

論文2001-38SP-4-7

유사 특징점을 이용한 모자이킹 영상의 구성

(Construction of 2D Image Mosaics Using Quasi-feature point)

金大顯*, 崔宗秀*

(Dae-Hyun Kim and Jong-Soo Choi)

요약

본 논문은 영상 시퀀스로부터 이미지 모자이킹의 구성을 위한 효율적인 알고리즘을 기술한다. 영상의 기하학적인 특징을 이용하거나 비선형 방정식을 풀었던 기존의 알고리즘과는 달리, 제안한 알고리즘은 4개의 유사특징점을 이용해 영상간 사영 변환식의 8개 파라미터를 직접 계산한다. 본 논문에서 정의된 유사특징점은 영상의 그레이레벨의 분산을 기반으로 하고, 두 영상의 중첩 영역에서만 결정된다. 또한 선택된 4개의 유사특징점에 대한 대응점 검출을 위해 카메라 이동 및 조명 변화에 의한 영상의 변화를 고려한 블록 정합 알고리즘을 적용한다. 제안된 알고리즘은 다양한 영상에 적용하여 그 성능을 평가하였다. 모의 실험 결과는 제안된 알고리즘이 기존의 알고리즘에 비해 계산량을 감소시키면서, 정확한 사영 변환식을 유도하여 모자이킹 영상을 구성하는 것을 보여주고 있다.

Abstract

This paper presents an efficient approach to build an image mosaics from image sequences. Unlike general panoramic stitching methods, which usually require some geometrical feature points or solve the iterative nonlinear equations, our algorithm can directly recover the 8-parameter planar perspective transforms. We use four *quasi*-feature points in order to compute the projective transform between two images. This feature is based on the graylevel distribution and defined in the overlap area between two images. Therefore the proposed algorithm can reduce the total amount of the computation. We also present an algorithm for efficiently matching the correspondence of the extracted feature. The proposed algorithm is applied to various images to estimate its performance and the simulation results present that our algorithm can find the correct correspondence and build an image mosaics.

* 正會員, 中央大學校 尖端映像大學院 映像工學科
(Dept. of Image Engr., Graduate School of Advanced Imaging Science, Multimedia, and Film, Chung-Ang University)

※ 본 연구는 교육부의 두뇌한국21 사업(BK21) 및 과기부의 국가지정 연구실(NRL), 그리고 한국 과학재단의 2000년 목적기초사업의 연구비 지원으로 수행되었습니다.

接受日字:2000年12月27日, 수정완료일:2001年2月24日

I. 서론

시점이 다른 복수개의 영상에서 한 장의 영상으로 합성하는 이미지 모자이킹 (mosaics)은 컴퓨터 시각, 컴퓨터 그래픽스 등의 분야에서 많은 관심을 보이고 있다.^(1,2,4)

이미지 모자이킹은 영상간 변환식의 집합으로, 서로 다른 시점에서 취득된 영상간에는 선형관계를 가지며, 이 관계를 사영 변환식 (projective transform)이라고 한

다. 이 변환 방법에는 크게 나누어 두 부류가 있다. 그 첫째는 영상의 기하학적 정보 즉, 코너, 에지, 선 등을 이용하는 것이다.^[3] 이 경우, 정확한 사영 변환식의 유도가 가능하지만, 특징점 추출과 이들간 대응점 검출시, 많은 반복 계산이 필요하게 된다. 둘째는 비선형 최소화 평가함수를 이용하는 경우이다.^[1,4] 이 방법은 특징점 없이 효율적으로 사영 변환식을 계산할 수 있고, 그 결과 또한 좋으나, 국부 최소값에 매우 민감하고, 반복 최적화 기법인 까닭에 계산량이 많아지는 단점이 있다.

본 논문에서 우리는 충분한 텍스처 정보를 갖는 블록의 중심화소를 유사특징점 (quasi-feature point)으로 정의하여, 기하학적 특징 대신 유사특징점을 기반으로 두 영상간의 사영 변환식을 자동으로 유도하는 새로운 알고리즘을 제안한다. 두 영상간의 사영 변환식은 두 영상이 서로 공통된 정보를 갖는 중첩 영역에서 유도가 가능하기 때문에, 우선 기준 영상과 대상 영상의 중첩 영역을 검출 해야 한다. 영상의 중첩 영역은 주파수 공간에서 영상의 위상 정보를 이용하여 추출된다.^[1,5,6]

유사특징점은 기준 영상의 중첩 영역에서 동일 직선상에 있지 않은 네 점이 선택된다. 따라서 기준 영상에서 추출된 중첩 영역은 4개의 부 영역 (sub-area)으로 분할되고, 각각의 분할된 영역에서 유사특징점을 선택한다. 그리고 선택된 4개의 특징점에 대한 대상 영상에서의 대응점은 움직임 보상에서 주로 사용되는 블록 정합 알고리즘 (BMA, block matching algorithm)^[8-10]을 이용해서 대상 영상의 중첩 영역에서 검출된다. 여기서 적용된 BMA는 기존의 BMA와는 달리 카메라 이동에 따른 영상의 왜곡과 조명 변화에 따른 영상의 밝기 및 대비도 (contrast)의 변화를 고려한 가중치 함수와 히스토그램 등화를 추출된 두 영상의 중첩 영역에 적용하여 강건한 대응점 검출을 유도한다.

