
멜린 변환을 이용한 모자이크 이미지 생성

이지현* · 양황규**

Mosaics Image Generation based on Mellin Transform

Ji-hyun Lee* · Hwang-kyu Yang**

요약

본 논문은 파노라믹 이미지 생성을 위해 수평 이동 정보와 회전 정보가 있는 비디오 영상을 모자이크 하는 방법을 제안한다. 멜린 변환 후 나타나는 이미지의 이동 정보와 회전 정보를 이용하여 각 이미지들을 접합하기 위한 투영 행렬을 계산한다. 그리고 모자이크 생성 시 나타날 수 있는 첫 이미지와 마지막 이미지의 누적 오차를 줄이고 전체적으로 접합하기 위해 각각 이미지 사이의 접합을 위한 투영행렬을 누적하여 적용함으로써 오차를 줄여 정확한 모자이크를 만들 수 있다. 지금까지 제안된 모자이크 기법들은 노이즈에 지나치게 민감하거나 중복성 계산에 있어 시간이 지나치게 많이 소모되는 단점이 있었다. 또한 기존의 기법들은 카메라를 삼각대 위에 고정하여 수평이동 시켜 얻어진 영상만을 다루어, 이미지가 회전되었을 경우 정확한 모자이크 결과를 얻을 수 없었다. 따라서 본 논문에서는 멜린 변환에 기반한 투영행렬을 이용하여 노이즈에 덜 민감하고 이미지의 중복 정보와 이동 정보를 단 시간에 찾아 모자이크하는 방법을 제안한다.

ABSTRACT

This paper presents the mosaic method that the video sequence with shift and rotation information after Mellin Transform. The results are used to compute the projection matrix for each image registration. So before registration, we process camera calibration in order to reduce the image warp by camera and then compute the global projection matrix for image registration for reducing errors from first image to last image. This paper describes the mosaic method that compute duplication and movement information quickly and robust noise using projection matrix on Mellin Transform.

키워드

Mellin transform, Mosaic, Panoramic image

1. 서론

파노라마 이미지란 자신을 둘러싸고 있는 주위의 원통형 이미지로 기존의 영상획득 장비를 이용하여 장면에 대한 일련의 영상들을 얻은 후 이를 결합하여 사용자가 단일 방향만이 아닌 사용자 주위의 모든 방향을 바라볼 수 있도록 하기위하여 합성된 영상을 의미한다[1]. 파노라마 영상은 특별한 하드웨어가 필요없이 실세계 환경으로부터

표현되므로 기존의 3차원 그래픽 기반으로 만들어진 가상현실 보다 실시간 표현이 가능하며 좀더 현실감 있게 표현할 수 있는 장점이 있다. 또한 사용자가 네비게이션이나 가상 객체와 상호작용이 가능하도록 실사 영상에 기반하여 생성된 가상 환경은 사용자가 실제처럼 느낄 수 있는 가상 공간을 제공한다.

파노라믹 이미지 생성을 위해 인접 영상들 간의 중복되는 부분을 찾아 영상을 스티칭하기 위한

*동서대학교 소프트웨어전문대학원 석사과정

** 동서대학교 인터넷공학부 교수

접수일자 : 2003. 10. 16

모자이크는 한 장면의 중복되는 이미지의 다른 조각들을 하나의 큰 이미지로 정렬한 후 이미지들을 고르게 조합하는 것이다[2]. 이미지 모자이크에서 가장 중요한 점은 알고 있는 영상으로부터 정렬을 위한 변환을 얻어내는 이미지 정합 부분이다. 그동안 많은 이미지 정합 알고리즘이 연구되어 왔으며 대표적인 연구로는 이미지 매칭, moment invariant 등이 있다. 그러나 이 기술들은 두 이미지의 이동 정보 값에 대한 정확하고 세심한 계산이 요구되어 두 이미지간의 이동 뿐 아니라 회전, 크기 변화 등이 포함될 때 시간이 많이 소모되거나 노이즈에 민감하여 이진화 이미지에 적용되는 한계점이 있다.

