

AIS 데이터를 활용한 제주지역 VTS 관제구역 설정

유상록* · † 김광일

*(주)미래해양정보기술 기업부설연구소 연구소장, † 제주대학교 해양산업경찰학과 교수

Setting Up of VTS Areas Around Jeju Using AIS Data

Sang-Lok Yoo* · † Kwang-Il Kim

*Director, Research Institute, Future Ocean Information Techonology, Inc., Jeju, 63208, Korea

† Professor, Department of Marine Industry and Maritime Police, Jeju National University, Jeju, 63243, Korea

요 약 : 제주 연안은 국제크루즈선, 여객선, 유·도선 등의 통항이 빈번하고 조업 어선이 많아 해양사고 위험성이 높고 선박 충돌사고가 빈번히 발생하고 있다. 이에 따라 제주 연안 해역을 통항하는 선박의 체계적인 안전관리를 위해 연안 VTS 구축이 시급하다. 본 연구의 목적은 신설될 제주지역 연안 VTS의 관제구역을 설정하고자 한다. 관제사의 업무부하를 측정하기 위해 관제대상 선박과 비관제대상 선박에 대한 모니터링 빈도 및 소요시간 등을 고려한 모니터링 업무량과 선박충돌 조우상황 등에 대한 관제업무량을 반영한 산정식을 설계하여 신설될 제주지역 VTS의 각 관제섹터에 적용하였다. 각 VTS 센터에 3개의 관제섹터를 설정하였으며, AIS 데이터 한 달 치를 이용하여 시간당 평균 관제석을 분석한 결과, 1석 내외로 나타나 섹터간 구획 획정은 적절하여 관제사의 업무부하는 없는 것으로 나타났다. 본 연구에서 제안한 방법은 현재 운영 중인 VTS의 적정 관제석 산출 및 향후 신설될 연안 VTS의 관제구역 설정 등에 기초자료로 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

핵심용어 : 선박 충돌, 관제구역, 제주, 업무부하, 관제석

Abstract : On the Jeju coast, international cruise ships, passenger ships, and other ships pass frequently, as well as many fishing boats. Thus, there is a high risk of marine accidents and frequent ship collisions. Accordingly, it is urgent to establish a coastal VTS for systematic safety management of ships passing through the coastal waters of Jeju. The purpose of this study was to set the area of the VTS to be newly established. In this study, to calculate the workload of the VTS operators, a formula was proposed that reflects the monitoring workload considering the monitoring frequency and required time for target as well as non-target ships and the workload for ship collision situations. The proposed formula was applied to the newly established VTS area in Jeju. Three control sectors were set up in each VTS center. The average number of workstations per hour was approximately 1, so the division between sectors was appropriate. Thus, it was deduced that there would be no workload for the VTS operators. It is expected that the method proposed in this study can be used as primary data for calculating the appropriate number of workstations for the current VTS, and setting the VTS area for a new coastal VTS in the future.

Key words : ship collision, VTS area, Jeju, workload, workstation

1. 서 론

선박 충돌사고 저감을 위한 노력은 국가적 차원에서 수행되고 있으나, 크게 줄어 들지 않고 있는 실정이다(MOF, 2017). 해양안전심판원 통계자료에 따르면 최근 5년간 연평균 선박 충돌사고는 247.6건이 발생하였으며, 2016년 209건, 2020년에는 277건으로 증가 추이를 보이고 있다(KMST, 2021).

특히 제주 연안은 국제크루즈선, 여객선, 유·도선 등의 통항이 빈번하고 조업 어선이 많아 해양사고 위험성이 높고 선박 충돌사고가 빈번히 발생하고 있다(Kim and Ahn, 2018; Lee and Ahn, 2019). 충돌사례를 살펴보면, 2016년 12월 제주

비양도 인근 해상에서 부산 신항에서 중국 칭따오항으로 향하는 9만톤급 컨테이너선과 근해자망어선의 충돌사고가 발생하여 근해자망어선이 전복되고 선원 4명이 사망 및 실종되었다(KMST, 2017). 2018년 8월에는 제주시 우도 인근 해상에서 석유제품운반선과 일반화물선간의 충돌로 병커 C유 약 3,600L가 해상으로 유출되었다(KMST, 2020a). 또한, 2020년 8월 제주시 우도 해상에서 도선과 소형어선의 충돌사고가 발생하였는데, 도선에 탑승한 승객 246명의 인명피해는 다행히 없었다(KMST, 2020b). 이처럼 제주 연안에서는 선박 충돌사고가 빈번히 발생하고 있다. 한편, 제주항 VTS(Vessel Traffic Service)는 제주항만 및 민군복합형 관광미항인 강정

† Corresponding author : 종신회원, kki@jejunu.ac.kr 064)754-3415

* 정희원, sanglokyoo@gmail.com 064)754-3466

(주) 이 논문은 “VTS 빅데이터를 활용한 제주·서귀포 연안 관제 업무량 산정”이란 제목으로 “2022년도 한국해양과학기술협의회 공동 학술대회논문집(제주국제컨벤션센터, 2022.6.2.-3, pp.267-268)”에 발표되었음.

