

소실점 처리를 이용한 전동 휠체어의 자율 주행 판단

박 충식*, 김 재홍*, 이 봉근*, 구 민정*, 장 세인*, 이 한림**,
김 광백***, 강 현석****, 차 명석****
*영동대학교 컴퓨터공학과
**영동대학교 작업치료학과
***신라대학교 컴퓨터정보공학부
****이지테크

e-mail : leciel@youngdong.ac.kr, jhong@youngdong.ac.kr, bklee@youngdong.ac.kr,
leo1472@youngdong.ac.kr, sein777@hanmail.net, otst@youngdong.ac.kr,
gbkim@silla.ac.kr,
hskang@ezlab.com, mscha@ezlab.com

Deciding the Direction for Autonomous Navigation of the Powered Wheelchair with Vanishing Points

Choong-Shik Park*, Jae-Hong Kim*, Bong-Keun Lee*, Min-Jeong Koo*, Se-In Jang*,
Han-Lim Lee**, Kwang-Baek Kim***, Hyun-Seuk Kang****, Myoung-Seok Cha****
*Dept of Computer Engineering, Youngdong University
**Dept of Occupational Therapy, Youngdong University
***Division of Computer and Information Engineering, Silla University
****EasyTech

요 약

본 논문은 복도 영상에서 소실점만으로 방향을 판단하여 주행하는 방법을 제시한다. 허프 변환을 이용하여 추출된 선 성분으로 소실점을 구하고 다양한 경우를 고려하여 회전과 주행 방향을 판단한다. 제안된 방법으로 전동 휠체어를 이용하여 자율 주행을 확인하였다.

키워드 : Autonomous Navigation, Powered Wheelchair, Vanishing Point

1. 서론

카메라는 주변에 다양한 용도로 존재한다. 감시하기 위한 CCTV, 일상생활을 담아내기 위한 카메라, 화상채팅을 위한 캠 등 값싼 카메라가 존재하기 때문에 비전을 기반으로 적용할 응용분야는 매우 넓다고 할 수 있다. 하지만 영상인식이 쉽지 않아 원활한 해결을 하지 못하는 문제를 가지고 있다. 사람이 이동할 방향을 찾고 진행할 때 가장 중요한 부분은 시각이지만 그 방향을 찾을 때 소실점(vanishing point)을 판단하여 진행할 방향을 찾진 않는다. 그러나 기계는 인간

과 같은 인지능력을 가지고 있지 않기 때문에 주행 조건이 필요하다. 소실점이 생긴다는 것은 앞으로 진행이 가능하다고 판단할 수 있기 때문에 주행 조건으로 본 논문에서는 소실점을 이용하여 이동할 방향과 회전 방향을 판단한다.

소실점이란 선들이 한 지점으로 모여 만나는 점을 말한다. 소실점을 구하기 위해 먼저 선 성분을 구해야 하기 때문에 선 성분을 검출하는 가장 대표적인 허프 변환(Hough Transform)을 이용한다. 허프 변환을 이용한 연구는 차선을 검출하는데 많이 이용 되고 있으며[1,2], 더 나아가서 B-Snake 알고리즘을 사용하여 곡선을 인식하는 연구가 있다[3, 4]. 차선 검출은 소실점의 영역도 다루지만 소실점을 기준으로 영상을 분할하여 차선 검출을 위한 연구로 그치고

* 본 논문은 2008년 정부(교육과학기술부, 한국산업기술재단)의 재원으로 영동대학교 공학교육혁신센터지원사업의 대학재단 Capstone Design 과제 지원을 받아 수행된 연구입니다.

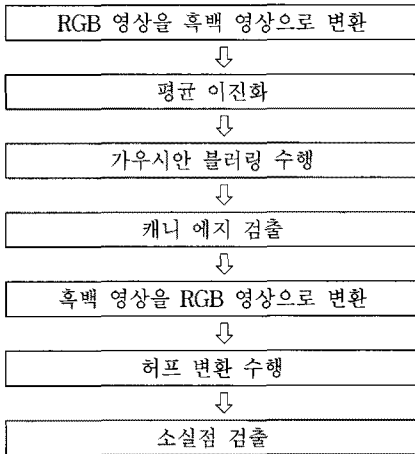
있다. 소실점을 이용한 연구에서는 주로 소실점이 거리를 검출하는데 사용된다[5, 6]. 소실점을 검출하는 방법은 Mean, RANSAC, Mean shift 외에도 여러 가지 방법이 있는데 Mean은 교점들의 평균 위치를 나타내고, RANSAC은 교점들 중에서 선과의 거리 합이 최소가 되는 것을 선택하게 되며, Mean shift는 교점들의 히스토그램에서 모드를 검출하는 것이다. 본 논문에서는 이 방법들 중에 실시간 처리를 위해 가장 간단히 계산할 수 있는 Mean방법을 사용한다.