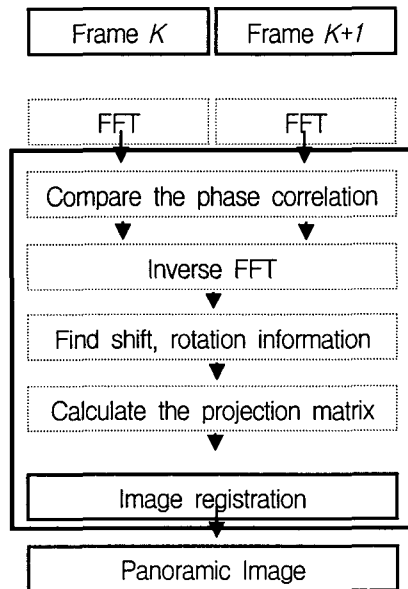


그림 1. 전체 흐름도
Fig 1. Flowchart

또한 최근에 제시된 정합 방법인 푸리에 변환을 기반으로 하는 phase-based correlation method는 식별력이 높고 계산 능력이 효율적이며 노이즈에 강하다는 장점이 있으나[3] 이미지의 회전과 크기 변화에는 효과적인 결과가 나타나지 않은 문제점이 있다[4]. 또한 기존에 연구된 방법들은 카메라를 삼각대 위에 고정시켜 적용될 수 있으나

hand-held 카메라의 경우에는 이미지들 간의 수평이동 외에 회전되는 정보까지 다루어야 하므로 정확한 모자이크를 생성하기 어렵다. 따라서 이미지가 수평 이동과 동시에 회전 이동을 할 때 효과적으로 정합할 수 있는 방법이 필요하다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 본 논문에서는 노이즈에 강하고 인접 영상간의 중복성에 대한 정보를 효과적으로 찾아서 영상을 모자이크하여 손쉽게 파노라마 영상을 생성하기 위해 멜린 변환을 이용하고자 한다. 이에 대한 전체적인 흐름도는 그림 1과 같다.

II. 멜린 변환(Mellin Transform)

멜린 변환은 위상관계와 푸리에 속성에 기초를 둔다[5]. 연속된 한 쌍의 이미지 $\{I_1, I_2\}$ 사이에서는 phase correlation과 관계가 있는 이동 모션인 (x_0, y_0) 을 알 수 있다. 즉, 두 영상 $I_1(x, y)$ 와 $I_2(x, y)$ 는 (x_0, y_0) 의 차이를 가지므로 이 정보를 멜린 변환을 이용하여 이미지의 이동 정보를 추출할 수 있다.

$$I_2(x, y) = I_1(x - x_0, y - y_0) \quad (1)$$

각 이미지 I_1, I_2 에 푸리에 변환을 적용하여 두 영상의 phase shift 정보를 찾을 수 있다.

$$F_2(w_x, w_y) = e^{-j2\pi(w_x x_0 + w_y y_0)} F_1(w_x, w_y) \quad (2)$$

두 영상의 phase shift 인 $e^{-j2\pi(w_x x_0 + w_y y_0)}$ 는 다음의 값을 가진다.

$$e^{-j2\pi(w_x x_0 + w_y y_0)} = \frac{F_1(w_x, w_y) F_2^*(w_x, w_y)}{|F_1(w_x, w_y) F_2(w_x, w_y)|} \quad (3)$$

여기서 F_2^* 는 F_2 의 complex conjugate이다.

이 phase shift를 다시 역푸리에 변환을 적용하면 원본 이미지에서 이동된 움직임의 양만큼

delta function으로 나타난다. 이것이 두 영상 사이의 평행이동 성분이다. 그러나 실제로 이동이 많지 않다면 delta function의 강도가 약할 수도 있다.

