

## 복잡행동환경에서의 센서융합기반 행동패턴 분석

# Analyzing Human's Motion Pattern Using Sensor Fusion in Complex Spatial Environments

탁한호\* · 진태석\*\*†

Han-Ho Tark\*, and Taeseok Jin\*\*†

\*경남과학기술대학교 전자공학과, \*\*동서대학교 전자공학과

\*Dept. of Electronics Engineering, Gyongnam National University of Science and Technology

† Dept. of Mechatronics Engineering, Dongseo University

### 요 약

본 논문은 대학의 복도와 같은 넓고 복잡한 환경에서 레이저 스캐너와 이미지 센서와 같은 다중센서 데이터 융합을 이용한 복수의 사람들에 대한 동작 인식 및 패턴 분석을 소개하였다. 제안한 방법의 인식 시스템은 첫째, 인물 추적을 위한 전처리 기능과 둘째 이동궤적 특징, 보행특징, 이미지 특징, 환경(글로벌) 특징을 요구하는 특징부 추출에 대한 이론적 근거를 제시하였다. 최적의 영상을 기반으로 한 복잡환경 내에서의 복수의 사람들을 인식하고 움직임에 대한 패턴은 HMM과 SVM을 통한 학습 및 식별을 수행하였다. 학습 및 식별에서는 HMM을 이용한 이동 경로의 추정과 SVM을 이용한 비정상 보행 검색의 실패를 제시하였다. 또한 제안 방법을 검증하기 위하여 대학교의 복도에서 실시한 실험결과를 통해 타당성을 검증하였다.

**키워드** : 센서융합, 레이저 스캐너, 이동궤적, 히든마코프모델, 학습

### Abstract

We propose hybrid-sensing system for human tracking. This system uses laser scanners and image sensors and is applicable to wide and crowded area such as hallway of university. Concretely, human tracking using laser scanners is at base and image sensors are used for human identification when laser scanners lose persons by occlusion, entering room or going up stairs. We developed the method of human identification for this system. Our method is following: 1. Best-shot images (human images which show human feature clearly) are obtained by the help of human position and direction data obtained by laser scanners. 2. Human identification is conducted by calculating the correlation between the color histograms of best-shot images. It becomes possible to conduct human identification even in crowded scenes by estimating best-shot images. In the experiment in the station, some effectiveness of this method became clear.

**Key Words** : Sensor fusion, Laser Scanner, Trajectory, HMM, Learning.

## 1. 서 론

최근 복잡한 공공건물 내에서 사람들의 위치정보에 대한 위치 빅데이터와 관련한 다양한 서비스 분야가 도출되면서 공공 건물내 군중들의 이동흐름에 따른 각종 서비스나 마케팅을 위한 전략을 세우기 위하여 각 진행방향에 대한 사람

들의 이동성에 대한 데이터를 필요로 하게 된다. 복수의 고객 인원 카운팅이나 움직임 측정과 같은 군중들의 행동을 분석하고 모니터링 하는 것은 쇼핑몰, 공항 및 전철역과 같은 곳에서 광고나 보안 및 업무보조 등과 같은 다양한 분야에 매우 유용한 데이터 분석기술이라 할 수 있다.

그중 사람들의 이동흐름에 대한 광고효과를 올리기 위하여 대규모 지하 쇼핑몰이나 지하철 회사 등으로 역 구내와 시내 도로 등에서 보행자 수에 대한 조사가 매년 각지에서 행해지고 있다. 그 때, 손가락으로 버튼을 눌러 사람 수를 카운트 하는 이른바 핸드 카운터를 입력으로 조작하여 계산하는 것이 일반적인 방법이다. 그러나 핸드 카운터는 단순히 버튼을 누른 수를 나타내는 기능 밖에 없기 때문에 시간대별 통행량 및 방향성, 성인 및 어린이와 같이 특성 내역을 구분하여 조사 하려고 하면 많은 카운터를 이용하거나 많은 사람을 동원 할 필요가 있다. 이러한 작업에서 장시간 단순 노동에서ミス 카운트도 상당 생기거나 생리현상 때문에 중단이 불가피한 상황도 생길 수 있다. 이런 상황을 감

접수일자: 2014년 7월 7일

심사(수정)일자: 2014년 12월 9일

게재확정일자 : 2014년 12월 15일

† Corresponding author

본 논문은 2013년도 경남과학기술대학교 연구비 지원을 받아 수행된 연구결과임.

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

안하면 보행자의 개수는 가능한 자동화하는 것이 바람직하다고 생각된다.

