

세그먼트 적합성 판단을 위한 계층적 최근접 검색 기법

신복숙* · 차의영* · 이임건**

*부산대학교 전자계산학과

**동의대학교 영상정보공학과

Hierarchical Nearest-Neighbor Method for Decision of Segment Fitness

Bok-Suk Shin* · Eui-Young Cha* · Imgeun Lee**

*Dept. of Computer Science, Pusan National University

**Dept. of Multimedia Eng., Dong-eui University

E-mail : shinbs@pusan.ac.kr

요 약

이 논문에서는 곤충 발자국의 패턴을 판별하기 위한 전 단계로 추출되는 군집화된 세그먼트들 중에서, 곤충 발자국의 패턴을 분석하는 데에 부적합한 세그먼트들을 제거하기 위한 계층적 최근접 검색 기법을 제안한다. 발자국 형태와 거의 구별되지 않는 비정상적인 노이즈는 발자국과 서로 구별되는 특징을 규명하기 전까지는 영상처리 전 단계에서 완전히 제거될 수 없어 군집화 기법에 의해 추출된 세그먼트에도 이러한 노이즈를 내포하게 된다. 따라서 모든 세그먼트의 적합성을 평가하여, 노이즈 정보로 인해 타당성이 부족한 세그먼트를 제거함으로써 다음 단계에 수행되는 세그먼트들에 대한 곤충 발자국 패턴의 특징값 추출 성능이 향상될 수 있다.

ABSTRACT

In this paper, we proposed a hierarchical nearest-neighbor searching method for deciding fitness of a clustered segment. It is difficult to distinguish the difference between correct spots and atypical noisy spots in footprint patterns. Therefore we could not completely remove unsuitable noisy spots from binarized image in image preprocessing stage or clustering stage. As a preprocessing stage for recognition of insect footprints, this method decides whether a segment is suitable or not, using degree of clustered segment fitness, and then unsuitable segments are eliminated from patterns. Removing unsuitable segments can improve performance of feature extraction for recognition of inset footprints.

키워드

곤충 발자국, ART2 알고리즘, 군집화, 세그먼트 적합성

1. 서 론

현대 사회는 국가 간의 교역이 많이 이루어짐에 따라 항공기나 선박을 통한 곤충의 이동이 전 세계적으로 이루어지고 있다. 본래 각 지역에서 토종으로 서식하던 곤충은 아무런 문제가 되지 않지만 한 지역의 곤충이 다른 지역으로 유입되는 경우 그 지역의 생태계나 환경에 악영향을 줄 수가 있다.

현재 뉴질랜드의 환경 관련 회사인 Connovation은 무인으로 곤충들의 발자국을 남길 수 있도록 하는 장치를 개발하여 활용하고 있다[1]. 트래킹 터널이라고 불리는 이러한 장치는

비용 효율이 높아서 쥐와 같은 작은 포유류, 파충류 그리고 각종 곤충들의 움직임을 추적하거나 획득한 발자국을 이용하여 개별적인 특성을 분석하는데 널리 사용되고 있으며, 향후 선박의 컨테이너 등에서 몰래 유입되는 곤충을 파악하기 위한 도구로 활용될 계획이다[2].

트래킹 터널에 의해 수집된 발자국은 경험적 지식이 많은 몇몇 생물학자들에 의해 인지하게 되는데, 대부분의 이러한 방법은 곤충 종류마다 달라지는 발자국의 형태학적인 요소를 활용하여 개별적인 발자국을 추출하고 있고[3], 결국 인간이 곤충학적인 이론 배경을 가지지 못했을 경우에는 발자국을 추출, 분석, 분류하기 어려워진다.

