

능동 다중 템플레이트에 의한 저화질 패턴 분할

안인모, 이기상, 허학범
 *마산대학, **단국대, ***천안공업대학

Pattern Segmentation of Low-quality Images using Active Multiple Template

In-Mo Ahn, Kee-Sang Lee, Hak-Bom Hur
 *Masan College, **Dankook University, ***Chonan Technical College

Abstract - 본 논문에서는 열화된 이미지상에서의 자동 패턴 분할을 위해 농담 정규화 정합(NGC)법과 다중 템플레이트를 이용하여 검사 이미지내의 각 문자의 정합 계수치 합을 이용한 문자나 패턴을 자동으로 분할(segmentation)하는 알고리즘을 제안한다. 전통적인 NGC를 사용하는 검사 알고리즘은 기준 패턴의 기하학적인 level 값에 의해 계산되어 지기 때문에 검사 이미지의 획득이 불완전하다면 정합의 부득율(reject rate)은 높아진다. 제안한 알고리즘은 가시화가 좋지 않은 영상 획득 시 문자부와 배경부를 효과적으로 자동으로 분류하며 이미지 영역내의 정보와 정규화 된 상관관계를 이용하여 실제 영상에 적용시켜 제안된 알고리즘의 검증목표로 한다.

이 방법은 히스토그램의 분포가 배경과 객체에 해당하는 두 개의 그레이 값에 집중되어 있는 경우 (bi-modal-histogram)에 좋은 분할 효과를 얻는다. 본 논문에서는 열화 이미지 상에 마크 된 문자를 기준 패턴 모델과의 정합을 이용한 특징 정합기술과 다중 템플레이트(multi-templates)를 이용하여 가시화가 불완전한 형상의 문자나 패턴을 자동으로 분류하는 알고리즘의 개발과 관련이론의 정립을 목표로 한다.

문자 영역 탐색과 개별 문자 분할을 위해서는 농담정규화상관(NGC) 정합을 이용한다. 단일 템플레이트로 영역이 찾아지지 않는 극 저화질 영상에 대해서는 다중 템플레이트를 사용하는 방법을 제시한다.

다중 템플레이트란 여러 개의 개별 템플레이트가 연결되어 하나로 구성된 템플레이트를 말한다. 개별 템플레이트 간 간격이 고정된 다중 템플레이트 사용에 있어, 문자열 간격 변화에 따른 상관계수 저하의 문제점을 해결하고 상관계수를 최대로 증대시키기 위하여 snake 알고리즘을 이용한 최적화를 시도하고, 이를 해결하기 위한 방법으로 탐욕법(greedy algorithm)을 적용한다.

1. 서 론

2. 패턴 정합 알고리즘

산업구조가 고도화 되면서 생산라인에서 전통적으로 사람이 직접 수행하던 검사나 불량품 판별 등에 대한 자동 검사 요구가 점차 증가하고 있다. 일반적인 공정 환경에서 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 있으나 다양한 응용에는 한계가 있다.

전통적으로 비전 시스템들은 관심 있는 패턴들을 검사영상에서 찾기 위해 정규화 정합법(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 정합(Normalized Gray-scale Correlation : NGC)에 기반하는 방법이 주로 채택되어 FA 산업이나 유관 연구분야에서 사용되어 왔다. NGC는 미리 정해진 기준패턴을 검사할 영상내부에서 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 평균 크기 성분이 상쇄되도록 정규화 시킨 정합법이 농담 정규화 정합법이다[5][6].

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 일정한 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 단점을 얻을 수 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 내부의 질감 성분을 바로 부호화 할 수 있다. 그러나 입력영상에 잡음이 있는 경우에는 오경계(false edge)를 따라갈 수 있으므로 별도의 전처리 과정이 필요하다.

본 논문에서 사용한 NGC식은 (1)과 같다.

$$C = \frac{(MN) \sum I T - (\sum I) \sum T}{\sqrt{[(MN) \sum I^2 - (\sum I)^2][(MN) \sum T^2 - (\sum T)^2]}}$$

(1)

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 양자화 함으로써 영상분할을 용이하게 한다. 따라서

침자는 생략하였으며 효과적으로 계산에 이용될 수 있다. 탐색 루프 안에서 계속 반복해서 계산이 필요한

부분은 $\sum I, \sum I^2, \sum$ 의 세 부분뿐이므로 이 부분을 제외한 나머지 부분들은 탐색 루프 밖에서 미리 계산해 놓는다면 농담정규화 정합의 계산량을 크게 줄이는 것이 가능하다[7].

