

## 자동 촬영에 의한 파노라마 영상 생성 방법

김태우<sup>1\*</sup>

### Panorama Image Construction Method By Automatic Shot

Tae-Woo Kim<sup>1\*</sup>

**요약** 본 논문에서는 자동 촬영 파노라마 생성 방법을 제안한다. 기존에는 두 장의 파노라마 멤버들을 수동으로 촬영하여 파노라마 영상을 만드는 반면, 제안한 방법은 이동되는 카메라에서 파노라마 멤버들을 자동으로 촬영하여 파노라마 영상을 생성한다. 파노라마 멤버들은 카메라로부터 들어오는 영상 스트림에서 추적 영역을 자동으로 추적하여 촬영된다. 촬영된 멤버들은 추적 영역을 포함하는 정합 영역에 대해 불변 특징 방법을 적용한다. 이 방법은 파노라마 멤버들을 자동으로 촬영할 수 있고 파노라마 생성 속도가 빠른 장점이 있다. 실험에서 320×240 크기의 컬러 영상에 대해 제안한 방법의 처리 시간이 약 0.89초로 기존의 특징 기반 방법[6]에 비해 처리 속도가 약 2배 빠른 결과를 보였다.

**Abstract** In this paper, automatic shot panorama construction method is presented. For construction of panorama image, conventional panoramic techniques manually took two panorama members, but the proposed method automatically takes panorama members according to moving camera and constructs panorama image. The panorama members are automatically selected and taken by tracking region over image stream from camera. Matching region for panorama including the tracking region in the members is selected and applied by invariant feature panoramic method. Our method can automatically shot panorama members and has merit of high processing speed. In the experiments, it was shown that the algorithm required about 0.89 second in processing time, about two times shorter than existing invariant feature based one[6], for color images of 320×240 size.

**Key words:** panoram member, panoramic image, panorama by automatic shot, feature-based method.

### 1. 서론

디지털 영상은 인물, 풍경, 예술, 증거용, 실물지도 작성, 방법 시스템, 항공, 위성 등 그 활용 범위가 넓다. 디지털 카메라의 수요 증가와 기술 발전에 따라 가격 대비 성능이 점점 좋아지고 있다. 또한 파노라마 영상[1-6]은 여러 장면의 영상들을 하나의 영상으로 병합하는 것으로 한 번 촬영으로 모두 수용하기 어려운 장면에 대한 확장된 사진을 만드는데 효과적이다. 예를 들면, 큰 항공 및 위성 영상의 생성, 장면의 안정화 및 변화 검출, 비디오 압축, 비디오 인덱싱, 카메라의 초점 거리 향상과 해상도 향상, 사진 편집 등이 될 수 있다.

파노라마 영상의 생성은 크게 직접 방법(direct

method)[1-5]과 특징 기반 방법(feature-based method)[1-2,6]의 두 가지로 나눌 수 있다. 특징 기반 방법은 점, 선 등과 같은 특징들 간의 대응점을 이용하는 방법이며, 직접 방법은 겹치는 영역에서 밝기값의 차이에 기반한 오차 함수를 최소화함으로써 카메라 파라미터를 추정하는 반복적인 방법이다. 직접 방법은 모든 영상 데이터를 이용할 수 있으므로 매우 정확한 정합을 수행할 수 있는 것이 장점이다. 반면 정합할 영상 간의 밝기값 변화가 없다고 가정해야 하고 반복적인 방법이므로 초기화에 따라 그 결과가 달라질 수 있다.

반면, 특징 기반 방법은 특징점을 검출하여 그 특징점들을 정합하여 정합 파라미터를 계산하는 방법이다. 특징점들은 영상의 이동, 회전, 크기 변화, 밝기 값의 변화, 유사 변환(affine transform)에 불변하는 특징을 갖는다. 특징점들은 Harris 꼭지점[6], LoG 극점[6,8-10] 등을 사용

<sup>1</sup>한양사이버대학교 정보통신공학과  
<sup>\*</sup>교신저자: 김태우(twkim2@hyuc.ac.kr)

하여 추출할 수 있다. 한다. 특징점에 대한 묘사자는 SIFT(Scale Invariant Feature Transform)[8-10] 등이 있다. 파노라마 영상 생성에서 이들 특징 기반 방법은 직접 방법에 비하여 비교적 처리 속도가 빠르다.

