(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년10월22일
(11) 등록번호 10-1562756
(24) 등록일자 2015년10월16일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06K 9/46 (2006.01) *G06T 7/40* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2014-7017921(분할)
(22) 출원일자(국제) 2007년04월30일
심사청구일자 2014년07월22일
(85) 번역문제출일자 2014년06월27일
(65) 공개번호 10-2014-0090701
(43) 공개일자 2014년07월17일
(62) 원출원 특허 10-2008-7029098
원출원일자(국제) 2007년04월30일
심사청구일자 2012년04월30일
(86) 국제출원번호 PCT/EP2007/003811
(87) 국제공개번호 WO 2007/128452
국제공개일자 2007년11월15일
(30) 우선권주장
06447060.2 2006년04월28일
유럽특허청(EPO)(EP)
(56) 선행기술조사문헌
JP3852125 B2
JP2004287783 A
LINDEBERG, 'Feature Detection with Automatic Scale Selection', International Journal of Computer Vision, Vol. 30, No. 2, pp. 79-116 (1998.11.)
JP09251535 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
도요타 모터 유럽
벨기에 비-1140 브뤼셀 에비뉴 드 부르제 60
아이드제노시쉐 테크니쉐 훽슐레 쥐리히
스위스 쥐리히 CH-8092 라미스트라세 101
(72) 발명자
후나야마, 류끼
벨기에 비-1150 브루셀스 뤼 블록맨스 8
야나기하라, 히로미찌
벨기에 비-1150 울루웨 스트리트 피에르 애비뉴 드 아틀란티크 57
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
양영준, 백만기, 정은진

전체 청구항 수 : 총 9 항 심사관 : 이별섭

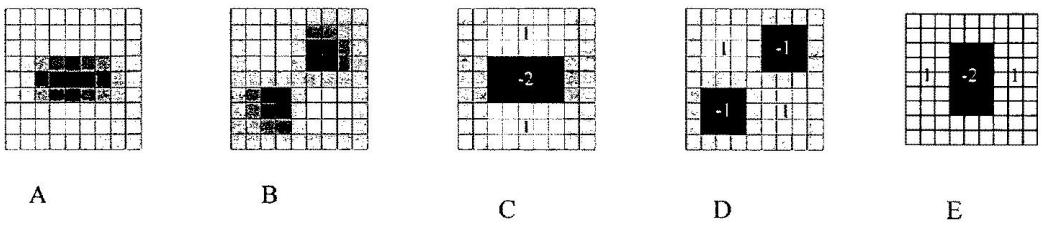
(54) 발명의 명칭 **강건한 관심 지점 검출기 및 기술자**

(57) 요 약

영상에서 동작하는 방법 및 장치가 기술되며, 특히, 예를 들어, 스케일 불변 및 회전 불변의 관심 지점 검출 및/또는 기술과 같은, 상이한 회전 및 상이한 스케일 하에서 수행되는 관심 지점 검출 및/또는 기술을 위한 방법 및 장치가 기술된다. 본 발명은 또한, 동일한 영상 또는 상이한 영상 중 하나에서 관심 지점들을 매칭시키기 위한

(뒷면에 계속)

대 표 도



개선된 또는 대안적 장치 및 방법을 제공할 수 있다. 본 발명은 본 발명의 방법 중 임의의 것을 구현하기 위한 개선된 또는 대안적 소프트웨어를 제공할 수 있다. 본 발명은, 예를 들어, 메모리에 저장되거나 네트워크를 통해 전송된 것과 같은 필터링된 영상 자체를 저장하기 위한 데이터 구조뿐만 아니라, 복수의 필터링된 영상을 생성하기 위한 다중 필터링 동작에 의해 생성된 개선된 또는 대안적 데이터 구조를 제공할 수 있다. 본 발명은, 예를 들어, 섬네일 영상과 같은, 영상의 원 카피 또는 그로부터 나온 영상을 이러한 기술자와 결합하는 데이터 구조뿐만 아니라, 예를 들어, 메모리에 저장되거나 네트워크를 통해 전송된 영상에서의 관심 지점의 기술자를 포함하는 개선된 또는 대안적 데이터 구조를 제공할 수 있다.

(72) 발명자

반 굴, 루크

벨기에 비-2170 안트워펜 스프리우웬스트라트 9

투이텔라스, 티니

벨기에 비-3012 윌셀레 엘켄버그스트라트 67

베이, 허버트

스위스 씨에이치-80368 취리히 렝거스트라세 86

명 세 서

청구범위

청구항 1

상이한 스케일 및/또는 회전에서 동작하기 적합한 복수의 화소를 갖는 영상에서 관심 지점을 결정하는 방법으로서, 상기 방법은,

적어도 3개의 디지털 필터를 사용해서 상기 영상을 필터링하는 단계; 및

상기 적어도 3개의 디지털 필터의 적용의 결과로 결정되는 측정치에 기초해서 관심 지점을 선택하는 단계

를 포함하고,

상기 측정치는 상기 적어도 3개의 디지털 필터의 출력의 비선형 조합이고, 상기 측정치는 둘 이상의 디멘젼 또는 방향에서 영상 파라미터의 변화를 캡처링하며,

상기 적어도 3개의 디지털 필터는 박스 필터들의 조합이고,

제1 디지털 필터는 일 극성의 중심 로브, 2개의 제로 크로싱 및 반대 극성의 2개의 외부 로브를 갖고, 일 화소보다 큰 공간 범위를 갖으며,

제2 디지털 필터에서는 중심 화소가 0 값을 갖고, 대각선에 따른 2개의 포지티브 로브와 다른 대각선에 따른 2개의 네거티브 로브가 있으며,

제3 디지털 필터는 상기 제1 디지털 필터의 회전 버전인

방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 영상에 대한 상기 적어도 3개의 디지털 필터의 적용은 집적 영상으로 수행되는 방법.

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 박스 필터들의 조합은 둘 이상의 방향에서 스무딩 필터의 도함수를 근사화하는 방법.

청구항 6

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 적어도 3개의 디지털 필터를 사용해서 상이한 스케일로 필터링된 복수의 영상을 제공하는 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 7

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 측정치는, 상기 적어도 3개의 필터를 적용한 결과로부터 구성된 헤시안(Hessian) 매트릭스의 행렬식(determinant)인 방법.

청구항 8

삭제

청구항 9

제1항 또는 제2항에 있어서,

적어도 하나의 디지털 필터는 스무딩 필터의 2차 도함수로부터 얻어지는 방법.

청구항 10

제1항 또는 제2항에 있어서,

적어도 하나의 디지털 필터는 상이한 스케일링에서 상기 영상에 적용되어 복수의 필터링된 영상을 생성하는 방법.

청구항 11

제1항 또는 제2항에 있어서,

관심 지점은, 필터링된 영상의 영역을 포함하는 이웃내의 측정치의 로컬 극값으로서 결정되는 방법.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 이웃은, 영상 피라미드에 논리적으로 정렬된 복수의 필터링된 영상들 중 적어도 3개의 영상에 의해 정의되는 공간인 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 영상에서 동작하는 방법 및 장치, 특히 컴퓨터 기반 시스템에 관한 것으로, 구체적으로, 예를 들어, 스케일 불변 및 회전 불변의 관심 지점(interest point) 검출 및/또는 기술(description)과 같은, 상이한 회전 및 상이한 스케일 하에서 수행되는 관심 지점 검출 및/또는 기술을 위한 방법 및 장치에 관한 것이다. 본 발명은 또한 동일한 영상 또는 상이한 영상 중 하나에서 관심 지점을 매칭시키기 위한 장치 및 방법에 관한 것이다. 본 발명은 또한 본 발명의 방법 중 임의의 것을 구현하기 위한 소프트웨어에 관한 것이다. 본 발명은 또한, 예를 들어, 메모리에 저장되거나 네트워크를 통해 전송된 것과 같은 필터링된 영상 자체뿐만 아니라 복수의 필터링된 영상을 생성하기 위한 다중 필터링 동작에 의해 생성된 데이터 구조에 관한 것이다. 본 발명은 또한, 예를 들어, 섬네일(thumbnail) 영상과 같은, 영상의 원 카피 또는 그로부터 나온 영상을 이러한 기술자(descriptor)와 선택적으로 결합하는 것뿐만 아니라, 예를 들어, 메모리에 저장되거나 네트워크를 통해 전송된 하나 이상의 영상에서의 관심 지점의 기술자를 포함하는 데이터 구조에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 동일 씬(scene) 또는 객체의 2개의 영상들 간의 대응을 찾는 작업은 다수의 컴퓨터 비젼 응용들 중의 일부이다. 카메라 색보정(calibration), 3D 형상화(reconstruction)(즉, 입체적으로 링크되지 않은 일련의 2D 영상으로부터 3D 영상을 얻는 것), 영상 레지스트레이션(registration), 및 객체 인지는 단지 그 일부이다. 개별 영상 대응에 대한 검색은 3개의 주요 단계로 나뉠 수 있다. 첫번째로, '관심 지점'은 영상의 구별되는 위치(distinctive location)에서 선택된다. 관심 지점 검출기의 가장 유익한 특성은 그 반복성(repeatability), 즉, 관심 지점 검출기가 상이한 뷰잉(viewing) 조건 하에서 동일한 관심 지점을 확실하게 찾는지 여부이다. 다음으로, 모든 관심 지점의 이웃은 기술자에 의해 표현된다. 이 기술자는 구별되는 것이어야 하며, 동시에 노이즈, 검출 에러 및 기하학적 광도 변형에 강해야 한다. 마지막으로, 기술자는 상이한 영상들 간에서 매칭된다. 이 매칭은 종종 벡터들 간의 거리, 예를 들어, 마할라노비스(Mahalanobis) 또는 유클리드(Euclidean) 거리에 기초한다.

[0003] 다양한 종류의 검출기 및 기술자는 이미 문헌들(예를 들어, [1-6])에서 제시되어 왔다. 또한, 벤치마킹 데이터 세트에 대한 상세한 비교 및 평가가 수행되어 왔다[7-9].

[0004] 가장 광범위하게 사용되는 관심 지점 검출기는 1988년에 제시된 Harris 코너(corner) 검출기[10]이고, 2차 모멘트(second-moment) 매트릭스의 고유치에 기초한다. 그러나, Harris 코너는 스케일 불변이 아니다. [1]에서, Lindeberg는 자동 스케일 선택의 개념을 도입하였다. 이는, 각각 자체의 특정 스케일로 영상에서의 관심 지점의 검출을 가능하게 한다. Lindeberg는 (Hessian 매트릭스의 대각합(trace)에 대응하는) 라플라시안(Laplacian)뿐만 아니라 헤시안 매트릭스의 행렬식(determinant) 둘 다로 블롭형(blob-like) 구조를 검출하는 것을 실험하였다. Mikolajczyk 및 Schmid는, Harris-Laplace 및 Hessian-Laplace[11]를 이용한, 고 반복성의 강건하고(robust) 스케일 불변의 특성을 갖는 검출기를 생성하는 방법을 연구하였다. 이들은 위치를 선택하기 위해 (스케일 적응) Harris 매트릭스의 행렬식 또는 Harris 측정을 사용하고, 스케일을 선택하기 위해 라플라시안을 사용하였다. 속도에 초점을 맞추면, Lowe[12]는 가우시안 차분(DoG;Difference of Gaussians)에 의해 가우시안의 라플라시안(LoG;Laplacian of Gaussian)을 근사화하는 것을 제안하였다. 다수의 다른 스케일 불변 관심 지점 검출기가 제안되어 왔다. 그 예로서, Kadir 및 Brady[13]에 의해 제안된 영역내의 엔트로피(entropy)를 최대화하는 돌출 영역 검출기, 및 Jurie 등[14]에 의해 제안된 에지 기반 영역 검출기가 있다. 이들은 가속도에 덜 따를 것으로 보인다. 또한, 광범위한 시점 변화에 대처할 수 있는 다수의 어파인(affine) 불변 특성의 검출기들이 제안되어 왔다.

[0005] 가우스 도함수[16], 모멘트 불변식[17], 복합 피쳐(complex feature)[18, 19], 조정가능 필터(steerable filter)[20], 페이즈 기반 로컬 피쳐[21], 및 관심 지점 이웃내의 소-스케일(smaller-scale) 피쳐의 분배를 나타내는 기술자와 같은 매우 다양한 특성의 기술자들이 제안되어 왔다. Lowe[2]에 의해 제안된 후자는 다른 문헌[7]보다 성능이 좋은 것으로 보여 왔다. 이는, 후자가 공간 강도(spatial intensity) 패턴에 대한 상당한 양의 정보를 캡처링하고, 동시에 작은 변형 또는 위치 측정 에러에 대해 강건하다는 사실에 의해 설명될 수 있다. 약자로 SIFT로 불리는 [2]의 기술자는 관심 지점 주변의 로컬 지향 그래디언트(gradient)의 히스토그램을 계산하고 128-디멘젼(dimension) 벡터(4×4 위치 빈 각각에 대한 8 오리엔테이션 빈(orientation bin))에 빈을 저장한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 이러한 기본 기술에 대한 다양한 개선들이 제안되어 왔다. Ke 및 Sukthankar[22]는 그래디언트 영상에 PCA를 적용시켰다. 이 PCA-SIFT는 고속 매칭의 36-디멘젼 기술자를 가져오지만, 이는 Mikolajczyk 등[8]에 의한 제2 비교 연구의 SIFT보다 덜 구별되는 것으로 입증되었으며, 저속 피쳐 계산은 고속 매칭의 효과를 감소시킨다. 동일한 문헌[8]에서, 저자는, 동일한 수의 디멘젼으로 훨씬 더 구별되는 것으로 제공되는 GLOH로 불리는 SIFT의 변형을 제안하였다. 그러나, GLOH는 계산적으로 보다 비용이 많이 들며, 이는 데이터 압축에 다시 PCA를 사용하기 때문이다. SIFT 기술자는 여전히 실제 사용을 위한 가장 매력적인 기술자로 보여지고, 이에 따라, 현재 가장 광범위하게 사용된다. SIFT 기술자는 구별가능하며 상대적으로 고속이고, 이는 온라인 애플리케이션에 있어서 중요한 것이다. 최근에, Se 등[4]은 FPGA(Field Programmable Gate Array)에 SIFT를 구현하고 크기의 정도에 따라 그 속도를 향상시켰다. 그러나, 기술자의 높은 차원(dimensionality)은 매칭 단계에서 SIFT의 단점이다.

[0007] 온라인 애플리케이션에 있어서, 3 단계(검출, 기술, 매칭)의 각각은 고속이어야 한다. Lowe는 매칭 단계에서의 속도 향상을 위해서 베스트-빈-제1 대안[2]을 제시하였지만, 이는 정확도가 낮게 된다.

과제의 해결 수단

[0008] 본 발명의 목적은, 영상에서 동작하는 대안적 또는 개선된 방법 및 장치, 구체적으로, 예를 들어, 스케일 불변 및 회전 불변의 관심 지점 검출 및/또는 기술과 같은, 상이한 회전 및 상이한 스케일 하에서 수행되는 관심 지점 검출 및/또는 기술을 위한 방법 및 장치를 제공하는 것이다. 본 발명은 또한 동일한 영상 또는 상이한 영상 중 하나에서 관심 지점을 매칭시키기 위한 개선된 또는 대안적 장치 및 방법을 제공할 수 있다. 본 발명은 본 발명의 방법 중 임의의 것을 구현하기 위한 대안적 또는 개선된 소프트웨어를 제공할 수 있다. 본 발명은, 예를 들어, 메모리에 저장되거나 네트워크를 통해 전송된 것과 같은 필터링된 영상 자체를 저장하기 위한 데이터 구조뿐만 아니라 복수의 필터링된 영상을 생성하기 위한 다중 필터링 동작에 의해 생성된 대안적 또는 개선된

데이터 구조를 제공할 수 있다. 본 발명은, 예를 들어, 섬네일 영상과 같은, 영상의 원 카피 또는 그로부터 나온 영상을 이러한 기술자와 결합하는 데이터 구조뿐만 아니라, 예를 들어, 메모리에 저장되거나 네트워크를 통해 전송된 하나 이상의 영상에서의 관심 지점의 기술자를 포함하는 대안적 또는 개선된 데이터 구조를 제공할 수 있다.

[0009] 구체적으로, 본 발명은, 상이한 스케일 및/또는 회전에서 동작하기 적합한 복수의 화소를 갖는 영상에서 관심 지점을 결정하는 방법, 예를 들어, 영상에서 관심 지점을 자동적으로 결정하는 컴퓨터 기반 방법을 제공하고, 상기 방법은, 적어도 하나의 디지털 필터를 사용해서 상기 영상을 필터링하는 단계; 및 상기 적어도 하나의 디지털 필터의 적용으로부터 나온 측정의 결정에 기초해서 관심 지점을 선택하는 단계를 포함하고,

[0010] 상기 측정은 상기 적어도 하나의 디지털 필터의 출력의 비선형 조합이고, 상기 측정은 하나 이상의 디멘젼 또는 방향에서 영상 파라미터의 변화를 캡처링하고, 상기 적어도 하나의 디지털 필터는 박스 필터들의 조합이고, 적어도 하나의 박스 필터는 일 화소보다 큰 공간 범위를 갖는다.

[0011] 영상에 대한 적어도 하나의 디지털 필터의 적용은 집적 영상(integral image)으로 수행될 수 있다.

[0012] 본 발명은 또한, 상이한 스케일 및/또는 회전에서 동작하기 적합한 복수의 화소를 갖는 영상에서 관심 지점을 결정하는 방법을 제공하고, 상기 방법은, 적어도 하나의 디지털 필터를 사용해서 상기 영상을 필터링하는 단계; 및 상기 적어도 하나의 디지털 필터의 적용으로부터 나온 측정의 결정에 기초해서 관심 지점을 선택하는 단계를 포함하고,

[0013] 상기 측정은 상기 적어도 하나의 디지털 필터의 출력의 비선형 조합이고, 상기 적어도 하나의 디지털 필터의 적용은 집적 영상을 사용한다.

[0014] 상기 적어도 하나의 디지털 필터는 박스 필터들의 조합이고, 적어도 하나의 박스 필터는 일 화소보다 큰 공간 범위를 가질 수 있다. 상기 박스 필터들의 조합은 하나 이상의 방향에서 스무딩 필터의 도함수를 근사화할 수 있다.

[0015] 상이한 스케일로 복수의 필터링된 영상이 상기 적어도 하나의 디지털 필터를 사용해서 제공될 수 있다.

[0016] 상기 측정은, 상기 적어도 하나의 필터를 적용한 결과로부터 구성된 Hessian 매트릭스의 행렬식과 같은 Hessian 매트릭스에 관련된 값일 수 있다.

[0017] 상기 적어도 하나의 필터의 적용은 적어도 3개의 디지털 필터와 같은 다수의 필터들의 적용을 포함한다.

[0018] 상기 적어도 하나의 디지털 필터는, 예를 들어, 가우시안과 같은 스무딩 필터의 2차 도함수로부터 얻어질 수 있다. 디지털 필터는, 예를 들어, 2차 가우시안 또는 가버(Gabor) 필터와 같은 대역 통과 필터일 수 있다.

