

선박 밀폐 공간 무선통신 구현을 위한 표면파 통신의 선박 활용 연구

공진우* · 송석근** · 김학선*** · 김부영**** · † 심우성

*,**,***주씨니웨이브텍 부장, ****선박해양플랜트연구소 선임기술원, † 선박해양플랜트연구소 해상디지털통합활용연계연구단장

Experimental Study of the Wireless Communication System by Surface Wave Communication through Confined Spaces on Vessels

Jin-Woo Kong* · Suk-Gun Song** · Hak-Sun Kim*** · Bu-Young Kim**** · † Woo-Seong Shim

*,**,***Project Leader, SunnyWaveTec Co., Ltd, Ulsan, 44919, Republic of Korea

****Senior Engineer, Maritime Digital Application Unit, KRISO, Dae-jeon, 34103, Republic of Korea

† Unit Head, Maritime Digital Application Unit, KRISO, Dae-jeon, 34103, Republic of Korea

요 약 : 금속 표면을 매질로 하는 표면파 통신을 선박에 적용하여 무선통신 환경 구현이 어려운 선내 밀폐 공간을 극복하는 표면파 통신 기반의 선내 무선 통신 구현 기술에 관한 연구이다. 표면파 통신을 실제 선박에서 실험하기 위해 선교를 기준으로 선수창고, 갑판창고, 선실, 기관실, 화물창고 등 선박 내부 공간을 관통하는 경로를 대상으로 표면파 발생기를 설치하여 통신 속도 등을 측정하였다. 실험 결과, 각 구역에서 평균 13Mbps 수준의 통신 속도를 확인하였고, 기관실의 경우 정박 중 선박 엔진을 구동했을 시 4.3Mbps, 운항 중에 1.2Mbps의 전송속도 저하가 확인 되었지만, 시험 장비의 설치 위치를 기관실 입구로 변경하면 극복 가능함을 확인하였다. 완전 밀폐 환경인 선수 창고에서는 기존 무선 통신보다 8Mbps 이상 높은 전송속도를 확인하여 철 구조물로 둘러싸인 선내 밀폐 공간에서 표면파 통신의 가능성을 확인하였고, 선박의 두꺼운 페인트 문제 해결을 위해 표면파 발생기를 추가 설계하여 적용하였다. 본 실험을 바탕으로 표면파 통신을 적용한 M-IoT 구현 등 선박 내 무선 네트워크 시스템 구현이 가능할 것으로 기대한다.

핵심용어 : 표면파 통신, 선내 무선통신 시스템, 금속체 통신, 선내 사물통신, 자율운항선박

Abstract : This study suggests surface wave communication, which uses a metal surface as a medium, to provide wireless communication in the extreme environment due to surrounding metal materials on vessels. The test was conducted on a G/T 265 tons tug boat to confirm the possibility of surface wave communication between a bridge and each designated space in the ship. As a result, the transmission speed was 13Mbps on average. In a test case of the bridge via the engine room, the transmission speed was 4.3Mbps on engine running and 1.2Mbps on sailing. It overcame this by partially changing the equipment installation location. Surface wave communication in bow storage, a fully enclosed space, had 8Mbps better transmission speed than wireless communication; this confirmed the superiority of surface wave communication in confined spaces on a vessel. Additional surface wave generators were designed and applied to resolve the paint issue. It is expected to use surface wave communication to implement the new wireless solution for Maritime-IoT system on vessels.

Key words : surface wave communication, ship wireless communication, metal structure communication, Maritime-IoT, MASS

1. 서 론

무선통신 기술의 발전으로 인한 큰 변화는 장비, 장치의 통신 연결에 대한 이동성에 제약을 받지 않게 되어 장소 및 행동에 제한 없는 통신이 가능해진 것이다. 이러한 발전은 공간의 제약이 없는 IT융합기술로 이어지고 각종 산업현장에서 서비스를 제공하고 있다. 특히 조선 및 선박 산업의 경우 IT기

술의 수요가 높아지고 있다. 하지만 무선통신의 전자기파는 반사, 간섭, 회절의 특성이 있고, 이는 선박의 경우 구조물 자체가 금속으로 구성되어 무선통신 환경을 구축함에 어려움이 있다. 선박은 전체 구조가 매우 좋은 도체이며 전파신호가 도체를 통과하게 되면 신호가 크게 반사, 감쇄되어 선박은 전파 전달에 좋지 않은 환경이다. 따라서 선박에서의 통신망 구축을 위해 유선에 의존해야 하며 선로의 포설로 연결된다. 그러

