



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

석사학위 논문

강정항 VTS 시스템 구축시
음영구역 최소화를 위한 레이더의 위치
설정에 관한 연구

제주대학교 산업대학원

어업학과

이승희

2018년 6월

석사학위 논문

강정항 VTS 시스템 구축시
음영구역 최소화를 위한 레이더의 위치
설정에 관한 연구

제주대학교 산업대학원

어업학과

이승희

2018년 6월

강정항 VTS 시스템 구축시 음영구역 최소화를 위한 레이더의 위치 설정에 관한 연구

지도교수 안 장 영

이 승 희

이 논문을 수산학 석사학위 논문으로 제출함

2018년 6월

이승희의 수산학 석사학위 논문을 인준함

심사위원장 최 찬 문 ㉮

위 원 안 장 영 ㉮

위 원 이 창 현 ㉮

제주대학교 산업대학원

2018년 6월

A Study on installation location of radar for minimizing blind area in the Construction of VTS System of Kangjeong Port

Lee Seung-Hi

(Supervised by professor Ahn Jang-young)

A thesis submitted in partial fulfillment of the requirement for the degree of Master of Fisheries Science

2018. 6. .

This thesis has been examined and approved.

.....
Thesis director, Ahn Jang-young, Prof. of Fishery

.....
.....
.....
(Name and signature)

.....
Date

Department of Fishery
GRADUATE SCHOOL OF INDUSTRY
JEJU NATIONAL UNIVERSITY

목 차

| | |
|--------------------------------------|-----|
| List of Figures | ii |
| List of Tables | iii |
| Abstract | iv |
| I. 서론 | 1 |
| II. 자료 및 방법 | 4 |
| III. 결과 및 고찰 | 7 |
| 1. 단일 레이더를 설치한 경우 | 7 |
| (가) 강정항에 레이더 안테나를 설치한 경우 | 7 |
| (나) 미악산에 레이더 안테나를 설치한 경우 | 8 |
| (다) 서귀포항에 레이더 안테나를 설치한 경우 | 10 |
| 2. 복수 레이더를 설치한 경우 | 14 |
| (가) 미악산과 강정항에 레이더 안테나를 설치한 경우 | 14 |
| (나) 미악산과 서귀포항에 레이더 안테나를 설치한 경우 | 15 |
| (다) 강정항과 서귀포항에 레이더 안테나를 설치한 경우 | 16 |
| IV. 결론 | 21 |
| V. 참고문헌 | 23 |
| VI. 감사의 글 | 25 |

List of Figures

| | |
|--|----|
| Fig. 1 Antenna installation place for radar simulation and VTS area. | 4 |
| Fig. 2 A bird's eye chart assuming the entry of two 150,000-ton international cruise ships(Clutter) at Kangjeong port. | 6 |
| Fig. 3 Radar Simulation Result when Radar Antenna is installed in Kangjeong Port | 7 |
| Fig. 4 Radar Simulation Result when Radar Antenna is installed in Miaksan | 9 |
| Fig. 5 Radar Simulation Result when Radar Antenna is installed in Seoguipo port | 10 |
| Fig. 6 The blind areas appeared by objects on master radar respectively. | 11 |
| Fig. 7. Total blind area and its ratios to the VTS areas to control at Kangjeong port. | 11 |
| Fig. 8 Result of radar simulation when the radar antenna is located in Kangjeong port and Miaksan. | 14 |
| Fig. 9 Result of radar simulation when the radar antenna is located in Miaksan and Seoguipo port. | 15 |
| Fig. 10 Result of radar simulation when the radar antenna is located in Kangjeong and Seoguipo ports. | 16 |
| Fig. 11 The Resolution rates of blind areas by signal synthesis of slave radar site and master radar site and remaining blind areas. | 19 |

List of Tables

| | |
|---|----|
| Table 1 Setting for radar simulations | 5 |
| Table 2 Control areas when radar antenna is installed on Kangjeong port. | 8 |
| Table 3 Control areas when radar antenna is installed on Miaksan. | 9 |
| Table 4 Control areas when radar antenna is installed on Seoguipo port. | 11 |
| Table 5 The blind areas appeared by objects on master radar and the results of the blind areas resolved by signal synthesis with slave radar. | 18 |

Summary

We have studied the efficient operation of the radar and the appropriateness of the installation location, when constructing the VTS system.

As the Civil-Military Complex Harbour(Kangjeong port) is completed in 2016, we set the control area within 10 nautical miles centering on Kangjeong Port, and found out and removed the operational radar blind area of VTS system, to provide safe navigation information for vessels that navigating this area.

Assuming that two international cruise ships entering at the same time, we performed the radar simulation and compared the images by considering the three sites of Kangjeong Port, Miaksan and Seoguiipo Port.

Simulation results for a single radar installed at Kangjung Port indicate that the blind area was largely affected by two large cruise ships and the surrounding islands.

The blind area due to Kogunsan was considerably large when installed in Miaksan and the blind area due to the influences of Beomseom, Moonseom and Seopseom was also negligibly large.

It seems that additional radar installation is necessary as a complementary solution to solve this blind area.

Therefore, when two radars were installed at Miaksan and Kangjeong Port, the residual blind area due to the Seopseom was 0.25 km^2 , and it was at 0.1~0.33 nautical miles in the southeast direction from Seopseom.

In addition, the remaining blind area with two cruise ships mutually influenced was 0.18 km^2 , which did not occur when the cruise ship was only one.

I. 서 론

일반적으로 경제가 성장하면 이에 수반되어 국가간의 교역량이 늘어나는 경우가 많다. 이러한 교역량의 대부분은 선박을 통한 해상운송으로 이루어지고 있다 (Lee, 2013). 세계 해사 통계자료에 의하면, 미국의 리먼 브라더스 사태의 여파가 있었던 2009년을 제외하고는 세계 해상 물동량의 추이는 2002년부터 현재까지 급속하게 증가해 왔다 (CRSL, 2015; KSA, 2016). 이에 따라 세계의 선박량도 꾸준히 증가해 왔고, 1,000 G/T이상의 선박척수도 동시에 증가해 왔다 (ISL, 2016). 더구나 산업의 발달로 선박의 대형화와 고속화로 이어지면서 해상교통량도 동시에 증가하여 각종 해양사고 발생의 위험도 현저히 증가하게 되었다 (Cho et al., 2014).

1995년도 전라남도 소라도 앞바다에서 일어난 씨프린스호 좌초사건과 2007년 충청남도 태안군 앞바다에서 삼성중공업 소속 크레인선과 유조선 허베이스피리트호의 충돌사건은 대량의 기름유출로 생태계를 비롯한 연안어장의 황폐화와 더불어 어민들의 생활터전을 앗아가 지역경제에 타격을 주었을 뿐만 아니라, 2014년 4월 16일 전라남도 진도군 조도면 부근 해상에서 여객선 세월호의 침몰 사건은 304명의 인명을 앗아간 국가적 대재앙이었다. 이러한 해양사고의 원인은 천재지변이라기보다는 대부분 선박운항 부주의로 인한 인재라는 것에 주목하여야 한다.

우리나라 주변해역에서 일어나는 대부분의 해양사고는 소형어선에 의하여 일어나고 있지만 (Park et al., 2016), 2000년도 이후 1,000 G/T 이상의 선박에 대한 해양사고가 전체 해양사고의 10% 이상을 차지하고 있다. 그리고 2007년 이후부터 2015년까지의 국내 개항 및 진입수로에서 일어난 해양사고가 전체해역에서 일어난 해양사고의 평균 약 11.3%를 차지하고 있다 (MOF, 2016). 이러한 사실에서 우리는 우리나라 주요항만에 설치되어 있는 기존의 해양통신장비 및 유무선 시설을 설치하거나 효율적으로 운용하면 사고를 예방하거나 감소시킬 수 있을 것으로 예상된다.

유럽에서 항행의 방해요소가 되었던 안개를 극복하기 위한 수단으로 육상에

레이더를 설치하게 된 것이 해상교통관제 (이하 VTS라고 한다)시스템으로 발전하게 된 계기가 되어, 1948년 영국의 리버풀항을 시초로, 1952년 암스테르담항, 1956년 로테르담항 등으로 순차적으로 확대·설치하게 되어 현재는 전세계 170여개국에서 VTS 시스템을 운영하고 있다 (MoLIT, 2013).

