

카메라 기반 바코드 판독 시스템에서의 바코드 영상 품질 향상에 관한 연구

박상은*, 박문성**, 김인수***, 김혜규****
한국전자통신연구원 정보화기술연구소 우정기술연구센터

Analysis of Image Quality on Camera-based Barcode Reading System

Sangeun Bak*, Moonsung Park**, Insoo Kim***, Hyekyu Kim****

Postal Technology Research Center, ETRI

E-mail : *sebak@etri.re.kr, **mspark@etri.re.kr, ***insoo@etri.re.kr, ****hkim@etri.re.kr

Abstract

In this paper, we propose a method that acquires proper image for barcode reading on camera-based barcode reading system. In the camera system, there is serious blurring problem, and to get proper output of the barcode, it must be solved. To solve it, we proposed two methods. The first one is to make the camera movable, so it can change the distance of focus. The other is software approach, and threshold value is revised through regression analysis. Using such process, we can notice that blurring problem can be overcome.

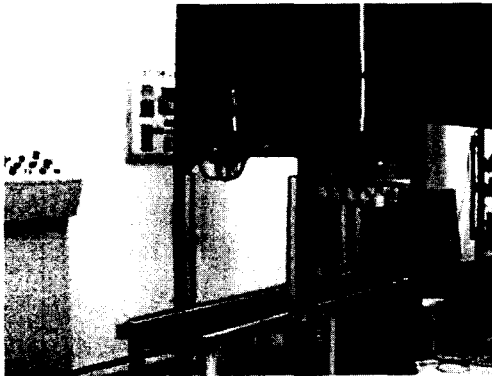
I. 서론

현재 주위에서 볼 수 있는 대부분의 바코드 리더는 레이저를 이용한 바코드 리더이다. 레이저 기반의 바코드 리더는 바코드 판독을 위하여 바코드 리더를 바코드 면으로 가져다 대거나 고정된 바코드 판독판에 바코드가 있는 면을 제시하여야 한다. 이러한 바코드 리더는 기타 자동 판독 장비들에 비하여 가격이 저렴하고 기술 수준이 안정되어 있으므로 소규모 상점에서 공장의 각종 재고 및 부품 관리에 이르기까지 널리 사용되고 있다. 그러나 판독을 위하여 추가적인 수작업이 필요하다는 이유로 대규모의 사업장에서는 레이저를 이용한 리더 대신 다른 방식을 요구하고 있다.

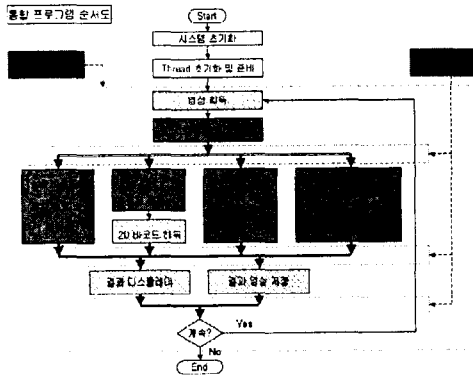
이 대안으로서 스캐너를 통하여 영상을 입력 받은 후 해당 영상의 바코드 영역을 찾아 이를 판독하는 방법이 제시되어 있으나 스캐너라는 입력장치의 제약 특성 상 은행 전표나 공공요금 납부서 등과 같이 극히 제한적인 용도에 사용이 가능하며 부피를 가진 물체에 대하여 적용 가능한 방법은 아니며 카메라를 사용하여야 한다.

본 연구팀에서는 우편물의 자동 처리를 위한 방법 중 하나로 우편물에 우편물의 송수신 정보가 기록된 2차원 바코드를 부착한 후 처리 단계에서 우편 소포의 영상을 획득하고 획득한 영상을 분석하여 바코드의 위치를 찾아내고 이를 판독하는 연구를 진행 중이다. 이를 위하여 본 연구팀에서는 Line Scan CCD 카메라를 이용하여 영상을 획득하여 분석하는 기구물을 제작하였다. 그림 1은 당 기구물의 구조도와 실물 사진이다. 그리고 이 기구물을 이용하여 바코드를 추출하는 연구[1]의 프로토타입이 제시되어 있다.

