

레이저 스캐너 센서기반 보행패턴 인식 및 경로추적

Tracking of Person Walking Pattern and Trajectory Following with 2D Laser Scanner

진 태 석*
(Taeseok Jin)

Abstract - We propose laser scanner sensor system based walking pattern and tracking method of multiple human. This system uses laser scanners sensors and is applicable to wide and crowded area such as hospital and medical care center. The primary objective of this research is to promote the development of robust, repeatable and transferable software for security system that can automatically detect, track and follow people in public area. We developed the method of human identification for this system. Our method is following: 1. Best-walking pattern data 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 step length of walking human. It becomes possible to conduct human identification even in crowded scenes by estimating the movements of waling human' feet are periodic. In the experiment in the station, some effectiveness of this method became clear.

Key Words : Motion recognition, Walking pattern, Laser sensor, Modeling, Tracking

1. 서 론

최근 빅데이터 관련한 다양한 서비스 분야가 도출되면서 공공 건물내 군중들의 이동흐름에 따른 각종 서비스나 마케팅을 위한 전략을 세우기 위하여 각 진행방향에 대한 사람들의 이동성에 대한 데이터를 필요로 하게 된다. 그중 대규모 병원 및 요양원에서 의 노약자 야간 이동에 따른 사고 예약이나 지하 쇼핑몰이나 지하철 회사 등으로 역 구내와 시내 도로 등에서 보행자 수에 대한 조사, 지하철 복잡도 조사에 따른 지하철 출구 연결안내, 보행자 밀집도에 따른 광고 효과 등을 파악하게 된다.

이러한 조사들은 로터리 방식의 버튼을 눌러 사람 수를 카운트 하는 이른바 핸드 카운터를 인력으로 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 미스 카운트도 상당 생기거나 생리현상 때문에 중단이 불가피한 상황도 생길 수 있다. 이런 상황을 감안하면 보행자의 개수는 가능한 자동화하는 것이 바람직하다고 생각된다.

이러한 환경을 구축하기 위하여 화상 카메라를 이용하는 방법과 거리 센서와 같은 다중 센서를 이용한 정확한 측정과 신뢰성

확보가 가능한 방법을 적용할 수 있다. 영상센서 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 영상데이터 기반의 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 관점이 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 초음파를 이용한 로봇 분야에 많은 연구 사례가 있다. 그러나 대부분의 방법은 약간의 인물을 계측 대상으로 한 연구가 진행되어 왔고 복잡한 환경내의 복수의 측면 및 뒷면에 대한 정보를 기반으로 한 인식 및 식별율이 낮은 문제점을 안고 있는 실정이다. 하지만 각 개인의 고유한 걸음걸이 패턴을 가지고 있으므로 레이저 센서 데이터 기반의 인간의 보폭의 정확한 간격(2~3cm 오차 이내) 인식과 가능하므로 보행 패턴 인식, 분석, 추적 등의 기법 활용범위가 넓다고 할 수 있다. 예를 들면, 지하철역이나 공항에서 군중의 수상한 사람 감지와 같은 보행 패턴에 따른 행동 인식과 움직임 특성 및 식별을 기반으로 유동 인구의 흐름에 대한 광고물 부착이나 혼잡을 사전에 파악하여 비상사태에 대한 혼잡 현상을 피할 수 있는 데이터로 활용할 수 있다[7][8].

본 연구에서는 단일 레이저 스캐너 센서 장치에서 얻은 인물 동선 군에서 인물 행동 패턴을 자동 분류하는 방법 및 다른 사

* Corresponding Author : Dept. of Mechatronics Engineering, Dongseo University, Korea.

