

논문 2012-49SC-2-1

# 이원화된 필드버스 기반의 선박 엔진용 분산 제어 시스템의 설계 및 구현

( Design and Implementation of Distributed Control System based on Dual Field-bus for Ship Engine )

이 재 형\*, 김 동 성\*\*

( Jae-Hyung Lee and Dong-Sung Kim )

## 요 약

본 논문에서는 이원화된 필드버스 기반의 선박 엔진용 분산 제어시스템을 설계 및 구현한다. 구현된 시스템은 엔진의 상태 값을 감시하기 위해서 CAN과 MODBUS 프로토콜을 혼합 형태로 이용하여 서로 다른 영역의 통신 구조로 구성한다. 첫 번째 층은 CAN 프로토콜을 이용하여 엔진의 상태 값을 공유하게 된다. 두 번째 층은 MODBUS를 이용하여 엔진룸에서 기관실의 AMS로 모니터링 데이터 전송을 위한 통신을 지원한다. 테스트 베드 환경을 구축하여 구현된 시스템을 선급기술규칙의 요구사항에 의거하여 테스트 및 성능 검증하였다.

## Abstract

In this paper, we design and implement a DCS (Distributed Control System) based on dual field-bus for ship engine. For monitoring and controlling the condition of the ship engine, an implemented DCS is consisted of two-tier communication structure by using CAN (Controller Area Network) and MODBUS protocols. The first-tier is consisted of CAN protocol for sharing the condition of the ship engine by each implemented monitoring system. By using MODBUS protocol, the second-tier is used for communicating the monitoring data from an implemented DCS to AMS(Alarm Monitoring System). We verified and tested our scheme and implemented DCS by KR (Korea Register) technical rules through experimental tests.

**Keywords:** Distributed control system, MODBUS, CAN(Controller Area Network), AMS(Alarm Monitoring System), Ship engine

## I. 서 론

지능화된 대형 선박의 안전, 신뢰성, 효율적으로 운용하기 위하여 Navigation, Logistics Management, Environmental Control 분야에서 선박의 조종과 제어에 관한 통합 정보 시스템 (Integrated Information System)

의 표준화가 정의되고 있으며, 선박용 네트워크 구조와 프로토콜, 분산제어 시스템에 대한 연구들도 활발히 진행되고 있다<sup>[1~3]</sup>.

선박은 대부분 해상 위에서 관련 업무를 수행하게 된다. 운행 중 선박이 위급상황에 빠지게 되면 고립 상황이 발생되고 사고 처리를 신속하게 대처하기 어려워 인명사고나 해양오염을 야기할 수 있다. 이러한 문제점들을 해결하고 선박을 효율적이고 안정적으로 운행하기 위해서 선박 내에 제어용 통신장치들을 설치하고 분산 제어 시스템을 구축하여야 한다<sup>[4~6]</sup>. 기존의 대형 선박 환경에서는 엔진, 전자장비 (레이더, GPS등), 화물칸 등을 모니터링하기 위해서 AMS (Alarm Monitoring Sy-

\* 정회원, 포스코 ICT  
(POSCO ICT)

\*\* 정회원-교신저자, 금오공과대학교  
(Kumoh National Institute of Technology)

※ 이 논문은 2011년도 산학협동재단 학술연구비에 지원을 받아 수행된 연구임.

접수일자: 2011년11월23일, 수정완료일: 2012년3월7일

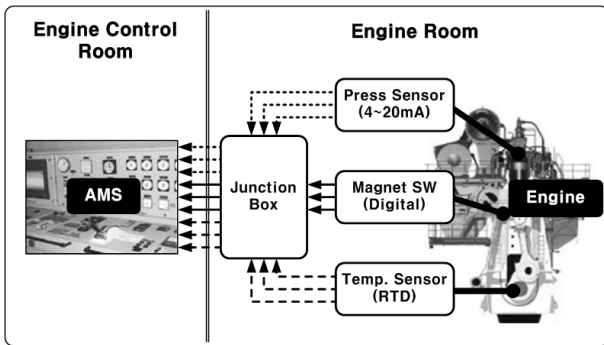


그림 1. 선박 엔진을 위한 분산 제어 시스템 구성도  
Fig. 1. Architecture of distributed control system for ship engine.

stem)가 구축되어 있다<sup>[7]</sup>. 그림 1은 선박 엔진실의 센서 데이터들을 최종 엔진 제어실까지의 분산 제어를 위한 시스템 구성도를 보여준다. 기존의 시스템은 센서와 AMS간 1:1 방식의 병렬구조로 배선이 되어 있으며 대형 엔진의 경우 3층 구조로 6기통 이상으로 설계 되어 있다. 엔진 기통의 수가 늘어남에 따라 모니터링을 위한 센서들의 수도 늘어나게 되고 각층 마다 입·출력 신호들을 취합 할 수 있도록 JB (Junction Box)가 설치 되어 있다. 이러한 배선 시스템의 구조는 전선을 기하급수적으로 증대시키게 되고 설비의 복잡성과 배선에 의한 비용이 증가되며 유지보수가 어렵다는 문제점이 있다.

