

# 바이래터럴 필터 보간을 활용한 어안렌즈 영상의 파노라마 변환

최현영, 고재필  
 금오공과대학교 컴퓨터공학과  
 e-mail:{hychoi3609, nonezero}@kumoh.ac.kr

## Panoramic Transform of Fisheye-Lens Image using Bilateral Interpolation

Hyeon-Yeong Choi, Jae-Pil Ko

\*Dept of Computer Engineering, Kumoh National Institute of Technology

### 요 약

본 논문에서는 어안렌즈를 통해 획득한 전방향 영상을 파노라마 영상으로 변환하기 위한 영역분할 방법을 제안한다. 각 분할된 영역에 대한 변환 과정에서 발생하는 영상 왜곡을 완화하면서 에지를 보존하기 위하여 기존 양성형 보간 방법을 대체하는 바이래터럴 필터 보간 방법을 제안한다. 또한 파노라마 변환 영상에서 본 논문의 제안방법의 결과가 기존 결과보다 에지가 잘 보존됨을 확인하였다.

### 1. 서론

전방향 카메라 기반 영상 시스템은 기존 영상 시스템에 비해 넓은 시야각을 가지고 있어서 화상회의, 원격 감시 시스템 등 다양한 분야에서 활용되고 있다[1-3].

전방향 영상을 활용할 때는 영상을 파노라마 형태로 변환하는 경우가 많지만, 변환할 때 영상의 화질이 저하되는 문제가 발생한다. 전방향 카메라 영상에서 파노라마 영상을 생성할 때는 영상좌표변환, 영상보간, 카메라 왜곡 보정 등의 과정을 거친다. 파노라마 영상 생성 시 좌표변환의 대표적인 방법은 원 좌표계를 직교좌표계로 변환하는 방식이다[4].

파노라마 영상 생성 시 주로 사용되는 양성형 보간 방식은 변환 후 영상이 흐려져 에지정보가 손실되는 단점이 있다. 이를 보완하기 위하여 본 논문에서는 바이래터럴 필터를 적용한 파노라마 영상 생성 방법을 제안한다.

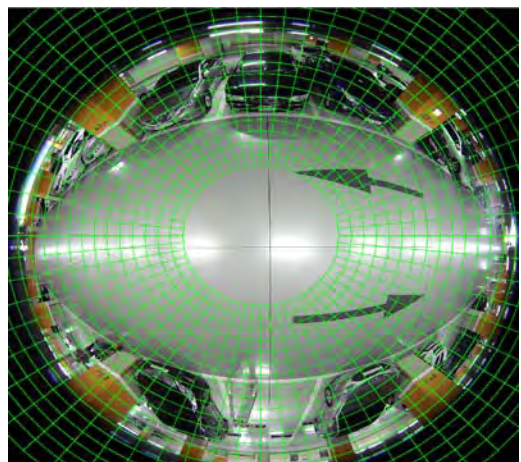
### 2. 어안렌즈 영상의 좌표 변환

본 논문에서 어안렌즈 영상의 좌표를 변환할 때, (그림 1)과 같이 전방향 어안렌즈 영상을 영상 중심부를 기준으로 작은 영역으로 분할한다. 다음으로 분할된 각각의 영역을 수식 (1)과 (2)를 활용하여 perspective transform 방법으로 좌표변환을 수행한다.

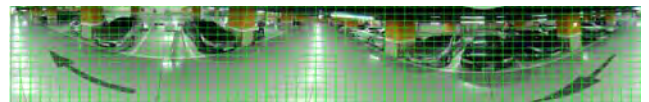
각각의 작은 영역을 수식을 통해 변환한 뒤, 원본 어안렌즈 영상의 위치관계에 따라 결과영상에서의 위치를 결정하고 나면 (그림 2)와 같은 파노라마 영상을 획득할 수 있다.