항에 국한되어 있는 실정이다. 이에 따라 제주 연안 해역을 통항하는 선박의 체계적인 안전관리를 위해 연안VTS 구축이 시급하다.

VTS는 1993년 포항항에 최초로 도입된 이후, 부산항, 인천항 등 15개 항만을 중심으로 운영된 후, 2006년 진도연안을 비롯 2018년 경인연안, 태안연안 등 5개 연안VTS를 구축하여 외해까지 관제구역을 넓혀가고 있다. 향후 군산연안, 목포연안을 비롯하여 동해권과 제주권역 연안까지 확충할 예정이다(KCG, 2011, KCG, 2017).

VTS 관제구역 설정에 관한 선행연구를 살펴보면, 국제항로표지협회(International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities, IALA) VTS 매뉴얼에 따르면 관제구역을 설정할 때, 고려해야 할 4가지 요소 즉, 지형, 통항분리방식(TSS), 정박지, 항해위험에 대해 기술하고 있다(IALA, 2012). Park et al.(2000)은 포항항 VTS의 관제구역을 설정하기 위해 해양사고 및 선박교통량 등을 고려하였다. Yang(2010)은 인천, 평택, 대산 3개 항만의 진입수로에서부터의 효율적인 관제를 위해 지형적 요소와 선박교통흐름 등을 고려하여 9개 섹터로 분할하여 설정하였다. 따라서 VTS 관제구역 설정시 선박교통흐름 등의 고려가 필요함을 시사한다.

한편, 관제구역 설정은 VTS 관제사의 업무부하에 영향을 미치므로 이를 고려할 필요가 있다. 관제구역이 지나치게 넓거나, 관제사가 부족할 경우, 과도한 업무부하로 적시에 항행 안전정보를 제공하지 못하여 해양사고를 미연에 예방하지 못하거나 해양사고 발생시 초동조치가 지연될 수 있는 개연성이 있다(Kee et al., 2017). Xie(2013)은 VTS 관제사 인력 산출을 위해 연간 선박통항량 등의 통계자료를 이용하였지만, 신설되는 VTS의 연간 통계자료가 없기 때문에 관제구역 설정에는 적용할 수 없는 한계가 있다. Xu et al.(2020)은 VTS 주·야간 근무자간 효율적인 교대시간을 도출하기 위해 선박 통항척수 분산과 통항선박의 속력 분산으로 구성된 목적함수를 최소화하는 방법을 제시하였다. 하지만, 설정한 목적함수가 최적의 교대시간을 도출하기 위한 것이므로 관제구역 설정에는 적용할 수 없다.

국내 VTS는 효율적인 운영과 관제사의 업무부하 감소를 위해 관제구역을 2개 또는 3개로 섹터로 구분하여 운영 중이다(KCG, 2018). 특히, 선박 교통량이 혼잡한 피크시간에는 특정 섹터의 업무부하가 많은 반면, 일부 섹터에서는 업무부하가 낮아 섹터별 편차가 심하다.

따라서 본 연구에서는 향후 구축될 제주지역 연안 VTS의 관제사의 업무부하를 고려한 관제구역을 설정하고자 한다. 본 연구에서는 AIS 데이터를 활용한 섹터별 관제사의 업무부하를 산출하기 위한 방법을 제안하였다.

2. 선박 충돌사고 발생 현황

2.1 국내 선박 충돌사고 발생 현황

Table 1은 최근 5년간 우리나라 항만 및 영해에서 발생한 선박 충돌사고 통계를 나타낸 것이다(KMST, 2021). 선박 충돌사고는 항만 및 진입수로에서 연평균 43.2건이 발생했으며, 영해에서는 이보다 약 4배 더 많은 연평균 175.8건이 발생하고 있다.

Table 1 Ship collision accidents in the last 5 years
(unit: number of cases)

Area	Year	Year					Total
		2016	2017	2018	2019	2020	
Harbor and approaching area	Incheon	5	1	5	0	4	15
	Pyeongtaek	0	1	1	0	0	2
	Daesan	0	0	0	0	1	1
	Gunsan	2	3	5	6	1	17
	Mokpo	4	6	5	2	8	25
	Yeosu	1	3	5	2	2	13
	Samchenpo	1	3	0	1	2	7
	Masan	2	0	0	1	0	3
	Busan	12	11	4	7	20	54
	Okpo	0	0	0	0	2	2
	Ulsan	9	5	5	7	8	34
	Donghae	0	1	2	2	1	6
	Jeju	0	14	3	2	4	23
Others	2	4	2	3	3	14	
Subtotal		38	52	37	33	56	216
Territorial water	West	54	56	56	60	74	300
	South	58	89	96	89	93	425
	East	23	32	34	38	27	154
Subtotal		135	177	186	187	194	879
Total		173	229	223	220	250	1,095

Source : Korea Maritime Safety Tribunal

2.2 제주 해역 선박 충돌사고 발생 현황

Fig. 1은 해양안전심판원의 해양사고 위치정보도를 이용하여 최근 5년간(2016~2020년) 제주 해역(32.5°N~34.0°N, 125.5°E~127.5°E)에서 발생한 선박 충돌사고 분포를 나타낸 것이다.

