

## 블러와 조명 변화에 강인한 k-means 클러스터링 기반 고속 바코드 정보 추출 방법

김근준 · 조호상 · 강봉순\*

### Robust k-means Clustering-based High-speed Barcode Decoding Method to Blur and Illumination Variation

Geun-Jun Kim · Hosang Cho · Bongsoon Kang\*

Department of Electronic Engineering, Dong-A University, Busan 604-714, Korea

#### 요 약

본 논문에서는 블러와 조명 변화에 강인한 바코드 디코딩 방법을 제안한다. 제안하는 디코딩 방법은 블러에 강인 디코딩과 빠른 연산속도를 위해 블러 영역과 비블러영역을 나누어 임계값을 연산하는 부분 지역 임계값 이진화 방법을 사용하였다. 또한 노이즈 데이터에 의한 인식 실패를 막기 위해서 동일한 엘리먼트 개수를 가지는 라인의 픽셀 너비를 모두 합한 면적 데이터를 이용하여 군집분류를 수행하는 k-means 알고리즘 기반의 디코더를 구현하였다. 다양한 악조건 환경에서 촬영된 샘플을 이용하여 실험 결과, 평균 98.47%로 높은 성공률을 보였으며 3개의 비교 프로그램 보다 성공률이 높았다.

#### ABSTRACT

In this paper presents Robust k-means clustering-based high-speed bar code decoding method to blur and lighting. for fast operation speed and robust decoding to blur, proposed method uses adaptive local threshold binarization methods that calculate threshold value by dividing blur region and a non-blurred region. Also, in order to prevent decoding fail from the noise, decoder based on k-means clustering algorithm is implemented using area data summed pixel width line of the same number of element. Results of simulation using samples taken at various worst case environment, the average success rate of proposed method is 98.47%. it showed the highest decoding success rate among the three comparison programs.

**키워드** : 바코드 디코더, 이진화, 고주파 필터, 영상처리

**Key word** : Barcode Decoder, Binarization, High Pass Filter, Image Processing

접수일자 : 2015. 09. 02 심사완료일자 : 2015. 10. 05 게재확정일자 : 2015. 10. 19

\* **Corresponding Author** Bongsoon Kang(E-mail:bongsoon@dau.ac.kr, Tel:+82-51-200-7703)

Department of Electronic Engineering, Dong-A University, Busan 604-714, Korea

**Open Access** <http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2016.20.1.58>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.  
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

## I. 서론

적은수의 패턴을 이용해 다양한 정보를 포함할 수 있는 바코드는 일상생활뿐만 아니라 제조, 유통 및 다양한 영역의 자동화가 필요한 산업분야에서 그 활용도가 높다. 최근에는 QR code[1]와 같은 2차원 바코드가 등장하여 사용되고 있으나 제조, 유통등의 산업분야에서는 여전히 1차원 바코드가 많이 사용되고 있다[2,3]. 바코드를 인식하는 시스템은 크게 레이저 스캐너를 이용하는 방법과 바코드 영상을 이용하는 방법으로 나뉜다. 레이저 스캐너를 이용하는 방법은 바코드 엘리먼트의 세밀한 데이터 샘플링이 가능하여 인식률이 높고 속도가 빠르다는 장점이 있지만 레이저 스캔 시스템의 구축 단가가 높고 정보를 추출하고자 하는 스캐너의 촬영 거리가 짧고 바코드의 위치가 변할 때 마다 스캐너의 위치 또한 이동시켜줘야 하는 단점이 있다.

최근 영상 처리 연구가 활발해지고 프로그램을 수행하는 프로세서가 발달함으로써 카메라로 촬영된 영상을 이용한 고속 바코드 정보 추출 방법이 연구되었다[4-7]. 이러한 영상을 이용한 방법은 레이저 스캐너를 사용하는 것보다 좀 더 범용적인 환경에서 사용가능하다는 장점이 있지만, 촬영 디바이스와 조명 환경에 따른 영상 품질의 하락문제 때문에 인식률이 떨어지는 단점이 있다. 때문에 바코드 특성을 이용한 신뢰성이 높은 영상을 이용한 바코드 디코딩 알고리즘이 필수적이다.

