

바둑판 촬영 영상을 이용한 카메라 내부 파라미터 예측 방법

이광진, *이윤구
 광운대학교

msaui@kw.ac.kr, yglee96@kw.ac.kr

Prediction of Camera Intrinsic Parameter using Go Board Image

Kwang Jin Rhee *Yun Gu Lee

Department of Computer Science Kwangwoon University

요 약

최근 바둑에 대한 관심이 급증함에 따라 바둑에 관련된 연구가 많이 진행되고 있다. 바둑에 관련된 연구가 진행 되기 위해서는 많은 양의 바둑 데이터를 취득할 필요가 있다. 바둑 데이터 중 아직도 사람의 도움없이 취득하기 어려운 데이터로는 대표적으로 기보 데이터가 있다. 따라서 기보를 자동으로 저장하는 연구가 활발하게 진행 되고 있다. 기보를 자동으로 저장하는 연구 중 바둑돌이 착수될 위치를 예측하여 기보를 저장하는 시스템은 카메라의 정보를 취득하는 것으로부터 시작된다. 많은 양의 데이터를 수집하기 위해서는 일반 사용자가 사용할 수 있는 어플리케이션의 역할이 중요하다. 하지만 카메라의 정보를 취득하는 것은 어플리케이션의 환경을 구축하는데 어려움을 야기한다. 따라서 본 논문은 어플리케이션의 환경 구축 문제점인 카메라의 정보를 바둑판 최 외각 네 끝점과 비교적 간단한 방법으로 예측하는 방법을 제안한다.

1. 서론

최근 화제가 되었던 Google DeepMind 의 알파고(AlphaGo) 와 한국기원 이세돌과의 대국을 통해 바둑에 관한 관심이 급증하고 있다. 그에 따라 다양한 분야에서 바둑에 관한 연구가 많이 진행 되고 있다. 바둑에 관한 연구가 진행 되기 위해서는 바둑에 관련된 다양한 자료가 많아야 한다. 바둑에 관련된 다양한 자료 중에는 이미 사람에게 의존하지 않고 얻을 수 있는 자료들이 있다. 하지만 특히 대국의 기보 데이터는 여전히 사람에게 많이 의존 하고 있다. 따라서 대국의 기보 데이터를 자동으로 얻기 위한 자동화 연구가 많이 진행 되고 있다. 여러 가지 자동화 연구 중 카메라의 정보로부터 바둑돌이 착수될 위치를 미리 예측하는 연구가 활발히 진행 중 이다. 카메라의 정보는 크게 2 가지로 나눌 수 있다. 내부 파라미터와 외부 파라미터 이다. 기존의 연구[1]는 내부 파라미터를 알고 있다는 가정하에 외부 파라미터를 계산하고 바둑돌이 착수될 위치를 미리 예측 한다.

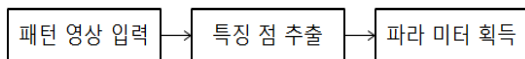


Figure 1

내부 파라미터 (Intrinsic Parameter) 추출 과정

카메라의 정보 중 내부 파라미터를 구하는 과정은 Figure1 의 과정이다. 패턴 영상으로는 정사각형의 격자 무늬를 보편적으로 사용하며 입력 전에 실제로 격자무늬의 크기 및 개수를 파악한다. 패턴 영상을 입력하면 특징 점을 추출하며 특징 점으로는 연속된 격자무늬의 꼭지점을 사용한다. 각각의 격자 무늬마다 추출된 특징 점을 통해 카메라의 내부 파라미터를 획득한다.

$$s \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f_x & \text{skew}_{cf_x} & c_x \\ 0 & f_y & c_y \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & t_1 \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & t_2 \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & t_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 1 \end{bmatrix}$$