버스 승강장이나 지하철 자동 개찰기 등과 같이 한명씩만 통행 가능한 좁은 통로의 경우 투과형 포토 인터럽터 같은 빛 차폐 유무로 판단 가능한 간단한 센서가 적용 가능하지만 일반적으로 수명에서 수 십명 정도의 사람이 한꺼번에 통행하는 넓은 통로나 복도에서는 각 보행자마다 감지하여 검색하기 위해서는 고급 기능을 가진 장치가 필요하다. 이러한 환경을 구축하기 위하여 화상 카메라를 이용하는 방법과 거리 센서와 같은 다중센서를 이용한 정확한 측정과 신뢰성 확보가 가능한 방법을 적용할 수 있다. 영상센서를 이용한 시스템으로는 IBS 카운터로서 광학 흐름 추정을 활용한 인물 인식과 인원수 계측이 가능한 시스템이다. 또한, Gavrilu [1]는 차등 스테레오 비전을 이용한 보행자 측정 방법이 제안 되고 있다.

사람을 대상으로 한 감지 기술은 사람을 단순히 모니터링하는 기술과 사람 인식 및 추적과 같은 외모의 모양과 자세를 관측하거나 사람의 행동과 의도에 대한 이해 또는 얼굴을 인식하는 등 다양한 방법들이 존재한다 [1]. 또한 그러한 응용 범위는 보안을 위한 자동 모니터링 기술, Human Computer Interaction (HCI), 컨텍스트 어웨어(context aware) 서비스, 건축 설계의 동선 조사, 행동 과학 · 교통 · 의료 분야에의 응용 등 매우 다양한 분야에 걸쳐 적용되고 있다. 따라서 다수의 사람 감지를 목적으로 하는 연구는 대부분 컴퓨터 비전 및 로봇 분야에 많은 연구 사례가 있다. 그러나 대부분의 방법은 약간의 인물을 계측 대상으로 한 연구가 진행되어 왔다. 예를 들면, 지하철역이나 공항에서 군중의 수상한 사람 감지와 같은 심리적 행동양식에 대한 응용은 매우 곤란하였으나, 본 연구에서는 측정 대상물 개인에서 군집으로 상향된 연구대상으로 하였다.

본 연구에서는 다중 센서 장치에서 얻은 인물 동선 군에서 인물 행동 패턴을 자동 분류하는 방법 및 다른 사람과는 다른 이동패턴을 검출하는 방법 제안한다. 다중 센서의 시야를 탐색하는 인물 및 이미지 정보뿐만 아니라 다른 센서 장치에도 대응하는 특징량을 이용하는 기술을 대상으로 한다. 따라서 2장에서는 행동인식 선형기술을 소개하고, 3장에서는 군중 행동 패턴인식 전처리 및 이동궤적 특징을 모델링하고 HMM 기반 학습에 의한 인물 행동 패턴 자동 분류한다. 4장 실험에는 학습에서 얻은 일반적 인물 행동 패턴을 인물 동선 데이터에 적용하여 다른 사람과 다른 행동 패턴 인물을 검출하는 실험결과를 제시하였다.

## 2. 행동인식 선형기술

행동 인식을 위한 식별 알고리즘 기술로는 Hidden Markov Model (HMM) [5]과 같은 확률적 기반 기술이 잘 이용되고 있다. 적용 분야로는 영상기반의 제스처 인식, 공항 같은 공공건물내의 이상 행동검출, 사람의 손동작 움직임 모델링하여 노인 복지 시설의 이벤트 감지에 응용, 고유공간법(eigen space method)에 의한 차원 압축의 특징량을 HMM에 적용한 사례 등이 있다 [2][4][6][14]. 그 외에도 Abstract Hidden Markov Memory Model (AHMEM)와 Hierarchical Hidden Markov Model (HHMM)을 이용하여 시공간적으로 복잡하게 뒤얽힌 행동을 표현한 연구가 진행되고 있다[7,8].

또한, 고유공간방법과 선형 판별 분석을 이용한 동작 인식 기술 [8]은 특히 많은 연구가 진행되고 있는데, 이에 대한 연구는 기본적으로 차원 압축 기법을 응용하기 때문에 차원이 낮고 클래스 간의 분리도가 높은 특징점을 추출할 수 있는 경우에는 적용하기가 제한되는 특징이 있다.

