

논문 2004-41SP-5-19

다중스펙트럼 기반 벽화 밑그림 영상 모자이크 기법

(Multispectral Mural Underdrawing Mosaic Technique)

이 태 성*, 권 용 무**, 고 한 석***

(Tae-Sung Lee, Yong-Moo Kwon, and Han-Seok Ko)

요 약

본 논문은 적외선 파장대의 벽화 밑그림영상과 가시광선 파장대의 패턴영상을 이용한 다중영상 정합 기법과 적응적 중첩영역 병합 기법을 이용하여 고해상도 적외선 벽화 밑그림 영상을 생성하기 위한 영상 모자이크 기법을 제안한다. 기존의 영상 모자이크 기법은 특징이 없는 대상에 대해서 정합을 적용하기가 힘들었다 그리고 중첩영역의 크기에 따라 정합과 병합의 오차가 상반되는 현상이 발생한다. 이러한 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 첫 번째로, 영상에서 주목할 만한 특징이 없는 경우에도 프로젝터를 사용하여 패턴영상을 획득하고 의사 칼라 영상을 획득하여 정합을 가능하게 하였다. 두 번째, 인접한 영상간의 최소 병합 오차를 가지는 중첩영역을 찾아서 그 영역에 대해서만 병합을 수행함으로써 흐림현상을 해결하였다. 결과적으로 제안한 방법이 기존의 모자이크 방법보다 더 효과적이고 효율적인 것을 확인하였고, 또한 적외선 벽화 밑그림 영상의 모자이크에 더 적당한 것을 확인하였다. 실험 결과는 이 알고리즘의 강건함과 정확성을 보여준다.

Abstract

In this paper, we propose a new accurate and robust image mosaic technique of the mural underdrawing taken from the infra-red camera, which is based on multiple image registration and adaptive blending technique. The image mosaicing methods which have been developed so far have the following deficits. It is hard to generate a high resolution image when there are regions that do not have features or intensity gradients, and there is a trade-off in overlapping region size in view of registration and blending. We consider these issues as follows. First, in order to mosaic images with neither noticeable features nor intensity gradients, we use a projected supplementary pattern and pseudo color image for features in the image pieces which are registered. Second, we search the overlapping region size with minimum blending error between two adjacent images and then apply blending technique to minimum error overlapping region. Finally, we could find our proposed method is more effective and efficient for image mosaicing than conventional mosaic techniques and also is more adequate for the application of infra-red mural underdrawing mosaicing. Experimental results show the accuracy and robustness of the algorithm

Keywords : 영상모자이크, 영상정합, 영상병합, 적외선 리플렉토그래피.

I. 서 론

최근 제한된 시야를 갖는 카메라에 의해 부분적으로 중첩되게 획득한 영상을 보다 넓은 시야를 갖는 한 장의 큰 영상을 얻기 위한 영상 모자이크방법이 활발히 연

구되고 있다^[1-5]. 이러한 영상 모자이크는 복잡한 3차원 모델을 생성하여 렌더링 하지 않고 실사를 기반으로 가상 현실 환경을 구축하기 위한 방법으로 사용되고 있다. 모자이크 영상의 생성은 영상들 사이의 변환을 구하여 정렬하고, 영상들을 이음매없이 혼합하여 얻는다. 이러한 방법은 영상을 기하학적으로 왜곡시키는 영상 워핑^[6]과 두 영상의 밝기 값 또는 컬러 값을 융합하는 방법^[4]을 사용한다. 모자이크 기술 중 대표적인 방법인 파노라마 영상 생성법^[1]은 고정된 위치에 카메라를 설치하고 광학축을 중심으로 수평방향으로 회전을 시키면서 촬영한 영상을 하나의 영상으로 통합하여 원통형 벽에 매핑시켜 관찰자에게 전 방위 시야를 제공하는 방법이다. 하지

* 학생회원, ** 정회원,
한국과학기술연구원 영상미디어연구센터
(Imaging Media Research Center, Korea Institute of
Science and Technology)

*** 정회원, 고려대학교 전자컴퓨터공학과
(Department of Electronics and Computer
Engineering, Korea University)

접수일자: 2003년11월29일, 수정완료일: 2004년6월11일

만 이 방법은 카메라가 자유롭지 못하고, 영상 획득시 고려해야할 제약 조건이 많이 존재한다. 이러한 제약사항들은 사영변환식을 사용함으로써 극복할 수 있다^[2-5]. 카메라를 전후좌우로 이동시키면서 촬영한 두 영상이 주어졌을 때 한 영상으로 합성하기 위해 영상들 간의 관계를 Homography라 불리는 선형사영변환식으로 표현한다. 본 논문에서도 적외선 카메라를 사용해서 벽화나 민화와 같은 지류문화재의 밀그림 영상을 획득하기 위해서 실험대상과 가까운 거리에서 촬영을 해야 하기 때문에 하나의 큰 이미지로 만들어 주기 위해서는 모자이크 기법을 적용해야 한다. 기존의 모자이크 방법들은 대상 이미지들만을 사용하여 두 영상간의 변환을 계산하였다^[2-5]. 그러나 적외선 영상만을 사용하여 영상 모자이크를 할 경우 적외선 밀그림 영상의 특성상 두 영상간의 대응점들이 일부 영역에서만 추출될 수가 있다. 이 경우에는 정확한 결과영상을 얻을 수 없다. S.Takeuchi는 특징이 없을 경우에도 프로젝터를 사용하여 패턴을 투영하여 정합을 시도하였지만 원근투영의 문제점 때문에 대응점이 정확히 추출이 안되는 경우가 발생 하였다. 이러한 점을 보완하기 위하여 대상에 맞게 워핑된 패턴을 투영하여 패턴영상을 획득하였고, 밀그림을 보다

더 강조하기 위해 의사칼라영상을 사용하여 보다 더 넓은 영역에서 획득한 대응점을 이용하여 영상간의관계를 구하여 모자이크를 수행하였다. 그리고 기존의 병합방법은 중첩된 영역 전체에 걸쳐 병합을 수행하였다. 이런 경우 정합이 정확히 되지 않으면 중첩영역에서 흐림현상이 발생한다^[1-5]. 이를 보완하기 위해서 병합에러를 최소화하는 중첩영역을 찾아서 구해진 영역에 대해서만 병합처리를 함으로서 이러한 문제를 해결 하였다. 그림 1은 전체 시스템의 흐름을 보여주고 있다. 전체 과정은 다중영상 획득, 특징점 및 대응점 추출, 정합 그리고 병합으로 이루어져있다.

