

1. 서론

국내 조선 산업은 1990년대부터 막강한 투자와 기술 집약 건조방식을 도입해 기술경쟁력이 요구되는 고부가가치 실현의 선박 건조 추진으로 2002년 이후 1위의 일본을 추월하여 1980년대 및 1990년대에 걸쳐 수출 주력산업으로 성장하였으며 현재까지도 수출 및 생산비중이 지속적으로 상승하는 추세에 있다. 이러한 조선산업은 해운과 수산, 해양방위, 해양자원 개발 등에 필요한 각종 선박과 수중장비 및 해양구조물 등의 개발과 생산을 포괄적으로 수행하는 기간산업이며, 대부분 주문에 의해 생산하는 수출 전략형 산업이다. 그러나 1995년까지 세계시장의 2.1%에 불과하던 중국은 정부의 과감한 투자와 확보된 지하자원, 저렴한 노동력 등을 무기로 조선 업계의 선두주자로 부상하고 있다.

현재 조선 산업은 미래를 위한 차세대의 기술개발에 역점을 두기 보다는 생산성 향상이나 단기 애로 기술에 중점을 두고 있다. 이러한 조선분야에서는 R&D 투자가 미약한 수준으로 우리나라가 IT 분야에서도 강국인데 비하여 향후 미래 산업으로 전망되는 조선 IT 융합 분야는 약소국 수준을 벗어나지 못하고 있다. 이러한 시기에 새로운 선박산업의 성장 동력을 위한 아이템이 필요한 시점으로 IT 융합장비의 비중은 선박 가격 대비 15%까지 증가할 것으로 예상되고 있다. 따라서 세계 1위 조선강국의 위상을 유지하기 위해서는 선도적 IT 융합기술 주도형으로 패러다임의 변화를 요구하고 있다. 이러한 요구에 따라 조선 기자재 산업을 위한 조선IT 융합과제들이 만들어지고 있으며, 특히 한국전자통신연구원 선박의 유무선 네트워크(WLAN/ZigBee/RFID/PLC/광/케이블/이더넷 등) 기술개발을 위한 SAN(Ship Area Network)이라는 과제를 수행해 오고 있다. 그러나 선박은 철선으로 무선의 경우 표면효과(skin effect)로 인해 철판을 통과하는 통신 네트워크의 구축이 매우 어렵다. 따라서 선박 내에서 통신은 대부분 무선보다 유선에 의존할 수밖에 없고 유무선 중계기가 설치되어 있지 않은 영역에서는 무선 단말기의 효용가치가 매우 떨어지게 된다. 이러한 유무선 연동에서 전자기파를 사용하는 연구개발의 속도는 매우 더디게 진행될 수밖에 없는 형편이다. 즉, 다양한 연구기관이 선박 내 통신 방식의 주제 중에 하나인 SAN을 연구하고 있으나, 전자기파의 한계로 인하여 선박 내에서는 개방된 영역에서만 통신을 할 수 있는 포인트 영역

(point area) 또는 특정 공간 영역(room area)에 가능한 통신 방식이라는 한계를 지니고 있다. 이러한 전파통신의 한계를 극복하고자 본 논문은 초음파를 사용하여 매질의 고유 전파 속도에 따라 구조물을 통해 빠르게 초음파가 전달되어 반사, 간섭, 회절이 일어나는 선박과 같은 구조물을 이용한 통신인 "선체통신망(SBAN: Ship Board Area Network)"을 소개한다. 본 논문에서 제안한 통신 방식은 복잡한 서로 연결되어 있는 선체 구조물을 하나의 통신용 전송 매질로 정의하여 선박의 함상망(Shipboard Network)으로 통신이 어려운 영역을 통신하는 기능을 수행하고, 조선소의 야드에서 블록단위의 밀폐구역 작업에 안전관리 및 모니터링에 적용이 가능한 신개념의 통신방식이다.

2. 선체통신

선체통신은 그림 1과 같이 초음파 신호를 철판에 가진하여 음파가 철판의 내부에서 가이드 파(Guided Wave)인 램파(Lamb Wave)를 만들어 공기 중 보다 적은 손실인 3000m/s ~ 6000m/s의 속도로 신호가 전송되는 특성을 이용하여 통신하는 방식이다. 최근 가이드 파를 이용하여 다양한 구조물의 Health 모니터링이 핵심 연구 주제로서 많은 연구가 진행되고 있기는 하지만, 현재까지 선체 모니터링 및 선체를 통해 통신에 관한 연구사례는 아직까지 보고된 바 없었다. 여기서 가이드 파는 경계 표면의 작용에 의해 그 표면을 따라서 전파되는 파동이라고 정의한다.

