

산업 자동화 장비의 상태감시를 위한 무선 인터페이스 모듈 개발

Development of Radio Interface Module for Status Monitoring of Industrial Automation Equipment

강철규*, 전민호*, 오창현*

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

요 약

본 논문에서는 산업체 공장 환경에서 예기치 않은 장애로 인해 발생하는 심각한 오류 원인을 정확히 판단하기 위한 무선 다중 센싱 인터페이스 모듈과 다중 센싱 데이터의 신뢰성을 보장하기 위한 전송 신뢰성 향상방안에 대해 연구하였다. 다중 센싱 인터페이스 모듈에서는 여러 센서들로부터의 데이터를 획득하기 위해 USART, TWI, ADC, GPIO-I2C 통신 드라이버를 구현하였으며, 전송 신뢰성 향상방안으로는 (31, 23) reed-solomon 코드를 사용하였다. 이 시스템을 거리 $5m \times 15m$ 실내 환경에서 실험한 결과 RS 코드를 사용하지 않은 시스템보다 약 5배 정도 신뢰성이 증가됨을 확인하였다. 이 결과들을 통해 산업 자동화 장비의 오류 원인을 진단하기 위해 다중 센싱 인터페이스 모듈이 적합함을 증명하였다.

Abstract

In this paper, we study on a radio multiple sensing interface module to accurately decide serious error sources that are happened by unexpected problems in industrial fields, in addition, we study a reliability improvement scheme to guarantee the integrity of multiple sensing data. For multiple sensing interface module, communication drivers such as USART, TWI, ADC and GPIO-I2C are implemented, to improve the transmission reliability, reed-Solomon code is used. From the simulation result of this system in indoor environment, we confirm that the reliability of RS coded data is improved about 5 times than uncoded data. Moreover, we prove that multiple sensing interface module is suitable to diagnose error sources of industrial automation equipment.

Key words : Sensor Network, ZigBee, RS Channel Coding, Multiple Sensing Interface

I. 서 론

산업 자동화 장비의 상태 감시를 위한 다중 센서 모듈은 자동화 장비에 장애가 될 수 있는 다양한 요

인들을 실시간으로 감시하고 복합적인 원인에 의한 문제점이 발생했을 때 장애 원인을 다각도로 파악할 수 있는 무선 센서 모듈을 말한다. 산업체 자동화 장비는 초기 설치 시 자체적으로 안정적인 환경에서 동

* 한국기술교육대학교(Department of Information Technology Engineering, Korea University of Technology and Education)

· 제1저자 (First Author) : 강철규

· 교신저자 : 오창현

· 투고일자 : 2010년 6월 14일

· 심사(수정)일자 : 2010년 6월 14일 (수정일자 : 2010년 8월 23일)

· 게재일자 : 2010년 8월 30일

작 가능하도록 세팅되거나 시간이 지남에 따라 장비 내부 및 외부에서 진동, 소음, 먼지, 열원 및 가스의 누출 등이 발생된다. 그러므로 산업체 공장 환경에서 예기치 않은 장애가 장비 내외부에서 수시로 나타날 경우 자동화 공정의 양/불 판정에 심각한 오류가 발생될 수 있다. 이러한 요인들은 생산 및 검사 라인 전체의 중단을 야기하므로 이에 대한 적절한 사전 감시 및 정확한 원인 규명이 필요하다.

현재 국내의 산업체 자동화 공정 환경에서는 먼지 및 이상온도 검출 등에 대한 상태감시 시스템은 구축되어 있으나 다른 사항에 대해서는 미비한 실정이며, 기존의 시스템은 단일 센싱 정보만 제공 가능한 상태이다. 그러나 단일 센서의 센싱 정보만으로는 자동화 시스템의 정확한 상태를 판단하기에 부족하다. 따라서 보다 많은 센서를 통합한 다중 센서 인터페이스 모듈이 필요하게 되는데, 이를 위해서는 각 센서의 제어를 위한 통합 드라이버의 개발이 요구된다. 일반적으로 센서에서 사용하는 통신 방법에는 TWI(two wire serial interface), ADC(analog digital conversion), USART(universal synchronous and asynchronous serial receiver and transmitter) 등이 있다. 무선 인터페이스 모듈에서는 다양한 센서의 수용을 위해 위의 통신 드라이버를 포함한다.