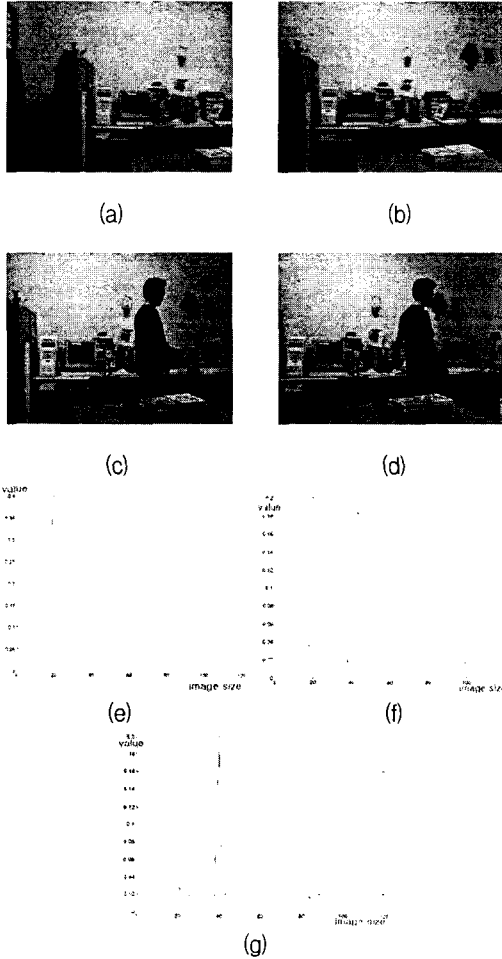


그림 2. 멜린 변환 후의 수평이동정보
Fig 2. Shift information after Mellin Transform

그림 2는 이미지 접합 시 나타나는 이미지의 수평 이동에 대한 정보를 나타낸다. (b)는 (a)에서 수평 방향으로 이동한 이미지이다. 그에 반해 (c)는 수평이동과 동시에 물체가 나타났을 경우이며 (d)는 (c)의 물체가 카메라 이동과 같은 방향으로 이동한 이미지이다. (e)는 (a)와 (b)의 이미지를 접합했을 경우의 delta function이 나타나는 그래

프이다. 이미지가 수평으로 이동한 만큼의 위치에서 delta function이 나타난다. (f)는 (a)와 (c)를 접합했을 경우이다. (c)는 (b)에 비해 수평이동의 양이 크므로 그 차이만큼 delta function이 나타나는 위치가 이동되며 움직이는 물체가 나타남에 따라 그래프의 변화량이 나타난다. (g)는 (a), (c), (d)를 접합한 경우이다. 여기에는 (f)와 같은 모양의 그래프가 포함되어 보인다. 이것은 두 장의 이미지를 접합한 후 접합된 이미지에 또 다른 이미지를 접합하더라도 처음 접합할 때의 정보가 남아 있다는 것을 알 수 있다. 그림 2의 (e), (f), (g) 그래프의 가로축은 이미지 크기로 0에서 120이며 세로축은 delta function이 가지는 값으로써 0에서 0.05씩 증가하여 0.4까지 값을 가진다.

그리고 수평 이동 이미지 외에 회전된 이미지를 다루기 위해 멜린 변환을 회전과 이동에 대한 푸리에 속성에 따라 확장한다.

$$I_2(x, y) = I_1(\sigma(x \cos \theta_0 + y \sin \theta_0) - x_0, \sigma(y \cos \theta_0 - x \sin \theta_0) - y_0) \quad (4)$$

여기서 θ_0 는 회전각이며 σ 는 스칼라 요소이다. 이를 푸리에 변환을 적용하면 다음과 같다.

$$F_2(w_x, w_y) = e^{-j2\pi(w_x x_0 + w_y y_0)} \sigma^{-2} |F_1(w_x \cos \theta_0 + w_y \sin \theta_0, w_y \cos \theta_0 - w_x \sin \theta_0)| \quad (5)$$

위의 수식을 극 좌표 상에서 다시 표현하면 회전은 다음과 같이 표현된다.

