

전동휠체어 자동 주행을 위한 복도영상 해석

문철홍* · 한영환 · 홍승홍

=Abstract=

The Corridor Scene Analysis for a Motorized Wheelchair's Automatic Locomotion

C. H. Moon*, Y. H. Han, S. H. Hong

In this paper, a way to analysis a corridor scene for a vehicle's automatic locomotion is presented. In general, it's necessary for a vision system of vehicles to identify its positions in given environments. The suggested algorithm is to decide base lines of a corridor image using the vanishing point finding. Feature points are extracted on the base line using a base line extraction tree. This algorithm is suitable for a motorized wheelchair's self locomotion in a building.

Key words : Land mark, Vanishing point, Rotation transform

서론

모든 사람에게 있어서 이동능력은 높이 평가되어진다. 그러나 육체적인 결함으로 인해 이동능력이 없는 사람들도 있다. 이러한 사람들은 어떠한 기구에 의존할 수밖에 없다. 이동능력이 부족한 장애인의 보조 장치로서 기구적인 형태로 이동에 도움을 주는 각종 장치들이 개발되고 있다. 이들 중에서 수동휠체어가 가장 일반적으로 이용되는 보조 장치이다. 장애 정도에 따라 여러 종류의 휠체어가 사용되는데, 특히 사지마비 장애인들을 위한 자동 주행 휠체어가 최근에 관심을 모으고 있다. 그동안 본 연구실에서 사지마비 장애인을 위한 다기능 전동휠체어의 개발을 목표로 전방향으로 구동하고, 다기능적으로 구동할 수 있으며, 안전성에 기반을 두고 장거리를 주행할 수 있는 전동화 휠체어(INMEL시리즈라 명명함)를 개발하여 왔다¹⁾. 휠체어가 보조자의 도움없이 주행하기 위해서는 주어진

환경에서 자신의 위치와 이동할 목표점을 추정할 수 있어야 한다. 이를 위해 이동 로봇의 자동 주행 방법을 이용하여, 안내선(guide line)을 따라 가는 방법이 고안되었다²⁾. 이 방법은 연속되는 안내선의 중심을 검출하여 주행하는 방법으로 실시간 처리가 가능하다는 장점이 있으나, 안내선이 설치되지 않은 환경에서는 주행이 불가능하다는 단점이 있다. 다른 한가지 방법은 벽에 부착된 지표(land mark)를 이용하는 것이다³⁾. 이 방법은 입력되는 영상에서 지표에 대해서 계산하기 때문에 휠체어 자신의 좌표를 알 수 있다는 장점이 있으나, 실제 주행을 위해서는 여러가지 모양의 지표가 필요하며, 지표를 추적하지 못하면 주행을 할 수 없다는 단점이 있다. 쪼끼야마는 복도의 한 쪽 면만을 입력받아서 주행하는 방법을 고안하였으며⁴⁾, 칸바라는 복도의 특징을 단순화하여 주행할 수 있는 방법을 제안하였다⁵⁾. 쪼끼야마와 칸바라의 방법은 입력 과정에서의 조그만 오차는 주행 지도 구성에 심한 오차를 유발시킬 수 있

인하대학교 전자공학과

Dept. of Electronics, Inha Univ.

* 초당산업대학교 정보통신공학과

* Dept. of Inf. & Com., Chodang Industrial Univ.

통신저자: 문철홍, (533-800) 전남 무안군 무안을 성남리 419, Tel. (0636) 453-4960~8, Fax. (0636) 453-4969

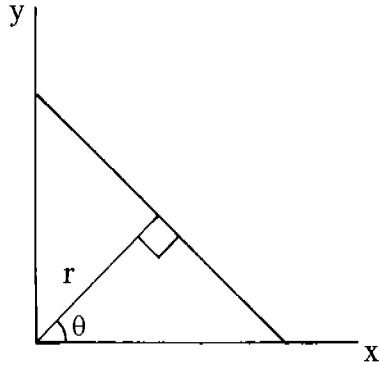


그림 1. θ - r 변수를 이용한 직선의 표현
Fig. 1. Representation of straight line using the θ - r

