

임의의 위치에 인쇄된 우정업무용 폭 및 높이 변조형 바코드의 인식

正會員 김 현 수*, 이 강 희**, 유 중 돈**

Recognition of Width and Height Modulated Barcode Printed at Arbitrary Position for Postal Service

H. S. Kim*, K. H. Lee**, C. D. Yoo** *Regular Members*

요 약

우편물의 정보처리를 위하여 임의의 위치에 인쇄된 높이 변조 및 폭 변조 바코드를 인식할 수 있는 효율적인 화상 처리 알고리즘을 제안하였다. 바코드를 인식하기 위하여 주소와 바코드 등이 포함된 화상으로부터 바코드 영역을 분리시켜 추출하여야 한다. 본 연구에서는 Sobel 연산자로 계산한 바코드의 기울기 정보를 이용하여 임의의 각도로 회전된 바코드의 영역을 추출하였고, 추출된 바코드 영역을 이치화하여 폭과 높이 변조형 바코드를 해독하였다. 제안한 화상처리 알고리즘은 다양한 조건하에서 4 state 및 폭 변조 바코드에 적용하였으며, 1통의 우편물을 처리하는데 0.86초가 소요되었고 98%이상의 인식률을 얻었다. 제안한 알고리즘은 폭과 높이 변조형 바코드의 인식에 함께 적용 가능하므로 향후 우정업무의 정보처리에 활용될 것으로 기대된다.

ABSTRACT

An efficient image processing algorithm is proposed to recognize both the height and width modulated barcodes which are rotated and printed at an arbitrary position. The main feature of this algorithm is to utilize the gradient information of a rotated barcode with a Sobel operator. The barcode area is extracted using the gradient information, and the barcode is decoded from the binary image of the extracted area. This algorithm is successfully applied to the 4 state and width modulated barcodes. It takes 0.86 second to process a letter, and the recognition rate reaches above 98% under various testing conditions. Since both the width and height modulated barcodes are processed with the proposed algorithm, it can be applied to postal service automation.

* 한국전자통신연구원 정보공학연구소

** 전력연구원 시스템통신연구소 정보통신그룹

*** 한국기술원 자동화과 및 설계공학과

論文番號: 97316-0905

接受日字: 1997年 9月 5日

I. 서 론

바코드는 우정업무의 전산화 및 자동화에 필수적인 요소로서 우편물 구분과 배달 업무 등의 전산화 및 자동화에 널리 사용되고 있다. 현재 짐중국과 우체국에서 우편 봉투에 바코드를 인쇄하거나 라벨을 부착하여 사용하고 있으나, 외국의 경우 고객이 직접 바코드를 인쇄하는 것을 권장하고 있는 추세이다. 이를 위하여 일반 용지와 프린터로 인쇄가 가능한 바코드의 개발 및 인식에 대한 관심이 증가하고 있다.

우정업무에서 사용되고 있는 바코드의 종류는 그림 1에서 보인 바와 같이 폭 변조형과 높이 변조형 바코드(width and height modulated barcode)로 구분된다. 폭 변조형 바코드는 일반 불류용으로 널리 사용되고 있으며, 그림 1(a)와 같이 검은 막대와 여백의 폭 변화를 이용하여 정보를 입력시키므로 정밀한 인쇄와 훼손을 방지하기 위한 코팅 처리 등이 요구된다. 그러므로 고객이 직접 바코드를 일반 편지 봉투나 용지에 일반 프린터를 이용하여 인쇄하기에는 적합하지 않으며, 운반과 분류 작업 등에서 발생할 수 있는 훼손에 대해서도 취약하다 [1].

이와같은 폭 변조형 바코드의 단점으로 인하여 높이 변조형 바코드가 시험 중이거나 사용되고 있다. 미국 우정 공사는 그림 1(b)의 2상의 높이 변조형 POSTNET(Postal Numeric Encoding Technique) 코드를 개발하여 초기에 회신용 우편물의 우편번호를 표시하는데 적용하였으며, 최근 일반 우편으로 적용 범위를 확대하고 있다 [2]. 영국과 캐나다의 우정 공사는 그림 1(c)의 4ST(4 State) 코드를 사용하고 있다 [3, 4]. 4ST 코드는 숫자만 표현이 가능한 POSTNET에 비하여 정보의 집적도가 높기 때문에 숫자와 영문자를 표현할 수 있다. 일반적으로 높이 변조형 코드는 폭 변조형 코드와 비교하여 훼손에 강건하고 인쇄가 용이하다.

