DBpia

논문 16-41-08-09 The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences '16-08 Vol.41 No.08
http://dx.doi.org/10.7840/kics.2016.41.8.911

업샘플링을 통한 바코드 이미지 인식 성능 개선

안 희 준°, 도 딴 뚜안*

An Improved Recognition Technique for Bar Code Images Using Upsampling

Heejune Ahn°, Do Thanh Tuan*

요 약

최근 이미지기반 바코드 인식 시스템의 활용도가 커지고 있으나, 촬영된 바코드영역의 유효해상도가 낮은 경우 인식률이 현저하게 저하된다. 본 논문에서는 낮은 유효해상도에서도 인식률을 향상시킬 수 있는 업샘플링을 통한 부화소-레벨 동기화 방법을 제안한다. 표준 ITF-18 포맷에 대한 실험결과 VGA (640x480)급, CIF (320x240)인 영상에서 기존방식과 비교하여 각각 66%, 100%의 인식률 증가를 확인 하였다.

Key Words : Barcode image, recognition, Image processing, up-sampling, synchronization, ITF-18

ABSTRACT

Recently barcode detection using a camera is popular, but the recognition performance is low at the effectively low-resolution. The paper propose sub-pixel synchronization technique for better recognition performance. The experiments with ITF-18 demonstrates its performance gain (66% for CIF, 100% for VGA) against the existing recognition algorithms.

Ⅰ. 서 론

바코드를 사용한 사물인식방법은 20자리 내외의 숫자를 바와 같은 기하학적인 형태로 표현하여 기계적인 인식이 쉽도록 하는 방식으로, 1980년대에 개발되어 현재 마트 등에서 많은 공산품의 물류방법으로 사용하고 있다[1-4]. 1차원 바코드는 UPC, EAN, ITF 등이 사용되고 있고, 2차원 방식은 QR code, data matrix, PDF41등 다수의 포맷이 존재하나, 기본적인 인식 방식은 유사하다.

바코드 인식 시스템은 과거에는 적외선 스캐너가 대부분이었으나, 최근에는 영상기반 방식을 주로 사용하고 있다[3,4]. 그러나, 영상기반 인식을 하는 경우에는 확보되는 영상의 특성에 따라 인식성능이 차이가 많이 나는 것을 볼 수 있다. 고르지 못한 조명상태, 바코드 형태의 왜곡, 카메라의 성능, 먼지나 낙서 등에 의한 바코드의 훼손 등이 주요한 인식률의 저하의 원인이다. 최근 사용되는 바코드는 점차로 정보량이 증대되어, 심볼의 밀집도가 증가되고 있어서 충분한 해상도를 확보하기 힘든 경우가 발생한다.

Ⅱ. 기존 이미지 바코드 인식 방식

1차원 바코드 인식 방식은 구현마다 차이가 있을 수 있으나, 일반적으로 (예, ZXing) 다음 Fig. 1과 같은 절차를 따른다[4].

Ⅲ. 제안 방법

전체 영상의 해상도와 인식대상인 바코드영역의 해상도의 차이를 구분하기 위해, 유효해상도라는 기준을 식 (1)로 정의한다.

$$\text{유효해상도} = \frac{\text{해상도} \cdot \text{점거비율}}{\text{심볼당단위길이} \cdot \text{심볼수}} \quad (1)$$

바코드 인식은 통신시스템의 수신기와 유사하기 때문에, 유효해상도가 한 화소이상 이면 인식이 가능하다고 생각할 수 있으나, 실제로는 바의 경계와 획득되는 영상의 화소 간의 동기화가 되지 않기 때문에 이보다 많은 수의 샘플링이 필요하다. 그러나, 샘플링이

※ 본 연구는 서울과학기술대학교 이 연구는 서울과학기술대학교 교내연구비의 지원으로 수행되었습니다(2016-0832)
°First & Corresponding Author : SeoulTech, Dept. of Electrical and Information Eng., heejune@seoultech.ac.kr, 종신회원
* SeoulTech, Dept. of Electrical and Information Eng., tuan.back@gmail.com
논문번호 : KICS2016-07-140, Received July 7, 2016; Revised July 23, 2016; Accepted July 25, 2016

www.dbpia.co.kr

1. 입력영상을 밝기영상으로 변환

$$I_Y(n,m) \leftarrow I_{RGB}(n,m) \quad (2)$$

2. 컨트라스트 평활화

$$I_Y^e(n,m) \leftarrow histEq(I_Y(n,m)) \quad (3)$$

3) 스캔라인 이진화

$$r_{BW}(n) \leftarrow \begin{cases} 1 & (I_Y^e(n,m_s) > T) \\ 0 & (I_Y^e(n,m_s) > T) \end{cases} \quad (4)$$

