

## 양식어장보호를 위한 어장탐지 시스템 개발에 관한 연구

남택근\* · 임정빈\*\* · 안영섭\*\*\*

\* 목포해양대학교 기관시스템공학부 교수, \*\*, \*\*\* 목포해양대학교 해상운송시스템학부 교수

### A Study on the Fishery Detection System for Protection of an Aquaculture Farm

Taek-Kun Nam\* · Jeong-Bin Yim\*\* · Young-sup Ahn\*\*\*

\* Division of Marine Engineering System Mokpo National Maritime University, Mokpo, 530-729, Korea,

\*\* , \*\*\* Division of Marine Transportation System, Mokpo National Maritime University, Mokpo, 530-729, Korea

**요 약** : 본 논문에서는 양식어장을 보호하기 위한 어장 탐지 시스템의 개발에 대해 논의한다. 어장탐지시스템(FDS)은 어장에 침입하는 도적선박을 실시간으로 식별하고 어장의 위치변동 등을 파악하는 기능을 갖는다. 본 연구에서는 어장에 접근하는 물체탐지 및 적아식별을 위해 저가이면서 대역의 레이더 응답기능을 갖는 어장작업선용 AIS(F-AIS)를 개발하여 소형어선 등의 식별기능에 이용하고자 한다.

**핵심용어** : 양식어장, 어장탐지 시스템, AIS, 감시시스템, 필터링

**ABSTRACT** : In this paper, we study a FDS(fishery detection system) for protection of an aquaculture farm. The FDS will identify a robbing vessel with real time and detect variance of the position of aquaculture farm. We also propose a F-AIS(Fishery- Automatic Identification System), which can detect the object approaching to aquaculture farm and distinguish our fishing boats from thief vessel. The F-AIS with low price and wideband responsibility will be adopted to the FDS.

**KEY WORDS** : Aquaculture farm, Fishery detection system, AIS, surveillance system, filtering

### 1. 서 론

본 연구에서는 양식어장보호를 위한 어장탐지 시스템 개발에 관하여 논의를 하고자 한다. 서남해안의 연안에는 지형적인 특성으로 인하여 다양한 양식어장이 광범위하게 분포되어 있다. 특히 전복 등을 포함한 어패류 및 고급 어종의 양식장이 많이 위치하고 있고 어가의 주요 수입원이 되고 있다. 그러나 최근에 양식어장에 대한 해상절도행위가 증가하고 있고 이러한 절도행위는 관련 어민의 사기저하 및 사회기강을 문란하게 하는 요소가 되기도 한다.

결국 해상절도행위를 방지하기 위해서는 양식어장에 대한 감시가 필요하고 도적선박이 출현하였을 경우 효과적인 대응태세가 필요하게 된다. 양식어장에 대한 감시는 다양한 방법이 고려될 수 있다. 일반적으로 고해상도 카메라를 이용한 어장의 감시를 생각할 수 있으나 카메라에 의한 영상처리는 시각적인 효과가 뛰어난 반면 시스템을 구성하기 위해서는 대규모 예산이 필요하게 되는 단점이 있다. 또한, 해상 및 연안

지역에서 자주 발생하는 안개 및 기후의 영향으로 카메라 영상이 장애를 받는 문제점이 있다.

본 연구에서는 카메라가 아닌 레이더 영상을 이용하여 양식어장을 탐지하고 선박의 적아<sup>\*\*\*\*</sup>를 식별하여 어장보호에 활용하고자 한다. 양식어장의 감시시스템과 관련된 연구 및 장비를 살펴보면 다음과 같다. Hirono et al.(2004) 등은 특정 선박의 주위에 위치하는 타선의 동적정보 즉, 현 위치, 침로, 선속 등을 레이더 신호로부터 동정하고 그 정보를 육상에 전달하여 VTIS(Vessel traffic information service center)에서 해당정보를 통합하고 해당선박과 주변의 상황을 판단할 수 있는 시스템을 구축하였다. Mecocci et al.(1995) 등은 항구 주변의 항로에서 선박통행을 자동적으로 관제하기 위해 레이더 신호에 포함된 잡음을 억제하고  $\alpha - \beta$  적응필터를 적용하여 해당선박의 추적을 행하는 기법을 제안하였다.