본 논문에서는 Laser 기반의 바코드 판독기에서 발생하지 않는 바코드 판독에 있어서의 문제점을 분석하고 그 문제점을 해결하기 위한 하드웨어 적인 접근과 소프트웨어 적인 접근을 동시에 시도하였다.



(a) CCD 카메라 기반 바코드 스캐닝 시스템



(b) 제어 프로그램 개념도

그림 1. 바코드 스캐닝 시스템

영상 획득 대상 물체의 크기가 다양하므로 하드웨어적인 해결방법은 물체의 크기에 따라 달라지는 카메라와 물체간의 거리를 보정할 수 있는 기구물 제작 방법을 소개한다. 그리고 판독의 장애 요인이 되는 블러링 현상을 제거할 수 있는 이진화 방법을 통하여 판독률을 높이는 소프트웨어적인 해결 방법을 제안한다.

II. 바코드 스캐닝 시스템에서 획득된 영상 인식에서의 문제점

그림 2는 위의 1절에서 언급한 장비에서 획득한 영상 중 바코드 부분을 추출한 영상이다. 영상에서 바코드를 자동으로 추출하고 종류를 구별하는 연구는 선행 연구[1]에서 진행되어 있다. 그림 2의 (a)는 일반적

으로 널리 사용되는 이진화 방법인 Otsu 방법론[2]을 사용하여 이진화를 하고 상용으로 사용되고 있는 PDF417 바코드 디코더를 통해 성공적으로 판독되는 바코드의 예이다. 그러나 (b)의 영상은 바코드 스캐닝 시스템으로 획득한 영상에서 발생하는 전형적인 문제점을 잘 보여주는 예이다.



(a)

(b)

그림 2. 시스템으로 획득한 이차원 바코드 (PDF417)



그림 3. 잘못된 이진화의 예

그림 3은 그림 2의 (b)를 Otsu 방법론을 이용하여 이진화 한 영상의 일부이다. 그림 3에서는 확인할 수 있는 바와 같이 이진화 결과는 인식 결과를 왜곡할 수 있는 수준이다. 이와 같은 문제는 카메라가 물체와 상당 거리를 두고 촬영하면서 초점을 제대로 맞추지 못하여 발생하는 블러링 현상 때문에 일어난다. 그리고 이런 현상은 조명이 어두울 때 더욱 강조된다.

이 문제를 해결하기 위하여 블러링 상태의 영상에 효과적인 Niblack Method[3] 등의 지역적 이진화 기법(Local Thresholding Method)을 사용하거나 이진화 이전에 블러링 현상을 개선할 수 있는 영상 처리를 해주어야 한다. 그러나 여러 연구들[4]에서 언급되었듯 이러한 기법들은 매우 값비싼 연산을 동반하기 때문에 실시간으로 물류를 처리하여야 하는 분야에는 적용이 힘들다는 결점을 지니고 있다.

바코드를 활용한 물류 분야가 수작업을 거치지 않고 이루어지는 자동화를 목표로 하기 때문에 한번 오판독된 내용은 수정하기 힘들다. 그러므로 최선의 인식률을 유지해 줄 필요가 있으며 이러한 문제점이 이에 장애가 된다면 이와 같은 문제점은 반드시 영상의 적절한 처리를 통하여 해결하여야 한다.

III. 성공적인 바코드 판독을 위한 시스템 개선

본 절에서는 앞 절에서 지적한 문제점을 해결하기

위한 구체적인 방법을 제시한다. 해결 방법으로 하드웨어 수준의 해결방법과 소프트웨어 상에서의 해결 방법을 동시에 제시한다. 지면의 관계상 이차원 바코드 중 PDF417 한 종의 예를 들어서 설명하지만 본 방법론이 PDF417 에 국한된 해결방법은 아니다.

