개인 인증을 위한 활성 윤곽선 모델 기반의 사람 외형 추출 및 추적 시스템†

(ACMs-based Human Shape Extraction and Tracking System for Human Identification)

박세현*, 권경수**, 김은이***, 김항준**
(Se-Hyun Park, Kyung-Su Kwon, Eun-Yi Kim, Hang-Joon Kim)

요 약 최근 유비쿼터스 환경에서 개인 인증을 위한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 그 중에서 걸음걸이 인식은 원거리에서 사람의 물리적인 특성을 이용하여 개인을 인증하는데 효과적인 방법이다. 본 논문에서는 걸음걸이 인식을 위해 평균 이동 알고리즘(mean shift algorithm)과 geodesic 활성 윤곽선 모델(active contour models) 기반의 사람 외형 추출 및 추적 시스템을 제안한다. 활성 윤곽선 모델은 움직이고, 변화하기 쉬운 물체를 다루는데 효과적이다. 그러나 활성 윤곽선 모델의 성능은 초기 커브에 의존적인 한계를 가지고 있다. 이 문제를 극복하기 위해 전형적인 geodesic 활성 윤곽선 모델에 평균 이동 알고리즘을 결합한다. 기본 개념은 진화시키기 전에 level set 방법을 사용하여 초기 커브를 사람 영역에 위치시키고, 그 영역을 충분히 둘러싸도록 크기를 조정한 후에 커브를 진화시킨다. 이러한 방법은 움직임이 큰 물체를 다루거나 진화 횟수를 줄이기 위해 효과적이다. 제안된 시스템은 사람 영역 검출 모듈과 사람 외형 추적 모듈로 구성된다. 사람 영역 검출 모듈에서는 배경영상 제거(background subtraction)와 모폴로지 연산(morphologic operation)으로 사람의 실루엣을 검출한다. 이때, 사람의 외형은 평균 이동 알고리즘과 geodesic 활성 윤곽선 모델에 의해 정확하게 검출된다. 실험 결과에서 제안된 방법이 걸음걸이 인식(gait recognition)을 위해 사람의 외형을 효과적으로 정확하게 추출하고 추적됨을 보여준다.

핵심주제어 : 사람 외형 추출 및 추적, 활성 윤곽선 모델, 평균 이동 알고리즘, 개인 인증

Abstract Research on human identification in ubiquitous environment has recently attracted a lot of attention. As one of those research, gait recognition is an efficient method of human identification using physical features of a walking person at a distance. In this paper, we present a human shape extraction and tracking for gait recognition using geodesic active contour models(GACMs) combined with mean shift algorithm. The active contour models (ACMs) are very effective to deal with the non-rigid object because of its elastic property. However, they have the limitation that their performance is mainly dependent on the initial curve. To overcome this problem, we combine the mean shift algorithm with the traditional GACMs. The main idea is very simple. Before evolving using level set method, the initial curve in each frame is re-localized near the human region and is resized enough to include the targe region. This mechanism allows for reducing the number of iterations and for handling the large object motion. The proposed system is composed of human region detection and human shape tracking modules. In the human region detection module, the silhouette of a walking person is extracted by background subtraction and morphologic operation. Then human shape are correctly obtained by the GACMs with mean shift algorithm. In experimental results, the proposed method show that it is extracted and tracked efficiently accurate shape for gait recognition.

Key Words : Human shape extraction and tracking, Active contour models, Mean shift algorithm, Human identification

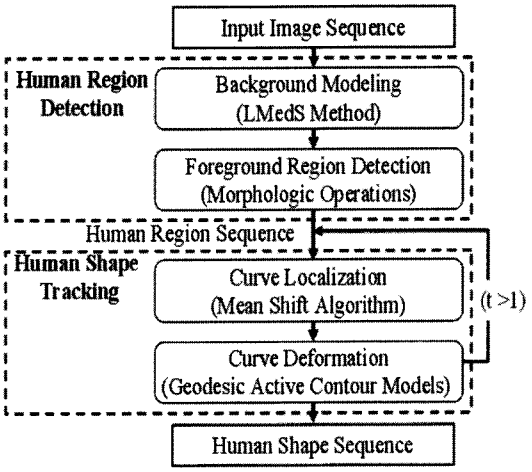
† 이 논문은 2007학년도 경북대학교 연구교수 연구비에 의하여 연구되었음