바코드는 검정색인 바와 흰색인 스페이스 두 가지 엘리먼트로 구성된다. 기존의 방법은 바코드 정보를 추출하기 위해서는 각 엘리먼트의 픽셀 너비를 추출하고 가장 작은 엘리먼트의 픽셀 너비(x-dimension)를 기준으로 샘플링하여 바코드 정보 테이블을 찾아가게 된다[8]. 하지만 블러가 강할수록 x-dimension 엘리먼트의 픽셀 너비를 히스토그램화 했을 때 분포가 집중되지 않고 넓은 분포를 가지게 된다. 때문에 잘못된 샘플링값을 선택할 확률이 높고 결과적으로 디코딩이 실패하게 된다.

본 논문에서는 x-dimension을 이용한 샘플링 방법이 아닌 엘리먼트의 대푯값을 중심으로 군집분류 과정을 수행하는 k-means 알고리즘을 이용하여 바코드 정보 테이블 주소값을 연산하도록 하였다. 또한 각 라인별 디코딩 연산이 아닌 동일 엘리먼트 갯수를 가지는 라인

의 픽셀 너비값을 모두 합한 면적 데이터를 생성하여 이진화 노이즈에 강인한 디코딩 연산이 가능하도록 하였다.

## II. 제안하는 방법

### 2.1. 고주파 필터

디포커싱으로 인한 블러는 바코드 엘리먼트의 경계를 흐리게 만들고 이웃하는 엘리먼트들의 너비와 경계의 블러 강도에 따라 이상적인 엘리먼트 너비보다 좁거나 큰 너비를 가지게 된다. 이로인해 디코딩 연산이 실패하거나 잘못된 정보를 추출하게 된다. 블러에 의한 엘리먼트 경계를 보정하기 위해 고주파 필터를 이용하였다. 그림 1의 (a)는 사용된 고주파 필터 계수, (b)는 필터의 특성 그래프다. 1차원 바코드는 세로 방향으로 같은 패턴이 반복되며 가로 방향으로는 연관성이 적다는 특성에 기초하여 고주파 필터를 설계하였다.

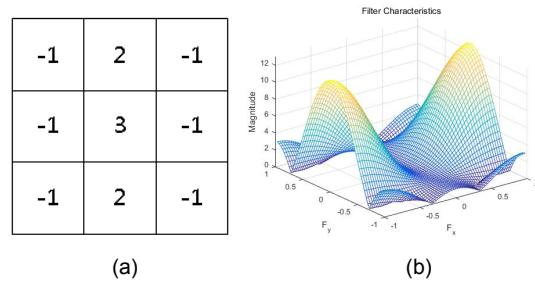
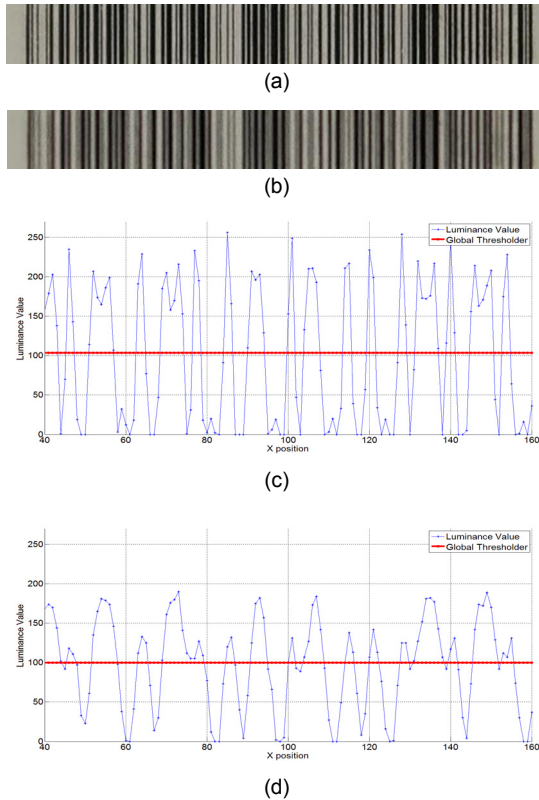


Fig. 1 High pass filter (a) Coefficient of high pass filter (b) High pass filter characteristic

