

# 영상 감시 시스템에 적용 가능한 의도기반 상황인식 모델에 관한 연구

김형년<sup>0</sup>, 박지형

한국과학기술연구원

{nyoun<sup>0</sup>, jhpark}@kist.re.kr

## A Study on the Intention-based Context-aware Model for Video Surveillance System

Hyoung-nyoun Kim<sup>0</sup>, Ji-hyung Park,  
Korea Institute of Science and Technology

### 요 약

상황인식 시스템에 포함되는 멀티 모달 센서의 활용과 장기간 축적된 센서정보(long-term value)를 상황정보로 어떻게 이용할 것인지에 대한 연구가 최근 활발히 진행되고 있다. 상황인식 시스템은 센서가 교체, 추가 및 제거되는 것과 관계없이 상황인식 모델의 재사용이 가능해야 하며, 센서정보와 상황정보는 프로세스 실행에 활용될 수 있어야 한다. 따라서, 본 논문에서는 센서정보와 상황정보를 노드로 구성하여 이들의 상호작용에 의해 프로세스의 실행을 결정하는 베이지안 네트워크로 표현된 상황인식 모델을 제안한다. 이 모델은 시스템의 역할이나 시스템을 구성한 의도가 센서의 교체나 추가, 제거에 관계없이 유지되는 점을 이용하여 이들간의 관계를 베이지안 네트워크로 나타낸다. 그리고 실험적으로 구현된 위치 기반 영상 감시 시스템에 적용하여 해당 모델의 유효성을 확인한다.

### 1. 서론

상황인식이 가능한 지능형 시스템의 개발을 위하여 다양한 센서 정보를 동시에 활용하려는 많은 연구들이 진행되어 왔다. 이 연구들은 멀티 모달 디바이스를 활용한 상황인식 시스템을 구축하는 과정과 더불어 센서정보들이 축적된 장기정보(long-term value)를 상황정보로써 어떻게 활용할 것인가에 초점을 맞추고 있다. Georgia Tech의 FCE(Future Computing Environments) 그룹의 Context toolkit, Arizona 주립대학의 RSCM(Reconfigurable Context Sensitive Middleware) 프로젝트, 카네기 멜론 대학의 Aura 프로젝트 등의 상황인식에 관한 연구들이 진행되었다 [1]. 이 연구들은 입력된 센서 정보들을 서비스 어플리케이션 프로세스와 직접적으로 연결한다. 그러나 센서의 개선 또는 교체 등의 이유로 센서 디바이스가 추가되었을 경우나 새로운 서비스를 제공하고자 할 경우, 상황인식 시스템 자체를 재구성해야 하는 문제점이 있다. 한편 시스템으로부터 축적된 장기정보를 활용하는 방법에 관한 여러 가능성들이 연구되었으나 [2,3] 센서정보와 상황정보를 결합할 수 있는 명확한 방법은 제시되지 못하였다.

상황인식 모델을 구성하는 과정에서 중요한 부분은 센서 디바이스들로부터 획득한 정보를 축적된 장기정보와 결합하여 사용자에게 적절한 서비스를 제공하는 데 있다. 모델이 적용되는 시스템은 센서와 서비스의 다양성을 염두에 두어야 한다. 그러나 그와 관계없이 시스템이 해야 할 역할과 시스템을 구성하려는 의도는 유지되어야 한다. 따라서 상황인식 모델이 시스템 고유의 의도를 포함한다면 센서의 교체 및 변경과 같은 시스템 환경의 변화에 대해서도 재사용이 가능하다. 본 논

문에서는 센서정보와 상황정보를 노드로 구성하고 이들의 조건부 독립 또는 종속과 같은 상호작용에 의해 프로세스의 실행을 결정하는 베이지안 네트워크로 표현된 상황인식 모델을 제안한다. 추출된 상황정보와 센서정보는 베이지안 네트워크를 통해 시스템 의도에 대한 확률을 추정하며, 이 확률값에 따라서 프로세스 실행 여부가 결정된다.

영상 감시 시스템(Video Surveillance System)에서는 시공간 정보와 신원 및 상황정보와 같은 상황인식에 필요한 정보들을 획득할 수 있다 [4]. 본 논문에서는 획득된 센서 및 상황 정보들을 상황인식 모델에 적용함으로써 모델의 유효성을 확인한다. 실험적으로 구현한 네트워크 카메라 기반의 영상 감시 시스템에 제안하는 모델을 적용하여 어떻게 부합하는지를 보인다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장에서는 제안하는 상황인식 모델에 대한 구조를 소개하고 의도기반 시스템의 필요성을 설명한다. 3장에서는 모델의 각 구조가 영상 감시 시스템에서 어떻게 적용되는지를 기술하며 4장에서 결론과 향후 연구 계획을 언급한다.