* 대구대학교 정보통신공학부 sehyun@daegu.ac.kr
** 경북대학교 컴퓨터공학과, AI Lab
*** 건국대학교 인터넷미디어공학부

1. 서 론

걸음걸이 인식(gait recognition)은 최근까지 컴퓨터 비전 연구자들로 부터 많은 관심을 받고 있다[1, 2, 3, 4, 5]. 사람의 걸음걸이 인식은 원거리에서 각 개인의 걷는 방법에 따라 개인을 인증하기 위한 방법이다[1]. 걸음걸이 인식에 관한 주요 논점은 정확한 사람 외형을 획득하는 것이다. 일반적으로 사람의 걸음걸이는 각 개인의 무게, 신체의 길이, 습관적 자세 등에 의해 결정된다[2]. 이러한 특징들 중에 사람의 실루엣 정보를 이용하기 위해서는 사람의 외형을 추출하고 추적하는 기술이 개발되어야 한다. 그러나 영상 시퀀스에서 사람의 외형이 다양하게 변하고, 실루엣의 정보가 끊어지고 움푹 파인 에지 정보를 포함하기 때문에 사람 외형 검출은 어려운 문제이다[6]. 이러한 문제를 해결하기 위해 최근 활성 윤곽선 모델(active contour model)은 특정 물체를 추출하고 추적하기 위해 많이 사용되고 있다. 활성 윤곽선 모델은 유연성을 가지는 물체를 표현하기에 효과적이다. 그래서 활성 윤곽선 모델은 움직임이 많고, 유연성을 가진 사람의 외형 변화를 전체 영상 시퀀스에서 세부적으로 분석 가능하다.

본 논문에서 걸음걸이 인식을 위해 평균 이동(mean shift) 알고리즘과 geodesic 활성 윤곽선 모델을 사용하여 사람의 외형을 추출하고 추적하는 방법을 설명한다. 특히, geodesic 활성 윤곽선 모델은 초기 커브에 매우 의존적으로 움직이는 전통적인 활성 윤곽선 모델(snake)의 주요 결점을 극복하기 위해 설계되었다[7]. 본 논문에서 핵심이 되는 기본 개념은 커브를 진화하기 전에 각 프레임에서 초기 커브를 사람의 영역에 가깝게 위치시키고, 대상 영역 전체를 둘러싸게 크기를 조정한 후에 커브를 진화시키는 것이다. 그림 1은 사람 영역 검출 모듈과 사람 외형 추적 모듈로 구성된 전체 시스템의 개요를 나타낸다. 사람 영역 검출 모듈에서 걷는 사람의 실루엣 즉, 전경 영역은 배경 영상 제거(background subtraction)와 모폴로지 연산(morphologic operation)에 의해 검출된다. 그 후에 사람 외형 추적 모듈에서 사람의 외형은 평균 이동 알고리즘과 geodesic 활성 윤곽선 모델에 의해 정확하게 획득되고 추적된다. 사람 외형 추적은 커브 지역화(localization) 단계와 변형(deformation) 단계로 구성된다. 이전 프레임에서 사람의 윤곽선이 현재 프레임의 초기 커브로 주어지고, 이를 평균 이동 알고리즘을 이용하여 대상 가까이 위치시키고, 후에 level set 방법을 사용하여 커브를 변형한다.



<그림 1> 시스템 개요

제안된 방법의 성능을 평가하기 위해 하나의 영상 시퀀스에서 한명의 사람만 등장하는 일반적인 UCSD 데이터베이스에 적용했다. 실험 결과는 제안된 방법이 걸음걸이 인식을 위해 효과적으로 정확한 외형을 추출하고 추적하는 것을 보였다.

본 논문의 구성은 2장에서 사람 영역 검출을 설명하고, 3장에서 사람 외형 검출과 추적을 설명한다. 4장에서 실험 결과를 설명하고, 끝으로 5장에서 결론을 논의한다.

2. 사람 영역 검출

본 절에서는 영상 시퀀스의 각 프레임으로부터 걷는 사람의 실루엣 정보를 얻기 위한 사람 영역 검출 모듈을 설명한다. 이 모듈은 사람 외형 추적의 전처리 단계이다. 그리고 이것은 세부적으로 배경 모델링 단계와 전경 영역 검출 단계로 구성된다.

