

유무선 통신망을 이용한 양식어장 보호용 원격감시 시스템의 개발에 관한 연구

정중식* · 박성현* · 정재용* · 안영섭*

*목포해양대학교 해상운송시스템학부 교수

Telemonitoring System for Protecting Aquaculture Farms Using Wired and Wireless Communications Network

Jung-Sik Jeong* · Sung-Hyeon Park* · Jae Yong Jong* · Young-sup, Ahn*

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

요 약 : 어패류 및 해조류를 포함하는 양식어업은 국내어업에 대한 총수입중 50.6%를 차지하고 있는 어가의 주 소득원 중의 하나이다. 최근 국내어장에서 불규칙하게 발생하는 어패류 도난사건의 피해액은 매년 건당 수십만에서 수천만원 이상으로 증가하고 있는 실정이다. 국외에서 어장보호를 위한 원격감시 시스템이 개발된 바가 있지만 구축비용이 고가이므로 국내의 영세어가에 적용하기는 어렵다. 본 연구에서는 국내 영세어가에 적용할 수 있는 유무선 통신망을 이용한 양식어장 보호용 원격감시 시스템의 모델을 제안하고, 기술개발의 요소 분류하고 개발방향 및 내용을 분석하였다.

핵심용어 : 양식어장, 어장보호, 원격감시, 레이더감시, 해상절도

ABSTRACT : In Korea, aquaculture is one of major incomes for fishing households and amounts to 50.6% of total incomes for domestic fishery. The loss of aquaculture farm due to thievery at sea increases every year. In this research, we propose the system model for development of telemonitoring system, which protects aquaculture farms. For the proposed system, general requirements are described. Our system is cost-effective when it is applied to domestic fishing households.

KEY WORDS : aquaculture farm, protection of aquaculture farm, telemonitoring, radar surveillance, thievery at sea

1. 서 론

WTO 체제 출범에 따른 세계 수산물시장의 개방화·자유화와 연근해 수산자원 감소 및 국제어업 환경변화 등으로 수산물의 생산은 감소하고 있는 반면 수산물 수입은 매년 증가추세를 보이고 있다. 이러한 가운데 국민들의 신선한 어패류의 소비량이 증가함에 따라서 양식어장이 광범위하게 확대되고 있으며, 국가적인 차원에서 연안자원회복을 위하여 전국 5개 시범지역을 대상으로 한 바다목장화 사업(1998~2010년)을 추진하고 있다[1]. 어패류 및 해조류를 포함한 양식어업은 영세어가에 고소득을 보장할 수 있는 업종이며, 국내 어업의 총 수입중 50.6%를 차지하고 있는 어가의 주 소득원 중의 하나이다[2]. 그러나 전복을 포함한 고급 어류를 양식하는 어장에서 해상절도 행위는 매년 증가하고 있고, 양식어장의 범위는 광범위한 반면에 도적을 감시하고 방어하기 위한 적합한 시스템의 부재로 영어민에게 막대한 재산손실을 안겨주고 있다. 특히, 개인어장

에 대한 절도건수 보다도 주로 고가 어패류 양식을 하는 공동어장에 대한 절도건수가 70% 이상을 차지하는 것으로 보고되고 있다[3].

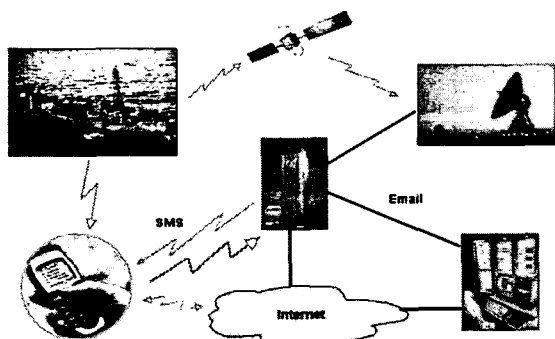
이러한 해상절도 행위를 감시하고 방어하기 위한 시스템으로 레이더에 의한 원격감시 시스템을 들 수 있다. 육군 또는 해군, 해상교통관제 센터(VTS)에 설치된 고해상도 CCTV 카메라를 포함한 해안 원격감시 시스템은 그 장비의 가격이 수억원대에 이르러 어촌계와 같은 영세한 민간단체에 보급하기는 어려운 실정이다. 게다가 대부분의 시스템을 구성하는 단위요소로서 레이더 및 카메라 장치들은 국외 수입품들이다. 인근 일본과 같은 경우에는 어업협동조합 단위로 고가의 장비를 구입하여 설치하고 있지만, 전체 시스템 구성에 들어가는 비용이 수억원대 이상이며, 국내의 영세어민들에게 공급하기는 어려운 실정이다.

