



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년11월20일
(11) 등록번호 10-1463085
(24) 등록일자 2014년11월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06T 7/40 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2009-7019895
(22) 출원일자(국제) 2007년11월06일
심사청구일자 2012년11월05일
(85) 번역문제출일자 2009년09월23일
(65) 공개번호 10-2010-0014554
(43) 공개일자 2010년02월10일
(86) 국제출원번호 PCT/US2007/023317
(87) 국제공개번호 WO 2008/118147
국제공개일자 2008년10월02일
(30) 우선권주장
60/919,971 2007년03월26일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
W. Liao et al., "Swimming Style
Classification from Video Sequences," 16th
IPPR Conference on Computer Vision, Graphics
and Image Processing, pp.226-233, Aug. 2003.*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
톱슨 라이선싱
프랑스 92130 이씨레블리노 루 잔다르크 1-5
(72) 발명자
후양, 유
미국, 뉴저지 08536, 플레인스보로, 웨일 리퀴 드
라이브 4902
래치, 조안
미국, 뉴저지 08540, 프린스턴, 케스트넷 코트,
25씨
하가바씨, 시타람
미국, 뉴저지 08536, 플레인스보로, 헌터스 글렌
드라이브 5910
(74) 대리인
문경진, 김학수

전체 청구항 수 : 총 10 항

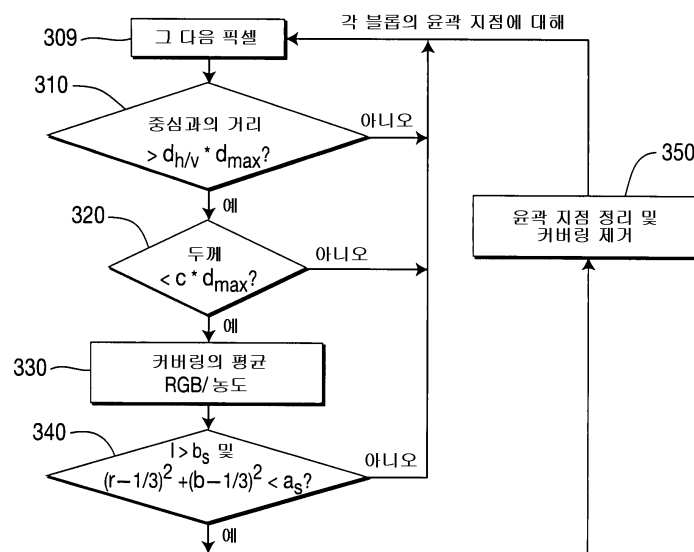
심사관 : 이주미

(54) 발명의 명칭 색 구분 및 모양 분석에 의해 축구 비디오에서 관심 객체를 검출하는 방법 및 장치

(57) 요약

결함에 의해 야기된 오류없이 축구 비디오 프레임 내에서 경기자를 검출 및 위치지정하기 위한 방법이 개시되는 데, 색 구분 및 연결된 성분 분석에 의해 획득된 개략적으로 추출된 전경으로부터 경기자와 공을 식별하기 위한 모양 분석-기반 접근법에 의해, 매 전경 블록(blob)에 대해 윤곽(skeleton)을 추출하기 위해 유클리드 거리 변환을 실행함으로써, 거짓 경보(비-경기자 및 공이 아닌 것)를 제거하기 위해 모양 분석을 실행함으로써, 그리고 이후 경기장 라인에 의해 기본적으로 야기된 결함을 없애기 위해 윤곽 정리(skeleton pruning) 및 역 유클리드 거리 변환을 실행함으로써 검출 및 위치지정된다.

대표도 - 도3



특허청구의 범위

청구항 1

배경 픽셀들 및 전경 픽셀들을 포함하는 이미지 내에서 관심 객체를 식별하는 방법으로서, 상기 배경 픽셀들은 제1 색의 픽셀들을 포함하는, 이미지 내에서 관심 객체를 식별하는 방법에 있어서,

이미지로부터 전경 픽셀들을 추출하는 단계(120);

전경 픽셀들 사이에서 하나의 구역을 식별하는 단계(130, 140, 150, 160, 170, 180);

구역의 면적이 제1 면적 임계치보다 더 큰 경우(220) 그리고 구역 내에서 제1 색의 픽셀들의 비가 제1 색 픽셀 비 임계치 이하인 경우(240), 윤곽(skeleton)을 생성하기 위해 구역을 처리하는 단계(250);

필드 라인 프레그먼트(field line fragment)를 포함하는 결함을 없애기 위해 윤곽을 정리하는 단계(270); 및

윤곽의 길이가 길이 임계치보다 더 작은 경우(260), 구역을 인간 객체를 포함하는 관심 객체로 결정하는 단계(262)를 포함하며,

상기 정리하는 단계는,

윤곽 상의 지점과 연관된 픽셀들 내의 제1 색의 픽셀들의 픽셀 비율이 제1 색 비율 임계치보다 더 크고, 다른 색 성분의 표준화된 세기가 제1 세기 임계치보다 작은 경우(330, 340), 상기 지점을 정리해서, 상기 지점을 위한 상기 연관된 픽셀들을 제거하는 단계(270, 350)를 포함하는, 이미지 내에서의 관심 객체 식별 방법.

청구항 2

삭제

청구항 3

제1 항에서,

상기 결정하는 단계는, 윤곽의 길이가 길이 임계치보다 더 작고, 윤곽의 종횡비가 종횡비 임계치보다 더 작을 때(260), 구역이 인간 객체라고 결정하는 단계를 포함하는, 이미지 내에서의 관심 객체 식별 방법.

청구항 4

삭제

청구항 5

제1 항에 있어서,

상기 정리하는 단계는,

윤곽 상의 하나의 지점에서 구역의 두께가, 적어도 부분적으로, 윤곽의 최대 두께를 기초로 하는 임계치보다 더 작은 경우(320), 상기 지점을 정리해서 상기 지점을 위한 연관 픽셀들을 제거하는 단계(270, 350)를 포함하고,

상기 윤곽의 최대 두께는 구역의 최대 두께이고, 상기 연관 픽셀들은 상기 지점에 대응하는 구역 내의 픽셀들인, 이미지 내에서의 관심 객체 식별 방법.

청구항 6

제1 항에 있어서,

상기 정리하는 단계는,

윤곽 상의 하나의 지점부터 최대 커버링 값을 갖는 윤곽 상의 또 하나의 지점까지의 거리가, 적어도 부분적으로, 윤곽의 최대 두께를 기초로 하는 수직 및 수평 임계치의 각각보다 더 작은 경우(310), 상기 지점을 정리해서 상기 지점을 위한 연관된 픽셀들을 제거하는 단계(270, 350)를 포함하는,

이미지 내에서의 관심 객체 식별 방법.

청구항 7

제5 항에 있어서,

상기 정리하는 단계는,

윤곽 상의 상기 지점부터 최대 커버링 값을 갖는 윤곽 상의 또 하나의 지점까지의 거리가, 적어도 부분적으로, 윤곽의 상기 최대 두께를 기초로 하는 수직 및 수평 임계치의 각각보다 더 작은 경우(310), 상기 지점을 정리해서 상기 지점을 위한 연관된 픽셀들을 제거하는 단계(270, 350)를 더 포함하는, 이미지 내에서의 관심 객체 식별 방법.

