

# 블록 명암대비와 프로젝션에 기반한 2차원 바코드 검출 알고리즘

최 영 규<sup>†</sup>

요 약

일차원 심벌의 데이터 용량 문제를 극복하기 위하여 십 여년 전에 2차원 바코드가 처음으로 소개되었다. 본 논문에서는 그레이 영상에서부터 2차원 바코드 영역을 검출하기 위한 알고리즘을 제안하는데, 특히 손에 들고 사용하는 2D 바코드 인식 시스템에 탑재를 목표로 한다. 제안된 방법에서는 먼저 영상 내 2차원 바코드의 대략적인 위치를 검출하기 위해 블록 명암대비를 바탕으로 한 후보블록 기준을 정의하고, 관심영역으로부터 바코드 영역을 정확히 분리하기 위해 그레이 스케일 프로젝션과 부 화소 처리를 사용한다. 마지막으로 분리된 바코드 영역은 이어지는 디코딩 단계를 위해 역 투시변환을 통해 정규화 된다. 본 논문에서는 QR-코드에 대한 디코딩을 위한 후처리 과정도 소개한다. 제안된 방법은 다양한 조명상태나 인쇄상태 및 투시변환에 의해 영상에 강한 왜곡이 있는 경우에도 좋은 성능을 나타낸다. 실험을 통해 제안된 방법이 실시간으로 다양한 종류의 2차원 바코드에 대한 코드영역을 안정적이고 효과적으로 추출해 주는 것을 알 수 있었다.

키워드 : 바코드 인식, 2차원 바코드, QR-코드, 명암대비, 관심영역추출

## A 2-Dimensional Barcode Detection Algorithm based on Block Contrast and Projection

Choi, Young Kyu<sup>†</sup>

ABSTRACT

In an effort to increase the data capacity of one-dimensional symbology, 2D barcodes have been proposed a decade ago. In this paper, we present an effective 2D barcode detection algorithm from gray-level images, especially for the handheld 2D barcode recognition system. To locate the symbol inside the image, a criteria based on the block contrast is adopted, and a gray-scale projection with sub-pixel operation is utilized to segment the symbol precisely from the region of interest(ROI). Finally, the segmented ROI is normalized using the inverse perspective transformation for the following decoding processes. We also introduce the post-processing steps for decoding the QR-code. The proposed method ensures high performances under various lighting/printing conditions and strong perspective deformations. Experiments shows that our method is very robust and efficient in detecting the code area for the various types of 2D barcodes in real time.

Key Words : Barcode, 2D-Barcode, QR-Code, Contrast, ROI Detection

### 1. 서 론

최근 컴퓨터와 주변장치들의 대폭적인 성능향상과 가격 하락으로 비교적 고가의 시스템이었던 머신 비전(machine vision) 기술의 활용분야가 크게 확대되고 있다. 그 중에서 제품의 유통과 물류, 자료관리, 화물관리 등의 분야에서 대표적으로 많이 사용되고 있는 비전 기술의 하나가 바코드(Barcode) 시스템이다. 일반적으로 바코드는 검은 막대와 흰

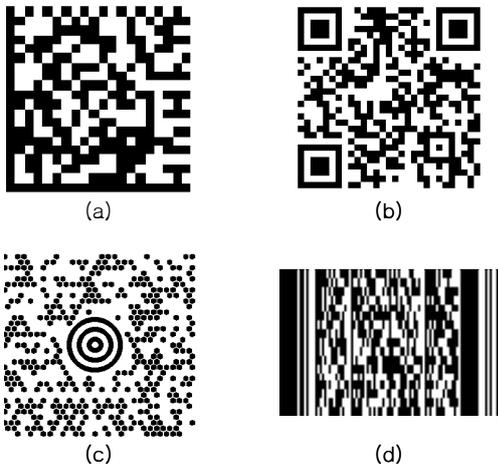
막대의 조합으로 구성되어 있고, 이들의 비율에 따라 원하는 문자와 숫자(alphanumeric)등의 데이터를 표현할 수 있는데, 다양한 폭을 가진 bar(검은 막대)와 space(흰 막대)의 배열 패턴으로 정보를 표현하는 부호체계이다. 이러한 바코드는 제품이나 우편물 등 물품의 상세한 정보를 표면에 표시하는 저장 공간의 역할을 하는 라벨로써 물류시스템의 발전 및 물류처리량의 폭발적인 증가와 함께 최근 널리 활용되고 있다.

그러나 이러한 종류의 바코드는 데이터가 1차원적으로 표현되므로 하나의 라벨에 포함할 수 있는 데이터의 용량이 너무 적다는 단점이 있다. 또한 심벌의 훼손으로 인해 나타날 수 있는 여러 가지 에러를 정정할 수 있는 기능도 취약

<sup>†</sup> 종신회원 : 한국기술교육대학교 정보기술공학부 부교수  
논문접수 : 2007년 10월 16일  
수정일 : 2008년 5월 13일  
심사완료 : 2008년 5월 23일

한데, 이러한 1차원 바코드의 문제를 해결하기 위해 최근 다양한 2차원 바코드가 제안되고 있다[1-4]. 2차원 바코드는 점자식 코드로서 낮은 공간점유, 높은 정보량, 다양한 정보 처리 기능이 가능한 차세대 라벨링기법이다. 즉, 데이터를 평면적인 2차원으로 배열시킴으로 인하여 기존의 1차원 바코드에 비해 심벌에 저장 가능한 데이터의 용량이 크게 증가하므로 (한 심벌에 수 천 개의 문자 기록이 가능함) 1차원 바코드의 데이터 표현의 제한성을 극복할 수 있다. 예를 들어, 제품의 경우 하나의 바코드에 로트 번호, 구매 번호, 주문 번호, 수취자, 수량과 기타정보 등의 다양한 내용을 기록할 수 있다는 장점이 있으며, 데이터를 2차원으로 표현하므로 같은 용량이 필요한 경우 1차원 바코드에 비해 훨씬 작은 면적에 코드를 인쇄할 수 있다는 장점이 있는데, 이것은 반도체 웨이퍼나 약품과 같이 크기가 작은 제품에도 인쇄가 가능하도록 한다. 2차원 바코드의 추가적인 장점으로 오류정정기능이 있는데, 이것은 제품의 유통과정에서 심벌에 어느 정도의 훼손이 발생하더라도 이러한 오류를 검출하고 정정할 수 있는 다양한 기능이 있어 보다 안정적으로 심벌을 인식할 수 있도록 한다.

지금까지 다양한 종류의 2차원 바코드들이 제안되었는데 (그림 1)은 현재 가장 많이 사용되고 있는 2차원 바코드를 보여주고 있다. 이러한 2차원 바코드는 형태적인 특성에 따라 크게 세 그룹으로 분류할 수 있는데, 첫 번째는 (b)의 QR-code[1]나 (c)의 Maxicode[2]와 같이 코드의 위치를 나타내기 위해 고안된 특수한 표시를 포함하는 형태이다. QR-코드의 경우 세 모서리에 네모 형태의 마크(fiducial mark)가 있으며, Maxicode는 가운데 중첩된 원형의 표시가 있다. 이와 달리, 그림 (a)의 Data Matrix[3]와 같은 유형의 바코드에서는 위치 추출을 위한 특별한 표시가 존재하지 않으며 데이터 자체의 구조적인 특성을 사용한다. 마지막으로 그림 (d)의 PDF417[4] 형태의 2차원 바코드에서는 기존의 1차원 바코드(선형적인 바코드)를 한 방향으로 확장하여 다중 행(multi-row 또는 stacked) 형태로 구성된 코드를 사용하고 있다.