한편, SMS(Ship Monitoring & Mail Service : 선박 관리 및 메일 서비스)는 저궤도 위성을 사용하여 선박에서 필요한 각종 컨텐츠와 E-MAIL 서비스를 이용하는 것으로 사전에 등

\* 대표저자 : 정희원, tknam@mmu.ac.kr, 061)240-7310

\*\* 종신회원, jbyim@mmu.ac.kr, 061)240-7051

\*\*\* 정희원, ysahn@mmu.ac.kr 061)240-7065

\*\*\*\* 적아(賊我)는 어장작업선과 도적선박을 의미하고 본 논문에서는 F-AIS 를 통하여 어장작업선이 아닌 다른 선박으로 인식되는 물 표는 도적선으로 간주된다.

록된 선박명칭, 선적항, 선종, 출항일시, 입항예정일, 선주명 등의 정적 정보와 선박의 현 위치, 방위, 선속 등의 동적 정보를 실시간으로 육상의 관련기관에서 전송 받아 모니터링하는 시스템으로써 상용화되어 있다. 선박명칭, 선종, 선주명으로 축소된 정적정보 및 동적정보는 양식어장의 감시시스템에도 활용이 가능할 것으로 예측되지만 본 연구에서는 동적정보를 직접 획득해서 데이터베이스화된 정적정보와 같이 활용을 해야 하는 차이점이 있다. GMDSS(Global Maritime Distress & Safety System : 전 세계 해상조난 및 안전시스템) 의무화로 해양선진국은 고성능 SART(Search And Rescue Radar Transponder : 수색구조용 레이더 트랜스폰더) 및 AIS(Automatic Identification system : 자동선박식별장치) 등을 개발하여 판매하고 있다.

본 연구에서 목적으로 하고 있는 집단감시 개념의 통합시스템은 군사용으로 선진국에서는 이미 개발이 완료되었지만 수 십억에 이르는 고가의 장비이고 전략물자 수출 통제제도에 의해 수입 및 수출이 제한되고 있는 실정이다. 아울러 그 구성품이 될 수 있는 SART 및 AIS 또한 영세어민이 구입할 수 있는 가격대를 초월한다는 현실적인 문제점을 가지고 있다.

본 논문에서는 어선을 인식하고 적아식별을 위한 F-AIS를 개발하고 어장을 실시간으로 모니터링하는 어장탐지시스템(FDS)의 개발에 대해 논의하고자 한다. 본 연구에서 개발하고자 하는 F-AIS(Fishery AIS)는 소형, 저 전력의 특성을 가지고 있고 9.5GHz대역의 레이더 응답기능을 갖추게 된다. 또한 F-AIS에서 발생하는 신호를 이용하여 어장주 소유의 선박을 식별하는 방법에 대해서도 살펴보고자 한다.

## 2. 어장보호시스템의 구성

### 2.1 시스템의 구성

본 연구에서 개발하고자 하는 총체적인 어장 보호시스템의 구성도는 Fig. 1과 같다. 시스템은 크게 어장탐지 시스템(Fishery Detection System : FDS), 레이더감시 시스템(Radar Surveillance System : RSS), 감시-식별-경보-대응시스템(Watching, Identification, Warning and Action System : WIWAS)로 구성되어 있다.

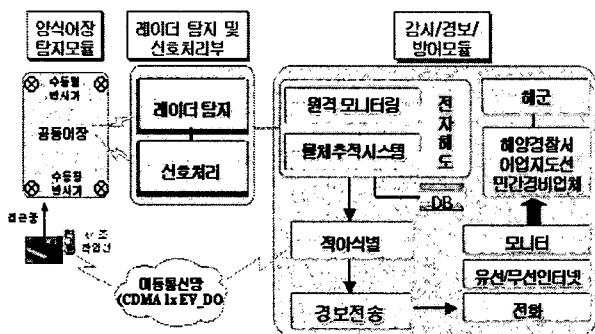


Fig. 1 System construction

본 연구에서는 전체 시스템 중에서 어장탐지 시스템(FDS)의 구축 및 이에 필요한 시스템의 설계에 대해 논의한다. 기본적으로 어장탐지시스템은 어패류 및 어류가 있는 현저 어장에 설치되는 시스템으로써 적아를 실시간으로 식별하고 어장의 위치변동을 파악하게 된다.