본 논문에서는 대형 선박 엔진을 보다 효율적으로 감시 및 진단하기 위한 이중화된 필드버스(Field-bus) 기반의 엔진 분산 제어 시스템을 설계 및 구현한다. 제안하는 대형 엔진용 분산 제어 시스템은 JB 내에 I/O Module을 장착하고, 입력된 신호들을 제어 특성에 맞도록 분류한다. 각각의 JB들은 CAN (Controller Area Network) 통신을 이용하여 분류된 Data들을 공유하고 JB와 AMS는 MODBUS를 이용하여 통신함으로써 기존의 1:1 방식의 신호와 명령체계를 효과적으로 개선할 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 서론에 이어 II장에서는 대형 엔진용 분산 제어 시스템관련 요구사항을 정립한다. III장에서는 실제 적용되는 엔진의 사양 대해서 설명하고 제안하는 CAN 통신 전송 기법과 RS-485 기반의 MODBUS 통신기법을 제안한다. IV장에서는 실제 구현된 하드웨어를 AMS와 연동하여 성능을 측정하고, V장에서 본 논문의 연구 결과를 요약한다.

## II. 선박 엔진용 분산 제어 시스템 설계를 위한 요구사항

선박용 시스템 설계는 선급협회에서 정의한 선급기술규칙에 의거해야 한다. 선급은 상선에 매기는 선박의 등급으로써 배가 외항할 수 있다는 보증이다. 선박 전장품 (ESA: Electronic Sub Assembly)은 육상용 시스템에 비해 기능적인 면에서 단순하고 규모가 작으나, 성능이나 안정성 측면에서 고려해야 할 것이 많다. 우선 하드웨어적으로는 염분, 습도, 온도, 접지 등을 고려해야 하고, 선박 엔진용 분산 제어 시스템의 하드웨어 설계를 위한 관련 선급기술규칙은 다음과 같다.

- CPU의 경우 이중화 시스템으로 설계
- 시스템 전원부의 이중화 설계
- 전원 고장 시 즉시 복구 (제한 스위칭 시간 : 2초)
- 비휘발성 메모리만 사용 가능

소프트웨어적으로는 범용성을 갖추고, 고장 발생 시 복구방법을 지원해야 한다. 특히 신뢰성을 위해 이중화 설계가 중요하게 여겨지고 있다. 통신시스템의 경우에 이중화는 선급에서도 규정한 항목에 포함되어 있다. 선급에서 고려하는 통신관련 선급기술규칙은 다음과 같다.

- 전송 프로토콜은 범용성을 가진 국제표준을 사용
- 데이터 링크의 이중화 (설비 시에 각 링크의 배선 경로는 이격시켜야함)
- 데이터 응답시간은 최대 2초 이내여야 함
- 데이터 전송완료 검증 (CRC: Cyclic Redundancy Check) 지원
- 전송 오류 발생 시 재전송 지원

## III. 필드버스 기반 선박 엔진용 분산 제어 시스템

### 1. 13,000kW급 선박 엔진의 사양

본 연구에서는 STX의 13,000kW급 2행정 저속 엔진에서의 이원화된 필드버스기반 분산 제어 시스템을 구현한다. 표 1은 8기통 S50MC-C 엔진 모델의 사양을 나타낸다. S50MC-C 모델은 저속 2단 엔진으로 대형 선박에 탑재되는 모델이다.

그림 2는 S50MC-C 엔진의 외형 치수도를 나타내며 설비 및 유지보수를 위해서 3층 구조로 3개의 JB로 구

표 1. S50MC-C 엔진의 사양  
Table 1. Specification of S50MC-C ship engine.

Model	S50MC-C
Speed (rpm)	127
mep (bar)	19.0
Specified fuel oil consumption (SFOC)	171 g/kWh
Lubricating oil consumption	4-5 kg/crl.24h
Cylinder oil consumption	0.7-1.5 g/kwh

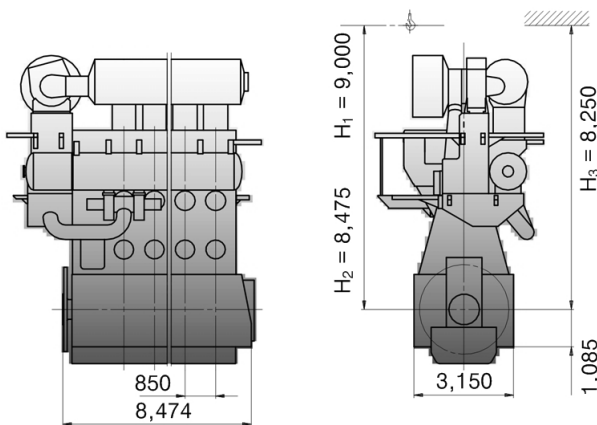


그림 2. S50MC-C 엔진의 외형 치수도 (단위: mm)  
Fig. 2. Outline dimensions of S50MC-C (unit: mm).

성되어 있다. 각각의 JB들은 온도센서, 유압센서, 공압센서, 엔진 제어 신호들을 취합하여 AMS로 신호를 보낸다. 현재의 시스템은 JB들과 AMS 사이에 1:1로 배선되어 있으므로 설비가 복잡하며 유지보수가 어렵다는 단점이 있다.

## 2. MODBUS 및 CAN 기반 대형 선박 엔진용 분산 제어 시스템

AMS는 조작 제어실을 통해 알람, 제어, 모니터링 정보를 제공하며 Tank, PMS (Performance Management System), Propulsion Control, Cargo Alarm, Loading Calculator, Valve & Pump Control을 관리 할 수 있는 다기능 시스템이다. S50MC-C 엔진용 AMS는 Kongsberg사의 모듈을 사용한다.

그림 3은 MODBUS와 CAN 통신을 이용한 선박 엔진용 분산 제어 시스템의 구성도를 보여준다. 통신 이중화를 위해서 링 토폴로지(Ring topology)로 구성하며 각각의 JB는 CAN 통신을 이용하여 데이터를 공유한다. 그리고 AMS는 통신 이중화를 위해서 2채널의 MODBUS를 지원한다. AMS의 경우 자체적으로 채널

표 2. MODBUS 통신 사양  
Table 2. Specification of MODBUS.

