
차영상과 ART2 클러스터링을 이용한 스마트폰 기반의 FND 인식 기법

구경모* · 차의영**

Smartphone Based FND Recognition Method using
sequential difference images and ART-II Clustering

Kyung-mo Koo* · Eui-young Cha**

이 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아
수행된 기초연구사업임(No. 20110027440)

요 약

본 논문에서는 가전기에 탑재된 FND에 표시되는 부호화된 코드를 스마트폰으로 촬영하여 이로부터 원문 데이터를 추출하는 인식기법에 대해 제안한다. 제안하는 스마트폰 기반의 FND 인식 기법은 먼저 차영상을 이용하여 입력되는 영상에서 FND의 위치를 추정된 뒤 RGB값 클러스터링을 통해 Segment를 추출한다. 다음으로 기울어진 Segment에 대한 정규화 과정을 거친 뒤 상대적인 거리를 이용하여 각각의 Segment를 인식한다. 실험을 통해 실제 스마트폰에서 사용 시 속도와 인식률이 모두 양호함을 확인하였다.

ABSTRACT

In this paper, we propose a novel recognition method that extract source data from encoded signal that are displayed on FND mounted on home appliances. First of all, it find a candidate FND region from sequential difference images taken by smartphone and extract segment image using clustering RGB value. After that, it normalize segment images to correct a slant error and recognize each segments using a relative distance. Experiments show the robustness of the recognition algorithm on smartphone.

키워드

스마트폰, 스마트 진단, 유효프레임 추출, FND 인식

Key word

Smartphone, Smart Diagnosis, Extract Validate-frame, Recognize FND

* 정회원 : 부산대학교

** 중신회원 : 부산대학교 (교신저자, eycha@pusan.ac.kr)

접수일자 : 2012. 02. 17

심사완료일자 : 2012. 03. 12

I. 서 론

현재 LG전자의 가전제품에는 Audible 형태의 SDS (Smart Diagnosis System)이 구축되어 있다. 그러나 Audible의 특성상, 많은 소음이 발생하는 문제와 함께 특정 전화기에서 데이터 전송 시 반복된 주파수를 Noise 성분으로 인식하여 필터링이 되는 등 데이터 전송 자체가 불가능한 경우가 있다. 또한 부저모듈이 추가되어야 하는 등 제품의 재료가 상승하는 문제점도 가지고 있다.

본 논문에서는 그림 1과 같이 가전기기의 온도표시 등을 위해 탑재되어 있는 FND에 부호화 된 고장 정보 코드를 표시하며 화면을 변화시킨 후 스마트폰에 있는 카메라를 이용하여 촬영 및 인식한 후 이로부터 원문 데이터를 추출하는 일련의 과정에 대해 소개한다.