우리나라에서는 포항제철에 필요한 철광석을 실은 대형선박이 포항항을 빈번히 입출항함에 따라 1993년에 국내 최초로 해상교통관제(VTS)센터가 개설되었으며, 그 후 여수·울산항 (1996), 마산·인천·평택·대산·부산항 (1998), 동해·제주·군산·목포항 (1999), 완도항 (2004), 부산신항 (2005) 순으로 설치되었으며, 2011년에는 경인 아라뱃길에도 도입되었다. 뿐만 아니라 각 항만을 연결하는 연안 수역에도 VTS를 확대할 필요성이 있어 2006년 진도연안을 시작으로 여수연안 (2012), 통영연안 (2014), 경인연안·태안연안(2018) 등 현재는 전국 20개 VTS 센터가 설치되어 선박에 항행정보 서비스를 제공하고 있으며, 2021년까지 6개소가 추가 구축될 예정이다 (MoPSS, 2017).

제주특별자치도는 2007년에 세계 7대 자연경관으로 선정되면서 국제 대형 크루즈선박의 입출항이 크게 증가하는 관광도시인 동시에, 영해수호의 전략적 요충지이기도 하다. 따라서 서귀포 강정항에 민군복합형 관광미항을 건설하는 한편, EEZ관리를 강화하기 위해 해양수산부에서는 2017년 6월에 남해어업관리단을 신설하였다 (MTN, 2017). 이에 선박의 안전 도모와 효율적인 항만운영 지원 및 인근해역의 선박들의 항행안전에 필요한 정보를 제공하기 위해서는 적지에 VTS 시스템을 구축할 필요가 있으며, 레이더 및 무선통신기 등 중요시설의 성능향상을 위한 타당성이나 적절성에 대한 평가는 기본적으로 수반되어야 한다.

그런데 전파 에너지는 직진성을 가지고 있을 뿐 아니라 진행도중 장애물에 부딪히면 일부가 반사하는 성질이 있으므로 장애물의 특성에 따라서는 완전히 차단되어 전파 에너지가 더 이상 진행을 할 수가 없거나 약해져서 탐지가 불가능한 음영구역이 있어 레이더 사용의 치명적인 단점이 된다 (Lee, 2000). 따라서 VTS 시스템에서 가장 중요한 것이 시간과 장소에 관계없이 관할구역을 항행하는 선박을 모니터링하여 항행정보를 서비스하는 것임에도 지리적 환경특성이나 장비의 성능 등에 따라 제한을 받아 시설의 설치목적은 달성할 수가 없는 경우가 많다.

이와 관련된 연구로는 Kim and Park (2016)의 VCDF 방식을 통한 효율적인 VTS 통신 데이터 분석에 관한 연구, Kim (2013)의 VTS관제사의 최소안전거리에 관한 기초 연구, Han et al. (2014)의 후보지 선정 및 최대지역 관제를 위한 최적화 모형을 제안하는 해상교통관제서비스 (VTS)의 추가설치를 위한 연구, Jeong (2009)의 해상교통관제(VTS) 시스템의 운영 및 발전방안에 관한 연구 등 다수의 연구가 있으나, VTS 레이더의 설치위치에 따른 성능제한에 관한 논문은 보기 어렵다.

이 논문은 VTS 시스템 구축을 위한 레이더 설치시 레이더의 효율적인 운영을 위한 설치위치에 대한 적정성 연구로서, 최근 제주 민군복합항(강정항)이 준공됨에 따라 주변해역을 항행하는 선박에 안전하고 정확하게 항행정보를 제공하기 위해서 관할구역 내에서 VTS 시스템의 운영상 레이더 장비로 인한 음영구역을 찾아 해소하는 방안을 고찰하였다. 2척의 국제 대형 크루즈선의 동시입항을 가정하여 강정항, 서귀포항, 미약산(용오름) 등 3곳을 레이더 적정지로 선택한 후, 레이더 시뮬레이션의 결과영상을 비교분석하여 지리적 환경특성 등에 따른 성능 제한 요소를 분석하고 최소화할 수 있는 방안을 모색하였다.

II. 자료 및 방법

제주 민군복합항인 강정항을 중심으로 VTS 시스템을 구축하였을 때 관할구역은 Fig. 1과 같이 강정항을 기준으로 10해리 이내의 해역으로 약 557 km²로 하였다.

이 관할구역의 해상교통관제 운영을 위해 VTS 시스템의 주요 시설인 레이더 안테나 설치 장소는, 새롭게 건설된 제주 민군복합항인 강정항을 포함하여, 강정항에서 약간 떨어져 있지만 규정된 관할구역을 충분히 관제할 수 있으면서 지역적 특성상 자연경관 훼손에 따른 경관심의 (Jeju Special Self-Governing Province, 2015)를 받거나 민원발생의 가능성이 적은 고도가 높은 미악산 정상 부근, 그리고 새롭게 건설된 민군복합항의 관할구역 관제는 물론이거니와 유람선, 화물선, 관광선 등 각종 선박들의 입출항이 빈번하게 일어나고 있는 기존의

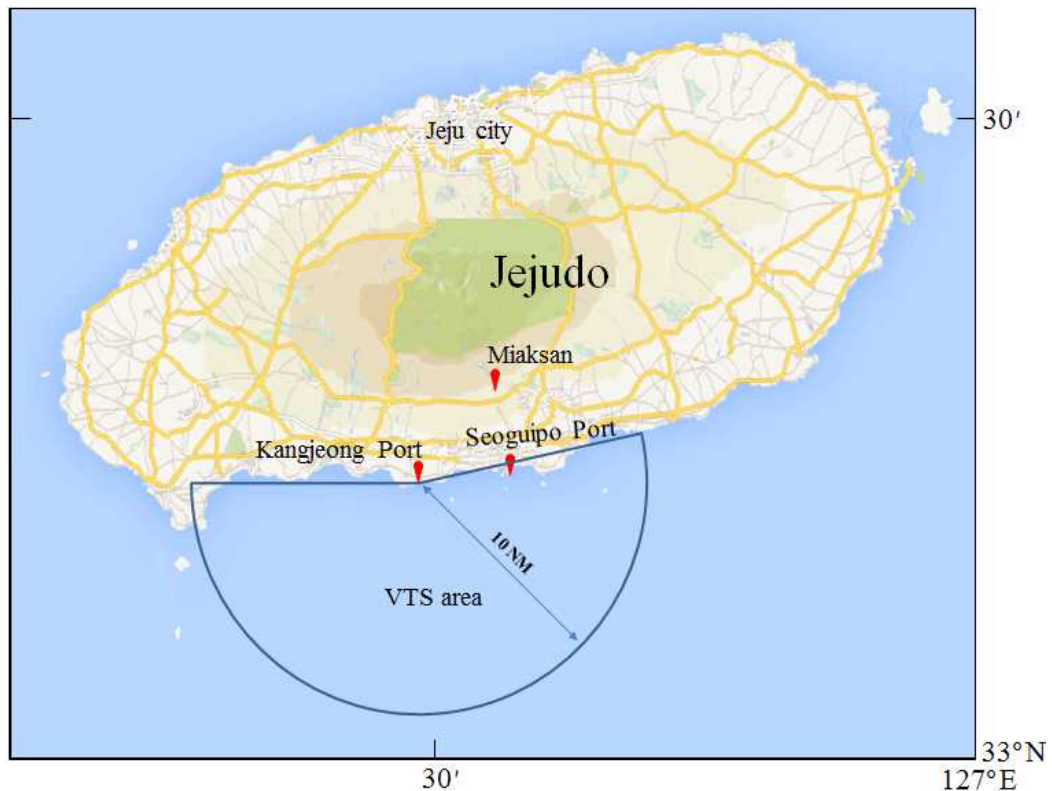


Fig. 1 Antenna installation place for radar simulation and VTS area.

서귀포항 등 3곳을 선정하여 Fig. 1에 나타내었다. 이곳들을 중심으로 한 장소에 단일 레이더를 설치하는 경우와, 단일 레이더의 약점이 상호 보완이 가능하도록 두 장소에 각각 한 대씩 레이더를 설치하여 이들 영상을 중첩시켜 운영하는 복수 레이더의 경우를 고려하고, 효율적인 관제가 가능한 가장 이상적인 경우를 찾아내었다.

레이더 안테나의 설치장소에서 관할구역을 탐색할 수 있는 탐지거리는 강정항에서는 10 해리, 미악산과 서귀포항에서는 강정항과의 거리를 감안하여 15 해리를 기준하여 시뮬레이션을 실시하였다.

