

선체통신 기반 밀폐구역 환경 모니터링 시스템

배진호, 이종현, 팽동국, 조일형 (제주대학교)

1. 서론

2010년을 기준으로 조선소에서 선박 건조 중에 발생하는 재해다발 상위 5개의 재해 형태로 충돌, 추락, 협착, 전도, 낙하 등이 있다. 또한 선체 내부처럼 밀폐된 공간에서 작업을 하게 되면 작업자들은 더욱 열악한 환경에 직면하게 된다. 특히 온도가 높아지거나 작업 중 가스가 누출되어 발생하는 폭발 또는 가스에의 중독은 작업자가 위험 수준을 쉽고 정확히 감지하기가 어렵기 때문에 이를 전문적으로 모니터링하는 시스템이 필요하다.

한편 선박에서의 무선 센서 네트워크는 대단위의 여러 구역으로 나누어진 철판 구조물 환경으로 인하여 통신에러 및 외부 잡음으로 인하여 적용하기가 어려움이 따른다. 이러한 한계점을 극복하기 위해 초음파를 통신용 신호로 이용하여 선박의 철 구조물을 통신용 전송 매질로 이용하는 초음파 선체 통신망(Ship Body Area Network, SBAN)에 대한 개발이 이루어졌다.

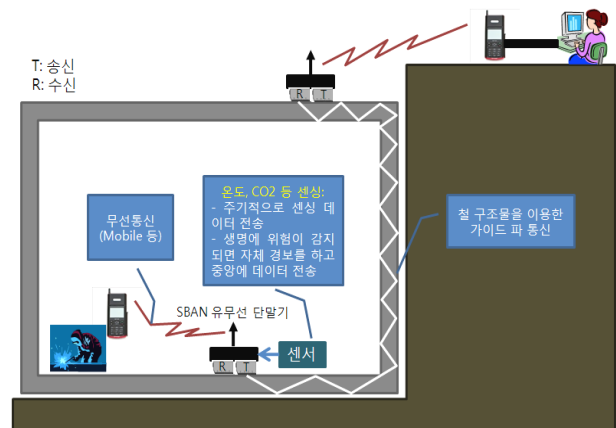
본 논문에서는 선체 통신을 기반으로 선체 내 밀폐구역의 작업 안전을 위해 선체 내 환경 모니터링 시스템을 개발하였다. 이때 통신목표거리는 100m로 설정하였으며 시스템의 성능평가는 건조중인 유조선(COT, Cargo-Oil Tank)에서 실시하여 결과를 도출해내었다. 또한 여러 가지 전송률을 이용하여 모니터링 시스템의 성능을 평가하기 위해 실험실에서 추가 실험을 실시하여 모니터링 시스템의 발전 가능성을 확인하였다.

2. 선체통신 기반 밀폐구역 환경 모니터링 시스템

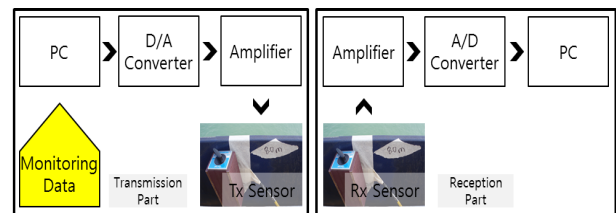
본 논문에서 개발한 선체 모니터링 시스템은 웹캠과 온도 센서, 일산화탄소(CO) 농도센서를 이용하여 측정된 모니터링 데이터를 전송하고 이를 수신하도록 구성되어 있으며, 선체 통신 방식으로는 AFSK(Amplitude and Frequency Shift Keying) 반복조 방식을 사용하였다.

