

센서 온톨로지를 활용한 작업장 상황인식 시스템

윤상연, 김택수, 유영대, 심정섭, 조명진, 배재학
울산대학교 컴퓨터·정보통신공학부

e-mail : eayun@mail.ulsan.ac.kr, tsmin80@mail.ulsan.ac.kr, zz2822@nate.com,
simjs55@hanmail.net, bass777@nate.com, jhjbac@ulsan.ac.kr

A Workshop Situation-Awareness System Using Sensor Ontology

Sang Yon-Yun, Taek-Soo Kim, Young-Dae Yoo, Jung-Sub Sim, Myoung-Jin Jo, Jae-Hak J. Bae
School of Computer Engineering & Information Technology, University of Ulsan

요약

본 논문에서는 작업장 감지 시스템 WMS(Workshop Monitoring System)의 센서로부터 수집된 정보를 통하여 작업장 상황(Situation)을 지능적으로 인식할 수 있는 시스템을 개발하였다. 기존의 시스템은 개별 센서가 보낸 정보에 기반한 작업장 상황파악이 그 주된 기능이다. 본 연구에서는 센서 정보의 연관성을 파악하고 정상 및 비정상 상황을 구분함과 아울러 비정상 상황이 발생할 수 있는 원인을 분석하여 센서 온톨로지(Sensor Ontology)를 구축하였다. 이러한 지능적 상황인식을 통하여 유비쿼터스 환경에서 센서 융합(Sensor Fusion)형 상황인지를 가능하게 하는 시스템 구현 기초기술을 확보하였다.

1. 서론

현재 증가되는 부대시설(UPS, 환온습습기, 소화설비등)과 환경설비(온도, 습도, 누수감지 등)를 관리할 수 있는 감지 시스템[1]의 도입의 필요성이 증가되고 있다. 또한 예기치 못한 서비스 장애에 신속한 조치의 필요성이 증가하고 있으며 장애 시 치명적인 결과를 초래하는 설비장애의 실시간 관리의 필요성이 대두되었다.

작업장 감지 시스템(WMS, Workshop Monitoring System)[2]은 Embedded Linux에 부착된 각종 센서로부터 여러 종류의 환경 신호들을 수집하고 이를 SLS에게 보낸다. 이때 SLS는 이를 처리하여 위험요소를 해당 관리자에게 SMS로 통보해준다. SLS(Status Logging Server)는 Embedded Linux에 연결된 센서에서 임계영역을 넘긴 센서의 정보를 받아 처리하여 관리자에게 통보해 주는 역할을 한다. 센서의 정보에 맞는 상황을 통보해 주기 위해 미리 Message DB에 여러 위험요소 및 통보할 사람들에 대한 정보를 입력해 준다. 임계치를 넘긴 센서의 정보는 SLS에 보내지고 SLS는 이 정보를 처리하여 해당 상황에 맞는 Message DB의 내용을 찾아서 관리자에게 통보하여 위험상황을 감지할 수 있다.

본 논문에서는 센서를 활용한 작업장 상황인지 과정을 개선하고자 하였다. 현 시스템은 개별 센서로부터 작업장 상황정보를 수집하고, 이를 기반으로 하여 사전에 계획된 조치를 취한다. 이 경우, 센서가 보내 온 정보를 전적으로 신뢰하기 때문에 비정상적 상황에서 발생한 정보에 의해 잘못된 상황 조치를 취할 가능성이 존재한다. 또한, 정확한 상황인식을 위해서는 수집된 센서 정보를 종합적으로 분석할 수 있어야 한다. 이러한 문제를 본 논문에서는 센서 온톨로지[3, 4]를 구축하여 해결하고자 하였다.

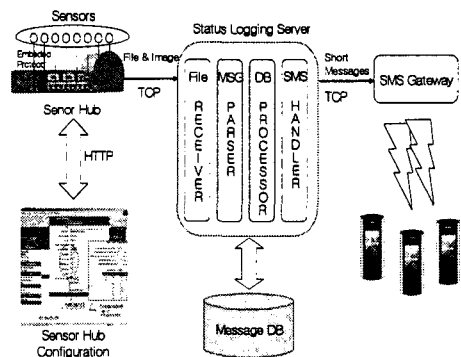
2. 시스템 전체 구성도

WMS에서는 측정된 센서 데이터를 SLS(Status Logging Server)가 받아 해당되는 데이터를 Message DB에 질의하여 SMS발송한다. 전체 시스템 운영 개념도는 (그림 1)과 같으며 (그림 2)에서는 Sensor Hub에서 보내준 이벤트 파일을 받아서 처리하는 단계를 상세 흐름도로 나타내었다.

