

순차패턴을 이용한 비디오 영상 객체의 비정상행위 탐지*

배지훈[°], 구동영, 전요한, 이원석
연세대학교 컴퓨터과학과

Anomaly Behavior Detection of Objects in Video using Sequential Patterns

Bae, Ji-Hoon[°], Koo, Dong-Young, Chon Yo-Han, Lee Won-Suk
Yonsei University

E-mail : breaz@database.yonsei.ac.kr[°], mercury@yonsei.ac.kr, genius@yonsei.ac.kr, leewo@database.yonsei.ac.kr

요 약

최근의 비디오 영상을 사용한 상황 판단 기법들은 사용자의 인식과 판단에 의존하고 있을 뿐만 아니라 실시간 대응이 어렵다는 단점이 있었다. 따라서 본 논문에서는 순차패턴을 이용하여 실시간으로 영상에 나타나는 객체들의 비정상 행위를 탐지하는 자동화 방법을 제안한다.

1. 서론

최근 비디오 영상을 사용하여 사람이나 사물의 움직임을 감시하고 비정상행위를 탐지하는 일이 증가하고 있다. 현재의 비디오 영상을 이용한 비정상행위 탐지는 주로 사용자의 인식과 판단에 의존하고 있기 때문에 모든 비디오 영상의 감시 및 처리를 자동화 하는 데에 어려움이 많고, 행위가 발견된 이후에 사용자가 직접 비디오 영상을 확인 하는 수준에 그쳐 비정상 행위가 발생하였을 때 실시간으로 대응할 수 없다. 비정상행위 탐지 모델(Anomaly Detection Model)[1]은 알려진 패턴을

감시하여 침입을 탐지하는 오용 탐지 모델(Misuse Detection Model)과는 달리, 일반적인 동작과 다른 것으로 추정되는 행위 또는 패턴의 변화를 통해서 정상행위 모델을 벗어나는 경우를 비정상행위로 간주하는 침입 탐지 모델이다. 비디오 영상은 나타날 정상 패턴들이 매우 다양하므로 알려진 패턴을 사용하는 오용탐지 모델로는 한계가 있다. 특히 비디오 영상은 카메라의 각도, 장소, 상황 등에 따라 그 범위가 변화하기 때문에 비정상 행위 탐지 모델이 보다 적합하다고 할 수 있다. 본 논문에서는 비디오 영상에 등장하는 객체의 행위로부터

* 이 논문은 2008년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 국가지정연구실사업으로 수행된 연구임 (No.R0A-2006-000-10225-0)

터 비정상행위를 탐지하는 알고리즘을 제시한다. 먼저 Tracking 과정을 통해 영상 내에 등장하는 기본적인 객체의 위치 속성을 얻어내고, 시간적 순서에 따라 변하는 객체의 위치 집합에 eIseq 순차패턴 알고리즘[2]을 적용하여 패턴을 생성한다. 생성된 순차패턴들 중 빈발하게 나타나는 항목을 정상행위 프로파일로 정의하고, 실시간으로 발생하는 영상객체의 패턴을 정상행위 프로파일과 비교하여 비정상행위를 판단한다. 결과적으로 영상 내에서 실시간으로 발생하는 객체의 패턴을 정상행위 프로파일과 효과적으로 비교할 수 있는 알고리즘을 제안한다.

2. 정상행위 패턴 모델링

2.1. 트랙잭션

본 논문에서는 관찰 대상이 화면에 나타나는 시간을 하나의 트랙잭션 단위로 한다. EMERALD[3] 등에서 트랙잭션의 단위는 하나의 프레임 또는 연속된 고정된 개수의 프레임으로 한정된다. 하지만, 트랙잭션 단위를 특정 개수의 프레임으로 설정하게 되면 객체의 속성 항목들간의 의미적 연속성이 보장되지 않으므로 충분히 의미 있는 정상행위 패턴을 생성한다고 보기 어렵다. 다시 말해, 한 객체의 의미 있는 행위는 영상에 등장하는 동안 연속적인 프레임에 나타나게 되므로 해당 객체의 연속적인 속성 변화를 파악하여 순차 패턴을 발견함으로써 보다 의미 있는 행위를 구분 지을 수 있게 된다.