$$|F_2(w_x, w_y)| = \sigma^{-2} |F_1(\sigma^{-1}(w_x \cos \theta_0 + w_y \sin \theta_0), \sigma^{-1}(w_y \cos \theta_0 - w_x \sin \theta_0))| \quad (6)$$

여기서 F_2 의 크기는 F_1 의 회전에 있다는 것을 알 수 있다. 위의 수식을 극 좌표로 나타낸 후 polar-log scale로 표현하면 회전 정보가 phase shift 형태로 추출된다. 이 phase shift를 다시 역 푸리에 변환을 거치면 이미지의 회전 정보를 알 수 있다.

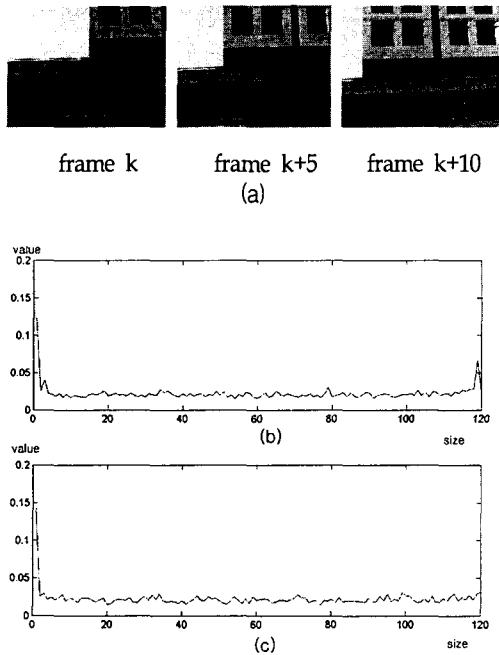


그림 3. 회전 이동 정보
Fig 3. Rotation movement information

그림 3은 멜린 변환 후 이미지의 회전 정보를 나타내는 그래프이다. (b)는 프레임 k에 대한 k+5 프레임의 회전량이고 (c)는 k+10 프레임의 회전량을 나타낸다.

III. 이미지 정합

여러 장의 이미지를 모자이크 할 경우 첫 부분과 마지막 부분이 정확하게 정합되지 못하는 현상이 발생한다. 이는 각 이미지를 접합할 때 생기는 미세한 오차가 마지막 부분에서 누적되어 생기는 현상이다. 이를 해결하기 위해 멜린 변환에 의해 추정된 이동 정보와 회전 정보 그리고 카메라 내부 기하 정보를 이용하여 각 이미지를 접합하는 투영 행렬을 추출한다. 그림 4는 그림 1의 전체 구상도에서 이미지 접합에 해당되는 과정을 보여주고 있다. 추출된 정보를 이용하여 각 이미지 사이의 접합을 위한 행렬을 계산한 후 이를 바탕으로 전체적인 투영행렬을 구하여 이미지를 합성하는 과정이다.

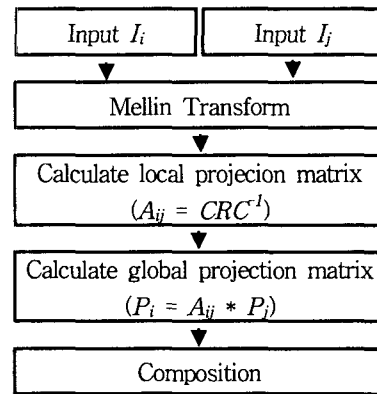


그림 4. 이미지 접합 과정
Fig. 4. The process of image registration

각 이미지 사이의 투영행렬 A 는 다음과 같다.

$$A = CRC^{-1} \tag{7}$$

여기서 R 은 이미지의 회전 행렬이고 C 는 카메라 내부 파라미터 행렬이다. C 는 카메라 보상을 통하여 얻은 결과로 추출된다. 따라서 각 이미지 간의 투영행렬인 A_{ij} 을 누적하여 전체적인 투영행렬 P_i 를 구할 수 있다[5].

$$P_i = \prod_{j=0} A_{i,j-1} \tag{8}$$

수식 (8)을 바탕으로 하여 이미지 I_i 의 전체적인 투영 행렬을 구하면 다음과 같다.

$$P_i = A_{ij}P_j \tag{9}$$

여기서 P_i 는 접합이 완료될 때까지 반복적으로 수행되어 누적된다.