### 2.2. 부분 지역 이진화

촬영된 바코드 영상에서 바코드의 엘리먼트 픽셀 너비를 추출하기 위해서 이진화 연산이 수행되어야 한다. 하지만 촬영 환경의 조명과 디포커싱으로 인해 각 엘리먼트의 휘도값이 노이즈와 같이 균일한 휘도값을 가지지 않게 되거나 엘리먼트 경계 영역에 블러가 발생하게 된다. 그림 2의 (a)는 이상적인 바코드 영상, (b)는 블러가 발생한 바코드 영상, (c)와 (d)는 (a)와 (b)의 일정 범위의 y축 방향 휘도 평균값 그래프이다. 이상적인 영상의 휘도값은 엘리먼트의 최대, 최소값의 분리가 적색선인 영상 휘도 평균값을 기준으로 명확하고 나뉘고 엘리

먼트 경계 부분의 휘도 변화가 큰 것을 알 수 있다. 반면 블러가 발생한 바코드 영상은 엘리먼트의 최대, 최소 휘도값의 분리가 명확하지 않은 것을 확인할 수 있다.



**Fig. 2** Luminance value comparison of the barcode image (a) Ideal barcode image (b) Blur barcode image (c) Y axis luminance value mean of ideal barcode image (d) Y axis luminance value mean of blur barcode image

그림 2의 (b)와 같이 블러가 발생한 바코드 영상에 전역 임계값을 사용하는 이진화 알고리즘을 사용하게 되면 엘리먼트가 명확히 분리 되지 않거나 정보가 손상되게 된다[9]. 이와 같이 전역 임계값 이진화 알고리즘은 속도가 빠르다는 장점이 있으나 불균일 조명 환경과 블러에 약하다는 단점이 있다. 지역 이진화 알고리즘은 불균일 조명 환경에 강인한 방법이나 분할 지역을 세세하게 나눌수록 연산 속도가 기하급수적으로 느려지게 되고 촬영되는 거리와 바코드 크기에 따라 엘리먼트의 픽셀 너비가 변하기 때문에 성능 면에서도 좋은 결과를 얻기 힘들다[10].

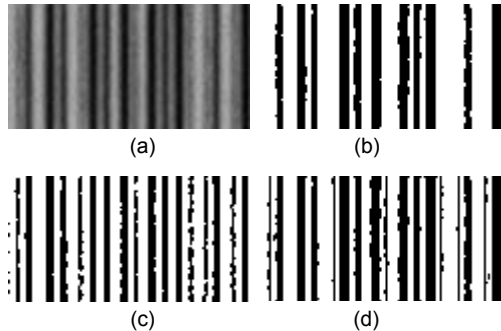
손실되는 엘리먼트 정보를 유지하기 위해서 입력된 바코드 영상의 y축 열 방향 평균값을 이용하여 엘리먼트 유무와 엘리먼트의 중심을 찾아낸다. 바코드 영상에서 엘리먼트의 중심은 휘도값 증감 방향이 변하는 변곡점으로 볼 수 있다. 그림 2의 (c), (d)에서도 볼 수 있듯이 바코드 영상의 평균 휘도값에서 멀어질수록 해당 변곡점과 주변 변곡점과의 휘도값 차이가 커도 같은 엘리먼트일 확률이 높다. 하지만 그림 2의 (d)와 같이 블러 영상에서는 바코드 영상 평균 휘도값 근처의 변곡점은 주변 변곡점 휘도 값과의 차가 크지 않아도 엘리먼트의 중심일 확률이 높다. 때문에 블러 영역과 비블러 영역을 지정하고 각 영역에 대해서 엘리먼트 중심 판단 임계값이 블러 영역에서는 낮고 비블러 영역에서는 임계값이 높도록 하여야 한다. 이상적인 영상일 경우 모든 변곡점들의 최대 휘도값 편차와 표준편차는 커지고 블러가 심할수록 최대 휘도값 편차와 표준편차는 낮아진다. 이러한 특성을 이용하여 블러 영역을 지정한다. 블러 영역 범위 지정은 변곡점의 최대 편차값과 휘도 평균값, 표준편차를 이용하여 블러 영역을 지정하기 위한 파라미터를 연산하는 수식이다. 변곡점들의 평균을 기점으로 상, 하 범위 값 또한 함께 사용한다. 이상적인 영상일 경우 블러 영역이 좁아지고 블러 영상일 경우 블러 영역이 넓어진다.

