



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년07월04일
(11) 등록번호 10-1635804
(24) 등록일자 2016년06월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

A63F 3/02 (2006.01)

(52) CPC특허분류

A63F 3/022 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2015-0038802

(22) 출원일자 2015년03월20일

심사청구일자 2015년03월20일

(56) 선행기술조사문헌

KR100472102 B1*

Tomas Musil, "Optical Game Position Recognition in the Board Game of Go", Bachelor Thesis, Charles University in Prague, 2014.07.30.*

채수환, 전경구, "원형 Hough 변환 및 후처리 기법을 이용한 동전 자동 계산 시스템", Journal of Korea Multimedia Society Vol. 17. No. 4. 2014.04.*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

인천대학교 산학협력단

인천광역시 연수구 아카데미로 119 (송도동)

(72) 발명자

전경구

경기도 용인시 수지구 상현로 58, 251동 1201호 (상현동, 금호베스트빌2단지아파트)

박동진

인천광역시 연수구 아카데미로 119 (송도동)

(74) 대리인

특허법인충정

전체 청구항 수 : 총 7 항

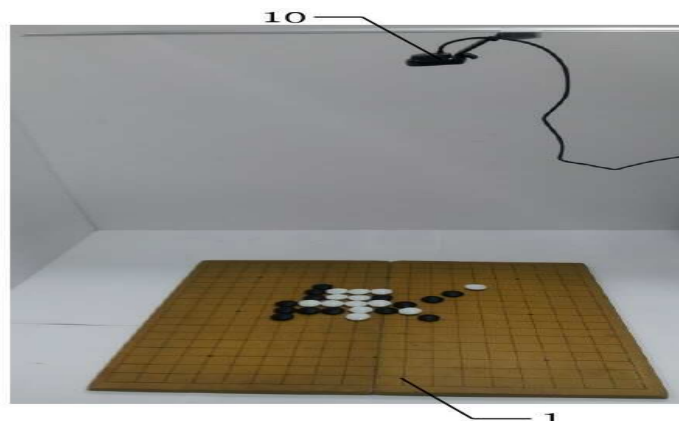
심사관 : 장호근

(54) 발명의 명칭 원형 허프 변환 기반의 자동 바둑 기보 시스템 및 그 방법

(57) 요약

본 발명은 원형 허프 변환 기반으로 바둑돌의 원형 모양을 검출하여, 대국 도중의 조도 변화나 기존 바둑돌의 미세한 위치 변화에도 바둑돌의 위치를 정확하게 검출하고, 예지 영상의 차를 이용하여 연산량을 줄이는 자동 바둑 기보 시스템 및 그 방법에 관한 것으로, 본 발명에 따른 자동 바둑 기보 방법은 (a) 영상 획득부를 이용하여, 바둑판 전체를 촬영하여, 영상을 획득하는 단계, (b) 영상크기 조절부를 이용하여, 획득된 영상의 넓이와 높이를 일정 비율로 축소하여 영상 크기를 줄이는 단계, (c) 흑백 영상 생성부를 이용하여, 획득된 바둑판 영상을 그레이스케일로 변환시켜 흑백 영상을 생성하는 단계, (d) 예지 검출부를 이용하여, 변환된 바둑판 영상에서 예지를 검출하는 단계 및 (e) 자동 기보부를 이용하여, 원형 허프 변환(CHT-Circular Hough Transform)을 기반으로 바둑돌의 위치를 검출하여, 기보에 기록하는 단계를 포함하는 것을 기술적 특징으로 한다.

대표도



공지예외적용 : 있음

명세서

청구범위

청구항 1

바둑판 전체를 촬영하여, 영상을 획득하는 영상 획득부;

획득된 바둑판 영상을 그레이스케일로 변환시켜 흑백 영상을 생성하는 흑백 영상 생성부;

상기 흑백 영상 생성부와 연결되어, 상기 흑백 영상을 이진화하여 저장하는 이진 영상 생성부;

변환된 바둑판 영상에서 에지를 검출하는 에지 검출부 및

원형 허프 변환(CHT-Circular Hough Transform)을 기반으로 바둑돌의 위치를 검출하여, 기보에 기록하는 자동 기보부를 포함하며,

상기 에지 검출부는

가우시안 필터링으로 바둑판의 격자 무늬를 제거하는 노이즈 제거부;

노이즈가 제거된 결과 영상에 관해 이전 바둑돌 위치 검출에 사용된 영상과 현재 영상의 차인 차 영상을 생성하는 차 영상 생성부 및

차 영상에 캐니 에지 검출을 수행하여 에지를 검출하는 캐니 에지 검출부를 포함하며,

상기 차 영상은 수학적 7로 산출되는 것을 특징으로 하고,

[수학적 7]

$$C_i = \{C_i(x, y) | E_i(x, y) - E_{i-1}(x, y)\} \quad \text{for } \forall x, y$$

여기서, E_{i-1} : 이전 바둑돌 위치 검출에 사용된 영상

E_i : 현재 바둑돌 위치 검출을 위한 영상임.

상기 자동 기보부는 원형 허프 변환을 수행하여, 원을 검출하여 바둑돌의 중심 좌표를 검출한 후에, 바둑돌의 중심 좌표를 이진화된 영상의 픽셀값과 매칭하여 검출된 바둑돌의 흑백을 구별하여 기보에 기록하는 것을 특징으로 하는 자동 바둑 기보 시스템.

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 자동 기보부는,

캐니 에지 검출부에 의해 에지가 검출된 영상에서 원형 허프 변환을 수행하여, 원을 검출하는 원 검출부;

바둑돌의 중심 좌표를 이진화된 영상의 픽셀값과 매칭하여 검출된 바둑돌의 흑백을 구별하는 흑백 구별부 및

검출된 바둑돌의 위치와 바둑판에 놓여진 바둑돌의 수를 산출하여 기보에 기록하는 기보 기록부를 포함하는 것을 특징으로 하는 자동 바둑 기보 시스템.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 원 검출부는

에지 추출된 픽셀좌표(x, y)를 이용하여, 다음 수학식 6으로 원의 중심(x, y)와 반지름 r을 산출하고, 상기 픽셀좌표(x, y)에 해당하는 A(i, j, r)을 1씩 증가시키고, 임계치 이상의 투표값을 갖는 축적셀에 해당하는 원을 검출하는 것을 특징으로 하는 자동 바둑 기보 시스템.

[수학식 6]

$$\begin{aligned} j &= x - r \times \sin\theta \\ i &= y - r \times \cos\theta \end{aligned}$$

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 영상 획득부와 연결되어, 획득된 영상의 넓이와 높이를 일정 비율로 축소하여 영상 크기를 줄이는 영상크기 조절부를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 자동 바둑 기보 시스템.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 영상크기 조절부는,

원 영상의 넓이를 w, 높이를 h하고 축소 목표 넓이를 w_t 하면 해당 목표 높이 h_t 는 수학식 5로 산출되는 것을 특징으로 하는 자동 바둑 기보 시스템.