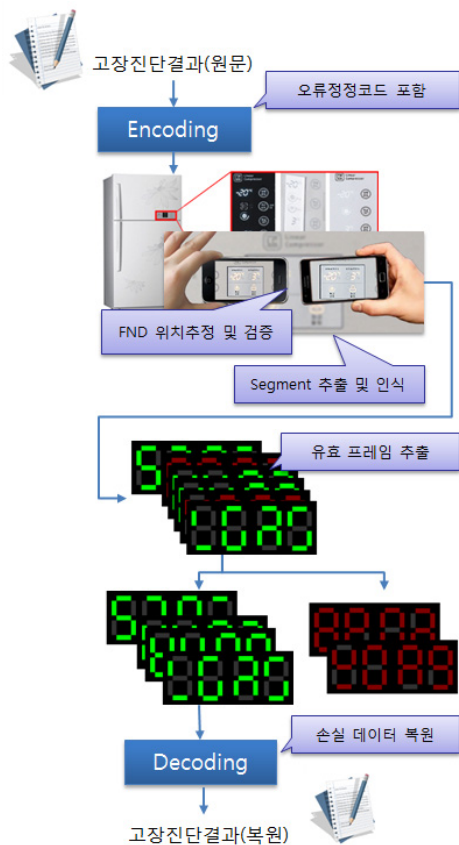


그림 1. 스마트폰을 이용한 스마트진단 흐름도
Fig. 1 Flowchart of Smart Diagnosis using Smartphone

II. 부호화 및 복호화

데이터 부호화 시 모든 데이터에는 Byte 형태의 데이터 상태에서 RS Codes[1]를 삽입한다. 복원 가능한 데이터 수는 100 Byte 기준으로 25 Byte(변경 가능)로 정하며, 이때 오류정정코드를 포함한 데이터에서 20%의 손실까지는 100% 복구가 가능하다. 오류정정코드를 포함한 데이터는 바이너리 형태로 변환한 뒤 FND 종류별 데이터의 길이에 맞게(4개의 7-Segment의 경우 20bit씩) 나누어 각 프레임에 할당된다.

각 프레임은 0~8까지 9개의 일련번호(Index Segment)의 경우 4bit 중 좌/우측 각 1bit는 반드시 켜져 있어야 하므로 일련번호로 들 수 있는 경우의 수가 16개가 아닌 9개임을 Index bit 변화에 의한 영향을 최소화하기 위해 1개의 Segment만 변할 수 있도록(1001→1101→0101→0111→0110→1110→1111→1011→1010 순) 재정렬하여 사용한다. Parity bit는 Index bit를 포함한 모든 Segment들의 합에 대해 Odd Parity를 사용하며 End bit는 항상 켜짐 상태를 유지하도록 한다.

그림 2의 예와 같이 전체 프레임의 맨 앞에는 데이터의 시작을 나타낼 수 있는 Start Frame과 Empty Frame을 삽입하며, Start Frame은 현재의 부호화 알고리즘에서는 나올 수 없는 조합이어야 한다. 본 논문에서는 8888을 Start Frame으로 선정하였으며 실시간 영상 내에서 시작과 끝 프레임을 찾는 데 사용된다.

신호의 복호화는 각 프레임 인식 결과에서 data bits만을 추출한 후 byte 형태로 변환한 뒤 오류정정 과정을 거쳐 부호화 알고리즘의 역순으로 데이터를 복호화한다.

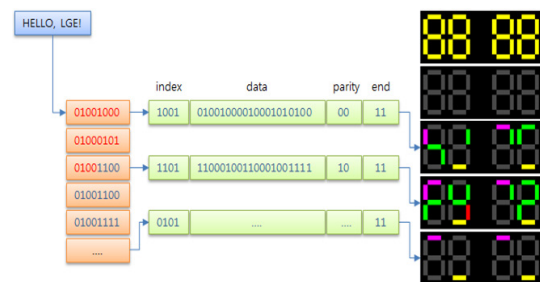


그림 2. Data 부호화의 예
Fig. 2 Data Encoding Example

III. FND 위치 추정 및 검증

스마트폰 카메라로부터 입력되는 영상에서 FND의 위치를 찾는 방법으로는 기본적으로 FND가 주변의 영상에 비해 빠른 속도로 변하고 있음에 착안하여 그림 3과 같이 이전 프레임과 현재 프레임의 차이 정보를 이용하는 차영상 기법을 통해 FND의 위치를 추정한다. 이때, 레이블링을 통해 크기가 매우 작거나 큰 객체들은 Noise로 판단하여 제거하고 나머지 객체들의 가로/세로크기 및 비율을 계산하여 FND 영역 검증 도구로 사용한다. FND 영역은 각 7-Segment가 가로로 배치된 형태를 기준으로 가로 크기가 세로크기보다 3배에서 6.5배 큰 직사각형 형태를 가진다.

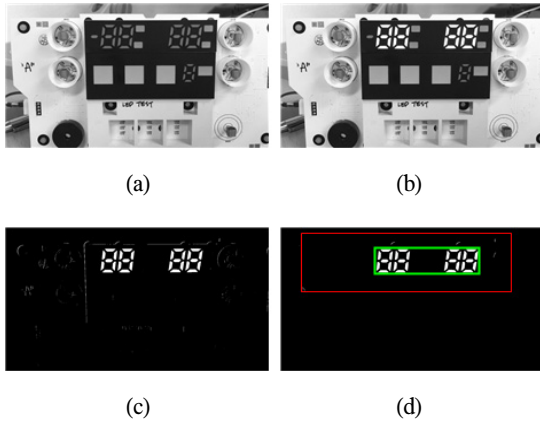


그림 3. FND 위치 추정
 (a) 이전 프레임 (b) 현재 프레임
 (c) 차영상 (d) Noise 제거 결과
 Fig. 3 Find a Candidate FND Position
 (a) previous frame (b) current frame
 (c) different image (d) noise reduction result

