
산업 자동화 장비의 상태감시를 위한 상황인지 시스템

김경남* · 전민호* · 강철규* · 오창현*

*한국기술교육대학교

Context-Aware System for Status Monitoring of Industrial Automation Equipment

Kyung-nam Kim* · Min-ho Jeon* · Chul-gyu Kang* · Chang-heon Oh*

*Korea University of Technology and Education

E-mail : kknnd0728@kut.ac.kr

요 약

본 논문에서는 산업체 공장 환경에서 장비의 상태를 감시하기 위해 무선 다중 센서 모듈을 이용한 상황인지 시스템을 제안한다. 무선 다중 센서 모듈은 가속도, 압력, 온도, 가스의 센서를 이용해 센싱 값을 수집 및 통합하고, 이 센싱 정보를 RS코드를 이용해 부호화 한 후 서버로 전송한다. RS디코더는 서버에 수신된 데이터들을 원래의 데이터로 복원하고, 이때 무선 통신 과정에서 발생한 오류를 복구하게 된다. 복원된 정보를 기반으로 상황인지 알고리즘에서는 임계값을 설정하고, 이후 센서의 센싱 정보들과 임계값을 비교하여 센싱 정보가 임계값의 범위를 벗어나면 이벤트를 생성하고, 대기시간 T초 동안 다른 센서에 장애가 발생하면 상황에 맞는 3단계의 알람을 발생시킨다. 실험결과를 통해 이 시스템이 상태감시에 효과적임을 확인하였다.

ABSTRACT

In this paper, we propose a context-aware system using wireless multi sensor module to monitor the state for industrial factory environment. Wireless multi sensor module combines sensing values which are collected from each acceleration, pressure, temperature and gas sensors. Moreover, it delivers this data to server after being encoded by RS code. Thereafter, RS decoder decodes the values that are received from wireless multi sensor module and fixes errors which occur in wireless communication. Based on decoded data, context-aware algorithm sets critical range and compares it to the sensing values, if the sensing values are out of the range, an event occurs by the algorithm. At the same time, if there is another sensing value which is out of the range for standby time T seconds, the algorithm orders 3 steps-alarm to occur depending on each situation. Through this system, it becomes eventually possible to monitor machines' condition effectively. From the simulation, we confirm that this system is efficient to status monitoring of industrial automation equipment.

키워드

무선 다중 센서, 상황인지 시스템, 장비 상태감시, RS 코드, 무선통신의 신뢰성 향상

1. 서 론

산업 자동화 현장에는 먼지 및 이상온도 검출 등을 위해 상태감시 시스템이 구축되어 있지만 근무자가 PDA(personal digital assistants) 형태의

단말기를 이용하여 각각의 센서마다 직접 연결해 기록된 정보를 수동으로 수집해야 한다. 이렇게 수집된 각각의 단일 센싱 정보들로는 자동화 시스템의 복합적 요인에 의한 장애나 이상 징후를 실시간으로 감시하는데 한계가 있다.

이러한 문제를 해결하기 위해서는 환경에 대한 정확한 정보 수집이 선행되어야 하고 수집된 실제 환경의 상황을 컴퓨팅 환경에 맞게 변환해야 한다. 그러므로 수집된 정보를 활용하여 장비의 상황을 인지하고 판단할 수 있는 시스템이 요구된다[1]-[4]. 산업 자동화 장비의 상태감시를 위한 상황인지 시스템은 산업 자동화 장비 주변에 가스, 온도, 압력, 기울기 센서가 부착된 무선 다중 센서 모듈을 배치하여 장비 주변 정보를 수집한 후 상황인지 알고리즘을 통해 장애를 판정함으로써 장비의 상황을 실시간으로 감시하는 시스템이다.

II. 모듈 및 신뢰성 있는 전송을 위한 시스템 구성

복합적인 장애를 감지하기 위해 무선 다중 센서 모듈은 1개의 임베디드 보드와 4개의 센서들로 구성된다. 32개의 범용 레지스터와 함께 풍부한 명령어를 갖는 ATmega 128을 임베디드 보드로 이용하고, 온도 센서는 비접촉식 적외선 온도 센서인 DS18B20를 이용한다. 압력 센서로는 SMBA-1000을 사용해 현재 온도와 대기 압력을 측정하고, 기울기 측정을 위해서는 AM-3AXIS-P 3축 가속도 센서를 사용한다. 가스 센서는 NDIR(non-dispersive infrared)방식의 S-100으로 이산화탄소의 농도를 측정한다.