[0019] 상기 적어도 하나의 디지털 필터는 상이한 스케일링에서 상기 영상에 적용되어 복수의 필터링된 영상을 생성할 수 있다.

[0020] 관심 지점은, 필터링된 영상의 영역을 포함하는 이웃내의 측정의 로컬 극값으로서 결정될 수 있다. 상기 이웃은, 영상 피라미드에 논리적으로 정렬된 복수의 필터링된 영상들 중 적어도 3개의 영상에 의해 정의되는 공간일 수 있다.

[0021] 메모리에 저장될 수 있는 복수의 영상이 일단 생성되면, 본 발명은 본 발명의 방법에 의해 생성된 복수의 영상을 저장하는 메모리의 데이터 구조를 포함한다. 본 발명은 또한, 본 발명의 방법에 의해 생성된 관심 지점과 관련되며 메모리에 저장된 영상을 메모리에 포함한다.

[0022] 본 발명은 또한 복수의 화소를 갖는 영상에서 관심 지점의 기술자를 얻는 방법을 포함하고, 상기 관심 지점은 상기 영상의 위치 및 오리엔테이션(orientation)을 갖고, 상기 방법은, 상기 관심 지점의 상기 오리엔테이션으로 정렬된 상기 관심 지점 주변의 이웃을 식별하는 단계 - 상기 이웃은 일 세트의 화소를 포함함 - ; 적어도 하나의 디지털 필터를 사용해서 상기 오리엔테이션에 고정된 관계를 갖는 적어도 하나의 방향에서 상기 관심 지점의 상기 이웃의 콘트라스트(contrast)를 조사하여, 각 방향에 대해 독립적으로 제1 스칼라(scalar) 콘트라스트 측정을 생성하는 단계; 및 제1 소자를 포함하는 다차원 기술자를 생성하는 단계를 포함하고, 상기 각각의 제1 소자는, 일 방향으로부터만의 상기 제1 스칼라 콘트라스트 측정의 조합인 제2 스칼라 콘트라스트 측정이다.

[0023] 본 발명은 또한, 복수의 화소를 갖는 영상에서 관심 지점의 기술자를 얻는 방법을 제공하고, 상기 관심 지점은 상기 영상의 위치 및 오리엔테이션을 갖고, 상기 방법은, 상기 관심 지점의 상기 오리엔테이션으로 정렬된 상기

관심 지점 주변의 이웃의 영역을 식별하는 단계 - 상기 이웃은 일 세트의 화소를 포함함 - ; 상기 영역의 타일(tile)을 검사하고, 각 타일에 대해 적어도 하나의 디지털 필터를 사용해서 콘트라스트 관련 응답을 생성하는 단계; 적어도 2개의 직교 방향에서 상기 적어도 하나의 디지털 필터의 적용으로부터의 응답 값들을 합산하여 합산 값을 생성하는 단계; 및 제1 소자를 갖는 다차원 기술자를 생성하는 단계를 포함하고, 상기 각각의 제1 소자는 상기 합산 값에 기초한다.

[0024] 본 발명에 따른 임의의 기술자는 제2 소자를 포함할 수 있고, 상기 제2 소자는 상기 관심 지점에서의 라플라시안(Laplacian)의 부호이다.

[0025] 콘트라스트 응답을 추출하는 상기 적어도 하나의 디지털 필터는 Haar 웨이브릿 필터 또는 다른 웨이브릿 필터 또는 가버 필터 등이다.

[0026] 기술자의 제1 소자는 적어도 2개의 방향에서 적어도 하나의 디지털 필터의 적용으로부터 나온 합산된 절대값에 기초할 수 있다.

[0027] 본 발명은 또한, 복수의 화소를 갖는 영상에서 관심 지점의 기술자를 얻는 방법을 제공하고, 상기 관심 지점은 상기 영상의 위치 및 오리엔테이션을 갖고, 이웃은 상기 관심 지점의 상기 오리엔테이션으로 정렬된 상기 관심 지점 주변에서 정의되며, 상기 이웃은 일 세트의 화소를 포함하고, 상기 방법은, 적어도 하나의 디지털 필터를 사용해서 상기 관심 지점의 상기 이웃의 콘트라스트를 조사하는 단계; 및 상기 적어도 하나의 디지털 필터가 적용된 결과 및 그 결과의 절대값에 기초해서 다차원 기술자를 생성하는 단계를 포함한다.

[0028] 본 발명은 또한, 복수의 화소를 갖는 영상에서 관심 지점의 오리엔테이션을 지정하는 방법을 포함하고, 상기 관심 지점은 위치를 갖고, 상기 방법은, 상기 관심 지점을 둘러싸는 영역을 식별하는 단계; 및 상기 관심 지점에 대한 오리엔테이션을 결정하는 단계를 포함하고, 상기 관심 지점에 대한 오리엔테이션을 결정하는 단계는,

[0029] 상기 영역의 복수의 타일을 검사하는 단계 - 상기 타일의 각각은 복수의 화소를 포함함 - ,

[0030] 각 타일에 대해, 2개의 방향에서 콘트라스트에 관련된 필터링된 값을 결정하여, 그 타일에 대해 오리엔테이션 및 그 오리엔테이션에 대한 크기를 결정하는 단계; 및

[0031] 최대 크기를 갖는 결정된 오리엔테이션을 선택함으로써 상기 관심 지점에 오리엔테이션을 지정하는 단계에 의해 수행된다.

[0032] 복수의 기술자가 메모리에 저장될 수 있으며, 예를 들어, 이들은 보관된 영상을 질의하는데 사용될 수 있다. 이를 위해서, 복수의 기술자들이 영상(들)과 결합되어 메모리에 저장될 수 있다.

[0033] 본 발명은, 상이한 스케일 및/또는 회전에서 동작하기 적합한 복수의 화소를 갖는 영상에서 관심 지점을 결정하기 위한 컴퓨터 기반 시스템을 제공하고, 이 시스템은, 적어도 하나의 디지털 필터를 사용해서 상기 영상을 필터링하는 수단; 및 상기 적어도 하나의 디지털 필터의 적용으로부터 나온 측정의 결정에 기초해서 관심 지점을 선택하는 수단을 포함하고,

[0034] 상기 측정은 상기 적어도 하나의 디지털 필터의 출력의 비선형 조합이고, 상기 측정은 하나 이상의 디멘젼 또는 방향에서 영상 파라미터의 변화를 캡처링하고, 상기 적어도 하나의 디지털 필터는 박스 필터들의 조합이고, 적어도 하나의 박스 필터는 일 화소보다 큰 공간 범위를 갖는다.

[0035] 필터링하는 수단은 집적 영상을 사용해서 상기 영상에 적어도 하나의 대역 통과 필터를 적용하도록 적응될 수 있다.

[0036] 본 발명은 또한, 상이한 스케일 및/또는 회전에서 동작하기 적합한 복수의 화소를 갖는 영상에서 관심 지점을 결정하기 위한 컴퓨터 기반 시스템을 제공하고, 이 시스템은, 적어도 하나의 디지털 필터를 사용해서 상기 영상을 필터링하는 수단; 및 상기 적어도 하나의 디지털 필터의 적용으로부터 나온 측정의 결정에 기초해서 관심 지점을 선택하는 수단을 포함하고,

[0037] 상기 측정은 상기 적어도 하나의 디지털 필터의 출력의 비선형 조합이고, 상기 선택 수단은 집적 영상을 사용해서 적어도 하나의 디지털 필터를 적용시킨다.

[0038] 상기 적어도 하나의 디지털 필터는 박스 필터들의 조합이고, 적어도 하나의 박스 필터는 일 화소보다 큰 공간 범위를 갖는 것이 바람직하다. 상기 박스 필터들의 조합은 하나 이상의 방향에서 스무딩 필터, 예를 들어, 가우시안 필터의 도함수를 근사화할 수 있다.

[0039] 상기 필터링하는 수단은 상기 적어도 하나의 디지털 필터를 사용해서 상이한 스케일로 복수의 필터링된 영상을 제공할 수 있다.

[0040] 사용될 상기 측정은, 상기 적어도 하나의 필터를 적용한 결과로부터 구성된 Hessian 매트릭스의 행렬식일 수 있다.

[0041] 상기 필터링하는 수단은 2개보다 많은 필터, 예를 들어, 적어도 3개의 디지털 필터 이상을 적용할 수 있다.

[0042] 상기 적어도 하나의 디지털 필터는 바람직하게, 예를 들어, 가우시안과 같은 스무딩 필터의 2차 도함수로부터 얻어진다.

[0043] 필터링된 영상의 영역을 포함하는 이웃 내의 측정의 로컬 극값으로서 관심 지점을 결정하는 것이 편리하다. 상기 이웃은, 영상 피라미드에 논리적으로 정렬된 복수의 필터링된 영상들 중 적어도 3개의 영상에 의해 정의되는 공간일 수 있다.

[0044] 메모리는 생성된 복수의 영상 및/또는 관심 지점을 저장하도록 제공될 수 있다.

[0045] 본 발명은 또한 복수의 화소를 갖는 영상에서 관심 지점의 기술자를 얻기 위한 시스템을 제공하고, 상기 관심 지점은 상기 영상의 위치 및 오리엔테이션을 갖고, 상기 시스템은, 상기 관심 지점의 상기 오리엔테이션으로 정렬된 상기 관심 지점 주변의 이웃을 식별하는 수단 - 상기 이웃은 일 세트의 화소를 포함함 - ; 적어도 하나의 디지털 필터를 사용해서 상기 오리엔테이션에 고정된 관계를 갖는 적어도 하나의 방향에서 상기 관심 지점의 상기 이웃의 콘트라스트를 조사하여, 각 방향에 대해 독립적으로 제1 스칼라 콘트라스트 측정을 생성하는 수단; 및 제1 소자를 포함하는 다차원 기술자를 생성하는 수단을 포함하고, 상기 각각의 제1 소자는, 일 방향으로부터만의 상기 제1 스칼라 콘트라스트 측정의 조합인 제2 스칼라 콘트라스트 측정이다.

[0046] 본 발명은 또한, 복수의 화소를 갖는 영상에서 관심 지점의 기술자를 얻는 시스템을 제공하고, 상기 관심 지점은 상기 영상의 위치 및 오리엔테이션을 갖고, 상기 시스템은, 상기 관심 지점의 상기 오리엔테이션으로 정렬된 상기 관심 지점 주변의 이웃의 영역을 식별하는 수단 - 상기 이웃은 일 세트의 화소를 포함함 - ; 상기 영역의 타일을 검사하고, 각 타일에 대해 적어도 하나의 디지털 필터를 사용해서 콘트라스트 관련 응답을 생성하는 수단; 적어도 2개의 직교 방향에서 상기 적어도 하나의 디지털 필터의 적용으로부터의 응답 값들을 합산하여 합산 값을 생성하는 수단; 및 제1 소자를 갖는 다차원 기술자를 생성하는 수단을 포함하고, 상기 각각의 제1 소자는 상기 합산 값에 기초한다.

[0047] 본 발명에 따른 임의의 기술자는 제2 소자와 같은 다른 소자를 포함할 수 있고, 상기 제2 소자는 상기 관심 지점에서의 라플라시안의 부호이다.

[0048] 콘트라스트 관련 정보를 얻기 위해 사용되는 상기 적어도 하나의 디지털 필터는 Haar 웨이브릿 필터일 수 있다.

[0049] 본 발명에 따른 기술자는, 적어도 2개의 방향에서 적어도 하나의 디지털 필터의 적용으로부터 나온 합산된 절대값에 기초할 수 있다.

[0050] 본 발명은 또한, 복수의 화소 및 이웃을 갖는 영상에서 관심 지점의 기술자를 얻는 시스템을 제공하고, 상기 관심 지점은 상기 영상의 위치 및 오리엔테이션을 갖고, 상기 이웃은 상기 관심 지점의 상기 오리엔테이션으로 정렬된 상기 관심 지점 주변에 정의되며, 상기 이웃은 일 세트의 화소를 포함하고, 상기 시스템은, 적어도 하나의 디지털 필터를 사용해서 상기 관심 지점의 상기 이웃의 콘트라스트를 조사하는 수단; 및 상기 적어도 하나의 디지털 필터가 적용된 결과 및 그 결과의 절대값에 기초해서 다차원 기술자를 생성하는 수단을 포함한다.

[0051] 본 발명은 또한, 복수의 화소를 갖는 영상에서 관심 지점의 오리엔테이션을 지정하는 시스템을 제공하고, 상기 관심 지점은 위치를 갖고, 상기 시스템은, 상기 관심 지점을 둘러싸는 영역을 식별하는 수단; 및 상기 관심 지점에 대한 오리엔테이션을 결정하는 수단을 포함하고, 상기 관심 지점에 대한 오리엔테이션을 결정하는 수단은,

[0052] 상기 영역의 복수의 타일을 검사하는 수단 - 상기 타일의 각각은 복수의 화소를 포함함 - ,

[0053] 각 타일에 대해, 2개의 방향에서 콘트라스트에 관련된 필터링된 값을 결정하여, 오리엔테이션 및 그 오리엔테이션에 대한 크기를 그 타일에 대해 결정하는 수단; 및

[0054] 최대 크기를 갖는 결정된 오리엔테이션을 선택함으로써 상기 관심 지점에 오리엔테이션을 지정하는 수단을 포함한다.

[0055] 각 타일은 관심 지점에 배치된 정점(apex)을 가질 수 있다.

[0056] 관심 지점 주변의 제2 이웃을 정렬시키는 수단에는 관심 지점의 지정된 오리엔테이션이 제공될 수 있고, 상기 이웃은 일 세트의 화소를 포함하고, 적어도 하나의 디지털 필터를 사용해서 상기 관심 지점의 이웃에서 콘트라스트를 조사하는 수단은 기술자를 생성한다.

[0057] 본 발명은, 컴퓨팅 시스템에서 실행시, 본 발명에 따른 임의의 방법, 본 발명에 따른 임의의 영상 또는 시스템을 구현하는 소프트웨어 코드를 포함하는 컴퓨터 프로그램 프로덕트를 제공한다. 컴퓨터 판독가능 기록 매체가 컴퓨터 프로그램 프로덕트를 기록하기 위해 제공될 수 있다.

[0058] 본 발명의 목적은, 검출기 및/또는 기술자를 개발하여, 각각이(또는 둘 다) 성능을 나쁘게 하지 않으면서 계산을 신속하게 하는 것이다. 본 발명은 관심 지점 검출기 및/또는 기술자를 개별적으로 또는 조합으로서 제공한다. 또한, 본 발명은 일 영상의 관심 지점과 다른 영상의 동일한 관심 지점의 매칭 단계를 제공하고, 예를 들어, 일 영상에서 가장 구별가능한 관심 지점을 식별하거나 또는 제1 및 제2 영상의 동일한 관심 지점을 식별하도록, 제1 영상으로부터의 관심 지점의 기술자와 제2 영상 또는 동일한 영상의 관심 지점의 기술자를 매칭하는 단계를 제공할 수 있다.

[0059] 본 발명은 또한 본 발명의 임의의 방법을 구현하는 소프트웨어를 제공한다. 본 발명은 또한, 본 발명은 또한, 예를 들어, 메모리에 저장되거나 네트워크를 통해 전송된 것과 같은 필터링된 영상 자체뿐만 아니라 복수의 필터링된 영상을 생성하기 위해 다중 필터링 동작에 의해 생성된 데이터 구조를 제공한다.

발명의 효과

[0060] 본 발명은, 충분한 구별가능성을 유지하면서, 기술자의 복잡성과 낮은 차원을 갖는 것 간의 균형적 해결안을 찾는다.

[0061] 본 발명은 반복성, 구별성, 및 강건성에 있어서 이전에 제시된 방법들을 능가한다는 장점을 제공할 수 있고, 또한 훨씬 더 빠르게 계산 및 비교될 수 있는 관심 지점 및/또는 기술자를 제공할 수 있다. 기술자의 디멘젼은, 다른 영상에서 일 영상으로부터의 관심 지점을 식별하는데 걸리는 시간에 직접 영향을 주고, 이에 따라 더 작은 수의 디멘젼이 바람직하다. 특징 클러스터링(clustering)에 대해서도, 낮은 디멘젼이 바람직하다. 본 발명은 소정 수의 디멘젼에 대해 우수한 레벨의 구별성을 갖는 기술자를 제공한다.

[0062] 본 발명의 다른 양상은, 기술자 및/또는 검출기의 고속 계산을 위한 영상 콘볼루션에 집적 영상을 사용한다. 본 발명의 또 다른 양상은 하나 이상의 디멘젼 또는 방향에서 영상 파라미터의 변화를 캡처링하는 측정을 사용한다. 영상 파라미터는, 예를 들어, 그레이스케일 값, 색조, 범위 영상의 깊이 값, 강도 등과 같은 화소와 관련된 임의의 영상 관련 값일 수 있다. 이 측정은 적어도 하나의 필터를 영상에 적용한 결과이며, 이 측정은 적어도 하나의 디지털 필터의 출력들의 비선형 조합일 수 있다. 측정은 양호하게 적어도 근사 Hessian 매트릭스 기반 측정이다. 이러한 측정은 Hessian 매트릭스의 라플라시안 또는 행렬식일 수 있다. 본 발명의 다른 양상은, 예를 들어, 박스 필터들의 조합에 의해 하나 이상의 방향에서 스무딩 필터의 도함수를 근사화하는 적어도 하나의 디지털 필터와 같은, 하나 이상의 방향에서 스무딩 필터의 도함수를 근사화하는 적어도 하나의 디지털 필터를 사용하는 것이고, 적어도 하나의 박스 필터는 박스 필터들의 조합에 의한 것이고, 적어도 하나의 박스 필터는, 일 화소보다 큰 공간 범위를 갖는다. 본 발명의 또 다른 양상은, 예를 들어, 가우시안 또는 가버 필터의 근사화된 2차 도함수에 기초하여 디지털 대역 통과 필터를 사용하는 것이다. 본 발명의 또 다른 양상은 분배 기반 기술자이다. 본 발명의 다른 양상은, 예를 들어, 매칭 단계의 속도를 증가시키기 위해 (예를 들어, 라플라시안의 부호를 사용하여) 기술자의 관심 지점의 콘트라스트의 형태를 사용하는 것이다. 또 다른 양상은, 스케일 공간의 복수의 인접 영역 또는 볼륨을 검사함으로써 관심 지점의 오리엔테이션을 지정하는 것이다. 본 발명의 또 다른 양상은 부호를 갖는(방향성을 갖는) 영상 콘트라스트 값들의 합에 기초한 관심 지점에 대한 기술자이다.

도면의 간단한 설명

[0063] 도 1은 본 발명의 실시예에서 사용될 수 있는 집적 영상(integral image)을 어떻게 계산하는 지를 도시한다. A, B, C, D 자체는, 표시된 점 및 기점(origin)(상부 좌측 코너)에 의해 스패닝되는(spanned) 직립형(upright) 직사각형내의 모든 값들의 합이다.