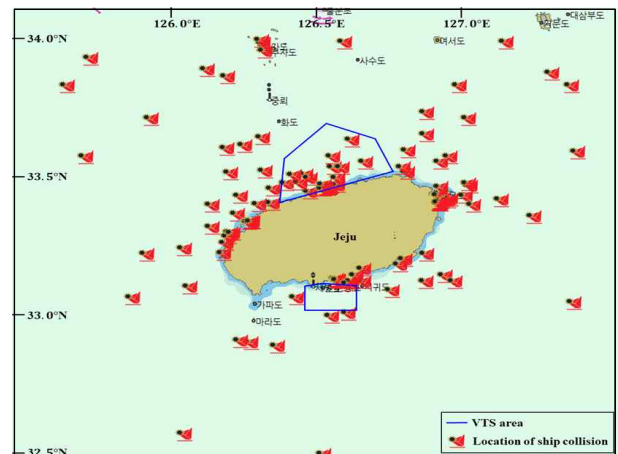


Fig. 1 Distribution of ship collision accident locations in Jeju waters in the last 5 years (2016~2020)

제주 해역 선박 충돌사고는 총 132건, 연평균 26.4건이 발생하였다. Fig. 1에서 파란색 실선은 현재 운영중인 제주항 VTS 관제구역을 나타낸 것으로 관제구역 외에서 많은 충돌사고가 발생하는 것을 알 수 있다. 현 관제구역은 제주항 반경 12해리, 민군복합형 관광미항 반경 6해리 정도에 그치고 있다. 일부 충돌사고는 강풍주의보 등과 같은 기상악화시 항만내 부두에서 이·접안하는 가운데 불가항적으로 발생한 사례들이 포함되어 있다. 비록 VTS 관제구역내에서도 선박 충돌사고가 발생하고 있지만, VTS에 의한 해양사고 예방 효과가 있는 것으로 알려져 있어 제주 연안 해역의 VTS 관제가 필요하다 (Segar Abdullah, 2000; Abdulla, 2011; Hsu, 2012; Jeong and Jung, 2012; Yoo and Jung, 2018).

3. 관제사 업무부하 측정 방법

관제사의 업무는 크게 모니터링 업무량과 관제 업무량으로 분류된다(KCG, 2018). 모니터링 업무량은 관제사의 개인별 특성과 관제사의 시야를 추적해야하기 때문에 어느 정도 소요시간으로 모니터링하는지 정량적인 산출이 매우 어려우며, 모니터링 선박에 대한 중요도에 대한 정확한 기준이 정의되어 있지 않다.

관제사가 각 선박들을 단위시간 동안 평균적으로 몇 회 모니터링하는지, 1회 모니터링 시 어느 정도의 시간이 소요되는지 알면 모니터링 빈도와 소요시간의 곱으로 모니터링 소요시간 산정이 가능하다. 관제업무 소요시간 산출시 관제대상 선박과 비관제대상 선박에 따라 관제사의 모니터링 지속 시간이 각각 다르다. 또한, VTS 섹터에 따라 관제운영콘솔의 모니터 스케일을 달리 설정하며, 섹터 특성에 맞게 모니터링 화면 창을 구성한다. 일반적으로 연안 및 접근항로 부근은 모니터 스케일을 작게 설정하며, 항만구역 및 좁은수로 구역은 모니터 스케일을 크게 설정한다. 모니터 스케일을 크게 설정하는 정밀관계기법은 선박의 이동에 대한 세밀한 관찰이 가능하고, 소형선박 탐지에도 유용하다. 반면, 모니터 스케일이 작으면 선박의 레이더 신호의 변화를 알기 어려워 실시간 선박 침로 변화 등을 알기 위해서 레이더 신호보다 반응속도가 느린 AIS 정보에 의존하게 된다. 따라서 관제사 모니터링 소요시간 산출을 위해서 VTS 면적에 대한 관제사들의 모니터링 부담이 다르므로 관제면적 대비 가중치를 고려해야 한다(KCG, 2018). 또한, 관제사는 항행선박간 또는 항행선박과 정박선박의 충돌에 대한 지속적인 선박조우상황을 관리해야 한다. 이뿐만 아니라 입항선박에 대한 정박지 정보 제공, 입출항 순서 지정 등의 다양한 관제업무를 수행한다.