IV. Segment 추출 및 인식

4.1. Segment 추출

FND 위치 추정 및 검증을 통해 추출된 FND 영상에서 Segment를 추출하기 위해 클러스터링 기법을 사용한다. 이는 영상의 Gray 값을 고정된 문턱치를 이용하여 이진화한 뒤 Segment 영상을 만드는 경우 적절한 문턱치를 선정하는 것이 그림 4에서 보는 것과 같이 쉽지 않기 때

문이다. 본 연구에서는 대표적인 비지도 학습 기법인 ART-II[2]를 이용하여 그림 5와 같이 RGB값을 클러스터링 한 뒤 이들 중 가장 밝은 클러스터의 집합을 추출한다. 이는 영상의 상태에 따라 가변적인 문턱치 값을 스스로 결정할 수 있으므로 본 연구의 Segment 추출에 적절한 기법이라 판단된다.

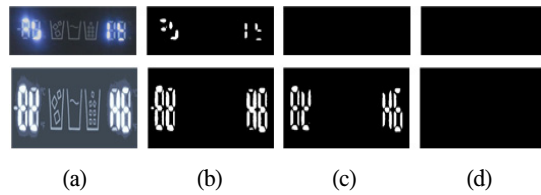


그림 4. 문턱치 결정 문제의 어려움
 (a) 원본영상 (b) 문턱치200 (c) 문턱치240 (d) 문턱치 250
 Fig. 4 Difficulty of a Threshold Decision
 (a) source (b) threshold 200 (c) threshold 240
 (d) threshold 250

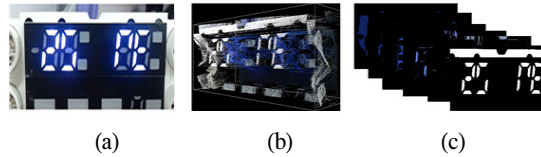


그림 5. 클러스터링을 통한 Segment 추출
 (a) FND 영상 (b) RGB값 분포 (c) 클러스터링 결과
 Fig. 5 Extract Segments using Clustering Algorithm
 (a) FND image (b) RGB values (c) clustering result

이후, 추출된 영상에서 크기가 큰 객체들을 제외하거나 나머지 객체들의 정보를 이용하여 앞서 위치 추정시의 검증방법과 같은 방법으로 검증한 뒤 인식에 활용한다.

4.2. Segment 정규화

먼저 추출된 영상의 가로/세로크기 비율을 이용하여 영상을 두 부분으로 나눈 뒤, 각각 영역의 영상에 대해 인식 과정을 수행한다. 추출된 FND 영상은 1개 또는 2개의 7-Segment 조합으로 이루어져 있으며 각각은 2장에서 설명한 Encoding 알고리즘에 따라 그림 6과 같이 좌측 상단부와 우측하단부에 늘 신호가 출력되고 있으므로 이를 기준으로 하여 인식에 활용한다. 이때, FND 종류에 따라 Segment의 기울어진 정도가 다르므로 이를 정규화 하여 인식에 유리하도록 하는 과정을 거친다.

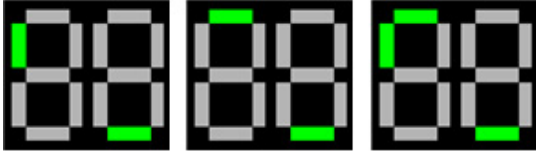


그림 6. FND 인식을 위한 기준 신호
Fig. 6 The Basis Signals to recognize FND

기울어진 정도는 스마트폰의 녹화가 시작되는 시점에 초기화되며, 각 Segment의 상단부터 1/4지점과 3/4지점을 좌측부터 스캔하며 두 지점의 거리차를 그림 7과 같이 계산한다. 이때 두 지점의 거리차가 기준치 이상인 경우 이전에 계산된 값을 그대로 이용하도록 한다.

