2006년도 해양환경안전학회 추계학술발표회

論 文

어장 도적방지 시스템 구현에 관한 연구

임정빈*·남택근**·안영섭*·정중식*·박성현*·김철승*·양원재*·정대득*·정재용*·김우숙*

*목포해양대학교 해상운송시스템학부 교수, **목포해양대학교 기관시스템공학부 교수

Implementation of Aquaculture Security System

Jeong-Bin Yim*·Taek-Keun Nam*·Yeong-Seop Ahn*·Jung-Sik Jung·Seong-Hyeon Park

Chol-Seung Kim· Yeon-Jae Yang·Dae-Deug Jeong·Jae-Yong Jeong·Woo-Suk Kim

*Div. of Maritime Transportation System, Mokpo National Maritime University, Mokpo, 530-729, Korea

*Div. of Engine System Engineering, Mokpo National Maritime University, Mokpo, 530-729, Korea

요 약 : 본 논문에서는 어장에 침입하는 도적을 방지하기위한 어장보호 시스템을 기술한다. 이 시스템은 어업인들의 요구에 따라 저가부터 고가 및 단순 기능부터 복합 기능 등 다양한 형태로 구성할 수 있도록 구성하였다. 진도 전복단지에서 현장실험결과, 구축한 시스템이 넓은 어장에 대해서 감시가 가능함을 확인하였다.

핵심용어 : 어장보호시스템, 도적, 레이더, F-AIS, 전복

ABSTRACT : *This paper describes Fishery Safety and Security System which is to secure an aquaculture area. The system composed with various functional modules to implement selectively available system providing low cost to high cost and simple function to high function according to user's requirement in a practical fishing fields. Sea trial tests are carried out at Abalone farm, located in Jin island, Jeonranam province and it is found that the system can guard the wide area of cultivating farm field.*

KEY WORDS : aquaculture security system, thief, Radar, F-AIS, abalone

1. 서 론

이 연구의 목적은 어장에 침입하는 도적을 첨단 디지털 장비를 이용하여 민-관-군 협동으로 퇴치하기 위한 어장 도적방지 시스템 개발에 있다. 이 시스템의 주요기능은 바다에서 어장으로 또는 육상에서 어장으로 접근하는 도적을 사전 식별하는 기능과, 식별되거나 또는 식별되지 않은 물체가 어장에 접근하는 경우 이에 적합한 경보를 제공하여 도적을 퇴치하는 기능이다. 이러한 기능은 주로 레이더(Radar)에 의한 장거리 물체탐지 기능과 전파식별장치로 개발한 F-AIS(Fisheries Automatic Identification System)의 물체식별 기능을 적용한 것이다(남 등, 2004; 남 등, 2005).

이러한 시스템을 개발하기 위하여 2003년부터 현재까지 연구를 진행하고 있다. 우선, 해상표적의 레이더 전파 반사 능력을 강화하기 위한 레이더 리프렉터(Radar Reflector) 개발연구(김 등, 2003a; 김 등, 2003b; 김 등, 2004a, 김 등, 2004b; 임 등, 2003, 김 등, 2005)가 수행된 바 있고, 레이더를 이용한 현장실험용 측정장비를 개발한 바 있으며(임 등, 2005a), 무선식별 개념의 RFID(Radio Frequency IDentification)를 활용한 F-AIS를 개발한 바 있다(구 등, 2005; 구 등, 2006; 양 등, 2003; 임 등, 2005b; 임 등 2005c, Shogo HAYASHI *et al*, 2004; Manami IDE *et al* 2005). 그리고 다중 레이더 표적을 칼만필터(Kalman Filter)로 추적하기 위한 연구(남 등, 2006), 선박식별 및 추적장치의 국제동향 연구(정 등, 2006), 레이더 응용기술 연구(임 등, 2006) 등이 있다.

이러한 연구들은 해상용 레이더를 이용한 레이더 표적의 탐지능력 강화, 전파통신장치와 연계한 레이더 표적의 원거리 자동식별 등을 목표로 한 것이다.

특히, 2005년에 시스템 구성에 요구되는 다양한 주변장치를 개발하고(구 등, 2005), 2006년에는 도적방지 알고리듬을 연구개발한 바 있으며(남 등, 2006), 주변장치의 성능을 입증하기 위한 해상실험을 시행한 바 있다(안 등, 2006).

여기서, 어장 도적방지 시스템은 귀중한 어민의 재산을 보호하는 것으로, 광범위한 해상에서 발생하는 도적행위를 사전에 퇴치하는 시스템이기 때문에 장기간의 현장실험을 통한 시스템의 신뢰성 확보와, 육상에서 어장으로 또는 해상에서 어장으로 침입하는 내외부 도적을 방어할 수 있는 첨단 대응체계 개념의 실현이 중요하다.