그림 1(a)와 같이 매질의 고유 전파 속도로 구조물을 통해 음파가 전달되며 반사, 간섭, 회절이 일어나는 선박과 같은 구조물을 이용한 통신을 "선체통신" 이라한다. 본 논문에서는 선체를 이용하여 Shipboard 네트워크로 통신이 어려운 영역

인 선박의 밀폐구역 환경 모니터링 시스템을 제안한다. 개발된 시스템은 선박건조 작업의 안전관리에 적용이 가능하다. 제안된 환경 모니터링 시스템의 기초실험을 위한 시스템의 블록도는 그림 1(b)과 같다. 웹캠과 온도센서를 통해 측정된 모니터링 데이터가 PC로 입력되어 LabVIEW로 개발된 모니터링 시스템을 통해 AFSK 변조되고 아날로그로 변환되어 전력 증폭기와 전치증폭기(Pre-amplifier)를 통해 증폭되어 송신된다. 수신부에서는 선박의 외판에 부착된 초음파 센서를 통해 수신한 신호를 전치증폭기로 증폭하고 디지털로 변환하여 모니터링 시스템을 거치며 AFSK 복조되며, 그 결과가 PC 모니터에 나타난다.



(a) 밀폐구역의 안전 및 환경 모니터링.



(b) 환경 모니터링 시스템 블록도.

그림 1. 제안된 환경 모니터링 시스템 및 블록도

선체 모니터링 시스템의 송신부 및 수신부 GUI는 LabVIEW 2011을 기반으로 개발하였으며, 그 화면은 그림 2와 3과 같다. 그림 2의 좌측은 전송 데이터를 나타내고, 우측은 실험환경을 설정하고 송신 변수를 선택하는 곳이다. 좌측에 보이는 바와 같이 송신 단말기 GUI 화면에서는 웹캠을 이용하여 사용자가

원하는 부분을 촬영한 이미지, 온도센서 및 CO농도센서를 이용하여 측정된 데이터를 확인할 수 있으며, 측정된 데이터를 선체통신 기법을 이용하여 송신한다.

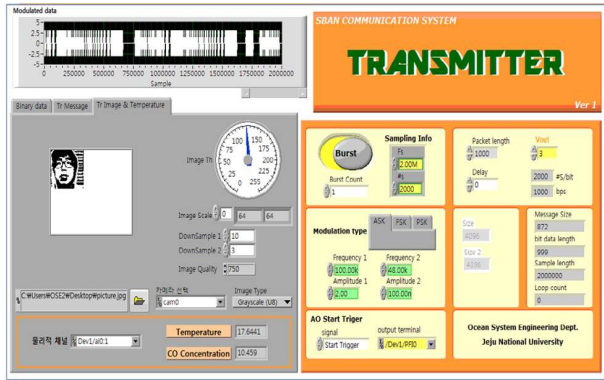


그림 2. 제안된 시스템의 송신부 GUI

그림 3의 좌측은 실험환경을 설정하고 데이터 저장 경로 및 수신 변수를 선택하는 곳이다. 중앙부는 송신 단말기로부터 수신한 데이터의 처리 결과 나타내는 곳으로 센서를 통해 모니터링 한 온도 및 CO농도 결과와 웹캠을 통해 촬영된 이미지를 보여 주며, 우측은 수신한 데이터의 신호처리 과정을 출력한다.

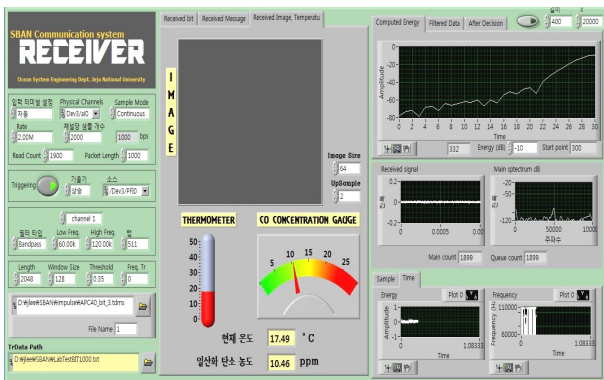


그림 3. 제안된 시스템의 수신부 GUI

3. 실험 결과

현장 실험은 건조중인 유조선의 갑판 위에서 실시하였다. 송수신 측정은 그림 4와 같이 선박의 길이 방향을 따라 실시하였다. 초음파 센서로는 지름 40mm이고 공진주파수가 53kHz인 PWAS(Piezoelectric Wafer Active Sensor)형의 센서를 이용하였으며, 선박의 외판에 부착하였다. 모니터링 데

이터를 수집하기 위한 센서로는 온도센서와 송신기로 사용한 노트북에 내장되어 있는 웹캠을 사용하였다.

