

PDF417 이차원 바코드 영상에서 심볼 정보를 추출하는 알고리즘의 구현

한 희일^o, 정 정구
한국의국어대학교 공과대학 정보통신 공학과

Extracting Symbol Informations from PDF417 2-Dimensional Barcode Image

Hee-il Hahn^o, Joung-Koo Joung
Department of Information and Communications Engineering, Hankuk University of Foreign Studies
hihahn@ice.hufs.ac.kr

요 약

종래에 사용되어 왔던 1 차원 바코드가 정보를 포함하고 있는 데이터베이스에 접근하는 데이터 키 역할을 주로 해온 것에 비해, 2 차원 바코드는 다량의 데이터를 포함할 수 있고 고밀도의 데이터 표현이 가능하며, 호스트 컴퓨터의 데이터 베이스에 온라인 연결할 필요 없이 확인하고자 하는 사람이나 대상물에 대한 정보를 얻을 수 있다. 본 논문에서는 가장 널리 사용되는 2 차원 바코드 체계인 PDF417 을 중심으로, 디지털 카메라를 통하여 입력한 영상을 이진화하여 시작 심볼 또는 정지 심볼을 검색함으로써 2 차원 바코드 영역을 추출한 다음, 추출된 영역으로부터 바코드의 행과 열의 수, 오류 수정 정도 등의 헤더정보를 검출하고 이를 바탕으로 코드정보를 추출하는 알고리즘을 제안한다.

1. 서론

2 차원 바코드는 바 (bar) 형태의 1 차원 바코드가 수평방향 반의 정보를 갖고 있는 데 비해 수평, 수직 두 방향의 정보를 수록할 수 있으며 1 차원 바코드의 1 백배인 최대 2 천자까지 문자를 수록할 수 있어 좁은 공간에 다양한 정보를 수록해야 하는 브라운관 공장이나 병원의 환자이력관리 프로그램 등에 사용되는 첨단 바코드 체계이다 [2]. 또한, 1 차원 바코드의 경우 영문과 숫자만을 기록할 수 있는 데 비해 2 차원 바코드는 영어, 일어, 한자, 숫자 등 다양한 문자를 기록할 수 있으며 1 차원 바코드의 20~40 배 이상의 밀도를 갖고 있어 전체 30% 이상의 데이터 손실 에도 복원이 가능하다 [1].

특히, 2 차원 바코드에서 가장 널리 적용되고 있는 PDF417 코드는 라벨의 위치에 관계없이 360 도 전방향에서 원격, 고속으로 바코드를 인식할 수 있으며, 데이터 컴팩션 모드에 따라 최대 ASCII 1850 캐릭터, 1108 바이트 또는 2710 개의 숫자까지 데이터 표현이 가능하다 [5]. 따라서 생산관리, 품질관리 정보 등을 다양하게 표현하고 얻을 수 있어 복잡한 제조환경에서 정확한 생산관리를 구현할 수 있는 장점이 있다.

PDF417 은 고밀도의 데이터 저장능력과 오류수정 기능이 포함된 다행의 가변 길이 심볼로직로서 선형 스캐너, 레이저 스캐너로 스캔할 수도 있지만, 본 논문에서는 CMOS 디지털 카메라를 이용하여 바코드 이미지를 입력하였다.

그림 1.은 CMOS 디지털 카메라로 입력한 PDF417 바코드 이미지를 보여주고 있다. PDF417 심볼은 최소 3 개에서 90 개 까지의 행으로 구성되어 있는데, 각 행은 그림 2.에 제시한 바와 같이, 시작 패턴, 종료 패턴, 좌우 행 지시자, 데이터 영역 등으로 나뉜다. 행의 수와 길이는 바코드가 인쇄될 때 선택할 수 있어서, PDF417 심볼의 크기 비율은 가변적이다. PDF417 심볼 캐릭터는 각각 4 개의 바와 스페이스 (space) 의 배열로 표현된 17 모듈로 구성되어 있는데, 이로 인하여 PDF417 이라는 이름을 갖게 되었다[5].

2 차원 바코드시스템은 미국, 일본의 경우 자동차, 전자부품, 마이크로컴퓨터, 의료제약업계 및 정부자료통계 분야에서 도입되고 있으며, 미국 표준 기관인 ANSI 를 중심으로 전자문서교환(EDI)메시지의 보완수단으로 이를 채택키로 하는 한편, 세계 자동인식 산업협회에서 심볼로지의 표준사양 및 표준규격 제정을 추진하고 있다.