높이 변조형 바코드의 하나인 4ST 코드는 그림 2에 나타난 바와 같이 4개의 막대를 조합하여 하나의 숫자 또는 문자를 표현하며, 막대와 여백의 폭은 일정하다. 코드의 가운데 부분(track)을 중심으로 상부(ascender)와 하부(descender)는 각각 2개의 막대가 존재하게 된다. 상반부(upper half)와 하반부(lower half)를 구성하는 4개의 막대를 조합하면 최대 256(=16x16)

개의 숫자나 문자가 표현이 가능하지만, 코드의 규칙에 따라 36개의 숫자나 문자를 표현하며 시작과 끝 막대(start and stop bar)를 이용하여 코드의 시작과 끝을 표시한다.

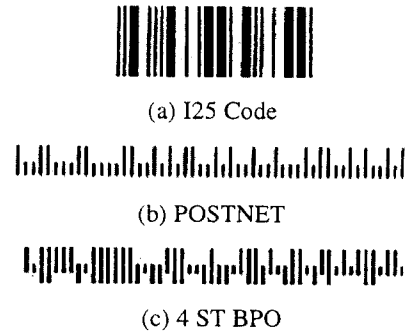


그림 1. 폭 및 높이 변조형 바코드

새로운 형태의 바코드 개발과 아울러 이를 인식하기 위한 연구가 진행되었으며, 바코드 인식에서 가장 중요한 사항은 바코드 영역을 기타의 배경으로부터 분리하여 추출하는 것이다. Richard [5]와 Ralph [6] 등은 POSTNET 코드를 인식하기 위하여 코드의 형상 특징을 이용하였고, 바코드 영역을 화상처리 기법을 이용하여 추출하였다. Jain [7, 8] 등은 2차원 화상처리가 요구되는 바코드가 임의의 위치에 인쇄된 경우에 바코드의 색상이나 질감 특징을 이용하여 바코드 영역을 추출하였다. Amin [9] 등은 복잡한 화상처리에 소요되는 시간을 줄이기 위하여 다수의 DSP보드와 하드웨어 컨벌버(convolver)를 사용하여 4ST 코드를 인식하였다. 최근 국내 실정에 적합한 바코드의 개발 및 인식에 관한 연구가 진행되었으며 [10], 높이 변조형 바코드인 POSTNET 코드의 영역을 추출하기 위하여 화상을 이동시키고 AND 연산 처리하여 바코드 영역을 추출하였다. 제안된 알고리즘은 AND 연산시 인접한 막대의 간섭으로 인하여 임의의 방향으로 놓여진 우편 봉투의 바코드를 인식할 수 없으며, 간섭으로 인하여 동일한 알고리즘을 폭 변조형 바코드에 적용할 수 없었다.

현재까지 국내의 우정업무에서는 I25 폭 변조형 바코드와 Linear Bar/No bar 바코드가 주로 사용되고

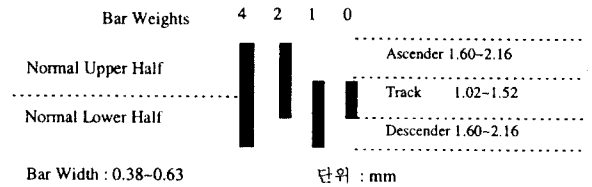
있으며, 높이 변조형 코드 중에서 정보 밀집도가 높은 4ST 코드의 사용이 검토되고 있다. 용도에 따라 3 종류의 바코드가 상당 기간 동안 함께 사용될 전망이며, 이와 같은 추세를 감안하면 3 종류의 바코드를 인식할 수 있는 알고리즘의 개발이 요구된다. 향후 고객이 바코드를 직접 인쇄하는 경우에는 우편 봉투의 일정한 위치에 정확하게 인쇄하는 것이 거의 불가능하므로 임의의 위치에 인쇄된 코드를 인식할 수 있으며, 우편물 분류 과정에서 우편물이 임의의 방향으로 놓여진 경우에도 바코드를 인식할 수 있어야 한다.

본 연구는 바코드의 특징을 이용하여 임의의 위치에 인쇄된 폭 및 높이 변조형 바코드를 인식하기 위한 화상처리 기법을 제안하였다. 우정업무용 바코드는 문자와 달리 항상 일정한 각도와 주기로 인쇄되는 특성을 이용하여 바코드 영역을 추출하고 추출된 영역에서 바코드 정보를 해독하였다. 제안한 화상처리 방법을 4ST 및 폭 변조형 I25 바코드에 적용하였다.

