

해상교통관제해역 내 효과적 경로교환 체계 도입에 관한 연구

박재홍* · 정창현** · † 박성현

*목포해양대학교 대학원, † **목포해양대학교 교수

A Study on the Introduction of Effective Route Exchange System in the VTS Area

Chae-Hong Pak* · Chang-Hyun Jung** · † Sung-Hyeon Park

* Graduate School of Mokpo National Maritime University, Mokpo, 530-729, Korea

†, ** Professor, Mokpo National Maritime University, Mokpo, 530-729, Korea

요 약 : e-Navigation은 선박의 안전과 보안 및 해양환경 보호를 목적으로 선박의 출항에서 입항까지 전 과정에 있어 선박과 육상 간 필요 정보를 수집, 통합, 교환, 표현 및 분석하는 체계를 구축하는 정책이다. 북유럽에서는 이 정책의 수행과제들 중 하나로 선박 대 선박 그리고 선박 대 육상 사이에 선박 경로정보를 교환하는 방식을 고안하였다. 현재는 주변 선박 간 경로정보를 교환하여 항행정보로 활용하는 방안부터 항해계획상의 전 경로에 대해 육상과 선박 간 다양한 정보를 공유하는 방안까지 다양한 연구를 진행 중이며, 향후 경로교환시스템이 선박통합항행시스템의 주요 기능으로 구현될 때에는 현재의 해상교통관제 방식에도 커다란 변화를 가져올 것으로 예상된다. 이에 따라 본 연구는 북유럽에서 시작한 경로교환 선행연구를 소개하고 실제 선박충돌사고 사례에 가장 적용하여 그 실효성을 확인하였다. 더불어 관제해역 내 적용 시 문제점을 분석하고 개선방안으로 선박 주도가 아닌 VTS 중심의 경로교환 방안을 도출하였으며, 관련 관제장비의 기능 개선안과 연안 해상교통관제에 해상교통조정 기능의 필요성과 방향성을 검토하여 우리나라 연안에 적합한 경로공유 방안을 제시하였다.

핵심용어 : e-Navigation, 경로교환시스템, 선박통합항행시스템, 해상교통관제, 해상교통조정

Abstract : The system that covers gathering, integrating, exchanging, presenting and analyzing of information within ships and shores for the safety and security in Marine Environment is known as e-Navigation Policy. Northern Europe has been conducting research and development. It came up into a concept that deals with ship's route information between vessels as well as vessels to shores which is better known as route exchange system. The research showed substantial advantages on navigational safety by exchanging the route information between vessels in vicinity and vessels to shores. Therefore, upon the adaptation of route exchange System as a major function in integrated navigational system, the existing procedures in VTS could be changed for betterment. In this study, it was verified the effectiveness of route exchange system by the adaptation of a recent collision accident occurred in Korean coast and suggested that route exchange system which would be carried out by the discretion of VTS center in VTS area. Finally, it proposed the new functions for outstanding services and procedures of integrating traffic organization services on coastal VTS for an effective route exchange system in Korean coastal area.

Key Words : e-Navigation, route exchange system, integrated navigational system, VTS, traffic organization service

1. 서 론

선박의 항행 안전을 위하여 선박에는 끊임없이 새로운 항해지원 장비가 도입되어 왔으며, 이를 통해 선박 항해자에게 다양한 항행정보가 제공되어 왔다. 항해자가 조기에 적절한 판단을 내리기 위해서는 이러한 정보들이 보다 최적화되고 안전한 정보가 제공되어야 한다(Lee et al., 2012)는 요구에서 제기된 e-Navigation 정책은 표준화된 정보를 선박과 육상 모두에게 효율적으로 공유하는 방안에 대하여 로드맵을 제시하고 다양한 분야에서 시스템 구축을 위한 연구가 활발히 진행 중

이다.

이 중 북유럽에서는 e-Navigation의 수행과제 중 하나로서 선박의 경로(Ship's Route)를 선박 대 선박 그리고 선박 대 육상 간에 모두 공유하는 방안에 대하여 연구 중으로 선박 통합항행시스템(Integrated Navigation System, 이하 INS)과 접목하여 경로교환(Route Exchange, 이하 영문으로 통일) 기능을 구현하기 위한 기초연구를 진행 중이다(Wilske and Lexell, 2011).

이러한 Route Exchange 방안의 간략한 예로는 해상에서 어떤 선박 'A'의 전자해도표시정보장치(Electronic Chart

† Corresponding author : 종신회원, shpark@mmu.ac.kr 061-240-7171

* 연회원, negagu@hanmail.net 010-9457-1603

** 종신회원, hyon@mmu.ac.kr 061-240-7182

(주) 이 논문은 “VTS 중심의 효과적 경로공유 방안에 관한 연구”란 제목으로 “2013 추계학술대회 한국항해항만학회논문집(한국해양수산연수원, 2013.10.23.-25, pp. 201-203)”에 발표되었음.

Display and Information System, 이하 ECDIS)에 입력한 선박 'A'의 경로정보(Way Point로 구성된 Route 정보)가 선박 자동식별장치(Automatic Identification System, 이하 AIS)를 통해 선박 'A'의 인근 모든 선박 및 육상국에 전파되며, 또한 타 선박들의 경로정보도 선박 'A'를 비롯한 모든 주변 선박들의 ECDIS 화면에 제공되고 표시되는 것이다(IALA, 2014).

Park et al.(2010)은 VTS 관제구역에서 다수의 선박간 항해위험도를 동시에 표시해주는 해상교통지원시스템을 제안하고 있으나, 해상에서 선박 간 충돌회피동작 및 경로변경에 있어 현재의 항해장비로는 항해자가 주변 선박들의 경로정보까지 충분히 고려하여 결정하기는 쉽지 않다. 현재 상대선박의 경로를 확인하기 위한 방법은 극히 제한적으로 AIS 수신정보로 상대선박의 목적지를 확인하여 예상경로를 추측하는 정도 내지는 초단파 통신기(Very High Frequency Radio, 이하 VHF 통신기)를 이용한 교신을 통해 직접 문의하여야 하는 번거로움이 따른다. 이러한 문제점으로 인해 항해자는 주변 선박들이 의도하는 경로를 충분히 고려치 않고 당시 상황에서의 최근접점(Closest Point of Approach, 이하 CPA)만을 고려하거나 국제해상충돌예방규칙(International Regulations for Preventing Collisions at Sea, 1972, 이하 COLREGs)에만 입각한 회피동작의 실행으로 사고의 위험성이 더욱 증가된 사례를 확인할 수 있었다(KMST, 2012).