산업 전분야에 컴퓨터의 보급으로 컴퓨터를 이용하지 않고는 가격 대 성능의 경쟁력에서 이겨낼 수 없다. 이러한 측면에서 인건비를 절감하면서 정보의 분류와 검색이 용이하도록 하는 방법의 개발은 필수적이다. 기존에 사용되고 있는 1 차원 바코드는 제한된 형식과 정보량을 가지고 있어서, 이러한 정보 형태로는 여러 응용 분야에 적용이 극히 제한적이다. 따라서 정보의 형태에 유연성을 부여하는 2 차원코드의 개발은 매우 시급하다고 할 수 있다.

본 논문에서는 CMOS 디지털 카메라를 이용하여 스캔한 PDF417 바코드 이미지를 이진화하여 시작

패턴 또는 종료 패턴을 검색함으로써 2 차원 바코드 영역을 추출한 다음, 추출된 영역으로부터 바코드의 행과 열의 수, 오류수정 정도 등의 헤더정보를 검출하고 이를 바탕으로 코드정보를 추출하는 알고리즘을 제안한다.

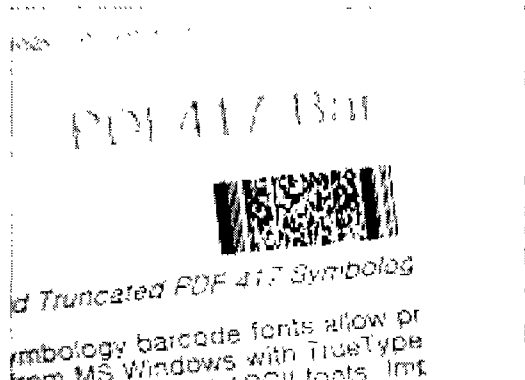


그림 1. CMOS 디지털 카메라로 입력한 PDF417 바코드 이미지.

논지에 대한 정보를 제공해 준다 [4]. 이를 이용하여 본 논문에서는 각 행마다 라플라시안 (Laplacian) 오퍼레이터를 이용하여 그레이던트 값을 구하고 이의 절대값이 주어진 값 보다 큰 픽셀에 대한 평균치를 구하여 이를 문턱치로 이용하였다. 그림 3 은 제안한 방식으로 이진화한 결과를 보여주고 있다.

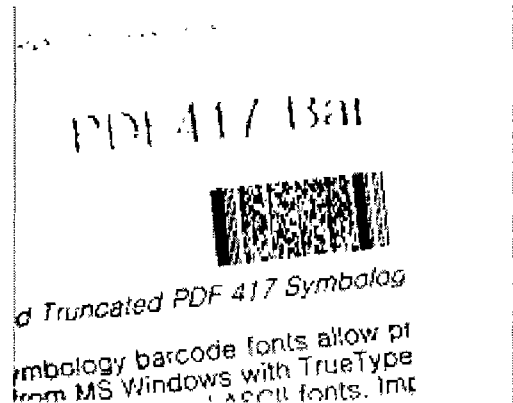


그림 3. 그림 1.을 이진화한 이미지

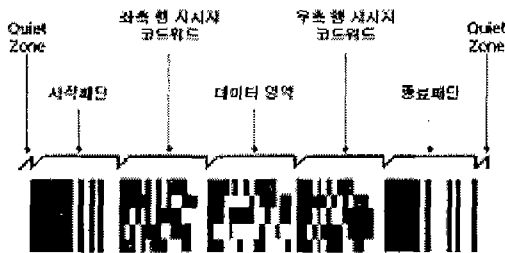


그림 2. PDF417 바코드 심볼 구조.

2)바코드 영역 추출

그림 2. 에서 알 수 있는 바와 같이, PDF417 바코드 체계는 특정한 시작과 종료 패턴을 정의하고 있다. 즉, 시작 패턴은 811111131 의 바-스페이스 열로 표현되는 반면에, 종료 패턴은 711311121 의 바-스페이스 열을 가진다. 이러한 시작 패턴이나 종료 패턴을 찾으면 이미지 상에 바코드의 위치를 알 수 있다. 본 논문에서는 이진화된 바코드 이미지의 중심 점으로부터 방사선 형태로 스캔하면서 시작 패턴이나 종료 패턴을 찾고 이들의 시작점과 끝점을 저장한 다음, 그림 4. 에 제시한 바와 같이 이 선의 방정식이 구해지면 이에 수직인 방향으로 스캔하면서 바코드의 상위선과 하위선을 찾아냄으로써 바코드 영역을 추출하게 된다.

