

Mesh Network 기반의 해상 정보 네트워크 시스템 설계

† 서기열* · 오세웅* · 조득재* · 박상현* · 서상현*

*한국해양연구원 해양시스템안전연구소

A Design of Maritime Information Network System Based on Mesh Network

† Ki-Yeol Seo* · Se-Woong Oh* · Deuk-Jae Choi* · Sang-Hyun Park* · Sang-Hyun Suh*

*Maritime & Ocean Engineering Research Institute, KORDI, Daejeon 305-343, Korea

요 약 : 선박운항에 있어서, 안전 운항환경 조성과 비용 효율성, 고정확성과 보안을 목적으로 IMO에서는 E-Navigation의 개념이 대두되어, 다양한 전자항해통신기술 서비스를 효율적으로 활용하기 위한 전략적 비전을 제시하고 있다. 따라서 본 논문에서는 E-Navigation 서비스를 위한 기반연구로서, 육상 광대역 솔루션의 하나인 Mesh Network를 이용하여 해상 정보네트워크를 설계한다. 구체적인 연구방법으로 먼저 국제적인 항만 네트워크 연구 현황에 대해 분석하고, E-Navigation을 위한 해상 네트워크 요구사항을 분석한다. 그리고 Mesh Network 시스템을 기반으로 하는 해상 정보네트워크를 설계하여 그 유용성을 살펴본다.

핵심용어 : 메쉬 네트워크, 이내비 게이션(E-Navigation), 국제해사기구(IMO), 해상 정보 네트워크, 광대역 통신

Abstract : The important purposes of research in ship operation are to ensure safe navigation, high efficiency of transportation, high accuracy, and security. IMO develops a broad strategy for incorporating the use of new technologies in a structured way to ensure that their use is compliant with the various electronic navigational and communication technologies and services that are already available. As a base research for E-Navigation, therefore, this paper proposes a maritime information network based on Mesh Network that is one of the maritime broadband solutions. Firstly, this paper analyzes an international port network system and the requirements of port network for E-Navigation. Finally, it designs the maritime information network system based on Mesh Network and shows its validity for E-Navigation.

Key words : Mesh network, E-navigation, IMO, Maritime information network, Broadband communication

1. 서 론

국제해사기구(IMO)에서는 청정 해양에서의 안전, 보안 및 효율적인 시스템을 개발하기 위한 수단으로 해사안전위원회(MSC) 81차 회의에서 E-Navigation 전략 개발(IMO, 2005)을 제안하였다. MSC 81차 회의에서는 2008년 완료를 목표로 항해안전전문위원회(NAV)와 해상통신 및 수색구조 전문위원회(COMSAR)의 신규의제로 포함하였다. 이에 따라, 국제 항로표지협회(ILALA)에서는 E-Navigation을 부두에서 부두 까지의 항해, 선상에서의 안전 및 보안, 해양환경보호를 강화하기 위하여, 전자적인 방법으로 선박과 육상의 해상관련 정보를 수집, 통합, 표시하는 것으로 정의하였고, 또한 전해역을 커버하는 전자해도(ENC), 무결성 측위 시스템, 선박과 육상을 연결하는 협의된 통신 인프라의 세 가지 핵심 구성요소를

제시하였다(ILALA, 2006). 한편, 해상정보네트워크 관련 연구 사례를 살펴보면, 먼저, 말라카/싱가포르 해협의 해양전자고속도로(MEH, Marine Electronic Highway) 구축 사업이 추진되고 있고, 미국해안경비대 연구개발센터(USCG R&D Center)의 지능형 수로시스템(IWS, Intelligent Waterway System)(Spalding and Shea, 2002)과 수로정보네트워크(WIN, Waterway Information Network) (Malyankar et al., 2003), 그리고 유럽연합(EU)의 MarNIS (Maritime Navigation Information Services) 사업(MarNIS, 2007)이 추진 중에 있다. 우리나라의 경우에는 해양수산부 주관으로 해상안전종합정보시스템(GICOMS, General Information Center on Maritime Safety & Security)을 추진하고 있다(안광, 2005). GICOMS는 정보기술을 활용하여 범국가적 해양재난 안전관리 체계를 마련하고, 선박모니터링을 통한 소형선박 및

* 교신저자 : 서기열(정회원), vito@moeri.re.kr 042)868-7505

* 정회원, osw@moeri.re.kr 042)868-7297

** 정회원, djchoi@moeri.re.kr 042)868-7282

*** 정회원, shpark@moeri.re.kr 042)868-7518

**** 종신회원, shsuh@moeri.re.kr 042)868-7264

어선의 조난체계 개선으로 인명피해를 최소화 할 뿐만 아니라, 해적, 테러우범 해역내 국내 수출입화물의 안전한 수송로 확보를 목적으로 추진하고 있다.

