

반도체 장비의 상태감시를 위한 상황인지 시스템 설계

Design of Context-Aware System for Status Monitoring of Semiconductor Equipment

전민호*, 강철규*, 정승희*, 오창현**

Min-Ho Jeon*, Chul-Gyu Kang*, Seung-Heui Jeong* and Chang-Heon Oh**

요 약

본 논문에서는 반도체 장비의 상황을 인지하는 시스템을 제안하고 이에 대한 성능을 평가하였다. 제안하는 시스템은 반도체 장비 주변에 배치된 클라이언트 노드의 가속도, 압력, 온도, 가스 센서로부터 정보를 획득하고 서버로 데이터를 전송한다. 서버로 전송된 데이터는 다중 이벤트 및 단일 이벤트의 상황인지 알고리즘을 통해 알람을 3단계로 발생시키게 된다. 제안한 상황인지 시스템의 동작 실험결과에 따른 상황인지 알고리즘을 사용하지 않은 경우보다 알람이 약 80% 정도 적게 발생하여 정보의 신뢰성 및 효율성을 향상시켰으며, 다수의 클라이언트 노드로부터 주위의 정보를 습득할 수 있으므로 반도체 장비의 효과적인 상태감시가 가능함을 확인하였다.

Abstract

In this paper, we propose a system which can perceive status of semiconductor equipment and evaluate its performance. The proposed system acquires the information such acceleration, pressure, temperature and gas sensors in the surrounding semiconductor equipment. After acquiring information, it is sent to server through multi hop transmission. The transmitted data generates 3 steps alarm using context-aware algorithm of unit or multiple event. From the experiment's result of the proposed system, we confirm that the reliability and efficiency of information is more improved about 80% than a system that doesn't use context-aware algorithm. Moreover, this system can be effective status monitoring of semiconductor equipment because lots of client nodes acquire surrounding information.

Key words : Multi Sensor, Semiconductor Equipment, Context-aware Algorithm, Wireless Sensor Network

I. 서 론

유비쿼터스 컴퓨팅은 지능 공간에서 수많은 자원들을 유기적으로 연결하여 사람들에게 필요한 정보나 서비스를 효과적으로 제공하는 것을 그 목적으로

한다[1]-[2].

현재 우리나라의 반도체 공정은 먼지 및 이상온도 검출 등에 대한 상태감시 시스템이 구축되어 있다. 그러나 근무자가 PDA(personal digital assistants) 형태의 단말기를 이용하여 각각의 센서마다 직접 연결하

* 한국기술교육대학교 전기전자공학과

** 한국기술교육대학교 정보기술공학부

· 제1저자 (First Author) : 전민호

· 교신저자 (Corresponding Author) : 오창현

· 투고일자 : 2010년 6월 10일

· 심사(수정)일자 : 2010년 6월 11일 (수정일자 : 2010년 6월 23일)

· 게재일자 : 2010년 6월 30일

여 기록된 정보를 수동으로 수집하는 상태감시 시스템이므로 복합적 요인의 장애나 이상 징후를 실시간으로 감시하는데 한계가 있다. 이러한 상황을 해결하기 위해서는 환경에 대한 정확한 정보 수집이 선행되어야 하고 수집된 실제 환경의 상황을 컴퓨팅 환경에 맞게 변환 및 적용해야 한다. 그러므로 수집된 정보를 가공하여 장비의 상황을 인지하고 판단할 수 있는 시스템이 요구된다[3]-[6].

반도체장비의 상태 감시를 위한 상황인지 시스템은 장비에 장애가 될 수 있는 다양한 요인들을 실시간으로 감시하고 복합적인 원인에 의한 문제점이 발생했을 때 장애 원인을 파악하기 위해 4개의 센서가 장착된 센서노드를 반도체 장비 외부에 배치하여 순간적으로 발생하는 장비의 불안정한 환경으로부터 안정적인 반도체 공정이 이루어질 수 있도록 실시간으로 상태를 감시하는 시스템이다.

