

이동물체 탐지 및 추적을 위한 에너지 보정 스네이크(ECS) 알고리즘의 실험 및 평가

양 성 실[†] · 윤 희 병^{**}

요 약

능동 윤곽선 모델, 즉 스네이크 알고리즘은 물체 탐지 및 추적에 사용되는 유용한 알고리즘이다. 그러나 이 알고리즘은 요소별 가중치 부여 및 반복단계 시 많은 변수가 필요하고, 초기화 애로 및 계산상 불안정성 등의 단점이 있다. 따라서 본 논문에서는 이러한 단점을 개선하여 보다 효과적인 이동물체 탐지 및 추적을 위해 기존 스네이크 알고리즘의 외부 에너지를 개선한 새로운 에너지 보정 스네이크(ECS) 알고리즘을 제안한다. 이를 위해 이동물체 이동 시 획득한 차영상 이미지를 4개의 방향성 이미지로 복사하고 각 이미지 픽셀에 대해 누적 연산 후 에너지 강화배열 내 저장 및 노이즈 제거를 통해 안정적인 이미지, 즉 외부 에너지를 획득한다. 또한 별도로 계산된 내부 에너지를 통해 얻어진 윤곽선(contour)을 외부 에너지에 병합함으로써 빠르고 쉬운 이동물체 탐지 및 추적이 가능하다. 제안한 알고리즘의 효율성을 확인하기 위해 3가지 상황을 대상으로 실험하였다. 실험 결과, 제안한 알고리즘이 기존 스네이크 알고리즘에 비해 탐지율은 평균 6~9%, 추적율은 6~11% 정도의 향상을 보였다.

키워드 : 스네이크 알고리즘, 물체 탐지 및 추적, 차영상, 에너지 보정 스네이크 알고리즘

Experimentation and Evaluation of Energy Corrected Snake(ECS) Algorithm for Detection and Tracking the Moving Object

Seongsil Yang[†] · Heebyung Yoon^{**}

ABSTRACT

Active Contour Model, that is, Snake algorithm is effective for detection and tracking the objects. However, this algorithm has some drawbacks; numerous parameters must be designed(weighting factors, iteration steps, etc.), a reasonable initialization must be available and moreover suffers from numerical instability. Therefore we propose a novel Energy Corrected Snake(ECS) algorithm which improved on external energy of Snake algorithm for detection and tracking the moving object more effectively. The proposed algorithm uses the difference image, getting when the object is moving. It copies four direction images from the difference image and performs the accumulating compute to erasing image noise, so that it gets external energy steadily. Then external energy united with contour that is computed by internal energy. Consequently we can detect and track the moving object more speedily and easily. To show the effectiveness of the proposed algorithm, we experiment on 3 situations. The experimental results showed that the proposed algorithm outperformed by 6~9% of detection rate and 6~11% of tracker detection rate compared with the Snake algorithm.

Keywords : Snake Algorithm, Object Detection and Tracking, Difference Image, Energy Corrected Snake algorithm

1. 서 론

최근 등장한 자동화 기술은 공공시설, 군, 무인감시 시스템 등 여러 영역에서 사용되고 있으며, 이를 제어하기 위해 수많은 시스템 및 환경에 대한 통합된 정보가 요구된다. 비전 시스템은 통합된 정보를 제공하는 유용한 센서 중 하나이다.

비전 센서, 즉 카메라는 UGV(Unmanned Ground Vehicle)와 같은 모바일 로봇, 동적이며 정보제어가 필요한 복잡한 시스템 내에서 이동물체 또는 장애물을 탐지하고 추적하는데 사용된다[1,2].

능동 윤곽선 모델, 즉 스네이크(Snake) 알고리즘은 물체 탐지 및 추적에 사용되는 유용한 알고리즘으로서 1988년 Kass 등에 의해 소개되었으며 스네이크 에너지를 내부 에너지와 외부 에너지로 정의하였다[3]. 그러나 이 알고리즘은 요소별 가중치 부여, 반복단계 시 많은 변수, 초기화 애로 및 계산상 불안정성 등의 단점을 가지고 있으며 각 에너지

[†] 준 회원 : 국방대학교 전산정보학과 석사과정
^{**} 종신회원 : 국방대학교 전산정보학과 부교수
논문접수 : 2008년 12월 29일
수정일 : 1차 2009년 3월 12일, 2차 2009년 4월 7일
심사완료 : 2009년 5월 4일

에 대해서 많은 개선의 여지가 있기 때문에 계속해서 Ballon Model[4], Greedy Model[5], GVF(Gradient Vector Flow)[6] 등으로 확장 및 개선되었다. 최근 스네이크 알고리즘을 사용하여 이동물체의 탐지 및 추적을 위한 연구에는 객체와 배경을 이미지로 분할하는 그래프 컷(graph cut) 모델[7], 적응적 컬러 모델을 사용하고 실시간 추적성을 향상시키기 위한 Condensation 알고리즘을 사용하는 모델[8], 변형체(deformable objects)에 대해 보다 효과적으로 에너지 함수를 변경시키는 모델[9] 등 하나의 특정한 방법에 의존하지 않고 각각의 알고리즘 방식이 갖는 장점을 선별해 적용하고 있는 추세이다. 따라서 본 논문에서는 기존의 스네이크 알고리즘이 갖고 있는 단점들을 개선하여 보다 효과적으로 이동물체를 탐지하고 추적하기 위해 스네이크 알고리즘의 외부 에너지를 개선한 새로운 에너지 보정 스네이크(ECS) 알고리즘을 제안한다. 이를 위해 이동물체 이동 시 획득한 차영상 이미지를 4개의 방향성 이미지로 복사하고 각 이미지 픽셀에 대해 누적 연산을 수행한다. 그런 다음 에너지 강화배열 내에 연산 결과값을 저장하고 노이즈 제거를 통해 안정적인 이미지, 즉 외부 에너지를 획득한다. 또한 별도로 계산된 내부 에너지를 통해 얻어진 윤곽선(contour)을 외부 에너지에 병합함으로써 효과적인 이동물체 탐지 및 추적이 가능하다. 제안한 알고리즘의 효용성을 확인하기 위해 배경이 없는 상황과 복잡한 배경을 가진 상황에 대한 이동물체 탐지 및 추적, 그리고 기존 스네이크 알고리즘과의 비교분석 등 3가지 상황을 대상으로 탐지율과 추적율에 대한 실험을 수행한다. 다만 본 연구는 기존 연구에서 미흡했던 부분, 즉 스네이크 알고리즘의 외부 및 내부 에너지 중에서 외부 에너지를 차영상 기반 에너지 중심 가중법을 고려하여 개선할 수 있다면 기존 스네이크 알고리즘의 성능개선에 도움이 된다는 점에 초점을 두어 연구를 수행하였기 때문에, 기존에 발표된 개선된 스네이크 알고리즘과의 비교 실험을 통해 제안된 알고리즘의 우월성을 입증하는 연구는 본 논문의 연구범위에서 제외한다.