Table 1 Setting for radar simulations

| Items | Miaksan(MAS) | Kangjeong(KJ) Port | Seoguipo(SGP) Port | |
|----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------|
| Peak Power | 25 kW | 25 kW | 25 kW | |
| Antenna gain(Tx/Rx) | 37 dBi | 37 dBi | 37 dBi | |
| Losses(Tx/Rx) | 1.5105 dB | 4.5315 dB | 4.5315 dB | |
| Antenna Height | 523(518+5) m | 40(8+32) m | 40(3+37) m | |
| Frequency | 9,375 MHz | 9,375 MHz | 9,375 MHz | |
| Pulse Width | SP | 0.05~0.12 μ s | 0.05~0.12 μ s | |
| | LP | 0.3~0.6 μ s | 0.3~0.6 μ s | |
| P.R.F. | SP | 800~8,000 Hz | 800~8,000 Hz | |
| | LP | 400~2,200 Hz | 400~2,200 Hz | |
| Noise | 3 dB | 3 dB | 3 dB | |
| Detection PD | 90% < | 90% < | 90% < | |
| RCS | 10 m ² | 10 m ² | 10 m ² | |
| Pulse Rep Fq. | 4,000 Hz | 4,000 Hz | 2,000 Hz(LP) | |
| Clutter(Cruise ship) | L340m×W40m×H40m 2ea | 340m×W40m×H40m 2ea | 340m×W40m×H40m 2ea | |
| Position | Lat. | 33° 17' 59.66"N | 33° 13' 44.51"N | 33° 14' 14.34"N |
| | Long | 126° 33' 16.32"E | 126° 28' 44.73"E | 126° 34' 07.76"E |

레이더의 설치장소가 결정된 후, 그 장소에서 레이더로 전 관할구역의 탐색가능 여부와 음영지역의 출현 및 소멸에 관한 검토는 시뮬레이션 전문기관인 대한이엔씨(주) 협조를 받아 VTS 레이더 시뮬레이션을 실시한 결과를 이용하였으며, 음영구역의 면적계산은 Google Earth Pro라는 프로그램을 이용하여 산출하였다.

세 곳의 설치장소에서 VTS 레이더 시뮬레이션을 실시할 때의 설정조건은 Table 1과 같다.

Table 1에서, 레이더가 설치된 각 위치의 레이더 안테나의 높이는, 해면높이의 변화와 GIS 데이터의 부정확성 등을 고려하여, 미약산 523 m, 강정항 40 m, 서귀포항 40 m로 각각 고정하였다.

그리고 Fig. 2에서와 같이 강정항에 2 척의 15 만톤급 대형 크루즈선박(L340 m×W40 m×H40 m)이 동시에 입항하였을 때를 가정하여, 크루즈선박의 규모에 맞는 Clutter를 생성시켰으며, 크루즈선의 선석으로 축조된 동쪽 방파제와 남쪽 방파제의 중간에 각각 위치하게 하여 시뮬레이션을 실시하였으며, 표적의 레이더 반사면적 RCS는 10 m²로 적용하였다.



Fig. 2 A scene in which two 150,000-ton cruise ships(Clutter) entered port.

Ⅲ. 결과 및 고찰

VTS 시스템 구축시 음영구역의 발생은 그 발생여부는 물론이고 위치와 크기도 대단히 중요하다. 따라서 레이더 안테나의 설치장소로 예상한 3곳에 대하여 단일 레이더를 설치한 경우와 2곳의 복수 레이더를 설치한 경우를 가상하여 각각 시뮬레이션을 실시하여 음영구역의 발생에 대하여 검토하였다.

1. 단일 레이더를 설치한 경우

(가) 강정항에 레이더 안테나를 설치한 경우

Fig. 3는 강정항에 레이더를 설치했을 때의 VTS 레이더로 관제해야할 관제범위 10해리와 레이더 작동시의 시뮬레이션 결과를 나타내고 있다.

Fig. 3에서, 적색 부분은 레이더로 탐지가 가능한 부분이고 흑색부분은 레이더로 탐지가 불가능한 음영구역과 관제범위 이외의 구역이다. 중앙부에 있는 관제

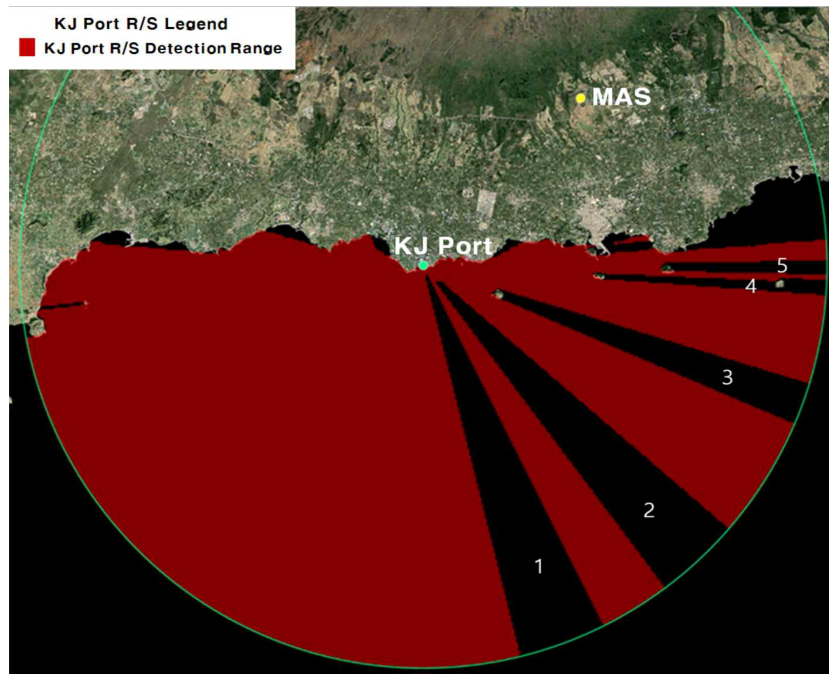


Fig. 3 Radar Simulation Result when Radar Antenna is installed in Kangjeong Port

구역내 5개의 큰 음영구역의 원인을 분석해 보면, 좌측에서 우측 순으로 크루즈 선박(1), 크루즈선박(2), 범섬, 문섬, 섯섬의 영향으로 레이더 전파가 차단되어 탐지가 불가능함으로써 큰 음영구역으로 나타난 것으로 판단된다. 이 음영구역의 크기를 원인별로 나타낸 것이 Table 2이다.

Table 2 Control areas when radar antenna is installed on Kangjeong port.

| Item | Objects | Areas | Remarks |
|------------------------------|----------------|---------------------------|---|
| Kangjeong | Kangjeong | 557 km ² | 10NM (Blind areas Included) |
| Blind area 1 | Cruise Ship(1) | 38.2 km ² | From the left of the map (Fig. 3) |
| Blind area 2 | Cruise Ship(2) | 35.9 km ² | |
| Blind area 3 | Beomseom | 16.4 km ² | |
| Blind area 4 | Moonseom | 5.29 km ² | |
| Blind area 5 | Seopseom | 3.50 km ² | |
| Blind area 6 | Seaseom | 1.13 km ² | |
| Sum of blind areas | | 100.42 km ² | |
| Total blind areas | | 456 km² | (Blind areas not Included) |

Table 2에서 총 557 km²의 관제면적 중에서 크루즈선박(1), 크루즈선박(2), 범섬, 문섬, 섯섬의 영향으로 발생한 음영구역의 크기는 각각 38.2 km², 35.9 km², 16.4 km², 5.29 km², 3.50 km², 1.13 km²로, 합계 100.42 km²로 나타났다.

(나) 미악산에 레이더 안테나를 설치한 경우

Fig. 4는 미악산에 레이더를 설치했을 때의 VTS 레이더로 관제해야할 관제범 위 15해리와 레이더 작동시의 시뮬레이션 결과를 나타내고 있다.

Fig. 4에서, 녹색 부분은 레이더로 탐지가 가능한 부분이고 흑색부분은 레이더로 탐지가 불가능한 음영구역과 관제범위 이외의 구역이다. 중앙부에 있는 관제 구역내 6개의 큰 음영구역의 원인을 분석해 보면, 좌측에서 우측 순으로 고군산, 크루즈선박(1), 크루즈선박(2), 범섬, 문섬, 섯섬의 영향으로 레이더 전파가 차단되어 탐지가 불가능함으로써 음영구역으로 나타난 것으로 판단된다. 이 음영구

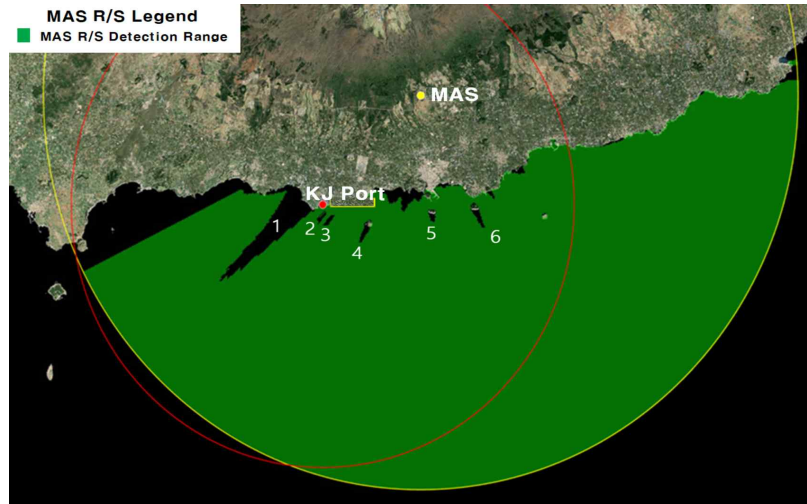


Fig. 4 Radar Simulation Result when Radar Antenna is installed in Miaksan

역의 크기를 원인별로 나타낸 것이 Table 3이다.