현재 사용되는 자동화 시스템에서의 또 다른 문제점은 센서들로부터 센싱된 정보를 전달하기 위해 유선 통신망을 사용한다는 것이다. 이는 생산 설비 기기 및 검사 장비의 교체 등에 있어 많은 시간적, 경제적 비용의 발생을 야기 시키게 된다. 이러한 이유로 무선 다중센서 인터페이스 모듈의 필요성이 대두되고 있으며, 실제 Rockwell, 지멘스, ABB 등의 다국적 기업과 해외의 산업용 무선통신 기술 개발업체들이 zigbee 시스템을 기반으로 경쟁적으로 개발 중에 있다[1]. 그러나 실제 산업체 환경에서의 전파환경은 여러 산업체 장비 등으로 인해 많은 간섭 신호들이 발생하고, 이러한 환경에서 사용하는 zigbee 시스템은 센싱된 데이터의 신뢰성을 보장해줄 어떠한 메커니즘도 없다. 따라서 데이터의 신뢰성을 보장할 기술의 적용이 필수적이다. 신뢰성 보장 기법에는 컨벌루션 코딩(convolutional code), reed-solomon 코드, 터보 코드(turbo code), LDPC 코드(low density parity

check code) 등이 있다. 이중 reed-solomon 코드는 적은 패리티 검사 디지털로도 강력한 에러 정정 능력을 갖는 에러 정정 코드로 비 2진 형태이므로 산발에러(random error)뿐만 아니라 연접 에러(burst error)에도 강한 특성을 갖는다. 즉, 메모리를 가진 채널분만 아니라 입력 심벌의 수가 많은 채널에도 효율적으로 사용할 수 있다. Reed-solomon 코드의 또 한 가지 흥미로운 특징은 최소 거리를 줄이지 않고도 최대 두 개의 정보 심벌을 길이가 n 인 reed-solomon 코드에 덧붙일 수 있다는 것이다. 이 확대 reed-solomon 코드는 길이가 $n+2$ 로 증가하더라도 패리티 검사 심벌의 수는 원래 부호와 같다. 이러한 이유로 본 논문에서는 연접 에러에 강하고, 적은 패리티 검사 디지털을 갖는 (31, 23) reed-solomon 코드를 사용한다[2].

II. 다중 센싱을 위한 통합 인터페이스 모듈

2-1 MCU(Multipoint Control Unit)

본 논문에서 MCU로 사용한 ATmega128은 32개의 범용 레지스터와 함께 풍부한 명령어를 갖는다. 모든 32개의 레지스터는 ALU(arithmetic logic unit)와 직접 연결되어 있으며, 한 클럭 사이클에 실행되는 한 개의 명령어에서 두 개의 독립된 레지스터를 처리할 수 있다. 결과적으로 이러한 구조는 일반적인 CISC(complex instruction set computer) 마이크로 컨트롤러에 비해 10배 이상의 빠른 속도로 효과적인 코딩이 가능하다.

ATmega128은 프로그램 가능한 플래시 메모리 128K 바이트, EEPROM 4K 바이트, SRAM 4K 바이트, 53개의 범용 I/O 라인, 32개의 범용 레지스터, 비교 모드와 PWM(pulse width modulation) 기능을 갖는 4개의 유연성 있는 타이머/카운터, 내부 및 외부 인터럽트, 프로그램 가능한 2개의 시리얼 USART, 내장 오실레이터에 의한 프로그램 가능한 위치독 타이머, SPI(serial peripheral interface) 및 TWI 시리얼 인터페이스와 IEEE std. 1149.1 JTAG 인터페이스, 소프트웨어적으로 선택 가능한 6개의 파워 절약 모드 기능이 있다[3].

