

우편용 4-state 바코드 고속판독 방법에 관한 연구

박 문 성[†] · 김 혜 규^{††} · 정 회 경^{†††}

요 약

집배원이 배달순서로 자동구분하기 위하여 요구되는 요소 기술인 4-state 바코드 시스템 개발이 진행중이며, 우편번호, 배달순서코드, 고객정보 등이 적용될 수 있다. 기존의 고객 바코드 판독 시스템은 우편물상의 바코드 심볼로지가 존재하는 판독대상 영역의 기울기가 $\pm 1.47^\circ$ 이고, 심볼의 훼손과 잡영이 없을 경우에 79~100msec의 속도로 자동구분 정보가 판독된다. 본 논문에서는 판독범위 및 판독성능의 개선을 위하여 CCD(Charge Coupled Device) 센서로부터 획득된 이미지상에서 존재하는 심볼로지 정보의 고속판독 방법을 제시한 것이다. 이 판독방법은 다진(gray) 이미지 바탕면의 경계값(threshold) 기울기 분포를 기준으로 2개의 경계값을 설정하여 판독대상 정보를 획득하였다. 또한, 바코드 심볼로지의 존재 가능성 영역만을 검사하고, 판독대상 영역에서 트래커(tracker)를 탐색하여 심볼로지에 대한 기울기값, 경계값, 좌표값 등을 생성한 후 심볼값이 판독되도록 한 것이다. 판독시험 결과는 심볼로지가 $\pm 45^\circ$ 기울어지고, 잡영이 존재할 경우에도 30~60msec(58,000~116,000통/시간) 이내에 판독되었다. 우편물 자동구분용 바코드 판독기로서 적용될 경우에 판독속도가 평균 57.25% 이상 개선되고, 판독범위의 확장으로 0.2%미만의 기계적인 오류(이송과정에서의 Jam 발생비용)를 제외할 경우에 거의 99.8% 우편물을 판독하여 자동구분 처리할 수 있게 될 것으로 기대한다.

A Study on the Method of High-Speed Reading of Postal 4-state Bar Code for Supporting Automatic Processing

Moon-Sung Park[†] · Hye-Kyu Kim^{††} · Hoe-Kyung Jung^{†††}

ABSTRACT

Recently many efforts on the development of automatic processing system for delivery sequence sorting have been performed in ETRI, which requires the use of postal 4-state bar code system to encode delivery points. This paper addresses the issue on the extension of read range and the improvement of image processing method. For the improvement of image processing procedure, applied information acquisition method through basic two thresholds onto the horizontal axial line of gray image based on reference information of 4-state bar code symbology. Symbol values are computed after creating two threshold values and location values based on the obtained information through search of horizontal axial values. The implementation result of 4-state bar code reader are obtained the symbol values within 30~60 msec (58,000~116,000 mail item/hour) without noise removal or image rotation in spite of the incline $\pm 45^\circ$.

키워드 : 우편서비스(Postal Service), 자동식별(Automatic Identification), 고속판독(High-Speed Reading System), 4-state 바코드(4-state Bar Code)

1. 서 론

현재, 우편물 자동구분 처리 시스템은 일반 소형통상 우편물을 OCR(Optical Character Recognition)에 의하여 인식(인쇄체 문자로 우편번호가 인쇄된 경우는 94~96% 이상 가능)하고 우편번호를 기계 바코드(형광색, 3 out of 5)로 인쇄하며, LSM(Letter Sorting Machine)에서 바코드를 판독하여 자동구분 처리하고 있다. 우편물 자동구분 처리의 촉진을 위하여 우편고객에게 기계 바코드와 동일한 규격으로 우편봉투에 흑백 바코드로 인쇄토록 하고, LSM에 직접

투입하여 시간 당 35,000통 이상을 처리하고 있다[1-3]. 또한, 기존의 고객 바코드 판독 시스템은 $\pm 1.47^\circ$ 기울어지거나, 심볼이 훼손된 경우, 주변에 잡영이 존재하는 경우를 제외하고, 1통의 우편물을 79~100msec(10~13통/초)내에 판독하여 자동구분 처리한다. 기존의 3 out of 5 바코드는 70mm에 우편번호 6자리와 페리티 체크 디지털 1자리를 적용하고 있으나, 배달순서코드를 적용하려면 2줄 이상이 인쇄되어야 한다. 그리고, 우편물량의 증가로 인하여 우편물을 집배원이 배달하는 순서로 자동구분되도록 하고, 우편서비스의 품질개선과 수작업량을 줄이기 위한 연구가 진행중이다. 이와 관련하여 개발중인 4-state 바코드 고속판독 시스템에는 기존의 문제점들을 해결하기 위하여 고속판독 범위 확장과 판독성능의 개선방법이 적용되어야 한다[1, 4, 6, 14].

† 정 회 원 : 한국전자통신연구원 우정기술연구부 선임연구원

†† 정 회 원 : 한국전자통신연구원 우정기술연구부 부장

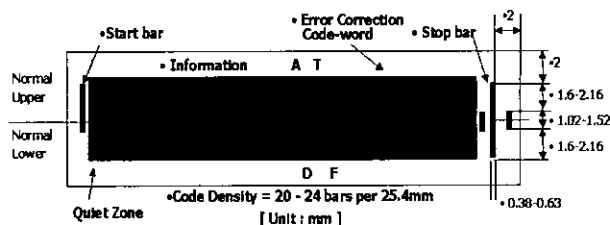
††† 중신회원 : 배재대학교 컴퓨터공학과 교수

논문접수 : 2001년 4월 3일, 심사완료 : 2001년 4월 27일

본 논문에서는 자동구분용 바코드 판독기의 CCD(Charge Coupled Device) 센서로부터 획득된 우편봉투 영상과 동일한 해상도를 갖는 판독대상 이미지를 CMOS-CCD 센서로부터 획득하여 4-state 바코드 고속판독 시스템을 구현한 것이다. 그리고, 고속판독 범위를 확장시키기 위해 바코드 심볼로지가 기울어진 경우, 잡영이 존재하는 경우, 심볼이 훼손된 경우 등이 발생되어도 판독되도록 한 것이다. 고속판독 과정은 바코드 심볼로지 참조정보를 생성하고, 다진(gray) 이미지의 바탕면에 대한 경계값(threshold)의 기울기 분포와 심볼로지 정보획득을 위한 2개의 경계값을 생성하여 판독대상 영역을 검사하였다. 획득된 다진 레벨값 중에서 심볼로지일 가능성 영역의 좌표값들만 획득하여 판독대상 영역과 1차 기울기값을 검출하였다. 그리고, 이 판독대상 가능성 영역에서 트래커(tracker) 위치를 탐색하여 정확한 2차 기울기값을 생성하고, 심볼로지의 경계값과 심볼위치 좌표값을 설정하여 심볼값이 판독되도록 한 것이다. 제2장에서는 우편용 4-state 바코드의 개요와 연구배경을 살펴보고, 제3장에서는 기존 시스템과 동일한 우편영상과 동일한 조건의 판독규칙을 적용하여 4-state 바코드 판독시험 시스템을 개발하여 성능분석 결과를 바탕으로 고속판독을 위한 요구사항을 정의하였으며, 제4장에서는 바코드 판독성능 개선 및 판독범위 확장방법을 설계하고, 구현된 결과를 보인 것이다. 제5장에서는 고속처리용 4-state 바코드의 활용방안과 추후 연구사항을 다루었다.

