

FA 공정에서의 제품 ID 마크 자동분할을 위한 다중 템플릿 알고리즘 개발

강동중, 유동훈*, 김문조
동명정보대학교 로봇시스템과

Development of a Multiple Templates Method segmenting object ID number for visual inspection in FA process

Dong-Joong Kang, Dong-Hun Yu*, Mun-Jo Kim
Dept. of Robot System Engineering, Tongmyong Univ. of Information Technology

요 약

본 논문은 열화된 영상에서 문자 패턴의 자동 분할을 위해 농담정규화상관(NGC)법과 다중 템플릿을 이용하는 알고리즘을 제안한다. 기존의 NGC를 사용하는 검사 알고리즘은 환경조건의 영향으로 검사 영상의 획득이 불안정 하다면 정합의 부족률(rejection rate)이 높아진다. 다중 템플릿의 상관관계를 이용하는 제안된 방법은 가시화가 좋지 않은 경우에도 문자부와 배경부를 효과적으로 분할하며, 이러한 방법을 실제 자동화 공정에서 획득된 영상을 이용하여 제안된 알고리즘을 적용하는 것을 목표로 한다.

1. 서론

산업구조가 고도화 되면서 생산라인에서 전통적으로 사람이 직접 수행하던 검사나 불량품 판별 등에 대한 자동 검사 요구가 점차 증가하고 있다. 일반적인 공정환경에서 적용할 수 있는 비전 검사 시스템의 개발을 위해서는 안정적이면서도 고속 패턴 정합을 수행하는 알고리즘의 개발이 필요하다. 영상분할(image segmentation)은 주어진 영상에서 의미 있는 영역을 분리해 내는 과정으로 컴퓨터 비전에 있어 필수적이면서도 매우 중요한 단계로 취급된다. 지금까지 많은 영상 분할 방법에 관한 연구가 계속되고 있으며 실제 영상에서 다양한 응용에 대한 많은 연구가 수행되고 있는 추세이다[1-5].¹ 컴퓨터를 이용하여 영상을 분할하는 방법으로는 크게 영역기반 분할, 경계기반 분할 그리고 히스토그램을 이용한 분할방법이 있다[1-4]. 영역기반 분할은 값이 비슷한 화소들을 하나의 영역으로 묶어 동질성이 보장되는 영역을 기반으로 영상을 분할하는 방법이고, 경계기반 방법은 화소값이 급격하게 변하는 경계성분을 이용하여 영역의 연결성이 보장되는 영역을 기반으로 영상을 분할하는 방법이다. 영역기반 분할의 대표적인 방법으로는 분할법(split-and-merge)[2]이 있는데, 영상을 일정 단위로 나눈 다음, 이웃 화소와의 유사성을 비교하여 동일한 영역으로 판단되면 합하고 서로 다른 성질이면 분리하는 과정을 반복하여 영상을 분할하는 방법이다. 이러한 방법은 비교적 정확한 영상분할의 결과를 얻을 수 있지만 수행시간이 길다는 단점이 있다.

