

다중 CCTV 연동 기반 비정상 행동 예측모델

정유진, 윤용익,
숙명여자대학교 멀티미디어학과
e-mail : sdj4351@naver.com

Prediction Model for Abnormal Behavior based on Multiple CCTV

Yu-Jin Jung, Yong-Ik Yoon
Dept. of Science, Sookmyung Women's University

요 약

CCTV 는 범죄상황 발생시 보안과 증거확보를 위해 사용되어 왔다. 실제 상황에서 범죄가 발생하기 전 예방을 하는 것 보다 사후 처리에 용도를 두고 있으며, 범죄 상황에서의 보행자에 대한 행동을 미리 예측하기 어렵다. 본 논문에서는 노상에서 CCTV 로 수집된 데이터를 통해 객체 인식 및 객체간의 관계를 파악한다. 파악된 객체를 다중의 CCTV 연동 카메라가 추적하고 객체의 행동을 분석한다. 객체가 이상행동이라고 판단될 시 위협을 받는 객체 및 가까운 기관에 알림을 줄 수 있는 모델을 제안한다. 이를 통해 범죄 발생 전 즉각적인 대응이 가능하며 빠른 상황판단이 가능하다.

1. 서론

최근 강력범죄가 많이 일어남으로 인해 보행자들은 범죄에 대한 공포와 위협을 느끼고 있다. 이에 따라 보안에 대한 인식이 강화되고 있으며, 범죄를 미리 예측하는 방법을 모색하고, 범죄 상황 발생 전에 미리 예방할 수 있는 방법에 대한 필요성이 대두되고 있다. 이러한 범죄 상황 발생 시 보안과 증거확보를 위해 CCTV(Closed Circuit Television)의 역할이 커지면서 관련 기술 또한 지속적으로 발전하고 있다. 그러나 CCTV 는 범죄가 발생하기 전 사전예방의 목적이 아니라 사건 사고가 일어난 후인 사후에 주로 활용되고 있다.[1] 또한 CCTV 시스템 설치구역내의 변화감지, 위치추정, 대상추적 등 지능적인 기능들은 구현하고 있으나 미흡한 상태이며, 오작동 확률에 대한 지속적인 기술개선이 필요하다[2]. 또한 실제 상황에서 범죄 예방 목적 효과에 대해 미미한 실정이며 신원위치, 식별은 가능하나 보행자의 이상행동에 대한 분석과 비정상적인 행동에 대한 기준은 명확하게 정의되어 있지 않으며 분류 또한 명확하게 정의되어 있지 않다.

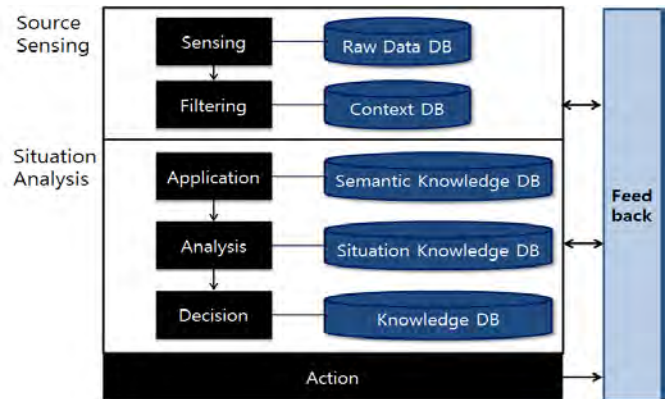
따라서 본 연구에서는 CCTV 정보를 통해 객체를 인식하여 객체간의 관계를 파악한 후 객체의 행동을 여러 대의 카메라가 추적하여 분석한다. 객체가 분류된 이상행동에 행위를 취할 경우 위협을 받는 객체 및 가까운 기관에 알림을 줄 수 있는 모델을 제시하며, 이를 통해 신속한 상황판단과 정확한 의사결정 지원을 위한 이상행동 패턴을 예측하는 모델을 제안한다.

