

선박 내 밀폐구역 극복을 위한 표면과 슬릿 시험연구

김부영* · 공진우** · 이학근*** · 오창림**** · 차하린***** · † 심우성

*,† 선박해양플랜트연구소 해상디지털통합활용연계연구단, **,***㈜씨니웨이브텍, ****한국해양대학교, *****충남대학교

요 약 : 선박 밀폐구역에서의 적정 표면과 통신성능 구현방안을 도출하기 위해 가상의 선박 밀폐구역 환경을 구성하고 슬릿의 크기, 두께, 모양에 따른 조건 변화를 통한 표면과 기반 데이터 통신성능 변화를 확인하였다.

핵심용어 : 표면과 통신, 선내 무선통신 시스템, 금속체 통신, 선박 밀폐구역, 파장, 슬릿

1. 서 론

Song(2019)의 표면과 통신의 가능성과 함께 Kong(2021) 실험을 통해 금속 격벽으로 구성되어 무선통신이 제한되는 선박의 특수한 환경에서 표면과 기반 데이터 무선통신을 구현하였고, 표면과 기반 선박 IoT 구현 가능성을 확인하였다.

이는 갑판, 기관실, 창고 등 상호 개방된 선박 내 공간에서 실시한 실험으로 탱크, 구조물 등 밀폐된 선박 내 공간 간의 표면과 기반 무선통신 가능성은 확인하지 못하였다.

따라서, 본 논문은 밀폐된 선박 내 공간을 대신하는 가상의 밀폐 공간을 구성하고 해당 공간의 격벽에 인위적 슬릿(크기, 두께, 모양)을 생성한 조건에서 표면과 기반 무선통신 가능성과 밀폐 공간 내에서 슬릿을 이용한 적정 표면과 통신성능 구현방안을 고찰하고자 한다.

2. 실험 개요

선박 밀폐구역에서의 표면과 통신환경 구현을 위해 그림 1과 같이 실험환경을 구성하였다.

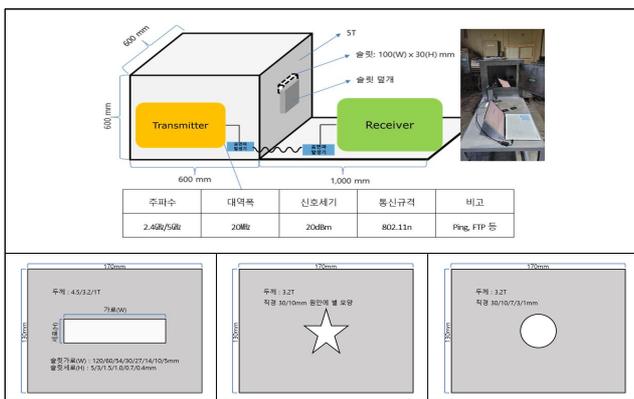


Fig. 1 Experimental environment & condition

다양한 슬릿 조건을 구현하기 위해 그림 2와 같이 크기, 두께 및 모양이 다른 슬릿을 제작하여 선박 밀폐구역에서의 적정 표면과 통신성능 구현을 위한 실험조건을 구성하였다.

3. 슬릿 조건에서의 한계점 식별 실험

3.1 직사각형 슬릿 실험(2.4GHz/5GHz)

2.4GHz 대역의 경우 최소 30mm(폭, W)×3mm(높이, H)×1mm(두께, T) 슬릿에서 통신이 가능한 것으로 확인되었으며, 3Mbps 이상의 전송속도 확보를 위해서는 54mm(W)×0.4mm(H)×1mm(T)가 확보되어야 하는 것으로 분석되었다.