본 연구에서는 국내의 어촌계 단위나 어민들이 출자하여 협동조합의 형태로 운영하는 공동어장을 원격감시하고 방어할 수 있는 원격감시 시스템 및 그 운영을 위한 통신망을 제안한다.

또한, 전체 시스템을 구성하는 각 모듈별로 요구되는 기술을 분류하고 기술개발 방향을 제시하였다. 또한 전체 시스템의 주요 구성요소 중의 하나인 양식어장 감시용 레이더의 사용을 위한 법제도적인 측면을 분석하였다. 국내의 양식어장을 운영하는 어민들에게 원격감시 시스템의 개발을 제공하고자 할때 중요한 요소는 컴퓨터 통신을 모르는 영세한 어민이라는 점을 고려하여 어장규모에 따라 적합한 비용 효율적인 시스템을 개발하는 것이 중요하다. 본 연구는 이러한 점에서 X밴드 선박용 레이더의 사용을 가정하였으며, 가능한 현재의 유무선 통신망의 효과적인 이용과 최적 사용자 인터페이스 환경의 구축에 중점을 두고 있다.

2. 원격감시 시스템의 개요 및 개발동향

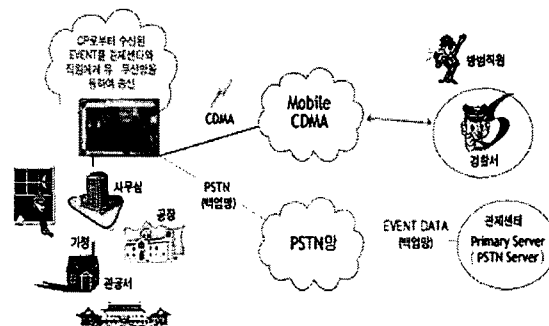
일반적으로 도둑을 포함한 외부침입자를 감시하는 방법에는 경비인에 의한 현장의 직접감시, 카메라를 이용한 원격감시, 레이더에 의한 감시, 레이더 및 카메라의 동시사용에 의한 감시 시스템 등으로 나눌 수가 있다. 이러한 감시 시스템은 유무선 통신망을 기반으로 하여 가정, 일반 사무실, 금융기관, 건물외곽, 군사시설구역 등 광범위한 곳에 원격무인 감시의 형태로 적용되고 있을 뿐만 아니라, 침입정보를 경비업체 또는 경찰서에 전송하여 침입자를 잡기 위한 방어태세도 갖추고 있다. 특히, 감시 및 방어시스템은 2001년 9.11 테러 이후 테러대책의 일환으로 더욱 강조되고 있으며, 전 세계 테러 대응책으로 IMO에서는 2004년 7월 1일 이후 건조되는 500톤 이상의 국제항해 취항선박에 대하여 선박보안정보장치(SSAS : Ship and Security Alarm System)[4]의 탑재를 의무화 한 바도 있다(그림 1).



