

액체운반용 선박을 위한 진단기능을 가지는 스마트 카고 센서 개발

Development of Smart Cargo Level Sensors Including Diagnostics Function for Liquid Cargo Ships

배현* · 김연태* · 박대훈* · 김성신*[†] · 최문호** · 장용석**

Hyeon Bae, Yountai Kim, Daehoon Park, Sungshin Kim, Moon-Ho Choi, and Yong-Suk Jang

* 부산대학교 전자전기통신공학부

** (주)마르센

요 약

본 연구에서는 화물 운송에 사용되는 운반선 중 하나인 액체운반선을 유지·관리하기 위한 통합 자동화 시스템인 스마트 카고 탱커 진단 모니터링 시스템을 개발하였다. 본 연구를 통해 선박의 특수성을 고려한 선박용 능동형 스마트 센서 개발 기술을 확보하고 고신뢰성 및 내환경성을 가진 기자재를 개발하고자 하였다. 본 연구에서 제안한 카고 모니터링 시스템은 증기 압력 모니터링 부분, 카고 수위 모니터링 부분, 수위 초과 모니터링 부분, 가스 모니터링 부분, 탱크 온도 모니터링 부분으로 구성된다. 본 시스템은 각 단위 시스템으로부터 전송되는 신호의 신뢰성, 적절성 그리고 센서 자체의 이상 유무를 스스로 진단한다. 최종적으로 각 시스템의 고장진단 및 예측을 통하여 운항중인 선박에서 효과적으로 화물을 유지·관리 할 수 있도록 하는 포괄적인 통제 모니터링 시스템 개발을 목적으로 한다.

키워드 : 액체운반선, 스마트 센서, 고장진단, 모니터링, 패턴 인식

Abstract

This paper is to develop a monitoring system with diagnosis for smart cargo sensors that is for management and maintenance of the liquid cargo ships. The main goal of the system is to achieve the total automation system of the cargo sensor. By this study, the active smart sensor for the liquid cargo ships is designed and developed that guarantees high-confidence, stability, and durability. The proposed system consists of a monitoring part of the steam pressure, high-level monitoring, over flowing monitoring, gas monitoring, and tank temperature monitoring. The signals transferred from each unit system are used for sensor diagnosis based on confidence and accuracy. Finally, in this study, the total supervisory monitoring system is developed to maintain and manage the cargo effectively based on fault diagnosis and prognosis of the each sensor system.

Key Words : Liquid cargo ship, smart sensor, fault diagnosis, monitoring, pattern recognition

1. 서 론

21세기에 접어들면서 국내 조선시장은 선박 건조량과 수주량에서 일본을 제치고 1위에 올라 조선강국의 입지를 더욱 강화하였다. 2003년 말 기준으로 세계 선박 발주량의 40%이상을 차지하며 사상 최대의 수주 실적을 올리고 있는 등 국가 발전 원동력으로써 일익을 담당하고 있다. 그러나 근래에 들어 유조선, 벌크화물선 및 중소형 컨테이너선 등을 필두로 하여 선박 시장에서 중국을 비롯한 후발 국가들의 추격이 거세져 수익성 확보가 힘들어지고 있다. 따라서 그동안 수입에만 의존해오던 고부가가치의 조선 기자재 부

품의 국산화 및 차세대 조선기자재부품의 개발이 중점적인 이슈로 대두되고 있다.

‘똑똑하다’, ‘현명하다’라는 의미의 영어단어 ‘SMART’는 주로 지능화된 장비 또는 로봇 등에 사용되어 왔으나 최근 반도체 IC 기술이 보편화되고 마이크로 센서기술이 발전되면서 센서에도 ‘SMART’가 사용되고 있다. 스마트 센서는 ‘똑똑한 센서’, 즉 지능화된 센서(intelligent sensor)를 말한다. 1980년대 이후 급속한 발전을 이루고 있는 마이크로머시닝 기술은 종래의 크고 무거운 조립식 센서를 반도체 IC와 같은 실리콘 기판 상에 작게 구현할 수 있게 하여 마이크로 센서를 가능케 한다. 실리콘 기판 상에 센서를 제조하기 때문에 IC와 함께 공정이 가능하여 증폭회로, ADC/DAC, MCU 등의 반도체회로와 결합한 형태로 개발되고 있다. 이러한 센서를 기존의 지능화된 센서와 구분하여 ‘마이크로 스마트 센서’라고 명명할 수 있는데 보통 ‘스마트 센서’라고 줄여 부른다. 또한 스마트 센서는 마이크로 센서기술에 반도체 VLSI 기술을 결합시킨 것으로 컴퓨터가 갖는 우수한 데이터 처리 능력, 판단기능, 메모리기능, 통신

접수일자 : 2007년 7월 9일

완료일자 : 2007년 10월 15일

† 교신 저자

본 논문은 교육인적자원부·산업자원부·노동부의 출연금으로 수행한 산학협력중심대학육성사업의 연구결과입니다.

기능 등을 갖기 때문에 종래의 센서에는 볼 수 없는 많은 장점을 갖는다. 최근 유비쿼터스(ubiquitous) 기술이 화두에 오르면서 스마트 센서 기술에 대한 관심이 커지고 있다. 네트워크 컴퓨팅 기술과 더불어 스마트 센서가 시공을 초월해 필요한 정보를 얻고 각종 장치들이 스스로 기능을 수행하는데 있어 중추적인 역할을 할 수 있기 때문이다. 이러한 센서의 지능화는 전통적인 센서 활용분야를 뛰어넘어 스마트 홈 시스템, 원격진료 시스템, 대규모의 환경감시 시스템 등에 센서의 활용영역을 넓히고 있다 [1-4].

본 연구에서는 이러한 스마트 센서 기술을 액체운반선에 사용되는 레벨 센서 진단을 위한 모니터링 시스템에 적용하였다. 제안한 진단 기능을 가진 카고 모니터링 시스템의 구성은 증기 압력 모니터링 부분, 카고 수위 모니터링 부분, 수위 초과 모니터링 부분, 가스 모니터링 부분, 탱크 온도 모니터링 부분으로 나누어진다. 각 단위 센서 시스템으로부터 전송되는 신호들은 신뢰성과 정확성에 대한 평가와 함께 센서의 고장을 진단하고 상태를 예측하여 운항중인 선박에서 효과적으로 화물을 유지·관리 할 수 있도록 하는 포괄적인 통제 모니터링 시스템이다. 액체운반선은 화물 운송을 위한 특수선 중 널리 사용되는 선박으로 원유 유조선(dirty tanker), 제품 유조선(clean tanker), 특수액체 운반선(chemical tanker) 등이 널리 사용되고 있다.

2장에서는 스마트 카고 센서에 대한 정의 및 내용을 살펴보고, 3장에서는 본 연구에서 개발한 스마트 카고 센서 개발에 대한 내용을 기술하고, 4장에서는 진단 알고리즘을 제안하고자 한다. 마지막으로 5장에서 결론을 통해 본 연구의 진행 결과와 성과를 분석하고자 한다.