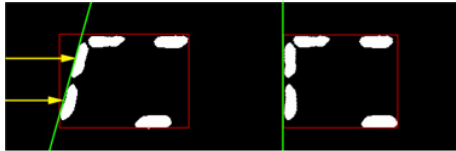


그림 7. FND 기울기 정규화
Fig. 7 Normalization of FND

4.3. Segment 인식

그림 8과 같이 각 세그먼트에 번호를 붙일 때, 해당 세그먼트의 인식 방법은 다음과 같다.

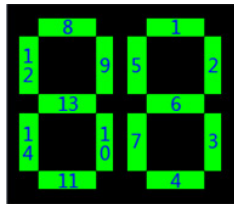


그림 8. Segment 번호
Fig. 8 Index of Segments

i) 2, 3, 12, 14번 Segment - 상(하)단으로부터 1/4 지점, 좌(우)측 끝점에서 1/5(4/5)지점까지 스캔하여 객체 영역이 3픽셀 이상 존재하면 켜진 것으로 판단

ii) 1, 4, 6, 8, 11, 13번 Segment - 너비의 1/17 크기를 w 라고 할 때 11, 13, 8, 4, 6, 1번 Segment 순으로 x 좌표는 $3w, 4w, 5w, 13w, 14w, 15w$, y 좌표는 상단부터 1/5지점,

2/5지점부터 3/5 지점, 4/5지점부터 하단까지 스캔하여 객체영역이 3픽셀 이상 존재하면 켜진 것으로 판단. 단, 2, 3번 Segment가 모두 꺼진 경우 1, 4, 6번 Segment의 스캔영역을 w 만큼, 12, 14번 Segment가 모두 꺼진 경우 8, 11, 13번 Segment의 스캔영역을 $-w$ 만큼 조절해 준다.

iii) 5, 7, 9, 10번 Segment - Segment 영상의 중심좌표를 기준으로 x 좌표는 5, 7번 Segment의 경우 $1w$ 부터 $4w$ 지점, $0w$ 부터 $3w$ 까지, 9, 10번의 경우 $-3w$ 부터 $0w$ 지점, $-4w$ 부터 $-1w$ 까지 y 좌표 1/4 지점과 3/4 지점을 스캔하여 객체영역이 3픽셀 이상 존재하면 켜진 것으로 판단. 단, 11, 12, 14번 Segment가 모두 꺼진 경우 모든 Segment의 스캔 영역을 $-w$ 만큼, 12, 14번 Segment가 꺼진 경우 $-w/2$ 만큼, 1, 2, 3번 Segment가 모두 꺼진 경우 w 만큼, 2, 3번 Segment가 꺼진 경우 $w/2$ 만큼 스캔영역을 조절해 준다.

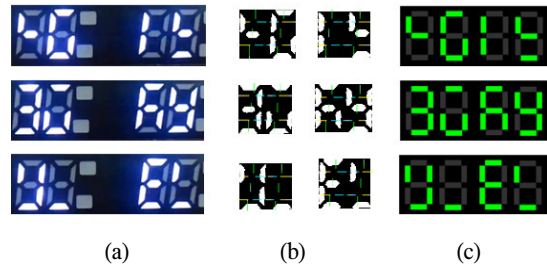


그림 9. FND 인식 결과
(a) 원본 영상 (b) 각 Segment 인식 (c) 인식 결과
Fig. 9 Recognition Result of FND Image
(a) source image (b) segment recognition (c) result

모든 Segment의 스캔이 끝나고 나면 인식된 결과를 바탕으로 각 프레임의 패리티를 검사한다. 또한, 인식에 사용된 Segment 위치 정보는 다음 프레임에서 FND의 위치추정 단계 없이 Segment를 추출하기 위해 이전의 위치 정보에 업데이트 된다.

V. 유효프레임 추출

앞뒤 프레임 간 인식 결과가 완전히 일치하는 프레임을 제외한 나머지 모든 프레임을 유효프레임 후보군으로 하여 유효프레임과 불량프레임 두 그룹으로 나누며 그 방법은 그림 10과 같다.