특히 본 연구에서 개발할 어장탐지시스템에는 레이더트랜스폰더 기능을 가진 초저가, 반영구적인 F-AIS를 개발하여 적용할 예정이다. 또한 본 연구진에 의해 개발되었던 수동형 레이더 리플렉터(Passive radar reflector)(해양수산부, 2003)를 활용함으로써 기존의 고가-대전력이 필요한 AIS 식별방법의 문제점을 해결하고자 한다.

### 2.2 어장탐지시스템의 구현

앞 절에서 소개한 FDS를 구현하기 위해서는 어장 주위로 접근하는 물체를 탐지할 수 있어야 하고 탐지된 어선이 조합에 속해 있는 어민의 배인지(어장작업선), 해상절도를 목적으로 하는 도적의 배인지를 구분할 수 있어야 한다.

일본 FURONO사는 AIS를 적아식별에 이용하지만, 그 가격이 수 백만원대로 고가이고, 대전력이 필요하여 소형어선/작업선과 같이 전원이 전혀 없거나 자동차 배터리 수준의 전원을 보유하고 있는 경우에는 실용성이 떨어지게 된다. 한편, 적아식별장치 없이 단순히 육상에서 레이더 영상신호만을 이용하여 어가에서 출발하는 어선/작업선을 추적할 수 있으나, 도적이 어가에서 출발하는 경우나, 레이더 영상에 잡음이 혼입되는 경우 혹은 물체가 작아서 탐지가 곤란할 경우에는 문제가 발생하게 된다.

따라서 본 연구에서는 저렴한 가격에 5V 배터리 2개로 장기간 사용 가능하고 반영구적인 9.5GHz 대역의 레이더 응답기능을 가지는 F-AIS를 개발하여 소형어선/작업선의 식별용으로 사용하고자 한다. Fig.2는 개발할 F-AIS 구성도로서 수 mW의 전력만 요구되는 9.5GHz 대역의 발진기와 디지털 부호화기를 부착하여 레이더 영상에 모스 코드와 같이 장단으로 구성된 4개의 기호를 표시함으로써 물체를 식별하게 된다.

Fig. 3은 어장작업선을 식별하기 위한 F-AIS 신호의 예를 보여주고 있다.

여기에서, n개의 기호를 이용하는 경우  $2n-1$  (n은 기호수)의 경우 수가 발생하기 때문에 4개의 기호를 사용하여 15개의 적아식별이 가능하고, 근거리인 점을 감안하여 돛트 사이의 간격을 0.1마일 정도로 줄여서 적용한다.

필요시에는 돛트 수를 증가시킴으로써 선박식별 가능 범위를 수 백척까지 가능하게 하고, 해상도 변경 등이 제어 가능한 형태로 설계 개발하게 된다. F-AIS 정보는 기존 수색구조 레이더 트랜스폰더 정보와 혼동될 수 있기 때문에 이를 방지하기 위하여 기호 사이의 간격을 SART와는 달리 약 0.1마일로 하고 (SART는 0.64마일), 식별정보로서 4개의 기호를 발생하도록 한다.

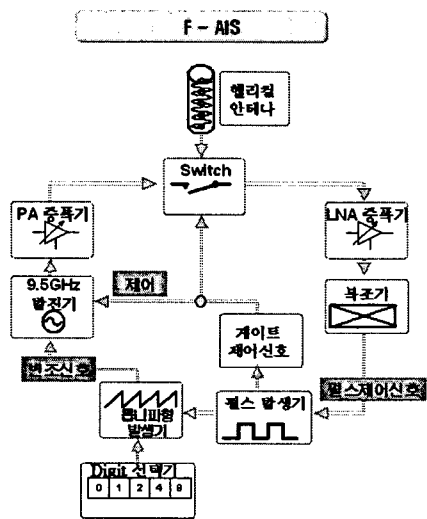
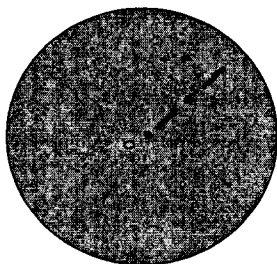