2.1 배경 모델링

사람영역을 추출하기 위해 배경영상 제거 방법

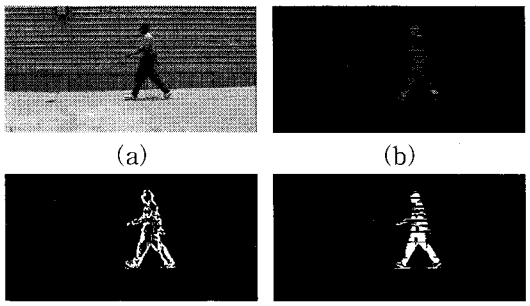
을 사용한다. 실험에 사용된 UCSD 데이터베이스에서 영상들은 카메라와 배경은 고정되어 촬영되었고, 하나의 영상 시퀀스에서 움직이는 물체는 하나의 사람이라고 가정했다[8]. 실험 데이터에 배경 영상이 포함되어 있지 않으므로 LMedS(least median of squares) 방법을 이용하여 배경을 모델링한다[9]. 이 방법은 영상 시퀀스 내에 움직이는 물체를 포함하여도 각 화소의 강도(intensity) 값의 통계치로 배경을 생성한다. 각 영상 시퀀스에서 70개 이상의 영상을 이용하여 신뢰할 수 있는 배경 영상을 획득했다. 획득된 배경 영상 B는 식 1에 의해 계산된다[9].

$$B(i,j) = \min_q med_t (I_{ij}^t - q)^2, \qquad (1)$$

여기서, q는 영상 좌표상의 (i,j)인 화소위치를 결정하기 위한 배경의 강도 값이고, med는 중간 값이다. I는 N개의 영상을 포함하는 시퀀스이고, t는 $1-N$ 내의 프레임 인덱스이다.

2.2 전경 영역 검출

배경 모델링 후에 생성된 배경 영상을 이용하여 현재 입력되는 영상에서 배경 영역은 제거되고, 전경 영역은 검출된다. 사람의 그림자는 배경 제거 후에도 전경 영역과 함께 존재함으로 순수한 사람 영역을 얻는데 방해 요소이다. 사용된 실험 데이터에서 사람의 그림자는 수평 사면으로 존재한다. 이를 제거하기 위해 Sobel의 수평 마스크를 회선함으로써 제거된다. 그때 검출된 에지 영상은 Ostu의 방법으로 이진화(binarization) 된다. 보다 명확한 사람 영역은 모폴로지의 채움 연산(closing operation)과 내부의 검은 화소(hole)들을 제거함으로써 검출된다. 그림 2는 사람영역의 검출 과정을 보여준다. 사람 영역의 검출 결과로 그림 2의 (d)는 그림자가 제거되고, 영역의 갈라짐과 움푹 파인 에지를 포함하는 전경 영역이 획득됨을 보인다. 획득된 영역의 수직, 수평의 폭은 영상에서 수직면과 수평면의 투영으로 정해진다. 폭의 위치와 길이를 이용하여 첫 프레임에서 초기 커브의 위치와 크기를 결정한다.



(a) (b) (c) (d)

<그림 2> 사람 영역 검출 과정:
(a) 입력 영상, (b) 배경제거 결과, (c) Sobel 연산 결과, (d) 채움 연산에 의한 사람영역 검출 결과

3. 사람 외형 추적

영상의 전처리 후, 사람 외형 추적을 위해 평균 이동 알고리즘과 geodesic 활성 윤곽선 모델을 사용한다. 일반적으로 활성 윤곽선 모델은 유연성을 가진 물체의 외곽선을 추출하는데 매우 효과적이다. 그러나 활성 윤곽선 모델은 초기 커브의 위치와 크기 상태에 매우 의존적이기 때문에 성능에 한계가 있다. 본 절에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 평균 이동 알고리즘과 geodesic 활성 윤곽선 모델을 이용하여 사람 외형을 추출하고 추적하는 방법을 설명한다. 외형 추출과 추적 과정은 커브 지역화 단계와 커브 변형 단계의 두 단계로 이루어진다. 첫 번째 단계에서 평균 이동 알고리즘은 초기 커브를 사람 영역 가까이에 이동시키기 위해 사용된다. 그리고 이동된 초기 커브가 추적 대상이 되는 영역을 충분히 포함되도록 크기를 조정한다. 두 번째 단계에서 커브는 level set 방법에 의해 사람 외형에 맞게 변형된다.

