



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

工學博士 學位論文

**NMEA 2000 기반**  
선박용 승강기 안전관리 시스템의 구현

Implementation of Ship's Lift Safety Management System  
based on NMEA 2000



指導教授 林 宰 弘

2017 年 8 月

韓國海洋大學校 大學院

電 子 通 信 工 學 科

李 宇 振

本 論文을 李宇振의 工學博士  
學位論文으로 認准함.



委員長： 李 尚 培 (印)

委 員： 沈 俊 煥 (印)

委 員： 金 廷 昌 (印)

委 員： 牟 守 鍾 (印)

委 員： 林 宰 弘 (印)



2017 年 6 月

韓國海洋大學校 大學院

# 목 차

<b>List of Tables</b> .....	<b>iv</b>
<b>List of Figures</b> .....	<b>v</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>ix</b>
<b>1. 서 론</b>	
1.1 연구배경 .....	1
1.2 연구의 필요성 .....	2
<b>2. 관련 연구</b>	
2.1 승강기의 기술 동향 및 구조 .....	5
2.2 선박 표준네트워크 .....	9
2.3 해상 광대역 통신 시스템 .....	14
2.4 안전모니터링 시스템 .....	15
<b>3. 선박용 승강기 안전관리 시스템 설계 및 구현</b>	
3.1 시스템 개요 .....	18
3.2 테스트베드 센서 설치 구현 .....	19
3.3 승강기 안전관리 제어기 .....	41
3.4 선박용 승강기 안전관리 모니터링 장치 .....	61
<b>4. 선박용 승강기 안전관리 시스템 실험 및 데이터 검증</b>	
4.1 시스템 연동 .....	76
4.2 데이터 검증 .....	78
<b>5. 결 론</b> .....	124

참고문헌 ..... 125

감사의 글 ..... 129



## List of Tables

<b>Table 1</b>	NMEA definition of applicable sensor of this test .....	21
<b>Table 2</b>	Resistivity and properties of various metals .....	29
<b>Table 3</b>	Temperature Humidity Atmospheric pressure operating Range .....	35
<b>Table 4</b>	Main controller I/O port design .....	43
<b>Table 5</b>	External interface of main controller .....	44
<b>Table 6</b>	Car controller I/O port design .....	47
<b>Table 7</b>	External interface of car controller .....	48
<b>Table 8</b>	Floor controller I/O port design .....	51
<b>Table 9</b>	External interface of floor controller .....	51
<b>Table 10</b>	NMEA format definition - Proximity sensor .....	62
<b>Table 11</b>	NMEA format definition - IMU .....	63
<b>Table 12</b>	NMEA format definition - Load cell .....	64
<b>Table 13</b>	NMEA format definition - Temperature Humidity Atmospheric pressure sensor .....	66
<b>Table 14</b>	NMEA format definition - Smoke gas sensor .....	67
<b>Table 15</b>	GPS NMEA output format .....	68
<b>Table 16</b>	NMEA format definition - Operation .....	69
<b>Table 17</b>	NMEA format definition - Emergency .....	70
<b>Table 18</b>	Requested protocol PGN according to device level .....	78
<b>Table 19</b>	Load cell test procedure and reference table .....	108

## List of Figures

<b>Fig. 1</b>	Procedures for repairing ship's lift .....	2
<b>Fig. 2</b>	Diagram of TMS .....	5
<b>Fig. 3</b>	Diagram of ADIASYSTEM .....	6
<b>Fig. 4</b>	Structure of ship's lift .....	7
<b>Fig. 5</b>	Data frame structure of NMEA 2000 .....	10
<b>Fig. 6</b>	CAN ID and PGN Relationship .....	11
<b>Fig. 7</b>	Protocol PGN .....	12
<b>Fig. 8</b>	NMEA 2000 drop cable .....	13
<b>Fig. 9</b>	Concept of marine broadband communication system .....	14
<b>Fig. 10</b>	Function of maritime broadband communication system .....	15
<b>Fig. 11</b>	PC based monitoring system for ship sensor .....	16
<b>Fig. 12</b>	NMEA 2000 monitoring system connection .....	17
<b>Fig. 13</b>	Safety monitoring sensor system for ship's lift .....	18
<b>Fig. 14</b>	Sensor modeling .....	19
<b>Fig. 15</b>	Sensor installation location .....	20
<b>Fig. 16</b>	Proximity sensor product photo and drawings .....	23
<b>Fig. 17</b>	Proximity sensor operating graph .....	24
<b>Fig. 18</b>	Rolling & pitching sensor .....	25
<b>Fig. 19</b>	Gyro sensor block diagram .....	25
<b>Fig. 20</b>	Load cell product photo & Wheatstone Bridge circuit .....	27
<b>Fig. 21</b>	Solenoid actuator product photo & diagram .....	28
<b>Fig. 22</b>	Temperature versus resistance characteristic curve of metals .....	30
<b>Fig. 23</b>	Capacitance type humidity sensor and structure .....	31
<b>Fig. 24</b>	Characteristics of temperature and pressure change .....	32
<b>Fig. 25</b>	System diagram of pressure sensor .....	33

<b>Fig. 26</b> Temperature and Humidity Atmospheric pressure sensor product photo and drawings .....	34
<b>Fig. 27</b> UV signal process .....	36
<b>Fig. 28</b> IR signal process .....	37
<b>Fig. 29</b> Flame detector product photo & drawings .....	38
<b>Fig. 30</b> GPS product photo and block diagram .....	40
<b>Fig. 31</b> Control panel operation related motor operation processing .....	42
<b>Fig. 32</b> Main controller PCB drawing & terminal block function .....	44
<b>Fig. 33</b> Main controller PCB .....	45
<b>Fig. 34</b> The firmware of the main controller .....	45
<b>Fig. 35</b> Lift controller sensor processing flowchart .....	46
<b>Fig. 36</b> Car controller PCB drawing and terminal function .....	49
<b>Fig. 37</b> Car controller PCB .....	49
<b>Fig. 38</b> The firmware of the car controller .....	50
<b>Fig. 39</b> Floor controller PCB and terminal function .....	52
<b>Fig. 40</b> Floor controller PCB .....	52
<b>Fig. 41</b> The firmware of the floor controller .....	53
<b>Fig. 42</b> STM32F 207VET6 /LQFP100 core schematic .....	54
<b>Fig. 43</b> CAN drive schematic .....	55
<b>Fig. 44</b> LCD schematic .....	56
<b>Fig. 45</b> Communication port schematic .....	57
<b>Fig. 46</b> Memory schematic .....	58
<b>Fig. 47</b> Power schematic .....	59
<b>Fig. 48</b> Programmable port schematic .....	60
<b>Fig. 49</b> PGN of GNSS .....	61
<b>Fig. 50</b> Ship's lift safety management agent module .....	71
<b>Fig. 51</b> Program code section (operating section) .....	72
<b>Fig. 52</b> Program code section (emergency control section) .....	73
<b>Fig. 53</b> Lift safety management agent module S/W operation screen .....	74

<b>Fig. 54</b>	Diagram of monitoring system of lift fault diagnosis .....	77
<b>Fig. 55</b>	NMEA 2000 certification test system configuration diagram .....	79
<b>Fig. 56</b>	NMEA 2000 certification test photo .....	79
<b>Fig. 57</b>	NMEA 2000 certification test pass screen .....	80
<b>Fig. 58</b>	Installing the Flame Detector .....	81
<b>Fig. 59</b>	Flame detector test input signal NMEA 2000 .....	82
<b>Fig. 60</b>	Output screen according to fire occurrence .....	83
<b>Fig. 61</b>	Installing a IMU sensor .....	84
<b>Fig. 62</b>	Pitching test input signal NMEA 2000 .....	85
<b>Fig. 63</b>	Output screen according to pitch .....	87
<b>Fig. 64</b>	Rolling test input signal NMEA 2000 .....	90
<b>Fig. 65</b>	Output screen according to Roll .....	92
<b>Fig. 66</b>	Atmospheric pressure chamber sensor installation .....	95
<b>Fig. 67</b>	Constant temperature and humidity chamber sensor installation ..	96
<b>Fig. 68</b>	Temperature test input signal NMEA 2000 .....	97
<b>Fig. 69</b>	Output screen according to temperature .....	98
<b>Fig. 70</b>	Humidity test input signal NMEA 2000 .....	99
<b>Fig. 71</b>	Output screen according to humidity .....	100
<b>Fig. 72</b>	Atmospheric pressure test input signal NMEA 2000 .....	101
<b>Fig. 73</b>	Output screen according to atmospheric pressure .....	103
<b>Fig. 74</b>	Load cell weight measurement test .....	105
<b>Fig. 75</b>	Load cell weight test input signal NMEA 2000 .....	106
<b>Fig. 76</b>	Output screen according to load cell test .....	109
<b>Fig. 77</b>	Upper limit switch test input signal NMEA 2000 .....	115
<b>Fig. 78</b>	Output screen according to upper limit switch test .....	116
<b>Fig. 79</b>	Landing distance limit switch test input signal NMEA 2000 .....	118
<b>Fig. 80</b>	Landing distance limit switch test output screen .....	119
<b>Fig. 81</b>	Lift door open limit switch test input signal NMEA 2000 .....	120
<b>Fig. 82</b>	Output screen according to lift door open limit switch test .....	121

**Fig. 83** Wire rope limit switch test input signal NMEA 2000 ..... 122  
**Fig. 84** Output screen according to wire rope limit switch test ..... 123



# Implementation of Ship's Lift Safety Management System based on NMEA 2000

Lee, Woo Jin

Department of Electronics & Communications Engineering,  
Graduate School of Korea Maritime University

## Abstract

Lift industry is a field that is mechanical, electrical and electronic technology and constantly requires inspection and maintenance considering various applications and various types. Recently, various lift control and monitoring technologies with IT are developing for lifts on land. But technologies with IT have been hardly done in ship's lift that is consistently assured safety and reliability of life cycle for its parts in poor environment. Unlike general lifts, ship's lifts should be able to operate reliably in rolling and pitching according to the operation of the ship. except the stop button operation by hand.

In addition, it has been designed and operated to withstand marine environments that are worse than general land lifts, as it has to satisfy specific performance requirements such as dust, vibration, shock, electromagnetic waves and noise on board.

However, the PLC-based lift which is limited to the simple function of lift operation control has no safety related control and monitoring system. In this paper, we implemented embedded main controller, floor controller and car controller that meet the requirements and use NMEA network protocol by analyzing home and abroad integrated lift operation and management systems. Especially, we secured reliability of maintenance by real-time fault diagnosis and control that was implemented with limit switch, gyro sensor, temperature / humidity / barometric pressure sensor and fire detection sensor thinking over the environmental conditions of terrestrial and ship's lift. The remote safety diagnosis and maintenance system for maritime lift introduced in this paper is based on real - time remote safety diagnosis based on marine - land maritime broadband communication based on real - time remote diagnosis and quick maintenance system, which enables rapid maintenance, reduction of maintenance cost, And establishing a formalized safety inspection system.

**KEY WORDS:** Remote Control, 원격제어; Offshore, 해상;  
Sensor Network, 센서네트워크; Safety, 안전;

# 제 1 장 서 론

## 1.1 연구배경

승강기 산업은 기계, 전자, 전기 기술이 융합된 고도의 기술을 요구하는 기술 집약적 산업으로, 종류 및 용도가 다양하고 지속적인 점검과 보수가 필요하며 설치 후에도 지속적인 서비스 관리가 중요한 기계-수송 융합 부품기술이 필요한 집적 산업이다[1]. 승강기는 건축물 기타 공작물에 부착되어 일정한 승강로를 통하여 사람이나 화물을 운반하는데 사용되는 시설로서 엘리베이터, 에스컬레이터, 휠체어 리프트 등으로 정의하고 있으며, 육상뿐만 아니라 조선 해양플랜트 등 다양한 산업 분야에서 범용으로 사용되고 있는 제품이다. 국내 승강기 시장은 현재 설치대수 404,220대, 시장규모 1조 5천억 정도로 세계 11위로 큰 시장을 가지고 있으며, 그중에서도 제조 및 보수를 겸업하는 업체 100개, 전문 부품제조업체 170개, 전문보수업체 750개가 있다[2, 3].

최근 승강기 사고가 빈번히 발생하고 있으며 사고가 증가함에 따라 승강기 데이터 관리의 중요성이 부각되고 있다. 일반 육상의 승강기 고장 시 관련 엔지니어에 의해 즉시 유지보수가 가능하나 해상에서는 승강기의 고장 시 엔지니어가 항상 승선하지 않고 있기 때문에 즉각적인 유지 보수가 이루어질 수 없다. Fig. 1 (a)에서 보여주듯이 대부분의 경우 선박에서 승강기의 문제 상황을 제조사에 요청하여 다음 항구에 도착한 후 관련 선박의 관리 Agent 담당자가 승선 후에 다시 승강기를 점검 후 승강기 Maker A/S팀에 요청을 하고 관련 A/S팀이 승선하여 수리 및 부품교체 후 수리를 완료하게 된다. 그러나 원인의 예상을 잘못할 경우에는 필요 부품의 준비를 위하여 추가로 시간이 소비되며, 항구에 정박 기간 내 조치가 이루어지지 않을 경우에는 또 사용을 못하여 소비자가 불편을 감수하여야 한다. 대부분의 경우 승선한 선원의 개인적인 지식에 의하여 동작이 안 되는 증상만으로 원인을 유추할 수밖에 없으며, 이 경우 주관적인 요소가 개입됨으로 인하여 정확한 원인 유추가 어려워진다. 이러한 요소들로 인하여 수리 시간이 연장되게 되며, 이 문제를 줄이기 위하여 해양 분야에서 논의가 이루어지고 있다. 그 중 하나는 IT를 이용하는 방법이며 센서들을 중요 부품에 부착하여 중요 부품 및 주변 환경을 모니터링 하는 방법이다. 이를 이용하면 승강기에 대한 객관적인 자료를 통하여 보다

정확한 고장원인 분석이 가능하며, 신속한 고장조치가 이루어져 승강기로 인한 사고가 미연에 방지될 수 있다. Fig. 1(b)에서는 모니터링 장치를 적용 시 중간 절차가 간소해짐을 보여주고 있다.

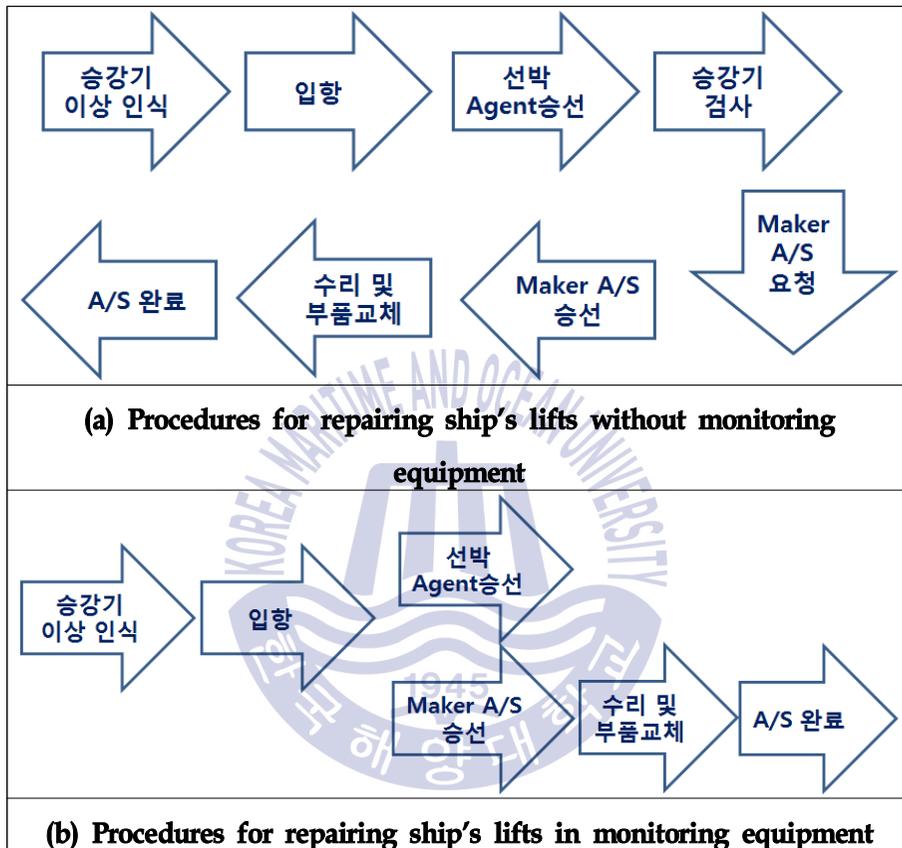


Fig. 1 Procedures for repairing ship's lift

## 1.2 연구의 필요성

선박용 승강기 산업분야는 서비스 수요의 증가에 따라 다양한 변화의 흐름에 놓여 있다. 승강기 분야는 이제 승객 및 화물의 이동서비스뿐만 아니라 안전에 필요한 다양한 서비스 제공을 요청받고 있으나 기존의 승강기 제어시스템은 이러한 사용자의 요구를 수용하기에는 부족한 실정이다[4]. 최근 홈네트워크, 지능화된 선박 및 해양플랜트 등의

건조와 더불어 승강기 산업은 IT융합 기술과의 통합을 통해 다양한 산업 영역으로 확대를 모색하고 있으며 산업 간의 경계가 사라지고 새로운 시장이 생성되는 등 다양한 변화를 만들어내고 있다[5]. 그러나 기존의 승강기 시스템은 하드웨어적인 제어와 운행에 초점을 맞추어 관리되고 있으며, 승강기 감시 수준의 서비스로 사용자의 다양하고 복잡한 요구를 충분히 반영하지 못하고 있는 실정이다[6].

선박 내 탑재되어지는 승강기는 선박의 운행에 따라, 일반용 승강기와는 다르게 선박의 운항에 따른 롤링과 피칭 시에도 신뢰성 있는 운용이 가능해야하며, 선내 분진, 진동, 충격, 전자파, 소음 등에 대한 특수 성능들을 만족해야함에 따라, 일반적인 육상용 승강기보다 열악한 해상환경에서 견딜 수 있도록 설계되어 운용되고 있으나, 수작업에 의한 정지 버튼 동작 외에는 안전 관련 제어 및 모니터링 시스템이 전무한 실정이다[7-9]. 조선 및 해양플랜트용 승강기는 기본적인 안전장치들이 탑재되었으나, 최근에는 안전사고에 대한 문제들이 나타나고 있음으로, 선박용 승강기의 안전 모니터링 및 고장진단 시스템을 위한 기술 개발이 시급히 요구되어지고 있다. 현재 사용되고 있는 승강기는 스위치 조작 기능 및 램프의 동작확인 등의 단순한 기능 제어만이 이루어지는 저가의 PLC(Programmable Logic Controller)기반으로 한 제품들로 감속기, 권상기, 개폐 장치, 와이어로프 등 승강기의 동작 제어만을 할 수 있으며, 최근에는 IT 기술이 접목되어지면서 빠르게 기술 개발을 진행하고 있으나, 안전과 관련된 모니터링 기술은 빠르게 기술개발이 이루어지지 않고 있는 실정이다[6, 9].

본 논문은 사용자의 다양한 접근 제어를 처리할 수 있는 IT 기반의 승강기 시스템관리 모델을 제시하고자 한다. 해상용 승강기의 안전 모니터링 기술 개발을 위한 주요 핵심 부품인 승강기 제어반을 선박 표준 네트워크인 NMEA 2000(National Marine Electronics Association 2000) 기반의 임베디드 시스템으로 구성하고, 선박용 승강기의 주요 안전 부품인 권상기, 감속기, 케이지, 와이어로프의 센싱을 통해 승강기 안전 모니터링 시스템을 구현함으로써, 기존의 승강기 운행 제어의 단순한 기능에만 제한되어 있는 PLC 기반 승강기 제어반을 개선하고, 선박용 승강기의 안전을 확보하기 위하여 IT 기반의 제어시스템을 제작한다. 이를 바탕으로 유무선 환경에서 서비스 가능한 모델을 구축하여 해양플랜트 등 필수적으로 안전에 대한 신뢰성이 확보되어지는 해상용 차세대 승강기 안전 관리 시스템을 개발하는 것을 목표로 하고 있다. 세부목표로는 승강기 안전모니터링

에이전트, 빅데이터 기반 승강기 모니터링 서버 유지/보수 /지원 단말 시스템 개발이 있다.

본문의 구성은 다음과 같다. 제 1장은 전체적인 선박용 승강기의 동향 및 배경에 대하여 설명하며 본 연구의 필요성에 대하여 설명하였다. 제 2 장에서는 안전관리 시스템의 데이터 취득을 위한 승강기의 구조, 선박 표준네트워크, 고장진단센서, 안전 모니터링 시스템에 대하여 설명하였다. 제 3 장에서는 테스트베드를 구축하여 실제로 PLC를 대체한 임베디드 시스템을 구축하여 선박용 승강기 안전관리 시스템의 설계 및 구현에 대하여 기술하였다. 제 4 장에서는 본 시스템의 연동 및 데이터 검증을 하였으며, 제 5 장에서는 결론을 제시하였다.



## 제 2 장 관련 연구

### 2.1 승강기의 기술 동향 및 구조

#### 2.1.1 국외 육상 승강기 관리시스템 기술 동향

마이크로소프트(MS)는 사람의 동작에 반응하는 스마트 엘리베이터 개발 사례로 얼마 전 키넥트 카메라를 탑재해 운행 중인 스마트 승강기를 개발하였으며, 이 엘리베이터는 사람의 탑승 기록을 비롯한 다양한 요소들을 분석해 특별한 조작 없이도 원하는 층으로 사람을 이동시켜주는 기술을 연구하였다[10].

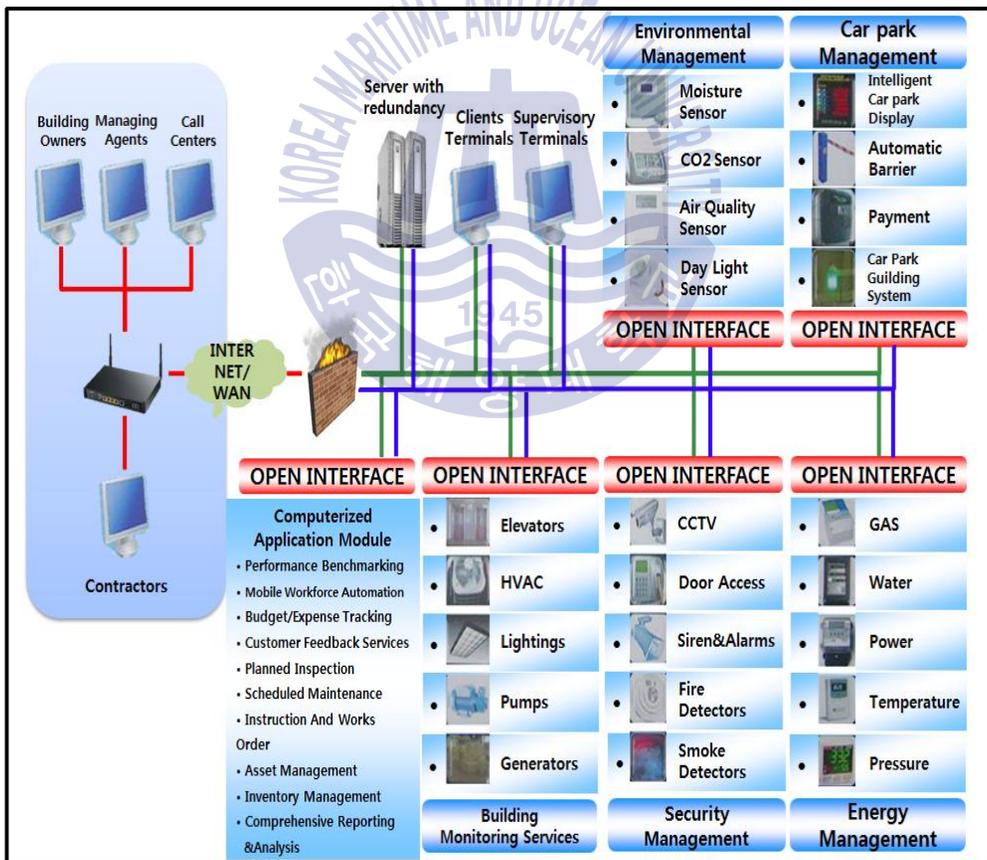


Fig. 2 Diagram of TMS (Tele Monitoring System)

Fig. 2는 싱가포르의 승강기 원격감시시스템의 블록도로서 승강기의 환경관리, 주차관리, 건물감시, 보안관리, 에너지 관리를 통합적으로 운용하는 시스템으로 승강기의 운행 정보를 실시간으로 모니터링 할 수 있으며, 건물에 설치되어진 승강기에 대한 고장 발생여부 및 점검여부의 정보를 수집, 모니터링하여 고장률 등을 관리함으로써 제조업체 및 유지보수업체의 등급을 관리할 수 있도록 연구하고 있다[11].

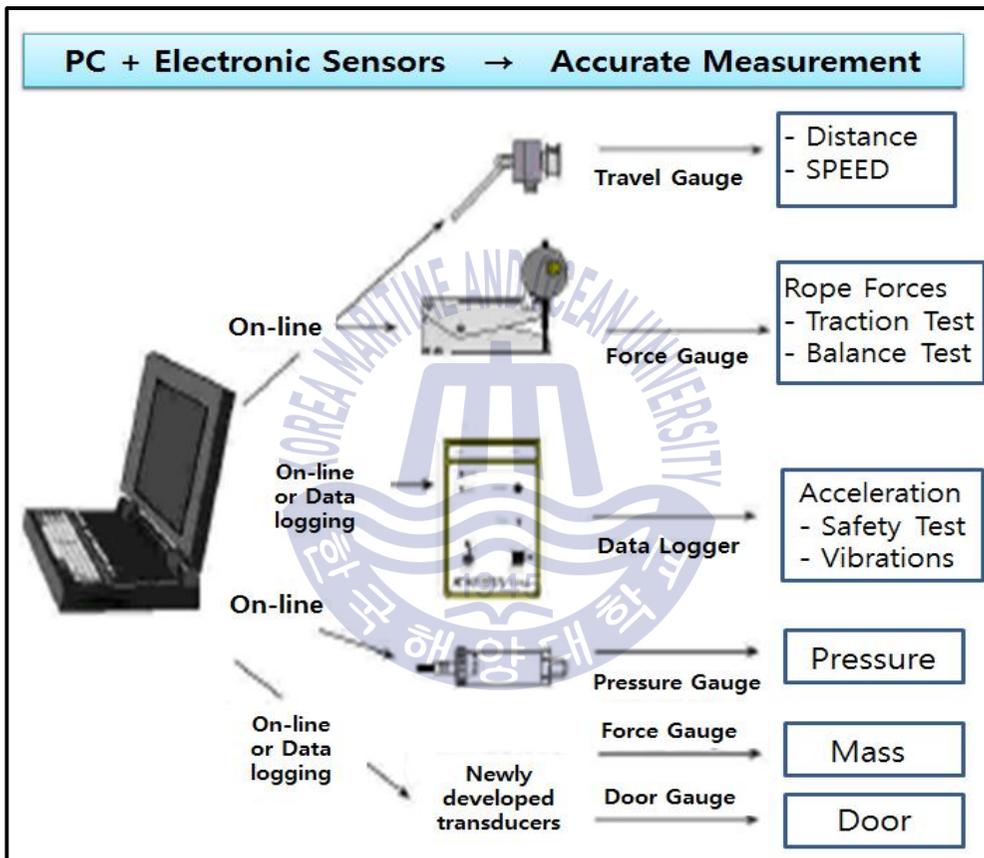


Fig. 3 Diagram of ADIASYSTEM

Fig. 3은 독일 TUV社의 ADIASYSTEM에 대한 구성도로서 엘리베이터를 검사하는 PC 기반 솔루션으로 승강기 매개변수의 기록, 평가, 문서화 할 수 있으며, 승강기 안전규격에 따른 신설 승강기의 가동시험에 요구되는 하중시험을 이 시스템으로 대체할 수 있도록 연구하고 있다[12].

### 2.1.2 승강기의 구조

승강기는 설비에서 주요 구조물 중의 하나로서, 승객이 탑승하는 카와 카의 무게와 균형을 맞추기 위한 균형추가 있으며, 카와 균형추는 가이드레일을 따라서 운행된다. Fig. 4에 승강기의 구조를 나타내었다[14].

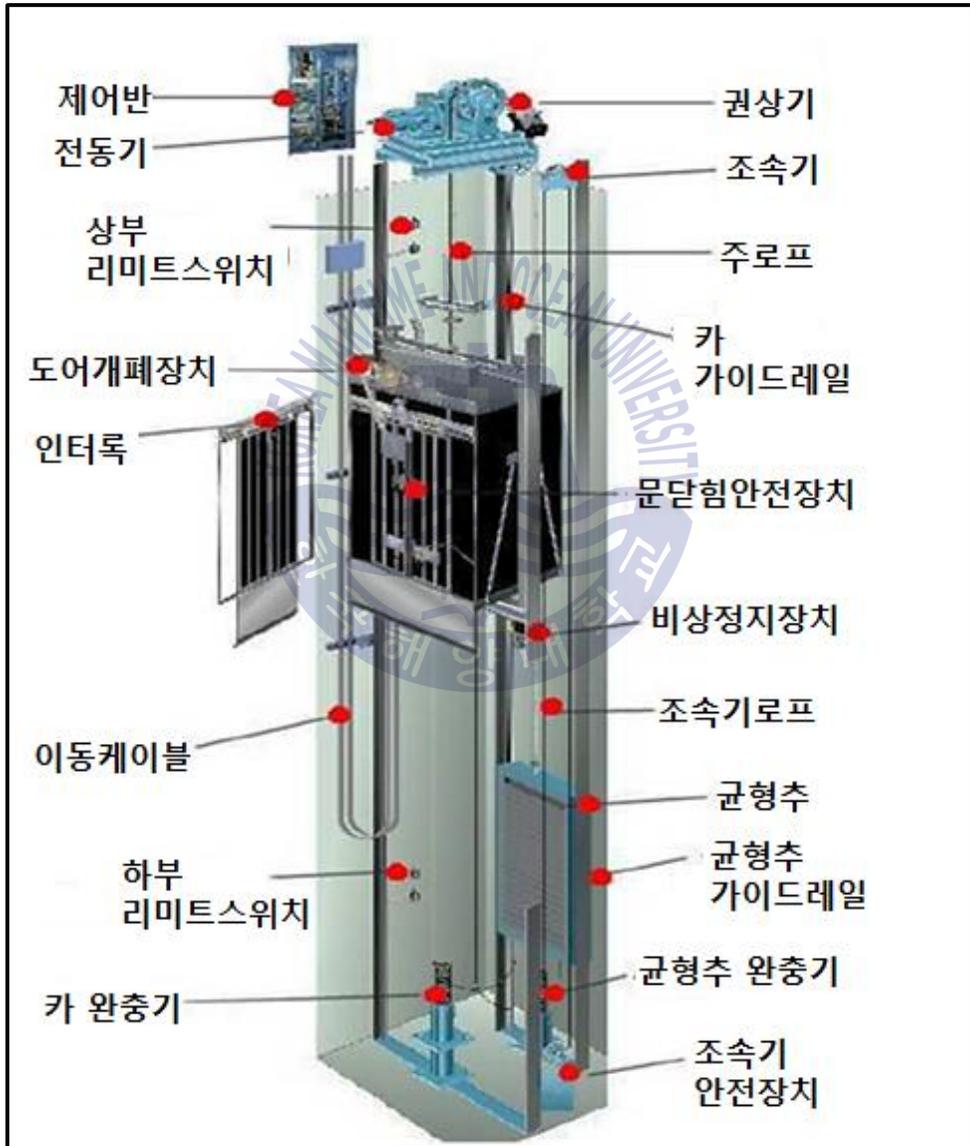


Fig. 4 Structure of ship's lift

권상기는 승강기를 끌어 올리거나 내리는 기계이고, 제어반은 승강기의 운행에 따른 모든 제어회로가 집중된 장치로 전압 및 전류를 제어하여 규정된 속도로 동작할 수 있도록 주행 속도를 제어하고, 승객의 호출에 대하여 응답하기 위해 신호를 제어하며, 여러 종류의 안전장치들이 보내는 신호를 받아 안전상의 이상 유무를 판단하고 운행 및 안전장치에 필요한 전원을 공급하는 등의 역할을 한다. 이와 같이 제어반은 승강기의 운행에 필요한 모든 제어를 하는 중요한 장치로서 금속함으로 보호되어 있다. 조속기는 조속기 로프에 의해 회전되어 카와 같은 속도로 움직이며 항상 카의 속도를 검출하는 장치로 비상정지장치를 동작하게 하기 위하여 원심력을 이용하는 장치이다.

비상정지장치는 조속기 동작에 통하여 승강기를 안전하게 멈출 수 있도록 하는 장치로서 카 하부에 설치되어 동작 시 가이드레일을 고정시켜 카를 정지시켜 준다. 승강기의 권상 로프는 와이어로프라고 부르는 강철제의 로프로써 구성은 합성섬유나 천연섬유를 와이어로프 모양으로 꼬아서 제조하고 그리스를 포함하고 있는 심장과 강철제의 소선, 그리고 이 소선의 꼬임체인 스트랜드로 만들어져 있다.

카는 승강기에서 승객이나 사람을 싣는 케이지를 승강로 내에서 안전하고 정확하게 수직이동 시키는 구조물이다. 도어개폐장치는 승강기 승강장 도어의 열림을 방지하는 장치로서 승강기가 목적층에 도착하여 승강 도어를 여는 경우 외에는 승강장 도어가 열리지 않도록 하는 기능을 한다.

인터록은 승강 도어 상부에 설치되며 승강로 밖에서 승강장 도어를 열 수 있게 하는 장치로 정전 또는 비상 상황에서 카 내의 승객을 구출하기 위한 장치이다. 문닫힘 안전장치는 카도어에 설치되며 도어가 닫히고 있을 때 어떤 물체가 도어 사이에 끼일 경우, 이를 검출하여 도어가 다시 열리게 하여 주는 장치로서 광전 장치와 같이 장착될 수도 있다. 완충기는 카나 균형추가 최하층 아래로 하강할 경우, 카나 균형추의 운동 에너지를 흡수하거나 분산시켜 카나 균형추를 안전하게 정지하도록 한다.

## 2.2 선박표준 네트워크

### 2.2.1 선박표준 네트워크의 개요

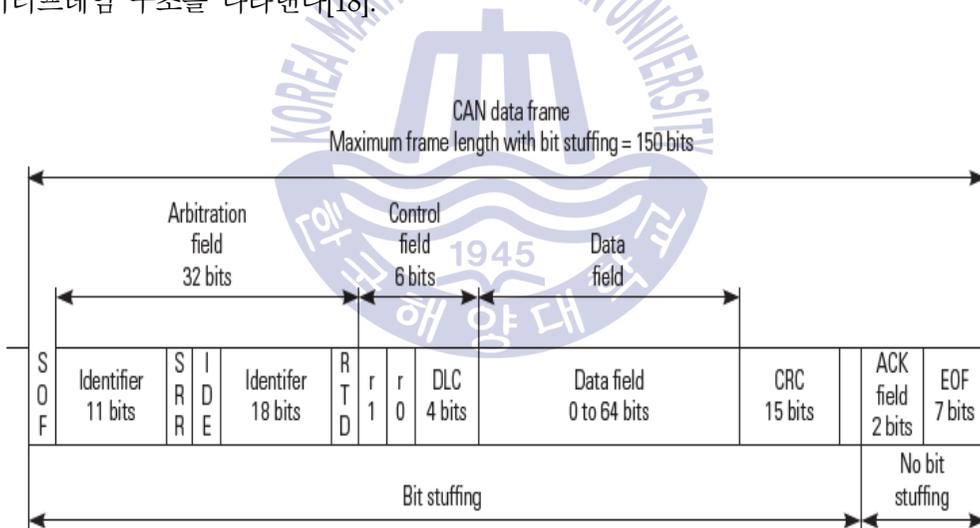
NMEA는 1980년대 NMEA 0183 표준으로 알려진 미국 선박전자협회이며, NMEA 0180/0182로 선박의 자동조타시스템을 위하여 조타/위치 정보에 관한 선박 인터페이스 표준을 세계 최초로 규정하였다. NMEA 0183을 표준 출력장치로 모든 선박장비들의 항해장치가 채택함으로써 널리 알려지게 되었다. NMEA는 1957년 뉴욕 보트쇼에서 선박전자 기자재 업체 간에 연동문제를 해결하기 위한 방법을 논의하면서 시작되었다. NMEA 초기단계에는 USCG(US Coast Guard), FCC(Federal Communications Commission), RTCM(Radio Technical Commission for Maritime Service)과 조직적인 관계로 시작하였으나, 지금은 독립적인 기관으로 활동하고 있다[15].

NMEA 0183은 1980년대 초 자동조타장치 제조자인 Robert Freeman 박사의 공헌으로 기틀을 마련하였으며, Frank Cassidy의 노력으로 널리 알려지게 되었다. Frank Cassidy는 IEC에 의해 국제 표준으로 NMEA 0183이 채택되는데 많은 공헌을 했다. 그 후 기술이사인 Steve Spitzer와 많은 지원자들이 NMEA를 미래의 표준개발과 NMEA 0183의 확장을 위해 노력을 아끼지 않았다. 1980년대 초에는 Don Derryberry의 도움으로 CMET(Certified Marine Electronic Technician Program)이라는 선박전자 기술자를 인증하는 프로그램을 개발하고, 이를 통하여 선박에 선박전자기기를 설치하는 기술자는 일반전자에 대한 기본적인 지식에 선박관련 추가 전자지식이 필요하다는 것을 사용자가 인식하게 되었다. 2002년 11월 1일, NMEA는 NMEA 0183HS(NMEA 0183 High speed) 38.4K Baud Serial Data Standard for Interfacing Marine Electronic Devices Version 1.01을 제정했고 IEC는 NMEA 0183HS를 IEC 61162-2 Digital Interface, Maritime Navigation and Radio communications Equipment and Systems, Part2 Single Talker and Multiple Listeners, High Speed Transmission으로 정했다. NMEA 2000 Standard for Serial Data Networking of Marine Electronics Devices는 1994년부터 산학연 40개 기관 이상이 5년간 개발하고 18개월간의 시험기간을 거쳐 2001년 10월 공식적으로 발표하였다. 2004년 10월에Ver.1.200이 발표되었으며 2008년

6월에 IEC 61162-3로 채택되었다. 2009년에는 Ver. 1.300이 발표되었다. NMEA 0183도 발전하여 2008년 11월 1일 NMEA 0183 Ver 4.0이 발표되었으며, 이는 IEC 61162-450 재정 작업에 많은 영향을 주고 있는 것으로 알려지고 있다. 현재 NMEA의 회원 수는 전 세계 40개국에 600여 회원으로 제조자, 무역업, 공급자, 조선소, 보트빌더, 정부, 협회, 대학 등 다양한 회원으로 구성되어 있다[16, 17].

### 2.2.2 NMEA 2000 프로토콜 데이터베이스

NMEA 2000의 물리계층은 CAN(Controller Area Network)2.0B를 사용하기 때문에 CAN의 프레임을 상속한다. CAN은 29비트 ID와 11비트 ID 두 종류가 있다. NMEA 2000은 29비트 ID를 사용하며, CAN의 데이터는 8바이트이고 이를 베이스로 한 NMEA 2000 역시 한 개의 프레임 당 데이터는 8바이트이다. Fig. 5은 NMEA 2000의 데이터프레임 구조를 나타낸다[18].



**Fig. 5** Data frame structure of NMEA 2000

NMEA 2000의 응용계층에는 NMEA 2000 프로토콜이 올라가 있으며 데이터 메시지와 네트워크 관리 메시지가 있다. 모든 메시지는 CAN의 29비트 ID에 PGN(Parameter Group Number)로 정의되며, NMEA 2000의 표준부록 B에 정의되어 있다. Fig. 6는 CAN ID와 PGN의 관계를 도시한다.

PDU Format	29bit Identifier						PGN 개수
	Priority 3bit	EDP 1bit	DP 1bit	PF 8bit	PS 8bit	SA 8bit	
		PGN					
PDU1	0-7	0	0	0-239	DA 0-255	SA 0-255	240
			1	0-239	DA 0-255	SA 0-255	240
PDU2	0-7	0	0	240-255	GE 0-255	SA 0-255	16x256 =4,096
			1	240-255	GE 0-255	SA 0-255	16x256 =4,096

**Fig. 6** CAN ID and PGN relationship

Fig. 4에서 NMEA 2000의 PGN은 PDU1과 PDU2로 구분된다. PDU(Protocol Data Unit)는 ISO 11783-3에 정의되며, PDU1은 PDU Format 1 Byte가 239보다 작은 것을, PDU2는 PDU Format이 240 이상의 것이다. ISO 11783에서 Extended Data Page는 현재 0만 사용하고 있으며, 1은 추후 사용될 PDU를 위하여 남겨 놓았다. 따라서 NMEA 2000에서도 Extended Data Page는 0만을 사용하고 Data Page는 0과 1을 사용한다. 따라서 PGN의 수는 PDU1이 480개이고, PDU2가 8,192개를 사용할 수 있으며 총 8,672개의 PGN이 사용 가능하다. 또한 PDU1은 PS가 목적지 주소이며 정보를 정해진 주소에 전달하는 PGN이고, PDU2는 PS가 Group Extension으로 전체 주소에 송신하는 PGN으로 사용된다. Priority 3비트는 CAN 프레임에 우선적인 순위이고, 실제 SA를 평정할 때의 SA의 우선권은 Name Field의 우선순위에 따라 가지게 된다. PGN의 종류는 장치가 자기의 정보를 주기적으로 네트워크에 보내는 Periodic PGN, 다른 장치로부터 요구되어지는 정보에 응답하는 응답 PGN, 네트워크에 접속하기 위한 프로토콜 PGN으로 구분되어진다. 주기적 PGN은 장치의 목적에 따라 다르게 사용된다. 프로토콜 PGN과 응답 PGN은 기능의 수는 다르지만 네트워크 PnP를 사용하기 위해 필수적으로 가져야 하는 기능이다. Fig. 7은 네트워크 관리를 위해 반드시 지켜야 하는 프로토콜 PGN의 일부이다[19].

Message	PGN	PF	PS	SA	DLC	Data
주소요청을 위한 요구 (request PG)	59904 <sup>a</sup>	234	DA	SA <sup>b</sup>	3	PGN 60928
주소요청	60928	238	255	SA	8	NAME
cannot claim source address	60928	238	255	254	8	NAME
Commanded address	65240	254	216	SA	9 <sup>c</sup>	NAME, new SA

a : ISO 11783-3 참조  
b : SA는 주소가 아직 요청되지 못했을 때 254로 설정될 수 있다.  
c : commanded address 메시지는 트랜스포트 프로토콜의 방송모드(BAM: Broadcast Announce Mode)를 사용해 송신된다.

**Fig. 7** Protocol PGN

### 2.2.3 선박표준 네트워크의 하드웨어 구성

NMEA 2000은 백본의 길이 200m까지 가능하며, 250kbps 전송속도를 가지며 물리계층은 29비트의 ID를 가진 CAN 2.0B를 사용한다. CAN은 실시간 기반의 제어네트워크이다. 흔히 많이 사용되는 실시간 제어 네트워크인 TCP/IP와 비교해도 250kbps라는 낮은 전송률로 실시간제어가 되는 것은 이진데이터를 사용하여 데이터의 집적도를 높였으며, TCP/IP(Transmission Control Protocol/Internet Protocol)에 비교하여도 헤더가 29비트 밖에 되지 않고, TCP/IP에서 사용하는 CSMA/CD(carrier Sense Multiple-Access/Collision Detection)가 아니라 비트간격으로 충돌을 중재하는 알고리즘을 가진 CSMA/BA(Carrier Sense Multiple Access/Bitwise Arbitration)로 충돌자체가 일어나지 않도록 한 것이다. 이러한 이유로 자동차와 같은 실시간제어에 사용되고 있다[20]. 물론 백본의 길이가 200m이고, 물리적 노드가 50개이며, 논리적 노드가 254개로 제한을 가지고 있어서 대형선박에 사용하는 것이 다소 문제의 소지가 있다고 하지만 Bridge로 다수의 백본을 연결함으로써 극복 가능하다.