모든 변곡점 중 1차 엘리먼트 중심점 후보를 추출한다. 이때 변곡점이 속한 영역에 따라 해당 변곡점의 휘도값과 주변 휘도값의 차이가 임계값을 넘어서면 엘리먼트 중심점 후보로 선택된다. 임계값은 블러 영역일 경우 1/4, 블러 영역이 아닐 경우 1/2값으로 하였다. 중심점 후보 변곡점이 추출완료 되면 추출된 중심점 후보들의 변곡점을 추출하여 최종 엘리먼트 중심점을 선정한다.

연산된 블러 영역 내의 엘리먼트 중심점들은 자신과 인접한 다음 중심점까지 두 점의 평균 휘도 값으로 이진화 임계값이 사용되고 블러 영역내의 중심점은 최소한의 엘리먼트 정보를 유지하기 위해서 변곡점간의 방향성을 확인하여 극단적으로 높은 255의 임계값이나 0의 임계값을 사용하도록 하였다. 블러 영역외의 중심점은 영상의 평균 휘도 값이 사용된다.

그림 3은 이진화 결과 영상이다. 그림 3의 (a)는 블러 영상, (b)는 전역 임계값 이진화 영상, (c)는 지역 임계값 이진화 영상, (d)는 부분 지역 임계값 이진화 영상이다.

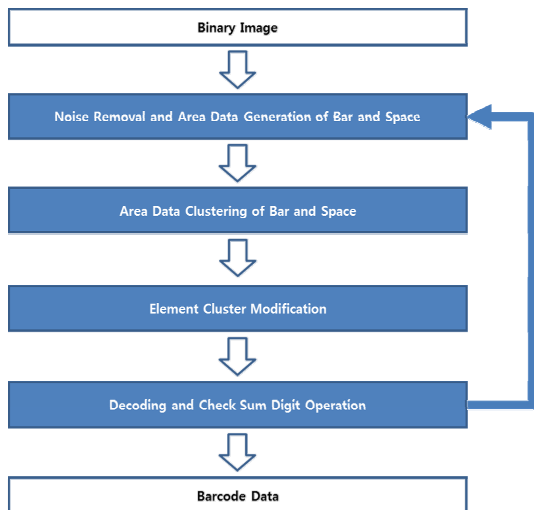
그림 3 (b)와 (c)는 블러에 의해 엘리먼트가 손실되지만, (d)는 엘리먼트가 유지되는 것을 확인할 수 있다.



**Fig. 3** Binary result of blur barcode image (a) A part of blur barcode image (b) Global threshold binarization [6] (c) Local threshold binarization [7] (d) Adaptive local threshold binarization

### 2.3. 바코드 디코딩

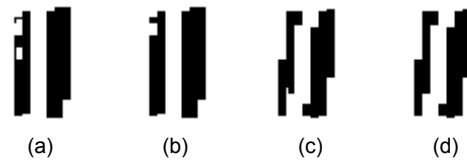
그림 4는 디코딩 연산 흐름도이다. 노이즈 제거 및 엘리먼트의 면적 데이터 생성, 엘리먼트 면적 데이터의 군집분류, 존재하지 않는 주소값과 부적절한 심볼 문자 규격을 수정하는 엘리먼트 소속 군집 수정, 엘리먼트의 군집 정보를 이용하여 디코딩하고 디코딩 된 패턴 정보가 유효한지 판단하는 디코딩 및 오류 체크 연산부로 구성된다.



**Fig. 4** Flowchart of decoder operation

#### 2.3.1. 노이즈 제거 및 면적 데이터 생성

블러가 생성된 바코드 영상을 이진화 하였을 때 엘리먼트의 경계 영역과 엘리먼트 내부에 독립 노이즈가 생성된다. 이러한 노이즈를 제거하기 위해서 픽셀 너비가 가장 작은 엘리먼트인 x-dimension의 절반이하일 경우 노이즈로 판단하여 인접한 엘리먼트와 통합한다. 이때 노이즈 제거 기준이 되는 x-dimension의 픽셀 너비는 바와 스페이스 각각의 히스토그램에 가우시안 분포의 마스크를 적용했을 때 가장 큰 값을 x-dimension 픽셀 너비로 선택하였다. 가우시안 분포의 마스크를 사용하는 이유는 블러의 영향으로 x-dimension 엘리먼트의 히스토그램 분포가 넓어져 단순 히스토그램 최대 값을 선택했을 때 픽셀 너비가 한쪽으로 치우친 값이 선택되는 것을 막기 위함이다. 그림 5의 (a)와 (c)는 노이즈가 발생한 엘리먼트, (b)와 (d)는 노이즈가 제거된 결과이다.



