

## 단일 뷰-포인트 모델을 이용한 영상 모자이크

김효성\*, 박진영\*, 황수복\*, 남기곤\*, 정두영\*\*

\*부산대학교 전자공학과, \*\*거제대학 전자과

### Image Mosaicing Using Single View-Point Model

Hyo-Sung Kim\*, Jin-Young Park\*, Soo-Bok Hwang\*, Ki-Gon Nam\*, Du-Young Jung\*\*

\*Dept. of Electronics Engineering, Pusan National Univ.

\*\*Dept. of Electronics Engineering, KoJe College.

E-mail: jypark@vision.ee.pusan.ac.kr

#### 요약

본 논문은 단일 뷰-포인트 카메라 모델을 이용하여 무-특징 환경 (non-feature environment)에서의 영상 모자이크 알고리즘을 제안한다. 특징 환경에서 영상의 기하구조를 만들어 내고 이 기하구조를 무-특징 환경에 적용시켜 모자이크 영상을 얻는다.

#### I. 서론

카메라로 획득한 여러 장의 영상들을 하나의 넓은 시야의 영상으로 합치는 과정을 영상 모자이크이라고 한다. 초기의 영상 모자이크 작업은 항공 및 위성 사진의 제작에 사용되었으며 최근에는 의학 분야(medical applications), 비디오 영상 압축 및 색인 (video compression and index), 가상현실분야(virtual reality applications) 등에 응용되고 있다.

기존의 모자이크 방법으로는 상관관계에 기반한 방법(correlation-based method)<sup>[1][2]</sup>과 특징점의 대응관계에 기반한 방법(feature-based method)<sup>[3]</sup> 등이 있다. 상관관계에 기반한 방법은 작은 카메라의 움직임을 대상으로 연구되어 왔다. 카메라의 움직임이 큰 경우에는, 계층적 매칭 방법(hierarchical matching)과 위상 상관 관계(phase correlation)<sup>[4]</sup>를 이용한 방법 등이 있다. 특징점의 대응관계에 기반한 방법은 비교적 큰 움직임을 대상으로 연구되어 왔다. 상관 관계에 기반한 방법이 카메라의 좌·우 회전만을 고려했다면 특징점의 대응관계를 기반한 방법은 카메라의 광 중심(optical center)을 기준으로 자유로운 회전을 고려하였다.

해상 환경과 같은 무-특징 환경에서는 기존의 모자이크 방법을 이용하기가 어려우므로 새로운 모자이크 방법이 필요하다.

본 논문에서는 카메라의 팬-틸트(pan-tilt)의 회전 정보를 바탕으로 단일 뷰-포인트 모델의 기하구조를 이용하는 영상 모자이크 방법을 제안한다.

먼저 특징 환경에서 겹쳐지는 영상의 쌍들마다 투영 변환 행렬(projective transformation matrix)<sup>[1][2][5]</sup>을 구하고, 여기서 얻어진 투영 변환 행렬을 무-특징 환경에서의 모자이크에 적용시킨다. 투영 변환 행렬을 구하는 방법으로는 특징점의 대응관계에 기반한 방법을 사용하였다. 각 영상마다 화소(pixel) 값이 달라서 생기는 겹쳐진 흔적을 없애기 위해 영상 좌표에 따른 가중치(weight)를 줌으로써 봉합 자국(seam)이 없는 하나의 넓은 시야의 영상을 획득할 수 있다. 마지막으로 가상 실험을 통하여 제안 알고리즘의 타당성을 보였다.

#### II. 단일 뷰-포인트 모델

팬-틸트 카메라는 그림 1의 (a)와 같이 광 중심을 기준으로 팬-틸트(pan-tilt)시켜서 영상을 획득한다. 이렇게 획득한 영상은 단일 뷰-포인트 모델의 기하구조를 가지게 된다. 패닝 동작시 영상의 기하구조를 그림으로 나타내면 그림 1의 (b)와 같다. 3차원 공간상의 한 점  $X_1$ 은 영상 평면의  $x_1$ 과  $x_2$ 에 각각 투영된다.  $X_2$  또한 같은 영상 평면의  $x_1$ 과  $x_2$ 에 각각 투영된다. 즉, 광 선분(optical ray)  $OX_1$ 상에 존재하는 모든 점은 영상 평면의  $x_1$ 과  $x_2$ 에 각각 투영된다. 따라서 카메라의 초점이 고정되어 있으면 촬영되는 피사체의 거리에 상관없이 영상의 기하구조는 변하지 않게 되므로 특징 환경의 기하구조를 무-특징 환경에서 이용할 수가 있다.