이와 관련하여 미국이나 영국에서도 자동 모니터링 영상 이해 시스템 구축을 목적으로 한 VSAM (Video Surveillance And Monitoring), 시내에 배치한 감시 카메라의 반자동 행동분석이나 상업용 시설의 고객 행동 분석을 목적으로 한 CAVIAR (Context Aware Vision using Image-based Active Recognition), 주차장의 인물이나 차량, 물품의 움직임을 개별적으로 추적 감시하여 공항의 경쟁력 · 안전 · 감시 강화를 목적으로 한 AVITRACK (Aircraft surroundings, categorised Vehicles and Individuals Tracking for apRon 's Activity model interpretation and Check), 그리고 군중의 행동 분석이나 여러 사람을 대상으로 한 행동 분류, 그것을 바탕으로 한 비디오 스트림에서 비정상 시퀀스 검출을 목적으로 한 BEHAVE 등과 같은 연구가 진행되고 있다 [9].

## 3. 군중행동 인식시스템

### 3.1 인식시스템의 구성

본 연구의 군중행동에 대한 행동인식을 위해 적용한 다중센서로는 그림 1과 같이 움직임에 대한 몸체 인식을 위한 영상카메라를 적용하였고 지면에서의 발걸음에 대한 동적 움직임을 파악하기 위하여 레이저스캐너 센서를 각각 적용하였다[1][2][3].

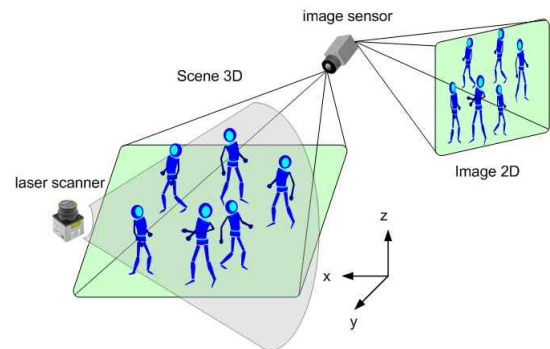


그림 1. 레이저스캐너와 이미지센서의 기하학적 관계  
Fig. 1. Kinematics of laser scanner and image sensor.

행동 인식 시스템의 센서데이터 처리 및 추적 프로세서 구성은 그림 2와 같이 나타낼 수 있다. 일반적인 패턴 인식 시스템 [9]과 동일하며, 전처리부분, 특징추출부분, 식별부분으로 구성되어있다. 특징점 추출 및 선택, 학습을 수행하는 학습 단계와 측정 및 분류를 수행하는 식별 단계로 구분할 수 있다. 각 모듈별에 대한 기능은 다음과 같다.

### 3.2 인식 전처리

전처리 부분에서는 레이저 스캐너를 이용한 인물 추적 [3]을 수행한다. 이 기술은 여러 레이저 스캐너를 바닥면에 설치하고 수평 스캔으로 사람의 발목 부분의 단면변화 패턴에 착안하여 보행자 추적을 수행하였다.

추적 프로세스는 다음과 같은 기능으로 구성하였다: (1) 레이저스캐너의 레인지 데이터의 배경 차에 의한 동체 추출, (2) 데이터 클러스터링을 통한 다리에 대한 후보정보의 발견 (3) 다리 후보 정보의 그룹화에 의한 보행자 후보의 발견 (4) 보행자 후보 움직임 벡터 검출 (5) 보행 모델을 기반으로 확장 칼만 필터에 의한 기존 경로의 연장 처리와 같이 구성된다. 본 실험의 실험 및 결과로는 학교복도에서 검증테스트를 수행하였고 수업시간이 집중된 오전시간에서도 80 % 이상 추적 정밀도를 얻을 수 있었다 [3]. 영상센서를 이용한 추적 방법 [10]에 대한 연구도 진행 중이지만, 군중을 대상으로 한 경우의 차폐에 문제가 남겨져있어 실제 환경에의 응용에는 한계가 있다고 생각하고 있다.

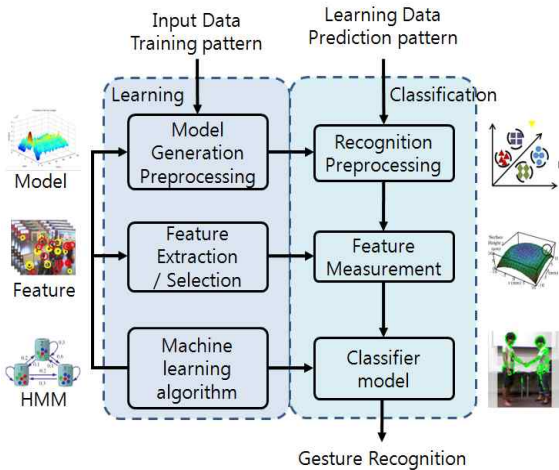


그림 2. 인식시스템 구성  
Fig. 2. Structure of recognition system.