임베디드 보드는 각각의 센서들로부터 데이터를 수집하여 통합한다. 이 통합된 정보들은 RS코드를 이용해 인코딩 되고, 이렇게 인코딩된 데이터들은 무선 통신망을 통해 모니터링 및 이상 동작 분석을 위해 서버로 전송된다. 서버로 전송된 데이터들은 RS디코더에 의해 원래의 데이터로 복원된다. RS코드를 이용해 부호화한 데이터의 무선 통신 전송 과정에서 신뢰성 보장을 위한 시스템의 구조는 그림1과 같다.

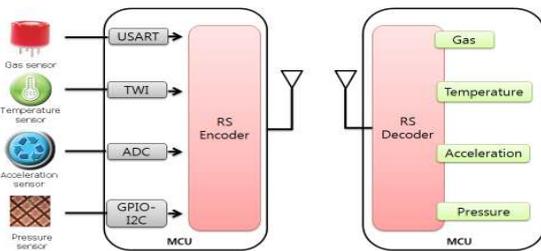


그림 1. 신뢰성 있는 전송을 위한 시스템의 구성도.

III. 산업 자동화 장비의 상황인지 시스템

3-1. 복합 상황인지 알고리즘

복합 상황인지 알고리즘은 센싱된 정보들이 임

계값을 초과하는지 검사하는 단계, 대기시간 내에 임계값을 초과하지 않을 경우 추후 예상되는 장애를 경고하는 단계, 대기시간 내에 임계값을 초과하였을 경우 발생한 장애를 경고하는 단계로 이루어진다. 그림 2는 본 논문에서 제안하는 산업 자동화 장비의 상태감시를 위한 복합 상황인지 알고리즘의 순서도이다.

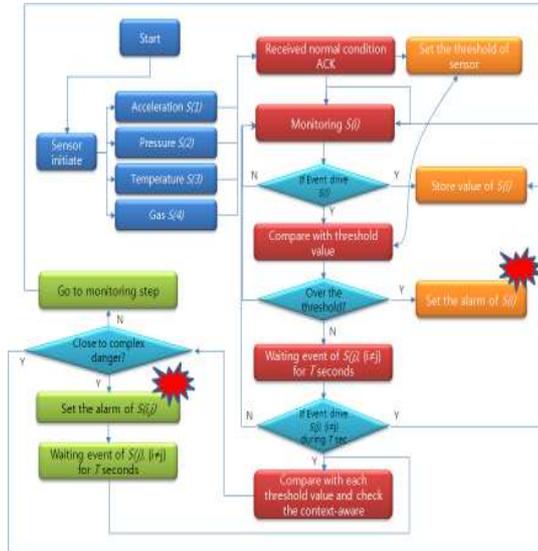


그림 2. 산업 자동화 장비의 상태감시를 위한 복합 상황인지 알고리즘 순서도.

먼저 각 센서의 초기화가 시작되고 센서 S(1)-S(4)의 초기 센싱 정보는 무선 통신망을 이용해 서버로 전송된다. 이때 "received normal condition ACK(acknowledgement code)"를 서버에서 수신하면 전송된 정보를 각 센서 S(1)-S(4)의 "set the threshold of sensor"에 초기 임계값으로 설정한다. 이후 센서 S(i)의 센싱 정보를 "set the threshold of sensor"에 설정된 초기 임계값과 비교하여, 센싱 정보가 임계값을 초과한 경우에는 단일 센서 S(i)에 대한 알람을 발생시킨다. 동시에 "waiting event of S(j) for T seconds"에서는 또 다른 센서 S(j)를 대기시간 T초 동안 모니터링 하여 센서 S(j)의 센싱 정보가 초기 임계값을 초과하면 복합 장애로 판단하고 복합 장애 S(i,j)에 대한 경고를 발생한다. 만일 대기시간 T초 동안 센서 S(j)의 센싱 정보가 임계값을 초과하지 않는다면 단일 장애로 판단하고 센서 S(i)의 센싱 정보를 계속해서 모니터링 하기 위해 "monitoring S(i)" 단계로 이동한다. "store value of S(i)" 단계에서는 센서 S(i)의 센싱 정보가 임계값을 초과한 경우를 누적 저장한다.