Table 3에서 총 896 km²의 관제면적 중에서 고군산, 크루즈선박(1), 크루즈선박(2), 범섬, 문섬, 쇄섬의 영향으로 발생한 음영구역의 크기는 각각 9.52 km², 0.32 km², 0.28 km², 0.54 km², 0.37 km², 0.76 km²로, 합계 11.79 km²로 나타났다.

Table 3 Control areas when radar antenna is installed on Miaksan.

| Item | Objects | Areas | Remarks |
|--------------------------|----------------|---------------------------|---|
| Miaksan | Miaksan | 896 km ² | 15NM (Blind areas Included) |
| Blind area 1 | Koguensan | 9.52 km ² | From the left of the map (Fig. 4) |
| Blind area 2 | Cruise Ship(1) | 0.32 km ² | |
| Blind area 3 | Cruise Ship(2) | 0.28 km ² | |
| Blind area 4 | Beomseom | 0.54 km ² | |
| Blind area 5 | Moonseom | 0.37 km ² | |
| Blind area 6 | Seopseom | 0.76 km ² | |
| Sum of blind areas | | 11.79 km ² | |
| Total blind areas | | 884 km² | (Blind areas not Included) |

(다) 서귀포항에 레이더 안테나를 설치한 경우

Fig. 5는 서귀포항에 레이더를 설치했을 때의 VTS 레이더로 관제해야 할 관제 범위 15해리와 레이더 작동시의 시뮬레이션 결과를 나타내고 있다.

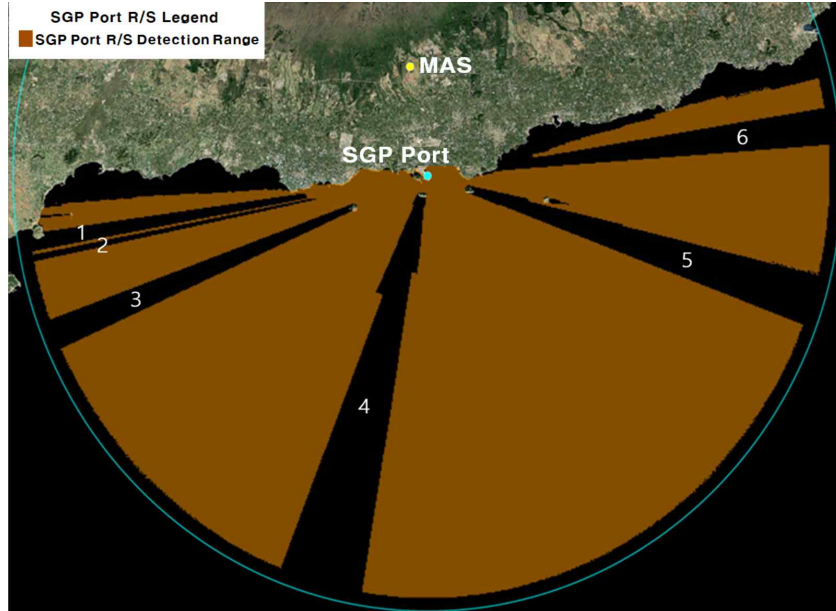


Fig. 5 Radar Simulation Result when Radar Antenna is installed in Seaguipo port

Fig. 5에서, 갈색 부분은 레이더로 탐지가 가능한 부분이고 흑색부분은 레이더로 탐지가 불가능한 음영구역과 관제범위 이외의 구역이다. 그리고 바깥원은 반경이 15 해리인데, 시뮬레이션 결과가 15해리에 미치지 못하고 있다. 이것은 조건설정에서 표적의 RCS를 10 m²로 적용하였기 때문에 지구의 곡률로 인한 전파의 기하학적 시인거리가 미치지 못한 결과이므로 음영구역에 해당되기는 하나 관할구역에서 벗어나 있어 분석에서는 제외하였다. 중앙부에 있는 관제구역내 6개의 큰 음영구역의 원인을 분석해 보면, 좌측에서 우측 순으로 크루즈선박(1), 크루즈선박(2), 범섬, 문섬, 섯섬, 채지기오름의 영향으로 레이더 전파가 차단되어 탐지가 불가능함으로써 큰 음영구역으로 나타난 것으로 판단된다. 이 음영구역의 크기를 원인별로 나타낸 것이 Table 4이다.

Table 4에서 총 1,196 km²의 관제면적 중에서 크루즈선박(1), 크루즈선박(2),

범섬, 문섬, 섯섬의 영향으로 발생한 음영구역의 크기는 각각 11.6 km², 5.1 km², 25.7 km², 75.9 km², 44.0 km², 29.7 km²로, 합계 192.0 km²로 나타났다.

Table 4 Control areas when radar antenna is installed on Seoguipo port.

| Item | Objects | Areas | Remarks |
|--------------------------|----------------|-----------------------------|---|
| Seoguipo | Seoguipo | 1,196 km ² | 15NM (Blind areas Included) |
| Blind area 1 | Cruise Ship(1) | 11.6 km ² | From the left of the map (Fig. 5) |
| Blind area 2 | Cruise Ship(2) | 5.1 km ² | |
| Blind area 3 | Beomseom | 25.7 km ² | |
| Blind area 4 | Moonseom | 75.9 km ² | |
| Blind area 5 | Seopseom | 44.0 km ² | |
| Blind area 6 | Jeajigi-oreum | 29.7 km ² | |
| Sum of blind areas | | 192 km ² | |
| Total blind areas | | 1,004 km² | (Blind areas not Included) |

이상의 세 곳에 단일 레이더 안테나를 설치하였을 경우를 가정하여 VTS 시스템의 레이더 시뮬레이션을 실시한 결과에서 음영구역의 원인이 되는 장애물에 의해 발생하는 음영구역의 면적을 상호 비교한 것이 Fig. 6이다.

Fig. 6에서, 고도가 높은 미악산에 안테나를 설치한 경우, 고군산의 영향으로 강정항의 남서방향으로 약 9.5 km²의 음영구역이 발생하였으나 다른 장애물의 영향은 미약하게 나타났다. 그러나 강정항에서 북동방향으로 약 5.7 해리 내륙으로 떨어져 있어서 레이더의 분해능 등의 성능저하 문제가 거론될 수 있으나 기술적으로는 지장이 있을 정도는 아니라고 판단된다. 강정항의 경우는, 크루즈선박 2 척이 정박하였을 경우에 그 크루즈선박으로 인한 음영구역이 대단히 크게 발생될 뿐만 아니라 범섬으로 인한 영향도 상당히 크고, 문섬 및 섯섬의 영향 또한 무시하기 어려울 정도의 결과로 나타났다. 더구나 서귀포항에 설치하는 경우는, 항구 앞의 섬들인 범섬, 문섬 및 섯섬의 높이가 레이더 안테나의 높이보다 높아 음영구역이 너무나 크게 발생할 뿐 아니라 발생하는 방향도 관제대상 선박이 일반적으로 항행하는 구역으로 관제에 영향이 많이 있을 것 같아 좋지 않을 뿐더러, 특히 문섬으로 인한 음영구역은 약 76 km²로 아주 넓어서 전체 관할면적

