



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0107401
(43) 공개일자 2019년09월20일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06K 9/62 (2006.01)

(52) CPC특허분류
G06K 9/6229 (2013.01)
G06K 9/6223 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2018-0028612
(22) 출원일자 2018년03월12일
심사청구일자 2018년03월12일

(71) 출원인
광주과학기술원
광주광역시 북구 첨단과기로 123 (오룡동)
(72) 발명자
곽정환
광주광역시 북구 첨단과기로 123(오룡동) 광주과
학기술원 전기전자컴퓨터공학부
전문구
광주광역시 북구 첨단과기로 123(오룡동) 광주과
학기술원 전기전자컴퓨터공학부
(74) 대리인
김기문

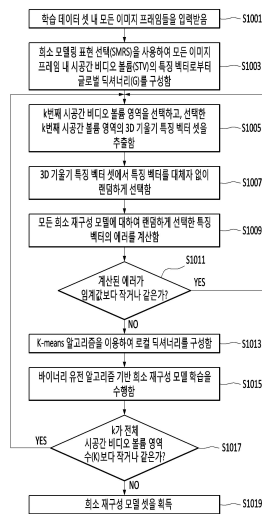
전체 청구항 수 : 총 7 항

(54) 발명의 명칭 실시간 비주얼 이상 감지 방법 및 그 장치

(57) 요약

본 발명은 실시간 비주얼 이상 감지 시스템에 관한 것이다. 본 발명의 일 실시 예에 따른 비주얼 이상 감지 시스템의 동작 방법은, 이미지 프레임을 입력받는 단계, 상기 입력받은 프레임으로부터 바이너리 진화 알고리즘을 이용하여 최소 재구성 모델 셋을 획득하는 단계, 이미지 프레임에 포함된 특정 일 처리 단위를 나타내는 시공간 비디오 볼륨에 상기 획득된 최소 재구성 모델 셋을 적용하여 해당 일 처리 단위를 포함하는 이미지 프레임의 이상 상황 여부를 판단하는 단계를 포함한다.

대표도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711065359(NN19950)

부처명 과학기술정보통신부

연구관리전문기관 정보통신기술진흥센터

연구사업명 인공지능

연구과제명 대규모 실시간 비디오 분석에 의한 전역적 다중 관심객체 추적 및 상황 예측 기술 개발

기여율 7/10

주관기관 광주과학기술원

연구기간 2018.01.01 ~ 2018.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711064931(NN19883)

부처명 과학기술정보통신부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 뇌과학원천기술개발사업

연구과제명 치매 환자 행동 모니터링 기계학습 기술 개발

기여율 3/10

주관기관 광주과학기술원

연구기간 2018.01.01 ~ 2018.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

실시간 비주얼 이상 감지 시스템의 동작 방법에 있어서,
 이미지 프레임을 입력받는 단계;
 상기 입력받은 프레임으로부터 바이너리 진화 알고리즘을 이용하여 희소 재구성 모델 셋을 획득하는 단계;
 이미지 프레임에 포함된 특정 일 처리 단위를 나타내는 시공간 비디오 볼륨에 상기 획득된 희소 재구성 모델 셋을 적용하여 해당 일 처리 단위를 포함하는 이미지 프레임의 이상 상황 여부를 판단하는 단계를 포함하는
 이상 감지 시스템의 동작 방법.

청구항 2

제1 항에 있어서,
 상기 입력받은 프레임으로부터 바이너리 진화 알고리즘을 이용하여 희소 재구성 모델 셋을 획득하는 단계는,
 상기 시공간 비디오 볼륨에서 특징 벡터 셋을 추출하는 단계,
 추출한 특징 벡터 셋에 포함된 특징 벡터에 관한 에러 값을 계산하는 단계,
 계산된 에러 값이 임계 값보다 큰 경우, 해당 특징 벡터에 대하여 바이너리 진화 알고리즘 기반 희소 재구성 모델 학습을 수행하는 단계, 및
 상기 바이너리 진화 알고리즘 기반 희소 재구성 모델 학습을 프레임 전체에 적용하여 희소 재구성 모델 셋을 획득하는 단계를 포함하는
 이상 감지 시스템의 동작 방법.

