보행인식 시스템 개발
Development of Gait Recognition System

한영환*
Y. H. Han

요 약

본 논문에서는 시공간 실루엣 분석을 사용하여 간단하지만 효율적인 보행 인식 방법을 제안한다. 각각의 이미지 시퀀스에 대해, 먼저 차분 기법과 화소기반 적응분할기법이 보행자의 실루엣을 분할하는데 사용된다. 그 후, 사람을 인식하기 위하여 보행하는 사람의 걸음수와 보폭이 실루엣 영상에서 구해진다.

124개의 객체를 포함하는 CASIA 데이터 집합에서의 실험결과는 제안된 방법의 유효성을 보여준다. 또한, 제안된 시스템은 보행자 인식에 대한 응용을 위해 충분한 적용 가능성이 있을 것으로 판단된다.

ABSTRACT

In this paper, a simple but efficient gait recognition method using spatial-temporal silhouette analysis is proposed. For each image sequence, a background subtraction algorithm and a PBAS(pixel based adaptive segmenter) procedure are first used to segment the moving silhouettes of a walking figure. Then, to identify people, the step count and stride length of walking figure is obtained in silhouette images.

Experimental results on a CASIA dataset including 124 subjects demonstrate the validity of the proposed method. Also, the proposed system are believed to have a sufficient feasibility for the application to gait recognition.

Keyword : Gait Recognition, Silhouette, PBAS, Biometrics

1. 서론

생체인식 시스템은 많은 응용 분야에서 다양하게 사용되고 있으며 그 수요가 증가하고 있다. 생체 인식에 사용되고 있는 특징은 얼굴모양, 홍채, 망막, 정맥, 지문, DNA 등의 신체적 특성을 이용한 방법과 서명, 음성, 걸음걸이 등의 행동학적 특성을 이용하는 방법으로 분류 할 수 있다. 원거리에서, 보다 효율적으로 사람을 인식하기 위한 방식은 생리적 방식(physiology biometrics) 보다는 행동학적 방식(behavioral biometrics)이 더 적절할 것이며, 이러한 행동적 생물측정 방식은 최근 많은 관심을 얻고 있다.

걸음걸이는 골격 구조, 근육 활동, 체중, 다리 길이, 뼈 구조 등 복잡한 기능들의 조합에 의해 이루어진다. 사람의 걸음걸이는 지문과 같이 개인 고유의 특성을 가지며, 성별과 나이에 따라서도 다른 특성을 보인다. 또한 체중의 변화, 부상, 질병과 같은 여러 가지 요인에 의해 지속적으로 변할 수 있다. 그러나, 인식을 위해 여전히 충분한 식별 능력이 있음을 나타내고 있다.

걸음걸이 인식이란 사람의 걸음걸이 특성을 이용하여 각 개인을 식별하는 기법을 일컫는다. 인간의 보행분석은 다양한 응용에 유용한 도구로 사용될 수 있다. 하나의 유망한 응용 프로그램은 걷기와 같이 자율적인 근육의 활동에 영향을 미치는 질병에 대한 진단이다. 잘못된 걸음걸이는 불필요한 에너지 소모가 많아 쉽게 지치게 되며, 잘못된 걸음걸이를

접 수 일 : 2014.05.02
심사완료일 : 2014.05.23
게재확정일 : 2014.05.26
* 한영환 : 상지대학교 컴퓨터정보공학부 교수
yhhan@sangji.ac.kr (교신저자)

※ 이 논문은 2012년도 상지대학교 교내 연구비 지원에 의한 것임.

지속하다보면 발이나 무릎, 그리고 척추의 퇴행성 변화와 통증 및 질환을 유발할 수 있다. 따라서 보행분석에 의해 걷기의 부자연스러움에 대한 조기 발견은 질병의 치료에 매우 도움이 될 수 있다. 보행 평가를 근거로, 치료 전문가와 의사들은 걸음걸이에 문제가 있는 환자들에게 약물을 처방하거나 재활 치료를 제공한다.

걸음걸이 인식 방법은 크게 모델기반 방법(model-based)과 모델을 사용하지 않는 방법(model-free, appearance-based, silhouette-based), 두 가지로 분류된다[1-3]. 모델기반 방법은 사람의 신체 구조를 모델링하고, 영상으로부터 신체 구성 요소(components)와 관련된 정보를 추출하거나 추적한다. 모델을 사용하지 않는 방법은 실루엣을 이용하는 방법으로, 사람의 신체 전체를 하나의 패턴으로 보고, 패턴의 움직임을 정량적으로 표현한다. 걸음걸이는 사람의 체형, 다리 길이 등과 같이 신체 모양과 관련된 정적인 단서(static cue)와, 걷는 습관이나 속도 등과 같이 신체 운동과 관련된 동적인 단서(dynamic cue)에 의해 결정된다[1].