그러므로 본 논문에서는 E-Navigation 개발 및 서비스 체제 구현을 위한 방안으로, Mesh Network 기반의 해상 정보 네트워크 시스템을 설계하고 그 효용성을 살펴보고자 한다. 구체적인 연구방법으로 먼저, E-Navigation을 위한 해상 네트워크 시스템 설계 및 구성을 위한 요구사항을 도출하고, 다음으로 요구사항을 기반으로 해상 네트워크 시스템을 설계한다. 그리고 요구사항을 만족할 수 있는 Mesh Network를 적용하여 시스템의 효용성을 평가하고자 한다. E-Navigation을 위한 해상 정보네트워크의 구축은 해상 교통안전 및 물류흐름을 위해 해상 광대역 무선 네트워크 인프라를 구축하는 것으로서, 해상 교통 흐름 및 안전에 획기적인 변화를 가져다 줄 수 있을 것이다.

2. 해상 정보네트워크 요구조건 분석

2.1 네트워크 요구사항 분석

항만이나 연근해에서 선박의 운항에 필요한 무선 네트워크 시스템 설계를 위한 요구사항을 정리하면 Table 1과 같다.

Table 1 Requirements of port network system

구 분	내 용
적용 범위	항만, 항계 혹은 연안까지 커버할 수 있는 커버리지가 필요함
처리량	항만을 입출항 하는 선박, 이용자 수, 연결시스템에서의 지연과 병목을 고려
이동성	선박의 종류별 이동 상황을 고려하여 이동 시에도 충분한 연결성을 확보
보안	항만 관제와 군, 해경 등의 특수 업무에 이용할 경우 보안도 고려
간섭 방해	선박시스템이나 다른 무선 네트워크 시스템 간의 간섭이나 방해를 고려
비용	액세스 지점의 수, 적용 범위, 서비스 대상, 이용자 수와 형태에 따른 비용을 고려

2.2 요구정보 분석

해상 무선 네트워크 및 정보 네트워크 구성을 위해서는 먼저 네트워크 구현을 위해 요구되는 시스템과 정보의 분석이 필요하다. 따라서 선박과 육상 간의 전송정보 내용을 분석 및 정리하면 Table 2와 같다. 그리고 정보 네트워크 구현을 위한 선박 운항과 관련된 분야별 요구정보를 정리하면 Fig. 1과 같다.

Table 2 Contents of transfer information

구 분	내 용
VTS Center	선박정보 수집 (AIS/Radar/CCTV/PTMS) 항로계획/분석/최적항로 수립 선박인증/정보제공레벨 결정 항행정보 확인 선박교통흐름예측 및 분석
GICOMS	해양안전정보통합처리 관할부재해역 정보처리 해적/위험해역 정보 제공 원향 해역 정보 제공
PORT-MIS	선박입출항 정보 선박/선원/사용자 정보 제공 항만시설 사용 정보 검역 및 선박검사 정보 제공
NORI	수로 및 해양지리정보 최신 전자해도(ENC) 제공 조류/조석/조위 정보 항행통보/사격훈련/안전정보 해양공간정보(관측/측량/해조)
선사/대리점	선박입출항 서류 업무처리 선박 정보 선원/승객 정보 화물정보 항만시설사용허가서