2-2 온도 센서

그림 1은 본 논문에서 사용한 온도 센서의 블록도이다.

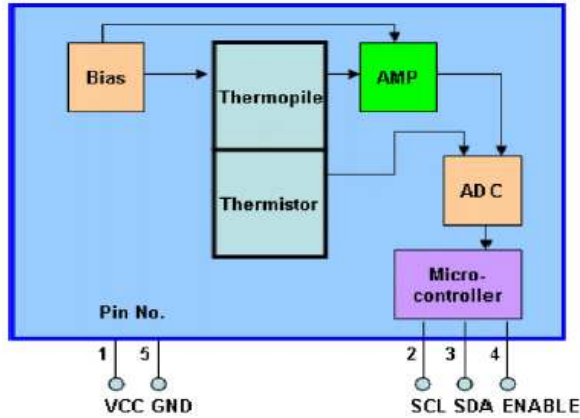


그림 1. PPDU의 데이터 비트 변조과정

Fig. 1. Data bit modulation process of PPDU.

온도 센서는 TWI 명령에 의해 0~100도의 타겟 온도와 10~40도의 주변온도를 측정할 수 있다. 온도 센서의 오차 범위는 ±0.2도이며 I2C 프로토콜 방식으로 동작되기 때문에 ATmega128의 TWI 레지스터를 이용하여 제어된다[4].

표 1. 온도 센서 명령 셋

Table 1. Thermal sensor command set

Command Set	Register Value
스타트조건 발생	TWCR = 0xA4
Write주소 입력 (SLA_W)	TWDR = 0x54
메모리 접근 명령	TWDR = 0xA1
재시작	TWCR = 0xA4
MR(마스터 수신)모드 변경	TWDR = 0x55
첫 번째 데이터 Read	DATA1 = TWDR
두 번째 데이터 Read	DATA2 = TWDR
종료	TWCR = 0x94

그림 1에서 보는 것과 같이 온도 센서에는 내장 ADC가 있어 별도의 외부 ADC가 필요 없고 TWI 레지스터에서 바로 디지털 온도 데이터를 읽어 들일 수 있으며, 각 온도의 데이터 크기는 11바이트이다. 표 1은 온도 센서로부터 데이터를 읽어오기 위한 명령 셋이다. TWI의 레지스터에는 TWCR과 TWDR이 있으며 TWCR은 READ나 WRITE 또는 START 조건을

위해 사용되어 지고 TWDR는 명령을 입력하거나 데이터를 가져오기 위해 사용된다.

2-3 압력 센서

압력 센서는 현재 온도, 입력 전압, 대기 압력을 측정하여 정밀한 대기 압력과 현재 고도를 계산하는 센서로 디지털 2-Wire 동기 시리얼 인터페이스를 사용한다. 이 센서는 MCU의 GPIO(general purpose I/O pins)를 통해 DATA와 CLOCK을 사용자가 생성하고 명령어를 전송하여 데이터를 리턴 받는 형태로 통신이 이루어진다. 압력 데이터를 구하기 위해서는 현재 온도 값인 SOT, 대기 압력인 SOP, 입력 전압인 CVDD 3가지의 측정값이 필요한데 이 측정값은 그림 2와 같은 절차로 얻게 된다[5].

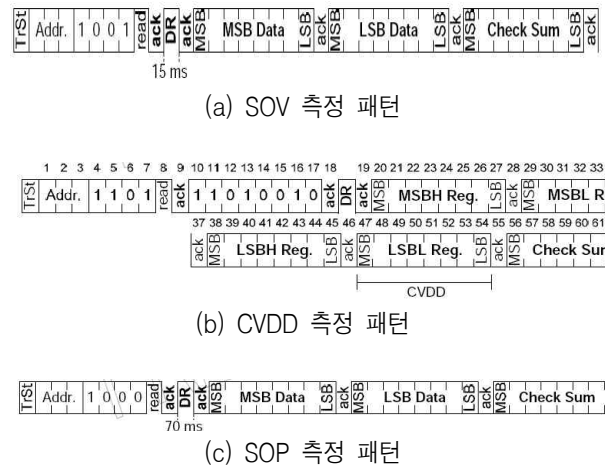


그림 2. SOV, CVDD, SOP 측정 패턴
Fig. 2. SOV, CVDD and SOP measurement pattern.

