

자연배경에서 여러 객체 윤곽선의 추출을 위한 스네이크의 자동화

(Automation of Snake for Extraction of
Multi-Object Contours from a Natural Scene)

최재혁^{*} 서경석^{**} 김복만^{***} 최흥문^{****}

(Jae-Hyuk Choi) (Kyung-Seok Seo) (Bok-Man Kim) (Heung-Moon Choi)

요약 자연배경으로부터 불특정 다수 객체의 윤곽선들을 자동 추출하는 다중 스네이크(snake) 알고리즘을 제안하였다. 먼저 잡음에 강건한 문맥자유 주목연산자(context-free attention operator)를 이용하여 자연배경에 혼재하는 불특정 다수 객체들을 자동 검출하고, 각 객체별로 스네이크의 초기 윤곽들을 자동 설정함으로써 기존 스네이크 알고리즘에서는 어려웠던 초기 윤곽의 자동 설정과 여러 객체 윤곽선의 동시 추출 문제를 해결하였다. 이때 각 스네이크의 초기 윤곽들은 기존의 방법들에 비해 객체들의 실제 윤곽선에 좀 더 가까이 설정하여 요철이 큰 객체들의 윤곽선도 쉽게 추출할 수 있도록 하였다. 다양한 합성 영상과 자연배경의 실영상에 대해 실험하여 잡음이 있는 복잡한 배경으로부터도 불특정 다수 객체의 윤곽선을 효과적으로 자동 추출함을 확인하였다.

키워드 : 다중 객체 자동 추출, 다중 스네이크, NTGST

Abstract A novel multi-snake is proposed for efficient extraction of multi-object contours from a natural scene. An NTGST(noise-tolerant generalized symmetry transform) is used as a context-free attention operator to detect and locate multiple objects from a complex background and then the snake points are automatically initialized nearby the contour of each detected object using symmetry map of the NTGST before multiple snakes are introduced. These procedures solve the knotty subjects of automatic snake initialization and simultaneous extraction of multi-object contours in conventional snake algorithms. Because the snake points are initialized nearby the actual contour of each object, as close as possible, contours with high convexity and/or concavity can be easily extracted. The experimental results show that the proposed method can efficiently extract multi-object contours from a noisy and complex background of natural scenes.

Key words : Automatic multi-object extraction, multi-snake, and NTGST

1. 서론

영상으로부터 객체의 정확한 추출은 영상처리를 이용하는 의용, 군사 및 산업계 전반에 걸쳐 범용 시각 자동 처리 시스템에 이르기까지 매우 중요한 과제이며, 이를 이제까지 단순배경으로부터 단일 객체의 추출뿐만 아니라, 자연배

경으로부터 다양한 객체들을 자동 추출하기 위한 여러 가지 객체 검출과 분할 기술들이 연구되어 왔다. 특히 자연배경 속에 불특정의 여러 객체가 혼재하는 경우에는 객체별로 크기, 모양 등 속성이 일정하지 않기 때문에 사용자가 수동으로 객체의 초기 윤곽을 설정해 주거나 문맥자유 주목연산자(context-free attention operator)를 사용하여 우선 객체가 있는 관심영역(region of interest: ROI)을 검출한 다음 분할 기법을 이용하여 해당 객체의 윤곽선을 추출한다[1-3].

문맥자유 주목연산자로 Reisfeld 등[1]이 제안한 GST (generalized symmetry transform)는 객체가 갖는 일반적 속성으로 대칭성을 이용하여 임의의 객체 검출에 사용되고 있으나, 실영상에서처럼 불규칙한 잡음이나 자연배경에서는 객체 검출이 어렵다. Park 등[2]은 잡음

^{*} 정회원 : LG전자 전자설계팀 연구원

jhchoi1@lgis.com

^{**} 비회원 : 경북대학교 전자공학과

deepblue@pdp.knu.ac.kr

^{***} 학생회원 : 경북대학교 전자공학과

bmkim@pdplab.knu.ac.kr

^{****} 비회원 : 경북대학교 전자전기컴퓨터공학부 교수

hmchoi@ee.knu.ac.kr

논문접수 : 2003년 2월 3일

심사완료 : 2003년 8월 21일

및 자연배경에 대해서도 강건한 NTGST(noise-tolerant generalized symmetry transform)를 문맥자유 주목연산자로 제안하여 잡음 및 자연배경이 있는 실제 영상에서도 객체만을 효과적으로 검출하도록 하고 분수계 변환(watershed transform)을 이용한 임의 객체 분할[3] 등의 컴퓨터 비전의 여러 분야에 실질적으로 활용하였다.

