

의료영상에서 특징점 추출을 이용한 영역추출

김업준¹, 성미영
인천대학교 전자계산학과

Region Detection Using the Feature Point Extraction from Medical Image

Eom Jun Kim, Mee Young Sung
Dept. of Computer Science, University of Incheon

요 약

본 논문에서는 의료 영상 중에서 상대 운동의 불규칙적인 움직임을 판단하여 자동으로 진단 파라미터를 구하는 비디오스트로보키모그래피(Videostrobokymography) 시스템에서 관심 영역을 추출하는 방법을 소개하고자 한다. CCD카메라에 의해 촬영된 영상은 비디오 테이프에 저장된 후 이미지 캡처 보드에 그레이 이미지(gray-level)로 변환되어 저장된다. 입력된 영상은 움직이는 영상을 촬영한 것이므로 관심 영역의 위치가 각 프레임마다 다르다. 또한 실제로 입력된 상대영상들이 점진적인 농도 변화를 보이기 때문에 에지에 의해 영역을 추출하는 일반적인 영역 추출 방법은 사용하기 어렵다. 본 논문에서는 두 번의 단계를 통하여 관심 영역을 추출하고 있다. 첫 번째는 입력된 영상에서 노이즈를 제거한 후 각 프레임에서 영상의 최소 에너지를 구한다. 두 번째로 농도 변화 값을 특징 값으로 이용하는 분할-합병 알고리즘(Split-merge Algorithm)을 적용하여 관심 영역을 추출하였다. 제한한 알고리즘을 19명의 상대 영상에 적용하여 분석한 결과 상대의 관심 영역 주위의 밝기가 관심 영역의 밝기와 같은 영상을 비슷한 경우를 제외하고는 대부분의 상대 영상에서 상대의 관심 영역을 추출할 수 있었다. 그리고, 영상의 에너지 값을 이용하는 스네이크 알고리즘(Snake Algorithm)에 적용하여 비교해본 결과 본 연구에서 제안하는 스네이크 알고리즘보다 좋은 성능을 보임을 확인할 수 있었다. 본 연구에서 제안하는 관심 영역 추출 방법은 동적인 변화를 보이는 영상에서 관심 영역을 추출할 수 있을 뿐 아니라 계산량이 적어 200x280 크기의 이미지를 초당 약 40프레임에 대한 관심 영역을 추출할 수 있는 장점이 있다.

1. 서론

의료 영상은 환자의 신체 부위를 촬영하여 분석함으로써 환자의 이상 유무를 판별하는 중요한 지표가 된다. 환자의 이상 유무는 판별하는 중요한 지표인 의료 영상을 분석하기 위해서 의료 영상 처리 분야는 발전하게 되었다. 하지만 의료 영상은 촬영 당시의 배경과 기기의 환경에 따라 다양한 영상이 나올 수 있고, 이를 각 경우에 따라 다르게 처리할 수 있는 일반적인 시스템을 구축하는 것은 거의 불가능하기 때문에 각 분야별로 자신의 시스템에 알맞은 영상 처리 및 분석 시스템을 개발하여 사용하고 있다.

영상에서의 영역 추출을 하는 방법중 대부분은 에지(Edge), 히스토그램(Histogram) 분석 및 경계 값[1]에 의한 방법이다. 이러한 방법은 임계값에 의해서 영역을 추출하기 때문에 임계값이 잘못 되었을 경우에는 정확한 결과를 얻기 어렵다 이러한 문제점을 해결하기 위하여 그동안 여러 가지의 모델과 방법이 발표되었다. 공간 특징 값을 이용한 방법[2], 유전자 알고리즘을 이용한 방법[3], 움직임 벡터를 이용한 방법[4], 허프(Hough) 변환을 이용한 방법[5], 그리고 영상의 에너지 값을 이용한 방법[6]등의 영상 추출을 위한 여러 가지 방법이 좋은 결과를 보이고 있다. 또한 최근들어 Active Contour Model(ACM) [7], Active Shape Model(ASM)[8]등의 모델들이 발표되어 활발히 연구가 진행되고 있다.