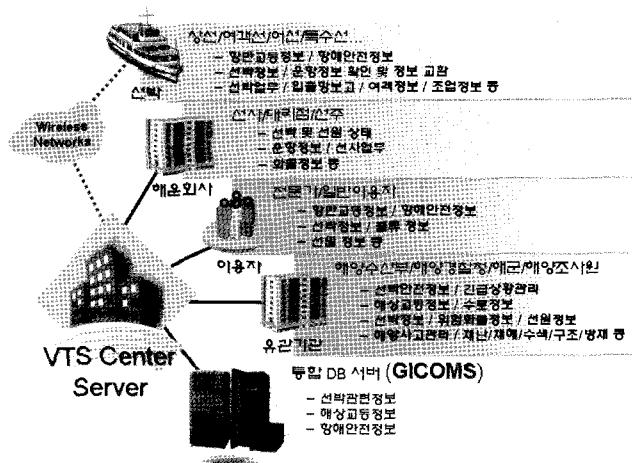


Fig. 1 Analysis of information requirements

2.3 네트워크 커버리지 분석

해상 무선네트워크 구현을 위한 주요항만별 최소 커버리지를 분석한 결과는 Table 3과 같다. 항로표지 등의 시설물을 고려 할 경우, 최소한의 요구되는 커버리지를 분석한 결과이다. 그리고 Fig. 2는 부산항을 예로 들어 셀반경이 1.5km일 경우의 커버리지를 각각 도시한 것이다.

Table 3 Minimum coverage of major ports

항 명	울산	부산	여수/광양	목포	평택	인천
커버리지 (km)	1.8	1.5	1.5	1.2	1.1	1.5

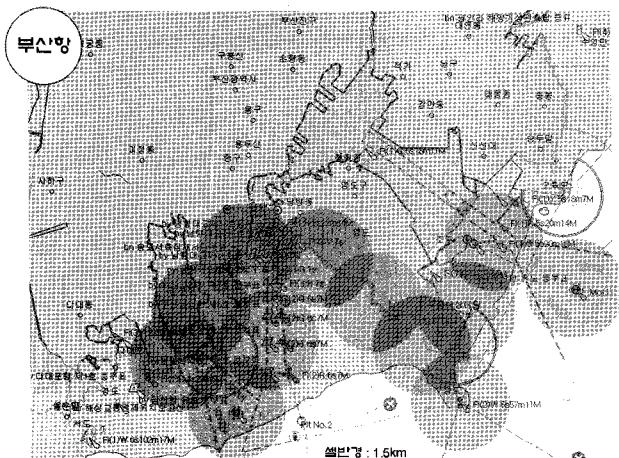


Fig. 2 Coverage of Busan port

2.4 네트워크 대역폭 분석

항만별 선박 세력에 따른 네트워크 대역폭을 계산하기 위하여, 일반 유선의 네트워크 대역폭 계산방식을 Table 4에 나타낸바와 같이 항만에 적용하였다.

Table 4 Analysis Method of Network Bandwidth

구 분	분석 방법
일반 유선	대역폭(Bandwidth) = 이용자수×현대역폭(bps)×동시사용률(%) ×동시접속률(%)×년도별 평균증가율(%)
해상/항만 적용	대역폭(Bandwidth) = 선박이용자수×현대역폭(bps)×동시사용률(%) ×동시접속률(%)×년도별 평균증가율(%)

해상에 적용할 경우의 Table 4의 네트워크 대역폭 계산법을 기초로 하여, 주요 항만별 선박 세력에 따른 네트워크 대역폭을 계산하기 위한 식을 정리하면 다음과 같다. 여기에서, B 는 대역폭(bps), n 은 수요예측에 의한 이용자 수, b_i 는 서비스별 통신 회선당 대역폭(bps), u 는 동시사용률(%), m 은 동시접속률(%), r 은 연도별 평균 증가율(%)을 각각 의미한다.

$$B = \sum_{i=1}^n b_i \times u \times m \times r$$

선박수 혹은 선박내 이용자수(n)는 동일 시간대에 항계내에 존재하는 선박의 수를 추정한 것으로서, 통항보고가 필요한 선박만을 우선 고려 대상으로 한다. 해양수산부 해운항만통계연보의 선박입출항실적 2005년도 자료에 기초하여, Table 5는 우리나라 주요항만의 입출항 통계를 정리하여 나타낸 것이다. 또한 Table 6은 위의 주요항의 입출항 통계를 기반으로 동일 시간대의 선박 입출항 통계를 추정하여 나타낸 것이다.