실제로 검사 시, 음수의 계수치는 관심의 대상이 아니므로 배제시킨다. 수식에 들어 있는 제곱근 연산은 계산량을 상당히 증가시키므로 이 값을 배제하기 위해 C값을 제공해 준다. 따라서 최종적인 정합의 계수치는 다음과 같은 형태가 된다.

$$Score = [\max(C, 0)]^2 \quad (2)$$

2.2 다중 템플레이트에 의한 탐색

저화질 영상 내에서 제품식별번호를 나타내는 문자를 찾기 위해서 NGC 정합을 수행한다. 이때 템플레이트는 한 개의 모델로 만들어진 단일 템플레이트 세트로서, FOV(field of view)내에 들어온 문자열에 대해서 최대의 정합치를 갖는 각각의 문자를 찾게 된다. 그 영역을 대상으로 이후의 인식 과정을 진행한다.

그러나 들어온 문자 영상 전체의 콘트라스트가 약하거나 잡음이 심한 경우, 또는 문자열 중 특정 문자 부분이 심하게 손상된 경우에는, 단일 템플레이트를 이용하여 정합을 수행하면 그 상관도의 출력 값이 너무 미약하여, 전체 또는 일부 문자를 찾지 못할 수가 있다. 이러한 경우 의미 있는 값으로 인정할 수가 없으므로 문자 영역을 찾아내지 못하는 결과가 된다. 따라서 하나의 템플레이트로 정합을 수행하는 대신 문자열 전체로 이루어진 패턴으로 템플레이트를 만들고 그것으로 정합을 수행하면 훨씬 큰 상관도 에너지를 얻을 수 있을 것이다. 즉 식(2)의 값을 다음과 같이 증대시킬 수 있다.

$$Score_m \approx K \cdot Score \quad (3)$$

여기서 $Score_m$ 은 다중 템플레이트의 NGC 정합 계수치이며 K는 다중 템플레이트의 개수이다. 이 $Score_m$ 은 최소한, 한 개의 정합 계수치인 $Score$ 이상이고, 최대로는 템플레이트 개수만큼 커지게 된다. 그러므로 정합계수치가 낮은 저화질 영상에 대해서 보다 강하게 문자 영역을 찾을 수 있는 것이 자명하다.

2.3 능동 다중 템플레이트

검사 대상인 패턴의 문자열 구성에 따라 글자 간격이 항상 일정하지 않고 변하기 때문에 템플레이트 내 자간 간격이 자동으로 조절되게 하면 개별 문자에 대한 정합 계수가 100% 더해지므로 가시화가 좋지 않은 문자열의 경우 문자 영역을 찾을 확률이 높아지게 된다.

그림 1에 능동 다중 템플레이트의 모습을 보여주고 있다. 개별 템플레이트간의 거리가 문자열의 구성에 따라 각각 조정되어 다르게 되는 것을 나타내고 있다.



개별 템플레이트 간 간격 다름

그림 1 능동 다중 템플레이트

검사 영상 내의 미지의 문자열에 대해 개별 문자로 분할하기 위해, 그림 2와 같은 다중 템플레이트(multiple templates)를 설계한다.

그림에서 사각형은 템플레이트를 의미하며 이들이 서로 일정한 탄력을 가진 용수철(spring)로 연결되어 있는 구조이다. 즉 한 문자열 내에서 문자 구성이 달라짐에 따라 개별 문자간의 간격이 일정하지 않고 변하기 때문에, 이 간격에 따라 템플레이트의 간격을 조정하는 역할을 하는 것이다.

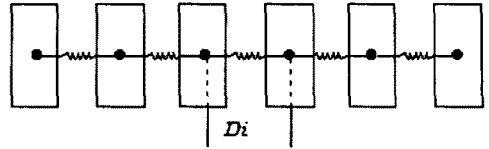


그림 2 다중 템플레이트 구성

템플레이트 모델의 MBR(minimum boundary rectangle)을 구해 크기를 정규화 한 후 정규화 된 영상을 이용해 정합을 실행하여 각 문자열 위치에 따라 정확한 분할을 하게 되는 것이다.

3 탐욕(Greedy)법에 의한 문자 분할 알고리즘

Snakes를 이용하여 각 템플레이트간의 거리와 NGC간의 관계를 최적으로 유지하는 방법을 통하여 능동 다중 템플레이트를 구현한다.