2. 연구 배경

우편용 4-state 바코드는 영국 Royal Mail에서 처음 개발하였으며 캐나다, 일본, 호주 등의 국가에서도 4-state 바코드를 자국의 실정에 맞게 수정하여 사용하고 있다[4-6]. 우편물 자동구분 처리를 위한 4-state 바코드 시스템은 영국의 Royal Mail과 캐나다의 CPC(Canada Post Corporation)의 정보체계를 보완하여 국내환경에 적합하도록 숫자, 영문, 한글문자 등 다양한 문자표현이 가능한 바코드 시스템을 개발하였다. 이 4-state 바코드의 특징은 4가지 높이로 구성된 심볼들을 일정한 간격으로 표현하고, 각 심볼의 위치에 따라 가중치를 부여하여, 1~5개의 심볼단위로 하나의 문자를 표현할 수 있다[1, 5, 7, 14].



(그림 1) 우편용 4-state 바코드 인쇄규격

(그림 1)과 같이 표현되는 4-state 심볼들은 Tracker (T), Ascender(A), Descender(D), Full Height(H)로 구성된다. 4가지 형태의 심볼들이 어떻게 조합하는가에 의하여 다양한 정보를 수록할 수 있게 된다[7, 10, 11, 12, 14]. 4-state 바코드의 심볼값은 F=0, A=1, D=2, T=3 값으로 설정하고, 심볼위치값을 4의 계수값을 적용하였다. 완성형 한글문자(KS 5601, 2,350개)는 49 x 48의 매트릭스 참조테이블을 생성하고, 행과 열값을 수식 (1)에 의하여 계산하고, 열과 행 교차점의 한글문자가 적용되도록 하였다[4, 6, 14]. 4-state 바코드에는 숫자(4-state 2 bar), 영문자(4-state 3 bar), 조합형 한글(4-state 3 bar x 2~3자소), 완성형 한글(4-state 6 bar) 등을 포함한 모든 문자정보를 표현할 수 있다.

$$B_n B_{n-1} \dots B_1 = V_n \times 4^{n-1} + V_{n-1} \times 4^{n-2} + \dots + V_1 \times 4^0 \quad (1)$$

예) $B_4 B_3 B_2 B_1 = 3 \times 4^3 + 3 \times 4^2 + 3 \times 4^1 + 3 \times 4^0 = 255$

이와 같은 연구결과를 기반으로 고객 바코드가 인쇄된 우편물을 초당 10~13통 이상의 속도로 이송시키고, 획득된 우편봉투 영상에 의하여 4-state 바코드를 고속판독할 수 있는 시스템 개발이 필요하다. 이에 따라, 고속판독을 위한 요구사항을 분석하고, 획득된 우편영상을 기반으로 1통의 우편물을 76.9~100msec 이내에 판독결과를 생성될 수 있어야 한다. 본 논문에서는 이미지 판독방법에 의한 바코드 심볼로지의 판독범위 확장방법과 판독성능 향상을 위한 방법을 제시하고자 한다.

3. 고속판독을 위한 요구사항 분석

본 장에서는 4-state 바코드의 인쇄규격을 고려한 판독 시스템의 요구사항을 정의하고, 판독시험 결과를 바탕으로 고속판독을 위한 요구사항을 정의하였다.

3.1 바코드 인쇄규격에 따른 요구사항 분석

본 절에서는 바코드의 인쇄규격을 바탕으로 이미지 판독 방법을 적용하기 위한 요구사항을 정리한 것이다.

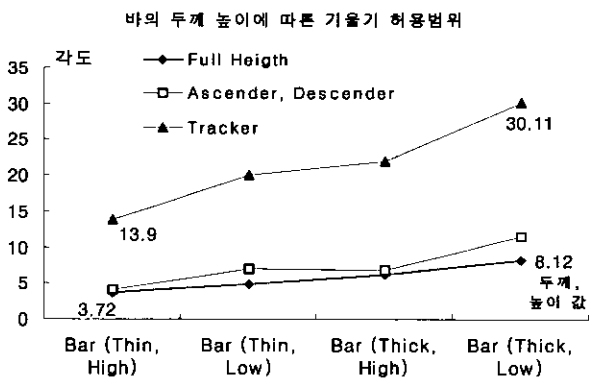
우편물에 고객 바코드를 인쇄하는 방법은 라벨부착, 창봉투내에 있는 내용물 상에 인쇄, 우편봉투에 직접인쇄 등의 방법이 적용된다. 우편봉투 상에 인쇄된 고객 바코드는 다양한 인쇄방법에 의하여 인쇄되므로 우편봉투의 하단과의 수평유지가 어렵다. 또한, 벨트 시스템에 의하여 우편물이 이송되는 과정에서 판독대상 영역이 기울어짐이 발생할 수도 있다. 고객 바코드의 인쇄위치도 우편주소 영역의 하단에 인쇄하는 것을 원칙으로 하지만, 우편주소 영역의 상단에 인쇄되거나 우편이용자들이 자신이 고객을 관리하기 위하여 적용된 패턴 정보(선형 바코드)의 다음 라인에 인쇄할 수도 있다. 또한, 4-state 고객 바코드의 인쇄규격인 기울기 값은 4개 심볼 단위의 중심 축과 심볼 두께 및 높이를 기

준으로 수직 (2)와 같은 제한조건이 만족되어야 한다. (그림 2)는 바코드 심볼로지가 일정각도 이상 기울어진 경우에도 판독되는 범위를 분석한 것이다.

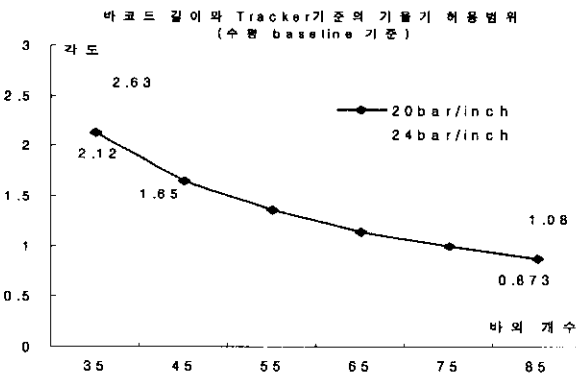
$$|수평기울기(\pm 5^\circ)| + |수직기울기(\pm 5^\circ)| < \pm 5^\circ \quad (2)$$



(a)



(b)



(c)

(그림 2) 기울어진 경우의 바코드 판독기준 검토

(그림 2)의 결과를 기준으로 판독대상 영역을 회전없이 판독하기 위한 조건은 심볼값이 획득되기 위한 최소한 하나의 경계값을 존재하여야 하므로 기울어진 범위가 수평 $\pm 0.87^\circ$, 수직 $\pm 3.7^\circ$ 이내가 되어야 한다. 우편번호와 배달순서코드만을 고객 바코드에 적용할 경우에는 39개 심볼이므로 $\pm 1.7^\circ$ 이내에서 판독이 가능하다. 고객 바코드에 다양한 우편서비스를 제공하기 위한 정보(85개 심볼)를 적용할 경우에는 기울기값이 $\pm 0.87^\circ$ 가 되어야 한다. 이와 같은 조건을 만족되게 하려면, 우편봉투상에 인쇄되는 바코드는 우편하단의 수평라인과 거의 일치되어야 한다. 라벨부