Fig. 2 F-AIS module

Fig. 3 (b)는 Fig. 3 (a)에서 나타나고 있는 “E”선박의 신호가 레이더 영상에서 표현되는 예를 보여주고 있다. F-AIS로부터 얻어진 신호는 레이더 영상으로 스캔되고 해당 조합에 사전 등록된 선박의 정적정보와 비교하여 어장작업선이라는 것을 식별하게 된다.

레이더 영상	디지털 비트 정보	어장용 작업선 소속
—	0000	N / A
--	0001	A 선
---	0010	B 선
----	0011	C 선
-----	0100	D 선
-----	<b>0101</b>	<b>E 선</b>
-----	0110	F 선
-----	0111	G 선
-----	1000	H 선
-----	1001	I 선
-----	1010	K 선
-----	1011	L 선
-----	1100	M 선
-----	1101	N 선
-----	1110	O 선
-----	1111	P 선

(a) F-AIS symbol



(b) F-AIS symbol for the vessel "E"

Fig. 3 F-AIS symbol displayed on RADAR screen

또한 어촌계와 타 어촌계를 구분하고 어촌계와 개인어장을 세분화하기 위하여 작업선 식별기호 앞의 선행부호를 추가할 수 있도록 하며 육상에서는 다른 추가적인 장치 없이 레이더 영상만으로 복수개의 어장작업선을 식별할 수 있는 소프트웨어 기능을 부여한다.

이와 같은 어장작업선 식별기능에 추가하여 어장자체의 위치변동을 탐지하는 기능도 필요하다. 이러한 어장의 위치변동을 탐색하기 위해서 본 연구진에 의해 수행되었던 수산특정연구개발사업(해양수산부, 2003)의 개발 결과물인 수동형레이더 리플렉터를 양식어장에 설치하여 양식어장의 위치를 레이더 영상에 보다 선명하게 표시되도록 함으로써 어장보호대역의 감시가 가능하도록 한다.

### 2.3 FDS의 주요 기술개발 방안

본 연구에서 개발하고자 하는 어장탐지 시스템(FDS)의 주요개발 내용은 다음과 같다. 크게 어장 작업선 식별장치 또는 적아식별장치와 어장위치 식별장치로 분류할 수 있고 적아식별장치는 어장작업선용 F-AIS에 적용하기 위한 9.5GHz FET 발진기에 디지털 변조회로를 부가한다. 아울러 영상에 의한 적아식별을 행하기 위해 칼만필터를 부가하여 잡음 억제된 레이더 영상에서 어장보호영역 중 관심영역을 선택하여 의심선박을 추적할 수 있게 한다. 어장위치 식별에 있어서는 레이더 리플렉터를 어장의 모서리에 설치하여 레이더의 어장탐지능력을 향상시키도록 한다.

## 3. F-AIS의 구현

### 3.1 SART를 이용한 구현 기술

본 절에서는 Fig. 2에 소개된 F-AIS를 구현하는 한 가지 방법으로써 GMDSS에 속해있는 장비인 수색구조용 레이더 트랜스ponder(SART)를 활용하고자 한다. Fig. 4는 본 논문에서 적용하는 SART용 Helical 안테나와 그 방향성을 나타내고 있다.

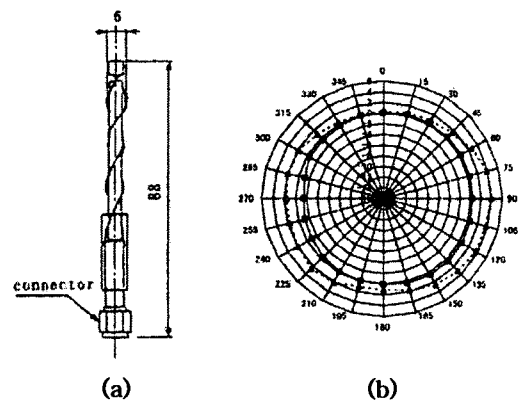


Fig. 4 Helical circular polarization antenna and its directivity

Fig. 4 (a)는 Helical 안테나의 실물을 나타내고 있으며 Fig. 4 (b)는 원 편파 안테나를 적용한 SART의 방향성을 나타낸 것으로 점선은 수평 편파에 대한 안테나의 이득[dBm], 실선은 수직편파에 대한 이득[dBm]을 각각 나타내고 있다.