3.1 평균 이동 알고리즘을 이용한 커브 지역화

평균 이동(mean shift) 알고리즘은 확률 분포에서 가장 가깝고 우세한 모드(mode)를 찾기 위한 기술이다[10]. 최근에 평균 이동 알고리즘은 특정 물체를 추적하기 위한 효과적인 기술로 사용되고 있다[11]. 본 논문에서 이 방법은 영상 시퀀스에서 첫 번째 입력되는 영상을 제외한 모든 영상에서 초기 커브를 지역화하기 위해 사용한다. 커브의 위

치는 서치 윈도우(search window)에서 사람 영역에 속하는 화소 수에 의해 결정된다. 사람 영역은 이진화된 전경 영상 $F(i,j)$로 표현된다.

평균 이동 알고리즘은 반복적으로 서치 윈도우의 움직인 거리가 정의된 문턱값 이하로 떨어질 때까지 우세한 모드 위치로 옮겨진다. 서치 윈도우는 다음과 같이 간단히 계산된다[12, 13].

$$x = M_{10}/M_{00},\ y = M_{01}/M_{00}, \qquad (2)$$

여기서, M_{ab}는 $(a+b)$번째 모멘트이고, 다음과 같이 계산된다.

$$M_{ab}(W) = \sum_{i,j \in W} i^a j^b F(i,j). \qquad (3)$$

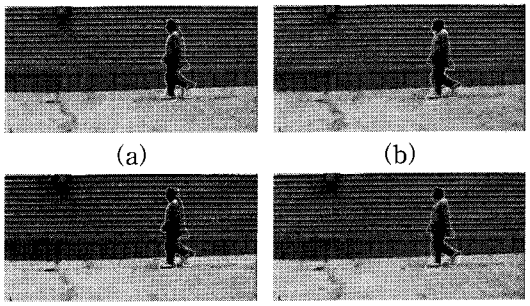
사람 영역의 위치는 서치 윈도우의 위치(i,j)를 연속적으로 계산함으로써 얻어진다. 최종 조정된 서치 윈도우의 중심 위치는 초기 커브의 중심 위치로 사용된다. 서치 윈도우의 크기는 각 프레임에서 사람의 움직임만큼 비례하게 다음과 같이 갱신된다.

$$\begin{aligned} W_{width} &= \max(\alpha(|m_x^t - m_x^{t-1}| \\ &\qquad - B_{width}),0) + \beta B_{width}, \\ W_{height} &= \max(\alpha(|m_y^t - m_y^{t-1}| \\ &\qquad - B_{height}),0) + \beta B_{height}, \end{aligned} \qquad (4)$$

여기서, α와 β는 상수이고, t는 프레임 인덱스이다. 그림 3은 평균 이동 알고리즘에 의해 커브의 위치가 조정되는 과정을 보인다. 초기 커브의 위치를 조정한 후에 대상 영역을 완벽하게 둘러싸도록 커브 바깥쪽 법선 벡터(normal vector) 방향으로 크기를 늘인다.

3.2 Level Set 방법을 이용한 커브 변형

위치와 크기가 조정된 커브는 geodesic 활성 윤곽선 모델을 이용하여 영역의 경계에 일치될 때까지 반복하여 변형한다. Vicent Caselles에 의해 제안된 geodesic 활성 윤곽선 모델은 다음에 정의된 에너지 E를 최소화하는 커브 $C(p)$를 찾는다[12].



(a) (b) (c) (d)

<그림 3> 평균 이동 알고리즘: 첫 번째 프레임에서 (a) 초기 커브, (b) 사람의 외형, 두 번째 프레임에서 (c) 이동전 초기 커브, (d) 이동된 커브

$$E(C) = \int_0^1 g(|\nabla I(C(q))|)|C'(q)|dq, \qquad (5)$$

여기서, $C'(q)$는 커브의 편미분 계수이고, q는 커브의 파라메터이다. $g(\bullet)$는 가우시안과 델타 함수와 같은 단조 감소 함수이다.