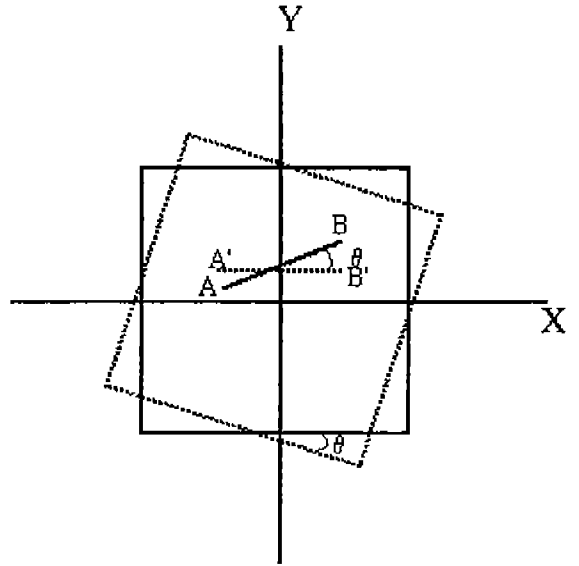


그림 2. 영상 평면의 회전
Fig. 2. Rotate of an image plane

다. 이러한 단점을 해결하기 위해서 본 논문에서는 복도 영상에서 간단히 발견할 수 있는 형상(문, 벽면, 기둥)을 지표로 이용하여 자동 주행하는 방법을 전동휠체어에 적용하였다. 소멸점(vanishing point)의 개념을 이용하여 전동휠체어 주행을 위한 특징점을 추출하며, 스테레오 영상에서 추출된 특징점은 전동화 휠체어의 주행을 위한 거리 계측에 사용될 수 있다(전동휠체어는 실내에서만 주행한다는 가정을 한다).

본 논문은 2장에서 회전변환을 이용한 직선 성분의 추출에 대해서 기술하고, 3장에서는 소멸점의 개념에 대한 재조명을 하였다. 4장에서는 기준선과 특징점의 검출 알고리즘, 5장에서는 실험결과와 고찰을 행하고 6장에 결론을 보였다.

직선성분의 추출

직선 검출을 위한 일반적인 방법으로 휴(Hough)변환이 사용되고 있고, 휴변환에서 직선은 법선의 각도 θ 와 대수적거리 r 로서 그림 1과 같이 나타내어질 수 있다. 이때의 직선의 방정식은 다음과 같다.

$$x \cos \theta + y \sin \theta = r \tag{1}$$

휴변환 과정에서 r - θ 평면은 양자화 되고 2-D 어큐물레이터 어레이에 의해 표시된다. 각 어큐물레이터 셀은 그려진 특징점의 수만을 계수하고 어떤 픽셀이 어느 직선에 포함되는지를 보존하지는 않는다. 직선 선분은 어큐물레이터에 임계치를 적용함으로써 그 위치를 알아낸다.

회전변환 방법⁷⁾을 기초로하여 본 논문에서는 θ 공간에 의해 제한되어진 회전변환을 이용한다. 복도 영상은 3가

지 기본축으로 구성되어진다. 수평축과 수직축, 그리고 두 개의 기본 성분으로 구성된 광학축이 그것이다.

먼저 보정되어진 영상 평면의 중심을 축으로 일정각도 만큼 영상을 회전시킨다. 그리고 각 회전되어진 영상에서 수평선분의 끝점들을 찾기위해서 수평방향으로 추적한다. 마지막으로 발견된 끝점들을 원 에지영상에서의 직선 선분을 얻기위해서 역회전을 시킨다.

그림 2에서 직선 선분 "AB"와 X축은 θ 의 각도를 이룬다. 만약 영상평면을 중심에 대하여 θ 만큼 회전시키면, 원래의 에지영상 "AB"에 대응하는 "A'B'"를 얻을 수 있고 이는 X축과 평행하다. 원 영상에서의 각 에지성분은 식 (2)에 의해서 회전변환된다.

$$\begin{aligned} x' &= x \times \cos \theta + y \times \sin \theta \\ y' &= -x \times \sin \theta + y \times \cos \theta = r \end{aligned} \tag{2}$$

여기서 x' , y' 는 원 영상의점 x , y 를 회전변환시킨 점이다. 식 (3)은 추출된 직선의 양 끝점을 역회전시키는 변환을 나타낸다.

$$\begin{aligned} x &= x' \times \cos \theta + y' \times \sin \theta \\ y &= x' \times \sin \theta + y' \times \cos \theta = r \end{aligned} \tag{3}$$

회전변환에 의해서 검출된 직선 선분은 4가지 튜플(r ,

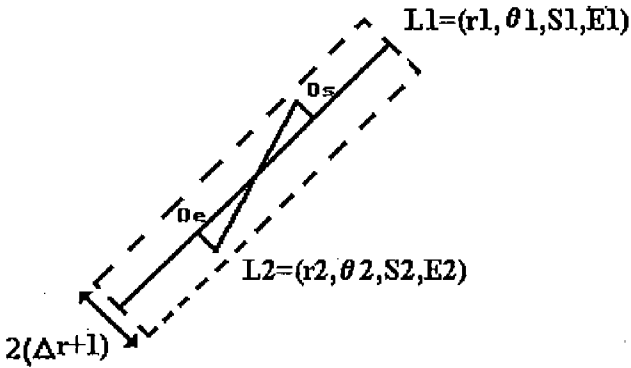


그림 3. 두 직선의 겹침
Fig. 3. Overlapping of two lines

θ, S, E)로써 정의되며, 여기서 S 와 E 는 직선 선분의 시작점과 끝점의 좌표이다.