[수학식 5]

$$h_t = \frac{h \times w_t}{w}$$

청구항 9

(a) 영상 획득부를 이용하여, 바둑판 전체를 촬영하여, 영상을 획득하는 단계;

(b) 영상크기 조절부를 이용하여, 획득된 영상의 넓이와 높이를 일정 비율로 축소하여 영상 크기를 줄이는 단계;

(c) 흑백 영상 생성부를 이용하여, 획득된 바둑판 영상을 그레이스케일로 변환시켜 흑백 영상을 생성하는 단계;

(d) 에지 검출부를 이용하여, 변환된 바둑판 영상에서 에지를 검출하는 단계 및

(e) 자동 기보부를 이용하여, 원형 허프 변환(CHT-Circular Hough Transform)을 기반으로 바둑돌의 위치를 검출하여, 기보에 기록하는 단계를 포함하며,

상기 (d) 단계는,

(d-1) 노이즈 제거부를 이용하여, 가우시안 필터링으로 바둑판의 격자 무늬를 제거하는 단계;

(d-2) 차 영상 생성부를 이용하여, 노이즈가 제거된 결과 영상에 관해 이전 바둑돌 위치 검출에 사용된 영상과 현재 영상의 차인 차 영상을 생성하는 단계 및

(d-3) 캐니 에지 검출부를 이용하여, 차 영상에 캐니 에지 검출을 수행하여 에지를 검출하는 단계를 포함하고,

상기 (c) 단계 이후에,

상기 (b) 단계와 별도로 이전 영상 생성부를 이용하여, 상기 흑백 영상을 이진화하여 저장하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하며,

상기 차 영상은 수학적 식 7로 산출되는 것을 특징으로 하고,

[수학적 식 7]

$$C_i = \{C_i(x, y) | E_i(x, y) - E_{i-1}(x, y)\} \quad \text{for } \forall x, y$$

여기서, E_{i-1} : 이전 바둑돌 위치 검출에 사용된 영상

E_i : 현재 바둑돌 위치 검출을 위한 영상임.

상기 (e) 단계에 있어서 상기 자동 기보부는 원형 허프 변환을 수행하여, 원을 검출하여 바둑돌의 중심 좌표를 검출한 후에, 바둑돌의 중심 좌표를 이진화된 영상의 픽셀값과 매칭하여 검출된 바둑돌의 흑백을 구별하여 기보에 기록하는 것을 특징으로 하는 자동 바둑 기보 방법.

청구항 10

삭제

청구항 11

삭제

청구항 12

제9항에 있어서,

상기 (e) 단계는,

(e-1) 원 검출부를 이용하여, 캐니 에지 검출부에 의해 에지가 검출된 영상에서 원형 허프 변환을 수행하여, 원을 검출하는 단계;

(e-2) 흑백 구별부를 이용하여, 바둑돌의 중심 좌표를 이진화된 영상의 픽셀값과 매칭하여 검출된 바둑돌의 흑백을 구별하는 단계 및

(e-3) 기보 기록부를 이용하여, 검출된 바둑돌의 위치와 바둑판에 놓여진 바둑돌의 수를 산출하여 기보에 기록하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 자동 바둑 기보 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 영상처리를 통해 바둑 대국 기보를 자동으로 기록하는 기술에 관한 것으로, 더 상세하게는 원형 허프 변환(CHT- 기반으로 바둑돌의 원형 모양을 검출하여, 대국 도중의 조도 변화나 기존 바둑돌의 미세한 위치 변화에도 바둑돌의 위치를 정확하게 검출하고, 에지 영상의 차를 이용하여 연산량을 줄이는 자동 바둑 기보 시스템 및 그 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 일반적으로, 기보란 그림과 문자로 바둑의 기본 기술과 전략, 유명한 대국의 전체적인 수순 등을 정리해 놓은 문서다. 바둑을 익힘에서 명인들의 기보를 익히는 연구회가 있을 정도로 기보는 중요한 역할을 한다. 현재 바둑은 온라인으로도 많이 즐길 수 있어, 편하게 기보를 작성할 수 있다. 하지만 프로들의 대국은 오프라인으로 진행되고, 이 같은 경우는 여전히 수작업으로 기보를 불편하게 작성하고 있다.

[0003] 수작업 기보 작성의 어려움 때문에, 자동으로 기보를 작성하기 위한 몇 가지 시도가 있었다. 바둑판에는 총 38개의 직선과 이 직선의 접점인 361개의 교점이 있는데 종래기술 [1]에서는 이 교점에 버튼을 설치해 기보를 작성하고, 종래기술 [2]에서는 바둑판에 전기적인 장치를 설치하고, 전기신호를 이용해 바둑돌의 위치를 감지해, 기보를 작성하는 방법이 제안된 바 있다. 하지만 종래기술 [1]과 [2]는 별도로 제작된 바둑판을 이용해야 하므

로 대중화되기는 어려운 문제점이 있다.

[0004] 이러한 문제를 해소하고자 종래기술 [3]과 [4]는 바둑판을 촬영한 영상 처리 기술을 이용하여, 자동으로 기보를 생성하는 기술을 제안하였다.

[0005] 종래기술 [3]은 대국 영상에서 바둑판 위의 교차점을 찾아내고, 해당 좌표의 색상정보를 이용해 기보를 작성하는데 교차점들에서 색상정보를 추출하여 바둑돌이 놓여있는지 여부와 놓여진 바둑돌의 흑백을 구별한다. 이를 위해서는 바둑판위의 정확한 교차점 검출이 최우선이며, 종래기술 [3]은 대국영상에서 canny edge detection [5]를 통해 바둑판의 선들을 검출하며, 에지 영상에서 허프 변환(Hough Transform[5]을 통해 직선들을 검출하고 검출된 직선들의 교차점을 계산하여 교차점 위치를 검출한다.

[0006] 종래기술 [4]는 바둑돌의 위치변화를 감지하기 위해 새로운 바둑돌을 놓기 전과 후의 영상 차이를 이용한다. 시간 t에 획득한 2차원 영상을 I_t 라 하고, 이 영상의 좌표 (x, y)의 픽셀값을 $I_t(x, y)$ 라 하자. 이때 I_t 는 그레이스케일 영상이고, 노이즈제거를 위해 가우시안 필터링이 적용된 상태라고 가정한다. 시간 i에 새로 놓인 바둑돌의 위치를 검출하기 위한 I_{i-1} 와 I_i 영상 간의 차이, D_i 는 각 픽셀(x, y)에 대해서 다음 수학적 식 1과 같이 계산된다.

[0007] [수학적 식 1]

$$D_i(x, y) = |I_{i-1}(x, y) - I_i(x, y)| \quad \text{for } \forall x, y$$

[0008] 이 때, 집합 S_i 를 I_{i-1} 간의 픽셀값 차이가 있는 (x, y)들의 집합이라고 하자.

[0010] [수학적 식 2]

$$S_i = \{(x, y) | D_i(x, y) > 0\} \quad \text{for } \forall x, y$$

[0012] 종래기술 [4]는 다음 식을 만족하는 양의 정수 k가 존재하면 I_i 에 새로운 바둑돌이 놓였다고 판단한다.

[0013] [수학적 식 3]

$$D_i(x, y) = \begin{cases} > 0 & \text{for } \forall (x, y) \in S_i \\ = 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

[0015] 여기서 n은 차 영상에서 하나의 바둑돌을 나타내는데 필요한 픽셀 개수라고 할 때 바둑판을 위에서 촬영하는 카메라의 위치가 고정되어 있고, 바둑돌의 크기가 일정하다고 가정한다면 n의 값은 실험으로 구할 수 있다. 따라서 종래기술 [4]에서 I_i 에 새로운 바둑돌이 놓였는지 여부는 다음 수학적 식 4를 만족하는 양의 정수 k가 존재할 경우이다.

[0016] [수학적 식 4]

$$|S_i| = k \times n$$

[0018] 따라서 I_{i-1} 과 I_i 간에 값이 변화된 전체 픽셀의 개수 $|S|$ 가 n의 k 정수배일 경우, 바둑돌 k개가 새로 놓였다는 것을 의미한다. 그리고 이들이 놓인 위치는 $D_i(x, y) > 0$ 인 픽셀 간의 근접 정도를 고려하여 계산한다.

[0019] 이러한 연속된 영상 간의 차이를 이용하면 자동 기보 시스템을 용이하게 구현할 수 있지만 실험을 통해 종래기술 [3]과 [4]는 심각한 문제점을 가지고 있다는 것을 알 수 있다.

