

해상 애드혹 네트워크 기반 선박 통신 연구 현황

박윤용* · 윤남식* · 장병태** · 임동선** · 김재명**

*선문대학교, **ETRI 자동차/조선IT융합연구부

목 차

I. 서론	III. 선박통신 시뮬레이션 모델 설계
II. 해양 통신 환경	IV. 결론

I. 서론

국내 조선 산업은 1983년 일본을 추월한 이후 지속적인 투자와 기술 집약적 건조기법 개발을 통해 다년간 수출 주력산업으로 성장해왔다. 조선 산업의 지속적인 성장과 경쟁력을 강화시키기 위해 선박 IT 융합 기술 개발을 통한 고급 선박 건조 및 선박 IT 기반 전자장비, 서비스 개발 필요성이 증대되고 있다.

조선 산업에서 요구하는 IT 융합 기술의 대표적인 모델이 e-Navigation[1]이다. e-Navigation은 선박의 운항 정보 및 위치 정보의 파악, 선박 운항에 필요한 해상 교통 정보 및 통신 서비스 제공 등 선박의 운항과 관련 서비스의 향상을 목적으로 전자적 방법에 의한 선박과 육상 간 해상 정보의 수집, 통합, 교환 및 분석 정보의 제공을 목적으로 한다. 이를 통해 선박이 항구에서 출항하여 목적지에 도착하기까지 선박의 운항 및 위치 정보의 수집을 통해 해상에서의 선박 피랍 및 테러에 의한 위기사항, 재난사고에 대한 신속한 대처 및 환경 보호를 꾀하고 있다.

e-Navigation과 같은 전자적 해양 운항 정보 서비스가 원활하게 제공되기 위해서는 대용량의 멀티미디어 데이터를 송수신하기 위한 광대역의 통신망이 필요하다. 기존의 해양 통신은 HF 대역 주파수 및 위성통신을 통한 장거리 통신으로, 해양의 광대한 지역에서의 음성통신이 중요하였다. 따라서 기존의 해양 통신 기술로는 e-Navigation 서비스를 위한 멀티미디어 데이터 전송에 필요한 충분한 대역폭을 확보할 수 없다. 위성통신의 경우 통신비용 부담이 높아 부적절 하다. 이

러한 문제를 해결하기 위해 원활한 멀티미디어 데이터 전송을 보장하는 광대역 디지털 통신 기술의 확보가 요구 된다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 해양 통신 환경에 대해 살펴보고 애드혹 기반의 해양 광대역 통신 기술 연구 사례 및 연근해에서의 애드혹 해상 네트워크 구성에 대해 소개한다. 3장에서는 해양 통신 기술 연구를 위해 요구되는 해상 통신 시뮬레이션 모델 설계에 관하여 기술하였다. 마지막으로 4장에서는 결론을 맺는다.

II. 해양 통신 환경

해양 무선 통신은 전통적으로 음성통신을 기반으로 한다. 전 세계 선박과의 통신을 위해 MF, HF, VHF 대역 통신 장비와 위성통신 장비를 복합적으로 사용하고 있다. IMO(International Maritime Organization)에서는 해양 통신을 통신기술과 커버리지에 따라 표 1과 같이 정의하고 있다.

표 1. 해역 정의

해역	통신기술	커버리지
A1	VHF	해 안 (20~30해리 이내)
A2	MF	연근해 (100~150해리 이내)
A3	INMARSAT/HF	북위 70°~남위 70°
A4	EPIRB, HF	전 세계

A1 해역은 해안국의 초단파(VHF) 대 전화통신권역으로 50~100km의 통신 범위를 가지며, A2 해역은 중단파(MF/HF) 대 통신권역으로 200~400km의 커버리지를 갖는다. A3 해역은 북위 70° ~ 남위 70° 커버리지, A4는 그 외 지역으로 지구 전체를 여러 번 호핑해서 전파하는 Sky-wave를 이용한 통신방법을 사용한다.

A1과 A2는 각국의 연근해 지역으로 어선, 보트 등의 소형 선박이 운항되는 매우 복잡한 지역이며, A3와 A4 지역은 원양으로 대형 국제 선박들이 운항하는 지역이다.