II. 본 문

1. 다중 영상 획득

가. 적외선 벽화밀그림 영상 획득

적외선을 사용해서 밀그림을 추출하는 방법은 IR Reflectography를 이용한다^{[10][11]}. 그림 2는 IR Reflectography의 원리를 보여준다. 가시광선은 표면층(먼지나 물감)을 투과하지 못하고 반사를 한다. 그러나 적외선은 투과성이 있기 때문에 먼지나 물감을 투과하고 밀그림에서 흡수되는 성질을 띤다. 이러한 적외선의 성질을 이용해서 벽화 복원 작업에 사용되는 밀그림을 추출하게 된다.

그림 3은 색상별 적외선 투과 실험 결과이다. 색상의 파장에 따라 투과율이 변하는 것을 확인 할 수가 있다. 실험 결과 파장이 짧은 빨간색이 가장 투과율이 좋고, 파장이 길어질수록 투과율이 줄어드는 것을 확인 할 수

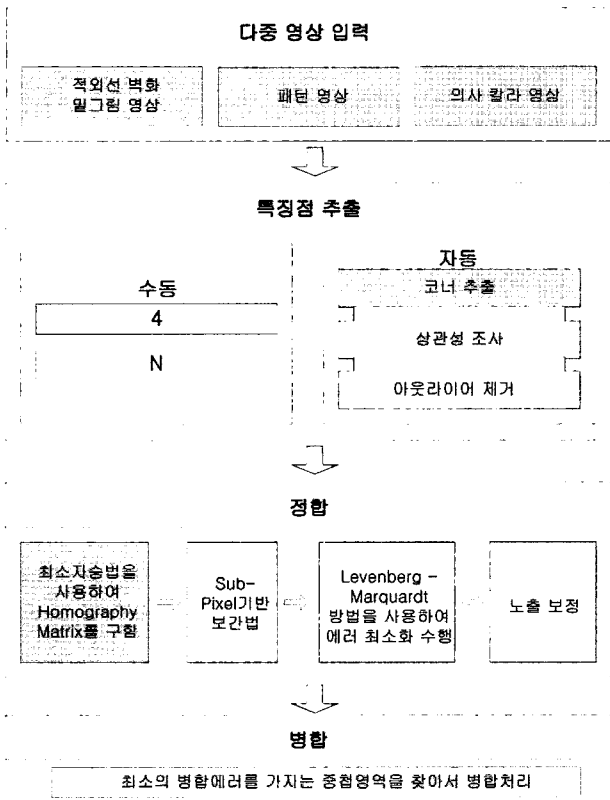


그림 1. 전체시스템 흐름도
Fig. 1. Flow Diagram.

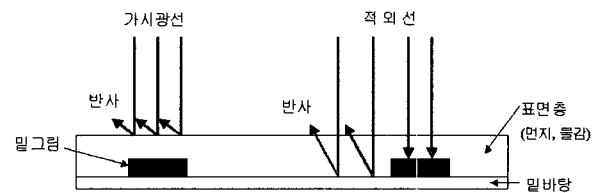


그림 2. IR Reflectography의 원리
Fig. 2. A principle of Infrared Reflectography

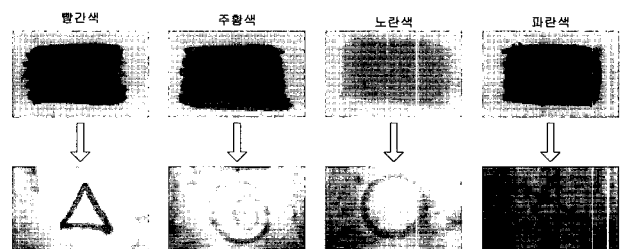


그림 3. 색상별 적외선 투과율
Fig. 3. IR transmittance according to a color.

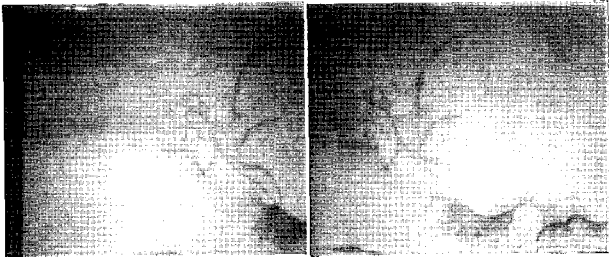


그림 4. 획득한 벽화 밑그림 영상
Fig. 4. Mural underdrawing images

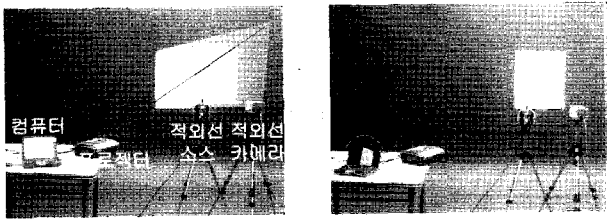


그림 5. 균일한 패턴영상을 얻기 위한 실험구성도
Fig. 5. Experiment configuration to acquire regular patterned image.

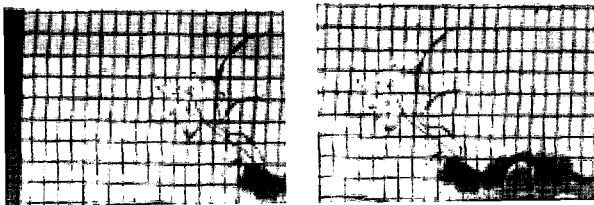


그림 6. 획득한 패턴영상
Fig. 6. Patterned images.

가 있었다. 그림 4는 위와 같은 원리를 이용하여 획득한 밑그림 영상을 보여준다.

나. 패턴영상 획득

적외선 벽화 밑그림 영상의 부족한 특징을 보완하기 위해 가시광선 파장대의 패턴영상을 사용하였다. 이러한 패턴영상을 획득하기 위해 본 논문에서는 그림 5와 같이 패턴을 투영하기 이전에 대상에 맞게 위핑을 수행한다. 이렇게 함으로서 최종적으로 균일한 패턴을 가지는 패턴 영상을 얻을 수 있다.