이 논문에서는 현재까지 구축한 어장 도적방지 시스템의 설계 개념과 시스템 사양 및 시스템 구성내용을 소개하고, 본 시스템을 이용한 몇 가지 해상실험 결과를 기술한다.

* 대표저자(임정빈) : jbyim@mmu.ac.kr 061)240-7051

2. 시스템 설계

2.1 어장 도적방지 시스템의 개요

Fig. 1은 어장 도적방지 시스템의 개념도이다. 9GHz의 X-Band 레이더를 이용하여 어장 주변의 모든 물체를 탐지하고, 어장에서 작업하는 선박에 장착한 F-AIS를 이용하여 적아를 식별한다. 이러한 정보는 전자해도 모듈과 상황감시 모듈에 전송되어 24시간 무인 실시간으로 어장에 침입하는 도적감시와 각종 도적방어 단계에 적용된다.

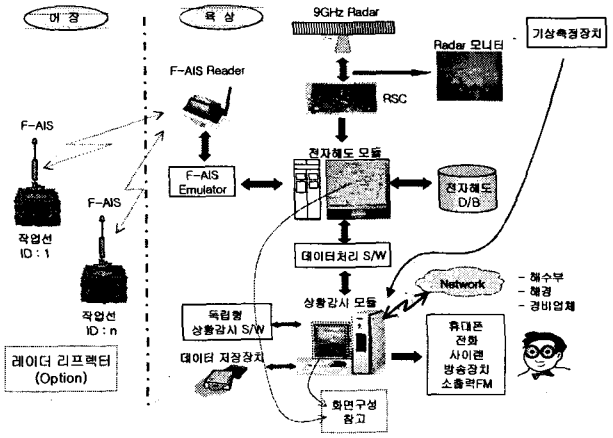

Fig. 1. Configuration of the system construction.

2.2 시스템 구축 개념

어장 도적방지 시스템은, 시스템 자체를 작동시키는 단계와 도적 침입시 처리하는 단계, 도적여부를 식별하는 단계, 도적 침입시 경보발생 단계, 도적 대응단계 등 다양한 단계별로 나누어 구축하였다. Fig. 2부터 Fig. 7까지는 이러한 세부 단계에 대한 알고리듬을 나타낸다.

Fig. 2는 시스템 시작 처리 단계로서, 허가된 사용자만이 본 시스템을 사용할 수 있게 하며, 시스템 작동시 레이더나 기타 장치의 준비상태를 점검한 후, 자동으로 상황을 감시하고 대응하기 위한 단계로 진입하기 위한 절차를 나타낸다. 또한, 상황이 종료한 경우의 데이터 처리방법과 절차를 나타낸다.

Fig. 3는 시스템이 작동된 이후, 어장상황을 자동으로 감시하면서 도적 침입시 대응하기 위한 절차를 나타낸다.

Fig. 4는 어장에 침입한 물체에 대해서 적아식별을 자동으로 수행하는 절차를 나타내고, Fig. 5는 각 상황에 대해서 경보를 발생하는 절차를 나타낸다.

Fig. 6는 각 상황에 대해서 해양경찰이나 육상경찰 등에 상황에 적합한 대응체계를 자동으로 선정 및 처리하는 절차를 나타내고, Fig. 7은 시스템을 강제로 종료하는 경우의 사용자 인증과 적합한 처리를 수행하는 절차를 나타낸다.

이와 같이 본 시스템은 사용인가를 허가 받은자가 운영할 수 있으며, 모든 이력을 관리할 수 있고, 각 상황마다 자동으로 대체할 수 있는 기능을 갖는다.

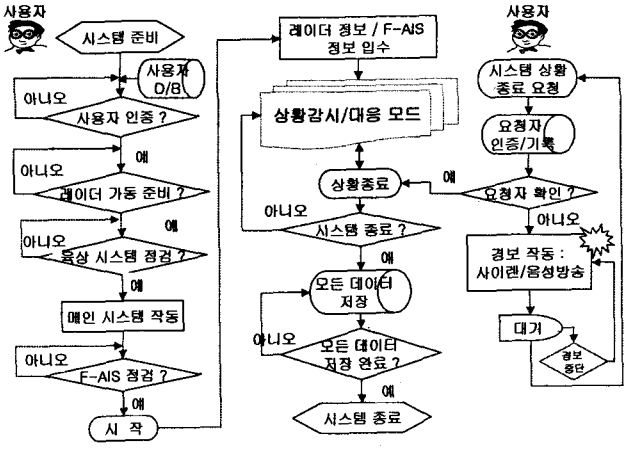

Fig. 2. Starting procedures.