유도된 사영 변환식의 성능평가를 위해 다양한 영상에 대해서 이미지 모자이크가 수행되고, 이 결과들을 기존의 알고리즘과 비교한다. 모의 실험 결과는 제안된 알고리즘이 사영 변환식을 유도하기 위한 계산량을 줄이면서도 기존 알고리즘과 비교해 유사하거나 더 나은 결과를 보여준다.

본 논문의 구성은 서론에 이어 2장에서 유사특징점을 정의하고 대응점 검출을 위한 변형된 블록 정합 알고리즘을 기술한다. 3장에서 영상간의 사영 변환식 유도 과정을 보이고, 4장에서는 제안된 알고리즘을 적용한 모의 실험 결과를 보여준다. 5장에서 결론을 맺는다.

II. 유사특징점 정의 및 대응점 검출

영상간의 사영 변환식을 계산하기 위한 기존의 알고리즘은 반복적인 계산으로 인해 많은 계산량을 요구한다. 본 장에서는 사영 변환식 유도를 위한 그레이레벨 분포를 기반으로 한 유사특징점을 정의하고, 그 대응점 검출을 위한 조명 변화와 카메라 움직임이 고려된 블록 정합 알고리즘을 기술한다.

1. 전역 레지스트레이션 (Global registration)

연속된 두 영상의 중첩 영역은 공통된 정보를 가지고 있기 때문에, 중첩 영역에서의 대응 관계로부터 사영 변환식을 유도할 수 있다.^[1] 우리는 Kuglin과 Hines가 제안한 주파수 공간에서 영상의 위상 상관 관계^[5,6]를 이용해서 두 영상의 중첩 영역을 추출한다. 이 방법은 2차원 푸리에 변환을 취한 한 쌍의 영상들 사이의 변위 (translation)를 계산하여 최적의 정합 영역을 검출한다. 이 방법은 다른 정합 방법에 비해서 계산량이 적고, 잡음에 강건하다^[5]. 그림 1은 전역 레지스트레이션의 결과를 보여주고 있다. 두 영상에서 밝은 부분은 추출된 중첩 영역을 나타낸다. 본 논문에서는 두 영상의 중첩 영역만을 이용하기 때문에 전체 영상을 이용하는 기존의 알고리즘에 비해서 계산량을 크게 감소시킬 수 있다.

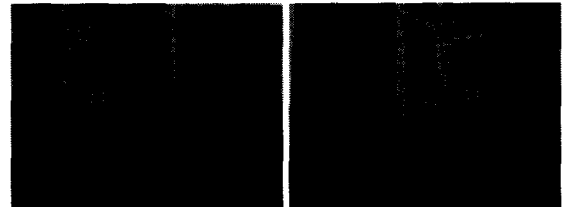


그림 1. 전역 레지스트레이션의 결과로부터 추출된 중첩 영역

Fig. 1. Overlap areas extracted by the global registration

2. 유사특징점 정의

유사특징점 (quasi-feature point)은 영상의 기하학적인 특징 정보가 아닌 화소의 그레이레벨 분포를 기반으로 하는 특징점이다. 즉, 충분한 텍스처 정보를 갖는 블록은 다른 블록에 비해 변화량이 많기 때문에 다른 블록과 구별되고, 그 분산값이 크다. 따라서 제안된 유사특징점은 영상 내에서 분산의 크기가 최대인 블록의 중심화소로 정의한다.

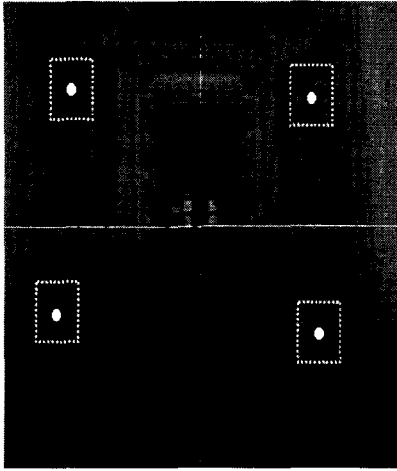


그림 2. 추출된 기준 영상의 중첩 영역에서 분할된 영역과 선택된 4개의 유사특징점

Fig. 2. Segmented 4 sub-areas and selected 4 quasi-feature points of the extracted overlap area in the reference image.

사영 변환식을 계산하기 위해서는 4개의 특징점이 두 영상의 중첩 영역에 존재해야 하고, 임의의 세 점은 동일 직선 상에 존재하지 말아야 한다. 따라서 추출된 기준 영상의 중첩 영역은 4개의 부 영역으로 분할되고, 각각의 분할된 영역에서 각부 분산의 크기가 최대인 블록의 중심화소를 특징점으로 선택한다. 식 (1)은 i 번째 부 영역에서 최대 분산을 갖는 k 번째 블록에서 선택된 유사특징점 (q_i)이다.

$$q_i = \arg \max [\sigma_{k,i}^2], \quad 0 \leq i \leq 3 \quad (1)$$

$$\sigma_{k,i}^2 = \sum_k \left[\sum_{g=0}^{G_{MAX}} g \cdot h_g - M_k^2 \right]$$

$\sigma_{k,i}^2$, M_k 는 i 번째 부 영역에서 k 번째 블록의 분산과 평균을 각각 나타내고, h_g 는 그레이레벨 g 에서 히스토그램이다. G_{MAX} 는 그레이레벨의 최대값이고, 일반적으로 255를 갖는다. 그림 2는 추출된 기준 영상의 중첩 영역에서 분할된 영역과 각 영역에서 선택된 특징점을 보여준다.