따라서 본 연구에서는 관제사의 관제대상 선박과 비관제대상 선박에 대한 모니터링 빈도 및 소요시간 등을 고려한 모니터링 업무량과 입·출항 선박, 투묘·양묘 선박 등에 대한 관제업무, 선박충돌 조우상황에 대한 관제업무 등을 반영한 산정식을 (1)과 같이 설계하였다. 산출값은 해당 VTS 센터의 적

정 관제섹터 수를 의미하는 것으로 단위시간동안 발생한 관제업무 소요시간을 처리할 수 있는 관제석의 수를 의미한다(KCG, 2018). VTS 구역에서 단위시간 동안 3시간의 관제업무 소요시간이 발생한다면, 이 VTS의 적정 관제섹터 수는 3개로 산정된다.

$$(1) \quad \left[\frac{\left\{ \sum_{i=1}^n (f_i^s \times t_i^s) + \sum_{j=1}^m (f_j^s \times t_j^s) \right\} \times w_s + \sum_{e=1}^E t_e^s + \sum_{l=1}^L t_l^s + \sum_{a=1}^A t_a^s + \sum_{h=1}^H t_h^s + \sum_{p=1}^P t_p^s + \sum_{c=1}^C t_c^s}{T_s} \right]$$

여기서, f_i^s 는 s 번째 관제섹터에서의 i 번째 관제선박의 모니터링 빈도를 의미하고, t_i^s 는 s 번째 관제섹터에서의 i 번째 관제선박의 모니터링 소요시간을 의미한다. f_j^s 는 s 번째 관제섹터에서의 j 번째 비관제선박의 모니터링 빈도를 의미하고, t_j^s 는 s 번째 관제섹터에서의 j 번째 비관제선박의 모니터링 소요시간을 의미한다. w_s 는 s 번째 관제섹터의 면적 가중치를 의미하며, T_s 는 단위시간을 가리키며 본 연구에서는 1시간을 적용하였다. 한편, t_e^s 는 e 번째 입항선박에 대한 관제 소요시간을 의미하며, t_l^s 는 l 번째 출항선박에 대한 소요시간, t_a^s 는 a 번째 투묘선박에 대한 소요시간, t_h^s 는 h 번째 양묘선박에 대한 소요시간, t_p^s 는 p 번째 통과선박에 대한 소요시간, t_c^s 는 c 번째 충돌 조우선박, 즉, 준사고(near-miss)에 대한 소요시간을 의미한다.

한편, 충돌 조우선박을 판별하기 위해 선박 점용영역(ship domain) 이론을 적용하였다. 선박 점용영역은 본선이 상대선박, 위험물 등으로부터 선박 안전을 위한 일정한 이격거리로서 원형, 타원형태 및 다각형 형태로 설정하는 등 여러 연구가 진행되었다(Śmierczalski, 2005; Goerlandt et al., 2012). 선박 충돌조우 상황은 상대선의 위치가 본선의 선박 점용영역내에 진입 유무로 판별하였으며, 본 연구에서 적용한 선박 점용영역은 Fig. 2와 같이 장직경 4L, 단직경 1.6L을 적용하여 판별하였다(Kim et al, 2017).

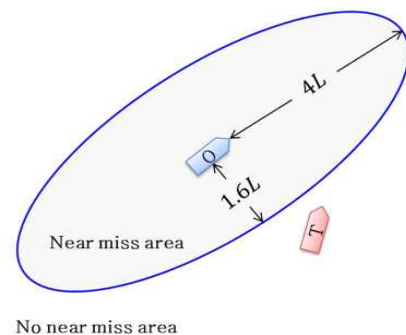


Fig. 2 Concept of the near miss event illustrated by an elliptical domain

선박 충돌 준사고를 분석하기 위해 AIS 데이터의 동적정보(발신시간, 위도, 경도) 및 정적정보(MMSI, 선박길이)를 활용하였다. 특히, 선박 간의 AIS 데이터 발신 주기가 상호 다르므로 시각 동기화를 위해 선형 보간법을 적용하였다(Bakhvalov, 1977). Fig 3은 A 선박(own ship, os)과 B 선박(target ship, ts)간의 AIS 데이터 발신시간(timestamp) 차이를 이용하여 B 선박의 위도를 보간한 개념을 나타낸다. 즉, A 선박 발신시간에서의 동기화된 B 선박의 위도를 보간한 것이다.

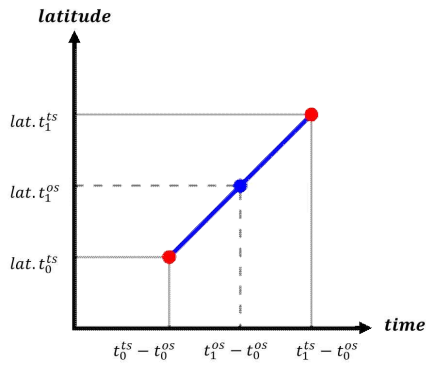


Fig. 3 Concept of linear interpolation for target ship latitude by between difference timestamp of two ship

여기서, t_0^{os} (t_1^{os})은 A 선박의 첫(두) 번째 발신시간, t_0^{ts} (t_1^{ts})은 B 선박의 첫(두) 번째 발신시간을 나타낸다. 시점 $t_0^{os} - t_0^{ts}$ 과 $t_1^{os} - t_0^{ts}$ 에서의 B 선박의 위도(빨간색 점) $lat.t_0^{ts}$, $lat.t_1^{ts}$ 를 통해 시점 $t_1^{os} - t_0^{ts}$ 에서의 B 선박의 보간된 위도(파란색 점) $lat.t_1^{os}$ 를 계산할 수 있다.