이러한 파노라마 영상 생성 방법들은 도시 실물 지도 작성과 같은 방대한 지역에 대한 파노라마 영상이나 무인 방법 시스템 등에 적용하기에는 촬영 영상의 수가 많고 촬영 지점 선정이 어려워 적용하기 어렵다.

비디오 동영상을 이용한 파노라마 생성 방법은 [4,14-17] 등에서 제안하였다. R. Szeliski[4]는 가상 공간을 위해 깊이를 추정하여 3차원 공간으로 렌더링하는 방법을 제안했고, 신성운 등[14]은 트리 기반, 최소사각형오류기법, 어파인모델을 이용하였고, 설정규 등[15]은 MPEG 압축 정보를 이용하는 방법을 제안하였다. 전재춘 등[16]은 다중 기선, 계층적 방법, 특징 기반 등을 사용하였고, 장성갑 등[17]은 푸리에 변환을 이용하여 프레임을 자동으로 선택하여 유사특징과 대응점을 계산하는 방법을 사용하였다.

이들 비디오 동영상을 사용하는 방법들을 방대한 동영상을 저장한 후 파노라마 영상을 생성해야 하므로 저장에 비용이 많이 들고 보관하기에도 번거로운 단점이 있다. 따라서, 본 논문에서는 카메라의 이동에 따라 자동으로 파노라마 멤버들을 촬영하여 파노라마 영상을 생성하는 방법을 제안한다. 이 방법은 카메라가 이동해 감에 따라 파노라마 멤버들을 자동으로 촬영하여 파노라마 영상을 생성하는 방법이다. 파노라마 멤버들은 카메라로 들어오는 영상 스트림에서 추적 영역을 자동으로 추적하여 촬영된다. 촬영된 멤버들은 추적 영역을 포함하는 파노라마용 정합 영역에 대해 불변 특징 방법[6]을 적용한다. 이 방법은 파노라마 멤버들을 자동으로 촬영할 수 있고 파노라마 생성 속도가 빠른 장점이 있다. 실험에서 기존의 방법과 비교하여 제안한 방법의 장점을 보여준다.

## 2. 파노라마 멤버의 자동 촬영

본 논문에서 제안하는 파노라마 영상의 생성 방법은 파노라마 영상을 구성할 영상들(파노라마 멤버들(panorama members))을 사용자가 카메라의 셔터를 눌러 촬영하는 것이 아니라, 파노라마 멤버들은 자동으로 촬영되도록 하는 것이다. 자동 촬영은 파노라마 생성을 위한

장면 촬영에 대한 부담을 줄여주고 파노라마 생성 속도도 높여주는 장점이 있다. 그림 1에 보이는 것과 같이 파노라마 멤버들은 이동되는 카메라로부터 들어오는 영상 스트림에서 자동으로 촬영되도록 하는 것이다. 첫 번째 멤버에서 추적 영역을 선정하고, 두 번째 멤버는 계속 들어오는 영상 스트림에서 이전 추적 영역과 정합하여 통해 추적 영역을 검출하여 첫 번째 멤버의 추적 영역으로부터 일정 거리 만큼 이동되면 자동으로 촬영되도록 된다. 여기서,  $D$ 는 프레임이 흘러 감에 따른 추적 영역의 이동거리이며,  $T_D$ 는 파노라마 멤버의 촬영 기준이 되는 문턱치이다.

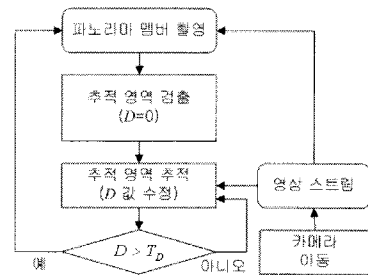


그림 1. 추적 영역의 추적에 의한 파노라마 멤버들의 자동 촬영.