따라서 본 논문에는 자율 주행을 위해 허프 변환으로 선 성분을 추출하고 그 선을 이용하여 주행과 회진 방향을 판단하는데 중요한 역할인 소실점을 검출하여 자율 주행하는 것을 그 목적으로 한다.

II. 소실점 처리를 이용한 자율 판단

2.1 영상 처리에 의한 소실점 검출

본 논문에서 제안한 자율주행 시스템의 방법은 획득한 영상을 흑백(Gray) 영상으로 만들어 이진화(binazation)시키고, 가우시안 블러링(Gaussian blurring)을 사용하여 잡음을 제거하고, 캐니 에지 검출(Canny edge detection) 알고리즘을 사용하여 에지를 찾아낸다. 찾아낸 에지 영상에서 직선 성분을 검출하기 위해 허프 변환을 사용하여 소실점을 찾아내는 순서도를 (그림 1)에 그 순서도를 나타낸다.



〈그림 1〉 소실점 검출 과정

본 논문에서는 카메라 영상으로부터 프레임 단위로 영상을 받아 먼저 RGB 영상을 흑백 영상으로 식 (1)을 이용해 변환한다.

$$Gray = R \times 0.3 + G \times 0.59 + B \times 0.11 \dots\dots\dots (1)$$

정보량이 많은 명암도 영상을 가지고 처리하는 것은 처리량이 늘어나도 속도가 저하되기 때문에 변환시킨 흑백 영상

을 식 (2)를 이용하여 이진화한다. 임계값을 주고 그 임계값이 초과하면 255, 이하는 0으로 만든다.

$$f(x, y) \geq T \dots\dots\dots (2)$$

다양한 잡음을 제거하기 위해 식 (3)을 이용해 가우시안 블러링을 사용한다. 영상을 부드럽게 지게 하는 효과가 있지만 경계선의 모호함으로 이어질 수 있는 가능성을 내포한다.

$$G(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp \frac{-(x^2+y^2)}{2\sigma^2} \dots\dots\dots (3)$$

다음으로 잡음에 강하며 강한 에지들만 검출된다는 특징을 가진 캐니 에지 검출 알고리즘을 사용한다. 일반적으로 에지는 기울기를 먼저 구할 때 식 (4)를 사용하며, 벡터의 크기는 식 (5)를 통해 구한 다음 벡터의 방향은 식 (6)으로 구한다.

$$\nabla f = \begin{bmatrix} G_x \\ G_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\delta f}{\delta x} \\ \frac{\delta f}{\delta y} \end{bmatrix} \dots\dots\dots (4)$$

$$|\nabla f| = mag(\nabla f) = \left[G_x^2 + G_y^2 \right]^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots (5)$$

$$\alpha(x, y) = \tan^{-1} \left(\frac{G_y}{G_x} \right) \dots\dots\dots (6)$$

다음으로 캐니 에지 검출 알고리즘을 이용하는데 알고리즘의 순서는 식 (3)을 이용하여 가우시안 블러링을 수행한 뒤 소벨(Sobel) 마스크를 이용해 윤곽선을 검출을 하고, 임계값을 이용하여 잡음을 제거한다.

흑백 영상으로 변환한 이미지를 다시 RGB영상으로 변환시킨다. 그리고 변환한 영상에서 선분들을 찾아 연결하기 위한 접근 방법의 하나인 허프 변환을 식 (7)을 이용해 추출한다.

$$x \cos\theta + y \sin\theta = \rho \dots\dots\dots (7)$$

점들의 집합이 주어졌을 때, 점들의 모든 쌍에 의해 결정되는 모든 선들을 찾은 후 특정 선에 가까운 점들의 모든 부분집합들을 찾는다. 선분을 찾을 때에는 수직선과 수평선을 제외하고 찾기 때문에 소실점을 찾는 데 불필요한 직선의 검출을 미연에 방지하여 속도의 향상을 가져올 수 있다.