SOLAS 선박에 사용하기 위해서는 필수적으로 이중네트워크로 구성 되어야 한다. NMEA 2000은 Class 1과 2로 구성되어지며 1은 한 개의 백본이 요구되고, Class 2는 두 개의 백본으로 이중화가 요구된다. CAN은 송신과 동시에 수신으로 감청이 이루어지며 보내는 값과 감청 값이 상이하면 충돌되었음을 인식하고 0을 내는 우선권을 가진

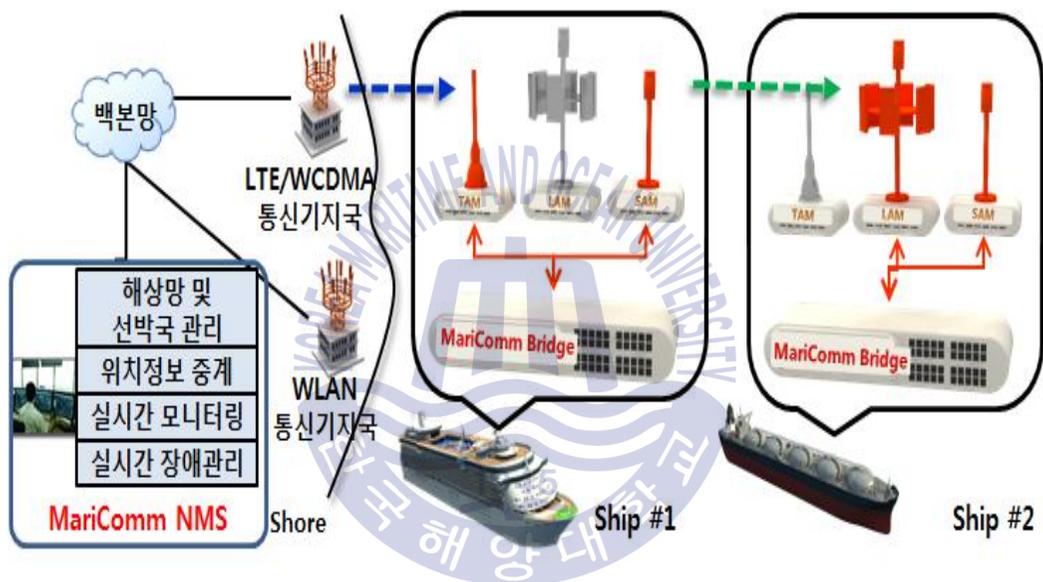
송신측이 계속 송신한다. 반면에 1을 내고 0을 감청하는 장치는 낮은 우선순위를 가져 송신을 중단함으로써 우선권을 가지는 장치는 연속적으로 송신이 가능하게 된다. 네트워크 케이블은 전류의 크기에 따라 Heavy와 Light케이블로 나누고 커넥션은 Mini-C와 Micro-C 두 종류가 있다. Fig. 8에서와 같이 장치는 드롭케이블로 연결되며 네트워크는 T 커넥터로 장치와 연결된다. 드롭케이블은 6m 이하이며, 네트워크 종단에는 120Ω의 종단저항을 접속한다. 네트워크 전원은 선박에는 모두 24볼트를 사용하기에 24볼트이다[20].



**Fig. 8** NMEA 2000 drop cable

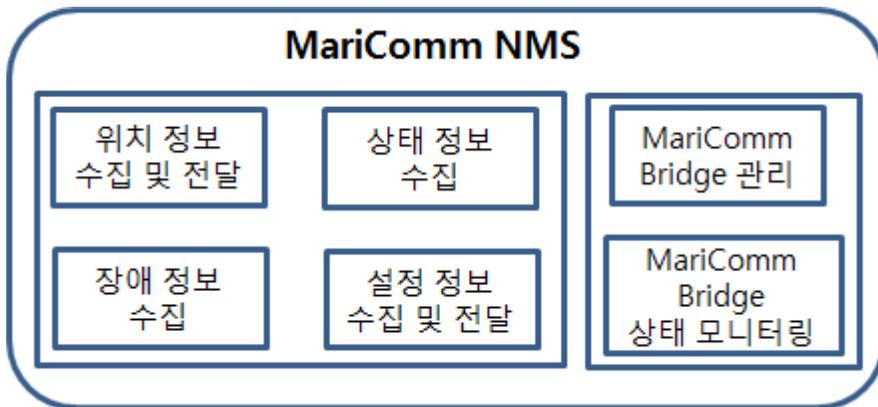
### 2.3 해상 광대역 통신 시스템

해상 광대역 통신 시스템 NMS (NETWORK MANAGEMENT SYSTEM, 이하 NMS) 기술은 다수의 MariComm(Maritime Broadband Wireless Data Communication System) Bridge를 통합적으로 관리 가능하도록 각각의 MariComm Bridge로부터 네트워크 상태 정보 및 위치 정보, 모듈 상태 정보, 고장 정보 등을 수집하여 저장하고 관리자가 특정 MariComm Bridge 의 설정을 변경하여 관리할 수 있는 기술이다[21].



**Fig. 9** Concept of marine broadband communication system

Fig. 9의 그림은 해상 광대역 통신 시스템의 개념을 나타내고 있다. 선박을 이용하여 다수의 MariComm Bridge를 구성하고 이로부터 위치 정보, 네트워크, 모듈 상태 정보, 고장 정보 등을 수집하여 Web GUI 를 통해 관리를 가능하며, MariComm Bridge 관리 기능, 위치 정보 수집 및 전달 기능, 네트워크 및 모듈 상태 정보 수집 기능, 장애 정보 수집 기능, 정보 수집 및 전달하며, 이를 육상의 WLAN 또는 LTE CDMA등을 통하여 육상에서 관리 가능하도록 구성되어 진다. 육상의 NMS기능은 Fig. 10에서 간략하게 도식화하여 표현하고 있다[21].

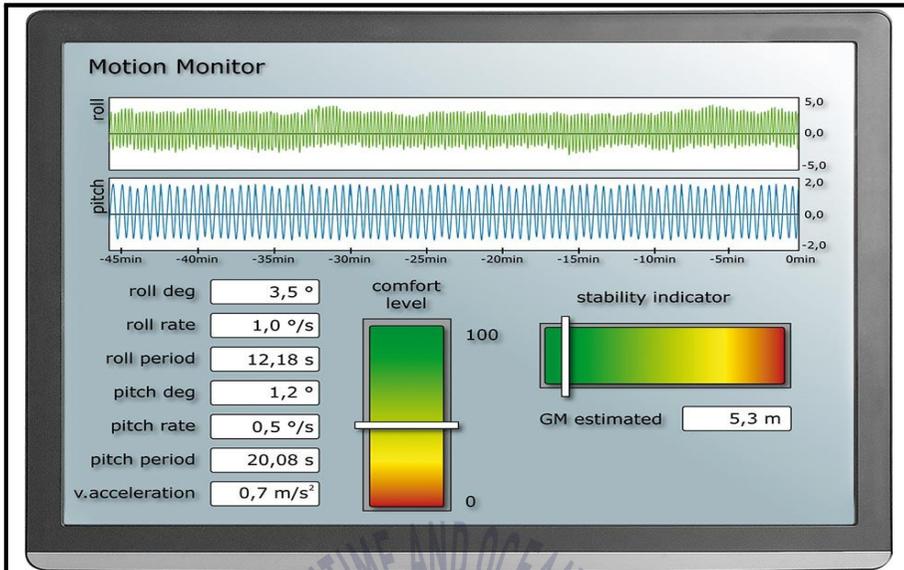


**Fig. 10** Function of maritime broadband communication system

해상 광대역 통신 시스템은 해상망 관리 및 해상의 선박 통신국들에 대한 실시간 모니터링 및 장애관리를 할 수 있다. 현재 VTS(Vessel Traffic Services) 센터에서 AIS(Auto Identification System)와 레이더 등을 통해서 선박 위치정보를 수집해서 해상 교통을 관제하고 있으며, 해상 통신망 관리, 선박 통신국 실시간 모니터링 및 장애관리 등 해상 통신망과 해상 통신국의 관리 기능을 제공하는 시스템 개발이 급속히 진행되고 있다. GMDSS(Global Maritime Distress and Safety System)의 현대화, e-Navigation의 실현 등으로 4S(Ship to Ship, Ship to Shore) 통신의 필요성 증가하고 있으며, 선박의 항해 중 인터넷 접속 등 대용량 데이터 전송에 대한 요구가 증가하고 있으며 아날로그 통신에서 디지털 통신으로 진화하고 있다. 해상에서 운항하는 선박에 탑재되어진 승강기는 그 유지보수가 어려우며, 해상 통신망 및 통신국에 대한 실시간 모니터링과 장애관리 등의 기능은 새로운 해상 광대역 통신 시스템의 상용화에 필수적인 기능이 요구되어지고 있다[22, 23].

## 2.4 안전 모니터링 시스템

현재 선박에서는 Fig. 11과 같이 선박 안전에 대한 주요 모니터링이 가능한 부분인 유속, 유량, 엔진, 추진기에 온도, 압력, 레벨 센서를 이용해 Wheel House 또는 Engine Control Room에서 GUI기반의 모니터링 시스템을 적용하고 있으나, 승강기의 안전 모니터링 시스템은 개발이 진행되지 않고 있다[24].



(a) Motion monitoring

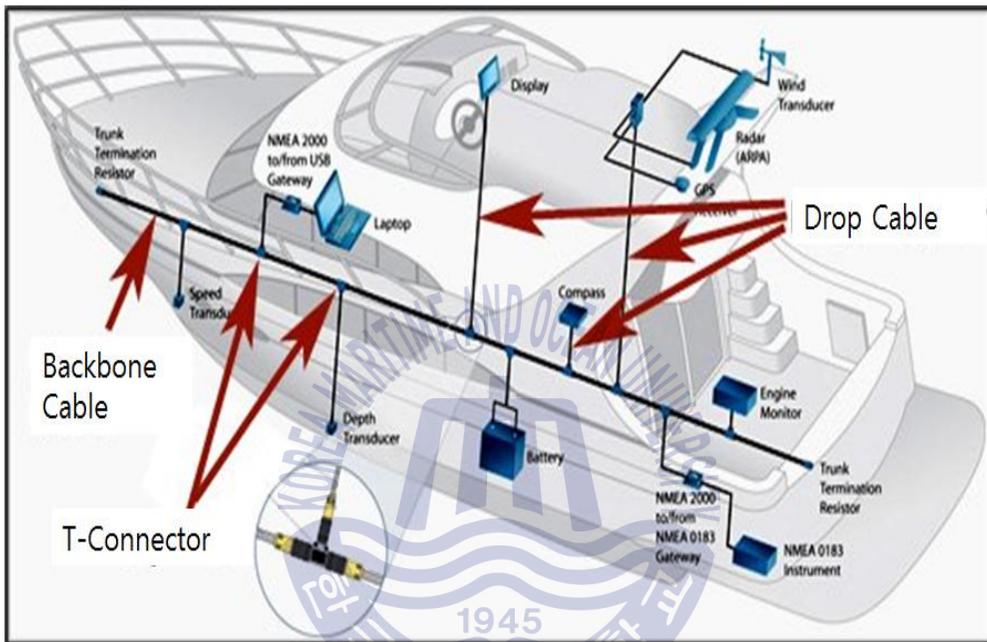


(b) Engine monitoring

**Fig. 11** PC based monitoring system for ship sensor

현재 국내 선박에 적용되고 있는 선박 모니터링 시스템의 경우, 국외 제품이 대부분 적용이 되고 있으며, 솔루션 구축비용이 매우 고가로 구성되어 있다. 그러므로 현재

선박에서 사용하고 있는 센서와 특성에 따라 다른 인터페이스가 시스템으로 구현되어져야 한다. 또한, Fig. 12와 같이 기존에 선박용 센서를 적용하고 NMEA 2000 전용 인디케이터를 설치하여서 모니터링 가능한 제품들은 CAN 백본망에 Drop Cable을 사용하여 직접 연결하여 사용할 수 있게 구성되어 있다[25].



**Fig. 12** NMEA 2000 monitoring system connection

## 제 3 장 선박용 승강기 안전 시스템 설계 및 구현

### 3.1 시스템 개요

승강기 고장 진단 및 안전을 모니터링하기 위해 승강기의 운행에 안전을 위해 필수적인 점검 고장 진단 안전 부품들을 기준으로 다음의 센서데이터를 실시간으로 모니터링 하고 이를 유지보수 작업자 및 사용자 에게 실시간으로 제공하거나 통신의 문제가 있을 경우 데이터베이스화하여 제공하고자 한다. Fig. 13은 선박용 승강기에 대한 고장진단 센서 구성과 승강기 제어기와 안전관리 에이전트, 그리고 안전관리 서버와의 실시간 제어 및 안전 진단을 위한 개념도를 나타내고 있다[26].

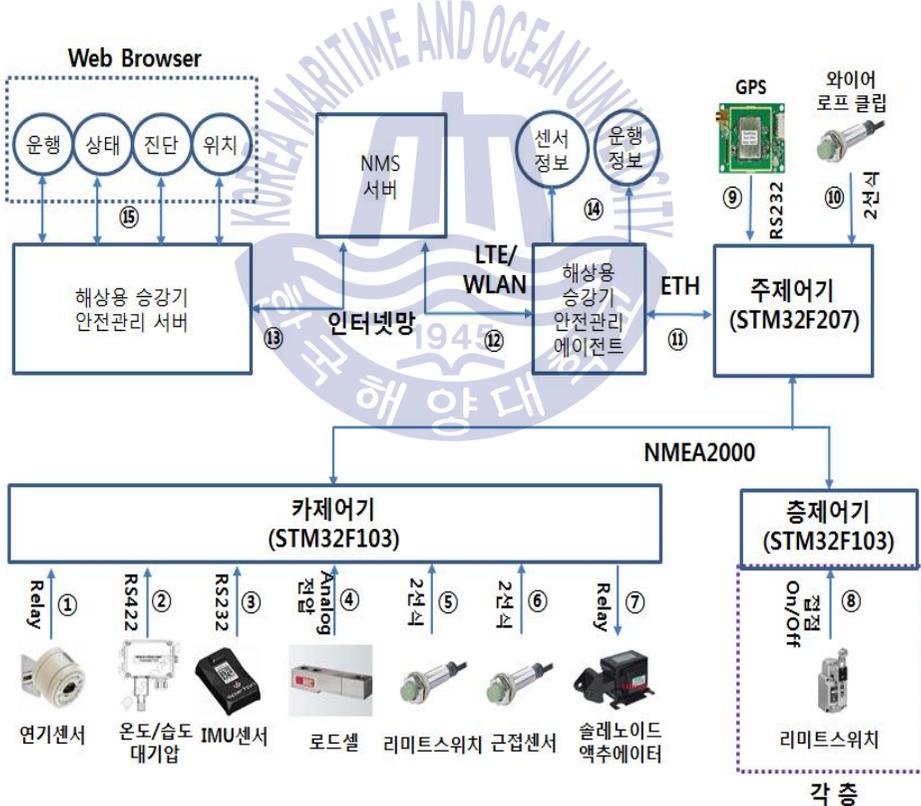
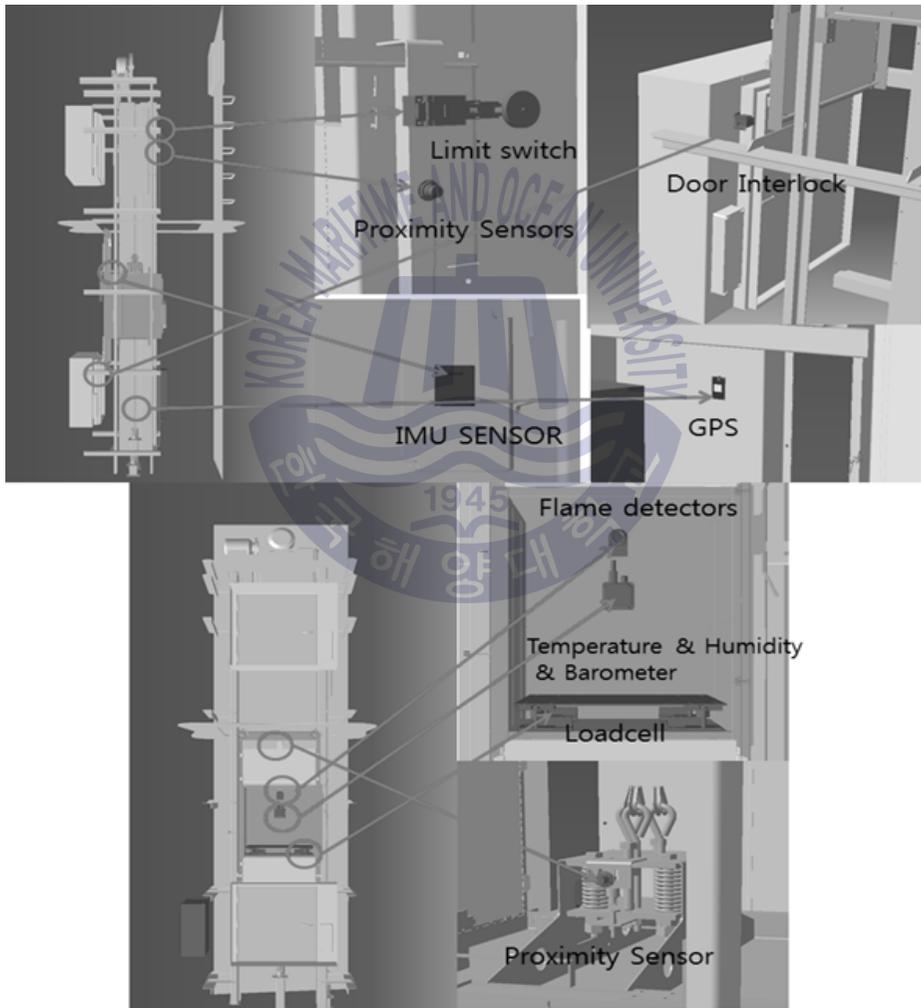


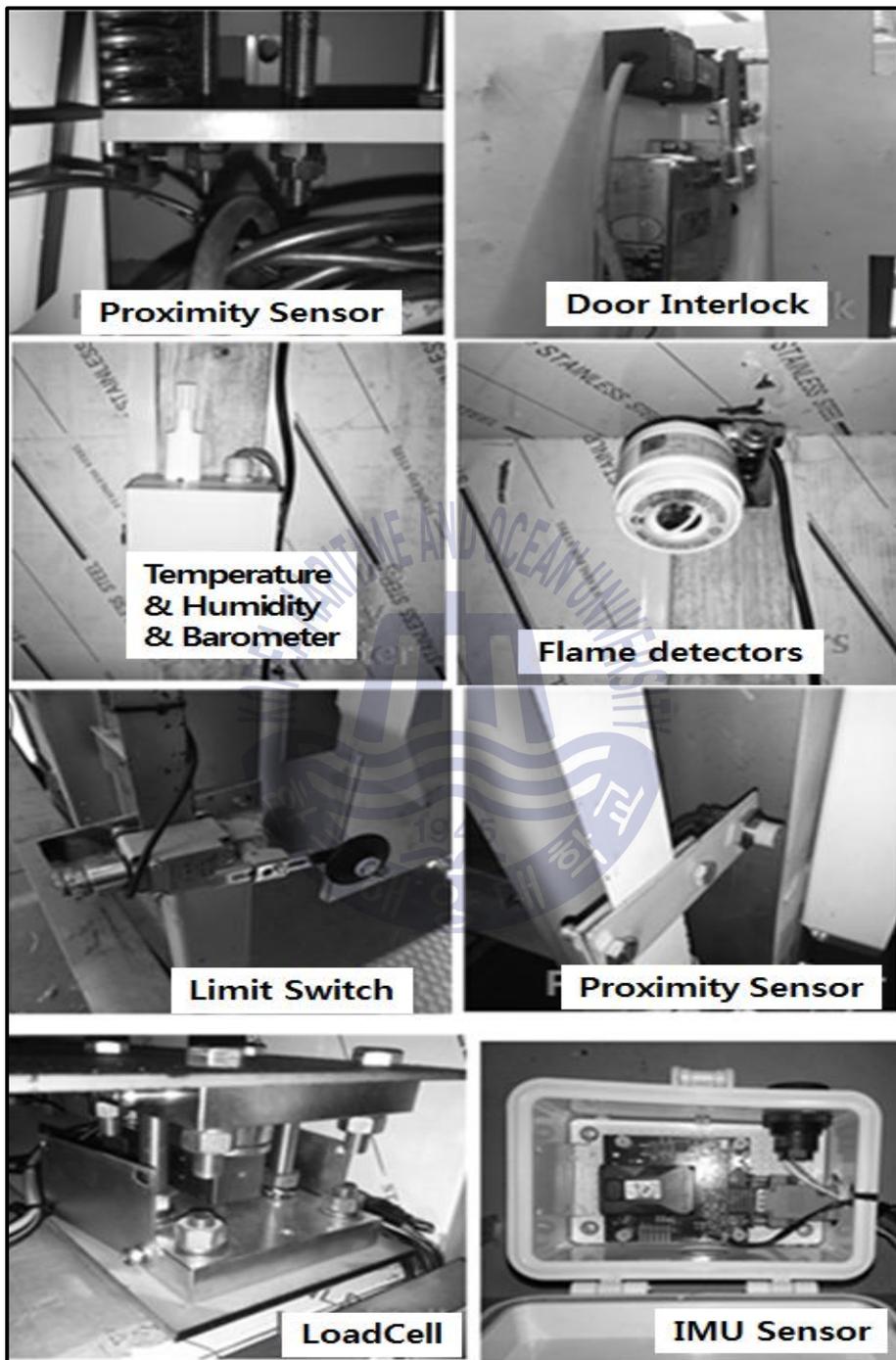
Fig. 13 Safety monitoring sensor system for ship's lift

### 3.2 테스트베드 센서 설치 구현

승강기 안전관리 시스템은 인터넷으로 연결되어진 선박용 안전관리 서버를 통해 승강기의 운행, 상태, 진단, 위치 등을 실시간으로 모니터링 할 수 있게 설계하였다. Fig. 14는 각 센서들이 선박용 승강기에 적절한 위치에 설치 가능한지에 대한 모델링이며, 이를 통하여 최적의 설치위치에 설치하였다.



**Fig. 14** Sensor modeling



**Fig. 15** Sensor installation location

Fig. 15는 Fig. 14를 바탕으로 하여 실제로 선박용 승강기에 각각의 센서를 카 제어기, 층 제어기, 주 제어기 세부분으로 구분하여 실제 설치한 사진이다. 카 제어기는 화재감지센서, 온도/습도/대기압 센서, 관성 측정 장치 센서, 로드셀, 리미트 스위치, 근접센서, 승강기 문 개폐 장치 정보를 위한 인터록의 정보를 전달하고, 층 제어기는 리미트 스위치 정보를 통하여 층에 대한 정보를 전달하며, 주 제어기는 NMEA 프로토콜 기반으로 전송되어진 각 센서들의 데이터들을 하나의 선로를 통하여 데이터들을 이더넷으로 송수신한다.

**Table 1** NMEA definition of applicable sensor of this test

Sensors	Description	NMEA 0183 Format Definition
Fire Sensor	SFD : Smoke Fire Detector	\$ELXDR,0000001,064951.000,0*64 <CR><LF>
Temperature /Humidity/ Barometric Pressure Sensor	EL : lift System XDR : Transducer Measurements	\$ELXDR,0000001,064951.000,C,-0.5,C,TEMP,H,50.3,P,HUMI,P,1000.5,P,BARO*41 <CR><LF>
IMU Sensor	SPA : Sparton Inertial Measurement	\$ELSPA,0000001,064951.000,PITCH,5.5,ROLL,-2.4,TILT,5.9*3C<CR><LF>
LoadCell	LDC : Loadcell	\$ELLDC,0000001,064951.000,C1,500,C2,490,C3,0,C4,0*60<CR><LF>
Proximity Sensors	PRX : Proximity Sensor	\$ELPRX,0000001,064951.000,0*6F <CR><LF>
GPS	RMC : Recommended MinMUgation Information	\$ELRMC,0000001,064951.000,2307.1256,N,12016.4438,E,060815*61<CR><LF>
Operating Information	EL : lift System OPR : Operation	\$ELOPR,0000001,064951.000,MODE,0,DR,0,FLR,3,STA,0*6C<CR><LF>
Emergence	EMC : Emergency	\$ELEMC,0000001,064951.000,0,0*62 <CR><LF>

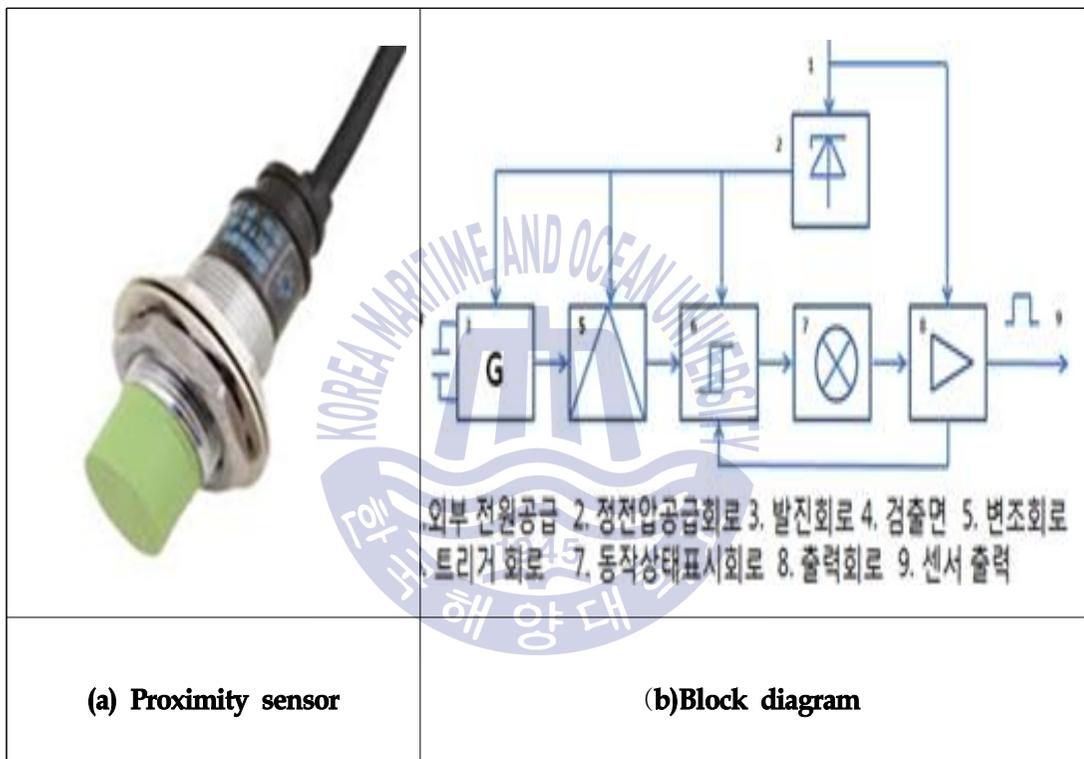
Table 1과 같이 약속된 데이터 포맷을 통하여 주 제어기와 해상용 승강기 안전관리 에이전트 사이에 선박용 승강기의 고장진단 센서에 대한 정보를 주고받기 위해 정의된 메시지를 보여주고 있다. 선박용 승강기 안전관리 에이전트는 이더넷을 통해 전달되어진 데이터를 LTE/WLAN을 통해 인터넷으로 연결되어지며, 해상용 승강기 안전관리 서버는 승강기들의 상태에 대한 정보들을 지속적으로 저장 및 관리한다.

승강기 고장 진단 및 안전을 모니터링하기 위해 승강기 운행의 안전을 위해 필수적인 점검, 고장진단 안전부품들을 기준으로 다음의 센서 데이터를 실시간으로 모니터링 하고 이를 유지보수 작업자 및 사용자에게 실시간으로 제공하고자 한다. 이를 위하여 센서들의 특성을 알아야 하며 센서들의 특성은 다음과 같다[26].

### 3.2.1 근접센서

근접센서는 검출 물체의 접근을 비접촉으로 검출할 수 있는 센서이며, 크게 검출 방식은 전자 유도를 이용하여 검출하는 고주파 발진형, 자석을 이용한 자기형 그리고 검출 물체와 센서 사이의 정전 용량의 변화를 검출하는 정전 용량형으로 총 3가지 방식으로 구분한다. 이중 본 연구에서 사용된 근접센서는 정전용량형 근접센서는 비접촉으로 센서를 손상시키지 않고 검출이 가능하여 수명이 길고, 응답주파수가 높아서 고속으로 이동하는 물체도 안정되게 검출되고 반복정밀도가 매우 높아서 위치 감지용 센서로 적합하여 Fig. 16 (a)와 같이 AUTONICS사의 제품을 선정하였다. 동작원리는 Fig. 16 (b)를 참조해서 설명하면, 외부 전원 DC24V가 공급되면 정전압공급회로를 통하여 발진회로, 변조회로, 트리거회로, 출력회로에 전원을 공급하면 Fig. 17의 'A' 부분에서와 같이 비검출 부분에서는 전압의 진동폭은 0V에 가깝다[27]. 점차적으로 검출면에 물체가 감지되면 충전전하가 증가하여 정전용량이 증가하게 되어 Fig. 17의 'B'와 같이 부분전압의 진동폭이 점차적으로 커지게 되고, Fig. 17의 'C'와 같이 신호가 기준치 이상으로 커지면 변조회로에서 신호를 감지하고 트리거 회로를 통하여 2진 출력으로 센서 출력이 이루어진다. 이와 동시에 동작상태 표시회로가 동작하여 동작표시등이 켜지게 된다. 위와 같은 원리로 승강장-승강기의 거리를 감지하기 위하여 정전용량형 근접 센서를 사용하게 되며 이 때 설치 시 기준이 되는 거리인 15mm에 맞추어서 설치하여야 한다. 설치시의

오차에 의하여 오작동하는 경우가 발생함으로 이 점을 주의하여야 한다. 설치가 완료되면 승강기와 승강장의 거리가 15mm 이상으로 이격될 경우에 근접센서가 OFF가 되어 긴급 상황으로 간주하고 문을 열리지 않도록 하고 15mm 이내에 들어오게 될 경우에는 승강기가 승강장에 설치되어 있는 근접센서가 ON이 되어서 안전하다고 인지하여서 문이 열릴 수 있도록 하는 안전장치의 역할을 한다.



**Fig. 16** Proximity sensor product photo and drawings

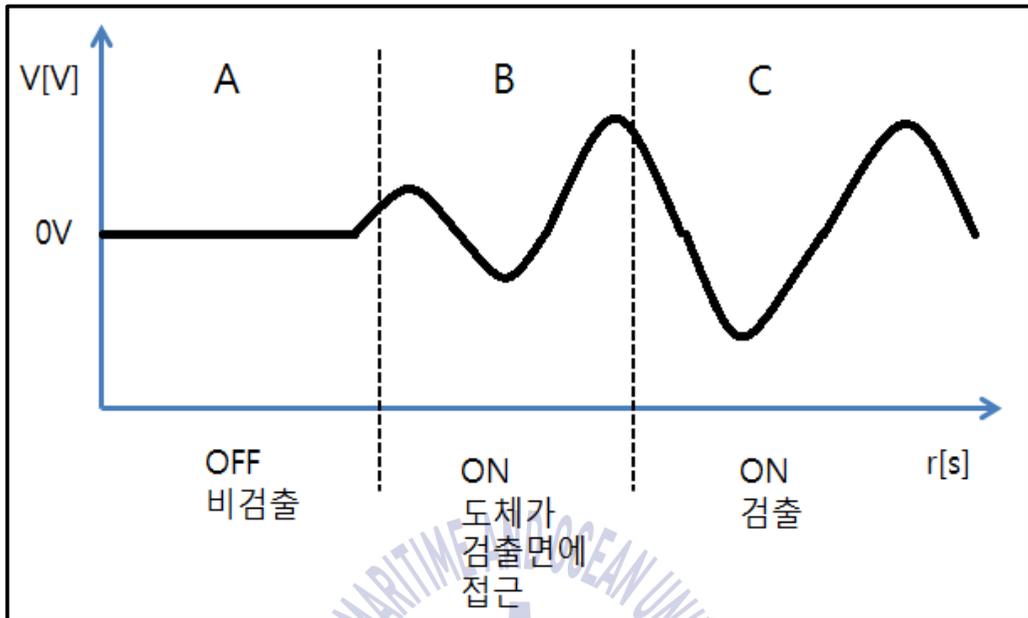


Fig. 17 Proximity sensor operating graph

### 3.2.2 관성 측정 장치 센서

선박 운항에 따른 3축(롤링/피칭/요) 운동의 선박용 승강기의 위치에서 상태를 확인하여 특정한 각도 이상의 3축 운동이 발생하면 승강기가 동작하지 않도록 하여 안전에 대하여 관리할 수 있도록 제어한다[28]. Fig. 18 (a)는 기존에 선박에 사용되는 TRIM & LIST 센서이다. 이 센서는 모든 선박에 적용되는 제품이 아니라 Ing선박의 화물량을 측정하기 위하여 적용되며 일반 컨테이너와 화물선에는 적용이 되지 않는다. 그러므로 본 연구를 위해서는 별도의 TRIM & LIST 값을 통하여 밸런싱을 측정하기 위하여 정밀도는 기존 선박에서 요구하는 0.1% F.S(full scale)과 동일한 성능을 가지며 기존에 선박에서 사용되지 않았던 3축 자이로센서 & 가속도센서를 적용하여 선박의 롤링/피칭/요뿐만 아니라 수직으로 동작하는 lift의 속도까지 측정한다. 값의 신빙성을 가지기 위하여 자이로 센서와 가속도 센서를 모두 사용해서 각각의 단점을 보상할 수 있는 칼만 필터를 적용한 알고리즘을 사용하여 보상한 신뢰할 값을 제공하는 제품인 GEDC-6(Fig. 18 (b))을 선정하였다.

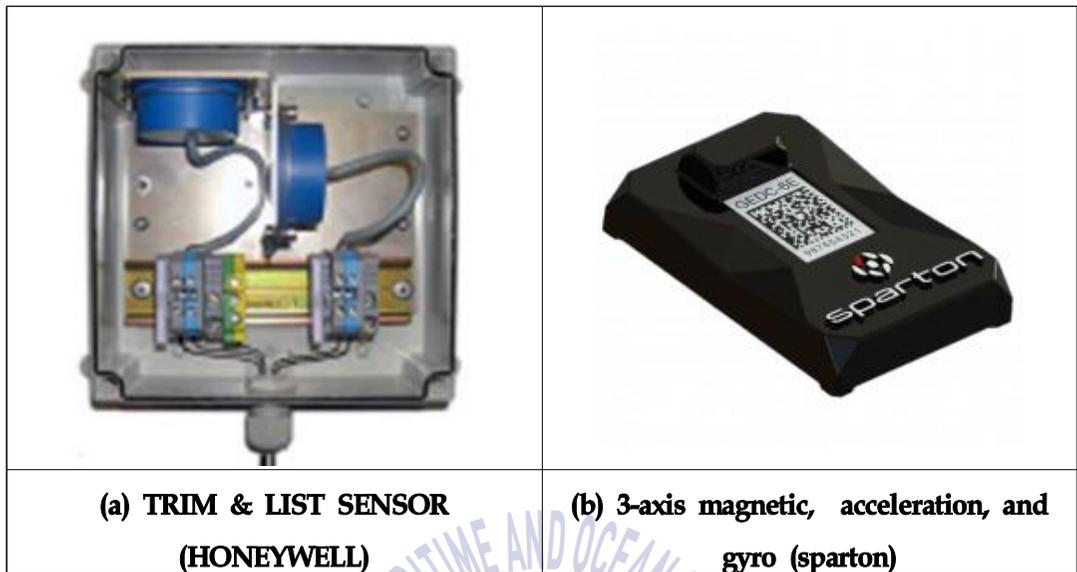


Fig. 18 Rolling & pitching sensor

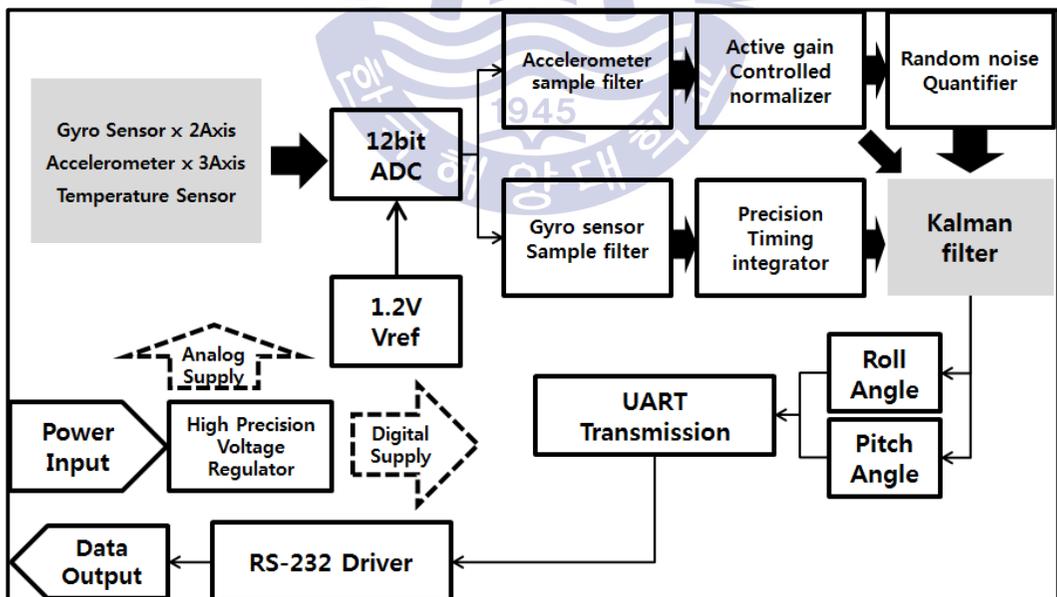


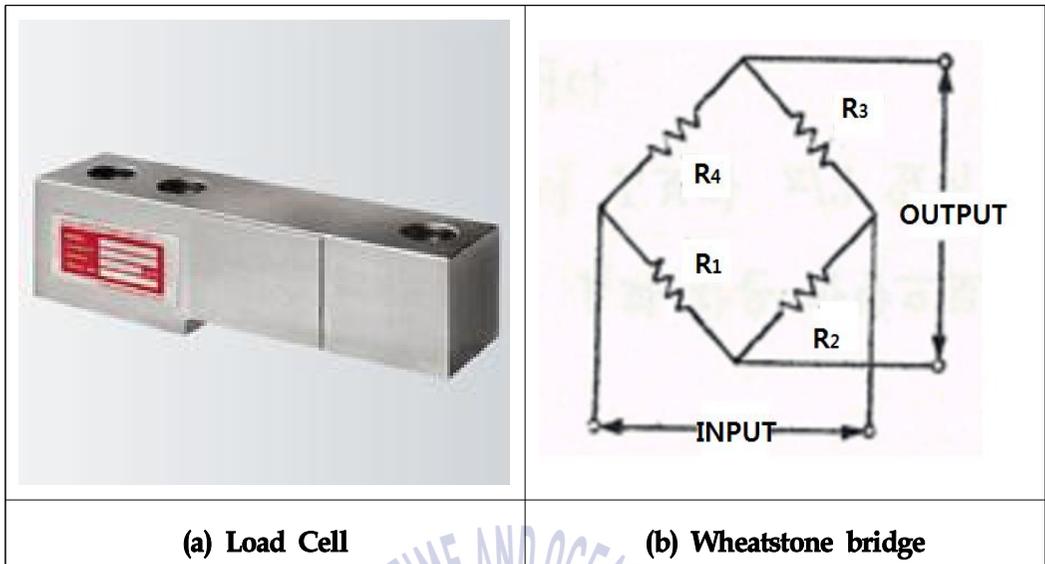
Fig. 19 Gyro sensor block diagram

Fig. 19는 3축 자이로 센서의 구성도이며 센서의 값을 인식하면 가속도 센서와 자이로 센서의 값을 온도값에 따라 보정하여 12bit의 디지털 값으로 변환하고 각각 샘플링하여 칼만 필터를 거쳐서 롤링의 값과 피칭의 값을 추출하여 RS-232 통신포트를 통하여 디지털 포맷으로 출력한다[29].

### 3.2.3 다채널 로드셀(Load cell)

로드셀은 압력센서를 사용하여 변위를 측정하는 센서로 2개의 물체간의 정전용량변화로부터 그 사이의 변위를 측정하는 용량형 로드셀, 스트레인 게이지를 이용하여 길이나 단면적 등의 외형 변화에 의한 저항변화와 응력에 의한 전기전도도 자체를 변화하는 압저항형 로드셀, 무기압전소자를 이용한 압전형 로드셀 그리고 최근에는 초고온의 환경이나 원격 감지등의 목적으로 광섬유를 이용한 광학형 압력센서가 있다. 본 연구에서는 Fig. 20 (a)와 같은 압저항형 로드셀을 사용한다[30]. 선택이유는 압저항형 로드셀의 다음과 같은 장점을 가지고 있기 때문이다. 저항 값의 변화를 측정하므로 직류와 교류 모두 사용이 가능하고, 원격장소에서의 표시나 MCU(Main Control Unit)와 결합이 가능하며, 기계적인 가동부나 마찰이 없으므로 수명이 길고 변형이 작기 때문에 응답시간이 짧다. 또한 계량하중에 대해 소형이며, 구성부품이 작아 고장이 적으며, 사용 환경의 제한을 받지 않으므로 설치가 용이하다. 압저항형 로드셀의 동작원리는 하중을 받는 금속 탄성체(니켈, 크롬, 몰리부덴, 등)의 수감부 4곳에 스트레인게이지를 수직과 수평으로 부착하고, Fig. 20 (b)와 같이 휘스톤-브릿지 회로를 구성하여 하중에 비례하는 저항 변화를 출력한다.

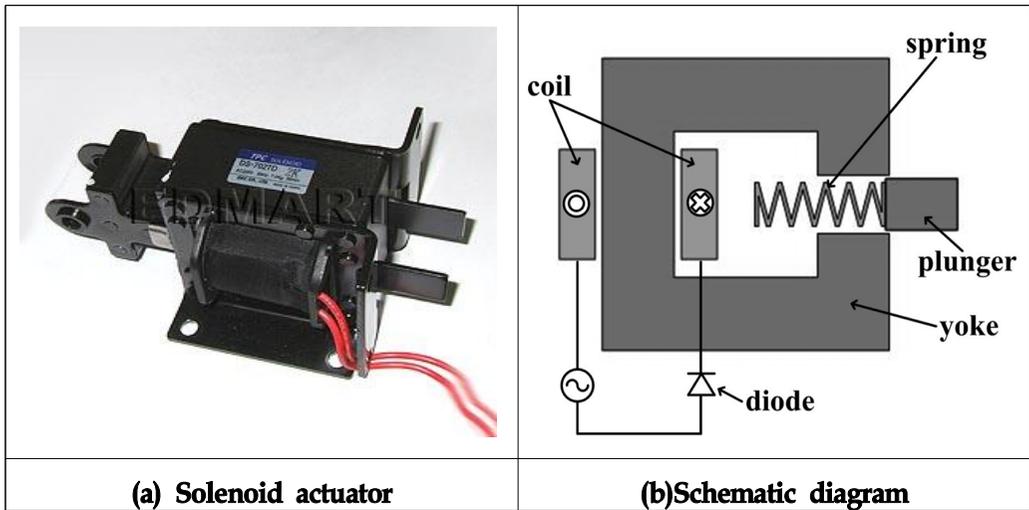
본 연구에서는 하나의 로드셀으로는 무게 중심을 바로 잡을 수 없기 때문에 4개의 로드셀을 승강기의 4개의 모퉁이부분에 설치하여 승강기 내부의 하중을 측정하고 모니터링 한다. 이를 통하여 특정한 부분에서의 무게가 집중되어서 승강기가 기우는 사고를 미연에 방지하는 것이 센서 설치의 목적이다. 정격 적재하중을 초과하여 적재시 경보가 울리고 승강기 문이 닫히지 않으며, 문제 해소 시까지 문 열고 대기한다. 본 연구에서는 500kg의 제품을 사용하였으며, 4개의 Load Cell 값을 평균을 취하여 전체의 무게를 감지할 수 있도록 하였다.