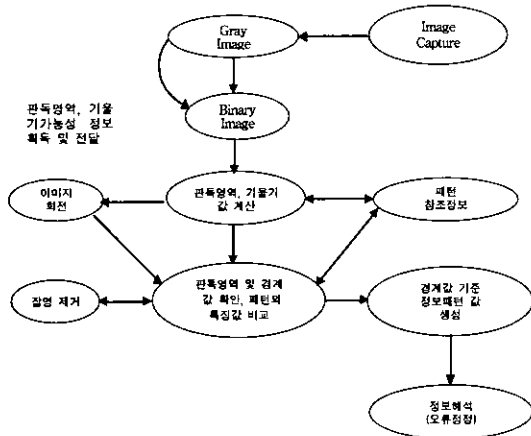
착 및 창봉투의 내용물에 인쇄된 경우에 자동구분 처리과정에서 판독을 저하시키는 요인이 될 수도 있다. 그리고, 심볼 두께와 인쇄밀도 등을 기준으로 기울기값의 범위를 초과한 경우에는 판독대상 영역을 추출하고, 기울어진 각도값을 구하여 회전시킨 후, 해석하는 방법이 필요하다. 또한, 다량으로 고객 바코드를 인쇄될 경우에는 인쇄 잉크와 리본 등의 상태의 문제로 인하여 바코드 인쇄 영역에 검은색 잡영이 발생할 수 있으며, 인쇄 잉크의 부족으로 인하여 심볼이 소거된 것으로 인지될 수도 있다. 즉, 판독장애 요소가 되는 잡영제거 기능이 요구된다. 그리고, 심볼이 부분 또는 일부 구간이 소거된 경우에는 소거된 심볼위치와 심볼 개수 그리고 잡영에 의하여 오판독된 심볼값에 대한 오류정정 기능을 위하여 Reed Solmon 알고리즘을 적용하여야 한다[15].

3.2 기존 방법에 의한 시험 및 결과분석

일반적으로 우편물이 이송과정에서의 우편봉투의 이미지 획득방법은 CCD 라인스캔 카메라에 의하여 수직라인(y축) 단위로 획득되는 이미지에 의해 우편봉투 영상이 생성된다. 본 절에서는 일반적인 이미지 처리방법을 기준으로 획득된 다진 이미지를 이진 이미지로 변환하여, 4-state 바코드의 영역을 찾아 판독하는 방법을 검토하였다. 판독시험을 위한 샘플 이미지는 CCD 센서로부터 획득되는 200DPI(Dot Per Inch) 다진 이미지와 동일하도록 생성하였다. 다진 이미지 전체를 탐색하여 4-state 바코드 정보를 획득할 경우에는 많은 시간이 소요되므로 획득된 우편영상을 이진 이미지로 변환, 바코드 영역검사, 바코드의 특징치의 탐색 등에 의하여 심볼값을 판단하는 방법으로 수록된 정보를 해석과정으로 구성하여야 한다. 그리고, 판독대상 영역은 시작 심볼, 정지 심볼, 트래커의 탐색방법을 획득하고자 한다. 인쇄규격의 기울기값이 초과될 경우에는 판독대상 영역을 추출하고 기울어진 각도값에 의하여 이미지를 회전시켜 판독하는 방법이 적용되어야 한다. 심볼값은 고객 바코드의 인쇄위치, 좌우영역의 잡영상태에 영향을 받지 않고 획득될 수 있어야 한다. (그림 3)과 같은 절차를 바탕으로 다음과 같이 판독 시스템을 구현하여 시험하였다.

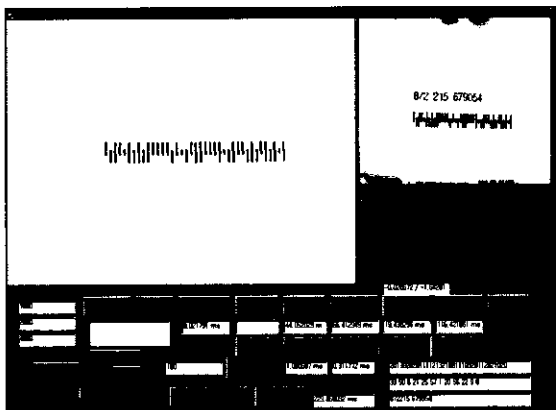
- 1) 다진 이미지(1024x768)를 이진 이미지로 변환, 심볼이 존재할 가능성 영역을 찾아, 수평라인의 픽셀들의 개수와 검은색 픽셀들의 분포의 좌표값을 생성하여 1차 기울기값 산출
- 2) 1)항의 과정에 의하여 획득된 정보로 판독대상 영역을 추출하기 위해 이진 이미지 상에서 심볼의 두께값과 검은색 심볼의 픽셀에서 흰색 공간의 픽셀로 변환되는 크기값들을 기준으로 바코드일 가능성이 존재하는 영역 검출
- 3) 시작 심볼과 정지 심볼의 특징값을 기준으로 중비코

- 드 영역을 계산하여 바코드의 기울기값 생성
- 4) 3)항의 결과값과 고속판독 조건을 비교하여 만족되지 않으면 판독대상 영역의 이미지 좌표값을 기준으로 판독대상 영역의 회전방법 적용
 - 5) 트레이커의 중앙의 경계값을 계산하는 과정에서 트레이커가 모두 존재하는 수평라인의 좌표를 검사하여 훼손된 심볼 위치값 계산
 - 6) 회전된 이미지상에서 트레이커의 중심축 생성 후, 상하로 심볼의 존재여부를 검사하여 심볼값 획득
 - 7) 심볼값들에 의하여 숫자와 문자 적용규칙에 의하여 구분한 후 정보해석
 - 8) 만일, 심볼로지 오류가 존재할 경우에는 오류정정 코드워드를 이용하여 오류정정 범위에 포함된 경우에 심볼로지값을 정정하는 방법을 적용



(그림 3) 회전, 잡영제거, 정확한 심볼의 생성방법

이 과정에서 4-state 바코드 심볼로지의 길이와 이미지의 기울기값에 의하여 판독대상 영역의 이미지만을 회전시키도록 구성하였다. 판독대상 영역의 잡영제거 방법은 3x3 마스크를 이동시키면서 검은색 픽셀들의 크기와 인접픽셀의 변화 상태값을 적용하여 불필요한 잡영을 제거하였다.



(그림 4) 판독시험 결과

훼손된 심볼의 수를 정확하게 계산방법은 심볼이 존재하는 수평라인의 전체길이와 심볼의 사이의 간격 및 심볼 두께값의 구간에 대한 평균값을 적용하고, 심볼이 존재하지 않을 경우에 심볼위치값이 획득되도록 하였다. 4-state 바코드에 수록된 우편번호, 배달순서코드, 부가적인 정보를 임의로 적용한 후, 우편봉투 영상을 획득하여 판독한 시험결과는 (그림 4)와 같으며, 판독 시스템의 단위 기능별 판독시간은 다음과 같다.

