

# 시점 변화에 강인한 실루엣 기반 게이트 인식

나 진 영, \*강 성 숙, 정 승 도, \*\*최 병 옥  
한양대학교 전자통신전파공학과, \*한양대학교 정보통신대학원  
\*\* 한양대학교 정보통신학부  
전화 : 02-2290-0363 / 핸드폰 : 016-846-6939

## Silhouette-based Gait Recognition for Variable Viewpoint

Jin-Young Na, Sung-Suk Kang, Seung-Do Jeong, Byung-Uk Choi  
Dept. of Electrical and Computer Engineering, Hanyang University  
\*Dept. of Information and Communication, Hanyang University  
\*\*Div. of Information and Communication, Hanyang University  
E-mail : youngly@ihanyang.ac.kr

### Abstract

Gait is defined as "a manner of walking". It can be used as a biometric measure to recognize known persons. Gait is an idiosyncratic feature determined by an individual's weight, stride length, and posture combined with characteristic motion. but its feature extracted from images varies with the viewpoint.

In this paper, we propose a gait recognition method using a planer homography, which is robust for viewpoint variation. We represent an individual as *key-silhouettes*. And we endow *key-silhouettes* with weight calculated using the characteristic of PCA. Experimental result shows that proposed method is robust for viewpoint variation as images synthesised same viewpoint.

### I. 서론

게이트(gait)는 사람의 걷는 방법 혹은 그 특성을 나타내는 용어로써, 사람의 체중, 다리 길이 및 습관 등에 의해 결정되며, 새로운 생체인식 방법으로 주목받고 있다. 최근 컴퓨터 비전 기술

을 이용하여 개개인을 분별하기 위한 게이트 특징 정보를 추출하고자 하는 연구가 활발히 진행되고 있다. 지문인식, 홍채인식 등의 기존의 생체인식 기술은 정확한 정보 추출을 위해 영상의 해상도가 매우 높아야하는 단점을 가지고 있다. 그러나 게이트 인식의 경우에는 영상의 해상도가 높지 않은 조건에서도 인식에 필요한 정보를 추출할 수 있는 장점이 있다.

영상을 기반으로 추출한 게이트 정보는 카메라의 시점에 종속적으로 변하기 때문에 임의의 방향에 대해 정확한 특징들을 분석하고 인식하는 것은 매우 어려운 일이다. 기존의 게이트 인식에 관한 연구들은 이러한 시점에 종속적인 단점을 해결할 수 있는 방법을 제시하지 못하였다. 본 논문에서는 간단한 연산을 통한 평면 호모그래피(Planer Homography)를 추정하고 추정된 평면 호모그래피를 이용하여 다양한 시점의 영상을 동일한 시점의 영상으로 재구성 하였다. 본 논문에서는 재구성된 영상으로부터 사람의 주기적인 걸음걸이를 대표할 수 있는 특정 프레임들을 구해

그 사람을 대표할 수 있는 키-실루엣으로 표현하여 시점 변화에 강인한 게이트 인식 방법을 그림 1과 같이 제안하고자 한다. 제안하는 게이트 인식 방법의 전체 구성은 그림 1과 같다.

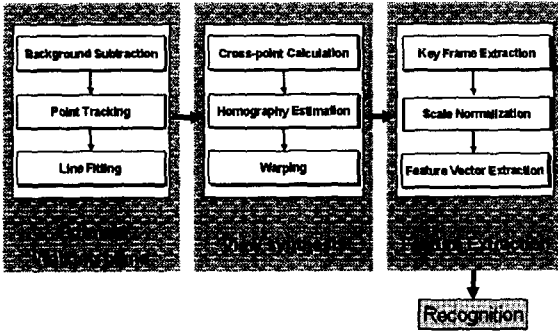


그림 1 제안한 알고리즘 구성도

## II. 카메라 시점 변화의 보정

평면 호모그래피를 적용하면 서로 다른 게이트 평면을 동일한 평면으로 보정할 수 있다. 따라서 모든 입력 영상을 측면으로 걷는 영상으로 재구성할 수 있으므로 시점 변화에 종속적인 문제를 해결할 수 있다. 호모그래피의 추정은 각 실루엣 영상에서 사람의 머리와 발의 위치를 추적하고 추적된 점들을 하나의 직선으로 근사화 함으로 가능하다. n개의 프레임에서 i번째 추적한 점의 좌표를  $(x_i, y_i)$ 라 할 때 직선의 방정식은 식 (1)과 같이 A행렬에 대한 SVD(Singular Value Decomposition)를 통해 구할 수 있다. 여기서 직선 파라미터,  $[a \ b \ c]^T$ 는 식(2)과 같이 가장 작은 특이값을 가지는 V의 열벡터(Column Vector)가 된다.