현장 실험 후 개발된 모니터링 시스템에 CO 농도센서를 추가하여 실험실에서 실험을 실시하였다. 추가 실험에서는 선박의 외판의 두께와 비슷한 가로 (2450mm), 세로(1220mm), 두께(8mm)의 철판을 이용하여 현장 실험의 환경과 비슷하도록 하였다. 전방위성의 PWAS형 센서의 경우 반사파가 많이 발생하기 때문에 선체에 비해 작은 규모의 철판에서 사용하기에 부적합하므로 지향성을 갖는 Wedge형 초음파센서(공진주파수 100kHz)를 사용하였고, 현장 실험에 사용하였던 온도센서와 웹캠에 CO농도센서를 추가하여 모니터링 시스템을 구성하였다.

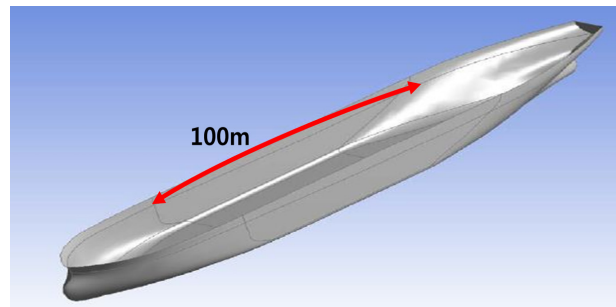


그림 4. 송수신 측정 방향과 거리

그림 5과 6은 환경 모니터링 데이터 송수신 실험 결과이며, 송신센서로부터 100m 떨어진 곳에 수신센서를 부착하여 웹캠 및 온도센서를 이용하여 송신한 현장 환경 모니터링 데이터와 수신한 결과를 각각 보인다.

여기서 그림 5을 살펴보면 사각형 영역 안의 영상과 온도 (27.0553°C)가 전송된 데이터이고, 그 데이터가 그림 6에 잘 나타남으로서 측정된 환경의 데이터 전송이 성공적으로 이루어졌음을 확인하였다. 이와 같은 실험 결과를 통해 전송률 1kbps로 통신키리 100m에서 측정된 환경 모니터링 데이터의 송수신이 가능함을 알 수 있다.

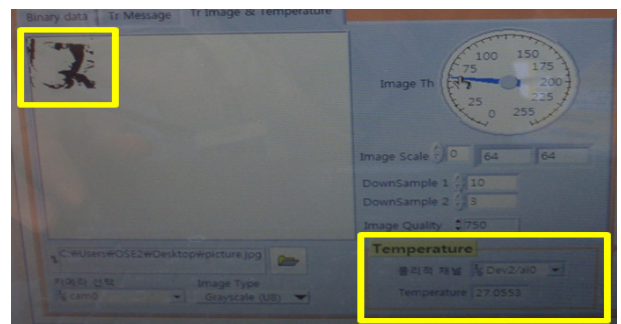


그림 5. 측정된 환경 모니터링 데이터

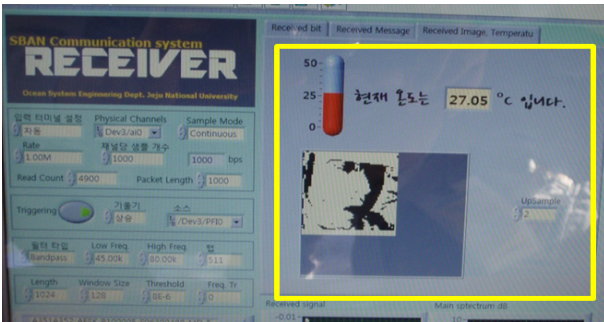


그림 6. 수신된 환경 모니터링 결과

선체 모니터링 시스템에 CO농도센서를 추가하여 철판에서의 전송률에 따른 성능 검증 실험을 실험실 환경에서 실시하였는데 이때 데이터 전송률은 1kbps~10kbps까지 다양하게 실험하였다. 그림 7은 그 중 10kbps에서의 모니터링 실험 결과를 나타낸다. 그림 7의 좌측과 같이 실험 당시 실험실 내부 온도는 17.35°C, CO농도는 10.459ppm이었으며, 영상을 포함한 모니터링 데이터를 수신한 결과가 그림 7의 우측에 나타나는데 영상이 완벽히 출력되었으며, 실험실 내부의 온도 및 CO농도 역시 정확히 전송받았음을 알 수 있다. 결과적으로 데이터 전송률 10kbps까지 모니터링 데이터를 오류 없이 송수신함을 확인하였다.