(그림 1) 선박보안정보 시스템의 구성도

최근에 유무선 통신망과 영상처리 기술의 발전으로 원격감시 시스템의 성능은 더욱 고도화 되고 있는 추세이다. (그림 2)는 T사의 침입자 감시시스템으로 무인경비 보안감시 대상지역에서 발생한 각종 신호를 CDMA망 또는 유선통신망을 경유하여 중앙의 관계센터로 전송한다. 이 시스템은 PSTN망만을 이용할 경우에 발생하는 정보노출성 및 유지보수 불편성의 단점

을 보완한 것으로 PSTN망을 백업망으로 이용하고 있다. (그림 3)은 S사의 영상감시 시스템을 보여준다. 이 시스템은 비교적 공간적으로 한정된 현장의 상황을 카메라를 통하여 영상, 음성데이터를 전송하여 수신한 후, 녹화 및 백업 처리함과 동시에 원격지에서 PC 또는 핸드폰 등으로 모니터링 한다[5].



(그림 2) 유무선 통신망을 이용한 원격감시 시스템의 구성



(그림 3) 디지털 영상감시 시스템의 구성도

또 다른 예로서 건물외곽이나 주차장 공항 시설, 군사시설 등 넓은 지역을 대상으로 한 감시시스템도 있다. 이 경우에는 마이크로웨이브 감시시스템 또는 광케이블 감시시스템이 이용되고 있다. 마이크로웨이브 감시시스템은 온도, 바람 등 기상 변화에 따른 자동조절 기능을 부가하기도 한다. 마이크로파 감시 시스템은 극초단파대(2.4GHz, 5.8 GHz, 21~24GHz)를 이용하기 때문에 전파의 가시영역에 의존하여 전송거리에 제한을 받는 단점이 있다. 광케이블감시 시스템의 경우에는 외벽이나 담장에 설치하여 지형, 기상조건, 전자기기의 방해 및 동물의 접근 등으로 인한 오동작을 방지할 수 있는 기능을 가진 시스템도 개발되어 있다. 그러나 광케이블감시 시스템은 광케이블의 포설, 광전송장비의 설치 등으로 높은 투자비용을 요구한다. 한편 수킬로미터의 반경을 360도 회전하며 감시할 수 있는 수입 영상카메라도 있지만 가격대가 수억원대에 달한다.

3. 육상 및 해상감시시스템의 특징

해상에 위치한 양식어장은 육상과는 달리 감시 시스템을 설치하는데 많은 제약이 따른다. <표 1>은 육상과 해상의 원격 감시시스템을 구성하는데 나타날 수 있는 일반적인 특징들을 나타내고 있다.

<표 1> 육상과 해상감시 시스템의 특징

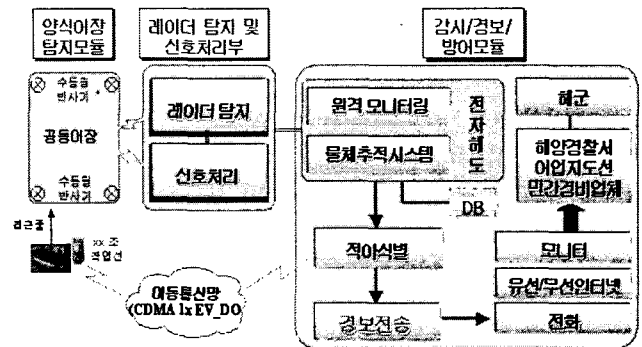
구분	특징
육상	<ul style="list-style-type: none"> ○ 이용할 수 있는 유무선 통신 인프라 설비가 많다. ○ 전원공급은 비교적 쉽게 이루어 질 수 있다. ○ 경찰청, 군부대 및 경비업체에 지원이 신속하게 이루어 질 수 있다. ○ 유무선 모두 이용 가능하고 백업망을 구축하기 쉽다. ○ 해상에 비교하여 투자비가 적다.
해상	<ul style="list-style-type: none"> ○ 이용할 수 있는 통신망 인프라 설비에 제한을 받는다. ○ 백업망을 구성하기가 어렵다. ○ 해상에 통신장비를 설치할 경우 해수에 견딜 수 있도록 방수성, 방부식성 및 내구력이 뛰어나야 한다. ○ 전원공급이 육상보다 어렵다. ○ 주로 해상에서 육지에 이르는 구간은 무선에 의존하여야 하므로 해상의 기상상태는 전파환경에 커다란 영향을 준다. 또한 해상의 기상변화는 육상보다 심한 편이다. ○ 해상에서 움직이는 물표를 식별하기 위하여 레이더를 이용할 필요가 있다. ○ 수중침투할 경우 이를 감시하기 위하여 고성능 감시 카메라를 이용할 필요가 있다. ○ 투자비가 비싸다.