2. 관련연구

2.1 물체추적 연구방법

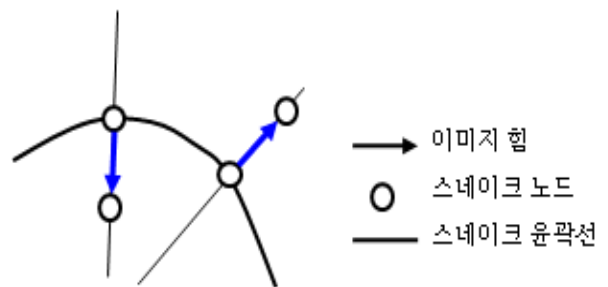
현재 물체추적을 위해 연구 및 사용되고 있는 방법은 여러 가지가 있다. 각 방법마다 서로 독특한 특징을 가지고 있고 각 방법에 대한 단점을 극복하기 위해 한 가지 방법만을 사용하는 것이 아니라 각 방법의 장점을 서로 병합해서 연구되고 있는 추세이다.

모델 기반(Model-based) 방법은 추적물체의 3차원 모델의 변형을 예측함으로써 안정적인 추적이 가능하다는 장점을 가지고 있으나 정확한 기하학적 모델이 주어지지 않고 소수의 추적 모델에만 한정된다는 단점이 있다[10]. 특징 기반(Feature-based) 방법은 물체의 전체를 추적하지 않고 이동물체의 특징을 추출한 후 추적하는 방법으로 부분적인 가려짐에도 추적이 가능하다는 장점이 있으나 기하학의 기초가

되는 포인트, 세그먼트, 원 및 물체의 윤곽선 등 2D 특징만을 추적하는 단점을 가지고 있다[11]. 능동 윤곽선(Active Contour) 방법은 물체의 경계를 윤곽선으로 표현하고 윤곽선을 능동적으로 갱신하면서 추적하는 방법이며 추적물체가 부분적으로 가려질 경우에는 추적이 어렵고 변수 선정 및 계산상 불안정성 등의 단점을 가지고 있다[12]. 영역 기반(Region-based) 방법은 전체 영역의 질감이나 움직임을 사용하여 물체의 속도를 추정하는 방법으로 전체 픽셀에 관계 계산하기 때문에 시간이 오래 소요되므로 실시간 추적에 적합하지 않다는 단점을 가지고 있다[13]. 움직임 기반(Motion-based) 방법은 이동 물체의 움직임을 토대로 쉽고 빠르게 물체의 추적이 가능하며 에너지 변화에 근거하여 추적하므로 물체의 크기나 형태에 관계없이 추적이 가능하고 상대적으로 시스템 구현 시 덜 복잡하다는 장점이 있으나 노이즈에 민감하다는 단점이 있다[14].

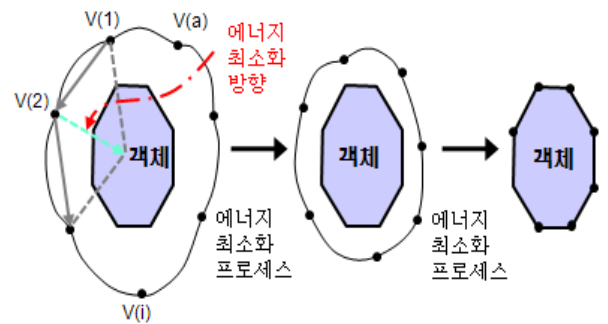
2.2 스네이크 알고리즘

스네이크 알고리즘은 (그림 1)과 같이 노드(node) 혹은 제어 포인트(control point)로 구성되고 스네이크 윤곽선(contour)이 가지는 위치 에너지를 반복적으로 최소화함으로써 관심 객체(OOI: Object of Interest)의 외곽선(boundary)을 찾는 방법이다.



(그림 1) 스네이크 노드

또한 스네이크 알고리즘은 윤곽선을 찾기 위해 최초의 폐곡선(closed loop)이 물체의 크기보다 큰 임의의 형상으로 물체를 포함할 수 있는 위치에 배치되어 (그림 2)와 같이 영상 내의 발생하는 힘에 의해 물체 쪽으로 이동하면서 윤곽선을 찾게 된다[15].



(그림 2) 스네이크 알고리즘 개념

스네이크 알고리즘은 길이 s 를 변수로 가지는 $v(s) = (x(s), y(s))$ 에 의해 결정되며 에너지 식은 내부 에너지와 외부 에너지로 구분되며 식 (1)과 같이 표현된다[15].

$$E_{snake} = \int_0^1 E_{internal}(v(s)) + E_{external}(v(s))ds \quad (1)$$

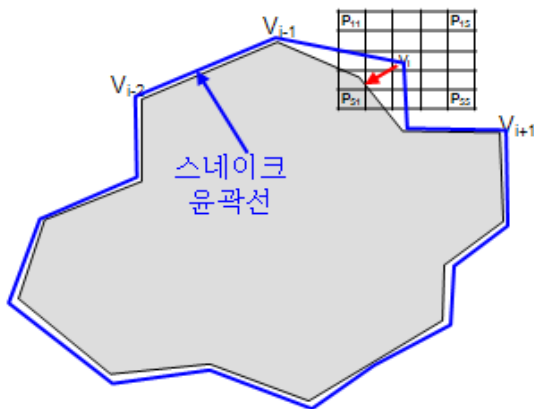
스네이크 알고리즘의 내부 에너지는 노드 간의 관계에 의해 생기는 에너지로, 탄성 에너지와 굽힘 에너지의 합으로 구성되며 식 (2)와 같이 표현된다. 여기서 탄성 에너지는 노드 간 거리에 관계되며 폐곡선의 형상이 늘어나거나 줄어드는 것에 영향을 미친다. 굽힘 에너지는 폐곡선의 꺾임 정도에 관계되며 폐곡선의 급격한 변화를 없앤다. 식 (2)에서 α, β 는 상수로서 각각 전체 에너지에서 탄성 에너지와 굽힘 에너지의 가중치를 의미한다[15].