따라서 본 논문에서는 곤충학적 지식 없이도 어떤 곤충의 발자국인지를 판단하기위해서 인식의 기본단위가 되는 영역(세그먼트)을 자동 추출한다. 그러나 세그먼트를 추출하기 이전의 실험영상은 곤충이 움직이는 동안에 획득된 발자국 패턴이며 이런 과정에서 예상치 못했던 노이즈 정보가 세그먼트에도 포함된다. 노이즈는 발자국 패턴과 유사한 형태의 점들로 존재하게 되는데, 이러한 비정형적인 요소는 발자국과 서로 구별되는 특징을 규명하기 전까지는 영상처리 전 단계에서 완전히 제거될 수 없다. 자동 추출된 세그먼트가 패턴인식을 위한 신뢰성 있는 데이터로 활용되기 위해서는 적합도 검사가 필요하게 된다.

II. 본 론

본 논문에서는 곤충 발자국 패턴을 클러스터링에 의해 세그먼트를 개별 추출하고, 추출된 세그먼트의 적합도를 판별하여 노이즈를 제거하는 처리과정을 거친다. 그림 1은 곤충 발자국 패턴인식을 위한 전반적인 단계의 처리과정은 다음과 같다.

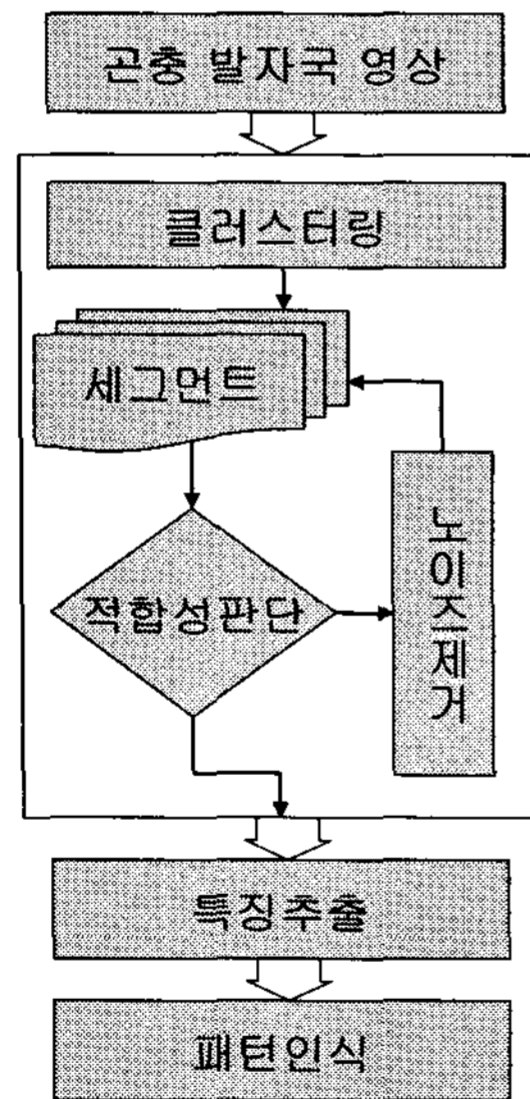


그림 1. 처리과정

1. Abutaleb 이진화 기법

트래킹 터널 장치에서 획득된 발자국 용지는 스캐너에 의해 1200dpi, 256 그레이 레벨의 흑백 영상으로 변환되고 256 그레이 영상은 인식의 전처리 단계인 이진화 과정을 필요로 한다.

이진화 과정은 최종 인식단계의 인식 정밀도를 결정하는 중요한 요소로 작용되고 있으며, 인식대상의 종류와 인식 목적에 따라 이진화 기법은 다르게 적용되고 있으며, 신뢰도를 높이기 위해서

다양한 방법들이 고안되고 있다[4]. 따라서 본 논문은 현재까지 알려진 여러 가지 이진화 방법 중에서 곤충 발자국과 같이 인식대상이 세밀하고 밀집도가 높은 경우에 적합하다고 알려진 Abutaleb가 제안한 이진화 알고리즘을 사용한다 [5][6].