(그림 1) 다양한 2차원 바코드 예: (a) Data Matrix(DM), (b) QR-code, (c) Maxicode, (d) PDF417

이러한 다양한 형태의 2차원 바코드가 소개되면서 국내에서도 최근 들어 제품이나 우편물 등에서 2차원 바코드의 도입이 활발히 진행되고 있다. 그러나 1차원 바코드 인식과 관련한 다양한 연구결과에 비해 상대적으로 국내외에 소개된 2차원 바코드 인식에 관한 논문은 매우 드문 실정이다. 본 논문에서는 이러한 2차원 바코드 인식 시스템을 소개한다. 일반적인 인식 시스템의 처리 시간과 성능에 가장 큰 영향을 미치는 과정이 영상에서 바코드의 위치(관심영역, 또는 ROI (Region Of Interest))를 정확히 추출해 내는 부분인데, 제안된 방법에서는 블록 명암대비와 프로젝션 기법을 활용하여 바코드의 네 모서리를 정밀하게 추출할 수 있는 알고리즘을 제안한다. 추출된 영역은 역 투시 변환(inversive perspective transformation)에 의해 정규화 되는데, 실제 바코드 인식시스템에서 카메라의 방향이 바코드 면과 항상 직교하게 촬영되기 어렵다는 점을 고려하였다. 마지막으로 2차원 바코드 중에서 QR-코드의 인식을 위한 후처리 방법을 소개한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 2장에서 바코드 인식과 관련된 기존연구를 소개하고 제안된 알고리즘의 요구 조건을 고찰한다. 3장에서 블록 명암대비와 프로젝션에 기반을 둔 바코드 위치검출 알고리즘을 제안하며, QR-코드에 대한 후처리 방법을 소개한다. 4장에서 실험에 사용된 환경과 실험 결과를 기술하며, 마지막으로 5장에서 결론을 맺고 향후 개선사항을 소개한다.

## 2. 기존 연구 (Previous Works) 및 시스템의 요구 사항

1952년에 처음으로 1D 바코드에 대한 특허가 출원되고 난 이후 바코드는 제품의 식별을 위한 매우 유용한 기술로 인식되어졌으며, 현재 우리 생활의 도처에서 그 역할을 충실히 하고 있다. 이에 따라 이들 코드에 대한 자동 인식에 대한 많은 연구가 이루어졌다. Jain등은 자동으로 다채널 Gabor 필터를 사용한 텍스처 분석 방법을 사용하여 바코드의 위치를 자동으로 추출하는 방법을 제안하였다[5]. 입력 영상을 다수의 Gabor필터 뱅크를 통과시켜 로컬 에너지를 나타내는 특성영상(feature image)을 생성하고, 이 영상의 각 화소를 클러스터링(unsupervised 및 supervised, clustering) 기법으로 후보 영역으로 분할하였으며 이들에 크기와 종횡비(aspect ratio)등의 경험적 기준(heuristic criteria)들을 적용하여 바코드 영역을 최종적으로 결정하였다.

일반적으로 바코드 인식에서 촬영 장치 및 환경의 특성에 따라 영상이 흐려지는 현상(blurring process)이 많이 발생하는데, Pavlidis등은 이러한 잡음 영상에서의 성능을 높이기 위해 히스토그램에 기반을 둔 적응형 알고리즘을 제안하였다[6]. 이들은 바코드를 프로젝션한 프로파일에서 극한점(peak)의 위치를 추측하여 바코드 웨이브 형태를 인식함으로써 오인식이 많이 발생하는 바코드 인식환경에서 성능을 높이고자 하였다. Normand 등은 Jain의 방법이 주파수 영역

(frequential domain)으로 변환하여 처리함으로써 실시간 처리가 힘들다는 문제를 해결하기 위해 공간 영역(spatial domain)에서 바코드를 찾는 알고리즘을 제안하였는데[7], 다중레벨(multilevel) 영상에 대해 4 방향( $0^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $135^\circ$ )에 대한 기울기를 구해 그 중 기울기가 최대인 방향정보를 이용하여 바코드의 위치를 찾고자 하였다. Muntz등은 바코드가 방향성을 갖는 패턴으로 이루어지는 것을 바탕으로 Hough 변환을 이용하여 가장 강한 직선 성분을 찾음으로써 안정적으로 바코드의 영역을 추출하고 인식하고자 하였다[8]. Bailey는 바코드 영상이 매우 저해상도로 얻어지는 경우 이를 고해상도로 변환하는 방법을 제안하였는데[9], 바코드가 영상 센서의 방향에 대해 약간 기울어져 있으며 매우 저해상도로 나타난다고 가정하고, 이들로부터 고해상도의 바코드 영상을 재구성하고자 하였다. 그는 2차원으로 주어진 바코드 영상에서 앙상블(ensemble) 이라고 불리는 1차원 영상의 정의하고 이들 앙상블정보를 이용하여 고해상도의 바코드 영상을 재구성하였다. 국내의 연구 결과로는 [10]에서 4개의 라인연산자를 사용하여 방향을 구하고 블록에 대한 레이블링 처리를 통해 바코드 영역을 검출하고자 하였으며, [11]에서는 대각선 검사 등을 이용하여 ROI를 고속으로 검출하고자 하였다. 그러나 이들 모든 알고리즘은 1차원 바코드에 대한 것으로 대부분 2차원으로 확장하는데 많은 한계가 있다.

이러한 1차원 바코드에 대한 다양한 연구에 비해 1990년대 후반부터 제안되기 시작한 2차원 바코드의 인식에 대한 연구결과는 매우 드문 실정이다. 이러한 2차원 바코드의 인식에는 텍스처 분석이나 1차원 프로젝션, 에지 분석이나 Hough 변환 등 1차원 바코드에서 사용된 다양한 기법들이 부분적으로 적용될 수 있으나, 검은 막대로 나타나는 1차원 바코드에 비해 (그림 1)에서 보이는 바와 같이 그 형태가 매우 다양하게 나타나므로 많은 부분에서 새로운 접근방법이 필요하다. Ottaviani 등은 이러한 2차원 바코드 인식을 위한 공통적인 영상처리 프레임워크에 대해 제안하였는데[12], 전체적인 인식과정을 입력 영상에서 바코드가 존재하는 관심 영역을 대략적으로 결정하는 단계와, ROI에서 각 마크의 특징 부분(예를 들어, (그림 1)의 Maxicode의 원형 부분, QR코드의 네모 마크부분 등)을 찾아 코드의 위치 결정하는 단계, ROI와 추출된 특징부분을 이용해 마크 영역을 정확히 분리하는 과정, 그리고 마지막으로 분리된 영역을 디코딩하는 네 단계로 구분하였고, 각 단계에 대한 개략적인 처리방법을 제안하였다. Ohbuchi 등은 휴대전화기에 부착되어 있는 카메라로부터 취득한 QR-코드를 인식하기 위한 방법을 제안하였으며[13], Hahn등은 PDF-417코드 인식을 위한 알고리즘을 소개하였고[14], Pavlidis등은 반도체 소자와 다른 응용에서 Data Matrix를 적용한 사례를 발표하였는데, 같은 양의 데이터 표현을 위해 필요한 2차원 바코드의 면적이 매우 작고, 이에 따라 다양하게 활용될 수 있음을 강조하였다[15]. 이와 같이 2D 바코드의 안정적인 영역 추출 및 인식에 관한 발표된 문헌은 매우 드문 실정이며, 따라서 본 논문에서는 이러한 2차원 바코드 인식을 위한 영

상처리 방법을 제안한다.

본 논문에서는 손으로 잡고 사용하는(handheld) 형태의 바코드 시스템에 탑재를 목표로 하여 알고리즘을 개발한다. 고찰 결과 이러한 시스템을 위한 요구사항을 다음과 같이 정의하였다.