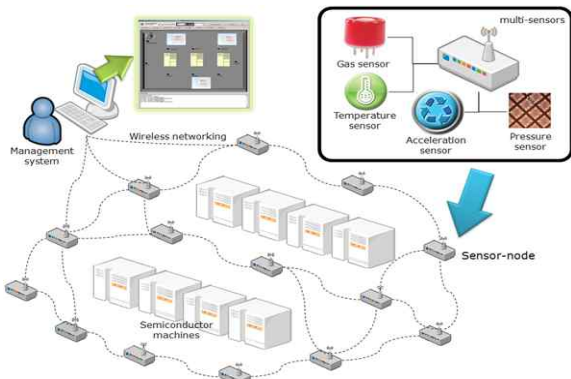


그림 1. 반도체 장비의 상태 감시를 위한 무선 다중 센서 노드

Fig. 1. Wireless multiple sensor node for status monitoring of semiconductor equipment.

본 논문에서는 이와 같은 문제를 해결 할 수 있도록 그림 1과 같이 가스, 온도, 압력, 기울기센서가 부착된 다중 센서 노드를 반도체 장비 주변에 배치하여 정보를 수집한 후 상황인지 알고리즘을 통하여 장애가 될 수 있는 다양한 요인들을 실시간으로 감시하고 수집된 장애원인을 다각도로 파악할 수 있는 상황인지 시스템을 제안하고 설계한다.

본 논문의 구성은 II장에서 관련기술의 현황을 설명하고 III장에서는 제안한 시스템의 알고리즘에 대해 설명한다. IV장에서는 제안한 시스템을 설계하고 성능을 평가한다. 마지막 V장에서 본 논문의 결론을

맺는다.

II. 다중센서를 이용한 상황인지 알고리즘

2-1. 센서 기술

(1) 가속도 센서

가속도 센서는 큰 충격이 발생할 경우 순간적으로 충격을 감지하는 기능을 지니고 있어 충격 검출용으로 사용되고 있다. 가속도 센서는 일반적으로 전후방 1차원적인 검출기능을 지니고 있어 다차원적인 검출을 위해서는 여러 개의 가속도 센서가 채용되어 왔으나 피에조 방식 및 정전용량식의 2차원, 3차원 가속도 센서가 개발되어 다양한 장비에 탑재되는 추세이다[7].

(2) 가스 센서

반도체를 이용한 가스센서는 공기 중에 포함된 특정가스의 양이나 종류를 파악할 수 있는 센서로 가스가 센서에 접촉될 때 생기는 전기 전도도의 변화를 검출하거나 농도를 측정 또는 정보를 발생하게 하는 소자로 이루어져 있다. 이는 전기 전도도의 흡착현상이 일어나는 것을 전제로 적당한 온도상태에서 표면의 화학흡착에 의한 전도 전자밀도의 변화를 이용한 것이다[8].

(3) 압력 센서

압력 센서는 프로세스 또는 시스템에서 압력을 측정하는 소자로서 공업계측, 자동제어 등 그 용도가 다양하고 가장 폭넓게 사용되는 센서중의 하나이다. 압력센서의 측정원리는 변위, 변형, 자기-열전도율, 진동수 등을 이용하는 것으로 현재 많은 종류가 실용화되어 사용되고 있다[9].

(4) 온도 센서

온도센서는 온도 변화에 따라 저항 값이 극단적으로 크게 변하는 감온 반도체이다. 사용 온도 범위가 -50~500℃로 일상적인 온도 조절을 필요로 하는 모든 범위에 응용되며, 또한 소형으로 값이 저렴하고

고감도이므로 가전기나 산업기기의 온도 센서 및 온도 보상용으로 사용되어지고 있다[10].

2-2. 상황인지 시스템

상황 인지에 대한 개념을 효과적으로 사용하기 위해 상황이 무엇이고, 이를 어떻게 사용할 것인가에 대한 이해가 필요하다. 상황 인지에 대한 기본적인 개념적 구성은 그림 2와 같다[11]. ‘사용자의 작업과 관련 있는 적절한 정보 또는 서비스를 제공하는 과정에서 ‘상황’을 사용하는 경우를 상황인지 시스템의 정의’라고 한다[12].

상황인지에 대한 정의로 부터 상황인지 응용의 특징을 3가지로 분류해 보면 첫째, 현재 상황에 따른 사용자에게 제공되는 정보와 서비스 둘째, 확실한 상황에 따른 서비스의 자동 실행 셋째, 나중의 검색을 위한 상황정보의 표시이다. 이러한 분류를 기반으로 상황인지 시스템을 설계 하여야 한다[13].



그림 2. 상황인식 시스템 개념도
Fig. 2. Concept of context-aware system.