3.1 초점 조절을 위한 하드웨어 구성 기법

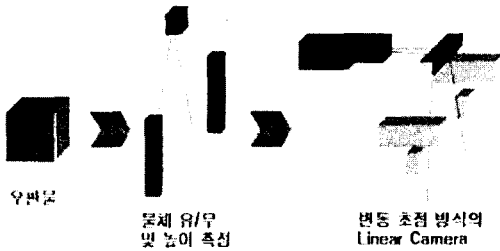


그림 4. 초점 자동 카메라 개념도

그림 4 는 초점을 자동으로 조절할 수 있는 카메라 조절 시스템의 개념도이다. 일반적으로 카메라가 초점을 변동하는 방식은 렌즈로부터 영상 획득 지점까지의 거리를 조절하는 방식이다. 이러한 방식은 주위에서 흔히 볼 수 있는 카메라의 Zoom In / Out 의 방식이다. 그러나 이 방식의 단점은 매우 정밀한 제어가 필요하며 동시에 연속으로 들어오는 물체에 대해 고속으로 제어가 이루어져야 하는데 이것이 용이하지 않다는 문제점이 있다.

그러므로 본 연구에서는 카메라와 렌즈 사이의 거리는 고정하고 대신 고속으로 정밀하게 제어되는 스텝모터를 사용하여 카메라 자체를 앞뒤로 움직여 물체와 카메라 사이의 거리를 조절하는 방식을 채택하였다.

그림 4 의 개념도는 이러한 방식으로 구성된 하드웨어를 설명한다. 물체가 들어올 때 카메라 앞에서 물체의 높이를 측정한 다음 물체가 영상 획득 지점에 도달하기 이전에 카메라를 움직여 초점 거리를 확보하는 방식이다.

3.2 블러링 보정 효과를 포함한 이진화

그림 5 는 PDF417 바코드의 시작 패턴의 포맷이다. 모든 PDF417 바코드는 그 내용이 어떠한 간에 이 포

맷을 준수하도록 되어 있다. 그러므로 바코드 영상의 판독에 있어서 별다른 어려움이 없다면 바코드가 시작하는 지점에서 흑/백의 간격 비가 1:2:1:1:1:3:1:1:7 을 유지하여야 함을 의미한다.



그림 5. PDF417 표준 시작 패턴

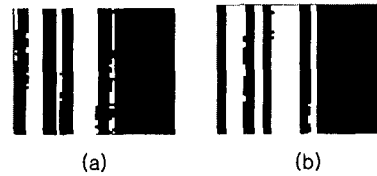


그림 6. PDF 417 이진화 결과

그림 6-(a)는 위 그림 2-(2)의 바코드 중 시작 코드 부분을 가장 널리 쓰이는 이진화 방법 중 하나인 Otsu 이진화 방법으로 이진화 한 결과이다. 만약 이 방법이 적합하다면 그 결과는 그림 5 와 비슷하게 나와야 할 것이다. 그러나 블러링 현상이 강한 탓에 시작 패턴의 간격 비는 검은 영역에서는 늘어나고 흰 영역에서는 줄어들어 있음을 확인할 수 있다. 이때 문턱값을 다소 낮추어 보면 (그림 6-(b)) 시작 패턴과 유사한 형태의 이진화 결과가 얻어진다.

이와 같은 문턱값 보정을 위해서 바코드 영상의 블러링이 어느 정도인지를 계량할 필요가 있다. 만약 블러링의 계량화가 가능하다면 계량화된 블러링 지수를 회귀분석 등의 통계적 분석에 적용하여 문턱값의 보정식을 구할 수 있을 것으로 기대된다.

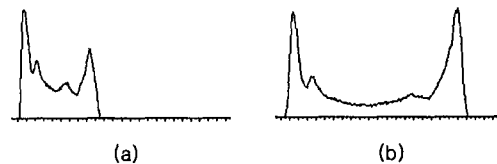


그림 7. 바코드의 histogram

그림 7 은 바코드 영역의 Grayscale Histogram 의 예이다. 히스토그램에는 두 개의 극값이 존재하는데 왼쪽에 치우친 극값은 바코드가 인쇄된 부분의 픽셀들의 분포이며 오른쪽에 치우친 극값은 흰 배경 부분의 픽셀들의 분포를 나타낸다. 그리고 두 극값 사이는 경계 픽셀들의 분포를 나타낸다. 그림 7-1 과 7-2 는 각각 블러링

이 많은 바코드와 블러링이 적은 바코드의 히스토그램이다. 그림 7-1의 히스토그램이 극값 사이의 경계 픽셀이 상대적으로 많음을 알 수 있다. 경계 픽셀이 많다는 것은 화면이 선명하지 않고 경계 영역이 넓은, 즉 블러링 현상이 강하다고 해석할 수 있다. 그러므로 히스토그램의 두 극값 사이의 분포를 통계적으로 분석함으로써 블러링 현상의 경향성과 관련된 값을 얻을 수 있다.