복도영상에는 여러 가지 정보가 있다. 그 중의 하나는 복도가 장방형 평행 육면체 라는 것이고, 이 육면체의 각 축을 따라서 여러 직선이 존재한다는 것이다. 이를 이용하여 영상 평면상에서 소실점을 얻을 수 있다. 장면에 있는 선이 λ의 모든 값에 대하여 식 (8)에 의해 구성되며 선상에 있는 λ에 해당하는 점이 영상의 원근투영에서 초점거리를 1 이라고 가정할 때는 식 (9)와 같다. 그리고 λ가 커짐에 따라서 영상

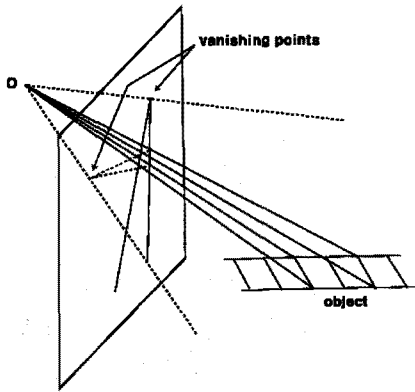
점 P_λ 는 영상에서 특정한 점으로 수렴하는데 즉, 식 (10)으로 인하여 소실점 V 로 수렴한다.

$$(x, y, z) + (\Delta X, \Delta Y, \Delta Z) \dots\dots\dots (8)$$

$$P_\lambda = \left(\frac{X + \lambda \Delta X}{Z + \lambda \Delta Z}, \frac{Y + \lambda \Delta Y}{Z + \lambda \Delta Z} \right) \dots\dots\dots (9)$$

$$V = \lim_{\lambda \rightarrow \infty} P_x = \left(\frac{\Delta X}{\Delta Z}, \frac{\Delta Y}{\Delta Z} \right) \dots\dots\dots (10)$$

단, $\Delta Z \neq 0$ 일 때에는 선이 평행하지 않음을 나타내며 이 점은 선을 투영하여 확장할 수 없는 영상의 점이다. <그림 2>를 통해 히프 변환을 사용해 찾은 선들을 이용하여 소실점을 찾을 수 있다는 것을 기하학적으로 나타냈다.



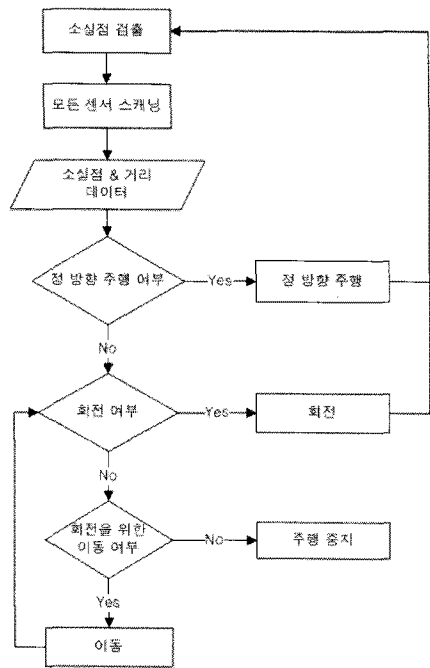
<그림 2> 기하학적으로 나타낸 소실점

2.2 센서를 이용한 충돌과 추락회피

본 논문에서는 10cm이내의 근거리 내에서 물체의 유무를 탐지하고 충돌을 회피하기 위한 방법으로 초음파 센서를 사용한다. 초음파 센서는 상대적으로 먼 거리의 물체를 먼저 탐지하기 위한 신호로 활용한다. 초음파 센서는 가까운 거리에 있는 물체 또는 사람의 유/무, 거리 측정, 속도측정 등에 사용된다. 본 연구에서 사용된 SRF08 초음파 센서 모듈은 최소 3cm에서 최대 6m까지 물체검출이 가능하고 검출 반경도 넓은 편이다. 본 연구에서는 초음파 센서를 스캐닝하여 거리 값을 받아 벽에 부딪히지 않는 경우와 복도의 계단 아래로 추락하지 않는 경우만을 탐지하여 주행을 참조한다.

