원형 커널과 B-Spline을 이용한 알약 외곽선 검출

홍준혁, 정지훈, 박준오, 고병철, 남재열
계명대학교 컴퓨터공학과
e-mail: plastiqvox, radin, jopark, niceko, jynam@kmu.ac.kr

Outline detection of pills using circular kernel and B-Spline

June-hyeok Hong, Ji-hoon Jung, June-oh Park,
Byoung-chul Ko, Jae-Yeal Nam
Dept of Computer Engineering, Keimyung University

요 약

본 논문에서는 조제용 알약영상에서 자동 조제 결과를 검증하기 위한 방법의 전 단계로 알약의 외곽선을 검출 하는 방법을 제시한다. 입력 알약 조제 영상에 대해 원형 모양의 커널을 씌우고, 모폴로지 연산을 통해 대략적인 알약의 모양을 생성한다. 이후에, 알약 외곽선으로 부터 일정 간격으로 픽셀을 샘플링하여 B-Spline곡선으로 보간 함으로써 글씨 및 바코드로 인한 잡영을 제거 하였다. 이렇게 생성된 알약의 외곽선 영상은 약품 처방전에 명시되어 있는 대로 약품이 처방되어 있는지는 검증하는데 사용될 수 있는 중요한 요소 기술이다.

1. 서론

현대사회의 발전으로 인한 여러 가지 질병들이 발생하고, 이를 치료하고 예방하기 위해서 약품 섭취량이 늘어나고 있다. 하지만 대부분의 약 판매 시스템은 약사에 의해서 조제 되 고 있다. 약을 구매하고자 하는 수요자의 수보다 공급자인 약사의 수가 현저하게 적기 때문에 앞으로 더욱더 수요량이 늘어날 것으로 예측되는 조제약의 효율적인 공급을 위해 몇몇 기업을 중심으로 약 조제 자동화 시스템이 개발되어 왔다. 이러한 자동 조제 시스템은 기계에 의해서 약이 조제 되므로, 알약의 개수가 다르거나 다른 알약이 처방되는 등 정확하게 약이 조제 되지 않을 수도 있는 치명적인 단점이 존재하게 된다. 본 연구에서는 이러한 문제점을 예방하기위해 조제된 약 영상을 추출하여 처방전대로 알약이 올바르게 처방되었는지 유무를 확인할 수 있는 영상처리 기술을 제안한다. 본 연구에서는 두 가지 기술을 사용하여 약이 올바르게 조제되었는지 유무를 확인 한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 조제영상의 획득 방법에 대해 기술하고, 3장에서는 원형 커널과 B-Spline을 이용한 조제 알약의 외곽선 검출 알고리즘에 대해 설명한다. 4장에서는 실험 및 분석결과를 제시하고 5장에서 결론을 내리도록 한다.

2. 영상의 획득 방법

일반적으로 자동 처방시스템에서 조제되어 나오는 알약 포장은 그림 1과 같은 형태로 되어 있다. 국가별로 조제 포장지의 차이가 있지만, 그림 1과 같이 환자 이름과 처방전의 내용, 복용 방법 등이 기록되고, 추가적으로 자동 인식을 위해 QR코드 또는 bar코드 등이 삽입된다. 이렇게 자동 조제된 포장지는 조제가 정확히 이루어 졌는지를 검수하기 위해 CCD카메라를 이용하여 알약 영상을 촬영하게 되고 이를 이용하여 처방전과의 대조를 통해 조제의 이상 여부를 판단하게 된다. 하지만, 그림 1-(a)와 같이 CCD카메라에서 입력된 컬러 영상에서는 바코드와 알약이 겹쳐지는 부분에서 색상이 유사할 경우 정확하게 알약과 배경을 구분할 수 없는 문제가 발생함으로 조제 봉투에 일정 조도의 조명을 쏘이고 이를 조제약의 하단부에 촬영하는 방식으로 그림 1-(b)와 같은 그레이 영상을 획득하게 된다.

(a) 일반 컬러 영상 (b) 특수한 환경에서 촬영된 그레이 영상

그림 1. 알약 검증을 위해 사용되는 입력 영상

3. 원형 커널과 B-Spline을 이용한 알약 외곽선 검출

본 장에서는 조제약 봉투의 그레이 영상에 원형 커널과 모폴로지 연산을 적용하여 알약에 대한 대략적인 윤곽을 추출하고, B-Spline을 적용하여 최적화된 알약의 외곽선을 검출하는 방법을 설명한다.

3.1 원형 커널를 이용한 대략적인 알약 검출

본 연구에서는 대략적인 알약 영역을 검출하기 위한 원형 커널과 모폴로지 연산을 사용한다. 원형 커널은 반지름이 r(본 논문에서는 14픽셀)픽셀인 원형 모양의 커널을 사용한다. 우선, 약 봉투 그레이 영상을 전역임계값(Global Threshold)[1]를 사용하여 이진화 시킨 후 (그림 2), 알약 영역에 해당하는 픽셀에 대해 원형 커널을 적용한다.