그림 3의 두 직선 $L_1 = (r_1, \theta_1, S_1, E_1)$ 과 $L_2 = (r_2, \theta_2, S_2, E_2)$ 를 비교하였을 때, L_1 의 길이가 L_2 보다 크면 L_2 는 무시되고 L_1 만이 선분으로 인정된다. 두 직선의 비교는 두 직선 중에 긴 직선 영역에서 행하기 때문에 긴 직선의 θ 와 짧은 직선의 시작점과 끝점에 의해 구할 수 있으며, 식 (3)의 D_s 와 D_e 가 임계치 이하일 경우 중복된 직선으로 간주한다.

$$\begin{aligned} D_s &= S_2(x) \times \cos \theta_1 + S_2(y) \times \sin \theta_1 \\ D_e &= E_2(x) \times \cos \theta_1 + E_2(y) \times \sin \theta_1 \end{aligned} \quad (4)$$

파라미터 평면 영역 제한 후 변환은 검출대상 직선의 방향이 제한되어 있을 경우, 각 화소에 대한 $\theta-\rho$ 파라미터 평면에서의 궤적을 제한되어진 범위내의 직선만을 그리는 방식이다. 이 방식에 의해 필요로 하는 메모리양과 시간을 대폭적으로 감소시킬 수 있으며, 불필요한 직선의 검출을 방지할 수 있다.

복도영상에서는 수평선과 수직선 그리고 사선의 경우에 대해서만 영역을 제한시킬 필요가 있다. 이때 파라미터 평면위의 $\theta=0^\circ$ 은 X-Y 평면위의 수평선에 대응하고, $\theta=90^\circ$ 은 수직선에 대응하게 된다. 실제로는 직선에 $2^\circ \sim 3^\circ$ 정도의 기울기가 있을 경우(오차)도 생각하여 $\theta-\rho$ 파라미터 평면을 그림 4와같이 축의 $-3^\circ \sim 3^\circ$ 의 영역, $40^\circ \sim 50^\circ$ 의 영역, $87^\circ \sim 93^\circ$ 의 영역만을 θ 축의 영역으로 제한하여도 수직선, 수평선, 사선이 추출된다.

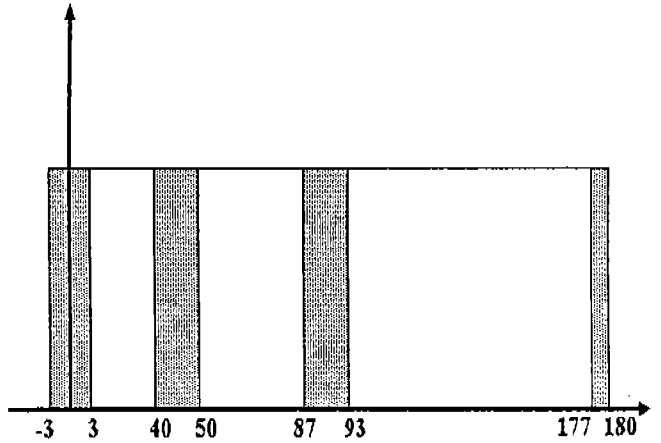


그림 4. 영역을 제한한 파라미터 평면
Fig. 4. The limited parameter plane

소멸점

복도영상에는 여러가지 정보가 있다. 그중의 하나는 복도가 장방형 평행 육면체라는 것이고, 이 육면체의 각 축을 따라서 여러직선이 존재한다는 것이다⁹⁾. 이를 이용하여 영상평면상에서 소멸점을 얻을 수 있다^{9, 10)}. 3차원 영상에서의 광학축 Z에 대해서 0이 아닌 기울기를 갖는 직선의 영상투영 평면상으로의 원근법적인 투영은 소멸점에서 만나게 된다. 직선 L은 점들의 집합으로 구성된다.

$$L = \left\{ \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} \text{ for some } \lambda, \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{pmatrix} + \lambda \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{pmatrix} \right\} \quad (5)$$

각 직선은 (a_1, a_2, a_3) 인 점을 지나고 방향 코사인 (b_1, b_2, b_3) 를 갖는다. 여기서 $b_1^2 + b_2^2 + b_3^2 = 1$ 이다. 직선 L상에 있는 한점의 원근법적인 투영 (u, v) 는 임의의 λ 에 대하여 다음 식과 같다. 식에서 f 는 촛점거리이다.

$$u = f \frac{a_1 + \lambda b_1 - x_0}{a_3 + \lambda b_3 - z_0}, \quad v = \frac{a_2 + \lambda b_2 - y_0}{a_3 + \lambda b_3 - z_0} \quad (6)$$

여기서 (x_0, y_0, z_0) 는 원근의 중심이다. 직선의 중심으로 부터 먼 거리에 있는 점은 다음과 같이 정의되어진다.