$$E_{internal} = E_{elastic}(v(s)) + E_{bending}(v(s)) \quad (2)$$

$$= \alpha(s) \left| \frac{dv}{ds} \right|^2 + \beta(s) \left| \frac{d^2v}{ds^2} \right|^2$$

외부 에너지는 영상의 픽셀정보에 의해 발생하는 에너지로, 스네이크 윤곽선을 객체의 외곽선으로 끌어당기는 역할을 하며 내부 에너지와 다르게 철저히 영상에 의해서 결정되고 식 (3)과 같이 표현된다. 영상에서의 에너지는 노드 아래 픽셀의 그레이 레벨에 관계되며 외부 에너지가 최소화되기 위해 노드에 작용하는 힘의 방향은 그레이 레벨의 기울기 (gradient)의 방향과 동일하다. 식 (3)에서 γ 상수는 외부 힘에 대해 윤곽선이 움직이는 속도를 의미한다. 따라서 감마가 양수이면 영상 내에서 밝은 쪽으로 움직이고 음수이면 영상 내에서 어두운 쪽으로 이동하게 된다. 이와 같은 외부 에너지에 의한 스네이크 노드의 이동 예는 (그림 3)과 같다.

$$E_{external} = -\gamma |\nabla(v(s))|^2 \quad (3)$$



(그림 3) 외부 에너지에 의한 스네이크 노드의 이동

실제 영상에서는 찾고자 하는 물체 외에 노이즈들이 존재하기 때문에 α, β, γ 상수를 결정할 때는 어디에 가중치를 줄 것인가와 같은 복잡한 과정이 요구되며 이것이 스네이크 알고리즘의 단점 중 하나가 된다.

2.3 스네이크를 이용한 탐지 및 추적방법

스네이크를 이용한 탐지 및 추적방법은 스네이크의 내부 에너지를 개선한 Greedy Model[16]과 외부 에너지를 개선한 Ballon Model[17] 및 GVF(Gradient Vector Flow)[18]가 대표적인 방법이다.

내부 에너지를 개선한 방법인 Greedy Model은 스네이크 노드가 이루는 곡선의 곡률을 측정하여 에너지 함수에 대한 가중치를 적응적으로 제어하는 방법으로서 스네이크 알고리즘의 복잡성을 간편화하고 속도는 향상시켰으나 초기 실행 시간이 오래 걸리고 빠른 물체 추적은 어렵다는 단점이 있다. 외부 에너지를 개선한 Ballon Model은 영상에 첨가한 외부 제약 에너지를 기초로 지역 최소치에 점진적으로 접근해가는 방법으로서 이미지의 영역을 구분하여 에너지를 최소화한다는 장점은 있으나 잡음에 민감하다는 것이 단점이다. 그리고 GVF 방법은 스네이크 외부 에너지로 사용되는 벡터를 특정 에너지 함수의 형태로 표현하고 그 에너지 함수를 최소화하는 방법으로서 외부 힘의 작용범위가 넓고 물체의 오목한 외곽선에 수렴이 용이하다는 장점이 있으나 최적화를 하기 위해서는 계산시간이 오래 걸린다는 단점이 있다.

3. 에너지 보정 스네이크(ECS) 알고리즘

3.1 제안 알고리즘 개요

본 논문에서는 스네이크 알고리즘의 가중치 부여와 불안정성을 개선하기 위해 에너지 중심 가중법을 사용하여 외부 에너지를 개선한 에너지 보정 스네이크(ECS: Energy Corrected Snake) 알고리즘을 제안한다. 즉 제안한 알고리즘은 기존 스네이크 알고리즘의 내부 에너지($E_{internal}$)와 에너지 중심 가중법을 사용하여 외부 에너지를 개선한 외부 에너지($E_{energy\ corrected}$) 계산으로 구성되며 식 (4)와 같이 표현된다.

$$E_{ecs} = \int_0^1 E_{internal}(v(s)) + E_{energy\ corrected}(v(s))ds \quad (4)$$

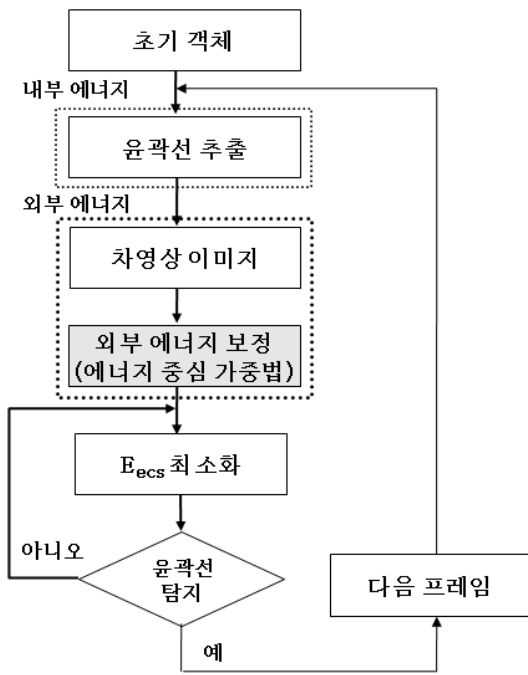
3.2 ECS 알고리즘

3.2.1 ECS 알고리즘 흐름도

3.1절에서 설명한 에너지 중심 가중법을 기존 스네이크 알고리즘에 적용하여 외부 에너지를 개선하고 이를 통해 노이즈를 제거한 후 원하는 이동물체의 외곽선을 추출하는 에너지 보정 스네이크(ECS) 알고리즘이 (그림 4)에 제시되어 있다. 이 알고리즘은 최초의 이동물체에 대해 윤곽선을 추출하는 내부 에너지 부분, 차영상 이미지와 에너지 중심 가중

법을 이용하여 외부 에너지를 보정하는 외부 에너지 부분, 내·외부 에너지를 최소화하는 방법을 통해 윤곽선을 추출한 후 다음 프레임으로 넘어가는 부분의 세 부분으로 구성 되어 있다.

