



등록특허 10-2364328



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2022년02월17일
(11) 등록번호 10-2364328
(24) 등록일자 2022년02월14일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06F 3/01 (2006.01) *G06F 3/044* (2006.01)
G06F 3/0488 (2022.01)
- (52) CPC특허분류
G06F 3/017 (2013.01)
G06F 3/044 (2021.08)
- (21) 출원번호 10-2016-7004197
- (22) 출원일자(국제) 2014년07월16일
심사청구일자 2019년06월21일
- (85) 번역문제출일자 2016년02월18일
- (65) 공개번호 10-2016-0033194
- (43) 공개일자 2016년03월25일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2014/046789
- (87) 국제공개번호 WO 2015/009781
국제공개일자 2015년01월22일
- (30) 우선권주장
61/856,531 2013년07월19일 미국(US)
14/328,265 2014년07월10일 미국(US)

(56) 선행기술조사문헌

JP11259643 A*

JP2010079848 A*

JP2010537320 A*

JP2013519933 A*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

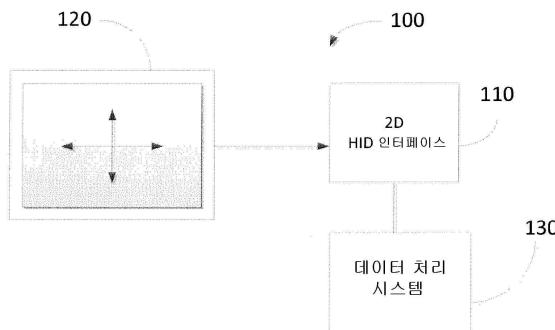
전체 청구항 수 : 총 35 항

심사관 : 이상현

(54) 발명의 명칭 은닉 마르코프 모델 기반 제스처 인식을 위한 방법

(57) 요 약

센서 시스템용 상태 추적 기반 제스처 인식 엔진을 위한 방법은: 유한-상태 머신의 복수의 순차적인 상태들을 정의하는 단계; 각각의 상태에 대한 시퀀스 진행 레벨(Sequence Progress Level; SPL)을 결정하는 단계; 런-타임 시 상태 확률 분포를 하나의 SPL에 매핑하는 단계; 및 매핑된 SPL 추정치를 상기 센서 시스템의 출력 값으로 사용하는 단계를 포함한다.

대 표 도 - 도1

(52) CPC특허분류

G06F 3/04883 (2022.01)

G06F 2203/04101 (2013.01)

G06F 2203/04108 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

센서 시스템용 상태 추적 기반 제스처 인식 엔진을 위한 방법으로서,
1차 마르코프(Markov) 모델의 복수의 순차적인 상태들(sequential states)을 정의하는 단계;
각각의 상태에 대한 시퀀스 진행 레벨(Sequence Progress Level; SPL)을 결정하는 단계;
런-타임시 상태 확률 분포를 SPL에 매핑하는 단계; 및
매핑된 SPL 추정치를 상기 센서 시스템의 출력 값으로 사용하는 단계를 포함하고,
상기 방법은 상태 천이 확률 매트릭스를 포함하는 N-상태의 은닉 마르코프 모델(HMM)을 사용하고,
상기 상태 천이 확률 매트릭스는 각각의 행에 최대 확률 값을 포함하는 것을 특징으로 하는, 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,
마지막 상태 다음에는 상기 복수의 순차적인 상태들 중 제 1 상태가 오는, 방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,
상기 센서 시스템은 3차원(3D) 감지 시스템인, 방법.

청구항 4

제 3 항에 있어서,
상기 3D 센서 시스템은 근접장(near-field) 용량형 센서 시스템 또는 중거리(mid)/원거리(far) 필드 센서 시스템인, 방법.

청구항 5

제 4 항에 있어서,
상기 중거리/원거리 필드 센서 시스템은 비디오 또는 적외선 카메라 시스템을 사용하는, 방법.

청구항 6

제 4 항에 있어서,
상기 근접장 용량형 센서 시스템은 준 정적(quasi static) 전기장 측정들에 근거한 용량형 비접촉 3D 센서 시스템인, 방법.

청구항 7

제 1 항에 있어서,
상기 센서 시스템은 2차원(2D) 감지 시스템, 용량형 혹은 저항성 터치 시스템, 또는 터치스크린 시스템인, 방법.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 센서 시스템은 1차원(1D) 감지 시스템인, 방법.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 복수의 상태들은 원형(circular) 제스처의 상태들인, 방법.

청구항 10

제 1 항에 있어서,

전향(Forward) (바움-웰치(Baum-Welch)) 알고리즘을 이용하여 가장 가능성이 높은 상태(most-likely state)가 계산되는, 방법.

청구항 11

제 1 항에 있어서,

비터비(Viterbi) 알고리즘을 이용하여 가장 가능성이 높은 상태 그리고/또는 가장 가능성이 높은 상태 시퀀스가 계산되는, 방법.

청구항 12

제 1 항에 있어서,

각각의 행의 모든 확률들의 합계는 100%인, 방법.

청구항 13

센서 시스템용 상태 추적 기반 제스처 인식 엔진을 위한 방법으로서,

1차 마르코프(Markov) 모델의 복수의 순차적인 상태들(sequential states)을 정의하는 단계;

각각의 상태에 대한 시퀀스 진행 레벨(Sequence Progress Level; SPL)을 결정하는 단계;

런-타임시 상태 확률 분포를 SPL에 매핑하는 단계; 및

매핑된 SPL 추정치를 상기 센서 시스템의 출력 값으로 사용하는 단계를 포함하고,

상기 방법은 상태 천이 확률 매트릭스를 포함하는 N-상태의 은닉 마르코프 모델(HMM)을 사용하고, 그리고

상기 HMM은 소정 움직임 방향들의 확률을 나타내는 관측 매트릭스를 추가로 사용하는, 방법.

청구항 14

제 13 항에 있어서,

상기 관측 매트릭스는 각각의 행에 최대 확률 값을 포함하는, 방법.

청구항 15

제 14 항에 있어서,

각각의 행의 모든 확률들의 합계는 100%인, 방법.

청구항 16

제 1 항에 있어서,

각각의 개별-시간 인스턴스에 대해서, 상기 센서 시스템에 의해 제공된 데이터가 상기 1차 마르코프 모델에 전송되고, 상기 1차 마르코프 모델은 상기 N-상태 HMM에 대한 상태 확률 분포를 계산하는, 방법.

청구항 17

제 13 항에 있어서,

각각의 개별-시간 인스턴스에 대해서, 상기 센서 시스템에 의해 제공된 데이터가 상기 1차 마르코프 모델에 전송되고, 상기 1차 마르코프 모델은 상기 N-상태 HMM에 대한 상태 확률 분포를 계산하는, 방법.

청구항 18

센서 시스템용 상태 추적 기반 제스처 인식 엔진을 위한 방법으로서,

1차 마르코프(Markov) 모델의 복수의 순차적인 상태들(sequential states)을 정의하는 단계;

각각의 상태에 대한 시퀀스 진행 레벨(Sequence Progress Level; SPL)을 결정하는 단계;

런-타임시 상태 확률 분포를 SPL에 매핑하는 단계; 및

매핑된 SPL 추정치를 상기 센서 시스템의 출력 값으로 사용하는 단계를 포함하고,

상기 방법은 상태 천이 확률 매트릭스를 포함하는 N-상태의 은닉 마르코프 모델(HMM)을 사용하고,

각각의 개별-시간 인스턴스에 대해서, 상기 센서 시스템에 의해 제공된 데이터가 상기 N-상태 HMM에 대한 상태 확률 분포를 계산하는 상기 1차 마르코프 모델에 전송되고, 그리고

상기 각각의 개별-시간 인스턴스에 대해서, 최대 확률을 갖는 상태가 선택되고 그 상태와 연관된 SPL이 출력되는, 방법.

청구항 19

센서 시스템용 상태 추적 기반 제스처 인식 엔진을 위한 방법으로서,

1차 마르코프(Markov) 모델의 복수의 순차적인 상태들(sequential states)을 정의하는 단계;

각각의 상태에 대한 시퀀스 진행 레벨(Sequence Progress Level; SPL)을 결정하는 단계;

런-타임시 상태 확률 분포를 SPL에 매핑하는 단계; 및

매핑된 SPL 추정치를 상기 센서 시스템의 출력 값으로 사용하는 단계를 포함하고,

상기 방법은 상태 천이 확률 매트릭스를 포함하는 N-상태의 은닉 마르코프 모델(HMM)을 사용하고,

각각의 개별-시간 인스턴스에 대해서, 상기 센서 시스템에 의해 제공된 데이터가 상기 N-상태 HMM에 대한 상태 확률 분포를 계산하는 상기 1차 마르코프 모델에 전송되고, 그리고

상기 각각의 시간 인스턴스에 대해서, SPL이 상기 상태 확률 분포로부터 계산되고 그리고 출력되는, 방법.

청구항 20

제 18 항에 있어서,

상기 방법은 시계 방향 원형 제스처, 반시계 방향 원형 제스처, 또는 비(no)-움직임 제스처를 구별하는, 방법.

청구항 21

제 18 항에 있어서,

최대 우도(Maximum Likelihood) 규칙이 가장 가능성성이 높은 상태를 계산하는데 적용되는, 방법.