2.2. 위치 정보 추상화

Tracking 과정을 통해 얻는 개체의 속성은 픽셀 단위의 정보이다. 따라서 이 정보를 토대로 순차 패턴을 생성하게 되면 수많은 패턴이 나오기 때문에 위치 정보를 추상화하여 대표 값의 순차 패턴을 생성해야 한다. 고정된 카메라가 촬영하는 영상에서는 화면의 배경은 변하지 않고 객체의 위치 정보만이 변화하므로 화면을 일정한 간격으로 분

할한 후 ID를 부여하고, 객체의 X, Y축의 중심 좌표가 속한 구역의 ID를 객체 위치의 대표 값으로 볼 수 있다.

2.3. 프로파일

정상행위 모델과의 비교를 위해서 현재 상태의 객체에 대한 정보를 저장한 순차패턴탐사의 결과를 프로파일로 정의한다. 프로파일은 객체가 출현하는 시간 동안의 위치 정보들로 구성되어 있으며, 이 위치 정보를 이용하여 비정상 행위를 판단할 수 있다. 순차패턴을 사용하여 생성된 정상행위 프로파일 집합 NPS (Normal Behavior Profile Set)는 정상행위 패턴 중 최소 지지도(Minimum Support) 이상의 지지도를 가지는 빈발 패턴들의 집합으로서 다음과 같이 정의한다.

$$NPS = \{(R_1, \text{support}(R_1)), \dots, (R_n, \text{support}(R_n))\},$$

where $\text{support}(R_i) > \text{Minimum Support}$,

R_i : an i -th frequent pattern

또한 NPS에 속하는 모든 정상행위 프로파일의 평균 지지도를 최대 정상 행위도 MNB (Maximal Normal Behavior)라고 정의하며, 다음 수식과 같이 나타낸다.

$$MNB = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \text{support}(R_i), \text{ where } R_i \in NPS$$

3. 비정상행위 탐지 모델링

영상 내에서 실시간으로 발생하는 객체의 행위와 정상행위 프로파일을 비교하여 비정상행위를 탐지하기 위해서 정상행위에서 사용한 위치 정보의 대표 값을 통해 현재 객체의 패턴을 가공한다. 이 때 가공된 패턴을 ShortTerm이라 정의하며, 생성되어 있는 정상행위 프로파일을 LongTerm이라 정의한다. 생성된 ShortTerm은 객체가 영상 내에

나타나 있는 동안 지속적으로 LongTerm과 비교한다.

현재 영상에 나타난 객체의 패턴, ShortTerm을 S라 할 때, S가 정상행위 프로파일과 매치된 정도 RNB (Related to Normal Behavior)는 다음과 같이 계산한다.

$$RNB = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n \{\text{support}(r_i)\},$$

Where r_i = current state of R_i ,

$$S \in R_i \text{ and } R_i \in NPS \text{ and } N = \sum_{i=1}^n M(R_i, S)$$

$M(R_i, S)$: if $R_i \ni S$ then 1, otherwise 0

이 수식은 현재 상태까지의 ShortTerm S가 포함된 정상행위 프로파일의 평균 지지도를 나타낸다. 최종적으로 현재 객체의 패턴 S에 대한 정상행위도(Normality)는 다음과 같이 계산한다.

$$\text{Normality} = \frac{RNB}{MNB}$$

4. 실험 및 성능평가

4.1 실험 환경

본 논문의 방법 평가를 위해 미리 충분한 수의 객체를 이용하여 정상행위 프로파일(MNB=1, Minimum Support = 0.01)을 생성하고, 그 후의 객체들의 Normality를 5프레임마다 실시간으로 산출하였다. 그 후에 반영되는 객체들은 아래와 같이 4가지로 나눌 수 있다.