- **사용의 편리성:** 바코드의 촬영을 위한 사용방법의 제약을 최대한 줄이고 최대한 편리하게 사용할 수 있어야 한다. 따라서 알고리즘은 이동, 회전, 및 크기변화에 최대한 강건하게 동작하여야 하며, 충분한 정도의 수직 촬영 각도에 대해서는 안정적으로 동작하여야 한다.
- **적용의 범용성:** 다양한 2차원 바코드의 인식에 사용될 수 있어야 한다. 특히 영상에서 바코드 영역을 정확히 추출하는 방법은 대부분의 형태의 2차원 바코드에 적용될 수 있어야 한다.
- **조명에 대한 안정성:** 바코드 영상은 주변 조명에 따라 다양한 밝기로 나타날 수 있으며, 이에 따라 다양한 밝기에 대응할 수 있도록 해야 한다.
- **처리시간의 최적화:** 알고리즘이 손잡이(handheld) 형태의 임베디드 시스템에 탑재를 목표로 하므로 계산량 측면에서 최적화된 알고리즘이 되어야 한다. 또한, 기존의 PC기반의 상업적 비전 라이브러리를 사용할 수 없다.

본 연구에서는 이러한 요구사항을 바탕으로 하여 영상에서 바코드의 정확한 위치를 추출하는 알고리즘을 제안하였으며, 역 투시 변환(inversive perspective transformation)을 적용하여 코드 영역을 정규화하였다. 정확한 코드영역이 추출되고 영상이 정규화 되면 마지막으로 각각의 코드에 대한 디코딩 단계가 처리되어야 하는데, 본 논문에서는 QR-코드를 대상으로 한 후처리 과정을 소개한다.

### 3. 제안된 바코드 인식 알고리즘

일반적으로 바코드의 인식을 위한 단계는 크게 두 가지로 나눌 수 있는데, 하나는 영상에서 바코드의 위치를 정확히 분리하여 정규화 하는 과정이며, 두 번째는 정규화된 비트맵을 적절한 방법으로 해석하여 문자코드를 생성하는 디코딩 단계이다. 첫 번째 단계에서는 영상처리 및 비전 알고리즘들이 사용되며, 두 번째 단계에서는 각 바코드 타입에 따른 구조데이터에 대한 분석과 오류복구 처리가 요구된다. 본 논문에서는 첫 번째 단계에 초점을 맞추어 알고리즘을 제안하며, 두 번째 단계에 대해서는 QR-코드에 대한 디코딩 단계에 대해서 간략히 소개한다.

바코드 영역을 정확한 분리를 위해서도 여러 단계의 처리 과정이 필요한데[12], 본 논문에서는 먼저 주어진 영상에서 코드가 있는 위치(초기블록)를 찾고, 이를 중심으로 영역을 확장하여 대략적인 관심영역을 정의하며, 이 ROI에서 바코드 영역을 정확히 분리해 내고자 한다. 분리된 바코드 영역은 투시변환에 의한 왜곡을 없애기 위해 정규화 된 영상으로 변환되며, 정규화 된 바코드 영역은 각 바코드 타입에

따른 후처리와 디코딩 단계를 거쳐 최종적인 문자코드로 변환된다. 제안된 방법에서는 안정성과 처리시간의 효율성을 위해 영상을 블록으로 분할하여 ROI 추출 알고리즘을 적용하였다. 또한 손잡이형 시스템을 목표로 하여 사용자가 카메라를 바코드 영역으로 조준하여 촬영한다는 것을 기본 가정으로 하였다.

3.1 영상의 블록 분할

일반적인 영상의 인식문제에서 입력으로 주어진 영상에서 관심영역을 추출하기 위해 영상을 일정크기의 블록으로 분할하는 방법이 많이 사용된다. 예를 들어, 지문인식에서는 영상을 일정하게 분할하여 블록으로 만들고, 블록에 대한 특징량을 정의하여 각 블록별 특징량을 추출해서 그 블록이 관심영역의 후보인지 아닌지를 판단하게 된다. 이때 일반적으로 단위 블록의 크기가 작을수록 추출되는 ROI의 형태가 보다 더 정밀할 수 있으나, 블록의 크기가 너무 작으면 관심영역에 포함되어야 하는 부분 중에서 찾고자 하는 특징이 약한 부분에서 구멍이 생길 수 있다. 따라서 문제에서 주어진 입력 영상의 패턴을 적절히 분석하여 최적의 단위블록 크기를 결정하여야 한다. 본 논문에서도 이러한 블록기반 ROI 추출방법을 사용하였는데, 실험을 통해 입력 영상에서 바코드의 크기가 수 백(100~500) 화소 크기로 나타났으며, 이에 따라 32 정도의 블록크기가 ROI의 안정적인 추출에 효과적임을 알 수 있었다.

3.2 블록의 특징량 추출 및 후보블록 판단

영상이 블록으로 나누어지면 각 블록에 대한 특징량을 정의하여 ROI를 위한 후보블록인지를 판단하여야 하는데, Ottaviani 등은 에지정보에 기반해서 특징량을 제안하였다[12]. 그들은 3x3 크기의 Sobel Mask를 x와 y 방향으로 적용하여 Gradient G ( $G=(G_x, G_y)$ )를 구하고, RMS로 계산한 에지 강도와 적절한 문턱치  $G_m$ 을 사용하여 임의의 화소가 에지에 포함될지를 결정하였다. 또한 에지 강도와 함께 ( $G_x, G_y$ )를 이용해 에지의 방향을 구하고 모든 방향에 대한 히스토그램을 계산하였으며, 이 히스토그램으로 분석되는 에지 방향의 특성을 이용하여 바코드의 타입을 결정하고자 하였다. 즉, 한 방향에 대해서만 강한(modal) 히스토그램이 나타나면 1차원 바

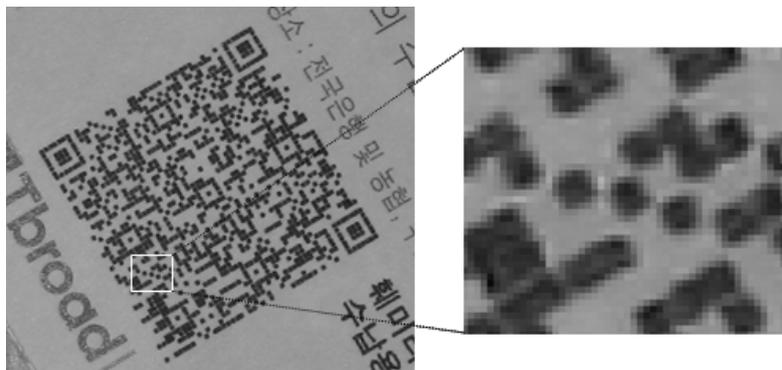
코드 영역일 가능성이 많으며, 직교한 두 방향에 대해 강한(bimodal) 히스토그램이 나타나면 QR-코드나 Data Matrix로 판단한다. 그리고 비교적 방향 히스토그램이 비교적 균일한(uniform) 형태로 나타나는 경우 Maxicode 타입으로 판단할 수 있다는 것이다. 그러나 이 방법은 먼저 계산량이 많으며, 이론적으로는 옳으나 실제로는 코드의 인쇄 방법에 따라 오류가 나타날 가능성이 많은 것을 실험적으로 알 수 있었다. 예를 들어, (그림 2)에서와 같이 코드의 검은 점들이 실제로는 정확히 4각형으로 인쇄되어야 하지만 인쇄형태와 프린터 및 종이에 따라 둥근 형태에 가깝게 인쇄되는 경우가 흔히 발생한다. 또한 이런 조건을 만족하더라도 이러한 히스토그램의 양상(modality)을 분석하는 것이 일반적으로 명확하지 않다. 따라서 이러한 예지의 방향이 안정적인 정보를 표현하지 못한다는 것을 실험적으로 확인하였다.

