

우편물 자동처리를 위한 바코드 판독기 성능개선에 관한 연구

박문성*, 남윤석, 김혜규
 한국전자통신연구원, 우정기술연구부
 e-mail: mspark@etri.re.kr

요 약

우편물을 집배원이 배달하는 순서로 자동구분 처리하기 위한 요소기술 중에서 4-state 바코드 시스템이 개발되고 있으며 우편번호, 배달순서코드, 고객정보 등이 적용될 예정이다. 기존의 고객 바코드 판독 시스템은 우편물상의 바코드 심볼로지가 존재하는 판독대상 영역의 기술기가 ±1.47° 이하이고, 심볼의 훼손과 잡영이 없을 경우에 79~100msec(35,000~45,000통/시간)의 속도로 자동구분 정보가 판독된다. 본 논문에서는 판독범위 및 판독성능을 개선하기 위하여 CCD(Charge Coupled Device) 센서로부터 획득된 이미지상에서 존재하는 심볼로지 정보의 고속판독 방법을 제시한 것이다. 이 판독방법은 그레이(gray) 이미지 바탕면의 경계값(threshold) 기술기 분포를 기준으로 2개의 경계값을 설정하여 판독대상 정보를 획득하였다. 또한, 4-state 바코드 심볼로지의 존재가능성 영역만을 탐색하고, 판독대상 영역에서 트래커(tracker)를 탐색하여 심볼로지의 기술기값, 심볼로지 경계값, 심볼위치 좌표값을 생성한 후 심볼값이 판독한 것이다. 판독시험 결과는 판독대상 영역의 심볼로지가 ±45° 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%의 기계적인 오류(이송과정에서의 Jam 발생 비율)를 제외할 경우에 거의 99.8% 우편물을 판독하여 자동구분 처리할 수 있게 될 것으로 기대된다.

A Study on the Performance Improvement of Bar Code Reader for the Automatic Processing of the Mail Items

Moan-Sung Park*, Yun-Seok Nam, Hey-Kyu Kim
 ETRI, Postal Technology Development Department

1. 서 론

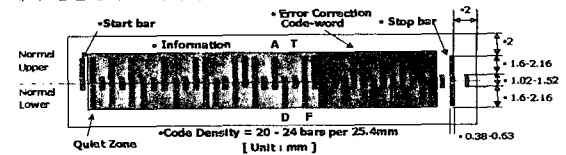
현재, 우편물 자동구분 처리 시스템은 일반 우편물을 OCR(Optical Character Recognition)에 의하여 인식(인쇄체 우편번호는 94~96% 이상 가능)하고 우편번호를 기계 바코드(형광색, 3 out of 5, 70mm)로 인쇄하며, LSM(Letter Sorting Machine)에서 바코드를 판독하여 자동구분 처리하고 있다. 우편물 자동구분 처리의 촉진을 위하여 우편고객에게 기계 바코드와 동일한 규격으로 우편봉투에 흑백 바코드로 인쇄토록하고, LSM에서 이 바코드를 판독하여 자동구분 처리하고 있다[1-3]. 기존의 바코드 판독 시스템은 판독대상 영역의 기술기가 ±1.47° 이하이고, 심볼의 훼손 또는 잡영이 없을 경우 79~100msec(35,000~45,000통/시간)의 속도로 우편물의 구분정보가 판독된다. 그러나, 우편물량의 증가로 인하여 우편물을 집배원이 배달하는 순서로 자동구분하고, 우편서비스의 품질개선과 수작업량을 줄이기 위한 연구가 진행중이다. 이와 관련하여 개발중인 4-state 바코드 고속판독 시스템은 판독범위 확장 및 판독성능 개선방법이 적용되어야 한다[1, 4, 6, 14].

본 논문에서는 자동구분용 바코드 판독기의 CCD(Charge Coupled Device) 센서로부터 획득된 우편봉투 영상과 동일한 해상도를 갖는 판독대상 이미지를 생성하여 4-state 바코드 고속판독 시스템을 구현한 것이다. 그리고, 고속판독 범위를 확장시키기 위해 바코드 심볼로지가 기울어진 경우, 잡영이 존재하는 경우, 심볼이 훼손된 경우와 같은 문제점이 발생되어도 고속으로 판독되도록 한 것이다. 고속판독 과정은 바코드 심볼로지 참조정보를 생성하고, 그레이(gray) 이미지의 바탕면에 대한 경계값(threshold)의 기술기 분포를 기준으로 심볼로지 정보획득을 위한 2개의 경계값을 생성하여 판독대상 영역을 검사하였다. 획득되는 2개의 레벨값 중에서 심볼로지일 가능성 영역의 좌표값들만 획득되도록 하여 판독대상 영역과 1차 기술기값을 추출하였다. 그리고, 이 판독대상 가능성 영역에서 트래커(tracker) 위치를 탐색하여 정확한 2차 기술기값을 생성하고, 심볼로지의 경계값과 심볼위치 좌표값을 설정하여 심볼값이 고속으로 판독되도록 한 것이다. 제 2장에서는 우편용 4-state 바코드의 개요와 연구배경을 살펴보고, 제 3장에서는 고객 바코드의 고속판독을 위한 인쇄규격의 검토와 판독조건 등을 살펴보고, 요구사항을 정의하였으며, 제 4장에서는 4-state 바코드의 판독속도의 개선 및 판독범위의 확장방법을 설계하여 구현된 결과를 보인 것이다. 제 5장에서는 기존 시스템과 판독성능을 간략히 비교하고, 추후 연구사항에 대하여 다루었다.