그림 6에서 이를 확인 할 수 있다.

다. 의사칼라영상 획득

IR Reflectography를 이용하여 얻어진 적외선영상은 투과율에 따라 Gray Level로 표현된다. 그러나 Gray이

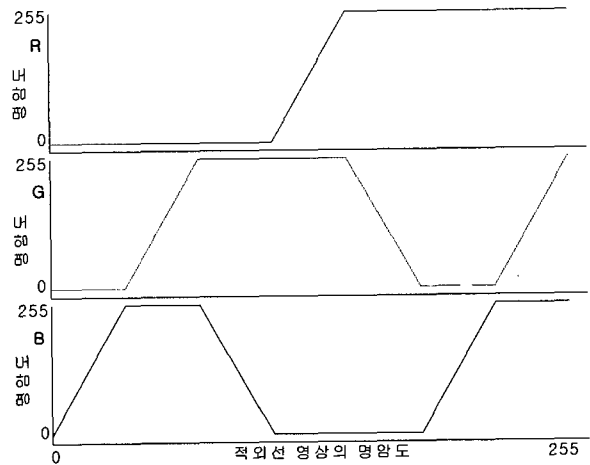


그림 7. 의사칼라매핑함수
Fig. 7. Pseudo Color Mapping Function

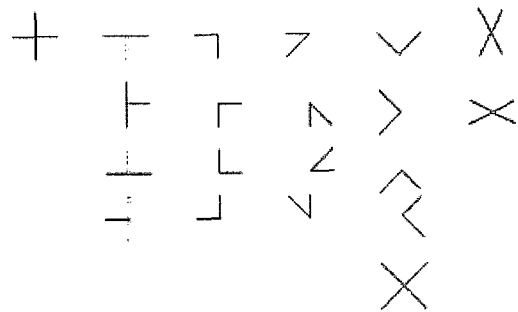


그림 8. 특징의 분류
Fig. 8. A classification of characteristics

미지의 색상 표현 한계 때문에 사람의 인지능력에 많은 제한을 가져온다. 이러한 문제를 해결하기 위해 투과율에 따른 명암도를 R,G,B값으로 변환하기 위해 Pseudo Color Display방법을 사용하였다. 맵핑방법은 다음과 같이 수행하였다.

2. 특징점 추출

가. 특징의 분류

적외선 영상의 밑그림을 분석한 결과 그 형태가 그림 8과 같은 형태의 특징들이 많이 존재한다는데 있다. 그림 8에서 나열한 특징들은 기존의 코너 추출법을 이용하여 추출 할 수가 있다^[9].

그림 9에서 보여 주듯이 적외선 영상의 밑그림은 위에서 분류한 특징 들이 다수 존재함을 확인 할 수가 있다.

나. 특징점 추출

적외선 카메라로부터 획득한 영상에서 특징점을 추출하기 위해서 가로방향 그리고 세로방향으로 경계선 추

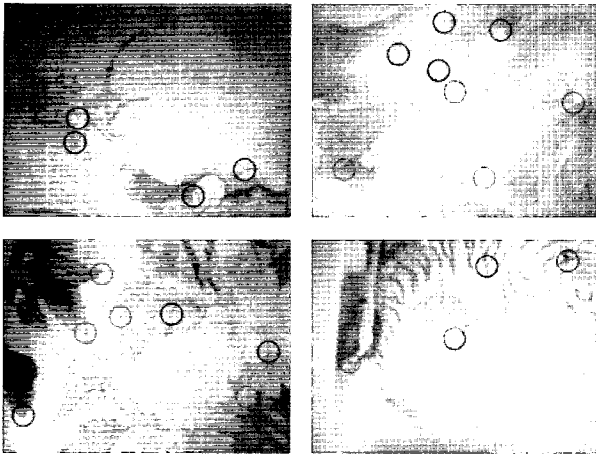


그림 9. 적외선 영상에서의 특징점
Fig. 9. Feature points in infrared images.

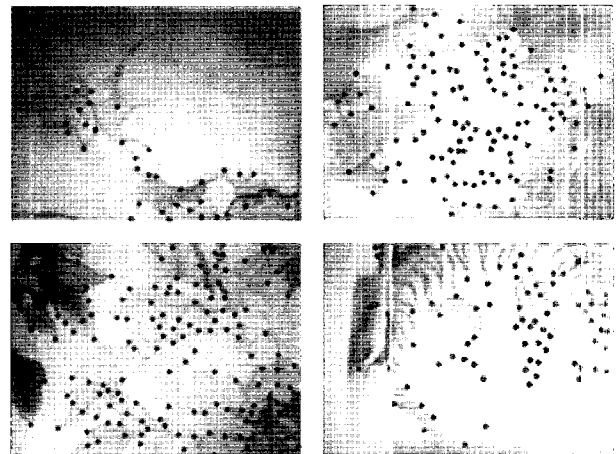


그림 11. 적외선 영상의 특징점 추출결과
Fig. 11. Feature points extraction result of infrared images.

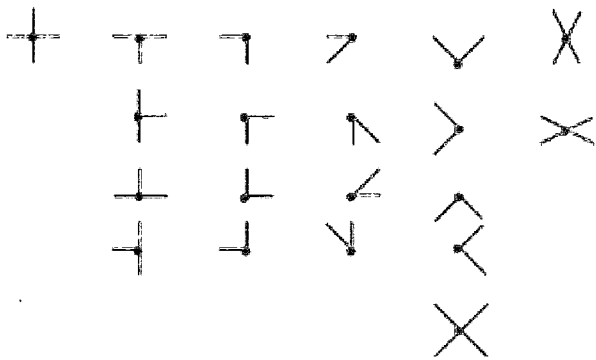


그림 10. 분류된 특징에서의 특징점 추출결과
Fig. 10. Feature points extraction result in classified characteristics.