해상 통신을 위해 선박에 설치된 무선 기지국(Radio Station)의 종류는 배의 크기, 목적이나 도착지 등의 여러 요인에 의해 결정되고, IMO나 ITU에 의해 규정되어진다. 현재 해상 통신은 아날로그 방식의 UHF와 VHF 무선통신을 주로 사용하고 있으며 선박과 해안(Ship-to-Shore) 간의 통신에는 주로 인공위성을 사용하고 있다. 아날로그 방식의 낮은 대역폭과 인공위성의 비싼 사용료 등의 문제로 인해 육상에서의 무선 통신과 같은 멀티미디어 서비스나 웹 서비스 제공은 불가능한 실정이다. 따라서 선박 통신의 디지털 전환이 요구되고 있다.

이러한 요구에 따라 TRITON[2]은 선박, 등대, 부표 등을 통신 노드로 하여 메쉬 네트워크를 해상통신에 구현하였고, IEEE 802.16과 IEEE 802.16e 표준을 사용하였다. 이를 통해 해상 통신에서 비용을 절감하면서 광대역 디지털 통신망을 구축하였다.

노르웨이와 같은 일부 지역에서는 디지털 VHF기반의 선박 간 통신방법이 개발되었다. 이 기법의 해상통신은 133kbps까지의 데이터 전송률을 가지고 해상으로 72마일 정도의 거리까지 통신이 가능한 방법을 제시하였고, 노르웨이 해안 전역에서 사용되고 있다.

2007년 싱가포르 항만청과 정보개발청 공동으로 3년간 WISEPORT(Wireless-broadband-access for SeaPORT) 프로젝트가 진행되었다[3][4][5]. 이를 통해 주요 항만과 반경 15km 해상 지역에 와이브로망을 구축하여 인터넷, 이메일, VOD 서비스의 제공, 전자항해차트(NEC)의 실시간 업데이트, 엔진상태 점검, 영상보안서비스 등을 제공하였다. 그러나 이 방법은 1홉 통신만을 제공하는 한계가 있다.

IMMARSAT(International Mobile Satellite Organization)와 같은 현재의 위성통신 시스템은 데이

터 링크 당 64kbps의 대역폭만을 제공하고 있다. 이러한 대역폭도 노드들 간에 공유를 하여 사용하는 경우가 많아 실 대역폭은 더 낮아질 수 있으며 무엇보다 인공위성을 사용하는 통신비용이 비싸다는 단점이 있다.

또한 ESA(European Space Agency)의 Wired Ocean[6] 프로젝트에서는 하이브리드 인공위성과 DVB(Digital Video Broadcast) 시스템을 기반으로 바다 위 선박에 저비용의 광대역 IP를 통한 TV 및 인터넷, 통신 서비스를 제공하고 있다. 그러나 Wired Ocean 시스템은 TVRO(TV Receive Only) 안테나를 필요로 하기 때문에 기존의 위성 기반 통신 서비스 비용보다 저렴하다고는 하나 여전히 구현 비용이 상당히 비싸다는 문제가 있다.

해양에서의 선박 무선 통신의 특징은 다음과 같이 정리할 수 있다.

- ① 육상의 무선 통신에 비해 홉 간 통신 거리가 멀어 장거리 통신이 요구된다.
- ② 육상에 비해 넓은 지역에 적은 수의 홉이 분포한다.
- ③ 통신 노드인 선박은 전원 및 계산 능력에 있어 제약이 거의 없다.
- ④ 육상에 비해 기후 상태에 따른 통신 영향이 크다.
- ⑤ 선박은 지정 항로에 따라 운항하므로 이동 경로 파악 및 예측이 용이하다.
- ⑥ 선박의 운항 속도 및 방향은 빈번하게 변하지 않는다.
- ⑦ 선박의 위치 정보를 파악할 수 있다.

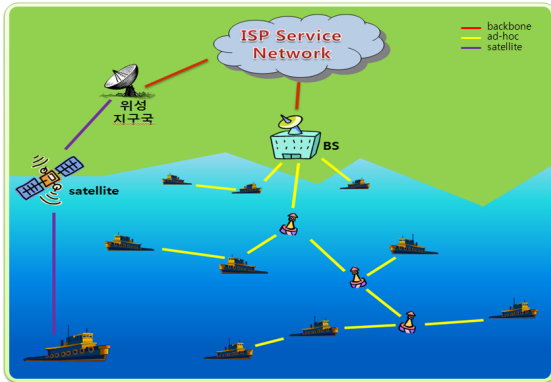
이와 같은 해양 무선 통신 특징을 고려하여 A1과 A2에 해당하는 연근해에서의 선박 통신에 있어 광대역의 신뢰성 있는 통신을 위해 애드혹 기반의 메쉬 네트워크 기술을 고려해볼 수 있다.