Serial interface	RS485
Protocol	MODBUS RTU standard
Baud rate	9600 bps
Data bits	8
Parity	Even
Stop bits	1
Function code	03 (Read holding registers)
Master address	01 (AMS)
Slave address	02 (JB #1), 03 (JB #3)

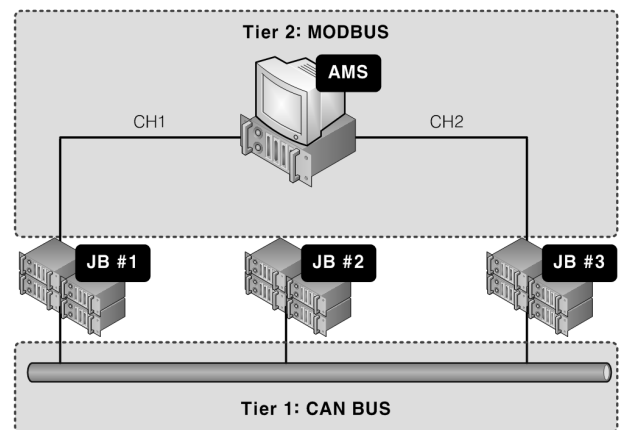


그림 3. 이원화된 필드버스 기반 선박 엔진용 분산 제어 시스템의 구성도

Fig. 3. Architecture of distributed control system based on dual field-bus for ship engine.

의 이상 유무를 판단하여 MODBUS 채널을 선택적으로 스위칭하게 된다.

### 가. MODBUS 통신

MODBUS 통신의 종류는 크게 MODBUS Serial, MODBUS Plus, MODBUS TCP/IP 등 세 가지로 나누어진다<sup>[8]</sup>. 이중에서 상용화된 AMS의 경우 RS485 기반의 MODBUS RTU (Remote Terminal Unit) 전송방식을 지원한다. 네트워크 구성은 AMS를 마스터(Master) 모듈로 JB를 슬레이브(Slave) 모듈로 설정하며 두 장비간 통신 프로토콜은 표 2와 같다.

그림 4는 AMS에서 요청되는 MODBUS 프레임 구조와 JB에서 응답하는 프레임 구조를 보여준다. 시작 필드(Start Field)는 서로 다른 프레임간의 구별을 위한 최소한의 시간을 의미한다. 통신 속도 9600bps에서 1비

표 3. 각 JB의 입력 데이터 및 센서 리스트  
Table 3. Input data and sensor list of each JB.

	Condition	Type	Q'TY	Range
JB1	RTD	Temp.	10	0~200℃
		Temp.	10	-50~600℃
	4~20mA	Temp.	10	-50~600℃
		Press.	7	0~4/6/15/40 kg/cm <sup>2</sup>
S/W	Low	5	Logic	
	High	1	Logic	
JB2	RTD	Temp.	15	0~200 ℃
	4~20mA	Press	1	0~10kg/cm <sup>2</sup>
	S/W	Low	2	Logic
JB3	RTD	Temp.	8	0~200℃
		Temp.	1	0~100℃
		Temp.	18	-50~120℃
	S/W	Low	3	Logic
		Hugh	8	Logic

Start	Slave Address	Function	Starting Address	No. of Registers	Error Check (CRC)
≥3.5 char	1 byte	1 byte	2 bytes	2 bytes	2 bytes

(a)

Start	Master Address	Function	Byte Count	Data	Error Check (CRC)
≥3.5 char	1 byte	1 byte	2 bytes	2 bytes	2 bytes

(b)

그림 4. MODBUS 프레임 구조: (a) 요청, (b) 응답  
Fig. 4. MODBUS frame structure: (a) request, (b) response.

트 전송시간은 0.104 마이크로초이며, 그림 4의 경우 (3.5 character times, 1 character = 8 bits) Start time은 2.9 마이크로초이다. Start time 이전에 다른 프레임이 전송되면, 이전 프레임의 연속으로 인식하게 된다. 주소 필드(Address Field)는 통신 시 수신측의 ID를 의미하며 RS-485의 통신 규약에 의해 1-31 까지 설정가능하다. 함수 필드(Function Field)는 마스터에서 슬레이브로의 데이터 요청을 위한 여러 가지 지정된 코드이며 본 연구에서는 "0x03"으로 지정한다. 이 코드는 대상이 되는 슬레이브 디바이스로 부터 하나의 파라메타 또는 다수의 연속된 파라메타 값을 읽어오는 코드이다. Register Address, Data, Byte count는 데이터 필드(Data Field)로써 함수 코드(Function Code)에 따라 달라지며 필드 구성은 최소 2 바이트이다.

나. CAN 통신

선박에서의 통신은 데이터의 신뢰도와 안정성이 가장 중요시 된다. 그중 엔진 분산 제어 시스템의 경우 선박 내에서도 외란에 의한 노이즈가 가장 많이 발생되므로 신뢰성이 높은 통신기법이 요구된다. CAN 프로토콜은 에러 감지 기법과 재전송 기능을 제공하며 물리층에서는 높은 잡음 면역성을 가지고 있기 때문에 데이터의 높은 안정성과 사용 가능성을 보장한다<sup>[9]</sup>. 또한, CAN은 2가닥 꼬임선(Twist pair wire) 반이중 통신 방식으로 고속 응용 시스템에 적합하며, 주요 특징으로는 다음과 같다.