청구항 3

제1 항에 있어서,
 상기 이미지 프레임에 포함된 특정 일 처리 단위를 나타내는 시공간 비디오 볼륨에 상기 획득된 희소 재구성 모델 셋을 적용하여 해당 일 처리 단위를 포함하는 이미지 프레임의 이상 상황 여부를 판단하는 단계는
 특정 시공간 비디오 볼륨에서 추출한 특징 벡터와 상기 희소 재구성 모델을 이용하여 에러를 계산하는 단계,
 상기 에러가 임계값 보다 큰 경우, 상기 특정 시공간 비디오 볼륨을 비정상적으로 판단하는 단계, 및
 상기 시공간 비디오 볼륨의 비정상 여부를 판단하는 과정을 이미지 프레임 전체에 적용하여 제1 조건 또는 제2 조건 중 어느 하나를 만족하는지 여부를 판단하는 단계를 포함하는
 이상 감지 시스템의 동작 방법.

청구항 4

제2 항에 있어서,
 상기 제1 조건은 서로 연결된 비정상적으로 판단된 시공간 비디오 볼륨들의 개수가 제1 임계값보다 큰 경우인
 이상 감지 시스템의 동작 방법.

청구항 5

제2 항에 있어서,
 상기 제2 조건은 프레임 내 모든 시공간 비디오 볼륨에서 이상 시공간 비디오 볼륨의 비율이 특정 비율을 넘는

경우인

이상 감지 시스템의 동작 방법.

청구항 6

제1항 내지 제5항에 있어서,

제1항 내지 제5항의 동작 방법에 따라 구현된 알고리즘을 포함하는 프로그램.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 제6항의 프로그램이 설치된 이상 감지 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 비주얼 이상 감지 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 비주얼 이상 감지(Visual Anomaly Detection; VAD)은 로컬 또는 글로벌 스케일에서 오브젝트의 이상 활동을 식별하고 특정 영역을 로컬라이징 한다. 이상 상황은 공간 및 시간의 관점에서 드물게 발생하는 활동 또는 이벤트에 기초한다. 가능한 모든 이상 상황을 리스팅하는 것은 매우 어렵기 때문에, 기존의 비주얼 이상 감지는 이상 상황을 원-클래스 분류 문제(one-class classification problem)로 다루었다.

[0003] 선행기술 1은 개인의 상호 작용의 결과로 군중의 행동을 설명하기 위해 비주얼 이상 감지를 위한 social force model을 채택했다. 선행기술 2는 동적 텍스처의 믹스처 및 외형을 사용하여 특징의 공동 모델링에 의해 시간 및 공간적 이상을 식별하는 공동 감지기를 제안했다. 선행기술 3은 이를 더 확장하여 컨디셔널 랜덤 필드가 분류자(classifier)로 사용되었다. 선행기술 4 및 선행기술 5는 1) 정규 트레이닝 데이터로부터 오버컴플리트 노멀 원자 셋을 학습하고, 2) 이상을 감지하기 위한 테스트 데이터의 희소 재구성 에러를 결정하는 희소 사전 학습 접근법을 소개한다.

[0004] 선행기술 6은 데이터의 희소 표현을 위한 deep autoencoder 기반의 비주얼 이상 감지 방법을 소개하고, 선행기술 7은 이를 더 확장하여 희소 값 및 재구성 에러를 계산하기 위한 두개의 분류자를 종속시키는 방법을 소개한다.

[0005] 선행기술 8은 모양 및 움직임의 공동 학습을 위한 누적 노이즈 제거 자동 인코더 기반의 특징 표현을 제시하고, 비주얼 이상 감지를 위한 원-클래스 서포트 벡터 머신을 사용했다.

[0006] 상기에서 소개된 선행기술들을 요약하면, 일반적인 비주얼 이상 감지 방법은 다음과 같은 단계로 수행된다.

[0007] 첫째, 정상적인 패턴을 추출하기 위해 노멀 학습 데이터셋의 특징(feature)를 학습한 뒤, 패턴들로 구성된 노멀 모델을 구성한다. 그런 다음, 새로운 테스트 데이터를 사용하여 작성된 모델은 앞서 구성된 노멀 모델과의 편차가 임계값을 초과하는 경우, 이상으로 식별된다.

[0008] 2D 이미지 패치와 비교하여, 시공간 비디오 볼륨(spatio-temporal video volumes(STVs, 선행기술 9) 사용으로 인한 효율성 및 견고성 때문에, 각 차원(w, h, t, 여기에서 w는 너비, h는 높이, t는 프레임수)이 고정된 시공간 비디오 볼륨은 일반적으로 로컬 특징을 추출하는 프로세싱 단위로 비주얼 이상 감지에 사용된다. 실시간 프로세싱의 실용적인 기준을 충족하기 위해, 메인 이슈는 노멀 모델과 테스트 모델간의 비교시 효율적인 표현 노멀 모델을 구축하는 것이다.