- 1) 우편봉투 다진 이미지를 이진 이미지로 변환하고, 바코드 영역을 추출하는데 평균 45msec
- 2) 잡영제거는 평균 60msec
- 3) 바코드 영역의 좌표값을 추출하여 기울기값을 계산하는데 평균 18.16msec
- 4) 기울어진 각도를 구하여 이미지 회전은 회전 알고리즘의 성능과 바코드 영역의 크기에 따른 차이로 인하여 100~150msec
- 5) 심볼값에 의한 오류정정 과정을 포함하여 자동구분 정보로 치환하는데 평균 1.32msec

샘플 우편물 200여통을 판독시험 결과에 의하면 회전과 잡영제거에 소요된 시간을 제외하고, 평균 64.48msec 범위에서 판독할 수 있음을 확인하였다. 그러나, 인쇄규격으로 정의된 기울기값이 초과된 경우에는 회전 및 잡영제거를 위하여 150msec 이상이 소요되는데, 이 과정을 최소화시켜 고속판독이 가능하도록 해야 한다.

3.3 고속판독 시스템 요구사항 정의

3.2절의 시험결과를 바탕으로 고속처리용 4-state 바코드 판독 시스템에 대한 요구사항을 다루고자 한다. 판독성능의 향상방법을 검토하여 추가로 필요한 요구사항은 다음과 같이 정의할 수 있다.

- 1) 소형통상 및 대형통상 우편물(엽서, 창 봉투 포함) 상에 인쇄된 4-state 바코드 판독
- 2) 획득된 다진 이미지 상에서 고속으로 바코드 심볼로지 정보를 획득하기 위한 방법 검토
- 3) 바코드 심볼 두께와 높이값, 4개의 심볼로지 단위의 기울기 제한 범위값, 인쇄밀도에 따른 심볼 두께와 심볼사이 공간값 등을 고려하여 판독대상 영역의 정보를 고속으로 획득되어야 함
- 4) 대형통상 우편물상에 고객 바코드가 $\pm 45^\circ$ 기울어져 있어도 회전없이 판독하기 위한 경계값 및 정확한 기울기값의 획득방법이 요구됨
- 5) 잡영제거 기능없이 심볼값이 판독되도록 기준 경계값 및 정확한 좌표값의 생성이 필요함
- 6) 이미지 획득을 위한 조명의 상태가 균일한 것을 기본

으로 하고, 조명상태가 불균일 할 경우에도 판독될 수 있어야 함

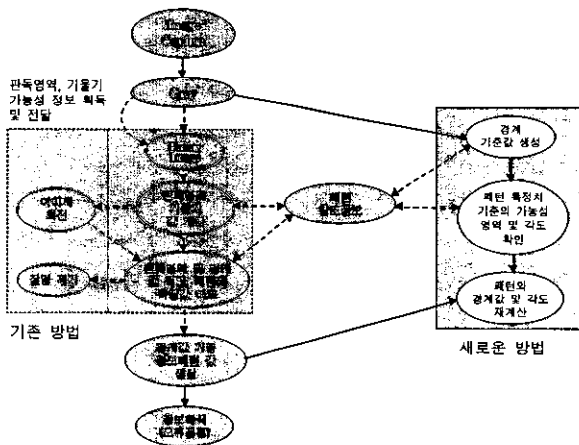
이와 같은 요구사항을 바탕으로 4-state 바코드를 고속판독이 가능하도록 판독대상 이미지의 크기 및 획득된 다진 이미지 상에서 바코드 심볼로지 영역과 심볼로지 정보의 획득방법이 적용되도록 설계하고 구현되어야 한다.

4. 고속판독 방법의 설계 및 구현

3장에서 요구사항을 기반으로 우편물을 자동구분 과정에서의 바코드를 판독하기 위해 획득된 다진 이미지를 바탕으로 바코드 심볼로지 정보를 해석하기 위한 방법을 검토하고, 구현된 결과를 기술하였다.

4.1 고속판독 방법의 설계

본 절에서는 고속판독 시스템 개발을 위하여 우편봉투의 다진 이미지에 포함된 바코드 영역 및 기울기 좌표값을 고속으로 탐색하는 방법을 생성하여 적용하고자 한다. 고속탐색 방법에는 다진 이미지에서 정보획득을 위한 기준 경계값을 설정하고, 획득된 정보를 기반으로 판독대상인 바코드 심볼로지 영역만을 탐색하기 위한 조건을 생성되어야 한다. 그리고, 4-state 바코드 영역일 가능성 좌표값들을 기준으로 트래커를 검사하여 심볼로지의 정확한 기울기값 산출과 심볼값의 획득을 위한 기준정보가 생성되도록 구성하고자 한다. 다진 이미지의 경계값이 설정되었다고 가정하고 바코드 심볼로지일 가능성 정보로 판단되기 시작하는 좌표값들이 획득될 경우에 4-state 바코드 판독방법을 (그림 5)와 같이 제안하고자 한다. 이 판독과정에서 다진 이미지의 경계값을 기준으로 바코드 심볼로지일 가능성 정보가 검출되도록 하여야 한다.

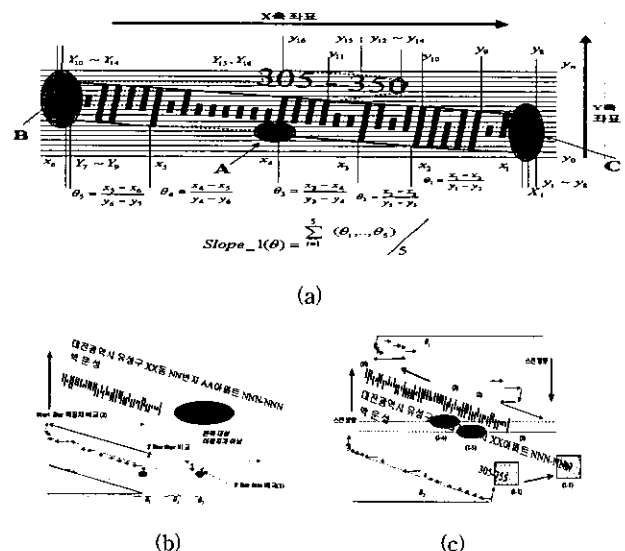


(그림 5) 새로운 판독방법 정의

우편주소 영역의 4-state 바코드 심볼로지는 대부분 우편주소 영역의 하단에 인쇄하는 것을 기본으로 하며, 인쇄위치와 무관하게 우편주소 영역내에 존재할 경우에도 판독되

어야 한다. 이 4-state 바코드 심볼로지의 고속판독 절차를 다음과 같이 정의하고자 한다.