청구항 8

삭제

청구항 9

삭제

청구항 10

삭제

청구항 11

삭제

청구항 12

실행될 때, 배경 픽셀들 및 전경 픽셀들을 포함하는 이미지 내에서 관심 객체를 식별하는 방법을 실현하는 기계 실행가능한 지시어를 저장하고 있는 기계 판독가능한 매체로서,

상기 배경 픽셀들은 제1 색의 픽셀들을 포함하고,

상기 방법은

이미지로부터 전경 픽셀들을 추출하는 단계(120);

전경 픽셀들 사이에서 하나의 구역을 식별하는 단계(130, 140, 150, 160, 170, 180);

구역의 면적이 제1 면적 임계치보다 더 큰 경우(220) 그리고 구역 내에서 제1 색의 픽셀들의 비가 제1 색 픽셀 비 임계치 이하인 경우(240), 윤곽을 생성하기 위해 구역을 처리하는 단계(250);

필드 라인 프레그먼트를 포함하는 결함을 없애기 위해 윤곽을 정리하는 단계(270); 및

윤곽의 길이가 길이 임계치보다 더 작은 경우(260), 구역을 적어도 하나의 인간 객체를 포함하는 관심 객체로 결정하는 단계(262)를 포함하며,

상기 정리하는 단계는,

윤곽 상의 지점과 연관된 픽셀들 내의 제1 색의 픽셀들의 픽셀 비율이 제1 색 비율 임계치보다 더 크고, 다른 색 성분의 표준화된 세기가 제1 세기 임계치보다 더 작은 경우(330, 340), 상기 지점을 정리해서, 상기 지점을 위한 상기 연관된 픽셀들을 제거하는 단계(270, 350)를 포함하는, 기계 판독가능한 매체.

청구항 13

삭제

청구항 14

제12 항에 있어서,

지시어의 실행을 통해 수행된 결정 단계는, 윤곽의 길이가 길이 임계치보다 더 작고, 윤곽의 종횡비가 종횡비 임계치보다 더 작을 때(260), 구역이 인간 객체라고 결정하는 단계를 포함하는, 기계 판독가능한 매체.

청구항 15

삭제

청구항 16

제12 항에 있어서,

지시어의 실행을 통해 수행된 정리하는 단계는,

윤곽 상의 하나의 지점에서의 두께가, 적어도 부분적으로, 윤곽의 최대 두께를 기초로 하는 임계치보다 더 작은 경우(320), 상기 지점을 정리해서 상기 지점을 위한 연관 픽셀들을 제거하는 단계(270, 350)를 포함하고,

상기 윤곽의 최대 두께는 구역의 최대 두께이고, 상기 연관 픽셀들은 상기 지점에 대응하는 구역 내의 픽셀들인, 기계 판독가능한 매체.

청구항 17

제12 항에 있어서,

지시어의 실행을 통해 수행된 정리하는 단계는,

윤곽 상의 하나의 지점부터 최대 커버링 값을 갖는 윤곽 상의 또 하나의 지점까지의 거리가, 적어도 부분적으로, 윤곽의 최대 두께를 기초로 하는 수직 및 수평 임계치의 각각보다 더 작은 경우(310), 상기 지점을 정리해서 상기 지점을 위한 연관된 픽셀들을 제거하는 단계(270, 350)를 포함하는, 기계 판독가능한 매체.

청구항 18

제16 항에 있어서,

지시어의 실행을 통해 수행된 정리하는 단계는,

윤곽 상의 상기 지점부터 최대 커버링 값을 갖는 윤곽 상의 또 하나의 지점까지의 거리가, 적어도 부분적으로, 윤곽의 상기 최대 두께를 기초로 하는 수직 및 수평 임계치의 각각보다 더 작은 경우(310), 상기 지점에서 정리해서 상기 지점을 위한 상기 연관된 픽셀들을 제거하는 단계(270, 350)를 더 포함하는, 기계 판독가능한 매체.

청구항 19

삭제

청구항 20

삭제

청구항 21

삭제

청구항 22

삭제

명세서

기술분야

[0001] 관련 출원에 대한 교차-참조

[0002] 본 특허 출원은 2007년, 3월 26일 출원된, 미국 가 특허 출원 번호 60/919,971의 혜택을 주장하며, 이 가 출원은 그 전체가 참고문헌으로 본 명세서에 명백히 병합된다.

[0003] 본 발명은 일반적으로, 비디오 프레임 내에서 객체를 검출하는 방법 및 장치에 대한 것이며, 더 구체적으로, 색 구분 및 모양 분석 기법을 이용해서 축구 비디오에서 경기자 및 공을 검출하는 방법 및 장치에 대한 것이다.

배경 기술

- [0004] 축구 비디오에서, 축구 경기자 및 공은 가장 중요한 객체인데, 경기자 및 공이 게임의 각 순간에 대해 상당량의 정보를 나타낸다는 점에서 그러하다. 경기자 및 공의 검출 및 추적이 다양한 응용, 이를테면 이벤트 검출, 전술 분석, 자동 인덱싱/요약, 및 객체-기반 비교에 의해 유발된다.
- [0005] 축구 비디오에서 공뿐만 아니라 경기자를 위치시키기 위한 알려진 방법은 두 개의 별개의 그룹으로 나누어 질 수 있다: 제1 방법 그룹은 제어된 환경에서, 보통은 미리 조정된, 고정된 카메라를 이용하는 반면에, 제2 방법 그룹은 정규의 방송 비디오를 채용한다. 전자가 더 나은 성능을 제공할 수 있는 반면에, 후자가 더 융통성 있는 것으로 보인다.
- [0006] 축구가 관람 스포츠(spectator sport)이기 때문에, 경기 장(playing field), 라인, 공, 및 선수들의 유니폼이 색에 있어서 시각적으로 구별되게 설계된다. 이러한 시각적인 구별에도 불구하고, 경기자 및 공의 검출이 오류 없이 존재하지 않는다. 제2 방법 그룹에서의 몇 가지 접근법은 탐색 영역을 제한하기 위해, 형태학적 동작, 이를테면 연결된 성분 분석을 이용한 후-처리 및 색 구분의 이용을 통해 먼저 잔디 경기 장을 발견함으로써 검출 어려움을 완화할 것을 시도해 왔다. 그러나 오류는 여전히 발생한다. 오류는 적어도 거짓 경보로서 그리고 결함(artifact)으로서 분류될 수 있다. 거짓 경보는 비-경기자의 경기자로의 식별 및 검출 또는 공이 아닌 것(non-ball)의 공으로의 식별 및 검출을 가리킨다. 결함은 경기 장 상의 라인이 예컨대, 검출된 경기자의 부분과 합체(merge)될 때 발생한다.
- [0007] 이로써, 축구 비디오에서 축구 경기자와 축구공의 검출시에 발생하는 오류를 실질적으로 제거하는 방법에 대한 요구가 존재한다.