2-4 3축 가속도 센서

3축 가속도 센서는 X, Y, Z 방향의 가속도 및 기울기를 측정할 수 있는 센서로 각 방향의 기울기 측정치의 절대 값을 가지고 있으며 옵션으로 선택하게 되는 중력 가속도 값에 의해 민감도를 조절하여 값의 변화를 조절할 수 있다. 가속도 센서에서의 센싱 값은 아날로그로 나오기 때문에 ADC를 구현하기 위해 ATmega128의 F포트에 연결 된다. 3축 가속도 센서는 ATmega128의 ADMUX 레지스터, ADSCRA 레지스터, ADCL, ADHL 레지스터를 제어하여 가속도 데이

터 값을 얻게 되며, X, Y, Z축의 데이터는 8비트씩 얻어 지므로 최소 0~최대 255의 값을 출력한다. 본 논문에서 3축 가속도 센서는 산업 자동화 장비의 진동 감지를 위해 사용된다[6].

2-5 가스 센서

가스 센서는 NDIR(non-dispersive infrared) 방식으로 이산화탄소의 농도를 측정하는 센서로, 0~50°의 온도에서 동작하며, ±30ppm ± 5%의 정확도를 갖는다. 또한 AVO, TTL레벨의 USART, I2C방식으로 데이터 출력이 가능하다[7].

표 2 USART 프로토콜
Table 2. USART protocol

Item	Description
Baud rate	38,400bps
Parity	No parity
Number of Bits	8
Stop Bit	1

본 논문에서는 센서로부터 이산화탄소의 정보를 획득하기위해 USART 방식을 사용하였으며 USART 프로토콜은 표 2와 같고, 출력 데이터 형식은 그림 3과 같다.

Data Format

B1	B2	B3	B4	BL	'p'	'p'	'm'	CR	LF
B1~B4				4 byte CO2 density string					
BL				Blank: 0x20					
'ppm'				'ppm' string					
CR				Carriage return : 0x0D					
LF				Line feed : 0x0A					

그림 3. 출력 데이터 형식
Fig. 3. Out-data format.

III. 신뢰성 향상을 위한 시스템 구성

3-1 시스템 구성

이 절에서는 산업용 자동화 장비의 데이터 전송에 있어 신뢰성을 보장하기 위한 시스템의 구조에 대해 설명한다. 제안한 시스템의 기본 구성도는 그림 4와 같다. 클라이언트의 통합 인터페이스 모듈은 각각의 센서에서 센싱된 정보들을 USART, TWI, ADC, GPIO-I2C 방식으로 수집 및 통합하고 이 통합된 정보들을 reed-solomon 엔코더를 이용하여 인코딩 한 후 서버로 전송 한다. 서버는 클라이언트에서 전송한 부호화된 데이터를 수신하여 이 데이터를 디코더를 이용하여 원래의 데이터로 복원한다.

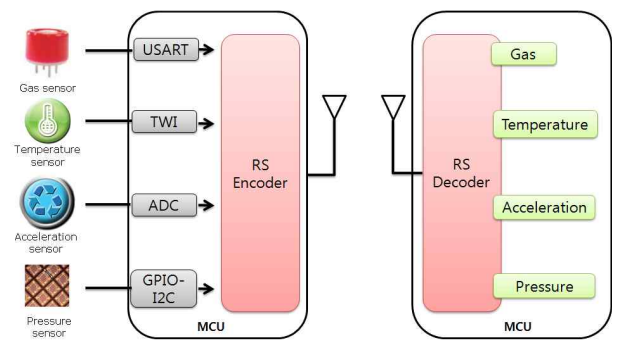


그림 4. 신뢰성 있는 전송을 위한 시스템의 구성도
Fig. 4. The system block diagram of the reliable transmission.