[0020] 첫 번째는 조도 변화에 취약하다는 것이다. 즉, I_{i-1} 과 I_i 영상 간에 조도 변화가 있을 경우, 새로 놓인 바둑돌을 정확하게 검출하지 못하는 문제가 있다.

[0021] 두 번째는 바둑돌의 작은 위치 변화에 취약하다. 예를 들어 바둑을 두는 도중에 대국자가 기존에 놓여진 바둑돌을 건드려 위치가 미세하게 변하는 경우가 발생하는데, 이 경우 미세한 위치들의 변화 합이 수학적 식 4를 만족 시

킬 때 검출 오류가 발생할 수 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0022] (특허문헌 0001) [1] Ryu Chei, "BADUK RECORD DEVICE," Korea. Patent, 20-0152326(1999.04.26.)
- (특허문헌 0002) [2] Jeongseon Na, "Automatic Order Recording Badook Table," Korea. Patent, 20-0200127(2000.08.07.)
- (특허문헌 0003) [4] Hoeyul Kim, Sihong Park and Seokhwan Jang, "Method and Device for Creating Paduk Record of Go," Korea. Patent, 10-0472102 (2005.05.04.)

비특허문헌

- [0023] (비특허문헌 0001) [3] A. Srisuphab, P. Silapachote, T. Chaivanichanan, W. Ratanapairokul. W. Porncharoensub, "An application for the game of Go: Automatic live Go recording and searchable Go database," TENCON IEEE Region 10 Conference, pp.1-6, 2012.
- (비특허문헌 0002) [5] John Canny, "A computational approach to edge detection," IEEE Tansaction of Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol.8, no.6, pp.679-698, Nov. 1986.
- (비특허문헌 0003) [6] R. O Duda and P. E Hart, "Use of Hough Tansformation to Detect Line and Curves in Picture," Communications of the ACM, vol.15, no.1, pp.11-15, Jun. 1972.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0024] 본 발명은 상기와 같은 종래의 문제점을 해결하기 위하여 제안된 것으로, 본 발명은 원형 허프 변환을 통해 바둑돌의 원 모양을 검출하여, 조도나 바둑돌의 미세 위치 변화에 영향을 받지 않는 자동 바둑 기보 시스템 및 방법을 제공하는데 있다.

- [0025] 또한, 영상 차를 이용하여, 원형 허프 변환의 연산량을 줄이는데 있다.

과제의 해결 수단

- [0026] 본 발명에 따른 자동 바둑 기보 시스템은 바둑판 전체를 촬영하여, 영상을 획득하는 영상 획득부, 획득된 바둑판 영상을 그레이스케일로 변환시켜 흑백 영상을 생성하는 흑백 영상 생성부, 변환된 바둑판 영상에서 에지를 검출하는 에지 검출부 및 원형 허프 변환(CHT-Circular Hough Transform)을 기반으로 바둑돌의 위치를 검출하여, 기보에 기록하는 자동 기보부를 포함하는 것을 특징으로 한다.

- [0027] 또한, 본 발명에 따른 자동 바둑 기보 방법은 (a) 바둑판 전체를 촬영하여, 영상을 획득하는 단계, (b) 영상크기 조절부를 이용하여, 획득된 영상의 넓이와 높이를 일정 비율로 축소하여 영상 크기를 줄이는 단계, (c) 흑백 영상 생성부를 이용하여, 획득된 바둑판 영상을 그레이스케일로 변환시켜 흑백 영상을 생성하는 단계, (d) 에지 검출부를 이용하여, 변환된 바둑판 영상에서 에지를 검출하는 단계 및 (e) 자동 기보부를 이용하여, 원형 허프 변환(CHT-Circular Hough Transform)을 기반으로 바둑돌의 위치를 검출하여, 기보에 기록하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

- [0028] 이상에서 설명한 바와 같이, 원형 허프 변환 기반의 자동 바둑 기보 시스템 및 그 방법은 원형 허프 변환을 통해 바둑돌의 원 모양을 검출함으로써, 조도나 바둑돌의 미세 위치 변화에 영향을 받지 않고, 바둑돌의 위치를 정확하게 검출할 수 있으며, 이를 통해 자동으로 기보를 기록할 수 있는 효과가 있다.

[0029] 또한, 영상 차를 이용함으로써, 새로 놓여진 바둑돌만을 검출할 수 있으며, 이를 통해 원형 허프 변환의 연산량을 줄여, 바둑돌 검출 시간을 단축시킬 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0030] 도 1은 본 발명에 따른 원형 허프 변환 기반의 자동 바둑 기보 시스템의 전체 구성도.
 도 2는 본 발명에 따른 원형 허프 변환 기반의 자동 바둑 기보 시스템에 있어서, 영상 획득부의 바둑판 촬영 모습을 나타내는 도면.
 도 3은 본 발명에 따른 원형 허프 변환 기반의 자동 바둑 기보 시스템에 있어서, 에지 검출부의 상세 구성도.
 도 4는 본 발명에 따른 원형 허프 변환 기반의 자동 바둑 기보 시스템에 있어서, 필터링 영상의 일실시예를 나타내는 화면.
 도 5는 본 발명에 따른 원형 허프 변환 기반의 자동 바둑 기보 시스템에 있어서, 자동 기보부의 상세 구성도.
 도 6은 본 발명에 따른 원형 허프 변환 기반의 자동 바둑 기보 방법의 전체 흐름도.
 도 7은 본 발명에 따른 원형 허프 변환 기반의 자동 바둑 기보 방법에 있어서, S40 단계의 상세 흐름도.
 도 8은 본 발명에 따른 원형 허프 변환 기반의 자동 바둑 기보 방법에 있어서, S60 단계의 상세 흐름도.
 도 9 내지 도 17은 종래 기술과 본 발명의 바둑 기보 성능을 비교하는 실험 결과를 나타내는 도면.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0031] 이하, 본 발명에 따른 원형 허프 변환 기반의 자동 바둑 기보 시스템 및 그 방법을 실시하기 위한 구체적인 내용을 설명하면 다음과 같다.

[0032] 도 1은 본 발명에 따른 원형 허프 변환 기반의 자동 바둑 기보 시스템의 전체 구성을 나타내는 도면으로, 영상 획득부(10), 영상크기 조절부(20), 흑백 영상 생성부(30), 이진 영상 생성부(40) 및 자동 기보부(50)을 포함한다.

[0033] 상기 영상 획득부(10)는 바둑판 전체를 촬영하여, 영상을 획득하며, 본 발명의 실시예에서는 도 2에 도시된 바와 같이, 바둑판과 일정한 거리를 두고 바둑판 영상을 촬영하며, 촬영된 영상은 RGB 컬러 영상으로 획득된다.

[0034] 상기 영상 크기 조절부(20)는

[0035] 본 발명에 있어서, 상기 영상 획득부(10)의 위치가 고정되어 있음에 따라 바둑돌의 크기가 일정하면 원형 허프 변환(CHT-Circular Hough Transform)을 통해 검출하는 원의 지름을 미리 결정할 수 있다. 이를 통해 검출 가능한 모든 원지름 범위에 대해 원형 검출을 시도하지 않아도 되는 것이다.

[0036] 본 발명에 따른 상기 영상 크기 조절부(20)는 획득된 영상에 대한 전체 계산량을 줄이기 위해 영상을 축소하며 이때 개별 바둑돌의 검출이 가능한 수준에서 영상 크기를 넓이와 높이 비율을 유지하면서 축소한다.

[0037] 즉, 원 영상의 넓이를 w , 높이를 h 라 하고, 축소 목표 넓이를 w_t 로 정하면 해당 높이 h_t 는 다음 수학적 식 5로 산출된다.