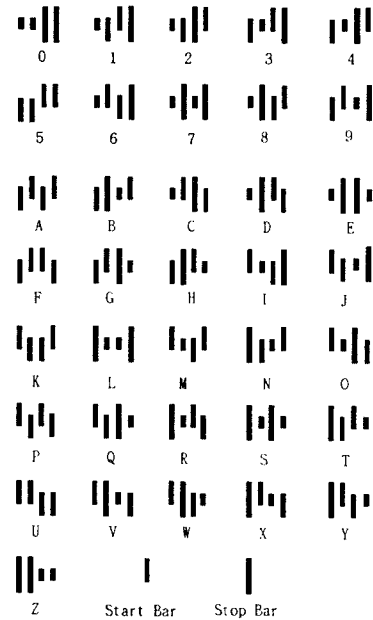
II. 바코드의 특징을 이용한 화상처리 알고리즘

임의의 방향으로 놓여진 우편 봉투의 바코드를 인식하려면 우선 바코드 영역을 주소 등을 인쇄한 기타의 영역으로부터 분리하고, 추출된 바코드 영역에서 우편 번호 등의 정보를 해독하여야 한다. 그림 3과 같이 4ST 코드와 주소가 편지 봉투에 인쇄된 경우, 주소 등을 나타내는 문자 부분은 기울기가 랜덤(random) 하지만, 바코드는 위치나 방향과 무관하게 항상 일정한 기울기를 갖는 직선으로 구성되어 있다. 또한, 바코드의 막대는 일정한 주기로 밀집되어 인쇄되는 특징을 갖는다. 그러므로 우편물이 임의의 위치나 방향으로 놓여지더라도 바코드의 기울기는 전체 화상에서 주도적인 기울기로 된다. 주도적인 기울기를 구하게 되면 기타의 기울기 값을 갖는 픽셀(pixel)은 노이즈(noise)로 간주하여 제거하고, 주도적인 기울기를 갖는 픽셀 중에서 바코드의 주기성과 밀집도를 이용하여 바코드의 영역을 추출할 수 있다.

CCD 카메라를 이용하여 바코드를 인식하기 위한 화상처리 알고리즘은 그림 4와 같이 전처리, 주도적 기울기와 주기적인 밀집도를 이용한 바코드 영역 추출 및 해독 과정으로 구성된다. 이와같은 과정을 따라 30도 회전한 4ST 코드를 처리한 결과를 그림 5에



(a) 4ST 구조

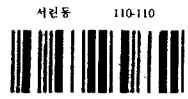


(b) 4ST 심볼

그림 2. 4ST 바코드의 구조와 심볼

나타내었다. CCD 카메라로 얻은 원래의 화상인 그림 5(a)에서 노이즈의 영향을 감소시키기 위하여 전처리 과정으로서 이치화 작업을 수행하였다. 이치화를 위하여 문턱치(thresholding value)를 통계적으로 구하여 배경과 인쇄 부분을 자동으로 분리시키는 Ostu 방법을 사용하였으며 [11], 이치화 결과를 그림 5(b)에 나타내었다. 전처리 과정은 우편봉투가 구겨지거나 배경 색상이나 무늬가 있는 봉투를 사용하는 경우에 문자와 바코드 부분을 배경으로부터 분리시키기 위하여 요구된다.

전처리를 통하여 이치화된 화상에 그림 6의 3x3 Sobel 연산자를 사용하여 문자와 바코드 부분으로 분



(a) 125 코드 화상



(b) 회전된 4ST 바코드 화상

그림 3. 4ST 코드와 주소의 화상

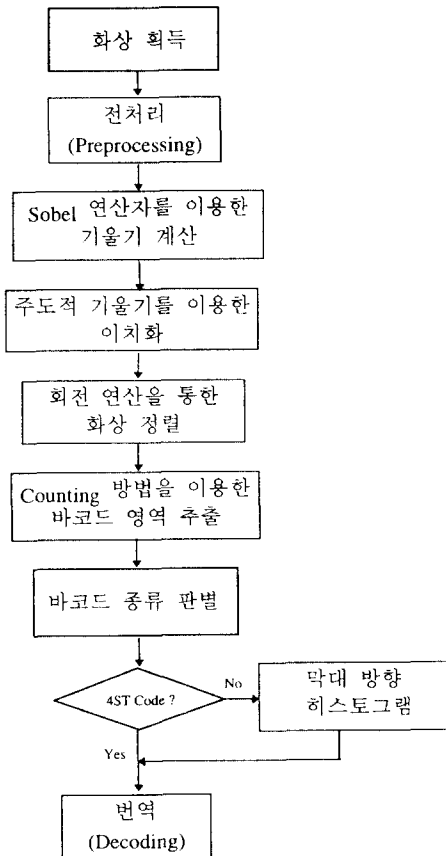
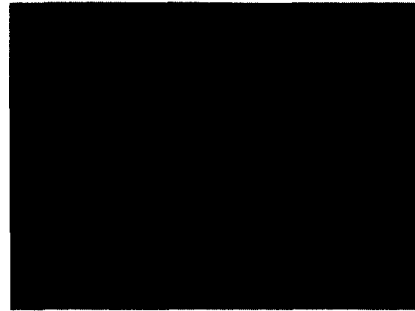