현재 무선 이동 통신을 지원하는 광대역 링크 기술은 HSDPA(High Speed Down link Packet Access), WiBro를 포함한 WiMax 등이 있다[7][8]. 이중 WiMax 기술은 서비스 범위가 50km에 달해[9], 기존의 육상 MANET(Mobile Ad hoc Network) 기술을 이용해 통신 인프라 구축이 불가능한 해양 환경에서의 광대역 통신망을 제공하는 대안 기술로 기대된다.

연근해에서 선박 간 통신 또는 선박과 해안과의 통신을 위해서는 낮은 통신비용, 높은 대역폭, 데이터 전송에 있어서의 보안성 보장, 해안으로부터 최소 100km

까지의 통신 범위를 지원하는 네트워크가 요구된다.

연근해에서의 애드혹 기반 해상 네트워크 구성은 그림 1과 같다. 연근해 해상의 선박은 통신 홉으로서 이웃 홉들과 네트워크를 구성한다. 선박의 이동에 따라 주기적인 이웃 홉 탐색을 통해 네트워크 재구성이 필요하며, 이를 위한 효율적인 라우팅 프로토콜이 요구된다.



(그림 1) 애드혹 기반 해상 네트워크 구성도

육상의 기지국(BS)은 선박들로부터의 데이터를 수집하고, 수집된 정보를 분석하여 운항 정보를 제공하며, 해상의 선박 위치 정보를 기반으로 보안 및 안전 서비스를 제공한다. 또한 ISP망 연계를 통해 해상의 선박에 인터넷 및 멀티미디어 서비스를 제공한다.

애드혹 무선통신의 특성상 홉의 통신 거리는 제약이 있다. 육상에 비해 선박에서의 무선통신이 상대적으로 제약이 덜하기는 하지만 여전히 통신 거리 제약이 있다. 또한 해상에는 통신 기반 시설 건설이 불가능하다는 점, 육상에 비해 통신 홉인 선박의 밀집도가 낮다는 점으로 인하여 더욱 심각한 문제가 된다.

연근해 통신의 경우 원양에 비해 상대적으로 선박 운항이 복잡한 지역으로 애드혹 기반의 네트워크 구성에 유리하다. 또한 해상에 미리 고정 부표를 생성하여 보다 안정적인 네트워크 구성이 가능하며, 이를 통한 네트워크 커버리지 확장도 고려할 수 있다. 비슷한 방법으로 섬 인근 지역에서는 섬에 설치된 중계기를 이용하여 네트워크 구성 및 커버리지 확장을 통한 통신 영역 확대가 가능하다.

그러나 해상부표 및 섬 지역에서의 중계기 설치의 추

가적인 비용 부담이 존재하며, 이를 통한 네트워크 확장에도 한계가 존재한다. 따라서 연근해에서 멀리 떨어진 해상의 선박의 경우에는 애드혹 네트워크 기반 서비스가 불가능하다. 또한 선박의 밀집도가 낮아지면 애드혹 네트워크 구성에 어려움이 따른다. 따라서 긴급 상황에서의 유동적인 서비스를 위해서는 통신 거리에 제약을 받지 않는 위성통신 기반의 서비스 모델이 필수적으로 요구된다.

III. 선박통신 시뮬레이션 모델 설계

해양 통신에서의 디지털 광대역 통신망 수요에 따라 MANET 또는 메쉬 네트워크 등의 애드혹 기반의 Maritime-Manet에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 이를 통해 해양에서 요구하는 광대역의 디지털 망 구축, 라우팅 프로토콜, ISP 기반 선박 서비스 모델 개발에 대한 관심이 크다.

그러나 이러한 서비스 및 라우팅 프로토콜 개발에 필수적인 네트워크 모니터링 및 분석을 위한 기반 연구는 상대적으로 부족하다.