2. 자동 임계값 군집화(Clustering) 기법

곤충의 발자국은 미세한 점들이 부분적으로 연결되고 이러한 구성들이 분산된 형태로 나타난다. 입력영상으로부터 개체별로 발자국을 분류해 내는 일은 쉬운 일이 아니며, 개체별로 발자국을 추출하기 위해서 기존 연구에서는 곤충의 종류와 크기, 다리의 위치, 보폭과 같은 구조적인 형태학적 요소를 이용하여 추출하고 있다[3][7].

이 논문은 예외적이지 않고 정확한 개체별 발자국을 분류하기 위해서 군집의 클러스터링 효과가 뛰어난 신경회로망 알고리즘인 ART2를 이용하여 추출한다[8][9]. ART2 알고리즘은 곤충이 가지고 있는 구조적인 요소를 고려하지 않고도, 쉽게 개체별로 발자국을 분류할 수 있는 특성을 지니고 있다. 그러나 신경망 알고리즘 ART2에서 적용되고 있는 임계값은 입력 패턴의 특성에 따라 다르게 설정되어지며, 그 값은 클러스터링 신뢰도를 결정짓는 중요한 요소로 작용하게 된다. 이 논문에서는 곤충 발자국이 가지고 있는 특징에 적합하면서, 곤충의 크기와 종류의 구별이 명확하지 않는 입력패턴을 이용하여 개체별 발자국을 추출하기 위해, 유사도의 정도를 결정짓는 임계값 즉, 신경망 알고리즘에 사용할 임계값 σ 를 자동으로 결정한다. 제안된 방법에서의 임계값 추출은 입력패턴 공간상에 존재하는 모든 점들 간의 거리와 거리의 축적 정도를 이용하고 있으며, 같은 축적 정도를 추적하여 극대 값을 추출하여 임계값 σ 를 지정하게 된다.

3. 세그먼트 추출

본 논문은 곤충의 종류, 크기에 무관한 클러스터링을 위해서 거리 축적 정도를 활용하여 임계값을 자동 추출하였다. 그리고 추출된 임계값으로 군집 클러스터링에 뛰어난 ART2를 적용하였다. 클러스터링 결과는 특징을 추출하기 위한 개별적인 세그먼트 단위로 세분화되어야 하며, 이러한 개별적인 세그먼트를 추출하기위해서 우리는 이진화 영상으로부터 연결된 픽셀을 모두 검색하여 점 영역의 무게중심 그리고 크기 정보를 찾게 된다. 무게중심은 클러스터링을 위한 중심좌표로 사용되며, 크기정보는 클러스터링 결과에서 최종 영역 영상을 추출하기위한 데이터로 사용된다. 개별 발자국 영상은 픽셀 단위가 보유하는 길이, 높이 정보 그리고 무게중심을 보유한다. 이러한 정보는 클러스터링 결과에서 추출된 영역의 경계좌표로 활용된다.

4. 세그먼트 적합도 판단

본 논문에서 다루고 있는 원시 실험 영상은 곤충이 움직이는 동안에 발생하는 발자국을 획득하는 것이다. 이러한 획득 과정에서는 예상치 못한 노이즈 정보를 담게 되는데, 그것은 곤충의 배 부분이 바닥에 닿아 잉크가 남는다든지, 불규칙한 움직임으로 인해 발생하는 잉크 자국들이다. 이런 비정상적인 노이즈는 발자국 패턴과 유사한 형태의 점들로 존재하게 되며, 발자국과 서로 구분되는 특징을 규명하기 전까지는 영상처리 전 단계에서 완전히 제거할 수 없다. 군집화기법에서 추출된 세그먼트는 차후 패턴인식을 위한 특징값 추출에 사용될 기본 데이터이므로 부적합한 세그먼트로 인해 패턴인식의 정확도가 저하될 우려가 있다. 따라서 우리는 군집화 과정에 얻어진 세그먼트 중 노이즈로 판단되는 대상을 판독하여 특징추출대상에서 제거하도록 한다. 그림 2는 정상적인 발자국 패턴과 비정상적인 노이즈가 포함된 세그먼트를 보여준다.