Figure 2

외부 파라미터 (Extrinsic Parameter) 추출 선형방정식

카메라의 정보 중 외부 파라미터를 추출하는 과정은 Figure2 의 선형방정식으로 대체할 수 있다. 외부 파라미터는 촬영하는 영상에서 카메라의 위치를 표현하는 것을 뜻한다. 또한 Figure 2 의 선형방정식은 간단하게 아래와 같이 표현 할 수 있다.

$$s \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} = A \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 1 \end{bmatrix} + [R \ t]$$

좌편은 영상내의 좌표이며 A 는 Figure1 의 과정을 통해 추출한 내부 파라미터 이고 X, Y, Z 는 실 세계내의 좌표이다. [R t]는 구하고자 하는 외부 파라미터를 뜻한다. 외부 파라미터는 회전과 평행이동으로 이루어진다.

많은 양의 대국의 기보 데이터를 저장하기 위해서는 일반사용자들도 사용할 수 있는 어플리케이션 환경이 구축되어야 하지만 위와 같은 많은 과정은 어플리케이션 단계의 환경을 구축하는데 어려움이 있다. 위에서 보았듯이 외부 파라미터의 경우 영상 내 좌표와 실 세계 내 좌표와 내부 파라미터를 알고 있다면 선형방정식을 통해 구할 수 있지만 내부 파라미터의 경우 Figure 1 의 과정을 건너야 하므로 일반사용자에게는 어려움이 있을 수 있다. 가장 어려운 문제는 패턴 영상을 입력하는 것이다. 바둑판은 정확한

격자무늬가 아니며 특정 점인 교차점을 추출하는 것 또한 쉽지 않다. 따라서 본 논문은 기존의 연구[2]를 통해 바둑판의 최 외각 네 끝점을 모두 인식하였다는 가정하에 Figure 1의 과정을 바둑판의 최 외각 네 끝점과 비교적 간단한 방법을 이용하여 내부 파라 미터를 설정하는 방법을 제안하고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 절에서는 제안하는 알고리즘의 구성과 과정을 설명한다. 3 절에서는 기존의 방법으로 계산된 내부 파라 미터와 본 논문에서 제안하는 방법으로 계산된 내부 파라 미터의 차이를 살펴보고 4 절에서는 결론을 맺는다.

2. 배경

2.1 내부 파라 미터(Intrinsic Parameter)

$$\begin{bmatrix} f_x & skew_cf_x & c_x \\ 0 & f_y & c_y \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Figure 3 내부 파라 미터 행렬

Figure 3은 Figure 2의 선형방정식 중 내부 파라 미터를 표현하는 행렬이다. Figure 3의 구성요소로는 비대칭 계수, 주점 그리고 초점거리로 구성된다.

2.1.1 비대칭 계수

비대칭 계수는 Figure3에서는 $skew_cf_x$ 로 표현되며 이미지 센서의 카메라 좌표계가 기울어진 정도를 뜻한다. 하지만 최근의 카메라 렌즈 공정 기술이 발달 함에 따라 이는 거의 없다고 봐도 무방하다.

2.1.2 주점

주점은 Figure 3에서는 c_x, c_y 로 표현되며 카메라 렌즈의 중심을 뜻합니다. 일반적으로 카메라 공정과정에서 오차가 없다면 영상중심과 같은 값을 가집니다. 하지만 최근의 카메라 렌즈 공정 기술이 발달함에 따라 주점을 영상중심으로 봐도 무방하다.

2.1.3 초점 거리

초점 거리는 Figure3에서는 f_x, f_y 로 표현되며 렌즈 중심과 이미지센서와의 거리를 뜻한다. 초점거리 값은 900~2000 사이의 값을 갖는다. 이 수치는 총 12대의 카메라를 통해 실험적으로 추출한 수치이다.