Table 5 Maritime traffic figures at the major ports

항명	울산	부산	여수/광양	목포	평택	인천
척수	51,489	96,711	53,491	18,706	11,852	42,463
총톤수	332,209,450	709,055,008	413,920,387	51,134,945	119,186,870	286,658,892

Table 6 Traffic figures per same time

항명	울산	부산	여수/광양	목포	평택	인천
척수	71	132	73	26	16	58
총톤수	455,081	971,308	567,014	70,048	163,270	392,683

현재의 대역폭을 결정하기 위하여, 현 INMARSAT-C 위성을 이용한 통신일 경우에 최대 64kbps까지 데이터 통신이 가능하므로, 현재 회선당 대역폭(b_i)을 64Kbps로 설정한다. 그러나 선박관제를 위한 데이터와 인터넷 이용 가능 데이터 처리량을 분석하여 추정해야 할 필요가 있다. 동시사용률(u)은 선박 내에서 인터넷 사용을 위해 혹은 네트워크 연결을 위해 PC 혹은 관련 시스템을 사용 중인 경우의 예상치를 분석한다. 그리고 동시접속률(m)은 동시에 사이트 접속률을 추정 분석하고, 연도별 평균증가율(r)은 연간 선박 혹은 이용자 수의 평균 증가치를 예상하여 그 추정치를 적용한다. Table 7은 해상에서 네트워크 대역폭 계산을 위한 분석 조건을 각각 나타낸다.

Table 7 Analysis requirements and its estimation values

분석조건	대역폭(Kbps)	동시사용률(%)	동시접속률(%)	평균증가율(%)	년수
예상치	64	50	20	10	5

예를 들어, 특정 항계 내의 선박이 특정 시간대에 134척이 있고, 현재의 대역폭이 64kbps, 동시사용률이 50%, 동시 접속률이 20%, 연도별 평균증가율이 10%라 가정한다면, 5년간 예상 대역폭(B)은 다음과 같다. 그리고 각 항만별 요구되는 네트워크 예상 대역폭 계산 결과는 Table 8과 같다.

$$B = 134 \text{척} \times 64 \text{kbps} \times 50\% \times 20\% \times (1 + (10\% \times 5\text{년})) = 1,272 \text{kbps}$$

Table 8 Results of port network bandwidth[kbps]

항명	울산	부산	여수/광양	목포	평택	인천
대역폭	677	1,272	703	246	156	558

항만 정보네트워크 구현을 위한 최소한의 요구사항을 정리하면, 항만관제 및 선박의 항만입출항 지원을 위한 최소한의 데이터 전송대역폭은 1.272Mbps 이상, 선박이 운항 중에도 네트워크 연결이 가능하도록 40km/h 이상의 이동성 확보, 그리고 항만이나 항계 내 범위, 항로표지의 위치, 운항항로 등을 분석하여, 최대한 넓은 커버리지를 확보할 수 있는 액세스 포인트(Access Point) 배치가 필요하다.

3. 해상 정보네트워크 설계

3.1 네트워크 시스템 구성

해상 정보네트워크를 구축하기 위해서는 고속의 정보 전송률(Data rate)과 이동중 정보 전송의 안전성 확보, 그리고 기지국 및 중계기간의 정확한 시각동기(Hand-off) 등을 기본적으로 확보하고 있어야 한다. E-Navigation을 위한 항만 정보 네트워크 시스템의 기본 구성을 나타내면 Fig. 3과 같다. 선박의 선교(Bridge)에서는 선박운항에 필요한 전자해도(ENC), GPS 혹은 DGPS를 이용한 자선의 위치, 속도(Speed log) 및 방위계(Compass), 자동조타시스템(Autopilot system), 전자해도표시장치(ECDIS)에 자동선박식별시스템(AIS) 등을 하나의 단일 창구(Single window) 형태로 일원화 시키고, 선박용 VMM(VMM)을 이용하여, 선박에서 무선네트워크 연결이 가능하도록 한다.

