

형태 이론에 기반한 이미지 윤곽선 추출 방법

Image Contour Extraction Method base on Gestalt Theory

하추자*, 김철원**

Chu-Ja Ha*, Cheol-Won Kim**

요 약

본 논문은 형태학 이론을 이용하여 이미지의 윤곽선을 추출하는 새로운 방법을 제안한다. 제안된 방법은 분할된 이미지를 형태학 기반의 근접성, 유사성, 연속성을 사용하여 객체들로 그룹화 한다. 즉, 이미지의 시각 계층에서 지각적 방법과 하향식 피드백을 이용하여 이질적인 시각적 형태들을 하나의 시각적 형태로 구체화 시킨다. 실험 결과 다른 방법에 비하여 좋은 성능을 보인다.

Abstract

This paper propose a new method using Gestalt theory to extract image contour. The proposed method use Gestalt theory based on proximity, similarity and continuation for grouping objects from image segmentation. It use downward feedback and perception to materialize one visual level in image from heterogeneity visual levels in image. The experimental result show that the proposed method achieves better performance than other methods.

Key words : contour extraction, image, gestalt theory

I. 서 론

현재까지의 이미지 처리에 대한 연구는 인간사회나 자연계 상호간의 복잡성을 인지하지 못하고, 단지 단편적인 이미지 해석에 그치고 있다. 이 때문에 기존 이미지를 더욱 높은 수준의 이미지로 만들거나 가공할 수 있는 기술들은 일정한 한계를 가지고 있다[1].

형태학은 형태심리학 분야의 시지각적인 특성으로부터 지각원리를 파악하는 연구 분야로 발달 하였다[2]. 즉, 형태학은 물체의 모양(form)과 구조 또는 객체의 부분 간의 관계와 배열을 의미한다. 또한 형

상(shape)과 관련되어 있는 형태학과, 디지털 물체(래스터)의 형상을 분석하거나 정의하는 디지털 형태학이 있다.

윤곽선은 이미지 처리 차원에서 이미지를 특징화시키는 선 요소라고 할 수 있다. 즉, 이미지 중의 물체와 물체, 어떤 것은 물체와 배경의 경계가 윤곽이기 때문에 이미지의 농담과 색의 급격한 변화가 있는 부분을 윤곽선이라고 할 수 있다. 1차 미분 방식을 이용한 윤곽선 추출에 사용되는 연산자로 Roberts, Prewitt, Sobel, Frei-Chen 등이 있다. 2차 미분을 이용한 방법의 연산자로 라플라시안(Laplacian), 가우시안-라플라시안 연산자를 들 수 있다[3].

* 호남대학교 전기공학과(Department of Electrical Engineering, Honam University)

** 호남대학교 컴퓨터공학과(Department of Computer Engineering, Honam University)

· 제1저자(First Author) : 하추자

· 투고일자 : 2008년 12월 5일

· 심사(수정)일자 : 2008년 12월 8일 (수정일자 : 2009년 4월 16일)

· 게재일자 : 2009년 4월 30일

본 논문에서는 인간이 풍경이나 인물을 인식하는 능력을 이용한다. 인간이 묘사하는 이미지의 많은 부분들은 대상물의 윤곽선을 주체로 한 선으로서 표현된다. 이 단순한 윤곽선에 의하여 무엇을 묘사하는가를 충분히 이해할 수 있다는 사실은, 윤곽선은 물건을 보고 이해한다는 것 이상의 능력이 있는 것을 알 수 있다[4].

본 논문에서 제안된 방법은 시각적 방법과 하향식 피드백을 이용하여서 이미지의 윤곽선을 추출한다. 제안된 방법은 이질적인 시각적 표현 수준들이 하나의 계층적인 시각적 표현 수준들로 구체화 될 수 있기 때문에 이미지 인식 기술의 성능을 향상 시킬 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제2장에서는 관련 연구를, 제3장에서는 제안된 윤곽선 추출방법을, 제4장은 실험에 대해 기술한다. 마지막으로 제5장에서 결론은 맺는다.