E-mail: jints@dongseo.ac.kr

Received : May 25, 2018; Accepted : June 24, 2018

탐과는 다른 이동패턴을 검출하는 방법 제안한다. 고정 이미지 센서의 시야를 탐색하는 인물 및 이미지 정보뿐만 아니라 다른 센서 장치에도 대응하는 특징량을 이용하는 기술을 대상으로 한다. 따라서 2장에서는 행동인식 선행기술을 소개하고, 3장에서는 군중 행동 패턴인식 전처리 및 이동계적 특징을 모델링하고 칼만 필터기반 보행자 행동을 추적방법을 제안한다. 4장 실험에는 군집이동에 따른 행동패턴을 식별하기 위한 사전 식별 실험으로써 소수에 대한 보행 패턴 학습에서 얻은 일반적 인물 행동 패턴을 인물 동선 데이터에 적용하여 다른 사람과 다른 행동 패턴 인물을 검출하는 실험결과를 제시하였다.

2. 복수인물의 위치인식 프로세서

2.1 인식시스템 구성

일반적으로 옥내외용 군중행동에 대한 행동인식 및 모니터링을 위한 다중센서 시스템으로는 그림 1과 같이 보행자 모니터링을 위한 2D용 카메라를 이용한 개인 식별을 수행하는 방법을 적용하고 있다. 하지만 본 연구에서는 보행자의 움직임에 대한 수평면의 보폭 인식을 위하여 레이저 스캐너 센서를 이용한 보행자의 보폭 특징을 추출하고 개별 인식과 보행자의 동적 움직임을 연속적인 방향 및 속도를 파악할 수 있게 하였다.

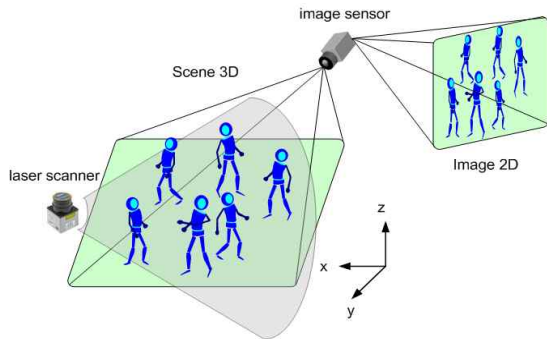


그림 1 레이저스캐너와 이미지센서의 기하학적 관계
Fig. 1 Kinematics of laser scanner and image sensor

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

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 프로세서는 다음과 같은 기능으로 구성하였다: (1) 레이

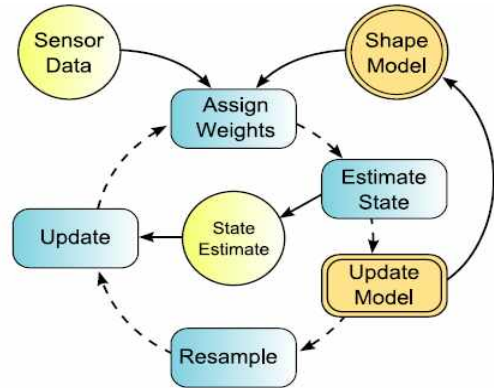


그림 2 보행패턴 모델의 구현과 상태 추정

Fig. 2 Diagram of our Kalman filter implementation using an walking pattern model

저스캐너의 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 칼만 필터에 의한 기존 경로의 연장 처리와 같이 구성된다. 본 실험의 결과로는 병원, 요양원 및 지하철역에서 실증 실험에서는 120mm 이내의 추적 오차를 얻을 수 있었다. 기 연구에서 수행된 영상센서를 이용한 추적 방법[10]에 대한 연구도 진행 중이지만, 군중을 대상으로 한 경우의 차폐에 문제와 옥외에서의 광량에 따른 색상 인식 문제가 남겨져있어 실제 환경에의 응용에는 한계가 있는 것으로 판단되었다.

2.2 행동인식과 추출

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

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.

표 1 획득 가능한 특징정보 및 센서스펙

Table 1 variable informations

보행특징 및 센서	변수명
보행자 위치	p
보행자 이동 속도	v
보행자 회전 각속도	ω
보행자 위치 좌표	(x, y)
센서 스텝각	0.36도
계측오차범위	60~1,000mm : ± 10 mm