2. 연구배경

우편물 자동구분처리용 4-state 바코드는 영국 Royal Mail에서 처음 개발되었으며 캐나다, 일본, 호주 등의 국가에서도 이 바코드를 자국의 실정에 맞게 수정하여 사용하고 있다[4-6]. 이 바코드를

국내환경에 적하도록 영국의 Royal Mail과 캐나다의 CPC(Canada Post Corporation)의 정보체계를 보완하여 숫자, 영문, 한글문자 등 다양한 문자의 표현이 가능한 바코드 시스템이 개발되었다. 이 4-state 바코드의 특징은 4가지 높이로 구성된 심볼들을 일정한 간격으로 표현하고, 각 심볼의 위치에 따라 가중치를 정의하여, 1~5 개의 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. 표현 가능한 문자의 수는 하나의 문자정보를 표현하기 위하여 4가지 형태의 심볼의 수로 정의된다. 4-state 바코드 심볼값은 F=0, A=1, D=2, T=3 값으로 설정하고, 심볼 위치값을 4의 계수값을 적용하였다. 수식(1)은 V_n 심볼값이, n-1번째 심볼위치값을 이용하여 심

볼로지의 값을 생성할 수 있도록 정의한 것이다.

수식 (1)

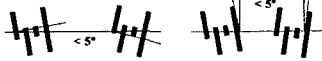
$$B_n B_{n-1} \dots B_1 = V_n \times 4^{n-1} + V_{n-1} \times 4^{n-2} + \dots + V_1 \times 4^0$$

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

완성형 한글문자(KS 5601, 2,350개)는 49x48의 매트릭스 참조제 이블을 생성하여, 행과 열의 값을 수식 (1)에 의하여 계산하고, 열과 행 교차점의 한글문자가 적용되도록 하였다[4-14]. 고객 바코드의 인쇄규격은 (그림 1)과 같으며, 우편봉투에 고객 바코드 라벨의 부착, 창봉투내에 있는 내용물 상에 바코드 인쇄, 우편봉투에 직접 인쇄 등의 방법이 적용된다. 우편봉투 상에 인쇄된 고객 바코드는 다양한 인쇄방법을 사용하므로 우편봉투의 하단면과의 수평을 유지시키기 어렵다. 또한, 벨트 시스템에 의하여 우편물이 이송되는 과정에서 판독대상 영역이 기울어질 수도 있다. 고객 바코드 인쇄위치도 우편주소 영역의 하단에 인쇄하는 것을 원칙으로 하지만, 우편주소 영역의 상단에 인쇄될 수도 있으며, 우편이용자들이 자신의

고객관리를 위하여 적용한 패턴정보(선형 바코드)의 다음 라인에 인쇄될 수도 있다. 그리고, 4-state 바코드와 인쇄규격으로 정의된 기술기값은 4개 심볼의 트래커(tracker) 중심축을 기준으로 심볼 두께와 높이를 기준으로 수직(2)와 같은 제한조건이 만족되어야 한다[7].

