

비선형 스케일링 함수를 이용한 어안 영상의 원근 변환

김태우^{1*}, 조태경²

Conversion of Fisheye Image to Perspective Image Using Nonlinear Scaling Function

Tae-Woo Kim^{1*} and Tae-Kyung Cho²

요 약 어안 렌즈 카메라로 촬영한 어안 영상은 일반 카메라 영상보다 화각이 크다. 반면 영상에서 피사체의 왜곡이 커서 사용자의 인지가 어려우므로 원근 영상으로 변환이 필요하다. 기존의 Ishii 방법[1]은 등거리 투영을 사용하므로 피사체가 변환 영상에서 크기와 기하학적 왜곡이 생기는 문제점을 가지고 있었다. 본 논문에서는 스케일링 함수를 이용한 어안 영상의 원근 영상 변환 방법을 제안하였다. 실험에서, 제안한 방법은 스케일링 함수를 적용함으로써 크기 왜곡과 기하학적 왜곡이 감소되었다.

Abstract The fisheye image acquired with a fisheye camera has wider field of view than a general use camera. But large distortion of the object in the image requires conversion of the fisheye image to the perspective image because of user's difficult perception. The existing Ishii's method[1] has the problem that the object can has size and geometrical distortion in the transformed image because it uses equidistance projection. This paper presented a conversion technique of the fisheye image to the perspective image using scaling function. In the experiments, it was shown that our method reduced size and geometrical distortion by applying the scaling function.

Key Words : fisheye image, perspective transform, scaling function.

1. 서론

전장 영상(omni-directional image) [1-2]을 얻는 방법에는 다중 카메라, 단일 카메라, 어안 렌즈(fisheye lens)를 이용하는 방법 등이 있다. 다중 카메라 영상화법[3-4]은 여러 대의 카메라를 여러 방향으로 향하게 하여 스테레오 영상들을 동시에 얻어 전장 영상을 구성하는 방법이다. 이 방법은 하드웨어가 복잡하고, 각 영상을 정합해야 하고, 데이터 다루기가 어려운 문제점들을 가지고 있다. 단일 카메라 영상화법[5]은 볼록 거울을 사용하여 주위 장면들을 반사하여 카메라에 잡히도록 하는 방법이다. 이 방법은 정확한 영상을 얻기 위한 볼록 거울을 만들기 어렵고 전장 영상의 정확도도 떨어진다. 어안 렌즈 영상화법[6]은 광각 영상을 얻을 수 있도록 고안된 어안 렌즈를 사용하여 전장 영상을 얻는다. 어안 렌즈는 단일 카메라

방법에 비해 정확도가 높은 영상을 얻기가 용이한 장점이 있다.

어안 영상은 화각(field of view)이 일반 카메라 영상보다 크지만, 왜곡이 크기 때문에 일반 카메라로 얻어지는 원근 영상(perspective image)으로 변환하는 것이 필요하다. 이 변환은 등거리 투영(equidistance projection)에 의해 수행되는데, 변환 영상에서 객체가 크기 및 기하학적 왜곡이 발생한다. C. Ishii et. al. [1]은 크기 왜곡에 의한 산재 문제(sparse problem)를 줄이기 위해 수평 방향 보간을 적용하였다. 등거리 투영에 의한 어안 영상의 원근 영상 변환에서는 어안 영상이 크기와 기하학적 왜곡이 발생한다.

본 논문에서는 변환된 영상의 크기와 기하학적 왜곡을 감소시키는 방법을 제안한다. 이 방법은 어안 영상의 원근 영상 변환에서 스케일링 함수를 사용하는 것이다. 스

¹한양사이버대학교 정보통신공학과 교수

²상명대학교 정보통신공학과 교수

*교신저자: 김태우(twkim2@hycu.ac.kr)

접수일 08년 12월 02일

수정일 (1차 08년 12월 22일, 2차 09년 01월 13일)

게재확정일 09년 01월 16일

케일링 함수는 선형과 비선형 함수 모두 적용한다. 선형 함수는 변환 영상의 크기 왜곡을 줄일 수 있었으나 왜곡이 일부 남아 있는 문제점이 있다. 비선형 함수는 선형 함수에 비해 기하학적 왜곡을 줄일 수 있다.