<표 1>에서 지적된 것처럼 해상에서 침입자 원격감시시스템을 구성하는 데에는 많은 제약조건이 따른다. 해상에 떠있는 양식어장의 상황을 레이더로 탐지하고, 탐지된 레이더 정보를 재차 원격감시 센터에 전송하여야 한다는 점에서 이용가능한 통신망의 제한, 고해상도 및 고분해능을 지닌 레이더를 사용하여야 한다는 점 등이다.

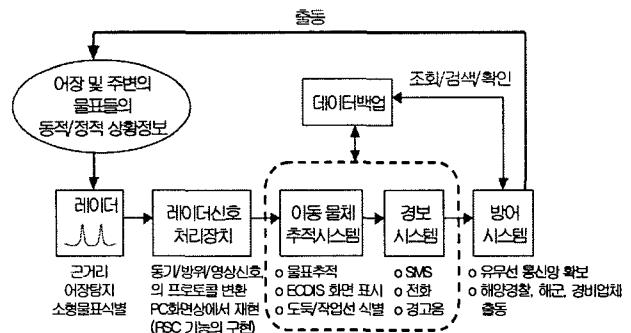
4. 양식어장 보호용 원격감시시스템

본 연구는 복수개의 고급 어패류 양식어장으로 구성되는 공동어장에 적용할 수 있는 원격감시 시스템의 구성을 목표로 하고 있다. 전체 시스템은 양식어장 탐지모듈, 레이더 탐지 및 신호처리부, 원격감시/경보/방어모듈로 구성된다(그림 4). 제

안된 시스템 구성의 개념을 기능별로 나누어 보면 (그림 5)와 같다. 우선 공동어장을 입출입하는 작업선 또는 미확인 물표의 신원에 관한 정적상황과 움직임에 관한 동적정보가 레이더 화면상에 표시된다. 레이더 영상의 동기, 방위 및 영상신호는 디지털화된 후에 PC상에서 처리 가능한 영상 데이터로의 변환을 통하여 원격지에 있는 PC 화면상에 표시된다. PC 화면상에서는 물표의 추적관리를 통하여 도적선 또는 작업선 여부를 확인한 후 도적선일 경우에는 자동경보와 동시에 유무선 인터넷에 의한 단문 메시지를 통하여 해양경찰서, 어업지도선 및 경비업체에 연락하고 필요시에는 해군과 협동하여 방어할 수 있도록 한다. 또한 PC상에서 추적되는 모든 물표들의 중요정보는 데이터로 저장되고, 조회검색이 자유롭게 이루어지도록 한다.



(그림 4) 전체 시스템의 구성도



(그림 5) 원격감시 시스템의 기능구현

5. 원격감시시스템의 구축방안 분석

제4절에서 제안한 시스템을 구성하기 위하여 레이더 탐지능력 강화 기술, 레이더 신호전송 기술, 영상신호처리 기술, 통신망 구성 기술, 사용자 인터페이스 환경 구현을 위한 소프트웨어 기술 등이 포함된다. 개발하고자 하는 시스템의 성공적인 개발을 위하여 본고에서는 먼저 요구되는 세부기술들을 정의하고 그 주요내용을 기술하였다.

5.1 요소기술의 분류

<표 2>에서는 본고에서 제안한 시스템을 구현하기 위하여 요구되는 기술을 분류하였다.

