

어안 렌즈를 이용한 파노라마 시스템 개발에 관한 연구

이운근*, 조석빈*, 백광렬*, 강범수**
 *부산대학교 전자공학과, ** (주)BK엔지니어링

The Development of a Panorama System with Fish-Eye Lens

Un-Kun Yi*, Seog-Bin Cho*, Kwang-Ryul Baek*, and Bum-Soo Kang**
 Pusan National University, **BK Engineering Corporation

Abstract - 일반적인 카메라의 시야는 사람에 비하여 매우 좁기 때문에 큰 물체를 한 화면으로 얻기 힘들며, 그 움직임도 넓게 감지하기 어려움 점이 많다. 이에 본 논문에서는 어안 렌즈(Fish-Eye Lens)를 사용하여 넓은 시야의 영상을 획득하여 perspective 영상과 panorama 영상을 실시간 복원하는 파노라마 시스템을 구현하였다. 또한 어안 렌즈의 특성으로 인한 영상 변환 과정에서 발생하는 해상도 차이를 보완하기 위하여 여러 가지 interpolation 방법을 적용하여 이의 결과를 비교하였다.

1. 서론

넓은 공간을 이동하는 사람이나 물체를 추적하기 위한 방법 시스템 등에서는 공간 전체의 영상을 얻기 위한 시야가 넓은 카메라가 필수적으로 요구된다. 그러나 일반적인 카메라는 시야가 좁기 때문에 필요에 따라 여러 대의 카메라를 설치하거나 카메라를 움직여서 획득된 각각의 영상을 합성해야만 한다. 이러한 문제의 해결 방법으로는 180° 이상의 넓은 시야를 갖는 어안 렌즈를 사용하는 방법이 있다. 그러나 어안 렌즈로부터 얻어진 영상은 왜곡이 심하고, 영상의 해상도가 떨어지는 단점이 있다. [3] 이에 본 논문에서는 어안 렌즈 영상의 왜곡을 보정하여 양질의 perspective 영상과 panorama 영상을 획득하는 방법을 제시하고, 이를 실시간으로 처리하는 영상 처리 시스템을 구현하였다. 또한 어안 렌즈는 영상의 중앙과 외곽의 해상도가 다르기 때문에 영상 변환 시, 이에 따른 화질의 저하가 발생한다. 이를 보완하기 위하여 bi-linear, bi-cubic 및 spline interpolation 방법을 적용하여 복원된 영상을 비교하였다.

2. 본론

2.1 어안 렌즈 영상의 변환

어안 렌즈로부터 얻어진 영상을 perspective 영상으로 변환하는 과정은 참고문헌[1]에 의해 식 (1)과 같다. 그림 1에서 나타낸 바와 같이 어안 렌즈를 모델링하기 위해 일반적으로 사용되는 equi-distance 모델에서 azimuth 각(δ)과 zenith 각(β), 반지름(R)로 DOV(Direction-Of-View vector) 즉, DOV(x, y, z)가 결정되면 DOV가 통과하는 반구 위의 한 점이 perspective 영상의 원점이 된다. 그리고 각 φ로 perspective 영상의 회전 정도를 정할 수 있고, m은 영상의 확대 계수가 된다. δ, β, R, φ 및 m이 결정되면, 그림 2와 같이 어안 렌즈 영상 좌표 (x, y)에서 perspective 영상 좌표 (u, v)의 변환식이 정해진다.

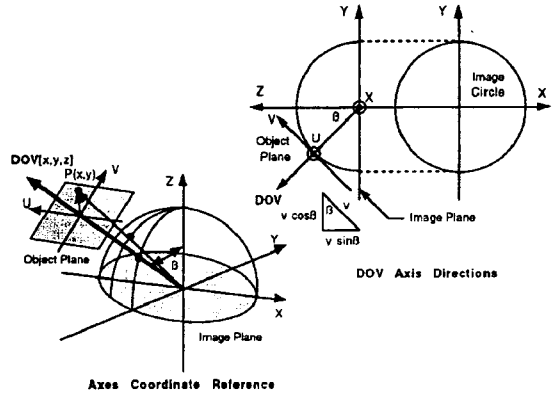


그림 1. Perspective 영상 변환 기준 좌표계

$$\begin{aligned}
 x &= \frac{R[uA - vB + mR \sin \beta \sin \delta]}{\sqrt{u^2 + v^2 + m^2 R^2}} \\
 y &= \frac{R[uC - vD - mR \sin \beta \cos \delta]}{\sqrt{u^2 + v^2 + m^2 R^2}} \\
 A &= (\cos \phi \cos \delta - \sin \phi \sin \delta \cos \beta) \\
 B &= (\sin \phi \cos \delta + \cos \phi \sin \delta \cos \beta) \\
 C &= (\cos \phi \sin \delta + \sin \phi \cos \delta \cos \beta) \\
 D &= (\sin \phi \sin \delta - \cos \phi \cos \delta \cos \beta)
 \end{aligned} \tag{1}$$

