

IALA 가이드라인에 기반한 VTS 시스템을 위한 레이더 성능 요구사항 분석

† 김병두 · 이병길*

†,* 한국전자통신연구원 ICT융합보안연구실

Analysis of Radar Performance Requirements for VTS System Based on IALA Guidelines

† Byung-Doo Kim · Byung-Gil Lee*

†,* ICT Convergence Security Research Team, Electronics and Telecommunications Research Institute, Daejeon 305-700, Korea

요 약 : 본 논문에서는 IALA 가이드라인을 기반으로 하여 해상교통관제시스템에서 요구되는 레이더의 주요 성능 요구사항을 분석한다. X밴드 레이더에 대한 표적 분해능, 표적 위치 정확도, 표적 추적 정확도에 대한 요구사항 및 시험 권고사항을 분석하고, VTS 센터에서 수집된 레이더 원시영상의 처리를 통하여 IALA 가이드라인의 표적 위치 정확도에 대한 요구사항을 만족하는지 여부에 대한 시험을 수행한다.

핵심용어 : 국제항로표지협회, 해상교통관제시스템, 레이더 성능 요구사항

Abstract : Based on IALA guidelines, the fundamental requirements of radar system for vessel traffic services are analyzed in this paper. target separation, target position accuracy, target track accuracy of X-band radar and recommended test conditions are analyzed. Also, in order to check if it satisfies the requirement of target position accuracy from IALA guideline, the test is carried out through processing of radar raw image acquired at VTS center.

Key words : International Association of Lighthouse Authorities(IALA), Vessel Traffic Service, Radar Performance Requirements

1. 서 론

국제항로표지협회(IALA)는 비정부간 기구로 전 세계 항로표지의 조화와 향상을 통하여 선박의 안전과 경제적인 항행지원 및 환경 보호를 도모하기 위하여 1957년 설립되었으며(Park and Kim, 2010), VTS 위원회를 통하여 해상교통관제시스템의 운영 및 기술 성능 요구사항에 대한 가이드라인을 제정하고 있다.

VTS의 운영 및 기술 성능 요구사항은 IALA 권고안 V-128에서 다루었으나, 최근에 IALA 가이드라인 1111(IALA, 2015)로 변경되었으며, 레이더, 선박자동식별장치(AIS, Automatic Identification System), 전자광학장치, 방향탐지기(DF, Direction Finder), VHF(Very High Frequency)등을 비롯한 다양한 VTS 시스템의 구성품에 대한 기능 및 성능 요구사항뿐만 아니라 VTS 시스템이 갖추어야 하는 데이터 처리 기능/성능, 사용자 인터페이스, 시험 검증에 대한 가이드라인을 제시하

고 있다.

본 논문에서는 IALA 가이드라인 1111을 기반으로 하여 해상교통관제시스템에서 요구되는 레이더의 표적 분해능, 표적 위치 정확도 및 표적 추적 정확도 규격을 분석하고, VTS 센터에서 수집된 레이더 영상의 후처리를 통하여 표적 위치 정확도에 대한 시험을 수행한다.

2. 레이더 성능 요구사항 분석

IALA 가이드라인에는 VTS 시스템을 구성하는 다양한 장비의 운용 및 기술적 성능 요구사항에 대하여 명시되어 있으며, 레이더 성능 요구사항은 주파수에 따라 X밴드, S밴드로, 성능 등급에 따라 초급(Basic), 중급(Standard), 고급(Advanced)으로 나뉘어 명시되어 있다.

본 장에서는 IALA 가이드라인에 명시된 VTS 시스템의 운용 및 성능에 대한 요구사항 중에서 국내에서 주로 사용되는 X 밴

† 교신저자 : 연희원, bdkim@etri.re.kr

* 연희원, bglee@etri.re.kr

드 레이더의 분해능, 위치 정확도, 추적 정확도를 중심으로 성능 요구사항을 분석한다.