발명의 상세한 설명

- [0008] 축구 비디오에서 축구 경기자와 축구공의 검출 및 위치에 있어서 오류의 실질적인 제거가 본 발명의 적어도 하나의 측면에 따라 달성되는데, 색 구분 및 연결된 성분 분석에 의해 획득된 개략적으로 추출된 전경으로부터 경기자와 공을 식별하기 위한 모양 분석-기반 접근법에 의해, 매 전경 블롭(blob)에 대해 윤곽(skeleton)을 추출하기 위해 유클리드 거리 변환을 실행함으로써, 거짓 경보(비-경기자 및 공이 아닌 것)를 제거하기 위해 모양 분석을 실행함으로써, 그리고 이후 경기 장 라인에 의해 기본적으로 야기된 결함을 없애기 위해 윤곽 정리(skeleton pruning) 및 역 유클리드 거리 변환을 실행함으로써 달성된다.
- [0009] 첨부 도면과 연계해서 취해진 본 발명의 실시예에 대한 다음의 설명을 참조해서, 본 발명의 위에서 언급된 그리고 그밖의 특징 및 이점과, 이들을 얻는 방식이 더 분명해질 것이고 본 발명이 더 잘 이해될 것이다.

실시 예

- [0013] 본 명세서에 개시된 예시적인 실시예는 본 발명의 바람직한 실시예를 예시하며, 이러한 예시적인 실시예는 임의의 방식으로 본 발명의 범위를 제한하는 것으로 해석되어서는안 된다.
- [0014] "경기장", "경기 장", 및 "축구장"과 같은 용어는 축구 시합이 행해지는 장소(pitch)를 가리키는데 있어서 동의어인 것으로 의도된다는 것이 이해되어야 한다. "경기자"에 대한 참조는 경기자 및/또는 심판 등을 포함하도록 의도된다는 것이 추가적으로 이해된다. 본 발명의 원리는 축구장으로 제한되지 않고 그밖의 경기 장면, 이를테면 농구, 야구, 풋볼, 테니스, 배구장에 적용될 수 있다. 이들은 등산에도 적용될 수 있다.
- [0015] 위에서 언급된 바와 같이, 아마도 축구 비디오에서 가장 유익한 특징은 색이다: 경기장은 녹색이고, 라인은 흰색이며, 공은 일반적으로 흰색 또는 밝은색(bright)이고, 팀뿐만 아니라 심판은 적어도, 이들을 쉽게 구별되게 하는 저지류(jersey)를 입고 있다. 그밖의 장면에서, 경기장(배경)의 색과 비-경기장(전경)의 색이 상이할 수 있다. 예컨대, 축구공의 색은 보통, 흰색이나 농구공의 색은 보통, 오렌지색이다. 경기 지속시간 동안, 모든 관심 객체(001)가 경기 장 영역 내에 있는 것으로 가정된다는 것이 이해된다. 따라서, 색 구분을 기초로 한 경기장의 추출은 자동 축구 비디오 분석에서 본질적인 역할을 한다.
- [0016] 경기 장 색을 나타내기 위한 다수의 방식이 존재한다. 축구장의 색을 나타내기 위한 하나의 비교적 단순한 방식은 큰 데이터 세트 상에서 이전 통계를 통해 획득된 일정한 평균 색 값을 이용하는 것이다. 비디오 프레임 내의 선택된 픽셀과 필드의 평균값 사이의 색 거리가 이용되어, 선택된 픽셀이 경기 장을 위한 픽셀 세트에 속하는지 여부를 결정한다. 축구장이 개략적으로 녹색으로 배색되어 있기 때문에, 스미스의 육각 원뿔 모델에서 정의된 색조 성분이 일정 범위에 대해 녹색으로 배색된 픽셀을 검출하기 위해 이용될 수 있다. 축구장이 일반적으로 녹

색 배색(green coloration)을 가지나, 조명 패턴(예컨대, 자연 대 인공 조명 및 투영)에 의해 야기된 외관 및 필드 특징 이블테면 닳은(worn out) 영역, 잔디 베기 패턴, 잔디 성장 패턴 등을 기초로 해서 색조에 있어서 몇 가지 차이를 나타낼 수 있다는 것이 이해된다.

[0017] 히스토그램이 경기장을 위한 비-파라미터 색 모델로서 채용될 수 있다. 일정한 응용에서 경기장이 균일한 녹색을 가지며 각 프레임에서 최대 영역을 점유한다는 것을 가정해서 현저한 색을 발견하는 것이 바람직하다. 단일한 가우시안 통계 또는 혼합 가우시안(MoG) 통계가 경기장의 색 모델을 나타내기 위해 학습될 수 있으며 증분적으로 기대-최대(EM) 알고리즘에 의해 적응될 수 있다.

[0018] 이제 도면에 대해, 그리고 더 구체적으로는 도 1에 대해 참조가 이루어지는데, 도 1에서 예시적인 방법이 축구 비디오 이미지 프레임으로부터 경기 장을 검출 및 추출하기 위해 도시된다. 표제(heading)가 독자로 하여금 본 발명의 방법 전체에 걸쳐 수행된 일반적인 동작을 위치시키고 검출하는 것을 돕기 위해 이용된다.

[0019] 경기장 픽셀 검출기

[0020] 경기 장 검출이 도 1에 도시된 방법의 단계(110)에서 수행된다. 검출은 이미지 프레임으로부터 경기장 픽셀에 적용된 단순한 히스토그램 학습 기법에 의해 이루어진다. 이 기법에서, 적색-녹색-청색(RGB) 색 공간에서 채널 당 N개의 빈(bin)을 갖는 색 히스토그램이 일반적인 색 모델로서 정의된다. 이 상황에서 채널은 적색, 녹색, 및 청색 성분을 가리킨다. 이 일반적인 색 모델은 이블테면 축구 게임 비디오의 트레이닝 세트를 기초로 하는 선형적 학습에 의해 해당 기술에서 알려진 다양한 방식으로 전개될 수 있다. 이러한 비디오의 트레이닝 세트에서, 경기장 픽셀 및 비 경기장 픽셀은 따라서, 수동 방식 또는 반-관리된 방식으로 라벨링될 수 있다. 이후, RGB 색 벡터에서, 각각의 라벨링된 경기장 픽셀은 경기장 히스토그램의 적당한 빈에 놓인다. 유사한 프로세스가 비-경기장으로 라벨링된 픽셀을 위해 수행된다. 히스토그램 카운트가 다음과 같이 보통의 방식으로 이산의 조건부 확률 분포로 변환된다:

$$P(rgb/playfield) = \frac{f(rgb)}{T_f}, \text{ 및 } P(rgb/non_playfield) = \frac{n(rgb)}{T_n},$$

[0022] 여기서, f(rgb)는 경기장 히스토그램의 빈(rgb) 내의 카운트를 제공하며, n(rgb)는 비-경기장 히스토그램으로부터의 빈(rgb) 내의 카운트이고, T_f 및 T_n은 각각 경기장 및 비-경기장 히스토그램 내의 모든 빈 상에서 개별적인 카운트를 합산함으로써 정의된 총 카운트이다.