청구항 22

제 13 항에 있어서,

복수의 순차적인 출력 값들에 대해서는 순차적인 출력 값들의 후 처리(post processing) 동안에 평활화 알고리즘이 적용되는, 방법.

청구항 23

센서 시스템용 상태 추적 기반 제스처 인식 엔진을 위한 방법으로서,

1차 마르코프(Markov) 모델의 복수의 순차적인 상태들(sequential states)을 정의하는 단계;

각각의 상태에 대한 시퀀스 진행 레벨(Sequence Progress Level; SPL)을 결정하는 단계;

런-타임시 상태 확률 분포를 SPL에 매핑하는 단계; 및

매핑된 SPL 추정치를 상기 센서 시스템의 출력 값으로 사용하는 단계를 포함하고,

패턴 기반 제스처 인식 모드를 더 포함하고,

상기 방법은 상기 패턴 기반 제스처 인식 모드와 상태 추적 기반 제스처 인식 모드 사이를 스위칭하고,
그리고

상기 상태 추적 기반 제스처 인식 모드는 소정 조건이 충족될 때 상기 상태 추적 기반 제스처 인식 엔진에 의해 제공되는, 방법.

청구항 24

제 23 항에 있어서,

상기 상태 추적 기반 제스처 인식 모드는 확률 매트릭스를 포함하는 N-상태의 은닉 마르코프 모델(HMM)을 사용하는, 방법.

청구항 25

제 24 항에 있어서,

각각의 상태는 관측 확률 분포에 할당되는, 방법.

청구항 26

제 24 항에 있어서,

상기 상태 추적 기반 제스처 인식 모드 동안에 각각의 개별-시간 인스턴스에 대해서, 상기 센서 시스템에 의해 제공된 데이터가 전 처리되어(pre-processed) 상기 1차 마르코프 모델에 전송되고, 상기 1차 마르코프 모델은 상기 N-상태 HMM의 각각의 상태에 대한 상태 확률 분포를 계산하는, 방법.

청구항 27

제 26 항에 있어서,

각각의 개별-시간 인스턴스에 대해서, 최대 확률을 갖는 상태가 선택되고 그 상태와 연관된 SPL이 출력되는, 방법.

청구항 28

제 26 항에 있어서,

각각의 시간 인스턴스에 대해서, SPL이 상기 상태 확률 분포로부터 계산되고 그리고 출력되는, 방법.

청구항 29

제 27 항에 있어서,

상기 상태 추적 기반 제스처 인식 모드는 시계 방향 원형 제스처, 반시계 방향 원형 제스처, 또는 비(no)-움직임 제스처 사이를 구별하는, 방법.

청구항 30

제 29 항에 있어서,

상기 방법은 비-움직임 제스처를 위한 소정 시간 임계값이 충족되면 상기 패턴 기반 제스처 인식 모드로 다시 스위칭되는, 방법.

청구항 31

제 27 항에 있어서,
최대 우도 규칙이 가장 가능성의 높은 상태를 계산하는데 적용되는, 방법.

청구항 32

제 27 항에 있어서,
복수의 순차적인 출력 값들에 대해서는 순차적인 출력 값들의 후 처리 동안에 평활화 알고리즘이 적용되는, 방법.

청구항 33

제 28 항에 있어서,
복수의 순차적인 출력 값들에 대해서는 순차적인 출력 값들의 후 처리 동안에 평활화 알고리즘이 적용되는, 방법.

청구항 34

제 1 항에 따른 방법을 구현하도록 구성된 디바이스를 동작시키는 방법으로서,
상기 출력 값은 상기 디바이스의 기능을 제어하는데 사용되는, 방법.

청구항 35

제 34 항에 있어서,
상기 기능은 볼륨 레벨을 증가 혹은 감소시키거나, 디머(dimmer)를 제어하거나, 또는 스크롤 기능을 제어하는,
방법.

청구항 36

삭제

청구항 37

삭제

발명의 설명**기술 분야****[0001] 관련 출원에의 상호 참조**

[0002] 본 출원은 2013년 7월 19일 출원된 미국 가출원 번호 61/856,531 호의 이익을 주장하며, 상기 미국 가출원은 그 전체가 본 출원에 통합된다.

[0003] 기술 분야

[0004] 본 개시는 휴면 인터페이스를 위한 방법 및 디바이스에 관한 것으로, 특히 센서 시스템용 HMM-기반 제스처 인식 엔진의 상태 추적에 관한 것이다.

배경 기술

[0005] 소비자 가전 제품에서 멀티-레벨 제어, 예를 들면 볼륨 제어 또는 스크린/광 밝기 제어를 위해 알려진 시스템들은 (종종 노트북의 키보드 위에 장착된) 원형 터치-패드 또는 용량형 선형 슬라이더를 흔히 사용하거나, 손가락이 터치 패드의 오른쪽 테두리에 있는 전용 슬라이더 영역에서 움직일 때 일반 노트북 터치 패드로부터의 터치 정보를 사용하고 있다.

[0006] 이 센서들은 손가락 끝(finger tip)에 관한 절대 위치 정보를 제공하고, 따라서 원형 터치패드 상의 손가락 끝

의 각도 또는 슬라이더 상의 위치 – 간단한 방법으로 제어 레벨에 직접적으로 또는 차분적으로(differentially) 매핑될 수 있는 정보를 제공한다.

[0007] 특히 터치 휠에서는 손가락 끝과 휠의 기하학적 중심이 휠의 기준점에 대한 각도를 만드는 것이 중요하며, 이 각도는 평가될 수 있다.

[0008] 원형 제스처를 인식할 때에 고정 기하학적 중심 위치가 없다면, 원형 이동의 각도를 결정하는 것이 더 이상 간단하지 않다. 이것은, 예를 들면, 근접장 용량형 센서 시스템들을 이용하여 2D/3D 자유-공간(free-air) 제스처들을 갖거나 또는 비디오나 적외선 카메라 시스템들과 같은 중거리(mid)/원거리(far) 필드 센서 시스템들을 갖는 일반 비(non)원형 터치패드에 대하여 그러하다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 시계 방향이나 반시계 방향일 수 있는 원형 이동을 고려하면, 발명자는 그것을 고정 시작 또는 정지 위치를 갖는 것으로 한정하지 않는다. 원형 이동 동안 매번, 실시간 애플리케이션에서 발명자는 현재까지 얻어진 데이터만을, 즉 부분 제스처 패턴들만을 평가할 수 있다. 그려진 원의 중심을 모른다면, 이동의 시작시 검출 유닛은 원의 방향을 말할 수 없다: 예를 들면, 좌우 이동은 시계방향 원의 최상부에서 나타날 뿐 아니라 반시계 방향 원의 최하부에서도 나타난다.

과제의 해결 수단

[0010] 실시예에 따르면, 센서 시스템용 상태 추적 기반 제스처 인식 엔진을 위한 방법은: 유한-상태 머신의 복수의 순차적인 상태들(sequential states)을 정의하는 단계; 각각의 상태에 대한 시퀀스 진행 레벨(Sequence Progress Level; SPL)을 결정하는 단계; 런-타임시 상태 확률 분포를 하나의 SPL에 매핑하는 단계; 및 매핑된 SPL 추정치를 상기 센서 시스템의 출력 값으로 사용하는 단계를 포함한다.

[0011] 추가 실시예에 따르면, 마지막 상태 다음에는 상기 복수의 순차적인 상태들 중 제 1 상태가 올 수 있다. 추가 실시예에 따르면, 상기 센서 시스템은 3차원(3D) 감지 시스템일 수 있다. 추가 실시예에 따르면, 상기 3D 센서 시스템은 근접장(near-field) 용량형 센서 시스템 또는 중거리(mid)/원거리(far) 필드 센서 시스템일 수 있다. 추가 실시예에 따르면, 상기 중거리/원거리 필드 센서 시스템은 비디오 또는 적외선 카메라 시스템을 사용할 수 있다. 추가 실시예에 따르면, 상기 근접장 용량형 센서 시스템은 준 정적(quasi static) 전기장 측정들에 근거한 용량형 비접촉 3D 센서 시스템일 수 있다. 추가 실시예에 따르면, 상기 센서 시스템은 2차원(2D) 감지 시스템, 용량형 혹은 저항성 터치 시스템, 또는 터치스크린 시스템일 수 있다. 추가 실시예에 따르면, 상기 센서 시스템은 1차원(1D) 감지 시스템일 수 있다. 추가 실시예에 따르면, 상기 복수의 상태들은 원형(circular) 제스처의 상태들일 수 있다. 추가 실시예에 따르면, 상기 유한 상태 머신은 1차 마르코프(Markov) 모델일 수 있다. 추가 실시예에 따르면, 전향(Forward) (바움-웰치(Baum-Welch)) 알고리즘을 이용하여 가장 가능성성이 높은 상태(most-likely state)가 계산될 수 있다. 추가 실시예에 따르면, 비터비(Viterbi) 알고리즘을 이용하여 가장 가능성이 높은 상태 그리고/또는 가장 가능성이 높은 상태 시퀀스가 계산될 수 있다. 추가 실시예에 따르면, 상기 방법은 상태 천이 확률 매트릭스를 포함하는 N-상태의 은닉 마르코프 모델(HMM)을 사용한다. 추가 실시예에 따르면, 상기 상태 천이 확률 매트릭스는 각각의 행에 최대 확률 값을 포함할 수 있다. 추가 실시예에 따르면, 각각의 행의 모든 확률들의 합계는 100%일 수 있다. 추가 실시예에 따르면, 상기 HMM은 소정 움직임 방향들의 확률을 나타내는 관측 매트릭스를 추가로 사용할 수 있다. 추가 실시예에 따르면, 상기 관측 매트릭스는 각각의 행에 최대 확률 값을 포함할 수 있다. 추가 실시예에 따르면, 각각의 행의 모든 확률들의 합계는 100%일 수 있다. 추가 실시예에 따르면, 각각의 개별-시간 인스턴스에 대해서는 상기 센서 시스템에 의해 제공된 데이터가 상기 유한 상태 머신에 전송될 수 있고, 상기 유한 상태 머신은 상기 N-상태 HMM에 대한 상태 확률 분포를 계산할 수 있다. 추가 실시예에 따르면, 각각의 개별-시간 인스턴스에 대해서는, 최대 확률을 갖는 상태가 선택될 수 있고 그 상태와 연관된 SPL이 출력된다. 추가 실시예에 따르면, 각각의 시간 인스턴스에 대해서는 SPL이 상기 상태 확률 분포로부터 계산될 수 있고 그리고 출력된다. 추가 실시예에 따르면, 상기 방법은 시계 방향 원형 제스처, 반시계 방향 원형 제스처, 또는 비(no)-움직임 제스처를 구별할 수 있다. 추가 실시예에 따르면, 최대 우도(Maximum Likelihood) 규칙이 가장 가능성성이 높은 상태를 계산하는데 적용될 수 있다. 추가 실시예에 따르면, 복수의 순차적인 출력 값들에 대해서는 순차적인 출력 값들의 후 처리(post processing) 동안에 평활화 알고리즘이 적용될 수 있다.

