

T0023756

양식어장 보호를 위한
집단감시 디지털 시스템의 개발

Development of the Group Digital
Surveillance System for Fishery Safety
and Security

목포해양대학교

해양수산부

제 출 문

해양수산부 장관 귀하

본 보고서를 “양식어장 보호를 위한 집단감시 디지털 시스템에 관한 연구” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2007년 10월 23일

주관연구기관명 : 목포해양대학교

주관연구책임자 : 안 영 섭

1세부연구책임자 : 임 정 빈

2세부연구책임자 : 박 성 현

3세부연구책임자 : 정 중 식

연 구 원 : 김 우 속

연 구 원 : 남 택 근

연 구 원 : 김 철 승

연 구 원 : 양 원 재

연 구 원 : 정 재 용

연 구 원 : 정 대 득

요 약 문

I. 제 목

양식어장 보호를 위한 집단감시 디지털 시스템의 개발

(Development of the Group Digital Surveillance System for Fishery Safety and Security)

II. 연구개발의 목적 및 필요성

■ 목적

○ 광범위한 해역에 설치된 다수의 단위 양식장을 단일 시스템으로 통합 감시할 수 있고, 양식장에 대한 도적행위의 감시내용을 유선 및 무선통신망으로 관계기관에 전송함으로써 감시·경보·방어실행을 일괄 처리할 수 있는 양식장 보호를 위한 집단감시 디지털 시스템(Group Digital Surveillance System for Fishery Safety and Security, GDSS-F2S)을 국산 개발하여, 어민의 재산보호와 소득안정을 도모하고자 함.

■ 필요성

<사회 문화적 측면>

○ 해양경찰청의 자료에 의하면 2001년~2002년에 18여건의 양식장 절도사건이 발생하였고, 절도 대상이 된 고가어종은 주로 전복, 우렁챙이, 해태 등이며 대규모 피해가 발생한 사건에 사용한 도구는 주로 어선으로서, 양식통(Cage)의 줄을 끊어서 어선으로 끌고 가는 형태를 나타내며, 수 백만원에서 수 억원의 피해가 발생하고 있어 고가어종을 대규모로 양식하는 양식장을 주요 대상으로 도적 감시 시스템을 개발하는 것이 필요함.

○ 이러한 양식장 절도사건은 최근 고가 전복과 고가 어종의 대량양식에 따라 사건의 수와 피해규모가 점차 증대되고 있는 것으로 해양경찰통계에 보고

된 바 있으며, 최근에는 전복 1미의 10배 정도 가치를 갖는 전복진주 양식(진도군 보전리 어업공동체)이 대규모로 이루어지고 있는 바, 어장에 침입하는 도적을 유효하게 감시하는 시스템의 개발은 시급한 실정임.

○ 고가 어종의 절도사건은 양식 어민의 사기저하 및 심각한 사회 불만 요소로 작용하게 되므로 이러한 문제점을 미연에 방지하기 위한 어장감시 시스템의 개발이 절실하다고 할 것임.

<기술적 측면>

○ 해양수산부의 중장기발전계획에 의하면, 해양한국발전을 위한 해양정보 기술(Marine Information Technology, MIT)의 발굴이 요구되고 있는 바, 본 연구과제를 통하여 개발될 레이더 관련기술과 적아식별용 F-AIS(Fisheries-Automatic Identification System) 개발기술 및 이를 이용한 시스템 복합 기술 등은 핵심 MIT 기술로서 관련 산업체의 기술력 향상과 고부가 실용화 기술의 창출에 기여할 것임.

○ 도적 감시 시스템은 레이더(Radar), 적아식별 등 군사적인 성격의 고도 기술이 필요한데, 이러한 기술을 적용한 시스템은 가격이 수 십억원대의 고가이며, 일부 관련 장치는 대공산권수출통제위원회(Coordinating Committee for Export Control to Communist Area, COCOM)에 속한 품목이기 때문에 장치수입 및 기술수입이 불가능한 바, 국산화 개발이 시급함.

<경제 산업적 측면>

○ 현재 어패류 및 해조류를 포함하는 양식어업은 어업의 총 수입 중 50.6%를 차지하고 있는 주 소득원 중의 하나이고, 최근 국민들의 선호하는 신선한 어패류 소비증가에 따라서 양식어장도 광범위하게 확대되고 있으나 광범위한 양식장을 어민들이 자체적으로 감시하기에는 한계가 있으며, 어민들이 양식장에서 작업 중 해류, 조류, 강풍 등에 의한 인명사고를 당하는 경우도 있어, 어장 감시는 물론 인명구조 개념을 포함하는 어장보호 시스템 개발이 요구됨.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

○ 연구개발 목적을 달성하기 위하여, 양식어장에 침입한 모든 물체의 적어 식별을 위한 어장탐지 시스템(Fishery Detection System, FDS)을 개발하고, 양식어장에 침입한 모든 물체를 탐지하기 위한 레이더 감시 시스템(Radar Surveillance System, RSS)을 개발하며, 신속대응으로 초기에 도적을 퇴치할 수 있는 감시-식별-경보-대응 시스템(Watching, Identification, Warning, and Action System, WIWAS)을 개발하여 최종적으로 집단감시 디지털 시스템(Group Digital Surveillance System for Fishery Safety and Security, 이하 GDSS-F2SS)을 구축함.

< 어장탐지 시스템>

○ 어장탐지 시스템(FDS)은 어선(또는 작업선)의 식별(Identification)을 위한 것으로 어선 자동식별 장치(Fishery-Automatic Identification, F-AIS)와 부속 장치로 구성되고, F-AIS 정보는 레이더 정보와 비교하여 도적여부를 판단하게 되며, F-AIS의 모든 정보가 실시간으로 서버(Server)에 입력되어 추후 도난 행위에 대한 추적을 행할 수 있음.

- 본 연구에서는 레이더 트랜스폰더(Radar Transponder) 기능의 F-AIS와 무선식별장치(Radio Frequency IDentification, RFID) 개념의 F-AIS 등 두 가지를 개발하여 장단점을 비교한 후 최적의 F-AIS를 선정하여 최종 시스템 구축에 적용함.

< 레이더 감시 시스템>

○ 레이더 감시 시스템(RSS)은 육상에 9.5GHz(X-band)의 레이더를 설치한 후, 어장에 침입하는 모든 물체를 탐지하고, 기상정보 센서를 이용하여 실시간 기상정보를 수집하는 시스템이고, RSS에 의한 레이더 추적정보와 FDS에 의한 물체 식별정보는 서로 데이터 융합(Fusion) 과정을 통하여 분류된 후, WIWAS로 전송되게 됨.

< 감시-식별-경보-대응 시스템 >

○ 감시-식별-경보-대응 시스템(WIWAS)은 레이더 감시 시스템(RSS)과 어장 탐지 시스템(RDS)의 정보를 이용하여, 경비(Watching)-식별(Identification)-경보(Warning)-대응 및 방어(Action and Defense) 등의 절차를 거쳐 적아식별과 경보 등을 전달함.

- 특히, 도적대응방법이 가장 중요한데, 각 가정에 있는 PC, TV, 전화, 핸드폰, FM 라디오 등 사용가능한 다양한 매체를 검토한 후 최적의 방법을 선정하여 적용하였고, 도적침입정보는 해양경찰청, 민간경비업체 및 어업지도선 등에서 실시간으로 연락이 가능하도록 하였음.

○ 각 시스템별 연구개발 범위는 <표 1>과 같음.