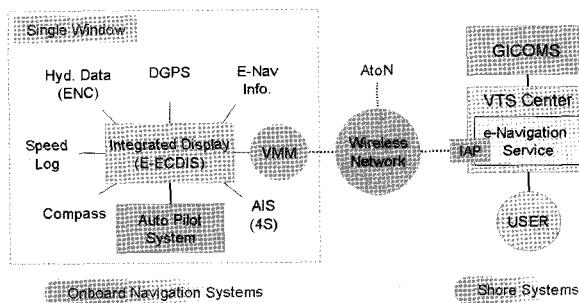


Fig. 3 Basic diagram of port information network system

항만 무선 네트워크를 구현하기 위한 선교시스템 구성은 Fig. 4에, 연안시스템 구성은 Fig. 5에 각각 나타낸다. 선교(Bridge or Onboard) 시스템에서는 기존 ECDIS 장비에 추가하여 해상조난안전제도(GMDSS), AIS 장비 등을 연결하고, 또한 선박운항과 관련하여 연안 VTS 관제 정보 혹은 e-Navigation 서비스 정보를 디스플레이 할 수 있는 시스템으로 구성된다. 그리고 연안에서는 VTS 센터를 중심으로 육상 유선 네트워크를 이용하여, 선사나 대리점, 해양안전종합정보시스템(GICOMS), 항만운영정보시스템(Port-MIS), 해양조사원(NORI), 해경, 해군, 지방해양수산청 등과 연계하여 선박 입출항과 관련된 안전정보 및 요청 정보를 제공한다. 여기에서 항로표지(AtoN)는 무선 네트워크를 위한 라우터 역할을 수행 할 수 있도록 구성한다.

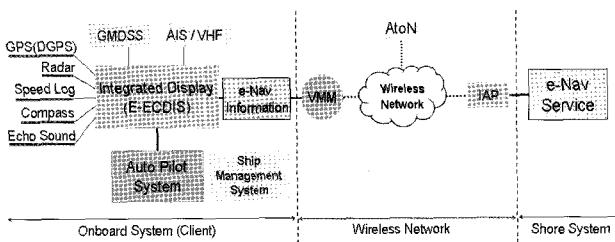


Fig. 4 Configuration of onboard system

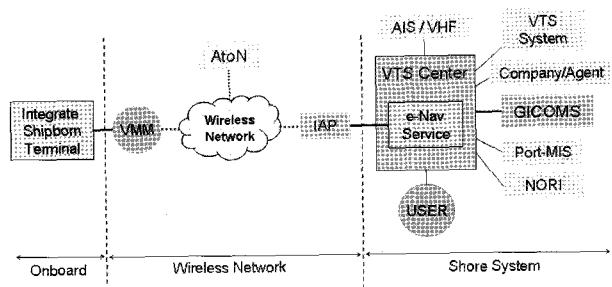


Fig. 5 Configuration of shore system

3.2 항만 정보 교환 모델

선박의 항만 입출항시 AIS나 VHF 통신을 이용하여, 선박 관제센터(VTS center)와 교신하고 있다. 그러므로 기존 통신 체계에 무선 네트워크를 기반으로 하는 연계 시스템 구성이 필요하다. Fig. 6은 현행 시스템과 무선 네트워크 시스템과의 연계 구성시 정보 교환을 나타낸다.

여기에서 항만 정보네트워크는 선박 통항에 필요한 다양한 정보형태와 다양한 포맷을 처리하고 확인할 수 있어야 한다. 이 네트워크 구현을 위해서는 정보 전송 및 교환을 위한 표준 언어 즉, 해양정보마크업언어(MIML, Maritime Information Markup Language)를 개발하고 생성하는 것이 필요하다. 이 MIML은 정보전송 수단으로 주목 받고 있는 XML 기술을 적용한 것으로 복잡하고 다양한 정보를 일관된 스키마(XSLT) 형태로 표현 및 전송이 가능하다.