### 3.3 특징추출

레이저 스캐너와 이미지 센서에 의해 획득 가능한 특징량의 예는 궤적 특징 · 보행특징 · 화상 특징, 환경(글로벌) 특징의 4개 항목으로 나누어 정리했다. 아래 표 1의 목록과 같이 관련 특징정보를 나타낼 수 있다

표 1. 획득 가능한 특징정보  
Table 1. Feature parameters

Trajectory feature	Parameters
Position	$D$
Walking speed	$v$
Walking direction	$d$
Stop time	$T$
Trajectory Smoothness	$\zeta$
Walking feature	Parameters
Stride width	$s_{(L/R)}$
Stride period	$\omega_{(L/R)}$
Ratio of stance phase	$r_{(L/R)}$

각 특징량은 시간  $t$ 에서의 인물  $k$  관측 값이며 시간 방향의 통계인  $N$  지점에서의 평균과  $N$  지점의 표준 편차도

특징량이 될 수 있다. 또한 환경(글로벌) 특징은 포함되지 않았지만 대상 범위의 특징량에 대한 평균 및 표준 편차로 표현 가능하고 행동을 나타내는 유효한 지표가 될 수 있다.

이미지센서에 의한 다중물체 인식 방법은 기존연구 방법 [10]을 적용하였고 레이저스캐너에 의한 걸음걸이 인식 및 계측방법은 다음 소절에서 소개하도록 한다.

### 3.4 보행자 걸음인식 및 계측

본 연구에서 보행자의 걸음걸이 추적을 위해 사용된 센서로는 SICK사의 레이저스캐너(LMS200)을 적용하였고, 이 센서는 펄스파 형태의 레이저 빔을 조사하여 고정된 대상물에 부딪혀서 다시 반사되는 펄스를 수신할 때까지의 시간을 계측하는 방법으로서 대상물까지의 거리를 계산하는 Time of Flight 방식의 센서이다. 또한, 내부의 반사경이 고속회전으로 인한 최대 180도의 평면 계측단면을 반시계 방향으로 스캔하면서 측정하게 된다. 출력되는 데이터 형태는 각 방위에 대한 거리값으로 나오게 되며 거리정도는 오차 4cm정도, 최대 30cm의 반경까지 측정이 가능하다. 각도의 분해능은 0.25도에서 1.0도까지 선택이 가능하고 계측각도범위와 각도분해능에 의한 1 스캔 데이터양에 의해 결정된다. 즉, 0도에서 180도를 0.5도의 분해능으로 계측하는 경우 1 스캔으로 획득되는 거리값의 수는 361포인트가 된다. 이러한 데이터양에 비례하여 스캔의 샘플링비율이 결정되게 된다. 일반적으로 default 값(계측범위 180도, 각도분해능 0.5도)은 37.5Hz의 샘플링비율(26ms/1 scan)을 얻을 수 있다. 또한, 레이저광의 파장은 905nm의 근적외 파장으로 사람의 눈에 대해서도 안전하다[13].

보행자의 걸음걸이 데이터 측정 및 획득을 위하여 레이저스캐너를 바닥면에서 약 10cm 정도의 높이에 설치하고 레이저 빔의 수평단면을 보행자의 발목위치를 스캔할 수 있도록 설정하였다.

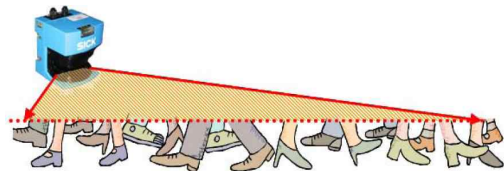


그림 3. 레이저 스캐너의 조사높이 설정  
Fig. 3. Geometric structure of laser scanner.

## 4. 행동검출 및 식별

### 4.1 이동계적특징

위치  $p_t^k = (x_t^k, y_t^k)$ , 보행속도  $v_t^k = (vx_t^k, vy_t^k)$ , 진행방향  $d_t^k = \arctan(x_t^k - x_{t-1}^k, y_t^k - y_{t-1}^k)$  은 가장 기본적인 이동에 따른 물리량으로 표시할 수 있다. 정지시간  $T$ 는 일정 시간 동안 움직이지 않은 사람에 대하여 부여한 시간을 나타낸다. 경로의 유연성,  $\zeta$ 는 방향 벡터의 유사성  $\theta_t^k$ 를 사용하여 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\theta_t^k = \arccos \frac{d_{t-1}^k \cdot d_t^k}{\|d_{t-1}^k\| \|d_t^k\|} \quad (1)$$

$$\bar{\theta}_t^k = \frac{1}{2}(\theta_{t-1}^k + \theta_t^k) \quad (2)$$

$$\zeta_t^k = \sqrt{\frac{1}{2} \sum_{i=t-1}^t (\theta_i^k - \bar{\theta}_t^k)^2} \quad (3)$$