$$A = \begin{bmatrix} x_1 & y_1 & 1 \\ \dots & \dots & \dots \\ x_n & y_n & 1 \end{bmatrix} = UDV^T \quad (1)$$

$$[a \ b \ c]^T = [v_{0s} \ v_{1s} \ v_{2s}]^T \quad (2)$$

머리와 다리의 위치를 추적하여 근사화한 직선을 각각  $l_1, l_2$ 라고 할 때 두 직선의 교차점  $p_x$ 는

식(3)과 같이 구할 수 있다. 이때  $p_x$ 를 무한대의 점,  $p_\infty$ 로 보내는 호모그래피 H는 식(4)와 같이 표현할 수 있으며, 여기서의 H가 곧 추정된 게이트 평면 호모그래피이다[1].

$$P_x = l_1 \times l_2 \quad (3)$$

$$p_\infty = Hp_x \quad (4)$$

[1]에서 구한 호모그래피는 영상의 중심점을 기준점으로 하여 시점 변화를 보정하기 때문에 정규화 된 키와 보폭정보를 구할 수 있었으나 실루엣이 왜곡되는 단점을 가지고 있다. 본 논문에서는 게이트 실루엣을 인식에 사용해야 하므로 호모그래피에 의한 실루엣 왜곡을 최소화할 필요가 있다. 이를 위해 기준점을 실루엣의 진행방향에 따라 조정하였다. 이러한 방법으로 구한 호모그래피에 의해 재구성된 영상은 그림 2와 같다.

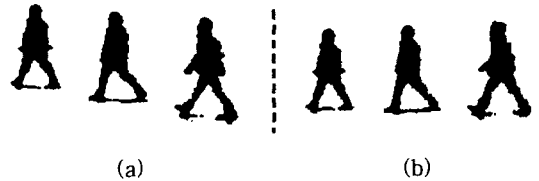


그림 2 (a) 임의의 시점 영상, (b) 시점이 보정된 영상

그림 2의 (b)에서 보이는 바와 같이 평면호모그래피를 이용하면 동일한 시점으로 보정된 영상을 얻을 수 있지만 실루엣의 크기가 일정하지 않으므로 이에 대한 정규화 과정이 필요하다.

## III. 특징 정보 추출

특징 정보를 추출하기 위해서는 전처리 과정이 필요하다. 먼저 입력 영상으로부터 배경을 제거하고 이진화 된 실루엣 영상을 구한다. 이 실루엣 영상으로부터 수직, 수평 방향의 히스토그램 프로젝션을 구하고 이를 기준으로 사람의 최외각 실루엣을 나타내는 영역 사각형(Bounding Box)을 구한다.

특징 정보의 추출을 위한 전체적인 과정은 그림 3과 같다.

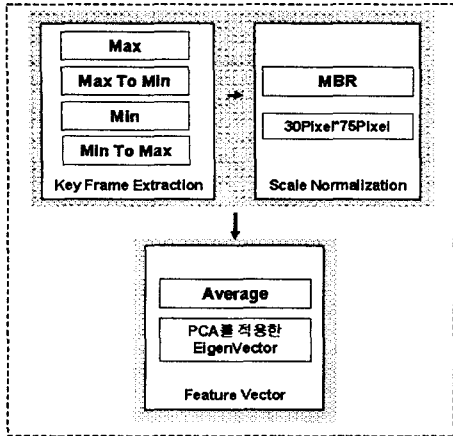


그림 3 특징 추출

### 3.1 키 프레임 선정

그림 4와 같이 영역 사각형의 폭은 일정한 주기를 갖고 최대, 최소가 반복되는 신호로 볼 수 있다. 이 신호의 최대, 최소 값은 각각 두 다리를 가장 넓게, 가장 좁게 벌린 상태의 보폭을 의미한다. 여기에서 보폭의 최대, 최소 값과 그 중간 값을 갖는 프레임을 키 프레임으로 선정하였다.