3. 조명 변화를 고려한 히스토그램 등화 (Histogram equalization)

조명의 변화는 영상간의 밝기와 대비도를 변화시킨다. 따라서 선택된 유사특징점의 대응점을 검출하기 위해 일반적인 BMA를 사용하는 경우, 단순히 블록내의 화소값의 차를 계산하기 때문에 잘못된 정합점을 검출하는 경우가 발생한다. 제안된 알고리즘은 이러한 문제점을 고려하여 BMA를 수행하기 전에 히스토그램 등화를 수행한다.

히스토그램 등화는 영상내의 그레이레벨을 전체 그레이레벨 범위로 분산시키기 때문에 거의 모든 영상이 같은 밝기와 대비도를 갖게 한다. 따라서 감지된 밝기와 대비도의 차이에 따른 바이어스 없이 영상들간의 동등한 비교를 가능하게 한다.^[7] 히스토그램 등화는 두 영상

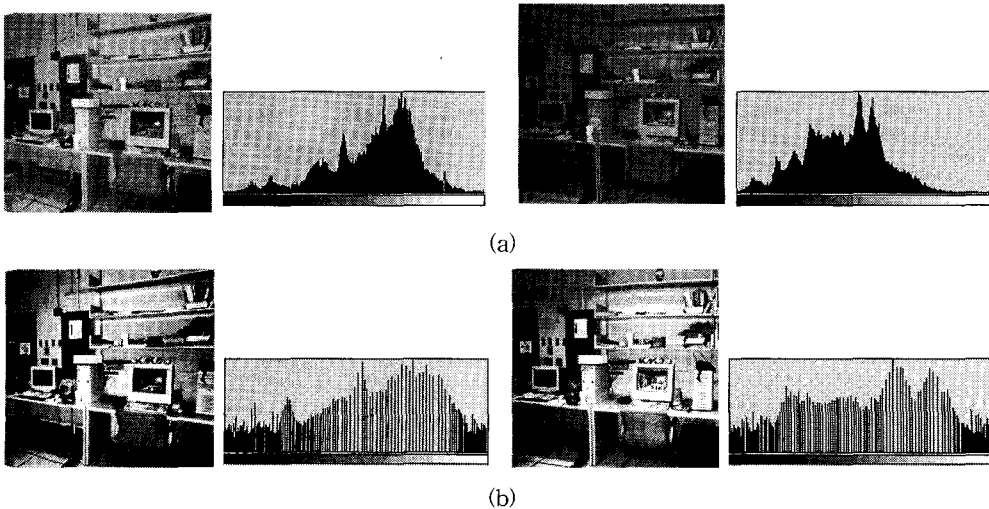


그림 3. 히스토그램 등화를 적용하기 전, 후의 중첩 영역 영상과 그 히스토그램 분포
Fig. 3. Overlap areas and their histograms before and after the histogram equalization.

의 중첩 영역에만 적용하여 유사특징점의 선택과 대응점 검출에만 이용되고, 최종 합성 단계에서는 원 영상을 사용한다. 그림 3은 히스토그램 등화를 적용하기 전, 후의 중첩 영상들과 그 히스토그램을 보여준다. 그림 3(a)의 히스토그램을 보면 두 영상의 밝기와 대비도가 다름을 쉽게 알 수 있고, 등화를 적용한 결과 두 영상이 유사한 밝기와 대비도를 갖게 됨을 확인할 수 있다. 표 1은 정량적인 결과를 보여준다.

표 1. 히스토그램 등화를 적용하기 전·후 영상의 평균값과 표준편차.

Table 1. Mean values and standard deviations before and after histogram equalization.

구분	히스토그램 등화 적용 전		히스토그램 등화 적용 후	
	Left	Right	Left	Right
평균값	146.13	103.40	127.99	127.96
표준편차	43.85	39.31	73.85	73.68

4. 블록 정합 알고리즘의 변형된 평가함수

제한된 알고리즘은 BMA를 이용한 대응점 검출을 보다 강건히 하기 위해 히스토그램 등화 뿐만 아니라 변형된 평가함수를 사용하고 있다. 변형된 평가함수는 식 (2)처럼 기존의 BMA의 평가함수인 MAE (Mean Absolute Error)를 기반으로 하여, 카메라의 이동으로 발생하는 영상 왜곡이 고려된 가중치 함수 ($w_{i,j}$)가 포함되고 있다.

$$E(d_x, d_y) = \left[\sum_{(x,y) \in B} |s(x, y, k) - s(x + d_x, y + d_y, k + 1)| \cdot w_{i,j} \right] \quad (2)$$

$s(x, y, k)$ 는 k 프레임의 (x, y) 위치에서 화소값이고, d_x , d_y 는 블록의 중심에서 변위를 나타낸다. 최적의 변위는 최소 E 를 나타내는 (d_x, d_y) 이고, 식(3)처럼 표현된다.

$$[\hat{d}_x, \hat{d}_y] = \arg \min E(d_x, d_y) \quad (3)$$

카메라 이동에 의한 왜곡은 왜곡의 정도가 최소가 되는 점을 중심으로 거리가 멀어질수록 왜곡의 정도가 증가한다.^[9] 따라서 가중치 함수는 왜곡이 적은 부분의 오

차는 감소시키고, 왜곡이 큰 부분은 오차를 증가시켜 주어야 한다. 식 (4)는 블록의 중심으로부터 거리에 비례하는 가중치 함수를 보여 주고 있다.

$$w_{i,j} = d_{i,j}/D, \quad -7 \leq (i,j) \leq 7 \quad (4)$$

$$d_{i,j} = \sqrt{i^2 + j^2}, \quad D: \max \text{ of } d_{i,j}$$

$d_{i,j}$, D 는 블록의 중심에서 거리와 이 거리 중 최대 거리를 나타낸다.