2. 비정상 행동 분석 모델

일반적으로 정의된 비정상 행동이란 평균과 같은 정상적 기준에서 벗어나있는 것을[3] 이상행동이라고 한다. 일정한 기준[4,5]에서 벗어나 있음을 뜻하는 용어로 일반적이지 않은 움직임이라고 정의할 수 있다. 따라서 본 연구에서 비정상 행동이란 일반적인 상황으로부터 이탈된 행동 또는 정상적인 움직임으로 보기 어려운 행동을 비정상 행동이라고 정의한다.

2.1 비정상 행동 예측 분석의 개념적 모델

본 예측 분석 모델은 여러 대의 CCTV 의 추적을 통해 관찰된 객체의 이상행위를 판별하여 범죄를 미리 예방하고 예측할 수 있는 모델이며 다음 [그림 1]과 같다.



[그림 1] 예측 분석 모델

1 차적으로 Sensing 된 입력 받은 모든 데이터를 Raw 데이터베이스에 저장한다. 수집된 Raw 데이터를 보행자 상황에 맞게 필터링한 후 Context 데이터베이스에 저장된다. 이때 수집된 데이터는 1 차로 보행자에 맞게 정리된다. 2 차적으로 적용, 분석, 결정의 단계를 거치게 된다. 1 차로 정리된 데이터는 이상행위로 분류된 데이터에 적용시킨다. 다음 단계에서 맵핑된 데이터를 이상행위로 볼 수 있는지 분석하며 Situation Knowledge 데이터베이스를 통해 보행자의 이상행위에 대한 범죄 가능성 여부를 판단하여 Knowledge 데이터베이스로 저장된다. 이 단계에서 이상행위로 판단될 경우 가까운 기관이나 보행자의 디바이스기에 알람을 주는 행동이 이루어진다.

2.2 데이터 전처리

수집된 데이터는 크게 3 가지로 나눌 수 있다. 이러한 데이터들은 객체의 정보를 판별해 내거나 이상행동을 파악하는데 도움을 준다. 다음은 Input Data 를 행동 정보, 환경 정보, 위치 정보 3 가지로 분류하였다.

- 행동 정보
주로 CCTV 화면을 통해 알 수 있는 정보를 말하며 객체에 대한 식별정보를 포함한다. 움직임을 감지하여 동적 객체와 정적 객체로 나눈다.
- 환경 정보
날씨나 밝기, 시간 등과 같은 주변의 환경정보를 포함한다. 주로 객체 판별 후에 주변 상황을 파악하는 정보로 사용되며, 날씨, 시간, 밝기, 날짜에 의해 위험도 수준이 고려된다.
- 위치 정보
CCTV 의 위치나 지역정보 등 위치에 대한 정보를 포함한다. 환경정보와 함께 사용되며, 위험지역을 판별하는 정보로도 사용된다. 또한 보행자의 디바이스 정보나 위험을 알릴 수 있는 근처 공공기관 위치정보도 포함 한다.

2.3 비정상 행동에 대한 평가

단일 객체가 아닌 다중객체. 객체간의 관계를 파악한다. CCTV 화면에 들어온 객체를 판별한 후 여러 대의 카메라가 감지된 객체를 추적 하면서 인원수, 성별, 나이, 객체간의 거리를 파악한다. 주로 객체간의 거리를 파악하는데 공간학(Proxemics)[7]에 따른 거리를 이용하여 객체간의 관계 및 위험도를 파악한다.

2.4 비정상 행동 위험 판단

객체의 행위에 대해 의심스러운 것으로 해석할 수 있는 잠재적인 행위의 특정 패턴이 있다. 본 논문에서는 아래 <표 1>에 분류된 행동을 하는 모습을 보이

되, 반복적인 움직임의 특성을 가질 경우 이상행위라고 분류한다.