2. 스마트 카고 센서

2.1 스마트 센서

스마트 센서는 물리적 또는 화학적 현상을 전기신호로 변환하는 센서의 단순 기능 이외에 논리제어기능, 통신기능, 판단기능을 가져야 한다. 여기서 논리제어기능은 센서신호의 디지털화 및 보정/보상을 하고 동작제어를 말하며, 통신기능은 주로 표준화된 디지털통신 프로토콜을 이용하여 센서신호를 외부에 전달하고 제어신호를 받는 것이다. 판단기능은 제어기능과 더불어 센서의 최적화 및 자기진단, 전원관리 등을 일컬으며 더 나아가 센서에서 얻은 데이터의 의미까지 파악할 수 있는 수준까지 나아가야 한다. 이와 같이 스마트 센서를 실현하기 위해서는 수 준 높은 신호처리회로가 센서에 지원되어야 한다. 집적도에 따라 구성과 기능이 가감되지만 센서소자, 아날로그 증폭회로, 디지털제어회로, ADC/DAC, MCU, 비휘발성 메모리, 통신 인터페이스 등으로 구성된다. 다중 센서의 경우는 멀티플렉서(MUX)를 사용하여 나머지 기능을 공유한다.

항공기, 빌딩, 공장, 스마트도로 등에 이르는 대규모 시스템에 분산된 센서의 효율적인 신호수집 및 관리가 가능하게 된다. 아날로그 신호전달에 필요했던 많은 전선들이 몇 가닥으로 구성되는 BUS로 줄기 때문에 자동차 및 항공기의 경우 경량화에 유리하게 된다. 스마트 센서는 마이크로머시닝(MEMS)기술과 VLSI로 대표되는 반도체기술로 마이크로화되면서 정밀도와 성능이 향상되고 그 활용분야가 산업 전반에 걸쳐 확대되고 있다. 대표적인 스마트 마이크로센서로 압력센서, 가속도센서, 자이로센서, 유량센서, 영상센서, 지자기센서, 위치센서, 온도센서, 습도센서 등이 있다 [1-4].

2.2 기술 개발 현황

스마트 카고 탱크 진단 모니터링 시스템의 구성은 증기 압력 센서부, 카고 수위 모니터링부, 수위 초과 모니터링부, 가스 모니터링부, 탱크 온도 모니터링부로 나뉘는데, 각각의 부분에서 전송되어져 오는 신호의 적절성 및 센서 자체의 이상 유무를 판단하게 된다. 이러한 진단 기술은 다양한 분야의 시스템에 적용되고 있으며, 현재 센서 진단과 관련된 기술 조사는 표 1에 정리하였다. 본 조사에서 다양한 방법의 센서 진단 기술이 소개되고 있으나, 선박에서 사용하는 레벨 센서의 진단에 대한 기술은 널리 소개되고 있지 않다. 즉, 본 연구에서 개발하고자 하는 기술이 개발 진행 중인 신기술로 사료된다.

표 1. 센서 진단 기술 개발 현황

Table 1. Sensor diagnosis development techniques

문헌	연구내용
[5]	- 물의 깊이가 증가하면 위치 센서의 성능이 저하되므로 센서 결함 검출 문제가 발생 - 이진 상 검출 필터(Binary Phase Detection Filter)를 이용하여 센서의 결함 검출 기술 개발
[6]	- 내장형 압력 전송기가 장착된 마그네틱 베어링 시스템에서의 센서 결함을 진단 - 신호처리 없이 모니터링만으로 센서 결함을 진단하는 방법과 퍼지 집합을 이용한 진단 방법 제안
[7]	- 2자유도 관성센서는 기계적 커플링으로 인해 동시 고장 발생 높으나, 기존의 기법으로는 고장분리 불가능 - 비선형 필터인 Unscented 칼만필터를 이용한 복합 고장검출기법 제안
[8]	- 운전 수명과 안전성 향상을 위해 자체 결함 진단 능력이 있는 지능형 전자기 베어링 시스템 개발 필요 - 결함 발생 센서 구분 후 퍼지 역연산 문제의 해를 이용하여 진단
[9]	- 센서와 구동장치 양측의 고장이 함께 발생하는 경우에 대한 연구 미미 - 항공기 센서와 구동장치 고장시 신경회로망을 이용하여 대처하는 고장보완시스템 개발
[10]	- 센서의 돌발 고장 진단방법 제안 - 다중웨이블릿 패킷을 적용하여 신호의 에너지 값을 통해 특징을 도출하여 다차원 웨이블릿회로망으로 결함 분류
[11]	- 시간 지연 동적 시스템에서 센서 평가 방법 제안 - 신경회로망과 정보 퓨전 기법의 조합 - 신경 일반 관측 방법을 통해 센서 결함 검출, 분류, 조정 수행
[12]	- 비선형 시스템에서 센서 결함 진단 - 비선형 추정 모델과 학습 알고리즘을 통한 센서 결함 추정을 위한 온라인 추정기 개발
[13]	- 화학 회분식 반응기에서 센서 결함 검출 및 분류 방법 - RBFN을 이용한 온라인 보간기를 통해 추정 - 의사 결정 시스템을 통해 고장 센서와 정상 센서 분류

2.3 스마트 카고 센서

원유 유조선, 제품 유조선, 특수액체 운반선등의 카고 탱크상에 설치되는 레벨 트랜스미터 센서로서 그림 1과 같으며, 선박의 탱크에 적재 되어 있는 화물의 수위를 측정 하

여 데이터를 CMS에 전송시키는 기능으로 실제 선박에 설치된 형태는 그림 2와 같다. 각종 선박 센서는 주제어실로 연결되며 현재는 아날로그 타입의 4-20mA 신호를 이용하므로 설치비의 부담과 유지·보수의 어려움이 있으므로, 본 연구에서는 디지털 타입의 신호 전송 체계를 통해 개방형 시스템을 구축하였다.

