

# 멀티뷰 카메라를 사용한 외부 파라미터의 최적화 방법<sup>1</sup>

김기영\*, 김세환, 우운택  
 광주과학기술원 U-VR 연구실  
 {kkim, skim, wwoo}@kjist.ac.kr

## I. 서론

카메라 보정은 카메라의 광학적 특성과 자세를 3차원 공간상에서 구하는 과정이다[1]. Tsai 와 Zhang 의 카메라 보정 알고리즘이 널리 이용되지만, 패턴과의 거리가 멀어질수록, 패턴의 점들을 감지하기가 어렵고, 주변 환경의 영향을 영향으로 정확한 파라미터를 얻는데 상당한 오차를 보인다. 본 논문에서는 이러한 오차를 감소시키기 위해 원거리에서의 카메라 외부 파라미터의 오차를 멀티뷰 카메라의 렌즈간 관계를 이용하여 보정하는 방법을 제안한다.

## II. 멀티뷰 카메라 보정

### 1. 카메라 모델 및 카메라 보정

일반적으로, 카메라 모델에서는 실세계 좌표계의 점  $M=[X_w, Y_w, Z_w]^T$ 과 영상 평면상의 동일한 점  $m=[u, v]$  간의 관계는 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$m = A[R \ T]M \quad A = \begin{bmatrix} f_x & 0 & C_x \\ 0 & f_y & C_y \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

위 식에서,  $f_x$ 와  $f_y$ 는  $x, y$  방향의 초점거리,  $C_x, C_y$ 는 영상의 중심을 나타낸다. 또한, R 및 T는 회전 및 이동 행렬을 각각 의미한다. Tsai의 카메라 모델은 바늘 구멍(Pinhole) 카메라 모델에 렌즈의 방사형 왜곡 인자  $k$ 를 도입하였다 [1].

### 2. 패턴의 점 검출

카메라 보정에 일반적으로 사용되는 체스 보드 모양의 패턴은 영상의 Gradient 방향을 가지는 백터와 격자의 경계 선을 따라가는 방향 백터간의 직각 성질을 이용하여 교차점들의 좌표를 얻는다.

$$E_i = \nabla J_{p_i} \cdot (q - p_i) \quad (2)$$

위 식에서,  $I_{p_i}$ 는  $P_i$ 에서의 Gradient 백터,  $E_i$ 는 비용함수를 의미한다

### 3. 멀티뷰 카메라 보정

멀티뷰 카메라의 카메라 렌즈간의 실제 거리는  $Top$ 과  $Right$ ,  $Right$ 와  $Left$  간의 간격은 10 cm이고,  $Top$ 과  $Left$  렌즈 간격은  $10\sqrt{2}$  cm이다. 세 렌즈는 같은 방향을 향하기 때문에, 세 렌즈에서 얻은 회전행렬은 동일해진다.

$$R_{error} = \sqrt{(R_{top} - R_{right})^2 + (R_{right} - R_{left})^2 + (R_{top} - R_{left})^2} \quad (3)$$

또한, 각 렌즈 사이의 이동행렬의 차와 실제 렌즈간 거리 정보를 이용하면, 이동행렬에서 발생하는 오차를 식 (4)와 같은 비용함수로 나타낼 수 있다.

$$T_{error} = \sqrt{(d_{top, right} - 10)^2 + (d_{right, left} - 10)^2 + (d_{top, left} - 10\sqrt{2})^2} \quad (4)$$

위 식에서,  $d_{src, dst}$ 는  $src$  렌즈와  $dst$  렌즈간의 실제 거리를 의미한다. 이를 바탕으로 식 (5)를 최소화 하는 수정된 Levenberg-Marquardt 최적화 알고리즘(MINPACK)을 수행한다.

$$\min \left\{ \sum_{i,j} (R_i - R_j)^2 + \lambda \sum_{i,j} (d_{i,j} - I_{i,j})^2 \right\} \quad (5)$$

위 식에서,  $I_{i,j}$ 는  $i$ 번째와  $j$ 번째 렌즈간의 계산된 거리로 가라키며,  $L$ 은 렌즈 간의 조합 수이다. 스케일 인자  $\lambda$ 는 실험을 통해 구한다.

## III. 실험 및 결과

본 실험에서는 Point Grey Research의 멀티뷰 카메라 Digiclops를 사용하였다. 제안된 알고리즘 적용 후 회전 행렬의 오차와 이동 행렬의 오차는 표 1에서 보는 바와 같이 급격히 감소한다. 평균 20번의 최적화 알고리즘 반복을 통하면, 회전행렬은 0에 근접하고 이동행렬은 5 mm 안으로 수렴함을 알 수 있다. 거리가 멀어질수록 초기 실거리 오차와 회전 행렬오차는 증가하는 경향성을 나타내지만, 최적화 알고리즘 적용 후에는 그러한 경향이 뚜렷해지지 않는다.

표 1. 최적화 알고리즘 적용 후의 외부 파라미터 오차

거리 (m)		4	5
회전 행렬 (degree)	최적화 전	0.061599	0.067073
	최적화 후	0.000027	0.000028
이동 행렬 (cm)	최적화 전	9.678902	10.25455
	최적화 후	0.445712	0.553245

## IV. 결론

실험 결과에서 나타난 바와 같이 제안된 알고리즘은 원거리에서의 외부 파라미터의 오차를 줄이는데 개선된 결과를 보여주고 있다. 향후에는 전체적인 카메라 보정 오차 측정에 대한 새로운 모델이 제시되어야 할 것이다. 알고리즘을 사용하여 얻은 최적화된 카메라 위치 정보는 3차원 파노라믹 가상 환경 생성 및 AR 응용 시스템 등에 이용될 수 있다.

### 참고문헌

- [1] Tsai R. Tsai, "A versatile camera calibration technique for high-accuracy 3d machine vision metrology using off-the-shelf tv cameras and lenses," *IEEE Journal of Robotics and Automation*, vol. 3, no. 4, pp. 323-344, 1987.

<sup>1</sup> 본 연구는 한국전자통신연구원의 지원에 의하여 수행됨