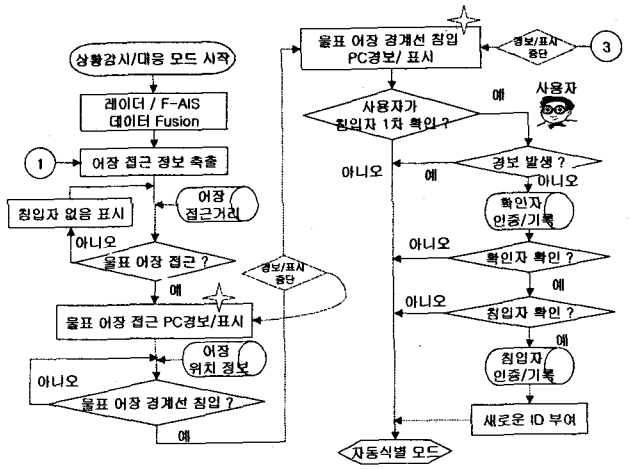

Fig. 3. Watching and Action procedures.

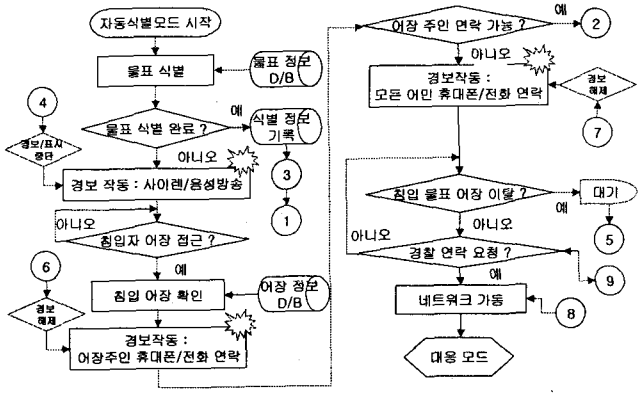

Fig. 4. Automatic identification procedures.

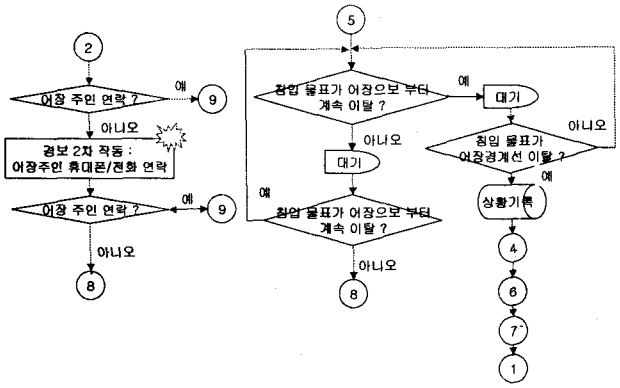

Fig.5. Warning procedures.

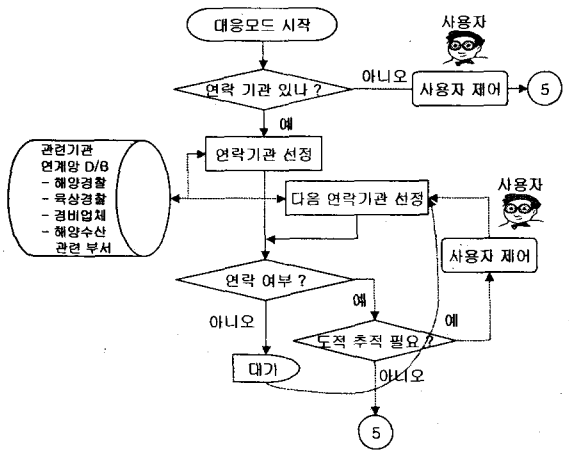

Fig. 6. Detailed automatic action procedures.

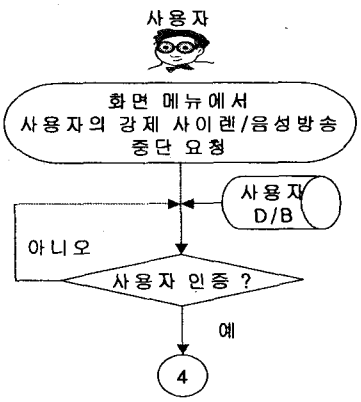

Fig. 7. User identification fault procedures.

2.3 시스템 기능 결정

위에서 기술한 다양한 절차를 구현할 수 있는 시스템의 하드웨어 구성과 기능 및 단위장비 구성 등을 시스템 구축비용을 고려하여 검토하였다. 검토결과, 현재 국내 해양 IT 기술을 고려할 때, 다음 Table 1과 같이 5가지 형태의 시스템 구축이 가능함을 알았고, 이러한 5가지 시스템은 향후 상업화 과정에서 어민이나 어장환경에 따라서 요구되는 가격과 성능을 다양하게 반영할 수 있다.