- 다중통신 (멀티-마스터 / 멀티-슬레이브)
- 시리얼 버스 타입
- 메시지 기반
- 멀티마스터 구조로 데이터 충돌 발생문제 해결

본 연구에서는 엔진의 상태를 실시간으로 모니터링하기 위해서 각각의 JB를 CAN 프로토콜을 이용하여 통신 지원한다. 그림 5는 JB들의 CAN 프로토콜을 이용한 데이터 공유 절차를 보여준다. 기본적으로 JB는 센서로부터 얻어지는 아날로그 신호를 디지털 데이터로 변환하는 과정을 거친다. ADC (Analog-Digital Converter) 작업을 마친 후 CAN Bus를 통하여 주변 JB들에게 데이터를 공유하며 다시 센서로부터 데이터를 수집하여 반복 작업을 하게 된다. 각각의 JB들은 다양한 타입의 센서로부터 데이터를 수집하며 각 타입별 수집하는 센서들의 수도 다르게 구성되어 있다. 그러므로 각 JB들의 ADC 처리 시간은 다르게 편성된다. 또한, JB

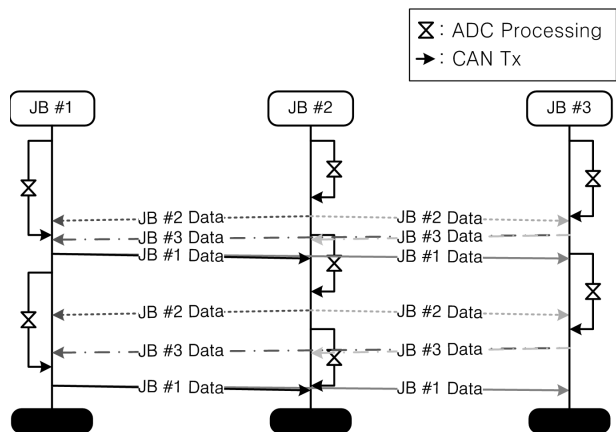


그림 5. JB들의 CAN 통신 절차  
Fig. 5. CAN communication procedure of JB's.

#1 또는 JB #3의 경우 AMS의 MODBUS Query에 의하여 응답 처리 지연이 발생되므로 각각의 JB들은 통신 중 패킷 충돌이 발생할 확률이 존재한다. 하지만 CAN 프로토콜의 경우 CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detect)를 지원하기 때문에 링크계층에서의 패킷 충돌에 의한 문제점은 발생되지 않는다. CAN 프로토콜의 통신 동작 원리는 다음과 같다.

1. CAN Bus 라인의 사용 여부 파악 (Idle or Busy)
2. 메시지 간 충돌 검출 수행 (이더넷 통신 방법과 유사: CSMA/CD)
3. 데이터 메시지는 주소가 아닌 식별자 (11 bits or 29bits ID)로 구분
4. 메시지를 수신하여 식별자를 통해 사용여부 결정

다. 선박 엔진용 분산 제어 시스템

본 연구에서 사용되는 JB는 JB내에 결선되어 있는 센서들의 타입에 의해서 3가지의 모드로 나뉘지게 된다. 구현을 위해서는 각 JB의 센서들을 지원하는 3가지 타입의 JB로 설계해야 하지만 개발의 용이성과 유지보수의 편리성을 위해서 통합 JB를 구성하여 외부 입력을 통하여 모드를 변경할 수 있도록 설계한다. 그림 6

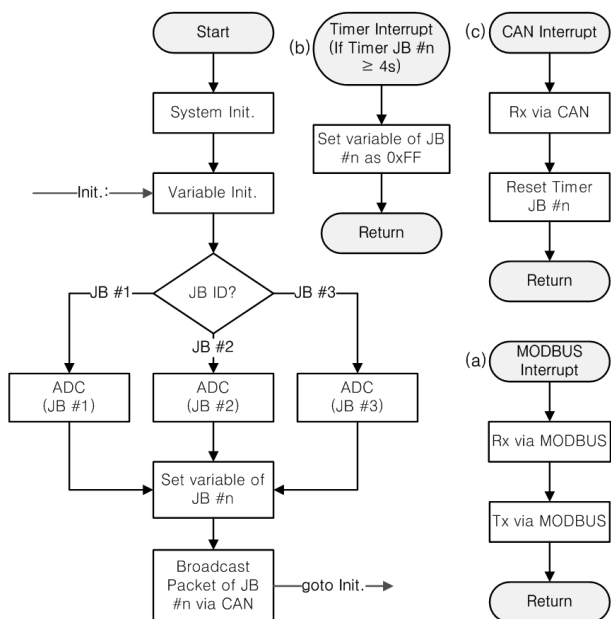


그림 6. 선박 엔진용 분산 제어 시스템의 순서도  
 Fig. 6. Flowchart of distributed control system for ship engine.

은 통합 JB의 시스템 순서도를 보여준다. 총 3가지의 JB 모드를 지원하고 선택된 JB모드에 따라서 연결되어 있는 센서들의 ADC 작업을 수행하게 된다. 그리고 CAN 통신을 이용하여 Bus 내의 JB들에게 센서 데이터를 공유하게 되며 작업 수행 중 JB는 3가지 타입의 인터럽트를 사용한다.