<표 2> 요소기술의 분류

대분류	소분류
레이더 탐지 능력강화 기술	<ul style="list-style-type: none"> 어장내 수동형 반사기의 설치를 통한 어장탐지 능력의 증대방안 구현 근거리 물표탐지 능력강화 기술 <ul style="list-style-type: none"> - 측엽억제를 위한 전파흡수체 부가기법 - 최적 빔형성 알고리즘의 개발
레이더 신호 전송 및 변환기술	<ul style="list-style-type: none"> 레이더 신호전송 및 영상변환 장치 구현 <ul style="list-style-type: none"> - 동기신호, 영상신호, 방위각 신호 등의 디지털 변환을 통한 레이더 영상변환
영상신호 처리 및 사용자 인터페이스 환경(GUI) 구축	<ul style="list-style-type: none"> 변환된 레이더 영상정보의 처리 <ul style="list-style-type: none"> - 물표추적 물표식별정보의 저장 GUI 환경의 구현 <ul style="list-style-type: none"> - 레이더 화면의 주요기능 재현 - 물표식별 정보(사용자 인식) - 어장상황 정보 - 경보신호의 자동발생 - 단문메시지의 발생 등 외부 자동연락 상황 - ECDIS화면상에 매핑
원격감시 통신망 구성기술	<ul style="list-style-type: none"> 통신망의 종류 결정, 통신망의 구성도 작성 통신망의 최소 전송속도, 최대 지연시간 결정 백업망의 구축 방안 마련

5.2 주요 개발기술

양식어장에 침입하는 선박은 극히 소형선박이며 선속 30노트이상의 고속선도 있다. 이러한 선박을 근거리(6마일 이내)에서 탐지·추적하기 위해서는 고분해능의 레이더를 요구한다. 기존의 VTS 센터에서 이용되는 항만감시 레이더 또는 육군과 해군에서 이용하는 감시 레이더는 수억원대에 이르는 고가이므로 이용하는 것이 불가능하다. 본 연구에서는 중소형 선박용 X-Band 레이더의 탐지성능 개선을 통하여 원격감시 시스템에 이용하도록 한다.

○ 근거리 탐지능력 증대기술

- 레이더 송수신 안테나의 지향성 패턴의 측정을 통하여 측엽(sidelobe)이 생기는 방향에 전파흡수체를 흡착할 수 있는 방안을 개발한다. 그 결과로서 측엽의 억제되어 근거리에서 Sea Clutter 등에 의하여 산란되어 수신되는 신호의 억압기능을 증대시킬 수 있을 것이다.
- 레이더 탐지거리를 증대시키기 위하여 안테나 높이와 물표 높이가 알려진 경우에는 다음과 같이 측정가능 최대거리, R 을 계산할 수 있다[6].

$$R = 1.22(\sqrt{h} + \sqrt{H})\sqrt{\lambda}$$

여기에서, $h[m]$ 는 레이더 스캐너 높이, $H[m]$ 는 물표의 높이를 의미한다.

- 도래방향 추정치에 기초를 둔 최적 빔형성 기술의 구현 알고리즘을 개발한다.
- 양식어장의 가장자리에 수동형 반사기를 설치하여 레이더 탐지능력을 강화한다.

○ 레이더 신호의 전송 및 변환기술

- 레이더의 송수신부로부터 동기신호, 영상신호, 방위각 신호를 A/D 변환기를 통하여 디지털 신호로 바꾸고 레이더 영상을 PC상에서 볼 수 있도록 RSC(Radar Scan Converter)를 통하여 영상변환 후 PC에 전송한다.
- 레이더에서 탐지된 물표는 극좌표 형식이므로 이를 PC 화면에서 재현하기 위해서는 직각좌표계로 변환되어야 한다.
- RSC는 슬롯형태로 PC에 내장하도록 구현한다.