2. PDF417 바코드 정보추출 알고리즘

1) 바코드 이미지의 이진화

바코드 이미지를 분석하고 해석하기 위해서는 우선, 바코드 이미지를 이진화하여야 한다. 이미지를 이진화하는 방식으로는 대상 이미지에서 구한 히스토그램으로부터 적절한 문턱값을 구하여 각 픽셀 값이 이 보다 크면 1 로, 작으면 0 으로 정하는 전역 이진화 방식 (global thresholding technique) 이 가장 널리 사용되고 있다. 그런데, 디지털 카메라를 이용하여 스캔한 바코드 이미지는 조명, 잡영, 텍스처 등이 일정하지 않고, 또한 이미지와 카메라 간의 거리와 각도가 가변적이므로, 전역 이진화 방식은 바코드 이미지의 이진화에 적합하지 않다 [3]. 본 논문에서는 이들의 영향을 줄이기 위하여 다음과 같은 방법으로 바코드 이미지를 이진화하는 알고리즘을 제안한다.

기본적으로 문턱값은 배경과 바코드 간의 경계와 바코드에서 바와 스페이스 간의 경계를 구분해야 하는데, 주어진 픽셀에서의 그레이던트 값은 그 픽셀이 경계의 밝은 면에 있는지 어두운 면에 있

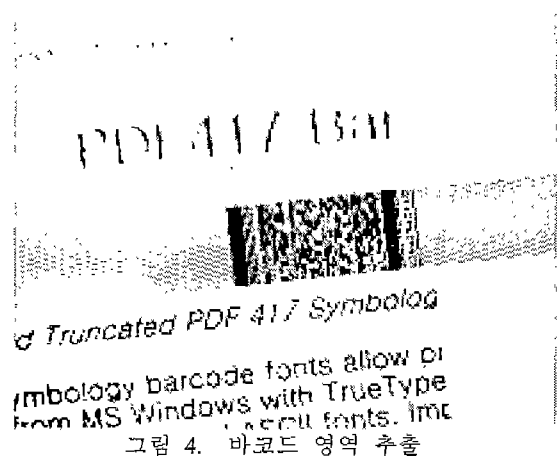


그림 4. 바코드 영역 추출

3) 코드워드 정보 검출

위와 같은 방법으로 바코드의 영역이 추출되면, 바코드를 다시 스캔하면서 시작 패턴을 찾고 시작 패턴의 바와 스페이스 길이를 다 합하여 이를 17로 나눔으로써 각 스캔 라인에 대한 모듈을 구하게 된다. 이 모듈 값을 이용하여 그림 2. 에 주어진 바와 같이, 각각 4 개의 바와 스페이스로 구성된 좌행 지시자 패턴, 여러 데이터 패턴, 우행 지시자 패턴, 종료 패턴의 순으로 스캔하면서 각 코드 정보를 추출한다. 여기서 각 패턴의 모듈 합이 17 인 코드워드만 저장한다. 이러한 방법으로 모든 스캔에 대하여 코드워드를 구하여 저장한다. 그림 5. 는 스캔하면서 구한 코드워드를 보여주고 있다.

00000000	00000000	11113135	14232112	00000000	00000000	0
81111113	41111243	21113144	23332112	41111144	71131111	0
81111113	41111234	21113144	23332111	41111154	71131112	0
81111113	41111414	00000000	32114141	61111142	71131112	0
종료						
81111113	00000000	13132141	00000000	00000000	71131112	0
81111113	31145111	12232241	21136112	11161241	71131112	0
81111113	31145111	12232241	21136112	11161241	71131112	0
15022000	48100000	00000000	00000000	00000000	00000000	0

-----	-----	-----	-----	-----
a	b	c	d	e

a, e: 시작, 종료 패턴
b, d: 좌행, 우행 지시자
c : 데이터 코드워드 영역

그림 5. 스캔하면서 추출한 바-스페이스 패턴정보

그림 5. 에서 00000000 코드워드는 바-스페이스 패턴의 모듈 합이 17 이 아니거나 추출이 불가능한 상태에 있을 경우를 나타내고 있다. 코드워드가 구해지면, 좌행 지시자 코드워드와 우행 지시자 코드워드를 해석하여 데이터 영역의 행과 열의 수, 오류수정 레벨, i 번째 행의 클러스터 수 등의 정보를 구한다. 이 정보들을 이용하여 그림 5. 에 주어진 바-스페이스 패턴정보를 해석하면 그림 6-(a)에 제시한 결과를 얻을 수 있다. 여기서, 9999 는 스캔한 결과에 오류가 있음을 의미한다. 이 결과를 Reed-Solomon 오류수정 알고리즘을 이용하여 오류를 수정한 후의 결과는 그림 6-(b)에 제시한 바와 같다. 그림 6. 을 살펴보면, 두개의 코드워드 오류를 정확하게 수정하였음을 알 수 있다.

