

바 코드의 열 동질성을 이용한

시각적인 인쇄 오류가 있는 바 코드 검출 방법

이승재⁰ 김창화
강릉대학교 컴퓨터공학과
(silverree⁰, kch)⁰@kangnung.ac.kr

Visually Misprinted Bar Code Detection Method

Using the Column Homogeneity of Bar Code

Lee, Seung-jae⁰ Kim, Chang-hwa
Dept. of Computer Engineering, Kangnung National University

요 약

본 논문에서는 바 코드리더로 그 정보를 읽어 낼 수 있지만, 시각적인 인쇄오류가 있는 바 코드를 고속으로 검출해 내는 방법을 제안한다. 바 코드는 해당 제품의 제품정보 및 키를 저장하기 위하여 주로 사용되어 왔다. 근래에 들어 바 코드의 활용범위가 점점 넓어지게 되면서 잘못 인쇄된 바 코드로 인하여 차후에 발생할 수 있는 시간적 경제적 손실을 줄이기 위하여 인쇄된 바 코드가 공장에서 나가기 전에 바 코드가 정확하게 인쇄되었는지를 검사하는 것이 중요하게 되었다. 특히 상품이 아니라 고객카드와 같이 바 코드 소유자의 정보를 저장하는 수단으로도 활용하는 경우는 개인이 자신의 카드를 소지하게 되므로 바 코드에 담겨있는 정보도 중요하지만 바 코드의 인쇄상태 또한 중요하다. 이는 바 코드리더로 제대로 읽혀진 다 하더라도 시각적인 인쇄오류가 있는 경우 해당 고객으로부터 불만을 사게 되고 새 카드로 교체를 요구 받게 되기 때문이다. 이 경우 회사의 이미지 실추는 물론 카드 교체에 따른 시간적 경제적 손실을 보게 된다. 이에 본 논문에서는 바 코드의 높이가 모두 동일한 1차원(선형)바 코드를 대상으로 바 코드의 열 동질성을 이용한 시각적인 인쇄오류가 있는 바 코드를 검출해 내는 방법을 제안한다.

1. 서 론

오늘날 사용되는 바 코드는 1930년대부터 사용되기 시작하여 지금은 전 산업계에서 널리 사용되고 있다. 대부분의 바 코드는 제품에 직접 인쇄되어 해당 제품의 정보 및 키를 저장하는데 사용되어 왔다. 최근 들어 바 코드의 활용범위가 점점 늘어나면서 잘못 인쇄된 바 코드로 인하여 차후에 발생할 수 있는 시간적 경제적 손실을 줄이기 위하여 인쇄된 바 코드가 공장에서 나가기 전에 바 코드가 정확하게 인쇄되어 있는지를 검사하는 것이 중요하게 되었다[1]. 특히 고객카드와 같이 해당 고객의 정보를 카드에 바 코드 형태로 인쇄하여 개인이 그 카드를 소지하는 경우 바 코드에 시각적인 인쇄오류가 있으면 고객은 카드의 교환을 요구하게 되고 이 경우 회사의 이미지 실추 및 카드 교환에 따른 시간적 경제적 손실을 볼 수밖에 없다.

이러한 손실을 최소화하기 위하여 바 코드 인쇄 시 바 코드의 열 동질성을 이용하여 시각적인 인쇄오류를 가진 바 코드를 검출해 내는 방법을 소개한다.

제 2 장에서는 바 코드 인식에 관한 현재의 연구 동향 및 본 연구의 배경을 살펴보고, 제 3 장에서는 시각적인 인쇄오류를 가진 바 코드를 검출해 내는 구체적인 방법에 대하여 알아본다. 제 4 장에서는 본 방법의 결과와 성능을 분석해 보고, 제 5 장에서는 본 방법의 응용분야와 향후 연구방향에 대하여 알아본다.

2. 연구 동향 및 배경

현재 바 코드의 판독 및 검증에 관한 연구들은 1차원 바 코드에서 2차원 바 코드에 이르기까지 많은 분야의 연구가 이루어져 왔다.

바 코드를 판독하기 위하여서는 먼저 CCD 등의 입력 장치를 이용하여 해당 이미지를 획득한 후 바 코드가 인쇄된 부분의 영역을 추출하여 바 코드의 기울기를 보정한 후 판독 및 검증 절차에 들어가게 된다. 이러한 일련의 과정들은 이미 많은 연구를 통하여 상당한 수준에 까지 올라와 있는 상태이다[2,3,4,5].