경계기반 분할로는 경계선 추적에 의한 방법이 있다 [3]. 입력 영상에서 각 화소의 기울기 값 및 방향 정보를 이용하여 물체의 경계선을 순차적으로 따라가는 방법으로 영상을 경계선과 그 경계선으로 둘러싸인 영역으로 나눈다. 경계기반 분할은 분할된 영상을 별도의 처리 없이 경계선과 그 경계선 내부 성분으로 나누는 것이 가능하다. 이 방법은 입력영상에 잡음이 있는 경우에는 오경계(false edge)를 따라갈 수 있으므로 별도의 전처리 과정이 필요하다. 히스토그램을 이용한 방법[4]은 영상내의 그레이 값들의 분포가 단순한 경우에 주로 사용된다. 이 방법은 입력 영상으로부터 그레이 값들의 히스토그램을 구하여 가장 높은 빈도를 갖는 두 개의 그레이 값으로 영상 전체를 양자화함으로써 영상분할을 용이하게 한다. 따라서 이 방법은 히스토그램의 분포가 배경과 객체에 해당하는 두 개의 그레이 값에 집중되어 있는 경우(bimodal histogram)에 좋은 분할 효과를 얻는다. 특히 자동화공정에서 검사영역의 분할에 사용되는 알고리즘은 크게 히스토그램 누적법과 하프변환(Hough transformation)법 등이 존재한다. 이러한 기존의 대부분의 알고리즘의 경우, 가시화 정도가 좋은 선명한 영상에서는 비교적 좋은 결과를 나타내나, 조명제어가 힘든 열악한 환경에서는 검사영역의 분리가 문제가 된다. 잡영에 의해 검사영역의 분할을 위한 영상 밝기의 분포 특징이 잘 형성되지 않기 때문에 이러한 어려움이 나타난다. 본 논문에서는 가시화 불량 상태에서의 검사영역의 분할을 목표로 삼는다. 검사영역의 분할은 인식을 위한 전처리(preprocessing)로 이 과정의 성공적 수행이 전체 인식과정의 성패를 좌우하게 된다. 가시화가 열악한 영상의 문자를 다중 템플릿을 이용하여 기존

이 논문은 산업자원부 신기술실용화과제(10006085)에 의해 부분적으로 지원 받았음.

모델과의 정합을 통해 FA공정의 영상에서 자동으로 분할하는 알고리즘의 개발과 관련이론의 개발을 목표로 한다.

2. 패턴 정합 알고리즘

전통적으로 비전 시스템들은 관심 있는 패턴들을 검사영상에서 찾기 위해 정규화 상관법(normalized correlation)을 사용해왔다. 기준 패턴(reference pattern)에 상대적인 비교대상으로 입력되는 검사할 영상에 대해 탐색(searching)과 정합(matching)을 수행하는 이 기술은 많은 분야에서 일반적인 검사 알고리즘으로 사용되는 넓은 응용성을 가지고 있다. 신뢰성과 안정성을 기반으로 다양한 분야에서 사용되고 있으며, 농담 정규화 상관(Normalized Gray-scale Correlation: NGC)에 기반하는 방법이 주로 채택되어 FA 산업이나 유관 연구분야에서 사용되어 왔다. NGC는 미리 정해진 기준 패턴을 검사할 영상 내부에서 찾아 위치를 발견하는 것으로, 기준 패턴은 영상의 모든 가능한 위치로 이동 되면서 서로 겹쳐진 검사 영상의 값들에 대해 서로 대응되는 픽셀의 값을 곱하고 이 값들을 저장한다. 보통의 영상은 밝기에 대한 변이(intensity variations)가 존재하므로 밝기값의 평균크기 성분이 상쇄되도록 정규화 시킨 정합법이 농담 정규화 매칭법이다 [5-6].

2.1 농담 정규화 매칭법(NGC)

NGC는 중첩법 또는 패턴 매칭법으로 불리며 인식 장치 속에 마크나 패턴의 종류(category)에 따라 각각을 대표하는 패턴을 기억해두고, 인식하고자 하는 미지 패턴이 각각의 표준패턴과 일치하는 정도를 일정한 기준으로 비교하는 방법이다.

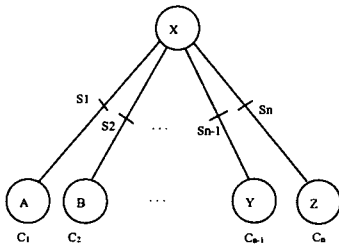


그림 1. 패턴 정합법의 구성

그림 1에서 X는 검사 영상 내 미지의 문자이다. A, B, ..., Z는 표준패턴을 나타낸다. C₁, C₂, ..., C_n는 미지패턴이 속할 카테고리이며, S₁, S₂, ..., S_n 검사문자와 각 표준 패턴의 일치도를 나타낸다. 이 방법은 인식에 영상 유사도를 이용하지만, 특히 여러 가지 품질의 패턴을 인식할 때의 인식 정밀도의 좋고 나쁨은 전처리나 획득 영상의 내용에 의존하게 된다. 본 논문에서 사용할 NGC의 기본 형태는 다음과 같다.