† Corresponding author : 중신회원, pianows@kriso.re.kr 042)866-3662

* 정회원, kjw@sunnywt.com 02)6101-1005

** ssg@sunnywt.com 02)6101-1005

*** hszic@sunnywt.com 02)6101-1005

**** 중신회원, kby@kriso.re.kr 042)866-3142

(주) 이 논문은 “선박 밀폐 공간 무선통신 구현을 위한 표면파 통신의 선박 활용 연구” 제목으로 “2021 추계학술대회 한국항해항만학회 논문집(웹이나 및 울산전시컨벤션센터, 2021.11.18.-19, pp.103-104)”에 발표되었음.

나 선박의 내부는 복잡한 구조로 되어 있어 많은 양의 통신선로가 요구되며, 비용 또한 증가하게 된다. 본 연구는 금속으로 구성된 선박의 구조물을 하나의 통신 매질로 사용하여 선박 내부의 무선통신이 어려운 환경에서 통신 시스템을 구축할 수 있는 표면파 통신에 관한 연구이다.

2. 표면파 통신

2.1 표면파 통신 이론

표면파는 두 개의 서로 다른 유전체 사이의 경계면에 존재하는 파동으로 정의된다.(Collin, 1991) 일반적으로 평면파는 유전체 경계면에서 부착될 때 표면파가 생성되며 표면파는 유전체나 유전체 부근에서 전계 및 자계의 대부분이 존재(Zucker, 1993)하며, 유전체 표면으로부터 멀어질수록 전자계의 크기는 지수함수로 감소한다.(Choi, 2018) 표면파 통신은 금속과 유전체 사이의 경계면에서 표면파가 빛의 속도로 전파할 수 있는 이론(Song et al., 2019)을 응용한 것이다. 일반적인 임피던스 표면상에서 표면파의 특성이 결정되며 표면 임피던스가 양의 리액턴스를 가질 때 유도성 임피던스로 TM파가 전달되고 음의 리액턴스를 가질 때는 용량성 임피던스로 TE파가 전달될 수 있다.(Sievenpiper et al., 1999) 그림 1과 같이 금속-유전체의 구조에서 xy평면으로 해석할 수 있다.

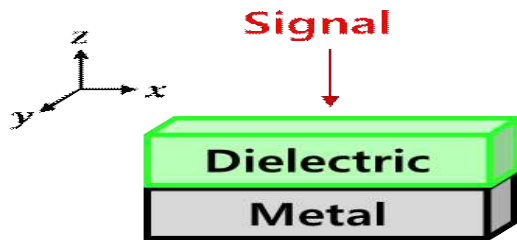


Fig. 1 Structure of metal and dielectric boundary

유전체 영역에서 TM파의 자계 및 전계 성분은

$$E_y = A e^{j\omega t} e^{-jky - az} \quad (1)$$

$$E_z = B e^{j\omega t} e^{-jky - az} \quad (2)$$

$$H_x = -A j \frac{\omega \epsilon}{\alpha} e^{j\omega t} e^{-jky - az} \quad (3)$$

금속체 영역에서 TM파의 자계 및 전계 성분은

$$E_y = A e^{j\omega t} e^{-jky + az} \quad (4)$$

$$E_z = B e^{j\omega t} e^{-jky + az} \quad (5)$$

$$H_x = A j \frac{\omega \epsilon}{\alpha} e^{j\omega t} e^{-jky + az} \quad (6)$$

식(4)~식(6)의 금속체 영역에서 표면파의 파수 k를 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$k \simeq \frac{\omega}{c} \sqrt{\epsilon_r} \quad (7)$$

E_y 와 H_x 를 통하여 표면 임피던스를 계산하면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$Z_{sTM} = \frac{j\alpha}{\omega \epsilon} \quad (8)$$

위의 식으로부터 유도성 표면 임피던스가 있는 표면에만 TM파가 전달될 수 있고 양의 리액턴스를 갖는 금속에서 TM파가 x축 방향으로 진행될 수 있음을 알 수 있다.