2.1 표적 분해능

레이더의 표적 분해능은 인접한 두 표적을 분리하여 탐지할 수 있는 거리 및 방위각을 의미하며, IALA 가이드라인에는 인접한 두 표적의 반사 신호에서 침투값 대비 -6dB지점 사이의 간격으로 정의하고 있으며(IALA, 2007, 2015), IALA 가이드라인에 거리 분해능 및 방위각 분해능은 각각 다음과 같이 명시되어 있다.

Table 1 Range separation of small point targets

구분		초급	중급	고급
		-6dB 지점		
거리 분해능	5NM 이하	25m	20m	15m
	5 ~ 20NM	75m	60m	50m
	20NM 이상	N/A	100m	80m

Table 2 Azimuth separation of small point targets

구분		초급	중급	고급
		-6dB 지점		
방위각 분해능	방위각	1.0°	0.6°	0.5°
	거리	25m	20m	15m

2.2 표적 위치 정확도

표적 위치 정확도는 레이더 영상으로부터 추출한 표적의 위치 정확도를 의미하며, X밴드 레이더에 대한 표적 위치 정확도 요구사항은 다음과 같다.

Table 3 Requirement of target position accuracies

구분		초급	중급	고급
거리	탐지거리	0.5%	0.2%	0.1%
	절대값	15m	10m	5m
방위각	각도 오차	0.5°	0.35°	0.25°
	절대값	15m	10m	5m

IALA 가이드라인에 명시된 바와 같이 Table 3에서 표적 위치 정확도는 양자화 잡음, 물표 추출 오차, 레이더 설치 및 보정의 부정확도에 의한 오차를 포함하며, 안테나 고도에 따른 경사거리(Slant Range)에 의한 오차는 포함하지 않는다.

2.3 표적 추적 정확도

표적 추적 정확도는 2.2절에서 추출된 표적의 위치 정보를 이

용하여 표적 추적을 수행한 결과에 대한 정확도를 의미하며, X밴드 레이더에 대한 표적 추적 정확도 요구사항은 다음과 같다.

Table 4 Requirement of target position accuracies

구분		초급	중급	고급
위치	거리	다음의 최대값 <ul style="list-style-type: none"> • 탐지거리의 $\leq 0.5\%$ to $\leq 0.75\%$ • $\leq 5m - 10m +$ 펄스길이의 실효값 • 거리방향 표적 길이의 반 		
	방위	$\leq 1^\circ$	$\leq 1^\circ$	$\leq 0.5^\circ$
속도	속력	≤ 2 knots	≤ 1 knot	≤ 1 knot
	침로	$\leq 5^\circ$	$\leq 2^\circ$	$\leq 2^\circ$
시간	수렴시간	≤ 120 s		

5NM 거리에 위치한 20m 길이의 표적을 40ns의 펄스폭으로 추적할 때의 표적 추적에 대한 거리 정확도의 요구사항은 다음과 같이 계산할 수 있다.

Table 5 Example of range accuracy in track position

조건	기준값	단위	거리 정확도(m)
탐지거리	5	NM	46.3
			69.5
펄스 폭	40	ns	11.0
			16.0
선박 길이	20	m	10.0
거리 정확도			69.5

Table 4에서 수렴시간은 표적 확인으로부터 Table 4의 위치 및 속도에 대한 요구사항을 만족하기 까지 소요되는 시간을 의미한다.

3. 표적 위치 정확도 실험

본 장에서는 레이더의 여러 가지 성능 요구사항 중 표적 위치 정확도에 대한 실험을 수행하고, 결과를 분석하였다.

표적 위치 정확도 실험에 사용한 군산 VTS 센터에 위치한 레이더와 고정 등표의 위치는 다음과 같다.

Table 6 Radar and reference target position

구분	위도	경도
레이더	35° 58.21452 '	126° 33.10242 '
고정 등표	35° 59.27340 '	126° 30.83770 '

Table 6의 좌표로부터 레이더와 고정 등표사이의 거리 및 방

위각을 계산하면(Vincenty, 1975), 거리는 3927.19m, 방위각은 299.92°로 얻어진다.