$$s^l(P) = \frac{(Q^l, P)}{\|Q^l\| \cdot \|P\|}, \quad l = 1, 2, \dots, L \tag{1}$$

$$S^h(P) \geq S^h(P) \geq \dots \geq S^L(P)$$

식(1)은 매칭을 수행할 표준 패턴과 입력 영상의 밝기를 정규화 시킨 유사도식으로 (2)식과 같은 두 패턴의 내적(inner product)을 이용한다.

$$(Q^l, P) = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N Q^l_{i,j} \times P_{i,j} \tag{2}$$

인식 규칙은 미지 패턴과 L개의 표준 패턴 (L개의 카테고리에 대응) 각각과의 유사도를 계산한 후, 이것을 크기 순으로 나열하여 원칙적으로 유사도가 최대한인 표준패턴이 대표하는 카테고리를 인식결과로 한다. NGC는 밝기의 선형 변화에는 불변이나 패턴의 회전, 크기변화, 투영변화, 밝기의 비선형 변화 등에는 영향을 받는다. 검사할 영상의 모든 영역에서 전체적으로 밝기 값이 증가되었을 경우, 검사 영상과 템플릿 영상의 평균 밝기 값을 구성 화소에서 빼고 밝기에 대해 정규화시켜 비교한다면 전체적인 조명의 밝기가 높아지거나 낮아진다고 하여도 패턴의 비교가 가능할 것이다.

NGC의 또 다른 표현으로는 (3)식과 같은 형태가 있다. 이식에서 N은 모델영상의 픽셀의 수이다. 첨자는 생략하였으며, I는 영상 픽셀의 밝기값, M은 모델 픽셀의 밝기 값을 가리킨다.

$$C = \frac{N \sum IM - (\sum I) \sum M}{\sqrt{[N \sum I^2 - (\sum I)^2][N \sum M^2 - (\sum M)^2]}} \tag{3}$$

실제 검사 시, 음수의 계수치는 관심의 대상이 아니므로 배제 시킨다. 수식에 들어 있는 제곱근 연산은 계산량을 증가시키므로 이 값을 배제 하기 위해 C값을 제곱해 줄 수 있다. 따라서 최종적인 정합의 계수치는 다음과 같은 형태가 된다.

$$Score = [\max(C, 0)]^2 \tag{4}$$

3. 다중 템플릿을 이용한 자동 분할 알고리즘

기존 OCR(optical character recognition) 알고리즘에서 필수적으로 선행되는 전처리 작업 중 하나는 검사영상 내의 문자부와 배경부의 분리이다. 하지만 가시화가 불완전한 열화 이미지 상에서의 이와 같은 전처리 작업의 적용은 어려워진다. 그림 3은 예의 하나로 유리 판넬(Glass Panel) 상에 음각으로 새겨진 문자들을 보여준다. 빛을 투과하는 유리와 같은 재질의 성격상, 판넬에서의 마크 형상 가시화는 상당히 어려운 부분이며 검사환경이나 조명 조건의 변화에 따라 민감하게 변화하여 검사 시스템의 성능에 영향을 주게 된다.

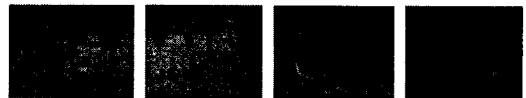


그림 3. 열화 이미지의 예

이러한 예에서 볼 수 있는 것처럼 FA 환경에서 나타나는 문자마크 인식의 경우 영상의 열화로 인해 기존의 영역분할이나 경계추적, 기타 이진화 등에 의한 문자와 배경부의 분리가 어렵게 된다.