실루엣 기반 걸음걸이 인식 방법은 인체의 명확한 모델을 가정하지 않지만 실루엣의 시공간 형태와 움직임 특성을 분석한다. 시공간 움직임-기반 방법은 걸음걸이의 공간적인 구조와 시간적인 천이 특징을 획득한다. 이 방법은 낮은 계산 복잡도와 단순한 특징 공간으로 구현하기에 용이하나 카메라 각과 걸음 속도의 변화에 영향을 받기 쉽다[1].

본 논문은 사람의 복장이나 질감 등에 강건한 실루엣 기반 걸음걸이 인식에서 실루엣을 얻기 위한 새로운 방법을 적용하고 걸음걸이의 특성을 결정하는 정보를 추출하여 분석한다. 이를 위해 객체의 움직이는 실루엣에서 경계 사각형을 구하고 경계 사각형의 폭을 분석하여 객체의 걸음걸이 주기를 계산한다.

이하 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2절에서는 전반적인 보행인식 시스템의 구성과 보행자의 실루엣 검출 및 특징 추출하는 방법을 설명한다. 3절에서는 본 논문에서 제안한 방법을 사용하여 실험하고 실험 결과에 대해 설명한다. 마지막 4절에서는 결론을 제시한다.

2. 보행 인식 시스템

2.1 보행 인식 시스템

그림 1은 본 논문에서 제안하는 보행인식 방법의 단계별 과정을 나타낸 것이다. 먼저, 입력된 영상은 전처리(preprocessing) 과정에서 가우시언(Gaussian) 필터링 처리를 행한다. 가우시언 필터링 과정은 잡음이 존재하는 환경에서 실루엣을 추출하는 데 효율적이다[4]. 그 후 영상을 분할하고 실루엣 추출과정을 거친다.

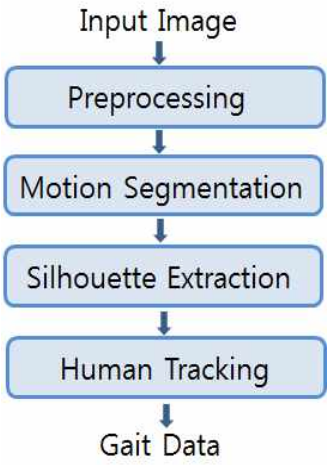

그림 1. 걸음걸이 인식 과정

걸음걸이 인식을 위한 특징 추출을 위해서 입력 영상으로부터 실루엣 영상을 획득해야 한다. 객체 정보를 추출하기 위하여 배경 차분 기법을 사용한다. 배경 차분 기법에서는 객체가 없는 배경 영상과 전경 영상과의 차분값을 구하고 이진영상으로 변환한다. 배경 차분 기법의 결과 영상은 각각의 화소를 동적인(moving)화소인 객체와 정적인(non-moving) 화소인 배경으로 구분 지어 두 화소 간의 차 영상(difference image)으로 객체를 추출한다. 다음의 식 (1), (2)는 차 영상을 얻기 위한 방법을 표현한 것이다.

$$S_{diff}(x,y) = |I_a(x,y) - I_b(x,y)| \qquad (1)$$

$$S_{bin}(x,y) = \begin{cases} 1, & S_{diff}(x,y) > T \\ 0, & otherwise \end{cases} \qquad (2)$$

여기에서 $S_{diff}(x,y)$는 차분 값을 나타내며 $I_a(x,y)$는 입력영상, $I_b(x,y)$는 배경영상을 나타낸다. $S_{bin}(x,y)$는 이진영상이고, T는 임계(threshold) 값이다. 그림 2는 검출된 객체 추출 결과를 보인다.

그림 2. 객체 추출 결과

2.2 PBAS

PBAS(Pixel-Based Adaptive Segmenter)[5]는 화소기반 적응분할기법을 의미한다. PBAS는 고 효율의 배경 모델링 방법이다. 이 방법의 기본 개념은 학습 매개변수뿐만 아니라 결정 문턱치 모두에 대해 피드백 루프를 갖는 두 가지 제어기를 사용하는 것이다.