Fig. 5는 Fig.4의 원 편파 안테나를 지닌 SART를 이용하여 레이더의 SART간의 송수신특성을 측정한 결과를 나타내고 있다.

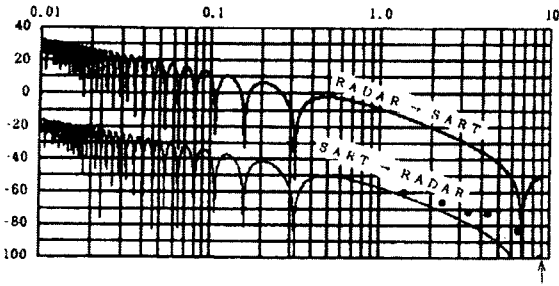


Fig. 5 Received power of radar from the SART signal

Fig. 5에서 X축 방향은 레이더와 SART간 거리[NM]를 나타내고 Y축 방향은 각각의 수신전력[dBm]을 의미한다. Fig. 5에서 실선은 수평편파를 이용한 경우의 SART 수신전력을 나타낸 것이고, 검은 점으로 나타낸 것은 원 편파를 이용한 경우 레이더에서 SART 신호의 수신전력을 측정한 것이다.

Fig. 5에서는 1 [마일] ~ 7 [마일] 사이에 측정된 수신 전력이 수평편파에 비해 원 편파를 적용한 경우가 크다는 것을 알 수 있다.

이것은 해수면에서의 위상변화가 일정하지 않고 해수면의 수평면만을 고려하는 수평편파에 비해 원 평면을 360도 탐색하는 원편파를 적용함으로써 성능이 개선된 것으로 생각된다.

Fig. 5의 실험환경은 다음과 같다.

Table. 1 Parameters of experiment.

Antenna height	9.5[m]
Target height	1[m]
SART gain	26[dB]
SART minimum sensitivity	-60[dBm]

Fig. 5에서 레이더에서 수신하는 SART신호 전력의 최소값 도는 약 -60[dBm]이고 이때의 거리는 1 마일정도이다. 대부분의 어장이 육상으로부터 1[km]이내에 위치하고 있다는 점을 고려하면 이러한 소형 SART를 이용하여 어장작업선의 식별용으로 충분히 이용될 수 있을 것으로 사료된다. 종래의 SART와 다른 점은 어장작업선 식별 기능이 필요하기 때문에 Fig. 3과 같은 신호출력이 발생하도록 하기 위한 디지털 변조 회로가 필요한 것이다.

#### 4. FDS의 통합 환경

앞 절에서 논의 하였던 F-AIS를 적용한 어장탐지시스템

(FDS)의 전체 구성도를 Fig. 6에 나타내었다.

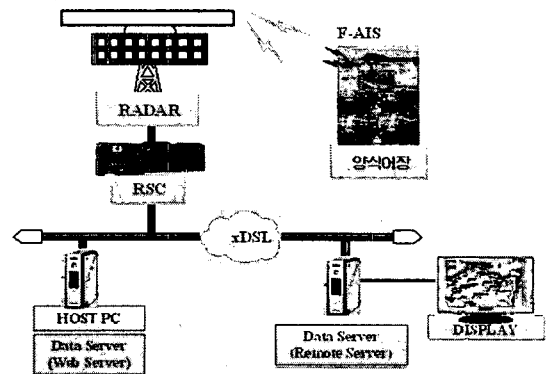


Fig. 6 General configuration of FDS with F-AIS

양식어장 및 어장 작업선을 레이더에서 포착한 후 그 정보들은 RSC(Radar Scan Converter)를 통하여 Host PC에 저장되게 된다. 저장되는 정보는 동적정보로서 다음과 같은 데이터들이 저장 된다.

