

스마트 센서를 이용한 선박용 승강기 실시간 모니터링 시스템의 구현

이우진^{*}, 임재홍^{**}

Implementation of Real-time Monitoring System for Marine Elevator using Smart Sensors

WooJin Lee^{*}, JaeHong Yim^{**}

ABSTRACT

Elevator 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 elevator control and monitoring technologies with IT are developing for elevators on land. But technologies with IT have been hardly done in marine elevator that is consistently assured safety and reliability of life cycle for its parts in poor environment. 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 elevator 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 marine elevator.

Key words: NMEA2000, Sensor, Elevator, Monitoring System

1. 서 론

승강기는 건축물 기타 공작물에 부착되어 일정한 승강로를 통하여 사람이나 화물을 운반하는데 사용되는 시설로서 엘리베이터, 에스컬레이터, 휠체어 리프트 등으로 정의하고 있으며, 육상 뿐만 아니라 조선 해양플랜트 등 다양한 산업 분야에서 범용으로 사용되고 있는 제품이다. 국내 승강기 시장은 현재 설치대수 500,000대 이상이며, 시장규모 2조 5천억 정도로 세계 9위로 큰 시장을 가지고 있으며, 그중에

서도 제조 및 보수를 겸업하는 업체 100개, 전문 부품 제조업체 170개, 전문보수업체 750개가 있다[1,2,3].

최근에는 조선 해양플랜트 산업에서 10톤 이상의 대형 화물용 승강기(Cargo Lift)의 사용이 증가하고 있음에 따라, 부품의 수명에 대한 안전성이나 신뢰성 확보를 위한 유지보수 기술이 요구되어지고 있다. 특히, 제품의 품질 확보를 위해 육상용 승강기와 해상용 승강기는 품질 테스트 기준이 매우 다르며, 육상용 승강기는 그 안전을 위해 한국승강기안전관리원(Korea Elevator Safety Institute), 한국산업기술시

※ Corresponding Author : JaeHong Yim, Address: (49112) 727 Taejong-ro, Yeongdo-Gu, Busan, Korea, TEL : +82-51-410-4318, FAX : +82-51-404-3986 E-mail : woo-jinkorea@nate.com

Receipt date : Jan. 19, 2016, Approval date : Jan. 29, 2016

^{*} Dept. of Electronics and Communication Eng., Graduate School, Korea Maritime & Ocean University (E-mail : jhyim@kmou.ac.kr)

^{**} Div. of Electronics, Electrical and Information Eng., Korea Maritime & Ocean University

※ This research was supported by institute for regional program evaluation funded by the Ministry of Trade, Industry and Energy.

험원(Korea Elevator Safety technology Institute)에서 승강기 부품 및 승강기에 대해 생산 조립 또는 가공된 제품에 대해 인증기준이 적합하게 시험하고 제조 설비·검사설비·기술능력 및 제조 체제를 평가하여 해당 제품에 대해 안전성을 인증하고 있으며, 해상용 승강기는 한국선급(KR), DNV·GL, Lloyd, ABS 등 국내외 선급에서 인증을 하고 있음에 따라, 육상용 승강기 보다 매우 엄격한 신뢰성 확보가 필요하다.

통합적 승강기 안전관리 시스템은 사고정보, 고장 정보 보수이력 등 주요 운행 정보를 실시간으로 감시할 수 있고, 정부, 소비자 및 유지보수업체에게 객관성 있는 안전관리 정보 제공할 수 있는 시스템을 의미한다. 국내에는 많은 영세업체의 과다 경쟁으로 전체 보수단가가 떨어지고 보수품질이 저하되는 매우 열악한 시장 환경을 가지고 있으며, 특히, 해상용 승강기 시장에서는 경쟁력확보를 위해서는 통합 안전 관리 시스템의 도입이 시급한 실정이다.

