

이진 영상에서 ConvexHull을 이용한 윤곽선 추출 알고리즘

조영복* · 김우주 · 우성희**

*충북대학교, 한국교통대학교

The ConvexHull using Outline Extration Algorithm in Gray Scale Images

Young-bok Cho* · U-ju Kim Sung-hee Woo**

*Chungbuk National University

E-mail : bogicho@cbnu.ac.kr

요 약

제안 논문은 x-ray 입력영상에서 관심부위 영역을 추출해 참조이미지와 비교하는 경우가 발생한다. x-ray영상의 모양은 같지만 대상의 크기나 방향 및 위치가 서로 다르게 촬영되어 나타나게 된다. 이와 같이 동일 대상에 대해 서로 다른 영상이 입력될 경우 영상의 유사도 측정법을 이용해 명암의 밝기 차이를 측정한다. 또한 거리 측정은 x-ray 데이터의 벡터좌표(x,y,z)를 가지고 두 점간의 거리를 계산한다. 제안 방식은 기존 방식에 비해 관심영역 추출의 정확도 향상과 참조이미지 매칭 수행시간이 효율적임을 실험을 통해 증명하였다.

ABSTRACT

The proposed paper extracts the region of interest from the x-lay input image and compares it with the reference image. The x-ray image has the same shape, but the size, direction and position of the object are photographed differently. In this way, we measure the erection difference of darkness and darkness using the similarity measurement method for the same object. Distance measurement also calculates the distance between two points with vector coordinates (x, y, z) of x-lay data. Experimental results show that the proposed method improves the accuracy of ROI extraction and the reference image matching time is more efficient than the conventional method.

키워드

Image processing, Harris Corner Detector, Canny edge, KNN, ConvexHull

1. 서 론

ICT 기술의 발전과 더불어 다양한 분야에서 영상처리 기술을 활용하고 있다. 의료영상처리 기술은 병원에서 정밀의료 진단을 위해 다양한 분야에서 활용되어 지고 있고 CT/MRI/PET 영상을 대상으로 영상의학과에서 촬영영상을 해석하는데 주로 이용되듯 대부분의 의료용 영상은 병변을 확인하기 위한 수단으로 이용되고 있다. 제안 논문에서는 입력영상에서 관심영역 추출을 위한 알고리즘을 제안한다. 입력영상을 x-lay 원쪽 수골영상으로 모든 입력영상의대상은 동일하다. 본

연구에서 제안한 수골 X-ray 영상진단지원 시스템기술을 이용하여 육안으로 판별하기 어렵거나 임상상의 주관적인 성향에 의해 영상판독이 달라지는 문제점을 해결 할수 있으며 보다 빠르고 정확한 진단정보를 제공 할 수 있다. 또한 이 연구를 통해 진단영상 의학 분야의 학문 발전에 기여할 수 있을 뿐만 아니라 필요 기술의 해외 도입시 요구되는 경제적 부담을 감소 시킬수 있다. 의료영상을 활용한 진단외에 원격진료용 진단 지원 시스템 의료 영상판단에 익숙하지 않은 인턴 및 레지던트의 의료영상 진단 교육등 응용분야가 매우 광범위하게 활용될수 있다.

II. 관련연구

2-1 컨벡스헐 알고리즘

컨벡스헐 알고리즘은 불연속적으로 분포하는 점들을 포함하는 최소의 볼록다각형을 결정하는 알고리즘으로 그 결정 방식에 따라 Graham scan, Jarvis march, Divide and conquer 등이 있다. Jarvis march 알고리즘은 Gift wrapping 알고리즘이라고도 불리며 평면상에 존재하는 점들에 대해서 적용할 수 있는 가장 간단한 알고리즘 중 하나이다. 각 단계에서 이전에 찾은 경계점을 연결한 선분으로부터 최소의 시계방향각을 이루는 점을 그 다음 경계점으로 선택하는 원리이다. 다음 점을 찾을 때 탐색하는 범위에 따라서 전역적 방식(그림 1 (a))과 국지적 방식(그림 1 (b))으로 나눌 수 있다. 항공라이다 데이터로부터 건물 경계점을 추출하는데 있어서는 주로 국지적 방식을 이용한다. 이미지처리에서 필요에 따라 3-4 개의 장으로 편집할 수 있습니다[1].