[0009] 본 발명에서는, 컴팩트한 모델 구축을 보장하기 위해 진화 알고리즘(evolutionary algorithm)을 사용하여 최적화를 통해 글로벌 및 로컬 디서너리 및 희소 재구성 모델 학습에 의해 촉진된 희소 표현 기반의 실시간 비주얼 이상 감지 시스템이 제안된다.

선행기술문헌

비특허문헌

[0010] (비특허문헌 0001) Mehran, R., Oyama, A., Shah, M.: 'Abnormal crowd behavior detection using social force model', in Proc. CVPR, 2009, pp. 935-942

(비특허문헌 0002) Mahadevan, V., Li, W., Bhalodia, V., Vasconcelos, N.: 'Anomaly detection in crowded scenes', in Proc. CVPR, 2010, pp. 1975--1981

(비특허문헌 0003) Li, W., Mahadevan, V., and Vasconcelos, N.: 'Anomaly detection and localization in crowded scenes', IEEE Trans. PAMI, 2014, 36, (1), pp. 18-32

(비특허문헌 0004) Cong, Y., Yuan, J., Liu, J.: 'Sparse reconstruction cost for abnormal event detection', in Proc. CVPR, 2011, pp. 3449-3456

(비특허문헌 0005) Lu, C., Shi, J., and Jia, J.: 'Abnormal event detection at 150 FPS in MATLAB', in Proc. ICCV, 2013, pp. 2720-2727

(비특허문헌 0006) Sabokrou, M., Fathy, M., Hoseini, M., Klette, R.: 'Real-time anomaly detection and localization in crowded scenes', in CVPR workshop, 2015, pp. 56-62

(비특허문헌 0007) Sabokrou, M., Fathy, M., Hoseini M.: 'Video anomaly detection and localisation based on the sparsity and reconstruction error of auto-encoder', Electronics Letters, 2016, 52, (13), pp. 1122-1124

(비특허문헌 0008) Xu, D., Ricci, E., Yan, Y., Song, J., Sebe, N., and Kessler, F.B.: 'Learning deep representations of appearance and motion for anomalous event detection'. In BMVC, 2015, pp. 8.1-8.12

(비특허문헌 0009) Bertini, M., Del Bimbo, A., Seidenari, L.: 'Multi-scale and realtime non-parametric approach for anomaly detection and localization', in CVIU, 2012, 116, (3), pp. 320-329

(비특허문헌 0010) Kratz, L., Nishino, K.: 'Anomaly detection in extremely crowded scenes using spatio-temporal motion pattern models', in Proc. CVPR, 2009, pp. 1446-1453

(비특허문헌 0011) Gong T., Tuson A.L: 'Differential evolution for binary encoding', Soft Computing in Industrial Applications, Springer, Berlin, 2007, pp. 251--262

(비특허문헌 0012) Elhamifar, E., Sapiro, G., Vidal, R.: 'See all by looking at a few: Sparse modeling for nding representative objects', in Proc. CVPR, 2012, pp. 1600-1607

(비특허문헌 0013) <http://mha.cs.umn.edu/Movies/Crowd-Activity-All.avi>

(비특허문헌 0014) <http://www.svcl.ucsd.edu/projects/anomaly/dataset.html>

발명의 내용

해결하려는 과제

[0011] 본 발명은 비주얼 이상 감지에 있어서, 일반적인 하드웨어 시스템에서도 사용 가능한 실시간 비주얼 이상 감지 알고리즘을 제안한다.

과제의 해결 수단

[0012] 본 발명은 실시간 비주얼 이상 감지 시스템에 관한 것이다. 본 발명의 일 실시 예에 따른 비주얼 이상 감지 시스템의 동작 방법은, 이미지 프레임을 입력받는 단계, 상기 입력받은 프레임으로부터 바이너리 진화 알고리즘을 이용하여 희소 재구성 모델 셋을 획득하는 단계, 이미지 프레임에 포함된 특정 일 처리 단위를 나타내는 시공간 비디오 볼륨에 상기 획득된 희소 재구성 모델 셋을 적용하여 해당 일 처리 단위를 포함하는 이미지 프레임의 이상 상황 여부를 판단하는 단계를 포함한다.

발명의 효과

[0013] 본 발명의 일 실시 예에 다른 비주얼 이상 감지 방법은 일반적인 하드웨어 시스템에서도 실시간 비주얼 이상 감지가 가능하게 한다.

[0014] 따라서, 시스템 구현 비용을 절감할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0015] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 이상 감지 알고리즘 중 학습 단계를 나타낸다.

도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 이상 감지 알고리즘 중 테스트 단계를 나타낸다.