### 2.1 추적 영역 검출

추적 영역은 프레임 내에서 다른 영역에 비해 구별이 잘 되도록 하여 다른 프레임에서도 추적 영역이 잘 추적되도록 해야 한다. 추적 영역은 그림 2와 같이 후보 영역에 포함되는 6개의 소영역을 정의한 후, 그 소영역에 대해 식 (2)와 같이 분산을 구한다. 식 (3), (4)와 같이 구해진 분산의 크기가 문턱치보다 큰 소영역이 많으면, 후보 영역은 추적 영역으로 간주된다. 이 영역을 영상 스트림에서 영역을 추적하는데 사용되므로 본 논문에서는 추적 영역이라 부른다.

$$\mu_i = \frac{1}{N} \sum_j^N p_j \tag{1}$$

$$\sigma_i = \frac{1}{N} \sum_j^N (p_j - \mu_i) \tag{2}$$

$$r_i = \begin{cases} 1, & \sigma_i > T_r \\ 0, & \sigma_i \leq T_r \end{cases} \tag{3}$$

$$R = \begin{cases} 1, & \sum_i r_i > T_R \\ 0, & \sum_i r_i \leq T_R \end{cases} \tag{4}$$

여기서,  $p_j$ 는 소영역의 각 화소값,  $N$ 은 소영역의 화소 수,  $T_r$ 은 소영역의 화소 변화도 기준,  $T_R$ 은 추적 영역의 기준을 나타낸다.

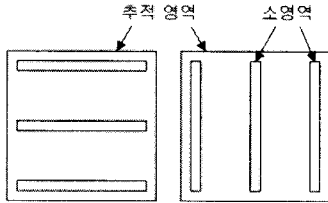


그림 2. 추적 영역 검출을 위한 소영역의 정의(이해를 돕기 위해 하나의 추적 영역을 두 개로 나누어 그림).

### 2.2 추적 영역 추적

파노라마 멤버에서 검출된 추적 영역은 스트림으로 들어오는 영상들에서 식 (5)를 최소화하는 영역을 찾는다. 이것을 추적 영역 추적(tracking region tracking)이라 부른다. 스트림에 들어오는 영상들은 초당 30 프레임으로 프레임 간의 움직임 변화량이 비교적 작기 때문에 실시간 처리가 가능하다. 추적 영역 추적을 위한 정합은 템플릿 정합[2][12]을 사용하며, 에러 메트릭(error metric)은 식 (5)와 같이 SAD(sum of absolute difference)[2]를 사용한다.

$$E_{SAD}(u) = \sum_i |I_1(x_i + u) - I_0(x_i)| = \sum_i |e_i| \quad (5)$$

여기서,  $I_0(x)$ 는 파노라마 멤버의 추적 영역,  $I_1(x)$ 는 스트림 영상의 정합될 영역,  $u = (u, v)$ 는 변위,  $e_i = I_1(x_i + u) - I_0(x_i)$ 는 에러를 나타낸다. 추적된 추적 영역은  $E_{SAD}$  함수를 최소화시키는 파라미터  $u$ 만큼 이동된 위치가 된다.

추적 영역을 추적하는 과정은 파노라마 멤버로부터 추적 거리  $D$ 가 문턱치  $T_D$  이상이면 다음 파노라마 멤버의 촬영 시점으로 간주하고 자동으로 촬영된다.

### 3. 파노라마 영상 생성

본 논문에서의 파노라마의 생성은 앞에서 촬영한 파노라마 멤버들에 대해 불변 특징 방법[6]을 사용한다. 이 기

법을 파노라마 영상 전체에 적용하지 않고, 그림 3과 같이 파노라마 멤버에서 검출된 추적 영역을 포함한 파노라마용 정합 영역에 대해서만 적용한다. 파노라마 멤버의 촬영을 위해서 영상 스트림으로부터 추적 영역을 추적하므로, 멤버들 간의 정합 위치는 근사적으로 알고 있는 것이다. 파노라마 영상 생성을 위한 정합은 전체 영상에 대해 수행할 필요없이 파노라마용 정합 영역에 대해 정합하므로 처리 시간이 줄어드는 장점이 있다.