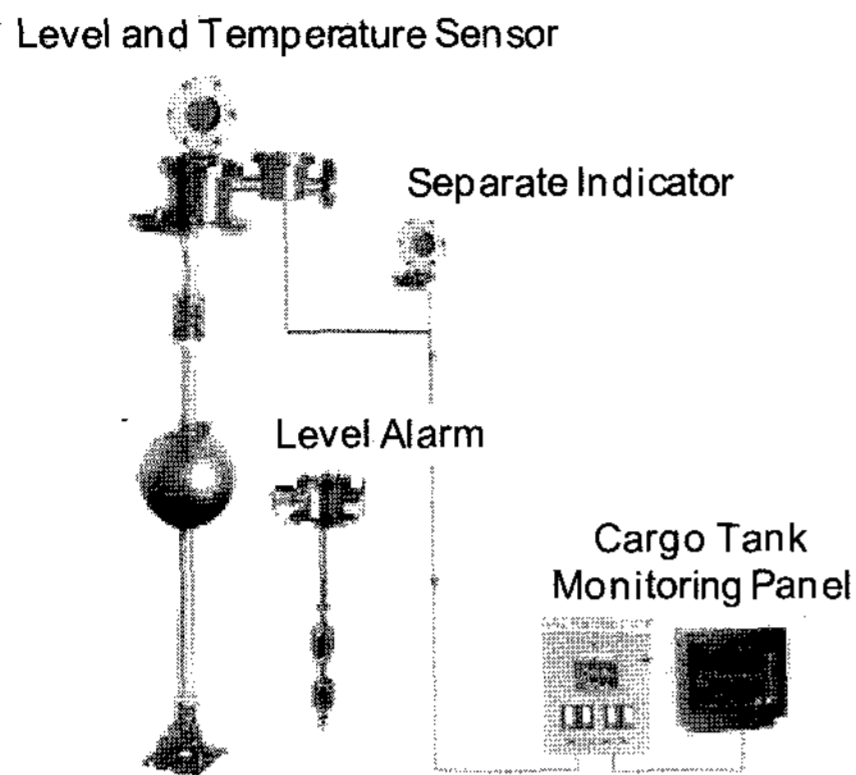


그림 1. 카고 탱크 레벨센서
Fig. 1. Level sensor of a cargo tanker

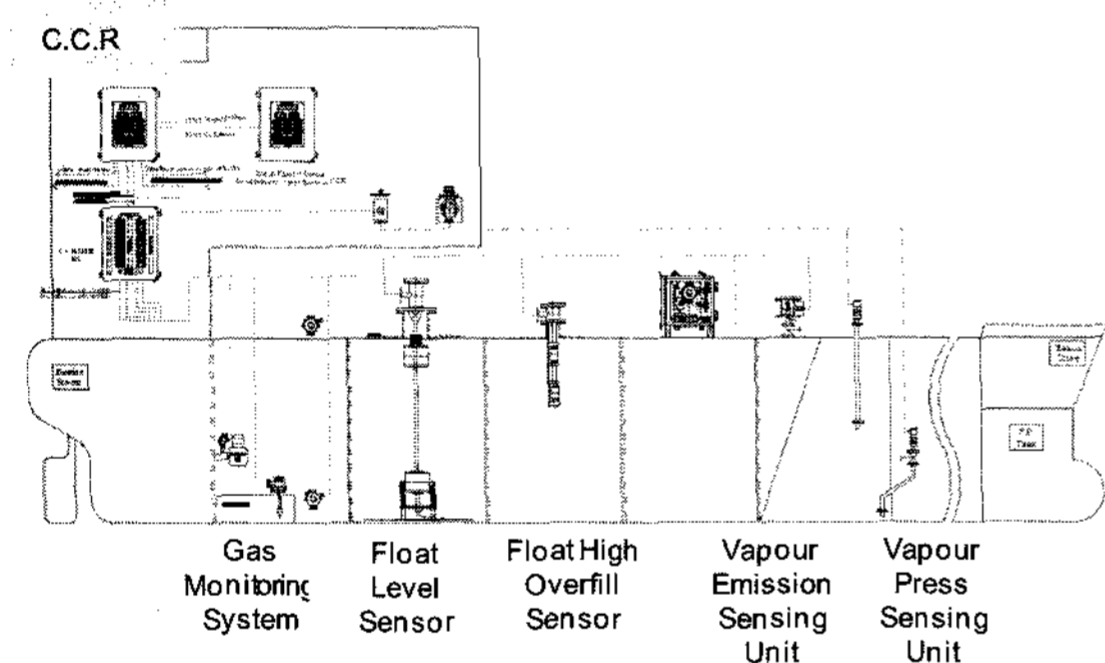


그림 2. 스마트 모니터링 시스템의 실선 설치도
Fig. 2. Architecture of a smart monitoring system

3. 스마트 카고 센서 개발

3.1 센서 회로도 설계

카고 센서 모듈 전자회로 및 PCB 개발에 있어서 효율성을 높이기 위하여, 기존의 문제점들을 보완하였다. 먼저 Surface Mount Device의 채용으로 센서 모듈을 소형화 하였고, PCB(Printed Circuit Board)의 두께 및 폭 조절을 통한 유연성 확보하였다. 그리고 PCB 연결 부위의 Solder Mask 처리로 내구성을 확보하였다. 이러한 PCB의 유연성은 레벨 센서의 특성상 수십 m 길이를 연결해야하므로 이동과 저장을 위해 필요한 기술이었다. 그림 3은 본 연구에서 개발한 센서 모듈이다. 유연성을 가진 PCB에 자력에 의해 닫히는 스위치를 연속적으로 장착하여 저항값으로 레벨이 측정되도록 만든 모듈이다. 플로터가 유량에 의해 상승하게 되면 위로 떠올라 수위에 해당하는 저항값이 측정되고, 측정된 저항값을 이용하여 전류값으로 변환되어 수위가 계산된다.

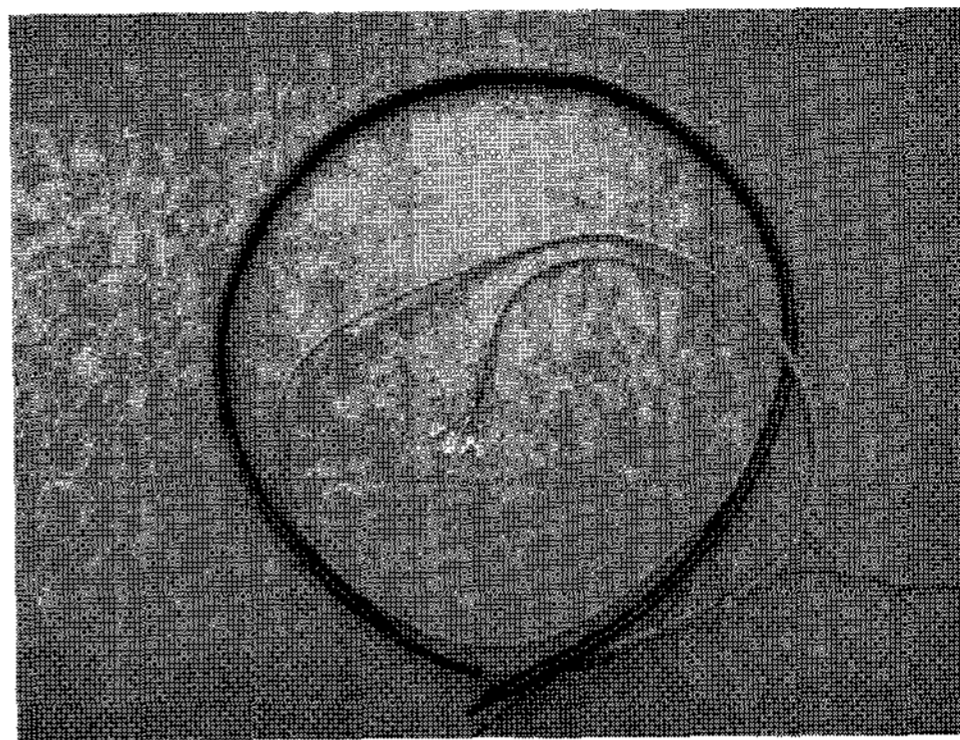


그림 3. 스마트 카고 센서 모듈
Fig. 3. Smart cargo sensor module

3.2 센서 외형 설계

선박 환경의 특성을 고려하여 해수에 의한 부식이 발생되지 않는 스테인레스강(stainless steel) 및 PTFE 재질로서 제작 제품의 신뢰성 확보하였다. 플로터형 레벨 센서의 경우 센서의 외장이 항시 액체에 담겨 있어야 하므로 이와 같은 재료의 선택이 중요하다. 그림 4는 외장 하우징 제작을 위한 간략한 설계도를 보여주고, 그림 5는 실제 제작한 센서의 외장 하우징을 보여주고 있다. 하우징의 중심부의 관 속에 센서 모듈을 삽입하여 완성하게 된다.