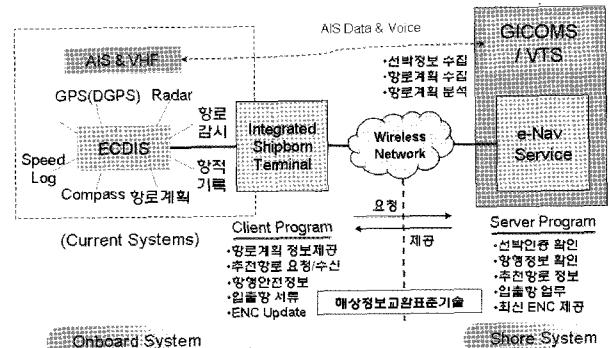


Fig. 6 Information flow to and from vessel to server

4. 해상 네트워크 시스템 성능평가

4.1 메쉬 네트워크 기반 시스템 구성

메쉬 네트워크(Mesh Network)는 고전적인 네트워크 기술 패러다임이 기지국(Base Station) 기반에서 Ad-hoc 네트워크로 변화되고, 이러한 Ad-hoc 네트워크는 각각의 구성 장치들 간에 데이터 통신을 하는 주체가 되어, 같은 네트워크 안의 다른 장치들로부터 받은 트래픽을 다른 장치에 릴레이 및 라우팅해주는 기능을 갖는 시스템이다.

메쉬 네트워크의 출발은 미국 군사기술을 민간용으로 전환한 것으로, 무선 메쉬 네트워크 기능을 탑재한 무선 LAN AP(Access Point)는 전원연결만 되면 네트워킹이 가능함으로

설치가 편리하고, 유선망과의 연결 없이 망 확장이 용이하다. IEEE 802.11b의 2.4GHz 대역에서 사용할 경우 약 1.5km범위에서 2Mbps 정도의 통신이 가능하고 시속 400km까지의 이동통신에서도 이용이 가능한 것으로 확인 되었다. 항만 무선 네트워크 시스템에 적용하기 위한 메쉬 네트워크의 사양을 정리하면 Table 9와 같다.

메쉬 네트워크 시스템의 구성은 네트워크 관리와 업그레이드, 장치 인증 및 DHCP/DNS 및 인터넷 연결을 위한 서버 MiSC(Mobile Internet Switching Server), 인터넷과 MiSC 연결을 위한 IAP(Intelligent Access Point), IAP와 클라이언트 간의 연결을 위한 EWR(Enhanced Wireless Router) 및 MWR(Mesh Wireless Router), 차량 혹은 선박에 탑재되는 클라이언트 장비인 VMM(Vehicle Mounted Modem), WSM(Wireless Sensor Modem), 그리고 PC 혹은 PDA나 노트북에서 네트워크 연결을 위한 WMC(Wireless Modem Card)로 구성된다.

Table 9 Specification of Mesh Network System

구 분	내 용
Basic Technology	Mesh Networking Ad hoc peer to peer multi-hopping
RF Modulation	QDMA
Frequency	2.4GHz, 2nd ISM Band Non Licensed Frequency
Frequency Channel	3×20MHz for Data 1×20MHz for Control
Data Rate	Burst : 6Mbps / Throughput : 1.6Mbps
Handoff	Soft Handoff (Make-before-Break, Cellular Type)
Mobility Speed	250mph (=400km/h)
Output Power	~300mW (~25dBm)
Antenna Gain	1, 2, 4, 8 dBi
Geo-Location	DTOF(Differential Time of Flight) Non-GPS System

4.2 시뮬레이션 및 성능평가

해상 네트워크 성능 평가는 메쉬 네트워크 시스템의 사양과 비교하여, 실제 해상 혹은 항만에서 이용시 네트워크 구성 및 적용이 가능할 것인지를 파악하기 위한 예비 실험이다. 네트워크 시스템 성능 평가를 위하여, Fig. 7과 같이 메쉬 매니저 기반의 서버와 무선 모뎀 카드를 장착한 클라이언트, 그리고 시스템 연결을 위한 DHCP 라우터로 구성하였다. Fig. 8는 무선 라우터와 액세스 포인트의 구성을 각각 나타낸다.