Table 1은 시스템의 종류와 기능 및 이러한 기능을 실현하는데 필요한 핵심 장치 등을 나타내고, Table 2는 5가지 시스템의 기능과 감시구역 등을 나타내며, Table 3은 시스템 종류별 필요한 단위 장비의 구성을 정리한 것이다.

Table 1에서, 시스템 종류 'A'와 'B'는 시스템을 저가로 개발하기 위하여 기능을 간단하게 구성한 것이다. 시스템 종류 'C'는 중저가 시스템을 개발하는 경우를 나타내고, 시스템 종류 'D'는 전자해도와 ARPA/Radar 등의 첨단 장비를 이용하여 모든 기능이 가능한 시스템 구성을 나타낸다. 시스템 종류 'S'는 해양경찰이나 군용으로 사용하는 경우를 나타낸다.

이러한 5가지 시스템을 검토한 결과 우선, 'D' 형태의 시스템이 표준 시스템으로 개발되어야할 것으로 검토되었고, 향후 상용화 과정에서는 'D' 형태의 시스템을 기본으로, 어민이나 어장환경에 따라서 필요한 기능을 추가 또는 삭제하는 것이 타당할 것으로 고려되었다. 이 논문에서는 시스템 종류 'D'에 대한 시스템 구축 내용과 해상실험 결과를 기술한다.

Table 1. System type and its function and core equipments

종류	기 능	핵심 구성 장치
A	- 저가, 소형, 아군 어선들 동태만 감시->식별->경보	- 900MHz F-AIS : 아군 선박식별 - 전자해도 모듈 : 아군만 전자해도에 표시
B	- 중저가, 물체 감시->추적->식별->경보->대응 - 기존 레이더 활용, 전자해도 상황표시 및 해경과 공조	- 900MHz F-AIS / 일반 어선용 Radar : 물체 탐지 - RSC : 레이더 영상을 전자해도에 오버래핑 - 전자해도 모듈
C	- ARPA/Radar 모니터에 추적결과 표시 - 단순하면서 정밀 추적 가능	- 900MHz F-AIS - ARPA/Radar : 모든 물체 탐지 및 추적
D	- ARPA/Radar 정보 -> 전자해도 전송 - Full Mission	- 900MHz F-AIS 및 ARPA/Radar - 전자해도 모듈
S	- 해경, 해군, 해수부 등에서 어장의 종합 상황 시스템을 구성하는 경우 적용 - 네트워크를 통한 시스템	- 어장에 설치된 모든 장치로부터 정보를 입수 - AIS Emulator : 선박에 설치된 AIS 정보를 입수하여 종합상황 시스템에 표시 기능

Table 2. Detailed functions and its coverage

구분	세목		종 류				
			A	B	C	D	S
기능	감시	지역	●	●	●	●	●
		광역	-	-	-	-	●
	추적	지역	-	●	●	●	●
		광역	-	-	-	-	●
	식별	아군	●	●	●	●	●
		적군	-	●	●	●	●
	경보	지역내	●	●	●	●	●
		광역	-	-	-	-	●
	대응	지역내	-	●	●	●	●
		광역	-	-	-	-	●
	상황종합 (option)	지역	-	●	●	●	●
		광역	-	-	-	-	●

Table 3. Unit systems for the each system-type

구 분	필요한 단위 장비		시스템의 종류				
			A	B	C	D	S
어장탐지 시스템 (FDS)	900MHz F-AIS 송신기		●	●	●	●	-
	9GHz F-AIS		-	-	-	-	-
	레이더 리프랙터(option)		-	●	●	●	-
레이더감시 시스템 (RSS)	소형 9GHz Radar		-	●	-	-	-
	9GHz ARPA/Radar		-	-	●	●	-
	RSC		-	●	-	●	-
	기상측정장치(option)		-	●	●	●	-
대응 시스템 (WIWAS)	레이더 신호 부스터(option)		-	●	●	●	-
	900MHz F-AIS 수신기		●	●	●	●	-
	900MHz F-AIS Emulator		●	●	●	●	-
	9GHz F-AIS 영상처리모듈(option)		-	-	-	-	-
	AIS Emulator 모듈		-	-	-	-	●
	전자해도 모듈	간이 전자해도 S/W	●	●	-	●	-
		Notebook/PC	●	●	-	●	-
		데이터 처리 S/W	●	●	-	●	-
	상황 감시 모듈	Notebook/PC	-	●	●	●	-
		데이터 저장장치	●	●	●	●	-
		상황감시S/W 전자해도용	●	-	-	-	-
		상황감시S/W 독립형	-	●	●	●	-
		휴대폰	●	●	●	●	-
		전화	●	●	●	●	-
		사이렌	●	●	●	●	-
		방송장치	●	●	●	●	-
		소출력 FM방송	●	●	●	●	-
		해양경찰연락망	●	●	●	●	-
		해수부정보전송망	●	●	●	●	-
		경비업체연락망	●	●	●	●	-
	종합상황 시스템		-	-	-	-	●