### 2. 의도기반 상황인식 모델의 구조

상황인식을 위한 기본적인 컴포넌트는 크게 네 가지로 구분된다. 여러 멀티 모달 정보를 받아들이는 센서 디바이스와, 센서 데이터에 따라 적합한 프로세스를 처리하는 디바이스 에이전트가 있다. 그리고 이들 디바이스 에이전트 처리 결과에 의해 실제 서비스를 제공하는 서비스 디바이스와, 결과 로그를 저장하여 필요한 상황정보를 제공하는 데이터베이스로 구성된다. 그림 1은 이러한 네 가지 컴포넌트의 구성과 컴포넌트들

간의 프로세스 사이클을 나타낸다.

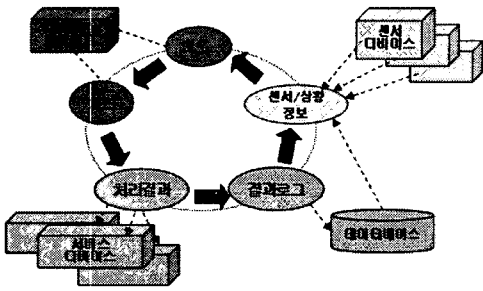


그림 1. 의도기반 상황인식 프로세스

2.1. 의도 기반 프로세스

각각의 상황인식 시스템들은 자체의 고유한 기능을 수행하며, 그러한 수행에 대한 의도가 내재해 있다. 특히 감시 시스템의 경우 5W1H와 같은 기본적인 물음에 대한 답을 알아야 한다 [5]. 그 외의 여러 시스템에도 해당 시스템을 구성하는 컴포넌트들이 실행되는 구체적인 목적이 있다. 이들 컴포넌트의 목적이나 의도는 시스템에서 일정하게 유지된다. 그러나, 센서 디바이스로부터 입력되는 정보는 어떠한 센서 디바이스를 사용하느냐와 얼마나 많은 센서를 사용하느냐와 같은 시스템 환경에 따라 달라진다. 따라서, 센서 디바이스와 처리 프로세스 간의 결정적인(determinant) 관계를 형성했을 경우, 시스템은 센서 디바이스의 추가나 제거로 인해 재사용이 어렵게 된다. 본 논문에서는 이러한 센서 디바이스의 다양성과 그에 따른 시스템의 유연성을 지원할 수 있도록 그림 1과 같은 의도 기반 프로세스 사이클을 제안한다.

2.2. 상황인식 사이클

센서 디바이스는 이벤트가 발생한 때 순간 정보를 검출한다. 검출된 정보는 데이터베이스에 저장된 상황정보와 결합하여 시스템의 의도에 어느 정도 부합하는지를 판단하는 데 쓰인다. 베이지안 네트워크에 의해 시스템의 의도는 확률 값으로 결정되며, 의도가 일정 확률보다 클 경우에 시스템은 해당 의도와 관련된 프로세스를 처리한다. 처리된 결과에 따라 여러 디바이스는 각각의 서비스를 제공하거나 동작을 수행한다. 또한, 처리된 결과는 장기정보로서 데이터베이스에 저장되어 상황정보를 분석하는 자료로 제공된다. 이러한 사이클은 이벤트가 발생할 때마다 일어난다. 이벤트의 시작부터 끝날 때까지 획득된 정보는 단기정보가 되어 축적된 단기정보로부터 장기정보를 추출한다.

2.3. 상황정보의 베이지안 네트워크

상황정보와 센서정보를 바탕으로 시스템의 각 디바이스 에이전트는 여러 동작을 수행하거나 서비스를 제공한다. 이 과정에서 상황 정보를 판단하는 에이전트는 의도기반 베이지안 네트워크를 통해 프로세스를 진행한다. 그림 2는 센서정보 및 상황정보와 의도 사이의 인과관계를 나타낸다. 미리 결정된 시스템의 의도를 기준으로 센서 입력이나 상황 정보가 해당

의도와 인과관계를 형성하며 또한 하나의 의도가 어떤 다른 의도와 인과관계를 갖는지 분석함으로써 이와 같은 네트워크를 구성할 수 있다. 이러한 네트워크 구성방식은 시스템의 역할에 대해 고려하지 않고 환경 내에서 발생한 이벤트와의 인과관계만을 설정한 기존의 연구들 [6,7]에 비해 몇 일부 조건 의 생략과 같은 단점들을 보완할 수 있다.