[0023] 위의 확률 정보를 이용하면, 경기장 픽셀 분류자(classifier)가 조건부 확률을 이용하는 표준 우도 비 접근법(standard likelihood ratio approach)을 이용해서 실현될 수 있다. 예컨대, 구체적인 RGB 값이 경기장에 대해 라벨링되는데, 이는 다음 경우이다:

$$\frac{P(rgb/playfield)}{P(rgb/non_playfield)} \geq \phi,$$

[0025] 여기서, 0 ≤ φ ≤ 1은 임계치로서, 정확한 검출과 거짓 포지티브(positive) 사이에서 적당한 절충을 달성하기 위해 한계(limit) 사이에서 조정될 수 있다. 거짓 정량은 예컨대, 비-경기장 픽셀이 경기장 픽셀로서 라벨링될 때 발생한다. 대조적으로, 거짓 네거티브가 예컨대, 경기장 픽셀이 비-경기장 픽셀로서 라벨링될 때 발생한다.

[0026] 임계치(φ)가 이후 거짓 포지티브와 거짓 네거티브의 대가(cost) 및 선형적 확률의 함수로서 다음과 같이 표현될 수 있다:

$$\phi = \frac{c_p P(non_playfield)}{c_n P(playfield)},$$

[0028] 여기서, c_p와 c_n은 각각, 거짓 포지티브와 거짓 네거티브의 응용-종속적인 대가이다. 경기 장을 위한 선형적 확률이 T_f/(T_f + T_n)으로서 도출될 수 있는 반면에, 비-경기 장을 위한 선형적 확률은 T_n/(T_f + T_n)으로서 도출될 수 있다.

[0029] 채널 당 빈의 수(N) 및 검출 임계치(φ)가, 정확한 검출의 확률 대 거짓 검출의 확률을 도시하는 수신기 동작 특징(ROC) 곡선을 기초로 해서 선택될 수 있으며 채널 당 빈의 수는 값 범위에 걸쳐 이블테면 N에 대해 32 내지

256 개의 빈으로 변환한다. 정확한 검출의 확률은 경기장으로 라벨링된 픽셀 부분(fraction of pixels)으로서 정의되는데 이 픽셀은 이에 따라 정확히 분류된다. 거짓 검출의 확률은 비-경기장으로 라벨링된 픽셀 부분으로 정의되는데 이 픽셀은 이에 따라 부정확하게 분류된다. 검출 성능은 ROC 곡선하에서 영역이 증가함에 따라 개선된다. 실험적인 관행으로부터, N=128개의 빈이 적절한 결과를 제공한다는 것이 발견되었다. 정확한 검출의 확률과 거짓 검출(즉, 거짓 포지티브)의 확률 사이의 적절한, 응용 종속적인 절충을 달성하기 위해 적절한 동작 지점을 선택하는 것이 이후 가능하다. 동작 지점에 대응하는 검출 임계치(ϕ)의 값은 이후 위의 수식에서 픽셀 분류를 위해 이용된다. 실험적인 관행으로부터의 일 실시예에서, 빈의 수(N=128) 및 임계치($\phi=0.1$)가 0.935에서 정확한 검출의 확률을 달성하고 0.057에서 거짓 검출의 확률을 달성하도록 선택되었다.

[0030] 단계(110)에서 경기장 픽셀 검출의 결과로서, 각 프레임이 이진 마스크를 산출하기 위해 처리된다. 픽셀값은 이진수 "1" 또는 이진수 "0" 중 하나로 분류된다.

[0031] 경기장 추출

[0032] 부식(erosion) 그리고 이후의 팽창(dilation) 동작을 포함하는 형태학적 필터링이 노이즈를 제거하기 위해 단계(120)에서 프레임의 이진 마스크에 적용되어 구역이 동종이 되게 만든다. 형태학적 필터링은 이미지 향상에서 알려진 프로세스로서, 이미지를 단순화하고 이에따라 관심 객체에 대한 탐색을 용이하게 하는 경향이 있다. 그것은 일반적으로, 이미지 내에서 공간 폼 또는 객체의 구조를 변경하는 것을 수반한다. 팽창 및 부식은 두 개의 기본적인 형태학적 필터링 동작이다. 팽창은 객체가 확대되게 하며, 따라서 가능하게는, 작은 구멍내에서 채워서, 흩어져있는(disjoint) 객체를 연결하게 한다. 부식은 부식이 객체의 경계를 에칭(부식)시킴으로써 객체를 줄어들게 한다는 점에서 팽창에 대한 상보적 동작이다. 이러한 동작은 구조화요소의 적절한 선택에 의해 각 응용에서 맞춰질 수 있는데, 구조화 요소는 객체가 정확히 어떻게 팽창되거나 부식되는지를 결정한다.

[0033] 단계(130)에서 연결된 성분 분석(CCA)이 채용되어, 이진 마스크를 스캔하고, 마스크 픽셀을 픽셀 연결성을 기초로 해서, 연결된 성분으로 그룹화한다. 즉, 연결된 성분 내에서 식별된 픽셀이 동일한 이진 값을 공유하고, 몇 가지 방식, 이를테면 4-연결성 또는 8-연결성 또는 각각, 소위 4- 및 8- 지점 근접 시스템으로 서로 연결된다. 연결된 성분 분석 툴 및 기법은 해당 기술에서 잘 알려져 있으며 본 명세서에서는 추가로 개시되지 않을 것이다.

[0034] 경기장은 이미지 내에 몇 개의 연결된 성분을 포함하는 것으로 이해되며, 이 성분 각각은 단계(140) 내의 소정의 영역의 임계치보다 크기에 있어서 더 크다. 이 단계는 모든 경기장 성분이 임계치에 대해 테스트되게 해서, 더 작은 경기장 성분이 제거될 수 있게 한다. 경기장 마스크가, 연결된 성분 경계에 의해 한정된 각각의 더 큰 연결된 성분의 내부를 채워서 단계(150)에서 획득된다. 단계(160)에서, 배타적-OR 함수가 단계(140 및 150)에서 출력 마스크에 적용되어, 추출된 경기장 영역의 마스크를 생성하게 한다.

[0035] 전경 블롭 검출

[0036] 전경 블롭 검출이 이후 단계(170 및 180)에서 수행된다. 블롭은 단순히, 연결된 픽셀 그룹의 구역이다. 이상적으로는, 단계(160)로부터의 추출된 경기장 영역 내부의 비-경기장 픽셀이 전경 픽셀이 되도록 기대되는데 이 전경 픽셀은 연결된 성분 분석에 의해 상이한 전경 블롭으로 그룹화될 수 있다. 공이 관심있는 비교적 작은 객체이고 일반적으로는 크기에 있어서 30개의 픽셀보다 더 작기 때문에, 단지 구역을 동종으로 만들기 위해 픽셀을 상이한 블롭으로 그룹화하기 전에 팽창을 수행하는 것이 단지 가능하다. 형태학적 필터링 단계 내의 이 스테이지에서 부식을 수행하는 것이 가능하게는 공을 지워버려서 이미지를 손상시킨다. 이미지의 일정 영역에서의 노이즈가 모양 분석에 의해 그리고 진짜 객체의 외관 모델의 이용에 의해 추후에 제거되어야 한다.