Snakes(active contour model)는 외부의 제한적 힘에 이끌리고, 라인, 에지 등과 같은 특정 방향으로 당기는 영상 힘에 의해 영향을 받는 에너지를 최소화하는 구조이다. 스네이크의 에너지 함수는 식(4)와 같이 정의하였다. $v(s)$ 는 snakes의 위치를 나타내며, E_{internal} 은 다중 템플레이트 간의 거리를 나타내는 내부에너지이고, E_{external} 은 NGC 계수치 힘을 포함하는 외부 에너지를 나타낸다. E_{ms} , 영상내의 라인, 에지 등과 같은 특정 방향으로 당기는 힘으로서 NGC 계수치 힘이 되며 $E_{\text{constraint}}$ 는 템플레이트 위치를 일직선으로 유지하려는 힘(Smoothness)으로 한다. 이들 내, 외부 에너지가 균형을 이루면서 정확한 개별 템플레이트 위치를 찾아 문자를 분할해 내도록 하는 것이다.

$$E_{\text{snake}} = \int_0^1 (E_{\text{internal}}(v(s)) + E_{\text{ms}}(v(s)) + E_{\text{constraint}}(v(s))) ds$$

$$E_{\text{snake}} = \sum_{i=1}^{N-1} (E_{\text{internal}}^i + E_{\text{external}}^i)$$

$$= \frac{1}{2} (a \cdot (D_i - \bar{D})^2 + b \cdot \text{Corr}(p_i)) \quad (4)$$

여기서 a, b 는 크기를 조정하기 위한 임의의 계수이며, \bar{D} 는 템플레이트간 거리의 평균이다. D_i 는 i 및 $i+1$ 번째 단계에서 인접하는 두 템플레이트의 정합 위치가 발생시키는 거리 값으로 평균 거리 \bar{D} 값과의 차이 값이 내력을 발생시키게 된다. p_i 는 인접 수평거리 내에서 각 모델 템플레이트가 가장 높은 NGC값을 주는 위치에서의 계수치 값을 의미한다.

본 논문에서는 snakes의 에너지를 최소화하는 반복과정에서 탐욕법(greedy algorithm)을 사용하여 구현한다. 이러한 방법은 최적화 문제를 해석하는 방법 중의 하나이다. 탐욕적 방법은 최적화 문제를 해석함에 있어 전에 결정하였거나, 후에 결정할 선택과는 상관없이 어떤 기준에 따라 현재 시점에서 "가장 최고"라고 판단하는 것을 매번 선택하는 알고리즘이다.

이 알고리즘은 주어진 문제를 간략하게 해석할 수 있는 장점이 있으나 얻어진 해가 항상 전체적으로 최적이라는 것을 보장하지 못한다. 그러나 빠른 반복 속도를

얻을 수 있다.

이러한 탐욕 알고리즘을 템플레이트 정합에 적용한 내용을 순서에 따라 나타내면 아래와 같다. 그림 2의 문제 풀이 단계는 탐욕적 접근법을 다중 템플레이트를 이용한 문자 분할 문제에 적용하는 과정을 보여준다.

획득한 다중 템플레이트 세트는 검사 영상내의 각 템플레이트의 정합 계수치가 최대 값을 가지는 각각의 정합 포인트를 가지므로 가시화가 불안정한 영상 내에서도 자동으로 문자부의 분류가 가능하다.

- (1) 처음 NGC의 탐색 시 Y축의 공간 이동을 배제하고 공간 이동을 X축 방향으로만 허용하여 최적 정합 포인트 및 정합 계수치를 이용하여 설계된 다중 템플레이트 중 첫 번째 노드의 최적 정합 포인트를 획득하게 된다.
- (2) 각 템플레이트 간의 상호 간격(gap)이 기준 템플레이트의 문자 성분에 따라 틀려지게 되므로 고정된 값이 아닌 한 개의 템플레이트 정합이 끝날 때마다 정합된 모델의 가로 크기만큼 이격시켜 다시 정합을 반복한다.
- (3) 영상 공간상의 허용 가능한 X축 방향의 탐색이 끝나면 설계된 다중 템플레이트의 각 정합 계수치의 합과 정합 좌표를 따로 저장하게 되고 다중 템플레이트 1세트를 획득하게 된다.
- (4) Y축의 공간이동(1화소 이동) 후 (1)~(3)과정을 반복하면서 정합 계수치의 합이 최대가 되는 다중 템플레이트 세트(set)를 획득한다.