<표 1> 년차별 연구 개발범위와 세부내용

목 표	내용 및 범위	목표년도		
		1차	2차	3차
어장탐지 시스템 (FDS) 개발	○ FDS 설계 및 실험 - 어장현황조사를 통한 FDS 요구조건 도출 - F-AIS 설계 - 어장탐지 성능 향상을 위한 레이더 Reflector 설치 검토	●		
	○ FDS 개발 및 구축 - 어장 작업선 식별용 F-AIS 개발 및 시제품 제작 - F-AIS의 어장위치 추적/감시 성능 평가		●	
레이더 감시 시스템 (RSS) 개발	○ RSS 설계 및 Prototype 구축과 실험 - 레이더를 이용한 근거리 소형물체 탐지용 고해상 영상 신호처리 알고리즘 개발 - 레이더 영상신호 실시간 전송 인터페이스 모듈제작 - Prototype 레이더 감시 시스템 구축	●		
	○ RSS 개발 및 구축 - 고해상 영상처리 알고리즘 실장 - 최적 레이더 site 설계 및 시제품 제작		●	
감시-식별- 경보-방어 시스템 (WIWAS) 개발	○ WIWAS 설계 및 실험 - 국내외 자료 수집·분석을 통한 시스템 기술 도표 제작 - 감시·경보 및 방어 수단제공 인터페이스 모듈 설계 - 침입자에 대한 감시/경보/방어 실행을 위한 네트워크 설계 - 침입자 감식·감별 소프트웨어 개발	●		
	○ WIWAS 개발 및 구축 - 적아식별 알고리즘과 프로그램 개발 - 침입자에 대한 감시-식별-경보-방어 실행 네트워크 구축 - 도적 침입 통보를 위한 경보전송장치 및 통신망 확보 - 레이더 영상 모니터링 시스템 구축		●	
시스템 통합 집단감시 디지털 시스템 (GDSS-F2S) 시제품 개발	○ GDSS-F2S 구축과 시제품 제작 - 단위 시스템(FDS, RSS, WIWAS)을 통합한 GDSS-F2S 구축 - GDSS-F2S 시제품 제작 - GDSS-F2S의 1단계 현장실험		●	
	○ GDSS-F2S 현장실험과 성능 보완 - 장기간 현장설치에 의한 GDSS-F2S의 안정성 실험 - 해상환경, 작업환경 등에 대한 환경실험 - 침입자에 대한 감시-식별-경보-방어 성능 실험 - 실험결과와 어민 요구사항을 반영한 GDSS-F2S 성능 보완			●
	○ 실용화 방안 제시 - 참여업체의 기술이전 및 특허와 관련기술의 이전방안 제시 - 개발 시스템에 대한 보험적용 방안 제시			●

IV. 연구개발 결과

○ 본 연구에서는, 어장탐지 시스템(FDS), 레이더 감시 시스템(RSS), 감시-식별-경보-대응 시스템(WIWAS) 등 세 가지 세부 시스템을 각 연구 책임자별로 독자 개발한 후, 각 분야별 개발기술을 통합하여 디지털 감시 시스템(GDSS-F2S)을 구축하였음.

- 본 연구에서는 먼저, 시스템 개발에 요구되는 다양한 환경과 이론 등을 조사 및 개발 한 다음 이론을 배경으로 다양한 시나리오를 만들어서 실험하였고, 설계 내용과 이론 등의 타당성을 다시 검토하여 미비한 사항은 재연구하는 순환적 탐색 연구방법을 적용하였음.

< 어장탐지 시스템(FDS) 개발 >

■ 양식어장 현황 조사 및 레이더 리프렉터 활용방안 제시

- 현장 적용성이 우수하고, 어민들이 요구하는 필요조건을 수용할 수 있는 실용적인 시스템을 개발하기 위하여 먼저 양식어장의 현장(진도, 화원반도 일대, 변산반도 및 목포권역의 양식어장)을 조사하였음.

- 어장현황 조사를 통해 어장의 설치형태 및 주변환경을 고려한 레이더에 의한 어장탐지 능력 증대방안과 레이더 리프렉터(Reflector) 설치방안 및 레이더 스캐너 최적위치 선정을 검토하였음.

- 어장 자체의 RCS(Radar Cross Section: 레이더 반사성능을 나타내는 물리 지표)를 증가할 목적으로 설치하는 레이더 리프렉터는 본 연구팀에서 이미 2002년도 수탁과제를 통하여 개발한 『어업용 레이더 리프렉터』를 적용하는 방안을 수립함.

- 어장에는 스티로폼 부위가 수 십 개에서 수 백 개씩 다발로 설치되어 있으며, 이러한 스티로폼 부위는 다른 선박의 항해안전을 저해할 수 있는 방해물로 작용할 수 있기 때문에 이에 대한 대책이 요구되는 바, 어업용 레이더 리프렉터를 스티로폼 부위에 삽입하여 RCS를 증강시킴으로서 항해안전을 도모할 수 있을 것으로 판단됨.

- 레이더 리프렉터를 이용한 레이더에서의 양식장 구별 실험을 실제로 진도

군 지산면 보전리 전복 양식장에서 실시하였고, 레이더 리프렉터의 유효성을 확인할 수 있었음.

■ F-AIS 개발

본 연구에서는 어선의 정적, 동적 정보를 파악하기 위해 레이더에 응답형 F-AIS와 무선주파수를 이용한 F-AIS 두 가지를 개발하였고, 현장 실험에 적용하였음.

- 레이더 응답형 F-AIS는 해상에서 조난안전 및 수색구조용으로 사용되는 레이더 트랜스폰더(Radar Transponder) 기술과 SART(Search And Radar Transponder)의 기본 개념에 착안하여, 어장을 출입하는 작업선이 감시 레이더 전파에 특별한 펄스 코드(pulse code)로 응답할 수 있도록 설계하였음.

- 안테나는 해상환경에서 근거리용으로 적합한 원편파를 발생하여 레이더 탐지거리를 확장할 수 있는 헬리컬 안테나(Helical Antenna)를 적용하였고, 실험실에서 기본회로를 구성한 후 프로토타입의 시작품을 제작해서 실외에서 레이더 응답형 F-AIS의 회로 동작 특성을 평가하였음.

- 레이더 응답형 F-AIS를 현장 실험하였고, 실험 결과 레이더의 주파수와 F-AIS간의 주파수 간섭에 의한 잡음이 발생하였고, 양식장과 같이 좁은 구역에서 다수의 레이더 응답용 F-AIS를 사용하게 되면 이러한 전파간섭 문제는 더욱 심각하게 발생할 것으로 보여지는 바, 다음에 기술한 무선주파수를 이용한 F-AIS를 개발하여 본 연구에 적용하게 됨.

■ 무선 주파수를 이용한 F-AIS개발

- 일반적으로 해상에서 가장 유효거리가 길고, 실험용 주파수로 사용할 수 있는 900MHz 대역의 RFID 개념을 도입했으며, 900MHz F-AIS는 어장의 작업선 위치를 측정하기 위한 GPS와 스프레드 스펙트럼 주파수 홉핑(spread spectrum frequency hopping) 방식을 이용한 900MHz 송수신 장치 및 ID 식별장치 등으로 구성하였고, 각 단위 모듈은 미국 GPS Flight사에서 판매하는 실험 모듈을 구입하여 제작하였음.

- F-AIS의 이론적인 최대 도달거리는 약 10마일 이상으로 고려되었으나, 실

협결과 해상상태에 따라서 약 5~6마일 정도의 전파 도달거리를 획득하여 이론식으로 계산한 LOS 길이와 많은 차이를 나타냈으나, 본 연구와 같이 1~2마일 정도의 범위를 갖는 양식장에 적용하기에는 충분한 성능을 가지고 있다고 판단됨.

< 레이더 감시 시스템(RSS) 개발 >

■근거리 고해상 영상처리 하드웨어 및 알고리즘 개발

- 레이더 감시 시스템(RSS)을 개발하기 위해서는 먼저 레이더 스캐너에 입력된 아날로그(Analog) 영상을 디지털(Digital) 신호로 변환하는 레이더 스캔 컨버터(Radar Scan Converter, RSC)가 필요하게 되므로 본 연구에서는 근거리용 고해상 RSC를 STX Radar Sys.(주)에 의뢰하여 개발하였고, 물표 탐지 개수는 50개, A/D 샘플링율은 40MHz 정도의 성능을 갖추고 있음.

■풍향, 풍속 등 기상정보 전송 인터페이스 제작

- 양식장에서는 각종 기상 정보도 어장관리에 유용하기 때문에 초기 실험단계에서는 온도, 습도, 기압, 풍향, 풍속, 시계 등이 모두 일체화된 미국의 THE WEATHER CHANNEL 사에서 키트(kit)로 판매하는 장치를 이용하여 기상정보 수집장치를 구성하였음.