도 3은 본 발명의 일 실시 예에 따른 이상 감지 알고리즘과 기존의 알고리즘의 성능을 비교한 결과를 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0016] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 명세서에 개시된 실시 예를 상세히 설명하되, 도면 부호에 관계없이 동일하거나 유사한 구성요소는 동일한 참조 번호를 부여하고 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다. 이하의 설명에서 사용되는 구성요소에 대한 접미사 "모듈" 및 "부"는 명세서 작성의 용이함만이 고려되어 부여되거나 혼용되는 것으로서, 그 자체로 서로 구별되는 의미 또는 역할을 갖는 것은 아니다. 또한, 본 명세서에 개시된 실시 예를 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 명세서에 개시된 실시 예의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다. 또한, 첨부된 도면은 본 명세서에 개시된 실시 예를 쉽게 이해할 수 있도록 하기 위한 것일 뿐, 첨부된 도면에 의해 본 명세서에 개시된 기술적 사상이 제한되지 않으며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

[0017] 제1, 제2 등과 같이 서수를 포함하는 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되지는 않는다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다.

[0018] 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "연결되어" 있다거나 "접속되어" 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다. 반면에, 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "직접 연결되어" 있다거나 "직접 접속되어" 있다고 언급된 때에는, 중간에 다른 구성요소가 존재하지 않는 것으로 이해되어야 할 것이다.

[0019] 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다.

[0020] 본 출원에서, "포함한다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0021] 이하에서는 기존의 희소 표현 기반 비주얼 이상 감지(sparse representation-based VAD) 접근법을 간략하게 설명한다. 상술한 바와 같이, 일반적으로 이상 감지 알고리즘은 1) 학습을 통한 모델 구축(training)과 2) 구축된 모델을 이용하여 이상 판단(testing)의 두가지 단계로 구분할 수 있다.

[0022] - 학습(training)

[0023] 모든 학습 이미지 시퀀스에서 특정의 시공간 비디오 볼륨 영역으로부터 추출된 특정 벡터

($\mathbf{X} = [\mathbf{x}_1, \dots, \mathbf{x}_N] \in \mathcal{R}^{D \times N}$)가 주어진다. 여기에서 D는 특징 차원(feature dimension)이고, N은 해당 위치

에 속하는 시공간 비디오 볼륨의 수이다. 노말 패턴 오버컴플리트 딕셔너리(D, $\mathbf{D} \in \mathcal{R}^{d \times n}$, 여기에서, $D(d < n)$ 는 이전의 희소성에 대하여 학습된다.

[0024] - 테스트(testing)

[0025] 테스트 데이터(다시 말해서, 이상상황을 검지하고자 하는 프레임의 데이터)로부터 획득한 시공간 비디오 볼륨의

새로운 특징 벡터($\mathbf{y}, \mathbf{y} \in \mathcal{R}^{d \times 1}$) 및 앞서 학습 단계에서 획득한 D를 이용하여, D의 원자들의 희소 선형 컴비네이션에 의한 재구성을 수행한다. 이는 수학식 1과 같이 표현된다.

수학식 1

$$\min_{\mathbf{r}} \|\mathbf{y} - \mathbf{D}\mathbf{r}\|_2^2 \quad s.t. \quad \|\mathbf{r}\|_0 \leq s$$

[0026]

여기에서 $\mathbf{r} (\mathbf{r} \in \mathcal{R}^{p \times 1})$ 은 시공간 비디오 볼륨의 희소 계수(coefficient)를 나타낸다. $\|\mathbf{y} - \mathbf{D}\mathbf{r}\|_2^2$ 는 데이터

[0027]

피팅 텀(term)이고, $\|\mathbf{r}\|_0$ 은 희소 정규화 텀이고, $s (s \ll p)$ 는 희소성 컨트롤 파라미터이다. D로부터의 적절한 원자들을 어셈블리하기 위한 테스트(다시 말해서 희소 재구성(sparse reconstruction)) 코스트는 nCs 콤비네이션이 가능해야 하기 때문에 매우 비싸다.

[0028]

기존의 방법에서는 상술한 전략을 통해, 글로벌 디셔너리(G)의 크기를 줄이고 최적의 희소 코딩을 보다 신속하게 해결하기 위해 많은 노력을 기울여 왔지만, 실시간 비주얼 이상 감지를 구현하는 것은 여전히 쉽지 않다.

[0029]

이하 도 1 내지 도 2은 본 발명의 일 실시 예에 따른 이상 검지 알고리즘을 나타내는 흐름도이다. 구체적으로 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 이상 검지 알고리즘 중 학습 단계를 나타낸다. 그리고 도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 이상 검지 알고리즘 중 테스트 단계를 나타낸다. 도 1 내지 도 2에서 설명하는 알고리즘은 이상 검지 시스템에 마련된 애플리케이션을 통해 구현될 수 있다.