- MODBUS 인터럽트: MODBUS에서 발생하는 요청의 경우에는 본 시스템에서 가장 실시간성을 요구하는 응답 데이터가 된다. 응답시간은 2장에서 나열한 통신관련 선급기술규칙에 의해서 2초 이내에 응답이 되어야하므로 인터럽트 우선순위가 가장 높게 설정된다. MODBUS 인터럽트의 처리는 그림 6 (a)의 순으로 요청 메시지를 수신 후 응답 메시지를 송신한다.
- Timer 인터럽트: JB는 주변 JB들의 데이터들이 일정시간동안 업데이트 되지 않을 시에 문제가 있는 JB 센서들의 값을 0xFF로 변환한다. 그래서 AMS에서 JB로 데이터를 요청하게 되면 문제가 발생된 JB의 데이터들을 0xFF로 전송되어 AMS에서 이상 유무를 판별할 수 있도록 한다. 실제 AMS에서 0xFF의 데이터는 에러메시지로 판별하고 있다. Timer 인터럽트의 처리는 그림 6 (b)와 같이 처리가 되며 본 연구에서는 4초 이내로 데이터가 갱신되지 않으면 에러메시지로 간주한다.
- CAN 인터럽트: 다른 JB로부터 CAN을 통하여 데이터가 수신되면 CAN 인터럽트에 의해서 데이터가 처리된다. 그리고 데이터 수신 완료 후 해당 JB의 타이머를 리셋 시켜 AMS 요청에 의한 정상적인 응답처리를 수행하게 한다. CAN 인터럽트 처리 순서는 그림 6 (c)와 같다.

IV. 구현 및 성능평가

본 논문에서는 선박 엔진의 상태 값을 모니터링하기 위한 CAN 및 MODBUS 기반 JB를 구현하고 실제 AMS와 연동하여 구현된 모듈의 성능을 선급기술규칙에 의거하여 평가한다.

1. 선박 엔진용 분산 제어를 위한 JB 구현  
 각 JB들의 CAN 통신 지원을 위하여 MCU는 Atmel

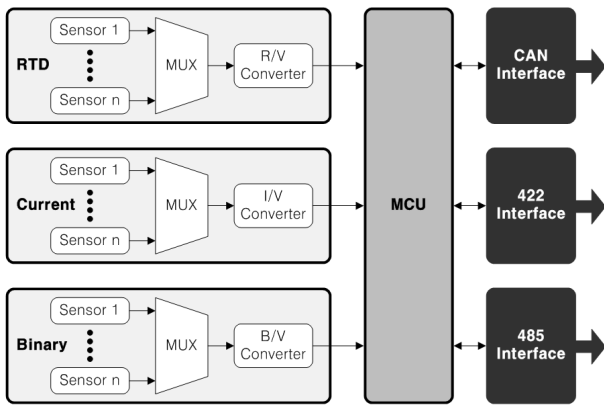


그림 7. 선박 엔진용 분산 제어 시스템의 블록 다이어그램  
 Fig. 7. Block diagram of distributed control system for ship engine.

사의 8비트 마이크로컨트롤러 AT90CAN128을 사용한다. AT90CAN128은 128k 바이트의 Flash 메모리를 가지며 CAN 컨트롤러가 내장되어 있다. 칩 내부의 CAN 컨트롤러는 모든 타입 (Data, Remote, Error and Overload)의 프레임을 전송할 수 있으며, 최대 1Mbps의 전송속도를 보장한다. 그림 7은 AT90CAN128을 이용한 선박 엔진용 분산 제어 시스템의 블록 다이어그램을 보여준다. 통신 지원을 위해서 CAN, RS482, RS485 프로토콜이 사용되었고, ADC의 경우 타입별로 RTD (Resistance Temperature Detector), 아날로그, 바이너리 신호를 변환해주는 모듈로 구성되어 있다.

가. 통신 인터페이스

AT90CAN128은 CAN 컨트롤러만 지원을 한다. 각 JB들간의 원활한 통신 유지를 위해서는 트랜시버가 필요하다. 본 연구에서는 필립스사의 고속 제어용 트랜시버인 PCA82c250 칩을 사용한다. 그리고 통신 링크층의 임피던스 매칭을 위해서 120옴의 종단 저항을 이용한다. MODBUS 통신은 기본적으로 2장에 기술한 통신 사양으로 UART를 통하여 데이터를 송·수신하게 된다. 그리고 외부 입력에 의해서 RS232, RS422, 또는 RS485 모드로 선택되며 각각의 변환 방식을 지원한다. JB의 MODBUS 통신의 경우에는 AMS측의 응답 프레임과 요청 프레임만 지원하게 되며 나머지 함수 코드는 지원되지 않는다.

나. ADC 인터페이스

선박 엔진은 실린더 배출 가스 온도, 냉각 청수 배출

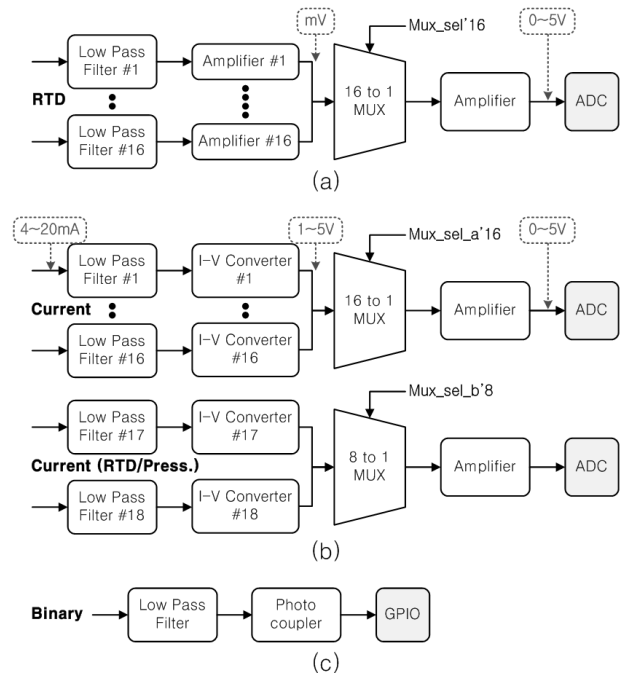


그림 8. 선박 엔진용 분산 제어 시스템의 블록 다이어그램  
 Fig. 8. Block diagram of distributed control system for ship engine.