기존의 네트워크 시뮬레이션에는 NS-2와 같은 공개용 시뮬레이션 도구가 많이 사용되었고, QualNet과 같은 신뢰성 있는 상용 시뮬레이션 도구를 이용해 선박 통신 시뮬레이션 연구가 진행되었다. 그러나 현실적으로 해양 환경을 지원하는 시뮬레이션 환경은 마땅히 존재하지 않으며, 선박을 이용한 해양에서의 테스트베드 구축을 통한 실측도 비용 부담과 기후 문제 등에 의해 현실적으로 어려움이 따른다.

육상에서의 무선통신에서는 지형 및 장애물에 대한 특성 데이터 정의를 통해 환경 요소를 반영하고 있다. 이에 비해 해양 환경에서는 기후 및 파도로 인한 통신 장애를 육상에서와 같은 방식으로 정의하기가 어렵다. 따라서 기존의 NS-2나 QualNet에서 제공하고 있는 기본 기능 이외에 해양 환경 요소 반영을 위한 추가적인 PHY/MAC Layer에 대한 정의가 필요하다.

그림 2는 해상에서 선박 통신을 위한 시뮬레이션 구성 요소를 나타내고 있으며, 선박 무선통신 시뮬레이션 설계를 위해 특별히 고려해야 할 세부사항은 아래와 같다.

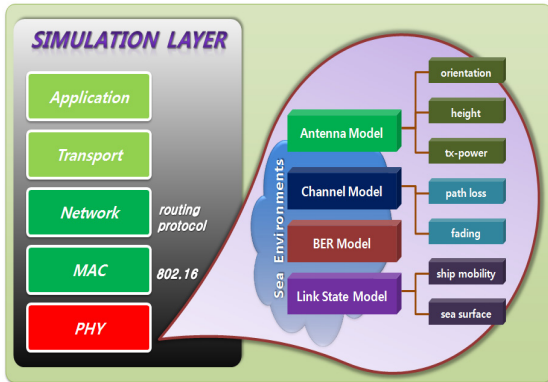


그림 2. 선박 통신 시뮬레이션 구성 요소

- ① MAC : 선박에서의 애드혹 통신은 IEEE 802.16 또는 IEEE 802.16e를 기반으로 한다.
- ② 파도에 의한 수신율 변화 : 선박의 시그널 수신율은 여러 가지 요소에 의해 복합적으로 영향을 받는다. 해양 환경에서는 파도의 높이에 따라 선박에서의 시그널 수신율에 차이를 보인다. 표 2는 파도의 높이에 따른 Pierson-Moskowitz Sea State[10]를 나타낸다. 이에 따른 파도의 영향과, 선박 자체의 크기에 따라 선박에 고정된 안테나의 수신 높이 및 각도가 지속적으로 변화하기 때문에 시그널 수신율이 달라진다.

표 2. Pierson-Moskowitz Sea State

Sea State Level	Significant height(m)	Avg. Period(sec)	Avg. Wave Length(m)
0	0.09	0.5-1.0	0.46-0.61
1	0.15-0.3	1.5-2.0	3-5
2	0.46-0.91	2.5-3.5	6-12
3	1.07-1.52	3.5-4.5	14-20
4	1.83-2.29	5.0-5.5	24-30
5	2.44-3.66	5.5-7.0	32-48
6	4.27-6.10	7.5-9.0	56-80
7	7.62-12.19	10.0-12.5	100-160
8	13.72-18.29	13.0-15.0	180-237
9	21.34-27.43	16.5-18.5	280-360

- ③ 선박 이동성 : 선박의 이동 패턴은 육상에서의 노드 이동에 비해 단순한 경향을 나타낸다. 이는 선박의 운항 경로가 출항지에서 목적지까지의 최적 경로에 따르기 때문이다. 또한 운항시의 속도나 방향 변화도 거의 없다고 할 수 있다. GPS 및 AIS 등의 장비를 이용해 선박의 위치정보 또한 손쉽게 참조할 수 있다.
- ④ 안테나 : 해양 무선 통신에서는 일반적으로 장거리 통신을 요구한다. 따라서 지향성 안테나를 사용하는 것이 좋다. 그러나 애드혹 네트워크 구성에 있어서 지향성 안테나는 이웃 홉 탐색에 어려움을 지닌다. 따라서 안테나의 특성 및 선박 이동 특성에 따른 특징을 반영할 수 있어야 한다.
- ⑤ BER(Bit Error Rate) 모델 : 파도 및 기후에 의한 전파 간섭을 반영하기 위한 방법으로 해양 환경에서의 BER 모델 정의가 요구된다. 육상에서와 같이 지형 및 장애물 정의를 통해 해양 환경 요소의 반영이 사실상 불가능하기 때문에 파도라는 매질에 의한 전파 간섭 및 반사, 기후적 영향에 의한 수신율 변화, 파도로 인한 선박의 움직임에 의한 영향을 시뮬레이션에 반영하기 위해서는 BER 패턴을 통한 정형화가 요구된다.