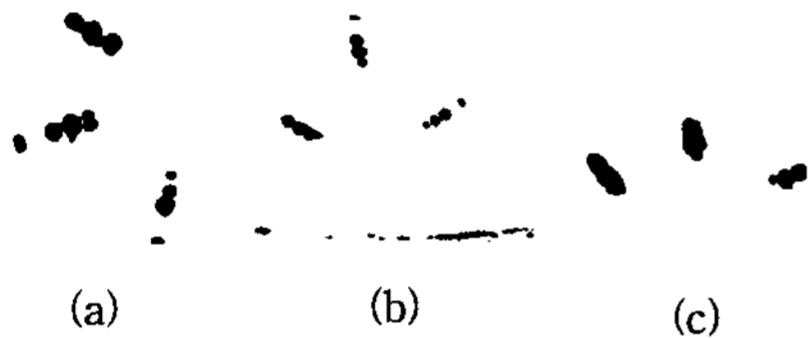


그림 2. (a)적합한 세그먼트, (b)비정상적인 잉크 자국이 포함된 세그먼트, (c)과다한 잉크 자국의 세그먼트

추출된 발자국 세그먼트 중 노이즈가 포함된 세그먼트인지 구별하기 위해, 각 세그먼트의 최대 크기비율 $MaxRatio(S_n)$ 과, 점성픽셀 누적치 $AccumPixel(S_n)$ 를 추출하여 적합도를 판단하는 주요한 특징값 $Feature(S_n)$ 으로 이용하였다. 곤충의 자유로운 움직임으로 인하여 그림 3과 같이 spot, region을 담고 있는 세그먼트 방향은 항상 일정하지 않고 다양한 방향을 가진 형태로 나타난다. 또한 그림 3에서 보듯이 동일한 형태를 가진 세그먼트이더라도 진행방향이 다르면 서로 다른 크기를 가지게 되므로, 크기만으로는 특징을 파악할 수 없다. 따라서 우리는 서로 다른 크기를 표준화 하기위한 방법으로 각 세그먼트를 1~360도씩 점차적으로 회전시켜 크기 비율이 최대가 될 때의 세그먼트를 비교하였다. 비율이 최대값을 가지는 회전시점은 모든 세그먼트들이 동일한 방향성을 지니고 있고, 이러한 단계를 거친 후 크기 분포를 이용하면 불필요한 spot, region, noise를 담고 있는 세그먼트를 찾을 수 있다. 그리고 세그먼트에 포함된 잉크 밀도를 이용하여, 과도한 잉크 자국과 불필요한 spot, region, noise을 담고 있는 세그먼트를 구별할 수 있다. 이

두 특징은 인접한 세그먼트와의 유사성을 검사하여 그룹을 형성시키고, 그룹형성에 실패한 세그먼트는 부적합한 세그먼트로 처리되고 노이즈는 제거된다.

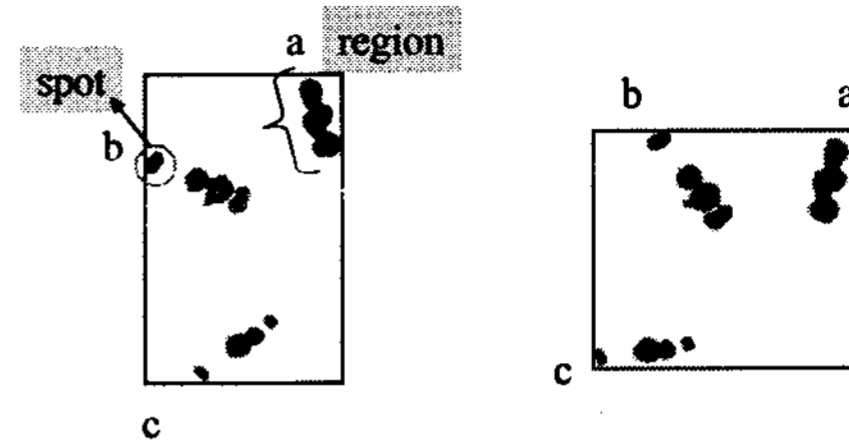


그림 3. 회전전의 세그먼트사이즈(왼쪽), 70도 회전후의 세그먼트사이즈(오른쪽)