하지만 대부분의 연구들은 획득한 바 코드 이미지에서 바 코드의 정보를 정확하게 읽어 내기 위한 분야에 치중되어 있어 바 코드리더로 판독은 가능하지만 시각적인 인쇄오류를 가진 바 코드를 검출해 내는 방법에 관한 연구는 전무한 실정이다. 이는 제품에 인쇄되어 있는 바 코드는 그 제품의 정보만을 정확하게 가지고 있으면 그 역할을 다 하는 것이기 때문에 오로지 정확하게 읽는 방법에 대한 연구에 치중했기 때문일 것이다.

그러나 근래 들어 고객카드와 같이 사람이 소지하는 카드에 바 코드로 고객의 정보를 저장시키는 경우에는 바 코드에 저장된 정보를 정확하게 읽어 내는 것도 중요하지만 바 코드의 인쇄상태도 중요하게 되었다. 고객카드에 인쇄된 바 코드는 어느 정도 훼손되어 있어도 바 코드리더로는 판독이 가능하지만 고객이 시각적으로 보았을 때는 인쇄오류로 인한 불만을 제기하며 카드의 교

체를 요구할 수도 있기 때문이다. 이런 경우 기업의 신뢰도가 실추됨을 물론이고 카드 재발급에 따른 시간적 경제적 비용도 기업에서 부담해야 한다.

이러한 경우 고객의 만족도와 추가적인 비용을 줄이기 위하여, 바 코드는 단순히 정보를 저장하는 기능뿐만 아니라 인쇄상태에 따른 시각적인 만족도도 보장되어야 한다. 이러한 요건을 충족시키기 위하여 바 코드리더로는 판독이 가능하지만 시각적인 인쇄오류를 가지는 바 코드 검출 기법이 필수적인 요소라 하겠다.

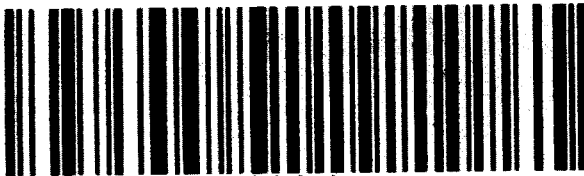
획득한 영상에서 바 코드 영역을 찾아내고 인식의 편의를 위하여 필요한 각도로 회전시키는 방법은 이미 연구가 되어 있으므로 본 논문에서는 이러한 부분은 언급하지 않고 단지 바 코드리더로는 읽혀지지만 시각적인 인쇄오류를 가진 바 코드를 검출하는 방법에 대해서만 다루도록 하겠다.

3. 시각적인 인쇄오류를 가진 바 코드 검출

이 장에서는 제 2 장에서 언급한 바와 같이 바 코드의 열 동질성을 이용하여 바 코드리더로는 읽혀지지만 시각적인 인쇄오류를 가진 바 코드를 검출하는 구체적인 방법에 대하여 알아보도록 하겠다.

3.1 시각적인 인쇄오류를 가진 바 코드의 종류

바 코드의 인쇄오류는 여러 가지 형태가 있으나 제 2 장에서 언급한 바와 같이 ROI(Region Of Interest)에 해당하는 바 코드 영역을 적절히 얻었다는 전제를 한다면 [그림 1](b)와 같이 검게 인쇄되어야 할 부분이 회색 남아있었다가 회색 남아있어야 할 부분이 검게 인쇄된 두 가지로 분류할 수 있다.



(a) 정상인 바 코드



(b) 시각적인 인쇄오류를 가진 바 코드

[그림 1]

3.2 시각적인 인쇄오류 검출 방법

[그림 2]와 같이 입력된 바 코드의 폭을 w , 높이를 h 라 하고 각 좌표 (x, y) 의 값을 $I_{x,y}$ 라 하자. 이 때 모든 $I_{x,y}$ 는 이치화(binanzation)를 이용하여 해당 점이 검은 색이면 0, 흰색이면 1의 값을 취한다.

바 코드의 열 동질성이라 함은 위와 같이 이치화된 바 코드 이미지에서 임의의 한 열을 택했을 때 해당 열의

모든 점에서 I 값이 동일하다는 의미이다. 이를 수식으로 표현하면 모든 m 과 n 에 대하여 다음과 같다.

$$I_{x,m} = I_{x,n} \quad (1 \leq x \leq w, 1 \leq m \leq h, 1 \leq n \leq h)$$

A_x 는 각각의 x 에 대하여 y 방향으로 모든 y 에 대한 논리합으로, M_x 는 모든 y 에 대한 논리곱으로 표시하면

$$A_x = I_{x,1} + I_{x,2} + \dots + I_{x,h-1} + I_{x,h} \quad [\text{수식 1}]$$

$$M_x = I_{x,1} \times I_{x,2} \times \dots \times I_{x,h-1} \times I_{x,h} \quad [\text{수식 2}]$$

와 같이 된다.