2.3 주행과 회전 여부 판정

본 논문에서는 소실점을 구한 정보와 초음파 센서의 거리 정보를 이용하여 주행경로를 결정 한다는 것을 <그림 3>에 주행 알고리즘을 도식화 하였다.



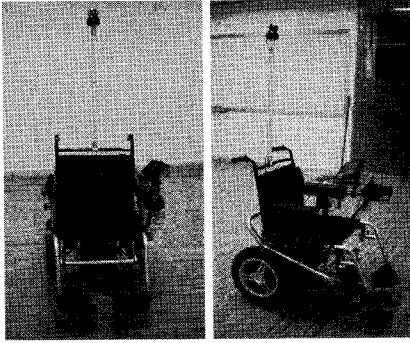
<그림 3> 주행 알고리즘

소실점을 찾은 후 주행을 판단하는 방법으로 소실점의 각도를 검출하고 중앙에 위치하다는 판단을 내리면 주행, 그렇지 않다면 회전 후 이동하여 소실점을 재 검출하고 판단한다. 또한 받아들이는 영상에서 벗어난 곳에 검출되는 소실점은 회전할 방향을 결정하게 된다.

소실점이 검출되어 있는 상태에서 모든 초음파 센서를 스캐닝하면 마지막에는 소실점과 거리 값이 나오게 된다. 나온 값을 이용하여 판단했을 때 주행이 불가능하다는 것은 정면이 막힌 곳이거나 소실점을 찾지 못했다는 것으로 판단을 내리고 회전해야 한다. 그리고 복도의 중앙이라고 판단하는 지점으로 이동 후 다시 영상을 받아 소실점을 찾고 주행 경로를 찾는다. 그러나 회전 시 초음파 센서를 이용하여 거리 값을 분석해 회전도 불가능한 상태에 있다면 주행을 중지한다.

III. 성능평가 및 분석

실험 환경으로 탑재 PC는 UMPC를 사용하였으며 그 성능은 Intel ULV A110 Processor 800MHz CPU와 1GB RAM을 사용하며 VGA는 Intel GMA950 (128M)을 사용하고 카메라를 달았다. 제어보드는 ATMEGA128보드를 제작하였고, 초음파 센서를 전면에 2개, 양 측면에 45 마다 2개, 후면에 1개 총 5개를 장착하였으며, 제어보드와 UMPC를 연결한 회체어를 <그림 4>에 나타낸다. 비상 정지를 위해 RF 리모콘으로 제어도 가능하도록 한다.



〈그림 4〉 개조한 휠체어

복도영상의 해석방법을 실험하기 위하여, 복도 영상으로 800×600 으로 된 영상으로 입력받아 처리하였다. 원 영상이 〈그림 5〉에 있는데, 이 영상을 흑백영상으로 변환 한 것을 〈그림 6〉에 나타낸다.



〈그림 5〉 원 영상



〈그림 6〉 흑백 영상

변환한 흑백 영상을 이진화 영상으로 〈그림 7〉에 나타낸다.



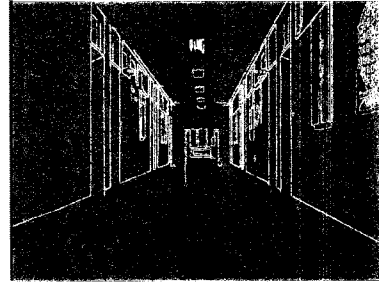
〈그림 7〉 이진화 영상

이진화 된 영상에서 잡음을 줄이기 위해 가우시안 블러링을 사용한 영상을 〈그림 8〉에 나타낸다.



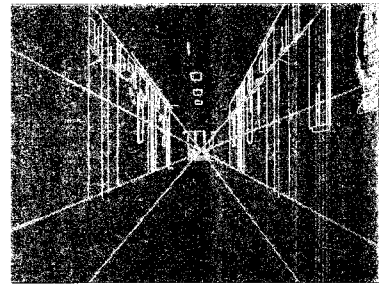
〈그림 8〉 가우시안 블러링 수행

가우시안 블러링을 수행한 잡음이 줄어든 영상에 캐니 에지 검출고리즘 사용하여 나타낸 영상을 〈그림 9〉에 나타낸다.



