적응적 다중 이진화에 의한 IC 패키지 및 Pin1 딤플 검출

김민기
경상대학교 컴퓨터교육과, 컴퓨터정보통신연구소
mkkim@nongae.gsnu.ac.kr

IC Package Location and Pin1 Dimple Extraction Using Adaptive Multiple Thresholding

Min-Ki Kim
Dept. of Computer Education, Gyeongsang National Univ.

요 약

반도체 패키지의 마킹검사(marking inspection)를 위해서는 입력 영상으로부터 검사할 패키지의 정확한 위치 검출과 패키지 윗면에 나타난 제작사 로고, 문자, Pin1 딤플의 추출이 필수적이다. 본 연구는 마킹검사를 위한 선행 연구로 마킹검사를 수행할 때, 검사할 IC 패키지의 위치와 방향을 정확하게 검출하는 것을 목적으로 하고 있다. IC 패키지의 외곽을 구성하는 리드의 명도 값은 트레이의 명도 값과 큰 차이를 나타낸다. 그러나 IC 패키지의 방향을 나타내는 Pin1 딤플은 배경과 동일한 색상으로 다만 약간 오목하게 들어가서 명도 값의 차이가 미세하다. 이러한 두 가지 상이한 특징을 효과적으로 처리하기 위하여 적응적 다중 이진화 방법을 제시하였다. 76개의 명도 영상에 대한 실험 결과 제안된 이진화 방법은 매우 효과적이었으며, 이진화된 영상으로부터 IC 패키지의 정확한 위치 검출과 방향 확인이 가능하였다.

1. 서 론

인간은 특별한 훈련을 받지 않고도 자연스럽게 눈을 통해서 획득한 다양한 영상으로부터 관심 있는 패턴을 식별하고 이해하고 있다. 컴퓨터를 이용하여 입력 영상으로부터 특정 패턴을 자동으로 식별하고 인식하기 위한 연구들이 오래 전부터 수행되어 왔으며[1,2], 이러한 연구의 성과로써 지문인식 시스템, 우편물 자동분류 시스템, 자동차 자동식별 시스템 등이 나타나고 있다. 또한 패턴인식 기술 및 관련 하드웨어의 발전과 근로자들이 단순 반복업무를 기피하는 사회 현상, 인건비 상승 등의 외부 요인이 맞물려 그 응용분야는 더욱 확대되고 있는 추세이다. 그러나 인간의 시각 정보처리 기능을 상당 부분 대체해 가고 있는 컴퓨터는 아직까지도 이러한 영상 정보를 처리하는데 특정 도메인에 매우 종속적이다[2]. 예를 들어, 우편봉투 영상에서 우편번호 및 주소를 추출하는 방법과 자동차 영상에서 번호판을 추출하는 방법이 근본적인 차이는 크지 않더라도 실제 적용과정에서는 매우 상이하게 나타날 수 있다. 물론 이러한 차이는 보통 인식과정에서도 발생하게 된다.

본 연구는 IC 패키지를 도메인으로 하고 있으며, IC 패키지 마킹검사(marking inspection)를 위한 선행 연구로 마킹검사를 수행할 때 학습과정의 자동화와 정합의 효율성 향상을 궁극적 목적으로 하고 있다. 이를 위하여 효과적인 이진화 방법을 제안하고, 이진화된 영상으로부터 IC 패키지의 위치 및 Pin1 딤플 검출 방법을 제시하였다. 본 논문의 구성은 서론에 이어, 제2장에서 IC 패키지 영상의 요소와 특징을 살펴보고, 제3장에서는 본 논문에서 제안하는 적응적 다중 이진화 방법과 IC 패키지의 위치 및 Pin1 딤플 검출 방법을 설명한다. 그리고 제4장과 제5장에서 실험 결과를 제시하고 결론을 맺는다.

2. IC 패키지 영상의 요소와 특징 관찰

2.1 영상의 요소

IC 패키지의 마킹검사는 보통 격자 트레이(matrix tray)나 운송 테이프(carrier tape)에 적재된 상태로 이루어진다. 그림 1은 격자 트레이에 적재된 IC 패키지 영상(이하 입력 영상)을 보여주고 있다. 각각의 IC 패키지 영상은 바깥쪽에 리드(lead)가 있고, 패키지 윗면에 제작사의 로고나 IC 식별번호가 나타난다. 그리고 좌측 하단에 IC 패키지의 방향을 나타내는 작고 오목하게 들어간 Pin1 딤플이 존재한다.