[0037] 객체 외관

[0038] 경기 장의 긴 시청 화면(long view shot)에서, 경기 표면(playing surface) 상의 모든 라인 및 아크, 이를테면, 터치, 센터, 페널티 영역, 및 바이 라인(bye line)이 흰색 또는 거의 흰색으로 보인다. 유사하게, 경기 장의 이러한 긴 시청 화면에 대해, 공은 그 위에 있는 임의의 패턴이나 로고와 무관하게 거의 흰색으로 보인다. 각각의 전경 블롭 내에서 흰색 픽셀을 식별하는 간단한 방법은 다음과 같다:

$$W(x,y)=\begin{cases} 1, & \text{if } (r(x,y)-1/3)^2 + (b(x,y)-1/3)^2 < a, \text{ 및 } \text{if } l(x,y) > b \\ 0, & \text{그 외} \end{cases},$$

[0039]

[0040] 여기서, $r(x,y)$ 및 $b(x,y)$ 는 특정 픽셀(x,y)을 위한 표준화된 적색 및 녹색 성분이고, $l(x,y)$ 는 픽셀(x,y)의 세기 값을 나타내며, $W(x,y)$ 는 픽셀(x,y)를 위한 흰색 픽셀 마스크이다. 임계값(a 및 b)이 경험적으로 결정된다.

[0041]

기본 모양 분석

[0042]

각각의 블록을 위한 구역 특성이 다음과 같이 몇 개의 기본 모양 설명자에 의해 분류될 수 있다:

[0043]

1. 둘레(P), 경계 내에서의 픽셀 수;

[0044]

2. 면적(A), 픽셀 수;

[0045]

3. 주축/부축(C_L 및 C_S), 여기서 C_L 은 가장 긴 줄(chord)이고 C_S 은 C_L 에 수직인 줄;

[0046]

4. 둥글기(F), $F = P^2/(4\pi A)$ 로 정의됨; 및

[0047]

5. 이심률(E), $E = C_L / C_S$ 로 정의됨.

[0048]

위에서 설명된 바와 같은 각각의 블록을 위한 구역 특성은 아래에서 설명되는 바와 같은 격리된 공 검출을 위해 본 명세서에서 설명된 본 발명의 방법에서 기본적으로 이용된다.

[0049]

윤곽 및 거리 변환

[0050]

윤곽은 모양의 직관적인, 간결한 표현을 제공한다. 윤곽의 중요한 특징 중 하나가 모양을 위한 위상 특성의 해당 모양의 기하학적 특성으로부터의 분리이다. 윤곽은, 그 이름이 암시하는 바와 같이, 관심 객체에 대한 모양의 국부적 대칭축을 근사화시킨 곡선 세트이다. 윤곽에 대한 대안적인 정의는 거리 변환을 기초로 한다.

[0051]

거리 변환 또는 거리 지도는 하나의 함수로서, 모양 내의 소정 지점에 대해, 소정 지점에서, 소정 지점에 가장 가까운 해당 모양의 개략도 상의 지점까지의 거리를 계산한다. 크기($m \times n$)의 전경 이진 마스크(W)에 대해, \bar{W} 는, \bar{W} 가 배경 픽셀 세트를 포함한다는 의미에서 W 의 상보적 마스크를 나타낸다. 그것의 제공된 거리 변환(SDT)이 다음과 같이 모양 지도($H=\{h(x,y)\}$)로 제공된다;

[0052]

$$h(x,y) = \min\{(x-i)^2 + (y-j)^2; 0 \leq i < m, 0 \leq j < n, (i,j) \in \bar{W}\}.$$

[0053]

전경 픽셀 세트(V) 및 크기($m \times n$)의 화상($F=\{f(x,y)\}$)에 대해, 픽셀(x,y)이 전경 픽셀 세트(V)에 속할 때 $f(x,y)$ 가 제공된 거리 변환 값($h(x,y)$)으로 설정되거나, 그 외의 경우에 $f(x,y)$ 가 0으로 설정된다는 것이 보여진다. 결과적으로, V 의 역 유클리드 거리 변환(REDT)이 다음:

[0054]

$$W = \{(x,y) | \max\{f(i,j) - (x-i)^2 - (y-j)^2\} > 0, \text{ for } 0 \leq i < m, 0 \leq j < n, \text{ 및 } (i,j) \in F\}$$

[0055]

이 되도록 지점 세트(W)로 구성된다.

[0056]

따라서, 모양 지도($H=\{h(x,y)\}$)는 다음과 같이 화상(F)을 이용해서 계산될 수 있다:

[0057]

$$h(x,y) = \max\{f(i,j) - (x-i)^2 - (y-j)^2, \text{ for } 0 \leq i < m, 0 \leq j < n, \text{ 및 } (i,j) \in F\}.$$

[0058]

이후, 위에서 계산된 모양 지도(H)로부터 엄밀하게 양의 값의 모든 픽셀을 추출해서 W 를 획득하는 것이 가능하다.

[0059]

윤곽 설명자

[0060] 모양[H={h(x,y)}]의 제공된 거리 변환이 제공되는 경우, 그것의 윤곽(Ske)은 다음과 같이 정의된다:

$$Ske = \left\{ (x, y) \mid \exists (i, j), \text{ where } (x-i)^2 + (y-j)^2 < h(x, y), \right. \\ \left. \text{ 및 } \max_{(u,v)} \{h(u,v) - (x-u)^2 - (y-v)^2\} = h(x, y) - (i-x)^2 - (j-y)^2 \right\}.$$

[0061]

[0062] 위 수식을 위에서 논의된 REDT의 정의와 비교함으로써, 역 유클리드 거리 변환 연산을, 상부 엔벨로프 타원 포물면만이 마킹되는 모양의 제공된 거리 변환에 적용함으로써 윤곽(Ske)을 획득하는 것이 가능하다는 것을 알 수 있다.

[0063] 역 유클리드 거리 변환은 다음과 같이 멱(power) 다이어그램 구성을 기초로 한다:

[0064] 지점 세트[S={s_i}]가 제공되는 경우, 보로노이(Voronoi) 다이어그램은 평면의 셀[C={c_i}](지점 당 하나의 셀)로의 분해로서, 개방 셀(c_i) 내의 각각의 지점(p)에 대해, 그것이 임의의 그밖의 지점(s_j, i ≠ j)보다 지점(s_i)에 더 가깝도록 하는, 분해이다.

[0065] 멱 다이어그램은 다음에 의해 정의된 멱 함수에 의해 유도된 측정법(metric)을 기초로 한 일종의 보로노이 다이어그램이다:

$$\sigma_i(p) = d(p, s_i) - f(i)^2,$$

[0066]

[0067] 여기서, f(i)는 각 지점(s_i)과 연관된 반경이고, d(·)는 유클리드 거리 함수이다. 멱 라벨링은 평면의 각 지점에, 멱 다이어그램 내에서 그 지점을 포함하는 셀의 인덱스를 할당한다.