[0038] [수학적 식 5]

$$h_t = \frac{h \times w_t}{w}$$

[0039] 본 발명의 실시예에서 축소 목표 넓이 w_t 는 480으로 설정했으며, 이는 고정된 카메라와 바둑판 사이의 거리, 카메라 해상도, 바둑돌의 지름을 고려하여 설정하였다.

[0041] 상기 흑백 영상 생성부(30)는 영상 크기가 축소된 바둑판 영상을 그레이스케일로 변환시켜 흑백 영상을 생성하며, 상기 흑백 영상 생성부(30)를 통해 얻어진 흑백 영상은 바둑돌의 흑백 여부를 구별하는 용도와 바둑돌의 위

치를 검출하기 위한 용도로 이용된다.

[0042] 상기 이진 영상 생성부(40)는 상기 흑백 영상에서 바둑돌의 흑백 여부를 판별하기 위해 흑백 영상을 이진화한 이진 영상을 생성하며, 생성된 이진 영상은 별도로 저장되어 추후 바둑돌의 흑백 여부를 구별 시, 참조하게 된다.

[0043] 상기 에지 검출부(50)는 변환된 바둑판 영상에서 에지를 검출하며, 본 발명에 따른 상기 에지 검출부(50)는 도 3에 도시된 바와 같이, 노이즈 제거부(51), 차 영상 생성부(52) 및 캐니 에지 검출부(53)를 포함한다.

[0044] 상기 노이즈 제거부(51)는 가우시안 필터링으로 바둑판의 격자 무늬를 제거하며, 이를 통해 원형 허프 변환 이전에 바둑돌 검출에 불필요한 바둑판의 격자 무늬를 대부분 제거할 수 있게 된다.

[0045] 상기 차 영상 생성부(52)는 노이즈가 제거된 결과 영상에 관해 이전 바둑돌 위치 검출에 사용된 영상과 현재 영상의 차인 차 영상을 생성한다.

[0046] 즉, 대국이 진행될수록 바둑판에 놓인 바둑돌의 수가 증가함에 따라 에지수가 늘어나 원형 허프 변환 수행시간이 비례적으로 증가하게 되는데 이미 위치 검출된 바둑돌에 대해서는 동일한 연산 과정이 반복되는 것은 불필요함에 따라 차 영상을 통해 원형 허프 변환의 연산량을 줄일 수 있는 것이다.

[0047] 본 발명에 있어서, 이전 바둑돌 위치 검출에 사용된 영상(E_{i-1})과 현재 영상(E_i) 간의 차이를 차 영상(C_i)이라고 다음 수학적 식 7로 정의된다.

[0048] [수학적 식 7]

$$C_i = \{C_i(x, y) | E_i(x, y) - E_{i-1}(x, y)\} \quad \text{for } \forall x, y$$

[0049]

[0050] 본 발명에 있어서, 이전 바둑돌 위치 검출에 사용된 영상(E_{i-1})과 현재 영상 (E_i)을 구분하는 방법은 대국자의 손의 움직임을 영상 처리하거나 별도 입력 장치의 입력 신호를 이용하여 그 시점을 구분하였지만 이에 한정되지 않고 새로운 바둑돌의 배치를 판단할 수 있는 다양한 방법이 적용 가능하다.

[0051] 상기 캐니 에지 검출부(53)은 상기 차 영상에 캐니 에지 검출을 수행하여 에지를 검출하며, 이를 통해 새로 놓인 바둑돌의 에지만 남아 원형 허프 변환의 연산량이 줄어들 수 있다.

[0052] 다만, 대국 도중 대국자가 새로운 바둑돌을 놓는 과정에서 주변에 위치한 바둑돌을 움직여 새로 놓인 바둑돌 이외에 에지가 발생할 수 있는데 이 경우, 차 영상(C_i) 생성 시, 도 4와 같은 필터링 영상을 이용하여, 노이즈를 제거할 수 있는데 본 발명에 따른 필터링 영상은 기존에 검출된 원의 누적 영상으로 차 영상(C_i) 생성 시, 필터링 영상과 겹치는 부분 또한 삭제할 수 있는 효과가 있다.

[0053] 상기 자동 기보부(60)은 상기 에지 검출부(50)에 의해 에지가 검출된 차 영상에 원형 허프 변환을 적용하여 바둑돌의 중심 좌표를 검출하여 기보에 기록하며, 본 발명에 따른 상기 자동 기보부(60)은 도 5에 도시된 바와 같이, 원 검출부(61), 흑백 구별부(62) 및 기보 기록부(63)를 포함한다.

[0054] 상기 원 검출부(61)는 에지가 검출된 차 영상에서 원형 허프 변환을 수행하여 원을 검출하며, 상기 원형 허프 변환은 영상 내에서 특정 모양을 투표 방식으로 검출하는 방법으로 투표는 형태를 모델링하는 파라미터 공간에 관해 이루어지며 투표 결과는 파라미터 공간을 균일하게 분할한 축적셀에 저장된다.

[0055] 예를 들어 2차원 파라미터 공간의 좌표(x, y)가 파라미터 p_i 와 p_j 에 해당하면 해당하는 위치의 축적셀 $A(i, j)$ 는 이를 파라미터에 대한 투표 결과를 저장함에 따라 검출 과정은 임계치 이상의 투표값을 갖는 축적셀에 해당하는 파라미터를 찾는 작업이 되며 본 발명의 실시예에서는 $A(i, j)$ 를 (p_i, p_j)와 동일하게 사용한다.

[0056] 또한, 본 발명에 있어서, 원형 허프 변환을 이용한 원 검출은 $0 \leq \theta \leq 2\pi$ 에 대해 에지 추출된 픽셀좌표(x, y)를 이용하여 다음 수학적 식 6을 만족시키는 원의 중심 (i, j)과 반지름 r을 구한다.

[0057] [수학적 식 6]

$$\begin{aligned} j &= x - r \times \sin\theta \\ i &= y - r \times \cos\theta \end{aligned}$$

[0058]