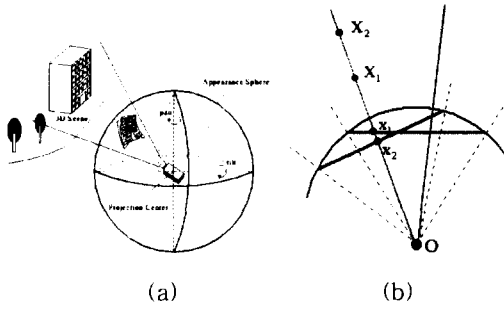


그림 1. 단일 뷰-포인트 모델  
(a) 팬-틸트 환경  
(b) 패닝 동작시 영상의 기하구조

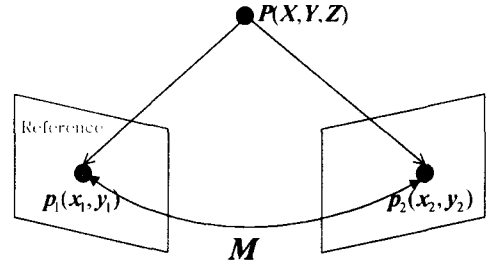


그림 3. 두 영상 사이의 투영 변환

$$\begin{pmatrix} x_2 \\ y_2 \\ z_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} m_{00} & m_{01} & m_{02} \\ m_{10} & m_{11} & m_{12} \\ m_{20} & m_{21} & m_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \\ z_1 \end{pmatrix} \quad (1)$$

### III. 제안 모자이크 알고리즘

무-특징 환경의 영상은 특징점을 찾기가 어렵기 때문에 특징 환경 영상의 기하구조를 이용하게 된다.

매핑 테이블을 생성하기 위해서 특징 추출이 가능한 영상에서 모자이크를 수행한다. 즉 영상의 쌍들마다 특징을 추출(feature detection)하고 대응점(correspondence point)을 찾아 투영 변환 행렬을 구한 다음, 이를 매핑 테이블로 저장한다. 그림 2의 블록도(flow chart)를 보면 특징 환경에서 구한 매핑 테이블을 이용하여 무-특징 환경에서 모자이크를 수행한다.

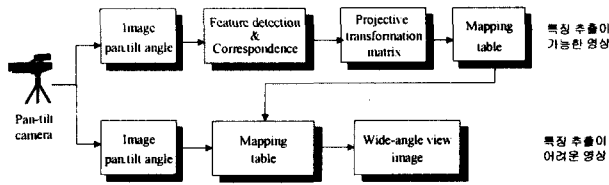


그림 2. 제안 알고리즘의 블록도

특징 추출과 정합은 KLT 방법과 correlation 방법<sup>[3]</sup>을 사용하였다.

#### 1. 투영 변환 행렬

그림 3과 같이 여러 장의 영상을 하나의 넓은 영상으로 만들기 위해서 두 번째 영상을 첫 번째 영상에 투영 변환<sup>[3][4]</sup>시킨다. 첫 번째 영상과 두 번째 영상의 한 점을 각각  $p_1 = (x_1, y_1, z_1)^T$ ,  $p_2 = (x_2, y_2, z_2)^T$  이라 하면, 식 (1)과 같은 투영 변환식을 만족한다.

일반적으로  $z_1 = 1, z_2 = 1, m_{22} = 1$  이고,  $(p_1, p_2)$  대응점의 관계는 식 (2)의 두 방정식으로 주어진다.

$$\begin{aligned} x_2 &= \frac{m_{00}x_1 + m_{01}y_1 + m_{02}}{m_{20}x_1 + m_{21}y_1 + 1} \\ y_2 &= \frac{m_{10}x_1 + m_{11}y_1 + m_{12}}{m_{20}x_1 + m_{21}y_1 + 1} \end{aligned} \quad (2)$$

8개의 변수(8-parameter)를 갖는 투영 행렬  $M$ 을 계산하기 위해서는 두 영상에서 4개의 대응점이 필요하게 된다. 그러나 이러한 경우 잘못된 대응점을 선택하면 모자이크 영상(mosaic image)에서 눈에 띄는 왜곡(distortion)이 생길 수 있다. 이 문제점을 보완하기 위해서 두 영상에서 가능한 많은 대응점을 선택함으로써 잘못된 대응점 선택에 의한 에러를 최소로 줄일 수 있다. 이렇게 구해진 투영 변환 행렬을 매핑 테이블(mapping table)로 저장하고 이것을 이용하여 각 영상들을 합성하면 모자이크 영상을 얻을 수 있다.