본 논문에서는 영상처리를 이용하여 후두 기능을 진단하기 위한 정량적 지표를 보여주는 비디오스트로보키모그래피(Videostrobokymography)시스템[9]에서 상대의 관심 영역을 추출하는 방법을 비교하고자 한다. 상대의 떨림을 CCD카메라로 촬영한 영상은 비디오 테이프에 저장된 후 이미지 캡처 보드에 의해 그레이 영상으로 변환된 후 저장된다. CCD카메라에 의해서 촬영된 환자의 상대 움직임 영상은 촬영한 때마다 농도의 변화, 움직임 그리고 밝기 등의 영상 특징이 달라지게 된다.

이러한 동적인 특징의 변화는 관심 영역의 추출을 어렵게 만든다. 앞서 열거한 영역 추출 방법들은 동적인 상대 영상에 적용하기에는 에지가 많고, 각 상황에 따라 특징 값이 달라지는 문제점, 그리고 픽셀 성분이 많이 존재하는 문제점으로 인하여 적용하기 어렵다. 본 연구에서는 상대 영상에서 동적인 특징을 발견하는 방법과 동적인 변화를 보이는 관심 영역을 빠르고 정확하게 추출하는 방법을 제시한다. 본 연구에서는 다음의 세 가지 단계를 거쳐서 관심 영역을 추출하고 있다. 첫 번째로 에너지 최소 값을 이용하여 관심 영역의 중심이 되는 부분을 찾는다. 관심 영역 내에 있는 특징 점을 추출한 후 두 번째 단계로 한 라인(line) 영역에 대해 종축을 따라서 평균값에 의한 에지를 선택한다. 최종 단계에서는 이 특징 값을 분할-합병 알고리즘(split-merge algorithm)의 임계값으로 사용하여 관심 영역을 추출한다.

2. 영상 특징 및 추출 알고리즘

2.1 성대 영상의 특징

관심 영역을 추출하기 위해서는 영상의 특징을 아는 것이 중요하다. 이 특징에 따라서 어떤 방법으로 어떤 알고리즘을 써서 추출할 것인가가 결정되기 때문이다. 앞서 설명한 바와 같이 각 시스템에 알맞은 방법을 사용하여 영역 추출을 하여야만 한다. CCD카메라로 상대의 움직임을 촬영한 영상에서 추출하고자 하는 관심 영역은 그림 2와 같이 주위의 영상보다 RGB값이 낮고, 또한 횡축이 종축보다 긴 타원의 모양을 하고 있다. 상대 영상은 그때 그때마다의 환경에 따라서 여러 가지의 특징이 달라질 수 있다. 여기에서는 공통으로 가지는 특징을 설명한다. 상대 영상에서의 관심 영역을 추출하기 위한 영상의 특징은 다음과 같다.

- 1) 상대가 떨리고 있는 부분은 떨리기 많은 부분보다 RGB값이 낮다.
- 2) 관심 영역의 RGB값은 그림 3과 같이 가장 낮은 값을 가지는 지점

- 으로부터 그 주위로 점차적으로 깊이 높아진다.
 3) 관심 영역은 정상일 경우 하나의 타원 모양을 한다.
 4) 관심 영역은 성대의 떨림에 의해서 아래에서 위로 움직인다.
 5) 성대의 떨림은 정상일 경우 횡축을 중심으로 좌우 대칭이다.
 6) 관심 영역은 비정상일 경우 아래, 위 두 부분으로 나누어 진다.
 7) 성대가 떨리고 있는 영상에는 안쪽에 얇은 막이 있을 수 있으며, 이는 열려있는 것으로 간주하지 않는다.