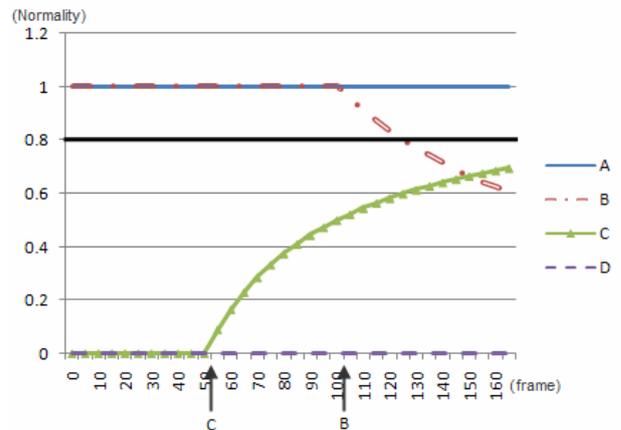
- A: 정상적인 패턴의 객체
- B: 정상적인 패턴 도중 비정상적인 패턴이 발생하는 객체
- C: 비정상적인 패턴 도중 정상적인 패턴이 발생하는 객체
- D: 비정상적인 패턴의 객체

실험에 사용되는 영상 데이터는 YUV 동영상 포맷으로 초당 30프레임으로 촬영되었으며, 하나의 객체는 평균 165프레임을 차지한다. 실험에서는 한 프레임에 하나의 객체만 찍혀 있거나 Tracking시에 한 프레임 당 하나의 객체만 Tracking하여 사용한다.

4.2 실험 결과

실험은 위 네 가지 종류의 영상에 대해 실시간으로 Normality를 측정하는 방법으로 진행되었으며, Normality가 0.8 이하일 경우 비정상 행위라고 판정한다.

그림 1은 각각 A, B, C, D에 대한 실험 결과이다. B의 그래프를 보면 비정상 행위가 실제로 발생했을 때보다 약간 늦게 비정상 행위를 탐지하지만, 1초 정도의 아주 짧은 시간 안에 탐지가 된다는 걸 알 수 있다. C와 같은 경우는 알고리즘의 특성상 정상적인 패턴이 나중에 나왔을 때 정상 패턴을 탐지하기까지 지연시간이 비교적 심하다는 것을 보여준다. 실험 결과를 통해 일부분의 패턴만 비정상적이라도 비정상 행위를 탐지할 수 있다는 것을 알 수 있으며, 프레임의 변화에 따라 약간의 지연시간을 두고 실시간으로 탐지해낸다는 걸 알 수 있다.



<그림 1. Normality 실험>

5. 결론

본 논문에서는 순차패턴을 이용한 실시간 비정상 행위 판단 알고리즘을 제안하였다. 실제로 보다 의미 있는 결과값을 얻기 위해서는 더 많은 입력 영상에 대한 검증이 필요하며, 영상 내에 등장하는 모든 객체에 대한 탐지 대상 확대가 요구되지만, 본 논문에서 제시한 방법이 실시간으로 비정상행위를 탐지할 수 있다는 것을 보여주었다. 본 논문에서 제안하는 비정상행위 탐지 방법은 카메라를 이용하여 감시하는 실질적인 응용 분야에 매우 효율적으로 사용될 것으로 예상된다.

[참고문헌]

- [1] 오상현, 이원석, “패킷간 연관 관계를 이용한 네트워크 비정상행위 탐지” 정보보호학회논문지, 2002.10
- [2] J. Chang, and W. Lee, “Effieicnt mining method for retrieving sequential patterns over online data streams,” Journal of Information Science 2005 Vol. 31, No. 5
- [3] P. A. Porras and Peter G. Neumann, “EMERALD: Event Monitoring Enabling Responses to Anomalous Live Disturbance”, 20th NISSC, October 1997