도 2A 및 2B는 본 발명의 일 실시예에 따른 y방향 및 xy 방향 각각에서의 가우시안의 2차 편도함수(partial derivative)를 나타내는 이산화된 크롭드(discretised cropped) 디지털 필터를 도시하고, 회색 값은 제로를 나

타내고, 어두운 값은 네거티브를, 밝은 값은 포지티브를 나타낸다.

도 2C, 2D 및 2E는 본 발명의 일 실시예에 따른 y방향, xy 방향 및 x 방향 각각에서의 가우시안의 2차 편도함수의 근사치를 나타내는 이산화된 크롭드 디지털 필터를 도시한다. 회색 영역은 제로와 동일한 필터 값을 갖는다.

도 3은 본 발명의 실시예에서 사용될 수 있는 영상 피라미드의 개략적 표현이다.

도 4A는, 디지털 필터 사이즈를 증가시키고 이를 원 입력 영상에 적용시킴으로써 스케일 공간이 분석된 본 발명의 실시예를 도시한다. 도 4B는, Hessian 매트릭스의 근사 행렬식과 같은 측정의 최대값이 결정된 경우의 영상 내에서 스케일에 걸친 로컬 이웃의 상세를 도시한다.

도 5는 콘트라스트(contrast)를 찾기 위해 본 발명의 실시예에서 사용되는 콘트라스트 관련 Haar 웨이브릿 디지털 필터를 도시한다. 사용되는 웨이브릿의 사이즈는 샘플링 단계의 2배만큼 크다.

도 6A는 본 발명의 일 실시예에 따른 재생가능 오리엔테이션(reproducible orientation)을 결정하는데 사용되는 영상의 관심 지점 주변의 개별 원형 영역을 도시한다. 도 6A는 매 샘플마다 계산되는 x 및 y 방향에서의 웨이브릿 응답을 도시한다.

도 6B는 윈도우에 대한 대표적 벡터가 본 발명의 일 실시예에서 어떻게 얻어지는 지를 도시한다. x 및 y 방향에서의 웨이브릿 응답은 각각 이들 응답을 x 및 y 좌표로 하여 점들로서 함께 표시된다. 벡터는, 이들 응답을 팩터(factor)로 가중화(weighting)시킨 후에, x 방향 및 y 방향에서 웨이브릿 응답들을 부가함으로써 윈도우내의 모든 점들로부터 얻어진다. 이 팩터는, 관심 지점을 중심으로 하는, 가우시안과 같은 적절한 가중화 함수에 의해 결정되고, 이에 따라, 관심 지점으로부터 제거되는, 웨이브릿 응답이 측정되는 점이 더 많아지면 팩터는 더 작아진다. x 및 y 방향에서의 가중화된 응답의 이들 합은 벡터의 x 및 y 성분을 각각 제공한다. 이러한 윈도우가 상이한 오리엔테이션으로 다수 구성된다. 벡터가 최대 크기를 갖게 하는 윈도우에 대한 벡터의 오리엔테이션은 관심 지점의 재생가능 오리엔테이션으로서 취해진다.

도 7은 사각형 영역이 본 발명의 일 실시예에서 지정된 오리엔테이션으로 어떻게 정렬되는 지, 및 웨이브릿 응답이 이 오리엔테이션에 따라서 어떻게 계산되는 지를 도시한다. 또한, 응답 및 그 절대값은 개별적으로 합산되어, 매 서브-분할마다 4-디멘젼 벡터가 된다.

도 8은 영상의 상이한 강도 패턴에 대한 본 발명의 실시예에 따른 기술자의 특성을 도시한다. 동종(homogeneous) 영역에 대해, 기술자의 모든 엔트리(entry)가 상대적으로 낮게 유지된다(도 8A). 고 주파수에 대해(도 8B), 웨이브릿 응답의 절대값의 합이 주파수의 방향에서는 높지만, 일반 합(regular sum)은 낮다. 점진적으로 변하는 강도에 대해, 웨이브릿 응답의 절대값의 합 및 일반 합은 모두 점진적 변화의 방향에 대해 상대적으로 높다(도 8C). 이는, 관심 지점의 이웃 강도 패턴의 구별되는 기술자를 얻게 하고, 이는 위에서 종종 언급한 것들이다.

도 9는, 본 발명의 일 실시예에 따른 역 상황으로부터 밝은 배경에서 어두운 블롭을 선택적으로 구별하는데 사용될 수 있는 라플라시안의 부호를 도시한다. 동일한 종류의 콘트라스트를 갖는 관심 지점만이 매칭 단계에 후보가 될 수 있다. 이는 매칭 시간을 가속화한다.

도 10은 본 발명에 따른 방법과 공지된 방법 간의 실험적 결과의 비교를 도시한다. "SURF"는 본 발명의 응용을 지칭한다. SURF 37은 사용된 기술자의 디멘젼의 수, 즉, 37을 지칭하고, SURF 65 및 129도 마찬가지이다.

도 11은 입력 영상을 캡처링하기 위한 디지털 카메라를 포함하는 본 발명에서 사용될 수 있는 일반적인 컴퓨팅 시스템을 도시한다. 영상은, 관심 지점이 검출되고 계산부로 전송되어, 기술자를 사용해서 매칭될 수 있다.

도 12는 본 발명에서 사용될 수 있는 시스템의 일 예로서의 특정 컴퓨팅 시스템을 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0064] 본 발명은 특정 실시예에 대해 소정 도면을 참조해서 설명될 것이지만, 그것으로 제한되는 것은 아니며 청구항에 의해서만 제한된다. 기술된 도면은 단지 개략적인 것으로서 제한적인 것은 아니다. 도면에서, 일부 소자들의 사이즈는 확대될 수 있으며, 도시를 위해서 크기대로 도시되지 않을 수 있다. 디멘젼 및 상대적 디멘젼은 본 발명의 실시에 대한 실제 감소에 대응하지는 않는다.

[0065] 또한, 명세서 및 청구항에 있어서 제1, 제2, 제3 등의 용어는 유사한 소자들 간의 구별을 위해 사용되는 것으로

서, 반드시 순차적 또는 연대적 순서를 기술하는 것은 아니다. 이와 같이 사용된 용어는 적절한 환경 하에서 서로 바뀔수 있으며, 본 명세서에 기술된 본 발명의 실시예들은 본 명세서에서 설명 또는 도시된 것과 다른 시퀀스로 동작할 수 있다는 것을 이해해야 한다.

[0066] 청구항에서 사용된 "포함하는"이라는 용어는 이후에 열거되는 수단으로 제한되는 것으로서 해석되어서는 안되며, 이는 다른 요소들 또는 수단들을 배제하는 것은 아니다. 따라서, 기술된 특징, 정수, 단계 또는 구성요소의 존재를 언급한 바와 같이 특정하지만, 하나 이상의 다른 특징, 정수, 단계 또는 구성요소, 또는 이들의 그룹의 존재 또는 부가를 배제하지는 않는다는 것을 이해해야 한다. 따라서, "수단 A 및 B를 포함하는 장치"의 표현의 범위는 구성요소 A 및 B만으로 구성된 장치로 제한되는 것은 아니다. 이는, 본 발명에 있어서, 장치의 관련 구성요소가 A 및 B라는 것만을 의미하는 것이다.

[0067] 본 발명은 화소(픽처 소자)의 컬럼 및 로우에서 *논리적으로 조직화된* 것으로 기술될 수 있는 디지털 영상의 프로세싱에 관한 것이다. "논리적으로 조직화된"은, 각 화소가 예를 들어, x 및 y 방향에 따라서 로우 및 컬럼을 통해 어드레싱될 수 있다는 것을 의미한다. 그러나, 화소의 로우 및 컬럼은 물리적으로 Cartesian 어레이에 있을 필요는 없으며, 예를 들어, 이들은 극성 영상(polar image)에 있을 수 있다. 극성 영상의 경우에, 본 발명은 극성 영상에 직접 적용될 수 있거나, 또는 Cartesian과 극성 좌표 간의 변형이 디지털 필터의 생성시에 관련될 수 있다. 어떤 영상의 형태이든, 영상의 화소가 어드레싱되고 개별적으로 조작될 수 있다고 가정된다. 본 발명은 2D 영상으로 주로 기술될 것이지만, 3D 솔리드 영상(solid image), 또는 시공간적 도메인(비디오)으로 확장될 수도 있다. 또한, 본 발명은 주로 그레이스케일 영상 또는 흑백 영상에 관하여 기술될 것이지만, 그것으로 한정되는 것은 아니다. 본 발명은 또한 컬러 영상에도 적용된다. 컬러 영상은 통상 다수의, 예를 들어, 3개(예를 들어, 적, 녹, 청 또는 시안, 마젠타, 옐로우)의 컬러 분할 또는 예를 들어, 시안, 마젠타, 옐로우 및 블랙의 4개의 컬러 분할로 구성된다. 영상에서의 상이한 컬러 분할들이 또한 개별 컬러 채널로서 기술될 수 있다. 본 발명의 적용의 일 방법은 컬러 영상을 그레이스케일 영상으로 변경하여 본 발명을 그 영상에 적용시키는 것이다. 이 방법의 다른 적용 방법은 단일 컬러 분리 또는 컬러 채널을 사용하는 것이다. 다른 방법은, 모든 컬러 분할 또는 채널에 대해 화소 값들을 함께 결합, 예를 들어, 부가 또는 임의의 다른 결합 방법으로 결합하여, 각 화소에 대한 하나의 평균 값 또는 전체값을 얻는 것이다.

[0068] 본 발명은 영상의 "화소"에 대해 언급한다. 이 용어는, 예를 들어, 광도, 색조, 등의 표시될 영상 소자의 양상을 나타내는 값을 갖는 영상의 위치에 관련된다. 본 발명에서 사용되는 영상은 항시 업샘플링 또는 다운샘플링될 수 있다. 따라서, "샘플"이라는 용어는, 표시 여부에 관계없이 본 발명에서 사용되는 영상의 임의의 개별 부분에 대해 적용될 수 있다. 따라서 용어 "화소"는 본 출원의 임의의 부분 및 첨부된 청구항에서 "샘플"로 대체될 수 있다.

[0069] 본 발명은, 상이한 스케일 및/또는 회전으로 동작하기에 적합한 복수의 화소를 갖는 영상의 관심 지점을 결정하는 검출기를 제공하고, 여기에서 영상은 적어도 하나의 디지털 필터를 사용해서 필터링되고, 관심 지점은 적어도 하나의 디지털 필터의 적용으로부터 나온 측정의 결정에 기초해서 선택되고, 이 측정은 적어도 하나의 디지털 필터의 출력들의 비선형 조합이다. 적어도 하나의 디지털 필터는 하나 이상의 방향에서 스무딩(smoothing) 필터의 도함수를 근사화한다. 이 측정은 하나 이상의 디멘젼 또는 방향에서 영상 파라미터의 변화를 캡처링한다. 영상 파라미터는, 강도, 그레이스케일 값, 색조, 범위 영상의 깊이 값 등과 같은 영상의 화소에 할당된 임의의 적절한 값일 수 있다.

[0070] 양호하게, 검출기는 Hessian 기반 검출기이지만, 본 발명이 이로서 제한되는 것은 아니다. Hessian 기반 검출기는 Harris 기반 대응부보다 안정적이고 반복가능하다. 측정은 예를 들어, 행렬식 또는 대각합, 또는 이 둘의 조합과 같은 Hessian 매트릭스로부터 얻어진 임의의 적절한 측정일 수 있다. 그 대각합(즉, 라플라시안)보다는 Hessian 매트릭스의 행렬식을 사용하는 것이 더 유익하며, 이는 연장된 일-로컬라이즈(ill-localised) 구조에 덜 집중하기 때문이다.

[0071] 본 발명의 방법은, 임의의 조합으로 조합될 수 있거나 또는 다른 방법들과 단독으로 사용될 수 있는 3개의 독립적 단독 단계들을 포함한다. 우선, '관심 지점'은 영상의 디지털 필터링에 의해 영상의 구별되는 위치들에서 자동적으로 선택된다. 관심 지점은 예를 들어, 코너, 블롭, 및 T-정션(T-junction)일 수 있다. 다음으로, 매 관심 지점의 이웃은 예를 들어, 특성 벡터의 형태로 기술자에 의해 표현된다. 기술자는 구별가능하고, 동시에 노이즈, 관심 지점을 배치하는데 있어서의 에러, 및 기하학적 광도계 변형에 대해 강건하다. 마지막으로, 기술자는 상이한 영상들 간에서 또는 동일한 영상내에서 매칭되고, 예를 들어, 기술자 특성 벡터가 매칭된다. 매칭은, 예를 들어, 마할라노비스 또는 유클리드 거리인 기술자 특성 벡터들 간의 거리와 같은 기술자들 간의 12 거

리에 기초할 수 있다. 매칭은 또한 l1 거리 또는 l∞ 거리, 또는 임의의 다른 거리 측정에 기초할 수 있다. 이들 단계 중 임의의 하나는 다른 대체 단계와 결합될 수 있다. 따라서, 본 발명의 기술자는 다른 관심 지점 검출기에서 사용될 수 있거나 또는 본 발명의 관심 지점 검출기에는 다른 공지된 기술자가 사용될 수 있다.

[0072] 로컬 특성으로 작업하는 경우, 정해져야 하는 제1 이슈는 불변의 요구 레벨이다. 명확하게, 이는 기대되는 기하학적 광도계 변형에 따르고, 그 다음 뷰잉 조건의 가능한 변화에 의해 결정된다. 본 발명은, 예를 들어, 스케일 불변 및/또는 영상 회전 불변 검출기 및/또는 기술자인, 상이한 회전 및/또는 스케일링 하에서 동작하는 관심 지점 검출기 및/또는 기술자를 제공한다. 이들은, 통상적으로 발생하는 변형에 대한 강건성(robustness)과 특성 복잡도 간의 적절한 절충을 제공한다. 비스듬한 이방성 스케일링 및 조망 효과가 2차 효과가 될 것으로 가정된다. 이들은 기술자의 전체적 강건성에 의해 어느 정도로 커버된다. 광도계 변형에 관해서, 본 발명은 단순 선형 모델이 바이어스(오프셋) 및 콘트라스트 변화(스케일 팩터)를 갖는 것으로 가정한다. 검출기 및/또는 기술자는 그레이스케일 영상을 사용하고 컬러 영상을 사용할 필요는 없다.

[0073] 아래에서, 본 발명의 일 양상에 따른 검출기는 영상의 하나 이상의 필터링된 버전의 Hessian 매트릭스, 구체적으로 Hessian 매트릭스의 행렬식의 사용에 기초해서 기술된다. 양호하게, 이는 복잡성을 감소시키도록 근사화된다. 양호하게, 집적 영상은 계산 시간을 감소시키도록 사용된다.

[0074] 본 발명에 따른 기술자는 관심 지점 이웃 내의 콘트라스트 정보의 분배를 기술한다. 기술자는, 2개의 방향, 예를 들어, 영상의 컬럼 및 로우로서 동일한 방향일 필요가 없는 2개의 직교 방향에서의 콘트라스트의 분배에서 바로 작용한다. 기술자는 스칼라 콘트라스트 측정을 사용하게 한다. 스칼라 콘트라스트 측정은, 예를 들어, 영상의 화소 또는 화소의 그룹과 같은 이웃하는 영역으로부터의 영상 파라미터를 비교함으로써 얻어진다. 콘트라스트는 예를 들어, 강도 또는 영상의 화소에 할당되는 임의의 다른 값인 영상 파라미터에서의 변화이다. 이러한 스칼라 콘트라스트 측정들을 조합함으로써, 기술자의 소자들이 생성된다.

[0075] 선택적으로, 이 방법은 속도에 대해 집적 영상을 이용하고, 바람직하게, 기술자에 대해 예를 들어, 30 내지 150의 제한된 수의 디멘젼을 사용한다. 이는 강건하고 구별되는 기술자를 제공하고, 이는 여전히 상대적으로 작으며 이에 따라 매칭이 더 빨라지고, 동일하게 구별되는 최신 기술의 기술자보다 클러스터링에 대해 더 적합할 수 있다. 다수의 디멘젼이 본 발명의 범위내에 포함되지만, 더 많은 디멘젼이 시점 또는 뷰잉 조건 변화의 존재시 낮은 매칭 레이트의 위험성을 가져오는 이웃을 중복 결정할 수 있다.

[0076] 본 발명은 기술자의 강건성뿐만 아니라 매칭 속도도 증가시키는 라플라시안, 예를 들어, 라플라시안의 부호에 기초해서 인덱싱(indexing)을 사용하도록 할 수 있다. 상이한 콘트라스트 형태의 관심 지점들을 구별하도록 제공되는 다른 측정들이 사용될 수 있다.

[0077] 집적 영상

[0078] 본 발명의 일 양상은 예를 들어, [23]에서 정의되고 도 1에서 개략적으로 도시된 바와 같은 집적 영상을 사용하는 것이다. 이들은 박스형 콘볼루션 필터(convolution filter)의 고속 구현을 허용한다. 이 방법은 새로운 방법내의 여러 위치에서 적용될 것이며, 따라서 이 지점에서 한번 설명된다. 시작점은, x 및 y 방향에서 복수의 화소에서의 영상 값을 갖는 적어도 2-디멘젼의 디지털 영상 I이다. 위치 x=(x, y)에서의 집적 영상 $I_{\Sigma(x)}$의 엔트리는 기점 및 x에 의해 형성된 영역의 입력 영상 I의 모든 화소의 합을 나타낸다. 따라서, 집적 영상 $I_{\Sigma(x)}$는 그 극점(extreme point)으로서 기점을 갖는 영상의 영역에 대한 영상점 I(i,j)에서의 화소 값들의 합이다. 이 영역은 다음의 경우에 직사각형 영역일 수 있다.

수학식 1

[0079] $$I_{\Sigma}(\mathbf{x}) = \sum_{i=0}^{i\leq x}\sum_{j=0}^{j\leq y} I(i,j)$$

[0080] 집적 영상이 계산되면, 임의의 직립형 직사각형 영역에 대한 강도들의 합을 계산하기 위해 4개의 덧셈이 행해진다. 또한, 계산 시간은 그 사이즈와는 무관하다.

[0081] 집적 영상이 영상의 직사각형 부분을 참조해서 기술되었지만, 다른 형태들, 예를 들어, 삼각형 또는 6각형도 사용될 수 있으며, 본 발명의 디지털 필터는 이러한 집적 영상에 의해 용이하게 처리되도록 그 형태를 적응시킬

수 있다.

[0082] 관심 지점 검출

[0083] Hessian 행렬식 및 영상 피라미드

[0084] 검출기는 우선 하나의 스케일로 기술될 것이고, 그 다음 방법은 다수의 스케일로 확장된다. 본 발명에 따른 검출기는 계산 및 정확도에 있어서의 우수한 성능으로 인해 Hessian 매트릭스에 기초한다. 그러나, 위치 및 스케일을 선택하기 위한 다른 측정을 사용하기보다, 본 발명은 위치 및 스케일 둘 다에 대해 Hessian의 행렬식 또는 근사 행렬식에 따른다. 영상 I에서 점 x=(x,y)가 주어지면, 스케일 σ에서 x의 Hessian 매트릭스 H(x,σ)는 다음과 같이 정의된다.