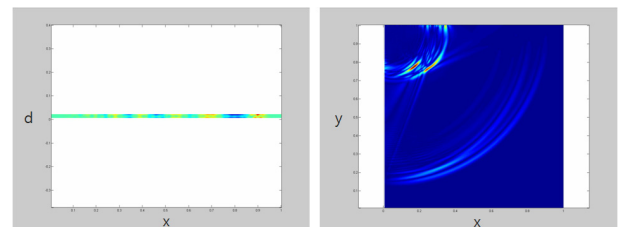


그림 1. 동영상 1. 철판에서 초음파가 가이드 파로 진행하는 현상임. (철판은 가로(x)×세로(y)×두께(d) = 1m×1m×1.9cm에서 공진 주파수 90KHz의 초음파의 판파의 진행을 SoundSim이라는 소프트웨어로 시뮬레이션한 내용임.)

이렇게 생성되는 가이드파를 이용하여 본 논문에서는 그림 2와 같이 선체통신망(SBAN)을 소개 한다. 선체통신은 복잡한 선체가 서로 연결되어 있는 구조물을 하나의 통신용 전송 매질로 정의하여 선박의 함상망으로 통신이 어려운 영역을 통신하는 부가통신의 기능을 수행할 수 있으며, 조선소의 아드에서 블록단위의 작업에 안전통신용으로 적용이 가능한 신개념의 통신이라 할 수 있다.

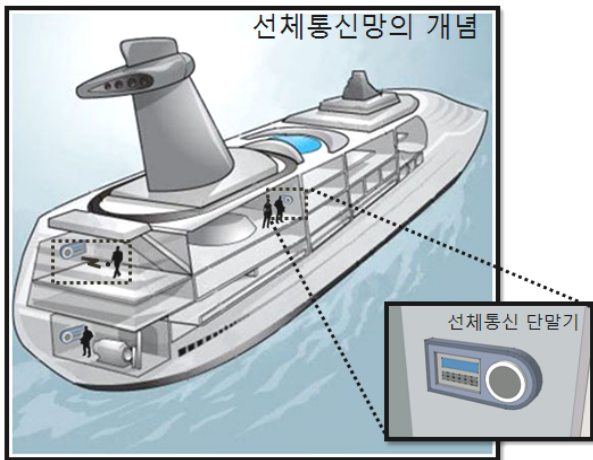
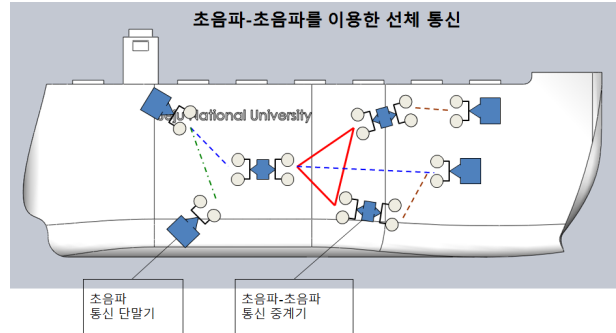


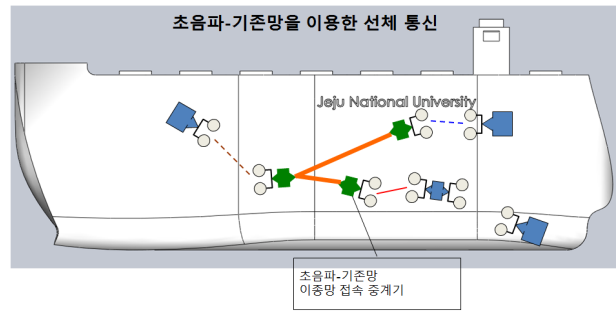
그림 2. 선체통신망의 개념도

초음파를 이용한 선박의 선체 통신망은 선박내의 다양한 초음파 통신 노드가 서로 통신을 할 수 있는 거리에 설치하여, 초음파 통신을 하며 서로 데이터를 교환하는 통신망으로서 그림 3과 같이 선체를 이용한 초음파 통신을 말한다. 또한 선체를 이용한 초음파 통신과 기존의 유선 통신망의 결합으로 선박 내 어디서나 통신이 가능하다. 그림 3(a)는 초음파만을 이용한 선체 통신망의 예로 선박의 선체, 초음파-초음파 통신 중계기, 초음파 통신 단말기로 구성된다. 선박의 선체 통신망에서 초음파 통신 단말기가 서로 통신이 가능한 거리에 위치해 있으면 단말기만을 이용하여 서로 통신이 가능하며, 서로 통신이 어려운 원 거리나 선박의 선체 구조상 통신이 어려운 위치의 초음파 통신 단말기와 통신을 하는 경우에는 초음파-초음파 통신 중계기를 통해 다른 초음파-초음파 통신 중계기를 통해 파선과 같이 다른 단말기와 통신을 할 수 있다. 그림 3(b)는 선체-유선 통신망의 경우로 선박의 선체, 초음파-초음파 통신 중계기, 초음파-유선 통신 중계기, 초음파 통신 단말기로 구성된다. 이 통신망은 초음파 통신 중계기만을 이용하는 구간에는 그림 3(a)의 예와 같은 통신을 수행한다. 그러나 기존 함상망과의 연동의 경우에는 그림 3(b)와 같이 선

체를 통과하여 초음파-유선 통신 중계기를 통해 초음파 단말기 또는 기존망의 통신 단말기와 통신을 한다.