한편, 객체의 분할 기법으로는 경계 기반 분할, 영역 기반 분할, 경계 및 영역 기반 분할, 또는 에너지 함수 기반 분할 방법 등 여러 가지가 제안 되고 있다. 이들 중 영상에서 구한 에지(edge)들을 연결하는 경계 기반 분할이나 배경과 객체의 영역을 분리하여 추출하는 영역 기반 분할, 그리고 이 두 방법 모두를 이용하는 경계 및 영역 기반 분할 방법들에 비하여 에너지 함수 기반 분할 방법인 스네이크 알고리즘은 정의된 에너지 함수를 최소화하는 과정을 통하여 스네이크 곡선으로 객체의 윤곽선을 정확히 추출하는 능동 윤곽모델(active contour model)로 잘 알려져 있다. 이는 객체의 윤곽선만을 추출해내는 장점 때문에 컴퓨터 비전, 컴퓨터 그래픽스 및 의료 영상처리 등 여러 분야에서 널리 적용되어 왔다. 그러나 사용자가 객체의 영역 근처에 초기 윤곽을 설정해 주어야 객체의 윤곽선을 추출할 수 있는 반자동 영상분할 도구이므로 영상에 대한 사전정보와 사용자의 개입이 필요하며, 요철이 심한 객체의 윤곽선 추출이나 다중 객체 윤곽선의 동시 추출은 어렵다는 단점이 있다. 따라서 잡음이 있고 복잡한 배경의 실영상에 적용하기 위해 많은 연구들이 진행되어 왔다[5-11].

요철이 심한 객체의 윤곽선 추출을 위해서 Yuen 등[6]은 스네이크의 분리 병합 과정(split and merge processes)을 제안하였고, Wong 등[7]은 개 스네이크(open snake)를 기반으로한 분리와 합병 과정을 통하여 요철이 있는 객체의 윤곽선을 추출하였다. 이들 방법은 계산량이 많을 뿐 아니라 주로 단순배경속의 단일 객체의 윤곽선 추출에 적용되었다. Lee 등[8]은 MRI 영상에서 심장의 혈류 윤곽을 분할하기 위해서 객체의 GVF(gradient vector flow)가 영인 폐윤곽선을 초기 윤곽으로 하여 실제 윤곽선에 가까이에 자동으로 설정함으로써 요철이 있는 혈류 단면의 윤곽선을 효과적으로 자동 추출하였다. 그러나 GVF자체가 잡음에 강건하지 못할 뿐만 아니라 여러 객체 윤곽선의 자동 추출에도 적합하지 못하다.

한편, Williams 등[9]은 스네이크의 각 점마다 가중치를 두어 잡음이 존재하는 영상 내에서도 안정적으로 빠르게 단일 객체의 윤곽선에 수렴하는 그리디 스네이크(greedy snake)를 제안 하였고, Lam 등[10]은 이의 계산량을 줄인 고속 그리디 스네이크(fast greedy snake)를 제안하였으나, 이들 또한 여러 객체 윤곽선을 동시

추출하는 데는 부적절하다. 한편, Choi 등[11]은 3단(steps)으로 이동하는 고속 그리디 알고리즘을 제안하여 반복 회수와 수렴 속도를 향상 시켰고, 요철이 심한 여러 객체의 윤곽선도 추출하기 위해 스네이크의 분리와 잇기 과정(splitting and connecting processes)을 제안 하였다. 이 방법에서는 영상 프레임의 가장자리를 자동 초기 윤곽으로 사용하기 때문에 영상 프레임의 크기에 비해 객체의 크기가 비교적 작은 객체의 윤곽선 추출이나, 비교적 자연배경 속에 있는 객체의 윤곽선 추출에는 효과적이지 않다.