[0068] 역 유클리드 거리 변환이 멱 라벨링 내의 비어있지 않은 셀의 계산에 링크된다. 결과적으로, 윤곽은 멱 다이어그램 내의 비어있지 않은 셀에 대응한다.

[0069] 추출된 윤곽을 기초로 해서, 모양 분석에 유용한 추가적인 설명자가 다음과 같이 계산될 수 있다:

[0070] 1. 윤곽의 길이(L_s);

[0071] 2. 커버링(C_{Ske}), 윤곽 지점과 연관된 멱 라벨링 내의 픽셀 수로서 정의됨;

[0072] 3. 윤곽의 최대 두께(d_{max}), 대응 블록의 최대 두께임;

[0073] 4. 길이(A/(2d_{max})²); 및

[0074] 5. 중횡비(L_s/d_{max}).

[0075] 추출된 윤곽 및 그것의 설명자가 아래에서 설명되는 바와 같은 윤곽 정리에 의한 결함 제거 및 경기자 검출을 위해 본 명세서에서 설명된 본 발명의 방법에서 기본적으로 이용된다.

[0076] 격리된 공 검출

[0077] 기본적인 모양 분석이 격리된 공 검출을 위해 더 중요한 툴이라는 것이 드러난다. 공이 비디오의 긴 거리 프레임 내에서 비교적 작은 블록으로 보여서 윤곽 설명자의 이용을 신뢰할 수 없게 만든다.

[0078] 공을 나타내는 블록의 면적(A)에 대해 미리정해진 범위가 존재하는 것으로 보인다. 그 범위는 경기장에 대한 카메라 구성에 의존한다. 나아가, 공에 대응하는 블록 내의 색 모델에 의해 검출된 흰색 픽셀(W(x,y))의 비율이 해당 블록이 공일 가능성을 가리킨다. 관심 블록에 대한 등글기(F) 및 이심률(E)은 해당 블록이 공으로 고려되도록 하기 위해 1.0에 가까워야 한다. 나중의 두 가지 특징은 필드 라인의 연결해제된 세그먼트에 대해 E 및 F와 상이하다.

[0079] 이것을 엮두에 두고, 다음과 같이 함수(B)를 계산함으로써 특정 블록을 공으로서 검출하는 것이 가능하다:

$$B = \begin{cases} 1, & \text{for } p_w > r_w \text{ and } ar_{min} < A < ar_{max} \text{ and } F < f_{max} \text{ and } E < e_{max}, \\ 0, & \text{그 외} \end{cases}$$

[0081] 여기서, $p_w = C\{(x, y) | W(x, y) = 1\} / A$, $C\{\}$ 은 흰색 픽셀 수의 카운트이고, 모든 임계치(r_w , ar_{min} , ar_{max} , f_{max} , 및 e_{max})는 경험적으로 결정된다. 함수 B가 1일 때, 블록은 공으로서 검출된다; 그밖의 경우, 블록은 공이 아닌 것으로 검출된다.

[0082] 격리된 공 검출에 적용된 바와 같은 모양 분석 프로세스가 도 2에 도시된다. 도 2에서 프로세스는 다음과 같이 각 블록에 적용된다. 단계(210)에서, 공 및 인간 객체가 되기에는 너무 작은 그러한 블록을 제거하기 위해, 블록 면적 A가 최소 임계치(ar_{min})와 비교될 수 있다. 블록 면적 A가 임계치를 초과하는 경우, 블록 처리가 단계(220)에 대해 계속된다; 그렇지 않은 경우, 블록은 단계(211)에서 도시된 바와 같이 제거된다(즉, B=0).

[0083] 단계(220)에서, 블록 면적 A가 최대 임계치(ar_{max})와 비교된다. 블록 면적 A가 임계치보다 더 작은 경우, 블록 처리가 단계(230)에 대해 계속된다; 그렇지 않은 경우, 블록이 추가적인 처리를 위해 단계(240)로 보내진다.

[0084] 단계(230)에서, 블록의 흰색비(p_w), 등글기(F), 및 이심률(E)이 위 수식에서 보여지는 바와 같이, 그 각각의 임계치(r_w , f_{max} , 및 e_{max})에 대해 테스트된다. 단계(230)에서 테스트되는 모든 특징이 그 안에 보여지는 바와 같이 그 각각의 기준을 충족하는 경우에, 관심 블록은 공이고(즉, B=1); 그렇지 않은 경우 블록은 단계(231)에서 보여지는 바와 같이 제거된다(즉, B=0).

[0085] 격리된 경기자 및 심판 검출

[0086] 일반적으로, 격리된 경기자 또는 심판 블록은 타원 모양을 보인다. 따라서, 경기자 블록은, 그 윤곽에 의해 나 타날 때, 제한된 길이 및 제한된 종횡비를 가지고 인식가능하다. 이러한 제약은 또한 경기장 블록과 실수로 합 체된 필드 라인 또는 곡선의 일부 프레그먼트를 제거하는 데에 도움을 줄 수 있다.

[0087] 필드 라인이 흰색 또는 거의 흰색으로 보이기 때문에 그리고 유사하게 채색된 공이 검출되기 때문에, 흰색 픽셀 의 비율을 비-경기자 블록을 검출하기 위한 인덱스로서 다시 이용하는 것이 가능하다. 공에 대해 위에서 논의된 바와 같이, 경기자 또는 심판 블록을 위한 면적 범위는 카메라 구성에 따라 미리정해진다. 해당 범위는 경기장 에 대한 카메라 구성에 의존한다.

[0088] 필드 라인의 제거 및 경기자 또는 심판의 검출이 도 2의 오른쪽 상에서 단계(240) 내지 단계(270)에 기술된다. 단계(240)에서, 관심 블록을 위한 흰색 픽셀비가 임계치(y_w)와 비교된다. 임계치가 초과되는 경우, 관심 블록이 단계(241)에서 비-경기자로서 제거된다. 다른 한편, 흰색비가 단계(240) 내의 임계치 이하인 경우, 관심 블록이 단계(250)에서 더 처리된다.

[0089] 단계(250)에서, 윤곽 추출이 위에서 설명된 바와 같이 관심 블록 상에서 수행된다. 부가적인 기술자가 관심 블 록의 윤곽을 위해 측정된 후에, 그 블록에 대한 길이 및/또는 종횡비가 단계(260)에 도시된 바와 같이 그 각각 의 임계치(g_{max} 및 t_{max})에 대해 테스트된다. 하나의 기술자 또는 두 개의 기술자 모두가 그 각각의 임계치보다 작은 경우, 경기자 또는 심판이 단계(262)에 도시된 바와 같이 검출된다. 하나의 기술자 또는 두 가지 기술자 모두가 각각의 임계치 이상인 경우, 관심 블록이 단계(261)에 도시된 바와 같이 제거된다.

[0090] 프로세스 내의 이 지점에서, 윤곽 정리가 단계(270) 및 도 3에서 채용되고, 결함에 의해 야기된 오류를 제거한 다.