특히 에너지 중심 가중법을 이용하여 노이즈가 제거된 보다 안정적인 이미지를 획득한 이후 별도로 계산된 내부 에너지를 통해 얻어진 윤곽선을 외부 에너지에 병합하여 에너지가 최소화되는 과정을 반복함으로써 보다 빠르고 쉬운 이동물체 탐지가 가능하다. 만일 이러한 탐지가 시간 t에 이루어졌다면 다음 t+1, t+2, ... 로 계속해서 다음 이미지 프레임을 추출함으로써 ECS 알고리즘에 의한 이동물체의 탐지 및 추적이 연속적으로 진행될 수 있다.



(그림 4) ECS 알고리즘 흐름도

3.2.2 에너지 중심 가중법

에너지 중심 가중법은 이동물체의 탐지 및 추적 시 발생한 노이즈와 이동물체에 의해 발생한 차영상을 구분하기 위해 고안된 새로운 필터링 방식이다[19]. (그림 5)의 (c)와 같이 차영상만을 이용할 경우에는 이미지 프레임별 차이로 인해 차영상 이미지 외에 물체 주변에 원치 않는 노이즈가 다수 발생함을 볼 수 있다. 그러나 에너지 중심 가중법을 이용하



(a) 1번 프레임 (b) 2번 프레임 (c) 1, 2번 프레임의 차영상

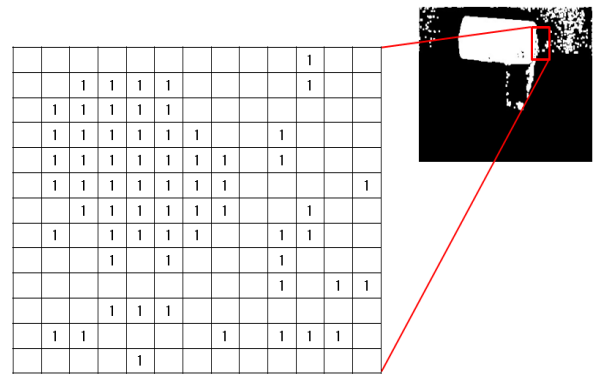
(그림 5) 차영상 구현 사례

여 차영상에서 변화된 영역으로 판단된 픽셀의 집단을 군집도에 따라 강화시키게 되면 원치 않는 노이즈를 제거할 수 있게 된다.

에너지 중심 가중법을 설명하기 위해 주어진 시간, 즉 t부터 t+1까지 물체가 이동시 발생한 차영상이 (그림 6)과 같이 임의의 13×13 행렬 내에 있다고 가정한다.

이진화된 차영상 이미지 배열을 이용하여 에너지 강화를 계산하기 위해서는 식 (5)와 같이 먼저 원본배열을 4개의 방향성을 갖는 좌⇒우, 우⇒좌, 상⇒하, 하⇒상 4개의 방향성 이미지로 복사한다.

$$M_{initial} \ni \{M_{L-R}, M_{R-L}, M_{U-D}, M_{D-U}\} \quad (5)$$



(그림 6) 차영상 내 임의의 행렬

좌⇒우 방향성 이미지의 계산은 원본이미지 배열에서 왼쪽에서 오른쪽으로 방향성을 갖는 이전 픽셀 값과 현재 픽셀 값의 연속적인 누적연산으로 이뤄진다. 즉 1의 값을 가지는 행 방향의 j+k번째 픽셀 값까지 누적(p++)해서 연산하는 것으로 우⇒좌 계산은 이와 반대가 되며 식 (6)과 같이 표현할 수 있다.

$$\delta \text{ 는 누적연산, for}(p=1; p<=j+k; p++) \quad (6)$$

$$M_{L-R} = M_{initial}^{row(L-R)} \delta$$

$$M_{R-L} = M_{initial}^{row(R-L)} \delta$$

상⇒하 방향도 원본 이미지 배열에서 위에서 아래쪽으로 연속적인 누적 연산으로 이뤄지고 열 방향의 i+k번째 픽셀 값까지 누적(p++)해서 연산한다. 마찬가지로 하⇒상 계산은 이와 반대가 되며 식 (7)과 같이 표현할 수 있다.

$$\delta \text{ 는 누적연산, for}(p=1; p<=i+k; p++) \quad (7)$$

$$M_{U-D} = M_{initial}^{column(U-D)} \delta$$

$$M_{D-U} = M_{initial}^{column(D-U)} \delta$$

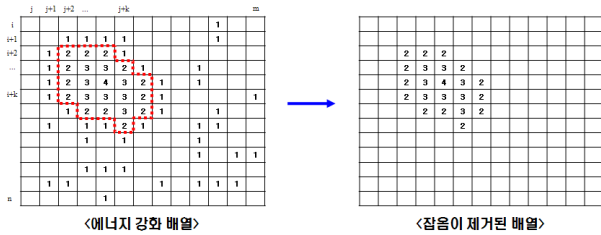
차영상 이미지 배열에 산재되어 있는 4개의 방향성 가중치

를 식 (8)과 같이 각 행별로 비교하여 최소값으로 병합하고 원본 배열에 다시 저장한다.

$$M_{energy\ corrected} = \min\{M_{all}^{(i-n)row}\} \quad (8)$$

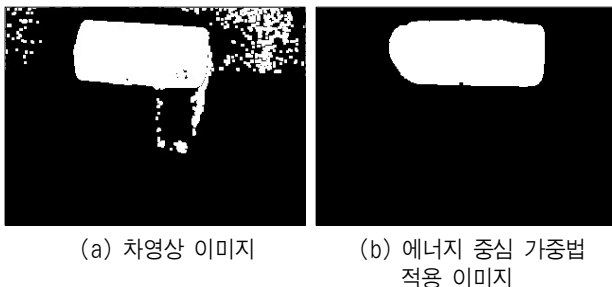
4개의 배열을 최소값으로 병합하는 방법으로도 더욱 깨끗한 이미지를 얻을 수 있으나 이렇게 해서 얻은 차영상 이미지 내에는 이동물체 추적에 불필요한 노이즈 요소가 분포되어 있다. 따라서 정확한 추적을 위해 식 (9)와 같이 군집되어 있는 픽셀의 외곽 및 그 외 픽셀의 1 값을 영상의 노이즈 성분으로 판단하여 1을 0으로 만드는 연산을 함으로써 노이즈가 제거된 깨끗한 이미지 배열을 최종적으로 얻을 수 있다. 이 배열은 (그림 7)과 나타낼 수 있다.