본 논문에서는 제2장에서는 국내외 IT기술을 이용한 승강기 고장진단 및 통합 운용 시스템의 사례를 비교분석하고 요구사항들을 기능별로 정의하였으며, 제 3장에서는 기능구현을 위한 시스템을 설계 및 구현하였다. 제 4장에서는 구현된 시스템에 대한 통신에 대한 객관적인 지표로 성능을 평가하고 제 5장에서는 결론을 맺는다.

2. 관련 연구

승강기의 운용은 검사(Inspection), 운영(Operation), 유지보수(Maintenance)로 구분할 수 있다. 승강기의 자체점검과 정기검사, 완성검사, 정밀안전검사 등은 승강기 운행을 위한 중요 검사로써 승강기의 성능 및 안정성을 평가하는 기초 자료다[4.] 승강기 검사(Inspection)는 일반적으로 육상용과 해상용으로 분류하고, 육상용 승강기는 한국승강기안전기술원에서 해상용은 국내외 선급사로부터 시험평가를 통해 제품 인증을 취득하여 사용하고 있다. 승강기의 운영(Operation)은 승강기가 설치된 곳의 관리자에 의해 운영되고 있다. 승강기의 유지보수(Maintenance)는 기존에는 승강기 관련 자격증 소지자에 한해 할 수 있었으나, 법 개정에 따라, 자율 안전 대상 품목은 유지 보수업 등록이 된 업체의 작업자가 관리하게 된다.

2.1 국의 통합 승강기 관리시스템 기술 동향

마이크로소프트(MS)는 사람의 동작에 반응하는 스마트 엘리베이터 개발 사례로 얼마 전 키넥트 카메라를 탑재해 운행 중인 스마트 엘리베이터를 개발하였으며, 이 엘리베이터는 사람의 탑승 기록을 비롯한 다양한 요소들을 분석해 특별한 조작 없이도 원하는 층으로 사람을 이동시켜준다[5].

Fig. 1(a)은 싱가포르의 승강기 원격감시시스템

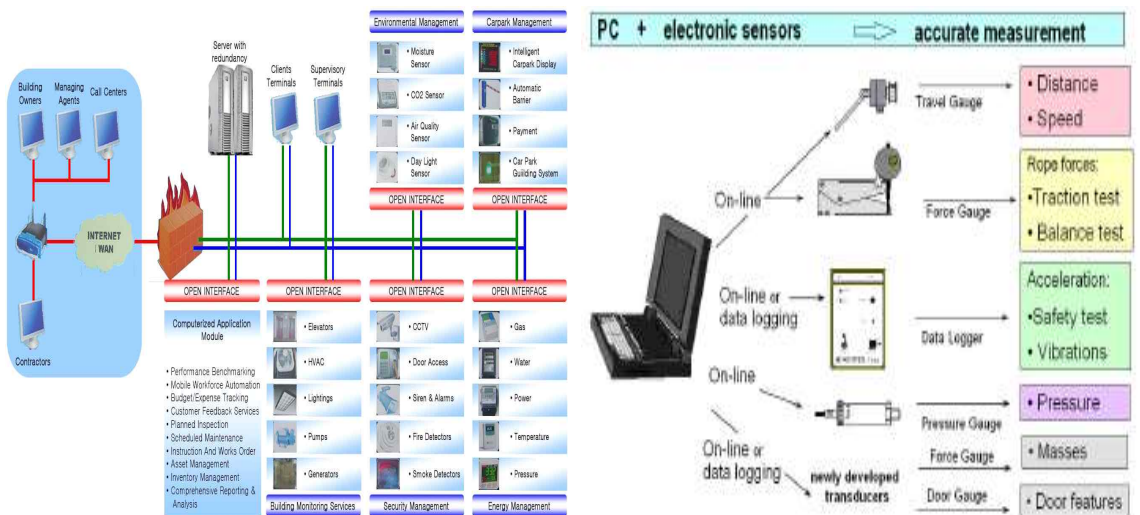


Fig. 1. Diagram of TMS(a), ADIASYSTEM(b).