그림 4는 제안된 방법을 이용하여 추출된 중첩 영역에서 선택된 유사특징점과 검출된 대응점을 보여주고 있다. 확대된 한 쌍의 대응점을 보면 두 점이 정확하게 정합되었음을 알 수 있다.



(a)



(b)

그림 4. 중첩 영역에서 4개의 유사특징점 (a)과 대응점 (b)

Fig. 4. Selected 4 quasi-feature points (a), and their correspondence (b) in the overlap areas.

III. 유사특징점을 이용한 사영 변환식의 계산

본 장에서는 3차원 공간의 한 점이 서로 다른 시점을 갖는 서로 다른 영상 평면으로 투영 되는 사영 변환식을 살펴본다. 그림 5는 두 영상에서 대응점간의 투영관계를 보여주고 있다. 본 논문에서 p 와 p' 은 각각 유사특징점과 대응점에 해당한다.

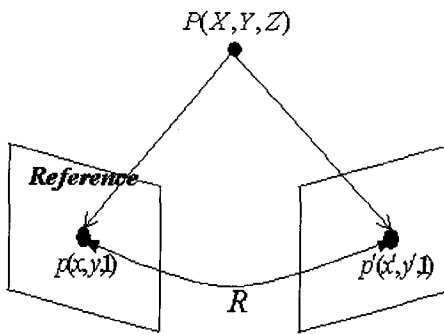


그림 5. 영상의 투영 관계
Fig. 5. Planar perspective transform between two images.

3차원 공간의 한 점 $P(X, Y, Z)$ 와 영상 평면의 한 점 $p(x, y, 1)$ 과의 관계는 식 (5)와 같다.

$$p = V \cdot P \tag{5}$$

V 는 카메라의 내부 파라미터 (intrinsic parameter) 행렬이다.^[11] 점 $p(x, y, 1)$ 에 대응되는 3차원 공간으로의 방향성은 $P = V^{-1} \cdot p$ 로 주어진다. 카메라의 투영 중심을 축으로 카메라를 회전시켜 영상 평면에 맺혀지는 점을 $p'(x', y', 1)$ 이라 하면, p 와 p' 사이의 사영 관계식은 식 (6)과 같이 유도된다.

$$p' = V \cdot R \cdot P = V \cdot R \cdot V^{-1} \cdot p = M \cdot p \tag{6}$$

R 은 카메라의 3차원 회전 행렬을 나타내고, M 은 우리가 최종적으로 유도하려는 사영 변환식이다. M 은 보여주는 것처럼 3×3 행렬의 형태를 갖는다.

$$M = \begin{bmatrix} m_0 & m_1 & m_2 \\ m_3 & m_4 & m_5 \\ m_6 & m_7 & 1 \end{bmatrix} \tag{7}$$

식 (6)은 식 (7)을 이용해서 식 (8)처럼 표현되고, 이를 전개해서 정리하면 식 (9)처럼 2개의 방정식이 유도된다. 즉, 한 쌍의 대응점으로부터 2개의 방정식이 유도되기 때문에 사영 변환식의 8개의 파라미터를 얻기 위해서는 4쌍의 대응점이 필요하다. II장에서 제안한 방법을 이용해서 검출된 4쌍의 대응점을 식 (9)에 대입하면 식 (10)과 같은 선형방정식을 얻을 수 있다. 사영 변환식의 8개 파라미터는 식 (10)으로부터 역행렬 연산에 의해 얻어진다.

$$x_k' = \frac{m_0 x_k + m_1 y_k + m_2}{m_6 x_k + m_7 y_k + 1}, \quad y_k' = \frac{m_3 x_k + m_4 y_k + m_5}{m_6 x_k + m_7 y_k + 1} \tag{8}$$

$$m_0 x_k + m_1 y_k + m_2 - m_6 x_k x_k' - m_7 x_k' y_k = x_k' \tag{9}$$

$$m_3 x_k + m_4 y_k + m_5 - m_6 x_k y_k' - m_7 y_k y_k' = y_k'$$

$$\begin{bmatrix} x_1 & y_1 & 1 & 0 & 0 & 0 & -x_1 x_1' & -y_1 y_1' \\ 0 & 0 & 0 & x_1 & y_1 & 1 & -x_1 y_1' & -y_1 y_1' \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_4 & y_4 & 1 & 0 & 0 & 0 & -x_4 x_4' & -y_4 y_4' \\ 0 & 0 & 0 & x_4 & y_4 & 1 & -x_4 y_4' & -y_4 y_4' \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} m_0 \\ m_1 \\ \vdots \\ m_7 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1' \\ y_1' \\ \vdots \\ x_4' \\ y_4' \end{bmatrix} \tag{10}$$

