

왜곡된 전 방향 영상에서의 좌표 변환 및 보정

차선희* · 박용민* · 차의영*

*부산대학교 컴퓨터공학과

Coordinates Transformation and Correction Techniques of the Distorted Omni-directional Image

Sun-hee Cha* · Young-min Park* · Eui-young Cha*

*Dept of Computer Engineering, Pusan National University

E-mail : chasunhee@hotmail.com

요 약

본 논문에서는 카타디옵트릭 카메라를 사용할 때 발생하는 공간 왜곡 문제를 해결하기 위해 3차원 포물면 좌표 변환 함수와 신경회로망을 이용한 좌표 변환 및 보정 기법을 제안한다. 본 연구에서 사용하는 포물면 거울을 이용한 카타디옵트릭 카메라는 360°의 전 방향 영상을 얻을 수 있으나, 렌즈의 외형에 의해 영상이 왜곡되어 나타나는 특징을 가지고 있다. 따라서 3차원 공간상에서 왜곡 영상에서의 좌표를 실제 거리 좌표로 변환하기 위해 포물면 거울 초점과 이미지 상의 좌표를 포물면 거울 위로 투영시킨 좌표를 이용한 좌표 변환 함수를 사용한다. 이 과정에서 발생하는 오차를 BP(Back Propagation) 신경망 알고리즘으로 수정한다.

ABSTRACT

This paper proposes a coordinate correction technique using the transformation of 3D parabolic coordinate function and BP(Back Propagation) neural network in order to solve space distortion problem caused by using catadioptric camera. Although Catadioptric camera can obtain omni-directional image at all directions of 360 degrees, it makes an image distorted because of an external form of lens itself. Accordingly, To obtain transformed ideal distance coordinate information from distorted image on 3 dimensional space, we use coordinate transformation function that uses coordinates of a focus at mirror in the shape of parabolic plane and another one which projected into the shape of parabolic from input image. An error of this course is modified by BP neural network algorithm.

키워드

Catadioptric Camera, transform of parabolic coordinates function

1. 서 론

일반 카메라와 360° 전 방향 영상 획득이 가능한 볼록거울로 구성된 카메라의 조합을 카타디옵트릭 카메라 또는 Omni-directional Vision Sensor라고 한다.

추적 대상 공간에서 객체가 움직일 수 있는 후보 영역 전체를 효과적으로 관찰하기 위해서는 일반적으로 최소한 4대의 카메라를 필요로 하며 그 공간상의 제약도 다르게 된다. 하지만 카타디옵트릭 카메라를 통해 얻어지는 영상의 시각 범위는 모든 영역을 한 번에 한 영상으로

획득할 수 있는 유용성을 가진다. 즉, 설치 공간상의 제약 없이 1대의 카메라만을 설치함으로써 360° 전 방향에 대한 영상 획득이 가능하며 실시간 영상 처리를 위한 비용도 줄일 수 있다.

이러한 접근 방법은 새롭게 개척되는 분야로서 산업에 응용된 사례가 불충분하다. 그리고 실질적인 활용을 위해서 포물면 거울의 초점, 포물면 거울의 특성에 따른 영상 왜곡(distortion), 포물면 거울과 바닥과의 높이 등에 따른 문제점으로 인하여 그 유용성 및 효율성에 비해 많이 응용되지 않고 있으며 체계적인 연구 또한 미흡한 실정이다.

본 연구에서는 이러한 관점에서 카타디옵트릭 카메라로부터 획득한 360° 전 방향 구면 왜곡 영상에서의 이미지 좌표를 3차원 포물면 좌표 변환 함수에 의해 실제 좌표로 변환하고 오류 역전파 신경망에 의해 실제 좌표를 교정하는 방법을 제시 하고자 한다.

II. 관련 연구

국내의 경우 3차원 영상을 기반으로 파노라믹 하계 영상을 구성하고 이를 이용하여 가상의 환경을 생성하는 연구[1], 전 방향 이미지의 왜곡 보정을 위해서 구면 투영 알고리즘을 구현하는 연구[2], 카타디옵트릭 카메라를 이용한 직각 교차 실린더 맵에 관한 연구[3], 전 방향 이미지를 이용하여 환경 맵을 구성하고 이를 추정하는 연구[4]등이 있다.

3D 영상 기반 파노라마를 이용한 영상 생성과 이를 통한 가상 환경 구축 방법을 제안, 실시간으로 얻어지는 전 방향 이미지로부터 바닥 정보를 추출하여 지역정보(Local Map)를 얻고, 그 정보에 기반 하여 로봇의 이동을 제어하고 전역 정보(Global Map)를 구성하는 새로운 방법을 제안하고 있다.