$$E_{energy\ corrected} = \begin{cases} 0, & \text{if pixel} \leq 1 \\ M_{energy\ corrected}^*, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (9)$$



(그림 7) 노이즈 제거 연산

(그림 8)의 (a)에 나타나 있는 차영상 이미지에 대해 에너지 중심 가중법을 적용하여 변환한 이미지는 (그림 8)의 (b)와 같다. (그림 8)의 (a)와 (b)를 비교해 보면 (a) 이미지는 원하는 이동물체 외에 다수의 노이즈를 포함하고 있으나 (b)의 이미지는 노이즈가 모두 제거되어 원하는 물체의 이미지만이 추출되는 것을 알 수 있다.



4. 제안 알고리즘 실험 및 평가

4.1 실험 구성 및 내용

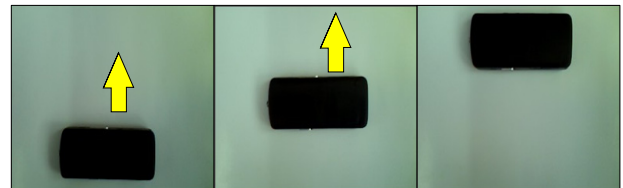
본 논문에서 제안한 ECS 알고리즘의 실험을 위해 Core2

Duo 2.10Ghz, 메모리 2Gbyte, 윈도우 Vista 환경에서 Visual C++ 6.0, 인텔 OpenCV 라이브러리[20]를 이용하였다. 또한 실험에 사용한 비전 카메라는 HyVISION사 제품으로 이 카메라의 해상도는 3Mega 픽셀이며 QXGA (2048×1536) 사이즈까지 표현이 가능하다[21].

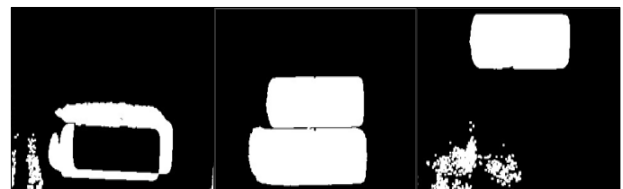
실험은 제안된 ECS 알고리즘에 따라 배경이 없는 상황과 복잡한 배경을 가진 상황에 대한 이동물체 탐지 및 추적, 그리고 기존 스네이크 알고리즘과의 비교분석 등 3가지 상황에 대해 수행하였으며, 각 상황에 대해 사용된 실험 영상은 네모 박스 움직임, 종이컵 움직임, 그리고 무선마우스 움직임 등이 있다. 실험 결과에서는 3가지 실험 영상 중 네모 박스 움직임 영상을 이용한 실험 결과를 제시한다.

4.2 실험 결과

4.2.1 배경이 없는 상태에서의 이동물체 탐지 및 추적 실험
 배경에 영향을 받지 않도록 배경이 없는 상태에서 실험하였다. 감지 픽셀 비율은 초당 10 프레임이며 이미지의 크기는 320×240이고 실험대상은 검은색 네모 박스가 아래쪽에서 위쪽으로 움직이도록 하였다. 실험 결과 1의 구현 이미지는 (그림 9)와 같다.



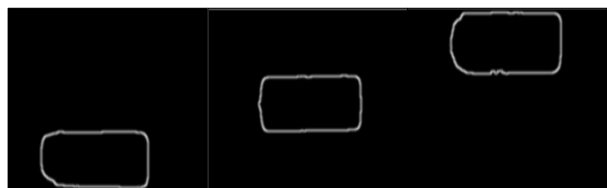
(a) 샘플 이미지



(b) 차영상 이미지



(c) 에너지 중심 가중법 이미지



(d) ECS 알고리즘 이미지
 (그림 9) 실험 결과 1 구현 이미지

(그림 9)의 (a)와 같이 대상 물체가 아래에서 위로 이동함에 따라 만들어진 샘플 이미지에 대해 (b)와 같이 이진화된 차영상 이미지가 생성되는데 이때 원하지 않은 노이즈가 발생함을 볼 수 있다. 이러한 노이즈 제거를 위해 (c)와 같이 에너지 중심 가중법을 이용하여 차영상 이미지보다 더 깨끗한 이미지를 얻을 수 있다. 최종적으로 본 논문에서 제안한 ECS 알고리즘을 적용하여 (d)와 같이 이동물체의 외곽선을 정확하게 추출할 수 있다.

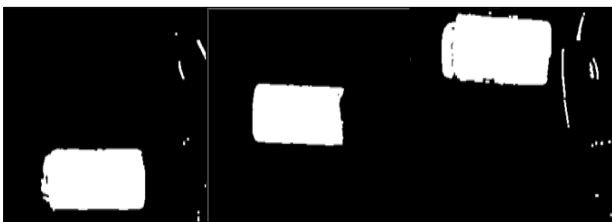
4.2.2 복잡한 배경을 가진 이동물체 탐지 및 추적 실험
 배경에 대한 영향도를 고려하기 위해 복잡한 배경을 가진 이동물체를 대상으로 실험하였다. 배경 내에는 다수의 글자 및 그림이 존재하고 이동물체 외에 마우스, 볼펜 등을 배치하여 실험 환경을 구성하였다. 감지 픽셀 비율 및 이미지 크기는 실험 1과 같으며 이러한 실험 결과 2의 구현 이미지는 (그림 10)과 같다.



