

# 고속 특징추적을 이용한 3차원 가상물체 합성 안정화

## 3-D Stabilization of Virtual Objects using Fast Feature Tracking

○ 최성인\*, 박순용\*\*

\* 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 (TEL: 053-940-8598, E-mail: ellim5th@naver.com)  
 \*\* 경북대학교 컴퓨터학부 (TEL: 053-950-7575, E-mail: sypark@knu.ac.kr)

**Abstract** 3D virtual objects are registered in a video sequence. For stable registration, the post of video camera should be accurately estimated. Otherwise, the virtual object's registration look awkward and unstable due to the mis-alignment between the real scene and the virtual objects. To solve the problem, we propose a 3D stabilization technique based on Visual SLAM. The pose of the camera is estimated and 3D scene points are generated simultaneously. In result, the virtual 3D objects are registered to the scene in very stable condition.

**Keywords** 3D Stabilization, Augmented Reality, MonoSLAM, Visual SLAM, Particle Filter

### 1. 서론

$$bel(x_t) = p(x_t | z_t, u_t) \tag{1}$$

증강현실(Augmented Reality)은 3차원 가상물체(Virtual Object)를 비디오 영상과 합성하여 가상물체가 실제 존재하는 것과 같은 효과를 제공하는 기술이다. 가상의 3차원 물체를 비디오에 합성하기 위해서는 카메라의 위치 및 방향을 정확히 알고 있어야 하며 이를 통해서 우리는 카메라 좌표계를 기준으로 가상 물체를 원하는 위치에 합성할 수 있다.

본 논문에서는 단일 카메라에서 획득한 비디오 영상을 기반으로 Visual SLAM 기법을 적용하여 실시간으로 획득한 영상 위에 3차원 가상 물체를 안정적으로 합성하기 위한 방법을 제안한다.

### 2. 단일 카메라를 이용한 3차원 자세 추정

#### 2.1 고속 특징점 추적

가상 물체의 3차원 안정화를 위해서는 카메라에서 획득한 영상으로부터 2차원 특징을 실시간으로 추출하고 이를 추적하는 것이 필수적이다. 기존에 널리 알려진 도구로는 KLT 추적기[1][2]가 있으나 특징을 추출하는데 있어서 속도가 뒤는 단점이 존재한다. 일반적으로 특징점을 추적하는 처리속도가 빠를수록 연속하는 프레임 사이의 모션 차이는 작아지게 된다. 그래서 본 논문에서는 FAST-10[3] 알고리즘을 사용하여 특징점을 획득한 뒤 템플릿 매칭을 통해 실시간으로 특징점을 추적하였다.

#### 2.2 파티클 필터링을 이용한 카메라 자세 추정

파티클 필터링 알고리즘은 수식(1)과 같이 베이시안 갱신공식에 기반하여 사후 확률을 계산한다.

본 논문에서  $x_t$ 는 카메라의 3차원 위치 및 자세를 기술하는 상태 벡터이며  $u_t$ 는 카메라 모션 정보를 이용한 파티클 제어 입력,  $z_t$ 는 오차 측정값에 따라 파티클의 가중치를 계산하기 위한 관측 입력을 뜻한다. 파티클 필터링을 이용한 자세추정은 그림 1과 같은 총 5단계로 구분할 수 있다.

먼저 파티클 예측 단계에서는 시간 ( $t$ )와 ( $t-1$ )사이의 카메라 모션 정보를 이용하여 ( $t+1$ )의 상태를 결정하게 된다. 카메라 자세에 대한 각 파티클의 상태 벡터를  $x_t^m$ 라고 정의하였을 때  $x$ 의 표준편차  $\sigma$ 에 해당하는 가우시안 잡음을 추가하면 수식 (2)를 통해 시간 ( $t+1$ )에서  $m$ 개의 파티클에 대한 카메라의 자세 정보를 계산할 수 있다.

$$\Delta X = X_t - X_{t-1} \tag{2}$$

$$x_{t+1}^{[m]} = x_t^{[m]} + \Delta X + \sigma GN(m)$$

예측단계를 통해 ( $t+1$ )에 대한 파티클의 위치가 결정되면 각 파티클의 정확도에 따른 가중치를 계산한다. 각 파티클에서 카메라 영상좌표에 알려진 3차원의 특징점을 투영한 한 점  $p_{proj}$ 와 실제 카메라를 통해 관측되고 있는 특징점을 투영한 점  $p_{scene}$ 의 유클리디안 거리를 오차로 정의하고 이 오차값을 이용하여 각 파티클의 가중치를 수식 (3)과 같이 계산하였다.

$$\rho = \sum |p_{scene}^k - p_{proj}^k| \tag{3}$$

$$w^{[m]} = e^{-\frac{\rho}{r}} \quad (r = 5)$$

각 파티클의 가중치를 계산하는 과정이 끝나면 가중치를 정규화한 뒤 가중치와 각 파티클의 자세 정보를 이용하여 가중치 합을 함으로써 최종적으로 현재 카메라의 자세를 결정하게 된다. 가중치가 계산되고 나면 각 파티클은 이 가중치에 의해 새롭게 추출되며 이 파티클들에 의해 시간 ( $t+1$ )에서 카메라의 위치는 좀 더 정확한 위치를 찾아가게 된다. 본 논문에서는 symmetric resampling[4] 방법을 사용하여 파티클을 재추출하였다.