**Fig. 20** Load cell product photo & Wheatstone bridge circuit

### 3.24 솔레노이드 액추에이터

솔레노이드 액추에이터는 전기에너지를 자기에너지로 바꾸는 에너지변환 장치로 전자석의 코일에 전류를 가했을 때 발생하는 전자력에 의해 흡인력을 발생시킨다. 솔레노이드의 종류로는 전류가 흐를 때에 가동철심을 중심으로 당기는 힘을 주는 pull 형과 바깥쪽으로 미는 힘을 주는 push 형이 있다. pull 형과 push 형 모두 반대방향으로의 복원력은 스프링을 이용하며, 솔레노이드의 흡인력의 크기는 전류전압을 변화시킴으로써 제어할 수가 있다. Fig. 21은 현재 사용되고 있는 솔레노이드 액추에이터의 개략도를 보여주고 있다[31]. 이 솔레노이드 액추에이터는 전자기력이 작용할 때 플런저가 왼쪽으로 이동하면서 스프링을 압축시키고 전자기력이 끊어지면 스프링의 복원력으로 플런저가 오른쪽으로 이동하면서 전원주파수와 같은 횟수로 왕복운동 하는 메커니즘으로 되어 있고 플런저의 직경과 길이에 따라 유량과 압력이 결정된다.



**Fig. 21** Solenoid actuator product photo & diagram

솔레노이드 액추에이터의 선단부가 어떤 메커니즘과도 결합이 될 수 있어서 연결이 용이하며, 구조가 간단하기 때문에 폭넓게 사용되고 있다.

### 3.25 와이어로프 클립의 체결 유무 측정

와이어로프 클립은 승강기가 추락 시 메인로프를 단단하게 조임으로써 승강기의 떨어짐이나 미끄러짐을 방지하는 비상제동장치이다. 승강기가 정지해 승강기 문이 열린 상태에서 승객이 내리고 타는 순간, 승강기 전인 시브와 로프의 마찰력이 감소되고 이로 인해 로프의 미끄러짐이 발생하는 경우와 제동장치의 고장으로 인하여 승강기가 미끄러져 움직이거나 승강기가 상승방향 또는 하강방향으로 균형추가 아래로 떨어질 때 제동장치가 동작하여 메인로프를 고정함으로써 승강기의 개문발차 및 추락을 막아 주는 안전장치이다[32]. 이 장치의 클립이 안전하게 체결 되었는지 마그네틱 센서를 이용하여 센서가 On일 경우에는 정상체결을 나타내며 off일 경우 와이어로프의 체결에 이상이 있음을 나타내는 안전장치이다.

### 3.26 온도 습도 대기압 센서

금속은 자기의 고유 저항값을 갖고 있으며 그 전기저항은 온도에 따라 일정하게 변하는

성질을 갖고 있다. 이러한 특성을 이용하여 순도가 아주 높은 금속선을 감온부로 만들어 온도측정 대상체에 접촉시켜 온도를 감지하게 한다. 이 온도계가 측온저항체 온도계이다. 측온저항체온도계는 회로의 단순성, 측정의 민감서 그리고 감온의 안정성에 대한 특성을 가지고 있다. 균일한 굵기의 순도 높은 금속선이 온도  $t^{\circ}\text{C}$ 에서 나타내는 전기저항  $R_t(\Omega)$ 는 다음 식으로 표현할 수 있다.

$$R_t = \rho_t \times \ell / A$$

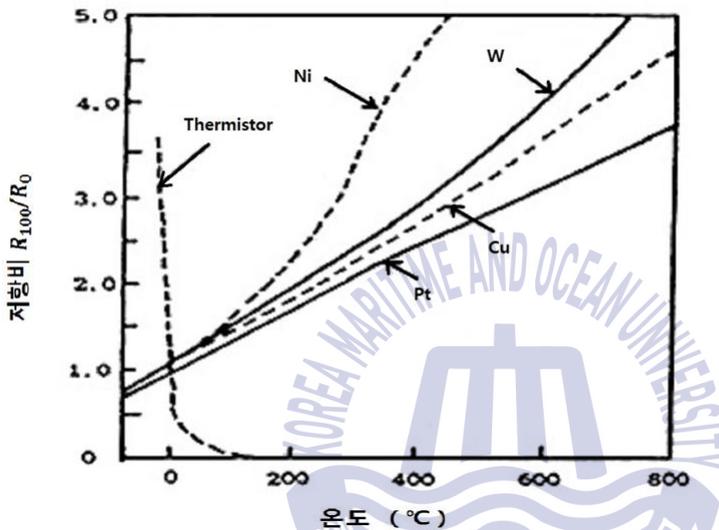
여기서,  $\rho_t$ 는 온도  $t(^{\circ}\text{C})$ 에서 금속의 비저항( $\Omega\cdot\text{cm}$ ),  $A$ 는 금속선의 단면적( $\text{cm}^2$ )이고  $\ell$ 은 금속선의 길이( $\text{cm}$ )이다.

**Table 2** Resistivity and properties of various metals

특성항목 금속류	Pt	Cu	Ni	Balco 70%Ni, 30%Fe	Tungsten
온도저항 계수	0.003585 ~ 003925	0.0042	0.0067	0.0052	0.0045
저항비 ( $\Omega$ )	$9.81 \times 10^{-6}$	$1.529 \times 10^{-6}$	$5.91 \times 10^{-6}$	$20.0 \times 10^{-6}$	$4.99 \times 10^{-6}$
저항 대 온도의 선형성	아주 좋음	아주 좋음	나쁨	나쁨	매우 나쁨
사용온도 범위	$-200 \sim 850^{\circ}\text{C}$	$-100 \sim 150^{\circ}\text{C}$	$-100 \sim 350^{\circ}\text{C}$	$-100 \sim 200^{\circ}\text{C}$	$-70 \sim 700^{\circ}\text{C}$

Table 2는 측온 저항체의 소자로 사용하는 금속선의 비저항 값이다. 이 비저항 값은 온도에 따라 변하며 그 금속마다 고유의 값을 갖는 특성 값이다. Fig. 22에서 보여주듯이 텅스텐은 상대적 높은 저항 값을 가지며, 깨지기 쉽고 작동의 어려움으로 인해 매우

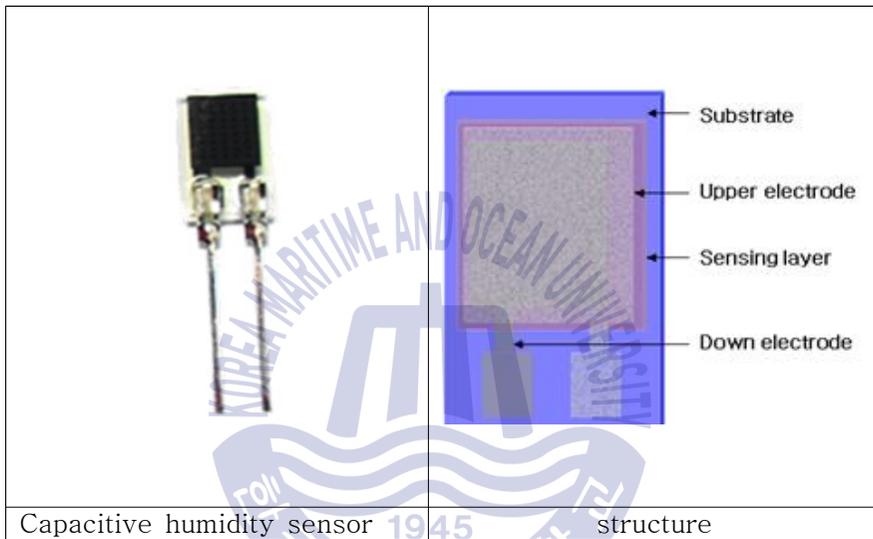
높은 온도에 대해 사용가능하다. 구리는 낮은 저항 때문에 백금 소재보다 오래 사용할 수 있으며, 선형성과 낮은 비용은 경제적 측면에서 대용품이 될 수 있다. 니켈은 사용온도 범위가 제한이 있고, 비선형이며 시간에 따라 변하는 경향이 있다. 백금(Pt)은 온도 변화에 따른 저항치에 예민하게 반응하며, 정확성과 재현성이 우수하여 가장 많이 사용한다. 이러한 이유로 온도 센서의 소자는 백금으로 정하였다.



**Fig. 22** Temperature versus resistance characteristic curve of metals

대기환경에 사용하는 습도센서는 크게 전기저항형과 정전용량형으로 나눌 수 있는데, 전기저항형 습도계는 습도에 따라 전기저항의 정도가 변하는 것을 이용한다. 순수한 물은 전기적으로 절연체이나 실제로 공기 중의 물은 어느 정도 전해질 수용액 상태이므로 도체의 성질을 조금 가진다. 목면 등은 흡수성이 매우 강하며 이 때문에 일정한 온도에서 상대습도가 높을 때 수분흡수가 일어난다. 수분을 흡수한 목면은 전기저항이 감소해 전류를 통과시키고 이러한 원리로 습도를 측정한다. 하지만 수분흡수 정도는 온도가 변함에 따라 같이 변하므로 온-습도가 변하는 상태에서는 정확한 값을 얻을 수 없다는 단점이 있다. 이러한 단점을 보완하기 위해 전기저항형 습도계는 컴퓨터를 장착해 습도-온도와의 관계와 센서가 받아들인 정보를 보정해, 적은 양의 습도 변화도 세밀히 측정한다. Fig. 23에서 보여주는 정전용량용 습도센서는 습도의 변화에 대해 전극간의

전기용량이 변화하는 것으로, 감습재료는 고분자가 많이 사용되고 있다. 고분자 정전용량형 습도센서는 일반적으로 낮은 습도에서도 검지할 수 있으며, 용량값은 비교적 선형적이며 대수변환 등이 필요 없고, 온도 특성이 전기저항형에 비하여 0.05~0.1%rh/℃정도 작으므로 민감한 용도가 아니라면 온도보정은 필요 없다. 뿐만 아니라, 용량값을 크게 하기 위하여 Fig. 23의 박막구조이기 때문에 저항식보다 응답이 빠른 장점을 가지고 있다.



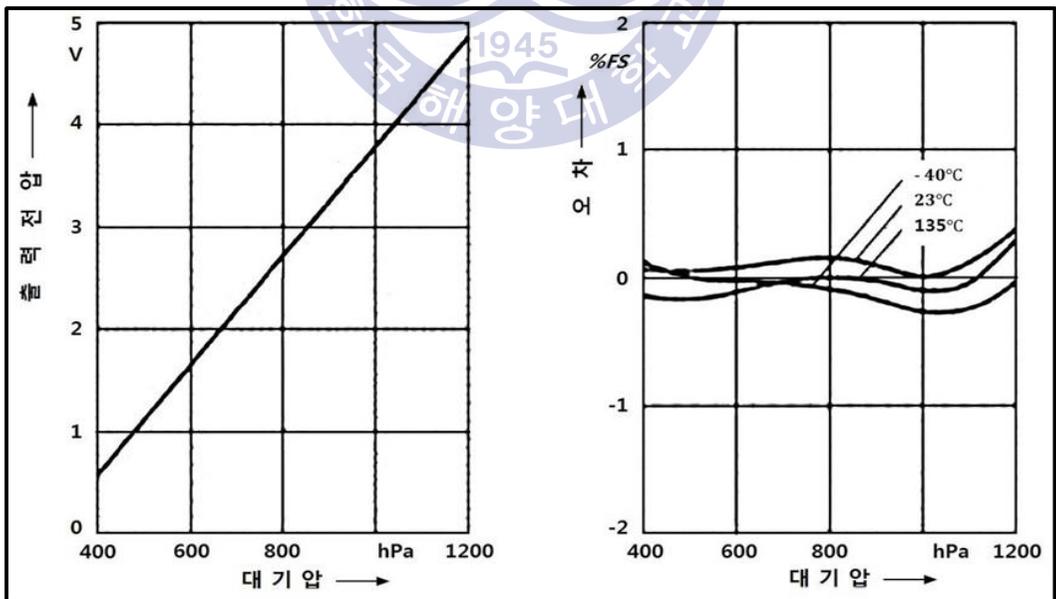
**Fig.23** Capacitance type humidity sensor and structure

대기압 센서는 압력 측정용 정전용량형 실리콘 압력 센서 혹은 압전형 정전용량형 실리콘 센서로 일컬어지는 센서이며 계장설비 및 기계제작 그리고 자동화, 생산 공정제어와 환경 모니터링에 적합한 센서로서, 진동과 내맥동이 심한 환경에서 높은 특성을 보여준다. 이 센서는 -40°~125° 사이의 온도에서 액체 및 가스 등의 매체들을 0.1350kgf/cm의 압력 범위에서 압력 측정에 사용되며, 이 센서의 특징으로서 높은 직선성과 주파수 범위, 영향을 받지 않는 히스테리시스등으로 고정밀 측정에 적합한 센서이다. 실리콘 압력 센서는 외부에서 압력이 가해져 생기는 압저항 효과에 의해 응용 반도체에 압력이 인가되면 저항값이 변하는 현상을 이용한다.

압전 현상이란 어떤 종류의 결정관에 일정한 방향에서 압력을 가하면 그 외력에

비례해서 양전 또는 음전하기 때문에 나타나는 현상이다. 압전 현상은 1880년에 피에르와 폴 자크 퀴리 형제에 의해 발견되었다. 그들은 석영, 전기석, 로셀염과 같은 결정에 어떤 결정축을 따라 압력을 가하면 결정의 표면에 전압이 생기는 것을 관측하였다. 다음해에도 그들은 전류를 가하면 그 결정들의 길이가 늘어나는 역효과도 관측하였다. 일반적으로 한 장의 결정판에 의한 압전기는 극히 미약하지만 금속박을 삽입하여 이것을 여러 장 겹치면 그 전기량을 충분히 측정할 수 있게 된다. 이를 압전 효과라 하는데 이를 이용하면 기계적인 변형을 전기적으로 꺼낼 수 있어 마이크로폰이나 전축용 픽업 등에 이용할 수 있게 된다. 여기에는 압전율이 큰 로셀염의 결정을 많이 쓰게 된다. 간단히 말해서 일정한 방향의 압력을 어떤 종류의 결정판에 가하면 그 압력에 비례하여 양전하 또는 음전하가 발생하게 되는 것이다.

Fig. 24은 압력을 감지하는 정전용량형 센서는 하부 전극과 폴리실리콘 다이어프램 사이에 형성된다. 압력이 가해지면 탄성체인 폴리실리콘 멤브레인이 휘어져 정전용량이 변하게 되는 원리를 이용한다. 아래의 그림은 온도 변화에 따른 실리콘 압력 센서의 출력 전압에 관한 그래프이며, 온도가 최대 약 135°에서도 센서 분해능 감도의 변화폭이 크지 않음을 알 수 있다.



**Fig. 24** Characteristics of temperature and pressure change

Fig. 25는 실리콘 압력센서의 회로 동작에 대한 설명으로 압력센서 및 ADC(Analogue Digital Converter) 인터페이스 IC로 구성된다. 최초의 신호는 압력에 따라 다른 전압으로 표시되며, 이 후 ADC를 통하여 16비트 디지털 데이터 워드를 변경하여 제공한다. 또한 상황에 따라 사용자가 모듈 센서의 정확도가 높이기 위하여 소프트웨어 보정이 가능하다. 압력 센서의 출력 전압은 온도와 프로세스 허용 오차에 크게 의존하므로, 이러한 효과를 보상하기 위해 필요한 절차는 외부 마이크로 컨트롤러 사용하여 소프트웨어에 의해 수행된다. 대기압계는 컴팩트한 멀티센서에 문제가 될 수 있는 전원 부분에 대하여 저전원인 2.4V ~3.6V로 구동되며 마이크로 컨트롤러와의 자체 통신이 가능하므로 별도의 추가 회로가 필요 없으므로 간단하게 회로를 꾸밀 수 있습니다. 측정동안 센서는 전력을 감소시키기 위하여 매우 짧은 시간에 전환한다. Bridge 바이어스 및 ADC에 대한 기준 전압은 VDD로부터 파생디지털 출력 데이터는 공급 전압에 독립적이다.

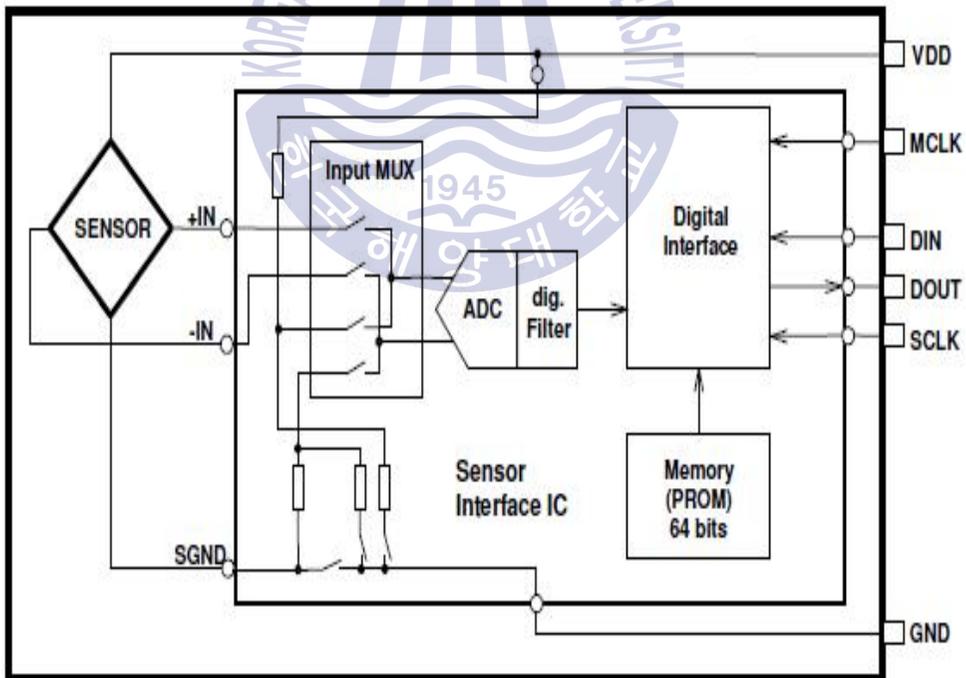
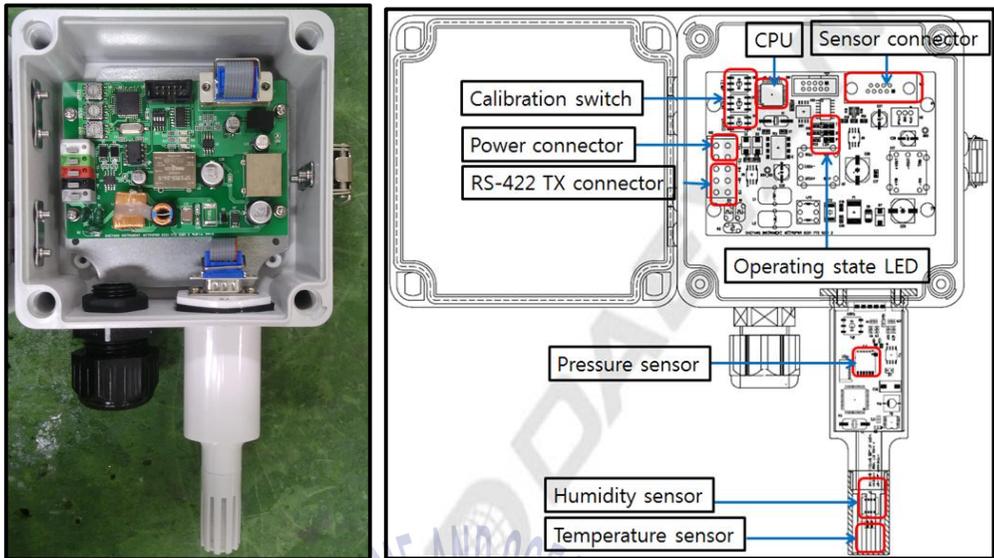


Fig. 25 System diagram of pressure sensor



**Fig. 26** Temperature and Humidity Atmospheric pressure sensor product photo and drawings

이러한 온도, 습도, 대기압 센서를 하나로 구성하여 Fig.26과 같은 승강기에서 사용가능한 일체형 환경센서가 본 논문에 사용되었다. 승강기 내부의 온도와 습도와 대기압을 Table 3과 같은 동작범위를 가지고 해상 기상 측정 기준이 되는 DNV Weather Surveillance System의 조건에 준수하여 개발된 제품으로 기존 제품과 비교하여 소형화된 제품으로 설치위치의 제약을 받지 않도록 설계하였다. 해상에서 측정이 가능하며 기준치 이상 또는 이하일 경우에 알람을 발생시키는 장치이며, 센서의 값을 인지하여 자동으로 에어컨을 동작시켜서 승강기 내부의 온도를 별도로 제어할 수 있으며, 또한 습도센서를 이용하여 균일한 습도 유지도 가능한 센서이다.

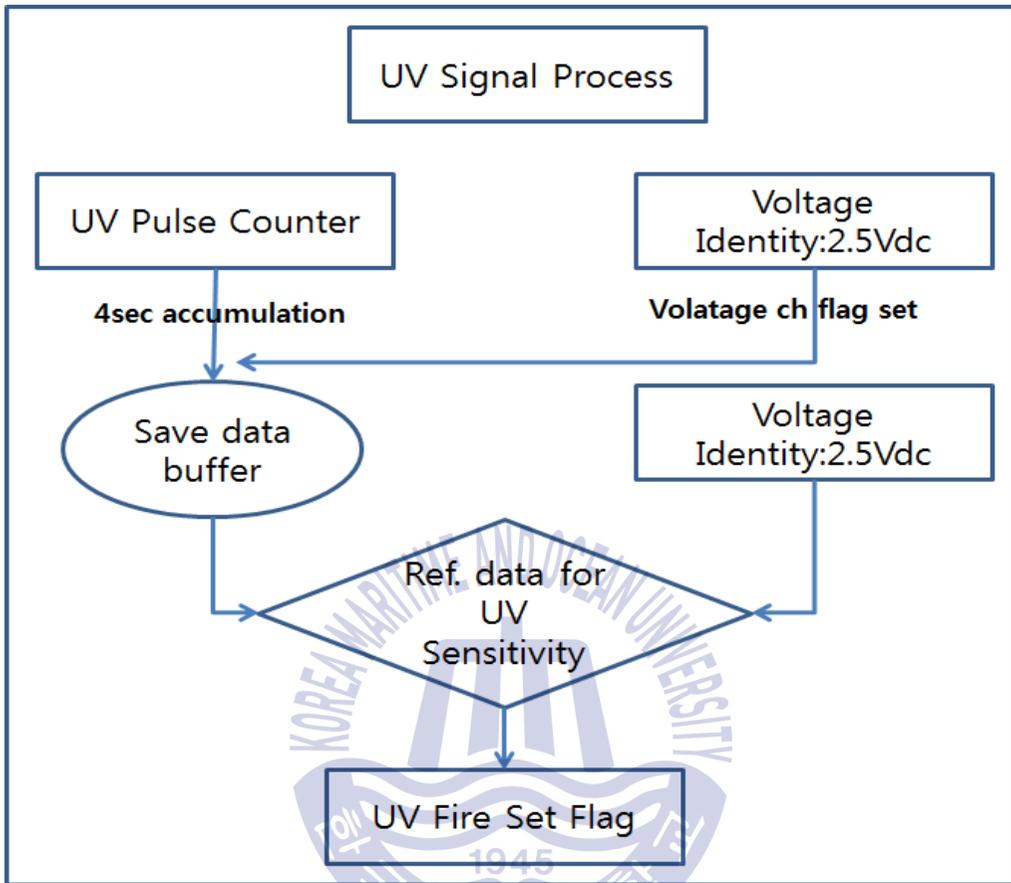
**Table 3** Temperature Humidity Atmospheric pressure operating range

기준	단위	DNV RULE	제품 사양
1. 기온	℃	-15~55 ±0.5℃	-40~+60℃ ±0.3℃
2. 습도	%	± 3%	0~100% ±3%
3. 기압	hPa	±5hPa	600~1100 ±1hPa
4. 동작 온도	℃	-25~45	-40~60
5. 진동 시험	-	IEC60945	IEC60945
6. 전자파 시험	-	IEC60945	IEC60945

### 3.27 불꽃 감지기

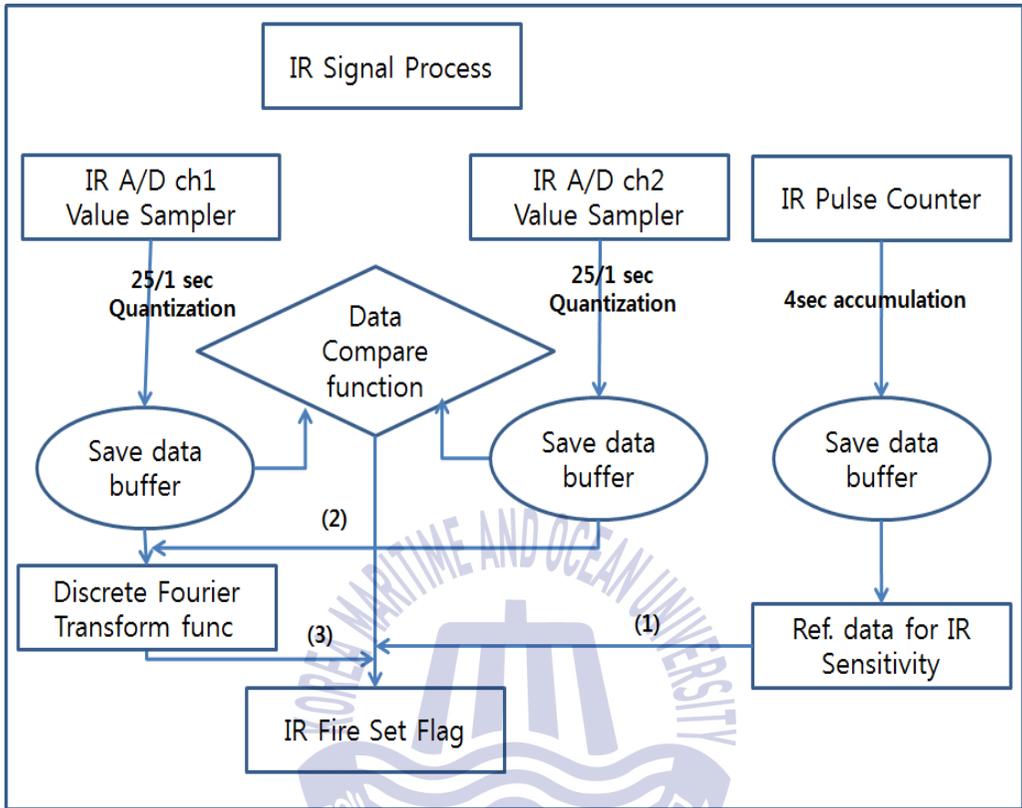
불꽃감지기의 실 제품과 도면을 나타내고 있다. 화재는 물질이 산소 또는 공기 중에서 빛이나 불꽃 또는 빛을 내면서 타는 연소 현상으로써, 일반적으로는 연기, 열, 불꽃을 내며 타는 현상을 나타내는 경우가 많다. 특히 불꽃은 화재 초기부터 특유의 연소특성을 나타낸다.

이 특성 중 육안으로 구분할 수 없는 적외선(IR)와 자외선(UV)의 서로 다른 파장대가 존재한다. 불꽃감지기는 불꽃에서 방사되는 자외선 파장 185~260nm를 감지하는 자외선 센서와 적외선 파장 4.45 $\mu$ m를 감지하는 적외선 센서를 복합 구성하여 자외선과 적외선 불꽃감지기를 구성한다.



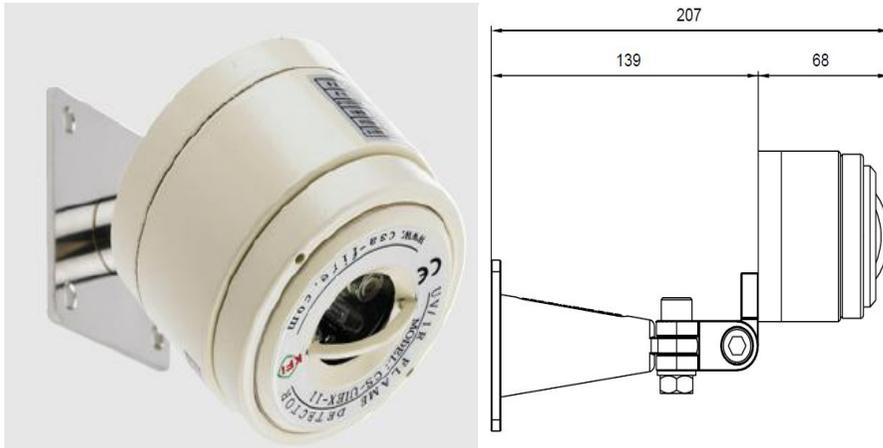
**Fig. 27** UV signal process

Fig. 27은 자외선 센서의 신호처리 방법이다. 인가전압의 변화를 검출하기 위한 부분으로 저항분압회로를 이용하여 기준전압을 2.5V로 조절하여 매 주기 단위로 전압을 확인한다. 자외선 센서의 출력특성이 펄스열의 형태로 나타나므로 마이크로프로세서의 진폭 변화에 따른 외부 이벤트를 카운터한다. 전체 자외선 영역의 파장의 입사에 대한 방전의 수를 변경 가능한 시간 단위로 값을 누적하여 저장시키며, 자외선 센서의 구동 전압이 일정 전압으로 유지되는지에 대한 확인을 한 후 플래그 값으로 리턴한다. 버퍼에 저장된 값을 입력된 기준 카운터의 범위에 존재하면 자외선 센서의 응답이 화재로 인식하여 값을 플래그 한다.



**Fig. 28** IR signal process

Fig. 28은 적외선 센서의 신호처리 방법이다. 첫 번째 경로는 기존에 입력 받았던 방식으로 아날로그 비교기를 거쳐서 디지털화 된 펄스열의 카운터 데이터를 비교하는 방식의 정수값을 가지는 입력이다. 두 번째 경로는 센서의 연산 증폭기의 반전 영역과 비반전 영역에서 각각 아날로그-디지털 변환하여 전장된 데이터를 설정한 값과 프로세서 내부에서 값을 비교하여 10Bit에 대응하는 실수의 데이터 값을 가지는 경로이다. 세 번째 입력 경로는 위의 아날로그 디지털 변환하여 저장된 이진 데이터를 이진 푸리에 변환 루틴을 거쳐서 주파수영역에서 비교하는 경로이다. 센서의 신호를 분석하여 입력 신호의 주파수가 지정된 주파수 영역을 만족하면 적외선 영역의 화재 신호 플래그를 동작 시켜 화재로 인식한다[33].



**Fig. 29** Flame detector product photo & drawings

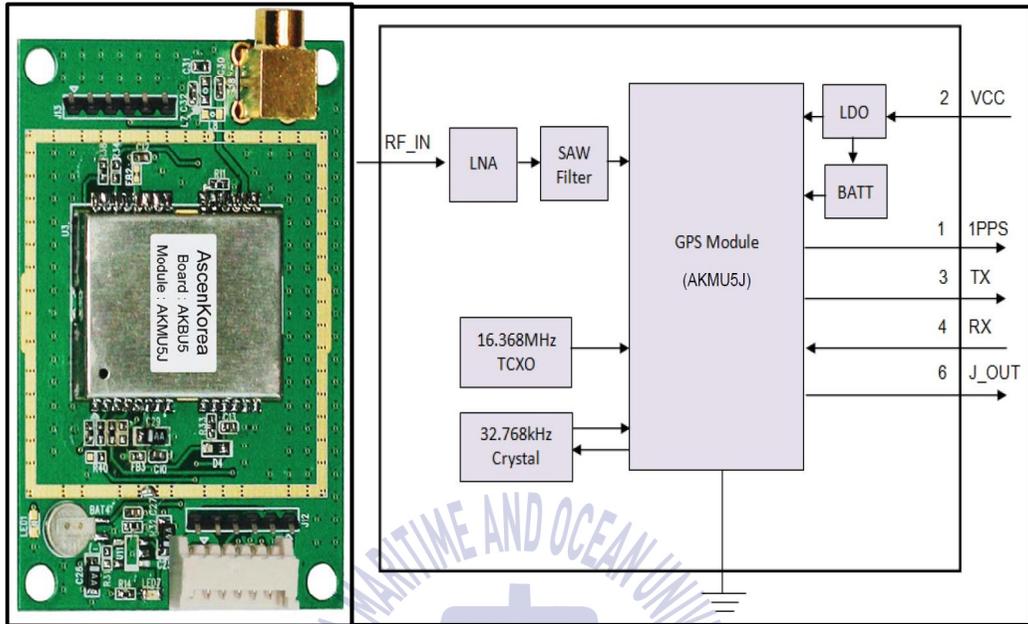
Fig. 29는 본 시험에서 사용된 자외선과 적외선을 모두 감지하는 불꽃감지기는 협소한 파장대역만을 감지하기 때문에 주변의 여러 가지 비화재 요인으로부터 오동작을 최소화하는 알고리즘을 적용하였고, 고감도의 센서 적용으로 최소 소비전류로 최대 민감도를 구현하였으며, 불꽃에 대한 판단 능력을 강화함으로써 화재 검출에 대한 신뢰성을 확보하였다. 또한, RS-485를 통하여 네트워크 구성이 되었으며 이를 통하여 관리가 용이해졌다[33].

화재 발생 시 불꽃의 크기에 따른 감도에 따른 시간 지연 데이터가 MICOM 내부에 프로그램 되어 다른 광원에 대한 동작을 제외하였으며, 고민감도의 UV, IR 센서 사용으로 화재에 대한 응답속도가 빠르다. 또한 화재의 거리에 따른 감도 조절이 통신포트를 활용하여 감도조절이 가능하며, 감시 방향을 상, 하, 좌, 우 자유롭게 전환이 가능하여 다양한 감시 범위를 적용 할 수 있고, 천장과 벽면 모서리 등 설치에 따른 위치 선정이 자유로워서 추가 설치 및 관리가 간편하다. RS-485 시리얼 통신 회로를 장착, DIP SWITCH를 이용하여 ID 설정이 되며, 프로그램을 통하여 네트워크 구성할 경우 불꽃감지기 위치, 불꽃감지기 현재 상태, 불꽃감지기 개별 제품이력 및 동작이력을 신속하게 알 수 있다[34].

### 3.2.8 GPS

GPS(Global Positioning System)는 GPS 위성에서 보내는 신호를 수신해 사용자의 현재 위치를 계산하는 위성항법시스템이다. GPS는 위성 부문, 지상관제 부문, 사용자 부문으로 구성된다. 여기서 위성 부문은 GPS 위성을, 지상관제 부문은 지상에 위치한 제어국을, 사용자 부문은 GPS 수신기를 말한다. 지구 위에는 30개의 GPS 위성이 돌고 있다. 이중 24개의 위성이 지구를 고전하는 6개의 궤도면에 분포해전세계 어디에서도 최소 6개의 GPS 위성을 관측할 수 있도록 한다. 나머지 6개의 위성은 24개의 위성에 문제가 생겼을 경우 백업 역할을 수행한다. GPS 위성은 태양 에너지로 작동되며, 수명은 약 8~10년 정도다. 제어국은 미국 콜로라도 스프링스에 있는 주 제어국과, 세계 곳곳에 분포된 5개의 부 제어국으로 나뉜다. 각 부 제어국은 상공을 지나는 GPS 위성을 추적하고 거리와 변화율을 측정해 주 제어국으로 보낸다. 주 제어국은 정보를 취합해 위성이 제 궤도를 유지하도록 처리한다.

GPS 수신기는 GPS 위성의 신호를 수신하는 안테나, 시계, 신호를 처리하는 소프트웨어, 이를 출력하는 출력장치 등으로 이루어져 있다. GPS는 GPS 위성과 GPS 수신기의 거리를 계산해 좌표값을 구한다. 만일 우리가 GPS 위성의 위치와 거리를 정확하게 알 수 있다면 3개의 GPS 위성만 있어도 정확한 위치를 알 수 있다. 우리가 대략 3차원의 구형인 지표면에 살고 있기 때문이다. 만일 직선과 같은 1차원이라면 2 개의 기준점과 각각의 거리값을 알면 쉽게 위치를 결정할 수 있다. 2차원세상에서는 3개의 기준점과 각각의 거리값을 알아야 한다. 각 기준점을 원의 중심으로 잡고, 거리 값을 반지름으로 했을 때 세 원이 만나는 지점이 해당 위치가 되기 때문이다. 마찬가지로 3차원에서는 4개의 구가 겹치는 부분에서 위치를 찾을 수 있다. 그러나 지구 표면 자체가 1개의 구의 역할을 하기 때문에, 3개의 GPS 위성이면 원리적으로는 위치를 결정할 수 있다. 하지만 이것만으로는 실제로는 거리를 정확하게 계산할 수 없다. GPS 위성과 GPS 수신기의 거리는 위성에서 보내는 전파의 도달 시간을 바탕으로 계산하게 되는데, 위성에 장착된 시계와 수신기에 장착된 시계가 일치하지 않아 오차가 발생하기 때문이다. 따라서 4개 이상의 GPS 위성에서 전파를 수신해야 정확한 위치를 파악할 수 있게 된다. 최근 나오고 있는 GPS 수신기는 20개의 위성으로부터 신호를 받을 수 있어 정확하게 위치를 계산한다[35].



**Fig. 30** GPS product photo and block diagram

Fig. 30은 본 시험에서 사용된 GPS의 실제품과 기능을 나타낸 블럭도를 나타내고 있다. 외장 Active Antenna Connector와 6Pin Interface를 지원하는 고정밀 / 고감도 GPS Module이 적용된 50×35×9 Size의 GPS Board 입니다. GPS Board는 GPS Module을 별도의 구성없이 바로 적용 / Test / Evaluation이 가능하며, High GPS Sensitivity와 Fast TTFF(Time To First Fix), Low Power Consumption을 구현되어 있다. 고층빌딩 사이를 고속이동 또는 철재구조물 사이에서도 정보를 제공하며 다중신호간섭 제거기가 내장되어 있습니다. 빠른 이동과 낮은 감도에서도 위성 검색이 정확한 GPS신호를 10Hz 최대 업데이트 속도로 최대 66개 채널을 지원하고 -165dBm 감도를 가진 미디어텍 GPS MT3329 모듈을 적용한 GPS를 사용하였다. GPS는 내장 프로그래밍이 가능하며, “Anti-JACK™”이라고 불리는 GPS전파 방해 탐지 및 보고 시스템을 가지고 있으며, 그 정보 지시기는 UART TX 출력을 사용하여 전파 방해기 상태 출력할 수 있다. 이 신호는 맞춤형으로 소방 방재청 표준포맷으로 전송되거나 특정기준 이상일 경우 하드웨어 핀 전압 출력으로 신호 전송이 가능하다. Anti-JACK™ 다양한 환경에서 2가지 단계의 민감도로 쉽게 지정이 가능하다. 그중 하나는

소프트웨어 명령으로 적용가능하며 나머지 하나는 내부의 DIP SWITCH를 통하여 적용할 수 있다. Anti-JACKTM을 위한 추가적인 절약전원모드는 GPS는 GPS 신호 수신 허용 범위가상일 경우 전파 방해기 탐지에 소비되는 전력 소비가 자동으로 절감된다. 안테나 시스템은 다른 안테나의 상태(능동 안테나 연결, 안테나 OPEN 및 SHORT)를 알려주거나 탐지하는데 도움을 주는 “Antenna Advisor”를 가지고 있다. 이 시스템은 단지 저항 하나만 추가하여 보호회로를 구성하며, 안테나와 GND 사이에 DC단락으로 인한 훼손되는 것에 대하여 자체 보호가 가능하다[35].

### 3.3 승강기 안전관리 제어기

#### 3.3.1 주 제어기

주 제어기에서는 카 제어기 및, 각각의 층 제어기로부터 정보를 수집하고, 정보에 따라 모터의 제어 및 구동을 한다. 수동 상승 버튼을 작동시킬 때에는 상승 모터제어 신호는 카가 저층에 위치할 때 발생하고, 버튼을 누를 동안 작동하고, 각 층의 위치 센서가 검출되면 멈추고, 최상층의 위치센서가 검출되면 무조건 정지한다. 수동 상승 버튼을 작동시킬 때에는 하강 모터제어 신호는 카가 상층에 위치할 때 발생하고, 버튼을 누를 동안 작동하고, 각 층의 위치 센서가 검출되면 멈추고, 최하층의 위치센서가 검출되면 무조건 정지한다. 승강기 문 열림 램프는 내외 승강기 문의 열릴시 발생한다. 승강기 문 닫힘 램프는 내외 승강기 문의 닫힘 시 발생한다.

Fig. 31은 주 제어기의 동작에 대한 전체적인 알고리즘 다이어그램이다. 처음 동작하면 Auto 모드인지 Manual 모드인지 판단하여 Auto 모드일 때는 카의 위치가 최저층이면 목적지 버튼을 통하여 상승하도록 모터를 제어하며, 카의 위치가 최상층이면 목적지 층으로 하강하도록 모터를 동작한다. 중간층일 경우는 카위치가 목적지 위치와 일치하는 지 확인한 후 상부버튼이 입력되면 상승, 하부버튼이 입력되면 하강한다. 이를 통하여 3.3.1.1에서 주 제어기의 입력과 출력 포트를 설정하였으며, 3.3.1.2에서는 주 제어기와 외부 인터페이스에 대한 설정을 하였다. 그리고 3.3.1.3에서는 이를 바탕으로 주 제어기 PCB 설계가 이루어졌다.

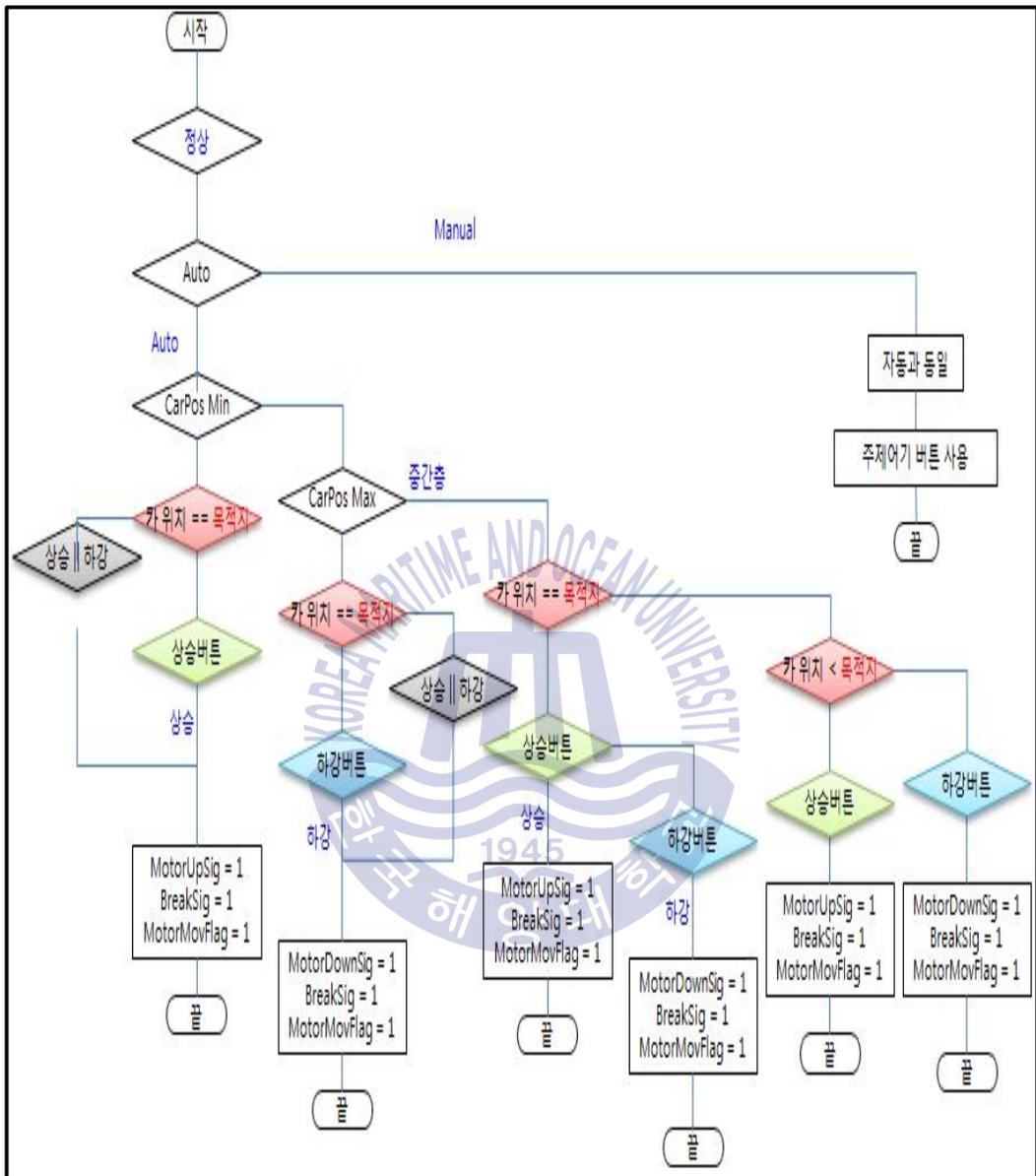


Fig. 31 Control panel operation related motor operation processing

### 3.3.1.1 입, 출력 포트 설계

카 제어기 및, 각각의 층 제어기로부터 정보를 수집된 정보를 표시하기 위한 LAMP와 BUTTON에 대한 입출력 포트를 설계한다. 상세 설계 내용은 Table 4와 같다.