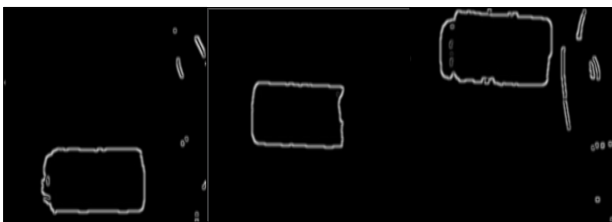
(a) 샘플 이미지



(b) 차영상 이미지



(c) 에너지 중심 가중법 이미지



(d) ECS 알고리즘 이미지
 (그림 10) 실험 결과 2 구현 이미지

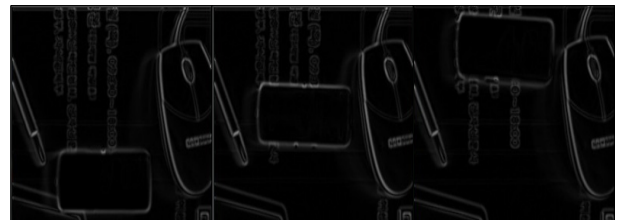
복잡한 배경의 샘플 이미지 (a)에 대해 대상 물체가 아래에서 위로 이동함에 따라 이진화된 차영상 이미지 (b)가 생성되며 이때 원하지 않은 노이즈가 (그림 9)의 (b)보다 더 복잡하게 발생함을 볼 수 있다. 이러한 복잡한 노이즈 제거를 위해 (c)와 같이 에너지 중심 가중법을 이용하여 차영상 이미지보다 더 깨끗한 이미지를 얻었으며, 실험 1의 배경이 없는 상황에 비해 노이즈가 많이 줄어들었음을 확인할 수 있다. 그리고 본 논문에서 제안한 ECS 알고리즘을 적용하여 (d)와 같이 정확한 물체의 외곽선 모습을 추출하였고 제안한 알고리즘이 성공적으로 구현됨을 알 수 있다.

4.2.3 기존 스네이크 알고리즘과의 비교 실험

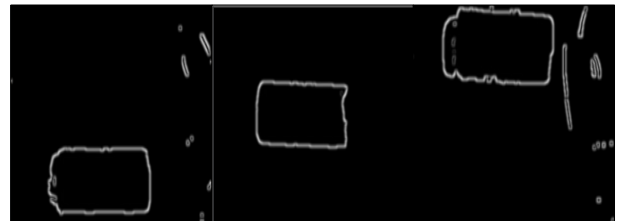
실험 2의 실험환경을 바탕으로 스네이크 알고리즘의 구현 이미지와 ECS 알고리즘 구현 이미지를 상호 비교하며 실험하였다. 마찬가지로 감지 픽셀 비율 및 이미지 크기는 실험 1 및 2와 같으며 실험 결과 3의 구현 이미지는 (그림 11)에 나타나 있다.



(a) 샘플 이미지



(b) 스네이크 이미지



(c) ECS 알고리즘 이미지
 (그림 11) 실험 결과 3 구현 이미지

(그림 11)의 (a)와 같이 복잡한 배경을 가진 움직이는 이동물체를 대상으로 스네이크 알고리즘을 적용하여 얻은 이미지가 (b)에 나타나 있는데 이때 (b) 이미지는 원하는 물체 뿐 아니라 배경의 글씨 및 그림의 외곽선 등 노이즈가 함께 추출됨을 알 수 있다. 본 논문에서 제안한 ECS 알고리즘을

〈표 1〉 3가지 실험 영상에 대한 제안 ECS 알고리즘의 평균 추적율 및 탐지율

영상	평균 탐지율		평균 추적율	
	무배경	복잡	무배경	복잡
네모 박스 움직임	0.965	0.806	0.99	0.98
종이컵 움직임	0.965	0.805	0.99	0.98
무선마우스 움직임	0.964	0.805	0.98	0.97

적용하여 얻은 (c) 이미지는 비교적 노이즈가 없이 원하는 이동 물체의 외곽선이 정확히 추출됨을 알 수 있다.

$$Detection\ Rate = \frac{TP}{TP + FN} \quad (10)$$

4.3 실험 평가

비디오 탐지 및 추적 알고리즘을 평가하는 방법에는 Ground Truth, 히스토그램 비교, Shape 기반 등이 있다[22]. 본 논문에서는 평가를 위해 관심객체의 픽셀 개수와 알고리즘을 구현하여 얻은 전체 이미지의 픽셀 개수를 확률적으로 정의하는 Shape 기반 방법[23]을 사용한다.

실험 평가는 3가지 상황 각각에 대해 3가지 실험 영상을 이용하여 얻은 실험 결과를 프레임별로 분석한 후 탐지율과 추적율을 계산하여 평가한다. 평가 결과, 전체적으로 3가지 실험 영상 모두 기존 스네이크 알고리즘에 비해 탐지율은 6~9% 정도, 추적율은 6~11% 정도 향상된 수준의 유사한 결과를 보였으며, 이들 3가지 영상 간에는 0.1% 내외의 오차를 보였다. 3가지 실험 영상 각각에 대해 제안하는 ECS 알고리즘의 무배경 및 복잡한 상황에서의 평균 탐지율 및 추적율이 <표 1>에 제시되어 있다.

본 논문에서는 3가지 실험 상황에 대해 어떻게 탐지율과 추적율을 평가하였는지 네모 박스 움직임 영상에 대한 프레임별 분석 결과를 이용하여 자세히 설명한다.

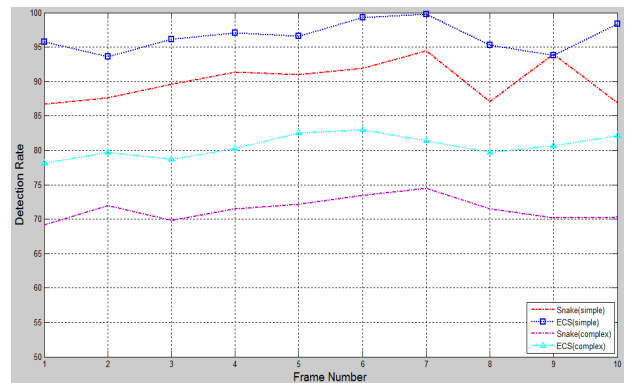
4.3.1 탐지율(Detection Rate) 평가

탐지율(Detection Rate)을 계산하기 위해 배경이 없는 상황과 복잡한 배경을 가진 상황에서 이동물체의 이미지 총 20개 프레임을 추출하였고 이것을 MATLAB을 이용하여 탐지율을 계산하였다. 탐지율은 관심객체의 정확한 형상에 대하여 그 형상을 탐지하는데 방해가 되는 노이즈를 각 프레임별로 분석하여 나타낸 것으로 식 (10)과 같이 TP에 대해서 TP 및 FN을 합한 개수를 나눈 값으로 표현할 수 있다[22].