3-2. 복합 장애 판정

복합 장애 S(i,j)는 표 1과 같다. 가스 및 온도 센싱 정보가 정상상태(임계값 범위 이내)인 경우

감시의 대기시간(T)은 감소한다. 이는 모든 센서 S(i)가 정상 값을 유지할 때에는 복합 장애가 발생할 가능성이 줄어들기 때문이다. 그러나 1개 이상의 센서의 센싱 정보가 임계값을 초과하게 되면, 후속적으로 또 다른 센서의 장애 발생 가능성이 증가하게 되므로 센서 S(j)의 감시 대기시간을 증가시킨다. 만일 대기시간 이내에 2가지 센싱 정보가 각각의 임계값을 초과하게 되면 복합 장애가 발생한 것으로 간주하고 바로 복합 장애 S(i,j) 알람을 작업자에게 통보한다.

표 1. 복합 장애 판정 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. 성능 평가

4-1. 신뢰성 평가를 위한 시뮬레이션

본 논문에서는 무선 다중 센서 모듈의 신뢰성을 보장하기 위해 (31, 23) RS코드를 사용하였다. 이 RS코드에서 한 코드의 심볼 비트 $m=5$ 이고 한 코드 블록에 들어있는 정보 데이터 비트 수 $k=115$ 비트(약 15바이트)이다. 각 센서에서 출력되는 데이터는 최대 11바이트이기 때문에 무선 다중 센서 모듈의 신뢰성을 보장하기 위한 코드로 적합하다. 그림 3은 본 논문에서 사용한 (31, 23) RS 코드를 AWGN환경에서 컴퓨터 시뮬레이션한 BER(bit error rate) 성능이다. 그림 3에서 0~5dB 까지의 BER 성능에서는 Uncoded-BPSK의 오율 성능보다 열악함을 보이는데 이는 RS 코드의 변복조 시 블록 단위로 변복조 되기 때문이다. 본 논문에서 사용한 (31, 23) RS코드는 4개 심볼의 연집에러까지 정정이 가능하다. 그러나 낮은 E_b/N_0 에서는 4개이상의 심볼 에러가 발생되기 때문에 RS부호의 성능이 Uncoded-BPSK의 오율 성능보다 열악하다. 그러나 높은 E_b/N_0 에서는 Uncoded-BPSK의 오율 성능보다 월등함을 보인다. 이는 RS코드가 부호화된 RS심볼들 중 4개 이하의 오류 심볼들은 완벽히 복원하기 때문이다. 이

로 인해, 높은 E_b/N_0 에서는 부호화 이득을 갖게 되는데 (31, 23) RS코드는 BER= 10^{-5} 에서 약 1dB의 부호화 이득을 갖는 것을 알 수 있다.

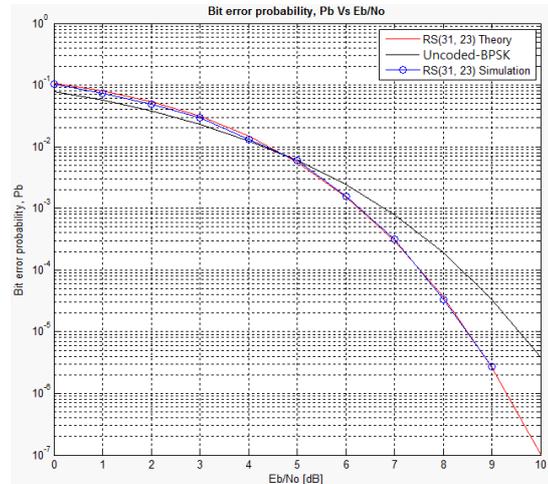


그림 3. (31, 23) Reed-Solomon 코드의 BER.

4-2. 상황인지 알고리즘 성능평가

그림 4는 본 논문에서 제안한 상황인지 알고리즘의 대기시간(T)을 사용한 경우와 대기시간을 사용하지 않은 경우의 상태감시 화면이다.

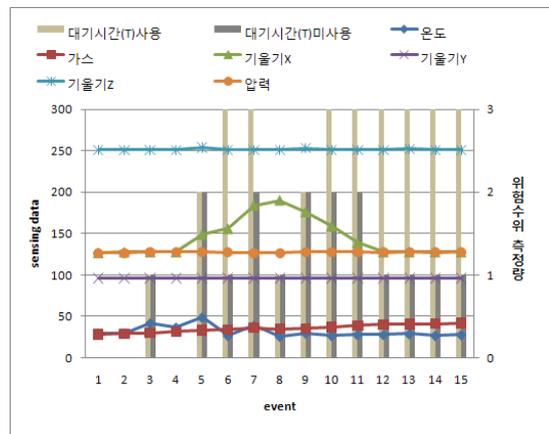


그림 4. 대기시간(T)을 사용하였을 경우의 알람.