2. 어안 영상 변환

등거리 투영은 [그림 1](a)에서 광축으로부터 각도 θ [rad]와 초점 거리 f [mm]의 곱은 영상 평면상에서 길이 l_f 이 된다 [1].

$$l_f = f \cdot \theta \quad (1)$$

여기서, 직각 좌표계 (l_{fx}, l_{fy}) 에서 $l_f^2 = l_{fx}^2 + l_{fy}^2$ 이다. 일반 렌즈에 대해서는 [그림 1](b)와 같이 광축으로부터 각도 θ [rad]와 초점 거리 f [mm]의 곱은 영상 평면상에서 길이 l_s 가 된다 [1].

$$l_s = f \cdot \tan\theta \quad (2)$$

여기서, 직각 좌표계 (l_{sx}, l_{sy}) 에서 $l_s^2 = l_{sx}^2 + l_{sy}^2$ 이다.

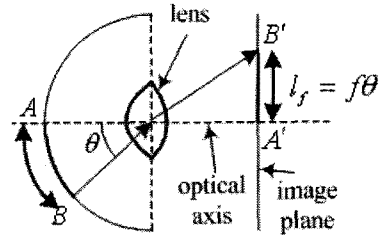
$$\alpha = \frac{1}{f} = \frac{\phi}{R} \quad (3)$$

$$l_s = \frac{\tan(l_f \alpha)}{\alpha} \quad (4)$$

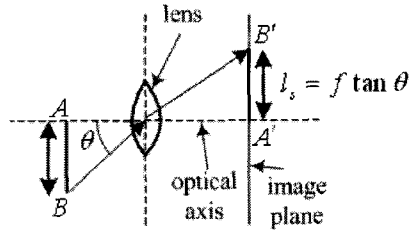
$$l_{sx} = \frac{l_s \cdot l_{fx}}{l_f}, \quad l_{sy} = \frac{l_s \cdot l_{fy}}{l_f} \quad (5)$$

여기서, R 은 어안 렌즈에 의해 투영된 영상평면에서 객체의 최대 지름 $2l_f = 2f \cdot \pi/2$ 이고, ϕ 는 광축과 직각인 어안 렌즈와의 각도이다.

이와 같이 Ishii [1]의 방법은 [그림 2]와 같이 변환 영상에서 크기 왜곡 현상이 발생하고 기하학적 왜곡 보정이 잘 이루어지지 않음을 볼 수 있다. 크기 왜곡 현상은 전장 영상의 장점인 큰 화각에 의한 넓은 범위의 장면을 손실시키는 역효과를 나타내므로 바람직하지 않다.

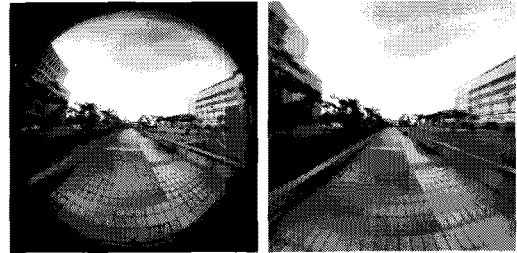


(a)



(b)

[그림 1] 피사체의 영상 평면에 투영: (a) 등거리 투영, (b) 원근 투영.



(a)

(b)

[그림 2] 어안 영상에 대한 Ishii 변환법의 문제점: (a) 어안 영상, (b) 원근 변환된 영상.

3. 스케일링 함수를 이용한 어안 영상 변환

Ishii의 변환 방법[1]의 크기 및 기하학적 왜곡을 줄이기 위해 본 논문에서는 스케일링 함수를 이용한 변환을 제안한다. 이 스케일링 함수는 Ishii의 방법에 의해 변환된 영상을 스케일링 함수로 한 번 더 변환하는 것이다. 그 변환식은 다음과 같다.