1T 2.4 LOW										
H\W	5	10	14	27	30	54	60	120		
0.4	X	X	X	X	X	3.08	6.78	9.60		
0.7	X	X	X	X	X	3.57	6.96	11.15		
1.0	X	X	X	X	X	10.70	19.57	38.14		
1.5	X	X	X	X	X	12.56	23.95	39.57		
3.0	X	X	X	X	X	0.19	13.23	24.87	42.69	
5.0	X	X	X	X	X	0.22	13.73	25.10	43.54	

3.2T 2.4 LOW										
H\W	5	10	14	27	30	54	60	120		
0.4	X	X	X	X	X	4.46	13.30	15.69		
0.7	X	X	X	X	X	5.23	17.54	23.09		
1.0	X	X	X	X	X	29.12	41.10	39.52		
1.5	X	X	X	X	X	40.51	42.38	44.24		
3.0	X	X	X	X	X	0.32	0.50	43.27	45.69	45.75
5.0	X	X	X	X	X	0.28	0.52	43.82	45.62	45.75

3.2T 2.4 HIGH										
H\W	5	10	14	27	30	54	60	120		
0.4	X	X	X	X	X	4.36	14.50	15.61		
0.7	X	X	X	X	X	5.31	16.93	25.61		
1.0	X	X	X	X	X	29.69	41.05	42.69		
1.5	X	X	X	X	X	40.05	43.33	44.37		
3.0	X	X	X	X	X	0.31	0.50	40.60	42.13	43.02
5.0	X	X	X	X	X	0.32	0.54	44.27	43.82	43.76

4.5T 2.4 High										
H\W	5	10	14	27	30	54	60	120		
0.4	X	X	X	X	X	14.12	15.69	24.14		
0.7	X	X	X	X	X	16.33	24.62	37.23		
1.0	X	X	X	X	X	48.44	48.53	57.44		
1.5	X	X	X	X	X	0.49	0.49	49.51	54.39	61.80
3.0	X	X	X	X	X	0.54	0.54	49.57	55.24	63.2
5.0	X	X	X	X	X	0.57	0.59	50.23	55.48	63.7

Fig. 2 Test results for rectangular slit(2.4GHz)

5GHz 대역의 경우 최소 14mm(W)×1mm(H)×1mm(T)에서 통신이 가능한 것으로 확인되었다. 27mm(W)×1mm(H)×1mm/3.2mm/4.5mm(T) 슬릿 조건의 경우 최소 55Mbps 이상의 전송속도가 측정되었으며, 이 중 27mm(W)×1mm(H)×1mm(T)-5GHz Low 채널의 경우 200Mbps 이상의 전송속도가 측정되었다.

† 종신회원, pianows@kriso.re.kr 042)866-3662

* 종신회원, kby@kriso.re.kr 042)866-3142, ** 정회원, kjw@sunnywt.com, *** hglee@sunnywt.com, **** changrim4319@naver.com, ***** charin1130@naver.com

1T 5GHz LOW							1T 5GHz High										
H\W	5	10	14	27	30	54	60	120	H\W	5	10	14	27	30	54	60	120
1	X	X	0.4	233		257			1	X	X	0.4	55.9		56.1		56.3
3	X	X		233					3	X	X	0.45	57.1		56.8		

3.2T 5GHz High							4.5T 5GHz High										
H\W	5	10	14	27	30	54	60	120	H\W	5	10	14	27	30	54	60	120
1	X	X	0.47	52.5		53.4		56.3	1	X	X	0.42	49.4		53.6		55.8

Fig. 3 Test results for rectangular slit(5GHz)

3.2 별 및 원 모양 슬릿 실험

2.4GHz/5GHz 모두 30mm(W) 이상에서 통신 접속이 가능한 것으로 나타났으며, 같은 조건의 슬릿에서 주파수 및 채널에 따라 전송속도 차이가 발생하는 것을 확인하였다.

3.3 슬릿 조건 변수에 따른 전송속도 변화

T가 커질수록 전송속도가 높아지고, W는 1/2 파장 이상의 경우, 그리고 H가 0.7mm에서 1mm 로 변화할 때 전송속도의 향상이 확인되었다.