또한 포인팅 벡터 방정식에 따라 자계 및 전계의 에너지성분을 계산하면 다음과 같은 식으로 나타낼 수 있다. 단 i 는 각 축 방향으로의 임피던스이며 θ 는 전계와 자계의 위상차이다.

$$\vec{P} = \frac{1}{2} H_x (E_y, i\hat{x} + E_z, i\hat{z}) e^{-2\alpha z} \cos\theta \quad (9)$$

2.2 표면파 발생기 설계 및 제작

표면파 발생기는 통신 신호가 표면파로 금속 표면에 인가되도록 설계한 장치이다. 표면파 발생기는 외부로부터 인가된 RF 신호에 따라 방사체를 통해 전자기장을 형성하고 표면파 발생패턴을 적층하는 형태로 구성된다. 표면파 발생패턴은 방사체에서 형성된 전자기장에서 금속에 표면파를 형성할 수 있는 자성을 포집하여 xy방향으로 자기장이 흐를 수 있도록 하며 방사체와 발생패턴의 용량성 특성과 발생패턴과 금속 사이의 유도성 특성을 통해 특성 주파수로 공진된다. 그림 2는 표면파 발생기의 구조이다.

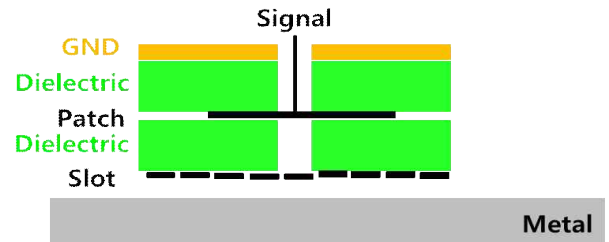


Fig. 2 Structure of surface wave generator

그림 3은 금속판에 부착된 표면파 발생기에 대한 반사손실의 시뮬레이션 결과이며 알루미늄, 강철, 니켈, 구리 등에 2.45 GHz에서 최대 -22dB의 반사손실을 얻을 수 있다.

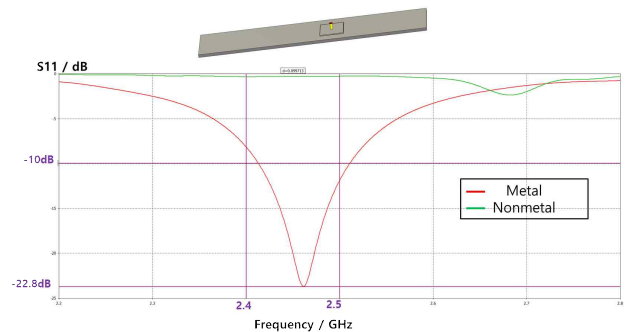


Fig. 3 Return loss of surface wave generator attached on metal material by simulation

설계된 발생기 H field를 비교한 결과 그림 4와 같고 제작

된 표면과 발생기의 반사손실과 금속, 비금속에서의 비교는 EM 시뮬레이션과 유사한 데이터를 얻을 수 있다.

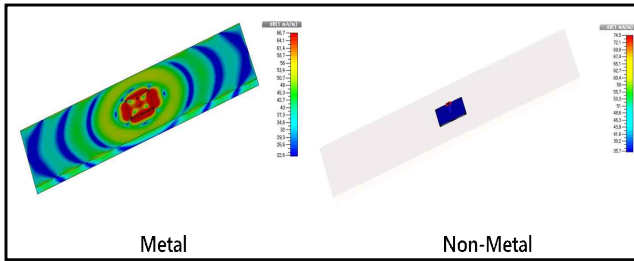


Fig. 4 H field simulation on metal and non-metal material of designed surface wave generator

제작된 표면과 발생기는 표면과 통신의 검증을 위하여 그림 5와 같이 Wi-Fi 시스템과 표면과 송신기를 동일 환경에 설치하고 스펙트럼 분석기로 수신되는 신호 세기를 비교하였다. 실험은 1m에서 4m까지 거리를 늘려가며 진행 하였고 비가시거리 상황을 만들어 무선 통신이 어려운 극한 환경에서도 표면과 통신 가능함을 객관적으로 보일 수 있도록 하였다.