3. 시스템 구축

Fig. 8은 Table 3에 나타낸 시스템 'D'에 대해서 구축한 어장 도적방지 시스템의 전체 구성도를 나타낸다. 이 시스템은, 경보전송장치 및 통신 네트워크, 감시·경보·방어 실행을 위한 네트워크, 레이더 영상 모니터링 시스템 등이 하나로 통합된 시스템으로 구축하였다.

Fig. 8에서, 어장 및 어장주변 해역의 동적 및 정적 물표에 대한 상황은 ARPA Radar에서 탐지하며, 어장 작업선의 경우에는 F-AIS가 작업선에 설치되어 있으므로 그 정보가 레이더 물표에 적용되어 RS-232C 인터페이스 및 TCP/IP 망을 경유하여 서버에 전송되고 동시에 모니터링 화면에 디스플레이 된다. 또한 어장에 설치된 풍향풍속계를 통하여 해상기상에 대한 정보가 입수되고, 이 정보는 RS-232C 인터페이스 및 TCP/IP 망을 경유하여 모니터링 화면에 나타난다. 그리고 상황실에 설치된 서버(Server)에는 어장작업선에 대한 정보, 전자해도(ECDIS), 관리데이터베이스 등이 저장된다.

4. 실험 및 결과

4.1 실험환경

현장실험은 전라남도 진도군 보전리의 '진도보전참전복양식단지'(이하, 양식단지)를 대상으로 하였다. 이 양식단지에서는 2000년도에 전복 절도사건이 발생한 바 있어, 어민 자체적으로 소형 레이더를 이용하여 24시간 수동 감시하고 있다. 그러나 어민들이 항상 24시간 당직을 서야하고, 아군 작업선이 어장에서 작업하는 경우에도 적아 구분 없이 경보가 울리거나, 도적으로 판명된 경우에도 이미 대응할 시간이 없으며, 어떠한 선박이 적인지 아군인지를 모르는 등의 많은 문제점들이 나타나고 있다. 또한, 고가의 레이더 감시도 부족하여 3천만원 상당의 고성능 서치라이트(search light)를 추가 구입하여 도적을 감시하고 있다.

Fig. 9는 양식단지의 감시초소로서, 태극기 하단에 어민들이 자체 설치한 레이더 스캐너가 보이고, 초소 건물에 서치라이트가 설치되어 있다. Fig. 10은 각 단위 양식장별 주인과 비상연락 체계를 나타낸다.

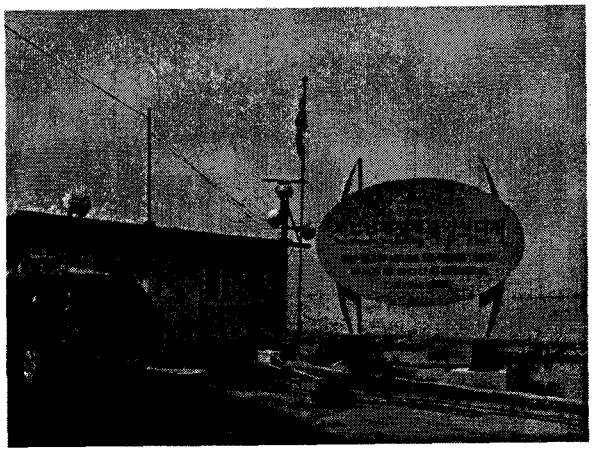

Fig. 9. Current Watching site of Jindo Abalone-Farm.

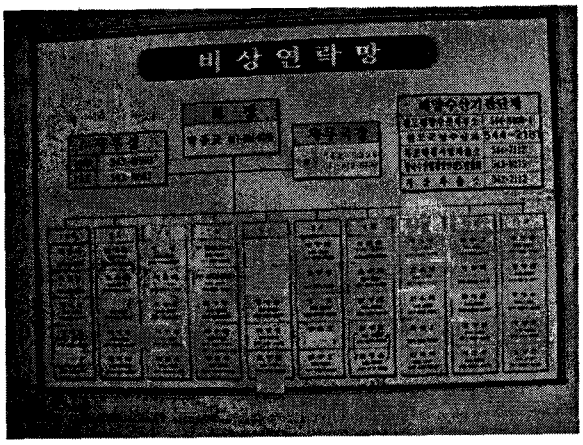

Fig. 10. Surveillance procedures and each cage's owner.