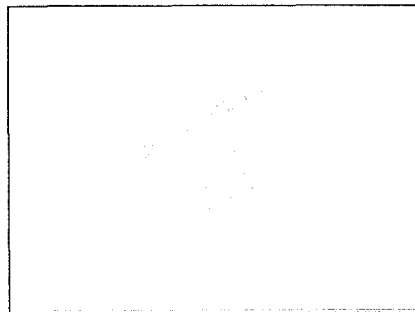
그림 4. 폭 및 높이 변조형 바코드 인식을 위한 flow chart



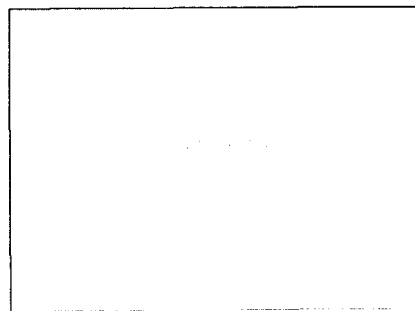
(a) 원래 화상



(b) 이치화 결과



(c) 주도적 기울기를 이용한 이치화 결과



(d) 추출된 바코드 영역

그림 5. 화상 처리 과정(회전 각도:30도)

a_0	a_1	a_2
a_7	(i, j)	a_3
a_6	a_5	a_4

(a) Notation

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

(b) S_x

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

(c) S_y

그림 6. 기울기 계산을 위한 Sobel 연산자

류된 픽셀의 회전 각도인 θ 를 아래의 식을 이용하여 계산하였다.

$$S_x = (a_2 + 2a_3 + a_4) - (a_0 + 2a_7 + a_6) \quad (1)$$

$$S_y = (a_6 + 2a_5 + a_4) - (a_0 + 2a_1 + a_2) \quad (2)$$

$$\theta = \tan^{-1}(S_y/S_x) \quad (3)$$

이때, S_x 와 S_y 는 그림 6의 Sobel 연산자를 사용하여 계산된 x와 y 방향의 기울기 값이다.

Sobel 연산자로 계산한 각 픽셀의 회전 각도에 대하여 픽셀 갯수를 누적한 히스토그램(histogram)을 구하면 바코드의 회전 각도에서 누적된 픽셀의 갯수가 최대로 된다. 인쇄 및 화상처리 과정에서의 오차를 고려하여 최대 누적 각도에서 2도 내외의 각도를 주도적인 기울기로 간주하여 이 범위 내의 각도를 갖는 픽셀들을 추출하고, 이외의 픽셀들은 노이즈로 간주하여 제거하였다. 주도적인 기울기를 이용하여 이

치화한 결과, 대부분의 바코드와 주소의 일부분이 추출되는 것을 그림 5(c)에 나타내었다.

바코드 영역을 추출하기 위하여 주도적인 기울기에 해당하는 각도로 화상을 -30도로 역회전하여 정렬시키고, 바코드의 막대에 해당하는 픽셀들이 일정한 간격으로 밀집해 있는 특성을 이용하였다. 바코드 영역은 template matching이나 Fourier 변환 등의 다양한 화상처리 방법을 이용하여 추출할 수 있지만 [11], 계산 시간이 많이 소요된다. 본 연구에서는 바코드가 일정한 간격으로 밀집되어 있으므로 가로 방향으로 픽셀의 간격을 세어 (counting), 그림 5(d)와 같이 바코드 영역을 픽셀의 간격이 불규칙한 배경과 분리하였다. 이와같은 counting 방법은 매우 단순하므로 처리 시간을 단축시킬 수 있다. 추출된 바코드 영역은 이치화 과정에서 많은 정보가 노이즈로 간주되어 상실되므로 원래 화상의 바코드 영역에서 Ostu 방법을 사용하여 이치화하고 바코드를 해독하였다. 국부 영역인 바코드 영역에서 이치화하면 전체 화상에 대한 이치화보다 정확하게 바코드와 배경을 분리할 수 있다.