3. 알고리즘

3.1 알고리즘 Framework

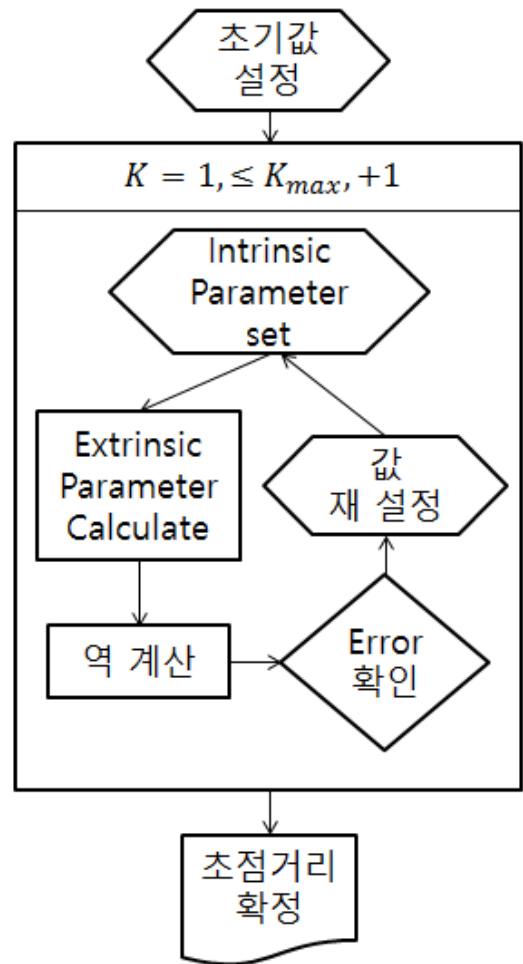


Figure 4 알고리즘 Flow Chart

3.2 내부 파라 미터 계산 과정

본 논문이 제안하는 방식에서는 카메라 공정 과정에서 문제가 없다는 가정 하에 비대칭계수의 값을 0으로 설정하고 주점을 영상의 중심으로 설정함으로써 초점거리를 예측하여 구하고자 하는 내부 파라 미터를 계산한다. 초점거리는 f_x, f_y 로 이루어진다. f_x, f_y 두 값의 차이가 크지 않으므로 두 초점거리의 값이 같다는 가정하에 하나의 초점거리를 탐색하는 방식을 취하였다. 초점거리를 탐색할 때는 넓은 범위에서 좁은 범위로 진행하며 각 단계별로 간격이 존재한다. 또한 최적의 초점거리를 계산하기 위하여 기존의 연구[2]를 통해 취득한 영상 내의 바둑판의 최 외각 네 끝점과 해당 좌표의 실제 3차원상의 좌표를 이용하였다.

각 단계를 k 라 할 때, 각 단계에서 구하고자 하는 예측 초점거리 f_k 는 각 단계에서 설정한 범위 내의 임시 초점거리 f 를 이용하여 계산한 바둑판 최 외각 네 점의 좌표와 실제 좌표간의 차이를 나타내는 e_f 의 값이 최소가 될 때의 값과 같다.

$$f_k = f(\min(e_f)) , 1 \leq k \leq k_{max} \dots\dots \textcircled{1}$$

$$e_f = \sum_{n=0}^3 (x_n - x_{f_{kn}})^2 + \sum_{n=0}^3 (y_n - y_{f_{kn}})^2 \dots\dots \textcircled{2}$$

x_n 및 y_n 은 이미 알고 있는 바둑판의 최 외각 네

끝점의 영상 좌표이다. $x_{f_{kn}}$ 및 $y_{f_{kn}}$ 은 이미 알고 있는 바둑판의 최 외각 네 끝점의 영상 좌표와 f 를 통해 구성된 내부 파라 미터 및 영상의 실제 3 차원 상의 좌표를 이용하여 외부 파라 미터를 구한 후 다시 역으로 계산해낸 영상 내의 바둑판의 네 끝점 좌표이다.