이러한 고찰을 통해 여러 가지 특징을 적용해 본 결과 제안된 방법에서는 후보블록의 판단 기준으로 다음의 식과 같은 블록의 명암대비(contrast)를 이용하였는데, 임의의 블록에 대해 이 값이 임계치 이상이 되는 경우 ROI를 위한 후보블록으로 판단한다.

$$Contrast = \frac{g_{fg} - g_{bg}}{g_{fg} + g_{bg}} \times 100 (\%)$$

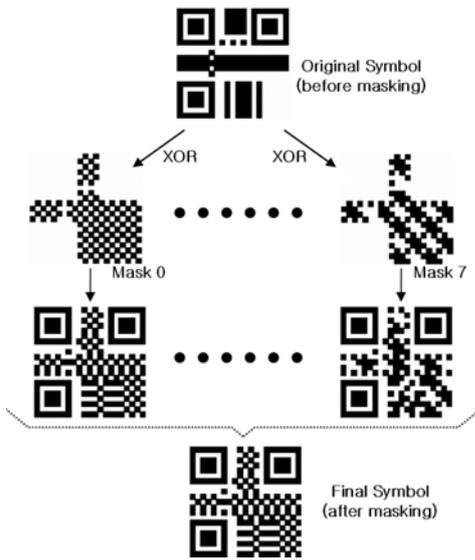
이때,  $g_{fg}$ 와  $g_{bg}$ 는 각각 블록내의 모든 물체 영역(foreground,  $g(i,j) > g_{th}$ )과 및 배경영역(background,  $g(i,j) \leq g_{th}$ )들의 밝기 값의 평균을 나타내는데, 이를 위한 이진화 문턱치  $g_{th}$ 는 기본적으로 Ostu의 알고리즘[16]을 사용하여 계산하고 인접블록에서의 값을 고려하여 바코드의 경계영역 등에서 발생할 수 있는 급격한  $g_{th}$ 의 변화를 막았다. 이러한 블록별 명암대비는 값은 20 이상인 경우 좋은 명암대비를 나타냈으며, 10 이하인 경우 좋지 않은 대비를 보였다. 비교적 어두운 조명에서도 바코드 영역은 15 이상의 값을 나타내었고, 결국 조명의 변화가 크더라도 문턱치를 15~20 내외로 설정하면 매우 안정적인 결과를 나타내는 것을 알 수 있었다.

일반적으로 2차원 바코드 영역은 이러한 명암대비가 비교적 큰 영역인데, 이것은 (그림 1)과 같이 회고 검은 셀들이 서로 섞여 잘 분포되어서 나타나는 것을 의미한다. 이것은



(그림 2) 우편물에 인쇄된 QR-코드의 예

일반적으로 바코드를 생성할 때 먼저 2차원 패턴(original symbol)을 만들고, 여기에 몇 가지의 마스크(QR-코드의 경우 8가지 마스크)를 적용하여 최종적으로 가장 처리 점수가 좋은 마스크를 선택하기 때문에 항상 검은 셀과 흰 셀들이 가장 잘 혼합되어 나타나게 된다. (그림 3)은 QR-코드에서의 마스크 처리과정을 보여주고 있는데, 마스크 되지 않은 원래의 심벌에 8가지의 마스크를 적용해 보고 페널티(penalty) 점수가 가장 낮은 마스크를 선택해 최종적인 바코드(final symbol)를 생성하며, 따라서 바코드에 포함된 블록에서는 항상 어느 정도 이상으로는 검은 셀과 흰 셀들이 혼합되어 나타난다고 가정할 수 있으며, 따라서 제안된 명암대비(contrast)를 사용하는 것이 매우 효과적이고 강건한 결과를 낼 수 있을 것을 기대할 수 있다.



(그림 3) QR-코드의 마스크 처리 과정

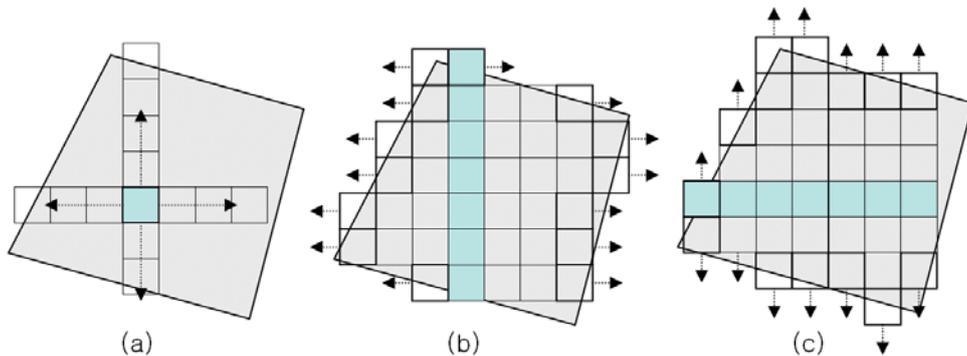
### 3.3 ROI 근사영역의 추출을 위한 경계블록 탐색

일반적으로 지문인식과 같이 찾고자 하는 관심영역의 형태가 비교적 명확하지 않은 경우에는 보통 영상내의 모든 블록에서 특징량을 구해 후보 여부를 판단하고, 후보영역으로 판단된 블록들에 대해 연결화소 분석법(connected com-

ponent labeling)을 적용해 예지로 연결되는 가장 큰 영역을 ROI의 근사영역으로 사용한다. 그러나 2차원 바코드의 경우 ROI가 항상 사각형의 형태가 되며, 제한된 시스템이 앞에서 언급한 바와 같이 사용자가 바코드 영역으로 시스템을 조준하여 사용한다고 가정하였으므로 바코드 영역에 영상의 중심부가 포함될 가능성이 많다는 것을 고려하면 보다 효율적인 탐색방법의 적용이 가능하다.

이러한 고찰을 바탕으로 본 논문에서는 먼저 바코드 영역에 포함되는 초기블록을 찾고 이를 바탕으로 ROI 영역을 확장하는 방법을 사용하였다. 즉, 먼저 영상의 중심블록에 대해 후보블록인지 시험하고 조건을 만족하면 이 블록을 중심으로 ROI 영역을 확장한다. 만약 영상의 중심블록이 후보영역이 아니라면, 영상의 다른 부분에서 초기블록을 찾는데, 예를 들어, 중심블록과 영상 경계블록의 중간에 있는 8개의 블록(8-neighbor)을 검사하여 후보블록의 조건을 만족하는 블록을 찾아 초기블록으로 사용한다. 일반적으로 영상 내에서 바코드는 항상 어느 정도의 면적을 차지하고 사용자가 어느 정도 바코드영역을 조준하므로 중심 블록과 이웃 8개의 블록에 대한 탐색만으로 ROI를 놓치는 경우는 거의 발생하지 않는다.

초기블록이 결정되면 연속적인 수평 및 수직블록 탐색을 통해 ROI 영역을 확장한다. (그림 4)에서 ROI 영역 추출을 위한 경계블록 탐색방법을 잘 보여주고 있는데, 먼저 (a)에서와 같이 초기블록이 정해지면 이 블록에서 좌우와 상하 방향으로 인접한 블록에 대한 탐색을 진행하여 후보영역의 조건을 만족하지 않을 때 까지 상하 및 좌우 방향의 후보블록군을 확장한다. 다음으로 그림 (b)와 같이 수직으로 탐색된 중심블록(회색)에서 좌우로 탐색하여 더 이상 연결된 후보블록이 없을 때까지 반복하면 최종적으로 그림 (b)와 같이 가로방향의 경계블록(화살표가 연결된 블록)을 구할 수 있다. 같은 방법으로 그림 (c)와 같이 세로방향의 경계블록을 추출한다. 이러한 방법은 탐색을 위한 처리시간을 줄여주는데, 바코드의 ROI가 항상 블록한 성질[17]을 갖기 때문에 적용이 가능하다. 만약 초기블록의 추출이 실패하거나, 경계블록을 추출하였을 때 가로와 세로로 연결된 블록의 길이가 너무 짧은 경우 ROI 추출이 실패하게 되고, 그렇지 않으면, 그림 (b), (c)와 같이 추출된 가로 및 세로방향의 경계



(그림 4) 관심영역 추출을 위한 가로세로 방향의 경계블록 탐색방법: (a) 초기블록으로 부터 상하 및 좌우로 탐색, (b) 최종적인 가로 방향 경계블록, (c) 세로방향 경계블록

블록들이 정밀한 바코드 영역의 분할을 위해 사용된다.