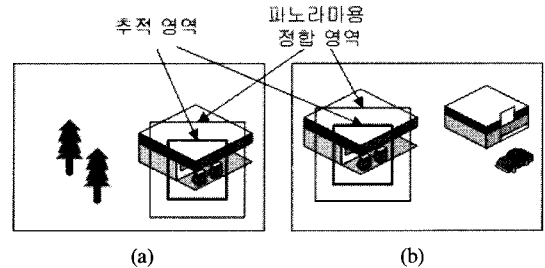


그림 3. 추적 영역과 파노라마용 정합 영역: (a) 파노라마 멤버 #1, (b) 파노라마 멤버 #2.

불변 특징 기반의 파노라마 영상 생성 방법은 먼저 병합될 두 영상을 실린더형 영상[1-2]으로 변환하고, 변환된 영상에 대해 특징점을 추출[8-10]하여, SIFT 불변 특징 묘사자[8-10]로 특징 벡터를 생성한다. 특징 벡터는 RANSAC 방법[11]과 최근방 정합[8-10]을 이용해 정합하고, 정합 파라미터를 이용하여 두 영상을 병합한다. 이 과정에서 처리 속도를 높이기 위해 영상을 축소하고 영상의 에지(edge)를 추출하여 추출된 에지 위치에서만 특징점들을 추출하여 처리 속도를 개선하는 방법을 사용하였다[13].

실린더형 영상으로 변환은 실린더형 파노라마(cylindrical panorama)[1-2]에서 사용하는 방법으로 카메라의 초점거리를 알고 있다면 각 원근 영상은 실린더형 좌표로 변환된다.

특징점 추출은 식 (7)로 표현되는 스케일 공간(scale-space)[10]에서 극점(extrema)[10]을 찾는 것으로 식 (8)과 같이 계산된다.

$$G(x, y, \sigma) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-(x^2 + y^2)/2\sigma^2} \quad (6)$$

$$L(x, y, \sigma) = G(x, y, \sigma) * I(x, y) \quad (7)$$

$$D(x, y, \sigma) = L(x, y, k\sigma) - L(x, y, \sigma) \quad (8)$$

여기서, 각각  $L(x,y,\sigma)$  는 스케일 공간,  $G(x,y,\sigma)$  는 가우스 함수,  $I(x,y)$ 는 입력 영상, \*는  $x,y$  에 대한 컨벌루션 연산자를 나타낸다.

영상에서 의미 있는 정보가 대부분 에지에 있다고 가정하여, 라플라시안 연산자[12]를 이용하여 에지를 추출한 후, 추출된 에지 위치의 화소들에 대해서만 특징점을 추출하여 계산량을 줄인다.

추출된 극점의 위치에서 SIFT 특징 묘사자(descriptor)[8-10]를 이용하여 특징벡터로 표현되고, 이를 이용하여 최근방 정합(nearest neighbor matching)[8-10]과 RANSAC 알고리즘[11]을 이용하여 두 영상 간 정합 파라미터를 구한다.

영상 병합은 두 영상 간의 정합 파라미터를 이용하여 하나의 큰 영상으로 병합하는 것이다. 이때, 합성될 영상들 간의 밝기값과 칼라의 불연속을 줄이기 위해서 병합점으로 거리에 비례하도록 각 영상의 화소들에 가중치를 주는 방법인 간단한 블렌딩 알고리즘(blending algorithm)[2]을 적용한다.