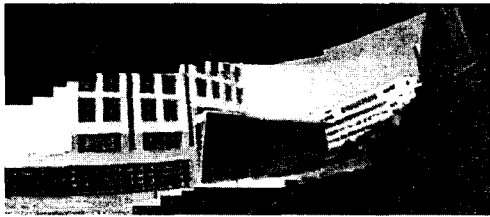
표 1은 위의 방법으로 그림 2의 프레임 k, k+5, k+10을 접합했을 때 계산된 투영행렬이다. 첫 번째 이미지의 경우는 접합되지 않으므로 카메라 보상을 위한 투영행렬만을 적용한다.

표 1. 접합 시 계산되는 투영행렬
Table. 1. The computed projection matrix for registration.

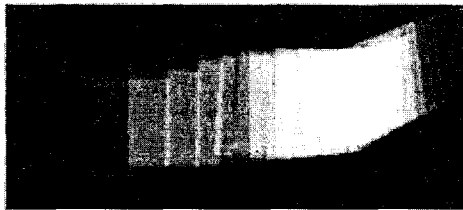
	frame k	frame k+5	frame k+10
A	$\begin{vmatrix} 6.29 & 0 & 0.17 \\ 0 & 6.29 & 0.39 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	$\begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0.2917 & -0.0833 & 1 \end{vmatrix}$	$\begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0.2167 & -0.0017 & 1 \end{vmatrix}$
P	$\begin{vmatrix} 6.29 & 0 & 0.17 \\ 0 & 6.29 & 0.39 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$	$\begin{vmatrix} 6.29 & 0 & 0.17 \\ 0 & 6.29 & 0.39 \\ 1.8346 & -0.2542 & 1 \end{vmatrix}$	$\begin{vmatrix} 6.29 & 0 & 0.17 \\ 0 & 6.29 & 0.39 \\ 3.1974 & -1.1008 & 1.0831 \end{vmatrix}$

IV. 실험 결과

본 논문에서 제안한 방법을 검증하기 위해 자연 영상을 사용하여 파노라믹 영상을 제작하였다. 배경 영상은 hand-held 카메라로 촬영하였다. 각 이미지는 X축 평행이동 성분과 회전 성분이 존재한다. 이미지 모자이크에는 회전 정보와 수평 이동 정보를 자세히 나타내기 위하여 총 108 프레임을 5단위로 취하여 모자이크 하였다.



(a) 모자이크 결과 이미지



(b) 결과 이미지의 weight 값에 따른 표현
그림 5. 모자이크 결과

Fig. 5 The result of mosaicing

그림 5는 위의 투영행렬을 이용하여 접합한 결과이다. (a)에서 마지막 부분에서 이미지의 회전 각도가 커짐에도 불구하고 접합이 잘 되었다. (b)는 (a)의 모자이크 결과를 각 이미지의 weight 값에 따라 표시한 그림이다. 이 그림을 보면 각 이미

지의 이동과 회전된 정도를 잘 알 수 있다. 그림 6은 그림 5의 각 이미지들의 수평이동과 회전 이동의 양을 그래프로 나타낸 것이다.