추출된 바코드 영역으로부터 바코드 정보를 해독하기 위하여 높이 변조형 바코드와 폭 변조형 바코드를 분류하여야 한다. 바코드 영역의 가로 방향으로 계산한 히스토그램의 형상은 그림 7에서 보인 바와 같이 폭 변조형 코드는 직사각형과 같고, 높이 변조형 4ST 코드는 코드의 가운데 부분 (track)이 누적되어 불룩하게 되므로 구별된다. 폭 변조형 바코드를 해독하려면, 추출된 바코드 영역에 대하여 막대 방향으로 히스토그램을 구하는 추가의 과정이 필요하다. 이는 폭 변조형 바코드가 막대와 여백의 폭을 이용하여 정보를 기록하므로 노이즈에 민감하기 때문이다. 히스토그래밍 과정을 통하여 막대에 해당하는 픽셀



그림 7. 높이 및 변조형 바코드의 히스토그램 형상 특징

의 갯수를 누적하면 적분하는 것과 동일한 효과를 얻을 수 있으므로 노이즈의 영향을 감소시킬 수 있다.

Ⅲ. 바코드 인식 시스템의 구성 및 실험

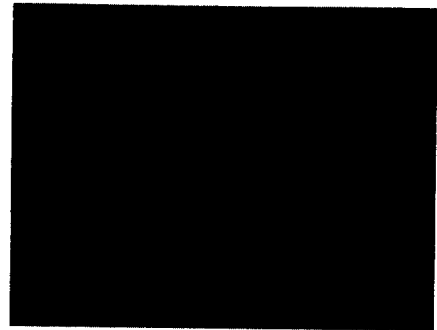
바코드 인식 시스템은 CCD 카메라, DSP화상처리 보드와 PC486으로 구성되었다. CCD 카메라의 화소는 640x480이며 CCD 소자의 활성영역은 6.35x7.4mm 이므로 해상도는 0.01mm이다. 바코드의 폭은 최소 0.4mm이고 카메라 렌즈의 초점거리는 16mm 이므로 카메라와 인식하고자 하는 바코드 사이의 최대 거리는 640mm ($=16 \times 0.4 / 0.01$) 이다. 화상치리는 C30 프로세서를 사용하는 DSP 보드에서 수행되며, PC486은 화상처리 결과로부터 바코드를 해독하는데 사용되었다.

실험은 일반 백열 전구를 이용한 일정한 조명 조건에서 실시하였으며, 우편물과 카메라의 거리는 항상 640mm 이내이고 우편봉투를 30도씩 회전시킨 상태에서 위치를 이동시키며 실험하였다. 바코드는 300dpi 잉크젯 프린터를 이용하여 인쇄하였다. 바코드의 훼손이 있는 경우를 시험하기 위하여 인쇄된 용지나 우편 봉투가 구겨지거나 주소를 인쇄체 또는 필기체로 기입한 경우에 대하여 높이 변조형 4ST 코드와 폭 변조형 125 바코드의 인식을 수행하였다.

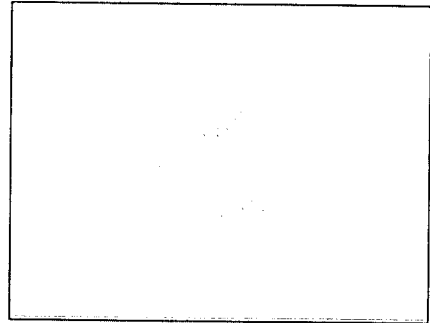
Ⅳ. 결과 및 고찰

제안한 화상처리 알고리즘을 검증하기 위하여 다양한 조건에서 시험하였다. 4ST 코드가 인쇄된 용지를 구겨서 훼손시키고 용지를 30도 회전시킨 경우에 대하여 인식한 결과를 그림 8에 나타내었다. 선처리 과정과 Sobel 연산자를 사용하여 주도적인 방향을 구하고 이치화한 결과를 그림 8(b)에 나타내었다. 구겨져서 훼손된 부분은 선처리 과정을 통하여 제거되며, 주소 영역 등에서도 바코드와 동일한 주도적인 기울기를 갖는 픽셀이 일부 존재하지만, 바코드 영역에서 주도적인 기울기를 갖는 픽셀이 규칙적으로 존재하는 것을 알 수 있다.

