

Data Matrix 이차원 바코드에서 코드워드를 추출하는 알고리즘 구현

황진희, *한희일
(주)ECT, *한국외국어대학교
전화 : 02-569-1960 / 핸드폰 : 016-293-3730

Extracting Symbol Informations from Data Matrix two dimensional Barcode Image

Jin-Hee Hwang, *Hee-il Hahn
Enhanced Chip Technology Inc., *Hankuk University of Foreign Studies
E-mail : jhhwang@ect.co.kr

Abstract

In this paper, we propose an algorithm to decode Data Matrix two dimensional barcode symbology. We employ hough transform and bilinear image warping to extract the barcode region from the image scanned using a CMOS digital camera. The location of barcode can be found by applying Hough transform. However, barcode image should be warped due to the nonlinearity of lens and the viewing angle of camera. In this paper, bilinear warping transform is adopted to warp and align the barcode region of the scanned image. Codeword can be detected from the aligned barcode region.

I. 서론

기존에 사용되어 왔던 일차원 바코드는 특정 저장매체에서 보관되어있는 정보의 접근키로만 사용되었던 것과는 달리, 이차원 바코드는 바코드 안에 물품의 번호, 가격, 수취자, 수량 등의 다양하고 많은 데이터를 포함한다. 또한, 바코드가 훼손되어 데이터가 손상이 되더라도 오류를 검출하고 복원하는 능력이 탁월하며, 특유의 인식 패턴을 가지고 있어, 바코드 리더로 어떤 방향에서 입력을 받더라도, 판독이 용이하고, 한국어를

비롯한 모든 외국어, 그래픽 정보까지도 표현할 수 있다. 이러한 장점을 이용하여 고안된 이차원 바코드 시스템은 미국과 일본의 경우 자동차, 전자부품, 컴퓨터 및 의료 분야에 도입되고 있으며, 미국의 표준 기관인 ANSI를 중심으로 전자문서교환(EDI)메시지의 보완수단으로 채택되었다. 현재 우리나라에서도 물류관리, 재고관리 및 유통업무 분야 등에서 채택하여 사용되고 있다[1].

본 논문에서는 이차원 바코드 중 세계 표준으로 많이 사용되고 있는 Data Matrix 이차원 바코드 이미지에서 허프 변환을 이용하여 바코드의 영역을 찾고, 와핑의 기법으로 영상을 재구성하여 코드워드를 추출하는 알고리즘을 제안한다.

II. Data Matrix 이차원 바코드

Data Matrix 이차원 바코드는 1989년 미국 International Data Matrix사에서 개발된 매트릭스 형 바코드이다. 심볼 당 많은 양의 데이터를 포함하는 것이 장점이며, 최소 0.001인치 크기에서 최대 14인치까지의 바코드 심볼 안에 최대 Alphanumeric 문자는 2334개, Numeric 문자는 3116개, 8비트 문자는 1558개를 표현할 수 있다[3]. Data Matrix 바코드의 구성은 그림 1과 같다. 그림 1 (b)에서 알 수 있듯이, Data Matrix 바코드의 좌측 하단의 긴 바(finder bar)를 인식패턴으로 하여 바코드가 어떠한 위치에 있더라도 인

식이 가능하다.

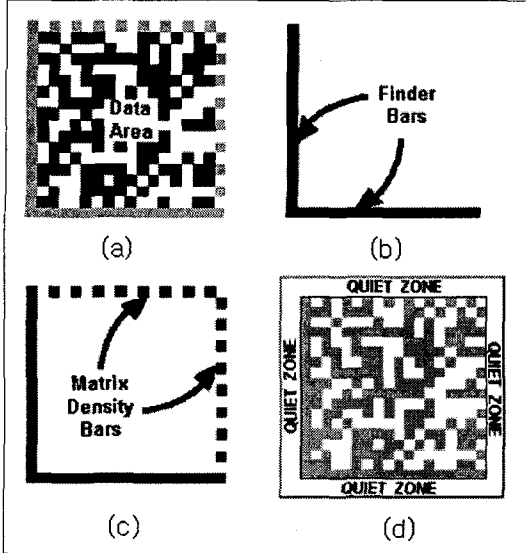


그림 1 Data Matrix 바코드의 심볼 구조 (a) 데이터 영역, (b)(c) 인식 패턴, (d) 여백

III. Data Matrix 이차원 바코드의 패턴 인식 과정

3.1 바코드 이미지의 이진화

바코드 이미지를 해석하기 위해서는 먼저, 이미지에서 바코드 영역과 배경을 분리하여야 하며, 이를 위하여 이진화 방법을 사용하였다. 이미지를 이진화하는 방식으로는 대상 이미지에서 구한 히스토그램으로부터 적절한 문턱값을 구하여 그 픽셀 값이 이 보다 크면 1로, 작으면 0으로 정하는 전역 이진화 방식(global thresholding technique)이 가장 많이 사용되고 있다 [4]. 본 논문에서 사용된 이미지 이진화 방법도 이 방식을 기초 하였다. 그림 2는 카메라로 입력된 바코드 이미지와 히스토그램을 보여준다.