IV. 모의실험 결과

제안된 알고리즘의 성능평가를 위해 그림 6에서 보여주는 4쌍의 영상에 대해서 Pentium III 750MHz에서 모의실험이 이루어 졌다. 모의실험에 이용된 그림 6(a), (b)는 기존의 논문에서 사용되었던 320×240 크기의 영상이고, 그림 6(c), (d)는 OLYMPUS C-1400L 디지털 카메라를 통해 직접 취득한 영상으로 320×256 의 크기를 갖는다. 유사특징점의 선택 및 대응점 검출에 사용된 블록의 크기와 검색 영역은 각각 15×15 , 32×32 이다. 그림 7은 모의실험의 과정을 보여준다. 모의실험은 두 단계로 나누어진다. 그림 7(a)에서 보여 주듯이 영상의 위상정보를 통해서 두 영상의 중첩 영역을 추출하고, 추출된 중첩 영역에 히스토그램 등화를 수행한다. 다음 단계로 그림 7(b)에서처럼 기준 영상의 중첩 영역에서 4개의 유사특징점을 선택하고, 그 대응점을 대상 영상의 중첩 영역에서 검출한다. 그리고 검출된 4쌍의 대응점으로부터 영상간의 사영 변환식을 유도한다.

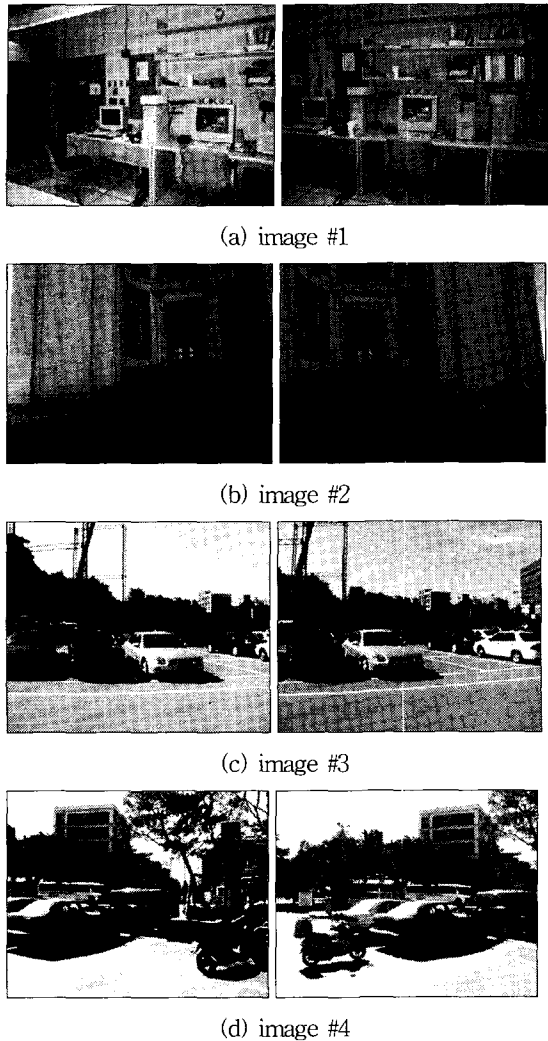


그림 6. 실험에 사용된 4쌍의 영상 : (a), (b) 320×240, (c), (d) 320×256
 Fig. 6. 4 images pairs for simulation.

영상간의 사영 변환식이 유도되면, 두 영상은 하나의 영상으로 합성된다. 즉, 유도된 사영 변환식을 이용해서 대상 영상을 기준 영상으로 와핑(warping)시킬 수 있고, 와핑된 대상 영상은 기준 영상과 합성된다. 대상 영상을 사영 변환식을 이용해서 와핑시키는 경우, 영상의 와핑 맵은 여러 방법으로 계산할 수 있다.^[12] 본 논문에서는 와핑된 영상에 대한 보간의 필요성을 제거하기 위해 역매핑 방법을 이용한다.

두 장 이상의 영상이 합성되는 경우, k 번째 프레임의 사영 변환식은 이전의 변환식들이 곱해진 형태로 식 (11)처럼 표현할 수 있다.

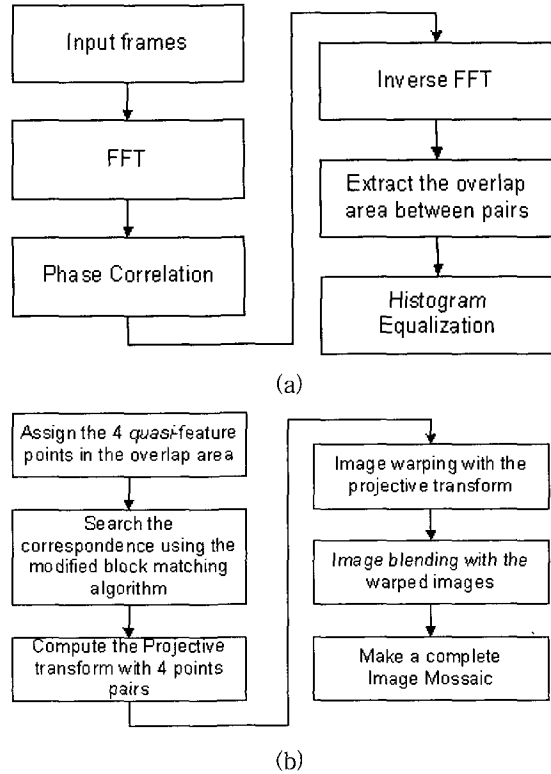


그림 7. 전체적인 알고리즘 수행 흐름도 : (a) 전역 수행 흐름도, (b) 국부 수행 흐름도
 Fig. 7. Overall procedure of the proposed algorithm : (a) global procedure, (b) local procedure.

$$M_k = M_{k-1} \cdot M_{k-2} \cdot \dots \cdot M_1 = \prod_{i=1}^{k-1} M_i \quad (11)$$

합성된 영상에서 시각적인 결함을 없애기 위해서 그림 8과 같은 과도 함수(transient function)를 적용한 선형 가중치 함수를 정의한다. 이 가중치 함수는 영상간의 경계선 제거를 위해 많이 사용되는 방법 중에 하나이다. 따라서 중첩 영역의 화소값은 식 (12)에 의해 결정된다.