이제 A_x 와 M_x 를 각각의 x 에 대하여 서로 논리적 배타함을 $E_{(0)x}$ 라 하면

$$E_{(0)x} = A_x \oplus M_x \quad [\text{수식 3}]$$

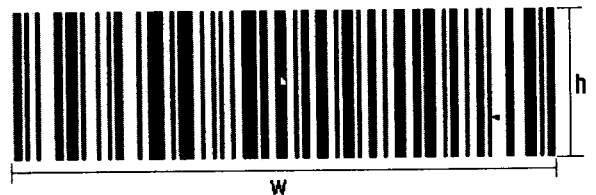
와 같이 되면 이상적으로 정확하게 인쇄되어 있을 경우 바 코드의 열 동질성으로 인하여 모든 x 에 대하여 $A_x = M_x$ 이므로 모든 x 에 대하여 $E_{(0)x} = 0$ 이 된다. 그러므로

$$\sum_{x=1}^w E_{(0)x} = 0$$

이면 해당 바 코드는 인쇄오류가 없는 정상적인 바 코드이고 그렇지 않으면 시각적인 인쇄오류가 있는 바 코드로 분류할 수 있다.

그러나 실제적으로 바 코드가 위와 같은 이상적인 상태로 존재하기도 어렵고 이미지를 획득하는 과정에서 발생할 수 있는 노이즈에 의하여 흰색과 검은색의 경계에서 $A_x \neq M_x$ 인 x 가 존재한다. 그러므로 $E_{(0)}$ 를 그대로 사용한다면 거의 모든 바 코드가 인쇄오류를 가진 바 코드로 분류될 것이다. 또한 사람이 인지하기 어려운 작은 오류는 정상적인 바 코드로 분류해야 하므로 적절한 범위 내의 오류를 지닌 바 코드는 정상적인 바 코드로 분류해야 한다.

3.2 절에서는 오류의 허용 범위를 정하여 허용 범위 내의 오류를 가지는 바 코드를 정상적인 바 코드로 분류하는 방법에 대하여 알아보도록 하겠다.



[그림 2]

3.3 허용 범위 내의 오류를 가진 바 코드 검출

[수식 1]과 [수식 2]에서 $A_x \neq M_x$ 이면 오류가 존재하는 y 값, 즉 오류가 어느 행에 존재하는지 알 수 없으나 x 번째 열에서 오류가 있음을 알 수 있다. 즉 [수식 3]에서 $E_{(0)x} = 1$ 이면 x 번째 열에 오류가 있다고 말할 수 있다.

연속되는 $E_{(0)x} = 1$ 의 크기가 크면 바 코드 상에 커다란 인쇄오류가 있는 것이고 작으면 작은 인쇄오류가 있

는 것이다. 허용 범위 내의 오류를 가진 바 코드를 정상적인 바 코드로 분류하기 위하여 논리식 [수식 4]를 정의하도록 하겠다.

$$E_{(n)1} = E_{(n-1)1}, (n \geq 1, 2 \leq x \leq w)$$

$$E_{(n)x} = E_{(n-1)x-1} \times E_{(n-1)x} \quad \text{[수식 4]}$$

모든 $E_{(n)x}$ 는 $E_{(n-1)x}$ 를 이용하여 재귀적인 방법으로 구할 수 있다. $E_{(n)x}$ 에서 연속되는 1의 크기는 0보다 크거나 같은 범위 내에서 항상 $E_{(n-1)x}$ 에서 연속되는 1의 크기보다 1 만큼 작게 된다. 그러므로 오류의 허용 범위를 t 라 하면

$$\sum_{x=1}^w E_{(t)x} = 0 \quad \text{[수식 5]}$$

이런 해당 바 코드는 정상적으로 인쇄된 바 코드라 할 수 있고 아닌 경우 인쇄오류를 가진 바 코드로 분류할 수 있다.

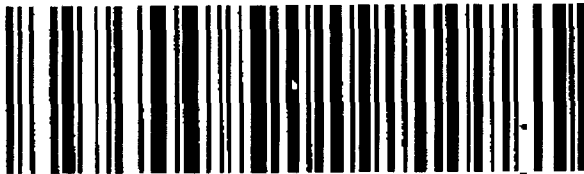
위와 같이 간단한 논리식과 산술식만으로 인쇄오류를 가진 바 코드를 검출할 수 있다.

4. 결과 및 성능분석

지금까지 바 코드의 열 동질성을 이용한 시각적인 인쇄오류를 가지는 바 코드의 검출 방법에 대하여 구체적으로 살펴보았다. 이번 장에서는 본 방법의 결과와 성능을 분석해 보겠다.