### 3.4 바코드 영역의 정밀 근사

바코드 영역을 추출하기 위해서는 최종적으로 바코드의 네 모서리를 근사하는 좌표가 정확히 계산되어야 하며, 이 좌표의 정밀도가 전체시스템의 인식성능에 가장 큰 영향을 미친다[13]. 이를 위해 제안된 방법에서는 그레이스케일 (grayscale) 프로젝션과 부 화소 처리(sub-pixel operation)를 이용하였다.

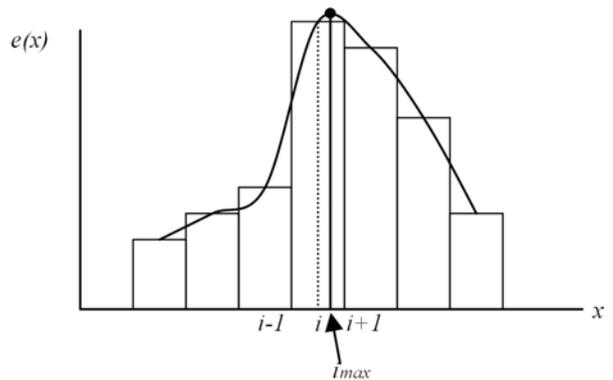
먼저, 추출된 각 방향의 경계블록에서 정밀한 에지정점을 구하는데, (그림 5)의 (a)와 같이 임의의 왼쪽 경계블록에 대해 그 방향(왼쪽)으로 인접한 하나의 블록을 포함한 영상 영역을 정의하고 이 영상을 수직으로 프로젝션하여 프로파일  $p(x)$ 를 만든다. 또한  $p(x)$ 를 1차 미분하여 에지 프로파일  $e(x)$ 를 구하고 극한점을 구한다. 왼쪽 경계블록의 경우 최대값을 구하며, 오른쪽 블록인 경우 최소값을 구하는데,  $p(x)$ 가 이러한 극한값을 나타내는 곳이 에지의 기울기가 가장 큰 곳이 되며, 해당 경계블록의 에지정점이 된다.

이때, 에지 정점의 정밀도를 높이기 위해 부 화소 처리(sub-pixel operation)를 사용하였는데, (그림 6)에서와 같이 양자화 된 에지 값의 최대 위치는  $i$  이지만 실제 최대값의 위치는 인접 에지 값의 크기를 고려하면  $i+1$  쪽으로 이동한 위치가 된다. 이러한 부 화소 처리를 위해 사용된 식은 다음과 같으며, 일반적으로 이러한 처리를 통해 정밀도가 수 배 이상 증가하는 것으로 알려져 있다.

$$i_{max} = i - \frac{e(i+1) - e(i-1)}{4e(i) - 2e(i+1) - 2e(i-1)}$$

모든 방향의 경계 블록에 대해 이와 같은 과정을 적용하여 부 화소 레벨의 정밀도로 에지정점을 추출하는데, (그림 5)의 (a)에서 검은색은 좌변에서 추출한 에지정점이며, 흰색은 우변에서 추출된 정점을 보여주고 있다. 최종적으로 각 변을 근사하는 직선을 구하기 위해서는 각 방향의 정점들 중에서 잡음 성분을 제거하는 과정이 필요한데, 일반적으로 이들은 아래쪽이나 위쪽 변에 있어야 하는 정점들이 (그림

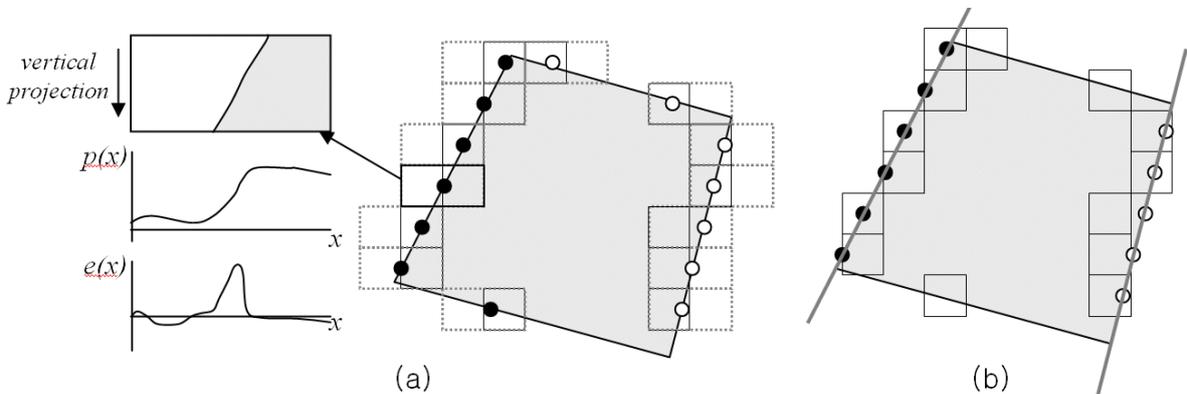
에서 맨 아래쪽의 검은 정점과 맨 위쪽의 두 개의 흰색 정점) 에지정점으로 나타나는 경우이다. 그렇지 않은 에지정점들 중에서도 바코드의 국부적인 형태에 의해 잘못된 정점들이 발생할 수도 있으며 이들도 제거한다. 이를 위해서는 인접 에지의 평균 기울기를 사용하는데, 변이(deviation)가 임계치 이상이 되는 최대 변이 정점을 연속적으로 제거하고 기울기를 갱신하게 된다. 결국 (그림 5)의 (b)와 같이 각 변에 대한 정밀한 근사직선을 구하게 된다. 위쪽과 아래쪽의 변들에 대해서도 동일한 알고리즘이 적용되며, 최종적으로 2차원 바코드를 근사하는 4각형 영역이 추출된다. 이때 사각형의 상하(또는 좌우) 에지들의 길이와 각도의 차이가 임계치 이상인 경우는 ROI 추출 실패로 판단할 수 있다.



(그림 6) 에지 정점 추출을 위한 부 화소 처리

### 3.5 역 투시변환을 통한 바코드 영역 정규화

입력으로 주어지는 영상내의 바코드는 형태가 왜곡되어 나타날 수 있다. 카메라 렌즈의 왜곡과 같은 하드웨어적인 영향도 있지만 가장 중요한 부분이 투시변환(perspective transformation)에 의해 발생한다. 목표 바코드 시스템에서는 카메라와 대상 바코드까지의 거리가 비교적 근접한 상태에서 영상이 얻어진다. 따라서 인식을 위한 바코드 자체의 크기가 이들 사이의 거리가 비해 무시할 수 없을 정도로 크게 나타나게 되며, 따라서 투시투영의 효과가 영상에 나타나게 된다. 예를 들어, (그림 7)의 오른쪽과 같이 원래 정사



(그림 5) 좌우 변에 대한 직선근사: (a) 각 경계블록에 대한 정점 근사를 위한 수직 프로젝션 프로파일, 에지 프로파일 및 경계블록들에 대한 에지정점 근사 결과, (b) 에지정점을 이용한 좌우변의 직선 근사 결과

각형을 이루고 있는 바코드 영역이 카메라와의 거리가 가까우며 촬영 각도가 수직에서 많이 벗어나면 좌측과 같이 변형된 형태로 영상에서 나타나게 된다. 바코드의 안정적인 인식을 위해서는 이러한 변형에 대한 보상을 통해 영상을 정규화 하고 디코딩 단계를 수행하여야 하는데, 이를 위해서 양선형 보간(bilinear interpolation)이나 어파인 변환(Affine transformation)만으로는 만족할 수준의 정규화가 불가능하며 역 투시 변환(inverse perspective transformation)을 적용하여야 한다.