본 실험에서는 레이저 포인트의 오차에 따른 추적 결과는 유연한 궤적이 되지 않는다. 따라서 평활화 필터링 과정을 거친 후 유연한 궤적 특성을 계산할 수 있다.

또한, 군중들의 가장 중요한 보행특징은 보행 속도, 활보의 길이( 좌우 보폭을 포함한 길이), 그리고 스텝과 스텝 사이의 소요시간을 나타내는 케이던스(보수/분)로 나타낼 수 있다 [11]. 육안 판정이 용이하기 때문에 케이던스가 잘 사용되고 있는 것이지만 측정시간이 길기 때문에 동작 인식에는 적합하지 않다. 따라서 본 실험에서는 보다 직관적 이고 분절화에 적합한 보행 주기  $\omega_{(L/R)}$ ( 초 /한보 )를 이용하였다.

그리고 좌우 보폭의 차이를 명확하게 하기 위하여 활보의 길이가 아닌 보폭  $s_{(L/R)}$ 을 이용하였다. 보행은 입각기(stance phase: 발이 지면에 닿아 있는 시기로서 정상 보행의 60%를 차지함)과 유각기(wing phase: 발이 지면에서 떨어져 있는 시기로서 정상 보행의 40%를 차지함)에 나뉘며 그 비율은  $r_{(L/R)}$ 로 나타내었다.

이러한 매개 변수는 FFT 및 STFT (단시간 푸리에 변환)등에 의해 검출 되는 것이 일반적 이지만, 이러한 기술은 소수이고 차폐 가없는 이상적인 조건에서만 작동하는 것이 대부분이다. STFT 의한 보행검색을 시도 했는데 차폐에 따른 레인지 데이터 손실에 취약하기 때문에 실제 환경에서의 적용은 다소 어렵다고 판단된다. 현재는 레인지 데이터의 시공간적 분석[12]을 적용하여 보행속도, 보폭 그리고 보행 주기를 추출하고 있다.

#### 4.2 이동경로학습 및 식별

기점과 종점 조사로 대표되는 것처럼 인간의 이동 경로의 빅데이터에 따른 집계 및 분석을 통한 경로 및 식별에 대한 판단 수요는 점차 늘어나고 있다. 그러나 밀집한 군중을 개별적으로 추적하고 개별적인 기점과 종점을 취득하는 것은 매우 어렵다. 일반적으로는 출발점에서 도착점까지의 사이에 추적이 중단되는 경우 시점과 종점을 잃는 것이 대부분이다. 따라서 시점과 종점을 알 수없는 단편적인 이동 경로에서 이동 경로를 추정하기위한 요소 기술이 중요하데, 본 실험에서는 Hidden Markov Model (HMM) [5]를 사용하여 이동 경로를 학습하고 미지의 궤적에 대한 시점과 종점을 추정하였다. HMM의 매개 변수로는 상태전이확률행렬  $A = \{a_{ij}\}$ , 기호 출력 확률 행렬  $B = \{b_j(k)\}$ , 초기상태분포  $\pi = \{\pi_i\}$ 를 가지고 있으며 이러한 매개 변수를 사용한 경로 HMM을  $\lambda = (A, B, \pi)$ 로 표기하였다 (그림 4 참조).

이동경로에 대한 학습단계는 다음과 같이 수행하였다.

- 공간을 격자 분할하여 이동 궤적을 그리드 시퀀스  $O = O_1, O_2, \dots, O_T$ (관측 계열)로 변환한다.
- 시점과 종점이 알려진 관측 계열을 입력 패턴으로 하고 Baum-Welch 방법을 기반으로 경로 HMM:  $\lambda_{1 \dots n}$ 을 학습한다.

또한, 이동 경로의 확인 절차는 다음과 같이 수행하였다.

- 시점과 종점이 미지의 관측계열  $O = O_1, O_2, \dots, O_T$ 를 입력 패턴으로 한다.

- Forward-Backward 알고리즘에선  $P(O | \lambda_{1 \dots n})$ 을 적용하고 최대출력확률이 될 수 있는 이동경로를 추정 결과로 적용하게 된다.