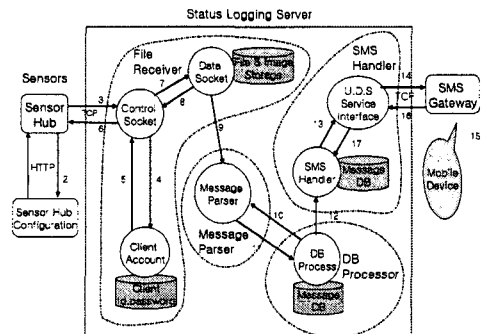
2.1 구성장비

센서를 구동시키는 Controller는 (주)시스네트정보의 InfraPatrol[5, 6]을 사용하였다. 무선통신은 UDS[7]의 무선 메시지 서비스를 선택하였다. 센서의 정보를 보기 위한 프로그램과 사용자 인터페이스 및 데이터베이스 연동은 MFC[8]로 구현하였다. 여기에 사용되는 센서로는

8개 종류의 센서와 4개의 외장 카메라를 사용하며, InfraPatrol은 내장된 상하좌우 컨트롤이 가능한 카메라와 추가 3개의 카메라, RJ45타입의 센서포트 8개로 구성되어 있다.



(그림 1) WMS (Workshop Monitoring System) 구성도



(그림 2) WMS 처리흐름도

2.2 센서 기능 및 정보

Sensor Hub에 연결 가능한 센서들은 <표 1>에 제시된 여덟 가지 이상의 다양한 센서들이 존재하나 현재 구축된 시스템을 통해 확인 할 수 있는 센서만을 대상으로 하였고, 센서 정보를 통한 상황 분석의 복잡성을 단순화하기 위해 정보의 종류를 이진화하였다

<표 1> 센서 기능과 이벤트 정보

| 센서 이름 | 센서 기능 | 정보 | 이미지 |
|--------------------|-------------------|----------------------|-----|
| Temperature sensor | 온도 측정 | 상온 비상온 | |
| Humidity sensor | 상대습도 측정 | 정상습도 비정상습도 | |
| Water Detector | 누수 감지 센서 | 누수없음 누수발생 | |
| Security sensor | 보안센서 | 정상 침입상황 | |
| Smoke Detector | 연기 방지 | Smoke 정상 Smoke 방지 | |
| Motion Detector | 동작 감지 | 동작감지 없음 동작감지 확인 | |
| Voltage sensor | 전압의 입력 및 결여 방지 | 정격전압 비정격전압 | |
| Airflow sensors | 실내의 공기 흐름 측정 | 정상풍량 비정상풍량 | |

3.2 위험상황 분석

<표 3>에서 발견된 위험 상황을 센서가 보내온 정보를 통해 설명하고, 상황이 발생한 원인과, 각 원인이 발생 가능한 예를 들어 보았다. <표 4>는 확인된 총 15개의 위험 상황 중 <표 3>에서 확인된 위험 상황에 대한 설명이다.

<표 4> 위험 상황의 원인 및 예

| 번호 | 상황 설명 | 위험상황 원인 | |
|----|-------------------|--|--|
| | | 발생 가능한 예 | |
| 1 | 상온이면서 비정상 습도 | 누수 | |
| | | 기타 이유로 작업장 내 누수가 발생한 경우 | |
| 4 | 비상온 이면서 정상습도 | 화재, 공조기 이상 | |
| | | 화재나 공조기 이상으로 온도가 비정상적으로 상승하는 상황의 초기에 습도 변화가 미미한 경우 | |
| 5 | 정상습도이면서 누수탐지 | 누수 | |
| | | 누수가 발생한 초기 상태에 습도변화가 미미한 경우 | |
| 8 | 비정상습도이면서 누수 없음 | 공조기 이상, 누수 | |
| | | 공조기 이상 등으로 비정상적인 습도의 상황이 발생한 경우 | |

3. 센서 은물로지를 이용한 상황인지

본 논문에서는 센서가 정상일 때 비정상적 상황에 해당하는 위험상황을 지능적으로 인식하기 위한 은물로지[7, 8]를 구축하고자 한다. <표 2>는 작업장의 상황을 센서 상태를 기준으로 정상일 경우와 비정상(고장)일 경우로 구분하였다. 정상상황은 센서가 임계영역을 벗어나지 않는 일반적인 경우이고, 위험상황은 임계치를 벗어난 특수한 상황이다. 허위상황은 은물로지에 근거할 때 발생 할 수 없는 불가능한 상황을 표현 한다.