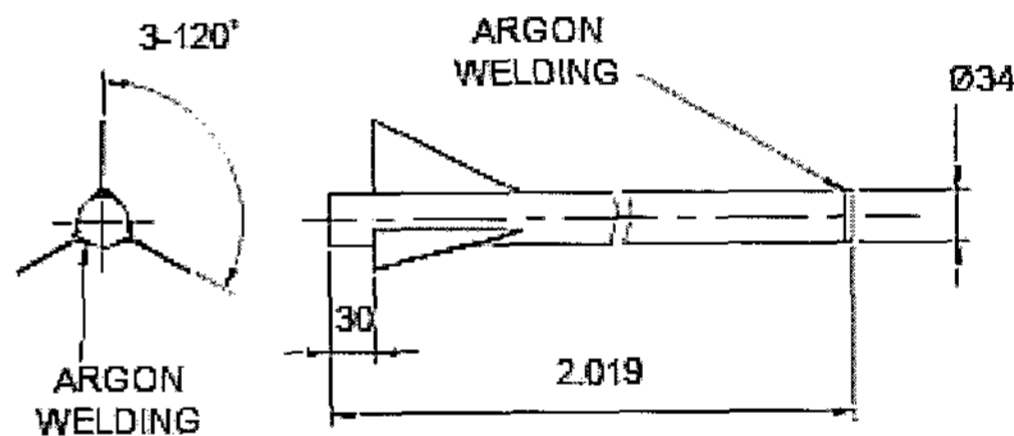


그림 4. 스마트 카고 센서 지지대
Fig. 4. Guide pipe of the smart cargo sensor

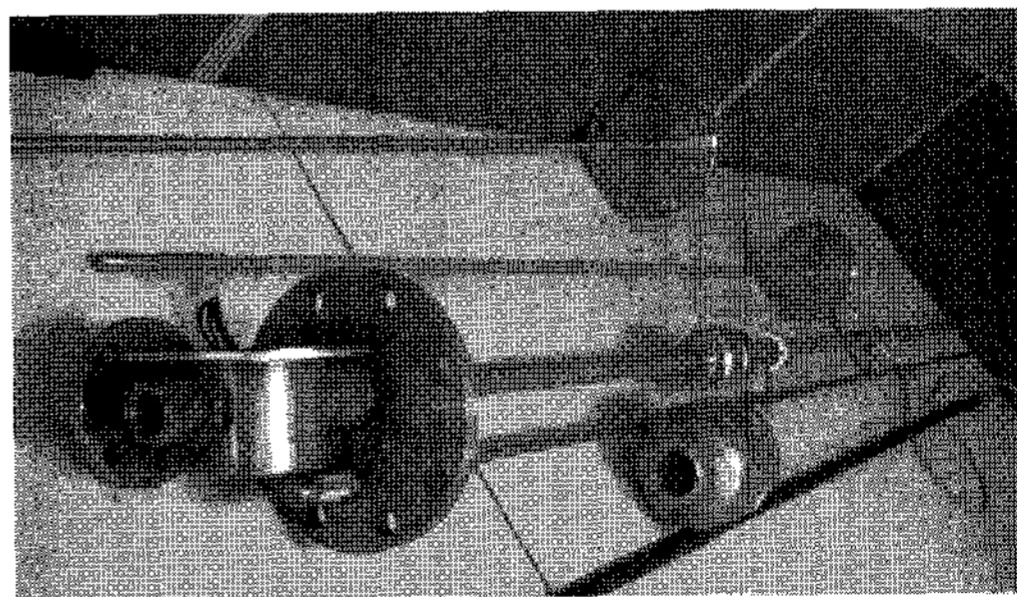


그림 5. 스마트 카고 센서 하우징
Fig. 5. Housing of the smart cargo sensor

3.3 센서 시제품 제작

본 연구에서는 진단을 위하여 기존의 아날로그 타입의 센서가 아닌 디지털 타입의 스마트 센서 보드를 개발하였다. 먼저 저항값으로 측정되는 레벨 센서 값을 전류로 변환하는 방폭형 컨버터와 4-20mA로 변환된 아날로그 값을 16bits 디지털 값으로 변환하는 스마트 카고 센서 보드를 제작하였다. 세부적으로 아날로그 신호(4-20mA)용 스마트

카고 센서 전자회로 및 PCB를 설계하였다. 그리고 AD590 (온도 센서용) 스마트 카고 센서 전자회로 및 PCB를 설계하였고, 4-20mA 아날로그 입력 처리용 보드 및 온도 센서 보드를 각각 설계하였다. 그림 6과 7은 본 연구에서 설계하고 제작한 스마트 카고 센서 보드를 보여주고 있다.

본 센서 보드의 구체적인 개발 사양은 아래 표 2에서 보여주고 있다.

표 2. 스마트 카고 센서 보드 사양
Table 2. Board spec of smart cargo sensor

Part	Spec.
MCU	- MicroChip社의 PIC16F877A
컨버터	- 16bit A/D 컨버터
아날로그 입력	- 8 채널 입력
샘플링	- 독립적인 Multiplex A/D 샘플링
A/D 변환	- 100Khz
센서 보드	- 아날로그 입력용 보드 - 온도 센서용 보드
통신	- RS232
ID 어드레스	- 어드레스 선택 스위치로 10개 선택
전원	- DC 24V

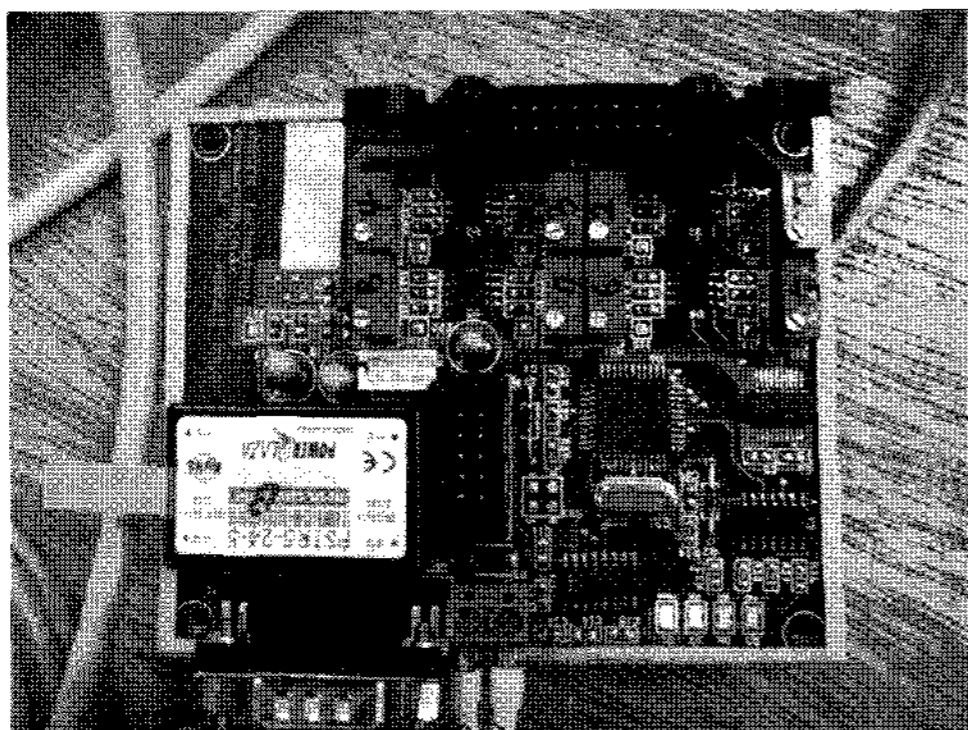


그림 6. 스마트 카고 센서 보드
Fig. 6. Smart cargo sensor board

3.4 센서 시제품 설치 실험

제작한 스마트 카고 센서 시제품의 성능을 실험하기 위한 스마트 카고 센서 ZIG를 구성하여 시험하였다. 본 실험 장치를 이용하여 스마트 카고 센서의 측정 데이터와 실제 측정되어진 데이터의 비교분석 및 성능을 확인하였다. 그림 7은 제작한 실험 수조를 보여주고 그림 8은 결과를 모니터링하기 위한 화면을 보여주고 있다.