- 어장에 접근하는 선박의 ID 정보 (Fig. 3의 F-AIS symbol)
- 레이더 사이트로부터의 방위각
- 레이더 사이트로부터의 거리
- 접근선박의 속력
- 스캔 이미지

HOST PC와 네트워크로 연결된 Remote Server에는 어장 주들의 고유정보 즉, 선박의 ID, 선명, 선주명 등의 정적정보가 저장된다. 따라서 실시간으로 스캔되는 영상 및 기타 정보들은 HOST PC에 저장되고 Remote Server의 요구에 의해 필요한 정보들이 Remote Server측에 전송되게 된다. 아울러 전송된 정보들은 Remote Server측의 정적정보들과 비교를 통하여 적어 식별을 행하게 되고 상기의 동적정보들을 디스플레이하게 된다.

이러한 식별과정을 거친 후 의심선박이 출현하였을 경우에는 경보(음성, 휴대전화)를 발생시켜 해상도난에 대응할 수 있게 되는 것이다.

#### 5. 결 론

본 연구에서는 어장을 실시간으로 감시하고 해상에서의 도적선박을 식별하여 도난을 방지하기 위한 어선 식별장치(F-AIS)의 개발에 대해 살펴보았다. 9.5GHz 대역의 발진기와 디지털 부호화기를 부착하여 레이더영상에 모스코드와 같은 기호를 표기함으로써 대상선박의 ID를 식별할 수 있도록 하고 어장의 이동정보 인식 및 레이더의 성능향상을 위해 레이더 리플렉터를 어장에 설치하는 것을 제안하였다.

F-AIS의 개발은 본 연구의 최종목적인 해상에서의 어장도

적 방지시스템에 효과적으로 적용될 수 있을 것이며 어장보호 뿐만의 기능이 아닌 해상안전 확보와 함께 여객선 안전 확보 등에도 활용이 가능할 것이다.

향후 연구에 있어서는 제안한 F-AIS 모듈을 실제 제작하여 그 성능을 평가할 예정이다. 아울러 RSC를 통한 선박의 동적정보들의 처리 및 정적정보들과의 비교를 통한 식별 알고리즘의 개발, 칼만 필터를 이용한 선박의 추적 알고리즘에 대해서도 고찰할 예정이다.

### 참 고 문 헌

- [1] 바코사, <http://www.barco.com>
- [2] 해양수산부(2003), 수산특정 연구개발 사업 최종연구결과보고서.
- [3] 희망에어텍, <http://www.radartech.co.kr>
- [4] A. Bole and W. Dineley(1992), Radar and ARPA manual, Butterworth-Heinemann, Oxford.
- [5] A. Mecocci, G. Benelli, A. Garzelli, and S. Bottalico (1995), Image and vision computing, Vol. 13, No. 2, pp. 119-128.
- [6] B. Bhanu(1986), Automatic target recognition : state of the art survey, IEEE Trans. on aerospace electr. syst., Vol. 22, pp. 364-379.
- [7] Chae-Uk Song(2000), Radar signal detecting & processing 장치의 개발에 관한 연구, Vol. 24, No. 5, pp. 435-441.
- [8] F. R. Williamson, L. F. Moore, et. al(1993), A coded radar reflector for remote identification of personnel and vehicles, Proc. of the IEEE National Radar Conference, pp. 186-191.
- [9] J. Yoo, J. Bae, J. Kim and J. Chun(1997), PC-Based implement of the maritime radar display unit, A Siloman Conf. on signal systems and computers, Serial. 31.
- [10] K. Hirono, K. Inoue and H. Usui(2004), Identification of vessel traffic information based on radar echo images and use on land, 일본항해학회 제 110회 강연회, pp. 235-242.
- [11] M. W. Roth(1990), Survey on neural network technology for automatic target recognition, IEEE Trans. Neural networks, Vol. 1, pp. 28-43.
- [12] S. Bottalico, M. Spada and De Stepani(1994), Digital image processing of maritime radar data in VTS systems, Proc. Int. Conf. on Radar, pp. 630-635.

---

원고접수일 : 2004년 12월 01일

원고채택일 : 2004년 12월 24일