이상의 많은 연구 결과들을 종합해 볼 때, 실영상에서와 같이 잡음이 많고 복잡한 배경으로부터도 요철이 심한 여러 객체의 윤곽선을 좀 더 효과적으로 추출하는 알고리즘에 관한 연구가 필요하다.

본 논문에서는 잡음이 있는 복잡 배경의 실영상으로부터 요철이 심한 여러 객체의 윤곽선들을 효과적으로 자동 추출하는 방법을 제안하였다. 먼저 잡음에 강건한 문맥자유 주목연산자로서 NTGST를 이용하여 복잡한 배경에 혼재하는 여러 객체들의 위치를 찾고, 그 대칭도 맵을 이용하여 각 객체의 실제 윤곽선 가까이 스네이크의 초기 윤곽들을 자동 설정해 줌으로써, 기존 스네이크 알고리즘에서와는 달리, 초기 윤곽의 자동 설정과 요철이 심한 여러 객체 윤곽선의 효과적인 추출을 함께 실현하였다. 다양한 합성 영상과 실영상에 적용 실험하고 그 결과를 기존의 방법들과 비교 분석하였다.

2. NTGST와 스네이크를 이용한 여러 객체 윤곽선의 자동 추출

본 논문에서는 그림 1과 같이 잡음이 있는 자연배경의 실영상에서 객체들만을 효과적으로 검출할 수 있는 NTGST를 주목연산자로 사용하여 먼저 여러 객체들

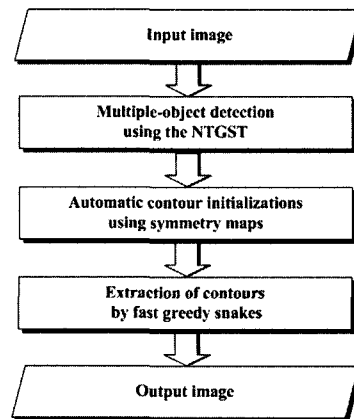


그림 1 제안한 다중객체의 윤곽선 자동 추출 흐름도

의 위치를 찾고, 그 대칭도 맵을 이용하여 각 객체 별로 스네이크의 초기 윤곽을 실제 윤곽선 가까이 자동 설정한 후 고속 그리디 스네이크를 적용함으로써 자연배경으로부터도 요철이 심한 여러 객체의 윤곽선을 효과적으로 추출하였다.

2.1 NTGST를 이용한 초기 윤곽의 자동 설정

자연배경으로부터 임의의 여러 객체별로 스네이크의 초기 윤곽을 자동 설정하려면 먼저 영상으로부터 불특정한 여러 객체를 검출할 수 있어야 하므로, 객체에 대한 구체적인 사전 정보가 요구되는 객체 검출 방법은 사용할 수 없고, 불규칙한 잡음으로 인해 문턱치기법(thresholding)도 적용하기 어렵다. 이에 대해 Reisfeld 등[1]이 제안한 일반화 대칭 변환을 문맥자유 주목연산자로 사용하면 영상 내에서 대칭성을 갖는 객체의 위치를 검출할 수는 있으나 전술한 바와 같이 객체뿐만 아니라 객체 주위의 불규칙한 잡음이나 자연배경에 의한 대칭 기여도도 같이 누적되기 때문에 복잡한 배경으로부터 객체만을 검출해 내기가 어렵다.

Park 등[2]은 대칭도의 크기만이 아니라 그 수렴 및 발산 방향도 고려하여 변화 방향이 수렴하는 경우에는 음극성(-), 발산하는 경우에는 양극성(+)을 갖도록 대칭극성을 도입함으로써 잡음에 강건한 NTGST를 주목연산자로 제안하였다. 이를 위해서 위상 가중 함수(phase weight function) $P(i, j)$ 를

$$P(i, j) = \sin\left(\frac{\theta_j + \theta_i}{2} - \alpha_{ij}\right) \times \sin\left(\frac{\theta_j - \theta_i}{2}\right) \quad (1)$$