<표 1> 비정상 행동 분류

분류	행동분석
위험	발걸음을 주춤거린다.
	몸을 숨기고 있다.
	걸음걸이가 불규칙적이다.
	몸을 휘청거린다.
	다른 객체의 근처에서 손이 올라간다.
경고	한 사람만 주시한다.
	반복적으로 뒤를 돌아본다.
	특정 객체의 주변을 서성인다.
	다른 객체와 특정한 거리를 유지한다.

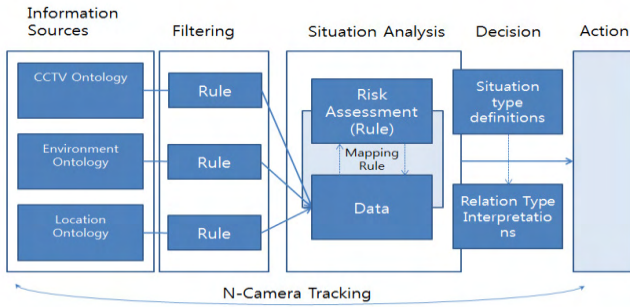
경고 단계에서는 한 객체의 행동이 정상적인 움직임으로 보기 어려운 행동이라고 판단되었을 때 객체를 이상행동으로 판단하여 카메라가 추적하며 일정 객체를 주시하게 된다. 위험 단계의 경우 객체 A 가 다른 객체인 B 를 주시하거나 주변을 서성일 경우와 같이 범죄 가능성을 염두에 두고 있는 상황으로 판단하여 즉시 위험 상황이라고 판단 할 수 있다.

3. 설계 및 적용

이번 장에서는 이상행동 예측모델에 대한 전반적인 구성도와 단계별 알고리즘에 대해 설명한다. 구성도에서는 앞서 언급한 이상행동 예측 모델보다 자세한 프로세스를 볼 수 있으며 알고리즘을 통해 객체를 분석하고 행동의 이상을 잡아내는 과정을 살펴보겠다.

3.1 아키텍처 모델

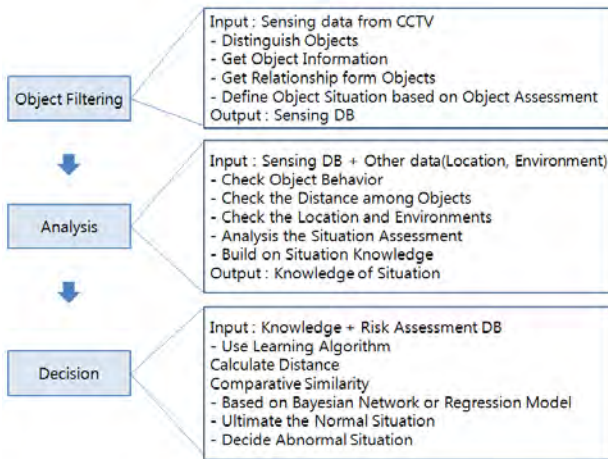
다음 [그림 2]은 이상행동 예측모델의 구성도이다. 앞서 분류된 3 가지의 Source 정보를 행동 분석 데이터에 맞게 각각의 Rule 을 토대로 정렬한다. 이를 토대로 입력된 행동정보와 상황정보를 정의해둔 비정상 행동 분류와 맵핑 시킨다. 이러한 상황분석이 이루어진 후 비정상 행동을 판단해 알람을 취하는 구조이다.



[그림 2] 아키텍처 모델

3.2 알고리즘

다음 [그림 3]은 CCTV로부터 수집된 데이터부터 객체의 행동을 분석하는 단계별 알고리즘이다. 행동 분석은 3단계로 나뉘며 다음[그림 3]과 같다.