수학식 2

[0085]
$$H(\mathbf{x},\sigma) = \begin{bmatrix} Lxx(\mathbf{x},\sigma) & Lxy(\mathbf{x},\sigma) \\ Lxy(\mathbf{x},\sigma) & Lyy(\mathbf{x},\sigma) \end{bmatrix}$$

[0086] 여기에서, L*xx*(x,σ)는 점 x 등에 디지털 필터를 적용시킨 결과이다. 아래첨자 *xx*는 스무딩 필터의 2차 도함수 적용을 지칭한다. 아래첨자 *xy*는, 1차 도함수가 일 방향에 있고 2차 도함수가 다른 방향에 있는 경우의 스무딩 필터의 2차 도함수 적용을 지칭한다. 기본 스무딩 필터는 가우시안과 같은 벨 형태인 것이 바람직하다. 벨 형태는, 점 x로부터 더 멀리 떨어져 있는 화소가, 화소에 할당된 필터링된 값에 대해 더 적은 영향을 갖는다는 장점을 갖는다. 본 발명에 따른 2차 디지털 필터는 적어도 하나의 다음 특성을 갖는다.

[0087] a) 2차 디지털 필터는 스무딩 필터의 2차 도함수에 관련된 디지털 필터이다

[0088] b) 2차 디지털 필터는 벨 형태의 2차 도함수에 관련된 디지털 필터이다

[0089] c) 2차 디지털 필터는 가우시안의 2차 도함수에 기초한 필터이다

[0090] d) 2차 디지털 필터는 이산화된 필터(discretised filter)이다

[0091] e) 2차 디지털 필터는 크롭드 필터(cropped filter)이다

[0092] f) 2차 디지털 필터는 디지털 필터의 개별 서브영역에 의해 정의된 로브(lobe)를 갖는다

[0093] g) 2차 디지털 필터는 박스 필터이다

[0094] h) 서브영역의 로브는 "톱 햇(top hat)" 또는 "사각파(square pulse)" 형태가 될 수 있다

[0095] i) 적어도 하나의 필터는 대역 통과 필터이다.

[0096] 예를 들어, L*xx*(x,σ)는 점 x에서의 영상 I와 가우시안 2차 도함수 $\frac{\partial^2}{\partial x^2}g(\sigma)$ (또는 그 근사치)의 콘볼루션(convolution)의 결과이고, 유사하게 L*xy*(x,σ) 및 L*yy*(x,σ)는 각각 점 x에서의 영상 I와 가우시안 2차 도함수 $\frac{\partial^2}{\partial x \partial y}g(\sigma)$ 및 $\frac{\partial^2}{\partial y^2}g(\sigma)$ (또는 그 근사치)의 콘볼루션의 결과이다. 필터 L*xy*(x,σ)는 L*yx*(x,σ)와 관련되고, 이들 중 하나는 다른 것으로부터 얻어질 수 있어, 4개의 필터링된 영상을 생성하기 위해 3개의 디지털 대역 통과 필터만이 적용되면 된다. 가우시안은 스케일-공간 분석에 최적이지만, 실제로 이들은 무한히 크게 될 수 없으며 이산화되고 잘려져야만 한다. 이러한 근사치화 후에, 대역 통과 필터가 도 2A 및 2B에 개략적으로 도시된 바와 같이 얻어질 수 있다. 각 화소점에서의 필터의 값은 그레이스케일로 코딩된다. 회색은 값 0이다. 흑색은 네거티브 값이고 백색은 포지티브 값이다. 도시된 바와 같이, 필터는 각 화소에 대해 하나의 값만을 갖고, 즉, 가우시안의 2차 도함수와 같은 연속적 함수가 영상의 한 화소의 영역 전체에 대해 유효한 값으로 이산화된다. 또한, 공간적 범위는 무한에서, 예를 들어, 관심 지점을 중심으로 하는 M×M 화소의 마스크 사이즈와 같은 다수의 화소로 감소되었다. M에 대한 값은 중심 화소를 제공하기 위해서 홀수인 것이 바람직하다. M=9(9×9 마스크)는 자주 사용되는 값이다. 다른 값들에는 M=11, M=13, M=15 등이 있다. 통상적인 콘볼루션 방법에 대해, 이러한 사이즈는 계산 속도에 영향을 준다. M이 클수록, 마스크와 전체 영상의 콘볼루션은 느려진다. 그러나, 본 발명의 일 실시예에 따라서 집적 영상을 사용하면, 어떤 필터 사이즈도 일정 속도로 적용될 수 있게 된다.

[0097] 이산화 및 자르기가 영상 회전 하에서 반복성의 손실을 초래하는 것으로 가정된다는 사실에도 불구하고, 실제로 본 발명에 따라 사용되는 대역 통과 필터가 작동한다. 가우시안은 벨 형태의 형태를 갖고, 가우시안의 2차 도함수는 하나의 중앙 로브 및 반대 부호의 2개의 외부 로브를 갖는다. 도 2A에 도시된 바와 같이, 가우시안 디지털 필터의 이산화된 크롭드 2차 도함수 - 여기에서 도함수는 x 방향에서 2번 취해진다 - 는 중심 화소에서 네거티브 값이고, 즉, 중심 화소에 대해 네거티브 로브를 가지며, 중심 화소 위 및 아래에서 2개의 제로 크로싱(zero crossing)을 만든 다음 포지티브가 되며, 즉, 중심 화소 위 및 아래에서 하나의 포지티브 로브가 형성된다. 그 다음 필터는 0으로 가고, 즉, 중심 화소로부터 4번째 화소에서와 같은 소정 수의 화소 후에 잘려진다. 따라서, 이 디지털 필터는 하나의 2진 극성의 중심 로브, 2개의 제로 크로싱 및 반대 2진 극성의 2개의 외부 로브를 갖고, 예를 들어, 중심 화소로부터의 3개의 화소와 같은 소정 수의 화소를 플러스 및 마이너스한 공간 범위를 갖는다. *y* 필터는 이와 유사하지만 90° 만큼 회전되었다. 도 2B에서, *xy* 필터가 개략적으로 도시된다. 중심 화소는 0 값과 같은 값을 갖고, (대각선에 따른) 포지티브 x - 포지티브 y 및 네거티브 x - 네거티브 y 사분면에는 2개의 포지티브 로브가 있다. (다른 대각선에 따른) 포지티브 x - 네거티브 y 및 네거티브 x - 포지티브 y 사분면에는 2개의 네거티브 로브가 있다. 중심 화소가 예를 들어, 박스 필터와 같이 로브들 중 하나에 포함되지 않는 값을 가지며, 필터의 중심이 박스 필터의 인접하는 정점들의 조합에 의해 형성되지 않는다는 사실은, 도 2B에 도시된 필터의 형태가 도 2A, 2C, 및 2E에 도시된 필터의 형태와 다르다는 것을 의미한다.

[0098] 영상을 디지털적으로 필터링하기 위해서, 도 2A 및 2B에 도시된 바와 같이 디지털 필터 및 도 2A의 회전 버젼(또는 도 2C, 2D, 2E에 도시된 바와 같은 버젼)은 그 화소를 중심으로 하는 각 화소에 대한 새로운 값을 계산하는데 사용되고, 이는 필터링된 영상을 생성하기 위해 일부 또는 전체 화소에 대해 반복된다. 일정하게 이격된 화소에서 값들이 계산될 수 있고, 여기에서 화소 샘플들 간의 단계는 Nyquist 샘플링 정리에 따라서 선택된다.

[0099] 본 발명의 다른 양상에 따라서, 적어도 하나의 대역 통과 필터를 형성하는 가우스 필터와 같은 스무딩 필터의 도함수의 근사치는 개별 서브영역으로 디지털 필터를 사용함으로써 훨씬 더 양호하게 취해진다. 이들 서브영역은, 예를 들어, 도 2C, 2D, 2E에 도시된 바와 같이 박스 필터의 조합 형태로 중심 화소 주변에 적어도 직경 방향으로 대칭으로 일반적으로 배치된, 필터 값의 개별 영역들이다. 이들 박스는, 하나보다 큰 소정 수의 화소에 대해 확장하는 단일 포지티브 값 또는 단일 네거티브 값 중 하나를 갖는다. 따라서, 벨 형태 로브는 "톱 햇" 또는 "사각파" 로브에 의해 대체되었다. 도 2C에서는, N개의 블록, 예를 들어, 3개의 블록이 있고, 값은 백색 화소에 대해 +1이고, 흑색 화소에 대해 -2이고, 이들 필터는 y 및 x 방향에서 각각 사용된다. 필터의 서브영역은 정사각형 또는 직사각형의 박스로서 도시되었지만, 예를 들어, 정방형, 성모양의(castellated) 정사각형 또는 정방형, 성모양의 6각형, 성모양의 원형, 삼각형, 6각형 등과 같은 다른 형태들도 본 발명의 범위내에 포함된다. 집적 영상 프로세싱을 사용할 수 있도록 하는 서브영역 형태들이 본 발명에서 특히 바람직하다. 박스 필터들의 조합은 도 1에 도시된 형태의 집적 영상을 특히 처리하기 용이하다. 도 2D에서, *xy* 필터는, 필터 값, 예를 들어, 제로의 필터 값을 갖는 중심 화소 주변에 대칭적으로 배치된 +1(백색) 또는 -1(흑색) 중 하나를 갖는 예를 들어, 4개의 화소 블록과 같은 N개의 화소 블록에서의 값을 갖는 것으로 도시된다. 중심 화소가 예를 들어, 박스 필터에서 로브들 중 하나에 포함되지 않는 값을 갖고, 필터의 중심이 박스 필터의 인접하는 정점들의 조합에 의해 형성되지 않는다는 사실은, 도 2D(도 2B와 유사)에 도시된 필터의 형태가 도 2A, 2C, 및 2E에 도시된 필터의 형태와 다르다는 것을 의미한다. 또한, 중심 값은 0이 될 수 있고, 이는 +1 또는 -1일 수 있는 박스 필터의 값과 다른 값이다. 따라서, 이 필터는 3원(-1, 0, 1) 디지털 필터인 반면, 다른 필터들은 2원 필터이다. 따라서, 본 발명의 일 양상에서, (예를 들어, 도 2A 내지 2E에 도시된 바와 같이) 적어도 하나의 필터는 3원 필터 또는 그보다 높은 필터 예를 들어, 4원 필터이다. 이를 설명하자면, 디지털 필터의 적어도 하나의 중심은, 일 사이드(side)에서 대칭적으로 배치된 박스 필터 로브의 값이 아닌 값을 갖는 화소이다.

[0100] 본 발명은 *x* 및 *y* 필터에 대해 3개의 블록으로, *xy*(및 *yx*) 필터에 대해 4개의 블록으로 제한되는 것은 아니다. 다른 수의 블록들이 사용될 수 있다.

[0101] 상기 설명은 박스 필터에 관련되지만, 본 발명이 이것으로 제한되는 것은 아니다. 각 블록 또는 박스 내의 필터 값은 (도 2A 및 2B에 개략적으로 도시된 바와 같이) 비-정수일 수 있지만, 이는 집적 영상을 사용하지 못하게 한다. 또한, 필터 값은 블록내에서 또는 블록에서 블록으로 변할 수 있다. 그러나, 블록이 많아지고 값들이 많아지면, 필터는 계산적으로 더 복잡하게 된다.

[0102] 도 2C 내지 2E의 필터의 일반적인 특징들은 다음과 같다:

[0103] a) *xy* 필터(및 *yx* 필터)는 중심 화소에서 0 값을 갖는 중심 화소 위치로부터 진행하는 하나의 대각 방향에 하나의 로브만을 갖는다. 따라서, 대각 방향에 따라 2개의 로브만이 존재하고, 그 하나는 일 대각 방향에

존재하고, 다른 하나는 반대 방향에 존재한다. 중심 제로 값으로부터 둘 다 증가한 다음 다시 제로 값으로 감소한다. 임의의 대각선에 따른 2개의 로브는 동일한 극성을 갖고, 둘 다 포지티브 값을 갖거나 또는 네거티브 값을 갖는다. 일 대각 방향에서 로브들의 극성은 다른 대각선에 따른 로브들의 극성과 반대된다.

[0104] b) *x* 및 *y* 필터는, 어느 필터 방향이 관련되는지에 따라서 x 또는 y 축에 따라 양쪽 중 한 사이드에서 제로 값으로 감쇠하는, 중심 화소를 중심으로 하는 단일 로브를 갖고, 함께 반대 부호의 2개의 로브를 가지며, 이는 중심 로브의 각 사이드에 하나씩 존재한다.

[0105] c) 모든 필터에 대해서, 필터에 대한 모든 필터 값의 총합은 0이다.

[0106] d) 선택적으로 필터 값은 정수이다.

[0107] e) 선택적으로 일 로브에서의 필터 값은 모두 동일하다 - 로브 값은 "톱 햇"이고, 즉, 형태로는 직사각형이다.

[0108] 근사 2차 가우스 도함수에 기초하고 도 2C, 2D, 2E에 예시된 바와 같이 박스 필터의 조합을 포함하는 이들 필터는 사이즈에 관계없이, 즉, 공간 범위에 관계없이 집적 영상을 이용해서 매우 신속하게 평가될 수 있다. 이 필터의 성능은 도 2A 및 2B에 도시된 바와 같은 이산화된 크롭드 필터를 사용하는 것에 필적하거나 그보다 훨씬 더 우수하며, 본 발명은 이들 필터의 사용도 물론 포함한다. 박스 필터들의 조합은, 도 2C 및 2D에 도시된 바와 같이 P×P, 예를 들어, 9×9 필터의 공간 범위를 가지며, 예를 들어, σ=1.2를 갖는 가우시안으로부터 유도되는 근사치이다. 박스 필터들의 이러한 9×9 조합은 최저 스케일 필터, 즉, 최고 공간 해상도 필터로서 사용될 수 있다. 이들 필터는 D*xx*, D*yy*, 및 D*xy*로 표시될 것이다. P에 대한 다른 적절한 값들은 임의의 홀수를 포함한다. 9×9가 가장 작은 필터 크기로 유용하지만, 더 작은 필터들이 본 발명에서 사용될 수 있으며, 예를 들어, 3×3 필터가 유용하며, 실제로 3으로 나뉠 수 있는 임의의 필터 사이즈가 가능하다. 더 높은 스케일에 대해서, 필터 사이즈는 더 큰 영상 영역을 커버하기 위해서 증가된다. 필터 사이즈는 이론적으로 영상 그 자체의 크기까지 될 수 있다. 본 발명의 일 실시예에 따르면, 모든 필터 사이즈에 대한 근사화된 가우시안 함수의 표준 편차와 P 간의 비율은 일정하다. 예를 들어, 이 비율은 7.5(9/1.2)일 수 있지만, 다른 값들도 고려될 수 있으며, 이는 일 스케일 분석에 대해 일정하게 제공된다.

[0109] 직사각형 영역에 적용되는 가중치는 계산적 효율성을 위해 단순하게 유지될 수 있다. Hessian의 행렬식에 대한 식에서의 상대적 가중치는 평균화되는 것이 바람직하다. 이는 다음의 일반식으로 정의되는 바와 같이 수행될 수 있다.

수학식 3

[0110] $$\frac{|Lxy(\sigma)|_F \, |Dxx/yy(P)|_F}{|Lxx/yy(\sigma)|_F \, |Dxy(P)|_F}$$

[0111] 여기에서 $|x|_F$는 Frobenius 놈(norm)이다.

[0112] 위의 P=9이고 σ=1.2인 특정 경우에, 결과는 다음과 같다:

[0113] $$\frac{|Lxy(1.2)|_F \, |Dxx/yy(9)|_F}{|Lxx/yy(1.2)|_F \, |Dxy(9)|_F} = 0.912$$ (또는 다시 말해서 약 0.9), 여기에서 는 $|x|_F$는 Frobenius 놈이다. 이를 통해 Hessian의 근사 행렬식을 다음과 같이 얻을 수 있다(수학식 2 참조):

수학식 4

[0114] $$\det(H_{approx}) = DxxDyy - (0.9Dxy)^2$$

[0115] P 및/또는 σ의 값이 변하면, 이 근사치 공식도 변할 것이다.

[0116] 근사화된 행렬식 Hessian $\det(H_{approx})$는 영상의 일부 또는 각 화소(또는 샘플)에 대해 계산되고, 위치 x에서의 $\det(H_{approx})$ 값은 위치 x에서의 영상의 블롭 응답 또는 관심 지점 측정을 나타낸다. 이들 응답은 블롭 응답 맵에 저장된다. 관심 지점을 찾기 위해서 $\det(H_{approx})$의 로컬 최대치가 후술되는 바와 같이 검출된다.

[0117] 상기 설명에서는 필터의 일 스케일만이 기술되었다. 관심 지점은 단일의 필터링된 영상 또는 상이한 스케일에서 발견될 수 있다. 복수의 필터링된 영상을 사용하는 것은, 상이한 영상들 간의 대응의 서치가 종종, 상이한 스케일에서 대응이 존재하는 경우의 영상에서 그 비교를 요구하기 때문에, 유용하다. 스케일 공간은 영상 피라미드로서 구현되는 것이 바람직하다. 영상 피라미드는 개념적으로 하나가 다른 하나 위에 배치되는 일련의 필터링된 영상이고, 이에 의해 피라미드가 아래에서 위로 이동하면, 영상은, 도 3에 개략적으로 도시된 바와 같이 가우시안 필터(또는 상술한 바와 같은 필터들의 근사치)의 2차 도함수로부터 얻어진 필터와 같은 훨씬 더 큰 대역 통과 필터로 필터링된다. 대역 통과 필터가 더 커지면, 이는 원래 영상의 더 낮은 주파수에 대해 더 조사한다. 필터링된 영상의 피라미드를 형성하기 위한 다양한 가능성이 존재한다. 적어도 3개의 가능성이 본 발명의 범위내에 포함된다.

[0118] a) 각각의 새로운 영상은 이전 영상의 서브샘플링된(subsampled) 버전이고 대역 통과 필터 사이즈는 동일하게 유지된다.

[0119] b) 각각의 새로운 영상은 동일한 사이즈를 갖고, 필터 사이즈는 증가한다. 예를 들어, 영상은 원래 영상일 수 있거나 또는 그 영상의 서브샘플링된 버전 또는 업샘플링된 버전일 수 있다.

[0120] c) 각각의 새로운 영상은 이전 영상의 서브샘플링된 버전이고, 대역 통과 필터 사이즈도 증가한다.

[0121] 피라미드의 다른 부분에 대해 위의 a) 내지 c)의 조합이 물론 사용될 수 있다.