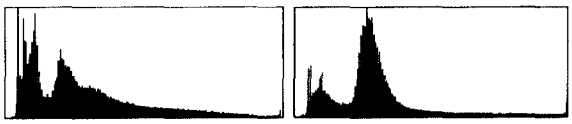
(a) (b)

그림 1. 격자 트레이에 적재된 입력 영상

2.2 입력 영상의 명도 특성

사진이나 그림이 없는 텍스트 위주의 일반 문서 영상의 명도 히스토그램은 문자와 배경의 두 그룹으로 나누어지는데 반해 그림 2와 같이 입력 영상은 세 그룹으로 구성된다. 그림 2는 그림 1에 나타난 입력 영상 (a)와 (b)에 대한 명도 히스토그램을 나타낸 것으로 왼쪽에

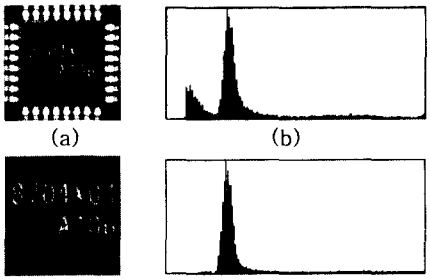
볼록한 부분이 가장 어두운 영역으로 IC 패키지와 트레이간의 검은 부분이 여기에 속한다. 오른쪽에 평탄한 부분은 리드와 문자를 포함하는 밝은 영역이다. 그리고 가운데 볼록한 영역은 IC 패키지와 트레이의 배경을 나타낸다.



(a) (b)

그림 2. 입력 영상의 그레이 히스토그램

그림 3의 (a)와 (b)는 그림 1의 (a)에 나타난 영상에서 하나의 IC 패키지 영역과 해당 명도 히스토그램을 나타낸 것으로, 그림 2의 히스토그램과 비교해보면 빈도의 차이는 있으나 전체적인 구성은 유사함을 알 수 있다. (c)와 (d)는 (a)에서 리드 안쪽의 내부 영역에 대한 영상과 해당 히스토그램을 제시한 것이다. (d)를 보면 IC 패키지 윗면의 배경을 나타내는 영역의 좌측에 배경보다 더 어두운 명도 값이 미세하게 나타나고 있는데 이것이 Pin1 딤플에 해당되는 부분이다.



(a) (b)

(c) (d)

그림 3. 부분 영상과 그레이 히스토그램

3. IC 패키지 위치 및 Pin1 딤플 검출

3.1 1단계 이진화와 IC 패키지 위치 검출

입력 영상으로부터 검사할 IC 패키지를 검출하기 위하여 제2절에서 관찰된 영상의 명도 특성을 이용하며 별도의 영상개선기법은 사용하지 않았다[3]. IC 패키지의 외곽을 구성하는 리드의 명도 값은 트레이의 명도 값과 큰 차이를 나타낸다. 그러나 IC 패키지의 방향을 나타내는 Pin1 딤플은 배경과 동일한 색상으로 다만 약간 오목하게 들어가서 명도 값의 차이가 미세하다. 이러한 두 가지 상이한 특징을 효과적으로 처리하기 위하여 적응적 다중 이진화 방법을 제안한다.

본 논문에서 제안하는 적응적 다중 이진화 방법은 Otsu가 제안한 적응적 이진화 알고리즘을 기반으로 하고 있다[4]. Otsu가 제안한 알고리즘은 임계치를 기준으로 두 클래스가 갖는 명도 값의 분산을 계산한 후 전체 영상의 명도 값 분산을 클래스간 분산으로 나누어 임계치를 평가한다. 그러나 그림 2에 나타난 바와 같이 입력 영상은 크게 3개의 클래스로 나누어지므로 제안하는 방법은 전체 명도 영상 중 일부 명도 값만을 제한하여 이진화를 수행하게 된다. 물론 이러한 명도 값의 제한은 알고리즘에 제시된 바와 같이 적응적으로 이루어진다.