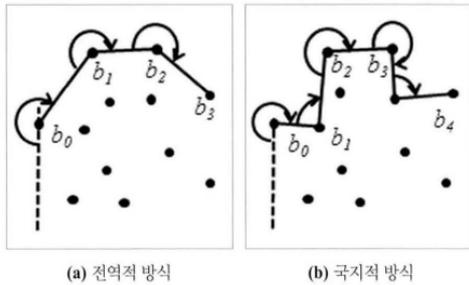


그림 1. 경계점 탐색 기법

III. 본론

제안 논문에서는 입력영상에서 관심영역 추출을 위한 알고리즘을 제안한다. 입력영상을 x-ray 왼쪽 수골영상으로 모든 입력영상의 대상은 동일하다. 동일 대상의 영상에서 입력시 방향, 크기 및 해상도가 서로 다르게 입력되는데 이렇게 차별화된 영상을 기준으로 동일 관심영역을 추출하기 위해 이미지 전처리 과정을 수행한다. 특징 기반 정합 기법은 영상의 주요 특징 점을 추출하여 정합하는 방법으로, 특징 점 추출을 위한 대표적인 방법으로 해리스 코너 검출기가 있다[2]. 해리스 코너 검출기는 지역 윈도우를 조금씩 이동하여 영상의 코너를 검출하는 Moravec의 코너 검출기[3]를 보완한 방법이다. 해리스 코너 검출기는 지역 윈도우의 이동 간격이 매우 작다고 가정하고, 선형 근사 기법을 이용하여, 도출된 탐색 행렬에 대해서 고유 값의 크기에 따라 코너, 선, 평면을 구분한다.

3-1 경계선 검출

성장판 경계선 검출 과정은 매우 중요한 단계 중의 하나이다. CTR과 CTAR을 측정하는 것이 주된 목표이므로 흉곽과 심장 영역만을 영역화함으로써 불필요한 처리과정을 줄인다. 먼저, 흉곽의 경계선을 결정하기 위해 성장판 영역에 존재하는 여러 특징들을 분석한다. 수골 방사선 사진에는 13곳의 성장판이 분리된 영역이 존재한다. 수골 영역의 픽셀들은 어렵게 나타나며 그레이 레벨 분포는 복잡한 편이다. 수골 영역 내에는 밝은 부분과 어두운 부분이 전 범위에 걸쳐 다양하게 나타난다. 방사선 사진은 성장판을 나타내며 픽셀은 전반적으로 밝다. 성장판 영역의 픽셀 밝기는 연골조직보다 높다. 그러나 연령이나 성별에 따라 성장판이 경계 역시 모호한 편이다. 실험을 위해서는 방사선 영상 사진의 160, 165, 210, 225 열에 대한 수평적 프로파일 분석하였다. 수골이미지에서 성장판 바깥쪽 경계는 영상의 다른 부분으로부터 분리될 수 있음을 알 수 있으며, 이는 수골이 높은 강도의 픽셀 값을 가지고 있기 때문이다. 마지막 수평 프로파일에서, 주목할 만한 피크는 나타나지 않았으며, 픽셀 값의 변화는 급격하지 않았다. 반면에 160과 165사이에서는, 각각의 프로파일에서 두 개의 명확하게 구분되는 피크가 존재함을 알 수 있다. 한편, 수직 방향의 수골이미지에서 경계는 급격한 변동이 없으며, 연속적인 편이다. 따라서 프로파일에서의 피크 분석을 바탕으로 하여 경계면에 포함되어 있는 하나의 픽셀을 결정하면 여기서부터 나머지 경계 픽셀들을 추적하는 것이 가능하다.

3-2 관심 피크 검출

수평 프로파일에서는 영상의 위치에 따라 피크가 다양하게 존재한다. 영상의 윗부분에는 아랫부분에 비해 더 많은 피크가 있다. 피크는 인체의 서로 다른 기관이나 특정 조직 사이의 경계면을 의미한다.