그림 2 Greedy algorithm

4. 실험 결과 및 고찰

본 논문에서는 제안된 패턴 자동 분류의 효율성을 검토할 수 있도록 HD-TV용 Glass Panel 위에 레이저로 표면을 녹여 마킹된 영상에 대해서 실험하였다. 전면 레이저 마크의 경우, 레이저로 유리 표면을 녹여 각인된 마크이다. 하얀색의 가루가 묻어 있는 것처럼 유리 판넬의 측면부에 새겨져 있으며 레이저에 의해 표면을 거칠게 만들어 놓았기 때문에 조명의 난반사로 인해 가시화가 되는 특징을 가지고 있다. 마찬가지로 투명 유리상에 존재하는 특징으로 인한 빛의 투과로 인해 옅은 가시화가 이루어진다.

그림 3은 검사 이미지에 특정 템플레이트 하나를 정합시켜 최대 계수치를 갖는 정합 포인트와 가장 유사하게 정합된 모델을 보여준다.



그림 3-1 가시화가 좋은 경우의 정합 결과



그림 3-2 가시화가 나쁜 경우의 정합 결과

특정 모델에 대한 정합 결과가 그림 3-1과 같이 비교적 가시화가 좋은 경우에는 계수치 0.9이상에서 정합이 이루어지며 그림 3-2와 같이 부분소실로 인한 가시화가 불안정한 경우에는 계수치 0.7에서 정합이 신뢰성 있게 수행됨을 보였다. 그림 4는 제안된 방법에 의해 검사 이미지 내 문자나 패턴을 자동 분류한 결과를 보여준다.

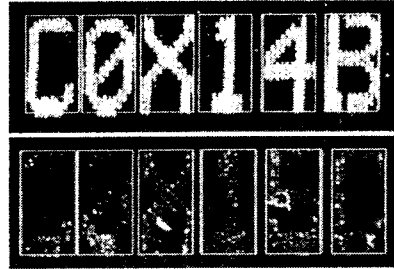


그림 4 제안된 방법에 의한 문자의 자동 분류

그림 4와 같이 획득되는 영상내의 부분소실로 인한 가시화가 불안정하고 많은 잡음을 내포하고 있기 때문에 기 기술한 일반적인 방법으로는 일관성 있는 영역 분류가 어렵다. 기존의 OCR과 관련된 알고리즘의 적용이 어려운 열화 이미지상에서는 제안된 방법이 검사 내 미지의 문자를 정확하게 분할한 결과를 얻을 수 있었다.

5. 결론

본 논문에서는 열화 이미지 내의 문자 분할의 문제점을 개선하는 알고리즘을 제안하였다.

기존의 일반적인 방법으로는 불가능한 가시화가 불안정한 이미지 상에서의 자동 분류를 위해 임의적으로 형태를 가공한 기준 템플레이트를 이용하여 패턴 정합을 수행하였다. 검사 이미지 내의 미지의 문자와 템플레이트 모델과의 정합 결과는 가시화가 선명한 경우의 정합 계수치는 0.9이상, 흐린 경우의 정합 계수치는 0.7 내외에서 계수치가 결정됨을 보였다.

또한 검사 영상 내 미지 패턴의 자동 분류를 위해 템플레이트를 상호 연결하여 템플레이트 세트를 구성하여 각각의 템플레이트 모델의 정합 계수치의 합이 최대가 되는 세트를 획득하여 원천적으로 문자부와 배경부의 분리가 어려운 영상에서 자동으로 분할하기 위해 다중 템플레이트를 설계 하였다.

제안된 방법을 HD-TV용 Glass Panel 위에 레이저로 표면을 녹여 마킹된 실제 영상에 대해서 실험하여 본 결과 잡음이 많은 가시화가 불안정한 이미지에서도 효과적으로 문자를 배경으로부터 자동으로 분류할 수 있음을 보였다.

[참고 문헌]

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.S. Gleason, M. A. Hunt, and W. B. Jatko, "Subpixel measurement of image features based on paraboloid surface fit," SPIE V. 1386, Machine Vision Systems Integration in Industry, 1990.
7. S. Manickam, S.D.Roth, T. Bushman, "Intelligent and Optimal Normalized Correlation for High-Speed Pattern Matching, Datacube Technical Paper," Datacube Incorporation, 2000.