<IC 패키지 위치 검출을 위한 이진화 알고리즘>

① 입력 영상의 명도 값 분포 계산

② Bound = (T-A) * (W/B)

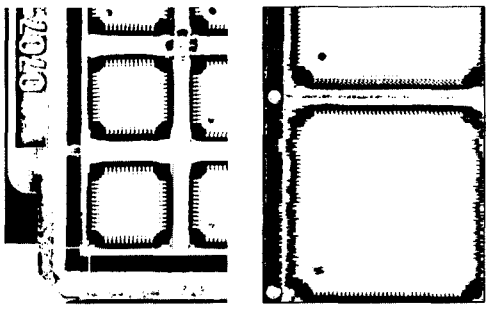
(T: 입력 영상의 전체 픽셀수, A: 명도 히스토그램의 좌측(0)과 우측(255)의 일정 범위 영역에 포함된 픽셀수, W/B: 리드와 문자를 나타내는 픽셀수 W와 배경을 나타내는 픽셀수 B의 추정치 비율)

③ $S = \sum_{i=0}^{k} N(i)$, N(i)는 명도 값이 i인 픽셀의 수

④ S > Bound을 만족시키는 최소의 k 값을 구함

⑤ Otsu의 알고리즘을 명도 값 0부터 k까지로 제한하여 적용

검사 대상 IC 패키지는 입력 영상의 중앙하단에 위치하고 있으므로 이진화된 영상의 중심점에서 아래쪽으로 윤곽선을 추적하여 연결요소를 추출한다[5]. 추출된 연결요소 중에서 내부 윤곽선이면서 일정 크기이상을 나타내며 요철의 존재여부를 판단하면 IC 패키지를 나타내는 연결요소의 확인이 가능하다. 그림 4는 이진화 결과와 검출된 IC 패키지를 보여주고 있다.



(a) (b)

그림 4. 입력 영상에 대한 이진화 결과

3.2 2단계 이진화와 Pin1 딤플 검출

Pin1 딤플은 배경과 명도 값의 차이가 미세한다. 이것은 그림 4의 (a)에서 볼 수 있듯이 Pin1 딤플은 1단계 이진화 결과 같은 영상내에서도 어떤 IC 패키지는 Pin1 딤플이 보이고 어떤 것은 전혀 보이지 않는 것을 통해서도 간접적으로 확인할 수 있다.

Pin1 딤플 검출을 위한 이진화는 입력 영상 전체에 적용하지 않고, 앞에서 추출한 IC 패키지의 내부 영역만을 대상으로 한다. IC 패키지의 리드 안쪽의 내부 영역은 크게 문자, 배경, Pin1 딤플의 3개의 클래스로 나누어지므로 배경과 Pin1 딤플에 해당하는 명도 값만으로 제한하여 이진화를 수행한다.

<Pin1 딤플 검출을 위한 이진화 알고리즘>

① 검출된 IC 패키지 내부영역 영상의 명도 값 분포 계산

② Bound = T * Pin1_Rate

(T: IC 패키지 내부영역 영상의 전체 픽셀수, Pin1_Rate: 전체 영역중 Pin1 딤플을 충분하게 포함하는 영역의 추정

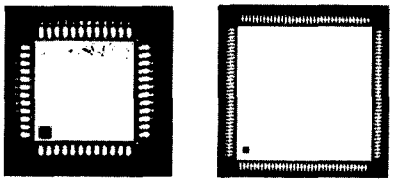
치 비율)

③ $S = \sum_{i=0}^{k} N(i)$, N(i)는 명도 값이 i인 픽셀의 수

④ S > Bound을 만족시키는 최소의 k 값을 구함

⑤ Otsu의 알고리즘을 명도 값 0부터 k까지로 제한하여 적용

Pin1 딤플은 IC 패키지의 좌측 하단에 위치하므로, IC 패키지의 위치 검출에서와 같이 이 영역에 대한 윤곽선 추적을 통해 연결요소를 추출한 후 윤곽선의 크기와 모양을 검증하여 Pin1 딤플의 존재 여부를 확인한다. 만약 좌측 하단부에 Pin1 딤플이 존재하지 않는다면 IC 패키지가 트레이에 놓인 방향이 올바르지 못하거나 마킹할 때 방향이 올바르지 않았음을 의미하는 것이다. 그림 5는 이진화 결과와 검출된 Pin1 딤플을 IC 패키지 영상 위에 보여주고 있다.