- [0059] 이때, 픽셀좌표(x, y)에 해당하는 $A(i, j, r)$ 를 1씩 증가시키고 임계치 이상의 투표값을 갖는 축적셀에 해당하는 원을 검출하는 것으로 바둑돌을 검출한다.
- [0060] 이때 검출된 좌표가 기존 바둑돌인지를 판별하기 위해 저장해 놓은 기보 데이터와 비교하며, 본 발명에 있어서, 기보 데이터는 바둑돌이 놓인 시간순서에 따라 중심좌표, 흑백여부를 판단한다.
- [0061] 상기 흑백 구별부(62)는 바둑돌의 중심 좌표를 이진화된 영상의 픽셀값과 매칭하여 검출된 바둑돌 중심 좌표의 흑백을 구별하며, 상기 기보 검출부(63)는 검출된 바둑돌의 위치와 바둑판에 놓여진 바둑돌의 수를 산출하여 기보에 기록한다.
- [0062] 도 6은 본 발명에 따른 자동 바둑 기보 시스템을 이용한 자동 바둑 기보 방법의 전체 흐름을 나타내는 흐름도로, 상기 영상 획득부(10)를 이용하여, 바둑판 전체를 촬영하여, 영상을 획득하는 단계(S10)를 수행하고, 상기 영상크기 조절부(20)를 이용하여, 획득된 영상의 넓이와 높이를 일정 비율로 축소하여 영상 크기를 줄이는 단계(S20)를 수행한다.
- [0063] 다음으로, 상기 흑백 영상 생성부(30)를 이용하여, 획득된 바둑판 영상을 그레이스케일로 변환시켜 흑백 영상을 생성하는 단계(S30)를 수행하며, 상기 에지 검출부(S50)를 이용하여, 변환된 바둑판 영상에서 에지를 검출하는 단계(S40)를 수행한다.
- [0064] 도 7은 본 발명에 따른 상기 S40 단계의 상세 흐름도로, 상기 노이즈 제거부(51)를 이용하여, 가우시안 필터링으로 바둑판의 격자 무늬를 제거하는 단계(S41)를 수행하고, 상기 차 영상 생성부(52)를 이용하여, 노이즈가 제거된 결과 영상에 관해 이전 바둑돌 위치 검출에 사용된 영상과 현재 영상의 차인 차 영상을 생성하는 단계(S43)를 수행하고, 상기 캐니 에지 검출부(53)를 이용하여, 차 영상에 캐니 에지 검출을 수행하여 에지를 검출하는 단계(S45)를 수행하며, 상기 S45 단계는 기존에 검출된 원의 누적 영상인 필터링 영상을 이용하여, 노이즈를 제거하는 단계(도면 미도시)를 더 포함하는 것이 바람직하며, 이를 통해 차 영상(C_i) 생성 시, 필터링 영상과 겹치는 부분 또한 삭제할 수 있는 효과가 있다.
- [0065] 또한, 본 발명에 있어서, 상기 S30 단계 이후에, 상기 S40 단계와 별도로 상기 이진 영상 생성부(40)를 이용하여, 상기 흑백 영상을 이진화하여 저장하는 단계(S50)을 더 포함하는 것이 바람직하다.
- [0066] 다음으로, 상기 자동 기보부(60)를 이용하여, 원형 허프 변환을 기반으로 바둑돌의 위치를 검출하여, 기보에 기록하는 단계(S60)를 수행한다.
- [0067] 도 8은 본 발명에 따른 상기 S60 단계의 상세 흐름을 나타내는 도면으로, 원 검출부(61)를 이용하여, 에지가 검출된 영상에서 원형 허프 변환을 수행하여, 원을 검출하는 단계(S61)를 수행하고, 상기 흑백 구별부(62)를 이용하여, 바둑돌의 중심 좌표를 이진화된 영상의 픽셀값과 매칭하여 검출된 바둑돌의 흑백을 구별하는 단계(S63)를 수행하고, 상기 기보 기록부(63)를 이용하여, 검출된 바둑돌의 위치와 바둑판에 놓여진 바둑돌의 수를 산출하여 기보에 기록하는 단계(S65)를 수행한다.
- [0068] 본 발명에 따른 S10 단계 내지 S50 단계에 관한 상세 동작은 앞서 설명한 상기 영상획득부(10) 내지 자동 기보부(60)에 관한 상세 내용에 기재하였으므로, 추가 기재는 생략하도록 한다.
- [0069] 이러한 본 발명에 따른 원형 허프 변환 기반의 자동 바둑 기보 시스템 및 그 방법의 성능을 평가하기 위해 다음과 같은 실험을 진행하였다.
- [0070] 먼저 카메라를 바둑판 위 55cm 높이에 고정하였으며, 축소 목표 넓이 w_t 는 480 픽셀로 고정하였다. 이 경우, 바둑돌의 크기는 10 픽셀이며, 본 실험에서는 바둑 대신 오목에 대한 기보를 작성하였다.
- [0071] 도 9 내지 도 11은 본 발명에 따른 자동 바둑 기보 시스템 동작에 따른 중간 결과물 영상들과 최종적으로 작성된 기보를 나타내며, 도 9의 (a)는 영상 획득 부로부터 입력 받은 영상을 그레이스케일로 변환한 것이고, 노이즈 제거부의 가우시안 필터링 적용으로 바둑판의 격자 무늬가 제거되며, 도 9의 (b)는 필터링 된 영상에서 차 영상을 생성한 결과를 나타내며, 도 9의 (c)는 이진화를 수행한 이진 영상이다.
- [0072] 도 10은 차 영상에서 캐니 에지 검출을 수행한 영상으로 에지 검출된 영상에서 원형 허프 변환을 수행하면 검출된 원들의 중심좌표를 검출할 수 있으며, 검출된 원의 중심 좌표는 상기 도 9의 (c)와 매칭시켜 해당 원의 흑백

여부를 판단할 수 있다.

[0073] 도 11은 상기 도 9(a)의 영상에 대해 작성된 기보 결과를 나타내는 것으로 바둑돌이 놓인 순서대로 번호가 매겨져있고 흑과 백이 배경 색으로 구분된 것을 확인할 수 있다.

[0074] 이러한 본 발명에 따른 원형 허프 변환 기반의 자동 바둑 기보 시스템 및 그 방법을 종래 기술 [4]과 비교하는 실험을 다음과 같이 실시하였다.

[0075] 첫 번째 실험에서는 바둑돌을 놓기 전과 후에 조도를 급격하게 변화시켰으며, 도 12의 (a)와 (b)는 각각 조도 변화 전과 후의 영상을 보여주며, 새로운 바둑돌의 위치를 쉽게 확인하기 위해 사각형 영역을 표시하였다.

[0076] 종래 기술 [4]의 방식에 따라 두 영상 간의 차이를 구하고 이진화 과정을 거치면 도 13의 (a)와 같은 결과를 얻을 수 있으며, 도 13의 (b)는 본 발명에 따른 차 영상이다.

[0077] 다음 표 1은 본 실험에 따른 차 영상의 픽셀 개수를 수치화한 것으로 종래 기술(The general case)의 값은 상기 수학적 식 4에서 n 과 같다. 종래 기술의 경우, 차 영상의 픽셀 개수가 n 의 배수가 되는 경우, 바둑돌을 검출했다고 판단하는데 표 1의 항목으로 보면 조도변화 때문에 4720 픽셀 개수가 산출되었고 이는 n 의 16배수이다. 즉, 종래 기술의 경우, 16개의 바둑돌을 검출하는 오류가 발생한 것이다.

[0078] [표 1]

Experimental conditions	The number of pixels of subtraction image
The general condition	295
illumination change	4720
stone dislocation	386
illumination change of proposed method	553
stone dislocation of proposed method	260

[0079]

[0080] 반면 본 발명에 따른 자동 바둑 기보 시스템의 경우, 차 영상의 크기가 안정적이므로 효율적인 원형 허프 변환을 수행할 수 있으며, 도 14에 도시된 바와 같이, 새로운 바둑돌의 위치를 정확히 검출한 것을 확인할 수 있다. 즉 새로운 바둑돌이 놓이기 전인 도 14의 (a)에서 조도 변화가 발생한 상황에서도 도 14의 (b)와 같이 새로운 바둑돌의 위치를 정확하게 추출하였다.

[0081] 이를 통해 본 발명에 따른 자동 바둑 기보 시스템은 원 검출 방식을 이용하므로 조도 변화에 영향을 받지 않는 것을 확인할 수 있다.

[0082] 두 번째 실험에서는 바둑돌의 미세위치변화에 관한 것으로 도 15의 (a)에서 사각형으로 표시된 위치에 새로운 바둑돌이 배치되면서 상, 좌, 우에 위치한 주변 바둑돌을 건드려 미세한 위치 이동이 발생하도록 하였으며, 그 결과 도 15(b)와 같은 영상을 획득하게 된다.

[0083] 도 16의 (a)는 종래 기술을 사용하여 얻은 차 영상에서 이진화한 결과이며, 도 16의 (b)는 본 발명에 따른 차 영상에서 이진화한 결과를 나타내는 것으로 도 16의 (a)의 경우, 주변 바둑돌의 영향으로 반달 모양의 형상이 나타났지만 도 16의 (b)의 경우, 반달 형상이 현저히 줄어든 것을 확인할 수 있다.