80도 회전한 우편 봉투에 수신자, 발신자 및 바코드가 인쇄된 우편 봉투를 화상처리한 결과를 그림 9에 나타내었다. 주도적인 기울기를 이용하여 그림 9



(a) 원래 화상

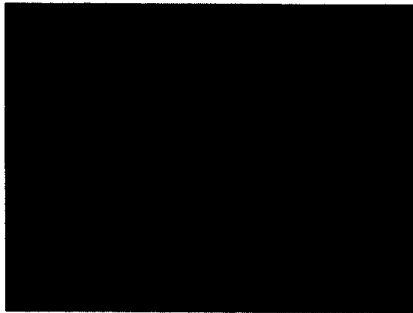


(b) 주도적 기울기를 이용한 이치화 결과

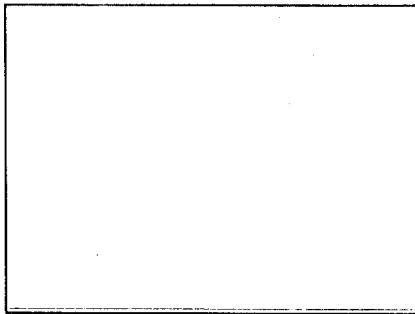
그림 8. 구겨진 용지에 인쇄된 4ST 코드의 화상 처리 결과 (회전각도: 30도)

(b)와 같이 이치화된 화상을 counting 방법을 이용하여 그림 9(c)와 같이 바코드 영역을 문자를 포함한 배경 부분과 분리할 수 있었다. 바코드가 90도 이상 회전한 경우에는 코드의 앞과 뒤에 위치하는 시작과 끝 막대를 감지하여 역순으로 해독하였다.

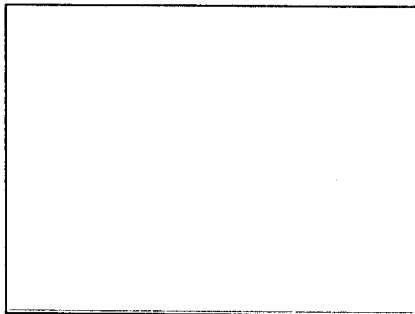
폭 변조형 125 바코드를 인식하기 위하여 주소와 바코드가 인쇄된 용지가 70도 회전한 경우에 대한 화상처리 결과를 그림 10에 나타내었다. 주도적인 각도를 이용하여 이치화한 결과인 그림 10(b)를 counting 방법을 이용하여 바코드 영역을 배경으로부터 분리하였다. 추출된 바코드 영역을 주도적인 기울기에 해당하는 각도 만큼 역회전시킨 결과를 그림 10(c)에 나타내었다. 바코드 영역에 대한 막대 방향의 히스토그램은 그림 10(d)와 같고, 막대와 여백을 구분할 수 있지만 상당한 노이즈가 존재함을 알 수 있다. 노이즈는 계산된 역회전 각도의 오차와 화상처리 및 인쇄 상태 등에 의하여 발생한다. 히스토그램의 평균값으로 이치화시켜 그림 10(e)와 같이 노이즈를 제거시킬



(a) 원래 화상



(b) 주도적 기울기를 이용한 이치화 결과



(c) 추출된 바코드 영역

그림 9. 봉투에 인쇄된 4ST 코드의 화상 처리 결과(회전각도:80도)

수 있었다.

표준 우편 봉투에 주소를 필기체로 기입하고 회전 각도가 -30도인 경우에 폭 변조형 바코드 영역을 추출한 결과를 그림 11에 나타내었다. 그림 11(b)에서 보인 바와 같이 이치화 과정에서 바코드에 대한 상당히 많은 정보가 손실되지만, 그림 11(c)와 같이 counting 방법으로 바코드 영역을 추출할 수 있다.

시스템의 신뢰도를 측정하기 위하여 표준 우편 봉투에 4ST 또는 I25 바코드와 주소를 인쇄하여 다양한

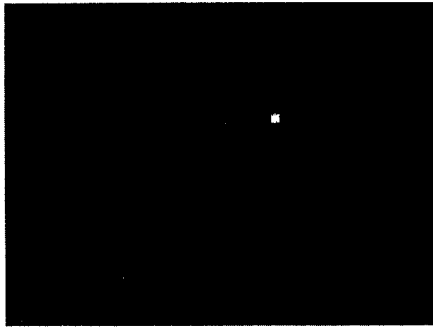
각도 및 구겨서 훼손시킨 경우에 대하여 시험하였다. 4ST 와 I25 바코드에 대하여 각각 500회 실험한 결과, 4ST 코드는 99%의 인식률을 I25 바코드는 98%의 인식률을 얻을 수 있었다. 특정 각도나 훼손이 바코드의 인식률에 미치는 영향은 없었다. 발생한 오인식은 에러 검증 문자(error checking character)를 바코드에 추가로 삽입하여 복원이 가능하므로 신뢰도를 증가시킬 수 있을 것으로 판단된다 [4].