#### 2. 불합 자국 제거

투영 행렬을 이용하여 모자이크 영상을 획득하면 첫 번째 영상과 두 번째 영상의 대응되는 화소 값이 다르기 때문에 영상이 겹쳐진 흔적이 남게 된다. 이 불합 자국을 줄이기 위해서 겹쳐지는 영역에 보간이 필요하다. 본 논문에서는 식 (3)과 같이 주어지 화소와 각 영상의 중심점과의 거리를 계산한 뒤 거리 값에 반비례하는 영상 좌표에 따른 가중치를 주었다. 영상의 중심에 가까울수록 대응하는 모자이크 영상의 밝기 값(intensity)에 더 많은 영향을 주게 되고 영상의 가장자

리 부근은 결과 영상의 밝기 값에 거의 영향을 주지 않게 된다.

$$I_{mosaic}(x, y) = \frac{I_A(x, y)W_B + I_B(x, y)W_A}{W_A + W_B}$$

$$W_A = \sqrt{\left(x - \frac{I_{A,width}}{2}\right)^2 + \left(y - \frac{I_{A,height}}{2}\right)^2} \quad (3)$$

$$W_B = \sqrt{\left(x - \frac{I_{B,width}}{2}\right)^2 + \left(y - \frac{I_{B,height}}{2}\right)^2}$$

### 3. 가상 실험

가상 실험을 통하여 제안 알고리즘의 타당성을 뒷받침 하였다. 그림 3은 카메라로부터 일정거리 떨어진 구 내부에 균일한 분포(uniform distribution)를 갖는 점들을 랜덤(random)하게 발생시킨 가상 실험 환경을 나타내고 있다. 이런 환경에서 카메라와 구 중심간의 거리를 달리 하여 가상 카메라로 얻은 영상이 각각 그림 4의 (a)와 그림 5의 (a)이다. 그림 4는 영상의 투영 변환 행렬을 구해서 영상 모자이킹을 한 가상 실험이고, 그림 5는 그림 4에서 얻어진 매핑 테이블을 이용해서 영상 모자이킹을 한 가상실험이다. 그림 5의 (b) 결과 영상을 보면 알 수 있듯이 매핑테이블을 이용한 방법으로도 정확하게 두 영상이 모자이킹 됨을 볼 수 있다.