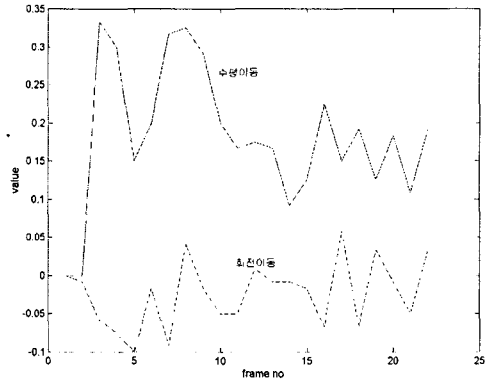
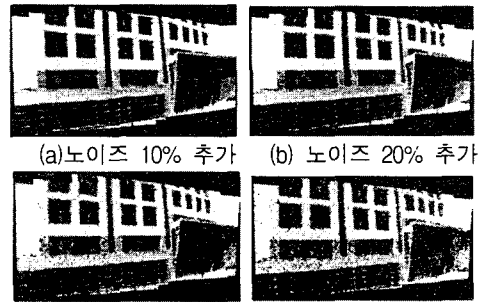


그림 6. 모자이크 시 나타나는 이동 정보
Fig. 6 The movement information during mosaics

또한 제시된 방법의 신뢰성을 검증하기 위해 가우시안 노이즈를 첨가한 후 같은 방법으로 실험하였다. 실험은 가우시안 노이즈 10, 20, 30, 40에 대해 다음과 같이 PSNR을 측정하였다.



(c)노이즈 30% 추가 (d) 노이즈 40% 추가

그림 7. 노이즈가 있는 영상의 모자이크 결과
Fig. 7 The mosaics result of noise images

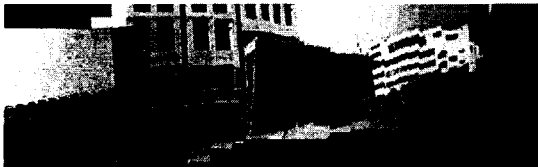
그 결과 그림 7은 멜린 변환에 의해 노이즈가 추가된 이미지에 대해 접합을 시도한 결과를 나타낸 것이고, 표 2는 각각의 이미지에 대한 PSNR 측정 결과를 나타낸 것이다. 그림 7에서 각각의 이미지는 그림 5에서 사용된 원본 이미지에 대해 노이즈를 추가하여 사용하였고 그림 5와 동일한 과정을 거쳐 접합되었다.

이 결과를 볼 때 제안된 방법은 노이즈가 추가된 영상을 접합할 경우에도 좋은 모자이크 영상을 얻을 수 있었다.

표 2 가우시안 노이즈에 대한 PSNR 측정 결과
Table 2 The PSNR result of Gaussian noise

노이즈	10%	20%	30%	40%
PSNR	25.5578	29.2667	25.6407	24.5607

위의 결과로 보아 제시된 방법이 노이즈에 강하여 신뢰성 있는 이미지를 획득할 수 있다는 사실을 확인할 수 있었다. 또한 기존의 알고리즘인 푸리에 변환과 상용 프로그램인 포토비스타에 적용시켜 비교하였다. 결과는 그림 8과 같다.



(a) 푸리에 알고리즘에 의한 결과



(b) 포토비스타에 적용한 결과
그림 8. 비교 실험 결과

Fig. 8. compare another methods

그림 8에서 볼 때 푸리에 알고리즘의 경우 복잡한 영상일 경우 정확한 접합 점을 찾아 모자이크하는 데 한계가 있어 보이며, 기존 상용 프로그램인 포토비스타의 경우 비교적 정확하게 모자이크 하나 같은 이미지가 반복될 경우 약간의 번짐 현상이 일어나는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 위의 결과에 따라 제시된 방법이 모자이크를 생성하는 데 있어 효과적이라는 사실을 알 수 있었다.