동일 장소에서 알루미늄판을 바닥에 고정시키고 양단에 표면과 발생기를 부착하여 Wi-Fi 무선과 표면과의 수신되는 신호를 비교 확인하였고, EM시뮬레이션에서 확인되었던 비금속에서의 표면과 동작을 확인하기 위하여 알루미늄판과 비금속판의 비교실험을 진행하였다. 사용한 무선 안테나는 다이폴 안테나로 2.5dbi 이득을 가지며 표 1의 수신신호세기는 안테나 이득을 포함한다. 실험결과는 표 1과 같다.

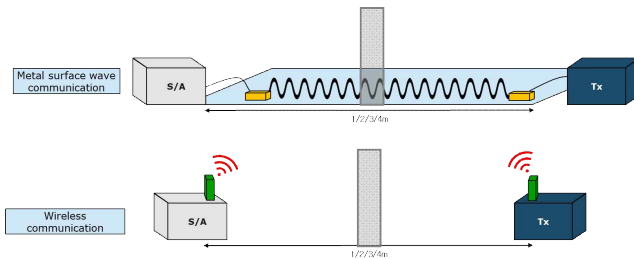


Fig. 5 Compare of received signal strength with surface wave generator to wireless antenna

기존 표면과 발생기는 육상 환경을 위한 것이며 선박의 경우에는 통상 금속 표면에 두꺼운 도료로 코팅되어 있어 기존 표면과 발생기의 성능이 저하되었다. 이에 선박 도료 코팅을 고려한 표면과 발생기의 재설계가 필요하다.



Fig. 6 Surface wave generator for ship's environment(a) and land use(b)

Table 1 Compare of surface wave communication and wireless environment

Tx Power (dBm)	Distance (m)	Metal Surface wave Rx signal strength (On metal) (dBm)	Wireless Rx signal strength (dBm)	Metal Surface wave Rx signal strength (Non metal) (dBm)
20	1	-22.5	-25.4	-73.8
	2	-24.7	-28.3	-80.8
	3	-26.1	-31.0	-81.9
	4	-26.2	-32.3	-92.7

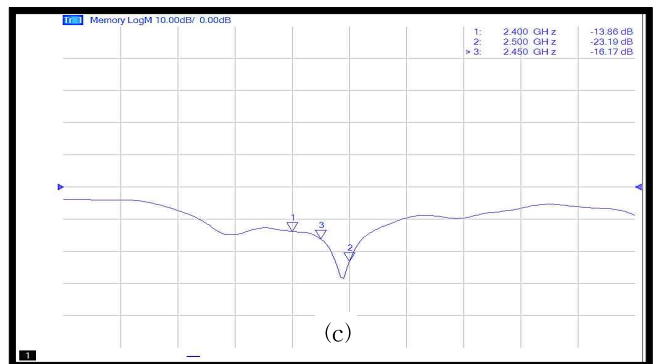
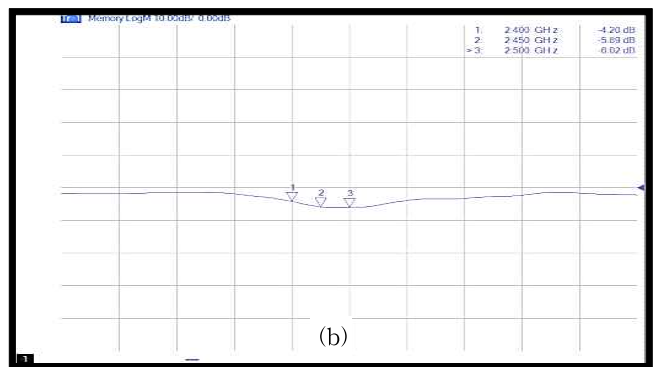
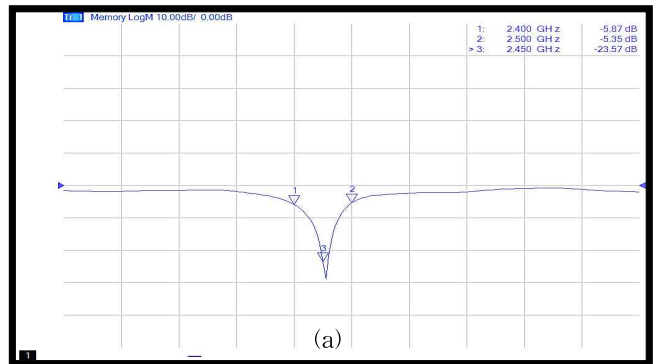