(TMS, Tele Monitoring System)의 블록도로서 승강기의 환경관리, 주차관리, 건물감시, 보안관리, 에너지 관리를 통합적으로 운용하는 시스템으로 승강기의 운행 정보를 실시간으로 모니터링 할 수 있으며, 건물에 설치되어진 승강기에 대한 점검여부 및 고장발생 여부를 수집, 모니터링하여 고장률 등을 관리함으로써 제조업체 및 유지보수업체의 등급을 관리하고 있다[6]

Fig. 1(b)는 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 하고 있다[6].

2.2 국내 통합 승강기 관리시스템 기술 동향

국내 운용되고 있는 육상용 승강기 원격 감시 시스템 개발 사례로는 오티스, 현대엘리베이터 등이 있으며, 신호변환기와 통신 장치를 개발하였다. 원격감시시스템의 운영비율은 오티스 10%(10,000대), 미쓰비시엘리베이터 43%(60,000대)로 운영되고 있으며 특히, 현대엘리베이터에서는 CRT(건물 관제실) 운영하고, 스마트폰으로 엘리베이터를 실시간으로 원격 점검할 수 있도록 하고 있다[5].

3. 시스템 설계 및 구현

3.1 승강기 고장진단 시스템 설계

승강기 고장진단 시스템은 인터넷으로 연결되어진 해상용 안전관리 서버를 통해 승강기의 운행, 상태, 진단, 위치 등을 실시간으로 모니터링 할 수 있게 설계하였다. 카 제어기(Car or Cage)는 화재감지센서, 온도/습도/대기압 센서, IMU센서, 로드셀, 리미트 스위치, 근접센서, 랜딩 도어 인터록(도어 개폐장치)의 센서 정보를 전달하고, 층제어기(Floor Controller)는 리미트 스위치 정보들 전달하며, 주제어기(Main Controller)에서는 NMEA 프로토콜 기반으로 전송되어진 데이터들을 이더넷으로 송수신한다. Table 1과 같이 약속된 데이터 포맷을 통하여 주제어기와 해상용 승강기 안전관리 에이전트 사이에 해상용 승강기의 고장진단 센서들에 대한 정보를 주고받기 위해 정의된 메시지를 보여주고 있다. 해상용 승강기 안전관리 에이전트는 이더넷을 통해 전달되어진 데이터를 LTE/WLAN을 통해 인터넷으로 연결되어지며, 해상용 승강기 안전관리 서버는 승강기들의 상태에 대한 정보들을 지속적으로 저장 및 관리한다. Fig. 2는 해상용 승강기에 대한 고장진단 센서 구성과 승강기 제어기와 안전관리 에이전트, 그리고 안전관리 서버와의 실시간 제어 및 안전 진단을 위한 개념도를 나타내고 있으며, 아울러 각 센서들이 실제 엘리베이터에서 설치될 위치를 모델링을 통하여 표시하고 있다.