〈그림 9〉 캐니 에지 검출

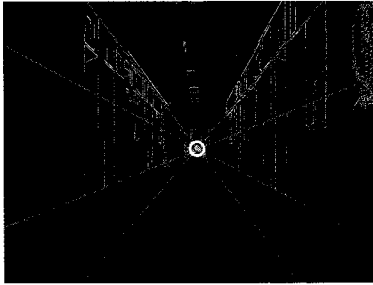
캐니 에지 검출이 끝나면 허프 변환을 사용해 선 성분을 검출하여 그린 영상을 〈그림 10〉에 나타낸다.



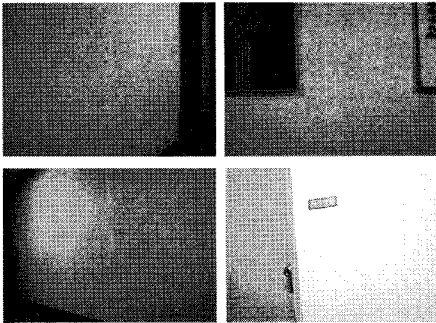
〈그림 10〉 허프 변환

허프 변환을 수행하면 선이 한 곳으로 모여 드는 것을 볼 수 있다. 모이는 부분을 소실점이라 지칭하고 〈그림 11〉에 나타낸다. 작은 원은 교점을 나타내고, 큰 원은 소실점을 나타낸다. 또한 〈그림 12〉에 소실점 검출이 불가능한 원 영상을 나타낸다. 소실점 검출이 불가능하다는 것은 허프 변환에서 원하는 선 성분이 두 개 이상 나오지 않았을 경우를 말한다. 소실점 검출이 불가능하여 회전 방향을 판단할 수 없을

때에는 초음파 센서를 이용해 거리를 계산한 뒤 회전이 가능하면 왼쪽부터 10° 회전하는 것을 원칙으로 한다. 왼쪽으로 회전이 불가능하다면 오른쪽으로 회전한다.

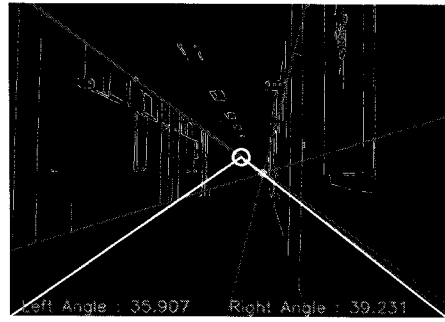
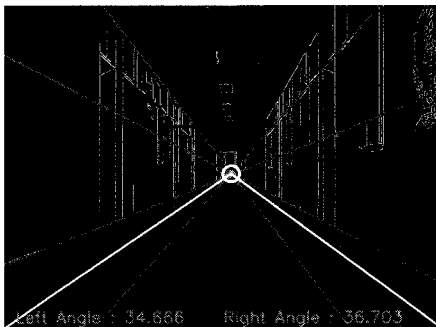


〈그림 11〉 소실점 검출



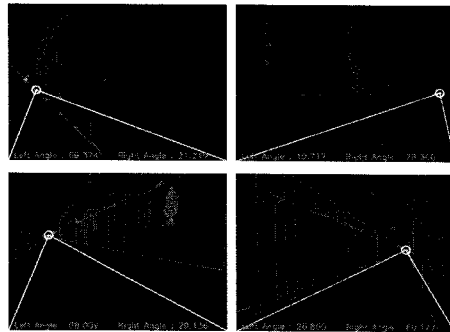
〈그림 12〉 소실점 검출이 불가능한 영상

소실점을 검출하였다면 주행할 방향을 판단해야하는데 복도의 중앙이라고 판단할 부분을 영상의 가운데 사각형 영역이라고 정한 뒤, 그 영역이 소실점을 포함할 경우 주행을 결정하는 영상을 〈그림 13〉에 나타낸다. 교점과 소실점을 구분하기 위해 소실점은 영상의 가장 왼쪽 아래와 오른쪽 아래를 선으로 연결시켜 나타낸다.