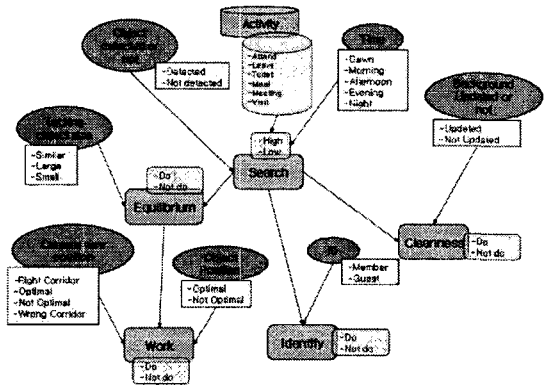


그림 2. 베이지안 네트워크를 이용하여 센서나 상황 정보로부터 의도의 확률적 가능성을 추출한다. 원은 센서정보, 원기둥은 상황정보, 사각형은 의도를 나타낸다.

2.4. 장기 정보의 활용

시스템에서 추출된 정보는 세 가지로 구분할 수 있다. 센서 디바이스가 검출하는 정보(incident)와 이벤트의 발생 후 소멸까지의 시스템 정보(short-term value) 및 장기간의 이벤트에 대한 축적된 정보(long-term value)가 있다. 시스템에서 이들 정보를 구분한 후, 각 정보의 저장 및 검색에 대한 방법을 결정한다. 센서 디바이스가 검출한 정보는 다음 순간 센서의 동작과 연관되며, 하나의 이벤트에 대한 모든 정보는 이벤트에 대한 구체적인 상황정보로 연결된다. 장기간의 축적된 정보는 시스템의 서비스 계획 및 상황인식을 위한 중요한 요소가 되며, 디바이스 에이전트가 상황에 따라 프로세스를 결정할 수 있도록 한다.

3. 영상 감시 시스템 시뮬레이션

3.1. 영상 감시 시스템 개괄

상황인식 시스템은 시공간에 대한 정보를 바탕으로 누가-어디에서-무엇을 하고 있는지에 대해 분석할 수 있어야 한다. 여러 지능형 시스템들 가운데 이러한 조건을 만족하는 것으로 감시 시스템이 적합하다. 본 논문에서는 KIST 내에 구성되어 있는 영상 감시 시스템을 기반으로 상황인식 프로세스를 적용하였다. 구현된 영상 감시 시스템은 각 복도의 코너마다 설치되어 있는 네트워크 동적 카메라(Pan-Tilt-Zoom Cameras)를 이용하여 위치추적이 가능하다. 각 카메라는 협력과정을 거치면서 사람의 신원파악 및 위치추적, 그리고 행동인식을 위한 프로세스를 거침으로써 카메라가 설치된 환경 내의 감시시스템을 실행한다. 특히 해당 시스템은 복도 내의 어느 위치에 있더라도 카메라의 동적 움직임(Zoom In/Out)을 이용하여 항상 일정한 크기의 영상을 추출할 수 있다.

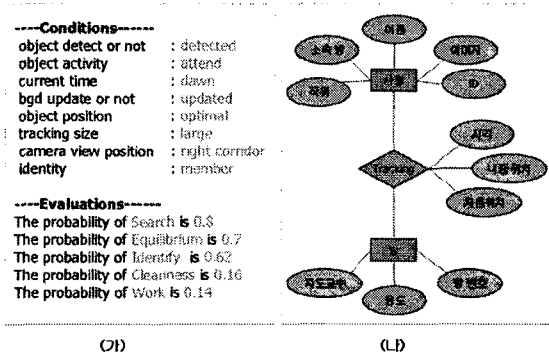


그림 3. (가) 베이지안 네트워크를 통해 얻은 의도의 확률 값 (나) 영상 감시 시스템의 개체 관계도

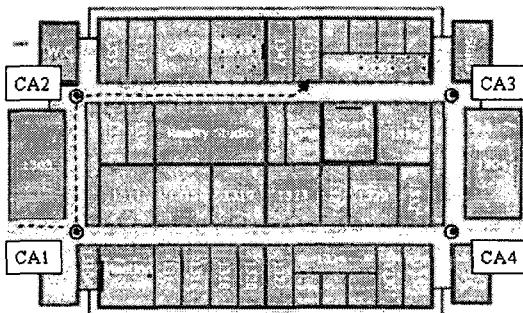


그림 4. 영상 감시 시스템에서의 출근 이벤트 로그. CA1 부터 CA4는 카메라 디바이스 에이전트를 의미한다.