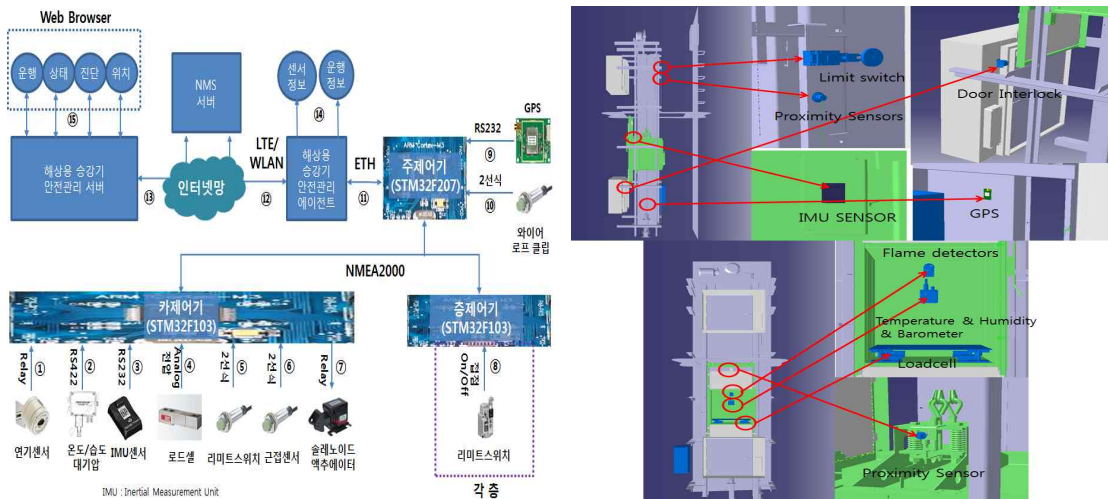


Fig. 2. Concept of Real Time Elevator Monitoring System & Sensor Installation Location.

Table 1. Definition of Elevator applying Sensors NMEA

Sensors	Description	NMEA 0183 Format Definition
Fire Sensor	SFD : Smoke Fire Detector	\$ELSFDF,0000001,064951.000,0*64<CR><LF>
Temperature/Humidity/ Barometric Pressure Sensor	EL : Elevator 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>
Gyro(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,C1,501,C2,490,C3,495,C4, 502*60<CR><LF>
Proximity Sensors	PRX : Proximity Sensor	\$ELPRX,0000001,064951.000,0*6F<CR><LF>
GPS	RMC : Recommended Minimum Navigation Information	\$ELRMC,0000001,064951.000,2307.1256,N,12016.4438, E,060815*61<CR><LF>
Operating Information	EL : Elevator 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>

3.2 센서 포맷 정의

해상용 승강기의 실시간 고장진단체크를 위해 적용되어진 센서들은 Message ID, Elevator ID, UTC Date, UTC Time, Status, Checksum 으로 구분하였다. 승강기 고장진단 센서들은 Fire Sensor, Temperature/Humidity/barometric pressure sensor, 3-axis Gyro(IMU) Sensor, Load Cell, Limit Switch, Proximity Sensors, GPS 등을 적용하였으며, 운행정보는 승강기의 현재 층수, 동작 상태 등의 정보를 제공하고, 위급상황 정보로는 Load Cell,의 중량 초과, 불꽃감지기의 불꽃 감지를 통한 화재 발생, 근접센서를 이용한 와이어로프체결 느슨함, Load Cell,의 이상 작동 유무 확인에 따라 실시간으로 카를 제어한다.

카(Car) 제어기 내 적용 센서들은 1초 단위로 폴링하며, Fire Sensor는 승강기 화재 발생을 감지하고, Temperature/Humidity/barometric pressure sensor는 승강기 내 환경을 측정한다. 3-axis Gyro (IMU) Sensor는 0.5초 단위로 동작하고 10도 이상 기울어지면 승강기의 운행 정지 신호를 보내어 승강기를 자동 정지시킨다. Load Cell은 승강기 카 내부의 하중이 기준치 이상으로 적재거나 한쪽으로 부하가 많이 발생할 경우 알람을 울려준다. Limit Switch는 각 층에 직렬로 연결되어 있으며 on/off 값을 통해 감속과 정지를 위한 신호를 전달하게 된다. Proximity Sensors는 출입구와 승강로의 높이가 15mm

이내로 정확한 레벨에 멈출 수 있도록 동작한다.

주 제어기에서 전달되어진 신호는 에이전트 장치에서 서버로 전송되어지며, 서버에서는 다수의 주 제어기에서 전달되어진 데이터를 저장하고 화면으로 표시한다. 제어기에 연결되어진 Magnetic contact, up/down switch, door open/close switch, Emergence switch 는 unsigned 1byte로 정의하고, 각 층의 운행 상태 표시를 0, 1로 구분하였다. 운행과 관련된 정보는 승강기의 현재 층수, 동작 상태 등의 정보를 제공하고 기울기, 하중, 화재, 로프 체결 등의 이상으로 판단 시에는 Emergency 기능을 통해 운행을 정지할 수 있도록 구현하였다. Table 1은 사용한 센서들에 대해 소프트웨어에서 정의한 데이터 포맷을 보여주고 있다.