영역의 경계 검출은 영상의 특성을 최대로 취하는 커브를 찾는 것이다. 에너지 E를 최소화하기 위해 Euler-Lagrange 공식을 사용한다. 이 공식에 따라 커브의 진화 공식은 다음과 같이 유도된다.

$$C_t = g(|\nabla I|)k\vec{N} - (\nabla g(|\nabla I|)\vec{N})\vec{N}, \qquad (6)$$

여기서, k는 유클리디언(Euclidean) 곡률이고, $\vec{N}$은 커브의 단위 법선 벡터이다. t는 윤곽선 진화 횟수를 나타낸다. 식 6의 기하학적인 커브는 level set 방법을 이용하여 구현된다. 커브 C는 zero level set 함수에 의해 표현된다. ($u: R^2 \rightarrow R$, u>0 인 영역은 커브 내부에 대응) 따라서 식 6은 level set 진화 공식으로 다음과 같이 유도된다[7].

$$u_t = g(|\nabla I|)k|\nabla u| + \nabla g(|\nabla I|)|\nabla u|, \qquad (7)$$

커브 내부로의 단위 법선 벡터 $\vec{N}$과 곡율값 k는 level set 함수 u로부터 다음과 같이 계산된다.

$$\vec{N} = -\frac{\nabla u}{|\nabla u|},\quad k = \left(\frac{\nabla u}{|\nabla u|}\right).$$

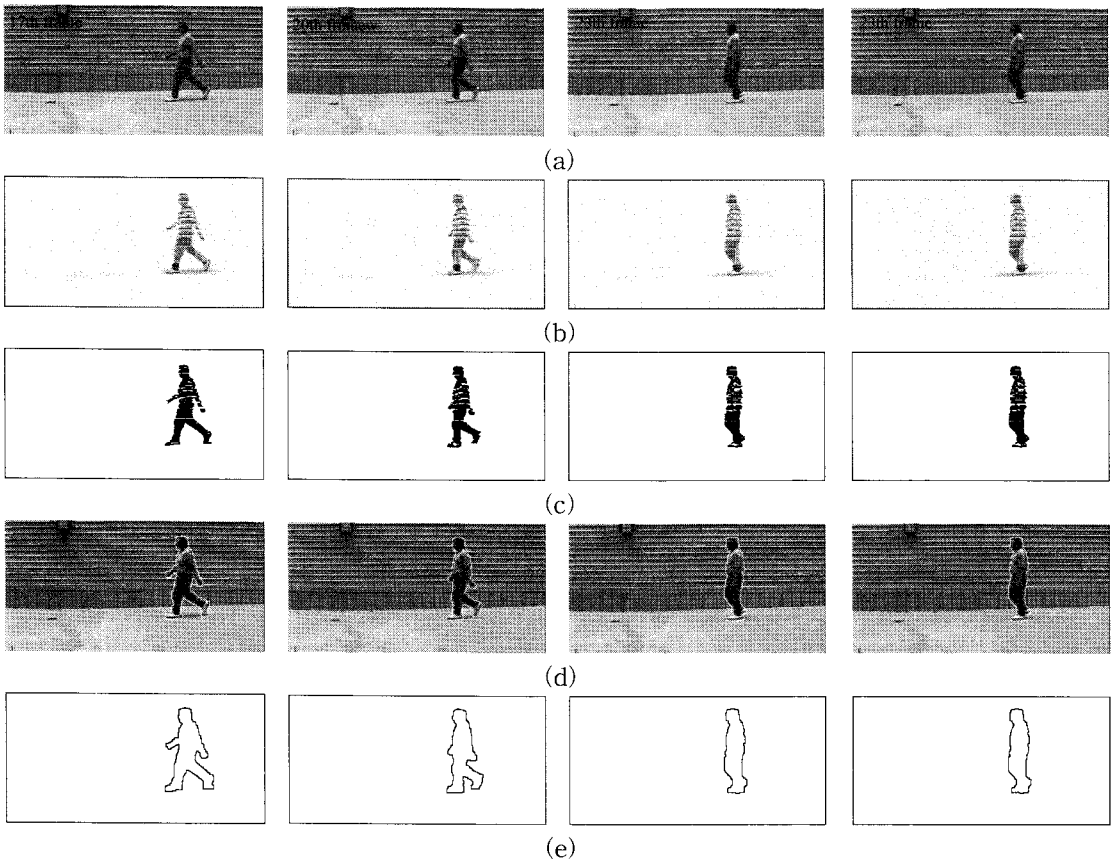
초기의 level set 값은 초기 커브의 중심 위치와

영상의 각 화소 위치 사이의 유클리디언 거리를 계산함으로써 결정된다. 그리고 진화 영역은 가장 최근의 커브 위치 주변을 정의 하는 narrow band 방법으로 결정된다[7]. 이 방법은 level set 값이 정의된 영역에서만 갱신된다. 커브 진화의 종료 시점은 커브 내부로 표현되는 화소의 개수 변화가 정의된 문턱값 보다 작을 때이다.