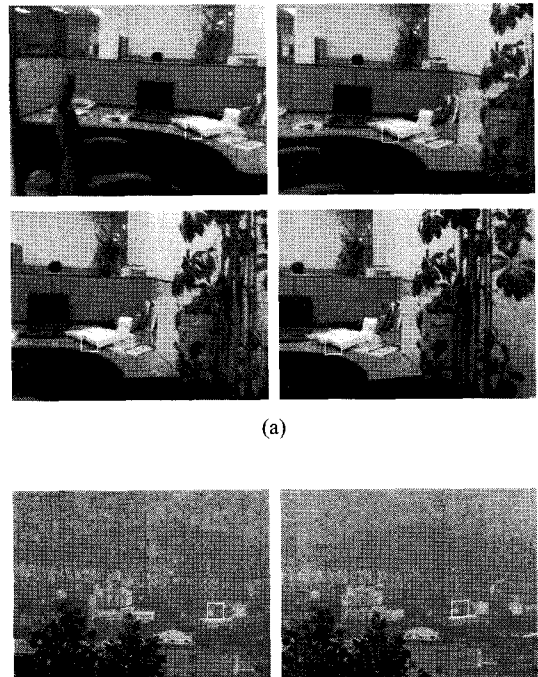
#### 4. 실험 결과 및 토의

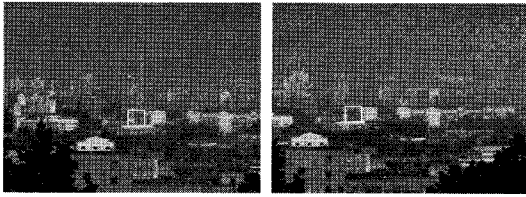
제안한 자동 촬영 파노라마 생성 방법의 동작을 확인하기 위하여 카메라 모듈이 장착된 노트북 PC에서 실험하였다. 카메라는 초당 30 프레임 속도로 영상 스트림을 출력해 줄 수 있고, 영상의 크기는 320×240이다. 카메라를 이동해 가면서 그림 4와 같이 영상 스트림을 처리하였다. 카메라가 이동함에 따라 들어오는 영상 스트림에서 자동으로 파노라마 멤버를 촬영하고 파노라마 영상을 자동으로 만들었다.

첫 번째 파노라마 멤버에서 그림 5와 같이 추적 영역을 검출하였다. 검출된 추적 영역은 초당 30 프레임 속도로 들어오는 영상 스트림에서 그림 4와 같이 추적 영역을 추적하였다. 추적 영역 추적은 추적 거리가 일정 거리 이상이 되면 파노라마 멤버가 자동으로 촬영되도록 하였다. 카메라가 움직이는 방향이 좌우만이 아니라 상하 또는 대각선 방향이 되면, 추적 영역을 추적하여 카메라의 움직임 방향과 움직인 거리를 계산하여 제안한 방법을 그대로 적용 할 수 있다. 그림 6은 자동 촬영된 파노라마 멤버들을 보여준다. 추적 영역을 포함하는 파노라마용 정합 영역에 대해 특징점들을 검출하고, SIFT 묘사자로 특징

벡터를 만들었다. 이들 특징 벡터들에 대해 RANSAC 알고리즘을 적용하여 정합 파라미터를 구하였다. 최종적으로 정합 파라미터를 이용하여 두 영상을 병합하였다. 그림 7은 자동 촬영된 두 장의 파노라마 멤버에 대해 제안한 방법으로 파노라마 영상을 만든 예를 보여 준다. 자동 촬영된 두 파노라마 멤버에 대해 기존의 특징 기반 방법[6]과 본 논문의 방법을 적용한 결과 파노라마 영상의 품질에 큰 차이가 없으나, 처리속도 면에서 각각 1.81초, 0.89초로 처리 속도가 약 2배 향상되었다. 제안한 방법은 여러 장의 파노라마 멤버들에 대해서도 확장하여 적용할 수 있다. 그림 8은 3장의 자동 촬영된 파노라마 멤버에 대해 파노라마 영상의 예를 보였다.

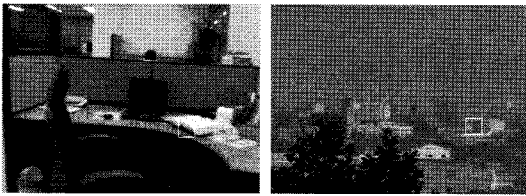
제안한 자동 촬영 파노라마는 도시 실물 지도 작성과 같은 방대한 지역에 대한 파노라마 영상이나 무인 방법 시스템 등에 적용할 수 있다. 카메라가 이동하면서 자동으로 파노라마 멤버를 촬영하고 파노라마 영상을 생성할 수 있고, 파노라마 생성 속도도 기존의 방법보다 향상되는 장점이 있음을 보였다. 또한 장면들에 대해 동영상으로 모두 촬영하지 않고 파노라마 영상을 생성할 수 있으므로 큰 저장 공간이 필요하지 않은 장점이 있다. 제안한 방법은 비디오 동영상에서 파노라마 영상 생성에도 적용할 수 있다.