[0122] 예를 들어, 영상은, 예를 들어, 동일 또는 상이한 대역 통과 필터를 사용해서, 이전에 필터링된 층의 출력에 동일한 필터를 적용시킴으로써 반복적으로 필터링될 수 있다. 피라미드 층 감산(subtraction), 즉, 다른 층, 예를 들어, 인접 층으로부터 피라미드의 일 층을 빼는 것은, 에지 및 블롭이 발견될 수 있는 DoG 영상을 얻게 한다. 이 피라미드의 생성에 대해, 가우시안 핵(kernel)이 최적 필터[24]가 되는 것으로 보여졌지만, 실제로, 가우시안은 수정될 필요가 있다. 이는 이산화되고 크롭드되어야 하며, 그에 따른 영상이 서브샘플링되자마자 가우시안 필터 에일리어싱(aliasing)이 여전히 존재한다. 또한, 낮은 해상도로 진행하는 동안 새로운 구조가 나타나지 않는 것과 같은 특성이 1D 경우에서 입증되었지만, 관련 2D 케이스[26]에는 적용되지 않는 것으로 공지되어 있다. 그럼에도 불구하고, 당업자는 이와 관련하여 가우시안에 이론적 중요성을 부여하며, 본 발명의 일 실시예에 따른 검출기는 단순한 대체예에 기초한다. 놀랍게도, 훌륭한 결과가 얻어진다. 본 발명은 가우시안 스무딩 필터에 기초한 필터로 제한되지 않는다.

[0123] 따라서, 본 발명의 실시예는, 스케일 공간이 분석된 후에 박스 필터들의 단순한 조합을 적용함으로써 스케일 공간을 생성하는 것을 포함한다. 이러한 콘볼루션 필터들은, 도 2를 참조해서 위에서 설명한 바와 같이 필터들의 박스에 대해 강도를 합산함으로써, 스무딩 필터의 2차 도함수, 예를 들어, 상이한 스케일에서의 2차 가우시안 도함수를 근사화한다. 다시, 집적 영상 처리가 사용되고, 이들 필터는 최대한 빠르게 평가된다. 또한, 동일한 필터를 이전에 필터링된 층의 출력에 반복적으로 적용시키는 것 대신에, 본 발명의 실시예는 임의의 사이즈의 이들 필터를 원래 영상에 적용시킨다. 이는, 집적 영상을 사용해서 사이즈에 관계없이 정확하게 동일한 속도로 수행될 수 있다. 상이한 필터 스케일을 이용한 동일한 영상의 필터링은, 예를 들어, 시간을 절약하기 위해 병렬 프로세서 네트워크가 사용되는 경우와 같이, 선택적으로 동시에 수행될 수 있다. 이 실시예에서, 다음 스케일 레벨에 도달하기 위해서 영상 사이즈를 감소시키는 것 대신에, 필터 사이즈는 도 4A에 개략적으로 도시된 바와 같이 증가된다. 집적 영상의 계산적 효율성으로 인해, 계산 속도에 있어서 상당한 손실 없이 영상에 임의의 사이즈의 필터가 사용될 수 있다. 따라서, 영상 사이즈를 반복적으로 감소시키는 것(도 3의 실시예)보다 필터 사이즈를 증가시키는 것(도 4A의 실시예)이 바람직하다. 동일한 영상이 상이한 스케일링의 필터들로 처리되면, 예를 들어, 수학식 4에 의해 결정되는 바와 같은 행렬식의 값이 그 점에서의 화소 값으로서 영상에 기입될 수 있다는 다른 장점이 있다. 따라서, 이 박스 필터의 동작은, 각 화소 또는 샘플이 Hessian의 행렬식의 적어도 근사값인 값을 갖는 새로운 영상을 생성한다. 이러한 새로운 영상들은 스케일 공간을 형성하기 위해 서로 논리적으로 위에 배치된다(도 4A 참조). 따라서, 이 실시예에 따르면, 3개의 대역 통과 필터가 원래 영상에 적용되어, 하나의 새로운 영상을 생성하고, 이 새로운 영상은 이제 화소 값의 Hessian 매트릭스의 행렬식의 적어도 근사값을 포함하며, 이 동작은 필터의 다른 스케일링에 대해서 반복되어 복수의 필터링된 영상을 생성한다.

[0124] 스케일 공간은 옥타브(octave)로 나뉜다. 옥타브는 2개의 연속하는 점차 더 서브샘플링되는 영상들 간의 간격을 나타내며, 일반적으로 스케일 변경 2를 스패닝한다. 각 옥타브는 일정 수의 스케일 레벨로 서브분할된다. 집적 영상의 이산 특성으로 인해, 옥타브의 서브분할의 최대 수는 일 방향(x 또는 y)에서 부분 2차 도함수의 포지티브 또는 네거티브 로브의 초기 길이 L_0에 따른다. 도 2를 참조해서 설명된 9×9 필터 마스크에 대해, 이

길이는 3이다. 2개의 연속 레벨에 대해, 이 사이즈(또는 디지털 필터의 공간 범위)는, 서브필터 또는 디지털 대역 통과 필터의 개별 서브영역의 사이즈, 예를 들어, 박스 필터 사이즈를 증가시킴으로써 증가될 수 있다. 예를 들어, 서브필터, 즉 박스 필터의 사이드 디멘젼은 R 화소의 최소수, 예를 들어, 2 화소만큼 증가(예를 들어, 박스 필터의 공간 범위에 사이드마다 일 화소가 부가)될 수 있다. 필터의 사이즈 또는 공간 범위는 홀수 화소로 유지되는 것이 바람직하다. 도 2C 내지 2E의 전체 디지털 필터의 사이드 디멘젼의 전체 증가는 제1 스케일 레벨에 대해 6 화소이다(즉, 각 박스 필터가 2 화소만큼 증가되어 전체 필터는 6 화소만큼 증가된다). 도 2D 및 2E의 필터에 있어서, 2개의 서브영역만이 존재하지만, 이들 또한 6만큼 증가하고, 예를 들어, 사이즈는 로브의 높이와 폭 간의 일정 비율을 유지하기 위해서 증가된다.

[0125] 본 발명은, 예를 들어, 제1 스케일 레벨의 분석에 사용되는 필터 마스크 사이즈에 따라서, 스케일 분석이 어떻게 수행되는 지에 대해 상이한 가능성들을 포함한다. 아래 2개의 버전이 예로서 설명될 것이다. 본 발명은 이들 2 버전으로 제한되는 것은 아니다. 가장 간략한 것과 계산이 가장 신속한 것은 도 2의 9×9 필터로 시작되며, x 및 y에서 샘플링 팩터 2로 제1 옥타브에서 (상술한 바와 같이 Hessian의 근사 행렬식을 찾음으로써) 영상의 블롭 응답을 계산한다. 그 다음, 예를 들어, 15×15, 21×21, 및 27×27 화소 사이즈의 필터가 적용되고, 이에 의해 스케일 변화 2보다 훨씬 더 많은 시간이 얻어진다.

[0126] 1. 다음 옥타브에 대해, 관심 지점의 추출에 대한 샘플링 간격은 2배가 될 수 있다. 제2 옥타브는 사이즈에서 다른 수 S를 증가시키는 필터에서 동작하고, 예를 들어, 박스 필터의 조합이 옥타브내의 스케일마다 사이드 디멘젼에서 12 화소(각 서브필터 영역 또는 박스의 일 사이드에서 2 화소)를 증가시키고, 제3 옥타브의 필터는 다른 수 T, 예를 들어, 24 화소만큼 사이드 디멘젼에서 증가되고, 제4 옥타브의 필터는 다른 수 U, 예를 들어, 48 화소만큼 사이드 디멘젼에서 증가되는 식이다. R, S, T, U 등이 서로 관련되는 방식은 출원에 따라 변할 수 있다. 예를 들어, 사이즈의 증가는 산술적 또는 대수적일 수 있거나 또는 기하급수적일 수 있다. 특히 이들 옥타브내의 제1 필터들 간의 큰 스케일 변화(9에서 15는 이 예에서 1.7만큼의 변화)는 스케일의 샘플링을 매우 조잡하게 한다. 따라서, 더 세밀한 스케일 샘플링의 스케일 공간이 또한 대체예로서 구현될 수 있다. 이는 우선 선형 보간을 사용해서 영상의 사이즈를 2배로 한 다음, 15×15 사이즈의 필터로 필터링하고 수평 및 수직 방향에서 팩터 4로 서브샘플링함으로써 제1 옥타브를 시작한다. 다른 필터 사이즈로는 21×21, 27×27, 33×33, 39×39, 및 45×45가 있다. 그 다음, 12 화소로 그 사이드 디멘젼을 이제 증가시키는 필터를 다시 사용해서 제2 옥타브가 시작되고, 그 후, 제3 및 제4 옥타브가 후속한다. 또한, 적어도 하나의 비-최대 억제 반복을 적용하기 위해서 필터 사이즈가 최소 입력 영상 사이즈(min(폭, 높이)) 마이너스 3 샘플보다 작거나 동일하게 되는 한 추가의 옥타브들이 분석될 수 있다. 입력 영상 사이즈가 반드시 캡처링된 영상의 사이즈를 의미하는 것은 아니다. 관심 지점 검출 전에, 검출된 영상은 스케일링(더 크게 또는 더 작게)될 수 있고, 집적 영상의 계산을 위한 입력 영상을 제공하도록 다른 방식으로 선택적으로 스무딩되거나 또는 전처리될 수 있다. 이제 첫번째 2개의 필터들 간의 스케일 변화는 단지 1.4이다. 아래에서, 상술한 스케일 공간의 2개의 버전은 '고속의' '정확한' 것으로서 지칭될 것이다. 이들 둘 다는 본 발명의 실시예들이지만, 본 발명은 이들 2개로 제한되는 것은 아니다. 캡처링된 영상은 예를 들어, 보간을 사용해서 더블 영상 사이즈 또는 고 영상 사이즈로 스케일링될 수 있다. 그 다음, 작은 스케일에서 디테일을 잃지 않으면서도, 예를 들어, 3배의 영상 사이즈와 같은 더 큰 초기 필터 사이즈가 제1 스케일 변화를 감소시키기 위해서 사용될 수 있고, 27×27 필터를 사용하는 것은 원래 영상 사이즈에서 9×9 필터를 사용하는 것과 동등하다. 다음의 가능한 필터 사이즈는 33×33일 것이다. 이는 1.22의 더욱 세밀한 제1 스케일 변화에 대응한다. 세밀한 스케일일의 사용이 본 발명에 필수적인 것은 아니다. 모든 애플리케이션에 대해서 세밀한 스케일 변화가 바람직한 것은 아니다. 따라서, 예를 들어, 3의 스케일 변화를 사용해서 하프(half) 영상 사이즈에서의 더 작은 초기 필터 사이즈 3×3가 또한 사용될 수 있고, 다음의 가능한 필터 사이즈는 9×9이다.

[0127] 관심 지점 로컬리제이션(localization)

[0128] 선택적으로 스케일에 대해 영상의 관심 지점을 추출하기 위해서, 영상 및 스케일 공간의 소정 이웃의 비-극값(non-extremum)(예를 들어, 비-최대 또는 비-최소 또는 비-최대 및 비-최소) 억제가 적용된다(도 4B 참조). 비-극값 억제는, Hessian의 행렬식, 예를 들어, Hessian 매트릭스의 근사 행렬식에 대한 값이 각 영상 샘플에 대해 계산되고, 이 값이, 각 사이드에 N개의 화소를 갖는 (2N+1)×(2N'+1)×(2N''+1) 용량 이웃의 극값(예를 들어, 최대 및/또는 최소)을 나타내는지를 알아보도록 조사된다는 것을 의미한다. N, N', N''의 값이 모두 동일할 필요는 없으며, N''(스케일 방향에서)는 제로가 될 수 있다. 이 이웃에 제공하기 위한 필터링된 영상의 수가 N''+1이기 때문에, 관심 지점을 얻기 위해 이 수의 영상만이 본 발명에 따라서 계산되어야 한다.

[0129] 이웃내에서 화소 또는 샘플은, 그 행렬식 값이, 예를 들어, 이 이웃의 모든 다른 화소(또는 샘플) 행렬식 값보

다 크거나 및/또는 작은 극값인 경우에만 관심 지점으로 고려된다. 이는, 이러한 극값, 예를 들어, 최대 행렬식 값을 갖지 않는 모든 다른 화소(즉, 비-최대 화소)가 억제된다는 것을 의미한다. 비-최소 억제가 이용되면, 샘플들은 Hessian의 행렬식, 예를 들어, Hessian 매트릭스의 근사 행렬식의 최소값에 대해 검사되며, 관심 지점은 로컬 최소값에서 선택된다. 모든 화소 또는 샘플이 고려될 필요는 없으며, 시간을 절약하기 위해서 일부는 빠질 수 있다.

[0130] 이 실시예에 따르면, 스칼라(scalar) 및 공간 디멘젼이 둘 다 고려되며, 비-극값 억제(예를 들어, 비-최대 억제 및/또는 비-최소 억제)가 3개의 디멘젼(즉, x, y, 및 스케일 디멘젼)에 적용된다. Hessian 매트릭스의 로컬적 극 행렬식 값 또는 그 근사값(즉, Hessian 매트릭스의 로컬적 최소 또는 최대 값 또는 그 근사값)을 갖는 화소 또는 샘플은 관심 지점으로서 고려된다.

[0131] 따라서, 관심 지점은 영상 피라미드의 일 볼륨, 예를 들어, 3×3×3 이웃과 같은 용적 이웃 V×V×V에서 추출된다. 이는, 영상 피라미드의 3층 및 3 화소×3 화소의 영상 영역, 즉, 3×3×3의 볼륨이 Hessian의 행렬식, 예를 들어, 상술한 바와 같이 Hessian의 근사 행렬식의 로컬 극값을 결정하기 위해서 검사된다는 것을 의미한다. Hessian 행렬식 또는 근사 Hessian 행렬식의 값이 피라미드 및 영상의 개별 화소 또는 샘플에서 이산 스케일링 레벨로 계산되기만 하면 되므로, Hessian의 행렬식의 참 극값은 실제로 계산된 레벨들 간에 및/또는 화소들 또는 샘플들 간에 있을 것이다. 선택적으로, Hessian 매트릭스의 행렬식 또는 근사 Hessian 행렬식의 극값은, 예를 들어, Brown 등[27]에 의해 제안된 방법으로 스케일 및/또는 영상 공간에서 보간에 의해 조사될 수 있다. 예를 들어, 이러한 보간은 당업자에게 공지된 바와 같이 다항 보간 또는 삼각법 보간일 수 있다. 스케일 공간 보간이 중요할 수 있으며, 이에 따라 매 옥타브에서의 제1 스케일 변화의 에러가 감소될 수 있다.

[0132] 구성요소 기술자의 합

[0133] 본 발명의 일 양상은 기술자를 제공하는 것이다. 이 기술자는, 크루드(crude) 로컬리제이션 정보의 사용과, 스케일 또는 공간의 견지에서 로컬리제이션 에러의 영향을 피하면서 우수한 특유의 파워를 제공하는 콘트라스트 관련 특성의 분배의 혼합물이다. 상대적 강도 및 경사의 오리엔테이션을 사용하는 것은 광도계 변화의 영향을 줄인다. 제1 단계는, 영역, 예를 들어, 관심 지점 주변의 원형 영역으로부터의 정보에 기초하여 관심 지점 주변의 재생가능 오리엔테이션을 고정하는 것으로 구성된다. 그 다음, 정사각 또는 정방형 영역이 선택된 오리엔테이션으로 정렬되고, 기술자는 이 로컬화되고 정렬된 정사각 또는 정방형 영역으로부터 추출된다. 관심 지점은 상술한 방법 또는 임의의 다른 적절한 방법에 의해 얻어질 수 있다. 본 발명의 이러한 양상은, 관심 지점이 어떻게 얻어지는 지에 의해 제한되는 것은 아니라고 예상된다. 그러나, 관심 지점의 획득 방법은 본 발명의 기술자와의 상승 효과를 가질 수 있다. 예를 들어, 대각합(라플라시안)의 부호를 제공하는 검출기의 방법은 상술한 바와 같이 단순한 방식으로 동작하는 것이 특히 바람직하다.

[0134] 오리엔테이션 지정

[0135] 회전에 불변하기 위해서, 예를 들어, 다양한 상이한 오리엔테이션으로 동작하기 위해서, 재생가능 오리엔테이션이 관심 지점에 대해 식별된다. 회전 불변성은 애플리케이션에 따라 바람직하거나 바람직하지 않을 수 있다. 오리엔테이션은 영상 피라미드의 영역에서 추출된다. 이 영역은 영상 및 스케일 공간의 3 디멘젼 영역일 수 있거나, 또는 영상면 또는 스케일링 방향 중 하나에서 2 디멘젼의 영역일 수 있다. 영역은 등방형, 즉, 3 디멘젼의 구 또는 2 디멘젼의 원일 수 있다. 본 발명의 일 실시예에 따르면, 이 영역은 예를 들어, 6s의 반경 Z×s의 관심 지점 주변의 원형 영역이고, 여기에서, s는, s 화소의 샘플링 단계 사이즈로 샘플링되고 영상면에 놓인 현재 스케일이다. Z의 값은 6s로 제한되는 것은 아니다. 실질적인 이유로, 6s가 편리한 사이즈이다. 이 사이즈를 사용하면, 오리엔테이션이 시점 변화 및 교합에 강건하다고 밝혀졌다. 더 작은 사이즈들은 불리할 수 있으며, 블롭 또는 관심 지점만을 캡처링하여 유의한 결과를 제공하지 못할 수 있다. 8s와 같은 더 큰 사이즈도 적합하다. 사이즈를 너무 크게 증가시키는 것은, 영상들 간의 매칭시 시점 변화 및 교합에 대한 강건성의 손실을 가져온다.

[0136] 2 디멘젼으로 조사될 영역을 사용하는 것은 소정의 이점을 갖는다. 첫번째 이점은 시간이다. 계산이 더 신속하게 되며, 작은 스케일에 보다 적합하다. 작은 스케일은 너무 많은 디테일을 캡처할 수 있으며, 큰 스케일은 너무 관대할 수 있다는 것을 상이한 스케일들로 행한 실험에 의해 발견하였다. 본 발명은 2D 영역으로 제한되는 것은 아니며, 조사될 영역의 다른 디멘젼들이 본 발명의 범위내에 포함되고 일부 경우에 유익할 수 있다.

[0137] 다음으로, 수평 및 수직 스칼라 콘트라스트 측정이 사이드 길이 4s의 웨이브릿형 마스크로 계산되고, 예를 들어, Haar-웨이브릿 응답이 관심 지점 주변의 반경 6s의 원형 이웃의 x 및 y 방향에서 계산되고, s는 관심 지

점이 검출된 스케일이다. 파라미터 4s 및 6s는 강건한 오리엔테이션으로 관심 지점을 제공하기 위해 실험에 기초하여 신중히 선택된다. 본 발명은 이들 값으로 제한되는 것은 아니며, 상이한 값들이 그 범위내에 포함된다.