와 같이 정의하였다. 여기서 α_{ij} 는 두 화소들을 연결하는 직선이 수평선과 이루는 각도이고 θ_i 와 θ_j 는 각 화소의 명도변화 방향이다. 두 화소의 명도변화 방향이 수렴하면 $P(i, j)$ 는 음극성(-)을 가지며, 발산하면 양극성(+)을 갖는다. 또한, 두 화소의 명도변화 방향이 완전히 마주보는 방향일 때 음의 최소값을 가지며, 완전히 반대 방향으로 향할 때 양의 최고 값을 가진다. 그리고 $\theta_i = \theta_j$ 혹은 $\theta_i + \theta_j = 2\pi$ 와 같이 명도변화 방향의 대칭성이 완전히 없을 때는 0의 값을 가진다. 따라서 이 위상 가중 함수를 이용하면 두 화소의 명도변화 방향의 수렴과 발산을 구분하면서도 대칭성을 잘 부각할 수 있다.

한편, 두 화소간의 거리가 가까울수록 큰 값을 갖도록 거리 가중 함수(distance weight function)를

$$D_\sigma(i, j) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} \exp\left(-\frac{\|p_i - p_j\|}{2\sigma}\right) \quad (2)$$

와 같이 정의하였다. 여기서 σ 는 대칭 변환할 영역의 크기를 나타낸다. 따라서 두 화소의 거리가 가까울수록, 명도변화 방향이 대칭일수록, 명도변화 크기가 클수록 큰 대칭 기여도가 나타나게 된다. 화소의 명도변화 크기 r_k 와 위상 가중 함수 및 거리 가중함수를 이용하여 두

화소의 대칭 정도를 나타내는 대칭 기여도 $C(i, j)$ 를

$$C(i, j) = D_\sigma(i, j) P(i, j) r_i r_j \quad (3)$$

와 같이 구한다. 이와 같이 구성된 NTGST를 여러 객체가 복잡 배경 속에 존재하는 영상에 적용할 경우, 복잡한 배경 영역에서는 각 화소의 대칭기여도 극성들이 서로 달라 상쇄되고 객체에 의한 대칭기여도만을 누적하여 복잡한 배경의 영상에서 객체만을 효과적으로 검출할 수 있다.

본 논문에서는 실영상과 같은 잡음 및 자연배경 속에 존재하는 여러 객체 윤곽선의 동시 추출을 위해 NTGST를 이용하여 객체들의 위치를 먼저 찾고, 각 객체 별로 초기 윤곽을 자동 설정하였다. 즉, 그림 2(a)의 실영상에 제안한 방법대로 NTGST를 적용하여 그림 (b)와 같이 객체의 위치를 먼저 검출하고, NTGST 대칭도 맵을 이진화 하고 불림(dilation)처리를 거친 다음, 한 화소 두개의 폐윤곽을 구하여 그림 (c)와 같이 일정한 간격으로 스네이크의 초기 윤곽을 실제 윤곽선 가까이 자동 설정하였다.

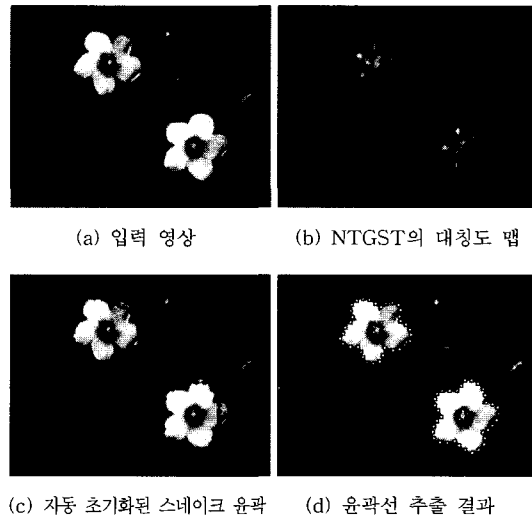


그림 2 NTGST를 이용한 스네이크 초기 윤곽의 자동 설정

2.2 여러 객체 윤곽선 추출을 위한 다중 스네이크

전술한 바와 같은 초기 윤곽과 실 윤곽 사이의 근접성으로 인해 요철에 강건하면서도 고속의 윤곽선 추출이 가능하다. 또한 다중 객체 윤곽의 동시 추출을 위해서 다중 스네이크 알고리즘을 각 객체 별로 적용하였다. 이때 스네이크 알고리즘으로는 잡음 환경 하에서도 좀 더 고속으로 안정적인 윤곽선을 추출이 가능한 고속 그리디 스네이크[10]를 이용하였다. 이 알고리즘에서는 잡