III. 반도체 장비의 상황인지 시스템

3-1. 복합 상황인지 알고리즘

복합적인 장애를 감지하기 위해 다중센서 모듈은 1개의 임베디드 보드와 4개의 센서들로 구성되어 있으며, 장착된 센서는 주기적으로 센싱하여 클라이언트 노드로 전송한다. 클라이언트 노드는 복수의 센서로부터 센싱된 정보를 취합하여 모니터링 및 이상 동작 분석을 위해 서버노드로 전송한다.

서버는 저장된 정보를 기반으로 위험요소를 분석하고 잠재적 위험이 예상되면 미리 작업자에게 경고한다. 상황인지 알고리즘은 센싱된 정보를 수신하는 단계, 대기시간 내에 동시에 센싱된 정보들이 임계값을 초과하는지 검사하는 단계, 대기시간 내에 임계값을 초과하지 않을 경우 추후 예상되는 위험을 경고하는 단계, 대기시간 내에 임계값을 초과하였을 경우 발생한 위험을 경고하는 단계로 이루어진다.

그림 3은 본 논문에서 제안하는 반도체 장비의 상태감시를 위한 복합 상황인지 알고리즘의 순서도이다. 먼저 센서의 초기화가 시작된 후 각 센서 S(1)-S(4)의 초기 센싱 정보가 서버로 전송된다. 이때 “received normal condition ACK(acknowledgement code)”를 서버에서 수신하게 되면 “set the threshold of sensor”에서 각 센서 S(1)-S(4)의 초기 임계값을 설정한다. 이후 센싱 이벤트 S(i)가 발생할 때마다 “set the threshold of sensor”에 설정된 value와 비교하고 초과한 경우에 단일 센서 S(i)에 대한 알람을 생성한다. 이후 “Waiting event of S(j) for T seconds”에서 또 다른 단일 센서 S(j)를 대기시간 T초 동안 모니터링 하여 만일 대기시간 T초 동안에 S(j)가 초기 임계값을 초과하게 되면 복합장애로 판단하고 S(i,j)에 대한 경고를 발생한다. 만일 대기시간 동안 S(j)가 임계값을 초과하지 않는다면 단일 장애로 판단하고 S(i) 센싱 정보를 계속해서 모니터링하기 위해 “monitoring S(i)” 단계로 이동한다. “store value of S(i)” 단계에서는 발생한 임계값 초과경우를 누적 저장한다.

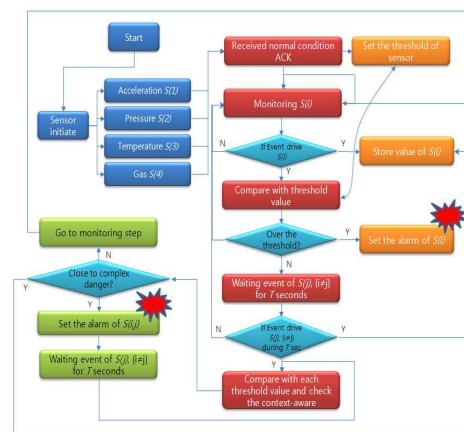


그림 3. 반도체 장비의 상태감시를 위한 복합 상황인지 알고리즘 순서도

Fig. 3. Flow chart of complex context-aware algorithm for status monitoring of semiconductor equipment.

3-2. 복합 장애 판정

복합장애 S(i,j)는 표 1과 같다. 가스 및 온도 센싱 정보로부터 정상상태(초기 임계값 범위 이내)인 경우 감시의 대기시간(T)은 감소된다. 이는 모든 센서가 정상 값을 유지할 때엔 복합장애가 발생할 가능성이 줄어들기 때문이다. 그러나 센서 중 1개라도 임계값을 초과하게 되면 후속으로 발생할 가능성이 증가하므로 타 센서의 감시 대기시간이 증가하게 된다. 만일 대기시간 이내에 2가지 모두 중복으로 각각의 임계값을 초과하게 되면 복합장애가 발생한 것으로 간주하고 바로 S(i,j) 알람이 작업자에게 통보된다.