4.2 현장실험

2006년 6월 22일부터 25일까지 양식단지에서 현장실험을 실시하였다. 실험평가 내용은, ARPA-Radar가 고정밀도로 어장을 탐지하는지 여부와 F-AIS의 작동여부 및 서버의 전체적인 기능의 작동 여부 등 주로 시스템 작동에 관한 것이다. 실.

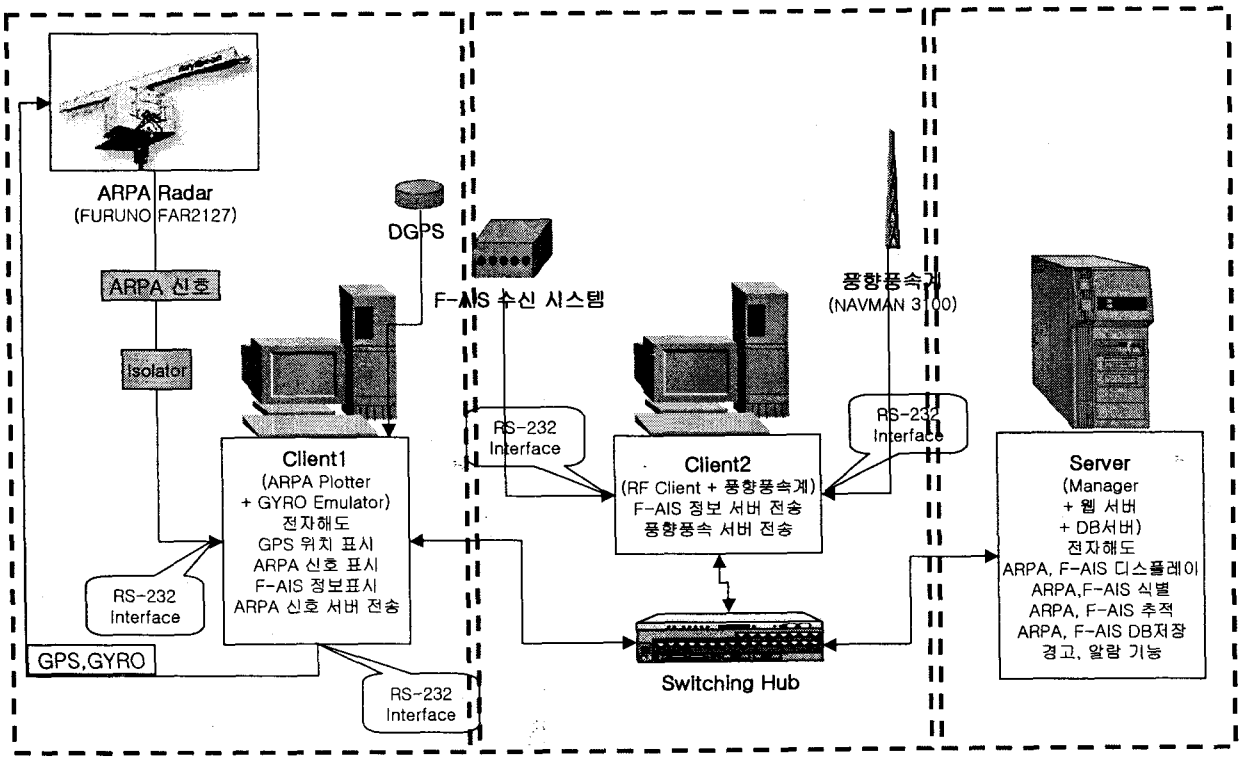

Fig. 8. Whole configuration of the system.

험 당시, 현장에는 짙은 안개로 시정이 제한되었다

Fig. 11은 이 시스템을 장착한 양식단지 내의 어민회관으로서, 회관 옥상에 레이더를 설치하고, Fig. 12와 같이 회관 내부에 도적 방지 시스템을 설치하였다. Fig. 13은 해상에 설치된 양식시설 사진이고, Fig. 14는 양식단지에서 작업하는 바지선과 소형 작업선을 나타낸다.

Fig. 11. Radar site.

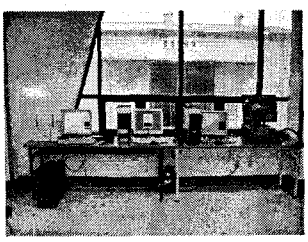

Fig. 12. System set-up.

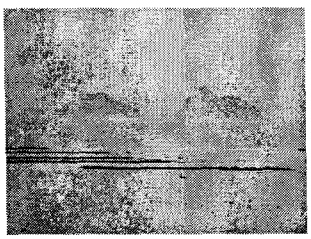

Fig. 13. Abalone farm.