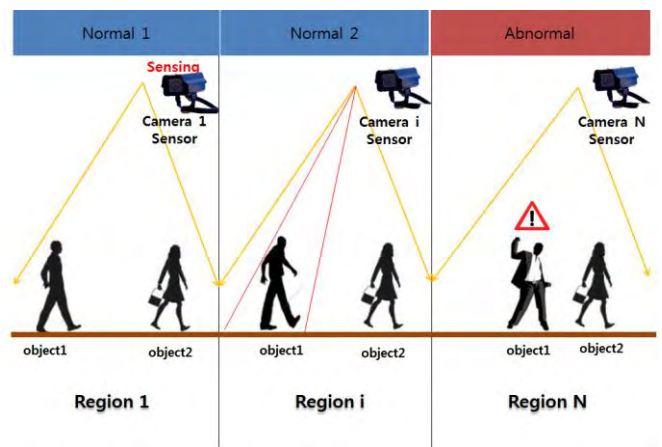


[그림 3] 행동 분석 알고리즘

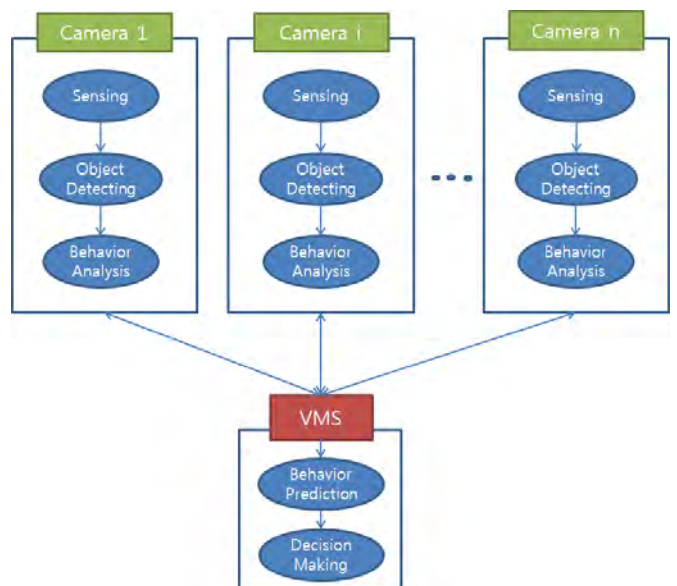
- Step 1. Object Filtering
CCTV로부터 수집된 데이터로 객체를 걸러내는 단계이다. 객체의 움직임을 감지하여 동적 객체를 판별하는데 객체의 정보를 함께 습득한다.
- Step 2. Analysis
수집된 객체정보로부터 걸러낸 후 객체를 분석하는 단계이다. 객체의 정보뿐만 아니라 위치정보와 환경정보도 함께 들어오게 된다. 객체의 행동을 체크하고 객체간의 거리를 파악한다. 이때 위치정보와 환경정보를 분석하여 가중치를 둔다. 객체의 행동을 분석한 정보로 Knowledge를 구축하고 이러한 정보를 다음 단계로 넘겨준다.
- Step 3. Decision
넘겨받은 객체의 행동 분석하여 이상행동을 잡아내는 단계이다. Learning Algorithm을 통해 관찰된 객체의 행동과 정의한 비정상 행동과 매치하여 객체의 행동의 비정상 여부를 판단한다.

4. 시나리오 적용

다음 [그림 4]은 이상행동 예측모델을 적용한 시나리오이다. Camara1이 Sensing을 통해 동적 객체 중 사람을 판별하여 객체를 걸러낸다. 화면에 잡힌 Object1과 Object2의 두 객체의 성별을 파악한 후 상대적 위험도를 파악하여 Object1인 남자의 행동을 계속적으로 추적한다. Camara1에서의 Object1의 행동이 정상적이지만 Camara i에 관찰된 Object1의 행동이 이상행동으로 분류된 행동분석 중 경고행동을 취하게 되면 Camara i는 Object1의 행동을 면밀하게 감시 관찰하고 객체간의 거리를 분석한다. 관찰된 Object1이 N번째 Camera에 행동분석 중 위험행동으로 포착되면 위험상황이라고 판단되어 Object 2 뿐만 아니라 가까운 기관에 알람을 주게 된다.