일반적인 변수의 가장 단순한 통계적인 척도는 평균과 분산이다. 분산은 그 영역에서의 평균을 대조할 수 있는 척도로 제공되므로 각 세그먼트가 가지고 있는 특징이 인접한 세그먼트의 분산에 포함되면 서로 유사한 세그먼트로 판단할 수 있다. 유사성 판단을 위해 사용된 분산 수식은 다음과 같다.

$$\sigma_x^2 = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^n (MaxRatio(S_j) - m_x)^2 \quad (1)$$

$$\sigma_y^2 = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^n (AccumPixel(S_j) - m_y)^2 \quad (2)$$

여기서 m_x, m_y 는 각각 $MaxRatio(S_j)$, $AccumPixel(S_j)$ 의 평균이다. 다음은 적합성을 판단하는 수행단계는 다음과 같다

- step 1. 모든 세그먼트 $S = \{seg_1, seg_2, \dots, seg_n\}$ 는 주어진 θ 만큼 회전한다. 크기비율은 180도 기준으로 동일한 주기를 가진다. $S_n^\theta = Rotate(seg_n, \theta_k), \theta = \{0, 1, 2, \dots, 180\}$
- step 2. 최대비율을 가진 세그먼트를 새로 생성한다. $S_{Max} = \{s_1^{max}, s_2^{max}, \dots, s_n^{max}\}$
- step 3. S_{Max} 의 크기비율 $MaxRatio(S_n)$ 을 산출한다.
- step 4. 각 세그먼트의 $AccumPixel(S_n)$ 를 추출한다.

step 5. 세그먼트가 가지고 있는 두 개의 특징값을 이용하여 유사성 경계값(σ_x^2, σ_y^2)을 결정한다.

step 6. 각 세그먼트를 검색하여 경계값에 포함되면 그룹으로 묶고, 그 이웃한 최근접 세그먼트를 계층적으로 검색하여 경계값에 포함되면 해당 그룹에 포함시킨다.

step 7. 그룹을 형성하지 못한 세그먼트는 부적합 세그먼트로 판단하고 제거한다.

III. 실험결과 및 고찰

실험에서 사용된 곤충발자국 영상은 Auckland 대학교의 CITR(Communication and Information Technology Research)에서 제공된 것이며, Black Cockroach, Native Bush Cockroach의 2종에 대해서 각각 19개, 11개의 세그먼트를 사용하여 실험을 하였다. 그림 4는 적합도 검사를 통해 적합 세그먼트와 부적합 세그먼트로 나뉜 결과 분포를 보여주고 있다. 양쪽 그림 모두 S영역은 서로 유사성을 가진 그룹이 포함된 적합세그먼트로 판별되었고, E영역은 실제 노이즈가 포함된 세그먼트들이며, 적합성 검사 후 그룹으로 묶이지 않은 형태로 나타나는 부적합 세그먼트로 판별되어 서로 결과가 일치함을 확인할 수 있다.