표 1. 복합장애 판정 S(i,j)
Table 1. Decision for multiple disability S(i,j).

i \ j		가스		온도		
		정상	누출	고온	상온	저온
가스	정상	N/A	N/A	대기시간 (T)추가, 잔존가스 점검	대기시간 (T)감소	대기시간 (T)감소
	누출	N/A	N/A	대기시간 (T)추가, 가스누출	대기시간 (T)추가, 가스누출	대기시간 (T)추가, 가스누출
온도	고온	대기시간 (T)추가, 누출가스 점검	대기시간 (T)추가, 가스누출	N/A	N/A	N/A
	상온	대기시간 (T)감소	대기시간 (T)추가, 가스누출	N/A	N/A	N/A
	저온	대기시간 (T)감소	대기시간 (T)추가, 가스누출	N/A	N/A	N/A

IV. 설계 및 성능평가

본 장에서는 III장에서 제안한 상황인지 시스템을 설계하고 성능을 평가한다.

실험에 사용된 온도 센서는 DSTM-02로 비접촉식 적외선 온도센서이며 I2C인터페이스를 통해 온도값을 출력하고 온도는 0~100℃까지 측정가능하며 오차범위는 ±0.2이다. 압력 센서는 SMBA-1000을 사용하였으며 현재 온도와 대기 압력을 측정하여 정밀한 대기 압력과 현재 고도를 계산할 수 있는 센서이다. 기울기를 측정하기 위해서 3축 가속도 센서를 사용하였다. 3축가속도 센서의 모델명은 AM-3AXIS-P이며 X,Y,Z방향의 가속도와 각 방향의 기울기를 측정한다.

다. 저 전력을 사용하는 센서로 출력값이 아날로그로 출력이 된다. 따라서 ADC(analog/digital converter)를 구현해야 한다. 가스 센서는 S-100으로 NDIR(non-dispersive infrared)방식으로 이산화탄소의 농도를 측정한다. 이 센서는 0~50℃의 온도에서 동작 가능하며 ±30ppm, ±5%의 정확도를 갖는 센서를 사용하였다.

실험을 위해 그림 4와 같이 다중 인터페이스 보드를 설계하였다. 가스, 온도, 압력, 가속도의 데이터를 각각 수집하여 MCU(modular concept unit)로 데이터를 전송하고 MCU는 센서에서 받아온 이기종 데이터를 하나로 통합하여 서버 노드로 전송한다.

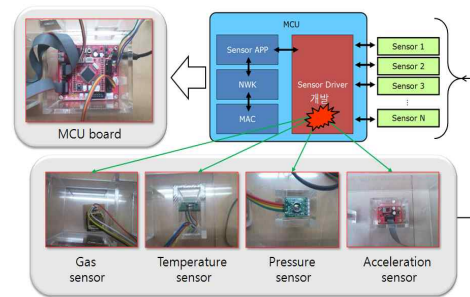


그림 4. 다중 센싱을 위한 다중 인터페이스 보드
Fig. 4. Multiple interface board for multiple sensing.

서버로 전송된 데이터는 그림 5와 같이 메인화면과 세부 상태창으로 나누어 표시가 된다. 각각의 노드는 메인화면에 표시가 되며, 노드로부터 수신되는 센싱 데이터는 세부 상태창을 통해 표시된다. 특정 센서가 임계값을 초과할 때 타 센서의 초과여부를 대기시간(T) 동안 지속적으로 점검하되 타 센서도 임계값을 초과하게 되면 복합장애로 인지하고 S(i,j) 알람을 작업자에게 통보된다. 그러나 대기시간(T) 이내에 타 센서의 임계값 후속 초과가 발생하지 않으면 단일 센서의 경고만 누적되며, 대기시간은 감소하게 된다.

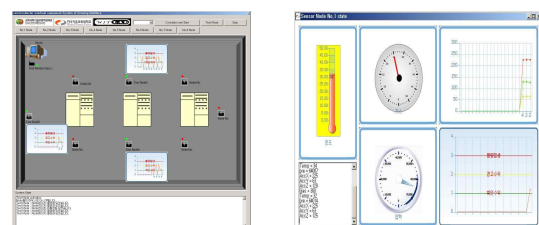
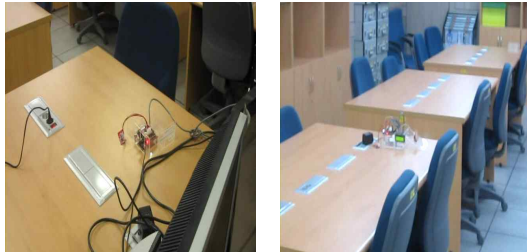


그림 5. 서버 응용프로그램의 메인화면(좌)과 세부 상태창(우)

Fig. 5. Main screen(left) and detailed status screen(right) of server application program.