3.1 다중 템플릿(Multiple templates)

제안된 방법은 먼저 분할을 위한 이치화 적용이 어려운 영상에서 문자부만 추출하기는 어렵다고 가정한다. 이치화를 수행하더라도 문자부만의 영역을 배경과 분리해 추출하는 것이 어렵기 때문이다. 대신 패턴 정합 시 사용할 문자들로 구성된 템플레이트를 구성한다. 검사 이미지 내의 모든 문자들은 미리 구성된 템플레이트 카테고리에 속하게 되므로 적어도 정합 될 각 패턴은 이 카테고리 내의 한 문자가 된다고 가정한다. 이 템플레이트를 이용하여 검사 영상 내부에 문자를 탐색하게 된다. 영역 분리를 위해 단일 템플릿을 사용하는 문제점은 열화 영상에서 정합의 신뢰성 저하이다. 즉, 정합의 실패는 분할의 실패로 이어지고 이것은 인식과정에서 전처리의 실패로 인한 인식의 실패로 나타난다. 이러한 문제점 해결을 위해 본 논문에서는 검사 영상 내의 미지의 문자 영역을 자동으로 분할하는 그림 4와 같은 다중 템플릿(multiple templates)을 제안한다.

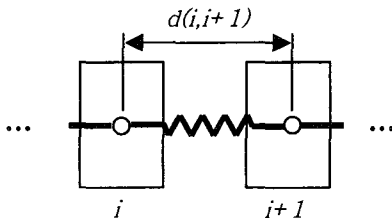


그림 4. 다중 템플릿 구성

그림 4는 다중 템플릿의 개념도를 보여주고 있다. 미리 구성된 모델 영상 M 개를 이용하여 NGC 정합을 위한 다중 템플릿의 연속 체인을 구성한다. 연결되는 템플릿 연속 체인의 수는 분리할 검사마크의 개수와 동일하다. 그림 4는 이러한 연속 체인중의 인접 두 체인을 보여준다. 먼저 i 번째 위치에서 모델 템플릿에 의한 NGC 정합의 결과는 i 점의 인접위치에서 M 개가 발생하게 된다. 또한 $i+1$ 번째 위치에서 템플릿 정합의 결과는 $i+1$ 번째 수평 인접 위치에서 M 개가 발생한다. 템플릿 사이의 거리는 부분적으로 변화 가능하므로 인접한 두 템플릿이 발생시키는 거리의 조합은 모두 M^2 개가 된다. 만일 사용할 연속 체인의 개수가 N 개 라면 가능한 배치의 합은 M^{N-1} 개가 된다. 이러한 다중 조합에서 하나의 최적 조합을 발견하는 것은 최적화 문제(optimization problem)를 정의하게 된다. 본 논문에서는 최적화 문제를 해석하는 방법 중의 하나인 탐욕법(Greedy algorithm)으로 문제를 해결한다. 탐욕법은 문제를 해석함에 있어 전에 결정하였거나, 후에 결정할 선택과는 상관 없이 현재 시점에서 M 개의 카테고리 중 정합률이 최대가 되는 패턴을 선택하게 된다. 상호 연결된 다중

템플릿 체인의 각 노드는 수평 방향으로의 인접 탐색에서 가장 높은 NGC값을 가지고 정합된 후보 문자중의 하나가 될 것이며, 각 노드는 제각기 다른 수평 방향의 위치를 가지고 있으므로 i 단계와 $i+1$ 단계에서의 노드연결은 인접한 두 템플릿과 템플릿 사이의 수평 거리를 나타내게 된다.

다중 템플릿을 이용하여 아래와 같은 과정으로 검사 영상의 패턴을 자동 분할하게 된다.