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

2.3 보행자 보행인식 및 계측

본 연구에서 보행자의 보행자 족부 인식 및 보행 방향 인식 추적을 위해 사용된 센서로는 HOKUYO사의 레이저 스캐너(LRF, URG-04LX)을 적용하였고, 이 센서는 펄스와 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 방향에 대한 거리값으로 나오게 되며 거리정도는 오차 4cm정도, 최대 30cm의 반경까지 측정이 가능하다. 각도의 분해능은 0.25도에서 1.0도까지 선택이 가능하고 계측 각도 범위와 각도 분해능에 의한 1 스캔 데이터양에 의해 결정 된다. 즉, 0도에서 180도를 0.5도의 분해능으로 계측하는 경우 1 스캔으로 획득되는 거리값의 수는 361포인트가 된다. 이러한 데이터양에 비례하여 스캔의 샘플링 비율이 결정되게 된다. 일반적으로 default 값(계측범위 180도, 각도 분해능 0.5도)은 37.5Hz의 샘플링비율(26ms/1 scan)을 얻을 수 있다.

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

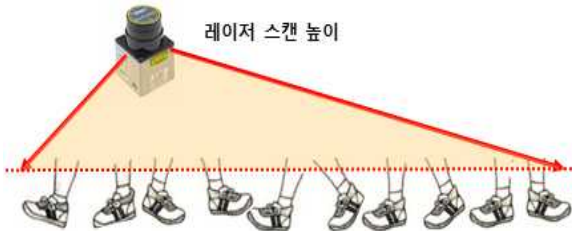


그림 3 레이저 스캐너(LRF)의 스캐닝 높이 설정
Fig. 3 Geometric structure of Laser scanner

3. LRF기반 보행자추적

3.1 보행자의 모델링

평면 좌표 공간상에서 이동하는 일반적인 물체에 대하여 각 방향의 속도 및 가속도를 추정할 수 있으면 δt 이후의 공간상에서 보행자의 예측되는 다음 위치는 식 (1)과 같다[2].

$$\begin{aligned} \hat{p}_{x+\delta t} &= \hat{p}_x + \hat{v}_x \delta t + \frac{1}{2} \hat{w}_x \delta t^2 \\ \hat{p}_{y+\delta t} &= \hat{p}_y + \hat{v}_y \delta t + \frac{1}{2} \hat{w}_y \delta t^2 \end{aligned} \quad (1)$$

특히 xy 평면상에서 이동하는 보행자의 움직임은 진행속도 성분 v_k 과 각속도 성분 ω_k 으로 분해하여 식 (2)와 같이 나타낼 수 있다[3].

$$\begin{aligned} \delta x_{k+\delta t,k} &= v_k \delta t \cos(\theta_k) + \frac{1}{2} \omega_k \delta t^2 \approx v_k \cos(\theta_k) \delta t - \frac{1}{2} \omega_k v_k \sin(\theta_k) \delta t^2 \\ \delta y_{k+\delta t,k} &= v_k \delta t \sin(\theta_k) + \frac{1}{2} \omega_k \delta t^2 \approx v_k \sin(\theta_k) \delta t + \frac{1}{2} \omega_k v_k \cos(\theta_k) \delta t^2 \\ \delta \theta_{k+\delta t,k} &= \omega_k \delta t \\ \delta v_{k+\delta t,k} &= \xi_v \\ \delta \omega_{k+\delta t,k} &= \xi_\omega \end{aligned} \quad (2)$$

위 식에서 진행속도와 회전 각속도는 x,y 각 방향에 대한 속도와 가속도 성분으로 나타나며 이를 시스템의 입력으로 정의하여 식 (3)의 보행자의 상태전이 모델을 얻는다. 여기서 \mathbf{z} 는 측정 벡터, \mathbf{H} 는 상태벡터와 측정벡터사이의 관측행렬이며 w, v는 시스템잡음과 측정잡음, T는 샘플링 시간을 의미한다.