V. 결론

본 논문에서는 파노라믹 영상을 위한 모자이크 생성 시에 이미지의 중복성을 좀 더 쉽게 찾고 이미지가 수평으로 이동했을 경우와 회전하였을 경우에도 영상의 정합을 정확하게 시행하기 위해서 멜린 변환을 사용하였다. 멜린 변환은 여러 이미지를 접합하는 과정에서 빠른 시간에 이미지의 중복 정보와 이동 정보를 찾아내어 삼각대 위에 고정된 카메라로부터 얻은 이미지의 접합 뿐 아니라 hand-held 카메라에 의해 획득된 이미지의 접합에도 좋은 결과를 얻을 수 있었다. 또한 멜린 변환 후 추출되는 이동 정보를 바탕으로 이미지를 접합하기 위한 투영행렬을 계산하여 전체적인 모자이크의 오차를 줄이면서 정확한 모자이크 이미지를 얻을 수 있었다. 또한 노이즈가 추가된 영상의 접합에도 신뢰성 있는 결과를 가져옴으로써 제시된 방법이 노이즈에 강한 장점을 확인할 수 있었다.

향후 이러한 연구를 기반으로 하여 가상 현실에 적용 가능한 파노라믹 영상을 생성하기 위해 칼라 정보와 깊이 정보를 추정한 후 적용하여 좀 더 현실감 있는 가상 현실 배경의 생성을 위한 연구에 이용하고자 한다.

참고 문헌

- [1] J. Davis, "Mosaics of Scenes with Moving Object", Computer Vision and Pattern Recognition Proceedings, pp.354-360, 1998.
- [2] Chiou-Ting Hsu, Yu-Chun Tsan, "Mosaics of video sequences with moving objects", Image processing, 2001 proceedings 2001 International Conference on, Vol. 2, 2001.
- [3] B. S. Reddy, B. N. Chatterji, "An FFT Based Technique for Translation, Rotation, and Scale Invariant Image Registration", IEEE Trans. On Image Processing, Vol.5, no.8, pp.1266-1271, 1996.
- [4] B. V. Kumar and E. Pochapsky, "Signal-to-noise ratio considerations in modified matched spatial filters", J.Opt.Soc. Am. A., vol. 3, no.6, pp. 777- 786, 1986.
- [5] Paul Bao, "Complex wavelet-based image

mo- saics using edge-preserving visual perception modeling", computer&graphics, Vol. 23, pp.309- 321, 1 June 1999.

- [6] Szeliski. R Shum H., "Creating full view pano- ramas image mosaics and environment maps", Computer Graphics Proceedings. Annual Confe- rence Series(SI- GGRAPH' 97), pp. 251-8, 1997.
- [7] Qin-sheng Chen, Michel Defrise, F. Dec- oninck "Symmetric Phase-Only Matched Filtering of Fourier-Mellin Transforms for Image Regist- ration and Recognition", IE- EE Trans. Pattern Analysis, vol. 16, no. 12, pp.1156-1168, Dec. 1994.
- [8] Szeliski. R., "Video mosaics for virtual enviro- nments", IEEE Computer Graphics and Applica- tions, 16:22-30, 1996.
- [9] Szeliski. R and Shum H., "Panoramic im- age mosaics", Microsoft Research MSR -TR-97-23, 1997.
- [10] Hanqi Zhuang and Wen-Chiang Wu, "Camera calibration with a near-parallel (ill -conditioned) calibration board configu- ration", Robotics and Automation, IEEE Transactions on , Vol. 12 Issue: 6, pp. 918-921, Dec 1996.



양항규(Hwang-kyu Yang)

1988년 2월 : 경북대학교 전자공학
과 공학사

1990년 2월 : 경북대학교 컴퓨터공
학과 공학석사

2003년 2월 : 부산대학교 전자계산학과 이학박사

1990년 3월 ~ 1996년 2월 : 국방과학연구소 연구원

1996년 3월 ~ 현재 : 동서대학교 인터넷공학부 교수

※ 관심분야 : 영상처리, 신경회로망, 멀티미디어 응용

저자 소개



이지현(Ji-hyun Lee)

2000년 2월 : 부산교육대학교 영어
교육학과 교육학사

2002년~현재 : 동서대학교 소프트
웨어전문대학원 석사과정

※ 관심분야 : 영상처리, 이미지 모자이크, 가상현실