(b)

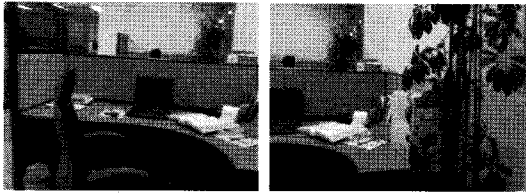
그림 4. 디지털 카메라로부터 초당 30 프레임 속도로 입력되는 영상 스트림으로부터 추적 영역 추적의 예 (30프레임 중 일부만 보여줌): (a) 실내 영상, (b) 실외 영상.



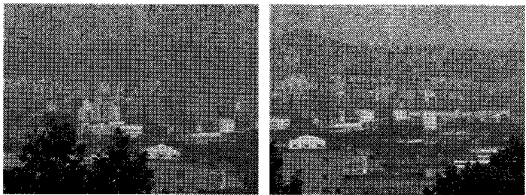
(a)

(b)

그림 5. 파노라마 멤버에서 검출된 추적 영역(흰색 사각형): (a) 실내 영상, (b) 실외 영상.

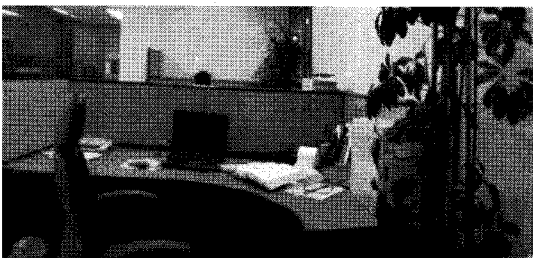


(a)

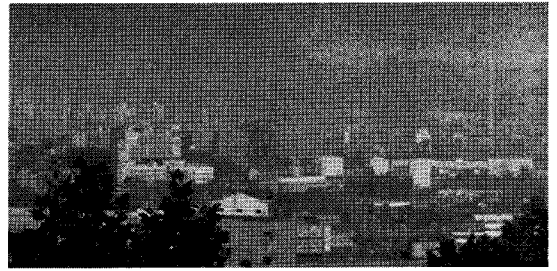


(b)

그림 6. 자동 촬영된 파노라마 멤버: (a) 실내 영상, (b) 실외 영상.

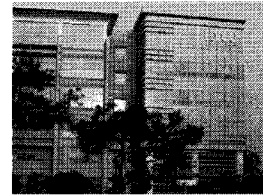
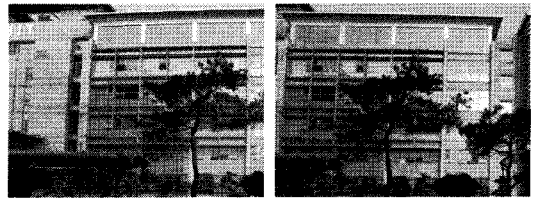


(a)

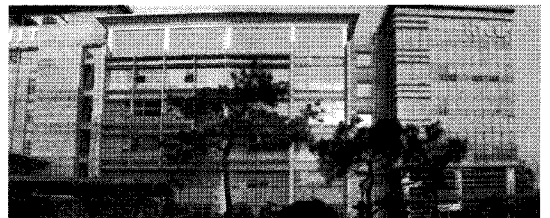


(b)

그림 7. 자동 촬영된 파노라마 멤버(그림 6)에 제안한 방법의 파노라마 영상: (a) 실내 영상, (b) 실외 영상.



(a)



(b)

그림 8. 3장의 자동 촬영된 파노라마 멤버(a)에 대한 파노라마 영상(b).