구 온도, 메인 베어링 온도 등의 상태를 감시하는 위해서 여러 타입의 온도 센서와 압력 센서 및 냉각오일, 호림 감지 센서 등으로 구성되어 진다. 표 3은 각각의 JB에 결선되어지는 센서들의 타입과 수량 등을 보여준다. 각 타입별로 디지털 값으로 변환하기 위하여 3가지 타입의 컨버터를 필요로 한다.

- R/V 컨버터: R/V 컨버터는 온도를 측정하기 위해서 사용된다. 온도센서의 저항 값을 전압으로 변환하여 필터링 후 증폭기를 통하여 0~5V의 범위의 전압으로 변환한다. 변환된 전압레벨은 ADC를 통하여 실제 온도 값을 디지털로 변환한다. JB는 R/V 컨버터를 두 개로 구성하여 최대 32개의 입력을 지원한다.
- I/V 컨버터: I/V 컨버터는 열전도를 이용한 온도 측정 및 압력센서를 이용하여 엔진내부의 실린더 배출 가스 온도, 냉각 청수 배출구 온도를 측정하는데 사용된다. 센서의 출력 값은 4~20mA의 전류 값으로 필터링 후 전류-전압 변환기를 통하여 센서의 출력 값을 1~5V의 전압 레벨로 나타낸다. 그리고 증폭기를 통하여 0~5V의 전압 레벨로 변환 후 ADC를 통하여 디지털 값으로 변환한다.

다. JB는 최대 18개의 입력에 대한 I/V 컨버터를 지원한다.

- B/V 컨버터: B/V 컨버터는 엔진룸에서 사용되는 엔진 제어용 스위치의 ON/OFF 상태와 냉각오일 흐름감지 센서의 상태 값을 나타내기 위해서 사용된다. 냉각오일 흐름감지 센서는 메인 베어링 온도 및 선박 엔진 내부의 윤활유 기름 속의 수분함량, 냉각오일 여부 등을 측정하며 출력은 ON/OFF로 나타낸다. B/V 컨버터는 필터링 후 포토크플러를 통하여 엔진시스템에서 발생하는 노이즈를 차단하게 된다. 전열된 데이터는 GPIO (General Purpose Input/Output)를 통하여 MCU 에 입력된다.

다. 구현된 JB의 PCB

그림 9는 실제로 구현된 JB의 PCB 파트를 보여준다. PCB를 중심으로 입력으로는 JB 모드를 선택할 수 있는 3P 스위치, 옵션을 선택할 수 있는 5P 스위치, CAN 통신 커넥터, MODBUS 통신 커넥터, 파워 커넥터, 프로그램 업데이트용 다운로드 커넥터로 구성되어 있다. 출력은 상태 값을 표시하는 LED와 텍스트 LCD로 구성되어 있다.

구현된 PCB는 선박용 환경에서의 내구성 테스트(온도, 습도, 충격 등)와 신뢰성 테스트(외부 외란 등)를 통하여 검증이 완료되었으므로 선급협회에서 실시하는 선급검증만 완료되면 실제 선박용 엔진시스템에도 장착 및 운용이 가능하다.

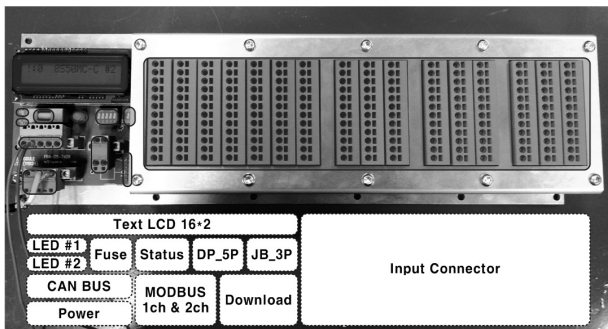


그림 9. 구현된 JB의 PCB 파트  
Fig. 9. Implemented PCB part of JB.

2. 구현된 JB의 성능 평가

성능 실험을 위해서 실제 AMS 모듈과 모니터링 프로그램을 구현된 JB와 연동하여 모의실험용 테스트베

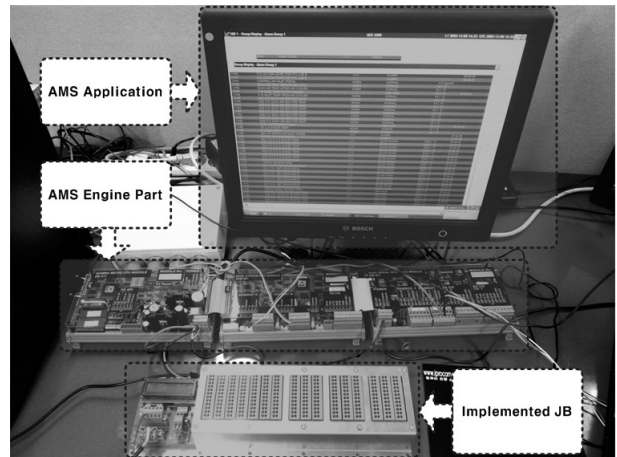


그림 10. JB의 성능 테스트를 위한 테스트 베드  
Fig. 10. Test bed for performance evaluation of JB.