4.1 결과

지금까지 알아본 방법을 이용하여 [그림 1](b)를 입력 영상으로 사용하여 바 코드의 시각적인 인쇄오류를 검출한 결과를 [그림 3]에 나타내었다.



[그림 3]

위의 결과는 [그림 1](b)를 이치화한 이미지로 흰색과 검은색의 경계면에서 노이즈가 검출됨을 알 수 있다. [수식 5]에서 $t=1$ 로 하여 $E_{(1)}$ 으로 시각적인 인쇄오류를 검출한 결과 시각적인 인쇄오류가 발생한 열의 위치가 [그림 3]의 하단부에 작은 점들로 표시되어 있다.

[그림 1](b)는 시각적인 인쇄오류가 있음에도 불구하고 바 코드리더로는 읽혀지지만, 바 코드의 열 동질성을 이용하여 시각적인 인쇄오류를 정확히 검출하는 것을 보았다.

4.2 성능분석

본 논문에서 제시한 방법을 실험하는데 사용된 컴퓨터 환경은 [표 1]과 같다.

또한 실험에 사용된 바 코드의 크기는 픽셀단위로

414×117 이며 수행하는데 걸리는 시간은 하나의 바 코드 이미지당 평균 1845 μ s 가 걸렸다. 이는 매우 빠른 수행속도로 초당 500 개 이상의 바 코드를 검사할 수 있다.

[표 1]

구분	사양
CPU	PIII 550MHz × 2
RAM	1GB
OS	Linux version 2.4.18-14SMP
Priority	0

5. 응용분야 및 향후 연구방향

지금까지 바 코드의 열 동질성을 이용하여 바 코드리더로는 읽혀지지만 시각적인 인쇄오류를 가지는 바 코드를 검출하는 방법과 그 결과 및 성능을 알아보았다.

바 코드 관련 기술의 발달로 바 코드의 상당 부분이 훼손되어 있더라도 바 코드리더로 읽을 수 있게 되었다. 하지만 바 코드의 활용 범위가 넓어지면서 바 코드에서 정확하게 정보를 읽어내는 것뿐만 아니라 바 코드의 인쇄상태 또한 중요한 경우가 발생하기도 한다. 중요도가 높으면서도 개인이 소지하는 물건의 경우가 특히 그렇다 하겠다. 이와 같이 바 코드에 저장되어 있는 정보뿐만 아니라 그 인쇄상태 또한 중요한 고객카드, 수표 등에 바 코드를 인쇄할 경우 시각적인 인쇄오류를 가지는 바 코드를 검출하기 위하여 본 논문에서 제시한 방법을 사용할 수 있을 것이다.

지금까지 단순한 1차원 바 코드를 대상으로 바 코드의 열 동질성을 이용하여 바 코드리더로는 읽을 수 있지만 시각적인 인쇄오류를 가지는 바 코드 검출 방법과 그 결과에 대하여 알아보았다. 본 논문에서 제시한 방법은 간단하고 그 성능이 매우 뛰어나기는 하지만 4-state 바 코드나 2차원 바 코드와 같은 경우에는 적용할 수가 없다는 단점이 있다. 이와 같은 4-state 바 코드와 2차원 바 코드에 대한 시각적인 인쇄오류 검출 방법을 향후 연구 과제로 남기며 결론을 맺고자 한다.

[참 고 문 헌]

- [1] AMI Inc., "Bar Code Quality Control - Why Verification", <http://www.aimglobal.org/technologies/barcode/>, 2002.
- [2] 박문성, 정운수, 진병운, 이용준, "다량 우편물의 자동 구분처리 향상을 지원하기 위한 고객 바코드 검증시스템 개발", 정보과학회 2001년 추계학술대회, 제28권 제2호, pp.331-333, 2001. 10.
- [3] 박문성, 최호석, 김진석, 김혜규, "CCD 기반 바코드 관심대상영역 고속 추출에 관한 연구", 정보처리학회 2002년 춘계학술대회, 제9권 제1호, pp.1103-1106, 2002. 4.
- [4] 최호석, 박문성, 정운수, 이용준, 박영태, "블록 텍스처를 사용한 우편물 영상에서 바코드 영역 추출 기법", IPIU2002, 제14권 제1호, pp.119-122, 2002. 1.
- [5] 최호석, 정운수, 박문성, 이용준, 박영태, "웨이블릿 도메인에서 바코드영역 추출 기법", 정보과학회 2001년 추계학술대회, 제28권 제2호, pp.448-450, 2001. 10.