## 5. 결론

본 논문에서는 자동 촬영 파노라마 생성 방법을 제안하였다. 카메라가 이동함에 따라 파노라마 멤버들을 자동으로 촬영하여 파노라마 영상을 생성하는 방법이다. 파노라마 멤버들은 카메라로 들어오는 영상 스트림에서 추적 영역을 자동으로 추적하여 촬영하고, 촬영된 멤버들은 추적 영역을 포함하는 파노라마용 정합 영역에 대해 불변 특징 방법을 적용한다. 이 방법은 파노라마 멤버들을 자

동으로 촬영할 수 있고 파노라마 생성 속도가 빠른 장점이 있다. 실험에서 제안한 방법이 기존의 특징 기반 방법에 비해 처리 속도가 약 2배 빠른 결과를 보였다. 추후 다양한 환경에 대해 파노라마 영상 생성을 실험하여 실제 응용에 적용할 예정이다.

## 참고문헌

- [1] Heung-Yeung Shum and Richard Szeliski. Panoramic Image Mosaics. *Technical Report*, MSR-TR-97-23, 2003.
- [2] Richard Szeliski. Image Alignment and Stitching: A Tutorial. *Technical Report*, MSR-TR-2004-92, 2004.
- [3] R. Szeliski, S. B. Kang. Direct methods for visual scene reconstruction. *IEEE Workshop on Representations of Visual Scenes*, pp. 26-33, 1995.
- [4] R. Szeliski. Video Mosaics for Virtual Environments. *IEEE Computer Graphics and Applications*, pp. 22-30, 1996.
- [5] H. Shum and R. Szeliski. Construction of Panoramic Mosaics with Global and Local Alignment. *International Journal of Computer Vision*, 36(2):101-130, 2000.
- [6] C. Harris and M. Stephens. A combined corner and edge detectors. *Alvey Vision Conference*, 1988.
- [7] M. Brown and D. G. Lowe. Recognising Panoramas. In *Proceedings of the 9th International Conference on Computer Vision (ICCV2003)*, pages 1218-1225, Nice, France, 2003
- [8] M. Brown and D. Lowe. Invariant Features from Interest Point Groups. *Proceedings of the 13th British Machine Vision Conference*, pp. 253-262, 2002.
- [9] D. Lowe. Object Recognition from Local Scale-Invariant Features. *Proceedings of the International Conference on Computer Vision*, pp. 1150-1157, 1999.
- [10] David G. Lowe. Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints. *International Journal of Computer Vision*, 2004.
- [11] M. Fischler and R. Bolles. Random sample consensus: A paradigm for model fitting with applications to image analysis and automated cartography. *Communications of the ACM*, 24(6), 381-395.
- [12] Rafael C. Gonzalez and Richard E. Woods, *Digital Image Processing*, Addison Wesley, 1992.
- [13] 김태우, 유현중, “불변 특징 기반 파노라마 영상의 생성,” 한국산학기술학회논문지, 제7권, 제6호, 1214-1218, 2006.
- [14] 신성윤, 이양원, “효율적인 비디오 데이터베이스 구축을 위해 카메라와 객체 파라미터를 이용한 계층형 영상 모자이크,” 멀티미디어학회 논문지, 제5권, 제2호, 167-175, 2002.
- [15] 설정규, 이승희, 이준환, “MPEG 압축 정보를 이용한 모자이크 구성,” 한국통신학회논문지, 28권, 제1C호, 47-55, 2003.
- [16] 전재춘, 서용철, “3차원 다중 기선을 사용한 비디오 영상 모자이크 기술,” *Korean Journal of Remote Sensing*, Vol. 20, No.2, 125-137, 2004.
- [17] 장성갑, 김재신, “보간 검색을 이용한 Panning 비디오 영상에서의 모자이크 기법,” 전자공학회논문지, 제42권, SP편, 제5호, 653-662, 2005.

## 김 태 우(Tae-Woo Kim)

[정회원]



- 1990년 2월 : 한양대학교 전자통신공학과 (공학사)
- 1992년 2월 : 한양대학교 전자통신공학과 (공학석사)
- 1995년 2월 : 한양대학교 전자통신공학과 (공학박사)
- 2003년 3월 ~ 현재 : 한양사이버대학교 전자통신공학과 교수

<관심분야>

영상처리, 영상통신, 생체인식, 생체신호처리.