주로 정적인 배경으로부터 움직이는 전경 객체들을 분할하는 것은 영상처리와 컴퓨터비전에서 중요한 처리 단계이다. 얼굴 인식과 걸음걸이 인식에서도 분할과정이 포함되어야 한다. 배경 분할의 일반적인 개념은 자동적으로 화소집합들을 전경과 배경의 화소집합으로 나누는 이진 마스크를 생성하는 것이다.

PBAS는 비매개변수적 패러다임을 따른다. 따라서 모든 화소 x_i는 최근에 관찰된 배경 값들의 배열에 의해 모델화된다. 이 방법은 상태머신으로 도식된 몇 가지 요소들로 구성된다. 다음 그림 3은 PBAS의 개요도를 나타낸다. 핵심적인 요소로, 결정 블록은 현재 영상과 배경 모델 $B(x_i)$을 기반으로 전경인지 아닌지를 결정한다. 결정은 화소당 문턱치 $R(x_i)$을 기반으로 한다. 또한, 배경 모델은 점진적인 배경 변화를 허용하기 위하여 시간에 따라 갱신되어야 한다. 이 갱신은 화소당 학습 매개변수 $T(x_i)$에 따른다.

PBAS 접근에 대한 중요한 개념은 화소당 두 개의 문턱치들이 배경 역학의 추정에 따라 동적으로 변한다.

2.2.1 분할 결정

모든 배경 분할 방법의 목표는 화소가 전경에 속하는지 배경에 속하는지에 따라 이진 결정이 되는 것이다. 이 결정 과정은 입력 영상을 배경 모델과 비교한다.

여기서 거리 문턱치 $R(x_i)$는 각 화소에 대해 별도로 정의되며 동적으로 변할 수 있다.

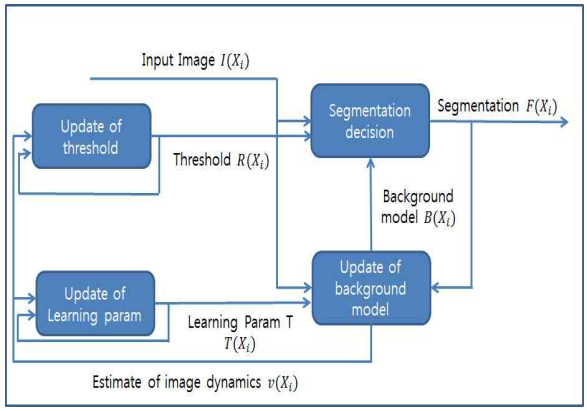

그림 3. PBAS 개요도

2.2.2 배경모델의 갱신

배경모델 갱신은 조명 변화, 그림자, 나무들과 같이 배경 객체가 움직이는 경우, 배경에서의 변화를 고려해야 하므로 중요하다. 전경 영역은 갱신에 사용될 수 없으므로, 단지 배경모델이 현재 배경인 화소들에 대해 갱신된다. 이 갱신은 확률 $p = 1/T(x_i)$로 수행된다. 매개변수 $T(x_i)$는 갱신 비율을 정의한다.

일반적으로 어떤 화소 x_i가 배경으로 분류되면 갱신된다. 이 속성의 장점은 잘못된 전경 개체가 빠르게 사라질 것이다. 또한 서서히 움직이는 전경 개체는 배경에 포함될 것이다.

2.2.3 결정 문턱치 $R(x_i)$의 갱신

비디오 시퀀스에서는, 고속의 배경 움직임을 가진 영역과 벽과 같이 움직임이 없는 영역이 있을 수 있다. 움직임이 많은 영역에서, 문턱치 $R(x_i)$는 전경에 포함되지 않은 개체에서 증가될 것이다. 반면에 정적인 영역에서 $R(x_i)$는 낮아질 것이다. 따라서 문턱치 $R(x_i)$는 그에 따라 자동적으로 적용될 필요가 있다. 이러한 변화를 허용하기 위하여, 배경 움직임의 측정이 필요하다.

2.2.4 학습 비율 $T(x_i)$의 갱신

전경 상태 $F(x_i)$와 무관하게, 모든 개체는 학습 매개변수 $T(x_i)$에 따라 배경으로 병합될 것이다. 배경 학습의 확률은 화소가 배경인 경우 증가하고 전경인 경우 감소한다.