- 1) 우편주소 영역의 하단부터 탐색하며, 심볼로지 가능성 정보가 발생될 때까지 y축값을 10~30픽셀 이상의 단위로 증가시키면서 탐색
- 2) 심볼로지 또는 검은색 픽셀들이 인지될 경우에 1)의 과정에서 검색한 단위의 $-(2/1)$ 단위로 y축값을 조정하면서 시작 점에 대한 y축값 결정
- 3) 심볼로지가 존재하는 영역으로 판단되는 x축의 위치에 대한 좌표값과 x축 상에서 심볼로지 영역일 가능성 정보에 대한 최대 및 최소값 획득(바코드 판독대상 영역만 검사되도록 결정)
- 4) y축값을 일정간격 단위로 증가시켜 3)의 과정에서 획득된 초기 위치와 최대 및 최소값의 차이값을 계산하여 증가 또는 감소 분포인지 계산
- 5) 4)의 과정에서는 시작 및 정지 심볼의 특징치, 심볼의 두께와 흰색공간의 크기값, 이전의 수평라인에서 획득되는 x, y축 좌표값과 y축값을 증가시켜 획득된 x축 좌표값을 누적시켜 일정구간 단위로 방향성값을 비교하여 불필요한 정보제거
- 6) 5)의 과정을 반복하여 수행한 후, 트래커가 존재하는 영역인지 비교하고, 심볼로지 정보로 판단되는 값이 더 이상 획득되지 않으면, 획득된 좌표값들에 의한 1차 기울기값 계산 및 트래커 위치일 가능성 정보를 바탕으로 심볼로지의 경계값 계산(트래커 바의 높이에 대한 중앙 경계값)
- 7) 1차 경계값과 1차 기울기값을 기준으로 트래커 영역을 검사하여 심볼의 두께 및 간격에 대한 분포값, 2차 기울기값, 심볼의 위치 좌표값 등을 생성하도록 한다. 이 좌표값과 기울기값을 기준으로 심볼값 판독



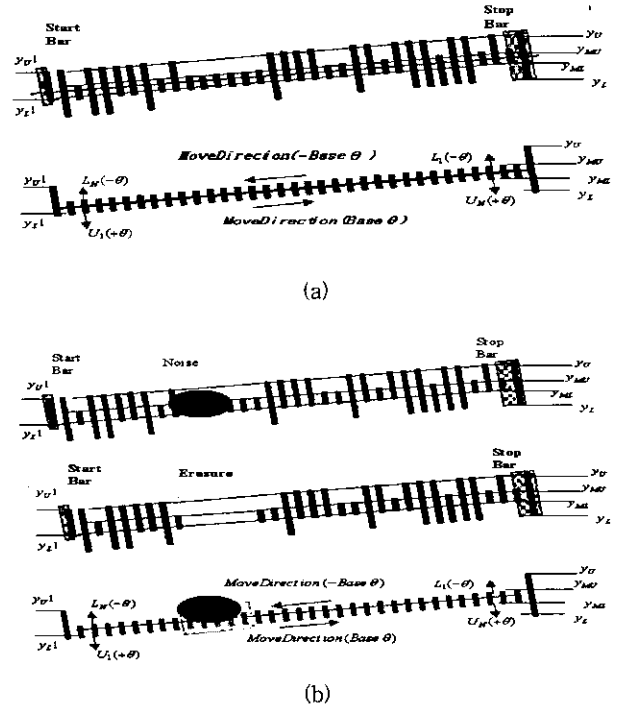
(그림 6) 기울어진 바코드 심볼로지의 판독방법

이 판독절차는 판독대상 영역의 정보로서 불필요한 정보는 획득하지 않고, 심블로지 참조정보의 범위내에 포함될 경우만 획득되도록 한 것이다.

심블로지 가능성 영역의 좌측과 우측정보의 변화량을 이용하여 기울어진 방향에 대한 정보만을 획득방법을 적용하고자 한다. 이는 심블로지가 기울어진 경우에 획득되는 x축의 좌표값들의 최대 또는 최소값들과 한 단계 이전의 x축값들을 누적시켜 증가 또는 감소되는 방향성 정보인지 확인할 수 있기 때문이다. (그림 6)은 기울어진 바코드 심블로지의 판독방법을 보인 것이다. (그림 6)의 (a)에서의 (A) 좌표값은 방향성값이 다르게 좌표값이 획득된 경우이다. (A) 좌표값은 바코드의 기울기값계산과정에서 오차가 발생하는 원인이 될 수 있으며, 판독대상 영역을 판별하기 위하여 영향을 미치지 않는다. 이에 따라, (A) 좌표값은 판독대상 영역의 판별과 기울기값 계산을 위한 정보로서 활용되지 않아야 한다. 그리고, 심블로지가 기울어진 방향에 따라 판독대상 영역을 구분하기 위한 기준값으로는 시작(B) 및 정지 심블(C)의 좌표값의 증가 또는 감소의 상태값을 비교할 수 있게 심블로지 참조정보를 정의해야 한다. 기울어진 각도값이 클 경우에는 (그림 6)의 (b)와 같이 우편번호가 바코드 심블로지의 좌측에 존재하게 된다. 이때, 우편번호 문자는 심블로지 참조정보들과 비교하여 제거되도록 설계하였다. (그림 6)의 (c)와 같이 바코드의 인쇄위치가 주소영역의 상단 또는 다른 심블로지 다음 라인에 인쇄된 경우에도 판독되도록 검색대상 영역이 적은 하단부터 검색하는 방법에 의해 잡영 영역과 심블로지 영역을 구분할 수 있도록 설계하였다. 이 과정에서는 심블로지 정보로서 가능성이 있는 좌표 영역이 발생할 경우에 시작 좌표 점들의 위치정보를 이용하여 판단할 수 있도록 하면, 불필요한 정보가 표현된 영역의 정보는 검색되지 않는다. 이에 따라, 심블의 시작영역이 x축 좌표를 기준으로 어느 영역에서 발생되었는지(좌측, 중앙, 우측)에 대한 방향성 좌표값을 이용하여 다음 수평라인의 탐색대상 영역이 검사되도록 하였다. 이와 같은 결과를 바탕으로 심블의 경계값과 심블위치 좌표값이 획득되도록 시작 심블과 정지 심블위치 좌표값 사용하였다. (그림 7)과 같이 정지 심블의 트래커 하단 좌표값과 시작 심블의 하단 좌표값을 연결하고, 트래커 높이 좌표값을 기준으로 $(Y_{MU} - Y_{ML})/2$ 만큼 이동시킨 후, 트래커를 1차 기울기값의 오차범위를 고려하여 검사된 결과를 바탕으로 심블 두께 및 간격에 대한 분포값, 심블로지의 상·하 경계값, 심블위치 좌표값 등에 의하여 심블값이 생성되도록 한 것이다. 심블이 훼손된 경우에는 판독되도록 하기 위하여 심블의 두께가 얇게 획득된 경우에는 그 심블의 두께의 1/2 값이 되는 좌표값을 적용하였다. 그리고, 심블값의 생성시간을 최소화하기 위하여 심블의 상위 및 하위 좌표값을 검사하기 위한 범위를 트래커 경계값을 기준으로 상·하위 검사대상에 대한 경계값은 식 (3)에 의하여 계산하였다.

$$\text{심블 상위 경계값 } (2 Y_U - Y_{MU} - Y_{ML})/4 \quad (3)$$

$$\text{심블 하위 경계값 } (Y_{MU} - Y_{ML} - 2 Y_L)/4$$



(그림 7) 심블로지에 대한 경계값 설정

(그림 7)의 (a)는 T, A, D, H 등의 심블값은 트래커의 경계값을 기준으로 검색방향에 따른 $(-\theta, \theta)$ 의 기울기값과 심블의 상·하위 제한 경계값까지 검사하는 방법을 적용하였다. $(-\theta, \theta)$ 의 기울기값이 심블로지의 높이와 두께의 기준규격범위 이내일 경우에는 기울기값을 사용하지 않고 심블의 상·하의 크기 경계값까지 검색하여 심블값이 생성되도록 설계하였다. (그림 7)의 (b)와 같이 심블로지 영역내에 심블소거 또는 잡영이 존재하여도 심블값을 획득하는 방법을 적용하였다. 심블 두께 및 심블간 공간이 균등한 영역의 구간 좌표값을 이용하여 잡영 또는 소거된 심블이 존재하는 영역에 대한 심블값을 생성하여 적용하였다. 검은색 잡영일 경우에는 현재 이미지 상태에서 심블 경계값을 기준으로 획득하는 방법을 적용하였다.