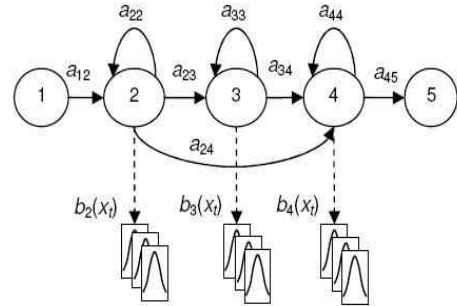


그림 4. 히든마코프모델  
그림 4. Hidden Markov Model.

### 5. 실험 및 결과

#### 5.1 행동인식 및 경로추정

제한한 방법들에 대한 검증은 위하여 많은 사람들이 군집하는 복도 구내에서 실험을 실시하였다. 혼잡시간 때의 사람추적 결과를 그림 5와 같이 나타내었다. 이와 같이 사람이 밀집한 환경에도 강건하게 인식 및 추적할 수 있는 것을 알 수 있다.

본 실험에서 복도 구내의 이동 경로를 3 가지로(계단에서 동쪽 강의동로 이동, 계단에서 서쪽 강의동으로 이동, 서쪽 강의동에서 계단으로 이동) 각각의 경로 HMM :  $\lambda_{1 \dots 3}$ 을 Baum-Welch 방법에 의해 학습시켰다. 여기서 출력 심볼(그리드 분할수) 갯수를 12, 상태수도 동일하게 12로 지정하였다.



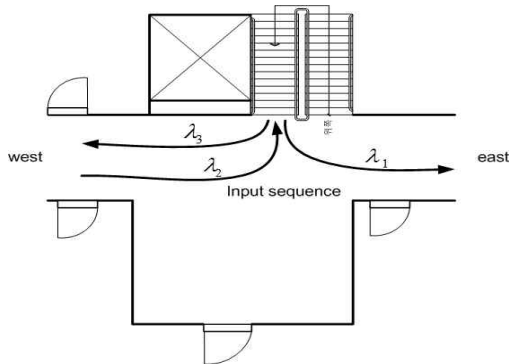
그림 5. 인간 추적 결과  
Fig. 5. Human tracking results.

임의의 시점 및 종점 입력 패턴에 대한 결과로 그림 5, 6에서 각각 제시하였다. 그림 5는 영상센서에 의한 다수 보행자의 모션에 대한 인식결과와 발목부분의 레이저스캐너에 의해 인식된 부분을 각각 보여주고 있다.

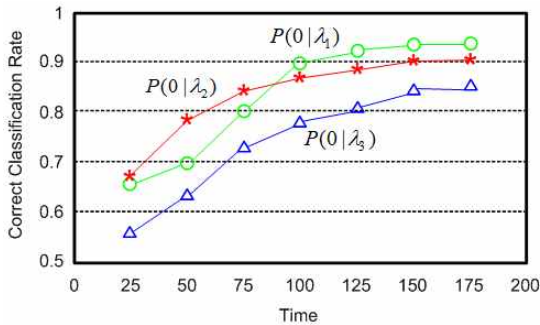
또한, 실내 복도에서의 다수의 보행자들이 왕복하면서 측

정된 실내환경과 출력 확률의 결과를 그림 6(a),(b)에 나타내었다. 임의의 보행자 3명에 대한 보행폭을 입력 패턴의 계열 길이로 하여 연속적인 추적에 따른 출력 확률  $P(O_1 \dots T | \lambda_1 \dots \lambda_n)$ 을 계산 한 결과는 그림 6(b)와 같다. 입력 계열이 80 프레임 (약 4 초 정도)을 넘는 시간부터 올바른 인식 결과가 나오고 있음을 알 수 있다.

이동경로 학습시 시점과 종점은 미리 알려줄 필요가 있으나 혼잡시에는 추적이 두절되는 것이 많아 충분한 수의 학습 패턴을 준비하는 것은 어렵다. 또한 이동경로의 식별시에도 계열 길이가 너무 짧은 추적계적이 있기 때문에 결과로 추정되는 시점 및 종점은 본래보다 과잉이 될 뿐만 아니라 동일 인물 추적을 위한 정확도도 낮아지게 된다. 우선 중단된 추적계적을 동일한 사람으로 이어서 추적할 수 있는 계열 길이 필터링을 수행하여 겹치는 걸음이나 벽뒤로 사라졌다가 다시 출현되는 걸음과 같은 중단된 추적계적의 접합에 관해서는 3.3절 에서 추출한 특징정보를 사용할 수 있었다.



