

적외선 레인지파인더와 CCD 카메라를 이용한 지능 휠체어용 표적 추적 시스템

하윤수† · 한동희*

(원고접수일 : 2005년 4월 6일, 심사완료일 : 2005년 6월 10일)

Target Tracking System for an Intelligent Wheelchair Using Infrared Range-finder and CCD Camera

Yun-Su Ha† · Dong-Hee Han*

Abstract : In this paper, we discuss the tracking system for a wheelchair which can follow the path of a human target such as a nurse in hospital. The problem of human tracking is that it requires recognition of feature as well as the tracking of human positions. For this purpose the use of a high cost visual sensor such as laser finder or stereo camera makes the tracking a high cost additional expense. This paper proposes the tracking system uses a low cost infrared range-finder and CCD camera. The Infrared range-finder and CCD camera can create a target candidate through each target recognition algorithm, and this information is fused in order to reduce the uncertainties of a target decision and correct the positional error of the human. The effectiveness of the proposed system is verified through experiments.

Key words : Intelligent wheelchair(지능휠체어), Target tracking system(표적추종시스템), Infrared range-finder sensor(적외선 레인지 파인더 센서), CCD camera(CCD 카메라), Data fusion (데이터융합).

1. 서 론

의료시설이나 공공장소, 또는 일상생활 속에서 휠체어가 특정한 대상을 스스로 추종할 수 있다면 사용자의 조작부담을 줄일 수 있다. 지능 휠체어에 이러한 기능을 부여하기 위해서는 특정대상의 인식 및 추적기능이 반드시 필요하다. 이동로봇

분야에 있어서 대상의 인식 및 추적을 위한 시각 센서로는 레이저 레인지파인더, 초음파 센서, CCD 카메라 등이 일반적으로 사용된다⁽¹⁾⁻⁽³⁾. 레이저 레인지파인더는 넓은 탐색범위와 물체에 대한 고정도의 거리 및 각도정보를 실시간적으로 제공하지만 고가의 가격부담이 따른다⁽³⁾. 또한 초음파 센서 시스템은 구성이 간단하고, 데이터 처리

† 책임저자(한국해양대학교 IT공학부), E-mail:hys@hhu.ac.kr, Tel: 051)410-4347

* 한동희, MOSTITECH CO., LTD.

의 실시간성 보장과 더불어 센싱비용이 저렴한 장점이 있으나 넓은 지향각, 경면반사, 다중반사 등으로 인한 센싱오류가 존재한다. 반면, CCD 카메라를 이용할 경우 방대한 데이터 처리를 위해 고성능의 프로세서를 필요로 하지만, 특정 대상의 색상이나 명암 또는 형상정보를 얻을 수 있으므로 표적 추적 분야에의 응용이 활발하다^{(1), (4), (5)}. 그러나 특정대상에 대한 휠체어의 자율적인 추종을 위해서는 표적의 인식과 동시에 이차원 위치정보가 반드시 필요하기 때문에 단일의 CCD 카메라에 의한 위치정보 획득은 불가능하다.

한편, 적외선 레이저파인더는 하나의 센서로 넓은 범위의 이차원 환경정보에 대한 거리 및 각도정보를 동시에 제공하면서도 가격이 저렴한 장점이 있다^{(6), (7)}. 따라서 본 논문에서는 적외선 레이저파인더를 이용하여 얻은 이차원 환경정보를 통해 표적의 위치를 산출하고, CCD 영상으로부터 얻은 형상정보를 융합함으로써 표적에 대한 불확실성과 위치오차를 줄일 수 있는 표적의 인식 및 추적 알고리즘을 갖는 저비용의 표적 추적시스템을 제안하고 실험을 통하여 그 유효성을 검증한다.

2. 시스템의 구성

2.1 지능 휠체어 시스템

Fig.1은 본 연구에서 대상으로 하고 있는 지능 휠체어시스템의 개요를 나타낸 것이다. 휠체어의 본체는 SUZUKI사의 전동 휠체어 MC-13S을 이용하고 있으며, 두 개의 구동륜과 자세유지를 위한 두 개의 보조륜을 가진다. 구동륜은 1:33.5의 기어비를 가지는 감속기어를 통하여 구동모터(DC 24V 170W)와 연결되어 있다. 본 연구에서는 구동륜의 회전정보 획득을 위하여 각각의 구동모터축에 분해능 1024 펄스의 엔코더를 부착하였다. 시스템의 주 컨트롤러로는 Intel Pentium III 1GHz의 CPU를 탑재한 IEI사의 PCISA-3717EVT의 산업용 컴퓨터를 이용한다. 표적 추적을 위한 센서로는 HUKUYO사의 PB9-01 적외선 레이저파인더와 CANON사의 VC-C4 CCD 카메라를 이용하였으며, 센서 데이터 처리를 위한

인터페이스 장치로 16 비트 Up-Down Counter 보드와 8 비트 D/A Converter 및 Matrox사의 Meteor2 Frame Grabber를 장착하였다. 휠체어 시스템의 모든 제어를 위한 전원은 자체 내장하고 있는 24V 배터리에 의해 공급된다.