2.3 실루엣 추출

걸음걸이 인식을 위해서는 보행자의 실루엣(silhouette)을 추출해야 한다. 실루엣 추출은 복잡한 장면에서 움직이는 객체에 대응하는 분할 영역을 포함한다. 배경은 정적인 것으로 간주되며 배경 영상과 보행자가 존재하는 입력 영상의 차분을 통하여 분할된 영역을 얻을 수 있다.

실루엣 추출은 배경에 상관없이 움직이는 객체를 추출할 수 있으며, 옷의 질감이나 색에 영향 없이 객체의 형상 정보를 얻을 수 있다. 보행 인식에서 명확한 실루엣의 추출은 중요하다. 불완전한 실루엣 정보는 보행자의 보행 정보 추출에 있어서 부정확한 움직임 영역의 추출을 초래하므로 반드시 제거되어야 한다.

분할된 영역은 평활화되고 잡음 화소들을 제거하기 위하여 모폴로지컬 팽창을 적용하고 실루엣 내부에 포함된 작은 홀들을 채우기 위해 침식을 행한다.

2.4 걸음걸이 주기 검출

사람의 걸음걸이는 주기적인 움직임의 형태를 나타내고 있다[6-7]. 몸의 폭과 높이는 걸음에 따라 변동이 반복된다. 다음 그림 4는 걸음걸이에 따라 변하는 보폭의 변화를 나타낸다. 걷는 동안, 실루엣의 폭은 두 다리가 가장 멀리 떨어져 있을 때(최대 보폭 자세) 최대이며 두 다리가 중첩되었을 때(발뒤꿈치가 나란한 자세) 최소이다. 실루엣도 몸의 변동에 따라 변화된다. 따라서 걸음걸이 주기를 시간에 따른 실루엣 폭의 함수로 간주한다. 걸음걸이 주기는 보폭의 크기가 최대일 때부터 다음 최대일 때까지의 시간으로 구해진다.

걸음걸이 주기 검출은 걸음걸이 분석과정에서 중요한 부분으로, 걸음걸이 시퀀스를 완전한 보행 구간을 나타내는 주기로 분할하는 것이다. 걸음걸이 주기 검출은 일련의 시퀀스에서 추출된 값에 따르는 시간 연속을 사용하여 구한다.

그림 4. 보폭의 변화

2.5 데이터 집합

보행인식에 많이 사용되는 데이터집합에는 CMU-Mobo(실내, 25명), UMD(실외, 55명), Southampton(실내 및 실외, 115명), CASIA(실내, 124명), 그리고 HumanID Gait Challenge(실외, 122명) 데이터집합이 있다[8].

CASIA(Institute of Automation, Chinese Academy of Science) 걸음걸이 데이터베이스(데이터 집합 B)는 걸음걸이 인식 연구에서의 표준 테스트 데이터 집합이다. CASIA 데이터집합은 중국인으로만 이루어진 데이터베이스로서 Part A, B, C, D로 이루어져 있다. 이 데이터 집합은 다른 각도, 옷차림, 짐 등에 따른 조건으로 124개의 객체(남자 93, 여자 31)로 이루어져 있다. 각 객체당 서로 다른 뷰를 제공하며 각각의 조건과 10회의 반복 측정으로 13,000개 이상의 걸음걸이 영상을 포함한다[9].

3. 실험 결과 및 분석

본 논문에서 구현한 시스템은 Windows 7에서 Visual C++ 2010을 이용하여 프로그램 하였으며, 코어i5-3470 쿼드 3.2GHz와 4GB RAM의 하드웨어에서 실험하였다. 실험데이터는 CASIA 데이터 집합을 사용하였으며 영상의 크기는 320x240이다.

다음 그림 5는 실험에 사용한 CASIA 데이터집합의 Part B 일부 예를 나타내고 있다.

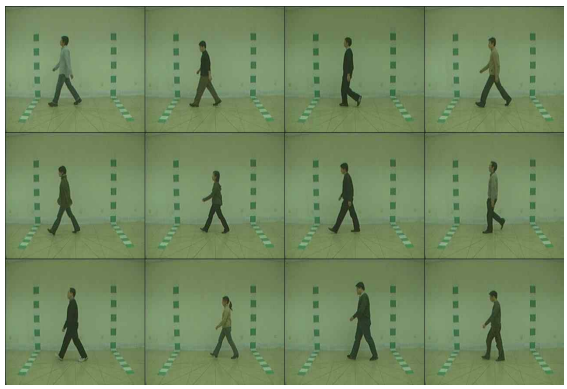

그림 5. 원영상(CASIA 영상 일부)

본 연구의 보행 인식 방법의 성능을 확인하기 위해 CASIA 데이터 집합에 PBAS 알고리즘을 적용하였다. 다음 그림 6은 원영상과 PBAS 알고리즘을 적용한 결과를 나타낸다.