**Fig. 5** Noise correction using x-dimension (a) Noise pattern 1 (b) Correction result of (a) (c) Noise pattern 2 (d) Correction result of (c)

노이즈가 제거된 후 엘리먼트의 개수가 동일한 라인들의 픽셀 너비 값을 합하여 픽셀 너비의 면적 데이터를 생성한다. 이때 가장 많은 라인의 픽셀 너비를 합한 면적 데이터가 가장 높은 디코딩 우선순위를 가지게 된다. 만약 디코딩 연산이 실패할 경우 다음 우선순위의 면적 데이터가 디코딩 연산에 사용된다.

#### 2.3.2. 엘리먼트 면적 데이터의 군집분류

면적 데이터의 최솟값과 최댓값 사이를 균등하게 4 구간으로 나누어 각각의 영역에서 x-dimension을 추출했던 방법으로 각 영역의 중심값을 추출한다. 엘리먼트의 면적 데이터는 가장 가까운 중심값이 속한 군집으로 분류되고 모든 엘리먼트의 군집분류 연산이 끝나면 새로운 중심값을 연산하게 된다. 이러한 과정을 중심 값이 변하지 않을 때까지 수행하게 되는데 제안하는 방법은 연산 속도를 위해 최대 정해진 횟수만큼만 군집분류 연산을 수행하도록 하였다.

그림 6은 엘리먼트 면적 데이터의 군집분류 결과이다. 그림 6의 (a)는 x-dimension을 이용한 샘플링, (b)는 k-means 알고리즘을 이용한 군집분류 방법 결과이다. 그림 6의 (a)는 x-dimension과 면적 데이터의 비율이 맞지 않아 잘못된 엘리먼트 군집이 생성되었고, (b)는 면적 데이터가 각 군집에 맞게 소속되어있는 것을 볼 수 있다.

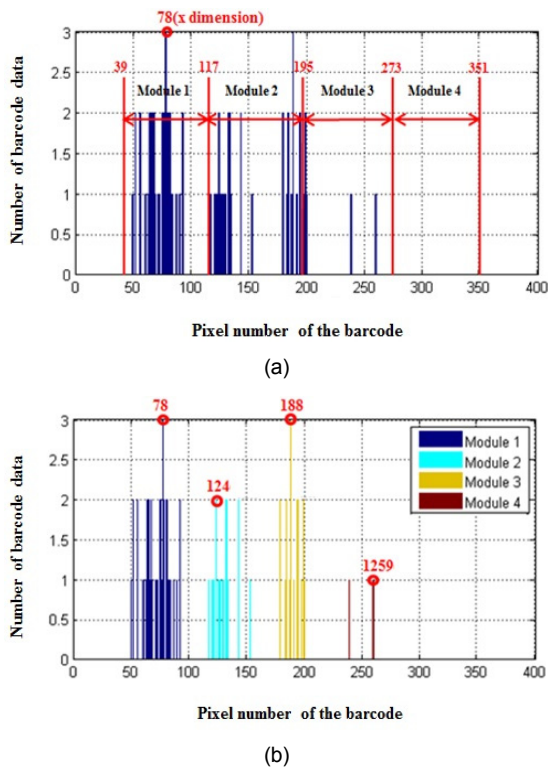


Fig. 6 Clustering of Area data histogram (a) Result of x-dimension sampling (b) Result of k-means Clustering

2.3.3. 엘리먼트 소속 군집 수정

군집분류가 끝난 엘리먼트는 다수의 엘리먼트와 조합되어 바코드 정보 테이블의 주소값인 심볼로 만들어진다. 하지만 블러에 의해 심볼 규격과 다르거나 존재하지 않는 심볼값일 경우 엘리먼트의 군집을 수정한다.

수정되는 엘리먼트는 현재 속한 군집의 중심값과 인접한 다른 군집의 중심값과의 차이가 가장 작은 엘리먼트가 선택되어 다른 군집으로 이동하게 된다.