향후 Route Exchange 방식이 도입된다면 ECDIS를 보유한 선박을 대상으로는 주변 선박의 경로를 손쉽게 확인 가능하게 되므로 상대 선박이 의도하는 경로를 고려하고 이를 근거로 보다 적절한 침로변경 및 충돌회피동작이 가능하게 될 것으로 판단된다. 이러한 취지에 따라 Route Exchange 초기 연구는 선박 상호간에 예정 경로(Intended Route)를 교환함으로써 그렇지 못한 때와 비교·분석하는 시뮬레이션과 그에 따른 효과를 확인하는 연구를 실행하였으며 긍정적인 효과를 확인하였다(Tomczak et al., 2013).

최근에는 ECDIS에 Route Exchange를 구체적으로 구현하는 연구를 실행 중으로 경로상의 변침점(Way Point, 이하 WP)이 포함된 CPA 및 최근접점 도달시간(Time to CPA, 이하 TCPA)을 계산하고 시험조선(Trial manoeuvre)을 행하며 더 나아가 육상에서는 전체적인 경로를 검토하고 선박에게 적정 경로를 권고·수정하는 방안까지 다양한 활용안을 목표로 연구를 진행 중이다(IALA, 2014).

이러한 Route Exchange 연구는 적용에 대한 포괄적 구상과 필요성 입증에 위한 기초연구를 시작으로 향후 항해장비 및 육상 관제장비의 주요기능으로써 연구를 진행 중으로 향후 e-Navigation 정책 하에서 해상교통 및 육상의 역할에 큰 변화를 가져올 것으로 예상된다.

우리나라에서도 해양수산부, 산학 및 여러 연구기관에서 e-Navigation 정책에 대한 대비와 각종 연구개발을 진행 중으로 현 북유럽 주도의 Route Exchange 연구에 대한 관심과 함께 모든 해역에서 적용 가능하고 특히 우리나라 연안과 항만

의 특성에 적합한 독자적 모델 연구가 필요하다.

따라서 본 논문에서는 이러한 연구의 필요성을 검토하고, 실제 연안 해역에서의 선박 통항상황과 실제 선박 충돌사고 발생 사례를 통해 상대선박의 경로를 인지했을 경우와 그렇지 못한 경우를 비교·분석하여 그 실효성을 검토하였다. 그 결과 Route Exchange는 e-Navigation 정책에 부합하면서도 실질적으로 해상 안전을 보다 증진시킬 수 있을 것으로 기대된다. 또한, 해상교통관제 해역 내에서 VTS(Vessel Traffic Service, 이하 VTS)의 개입 없이 선박 주도만으로 Route Exchange가 이루어질 때의 한계와 VTS의 개입으로 적절한 경로조정이 시행될 경우를 예로 Route Exchange 도입에 있어 VTS 역할의 중요성을 확인하였으며, 관제해역 내 만곡부 항로상에 다수 선박들 간의 통과상황 예측을 용이하게 하기 위해 개발이 시급한 관제장비의 기능 개선안을 제안하였다. 그리고 'VTS 중심의 경로교환' 방안을 제시하여 수로가 복잡하고 선박의 통항량이 많은 연안과 항만해역에서 가장 적합하고 효율적인 Route Exchange 방향이 어떤 것인지에 대하여 제안하고 향후 연구방향을 제시하고자 한다.

2. 국외 Route Exchange 연구 동향

2.1 Route Exchange 기초 연구

발틱 및 북해를 대상으로 한 북유럽의 EfficienSea Project (Efficient, Safe and Sustainable Traffic at Sea) 및 ACCSEAS Project(Accessibility for shipping, Efficiency Advantages and Sustainability)는 2009년 2월부터 2015년 3월까지 계획된 연계 프로젝트로 e-Navigation 관련연구와 함께 Route Exchange에 대하여 연구 중이다. 최초 연구인 EfficienSea Project의 연구는 Fig.1과 같이 Route Exchange의 기초 개념설계 및 레이더와 유사한 화면상에서의 간이 시험을 시작으로 2012년 4월부터 연구를 이어받은 ACCSEAS Project에 의해 Route Exchange를 ECDIS에 기능적으로 구현하는 연구를 진행 중이다(IALA, 2014).

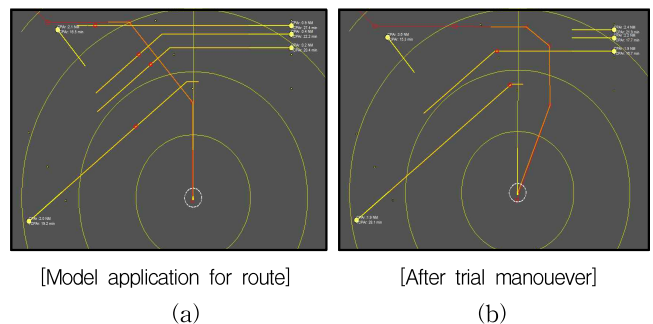


Fig. 1 Fundamental concept of EfficienSea for route exchange

Fig.1(a)는 자선을 기준으로 주변의 선박 4척과의 관계를 표시한 것으로 자선의 경로는 주황색과 적색으로 표시되고 주변 선박들의 경로는 황색으로 표시되어 있으며, 황색 경로상의 적색 점은 현 경로상의 WP가 포함된 CPA를 나타낸다. 그리고 Fig.1(b)는 수개의 WP를 변경하여 자선의 경로를 변경했을 때의 시험조건 기능을 표시한 것으로 변경된 타선과의 CPA가 표시되고 있다. 이 기능은 선박 간 상대벡터 계산에 의해 계산 당시의 CPA를 확인하는 기존 방식과 달리 경로 상의 CPA를 계산하고 통과 상황을 예측하는 방식으로 선박들이 WP에서 경로대로 변칙했을 때 선박들 간에 이루어지는 새로운 통과상황을 확인하는 방식이다(Wilske and Lexell, 2011).

Fig.2는 EfficienSea Project에서 선박 시뮬레이션 ECDIS에 Route Exchange를 적용한 것이다. 이 시뮬레이션은 선장, 일 등항해사 면허 소유자와 5명의 학생으로 구성된 총 20명의 항해사를 대상으로 하였으며, 상대선의 목적지와 경로를 알지 못하는 경우와 경로정보가 표시되는 경우에 대한 비교 시뮬레이션을 통해 Route Exchange의 효과를 확인하였다. 이 시뮬레이션을 통해 상대선박의 의도된 경로를 인지하지 못하는 상태에 비하여 ECDIS로 상대선박이 의도한 경로를 인지하고 있는 때에 보다 적절한 회피동작이 가능함을 확인할 수 있었다. 또한 공유된 경로정보의 이점을 확인하였고 항해자가 위험회피동작을 결정함에 있어 업무적 부담감(Work Load)이 경감됨을 확인함으로써 Route Exchange의 효과를 확인한 것이다(Tomczak et al., 2013).