$$\begin{aligned} \mathbf{x}_k &= \Phi_{k,k-1} \mathbf{x}_{k-1} + \mathbf{w}_{k-1} \\ \mathbf{z}_k &= \mathbf{H}_k \mathbf{x}_k + \mathbf{v}_k \end{aligned}$$

$$\begin{bmatrix} x_k \\ y_k \\ \theta_k \\ v_k \\ \omega_k \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & T \cos(\theta_{k-1}) & -\frac{1}{2} v_{k-1} T^2 \sin(\theta_{k-1}) \\ 0 & 1 & 0 & T \sin(\theta_{k-1}) & \frac{1}{2} v_{k-1} T^2 \cos(\theta_{k-1}) \\ 0 & 0 & 1 & 0 & T \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_{k-1} \\ y_{k-1} \\ \theta_{k-1} \\ v_{k-1} \\ \omega_{k-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ \xi_v \\ \xi_\omega \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{H}_k = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{v}_k = \begin{bmatrix} \gamma_x \\ \gamma_y \end{bmatrix} \quad (3)$$

3.2 칼만필터에 의한 보행자의 상태추정

입력정보, 즉 레이저 스캐너는 처리과정 가운데 불확실성 및 잡음을 포함하고 있으며 상태전이 자체도 불규칙한 성분이 존재하므로 이에 대해 강인하게 상태를 추정하는 관측기로는 칼만필터가 적합하다. 칼만필터는 추정값과 측정값의 오차에 필터이득을 곱하여 상태전이 모델에 수정함으로써 추정오차를 최소화하는 처리과정이다. 이동물체의 상태추정 문제에서 칼만필터의 측정벡터는 센서에서 측정한 보행자의 x,y 평면공간상 위치이며, 이로부터 상태변수로 설정한 보행자체의 x,y 위치, 방향, 진행속도, 회전 각속도를 추정한다.

필터이득을 구하기 위하여 추정오차의 공분산 행렬이 필요하며 이는 식 (4)로 이전과정의 공분산행렬의 상태전이에 시스템잡음의 공분산 행렬 Q_{k-1} 이 부가된 형태로 추정된다.

$$P'_k = \Phi_{k,k-1} P_{k-1} \Phi_{k,k-1}^T + Q_{k-1} \quad (4)$$

추정오차의 공분산 행렬 P'_k 와 관측 행렬 H_k , 측정잡음의 공분산 행렬 R_k 로 추정오차를 최소화하는 최적의 필터이득을 구하

며 이는 식 (5)의 형태이다.

$$K_k = P'_k H_k^T [H_k P'_k H_k^T + R_k]^{-1} \quad (5)$$

다음은 상태를 추정하는 과정으로 식 (6)과 같이 추정벡터의 상태전이 모델에 이전단계의 추정벡터와 측정벡터 z_k 간의 오차에 필터이득을 곱한 innovation항이 부가되어 최적의 상태를 추정한다.

$$\hat{x}_k = \Phi_{k,k-1} \hat{x}_{k-1} + K_k [z_k - H_k \Phi_{k,k-1} \hat{x}_{k-1}] \quad (6)$$

최종적으로 식 (7)의 추정오차의 공분산 행렬을 수정하는 과정을 거치고 다시 식 (7)의 과정으로 순환한다[4] [5].

$$P_k = P'_k - K_k H_k P'_k \quad (7)$$

추정단계에서는 분산의 크기가 2의 가우시안 잡음을, 진행속도와 회전 각속도에는 분산 3, 0.1의 가우시안 잡음을 각각 인가하여 측정행하였다. 그림 2에서 제시한 보행패턴 모델의 구현과 상태 추정을 위하여 칼만필터를 사용하여 잡음이 존재하는 환경에서도 강인하게 각 상태들을 추정할 수 있도록 하였다.

3.3 보행자의 궤적예측

보행자의 상태전이 모델에서 초기상태와 입력이 주어지면 보행자의 모든 상태를 예측할 수 있다. 칼만필터를 사용한 상태 추정기로부터 보행자의 입력에 해당되는 진행 속도와 회전 각속도를 추정하고 근사함수로 모델링하여 이후의 입력을 예측한다. 본 연구에서는 보행자의 보행패턴은 진행속도와 진행 가속도 성분, 회전 각속도와 회전 각가속도 성분의 특징값으로 식 (8)의 일차식으로 나타내었다.

$$\begin{aligned} v_{k+n} &= \hat{v}_k + \hat{a}_{lk} nT \\ \omega_{k+n} &= \hat{\omega}_k + \hat{a}_{ok} nT \end{aligned} \quad (8)$$