출 알고리즘을 사용하여 1차 미분 값을 계산한다. 본 논문에서 사용된 경계선 추출 알고리즘은 Sobel 경계선 추출 알고리즘을 사용하였다. 관심 영역(Region Of Interest)에 대하여 식1과같이 2x2 행렬을 생성한다^[9].

$$C = \begin{bmatrix} \sum D_x^2 & \sum D_x D_y \\ \sum D_x D_y & \sum D_y^2 \end{bmatrix} \quad (1)$$

여기서 D_x, D_y 는 각각 x,y 방향으로의 1차 미분 값을 나타낸다. $\det(C - \lambda I) = 0$ 의 식에서 행렬의 고유치의 계산은 식2를 통해서 구할 수 있다.

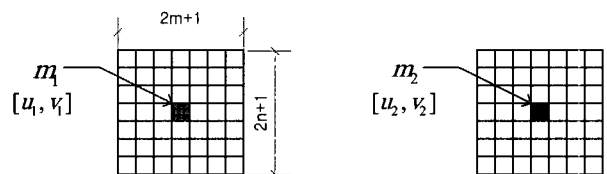
$$\lambda = \frac{\sum D_x^2 + \sum D_y^2 \pm \sqrt{(\sum D_x^2 + \sum D_y^2)^2 - 4(\sum D_x^2 \sum D_y^2 - (\sum D_x D_y)^2)}}{2} \quad (2)$$

구해진 두 개의 고유치 모두 일정한 문턱 값보다 큰 값을 가지는 경우에는 관심 영역내의 성분이 코너 값이라고 판단 할 수 있다. 그림 10과 11은 분류된 특징과 밑그림 영상에서의 코너점 추출결과를 보여준다.

다. 대응점 추출

추출된 특징점들의 유사성을 이용해 대응점을 결정하기 위해서 상관성 매칭방법을 사용하였다. 두 영상에서 찾아진 특징점들에 대해서 상관함수를 사용하여 초기 대응되는 후보 점을 찾아낸다. 상관함수에 적용되는 상관 윈도우의 크기는 $(2n+1) \times (2m+1)$ 로 나타낸다. 식3에서 $n=3, m=3$ 을 사용하였다. 식3의 결과는 정규화 과정을 거쳤기 때문에 -1에서 1사이의 값을 가지며 두 특징점의 상관도가 정확히 일치할 경우에 1의 값을 갖게 된다. 본 논문에서는 임계 값으로 0.8을 사용하여 대응 후보 점을 추출 하였다.

특징점 : $m_i = [u_i, v_i]^T$



$$Score(m_i, m_j) = \frac{\sum_{i=-n}^n \sum_{j=-m}^m [I(u_1+i, v_1+j) - \overline{I(u_1, v_1)}] \times [I(u_2+i, v_2+j) - \overline{I(u_2, v_2)}]}{(2n+1)(2m+1) \sqrt{\sigma^2(I_1) \times \sigma^2(I_2)}} \quad (3)$$

그러나 이 방법은 조명, 스케일, 회전에 둔감하기 때문에 잘못된 대응점이 발생하는 경우가 있다. 이를 보완하기 위하여 본 논문은 그림 12와같이 좌우 영상을 각각 2등분하고 초기 대응되는 후보점들을 찾은 후에는 각 영역에 대한 대응점 이동벡터를 기반으로 잘못된 후보 점들을 제거한다. 이동 벡터의 대표 값은 빈도가 가장 높은 값에 해당해야하므로 각 영역의 이동벡터의 길

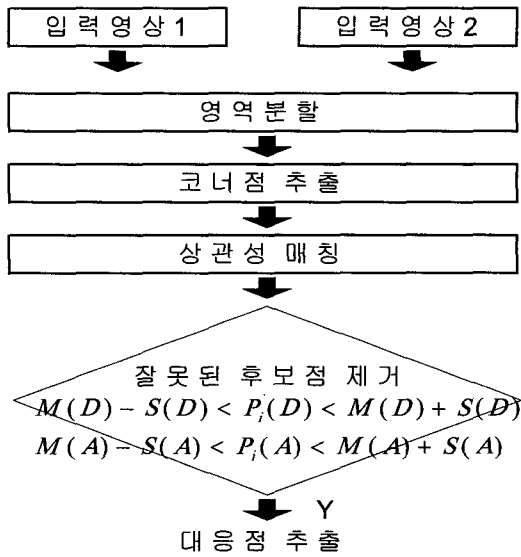


그림 12. 대응점 추출 흐름도
Fig. 12. A corresponding point extraction flowchart.

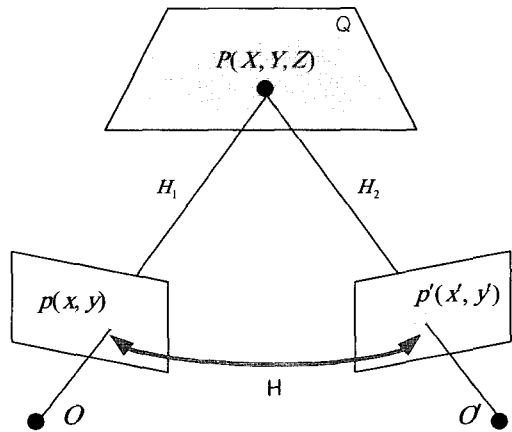


그림 13. 두 영상간의 투영관계
Fig. 13. Planar perspective transform between two images.

이와 방향의 평균값과 표준편차를 이용하여 대표 값의 범위를 구하여 이 범위를 벗어나는 대응 후보 점들을 제거한 후 두 영상간의 대응점을 결정한다.

3. 영상 정합

가. 2D 사영변환 행렬

그림 13에서 왼쪽 영상에 맺힌 점 $p(x, y)$ 는 $p(x, y) = H_1 P$ 관계를, 다른 쪽 영상에 맺힌 점은 $p'(x', y') = H_2 P$ 의 투영 관계를 나타낸다. 이 두 관계는 식4와같이 표현 되어 질 수 있다.

$$p'(x', y') = H_2 H_1^{-1} p(x, y), \quad p' = H p \quad (4)$$

위 식에서 Homography 행렬 H는 3x3 행렬이며, 위의 식4는 다음과 같이 다시 표현 되어진다.