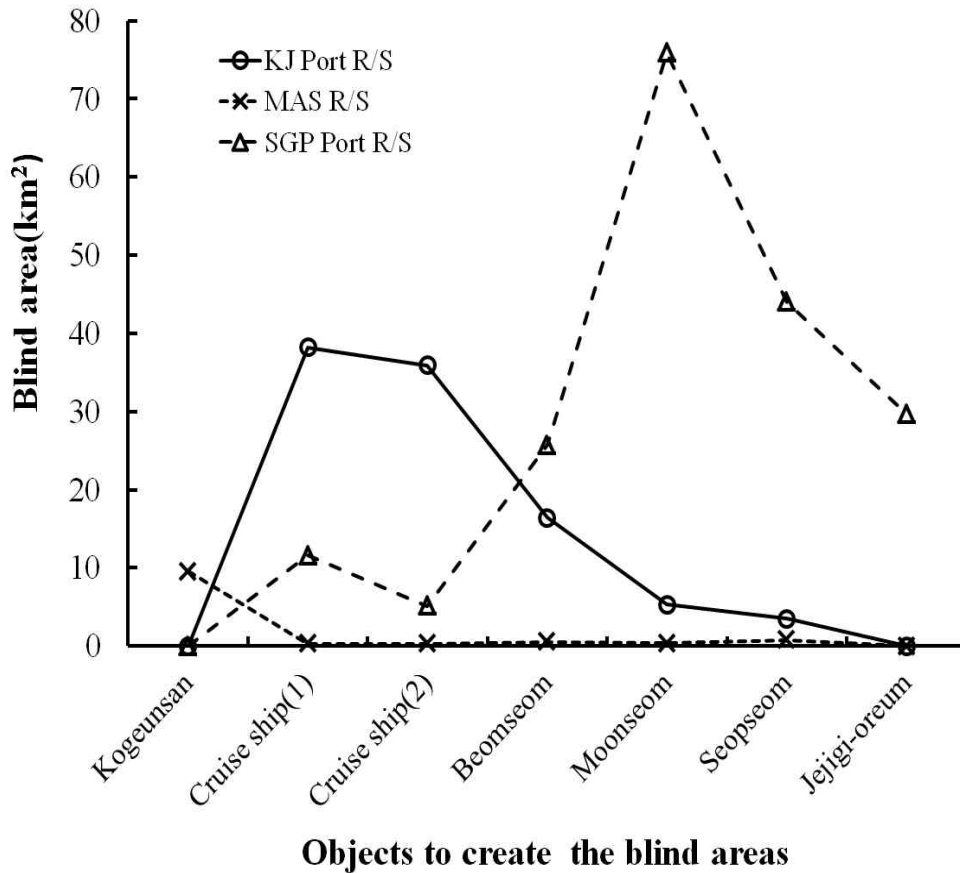


Fig. 6 The blind areas appeared by objects on master radar respectively.

의 13.2%나 되어 선박관제시에도 심각한 문제가 야기될 수도 있다고 사료된다.

이렇게 강정항, 미악산 및 서귀포항에 레이더 안테나를 설치한 경우의 시뮬레이션 결과에서 나타난 음영구역에 대해 총합계와 전 관할구역의 면적인 557 km²에 대한 비율을 계산해서 나타낸 결과가 Fig. 7이다.

Fig. 7에서, 강정항에 위치했을 때 음영구역의 합계와 그 비율은 약 99.3 km²로 17.3%, 미악산에 위치했을 때는 11.8 km²로 2.0%, 서귀포항에 위치했을 때는 162.3 km²로 28.2%에 해당되는 것으로 나타났다.

이상의 결과에서, 단일 장소로 한 대의 레이더를 설치할 가장 이상적인 설치장소는 미악산의 경우로 음영구역이 다른 장소보다 상대적으로 좁게 발생하였고, 발생 지역도 선박교통에 크게 지장이 되지 않는 강정항 입구의 반대편 쪽으로 나타났다. 다음은 강정항에 레이더를 설치할 경우 관제해야 할 선박이 강정항의

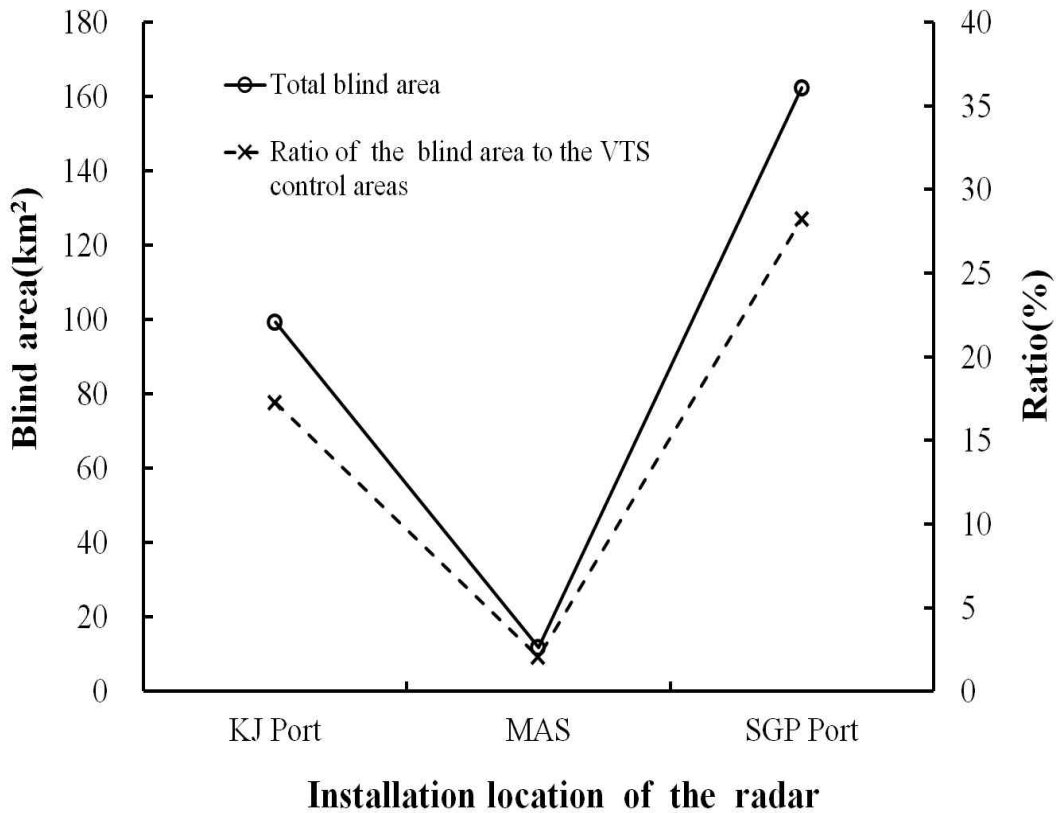


Fig. 7. Total blind area and its ratios to the VTS areas to control at Kangjeong port.

남동쪽인 음영구역 방향에서 접근할 경우 관제도중 관제대상 선박이 오랜 시간 사라져버리는 위험상황에 빠질 가능성이 있어 미리 대비책을 세워 놓아야 하며, 필요하면 AIS등의 다른 보완장비도 겸용하는 준비가 필연적이라고 보여진다. 서귀포항의 경우는 선박관제에 심각한 문제가 발생할 우려가 있는 경우로 인근지역에 보조 레이더를 병행하여 사용하는 등의 보완책이 반드시 필요하다.

해상교통 사고는 기상이 좋을 때가 아닌 악천후 때, 그리고 예상하지 못한 우연한 시기에 사소한 잘못으로 일어나는 경우가 많으므로 관제사들은 항상 긴장하여 임무를 수행하여야 하나, 레이더 등의 장비문제로 관제대상선박을 눈앞에서 놓쳐 사고로 이어지는 상황이 벌어진다면 또 하나의 인재를 예약해 놓는 것과 같은 결과가 된다.

2. 복수 레이더를 설치한 경우

세 곳에서 단일 레이더를 설치하였을 때의 시뮬레이션 결과에서, 설치장소가 비교적 이상적인 미악산에 설치한 경우에도 일부 음영구역의 해소가 필요하고 또 레이더 유지보수를 위해 안테나의 동작을 정지시키는 등을 감안한다면 안정적인 관제운영을 위해 복수의 안테나를 설치해서 병행·운용하는 방법을 검토할 필요가 있다. 이 방법은 경제적·공간적 문제는 있으나 상호 보완적 관계가 되어 음영구역의 해소에 큰 도움이 되는 경우가 많다.

(가) 미악산과 강정항에 레이더 안테나를 설치한 경우

Fig. 8은 레이더를 강정항과 미악산에 설치했을 때의 VTS 레이더 시뮬레이션 결과로, 적색과 갈색 부분은 레이더를 강정항에 위치했을 때의 결과이고, 녹색과 갈색 부분은 미악산에 위치했을 때이며, 이중 갈색부분은 두 대를 동시에 작동하였을 때의 중첩된 결과이다.