[0012] 또 하나의 실시예에 따르면, 제스처 인식을 위한 방법은 위에 설명된 방법을 포함할 수 있고, 패턴 기반 제스처 인식 모드를 더 포함하며, 상기 방법은 상기 패턴 기반 제스처 인식 모드와 상태 추적 기반 제스처 인식 모드 사이를 스위칭하고, 상기 상태 추적 기반 제스처 인식 모드는 소정 조건이 충족될 때 상기 상태 추적 기반 제스처 인식 엔진에 의해 제공된다.

[0013] 이러한 방법의 추가 실시예에 따르면, 상기 상태 추적 기반 제스처 인식 모드는 확률 매트릭스를 포함하는 N-상태의 은닉 마르코프 모델(HMM)을 사용할 수 있다. 이러한 방법의 추가 실시예에 따르면, 각각의 상태는 관측 확률 분포에 할당될 수 있다. 이러한 방법의 추가 실시예에 따르면, 상기 상태 추적 기반 제스처 인식 모드 동안에 각각의 개별-시간 인스턴스에 대해서는 상기 센서 시스템에 의해 제공된 데이터가 전 처리되어(pre-processed) 상기 유한 상태 머신에 전송될 수 있고, 상기 유한 상태 머신은 상기 N-상태 HMM의 각각의 상태에 대한 상태 확률 분포를 계산한다. 이러한 방법의 추가 실시예에 따르면, 각각의 개별-시간 인스턴스에 대해서는, 최대 확률을 갖는 상태가 선택될 수 있고 그 상태와 연관된 SPL이 출력된다. 이러한 방법의 추가 실시예에 따르면, 각각의 시간 인스턴스에 대해서는 SPL이 상기 상태 확률 분포로부터 계산될 수 있고 그리고 출력된다. 이러한 방법의 추가 실시예에 따르면, 상기 상태 추적 기반 제스처 인식 모드는 시계 방향 원형 제스처, 반시계 방향 원형 제스처, 또는 비(no)-움직임 제스처 사이를 구별할 수 있다. 이러한 방법의 추가 실시예에 따르면, 상기 방법은 비-움직임 제스처를 위한 소정 시간 임계값이 충족되면 상기 패턴 기반 제스처 인식 모드로 다시 스위칭될 수 있다. 이러한 방법의 추가 실시예에 따르면, 최대 우도 규칙이 가장 가능성성이 높은 상태를 계산하는데 적용될 수 있다. 이러한 방법의 추가 실시예에 따르면, 복수의 순차적인 출력 값들에 대해서는 순차적인 출력 값들의 후 처리 동안에 평활화 알고리즘이 적용될 수 있다. 이러한 방법의 추가 실시예에 따르면, 상기 출력 값은 상기 디바이스의 기능을 제어하는데 사용될 수 있다. 이러한 방법의 추가 실시예에 따르면, 상기 기능은 볼륨 레벨을 증가 혹은 감소시키거나, 디머(dimmer)를 제어하거나, 또는 스크롤 기능을 제어할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0014] 도 1은 실시예에 따른 2-D 제스처 인식 시스템을 도시한 도면이다.

도 2는 실시예에 따른 3-D 제스처 인식 시스템을 도시한 도면이다.

도 3은 복수의 수신 전극들을 사용하는 교류 전기 근접장 평가에 근거한 제스처 검출 시스템의 예시적인 실시예를 도시한 도면이다.

도 4는 오브젝트의 거리에 대한 수신 센서의 전형적인 출력 신호들을 도시한 도면이다.

도 5는 도 1 내지 도 3에 따른 시스템에 의해 검출될 수 있는 복수의 제스처들을 도시한 도면이다.

도 6은 도 3에 따른 시스템의 센서 전극들에 대한 반시계 방향의 원형 제스처를 도시한 도면이다.

도 7은 도 6에 따른 제스처의 이동에서도 나타난 바와 같은 방향 벡터들의 세트를 도시한 도면이다.

도 8 내지 도 10은 다양한 상태 다이어그램들을 도시한 도면이다.

도 11 및 도 12는 다양한 실시예들에 따른 방법에 의해 생성된 복수의 출력 값을 도시한 도면이다.

도 13은, 원형 제스처의 검출시 레벨이 차분적으로 업데이트되는 막대 그래프 레벨 미터를 구비한 예시적인 애플리케이션을 도시한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0015] 따라서, 제안된 해결책의 일부분은 관측되는 제스처(또는 패턴)를 식별하는 것이다. 제안된 방법에서 이것은 확률 측정을 이용하여 (랜덤 움직임을 나타내는 불필요한 제스처를 포함할 수 있는) 다른 가능한 제스처들의 세트와 비교함으로써 이루어진다. 일단 확률이 가장 높은 제스처가 식별되면 - 예를 들어 반원을 그린 후에 - 제스처의 진행이 추적된다. (이 진행 추적은 또한 제스처의 (검출된) 시작시 바로 시작될 수 있다. 또한, 가능성이 낮은 제스처들의 진행도 서로 다른 목적들을 위해 동시에 추적될 수 있다.)

[0016] 다양한 실시예들에 따르면, a) 유한 상태 머신의 각각의 상태에 대한 시퀀스 진행 레벨(Sequence Progress Level; SPL)을 선형적으로 정의하거나 결정하고, b) 런타임에 상태 확률 분포를 (단일) SPL에 매핑하고, 그리고 c) 이 SPL 추정을 정보 소스(이용 케이스들)로 사용하기 위한 방법이 제공될 수 있다.