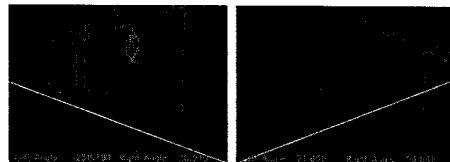


〈그림 13〉 주행이 가능한 영상

〈그림 13〉의 경우 일정 영역에 포함하는 소실점을 찾아 주행이 가능하였지만 소실점이 일정 영역에 포함하고 있지 않아 휠체어가 가운데 있지 않다고 판단하여 주행이 불가능한 경우를 〈그림 14〉에 나타낸다. 주행이 불가능하다는 말은 휠체어가 복도 가운데에 있지 않다는 판단을 한 것이므로 초음파 센서를 통해 벽과의 거리를 계산하고 회전이 가능한 지역이라고 판단될 시에 영상을 세로로 나누어 소실점이 왼쪽이나 오른쪽으로 치우쳐 있으면 그 방향으로 10° 씩 회전하고 이동하여 다시 소실점을 찾아낸다. 〈그림 15〉는 영상 밖에서 검출된 소실점도 회전할 방향을 판단하는데 이용한다는 것을 나타낸다. 회전 시 소실점이 오른쪽에 치우쳐 있어 오른쪽 방향으로 10° 회전했지만 왼쪽 방향에 소실점이 검출되어 처음 회전했던 방향의 반대 방향으로 회전해야 할 경우 회전한 각도의 값을 반으로 나누어 회전한다. 그리고 이 각도의 값은 이동하지 않고 회전을 반복할 경우에 누적되어 계산된다.



〈그림 14〉 주행이 불가능한 영상



〈그림 15〉 영상 밖의 소실점

IV. 결론

본 연구에서는 자율 주행을 위한 비전 기반의 복도영상 해석 방법으로 허프 변환을 사용하였고, 불필요한 선들인 수직선, 수평선을 제외하고 검출하여 중복 검출을 최소화 하였다. 그리고 소실점 개념을 도입하여 검출하고, 검출된 소실점의 각도를 계산한 뒤 가운데라고 판단될 때 주행을 결정하였다. 소실점은 검출되었지만 주행이 불가능 하다고 판단될 시에 초음파 센서로 인하여 회전과 회전에 대한 이동이 가능한 상태에서 회전하고 이동한다. 단, 회전 시에는 소실점이 치우친 방향으로 회전한다. 소실점이 검출되지 않았다는 것은 허프 변환 수행할 시에 두 개 이상의 선 성분을 추출하지 못하였다고 판단하기 때문에 벽과의 거리를 계산해 회전이 가능한 상태에서 왼쪽부터 회전하기 시작한다는 것을 원칙으로 하며 왼쪽으로 회전이 불가능 하다면 오른쪽으로 회전하기 시작한다. 현재 직선 주행만을 결정 하였지만 향후 연구 방향으로는 왼쪽이나 오른쪽으로 커브하며 자율 주행을 판단하는 시스템을 개발 할 것이다.

참고문헌

- [1] 이병모, 차의영, "Hough Transform을 이용한 직선차선 검출", 한국정보과학회 춘계학술대회, vol.28, no.01, pp.0565-0567, 2001.
- [2] 유성현, 한상훈, 박현남, 김진곤, 조형제, "차선 검출과 카메라 파라미터의 추정", 한국정보처리학회 추계학술발표논문집, 6권, 2호, pp.166-171, 1999.
- [3] Yue Wang, Eam Khwang Teoh and Dinggang Shen, "Lane Detection Using B-Snake", Schhol of Electrical and Electronic Engineering Nanyang Technological University, IEEE, pp.438-433, 1999.
- [4] 김덕래, 문호선, 김용득, "B-Snake를 이용한 차선 검출 및 추적 알고리즘에 관한 연구", 전자공학회 논문지, 42권, 4호, pp.435-444, 2005.
- [5] 권화중, 이준호, "Hough 변환과 2차 곡선 근사화에 기반한 효율적인 차선 인식 알고리즘", 한국정보처리학회 논문지, 6권, 12호, pp.3710-3717, 1999.
- [6] 문철홍, 한영환, 홍승홍, "전동휠체어 자동 주행을 위한 복도 영상 해석", 의공학회지, 15권, 1호, pp.27-34, 1994.