[0030]

먼저, 학습 단계에 관한 도 1을 설명한다.

[0031]

이상 검지 시스템은 모든 학습 이미지 시퀀스에서 각 차원(w,h,t)을 갖는 이미지 프레임을 입력 받는다(S1001). 여기에서 이미지 프레임은 복수의 시공간 비디오 볼륨(STV)를 포함할 수 있다.

[0032]

이상 검지 시스템은 희소 모델링 표현 선택 알고리즘(sparse modeling representative selection, SMRS, 선행기술 12참고)을 사용하여 모든 이미지 프레임 내 시공간 비디오 볼륨의 특징 벡터로부터 글로벌 디셔너리(G, global dictionary)를 구성한다(S1003). 여기에서 글로벌 디셔너리는 글로벌 레벨(즉, 모든 프레임 내 모든 시공간 비디오 볼륨에 대한)의 중요 데이터 포인트를 나타낸다.

[0033]

여기에서, 이상 검지 시스템은 학습 데이터 셋에서 모든 시공간 비디오 볼륨의 특징 벡터들을 사용하는 글로벌 디셔너리를 구성하기 위해, 희소 모델링 표현 선택 방법을 사용한다. 구체적으로 이상 검지 시스템은 희소 모델링 표현 선택 방법을 통해 모든 인스턴스(즉, 임시 원자)의 관련성 점수를 측정하고, 데이터 셀프-표현(self-expressiveness)을 사용하여 서브 스페이스에서 가장 관련성이 높은 g 인스턴스를 선택한다.

[0034]

이상 검지 시스템은 k번째(즉, 이미지 프레임 전체(K)에서 임의의) 시공간 비디오 볼륨 영역을 선택하고, 선택한 시공간 비디오 볼륨의 3D 기울기 특징 벡터 셋(선행기술 10 참고)를 추출한다(S1005).

[0035]

이상 검지 시스템은 3D 기울기 특징 벡터 셋에서 특징 벡터를 대체하지 않고 랜덤하게 선택한다(S1007).

[0036]

이상 검지 시스템은 모든 희소 재구성 시스템에 대하여 랜덤하게 선택된 j번째 특징 벡터의 에러를 계산한다(S1009). 구체적으로 이상 검지 시스템은 j번째 특징 벡터가 주어지면, 진화 알고리즘을 통해 후보 솔루션 셋에 대한 반복을 시작한다. 이때, 후보 솔루션 셋은 희소 계수 벡터인 후보 솔루션

$$\mathbf{s}_j^i = (a_1, \dots, a_m, \dots, a_{g+i}) \in \{0, 1\}^{g+i}$$

()의 집합이다.

[0037]

여기에서 $a_m=1$ 은 m번째 원자가 선택되었음을 나타내고, $a_m=0$ 은 그 반대의 경우를 나타낸다. 그리고 난 뒤, j번째 특징 벡터에서 i번째 솔루션(s_j^i)의 재구성 에러(err_j^i)는 수학식 3과 같이 표현된다.

수학식 3

$$err_j^i = \|\mathbf{x}_j - \mathbf{D}\mathbf{s}_j^i\|_2^2$$

[0038]

[0039] 여기에서, $D = G \cup L$ 이고, Ds_j^i 는 j 번째 특징 벡터를 나타내는 희소 재구성 모델이다. 피트니스 함수(f_j^i)는 재구성 에러를 최소화함으로써 정의되며, 수학식 4와 같이 표현된다.

수학식 4

[0040]
$$f_j^i = \min err_j^i, \quad s.t. \quad \|s_j^i\|_0 \leq t$$

[0041] 이상 감지 시스템은 계산된 에러가 임계 값보다 작거나 같은지 여부를 판단한다(S1011). 일 실시 예에서, 계산된 에러가 임계 값보다 작거나 같은 경우, 이상 감지 시스템은 단계 S1005로 돌아간다.

[0042] 또 다른 실시 예에서, 계산된 에러가 임계 값보다 큰 경우, 이상 감지 시스템은 로컬 디셔너리를 구성한다(S1013). 구체적으로 이상 감지 시스템은 하나의 시공간 비디오 볼륨 영역에서 특징 벡터를 사용하기 위해 로컬 디셔너리(L)를 1 센트로이드에 대하여 K-means 알고리즘에 의해 결정한다. 여기에서 로컬 디셔너리는 로컬 레벨 (즉, 하나의 시공간 비디오 볼륨에 대한)의 중요 데이터 포인트를 나타낸다.