4. 실험 결과

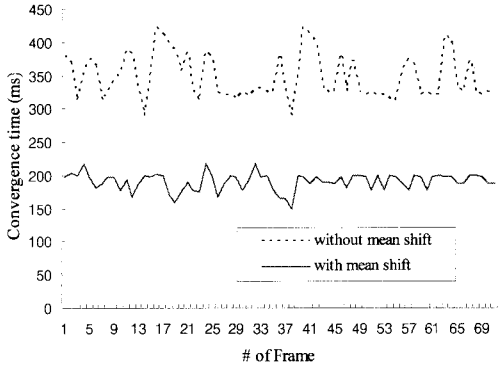
제안된 시스템은 인텔사의 OpenCV beta3.1과 MS사의 Visual C++6.0을 사용하여 구현하였다. 컴퓨터의 성능은 Windows XP 환경의 펜티엄4 2.8GHz 이다. 제안된 시스템은 UCSD 데이터베이스에 적용하였다[8]. 영상의 크기는 320×160 이고, 실외에서 먼 거리의 카메라로부터 촬영되었다. 이 데이터베이스에는 6명의 사람이 7번씩 촬영되었고, 총 42개의 영상 시퀀스가 포함되어 있다. 42개의 영상 시퀀스에 대해 제안한 방법을 적용하였고, 그림 4는 사람 외형의 추적 결과의 예를 보인다. 그림 4의 (a)는 입력 이미지 이고, (b)는 배경차 결과이고, (c)는 모폴로지 연산을 이용한 사람 영역 검출의 결과이다. (d)는 평균 이동 알고리즘과 geodesic 활성 윤곽선 모델을 이용하여 사람의 외형을 추적한 결과이고, (e)는 추출된 사람의 외형을 보인다. 제안된 방법의 성능을 검증하기 위해 다양한 영상 시퀀스에 실험하였고, 그림 6은 다른 결과를 보인다. 그림 4와 6에서 보는 것과 같이 제안된 방법으로 정확한 사람의 외형을 획득할 수 있고, 이로써 개인 인증을 위한 걸음걸이 인식의 특징으로 사용될 수 있다.