보행자의 이동에 따른 이전 보행패턴 m개의 데이터로부터 식 (9)의 최소제곱 추정법을 사용하여 진행속도, 진행 가속도, 회전 각속도, 회전 각가속도 성분이 잡음에 둔감한 특성을 나타내도록 하였다[6] [7].

$$\begin{aligned} \hat{\theta} &= (A^T A)^{-1} A^T y \\ \hat{\theta} &= \begin{bmatrix} \hat{v}_k & \hat{\omega}_k \\ \hat{a}_{lk} & \hat{a}_{ok} \end{bmatrix}, \quad A = \begin{bmatrix} 1 & -T \\ 1 & -2T \\ \vdots & \vdots \\ 1 & -mT \end{bmatrix}, \quad y = \begin{bmatrix} v_{k-1} & \omega_{k-1} \\ v_{k-2} & \omega_{k-2} \\ \vdots & \vdots \\ v_{k-m} & \omega_{k-m} \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (9)$$

예측된 입력과 상태전이 모델인 차분방정식으로 식 (10)과 같이 보행자의 이후의 궤적을 예측하였다.

$$\begin{aligned} \hat{x}_{k+m} &= x_k + \sum_{h=0}^m v(h) \cos[\theta(h)]T, \quad \hat{y}_{k+m} = y_k + \sum_{h=0}^m v(h) \sin[\theta(h)]T \\ v(h) &= \hat{v}_k + \hat{a}_{lk} hT, \quad \theta(h) = \hat{\theta}_k + \hat{\omega}_k hT + \frac{1}{2} \hat{a}_{ok} h^2 T^2 \end{aligned} \quad (10)$$

4. 실험

4.1 실험환경

제안 방법에 대한 실험을 검증하기 위하여 다음과 같은 실내 환경을 구성하여 실험을 실시하였다. 실험 환경을 그림 4에 나타낸 것과 같이 약 6×5 m 공간내에 2명의 보행자와 고정된 장애물로는 로봇을 위치시켰다. 2 명의 보행자는 이동 로봇의 앞으로 X 자형로 교차되게는 방향으로 각각 이동하면서 두 보행자의 위치를 추적하게 하였다. 두 보행자의 이동 방향은 레이저스캐닝 빔에 대해 횡 또는 사선방향으로 보행시키고 속도는 최초 70 [cm/s]에서 점진적으로 속도를 늦추게 하였고 방향은 서로 직각 방향으로 교차되게 이동하는 것으로 구현하였다.

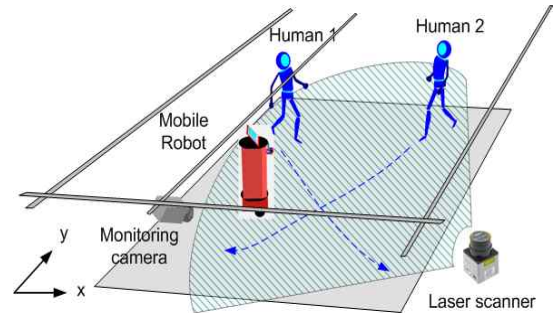


그림 4 실험환경

Fig. 4 Setups of Experiment

또한 측정 결과는 독립적인 실내의 고정 LRF의 출력과 겹쳐서 평가를 실시하였다. 모니터링 영상에서 관찰한 보행자(왼쪽에서 출발하는 보행자: human 1, 오른쪽에서 출발하는 보행자: human 2)의 방향과 보행패턴을 그림 5(a)~(d)와 같이 연속적으로 제시하였고 그에 따른 보행자에 대한 인식표로 번호를 각각 마킹하여 시간별 보행자의 위치를 관찰하기 쉽게 하였다.