첫 단계에서 f 의 범위는 다음과 같다.

$$900 \leq f \leq 2000$$

첫 단계 이후의 각 단계에서 f 의 범위는 다음과 같다.

$$f_{k-1} - 10 * d_k \leq f \leq f_{k-1} + 10 * d_k \dots\dots \textcircled{3}$$

d_k 는 각 단계에서 사용되는 간격이며, 범위 내의 최소값 f_{min} 에 d_k 를 더해가며 e_f 을 계산한다. 범위 내의 최소의 e_f 를 만족하는 f 값이 해당 범위의 f_k 이다. 간격 d_k 는 다음과 같은 수식을 이용하여 계산한다.

$$d_k = d_0 * 0.1^{k-1} \dots\dots \textcircled{4}$$

해당 과정은 사용자가 설정한 k_{max} 단계까지 진행된다. 마지막 단계에서의 예측 초점거리 $f_{k_{max}}$ 를 이용하여, 최종적으로 구하고자 하는 내부 파라 미터 I_R 을 다음과 같이 설정한다.

$$I_R = \begin{bmatrix} f_{k_{max}} & 0 & C_x \\ 0 & f_{k_{max}} & C_y \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \dots\dots \textcircled{5}$$

4. 실험 결과

실험환경은 바둑판의 네 끝점의 좌표를 구하기 위해 촬영한 임의의 카메라를 사용하였으며 해상도는 1920*1080이다. 또한, 초기값을 다음과 같이 설정하였다.

$$d_0 = 100, k_{max} = 6, 900 \leq f \leq 2000$$

실험의 목적은 제안하는 방법을 통해 예측한 내부 파라 미터와 기존 방법을 통해 획득한 내부 파라 미터 차이가 미치는 영향을 확인하는 것이다.

$$Error_Ex = \sum_{n=0}^3 x_n / 4 - \sum_{n=0}^3 x_{f_{kn}} / 4$$

$$Error_Ey = \sum_{n=0}^3 y_n / 4 - \sum_{n=0}^3 y_{f_{kn}} / 4$$

$$Error_Px = \sum_{n=0}^3 x_n / 4 - \sum_{n=0}^3 x_{f_{kn}} / 4$$

$$Error_Py = \sum_{n=0}^3 y_n / 4 - \sum_{n=0}^3 y_{f_{kn}} / 4$$

Error_Ex, Error_Ey 는 원래 바둑판의 최 외각 네 끝점 좌표평균과 새로 연산한 바둑판의 최 외각 네 끝점 x, y 좌표 평균의 차이 값을 뜻한다. Error_Px, Error_Py 는 원래 값들을 이용하여 바둑돌이 착수 될 위치를 예측한 곳의 x, y 좌표들의 평균 값과 새로 연산하여 예측한 곳의 x, y 좌표들의 평균 값의 차이이다.

실험 1 은 본 논문에서 제안하는 방식의 주점과 실제 계산된 초점 거리를 이용한 것이고 실험 2 는 실제 계산된 초점

거리와 주점을 이용한 것이고 실험 3 은 본 논문에서 제안하는 주점과 초점 거리를 이용한 것이다

Camera	f_x	f_y	Calc_f
1	1559.533	1550.107	1589.054
2	1653.431	1648.696	1690.690
3	1628.092	1645.947	1717.700
4	1349.112	1305.679	1512.910
5	1814.392	1828.098	1826.369

Figure 5

기존의 방법으로 계산된 초점거리 값과 본 논문에서 제안하는 방법으로 계산된 초점거리 값

Camera	Error_Ex	Error_Ey	Error_Px	Error_Py
1	-0.014	-0.017	-0.627	-0.274
2	-0.026	-0.033	-1.029	-0.549
3	-0.016	0.064	-0.164	0.867
4	-0.001	0.011	0.208	0.148
5	-0.011	0.001	-0.755	-0.02

Figure 6 주점 예측 결과

Figure6 는 예측한 주점과 기존의 방법으로 계산된 초점 거리를 이용한 결과를 표로 표현한 것이다.

Figure6 를 통해 알 수 있는 사실은 아래와 같다.