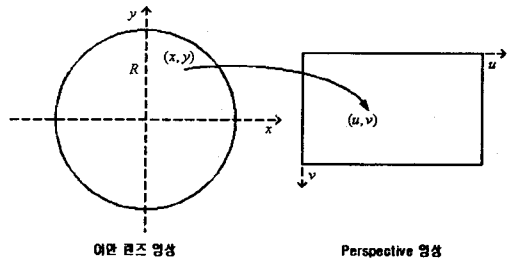


그림 2. Perspective 영상 획득 좌표 변환

Panorama 영상 획득에서도 perspective 영상 획득에서와 같이 equi-distance 모델을 사용한다. 그림 3과 같이 어안 렌즈 영상에서 r과 δ를 panorama 영상의 v, u에 각각 대응시키면, equi-distance model로부터 다음의 관계가 성립된다.

$$\begin{aligned}
 r &= k\beta \\
 u &= m_1\delta \\
 v &= m_2\beta
 \end{aligned}
 \quad (2)$$

그림 3의 어안 렌즈 영상에서 극 좌표 (r, δ) 를 직교 좌표 (x, y) 의 형식으로 변환하면, 최종적인 (x, y) 와 (u, v) 의 관계는 식(3)과 같다.

$$\begin{aligned}
 x &= r\cos\delta = k\frac{v}{m_2}\cos\frac{u}{m_1} \\
 y &= r\sin\delta = k\frac{v}{m_2}\sin\frac{u}{m_1}
 \end{aligned}
 \quad (3)$$

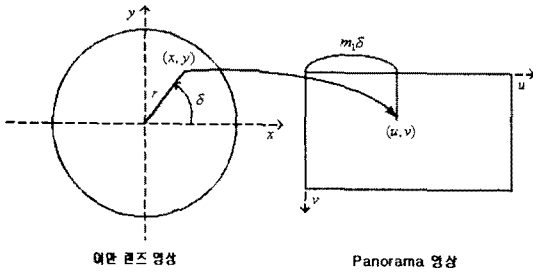


그림 3. Panorama 영상 획득 좌표 변환

2.2 Interpolation 방법

perspective 영상과 panorama 영상 획득을 위한 변환 식(1)과 (3)에서 (u, v) 를 증가시키며, 그에 대응하는 (x, y) 좌표를 구한다. 이때 해상도가 낮은 지점은 대부분의 (u, v) 가 하나의 (x, y) 좌표에 대응된다. 변환 후의 결과 영상은 어안 렌즈 영상의 중앙으로부터 멀어진 부분이 외곽에 비해 샘플 간격이 넓어 해상도가 낮다. 특히 panorama 영상 획득 시 v 가 작은 지점일수록 화질이 떨어지게 된다. 이러한 중복된 화소의 참조로 인하여 다음 샘플이 참조되는 부분에서 고조파 성분이 발생된다. 그 결과 perspective 영상과 panorama 영상에서 원형의 빗살 무늬가 두드러지게 나타난다. 이를 보완하기 위해 본 논문에서는 여러 가지 interpolation 방법을 적용하였다.

영상의 확대 등으로 영상의 해상도를 높이는 경우 영상의 품질을 유지하기 위하여 여러 가지 interpolation 방법들이 제시되어 있다[2].