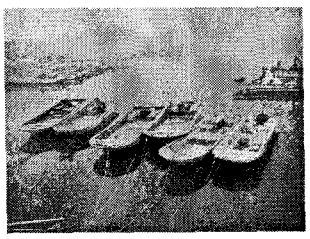

Fig. 14. Working ships.

4.3 실험결과

Fig. 15는 ARPA-Radar에 탐지된 가로 10열, 세로 5열로 배치된 양식장의 모습으로서, 대단히 선명한 화질로 나타나고 있으며, F-AIS를 장착한 선박이 화면 우측의 '+' 마크로 표시되어 있다. 그리고 Fig. 16에는 현재 작동 중인 F-AIS의 정보를 나타낸다.

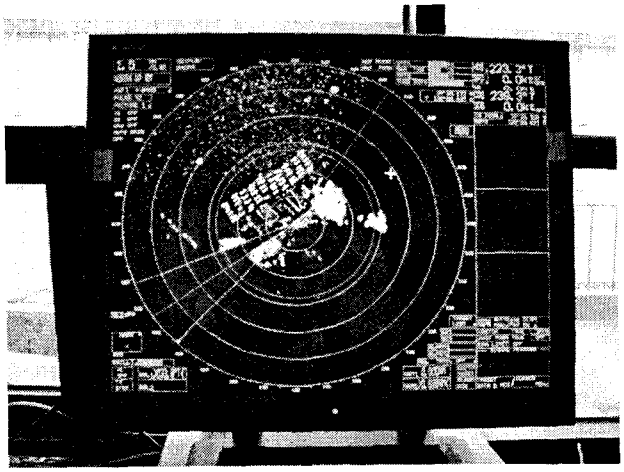

Fig. 15. Test results for the ARPA-Radar system.

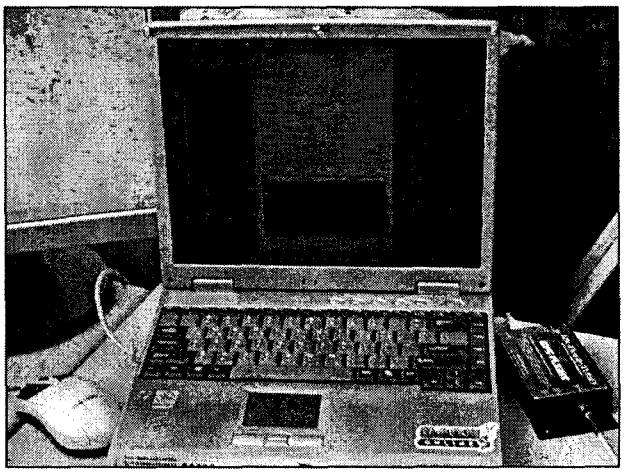

Fig. 16. Test results for the F-AIS.

Fig. 15에서, 간단한 실험으로서 '+' 마크한 선박이 F-AIS를 작동한 경우와 작동시키지 않은 경우, 이 선박이 양식장에 침입하는 경우 각 어장주인의 휴대폰으로 '도적 방지' 문자 메세이지가 전달되는 지의 여부와 사이렌이나, 방송 등을 통하여 경고가 발생되는지 여부 등을 실험하였다. 실험결과 문자 메세이지와 경고 등이 모두 정상 작동함을 알았다.

기타, 인터넷을 통한 해양경찰 함정과의 연락체계 구축이나 경비업체 또는 육상 경찰과의 공조 체제 등 대규모 실험은 현재 진행 중에 있다.

5. 결 론

진도 참전복양식단지에서 구축한 어장 도적방지 시스템을 실험한 결과, 시스템이 정상 작동함을 알았고, 세부적으로는 어장탐지 시스템, 레이더 감시시스템, 감시·식별·경보·방어시스템 등이 정상 작동함을 알았다.

주요 연구결과로는, 무선통신 개념의 F-AIS를 이용한 어선 식별장치를 구축하였고, 어장위치 추적 및 감시를 위한 레이더 탐지능력을 확인하였으며, F-AIS 통신 방식과 레이더 영상처리 방식을 혼합한 고 신뢰성 어장 도적방지 시스템 개발이 가능함을 알았다. 그리고 적아식별 알고리즘을 개발하였다.

향후 전방위 감시기능을 부여하기 위하여 해양수산부와 해양경찰, 육상경찰 등과의 협조 체계를 구축할 예정이다.