[0084] 앞선 첫 번째 실험과 동일한 방식을 차 영상의 크기를 표 1 나타냈는데 픽셀 개수는 386이고 이를 k 로 나누면 큰 오차값을 가진 1.3084라는 몫이 산출되며, 오차값이 커서 상기 수학적 식 4를 만족하지 못하므로 종래 기술의 경우 바둑돌을 검출하지 못하며, 종래 기술의 경우, 바둑돌의 미세한 위치 변화에 취약하다는 사실을 확인할 수 있다.

[0085] 반면 본 발명의 경우, 차 영상의 픽셀 개수는 260개로 신속한 원형 허프 변환의 수행이 가능하며, 도 17의 (a)와 비교하여, 도 17의 (b)와 같이 주변 바둑돌의 위치 변화에 영향을 받지 않고 정상적으로 기보를 작성할 수 있는 것을 확인할 수 있다. 이는 주변 바둑돌의 에지가 원으로 검출되어도 기존 위치와의 차이가 일정값 이하이면 기존 바둑돌로 인식하여 검출에서 배제하기 때문이다.

[0086] 이상에서 설명한 바와 같이, 원형 허프 변환 기반의 자동 바둑 기보 시스템 및 그 방법은 원형 허프 변환을 통해 바둑돌의 원 모양을 검출함으로써, 조도나 바둑돌의 미세 위치 변화에 영향을 받지 않고, 바둑돌의 위치를 정확하게 검출할 수 있으며, 이를 통해 자동으로 기보를 기록할 수 있다.

[0087] 더불어 영상 차를 이용함으로써, 새로 놓여진 바둑돌만을 검출할 수 있으며, 이를 통해 원형 허프 변환의 연산량을 줄이고, 바둑돌의 검출 시간을 단축시킬 수 있게 된다.

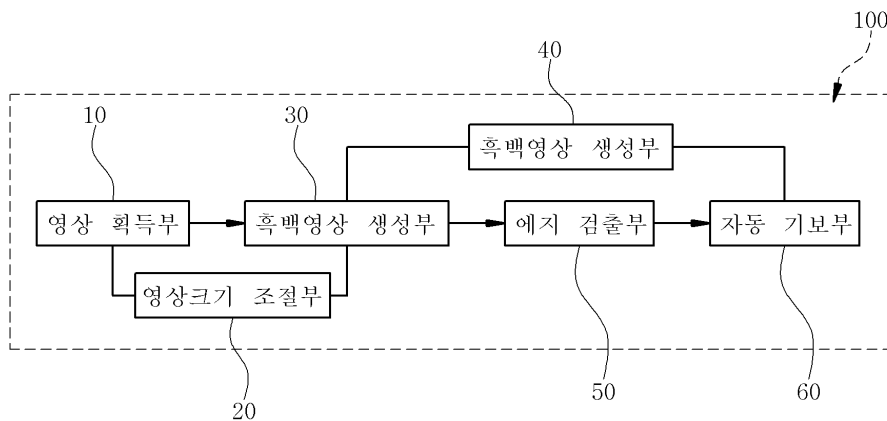
[0088] 이상 본 발명의 실시예로 설명하였으나 본 발명의 기술적 사상이 상기 실시예로 한정되는 것은 아니며, 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범주에서 다양한 원형 허프 변환 기반의 자동 바둑 기보 시스템 및 그 방법으로 구현할 수 있다.

부호의 설명

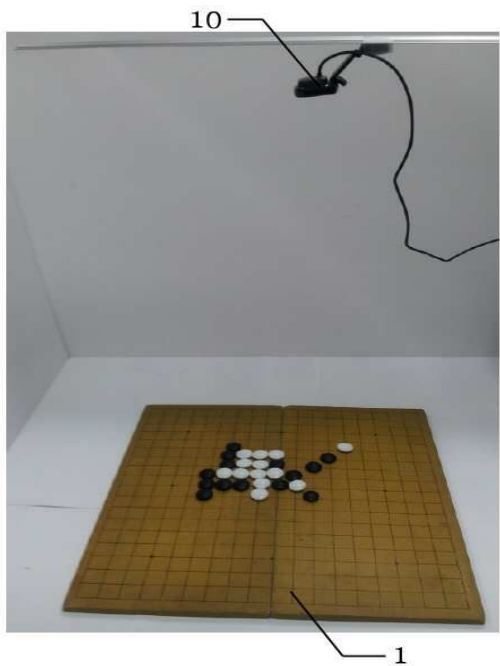
- [0089]
- | | |
|----------------|--------------------|
| 1 : 바둑판 | 10 : 영상 획득부 |
| 20 : 영상 크기 조절부 | 30 : 흑백 영상 생성부 |
| 40 : 이진 영상 생성부 | 50 : 에지 검출부 |
| 51 : 노이즈 제거부 | 52 : 차 영상 생성부 |
| 53 : 캐니 에지 검출부 | 60 : 자동 기보부 |
| 61 : 원 검출부 | 62 : 흑백 구별부 |
| 63 : 기보 기록부 | 100 : 자동 바둑 기보 시스템 |