4) 시작, 끝, digit 패턴에 해당하는 연속적인 black 과 white 픽셀을 계수

$$c(i) \leftarrow \text{num of successive valued pixels } r_{BW}(x) \quad (5)$$

5) 가장 오차가 작은 digit 패턴 선택

$$cc = \arg\min_p \left(\sum_i^n |c(i) - code_p(i)| \right) \quad (6)$$

$$diff = \sum_i^n |c(i) - code_{cc}(i)| \quad (7)$$

6) 차이가 일정 허용오차 이내인 경우 허용

$$accept\ cc\ if\ diff < T_{diff} \quad (8)$$

그림 1. 전형적인 바코드 인식 방법
Fig. 1. Typical barcode recognition methods

수행된 디지털 영상은 기존에 가지고 있는 해상도 정보를 손실 한 것이 아니기 때문에, 바코드 영상의 제한사항 (일정한 간격, 직선, 검정과 흰색의 이진값으로만 구성)을 고려하면, 원 샘플링 이전의 영상이 가지고 있던 정보를 복원 해낼 수 있다. 이러한 해상도 복원을 지원하기위하여 다음과 같이 기존의 영상처리 과정에 업샘플링 과정을 추가하였다 (본 논문은 선형 보간 방법[5]을 사용)

$$\begin{aligned} I_Y(n,m) \leftarrow & (1-w)\, I_Y(\lfloor n/s \rfloor, \lfloor m/s \rfloor) \\ & + w I_Y(\lceil n/s \rceil, \lceil m/s \rceil) \\ w = & n/s - \lfloor n/s \rfloor \end{aligned} \quad (9)$$

업샘플링 후 이진화를 적용하게 되면 패턴매칭하는 과정에서 부-픽셀단위의 정교한 바의 경계가 찾아지게 된다. 예로서 Fig. 2의 두 이진화 이미지결과를 비교하면 시각적으로도 훨씬 명료한 결과가 나타남을 볼 수 있다.

Ⅳ. 실험방법 및 결과

4.1 비교 실험 환경

비교실험을 위하여 바코드의 대표 오픈소스인 ZXing(버전 3.2)의 Java 구현체의 알고리즘을

그림 2. 부화소 동기화 적용 예 (좌상: 발췌 원본, 좌하: 이진화결과, 우상: 업샘플링 결과 우하: 업샘플링 후 이진화)
Fig. 2. An example of upsampling-subpixels synchronization (top-left: original, top-right: upsampled(x5), bottom-left: binarized low resolution, bottom-right: binarized after upsampled)

Matlab™ 환경으로 포팅 하였고, ZXing에서 자체적으로 제공되는 테스트 이미지를 사용한 테스트를 사용하여, 결과는 동일함을 확인하였다.

본 연구의 실험에 사용하는 영상은 임베디드 환경을 고려하기 위하여 최근에 임베디드 환경에 대표적인 라즈베리파이 2와 라즈베리 카메라를 사용하여, 실험실 환경에서 320x240 (CIF)와 640x480 (VGA) 해상도의 영상으로 확보하였다. Fig. 3은 영상 촬영에 사용한 환경의 모습을 보여주고 있다. 획득하는 영상은 바코드의 영역이 화면전체의 수평축을 기준으로 20%에서 80%까지 다양한 비율을 차지하도록 하였다. HD급 이상의 해상도에서 두방식의 차이가 크게 눈에 뜨이지 않았고 본 연구의 목적이 저해상도의 경우를 가정하고 있기 때문에 CIF과 VGA급 영상인 경우에만 실험하였다.