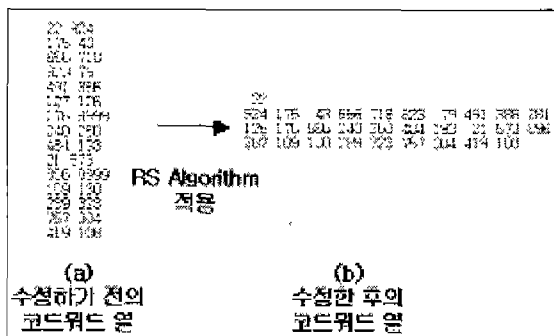


그림 6. (a) 그림 5. 의 바-스페이스 패턴으로부터 구한 코드워드. (b) Reed-Solomon 오류수정 알고리즘으로 오류를 검출한 후의 코드워드.

그림 6- (b)에 제시한 코드워드에 대하여 PDF417 바코드 디코딩 알고리즘을 적용하면, “http://www.BizFonts.com/” 라는 결과를 얻을 수 있다.

3. 실험 결과

본 논문에서는 20 여장의 바코드 이미지에 대하여 (주)ECT 에서 제작한 n-Cam 이라는 CMOS 디지털 카메라를 이용하여 640 x 480 으로 샘플링하여 실험하였다. 제안한 알고리즘은 바코드의 위치와 각도에 관계없이 정확하게 해독하고 있다. 그림 7. 은 다른 바코드 이미지에 대하여 바-스페이스 패턴을 검색하여 이를 코드워드로 변환한 결과를 보여주고 있다. 그림 7- (b)에서 가로로 그려진 선은 제안한 알고리즘이 바코드 이미지를 스캔하는 위치와 방향을 보여주고 있다. 그림 7-(c) 는 스캔하면서 구한 바-스페이스 패턴정보이며, 이를 해석하면 그림 7-(d)와 같은 코드워드를 얻을 수 있다.



(a)



(b)

81111113	51111152	41111243	31111136	711311121
81111113	41111232	25113212	41111216	711311121
81111113	21111155	51111122	31111262	711311121
81111113	21114251	11133134	21114152	711311121
81111113	31113323	61112111	41113232	711311121
81111113	51113411	22411124	51114221	711311121
81111113	31123151	11143331	11123135	711311121
81111113	11116232	32114132	11116133	711311121

(c)

4
810
32
94
770
656
123
248

(d)

그림 7. (a) PDF417 바코드 이미지, (b) 바코드 영역 추출 후 스캔한 결과 이미지, (c) 바-스페이스 패턴정보, (d) 데이터 영역에 있는 코드워드.

4. 결 론

본 논문에서는 CMOS 디지털 카메라로 입력한 PDF417 바코드 이미지로부터 바코드 영역을 추출한 후에 바스페이스 패턴을 추출하고 이를 코드 워드로 변환하는 알고리즘을 제안하였다. 그런데, 카메라의 렌즈에 따라 입력 이미지에 상당한 왜곡이 발생하므로 전처리 과정으로 이미지 왜곡(warping)을 수행하면 보다 높은 인식률을 얻을 수 있을 것으로 판단된다. 또한, 입력 이미지의 이진화 결과에 따라 성능에 상당한 영향을 끼치고 있음을 실험을 통해 확인하였다. 따라서, 이진화 알고리즘을 개선하면서, 이미지 왜곡을 적용하면 보다 안정적이고 향상된 결과를 얻을 수 있을 것으로 기대된다.

참고 문헌

- [1] Roger C. Palmer, *The Bar Code Book*,
- [2] 오호근, *바코드 기술 및 응용*, 성안당, 1997.
- [3] Eugene Joseph and Theo Pavlidis, "Waveform Recognition with Application to Barcodes", Symbol Technologies Inc. 116 Wilbur Place, Bohemia, NY 11716., 1991.
- [4] R. C. Gonzalez, P. Wintz, "Digital Image Processing", Addison Wesley, 1987.
- [5] Uniform Symbology Specification PDF417, AIM USA.