- [0017] 제스처 진행을 추적하기 위한 제안된 방법의 경우에는 심지어는 고정된 기준 위치마저도 불필요하다. 발명자의 방법은 상기 언급된 센서 시스템들 모두에 적용될 수 있지만 이것으로 한정되는 것은 아니며, 발명자의 방법은 이하의 예에서 추가로 설명될 것이다.
- [0018] 도 1은 예를 들어, 전형적인 2차원(2D) 검출 시스템(100)을 도시한 도면이다. 2D 센서(120)는 예를 들면 용량성 또는 저항성 트랙패드(trackpad) 혹은 터치스크린 검출기일 수 있으며, 이 검출기는, 센서(120)에 의해 제공된 원시(raw) 정보를 디코딩하고 2D 인터페이스(110)와 결합된 데이터 처리 시스템(130)에 제공된 각각의 데이터 및/또는 명령어들을 생성하도록 구성되는 2D 인터페이스(110)와 결합된다.
- [0019] 도 2는 예시적인 3차원 검출 시스템(200)을 도시한다. 이 시스템은 3D 평가 회로(220), 예를 들면 데이터 처리 시스템(130)과 결합될 수 있는 출원인에 의해 제조된 집적 회로 디바이스 MGC3130와 결합된 복수의 전극들을 구비한 준-정적 전기장 검출 시스템(210)을 사용할 수 있다. 도 3은 인쇄 회로 기판(PCB)(305)에 배열된 복수의 수신 전극들(310-340)을 포함하는, 이러한 시스템에 이용될 수 있는 예시적인 전극 배열을 도시한다. PCB는 또한 송신 전극을 제공하며, 이 송신 전극은 일반적으로 PCB의 하위층(lower layer)에 배열되는데, 예를 들면 준-정적 전기장을 생성하기 위해 PCB(305)의 최하 면(bottom side)에 배열된다. 이러한 시스템은 예를 들어 송신 전극에 공급되는 100kHz 교류 신호, 예컨대 직사각형 펄스 트레인을 사용하여 전기장을 생성할 수 있으며, 이 전기장은 수신 전극들(310-340) 위의 공간 영역으로 확장된다. 검출 공간 내에서 행해진 비(non)터치 제스처는 필드의 교란을 일으키며, 이 필드의 교란은 송신 전극의 주위에 및/또는 위에 배열된 수신 전극들(310-340)에 의해 검출될 수 있거나 또는 송신 전극의 로딩/loading)을 측정하여 검출될 수 있다. 이러한 회로 기판은 동시에 평가 칩(350)을 포함하고 그리고 예를 들어 USB 인터페이스(360)를 데이터 처리 시스템에 제공할 수 있다. 전기장에 들어오는 오브젝트들도 필드를 교란시키며, 여기서 다양한 전극들(310-340)에서의 신호들은 특히 오브젝트와의 거리에 따라 서로 다르게 감쇠한다. 따라서, 전극들(310-340)에 의해 제공된 원시 데이터의 처리는 실제의 3D 데이터를 제공한다. 도 4에 도시된 바와 같이 오브젝트와 각각의 전극(310-340)의 거리가 클수록 측정 값이 작아지는 것은 이러한 전기장 3D 검출 시스템에서 당연할 수 있다. 하지만, 본 애플리케이션은 이러한 동작으로 한정되지 않으며, 전기장 시스템은 다른 신호 응답을 제공할 수 있다. 제스처들은 은닉 마르코프 모델(Hidden-Markov-Model; HMM) 기반 제스처 인식 시스템을 사용하여 검출될 수 있다. 상기 모델들은 '은닉'이라고 칭해지는데, 그 이유는 상기 모델들의 참된/실제 상태가 직접 관측될 수 없기 때문이다. 각각의 상태에 대한 '바람직한' 이동 방향은 관측 확률을 통해 그것과 연결된다. 개별적인(discrete) 제스처 이벤트들, 예를 들어 도 5에 도시된 플릭(flick)들 및 원들의 인식은 "AUTOMATIC GESTURE RECOGNITION FOR A SENSOR SYSTEM"이라는 발명의 명칭으로 계류중인 미국 특허출원 공개번호 US2014/0050354에 개시되어 있으며, 이 문헌은 그 전체가 본 출원에 참조로 통합된다.
- [0020] 센서 시스템은 예를 들면, 센서 전극들을 구비한 용량형 센서 시스템일 수 있으며, 센서 전극들의 측정값들은 전기 전도성 오브젝트와 전극 사이의 거리에 대한 단조(monotonic) 측정값일 수 있다. 제스처 인식에 사용된 특징들은 예를 들면, 센서 측정값들로부터 계산되는 2차원 (x,y) 평면에서의 손가락의 이동을 나타내는 2차원 방향 벡터의 표시(sign)들일 수 있다. 위에 설명된 바와 같이, 3D 시스템은 광학, 음향 등과 같은 임의의 검출 시스템일 수 있다. 다시, 데이터 처리 시스템은 예를 들어 도 1 및 도 2에 도시된 2D 시스템 또는 3D 인터페이스로부터 상기 처리된 정보를 수신할 수 있다.
- [0021] 제안된 방법은 또한, 2차원(a second dimension)을 필요로 하지 않는 1차원(1D) 센서 시스템들, 예를 들면 터치 또는 터치리스(touch-less) 슬라이더 기능부들에 적용될 수 있다. 이하에서는 대부분의 예들이 시계방향 또는 반시계 방향 원 제스처와 같은 원형 제스처를 참조한다. 하지만, 이 애플리케이션 내에 언급된 바와 같이, 상기 제안된 방법은 또한 1D, 2D 또는 3D 감지 시스템들에 적용될 수 있다.
- [0022] 예: 연속적인 원 제스처 페이즈 추적('에어휠(AirWheel)')
- [0023] 표 1에 정의된 4-상태 원형 HMM을 포함하는 은닉 마르코프 모델(HMM) 기반 제스처 인식 시스템이 제공된다고 가정하며, 여기서 매트릭스 A는 HMM의 상태 천이 확률 매트릭스(행들은 현재 상태이고 열들은 다음 상태임)이고, 매트릭스 B는 관측 확률 매트릭스(행들은 상태이고 열들은 관측임)이며, π 는 초기 상태 확률 벡터이다. B의 열들은 매트릭스 B의 위에(on top of) 동일한 순서로 표시된 도 7의 방향 벡터들에 해당한다. HMM은 반시계 방향 원 제스처를 나타낸다.
- [0024] 도 6은 HMM 상태들에 대한 모든 가능한 특징 벡터들의 시스템과의 연관성을 나타내며, 상기 시스템은 4개의 수신 전극들(310-340)을 구비한 도 3에 도시된 바와 같은 전기장 3D 센서들을 사용한다. 관측 공간은 4개의 방향 벡터들의 세트이며, 이 방향 벡터들은 관측 공간의 전방의 손의 움직임을 추적하기 위해 제공되는 4개의 수신

전극들(310-340)에 의해 제공된 측정 데이터로부터 얻어진다. 도 7은 4개의 방향 벡터들의 세트를 갖는 관측 공간을 도시한다. 도 8은 HMM의 상태 다이어그램을 도시한다. 확률 매트릭스 B에서, 제 1 상태 's1'은 왼쪽 위로의 방향 벡터를 출력시키는 데에는 높은 확률(B[1,1]=0.95)을 가지나, 오른쪽 위로의 벡터를 생성하는 데에는 매우 낮은 확률(B[1,4]=0.02)을 가짐을 알 수 있다.

[0025] 도 6 및 도 8에 도시된 바와 같이, 반시계 방향 원형 제스처의 검출을 위해서는 매트릭스 B(표 1 참조)가 각각의 방향 벡터와 관련된 최대값을 갖도록 설계된다. 매트릭스 A는 각각의 제스처에 대한 상태들 및 가능 천이들을 반영하도록 설계된다. 따라서, 예를 들면, 상태(s1)에서 반시계 방향 제스처에서는 상태들(s3 및 s4)로의 어떠한 천이도 존재하지 않는다. 상태(s1)로부터 자기 자신으로 또는 s2로의 유일한 비-제로(non-zero) 천이 확률들이 존재한다. 바람직하게, 매트릭스 A 및 B의 각각의 행의 확률들의 합계는 100%이다. 제스처의 원형성으로 인하여, 매트릭스 B에서의 현재 상태, 예를 들어 s₁은 이전 상태(s₄) 및 다음 상태(s₂)와 접경한다(bordered). 각각의 상태는 우세한 것(dominant), 즉 높은 확률의 관측치(이 상태와 관련된 B의 행에서의 분명한 최대값) 또는 높은 확률들을 갖는 유사한 관측치들의 세트와 연관된다. 예를 들면, 표 1의 B의 행들에 걸쳐, 즉 각각의 상태에 대해, 그것의 가장 가능성 있는 방향 벡터와는 반대 방향의 방향 벡터를 생성할 확률은 가장 적은데, 예를 들면, 상태(s2)에 있을 때 오른쪽 위의 이동을 생성할 확률은 가장 적으며, 여기서 s2의 가장 가능성 있는 관측치는 왼쪽 아래이다. 표 1은 단지 확률들이 어떻게 할당될 수 있는지의 예를 보여준다. 다른 값들 및 최대 확률들은 각각의 제스처와 그의 특성들에 따라 적용된다. 예를 들면, 제스처 및 그의 관련 HMM은 원형이 아닐 수 있으며 별개의 시작과 끝을 가질 수 있다. 제스처들은 다양할 수 있으며 원형일 필요는 없다.

표 1

$$A = \begin{bmatrix} 0.9 & 0.1 & 0 & 0 \\ 0 & 0.9 & 0.1 & 0 \\ 0 & 0 & 0.9 & 0.1 \\ 0.1 & 0 & 0 & 0.9 \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} 0.95 & 0.02 & 0.01 & 0.02 \\ 0.02 & 0.95 & 0.02 & 0.01 \\ 0.01 & 0.02 & 0.95 & 0.02 \\ 0.02 & 0.01 & 0.02 & 0.95 \end{bmatrix}$$

$$\pi = 0.25 * \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}$$

[0026]

[0027] 원형 제스처를 이용하는 예에 대해서는, 손이 페이즈 $\phi=0$ 인 양의 x축에서 시작하여 반시계 방향으로 움직일 때, 센서로부터 몇 개의 샘플들 이후에, 도 6의 좌표 시스템의 제 1 사분면 내에서 원 움직임의 우세 방향이 왼쪽 위로 향하기 때문에, 상태(s1)는 주어진 HMM에서 가능성성이 높을 것이고, 그리고 HMM이 상태(s1)에 있을 때 대응 방향 벡터가 생성될 가능성이 가장 높을 것이다: 왼쪽 위의 방향 벡터에 대응하는 매트릭스 B의 제 1 열에서의 최대값은 상태(s1)에 대응하는 행 1에 있다. 손의 움직임이 반시계 방향으로 계속될 때, 가능성성이 높은 상태는 s2, s3, s4, s1 등이 되도록 진행할 것이다.

[0028]

따라서, 반시계 방향 원이 손 움직임에 의해 수행됨을 알고 대응 HMM에서의 최대 가능 상태를 안다면, 공간에서의 그려진 원의 절대 위치를 알 필요없이, 대략 "어디쯤에서", 즉 원의 무슨 페이즈에서 손이 현재 움직이고 있는지를 추론할 수 있다.