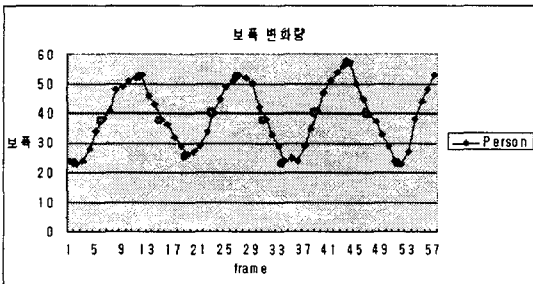


그림 4 동일인의 보폭 변화량

추출된 키 프레임은 실루엣 크기의 정규화를 위해 그림 5와 같이 실루엣 영역 사각형을 30×75의 크기로 조정하였다.



그림 5 키 프레임 예

### 3.2 키-실루엣 추출

개인마다 걷는 속도가 다르므로 일정 시간동안에 추출될 수 있는 키 프레임의 수는 서로 다르다. 본 논문에서는 동일인에 대해 선정된 키 프레임들을 대표하는 평균영상을 구하고 그 영상을 키-실루엣이라 정의한다. 따라서 한 사람에 대한 키-실루엣은 최대, 최소 값, 최대에서 최소, 최소에서 최대의 중간 값의 총 4장으로 구성되게 된다.

그러나 평균영상은 각 실루엣 정보 이외의 잡음(noise) 성분을 포함할 가능성이 있으므로 개개인의 키-실루엣에 PCA의 특성에 따른 가중치를 부여하여 잡음성분의 영향을 줄이고자 한다.

일반적으로 PCA(Principle Component Analysis)는 데이터 압축이나 인식에 주로 사용되는 알고리즘으로 전체 데이터 평균과 각 데이터간의 차분 값을 이용하여 Covariance Matrix를 구성하고, 이 Covariance Matrix의 Eigenvalue와 Eigenvector를 이용하여 데이터를 분류하는 방법이다.

본 논문에서는 그림 6과 같이 한사람에 대해 동일한 키 프레임으로 추출된 프레임 들을 하나의 데이터 그룹으로 하여 PCA를 적용하였다. 이때 Eigenvector는 이 데이터 그룹의 공통적인 특성에서 벗어나는 정도를 의미하게 된다.

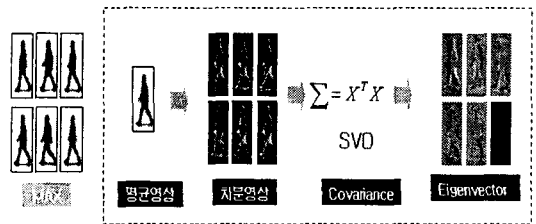


그림 6 키 프레임에 대한 PCA 적용 결과

그림 6에서와 같이 Eigenvector를 영상으로 표현하면, 평균영상이 포함하고 있는 공통적인 특징 영역은 균등한 값을 가지고 있으며, 공통적인 특징에 벗어나는 잡음 영역은 밝기 변화가 크게 나타남을 알 수 있다. 따라서 유사도 계산 시 잡음 영역에 역의 가중치를 적용하면 잡음의 영향은 최소화하고, 공통적인 특징은 최대화할 수 있다.

본 논문에서는 최대 Eigenvalue를 갖는 Eigenvector 영상의 픽셀 값을 각 위치에서의 가중치 계산에 사용하였다. 균등한 영역의 밝기 값을  $t$ 라고 정의하면  $t$ 는 식(7)과 같다.  $t$ 값을 갖는 위치의 가중치는 1로 정하였고,  $t$ 값이 아닌 위치에서의 각 가중치는 식(8)을 이용하여 계산하였다. 여기서  $p_{ij}$ 는 Eigenvector 영상  $(i, j)$  위치에서의 밝기 값을 나타낸다.

$$t = \frac{(-\min)}{(\max - \min)} \times 255 \quad (7)$$

$$w_{ij} = \frac{1}{|p_{ij} - t|} \quad (8)$$

#### IV. 실험 및 결과

실험을 위한 데이터는 총 4명에 대하여 각 3회에 걸쳐 촬영한 영상을 사용하였다. 이때 1회, 2회는 동일한 시점에서 시간을 달리하여 촬영하였고, 3회에는 걷는 방향을 달리함으로써 시점에 변화를 주었다. 데이터베이스는 한사람에 대해 4장의 키-실루엣과 4개의 가중치 벡터로 구성된다.