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



(그림 2) 기울어진 경우의 바코드 판독기준

(그림 1)과 (그림 2)를 기준으로 판독대상 영역을 회전없이 판독하기 위한 조건은 심볼값이 획득되기 위한 최소한 하나의 경계값을 존재하여야 하므로 기울어진 범위가 수평 $\pm 0.84^\circ$, 수직 $\pm 3.7^\circ$ 이하이다. 우편번호와 배달순서코드만을 고해 바코드에 적용하였을 경우에는 39개 심볼로 전체길이가 짧으므로 $\pm 1.7^\circ$ 이하에서 판독이 가능하다. 고해 바코드에 다양한 우편서비스를 제공하기 위한 정보(85개 심볼)를 적용할 경우에는 기술기값이 $\pm 0.84^\circ$ 이하가 되어야 한다. 그러나, 수평기울기가 $\pm 0.84^\circ$ 이 되려면, 우편봉투상의 고해 바코드가 우편하단의 수평라인과 거의 일치되어야 한다. 라벨부착 및 창봉투의 내용물에 인쇄된 경우에는 고해 바코드가 기울어진 규격범위를 초과될 수도 있다. 그리고, 심볼의 두께와 인쇄밀도 등을 기준으로 정해지는 기술기값의 범위를 고려하여 판독대상 영역을 탐색하는 방법이 검토되어야 한다. 우편번호와 배달순서코드만을 고해 바코드에 적용하였을 경우에는 39개 심볼로 전체길이가 짧으므로 $\pm 1.7^\circ$ 이하에서 판독이 가능하다. 그러나, 고해 바코드로 다양한 우편서비스를 제공하기 위한 정보(85개 심볼)가 적용되면 기술기값이 $\pm 0.84^\circ$ 보다 작아져야 되어야 한다. 이에 따라, 인쇄기준 규격의 범위를 초과한 경우에는 바코드 판독대상 영역을 고속으로 추출하고, 기술기값에 제한없이 심볼값을 획득할 수 있어야 한다. 뿐만 아니라, 고해 바코드에 인쇄인크와 리본 등의 상태 불량으로 인하여 바코드 인쇄영역에 검은색 잡영발생될 수도 있으며, 인쇄인크의 부족으로 인하여 심볼로지 영역 중에서 부분적으로 인쇄되지 않는 심볼이 발생할 수도 있다. 부분적으로 심볼이 인쇄되지 않은 경우에는 소거되어 판독되고, 잡영이 존재하는 경우에는 다른 심볼값으로 판독될 수 있다. 이러한 문제점은 잡영이 존재하거나 심볼이 소거된 경우에도 심볼의 위치, 소거된 심볼 개수, 오판독된 심볼값을 바탕으로 오류를 정정하여 판독될 수 있어야 한다[15]. 이와 같은 환경하에서 4-state 바코드를 판독된 결과 생성되어야 한다.

3. 고속판독을 위한 요구사항

이 장에서는 일반적인 이미지 처리방법을 기준으로 획득된 그레이 이미지를 바이너리 이미지로 변환하지 않고 4-state 바코드의 영역을 찾아 고속으로 판독하는 방법을 검토하였다. 샘플우편물의 영상은 자동구분 처리 시스템의 바코드 검출기로부터 획득된 이미지의 해상도와 일치되도록 200DPI(Dot Per Inch)의 해상도를 갖도록 하였다. 그리고, 우편물상에 인쇄된 고해 바코드의 영역이 평면구조인 경우를 대상으로 고속으로 판독하기 위한 요구사항을 다루고 있다. 이 우편물은 초당 10~13통 이상으로 우편봉투 영상에 존재하는 4-state 바코드를 판독할 수 있어야 한다. 또한, 고속판독을 위하여 그레이 이미지를 바이너리 이미지로 변환과정, 바코드 영역의 가능성 정보 획득, 잡영 제거, 이미지 회전기능들 중에서 많은 계산시간 및 정보처리시간이 요구되는 잡영제거와 이미지 회전과정 없이 판독대상 영역에서의 심볼로지 정보를 추출하여 판독하는 방법을 고려해야 한다. 따라서, 고속판독을 위한 요구사항을 정의하면 다음과 같다.

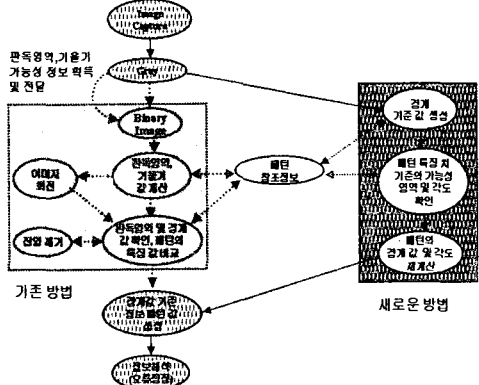
- 1) 판독 시스템의 성능은 소형통상 및 대형통상 우편물(엽서, 창봉투 포함) 상에 인쇄 또는 라벨의 형태의 우편물 상에 존재하는 4-state 바코드를 초당 10~13통 이상 판독처리
 - 2) 획득된 그레이 이미지 상에서 고속으로 바코드 심볼로지 정보를 획득하기 위한 방법 검토
 - 3) 바코드 심볼의 두께와 높이를 4개의 심볼단위로 기울어진 상태에서 판독할 수 있는 범위값, 인쇄밀도에 따른 심볼 두께와 심볼사이 공간값 등을 고려하여 판독대상 영역의 정보를 고속으로 획득하는 방법이 요구됨
 - 4) 대형통상 우편물상에 인쇄된 고해 바코드의 기울어진 범위가 $\pm 45^\circ$ 이상인 경우에도 판독이 가능해야 하므로 회전없이 판독하기 위한 경계값 및 정확한 기술기값의 획득방법이 요구됨
 - 5) 잡영제거 기능없이 심볼값을 획득하기 위한 판독기준이 되는 경계값 및 정확한 좌표값의 생성이 필요함
 - 6) 이미지 획득을 위한 조명의 상태가 균일한 것을 기본으로 하고, 휴대용 바코드 판독모듈로서 적용될 수 있어야 함
- 이와 같은 요구사항을 바탕으로 4-state 바코드를 고속판독할 수 있도록 우편봉투 영상에서 바코드 심볼로지 정보만을 고속탐색하기 위한 방법을 검토하여야 한다.