[0029]

일반적인 설명:

[0030]

N개의 상태들을 갖는 유한-상태 머신(finite-state machine; FSM)이 제공되는 것을 가정한다. 또한 특정 공간이

주어지는데, 즉 이산-시간(discrete-time) 인스턴스들에서 연속-시간 패턴을 샘플링하는 센서에 의해 제공된 측정 데이터로부터 선택되거나 추출될 수 있는 특징들의 세트(a set of features)가 주어진다. FSM의 각각의 상태는 소정 확률을 구비한 특징 세트에서의 특징치들(또는 관측치들)을 생성한다고 가정된다. 즉 각각의 상태가 관측 확률 분포에 할당된다. 가장 단순한 경우에, 각각의 상태는 확률 1을 갖는 특징 세트의 단일 특징에 매핑된다. 이 분포들은 공통적으로 소위 관측 매트릭스 B에 저장된다. FSM은 특정 패턴 또는 특정 패턴들의 세트를 나타낸다.

[0031] 이 관측 확률 분포에 근거하여, 시퀀스의 진행에 따른 증가 순서로 연속-시간 패턴의 시퀀스 진행 레벨(Sequence Progress Level; SPL)을 (선험적인) 각 상태에 할당한다. 일반성의 손실없이, SPL들에 대한 값 범위를 $[0, N]$ 으로 설정한다. 예: 도 6은 소개용의 예로서, 상태들(s1, s2, s3 및 s4)에 각각 할당된 $N=4$ SPL들 $q_1=Q(1)=0.5$, $q_2=Q(2)=1.5$, $q_3=Q(3)=2.5$ 및 $q_4=Q(4)=3.5$ 를 보여준다. 이렇게 하고자 하는 동기는 다음과 같다: $[0, N]$ 의 범위에 있는 SPL들이 $q=0$ 인 양의 x축에서 시작하여 $q=1$ 인 양의 y축을 지나서(over), $q=2$ 인 음의 x축, $q=3$ 인 음의 y축, 그리고 $q=4$ 인 양의 x축으로 되돌아오는 단조로운 방식(monotonous manner)으로 전체 원형 패턴에 걸쳐 분포됨을 가정한다. $Q(1)$ 내지 $Q(4)$ 는 패턴의 위치들에 배치되며, 이 패턴의 위치들은 그것들의 대응 상태들(s1 내지 s4)의 지배적인 관측치와 매칭한다.

[0032] 런타임시, 센서 데이터로부터 얻어진 FSM 및 특징들을 고려하면, 상태 확률 분포는 FSM의 상태들에 대해 계산되고, 각각의 새로운 센서 샘플을 위해 업데이트된다. 각각의 이산-시간 인스턴스에서, SPL 추정을 얻는 가장 단순한 방법은 이 분포에서 최대 확률을 갖는 상태를 선택하여 이 상태에 할당된 SPL을 출력하는 것이다. 또 하나의 보다 정교한 접근 방법은 아래의 목록 1에 표시된다.

[0033] 시계 방향 원 검출을 위한 HMM은 시계 방향 천이들(도 8에 도시된 바의 반대 방향들을 가리키는 화살표들)을 갖는 도 8에 도시된 것과 유사한 상태 모델을 사용한다. 필터 상태 확률들의 추적에 의해, 예를 들어, 가장 가능성 있는 상태가 주로 왼쪽 위의 방향 벡터(매트릭스 B의 왼쪽 위의 방향 벡터에 대한 지배적인 확률)와 연관될 때, $\phi=45^\circ$ 라고 가정될 수 있다. 다음 상태로의 천이는 대략 90° 의 각도 변화에 대응한다. 이후에는 상태 천이들의 누적된 수가 출력될 수 있다.

[0034] 도 9는 시계 방향과 반시계 방향 제스처 검출 둘 다에 대한 양방향 원형 HMM을 제공하는 또 하나의 실시예를 도시한다. 이 모델은 두 개의 기존 단일-방향 원형 HMM들(시계 방향 원에 대한 것과 반시계 방향 원에 대한 것)을 잠재적으로 대신하는데 사용될 수 있으며, 이는 실제 실시예를 위한 플래시 메모리 절감으로 이어질 수 있다.

[0035] 도 11에서와 같은 계단 모양의 출력을 평활화하기 위한 추가 필터(들)가 필요할 수 있다. 계단 모델은, 예를 들어 손가락이 움직이지 않을 때의 가상 스크롤 훈(virtual scroll wheel; VSW) 모드에서 확장된 타임-아웃을 포함함으로써, 전방/후방 스크롤링을 가능하게 하기 위해 정지 기준들을 포함하도록 수정될 수 있다. 다른 실시예들에 따르면, 상태들의 수는 보다 미세한 입도(granularity)를 위해 증가될 수 있으며 그리고 4개의 상태들을 이용하는 예들로 한정되지 않는다.

[0036] 런타임시 상태 확률 분포를 계산하기 위한 규칙은 가능성이 가장 높은 상태 또는 가능성이 가장 높은 상태 시퀀스를 계산하기 위한 최대 우도(Maximum Likelihood; ML) 또는 최대 사후 확률(Maximum A posteriori Probability; MAP) 규칙일 수 있다.

[0037] 각각의 상태가 상태 지수(i) 및 SPL $Q(i)$ 에 할당된다.

[0038] a) 자체-설계 FSM: 소정 연속 패턴(또는 '시퀀스')에 대해, FSM의 각 상태는 이 연속-시간 패턴의 소정 개별-시간 인스턴스(SPL)에 할당됨으로써, 상태 지수들은 대응 SPL들이 이 FSM에 의해 표시된 연속 패턴에 나타나는 것과 동일한 순서이거나 반대 순서이다. 각 SPL은 N개의 인접 시퀀스 세그먼트들 중 하나의 내부에, 바람직하게는 세그먼트 센터들에 위치한다. 이후에, 각각의 상태에 대해, 관측 확률 분포는 센서가 이 세그먼트에서 연속-시간 패턴을 샘플링할 때 전형적으로 얻어지는 관측치들과 유사하도록 선택된다.

[0039] 예: 소개용의 예는 이러한 자체-설계 FSM, 보다 정확하게는, $N=4$ 상태들을 구비한 1차 원형의 은닉 마르코프 모델이다. 도 6은 4개의 SPL들(q_1, q_2, q_3 및 q_4) 주위의 시퀀스 세그먼트들(4개의 사분원들, 각 사분면에 한 개의 사분원)을 도시한다. 표 1의 상태 천이 매트릭스 A는 모델의 원형 구조를 반영한다: 위에 언급된 바와 같이, 비-제로 확률을 갖는 천이들은 단지 임의의 상태로부터 자신에게로 또는 다음의 더 높은 지수를 갖는 상태로 발생하고, 제 4 상태(s4)로부터 다시 s1으로 발생한다. 각각의 상태에 대해, 관측 매트릭스 B는 세그먼트에서 우세한 움직임 방향에 대응하는 지배적인, 즉 가장 가능성이 높은 관측치를 갖는다.

[0040] b) 소정의 FSM(예를 들어, 트레이닝된 HMM): FSM의 상태들의 각각에 할당된 관측 확률 분포를 갖는 FSM

을 고려하면, 소정의 연속 패턴(또는 '시퀀스')에 대해, 대응 SPL들이 연속-시간 패턴에 나타나는 동일한 순서 (order)(또는 반대 순서)에 지수들이 있도록 각각의 상태(s_i)에 대해 연속-시간 패턴 내의 전형적인 SPL Q(i)가 확인되어야 한다.

[0041] 예: 관측치들의 세트, 및 각각의 상태의 관측치들에 대한 확률 분포를 포함하는 매트릭스 B가 주어진다면, 각각의 상태에 대한 평균 또는 예상 관측치(예컨대, 산술 평균)가 계산된다. 할당된 SPL들, 예를 들어 이 패턴의 전형적인 시간의 지속 기간 동안 균일하게 분포되는 SPL들을 갖는 기준 패턴이 주어진다면, 각각의 상태에 대해 그의 예상 관측치에 적합한 패턴 내의 SPL을 확인하고 이 SPL을 상태에 할당한다. 매트릭스들 A 및 B의 또 하나의 예시적인 세트, 및 SPL들(0.5, 1.5, 2.5 및 3.5)에 대응하는 관련 방향 화살표들을 보여주는, 표 2의 관측 확률 매트릭스 B가 주어진다면, 모델 순환 구조를 고려한 예상 관측치(분포의 평균값, 또는 가중 합(weighted sum))의 계산은 다음과 같이 제 2 상태(s₂)에 대하여 유용할 것이다: 매트릭스 B에서 상태(s₂)에 대응하는 행 2에서의 최대값을 검색하여, 열 4의 오른쪽 위로의 방향 벡터에 대한 B(2,4)=0.9를 산출한다. 이 확률은 이 관측치에 대응하는 SPL q=3.5를 가중하는 것이다. 따라서, 열 3의 확률 B(2,3)은 SPL q=2.5를 가중한다. 모델의 순환 구조와 SPL들 모듈로(modulo) N의 결과로 얻어진 계산으로 인하여, 각각의 관측치에 대해서는, 그것이 가장 가능성이 높은 관측치(들) 전에 또는 그 이후에 발생한다고 고려될지가 결정될 필요가 있다. 최대 확률이 열 4에 있기 때문에, 열 1에서 자신의 오른쪽으로 순환적인 관측치의 SPL은 q=0.5+(N=4)=4.5이고, 대응 확률은 B(2,1)=0.05이다. 열 4의 최대값 B(2,4)=0.9의 오른쪽으로 순환적인 열 1의 확률 B(2,1)=0.05가 최대값의 왼쪽으로의 확률 B(2,3)=0.04보다 크기 때문에, 열 2도 또한 열 4의 오른쪽으로 순환적이라고 고려되어 SPL q=5.5를 산출한다. 따라서, SPL들의 가중 합은 다음과 같이 된다:

$$\text{SPL}(s_2) = Q(2) = B(2,1)*4.5+B(2,2)*5.5+B(2,3)*2.5+B(2,4)*3.5$$

$$= 0.05*4.5 + 0.01*5.5 + 0.04*2.5 + 0.9*3.5$$

$$= 3.53$$

[0045] 이 결과가 N보다 크거나 0보다 작다면, 모듈로 N을 계산하는 것을 필요로 할 것이다. SPL을 상태에 할당하기 위한 서로 다른 접근 방법들이 또한 가능한데, 예를 들면, 최대 확률을 갖는 방향 벡터의 반대 방향의 쪽을 향하는 방향 벡터를 무시하는 것이다.