3-2 Reed-Solomon Code

Reed-solomon 코드는 비트 수가 m인 2^m 개의 심볼로 이루어지는 갈루아 체(galois field) GF(2^m)의 블록 계열로 다음과 같은 매개 변수를 갖는다. 블록 길이가 n = 2^m - 1, 한 블록 내의 정보 심볼 수 k, 한 블록 내의 검사 심볼 수 2t = n - k 를 (n, k) reed-solomon 코드라 한다.

3-2-1 Reed-Solomon Encoder

α를 GF(2^m)상의 원시 근이라고 하면, t개의 오류의 정정능력을 갖는 reed-solomon 코드의 생성 다항식 g(x)는 식 (1)과 같다.

$$g(x) = (x + \alpha)(x + \alpha^2) \dots (x + \alpha^{2t-1})(x + \alpha^{2t}) = \sum_{i=0}^{2t} g_i x^i. \quad g_i \in GF(2^m), g_{2t} = 1 \quad (1)$$

Reed-solomon 코드는 순환 코드이기 때문에 생성 다항식 $g(x)$ 를 다음과 같은 $k \times n$ 비 조직 생성행렬 $g_n(x)$ 로 표현 할 수 있다.

$$g_n(x) = \begin{bmatrix} g_0 & g_1 & \dots & g_{2t} & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & g_0 & \dots & g_{2t} & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & \dots & g_0 & g_1 & \dots & g_{2t} & \dots \end{bmatrix} \quad (2)$$

다시 $g_n(x)$ 를 다음과 같이 한 부분은 $k \times k$ 단위 행렬로 다른 부분은 $k \times (n - k)$ 검사행렬로 이루어진 조직 생성행렬 $g_s(x)$ 로 표현할 수 있다. 따라서 부호어는 블록 단위의 정보 벡터를 조직 생성행렬 $g_s(x)$ 에 곱하여 조직 부호어를 생성한다.

3-2-2 Reed-Solomon Decoder

먼저 신드롬(syndrome)을 구하기 위한 검사행렬 H 는 식 (3)과 같다. t 개의 오류를 정정하기 위한 $2t$ 개의 신드롬 S 는 수신 부호벡터 r 을 검사행렬의 전치행렬에 곱하여 신드롬을 구할 수 있다. 즉 $S_{2t} = r \times H^T$ 이다.

$$H = \begin{bmatrix} 1 & \alpha & \alpha^2 & \dots & \alpha^{n-1} \\ 1 & \alpha^2 & \alpha^4 & \dots & \alpha^{2(n-1)} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & \alpha^{2t} & \alpha^{4t} & \dots & \alpha^{2t(n-1)} \end{bmatrix} \quad (3)$$

위에서 구한 $2t$ 개의 신드롬으로부터 Berlekamp-massey 알고리즘을 통하여 오류위치 방정식 $\sigma(x)$ 를 구한다.

$$\begin{aligned} \sigma(x) &= (1 + \beta_1 x)(1 + \beta_2 x) \dots (1 + \beta_v x) \\ &= 1 + \sigma_1 x + \sigma_2 x^2 + \dots + \sigma_v x^v \end{aligned} \quad (4)$$

오류위치 방정식 $\sigma(x)$ 는 $\alpha_{ij} = \beta_j^{-1}$ 이고 v 개의 오류가 발생한 경우 식(4)와 같이 표현되며, 이 방정식의 v 개의 근의 $GF(2^m)$ 내에서의 역을 취하면 오류위치 번호를 구할 수 있다. 그런 다음 구한 오류

위치에서의 오류 값을 구하기 위하여 오류위치 방정식 $\sigma(x)$ 의 개수와 신드롬을 이용하여 다음과 같은 오류위치 추정 다항식 $\Omega(x)$ 를 구한다.