본 논문에서 사람 외형 추적 방법의 타당성을 양적으로 평가하기 위해 평균 이동 알고리즘을 이

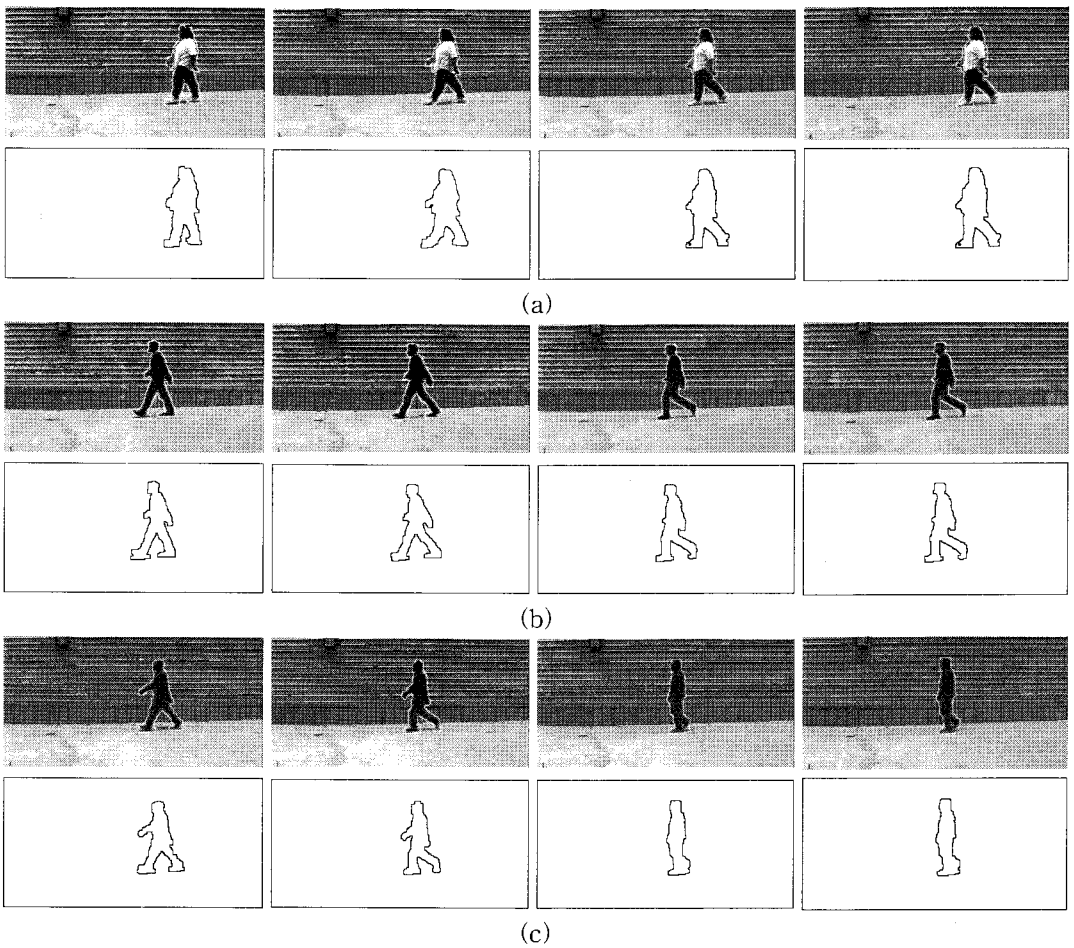


<그림 4> 사람 영역 검출 및 외형 추적 결과: (a) 입력 영상, (b) 배경제거 결과, (c) 사람 영역 검출 결과, (d) 사람 외형 추적 결과, (e) 사람 외형 추출 결과

용한 제안된 방법과 평균 이동 알고리즘을 이용하지 않고 단지 geodesic 활성 윤곽선 모델만을 이용한 방법 사이에 결과를 비교하였다. 그림 5는 두 가지 방법으로 하나의 영상 시퀀스의 각 영상에서 커브의 수렴 속도를 시간으로 비교하였음을 보인다. 커브 진화 함수는 초기 커브가 평균 이동 알고리즘에 의해 사람 영역 가까이 재위치 되기 때문에 빠르게 수렴된다. 이러한 이유로 제안한 방법은 단지 geodesic 활성 윤곽선 모델을 이용한 방법 보다 처리 시간이 짧아진다. 결론적으로 제안된 방법은 개인 검증을 위해 걸음걸이 특징을 빠르게 얻을 수 있고, 정확하게 사람의 외형을 추적할 수 있다.



<그림 5> 평균 이동 알고리즘 결합 여부에 따른 커브의 수렴 시간 비교



<그림 6> 다양한 사람들에 대한 외형 추적 결과: (a), (b), (c)는 UCSD 데이터베이스에서 각각 다른 사람에 대한 외형 추적 수행 결과

5. 결 론

본 논문에서 걸음걸이 인식을 위해 평균 이동 알고리즘과 geodesic 활성 윤곽선 모델 기반의 사람 외형 추출 및 추적 시스템을 제안했다. 제안된 시스템은 사람 영역 검출 모듈과 사람 외형 추적 모듈로 구성된다. 사람 영역 검출 모듈에서는 배경 영상 제거와 모폴로지 연산으로 사람의 실루엣을 검출된다. 사람의 외형은 평균 이동 알고리즘과 geodesic 활성 윤곽선 모델에 의해 정확하게 검출된다. 본 논문에서 핵심이 되는 기본 개념은 진화시키기 전에 level set 방법을 사용하여 초기 커브를 사람 영역에 위치시키고, 그 영역을 충분히 둘러싸도록 크기를 조정한 후에 커브를 진화하는 것이다. 제안된 방법의 효율성을 평가하기 위해 UCSD 데이터베이스에 적용하였고, 그 결과가 걸음걸이 인식을 위한 사람의 외형을 정확하게 추출하고 추적될 수 있음을 보였다.

참 고 문 헌

[1] L.Wang, H. Ning, T. Tan, and W. Hu, "Automatic Gait Recognition Based on Statistical Shape Analysis," *IEEE Transaction on Image Processing*, pp. 1120-1131, 2003.