(a) 초음파-초음파 선체통신망의 예.

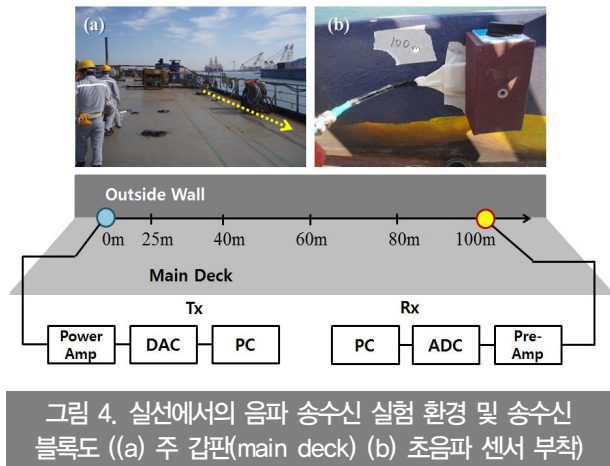


(b) 선체통신망과 기존망의 연동.

그림 3. 선체 통신망의 기본 구조

본 논문에서 소개하는 선체통신망의 가능성 검증을 위해 필자는 실선에서 음파 신호의 송수신을 통해 선체통신 채널을 간단하게 분석하였다. 본 실험에서는 그림 4와 같이 선체를 통해 음파가 전 선체 매질에서의 음파전달 손실 측정을 위해 대우조선소에서 건조중인 유조선(Crude oil tanker)의 주 갑판(Main deck)과 연결되어 있는 외판(Outside shell)에 초음파 센서를 부착하였다. 신호의 주파수 별 전달손실을 함께 분석하기 위해 서로 다른 공진주파수를 갖는 네 가지 PWAS(Piezoelectric Wafer Active Sensor)형 센서를 이용하였다. 임피던스 분석을 통한 각 센서의 중심 주파수는 각각 53kHz, 63kHz, 70kHz, 80kHz 이었다. 본 논문에서는 네 가지 센서의 지름을 고려하여 각각 A40(40mm), A35(35mm), A30(30mm), A25(25mm) 센서라고 하겠다. 거리에 따른 신호의 감쇠를 측정하기 위해 송신 센서는 선수 부근에 고정시켜두고, 수신센서를 송신 센서로부터 거리가 25m, 40m, 60m, 80m, 100m 가 되도록 선미로 이동해 가며 신호를 측정하였다. 초음파 신호의 송수신은 PC로 제어하였으며(LabVIEW, USB-63

51(NI)), power Amp. 및 수신단 pre-Amp.는 각각 HVA-400 (TOYO), VP1000(RESON)을 이용하였다. 여기서 그림 4는 신호 측정 당시의 환경 및 송수신 블록도이다.



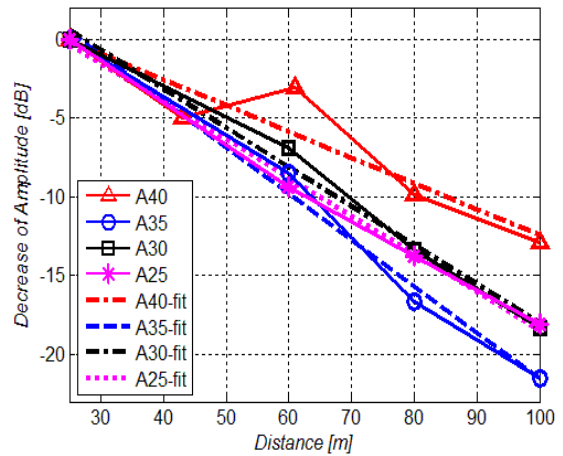
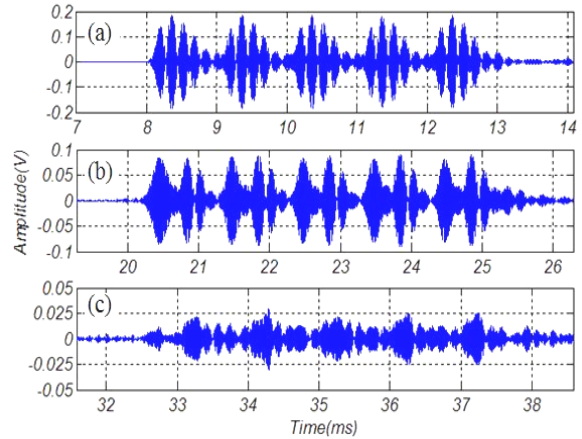
실험에 사용된 송신 신호는 초음파 통신을 위한 진폭변조 신호로서 다음과 같이 표현 된다.

