통한 길이는 다음 식 (1)과 같이 표현된다.

$$l_{estimate} = \sqrt{2}n_{even} + n_{odd} \quad (1)$$

위 식 (1)에서 n_{even} 는 짝수 번째 인접 픽셀로 이동한

횡수를 나타내고 n_{odd} 는 홀수 번째 인접 픽셀로 이동한 횡수를 나타낸다.



짝수 번째 인접픽셀과의 거리: $\sqrt{2}$
 홀수 번째 인접픽셀과의 거리: 1

그림 5. 인접 픽셀과의 연결성

제한한 알고리즘에서 시작점의 좌표를 (x_s, y_s) 라고 하고, 탐색 진행중인 픽셀의 좌표를 (x_p, y_p) 라고 할 때, 식(2)를 만족시키는 선을 직선으로 판정하였다.

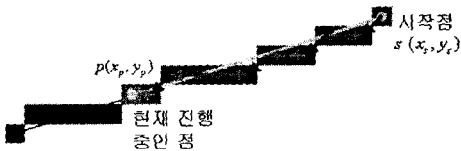


그림 6. 직선 성분 추출 알고리즘

$$|l_{euclidean} - l_{estimate}| < \alpha \quad (2)$$

여기서 $l_{euclidean}$ 는 식(3)에 정의한 바와 같이 시작점과 현재 진행 중인 픽셀사이의 Euclidean distance를 나타내고 α 는 두 거리 간의 허용오차를 나타낸다.

$$l_{euclidean} = \sqrt{(x_s - x_p)^2 + (y_s - y_p)^2} \quad (3)$$

2.4 사각 영역의 외곽 직선 검출

위의 단계에서 저장된 직선들을 후보직선으로 하여 물체의 외곽선을 구성하는 두 직선을 찾아내기 위해서 다음과 같은 단계를 거친다. 사각 영역을 구성하는 외곽 직선은 직각으로 교차한다. 또한 사각 영역을 직각 사각형의 형태로 가정하였을 때 직교하는 직선들의 끝점들을 제외한 나머지 끝점 간의 길이는 두 직선의 길이를 통하여 구할 수 있다. 예를 들어 직교하는 직선에서 양 끝점의 좌표를 각각 $(x_1, y_1), (x_2, y_2)$ 와 $(x_3, y_3), (x_4, y_4)$ 라고 하였을 때, 끝점들 사이의 거리 중에서 가까운 두 점을 찾아내어 두 직선이 교차하는 교점을 찾아낸다. 그리고 두 직선의 길이를 통해 구한 직각 삼각형의 빗변의 길이를 나머지 두 점 사이의 거리와 비교하여 직교하는 두 직선을 찾아낸다. 직각으로 교차하는 두 직선의 예는 그림 7에 나타난 바와 같다. 후보 직선들을 각각 비교하여 두 직선의 끝점들의 좌표들을 통해 식(4)와 식(5)를 만족시키는 직선들을 직교하는 두 직선으로 찾아내었다.

$$\sqrt{(\dots)^2 + (\dots)^2} \quad (4)$$

$$\sqrt{l_1^2 + l_2^2} = \sqrt{(x_2 - x_4)^2 + (y_2 - y_4)^2} \quad (5)$$

여기서, l_1, l_2 는 직선의 길이를 나타낸다.

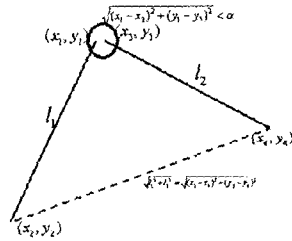


그림 7. 직교하는 두 직선의 관계

2.5. 사각 영역의 마지막 점 검출

사각 영역의 마지막 꼭지점을 찾아내기 위해서 다음과 같은 방법을 사용하였다. 찾아낸 두 직선 l_1 과 l_2 에 직교하는 기울기를 갖는 임의의 두 직선 l_1' 과 l_2' 을 구하여 그림 8에서 나타난 바와 같이 직선의 기울기를 변화시켜 물체에 해당하는 에지와 교차하지 않을 때를 사각 영역의 경계로 찾아낸다. 사각 영역의 경계에 해당하는 l_1' 과 l_2' 의 직선의 방정식을 통하여 두 직선의 교점을 구함으로써 사각 영역의 마지막 꼭지점을 찾아 낼 수 있다.

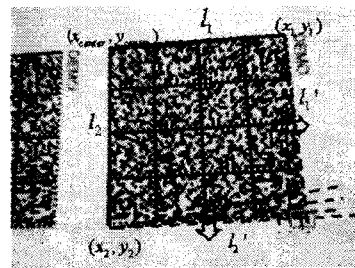


그림 8. 사각 영역의 마지막 점 검출

III. 실험 결과

조명이 불규칙하고 초점이 제대로 맞지 않는 등의 다양한 환경 하에서 촬영된 Data Matrix 이차원 바코드의 영상을 실험 대상으로 사용하였다. 그림 9는 실험을 통한 결과영상의 예이다. 그림 9 - (a)를 입력영상으로 하여 Canny 에지 검출기를 통해 구한 에지 영상에서 제안된 에지 트레이싱 기반의 외곽선 검출을 통하여 선을 검출하였다. 그림 9 - (c), (d)에 제시한 영상은 탐색 과정에서 직선의 최소길이를 각각 10 과 50으로 정의하고 최소길이 이하로 검출된 직선을 제거한 결과영상이다. 이 영상을 살펴보면 최소길이를 50으로 선택한 (d) 영상의 경우 에지 영상내의 사각형 물체 영역 내에서 검출되는 짧은 선들은 제거되었음을 알 수 있다. 그림 9 - (e)는 사각 물체 외곽 직선의 직교

성을 이용하여 직교하는 두 직선의 좌표를 얻어낸 결과를 표시하였고, 그림 9 - (f)는 네 꼭지점의 좌표를 통해 변환된 바코드의 와핑 변환 이미지를 보여주고 있다.