DSP 보드를 이용하여 4 ST 코드가 인쇄된 하나의 우편물을 처리하는데 0.86초가 소요되었으며, 폭 변조형 바코드의 경우에도 처리 시간은 유사하다. 이와 같은 우편물 당 1초 이내의 처리 시간은 우편물의 자동 처리에 요구되는 1 Hz의 처리 속도를 만족시킨다 [10]. 단계별 처리 시간은 대략 화상의 획득에 0.04초, 이치화 및 Sobel 연산자로 기울기를 계산하는 데 0.5 초, 바코드 영역 추출 및 회전에 0.22초, 해독 과정에서 0.1초가 소요된다. Sobel 연산자의 계산 등의 연산에 상당한 시간이 소요되므로 Look-up table (LUT) 등을 이용하면 처리 시간을 추가로 단축시킬 수 있다 [12]. 이와 함께, 현재 사용하는 C30 프로세서 대신 C80 프로세서를 장착한 DSP 보드를 사용하면 처리 속도를 추가로 증가시킬 수 있다.

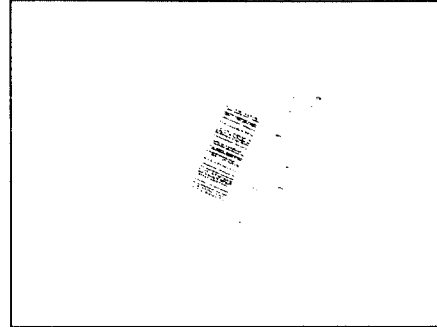
본 연구에서 제안한 알고리즘은 선형 바코드의 특징을 이용하여 바코드의 영역을 추출하므로 선형이 아닌 2차원 바코드의 경우에는 적용할 수 없다. 짐중국이나 우체국에서 사용하는 경우에 발생할 수 있는 문제점으로서 현장의 주변 환경을 들 수 있으며, 특히 조명 조건에 의하여 실제 인식률은 상당히 저하되며, 노이즈에 민감한 폭 변조형 바코드가 높이 변조형 바코드보다 영향을 받을 것으로 판단된다. 현재의 처리 속도인 1 Hz를 고려하면 제안된 알고리즘은 현재 수작업으로 우편물을 분류하는 작업에 적용이 가능할 것이다.

V. 결 론

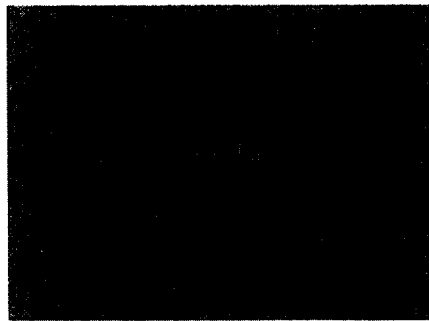
본 연구에서 바코드의 특징과 단순한 화상처리 기법을 이용하여 임의의 위치와 방향으로 놓여진 높이 및 폭 변조형 바코드 영역을 추출하고 인식하는 알고리즘을 제안하고 시험하였다. Sobel 연산자를 이용하여 계산된 주도적인 기울기와 바코드의 막대가 주