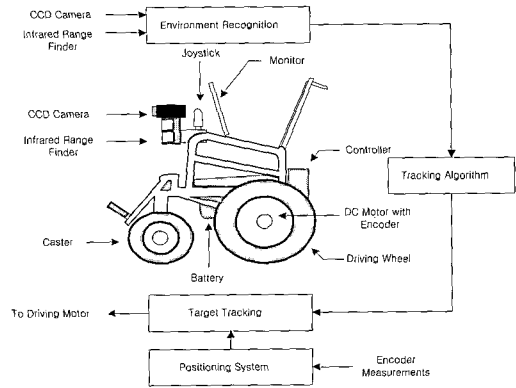


Fig. 1 Configuration of the intelligent wheelchair

2.2 표적인식을 위한 센서시스템

표적인식용 센서시스템은 환경에 대한 거리 및 방위정보의 획득을 위한 적외선 레이저파인더와 영상정보 획득을 위한 CCD 카메라로 구성된다. 휠체어의 자세와 추종하고자 하는 표적의 위치가 실시간적으로 변하기 때문에 표적이 CCD 카메라의 측정범위를 벗어날 염려가 있다. 따라서 본 연구에 이용된 CCD 카메라는 지향각의 중심에 표적이 위치하도록 지향방향을 제어할 수 있는 구조로 되어 있다. 또한 본 논문에서는 지능 휠체어의 추적대상을 인간으로 간주하였고 적외선 레이저파인더의 스캔영역은 인체의 하반신을 피하여 허리 부분에 오도록 위치시켰다. Fig.2는 제안된 표적 인식용 센서시스템의 구성을 나타내고 있다.

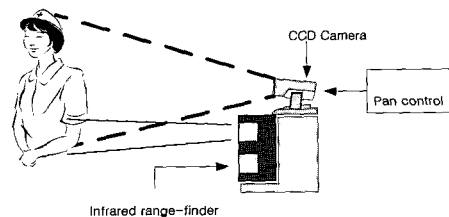


Fig. 2 Structure of the sensor system

2.2.1 적외선 레인지파인더 센서

본 연구를 위해 사용된 적외선 레인지파인더는 HOKUYO사의 PB9-01이다. PB9-01은 크기가 $70 \times 60 \times 120\text{mm}$ 로 비교적 작고 무게가 가벼우므로 지능 휠체어에 쉽게 장착이 가능하며 신호 발생원으로 적외선 광을 사용하기 때문에 주로 실내 환경 인식용으로 사용될 수 있다. 또한 PB9-01은 단일 센서로 비교적 넓은 범위에 걸쳐서 장애물에 대한 각도와 거리정보를 동시에 획득할 수 있으므로 저비용의 환경 인식 시스템 구성에 적합하다.

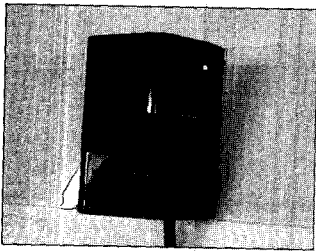


Fig. 3 Picture of the infrared range-finder PB9-01

Fig. 3과 Table 1은 각각 PB9-01의 실제모습과 주요사양을 나타낸 것이다.

Table 1 Specifications of PB9-01

Item	Details
Power source	DC 24V
Response time	160 ms
Detection distance	10 to 300 cm
Scanning angle	162 °
Interface	RS-232C
Weight	500 g

2.2.2 CCD 카메라

본 연구를 위해 사용되는 CCD 카메라는 CANON사의 VC-C4로, 비교적 크기가 작고 무게가 가벼우므로 지능 휠체어에 쉽게 장착이 가능하다. VC-C4는 NTSC와 PAL 방식을 모두 지원하며 전원으로 DC 13V를 사용한다. 또한 내장된 서보모터에 의해 좌우 방향에 대하여 각각 90의 회전범위를 가진다. Fig.4와 Table 2는 각각 VC-C4의 실제모습과 주요사양을 나타낸 것이다.

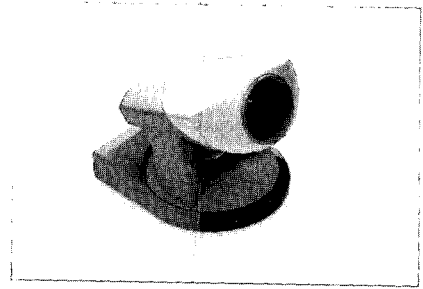


Fig. 4 Picture of CCD Camera VC-C4

Table 2 Specifications of VC-C4

Item	Details
Power source	DC 13V
Video Signal	NTSC and PAL
Operating Environment	Temp. : 0°C-40°C ; Humidity: 20%-85%
Installation Angle	± 20° from horizontal
Dimension	100*112*89.5mm (W*D*H)
Weight	375 g

3. 표적인식 및 추적알고리즘

본 논문에서 대상으로 하는 시스템의 경우 표적추적이란 CCD 카메라가 추종대상인 사람의 상체중심을 추종하도록 하는 것과 휠체어가 표적을 일정한 거리를 두면서 카메라의 방위각이 휠체어의 전면과 수직인 방향에 일치시키도록 하는 것이 있을 수 있다. 본 논문에서는 전자에 해당하는 방법론을 제시하고자 하며 후자에 관한 것은 기존의 PWS 시스템을 갖는 이동체의 추측항법 및 궤적추종 알고리즘을 이용하고 있으므로 언급을 생략한다⁽⁸⁾⁻⁽¹⁰⁾.