4.2 실험 결과

Fig. 4에서 보는 바와 같이 성능은 기본 길이 당 5 픽셀 정도가 되면 성능향상은 포화상태에 이르는 것을 확인할 수 있다. 따라서 실험에 사용한 영상의 경우 3-5배 업샘플링이면 충분한 것으로 평가되었다. Table 1에서 5배 업샘플링한 영상을 이진화하여 인식한 결과와 기존의 결과를 비교하였다. 30%대의 인식

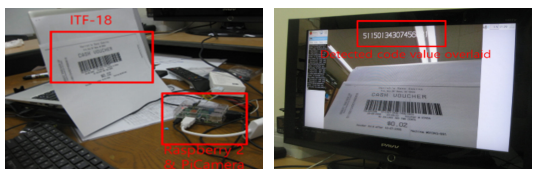

그림 3. 바코드 실험을 위한 임베디드 환경
Fig. 3. Barcode Test Environment for embedded system

www.dbpia.co.kr

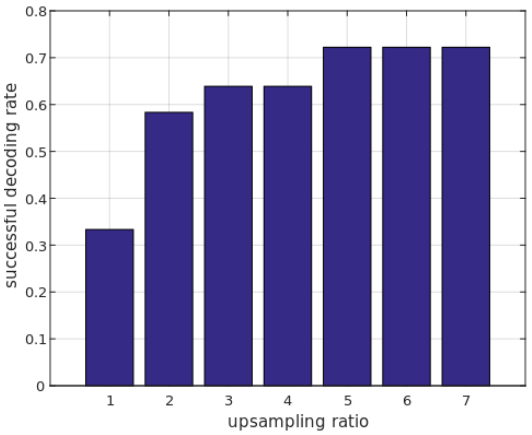

그림 4. 업샘플링 배율에 따른 검출 성공도 비교
Fig. 4. Successful decoding/detection ratio varying upsampling ratio

률을 나타내는 환경에서 두 배 이상의 성능향상을 보였으며, 해상도가 낮은 경우 그 차이가 조금 더 높음을 보이는데 이는 알고리즘의 특성으로 예측할 수 있는 결과이다.

표 1. ITF-18 바코드 인식 결과 (사용 바코드: 51150134307 4560816)
Table 1. ITF-18 barcode detection experiment result (true barcode value: 511501343074560816)

res.	no	previous (ZXing)	proposed (up-sampling)
320x 240	1	236360	23612
	2	31149370	55303
	3	511501343	511501343074560816
	4	511501343074560816	511501343074560816
	5	511501343074560816	511501343074560816
	6	511	5115013430745608
	7	511501343019	51150166730
	8	511501343071560814	511501343074560816
	9	511501343074560816	511501343074560816
	10	511501343044567823	513
	avg.	30%	50%
640x 480	1	52	620
	2	1501343074560816	511501343074560816
	3	1501343074560816	511501343074560816
	4	1	511501343074560816
	5	15013	5115013430745608
	6	5115013430745608	5115013430745608
	7	not detected	not detected
	8	511501343074560816	511501343074560816
	9	511501343074560816	511501343074560816
	10	511501343074560816	511501343074560816
	avg.	30%	60%

V. 결 론

본 연구에서 바코드의 이진영상 특성을 이용하여 저해상도 바코드 영상의 해상도 확장이 가능하며 이를 통한 인식률 향상을 얻을 수 있음을 확인하였다. 정밀도 향상의 원리는 2차원바코드에도 적용될 수 있을 것으로 판단되나. 2차원 방식은 크 세부적인 포맷의 차이로, 본 연구의 원리를 적용하기 위해서는 추가적으로 고려하여야할 사항들이 존재한다. 이러한 이유로 본 논문에서는 구체적인 방법과 실험을 1차원 바코드에 한하여 하였으나, 2차원 바코드에 대한 추가 연구를 진행 중에 있다.

References

[1] T. Pavlidis, J. Swartz, and Y. P. Wang, “Fundamentals of bar code information theory,” *IEEE Computer*, vol. 23, no. 4, pp. 74-86. Apr. 1990.

[2] H. Yang, A. C. Kot, and X. Jiang, “Binarization of low-quality barcode images captured by mobile phones using local window of adaptive location and size,” *IEEE Trans. Image Processing*, vol. 21, no. 1, pp. 418-425, Jan. 2012.

[3] H. S. Kim, K. H. Lee, and J. D. Yoo, “Recognition of width and height modulated barcode printed at arbitrary position for postal service,” *J. KICS* vol. 23, no. 4, pp. 805-814 Mar. 1998.

[4] C. Scheuermann, “Evaluation of barcode decoding performance using zxing library“ in *Proc. 2nd Workshop on Smart Mob. Appl.*, Newcastle, UK, Jun. 2012.

[5] A. V. Oppenheim, A S. Willsky, and S. H. Nawab, *Signals and systems,* Pearson, 2014.

www.dbpia.co.kr