그림 2. 입력영상의 160행에수평 프로파일의 1차 미분

그러나 경계면의 구분이 쉽지 않아 피크가 나타나지 않는 경우도 있다. 손가락 골절간 경계면에는 피크가 나타나지 않는데, 이는 방사선 사진에서 손가락 마디 사이에는 눈에 보이는 특별한 경계가 없다는 것을 의미한다. 손가락 마디 흉곽 영역의 경계면에 존재하는 피크만을 선택해야 한

다. 다음 그림2는 수골영상에서 손가락과 손가락의 경계면에 위치하는 피크들은 주변의 픽셀들보다 더 높은 밝기 값을 가지고 있다는 것을 보여준다. 관심 있는 피크들만을 검출하기 위하여, 먼저 프로파일의 1차 도함수를 계산하고 0에서 교차하는 지점을 피크로 간주하였다. 이는 피크에서의 도함수 값이 0이기 때문이다.

3-3 수골 경계면 추적

방사선 영상을 먼저 중심 수직선을 기준으로 좌우의 두 부분으로 나눈 후, 영상 각 부분의 밑에서부터 관심 대상인 피크의 탐색 작업을 시작한다. 이러한 탐색 작업은 연속된 다섯 개의 열에서 피크가 발견될 때까지 계속되며, 이 다섯 개의 열에는 관심 대상인 피크가 하나 이상의 군집 형태로 존재할 수 있다. 경계면 부위에는 더 많은 관심의 대상이 되는 점이 존재하기 때문에, 이 다섯 개의 열에서 연결된 관심 대상 점들의 군집은 대부분 손가락 경계라고 고려할 수 있으며, 그렇지 못한 점들은 노이즈로 간주되어 관심 대상에서 제외할 수 있다. 결정된 관심 대상 점들의 군집을 바탕으로 손가락 경계면의 최하부와 최상부를 찾아낼 수 있다. 최하부는 손가락 경계면의 가장 낮은 점이며, 최상부는 경계면의 가장 높은 점이 되고 이 최상부의 점은 나머지 손가락마다 경계면을 검출하기 위한 시드 포인트(seed point)로 사용된다. 이와 같이 시드 포인트를 검출한 후, 여기서부터 출발하여 나머지 경계면을 찾는 추적 작업을 시작한다. 손가락 마디 경계가 구불구불하지 않고 완만한 선이므로 경계면을 추적하는 것은 그다지 어려운 작업이 아니며, 이러한 방식으로 양 시작점으로부터 경계면에 가장 적합하다고 여겨지는 픽셀들을 연결하여 경계면을 검출할 수 있다. 경계면으로 결정된 점으로부터 다음 경계점을 추적하기 위하여 바로 위 열의 세 개의 픽셀(좌상, 상, 우상)이 경계면 후보군으로 고려된다. 후보점들 중 경계점의 결정은 각 픽셀의 밝기 값을 고려하며, 가장 밝은 값을 가지고 있는 픽셀이 다음 경계점으로 결정된다. 이 과정은 추적이 손목 부위에 이를 때까지 반복된다.

본 연구의 목표는 CTR과 CTAR을 계산하는 것이며 이를 위해 손가락 마디의 경계면을 결정해야 할 필요가 있다. 그러나 손가락 마디의 경계를 결정하는 것은 쉬운 일이 아니다. 왜냐하면 손목 바로 위에 있는 주상골(Scaphoid)하부의 요골(radius)와 척골(ulna)의 방사선 사진상 매우 모호하게 나타나기 때문이다. 요골 상부 경계의 평균을 결정하기 위해, 5에서 17세까지의 나이 분포를 가진 120명의 수골 방사선 사진을 대상으로 실험을 하였다. 전체 그룹을 5년 간격으로 4개 소그룹으로 나누고 각각의 소그룹당 30장의 사진을 이용하였다. 각 사진에서, 요골과 척골의 거리를 계산하고 중수골까지의 거리를 측정하여 비율을 계산한다. 표1은 각각의 나이 그룹에 대한 비율을 요약하여 나타낸 것이다.