[0043] 이상 감지 시스템은 k 번째 시공간 비디오 볼륨의 j 번째 특징 벡터를 위해 바이너리 진화 알고리즘 기반 희소 재구성 모델 학습을 수행한다(S1015).

[0044] 구체적으로, 이상 감지 시스템은 바이너리-코딩 유전 알고리즘(binary-coded genetic algorithm, BGA, 선행기술 11 참고) 혹은 이에 준하는 진화 알고리즘을 사용하여, 시공간 비디오 볼륨 영역의 희소 재구성 모델 셋(M_k ,

sparse reconstruction model, SRM, $M_k = \{m_1^k, \dots, m_M^k\}$)을 학습한다. 여기에서 M 은 학습된 희소 재구성 모델의 수이고, 각각의 m_i^k 글로벌 디셔너리와 로컬 디셔너리로 구성된 복합 디셔너리(D)의 원자 셋으로 구성된다.

[0045] 이상 감지 시스템은 k 가 전체 시공간 비디오 볼륨의 수(K)보다 작거나 같은지를 판단한다(S1017). 다시 말해서 이상 감지 시스템은 상술한 과정이 모든 시공간 비디오 볼륨에 대하여 되풀이 되었는가를 판단한다.

[0046] 만약, 이상 감지 시스템이 상술한 과정을 모든 시공간 비디오 볼륨에 대하여 수행하지 않았다고 판단하는 경우, 다시 말해서 k 가 K 보다 작거나 같은 경우, 이상 감지 시스템은 S1005로 돌아가 S1005 내지 S1015의 단계를 반복한다.

[0047] 만약, 이상 감지 시스템이 상술한 과정을 모든 시공간 비디오 볼륨에 대하여 수행하였다고 판단하는 경우, 다시 말해서 k 가 K 보다 큰 경우, 이상 감지 시스템은 희소 재구성 모델 셋(M_k)을 획득한다.

[0048] 이하에서는 테스트 단계에 관한 도 2를 설명한다.

[0049] 이상 감지 시스템은 이전의 복수의 프레임들에 대한 이미지 프레임들을 입력받는다(S2001). 예를 들면 입력 받은 이전 프레임의 수는 4개가 될 수 있다.

[0050] 이상 감지 시스템은 입력 받은 이미지 프레임에서 k 번째(다시 말해서 임의의) 시공간 비디오 볼륨을 선택하고, 선택한 시공간 비디오 볼륨의 특징 벡터(f^k)를 추출한다(S2003).

[0051] 이상 감지 시스템은, 추출한 특징 벡터와 앞서 획득한 희소 재구성 모델을 이용하여 재구성 에러를 계산한다(S2005). 구체적으로, 이상 감지 시스템은, 이전의 4개의 프레임에서 프레임 내 k 번째 시공간 비디오 볼륨 영역의 새로운 특징 벡터(y^k)가 주어지면, 디셔너리에서 희소 선형 컴비네이션을 통해 희소 재구성 모델을 작성하는 대신 모든 학습된 희소 재구성 모델을 수학식 2와 같이 주어진 재구성 에러를 계산하는데 직접 사용한다.

수학식 2

$$err_i^k = \min \left\| \mathbf{y}^k - \mathbf{m}_i^k \right\|_2^2, \forall i = 1, \dots, M$$

[0052]

[0053]

이상 감지 시스템은 계산된 에러가 임계값 보다 큰 경우, k 번째 시공간 비디오 볼륨을 비정상적으로 판단한다(S2007). 구체적으로 이상 감지 시스템은 재구성 에러(err_i^k)가 임계값(Θ)보다 큰 경우, 시공간 비디오 볼륨을 비정상 상황으로 판단된다(반대의 경우라면 정상 상황으로 판단).

[0054]

이상 감지 시스템은 S2003 내지 S2007을 프레임 내 전체 시공간 비디오 볼륨에 대하여 적용한다(S2009). 다시 말해서, 이상 감지 시스템은 상술한 단계를 해당 프레임에서 모든 시공간 비디오 볼륨의 비정상 여부를 판단하기 위해 되풀이 한다.

[0055]

이상 감지 시스템은 S2009에서 수행한 모든 시공간 비디오 볼륨에 대한 비정상 판단의 결과가 제1 조건 또는 제2 조건 중 어느 하나를 만족하는지 여부를 판단한다(S2011).

[0056]

여기에서 제1 조건은 인접한 복수개의 연결된 시공간 비디오 볼륨이 비정상인 경우일 수 있다. 이때, 제1 조건을 만족하는 비정상적으로 판단되는 시공간 비디오 볼륨의 최소 개수는 4개일 수 있다.