- 최종 시스템 구축 단계에서는 소형 요트에 장착하는 해상용 풍향-풍속계를 적용하였고, 기타 온도와 습도, 기압 등은 기존의 센서들을 그대로 적용하여 시스템을 최종 구축하였고, 풍향풍속계의 데이터를 PC로 전송하기 위한 인터페이스는 소프트웨어로 구축함.

■해면반사 억제기법 제시

- 레이더 화면 중심 주위에 발생하는 잡음을 억제하기 위해 전파흡수체를 스캐너 주위에 부착하여 레이더의 측엽(side lobe)을 줄여서 원점주위의 잡음을 억제하기 위한 방안을 연구하였음.

- 전파흡수체는 CPE(Chlorinated Poly-Ethylene)를 보지재로 사용하고 페라이

트, 카이본 등으로 혼합구성된 재료를 사용하였고, 실험방법은 Van 차량 지붕에 설치한 레이더 스캐너 부분과 레이더 스캐너 하부에 전파흡수체를 부착하여 레이더 화면 중심선 주위의 잡음의 영향과 근거리에서 일어나는 해면 반사파의 부분적인 억압 효과에 대해서 실험하였음.

- 본 연구에서는 전파흡수체를 이용하는 데는 한계가 있는 것으로 판단되어 최종 연구단계에서는 고성능의 ARPA 기능이 부가된 레이더를 선정하고, 지형지물과 해면반사체의 억제방법을 연구하여 좀더 근본적으로 소파가 발생하지 않는 방법을 RSS 구축에 적용하였음.

■관측차량의 도입 및 레이더 감시시스템의 설치

- 본 연구에서는 스타렉스 밴(Van)을 이용하여 지붕에 레이더 스캐너를 설치하고, 화물칸에 각종 레이더 측정장비를 설치하여 실험에 사용하였는데, 레이더 높이에 따른 영향을 실험하기 위하여 레이더 스캐너는 탈부착식으로 제작함.

- 차량내에 구축한 시스템의 전원은 독립된 발전기를 이용하였고, 다양한 양식어장을 순회하면서 최적 레이더 시스템 구축을 위한 실험평가에 대단히 유용하게 사용됨.

■고해상 영상처리 알고리즘의 개발

- 칼만필터를 도입하여 측정잡음과 시스템 잡음이 주어진 상태에서 가속도계의 다물체를 대상으로 한 위치, 속도 추정 시뮬레이션을 수행하였고, 계산 결과를 통해 알고리즘의 유용성을 확인하였음.

■최적 레이더 사이트 설계 및 시작품 제작

물표 탐지 성능을 저하시키지 않는 가시거리 통신이 이루어지기 위해서는 송수신점 A와 B를 연결하는 직선과 지형지물간에는 어느 정도 이상의 일정한 간격(Path Clearance)을 가져야 하므로, 제한된 범위 내에서 최소한의 Path Clearance를 가질 수 있는 레이더의 높이를 이론적으로 설계하여 적용하였음.

■통신방식과 레이더 영상처리방식을 혼합한 고신뢰 시스템개발

- 통신방식(앞에서 기술한 900MHz F-AIS 시스템을 의미)과 레이더 영상처리를 동시에 수행함으로써 시스템을 간단히 구축할 수 있고, 이로부터 시스템의 저가화와 고신뢰성 시스템 구축을 구현하도록 시스템을 구축하였음.

< 감시-식별-경보-대응 시스템(WIWAS) 개발 >

감시-식별-경보-대응 시스템(Watching, Identification, Warning, and Action System, WIWAS)은 도적이 어장에 침입하기 전 단계부터 물표를 추적하여 대응하기 위한 시스템으로, 주로 소프트웨어적으로 구성됨.

■WIWAS 알고리즘 개발

- 시스템을 처음 시작할 때 사용자 인증과 시스템 확인 및 점검과 상황 종료 시 데이터 저장과 비인가자 사용 시의 경보 등에 대한 알고리즘을 구축함.
- 시스템이 본격적으로 작동된 후, 어장상황을 자동으로 감시하면서 도적 침입 시 대응하기 위한 알고리즘을 구축함.
- 어장에 침입한 물체에 대해서 적아식별을 자동으로 수행하는 알고리즘과 각 상황에 대해 경보를 울리는 알고리즘을 구축함.
- 각 상황에 대해서 해양경찰이나 육상경찰 등에 상황에 적합한 대응체계를 자동으로 선정 및 처리하는 알고리즘과 시스템을 강제로 종료하는 경우의 사용자 인증과 적합한 처리를 수행하는 알고리즘을 구축함.
- 개발된 알고리즘은 사용인가를 허가 받은 사람만이 운영할 수 있으며, 본 시스템에 접근하는 모든 사람들의 이력을 관리할 수 있고, 각 상황마다 자동으로 대체할 수 있는 기능을 갖추고 있음.

■침입자에 대한 감시-경보-방어 실행 네트워크 설계

- 네트워크 설계에 있어서 먼저, 통신비용을 고려하여 경제적인 통신망을

구축하고, 사용 가능한 통신망을 최대한로 이용하여 어민에게 실용적으로 활용될 수 있는 시스템을 구축하고, 공동 양식장에 소속된 작업선의 수와 원격감시 화면에서 추적 대상 선박의 수, 추적되는 물표에 대한 정보저장 간격을 고려하여 예측되는 정보처리 용량 및 시스템 사양을 결정하고 필요 시 시스템 확장이 가능하도록 설계하였음.

■네트워크 구성

- 원격지에 있는 레이더 사이트에서 레이더 신호를 전송하기 위해서는 T1급(1.544Mbps) 또는 E1급(2.048Mbps)의 인터넷 회선을 이용하여 전송하며, 또한 감시센터에서 작업선에 연락할 수 있도록 통신망을 구성함.
- 본 연구에서는 CDMA 이동통신망을 통하여 핸드폰에 의한 쌍방향 통신 방법을 제시하였으며, 미확인 물체의 접근 또는 주의 반경 내로 진입하는 경우에는 작업선에서 휴대폰을 통하여 가입자 정보와 위치가 원격 모니터로 전송되도록 하였음.
- 도적으로 판정되었을 경우에는 자동경보 및 출동신호가 단문 메시지로 형태로 유무선 인터넷을 통하여 출타중인 어장주, 어업지도선, 경비업체 및 해양경찰서에 연락되도록 구성하였음.

■침입자 감식·감별 소프트웨어 개발

- F-AIS를 장착한 어선은 레이더를 통해 양식장의 조합원으로 인식되고, 반대로 F-AIS 신호가 없는 선박은 의심선박으로 분류되기 때문에 양식어장 주변의 의심선박은 실시간으로 거동을 감시해야 하고, 어장내의 어선들은 레이더 스캐너를 통해 표시되며 이러한 물표의 정보들은 RSC를 통해 디지털 값으로 얻어지는데, 이때 F-AIS를 장착하지 않은 선박들은 디스플레이에서 선박의 고유정보를 나타내는 신호를 출력시키지 못하므로 자동적으로 의심선박으로 분류됨.
- 잡음의 영향으로 인해 실제 선박은 어장접근 한계를 초과하지 않았음에도 불구하고 컴퓨터에서는 어장에 침입한 것으로 잘못 인식되어 경보가 울릴 수 있으므로 정확한 선박의 위치정보를 얻어내는 것은 아주 중요한

작업이며, 잡음의 영향 아래에서도 위치정보를 정확하게 추정하고 현재의 위치 및 속도를 기준으로 앞으로의 위치를 예측하기 위하여 칼만필터를 적용함.

■경보전송 장치 및 통신망 확보/감시-경보-방어 실행을 위한 네트워크 구축/레이더영상 모니터링 시스템 구축

- 경보전송 장치 및 통신망 확보 부분과, 감시-경보-방어 실행을 위한 네트워크 구축, 레이더영상 모니터링 시스템 구축 부분 등은 서로 유기적으로 결합되어 있기 때문에 본 연구에서 통합된 하나의 시스템으로 구축하였음.