3.1 적외선 레인지파인더를 이용한 표적의 인식

3.1.1 환경정보의 획득

PB9-01 적외선 레인지파인더로부터 얻을 수 있는 정보는 센서모듈 중앙에서부터 물체까지의 거리와 데이터의 순서정보이다. Fig.5는 적외선 레인지파인더로부터 얻어진 임의의 $i(i=0, 1, \dots, 90)$ 번째 데이터의 순서와 거리정보로부터 2차원 평면상에 있는 표적의 위치정보를 산출하는 원리를 나

타낸 것이다. 여기서 l 은 센서 중심에서 물체까지의 거리를 나타낸다. 또한 θ 는 적외선 레인지파인더로 검출 가능한 전 영역의 각도 성분을 나타내며 θ_0 는 센서 모듈의 중심축 C 와 직교하는 기준면 S 로부터 $i=0$ 번째 데이터까지의 각도를 나타낸다. 따라서 i 번째 데이터의 각도 θ_i 는 다음식과 같이 나타낼 수 있다.

$$\theta_i = \theta_0 + i \times \left(\frac{\theta}{91}\right) \quad (1)$$

(1)을 이용하면 i 번째 데이터로부터 X-Y 2차원 평면에서 표적의 좌표 $P_i = (x_i, y_i)$ 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$x_i = l_i \times \cos \theta_i \quad (2.a)$$

$$y_i = l_i \times \sin \theta_i \quad (2.b)$$

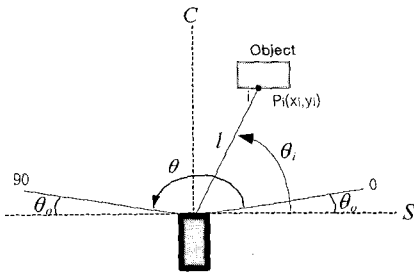


Fig. 5 Scanning distance and direction of infrared range-finder

Fig.7은 Fig.6의 환경에 대하여 적외선 레인지파인더 데이터의 각도 및 거리정보를 X-Y 2차원 평면상에 변환하여 나타낸 것이다.

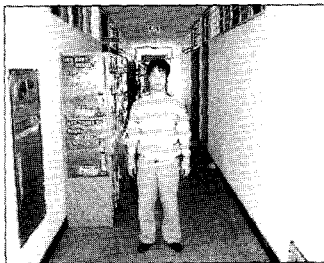


Fig. 6 Experimental environment of infrared range-finder

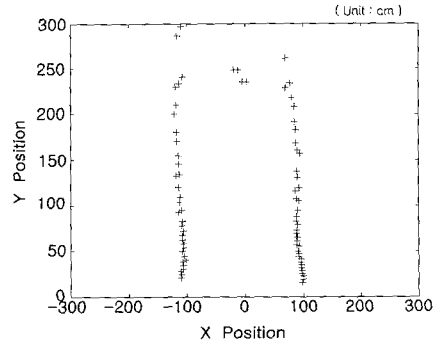


Fig. 7 Infrared range-finder data of fig. 6

3.1.2 집단화

Fig.7에 표시된 데이터들 중 연속되는 두 데이터를 각각 P_i, P_{i+1} 이라 하면 이들 간의 거리 D 는

$$D = \| P_{i+1} - P_i \| \quad (3)$$

이다. 여기서 두 데이터간의 거리 D 를 검사함으로써 전체 데이터들은 몇 개의 집단으로 나타낼 수 있다. 집단화 과정은 $i=0$ 에서 시작하여 P_i 와 P_{i+1} 사이의 거리가 임계치 D_{th} 보다 작으면 P_i 와 P_{i+1} 은 같은 집단을 형성하고 두 데이터간의 거리가 임계치보다 크면 P_i 와 P_{i+1} 은 각각 다른 집단에 속하게 되며 P_{i+1} 는 새로운 집단의 시작점이 된다. 이러한 과정을 $i=90$ 번째 데이터까지 반복하여 적외선 레인지파인더의 전체 데이터를 집단화할 수 있다.

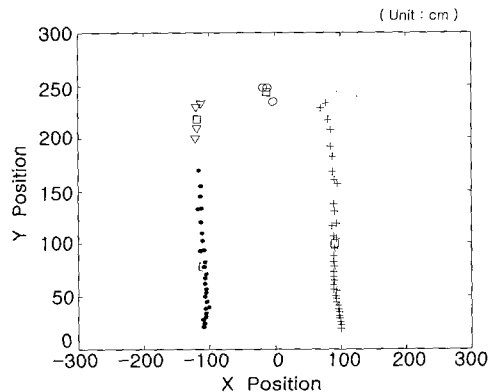


Fig. 8 Clustered data

Fig. 8은 Fig. 7의 데이터에 $D_{th} = 30(\text{Cm})$ 를 적용하여 집단화한 것이다. 데이터들은 [+ , o , ▽ , ●]로 표시된 4개의 집단으로 분류 되었으며, '□'는 같은 집단에 소속된 데이터들의 좌표의 평균

$$m = (m_x, m_y) = \left(-\frac{\sum x_k}{n}, \frac{\sum y_k}{n} \right) \quad (4)$$

를 나타낸다. (4)에서 x_k, y_k 는 집단내의 k 번째 데이터의 x 와 y 좌표를 나타내며 n 은 집단에 소속된 데이터의 전체 개수이다. 또한 집단의 방위각 θ_m 은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\theta_m = \tan^{-1} \left(\frac{m_y}{m_x} \right) \quad (5)$$