[0138] 또한 샘플링 단계는 스케일 독립적이다. s가 되도록 선택될 수 있다. 따라서, x 및 y 방향에서의 웨이브릿 응답은 현재 스케일 s에서 계산된다. 고 스케일에서, 웨이브릿의 사이즈는 크다. 다시 집적 영상은 고속 필터링을 위해 사용될 수 있다. 본 발명의 일 실시예에 따라서 사용될 수 있는 필터는 도 5A 및 5B에 도시된다. 이들은, 반대 부호(예를 들어, 네거티브) 값의 블록과 인접하여 일 부호(예를 들어, 포지티브)의 필터 값의 블록을 포함하는 2개의 필터를 도시한다. 이들 필터의 목적은 로컬 콘트라스트를 추출하는 것이다. 이러한 형태의 임의의 다른 필터가 사용될 수 있다. 이들 필터의 목적은 큰 콘트라스트, 예를 들어, 통상적으로 높은 콘트라스트를 갖는 영상의 에지를 검출하는 것이다. 웨이브릿의 사이드 길이는 4s이지만, 본 발명이 이로서 제한되는 것은 아니다. 4s는 다수의 상황 및 애플리케이션들에 대해 매우 훌륭한 선택인 것으로 실험을 통해 입증되었다. 비교될 영상이 호모그래피(homography)에 의해 관련될 수 있으면, 4s보다 더 작은 값이 사용될 수 있다. 다른 애플리케이션에서는, 더 큰 값들이 유익할 수 있다.

[0139] 원형(도 6A)의 결과적 응답이 도 6B에 개략적으로 도시된다.

[0140] 6개의 메모리 액세스만이 임의의 스케일에서 x 및 y 방향에서 응답을 계산하는데 필요하다. 메모리 액세스는 종종 산술 동작보다 시간을 더 소요하기 때문에 중요하고, 따라서 메모리 액세스의 수를 최소화하는 것이 속도 최적화를 위해 중요하다. 또한, 메모리 액세스는 전력을 소모하므로, 메모리 액세스를 줄이는 것은 전력 소비를 줄이고, 이에 따라 배터리 구동 컴퓨팅 시스템의 배터리 수명을 향상시킨다. 예를 들어, 도 1의 집적 영상의 표현을 사용해서, 이러한 영역들의 2개가 나란히 배치된다고 가정한다. 네거티브 가중치 및 코너 A, B, C, D를 갖는 하나(Oa) Oa=-A+B+C-D이고, 포지티브 가중치 및 코너 E, F, G, H를 갖는 하나(Ob) Ob=E-F-G+H이다. Ob는 Oa의 우측 사이드에 있다. 따라서, G=A이고 H=B이다. 웨이브릿 응답은 Oa+Ob = -A+B+C-D+E-F-G+H = -A+B+C-D+E-F-A+B = -2A+2B+C-D+E-F이다.

[0141] 따라서, 웨이브릿 응답은 예를 들어, 관심 지점을 중심으로 하는 가우시안(예를 들어, σ=2.5s)으로 선택적으로 몇몇 방법으로 가중화된다. 이는, 관심 지점의 중심에 근접한 응답이 멀리 떨어진 응답보다 큰 효과를 갖도록 가중화된다는 것을 의미한다. 이러한 방식으로, 관심 지점에 근접한 응답은 (다른 관심 지점에 관련될 수 있는)원격 응답보다 더 중요하다. 상술한 특정 예에서, 가중화는 응답들을 관심 지점을 중심으로 하는 2D 가우시안 함수로 승산함으로써 수행된다. 예를 들어, 관심 지점으로부터의 거리에 대한 선형 또는 비선형 가중화와 같은 다른 가중화들도 사용될 수 있다. 이러한 가중화 알고리즘은 양호하게, 예를 들어, 응답이 더 셀 수 없게 나오기 때문에, 영상 변형에 대한 기술자의 더 높은 불변성을 제공한다.

[0142] 관심 지점 주변의 복수의 평균 윈도우내의 가중화된 웨이브릿 응답의 합이 관심 지점의 주(dominant) 오리엔테이션을 얻기 위해 사용된다. 이 오리엔테이션은 기술자를 구축하는데 사용된다. 본 발명의 일 실시예에 따르면, 주 오리엔테이션은, 예를 들어, 사이즈 π/w의 원형의 섹터와 같은 슬라이딩 오리엔테이션 윈도우내의 모든 응답들의 합을 계산함으로써 추정되고, 여기에서 w는 0.5 이상의 어떤 수이다. 조사될 영역이 일 볼륨이면, 윈도우는 그 볼륨의 용적 타이틀이다. 양호하게, 이는 그 볼륨의 슬라이딩 용적 타이틀이고, 즉, 각 윈도우 영역 또는 볼륨은 다른 것에 인접한다. 윈도우의 전체 수는 조사되는 영역을 채운다. 양호하게, 각 윈도우는 관심 지점에 배치된 정점을 갖고, 예를 들어, 윈도우는 관심 지점을 중심으로 하는 원의 섹터이다.

[0143] 조사되는 영역내에서 사용되는 윈도우의 수의 상한은, 얼마나 많은 계산이 행해져야 하는지의 실지 문제에 의해서만 결정된다. w의 값은 정수일 수 있고, 예를 들어, 섹터는 π/3(도 6B 참조)이다. 양호한 방법에서, 각 윈도우내의 수평 웨이브릿 응답들이 가산되고, 수직 응답들도 독립적으로 가산된다. 그 다음, 2개의 가산된 응답들은 로컬 오리엔테이션 벡터의 벡터 좌표를 제공한다. 그 다음, 상이한 윈도우로부터의 벡터들의 길이가 비교되거나 랭크되고, 가장 긴 이러한 벡터가 관심 지점에 그 오리엔테이션을 제공한다. 예를 들어, 웨이브릿 응답이 일단 계산되고 어떠한 방식으로, 예를 들어, 관심 지점을 중심으로 하는 가우시안(σ=2.5s)으로 가중화되면, 윈도우내의 개별 화소 또는 샘플로부터의 응답들이, 가로좌표를 따라 수평 응답 강도를 갖고 세로좌표를 따라 수직 응답 강도를 갖는 공간에서의 점들로서 표현된다. 윈도우내의 수평 응답들이 가산되고, 또한 수직 응답들도 가산된다. 그 다음 2개의 가산된 응답들은, 도 6B에 개략적으로 도시된 바와 같이 그 윈도우에 대한 새로운 벡터의 x 및 y 값을 제공한다. 이 절차는 관심 지점 주변의 전체 영역에 걸쳐 다른 윈도우들에 대해서 반복되고, 윈도우 벡터는 서로 비교되어 모든 윈도우 벡터들 중에서 가장 긴 벡터를 결정한다. 이 가장 긴 벡터의 오리엔테이션은 관심 지점의 오리엔테이션으로서 선택된다. 관심 지점 위치는 부동 소수점 수이지만, 집적 영상이 보간되지 않는 것이 바람직하다는 것을 주지해야 한다. 집적 영상은 유한 차 근사치의 고속 추출에 사용될

수 있다.

[0144] 기술자 생성

[0145] 관심 지점의 주 오리엔테이션을 찾은 후에, 기술자의 추출은, 관심 지점을 중심으로 하고, 예를 들어, 상기 오리엔테이션 지정 절차에 의해 선택된 오리엔테이션에 따라, 또는 회전 불변성이 바람직하지 않은 경우에, 수직 오리엔테이션에 따라 배향되는 영역을 구성하는 것을 포함하는 제1 단계를 포함한다. 영역은 정사각 영역일 수 있다(도 7 참조). 이는, 정사각형의 사이드가 지정된 오리엔테이션에 평행하게 배치된다는 것을 의미한다. 이 윈도우의 사이즈는 그 글로벌 오리엔테이션의 추출을 위한 사이즈보다 클 수 있고, 예를 들어, 20s 또는 다른 값에서 선택될 수 있다. 새로운 영역은 더 작은 영역, 예를 들어, 4×4, 즉, 16 정사각 서브영역으로 일정하게 나뉠 수 있다. 이는 중요한 공간 정보를 보유한다. 각 서브영역에 대해, 소수의 기술자 특징들이, 4×4×25 또는 16×25 점이 되는, 다수, 예를 들어, 5×5의 일정하게 이격된 샘플 점들에서 계산된다. 이러한 기술자 특징들의 첫번째 2개는 응답 d_x 및 d_y의 평균값으로 정의된다. 일 방향 x에서의 Haar 웨이브릿 응답은 (x 방향에 따른 영상 강도 또는 콘트라스트의 변화, 즉, dI/dx에 의해 표현될 수 있는) d_x로 불리고, 직교 방향 y일 수 있는 다른 방향 y에서의 Haar 웨이브릿 응답은 (y 방향에 따른 영상 강도 또는 콘트라스트의 변화, 즉, dI/dy에 의해 표현될 수 있는) d_y로 불리고, 여기에서 x 및 y 축은 영역의 경계에 평행하게 배향될 수 있거나(도 7 참조), 또는 그에 대한 임의의 다른 고정 관계로 배향될 수 있다. 이러한 특징은 오리엔테이션 지정을 위한 특징들과 유사하게 추출되고, 예를 들어, 마스크 사이즈는 2s이다. 강도 변화의 극성에 대한 정보를 가져오기 위해서, d_x 및 d_y의 절대값, 즉, $|d_x|$ 및 $|d_y|$의 평균값도 포함된다. 기하학적 변형 및 로컬리제이션 에러에 대한 강건성을 증가시키기 위해서, d_x 및 d_y는 적절한 방법으로 가중화될 수 있다. 예를 들어, d_x 및 d_y는 관심 지점을 중심으로 하는 3.3s와 같은 σ의 적절한 값으로 가중화될 수 있다. 관심 지점에 근접한 응답들이 멀리 떨어진 응답보다 더 가중화되는 다른 가중화 방법들이 이용될 수 있다. 가중화는, 가중화 알고리즘으로부터의 값을 합에 더하기 전에, 관련 관심 지점으로부터의 거리에 기초하여 가중화 알고리즘으로부터의 값, 예를 들어, 가우시안 값으로 응답을 곱하는 것을 의미한다.

[0146] 상기 내용을 요약하면, 기술자는 다차원 벡터 v에 의해 정의될 수 있고, v는 아래와 같다:

수학식 5

[0147] $$v = (\sum d_x, \sum d_y, \sum |d_x|, \sum |d_y|)$$

[0148] 또는 벡터 좌표에 대한 등가 평균값, 즉, 이 벡터의 각 합은 이를 계산하기 위해 사용되는 응답의 수로 나뉜다. 벡터 좌표는 임의의 적절한 차수로 놓일 수 있다.

[0149] 기술자의 대안적인 확장된 버전은 다른 특징들을 더 부가한다. 이 버전은 전과 같이 동일한 합을 사용하지만, 이들 값을 더 분할한다. d_x 및 $|d_x|$의 합은 각각 $d_y<0$ 또는 $d_y\geq 0$에 대해 계산된다. 유사하게, d_y 및 $|d_y|$의 합은 d_x의 부호에 따라 분할되고, 이에 따라 특징의 수를 배가시킨다.

[0150] 이 기술자는 다음과 같이 기술될 수 있다.

수학식 6

[0151] $$v = (\sum_{dy<0} d_x, \sum_{dx<0} d_y, \sum_{dy<0} |d_x|, \sum_{dx<0} |d_y|, \sum_{dy\geq 0} d_x, \sum_{dx\geq 0} d_y, \sum_{dy\geq 0} |d_x|, \sum_{dx\geq 0} |d_y|)$$

[0152] 또는 벡터 좌표에 대한 등가 평균값, 즉, 이 벡터의 각 합은 이를 계산하기 위해 사용되는 응답의 수로 나뉜다. 벡터 좌표는 임의의 적절한 차수로 놓일 수 있다.

[0153] 기술자 디멘젼의 수는 고려될 서브영역의 수에 따르고, 기술자의 부분들 또는 서브영역들(예를 들어, dx 및 $|dx\|$의 합)은 각 서브영역에 대한 다차원 벡터에서 얻어지는 그 부호에 따라 분할된다. 보다 구체적으로, dx 및 $|dx|$의 합은 각각 $dy\leq 0$ 및 $dy>0$에 대해 계산된다. 또한, dy 및 $|dy|$의 합은 각각 $dx\leq 0$ 및 $dx>0$에

대해 계산된다. 일 예로서, 이 기술자는 일반적인 4×4 서브영역의 영역에 대해 128 디멘젼의 기술자이다.

[0154] 다른 영역 사이즈를 이용해도 유용한 결과를 얻을 수 있으며, 예를 들어, 2×2 서브영역이 사용되어, 확장된 기술자가 사용되는지 여부에 따라서 16 디멘젼의 기술자 또는 32 디멘젼의 기술자가 될 수 있다.

[0155] 도 8은 영상의 상이한 강도 패턴에 대해 상술한 기술자의 특성을 도시한다. 동종 영역에 대해, 기술자의 모든 엔트리가 상대적으로 낮게 유지된다(도 8A). 고 주파수에 대해(도 8B), 웨이브릿 응답의 절대값의 합은 높지만, 일반 합은 낮게 유지된다. 점진적으로 변하는 강도에 대해, 웨이브릿 응답의 절대값의 합 및 일반 합은 모두 상대적으로 높다(도 8C). 이는, 관심 지점의 이웃 강도 패턴의 구별되는 기술자를 얻게 하고, 이는 위에서 종종 언급한 것들이다.

[0156] 기술자(벡터 수학식 6 참조)는 보다 구별가능하고 계산이 훨씬 더 느리지 않지만, 벡터 수학식 5에서 주어진 것에 비해 매칭이 더 느리다. 이들 2개의 버전은 '노멀(normal)'(벡터 수학식 5) 및 '확장된'(벡터 수학식 6) 기술자로서 기술될 것이다.

[0157] 매칭 단계 동안 더 빠른 인덱싱(indexing)을 위해서, 관심 지점의 콘트라스트의 형태를 구별하는 소자를 기술자에 도입하는 것이 바람직하다. 예를 들어, 기초 관심 지점에 대한 라플라시안(즉, Hessian의 대각합)의 부호가 기술자에 포함될 수 있다. 그러면 벡터 수학식 5 및 6은 각각 다음과 같이 된다.

수학식 7

[0158] $$v = (\sum d_x, \sum d_y, \sum |d_x|, \sum |d_y|, L)$$

수학식 8

[0159] $$v = (\sum_{d_y<0} d_x, \sum_{d_x<0} d_y, \sum_{d_y<0} |d_x|, \sum_{d_x<0} |d_y|, \sum_{d_y\geq 0} d_x, \sum_{d_x\geq 0} d_y, \sum_{d_y\geq 0} |d_x|, \sum_{d_x\geq 0} |d_y|, L)$$

[0160] 또는 벡터 좌표에 대한 등가 평균값, 즉, 이 벡터의 각 합은 이를 계산하기 위해 사용되는 응답의 수로 나뉘고, 여기에서 L은 라플라시안의 부호이다. 벡터 좌표는 임의의 적절한 차수로 놓일 수 있다.

[0161] 라플라시안은 Hessian 매트릭스의 대각합이고, Hessian 매트릭스는 관심 지점 검출에 대해서 이미 상술되었다. 이 특징은 추가의 계산 비용을 더하지 않고 이용가능하며, 이는 검출 단계에서 이미 계산되었기 때문이다. 본 발명에 따라서 기술자를 다른 관심 지점 검출기(예를 들어, Harris 관심 지점 검출기)와 결합하는 경우에, 라플라시안은 사전계산되지 않을 것이며, 그 결과, 개별적으로 계산되어야만 한다. 일반적으로, 관심 지점은 블롭형 구조에서 발견된다. 라플라시안의 사용은 역 상황으로부터 어두운 배경에서 밝은 블롭을 구별한다(도 9 참조). 따라서, 제3 단계, 매칭 단계에서 라플라시안의 부호를 사용하여, 예를 들어, 흑색 또는 백색과 같은 동일한 형태의 콘트라스트를 가질 때만 특징들이 비교된다. 고속 버전은 서브영역마다 4(또는 라플라시안이 포함되면 5)개의 특징을 갖고, 확장된 버전은 8(또는 라플라시안이 포함되면 9)개의 특징을 갖는다. 따라서, 기술자 길이는 고속 버전에 대해 65이고, 정밀 버전에 대해 129이며, 여기에서 라플라시안의 부호는 두 경우에 모두 포함된다. 경사 구성요소는 조도(illumination)의 바이어스(오프셋)에 대해 불변이다. 콘트라스트(스케일 팩터)에 대한 불변성은, 라플라시안에 대한 정보를 부가하기 전에 기술자 벡터의 노멀화(normalisation)에 의해 달성된다.

[0162] 이러한 기술자에 도달하기 위해서는, 다수의 파라미터가 고정되어야 한다. 선택을 최적화하기 위해서 광범위한 테스트가 이에 대해 이루어졌다. 예를 들어, 상이한 수의 샘플 점들 및 서브영역들이 시도되었다. 4×4 서브영역 분할법이 최고의 결과를 제공하지만, 본 발명이 이로서 제한되는 것은 아니다. 더 세분화된 서브분할을 고려하는 것은 강건성이 약해질 것으로 보이며, 매칭 시간이 너무 많이 증가할 것이다. 반면에, 3×3 서브영역의 더 짧은 기술자는 더 잘 수행하지는 못하지만, 빠른 동작을 가능하게 하고, 다른 공지된 기술자와 비교하여 여전히 매우 수용가능하다.

[0163] 실험 결과

[0164] 도 10에서, 상기 파라미터 선택은, 벤치마킹 세트의 모든 씬들 중에서 가장 도전해볼만한 씬인 표준 '그라피티(Graffiti)' 씬에 대해 비교되고, 이 씬은 휘도 변화뿐만 아니라 면외(out-of-plane) 회전 및 면내(in-plane) 회전을 포함하기 때문이다. 관심 지점은, 15×15의 초기 마스크 사이즈의 더블 영상 사이즈에서 Hessian 근사(SURF)로 본 발명에 따라서 계산된다. SURF37 및 SURF65는 각각 3×3 및 4×4 서브영역을 갖는 짧은 기술자에 대응한다. SURF129는 4×4 서브영역을 갖는 확장된 기술자에 대응한다. 4×4 서브영역에 대해 확장된 기술자가 가장 잘 동작한다. 또한, 동일한 수의 서브영역에 대해 짧은 기술자도 잘 동작하며, 처리가 더 빠르다.