II. 관련연구

류동성의 저자들은 동영상 이미지 기반의 흑백 만화 제작 시스템을 위하여 이미지 윤곽선 추출방법을 사용하였다. 이들의 방법은 Bilateral Filter를 이용하여 윤곽선 근처의 잡음성 색상변화를 제거한후, 원본 이미지로부터 Canny Edge 추출 알고리즘과 OpenCV 라이브러리를 이용하여 윤곽선을 추출하고, 잡음성 윤곽선을 제거하였다 [5, 6].

탁윤식과 황인준은 식물 잎 이미지 검색을 위하여 윤곽선 특성과 동적 시간 정합을 이용하였다. 이들은 이미지 검색을 위한 이미지의 특징 추출을 위해서 이들이 제안한 이진 분할 (binary range reduction) 알고리즘은 사용하였다[7].

조현희와 박지숙은 손상된 얼굴 영역의 복원에 따른 얼굴 인식을 향상을 위하여 Fleck의 스킨필터(skin filter)를 이용하여 얼굴 영역을 검출하였다[8].

이영주의 저자들은 신체 모니터링을 위한 시스템에서 얼굴 영역 검출을 위하여 HHM(hidden markov models)을 이용하였다[9].

이형일과 김경환은 동적 모델을 이용하여 얼굴 영

상에서 관심 영역을 추출하였다[10].

III. 윤곽선 추출방법

본 장에서는 형태학 이론을 이용한 윤곽선 추출방법을 제안한다. 제안 방법은 전처리 단계, 이미지의 윤곽선 추출을 위한 이미지 분할 단계와 유의 영역 추출 단계로 이루어진다. 다음 장에서 세 단계에 대하여 자세히 기술한다.

3-1 전처리 단계

전처리 단계는 주어진 이미지를 효과적으로 추출해 내기 위한 특징 추출 과정이다. 본 논문에서는 RGB(red green blue) 색 이미지에 대해 정보의 손실을 최소화하고 필셀 수를 정규화 하기 위하여 색상 스틸 이미지들이 사용한다. 이미지 내에 경계 부분은 Sobel 마스크들을 사용하여 탐지하고, 3×3 슈아내기 알고리즘을 사용하여 슈아낸다. 이때 경계 부분들은 서로 연결되어서 사용할 수 없는 경계 부분은 제외되고, 의미 있게 사용할 수 있는 경계들을 형성하기 위해 사용된다.

3-2 이미지 분할 단계

본 장에서는 이미지 분할을 통해서 이미지 구성객체의 경계선들을 얻는다. 하나의 객체는 부분 성분들을 갖는 성분들의 그룹으로 정의된다. 이들 부분 성분들의 연속적인 그룹에 의해 객체가 이루어진다. 이미지 분할은 객체들에 관한 이들 성분들을 얻기 위해 사용 된다. 이미지 처리에서 경계 부분들은 이미지와 커널 간에 하나의 패턴처럼 작동된다.

본 논문에서는 휘도 비선형성 검사를 이용하여 이미지를 분할한다. 다음 식(1)에서 얻어진 값들을 이미지의 역 감마 함수에 적용하여서 이미지 분할에 이용한다[11].

$$y(n) = a_1 \sin(w_1 n) + a_2 \sin(w_2 n) \quad (1)$$

경계부분 탐지를 위하여 식(2)를 이용한다.

$$F_{xy\theta} = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \left[\exp\left(-\frac{\sqrt{(x-d\cos\theta)^2 + (y-d\sin\theta)^2}}{2\sigma^2}\right) - \exp\left(-\frac{\sqrt{(x+d\cos\theta)^2 + (y+d\sin\theta)^2}}{2\sigma^2}\right) \right] \quad (2)$$

여기서, F_{xy} 는 위치 (x, y) 에서 필터 값이고, q 는 수직에서 시계 방향으로 측정된 경계 부분의 회전이고, d 는 원점의 반대편 상에서 경계 부분을 가로지르는 각 가우스의 변위이다.