표1. 폐 첨부 및 대동맥 활의 거리 비율

Age Group	Average Heart Boundary
0~5	0.792169
6~10	0.772641
11~15	0.815095
16~18	0.797077

각 나이 그룹의 평균 비율은 서로 유사한 결과를 보이며, 평균값은 79%에 근접한 값을 얻을 수 있었다. 이 수치는 관심 영역을 계산하기 위해 사용된다. 이미 수골의 하부와 경계면을 결정하였기 때문에, 요골과 중수골 영역으로 이루어진 관심 영역을 결정할 수 있다. 이렇게 함으로써 수골 영역중에서 CTR과CTAR을 계산하기 위해 필요한 영역만으로 관심을 집중할 수 있고, 영역화 과정중에 정확성과 효율성을 얻을 수 있다. 다음 그림은 주어진 방사선 사진의 관심 영역을 나타내고 있다



그림 3. 수골 레이어 지정

3-4 요골과 척골 및 중수골의 영역화

그림 3과 같이 관심 영역은 여러 가지 특징을 가지고 있다. 수골 영역은 중수골, 기저골, 중절골, 말절골 유두골, 유절골, 삼각골, 월상골, 주상골, 내능형골, 소능형골로 구성되며 이중 요골과 척골은 다른 영역보다 어두운 편이다. 그리고 수골의 바깥쪽 경계부위는 다른 수골절부위보다 밝다. 일반적으로 관심영역은 두 가지 모드로 나누어지는 (bimodal) 특징이 있다. 관심 영역 중에서 수골 영역을 영역화하기 위하여, Otsu 임계 값(thresholding) 기술을 이용한다. 임계값을 계산하는데는 두 가지 모드로 나누어지는 픽셀 분포에서 매우 효과적으로 영역화를 수행한다고 알려져 있기 때문이다. 방사선 사진이 L 그레이 레벨로 표현되고, 레벨 i에서의 픽셀 수를 n_i 라 하자. 그러면 픽셀의 총 합은 $N=n_0+n_1+n_2+...+n_{L-1}$ 이 된다. 이 경우 어떤 픽셀이 레벨 값이 i가될 확률이 p_i 이며, 또한 전체 픽셀을 특정 임계 값 k값을 기준으로 높고 낮음에 따라 C_0, C_2 의 두 그룹으로 나눌 수 있다. 그리고 w_0 와 w_1 을 특정 픽셀이 C_0, C_2 에 속할 확률이라 하고, C_0, C_2 에 속해있는 픽

셀들의 밝기 평균을 각각 u_0, u_2 라 하면, 밝기 평균은 다음과 같은 수식으로 나타낼 수 있다

$$\sigma_0^2 = \sum_{i=0}^{k-1} (i - \mu_0)^2 \cdot Pr(i|C_0) \dots\dots\dots(\text{식 1})$$

$$\sigma_1^2 = \sum_{i=k}^{L-1} (i - \mu_1)^2 \cdot Pr(i|C_1)$$

이제 두 그룹의 분산의 차이가 최대가 되도록 임계 값 k 값을 결정할 수 있다. Ostu 알고리즘에 따른 임계값을 두 그룹의 밝기의 차이가 최대가 되게 결정할 수 있으며, 방사선 사진 역시 해당 임계 값에 따라 두 레벨의 밝기 값으로 나타나게 된다. 다음 그림은 Ostu 임계값 처리의 결과를 보여준다. 여기에서는 수골의 바깥쪽 경계 영역이 잘못 나타나며, 이를 다시 채우기 위해서 재구성(reconstruction) 절차가 필요하다. 이 부분의 복구에는 간단한 픽셀 채우기 기술이 적용된다.