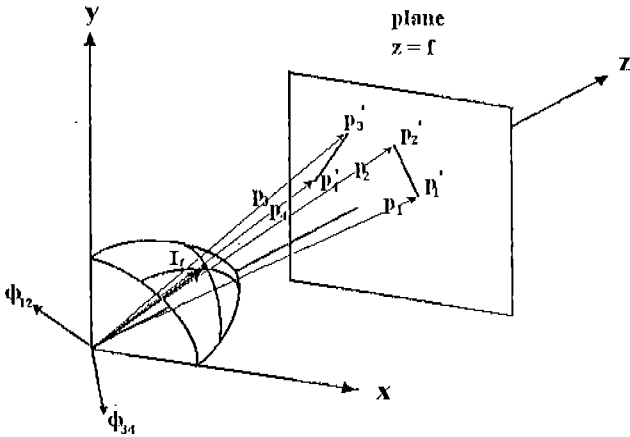


그림 5. 소멸점의 기하학적 관계
Fig. 5. Geometric relationships of vanishing point

$$u_{\infty} = \lim_{x \rightarrow \infty} f \frac{a_1 + \lambda b_1 - x_0}{a_3 + \lambda b_3 - z_0} = f \frac{b_1}{b_3} \tag{7}$$

$$v_{\infty} = \lim_{x \rightarrow \infty} f \frac{a_1 + \lambda b_1 - x_0}{a_3 + \lambda b_3 - z_0} = f \frac{b_2}{b_3}$$

일련의 외적을 이용하여서 영상평면에서의 직선 선분의 교차점을 향한 벡터를 결정한다. 이상적인 경우의 교차점을 향한 벡터계산은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} P_i &= (x_i, y_i, f)^T & i &= 1, 2, 3, 4 \\ \phi_{12} &= \frac{P_1 \times P_2}{|P_1 \times P_2|} & \phi_{34} &= \frac{P_3 \times P_4}{|P_3 \times P_4|} \\ I_f &= \frac{\phi_{12} \times \phi_{34}}{|\phi_{12} \times \phi_{34}|} = w_f(\bar{x} \ \bar{y} \ f \ z)^T \end{aligned} \tag{8}$$

I_f 는 영상평면에서 직선의 교차점을 나타낸다. 식에서 P_1 과 P_2 는 같은 직선상의 점들이고 P_3 와 P_4 는 또 다른 한 직선상의 점들이다.

식 (8)을 그림 5에 기하학적으로 나타냈다.

기준선과 특징점의 검출

복도와 같은 인위적인 3차원 환경은 수평면(마루 바닥)과 수직면(벽, 기둥, 문, 창문 등)으로 구성된다. 바닥과 벽에 의해 형성되는 경계선은 공간의 어느 위치에서도 보일 수 있는 길고 곧은 선이다. 즉 카메라에서 획득되는 복도 영상은 공간에서 평행한 양쪽 벽면 및 마루 바닥, 천정 등

의 면과 각 평면들의 교선을 포함한다. 소멸점의 이론적 배경에서 살펴본 바와 같이 공간에서 평행한 평면들은 소멸선을 형성하고, 이러한 소멸선들은 영상에서 직선의 윤곽선으로 나타난다. 또, 공간에서 평행한 직선군들은 2차원 영상에서 하나의 공통점으로 수렴한다. 복도 영상에서도 몇 개의 평행한 직선군으로 구분할 수 있다. 첫째 왼손 좌표계에서 바라볼 때 Y축과 평행하게 형성되는 직선군은 기둥, 문, 창문 등의 수직 성분으로 구성되며 영상을 벗어난 지점에서 소멸점이 생성된다. 두번째는 갈림길에서 발생하는 X축 성분이며, 이 성분은 전동휠체어 및 이동로봇의 주행경로 결정에 중요한 성분이 된다.

마지막으로 가장 중요한 성분은 광 축을 따라 형성되는 윤곽선으로, 복도의 마루 바닥 및 천정과 양쪽면에 의해 형성되는 네개의 평행한 직선 선분이다. 그러므로 갈림길이 있는 영상에서는 이론적으로 세개의 소멸점이 추정될 수 있으며, 갈림길이 없는 영상에서는 광축과 수직축을 따라 두개의 소멸점이 형성된다. 수평 및 수직축을 따라 형성되는 소멸점은 기준영상을 벗어나서 생성되기 때문에 실제 전동휠체어의 주행에 필요하지 않은 공간상의 점을 나타내기 때문에 실제 거리 측정에서는 사용하지 않는다. 복도 영상에서 광축을 따라 형성되는 소멸점은 카메라가 복도의 끝을 바라볼 때는 항상 기준영상 범위 내부에서 생성된다. 따라서 본 논문에서 사용하는 소멸점은 광축을 따라 생성되는 소멸점을 추정한다.

이 소멸점을 구성하는 윤곽선은 오른쪽 벽면과 바닥 평면, 왼쪽 벽면과 바닥 평면, 왼쪽 벽면과 천정면, 오른쪽 벽면과 천정면에 의해 생성되며, 영상에서 카메라의 촛점 거리에 따라 일정한 각도를 유지한다. 이러한 규칙은 영상에서 직선 선분 검출에 매우 편리하다. 또한 전동휠체어가 복도 평면을 주행한다면 소멸점을 기준으로 해서 소멸점에서 가까운 영역은 실제 주행과 무관하기 때문에 해석을 유보하고, 소멸점 먼 영역에 대해서만 해석한다.

복도 영상을 형태별로 분류해보면 다음 그림 6과 같다.