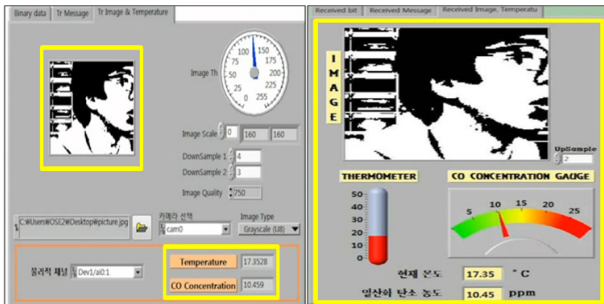


그림 7. CO농도 측정 및 선체통신 기반 원격 모니터링 결과

5. 결론

본 논문은 100m이상의 선체통신기반의 밀폐구역 환경 모니터링 시스템을 웹캠과 온도센서를 이용하여 설계한 후 오일 탱크 선박에서 시스템 검증 실험을 수행한 결과, 1kbps의 전송률로 PWAS형 센서를 사용할 경우 통신 목표거리인 100m 까지 성공적으로 모니터링 데이터를 전송함을 검증하였다. 또한 선체 모니터링 시스템에 CO농도센서를 추가한 후 실험실에서 실시한 전송률에 따른 성능 검증 추가 실험을 통해 1kbps에서 10kbps까지 오류 없이 데이터를 전송함을 확인 하

였다. 이를 통해 본 연구진은 불통지역인 밀폐구역의 위험한 환경을 선체통신을 이용하여 모니터링이 가능함을 검증하였으며, 이러한 시스템을 실제 작업 환경에 적용하면 선체 내의 재해 발생률을 감소시킬 수 있으며, 이로써 작업자의 작업 효율을 높일 수 있을 것이라 기대한다.

참고 문헌

- Bae, J.H, Lee, J.H, Paeng, D.G, Lim, Y.K & Park, J.W. [The Hull Communication Network of Ship Using Supersonic and Thereof] (2011)
- Lee, J.H, Bae, J.H, Pang D.G, Lim Y.K, Park, J.W. [System of communication using multi-channel supersonic communication in ship body] (2011)
- Lee, K.T [The Characteristics of Industrial Accidents in Shipbuilding Industry] (2012)



배 진 호

- 1968년생
- 2001년 KAIST 전자전산학과 박사
- 현 재 : 제주대학교 해양시스템공학과 교수
- 관심분야 : 신호처리, 통신 및 항해용 장비
- 연 락 처 : ***-***-***
- E - mail : baejh@ejunu.ac.kr



이 중 현

- 1962년생
- 2002년 KAIST 전자전산학과 박사
- 현 재 : 제주대학교 해양시스템공학과 교수
- 관심분야 : 통신 시스템, 레이더 소나 신호처리
- 연 락 처 : ***-***-***
- E - mail : chonglee@ejunu.ac.kr



팽 동 국

- 1966년생
- 2002년 펜실베이니아주립대학교 음향학 박사
- 현 재 : 제주대학교 해양시스템공학과 학과장
- 관심분야 : 해양음향, 수중소음, 의료용 초음파
- 연 락 처 : ***-***-***
- E - mail : paeng@ejunu.ac.kr



조 일 형

- 1962년생
- 1991년 서울대학교 조선공학과 박사
- 현 재 : 제주대학교 해양시스템공학과 교수
- 관심분야 : 부유체 공학, 해양 신재생에너지
- 연 락 처 : ***-***-***
- E - mail : cho0904@ejunu.ac.kr