드 환경을 구축하였다. 그림 10은 테스트 베드 환경을 보여준다. 입력 센서 데이터의 경우 전압 가변장치를 이용하여 각 타입별 센서 범위 내에서 임의의 값을 발생시켰으며, AMS의 데이터 요청 주기는 1초로 설정하였다.

가. 실제 AMS 모니터링 프로그램을 통한 호환성 테스트

그림 11은 실제 AMS 요청에 따른 JB의 응답 데이터를 AMS 측에서 수신하여 PC의 모니터링 프로그램을 통하여 실시간으로 데이터를 표시하는 것을 보여준다. 테스트 결과 모니터링 프로그램을 통하여 JB로부터 정상적으로 패킷 교환이 이루어지는 것을 확인 할 수 있었다. 그리고 임의적으로 ADC의 입력 값을 가변 하였

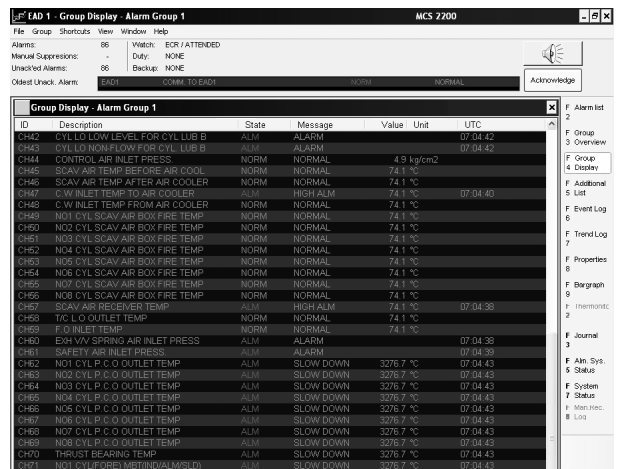


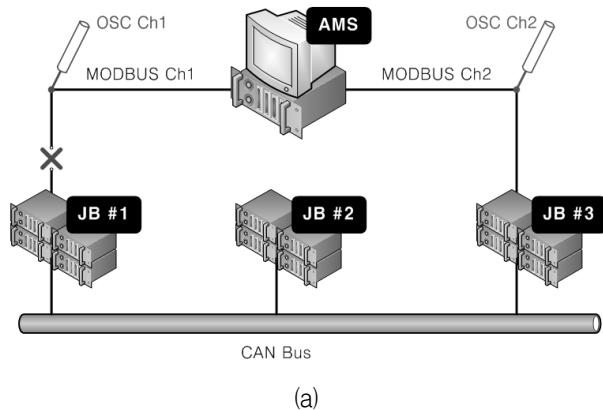
그림 11. AMS 모니터링 프로그램  
Fig. 11. AMS monitoring program.

을 때 1초 이내에 해당 센서의 데이터가 업데이트 되는 것을 확인할 수 있었다.

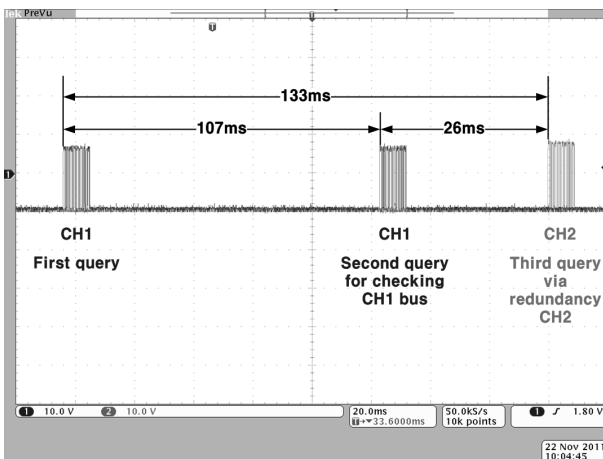
나. AMS의 MODBUS 이중화 검증

선급기술규칙에 의해서 통신시스템은 이중화 통신을 만족시켜야 한다. AMS와 JB간의 MODBUS 이중화 테스트를 위해서 JB #1에 연결된 MODBUS 채널 1의 커넥터를 분리시켜 AMS가 MODBUS 채널 2를 이용하여 JB #3와 통신을 하는지를 검증하였다.

그림 12의 (a)와 같은 시나리오로 오실로스코프의 채널 1은 MODBUS 채널 1의 Tx를 측정하고 오실로스코프 채널 2는 MODBUS 채널 2의 Tx를 측정한다. 이는 MODBUS 채널 1의 케이블이 분리되었을 때 채널 2를 통하여 JB3에 요청신호 전송여부를 분석하기 위함이다. 실험 결과 그림 12의 (b)에서 볼 수 있듯이 MODBUS 채널 1의 케이블 분리에 따라 신호가 끊어지는 것을 확



(a)



(b)

그림 12. AMS의 MODBUS 이중화 검증: (a) 실험 시나리오, (b) 측정 결과

Fig. 12. MODBUS redundancy verification of AMS: (a) scenario, (b) measured result.

인할 수 있다. 또한 일정시간 뒤에 오실로스코프 채널 2에 JB #3로 재요청을 위한 패킷신호가 측정되는 것을 볼 수 있다. 스위칭 전에 발생하는 지연시간의 경우 AMS에서 MODBUS 채널 1의 상태를 점검 후에 채널 2로 스위칭하기 때문에 발생하는 지연으로는 시험결과에 의해 133 마이크로초의 스위칭 시간을 갖는 것을 확인할 수 있다.