Fig.2는 상대선박의 경로를 확인 가능한 상황으로 ECDIS에 자선을 비롯한 상대 선박의 경로정보가 표시되어 있다. 이렇듯 경로정보를 모르는 상황과 인지하고 있는 상황은 충돌회피동작을 취함에 있어 전혀 다른 결론을 도출하게 되며, 항해자가 적절한 판단을 하는데 있어 업무적 부담감의 차이 또한 확연히 구별된다.



Fig. 2 Screen with route information of other ship

위와 같이 Route Exchange의 기본개념과 효과를 확인한 EfficienSea Project에 이어 ACCSEAS Project는 2014년부터

2015년까지 ECDIS에 기능적으로 적용하는 방안에 대하여 연구를 계획 중이다. 이 프로젝트의 로드맵은 선박들 간에 공유된 WP 정보를 ECDIS 화면상에 표현하는 방식에 있어 좀 더 구체적인 모델을 연구하는 것으로 사용자가 주변 선박의 경로를 확인하고자 할 때 'Show Intended Route' 메뉴를 선택하면 주위 선박들의 WP가 8개까지 현 위치를 기준으로 전방에 표시되는 방식이다(IALA, 2014).

2.2 Route Exchange 확대 적용 연구

Route Exchange 연구와 더불어 선박의 항해계획(Voyage Plan) 전체를 관리하는 개념의 시스템 연구가 MONALISA (MOTORWAYS and electronic NAVigation by inteLLigence at SeA) 및 IONO(IONian integrated marine Observatory) Project에 의해 진행 되었으며, 특히 MONALISA 프로젝트는 STCC(Shore-based ship Traffic Coordination Centre)라는 육상 관리 제도를 Route Exchange와 접목하여 Voyage Plan을 상호 교환 및 검증하여 추천항로를 권고하는 방안을 연구 중이다(IALA, 2014).

이러한 개념은 STCC가 관리해역(STCC Area)에 진입하는 선박으로부터 Voyage Plan을 받고 경로상의 UKC(Under Keel Clearance) 등 안전사항을 검토하여 수정 및 동의 절차를 걸쳐 안전 항로(Green corridor)를 지정·제공하여 전체항로를 지속적으로 관리하는 시스템으로 이는 e-Navigation 하의 진보된 Data 전송체계를 기반으로 한다.

현재 MONALISA 프로젝트의 연구 활동은 크게 4가지로 Table 1과 같이 구분할 수 있으며, Table 2와 같이 선박 항해사, 선주 및 연안국 해상교통 관리주체에게 서비스 제공을 목표로 하고 있다(MONALISA, 2014).

Table 1 MONALISA project activities

1. Dynamic and Proactive route planning [Green Route]
2. Verification system for officer certification
3. Quality assurance of hydrographic data
4. Global sharing of maritime information

Table 2 MONALISA provides services to

Bridge crew	Constantly updated route, Best route choice
	Improved information, Warning about dense traffic
	Assistance from land, Improved decision support
Ship owner	Reduce coast
	Improved environmental performance
Sea Traffic Control Center	Surveillance and Control with real time data, Early warnings about dense traffic, Basic data for advice
	Officer information of Confidence, Qualification, Duty states

IONO 프로젝트 또한 해양기상 등 경로상의 항행안전정보를 제공·교환하는 Ship's Routing Service를 연구 중이며, ARIADNA(Maritime Volumetric Navigation system) 프로젝트

트에서도 통항 밀도에 입각한 정보교환 시스템인 VNS (Volumetric Navigation System)를 구상 중이다.

이와 같은 Route Exchange 선형연구에서 선박 및 육상에 공유한 경로를 따르지 않을 경우에 발생하는 문제점과 육상에 너무 의존하는 항행 시스템을 우려하는 견해도 제기된 바 있어 현재의 연구를 기반으로 시스템 구축을 위한 아이디어가 필요한 시점이다(Thomas et al., 2013).

이렇듯 향후 e-Navigation 정책에서는 Route Exchange를 통한 선박, 육상 간의 새로운 해상안전관리 체계가 형성될 것이라 예측 가능하다. 또한 연안과 항만의 선박관제를 담당하는 VTS의 역할도 크게 확대될 것이므로 북유럽 주도의 현행 연구와 별도로 우리나라의 연안과 항만에 적합한 차별화된 Route Exchange 시스템 연구가 필요할 것이다.

3. 해양사고 사례의 Route Exchange 적용

항만 관제해역에서 발생한 실제 선박 충돌사고 사례 중 Route Exchange가 적용되었다면 사고의 위험성을 조기에 발견하고 예방하거나 보다 적극적인 관제가 가능하였을 것으로 추정되는 사례에 대하여 다음과 같이 분석하였다.

3.1 항만 관제해역에서 선박충돌사고 분석

다음 사례는 여수 교통안전특정해역으로부터의 출항선박과 특정해역 인근을 통과하여 삼천포항으로 향하는 통과선박 간에 발생한 충돌사고로 사고의 위험성이 개시된 시점부터 충돌 발생 5분 전까지의 항적기록을 Fig.3에 나타내었다.

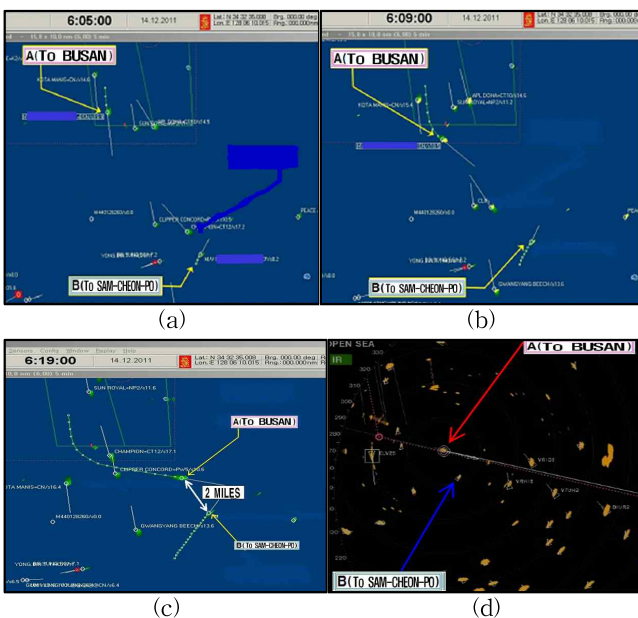


Fig. 3 Track data from VTS and 'A' ship's voyage data recorder

이 사고의 개요로는 광양항을 출항한 6만 5천톤급 컨테이너

선 A호가 삼천포항을 향해 항해 중이던 7만 7천톤급 일반화물선 B호와 2012년 12월14일 06시24분에 횡단관계로 충돌한 사고로 A호는 교통안전특정해역 출항항로를 빠져나와 목적지인 부산항을 향해 항해계획상의 경로로 변침 후 15분 만에 B호와 충돌하게 되었다(KMST, 2012).