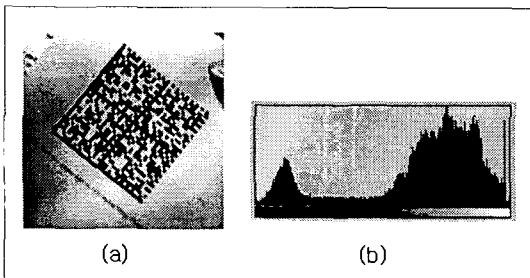


그림 2 (a) 바코드 이미지, (b) 히스토그램

Data Matrix 바코드 모듈의 모양은 정사각형 또는 직사각형의 형태를 가진다. 따라서, 최대한 모듈의 모양을 지키는 것과 모듈, 배경, 조명의 요소 중 바코드의 영역만을 얻는 것이 최적의 이진화가 될 것이다. 그림 2 (b)에서 보듯이 히스토그램은 모듈 부분과 배경, 조명의 한 부분으로 나뉘어져 있으나 경계의 부분이 확실한 계곡을 이루는 것이 아닌, 완만한 곡선을 그리는 것을 볼 수 있다. 만약 첫 번째 봉우리에서 급경사를 이루는 최저점을 문턱값으로 할 경우 바코드 모듈의 실제크기보다 작아지는 문제가 발생하게 되므로, 문턱값을 히스토그램의 배경 부분으로 접근하여 정하게 된다. 그림 3은 바코드를 이진화한 결과를 보여주고 있다.

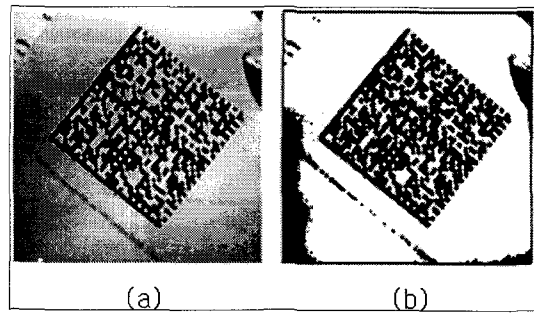


그림 5 (a) 바코드 이미지, (b) 이진화 이미지

3.2 허프 변환

(1) 인식 패턴

허프 변환은 물체의 윤곽이나 곡선 또는 선이 매개 변수로 표현될 수 있는 경우 그것을 검출해 내는데 널리 사용된다. 이차원 평면의 직선의 방정식에서 유도한 허프 변환은 식 1과 같다.

$$b = -ax + y \quad (\text{식 1})$$

여기서 a 는 직선의 기울기를, b 는 y 절편을 나타내는데, 허프 변환에서는 이 a, b 를 변수로 하여 같은 직선 상에 있는 임의의 세 점을 매개변수화하여 직선을 검출한다. 위 식 1의 단점은 직선이 y 축과 평행할 때 a, b 가 무한대에 가까워지므로 계산이 힘들다. 이를 보완한 것이 식 2이고 여기서는 θ 와 ρ 에 의하여 결정되며, θ 의 범위는 0° 에서 180° 까지 사용하였다[4].

$$\rho = x \cos \theta + y \sin \theta \quad (\text{식 2})$$

위 허프 변환 식을 사용하는 목적은 Data Matrix 바코드의 "L" 모양의 finder bar를 모든 방향에서 찾아내고, 바코드 영역을 얻는 것이다. 그림 4는 허프 변환으로 "L" 모양의 패턴을 찾은 결과를 보여준다.