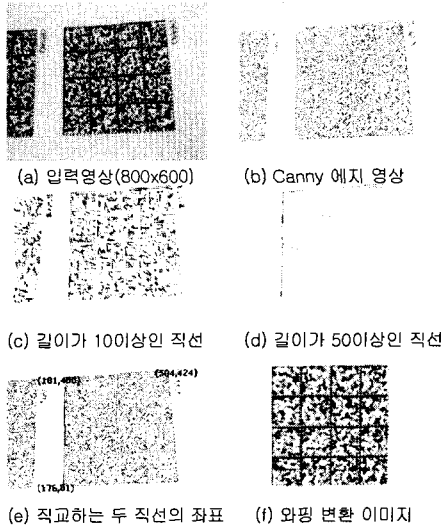


그림 9 구현된 알고리즘의 결과 영상

실험 결과, 어두운 조명에서 촬영된 영상의 경우 에지 영상이 물체의 외곽선을 정확히 추출하지 못하여 물체를 검출하는데 실패하였다. 그림 10 - (a)에서 제시한 영상은 어두운 조명에서 촬영된 실험영상의 예인데 그림 10 - (b)에서 볼 수 있는 바와 같이 에지추출이 제대로 이루어지지 않아서 물체의 사각 영역을 검출하지 못하였다. 그에 비해, 그림 11 과 그림 12 의 실험 결과를 통해서 볼 수 있듯이 밝은 조명에서 촬영된 영상과 초점이 제대로 맞지 않은 영상의 경우 구현된 알고리즘을 통하여 성공적으로 사각 영역을 검출하였다.

IV. 결론

본 논문에서는 에지 영상의 외곽선 검출을 통하여 영상 내의 직선을 찾아내고 사각형 물체 영역을 둘러싼 외곽 직선의 직교성을 이용하여 물체영역에 해당하는 네 꼭지점의 좌표를 찾아내는 알고리즘을 제안하고 이를 구현하였다. 본 알고리즘에서 구현된 방법은 에지 영상에서 탐색된 직선들의 양 끝점 좌표를 개체로 하여 직선을 저장한다. 양 끝점의 좌표를 통해 직선의 길이를 구하고 예상된 사각형 물체의 외곽선 길이를 통해 사각형 물체의 외곽선에 해당하지 않는 짧은 선들을 제거함으로써 사각 영역을 이루는 외곽선 후보 직선의 개수를 줄일 수 있다. 또한 직선의 허용오차를 조정하면 휘어진 직선의 양 끝점검출도 가능하다. 물체의 검출 실패 원인으로 나타난 에지 검출기를 통한 영상이 물체의 외곽선을 정확히 검출하지 못하는 점을 보완한다면 더 좋은 결과를 얻을 수 있을 것으로 기대된다.

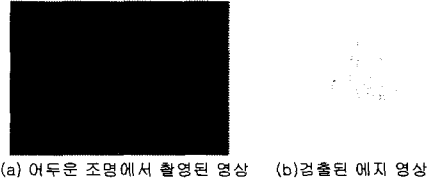


그림 10. 어두운 조명에서 촬영된 영상의 실험 결과

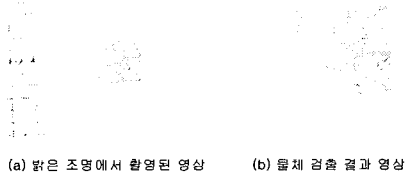


그림 11. 밝은 조명에서 촬영된 영상의 실험 결과

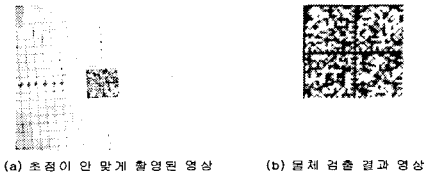


그림 12. 초점이 안 맞는 영상의 실험 결과

참고문헌

- [1] Luciano da F.C , Roberto M. C. Jr, "Shape Analysis and Classification", CRC Press, 2001.
- [2] Milan Sonka, Vaclav Hlavac, Roger Boyle "Image Processing Analysis, and Machine Vision", pp. 142, ITP, 1998.
- [3] 황진희, 한희일, " Data Matrix 이차원 바코드를 위한 디코딩 알고리즘의 구현 ", 대한전자공학회 하계종합학술대회 논문집 제25권 제1호 pp. 227-230, 2002.
- [4] Leo Dorst, Arnold, " Discrete straight line segments: parameters, primitives and properties ", Contemporary Mathematics vol.119 American Mathematical Society pp. 45-62 , 1991.
- [5] E.Ottaviani, M. Bottazzi, " A Common Image processing framework for 2D Barcode Reading ",Image Processing and its App, Conference Publication No.465 , 1999.
- [6] Bimal kumar Ray, Kumar S. Ray, " A new split-and-merge technique for polygonal approximation of chain codes curve ", Pattern Recognition Letters 16, pp. 161-169, 1995.
- [7] Hartley, Zisserman, "Multiple View Geometry in computer vision ", Cambridge University Press, pp. 101-107, 2000.