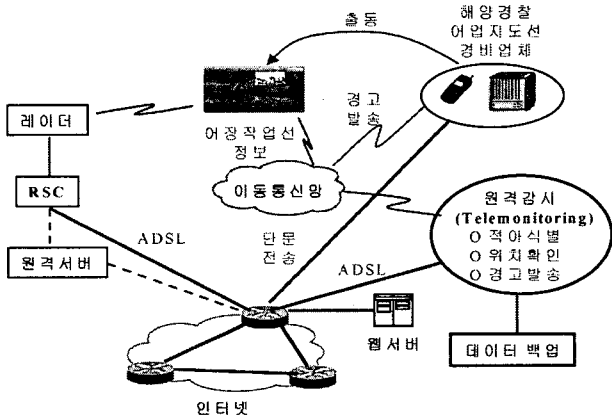
○ 영상신호처리 및 GUI 환경 구축

- 레이더의 영상신호가 PC에서 처리가능한 영상신호로 변환된 후 기본적인 잡음제거 및 물표의 검출과정을 거쳐 목표물의 위치정보를 취득하게 된다. 이 위치정보를 이용하여 물표를 추적하도록 한다[7].
- 레이더의 물표추적 알고리즘으로 $\alpha - \beta$ 추적필터가 잘 알려져 있다[8]. $\alpha - \beta$ 추적필터는 소요 메모리가 적으며 처리시간이 짧다는 점에서 선호되는 방법이다. 또한 선박처럼 움직임에 비하여 데이터 량이 많은 경우나, 가속도에 의한 움직임이 거의 없는 경우 추정정도가 높은 방법이다[9].
- 물표의 추적 시에는 어장에 출입하는 작업선의 정보를 핸드폰에서 이동통신망을 이용하여 수신하여 기 입력된 어장작업선의 가입자 정보를 확인한 후, 도적선 여부를 식별한다.
- RSC에서 변환된 영상신호는 ECDIS 화면상에 매핑하여 표시한다.
- 필요시에는 모니터상에서 양식어장의 출입선박에 신원조회 신호를 보내어 그 응답결과에 따라 도적선인가의 여부를 식별할 수 있는 통신망 서비스를 제공한다.
- 레이더 화면상의 여러가지 기능 중 일부로서 EBL(Electric Bearing Line), VRM(Variable Range Marker), 디스플레이 레인지의 가변범위, 보호대의 지정, 마우스에 의한 물표지정 기능 등을 GUI 화면으로 구성한다. PC상에서 재현된 레이더 영상은 실질적으로 ECDIS 화면상에 매핑시켜 어장위치 및 도적선의 위치를 명확하게 나타내어야 할 것이다.

○ 원격감시 통신망의 구성

원격지에 있는 레이더 사이트에서 레이더 신호를 전송하기 위해서는 T1급(1.544Mbps) 또는 E1급(2.048Mbps)의 인터넷

회선을 이용하여 전송한다. 또한 감시센터에서 어장에 연락이 가능하도록 이동통신망 서비스를 받을 수 있도록 한다. 감시센터에서 도둑선의 침입 시에는 우선 자동경보를 발신하고, 단문 메시지의 형태로 핸드폰을 이용하여 해양경찰, 어업지도선 및 경비업체에 연락 가능한 체제를 취한다. 이러한 개념에 기초를 두고 본 연구에서는 (그림 5)과 같은 통신망의 구성을 제안하였다.



(그림 5) 양식어장 보호용 원격감시 통신망의 구성도

5.3 양식어장용 레이더 이용을 위한 법제도적 문제

제안한 시스템에서 사용하고자 하는 레이더는 X-Band 레이더이다. X-Band 레이더는 전파지정기준에 따라 정보통신부 고시 주파-93341-263(1995. 5. 23), 주파-93341-380(1995. 7.21)에서 선박용 레이더로 명시하고 있다. 이러한 전파지정기준은 전파법 제21조 제2항 제1호에 따라 전파자원을 효율적으로 이용하기 위하여 무선국을 허가할 때 주파수 지정 등에 관한 필요사항을 규정한 것이다[10]. <표 3>은 전파지정기준에 명시된 선박용 레이더의 주파수, 전파형식, 공중선 전력, 사용해역 등을 나타내고 있다.