4. 시험 및 평가

Fig. 3과 같이 구현되어진 승강기의 센서들에서 주제어기로 각각의 센서값이 입력되어 NMEA 0183 메시지에서 Elevator ID 송신 시 Integer ASCII값이 전송되어진다. 주제어기는 Elevator ID 및 TX PGN 값을 출력하고, 각 센서들의 상태를 표시하도록 구현하였다.

테스트는 주제어기의 Display Panel 에 Elevator Ser. NO 및 ValidSA, TX PGN이 표시되며, 에이전트 장치에서는 \$ELOPR, \$ELRMC 등의 데이터가

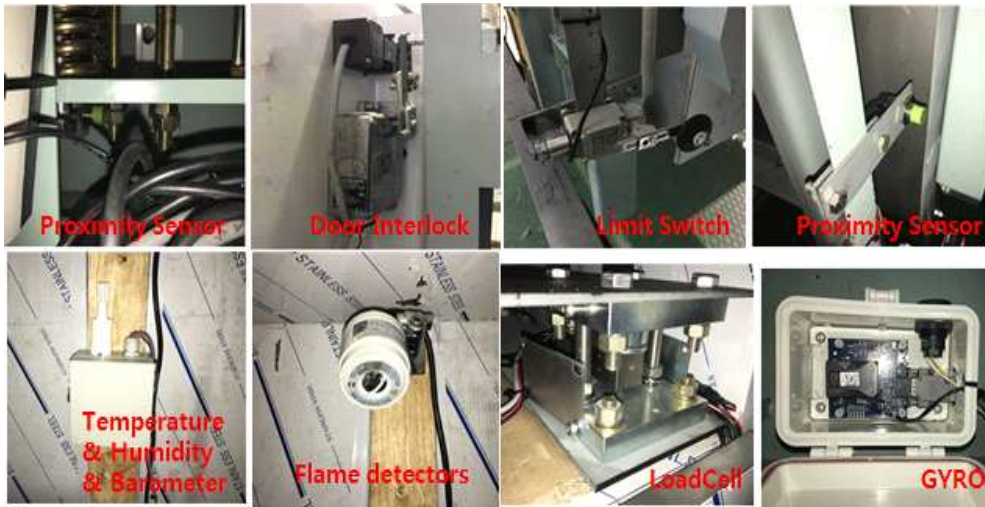


Fig. 3. Sensor Installation.

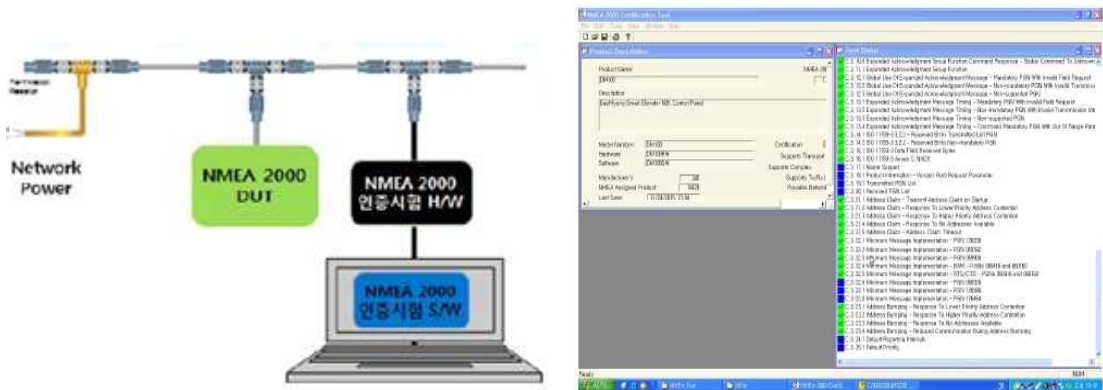


Fig. 4. Concept of Real Time Control & Diagnosis Elevator Monitoring System.