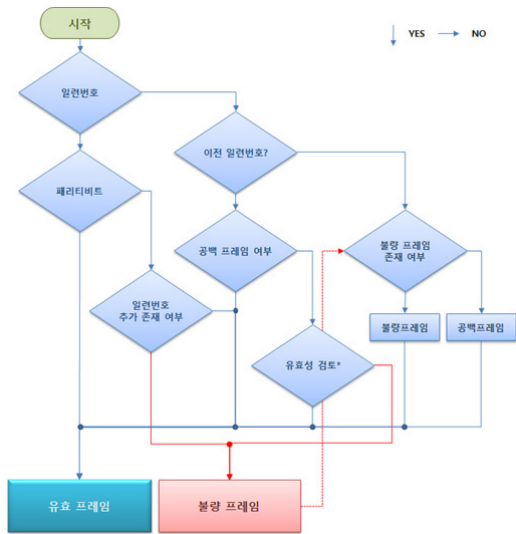


그림 10. 유효프레임 추출
Fig. 10 Extract Validate Frames

유효프레임의 일련번호를 n 이라고 할 때, 먼저 유효 프레임 후보군의 현재 프레임의 일련번호가 n 이고 패리티비트가 맞는 경우 이는 유효프레임 리스트에 등록되며 유효프레임 일련번호는 $n+1$ 이 된다. 단, 패리티가 맞지 않는 경우 유효프레임 후보군의 다음 프레임 일련번호가 n 이 아니면 이 또한 유효프레임 리스트에 저장되며 일련번호가 n 인 프레임이 존재하면 현재 프레임은 불량 프레임 리스트에 저장해 둔다.

다음으로 유효프레임 후보군의 현재 프레임 일련번호가 n 보다 작은 경우에는 유효프레임 리스트에서 해당 일련번호를 가지는 프레임이 존재하는지 파악한다. 해당 일련번호를 가지는 프레임이 공백프레임인 경우 현재 프레임을 유효프레임에 삽입하고, 이미 추가된 프레임이 존재하는 경우는 기존의 프레임과 현재 프레임을 비교하여 유효성을 검토한다.

유효성의 검토 방법으로는 각각의 프레임과 이전 일련번호를 가지는 프레임과의 관계를 비교하여 결과 값이 많이 변한 프레임을 선택하는 방법과 세그먼트가 커지는데 걸리는 시간보다 꺼지는데 걸리는 시간이 오래 걸린다는 점에 착안하여 꺼진 세그먼트 개수가 많은 프레임을 선택하는 방법 두 가지가 있다. 테스트 결과 전자의 경우 이전/이후 일련번호를 가지는 프레임 중 어느 프레임의 영향력을 더 받았는지 모호하고 유효프레임을

선정하는 확률 또한 후자보다 적어서 꺼진 세그먼트 개수가 많은 프레임을 선택하는 방법을 사용 한다.

마지막으로 유효프레임 후보군의 현재 프레임 일련번호가 n 보다 큰 경우는 이전에 불량프레임에 추가한 프레임들의 인식결과가 잘못되었거나 이전 프레임들이 촬영이 되지 않은 경우이므로, 전자의 경우는 불량프레임 리스트에서 현재 프레임과 너무 멀지 않은(5프레임 차이 미만) 프레임이 존재하는 경우 이를 유효프레임 리스트에 삽입하고 후자의 경우는 공백프레임 하나를 유효프레임 리스트에 삽입한다.

VI. 성능 테스트

스마트폰에서의 성능 테스트를 위해 100Byte길이의 임의의 데이터에 25Byte를 복원 할 수 있는 오류정정코드를 포함하여 부호화 한 뒤 2종의 테스트모듈에 10fps로 표시하였으며, 이를 개발된 어플리케이션이 설치된 5종의 스마트폰에서 직접 인식하였다.

모듈별, 기기별로 각 20회의 인식을 수행 한 결과, 320x240 해상도 영상에서 평균 96%의 인식률을 보이며, 인식에 걸리는 시간은 평균 18초가 소요되었다. 자세한 테스트 결과는 아래 표에 나타내었다.