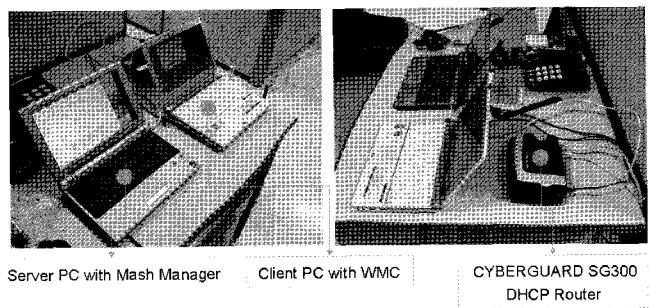


Fig. 7 Composition of Mesh Network System

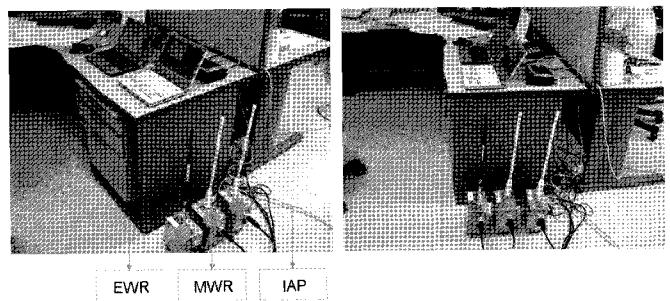


Fig. 8 Composition of EWR, MWR and IAP

해상 무선 네트워크를 구성하기 위하여, 항만 거리별 전송테스트라 가정하고 메쉬 네트워크 시스템을 이용하여 측정하였다. Fig. 9은 메쉬 네트워크 시스템의 정보와 메쉬 라우팅 테이블, 그리고 주변 시스템 테이블의 시그널 레벨 등을 나타낸다. 그리고 Fig. 10은 메쉬 네트워크 시스템의 평균 전송률을 나타낸다. 1Km 지점일 때의 평균 전송률은 1.47Mbps로 측정되었다.

또한 거리별 네트워크 시스템 성능을 평가한 결과는 Table 10과 같다. 메쉬 네트워크 시스템 테스트 결과 가시거리가 확보되는 환경에서 1.3Km까지 이동중 평균 1.45Mbps의 전송률을 나타내었다. 그리고 Fig. 11은 거리별 네트워크 시스템 성능 평가 결과를 그래프로 정리하여 나타낸 것이다.

Mesh Tray																			
Status	Configuration	Geo Position																	
Routing	Security	Authentication	Activity																
Routing Table:																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Destination</th> <th>Next Hop</th> <th>Hops</th> <th>State</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>00-05-12-0A-97-F6</td> <td>00-05-12-04-97-F6</td> <td>1</td> <td>EXCELL...</td> </tr> </tbody> </table>				Destination	Next Hop	Hops	State	00-05-12-0A-97-F6	00-05-12-04-97-F6	1	EXCELL...								
Destination	Next Hop	Hops	State																
00-05-12-0A-97-F6	00-05-12-04-97-F6	1	EXCELL...																
Neighbor Table:																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Destination</th> <th>Signal Level</th> <th>Last Rate</th> <th>Threshold</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>00-05-12-0A-99-BB</td> <td>-42 dBm</td> <td>1.5</td> <td>-120 dBm</td> </tr> <tr> <td>00-05-12-0A-82-5D</td> <td>-36 dBm</td> <td>1.5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>00-05-12-0A-97-F6</td> <td>-34 dBm</td> <td>6.0</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				Destination	Signal Level	Last Rate	Threshold	00-05-12-0A-99-BB	-42 dBm	1.5	-120 dBm	00-05-12-0A-82-5D	-36 dBm	1.5		00-05-12-0A-97-F6	-34 dBm	6.0	
Destination	Signal Level	Last Rate	Threshold																
00-05-12-0A-99-BB	-42 dBm	1.5	-120 dBm																
00-05-12-0A-82-5D	-36 dBm	1.5																	
00-05-12-0A-97-F6	-34 dBm	6.0																	
화이 최종 도움말																			

Fig. 9 Mesh Routing and Neighbor Table

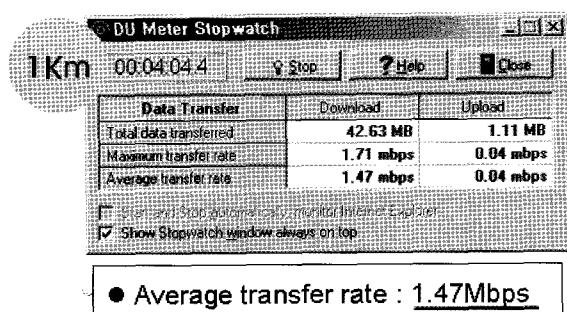


Fig. 10 Average transfer rate

Table 10 Test Result of Network Speed

거리(m)	속도(Mbps)	최대(Max.)	평균(Avg.)
100		1.77	1.47
300		1.78	1.47
500		2.16	1.47
600		1.61	1.48
800		1.59	1.47
1.0K		1.71	1.47
1.1K		1.96	1.34
1.2K		1.54	1.51
1.3K		1.52	1.38
평균속도(Mbps)		1.74	1.45