음에 대한 강건성을 얻기 위해서 잡음 영역에서의 스네이크 점들을 객체의 윤곽선 쪽으로 이동 시켜 수렴하도록 하고, 수렴의 고속화를 위해서 다음 윤곽점들의 새로운 위치를 찾을 때 두가지 형태의 4-이웃점들의 집합을 교대로 사용하였다.

그림 2(c)와 같이 실영상에서 각 객체 별로 설정된 초기 윤곽으로부터 다중 스네이크를 적용하여 (d)와 같이 요철에도 강건하게 여러 객체 윤곽선을 추출할 수 있었다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 실험 방법

제안한 알고리즘을 잡음 및 자연배경내의 요철이 큰 객체들에 적용하여 객체의 윤곽선을 추출하였고, 다중객체가 있는 영상에 대해서도 각각의 윤곽선을 잘 추출함을 확인하였다. 평가를 위해서 요철이 심한 대표적인 영상인 U형 객체가 있는 합성영상에 잡음을 첨가하여 요철과 잡음에 대한 영향을 확인 하였으며, 복잡한 배경에 다중 객체가 존재하는 실영상에 적용하여 자연배경에서 각 객체를 정확히 추출해 내는가를 확인 하였다. 그리고 NTGST의 고속화를 위해서 dual-PentiumIII 환경에서 알고리즘을 구현하여 PentiumIII의 SIMD(single instruction multiple data)형 병렬구조를 효과적으로 활용함으로써 NTGST의 계산 집약성을 해결하였다.

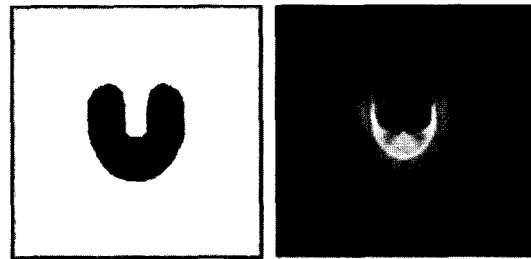
3.2 실험 결과

그림 3(a)와 같이 불규칙 잡음 50%가 있는 배경 속에서 U자 모양의 요철이 있는 합성 영상에 대해 그림 (b) 및 (c)와 같이 NTGST와 수리 형태적 처리를 거쳐 스네이크의 초기 윤곽을 설정한 후 그림 (d)와 같이 윤곽선을 추출하였다.

그림 4는 자연배경에 물고기 두 마리가 있는 실영상에 대해 실험한 결과이다. 그림 (b)는 기존의 여러 객체 윤곽선 추출 방법[11]을 적용한 결과 영상이고, 그림 (c)는 제안한 방법을 적용한 결과 영상이다. 기존 방법은 영상 프레임의 가장자리를 초기 윤곽으로 설정하여 수렴해 들어오기 때문에 초기화를 위한 이진화 및 형태수

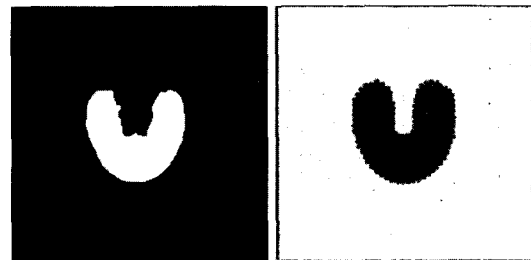
리학적 연산이 불필요하지만, 그림 (b)에서 보듯이 여러 객체들이 잡음 및 자연배경 하에 혼재할 경우에는 객체의 윤곽선만을 추출하는데 어려움이 있음을 알 수 있다.