표 2

$$A = \begin{vmatrix} 0.9 & 0.05 & 0 & 0.05 \\ 0.05 & 0.9 & 0.05 & 0 \\ 0 & 0.05 & 0.9 & 0.05 \\ 0.05 & 0 & 0.05 & 0.9 \end{vmatrix}$$

$$B = \begin{vmatrix} \nearrow & \nearrow & \searrow & \nearrow \\ 0.01 & 0.05 & 0.85 & 0.09 \\ 0.05 & 0.01 & 0.04 & 0.9 \\ 0.91 & 0.03 & 0.02 & 0.04 \\ 0.06 & 0.89 & 0.04 & 0.01 \end{vmatrix}$$

[0046]

[0047] 표 2에 도시된 실시예에 따르면, 상태 천이 확률 매트릭스 A는 양방향 원형 HMM에 대해 설정되어 도 11 및 도 12에 도시된 스크린샷들을 생성한다. 도 10은 양방향 원형 HMM의 관련 상태 다이어그램을 보여준다. 도 11은 3개의 연속적인 부분들로 분할된 제스처에 대한 시스템의 출력 레벨의 예를 시각화한다. 제 1 부분은 어떠한 동작도 없음을 나타내며, 이후에는 VSW 모드를 활성화하는 시계방향 원 제스처가 뒤따른다. 단계들은 각각, 관련 증가 스크롤 파라미터, 또는 두 개 이상의 상태들 사이의 천이들을 나타낸다. 소정의 시계방향 원형 시간 이후

예, 도 11에 도시된 바와 같이 사용자는 즉시 계속해서 반시계 방향 제스처를 하고, 반시계 방향 제스처는 관련 파라미터를 감소시킨다.

[0048] 정지 기준, 즉 연속적인 시간 패턴의 끝을 검출하기 위한 결정 규칙(decision rule)은, 패턴이 다소 짧은 시간 동안(for some shorter amount of time) 거의 변화하지 않을 때에는 정지 기준이 정지를 검출하지 않도록 구성될 필요가 있을 수 있다.

[0049] 위에 언급된 바와 같이, 다른 실시예들에 따르면, 레벨들의 수를 증가시킴으로써, 즉 상태들의 수를 증가시킴으로써, 진행 레벨들의 입도(granularity)가 향상될 수 있다(즉, 두 개의 연속적인 레벨들 사이의 단계들이 더 작아질 수 있다).

[0050] 추가 실시예에 따르면, 사후 처리가 두 개의 레벨들 사이의 천이를 매끄럽게 하는데(smoothen) 적용될 수 있는데, 즉 가장 높은 확률을 갖는 상태를 선택하는 규칙이 보다 정교한 규칙들로 대체될 수 있다. q 는 본 알고리즘에 의해 계산될 SPL 추정을 나타낸다. 어떠한 일반성(generality)도 잃지 않고 q 의 값 범위는 $q \in [0, N]$ 이며, 여기서 N 은 고려되는 HMM의 상태들의 수이다. $Q = [Q(1) Q(2) \dots Q(N)]$ 는 각각의 상태에 대한 SPL을 포함하는 벡터를 나타내고, 여기서 모든 $i=1, 2, \dots, N-1$ 에 대해 $Q(i) \leq Q(i+1)$ 이고 $Q(i)$ 는 q 와 동일한 값 범위를 갖는다. 매끄럽게 하기 위한 제 1 단계는 상태 확률을 전파의 내부 평활화를 활용하는 것이다: 최대 확률을 갖는 상태를 선택하는 대신에 모든 상태들의 확률들을 이용하여 평균 SPL을 계산하고, 상태(s_i)의 (전방) 확률을 알파(alpha)(i)로 표시한다. 상태 천이를 매끄럽게 하기 위한 제 2 단계는 SPL 추정 q 를 점차적으로 업데이트하기 위해 메모리 계수 세타(theta) $\in [0, 1]$ 를 도입하는 것이다. 별개의 시작 및 정지를 갖는 시퀀스들/패턴들(비주기적)과 제스처 인식의 컨텍스트의 원들과 같은 주기적인 시퀀스들(주기적) 사이를 구별한다. $q(k)$ 는 이산 시간 인스턴스(k)에서의 q 를 나타낸다.

a) 비주기적: $q(k+1) = \theta * q(k) + (1-\theta) * \sum_{i=1}^N \alpha(i) * Q(i)$

b) 주기적: 이제 q 의 범위는 $q \in [0, N]$ 이다. HMM의 주기성으로 인해, 비주기적인 경우에서와 같은 가중된 합계는 불가능하다. 대신에, 예를 들어 높은 SPL을 가진 상태로부터 낮은 SPL을 가진 상태로의 상태 천이가 발생할 때, 오버플로우/언더플로우 문제들을 피하기 위해 차분(differential) 업데이트 접근 방법이 수행된다. SPL 추정 q 의 업데이트는 $N/2$ 보다 적은 양들에 의해서만 가능하다.

[0053]

목록 1

```

// Update of the SPL Estimate on Run-Time (cyclic model)
// -----
// Δq: Differential SPL update value
// N: Number of states in the state machine
// q: Latest SPL estimate
// Q(i): SPL assigned to state si
// alpha(i): Probability of state si
// theta: Memory factor (for smoothening of output)
Δq=0;           // re-initialize differential update value
// Loop over all states to gather contribution for updating q
FOR i=1:N {
    // Compute difference of current state's SPL Q(i) relative to latest SPL
    // estimate q while considering cyclic overflow/underflow
    h=Q(i)-q;
    IF |h|>N/2 {
        IF h>0 {
            h=h-N;
        }
        ELSE {
            h=h+N;
        }
    }
    // Add contribution of current state to the differential SPL update value
    Δq=Δq+h*alpha(i);
}
q=q+theta*Δq;
q=mod(q,N)

```

[0054]

목록 1은, 측정 데이터가 얻어지고 HMM 전방 확률들이 계산된 후 각각의 개별 시간 단계에서 적용되는 예시적인 업데이트 규칙을 표시한다. 도 11 및 도 12는 표 2의 상태 천이 확률 매트릭스를 구비한 양방향 원형 HMM을 이용하는 시계(반시계) 방향 원들의 추적을 보여주며, 여기서 SPL 할당은 도 6에서와 같다. 시계 방향 원형 움직임은 도면들에서 신호의 레벨을 증가시키고, 반시계 방향 원들은 신호 레벨을 감소시킨다. 따라서, 도 12는 평활화 사후 처리에 의한 구현을 시작화한다. 먼저, 수 개의 시계 방향 원들은 그래프에 도시된 스크롤 파라미터를 증가시키도록 수행되고, 다음에는 일시 정지, 그리고 그 다음에는 수 개의 반시계 방향 원들, 일시 정지, 더 많은 수 개의 반시계 방향 원들이 온다. 표 2의 양방향 원형 HMM이 이러한 예에 사용되었다. 도 12에서, 움직임 일시 정지들 동안에 있는, 신호 레벨이 대략 일정한 플롯된(plotted) 신호에도 또한 세그먼트들이 있다. 도 11과 비교하면, 신호의 계단 특성은 평활화로 인하여 상당히 감소되어 있다.

[0055]

다른 실시예들에 따르면, 평활화는 또한 매트릭스 A 및/또는 B의 HMM 모델 파라미터들을 수정하여 달성될 수 있다.

[0057]

특징들 중 일부의 요약

[0058]

실시예에 따르면, 최대 확률을 갖는 상태가 반드시 선택되는 것은 아니지만, '보간된' 상태 지수 및 대응 SPL이 상태 확률 분포의 평균값을 취하여 계산될 수 있다.

[0059]

다양한 실시예들에 따르면, 이하의 특징들 중 하나 이상이 구현될 수 있다:

[0060]

FSM은 유한 메모리를 구비할 수 있다. FSM은 마르코프 특성을 충족할 수 있는데, 즉 FSM은 1차 마르코프 모델일 수 있다. 가장 가능성이 높은 상태는 전향(Forward) 바움-웰치(Baum-Welch) 알고리즘을 이용하여 계산될 수 있다. 가장 가능성이 높은 상태 및/또는 가장 가능성이 높은 상태 시퀀스는 비터비(Viterbi) 알고리즘을 이용하여 계산될 수 있다. 마르코프 모델의 상태들은 은닉되는데, 즉 FSM은 은닉 마르코프 모델(HMM)이다. FSM은 종래의 이벤트-기반 패턴 인식 시스템에 사용되는 은닉 마르코프 모델일 수 있는데, 이 시스템에서는 HMM들의 세트로부터, 관측치들의 연속-시간 패턴 또는 그의 대응하는 개별-시간 시퀀스가 주어진 가장 가능성이 높은 상태가 결

정되고, 관측 시퀀스는 주어진 시작 시간 인스턴스와 주어진 정지 시간 인스턴스 사이의 센서로부터 얻어지는 특징들(features)의 시퀀스이다.