(그림 7)의 왼쪽 좌표와 같이 원 영상에서 바코드 영역이 추출되었을 때, 이를 (b)와 같이 정규화 하기 위해서는 투시 변환 행렬을 찾아야 한다. 먼저 투시변환은 다음과 같은 식으로 주어진다.

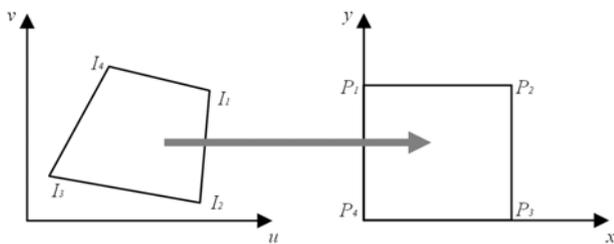
$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} c_0 & c_1 & c_2 \\ c_3 & c_4 & c_5 \\ c_6 & c_7 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$\frac{x'}{z'} = u = \frac{c_0x + c_1y + c_2}{c_6x + c_7y + 1}, \quad \frac{y'}{z'} = v = \frac{c_3x + c_4y + c_5}{c_6x + c_7y + 1}$$

이때  $(u, v)$ 는 투시변환에 의해 변형된 원 영상 좌표계상의 좌표를 의미하고,  $(x, y)$ 는 정규화 된 좌표계에서의 좌표를 의미한다. 이때, (그림 7)에서와 같이 네 개의 대응점을 적용하여 8개의 연립방정식의 해를 계산함으로써 8개의 계수  $c_0 \sim c_7$ 를 구한다.

$$\begin{aligned} P_1(x_1, y_1) &\Leftrightarrow I'_1(u_1, v_1), \\ P_2(x_2, y_2) &\Leftrightarrow I'_2(u_2, v_2), \\ P_3(x_3, y_3) &\Leftrightarrow I'_3(u_3, v_3), \\ P_4(x_4, y_4) &\Leftrightarrow I'_4(u_4, v_4) \end{aligned}$$

이와 같이, 추출된 ROI를 역 투시 변환을 통해 정규화하면 남은 과정은 각 바코드의 타입에 따라 디코딩 과정을 수행하는 것이다.



(그림 7) 역 투시변환을 통한 바코드영역 정규화

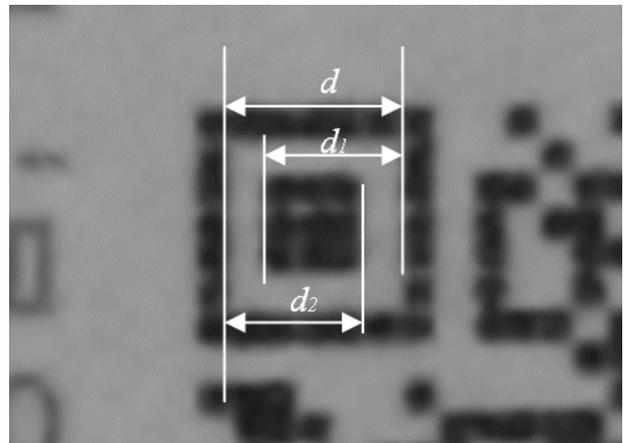
3.6 후처리 및 디코딩 (QR-코드)

바코드 영역이 찾아지고 정규화 되면 이후 처리되는 과정은 각각의 바코드에 따라 다른 디코딩 단계가 적용된다. 본 논문에서는 QR-코드에 대해 추가적인 처리와 코드 디코딩에 대해 간략히 설명한다. 전체적으로 코드 인식을 위해 처리되는 단계는 다음과 같다.

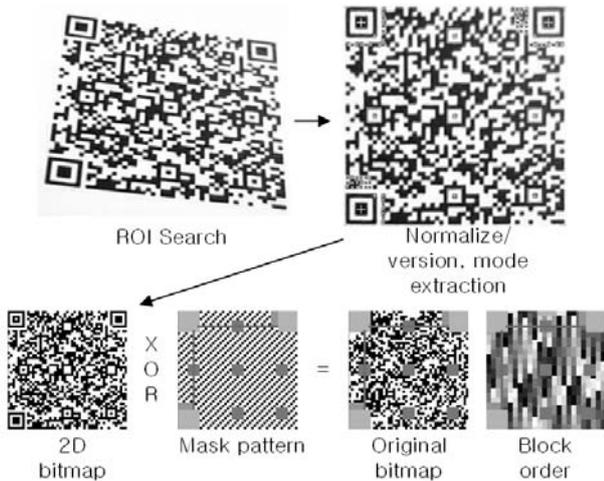
- 탐색패턴 검출: QR-코드의 경우 네 모서리 중 세 모서

리에 (그림 8)과 같이 사각형이 중첩된 형태의 탐색패턴(finder pattern)이 주어진다. 정규화 된 영상의 네 모서리 영상을 분석하여 세 모서리에 이러한 탐색패턴이 존재하면 QR-코드로 판단하고, 없으면 다른 종류의 바코드에서 주어진 패턴을 찾는다. 세 개의 모서리가 정확히 찾아지면 코드의 회전여부(90°, 180°, 270°)도 판단할 수 있게 되며, 탐색패턴의 중심과 단위 모듈(하나의 셀)의 크기 (바코드의 한쪽 방향으로의 배열의 크기) 및 모듈의 수도 계산이 된다. 이때 탐색패턴의 중심 계산에도 앞 절에서 설명한 프로젝션 및 부 화소 연산이 사용된다. QR-코드에서 모듈의 단위 크기는 버전(바코드의 복잡도)이 올라갈수록 매우 중요해지는데, (그림 8)에서와 같이 탐색패턴이 검출되었을 때, 모듈의 크기  $d_m$ 은  $d_m = (d_1 + d_2)/8$ 로 계산한다. 모듈의 크기를  $d_m = d/5$ 로 계산할 수도 있으나, 실제로 바코드를 인쇄하는 프린터의 특성에 따라 검은 모듈과 흰 모듈의 크기에 차이가 발생할 수 있음을 실험적으로 발견하였고, 따라서  $d_m = d/5$ 로 계산할 경우 이러한 프린터에 의한 에러가 그대로 모듈크기에 과급되고 시스템의 성능저하의 요인이 된다.

- 정렬패턴 및 타이밍 패턴 추출: QR-코드에서는 버전이 하나씩 올라갈수록 한 방향의 모듈의 수가 4씩 증가하는데, 버전이 높아지면 매우 많은 모듈을 포함하게 되고, 따라서 세 개의 탐색패턴만으로 각 모듈의 정확한 위치를 구하기 어렵다고 생각되어 정렬패턴(alignment pattern)을 제공한다. 또한 x와 y축으로 타이밍 패턴을 제공하는데, 이는 보다 정확한 모듈의 위치계산에 사용된다. (그림 9)에서 5x5모듈 크기의 사각형 형태로 주어지는 정렬패턴의 대략적인 위치는 세 탐색패턴으로 구할 수 있으며, 연결화소 분석을 통해 정밀한 위치를 다시 계산하여 각 모듈의 위치 계산에 사용한다.
- 바코드의 버전정보와 포맷정보 추출: 이들은 탐색패턴 주변에 배치되어 있는데, 이중으로 복사되어 있어 한쪽이 훼손되었더라도 다른 쪽에서 복원할 수 있도록 구성되어 있다. 또한 이들은 BCH(Bose-Chadhuri-Hocquenghem)



(그림 8) QR-코드의 탐색패턴 및 모듈크기 계산



(그림 9) QR-코드 디코딩을 위한 후처리 과정

코드로 이루어져 있어 이들 비트 중 오류가 있더라도 이를 복원할 수 있는 기능이 있다.