2.3.4. 디코딩 및 오류 체크 연산

최종 군집 수정 과정을 거친 후 엘리먼트 군집정보 조합인 심볼을 주소값으로 사용하여 바코드 정보 테이블에 접근하여 디코딩 연산을 수행하게 된다. 이때 바코드 정보에 포함된 패리티 오류 체크 연산을 통과하지 못했을 경우 바코드 정보 추출에 실패하게 된다. 만약 바코드 정보 추출에 실패하게 되면 다음 우선순위의 엘리먼트 면적 데이터를 이용하여 디코딩 과정을 반복 수행한다. 그림 7은 디코딩 구조에 대한 블록 다이어그램이다.

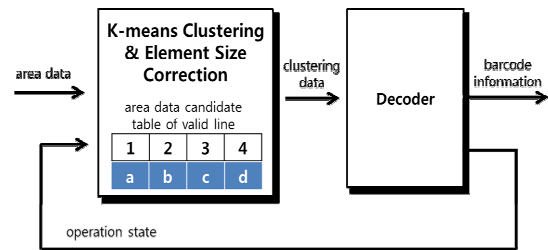


Fig. 7 Background removal of ROI candidate image

III. 실험 결과

표 1은 디코딩 실험 결과이다. 실험에 사용된 바코드 종류는 디코딩 복잡도가 높은 code-128을 사용하였다. 바코드에 포함된 정보는 테이블 스위칭 정보와 패리티 비트 데이터를 제외하고 25개의 문자를 가지고 가장 작은 엘리먼트인 x-dimension의 너비는 0.125mm로써 복잡도가 높은 샘플을 사용하였다. 다양한 환경에서 디코더의 성능을 테스트하기 위해서 휴대폰과 디지털 카메라로 설정을 달리하여 샘플영상을 촬영하였다. set 1은 총 40개의 샘플로 휴대폰의 자동 모드 설정하여 바코드와의 거리를 10cm부터 50cm까지 조절하여 촬영하였다. set 2는 총 56개의 샘플로 디지털 카메라의 자동 모드로 촬영하였고 set 3은 총 109개의 샘플로 디지털 카메라의 노출, 셔터 스피드를 사용자가 조절하여 촬영하였다. sample set 4는 총 56개의 샘플로 sample set 3과 같은 촬영 환경에 조명 변화를 추가하여 촬영한 영상이다. 디지털 카메라는 영상의 해상도가 크기 때문에 촬영 거리를 60cm에서 80cm까지 먼 거리에서 촬영하여 알고리즘 성능을 비교하였다. 비교대상의 프로그램은

오픈 소스 프로그램인 Z bar[6]와 공개 상용 프로그램인 Barcode reader[11], On barcode[12]를 사용하였다. 테스트 결과 Z bar는 78.54%, barcode reader 78.54%, on barcode 94.64% 제안하는 방법은 98.47% 인식률로 제안하는 방법이 가장 높은 인식률을 보였다.

barcode reader, on barcode 3개의 비교 프로그램 중 가장 높은 디코딩 성공률을 보였으며 평균 98.47%로 높은 성공률을 보였다. 때문에 제안하는 디코딩 방법은 사용되는 환경에 따른 적절한 튜닝을 거친다면 자동화와 같은 높은 신뢰성이 필요한 환경에 범용적으로 적용 가능할 것으로 생각된다.

Table. 1 Decoding result

sample	program	number of sample	true positive	false negative	true positive rate
set 1	Z bar	40	29	11	72.50%
	Barcode reader		33	7	82.50%
	On Barcode		36	4	90.00%
	Proposed Method		39	1	97.50%
set 2	Z bar	56	49	7	87.50%
	Barcode reader		49	7	87.50%
	On Barcode		52	4	92.86%
	Proposed Method		56	0	100.00%
set 3	Z bar	109	80	29	73.39%
	Barcode reader		85	24	77.98%
	On Barcode		108	1	99.08%
	Proposed Method		108	1	99.08%
set 4	Z bar	56	47	9	83.93%
	Barcode reader		38	18	67.86%
	On Barcode		51	5	91.07%
	Proposed Method		54	2	96.43%
average	Z bar	261	205	56	78.54%
	Barcode reader		205	56	78.54%
	On Barcode		247	14	94.64%
	Proposed Method		257	4	98.47%