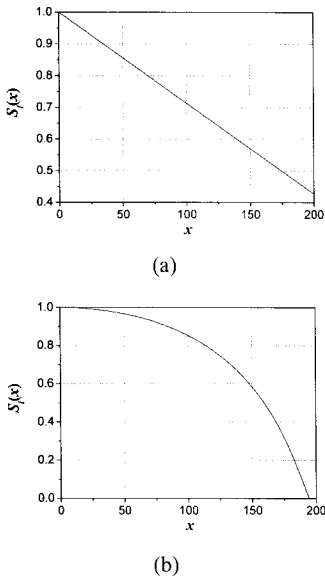
$$l'_{sx} = l_{sx} \cdot S_l(l_{sx}), \quad l'_{sy} = l_{sy} \cdot S_l(l_{sy}) \quad (6)$$

여기서, $S_l(l_{sx}), S_l(l_{sy})$ 는 스케일링 함수이며, 식 (7)과 같이 정의된다.

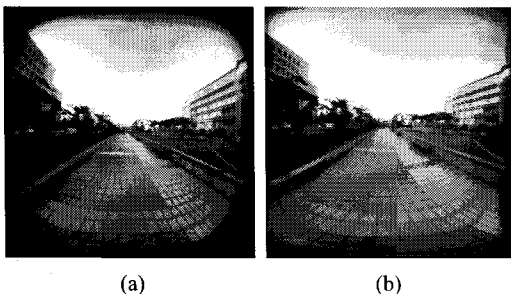
$$S_l(x) = a_n x^n + a_{n-1} x^{n-1} + \dots + a_1 x^1 + a_0 \quad (7)$$

여기서, x 는 수평 또는 수직 방향의 영상 좌표이며, a_n 는 그 계수이다. 이 스케일링 함수는 Ishii의 방법에서 나타나는 영상 확대 현상을 줄여주는 역할을 한다. 특히 왜곡을 효과적으로 보정하기 위해서는 스케일링 함수의 계수를 잘 선정해야 하며, 이 계수는 어안 영상의 활용 분야에 따라 달라질 수 있다.

[그림 3]은 스케일링 함수의 예를 보여준다. 이를 [그림 2](a)에 적용한 결과는 [그림 4]와 같다. 선형 스케일링 함수는 크기 왜곡을 크게 줄였으나, 가장자리 영역에서 기하학적 왜곡이 남아 있다. 비선형 스케일링 함수를 적용한 결과는 선형 스케일링 함수에 의해 발생하는 기하학적 왜곡이 상당히 줄어드는 장점이 있다.



[그림 3] 스케일링 함수: (a) 선형 함수, (b) 비선형 함수.



[그림 4] 제한한 방법에 의한 어안 영상의 원근 변환 결과: (a) 선형 함수 적용, (b) 비선형 함수 적용.

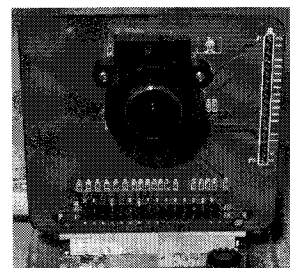
4. 실험 결과 및 토의

실험 환경은 노트북 상에서 Visual C++ 6.0언어를 사용하였으며, 실험에 어안 카메라 모듈은 [그림 5]와 같다. 어안 카메라 모듈은 $f=0.8$ [mm], 화각 190° , 해상도 480×480 이다. 노트북의 USB 인터페이스로 연결하여 [그림 6]과 같이 어안 영상들을 촬영하였다. 이들 어안 영상들은 화각이 큰 반면 피사체의 심한 기하학적 왜곡이 발생함을 알 수 있다.