Table 3 Transcript of VHF communications at 06:08 AM

VHF Communications between 'A' Ship and VTS	
A ship	“여수 VTS, 남측선 통과하여 부산으로 출항하고 있습니다.”(Yeosu VTS, I am heading for Busan passing the south reporting line.)
VTS	“예, 양지하였습니다. 귀선 입항선과 어떻게 통과하겠습니까?”(Roger, What is your intention with the vessel inbound?)
A ship	“네, 피해서 올라가겠습니다.”(I will navigate with caution.)
VTS	“피해서가 아니고요, 귀선의 의도가 무엇입니까?”(What is your intention, exactly?)
A ship	“지켜보고 있으니깐요, 확인하고 가겠습니다.”(I am paying attention to the vessel inbound.)
VTS	“귀선 목적지가 부산인데 우현 대 우현으로 통과 하시려면 직각으로 횡단하셔야 하고, 좌현 대 좌현으로 통과하실 겁니까?”(Your destination is Busan, what is your intention with the vessel inbound on passing stb'd to stb's or port to port?)
A ship	“확인해서 좌현 대 좌현 하겠습니다.”(I am going to pass port to port.)

Table 4 Transcript of VHF communication until the collision

Time	Ship	VHF Communications between Two Ships
06 18 29	B	A호, 여긴 B호입니다, 감도 있습니까?(A, this is B. How do you read me over?)
	35 A	예, 여긴 A호입니다.(This is A, go ahead.)
	37 B	예, 수고 많으십니다, 채널 9번 부탁드립니다, 9번요.(Change to channel 9.)
	45 B	A호, 여긴 B호입니다, 감도 있습니까?(A, this is B. How do you read me over?)
	49 A	예, B호, A호입니다.(B, this is A, go ahead.)
	50 B	귀선 지금 본선 앞쪽으로 추월해 가실 겁니까?(Do you intend to overtake the ahead of me?)
	57 A	귀선 지금 본선 앞쪽에 있는 불빛 환하게 밝힌 그 선박입니까?(Do you the vessel lighting on bright in ahead of me?)
06 19 03	B	귀선 지금 스타보드 쿼터에 있는 뱁니다.(No, I am on stb'd quarter from you.)
	09 A	본선 스타보드 쿼터에 있는 배요?(Is the vessel on stb'd quarter from me?)
	14 B	예, 귀선 스타보드 쿼터에 있는 뱁니다.(Yes, I am on stb'd quarter from you.)
	15 A	예, 확인해 보겠습니다.(Yes, I will confirm.)
	37 A	본선이 귀선 추월해가도 되겠습니까?(Can I overtake you?)
	41 B	CPA가 너무 가까운데 본선 뒤로해서 가시면 안 되겠습니까? 스타보드로 가시면 안 되겠습니까?(You are very close to me. So, can you pass astern of me?)
	47 A	예, 알겠습니다.(Yes, Roger.)
06 22 23	A	B호, 우측으로 좀 돌려주십시오.(B, alter course to stb'd, please.)
	29 B	예, B호입니다.(Yes, this is B.)
	33 A	예, 우현으로 변침해 주십시오.(Yes, alter course to stb'd.)
	45 VTS	A호, 여수 VTS.(A, this is Yeosu VTS.)
	57 A	B호, 우측, 우측, Stb'd 쪽으로 좀 돌려주세요.(B, alter course to stb'd.)
	VTS	A호, 여수 VTS.(A, this is Yeosu VTS.)
06 23 01	B	예, 지금 돌리고 있는데 귀선이 본선 뒤쪽으로 가기로 통화하지 않았습니까?(Yes, I am altering course to stb'd. But don't you communicate with me to pass astern of me?)
	05 A	예, 그러니깐 지금 돌리고 있지 않습니까, Stb'd 쪽으로 (Yes, I am altering course to stb'd.)
	12 -	(Sound of Telegraph)
	36 B	B호 우측으로 돌고 있습니다.(This is B, I am altering

			course to stb'd.)
	42	A	예, Midship 하세요, Midship, Midship.(Yes, B, Midship, Midship, Midship.)
	43	B	우측으로 돌고 있습니다.(I am altering course to stb'd.)
	44	A	예, 돌지 마세요.(B, don't alter course.)
	52	A	돌지 마세요.(B, don't alter course.)
	58	-	(Sound of Telegraph)
06 24 00	-	-	(Sound of Collision)

Fig.3(a)의 06시05분 상황은 A선박이 여수 특정해역을 이탈하기 직전에 다음 침로를 결정하여야 하는 상황이고, Table 3의 06시08분에 실시된 A호와 여수 VTS와의 마지막 VHF 교신내용에는 관제사가 A선박의 목적지가 부산항인 점을 감안하여 목적항의 방향인 좌현으로 대각도 변경하여 입항선박들과 우현 대 우현으로 통과할 것인지 아니면 입항선 들과 좌현 대 좌현으로 계속 남하할 것인지를 문의하였고, 이때 A선박은 좌현 대 좌현으로 통과하겠다는 의사를 밝혔다.

Fig.3(b)의 06시09분 상황은 VTS와의 교신내용과는 반대로 좌현변경을 실시한 상황이고, Fig.3(c)의 06시19분 상황은 A선박과 B선박이 충돌위험을 인지하고 Table 4에서와 같이 처음으로 선박 간 VHF 교신을 실시한 상황으로 이미 양 선박간의 거리는 2마일로 충돌 위험상황에 이르게 되었다.

Fig.3(d)는 선박항적기록장치(Voyage Data Recorder)에 저장된 A선박의 06시19분 ECDIS 화면으로 목적지인 부산항까지 ECDIS 내에 이미 입력된 침로(Course Line)를 따라 좌현 변경하였던 것으로 확인된다. 이렇듯 A선박은 VTS와의 협의에도 불구하고 원래의 계획된 경로를 따라 변경하였고, 그와 같이 침로를 변경할 때 B선박과의 위험상황 발생에 대해서는 VTS 및 양 선박 모두 조기에 인지하지 못한 경우라고 판단된다.