(a) learned paths and input sequence



(b) correct classification rates by the matching

그림 6. HMM기반 이동경로 매칭율  
Fig. 6. Matching rate by HMM.

그림 7은 동일 보행폭에 대한 연속적 검출율을 보여주고 있으며 센서융합에 의한 동일 보행자에 대한 보행 이동결과를 보여주고 있다. 본 실험에서 군중속의 각 개인행동을 인식 할 때 일반적으로 인물의 탐지, 추적, 특징추출, 패턴인식과 같은 정보를 확보하는 경우가 많으나 각 정보처리 단계에서 충분한 기술적 이론과 실환경 적용을 수행하는 과정에서 인식 및 추적이 연속적으로 이뤄지지 않는 경우가 발생하는데 그러한 문제점은 지속적인 연구를 통해 해결하고자 한다.

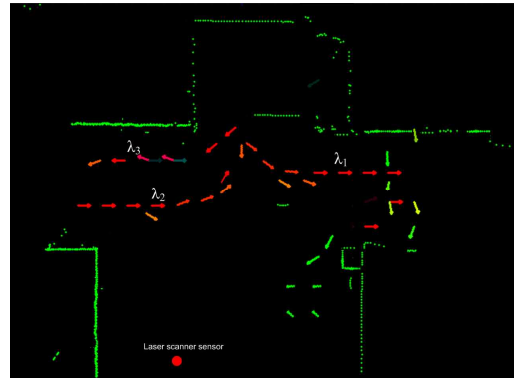


그림 7. 매칭에 의한 보행각도 히스토그램

Fig. 7. Cadence angle histogram by the matching.

### 5.2 실환경에서 테스트 문제점

첫 번째, 행동의 분절화 타이밍에 대한 어려움으로써 군중속의 각 행동은 시간 범위에 따라 행동 의미가 달라지는데 예를 들어, 관측 장소에 속해있는 시간(순간이동), 짧은 걸음(단기), 일정한 속도로 똑바로 걷는 걸음(중기), 계단에서 양쪽 복도쪽으로 이동(장기)과 같은 행동에서 어디까지를 관측 시간으로 간주하느냐에 따라 행동패턴은 변화한다. 각 행동패턴을 구성하는 최하위 행동이 중첩 및 중복현상을 띄면서 최종 행동패턴을 형성하는 계층구조를 이루고 있다. 또한 행동의 기본 단위와 일치되어 처리하는 계층 모델을 구현하는 연구 검토가 필요하다. 따라서 걸음에 의한 행동패턴에 대한 분절화에 추가적인 연구가 필요하다.

두 번째, 군중속의 행동은 시간적, 공간적으로 복잡하게 얽혀있기 때문에 계산기로 알아볼 수 있는 형태로 프로그래밍 하는 것이 어렵다. 기 연구들에서 있어서도 시공간적으로 복잡한 행동을 어떻게 구별하고 표현 하느냐에 대한 추가적인 연구가 진행되고 있지만 명확한 해결방법은 지속적인 연구가 진행되어야 할 부분이라 생각한다[7].

## 6. 결론 및 향후 연구

본 연구는 레이저 스캐너와 이미지 센서를 이용하여 군중속의 개별 동작 인식과 움직임에 대한 패턴인식 방법을 실증 실험을 통한 응용가능성을 확인 하였다. 제안한 방법의 인식 시스템은 각 개인을 추적하는 전처리부분, 이동계적 특징, 보행특징, 이미지 특징, 글로벌 환경 특징을 요구하는 특징 추출부분, 그리고 HMM과 SVM을 통한 학습 및 식별부분으로 구성하였다. 제안 방법에 대한 실험으로 학습 및 식별부분에서 HMM을 이용한 각 개인들의 이동경로의 추정과 SVM을 이용한 비정상 보행의 검색을 구현하였다. 또한 제안 된 방법을 지하철역 구내에 적용하여 타당성을 검토하였다.

향후 과제로서 다중 센서를 이용한 개별동작 인식기술 시스템에 대한 구성을 목적으로 하고 있으며 각각의 모듈에 충분한 검증을 위한 추가적인 검토 및 연구가 요구된다. 따라서 전처리부분, 특징추출부분, 학습 및 식별 부분의 처리를 위한 보다 강건한 인식 및 추적방법을 진행해야 할 필요가 있다. 그 중에서도 시공간적으로 뒤얽힌 복잡한 행동 모델링을 각개별 행동으로 구별하는 연구가 필요하다.