$$\begin{bmatrix} x_1' \\ y_1' \\ x_2' \\ y_2' \\ x_3' \\ y_3' \\ x_4' \\ y_4' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1 & y_1 & 1 & 0 & 0 & 0 & -x_1x_1' & -x_1'y_1' \\ 0 & 0 & 0 & x_1 & y_1 & 1 & -x_1y_1' & -y_1y_1' \\ x_2 & y_2 & 1 & 0 & 0 & 0 & -x_2x_2' & -x_2'y_2' \\ 0 & 0 & 0 & x_2 & y_2 & 1 & -x_2y_2' & -y_2'y_2' \\ x_3 & y_3 & 1 & 0 & 0 & 0 & -x_3x_3' & -x_3'y_3' \\ 0 & 0 & 0 & x_3 & y_3 & 1 & -x_3y_3' & -y_3'y_3' \\ x_4 & y_4 & 1 & 0 & 0 & 0 & -x_4x_4' & -x_4'y_4' \\ 0 & 0 & 0 & x_4 & y_4 & 1 & -x_4y_4' & -y_4'y_4' \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \\ d \\ e \\ f \\ g \\ h \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$x' = \frac{ax+by+c}{gx+hy+1} \quad y' = \frac{dx+ey+f}{gx+hy+1} \quad (2)$$



(그림 1) 어안렌즈 영상을 분할한 결과 영상



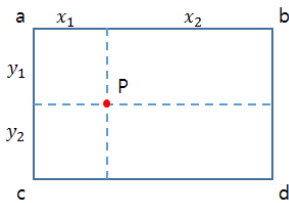
(그림 2) 분할영역에 대해 좌표변환 후 연결한 결과영상

수식 (1)에서 어안렌즈 영상의 좌표  $(x,y)$ 와 그에 대응하는 파노라마 영상의 좌표  $(x',y')$  4개 쌍을 가지고 perspective transform의 파라미터  $a\sim h$ 를 계산할 수 있다. 수식 (1)에서 계산한 8개의 파라미터를 수식 (2)에 적용하여 어안렌즈 영상의 좌표를 변환할 수 있다.

### 3. 바이레터럴 필터 보간

수식 (1)과 (2)를 통해 어안렌즈 영상의 좌표  $(x,y)$ 에 대응하는  $(x',y')$ 를 계산할 수 있다. 이 때, 어안렌즈 영상에서 외곽보다 해상도가 낮은 중심부의 좌표들은 여러 개의 결과영상 좌표가 하나의 어안렌즈 영상 좌표에 대응된다. 이렇게 어안렌즈 중심에서 가까운 곳에서 획득한 영상일수록 영상의 화질이 떨어진다. 이를 보완하기 위해서는 영상좌표들에 대한 보간방법을 적용할 필요가 있다.

기존 논문에서는 이 문제를 해결하기 위하여 양선형 보간법을 적용하였다[5]. 양선형 보간법은 (그림 3)과 같이 점 P 주변의 4개 점과 P 간에 거리를 가중치로 하여 수식 (3)과 같이 점 P의 픽셀 값을 계산한다.



(그림 3) 양선형 보간법

$$\begin{aligned}
 p &= x_1/(x_1+x_2) \quad q = x_2/(x_1+x_2) \\
 \alpha &= y_1/(y_1+y_2) \quad \beta = y_2/(y_1+y_2) \\
 P &= q(\beta a + \alpha b) + p(\beta d + \alpha c)
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

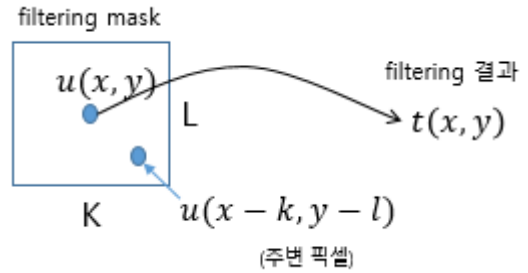
이런 방법의 단점은 주변 픽셀의 값에 평균을 취하기 때문에 에지정보가 손실된다는 것이다. 본 논문에서는 이를 개선하기 위해 에지보존효과를 가지는 바이레터럴 필터[6]를 활용한 보간 방법을 적용하였다.