- ① 처음 NGC의 탐색 시 수직 방향의 이동은 배제하고 수평 방향으로만 이동을 허용하여 최적 매칭 포인트 및 정합 계수치를 이용하여 설계된 다중 템플릿 중 첫번째 노드의 최적 매칭 포인트를 획득하게 된다.
- ② 각 템플릿 간의 상호 간격(gap)이 기존 템플릿의 문자 성분에 따라 틀려지게 되므로 고정된 값이 아닌 한 개의 템플릿 정합이 끝날 때마다 매칭된 모델의 가로 크기 만큼 이격시켜 다시 정합을 반복한다.
- ③ 이미지 공간상의 허용 가능한 수평 방향의 탐색이 끝나면 설계된 다중 템플릿의 각 정합 계수치의 합과 매칭 좌표를 따로 저장하게 되고 영상에 정합된 다중 템플릿 1세트를 획득하게 된다.
- ④ 탐색 영역에 대해 ①~③과정을 반복하면서 정합 계수치의 합이 최대가 되는 다중 템플릿 세트(set)를 획득한다.

획득한 다중 템플릿 세트는 검사 영상 내의 각 템플릿의 정합 계수치가 최대 값을 가지는 각각의 매칭 포인트를 가지므로 가시화가 불완전한 영상 내에서도 자동으로 문자부의 분할이 가능하다.

4. 실험 결과 및 고찰

제안된 검사영역 자동 분할 알고리즘의 효율성을 검토할 수 있도록 가시화 제어가 어려운 대표적 예인 유리 판넬 위에 레이저로 표면을 녹여 새겨진 문자 영상에 대해서 실험하였다. 전면 레이저 마크의 경우, 레이저로 유리 표면을 녹여 각인된 마크이다. 레이저에 의해 각인된 거친 면이 문자를 이루며 유리 판넬의 측면부에 새겨져 있으며 레이저에 의해 표면을 거칠게 만들어 놓았기 때문에 조명의 난반사로 인해 문자부가 밝게 가시화가 되는 특징을 가지고 있다. 투명 유리상에 존재하기 때문에 빛의 투과로 인해 옅은 가시화가 이루어진다. 그림 5(a)는 레이저 마크 영상의 한 예를 나타내고 있으며 그림 5(b)의 에지는 캐니(Canny) 에지 필터를 적용한 결과를 나타내고 있다. 에지 상태를 보면 문자부의 분할이 쉽지 않음을 예상할 수 있다. 그림 6은 미리 구축한 템플릿 모델들의 예이다.



(a)



(b)

그림 5. 전면 레이저 마크의 예



그림 6. 레이저 마크 템플릿

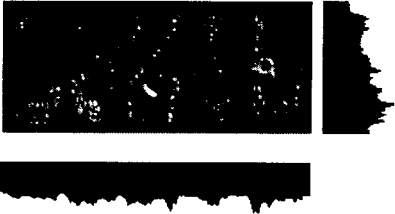


그림 7. 검사 영상의 히스토그램 프로파일

그림 7은 수평과 수직 방향의 밝기 히스토그램의 누적을 보여준다. 열화 된 영상 특징으로 문자와 문자 사이를 분리하는 누적 히스토그램 특징이 거의 나타나지 않는다. 이러한 특징은 기존의 영역 분할 방법 뿐만 아니라 하프변환 방법이나 히스토그램 투영법 등이 문자마크 분리에 적용되기 어려움을 보여준다. 그림 8은 미리 구축된 모델 템플릿으로 문자부의 분리를 시도한 결과를 보여준다. 단일 템플릿을 이용하여 검사 영상 내의 미지의 문자들을 패턴 분할한 경우 검사 영상 내의 많은 잡음과 문자부의 부분적 소실로 인해 신뢰성 있는 분할이 이루어 지지 않는다. NGC탐색과 정합에 의한 문자마크 분할이 어려움을 나타낸다.