1. Z축 방향의 소멸점

회전 변환을 통하여 추출된 한 직선은 회전 변환 과정에서의 오차를 포함할 수 있기 때문에 정확한 소멸점 추정을 위하여 Z축 직선 영역에서 N픽셀 (x, y) 의 영상 데이터 집합을 직선 모델로 적합시킨다¹¹⁾

$$y(x) = y(x : a, b) = a + bx \tag{9}$$

최우도 함수(maximum likelihood function)를 이용하여

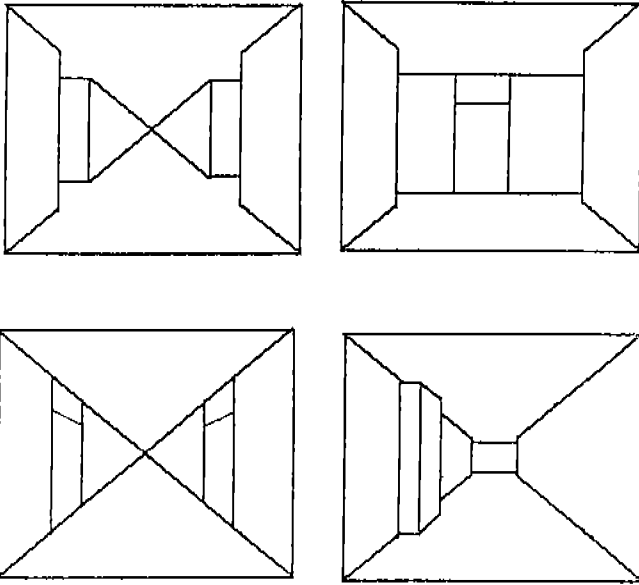


그림 6. 복도 영상의 분류. a) 십자로, b) 좌(우)측 갈림길, c) 좌(우)측 문, d) 좌(우)측 기둥
 Fig. 6. The classification of corridor scene. a) The cross road, b) A left(right) branch, c) A left(right) door, d) A left(right) pillar

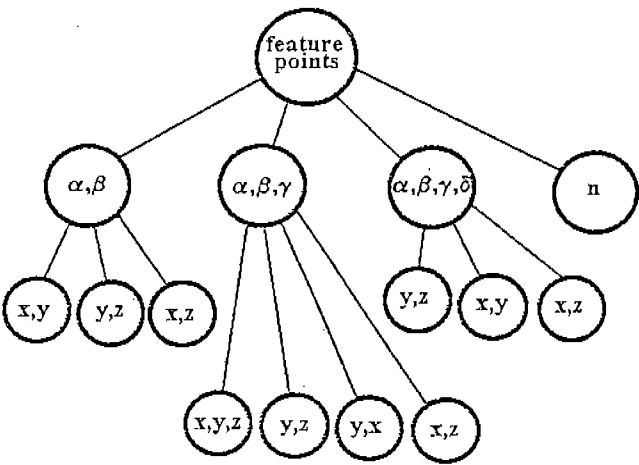


그림 7. 기준선 추출 트리
 Fig. 7. Base line extraction tree

직선에 대한 기울기 및 절편을 구할 수 있고, 직선 추출과정에서 검출된 Z축방향의 모든 직선에 대하여 기울기 및 절편을 구한다.

추출된 직선의 방정식에서 두 직선을 취하여 교점을 구하고, 각 교점의 평균값을 소멸점으로 추정한다.

기준선이란 바닥평면과 양쪽의 벽면에 의해 형성되는

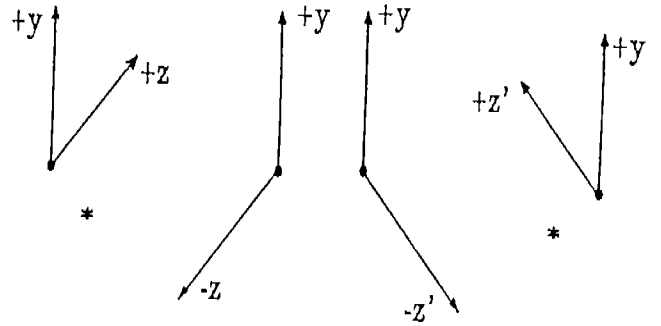


그림 8. $\text{Root} \setminus (\alpha, \beta) \setminus (Y, Z)$ 마디
 Fig. 8. $\text{Root} \setminus (\alpha, \beta) \setminus (Y, Z)$ node

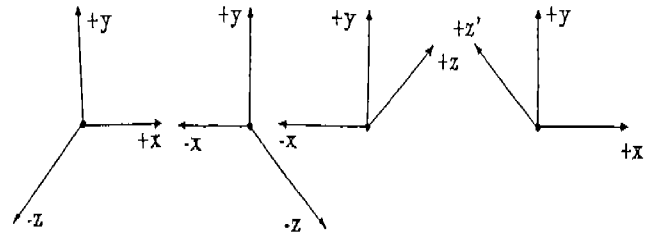


그림 9. $\text{Root} \setminus (\alpha, \beta, \gamma) \setminus (X, Y, Z)$ 마디
 Fig. 9. $\text{Root} \setminus (\alpha, \beta, \gamma) \setminus (X, Y, Z)$ node

윤곽선으로 정의되고, 복도 형상의 중요한 특징들(갈림길, 기둥, 문 등)은 이러한 기준선 혹은 기준선과 연결된 직선 상에 존재한다.