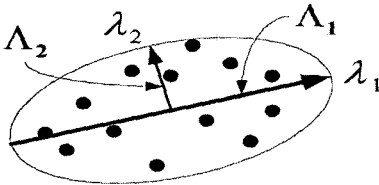


Fig. 9 Eigenvalues and eigenvectors

3.1.3 표적의 결정

집단화 과정에 의해 형성된 임의의 한 집단이 Fig. 9와 같은 분포를 나타낸다면 공분산 행렬 C_i 는 (6)과 같다.

$$C_i = \begin{bmatrix} \sigma_x^2 & \sigma_{xy} \\ \sigma_{xy} & \sigma_y^2 \end{bmatrix} \quad (6)$$

여기서 $\sigma_x^2, \sigma_y^2, \sigma_{xy}$ 는 각각 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\sigma_x^2 = \frac{\sum x_k^2}{n} - m_x^2 \quad (7.a)$$

$$\sigma_y^2 = \frac{\sum y_k^2}{n} - m_y^2 \quad (7.b)$$

$$\sigma_{xy} = \frac{\sum x_k y_k}{n} - m_x m_y \quad (7.c)$$

Fig. 9의 Λ_1 과 Λ_2 는 공분산 행렬의 고유벡터를 나타내며 λ_1 과 λ_2 는 고유치로서 다음과 같이 주어진다.

$$\lambda_1 = \frac{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + \sqrt{(\sigma_x^2 - \sigma_y^2)^2 + 4\sigma_{xy}^2}}{2} \quad (8.a)$$

$$\lambda_2 = \frac{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sqrt{(\sigma_x^2 - \sigma_y^2)^2 + 4\sigma_{xy}^2}}{2} \quad (8.b)$$

여기서 $\lambda_1 > \lambda_2$ 이므로 λ_1 은 집단의 장경이라 할 수 있다. 따라서 추적하고자 하는 표적의 폭을 알고 있다면 표적의 폭과 λ_1 의 값을 비교함으로써 적의 선 레인지파인더의 데이터로부터 표적후보군을 생성할 수 있다. 이때 생성된 표적 후보들은 각 후보의 장경 $w_m = \lambda_1$, 방위각 θ_m , 거리 d_m 을 파라미터로 하여 나타내어 질 수 있다. Fig. 10은 이러한 과정을 통하여 Fig. 8의 집단들 중에서 표적으로 설정한 사람과 유사한 크기의 집단만을 표시한 것이다.

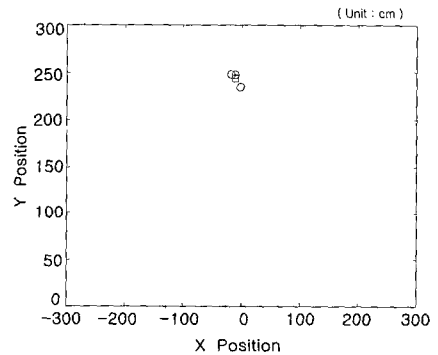


Fig. 10 Clustered target region

3.2 CCD 카메라를 이용한 표적의 인식

3.2.1 표적영상의 획득 과정

Fig.11은 CCD 카메라에 입력되는 그레이 영상으로부터 표적영상을 획득하는 과정을 나타낸다. 최초에 표적영상을 획득하기 위하여 우선 (a)와 같은 입력영상내에 표적 영역의 한 지점(화살표부분)을 지정하도록 하였다. 또한 배경으로부터 지정된 표적의 영역을 추출하기 위한 방법으로 지정된 픽셀의 명암도를 기준으로 임계치를 결정하여 임계치 이상의 명암도 영역은 제거하도록 하였다. (b)는 (a)의 입력영상에 실험에 의해 결정된 임계치를 적용하여 배경으로부터 노이즈를 포함한 표적영상의 부분을 분리하여 나타낸 것이다. (c)는 (b)를 이진화한 영상이며 (d)

는 이진화된 영상을 라벨링 처리를 통하여 (a)에서 지정한 표적 영역만을 구하여 나타낸 것이다.

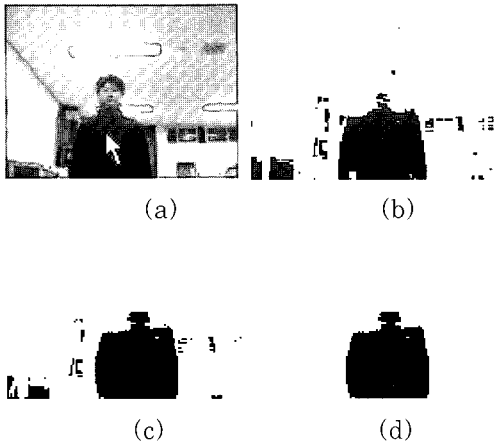


Fig. 11 Acquisition process of target image

3.2.2 특징 파라미터

표적영상의 획득 과정을 통하여 얻어진 표적영상은 표적의 형상을 나타내는 특징 파라미터로서 기술되어지며, 이 값은 입력영상에서 표적을 추출하는데 이용되어 진다. 본 논문에서는 표적의 특징을 나타내기 위한 파라미터로 표적의 명암도, 면적, 원주길이 그리고 원형도를 사용하였다. 물체의 면적을 Size라 하고 원주길이를 Circumference라 할 때 원형도는 식 (9)와 같다.

$$\text{Roundness} = \frac{4 \times \pi \times \text{Size}}{\text{Circumference}^2} \quad (9)$$

Table 3은 대표적인 물체의 형상과 그 특징 파라미터의 관계를 나타낸다⁽¹¹⁾.