<표 2> 센서와 상황을 기준으로 분류한 발생 상황

| 상황 | 센서 상태 | | 비 정상 |
|-----|-------|------------|------|
| | 정상 | 비 정상 | |
| 정 상 | 정상상황 | 정상상황, 허위상황 | |
| 비정상 | 위험상황 | 위험상황, 허위상황 | |

3.1 센서 매트릭스

센서가 보내오는 정보를 이진화하고, 센서들을 행과 열로 묶어 매트릭스를 구성하여, 두 개 센서사이의 연관관계를 통해 상황을 분석하였다. 현장의 상황 중 정상적 상황의 경우는 제외하고, 센서의 상태는 정상이지만 일반적이지 않은 상황, 즉 위험 상황을 조사 하였다. <표 3>은 현재 시스템에 설치된 8개의 센서로 이루어진 전체 표의 일부분에서 찾은 위험 상황이다.

<표 3> 센서 매트릭스를 통한 상황분석

| 센서 및 측정 상태 | | Temperature sensor | | Humidity sensor | | Water Detectors | |
|-----------------|-------|--------------------|-----|-----------------|--------|-----------------|-------|
| | | 상온 | 비상온 | 정상 습도 | 비정상 습도 | 누수 없음 | 누수 발생 |
| Temperature | 상온 | | ○ | √ 1 | ○ | ○ | |
| | 비상온 | | | √ 4 | ○ | ○ | ○ |
| Humidity sensor | 정상습도 | | | | | ○ | √ 5 |
| | 비정상습도 | | | | | √ 8 | ○ |
| Water Detectors | 누수없음 | | | | | | |
| | 누수발생 | | | | | | |

3.3 센서들의 연관관계

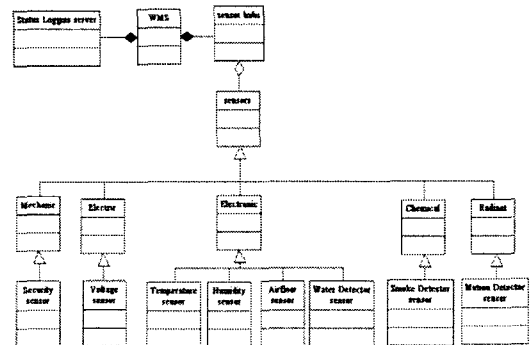
<표 5>에서는 <표 4>에서 확인된 위험 상황이 발생한 원인과 연관된 센서들을 묶었다. 예를 들어 침입이 발생한 상황에서는 Security센서와 Motion Detector센서가 연관되어 적절한 정보를 발생한다.

<표 5>각 위험 상황에 연관된 센서

| 번호 | 위험 상황 | 연관된 센서 |
|----|---------------------------|--|
| 1 | 화재 발생 초기 상황 | Temperature센서 - Humidity센서 - Smoke센서 - Airflow센서 |
| 2 | 공조기 이상으로 온도도 유지에 문제가 있을 때 | Temperature센서 - Humidity센서 - Airflow센서 |
| 3 | 외부 침입으로 출입문이 열렸을 때 | Security센서 - Motion Detector센서 - Airflow센서 |
| 4 | 외부전원의 단선으로 공조기 동작이상 | Voltage센서 - Airflow센서 |
| 5 | 작업장 내에 누수가 발생 | Water Detectors 센서 - Humidity센서 |

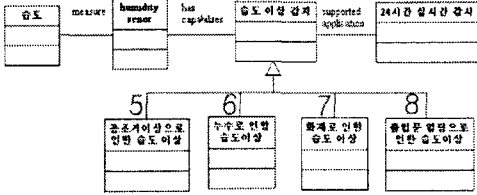
3.4 UML을 이용한 센서 표현

(그림 3)에서는 WMS의 센서들을 기능별로 분류하고 연관 관계를 UML을 이용하여 도식화 하였다.

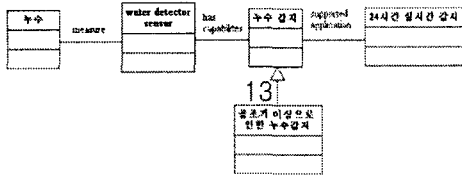


(그림 3) WMS와 센서의 연관관계 및 분류

센서와 센서의 측정 대상, 센서가 발생한 이벤트 정보로 감지할 수 있는 상태의 관계를 객체 다이어그램을 이용하여 표현하였다. (그림 4)와 (그림 5)는 습도와 누수 센서의 기능에 대한 객체 다이어그램이다.