표 1. 스마트폰 기반 성능 테스트
Table. 1 Extract Validate Frames

기기명	모듈	성공횟수(인식률)	인식시간
S사 G폰	white	20(100%)	11.7초
	black	20(100%)	10.1초
L사 O폰	white	18(90%)	37.2초
	black	17(85%)	30.6초
S사 V폰	white	20(100%)	14.1초
	black	19(95%)	13.3초
H사 N폰	white	20(100%)	14.7초
	black	20(100%)	13.7초
D사 V폰	white	19(95%)	18.2초
	black	19(95%)	17.3초

상기 테스트 결과 모듈별로 인식률 및 속도의 차이가 있음을 알 수 있다. 이는 스마트폰으로 모듈을 촬영 할

때 black모듈에 비해 white 모듈에서 받아들이는 광량이 많아 영상 획득 속도가 빠르고, 더 많은 프레임 수를 확보할 수 있기 때문이다. 실제로 white 모듈을 29fps로 촬영할 수 있었던 기기가 black 모듈은 23fps로 밖에는 촬영할 수 없음을 실험을 통해 확인 하였다.

VII. 결 론

본 논문에서는 냉장고 등 가전제품에 온도, 시간 등의 표시를 위해 탑재되어 있는 FND에 부호화 된 코드를 표시하며 화면을 변화시킨 뒤 이를 스마트폰을 이용하여 인식한 후 데이터를 전송하는 기술에 대해 소개하였다.

표시하는 데이터는 Byte 형태의 원문에 오류정정코드를 추가한 데이터를 bit 형태로 변환한 뒤 각 프레임에 해당하는 크기로 나누어지며 일련번호와 패리티 등을 추가하여 부호화된다.

차영상 기법을 기본으로 하여 Segment의 위치를 찾은 뒤 RGB 값 클러스터링을 통해 Segment 영상을 획득하며 각각의 Segment 영상은 기술기보정을 거쳐 정규화한 뒤 인식에 이용한다.

인식 결과는 유효프레임 후보 리스트에 저장되며 이로부터 유효프레임과 불량프레임을 구분하여 저장한다. 이후, 추출된 유효프레임의 내용을 부호화 과정의 역순으로 Byte 형태로 복원한 뒤 오류정정 후 실제 데이터를 추출하게 된다.

개발 한 알고리즘을 스마트폰에서 테스트 한 결과 FND 표시 속도가 10fps인 경우 평균 96%의 인식률을 보이며 인식에 걸리는 시간은 평균 18초가 소요되었다.

향후 인식시간을 줄이기 위해 UI상에서 사용자가 가장 촬영을 잘 할 수 있는 방법에 대한 연구가 병행되어야 할 것으로 보이며, 지속적으로 대상 FND 모듈 및 기기를 늘려 테스트를 진행 할 예정이다.

참고문헌

[1] Baldi M., Chiaraluce F. (2008),, "A Simple Scheme for Belief Propagation Decoding of BCH and RS Codes in Multimedia Transmissions". International Journal of Digital Multimedia Broadcasting, 2008

[2] 오창석, "뉴로컴퓨터," 내하출판사, pp. 328-331, 2000.
[3] Reed, I. S. and Solomon, G., "Polynomial Codes Over Certain Finite Fields," SIAM Journal of Applied Math, vol. 8, pp. 300-304, 1960.
[4] Leo Grady, "Random Walks for Image Segmentation", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, pp. 1768-1783, Vol. 28, No. 11, 2006

저자소개



구경모(Kyung-Mo Koo)

2005년 부산대학교 컴퓨터공학과 공학석사
2005년~현재 부산대학교 컴퓨터공학과 박사과정

2008~2011년 해군 기술연구소 전산컴퓨터공학 연구원
※ 관심분야: 로봇비전, 패턴인식, 인공신경망



차의영(Eui-Young Cha)

1982년 서울대학교 전자계산학과 공학석사
1998년 서울대학교 컴퓨터공학과 공학박사

1981~1985년 한국전자기술연구소 연구원
1995년~현재 부산대학교 컴퓨터공학과 교수
※ 관심분야: 패턴인식, 영상처리, 인공신경망