- 어장작업선의 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 되며, 어장에 설치한 풍향-풍속계를 통하여 해상기상에 대한 정보가 RS-232C 인터페이스 및 TCP/IP 망을 경유하여 모니터링 화면에 나타나고, 상황실에 설치된 서버에는 어장작업선에 대한 정보, ECDIS, 관리 데이터베이스 등이 저장됨.

< 집단감시 디지털 시스템 구축 >

■상용화를 고려한 시스템 구성방법 검토

- 본 연구에서는 먼저, 최종 결과물의 기술 이전 및 상업화를 대비하여 다양한 시스템 구성 방법을 검토하였고, <표 2>는 목표로 하는 시스템의 종류와 기능 및 핵심 장치구성 내용을 나타내고 있으며, 이러한 5가지 시스템을 검토한 결과 우선, 모든 기능이 포함된 D-형태의 시스템이 표준 시스템으로 개발되어야 할 것으로 검토되었고, 향후 상용화 과정에서는 D-형태의 시스템을 기본으로 하여 어민들이 원하는 기능을 추가 또는 감축할 수 있도록 하였음.

<표 2> 구축할 시스템의 종류와 기능 및 핵심 장치 구성 내용

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

■도적침입 시나리오 작성과 검토

- 진도군 보전리 양식단지에 대해 주변 섬의 물리적인 배치 및 해상경로를 이용하는 도적 침입 경로를 예상하고 이에 대한 시나리오를 작성하고 이에 따라 필요한 추가적인 장비구성에 대해 검토함.

- 양식장 침입경로에 대한 시나리오를 분석하고, 외부도적과 내부도적에 대한 정의를 다음과 같이 도출하였음.

- ① 외부도적 : 전북 양식장 공동체 회원이 아닌 사람이 F-AIS 장착 없이 양식장 외부로부터 양식장에 침입하여 다시 양식장 외부로 도주하거나 부두로 도주하는 경우(F-AIS를 훔쳐서 장착한 경우는 내부 도적으로 간주)
- ② 내부도적 : 전북 양식장 공동체 회원이 도적인 경우를 의미하며, 부두 또는 외부에서 어장 침입 후 다시 부두 또는 어장 외부로 도주하는 경우로서, F-AIS를 장착하고 도적행위를 하는 경우와 F-AIS 미장착 또는 F-AIS

Off 상태에서 도적행위 하는 경우로 구분할 수 있음

- 내부도적의 경우 심증만으로는 도적 행위에 대한 진술을 확보하기 어렵기 때문에 본 시스템에는 가능한 모든 물증을 확보할 수 있는 방법의 제시가 필요하였고, 이에 따라 어민들 자체 감시초소에, 이동하는 차량과 작업자의 영상을 확보하기 위한 CCD 카메라를 2대 설치하였음.

■시스템 최종 설치

위에서 개발된 FDS, RSS, WIWAS를 통합하여 집단감시디지털 시스템을 구축하였고, 각 시스템은 다음과 같은 기능을 갖추고 있음.

- ① Server 시스템 : 모든 단위 시스템들에서 생성하는 정보를 저장하고, 필요 시 과거 사건을 재현(Play back)하여 도적을 추적 및 검거할 수 있음.
- ② ARPA-Radar 장치 : 양식장을 레이더로 탐지하고 Guard Zone 내에 침입한 물체를 추적하며, 이 정보를 ARPA 시스템으로 전송함.
- ③ ARPA 시스템 : ARPA-Radar에서 전송한 물체 추적 정보를 전자해도에 표시하고, 이 정보를 Server로 전송하는 시스템.
- ④ F-AIS Client 시스템 : F-AIS 정보를 수신하여 전자해도에 추적 및 표시하고, 풍향-풍속계와 다양한 에뮬레이터(Emulator)를 내장하여 정보를 Server로 전송함.

■CCD 카메라 설치 및 실험 결과

- 앞에서 기술한 바와 같이 내부도적이 F-AIS의 장착 유무와 상관없이 다른 어민의 가두리 양식장에 침입하여 도적행위를 하는 경우와, 레이더와 F-AIS의 도적추적 정보가 해양경찰에서 법적인 물증으로 완벽하게 보완되기 위해서 CCD 카메라를 설치하였음.

- CCD 카메라는 2007년 6월 현재, 삼성 테크윈(주)에서 최근 개발한 국내 최초의 0.0001 룩스(Lux: 촛불 1개의 10000분의 1의 조도를 의미)의 초저조도 카메라(SHC-730)를 이용하였고, 단거리 촬영을 위한 렌즈와 장거리 촬영을

위한 렌즈를 카메라에 설치한 후, 야간감시를 위한 조광기(Illuminator, KIL-150, KL-072)를 각 카메라 마다 2개씩 설치하였으며, PC에는 4채널 영상-디지털 변환보드(DVR Board)와 S/W를 설치하여 카메라 2대의 영상을 약 3개월간 저장할 수 있음.

- CCD 카메라를 설치한 후 실시한 주야간 실험결과, 주간에는 부두를 이동하는 차량과 어민 모습을 선명하게 확인할 수 있었고, 모두 사람이나 차량을 식별할 수 있음을 알 수 있었으며, 야간에는 가로등을 OFF 하더라도 도로를 통행하는 차량의 번호판을 인식할 수준은 되었으며, 감시초소에서 30m 정도 떨어진 물양장 부근은 어민의 유무나 자동차의 유무 정도를 파악할 수 있었음.

V. 연구개발 결과의 활용계획

■타 연구영역에 응용가능

본 시스템 개발에는 전파공학, 전자공학, 시스템공학, 항해학 등 다양한 분야의 연구가 접목되어 이루어져 있고, 레이더, F-AIS 장치, 컴퓨터 등의 하드웨어와 전자해도, 신호처리, 사용자 인터페이스 등의 작업을 위한 소프트웨어가 적절하게 결합되어 있는 것으로 각 분야에 걸쳐 폭넓게 활용 가능할 것임.

■해양장비 개발업체와의 추진 방향

- 연구에 활용된 레이더, 서버, 네트워크, PC, F-AIS 등 수많은 장비를 연구진들이 처음부터 끝까지 모든 것을 직접 개발하는 것은 힘든 작업이므로 본 연구에서는 대부분 국내 및 해외 해양장비 개발업체(신동(주), 사라콤(주), C-Navi(주), 미국 BARCO사, 캐나다의 XENEX 등)에 문의하거나 생산을 의뢰하여 도입한 것이기 때문에 연구 초기 단계부터 다양한 업체가 본 연구에 투입되어 왔음.

- 국외와 달리 국내 해양장비 개발업체는 영세하기 때문에 직접 생산시설을 구축하여 대량으로 시스템을 생산하는 것이 불가능하기 때문에 다양한 국내 업체들의 컨소시엄 형태로 기업화를 추진하는 것이 타당할 것으로 생각됨.

- 한편, 해양장비 개발업체인 C-Navi(주)와 2005년에 1차 기술이전계약을 체결하였으나 자금난과 영세성으로 인하여 사업화에 어려움을 겪고 있으므로 자본과 시설의 충분한 확보 없이는 본 시스템의 사업화가 어렵다고 판단되어 다른 업체와의 컨소시엄을 고려하고 있음.

■국내 육상 업체와의 기업화 방안

- 본 연구의 중간단계에서 해양경찰과의 공조체계를 구축하기 위해 Free-Pass를 도입하여 시스템을 재구축하였는데, 이 Free-Pass는 국내 e-Lastic(주)에서 생산한 것임. e-Lastic(주)는 중규모의 SI 업체로서 자본과 생산시설을 갖추고 있으나, 해상분야의 경험은 미비한 바, 앞에서 기술한 해양장비 개발업체인 C-Navi(주)와의 컨소시엄 형태를 유지하는 것이 적절할 것으로 판단됨.

- 아울러 삼성 테크윈(주)에서는 군사용 소형 레이더를 이용한 적사살용 기관총을 개발하고 있는데 이러한 분야에 본 기술의 도입을 희망하고 있으며, 특히 삼성의 자본과 시설이 지원된다면 해외 수출까지도 가능할 것임.