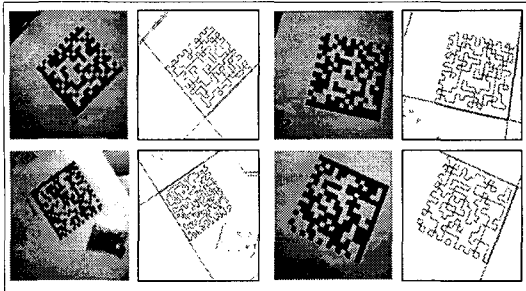


그림 4 여러 각도에서의 허프 변환 예

(2) 영역

찾아진 "L" 모양의 인식 패턴의 두 직선(l, k)이 교차하는 점을 시작점으로 하여 l 직선은 k 직선 방향, k 직선은 l 직선 방향으로 시작점에서 멀어지는 방향으로 스캔을 한다. l 직선 방향으로 스캔하던 k 직선과 이진화한 바코드 이미지와 비교하여 l 직선에서 대응되는 두 번째 점을 찾는다. 같은 방법으로 k 직선에서 세 번째 점을 찾는다. 이렇게 찾아진 두개의 점을 기준으로 두 번째 점은 l 직선의 90° 가 되는 직선을 만들어 주고, 이 직선을 기준으로 하여 양쪽을 10° 정도 스캔하는 방법을 사용하여 이진화한 바코드 이미지와 비교하여 적합한 직선을 찾아낸다. 세 번째 점에서도 같은 방법을 사용하여 바코드에 적합한 직선을 찾아내고, 이 두 직선이 만나는 점을 네 번째 점으로 한다. 그림 5는 위와 같은 방법을 사용하여 찾아진 바코드 영역을 나타낸다.

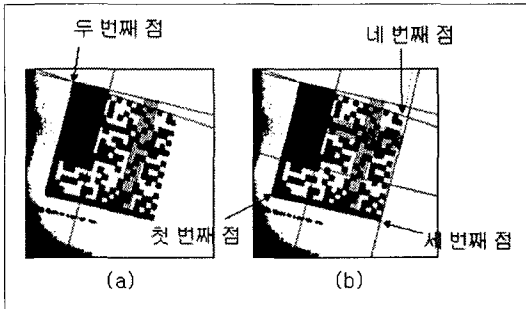


그림 5 네 개의 꼭지점 찾기

3.3 와핑

이미지 와핑은 특정 규칙에 따라 입력 영상을 재추출하는 기법이다. 와핑에는 Affine, perspective(원근), bilinear(양선형) 변환의 세 가지가 있다. 본 논문에서는 Data Matrix 바코드의 정사각형 모듈 모양을 보존하기 위하여 bilinear 와핑 변환이 사용되었다. bilinear

변환은 수평 또는 수직선을 따라 등간격의 점을 보존하는 장점을 지니고 있다[5][6]. 그림 6은 bilinear 변환을 사용하여 만든 바코드 이미지이다.

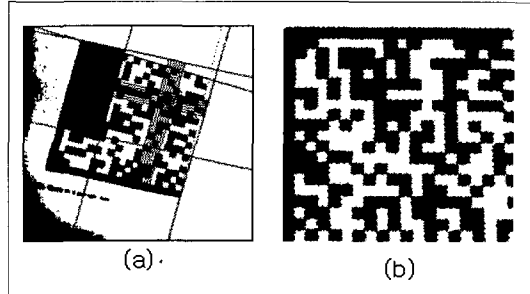


그림 8 (a) 바코드 영역, (b) 와핑 이미지

3.4 코드워드 정보 검출

위와 같은 방법으로 바코드의 영역이 추출되면, 우측 상단에서 아래로 스캔하는 방법을 사용하여 검은 모듈은 '1', 흰 모듈은 '0'으로 만든다. 그림 7은 스캔하면서 인식패턴 모듈을 뺀 나머지 데이터 모듈 정보이다.

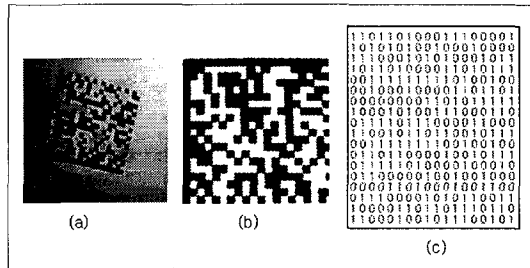


그림 9 (a) 원 이미지, (b) 와핑 이미지, (c) 바코드에서 추출한 모듈 정보

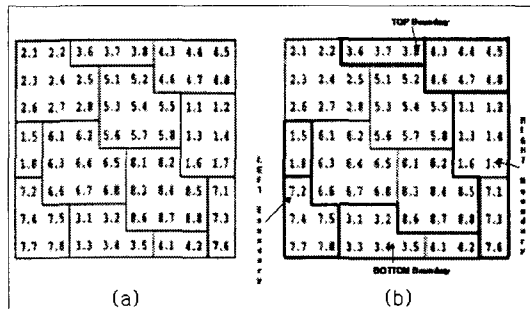


그림 10 (a) Data Matrix 바코드 데이터 영역의 패턴 정보, (b) 패턴의 분류

코드워드는 그림 8 (a)에 나타나있는 8개의 데이터 묶음을 말하며, 8비트 즉 0 ~ 256 사이의 수를 말한다.