제안하는 상황인지 시스템의 성능을 평가하기 위해 그림 6과 같이 실제 산업용장비 주변에 있는 물리적 환경과 유사하도록 실내에 다중 센서 모듈을 배치하여 모듈의 정상 동작을 실험하였다.



server client

그림 6. 실험을 위한 테스트베드 구축

Fig. 6. Testbed implementation for experiment.

실험 결과 그림 7과 같이 온도 센서에서 임계값을 초과한 데이터를 수신하였을 경우 이벤트가 발생하였지만 단일 이벤트로 인지했기 때문에 복합 상황으로 인한 경고 및 위험을 알리는 알람은 표시되지 않았다.

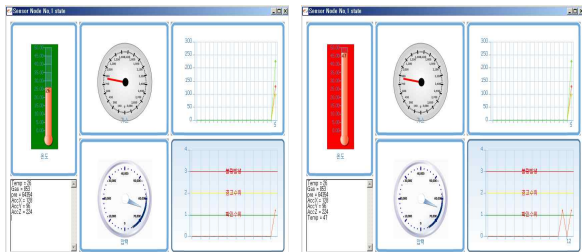


그림 7. 임계값 초과에 따른 그래프 변화(온도)

Fig. 7. changes in the graph of threshold over(temperature).

그림 8은 기울기센서에서 1차적인 경고를 발생한 후 대기시간(T) 동안에 압력이 증가된 상태의 경고수위를 나타낸 그림이다. 만약 대기상태(T) 동안 센서에서 수집한 데이터가 지속적으로 증가가 된 경우 불량 발생 확률이 높다는 알람을 생성하게 된다.

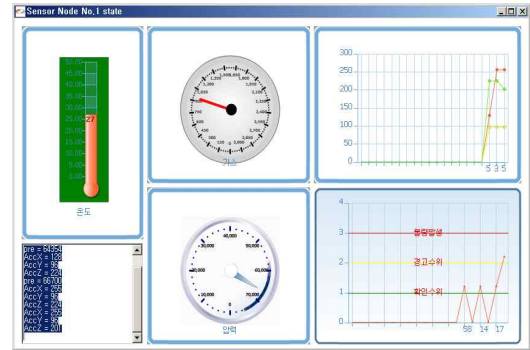


그림 8. 경고수위 표시(기울기, 압력)

Fig. 8. Warning indication(acceleration, pressure).

그림 9는 높은 온도로 인해 대기시간(T)이 증가된 상태에서 가스의 임계값이 높게 발생하였을 경우 대기시간(T)이 끝나기 전까지 온도가 임계값을 넘은 상황을 나타내고 있다.

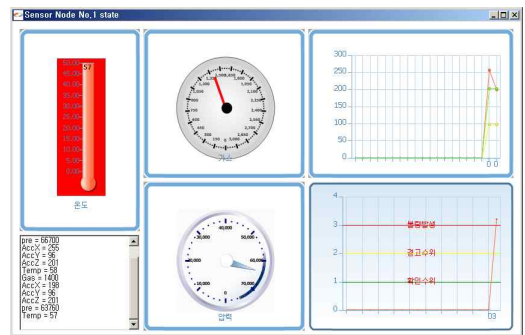


그림 9. 위험수위 표시(온도, 가스)

Fig. 9. Dangerous indication(temperature, gas).

그림 10은 본 논문에서 제안한 상황인지 알고리즘의 대기시간(T)을 사용하였을 경우와 그렇지 않은 경우의 상태감시 화면이다.

6, 7, 10, 11, 12, 13, 14, 15번 이벤트 발생시 대기시간(T)을 사용한 경우가 대기시간(T)을 사용하지 않은 경우보다 위험수위 측정량이 높게 나왔다. 이는 대기시간(T)을 사용하지 않았을 경우 현재 수신된 데이터만 이용하여 상황을 판단하기 때문에 다수의 센서가 동시에 조건을 충족시키지 않을 경우에는 복합적인 상황판단을 할 수 없게 된다. 그러나 대기시간(T)을 사용하였을 경우에는 이벤트 발생 후 안전상태가 확보되기 전까지 다음 이벤트의 센싱 값과 현재의 센싱 값을 동시에 비교하여 상황을 판단하기 때문에 복합적인 상황 판단이 가능해진다.