III. 포물면 좌표 변환 함수를 이용한 실제 좌표로 변환 및 교정

우선 360° 전 방향 영상에서의 이미지 상의 좌표(x_0, y_0)는 포물면 좌표 변환 함수에 의해 실제 좌표(x_r, y_r)로 변환되고 실제 좌표(x_r, y_r)는 다시 신경회로망의 교정 출력(dx, dy)과 더해져 최종 좌표 (x_c, y_c)로 변환된다. 제안하는 좌표 변환 및 교정 시스템의 구성은 그림 1과 같다.

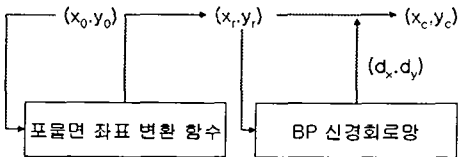


그림 1. 좌표 변환 및 교정 시스템

1. 포물면 좌표 변환 함수를 이용한 실제 좌표 변환

포물면 거울로 구성된 카타디옵트릭 카메라를 이용하여 이미지 상의 좌표(x_0, y_0)에 대응하는

실제 좌표(x_r, y_r)를 구하는 포물면 좌표 변환 함수는 다음과 같다.

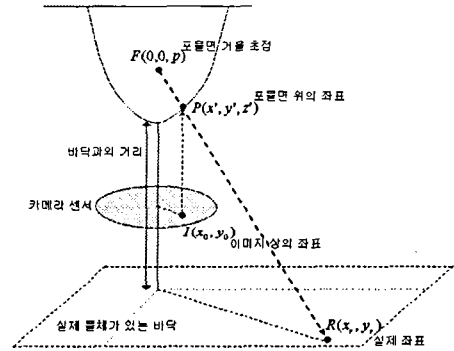


그림 2. 3차원 포물면 좌표 변환

먼저 이미지 상의 좌표(x_0, y_0)에서 포물면 거울 위로 투영시킨 3차원 점(x', y', z')을 구한다. 포물면 거울 초점 $F(0,0,p)$ 에서 포물면 거울 위의 점(x', y', z')의 방향으로 직선 벡터를 구한 후, 이 직선 벡터를 실제 물체가 있는 바닥으로 투영시킨 교점이 구하고자 하는 실제 좌표(x_r, y_r)이다.

포물면 좌표 변환 함수는 다음과 같이 계산한다.

가. 이미지의 중심을 원점으로 하여 이미지 상의 좌표(x_0, y_0)를 입력

나. 이미지 상의 좌표(x_0, y_0)에서 포물면 거울 위의 점(x', y', z')으로 투영

포물면 거울에서의 실제 거리 계산을 위해 식 (1)과 같이 실제 픽셀 당 거리 비율(T)를 계산한다. 여기서, R 은 포물면 거울의 반지름, r 은 이미지 상의 반지름이다.

$$T = R/r \tag{1}$$

구해진 실제 픽셀 당 거리 비율을 이용하여 이미지 상의 좌표에 비율이 반영된 좌표가 포물면 거울에서 어디에 맺히는지 포물면 거울 위로 투영시킨 3차원 점을 포물선 방정식을 이용하여 식 (2)와 같이 계산한다.

$$\begin{aligned} x' &: x_0 \times T \\ y' &: y_0 \times T \\ z' &: \sqrt{(x')^2 + (y')^2} / 4 \times p \end{aligned} \tag{2}$$

다. 포물면 거울 초점 $F(0,0,p)$ 과 포물면 거울 위의 점(x', y', z')을 잇는 직선 벡터 설정

직선 벡터는 3차원 상의 두 점을 지나는 포물면 거울 초점 $F(0,0,p)$ 으로부터 포물면 거울 위의 3차원 점(x', y', z')의 방향으로의 벡터로써 우

리가 구하고자 하는 실제 좌표는 t 를 매개변수로 하는 직선 식으로 구할 수 있다.

$$x_r = a \times t + \alpha \quad (3)$$

$$y_r = b \times t + \beta \quad (4)$$

$$z_r = c \times t + \gamma \quad (5)$$

여기서, a, b, c 는 포물면 거울 초점에서 포물면 거울 위의 3차원 점으로 가는 방향(기울기) 벡터이고, α, β, γ 는 두 점 중 어느 한 점을 사용하면 되고, 포물면 위의 점 (x', y', z') 을 지난다고 설정할 경우 각각 x', y', z' 가 된다.

라. 직선 벡터와 실제 물체가 있는 바닥과의 교점인 실제 좌표 (x_r, y_r)

실제 좌표는 직선 벡터와 실제 물체가 있는 바닥(x, y 평면)과의 교점이다. 실제 좌표의 z 축의 좌표(z_r)는 사전에 조사된 포물면 거울과 바닥과의 높이이므로 식 (5)에서 t 를 구할 수 있다. 구해진 매개변수 t 를 식 (3),(4)에 대입하여 변환된 실제 좌표 (x_r, y_r) 를 구한다.