Table 3 Shape of object and characteristic parameter

Kind	Circle	Square	Regular Triangle
Object			
Size	πr^2	r^2	$\frac{\sqrt{3}}{2} r^2$
Circumference		$4r$	$3r$
Roundness	1.00	$\frac{\pi}{4} = 0.79$	$\frac{\pi \sqrt{3}}{9} = 0.6$

물체의 형상과 특징 파라미터의 관계를 확인하는 실험에서는 명암도를 256 단계로 설정하고 면적은 물체를 이루는 영역내의 전체 화소수로 하였다. 원주길이는 물체의 윤곽선을 이루는 화소수를 계산하였으며 이웃한 화소간의 거리는 1로 하였다. 그러나 이웃한 화소가 대각선 방향으로 연결된 경우는 거리를 $\sqrt{2}$ 로 하였다. Table 4는 실험에 의한 특징 파라미터의 실제 계측 값을 나타낸다. 결과로부터 실측된 각 형상의 원형도가 Table 3에 나타난 계산상의 원형도에 근사함을 알 수 있으며, 사람의 상반신 형상의 경우는 약 0.434의 원형도를 나타냄을 알 수 있다.

Table 4 Measured values of characteristic parameters

Kind	Circle	Square	Regular Triangle	Human
Object				
Size	1654	1149	742	558
Circumference	146.124	138.727	120.001	127.054
Roundness	0.972	0.750	0.648	0.434

3.2.3 적합도 평가

입의의 i 번째 영상에서의 표적영상의 추출은 입력영상의 전처리 과정에 의해 라벨링된 물체들의 특징 파라미터와 표적의 특징파라미터 사이의 적합도를 조사함으로써 표적과 가장 유사한 물체를 추출할 수 있다. 이때 적합도는 다음과 같이 계산되어 진다.

$$\text{Fitness} = \alpha e_{size} + \beta e_{gr} + \gamma e_c + \delta e_r \quad (10)$$

여기서 e_{size} , e_r , e_{gr} , e_c 는 각각의 라벨영역에 대하여 면적, 원형도, 명암도, 원주의 상대 오차로서 다음과 같이 주어지며

$$e_{size} = \frac{|T_s - O_s|}{T_s} \quad (11.a)$$

$$e_r = \frac{|T_r - O_r|}{T_r} \quad (11.b)$$

$$e_{gr} = \frac{|T_{gr} - O_{gr}|}{T_{gr}} \quad (11.c)$$

$$e_c = \frac{|T_c - O_c|}{T_c} \quad (11.d)$$

$\alpha, \beta, \gamma, \delta$ 는 각각 상대오차에 대한 가중치로서 반복 실험을 통하여 [0.3, 0.2, 0.2, 0.3]의 값을 결정하였다. 이때 적합도는 식(10)의 값이 작을수록 높아지며, 값이 0이면 물체와 표적이 완전히 일치하는 것이 된다.

표적 추적에 있어서 표적의 크기와 외형의 변화는 표적의 특징파라미터를 변화시킨다. 따라서 지속적인 표적 추적을 위해서는 표적의 특징파라미터의 계속적인 업데이트가 요구된다. 본 논문에서는 임의의 i 번째 영상의 표적의 특징 파라미터로 $i-1$ 번째 영상에서 획득한 표적의 특징 파라미터를 이용하였다. Fig.12는 표적 결정 과정의 흐름도를 나타낸다.

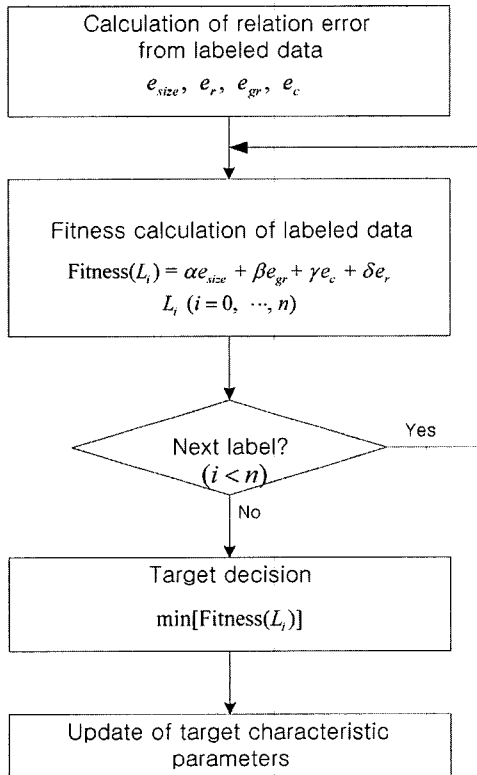


Fig. 12 Flowchart of fitness evaluation process

3.2.4 표적의 방위각 및 폭 추정

영상정보를 이용한 표적의 방위각 추정은 CCD 카메라의 수평 방향 회전각 ϕ_c 와 표적 중심의 위치를 이용하여 계산할 수 있다. Fig.13은 입력영상으로부터 표적의 방위각을 추정하는 원리를 나타낸 것이다. CCD 카메라의 수평 방향 검출 범위가 40° 이므로 표적영상의 수평 해상도가 N 이면 각 화소당 각도 성분은 $40^\circ/N$ 이 된다. 이때 ϕ_c 가 입력영상의 중심 화소 P_c 에 대한 각도를 나타내므로 표적 중심 위치가 P_{tc} 일 때 표적의 방위각 ϕ_t 는 (12)와 같이 추정 할 수 있다.