[0091] 윤곽 정리

[0092] 경기자 (심판) 블록이 필드 라인의 프레그먼트 또는 곡선 라인(예컨대, 미드필드에서의 또는 페널티 영역 위 에서의 곡선 라인)과 합체될 때, 모양 분석은 블록을 식별하는 데에 있어서 정확한 결과를 생성하도록 나타나지 않는다. 관심 블록이 전역 모양 기술자를 이용해서 비-경기자 블록으로서 부정확하게 제거될 수 있다. 필드 라

인 프래그먼트에 의해 야기된 결함이 경기자의 위치를 감출 바이어스(bias)를 유발할 수 있다.

- [0093] 본 발명의 측면에 따르면, 필드 라인 및 곡선에 의해 야기된 결함이 외관 프라이어(appearance priors) 및 윤곽 정보를 이용해서 그리고 정리에 의해 없어지고 제거된다. 도 2 내의 단계(270)은 윤곽 정리 단계를 도시한다. 도 3은 단계(270) 내의 윤곽 정리를 수행하기 위한 단계 세트를 포함하는 예시적인 방법을 더 상세하게 도시한다.
- [0094] 일반적으로, 필드라인 또는 곡선의 폭은 긴 시청 화면에서 경기자 몸체의 폭보다 더 작게 보인다. 그 결과, 관심 블록의 매 윤곽 지점에서, 해당 지점에서의 두께가 최대 윤곽 두께와 비교해서 작은지를 점검하는 것이 가능하다. 특히, 그 지점에서의 블록의 윤곽의 두께가 측정되어 곱($c \cdot d_{\max}$)에 대해 테스트되는데, c 는 두께 인자이다. 윤곽 폭이 곱($c \cdot d_{\max}$)보다 더 작은 경우, 이 윤곽 지점에 의해 덮인 모든 픽셀을 위한 RGB 성분의 평균 값이(파워 라벨링) 계산된다. 이 윤곽 지점이 필드 라인의 프래그먼트에 대응할 때, 윤곽 지점의 평균 RGB 성분 값이 흰색의 해당 값에 가깝다는 것이 경험적인 관행에서 관찰되어 왔다.
- [0095] 영역을 부정확하게 정리하는 것을 회피하기 위해, 거리 제약이 적어도 하나의 구현예에서 상기 방법에 부가된다. 실험적인 관행으로부터, 정리된 윤곽이 인체 중심으로부터 비교적 멀리 떨어져 있다는 것이 이해되는데, 이 중심은 최대 커버링 값을 갖는 윤곽 지점에 대응한다. 즉, 정리된 윤곽 지점부터 최대 커버링 값을 갖는 윤곽 지점까지의 거리는 수평 거리($d_h \cdot d_{\max}$) 및 수직 거리($d_v \cdot d_{\max}$)의 각각보다 더 큰데, 여기서 d_v 및 d_h 는 거리 인자이고 d_{\max} 는 위에서 설명된 바와 같이 윤곽의 최대 두께이다.
- [0096] 도 3에 도시된 프로세스 단계는 각 블록 내의 개별적인 윤곽 지점 또는 픽셀에 대해 수행된다. 프로세스는 그 다음 픽셀에 대해 단계(309)로 진입된다. 제어권이 이후 단계(310)로 넘어간다.
- [0097] 단계(310)에서, 관심 블록의 각각의 윤곽 지점에 대해, 이 윤곽 지점부터 최대 커버링 값을 갖는 윤곽 지점까지의 거리가 측정되고 테스트되어, 이 거리가 수평 거리($d_h \cdot d_{\max}$) 및 수직 거리($d_v \cdot d_{\max}$)의 각각을 초과하는지를 결정한다. 최대 커버링 값을 갖는 윤곽 지점이 일반적으로 블록의 중심과 일치한다. 최대 커버링 값을 갖는 두 개 이상의 윤곽 지점이 존재하는 경우, 블록의 중심과 가장 가까운 지점을 선택한다. 수평 거리 또는 수직 거리가 특정한 윤곽 지점으로부터 최대 커버링을 갖는 윤곽 지점에 대한 거리만큼 초과되는 경우, 상기 방법은 단계(320)로 나아간다. 그렇지 않은 경우, 새로운 윤곽 지점이 관심 블록 내의 측정 및 테스트를 위해 선택되며 테스트가 단계(309)에서 재개된다.
- [0098] 단계(320)에서, 테스트 중인 윤곽 지점에서의 블록의 두께가 곱($c \cdot d_{\max}$)에 대해 검사된다. 이 두께가 곱($c \cdot d_{\max}$)보다 더 작은 경우, 상기 방법은 단계(330)로 나아가는데, 여기서 이 윤곽 지점에 의해 커버된 모든 픽셀을 위한 RGB 성분의 평균 세기 값이(파워 라벨링) 계산된다. 이 두께가 곱($c \cdot d_{\max}$) 이상인 경우, 새로운 윤곽 지점이 관심 블록 내의 측정 및 테스트를 위해 선택되고, 테스트가 단계(309)에서 재개된다.
- [0099] 단계(340)에서, 단계(330)로부터의 세기가 임계치(b_s)에 대해 테스트된다. 또한, 윤곽 지점의 표준화된 적색 및 청색 성분 값이 아래 수식,
- $$(r - \frac{1}{3})^2 + (b - \frac{1}{3})^2 < a_s$$
- [0100]
- [0101] 에 따른 임계치에 대해 테스트된다. 두 가지 테스트 모두가 참인 경우, 상기 방법은 단계(350)로 나아가는데, 이 단계(350)에서, 테스트 중인 윤곽 지점이 정리되며 그 커버링이 제거된다. 단계(340)에서 어느 하나의 테스트 또는 두 가지 테스트 모두가 실패한 경우, 새로운 윤곽 지점이 관심 블록 내의 측정 및 테스트를 위해 선택되고, 테스트가 단계(309)에서 재개된다. 단계(340)는 윤곽 지점의 커버링에 흰색 픽셀 비율을 이용해서, 윤곽의 일부를 정리할지 여부를 결정한다.
- [0102] 또 하나의 실시예에서, 단계(310, 320, 및 340)에서 세 가지 테스트 중 하나 이상이 긍정적인 경우, 윤곽 지점이 정리되고 그 커버링이 제거된다.
- [0103] 본 명세서에 설명된 실현예는 예컨대, 방법 또는 프로세스, 장치, 또는 소프트웨어 프로그램으로서 실현될 수 있다. 본 발명의 특징의 표현이 방법에 대해서 행해졌으나, 당업자는 본 발명이 예컨대, 장치 또는 소프트웨어 프로그램으로서 구현될 수 있다는 것을 인식할 것이다. 장치는 예컨대, 적당한 하드웨어, 소프트웨어, 및 펌웨어로 실현될 수 있다. 상기 방법은 예컨대, 장치, 이를테면, 예컨대, 컴퓨터 또는 그밖의 처리 디바이스로 실현

될 수 있다. 부가적으로, 상기 방법은 처리 디바이스 또는 그밖의 장치에 의해 실행되는 지시어로 실현될 수 있으며, 그러한 지시어는 컴퓨터 판독가능한 매체 이를테면, 예컨대, CD 또는 그밖의 컴퓨터 판독가능한 저장 디바이스, 및 집적 회로 상에 저장될 수 있다. 본 명세서에서 언급된 상수/임계치에 이용될 수 있는 예시적인 값은 아래에 나열된다:

상수/임계치	a_s	ar_{max}	ar_{min}	b_s	c	d_h	d_v	e_{max}	f_{max}	p_w	y_w
예시적인 값	0.6	80	3	150	0.2	2	4	3	2	0.5	0.8

나아가, 그밖의 실현예가 이 개시물에 의해 예견될 수 있다. 예컨대, 부가적인 실현예가 개시된 구현예의 조합, 삭제, 변경, 또는 보충적인 다양한 특징에 의해 만들어질 수 있다.