- 현재 국내와 국외 특허를 출원 중이기 때문에 수산특정과제 기술의 보호와 외부로의 기술 노출을 방지하기 위하여 특허 출원 확보 후 사업화를 추진하는 방안도 고려 중임.

SUMMARY

(영문요약문)

I. Title

Development of the Group Digital Surveillance System for Fishery Safety and Security

II. Purpose and Need for Research and Development

▣ Purpose

Purse an property protection and income stability for fisheries by developing the GDSS-F2S(group digital surveillance system for fishery safety and security) that supervise several fishery farm which is located in wide sea area by single system and transmit thief act on the fishery farm to related organization by wire and radio communication.

▣ Needs

<Society and Culture Side>

○ According to the National marine police, 18 times theft at the fishery farm were occurred from 2001 to 2002. An abalone, sea squirt and other expensiveness fishery were main object and the inclosing net for cultivating fish was cut and dragged by fishing boat. Therefore surveillance system to protect theft on a large scaled fishery farm was necessary to develop.

○ Theft of high priced fish induced decline of farming fishermen's morale and discontent elements of society. It is necessary to develop digital surveillance system to prevent such a social problem.

<Technology Side>

○ According to the long-term developing plan of MOMAF, the

development of marine information technology(MIT) is emphasized to advance Korea in the ocean field. Object detection technology using radar, F-AIS(Fisheries-Automatic Identification System) technology to distinguish between foe and friend and its fusion technology derived from this R&D will be the kernel of marine information technology. It is also contribute to improve technology for related enterprise and originate a higher value-added technology of practical use.

○ Thief surveillance system is in need of radar, military technology to distinguish between foe and friend. But such surveillance system which adapted military technology is priced too high and is not permitted to import a related equipment and technology because some item is included in the COCOM(Coordinating Committee for Export Control to Communist Area). Therefore, we need to develop the related technology by ourselves.

<Economy Side>

○ Sea farming of fish and shell fish and seaweed is main income source and account for nearly 50.6% of costal fishery earning. Fish and shell fish's farming area is widely extended due to strong consumers demand for fresh seafood. Fishermen are more difficult to watch wide farming area by themselves and dangerous to work with a current and gale. Therefore, fishery farm protection system should be developed to observe fishing ground and save a life.

III. Contents and Range of R&D

To achieve the purpose of R&D, fishery detection system(FDS) that distinguish between foe and friend among objects invaded fishery farm will be developed. Radar surveillance system(RSS) to detect all objects in the farming ground and watching, identification, warning and action system(WIWAS) to correspond quickly to invaders are also developed.

security(GDSS-F2SS) will be constructed with combination of FDS, RSS and WIWAS.

< FDS(fishery detection system) >

○ FDS is composed by F-AIS(fishery - automatic identification system) and other attachment. The information from F-AIS will be compared with radar's one and transmit to the server with real time. FDS can be determined whether the target is thief vessel or not using the integrated information. It is also possible to track the vessel movement against following robbery act because all information of F-AIS are saved on the server.

-. In this research two types of F-AIS, one is radar transponder type F-AIS and the other is RFID based F-AIS, are developed. After comparing the merits and faults of F-AIS, we'll adapt optimal one to final surveillance system.

< RSS(radar surveillance system) >

○ Main component of RSS is X-band radar(9.5GHz) which is installed on the land. RSS will detect all objects in the fishery farm and collect weather information by sensor gathering wind direction, velocity and atmospheric temperature. Radar targeting information by RSS and object identification information by FDS are fused into one and transmit to the WIWAS.

< WIWAS(watch, identification, warning and action system) >

○ In the WIWAS, the information from RSS and FDS is applied to distinguish from foe and friend and also adapted to warn and defense for 'foe' vessel.

- . Expecially, to warn and defense for thief is most important in the WIWAS. We selected and applied applicable media , e.g. PC, TV, telephone and CP for warn and defense action. The invasion information could be transmit to the national marine police, private guard business company and fishery guidance ship with real time.

○ The range of R&D for developing system is shown in Table. 1.

IV. Results of R&D

○ In this research and development, FDS, RSS and WIWAS were developed independently. After developing each system, we integrated three sub system to one digital surveillace system(GDSS-F2S) by combination of each technologies.

- . For the system development we first surveyed various environment and theoretical basement which is need for development, and then we have experiment based on the theory. Finally, we reexamined propriety from its experimental results and adjusted an inadequate points by recursive research method.

< Development of FDS >

■ Fishery farm field survey and proposal of radar reflector application method

- To develop practical system and accept demand from fishermen, we applied field survey around Mokpo city including Jin Island, Hwawon peninsula and Byunsan peninsula.

- . From the field survey, we found an installation shape of fishery farm and enhancement method of radar detection ability considering its

<Table. 1> The annual R&D range of developing system

Goal	Contents and Range	Year		
		1st	2nd	3rd
Development of FDS	○ FDS design and experiments - Derivation of FDS demand factor by fishery farm survey - F-AIS design - Radar reflector installation to increase fishery farm detection ability	●		
	○ FDS development and construction - F-AIS development and prototype production for vessel identification in the fishery farm - Evaluation for F-AIS		●	
Development of RSS	○ RSS design and prototype installation and its experiment - High resolution image processing algorithm for small objects using radar - Production of radar image transmitting interface and module - Prototype radar surveillance system construction	●		
	○ RSS development and construction - High resolution image processing algorithm - Optimal radar site design and prototype production		●	
Development of WIWAS	○ WIWAS design and experiment - System technology roadmap using domestic and abroad materials - Interface module design for watch, warning and defense device - Network design of watch, warning, defense action for invader in fishery farm - Development for invader identification	●		
	○ WIWAS development and construction - Development of 'foe' identification algorithm - Network construction of WIWAS for invader - Alarm transmission device production for announcement of invader - Construction of radar image monitoring system		●	
System integration for group digital surveillance system(GDSS-F2S)	○ GDSS-F2S construction and prototype production - System integration of FDS, RSS and WIWAS - Prototype production of GDSS-F2S - 1st stage field experiment of GDSS-F2S		●	
	○ GDSS-F2S field experiment and complement of its performance - GDSS-F2S stability test by long term field experiment - Environment experiment - WIWAS performance test for invaders - GDSS-F2S performance supplement by experimental results and fishermen's demand			●
	○ Proposal for commercialization method - Proposal of technology and patent transfer to involved company - Proposal of insurance application method for developed systems			●

environmental factor. We also investigated an installation method of radar reflector and optimal position of scanner to increase radar detection ability.

-. Established a plan to apply 'radar reflector for fishery' which was developed through 2002 'research and development of specified fisheries technology' performed by ourselves. The RCS(radar cross section) of fishery farm could be increased by using the radar reflector.

- Too many numbers of styrofoam positioned at the fishery farm may hinder the safety of ships. By inserting the radar reflector into styrofoam, the increment of RCS and safety navigation could be anticipated.

-. We applied the radar reflector for field experiment at Jindo abalone culture farm and verified the effectiveness of reflector adaption.

■ Development of F-AIS

Developed two types of F-AIS, one is respond to radar signal and the other is radio frequency adaptation type, to identify the static and dynamic information of fishing boat. Two types of F-AIS are applied to field experiment.

-. F-AIS respond to radar signal was perceived from radar transponder and SART(search and radar transponder) used for search and rescue activity on the sea. F-AIS generates special pulse code when it receive a radio wave from radar.

-. We adopted a Helical antenna adequate for short ranged sea environment and it makes radar detection range to long distance. The basic circuit was constructed at the laboratory and applied to field experiment to verify the characteristics.

- From the field experiment, an interference noise between radar frequency and F-AIS frequency was occurred. The interference problem would be more serious when multi F-AIS applied to the limited space

such as fishery farm. We developed and adopted another F-AIS used radio frequency.