Fig. 7 Return Loss of surface wave generator

그림 7.(a)와 같이 기존 표면과 발생기 대비 그림 7.(b)와 같이 개선된 선박용 발생기를 재설계하였다. 그림 7의 X 축은 주파수이고 Y축은 반사손실을 표현한 것으로 (a)는 육상용 기존 발생기의 반사손실이며, (b)는 기존 발생기의 선박 내 부착 시 반사손실이고 (c)는 재설계하여 개발한 선박용 발생기의 반사손실이다. 선박 내 부착 시 선박용으로 설계된 표면과 발생기의 반사 손실은 동작 주파수에서 최대 -22dB로 기존 설계된 육상용 표면과 발생기가 육상 환경에서 보이는 좋은 성능과 유사하지만 중심주파수가 2.45GHz에서 약간 벗어나는 문제점도 보여 추가 최적화가 필요하다고 판단된다. 본 논문에서의 실험은 선박 내 표면과 통신의 활용 가능성을 검증하려는 것이므로 위 재설계한 선박용 표면과 발생기 중심주파수를 무선통신에 사용한 Wi-Fi 채널 중심주파수에 맞춰 개발하고 실험을 진행하였다.

3.1 선박 내 표면과 통신 실험 환경 및 실험 방법

실험을 수행한 선박 제원은 33×10×4.5m인 강선이며, 실험 진행은 비면허대역 주파수인 2.4GHz를 이용하여 Wi-Fi 무선 신호를 표면과 발생기로 변환하고 선체 금속 표면으로 전송하였다. 신호의 세기는 소출력 무선기기의 상한인 20dBm으로 설정하였으며, 통신 대역폭은 20MHz로 설정하고 통신규격은 802.11n으로 실험을 진행하였다.

통신 거리는 실험 대상 지점 중 두 지점 간 금속 경로의 최단 거리가 표면과 통신의 경로인 것으로 가정하였다.

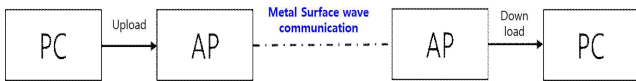


Fig. 8 Configuration of transmission rate test

통신 속도를 위한 실험 방법으로 임의의 파일을 FTP 전송하고 전송 완료한 시간을 기준으로 전송속도를 계산하였다. 또한 표면과 통신의 극한 무선 환경 극복 가능성에 대한 객관적인 검증을 위해 밀폐정도가 심한 장소에서는 Wi-Fi 장비에 무선 안테나를 부착하여 표면과 통신의 가능성을 검증하였다.

3.2 선박용 표면과 발생기 비교 실험 결과

실험 선박의 시험 지점 중 최장 30m인 두 지점에서 기존 표면과 발생기와 개선한 선박용 표면과 발생기의 성능을 비교하여 선박의 페인트 등의 영향에도 표면과 통신이 원활하게 진행되는지를 확인하였다.

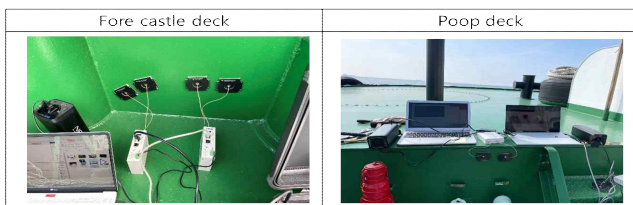


Fig. 9 Setup surface-wave communication on deck

그림 9와 같이 설계된 표면과 발생기와 기존 발생기의 성능을 비교하기 위하여 선수 갑판(그림 10의 선수창고와 갑판창고 사이)과 선미 갑판(그림 10의 화물창고 앞)에 설치하였다.

표 2와 같이 기존 표면과 발생기와 선박용 표면과 발생기의 비교로 개선된 선박용 표면과 발생기를 적용했을 때 16Mbps 전송속도가 상승하는 것을 볼 수 있어 이를 통해 선박 도료 등 실제 금속과 표면과 발생기의 간극을 고려한 발생기 성능 개선이 필요함을 알 수 있다.