이상적인 interpolation 방법은 샘플링 이론(Sampling theorem)에 의하여 이상적인 저역 통과 필터를 설계하여 2차원 discrete sample $s(k, l)$ 로부터 continuous 신호 $s(x, y)$ 를 다음과 같은 방법으로 복원할 수 있다.

$$s(x, y) = \sum_k \sum_l s(k, l) \cdot h_{2D}(x-k, y-l), \quad s, x, y \in R, \quad k, l \in N^0 \quad (4)$$

여기서 x, y 는 서로 대칭이고 분리 가능하므로, 아래 식(5)로 간단히 표시할 수 있다.

$$h_{2D}(x, y) = h(x) \cdot h(y) \quad (5)$$

그리고, Bi-linear, bi-cubic 및 spline interpolation 방법에 대한 전달 함수는 식(6)과 같다.

$$h^{Bi\text{-}near}(x) = \begin{cases} 1-|x|, & 0 \leq |x| < 0.5 \\ 0, & \text{elsewhere} \end{cases}$$

$$h^{Cubic}(x) = \begin{cases} (a+2)|x|^3 - (a+3)|x|^2 + 1, & 0 \leq |x| < 1 \\ a|x|^3 - 5a|x|^2 + 8a|x| - 4a, & 1 \leq |x| < 2 \\ 0, & \text{elsewhere} \end{cases} \quad (6)$$

$$h^{Spline}(x) = \begin{cases} |x|^3 - \frac{9}{5}|x|^2 - \frac{1}{5}|x| + 1, & 0 \leq |x| < 1 \\ -\frac{10}{3}|x-1|^3 + \frac{4}{5}|x-1|^2 - \frac{7}{15}|x-1|, & 1 \leq |x| < 2 \end{cases}$$

그림 4의 (a)는 interpolation을 수행하지 않은 결과, 즉 nearest-neighbor 방법[2]으로 구현된 결과이며, (b), (c) 및 (d)는 각각 bi-linear, bi-cubic, 및 spline interpolation 방법을 적용하여 변환한 영상을 나타낸다. 그림 4의 (a)에서 나타나는 빗살 무늬가 bi-linear interpolation 방법에서는 거의 나타나지 않음을 알 수 있다. 더욱이 bi-cubic과 spline은 bi-linear 보다 영상이 선명함을 알 수 있다.

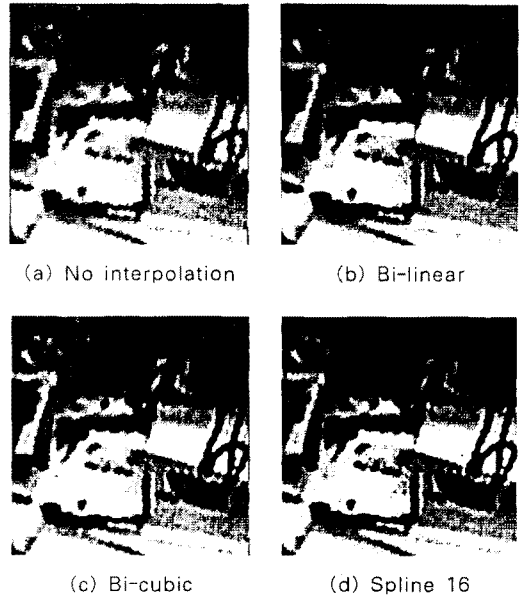


그림 4. Perspective 영상 변환 결과

2.3 파노라마 시스템 구현

구현된 파노라마 시스템은 PC와 영상을 취득하기 위한 프레임 그래버(Frame grabber)로 구성된다. 프로그램은 어안 렌즈 영상과 함께 그 위의 6 개 지점 perspective 영상을 함께 나타내는 모드(어안 렌즈 화면 모드)와 6 개 지점의 perspective 영상과 panorama 영상을 나타내는(Perspective/Panorama 모드) 두 가지 모드로 구성되어 있으며, 사용자가 임의로 모드를 전환하거나 perspective 영상의 원점을 지정할 수 있도록 하였다.

프로그램 동작은 그림 5에 나타난 것과 같다. 사용자로부터 영상 변환 파라미터와 interpolation 방법의 설정에 따라 perspective/panorama 변환 식(1), (3)에 의해 LUT(Look-Up Table)을 생성한다. 그렇지 않으면 프레임 그래버로부터 한 프레임의 영상을 획득하여 미리 생성된 LUT을 참고하여 영상을 변환하고 interpolation을 수행한다. 그리고 그 결과를 화면에

출력한다.