위의 같은 특징에 의해 성대 영상에서 관심 영역을 추출하는 방법을 알아본다. 보편적인 관심 영역 추출 방법은 에지를 구하는 것이다. 그러나 성대 영상에서 일반적인 에지 추출 방법을 적용하는 경우 문제점이 있다 성대 영상은 관심 영역 이외의 곳에도 에지가 존재할 수 있고, 관심 영역 안에도 에지가 될 수 있는 곳이 여러개 존재할 수 있다. 또한 CCD카메라에 의해서 촬영된 영상은 촬영할 때마다의 환경의 영향으로 인해서 연속적으로 촬영된 영상이라 할지라도 각각 특징이 다르다. 그러므로 각각 다른 특징을 가지는 영상마다 서로 다른 경계 값을 가져야 한다. 각 영상에서의 경계값을 추출하기 위해서 각 프레임마다 먼저 관심 영역 안에 있는 에너지 최소의 위치를 구한다. 이 위치를 각 프레임간에 서로 보정을 하고 나서 그 위치로부터 출발하여 종축으로 RGB값의 차분을 계산하고 차분이 최대인 값을 갖는 값을 구한다. 이 값을 경계값으로 하여 에너지 최소 지점으로부터 병행 알고리즘을 적용하여 관심 영역을 추출하게 된다.

2.2 에너지 최소화에 의한 특징점 추출

2.2.1 각 프레임의 후보 특징점 추출

특징점을 추출하기 위해서 영상의 에너지 값을 사용하였다. 위에서의 특징에 의해서 관심 영역은 주위의 영상보다 에너지 값이 최소인 점을 중심으로 형성된다. 한 프레임 영상의 전체 크기 $n \times m$ 에서 각 지점에서의 좌표를 $f_k(x_k, y_k)$ 이라 하고, 에너지 값을 E_f 라 나타낸다. 이에 대한 수평 방향 에너지의 최소값 $E_{f_{k_{min}}}$ 과 에너지 최소인 좌표 $f_{x_{min}}(x_{min}, y_{min})$ 을 구하기 위해서 아래의 (1), (2), (3)식을 반복해 나간다.

$$E_{f_k} = |f_k(x_k, y_{k-1}) - f_k(x_k, y_{k+1})| \quad (1)$$

$$E_{f_{k_{min}}} = \min(E_{f_k}, E_{f_{k'}}) \quad (2)$$

$$f_{x_{min}}(x_{min}, y_{min}) = E_{f_{k_{min}}}(x, y) \quad (3)$$

좌측 상단에서부터 우측 하단까지 좌에서 우로 두 화소씩 이동시키면서 각각의 에너지 값의 차분 구한다 이는 영상의 에너지 중에서 영상의 특징에 의해 높은 값에서 차분 낮아지다가 다시 높아지는 지점 즉, 오목한(concave) 지점의 집합이 된다.

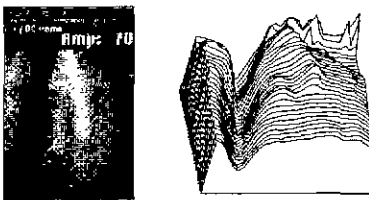


그림 1. 성대영상의 y 축 에너지 최소값과 Luminance Surface

이의 각 열에서의 각 에너지 최소 지점으로부터 위에서 아래로 같은 방법을 사용하여 오목한 부분을 찾기 위하여 (4), (5), (6)의 식을 반복해 나간다. 이는 이 프레임에서 가장 최소의 에너지 값을 가지는 지점이 된다.