**Table 4** Main controller I/O port design

No	입·출력	제어 대상	전원	제어	PCB
1	OUT	Buzzer	DC24V	SSD	MCB10,CAR, FLOOR
2		IN USE Lamp	DC24V	LED-GREEN	MCB10,CAR, FLOOR
3		UPP dk Arrival Lamp			FLOOR
4		DN dk Arrival Lamp			
5		B/T UP Lamp			
6		B/T DN Lamp			
7		Overload Lamp			MCB10,CAR, FLOOR
8		A dk B/T Lamp			
9		B dk B/T Lamp			
10	IN	EM B/T	AC220V	AC Opto	MCB10,CAR
11		Normal/Maint S/W			MCB10
12		Main B/T UP			MCB10
13		Main B/T DN			MCB10
14	IN2	A dk UP/DN B/T			Floor, Car
15		B dk UP/DN B/T			Floor, Car

### 3.3.1.2 외부 인터페이스

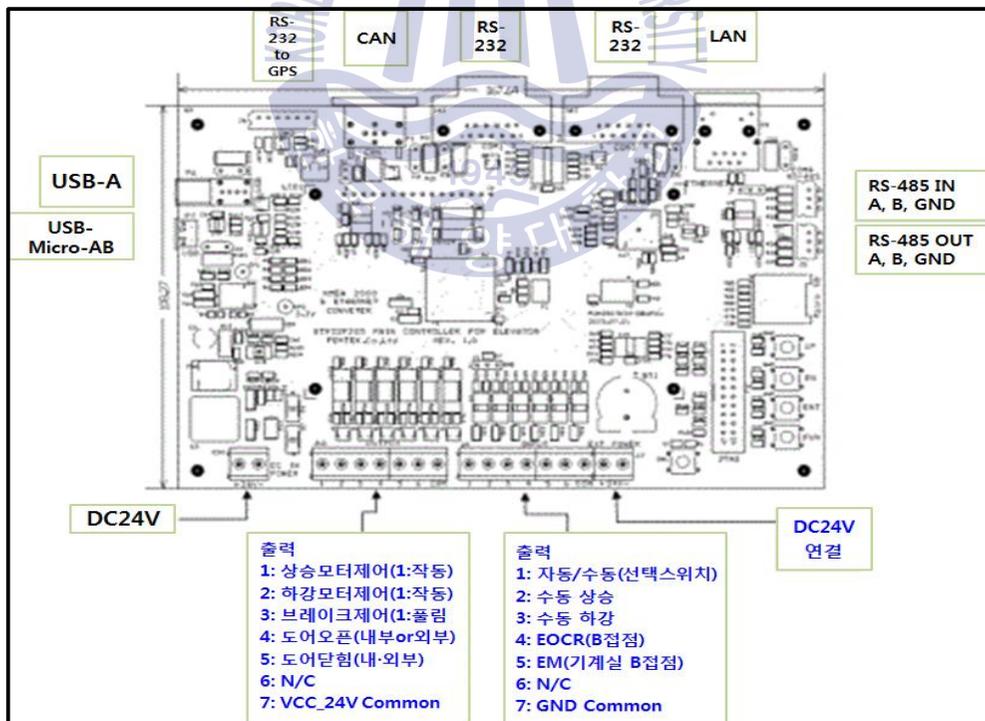
외부 인터페이스는 모터 인버터를 위한 인터페이스, GPS 수신을 위한 인터페이스 그리고 와이어로프 콘택트를 위한 인터페이스가 필요하며 자세한 사양은 Table 5와 같이 제시된다.

**Table 5** External interface of main controller

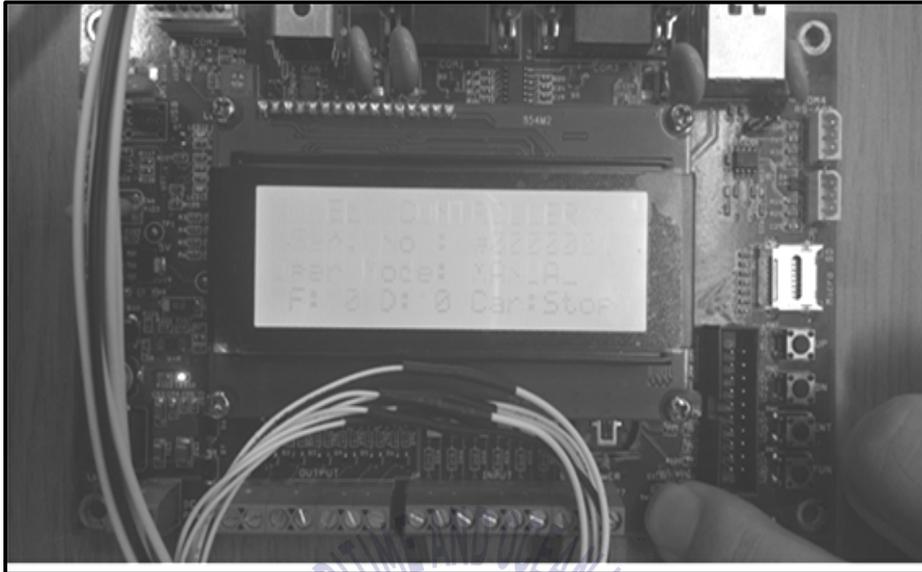
No	제어 사양	형식	구분	기타
1	모터 인버터 제어	RS-232	외부	MODBUS
2	GPS(AKBu5)	RS-232 TTL	외부	NMEA
3	와이어로프 콘택트	PRL18-8D	외부	2선식/12~24V/NO

### 3.3.1.3 주 제어기 PCB 구현

3.3.1.1과 3.3.1.2에서 구상 설계를 통하여 실 동작이 가능한 PCB를 구현하였다. 세부 포트 및 커넥터의 위치는 Fig. 32를 통하여 자세히 제시되었다. Fig. 33은 실제로 구현된 주 제어기 PCB의 사진이다.



**Fig. 32** Main controller PCB drawing & terminal block function



**Fig. 33** Main controller PCB

Fig. 34는 주 제어기의 성능 구현을 위한 변수부분을 정리하여 제시한 Firmware 부분이다.

주 제어기(Main Controller)
(Main Controller) PGN(100ms)
unsigned char SID;
unsigned char Ellnst; //1byte, inst 0 : 해상 1:육상
unsigned char input Button; //1byte, 마그넷콘택트, 상승버튼, 하강버튼, 승강문 열림 버튼, 승강기 문닫침버튼, 자동/수동 버튼, 비상버튼 rel : bit
unsigned char input Lamp //1byte, 마그넷콘택트램프, 상승램프, 하강램프, 승강기 문열림 램프, 승강기 문닫침 램프, 자동/수동램프, 비상램프 rel : bit
unsigned char current floor; //1byte, 운행 중인 층 표시 1 ~ 64층 rel : 1층
unsigned char oper //1byte, 모터 정지상태, 정/역회전, 브레이크 작동/비작동 상태 rel : bit
unsigned short rpm //2byte, 모터 RPM 0~ 2000 rel : 1rpm
unsigned char gear rate //1byte, 감속 기어비 1 ~ 250 rel : 1

**Fig. 34** The firmware of the main controller

### 3.3.2 카 제어기

카 제어기에서는 승강기내의 연기가스센서, 승강기 내부 문열림 센서, 로프검사센서, 비상정지버튼, 자이로센서, 로드셀의 상태를 주 제어기에 전송한다. 부저는 과부하 및 경사도에서 이상이 발생 또는 비상정지 버튼이 눌러졌을 때 부저를 울리고, 에러 비트를 설정한다. 카가 도착 직후 1초간은 부저를 울린다. 전체 에러 검출 램프는 에러 상태가 1개라도 발생하면 램프를 켜다. Fig. 35는 카 제어기에서 핵심이 되는 센서의 동작에 대한 전체적인 알고리즘 다이어그램이며, 이를 통하여 3.3.2.1에서 카 제어기의 입력과 출력 포트를 설정하였으며, 3.3.2.1에서는 카 제어기와 외부 인터페이스에 대한 설정을 하였다. 그리고 3.3.2.3에서는 이를 바탕으로 카 제어기 PCB 설계가 이루어졌다.

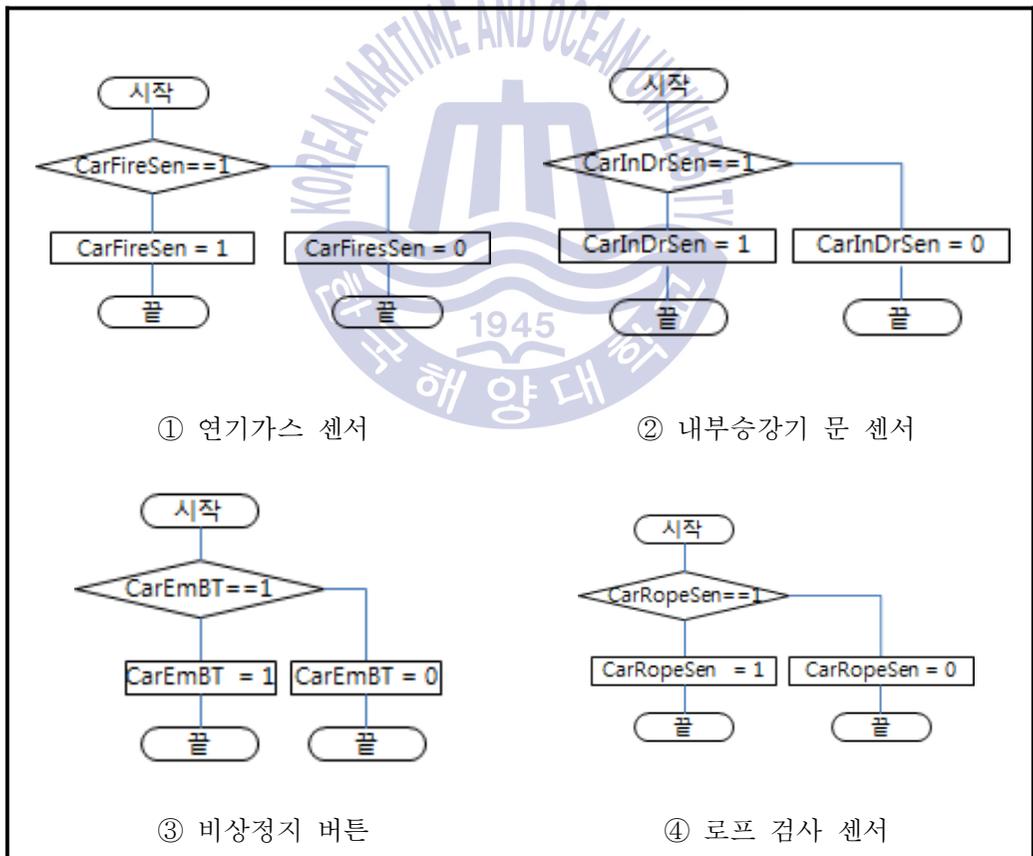


Fig. 35 Lift controller sensor processing flowchart

### 3.3.2.1 입, 출력 형식

카 제어기의 도착을 알리는 램프, 과대 적재를 알리는 램프 그리고 이를 인식 시 청각적으로 인식할 수 있도록 부저 신호를 출력하며, 승강기의 상승 하강을 알려주는 램프, 문열림과 닫힘을 알려주는 램프, 층을 표시해주는 램프 및 버튼에 대한 입출력 포트를 설계한다. 상세 설계 내용은 Table 6과 같다.

**Table 6** Car controller I/O port design

No	입·출력	사양	전원	제어	Remark
1			COM		
2	OUT	IN USE Lamp	DC24V	opto 18mA	
3		Arrival Lamp		opto 18mA	
4		Overload Lamp		opto 18mA	
5		Buzzer			
6	IN/OUT	A dk B/T, Lamp	DC24V	opto 18mA	상승버튼
7		B dk B/T, Lamp		opto 18mA	하강버튼
8		Door Open B/T, Lamp		opto 18mA	승강기 문 개방
9		Door Close B/T, Lamp		opto 18mA	승강기 문 닫힘
10		층 B/T(1/1)			1층 버튼 1층 램프
		.....			...
n		층 B/T(32/64)			32/64층 버튼/램프

### 3.3.2.2 외부 인터페이스

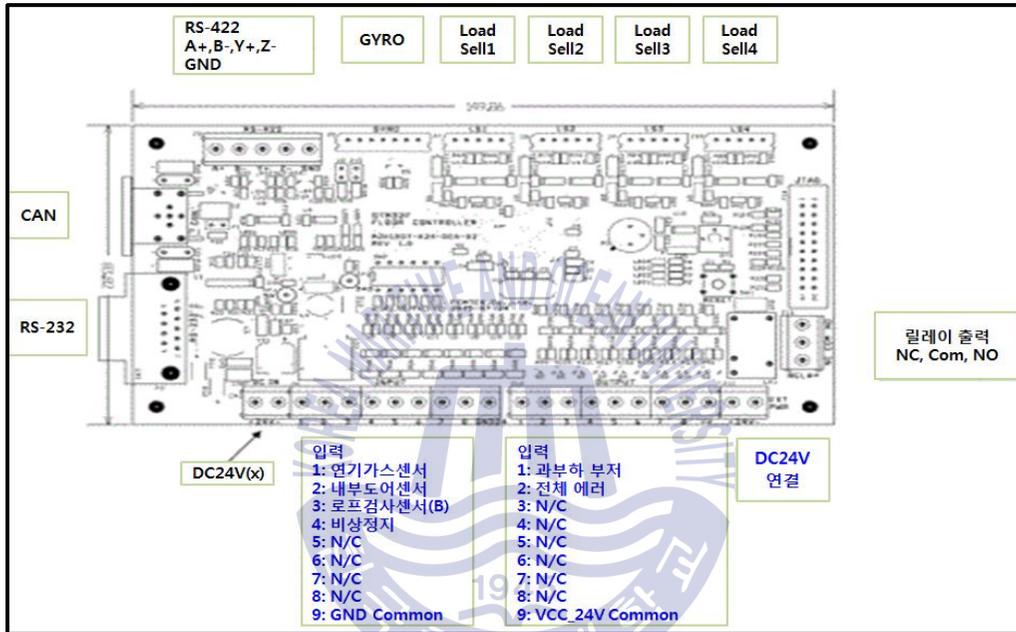
외부 인터페이스는 카 내부의 화재발생을 감지하기 위한 연기, 가스센서와 인터페이스, 카 내부의 환경을 알 수 있는 온도, 습도, 대기압센서와 인터페이스, 카의 기울어짐을 알기 위한 신호수신을 위한 인터페이스, 카 내부의 적재물의 무게를 알려주는 로드셀과 인터페이스, 카의 정확한 동작위치를 확인하기 위한 리미트 스위치와 인터페이스, 승강기 문 열림을 감지하는 솔레노이드와 인터페이스 카와 승강장사이의 안전거리 판별을 위한 인터페이스가 필요하며 자세한 사양은 Table 7과 같이 제시된다.

**Table 7** External interface of car controller

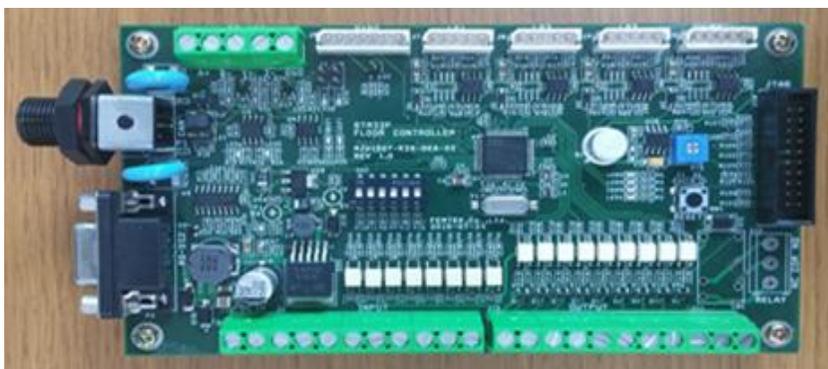
No	제어 사양	형식	구분	기타
1	연기 가스센서 (CS-UIEX-01)	ON/OFF	외부	0/24V DC
2	온/습도 대기압센서 (MT-TPH)	RS-422	외부	RS-422
3	3축 자이로 센서 (GEDC-6)	RS-232 TTL	외부	RS-232 TTL
4	로드셀(SBK-500Kg) 4Port	Analog	외부	0.003mV/V
5	리미트 스위치 (PRL18-8D)		외부	2선식/12~24V Normal Open
6	근접센서(PRL18-8D)		외부	2선식/12~24V Normal Open
7	솔레노이드 액추에이터 (DS-310MD)	AC110V	외부	

### 3.3.2.3 카 제어기 PCB 구현

3.3.2.1과 3.3.2.2에서 구상 설계를 통하여 실 동작이 가능한 카 제어기 PCB를 구현하였다. 각 센서와 인터페이스 하는 부분의 세부 포트 및 커넥터의 위치는 Fig. 36을 통하여 자세히 제시되었다. Fig. 37는 실제로 구현된 카 제어기 PCB의 사진이다.



**Fig. 36** Car controller PCB drawing and terminal function



**Fig. 37** Car controller PCB

카 제어기(Car Controller) PGN(100ms)	
unsigned char SID;	
unsigned char Ellnst;	//1byte, 상태 bit 0:해상, 1:육상
signed short Temp	//2byte, 온도: -20.0 ~ 60.0도 rel: 0.1도
unsigned char Humidity	//2byte, 습도: 0~ 100% rel : 1%
unsigned short Barometric;	//2byte, 대기압 : 800 ~ 1100hPa rel : 1hPa
signed short Pitch	//2byte, pitch -90.0~90.0 rel : 0.1도
signed short Roll;	//2byte, roll -180.0 ~ 180.0 rel : 0.1도
unsigned char Sensor	//1byte, 연기, 리미트스위치, 근접센서,(in bit)
unsigned char Button	//1byte, 상승, 하강, 승강기 문열림, 승강기 문닫침, 비상버튼, 부저(in bit)
unsigned char Lamp	//1byte, 사용, 도착, 과부하램프, 부저(out bit)
unsigned char Current Floor	//1byte, 운행 중인 층 위치 1~ 64 층 rel : 1층
unsigned short Load cell 1	//2byte, 로드셀 1 0~ 9000 Kg rel : 1Kg
unsigned short Load cell 2	//2byte, 로드셀 2 0~ 9000 Kg rel : 1Kg
unsigned short Load cell 3;	//2byte, 로드셀 3 0~ 9000 Kg rel : 1Kg
unsigned short Load cell 4;	//2byte, 로드셀 4 0~ 9000 Kg rel : 1Kg
unsigned int DestFloor	//4byte, 목적지 층 64bit(64층)

**Fig. 38** The firmware of the car controller

Fig. 38은 카 제어기의 성능 구현을 위한 변수부분을 정리하여 제시한 Firmware 부분이다

### 3.3.3 층 제어기

층 제어기에서는 현재 위치 센서의 정보 및 상승 또는 하강 버튼의 정보 및 외부승강기 문 상태 정보를 주(main) 제어기에 전송한다. 외부 승강기 문 상태를 확인하고 열려 있는 경우 램프를 켜고, 알람 비트를 설정한다. 3.3.3.1에서 층 제어기의 입력과 출력 포트를 설정하였으며, 3.3.3.2에서는 층 제어기와 외부 인터페이스에 대한 설정을 하였다. 그리고 3.3.3.3에서는 이를 바탕으로 층 제어기 PCB설계가 이루어졌다.

#### 3.3.3.1 입, 출력 형식

층 제어기의 층과 상승/하강을 표시해주는 램프 및 버튼에 대한 입출력 포트를 설계한다. 상세 설계 내용은 Table 8과 같다.

**Table 8** Floor controller I/O port design

No	입·출력	사양	전원	제어	Remark
1	IN/OUT	A dk B/T, Lamp	DC24V	opto 18mA	상승버튼
2		B dk B/T, Lamp		opto 18mA	하강버튼
3	OUT	숫자 표시기			DOT LED
4		상승/하강 표시기			DOT LED

### 3.3.3.2 외부 인터페이스

외부 인터페이스는 층에 도달함을 알려주는 리미트 스위치와 인터페이스 하며, 자세한 사양은 Table 9와 같이 제시된다.

**Table 9** External interface of floor controller

No	제어 사양	형식	구분	기타
1	리미트 스위치 (HY-M904)	ON/OFF	외부	접점/NC

### 3.3.3.3 층 제어기 PCB 구현

3.3.3.1과 3.3.3.2에서 구상 설계를 통하여 실 동작이 가능한 층 제어기 PCB를 구현하였다. 각 센서와 인터페이스 하는 부분의 세부 포트 및 커넥터의 위치는 Fig. 39를 통하여 자세히 제시되었다. Fig. 40은 실제로 구현된 카 제어기 PCB의 사진이다.

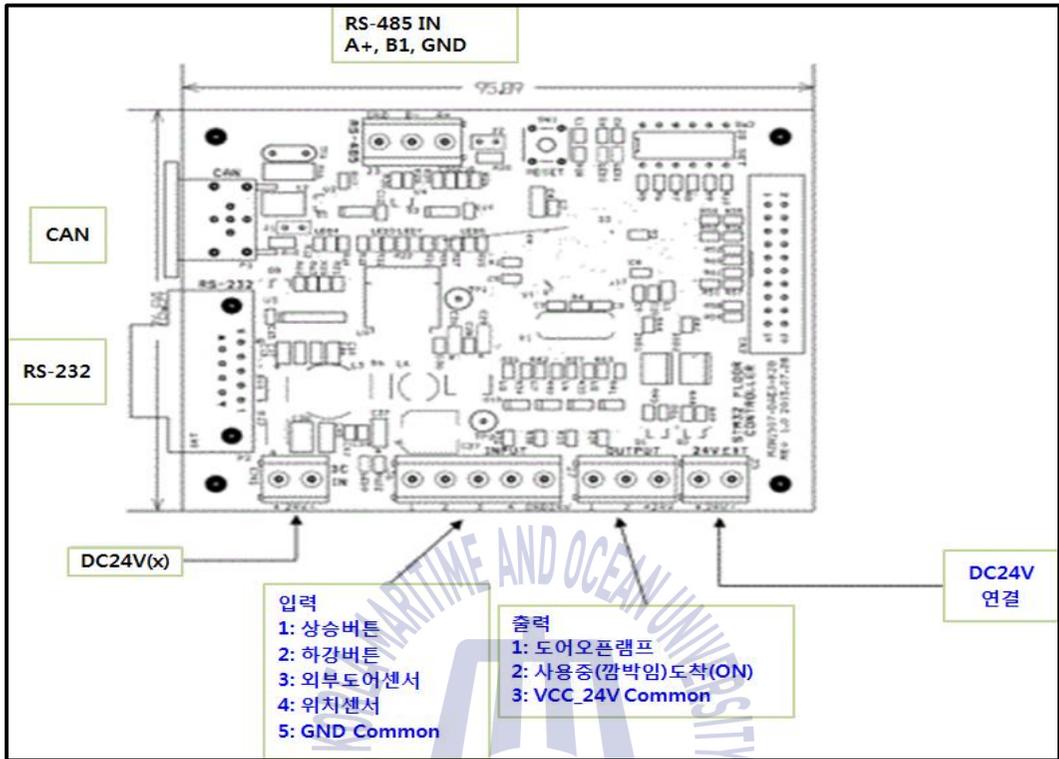


Fig. 39 Floor controller PCB and terminal function



Fig. 40 Floor controller PCB

```

층 제어기(Floor Controller) PGN(100ms)

unsigned char SID;
unsigned char Ellnst;           //1byte, inst 0 : 해상 1:육상
unsigned char input Sensor;    //1byte, 리미터 스위치, 근접센서등
                                rel : bit
unsigned char input Button;    //1byte, 상승호출, 하강호출버튼
                                rel : bit
unsigned char current floor;   //1byte, 설치된 층 1 ~ 64층
                                rel : 1층

```

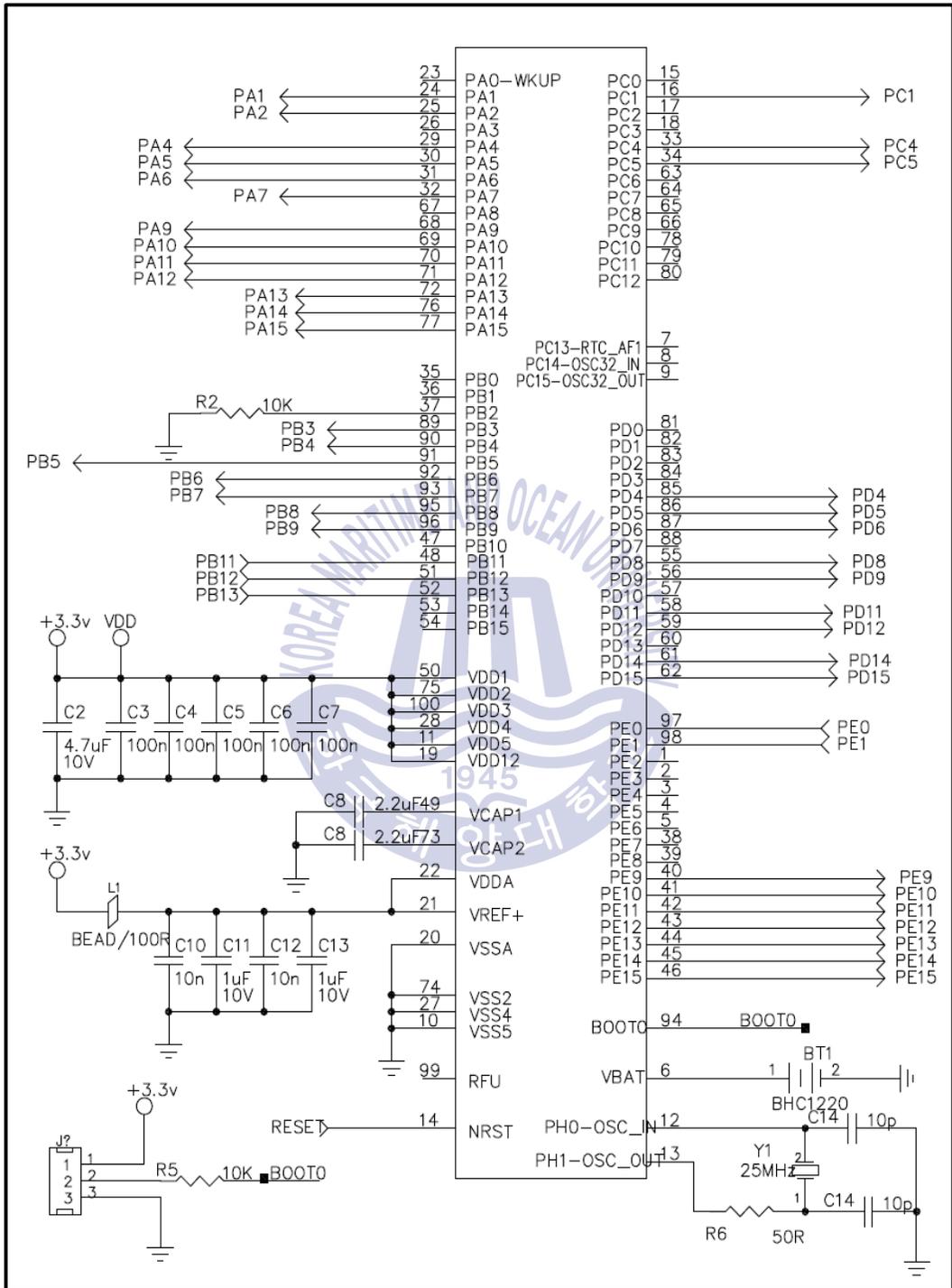
**Fig. 41** The firmware of the floor controller

Fig. 41은 층 제어기의 성능 구현을 위한 변수부분을 정리하여 제시한 Firmware 부분이다.

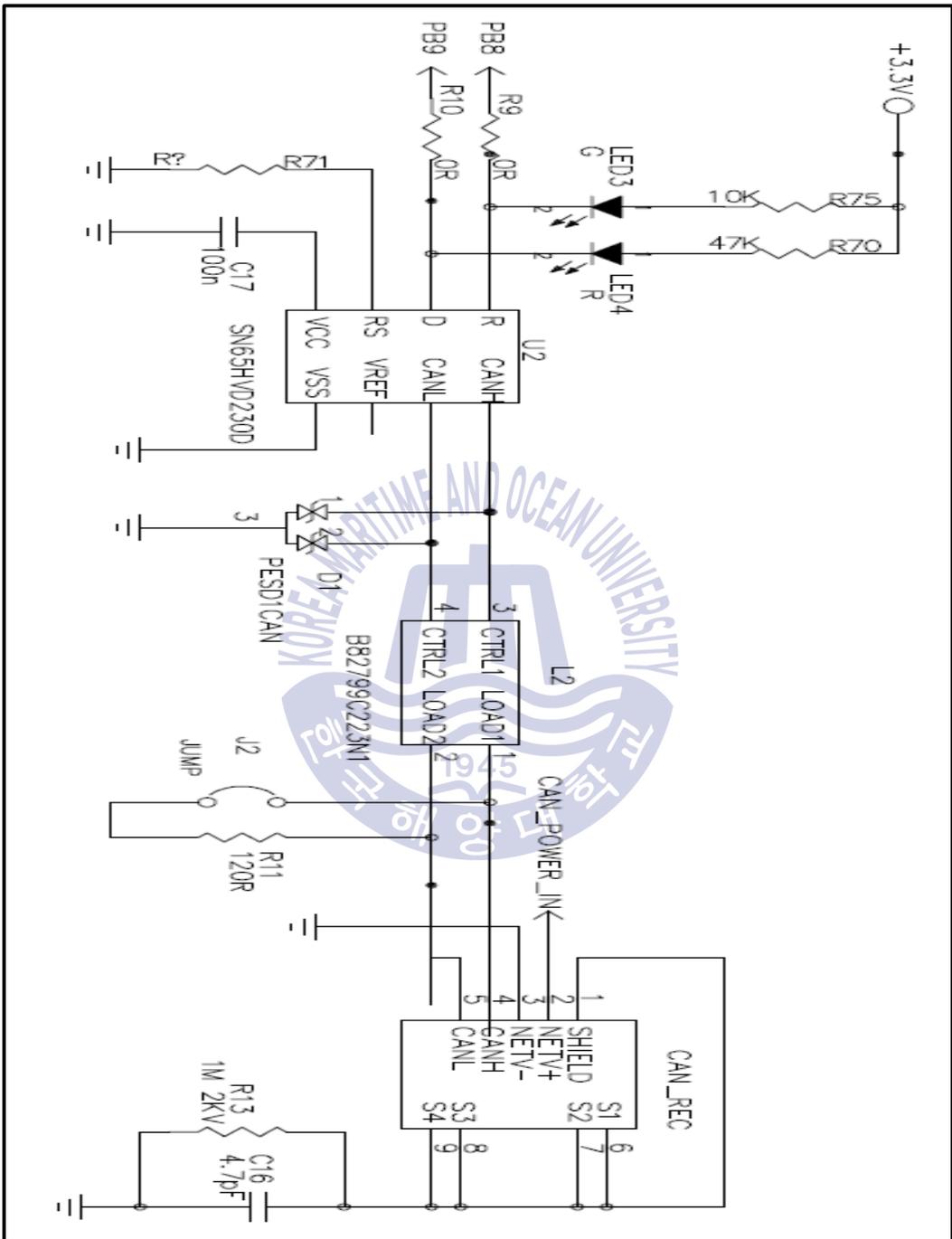
**3.3.4 통신제어반 설계**

선박용 승강기 안전관리 에이전트 통신제어반은 외부적으로 PoE(Power over Ethernet)방식의 WLAN 무선통신 모듈이 이더넷 케이블로 연결되며 최대 7개까지 연결될 수 있다. 이때 연결되는 PoE 방식의 WLAN 무선통신 모듈의 공급 전원을 꼭 확인하고 PoE 모듈의 파워를 24V로 WLAN 무선통신 모듈에 맞게 설정해야 한다. 또한 선박용 승강기 안전관리 에이전트 통신제어반은 내부적으로 주 제어기 인터페이스 모듈과 이더넷 케이블로 연결되어 있는지 확인이 필요하다. 선박용 승강기 제어반 인터페이스 통신제어반은 상호 센서 정보를 전달하기 위해 NMEA 2000 선박표준 네트워크로 연결되어야 하므로 NMEA 2000 케이블로 설계했다. 케이블 내부에는 NMEA 2000 케이블 내에 전원선이 있으며 12V ~ 24V의 전원을 공급하게 되면 내부의 전원 조절장치가 있어 제어반 인터페이스 모듈에 필요한 전원으로 변경되어 공급하게 된다. NMEA 2000 네트워크상에서 필요한 제어신호를 원활히 받게 되면 주 제어기에서는 이더넷으로 안전관리 에이전트 통신제어반으로 데이터를 전송한다.

통신제어기는 Fig. 42와 같이 STM32F 207VET6 /LQFP100 Core를 사용하고, Ethernet RMI + MDC는 9핀으로 회로를 설계하였다.

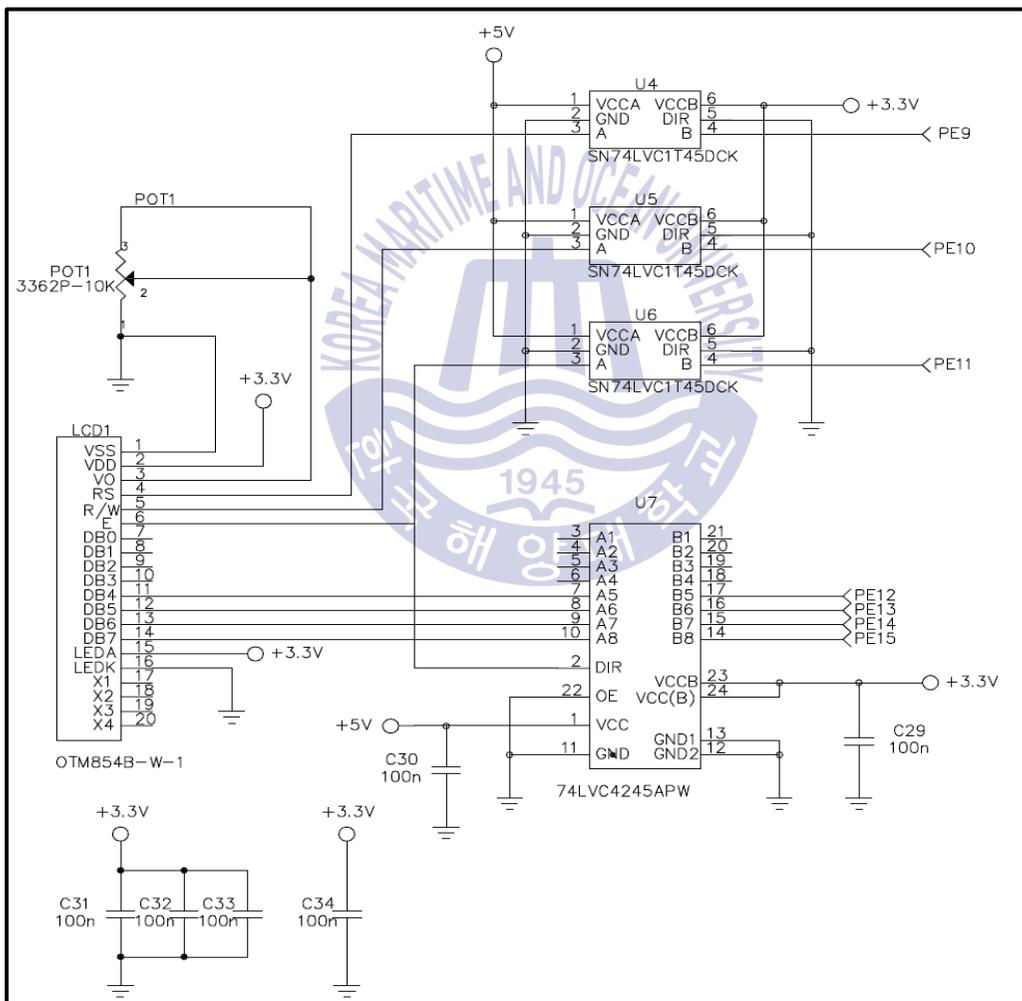


**Fig. 42** STM32F 207VET6 /LQFP100 core schematic

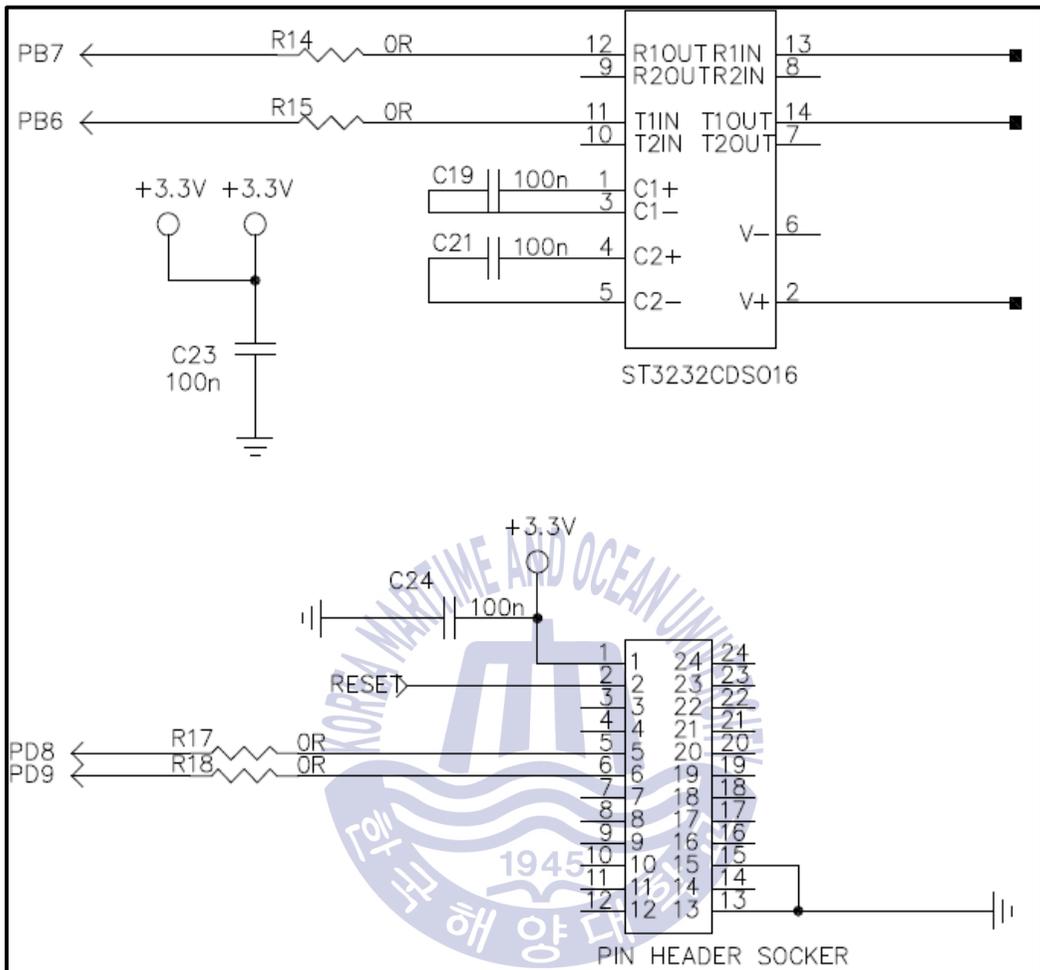


**Fig. 43** CAN drive schematic

특히, Fig. 43과 같이 CAN Driver는 NMEA 물리 계층 연결을 위한 CAN PORT 접속을 위하여 설계되었다. RX, TX 전송 및 설정을 시각적으로 확인하기 위하여 RX는 빨간 LED 그리고 TX는 녹색 LED로 표시되도록 회로 설계에 반영하였다. 통신의 중단저항 사용유무를 위하여 T/R JUMP를 사용하여 쉽게 적용할 수 있도록 하였다. Fig. 44와 같이 LCD Panel은 OTM854B-W-1 모델을 적용하였으며, bypass 3.3v를 추가적으로 인가할 수 있도록 설계하고, 패키징(IEC 60945, 전자파 시험평가)을 고려해 Case설계에 반영할 수 있도록 회로를 설계하였다.



**Fig. 44** LCD schematic



**Fig. 45** Communication port schematic

무선통신기능을 탑재하기 위해 Fig. 45와 같이 RoLa 모듈은 PLM-100을 사용하였으며 통신간섭을 방지하기 위하여 PIN간 거리는 11.6mm로 설계하였고, WiFi 모듈은 HLK-WiFi-M03을 사용하였으며, 원활한 모듈교환을 위하여 55.2x25.4mm 소켓을 사용, UART(Universal asynchronous receiver/transmitter) Serial 신호를 IEEE802.11 b/g/n 무선랜 프로토콜로 변환시키는 게이트웨이 모듈로서 JSN270 IF를 적용하였으며 PIN 간 거리는 14mm로 회로를 설계하였다.

MEMORY는 Fig. 46과 같이 비휘발성 플래시 메모리이며 메모리의 크기는 16Mb이며 클럭 주파수로 50MHz를 동작하는 SST25VF016B/S08 모델을 사용하고, JTAG는 가장

범용으로 사용되는 20PA-DSA 모델을 적용하였다.