- 원 비트맵 복원 및 디코딩: 포맷 정보가 디코딩 되면 원래의 바코드에 어떤 마스크가 적용되었는지를 알 수 있으며, 그림과 같이 영상에서 추출한 비트맵과 사용된 마스크를 XOR 연산하여 (그림 9)와 같이 원래의 비트맵을 추출하게 된다. 마지막으로 이 비트맵에서 데이터 영역과 에러보정을 위한 영역을 QR-코드에서 정한 순서대로 바이트단위로 읽어 들인다. 데이터는 블록단위 에러정정이 가능한 RS(Reed-Solomon) 코드로 인코딩 되어 있으며, 바코드의 일부가 이물질 등에 의해 훼손되더라도 블록별로 에러의 존재를 검사하고 필요한 경우 보정을 할 수 있다. 이러한 모든 과정이 끝나면 바코드에 들어 있는 최종적인 문자 코드가 생성된다.

4. 실험

제안된 알고리즘은 C 언어를 이용하여 작성되었고 임베디드 시스템에 탑재를 목표로 하여 상용 비전 라이브러리를 사용하지 않고 모든 코드를 직접 구현하였다. 최종 목표시스템의 프로세서로는 엑스스케일 기술을 기반으로 하여 인텔에서 공개한 휴대전화기와 PDA용 프로세서인 벌버디(Bulverde)를 사용하며, 최대 해상도가 1.3Mega (1280H x 1024V)인 CMOS 센서 모듈(Frame rate: 15fps)을 탑재하고, RS232C와 USB를 인터페이스로 제공한다. QR-코드의 최대 버전인 V40에서는 한 방향으로 177개의 모듈이 나타나는데, 한 모듈을 4화소 정도로 표현하더라도 708 이상의 수직 해상도가 필요하다. 따라서 최종 시스템은 QR-코드의 최대해상도를 인식할 수 있도록 설계되었다. 제안된 알고리즘의 테스트는 2.4GHz Pentium-PC 환경에서 USB를 인터페이스로 하는 CMOS 센서의 PC카메라(640H x 480V)를 이용해 실험하였다.

(그림 10)은 다양한 종류의 바코드에 대해 제안된 방법을 적용한 ROI 검출 결과를 보이고 있는데, Data Matrix, QR-

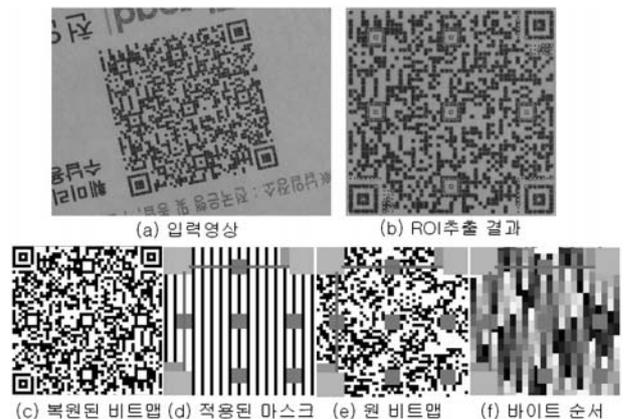
코드, Maxicode 및 PDF417 코드에 대해 안정적으로 바코드를 검출하였다. PDF417 코드는 일반적인 2D 바코드와는 달리 코드영역이 정사각형을 이루지는 않지만 제안된 알고리즘이 바코드의 사각 정점을 잘 검출하였다. 또한 다양한 각도로 취득된 영상에 대한 실험에서도 제안된 방법이 안정적으로 동작함을 알 수 있었다.

(그림 11)은 QR-코드가 인쇄된 공과금 고지서 영상 (a)에 대해 바코드 영역 (b)를 추출하고 탐색 및 정렬패턴을 안정적으로 검출하였으며, 버전과 포맷정보를 읽고 복원한 비트맵을 (c)에서 보여주고 있다. 포맷정보를 통해 (d)와 같은 마스크가 적용되었음을 인식하고 이를 (c)와 XOR연산을 하여 (e)와 같이 원래의 데이터가 들어 있는 비트맵을 추출하였다. 이를 최종적으로 (f)와 같이 QR-코드에서 정의된 바이트 순서로 읽고 디코딩하여 문자를 추출한다. QR-코드에서는 블록단위 에러정정이 가능한 Reed-Solomon 알고리즘을 사용하는데, 에러가 있는 경우 이를 정정하여 디코딩하게 된다[1]. (그림 12)는 세금고지서에 인쇄된 DM코드(좌)와 LCD 모니터에 출력된 바코드 관련 논문에 있는 QR코드(우)에 대해 제안된 알고리즘을 적용한 결과를 보여주고 있다.

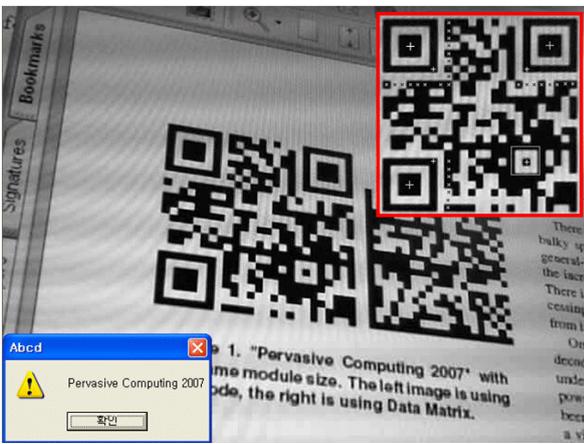
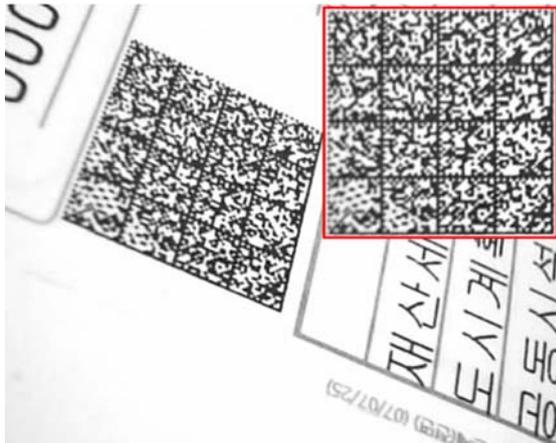
바코드의 검출율은 인쇄상태나 촬영 각도, 조명, 초점의



(그림 10) 다양한 타입의 2D 바코드에 대한 ROI 탐색 결과



(그림 11) QR-코드에 대한 후처리과정



(그림 12) 세금고지서(좌) 및 컴퓨터 모니터상의 바코드(우) 인식 결과

정확도 등 실험환경과 영상의 질에 영향을 받으며, 테스트를 위한 표준 영상 DB를 바탕으로 실험이 진행될 수도 없으므로, 정량적인 성능을 보여주는 것은 매우 어렵다. 실험을 통해 다음과 같은 요인들이 성능에 영향을 주는 것을 알 수 있었다.

- **촬영각:** ROI 검출에 가장 큰 영향을 주는 요인이 바코드 면과 카메라의 촬영 각도인데, 수직에서부터 벗어나는 각이 클수록 실패율이 높았다. 대략  $0^{\circ}\sim 30^{\circ}$  정도에서는 차이가 거의 없이 잘 찾았으나, 그 이상의 경우 실패율을 높아졌으며, 대략  $45^{\circ}$  이상에서는 잘 찾아내지 못하였다. 이러한 수직 회전각이 클수록 투시변환의 효과가 크게 나타나고, 카메라의 심도에 의해 바코드의 위치에 따른 선명도의 차이가 확연히 나타나는 것을 알 수 있었다 (그림 12의 좌측영상).
- **초점의 정확도:** 카메라와 바코드사이의 거리에 의한 초점의 정확도 역시 많은 영향을 미쳤는데, 부정확한 초점은 명암대비 값의 감소를 가져오게 되고, 경계블록의 정확한 추출에 많은 영향을 주는 것을 알 수 있었다.
- **바코드의 버전과 블록의 크기:** 본 실험에서는 블록의 크기로 32를 사용하였는데, 적절한 블록의 크기는 바코드의 버전과 관련이 있다. 낮은 버전의 코드가 큰 면적에 인쇄되어 있는 경우 블록의 크기를 키워야 하는데,

그렇지 않으면 코드의 정밀도에 비해 블록의 크기가 상대적으로 작아서 화소 값이 대부분 희거나 검은 코드내의 블록이 발생할 수 있어 경계블록의 추출에 실패하게 된다.