$$E_{f_k} = |f_k(x_{k-1}, y_k) - f_k(x_{k+1}, y_k)| \quad (4)$$

$$E_{f_{k_{min}}} = \min(E_{f_k}, E_{f_{k'}}) \quad (5)$$

$$f_{y_{min}}(x_{min}, y_{min}) = E_{f_{k_{min}}}(x, y) \quad (6)$$

y 축에 대해서 에너지 최소점은 여러개가 존재한다 이들 집합은 관심 영역 안에 있기 때문에 합병 알고리즘에서 사용된다

2.2.2 각 프레임의 특징점 보정

각 프레임마다 에너지 최소화에 의해 추출된 후보 특징점들은 서로 다른 위치에 존재하고 있다. 이는 촬영대상이 움직이거나 카메라가 이동하는 등의 순간의 상황 변화에 의해서 입력된 영상의 값이 달라졌기 때문이다. 즉, 프레임마다 밝기가 달라질 수 있고, 움직이는 영상일 경우 좌우나 아래위로 관심 영역이 이동함으로써 후보 특징점들은 서로 다른 위치에 존재한다 이는 성대 운동의 분석을 위한 최종 파라미터에 왜곡을 가져오게 된다. 이를 보정하기 위하여 각 후보 점들의 위치를 가지고 표준편차를 구한다. 그리고 각 후보 점의 편차의 절대값이 표준편차보다 높으면 이는 잘못 구해진 것으로 간주하고 그 프레임의 그 다음 에너지 최소화 지점에 대해서 다시 계산한다. 이의 반복에 의해서 각 프레임에서 관심 영역에 있는 에너지 최소화 지점을 찾는다. 에너지 최소화 지점의 값들을 x_1, x_2, \dots, x_n , 평균을 m , 편차를 $(x_i - m)$, 표준편차를 σ 라 하면,

$$\sigma^2 = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n (x_i - m)^2 \quad \sigma = \sqrt{\sigma^2} \quad (7)$$

$$(x_i - m) < \sigma \quad \text{허용} \quad (8)$$

(7)과 (8)의 계산에 의해서 구해진 각 프레임의 좌표들에 대해서 허용된 맨 첫 프레임의 x, y 축 값을 기준으로 나머지 프레임에 이동시킨다. 성문이 열려 있는 부분만을 본다면 위에서 설명한 것과 같이 마름모의 형태를 갖고 있으며, 움직임의 방향은 일정하다. 각 마름모의 위 아래 꼭지점을 연결한 선들이 y 축과 나란히도록 횡축선들을 이동시켜 특징점의 움직임을 보정한다

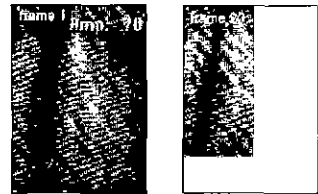


그림 2. 각 프레임에서의 특징점 보정

3. 관심 영역 추출

3.1 에지 추출

각 프레임마다 최소값의 좌표에 대한 분산을 구하여 다른 값을 가지는 프레임의 최소값과 좌표분 보정한다 구해진 최소값 좌표들 중심으로 종축을 따라 에지 계산을 하고, 그 평균값을 구해나간다. 구해진 평균값과 에지값을 비교하여 만일 에지가 평균값보다 작으면 이는 허용하여 다시 평균값을 계산한다. 반대로 에지가 평균값보다 크면 최종 에너지로 간주한다(그림 10) 에지를 구하기 위한 마스크(mask)는 아래의 같다.

-3	-1	0	1	3
----	----	---	---	---

3.2 Split-Merge Algorithm[10]

대부분 영상에서 같은 이미지 영역 안에 근접한 곳에 있는 각 픽셀(pixel)들은 비슷한 속성을 가지고 있다. 이러한 속성을 이용하여 이미지에서의 영역 분할을 하는 방법으로 분할-합병(split-merge) 알고리즘이 사용되고 있다. 이 알고리즘은 한 픽셀로부터 출발하여 한 영역 안에 비슷한 픽셀들끼리 존재할 때까지 분할하고 분리된 여러 영역에서 주위에 있는 비슷한 속성을 가진 영역끼리 병합하여 영역을 확장해 나가는 방식이다. 본 논문에서는 합병만을 행하였다. 앞에서 에너지 최소 지점을 추출하였기 때문이다. 즉, 에너지 최소 지점에서부터 출발하여 임계값에 알맞은 영역을 포함해가면서 확장하고 있다.