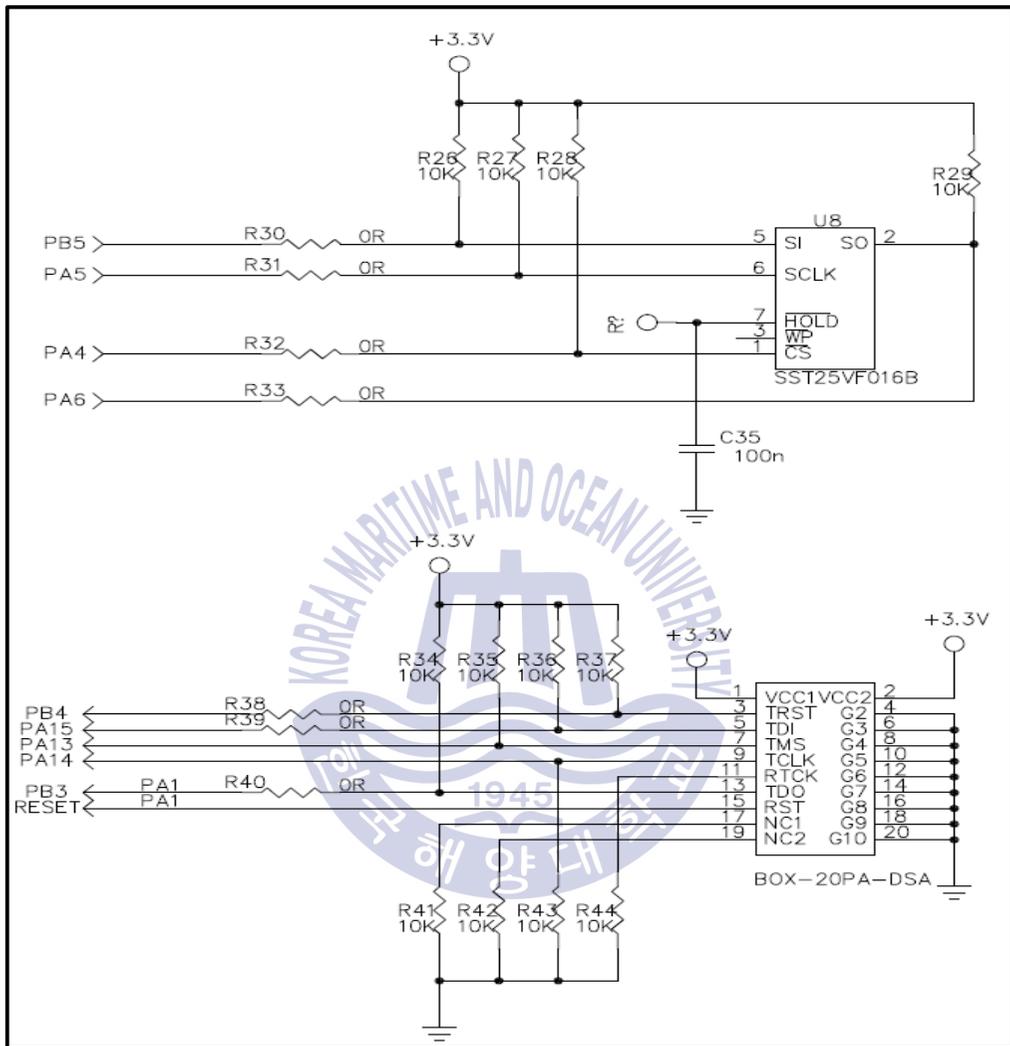
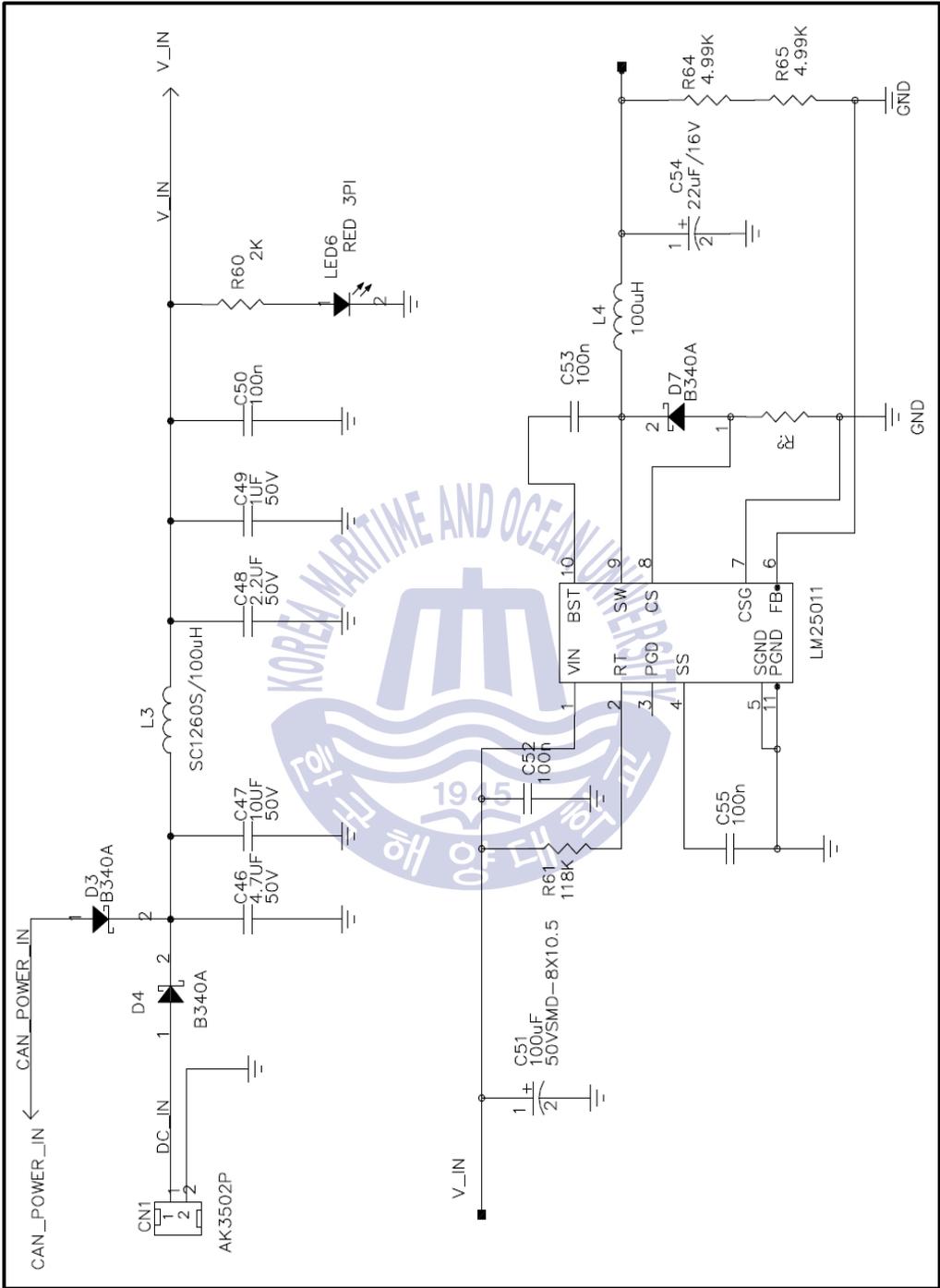


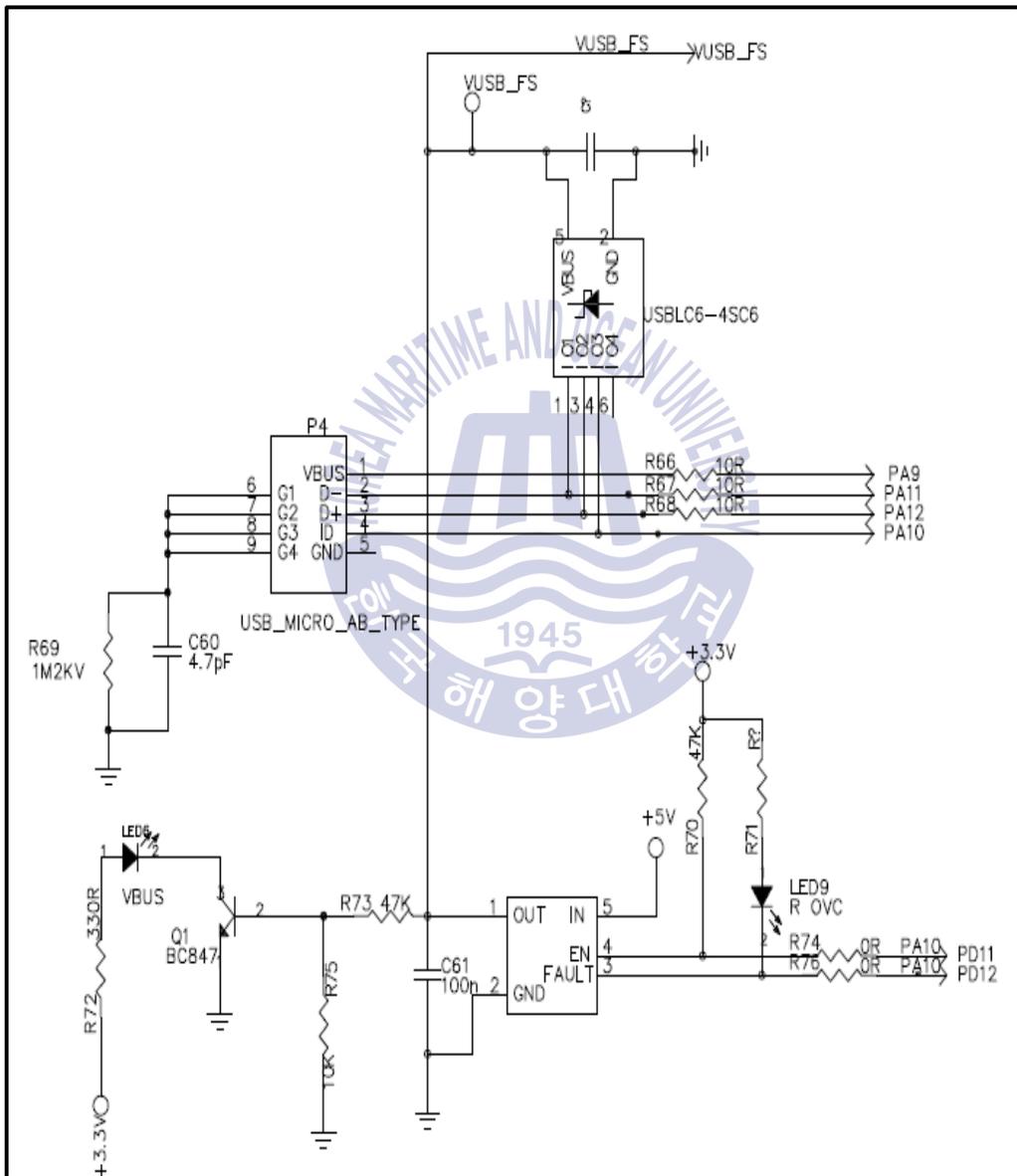
Fig. 46 Memory schematic

전원 회로부분은 Fig. 47과 같이 DC 12~36V 가 가능하고, 물리적으로 NMEA Power Cable을 통해 전력을 공급받을 수 있다. D3, D4의 다이오드를 사용하여 과전압에 대한 보호를 하였으며 캐패시터와 코일을 사용하여 노이즈에 대한 내성을 가질 수 있도록 설계하였다. 그리고 마지막으로 동작여부를 확인 가능하도록 LED6을 추가하여 전원이 정상적으로 인가 시 LED를 통하여 전원공급여부를 확인할 수 있도록 하였다.



**Fig. 47** Power schematic

USB는 Fig. 48과 같이 ESD(Electro Static Discharge)에 높은 안정성을 가지고 고속인터페이스에 적합한 USBLC6-45C6 모델을 적용하고, JTAG는 출력부하가 전류제한을 초과하면 자동으로 안전한 레벨로 전환하여 정전류 모드로 동작하는 STMPS2141STR 모델을 적용해 회로를 설계하였다.



**Fig. 48** Programmable port schematic

### 3.4 선박용 승강기 안전관리 모니터링 장치

#### 3.4.1 NMEA 2000 PGN

NMEA 2000 PGN은 총 6개의 코드가 사용된다. GPS에서 Altitude Delta, High Precision Rapid Update를 위한 PGN 코드 129028와 GNSS Position Data를 위한 PGN 129029(Fig. 49) 그리고 GNSS Sats in View를 나타내는 PGN 129540이다. 그리고 온도, 습도, 대기압의 환경적인 요소를 나타내는 PGN 130311과 로드셀 Set Pressure를 나타내는 PGN 130315, 그리고 자이로 Direction Data를 표시하는 PGN 130577, Vessel Heading을 나타내는 PGN 127250이 사용된다.



**NMEA 2000**®  
STANDARD FOR SERIAL-DATA NETWORKING OF MARINE ELECTRONIC DEVICES

**129029 GNSS Position Data**

This parameter group conveys a comprehensive set of Global Navigation Satellite System (GNSS) parameters, including position information.

Field #	Field Description
1	SID
2	Position date
3	Position time
4	Latitude
5	Longitude
6	Altitude
7	Type of System
8	Method, GNSS
9	Integrity
10	Reserved Bits
11	Number of SVs
12	HDOP
13	PDOP
14	Geoidal Separation
15	Number of Reference Stations
16	Reference Station Type "1"
17	Reference Station ID "1"
18	Age of DGNSS Corrections "1"
19	Reference Station Type "n"
20	Reference Station ID "n"
21	Age of DGNSS Reference Station "n"

**Fig. 49** PGN of GNSS

### 3.4.2 모니터링용 데이터

Table 10은 본 논문에서 사용되는 유도형 근접센서에 대한 NMEA 포맷이며, Message ID는 NMEA 0183의 프로토콜 데이터 포맷을 표본으로 하여 문장의 시작은 \$로 시작하였으며 <CR><LF>로 끝나는 82자 이하의 문자로 구성되어지는 기본 규칙을 준수하였으며 EL은 Lift System을 나타내는 Talk ID이며 PRX는 근접센서를 나타내는 Sentence ID이다. 그 뒤는 다수의 Lift를 구분할 수 있는 Lift ID와 근접센서가 동작한 시간을 나타내는 UTC Time을 표시하고 실질적인 승강로와 카사이의 높이가 15mm를 기준으로 하여 15mm 이상일 경우에는 0의 데이터로 표시하고 15mm 이내일 경우에는 1의 데이터로 표시한 후 데이터의 신뢰성을 위하여 XOR한 checksum을 추가하여 데이터포맷을 완성하였다. 본 포맷은 기존에 근접센서에 대한 포맷이 정의된 적이 없으므로 본 연구의 진행을 위하여 정의하였다.

**Table 10** NMEA format definition - Proximity sensor

NAME	Example	Units	Description
Message ID	\$ELPRX		EL : Lift System PRX : Proximity Sensor
Lift ID	0000001		Lift unique ID, 7 characters
UTC Time	064951.000		hhmmss.sss
승강로와 카사이 높이차이	0		승강와 카의 높낮이 차이 0 : 15mm 이상 차이 1 : 15mm 이내
Checksum	*6F		XOR checksum
<CR><LF>			End of message termination

Table 11은 본 논문에서 승강기의 밸런싱 측정 사용되는 IMU(Inertial Measurement Unit)에 대한 NMEA 포맷이며, Message ID는 기존에 등록된 데이터 프로토콜이 없으므로 양식을 새롭게 정의하였다. NMEA 0183의 프로토콜 데이터 포맷을 표본으로 하여 문장의 시작은 \$로 시작하였으며 <CR><LF>로 끝나는 82자 이하의 문자로 구성되어지는 기본 규칙을 준수하였다. EL은 lift System을 나타내는 Talk ID이며 SPA는 IMU 센서를 나타내는 Sentence ID이다. 그 뒤는 다수의 lift를 구분할 수 있는 Lift ID와 IMU 센서가 동작한 시간을 나타내는 UTC Time을 표시하고 -90도 에서 90도까지의 가로축에 대한 모션을 나타내는 PITCH 데이터를 표시하고, -90도부터 90도까지 나타내는 세로축에 대한 모션을 나타내는 ROLL 데이터를 표시하며, 마지막으로 -180에서 180도까지 수직축에 대한 모션을 나타내는 YAW 데이터를 표시하고 데이터의 신뢰성을 위하여 XOR한 checksum을 추가하여 데이터포맷을 완성하였다.

**Table 11** NMEA format definition - IMU

NAME	Example	Units	Description
Message ID	\$ELSPA		EL : Lift System SPA : Sparton IMU
Lift ID	0000001		Lift unique ID, 7 characters
UTC Time	064951.000		hhmmss.sss
Pitch	PITCH		Pitch
	5.5	°	Pitch value(-90.0 ~ +90.0)
Roll	ROLL		Roll
	-2.4	°	Roll value(-90.0 ~ +90.0)
YAW	YAW		Yaw
	5.9	°	Yaw value(-180.0 ~ +180.0)
Checksum	*3C		XOR checksum
<CR><LF>			End of message termination

**Table 12** NMEA format definition - Load cell

NAME	Example	Units	Description
Message ID	\$ELLDC		EL : Lift System LDC : Load cell
Lift ID	0000001		Lift unique ID, 7 characters
UTC Time	064951.000		hhmmss.sss
Load cell	C1		Load cell #1
	501	kg	Load cell value
Load cell	C2		Load cell #2
	490	kg	Load cell value
Load cell	C3		Load cell #3
	495	kg	Load cell value
Load cell	C4		Load cell #4
	502	kg	Load cell value
Checksum	*60		XOR checksum
<CR><LF>			End of message termination

Table 12는 본 연구에서 사용되는 Load Cell에 대한 NMEA 포맷이며, Message ID는 기존에 등록된 데이터 프로토콜이 없으므로 양식을 새롭게 정의하였다. NMEA 0183의 프로토콜 데이터 포맷을 표본으로 하여 문장의 시작은 \$로 시작하였으며 <CR><LF>로 끝나는 82자 이하의 문자로 구성되어지는 기본 규칙을 준수하였다. EL은 Lift System을 나타내는 Talk ID이며 LDC는 Load Cell센서를 나타내는 Sentence ID이다. 그 뒤는 다수의 Lift를 구분할 수 있는 Lift ID와 Load Cell 센서가 동작한 시간을 나타내는 UTC Time을 표시하고 4개의 Load Cell 센서가 감지한 값을 순차적으로 출력하며, 각 센서의 값의 구분은 “,” 를 사용하여 구분하였다. 데이터의 신뢰성을 위하여 XOR한 checksum을 추가하여 데이터포맷을 완성하였다.

Table 13은 본 연구에서 사용되는 온도, 습도, 대기압센서에 대한 NMEA 포맷이며, Message ID는 기존에 등록된 “XDR”포맷을 사용하였다. NMEA 0183의 프로토콜 데이터 포맷을 표본으로 하여 문장의 시작은 \$로 시작하였으며 <CR><LF>로 끝나는 82자 이하의 문자로 구성되어지는 기본 규칙을 준수하였다. “EL”은 Lift System을 나타내는 Talk ID이며 “XDR”은 온도, 습도, 대기압센서를 나타내는 Sentence ID이다. 그 뒤는 다수의 Lift를 구분할 수 있는 “Lift ID”와 센서가 동작한 시간을 나타내는 “UTC Time”을 표시하고 온도센서 타입을 나타내는 문자 “C”를 출력하고 온도값을 나타내는 숫자가 표시되고, 온도 단위인 Degrees Celsius를 나타내는 “C”를 출력한 후 온도 센서의 ID인 “TEMP”를 표시한다. 이어서 습도센서를 나타내는 문자 “H”를 출력하고 습도값을 나타내는 숫자가 표시되고, 습도 단위인 Percent를 나타내는 “P”를 출력한 후 습도 센서의 ID인 “HUMI”를 표시한다. 그리고 대기압센서를 나타내는 문자 “P”를 출력하고 대기압 값을 나타내는 숫자가 표시되고, 대기압의 단위인 Pascal을 나타내는 “P”를 출력한 후 대기압 센서의 ID인 “BARO”를 표시한다. 각 센서의 값의 구분은 “,” 를 사용하여 구분하였다. 데이터의 신뢰성을 위하여 XOR한 checksum을 추가하여 데이터포맷을 완성하였다.

**Table 13** NMEA format definition - Temperature Humidity Atmospheric pressure sensor

NAME	Example	Units	Description
Message ID	\$ELXDR		EL : Lift System XDR : Transducer Measurements
Lift ID	0000001		Lift unique ID, 7 characters
UTC Time	064951.000		hhmmss.sss
Transducer Type	C		Transducer Type Field (Temperature)
Measurement data	-10.5	°C	Temperature value(-40 ~ 60°C)
Unit of Measure	C		C = degrees Celsius
Transducer ID	TEMP		Temperature
Transducer Type	H		Transducer Type Field(Humidity)
Measurement data	50.3	%	Humidity value(0 ~ 100%)
Unit of Measure	P		P=Percent
Transducer ID	HUMI		Humidity
Transducer Type	P		Transducer Type Field(Pressure)
Measurement data	1000.5	hPa	Pressure value(800 ~ 1100hPa)
Unit of Measure	P		P=Pascal
Transducer ID	BARO		Barometer
Checksum	*41		XOR checksum
<CR><LF>			End of message termination

Table 14는 본 연구에서 사용되는 연기가스 센서에 대한 NMEA 포맷을 기본으로 하였으며, Message ID는 기존에 등록된 데이터 프로토콜이 없으므로 양식을 새롭게 정의하였다. NMEA 0183의 프로토콜 데이터 포맷을 표본으로 하여 문장의 시작은 \$로 시작하였으며 <CR><LF>로 끝나는 82자 이하의 문자로 구성되어지는 기본 규칙을 준수하였다. EL은 Lift System을 나타내는 Talk ID이며 SPD는 연기가스센서를 나타내는 Sentence ID이다. 그 뒤는 다수의 Lift를 구분할 수 있는 Lift ID와 연기가스센서가 동작한 시간을 나타내는 UTC Time을 표시하고, 화재발생 상태에 따른 접점신호가 표시된다. 데이터의 신뢰성을 위하여 XOR한 checksum을 추가하여 데이터포맷을 완성하였다.

**Table 14** NMEA format definition - Smoke gas sensor

NAME	Example	Unit	Description
Message ID	\$ELSF		EL : Lift System SFD : Smoke Fire Detector
Lift ID	0000001		Lift unique ID 7 characters
UTC Time	064951.000		hhmmss.sss
Status	0		화재발생 상태 표시 0 : 화재 발생하지 않음 1 : 화재 발생
Checksum	*64		XOR checksum
<CR><LF>			End of message termination

**Table 15** GPS NMEA output format

NAME	Example	Units	Description
Message ID	\$GPRMC		RMC protocol header
UTC Time	64951		hhmmss.sss
Status	A		A=data valid or V=data not valid
Latitude	2307.1256		ddmm.mmmm
N/S Indicator	N		N=north or S=south
Longitude	12016.4438		dddmm.mmmm
E/W Indicator	E		E=east or W=west
Speed over Ground	0.03	knots	
Course over Ground	165.48	degrees	TRUE
Date	260406		ddmmyy
Magnetic Variation		degrees	E=east or W=west (Need Ascenkorea Customization Service)
Mode	A		A= Autonomous mode B=Differentialmode E=Estimatedmode
Checksum	*65		
<CR><LF>			End of message termination

Table 15는 본 연구에서 사용되는 GPS에 대한 NMEA 포맷을 기본으로 하였으며, Message ID는 기존 GPS 등록된 데이터 프로토콜을 사용하였다. NMEA 0183의 프로토콜 데이터 포맷을 표본으로 하여 문장의 시작은 \$로 시작하였으며 <CR><LF>로 끝나는 82자 이하의 문자로 구성되어지는 기본 규칙을 준수하였다. GP은 GPS를 나타내는 Talk ID이며 RMC는 Recommended minimum specific GNSS data를 나타내는 Sentence ID이다. 그 뒤는 위도, 경도, 속도 그리고 시간에 대한 정보가 표시된다. 데이터의 신뢰성을 위하여 XOR한 checksum을 추가하여 데이터포맷이 완성되어진다.

**Table 16** NMEA format definition - Operation

NAME	Example	Units	Description
Message ID	\$ELOPR		EL : Lift System OPR : 승강기 운행 정보
Lift ID	0000001		Lift unique ID, 7 characters
UTC Time	064951.000		hhmmss.sss
Mode	MODE		승강기의 운행 모드
	0		0 : Auto 1 :Manual 2 :Emergency(주 제어기 고장진단)
Door	DR		승강기 문 상태
	0		0 : 닫힘 1 : 열림
Floor	FLR		승강기 현재 위치 층
	3		1층 ~ 64 층
Status	STA		승강기의 동작 상태
	0		0 : STOP 1 : UP 2 : DOWN
Checksum	*6C		XOR checksum
<CR><LF>			End of message termination

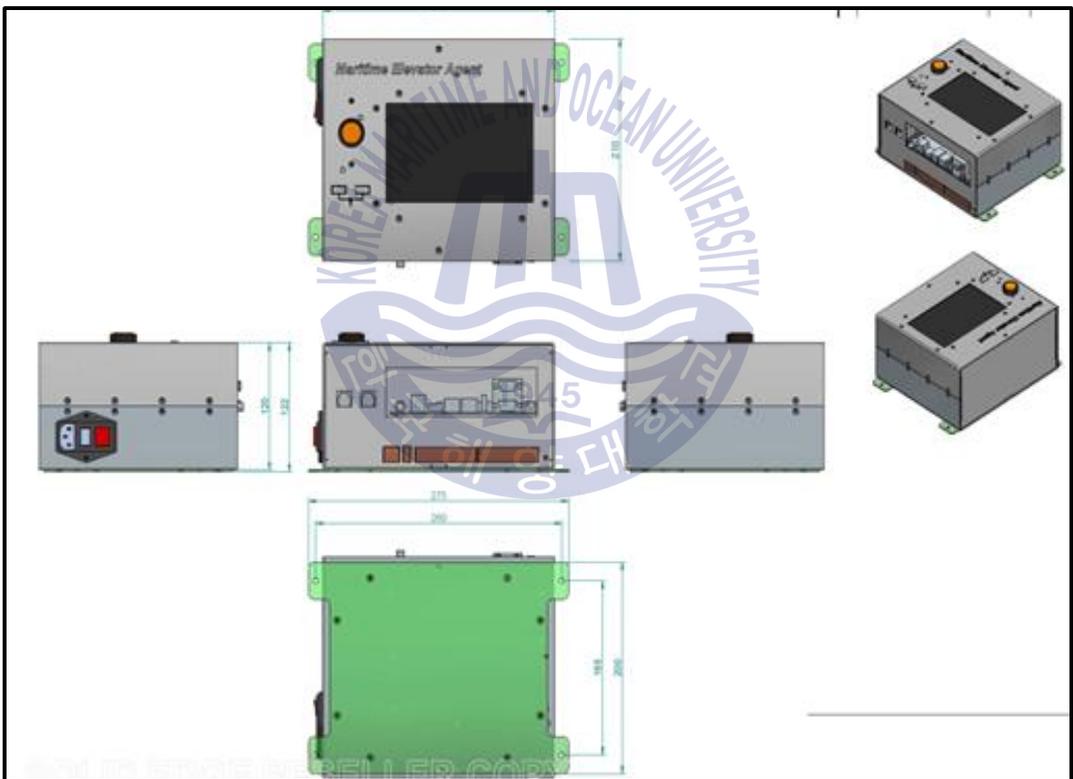
Table 16에서는 승강기의 운행정보에 대한 모니터링을 위한 NMEA 데이터 포맷이다. 본 포맷에서는 Message ID는 기존에 등록된 데이터 프로토콜이 없으므로 양식을 새롭게 정의하였다. EL은 Lift System을 나타내는 Talk ID이며 OPR은 운행정보를 나타내는 Sentence ID이다. 그 뒤는 다수의 승강기를 구분할 수 있는 승강기 ID와 운행정보가 발생한 시간을 나타내는 UTC Time을 표시하고, 승강기의 운행모드와 승강기의 문의 상태, 그리고 승강기의 동작상태가 표시된다. 데이터의 신뢰성을 위하여 XOR한 checksum을 추가하여 데이터포맷을 완성하였다.

**Table 17** NMEA format definition - Emergency

NAME	Example	Units	Description
Message ID	\$ELEMC		EL : Lift System EMC : Emergency
Lift ID	0000001		Lift unique ID, 7 characters
UTC Time	064951.000		hhmmss.sss
Emergency 종류	0		Emergency 종류 0 : 정상 1 : 기울기가 10도 이상 발생 2 : 로드셀 중량 초과 3. : 무게 치우침 4 : 연기센서 화재 발생 5 : 비상버튼(카에서 눌림) 6 : 와이어로프 클립 체결 안됨 7 : 승강장과의 거리 9 : 최상층
Emergency 종류에 대한 현재 상태	0		0 : 정상 1 : 발생
Checksum	*6E		XOR checksum
<CR><LF>			End of message termination

Table 17에서는 승강기의 긴급 상황에 대한 모니터링을 위한 NMEA 데이터 포맷이다. 본 포맷에서는 Message ID는 기존에 등록된 데이터 프로토콜이 없으므로 양식을 새롭게 정의하였다. EL은 Lift System을 나타내는 Talk ID이며 EMC는 긴급 상황을 나타내는 Sentence ID이다. 그 뒤는 다수의 승강기를 구분할 수 있는 승강기 ID와 운행정보가 발생한 시간을 나타내는 UTC Time을 표시하고, 긴급 상황의 종류가 표시된다. 데이터의 신뢰성을 위하여 XOR한 checksum을 추가하여 데이터포맷을 완성하였다.

### 3.4.3 선박용 승강기 안전관리 에이전트 모듈



**Fig. 50 Ship's lift safety management agent module**

Fig. 50에서 보여주는 선박용 승강기 안전관리 에이전트 모듈은 전원을 공급하거나 NMEA 2000 컨넥터를 연결하면 바로 부팅이 되고 플러그인 플레이 상태로 자동 주소를 부여 받아 부팅이 완료된다.

```

m_strMainTitle      = _T("DELCO21 Monitoring System");
m_strCopyRight      = _T("CopyRight(c) 2015 delco lift.");
m_strSensorTitle    = _T("센서정보");
m_strOperateTitle   = _T("운영/안전정보");
m_stSensor[eELRMC].strSensorTitle    = _T(" GPS");
m_stSensor[eELXDR].strSensorTitle    = _T(" 온도/습도/대기압");
m_stSensor[eELSPA].strSensorTitle    = _T(" IMU");
m_stSensor[eELLDLC].strSensorTitle   = _T(" 로드셀");
m_stSensor[eELSFD].strSensorTitle    = _T(" 연기센서");
m_stSensor[eELPRX].strSensorTitle    = _T(" 근접센서");
m_stSensor[eELOPR].strSensorTitle    = _T(" 운행정보");
m_stSensor[eELEMC].strSensorTitle    = _T(" 안전정보");
m_stSensor[eELSPD].strSensorTitle    = _T(" 속도/ 거리");

m_stSensor[eELRMC].strSensorSubItem[eLATI] = _T("위도");
m_stSensor[eELRMC].strSensorSubItem[eLONG] = _T("경도");
m_stSensor[eELRMC].strSensorSubItem[eDATE] = _T("날짜");
m_stSensor[eELRMC].strSensorSubItem[eTIME] = _T("시간");

m_stSensor[eELXDR].strSensorSubItem[eTEMP] = _T("온도 [℃]");
m_stSensor[eELXDR].strSensorSubItem[eHUMI] = _T("습도 [%]");
m_stSensor[eELXDR].strSensorSubItem[eBARO] = _T("대기압 [hPa]");
m_stSensor[eELSPA].strSensorSubItem[ePITH] = _T("PITCH");
m_stSensor[eELSPA].strSensorSubItem[eROLL] = _T("ROLL");
m_stSensor[eELSPA].strSensorSubItem[eTILT] = _T("TILT");

m_stSensor[eELLDLC].strSensorSubItem[eLC01] = _T("로드셀 1 [Kg]");
m_stSensor[eELLDLC].strSensorSubItem[eLC02] = _T("로드셀 2 [Kg]");
m_stSensor[eELLDLC].strSensorSubItem[eLC03] = _T("로드셀 3 [Kg]");
m_stSensor[eELLDLC].strSensorSubItem[eLC04] = _T("로드셀 4 [Kg]");
m_stSensor[eELLDLC].strSensorSubItem[eAVLC] = _T("총중량 [Kg]");
m_stSensor[eELSFD].strSensorSubItem[eSFDS] = _T("화재발생상태");
m_stSensor[eELPRX].strSensorSubItem[ePRXS] = _T
("승강기와 카 높이 차");

m_stSensor[eELOPR].strSensorSubItem[eMODE] = _T("운영모드");
m_stSensor[eELOPR].strSensorSubItem[eDOOR] = _T("승강기 문상태");
m_stSensor[eELOPR].strSensorSubItem[eFLOR] = _T("현재층");
m_stSensor[eELOPR].strSensorSubItem[eRUNS] = _T("운영상태");
m_stSensor[eELEMC].strSensorSubItem[eEMTP] = _T("Emergency 종류");
m_stSensor[eELEMC].strSensorSubItem[eEMST] = _T("Emergency 상태");
m_stSensor[eELSPD].strSensorSubItem[eSPD] = _T("이동 속도");
m_stSensor[eELSPD].strSensorSubItem[eDST] = _T("누적 거리");

```

**Fig. 51** Program code section (operating section)

```

if (m_stDelco21DataSet[m_nMachineNumber].stELEM.C.strEmergencyType !=
_T(""))
    {
        if
(m_stDelco21DataSet[m_nMachineNumber].stELEM.C.strEmergencyType ==
_T("0"))        {        m_stSensor[eELEM.C].strSensorSubItemValue[eEMTP]
= _T("정상");        }
                else if
(m_stDelco21DataSet[m_nMachineNumber].stELEM.C.strEmergencyType ==
_T("1"))        {        m_stSensor[eELEM.C].strSensorSubItemValue[eEMTP]
= _T("기울기");        }
                else if
(m_stDelco21DataSet[m_nMachineNumber].stELEM.C.strEmergencyType ==
_T("2"))        {        m_stSensor[eELEM.C].strSensorSubItemValue[eEMTP]
= _T("로드셀 중량초과"); }
                else if
(m_stDelco21DataSet[m_nMachineNumber].stELEM.C.strEmergencyType ==
_T("3"))        {        m_stSensor[eELEM.C].strSensorSubItemValue[eEMTP]
= _T("화재발생");        }
                else if
(m_stDelco21DataSet[m_nMachineNumber].stELEM.C.strEmergencyType ==
_T("4"))        {        m_stSensor[eELEM.C].strSensorSubItemValue[eEMTP]
= _T("비상버튼");        }
                else if
(m_stDelco21DataSet[m_nMachineNumber].stELEM.C.strEmergencyType ==
_T("5"))        {        m_stSensor[eELEM.C].strSensorSubItemValue[eEMTP]
= _T("로프클립 체결안됨");        }
                else if
(m_stDelco21DataSet[m_nMachineNumber].stELEM.C.strEmergencyType ==
_T("6"))        {        m_stSensor[eELEM.C].strSensorSubItemValue[eEMTP]
= _T("하중솔림인한정지");        }
    }

```

**Fig. 52** Program code section (emergency control section)



(a) English version



(b) Korean version

**Fig. 53** Lift safety management agent module S/W operation screen

선박용 승강기 안전관리 에이전트 모듈은 Visual Studio 2008 MFC 소프트웨어로 개발되었으며, 기능은 Listen 상태에서 지정된 IP, Port로 수신되는 데이터 수집하여서

NMEA 2000 포맷인지 아닌지를 확인한 후, 정상적인 메시지인 경우 데이터 정보처리 하여 지정된 구조체에 데이터 저장한다. 또한 데이터가 수신될 때 마다 ELEMIC의 긴급 상태를 확인하고 긴급 상태인 경우 경고 창을 띄우고 알람을 발생시키고, 옵션 상태에서 다른 선박용 승강기로 선택가능하게 하며, 마지막으로 수집된 데이터를 DB에 저장하도록 프로그램 하였다.

Fig. 51과 Fig. 52는 동작부와 긴급동작 시에 대한 프로그램을 작성한 부분이다. 이를 통하여 각 센서들의 값과 긴급 상황에서의 상태에 대한 내용을 수신 받아서 표시할 수 있도록 하였다. Fig. 53은 최종적인 소프트웨어 구동 장면으로서 영문버전과 한국어버전 2가지로 구성하였다.



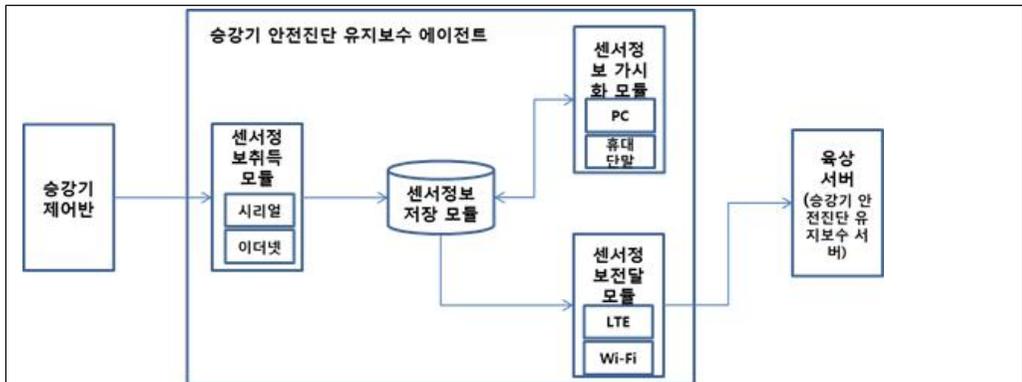
## 제 4 장 선박용 승강기 안전관리 시스템 실험 및 데이터 검증

### 4.1 시스템 연동

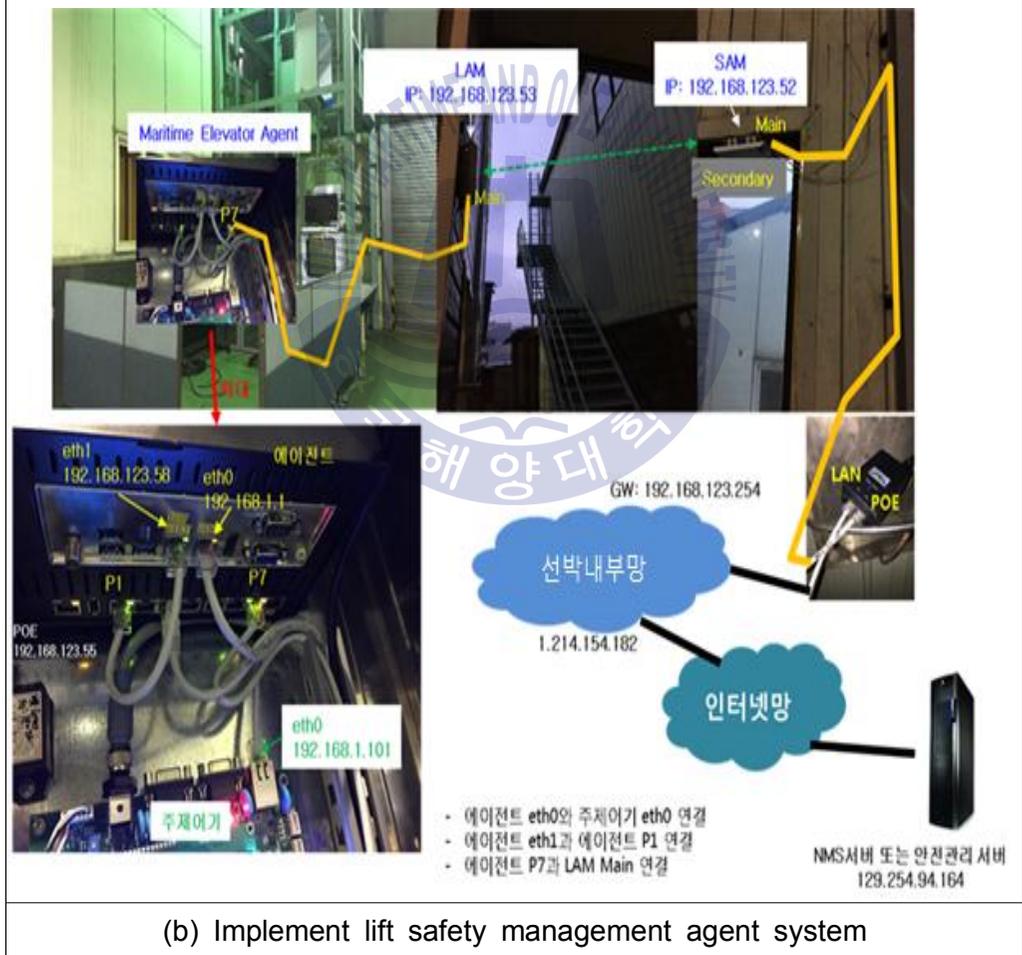
안전관리 서버시스템은 승강기 에이전트 안전관리 시스템에서 보내온 데이터를 수집, 저장, 분석진단, 모니터링하기 위한 시스템이다. 승강기 안전관리 에이전트는 NMEA 2000 네트워크상에 있는 주 제어기, 카 제어기, 층 제어기로부터 수집된 데이터를 주 제어기를 통해 이더넷으로 전송하며, 서버의 네트워크 연결이 문제가 있을 경우 로깅하여 네트워크가 연결되어 통신 가능할시 전송함으로써 제어기상에서 수집된 데이터를 유실하지 않고 서버로 보내주는 역할을 한다. 승강기 안전관리 에이전트는 제어기로부터 수신된 데이터를 서버로 송신하고, 서버에 송신이 불가능 할 경우, 데이터를 로깅하여 송신이 가능하면 송신하게 된다.

승강기에서 생성되는 운행 정보, 센서 데이터 정보 인터페이스 기능을 제공하여야 하며, 승강기의 운행 상태 및 안전 부품 상태 정보를 저장할 수 있는 기능이 구현하였다. 승강기의 운행 상태를 모니터링하여 서비스 사용자에게 디스플레이 해주는 기능이 있으며, 승강기 안전 부품 상태를 모니터링하여 서비스 사용자에게 디스플레이 해주는 기능을 가지고 있으며, 수집된 안전 부품 상태 정보를 분석하는 기능을 가지고 있다. 수집된 안전 부품 상태 정보를 진단하여 그 결과에 따른 BOM(Bill Of Material)등의 정보를 서비스 사용자에게 제공하는 기능을 제공한다.

Fig. 54는 승강기 안전관리 에이전트 시스템의 구상도와 이를 바탕으로 실제 테스트 베드를 구축한 사진이다. 이를 통하여 승강기 안전관리 에이전트 시스템은 해상용 승강기에 부착된 센서들의 정보를 승강기 제어반의 이더넷 또는 시리얼통신을 통해 취득하고, 데이터 파싱을 통해 에이전트 시스템 내부의 데이터베이스에 정보를 저장한다.



(a) Lift safety management agent system configuration diagram



(b) Implement lift safety management agent system

**Fig. 54** Diagram of monitoring system of lift fault diagnosis

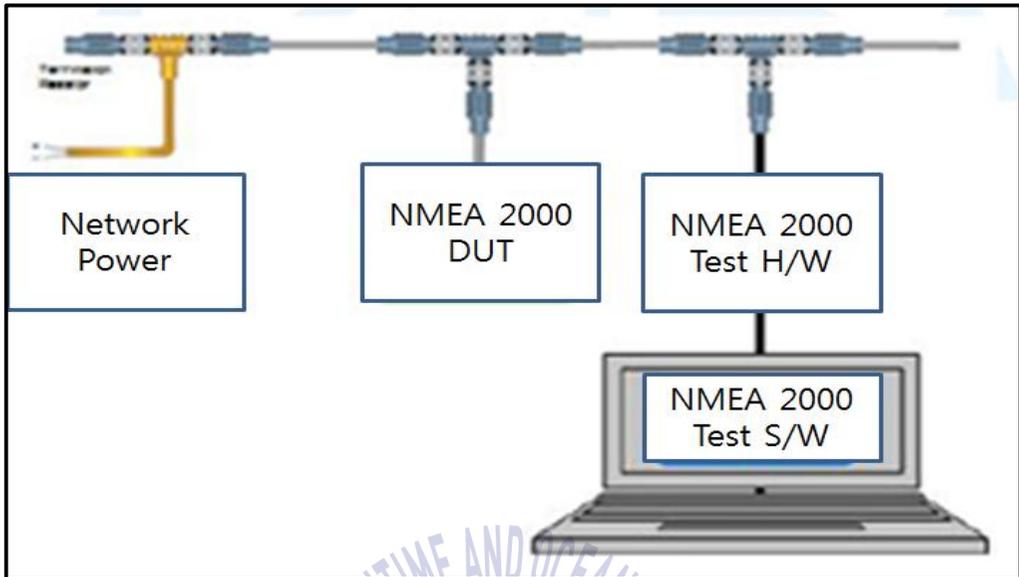
## 4.2 데이터 검증

### 4.2.1 NMEA 2000 연동 시험

NMEA 2000 연도시험평가방법은 개발한 장치가 NMEA 2000 네트워크에 연결되는지 하드웨어와 소프트웨어로 구성된 NMEA 시험인증 장비를 통해 시험하고 각 항목의 PASS/FAIL로 평가한다. 이를 위해 Table 18의 NMEA 2000 Class 1, Level A에 요구되는 필수 구현 PGN 번호의 시험을 통과하는지를 평가한다. 또한 개발한 장치가 NMEA 2000 네트워크에서 기능에 의한 주기적 PGN을 구현하는지를 시험하기 위해 PGN 번호 127250, 126992, 126998을 시험하고 각 항목의 PASS/FAIL로 평가하였다.