데이터베이스에 저장되어 있는 정보와 질의간의 유사도는 식(9)와 같이 상호상관도(Cross-correlation) 식을 변형하여 구하였다.

$$r(d) = \frac{\sum [(w_x \times (x_j - m_x)) \times (w_y \times (y_j - m_y))]}{\sqrt{\sum (w_x \times (x_j - m_x))^2} \sqrt{\sum (w_y \times (y_j - m_y))^2}} \quad (9)$$

식(9)에서  $x, y$ 는 각각 데이터베이스에 저장되어 있는 키-실루엣과 질의 키-실루엣의 밝기 값을 나타내고,  $m_x, m_y$ 는 각 영상의 평균 밝기를 나타낸다.  $w$ 는 식(8)에 의해 구한 가중치이다.

각 질의에 대하여 식(9)에 의해 구한 상호상관도 값을 그림 7에 나타내었다. 각 사람을 구별하기 위하여 1부터 4의 색인을 사용하였고, a는 데이터베이스와 동일한 시점에서 촬영된 데이터, b는 시점에 변화를 주어 촬영한 후 호모그래피 적용을 통해 시점 변화를 보정한 데이터이다.

그림 7의 결과를 보면, b는 a에 비하여 상호상관도 값의 절대 수치는 작지만 다른 사람과의 상

관도 값에 비해 동일인에 대한 상관도 값이 가장 큰 값을 나타내고 있다. 이는 시점 변화에 강한 인식 결과라 할 수 있다.

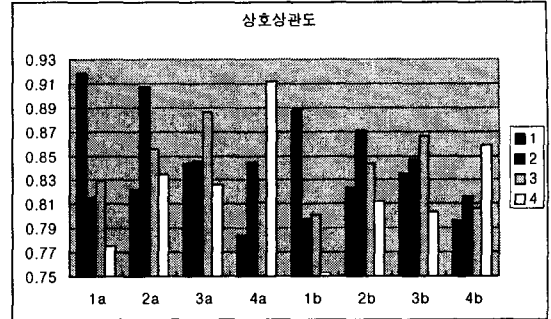


그림 7 인식을 위한 상호상관도 값의 비교

#### V. 결론

게이트 인식 성능은 카메라의 시점 변화에 매우 민감한 단점을 가지고 있으나 본 논문에서는 호모그래피를 적용함으로써 이러한 단점을 보완하였다. 또한 유사도 계산과정에서 동일 그룹 데이터에 대한 Eigenvector를 활용하여 가중치를 적용한 변형된 상호상관도를 계산함으로써 분별력을 향상시킬 수 있었다.

향후 다양한 특징 분석을 통하여 대용량의 데이터에 대한 인식 실험이 진행되어야 할 것이다.

#### 참고문헌

- [1] 나진영, 강성숙, 정승도, 최병욱, "시점 불변 게이트 인식을 위한 호모그래피의 추정," 정보처리학회 춘계학술발표논문집, 제10권 1호, pp 691-694, 2003.
- [2] Chiraz BenAbdelkader, Ross Cutler, "View-invariant Estimation of Height and Stride for Gait Recognition," In Workshop on Biometric Authentication ECCV, 2002.
- [3] J. J. Little and J. E. Boyd, "Recognizing people by their gait: the shape of motion," Videre, 1(2), 1998, at <http://mitpress.mit.edu/e-journals/VIDE/001/v12.html>
- [4] L. Lee, W.E.L. Grimson, "Gait Analysis for recognition and classification", ICASSP, May 2002..
- [5] R. Collins, R. Gross, and Jianbo Shi., "Silhouette-based human identification from body shape and gait," In Proc. of the fifth International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition, pp 366 - 371, 2002.