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} m_0 & m_1 & m_2 \\ m_3 & m_4 & m_5 \\ m_6 & m_7 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix}$$

각 대응점은 식5에서처럼 두 개의 독립적인 방정식을 가지게 된다.

$$\begin{aligned} x' &= \frac{m_0 x + m_1 y + m_2}{m_6 x + m_7 y + 1} \\ y' &= \frac{m_3 x + m_4 y + m_5}{m_6 x + m_7 y + 1} \\ m_0 x + m_1 y + m_2 - m_6 x x' - m_7 y x' - x' &= 0 \\ m_3 x + m_4 y + m_5 - m_6 x y' - m_7 y y' - y' &= 0 \end{aligned} \quad (5)$$

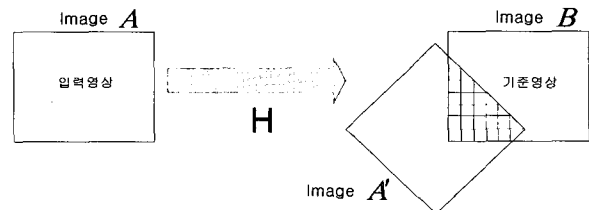
따라서 최소 4개의 대응점을 알고 있으면 아래와 같이 Homography 행렬을 계산 할 수 있다.

$$\begin{bmatrix} x_1 & y_1 & 1 & 0 & 0 & 0 & -x_1 x_1' & -x_1 y_1' \\ 0 & 0 & 0 & x_1 & y_1 & 1 & -y_1 x_1' & -y_1 y_1' \\ x_2 & y_2 & 1 & 0 & 0 & 0 & -x_2 x_2' & -x_2 y_2' \\ 0 & 0 & 0 & x_2 & y_2 & 1 & -y_2 x_2' & -y_2 y_2' \\ x_3 & y_3 & 1 & 0 & 0 & 0 & -x_3 x_3' & -x_3 y_3' \\ 0 & 0 & 0 & x_3 & y_3 & 1 & -y_3 x_3' & -y_3 y_3' \\ x_4 & y_4 & 1 & 0 & 0 & 0 & -x_4 x_4' & -x_4 y_4' \\ 0 & 0 & 0 & x_4 & y_4 & 1 & -y_4 x_4' & -y_4 y_4' \end{bmatrix} \begin{bmatrix} m_0 \\ m_1 \\ m_2 \\ m_3 \\ m_4 \\ m_5 \\ m_6 \\ m_7 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1' \\ y_1' \\ x_2' \\ y_2' \\ x_3' \\ y_3' \\ x_4' \\ y_4' \end{bmatrix}$$

본 논문에서는 정합에러를 줄이기 위하여 4개 이상의 대응점을 사용하였고 가장 근접한 해를 구하기 위하여 최소 자승법(Least Square Method)을 사용하였다^[7].

나. 최소화

두 영상의 겹쳐지는 부분에서의 에러를 최소화하는 방법으로 가장 많이 사용되는 것은 Levenberg-Marquardt Iterative Non-Linear 알고리즘이다^[7].



중첩 영역에서의 두 영상간의 오차를 아래 식6과같이 정의한다.

$$E = \sum_i e_i^2 = \sum_i [A'(x, y) - B(x, y)]^2 \quad (6)$$

위의 식6에서 정의한 오차가 줄어들어 수렴하게 되는 시점에서의 해를 구하기 위해서 첫 번째로 행렬의 각 인자({ m_0, \dots, m_7 })들에 대한 위에서 정의한 오차 e_i 의 편미분 연산을 필요로 한다. 각 인자들의 편미분 방정식은 아래 식7에 의해 직접 계산되어진다.

$$e_i = A'(x_i, y_i) - B(x_i, y_i)$$

$$\frac{\partial e_i}{\partial m_k} = \frac{\partial A'}{\partial x} \frac{\partial x}{\partial m_k} + \frac{\partial A'}{\partial y} \frac{\partial y}{\partial m_k} \quad (7)$$

$$\frac{\partial e_i}{\partial m_0} = \frac{x_i}{D_i} \frac{\partial A'}{\partial x} \quad \frac{\partial e_i}{\partial m_1} = \frac{y_i}{D_i} \frac{\partial A'}{\partial x}$$

$$\frac{\partial e_i}{\partial m_2} = \frac{1}{D_i} \frac{\partial A'}{\partial x} \quad \frac{\partial e_i}{\partial m_3} = \frac{x_i}{D_i} \frac{\partial A'}{\partial y}$$

$$\frac{\partial e_i}{\partial m_4} = \frac{y_i}{D_i} \frac{\partial A'}{\partial y} \quad \frac{\partial e_i}{\partial m_5} = \frac{1}{D_i} \frac{\partial A'}{\partial y}$$

$$\frac{\partial e_i}{\partial m_6} = -\frac{x_i}{D_i} \left(x_i'' \frac{\partial A'}{\partial x} + y_i'' \frac{\partial A'}{\partial y} \right)$$

$$\frac{\partial e_i}{\partial m_7} = -\frac{y_i}{D_i} \left(x_i'' \frac{\partial A'}{\partial x} + y_i'' \frac{\partial A'}{\partial y} \right)$$

두 번째로 Normal 방정식 $(A + \lambda I)\Delta m = b$ 를 풀기 위해 Hessian행렬A와 Gradient벡터 b를 구한다. 행렬A와 벡터b의 인자들은 다음 식8에 의해 계산 되어진다 (initial $\lambda = 10^{-3}$).

$$a_{kl} = \sum_i \frac{\partial e_i}{\partial m_k} \frac{\partial e_i}{\partial m_l}, \quad b_k = \sum_i \frac{\partial e_i}{\partial m_k} \quad (8)$$

A와 b를 이용하여 Δm 을 구한다. 세 번째로 $m^{t+1} = m^t + \Delta m$ 과 같이 행렬의 인자들을 업데이트 한다. 네 번째로 업데이트된 m^{t+1} 에 대해 중첩된 영역에서의 에러를 계산하고 에러가 이전 보다 증가하면 λ 에 10을 곱하고 ($\lambda \times 10$), 감소하면 λ 를 10으로 나누어서 ($\lambda/10$) 위의 과정을 에러가 임의의 문턱값에 도달하거나 $\lambda = 10^{-14}$ 이 될 때 까지 반복한다. 그러면 중첩 영역에서의 에러를 최소화 할 수 있다.