3.2 선박충돌사고 사례에 Route Exchange 적용

Fig.4(a)는 충돌시의 전체 항적기록이며 Fig.4(b)는 Route Exchange 도입을 가정했을 때의 상황도이다. Fig.4(b)에서 주황색 선은 A, B선박 원래의 경로정보를 표시한 것이며, 적색 원은 이때 WP를 포함한 양 선박 간의 CPA에 근거한 위험구간을 나타낸 것이다. 그리고 녹색 선은 적색 원인 위험구간을 회피하기 위해 선박 또는 VTS에서 시험조건을 통해 임의 변경 가능한 위험 회피경로를 가정한 것이다.

아래의 선박충돌사고 사례에 Route Exchange를 가상 적용하였을 때 만약 A선박의 최초 침로변경 전에 A선박의 의도된 경로를 토대로 B선박과의 위험성을 인지하였다면 A선박은 예정된 침로를 따르지 않고 VTS와의 합의대로 좀 더 우회하여 모든 입항선박들을 좌현 대 좌현으로 통과하는 경로를 선택하였을 수 있다. 또는 사고 당시와 동일하게 원 경로를 따라 좌현 변경을 하였다 하더라도 양 선박 모두 조기에 상대선박을 인지하고 적절한 충돌회피동작을 실행할 수 있었을 것으로 추정된다. VTS에서도 선박의 목적지와 WP가 포함된 경로까지 고려된 위험구간 확인을 통해 보다 적극적인 개입으로 위험상황을 조기에 조정할 수 있었으리라 판단된다. 이와 같이 VTS

에서 녹색으로 표시된 3가지 위험 회피경로를 A선박에게 제공하고 이행여부를 계속 모니터링 하였다면 충돌사고 위험성을 크게 감소시킬 수 있었을 것으로 분석된다.

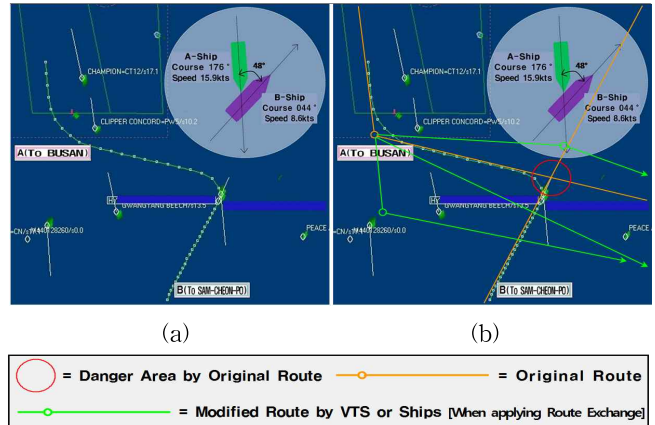


Fig. 4 Collision situation with history dots and Applying Route Exchange

4. 관제중심의 Route Exchange 적용(안) 제시

e-Navigation 정책은 Berth to Berth 개념을 추구하고 있으나 현재 북유럽의 Route Exchange 연구는 항만 내의 구간, 즉 도선구간과 같이 다수의 선박들이 수렴하여 항해하는 해역에서는 아직까지 구체적인 연구 목표나 결과가 도출되지 않았다. 항만의 경우에는 기존처럼 VTS의 역할이 Route Exchange를 대신할 수 있으나, 앞서 언급된 선박충돌사고를 예방하기 위해서는 Route Exchange를 이용한 보다 적극적인 VTS 기능이 필요하다. 다음은 선박 주도의 Route Exchange가 갖는 한계와 VTS 중심의 Route Exchange 적용 방안을 제시한다.

4.1 항만 관제해역 내에서 Route Exchange 적용 필요성

항만관제해역에서는 좁은 항로 내에 다수의 선박들이 존재하며, 항로 및 협수로의 특성상 선박의 잦은 경로 수정이 필요하여 미리 설정한 경로정보를 VTS 및 타 선박들에게 제공하는 것 자체가 무의미 해 질 수 있다. Fig.5는 여수항 관제구역에 실제 수렴하는 선박들을 예로 선행 연구 중인 개념의 Route Exchange를 가상 적용해 보았다. 그림과 같이 선박에서 미리 준비한 경로정보는 항로의 특성상 서로 수렴하고 중첩되어 선박 간에 Route Exchange가 구현된다 하더라도 목적지 확인과 CPA 및 TCPA를 확인하는 정도 이상의 효과를 거두기는 곤란하다. 특히 위험상황을 미연에 예방하고 조정하기 위한 측면에서는 선박 상호간의 합의도출이 곤란하여 VTS의 고유 역할인 해상교통조정(Traffic Organization Service, 이하 TOS)이 여전히 필요하게 된다.

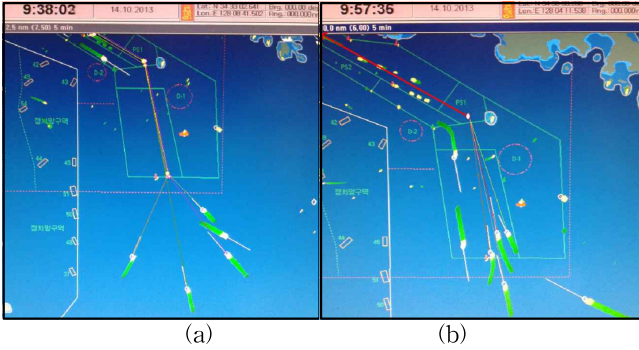


Fig. 5 Assumed situation based on ship-driven Route Exchange without TOS

Fig.5와 같이 VTS의 TOS가 없는 Route Exchange는 관제해역에서 적용되기 곤란하여 Route Exchange 기능을 Berth to Berth 까지 확대 적용하기 위해서는 선박 주도가 아닌 VTS가 중심이 되는 경로 분배 방안이 필요하다.

Fig. 6은 Fig. 5(a)와 동일한 상황에서 VTS에 의해 경로가 조정된 후 모든 선박들에게 재분배된 VTS 중심의 Route Exchange를 표현한 것이다.