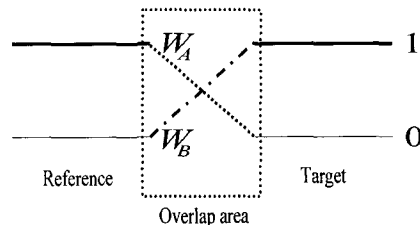


그림 8. 과도기 함수를 이용한 선형 가중치 함수
 Fig. 8. Bilinear weighting function using the transient function.

$$I_{mosaic} = I_{ref}(x, y) \cdot W_A + I_{tar}(x, y) \cdot W_B \quad (12)$$

$I_{mosaic}(x, y)$ 은 (x, y) 에서 합성된 화소의 크기를 나타내고, W_A, W_B 는 각각 기준 영상과 대상 영상의 가중치이며, $W_A + W_B = 1$ 인 관계를 갖는다.

모의실험 결과는 기존의 두 가지 알고리즘과 비교한다. 첫 번째 알고리즘은 특징점 기반의 이미지 모자이크 기법으로 사람이 실험 과정에 개입하여 직접 특징점을 정합하는 방법이고, 두 번째 알고리즘은 화소기반의 이미지 모자이크 기법^[1,4]으로 Levenberg-Marquardt 법을 이용한다. 두 알고리즘과의 성능을 비교하기 위한 평가 함수는 식 (13)과 같다.^[1~4]

$$E = \frac{1}{N} \sum_k (I(x, y) - I'(x, y))^2 \quad (13)$$

$R = \text{overlap area}$

그림 9는 실험 영상 #1을 모자이크한 결과 영상을 보여준다. 그림에서 알 수 있듯이 세 영상 모두 좋은 결과를 보여주고 있다. 그러나 그림 9(b)를 보면 계단의 중앙 부분이 둥글게 굽은 것을 볼 수 있다. 실험 영상#1에서 계단의 방향이 두 영상에서 서로 반대로 되어 있지만, Levenberg-Marquardt 법은 겹쳐진 부분에서 화소의 기울기가 최소가 되는 최적화를 수행하기 때문에 이와 같은 기하학적인 현상을 찾아내지 못한다. 그러나 특징점을 직접 정합한 그림 9(a)와 본 논문에서 제안한 알고리즘을 적용한 그림 9(c)의 경우 이러한 결함이 제거됨을 알 수 있다. 표 2는 식 (13)의 평가함수에 의해 기존 알고리즘과 제안된 알고리즘의 성능을 비교하고 있다. 일반적으로 사람의 개입으로 특징점을 직접 정합하는 것이 가장 정확한 결과를 유도할 수 있지만, 사람의 정확한 검출이 불가능한 경우 사람의 실수로 인해 오차가 커질 수 있다. 표 2를 보면 대부분의 실험 영상에서 제안된 알고리즘이 기존의 알고리즘에 비해서 더 나은 성능을 보이고 있다.

표 3은 Levenberg-Marquardt 법과 제안된 알고리즘의 처리속도를 비교한 결과이다. 단위는 초(second)이고, 괄호안의 숫자는 반복횟수를 나타낸다. Levenberg-Marquardt 법은 최적화를 위한 반복횟수에 따라 서로 다른 처리시간을 요구한다. 본 실험에서는 최소 6초에서 최대 22초가 걸렸다. 이러한 처리시간은 필요한 영상의 개수가 증가함에 따라 기하급수적으로 증가하고

전체 처리시간의 예측이 불가능한 단점을 갖는다. 이에 반해 제안된 알고리즘은 한 쌍의 영상에 대해서 약 2초가 소요되어 처리시간을 크게 단축시켰을 뿐만 아니라 영상의 개수에 비례하여 처리시간이 소요됨으로 전체 처리시간의 예측이 가능한 장점을 갖는다.

그림 10은 실험 영상#2에 대해서 일반적인 BMA를 적용한 결과와 제안된 BMA를 적용한 결과를 보여주고 있다. 그림에서 알 수 있듯이, 제안된 BMA가 기존의 BMA에 비해 보다 정밀한 정합을 가능하게 한다. 이러한 정확한 정합은 영상의 합성에서 영상의 열화(blurring) 현상을 크게 감소시킬 수 있다. 표 4는 평가 함수를 이용해 기존의 BMA와 제안된 BMA를 적용, 모자이크 결과를 비교하고 있다.

그림 11은 본 논문에서 제안한 알고리즘을 다양한 영상에 적용하여 재구성한 모자이크 영상을 나타내고 있다. 결과 영상은 시각적으로 만족할 만한 결과를 보여주고 있다.

표 2. 평가함수에 의한 성능 평가
Table 2. Performance comparison using evaluation function.