(a) (b)

그림 5. 내부 영역에 대한 이진화 결과

4. 실험 및 고찰

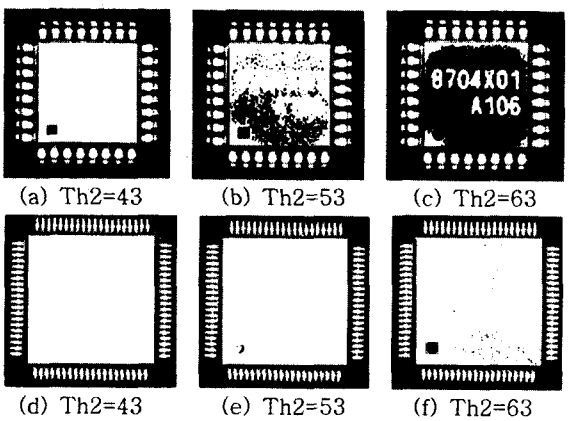
5종의 IC 패키지에 대하여 각각 트레이 2열의 영상, 총 76개의 256-레벨 그레이 영상에 대하여 제안하는 적응적 다중 이진화의 효과성과 IC 패키지의 위치 및 Pin1 딤플 추출의 정확성을 실험하였다. 영상 데이터의 크기는 480×640 화소 크기이다. 실험을 위해 Pentium III PC를 이용하였고, Visual C++ 6.0으로 알고리즘을 구현하였다.

표 1. 임계치 변이와 검출 결과

IC 유형	A	B	C	D	E	합계 (총변이)
데이터 수	20	20	14	12	10	76
Th1 변이	19	8	10	6	19	22
Th2 변이	15	10	6	7	9	20
IC 패키지	20	20	14	11	10	75
Pin1 딤플	20	20	14	11	10	75

Th1: 1단계 이진화 임계치, Th2: 2단계 이진화 임계치

실험 결과 적응적 이진화에 의한 임계치 변이는 전체 데이터에 대하여 22였으며 다양한 유형의 IC 패키지 영상에 대하여 1개 영상을 제외한 모든 IC 패키지 위치와 Pin1 딤플이 정확하게 검출되었다[표 1]. 검출에 실패한 영상은 잡영에 의하여 연결요소의 크기와 모양의 변형으로 발생하였다. 그림 6은 두 영상에 대하여 이진화 임계치를 변화시켜가며 그 결과를 보여주고 있다. 참고로 적응적 이진화에 의해 생성된 임계치는 상단 영상은 43과 하단 영상은 61이었다.



(a) Th2=43 (b) Th2=53 (c) Th2=63

(d) Th2=43 (e) Th2=53 (f) Th2=63

그림 6. 임계치에 따른 이진화 결과

5. 결 론

IC 패키지의 위치와 방향을 정확하게 검출하기 위하여 우선 IC 패키지 영상이 갖는 명도 값의 특징을 관찰하였다. 관찰 결과 IC 패키지와 트레이간의 아주 어두운 영역, 리드와 문자를 포함하는 밝은 영역, 그리고 기타 영역의 세 부류로 나누어짐을 알 수 있었다. 본 논문에서는 이러한 특징을 효과적으로 적용할 수 있는 적응적 다중 이진화 방법을 제안하였고, 이진화된 영상으로부터 IC 패키지와 Pin1 딤플을 검출하는 방법을 제시하였다.

실험 결과 이진화 결과는 매우 효과적인 것으로 확인되었으나, 일부 잡영에 의한 검출 오류가 발생하였다. 향후 연구 방향으로 잡영을 극복할 수 있는 방법과 마킹 검사를 위한 문자추출, 정합으로 확장하고자 한다.

참고 문헌

[1] Anil K. Jain, Robert P.W. Duin, and Jianchang Mao, "Statistical Pattern Recognition: A Review", IEEE transaction on PAMI, Vol. 22, No. 1, pp.4-37, 2000.

[2] George Nagy, "Twenty Years of Document Image Analysis in PAMI", IEEE transaction on PAMI, Vol. 22, No. 1, pp.38-62, 2000.

[3] N. Otsu, "A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms", IEEE transactions on systems, man, and cybernetics, Vol. SMC-9, No. 1, pp.62-66, 1979.

[4] 최경주, 변혜란, 이일병, "효과적인 이진화를 위한 영상개선기법의 정의 및 구현", 정보과학회논문지 (B), 제26권, 제2호, pp.284-296, 1999.

[5] 김민기, 권영빈, 한상용, "연결요소를 이용한 한·영 혼용문서의 구조분석 및 낱자분리", 한국통신학회 논문지, 제22권, 제3호, pp.410-422, 1997.