실시간으로 수신된다.

실시간으로 수신된 데이터는 Fig. 4(좌)와 같이 제어기를 통하여 NMEA 네트워크에 연결되는지 하드웨어와 소프트웨어로 구성된 NMEA 시험인증 장비를 통해 시험하고 그 결과는 Fig. 4(우)와 같이 PASS하였다.

에이전트 장치에서 수신된 데이터들은 Fig. 5(좌)에 표시되는 것과 같이 에이전트 모니터링 장치에 시각적으로 표시되며, 표시된 데이터들은 인터넷을 통하여 해상용 엘리베이터 안전관리 서버에 Fig. 5(우)와 같이 데이터를 저장 및 표시를 해서 구현하였다.

5. 결 론

본 논문에서는 선박표준네트워크 기반의 해상용 승강기제어기 및 원격 네트워크를 이용한 고장진단 시스템을 소개하였다. NMEA 2000 기반 해상용 승강기 원격 안전진단 및 유지보수 시스템은 육상의 안전진단 유지보수 서버와 해상의 선박 또는 플랜트의 안전진단 유지보수 에이전트로 구성되고, 선박-육상 간 해상 광대역 통신 시스템을 이용하여, 센싱 정보를 이용하여 선내 승강기 운행정보 및 센싱 정보 교환을 위해 선박 표준 네트워크인 NMEA 2000을 기반으로 하였다. 본 논문에서 소개한 해상용 승강기 원격 안전진단 및 유지보수 시스템은 선박-육상 간 해상 광대역 통신 기반 실시간 원격 안전진단 및 신



Fig. 5. Agents monitoring device S/W & Marine Elevator Safety Monitoring Server S/W.

속한 유지보수 체계 지원을 통해 신속한 유지보수 대응, 유지보수 비용 절감, 지속적인 안전 확보, 정형화된 안전점검 체계 확립 등의 효과를 기대할 수 있다.

REFERENCE

[1] I.A. Essa, "Ubiquitous Sensing for Smart and Aware Environments," *IEEE Personal Communications*, Vol. 7, Issue 5, pp. 47-49, 2000.

[2] Ministry of the Interior, http://www.mogaha.go.kr/frt/bbs/type010/common_SelectBoardArticle.do?bbsId=BBSMSTR_000000000008&nttId=41175 (accessed Dec., 24, 2015).

[3] Ministry of Trade, Industry and Energy, *A Study Reported in the Elevator Industry Development Plan Established*, 2013.

[4] Sung-Hyun Choi, Jong-Soo Kim, Tai-Suk Kim, Yun-Sik Yu "Design and Implementation of an Elevator Vibration Measuring System using 3-Axis Acceleration Sensor," *Journal of Korea Multimedia Society* Vol. 16, No. 2, pp. 226-233, Feb., 2013.

[5] CNET Korea, <http://www.cnet.co.kr/view/45741> (accessed Dec., 24, 2015).

[6] Wu, X. Qiu, and Y. Guo, "A Simplified Adaptive Feedback Active Noise Control System," *Applied Acoustics*, Vol. 81, pp. 40-46, Jul., 2014.



이 우 진

2006년 2월 인제대학교 전자정보통신공학과 졸업
 2015년 2월 한국해양대학교 전자통신공학과 석사
 2016년 3월 ~ 현재 한국해양대학교 전자통신공학과 박사과정

관심분야 : 전자공학, 통신공학



임 재 홍

1986년 2월 서강대학교 전자공학과 졸업
 1988년 8월 한양대학교 전자공학과 석사
 1995년 2월 한양대학교 전자공학과 박사

관심분야 : WSN, Internet computing