4. 고속판독 방법의 설계 및 구현

본 장에서는 3장에서 요구사항을 기반으로 우편물을 자동구분을 위한 고해바코드의 판독을 목적으로 획득된 그레이 이미지를 바탕으로 바코드 심볼로지 정보를 고속으로 판독되도록 설계하고, 구현된 결과를 기술한 것이다.

4.1 고속판독 방법의 설계

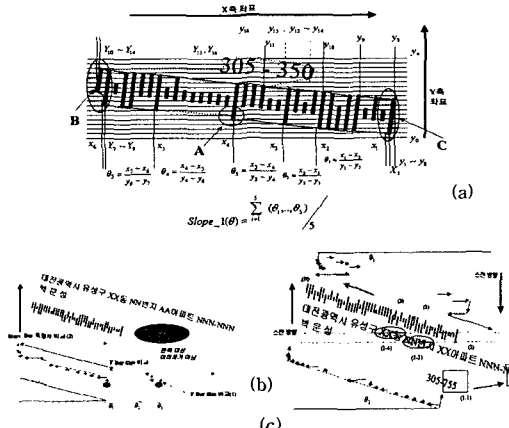
본 장에서는 고속판독 시스템 개발을 위하여 우편봉투의 그레이 이미지에 포함된 바코드 영역 및 기술기 좌표값을 고속으로 탐색하는 방법을 생성하여 적용하고자 한다. 그레이 이미지의 경우에는 검은색 픽셀과 흰색 픽셀로 정의될 수 있는 경계점 정보와 수평라인을 기준으로 모든 정보를 순차적으로 비교하는 방법이 적용될 수 있다. 이 방법은 많은 정보를 계산하여 필요한 정보만을 획득하여야 하므로 그레이 이미지를 바이너리 이미지로 변환하는 과정보다 계산방법이 복잡해져 더 많은 시간이 소요될 수 있다. 이와 같은 문제점을 해결하려면, 그레이 이미지에 대한 기준점이 될 수 있는 경계값을 적용하는 과정에서 불필요한 영역을 제외시키고, 바코드 심볼로지 영역만을 탐색하기 위한 조건을 생성해야 한다. 또한, 바코드 심볼로지 정보만을 획득하기 위한 경계값의 설정과 심볼로지 참조정보와 비교하는 과정을 두어, 바코드 심볼이 존재하는 영역의 정보를 획득할 수 있도록 인접 픽셀들의 상태정보를 탐색하여 심볼로지 참조정보 범위에 해당만을 좌표값들만 획득되도록 구성하여야 한다. 바코드 영역일 가능성 정보들을 이용하여 확인하는 절차로부터 정확한 심볼로지 기술기값 산출과 심볼값의 획득을 위한 기준정보를 생성할 수 있도록 설계하고자 한다. 또한, 설정된 경계값을 기준으로 바코드 심볼로지일 가능성이 있는 것으로 판단되기 시작하는 값들이 획득될 경우를 가정하여 심볼로지의 판독방법을 제시하면 (그림 3)과 같이 정의할 수 있다. 이 과정에서 그레이 이미지의 경계값과 바코드 심볼로지일 가능성 정보가 검출되어야 한다.



(그림 3) 새로운 판독방법 정의

우편주소 영역의 4-state 바코드 심볼로지는 대부분 우편주소 영역의 하단에 인쇄하는 것을 기본으로 하며, 인쇄위치와 무관하게 우편주소 영역내에 존재할 경우에도 판독되어야 한다. 4-state 바코드 심볼로지의 고속판독을 위하여 다음과 같은 판독절차로 정의하였다.