[그림 4] 시나리오



[그림 5] 시나리오 프로세스

[그림 5]는 [그림 4]의 시나리오를 기반으로 만든 프

로세스이다. [그림 4]와 [그림 5]를 통해 예를 들어 보겠다. Camera1 은 화면으로부터 얻을 수 있는 모든 정보를 수집하고 있다. 이렇게 수집된 정보를 CCTV 정보, 환경 정보, 지역 정보로 나누며 동적인 객체를 파악하게 된다. Object1 과 Object2 는 남,여로 파악되었으며 두 객체는 행동에 이상이 없고 객체간의 거리도 멀다. 그러나 위험지역에 어두운 상황이면 Camera1 은 계속해서 두 객체를 관찰한다. 이러한 정보를 통합관계시스템인 VMS(Video Management System)에 전달한다. 두 객체가 Camera2 의 지역에 들어왔을 때 Camera2 는 다시 남녀의 행동과 거리를 계산한다. 그때 남자가 여자를 계속 주시하다가 여자에게 점점 가까워지는 행동을 취하게 되면 Camera2 는 남자를 집중적으로 관찰하며 경고행동이라고 파악하고 다시 VMS 에게 전달한다. 다시 두 남녀가 Camera3 지역 도달하였을 때 남녀의 사이는 더욱 가깝고 남자가 여자에게 손을 올리며 다가가면 주시하던 camera3 는 VMS 에게 알리며 VMS 는 위험행동이라고 판단하여 경찰에게 알람을 준다.

- [4] 범죄심리학, 홍성열, 학지사, p.240
- [5] 배건태, 어영정, 곽수영, 변혜란 “감시 영상에서의 장면 분석을 통한 이상행위 검출” 한국통신학회논문지, 2011
- [6] 서효석, 이상용 “컨텍스트 인식 기반 개인화 추천 서비스를 위한 사용자 행동패턴 추론 모델” 디지털정책연구 10.2 (2012): 293-297.
- [7] Edward T. Hall. “Proxemics”
- [8] 강주형, 곽수영 “방범용 CCTV 를 위한 배회행위 탐지 솔루션” 멀티미디어학회, 2014

Acknowledgment

본 연구는 미래부가 지원한 2013 년 정보통신·방송 (ICT) 연구개발사업의 연구결과로 수행되었음

5. 결론 및 추후 연구

본 논문에서는 CCTV 가 범죄가 일어난 후의 사후처리의 용도와 CCTV 를 지켜보며 수상한 움직임을 포착하는 기존의 수동적인 방법과는 달리 보행자의 이상행동을 사전에 정의하고 분류, 분석하여 이를 바탕으로 CCTV 로 부터 객체의 행동이 관찰되었을 때 이상행위를 검출하였다. 분석된 데이터를 통해서 최종 의사결정 및 행동까지 영향을 미치는 예측 분석 모델을 제시하였다. 제안된 모델은 자원의 비용 및 손실을 감축할 수 있으며 범죄가 발생하기 전 상황을 예측하여 상황판단 및 의사결정을 신속히 하여 범죄 예방을 할 수 있는 적합한 모델이라고 보여 진다. 그러나 이상행위를 분별해 내기 위한 지속적인 행위 분석과 각 단계별 Database 축적 및 분석된 객체의 행동과 정의한 비정상 행동을 매치하여 비정상여부를 판단할 수 있는 알고리즘은 추후 연구로 남아있다.

참고문헌

- [1] 김유성 “지능형 CCTV 성능평가용 DB 구축방안 연구” TTA Journal Vol.142
- [2] 박세환 “상황인지 방식의 지능형 CCTV 시스템 기술개발 동향” CCTV Journal Vol.61, 2014
- [3] 교육학용어사전, 서울대학교 교육연구소, 1995.6.29, 하우동설