그림 4에서 비교한 두 가지 윤곽선 추출 방법의 처리속도를 비교 실험하여 표 1에 수록하였다. 기존 방법에서는 여러 객체에 대해서도 영상의 가장자리를 초기 윤곽으로 사용하기 때문에 그 초기 설정에 시간이 소요되지 않는다. 이에 비해 제안한 방법에서는 NTGST를 이용하는 초기 윤곽 설정에 별도의 시간이 소요되나, 전체 수행시간에서도 거의 차이가 없으며 일단 설정된 초기 윤곽으로부터 윤곽선 추출이 끝날 때까지의 처리 시간은 기존 방법에 비해 약 1/8정도 밖에 안 걸릴 뿐만 아니라, 그림 4(b)와 (c)의 큰 물고기 꼬리에서 비교되는 바와 같이 스네이크 수렴의 질적 수준은 더욱 양호하다.



(a) 입력 영상

(b) NTGST 결과



(c) 대청도 맵 이진화 및 불림 처리 (d) 윤곽선 추출 결과

그림 3 50% 임의 잡음이 있는 영상에서 U형 객체의 윤곽선 추출



(a) 원영상 (256x171)

(b) 기존의 방법 [11]

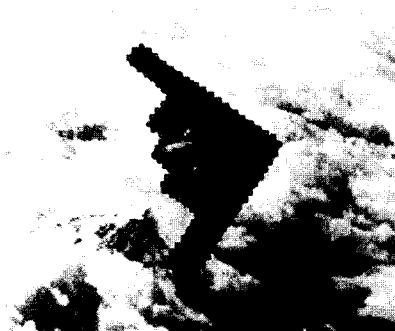
(c) 제안한 방법

그림 4 자동 추출된 윤곽선 비교

표 1 그림 4의 윤곽선 추출 시간 비교 [Pentium III, 700MHz]

Methods	Time [unit: msec]		
	Initialization	Contour extractions	Total
Conventional [11]	-	116.8	116.8
Proposed	105	14.7	119.7

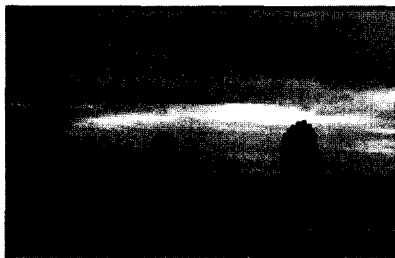
그림 5는 다양한 실영상들에 대한 윤곽선 추출 실험 결과들이다. 그림 (a)는 구름이 있는 자연배경속의 요철이 있는 단일 객체의 윤곽선 추출, 그림 (b)와 (c)는 자연배경이 존재하는 실영상으로부터 여러 객체의 윤곽선을 효과적으로 추출 가능함을 보이고 있다.



(a) B-2



(b) 두 대의 비행기



(c) 세 개의 섬

그림 5 실영상에서의 윤곽선 추출 예

3.3 고찰

위의 요철이 강한 합성영상과 다양한 실영상에 제안한 알고리즘을 적용한 결과 이는 잡음과 요철에 대해서 강건하면서 자연배경에 존재하는 실영상에서도 다중 객체의 각 윤곽선을 정확히 추출함을 알 수 있었다. 또한 전체 실행시간 또한 기존 방법과 거의 비슷함을 알 수 있었으며, 이는 NTGST가 병렬구현에 적합한 알고리즘이므로 PentiumIV등에서 구현하여 그 병렬성을 살리면 더욱 고속화가 가능할 것이다.

4. 결론

본 논문에서는 잡음에 강건한 NTGST의 대칭도 맵을 스네이크 알고리즘의 초기화에 이용함으로써 복잡한 배경에서 요철이 심한 여러 객체들의 윤곽선을 효과적으로 자동 추출하는 방법을 제안하였다. 잡음이 있고 복잡한 배경 속에서 임의의 여러 객체들 각각의 영역에 자동으로 스네이크 초기점을 발생시켜 객체의 윤곽선 쪽으로 쉽게 수렴하게 함으로써 여러 객체의 윤곽선 추출이 가능하였다. 또한, NTGST의 대칭도 맵을 이용하여 초기 윤곽을 실제 윤곽선 가까이에 설정시킴으로써, 요철이 있는 객체들에 대해서도 효과적이고 정확한 윤곽선 추출이 가능하였으며, 이를 실험을 통해 확인하였다. 또한 NTGST의 수행시간 단축을 위해 SIMD 구조의 dual-PentiumIII에서 병렬 고속화하였으며, dual-PentiumIV로 확장하면 더욱 고속화될 것으로 기대된다.