- 1) 우편주소 영역의 하단부터 탐색하며, 심볼로지 가능성 정보가 발생될 때까지 y축값을 10~30픽셀 이상의 단위로 증가시키면서 탐색
 - 2) 심볼로지 또는 점에 대한 정보로 인지될 경우에 1)의 과정에서 검색한 단위의 (-2/1) 단위로 y축값을 조정하면서 시작점에 대한 y축값 결정
 - 3) 심볼로지가 존재하는 영역으로 판단되는 x축의 위치에 대한 좌표값과 x축 상에서 심볼로지 영역의 가능성 정보에 대한 최대 및 최소값 획득
 - 4) y축값을 일정한 단위로 증가시켜 3)의 과정에서 획득된 초기 위치와 최대, 최소값의 차이값을 계산하여 증가 또는 감소 분포인지 계산
 - 5) 4)의 과정에서는 시작 및 정지 심볼의 특징치, 심볼 두께와 심볼사이의 흰색공간 크기값, 이전의 수평라인에서 획득된 x, y 축 좌표값과 y축값 증가시켜 획득한 x축 좌표값을 누적시켜 일정한 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 기술기값 계산 및 트래커 위치일 가능성 정보를 바탕으로 심볼로지의 1차 경계값 계산
 - 7) 1차 경계값과 1차 기술기값을 기준으로 트래커 영역을 검사하여 심볼 두께 및 간격에 대한 분포값, 2차 기술기값, 심볼의 위치 좌표값 등을 생성하여 심볼값 판독
- 이 판독절차는 판독대상 영역의 정보로서 불필요한 경우 이아니면 획득된 정보를 저장하지 않고, 심볼로지 참조정보의 범위에 포함될 경우만을 대상정보로 획득되도록 한 것이며, 심볼로지 가능성 영역의 좌측과 우측정보의 변화량을 이용하여 기울어진 방향에 대한 정보만을 획득방법을 적용하고자 한다. 이는 심볼로지가 기울어진 경우에 획득되는 x축의 좌표값들의 최대 또는 최소값들과 한 단계 이전의 x축값들을 누적시켜 증가 또는 감소되는 방향성 정보인지를 확인할 수 있기 때문이다. (그림 4)는 기울어진 심볼로지의 판독방법을 보인 것이다.



(그림 4) 기울어진 바코드 심볼로지의 판독방법

(그림 4)의 (a)에서의 (A) 좌표값은 방향성값이 다르게 좌표값이 획득된 경우이다. 이 좌표값은 바코드의 기울기값 계산결과에 대한 오차의 원인이 될 수 있으며, 판독대상 영역을 판별하기 위하여 영향은 미치지 않는다. 이에 따라, (A) 좌표값은 판독대상 영역의 판독과 기울기값의 계산을 위한 정보로서 활용되지 않아야 한다. 그리고, 심볼로지가 기울어진 방향에 따라 판독대상 영역을 구분하기 위한 기준값으로는 시각(B) 및 정지 심볼(C)의 좌표값의 증가 또는 감소의 상대값을 비교할 수 있게 심볼로지 참조정보를 정의해야 한다. 또한, 기울어진 각도값이 클 경우에는 (그림 4)의 (b)와 같이 우편번호가 바코드 심볼로지의 좌측에 존재하게 된다. 이때, 우편번호 문자는 심볼로지 참조정보들과 비교하여 불필요한 정보를 판단된 제거하였다. (그림 4)의 (c)와 같이 바코드의 인쇄위치가 주소 영역의 상단 또는 다른 심볼로지 다음 라인에 인쇄된 경우에도 판독되도록 검색대상 영역이 적은 하단부터 검색하여 잠영영역과 심볼로지 영역을 구분할 수 있도록 설계하였다. 이 과정에서 심볼로지 정보로서 가능성이 있는 좌표영역이 발생될 경우에 시작 좌표값의 위치정보를 이용하여 판독할 수 있도록 하면, 불필요한 정보가 표현된 영역의 정보는 검색되지 않는다. 이에 따라, 심볼의 시작 영역의 x 축 좌표값을 기준으로 어느 영역에서 발생되었는지(좌측, 중앙, 우측)에 대한 방향성 좌표값을 생성하여, 다음 수평라인을 검사하기 위한 기준값으로 사용하였다. 이 결과를 바탕으로 판독기준이 될 수 있는 심볼의 경계값을 획득하고, 시작 심볼과 정지 심볼의 좌표값을 검사하여 트래커가 존재하는 위치정보를 획득하였다. (그림 5)와 같이 정지 심볼의 트래커 하단 좌표값과 시작 심볼의 하단 좌표값을 연결하여, 트래커 높이값을 기준으로 $(Y_{MU} - Y_{ML})/2$ 만