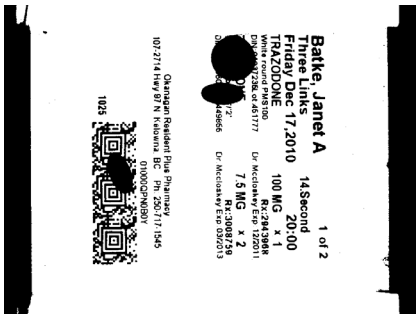


그림2. 전역 임계값을 이용한 이진화 영상

원형 커널의 연산 방식은 모폴로지(morphology) 연산[2]의 불림(dilation)과 침식(erosion)연산을 변형한 방법을 사용한다. 모폴로지 연산을 응용한 원형 커널 적용 방법은 다음과 같다.

① 반지름의 길이가 r인 원형 커널 생성
② 전경 픽셀에 대해 다음 조건을 적용

$$if((S_x \cap X \neq \varnothing) \wedge (S_x \subseteq X)) \quad (1)$$
$$then\ X' \Leftarrow all\ pixels\ in\ kernel\ S$$

수식 (1)에서 X는 입력된 이진 영상의 좌표집합을 뜻하며, S는 커널의 좌표 집합을 뜻한다. S_x는 S의 원점을 x로 이동시킨 좌표집합을 뜻한다. 따라서 수식(1)에서는 x를 중심으로 하는 원형 커널이 X의 전경에 속해 있고 커널안의 모든 점이 전경 영역에 포함될 경우 커널 S에 포함된 모든 점을 새로운 버퍼 영상인 X′에 복사한다.(그림 3)
③ 모든 전경 픽셀에 대해 ②의 과정을 반복 적용

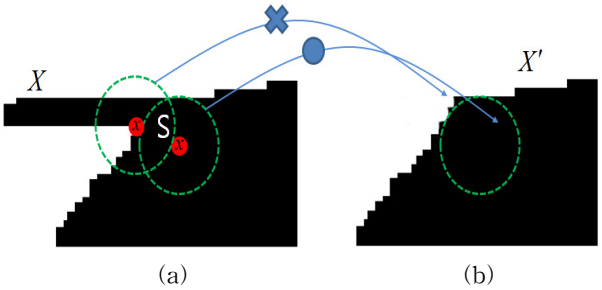


그림3 원형 커널 연산 (a) X 전경 영상에 대한 원형 커널의 적용 (b) 조건이 만족되는 커널 S안의 모든 픽셀을 X′영상에 복사

위의 과정을 거쳐 최종 검출된 알약 영상의 형태는 그림 4와 같다. 그림 4에서 보는 것과 같이 바코드나 글자 영역은 원형 커널에안 모두 포함되지 않음으로 제거가 되고 원형모양과 일치하는 알약부분은 거의 원형 형태가 유지되도록 검출된 것을 알 수 있다. 하지만 그림 4에서 확인할 수 있듯이 일부 알약의 경우 굵기가 원형 커널보다 큰 바코드나 글자가 겹쳐진 부분에서 잡영처럼 변형되어 나오는 경우가 발생한다. 이러한 오류를 제거하고 최대한 원래의 알약 모양과 유사한 결과를 검출하기 위해 커널 적용 결과 영상에 대해 B-Spline 보간법을 적용하여 최종 외곽선을 검출한다.

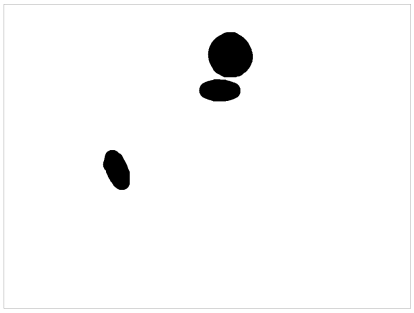


그림3. 원형 커널 적용 결과 영상

3.2 B-spline 곡선을 이용한 최적의 알약 외곽선 추출

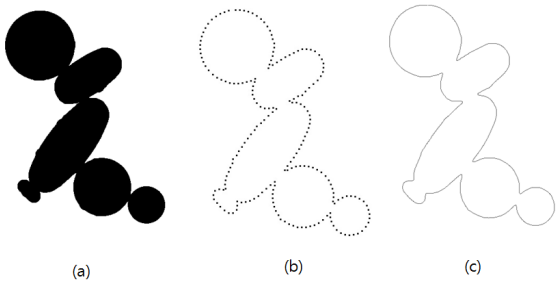
앞 단계에서 원형 커널을 이용하여 구하여진 알약 객체에 대해 보다 부드러운 외곽선을 추출하기 위해 B-spline 곡선[3]을 이용한다. B-spline 곡선은 원하는 차수를 직접 정할 수 있고 모든 블렌딩 함수가 매개변수 u의 전체 범위 중 각각 서로 다른 일정 범위에서만 값을 갖도록 할 수 있으며, 4차 이상이면 2차 미분 연속이 보장되는 특징을 갖는다. 본 논문에서는 B-spline을 위해 사용될 제어 점(control point)을 추출하기 위해 객체의 윤곽선을 따라 8픽셀 간격으로 n개의 샘플링 된 포인트를 추출하여 사용한다. k차수의 B-spline 곡선은 수식(2)와 같이 정의 된다.