본 발명이 바람직한 실시예를 구비하는 것으로서 설명되었으나, 본 발명은 본 개시물의 사상 및 범위 내에서 추가적으로 변경될 수 있다. 본원은 따라서, 본 발명의 일반적인 원리를 이용하는 본 발명의 임의의 변형, 이용, 또는 적응을 포괄하도록 의도된다. 예컨대, 그밖의 유형의 객체가 위치되어 추적될 수 있으며, 거짓 경보 및 결함이 그밖의 유형의 객체 또는 그밖의 유형의 게임 비디오를 위해 식별될 수 있다. 본원은 본 개시물로부터의 그러한 이탈을 포괄하도록 의도되는데, 그 이유는 그것이, 본 발명이 속하는 기술분야에서 알려진 또는 습관적인 관행 내에 있으며 첨부된 청구항의 한계 내에 있기 때문이다.

산업상 이용 가능성

본 발명은 일반적으로, 비디오 프레임 내에서 객체를 검출하는 방법 및 장치에 이용가능하며, 더 구체적으로, 색 구분 및 모양 분석 기법을 이용해서 축구 비디오에서 경기자 및 공을 검출하는 방법 및 장치에 이용가능하다.

도면의 간단한 설명

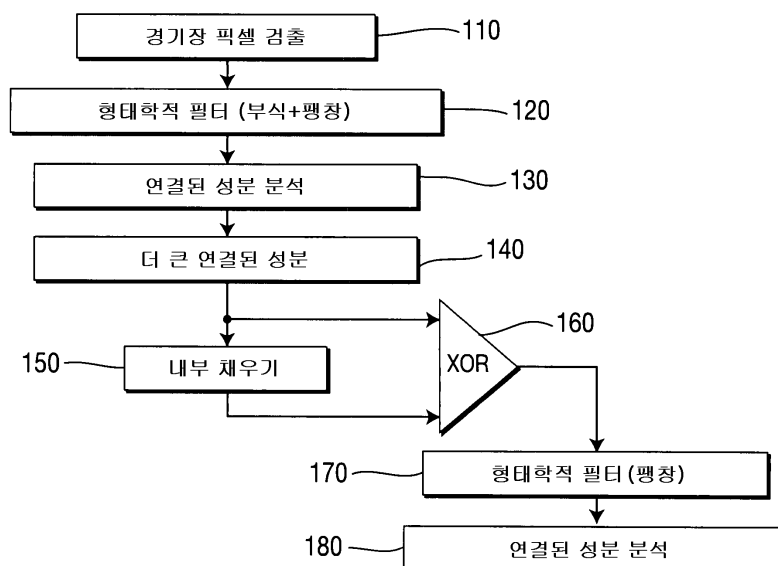
도 1은 본 발명의 원리에 따른 경기장(playfield) 검출 및 전경 블록 추출을 위한 예시적인 방법을 예시하는 도면.

도 2는 본 발명의 원리에 따른 결함 제거와 함께, 격리된(isolated) 경기자 및 격리된 공을 검출하는 예시적인 방법을 예시하는 도면.

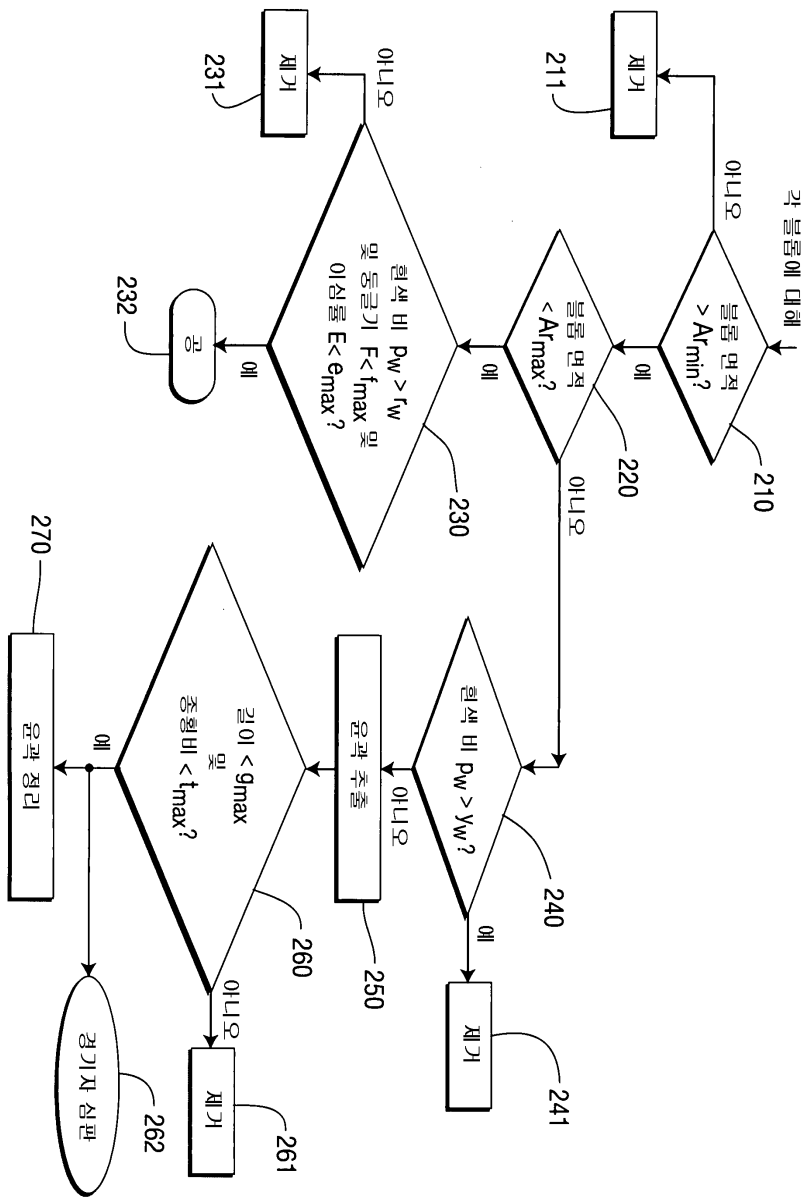
도 3은 본 발명의 원리에 따른 결함 제거를 위한 예시적인 상세한 방법을 예시하는 도면.

도면

도면1



도면2



도면3