$$\phi_t = (P_c - P_{tc}) \times \frac{40^\circ}{N} + \phi_c \quad (12)$$

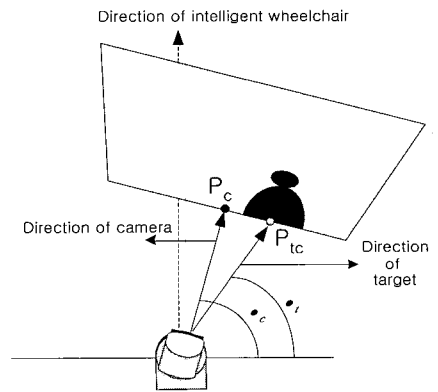


Fig. 13 Azimuth angle estimation of target

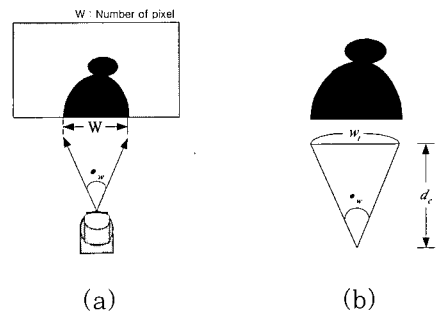


Fig. 14 Concept to estimate the width of a target

또한 영상정보를 이용한 표적의 폭 추정은 표적의 폭에 해당하는 화소의 수 W 와 적외선 레인지 파인더로부터 얻어진 표적까지의 거리 d_c 를 이용

하여 계산할 수 있다. Fig. 14의 (a)에서 ϕ_w 는

$$\phi_w = \frac{40^\circ}{N} \times W \quad (13)$$

로 계산되며, (b)에 나타난 표적의 실제 폭 w_t 은 ϕ_w 와 d_c 를 이용하여 식 (14)로 추정할 수 있다.

$$w_t = 2 \times d_c \times \tan\left(\frac{\phi_w}{2}\right) \quad (14)$$

따라서 표적은 폭 w_t , 방위각 ϕ_t 을 파라미터로 하여 나타낼 수 있다.

3.3 센서 데이터 융합을 이용한 추적

표적 인식을 위해 우선 적외선 레인지파인더는 거리 d_m , 폭 w_m , 방위각 θ_m 의 정보를 가지는 다수의 표적 후보를 생성한다. 또한 CCD 카메라는 폭 w_t 과 방위각 ϕ_t 정보를 가지는 단일의 표적 후보를 생성한다. 이러한 표적 후보들의 정보로부터 단일 표적의 결정은 CCD 카메라를 이용한 방법에 의해 생성된 표적 후보와 적외선 레인지파인더를 이용한 방법에 의해 생성된 각각의 후보들에 대하여 방위각 오차 θ_e 및 폭의 오차 w_e

$$w_e = |w_m - w_t| \quad (15)$$

$$\theta_e = |\theta_m - \phi_t| \quad (16)$$

를 계산하고 다음의 식

$$F = \alpha_i w_e + \beta_i \theta_e \quad (17)$$

에 의하여 F가 최소로 되는 표적후보를 선택하므로써 이루어진다. 이때 각 오차의 가중치는 반복 실험에 의해 $\alpha_i=0.5$, $\beta_i=0.5$ 로 결정되었으며, 결정된 단일 표적의 방위각 및 거리는 적외선 레인지파인더를 이용하여 얻은 방위각 및 거리이다. Fig.15는 센서 데이터 입력으로부터 표적 추적을 위해 필요한 표적의 거리 및 방위각 정보를 형성하여 표적을 추적하는 과정의 알고리즘을 나타낸 흐름도이다.

한편, 제안된 표적 추적 시스템에 있어서 센서의 물리적인 특성에 기인한 표적 인식의 불확실성으로 인하여 표적 후보를 생성하지 못하는 경우가 발생

할 수 있다. 이러한 상황에서는 (17)을 이용한 단일 표적의 결정은 불가능하므로 이에 대한 대처가 필요하다. Fig.16은 이와 같은 경우에 있어서 표적의 방위각 및 거리정보를 생성하는 알고리즘을 나타내며 Fig.15의 표적 추적 알고리즘(Target estimation algorithm)에 해당된다. 적외선 레인지파인더의 경우, 표적이 다른 구조물에 근접하여 표적후보가 존재하지 않거나, 표적 후보를 생성