<표 3> 선박용 레이더의 전파지정 현황

일련 번호	주파수 (MHz)	전파 형식	무선국 종별 공중선 전력(kW)	사용 지역	사용자
1	3050	PON*	60	전 해역	국가기관 지방자치단체 법인 개인
2	9375		70		
3	9410		75		
4	9415		75		
5	9445		4.5		

* 무변조 연속펄스로서 정보송출이 없는 전파형식

상기의 선박용 레이더를 육상 또는 도서지역에 설치하여 양식어장 감시용으로 사용하고자 할 때에는 정보통신부 전파방송정책국에 X밴드에 해당하는 주파수에 대한 “양식어장 감시용”으로 지정받아야 할 것이다. 양식어장 감시용으로 주파수가

지정되면, 전파법 제19조에 따라 무선국의 개설허가를 받아야 한다. 현재 X밴드 레이더는 선박국 이외에 육상의 해상교통관제센터(VTS)에서도 이용하고 있다. 이러한 레이더는 전파지정기준에 따라 선박의 안전유도 및 효율적인 관제를 위하여 9.375GHz와 9.465GHz의 주파수대를 사용하고 있다. 또한 VTS에서 레이더는 무선탐지 육상국으로 허가되어 공중선 전력은 50kW 이하로 제한하고 있다.

6. 결론

본 연구에서는 국내의 어촌계 단위나 어민들이 출자하여 협동조합의 형태로 운영하는 공동어장을 감시하고 방어할 수 있는 원격감시 시스템을 제안하고, 그 운영방안을 제시하였다. 또한 원격감시 시스템의 성공적인 개발을 위하여 요구되는 기술을 분류하고, 주요내용 및 기술개발 방향을 조사하였다. 제안된 시스템은 양식어장 탐지모듈, 레이더 탐지 및 신호처리부, 원격감시/경보/방어모듈로 구성된다. 본 시스템은 어민들에게 침입자감시 시스템으로 투자비가 저렴하고, 기존의 인터넷망을 사용하므로 운영비용이 저렴하다는 장점이 있다. 또한 컴퓨터 사용환경에 익숙하지 못한 영세어민들이라는 점에서 조작이 간편한 GUI 환경을 구현하도록 중점을 두었다. 또한 도적선일 경우에 사전대응 태세가 가능하도록 주의경보 신호의 자동송신, 출동준비 신호 및 출동신호의 자동송신 등이 유무선 통신망을 통하여 신속하게 이루어 질 수 있도록 통신망을 구현하였다.

본 연구에서는 향후 전체시스템의 프로토타입 설계를 통하여 양식어장 감시 시스템의 각 모듈구현과 전체시스템 제작을 통하여 2차년도 하반기에는 인근 공동어장에 시범 설치하고, 시험운영할 예정이다.

후기

본 연구는 2004년도 해양수산부 수산특정연구과제 지원에 의한 연구결과물의 일부입니다.

참고 문헌

- [1] 해양수산부, 2003년 수산업동향에 관한 연차보고서.
- [2] 통계청, 어가경제 통계자료, 2002.
- [3] 해양경찰청, 해양사고 통계분석, 2000.
- [4] 정보통신부고시 제2004-25호, 해상이동업무 및 해상무선 항행업무용 무선설비의 기술기준, 2004.
- [5] <http://www.sl.co.kr>
- [6] 김우숙, 레이더 항법과 알파, 부산, 1996.
- [7] Kouhei Hirono, Kinzo Inoue, and Hideo USUI, "Identification of Vessel Traffic Information based

on Radar Echo Images and Use on Land," The Journal of Japan Institute of Navigation, No.111, pp.235-242, May 2005.

- [8] Merrill I. Skolnik, Introduction to Radar Systems, Third Ed., McGraw-Hill International Editions, Singapore, 2001.
- [9] 김석재, 구자윤, 윤수원, "선박자동추적 장치의 목표물 추적 알고리즘 개발에 관한 연구," 해양환경안전학회지 제9권 제2호, pp.5-13, 2003.
- [10] 법률 제6315호, 전파법, 2000.