이 경우에는 잡영이 존재하기 이전의 심블값과 다르게 판독되면, Reed Solomon 알고리즘을 적용하여 오류가 정정될 수 있도록 하였다. 심블이 소거(흰색 잡음)된 경우에는 검색대상의 좌표에 트래커가 없어도 상위 및 하위 심블도 존재하지 않으므로 4(오류 값 표시용)값을 설정하여 소거된 심블 수 만큼 생성하는 방법을 적용하였다. 검은색 선이 바코드 심블로지 사이에 존재할 경우에는 심블의 경계값에 대한 좌표값 기준으로 심블값이 판독되므로 정상적인 심블값이 획득된다. 오류정정 코드워드는 Reed Solomon 알고리즘의 GF(64) 원시다항식을 적용하여 4개 심블로지(12개 심블)로 생성하였다. 이 방법에 의한 오류정정 범위는 4개 심

불로지가 소거되거나 5개의 심볼이 다른 값으로 획득되어도 오류를 정정할 수 있도록 하였다[15].

4.2 고속판독 시스템의 구현

본 절에서는 4.1절에서 제시한 방법을 적용하기 위하여 우편영상 이미지에서 심볼로지 정보를 획득하기 위한 방법을 검토하여 적용하고자 한다. 우편봉투에 인쇄된 바코드 심볼로지와 이미지 판독을 고려할 사항을 검토하여 샘플우편물을 생성하기 위한 기준으로 적용하였다. 샘플우편물의 생성 조건은 심볼로지가 인쇄되는 바탕면의 반사율과 심볼의 반사율이 일정하게 유지되도록 인쇄되어야 한다. 우편봉투의 최소 인쇄 대조비(Print Contrast Ratio)는 식 (3)과 같다.

$$PCR = (R_S - R_B) / R_S \quad (4)$$

R_S : Minimum Space Reflectance
 R_B : Maximum Symbol Reflectance

이 값들 중에서 최소 공간 반사율(Minimum Space Reflectance)값은 35%로 보다 적어야 하며, 인쇄 대조비는 0.8x심볼두께인 원주영역을 기준으로 30%가 되어야 하므로 최대 심볼 반사율(Maximum Symbol Reflectance)은 25%이하가 되어야 한다. 이러한 조건이 만족되는 표준규격 봉투를 사용하고, 4-state 바코드를 우편주소 영역에 인쇄하여 샘플우편물을 생성하였다. 이 샘플우편물의 영상을 획득하여 바탕면의 다진 레벨값과 심볼값의 크기 분포값 등을 고려한 심볼로지 경계값이 생성되도록 판독 시스템을 구현하였다.

(그림 8)은 CMOS-CCD (PixelCam) 센서 기반으로 우편봉투 이미지를 획득할 수 있도록 구현한 것이다. 이미지의 크기는 1024x768로 자동구분 과정에서 획득된 이미지와 해상도를 동등하게 유지되도록 판독대상 영역과 카메라의 간격을 고정시켜 200DPI의 이미지가 획득되도록 하였다.

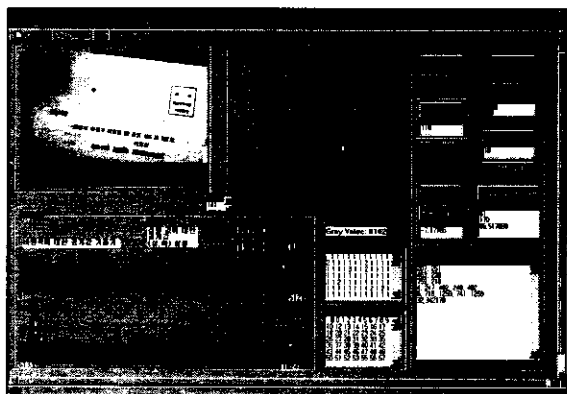
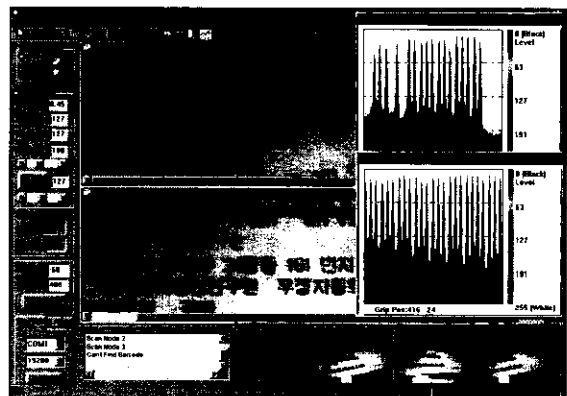


(그림 8) CMOS-CCD 센서 기반 이미지 획득장치

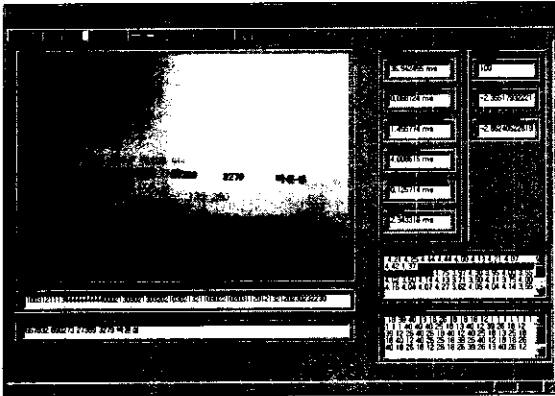
영상획득 장치와 바코드 판독 시스템간의 인터페이스는 이미지 전달을 위해 parallel port의 ECP 모드를 사용하고, 이미지의 획득시점을 제어하기 위하여 RS-232 방식을 적용

하였다. 4-state 바코드 판독시험 환경은 IBM PC 300MHz, 메모리 64MB 환경에서 Visual C++ 을 사용하였다.