$$\Omega(x) = 1 + (s_1 + \sigma_1)x + (s_2 + \sigma_1 s_1 + \sigma_2)x^2 + \dots + (s_v + \sigma_1 s_{v-1} + \sigma_2 s_{v-2} + \dots + \sigma_v)x^v. \quad (5)$$

따라서 오류위치 $\beta_k = \alpha_{jk}$ 에서의 오류 값 e_{jk} 는 식(6)과 같다.

$$e_{jk} = \frac{\Omega(\beta_k^{-1})}{\prod_{i=1, i \neq j}^v (1 + \beta_i \beta_k^{-1})} \quad (6)$$

위에서 구한 오류위치에서의 오류 값을 수신 부호벡터에 더하여 오류를 정정하고 복호화는 끝나는 것이다.

IV. 무선 인터페이스 모듈 구현 및 성능평가

4-1 무선 인터페이스 모듈 구현

그림 5는 다중 센싱을 위한 통합 인터페이스 보드이다.

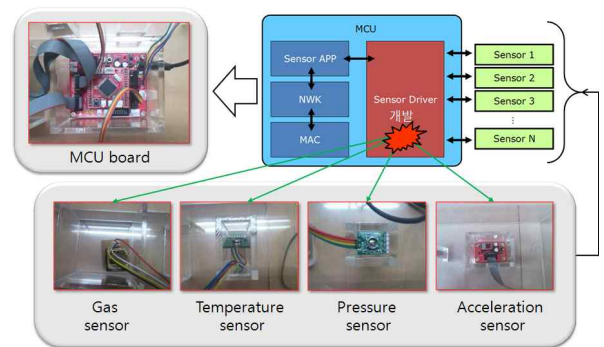


그림 5. 다중 센싱을 위한 무선 인터페이스 모듈
Fig. 5. Radio interface module for multiple sensing.

각각의 센서는 동작범위 내에서 주변의 값을 센싱한 후 USART, ADC, TWI, GPIO-I2C 방식으로 MCU 보드로 전송하고 MCU 보드는 각 센서에서 받아온

이기중 데이터를 하나로 취합하여 RS 인코딩 후 서버노드로 전송한다. MCU 보드로 수집된 데이터는 부착된 LCD로 데이터 값을 확인할 수 있으며 서버역시 동일한 방법으로 수신된 데이터 및 reed-solomon 디코딩된 결과를 확인할 수 있다.

4-2 성능 평가

4-2-1 신뢰성 평가를 위한 시뮬레이션

본 논문에서는 무선 인터페이스 모듈의 신뢰성을 보장하기 위해 (31, 23) RS코드를 사용하였다. 이 RS 코드에서 한 코드의 심볼 비트 m 은 5비트이고 한 코드 블록에 들어있는 정보 데이터 비트 수 k 는 115비트(약 15바이트)이다. 각 센서에서 출력되는 데이터는 최대 11바이트이기 때문에 무선 인터페이스 모듈의 신뢰성을 보장하기 위한 코드로 적합하다. 그림 6은 본 논문에서 사용한 (31, 23) RS코드를 AWGN환경에서 컴퓨터 시뮬레이션 한 BER(bit error rate) 성능이다.

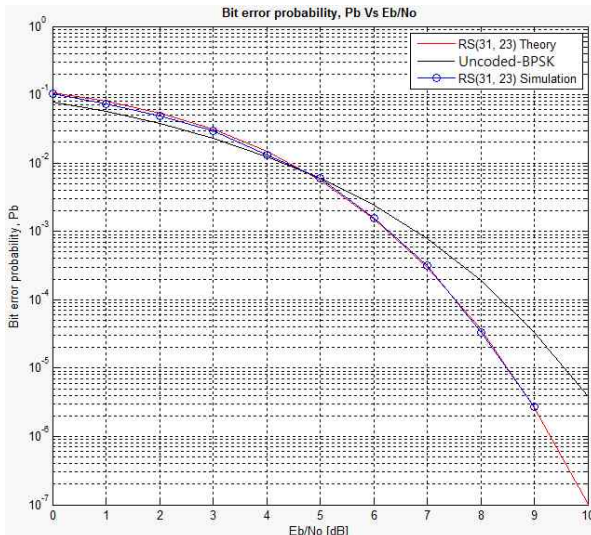


그림 6. (31, 23)Reed-Solomon 코드의 BER
Fig. 6. BER performance of (31, 23) RS code.