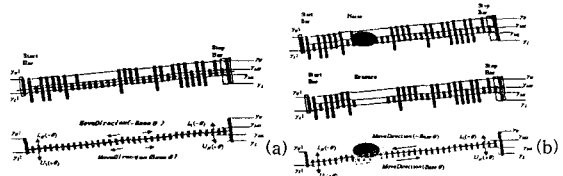
큼 이동시킨 후, 트래커를 1차 기울기값의 오차범위를 고려하여 검사된 결과를 바탕으로 심볼 두께 및 간격에 대한 분포값, 심볼로지의 상·하 경계값, 심볼위치 좌표값 등에 의하여 심볼값이 생성되도록 하는 것이다. 심볼의 분포값은 검은색 심볼과 흰색 공간값의 변화량을 획득한 것이다. 심볼이 훼손된 경우에는 판독되도록 심볼의 두께가 얇게 획득된 경우에는 그 심볼의 두께의 1/2값이 되는 좌표값을 적용하였다. 그리고, 심볼값의 생성시간을 최소화하기 위하여 심볼의 상위 및 하위 좌표값을 검사하기 위한 범위를 트래커 경계값을 기준으로 상·하위 검사대상에 대한 경계값은 (수식 3)에 의하여 계산하였다.

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

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

(그림 5)의 (a)는 T, A, D, H 등의 심볼값은 트래커의 경계값을 기준으로 검색방향에 따른 $(-\theta, \theta)$ 의 기울기값과 심볼의 상·하위 제한 경계값까지 검사하는 방법을 적용하였다. $(-\theta, \theta)$ 의 기울기

값이 심볼로지의 높이와 두께의 기준규격 범위내일 경우에는 기울기값을 사용하지 않고 심볼의 상·하의 크기 경계값까지 검색하여 심볼값을 생성되도록 설계하였다. (그림 5)의 (b)와 같이 심볼로지 영역내에 심볼소거 또는 잠영이 존재하여도 심볼값을 획득하는 방법을 적용하였다. 심볼 두께 및 심볼간 공간값이 균등한 영역의 구간 좌표값을 이용하여 잠영 또는 소거된 심볼이 존재하는 영역에 대한 심볼값이 생성되도록 하였다. 검은색 잠영일 경우에는 현재 이미지 상태에서 심볼 경계값을 기준으로 획득하는 방법을 적용하였다.

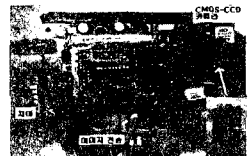


(그림 5) 심볼로지에 대한 경계값 설정

이 경우에는 잠영이 존재하기 이전의 심볼값과 다르게 판독되면, Reed Solomon 알고리즘을 적용하여 생성한 오류정정 코드워드로 정정될 수 있도록 하였다. 심볼이 소거(흰색 잠영)된 경우에는 검색대상의 좌표에 트래커가 없어도 상위 및 하위 심볼도 존재하기 않으므로 4값을 설정하여 소거된 심볼 수만큼 생성하는 방법을 적용하였다. 검은색 선이 바코드 심볼로지 사이에 존재한 경우에는 심볼의 경계값에 대한 좌표값 기준으로 심볼값이 판독되므로 정상적인 심볼값이 획득된다. 오류정정 코드워드는 Reed Solomon 알고리즘의 GF(64) 원시다항식을 적용하여 4개 심볼로지(12개 심볼)로 생성하였다. 이 방법에 의한 오류정정 범위는 4개 심볼로지가 소거되거나 5개의 심볼이 다른 값으로 획득되어도 오류가 정정되도록 하였다[15].

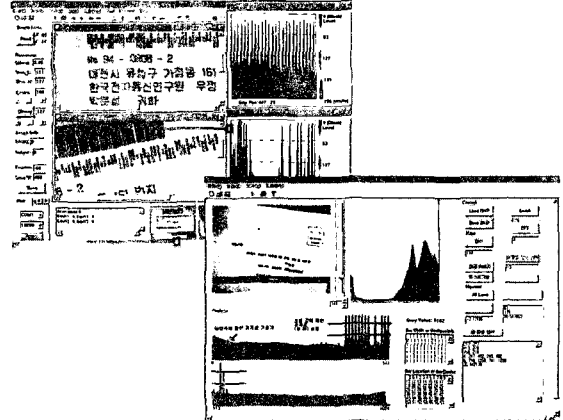
4.2 고속판독 시스템 구현

본 절에서는 4.1절에서 제시된 방법을 적용하기 위하여 우편영상 이미지에서 심볼로지 정보의 획득방법을 검토하여 적용하고자 한다. 판독시험을 위하여 표준규격 분투를 사용하고, 4-state 바코드를 우편주소영역에 인쇄하여 샘플우편물을 생성하였다. 이 샘플우편물의 영상을 획득하여 그레이 이미지 바탕면의 레벨값과 심볼값의 크기 분포를 고려한 심볼로지 경계값을 생성할 수 있도록 판독 시스템을 구현하고자 한다.