다음은 기준선의 검출 알고리즘이다.

1. 광학축의 양 사이드에서 광축선분을 검출한다.
2. 소멸점을 추정한다.
3. 만약 소멸점으로부터 직선까지의 수직 거리가 임계치 보다 작으면 이때의 직선선분을 기준선 후보라 여긴다.
4. 재구성된 영상에 3차원 B 스프라인을 이용하는¹²⁾ 모퉁이 검출 알고리즘을 적용하여 기준선 후보에서 모퉁이를 얻는다.
5. 기준선 후보에 있는 모퉁이에 기준선 검출 트리를 적용하여 기준선을 결정한다.

그림 7은 기준선 추출 트리를 보여준다.

그림 8, 그림 9, 그림 10에서는 그림 7의 종단 마디 중의 일부분을 나타냈고, 그림 8은 두 각 (α, β) 와 두 축 Y, Z로 이루어진 4가지 종류의 특징점들을 나타낸다. 여기서 *로 표시된 두 모퉁이는 X축이나 Y축을 추가해야 특징점이

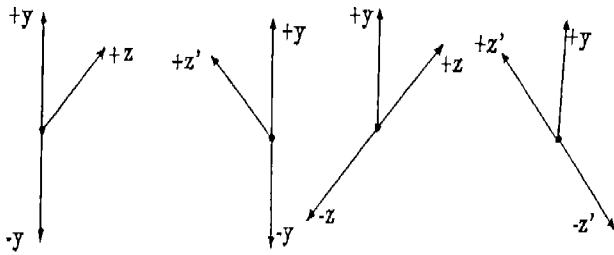


그림 10. $\text{Root}(\alpha, \beta, \gamma)(Y, Z)$ 마디
 Fig. 10. $\text{Root}(\alpha, \beta, \gamma)(Y, Z)$ node

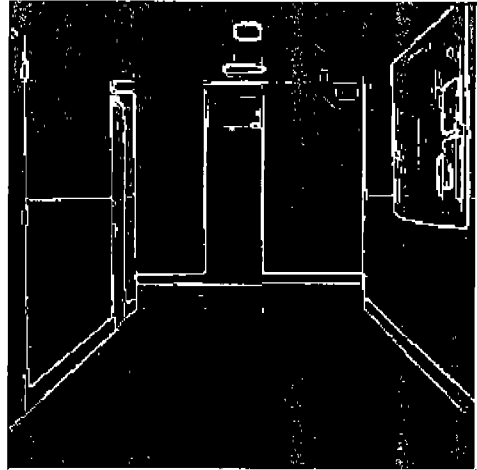


그림 12. 복도 영상의 에지 검출
 Fig. 12. Edge detection of the corridor scene

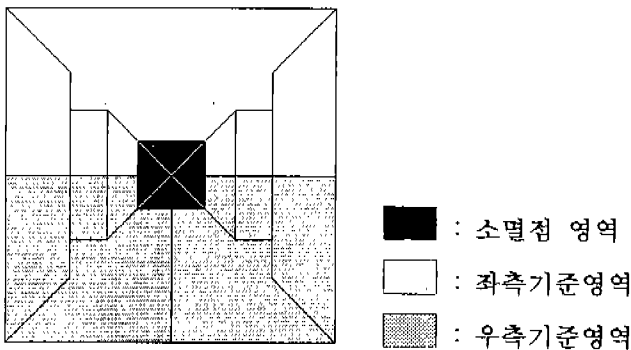


그림 11. 영상의 소멸점 영역
 Fig. 11. The region of vanishing point

실험 결과 및 고찰

복도영상의 해석방법을 실험하기 위하여, 복도 영상으로 256그레이 값을 갖는 512*480 픽셀로 구성된 영상을 입력하여, 이미지 보드(PC vision PLUS)에 의해서 256*256 픽셀로 양자화시켜 처리하였다. 최종적으로 전동 휠체어의 주행을 위한 주행 지도를 구성하기 위하여 두 카메라의 간격을 10cm 이동시켜서 스테레오 영상을 얻고 두 영상의 특징점을 추출하여 복도 영상을 재구성하였다. 복도 영상의 윤곽선 검출은 그라디언트를 이용하였으며 결과를 그림 12에 나타내었다.

그림 13은 회전변환 방법에 의해 추출된 수직 직선 선분들을 보여준다.

그림 14는 수평 직선선분들을 그림 15는 Z축(광학축)에 평행한 선분들을 보여준다.

추출된 기준선과 소멸점을 그림 16에 나타내었다. 좌측 영상의 소멸점과 우측영상의 소멸점을 비교해보면 일정한 변위가 나타남을 알 수 있다. 그림 17(a)는 좌측 카메라에서 입력된 영상을 재구성하여 얻은 영상이며 그림 17(b)는 우측 카메라에서 입력된 영상을 재구성하여 얻은 영상이다.