Fig. 8에서, 미악산의 경우는 안테나의 고도가 높아서 음영구역이 적색부분에

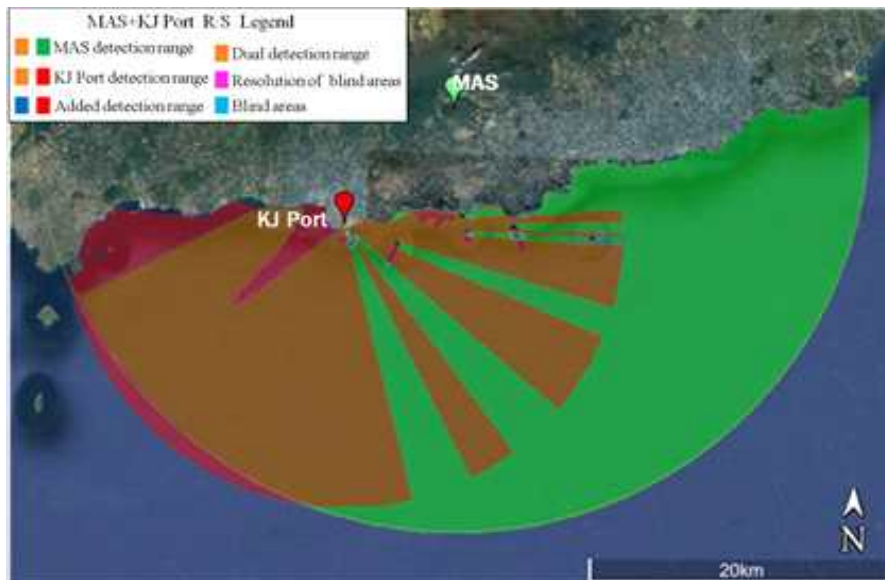


Fig. 8 Result of radar simulation when the radar antenna is located in Kangjeong port and Miaksan.

해당된다. 왼쪽의 적색 기둥모양은 고군산의 영향으로 인한 음영구역으로, 완전히 해소되었음을 나타내고 있고, 범섬 및 문섬에 의한 음영구역도 거의 해소 되었음을 알 수 있다.

(나) 미악산과 서귀포항에 레이더 안테나를 설치한 경우

Fig. 9는 미악산과 서귀포항에 레이더를 설치하였을 때의 시뮬레이션 결과와, 강정항을 중심으로 한 10 해리 원의 관제구역을 나타낸다.

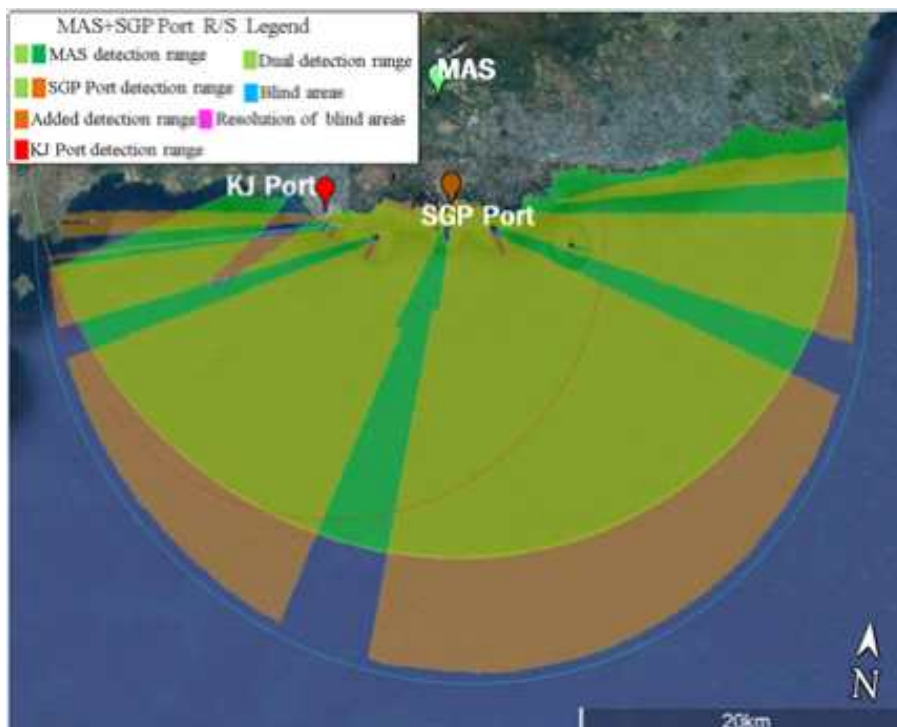


Fig. 9 Result of radar simulation when the radar antenna is located in Miaksan and Seoguiipo port.

Fig. 9에서 녹색과 연두색부분은 미악산에 레이더를 설치한 경우의 결과로 Fig. 8과 같으며, 브라운색과 연두색부분은 서귀포항에 설치한 경우의 결과이다. 그 중에서 연두색부분은 미악산과 서귀포항의 결과가 중첩된 부분이다. 레이더 안테나가 미악산에 설치했을 때의 시뮬레이션 결과에서 서귀포항에 레이더를 추가 보완설치 함으로써 범섬과 쉴섬의 영향은 해소되었다고 볼 수 있으나, 고군산의 영향으로 강정항 왼쪽에 남서쪽 방향에 기둥모양으로 크게 생겼던 음영구역

은 완전히 해소되지 않고 일부만 해소된 결과 블랙홀처럼 군데군데 남아 있어 관제시 대상선박을 놓칠 위험성이 잔존한다고 볼 수 있다. 그리고 문섬으로 인한 음영구역도 잔존하지만 관제에는 위협적이지 않을 것으로 보인다.

(다) 강정항과 서귀포항에 레이더 안테나를 설치한 경우

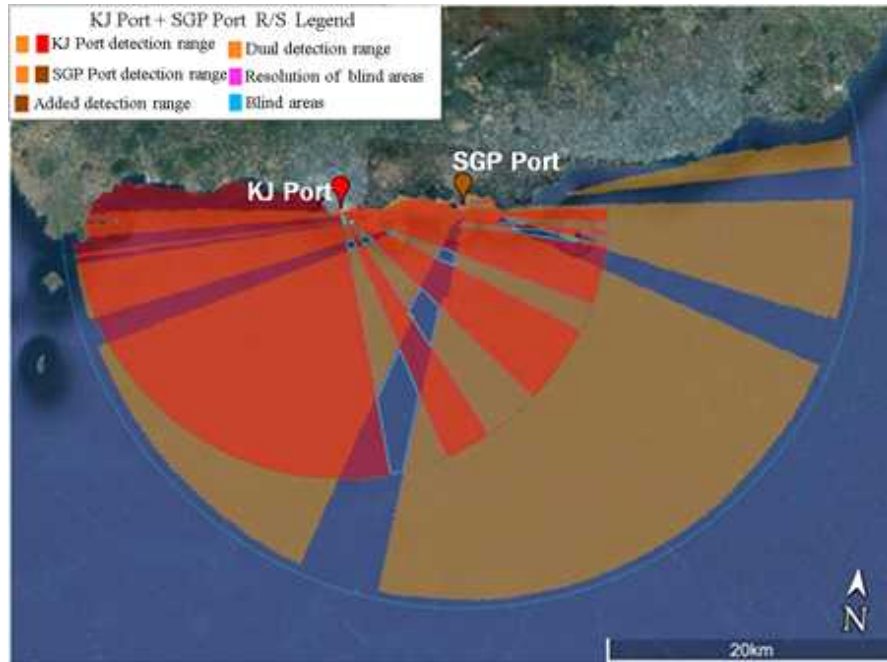


Fig. 10 Result of radar simulation when the radar antenna is located in Kangjeong and Seoguipo ports.

Fig. 10은 강정항과 서귀포항에 레이더 안테나를 설치하였을 때의 시뮬레이션 결과로, 적색과 주황색부분은 관제구역인 강정항에 설치한 결과로 Fig. 8와 같고, 갈색과 주황색부분이 서귀포항에 설치한 결과이다. 그 중에서 주황색부분은 강정항과 서귀포항에 설치한 결과가 중첩된 부분이다.

Fig. 10에서 강정항과 서귀포항의 각각의 단일 시뮬레이션 결과에서 크게 있었던 음영구역들이 다소 해소되기는 했으나 관제대상선박이 많이 항행하지 않을 것으로 예상되는 구역은 해소되고 자주 빈번하게 항행할 것으로 판단되는 구역은 해소되었다고 보기 힘들다. 특히 강정항 입구에 크게 음영구역이 잔존하고 있는 것은 대단히 위험하다고 사료된다.