■ Development of F-AIS using radio frequency

- Applied 900MHz band radio frequency which is available to use for experiment and has longest effective range. F-AIS is consist of GPS to acquire ship position, transceiver using spread spectrum frequency hopping method and ID identification equipment. After purchasing unit modules from GPS Flight, USA, we produce it for F-AIS prototype

-. The theoretical maximum arrival range of F-AIS is near to 10 miles, however, 5~6 miles was available range by field experiments. The range is depend upon the sea condition and show some difference to LOS(line of sight) which is calculated by theoretical equation. But the available range(5~6 miles) is enough to usual fishery farm since the fishing ground has 1~2 miles range from radar site.

< Development of RSS(radar surveillance system) >

■Development of high resolution image processing H/W and S/W

- To develop the RSS we need radar scan converter(RSC) which is convert analog image to digital signal. In this research, we developed short ranged RSC, 50 objects detecting and 40MHz A/D sampling rate, with STX radar sys.

Radar scan converter(RSC) is needed to develop the RSS since the analog image from radar converted to digital signal.

■production of interface for weather information transmission

- Weather information, temperature, wind direction and wind velocity ,etc., is useful to manage fishery farm. We applied wind direction and velocity

sensor for small yacht and other information, i.e. temperature, atmospheric pressure, is obtained from The Weather Channel kit(USA) company. All weather information from sensor is send to PC where weather monitoring system is constructed.

■ Proposal of rejection method of sea surface reflection

- To reject the noise on the center of radar plotter, attached radio wave absorber which is effective to decrease side lobe around the radar scanner.
- The radio wave absorber was made of ferrite, carbon mixture materials and also adopted CPE(chlorinated poly-ethylene). In the experiment the radio wave absorber was attached on the radar scanner which is equipped on the Van vehicle. The noise rejection effect using the radio wave absorber under sea surface reflection was measured.
- In the final step, we adopted high performance ARPA radar and researched to reject fundamental elementary wave since the radio wave absorber has limitation to reject noise.

■Construction RSS on the observation vehicle

- Constructed RSS(radar surveillance system) on the Van vehicle. Radar scanner is positioned at the head of vehicle and measuring device is located inside of car. The Power is delivered from independent generator and the height of radar is adjustable. The observation vehicle was very effective to get optimal data by go around to various fishery farms.

■Development of high resolution image processing algorithm

-. To track a multi-object in the fishing ground, Kalman filter was introduced. The trajectory of an acceleration based multi-object with white noise was estimated by Kalman filter. The position and velocity of object could be derived and verified the effectiveness of the algorithm.

■Design of optimal radar site and production of its prototype

- To sustain the detection ability some path clearance needs between straight line connecting two points and natural features on the earth. Designed the height of radar to keep the path clearance and applied it to experiment.

■Development of high reliability system combined communication and radar image processing

- Communication for 900 MHz F-AIS and radar image processing handled with same time. Simple system could be realized and high reliability is also anticipated.

< Development of WIWAS >

The purpose of WIWAS(Watching, Identification, Warning and Action System) is to track the thief prior to attack the fishery farm, to give a

kin of appropriate warning message and, to select best action to protect the fishery farm. It mainly consists with several kinds of softwares.

■WIWAS Algorithm

- In this work we developed several kinds of algorithms to build the practical softwares. These algorithms are based on the practical mission sequence such as;

- Starting and Finishing algorithm is to identify either the authorized user or not and to check the system stabilities and securities and, is to save all of the historical data, respectively. When a non-authorized person try to access the system, it gives any warning message to an authorized user.

- Watching algorithm is to watch the fishery farm continuously in a real-time and to select the appropriate sub-steps to protect a thief.

- Identification Algorithm is to track the invaded targets and identifying it, and gives warning message to an authorized user.

- Warning algorithm is to make warning message and select appropriate message propagation tools such as Mobile Phone, Internet and, Telephone, so on.

- Action algorithm is to take any action to give each situation to the Korea Coast Guard or National Police Office or civil security company when the thief entered into fishery farm.

- So, the WIWAS algorithm provides appropriate mission-based process for watching, identification, warning, and action at each cases by sequential steps. Also it can protect from non-authorized persons. In addition the algorithm have management functions for the all accessed person.

■ Practical WIWAS Networking

- In the design of WIWAS network, several factors are considered such as how can construct economical network with minimum communication fee, how can provide user-friendly system to fisher man using the off the shelf network, how many working ships(or fishing boats) and targets are to be display onto the remote watching monitor, How large enough capacity for the data storage with saving duration and, what is the required system specifications.

■ Network Construction

- The internet network with T1 class(1.544Mbps) or E1 class(2.048Mbps) is adopted to receive the remote Radar signal which is comes from long distance place and, communication network is also built to communicate with working ship(or working boats) and the watching center.

- In this work Mobile Phone is used as dual-communication tools with CDMA mobile network and, it send a warning or action message to a user or working ship or working boats when the non-identified target is approaching the Guard Zone which is a boundary area setting outside the fishery farm and to contact the target entering into the fishery farm area.

- When the target is identified as a foe the warning message and action message, composed as one of the single type message, are sent using the internet network to the owner of fishery farm and/or, to the fishery guide ship and/or, to the civil security company and/or, Korea Coast Guard so on.

■ Development of Identification and Classification Software

- If the working ships have F-AIS then it to be classified into a regular

member of fishery community else then it is consider as none regular member or one of the thief. Thus, in spite of the function of F-AIS, the target tracking by Radar is important role to discriminate whether the target approach the Guar Zone or not.

- In the tracking process by Radar, target tracking fault error could be arise by a noise such as the fraction noise by surrounding objects, the white-like noise by sea water and, the system noise by Radar itself, so on. These noises lead to fault detection though the target is not entered into the Guard Zone. So, the accurate tracking by Radar with heavy noise environments is important in the Radar signal processing. To overcome these problem the Kalman-filter was adopted to get the accurate position tracking and to predict the future positions of targets using present positions and velocities of the targets with heavy noise.

■Implementing the Delivery System with Network for the Warning Message, Build the practical WIWAS network and, Constructing the Radar Image Monitoring System

- The Delivery System with network for warning message, the practical WIWAS network and, the Radar Image Monitoring System are connected each other using same network. In this work we combined these system with one same network then built as simple but efficient one system.

- The combined system carried out, at first, the data fusion work between the position data of F-AIS and the target data of Radar and then send the data to the server through RS-232C and TCP/IP network. The fusion data is displayed onto the watching monitor with the weather information of the anemometer which is installed in the outside location. All of the related information such as working ship(or working barge, working boats, etc), ECDIS(Electronic Chart Display and Information) and system management data are saved to the server in a real-time.

<System Integration for Group Digital Surveillance System(GDSS-F2S) >

■Consideration of the system combination for the commercialization

- The implementation of Group Digital Surveillance System(GDSS-F2S) can be done with several combinations using kinds of sub-systems, sensors, networks and equipments. In this work, at first, we explored possible combination of the GDSS-F2S to provide commercialization of the system and the transfer the related technologies. Table 2 shows the system types, the functions and the core systems versus possible combinations of GDSS-F2S.

- As results from the above considerations, we choose the D-Type, having all of the needing functions, as standard system for the GDSS-F2S. It is because of the plenty possible combination of the D-Type. Also in the commercialization process, the specifications of the D-type can be change easily by the user's need by adding or subtracting the combination factors simply.

<Table 2> Possible combination of GDSS-F2S

CLASS	SPECIFICATIONS	CORE COMBINATIONS
A-Type	- Low price, Small size, Watching friend ship only->Identification->Warning	- 900MHz F-AIS : For the Identification of a friend ship - ECDIS module : Display the friend ship only
B-Type	- Medium Price, Object Watching->Tracking->Identification->Warning->Action - Using Radar, Possible ECDIS display and Co-ordination with Korea Coast Guard	- 900MHz F-AIS and small fishery Radar : Targeting the objects - RSC : Overlapping the Radar image onto the ECDIS monitor - ECDIS Module
C-Type	- Display the tracking results on the ARPA/Radar Monitor - Simple but accurate tracking possible	- 900MHz F-AIS - ARPA/Radar : Targeting and tracking all of the objects
D-Type	- ARPA/Radar Information -> ECDIS process - Full mission system	- 900MHz F-AIS and ARPA/Radar - ECDIS module
S-Type	- Fit to the military-like service as huge integrated security system for the Coast Guard service, Navy and, MOMAF etc. - Networking system	- Collect all of the information from equipments installed in the fishery farm - AIS Emulator : Collect and display the AIS information onto the integrated commission system

■ Consideration of the Robbery Invading Scenarios

- We, at first, write possible trespass routes of a robbery from the coast and the sea with the consideration of the geological features of islands and coast surrounding the fishery farm located in the Jin-island areas. Then after, discussed additional functions for the GDSS-F2S to made perfect guard from the robbery.