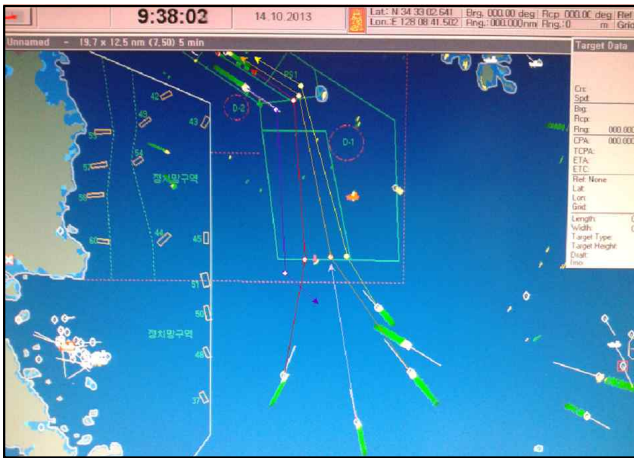


Fig. 6 Assumed situation based on VTS-driven Route Exchange with TOS

이렇듯 Route Exchange 적용이 곤란하다고 여겨질 수 있는 항만 관제해역에서도 VTS가 추가 되어 경로를 조정·분배하고 신속히 공유시킨다면 VHF 통신에 한정된 해상교통관제 방식에 있어 효과적인 정보교환 수단이 될 것이다. 또한 VTS의 TOS에 있어 경로 변경 및 선속 조정이 필요한 선박들에게 빠른 합의를 도출해 내고 선박에서는 알지 못하는 항만의 종합적인 상황까지 고려한 경로정보의 제공으로 현행 VTS 기능을 획기적으로 개선시킬 수 있으리라 판단된다.

4.2 관제해역 내 Route Exchange 적용을 위한 요건 분석

현재 대부분의 선박에서 ECDIS에 입력한 WP 경로는 해도상의 침조선(Course Line)과 같은 역할로써 Berth to Berth

개념이 아닌 도선점(Pilot Station, 이하 P/S)에서 P/S까지의 연안과 대양항로를 위한 WP 정보이다. 국내 항만의 경우 대부분 도선사 승선 시점 또는 협수로 및 지정항로 진입부터는 ECDIS의 WP 사용이 아닌 항로표지(Aids to Navigation, 이하 AtoN), 도선사 및 VTS의 원조로 항행하는 것이 일반적이다. 이렇게 된 이유는 협소한 항로상에서 입출항 선박들의 수렴구간, 일시적인 장애물, 추월 및 병행 항행 관계, 선박 간 충돌회피 동작에 따른 잦은 경로 이탈 등 당시의 상황에 있어 수많은 변수들로 인해 미리 입력한 WP 경로 사용이 비효율적이기 때문이다. 향후 관제해역에서의 Route Exchange가 구현되기 위해서는 이러한 문제점을 충분히 고려한 시스템이 갖추어져야 할 것이며, VTS에서는 적시에 신속하게 경로 정보를 판단, 수정 및 공유가 가능토록 관제장비의 기능 개선이 요구된다. Fig.7은 현재 VTS 관제장비가 지닌 단순 CPA 계산 기능과 Route Exchange와 관련하여 개발이 필요한 WP 임의 지정 계산 기능(개선안)을 비교한 것이다.

Fig.7(a)는 현행 기능으로 기존 선박의 자동레이더플로팅장치(Automatic Radar Plotting Aids, 이하 ARPA) 기능에 포함된 CPA/TCPA 산출 기능과 동일하며 계산 당시의 대지침로(Course Over Ground, 이하 COG) 및 대지속력(Speed Over Ground, 이하 SOG)에 근거한 벡터로 계산되므로 만곡부에서의 WP가 고려된 선박간의 조우관계를 판단하기 어려운 문제가 있다. Fig.7(b)는 이러한 문제점의 개선안으로 동일한 상황에서 관제사의 판단 하에 임의로 예상 WP를 경로 상에 지정하여 양 선박이 수렴할 때의 조우관계를 예측하고 WP가 고려된 CPA 및 TCPA를 확인하는 기능이다. 여기서 적색 선으로 표시된 CPA 확인을 통해 선박 감속 지시 등 교통조정을 수월하게 행할 수 있을 것으로 판단된다.

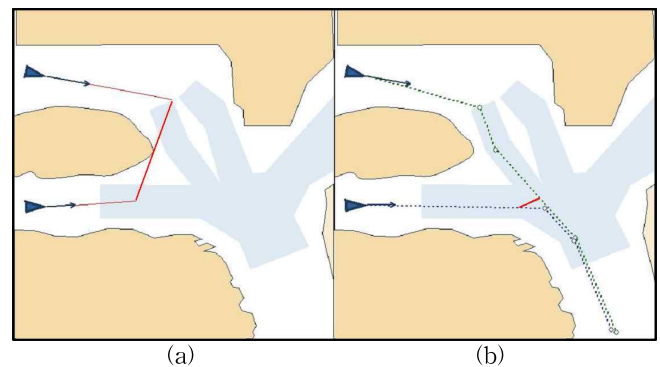


Fig. 7 Comparison between existing function and improvement function for CPA calculation

이러한 기능개선은 향후 Route Exchange와 접목한 TOS 구현을 위한 연구와 연관된 기능으로 선박에서 경로정보를 입력 및 공유하지 않는 상황을 가정하더라도 다음과 같은 유용성을 확인할 수 있다. Fig.8은 이러한 관제장비의 기능 개선을 통한 효과를 분석한 내용으로 관제해역 내에서의 Route Exchange의 방향성을 보여준다.

Fig.8(a)는 광양항을 출항하는 선박 2척과 입항선 2척 간의 예측 경로와 이때의 조우 상황을 표현한 것이다.

Fig.8(a)에서 표시된 선박들의 WP 경로는 이들 선박들의 목적지와 이용 항로를 근거로 VTS에서 임의로 WP 경로를 입력했을 경우를 가정한 것으로 이때 임의 입력하는 WP 경로는 다음 Table 5의 기준을 고려하여 VTS 관제사가 직접 입력 또는 관제장비의 기능으로 자동 표시되도록 한다.

Table 5 Consideration for Route Prediction

Item	Composition
1	Empirical route from VTS operator
2	Regular route on the fairway
3	Route classified according to ship's type and draft
4	Consensus route with pilot

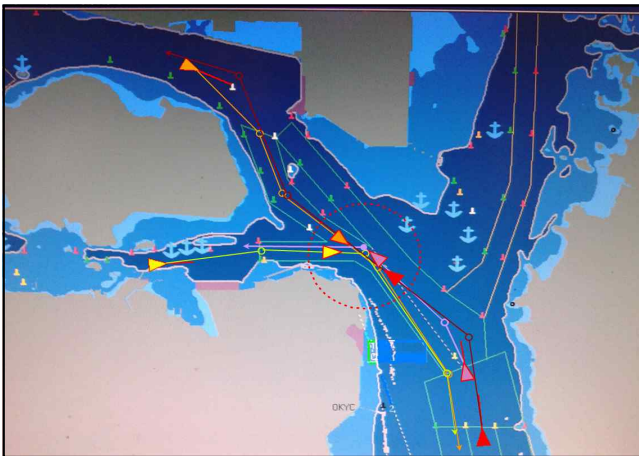


Fig. 8(a) VTS traffic situation (Expected route and Traffic prediction using extension of vector)