IV. 결론

본 논문에서는 미래 조선 산업에서 요구하는 운항 정보 서비스에 필요한 광대역 디지털 통신망 구축을 위한 애드혹 기반의 해양 네트워크 구축 방안에 대해 살펴보았다. 기존의 아날로그 음성통신 중심의 해양 무선 통신은 낮은 대역폭으로 인해 대량의 멀티미디어 데이터의 전송에 적합하지 않다. 위성 통신 또한 높은 통신비로 인해 사용하기 어렵다.

미래 조선 산업에서 요구하는 멀티미디어 데이터 전송을 위한 광대역의 디지털 통신 기술 개발을 위해, 해양 무선 통신 환경의 특성에 대해 살펴보았으며 디지털 통신망 구축을 위한 연구사례를 소개하였다. 또한 해양 무선 통신 환경 연구에 필수적인 시뮬레이션 구성 요소 및 고려 항목들에 대해 살펴보았다.

미래 선박 산업의 중요 기술로 자리매김할 e-Navigation 서비스 기술 확보를 위한 표준화 작업도

신속하고 지속적으로 추진되어야 하며, 이를 위해서는 해양에서의 광대역 디지털 무선 통신 기술의 확보가 필수적이며, 위성 통신 자원의 확보가 어려운 국내 사정상 이를 보완하기 위한 대체 기술 개발이 시급히 요구되고 있다.

해양 무선 통신 환경을 고려할 때 애드혹 기반의 메쉬 네트워크 기술을 이용한 해양 무선 통신 기술이 이와 같은 광대역 무선 디지털 통신 요구를 만족시켜줄 핵심 기술이라 할 수 있으며, 선박 간의 홉 네트워크를 기반으로 한 광대역 무선 통신망을 통해 육상 기지국과 ISP 망 연계를 통한 인터넷 및 멀티미디어 서비스를 제공함으로써 종합적인 운항 정보 시스템 구축에 필요한 기반 기술로 자리할 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] IMO website :
<http://www.imo.org/OurWork/Safety/Navigation/Pages/eNavigation.aspx>
- [2] J.S. Pathmasuntharam, P.-Y. Kong, M.-T. Zhou, Y. Ge, H. Wang, C.-W. Ang, W. Su, and H. Harada, "TRITON: High Speed Maritime Mesh Networks", IEEE PIMRC, Sept. 2008.
- [3] 김영범, 김종훈, 왕우봉, 장경희, 박종원, 임용곤, "해상 환경에서의 무선 이동 통신을 위한 선박용 Ad-hoc 네트워크 운용 시나리오," 한국해양정보통신학회 논문지, Vol.13, No.10, pp.2097-2104, 2009년 10월.
- [4] 장동원, "차세대 해상이동통신 국제 표준화 동향 연구," 한국해양정보통신학회 추계종합학술대회, 2010년 10월.
- [5] 장동원, 이영환, "유비쿼터스 해상통신망 구축을 위한 기술 동향 연구," 주간기술동향, No.1364, pp.14-27, 2008년 9월
- [6] ESA website - Wired Ocean :
<http://telecom.esa.int/telecom/www/object/index.cfm?fobjectid=9121>
- [7] 윤철식, 차재선, "WiBro/Mobile-WiMAX 표준 개요", 정보과학회지 제25권 제4호, pp.5~14, April 2007.
- [8] 김문구, 지경용, 박종현, "디지털 컨버전스 시대의 모바일 브로드밴드 전개: 와이브로와 HSDPA", 한국통신학회지 (정보통신) 제23권 제4호, pp.81~88, April 2006.
- [9] 김영일, 안지환, 황승구, "WiBro와 WiMax 기술", 한국통신학회지 (정보통신) 제22권 9호, pp.112~127, September 2005.
- [10] Pierson-moskowitz sea spectrum :
<http://www.eustis.army.mil/weather/>