[0061] 1. 소정 조건이 SPL 추적을 위해 준비되는 HMM에 대해 충족될 때, 그것은 종래의 이벤트 기반 패턴 인식 모드로부터 SPL 추적 모드로 스위칭될 수 있다.

[0062] 2. 이 조건은 소정 확률을 초과하는 것이다.

[0063] 3. 종래의 이벤트-기반 패턴 인식 동안에 정지 검출을 위한 기준들은 SPL 추적 모드 동안에 적용되는 기준들과 다를 수 있다.

[0064] 연속-시간 패턴은 제스처일 수 있으며, 여기서 제스처는 소정 움직임 패턴으로 정의된다. 예를 들면, 연속-시간 패턴은 원형 제스처일 수 있다. 하지만, 위에 언급된 바와 같이, 다른 유형들의 제스처들, 심지어 비(non)-원형 유형의 제스처들마저도 사용될 수 있거나, 또는 심지어 비-제스처 패턴들도 사용될 수 있다. HMM은 선형 HMM이거나 원형 HMM일 수 있다. HMM은 양방향 HMM일 수 있다. 이후 SPL 추적은 또한 패턴의 반대 방향, 즉 전방 및 후방으로도 수행될 수 있다.

검출 방법의 애플리케이션

[0065] 원형 제스처는 회전 노브(knob)의 제어와 유사하고, 따라서, 예를 들면, 예컨대 하이파이(HiFi) 세트의 가상 볼륨 제어 휠로서 사용될 수 있는 것이 바람직하다: 시계방향 움직임은 볼륨을 증가시키고, 반시계 방향 움직임은 볼륨을 감소시킨다. 하지만, 다양한 실시예들에 따르면, 임의의 다른 회전 노브 기능도 구현될 수 있다.

[0066] 도 13은 시계 방향/반시계 방향 원형 제스처의 SPL에 대응하는 각각의 레벨을 표시하는 수직 막대 그래프를 이용하는 예시적인 설계를 도시하는데, 즉 그래프의 레벨은 SPL이 소정 양만큼 증가/감소할 때 (예를 들어 원의 각각의 사분원 이후) 하나의 막대만큼 증가/감소한다. 도 13은 위상 표시기(phase indicator)를 구비한 볼륨 제어 휠, 및 LED 디스플레이로 사용될 수 있는 애플리케이션을 보여주며, LED 디스플레이에서 빛나는 LED들의 바(bar)의 높이는 볼륨을 표시한다. 빛나는 LED가 0개라면 음소거에 해당하며, 모든 LED들이 빛나면 최대 볼륨을 나타낸다. 볼륨 휠을 돌리는 것은 볼륨을 증가/감소시키고, 휠이 정의된 양만큼, 예컨대 ($\Delta\phi=1$ 에 해당하는) 90도만큼 돌아갈 경우에는 하나의 LED가 켜지거나 꺼진다. 볼륨 휠은 이론적으로 무한 양만큼 돌려질 수 있지만, LED 막대 그래프는 음소거 또는 최대 볼륨에서 포화 상태가 된다. 위에 언급된 바와 같이, 임의의 다른 유형의 회전 노브 기능도 적용될 수 있다.

[0067] 예를 들면, 다른 애플리케이션들은:

- 원형 터치패드로부터 알려진 임의의 미디어-플레이어 제어 유형 기능성

- 광 스위치의 디머(dimmer)를 제어

- PC 마우스의 스크롤 휠의 대체

- 센서 시스템들의 유형들 / 측정 입력 디바이스들 (예)

[0068] 1. 1D 슬라이더 기능들, 또는 다른 1차원 제스처들;

[0069] 2. 2D 터치 패널들 / 터치 디스플레이들, 2D 비디오 카메라들

[0070] 3. 3D 비디오 카메라들, 3D 용량형 센서 시스템들

[0071] - 인식 견고성(robustness)을 증가시키기 위해 패턴 인식 시스템 내에서 SPL 정보의 내부 사용을 포함할 수 있지만, 이것으로 한정되는 것은 아니다.

기타 모드들

[0072] 1D, 2D 또는 3D 포지셔닝 시스템(예컨대, 카메라 기반 또는 용량형 센서 시스템)이 제공되면, 예를 들어 이미지 처리 기술을 이용하여 부분 패턴들(예컨대, 부분적으로 그려진 원)을 평가하는 것도 또한 가능하다. 하지만, 이것은 추가 알고리즘 머신(스케일링, 회전, 새로운 거리 측정들)을 필요로 할 것이고, 따라서 상기 제안된 방법처럼 기존 HMM-기반 패턴 인식 시스템에 용이하게 통합되지 않는다. 비고: SPL 추적과 함께 카메라 기반 센서 시스템들을 이용하는 것은 바람직한 방법이라고 고려될 수 있다.

[0073] 부분 패턴들을 또한 부분 HMM들을 이용하여 검출될 수 있다. 하지만, 제스처 인식 알고리즘들은 각각의 부분 HMM에 대해 실행될 필요가 있을 것이며, 이는 계산 복잡도의 상당한 증가를 예상한다.

[0080]

확장들

[0081]

- 양방향 원형 HMM은 또한 시계 방향과 반시계 방향 원들을 위한 두 개의 HMM들을 교체하는데 사용될 수 있다: 시계 방향 또는 반시계 방향 움직임 사이의 결정은 사후 처리 단계에서 수행될 수 있으며, 사후 처리 단계에서는 제스처 정지 검출 이후에 축적된 차분 SPL이 그의 부호에 대해 체크된다.

[0082]

- HMM 패턴 인식 알고리ズム들의 관측치(방향 벡터들)의 입력은 검출된 움직임이 있을 때 시간 인스턴스들(time instances)로 제한될 수 있다. 예를 들면, 이 방법은 시계 방향 원을 그리고, 일시 중지하고, 반시계 방향 원을 그릴 때, 어떠한 관측치도 움직임 일시 정지에서는 입력되지 않으며, 여기서 방향 벡터들은 단지 노이즈에 의존하는 것으로 실제 움직임 정보에는 의존하지 않는다.

[0083]

참조

[0084]

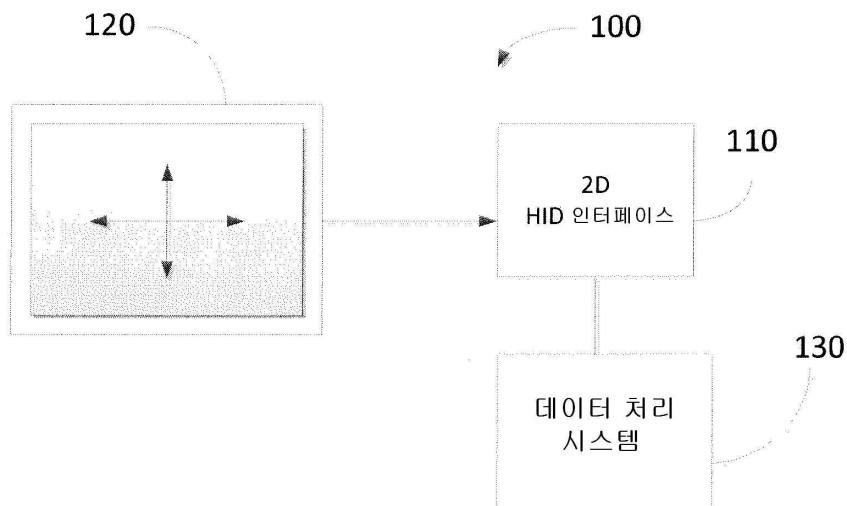
- R. Aubauer 외. (DE 10 2010 007 455 A1 2011.08.11): "System und Verfahren zum berührungslosen Erfassen und Erkennen von Gesten in einem dreidimensionalem Raum"

[0085]

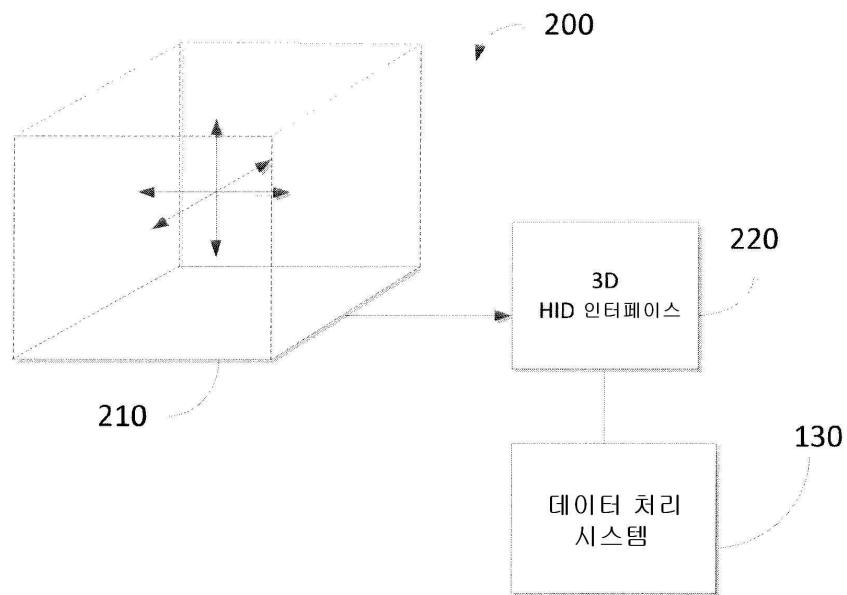
- A. Heim 외.: "Automatic Gesture Recognition for a Sensor System", MTI #3654