[2] L. Lee and W. Grimson, "Gait analysis for recognition and classification," *In Proceedings of the International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition*, pp. 155-162, 2002.

[3] R. Collins, R. Cross, and J. Shi, "Silhouette-based Human Identification from Body Shape and Gait," *In Proceedings of the International Conference on Face and Gesture Recognition*, pp. 366-371, 2002.

[4] I. Vega and S. Sarkar, "Statistical Motion Model Based on the Change of Feature Relationships: Human Gait-Based Recognition," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, pp. 1323-1328, 2003.

[5] S. Sarkar, P. J. Phillips, Z. Liu, I. R. Vega, P. Grother and K. Bowyer, "The HumnaID Gait Challenge Problem: Data Sets, Performance and Analysis," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, pp. 162-177, 2005.

[6] L. Liu, S. Zhang, Y. Zhang and X. Ye, "Human Contour Extraction Using Level Set," *Proceedings of the International Conference on Computer and Information Technology*, pp. 608-612, 2005.

[7] N. Paragios and R. Deriche, "Geodesic Active Contours and Level Sets for the Detection and Tracking of Moving Objects," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, pp. 266-279, 2000.

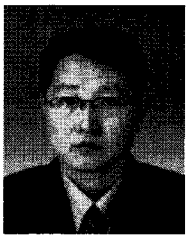
[8] J. Little and J. Boyd, "Recognizing People by Their Gait Description via Temporal Moments," *Videre*, vol. 1, no. 2, pp. 1-33, 1998.

[9] Y. Yang and M. Levine, "The Background primal sketch: An approach for tracking moving objects," *Mach. Vis. Applicant*, pp. 17-34, 1992.

[10] K. I. Kim, K. Jung and H. J. Kim, "Texture-Based Approach for Text Detection in Image Using Support Vector Machines and Continuously Adaptive Mean Shift Algorithm," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, pp. 1631-1639, 2003.

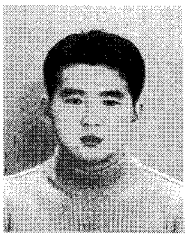
[11] G. Jaffre and A. Crouzil, "Non-rigid Object Localization From Color Model Using Mean Shift," *In Proceedings of the International Conference on Image Processing*, Vol. 3, pp. 317-319, 2003.

[12] V. Caselles, R. Kimmel and G. Sapiro, "Geodesic Active Contours," *Proceedings of IEEE the International Conference on Computer Vision*, pp. 694-699, 1995.



박 세 현 (Se-Hyun Park)

- 1997년 2월 : 경북대학교 컴퓨터공학과 (공학석사)
- 2000년 2월 : 경북대학교 컴퓨터공학과 (공학박사)
- 2000년 3월 ~ 2001년 2월 : 대구산업정보대학 전임강사
- 2001년 3월 ~ 2004년 2월 : 조선대학교 컴퓨터공학과 조교수
- 2001년 3월 ~ 현재 : 대구대학교 정보통신공학부 조교수
- 관심분야 : 패턴인식, 컴퓨터비전



권 경 수 (Kyung-Su Kwon)

- 2004년 2월 : 금오공대 컴퓨터공학과 (공학사)
- 2006년 2월 : 경북대학교 컴퓨터공학과 (공학석사)
- 2006년 3월 ~ 현재 : 경북대학교 컴퓨터공학과 (박사과정)
- 관심분야 : 패턴인식, 컴퓨터비전, 영상처리

김 은 이 (Eun-Yi Kim)

- 1999년 2월 : 경북대학교 컴퓨터공학과 (공학석사)
- 2001년 2월 : 경북대학교 컴퓨터공학과 (공학박사)
- 2002년 3월 ~ 현재 : 건국대학교 인터넷미디어공학부 조교수
- 관심분야 : 패턴인식, 컴퓨터비전, 영상처리

김 항 준 (Hang-Joon Kim)

- 1979년 : 한국과학기술원 전산학과 (공학석사)
- 2097년 : Shizuoka University (공학박사)
- 1979년 ~ 현재 : 경북대학교 공과대학 컴퓨터공학과 교수
- 관심분야 : 패턴인식, 컴퓨터비전, 영상처리, 게임 AI