(그림 6) CMOS-CCD 센서 기반 이미지 획득장치

(그림 6)은 CMOS-CCD 센서 기반으로 우편분투 이미지를 획득할 수 있도록 구현한 것이다. 이미지의 크기는 1024x768로 자동구분 과정에서 획득된 이미지의 해상도를 동등하게 유지되도록 판독대상 영역과 카메라의 간격을 고정시켜 200DPI의 이미지가 획득되도록 하였다. 영상획득 장치와 바코드 판독 시스템간의 인터페이스는 이미지 전달을 위해 parallel port의 ECP 모드를 사용하고, 이미지의 획득시점을 제어하기 위한 신호처리는 RS-232 방식을 적용하였다. 4-state 바코드 판독시험 시스템을 개발 환경은 IBM PC 300MHz, 메모리 64MB 환경에서 Visual C++ 을 사용하였다.

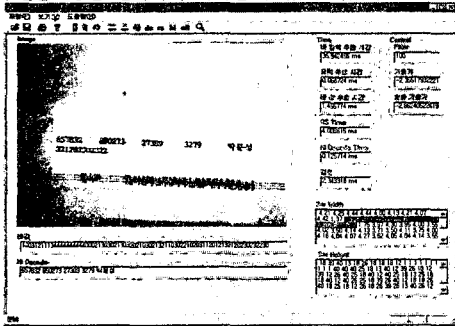


(그림 7) 그레이 이미지 상에서의 정보획득 시험

(그림 7)은 우편분투의 이미지 중에서 바탕면의 레벨값과 심볼로지 영역의 크기값의 변화분포를 확인하기 위하여 시험한 결과이다. 경계값을 설정하기 위하여 빛의 밝기를 조절하여 이미지를 획득하고, 그레이 이미지의 경계값을 조정하여 시험한 결과에 의하면 20~180값인 경우에 판독 가능한 심볼 두께 및 심볼간 공간값이 획득됨을 확인할 수 있었다. 그리고, 바코드가 검출되어 시작하는 수평라인 상에서 획득된 좌표값과 수평라인을 이동시키면서 트래커 위치에서 획득된 상태 값을 보인 것이다. 수평 라인선상에 존재하

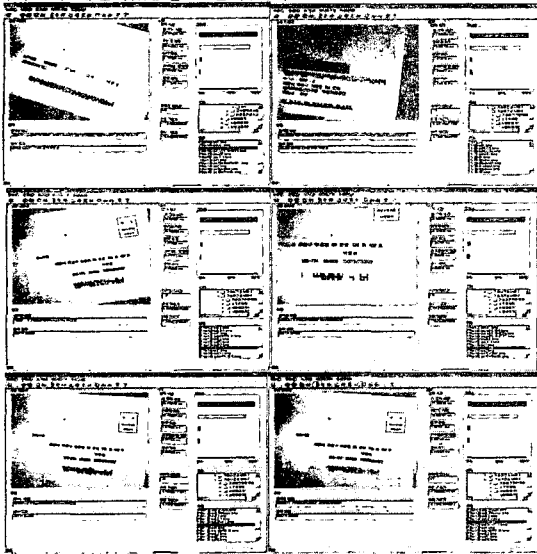
는 좌표값들이 변화되는 분포를 분석하기 위하여 인접된 픽셀간의 차이값이 1인값들과 위치값을 추출하였다. 이 시험결과를 바탕으로 4-state 바코드 심볼로지일 가능성 영역의 좌표값들과 1차 기울기값이 생성된다. 판독기준이 될 수 있는 트래커들의 위치값을 찾기 위하여 심볼 두께와 심볼사이의 공간값이 균일한 영역과 1차 기울기값을 이용하여 탐색하는 방법을 적용하였다. 이 과정에서 트래커의 두께, 심볼간 공간값이 정확하게 식별되고, 심볼이 존재하는 위치값들을 획득할 수 있었다. 트래커를 검사한 결과에 의하여 x, y 축의 좌표값을 기준으로 기울어진 각도값을 계산하면 실제 기울기값과 일치됨을 알 수 있었다.

이러한 기능들을 추가하여 시험한 결과는 (그림 8)과 같이 그래픽 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 43.199msec이내의 우편물 1통을 판독하여 처리할 수 있게 되었다.