- As results from brainstorming, the robbery defined as the Foe Thief and the Friend Thief such as;

① Foe Thief : Who is no regular member of fishery community without F-AIS and is invade the fishery farm from the sea, then get away back

to the sea or the pier(or the coast)(in case of the robbery having the F-AIS, he may steal the F-AIS, we consider it as the Friend Thief)

② Friend Thief : It mean that the man who is regular member of fishery community with F-AIS and steal the other community member's fishing products. He invade the community member's fishery farm and back to the pier(or coast) or to the sea, in which the case can be separate into two cases, one is with F-AIS and, the other one is without F-AIS or turn-off the F-AIS.

- Here, we must consider one important things that the real evidence for the stealing the fishery products is need when the robbery man arrested by national police. The Radar tracking route and route position also can be real evidences but these evidences can not identify the robbery person. The photos or real images, captured by CCD camera or normal camera, are one of the powerful real evidences. Thus, in this work, we installed two CCD camera to capture the moving objects(car number or, person's face or, working motion in the pier). The two CCD cameras are set in the self guard house of fishery community.

■The Last GDSS-F2S

The last GDSS-F2S was implemented with combination of the sub-systems such as FDS, RSS and, WIWAS. The key functions for each sub-systems listed such as;

- ① Server System; it is to save data coming from all sub-systems and, to provide play-back the historical data when to track the trespass routes of the thief.
- ② ARPA-Radar System; it is to made real-time targeting all of the objects in the vicinity of the fishery farm area, to made tracking the invaded objects in the Guard Zone areas and, to send these information to ARPA system.

- ③ ARPA System; it is to display all of the tracking objects onto the Electronic Chart and, send these information to the server system.
- ④ F-AIS Client System; it is to receive and to display the F-AIS information onto the Electronic Chart and, to track the target objects continuously in real-time, in addition it send anemometer information and other sensing data using several emulator which is one of the program installed in the F-AIS Client system.
- ⑤ CCD Camera; it is to capture the real images in the vicinity of entering road area and pier area in which all of the working person pass this road and the working ship take berth or de-berth in the pier area, normally. We used ultra low illumination CCD camera with 0,0001 Lux camera body(SHC-730, Samsung Techwin, Co.), long and short range lens, two kinds of Illuminators, KIL-150, KL-072, DVR Board, Management and Playback S/W.

V. Application Plan for the Studying Results

■Application to the other study area

This work, to develop the GDSS-F2S, done by the combination of several engineering areas such as Electric Wave Engineering, Electronics, System Engineering, Navigation Engineering and, done by the several hardwares such as Radar, ARPA, F-AIS, Computer, Server and Network and also done by the several kinds of softwares and techniques such as Electronic Chart or ECDIS, Digital Signal Processing, User interface so on. We believe, thus, that the related technologies or technic for the GDSS-F2S are to be applicable to the wide study areas.

■Future Plan with Companies Relating Maritime Equipment

- In this work we used commercial systems which are normally developed

or integrated by domestic company related to the maritime equipments. It is for the purpose of low cost, of easy management and, of easy repairs so on. The key purpose is to a give chance to the related domestic companies for the rapid commercialization of the GDSS-F2S. The related companies are C-Navi Co.(contributing to supply the integrated system), Sin-Dong Co. and Saracom Co.(contributing to supply the Radar, the ARPA and the other navigation equipments), e-Lastic Co.(contributing to supply the long lange wireless Tx/Rx system). In addition we discussed with BARCO Co. in USA and XENEX Co. in Canada to develop Radar Scanning Converter(RSC).

- The overseas advanced nations, relating to the navigation equipments, are already has wide market place, plenty of related techniques and, good financial environments. However the related domestic companies have no good conditions in all of the situations. We, thus, think that the best method how achieve commercialization of the GDSS-F2S is to construct as type as consortium-like company which have many benefits in the view point of financial, technology and, marketing so on.

- In 2005, we try to contract with C-Navi Co. for the transfer the related technology of GDSS-F2S, but the company have small fund, thus commercialization is difficult even though they have several high-tech on the ECDIS, System Integration and, Networking so on.

- So, we decide the future plan on the commercialization and transferring the related technologies for the GDSS-F2S is, at first, to construct consortium with related companies. The planned consortium is to construct with C-Navi Co., e-Lastic Co. and, Samsung Techwin Co. in Korea. The practical contract will be proceed after secure the patents for the GDSS-F2S. Now we applied to the patent office for the one Korea patent and one China patent. It is because of that the all rights for the GDSS-F2S can be protect after secure the patents.

CONTENTS

(영 문 목 차)

CH. 1 Abstracts of Research and Development	41
3Ver.1 Objective of Research and Development	41
1. Purpose	41
2. Goal	41
Ver.2 Need for Research and Development	42
1. Society and Culture Side	42
2. Technology Side	44
3. Economy Side	45
Ver.3 Range of Research and Development	46
1. Group Digital Surveillance System	46
2. Fishery Detection System	47
3. Radar Surveillance System	47
4. Watching, Identification, Warning and Action System	48
5. Annual Goal and Contents	49
CH. 2 R&D Status of Domestic and Foreign Country	51
Ver. 1 R&D Status of Related Fields	51
1. Radar Surveillance System Technology	51
2. Fishery Detection System	52
3. Watching, Identification, Warning and Action System Technology	53
4. Group Digital Surveillance System Technology	53
Ver. 2 R&D Effects and its position at Internal and External Technology	54
CII. 3 R&D Contents and Results	59
Ver. 1 Abstracts of R&D Contents	59
Ver. 2 Results and Contents of FDS Developments	59
1. Survey of Fishery Status	59

2. Selection of Radar Reflector and its Installation	67
3. Development of Radar Responsible F-AIS	71
4. Development of F-AIS using Radio Frequency	77
5. Review of FDS Developments	84
Ver. 3 Results and Contents of RSS Developments	85
1. Developments of High Resolution Image Processing Algorithm and H/W	85
2. Interface of Radar Image, Wind Direction and Wind Velocity ...	89
3. Rejection Method for Sea Surface Reflection	90
4. Development of High Resolution Image Processing Algorithm	99
5. Design of Optimal Radar Site and Prototype Production	105
6. Development of High Reliability System combined Communication and Radar Image Processing Method	107
7. Review of RSS Developments	114
Ver. 4 R&D Contents and Results of WIWAS	115
1. Abstracts	115
2. System Technology Roadmap	115
3. Development of WIWAS Algorithm	115
4. Design of WIWAS Network for Invader	120
5. Development of S/W for Invader Identification	122
6. Radar Plotting based on ECDIS and Linkage with MGIS	127
7. Construction of Alarm Transmission Device, WIWAS and Radar Image Monitoring System	129
Ver. 5 Group Digital Surveillance System	132
1. System Construction Considering Commercialization	132
2. Basic Experiment for GDSS Installation	135
3. Equipment's Complement by Invasion Scenario	148
4. Production of GDSS and its Installation and Adaptation	162
5. Cooperation Experiments with Maritime Police for Invader's	