4. 관제구역 설정

4.1 레이더 기지국 선정

레이더 기지국 후보지 선정은 레이더 탐지 범위가 우수해야 할 뿐만 아니라, 구축 및 운영비용 최소화를 고려해야 하고, 부지관리기관의 원활한 협의가 가능한 지역이어야 한다. 이에 따른 최종 선정된 레이더 후보지는 우도, 매오름, 모슬봉, 애월, 추자도, 평대 총 6개이다(Saytel, 2021). 신설될 제주연안, 서귀포연안 VTS에 설치할 레이더와 기존 제주항 VTS에 설치되어 있는 2기의 레이더(산지등대, 미약산)와의 연계를 고려하면, 기존 제주항 VTS 관제구역 변경은 불가피하다.

4.2 관제구역 면적 및 섹터 수

VTS 관제구역은 「선박교통관제에 관한 법률」에 따라 해안선에서 영해 외측한계까지의 수역내에서 유효한 레이더 탐지범위를 고려하여 설정하도록 되어있다(MOLEG, 2021).

Table 2는 현재 운영 중인 연안 VTS 관제구역 면적을 비교한 것이다. 5개 연안 VTS는 모두 3개 섹터로 운영 중이며,

관제구역은 2,237~4,746 km^2 이며, 평균 3,503 km^2 이다. 따라서, 신설할 제주연안 VTS와 서귀포연안 VTS의 관제구역 면적도 이와 유사한 범위로 설정하고자 하였다.

Table 2 Comparing Coastal VTS area (unit: km^2)

	Coastal VTS area	Coastal VTS average area
Gyeongin Coastal VTS	4,746	3,503
Taeon Coastal VTS	2,237	
Jindo Coastal VTS	3,879	
Yeosu Coastal VTS	3,863	
Tongyeong Coastal VTS	2,789	

Fig. 4는 레이더 탐지 범위와 영해 외측한계까지를 반영하여 제주지역 3개 VTS 관제구역을 표기한 것이다. 기존 제주항 VTS 관제구역은 확대하여 설정하였으며, 제주연안 VTS(자주색 실선)는 제주항 VTS(빨간색 실선) 북쪽으로 약 2,579.2 km^2 면적으로 설정하였다. 또한, 서귀포연안 VTS(검정색 실선)는 제주항 VTS 남쪽으로 약 2,122 km^2 면적으로 설정하여 태안, 통영 연안 VTS 관제구역 면적과 유사하다.

한편, 관제섹터 수는 현재 운영 중인 VTS와의 관제사 인력 배정 형평성 등을 고려하기 위해 제주지역 3개 VTS에도 각 3개 섹터를 설정하는 것으로 검토하였다. 따라서 제3장에서 설계한 산정식은 일부 섹터로의 과도한 업무부하가 치중되지 않도록 섹터간 관제구역이 적절히 구획되었는지 측정하기 위한 지표로 활용하였다.

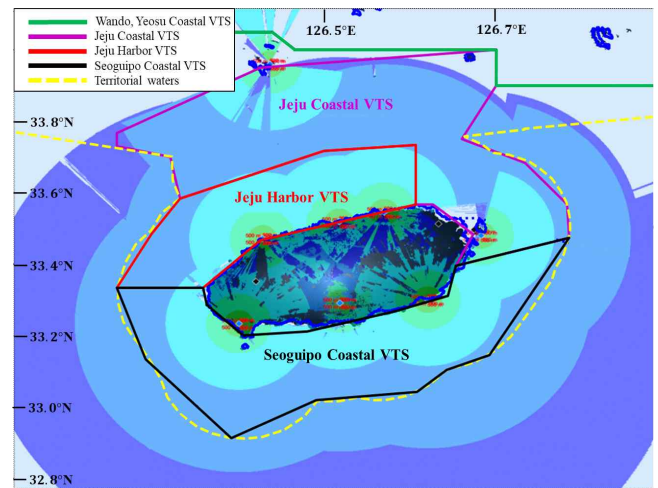


Fig. 4 Three VTS areas of Jeju

4.3 선박통항패턴 분석

제주지역 연안의 선박통항패턴을 분석하기 위해 2020년 3월 한 달간의 AIS 데이터를 이용하였다. 분석 결과, Fig 5에서 보는 바와 같이 3개의 주요 교통흐름을 보이는 것으로 나타났다. 첫 번째 교통흐름은 인천·평택·대산 등의 서해권 항만과 남·동해권 항만을 이동하는 동·서 방향 흐름이며 화물선,

탱커선이 주로 통항하고 있다. 두 번째 교통흐름은 남·동해권 항만에서 동남아시아·유럽권 항만으로 항해하는 남서·북동 방향 흐름이며, 화물선, 탱커선이 주로 통항하고 있다. 세 번째 교통흐름은 남·북 방향으로 여객선 및 정기 화물선이 주로 통항하는 것으로 나타났다(Fig. 5). 동서 방향과 남북 방향의 선박 통항간 교차 구역에 대한 관제가 필요함을 시사한다. 또한, 어선은 제주 연안을 둘러싼 전해역에서 조업하는 것을 알 수 있다.