6, 7, 10, 11, 12, 13, 14, 15번 장애 상황에 따른 장애 발생 시 대기시간(T)을 사용한 경우가 대기 시간(T)을 사용하지 않은 경우보다 장애 수위 측정량이 높게 나왔다. 이는 대기시간(T)을 사용하지 않았을 경우에는 하나의 센서에서 센싱된 정보만 이용하여 상황을 판단하기 때문에 다수개의 센서에서 동시에 발생한 상황을 판단하는 것은 불가능하다. 그러나 대기시간(T)을 사용하였을 경우에는 장애 상황 발생 후 안전상태가 확보되기 전까지 현재의 센싱 정보와 다음 센싱 정보를 동시에 비교하여 상황을 판단하기 때문에 복합적인

상황 판단이 가능하다.

그림 5는 제안한 상황인지 알고리즘이 적용된 경우와 그렇지 않은 경우로서 센싱 정보가 임계값 초과 시 상황인지 알고리즘을 사용하지 않았을 때는 모든 장애에 해당하는 알람이 발생한다. 하지만 본 논문에서 제안한 상황인지 알고리즘을 사용하였을 경우 상황인지 미사용 경우보다 약 80%의 알람 발생 빈도가 감소했다. 이는 센싱 정보의 임계값 초과에 따른 장애 발생 시 상황인지 알고리즘에 따라 복합적 위험요인으로 발생할 수 있는 장애에 대해서만 알람을 발생하므로 작업자에게 불필요한 알람 경고를 감소시키고 다중센서 노드의 전원수명을 연장 시키는 효과가 있다.

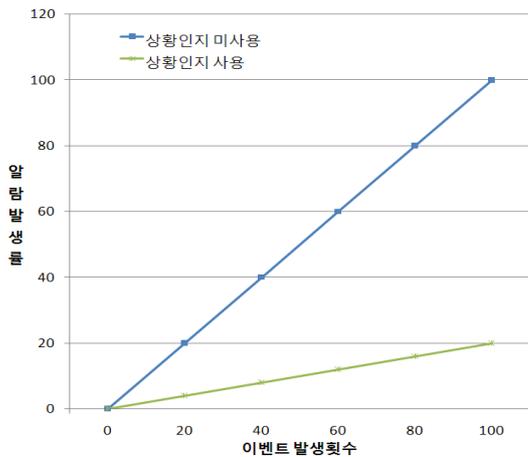


그림 5. 상황인지 알고리즘을 사용하였을 경우의 알람 발생률.

V. 결 론

본 논문에서는 반도체 장비의 상태 감시를 위해 무선 다중 센서 모듈을 이용한 상황인지 시스템을 구현하고 이에 대한 성능을 평가 하였다.

무선 다중 센서 모듈은 가속도, 압력, 온도, 가스 센서로부터 센싱 정보를 습득하고 RS코드를 이용해 부호화한 후 이 데이터를 서버로 전송한다. 서버로 전송된 데이터들은 RS디코더에 의해 원래의 데이터로 복원되고, 복원 과정에서 무선 통신 중에 발생한 오류를 복구하기 때문에 (31, 23) RS코드는 약 1dB의 부호화 이득을 얻게 되어 무선 통신 전송의 신뢰성을 보장한다.

서버에 수집된 데이터는 상황인지 알고리즘을 이용하여 상황에 맞는 3단계의 알람을 발생시킨다. 동작 구현 결과 상황인지 알고리즘을 사용하지 않은 경우보다 약 80% 알람이 적게 발생하여 정보의 신뢰성 및 효율성을 향상시켰다. 또한 센싱 정보의 임계값 초과에 따른 이벤트 발생 시 상황인지 알고리즘에 의해 복합적 위험요인으로 발생할 수 있는 이벤트에 대해서만 알람을 발생하므로 관리자에게 불필요한 알람 경고를 감소시

키고 센서 모듈의 전원 수명 연장이 가능함을 확인하였다.

참고문헌

- [1] 권오범, 한혜정, 김계영, "반도체 공정 실시간 자동 진단 시스템," *한국정보과학회 학술발표논문집*, 제30권 제1호, pp. 241-243, 2003.
- [2] J.Han and M.Kamber, *DataMining: Concepts and Techniques*. 2nd Edition. Morgan Kaufmann, Nov. 2005.
- [3] 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.
- [4] 노웅기, 홍상진, "반도체공정 이상탐지 및 클러스터링을 위한 심볼릭 표현법의 적용," *정보과학회 논문지: 컴퓨팅의 실제 및 레터*, 제15권 제11호, pp. 806-818, 2009.11.