[0165] 구현

[0166] 본 발명을 사용하기 위한 컴퓨팅 환경의 일 예가 도 11에 개략적으로 도시된다. 이 예는 디지털 카메라, 또는 동일한 씬 또는 상이한 씬의 적어도 하나 또는 적어도 2개의 영상을 캡처링 또는 전송하기 위한 다른 장치와 같은 카메라(2)를 포함한다. 장치(2)는, 적어도 하나 또는 적어도 2개의 영상이 검색될 수 있는 저장 수단이거나 이를 포함할 수 있고, 또는, 적어도 하나 또는 적어도 2개의 영상이 다운로드될 수 있는 로컬 영역 네트워크(LAN) 또는 광역 네트워크(WAN)와 같은 네트워크에 대한 접속이거나 이를 포함할 수 있다. 그러나 영상(들)은 컴퓨터 또는 컴퓨팅 시스템(3) 전송되어 얻어진다. 컴퓨터 또는 컴퓨팅 시스템(3)은, 개인용 컴퓨터, 랩톱 또는 팜탑(plamtop) 컴퓨팅 장치, PDA, UNIX 워크스테이션과 같은 워크스테이션, 또는 병렬 처리 컴퓨팅 시스템, 그래픽 가속기 카드와 같은 컴퓨팅 시스템의 카드, 예를 들어, 로봇내의 내장 시스템 등과 같은 적절한 시스템일 수 있다. 그러나, 컴퓨팅 시스템(3)은, 시스템이 프로세서 또는 프로세싱 엔진을 포함하고, 이 장치가, 예를 들어, 관심 지점의 검출 및/또는 기술자의 생성 등과 같은 본 발명의 방법들 중 임의의 방법을 수행하는데 사용되도록 구현된다. 최종적으로, 결과는 예를 들어, 비주얼 표시 장치의 스크린, 플로터(plotter), 프린터와 같은 임의의 적절한 표시 장치(4)에 표시되거나, 또는 결과는 추가의 처리 및/또는 표시를 위해서 원격 사이트에 네트워크로 송신될 수 있다. 표시 장치(4)는 본 발명에서 요구되는 것은 아니다. 선택적으로, 또는 부가적으로 액츄에이터(actuator) 시스템(5)에 대한 접속이 제공될 수 있다. 이 액츄에이터 시스템(5)은 컴퓨팅 시스템으로부터의 신호에 기초해서 동작을 수행하도록 적응될 수 있다. 2개의 영상이 비교되고 관심 지점이 두 영상에 대해 공통으로 발견되면, 이 결정에 응답해서 동작이 수행되지 않거나 동작이 수행되는 일 예가 있을 수 있다. 동작이 수행되지 않는 예는, 상기 시스템이 컨베이어 벨트와 같은 전달 시스템에서의 제품의 품질 관리를 위해 사용되는 경우이고, 동일한 관심 지점(들)의 식별은 제품이 양호하다는 것을 나타낸다. 이 경우에 제품은 그 경로를 통과하게 되고 아무러 액션이 취해지지 않는다. 전달 시스템에서의 제품의 품질 관리를 위해 사용되는 동일한 시스템에서 동작이 수행되는 예는, 공통의 관심 지점이 없거나 또는 필수적인 공통 점들이 모두 식별되지는 않는 경우, 제품이 불량이라는 것을 표시한다. 그러면, 동작은 장치, 예를 들어, 압력증압 램(ram) 또는 젯(jet)을 활성화하여, 전송 시스템으로부터 제품을 제거한다. 동작의 다른 예는, 이동가능 로봇의 안내 시스템을 움직이게 하여, 예를 들어, 카메라로부터 캡처링된 영상과 저장 영상 간의 공통 관심 지점을 식별함으로써 대상을 피하게 하는 것이다. 또 다른 동작은, 예를 들어, 사람의 캡처링된 영상의 얼굴 특징이 바람직하지 않은 사람의 저장 영상을 갖는 기술자와 매칭하는 경우 알람을 울리는 것일 수 있다.

[0167] 액츄에이터 시스템(5)은 컴퓨터 시스템의 내부에 있을 수 있다. 예를 들어, 컴퓨팅 시스템(3)은 대량의 영상 데이터베이스를 분석하여 그 안의 영상 또는 영상의 일부를 식별하는데 사용된다. 이 경우에, 본 발명에 따른 기술자(들)는 새로운 영상의 소정의 관심 지점에 기초해서 생성되고, 정합(match)을 찾기 위해 데이터베이스를 질의(interrogate)하는데 사용된다. 정합이 발견되지 않으면, 정합이 데이터베이스에 존재하지 않으므로, 새로운 영상은 하드 디스크, 테이프 메모리, 광학 디스크, 고체 메모리 등과 같은 적절한 불휘발성 메모리 장치에 저장될 수 있다. 택일적으로, 정합이 발견되면, 예를 들어, 새로운 영상의 표시, 새로운 영상의 폐기, 알람의 울림, 등과 같은 다른 동작이 수행될 수 있다.

[0168] 도 11을 다시 참조하면, 바람직하게, 카메라(2)는 다양한 위치로부터의 객체의 영상을 캡처링하도록 객체에 대한 다수의 위치로 이동하도록 동작하고, 선택적으로 복수의 상이한 조명 조건에서 동작한다. 선택적으로, 상이한 위치에서의 다수의 카메라(2)가 제공된다. 카메라(2), 또는 선택적으로 복수의 카메라(2)는 상이한 조명 조건에서 예를 들어, 상이한 위치로부터 취해진 하나 이상의 영상을 컴퓨터(4)에 제공하도록 적응된다.

[0169] 컴퓨터 또는 컴퓨팅 시스템(3)은 상술한 바와 같이 각 영상으로부터 복수의 필터링된 영상을 생성하고, 선택적으로 이러한 필터링된 영상을 메모리 또는 저장 장치에 저장하도록 프로그래밍된다. 컴퓨터는 또한 상술한 바와 같이 Hessian 매트릭스의 행렬식의 적어도 근사값의 극값을 조사함으로써 관심 지점을 배치하도록 프로그래밍된다. 부가적으로 또는 택일적으로, 컴퓨터(4)는 상술한 방법에 의해 기술자를 생성하도록 프로그래밍된다. 구체적으로, 컴퓨터는 하나 이상의 극값 주변의 영역을 식별하고, 이 영역을 타일(tile)들로 나누도록 적응된다. 각 타일에 대해, 콘트라스트 관련 값은, Haar 웨이브릿 필터와 같은 하나 이상의 디지털 필터의 적

용에 의해 적어도 2개의 직교 방향에서 결정된다. 적어도 하나의 디지털 필터에 대한 응답은 적어도 2개의 직교 방향에서 합산된다. 이 합산은 응답의 합산과 응답의 절대값의 합산을 둘 다 포함할 수 있다. 컴퓨터(2)는 관심 지점에 대한 오리엔테이션을 지정하도록 적응될 수 있다. 이 때문에, 컴퓨터(2)는 관심 지점 주변의 영역을 식별하고 이 영역을 인접하는 타일로 나눌 수 있다. 이들 타일은 모두 관심 지점에서 공통의 정점을 갖는다. 각 타일에 대해, 컴퓨터(2)는, Haar 웨이브릿 필터와 같은 하나 이상의 디지털 필터의 적용에 의해 적어도 2개의 직교 방향에서 결정되는 콘트라스트 관련 값을 계산하도록 적응될 수 있다. 적어도 하나의 디지털 필터에 대한 응답은 적어도 2개의 직교 방향에서 합산되어 2개의 벡터 좌표를 제공한다. 컴퓨터(2)는 타일로부터 최대 크기를 갖는 벡터를 선택하고, 그 오리엔테이션으로서 관심 지점에 이 벡터의 오리엔테이션을 지정하도록 적응된다.

[0170] 하나의 가능한 독립형 컴퓨팅 시스템의 예가 도 12에 개략적으로 도시된다. 도 12에 도시된 구성요소는, 반드시 개별 하드웨어 구성요소로 보일 필요는 없지만 요구에 따라 분산되는 기능 블록일 수 있다. 컴퓨팅 장치(10)는 개인용 컴퓨터 또는 워크스테이션과 같은 컴퓨터일 수 있다. 컴퓨팅 장치(10)는 미국 인텔사에 의해 공급되는 펜티엄 프로세서 등과 같은 중앙 처리 장치("CPU") 또는 마이크로프로세서(20)를 포함한다. 선택적 캐시 메모리(14) 또는 보조처리기뿐만 아니라 RAM 메모리(12)도 제공된다. 예를 들어, 네트워크 등을 연결하기 위한, 또는 도 11의 액츄에이션 시스템과 같은 원격 장치에 데이터 또는 신호를 송신하기 위한, 모뎀, 카메라와 같은 적절한 소스로부터 데이터를 수신하는 I/O 선택기(18)뿐만 아니라, 예를 들어, UART, USB, I^2C 버스 인터페이스, FireWire 등과 같은 다양한 I/O(입력/출력) 인터페이스(15, 16, 17)가 제공될 수 있다. FIFO 버퍼(22)는 이러한 인터페이스를 통해 데이터 전송으로부터 프로세서(20)를 분리시키는데 사용될 수 있다. 인터럽트(interrupt) 컨트롤러(26)뿐만 아니라 카운터/타이머 블록(24)이 제공될 수 있다. 컴퓨팅 장치(10)의 다양한 블록들이 적절한 버스(21)에 의해 연결된다.

[0171] 다양한 인터페이스 어댑터(27-29)가 제공될 수 있다. 어댑터(27)는 선택적 비디오 디스플레이 단자(34)에 시스템 버스(21)를 연결하기 위한, 예를 들어 디스플레이 어댑터와 같은 인터페이스 어댑터이다. 다른 어댑터(29)는 주변 장치(예를 들어, DVD 또는 CD-ROM 드라이브(23)와 같은 광 드라이브, PCMCIA 고체 메모리 장치 또는 USB 고체 메모리 장치, 등)를 시스템 버스(21)에 연결하기 위한 입/출력(I/O) 어댑터를 제공한다. 비디오 디스플레이 단자(34)는 컴퓨터 장치(10)의 비주얼 출력일 수 있으며, 컴퓨터 하드웨어의 기술 분야에서 잘 공지된 CRT 기반의 비디오 디스플레이와 같은 임의의 적절한 디스플레이 장치일 수 있다. 그러나, 휴대용 또는 노트북 기반 컴퓨터에서, 비디오 디스플레이 단자(34)는 LCD 기반 또는 가스 플라즈마 기반의 평판 디스플레이로 대체될 수 있다. 컴퓨터 장치(10)는 또한 어댑터(29)를 사용해서 키보드(36), 마우스(38), 및 선택적 스피커, 등의 접속을 포함할 수 있다. 하드 디스크와 같은 외부 불휘발성 메모리(25)에 대한 액세스가, 어드레스, 데이터 및 제어 버스를 갖는 외부 버스 인터페이스(28)로서 제공될 수 있다.

[0172] 선택적으로, 소프트웨어 프로그램이 내부 ROM(22)에 저장될 수 있거나 및/또는 외부 메모리(25)에 저장될 수 있다. 예를 들어, 미국 마이크로소프트사에 의해 제공되는 운영 시스템, 또는 리눅스 운영 시스템과 같은 운영 시스템이 프로세서(20)에서 동작하는 소프트웨어로서 구현될 수 있다. 본 발명에서 사용하기에 적합한 그래픽 프로그램은 프로세서(20)에 대해 본 발명의 임의의 방법을 프로그래밍한 다음, 적절한 컴파일러(compiler)를 사용해서 특정 프로세서에 대한 소프트웨어를 컴파일링함으로써 얻어질 수 있다. 본 발명의 방법 및 절차들은 C++와 같은 적절한 컴퓨터 언어의 컴퓨터 프로그램으로서 기재된 다음, 장치(10)의 특정 프로세서(20)에 대해 컴파일될 수 있다.

[0173] 예를 들어, 도시된 다른 구성요소들이 단일 칩으로 합성될 수 있는, 영국 ARM사에 의해 설계된 ARM7TDMI 코어와 같은 내장 마이크로프로세서(20) 주변의 VLSI 칩으로서 구성된 이러한 회로(10)의 다른 예가 동일하게 도 12를 참조해서 설명될 것이다. 캐시 메모리(14)뿐만 아니라 제로 대기 상태 SRAM 메모리(12)가 칩상에 제공될 수 있다. 독립형 컴퓨터 시스템에 대해 상술한 바와 같으며 유사한 목적으로 사용되는 I/O 선택기(18)뿐만 아니라, 예를 들어, UART, USB, I^2C 버스 인터페이스, FireWire 등과 같은 다양한 I/O(입/출력) 인터페이스(15, 16, 17)가 제공될 수 있다. FIFO 버퍼(22)는 이러한 인터페이스를 통해 데이터 전송으로부터 프로세서(20)를 분리시키는데 사용될 수 있다. 인터럽트 컨트롤러(26)뿐만 아니라 카운터/타이머 블록(24)이 제공될 수 있다. 소프트웨어 프로그램이 내부 ROM(22) 또는 25와 같은 불휘발성 메모리에 저장될 수 있다. 외부 메모리(25)에 대한 액세스로서, 어드레스, 데이터 및 제어 버스를 갖는 외부 버스 인터페이스(28)가 제공될 수 있다. 회로(10)의 다양한 블록들이, 내장 시스템이 개인용 컴퓨터 또는 워크스테이션과 같은 호스트 컴퓨팅 시스템에 연결될 수 있는 적합한 버스들(21)에 의해 연결된다.

[0174] 상기 참조한 구성요소들이 프로세서의 어디에서 구현되든지, 이는 FPGA와 같은 프로그램가능한 하드웨어를 사용해서 실현될 수 있거나, 하드웨어 구현에 제공될 수 있다.

[0175] 상술한 본 발명의 방법 및 절차들은 C와 같은 적절한 컴퓨터 언어의 컴퓨터 프로그램으로서 기재된 다음, 내장된 설계의 특정 프로세서에 대해 컴파일될 수 있다. 예를 들어, 상술한 내장 ARM 코어 VLSI에 대해, 소프트웨어는 C로 기재된 다음, ARM C 컴파일러 및 ARM 어셈블러를 사용해서 컴파일된다. 따라서, 본 발명은 또한, 상술한 것들 중 임의의 시스템과 같은 컴퓨터 시스템에서 구현될 때 본 발명의 방법 및 시스템 중 임의의 것을 구현하는 컴퓨터 프로그램 프로덕트를 포함한다. 컴퓨터 프로그램 프로덕트는, 예를 들어, CD-ROM, DVD-ROM, 자기 테이프와 같은 광 디스크, 하드 디스크, 디스켓 등과 같은 자기 디스크, USB 메모리 스틱 등과 같은 고체 메모리와 같은 임의의 적절한 저장 매체에 저장될 수 있다.

[0176] 참고 문헌

[0177] 1. Lindeberg, T.: 자동 스케일 선택의 특징 검출. IJCV 30(2)(1998)79-11613

[0178] 2. Lowe, D.: 스케일 불변 키포인트로부터의 구별가능한 영상 특징, 캐스케이드 필터링 접근. IJCV 60(2004)91-110

[0179] 3. Mikolajczyk, K., Schmid, C.: 아핀 불변 관심 지점 검출기. ECCV.(2002) 128-142

[0180] 4. Se, S., Ng, H. Jasiobedzki, P., Moyung, T.: 행성 탐사 작업차를 위한 비젼 기반의 모델링 및 로컬리제이션. 국제 우주비행사 협회의 회보(2004)

[0181] 5. Tuytelaars, T., Van Gool, L.: 로컬의 아핀적 불변 영역 기반의 와이드 베이스라인 스테레오. In: BMVC.(2000)412-422

[0182] 6. Matas, J., Chum, O., M., U., Pajdla, T.: 최대로 안정적인 극단 영역으로부터의 강건한 와이드 베이스라인 스테레오. In: BMVC.(2002)384-393

[0183] 7. Mikolajczyk, K., Schmid, C.: 로컬 기술자의 성능 평가. In: CVPR. Volume 2.(2003)257-263

[0184] 8. Mikolajczyk, K., Schmid, C.: 로컬 기술자의 성능 평가. PAMI, 27(10).(2005)1615-1630

[0185] 9. Mikolajczyk, K., Tuytelaars, T., Schmid, C., Zisserman, A., Matas, J., Schaffalitzky, F., Kadir, T., Van Gool, L.: 아핀 영역 검출기의 비교. IJCV, 65(1/2).(2005)43-72

[0186] 10. Harris, C. Stephens, M.: 결합된 코너 및 에지 검출기 In: Alvey 비젼 컨퍼런스의 회보(1988)147-151

[0187] 11. Mikolajczyk, K., Schmid, C.: 스케일 불변 관심 지점 기반의 인덱싱. In: ICCV. Volume 1.(2001)525-531

[0188] 12. Lowe, D.: 스케일 불변 특징으로부터의 객체 인식. In: ICCV.(1999)

[0189] 13. Kadir, T., Brady, M.: 스케일, 현저성 및 영상 기술. IJCV, 45(2)(2001)83-105

[0190] 14. Jurie, F., Schmid, C.: 객체 카테고리의 인식을 위한 스케일 불변 형태 특징. In: CVPR. Volume II.(2004)90-96

[0191] 15. Mikolajczyk, K., Schmid, C.: 스케일 및 아핀 불변 관심 지점 검출기. IJCV 60 (2004)63-86

[0192] 16. Florack, L.M.J., Haar Romeny, B.M.t., Koenderink, J.J., Viergever, M.A.: 일반적 강도 변환 및 미분 불변량. JMIV 4(1994)171-187

[0193] 17. Moons, T., Van Gool, L., Pauwels, E., Oosterlinck, A.: 유기적으로 연관된 객체의 시점 불변 특성. 수학적 이미징 및 비젼 저널(6)37-58

[0194] 18. Baumberg, A.: 넓게 이격된 뷰들을 통한 확실한 특징 매칭. In: CVPR.(2000)774-781

[0195] 19. Schaffalitzky, F., Zisserman, A.: 순서없는 영상 세트에 대한 멀티뷰 매칭, 또는 "홀리데이 스냅을 어떻게 조직할 것인가?". In: ECCV. Volume 1.(2002)414-431

[0196] 20. Freeman, W.T., Adelson, E.H.: 조종가능 필터의 설계 및 사용. PAMI 13(1991)891-906

[0197] 21. Carneiro, G., Jepson, A.: 다중 스케일 위상 기반의 로컬 특징. In: CVPR(1). (2003)736-743

[0198] 22. Ke, Y., Sukthankar, R.: Pca-시프트: 로컬 영상 기술자에 대한 보다 구별가능한 표현. In: CVPR(2).

(2004)506-513

[0199] 23. Viola, P., Jones, M.: 단순 피처의 부스트드 케스케이드를 사용한 고속 객체 검출. In: CVPR(1). (2001)511-518

[0200] 24. Koenderink, J.: 영상의 구조. 생물학적 사이버네틱스 50(1984)363-370

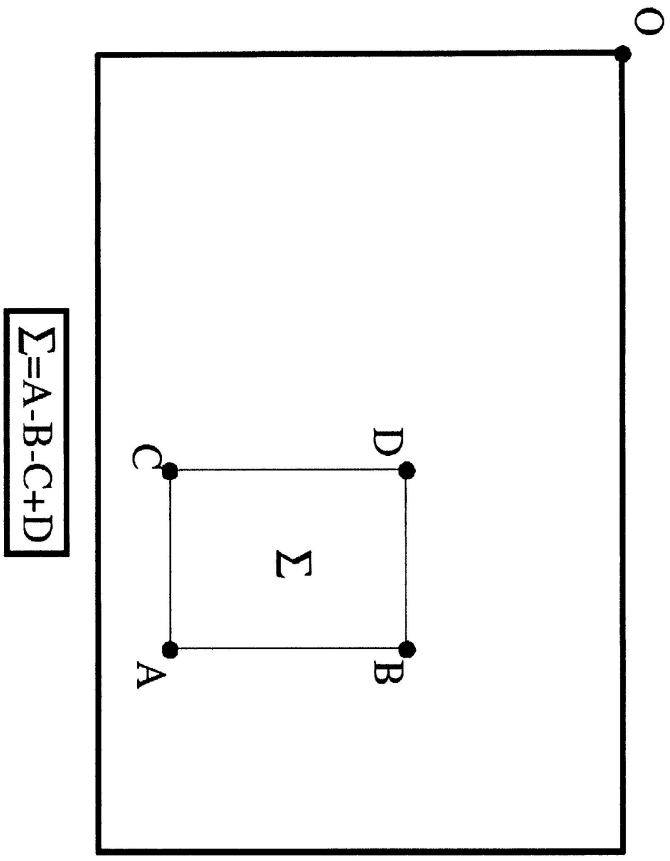
[0201] 25. Lindeberg, T.: 이산 신호에 대한 스케일-공간. PAMI(1990)234-254

[0202] 26. Lindeberg, T.: 이산 스케일-공간 이론 및 스케일-공간 주요 스케치, PhD, KTH 스톡홀름,. (1991)

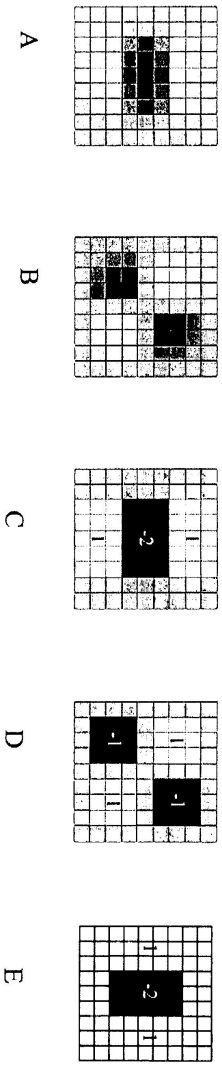
[0203] 27. Brown, M., Lowe, D.: 관심 지점 그룹으로부터의 불변 특징. In: BMVC(2002).