- **인쇄상태와 종이의 질:** 인쇄상태와 종이의 질은 블록별 명암대비 계산에 영향을 주지만, 실험에서 최근 발행되는 고지서들의 인쇄 품질이 레이저프린터로 A4용지에 인쇄한 결과와 거의 차이가 없는 것을 알 수 있었다. 그러나 잉크젯 프린터를 사용하여 인쇄할 경우 다소 성능이 떨어질 수는 있을 것으로 예상된다.
- **조명조건:** 실험에서는 바코드를 위한 특별한 조명을 사용하지 않고 연구실의 형광등과 백열등 스탠드 아래에서 테스트 하였는데, 코드영역에 진하게 그림자가 생기지 않는 이상 성능에 큰 영향을 주지 않는 것을 알 수 있었다.

구현된 코드는 MSVC 6.0 상에서 컴파일 되었는데, 바코드의 크기와 코드 자체의 복잡도에 따라 차이를 보이지만 영역추출에 50msec내의 그리고 QR코드의 후처리에 20msec이내의 처리시간이 소요되었다. 이것은 카메라의 해상도가 더 높으며 CPU로 벌버디(Bulverde)를 사용하는 목표 시스템에서도 실시간으로 처리되는데 충분하다고 예상된다. 이러한 처리시간의 개선은 제안된 알고리즘이 Sobel등의 에지 필터와 에지의 각도를 사용하거나[12] Hough변환 등과 같이 계산량이 많은 방법을 사용하지 않고 명암대비와 프로젝션 등 계산량의 부담이 적은 알고리즘을 사용함으로써 얻을 수 있다. 또한 ROI 블록의 탐색과정에서도 전체 블록의 처리가 아니라 영상의 중앙에서부터 초기블록을 찾고 이를 확장하는 방법을 사용함으로써 처리시간을 보다 줄일 수 있었다. 이와 같은 실험을 통해 지나치게 수직 회전각이 크거나 초점이 맞지 않는 경우를 제외하고는 제안된 방법이 바코드의 종류나 인쇄 품질, 조명조건 등의 변화에도 매우 안정적이고 빠르게 코드영역을 추출하는 것을 확인할 수 있었다.

## 5. 결론

본 논문에서는 2차원 바코드 인식 시스템을 위한 바코드 영역의 효율적인 검출 방법을 제안하였으며, QR-코드를 위한 후처리 과정을 소개하였다. 2차원 바코드의 경우 프린터의 인쇄방법에 따라 에지의 방향을 사용하는 것이 안정적인 결과를 나타낼 수 없음을 확인하고 블록별 명암대비를 기준으로 하여 각각의 블록이 ROI 후보인지 아닌지를 판단하였다. 또한 이러한 블록별 검사는 전체 블록에 대해 독립적으로 수행되는 것이 아니라 초기블록을 먼저 추출하고 인접블록으로 영역을 확장하는 방법을 사용하여 사용자가 바코드 영역으로 카메라를 조준하여 사용하는 목표 시스템에서 최고의 효율을 나타낼 수 있도록 구성하였다. 또한 정밀한 바코드 영역의 추출을 위해 그레이 스케일 프로젝션과 부화소 처리를 사용하였으며, 마지막으로 역 투시변환을 적용하여 ROI 영역을 정규화 하였다. 실험을 통해 제안된 방법이

사용의 편리성, 범용성, 조명에 대한 안정성 및 처리시간의 최적화 등 알고리즘에 대한 요구사항을 충분히 만족하는 것을 알 수 있었으며, 유통이나 물류, 공장자동화 등에서 2차원 바코드의 사용을 확대하는데 크게 기여할 수 있을 것이라 기대된다.

추후 연구사항으로는 현재 제작중인 목표시스템의 하드웨어를 완성하고 제안된 알고리즘을 탑재하여 시스템을 통합하는 것과, 현재 QR-코드에 대한 후처리를 다양한 2차원 바코드에 대해서 구현하는 것 등이 있다.

### 참 고 문 헌

[1] ISO/IEC 18004:2000, "Information technology: Automatic identification and data capture techniques - Bar code symbology - QR Code."

[2] AIM, 1996, "International Symbology Specification: Maxicode."

[3] ISO/IEC 16022, "Information technology - International symbology specification: Data matrix."

[4] ISO/IEC 15438:2001, "Information technology: Automatic identification and data capture techniques - Bar code symbology specifications - PDF417."

[5] A. K. Jain and Y. Chen, "Bar Code Localization Using Texture Analysis," Proc. IEEE, pp.41-44, October 1993.

[6] E. Joseph and T. Pavlidis, "Bar Code Waveform Recognition Using Peak Locations," IEEE Trans. on PAMI, Vol.16, No.6, June 1994.

[7] N. Normand and C. Viard-Gaudin, "A Two-Dimensional Bar Code Reader," IEEE, 1994.

[8] R. Muniz, L. Junco and A. Otero. "A Robust Software Barcode Reader Using the Hough Transform," In Proc. of 1999 International Conference on Information Intelligence and Systems, pp.313-319, IEEE, IEEE Computer Society Press, 1999.

[9] D. G Bailey, "Super-resolution of bar codes," Journal of Electronic Imagine, 10(1), pp.213-220, Jan. 2001.

[10] 김승진, 정윤수, 김봉석, 원종운, 원철호, 조진호, 이건일, "화소의 기울기와 레이블링을 이용한 효율적인 바코드 검출 알고리즘", 한국정보처리학회논문지D, 제10D권 7호, pp.1171-1176,

2003.

[11] 박문성, 김진석, 김혜규, 정희경, "소포 자동식별을 위한 바코드 관심영역 고속 추출에 관한 연구", 한국정보처리학회논문지D, 제9D권 5호, pp.915-924, 2002.

[12] E. Ottaviani, A. Pavan, M. Bottazzi, E. Brunclli, F Caselli and M. Guerrero, "A Common Image Processing Framework for 2D Barcode Reading," Image Processing and Its Applications, Conference Publication No.465, IEE, pp.652-655, 1999.

[13] E. Ohbuchi, H. Hanaizumi and L. A. Hock, "Barcode Readers using the Camera Device in Mobile Phones," Proceedings of the 2004 International Conference on Cyberworlds, pp.260-265, Nov. 2004.

[14] H. Hahn, and J. K. Joung, "Implementation Algorithm to Decode Two-Dimensional Barcode PDF-417," IEEE Computer, pp.1791-1794, Vol.2, June 2002. Proceedings of the 6th IEEE International Conference on Signal Processing, 2002.

[15] T. Pavlidis, "A New Paper/Computer Interface: Two-Dimensional Symbologies," IEEE Computer, pp.145-151, Vol.2, Jun. 2000.

[16] R. Haralick and L. Shapiro, Computer and Robot Vision, Addison Wesley, 1993.

[17] F. Preparata and M. Shamos, Computational Geometry, An Introduction, Springer-Verlag, 1987.

### 최 영 규



e-mail: ykchoi@kut.ac.kr  
 1989년 경북대학교 전자공학과 (학사)  
 1991년 KAIST 전기 및 전자공학과 (공학석사)  
 1995년 KAIST 전기 및 전자공학과 (공학박사)

1995년~1999년 LG산전연구소 영상연구실 선임연구원  
 1999년~현재 한국기술교육대학교 정보기술공학부 부교수  
 관심분야: 영상 인식, 그래픽스, 표면 모델링, 가상현실, 등