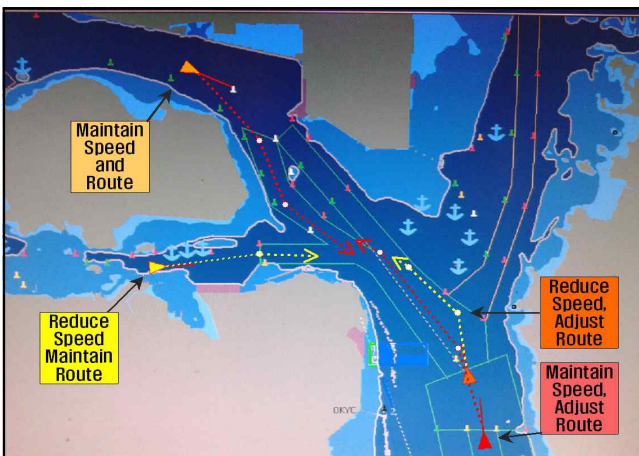


Fig. 8(b) TOS Simulation by VTS and Solve the dense traffic situation

이러한 예측경로 상에서 Vector 연장기능 등을 통해 적색 점선 원 내의 18분 후 예상 위치를 보여줌으로써 CPA를 표현하며, 이때의 Vector 계산은 COG가 아닌 예측경로 상에서 현 SOG를 유지했을 때를 기준으로 산출한다.

Fig.8(b)는 Fig.8(a)의 선박 수렴상황을 근거로 VTS 관제사의 판단 하에 TOS를 시행한 시뮬레이션 화면이다. 이는 선박의 속력을 조정하고 경로를 분배함으로써 제한된 공간에서 선박 밀집상황을 해결하는 VTS의 고유기능으로 현재는 시각화 또는 수치화된 확인기능 없이 관제사의 개인적 역량에만 의존하고 있다.

지금까지 Route Exchange 관련 개선기능(안)의 효과를 확인한 바에 따르면 항만 내와 같이 제한된 수로 폭으로 인해 정밀한 WP 변경과 선속 조정이 필요한 선박 수렴 해역에서는 관제 중심의 Route Exchange가 효과적일 것으로 분석된다. 이를 위해서는 관제사의 신속한 결정을 위한 WP 시뮬레이션 기능과 선박들에게 신속하게 변경된 Route 정보를 공유하는 시스템이 함께 구축되어야 할 것이다.

4.3 연안 관제해역 내에서 Route Exchange 적용 필요성

향후 Route Exchange가 실현된다면 경로 공유 선박끼리는 주변 선박의 경로를 확인 가능하고 항해자 스스로도 선박 간의 경로를 고려한 최종 판단을 하게 될 것이다.

Fig.9는 연안 해역에서 Route Exchange의 효과를 확인하기 위하여 선박의 목적지 및 경로 정보가 확인되지 않은 상황과 경로정보를 알고 있는 경우를 비교한 것이다. Fig.9에 경로정보는 실제 선박들이 항해한 항적을 근거로 하였으며, 다음과 같이 실제 통항사례와 Route Exchange 적용시를 비교 분석하였다.

현재는 선박의 ARPA 및 VTS의 CPA계산 기능으로 Fig. 9(a)와 같은 CPA계산 및 통과상황 예측이 가능하다. 이때 남서진하는 선박은 북동진하는 모든 선박들을 좌현 대 좌현으로 통과하는 것이 일반적인 항법 적용이고 COLREGs에도 부합할 것이다.

만약 북동진하는 세 선박들의 AIS에 목적지 정보가 정확하게 입력되어 있어 확인된 목적지를 근거로 경로를 추정하거나 직접 VHF 교신을 통해 선박들의 의도를 일일이 확인한다면 충돌 회피동작에 있어 다른 결정을 할 수도 있다.

하지만 AIS 입력정보의 불확실 및 직접 교신의 번거로움으로 Fig.9(a)와 같은 단순 CPA 계산을 통해 상대 선박과의 관계를 판단하고 COLREGs를 준수하여 위험회피동작을 결정할 때 오히려 의도치 않은 상황이 야기될 수 있다.

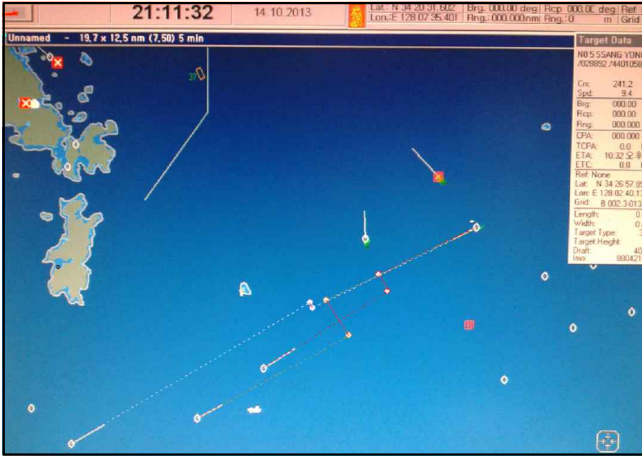


Fig. 9(a) CPA simulation display (Present function)

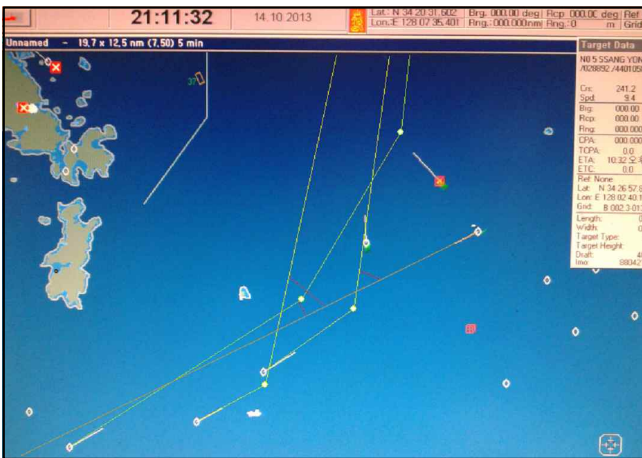


Fig. 9(b) When applying Route Exchange, contrasting CPA

Fig.9(a)는 선박 ARPA 기능을 통해 확인된 선박들과의 CPA 표시화면이다. 이처럼 선박들의 경로정보 없이 현 상황만으로 충돌회피동작을 결정한다면 아래의 Fig.9(b)와는 정반대의 결정을 하게 될 것이다.