[0057]

또한, 제2 조건은 프레임 내 모든 시공간 비디오 볼륨에서 이상 시공간 비디오 볼륨의 비율이 특정 비율을 넘는 경우일 수 있다. 이때 특정 비율은 1/5일 수 있다.

[0058]

일 실시 예에서, 이상 감지 시스템은 상기 두 개의 조건 중 어느 하나를 만족하는 경우, 해당 프레임을 비정상 상황으로 식별한다(S2013).

[0059]

그렇지 않은 경우 이상 감지 시스템은 해당 프레임을 정상으로 식별된다(S2015).

[0060]

그리고 마지막 단계에서, 시공간 비디오 볼륨에 기반한 VAD 결과 및 프레임 레벨의 비정상도가 획득된다.

[0061]

도 3은 본 발명의 일 실시 예에 따른 이상 감지 알고리즘과 기존의 알고리즘의 성능을 비교한 결과를 나타낸다.

[0062]

도 3에서는 두 가지 표준 데이터 세트인 UMN(선행기술문헌 13)과 UCSD Ped2(선행기술문헌 14)에 대하여 본 발명에서 제안하는 알고리즘을 비교한다. 구체적으로 도 3(a)는 UMN과의 비교를 도 3(b)는 UCSD Ped2와의 비교를 나타낸다.

[0063]

도 3(a)에 도시된 바와 같이, 본 발명의 알고리즘은 EER 및 AUC의 관점에서 특히, 희소 표현(선행기술문헌 4) 및 딥 러닝(선행기술문헌 7)보다 우수한 성능을 보임을 알 수 있다. 본 발명의 알고리즘은 최적화되지 않은 코드가 있는 매텔랩에서 4GHz CPU 및 64GB RAM이 장착된 PC를 사용하여 UCSD Ped2에서 초당 약 153 프레임을 달성한다. 따라서, 본 발명의 알고리즘은 기존에 알려진 알고리즘과 달리, 실용적인 수준의 실시간 비주얼 이상 감지 시스템 및 애플리케이션에 사용할 수 있다는 결론을 내릴 수 있다.

[0064]

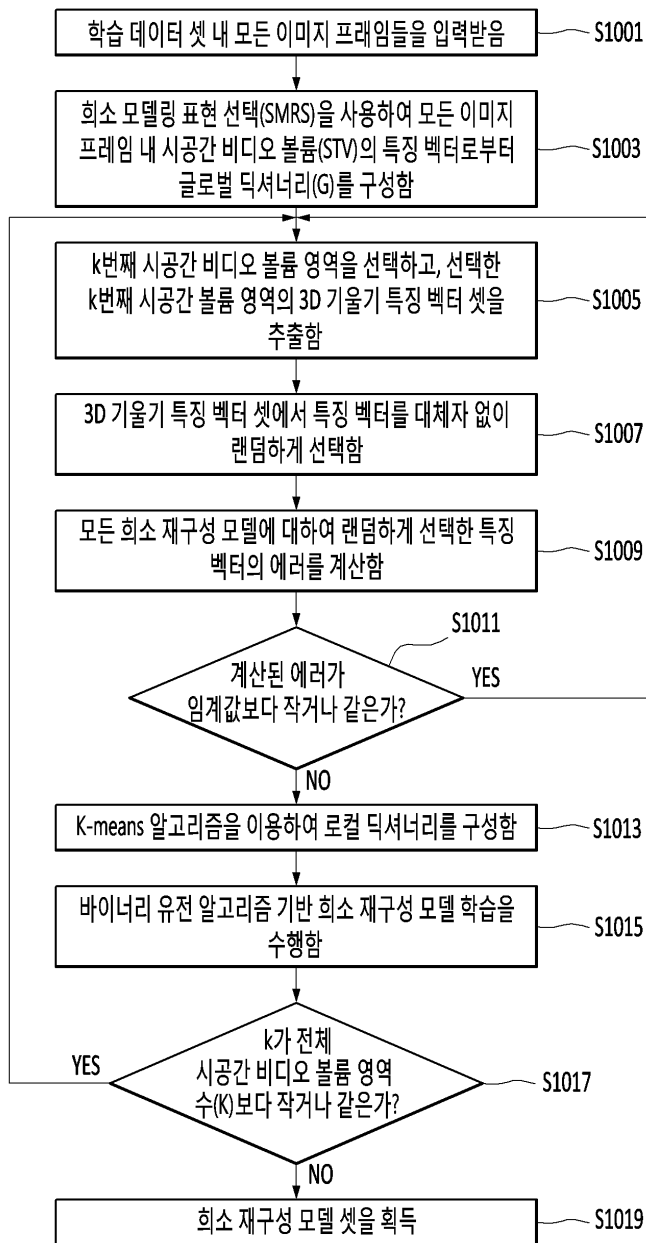
전술한 본 발명은, 프로그램이 기록된 매체에 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드로서 구현하는 것이 가능하다. 컴퓨터가 읽을 수 있는 매체는, 컴퓨터 시스템에 의하여 읽혀질 수 있는 데이터가 저장되는 모든 종류의 기록장치를 포함한다. 컴퓨터가 읽을 수 있는 매체의 예로는, HDD(Hard Disk Drive), SSD(Solid State Disk), SDD(Silicon Disk Drive), ROM, RAM, CD-ROM, 자기 테이프, 플로피 디스크, 광 데이터 저장 장치 등이 있으며, 또한 캐리어 웨이브(예를 들어, 인터넷을 통한 전송)의 형태로 구현되는 것도 포함한다. 또한, 상기 컴퓨터는 단말기의 제어부를 포함할 수도 있다. 여기에서 제어부란, 마이크로 프로세서와 같은 하드웨어를 지칭할 수 있다.