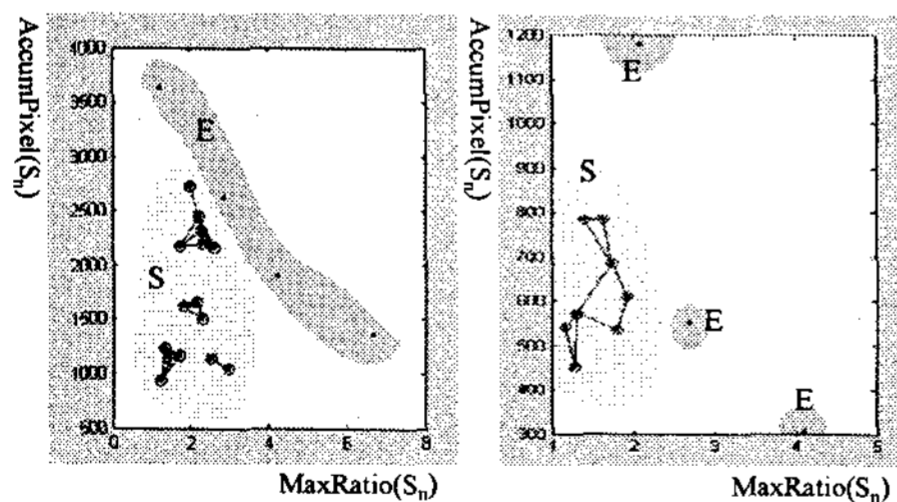


그림 4. Black Cockroach(왼쪽), Native Bush Cockroach(오른쪽)적합도 판별후의 결과 분포

IV. 결 론

이 논문에서는 곤충의 발자국을 인식하기 위한 전 단계로서 인식 대상이 되는 의미 있는 단위의 세그먼트를 추출하고, 앞으로 진행될 패턴인식을 위한 특징값 추출에서 성능을 저하시킬 수 있는 부적합한 세그먼트를 제거하였다. 사이즈 비율 최대값과 검정픽셀 누적치를 유사성을 판단하는 특

징으로 보고, 각 세그먼트들을 비교하여 그룹을 형성시켰다. 유사성 검사 과정을 이웃한 최근접 세그먼트를 계층적으로 검색하면서 진행되고 하나의 그룹으로 묶이게 된다. 그룹을 형성하지 못한 세그먼트들은 부적합으로 판단하고, 노이즈로 간주되는 세그먼트가 제거되면서 패턴인식에 부정적인 요소를 제거하였다. 향후 연구 과제로는 제안한 부적합 세그먼트의 판단 과정 중 유사성 검사에서 묶인 그룹별로 가중치를 부여하여 차후 패턴인식 특징값 추출에 활용 하도록 하는 것이다.

참고문헌

- [1] "Connovation - equipment instructions," 2004, (Accessed: 5 May 2004) <http://www.connovation.co.nz/mainsite/EquipmenInstructions.html>.
- [2] Whisson, D.A., R.M. Engeman, and K. Collins, "Developing relative abundance techniques(RATs) for monitoring rodent population," Wildlife Research, Vol. 32, pp. 239-244. 2005.
- [3] J. Gray, Sir. Animal Locomotion, Weidenfeld & Nicolson, London, 1968.
- [4] M. Sezgin and B. Sankur, "Survey over image thresholding techniques and quantitative performance evaluation," Journal of Electronic Imaging, Vol. 13, pp.146-165, Jan, 2004.
- [5] Young W. Woo, "Performance Evaluation of Binarizations of Scanned Insect Footprints", LNCS 3322, Springer-verlag, pp.669-678, 2004.
- [6] A.S. Abutaleb. "Automatic thresholding of gray-level pictures using two-dimensional entropy," Computer Vision Graphics Image Processing, Vol.47, pp.22-32, 1989.
- [7] Nils Hasler, Reinhard Klette, Bodo Rosenhahn and Warren Agnew, "Footprint recognition of rodents and insects," Technical Report in CITR, The University of Auckland, 2004.
- [8] Simon Haykin, "Neural Networks: A Comprehensive Foundation," MacMillan, 1994.
- [9] G. A. Carpenter and S. Grossberg, "The ART of Adaptive Pattern Recognition," Journal of IEEE Computer, Vol.21, No.3, pp.66-75, 1998.