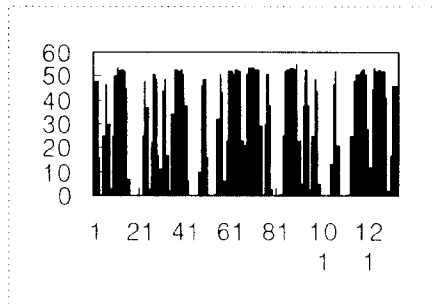
(a) 원래 화상



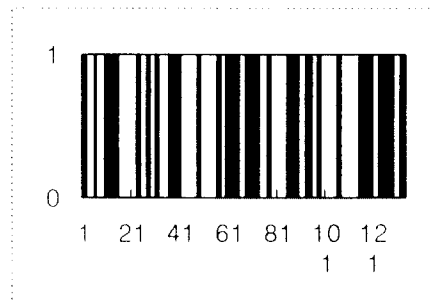
(b) 추도적 기울기기를 이용한 이치화 결과



(c) 추출된 마코트 영역

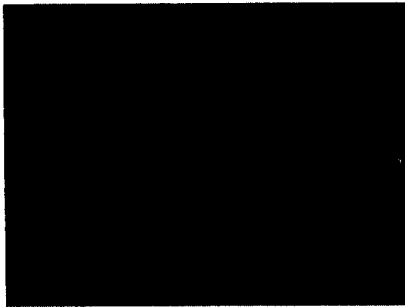


(d) 마코트 영역의 히스토그램

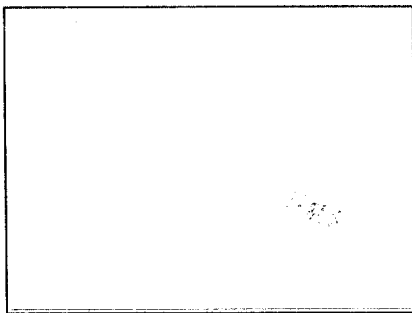


(e) 이치화시킨 히스토그램

그림 10. 폭 변도형 125 마코트의 화상 처리 결과(회전각도 : 70도)



(a) 원래 화상



(b) 주도적 기울기틀 이용한 이진화 결과



(c) 추출된 바코드 영역

그림 11. 폭 변조형 I25 바코드의 화상 처리 결과(회전각도 : -30도)

적으로 밀집되어 인쇄되는 특징을 이용하여 임의의 각도로 회전된 바코드 영역을 추출할 수 있었다. 다양한 경우에 대하여 실험한 결과 98% 이상의 인식을 얻을 수 있었으며, 우편물당 처리 시간은 0.86초가 소요되었다. 향후 우정업무에서 폭과 높이 변조형 바코드가 병용될 것으로 예상되므로, 본 연구에서 제안

한 알고리즘은 향후 우정업무의 자동화 및 전산화에 유용할 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

1. Verbeke V., "Extension use of United States Postal Service barcodes", J. of Agricultural & Food Information, Vol.1(3), pp.13-23, 1993.
2. Designing Letter Mail, U.S.P.S. Publication 25, Aug., 1995.
3. Canada Post's 4 State Barcode Symbology, Canada Post Corp., Dec., 1995.
4. Canada Postal Standards Manual, 6th ed., Doc. ID :T575001, Aug., 1995.
5. Richard G., Richardson V., "Barcode location and recognition processing system", U.S. Patent 5073954, 1989.
6. Ralph R., Jay G., "Reading barcodes with a wide laser beam", EP 0 589 361 A1, 1994.
7. Jain A.K., Chen Y., "Barcode localization using texture analysis", Proc. of 2nd Int. Conf. on Document Analysis and Recognition, pp.41-44, 1993.
8. Jain A.K., Chen Y., "Address block location using color and texture analysis", CVGIP: Image Understanding, Vol.60(2), pp.170-190, 1994.
9. Amin R., Barrett M., Jones K., "Development of a prototype advanced postal code-mark reader processor system", Proc. of 4th Int. Conf. on Image Processing and Its Applications, pp.522-525, 1992.
10. 유중돈, 이강희, 김현수, "우편물 자동 처리를 위한 정보 체계에 관한 연구", ETRI 연구보고서, 1996.
11. Haralick R.M., Shapiro L.G., Computer and Robot Vision, Addison-Wesley Pub., 1992.
12. 오학서, 범용 DSP를 이용한 선분 추출 알고리즘의 실시간 구현, 한국과학기술원 석사학위논문, 1997.



김 현 수(H. S. Kim) 정회원
1955년 7월 6일생
1990년 2월: 대전공대 전자계산
학과(이학사)
1996년 8월: 홍익대학교 전자계
산학과(이학석사)
1978년 3월~현재: 한국전자통신
연구원 정보공학연
구실 선임기술원

※주관심분야: DB, 문자인식 및 바코드 기술 등



유 증 돈(C. D. Yoo) 정회원
1956년 7월 23일생
1980년 2월: 서울대학교 기계설
계학과(공학사)
1982년 2월: 한국과학기술원, 기
계공학과(공학석사)
1990년 12월: Ohio 주립대학교,
용접공학과(공학박사)

1992년 2월~현재: 한국과학기술원, 기계공학과, 조교수

※주관심분야: 공정 자동화, 센서 개발 등



이 강 희(K. H. Lee) 정회원
1994년 2월: 한국과학기술원, 기
계공학과(공학사)
1996년 2월: 한국과학기술원, 자
동화 및 설계공학과
(공학석사)
1996년 3월~현재: 한국과학기술
원, 자동화 및 설계
공학과 박사과정

1997년 12월~현재: 전력연구원 시스템통신연구소 정
보통신그룹

※주관심분야: 화상처리, 공정자동화 등