[0065]

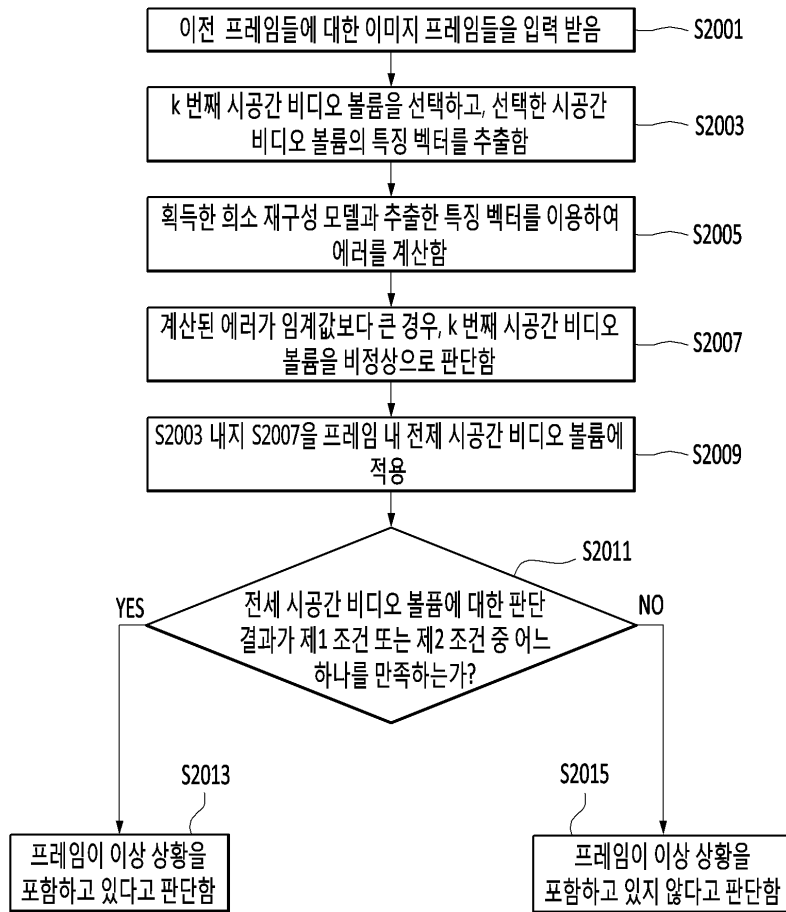
따라서, 상기의 상세한 설명은 모든 면에서 제한적으로 해석되어서는 아니되고 예시적인 것으로 고려되어야 한다. 본 발명의 범위는 첨부된 청구항의 합리적 해석에 의해 결정되어야 하고, 본 발명의 등가적 범위 내에서의 모든 변경은 본 발명의 범위에 포함된다.

도면

도면1



도면2



도면3

Method	EER	AUC
Li et al. [3]	3.7	99.5
Cong et al. [4]	2.8	99.6
Sabokrou et al. [7]	2.5	99.6
Proposed SRML-VAD	2.4	99.7

(a)

Method	EER	AUC
Mehran et al. [1]	42	55.6
Mahadevan et al. [2]	36	61.3
Bertini et al. [9]	30	-
Sabokrou et al. [7]	15	-
Xu et al. [8]	17	90.8
Proposed SRML-VAD	13	91.2

(b)