참고 문헌

- [1] D. Reissfeld, H. Wolfson, and Y. Yeshurun, "Context-free attentional operators: The generalized symmetry transform," *IJCV*, vol. 14, pp. 119-130, Jan. 1995.
- [2] C. J. Park, S. H. Cho, and H. M. Choi, "An Implementation of Noise-Tolerant Context-free Attention Operator and its Application to Efficient Multi-Object Detection," *IEEK Trans.*, vol. 38SP, no. 1, pp. 89-96, Jan. 2001.
- [3] K. S. Seo, C. J. Park, S. H. Cho, and H. M. Choi, "Context-free marker-controlled watershed transform for efficient multi-object detection and segmentation," *IEICE Trans. on Fundamentals*, vol. E84-A, no. 6, June 2001.
- [4] P. K. Sahoo, S. Soltani, A. K. C. Wong, and Y. C. Chen, "A survey of thresholding techniques," *CVGIP*, vol. 41, pp. 233-260, 1988.
- [5] M. Kass, A. Witkin, and D. Terzopoulos, "Snakes: Active Contour Models," *Int. J. Comp. Vision*, vol. 1, pp. 321-331, 1988.
- [6] P. C. Yuen, Y. Y. Wong, and C. S. Tong, "Enhanced snakes algorithm for contour detection,"

Proc. of the IEEE Southwest Symp. on Image Analysis and Interpretation, pp. 54-59, 1996.

- [7] Y. Y. Wong, P. C. Yuen and C. S. Tong, "Segmented snake for contour detection," *Pattern Recognition*, vol. 31, no. 11, pp. 1669-1679, 1998.
- [8] H. J. Lee, S. H. Cho, and H. M. Choi, "An automatic extraction of blood flow contour from cardiac MRI," *IEEK Trans.*, vol. 37SC, no. 5, pp. 56-62, sep 2000.
- [9] Williams, Donna and Shah, Mubarak. "A Fast Algorithm for Active Contours and Curvature Estimation", *CVGIP: Image Understanding*, vol. 55, no. 1, pp. 14-26, Jan. 1992.
- [10] K. M. Lam, and H. Yan, "Fast greedy algorithm for active contours," *Electron Lett.*, vol. 30, pp. 21-23, 1994.
- [11] Wai-Pak Choi, Kin-Man Lam, and Wan-Chi Siu, "An adaptive active contour model for highly irregular boundaries," *Pattern Recognition*, vol. 34, pp. 323-331, 2001.



최 홍 문

1966년, 1974년, 1987년 인하대학교 학사, 공학석사, 공학박사. 1982년 뉴욕 주립대학교(Stony Brook) 전산학과 객원 교수. 현재 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 교수. 관심분야는 신경망과 병렬처리를 이용한 DSP, 지문 및 얼굴 등 생체

인식



최 재 혁

2000년 경일대학교 전자공학 학사. 2002년 경북대학교 전자공학 석사. 2002년~현재 LG산전 전자설계팀. 관심분야는 2D 컴퓨터 비전, 아날로그/디지털 회로 설계



서 경 석

1999년 경북대학교 전자공학과 학사
2001년 경북대학교 전자공학과 석사
2001년~현재 경북대학교 전자공학과 박사과정. 관심분야는 2D/3D 컴퓨터 비전, 시각 주목 연산자 및 마이크로프로세서



김 복 만

1999년 경일대학교 전자공학 학사. 2002년 경북대학교 전자공학 석사. 2002년~현재 경북대학교 전자공학과 박사과정. 관심분야는 영상처리 및 병렬처리