실험 결과 0~5dB까지의 BER 성능에서는 Uncoded-BPSK의 오율 성능보다 열악함을 보이는데 이는 RS 코드의 변·복조 시 블록 단위로 변·복조되기 때문이다. 본 논문에서 사용한 (31, 23) RS코드는 4개 심볼의 연집에러까지 정정이 가능하다. 그러나 낮은 E_b/N_0 에서는 4개 이상의 심볼 에러가 발생

되기 때문에 RS부호의 성능이 Uncoded-BPSK의 오율 성능보다 열악하다. 그러나 높은 E_b/N_0 에서는 Uncoded-BPSK의 오율 성능보다 월등함을 보인다. 이는 RS코드가 부호화된 RS 심볼들 중 4개 이하의 오류 심볼들은 완벽히 복원하기 때문이다. 이로 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.

4-2-2 무선 인터페이스 모듈의 신뢰성 평가

구현한 (31, 23) RS코드의 성능을 평가하기 위한 실험 환경 및 파라메타는 그림7과 같다.

	파라메타	값
	n	31
	k	23
	m	5
	전송 패킷	1,500packets
	실험 환경	LOS(5m × 15m)
	송신 파워	0dBm

그림 7. (31, 23) 코드의 실험 환경
Fig. 7. Experiment environment of (31, 23) code.

그림 8은 RS코드 적용에 따른 SER(symbol error rate) 성능 곡선이다. RS코드를 사용하지 않았을 경우 전체 34,500심볼 중 약 900여개의 심볼 에러가 발생하였다. 그러나 RS코드를 적용한 결과 약 700여개의 심볼 에러가 감소됨을 보인다.

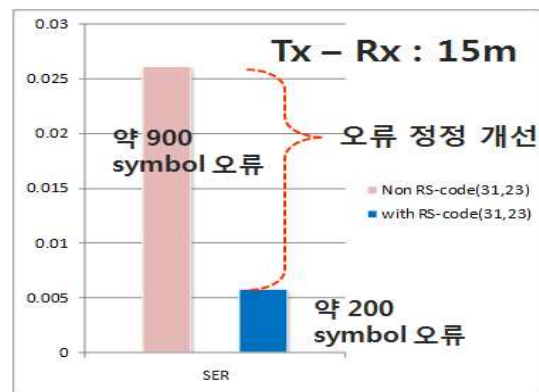


그림 8 (31, 23) RS코드 적용에 따른 SER
Fig. 8. SER performance according to adoption of (31, 23) RS code.

그림 9는 RS코드의 코드 워드를 달리 했을 경우의 성능 그래프이다.