실험을 위해 제작한 실험 장치는 아래와 같다.

- 3M 높이의 수조
- 2M의 스마트 카고 센서 하우징, 플로팅 및 센서 모듈
- 스마트 카고 센서 메인 보드
- 모니터링 시스템
- 각각의 어드레스 ID가 부여된 4개의 스마트 카고 센서 메인 보드 구성
- 멀티드롭통신을 위한 RS232/422 컨버터를 이용 모니터링 시스템과 연결
- 수중 펌프를 이용하여 수조 내부의 수위를 조절

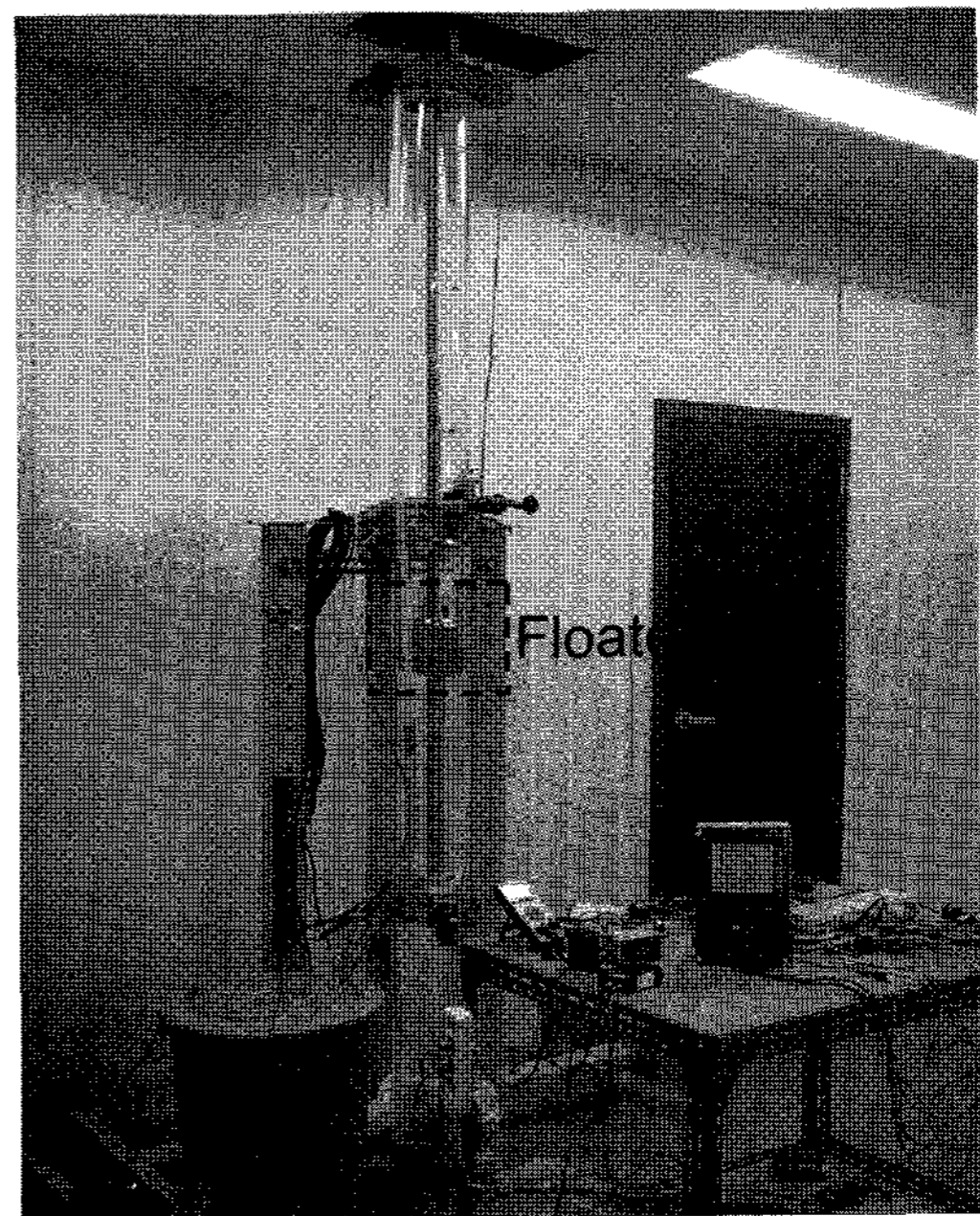


그림 7. 스마트 카고 센서 실험 장치
Fig. 7. Test bed of the smart cargo sensor

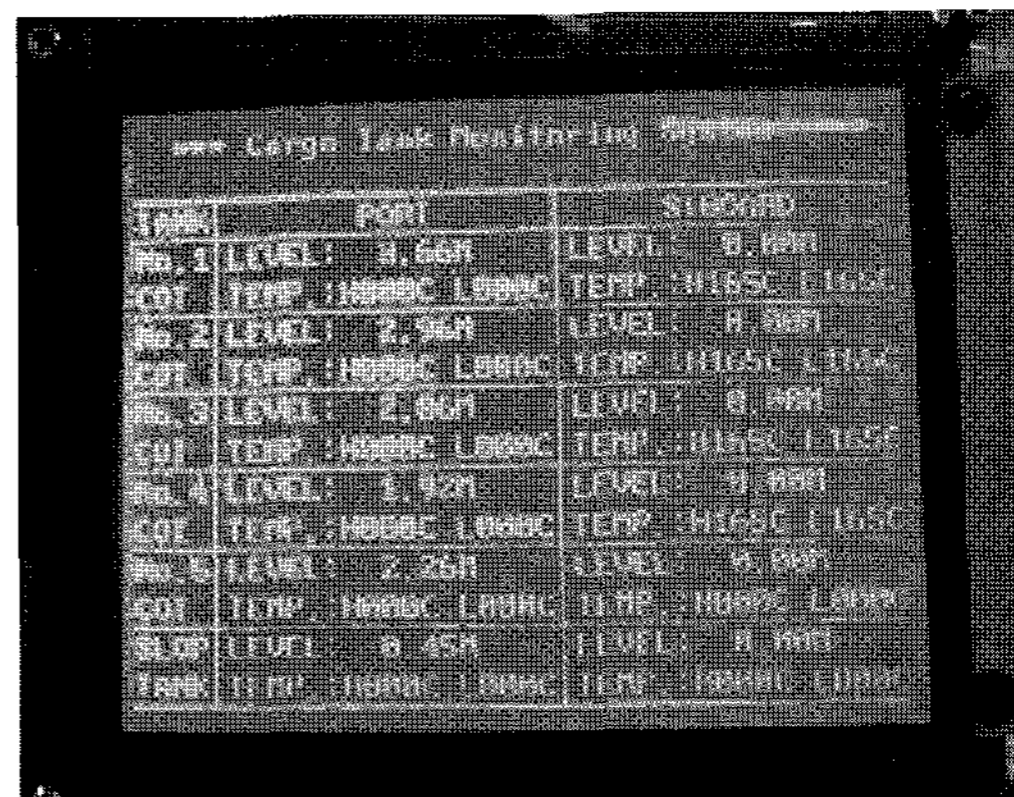


그림 8. 스마트 카고 센서 전송 데이터 모니터링
Fig. 8. Monitoring display of a smart cargo sensor

4. 고장 진단 결과 및 고찰

4.1 센서 진단 알고리즘

본 연구에서 사용한 진단 알고리즘은 정상적인 패턴과 실제 고장 발생 시 나타나는 신호간의 비교를 통해 빠르게 진단하도록 구성하였다. 하드웨어의 용량과 시스템 구현의 특성상 알고리즘이 복잡할 경우 상품화에 걸림돌이 될 수 있다. 따라서 본 연구에서는 레벨 센서의 전류값이 거의 선형적으로 변함을 고려하여 정상 상태에서의 신호와 고장 상태에서의 신호 패턴을 이용하였는데, 센서에 고장이 생길 경우 그림 9에서 보는 바와 같이 회로가 병렬로 구성되어 저항값이 감소하고 상대적으로 전류값은 증가한다. 전류가 증가함으로써 초기 레벨 값이 0이 아닌 합성 저항의 크기에 해당하는 비율로 off-set이 생긴다. 따라서 정상 상태의 신호와 고장 상태 신호의 초기값만으로도 고장임을 검출할 수 있다. 고장 위치의 경우 고장 위치까지 플로터가 올라가면

병렬 회로 성분이 없어지고 직류 성분만 남게 된다. 따라서 정확한 위치가 검출되는데, 이 신호와 정상 상태에서의 신호 차를 구해 거의 같은 값이 나오는 지점을 고장 지점으로 검출할 수 있다. 본 연구에서 사용한 알고리즘에 대한 흐름도를 그림 10에서 보여주고 있다. 그림에서 보는 바와 같이 변화분이 특정 범위를 벗어나는 경우 고장임을 진단하였다. 그림 11에서는 본 연구에서 제안한 진단 알고리즘을 이용하여 센서의 상태가 고장인지 정상인지를 진단한 결과 그래프를 보여주고 있다. 정상인 경우 선형적인 증가가 보이는 반면 결함이 생길 경우 고장 부위의 신호가 비정상적으로 변함을 확인할 수 있었다.