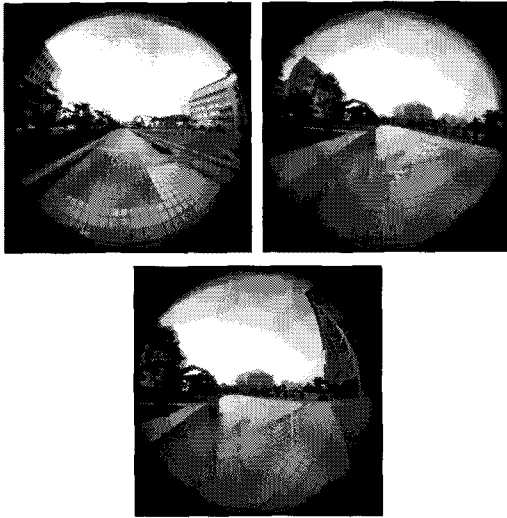
이들 영상에 대해 Ishii의 방법에 의한 변환 결과는 [그림 7]과 같고, 제안한 방법에 의한 변환은 [그림 8]과 같다. [그림 7]은 변환 영상이 크기 왜곡이 발생하여 변환된 영상에서 [그림 6]의 피사체가 다 볼 수 없고 일부 손실되어 있고, 가장자리 부분에 기하학적 왜곡이 남아 있는 것을 볼 수 있다.

[그림 8](a)는 선형 스케일링 함수를 적용한 결과로 어안 영상과 같은 크기로 원근 변환되었고 Ishii 방법의 결과보다 기하학적 왜곡이 개선된 결과를 보여 준다. 그러나 가장자리 부분에 대해 기하학적 왜곡 보정이 완전하지 않음을 볼 수 있다. [그림 8](b)는 비선형 스케일링 함수를 적용한 결과로 선형 스케일링 함수를 적용했을 때보다 기하학적 왜곡이 개선된 결과를 보여준다. 특히 좌우 부분에 대한 기하학적 왜곡 보정이 크게 개선된 결과를 보여준다.

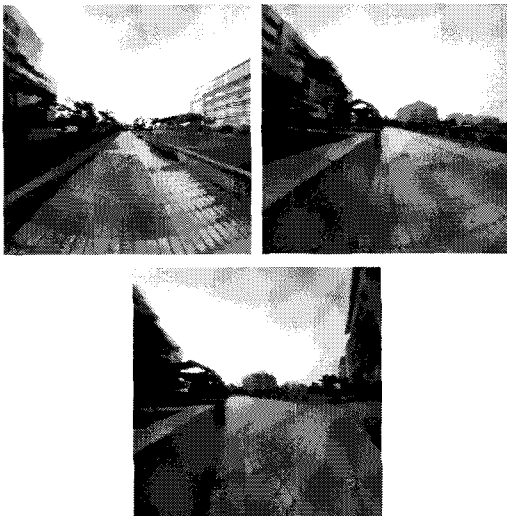
[그림 9]는 어안 영상의 활용 예를 보여준다. 그림과 같이 어안 영상은 영상 중 일부를 잘라서 활용하는 것이 일반적이다. [그림 9](a)는 변환되지 않은 영상이며, [그림 9](b)는 Ishii의 방법으로 원근 변환된 영상이다. [그림 9](c)(d)는 본 논문에서 제안한 방법에 의한 변환 결과이다. 그림의 좌우 가장자리를 비교해 보면, 제안한 방법이 가장 왜곡을 덜 발생시킴을 알 수 있다. 그림의 아래 가장자리에 대해서는 왜곡이 여전히 나타나 있다. 이 현상은 일반 카메라로 촬영한 영상에서도 볼 수 있는 것이며, 다른 영역과 동시에 왜곡 보정을 하는 것은 쉽지 않다. 주관적 평가 측면에서 보면, 아래보다 좌우 방향의 왜곡이 사용자의 객체 인지에 더 큰 영향을 줄 수 있다.



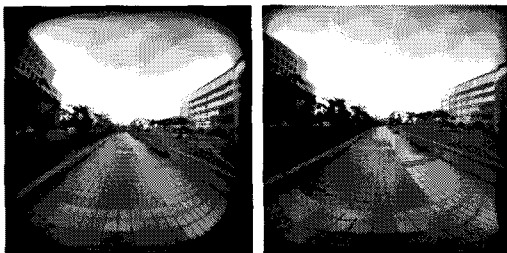
[그림 5] 어안 카메라 모듈.



[그림 6] 실험을 위해 촬영된 어안 영상.