참 고 문 헌

[1] 김우숙, 임정빈, 안영섭, 박성현, 정중식, 이규동(2003a), "Development of Passive-Type Radar Reflector for Fisheries," 해양환경안전학회 2003년도 춘계학술발표대회 논문집, 해양환경안전학회, pp.135-139

[2] 김우숙, 임정빈 외 3인(2003b), "어업용 레이더 리프렉터 개발 연구발표," 정보통신 학술세미나, 한국전자파학회 호남지부, pp.145-161

[3] 김우숙, 안영섭, 임정빈, 박성현, 김인현(2004a), "어선용 레이더 리프렉터 개발," 선박안전, 제14권, pp.30-43

[4] 김우숙, 안영섭, 임정빈, 박성현, 김인현(2004b), "어선용 레이더 리프렉터 개발(Ⅱ)," 선박안전, 제15권, pp.54-71

[5] 김철승, 정중식, 박성현(2005), "양식어장 보호를 위한 원격감시시스템의 구축 방안에 관한 연구," 해양환경안전학회, 제10권2호, pp.55-60

[6] 구자영, 임정빈, 이재응, 남택근, 정중식, 박성현, 양원재, 안영섭(2006), "해양레저 안전장비 개발," 2006년도 한국항해항만학회 춘계학술대회논문집, 제30권 제1호, pp.241-246

[7] 구자영, 임정빈, 정중식, 남택근, 이재응(2005), "해상 RFID 개념 설계," 한국항해항만학회 춘계학술발표대회 논문집, 제29권 1호, pp.153-161

[8] 남택근, 임정빈, 안영섭(2005), "양식어장 보호를 위한 어장탐지 시스템 개발에 관한 연구," 해양환경안전학회, 제10권 2호, pp.49-53

[9] 남택근, 임정빈, 정대득, 양원재, 안영섭(2004), "양식어장 보호를 위한 어장탐지 시스템 개발에 관한 연구," 한국항해항만학회 추계학술발표대회 논문집, 제28권2호, pp.97-101

[10] 남택근, 임정빈. 정중식, 박성현, 안영섭(2006), "어장보호를 위한 다물체 추적 칼만필터에 관한 연구," 2006년도 한국항해항만학회 춘계학술대회논문집, 제30권 제1호, pp.227-232

[11] 안영섭, 김우숙, 남택근, 임정빈, 박성현, 정중식, 김철승, 정재용, 양원재, 정대득(2006), *2006년도 수산특정연구과제 양식어장 보호를 위한 집단 감시 디지털시스템 개발연구 보고서*, 해양수산부

[12] 양원재, 정중식, 임정빈, 안영섭(2003), "선박자동식별장치(AIS) 활용방안에 관한 연구," 해양환경안전학회 2003년도 춘계학술발표대회 논문집, 해양환경안전학회, pp.69-75

[13] 임정빈, 김우숙, 안영섭, 박성현, 정중식, 이규동(2003), "Designing Passive-Type Radar Reflector for Small Ship," 해양환경안전학회 2003년도 춘계학술발표대회 논문집, 해양환경안전학회, pp.125-134

[14] 임정빈, 김우숙, 박성현, 김철승, 정대득, 구자영, 심영호, 김창경, 이재응(2005a), "어장 보호 시스템의 현장실험을 위한 레이더 측정차량 개발," 한국항해항만학회 춘계학술발표대회 논문집, 제29권 1호, pp.279-283

[15] 임정빈, 구자영, 이재응(2005b), "프래넬 영역에서의 해상용 RFID 전파모드 이론 고찰," 2005년도 해양환경안전학회 추계학술발표회 논문집, pp.65-69

[16] 임정빈, 남택근, 정중식, 박성현, 양원재(2005c), "F-AIS를 이용한 어장보호 시스템 설계," 2005년도 해양환경안전학회 추계학술발표회 논문집, pp.71-74

[17] 임정빈, 남택근(2006), "해양레저 안전을 위한 개인 휴대용 전자장비 개발," 한국항해항만학회, 제30권5호, pp.357-362

[18] 정중식, 남택근, 김철승, 박성현, 임정빈, 안영섭(2006), "선박식별 및 추적장치의 국제동향과 전자항해전략에 관한 연

구," 2006년도 한국항해항만학회 춘계학술대회논문집, 제30권 제1호, pp.105-111

[19] Manami IDE, Shogo HAYASHI, Masayasu OGAWA, Jeong-Bin YIM(2005), "The Characteristics of Circular Polarization SART," Korea-Japan Joint Symposium 2005, Mokpo, Korea, 2005. Feb. 25-27, pp.37-41

[20] Shogo HAYASHI, Manami IDE, Masayasu OGAWA, Jeong-Bin YIM(2004), "Research and Proposal on One Mile SART," Asia Navigation Conference 2004, Gwangyang, Korea, 2004.8.25-26, pp.186-199