다. AMS의 요청에 의한 JB의 응답시간

통신관련 선급기술규칙에 따라 MODBUS를 이용하여 AMS측에서 JB로 데이터 요청 메시지를 전송하면 JB는 2초 이내에 응답을 해야 한다. 그림 13은 구현된 실제 시스템에서 오실로스코프를 이용하여 측정된 파형이다. 측정 방법은 RS485의 Tx와 Rx를 오실로스코프 두 채널을 이용하여 요청과 응답 신호를 측정하였다. 결과를 통하여 알 수 있듯이 AMS 측에서 요청 메시지 후 22.3 마이크로초 만에 응답 메시지가 전송되는 것을 알 수 있다.

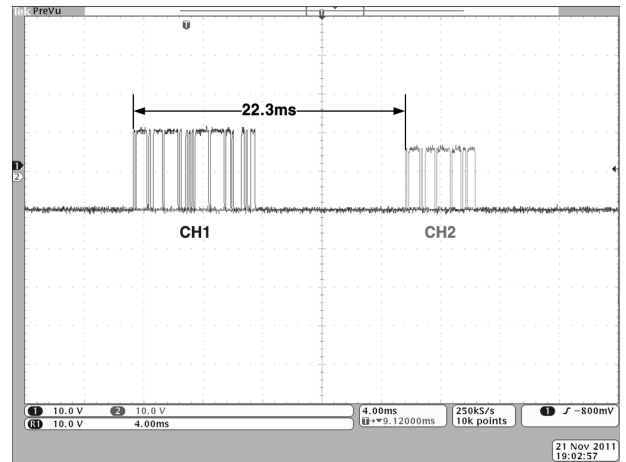


그림 13. AMS의 요청에 의한 JB의 응답시간  
Fig. 13. Response time of JB by AMS request.

V. 결 론

본 논문에서는 선박용 이원화된 필드버스 기반 엔진 모니터링 시스템을 설계하였다. 구현된 시스템은 테스트 베드 환경에서 통신관련 선급기술규칙에 명시된 통신 이중화와 응답시간을 만족시켰으며, 신뢰성 테스트를 통하여 실제 선박 환경에 적용할 수 있음을 검증하였다.

본 연구는 영역에 따라 서로 다른 요구사항이 요구되



는 선박제어 시스템을 이원화된 필드버스 설계 기법을 제안하였다. 이는 기차 및 대형 운반체의 분산 제어 시스템 설계에 참고자료가 되리라 생각된다.

향후 연구로는 MODBUS와 CAN 통신에서 신뢰성 향상을 위한 내구성(Fault Tolerant) 기법과 이중화 기법 및 실시간성이 보장된 스위칭 방안에 대하여 연구할 예정이다.

### 참 고 문 헌

- [1] 유영호, “차세대 IT선박 기술분석과 전망,” *전자공학회*, Vol. 35, No. 2. pp. 19-29, 2008.
- [2] 이광일, 박준희, 최원석, 문경덕, “선내 통신 국제 표준화 동향,” *TTA Journal*, No. 126, pp. 45-51, 2009.
- [3] 권기협, 김준우, 김동성, 김태민, “산업용 이더넷을 이용한 지능형 대형 선박을 위한 제어 네트워크 설계 및 성능 분석,” *한국해양정보통신학회 추계학술대회*, pp. 709-711, 2010.
- [4] Hyu-Chan Park, Jang-Se Lee, Kil-Woong Jang, Jeong-Woo Lee, Joong-Hyun Park, and Soon-Yul Kang, “Development of Network Platform for Integrated Information Exchange on Shipboard,” *Int. Jour. of Computer Science and Network Security*, Vol. 10, No. 1, pp. 215-219, Jan. 2010.
- [5] 이승준, 김철환, 노경식, 최수영, 강성인, 추영열, “CAN 통신을 이용한 선박 상태 모니터링 시스템,” *한국멀티미디어학회 추계학술대회*, pp. 59-63, 2008.
- [6] 이창의, 김달용, 유영호, 신옥근, “NMEA2000을 이용한 임베디드 선박 모니터링 시스템의 개발,” *한국마린엔지니어링학회지*, Vol. 33, No. 5, pp. 746-755, 2009.
- [7] 조광환, “선박용 Alarm Monitoring System의 개발: PCM과 MPM의 통신분석,” *울산대학교 자동차선박기술대학원*, 2006.
- [8] Peter Huitsing, Rodrigo Chandia, Mauricio Papa, and Sujeet Sheno, “Attack taxonomies for the Modbus protocols,” *Int. Jour. of Critical Infrastructure Protection, Elsevier Science*, Vol. 1, pp. 37-44, 2008.
- [9] BOSCH, “CAN Specification Version 2.0,” Link: <http://www.semiconductors.bosch.de/pdf/can2spec.pdf>, Robert Bosch GmbH, 1991.

### 저 자 소 개



이 재 형(정회원)

2010년 금오공과대학교 전자공학과 학사 졸업.

2012년 동대학원 제어임베디드과 석사 졸업.

2012년 3월~현재 포스코 ICT 기술연구소 철도/교통기술팀 연구원.

<주관심분야 : 실시간 시스템, 네트워크 기반 임베디드 시스템, 통신기반 열차제어시스템>

김 동 성(정회원)-교신저자

전자공학회논문지-CI 제47권 제6호 참조