#### IV. 결 론

본 논문에서는 블러와 조명 변화에 강인한 디코딩 방법을 제안하였다. 빠른 연산 속도와 블러에 의한 엘리먼트 정보 소실이 발생하지 않도록 블러 영역과 비블러 영역을 나누어 임계값을 연산하는 부분 지역 임계값 이진화를 제안하였다. 또한 x-dimension을 이용한 샘플링 방법이 아닌 동일한 엘리먼트 개수를 가지는 라인의 픽셀 너비를 모두 합한 면적 데이터를 이용하여 군집분류를 수행하는 k-means 알고리즘 기반의 노이즈에 강인한 디코더를 제안하였다. 총 261장의 다양한 악조건 환경에서 촬영된 샘플을 이용하여 실험한 결과 z bar,

#### ACKNOWLEDGMENTS

This paper was supported by research funds from Dong-A University

#### REFERENCES

[ 1 ] ISO/IEC Std. 18004, Automatic Identification and Data Capture Techniques - Bar Code Symbology - QR Code, 2000.

[ 2 ] W. Chen, "A novel barcode system for intelligent automation industry", *International Conference on Advanced Robotics and Intelligent Systems*, pp. 1-6, May. 2015.

[ 3 ] N. Liu, X. Zheng, H. Sun, X. Tan, "Embedded implementation of barcode recognition system in ammeter image", *International Conference on Multimedia Technology*, pp. 5390-5393, July. 2011.

[ 4 ] N. Liu, X. Zheng, H. Sun, X. Tan, "Two-dimensional bar code outof-focus deblurring via the Increment Constrained Least Squares filter", *Pattern Recognition Letters*, vol. 34, no.2, pp. 124-130, Jan. 2013.

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

[ 6 ] M. Katona and L. G. Nyul, "A novel method for accurate and efficient barcode detection with morphological operations," *Signal Image Technology and Internet Based Systems(SITIS) 2012 Eighth International Conference on*, pp. 307-314, 2012.

[ 7 ] J. P. Fang, Y. Chang, W. Chu and K. W. Chen, "Incomplete Barcode Reading Mechanism with Remote Database Access," *Recent Advances in Computer Science and Information Engineering Lecture Notes in Electrical Engineering*, vol. 124, pp 705-710, 2012.

- [ 8 ] ZBar version 0.1.0 [Online]. Available: <http://zbar.sourceforge.net>
- [ 9 ] H. Tian, S.K. Lam, T. Srikanthan, "Implementing Otsu's Thresholding Process Using Area-Time Efficient Logarithmic Approximation Unit," *Proc. of the International Symposium on Circuits and Systems*, vol. 4, pp. IV/21-IV/24, May 2003.
- [10] W. Niblack, *An introduction to Digital Image Processing*, Prentice-Hall, 1986.
- [11] Barcode Reader 2.00 [Online]. Available: <http://freewareweblog.blogspot.kr/2010/07/barcode-reader-utility-200.html>
- [12] Onbarcode -Code128 [Online]. Available: <http://www.onbarcode.com/scanner/code128.html>



**김근준(Geun-Jun Kim)**

2013년 2월 동아대학교 전자공학과 (공학사)  
2013년 3월 ~ 현재 동아대학교 전자공학과 석·박사 통합 과정  
※관심분야 : 영상 신호처리, VLSI architecture design



**조호상(Hosang Cho)**

2010년 2월 동아대학교 전자공학과 (공학사)  
2010년 3월 ~ 현재 동아대학교 전자공학과 석·박사 통합 과정  
※관심분야 : 영상 신호처리, VLSI architecture design



**강봉순(Bongsoon Kang)**

1985년 연세대학교 전자공학과 (공학사)  
1987년 미국 University of Pennsylvania 전기공학과 (공학석사)  
1990년 미국 Drexel University 전기 및 컴퓨터 공학과 (공학박사)  
1989년 ~ 1999년 삼성전자 반도체 수석연구원  
1999년 ~ 현재 동아대학교 전자공학과 교수  
2006년 ~ 2011년 멀티미디어 연구센터 소장  
2006년 ~ 2013년 2단계 BK21 사업팀장  
2013년 ~ 현재 BK21 Plus 사업팀장  
※관심분야 : 영상신호처리, SoC설계 및 무선통신