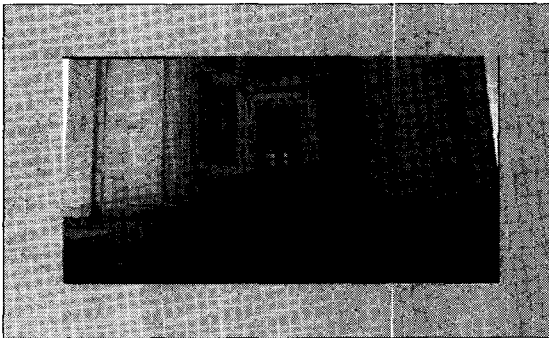
# of image	Error		
	Manual matching	L-M method	Proposed method
image #1	333.528	635.088	398.219
image #2	2374.994	2887.741	2338.182
image #3	888.347	1216.818	1061.608
image #4	1020.481	1540.536	1253.601

표 3. 처리속도에 의한 성능 평가
Table 3. Comparison of the required processing time.

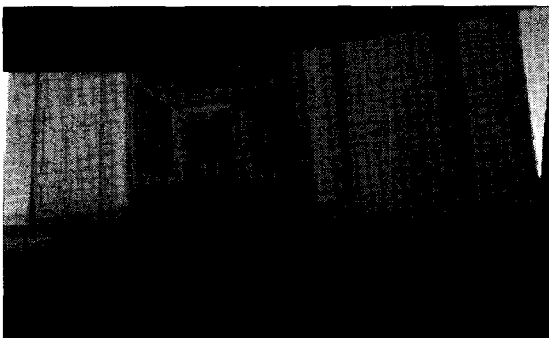
# of image	Processing time (iteration)	
	L-M method	Proposed method
image #1	22 (49)	2
image #2	6 (9)	2
image #3	11 (22)	2
image #4	13 (28)	2



(a)



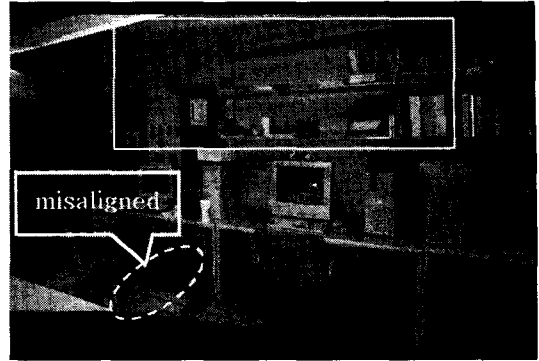
(b)



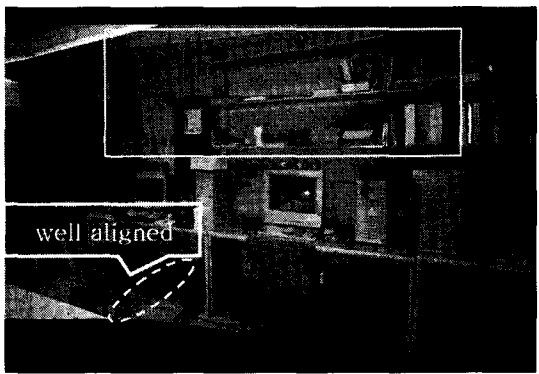
(c)

그림 9. image #1의 모자이크 영상 : (a) 특징 기반 모자이크, (b) 화소 기반 모자이크, (c) 제안된 알고리즘을 적용

Fig. 9. Mosaicng image of image #1 : (a) feature based image mosaics, (b) intensity based image mosaics, (c) proposed algorithm.



(a)



(b)

그림 10. image #2의 모자이크 영상 : (a) 일반적인 BMA, (b) 제안된 BMA

Fig. 10. Mosaicing image of image #2 : (a) general BMA, (b) modified BMA.

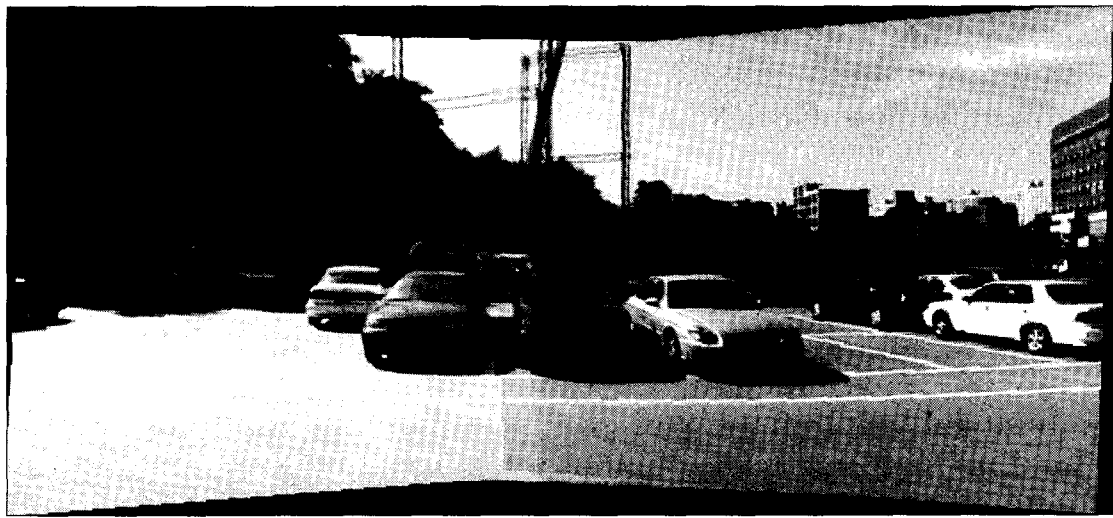
표 4. 일반적인 블록 정합 알고리즘과 제안된 알고리즘과의 성능 평가

Table 4. Performance comparison between the general BMA and proposed BMA.