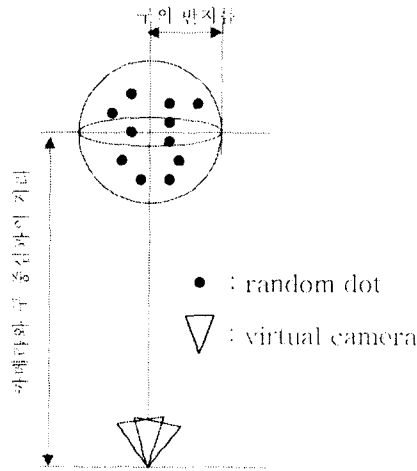


그림 4 가상 실험 환경

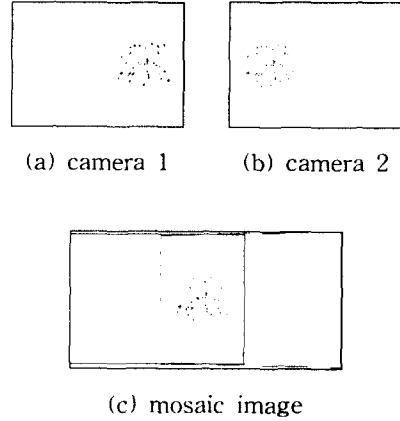


그림 4. 가상실험 1  
매핑테이블 만들기 위한  
이미지 모자이킹

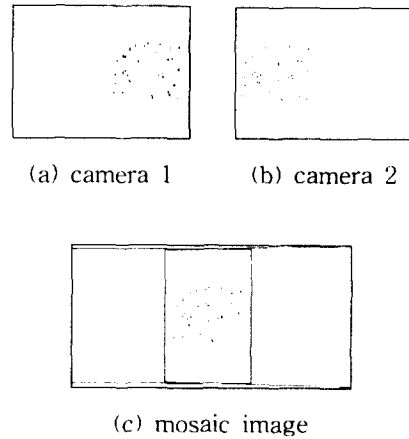


그림 5. 가상실험 2  
매핑테이블을 이용한  
영상 모자이킹

## IV. 실험 결과 및 검토

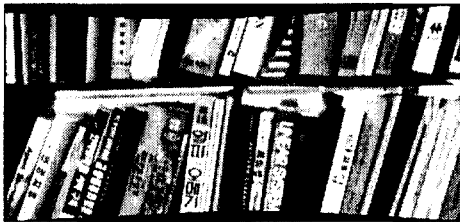
본 논문에서 크기가 320×240 이고 24비트(bit) 칼라 영상을 사용하였다.

그림 6는 매핑테이블을 얻기 위해서 기존의 특징 추출 방법을 이용한 영상의 모자이킹이고, 그림 7는 제안된 알고리즘을 적용한 모자이킹 영상이다. 제안 알고리즘이 영상 모자이킹의 방법으로 가능성을 볼 수 있다.

가상 실험에서 적용시킨 것처럼 동일한 팬-틸트 각도로 움직인 실험 영상을 획득한다면 더 향상된 결과 영상을 획득할 수 있을 것이다.

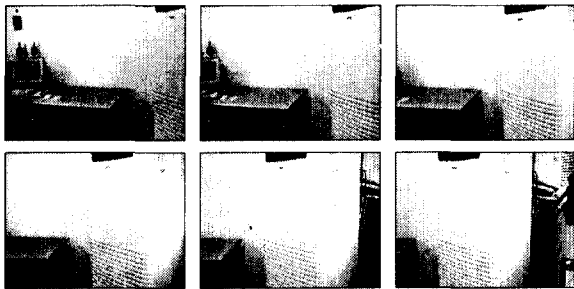


(a)

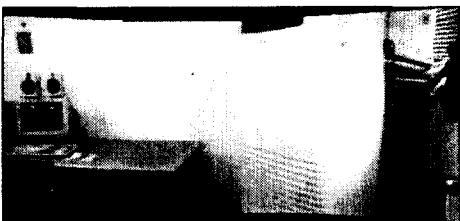


(b)

그림 6. 특징 추출이 가능한 영상의 모자이크  
(a) 50 frames 입력 영상 중 6 frames  
(b) 결과 영상



(a)



(b)

그림 7. 특징 추출이 어려운 영상의 모자이크  
(a) 50 frames 입력 영상 중 6 frames  
(b) 매핑 테이블을 이용한 모자이크

## V. 결론

본 논문에서는 단일 뷰-포인트 모델의 기하구조를 이용하여 무-특징 환경에서의 영상 모자이크 알고리즘을 제안하였다.

제안 알고리즘은 해상 환경과 같은 특징 추출이 어려운 영상의 모자이크에 유용하게 사용될 것이며 향후 해상 모자이크 영상에서의 물체의 움직임을 추출하고 추적(moving object tracking)<sup>[6]</sup>에 관한 연구가 진행되어야 할 것이다.

## VI. 참고문헌

- [1] R. Szeliski, "Video mosaics for virtual environments," *IEEE Computer Graphics and Application*, 16(2):22-30, 1996.p. 602-607, 1998.
- [2] I.Zoghalmi, O. Faugeras, R. Deriche, "Using geometric corners to build a 2D mosaic from a set of images," *IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 1997.
- [3] Laurent Meunier and Moritz Borgmann, "High-Resolution Panoramas Using Image Mosaicing," *Stanford University EE368 (Digital Image Processing) Final Project*, May 2000.
- [4] B. Srinivasa Reddy, B. N. Chatterji, "An FFT-Based Technique for Translation, Rotation, and Scale-Invariant Image Registration," *IEEE Transactions on Image Processing*, Vol.5 No.9, 1996.
- [5] Richard Szeliski, "Image Mosaicing for Tele-Reality Applications," *Cambridge Research Laboratory Technical Report*, 1994.
- [6] Bhat K.S., Saptharishi M., and Khosla P.K., "Motion Detection and Segmentation Using Image Mosaics," *IEEE Intl Conference on Multimedia & Expo*, 2000.