보다 어두운 그림자의 경우에 음의 값들로 묘사되고, 필터에 대한 0의 반응을 나타내는 중립적인 회색으로 나타내고 정규화 식은 다음 식(3)과 같다.

$$O_{xy} = \sum_{ij} L_{x+i, y+j} F_{ij} \quad (3)$$

여기서 O_{xy} 는 이미지 내에 위치 (x, y) 에서 필터에 대한 지향 경계 부분 반응이고, (i, j) 는 그 위치로부터 지역적인 배치, $L_{x+i, y+j}$ 는 위치 $(x+i, y+j)$ 에서 이미지 휘도 값을 나타낸다.

3-3 유의 영역 추출 단계

본 장에서는 이미지의 분할 객체로부터 유의 영역을 추출하기 위하여 형태학 이론에 기반한 그룹방법을 이용한다. 본 논문에서 이용되는 형태학 이론 기반의 그룹 방법을 위하여 근접성(proximity)[12], 유사성(similarity)[13], 좋은 연속성(good continuation) [14]을 구현하는데 있다.

식(4)의 Grossberg [15]의 특징 등고선 시스템을 이용하여 그룹화 한다.

$$\frac{d}{dt} B_{xy} = \quad (4)$$

$$\sum_{ij} f(B_{x+i, y+j} - B_{x, y}) \times b(1 - D_{x+i, y+j}) + R_{xy}$$

여기서, B_{xy} 는 위치 (x, y) 에서 지각된 밝기로 지역적으로 직접 인접된 위치 (i, j) 에서 이웃하고 있는 밝기 값의 확산이다. 보다 높은 값의 이웃들로 둘러싸인 밝은 픽셀은 점점 커지게 되는 반면에 보다 낮은 값들로 둘러싸인 것은 감소하게 된다. 각 반복에서 다음과 같은 방식으로 가속화시킬 수 있다. 이러한 그룹화를 위해 사용된 영역은 영역 기반 분할을 통해 얻어진다. 그룹화는 영역들 간에 유사성을 계산하고, 이들 영역들을 둘러싸고 있는 외곽선과 선의 특징들을 검사하여 실행된다.

그림1과 그림2는 제안방법을 적용한 예이다. 예에서는 하나의 이미지에 포함된 객체 서술들을 유도하고, 일치성을 갖는 영역들의 경계 부분들과 분할된 이미지를 결합시키는 방법을 나타낸다. 그림1은 150 x 150 픽셀 이미지를 사용하여 분할 결과로부터 얻어진 경계 부분 및 영역들을 나타내는 결과이다.

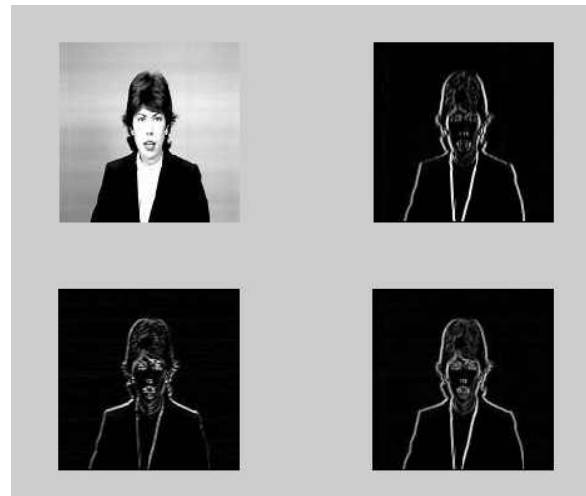


그림 1. 이미지 분할

Fig. 1. Image segmentation



그림 2. 윤곽선 추출 결과

Fig. 2. Result of contour extraction

그림2는 그룹화 시험 결과로 초기 분할들을 얻기 위해 영역 성장, 분할, 병합 및 히스토그램 기반 방법들을 사용한 결과이다.