# of image	Error	
	General BMA	Proposed method
image #1	391.594	398.219
image #2	2459.840	2338.182
image #3	3864.356	1061.608
image #4	5879.326	1253.601



(a)



(b)



(c)

그림 11. 이미지 모자이크 : (a) 1188×388 (6 frames), (b) 647×297 (5 frames), and (c) 1028×371 (7 frames)
Fig. 11. Image mosaics.

VI. 결 론

이미지 모자이크는 다양한 목적에서 영상간의 사영 관계를 이용해 다중의 영상을 결합하는 기법이다. 이 기법에서 영상간 사영 관계를 유도하는 것은 가장 핵심이 되는 기술로 많은 알고리즘이 제안되어 왔다. 그러나 기존의 알고리즘은 기하학적인 특징이나 영상의 화소값을 이용하고, 최적화된 관계식을 유도하기 위해 반복연산을 수행하고 있어 많은 계산량을 요구하고 있다.

본 논문에서 우리는 이미지 모자이크를 위한 연속된 두 영상간의 사영 변환식을 유도하는 효율적인 알고리즘을 제안했다. 제안된 알고리즘은 기하학적인 특징 대신 화소기반 유사특징점과 그 대응점을 찾기 위한 변형된 BMA를 이용해 사영 변환식을 유도하는 기법이다.

유사특징점은 전역 정합의 결과로 추출된 기준 영상의 중첩 영역에서만 선택하고, 단지 4개의 특징점에 대해서만 대상 영상에서 BMA를 수행하고 있어, 최적화를 위한 반복 계산을 수행하는 기존의 알고리즘에 비해 계산량을 크게 줄일 수 있다. 또한 제안된 BMA는 보다 강건한 대응점 검출을 위해 기존 BMA의 평가함수에 카메라 이동에 따른 왜곡과 주변 조명 조건의 변화를 고려하고 있다. 이처럼 제안된 알고리즘은 기존 알고리즘에서의 반복연산을 지양하고, 강건한 정합을 통해 정확한 사영 변환식을 유도한다. 뿐만 아니라 모의 실험 결과를 통해서도 기존의 알고리즘에 비해 제안된 알고리즘이 나은 성능을 보이고 있음을 확인할 수 있다.

지금까지의 연구에서는 영상간의 사영 관계식 유도에 초점을 맞추었다. 따라서 영상의 합성에서 영상간의 경계선 제거에 대한 연구는 깊이 고려하지 않았다. 향후 연구에서는 이러한 경계선 제거에 대한 연구가 함께 진행되어야 할 것이다. 또한 본 논문의 연구 결과는 앞으로 시점 변환된 영상의 재구성 (novel view scene reconstruction) 및 3차원 영상 재구성에 관한 연구의 기반이 될 것으로 예상된다.

참 고 문 헌

- [1] R. Szeliski, "Image Mosaicing for Tele-Reality applications," *IEEE Workshop on Applications of Computer Vision (WACV'94)*, pp. 44~53, Florida, December 1994.
- [2] R. Szeliski, H. Y. Shum, "Creating full view panoramic image mosaics and environment maps," *Computer Graphics (SIGGRAPH'97)*, pp. 251~258, August 1997.
- [3] Z. Imad, O. Faugeras, R. Deriche, "Using geometric corners to build a 2D mosaic from a set of images," *Proc 1997 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pp. 420~425, Puerto Rico, June, 1997.
- [4] R. Szeliski, S. B. Kang, "Direct Methods for Visual Scene Reconstruction," *IEEE Workshop on Representations of Visual Scenes*, pp. 26~33, Massachusetts, June 1995.
- [5] L. G. Brown, "A Survey of Image Registration Techniques," *ACM Computing Surveys*, Vol.24, No.4, pp. 325~376, Dec. 1992.
- [6] 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, Aug. 1996.
- [7] A. R. Weeks, *Fundamentals of Electronic Image Processing*, pp. 109~120, SPIE/IEEE Press, New York, 1996.
- [8] M. Tekalp, *Digital Video Processing*, pp. 95~116, Prentice Hall, Upper Saddle River, 1995.
- [9] Y. Huang, X. Zhuang, "An Adaptively Refined Block Matching Algorithm for Motion Compensated Video Coding," *IEEE Trans. on Circuits/Systems for Video Tech.* Vol.5, No.1 pp. 56~59, Feb. 1995.
- [10] H. M. Jong, L.G. Chen, T.D. Chiueh, "Accuracy Improvement and Cost Reduction of 3-Step Search Block Matching Algorithm for Video Coding," *IEEE Trans. On Circuits/Systems for Video Tech.* Vol.4, No.1 pp. 88~90, Feb. 1994.
- [11] E. Trucco, A. Verri, *Introductory Techniques for 3D Computer Vision*, pp. 123~138, Prentice Hall, Upper Saddle River, 1998.
- [12] J. Goems, L. Velho, *Image Processing for*

Computer Graphics, pp. 247~296, Springer, New York, 1997.

저 자 소 개



金 大 顯(學生會員)

1999년 2월 : 중앙대학교 전자공학과 학사. 2001년 2월 : 중앙대학교 영상공학과 석사. 2001년 3월~현재 : 중앙대학교 첨단 영상대학원 영상공학과 박사과정. 주관심 분야: 컴퓨터 비전, 신호처리, 컴퓨터 그래픽스

崔 宗 秀(正會員) 第37卷 SP編 第2號 參照