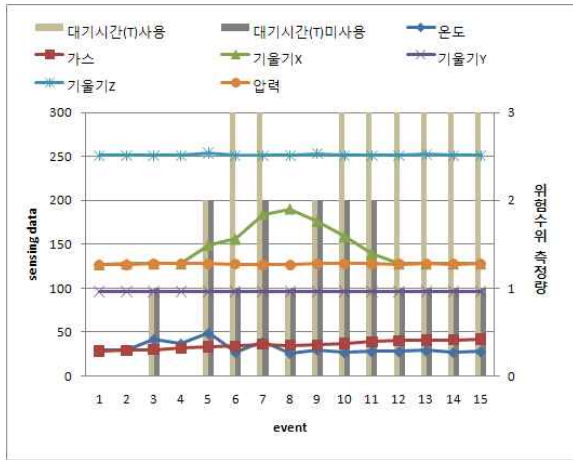


그림 10. 대기시간(T)을 사용하였을 경우의 알람
Fig. 10. Alarm with waiting time(T).

그림 11은 제안한 상황인지 알고리즘이 적용된 경우와 그렇지 않은 경우로서 임계값 초과시 상황인지 알고리즘을 사용하지 않았을 경우 모든 이벤트에 해당하는 알람이 발생한다. 하지만 본 논문에서 제안한 상황인지 알고리즘을 사용하였을 경우 상황인지 미사용보다 약 80%의 알람 발생 빈도가 감소됨을 확인할 수 있다. 이는 결과적으로 임계값 초과에 따른 이벤트 발생 시 상황인지 알고리즘에 따라 복합적 위험요인으로 발생할 수 있는 이벤트에 대해서만 알람을 발생하므로 작업자에게 불필요한 알람 경고를 감소시키고 다중센서 노드의 전원수명을 연장시키는 효과가 있다.

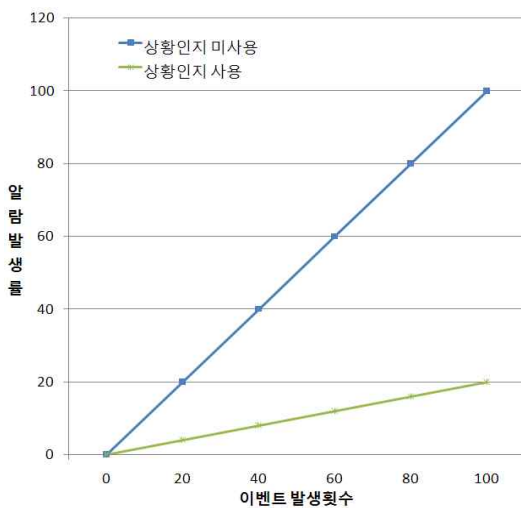


그림 11. 상황인지 알고리즘을 사용하였을 경우의 알람 발생률

Fig. 11. Alarm rate with context-aware algorithm.

V. 결 론

본 논문에서는 반도체 장비의 상태감시를 위해 무선 다중센서 모듈을 이용한 상황인지 시스템을 제안하고 이에 대한 성능을 평가하였다. 제안한 시스템은 반도체 장비 주변에 존재하는 다중 센서로부터 상태 정보를 수신하고 센싱된 정보를 바탕으로 반도체 장비의 상황을 인지할 수 있다. 다중 센서가 탑재된 임베디드 보드는 가속도, 압력, 온도, 가스 센서로부터 정보를 습득하고 서버로 수집한 데이터를 전송한 후 서버는 상황인지 알고리즘을 이용하여 상황에 맞는 3단계의 알람을 발생시키게 된다. 제안한 상황인지 시스템의 동작 실험결과 상황인지 알고리즘을 사용하지 않은 경우보다 알람이 약 80% 적게 발생하여 정보의 신뢰성 및 효율성을 향상시켰으며, 임계값 초과에 따른 이벤트 발생시 상황인지 알고리즘에 따라 복합적 위험요인으로 발생할 수 있는 이벤트에 대해서만 알람을 발생하므로 관리자에게 불필요한 알람 경고를 감소시키고 센서 모듈의 전원 수명이 연장 가능함을 확인하였다.