IV. 실험 및 결과

본 논문에서는 제안방법의 비교평가를 위하여서 디지털 카메라로 찍은 50명의 인원에 대한 상반신 이미지 자료를 사용하였다. 평가 자료의 이미지는 남자 25명, 여자 25명으로 구성된다. 이러한 이미지들은 얼굴인식을 위해서 이미지 배경이 제외된 얼굴과 상반신의 특징만 담을 수 있게 추출된 정면 이미지로 제한하였다. 또한 이중 안경을 착용한 인원이 7명이었다. 추출된 이미지는 150 x 150의 픽셀 이미지를 사용하였다.

성능평가 방법은 추출된 이미지의 70%이상 상반신 및 머리, 눈, 코, 입 등의 특징을 구별 할 수 있으면 잘 추출이 된 것이고, 구별 할 수 없으면 에러로 처리하여 식(5)와 같은 정확률을 사용하였다.

$$\text{정확률 (Precision)} = \frac{|Ea|}{|A|} \quad (5)$$

여기서 |A|는 이미지의 총 수이고, |Ea|는 에러로 처리된 이미지의 수이다.

본 논문에서는 제안방법의 성능을 평가하기 위하여 인텔 펜티엄4 2.8Ghz, 램 2G, 하드 500G의 실험환경에 맞추어 비교방법들을 비주얼 C++ 6.0을 이용하여서 구현하였으며 다음과 같다. CE방법은 Canny Edge 추출 알고리즘을 사용한 방법[5, 6] 이고, BRR 방법은 이진 분할 (binary range reduction)알고리즘을 사용한 방법이며[7], SF 방법은 스킨필터(skin filter)를 이용한 방법[8], HHM 방법은 hidden markov models을 이용한 방법[9]이고, GT는 본 논문에서 제안한 방법이다.

다음 표1은 제안방법과 기존의 윤곽선 추출방법과 정확률을 비교한 결과이다. 그림3은 표1을 막대 그래프로 나타낸 것이다.

표 1. 윤곽선 추출방법의 정확률비교 결과
Table 1. Result of precision of comparison method of Image Contour Extraction

비교 방법	CE	BRR	SF	HHM	GT
정확률	91.24	90.24	87.98	90.1	93.1

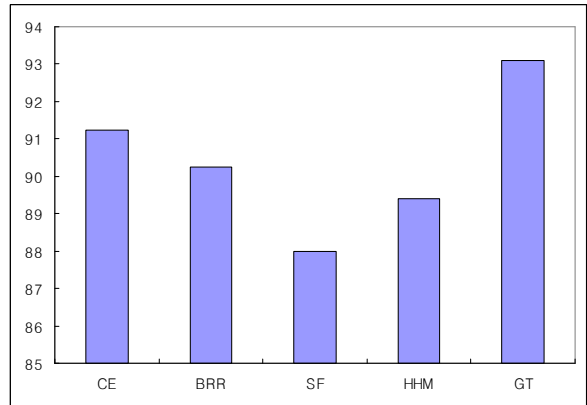


그림 3. 윤곽선 추출방법의 비교 평가 결과
Fig. 3. Result of comparison method of Image Contour Extraction

V. 결 론

본 논문에서는 형태학 이론의 지각적 채우기와 하향식 피드백을 적용하여 이미지의 윤곽선을 추출하는 방법은 제안 하였다. 제안된 방법은 이질적인 시각적 표현 수준들이 하나의 계층적인 시각적 표현 수준들로 구체화 될 수 있다. 특히, 지각에서 불변성 문제와 관련된 추상화 방식과 시각적 계층의 상향식 처리에서 이미지 내용의 변환 방식을 나타냈다. 실험결과 제안 방법인 GT방법의 평균 정확률이 CE방법에 비하여 1.99%, BRR방법에 비해서는 3.07%, SF방법에 비하여 5.39%, HHM방법에 비하여 3.22%가 높다. 이러한 제안방법은 좀 더 정확한 이미지 인식의 기반 기술로 사용 될 수 있다.