도면

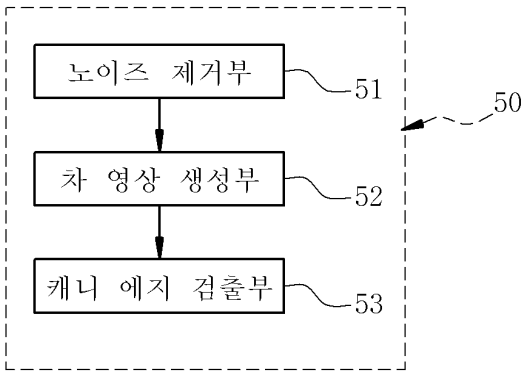
도면1



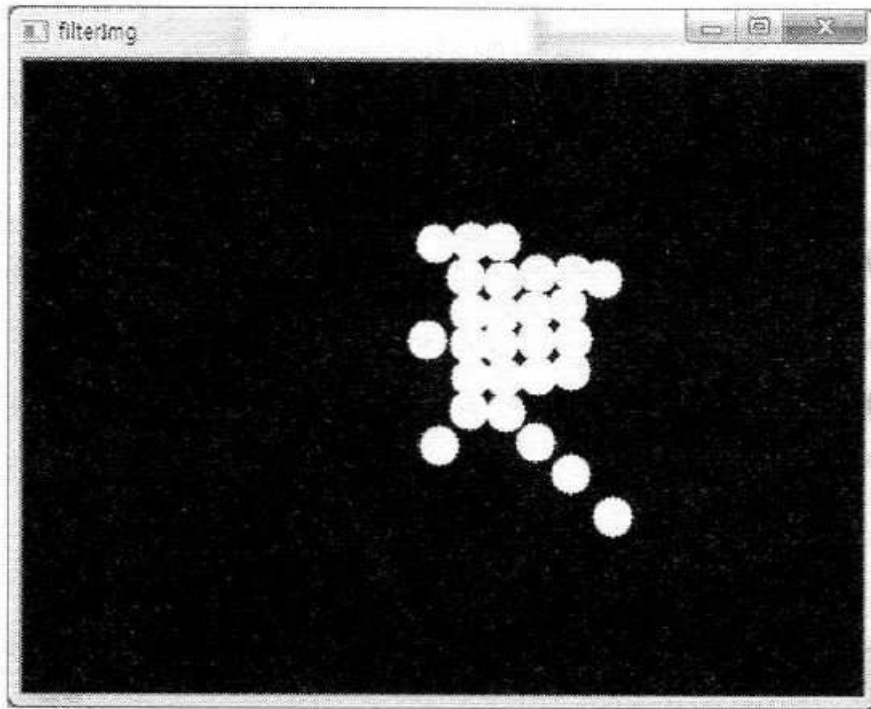
도면2



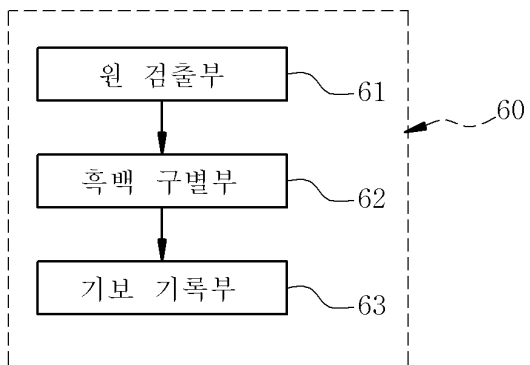
도면3



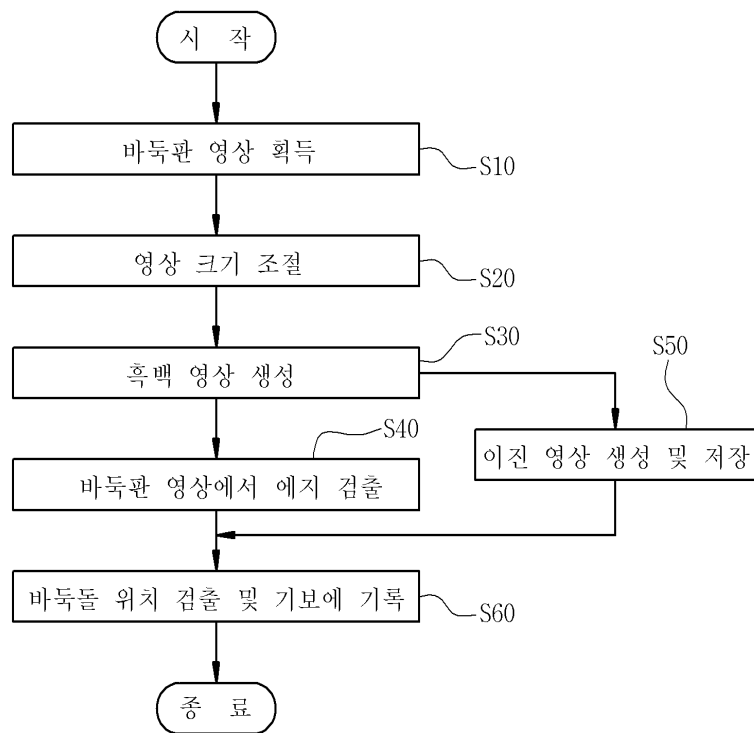
도면4



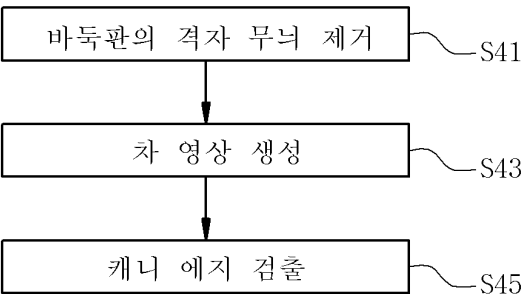
도면5



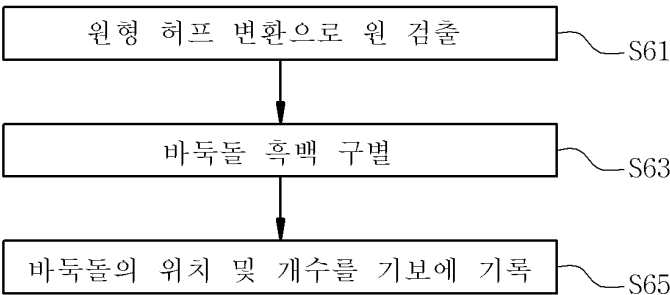
도면6



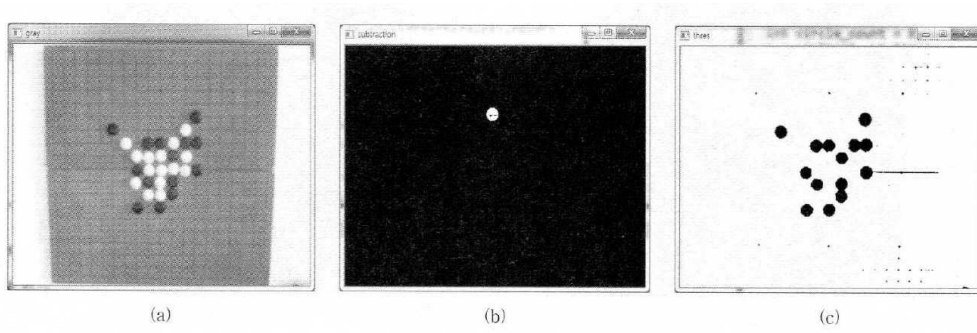
도면7



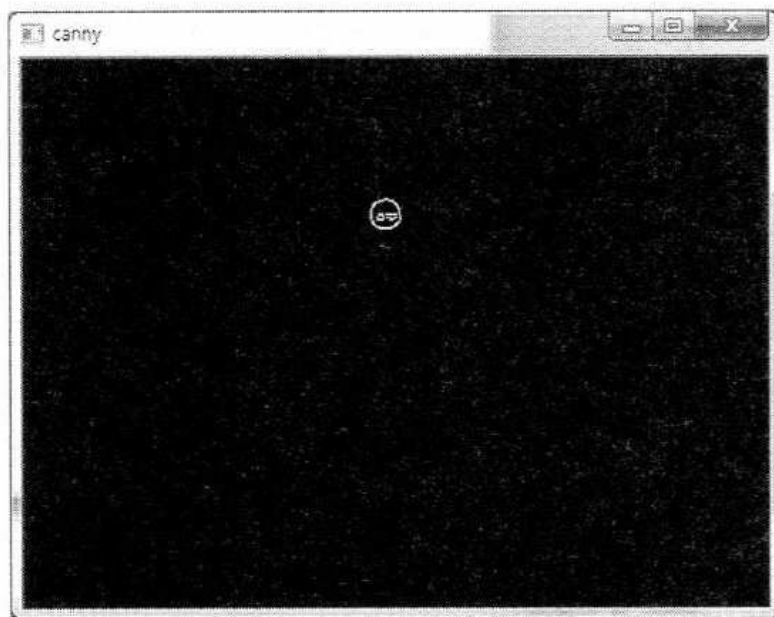
도면8



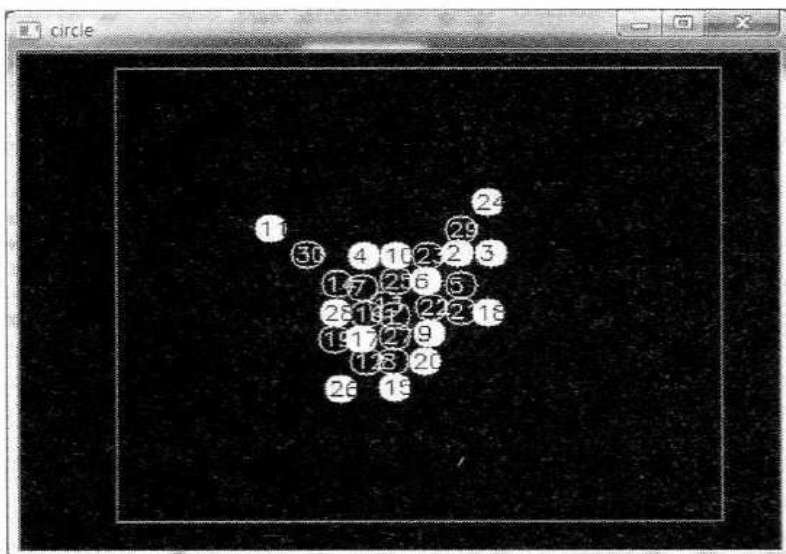
도면9