여기서 TP(True Positive)는 각 프레임 내에 나타나는 관심객체의 픽셀 개수를 의미하며 FN(False Negative)은 각 프레임 내에 나타나는 관심객체의 픽셀을 제외한 노이즈 개수를 의미한다. Shape 기반 방법을 적용하여 얻은 탐지율이 <표 2>에 나타나 있다.

완벽하게 이동물체를 탐지하는 비율을 1로 볼 때 배경이 없는 상황에서 스네이크 알고리즘의 탐지율은 각 프레임 별로 발생하는 노이즈로 인하여 평균 0.901의 값을 가졌다. 그러나 ECS 알고리즘의 탐지율은 스네이크 알고리즘 보다 높은 0.965의 값을 보였다. 마찬가지로 방법으로 복잡한 배경에서 스네이크 알고리즘의 탐지율은 평균 0.714인데 비해 제안한 ECS 알고리즘의 탐지율은 0.806의 값을 보였다.

<표 1>의 데이터를 바탕으로 배경이 없는 상황에서 스네이크 알고리즘과 ECS 알고리즘, 복잡한 배경에서 스네이크 알고리즘과 ECS 알고리즘에 대한 탐지율을 (그림 12)와 같



(그림 12) 탐지율 비교 결과

〈표 2〉 탐지율(Detection Rate) 데이터

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	평균
Snake (무배경)	0.867	0.876	0.896	0.913	0.909	0.919	0.944	0.870	0.940	0.868	0.901
ECS (무배경)	0.957	0.935	0.961	0.970	0.965	0.992	0.997	0.952	0.938	0.983	0.965
Snake (복잡)	0.691	0.719	0.698	0.715	0.721	0.734	0.745	0.715	0.701	0.703	0.714
ECS (복잡)	0.780	0.796	0.786	0.803	0.824	0.829	0.813	0.796	0.806	0.821	0.806

〈표 3〉 추적율(Tracker Detection Rate) 데이터

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10
Snake (무배경)	0.76	0.83	0.85	0.91	0.90	0.91	0.94	0.90	0.94	0.95
ECS (무배경)	0.87	0.90	0.93	0.94	0.95	0.95	0.97	0.97	0.98	0.99
Snake (복잡)	0.49	0.51	0.59	0.71	0.82	0.83	0.84	0.81	0.80	0.81
ECS (복잡)	0.52	0.57	0.62	0.85	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98

이 도시할 수 있으며, 여기서 y축은 탐지율, x축은 프레임 숫자를 나타낸다.

탐지율 비교 결과, 배경이 없는 상황에서 제안한 ECS 알고리즘이 기존 스네이크 알고리즘보다 평균 약 6% 정도 향상을 보였고, 복잡한 배경에서는 평균 약 9% 정도 향상을 보였다. 또한 배경이 없는 상황과 복잡한 배경을 가진 상황 간 평균 약 16~19% 차이가 나는 데 그 이유는 복잡한 배경에서 노이즈가 그만큼 많이 존재하기 때문이다.

4.3.2 추적율(Tracker Detection Rate) 평가

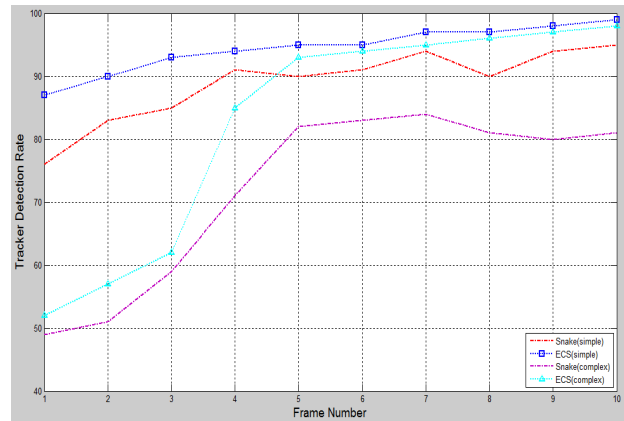
추적율(Tracker Detection Rate)을 계산하기 위해 배경이 없는 상황과 복잡한 배경을 가진 상황일 때 각각 총 10개의 프레임을 이용하여 추적율을 평가하였다. 추적율은 탐지가 완벽하게 된다는 가정 하에 관심객체의 추적정도를 나타내는 것으로 식(11)과 같이 TP에 대해서 TG를 나눈 값으로 표현할 수 있다[22].

$$Tracker\ Detection\ Rate = \frac{TP}{TG} \quad (11)$$

여기서 TG(Total Ground Truth)는 추적 시 관심객체의 픽셀 총 개수를 의미한다. Shape 기반 방법을 적용하여 얻은 추적율이 <표 3>에 나타나 있다.

ECS 알고리즘은 프레임 1에서 최초 스네이크 윤곽선을 생성하는 단계이기 때문에 추적율이 0.87이나 프레임이 진행될수록 점차 스네이크 윤곽선이 이동물체의 외곽선에 수렴함으로써 배경이 없는 상황에서 프레임 2는 0.90, 복잡한 배경에는 0.57까지 추적율이 향상되었다. 또 마지막 프레임 10에서는 추적율이 0.99와 0.98까지 각각 향상됨을 알 수 있다. <표 2>의 데이터를 바탕으로 배경이 없는 상황에서 스네이크 알고리즘과 ECS 알고리즘, 복잡한 배경에서 스네이크 알고리즘과 ECS 알고리즘에 대한 추적율을 (그림 13)과 같이 도시할 수 있으며, 여기서 y축은 추적율, x축은 프레임 숫자를 나타낸다.

추적율 비교 결과, 배경이 없는 상황에서 제안한 ECS 알고리즘이 스네이크 알고리즘보다 평균 약 6% 정도 향상을 보였고, 복잡한 배경에서는 평균 약 11% 정도 향상을 보였다. 특히 복잡한 배경에서 추적율이 많은 차이를 보이고 있는데



(그림 13) 추적율 비교 결과

이것은 제안한 ECS 알고리즘에 비해 기존 스네이크 알고리즘이 이동물체를 추적할 때 주변배경의 노이즈까지 함께 추출하기 때문이다.