$$\begin{cases} s_1(t) = A \sin(2\pi f_1 t) \\ s_2(t) = B \sin(2\pi f_2 t) \end{cases} \quad (1)$$

이때 A40 센서의 f_1 은 53kHz, f_2 는 48kHz 이고, A35센서의 f_1 은 63kHz f_2 는 48kHz 이며, A30 센서의 f_1 은 70kHz f_2 는 48kHz, A25 센서의 f_1 은 80kHz f_2 는 48kHz 이다. 이때 진폭 B는 A의 1/10 이다. 실험 당시, 송신 신호는 1과 0을 각각 다섯 비트(bit)씩 순차적으로 발생시켰다. 그림 5는 송신신호의 처음 여섯 비트를 나타낸 그림으로 센서 응답 및 신호의 분산성에 의해 신호가 많이 왜곡되어 있지만 선체통신망 시스템을 위해 선체 채널을 통하여 충분한 신호의 송수신이 됨을 볼 수 있다.

그림 6은 최초로 도달하는 최대 진폭을 이용하여 계산한 각 센서의 거리별 전달 손실을 나타낸 그림이다. 실험에 사용된 모든 센서의 수신 신호는 거리에 따라 점차 감쇠되는 모습을 보여주고 있으며, 이러한 결과는 통신 채널의 전달 손실을 나타낸다. 그리고 그림 6은 측정된 전달 손실뿐만 아니라 선형 회귀함수를 이용하여 근사시킨 결과를 함께 나타내었다. 선형 회귀분석결과 A40, A35, A30, A25 각 센서의 거리에 따른 감쇠율은 각각 -0.165dB/m, -0.294dB/m, -0.248dB/m, -0.242dB/m로 비슷한 특성을 보였으나 A40이 가장 우수한

특성을 보였다. 이러한 실험 결과 선체채널은 선체통신망 구축이 가능한 충분한 신호 전달 특성을 가짐을 알 수 있다.



3. 결론

본 논문은 철판의 표면 효과에 따른 전파통신의 한계를 극복하고자 초음파라는 가청 주파수 이상의 음파를 사용하여 매질의 고유 전파 속도에 따라 구조물을 통해 빠르게 파가 전달되어 반사, 간섭, 회절이 일어나는 선박과 같은 구조물을 이용한 통신인 "선체통신망 (SBAN: Ship Board Area Network)"을 소개했다. 이는 복잡한 선체가 서로 연결되어 있는 구조물을

하나의 통신용 전송 매질로 사용하여 초음파-초음파 선체통신망과 초음파-기존의 함상망이 결합된 선체통신망을 제안하였으며, 이러한 통신방식의 응용분야로 선박의 함상망이 포설되지 않은 불통지역의 통신 기능 수행 및 조선소의 야드에서 블록단위의 밀폐구역 작업에 안전관리 및 모니터링에 사용이 가능한 신개념의 조선T응용분야이다. 또한 본 논문에서 선체통신망개발 가능성 검증을 위해 4종의 센서들을 이용한 송수신 실험을 수행 하였으며, 실험결과 선체통신망 구축이 가능한 결과를 얻었다. 따라서 향후 조선T융합분야로 선체통신망의 연구의 필요성이 증대 될 것이라 기대된다.

참고 문헌

- 김재명 [IT 기반 선박 토탈 솔루션 기술 개발과 추진 방향] (2008)
- 배진호 외 [초음파를 이용한 선박의 선체 통신망 및 그 통신 방법] (2011)
- Saulnier G. S., et al., [Through-wall communication of low-rate digital data using ultrasound] (2006)
- Joseph L. Rose, [Ultrasonic Waves in Solid Media] (1999)
- Giurgiutiu Victor [Lamb Wave Generation with Piezoelectric Wafer Active Sensors for Structural Health Monitoring] (2002)
- Rose, J. L., [Ultrasonic Wave in Solid Media, Cambridge] (1999)



배진호

- 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



이종현

- 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



팽동국

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



조일형

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

2014년도 춘계공동학술대회

일 자: 2014년 5월 22일(목)~24일(토)

장 소: 부산 BEXCO