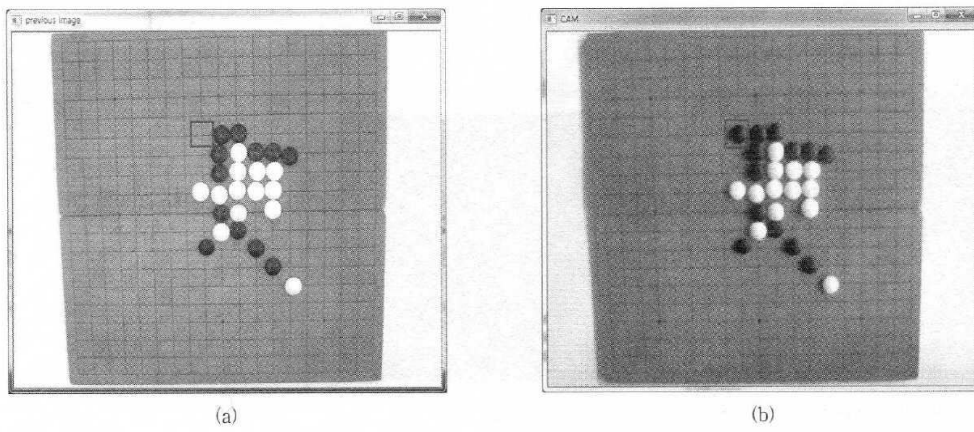
도면10



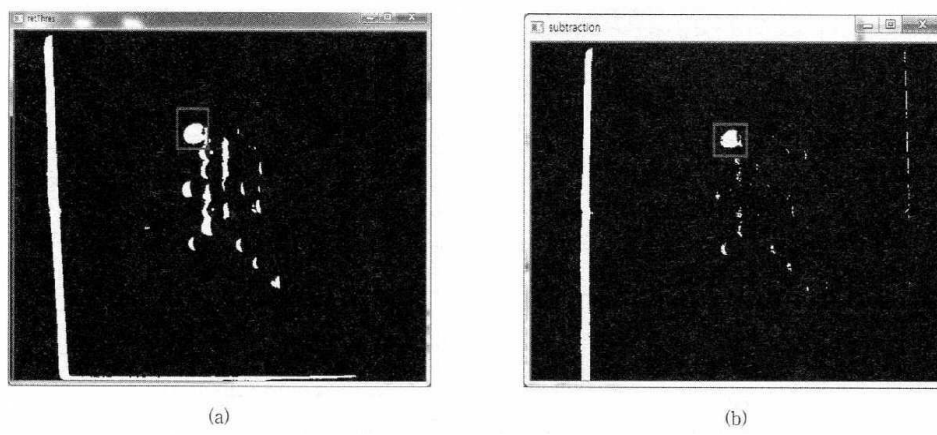
도면11



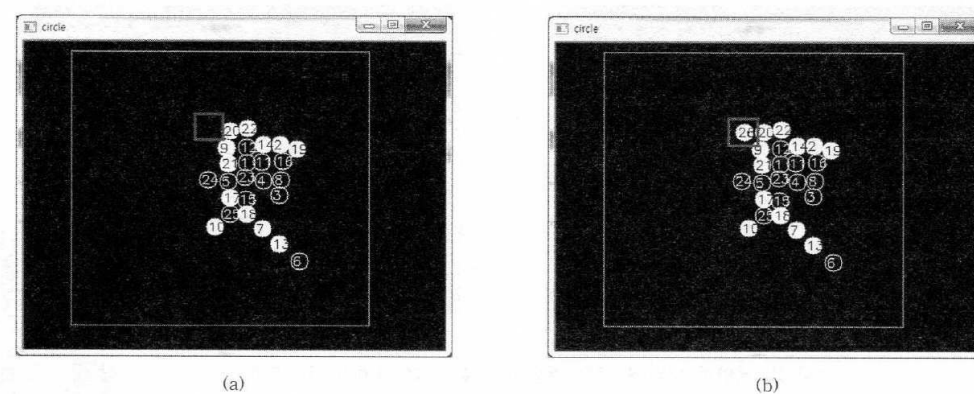
도면12



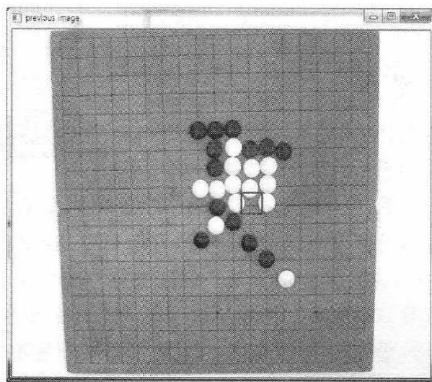
도면13



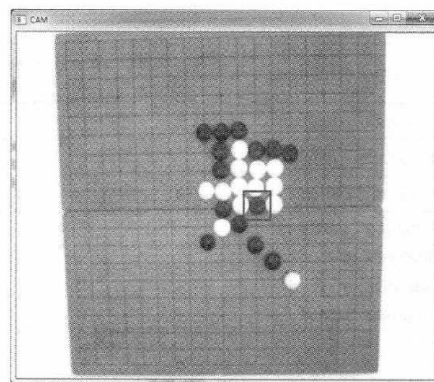
도면14



도면15

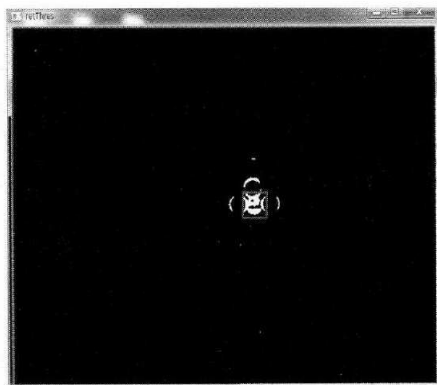


(a)

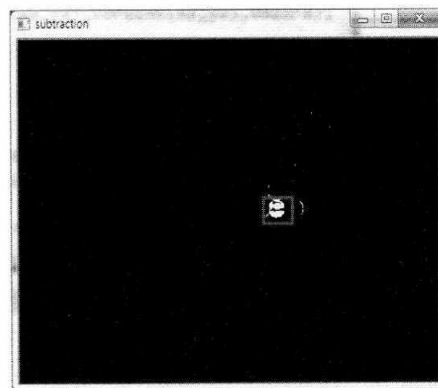


(b)

도면16

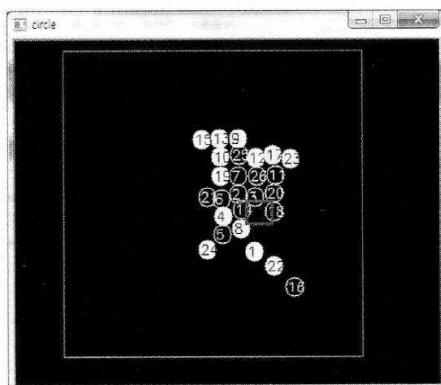


(a)

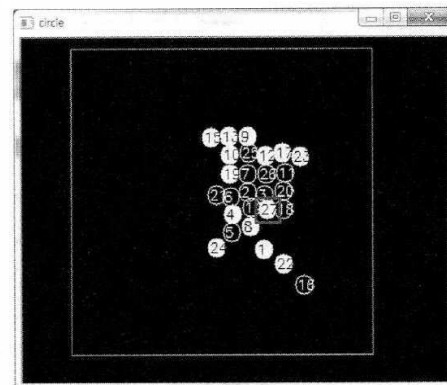


(b)

도면17



(a)



(b)