### 3. 실험결과

실험에 사용된 CCD 센서는 마이크로소프트사의 VX-6000 웹캠을 사용하였으며 640x480 해상도에 30fps의 속도로 RGB 영상을 획득하였다. 메인 시스템은 인텔 Q9550(2.83 GHz) CPU에 4GB 메인 메모리를 탑재하고 있다.

그림 2는 KLT 추적기와 본 논문에서 제안한 CRVL 추적기의 속도를 비교분석한 결과이다. KLT의 경우에는 한 프레임을 처리하는데 평균 152ms가 소요되는 것에 반해 본 논문에서 제안하는 CRVL 추적기는 평균 25ms가 소요됨으로써 약 6배 빠른 추적 결과를 획득할 수 있었다. 또한 KLT 추적기는 그림 2-(a)와 같이 간혹 300ms~400ms 정도로 처리속도가 튀는 현상을 발견할 수 있었지만 본 논문에서 제안한 방법은 비교적 안정적인 성능을 보여주었다. 실험에서 사용된 파티클은 총 1000개였으며 시스템 운용에 있어서 큰 부담이 되지는 않았다. 그림 3은 3차원 가상물체를 책 위에 합성한 결과를 보여준다.

### 4. 결론

본 논문에서는 단일 카메라를 이용한 Visual SLAM 기술을 기반으로 연속적으로 획득되고 있는 비디오 영상 위에 3차원 가상 물체를 안정적으로 합성하기 위한 방법을 제안하였다. 실시간으로 특징점을 추적하기 위하여 FAST-10 알고리즘과 템플릿 매칭을 이용하였으며 파티클 필터링 기법을 이용하여 카메라 자세 정보를 추정하였다. 제안한 시스템은 약 25fps의 실시간 성능을 보이고 있다.

향후 연구에서는 실외 환경에서 카메라에 GPS와 전자 나침반을 부착하여 레퍼런스 보드 없이 초기 자세를 추정하도록 개선하고자 한다. 그래서 실외 환경에서 원거리 위치에 대형 가상 물체를 안정화 시키는 실험을 진행하고자 한다.

### 감사의 말

본 연구는 국방과학연구소와 민군겸용연구센터 및 (주) 에이알비전의 지원으로 수행되었음.

### 참고문헌

- [1] J. Shi, C. Tomasi, "Good feature to track," *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, p.593-600, 1994
- [2] C. Tomasi, T. Kanade, "Detection and tracking of point features," *Technical Report CMU-CS-91-132*, Carnegie Mellon University, April 1991.
- [3] E. Rosten and T. Drummond, "Machine learning for high-speed corner detection," In *Proc. 9th European Conference on Computer Vision (ECCV'06)*, May 2006.
- [4] J. Carpenter, P. Clifford, and P. Fearnhead, "An improved particle filter for non-linear problems," *IEEE Proc., Radar Sonar Navigation*, 146:2-7, 1999.

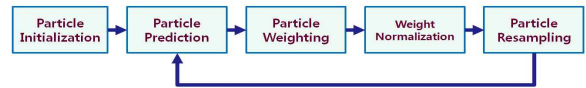
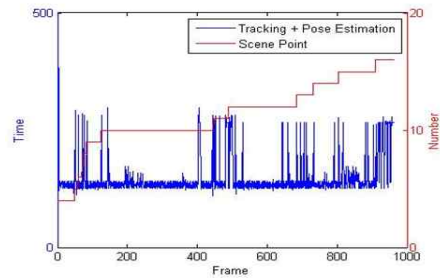
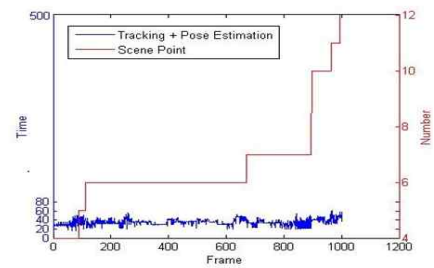


그림 1. 파티클 필터링 과정



(a) KLT 추적기를 이용한 자세추정 속도



(b) CRVL 추적기를 이용한 자세추정 속도

그림 2. KLT 추적기와 CRVL 추적기 속도 비교



그림 3. 3차원 가상물체의 합성 결과