## References

- [1] D.M., Gavrilă, "The analysis of human motion and its application for visual surveillance" in *proceeding of the 2nd International workshop on visual surveillance*, 1999.
- [2] P. Perez, C. Hue, J. Vermaak, M. Gangnet, "Color-Based Probabilistic Tracking," *Proc. of European Conference on Computer Vision*, Copenhagen, 27 May- 2 June 2002.
- [3] Zhao, H. and Shibasaki, R., "A Novel System for Tracking Pedestrians using Multiple Single-Row Laser Range Scanners," *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics-part A*, Vol. 35, No. 2, pp. 283 - 291, 2005.
- [4] Yang, J., Xu, Y. and Chen, C. S., "Human action learning via hidden Markov model," *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics-part A*, vol. 27, no. 1, pp. 34 - 44, 1997.
- [5] Chan, M. T., Hoogs, A., Schmiederer, J. and Peterson, M.: Detecting Rare Events in Video Using Semantic Primitives with HMM, in *Proceedings of the 17th International Conference on Pattern Recognition (ICPR)*, Vol. 4, pp. 150 - 154, 2004.
- [6] H. E. Lee, Y.H. Kim, K.H. Park, Y.S. Kim, J.W. Jung, J.M. Cho, M.G. Kim, Z. Zenn Bien, "Fuzzy Inductive Learning System for Learning Preference of the User's Behavior Pattern," *Journal of Korean Institute of Intelligent Systems*, Vol.15, No.7, pp. 805-812, 2005.
- [7] Nguyen, N. T., Phung, D. Q. and Venkatesh, S., "Learning and Detecting Activities from Movement Trajectories Using the Hierarchical Hidden Markov Model," in *Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, Vol. 2, pp. 955 - 960, 2005.
- [8] K.H. Jung, J.M. Kim, J.J. Park, S.S. Kim, S.I. Bae, "Line Tracking Method of AGV using Sensor Fusion," *Journal of Korean Institute of Intelligent Systems*, Vol.20, No.1, pp. 54-59, 2010..
- [9] Jain, A. K., Duin, R. P. W. and Mao, J. "Statistical Pattern Recognition: A Review," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 22, no. 1, pp. 4 - 37, 2000.
- [10] Taeseok Jin, and Hideki Hashimoto, "3D walking human detection and tracking based on the IMPRESARIO Framework," *International Journal of Fuzzy Logic and Intelligent Systems*, Vol. 8, no. 3, pp. 163-169, 2008.
- [11] Kirsten Götz-Neumann, "Gehen verstehen Ganganalyse in der Physiotherapie" IGAKU SHOIN Ltd, 2005.
- [12] Shao, X., Zhao, H., Nakamura, K., Shibasaki, R., Zhang, R. and Liu, Z., "Analyzing Pedestrian's Walking Pattern Using Single-Row Laser Range Scanners," in *Proceedings of the IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics*, Vol. 2, pp. 1202-1207, 2006.
- [13] B.H. Choi, B.S. Kim, E.T. Kim, "Location Estimation and Obstacle tracking using Laser Scanner for Indoor Mobile Robots," *Journal of Korean Institute of Intelligent Systems*, Vol.21, No.3, pp. 329-334, 2011.
- [14] K.E. Ko, S.M. Park, J.Y. Kim, K.B. Sim, "HMM-based Intent Recognition System using 3D Image Reconstruction Data," *Journal of Korean Institute of Intelligent Systems*, Vol.22, No.2, pp. 135-140, 2012.

## 저 자 소 개



### 탁한호(Han-Ho Tack)

1987년: 부경대학교 전자공학과 공학사  
 1992년: 동아대학교 대학원 전자공학과공학석사  
 1998년: 한국해양대학교 대학원 전자통신공학과 공학박사  
 1989년~현재 : 경남과학기술대학교 전자공학과 교수

관심분야 : 멀티미디어시스템, 신경회로망, 퍼지시스템, 로봇틱스, 공장자동화, 기계진동 및 동역학 등  
 Phone : +82-55-751-3332  
 E-mail : fntack@jinju.ac.kr



### 진태석(Taeseok Jin)

1998년: 진주산업대학교 전자공학과 공학사  
 2000년: 부산대학원 전자공학과 공학석사  
 2003년: 부산대학원 전자공학과 공학박사  
 2006년~현재: 동서대학교 메카트로닉스공학과 부교수  
 현재: 한국지능시스템학회 회원이사

관심분야 : sensor fusion, mobile robot, intelligent system  
 Phone : +82-51-320-1541  
 E-mail : jintse@dongseo.ac.kr