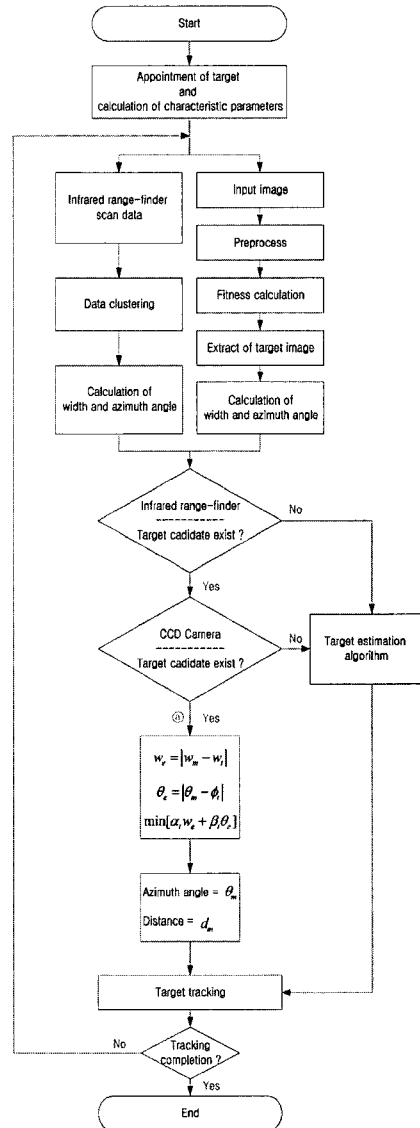


Fig. 15 Flowchart of the target tracking algorithm

하였으나 실제 표적은 다른 구조물과 함께 집단화된 경우, CCD 카메라를 이용한 방법에 의해 결정된 방위각과 이에 해당하는 방향의 적외선 레인지파인더의 거리 데이터를 이용하여 표적의 방위각 및 거리정보를 생성한다. 또한 CCD카메라가 조도의 순간적 변화로 표적형상을 상실하거나 주위 환경과 표적의 명암도가 유사하여 표적 형상이 왜곡된 경우 표적후보를 생성하지 못한 경우, 적외선 레인지파인더를 이용한 방법에서 결정된 방위각과 거리 데이터를 이용하여 표적의 방위각 및 거리정보를 생성한다. 두 가지 방법으로 모두 표적 후보를 생성하지 못한 경우는 표적을 재 설정하기 위한 대기 상태로 전환된다.

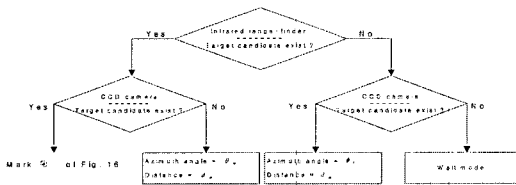


Fig. 16 Flowchart of target estimation algorithm

4. 실험 및 고찰

4.1 실험 환경

Fig. 17은 표적 추적 실험을 위한 환경을 나타낸다. A에는 센서의 광반사 노이즈를 유발시킬 가능성이 있는 철재캐비닛이 위치하고 있으며, B와 C에는 불규칙한 모양을 가지는 물건들이 위치해 있다. 실험은 2회에 걸쳐서 실시되었으며, 표적이 이동한 궤적은 각각 점선(Case 1)과 실선(Case 2)으로 나타내었다.

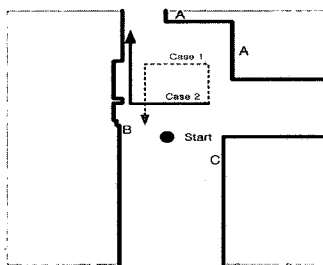


Fig. 17 Experimental environment for target tracking

4.2 실험 결과

Fig.18, Fig.19는 Fig.17의 점선과 같은 궤적으로 표적이 이동할 때 표적을 추적한 실험 결과를 나타낸 것이다. 각각의 그림은 표적을 추적하는 전체과정의 매 1/2시점의 상태를 나타낸다. 여기서 활체어는 오각형으로 표현되고 표적은 원형의 점으로 표현된다. 실선으로 연결된 +마크는 적외선 레인지파인더의 각 방위각에 대한 입력 데이터를 나타낸다. 또한 Fig.20은 CCD 카메라를 이용하여 표적의 추적을 실행하는 과정을 나타낸다. 영상에서 흰색 실선의 교차점은 추정된 표적의 중심 좌표를 나타낸다. 표적 주위에 존재하는 유사한 명암도를 가지는 물체에 의해 표적의 중심이 일정하지 않은 현상이 나타나지만 전체적으로 볼 때 지속적으로 표적을 추적함을 알 수 있다.

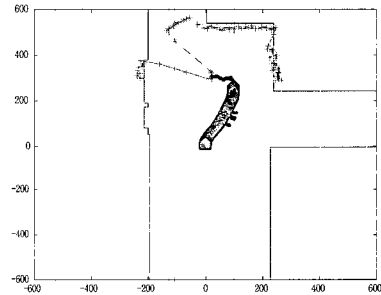


Fig. 18 1/2 passage of tracking process in Case 1

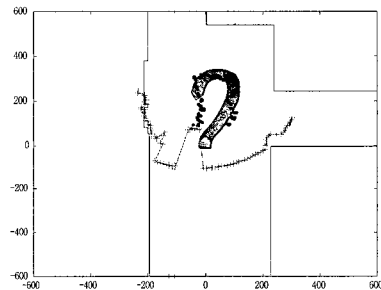


Fig. 19 Tracking completion in Case 1

Fig.21, Fig.22는 표적이 실선과 같이 이동할 때 표적을 추적하는 전체 과정의 매 1/2시점의 상태를 나타낸 것이다. Fig.23은 CCD 카메라를 이용하여 표적의 추적을 실행하는 과정을 나타낸다.

실험 결과로부터 표적이 벽을 따라 이동하는 경우에도 휠체어가 비교적 우수한 추적 성능을 보임을 알 수 있다.