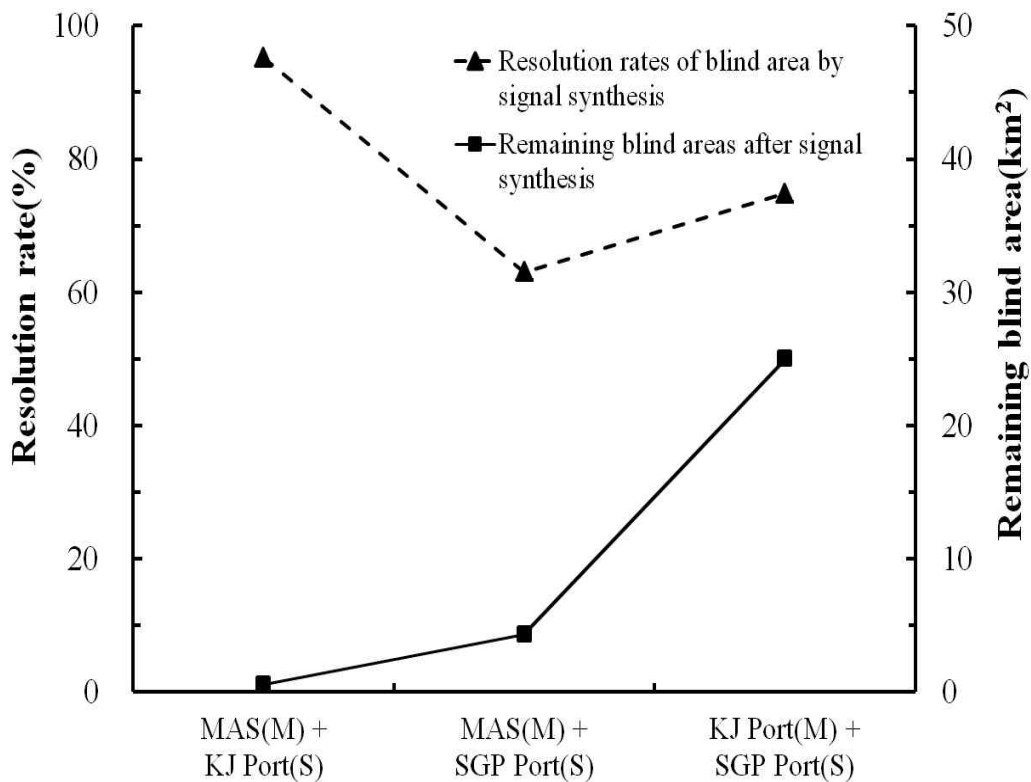
이상에서 서술한 음영구역의 결과를 분석함에 있어, Fig. 8 (미악산+강정항) 과 Fig. 9 (미악산+서귀포항)는 미악산에 설치한 레이더의 시물레이션 결과에서 나타난 음영구역을 강정항과 서귀포항의 설치 결과로 그 음영구역을 해소한다고 보고, 또 Fig. 10 (강정항+서귀포항)는 강정항의 설치 결과에서 나타난 음영구역을 서귀포항의 설치 결과로 음영구역을 해소한다고 보았을 때, 장애물별로 기존의 음영구역면적, 해소면적 및 잔존면적을 구하여 Table 5에 나타내었다.

Table 5에서 미악산과 강정항에 레이더를 설치한 경우의 시물레이션 결과에서, 기존의 음영구역이 해소되고 남은 잔존구역이 섬섬으로 인한 것이 0.25 km² 이고 대형 크루즈선(2)으로 인한 것이 0.18 km²일 뿐, 나머지 장애물로 인한 음영구역은 0.05 km² 이하로 나타났다. 여기서 섬섬으로 인한 0.25 km²의 음영구역은 미악산의 레이더를 주 레이더로 보았을 때의 표현으로, 사실은 미악산 레이더의 시물레이션 결과 발생한 음영구역과 강정항 레이더의 시물레이션 결과 발생한 음영구역이 겹쳐 해소되지 않고 최종까지 잔존하는 음영구역이다. 이 음영구역은 섬섬에서 남동방향, 0.1~0.33 해리에 있는 구역으로, 33° 13' 38.21" N, 126° 35' 51.29" E지점, 33° 13' 37.84" N, 126° 36' 15.37" E지점, 33° 13' 24.49" N, 126° 36' 24.44" E지점, 33° 13' 25.62" N, 126° 35' 58.71" E지점을 차례로 연결하는 구역이다. 그리고 크루즈선(2)으로 인한 0.18 km²의 잔존구역은 인접해서 정박한다고 예상한 크루즈선(1)의 음영구역과 교차하는 구역이어서 크루즈선이 한척 이하일 경우는 음영구역이 발생하지 않으며, 발생할 경우는 강정항 서쪽방파제와 남쪽방파제 연결지점에서 남쪽방향, 0~0.42 해리 구역으로, 33° 13' 13.52" N, 126° 28' 54.49" E지점, 33° 12' 53.48" N, 126° 29' 00.84" E지점, 33° 13' 05.78" N, 126° 29' 11.12" E지점, 33° 13' 18.82" N, 126° 29' 00.65" E지점을 차례로 연결한 구역이다. 또한, 음영구역이 상대적으로 넓게 발생한 고군산의 영향은 완전히 해소되었으며, 대형 크루즈선 (1), 범섬, 문섬으로 인한 음영구역은 거의 해소되어 잔존구역은 무시할 수 있을 정도로 미미하였다. 그러나 미악산과 서귀포항에 레이더를 설치한 경우의 시물레이션 결과에서는 음영구역이 해소되고 남은 잔존구역이

Table 5 The blind areas appeared by objects on master radar and the results of the blind areas resolved by signal synthesis with slave radar.

| Signal synthesis | Items | Objects to create the blind areas(km ²) | | | | | | Total blind areas (km ²) |
|--------------------|----------------------------------|---|----------------|----------------|----------|----------|----------|--------------------------------------|
| | | Koguensan | Cruise Ship(1) | Cruise Ship(2) | Beomseom | Moonseom | Seopseom | |
| MAS + KJ Port | Blind area of Master radar(A) | 9.52 | 0.32 | 0.28 | 0.54 | 0.37 | 0.76 | 11.79 |
| | Resolution of the blind areas(B) | 9.52 | 0.27 | 0.10 | 0.50 | 0.32 | 0.51 | 11.22 |
| | Remaining blind area (C=A-B) | 0.00 | 0.05 | 0.18 | 0.04 | 0.05 | 0.25 | 0.57 |
| MAS + SGP Port | Blind area of Master radar(A) | 9.52 | 0.32 | 0.28 | 0.54 | 0.37 | 0.76 | 11.79 |
| | Resolution of the blind areas(B) | 6.00 | 0.10 | 0.26 | 0.44 | 0.00 | 0.63 | 7.43 |
| | Remaining blind area (C=A-B) | 3.52 | 0.22 | 0.02 | 0.10 | 0.37 | 0.13 | 4.36 |
| KJ Port + SGP Port | Blind area of Master radar(A) | | 38.20 | 35.90 | 16.40 | 5.29 | 3.50 | 99.29 |
| | Resolution of the blind areas(B) | | 21.77 | 30.97 | 15.41 | 2.79 | 3.35 | 74.29 |
| | Remaining blind area (C=A-B) | | 16.43 | 4.93 | 0.99 | 2.50 | 0.15 | 25.00 |

0.05 km² 이하인 장애물이 크루즈선(2)뿐이며, 다른 장애물은 다소 큰 음영구역으로 남아 있었다. 그런데 강정항과 서귀포항에 레이더를 설치한 경우의 시뮬레이션 결과에서는 음영구역이 해소되고 남은 잔존구역이 너무 넓을 뿐 아니라 그 음영구역의 발생위치도 관제대상선박이 빈번히 항행할 가능성이 높은 곳으로 안전한 관제운영을 위해 추가 보완이 필요한 경우이다.



Radar Sites to synthesize signals

Fig. 11 The Resolution rates of blind areas by signal synthesis of slave radar site and master radar site and remaining blind areas.

이렇게 두 장소에 레이더를 각각 설치하여 VTS시스템을 운영할 때를 감안한 세 경우의 시뮬레이션 결과에서, 음영구역에 대하여 상호 보완된 최종적 잔존 음영구역의 면적과 전 음영구역에 대한 해소비율을 비교하여 나타낸 것은 Fig. 11이다.

Fig. 11에서 레이더를 미악산과 강정항에 설치했을 때 미악산의 음영구역이

95.2% 해소되어 0.57 km² 밖에 남지 않았다. 그러나 레이더를 미악산과 서귀포항에 설치했을 때는 음영구역 해소율이 63.0%로 제일 낮았으나 4.4 km²가 음영구역으로 남아 있었고, 레이더를 강정항과 서귀포항에 설치하였을 때는 강정항의 음영구역이 74.8% 해소되었으나 잔존 음영구역이 25.0 km²로 월등히 많았다. 이 결과에서도 미악산과 강정항에 레이더를 설치하면 상호 음영구역을 잘 해소해주는 보완재 역할이 될 수 있음을 알 수 있었고, 강정항과 서귀포항에 레이더를 설치하면 상호 보완재 역할을 충분히 되지 않음을 알 수 있었다.