제주연안 VTS에서는 남·북 방향 선박과 동·서 방향 선박간의 조우에 주의해야하며, 제주항 VTS에서는 남·북 방향 선박과 남서·북동 방향 선박간 조우 상황에 주의해서 관제를 해야하는 것으로 분석된다.

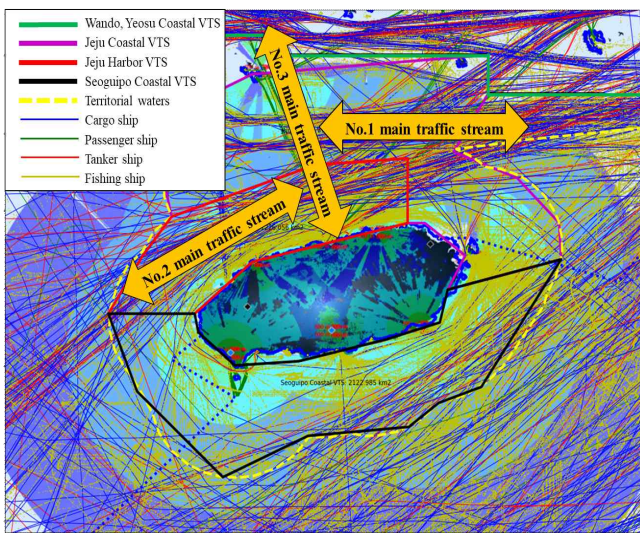


Fig. 5 Ship traffic trajectories in the coastal area of Jeju

4.4 관제사 업무부하

각 섹터간 설정한 관제구역의 적절성을 평가하기 위해 AIS 데이터 2020년 3월 한 달 치를 이용하여 설계한 산정식을 계산하였다. 관제사의 시야를 추적하면 산정식의 정확한 파라미터 산출이 가능할 수 있으나 본 연구에서는 이를 간접적으로 평가하기 위해 제주항 VTS 관제사 15명을 대상으로 설문을 실시하였다. 설정한 파라미터는 Table 3과 같다.

Table 3 Parameter for calculating workload of VTSO

Parameter	value	Parameter	value
f_i^s	10 (frequency/h)	t_e^s	10 (min)
t_i^s	0.2 (min)	t_l^s	10 (min)
f_j^s	2 (frequency/h)	t_a^s	5 (min)
t_j^s	0.1 (min)	t_h^s	5 (min)
t_c^s	3 (min)	t_p^s	3 (min)

1) 제주항 VTS 관제구역 업무부하

Fig. 6은 제주항 VTS 각 섹터에서의 관제대상과 비관제대상 선박간 준사고 위치(파란색 점), 관제대상 선박간 준사고 위치(빨간색 점)를 나타낸 것이다.

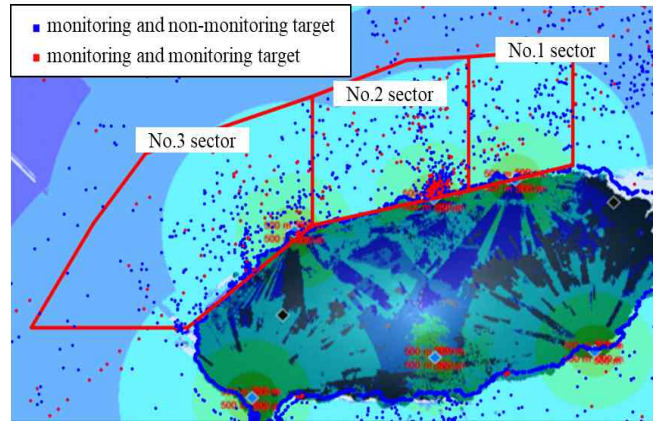


Fig. 6 Scatter plot of near-miss collision positions at Jeju harbor VTS

Table 4는 각 관제섹터의 업무부하를 비교한 것으로 1섹터는 시간당 평균 0.61석, 3섹터는 0.90석으로 나타났다. 3개 섹터의 시간당 평균 관제석 합은 2.28석으로 나타나 섹터간 구획 획정은 적절한 것으로 분석된다.

Table 4 Required hourly number of workstations for Jeju harbor VTS (unit: number of workstation)

Sector	No. 1 sector	No. 2 sector	No. 3 sector
Average	0.61	0.76	0.90
Maximum	1.11	0.99	1.13
Minimum	0.38	0.47	0.67

2) 제주연안 VTS 관제구역 업무부하

Fig. 7은 제주연안 VTS 각 섹터 관제구역과 준사고 위치를 나타낸 것이다.