**Table 18** Requested protocol PGN according to device level

PGN 번호	PGN 설명	레벨 A	레벨 B
59392	ISO Acknowledgement	○	○
59904	ISO Request	○	○
60160	ISO Transport Protocol, Data Transfer	○	
60416	ISO Transport Protocol, Connection Management	○	
60928	ISO Information	○	○
126996	Product Information	○	○
126208	Command/Request/ Acknowledge Group Function	○	
126464	Transmit/Receive PGN List	○	
N/A	Fast Packet Protocol	○	○



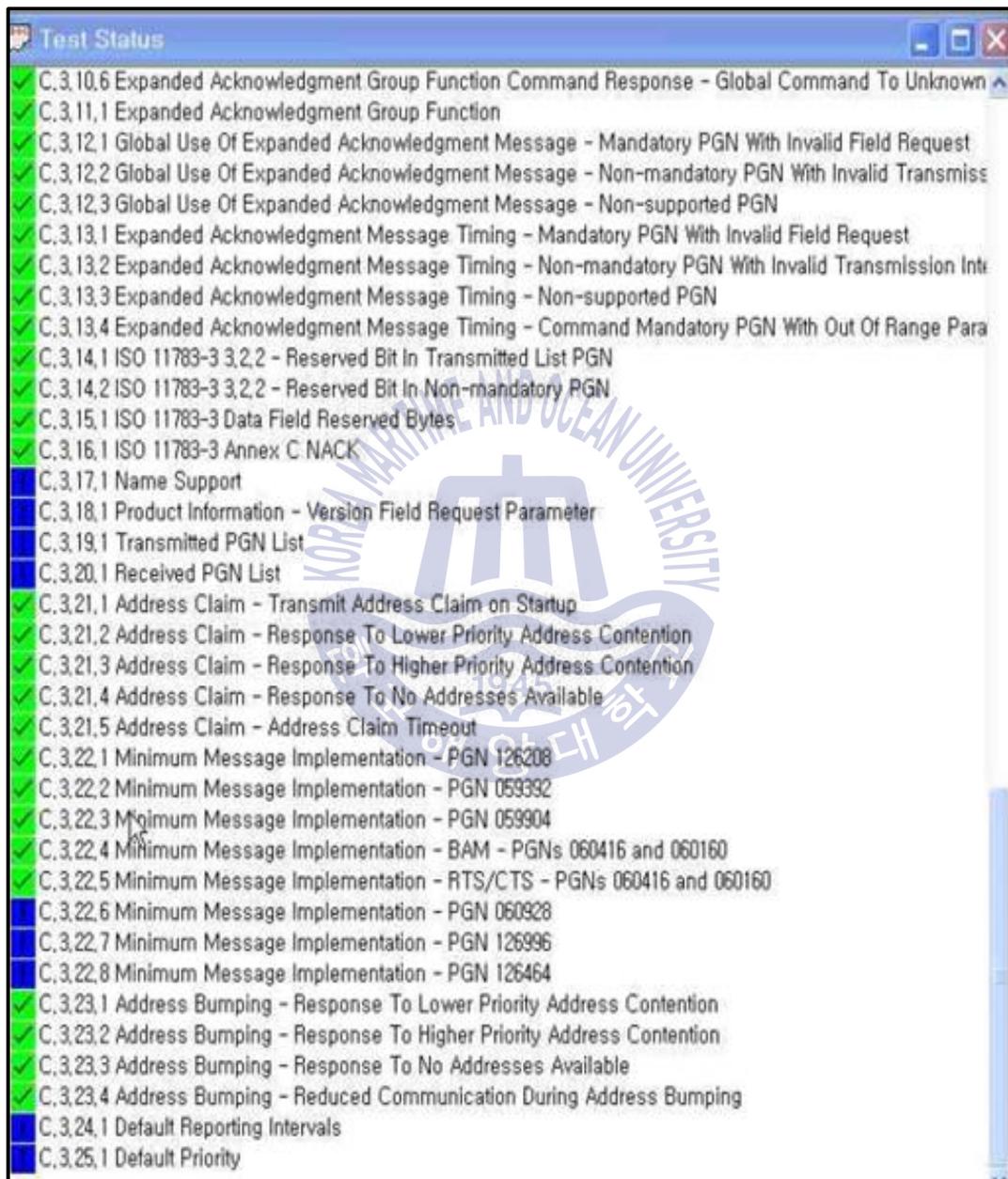
**Fig. 55** NMEA 2000 certification test system configuration diagram



**Fig. 56** NMEA 2000 certification test photo

Fig. 55에서는 NMEA 2000 인증시험을 위해 네트워크 파워 DC24V를 인가하여 모든 장비에 전원을 공급하고, NMEA 2000 DUT 부분에 개발 장비를 결선한다. 그리고 마지막으로 시험결과를 확인하는 PC와 연결된 시스템 구성도를 나타낸다. Fig. 56에서는 NMEA 2000 인증시험을 위하여 개발된 제품과 NMEA Drop 케이블과 Backbone 케이블 그리고 Power 케이블을 연결하여 마지막으로 소프트웨어를 통하여 동작확인을 위한 PC까지 연결한 실제 시험 모습을 보여주며 Fig. 52은 NMEA 2000 인증시험에서 Table 18에 표시된 NMEA Class 1 Level A의 요구되는 PGN 번호 기본

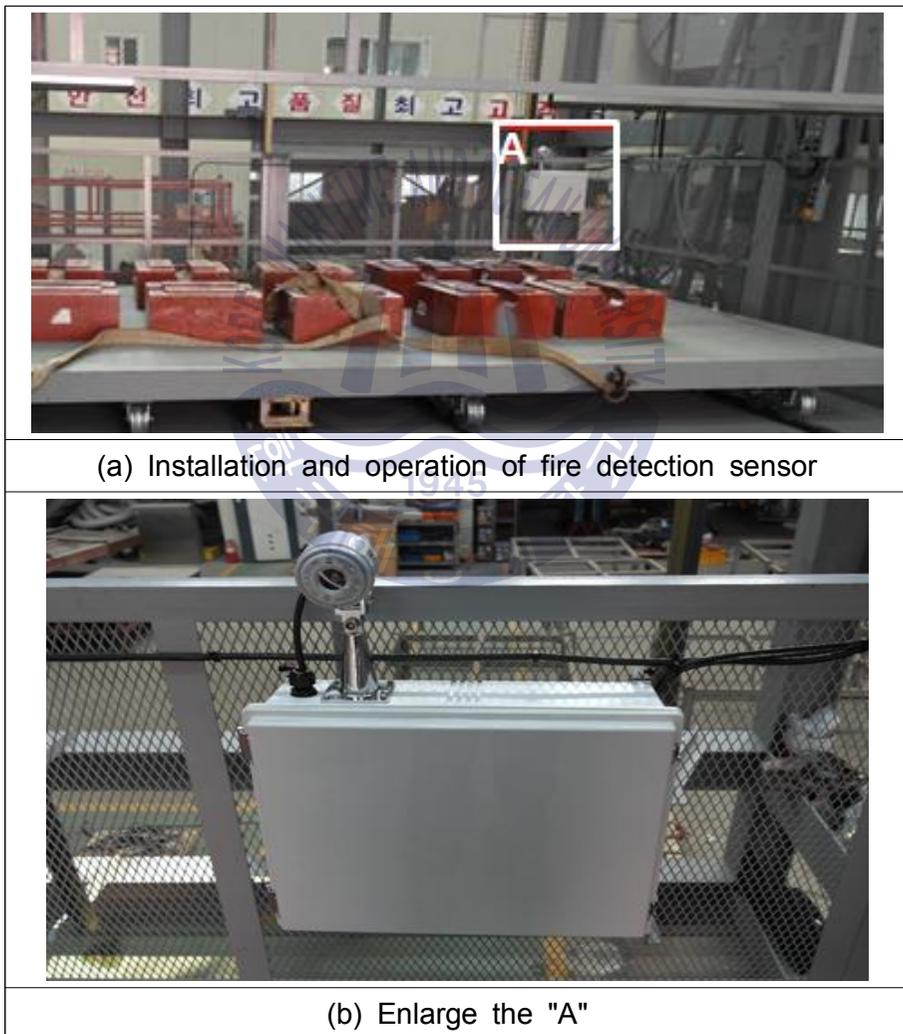
성능시험을 통과하였고, 각 PGN 번호 127250, 126992, 126998 성능시험을 통과함을 보여주는 화면이다.



**Fig. 57** NMEA 2000 certification test pass screen

#### 4.2.2 화재 센서 동작 상태에 따른 데이터 검증

불꽃감지기의 데이터 검증을 위하여 실내에서 확인이 어려우므로 실외의 화물 승강기에서 불꽃감지기를 Fig. 58과 같이 설치하여 검증을 진행하였다. 검증 과정은 불꽃을 발생시킨 후 불꽃감지 센서에서 감지된 신호를 카 제어기에서 송신하고 승강기 에이전트 안전관리 시스템의 입력되는 NMEA 2000 데이터와 승강기 에이전트 안전관리 시스템의 모니터링 되어 출력되는 신호를 비교하여 검증하였다.



**Fig. 58** Installing the flame detector

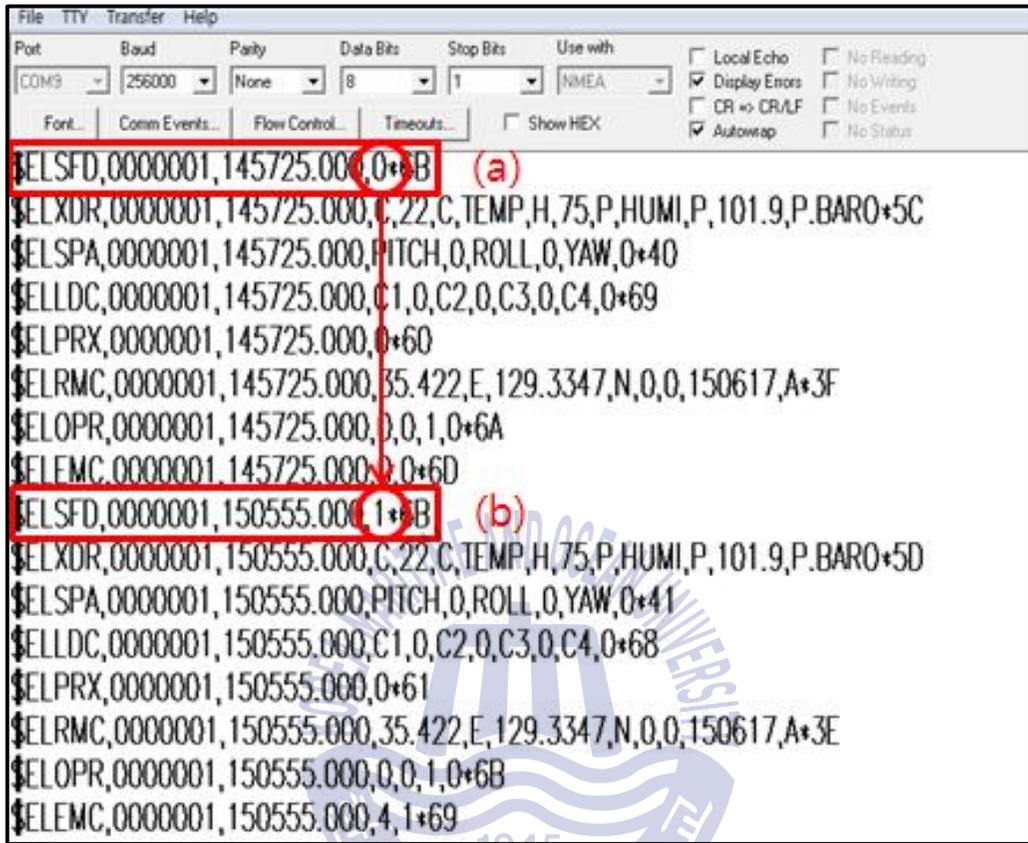


Fig. 59 Flame detector test input signal NMEA 2000

Fig. 59에서 사각형으로 표시된 부분 포맷이 불꽃감지기에 대한 데이터 포맷이며, 이 포맷 중 원안에 있는 데이터가 불꽃 감지에 대한 데이터이다. (a)포맷에서 (b)로 감지 부분이 0에서 1로 변경됨으로 인하여 화재 발생을 인지한다. Fig. 60 (a)화면은 정상적인 동작하는 화면으로 즉 0으로 인식되었을 때의 화면에서, 화재 발생으로 인하여 1로 인식되어 화재로 인한 비상상황을 때의 화면으로 변경되었을 때의 화면을 보여준다. 이때 화면의 안정정보는 긴급 상황으로 변경되며 “화재 발생”이라는 긴급종류를 표시해준다. 그리고 센서 정보에서 “화재 발생”으로 표시하며, Fig. 60 (b)와 같은 경고창을 발생시키며, 화재가 발생한 승강기의 ID와 긴급 상황 내용 그리고 발생시간이 Fig. 59에서 입력된 신호와 정확하게 일치함을 검증하였다.

ELEVATOR : 0001		ELEVATOR : 0001	
<b>운행정보</b>		<b>운행정보</b>	
운행모드	자동	운행모드	자동
운행상태	정지	운행상태	정지
현재층	1	현재층	1
도어상태	닫힘	도어상태	닫힘
<b>안전정보</b>		<b>안전정보</b>	
긴급상태	정상	긴급상태	긴급상황
긴급종류	정상	긴급종류	화재발생
<b>GPS</b>		<b>GPS</b>	
위도	35.422	위도	35.422
경도	129.3347	경도	129.3347
날짜	2017 / 06 / 15(THU)	날짜	2017 / 06 / 15(THU)
현재시간	14 : 57 : 25	현재시간	15 : 05 : 55
<b>센서정보</b>		<b>센서정보</b>	
화재발생 상태	정상	화재발생 상태	화재발생
증강기와 카 홀미 사	13m이하	증강기와 카 홀미 사	15m이하

(a) Screen change in case of fire

ELEVATOR ID	WARNING MESSAGE	DATE
0001	화재발생	2017 / 06 / 15(THU) 15 : 05 : 55

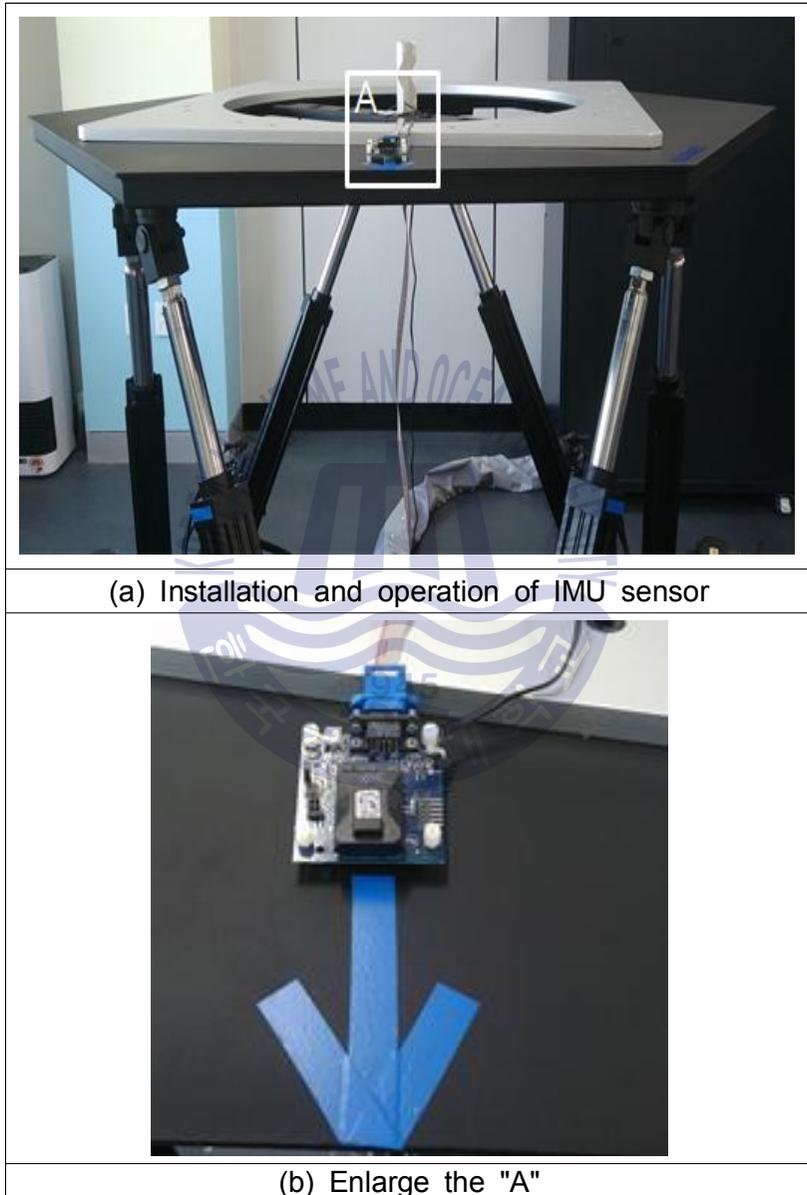
(b) Alarm screen in case of fire

**Fig. 60** Output screen according to fire occurrence

#### 4.2.3 롤링과 피칭에 동작 상태에 따른 데이터 검증

관성 측정 센서에 대한 데이터 검증을 위하여 실제 승강기에서 시험이 어려우므로 6축 시뮬레이터를 사용하여 데이터를 검증하였다. 6축 시뮬레이터에 Fig. 61과 같이 관성측정 센서를 설치하여 검증을 진행하였다. 검증의 과정은 시뮬레이터를 동작하여

- 10도에서 10도까지 롤링방향과 피칭방향으로 6축 시뮬레이터를 동작시켜서 승강기 에이전트 안전관리 시스템의 입력되는 NMEA 2000 데이터와 승강기 에이전트 안전관리 시스템의 모니터링 되어 출력되는 신호를 확인하여 검증하였다.



**Fig. 61** Installing a IMU sensor

```

PA238 (NMEA)
File TTY Transfer Help
Port COM9 Baud 256000 Parity None Data Bits 8 Stop Bits 1 Use with NMEA
 Local Echo  No Reading
 Display Errors  No Warning
 CR => CR/LF  No Events
 Autowrap  No Status
Font... Conn Events... Flow Control... Timeouts...  Show HEX

$ELSD,0000001,101355.000,0+68
$ELXDR,0000001,101355.000,C,20,C,TEMP,H,64,P,HUMI,P,101.7,P,BARO+53
$ELSPA,0000001,101355.000,PITCH,0,ROLL,0,YAW,0+43 (a)
$ELLD,0000001,101355.000,C1,0,C2,0,C3,0,C4,0+6A
$ELPRX,0000001,101355.000,0+63
$ELRMC,0000001,101355.000,35.422,E,129.3347,N,0,0,170617,A+3E
$ELOPR,0000001,101355.000,0,0,1,0+69
$ELEM,0000001,101355.000,0,0+6E
$ELSD,0000001,101520.000,0+6C
$ELXDR,0000001,101520.000,C,20,C,TEMP,H,65,P,HUMI,P,101.7,P,BARO+56
$ELSPA,0000001,101520.000,PITCH,10,ROLL,0,YAW,0+76 (b)
$ELLD,0000001,101520.000,C1,0,C2,0,C3,0,C4,0+6E
$ELPRX,0000001,101520.000,0+67
$ELRMC,0000001,101520.000,35.422,E,129.3347,N,0,0,170617,A +1A
$ELOPR,0000001,101520.000,0,0,1,0+6D
$ELEM,0000001,101520.000,1,1+6A
$ELSD,0000001,101714.000,0+69
$ELXDR,0000001,101714.000,C,20,C,TEMP,H,65,P,HUMI,P,101.7,P,BARO+53
$ELSPA,0000001,101714.000,PITCH,19,ROLL,0,YAW,0+4B (c)
$ELLD,0000001,101714.000,C1,0,C2,0,C3,0,C4,0+6B
$ELPRX,0000001,101714.000,0+62
$ELRMC,0000001,101714.000,35.422,E,129.3347,N,0,0,170617,A+3F
$ELOPR,0000001,101714.000,0,0,1,0+68
$ELEM,0000001,101714.000,0,0+6F
$ELSD,0000001,101952.000,0+45
$ELXDR,0000001,101952.000,C,20,C,TEMP,H,65,P,HUMI,P,101.7,P,BARO+5F
$ELSPA,0000001,101952.000,PITCH,-10,ROLL,0,YAW,0+52 (d)
$ELLD,0000001,101952.000,C1,0,C2,0,C3,0,C4,0+67
$ELPRX,0000001,101952.000,0+6E
$ELRMC,0000001,101952.000,35.422,E,129.3347,N,0,0,170617,A+33
$ELOPR,0000001,101952.000,0,0,1,0+54
$ELEM,0000001,101952.000,1,1+63
$ELSD,0000001,102202.000,0+68
$ELXDR,0000001,102202.000,C,20,C,TEMP,H,65,P,HUMI,P,101.7,P,BARO+52
$ELSPA,0000001,102202.000,PITCH,-9,ROLL,0,YAW,0+67 (e)
$ELLD,0000001,102202.000,C1,0,C2,0,C3,0,C4,0+6A
$ELPRX,0000001,102202.000,0+63
$ELRMC,0000001,102202.000,35.422,E,129.3347,N,0,0,170617,A+3E
$ELOPR,0000001,102202.000,0,0,1,0+69
$ELEM,0000001,102202.000,0,0+6E

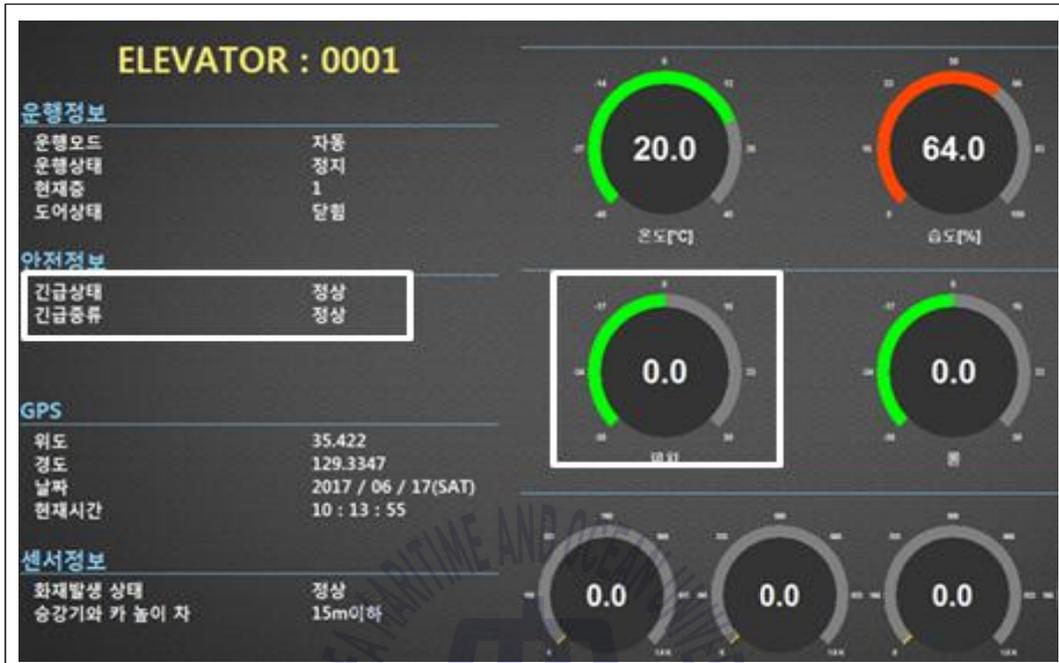
```

Fig. 62 Pitching test input signal NMEA 2000

Fig. 62에서 사각형으로 표시된 부분 포맷이 관성측정 센서에 대한 데이터 포맷이며, 원안에 있는 값이 피치에 대한 값이다. 피치 값의 변화를 0도 → 10도 → 9도 → -10도 → -9도로 순차적으로 동작하였다. 입력신호는 0도일 때는 입력되는 데이터는 Fig. 62 (a)와 같이 확인 가능하며 이때의 출력되는 화면은 Fig. 63 (a)와 같이 정상적인 동작하는 화면으로 나타난다. 이후 10도로 변화하면 입력되는 데이터는 Fig. 62 (b)와 같이 확인 가능하며 이때의 출력되는 화면은 Fig. 63 (b)와 같이 나타나며 기준치인 10도 이상이므로 안정정보의 긴급상태가 “긴급상황”으로 변경되고, 긴급의 종류는 “PITCHING이상”으로 표시됨과 동시에 Fig. 63 (f)와 같은 경고창을 발생시키며, “PITCHING이상”이 발생한 승강기의 ID와 긴급 상황 내용 그리고 발생시간이 Fig. 62 (b)에서 입력된 신호와 정확하게 일치함을 보여준다. 다시 9도로 변경 시 입력되는 데이터는 Fig. 62 (c)와 같이 확인 가능하며 이때의 출력되는 화면은 기준치인 10도 미만이므로 Fig. 63 (c)와 같이 정상적인 동작하는 화면으로 나타난다.

반대방향인 -10도로 변경될 때는 입력되는 데이터는 Fig. 62 (d)와 같이 확인 가능하며 이때의 출력되는 화면은 Fig. 63 (d)와 같이 나타나며 기준치인 10도 이상이므로 안정정보의 긴급상태가 “긴급상황”으로 변경되고, 긴급의 종류는 “PITCHING이상”으로 표시됨과 동시에 Fig. 63 (f)와 같은 경고창을 발생시키며, “PITCHING이상”이 발생한 승강기의 ID와 긴급 상황 내용 그리고 발생시간이 Fig. 62 (d)에서 입력된 신호와 정확하게 일치함을 보여준다. 다시 -9도로 변경 시 입력되는 데이터는 Fig. 62 (e)와 같이 확인 가능하며 이때의 출력되는 화면은 기준치인 10도 미만이므로 Fig. 63 (e)와 같이 정상적인 동작하는 화면으로 나타난다.

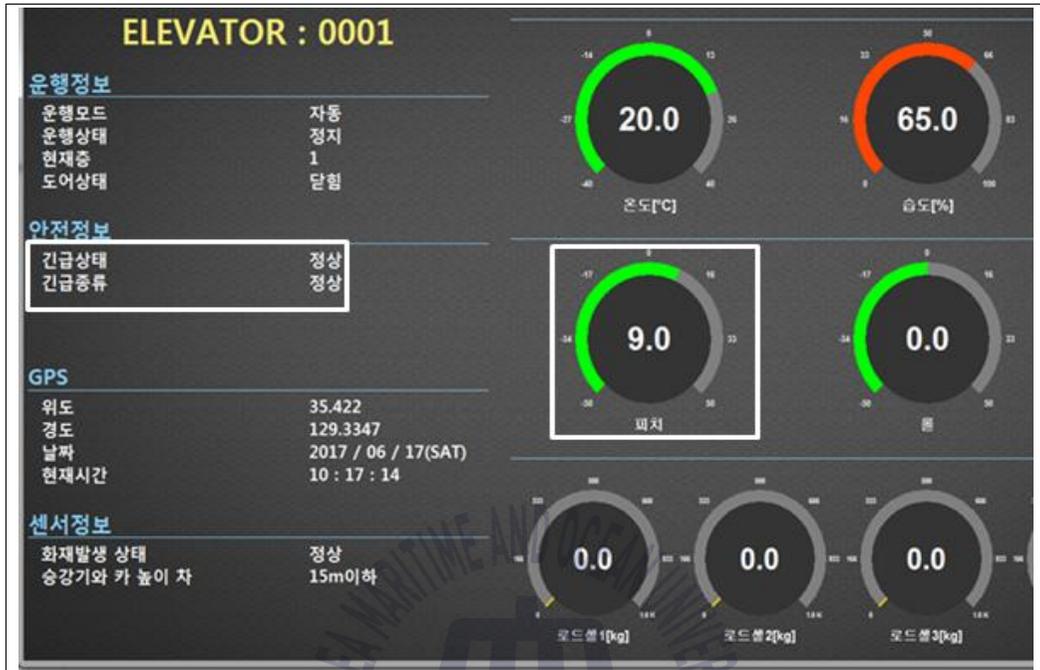
이를 통하여 피칭의 값이 정방향과 역방향에서 10도 이상의 값이 입력되면 알람이 발생하며 이를 알릴 수 있음을 모니터링 시스템을 통하여서 검증이 되었으며 여러 번의 반복시험을 통하여 동일한 결과를 확인할 수 있었다.



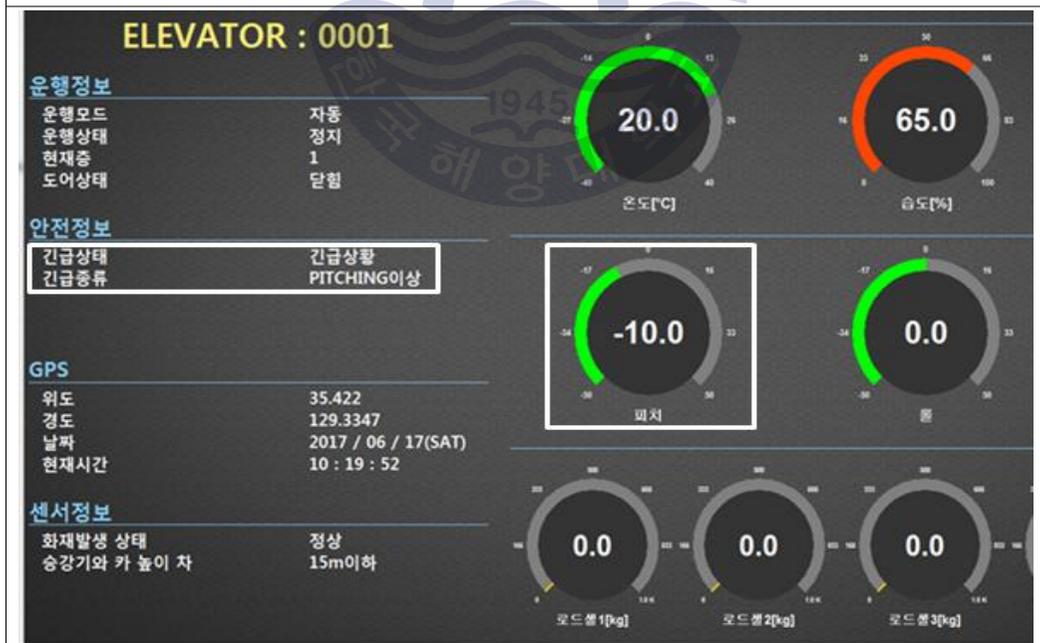
(a) Value of pitch : 0 °



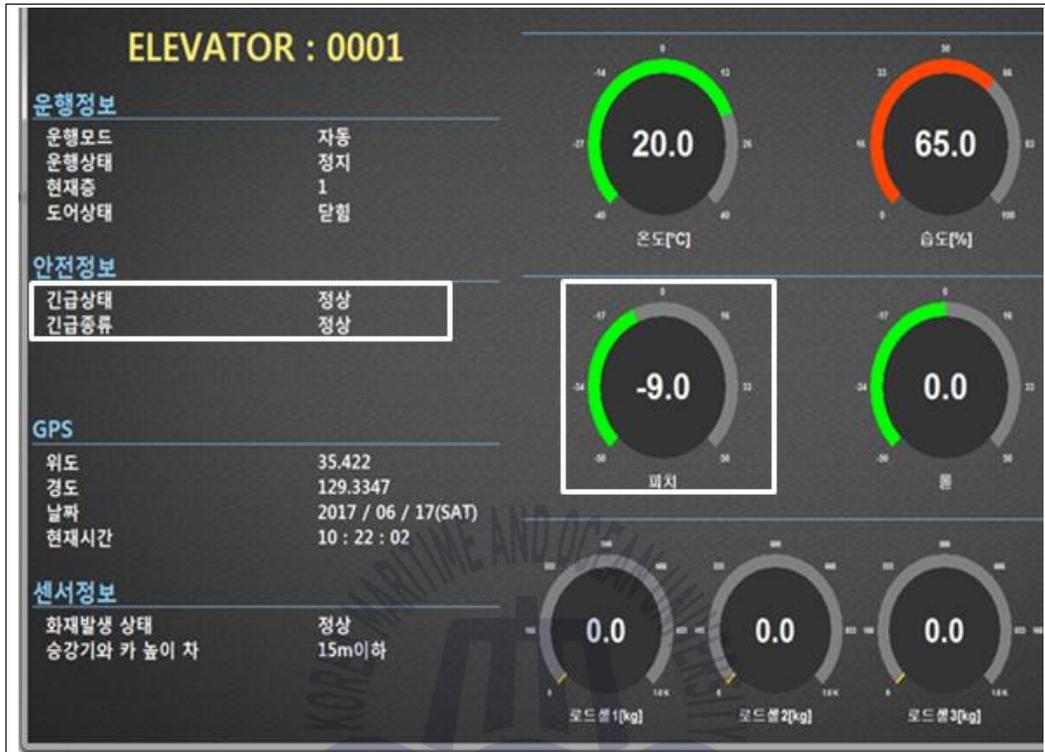
(b) Value of pitch : 10 °



(c) Value of pitch : 9 °



(d) Value of pitch : -10 °



(e) Value of pitch :  $-9^{\circ}$



ELEVATOR ID	WARNING MESSAGE	DATE
0001	PITCHING이상	2017 / 06 / 17(SAT) 10 : 15 : 20

(f) Warning message in case of pitching

**Fig. 63** Output screen according to pitch

```

PA238 (NMEA)
File TTY Transfer Help
Port COM3 Baud 256000 Parity None Data Bits 8 Stop Bits 1 Use with NMEA
 Local Echo  No Flushing
 Display Errors  No Writing
 CR -> CRLF  No Events
 Autowrap  No Status
Font... Conn Events... Flow Control... Timeouts...  Show HEX

$ELSD,0000001,102400.000,0+6C
$ELXDR,0000001,102400.000,C,20,C,TEMP,H,64,P,HUMI,P,101.7,P,BARO+57
$ELSPA,0000001,102400.000,PITCH,0,ROLL,0,YAW,0+47 (a)
$ELLD,0000001,102400.000,C1,0,C2,0,C3,0,C4,0+6E
$ELPRX,0000001,102400.000,0+67
$ELRMC,0000001,102400.000,35.422,E,129.3347,N,0,0,170617,A+3A
$ELOPR,0000001,102400.000,0,0,1,0+6D
$ELEM,0000001,102400.000,0,0+6A
$ELSD,0000001,102559.000,0+61
$ELXDR,0000001,102559.000,C,21,C,TEMP,H,64,P,HUMI,P,101.7,P,BARO+5B
$ELSPA,0000001,102559.000,PITCH,0,ROLL,10,YAW,0+7E (b)
$ELLD,0000001,102559.000,C1,0,C2,0,C3,0,C4,0+63
$ELPRX,0000001,102559.000,0+6A
$ELRMC,0000001,102559.000,35.422,E,129.3347,N,0,0,170617,A+37
$ELOPR,0000001,102559.000,0,0,1,0+60
$ELEM,0000001,102559.000,1,1+67
$ELSD,0000001,102845.000,0+61
$ELXDR,0000001,102845.000,C,21,C,TEMP,H,64,P,HUMI,P,101.7,P,BARO+5B
$ELSPA,0000001,102845.000,PITCH,0,ROLL,9,YAW,0+43 (c)
$ELLD,0000001,102845.000,C1,0,C2,0,C3,0,C4,0+63
$ELPRX,0000001,102845.000,0+6A
$ELRMC,0000001,102845.000,35.422,E,129.3347,N,0,0,170617,A+37
$ELOPR,0000001,102845.000,0,0,1,0+60
$ELEM,0000001,102845.000,0,0+67
$ELSD,0000001,103050.000,0+6C
$ELXDR,0000001,103050.000,C,21,C,TEMP,H,64,P,HUMI,P,101.7,P,BARO+56
$ELSPA,0000001,103050.000,PITCH,0,ROLL,-10,YAW,0+5B (d)
$ELLD,0000001,103050.000,C1,0,C2,0,C3,0,C4,0+6E
$ELPRX,0000001,103050.000,0+67
$ELRMC,0000001,103050.000,35.422,E,129.3347,N,0,0,170617,A+3A
$ELOPR,0000001,103050.000,0,0,1,0+6D
$ELEM,0000001,103050.000,1,1+6A
$ELSD,0000001,103218.000,0+62
$ELXDR,0000001,103218.000,C,21,C,TEMP,H,64,P,HUMI,P,101.7,P,BARO+58
$ELSPA,0000001,103218.000,PITCH,0,ROLL,-9,YAW,0+6D (e)
$ELLD,0000001,103218.000,C1,0,C2,0,C3,0,C4,0+60
$ELPRX,0000001,103218.000,0+69
$ELRMC,0000001,103218.000,35.422,E,129.3347,N,0,0,170617,A+34
$ELOPR,0000001,103218.000,0,0,1,0+63
$ELEM,0000001,103218.000,0,0+64

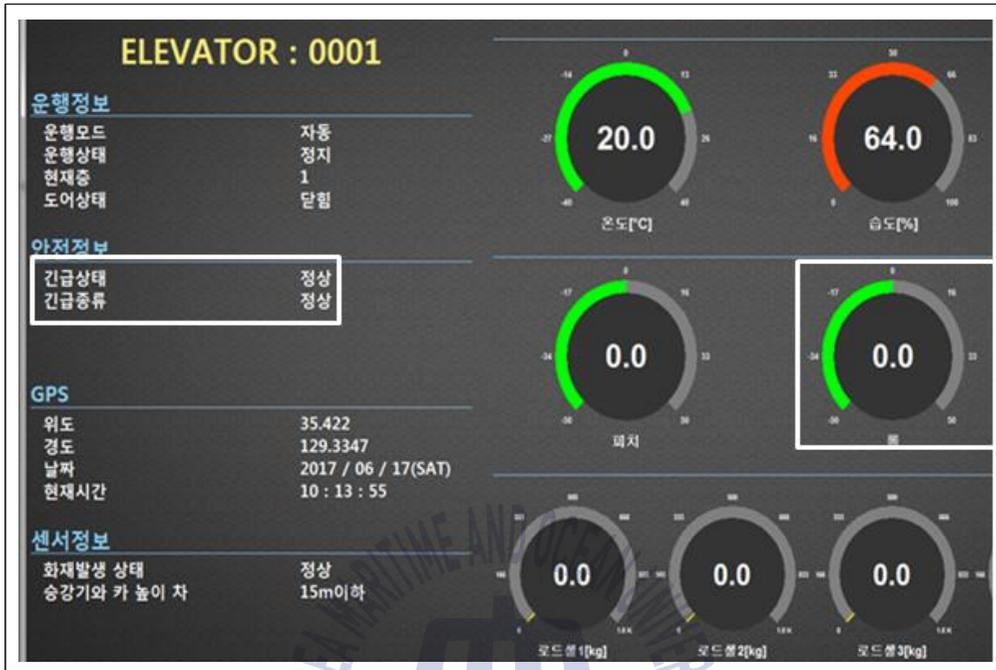
```

Fig. 64 Rolling test input signal NMEA 2000

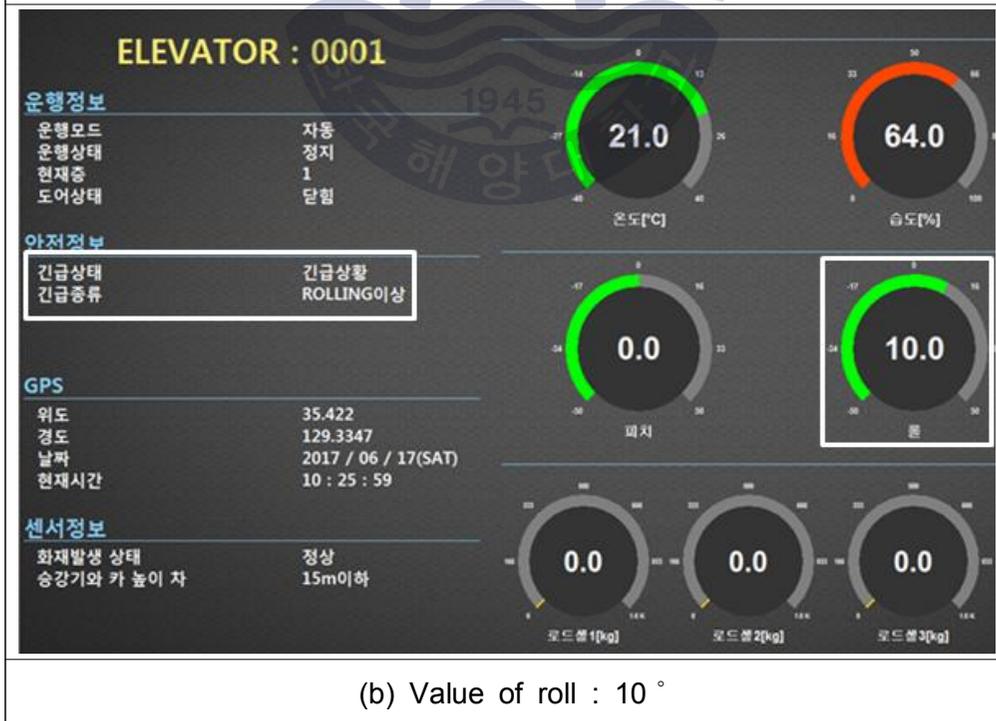
Fig. 64에서 사각형으로 표시된 부분 포맷이 관성측정 센서에 대한 데이터 포맷이며, 원안에 있는 값이 롤에 대한 값이다. 롤링 값의 변화를 0도 → 10도 → 9도 → -10도 → -9도로 순차적으로 동작하였다. 입력신호는 0도일 때는 입력되는 데이터는 Fig. 64 (a)와 같이 확인 가능하며 이때의 출력되는 화면은 Fig. 65 (a)와 같이 정상적인 동작하는 화면으로 나타난다. 이후 10도로 변화하면 입력되는 데이터는 Fig. 64 (b)와 같이 확인 가능하며 이때의 출력되는 화면은 Fig. 65 (b)와 같이 나타나며 기준치인 10도 이상이므로 안정정보의 긴급상태가 “긴급상황”으로 변경되고, 긴급의 종류는 “ROLLING이상”으로 표시됨과 동시에 Fig. 65 (f)와 같은 경고창을 발생시키며, “ROLLING이상”이 발생한 승강기의 ID와 긴급 상황 내용 그리고 발생시간이 Fig. 64 (b)에서 입력된 신호와 정확하게 일치함을 보여준다. 다시 9도로 변경 시 입력되는 데이터는 Fig. 64 (c)와 같이 확인 가능하며 이때의 출력되는 화면은 기준치인 10도 미만이므로 Fig. 65 (c)와 같이 정상적인 동작하는 화면으로 나타난다.

반대방향인 -10도로 변경될 때는 입력되는 데이터는 Fig. 64 (d)와 같이 확인 가능하며 이때의 출력되는 화면은 Fig. 65 (d)와 같이 나타나며 기준치인 10도 이상이므로 안정정보의 긴급상태가 “긴급상황”으로 변경되고, 긴급의 종류는 “ROLLING이상”으로 표시됨과 동시에 Fig. 65 (f)와 같은 경고창을 발생시키며, “ROLLING이상”이 발생한 승강기의 ID와 긴급 상황 내용 그리고 발생시간이 Fig. 64 (d)에서 입력된 신호와 정확하게 일치함을 보여준다. 다시 -9도로 변경 시 입력되는 데이터는 Fig. 64 (e)와 같이 확인 가능하며 이때의 출력되는 화면은 기준치인 10도 미만이므로 Fig. 65 (e)와 같이 정상적인 동작하는 화면으로 나타난다.