도면

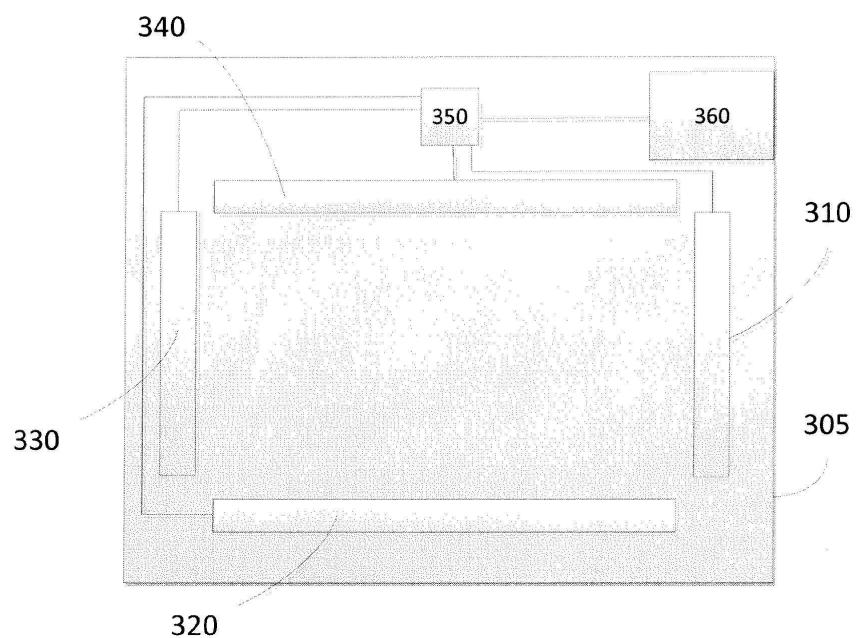
도면1



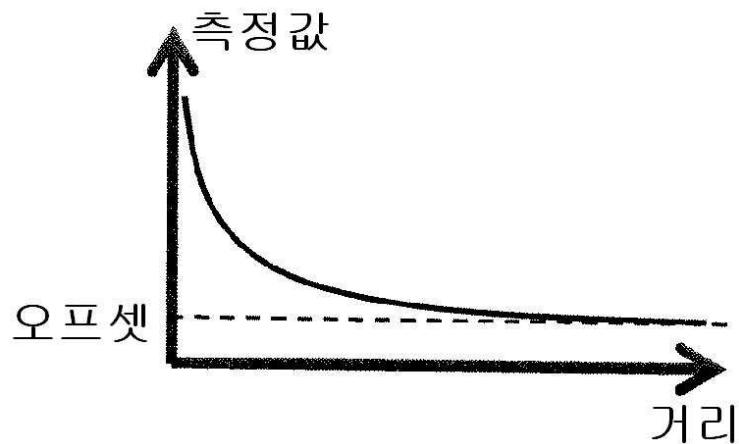
도면2



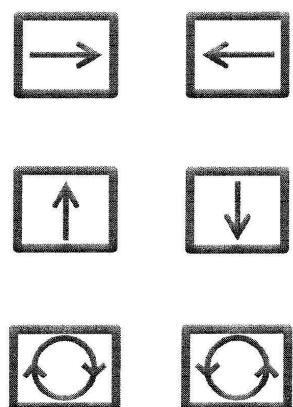
도면3



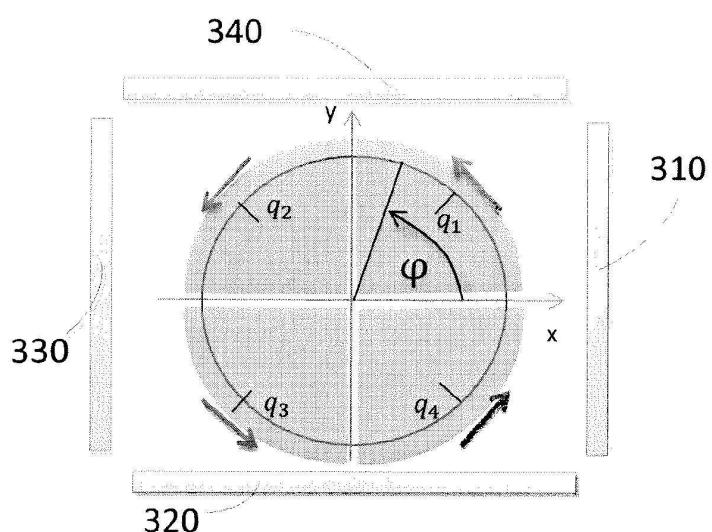
도면4



도면5



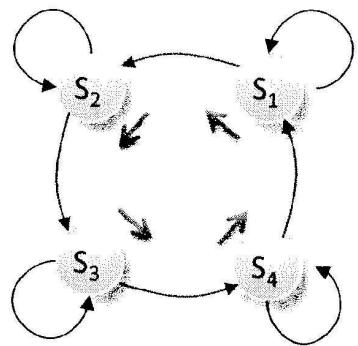
도면6



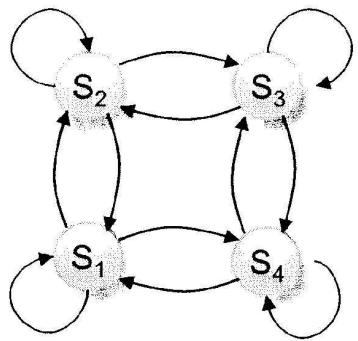
도면7



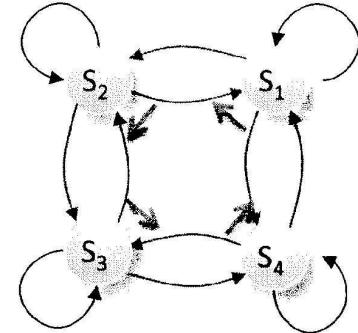
도면8



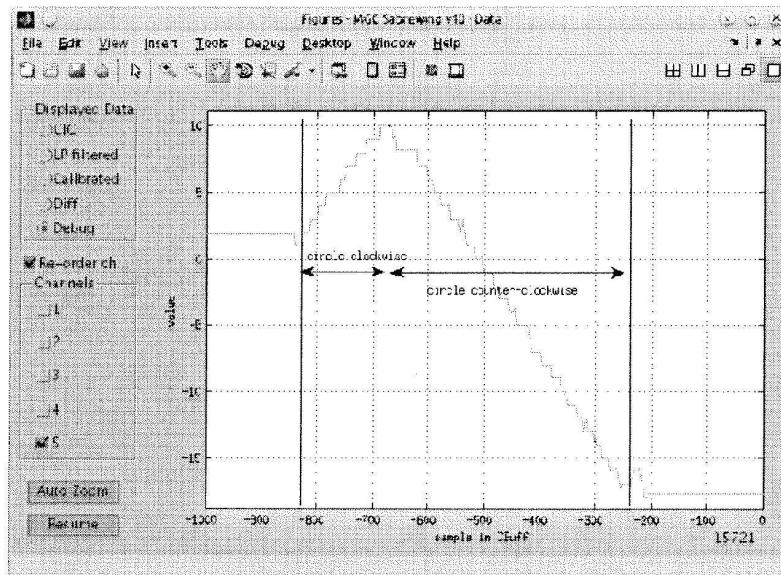
도면9



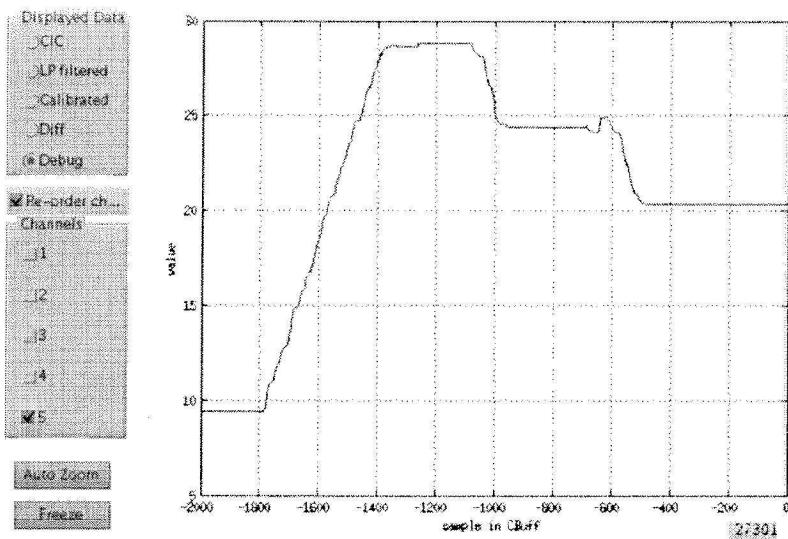
도면10



도면11



도면12



도면13