차후 연구과제로 상황인지 알고리즘으로 발생하는 알람을 관리자에게 전달하기 위한 알람에 따른 상황별 조치에 대한 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] 조위덕, "뉴 트렌드의 리딩: 유비쿼터스 지능 공간" *한국지능정보시스템학회 춘계학술대회논문집* pp.3~17, 2006.
- [2] 홍성범, 박종현, 김영국, 강지훈, "유비쿼터스 환경에서의 상황인지 기반 자원 공유 시스템," *한국컴퓨터종합학술대회 논문집 제6권 제1호* pp.92~93, 2009. 07.
- [3] 권오범, 한혜정, 김계영, "반도체 공정 실시간 자동 진단 시스템," *한국정보과학회 학술발표논문집 제30권 제1호* pp. 241~243, 2003.
- [4] J. Han and M. Kamber, *DataMining : Concepts and Techniques*. 2nd Edition. Morgan Kaufmann, Nov. 2005.
- [5] O. A. S. Youssef, "An optimized fault classification technique based on support-vector-machines," *Power Systems*

Conference and Exposition(PES), pp. 1~8, Mar. 2009.

- [6] 노응기, 홍상진, “반도체공정 이상탐지 및 클러스터링을 위한 심볼릭 표현법의 적용,” *정보과학회 논문지 컴퓨팅의 실제 및 레터* 제5권 제1호 pp. 806-818, 2009. 11.
- [7] 박현식, “휴대전자 기기의 가속도 센서 기술,” *IITA 주간기술동향 통권 1288호*, 2007. 03.
- [8] 이덕동, “가스센서와 센서어레이,” *물리학과 첨단 기술* 제8권 제1/2호, 1999. 01.
- [9] 전국진, “압력센서의 원리 및 응용,” *대한기계학회지* 제33권 제6호, pp. 515-522, 1993. 06.
- [10] 변증남, 박광현, “지능형 주거 시스템을 위한 센서 기술,” *월간자동화기술*, pp. 88-95, 2002. 11.
- [11] 임신영, 허재두, 박광로, 김채규, “상황인식컴퓨팅기술동향,” *IITA 주간기술동향 통권 1142호*, 2004. 04.
- [12] Mari Korkea-aho, "Context-aware applications survey," *Department of Computer Science, Helsinki university of Technology*, 2000.
- [13] 정덕진, 송병철, 이승열, 조위덕, “상황인지 센서네트워크 기술동향,” *정보통신 기술* 제18권 제호, pp. 1-109, 2004. 5.

전 민 호 (田旻浩)



2009년 2월 : 극동대학교 게임디지털 콘텐츠학과 (공학사)
 2009년 8월~현재 : 한국기술교육대학교 전기전자공학과 (석사과정)
 관심분야 : 무선통신, 무선센서네트워크, RFID/USN

강 철 규 (姜澈圭)



2004년 2월 : 한국기술교육대학교 정보기술공학부 (공학사)
 2006년 2월 : 한국기술교육대학교 전기전자공학과 (공학석사)
 2007년 9월~현재 : 한국기술교육대학교 전기전자공학과 (박사과정)

관심분야 : HDR-WPAN, MIMO, Wireless Sensor N/W

정 승 희 (鄭昇晞)



2005년 2월: 한국기술교육대학교 정보통신공학과 (공학사)
 2007년 2월: 한국기술교육대학교 전기전자공학과 (공학석사)
 2007년 3월~현재: 한국기술교육대학교 전기전자공학과 (박사과정)

관심분야 : 무선통신, Ranging/LBS RFID/USN

오 창 헌 (吳昌憲)



1988년 2월 : 한국항공대학교 항공통신공학과 (공학사)
 1990년 2월 : 한국항공대학교 대학원항공통신정보공학과 (공학석사)
 1996년 2월 : 한국항공대학교 대학원 항공전자공학과 (공학박사)

1990년 2월~1993년 8월: 한진전자(주) 기술연구소 전임연구원
 1993년 10월~1999년 2월: 삼성전자(주) CDMA 개발팀 선임연구원
 1999년 2월~현재: 한국기술교육대학교 정보기술공학부 교수
 2006년 8월~2007년 7월: 방문교수(University of Wisconsin-Madison)
 관심분야 : 이동통신, 무선통신, Wireless Sensor N/W, CR