(그림 8) 심볼의 경계값에 의한 판독시험

(그림 9)의 결과는 바코드의 인쇄위치, 기울기 등에 관계없이 판독속도가 개선되었음을 보인 것이다.



(그림 9) 4-state 바코드 고속판독 시스템 시험결과

(그림 9)에서는 고속으로 바코드 심볼로지에 감영이 존재할 경우 훼손된 바코드 심볼로지 위치 및 개수에 대한 정보가 정확하게 획득됨을 확인할 수 있었다. 샘플우편물 200통을 대상으로 시험한 결과에 의하면 30~60msec이내에 판독됨을 알 수 있었다.

5. 결론

본 논문에서는 우편봉투에 인쇄된 4-state 바코드를 고속으로 판독하기 위한 방법을 제시하고, 시험 시스템을 구현한 것이다. 기존의 시스템은 감영제거 및 회전을 위한 시간을 포함할 경우에는 220msec 이상이 소요되므로 1시간에 15,700통 이하로 처리할 수 있고, 현재의 인쇄규격에 만족될 경우에는 80msec 이내에 판독결과를 생성할 수 있으므로 1시간에 45,000통을 처리할 수 있다. 그리고, 대형 통상 우편물의 경우에는 1시간에 7,000통을 이용하는 자동인입부(Automation Insert) 2개를 적용하여 1시간에 14,000통을 처

리하고 있다. 이러한 경우에는 판독시간 1통당 380msec이내에 판독결과를 생성되어야 하므로 검출된 기울기값에 의한 회전 및 감영제거 기능을 포함시킬 수 있다. 기존의 이미지 판독방법은 그래픽 이미지의 바이너리 이미지로 변환, 판독대상 영역의 획득, 기울기값 계산, 감영제거, 판독범위를 초과한 기울기값이 계산방법을 모두 적용할 수 없다. 그리고, 우편물 자동구분 처리 시스템에서는 제시된 고해상도 인쇄규격에 만족되어야 판독결과가 생성된다.

본 논문에서는 고객 바코드의 고속판독 범위 확장과 판독성능 개선을 위하여 바코드 판독 시스템을 구현한 것이다. 연구결과에 의하면, 4-state 바코드 심볼로지의 기울어진 각도의 범위가 $\pm 45^\circ$ 이상이 되어도 회전없이 판독되며, 인쇄상태의 불량으로 인한 흰색 또는 검은색 감영제거없이 판독될 수 있게 되었다. 또한, 기존의 바코드 판독 시스템은 바코드 심볼로지가 인쇄된 좌·우상·하 영역에 정해진 규격의 여백(3mm)과 바코드 심볼로지가 존재하는 수평라인 상에 또 다른 문자, 기호, 그림 등의 표기된 경우는 판독할 수 없었으나, 이와 같은 조건에서도 4-state 바코드 심볼로지를 판독할 수 있게 되었다. 심볼로지의 인쇄위치, 크기에 대한 제한조건없이 판독(휴대용 판독기로 적용 가능)될 수 있게 되었다. 우편물 자동구분 처리 시스템에 탑재될 경우에 이미지 처리 메모리로 전송하여 저장하는데 약 1~2 msec 소요되므로 개선된 이미지 판독 시스템을 적용할 경우에 우편물 1통을 30~60msec이내에 판독처리할 수 있게 되어 약 1시간에 58,000~116,000통을 자동구분 처리할 수 있는 능력이 확보되었다. 추후 연구사항으로는 이 판독 시스템의 신뢰성 검증을 하기 위하여 자동구분 처리 시스템에 탑재하고 실제 우편물로 시험한 후 적용되어야 한다. 또한, 우편물 자동처리 촉진을 위하여 우편이용자들이 손쉽게 고객 바코드를 인쇄할 수 있도록 올바른 우편주소, 우편번호, 배달순서코드 등을 제공하기 위한 연구가 필요하다.

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 자동처리를 위한 한글 4상 4 바코드 시스템 설계," 한국정보처리학회 추계학술발표회, 제5권 제3호, pp.827-830. 1998.10.
- [13] 박문성, 송재관, 우동진, "우편물 자동처리 촉진을 위한 3 out of 5 고해상도 바코드 검증 시스템," 한국정보과학회 학술발표논문집, 제25권 제2호, pp.496-498. 1998.11.
- [14] 박문성, 송재관, 우동진, "우편물 자동처리를 위한 한글 4State 바코드 시스템," 한국정보처리학회 논문지, 제7권 제1호, pp.146-155. 2000. 1.
- [15] 오규택, "Erasure 정정이 가능한 효율적인 Reed-Solomon 부호기용 VLSI," 서울대학교 대학원 전기공학부, 공학석사학위논문, pp.4-36. 1998. 2.