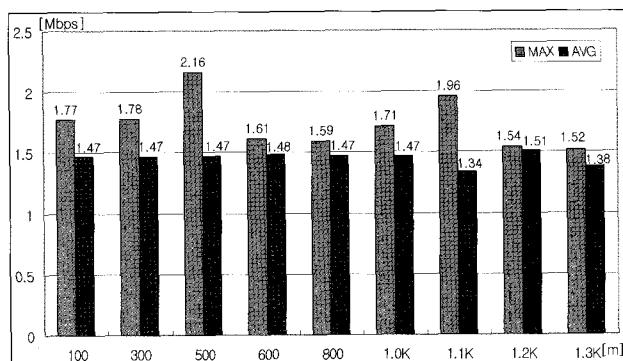


Fig. 11 Result Graph of Network Speed.

5. 결 론

본 논문에서는 E-Navigation의 개발 및 서비스 체계 구축을 위한 기반연구의 하나로서, 해상 정보네트워크의 설계 및 구현 방안을 제시하였다. 먼저, E-Navigation 정보 네트워크의 기반이 되는 해상 네트워크 체계를 구성하고, 해상교통 지원시스템을 정비함과 동시에 종합적인 해상 무선 네트워크를 구축하여, 해상관련 산업자에게 선박간, 선박과 육상국 간의 인터넷 이용이 가능한 해상 무선 네트워크 시스템과 정보 네트워크를 제안하였다. E-Navigation을 위한 해상 정보네트워크의 구축은 항만의 물류흐름과 교통안전을 위해 초고속 무선

인터넷 인프라를 구축하는 것으로 해상에서 적용이 더욱 효과적이라 할 수 있는 무선 인터넷 인프라를 해상 혹은 항만 내에 도입함으로써 해상 교통 흐름 및 교통안전에 획기적인 변화를 가져다 줄 수 있을 것이다. 그러나 해상 정보 네트워크는 선박 통항에 필요한 다양한 정보형태와 다양한 포맷을 처리하고 확인할 수 있어야 한다. 또한 보다 발전된 글로벌 광대역 해상 네트워크를 구축하기 위해서는 위성 통신기술의 발전 및 연계가 필요하다.

후 기

본 논문은 한국해양연구원의 기본연구사업인 “네트워크 기반 항만관제 및 항법체계 기술 연구” 과제의 지원으로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- [1] IALA(2006), E-NAV Committee input to the IMO NAV Correspondence Group TOR on e-NAV.
- [2] IMO(2005), Maritime Safety Committee 81st Session, Agenda item 23, Development of an E-Navigation Strategy.
- [3] Spalding, J. W., Shea, K. M.(2002), "Intelligent Waterway System and the Waterway Information Network", the Institute of Navigation National Technical Meeting.
- [4] MarNIS, Maritime Navigation and Information Services <http://www.marnis.org>
- [5] Malyankar, R. M., Shea, K. M., Spalding, J. W., Lewandowski, M. J., Baddam, A. R.(2003), "Managing Heterogeneous Models and Schemas in the Waterway Information Network". Conference on Digital Government research, pp.179~182. <http://www.eas.asu.edu/~gcss/research/navigation>
- [6] Randy Gillespie(2004), Global Marine Electronic Highway, Canadian Geoproject Center.
- [7] Sally Basker(2005), e-Navigation: The way ahead for the maritime sector.
- [8] 안광(2005), "선박위치보고시스템의 현황과 국제동향", 선박위치정보 이용에 관한 세미나.
- [9] 정중식(2006), "해상무선통신시스템의 적용에 관한 IMO 동향과 E-Navigation Strategy", 한국해양연구원 해양시스템안전연구소 세미나 자료.

원고접수일 : 2007년 4월 6일

원고채택일 : 2007년 8월 23일