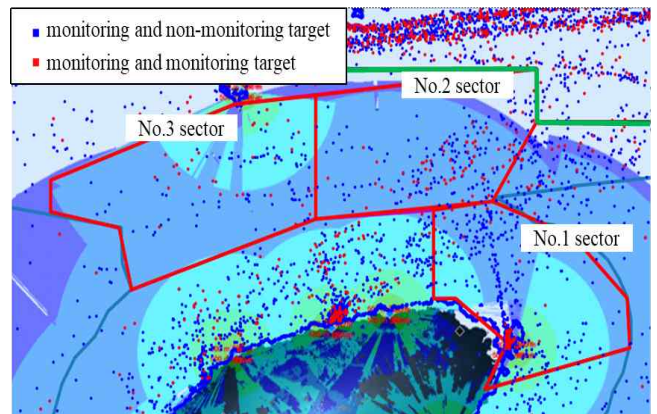


Fig. 7 Scatter plot of near-miss collision positions at Jeju coastal VTS

Table 5는 각 관제섹터의 업무부하를 비교한 것으로 1섹터는 시간당 평균 0.82석, 3섹터는 0.99석으로 나타났다. 3개 섹터의 시간당 평균 관제석 합은 2.82석으로 나타나 섹터간 구획 획정은 적절한 것으로 분석된다.

Table 5 Required hourly number of workstations for Jeju coastal VTS (unit: number of workstation)

Sector Statistics	No. 1 sector	No. 2 sector	No. 3 sector
Average	0.82	1.01	0.99
Maximum	1.87	2.01	1.88
Minimum	0.39	0.59	0.48

3) 서귀포연안 VTS 관제구역 업무부하

Fig. 8은 서귀포연안 VTS 각 섹터 관제구역과 준사고 위치를 나타낸 것이다. Table 6은 각 관제섹터의 업무부하를 비교한 것으로 1섹터는 시간당 평균 0.43석, 3섹터는 0.99석으로 나타났다. 3개 섹터의 시간당 평균 관제석 합은 2.03석으로 나타나 섹터간 구획 획정은 적절한 것으로 분석된다.

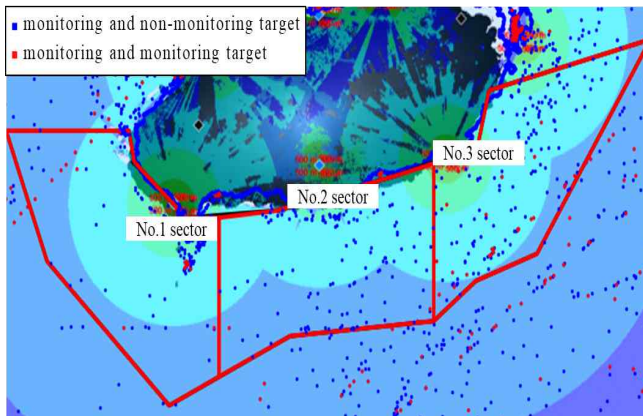


Fig. 8 Scatter plot of near-miss collision positions at Seoguiipo coastal VTS

Table 6 Required hourly number of workstations for Seoguiipo coastal VTS (unit: number of workstation)

Sector Statistics	No. 1 sector	No. 2 sector	No. 3 sector
Average	0.43	0.61	0.99
Maximum	0.59	0.83	1.56
Minimum	0.30	0.33	0.73

5. 결 론

본 연구는 신설될 제주지역 VTS의 관제구역을 설정하고자 하였다. 이를 위해 관제섹터별 관제사의 업무부하를 고려하기

위해 관제대상 선박과 비관제대상 선박에 대한 모니터링 빈도 및 소요시간 등을 반영한 모니터링 업무량과 선박충돌 조우상황 등에 대한 관제업무량을 반영한 산정식을 설계하여 신설될 제주지역 VTS의 관제구역에 적용하였다.

본 연구에서는 비록 한 달간의 데이터를 이용하였지만, 1년 이상의 빅데이터를 이용하여 분석할 경우, 좀 더 정확한 관제사의 업무량 산출을 할 수 있을 것으로 예상된다. 본 연구 방법은 현재 운영 중인 VTS의 적정 관제석 산출 및 향후 신설될 연안 VTS의 관제구역 설정 등에 기초자료로 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

후 기

이 논문은 2021학년도 제주대학교 교원성과지원사업에 의하여 연구되었음.

References

[1] Abdulla, A. M.(2011), “Regulating Vessel Traffic Service (VTS) to Mitigate Maritime Accidents at Port Approaches”, World Maritime University, pp. 1-117.

[2] Bakhvalov, N. S.(1977), “Numerical Methods: Analysis, Algebra, Ordinary Differential Equations”, Mir Publishers. pp. 1-663.

[3] Goerlandt, F., Montewka, J., Ravn, E. S., Hänninen, M., and Mazaheri, A.(2012), “Analysis of the Near-Collisions using AIS Data for the Selected Locations in the Baltic Sea”, Report, Department of Applied Mechanics.

[4] Hsu, W. K. K.(2012), “Ports’ Service Attributes for Ship Navigation Safety”, Safety Science, Vol. 50, No. 2, pp. 244-252.