4.2 실험결과

실험환경 설정에 따른 실험 결과를 그림 6과 같이 제시하였다. 두 사람의 위치에서 각각 교차되게 보행시켜 각각의 스캐닝 파티클을 각각 표시하였다. 실험결과에서 Human1의 이동방향은 레이저 빔과 사선방향으로 이동한 경우로써 출발점 부근에서는 인식 파티클이 적게 나타나고 있으며 센서 가까운 쪽에서는 인식이 정확하게 나타남을 알 수 있다. 하지만 Human2의 이동방향



(a)



(b)



(c)



(d)

그림 5 실험을 위한 두 보행자의 방향 및 걸음패턴
Fig. 5 walking direction and pattern for experiments

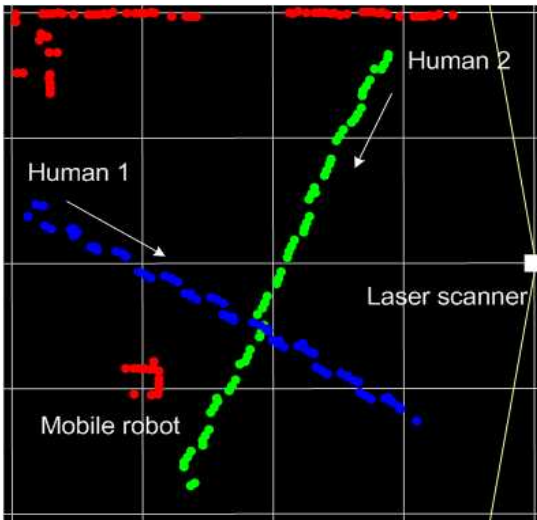


그림 6 보행자의 이동경로
Fig. 6 Walking human's trajectory

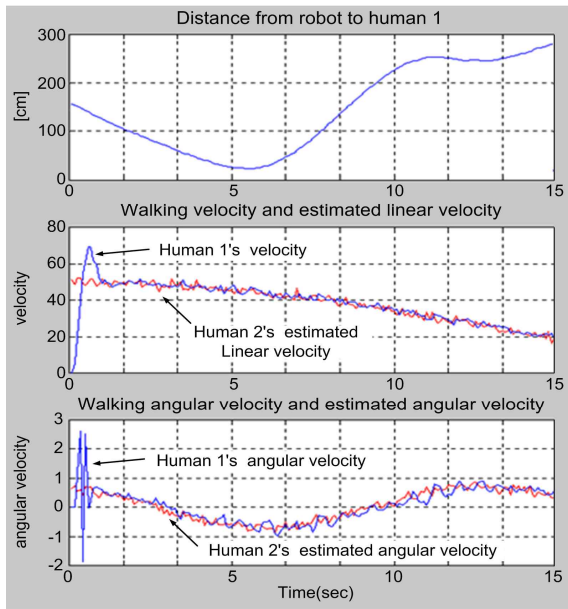
은 레이저 빔에 대해서 직각을 이루는 방향으로 이동하고 있기 때문에 Human 1에 비하여 보다 정확한 위치가 인식됨을 알 수 있었다.

계측용 LRF의 출력과 위치 파일 결과를 그림 6에 나타내었다. 결과 데이터는 두 인물 추정 위치에 따른 속도 및 각속도를 각각 측정하였고 최초 보행자 패턴 인식 및 추적을 위한 오차가 최대한 것으로 보였지만 시간이 지나면서 점진적으로 감소하는 것을 알 수 있었다. 파랑색(human 1)과 녹색(human 2) 파티클이 두 인간에 대한 LRF 출력이다. 또한 레이저스캐너 인식에 따른 다리의 위치와 육안으로 측정한 위치추정 오차는 최대 120[mm] 정도였다. 인물 추정 위치에 오차가 생길 요인으로 가장 크다고 생각되는 것은 동기의 차이인 것으로 판단된다.