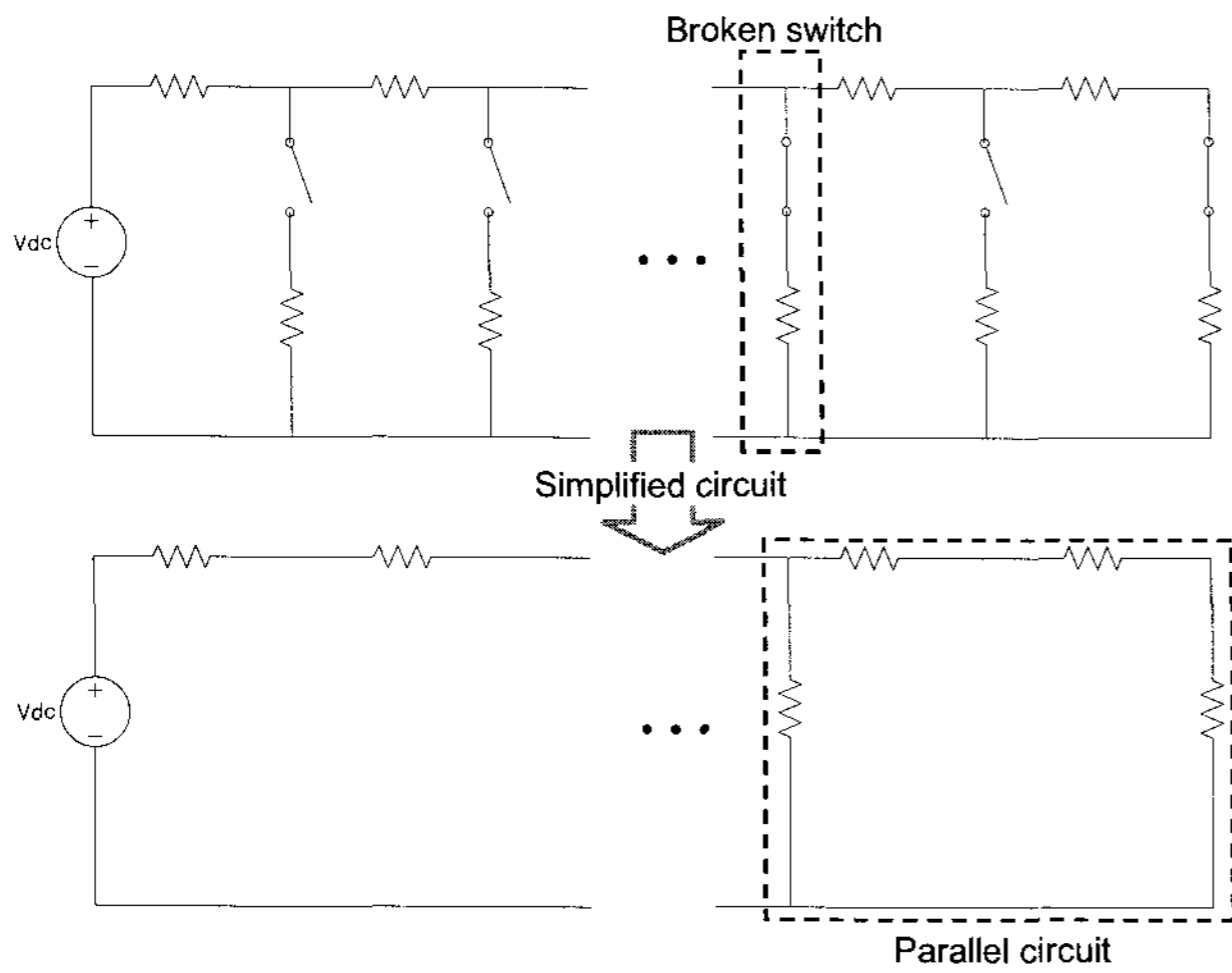


그림 9. 세 번째 스위치 고장시 회로 구성

Fig. 9. Equivalent circuit when the third switch broken

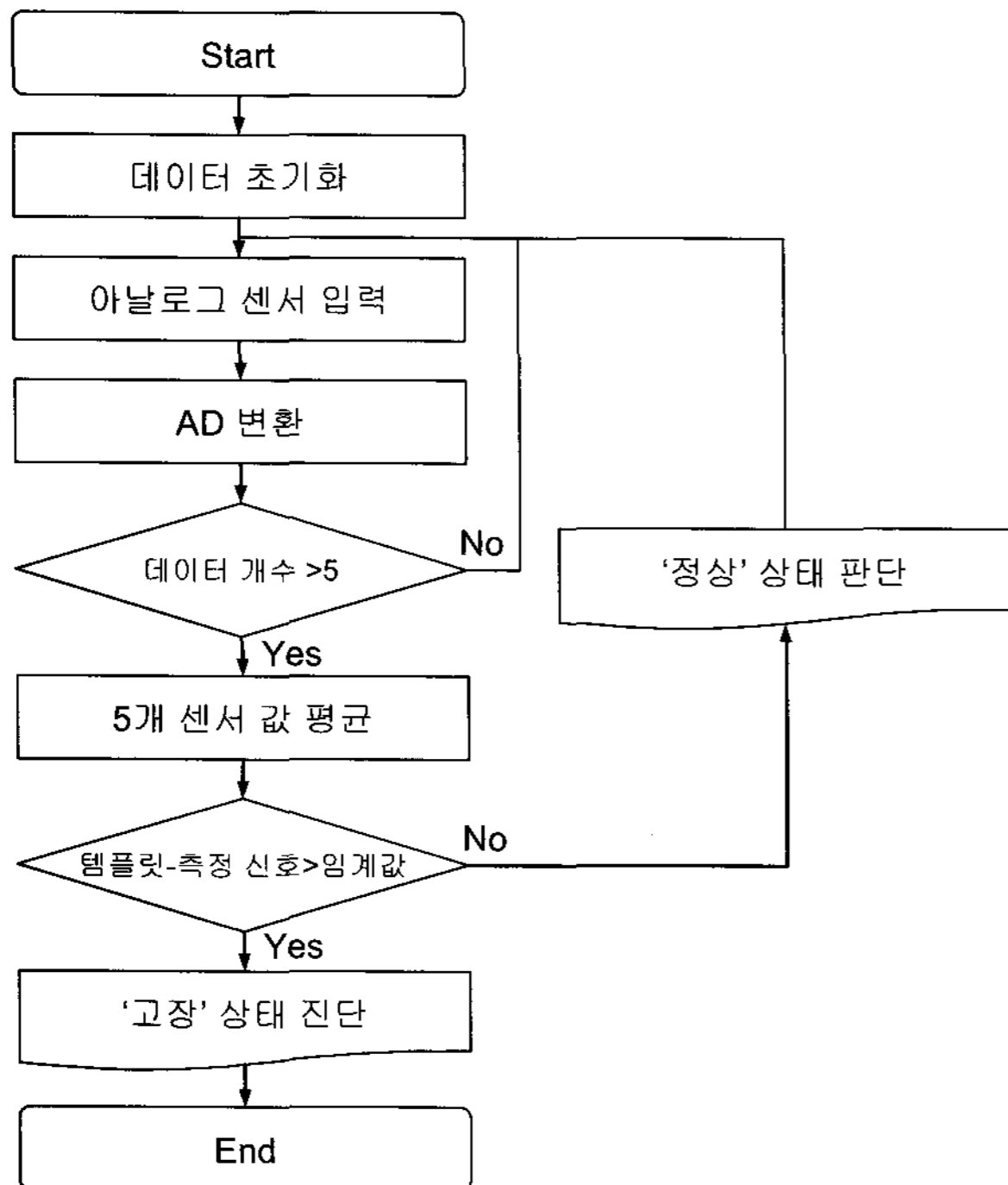


그림 10. 레벨 센서용 진단기 알고리즘

Fig. 10. Algorithm flowchart of sensor diagnosis

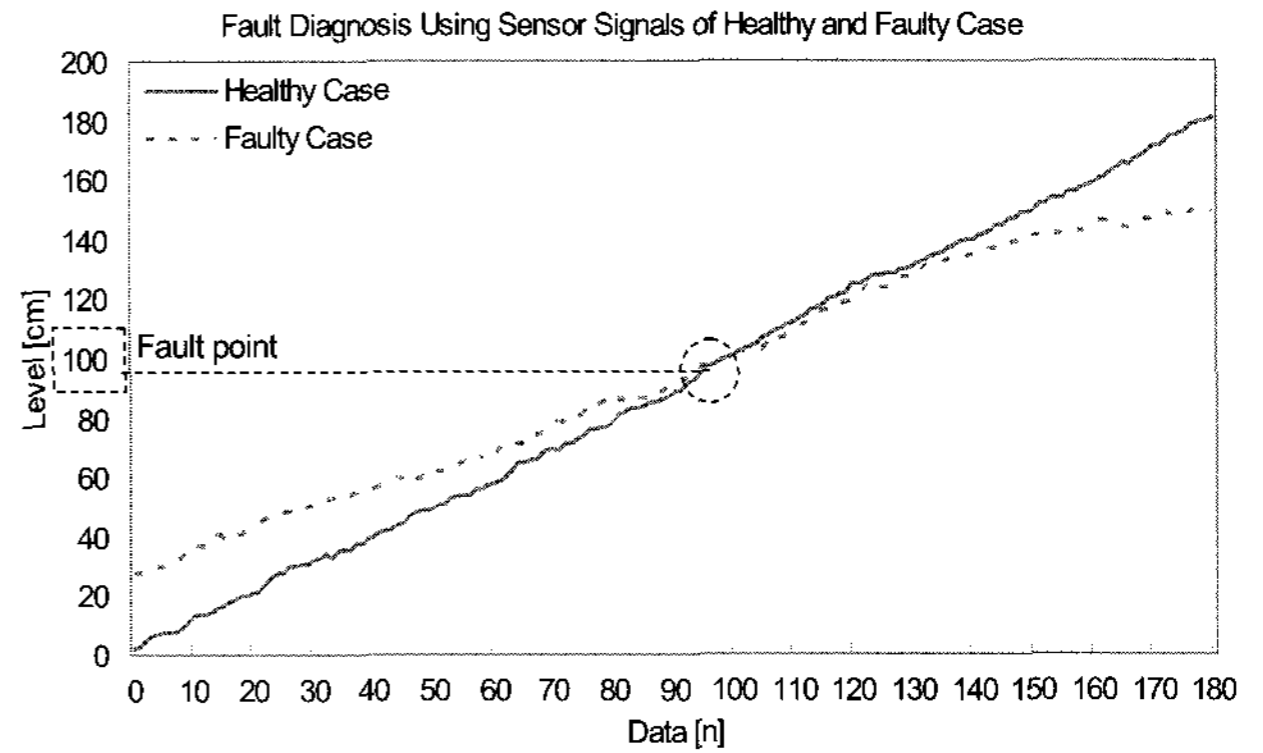


그림 11. 고장 신호와 정상 신호 패턴

Fig. 11. signal patterns of normal and fault conditions

4.2 독립 센서 진단기

본 연구에서는 자체 진단과 함께 독립적으로 진단할 수 있는 진단기를 개발하였다. 진단을 위한 알고리즘 흐름은 그림 9에서 보는 바와 같이 앞 절에서 설명한 센서 자가 진단 알고리즘과 같은 알고리즘을 이용하여 진단을 수행한다. 본 진단기에 사용한 하드웨어 사양은 표 3에서 보는 바와 같다. 진단기의 상용화를 위해 적용이 간단한 프로세서를 이용하여 구현하였다. 그림 12는 본 연구에서 개발한 진단기의 실제 모양을 보여주고 있다. 실제 구현하여 적용한 결과 2m의 레벨 센서를 정확하게 진단할 수 있었다.