이러한 상황에서 Route Exchange가 적용된다면 COLREGs 준수 여부와는 별개로 조기에 적정 우회경로를 선택할 수 있는 기회가 제공될 것이다. 지금까지의 사례분석으로 연안 해역에서 Route Exchange의 필요성을 확인하였다. 이는 선박뿐만 아니라 VTS에서도 경로 준수여부에 대한 감시가 가능하여 경로이탈로 인한 좌초 등 위험상황 인지가 용이하게 될 것이므로 연안 관제해역에서의 적용 효과도 상당히 클 것으로 판단된다. 특히 Route Exchange가 시행된다면 연안 VTS의 관제업무에 가장 큰 변화를 줄 것으로 예측되는 것이 TOS의 도입이다.

현재 연안 VTS 업무는 항만 VTS와 달리 정보제공업무(Information Service)에 국한되어 있으나 Route Exchange가 도입된다면 보다 적극적인 개입이 요구될 것이며, 항만해역과 동일하게 연안 교통조정(Coastal TOS) 업무가 포함되어야 할

것이다. 그렇게 된다면 연안 해역 사고 비중이 높은 어선 사고 예방을 위한 새로운 관제방식 도입도 가능하다. VTS 및 선박과의 상시 교신이 곤란하며 COLREG 준수를 기대하기 곤란한 어선의 문제점을 고려하여 WP 공유가 가능한 선박들이 어선 밀집해역을 조기에 우회 통행하도록 VTS에서 경로조정을 유도하는 방식이다. 법적으로도 'Route Exchange 적용 대상선박 우선 경로조정 원칙'과 같은 관제 원칙의 변화가 검토되어야 할 것이다. 어선에게는 조업해역으로 근접 운항하게 될 선박들에 대한 정보를 적시에 제공 가능한 별도의 경고시스템 마련도 필요하다.

특히 우리나라는 연안에서 어선이 차지하는 비율이 북유럽 등 타 해역 연안에 비해 월등히 높은 특징을 감안한다면 어선 밀집해역을 조기에 회피하기 위한 선박과 VTS 간 경로 수정 절차를 더욱 신중하게 연구하여야 할 것이다.

선박운항의 경제성과 안전을 동시에 고려하여 보다 간편하고 신속하게 경로 변경을 이끌어낼 수 있는 시스템을 구축하고 어선에게는 경로정보를 통한 위험상황 예측 시 명확하게 경고 가능한 새로운 시스템 개발이 필요하다.

5. 결 론

본 연구는 북유럽의 선행연구 동향을 소개함으로써 Route Exchange의 기초 개념을 설명하였고, 실제 선박충돌 사고사례에 적용하여 향후 적용 가능성을 확인하였다. 또한 관제해역에서 도입의 필요성과 그 효과를 확인하기 위하여 항만과 연안 관제해역을 구별하여 사례별 분석을 실시하였다. 특히 Route Exchange에 관제측면을 도입하여 'VTS 중심의 경로교환 방안' 구축의 필요성을 확인하였다.

항만 VTS 관제해역에서는 Route Exchange의 필요성 확인 및 적용시의 문제점 분석에 따라 선박 주도의 경로 공유가 아닌 VTS가 중심이 된 경로 분배 및 조정 방안을 도출하였다. 더불어 현재 선박과 관제장비의 CPA 산출 기능의 문제점을 근거로 Route Exchange 도입 시 개발이 필요한 관제기능과 구체적 적용 안을 제시하였다. 끝으로 향후 Route Exchange 도입에 따른 연안 VTS 기능변화와 우리 연안의 선박 운항에 적합한 VTS 역할에 대해 제안하였다.

본 연구를 통해 항만, 연안 관제해역을 구분하여 차별화된 방향성을 가진 연구가 필요함을 최종 확인하였다. 항만 관제해역에서는 VTS에서 적정 경로를 생성하여 선박에게 신속히 분배하는 방안을 목표로, 연안 관제해역에서는 연안 교통조정 기능까지 확대를 지향하여 Route Exchange 도입을 준비하여야 할 것이다.

e-Navigation 정책은 향후 선박, 육상, 물류 등 전 분야에 많은 변화를 가져다 줄 것이고 특히 다년간 정체되었던 기술 개발을 급진시키는 계기가 될 것이 분명하다.

이중 해양안전과 직결되는 Route Exchange 시스템은 북유럽의 주도뿐만 연구되고 있는 현실에서 우리나라의 특성에 적

합한 방향으로 연구가 병행되어야 하며, 해양조선 강국으로서 시스템 개발에 보다 적극적으로 참여하여야 할 것이다.

이에 더하여 Route Exchange 적용에 있어 COLREGs와의 충돌 문제 및 가장 경제적이고 안정적인 경로수정을 위한 Database 구축도 연구되어야 할 것이다. 향후 이러한 방향성을 다양하게 검토하고 구체적인 모델 개발을 연구하여 VTS 관제해역 내에서 효과적인 안전관리 및 교통조정을 목표로 하는 Route Exchange 시스템 구축을 위한 연구를 계속 할 계획이다.

References

- [1] IALA(2014), e-Navigation portal, Test beds, <http://www.e-navigation.net>.
- [2] KMST(2012), Korean Maritime Safety Tribunal, Written Verdict of Busan Maritime Safety Tribunal 2012-015, <http://www.kmst.go.kr>.
- [3] Lee, B. G., Han, J. W., Cho, H. S. and Park, N. J.(2012), "A Security Architecture of inter-VTS System for shore side collaboration of e-Navigation, Journal of Navigation and Port Research, Vol.36, No.1, pp. 1-7.
- [4] Lee, H. K., Chang, S. R., Jeong, G. N. and Park, Y. S.(2010), "A Proposal on the Marine Traffic Supporting System in VTS area, Journal of Navigation and Port Research, Vol.36, No.1, pp.1-7.
- [5] MONALISA(2014), <http://www.monalisaproject.eu>.
- [6] Thomas, P., Margareta, L. and Gesa, P.(2013), "Communicating intended routes in ECDIS: Evaluating technological change", Accident Analysis and Prevention, pp. 366-370.
- [7] Tomczak, A., Zalewski, P. and Gralak, R.(2013), "Simulation Analysis of ECDIS's Route Exchange Funcionality Impact on Navigation Safety", Annual of Navigation, Vol. 19, Issue 2, pp. 109-120.
- [8] Wilske, E. and Lexell O.(2011), "Test bed for Evaluation of Methods for Decision Support in Collision Avoidance", e-Navigation Underway, International Conference on e-Navigation, pp. 72-85.

원고접수일 : 2014년 3월 10일

심사완료일 : 2014년 6월 2일

원고채택일 : 2014년 6월 3일