다. 다중영상을 이용한 정합

적외선 영상만을 이용하여 모자이크를 수행할 경우 동양화나 벽화의 특성상 대응점들이 중첩된 영역 전반에 분포하기란 사실상 불가능하다. 이를 보완하기 위해서 800nm이상의 파장을 통과시키는 필터를 사용하여 적외선과장대의 밀그림영상의 특징점과 가시광선과장대의 패턴영상의 특징점 그리고 의상칼라영상에서의 특징을

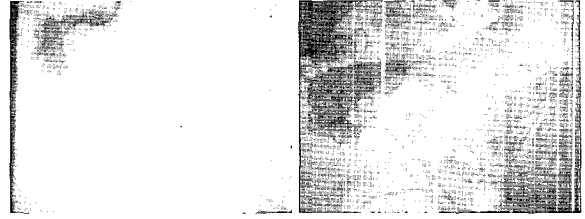


그림 14. 서로 다른 노출의 예
Fig. 14. Images with different exposure.

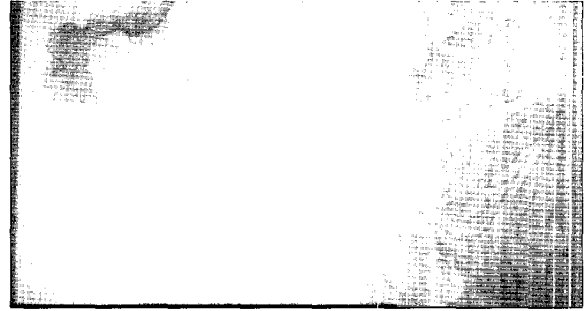


그림 15. 노출보정을 하지않은 모자이크 수행결과
Fig. 15. Mosaic without exposure correction.



그림 16. 노출 보정 후 모자이크 수행결과
Fig. 16. Mosaic with exposure correction.

모두 사용하여 하나의 Homography행렬을 구해서 적용 하였다. 그리고 정합 단계에서 발생하는 이미지의 홀을 채우기 위해 Sub-Pixel을 기반으로 한 보간법을 사용하였다.

라. 노출보정

영상을 획득할 때 주변의 조명 상태 그리고 뷰포인트가 서로 다르기 때문에 각 영상마다의 밝기 정도가 달라 질 수가 있다.

이러한 현상으로 인한 왜곡을 보정하기위하여 중첩된 영역에서의 두 영상간의 밝기 비율을 계산하여 입력영상의 밝기를 보정하였다^[4]. 아래 식9를 이용하여 계산을 수행하였다.

$$I_1 \times M = I_2 \quad I = [R \ G \ B] \quad M = \begin{bmatrix} \alpha & 0 & 0 \\ 0 & \beta & 0 \\ 0 & 0 & \gamma \end{bmatrix}$$

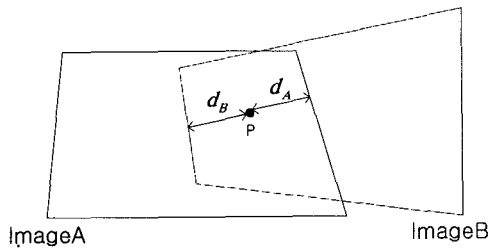
$$\alpha = \frac{\text{mean}(R_2)}{\text{mean}(R_1)} \quad \beta = \frac{\text{mean}(G_2)}{\text{mean}(G_1)} \quad \gamma = \frac{\text{mean}(B_2)}{\text{mean}(B_1)} \quad (9)$$

보정후의 결과를 그림 16에서 보여주고 있다.

4. 영상 병합

정합 수행 후 발생한 이음매(Seam)를 제거하기 위해 병합 처리가 필요로 하게 된다. 병합 방법은 아래 식10을 이용해서 처리한다. 여기서 d_A, d_B 는 영상A와 영상B의 경계로부터 픽셀의 위치까지의 거리이다.

$f_A(P), f_B(P)$ 는 P위치에서의 영상A와 영상B의 픽셀값이다.

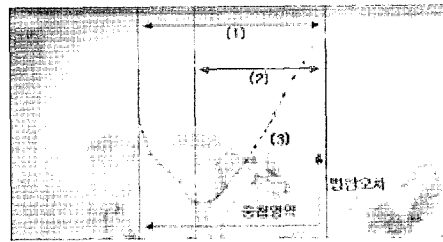


$$f(P) = \frac{d_A f_A(P) + d_B f_B(P)}{d_A + d_B} \quad (10)$$

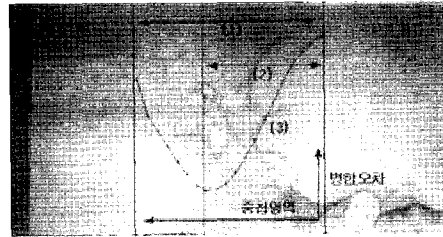
그러나 기존의 병합방법은 중첩영역의 모든 영역에 대해 병합을 수행했기 때문에 병합하기 이전의 이음매는 제거 되었지만 중첩영역 전체에 걸쳐 흐릿 현상이 발생 한다^[1-5]. 이러한 문제를 해결하기 위하여 본 논문에서는 자동으로 최소의 병합오차를 가지는 중첩영역을 찾아서 구해진 영역에 대해서만 병합을 수행하였다. 병합오차를 측정하기 위해서 모자이크의 대상이 되는 두 영상과 병합 수행 후의 영상과의 차이를 계산하기 위해 에러의 척도는 다음과 같은 식11을 사용하였다. 식11에서 $f_A(P), f_B(P)$ 는 영상A와 영상B의 중첩 영역에서의 픽셀값, $f_w(P)$ 는 블렌딩후의 픽셀값을 나타낸다.

$$Blending Error = \sqrt{\sum \frac{1}{2N} ((f_w(P) - f_A(P))^2 + (f_w(P) - f_B(P))^2)} \quad (11)$$