표 1은 그림 18의 특징점중에서 기준선 상의 특징점에 대한 거리 측정 결과이다.

쓰끼야마의 방법에서는 인위적 환경을 이동 로봇트가 주행하면서 복도의 어느 한 방향의 벽면 영상을 입력받기 때문에 입력과정에서의 조그만 오차는 주행 지도 구성에

될 수 있다.

그림 9는 세 각(α, β, γ)와 세 축 X, Y, Z로 구성된 4가지 종류의 특징점을 나타낸다. 그림 10은 세 각(α, β, γ)와 두 축 Y, Z로 이루어진 특징점들이다.

전동화 휠체어가 복도를 주행하면서 얻은 영상에서 카메라로부터 무한거리에 있는 한 영역을 취할 수 있는데 이 영역을 영상평면의 소멸점 영역이라 한다. 다시 영상평면은 좌측기준영역, 우측기준영역으로 분류한다. 다음은 한 기준영역에서 특징점들을 찾는 과정으로 다음과 같다.

1. 기준선 상의 모퉁이를 검색한다.
2. 소멸점 영역에서 가장 가까운 기준선 상의 모퉁이에서 이 점에 연결된 직선 상의 모퉁이를 검색한다.
3. 과정 2에서 X 및 Y축 직선이 동시에 존재할 때는 X축 직선 방향으로 검색한다.
4. 소멸점 영역까지 검색을 하며, 과정 2, 3에서 검색된 모퉁이를 특징점으로 인식하며, 한개의 특징점은 두 가지 튜플(특징점 형태, 위치)로써 정의된다.

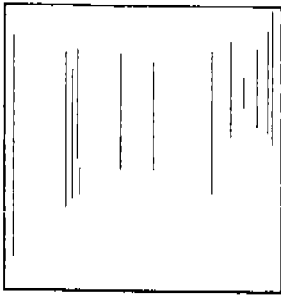


그림 13. 수직 직선 선분
Fig. 13. Vertical line segments

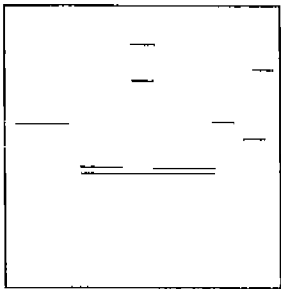


그림 14. 수평 직선 선분
Fig. 14. Horizontal line segments

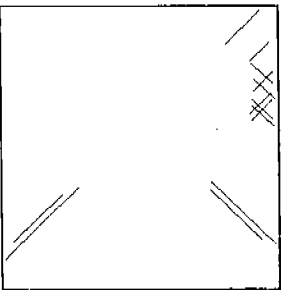


그림 15. Z 축 직선 선분
Fig. 15. Line segments of Z-axis

심한 오류를 발생시킬 수 있으며, 칸바라는 복도의 특징점을 단순하게 국한시키고 있기 때문에 실제 주행 지도 구성에서 손실되는 특징점이 많다. 본 논문에서는 썩기야마의 방법에서 주행지도의 오류, 칸바라의 특징점 단순화에 의한 손실 등의 보완을 위하여 복도 영상에 소멸점을 도입하여 특징점을 탐색할 수 있는 영역을 제한시켰으며, 스테레오 영상에서 기준선 추출 트리를 이용하여 특징점을 추출하였다. 그림 18에 최종적으로 탐색된 특징점들을 나타냈다. 회전 변환을 이용한 직선 추출과정에서 직선추출 오류로 인하여, 모퉁이 검출이 불가능하였으며 그림 18(a)의 좌측 특징점에서 하나의 특징점이 소실되었다. 이러한 점을 보완하는 방법이 필요하였으며, 좌측 및 우측의 특징점을 이용하여 삼각법에 의하여 특징점까지의 거리를 측정

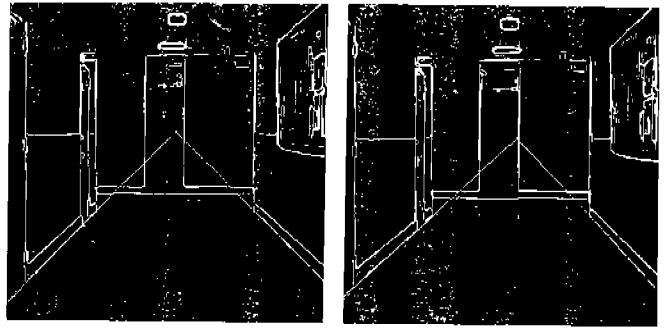


그림 16. 추출된 소멸점과 기준선. a) 좌측, b) 우측
Fig. 16. Extracted vanishing point and base line. a) left, b) right