Table 1 Wavelength change with frequency

주파수 파장(λ)	2.4GHz		5GHz	
	Low Ch	High Ch	Low Ch	High Ch
1	124mm	121mm	57mm	51mm
1/2	62mm	60mm	28mm	24mm
1/4	31mm	30mm	14mm	12mm

4. 슬릿 폭(W)과 높이(H) 변화 실험

추가적인 실험 케이스 확보와 W와 주파수 파장과 관계, 그리고 H 변화에 따른 전송속도 변화에 대한 추가 확인을 위해 W와 H 변화에 따른 전송속도를 추가로 측정하였다.

4.1 폭(W) 변화에 따른 전송속도 변화

2.4GHz의 경우 1/4파장인 폭(W) 30mm에서 통신이 가능하였으며, 1/2파장인 폭(W) 60mm에서는 증가하는 것으로 측정되었다. 5GHz의 경우 1/2파장인 폭(W) 27mm에서 전송속도가 크게 증가하는 것으로 나타났으며, 폭(W) 30mm 및 60mm에서는 다른 슬릿 폭(W)에 비해 전송속도가 감소하는 경향이 측정되었다.

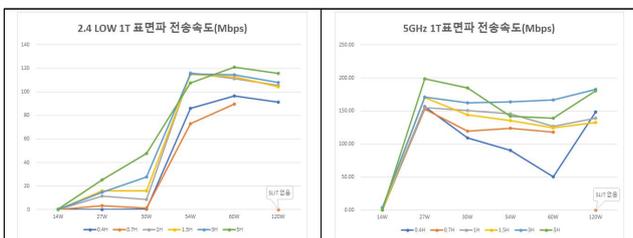


Fig. 4 Test results for W variation(2.4/5GHz)

이는 각 주파수 대역에 따라 적정 전송속도가 측정되는 폭

(W)이 다름을 알 수 있었으며, 이는 폭(W)이 주파수 파장의 특정 배수와 유사할수록 높은 전송속도가 산출되는 것으로 판단되었다.

4.2 높이(H) 변화에 따른 전송속도 변화

대체로 높이(H) 차이에 따른 전송속도 변화는 폭(W)의 전송속도 변화에 비해 크지 않은 것으로 확인되었으나, 전체적으로 높이(H) 증가에 따라 전송속도가 증가하였다.

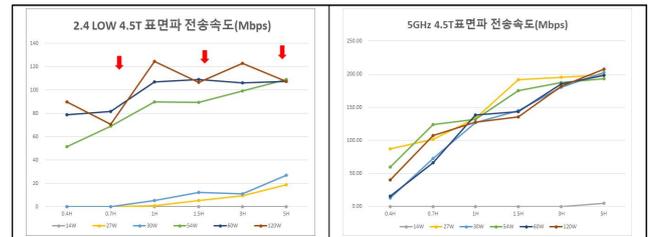


Fig. 5 Test results for H variation(2.4/5GHz)

5. 결 론

슬릿 조건에 따른 전송속도 변화는 슬릿의 폭(W)과 T(두께)의 변화와 비례하는 경향이 나타났으나, 높이(H)의 경우 전송속도 변화에 유의미한 큰 영향 없음을 알 수 있다.

특히 폭(W)이 주파수의 파장(λ) 배수에 가까울수록 전송속도가 높게 측정되어 이를 고려한 표면파 기반 선박 IoT 무선 통신 시스템 설계가 필요하다.

사 사

본 논문은 해양수산부 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행하는 “초고속해상무선통신망 무선설비 다각화 및 통신연계 기술개발 연구”(1525011565)의 일부 내용임을 밝힙니다.

참 고 문 헌

- [1] 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.
- [2] Kong, J. W., Song, S. G., Kim, H. S., Kim, B. Y. Shim, W. S.(2021), “Experimental Study of the Wireless Communication System by Surface Wave Communication through Confined Spaces on Vessel” Journal of Navigation and Port Research. Vol. 45, No. 6, pp. 366-37