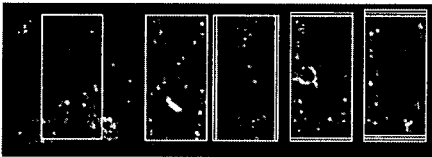
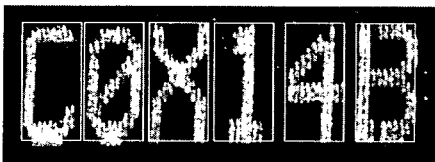
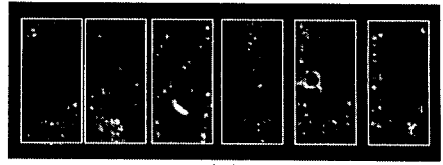


그림 8. 단일 템플릿을 이용한 문자 분할의 예

그림 9는 제안된 다중 템플릿 방법에 의해 검사 이미지 내 문자나 패턴을 자동 분할한 결과를 보여준다.



(a)



(b)

그림 9. 제안된 방법에 의한 문자의 자동 분할 예

그림 9(a)는 비교적 가시화 상태가 좋은 경우의 결과이며 그림 9(b)는 열화 된 가시화 상태에서의 결과를 보여준다. 그림 9(b)는 가시화가 불완전하고 많은 잡음을 내포하고 있기 때문에 기 기술한 일반적인 방법으로는 일관성 있는 검사 영역 분할이 어렵다. 이러한 영상의 경우에도 다중 템플릿 방법은 성공적으로 문자부를 분리하는 결과를 주었다. 제안된 방법을 통하여 기존의 OCR과 관련된 알고리즘의 적용이 어려운 열화 이미지상에서 제안된 방법이 검사 내 미지의 문자를 정확하게 분할한 결과를 나타내었다.

5. 결론

본 논문은 자동화 공정에서 획득된 열화 영상 내의 문자 마크 분할 문제점을 개선하는 알고리즘을 제안하였다. 기존의 일반적인 방법으로는 문자부의 분할이 쉽지 않은 가시화가 불완전한 이미지 상에서의 자동 분할을 위해 다중 템플릿을 이용하여 패턴 정합을 수행하였다. 템플릿을 상호 연결하여 템플릿 세트를 구성하여 각각의 템플릿 모델의 정합 계수치의 합이 최대가 되는 세트를 획득하여 문자부와 배경부의 분리가 어려운 영상에서 검사영역을 자동으로 분할하기 위해 다중 템플릿을 설계 하였다. 주어진 문제를 최적화문제로 정의하고 탐욕법의 적용을 통해 비교적 신뢰성 있는 결과를 얻을 수 있었다. 실제적인 예로써, 제안된 방법을 가시화 상태가 열악한 유리 판넬 위에 레이저로 표면을 녹여 마킹된 실제 영상에 대해서 실험하여 본 결과 잡음이 많고 가시화가 불완전한 이미지에서도 효과적으로 문자를 배경으로부터 자동으로 분할할 수 있음을 보여주었다.

참고문헌

- [1] R. Haralick and L. Shapiro, "Survey: Image segmentation technique," CVGIP, vol. 29, pp 100-132, Jan. 1985.
- [2] S. Horowitz and T. Pavlidis, "Picture segmentation by a tree traversal algorithm," J. CM, vol 23, pp. 368-388, Apr. 1976.
- [3] S. M. Lee, "Low rate video coding using 3-D segmentation with two change detection masks", ISO/IEC/JTC1/SC29/WG11 MPEG93/941, Nov, 1993.
- [4] C. K. Chow and T. Kaneko, Boundary detection of radiographic images by a thresholding method, in Frontiers of Pattern Recognition (S. Watanabe, Ed.), pp. 61-82, Academic Press, New York, 1972.
- [5] A. Rosenfeld and A.C.Kak, "Digital picture processing," Academic Press, New York, 1976.
- [6] S. Manickam, S.D.Roth, T. Bushman, "Intelligent and Optimal Normalized Correlation for High-Speed Pattern Matching, Datacube Technical Paper," Datacube Incorporation, 2000.