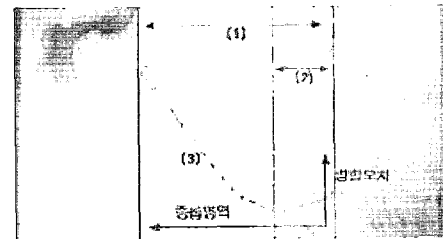
그림 17에서 (1)은 원래의 중첩영역 사이즈, (2)은 최소 병합오차를 가지는 중첩영역 이고 (3)은 중첩영역 사이즈에 따른 병합오차를 나타내는 그래프이다. 그림 17의 (a),(b),(c),(d)의 순서는 정합오차의 크기에 따른 순서이다. 실험 결과 병합을 수행 할 때 정합오차에 따라 중첩영역의 사이즈가 변화되어야함을 확인할 수 가 있었다. 그리고 특징들의 분포에 따라 정합오차가 발생하게 되는데 아래 그림을 보면 정합오차와 대상의 특징들의 분포가 관련이 있다는 것을 확인할 수가 있다. 즉 정



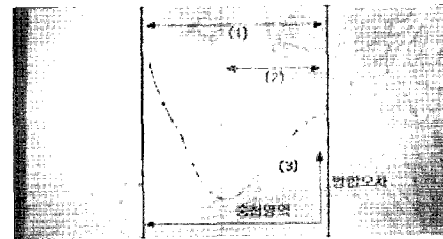
(a) 정합오차 1.834570 (영상1)



(b) 정합오차 1.798253 (영상2)



(c) 정합오차 1.792287 (영상3)



(d) 정합오차 1.711668 (영상4)

그림 17. 적응적 중첩영역 병합

Fig. 17. Adaptive overlapping region blending

합오차가 가장 큰 그림(a)의 경우 특징들이 아래쪽으로 몰려있는 것을 확인할 수 있고 그림(d)의 경우에는 그림(a)에 비해 상대적으로 넓은 영역에 특징들이 분포하는 것을 확인할 수가 있다.

III. 실험 및 평가

본 논문에서 제안하는 모자이크 방법은 다양한 응용분야에 가능하다. 우주/항공사진의 해석, 지류문화재(벽화, 그림 등)복원, 파노라마와 같은 가상환경구축에 유용하게 사용될 수 있다. 그림 18은 본 논문에서 제안한 모자이크 기법을 이용해 수행한 결과이다.

그리고 적외선 벽화 밑그림을 이용하여 실제 환경에

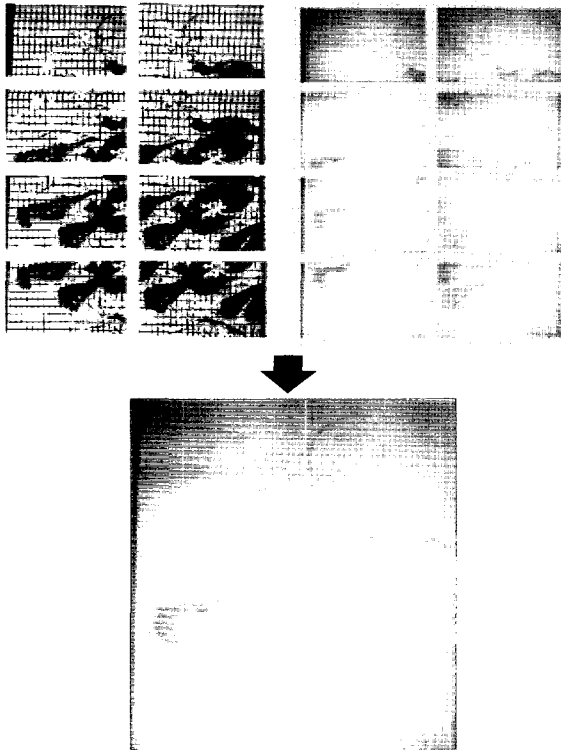


그림 18. 적외선 벽화 밑그림 영상 모자의
 Fig. 18. IR mural underdrawing image mosaic.

카메라와 프로젝터간의 변환행렬 계산

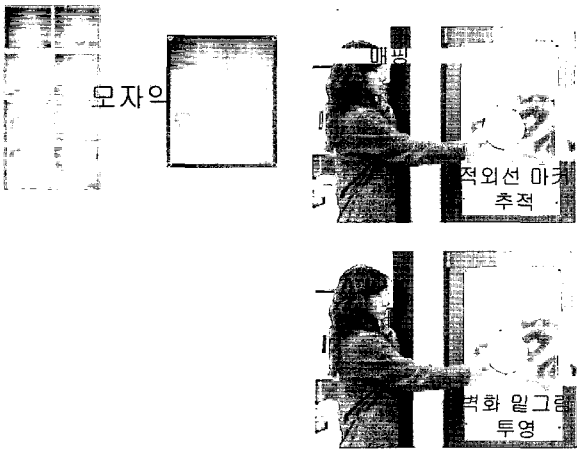


그림 19. 마커의 위치에 따른 벽화의 밑그림 투영
 Fig. 19. A projection of an underdrawing according to a situation of marker.

서 사용자에게 적외선 밑그림을 보여줄 수 있도록 하는 작업을 수행하였다. 사용자의 적외선 마커의 움직임에 따라 그에 해당하는 영역을 구해서 프로젝터로 적외선 밑그림을 실시간으로 보여준다. 프로젝터와 카메라간의 관계를 구하여 카메라상의 적외선 마커의 좌표를 프로젝터의 좌표로 변환을 하고 생성된 고해상도 적외선 밑그림 영상을 그림 19와 같이 적외선 마커의 위치에 매핑을 해서 사용자에게 벽화의 밑그림을 실시간으로 보

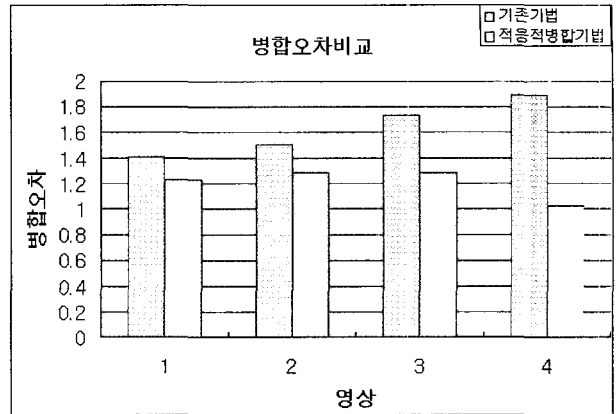


그림 20. 정합오차 비교
 Fig. 20. Comparing registration error.