각 픽셀을 $s_i(i=1, \dots, N)$ 라하고, 픽셀들의 집합을 P 라하고, 각각의 이미지 영역을 R, 라 하면, R, 에는 주위에 있는 비슷한 속성을 가진 픽셀들이 모여있다 이를 확장해 나가기 위해 확장 알고리즘(growing algorithm)을 사용하는데 여러 번의 단계를 통하여 영역 확장이 이루어진다. 각 단계는 k, k 단계의 영역을 $R(k)(i=1, \dots, N)$ 라하고, 하나

```

Get_Edge(X)
/* 구해진 최소값 좌표로부터 종속으로
가장 낮은 좌표까지 조건을 만족하는
에지를 구한다. */
for (i=min_x; i>0; --i){
    edge_value = EdgeIMG[n-2]*3
                + EdgeIMG[n-1]*1
                + EdgeIMG[ n ]*0
                + EdgeIMG[n+1]*(-1)
                + EdgeIMG[n+2]*(-3);
    total = total + edge_value;
    if (max < edge_value){
        max = edge_value;
        average = max / (min_x - i);
        if (edge_value < average){
            edge_x = i;
            edge_y = min_y;
            return;
        }
    }
}
    
```

알고리즘 1. 에지 추출

의 픽셀 X 마다 8개의 주변 픽셀과 비교하여 비슷한 픽셀은 그 영역에 포함시킨다.

$$P(R_i \cup X) = TRUE \quad (9)$$

최종적으로 R_i 값이 구해지면 이에 대해서 평균과 분산을 구하여 각 영역마다의 특성 값을 구한다

$$m_i = \frac{1}{n} \sum_{(k,l) \in R_i} f(k,l) \quad (10)$$

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{(k,l) \in R_i} (f(k,l) - m_i)^2} \quad (11)$$

$f(k,l)$ 은 한 영역 안에 있는 각 픽셀의 값을 말한다. 각 영역은 자신의 영역특정값과 주위영역의 측정값을 비교하여 주위 영역과 병합된다.

$$|m_i - m_j| < k\sigma_i \quad (i=1,2) \quad (12)$$

(12)의 값이 비교를 한다. 영상의 분리 및 병합을 하기 위해서는 경계 값이 중요한 적용을 한다 한 픽셀을 n , 그 다음 픽셀을 $n+1$ 이라 하면

$$m'_i = \frac{1}{n+1} (f(k,l) + nm_i) \quad (13)$$

$$\sigma'_i = \sqrt{\frac{1}{n+1} \left(n\sigma_i^2 + \frac{n}{n+1} [f(k,l) - m_i]^2 \right)} \quad (14)$$

이로, 병합을 위한 경계 값을

$$|f(k,l) - m_i| \leq T_i(k,l) \quad (15)$$

이다. 여기서 (16)과 같은 식이 성립한다.

$$T_i(k,l) = \left(1 - \frac{\sigma'_i}{m'_i} \right) T \quad (16)$$

만약에 경계 값 T 가 작으면 병합은 세분화되고, 크면 병합은 포괄적으로 이루어진다.

3.3 관심 영역 추출

에지 추출에서 구해진 경계값을 분할-합병 알고리즘에 적용하여 최종 관심 영역을 추출한다. 그림 3은 3.2에서 설명한 합병 알고리즘을 그림 1의 상대영상에 적용하여 나온 결과를 관심 영역은 검은색, 그 외의 영역은 흰색으로 구분한 결과이다.

현재까지 구해진 영상인 그림 3의 (a)는 최종 결과가 아니다. 상대 영상에는 얇은 띠이 존재한다 이 띠은 상대가 열려있지 않은 즉, 닫힌 부분이 된다. 얇은 띠까지 추출하기 위해서 에너지 최소 지점에서부터 출발하여 에지 검출, 합병 알고리즘을 다시 한번 적용을 하였다. 첫 번째로 그림 1의 상대영상을 대상으로 전체 알고리즘을 적용한 결과는 그림 3의 (a)이고, 여기에 다시 3.1절의 에지 추출 알고리즘부터 시작하여 병합 알고리즘까지 계산하게 되면 그림 3의 (a)그림에서 영역안에 있는 얇은 띠가 제외된 그림 12의 (b)를 추출하게 된다. 이 그림에서 얇은 띠까지 제외되었음을 볼 수 있다.