어떤 바코드의 두 극값을 각각 M_1 과 M_2 라고 하고 바코드의 히스토그램을 히스토그램 상에서 명암값 n 의 분포 개수를 $f(n)$ 으로 표현할 수 있는 함수라 가정하자. 여기서 p_1, p_2, p_3 을

$$p_1 = \int_0^{M_1} f(n)dn, \quad p_2 = \int_{M_1}^{M_2} f(n)dn, \quad p_3 = \int_{M_2}^{255} f(n)dn$$

으로 정의한다. 이때 p_1, p_2, p_3 는 각각 히스토그램 왼쪽 극값의 왼쪽에 해당하는 픽셀의 수, 두 극값 사이에 해당하는 픽셀의 수, 그리고 오른쪽 극값 오른쪽에 해당하는 픽셀의 수이다. 이때 블러링 현상이 강한 바코드의 경우 p_2 가 크고 p_1, p_3 가 상대적으로 작다. 이러한 경향성을 바탕으로 샘플링한 바코드들을 통계적으로 처리하여 블러링 정도를 계량화한다.

이진화 문턱치의 보정을 위한 통계적 분석은

$$O' = O + x(p_2 / (p_1 + p_2 + p_3) - a)$$

의 보정식 형태를 사용한 선형회귀분석모형을 적용하였다. 여기서 O 는 Otsu 방법론을 적용하여 얻어낸 문턱값이며 O' 는 보정치이다. x 는 선형회귀분석을 통해 얻어내게 될 상수이다. 좀 더 실제에 가까운 분석을 위해서 비선형회귀모형의 적용이 필요하겠지만 분석결과 p_2 의 변이에 비하여 보정값의 변화가 크지 않으므로 선형 시스템으로 유추하였다.

IV. 실험 및 결론

선형회귀분석은 총 100 장의 영상을 대상으로 진행하였다. 이러한 과정을 통하여 다음과 같은 보정식을 얻을 수 있었다.

$$O' = O - 73(p_2 / (p_1 + p_2 + p_3) - 0.62)$$

이 보정식을 적용한 결과는 육안으로 확인한 결과 바코드 영상의 보정에 효과적임을 확인할 수 있었다. 그림 8 은 그림 2-(b)를 위 보정식으로 문턱값을 보정한 이진화 결과의 예이다. 아래 바코드는 Otsu 방법론으로 확인한 문턱값은 66 이었지만 보정값으로 얻은 문턱값은 58 이었다.



그림 8. (a) 일반적인 이진화 방법 (b) 본 논문에서 제안한 방법

위와 같은 실험을 통하여 본 논문에서 제안한 방법이 적용 가능하다는 사실을 확인하였다. 추후 연구 과정으로는 블러링 현상이 있는 영상의 블러링을 감소시킬 수 있는 영상 처리 방법의 고속화 및 이진화를 거치지 않고 회색조 영상에서 바로 판독할 수 있는 디코딩 모듈 등의 개발이 있다. 이러한 추가적인 연구를 통하여 좀 더 정확하고 효율적인 스캐닝 시스템의 구성이 가능할 것이라 기대된다.

참고문헌

- [1] 이용희, 박문성, 정동석, "2 차원 바코드 영역 고속 추출 알고리즘에 관한 연구", 대한전자공학회 추계 학술대회, 2002
- [2] N. Otsu, "A threshold selection method from gray-level histograms," IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Vol. 9, No 1, 1979
- [3] W. Niblack, *An Introduction to Digital Image Processing*, Prentice Hall, 1986
- [4] O. D. Trier, A. K. Jain, "Goal-Directed Evaluation of Binarization Methods," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 17, No. 12, 1995