2. 신경망을 이용한 실제 좌표 교정

좌표 교정을 위한 신경망 구조는 오류 역전파 알고리즘(BP)을 이용하였으며, 입력층 3개, 은닉층 100개, 출력층 2개로 구성하였으며, 입력층의 입력벡터는 포물면 좌표 변환 함수를 이용하여 실제 좌표로 변환된 좌표 (x_r, y_r) 의 원점으로부터의 거리를 0과 1 사이 값으로 정규화한 값, 원점으로부터의 방향각인 $\sin\theta, \cos\theta$ 를 사용하였다. 출력층은 실제 좌표를 교정한 값인 d_x, d_y 이고, 이 신경망의 목표값은 포물면 좌표 변환 함수에 의해 변환된 좌표 값과 미리 계산된 기준이 되는 좌표 값과의 차이이다.

IV. 실험 및 결과

본 논문의 정확성 및 신뢰성을 검증하기 위하여 Pentium IV 2.8GHz, 512MB에서 Visual C++6.0로 실험하였으며 사용된 카타디옵트릭 카메라 시스템은 OneShot360TM Immersuve Imaging System이다.

1. 좌표 변환 성능 평가

포물면 좌표 변환 함수를 사용하여 카타디옵트릭 카메라에 의해 왜곡 영상 좌표를 실제 좌표로 변환하였을 경우 미리 계산된 기준 좌표와의 오차를 표 1에와 같이 최대 오차, 평균 오차를 나타내고 있다. 이것은 포물면 거울의 초점, 포물면 거울의 특성에 따른 영상 왜곡, 포물면 거울과 바닥

과의 높이 등의 환경변수에 영향을 받기 때문이다.

표 1. 좌표 변환 오차

	error (mm)	
	x	y
최대	20.0	32.0
평균	6.7	8.9

2. 실제 좌표 교정 성능 평가

그림 3은 왜곡 영상 좌표가 실제 좌표로 변환되어 신경망에 의해 교정된 좌표가 미리 계산되어진 좌표와의 유사도를 나타내는 그림이다. (a)는 카타디옵트릭 카메라에 의해 왜곡 영상 좌표로 이것 역시 환경 변수에 영향을 받기 때문이다. (b)는 포물면 좌표 변환 함수에 의해 변환된 실제 좌표를 나타낸다. 특히 윗부분과 아랫부분에 왜곡 영상 좌표가 많이 생기는 것을 확인할 수 있다. (c)는 최종적으로 신경망에 의해서 실제 좌표가 교정된 좌표이고 (d)는 미리 계산된 기준 좌표를 나타낸다.

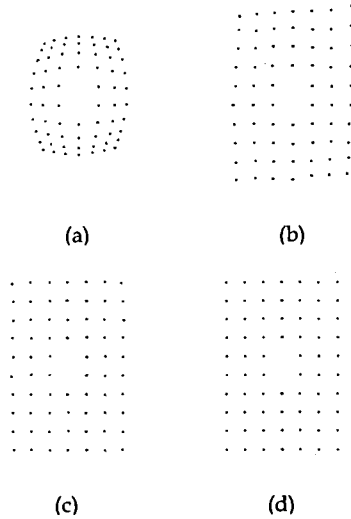


그림 3. 좌표 변환 및 교정

V. 결론

본 논문에서 제안한 왜곡 영상의 좌표를 실제 거리 좌표로 변환하기 위해서 3차원 포물면 좌표 변환 함수와 BP 신경망 알고리즘에 의한 좌표 교정 방법을 제시하였다. 실험결과 제안된 좌표 변환 방법과 교정이 만족할 만한 성능을 보였다. 그러나, 좌표 변환 함수를 사용하는 과정에서 환경 변수에 민감하게 기준 좌표와의 오차

가 생기므로 이에 대한 개선책과 좀더 나은 좌표 교정 방법이 요구된다.

참고문헌

- [1] 박화진, 조세홍 "몰입형 가상현실 시스템을 위한 기술 및 사례에 대한 연구", 한국 정보처리학회 제 10권 제 1호 pp. 64~72 , 2003
- [2] 장원두, 서영욱, 강진숙, 차의영, "카타디옵트릭 카메라의 전방향 이미지의 왜곡보정을 위한 구면투영 알고리즘에 관한 연구" 2003 춘계학술발표논문집, 제10권 제1호, pp.679-682
- [3] 구경모, 김병훈, 김하영, 차의영 "카타디옵트릭 카메라를 이용한 직각교차 실린더맵에 관한 연구", 한국 정보처리학회 춘계 학술 발표대회, 제 11권 제1호, 2004
- [4] Koo Kyung-mo, Park Young-mi, Cha Eui-young, "Study on Environment Estimation from Omnidirectional Images", Proceedings of the 5th Cross Straits Symposium, pp237-238, October, 2003.