다음 그림 7은 PBAS 알고리즘을 적용하여 이진화된 영상에서 최소 경계사각형을 구하고 그 결과

를 입력된 데이터 영상에 적용한 결과이다. 검출된 객체의 결과를 녹색 사각형으로 표시하였다.

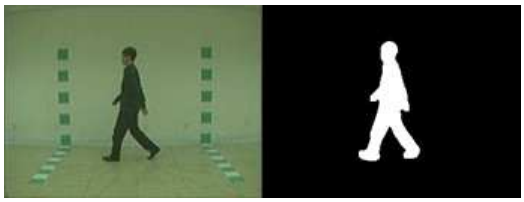

그림 6. 원영상과 PBAS 알고리즘 적용 결과

그림 7. 검출결과 영상(사람, 사각형 표시)

다음 그림 8은 본 연구에서 구현한 보행인식 시스템의 결과 화면을 나타낸 것이다.

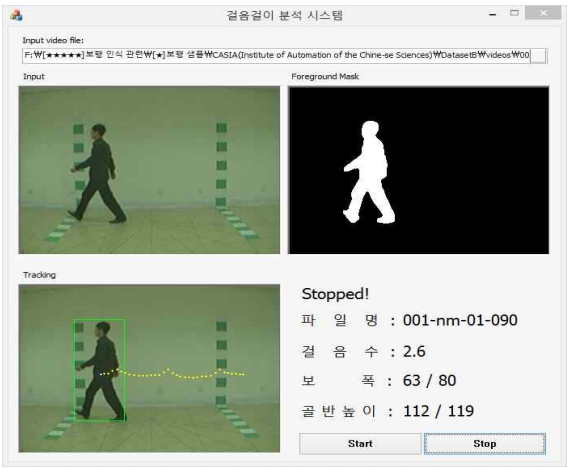

그림 8. 영상처리 결과 화면

화면은 3개의 부분으로 구성되어 있다. 화면의 상단에는 입력파일부로 사용한 영상데이터의 저장위치를 나타내며 화면의 중앙에는 영상처리부로 입력영상, 전경마스크, 객체 검출의 결과를 나타낸다. 결과 표시부에는 처리과정, 파일명, 걸음수, 보폭, 골반높이 등의 정보를 나타내고 있다. 처리과정으로는 Processing, Stopped 이 표시된다. 현재의 화면에서는 걸음수가 2.6으로 표시되고 있다. 걸음수는 걸음걸이의 주기를 검출한 후, 두 가지 데이터를 활용하여 계산된다. 보폭은 최대 80이며 현재 상태의 보폭은 63으로 측정되고 있다.

다음 그림 9는 CASIA 데이터집합에 포함된 124개의 객체중 약 10%에 해당하는 13개의 객체에서 측정한 평균 걸음수를 나타낸 것이다. 각 객체별 6회의 실험을 통하여 걸음수를 구하고 그 값들의 평균을 구한 것이다. 동일한 시간 간격 내의 영상 시퀀스에 대하여 최소 걸음수 4.0과 최대 걸음수 6.0인 것을 알 수 있다.

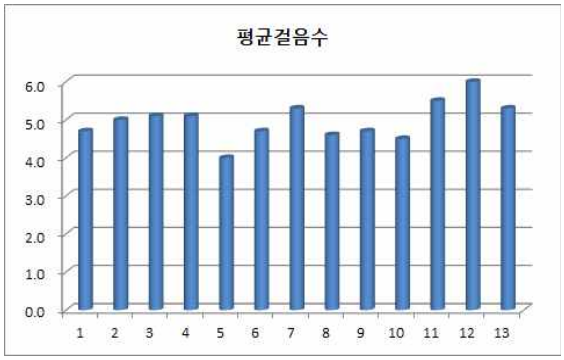

그림 9. 객체별 평균 걸음수

다음 그림 10은 CASIA 데이터집합에 포함된 124개의 객체중 약 10%에 해당하는 13개의 객체에서 측정한 평균 보폭을 그래프로 나타낸 것이다. 각 객체별로 6회의 실험을 통하여 보폭을 구하고 그 평균을 구한 것이다. 검출 결과 그래프를 통하여 동일한 시간 간격 내의 영상 시퀀스에 대하여 최소 보폭 66.5와 최대 보폭 83.5인 것을 알 수 있었다. 그림을 통하여 13개 객체의 보폭에 대한 상대적 비교가 가능하다.