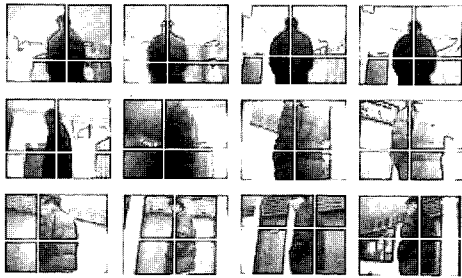


Fig. 20 Tracking process of CCD camera in Case 1

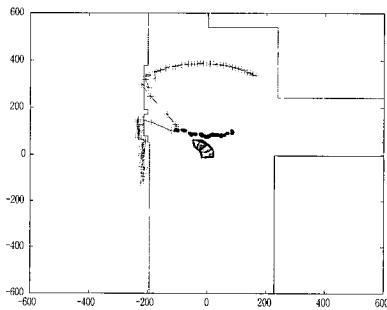


Fig. 21 1/2 passage of tracking process in Case 2

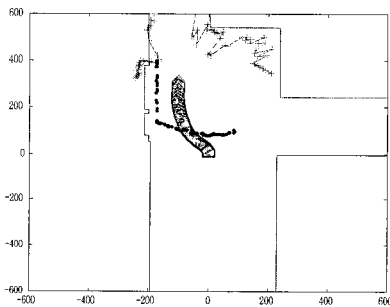


Fig. 22 Tracking completion in Case 2

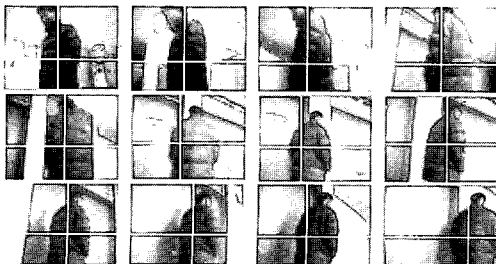


Fig. 23 Tracking process of CCD camera in Case 2

5. 결 론

본 논문에서는 적외선 레이저파인더와 CCD 카메라를 이용한 휠체어용 표적 추적 시스템을 제안하였다.

제안된 시스템은 적외선 레이저 파인더로부터 얻은 이차원 위치정보로부터 표적 후보군을 생성하는 한편 CCD 영상으로부터 표적의 특징 파라미터를 추출하여, 이들 두 정보를 융합함으로써 표적의 결정에 따른 불확실성과 표적의 위치오차를 최소화하도록 하였다. 제안된 시스템에 대한 검증실험 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 표적이 벽면에 인접한 경우와 같이 적외선 레이저파인더 단독으로 인식이 어려운 환경이나 조도의 변화로 CCD 카메라에 영향을 주는 환경에서도 표적의 인식이 가능하다.

둘째, 적외선 레이저파인더로부터 얻은 2차원 (거리, 방위) 정보와 CCD 카메라로부터 얻은 영상정보를 융합함으로써 표적에 대한 정확한 3차원 정보를 얻을 수 있어 휠체어의 정확한 표적 추적이 가능하다.

셋째, 표적 인식 및 추적의 실시간성이 보장된다. 따라서 본 논문에서 제안된 표적 추적 시스템은 병원 등의 옥내 환경을 주행하는 지능 휠체어에 있어 장애인들의 주행조작을 최소화할 수 있는 구체적인 한 방안으로 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] S. Blackman and R. Popoli, Design and Analysis of Modern Tracking Systems, Artech House, 1999.
- [2] G. Dudek and M. Jenkin, Computational Principles of Mobile Robotics, Cambridge University Press, 2000.
- [3] Y. D. Kwon and J. S. Lee, "A Stochastic Map Building Method for Mobile Robot using 2-D Laser Range finder", Journal of Autonomous Robots, Vol. 7, No. 2, pp.187-200, 1999.

- [4] R. Gonzalez and R. Woods, Digital Image Processing, Prentice Hall, 2002.
- [5] R. Feris, T. Campos, and R. Cesar, "Detection and Tracking of Facial Features in Video Sequences", Lecture Notes in Artificial Intelligence, Vol.1793, pp. 197-206, 2000.
- [6] Yun-su Ha and Heon-hee Kim, "Environmental Map Building for a Mobile Robot using Infrared range-finder Sensors", Int. Journal of Advanced Robotics, Vol. 18, No.4, pp. 437-450, 2004.
- [7] 하윤수, 김헌희, "이동로봇용 적외선 레인지 파인더의 특성분석 및 비선형편향오차 보정에 관한 연구", 한국박용기관학회지, 제27권, 제5호, pp.641-647, 2003.
- [8] 최진규, 하윤수, "멀티센서 데이터 융합에 의한 차륜형 이동체 위치추정 시스템의 정도개선에 관한연구", 한국박용기관학회지, 제24권, 제1호, pp.119-125, 2000.
- [9] Yun-Su Ha and Shin'ichi Yuta, "Trajectory Tracking Control for Navigation of the Inverse Pendulum Type Self-Contained Mobile Robot", Int. Journal of Robotics and Autonomous System, Vol. 17, pp. 65-80, 1996.
- [10] J. Borenstein, H. Everett, and L. Feng, Where am I? Sensor and Methods for Mobile Robot Positioning, The University of Michigan, 1996.
- [11] NHK 방송기술연구소, C 언어에 의한 화상 처리 실무, 국제테크노정보 연구소, 1994.

저 자 소 개



하윤수 (河潤秀)

1962년 4월생. 1986년 한국해양대학교 기관학과 졸업. 1990년 동 대학원 졸업(공학석사). 1996년 일본 쓰쿠바대학 대학원 졸업(공학박사). 1996~ 현재 한국해양대학교 IT공학부 부교수



한동희 (韓東熙)

1974년 7월생. 2001, 2003년 한국해양대학교 제어계측공학과 및 동대학원 석사과정 졸업. 2003~ 현재 MOSTITECH CO., LTD. 선임연구원