$$X(u) = \sum_{i=1}^{n} N_i^k(u) p_i \qquad (2)$$

수식 (2)에서 $p_i | i = 1,...,n$는 n 개의 제어점을 의미하고, $N_i(u)$는 B-spline 곡선의 기저 함수(basis function)를 의미한다. B-spline의 도메인은 여러개의 매듭(knot)로 나누어지는데, 매듭의 범위에 따라서 기저함수의 값이 아래와 같이 결정된다.

$$N_i^k(u) = \begin{cases} 1 & \text{if } u_i \le u \le u_{i+1} \\ o & otherwise \end{cases} \qquad (3)$$

그림 5-(c)는 원형 커널을 적용시킨 객체(b)에 대해 일정간격으로 샘플링한 제어점에 대해 B-spline곡선을 적용한 결과이다. 결과에서 알 수 있듯이 알약 객체의 외곽선이 보다 부드럽게 검출되었으며, 외부로 튀어나온 오검출 영역들이 줄어든 것을 확인 할 수 있다.



(a) (b) (c)

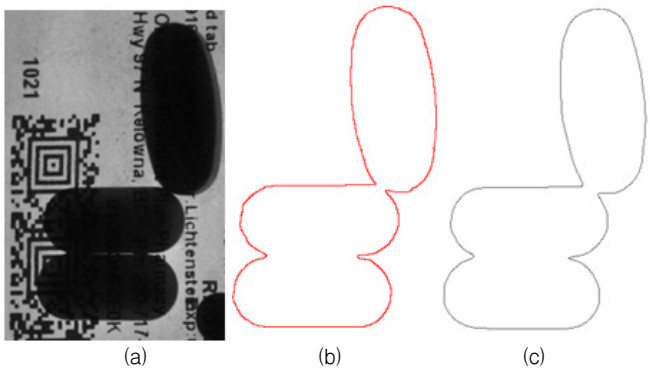
그림5. B-Spline 적용 영상 (a) 원형 커널 결과 영상 (b) 일정 간격으로 추출한 제어점 (c) 제어점을 이용한 B-spline 곡선 추정 결과

4. 실험

본 논문에서 제안하는 알고리즘의 성능 평가를 위해서 자동 조제 알약 검출 시스템에서 사용되는 포장된 알약 샘플영상 5개를 사용하였다. 각 영상에는 평균 4 ~ 5개의 알약이 포함되어 있다.

4.1 실험 결과 및 성능

성능평가를 위해 우선 관리자가 임의로 알약영상의 외곽선을 그리고 알고리즘을 통해 검출된 외곽선과의 오차를 픽셀 개수를 전체 외곽선으로 나누는 방법으로 측정하였다. 실험에 사용된 알약 영상에서 평균 4.2%의 오차를 보여 주었다. 그림6-(b)는 실험에 사용된 ground-truth 외곽선 결과를 보여주고 그림 6-(c)는 알고리즘에 의해 검출된 외곽선을 보여주고 있다. 결과 그림에서 보는 것과 같이 본 논문에서 제안하는 외곽선 추정 방법이 매우 우수한 성능을 보이고 있음을 알 수 있다.



(a) (b) (c)

그림6. 원본 이미지와의 비교 (a) 원본이미지 (b) 관리자에 의해 추출된 ground-truth 외곽선 영상 (c) 제안된 알고리즘에 의해 추출된 외곽선 영상

5. 결론 및 향후 과제

본 논문에서 원형 커널과 B-spline 곡선을 이용하여, 조제 약봉투에서 알약 영역을 자동으로 검출함으로서, 비교적 실제 모양에 가까운 알약 모양을 감지하는 알고리즘을 제안하였다. 특히 원형 커널 방법만으로도 다른 복잡한 알고리즘을 적용시키지 않고도 글자 영역 및 바코드 영역을 효과적으로 제거하는 것을 알 수 있었다.

본 연구의 향후 과제로는 알약과 알약이 겹치는 경우에 대해 보다 자연스럽게 외곽선을 추출하고, 알약이 모양이 원형이나 타원이 아니라 다각형 모양을 갖는 경우에도 정확한 외곽선을 추출할 수 있는 추가적인 알고리즘을 개발하는데 초점을 맞추도록 할 것이다.

6. 감사의 글

본 과제(결과물)는 교육과학기술부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 광역경제권 선도산업 인재양성사업의 연구결과입니다.

7. 참고문헌

[1] R.C. Gonzalez, R.E. Woods, "Digital Image Processing," 3rd edn, pp. 839 - 842, 2007.

[2] G Louverdis, M.I Vardavoulia, I. Andreadis, Ph. Tsalides, "A new approach to morphological color image processing," Pattern Recognition, vol. 35, pp. 1733-1741, 2002.

[3] M. Unser, "B-spline Signal Processing : park I-Theory," IEEE Trans. on Signal Processing, Vol.41, No.2, pp. 864-872,1993