실험 1 과 실험 2 를 통해 바둑판의 최 외각의 네 끝점의 평균 차이는 1 픽셀 미만인 것을 확인 할 수 있다. 또한 실험 1 과 실험 2 를 통해 바둑돌이 착수 될 위치를 예측한 것의 평균의 차이가 2 픽셀 미만인 것을 확인 할 수 있다.

Camera	Error_Ex	Error_Ey	Error_Px	Error_Py
1	0.046	0.003	-0.461	-0.618
2	0.059	0.002	-0.750	-0.98
3	-0.016	0.002	-0.243	-0.417
4	-0.014	0	-0.145	-1.647
5	-0.008	0	-0.746	-0.218

Figure 7 초점거리, 주점 예측 결과

Figure 7 은 예측한 주점과 초점거리를 이용한 결과를 표로 표현 한 것이다.

Figure 7 을 통해 알 수 있는 사실은 아래와 같다.

실험 3 과 실험 2 를 통해 바둑판의 최 외각의 네 끝점의 평균차이는 1 픽셀 미만인 것을 확인 할 수 있다. 또한 실험 3 과 실험 2 를 통해 바둑돌이 착수 될 위치를 예측한 것의

평균의 차이가 2 픽셀 미만인 것을 확인 할 수 있다.

Figure 5 에서 확인한 결과 기존의 초점거리 값과 예측한 초점거리의 차이는 약간의 오차가 존재하지만 Figure7 에서 확인한 결과 바둑돌이 착수 될 위치를 예측한 결과는 오차가 심하지 않음을 알 수 있다. 즉, 바둑판의 최 외각 네 끝점만을 이용하여 예측한 초점거리를 이용하여도 바둑돌이 착수될 위치를 예측하는데 문제가 되지 않음을 확인 할 수 있다.

5. 결론

본 논문은 바둑 대국의 기보를 자동으로 저장하는 시스템을 어플리케이션 단계에 적용하였을 때 문제가 될 수 있는 부분인 카메라의 정보를 취득하는 과정을 바둑판의 최 외각 네 끝점과 비교적 적은 과정을 통해 해결할 수 있었다. 또한 비교적 적은 과정을 통해 얻은 결과를 토대로 기존의 연구[1]에서 제시 하는 바둑돌의 착수 위치를 예측한 결과 기존의 연구[1]의 결과와 차이가 많지 않음을 알 수 있었다. 추가적인 연구로는 렌즈 왜곡에 대한 보정이 필요하다.

Acknowledgement

본 연구는 미래 창조과학 부 및 정보통신기술진흥센터의 디지털 콘텐츠 원천기술개발사업의 일환으로 수행하였음. [R0115-15-1012, 사용자 참여가 가능한 바둑 방송 및 기보 서비스 개발과 콘텐츠 생태계 조성을 위한 바둑 콘텐츠 마켓 플랫폼 개발]

참고문헌

- [1] 이대규, 이윤구, “Algorithm of recognizing Go stones for the automatic records of Go games” 대한전자공학회 하계학술대회 논문집, 2016.6, 809-812
- [2] 강대현, 이윤구. “Algorithm of detecting Go board lines” 대한전자공학회 하계학술대회 논문집, 2016.6, 803-806
- [3] 이재영, “카메라 캘리브레이션과 왜곡보정” 한국로봇학회, 로봇과 인간 10(1), 2013.2.23-29
- [4] 신동원, 호요성, “다양한 카메라와 조명의 변화에 강건한 반 자동 카메라 캘리브레이션 방법” 한국방송.미디어공학회, 방송공학회논문지 21(1), 2016.1, 36-42
- [5] 안성용, 최덕선, 박용운, 이원석, 권정훈, “삼각형 평면보드를 이용한 새로운 카메라-레이저 거리센서 캘리브레이션 기법” 대한전기학회, 정보 및 제어 논문집, 2010.10, 241-242