Table 2 Comparison of performance by land and ship's surface wave generators

	Before (Mbps)	After (Mbps)
선수-선미	28	46

3.3 선박 내 표면과 통신 실험 결과

선박용 표면과 발생기를 이용하여 그림 10과 그림 11과 같이 실험 선박의 선교(선교 대시보드 내부 철타판)를 기준으로 선박의 각 구역인 선수창고(내부), 갑판창고(내부), 선실(상갑판 하부), 기관실(내부) 및 화물창고(내부)에서 통신 속도 측정을 수행하였다.

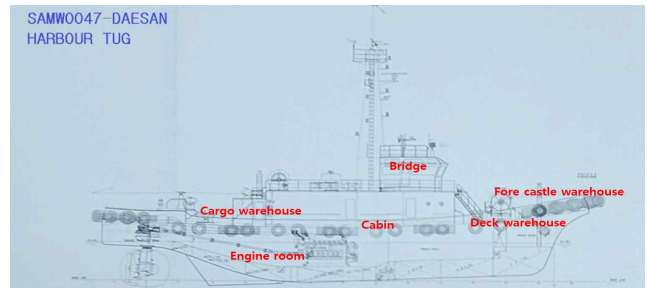


Fig. 10 Installed locations of the test vessel



Fig. 11 Detailed installation of each point of surface wave generator for speed test

임의의 두 지점 간 공간은 그림 11과 같이 선교로부터 각 구역으로 금속으로 연결되어 있지만 무선통신 가지거리 확보가 어려운 공간이다.

선교를 기준으로 선박 내 각 지점에서 총 5회 반복실험을 수행하여 그 평균값을 도출하였다. 선수창고와 갑판창고의 경우 선교와 갑판으로 금속으로 연결되어 있으나 최소 2개의 격벽으로 가로 막힌 구조이며 표면파 통신의 효과성을 검증하는데 최적의 장소인 것으로 판단하였다.

실험 결과 선수를 기준으로 선수창고와 갑판창고에서 각각 12.9Mbps, 14.2Mbps의 전송속도를 확인하였다. 두 구역의 측정된 속도는 대체로 동등한 수준의 통신속도로 판단되나 선교를 기준으로 선수창고 대비 갑판창고가 약 5m 가까이 상대적으로 좀 더 높은 전송속도가 도출된 것으로 판단된다.

표면파 통신이 무선 전파가 아닌 선박 금속의 표면으로만 전달되어 선박 내에서 무선통신 환경을 대체 구현할 수 있는지에 대한 본 실험의 객관성을 확보하기 위하여 밀폐 정도가 심한 선수창고에서 동일 실험장비에 무선 안테나를 결합하여 Wi-Fi 전파로 신호를 송신하는 비교 실험을 진행하였다. 비교 실험 결과 표면파 통신 대비 무선통신은 4.5Mbps로 전송속도가 현저히 감소함을 확인하였고 선박 내에서 금속으로 밀폐된 공간에서도 표면파 통신을 활용할 경우 무선통신의 한계를 극복할 수 있는 장점을 확인할 수 있었다.

선실의 경우 완전히 밀폐된 공간은 아니지만 선교로부터 수직 방향 아래로 위치하고 있고 격벽이 최소 2개 이상인 구역이었으며 선교에서 가장 먼 곳인 선실의 가장 구석 벽면에 표면파 발생기를 부착하고 실험을 진행하였다. 실험 결과 13.8Mbps로 측정되었으며 화물창고와 유사한 통신 속도를 확인하였다. 화물창고 역시 선실과 동일하게 실험을 진행한 결과 13.9Mbps의 전송속도를 확인하여 다른 구역과 유사한 수준의 통신 속도를 확인하였다.

Table 3 Comparison of transmission rate by different locations

Set location		Metal surface wave (Mbps)	Wireless communication (Mbps)
Bridge	Forecastle warehouse	12.9	4.5
	Deck warehouse	14.2	N/A
	Cabin	13.8	N/A
	Cargo warehouse	13.9	N/A

표 3과 같이 선교를 기준으로 선수창고, 갑판창고, 선실, 화물창고에서 표면파 통신을 검증한 결과 평균 13.7Mbps라는 결과를 획득하였다. 이로부터 표면파 통신을 이용하면 선박 내에서 금속 격벽으로 둘러싸인 비 가지거리 환경에서도 무선통신의 한계를 극복하여 통신 품질을 향상시킬 수 있음을 알 수 있다.