5. 결론 및 향후연구

본 논문에서는 능동 윤곽선 방법 즉 스네이크 알고리즘을 개선하여 이동하는 물체를 탐지하고 추적하는 효과적인 ECS 알고리즘을 제안하였다. 제안한 알고리즘의 성능 평가를 위해 배경이 없는 상황과 복잡한 배경의 상황, 그리고 기존 스네이크 알고리즘과의 비교분석을 실험을 통해 수행하였으며 Shape 일치도 방법을 적용하여 탐지율과 추적율을 평가하였다.

평가 결과, 탐지율은 제안한 ECS 알고리즘이 스네이크 알고리즘에 비해 배경이 없는 상황에서 평균 약 6% 정도, 복잡한 배경에서는 평균 약 9% 정도 향상을 보였다. 추적율은 배경이 없는 상황에서 평균 약 6% 정도, 복잡한 배경에서는 평균 약 11% 정도 향상을 보였다. 특히 복잡한 배경에서 추적율에 많은 차이를 보이는데 그것은 제안한 알고리즘에 비해 기존 스네이크 알고리즘은 이동물체 추적 시 주변배경의 노이즈까지 함께 추출하기 때문이다.

향후 본 논문에서 제안한 알고리즘의 단점을 극복하기 위해 확률적 추론 방법을 적용하거나 또한 외부 에너지 개선 뿐 아니라 내부 에너지를 개선한 알고리즘을 제안하고 실제 이

동물체에 적용하는 실험이 필요하다. 이를 통해 제한한 알고리즘을 UGV 등과 같은 모바일 로봇에 적용하고 이동 물체에 대한 탐지 및 추적에 기여할 수 있을 것으로 기대된다. 또한 기존에 발표된 개선된 스네이크 알고리즘과의 비교 실험을 통해 제안된 알고리즘의 우월성을 입증하는 연구도 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] Program Manager FCS, "Future Combat Systems (Brigade Combat Team(FCS(BCT))) 14+1+1 Systems Overview," 2007.
- [2] <http://www.dodaam.com/product/c4i/aegis.html>.
- [3] M. Kass, A. Witkin and D. Terzopoulos, "Snake: Active Contour Models," Int. Journal of CV, Vol.1, pp.321-331, 1988.
- [4] L. D. Cohen and I. Cohen, "Finite-Element Methods for Active Contour Models and Balloons for 2-D and 3-D Images," IEEE Transactions on PAMI, Vol.15, No.11, pp.1131-1147, 1993.
- [5] D. J. Williams and M. Shah, "A Fast Algorithm for Active Contours and Curvature Estimation," CVGIP: Image Understanding, Vol.55, No.1, pp.14-26, 1992.
- [6] C. Y. Xu and J. L. Prince, "Snakes, Shapes, and Gradient Vector Flow," IEEE Transaction on IP, Vol.7, No.3, pp.359-369, 1998.
- [7] N. Xu and N. Ahuja, "Object Contour tracking Using Graph Cuts Based Active contour," Int. Conference on IP, Vol.3, pp.277-280, 2002.
- [8] K. H. Seo, J. H. Shin, W. Kim, and J. J. Lee, "Real-time Object Tracking and Segmentation Using Adaptive Color Snake Model," Int. Journal of CAS, Vol.4, pp.236-246, 2006.
- [9] J. J. Choi and J. S. Kim, "Modified energy function of the active contour model for the tracking of deformable objects," Int. Journal of PEM, Vol.7, No.1, pp.47-50, 2006.
- [10] A. I. Comport, E. Marchand and F. Chaumette, "Robust model-based tracking for robot vision," Int. Conference on IROS, Vol.1, pp.692-697, 2004.
- [11] M. Cazorla and F. Escolano, "Feature Extraction and Grouping for Robot Vision Tasks," Cutting Edge Robotics, pp.91-104, 2005.
- [12] M. Sonka, V. Hlavac and R. Boyle, 'Image Processing Analysis, and Machine Vision', 3rd ED., Thomson, 2008.
- [13] M. Yokoyama and T. Poggio, "A contour-Based Moving Object Detection and Tracking," Int. Work on VSPE of TS, pp.271-276, 2005.
- [14] Matrox, "MIL/MIL-Lite version 7.0 Board-Specific Notes," Manual No.10515-801-0700, 2001.
- [15] Y. G. Kim, J. S. Kim and J. Kim, "Haptic Rendering based on Real-time Video of Deformable Bodies using Snakes Algorithm," Int. Conference on HCI, 2007.
- [16] D. J. Williams and M. Shah, "A Fast Algorithm for Active Contours and Curvature Estimation," CVGIP: Image Understanding, Vol.55, No.1, pp.14-26, 1992.
- [17] L. D. Cohen and I. Cohen, "Finite-Element Methods for Active Contour Models and Ballons for 2-D and 3-D Images," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.15, No.11, pp.1131-1147, 1993.
- [18] C. Y. Xu and J. L. Prince, "Gradient Vector Flow: A New External Force for Snakes," Computer Vision and Pattern Recognition Conference, pp.66-71, 1997.
- [19] H. M. Kim, 'Implementation and Evaluation of Real-Time Moving Object Tracking System for Visual Surveillance', MS Thesis, KNDU, 2006.
- [20] <http://www.intel.com/technology/computing/opencv/index.htm>.
- [21] <http://www.hyvision.co.kr/korea/s02/s2026.asp>.
- [22] F. Bashir and F. Porikli, "Performance Evaluation of Object Detection and Tracking Systems," Int. Work on PETS, pp.7-14, 2006.
- [23] S. Wu, V. K. Singh and R. Nevatia, "Evaluation of USC Human Tracking System for Surveillance Videos," Int. Evaluation Work on CLEAR, pp.191-196, 2007.



양 성 실

e-mail: yss0191@hanmail.net

1998년 해군사관학교 경영과학과(이학사)
2007년~현재 국방대학교 전산정보학과
석사과정

관심분야 : 물체식별 및 추적, 임베디드
소프트웨어, 영상인식



윤 희 병

e-mail : hbyoon@kndu.ac.kr

1983년 해군사관학교 경영과학과(이학사)

1986년 연세대학교 전자공학과(공학사)

1991년 미국 해군대학원 전산공학과(석사)

1998년 미국 Georgia Institute of Technology
전산공학(박사)

2002년~현 재 국방대학교 전산정보학과 부교수

관심분야 : 무인화 무기체계, 물체식별 및 추적, 자가적응 소프트웨어, 무인로봇 위치추정, 임베디드 소프트웨어