Table 6으로부터 계산한 표적의 거리 및 방위각 참값과 레이더 영상으로부터 계산한 거리/방위각 측정값에 대하여 rms 오차를 계산하면, 거리오차는 약 5.2m, 방위각 오차는 약 0.13°이고, 거리오차의 표준편차는 0.52m, 방위각 오차의 표준편차는 0.01°이다.

Table 7 Test result of target position accuracy

항목	성능 요구사항	시험결과
거리 오차	10 m	5.2 m
방위각 오차	0.35°	0.131°

Table 7, Fig. 1와 Fig. 2에서 보듯이 측정오차는 거리 및 방위각에 대하여 각각 약 5m와 0.13°의 바이어스 오차를 포함하고 있으므로, 거리 및 방위각에 대한 바이어스를 정밀하게 보정할 경우, 표적 위치 정확도를 개선할 수 있을 것으로 판단된다.

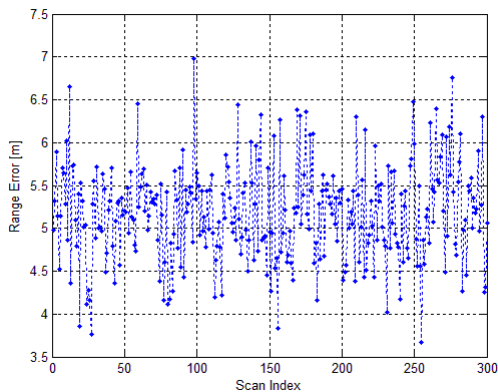


Fig. 1 Range Errors

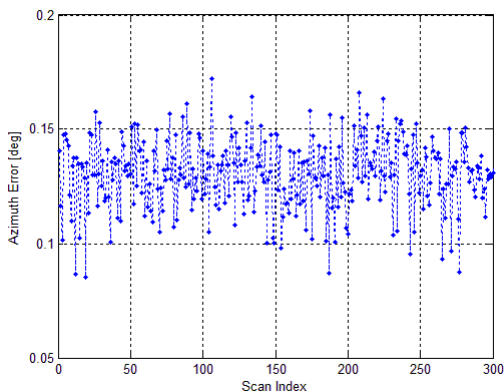


Fig. 2 Azimuth Errors

4. 결 론

본 논문에서는 VTS 가이드라인에 명시된 레이더의 주요 성능

즉, 표적 분해능, 표적 위치 정확도, 표적 추적 정확도에 대하여 분석하고, 각 시험에 대한 권고사항을 정리하였다. 또한, 군산 VTS 센터에서 취득된 레이더 영상을 이용하여 IALA 가이드라인 기준을 적용하여 표적 위치 정확도 시험을 수행하였다.

향후, 표적 위치 정확도뿐만 아니라, 표적 분해능 및 표적 추적 정확도에 대한 실제 환경에서의 시험수행이 필요하며, IALA 가이드라인에 명시된 시험 권고사항을 고려한 시험 절차의 개발이 필요하다.

후 기

“본 연구는 국민안전처/한국해양과학기술진흥원의 미래해양개발사업 연구비지원(ETRI 수행 과제번호 20090403)에 의해 수행되었습니다.”

참 고 문 헌

- [1] Park, H. H. and Kim, G. O.(2010), "International Cooperation and Leading Strategy of AtoN", Proceedings of the Korean Institute of Navigation and Port Research Conference, pp.467-470.
- [2] IALA(2015), IALA Guideline No. 1111 on Preparation of Operational and Technical Performance Requirements for VTS Systems, Ed. 1.
- [3] IALA(2007), IALA Guideline No. 1056 On The Establishment of VTS Radar Services, Ed. 1.
- [4] Vincenty, T.(1975), "Direct and Inverse Solutions of Geodesics on the Ellipsoid with application of nested equations," Survey Review XXIII, pp.88-93.