이를 통하여 롤링의 값이 정방향과 역방향에서 10도 이상의 값이 입력되면 알람이 발생하며 이를 알릴 수 있음을 모니터링 시스템을 통하여서 검증이 되었으며 여러 번의 반복시험을 통하여 동일한 결과를 확인할 수 있었다.



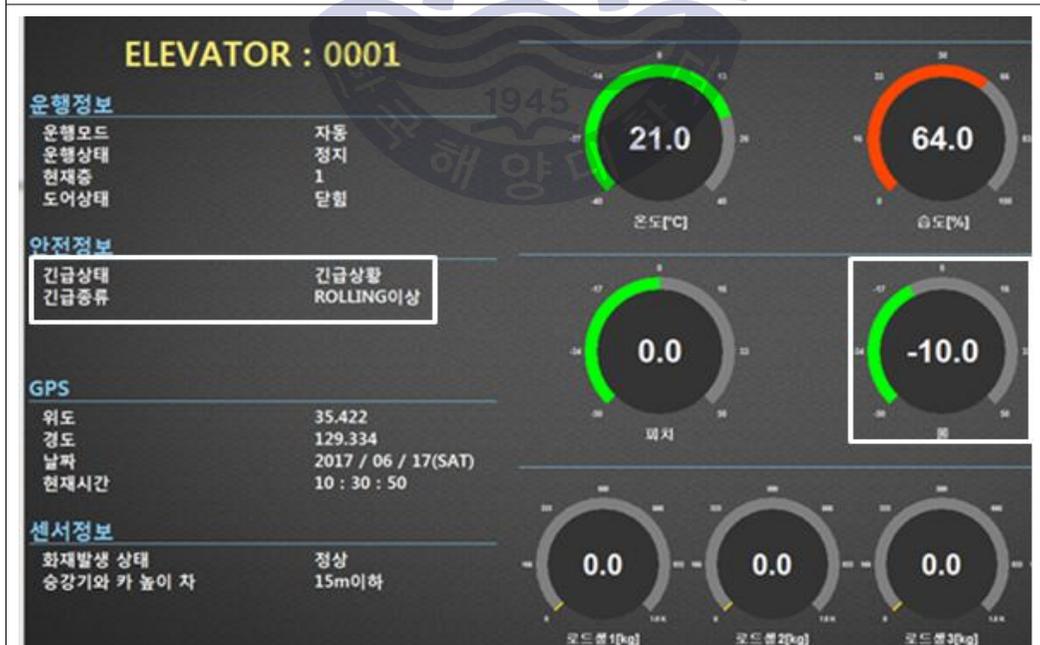
(a) Value of roll : 0 °



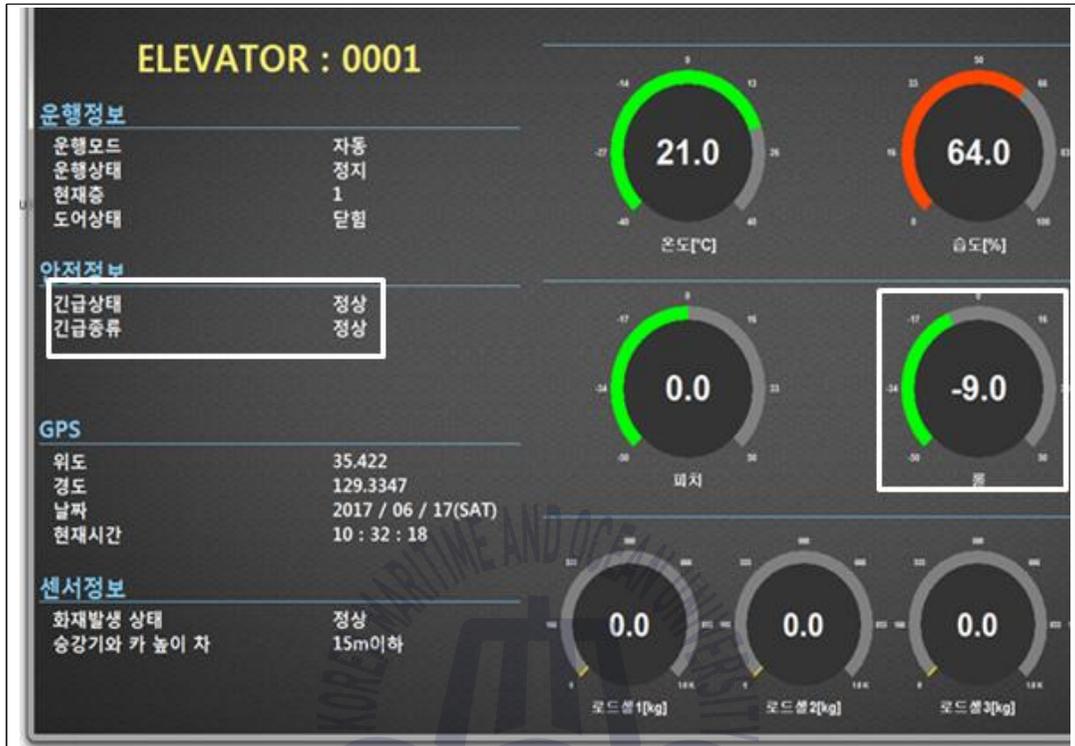
(b) Value of roll : 10 °



(c) Value of roll : 9 °



(d) Value of roll : -10 °



(e) Value of roll : -9°



ELEVATOR ID	WARNING MESSAGE	DATE
0001	ROLLING이상	2017 / 06 / 17(SAT) 10 : 25 : 59

(f) Warning message in case of rolling

**Fig. 65** Output screen according to Roll

#### 4.24 온도, 습도, 대기압에 동작 상태에 따른 데이터 검증

온도, 습도, 대기압에 대한 데이터 검증을 위하여 실제 승강기에서 시험이 어려우므로 향온/향습 챔버와 대기압 챔버를 사용하여 데이터를 검증하였다. 대기압 챔버에 Fig. 66과 같이 일체형 온도, 습도, 대기압 센서를 설치하여 검증을 진행하였다. 검증은 대기압 챔버에 800hPa, 1000hPa 그리고 1200hPa로 진행하였다. 세 지점을 기준으로 한 유는 800hPa이하일 경우에는 저압으로 1200hPa이상일 경우 고압으로 알람 포인트를 설정하였다. 온도와 습도는 Fig. 67과 같이 향온/향습챔버를 사용하여 데이터를 검증하였다. 온도의 기준은 30도를 고온으로 지정 하였으며 습도는 80%를 고습으로 기준하였다. 최종 신호의 검증은 알람 포인트의 값에 대하여 동작시킨 후 승강기 에이전트 안전관리 시스템의 입력되는 NMEA 2000 데이터와 승강기 에이전트 안전관리 시스템의 모니터링 되어 출력되는 신호를 확인 하여 검증하였다.



Fig. 66 Atmospheric pressure chamber sensor installation

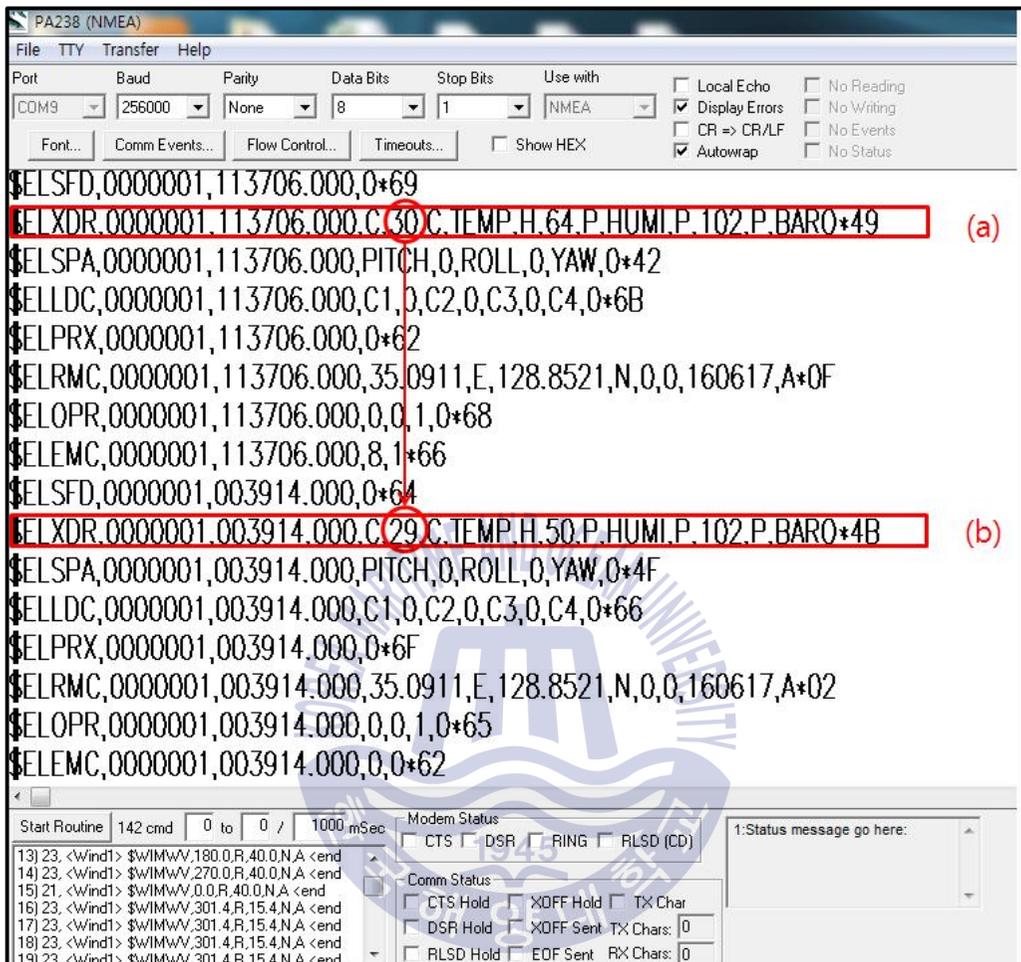


(a) Sensor installation of temperature and humidity chamber



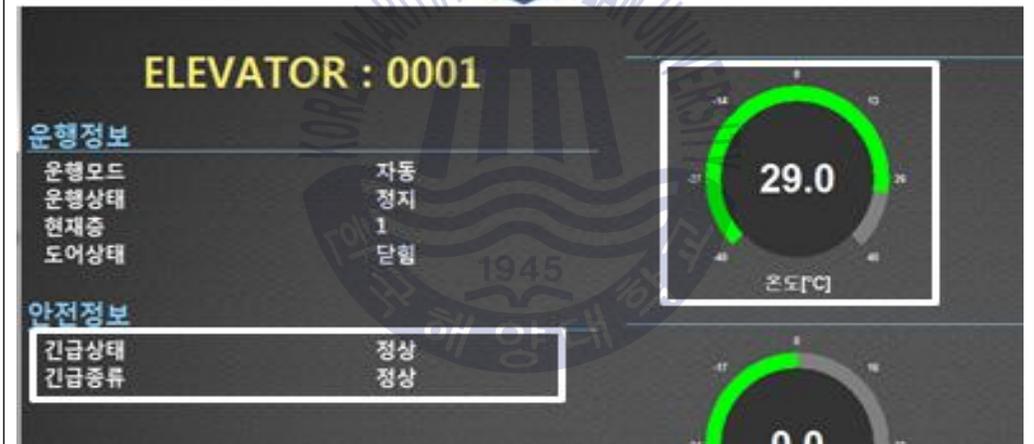
(b) Enlarge the "A"

**Fig. 67** Constant temperature and humidity chamber sensor installation



**Fig. 68** Temperature test input signal of NMEA 2000

Fig. 68에서 빨간색으로 표시된 부분 포맷이 온도/습도/대기압 센서에 대한 데이터 포맷이며, 동작은 30도 → 29도로 동작하였다. 이 포맷에서 온도값이 30도일 때에 기준치인 30도 이상이므로 안정정보의 긴급상태가 “긴급상황”으로 변경되고, 긴급의 종류는 “고온탑승불가”로 표시됨과 동시에 Fig. 69 (b)와 같은 경고창을 발생시키며, “고온탑승불가”가 발생한 승강기의 ID와 긴급 상황 내용 그리고 발생시간이 Fig. 68에서 입력된 신호와 정확하게 일치함을 보여준다. 이어 다시 29도로 변경하면 정상으로 동작함을 검증하였다.



(a) Screen change in case of temperature



(b) Warning message in case of abnormal temperature

Fig. 69 Output screen according to temperature

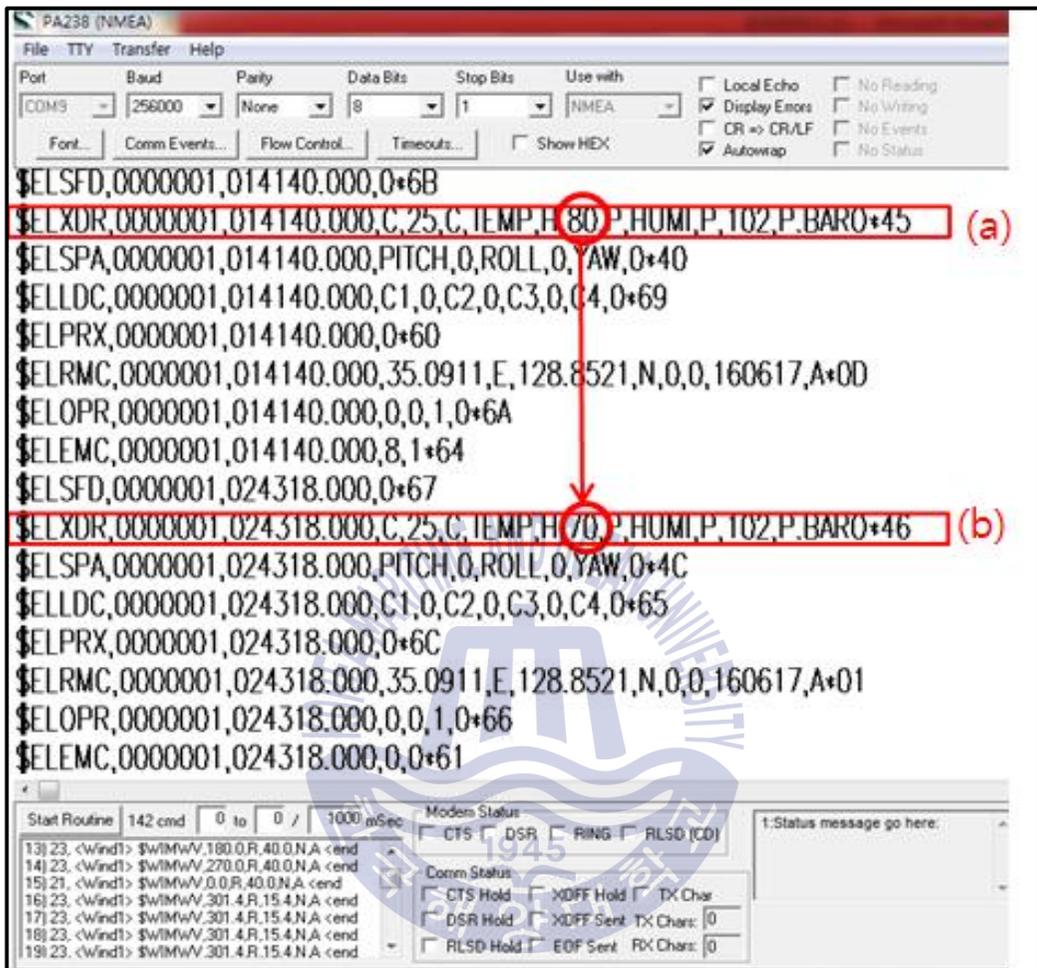
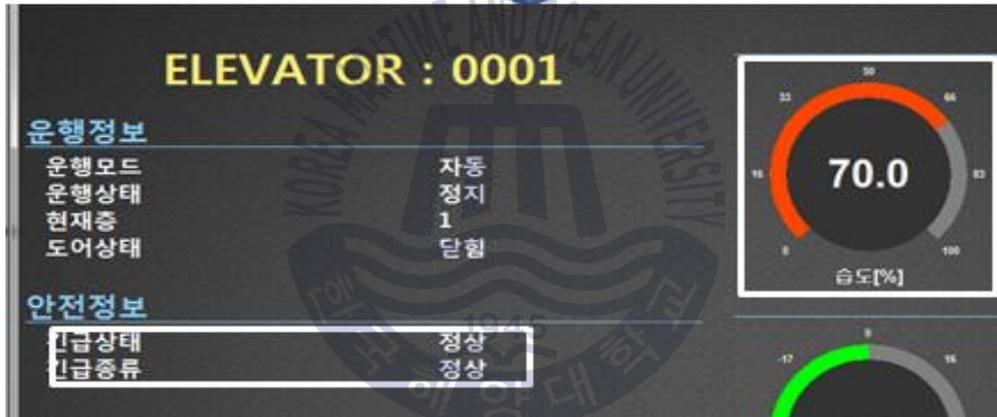
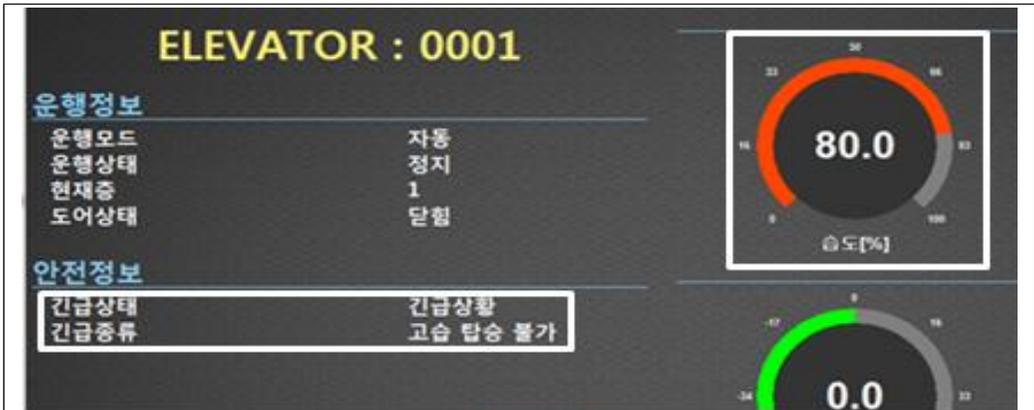


Fig. 70 Humidity test input signal NMEA 2000

Fig. 70에서 빨간색으로 표시된 부분 포맷이 온도/습도/대기압 센서에 대한 데이터 포맷이며, 동작은 80% → 70%로 동작하였다. 이 포맷에서 습도값이 80%일 때에 기준치인 80% 이상이므로 안정정보의 긴급 상태가 “긴급상황”으로 변경되고, 긴급의 종류는 “고습탑승불가”로 표시됨과 동시에 Fig. 71 (b)와 같은 경고창을 발생시키며, “고습탑승불가”가 발생한 승강기의 ID와 긴급 상황 내용 그리고 발생시간이 Fig. 70에서 입력된 신호와 정확하게 일치함을 보여준다. 이어 다시 70%로 변경하면 정상으로 동작함을 검증하였다.



(a) Screen change in case of humidity



(b) Warning message when Humidity is abnormal

**Fig. 71** Output screen according to humidity

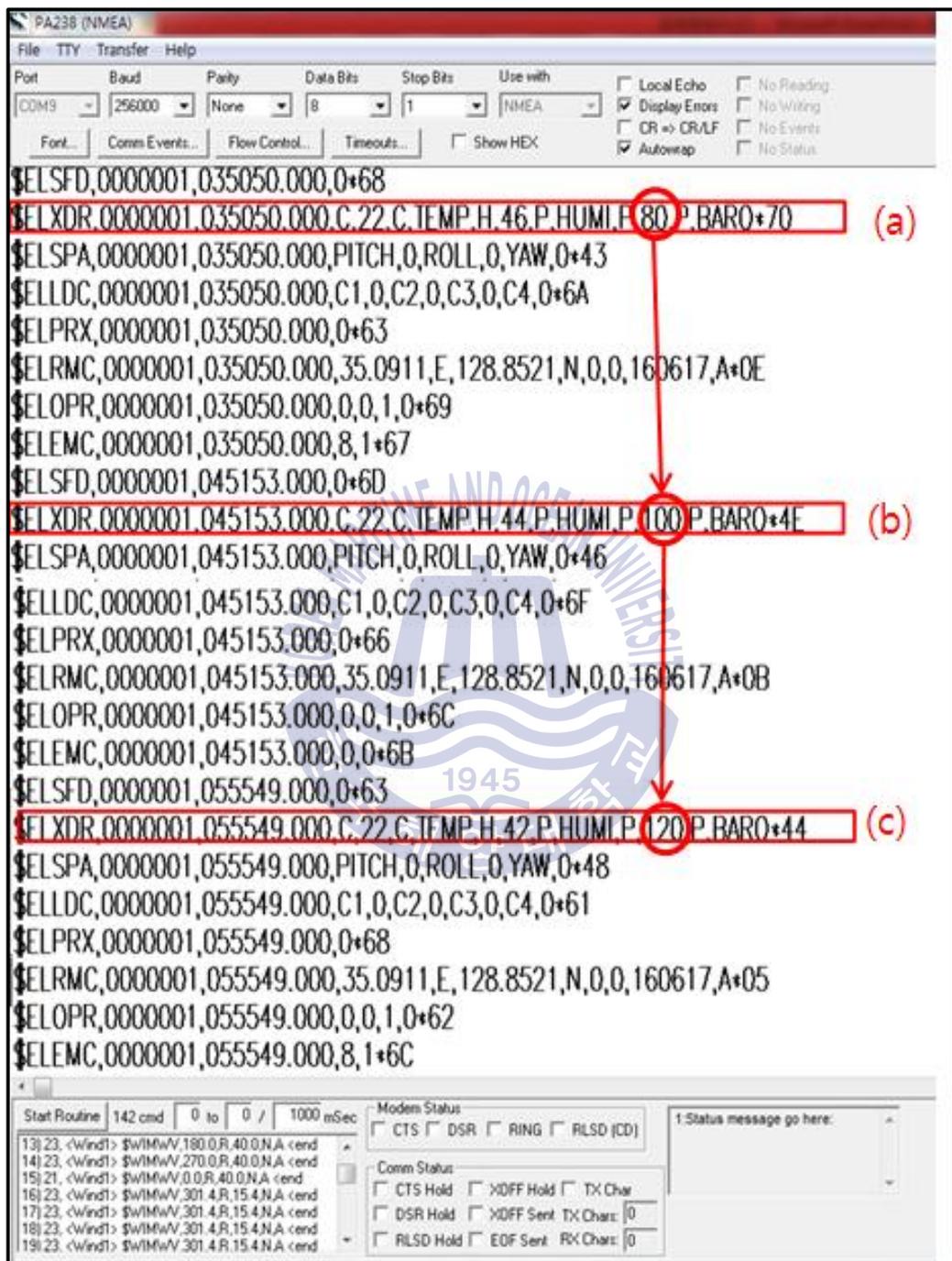


Fig. 72 Atmospheric pressure test input signal NMEA 2000

대기압 시험의 기준은 저압은 800hPa로 세팅하였으며, 고압은 1200hPa로 정하였다. 이를 확인하기 위하여 Fig. 72와 같이 800hPa → 1000hPa → 1200hPa도로 동작 하였다. Fig. 72의 원형 안의 데이터 포맷은 대기압에 관한 값을 지시하는 데이터이다. 입력 신호는 800hPa일 때는 입력되는 데이터는 Fig. 72 (a)와 같이 확인 가능하며 이때의 출력되는 화면은 Fig. 73 (a)와 같이 기준치인 800hPa이하 이므로 안정정보의 긴급상태가 “긴급상황”으로 변경되고, 긴급의 종류는 “저압탐승불가”로 표시됨과 동시에 Fig. 65 (d)와 같은 경고창을 발생시키며, “저압탐승불가”가 발생한 승강기의 ID와 긴급 상황 내용 그리고 발생시간이 Fig. 72 (a)에서 입력된 신호와 정확하게 일치함을 보여준다. 이후 1000hPa로 변화하면 입력되는 데이터는 Fig. 64 (b)와 같이 확인 가능하며 이때의 출력되는 화면은 Fig. 65 (b)와 같이 나타나며, 이때의 출력되는 화면은 기준치인 800hPa초과하고 1200hPa미만으로 정상범위에 속하므로 Fig. 65 (b)와 같이 정상적인 동작하는 화면으로 나타난다. 입력 신호는 1200hPa로 올리면 입력되는 데이터는 Fig. 72 (c)와 같이 확인 가능하며 이때의 출력되는 화면은 Fig. 73 (c)와 같이 기준치인 1200hPa이상 이므로 안정정보의 긴급상태가 “긴급상황”으로 변경되고, 긴급의 종류는 “고압탐승불가”로 표시됨과 동시에 Fig. 65 (d)와 같은 경고창을 발생시키며, “고압탐승불가”가 발생한 승강기의 ID와 긴급 상황 내용 그리고 발생시간이 Fig. 72 (c)에서 입력된 신호와 정확하게 일치함을 보여준다.



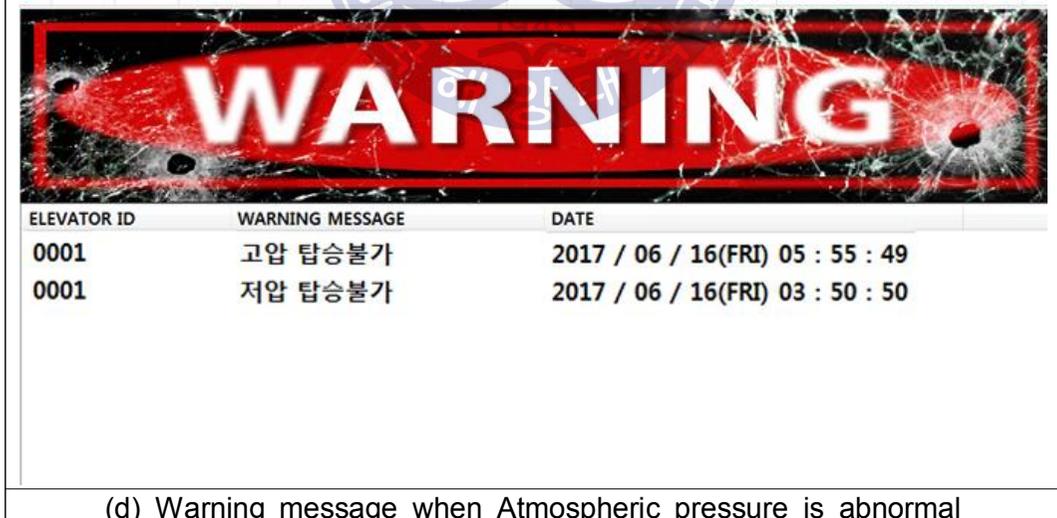
(a) Atmospheric pressure value : 800hPa



(b) Atmospheric pressure value : 1000hPa



(c) Atmospheric pressure value : 1200hPa



**Fig. 73** Output screen according to atmospheric pressure

#### 4.2.5 로드셀 동작 상태에 따른 데이터 검증

로드셀에 대한 데이터 검증을 위하여 실제 승강기에서 검증하였다. 승강기에 Fig. 74와 같이 500Kg에 준하는 무게 추를 준비하여 로드셀 센서 검증을 진행하였다. 검증은 승강기의 로드셀이 설치된 곳에 각각 500Kg의 무게 추를 올렸을 때 동작 상태를 확인하였고 여기서 10Kg를 제거하였을 경우 정상으로 동작하는 지에 대하여 검증하였다. 로드셀의 기준무게는 500Kg으로 하였다. 동일한 방법으로 4개의 로드셀에 각각 진행 한 후에 모든 로드셀 위에 600Kg을 올려서 진행하였다. 최종 신호의 검증은 알람 포인트의 값에 대하여 동작시킨 후 승강기 에이전트 안전관리 시스템의 입력되는 NMEA 2000 데이터와 승강기 에이전트 안전관리 시스템의 모니터링 되어 출력되는 신호를 확인하여 검증하였다.



**Fig. 74** Load cell weight measurement test

```
PA238 (NMEA)
File TTY Transfer Help
Port COM9 Baud 256000 Parity None Data Bits 8 Stop Bits 1 Use with NMEA
 Local Echo  No Reading
 Display Errors  No Writing
 CR => CR/LF  No Events
 Autowrap  No Status
Font... Comm Events... Flow Control... Timeouts...  Show HEX

$ELSD,000001,100200.000,0*68
$ELXDR,000001,100200.000,C,20,C,TEMP,H,50,P,HUMI,P,101.5,P,BARO*56
$ELSPA,000001,100200.000,PITCH,0,ROLL,0,YAW,0*43
$ELLDC,000001,100200.000,C1,500,C2,0,C3,0,C4,0*6F (a)
$ELPRX,000001,100200.000,0*65
$ELRMC,000001,100200.000,35.422,E,129.3347,N,0,0,180617,A*31
$ELOPR,000001,100200.000,0,0,1,0*69
$ELEM,000001,100200.000,3,1*6C
$ELSD,000001,100445.000,0*6F
$ELXDR,000001,100445.000,C,20,C,TEMP,H,51,P,HUMI,P,101.5,P,BARO*50
$ELSPA,000001,100445.000,PITCH,0,ROLL,0,YAW,0*44
$ELLDC,000001,100445.000,C1,490,C2,0,C3,0,C4,0*60 (b)
$ELPRX,000001,100445.000,0*64
$ELRMC,000001,100445.000,35.422,E,129.3347,N,0,0,180617,A*36
$ELOPR,000001,100445.000,0,0,1,0*6E
$ELEM,000001,100445.000,0,0*69
$ELSD,000001,100658.000,0*61
$ELXDR,000001,100658.000,C,20,C,TEMP,H,51,P,HUMI,P,101.5,P,BARO*5E
$ELSPA,000001,100658.000,PITCH,0,ROLL,0,YAW,0*4A
$ELLDC,000001,100658.000,C1,100,C2,500,C3,100,C4,100*67 (c)
$ELPRX,000001,100658.000,0*6A
$ELRMC,000001,100658.000,35.422,E,129.3347,N,0,0,180617,A*38
$ELOPR,000001,100658.000,0,0,1,0*60
$ELEM,000001,100658.000,3,1*65
$ELSD,000001,100851.000,0*66
$ELXDR,000001,100851.000,C,20,C,TEMP,H,51,P,HUMI,P,101.5,P,BARO*59
$ELSPA,000001,100851.000,PITCH,0,ROLL,0,YAW,0*4D
$ELLDC,000001,100851.000,C1,100,C2,490,C3,100,C4,100*68 (d)
$ELPRX,000001,100851.000,0*6D
$ELRMC,000001,100851.000,35.422,E,129.3347,N,0,0,180617,A*3F
$ELOPR,000001,100851.000,0,0,1,0*67
$ELEM,000001,100851.000,0,0*60
```

```

$ELXDR,0000001,101057.000,C,20,C,TEMP,H,51,P,HUMI,P,101.5,P,BARO*56
$ELSPA,0000001,101057.000,PITCH,0,ROLL,0,YAW,0*42
$ELDC,0000001,101057.000,C1,100,C2,100,C3,500,C4,100*6F (e)
$ELPRX,0000001,101057.000,0 *42
$ELRMC,0000001,101057.000,35.422,E,129.3347,N,0,0,180617,A*30
$ELOPR,0000001,101057.000,0,0,1,0*68
$ELEM,0000001,101057.000,3,1*6D
$ELSFD,0000001,101220.000,0*6B
$ELXDR,0000001,101220.000,C,20,C,TEMP,H,52,P,HUMI,P,101.5,P,BARO*57
$ELSPA,0000001,101220.000,PITCH,0,ROLL,0,YAW,0*40
$ELDC,0000001,101220.000,C1,100,C2,100,C3,490,C4,100*65 (f)
$ELPRX,0000001,101220.000,0*60
$ELRMC,0000001,101220.000,35.422,E,129.3347,N,0,0,180617,A*32
$ELOPR,0000001,101220.000,0,0,1,0*6A
$ELEM,0000001,101220.000,0,0*6D
$ELSFD,0000001,101423.000,0*6E
$ELXDR,0000001,101423.000,C,20,C,TEMP,H,51,P,HUMI,P,101.5,P,BARO*51
$ELSPA,0000001,101423.000,PITCH,0,ROLL,0,YAW,0*45
$ELDC,0000001,101423.000,C1,100,C2,100,C3,100,C4,500*68 (g)
$ELPRX,0000001,101423.000,0*65
$ELRMC,0000001,101423.000,35.422,E,129.3347,N,0,0,180617,A*37
$ELOPR,0000001,101423.000,0,0,1,0*6F
$ELEM,0000001,101423.000,3,1*6A
$ELSFD,0000001,101617.000,0*6B
$ELXDR,0000001,101617.000,C,20,C,TEMP,H,52,P,HUMI,P,101.5,P,BARO*57
$ELSPA,0000001,101617.000,PITCH,0,ROLL,0,YAW,0*40
$ELDC,0000001,101617.000,C1,100,C2,100,C3,100,C4,490*65 (h)
$ELPRX,0000001,101617.000,0 *40
$ELRMC,0000001,101617.000,35.422,E,129.3347,N,0,0,180617,A*32
$ELOPR,0000001,101617.000,0,0,1,0*6A
$ELEM,0000001,101617.000,0,0*6D
$ELSFD,0000001,101817.000,0*65
$ELXDR,0000001,101817.000,C,20,C,TEMP,H,52,P,HUMI,P,101.5,P,BARO*59
$ELSPA,0000001,101817.000,PITCH,0,ROLL,0,YAW,0*4E
$ELDC,0000001,101817.000,C1,600,C2,600,C3,600,C4,600*67 (i)
$ELPRX,0000001,101817.000,0*6E
$ELRMC,0000001,101817.000,35.422,E,129.3347,N,0,0,180617,A*3C
$ELOPR,0000001,101817.000,0,0,1,0*64

```

Fig. 75 Load cell weight test input signal NMEA 2000

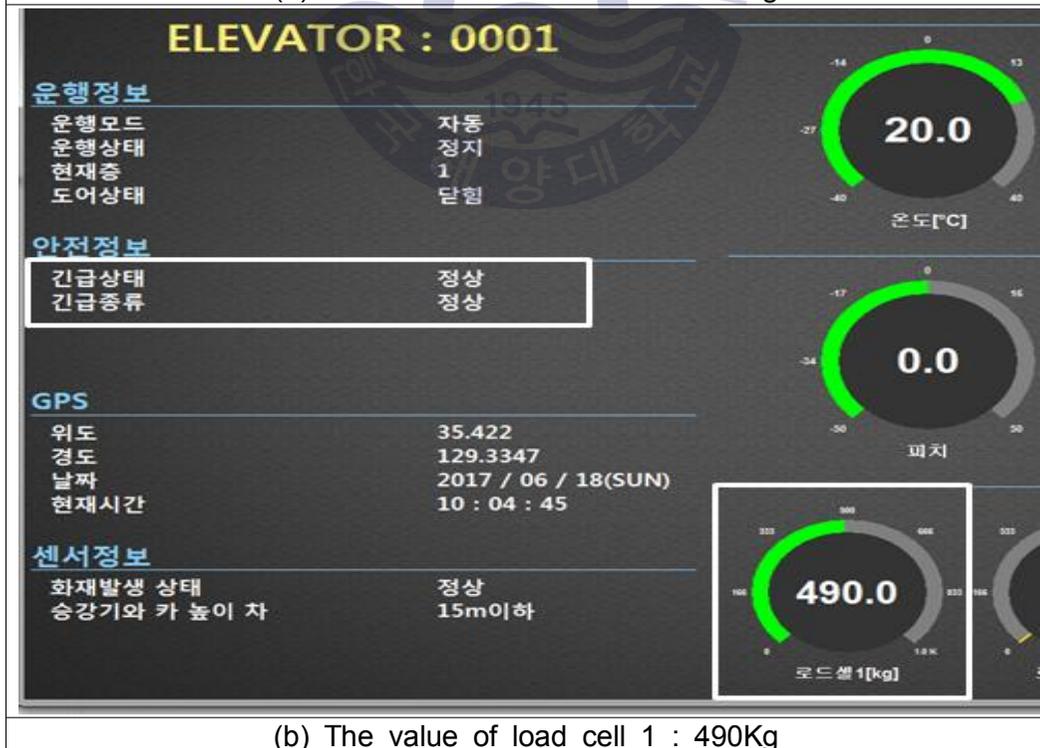
Fig. 75에서 빨간색으로 표시된 부분 포맷이 로드셀에 대한 데이터 포맷이며, 동작은 1번 로드셀 500Kg에서 알람을 발생시킨다. 이 포맷에서 1번 로드셀의 값이 기준치인 500Kg이상이므로 Fig. 76 (a)와 같이 안정정보의 긴급상태가 “긴급상황”으로 변경되고, 긴급의 종류는 “로드셀1 이상”로 표시됨과 동시에 Fig. 76 (j)와 같은 경고창을 발생시키며, “로드셀1 이상”이 발생한 승강기의 ID와 긴급 상황 내용 그리고 발생시간이 Fig. 75에서 입력된 신호와 정확하게 일치함을 보여준다. 이어 다시 1번 로드셀에서 10Kg 감량하여 490Kg으로 변경하면 Fig. 76 (b)와 같이 정상으로 동작함을 검증하였다. Table 19는 시험 진행 순서 및 그에 따른 신호와 출력데이터에 대하여 정리한 내용을 보여준다.