3. 결 론

본 논문에서는 어안 렌즈를 이용하여 얻어진 영상으로부터 양질의 perspective 영상과 panorama 영상을 실시간으로 획득할 수 있는 파노라마 시스템을 구현하였다. 특히 perspective 영상과 panorama 영상으로 복원 시 어안 렌즈가 갖고 있는 왜곡이 많은 등의 문제점을 해결하기 위해 여러 가지 interpolation 방법을 적용하여 성능을 비교하였다. 그 결과 bi-cubic interpolation 방법을 적용하였을 때 가장 양질의 영상을 얻을 수 있었다.

향후 본 논문에서 적용된 interpolation 방법과 그 외의 방법을 적용하였을 때 획득된 영상의 품질과 영상 처리 수행 시간에 따른 정량적인 성능 평가가 이루어져야 할 것이다.

본 파노라마 시스템이 전방향 감시가 가능한 방법 시스템과 화상 회의 시스템 등에 적용된다면, 기존 시스템의 비용 절감 및 성능 향상을 기대할 수 있을 것이다.

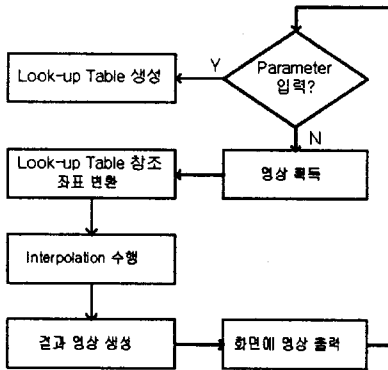


그림 5. 프로그램 동작 구조

그림 6과 7은 두 가지 모드로 수행되는 결과를 나타내었으며, 실제로 어안 렌즈를 실내의 천장에 장착하고 공간 내부를 감시하는 상태를 나타낸다.

본 파노라마 시스템은 Pentium III, 500MHz PC에 Matrox사의 Meteor 보드를 장착하였고, 소프트웨어는 Visual C++로 구현하여 RGB 24 bit 컬러 영상을 실시간 처리하도록 하였다.

(참 고 문 헌)

- [1] S. Zimmermann, et. al., "A Video Pan/Tilt/Magnify/Rotate System with No Moving Parts", IEEE, 0-7803-0820-4, 1992.
- [2] T. M. Lehmann, et. al., "Survey: Interpolation Methods in Medical Image Processing", IEEE Trans. Medical Imaging, vol. 18, no. 11, pp. 1049-1075, 1999.
- [3] A. Basu, et. al., "Alternative models for fish-eye lenses", Pattern Recognition Letters, 16, pp. 433-441, 1995.
- [4] Matrox Electronic Systems Ltd., "MIL-Lite 6.1 User Guide and Command Reference", 2000.
- [5] Matrox Electronic Systems Ltd., "MIL/MIL-Lite 6.1 Board-Specific Notes", 2000.
- [6] D. J. Kruglinski, "Inside Visual C++ 4th edition", Microsoft press, 1997.
- [7] J. S. Lim, "Two-Dimensional Signal and Image Processing", Prentice Hall PTR, 1990.
- [8] P. E. Mattison, "Practical Dgital Video with Programming Example in C", John Willy & Son, Inc., 1994.

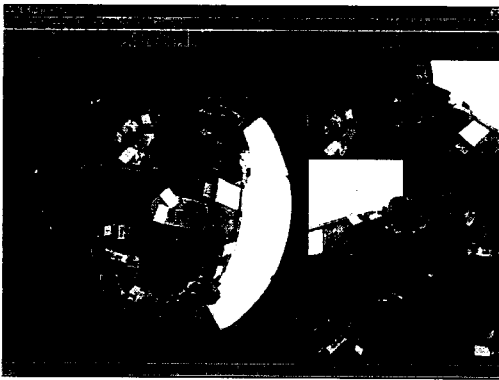


그림 6. 어안 렌즈 화면 모드

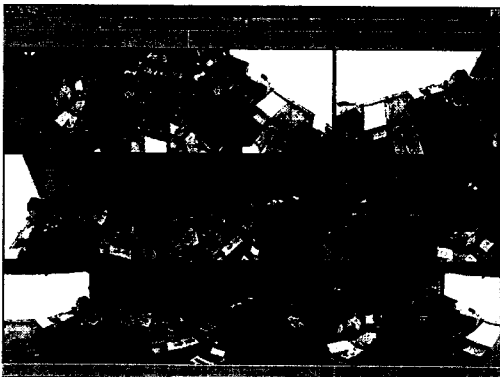


그림 7. Panorama/Perspective 모드