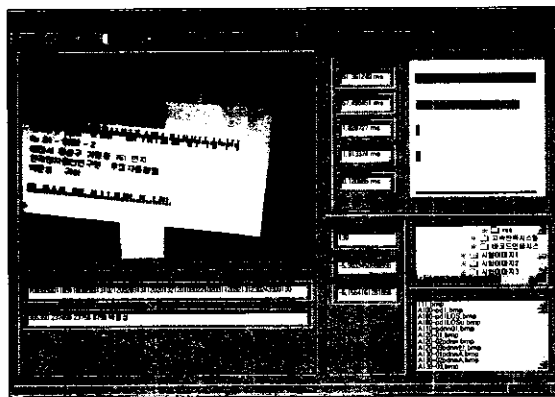
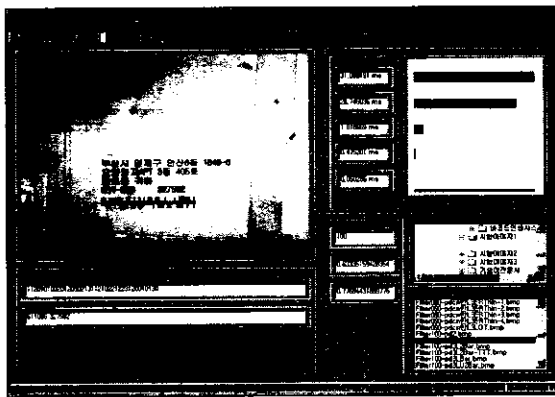
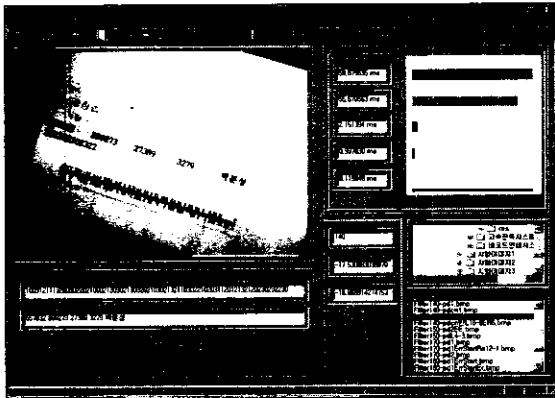
(그림 9)는 우편봉투의 이미지 중에서 바탕면의 다진 레벨값과 심볼로지 영역의 크기값의 변화분포를 확인하기 위하여 시험한 결과이다. 경계값을 설정하기 위하여 빛의 밝기를 조절하여 이미지를 획득하고, 200개의 규격 우편봉투 영상(기계 처리가 불가능한 우편물 제외, 다량 우편이용자들에 의한 제작 우편물 대상, 우편봉투 배경색 동일)을 대상으로 다진 이미지의 경계값을 시험한 결과에 의하면 30~180값인 경우에 판독 가능한 심볼 두께 및 심볼간 공간값이 획득됨을 확인할 수 있었다. 그리고, 바코드가 검출되기 시작하는 수평라인 상에서 획득된 좌표값의 상태를 보인 것이다. 그리고, 수평라인을 이동시키면서 트레이 위치에서 획득된 상태값과 수평 라인선상에 존재하는 좌표값들이 변화되는 분포를 분석하여 인접된 픽셀간의 차이값이 1인 값들과 위치값을 추출하였다. 이 시험결과를 바탕으로 4-state 바코드 심볼로지일 가능성 영역의 정보가 생성되었다. 그리고, 트레이를 검사하여 심볼 두께와 심볼간 공간값이 균일하게 발생하는 영역을 찾기 위한 방법을 적용할 수 있었다. 즉, 균일한 간격으로 심볼이 존재하는 위치값을 획득할 수 있었으며, 이 과정에서 획득된 x, y축의 좌표값을 기준으로 기울어진 각도값을 계산할 결과 실제 기울기값과 일치되는 값을 얻을 수 있었다.



(그림 9) 다진 이미지에서의 정보획득 시험



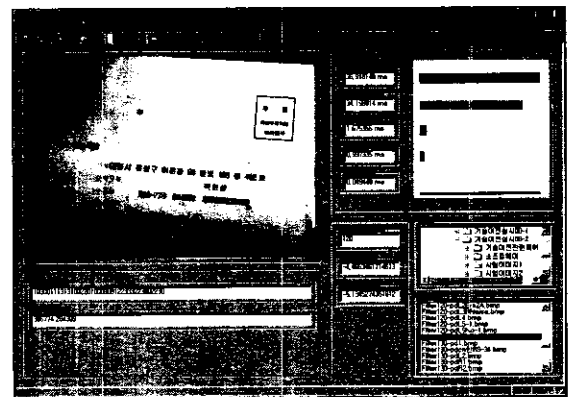
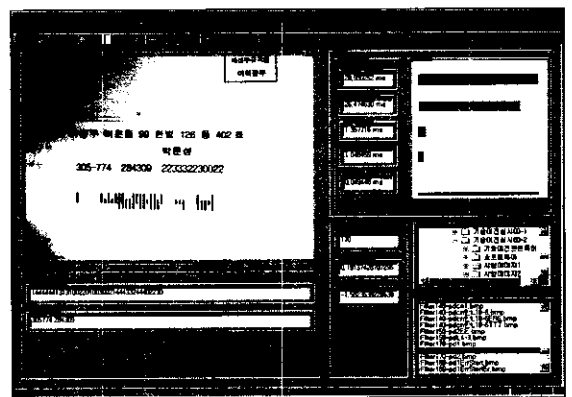
(그림 10) 심볼의 경계값에 의한 판독 시험



(그림 11) 고속판독 시스템 시험결과

(그림 10)의 결과에 의하면, 다진 이미지 상에서의 경계값에 따른 심볼로지일 가능성 좌표값을 추출하고, 1차 기울기값을 산출을 위하여 36.06msec가 소요되었다. 그리고, 트래커 영역을 재검사하여 심볼로지 경계값과 2차 기울기값을 계산하는데 0.068msec가 소요되고, 심볼의 상·하위 경계값과 기울기값에 의한 심볼값을 생성하기 위하여 1.455msec정도 소요됨을 확인할 수 있었다. 그 밖에 오류심볼이 발생되었을 경우에 수행되는 Reed Solomon 알고리즘과 심볼로지 정보해석을 위하여 4.05msec가 소요되었다. 이미지 획득시간을 제외하고 43.19 msec이내의 우편물 1통을 판독하여 처리할 수 있게 되었다.

(그림 11)에서는 자동구분 정보와 고객정보를 수록되어 있고 우측으로 기울어진 경우, 우편주소 영역의 상단에 존재할 경우와 다른 바코드 심볼로지가 존재할 경우를 시험한 것이다. (그림 11)의 결과에 의하면 바코드의 인쇄 위치, 기울기 등에 관계없이 30~60msec 이내에 판독이 가능함을 확인할 수 있었다. (그림 12)에서는 우편봉투에 잡영이 존재할 경우와 부분적으로 심볼로지가 소거 또는 훼손된 경우에 판독 시험 결과를 보인 것이다. 심볼값은 잡영이 존재하여도 심볼 위치좌표 값에 의하여 획득되며, 검은색 잡영이 심볼로지의 일부 영역을 점유할 경우에는 다른 값으로 획득될 수 있으나, ReedSolomon 알고리즘에 포함된 대치오류(예. 인쇄된 심볼값이 1이나, 판독된 심볼값이 0, 2, 3들 중에서 결정될 경우) 정정범위 내일 경우에는 판독됨을 확인할 수 있었다.



(그림 12) 심볼로지가 훼손된 경우 판독시험

Reed Solomon 알고리즘 적용은 인쇄과정에서 GF(64) 원시 다항식을 적용하여 오류정정 코드워드를 4개(12개 심볼)로 생성하였다. 이 방법에 의한 오류정정의 범위는 4개의 심볼로지(12개 심볼)이 소거되거나 5개의 심볼이 다른 값으로 획득되어도 오류를 정정할 수 있다.