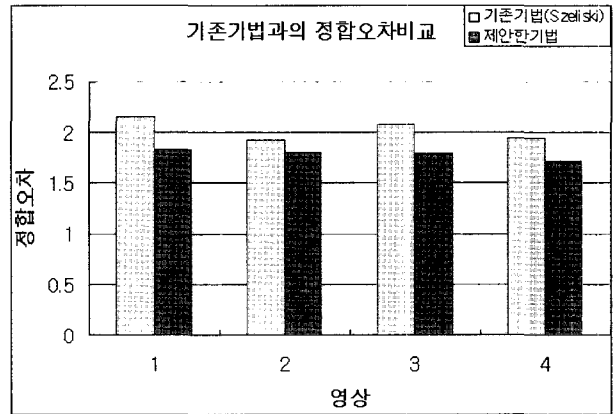


그림 21. 병합오차 비교
 Fig. 21. Comparing blending error

여주게 된다.

그림 17에서 실험한 영상에 대해서 기존 정합 기법(적외선 영상만을 이용하여 정합하는 방법)과 제안한 기법(다중영상정합 기법)의 정합오차를 비교해 본 결과 그림20에 나타난 것처럼 제안한 기법이 더 정확한 정합을 수행하는 것을 확인하였다.

그림 17에서 실험한 영상에 대해서 기존 병합 기법(중첩영역 전체에 대해서 병합을 수행)과 제안한 기법(적응적 중첩영역 병합 기법)의 병합오차를 비교해 본 결과 그림21에 나타난 것처럼 제안한 기법이 더 정확한 병합을 수행하는 것을 확인하였다. 정합오차가 클 때는 원래 중첩영역에 대해서 병합을 수행한 것과 최소병합오차를 가지는 중첩영역에 대해서 병합을 수행한 것과의 차이는 별로 없는 반면에 정합오차가 작을 때는 둘간의 차이가 크다. 이는 정합오차에 따른 병합 시 중첩영역의 사이즈가 큰 영향을 미친다는 것을 의미한다. 그래서 본 논문은 최소 병합 오차를 가지는 중첩영역을 찾아서 구해진 영역에 대해서만 병합을 수행함으로써 기존 기법의 문제를 해결 하였다.

IV. 결 론

본 논문에서는 IR Reflectography를 이용하여 지류문화재(벽화, 민화, 그림등)의 밑그림 영상을 획득하여 고해상도의 적외선 벽화 밑그림 영상을 생성하는 방법을 제안하였다. 획득한 고해상도 밑그림 영상을 실제 환경에서 실시간으로 사용자에게 벽화에 대응되는 밑그림 영상을 보여주는데 적용 할 수 있었다. 다수의 적외선 벽화 밑그림 영상을 하나의 큰 영상으로 만들기 위해 적외선 파장대의 벽화 밑그림 영상과 가시광선 파장대의 패턴영상을 이용한 다중영상정합 기법과 병합오차가 최소가 되는 중첩영역을 자동으로 찾아서 그 영역에 대해서만 병합처리를 하는 적응적 중첩영역 병합기법을 제안하여 기존의 문제점을 해결하였다. 기존의 방법으로는 불가능 하였던 적외선 밑그림 영상의 모자이크 제안된 방법에 의해 IR Reflectography를 기반으로 한 지류문화재의 모자이크를 가능하게 하여 문화재 복원이나 새로운 콘텐츠의 제작을 가능하게 하였다.

참 고 문 헌

[1] D.L. Milgram, "Computer methods for creating photomosaics," IEEE Trans. Comput.,vol.C-24, Nov. 1975, pp.1113-1119.

[2] R.Szeliski, "Image Mosaicing for Tele-reality Applications," IEEE Workshop on Applications of Computer Vision, pp.44-53, Dec. 1994.
 [3] R.Szeliski and H.Shum, "Creating Full View Panoramic Image Mosaics and Environment Maps," SIGGRAPH'97, pp.251-258, 1997.
 [4] G.Y.Tian, D.Gledhill, D.Taylor and D.Clarke, "Colour correction for Panoramic Imaging, Proceedings of the Sixth International Conference on Information Visualisation, 2002.
 [5] S.Takeuchi, N.Terashima and H.Tominaga, "Image Mosaicing Using Projected Mask For Image Digitization," ICIP 1999, pp.123-127.
 [6] R.Hartley and A.Zisserman, "Multiple View Geometry in Computer Vision," Cambridge Univ. Press, 2000.
 [7] W.Press, S.Teukolsky and et al., "Numerical Recipes in C," Cambridge Univ. Press, second edition, 1992.
 [8] G.Wolberg, "Digital Image Warping," IEEE Computer Society Press, 1990.
 [9] J.Shi and C.Tomasi, "Good Feature to Track," IEEE International Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp.593-600, 1994.
 [10] Hamamatsu Photonics K.K., Infra-Red Vidicon Camera, [Http://www.hamamatsu.com](http://www.hamamatsu.com).
 [11] M. Hain, J. Bartl, V. Jacko, "Multispectral Analysis of Cultural Heritage Artefacts," Measurement 2003.

저 자 소 개



이 태 성(학생회원)
 2002년 조선대학교 컴퓨터공학과
 학사졸업.
 2004년 고려대학교 전자컴퓨터
 공학과 석사졸업.
 <주관심분야: 컴퓨터비전, HCI,
 가상현실, 네트워크>



권 용 무(정회원)
 1980년 한양대학교 전자공학과
 학사졸업.
 1983년 한양대학교 전자공학과
 석사졸업.
 1992년 한양대학교 전자공학과
 박사졸업.

<주관심분야: 데이터베이스, 가상현실, 신호처리,,
 컴퓨터비전, 네트워크>



고 한 석(정회원)
 1982년 미국 Canegie-Mellon
 Univ. 학사졸업.
 1986년 미국 Univ. of Mayland
 석사졸업.
 1988년 미국 Johns Hopkins
 Univ. 석사졸업.

1992년 미국 Catholic Univ. 박사 졸업.
 <주관심분야: 신호처리, 음성인식, 컴퓨터비전>