3.2. 상황인식 모델의 적용

의도기반 프로세스를 추가하기 위하여 영상 감시 시스템의 고유 기능들을 선별한다. 사람 또는 오브젝트가 나타났는지 여부를 검출하고자 하는 의도(Search), 검출된 사람이 누구인지를 알고자 하는 의도(Identify), 배경이미지가 외부 영향에 의해 변경되었을 경우 이를 복구하려는 의도(Cleanness), 그리고 일정한 크기의 사람 영상을 얻으려는 의도(Equilibrium) 등이 영상 감시 시스템의 역할 및 의도들이다. 이러한 특징을 기반으로, 영상으로부터 추출할 수 있는 입력 정보와 축적된 정보로부터 얻어지는 상황 정보들은 감시시스템의 의도와 인과적 관계를 형성한다. 그림 2는 이에 따라 구성된 구체적인 베이지안 네트워크를 보인다. 구현된 영상 감시 시스템에서는 입력 센서가 카메라로 한정되어 있다. 그러나, 영상을 분석함으로써 얻게 되는 정보들(신원확인)에 따라 추가적인 센서(RFID)를 적용하더라도 구성된 네트워크는 그대로 유지된다.

카메라로부터 매 프레임마다 영상을 얻게 되며, 영상으로부터 추출한 조건 정보는 베이지안 네트워크를 통해 각 의도의 확률 값을 그림 3-(가)와 같이 나타낸다. 기존 확률 값보다 큰 의도는 시스템의 연관된 프로세스를 실행하도록 함으로써 영상 감시 시스템은 진행된다.

복도 환경 내에 사람이 나타났을 때부터 사라질 때까지의 위치 정보는 단기정보로 취급되며, 그 과정에서 얻은 신원정보 및 시공간 정보들은 파일로 저장된다. 일련의 이동 정보는

그림 3-(나)와 같은 개체-관계(ERD)에 따라서 데이터베이스에 저장된다. 이후에 특정 공간이나 특정 사람에 대한 검출정보를 바탕으로 영상 감시 시스템은 저장된 데이터베이스로부터 공간 및 사람의 상황정보를 확인할 수 있다. 그리고 각각의 카메라는 확인된 정보를 이용하여 어떤 동작을 취할 것인지를 결정하게 된다. 예를 들어, 그림 4는 영상 감시 시스템이 구현된 실험환경에서 사람이 최초로 나타나 자신의 방으로 들어가는 그래픽 로그를 나타낸다. 이로부터 이 사람이 출근했다는 상황정보를 획득할 수 있으며 아울러 방에 한 사람이 있다는 정보도 알 수 있다. 따라서, 이러한 상황정보를 이용하여 환경내의 사람들의 행동 패턴을 분석함으로써 감시와 더불어 시공간에 따른 다양한 서비스를 제공해 줄 수 있다.

4. 결론 및 향후 연구 계획

본 논문은 시스템의 센서정보와 상황정보를 노드로 구성하여 이들의 상호작용에 의해 프로세스의 실행을 결정하는 베이지안 네트워크로 표현된 상황인식 모델을 제안하였다. 센서의 교체가 발생하더라도 시스템 고유의 목적 및 의도를 기반으로 해당 모델은 재사용이 가능하다. 또한 축적된 장기정보는 센서정보와 결합하여 상황에 따른 시스템의 동작이 가능하게 한다. 이러한 의도기반 상황인식 모델이 실제 영상 감시 시스템에 적용되었을 때, 감시와 더불어 사람의 행동 패턴에 맞는 서비스 제공이 가능함을 확인하였다. 제안하는 상황인식 모델을 영상 감시 시스템 이외의 다양한 시스템에 적용 가능하도록 하기 위한 툴킷의 개발이 이루어진다면, 보다 용이하게 상황인식 시스템 설계가 가능할 것이다.

5. 참고문헌

- [1] Jihyung Park et. al., "A Context-aware System in Ubiquitous Environment: a Research Guide", *IEEE Conference on Cybernetics and Intelligent Systems*, 2004.
- [2] G. Banavar, J. Black, R. Cáceres, M. Ebling, E. Stern and J. Kannry, "Deriving Long-Term Value from Context-Aware Computing", *Information Systems Management, special issue on Ubiquitous Computing*, Vol. 22, No. 4, 2005.
- [3] Burgess, N. and Hitch, G. "Computational models of working memory: putting long-term memory into context.", *Trends in Cognitive Sciences*, 9, 535-541, 2003.
- [4] Ivanov, Y., C. Stauffer, A.F. Bobick, and W.E.L. Grimson, "Video Surveillance of Interactions", *Workshop on Video Surveillance*, 1999.
- [5] Dey, A.K., Abowd, G.D., and Salber, D. "A conceptual framework and a toolkit for supporting the rapid prototyping of context-aware applications", *Human-Computer Interaction*, 16, 97-166, 2001.
- [6] T. Gu, H. K. Pung, and D. Q. Zhang. "A Bayesian Approach for Dealing with Uncertain Contexts", In *Proceedings of the Second International Conference on Pervasive Computing*, 2004.
- [7] Rakotonirainy Andry, and Maire Frederic, "Context-aware driving behavioural model", In *Proceedings 19th International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles ESV'19*, 2005.