표 3. 레벨센서 진단기용 하드웨어 사양

Table 3. Hardware spec of sensor diagnosis

Part	Spec.
CPU	- ATmega128-16AU
CLOCK	- 16MHz 사용
Ram	- 32KByte (62256사용)
통신	- 두 채널 RS232통신 가능(Max232내장)
RTC	- 32.768KH 내장
LCD	- 현대 LCD HC16202NY-LY사용
지원 포트	- ATMEL ISP 포트 지원 - JTAG 포트 지원 - All PORT Pin 확장 지원
동작 전원	- 4.5~5.5V 에서 동작
보드 크기	- 4.3cm(가로)×8.4cm(세로)

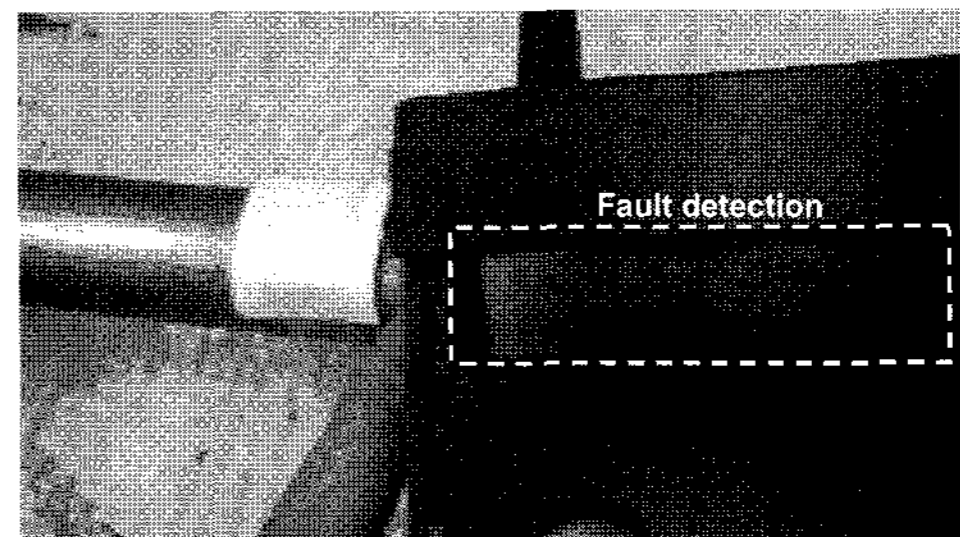


그림 12. 진단기를 이용한 고장 지점 검출 결과

Fig. 12. Diagnosis result using the proposed detector (Display result: Fault Point, Value = 0129)

5. 결 론

본 연구는 액체 운반용 선박의 수위 측정을 위해 사용되는 레벨 센서의 진단을 위한 스마트 카고 센서 개발에 대한 것이다. 본 연구를 통해 아날로그로 측정되는 신호들을 디지털로 통합하여 전송가능하며, 센서에 고장이 발생할 시 실시간으로 진단 가능한 알고리즘을 개발하여 하드웨어에 삽입하여 구성하였다. 본 연구를 통해 실시간 진단이 가능한 센서 진단기를 개발하여 성능을 평가하였다.

참 고 문 헌

- [1] N. P. Paschalidis, "A smart sensor integrated circuit for NASA's new millennium spacecraft," *The 6th IEEE International Conference on Electronics, Circuits and Systems*, vol. 3, pp. 1787-1790, Sep. 5-8, 1999.
- [2] O. Machul, D. Hammerschmidt, W. Brockherde, B.J. Hosticka, "Readout electronics with calibration and on-line test for resistive sensor bridges," *Proceedings of the IEEE 1996 Custom Integrated Circuits Conference*, pp. 307-310, May 5-8, 1996.
- [3] R. G. Andrei, "Smart silicon sensors/actuators," *1995 International Semiconductor Conference*, pp. 619-622, Oct. 11-14, 1995
- [4] Gert van der Horn, Johan L. Huijsing, *Integrated smart sensors design and calibration*. Kluwer Academic Publishers, 1998.
- [5] 서상현, "선박 위치제어 시스템에서의 센서고장 진단기법에 관하여," *대한조선학회 추계학술대회 논문집*, pp. 235-242, 1991.
- [6] 박창현, 전찬봉, 강희석, 김종집, 이원태, 심준환, 김동권, 이종현, "8빔 압저항형 가속도센서의 자기 진단 기능을 위한 IC 칩 제조," *한국센서학회지*, vol. 8, no. 1, pp. 38-44, 1999.
- [7] 박상균, 김유단, 박찬국, 노웅래, "Unscented 칼만 필터를 이용한 관성센서 복합 고장검출기법," *한국항공우주학회지*, vol. 33, no. 3, pp. 57-64, 2005.
- [8] 김승중, 이종원, "하중계를 내장한 전자기 베어링계를 위한 센서 결합의 운전중 진단 방법," *한국소음진동공학회 추계학술대회논문집*, pp. 520-526, 1998.
- [9] 송용규, "신경회로망을 이용한 항공기 센서 및 구동장치 고장보완 제어시스템 설계에 관한 연구," *한국항공학회논문지*, vol. 7, no. 2, pp. 171-179, 2003.
- [10] Zhang Hongkun, Chen Tao, Li Wenjun, "Abrupt Sensor Fault Diagnosis Based on Wavelet Network," *2006 IEEE International Conference on Information Acquisition*, pp. 111-116, Aug. 2006.
- [11] Perla Ramesh, S. Mukhopadhyay, A. N. Samanta, "Sensor fault detection and isolation using artificial neural networks," *2004 IEEE Region 10 Conference*, vol. D, pp. 676-679, Nov.

21-24, 2004.

- [12] A. T. Vemuri, M. M. Polycarpou, "On the use of on-line approximators for sensor fault diagnosis," *Proceedings of the 1998 American Control Conference*, vol. 5, pp. 2857-2861, June 24-26, 1998.
- [13] G. Paviglianiti, F. Pierri, "Sensor Fault Detection and Isolation for Chemical Batch Reactors," *2006 IEEE International Conference on Control Applications*, pp. 1362-1367, Oct. 2006.

저 자 소 개

배현(Hyeon Bae)

2001년 : 부산대학교 전기공학과 졸업(공학석사)

2005년 : 부산대학교 전기공학과 졸업(공학박사)

관심분야 : 지능제어, 공정자동화, 데이터 마이닝

김연태(Yountae Kim)

2005년 : 부산대학교 전기공학과 졸업(공학석사)

2005~현재 : 부산대학교 전기공학과 박사과정

관심분야 : 신호처리, 영상처리, 고장진단, 지능제어

박대훈(Daehoon Park)

2003년 : 부산대학교 전자전기정보컴퓨터공학부 졸업

2006년~현재 : 부산대학교 전기공학과 석사과정

관심분야 : 클러스터링 알고리즘, 고장진단, 지능제어

김성신(Sungshin Kim)

1986년 : 연세대학교 전기공학과 졸업(공학석사)

1996년 : Georgia Tech, 전기공학과 졸업(공학박사)

1998년~현재 : 부산대학교 전기공학과 부교수

관심분야 : 지능 시스템, 데이터 마이닝

최문호(Moon-Ho Choi)

2002~2005년 : (주) Seilseres 기술연구소

2006년 : 부산대학교 산업대학원 전기공학과 졸업

2005~현재 : (주)마르센 연구소장

장용석(Yong-Suk Jang)

1997~2004년 : (주) Seilseres 기술연구소 팀장

2006~2007년 : 마르센 대표이사

2007~현재 : (주) 마르센 이사