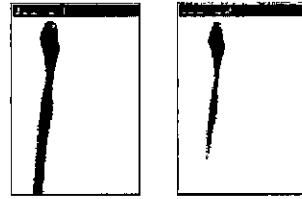


그림 3. 관심 영역 추출

4. 결론

지금까지 상대 영상에서 관심 영역을 추출하기 위해 상대 영상에 대한 특징과 문제점을 소개하였고 이에 대한 해결책을 제시하였다 움직임은 상대를 촬영한 영상에서 각 프레임마다 변하는 영상의 특징을 찾아내기란 매우 어렵다. 본 논문에서는 동적으로 변화하는 상대 영상에서 동적으로 변하는 관심 영역을 추출하는 기법을 제안하였으며 이 기법은 아래의 두가지로 요약될 수 있다

- 에너지 최소화에 의한 특징값의 추출
- 위에서 구한 특징값에 의한 분할-합병 알고리즘의 적용

에지 추출과 영상의 에너지 값에 의해서 각 프레임에서의 특징값을 구한 후 분할-합병 알고리즘을 적용하여 상대의 관심 영역을 추출하였다. 여기에서 제안하는 영역추출 방법은 동적인 변화물 보이는 영상에서 관심 영역을 추출할 수 있을 뿐 아니라 계산량이 적어 200x280의 영상을 대상으로 초당 약 40프레임의 관심 영역을 추출할 수 있다. 이 논문에서 제안하는 영역추출 알고리즘은 실시간 처리가 가능하였다

본 연구에서 제안하는 방법은 각 프레임에서 에너지 최소화에 의한 값을 찾아내는 것으로부터 출발한다. 그러나, 어떤 영상은 전반적으로 어두울 수도 있고 이 경우에 관심 영역 이외의 장소에서 에너지 최소값이 구해질 수 있다. 추후 과제로는 어떠한 경우에도 특징값을 관심 영역 안에서 효율적으로 찾아내는 방법에 대한 연구가 필요하다.

5. 참고 문헌

- [1] Rafael C G., Richard E. W, Digital Image Processing, Addison Wesley, 1993.
- [2] K. V. Mardia, T. J. Hamsworth, "A Spatial Thresholding Method for Image Segmentation", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 10, No. 6, November, 1988.
- [3] 배대규, 한준희, "유전자 알고리즘을 이용한 윤곽선 추출", 한국정보과학회 제24권 제10호, pp. 1063-1072, 10월, 1997.
- [4] 이재현, 장옥배, "움직임 벡터를 사용한 점진적 장면 전환 검출", 한국정보과학회 제3권 제2호, pp. 207-215, 4월, 1997.
- [5] 김진용, 유채권, 황치정, "계층 구조에서 동적 직선 Hough 변환을 이용한 영상 결합", 한국정보과학회, pp. 1073-1081, 10월, 1997.
- [6] 조용진, 양현승, "Snakes 모델을 이용한 얼굴 윤곽선 추적 시스템", 한국정보과학회 제24권 제1호, pp. 62-72, 1월, 1997
- [7] Laurent D. C., "global Minimum for Active Contour Models: A Minimal Path Approach". International Journal of Computer Vision 24(1), pp. 57-78, 1997.
- [8] A. Hill, T.F. Cootes, C.J. Taylor, "Active Shape Models and the shape approximation problem", Image and Vision Computing 14, pp. 601-607, 1996.
- [9] 이재성, 김영준, 박광석, 성미영, 권태영, 모지훈, 성명훈, 김광현, "Videostrobokymography : 상대 운동의 정량적 평가를 위한 새로운 방법 개발", 대한 PACS 학회 제3권, pp. 71-78, 1997.
- [10] L. Brun, J.P. Domenger, "A new split and merge algorithm based on Discrete Map.", Proceedings of the IFIP working group 5.10 on Computer Graphics and Virtual Worlds - Volume 1, pp. 21-29, 1997.
- [11] Pitas, "Digital Image Processing Algorithm", Prentice Hall.