3.4 기관실에서의 표면파 통신 실험 결과

기관실은 다른 지점과 달리 엔진 등 주기와 펌프 등 전과간섭 원인이 많은 환경이며, 표면파 통신 경로인 금속체의 구조가 복잡한 환경이므로 표면파 전달 신호의 감쇄가 예상된다. 이러한 예상 문제점을 확인하기 위해 엔진 구동 및 운항 상황에서 통신 실험을 진행하였고 그림 12와 같이 기관실 내부에 표면파 통신 장치를 설치하여 통신품질을 측정하였다.

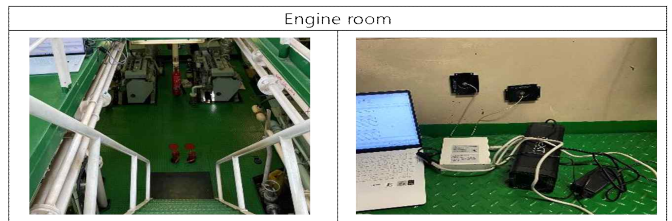


Fig. 12 Installation of surface wave generator in several points inside the engine room

실험은 정박 중 엔진 구동 상태와 운항 중일 경우를 비교하고 다른 장소와 동일하게 선교를 기준으로 선교-기관실 구간에 대해 실험을 진행하였다. 먼저 선박이 정박 중인 상태에서 엔진을 구동시킨 후 3.3절과 동일한 방법으로 실험한 결과 기관실 내부-선교 사이에서의 파일 전송 결과는 4.3Mbps로 확인되어 타 구역 대비 약 9Mbps 낮은 결과를 보였다.



Fig. 13 Change the setup location in the Engine room

또한 선박이 운항하는 상태에서 실험한 결과 1.2Mbps의 전송속도를 확인할 수 있었다. 운항 중인 상황에서 비정상적으로 속도가 감소되는 것에 대해 비교 실험의 일환으로 그림 13과 같이 기관실 내부에 설치한 표면파 송신기를 기관실 입구로 변경하여 동일 실험을 진행한 결과 표 4와 같이 정박 중인 상황에서 13.5Mbps로 타 구역과 유사한 수준의 전송속도를 확인하였고, 운항중인 상황에서는 9.4Mbps의 결과를 확인하였다.

Table 4 Comparison of transmission rate in engine room for specific operation condition

set up location		Anchorage (Mbps)	Sail (Mbps)
Bridge	Inside	4.3	1.2
	Entrance	13.5	9.4

선박의 엔진 구동과 운항 상황에서 발생하는 다양한 간섭 원인들, 그리고 표면과 발생기의 설치 위치에 따른 표면과 신호의 전달 경로 등으로 인해 표면과 통신의 성능이 저감될 수 있음을 확인하였다.

기관실 내부에서의 표면과 통신 속도 저하에 대한 원인 분석은 추가 연구가 진행되어야 할 것이며 실험 결과를 토대로 두 가지로 예측할 수 있다. 첫 번째로 엔진 구동 및 운항에 따른 선박의 진동이 금속에 밀착하여 부착되어야 하는 표면과 발생기의 성능에 영향을 주었을 가능성이 있다. 또한 각종 전자기 신호들이 뒤엉켜 있을 기관실의 잡음환경이 표면과 발생기나 기기에 미쳤을 가능성에 대해 추가 분석이 필요하다.

두 번째로 금속 표면을 통해 신호를 전달하는 표면과 통신의 성격 상, 각종 기기, 파이프, 엔진 축 및 발전기 등으로 금속의 구조물이 복잡하게 설치된 엔진룸 내부에서는 표면과 통신 전달의 경로가 다양하게 분산되며 이는 다중경로 페이딩으로 이어져 신호 감쇄를 일으킬 수 있는 가능성이 높다.

추가 연구를 통해 다양한 선박에서 동일 환경 시험을 수행하고 엔진 구동에 따른 방해 요소를 분석할 필요가 있다. 또한 본 실험에서 반복 진행한 엔진룸 실험 결과가 모두 동일한 결과를 보이지 않는 등 아직은 정확한 원인에 대한 분석이 미비하므로 여러 선박의 현장 상황 및 선박 기기의 구동 상황에 따라 특수한 이유가 있을 수 있는 점 등을 고려하여 추가 연구를 진행할 예정이다.