도면

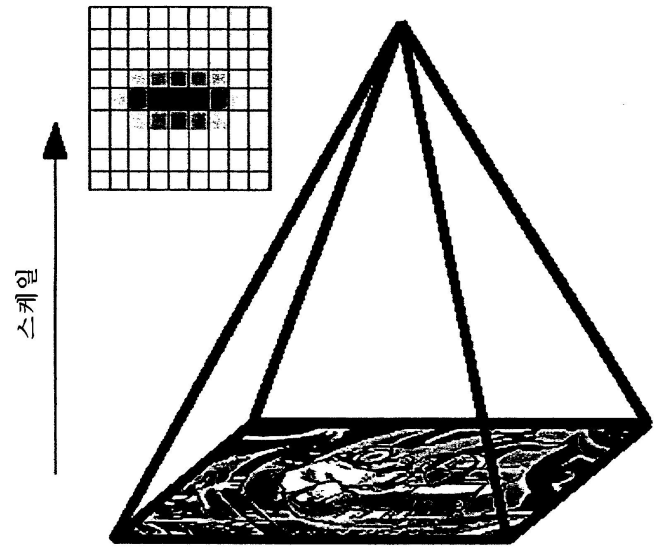
도면1



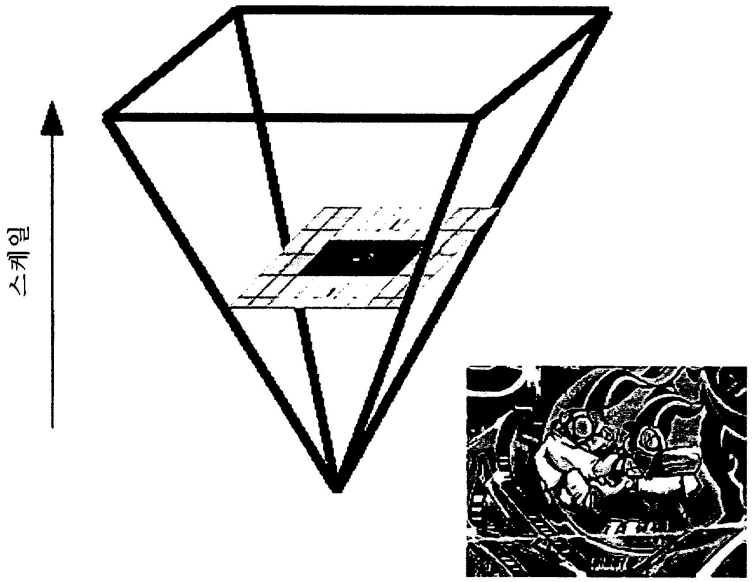
도면2



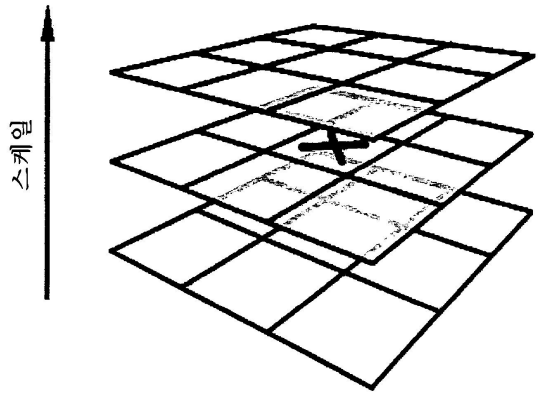
도면3



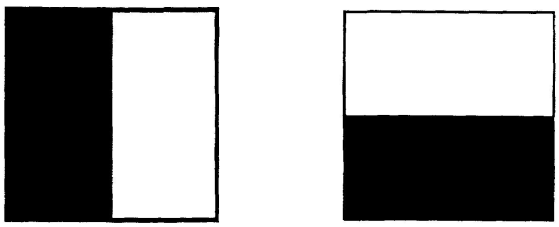
도면4a



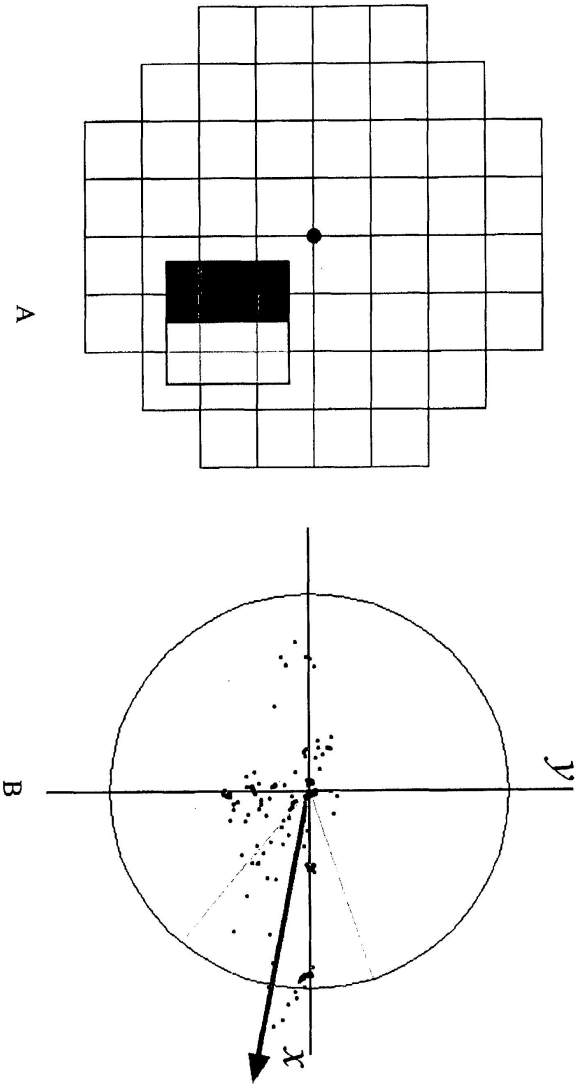
도면4b



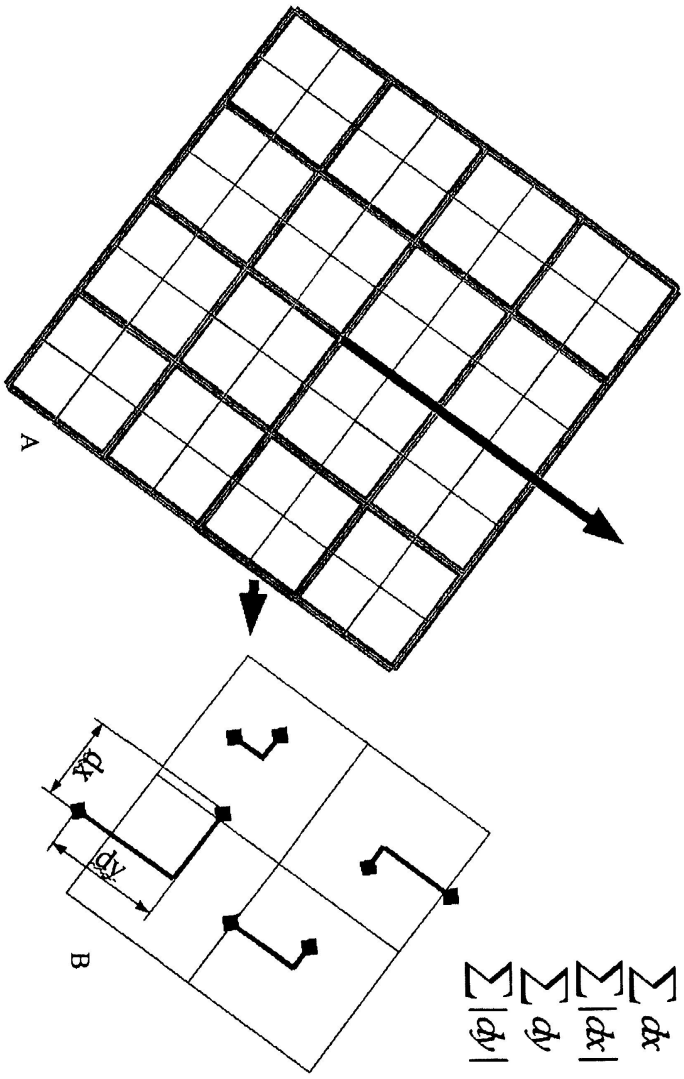
도면5



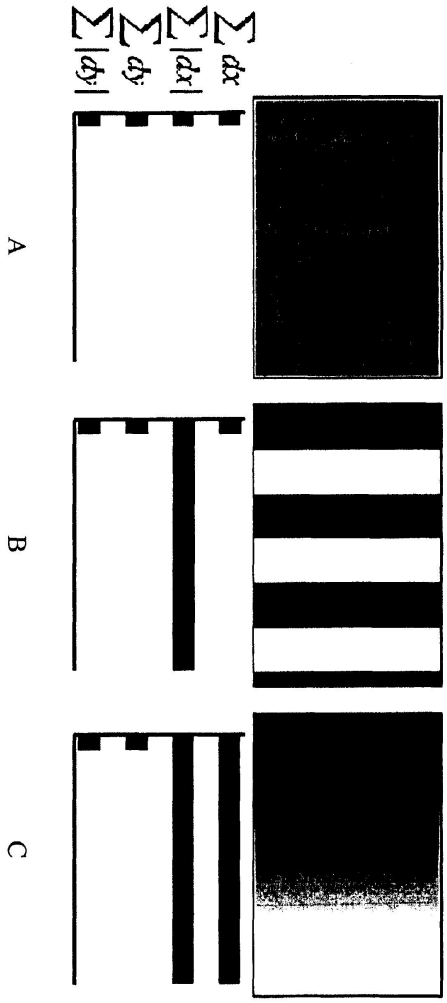
도면6



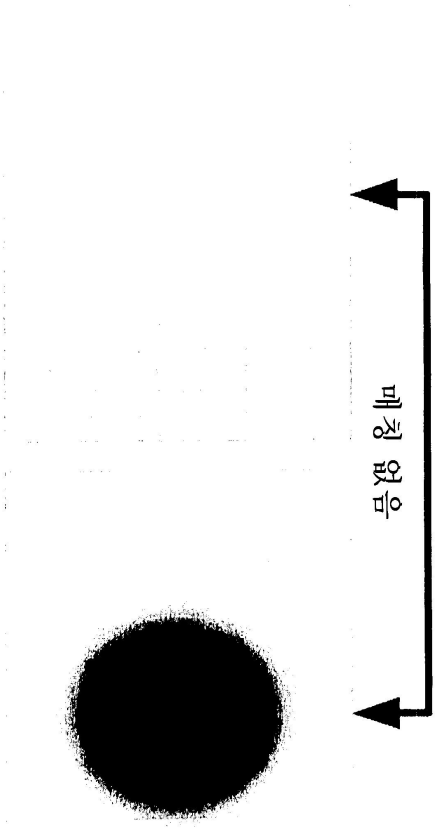
도면7



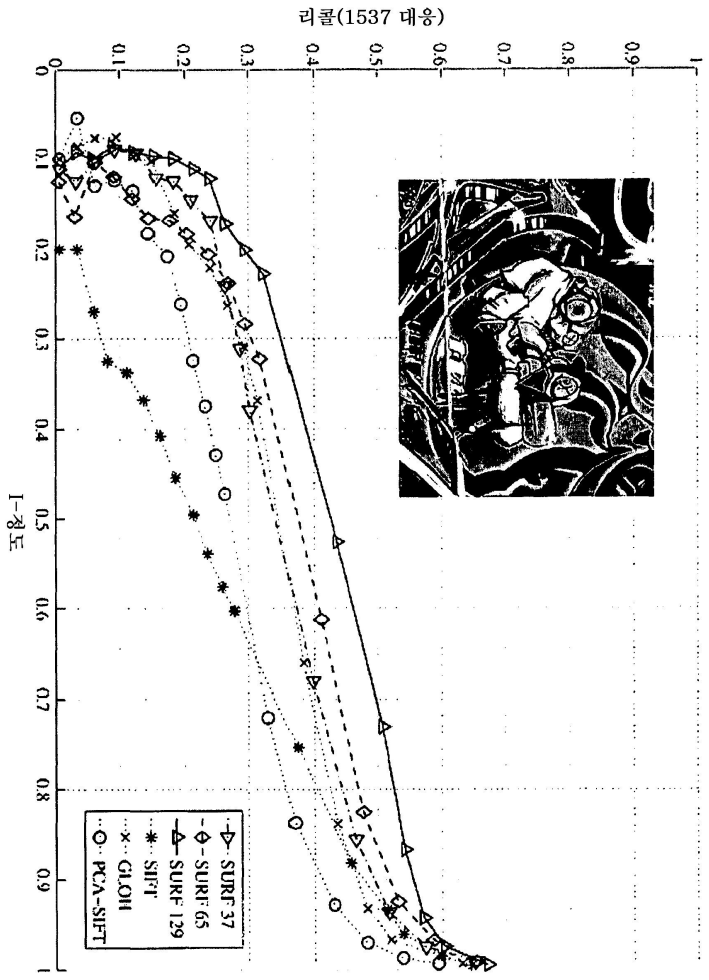
도면8



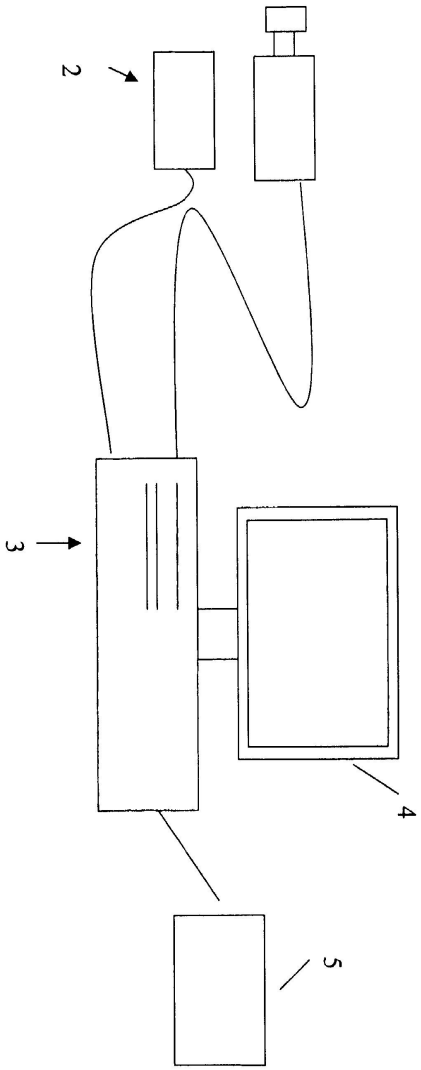
도면9



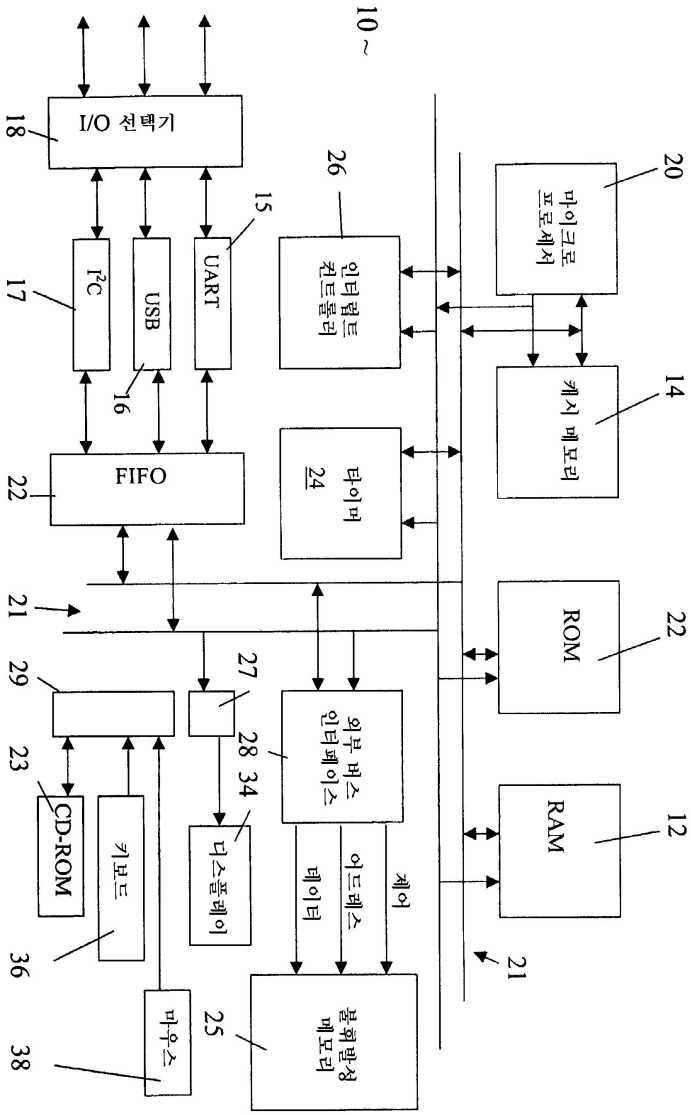
도면10



도면11



도면12


10
I/O 선택기
18
I²C
USB
UART
17
16
15
FIFO
22
21
29
23
CD-ROM
키보드
36
38
마우스
27
28
34
디스플레이
25
26
인터럽트 컨트롤러
타이머 24
외부 버스 인터페이스
데이터
어드레스
제어
불휘발성 메모리
21
마이크로 프로세서
20
캐시 메모리
14
ROM
22
RAM
12