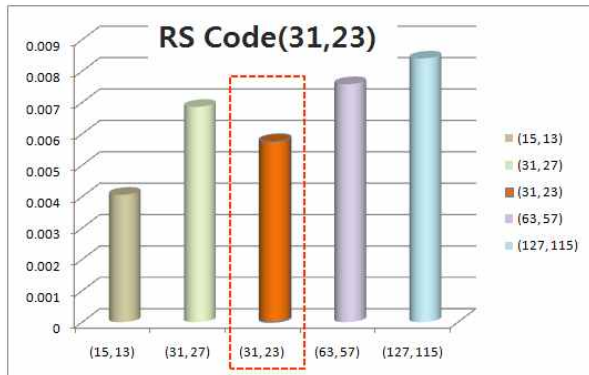


그림 9 코드 블록에 따른 SER
Fig. 9. SER performance according to code blocks

한 코드 블록 당 동일한 비트로 구성된 (31, 27)코드와 (31, 23)코드의 성능을 비교해볼 때 본 논문에서 사용한 (31, 23)코드가 우수함을 보인다. 이것은 (31, 23)코드가 (31, 27)코드보다 오류 정정을 위해 한 코드 블록 당 4개의 잉여 정보를 더 가지고 있기 때문이다. 전체 RS코드를 분석해 보면 (15, 13)코드가 가장 우수한 성능을 보인다. 그러나 (15, 13)코드는 한 패킷 당 전송 데이터양이 8바이트로 센서의 수집 데이터의 양 11바이트 보다 작기 때문에 본 시스템에 적합하지 않다.

V. 결 론

본 논문에서는 산업체 공장 환경에서 예기치 않은 장애로 인해 발생하는 심각한 오류 원인을 정확히 판단하기 위한 무선 다중 센싱 인터페이스 모듈과 다중 센싱 데이터의 신뢰성을 보장하기 위한 전송 신뢰성 향상방안에 대해 연구하였다.

다중 센싱 인터페이스 모듈에서는 여러 센서들로부터의 데이터 획득을 위해 USART, TWI, ADC, GPIO-I2C 통신 드라이버를 구현하였으며, 구현된 드라이버를 통해 각 센서로부터의 정보 획득을 확인하였다. 전송 신뢰성 향상방안으로는 (31, 23) reed-

solomon 코드를 사용하였다. 이 시스템을 AWGN 환경에서 시뮬레이션 한 결과 사용하지 RS 코드를 사용하지 않은 시스템보다 BER = 10⁻⁵에서 약 1dB의 부호화 이득을 갖는 것을 확인 하였고, 구현된 시스템을 거리 5m × 15m 실내 환경에서 실험 한 결과 RS 코드를 사용하지 않은 시스템보다 약 5배 정도 신뢰성이 증가됨을 확인하였다.

이 결과들을 통해 산업 자동화 장비의 오류원인을 진단하기 위해 다중 센싱 인터페이스 모듈이 적합함을 증명 하였다.

참 고 문 헌

- [1] 정지원, 이정일, 김동성, “IEEE 802.15.4를 이용한 디바이스넷 기반의 무선 게이트웨이 설계에 대한 연구,” *대한전자공학회 2007년도 하계종합학술대회 논문집*, 제30권 제1호, pp. 31-32, 2007.
- [2] B. Sklar, *Digital Communications: Fundamentals and Applications*. 2nd edition, Prentice-Hall, 2001.
- [3] Atmel, *ATmega128 User Manual*, 2467P-AVR-08/ 07.
- [4] Diwell, *Small Thermopile Module, DSTM-02 ver 1.2*
- [5] Nano sensor technology, *SMBA-1000 module*, ver. 1.0, pp. 1-6, Apr. 2009.
- [6] New technology company, *AM-3AXIS module*, Jan. 2007.
- [7] ELT, *H-550 CO2 sensor module*, ver. 1.0, Mar. 2008.

강 철 규 (姜澈圭)



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

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

전 민 호 (田旻浩)



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

오 창 헌 (吳昌憲)



1988년 2월 : 한국항공대학교
항공통신공학과(공학사)
1990년 2월 : 한국항공대학교 대학원
항공통신정보공학과(공학석사)
1996년 2월 : 한국항공대학교 대학원
항공전자공학과(공학박사)
1990년 2월 ~ 1993년 8월 : 한진전자(주)

기술연구소 전임연구원

1993년 10월 ~ 1999년 2월 : 삼성전자(주) CDMA 개발팀
선임연구원

2006년 8월 ~ 2007년 8월 : 방문교수(University of Wisconsin-Madison)

1999년 2월 ~ 현재 : 한국기술교육대학교 정보기술공학부 부교수
관심분야 : 이동통신, 멀티미디어 무선통신, Wireless Sensor
N/W, CR