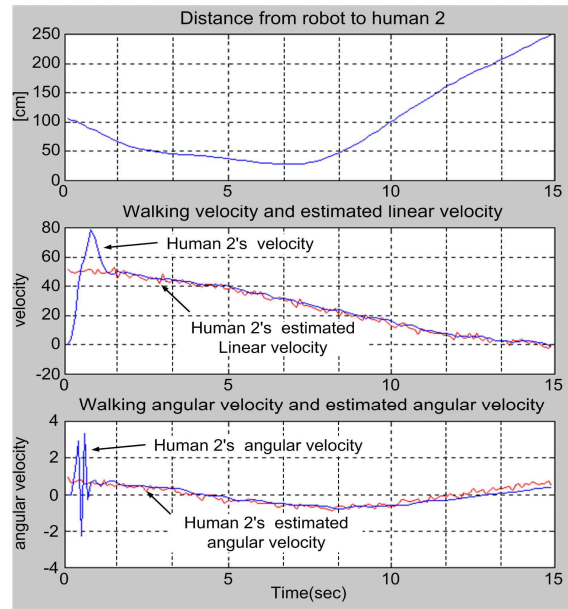
5. 결 론

본 연구는 레이저 스캐너를 이용하여 군중속의 개별 동작 인식과 움직임에 대한 보행패턴과 보행추적 방법을 실증 실험을 통한 응용 가능성을 확인하였다. 제안한 방법의 인식 시스템은 각 개인을 추적하는 전처리부분, 보행패턴 특징, 보행특징, 환경(글로벌) 특징을 요구하는 특징 추출 등으로 구성하였다.

제안 방법에 대한 실험으로 학습 및 식별부분에서 Kalman filter를 이용한 각 개인들의 보행경로의 추정을 구현하였다. 또한 레이저 스캐너 센서 기반의 보행자의 행동 및 이동 특성 분석과



(a) Experimental results of walking human 1



(b) Experimental results of walking human 2

그림 7 두 보행자의 이동에 따른 추정값

Fig. 7 Estimated states for two walking human

방향을 추적하는 방법을 제시하고 실험을 통한 그 유효성을 검증하였다. 본 제안 기술은 병원 및 요양원 같은 공공 장소에서의 노약자의 야간 이동에 따른 사고예방이나 공공장소의 이동성 조사 등에 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

향후 과제로서는 병원 및 요양원 같은 실환경과 유사한 환경에서의 인간과 로봇이 공존하는 환경에 적용했을 때에 발생하는 다수의 보행자 및 로봇의 식별 및 인식과 실시간 처리 및 구현 문제, 고속의 이동특성에서 발생하는 동역학적인 문제에 대한 연구를 추가적으로 연구가 요구된다. 따라서 전처리부분, 특징추출 부분, 학습 및 식별 부분의 처리를 위한 보다 강건한 인식 및 추적방법을 진행해야 할 필요가 있다. 그 중에서도 시공간적으로 뒤얽힌 복잡한 행동 모델링을 각 개별 행동으로 구별하는 연구가 진행되어야 한다.

감사의 글

본 연구는 2017년도 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구결과임(no. 2016R1D1A1B04932124).

References

[1] D.M., Gavrilu, "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] Gao, J., Hauptmann, A. G., Bharucha, A. and Wactlar, H. D., "Dining Activity Analysis Using a Hidden Markov Model", in *Proceedings of the 17th International Conference on Pattern Recognition (ICPR)*, vol. 2, pp. 915-918, 2004.

[7] Angus L., Joelle P., Nicolas O., and Hong Z., "Person tracking and following with 2d laser scanners," in *International Conference on Robotics and Automation (ICRA)*, pp.726-733, 2015.

[8] Peter M., Bertrand D., and James U., "Multi-sensor

- identity tracking with event graphs,” *In International Conference on Robotics and Automation (ICRA)*, pp. 4742-4748, 2013.
- [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] Zhao, T., Nevatia, R. and Wu, B. “Segmentation and tracking of multiple humans in crowded environments”, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 30, no. 7, pp. 1198-1211, 2008.
- [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 (SMC2006)*, vol. 2, pp. 1202-1207, 2006.

저 자 소 개



진 태 석 (Taeseok Jin)

1969년 2월 16일생. 1998년 경남과학기술대학교 전자공학과 졸업(학사). 2000년 부산대학원 전자공학과 졸업(석사). 2003년 동 대학원 전자공학과 졸업(박사). 2006년~현재 동서대학교 메카트로닉스공학과 교수

Tel : 051-320-1541

Fax : 051-320-1751

E-mail : jints@dongseo.ac.kr