**Table 19** Load cell test procedure and reference table

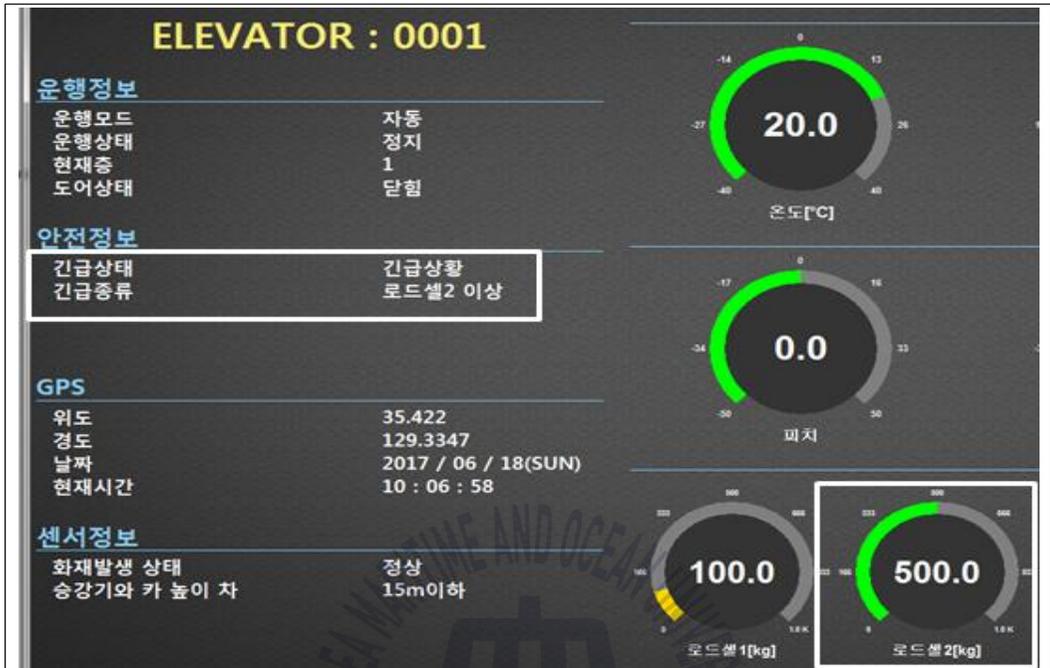
Load cell No.	Weight	Alarm	Reference	
			Fig. 70	Fig. 71
1	500Kg	O	(a)	(a)
	490Kg	X	(b)	(b)
2	500Kg	O	(c)	(c)
	490Kg	X	(d)	(d)
3	500Kg	O	(e)	(e)
	490Kg	X	(f)	(f)
4	500Kg	O	(g)	(g)
	490Kg	X	(h)	(h)
ALL	600Kg	O	(i)	(i)



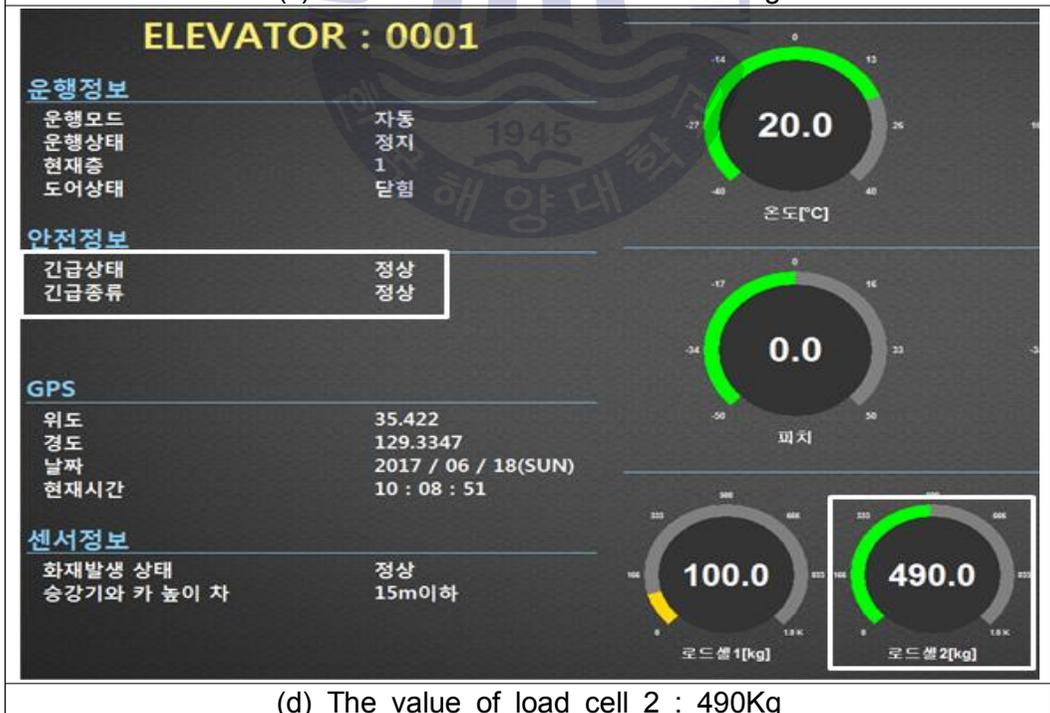
(a) The value of load cell 1 : 500Kg



(b) The value of load cell 1 : 490Kg



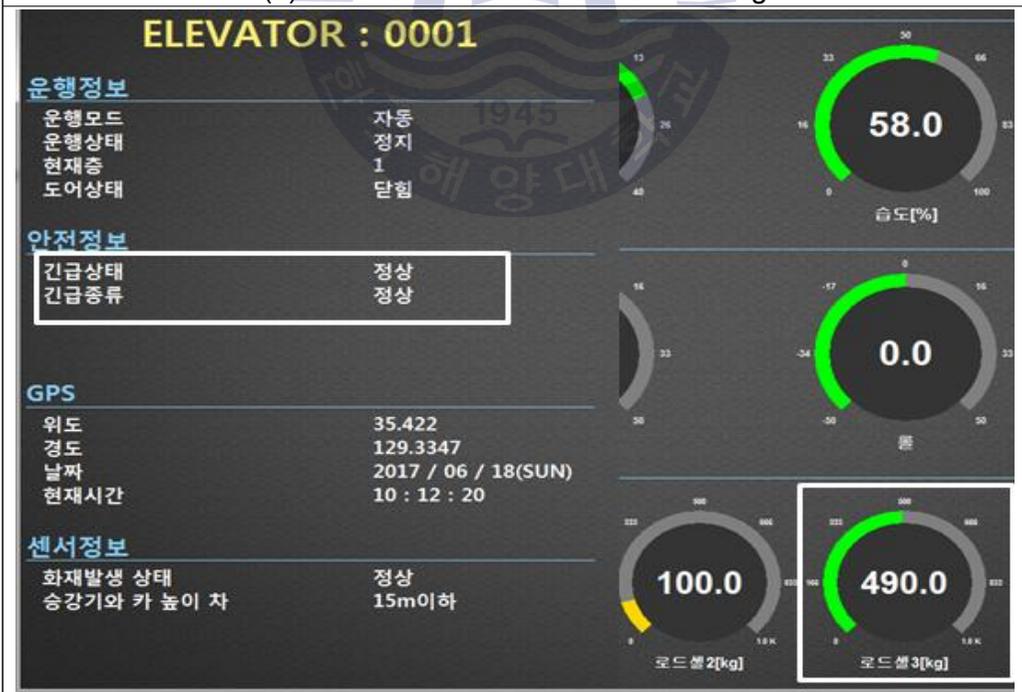
(c) The value of load cell 2 : 500Kg



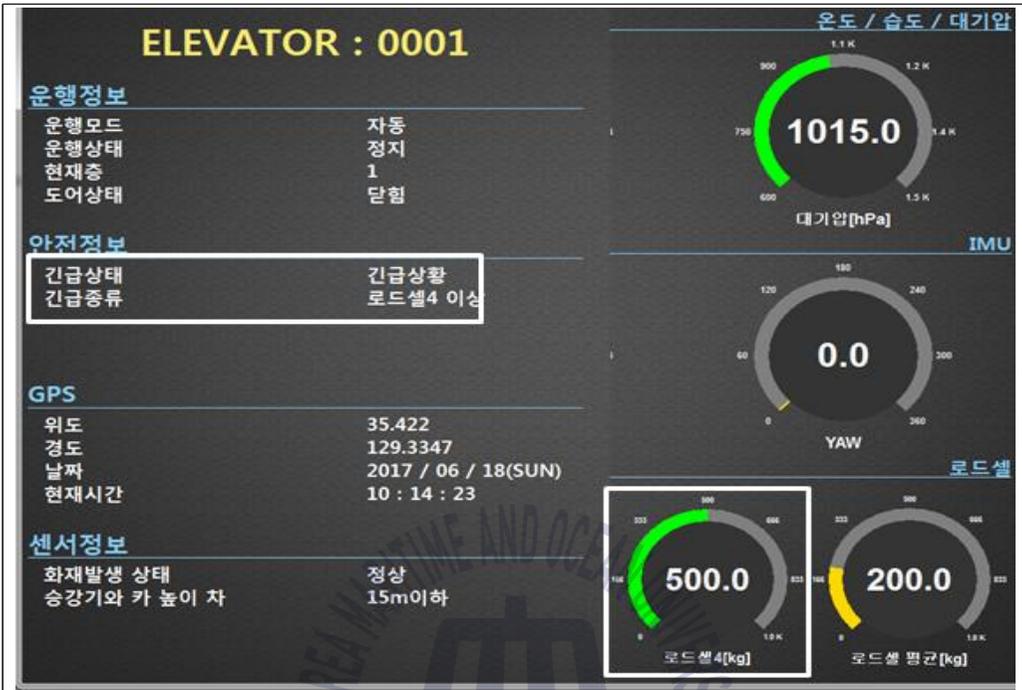
(d) The value of load cell 2 : 490Kg



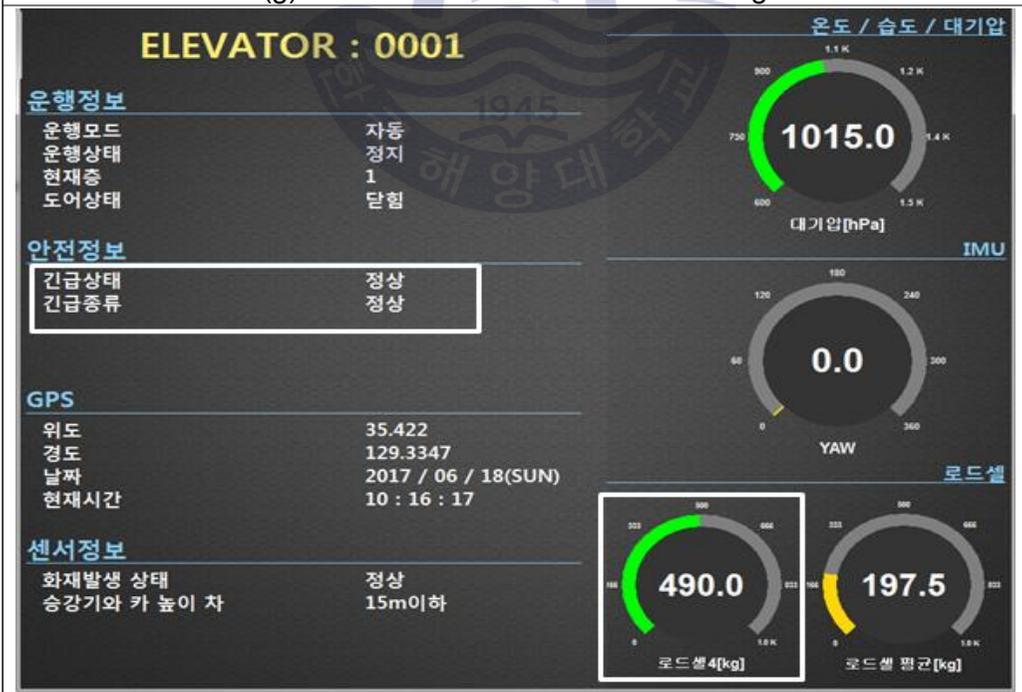
(e) The value of load cell 3 : 500Kg



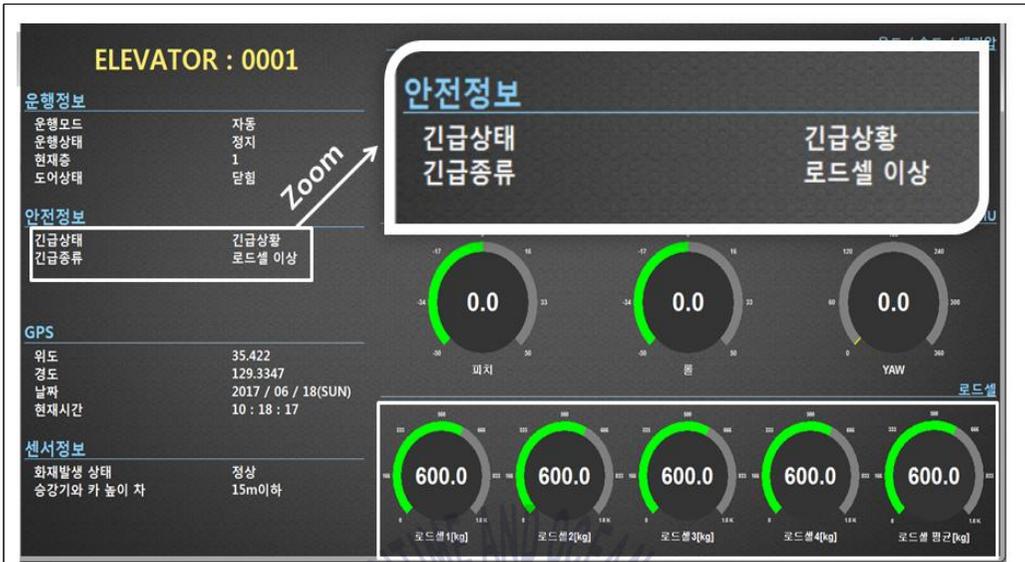
(f) The value of load cell 3 : 490Kg



(g) The value of load cell 4 : 500Kg



(h) The value of load cell 4 : 490Kg



(i) The value of load cell : 600Kg



ELEVATOR ID	WARNING MESSAGE	DATE
0001	로드셀 이상	2017 / 06 / 18(SUN) 10 : 18 : 17
0001	로드셀4 이상	2017 / 06 / 18(SUN) 10 : 14 : 23
0001	로드셀3 이상	2017 / 06 / 18(SUN) 10 : 10 : 57
0001	로드셀2 이상	2017 / 06 / 18(SUN) 10 : 06 : 58
0001	로드셀1 이상	2017 / 06 / 18(SUN) 10 : 02 : 00

(j) Warning message when **load cell** is abnormal

**Fig. 76** Output screen according to load cell test

Fig. 76 (b)와 (c)는 로드셀 2번에 대한 검증 결과이고, Fig. 76 (d)와 (e)는 로드셀 3번에 대한 검증 결과이다. 그리고 Fig. 76 (f)와 (g)는 로드셀 4번에 대한 검증 결과이다. 1번 로드셀에서 4번 로드셀까지 모두 동일하게 동작하며 이를 입력된 데이터와 출력된 화면을

비교하여 일치함을 통하여 검증하였다. Fig. 76 (i)는 4개의 로드셀 모두 600Kg씩 무게추를 놓아서 검증하였다. 이 결과 Fig. 76 (i)와 같이 긴급 상태는 긴급상황으로 표시되며, 긴급 종류는 로드셀 이상으로 표시된다. Fig. 76 (j)의 경고창에는 이상 로드셀이 표시되며 “로드셀 이상”이 발생한 승강기의 ID와 긴급 상황 내용 그리고 발생시간이 Fig. 75에서 입력된 신호와 정확하게 일치함을 보여준다.

#### 4.2.6 상부 리미트 스위치 동작 상태에 따른 데이터 검증

상부 리미트 스위치 검증은 최상층에서 더 이상 동작을 방지하는 안전 장치에 대한 검증이다. 데이터 검증을 위하여 실제 승강기에서 검증하였다. 총 3개의 층으로 되어 있으나 편의상 최하층을 1층으로 중간층을 5층으로 최상층을 20층으로 가정하여 검증을 진행하였다. 1층 → 5층 → 20층으로 운행을 통하여 검증하였다. 최종 신호의 검증은 승강기를 층별로 동작시킨 후 승강기 에이전트 안전관리 시스템의 입력되는 NMEA 2000 데이터와 승강기 에이전트 안전관리 시스템에서 출력되어 보여지는 신호를 확인 하여 검증하였다.

Fig. 77에서 사각형으로 표시된 부분에 대한 포맷이 동작에 대한 데이터 포맷이며, 이중 원형으로 표시된 부분이 층에 대한 데이터이다. 운행 방법은 Fig. 77 (a)데이터에서 1층을 나타내고 있으며, 이에 대한 출력으로 Fig. 78 (a)에서 현재층이 1층으로 화면에 표시된다. Fig. 77 (b)데이터에서 5층을 나타내고 있으며 Fig. 78 (b)는 현재층이 5층으로 화면에 표시된다. Fig. 77 (c)데이터에서 20층을 나타내고 있으며, Fig. 78 (c)에서 현재층이 20층으로 화면에 표시하는 동시에 상부의 리미트 스위치가 동작하여 ELEM C 포맷의 데이터가 9로 변경되어 안정정보의 긴급상태가 “긴급상황”으로 변경되고, 긴급의 종류는 “최상층입니다”로 표시됨과 동시에 Fig. 78 (d)와 같은 경고창을 발생시키며, “최상층입니다”가 발생한 승강기의 ID와 긴급 상황 내용 그리고 발생시간이 Fig. 77에서 입력된 신호와 정확하게 일치하여 동작함을 검증하였다.

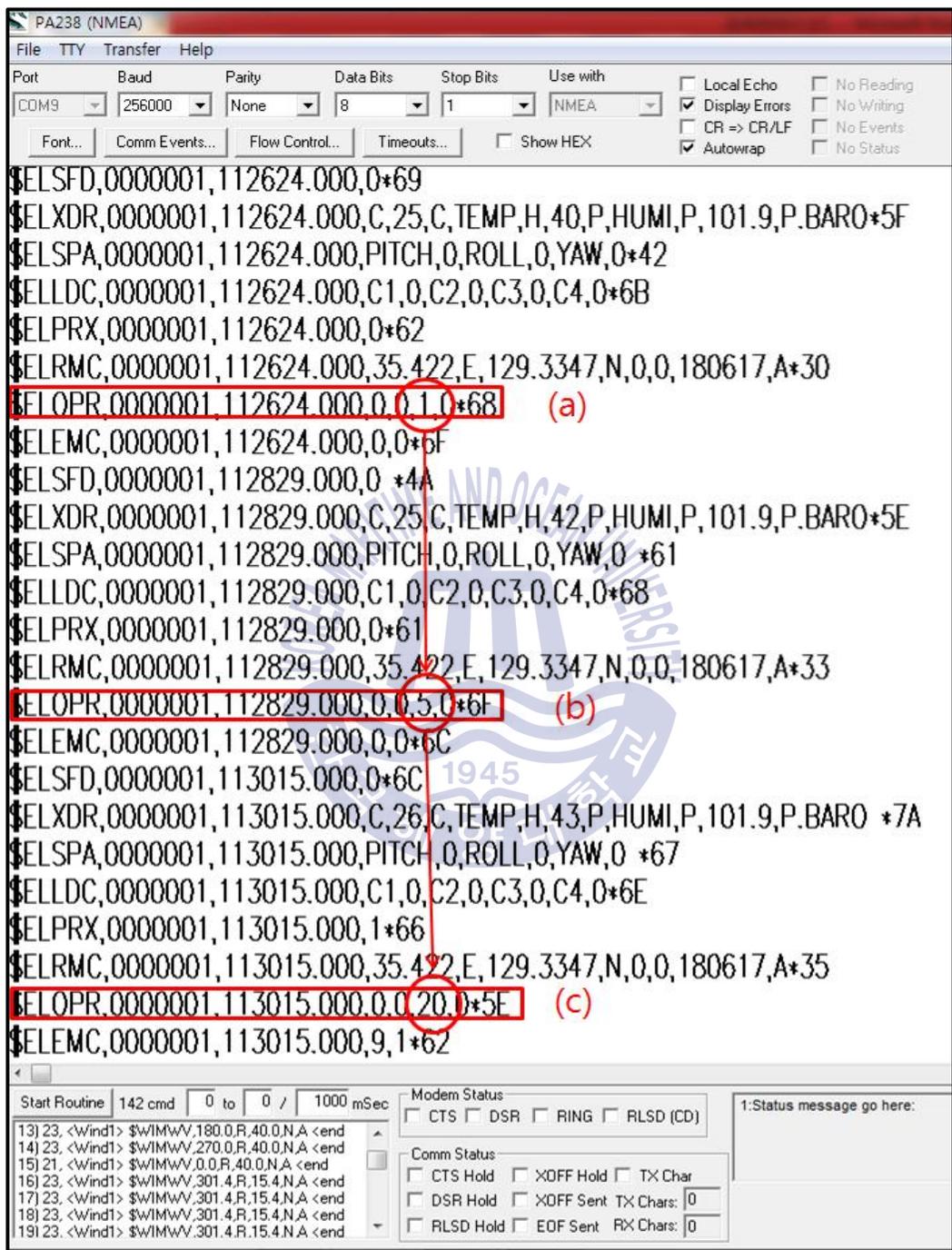
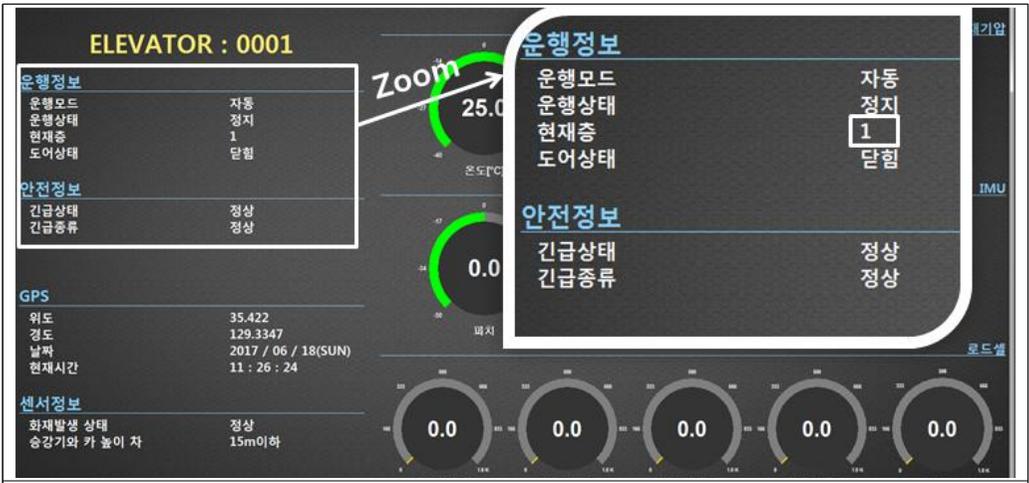


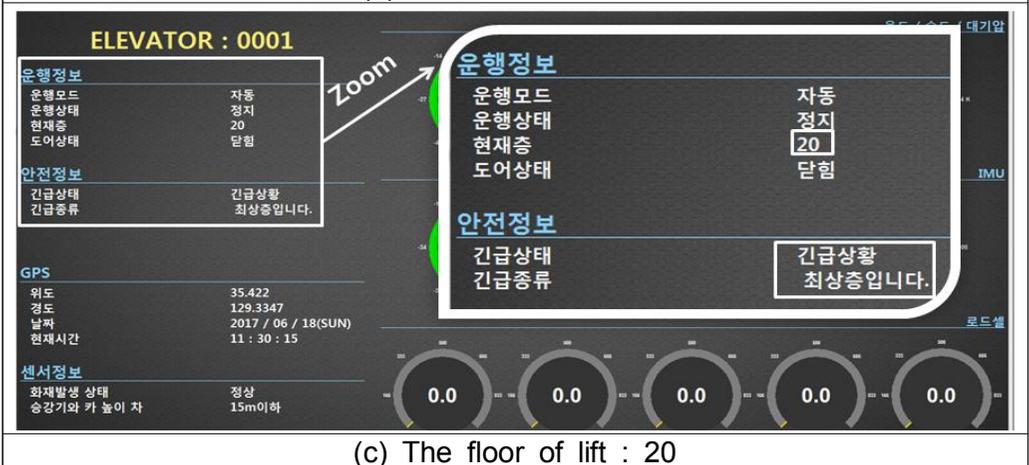
Fig. 77 Upper limit switch test input signal NMEA 2000



(a) The floor of lift : 1



(b) The floor of lift : 5



(c) The floor of lift : 20



**Fig. 78** Output screen according to upper limit switch test

#### 4.27 승강장 거리 측정 리미트 스위치 동작 상태에 따른 데이터 검증

승강장과의 거리측정용 리미트 스위치 검증은 승강기를 수직으로 동작시킨 후 승강장과의 거리가 15mm이상일 때 알람을 발생시킨다. Fig. 79에서 보여주는 데이터 포맷의 사각형으로 표시된 긴급 상황을 나타내는 데이터 포맷이며 이중 원형으로 표시된 부분이 긴급상황의 내용을 표시하는 데이터이다. Fig. 79에서 데이터가 정상일 때는 0으로 표시되고 15mm이상일 경우에는 7번으로 데이터가 변하는 것을 볼수 있다. 이것은 승강장 거리가 15mm이상 이격되었을 때의 상황을 알려주는 긴급 상황 데이터이다. 승강기가 완전히 멈춘 후 15mm이상일 경우 리미트 스위치가 1로 변해야 하나 변하지 않음으로 인하여 거리가 이격되었음을 알 수 있다. 최종 검증은 Fig. 80 (a)에서는 승강기와 카 높이가 15m이하일 때 즉 정상적인 상황일 때의 화면이고, Fig. 80 (b)는 승강기와 카 높이가 15m이상일 때 안전정보와 센서정보가 변경되는 화면을 보여준다. 이 때 Fig. 80 (c)와 같은 경고창을 발생시키며, “승강장과의 거리점검하세요”라고 발생한 승강기의 ID와 긴급 상황 내용 그리고 발생 시간이 Fig. 79에서 입력된 신호와 정확하게 일치하여 동작함을 검증하였다.

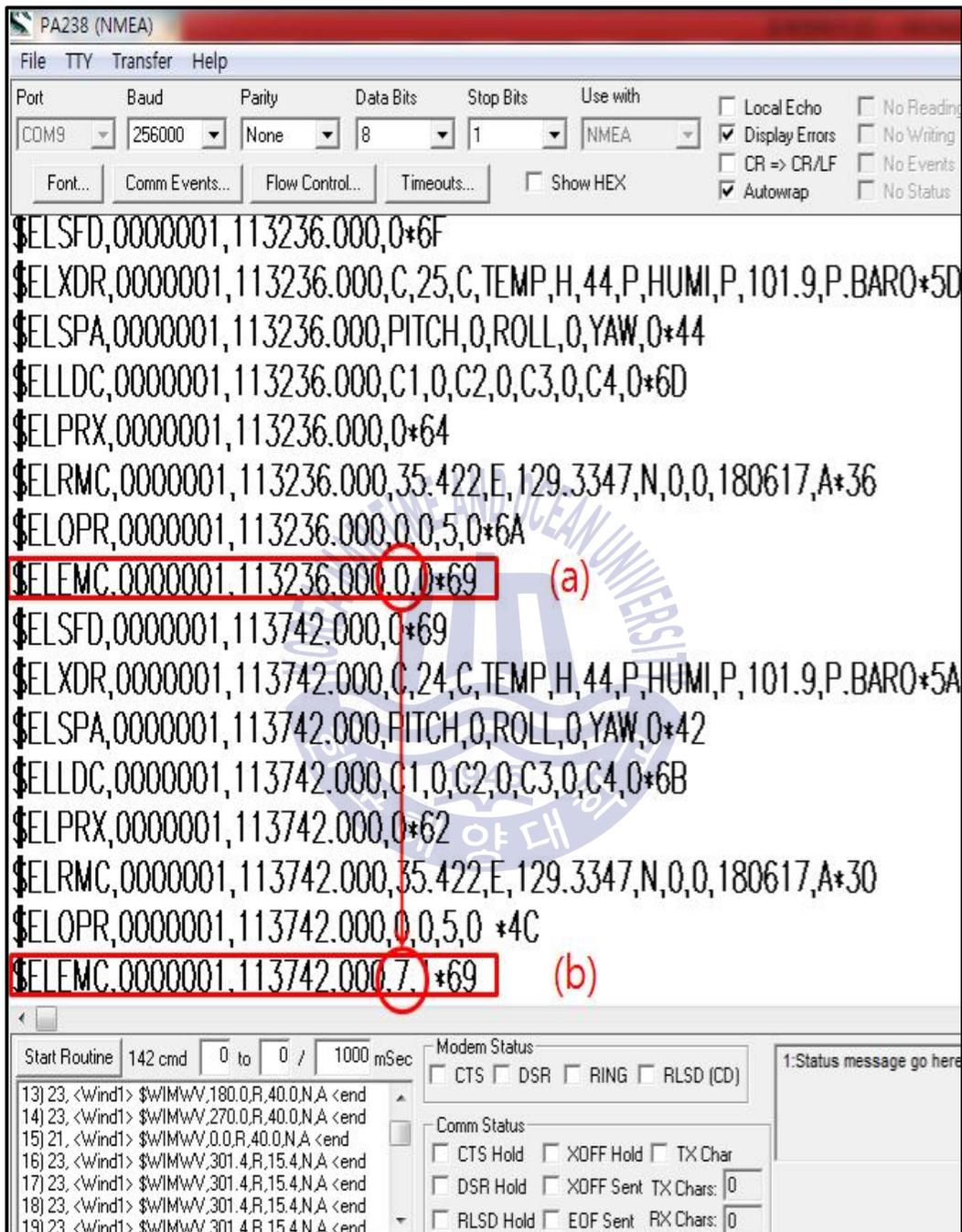


Fig. 79 Landing distance limit switch test input signal NMEA 2000



(a) Platform and car height: 15mm or less



(b) Platform and car height: 15mm or over



(c) Warning message when Landing distance limit switch is abnormal

Fig. 80 Landing distance limit switch test output screen

#### 4.28 승강기 문열림 리미트 스위치 동작 상태에 따른 데이터 검증

승강장과의 문열림 리미트 스위치 검증은 승강기를 문이 열린 상태에서 운영을 진행할 경우 알람을 발생시킨다. Fig. 81에서 사각형으로 표시된 데이터 포맷은 동작 상황에 나타나는 것이며 원형으로 표시된 부분은 문열림을 나타내는 데이터이고 문이 닫혀 있으면 위쪽(a)과 같이 0으로 표시되고 아래쪽(b)에 1로 표시되는 데이터는 문이 열린 상태를 전송하는 데이터이다. 최종 검증은 Fig. 82 (a)에서는 문이 닫혀 있을 때의 화면이고, Fig. 82 (b)는 문이 열려 있을 때 동작 시 보여주는 화면을 보여준다. 이 때 Fig. 82 (c)와 같은 경고창을 발생시키며, “문이 열렸습니다”가 발생한 승강기의 ID와 긴급 상황 내용 그리고 발생시간이 Fig. 81에서 입력된 신호와 정확하게 일치하여 동작함을 검증하였다.

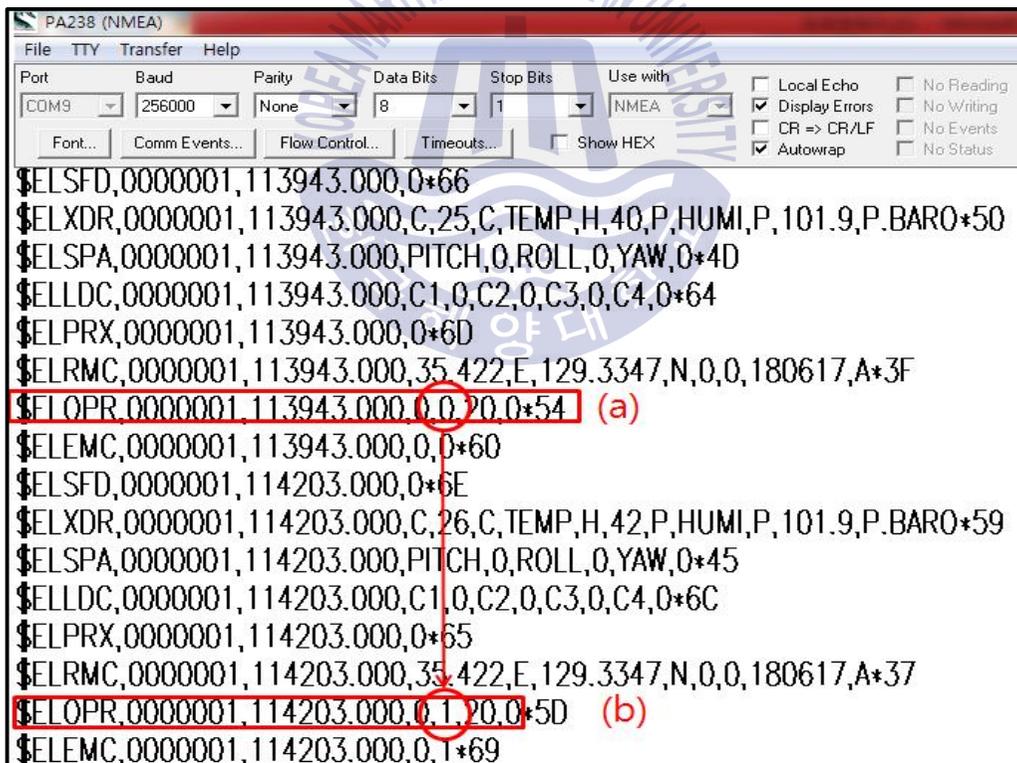
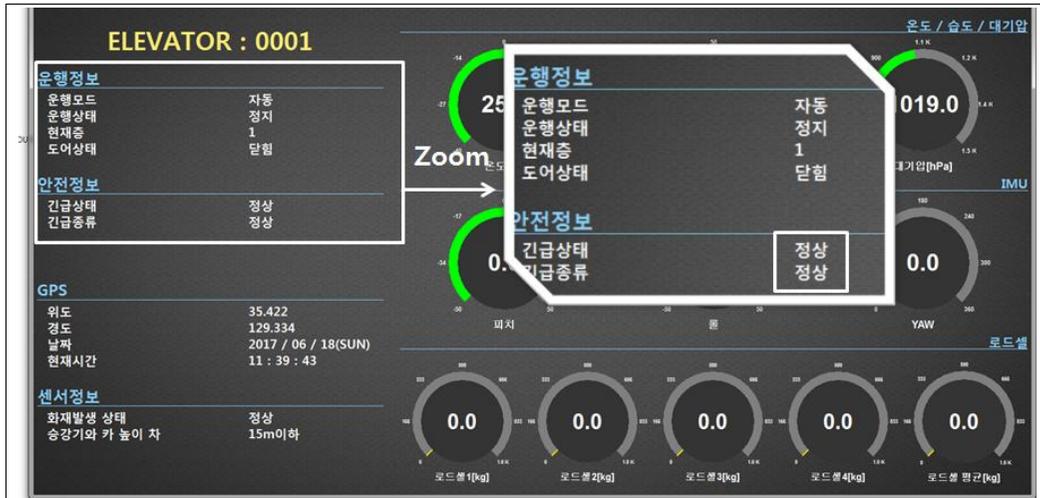


Fig. 81 Lift door open limit switch test input signal NMEA 2000



(a) Door condition: close



(b) Door condition: open



(c) Warning message when Lift door open Limit switch is abnormal

Fig. 82 Output screen according to lift door open limit switch test

#### 4.29 와이어로프 리미트 스위치 동작 상태에 따른 데이터 검증

와이어로프 리미트 스위치 검증은 와이어로프가 늘어져서 일정 거리이상 시 알람을 발생시킨다. Fig. 83에서 보여주는 데이터 포맷의 사각형으로 표시된 긴급 상황에 나타나는 데이터 중 6번에 해당하는 긴급 상황이다. 최종 검증은 Fig. 84 (a)에서는 와이어로프가 정상적인 상태일 때 화면이고, Fig. 84 (b)는 와이어로프를 감지하는 리미트 스위치가 동작하였을 때 화면을 보여준다. 이 때 Fig. 84 (c)와 같은 경고창을 발생시키며, “와이어로프 확인”이 발생한 승강기의 ID와 긴급 상황 내용 그리고 발생시간이 Fig. 83에서 입력된 신호와 정확하게 일치하여 동작함을 검증하였다.

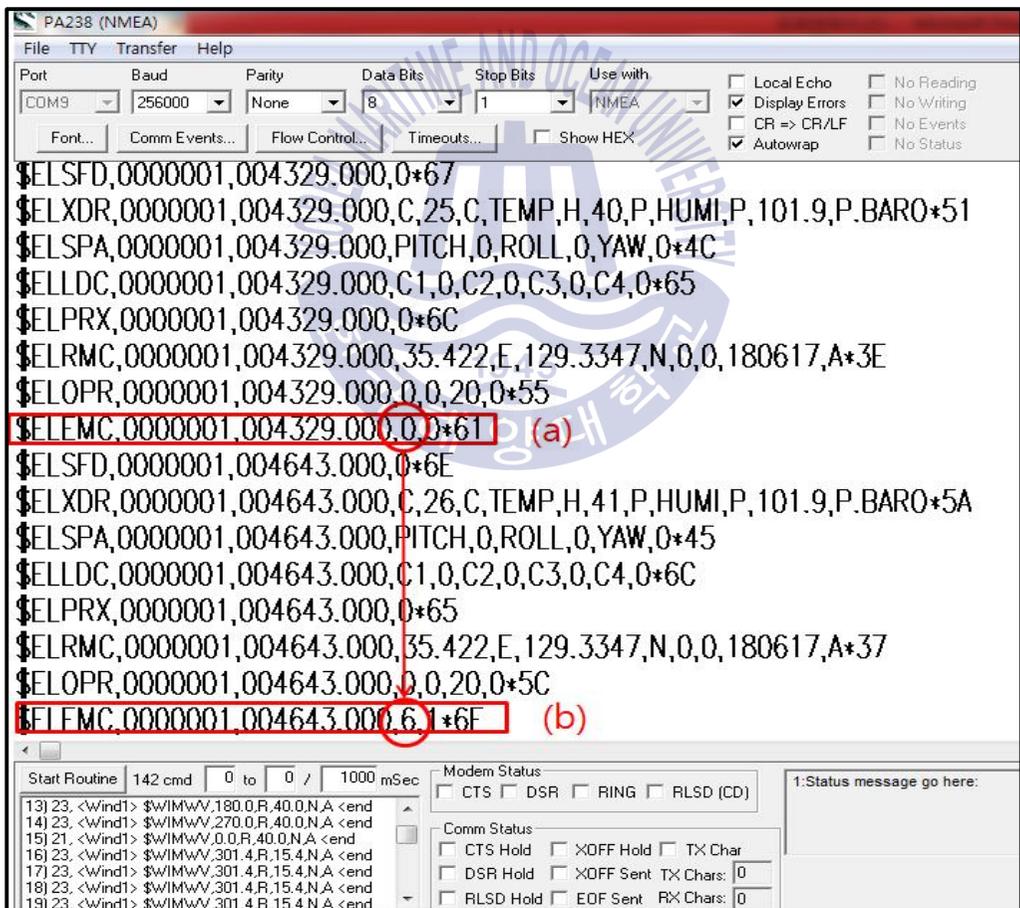


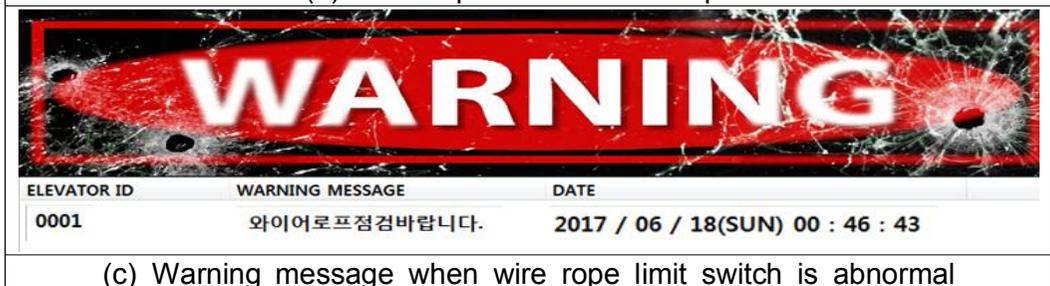
Fig. 83 Wire rope limit switch test input signal NMEA 2000



(a) Wire rope limit switch: close



(b) Wire rope limit switch : open



(c) Warning message when wire rope limit switch is abnormal

Fig. 84 Output screen according to wire rope limit switch test

## 제 5 장 결론

본 논문에서는 선박표준 네트워크 기반의 선박용 승강기제어기 및 원격 네트워크를 이용한 고장 진단 시스템을 개발하였다. 기존의 PLC 기반 승강기 제어반의 경우에는 진단할 수 있는 센서들의 확장이 제한적이므로 점점 고사양 및 다양한 기능을 요구하는 시장의 요구에 대한 한계점을 보여 왔다. NMEA 2000 기반 선박용 승강기는 이러한 문제점을 해결하기 위하여 NMEA 2000의 장점인 플러그 & 플레이 기능을 기반으로 드롭 케이블에 연결만을 통하여 확장이 가능하며, 이 부분을 증명하기 위하여 각각의 센서를 카 제어기, 층 제어기, 주 제어기 세부분으로 구분하여 설치하였다.

카 제어기는 화재감지센서, 온도/습도/대기압 센서, 로드셀, 관성 측정 센서, 리미트 스위치, 근접센서, 랜딩 도어 개폐 장치의 센서정보를 전달하고, 층 제어기는 리미트 스위치 정보를 통하여 층에 대한 정보를 전달하며, 주 제어기는 층 제어기와 카 제어기에서 전송되어진 각 센서들의 많은 데이터들을 NMEA 2000 데이터 포맷으로 하나의 이더넷 선로를 통하여 선박용 승강기 안전관리 에이전트와 송수신한다. 이때 사용되는 NMEA 2000 데이터 포맷은 기존에 정의되어 있지 않은 포맷으로 기존의 NMEA 0183 데이터 포맷을 기반으로 ID와 시간 등의 추가하였으며, NMEA 0183에 정의되지 않은 동작 및 안전관리 데이터의 PGN 코드는 NMEA 2000에 새롭게 등록하여 적용하였다.

선박표준 네트워크 기반의 선박용 승강기제어기 및 원격 네트워크를 이용한 고장 진단 시스템은 선박과 육상의 해상 광대역 통신을 기반으로 하여 신속한 안전진단 및 유지보수 체계 지원이 가능하며 이를 통해 긴급한 유지보수에 대응, 유지보수의 비용 절감, 정형화된 안전점검 체계 확립, 지속적인 안전 확보 등의 효과가 기대된다.

현재는 표준 제정 후에 그 표준에 준하는 장치를 개발하는 기술 추격형 구조가 주를 이룬다. 이러한 방법으로는 진입장벽이 높은 세계 시장의 기술을 주도하기는 어렵다. 선진국에서 개발되지 않은 본 연구에 관련된 내용을 체계적이고 전략적인 대응과 관련 활동을 통하여 향후 선주들이 요구하는 고부가가치 서비스를 제공하는 기본적인 기술로 진행될 수 있을 것이라고 기대한다.

## 참고문헌

- [1] 류호정, 2011, *승강기 사고사례 분석을 통한 관리시스템에 관한 연구*, 석사학위논문. 서울:서울과학기술대학교
- [2] Essa I., 2000. Ubiquitous sensing for smart and aware environments. *IEEE Pers, Commun* 2000;7:47-9.
- [3] The lift phenomenon of aging research, 2007. Journal of the Korea National Housing Corporation, 2007 Illuminating and Electrical Installation Engineers.
- [4] 정광효, 서성부, 2011, *부산지역 해양플랜트 및 연관산업 육성방안 수립, 현안연구*, 부산:부산발전연구원
- [5] 김기영, 2011, *선박 USN 미들웨어 구축과 선박안전 모니터링시스템 구현*, 석사학위논문. 목포 :목포대학교.
- [6] 김성윤; 윤정인; 김정환; 이형원, 2015. *선박용 승강기 제어반 및 그 모니터링 시스템*. 특허1020150064487.
- [7] 박재홍, 2013, *선박 및 해양플랜트 소음진동 선박 기준*. 2015 한국소음진동 공학회, 23(5) pp.18-22.
- [8] IEC, 2017. TC 80, [Online] (Updated 30 June 2017) Available at: <http://www.iec.ch> [Accessed 7 May 2017].
- [9] 서보성, 장범찬, 윤병동, 2015. *고장예지진단 기술의 공학시스템에서의 성공사례와 비전*. 2015 한국소음진동공학회, 25(2) pp.7-15.
- [10] 김영수, 2014. *첨단 IT를 접목한 스마트 엘리베이터*. 거창:한국승강기대학.
- [11] 한국승강기대학 산학협력단, 2010. *통합적 승강기 안전관리시스템 구축, 운영 방안*, 거창:한국승강기대학 산학협력단.

- [12] Wu, Xiaojun Qiu, Yecai Guo, 2014. A simplified adaptive feedback active noise control system, *ELSEVIER, Applied Acoustics* 81 pp.40 - 46, 2014.
- [13] MA Jian, CHEN Juan, LIAO Yao-jian, Siuming Lo, 2013. Efficiency Analysis of Elevator Aided Building Evacuation Using Network Model, *Journal of the Procedia Engineering*, vol 52, pp.259-266.
- [14] 전해진, 조광현, 오홍범, 2009. 승강기산업 및 안전증진방안에 관한 연구용역보고서. 한국승강기공학회.
- [15] NMEA, 1987. NMEA 0183 "Standard for Interfacing Marine Electronic Navigational Devices", U.S.A:NMEA.
- [16] IEC, 2007, IEC 61162-1, "Maritime navigation and radio-communication equipment and systems - Digital interfaces - Part 1:Single talker and multiple listeners,", GENEVA:IEC.
- [17] IEC, 1998, IEC 61162-2, "Maritime navigation and radio-communication equipment and systems - Digital interfaces - Part 2:Single talker and multiple listeners - Highspeed,", GENEVA:IEC.
- [18] NMEA, 2017. NMEA 2000 STANDARD [Online] (Updated 30 June 2017) Available at: <http://www.nmea.org> [Accessed 17 May 2017].
- [19] 유영호, 2009. 선박표준네트워크의 국내 기술동향. 한국정보통신기술협회 동향/연구보고서, 133, pp.116-121.
- [20] 유영호, 2009. NMEA와 NMEA 2000 통신프로토콜 표준화 동향. 한국정보통신기술협회 동향/연구보고서, Special Theme, pp.52-57.
- [21] 김재명, 2014. 해상에서의 광대역 이동통신 장치 및 그를 이용한 통신 방법, 공개특허 10-2014-0005438
- [22] 이광일, 박준희, 2009. 조선IT융합기술\_표준화\_동향. 한국전자통신연구원 전자통신동향분석보고서, 28(4), pp.10-22.

- [23] 이광일, 박준희, 최원석, 문경덕, 2009. *선내 통신 국제 표준화 동향*. 한국 정보통신기술협회 동향분석보고서, Special Theme, pp.45-51.
- [24] 노영욱, 2013, *조선해양 IT 분야에서 증강현실 연구 동향*, *한국정보처리학회 논문지*, 20(4), pp.4-14.
- [25] 김창영, 이임건, 이상민, 윤정인, 2014. *통합 게이트웨이 및 이를 포함하는 선박 통신시스템*. 특허1015276810000
- [26] 이우진, 임재홍, 2016. 스마트 센서를 이용한 선박용 승강기 실시간 모니터링 시스템의 구현. *멀티미디어학회 논문지*, 19(2), pp.405-410.
- [27] AUTONIC, 2015. *근접센서*, [Online] (Updated 30 June 2017) Available at: [http://www.autonics.co.kr/products/products\\_detail.php?catecode=01/01/02&db\\_uid=9](http://www.autonics.co.kr/products/products_detail.php?catecode=01/01/02&db_uid=9) [Accessed 17 May 2017].
- [28] 김한규, 장주수, 2013. 해상용 승강기 플랫폼 기울기 획득을 위한 상용 관성 센서 비교 분석, *한국생산제조시스템학회지*, 22(2) pp.287-291.
- [29] 김재명, 강영관, 임재홍, 박윤용, 2015. 해상용 승강기 플랫폼 기울기 획득을 위한 상용 관성 센서 비교 분석. *2015 춘계합동 승강기학술대회*, pp.19-24.
- [30] SHINHAN ELECTRONICS, 2011. *MODEL SBK SERIES* [Online] (Updated 28 June 2014) Available at: [http://kr.shinhanelec.com/bbs/board.php?bo\\_table=kloadcell&wr\\_id=14](http://kr.shinhanelec.com/bbs/board.php?bo_table=kloadcell&wr_id=14) [Accessed 17 May 2017].
- [31] DKC , 2016. *DS-302MD TYPE* [Online] (Updated 1 April 2016) Available at: [http://www.dkcair.co.kr/soft/head\\_main\\_view.php?no=226](http://www.dkcair.co.kr/soft/head_main_view.php?no=226) [Accessed 17 May 2017].
- [32] HANYOUNG NUX, 2012. *HY-M900 / HY-LM900 series* [Online] (Updated 30 June 2017) Available at:

[http://kor.hynux.com/product/product\\_view.php?lcode=10&mcode=&pcode=1306100142&scode=1001001](http://kor.hynux.com/product/product_view.php?lcode=10&mcode=&pcode=1306100142&scode=1001001) [Accessed 17 May 2017].

- [33] 임병현, 2006. 화재 감지용 자외선 적외선 불꽃감지기의 특성 개선에 관한 연구. 박사학위논문. 광주 :조선대학교.
- [34] CSA, 2015. 불꽃감지기, [Online] (Updated 17 June 2016) Available at: <http://csa-fire.com/ko/sub03/01.php> [Accessed 17 May 2017].
- [35] AscenKorea, 2017. AKUU5, [Online] (Updated June 2016) Available at: [http://ascenkorea.net/?page\\_id=657](http://ascenkorea.net/?page_id=657) [Accessed 17 May 2017].