(그림 4) 습도 센서의 기능 분석



(그림 5) 누수 센서의 기능 분석

3.5 상황인지 규칙

센서 매트릭스를 통해 위험 상황에서 서로 연관되어 이벤트를 발생하는 센서들을 확인 하였다. 이 센서들 간의 관계를 이용하여 상황을 파악할 수 있는 규칙을 발견 하였고, UML 객체 다이어그램상의 링크를 통하여 규칙이 성립함을 알 수 있었다.

<표 6> 상황인지 규칙과 링크 번호

| 규칙 번호 | 규 칙 | UML 링크 번호 |
|-------|--|--------------|
| 1 | if 비정상 온도 and 연기가 감지 and 비정상 풍향 and 비정상 습도 then 화재 | 1, 7, 16, 17 |
| 2 | if 비정상 온도 and 비정상 습도 and 비정상 풍향 then 공조기 고장 | 3, 5, 15 |
| 3 | if 외부출입문 열림 and 움직임 감지 and 비정상 풍향 then 외부 출입 | 9, 10, 14 |
| 4 | if 외부전원 이상 and 비정상 풍향 then 정전 | 12, 15 |
| 5 | if 누수 감지 and 비정상 습도 then 침수 혹은 누수 상황 | 6, 13 |

4. 결론 및 향후연구

본 논문에서는 유비쿼터스 환경의 중요한 인프라스트럭처인 센서와 연관하여, 작업장 관리 시스템 WMS에서 센서융합(Sensor Fusion)형 상황인지 방법을 강구하였다. 센서의 관련성을 파악하고, 정상 및 비정상 상황을 구분하였고, 비정상 상황(위험상황)의 발생원인을 유추하였다. 각 센서들을 UML 객체 다이어그램을 이용하여 정의하고, 다이어그램의 링크 정보를 이용하여 센서들 간의 관계를 설명할 수 있었다.

기존에 구축된 WMS에서는 위험 상황에 대한 정확한 인지의 어려움으로 인하여 부적절한 상황 조치가 발생할 가능성이 존재하였다. 이에 본 논문에서는 센서들이 측정할 수 있는 위험 상황을 분석하여 센서들 사이의 관계를 정의하고, 센서 객체 다이어그램을 통하여 그 규칙을 표현하였다. 이 규칙을 기존 시스템에 적용함으로써 잘못된 상황 조치를 통한 자원과 비용의 낭비를 줄일 수 있을 것이다.

뿐만 아니라, 본 연구결과를 바탕으로 특정 센서의 고장유무를 판별할 수 있고 실제상황과 허위상황을 구별해 낼 수 있는 상황인지에 대한 연구가 있기를 기대할 수 있을 것이다. 앞으로의 유비쿼터스 환경에서는 센서를 통한 정확한 상황인지가 얼마나 능동적이나에 따라 그 서비스의 효용성이 좌우될 것이다. 본 논문에서 제시한 센서 관계

규칙을 토대로 정교한 온톨로지를 구축함으로써 보다 정밀한 지능적 상황 인지가 가능할 것이고, 유비쿼터스 서비스의 성공 가능성을 높일 수 있을 것이다.

Acknowledgement

- [1] 본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터 육성·지원사업의 연구결과로 수행되었음.
- [2] 본 연구진행에 협조해준 (주)시스네트 정보의 임직원께 감사한다.

참고문헌

- [1] Baldauf, M., Dustdar, S., Rosenberg, F., A Survey on Context-Aware Systems, International Journal of Ad Hoc and Ubiquitous Computing, 2006.
- [2] 김택수, 유명대, 심정섭, 조명진, 배재학, "작업장 감지 SMS 시스템의 개발", 제25회 한국정보처리학회 춘계학술발표대회 논문집 제13권 제1호, 2006.
- [3] Russomanno, D.J., Kothari, C.R. and Thomas, O.A., Building a Sensor Ontology: A Practical Approach Leveraging ISO and OGC Models, The 2005 International Conference on Artificial Intelligence, 2005.
- [4] Matheus, C.J., Kokar, M.M. and Baclawski, K., A Core Ontology for Situation Awareness, In Proceeding of Sixth International Conference on Information Fusion, pages 545-552 Cairns, Australia, July 2003.
- [5] (주)시스네트정보, InfraPatrol, <http://sisnetinfo.co.kr/>.
- [6] AKCP, cameraProbe8, <http://www.akcpinc.com>.
- [7] (주)UDS, <http://biz.ppurio.com/>.
- [8] Mike Blaszczyk, PROFESSIONAL MFC with Visual C++, 정보문 화사, 2000.