4. 결 론

표면과 통신은 금속 표면을 이용해 신호를 전달하는 통신 방식으로 금속으로 구성된 선박에서 효과적인 통신수단이 될 수 있다. 이에 선박 내 표면과 통신을 적용하기 위하여 실험을 진행하였다. 선박 내 표면과 통신을 위해 기존 표면과 발생기의 성능을 확인한 결과 선박의 페인트 두께에 따라 표면과 발생기의 반사 손실이 증가하였고 재설계가 필요하였다.

표면과 발생기를 선체 도료 두께 등을 고려하여 선박 환경에 맞게 재설계한 결과 반사 손실이 기존 육상의 최적 환경에서 측정된 것과 유사한 수준으로 측정됨을 확인하여 실험 선박의 선수-선미 간 갑판에서 임의의 파일을 전송하여 측정된 결과 기존 발생기 대비 16Mbps 높은 전송속도를 확인하였다. 육상에서 사용하는 일반적인 Wi-Fi 전송속도와 비교하면 낮은 속도이나 선박용 표면과 발생기를 선박 금속의 원 표면이 아닌 도료가 코팅된 부분을 활용한 점과 선박 금속 구조의 최단 경로를 고려하기 어려운 현존 선박에서 실험한 점 등을 고려하면 향후 통신 속도 개선이 가능할 것으로 판단된다.

선박용으로 재설계된 표면과 발생기를 사용하여 선교를 기준으로 선박 내 각 구역에 표면과 통신장치를 설치하여 실험한 결과 평균 13.7Mbps의 전송속도를 확인하였다. 특히 밀폐된 공간인 선수창고에서는 무선통신과 표면과 통신을 동일한 조건으로 비교하여 표면과 통신이 선박 내 밀폐 환경에서도

무선통신과 같은 통신 환경을 가질 수 있음을 확인하였다.

기관실의 여러 주기, 보기 구동 및 운항 상황에 따라 신호 감쇄가 있음을 확인하였고 기관실 입구로 시험장비를 이동 배치하여 전송속도 감소를 회복할 수 있음도 확인하였다.

추후 실험을 통해 표면과 발생기의 최적화와 동시에 기관실 내부의 통신 속도 감소 원인에 대하여 추가 연구를 진행할 예정이며 본 실험을 통해 선박과 같이 금속으로 구성된 구조물 내에서 무선통신이 어려울 경우 표면과 통신 시스템을 적용하면, 선박 내 공간에서의 무선통신 환경을 구현할 수 있고 향후 선내 데이터 통신 체계 구축이나 무선 IoT 환경 구축에 널리 활용 가능할 것으로 판단된다.

후 기

본 논문은 해양수산부 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행하는 “초고속해상무선통신망 무선설비다각화 및 통신연계기술개발 연구”(No.20210644, PMS4880)의 일부 내용을 밝힙니다.

참 고 문 헌

[1] Choi, J. Y.(2018), "Improvement of Surface Wave Efficiency in Microstrip Antenna." Journal of Knowledge Information Technology and Systems Vol. 13, No. 6, pp. 847-856.

[21] Collin, R.(1991) Field theory of guided waves, 2nd ed., New York, IEEE Press.

[3] Sievenpiper, D., Zhang, L., Broas, R. F. J., Alexopolous, N. G. and Yablonovitch, E.(1999), "High-impedance electromagnetic surfaces with a forbidden frequency band", IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, Vol. 47, No. 11, pp. 2059-2074.

[4] Song, S. K., Malik, J., Ko, N. Y., Park, W. J., Seo, S. T., Lee, B. Y., Oruganti, S. K. S., Kim, H. S. and Bien, F.(2019), "Alignment and metallic obstacle insensitive contactless power transmission system utilizing surface-guided mode", IET MICROWAVES ANTENNAS AND PROPAGATION, Vol. 13, No. 11, pp. 1826-1831.

[5] Zucker, F. J.(1993) Chapter12: Surface-wave antennas, Antenna Engineering Handbook, New York, McGraw-Hill.

Received 23 November 2021

Revised 14 December 2021

Accepted 20 December 2021