IV. 실험 및 결과

제안 논문의 실험을 위한 시스템은 MS Visual C++ 6.0을 이용하여 구현하였고, 시스템 사양은 Intel Core TM i7-6700 3.4GHz, 32GB Memory이며, 30장의 수골 방사선 사진으로 실험을 진행하였다. 먼저 빠른 계산을 위해 주어진 사진을 256 X 256 픽셀의 그레이 스케일 영상으로 변환하고, 관심 영역을 영역화 하였다. 이는 전체 폐수직방향 길이의 81% 영역을 포함하고 있다. 다음으로 관심영역 중에서 손가락 영역을 추출하였다. 관심영역과 손가락 영역의 영역화 결과를 평가하기 위하여 정확도(accuracy), 민감도(sensitivity), 특이도(specificity)의 세 가지 지표를 측정하였다. 이 세 지표의 측정은 픽셀 기반 분석을 통하여 이루어졌다. 영역화된 결과 영상의 각 픽셀은 다음의 네 항목으로 분류되었다: 진양성(true positive, TP), 진음성(true negative, TN) 위양성(false positive, FP) 위음성(false negative, FN). 이 항목들을 결정하기 위해 평가자의 육안 관찰을 수행하였다. 진양성 픽셀은 정확하게 영역화된 픽셀을 의미한다. 진음성 픽셀은 영역화에서 제외되어야 하고, 실제로 제외된 픽셀을 의미한다. 위양성 픽셀은 영역화에 잘못 포함된 픽셀을 말하며, 위음성 픽셀은 실제로 영역화에 포함되어야 하지만 포함되지 못한 픽셀을 의미한다. 각 사진의 픽셀의 수는 65536(256 X 256)개이다. 영역화의 정확도, 민감도와 특이도는 각각 다음과 같이 정의된다. 전체 사진으로부터 관심영역만을 영역화하는 것은 매우 중요한 과정이다. 테스트 영상에 대한 영역화 결과, 관심 영역의 평균 정확도는 98.53%였으며, 표준편차는 0.52였다. 민감도와 특이도 측정 결과 민감도는 93.37%, 특이도는 98.21%로 각각 나타났으며, 이러한 결과는 제안한 방법이 CTR과 CTAR을 정확하게 계산할 수 있음을 보여주고 있다.

관심영역으로부터 손가락 영역을 영역화한 결과가는 관심영역에서 분리된 손가락 영역의 영역화 평균 정확도는 98.21%, 표준편차는 0.43이었으며, 민감도는 96.11%, 특이도는 97.51%이었다. 이러한 결과 또한 제안한 방법이 CTR과 CTAR을 정확하게 계산할 수 있음을 보여주고 있다.

V. 결 론

제안 논문은 입력영상에서 관심영역을 추출하고 참조 이미지와 고속정합을 수행하고 기존 방식과 비교한 결과 관심영역 추출의 정확도를 향상시켰다. 또한 입력이미지의 노이즈로 관심영역의 평균 분산이 낮아지는 경우 알파 블렌딩을 수행하며 정확도를 향상시켰다.

ACKNOWLEDGMENTS

This research was supported by the CHUNGBUK TECHNOPARK, Korea, under the (Development of Prediction and Diagnosis System for Pediatric Adolescents Using Irisbased Image Mining) support program (201707021901)

참고문헌

- [1] Kong, Xianshu, Hazel Everett, and Godfried Toussaint. "The Graham scan triangulates simple polygons." *Pattern Recognition Letters* 11.11 (1990): 713-716.
- [2] ORGUNER, Umut; GUSTAFSSON, Fredrik. Statistical characteristics of harris corner detector. In: *Statistical Signal Processing, 2007. SSP'07. IEEE/SP 14th Workshop on. IEEE, 2007. p. 571-575.*
- [3] Kim, G. S., Lee, S., Park, J. S., & Cho, J. S. (2012). Study on effective visual surveillance system using dual-mode (Fixed+ Pan/Tilt/Zoom) camera. *Journal of Institute of Control, Robotics and Systems*, 18(7), 650-657.
- [4] 김관영, 김미림, 김인규, 황승준, & 백중환. (2012). 형태학적 처리를 이용한 밝기 변화에 강인한 실시간 차선 검출. *한국항행학회논문지*, 16(6), 1101-1108.
- [5] R. Amirtharajan, and J. B. B. Rayappan, "Brownian motion of binary and gray-binary and gray bits in image for stego," *International Journal of Applied Sciences*, vol.12,no.5, pp. 428-439, May. 2012