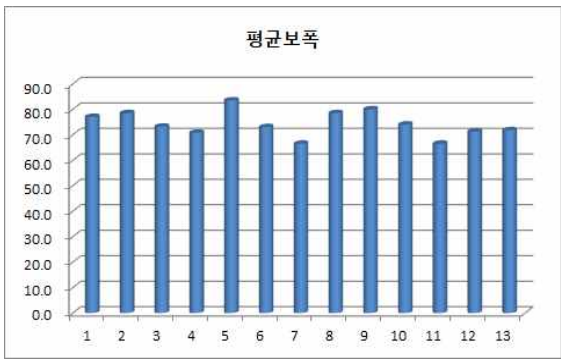

그림 10. 객체별 평균 보폭

4. 결론

본 논문에서는 객체의 실루엣 형태를 분석하여 걸음걸이를 표현하고 인식하는 간단하면서도 효율적인 방법이 제안되었다. 본 시스템은 실내 환경에

서 획득된 비디오 시퀀스에서 PBAS 방법을 사용하여 객체의 실루엣을 구하고 실루엣 영상으로부터 걸음걸이에 대한 정보를 구한다. 구현된 보행인식 시스템에서는 보행자의 보행 주기를 찾아 보폭을 구하고, 보폭에 대한 데이터를 사용하여 걸음수를 구하였다. CASIA 데이터 집합 B의 비디오 시퀀스에 적용해본 결과, 제안한 방법의 유효성을 확인할 수 있었다. 또한 재활의학 분야에 적용되어 보행을 분석하는데 도움을 주며, 치료와 예후 평가에 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

[1] Sruti Das Choudhury, Tardi Tjahjadi, “Silhouette-based gait recognition using Procrustes shape analysis and elliptic Fourier descriptors,” Pattern Recognition, Vol. 45, pp.3414-3426, 2012

[2] Zongyi Liu, Laura Malave and Sudeep Sarkar, "Studies on Silhouette Quality and Gait Recognition,", Vol.2, pp.704-711, Proc.of the 2004 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition

[3] Liang Wang, Tieniu Tan, Huazhong Ning and Weiming Hu, "Silhouette Analysis-Based Gate Recognition for Human Identification," IEEE Trans. on PAMI, Vol.25, No.12. pp. 1505-1518, Dec, 2003

[4] 전지혜, 김대희, 양윤기, 백준기, 이창수, “보행 인식 시스템 성능 개선을 위한 영상 왜곡 보정 기법,” 대한전자공학회논문지, 제 46권, SP 편, 제 4 호, pp. 97-106, 7월, 2009

[5] M. Hofmann, P.Tiefenbacher, G. Rigoll, "Background Segmentation with Feedback: The Pixel-Based Adaptive Segmenter," pp.38-43, 2012 IEEE Computer Society Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops

[6] 장재훈, 임창주, 송기호, 정성택, “스마트폰 영상을 이용한 슬관적 각도 및 활보장에 대한 보행 분석,” 재활복지공학회논문지, 제 7권, 제 2호, pp.139-144, 2013

[7] 문동준, 김주영, 정현두, 노시철, 최흥호,“기울기 센서와 근전도를 이용한 보행패턴 특징 추출에 관한 연구, 재활복지공학회논문지, 제 7권, 제 2호, pp.75-84, 2013

[8] 조운, 김동현, 백준기, “다중 특징점 검출을 이용한 보행인식,” 대한전자공학회논문지, 제 44 권, SP 편, 제 6 호, pp. 84-92, 2007

[9] 정성욱, 유장희, “지능형 영상감시를 위한 걸음걸이 인식 기술,” 정보처리학회지, 제 20권, 제 3호, pp.50-59, 2013

[10] CASIA Gait Database : http://www.sinobiometrics.com/resources.htm

한 영 환

1989년 2월 인하대학교 전자공학과 졸업(학사)

1991년 2월 인하대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)

1995년 8월 인하대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)

1996년 - 현재 상지대학교 컴퓨터정보공학부 교수

관심분야 : 재활공학, 생체신호처리, 영상처리,