Data Matrix 바코드는 그림 8과 같은 형식으로 데이터 영역에 분포되어 있고 행과 열의 크기가 달라지면 바코드 데이터 영역의 패턴 정보도 달라지게 된다. 그림 9는 그림 8 (b)와 같이 패턴을 분류하여 8비트의 데이터 열로 만들고, 코드워드로 만드는 과정을 나타낸다[2].

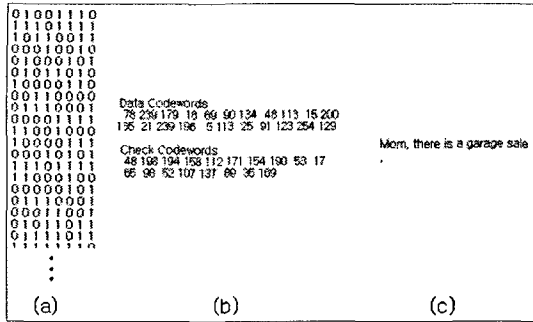


그림 11 (a) 8비트 데이터 열, (b) 데이터 코드워드, (c) 해독된 데이터

IV. 실험 결과

본 논문에서는 디지털 카메라를 이용하여 얻어진 영상을 256 × 256의 흑백 이미지로 만들어 앞서 설명한 영상의 이진화, 허프 변환, 와핑의 순서로 실험되었고, 바코드의 위치와 각도에 관계없이 정확하게 해석됨을 확인할 수 있었다. 또한 바코드 이미지가 훼손이 된 경우, Reed-Solomon 오류수정 알고리즘을 이용하여 정확한 코드워드를 얻을 수 있었다. 그림 10은 전체 흐름도를 나타낸다.

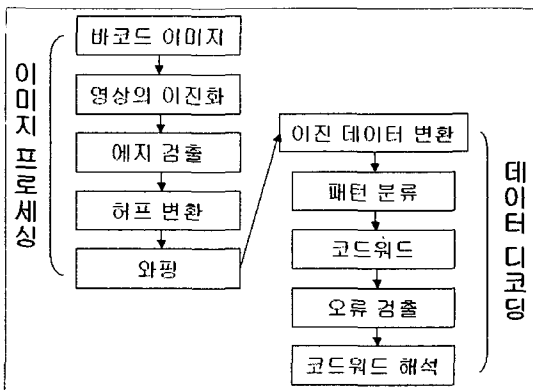


그림 12 전체 흐름도

V. 결론

본 논문에서는 Data Matrix 바코드 이미지로부터 바코드의 인식 패턴을 알아내고, 영역을 추출한 후에 와핑의 기법으로 왜곡된 이미지를 보정하며, 보정된 이미지에서 코드워드를 추출하는 알고리즘을 제안하였다. 그런데 바코드 이미지의 상태가 너무 왜곡이 심할 경우에는 올바른 해석이 불가능하다. 원인은 두 가지로 나누어 볼 수 있다. 첫 번째는 외부의 조명 요소가 심하게 다를 경우로, 앞에 설명한 전역 이진화 방법의 문제점을 나타낸 것이고, 두 번째는 이미지가 잘렸을 경우로, 잘린 부분의 바코드 영역을 예측할 수 있어야 한다. 따라서 좀 더 외부 조명의 특성을 파악하여 이진화 알고리즘을 개선하고, 정확한 바코드 영역을 찾아낼 수 있다면, 보다 향상된 결과를 얻어낼 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] 오호근, 최신 바코드 기술 및 응용, 성안당, 1997
- [2] AIM-USA, International Symbology Specification Data Matrix, Data Matrix Spec
- [3] 황진희, 한희일, "Data Matrix 이차원 바코드의 디코딩 알고리즘의 구현", 한국지능정보시스템학회, 춘계정기학술대회, 2001년
- [4] Rafael C.Gonzalez, Recharad E. Woods, Digital Image Processing, Addison Wesley
- [5] 권준식, 김동욱, 김진태, 김태은, 디지털 영상처리 이론 및 응용, 에드텍, 2000년
- [6] Randy crane, Image processing classical and modern techiques in C, 홍릉과학 출판사, 1999년