바이레터럴 필터 보간은 거리에 따른 가중치와 주변 픽셀 밝기 값 차이에 대한 가중치를 함께 사용한다. 밝기 값 차이를 가중치로 활용하여 에지 보존효과를 얻을 수 있다.

이 과정은 다음 (그림 4)와 수식 (4)에 나타나 있다. 식에서  $W_s$ 는 기존 거리에 따른 가중치이고, 이에 더해 밝기 값에 대한 가중치  $W_l$ 를 함께 고려한다. (그림 4)와 같이 주변 픽셀과 가중치를 활용하여 결과영상 픽셀의 값인  $t(x,y)$ 를 결정한다. 수식 (4)에서  $diff$ 는 주변픽셀과 현재 위치 픽셀의 차이값을 나타내고  $\sigma$ 는 필터에 적용할 표준편차 값을 의미한다.

하지만, (그림 4)의  $u(x,y)$ 는 좌표 값이 실수인 경우에는 픽셀값을 알 수 없다. 따라서 본 논문에서는 원본영상 픽

셀 값으로 양선형 보간을 적용하여 추정된 픽셀값을 사용하여 바이레터럴 필터를 적용한 최종 픽셀값을 획득하는 과정을 구현하였다.



(그림 4) 필터링을 활용한 보간

$$\begin{aligned}
 t(x,y) &= \sum_k \sum_l W_s(k,l) \times W_l(k,l) \times u(x-k,y-l) \\
 W_l(k,l) &= e^{-diff/\sigma_l^2}
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

(그림 5)는 (그림 1)의 주차장 영상을 양선형보간과 바이레터럴 보간을 적용하여 파노라마 변환을 수행한 이후에 차량 번호판 영역을 비교한 그림이다. 위의 양선형 보간 결과보다 아래의 바이레터럴 보간을 적용한 결과에서 에지정보가 보다 잘 보존된 것을 확인할 수 있다.



(그림 5) 양선형 보간(위)과 바이레터럴 보간(아래) 비교

### 4. 결론

본 논문에서는 전방향 카메라로 얻어진 영상으로부터 에지를 보존하여 파노라마 영상을 생성하는 방법을 제안하였다. 추후에 바이레터럴 필터 보간을 활용하여 실시간 처리가 가능하도록 수행속도를 개선하고, 카메라 왜곡 보정과정을 추가하여 결과영상의 화질을 보다 좋게 개선할 수 있을 것이다.

## Acknowledgement

본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신기술진흥센터의 대학ICT연구센터육성지원사업(IITP-2017-2014-0-00639) 및 2015년 중소기업청 이공계전문가기술개발서포터즈사업(과제번호: C0335610)의 지원을 받아 수행됨.

## 참고문헌

- [1] S. K. Nayar, "Catadioptric Omnidirectional Camera," Proc. of IEEE Computer Society Conference on, pp. 17-19, June 1997.
- [2] Chao Liu, Toshiya Watanabe, Susumu Shibusawa and Tatsuhiro Yonekura, "A Walkthrough Remote View System with an Omnidirectional Camera" International Journal of Computer Networks & Communications, Vol. 4, No 5, 2012.
- [3] Yalin Bastanlar "Parameter Extraction and Image Enhancement for Catadioptric Omnidirectional Cameras", M.S, The Graduate School of Informatics of The Middle East Technical University, 2005.
- [4] O. El Kadmiri and L. Masmoudi, "An omnidirectional image unwrapping approach", International Conference on Multimedia Computing and Systems, 2011.
- [5] 김광백, "정변형과 양선형 보간법을 이용한 파노라마 영상 개선," 한국정보통신학회논문지, 제16권, 10호, pp. 2108-2112, 2012.
- [6] C. Tomasi, R. Manduchi, "Bilateral Filtering for Gray and Color Images", Proc. Sixth Int'l Conf. Computer Vision, pp. 839-846, Jan. 1998.