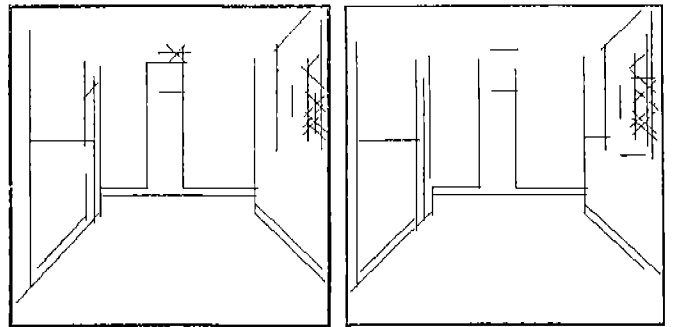


그림 17. 재구성된 복도영상. a) 좌측, b) 우측
Fig. 17. The reconstructed corridor scene. a) left, b) right

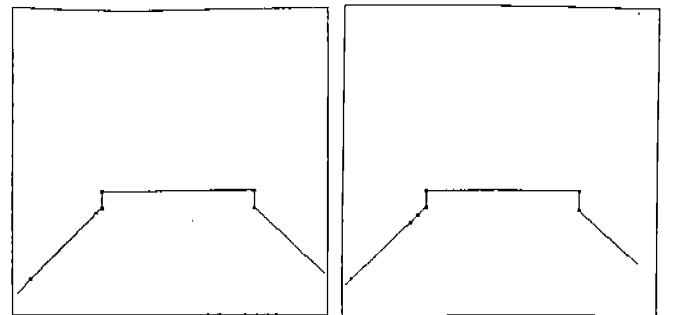


그림 18. 추출된 특징점. a) 좌측, b) 우측
Fig. 18. Extracted feature points. a) left, b) right

하였다. 거리 측정과정에서 공간 상에서는 두 점에 해당하나 동차 좌표의 영향으로 영상 평면에 한 점으로 나타나는 특징점은 거리측정에서 심한 오차를 발생하기 때문에 표에서는 생략하였다.

표 1. 측정된 거리

Table 1. Measured distance

	변 위	특징점까지의 실제 거리	특징점까지의 측정 거리
a	7	669	710
b	×	×	×
c	4	1176	1240
d	3	1300	1654
e	3	1634	1654

결 론

본 연구에서의 실험에 의해 얻어진 결과는 다음과 같다. 복도상에서 이동하는 전동휠체어의 주행을 위한 비전시스템의 복도영상 해석방법으로 복도영상에 소멸점 개념을 도입하였으며, 복도영상의 특정 직선 만을 추출할 수 있는 파라미터 영역 제한 회전 변환 방법을 제안하여 직선의 중복 검출을 최소화 하였고, 바닥과 벽에 의해서 만들어지는 모퉁이는 모퉁이를 이루는 각의 수와 축의 수에 따라서 분류가 되는데 기준선 추출 트리를 이용하여 기준선과 특징점을 검출하는 방법을 제안하였다. 타 방법에 비해 적은 특징점만을 이용하여 스테레오영상의 정합을 가능하게 할 수 있으며, 이 방법은 전동휠체어의 복도 주행에 직접 적용될 수 있으리라 생각된다.

References

1. 홍승홍 외. 지체부자유자를 위한 다기능 전동휠체어의 연구개발. 과학기술처 특정과제 연구보고서, 1990, 1991
2. Richard L. Madarasz. *The design of an autonomous vehicle for the disabled*. IEEE Robotics Automation, Vol. RA-2, pp.117-125, 1986
3. 문철홍, 홍승홍. 영상 정보를 이용한 전동휠체어의 주행 시스템 설계. 의공학회지, 제 14 권 2호, pp. 107-112, 1993
4. 윤정남 외. 스테레오 시각 정보를 이용한 4각 보행 로봇의 3차원 위치 및 자세 검출. 대한 전자공학회, pp.1108-1120, 1990. 8
5. Toshifumi Tsukiyama and Thomas S. Husang. *Motion streeo for navigation of autonomous Vehcecles in man-made environments*. Pattern Recognition, Vol. 20, pp.105-113, 1987
6. T. Kanbara, J. Miura and Y. Shirai. *Selection of effcient landmarks for an autonomous vehicle*. Proceedings of IROS 93, pp.1332-1338
7. Chee-Woo Kang, Rae-Hong Park and Kwae-Hi Lee. *Extraction of straight line segments using rotation transformation*. Pattern Recognition, Vol. 24, pp.633-644, 1991
8. Takeshi Sha Kunagu. *3-D corridor scene modeling from a single view under natural Lighting Conditions*. IEEE Trans. P.A. M.I., Vol 14, pp.293-298, 1992
9. R.M. Haralick and Linda G. shapiro. *Computer and robot vision*. Vol. 2, Addison-Wesley, 1993
10. M.J. Magee and J.K. Aggarwal. *Determining vanishing point concept from perspective images*. C.V.G.I.P, 26, pp.256-267, 1984
11. W.H. Press et al. *Numerical Recipees in C*. Cambridge Univ. Press, pp.517-539, 1988
12. H.C. Liu and M.D. Srinath. *Coner detection from chain code*. Pattern Recognition, Vol. 23, pp.51-68, 1990