[5] IALA(2012), “VTS Manual 2012”, Ed. 5, pp. 1-176.

[6] Jeong, J. Y. and Jung, C. Y.(2012), “Empirical Study on the Performance Analysis and Function of Jindo Coastal Vessel Traffic Service”, Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety, Vol. 18, No. 4, pp. 308-315.

[7] KCG(2011), “Research Report on the Feasibility of Expanding and Building Coastal VTS”, Korea Coast Guard, pp. 1-152.

[8] KCG(2017), “Research Report for Analysis of the Effect of Integrated Coastal VTS Establishment”, Korea Coast Guard, pp. 1-144.

[9] KCG(2018), “Research Report for the Efficient Mid-to-Long-Term Operation of Vessel Traffic Service (VTS) Staffing”, Korea Coast Guard, pp. 1-305.

- [10] Kee, D. H., Jun, G. T., Waterson P. and Haslam, R.(2017), "A systemic analysis of South Korea Sewol ferry accident - Striking a balance between learning and accountability", *Applied ergonomics*, Vol. 59, pp. 504-516.
- [11] Kim, K. I., Jeong, J. S. and Lee, B. G.(2017), "Study on the Analysis of Near-miss Ship Collisions using Logistic Regression", *Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics*, Vol. 21, No. 3, pp. 467-473.
- [12] Kim, K. I. and Ahn, J. Y.(2018), "A Study on Appearance Frequencies and Fishing Ground Exploration of Low-run Fishing Obtained by Analyzing AIS Data of Vessels in the Sea around Jeju Island", *Journal of the Korean Society of Fisheries and Ocean Technology*, Vol. 54, No. 2, pp. 157-163.
- [13] KMST(2017), "Mokpo Regional Maritime Safety Tribunal Judgment paper No. 2017-069", Korea Maritime Safety Tribunal, pp. 1-11.
- [14] KMST(2020a), "Busan Regional Maritime Safety Tribunal Judgment paper No. 2020-063", Korea Maritime Safety Tribunal, pp. 1-9.
- [15] KMST(2020b), "Mokpo Regional Maritime Safety Tribunal Judgment paper No. 2020-039", Korea Maritime Safety Tribunal, pp. 1-13.
- [16] KMST(2021), "Maritime Accident Statistics in 2020", Korea Maritime Safety Tribunal, pp. 1-189.
- [17] Lee, C. H. and Ahn, J. Y.(2019), "A Study on Appearance Frequencies and Fishing Ground Exploration of Trawl Vessels Obtained by Analyzing AIS Data of Vessels in the Sea around Jeju Island", *Journal of the Korean Society of Fisheries and Ocean Technology*, Vol. 55, No. 2, pp. 138-144.
- [18] MOF(2017), "The 2nd National Maritime Safety Master Plan(2017~2021)", Ministry of Oceans and Fisheries, pp 1-280.
- [19] MOLEG(2021), Ministry of Government Legislation, <https://law.go.kr/> (accessed 7th, Jun. 2022).
- [20] Park, J. S. and Kim, J. O.(2000), "A Study on the Establishment of VTS Service Area in Pohang", *Journal of the Korean Society of Marine Environment and Safety*, Vol. 6, No. 2, pp. 1-15.
- [21] Saytel(2021), "Jeju Seogwipo coastal VTS system construction basic and detailed design", pp 1-72.
- [22] Segar Abdullah, M.(2000), "VTS in the Singapore strait: an Investigation into Mandatory Traffic Control", World Maritime University, pp. 1-111.
- [23] Śmierczalski, R.(2005), "Ships' Domains as Collision Risk at Sea in the Evolutionary Method of Trajectory Planning", In *Information Processing and Security Systems*, pp. 411-422.
- [24] Xie, Y.(2013), "The staffing levels at VTS centre: a case study of the Shenzhen VTS centre", World Maritime University, pp. 1-79.
- [25] Xu, G., Chen, C. H., Li, F. and Qiu, X.(2020), "AIS Data Analytics for Adaptive Rotating Shift in Vessel Traffic Service", *Industrial Management & Data Systems*, Vol. 120, No. 4, pp. 749-767.
- [26] Yang, H. S.(2010), "A Study on the Sector Division for Effective Vessel Traffic Service: Focused on Daesan, Pyeongtaek and Incheon Harbour", *Journal of Navigation and Port Research*, Vol. 34, No. 4, pp. 265-270.
- [27] Yoo, S. L. and Jung, C. Y.(2018), "Accident Reduction Effects Analysis of the Coastal Vessel Traffic Services Installation", *Proceedings of the Korean Society of Marine Environment & Safety*, p. 130.
- [28] Yoo, S. L. and Kim, K. I.(2021), "Optimal Staffing for Vessel Traffic Service Operators: A Case Study of Yeosu VTS", *Sensors*, Vol. 21, No. 23, pp. 1-17.

Received 17 May 2022

Revised 07 June 2022

Accepted 15 June 2022