본 논문의 연구를 바탕으로, 선을 이용한 구조적인 정보를 이용하여서 더 많은 규칙들을 구현하고, 그룹화 방법의 성능을 개선하기 위하여 그룹화 과정에 기계학습 및 데이터마이닝 기법을 적용하는 연구를 진행할 것이다.

참 고 문 헌

[1] D. H. Ballard & Brown C. M. 1982 "Computer Vision". Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.

[2] S. Grossberg & Mingolla E, (1985) "Neural Dynamics of Form Perception: Boundary Completion, Illusory Figures, and Neon Color Spreading" *Psychological Review* 92 173-211.

[3] T. Gevers and W. M. Gmeulders, "Color constant ratio gradients for image segmentation and similarity of texture objects", *Proceedings of the 2001 IEEE computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, Vol.1, pp.18-25, 2001.

[4] S. Grossberg Neural FA?DE: Visual representations of static and moving Form-And-Color-And-Depth, Mind and Language 5 (Special Issue on Understanding Vision) 411-456, 1990.

[5] 류동성, 박규태, 이정원, 박수현, 조환규, "동영상 이미지 기반의 흑백 만화 제작 시스템의 구현", *한국정보과학회 가을 학술발표대회논문집(B)*, 제 34권 제2호, pp.184-189, 2007.10.

[6] 류동성, 조환규, "HSV 색상 모델과 영역 확장 기법을 이용한 동영상 프레임 이미지의 흑백 만화 카툰닝 알고리즘", *한국컴퓨터종합학술대회 논문집*, 제35권 제1권, pp.271-272, 2008.

[7] 탁윤식, 황인준, "윤곽선 특성과 동적 시간 정합을 이용한 식물 잎 이미지 검색 기법", *한국정보처리학회 춘계학술발표대회 논문집*, 제14권 제1호, pp.3-5, 2007. 5.

[8] 조현희, 박지숙, "손상된 얼굴 영역의 복원에 따른 얼굴 인식을 향상에 관한 연구", *한국정보과학회 데이터베이스 논문집*, 제22권 제1호, pp.35-45, 2006.4.

[9] 이영주, 이종실, 이상민, 김인영, 이응혁, 홍승홍, "영상처리에 기반한 신체 모니터링 시스템 구현에 관한 연구", *the proceeding of HIC 2004*, pp.99-104, 2004. 2.

[10] 이형일, 김경환, "동적 모델을 이용한 얼굴 영상에서의 관심 영역 추출", *한국정보과학회 가을 학술발표 논문집*, 제28권 제2호, pp.343-345, 2001.

10.

[11] Y.-C Chang and J.F. Reid. "RGB calibration for analysis in machine vision" *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 5(10):1414-1422, 1996

[12] M. Wertheimer. Untersuchungen Zur lehre der gestalt, II. *Psychologische Forschung*, 4:301-350, 1923

[13] A. Desolneux, L. Moisan, and J.-M. Morel. "A grouping principle and four applications" *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 25(4):508-513, 2003.

[14] G. Kanizsa. *Grammatica del Vedere/La Grammaire du Voir*, II Mulino,, Bologna/Editions Diderot. arts et Sciences, 1980/1997.

[15] S. Grossberg, & Mingolla E, (1985) "Neural Dynamics of Form Perception: Boundary Completion, Illusory Figures, and Neon Color Spreading" *Psychological Review* 92 173-211.

[16] L. Fuhui, Z. Hongjian, and D. D. Feng "Fundamentals of Contents-Based Image Retrieval".

하 추 자 (河秋子)



1998년 2월 : 호남대학교 컴퓨터공학과 (공학사)

2000년 2월 : 호남대학교 컴퓨터공학과(공학석사)

2006년 2월 : 호남대학교 컴퓨터공학과(공학박사 수료)

2008년~현재 : 호남대학교 전기공학과 전임강사

관심분야 : 이미지 정보검색, 컴퓨터 비전

김 철 원



1997년 2월 : 광운대학교 박사

1998년~현재 : 호남대학교 컴퓨터공학과 교수

관심분야 : XML 응용, 멀티미디어 정보검색, 멀티미디어