IV. 결 론

이 연구는 VTS시스템을 구축할 때, 레이더의 효율적인 운영을 위한 설치위치의 적정성에 대한 연구로서, 최근 제주 민군복합항 (강정항)이 준공됨에 따라 대형 국제크루즈선의 입항 대비 및 주변해역을 항행하는 선박에 안전하게 항행정보를 제공하기 위해 관할구역 내에서 VTS시스템의 주요 장비인 레이더에 의한 음영구역을 찾아 해소하는 방안을 모색하였다.

2척의 대형 국제크루즈선이 동시 접안을 가정하여 강정항, 서귀포항, 미악산 등 3곳을 레이더 적정지로 선택한 후, 레이더 시뮬레이션의 영상결과를 비교분석함으로써 지리적 환경특성 등에 따른 음영구역 발생으로 레이더의 성능제한 요소를 분석하고 최소화되도록 하였다.

VTS시스템의 구축을 일반적인 관례와 같이 관할항만인 강정항에 단일 레이더를 설치하여 항행정보서비스를 하는 경우의 시뮬레이션 결과로는, 강정항 주변의 섬들의 영향도 크지만 2척의 대형 크루즈선이 정박하였을 경우 관제를 할 수 없을 정도의 음영구역이 발생한다. 따라서 단일 레이더에 의한 관제를 할 수 밖에 없을 경우는 레이더 안테나의 고도를 높여 미악산에 설치하는 것이 시뮬레이션을 실시한 세 곳 중에 가장 적절하였다.

그러나 이 경우에도 고군산으로 인한 음영구역이 상당히 크고 범섬, 문섬 및 쇠섬의 영향으로 인한 음영구역도 무시할 수 없어서 이 음영구역을 해소할 수 있는 보완적 방안으로 추가적인 레이더 설치가 필요하다고 보았다. 따라서 강정항, 서귀포항, 미악산 등 3곳의 단일 레이더 설치에 의한 시뮬레이션 결과를 참고하여 미악산과 강정항, 미악산과 서귀포항 그리고 강정항과 서귀포항에 설치하는 것을 조합하여 동시 운영한다고 가정할 때를 기준하여 시뮬레이션을 실시한 결과, 미악산과 강정항에 설치하는 경우가 가장 적절하였다.

미악산과 강정항에 레이더를 설치한 경우, 쇠섬으로 인한 잔존 음영구역은 0.25 km²으로, 쇠섬에서 남동방향으로, 0.1~0.33 해리에 있는 구역으로, 33° 13' 38.21" N, 126° 35' 51.29" E지점, 33° 13' 37.84" N, 126° 36' 15.37" E지점, 33° 13' 24.49" N, 126° 36' 24.44" E지점, 33° 13' 25.62" N,

126° 35′ 58.71″ E지점을 차례로 연결하는 구역이다. 크루즈선 두 척의 상호 영향으로 잔존하는 음영구역은 0.18 km²로 크루즈선이 한 척인 경우는 발생하지 않는다. 크루즈선으로 인한 음영구역은 남쪽 방파제에 접하여 0.42 해리까지 생기며, 좌표 33° 13′ 13.52″ N, 126° 28′ 54.49″ E지점, 33° 12′ 53.48″ N, 126° 29′ 00.84″ E지점, 33° 13′ 05.78″ N, 126° 29′ 11.12″ E지점, 33° 13′ 18.82″ N, 126° 29′ 00.65″ E지점을 차례로 연결한 구역이다.

향후, 연안 VTS시스템 구축을 위해 레이더 설치시는 VTS용 레이더의 경우 대부분 고가의 외자장비로 설치 전 주변의 섬과 대형크루즈선 등 음영구역 발생을 감안하여 연안VTS 관할 관제구역을 설정한 후, 가장 효율적으로 운영이 가능한 레이더 위치와 대수를 결정하여 추진하는 것이 바람직하다고 판단된다.

또한, 제주특별자치도의 경우 경관심의에 의한 조례와 기생화산(오름) 개발제한 등 절대보전지역에 통신철탑 설치를 엄격히 규제하고 있어 토지이용에 대한 사전 조사가 필요하며, 최근 전자파 발생에 따른 민원발생을 고려하여 저출력 고효율 레이더인 SSPA 방식의 레이더 도입 등 면밀히 검토가 필요할 것으로 사료된다.

V. 참고문헌

- CRSL. 2015. Shipping Review Database, Clarksons research services limited, 134-139.
- Han JS, Kim HW, Jung SG and Lee JH. 2015. Additional Vessel Traffic Services (VTSs) Location Problem for Maximizing Control Area Subject to Budget Limitation, J KIIE,41(3), 296-304.(DOI : 10.7232/JKIIE.2015.41.3.296)
- ISL. 2016. World merchant fleet data base. Institute of Shipping Economics and Logistics, Bremen, 9-24.
- Jeju Special Self-Governing Province. 2015. Landscape Ordinance of Jeju Special Self-Governing Province, Article 1-31.
- Kim BH and Park YS. 2016. A Study on the Effective VTS Communications Analysis by the Method of VCDF in Busan Port, J Korean Society of Marine Environment & Safety, 22(4), 311-318.(DOI : 10.7837/kosomes.2016.22.4.311)
- Kim JS. 2013. A Basic Study on the VTS Operator' s Minimum Safe Distance, J Korean Society of Marine Environment & Safety, 19(5), 476-482.(DOI : 10.7837/kosomes.2013.19.5.476)
- KSA. 2016. Shipping statistics 2016, Korea shipowners' association, p 52-70.
- Lee DJ. 2000. Radar Navigation, Taehwa publisher, 94-95.
- Lee HH. 2013. A study on the enforcement of international competitiveness for Marine heavy cargo transport company in Korea, MBA. Thesis, Korea maritime university, Korea, 147.
- Lee SH, Kim KI, Ahn JY, Lee CH and Choi CM. 2017. A study on installation location of radar for minimizing blind area in the construction of VTS system of Kangjeong Port, J Korean Soc Fish

- Technol 53(2), 187–195. (DOI : <https://doi.org/10.3796/ksft.2017.53.2.195>)
- MOF. 2016. Statistical Yearbook of Ministry of Oceans and Fisheries, Ministry of Oceans and Fisheries, 402–414. (<https://www.mof.go.kr/statPortal>)
- MoLIT. 2013. Vessel traffic Service 1993–2012, Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 132–145.
- MoPSS. 2017. <http://www.vtskorea.go.kr/Service.do?id=intro02>, Accessed 10 Jan. 2017.
- MTN. 2017. http://news.mtn.co.kr/newscenter/news_viewer.mtn?gidx=2017010610011085044, Accessed 7 Jan.2017.
- Park BS, Kang IK, Ham SJ, Park CW, Kim SH and Cho HK. 2016. The main factor and counterplan for marine casualties of fishing vessel according to the type of fishing gear in Korea, J Korean Soc Fish Technol 52(3), 232–240.(DOI : 10.3796/KSFT.2016.52.3.232)

VI. 감사의 글

오십이 넘은 늦깎이에게 배움의 기회와 동기를 주시고 항상 시간에 쫓기고 부족함이 많은 저에게 애정 어린 조언과 열정으로 아낌없는 지도와 편달을 해주신 제주대학교 해양과학 대학 안장영 교수님께 깊은 감사를 드립니다.

또한, 언제나 깊은 관심과 따뜻한 조언을 아끼지 않으셨던 최찬문 교수님, 이창현 교수님, 김석중 교수님께도 감사를 드리며, 옛 동료후배에서 지금은 공학교육과 연구의 길을 개척하고 있는 충북대학교 컴퓨터정보통신연구소 김광일님과 대학원 과정을 함께 시작하여 바쁜 직장생활로 많은 시간을 같이 보내지는 못해 아쉬운 제주대학교 실습선 아라호에 근무중인 작은 이승철, 큰 이승철님께도 감사함을 드립니다.

그리고, 이 연구를 원활하게 수행할 수 있도록 협조해 주시고 효율적인 해상교통관제(VTS) 레이더시스템 설치를 위해 노력하시는 대한엔지니어링 장정관님과 지씨에스씨 임건우, 나기현님께도 감사의 마음을 전합니다.

365일 불철주야 해상교통안전을 위해 최선을 다하고 있는 전국의 해상교통관제사분들과 제주바다의 안전항해를 위해 묵묵히 자기의 자리에서 열심히 근무하시는 제주VTS 부지운 센터장님, 자료 정리에 도움을 주신 박근철팀장님 이하 선후배님들께 고마움을 전하며, 내년부터 시작되는 제주연안 VTS시스템 구축사업도 성공적으로 마무리 될 수 있기를 바랍니다.

끝으로 늦은 나이에 학업을 시작하는 저에게 힘과 용기를 주고 무사히 학업을 마칠 수 있도록 뒷바라지 해준 아내 은미, 딸 솔이에게 저의 작은 결실이 보답이 되었으면 한없이 기쁘겠습니다. 감사합니다.