5. 결론 및 추후 연구사항

본 논문에서는 우편봉투에 인쇄된 4-state 바코드를 고속판독 방법을 제시하고, 시험용 바코드 판독 시스템을 구현한 것이다. 기존의 시스템은 잡영제거 및 회전 기능을 포함할 경우에는 220msec 이상이 소요되므로 1시간에 15,700통 이하로 처리할 수 있고, 현재의 고객 바코드 인쇄 규격에 만족될 경우에는 80msec 이내에 판독결과를 생성할 수 있으므로 1시간에 45,000통을 처리할 수 있다. 그리고, 대형통상 우편물의 경우에는 7,000통/시간 처리하는 자동 인입부(Automation Insert) 2개를 사용하여 14,000통/시간 처리하고 있다. 1통당 판독시간 380msec 이내에 판독결과를 생성되어야 하므로 검출된 기울기값에 의한 회전 및 잡영제거 기능을 포함시킬 수 있다. 기존의 이미지 판독방법은 다진 이미지의 이진 이미지로 변환, 판독대상 영역의 획득, 기울기값 계산, 잡영제거, 판독범위를 초과한 기울기값으로 이미지 회전방법을 모두 적용할 수 없다.

따라서, 본 논문에서는 다량 우편이용자에 의하여 사용될 고객 바코드의 고속판독 범위와 판독성능을 개선하기 위한 바코드 판독 시스템을 구현한 것이다. 구현결과에 의하면, 4-state 바코드 심볼로지의 기울어진 각도가 $\pm 45^\circ$ 에서 회전없이 판독되며, 인쇄상태의 불량으로 인한 흰색 또는 검은색 잡영제거없이 판독될 수 있게 되었다. 즉, 심볼로지의 인쇄위치, 크기에 대한 제한조건없이 판독(휴대용 판독기로 적용 가능)될 수 있게 되었다. 우편물 자동구분 처리 시스템에 탑재될 경우에 이미지를 메모리로 전송하여 저장하는데 약 1~2msec 소요되므로 개선된 이미지 판독 시스템을 적용할 경우에 하나의 우편물을 30~60msec 이내에 판독처리할 수 있게 되어 약 1시간에 58,000~116,000통을 자동구분 처리할 수 있는 능력이 확보된 것이다. 우편물 자동구분용 바코드 판독기로서 적용되면, 판독범위가 확장되고, 판독속도는 기존의 판독 시스템보다 약 57.25% (40~70%) 이상 향상될 것으로 기대된다.

추후 연구사항으로는 이 판독 시스템에 대한 신뢰성 검증을 위하여 자동구분 처리 시스템에 탑재하고, 실제 우편물을 대상으로 시험한 후 적용되어야 한다. 또한, 우편물 자동처리 촉진을 위하여 우편이용자들이 사용하는 고객 바코드에 올바른 우편주소, 우편번호, 배달순서코드 등의 제공방법을 고려해야 한다.

참고 문헌

- [1] Donald Clysdale, "Canada Post Corporation's Point of Call Identifier," Advanced Technology Conference, Vol.2, pp.771-782, December 1992.
- [2] Hitoshi Uehara, Yoshiaki Nakamura, Masataka Nakagawa, Terutaka Tanaka, Akira Ohzawa, Ichiro Isawa, Hiroshi Miyoshi, "Research on Barcodes for Mechanized Mail Processing," <http://www.iptp.go.jp/>, July 1995.
- [3] J. Strohmeyer, J. Nice, "Carrier Sequence Bar Code Sorter," Advanced Technology Conference, Vol.2, pp.1061-1074, December 1992.
- [4] K. B Redersen, Hans Gartner, Walter S. Rosenbaum, "New Applications and Technology Trend in Postal Service," Advanced Technology Conference, pp.823-836. Vol.2, December 1992.
- [5] Masataka Nakagawa, Hiroshi Miyoshi, "Barcodes For Use in Mechanized Mail Processing," <http://www.iptp.go.jp/>, June 1995.
- [6] Rajan C. Penkar, "A two dimensional dense code symbology and reader for the package handling environment," pp.875-884. Advanced Technology Conference, Vol.2, December 1992.
- [7] Royal Mail, "Mailsort Customer Barcoding Technical Specification," OXFORD, pp.1-11. April 1995.
- [8] Shoji Watanabe, Shunkichi Isobe, "Simulation Analysis of a New Mail Processing System-- Development of a Mail Processing Model--," <http://www.iptp.go.jp/>, August 1995.
- [9] Teruo Takahashi, Iwao Kawahara, Shigeki Toyama, Katsumi Ohsuga, Yoshiaki Nakamura, Ikuo Yamashita, "Research on Mechanized Processing of Large-sized Mail and International Mail," <http://www.iptp.go.jp/>, June 1996.
- [10] 박문성, "우편물 자동처리 촉진을 위한 한글 4상 4바코드에 관한 연구", 한국정보처리학회 제2회 시스템통합연구회, pp.92-96. 1998.7.
- [11] 박문성, "우편용 한글 4 State 바코드", 제4회 우정 workshop, pp.139-152. 1998. 9.
- [12] 박문성, 송재관, 우동진, "우편물 자동처리 촉진을 위한 3 out of 5 고객 바코드 검증 시스템", 한국 정보과학회 학술발표논문집, 제25권 제2호, pp.496-498. 1998.11.
- [13] 박문성, 송재관, 우동진, "우편물 자동처리를 위한 한글 4 State 바코드 시스템", 한국정보처리학회논문지, 제7권 제1호, pp.146-155. 2000. 1.
- [14] 박문성, 송재관, 남윤석, 김혜규, 정희경, "Raster Beam에 의한 우편용 4-state 바코드 판독기 구현 및 판독오차 범위의 최소화 방법에 관한 연구", 한국정보처리학회논문지, 제7권 제7호, pp.2149-2160. 2000. 7.
- [15] 오규택, "Erasure 정정이 가능한 효율적인 Reed-Solomon 복호기용 VLSI", 서울대학교 대학원 전기공학부, 공학석사 학위논문, pp.4-36. 1998. 2.



박 문 성

e-mail : mspark@etri.re.kr
1993년 숭실대학교 대학원 전자 및
컴퓨터공학과(석사)
2000년~현재 배재대학교 컴퓨터 공학과
박사과정
1983년~현재 한국전자통신연구원
우정기술연구부 선임연구원

관심분야 : Data Capture & Carrier, Information Processing



정 회 경

e-mail : hkjung@mail.paichai.ac.kr
1985년 광운대학교 컴퓨터공학과(학사)
1987년 광운대학교 컴퓨터공학과(석사)
1993년 광운대학교 컴퓨터공학과(박사)
1994년~현재 배재대학교 컴퓨터공학과
교수

관심분야 : 하이퍼미디어/멀티미디어문서 정보처리, SGML,
XML,HyTime, DSSSL, IETM XML/EDI



김 혜 규

e-mail : hkkim@etri.re.kr
1973년 서울대학교 공학대학 응용물리학과
(학사)
1985년 서강대학교 경영대학원 경영학과
(석사)
1994년 서강대학교 공공정책대학원
정보처리(석사)

1979년~현재 한국전자통신연구원 우정기술연구부장 책임연구원
관심분야 : 정보산업정책, 멀티미디어, 인식기술