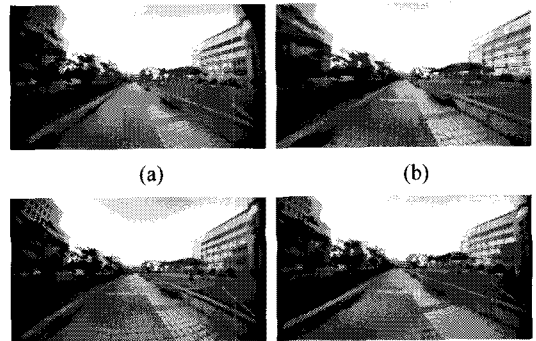


[그림 7] [그림 6]에 대한 Ishii 방법에 의한 원근 변환 결과.



(a) (b)

[그림 8] [그림 6]에 대한 제안한 스케일링 함수를 적용한 변환 결과: (a) 선형 함수, (b) 비선형 함수.



(a) (b)

(c) (d)

[그림 9] 변환된 어안 영상의 활용 예: (a) [그림 2](a), (b) Ishii 방법, (c) 선형 스케일링 함수 적용, (d) 비선형 스케일링 함수 적용.

5. 결론

본 논문에서는 스케일링 함수를 이용한 어안 영상의 원근 영상 변환 방법을 제안하였다. 스케일링 함수는 어안 영상의 크기 왜곡과 기하학적 왜곡을 크게 줄이는 역할을 한다. 실험에서 스케일링 함수를 사용함으로써 크기와 기하학적 왜곡이 발생하는 기존 방법의 단점을 개선할 수 있음을 보였다. 앞으로 다양한 환경에서 촬영된 어안 영상에 대한 원근 변환 방법에 대한 연구가 필요하다.

참고문헌

- [1] Chiharu Ishii, Yoshie Sudo, and Hiroshi Hashimoto(2003), "An Image Conversion Algorithm from Fish Eye Image to Perspective Image for Human Eyes", *International Conference on Advanced Intelligent Mechtronics*, pp.1009-1014.
- [2] Shigang Li, Masao Nakano, and Norishige Chiba(2004), "Acquisition of Spherical Image by Fish-eye Conversion Lens", *IEEE Virtual Reality 2004*, pp.235-236.
- [3] H.Tanahashi, D.Shimada, K.Yamamoto and Y.niwa(2001), "Acquisition of Three-Dimensional Information in a Real Environment by Using the Stereo Omni-directional System (SOS)", *Proc. of the Third International Conference on 3-D Imaging and Modeling (3DIM2001)*, pp.365-371.
- [4] K.Yamamoto, H.Tanahashi, S.Kuwashima and Y.Niwa(2001), "Sensing of Real Environment by Stereo Omni-directional System (SOS)", *Transactions of IEE Japan*, Vol.121-C, No.5, pp.876-881.
- [5] Y.Yagi and N.Yokoya(2001), "Omnidirectional Vision: A Survey on Sensors and Applications", *IPSI Transactions on Computer Vision and Image Media*, Vol.42, No.SIG12-003.
- [6] N.Watanabe(2002), "Reconstruction of 3-Dimensional Model from Equi-Distance ($f-\theta$) Fish-Eye Images", *Proc. of the 8th Symposium on Sensing Via Image Information*, pp.389-394.

김태우(Tae-Woo Kim)

[종신회원]



- 1990년 2월 : 한양대학교 전자통신공학과 (공학사)
- 1992년 2월 : 한양대학교 전자통신공학과 (공학석사)
- 1995년 2월 : 한양대학교 전자통신공학과 (공학박사)
- 2003년 3월 ~ : 한양사이버대학교 정보통신공학과 교수

<관심분야>
영상처리, 패턴인식, 영상통신

조태경(Tae-Kyung Cho)

[종신회원]



- 1984년 2월 : 한양대학교 전자통신공학과 (공학사)
- 1986년 2월 : 한양대학교 전자통신공학과 (공학석사)
- 2001년 8월 : 한양대학교 전자통신공학과 (공학박사)
- 2003년 9월 ~ : 상명대학교 정보통신공학과 교수

<관심분야>
유무선 네트워크, 인터넷워킹 장치, 유비쿼터스 네트워크, 생체인식