Prevention	176
6. Final Experiment for GDSS Installation	178
7. Proposal of commercialization method	206
8. Final review of GDSS-F2S	219
CH. 4 Achievement and Contribution of R&D Purpose	221
Ver. 1 Annual R&D Purpose and Contents	221
Ver. 2 Achievement and Contribution of R&D during 1st Year	222
1. Achievement	222
2. Contribution of R&D Results	224
Ver. 3 Achievement and Contribution of R&D during 2nd Year	228
1. Achievement	228
2. Contribution of R&D Results	229
Ver. 4 Achievement and Contribution of R&D during 3rd Year	233
1. Achievement	233
2. Contribution of R&D Results	235
CH. 5 Utilization Plan of R&D Results	239
Ver. 1 Need for Additional R&D	239
Ver. 2 Application to Other R&D	239
Ver. 3 Direction for Commercialization	242
1. Commercialization with Marine Equipment Development Company	242
2. Commercialization with Domestic Enterprise	243
3. Commercialization with Foreign Company	243
4. Synthesis Investigation	244
CH. 6 References	245

목 차

제 1 장	연구개발과제의 개요	41
제1절	연구개발의 목적	41
1.	목적	41
2.	목표	41
제2절	연구개발의 필요성	42
1.	사회·문화적 측면	42
2.	기술적 측면	44
3.	경제·산업적 측면	45
제3절	연구개발의 범위	46
1.	집단감시 디지털 시스템	46
2.	어장탐지 시스템	47
3.	레이더 감시 시스템	47
4.	감시-식별-경보-대응 시스템	48
5.	년차별 목표와 내용	49
제 2 장	국내외 기술개발 현황 및 과학기술정보	51
제1절	국내·외 관련분야에 대한 기술개발 현황	51
1.	레이더 감시 시스템 기술 분야의 국내·외 현황	51
2.	어장탐지 시스템 기술 분야의 국내·외 현황	52
3.	감시-식별-경보-방어 시스템 기술 분야의 국내·외 현황	53
4.	집단감시 디지털 시스템 기술 분야의 국내·외 현황	53
제2절	연구결과가 국내·외 기술개발현황에서 차지하는 위치	54
1.	연구결과의 국내·외 기술수준 대비 평가	54
제 3 장	연구개발 수행 내용 및 결과	59
제1절	연구개발 수행내용 개요	59

제2절 어장탐지 시스템 개발 내용 및 결과	59
1. 어장현황조사	59
2. 레이더 리플렉터 선정 및 설치방안 제시	67
3. 레이더 응답형 F-AIS 개발	71
4. 무선주파수를 이용한 F-AIS 개발	77
5. 어장탐지 시스템 개발내용 검토	84
제3절 레이더 감시 시스템 개발 내용 및 결과	85
1. 근거리용 고해상 영상신호처리 알고리즘과 하드웨어 개발	85
2. 레이더 영상 및 풍향, 풍속 등 기상정보 전송 인터페이스 제작	89
3. 해면반사 억제기법 제시	90
4. 고해상 영상처리 알고리즘의 개발	99
5. 최적 레이더 사이트 설계 및 시작품 제작	105
6. 통신방식과 레이더 영상처리방식을 혼합한 고신뢰 시스템개발	107
7. 레이더 감시 시스템 개발 내용 및 결과 정리	114
제4절 감시-식별-경보-대응 시스템 개발 내용 및 결과	115
1. 개요	115
2. 시스템 기술 도표 제작	115
3. WIWAS 알고리즘 개발	115
4. 침입자에 대한 감시-경보-방어 실행 네트워크 설계	120
5. 침입자 감식·감별 소프트웨어 개발	122
6. ECDIS 기반의 레이더 화면표시 및 MGIS와 연동방안	127
7. 경보전송 장치 및 통신망 확보/감시-경보-방어 실행을 위한 네트워크 구축/ 레이더영상 모니터링 시스템 구축	129
제5절 집단감시 디지털 시스템 구축	132
1. 상용화를 고려한 시스템 구성방법 검토	132
2. 집단감시 디지털시스템의 시작품 제작 및 설치를 위한 예비실험	135
3. 도적침입 시나리오에 따른 장비 보완	148
4. 집단감시 디지털시스템의 시작품 제작 및 설치와 적용실험	162
5. 해양경찰과 도적방지 공조실험	176
6. 최종 시스템 구축 실험	178
7. 실용화 방안 제시	206
8. 집단감시 디지털 시스템 최종 정리	219

제 4 장	연구개발 목표 달성도 및 기여도	221
제1절	총 연차별 연구목표 및 내용 정리	221
제2절	1차년도 연구개발 달성도와 기여도	222
1.	1차년도 연구개발 달성도	222
2.	1차년도 연구 성과의 관련분야 기여도	224
제3절	2차년도 연구개발 달성도와 기여도	228
1.	2차년도 연구개발 달성도	228
2.	2차년도 연구 성과의 관련분야 기여도	229
제4절	3차년도 연구개발 달성도와 기여도	233
1.	3차년도 연구개발 달성도	233
2.	3차년도 연구 성과의 관련분야 기여도	235
제 5 장	연구개발결과의 활용계획	239
제1절	추가연구의 필요성	239
제2절	타 연구에의 응용	239
제3절	기업화 추진방향	242
1.	해양장비 개발업체와의 추진 방향	242
2.	국내 육상 업체와의 기업화 방안	243
3.	해외 업체와의 기업화 방안	243
4.	종합 검토	244
제 6 장	참고문헌	245

제 1 장

연구개발과제의 개요

제 1 장 연구개발과제의 개요

제1절 연구개발의 목적

1. 목적

광범위한 해역에 설치된 다수의 단위 양식장을 단일 시스템으로 통합 감시할 수 있고, 양식장에 대한 도적행위의 감시내용을 유선 및 무선통신망으로 관계기관에 전송함으로써 감시·경보·방어실행을 일괄 처리할 수 있는 양식장 보호를 위한 집단감시 디지털 시스템(Group Digital Surveillance System for Fishery Safety and Security, GDSS-F2S)을 국산 개발하여, 어민의 재산보호와 소득안정을 도모하고자 하는 것이 본 연구의 목적이다.

2. 목표

연구개발 목적을 달성하기 위하여, 양식어장에 침입한 모든 물체의 적아 식별을 위한 어장탐지 시스템(Fishery Detection System, FDS)을 개발하고, 양식어장에 침입한 모든 물체를 탐지하기 위한 레이더 감시 시스템(Radar Surveillance System, RSS)을 개발하며, 신속대응으로 초기에 도적을 퇴치할 수 있는 감시-식별-경보-대응 시스템(Watching, Identification, Warning, and Action System, WIWAS)을 개발하여 최종적으로 집단감시 디지털 시스템(GDSS-F2S)을 구축하는 것이 본 연구의 목표이다.

제2절 연구개발의 필요성

1. 사회·문화적 측면

2007년 4월 24일 전라남도 진도군 고금면 부근 전복 양식장에서 전복 23만미(시가 9억원 상당)가 도난당하여 목포해양경찰이 수사한 사건이 다음과 같이 발생하였다.

- 다음 -

서해해경청 목포해양경찰서는 진도군 고금면 부근 전복 양식장에서 전복 23만미를 훔쳐간 해상절도사건에 대해 절도사범검거에 수사력을 집중하고 있다. 피해자 김모씨에 따르면, 지난 2005년 7월부터 진도군 군내면 신기리 마을 어촌계 면허지 해상에서는 3동의 가두리(32칸, 32칸, 28칸)에 28만미의 전복을 양식해 왔다고 밝혔다. 그러나 지난 4월 2일 전복 먹이인 미역을 준 후 24일 오후 3시 30분경 먹이를 주기 위해 양식장을 확인하자 총 92칸 중 81칸의 2년생 전복 22만 8,500미가 없어졌다는 것. 목포해경 관계자는 “가두리 한 칸에서 전복을 채취하는데 걸리는 시간이 30여 분인 점을 감안, 해상 절도가 10여일 가량 계속 된 것이다”고 추정하고 “범행 수범의 대담한 점을 미뤄 전복 도·소매 판매업자 상대로 조사, 레이더에 기록된 선박과 목격자를 찾는데 수사력을 모으고 있다”고 말했다. (2007년 5월 2일자 호남조은뉴스)

상기 사건은 본 연구에서 개발할 양식어장 보호를 위한 집단 감시 디지털 시스템의 사회적 필요성을 대표적으로 나타난 예라 하겠다.

아울러 본 연구시작 당시 해양경찰로부터 입수한 2001년과 2002년에 발생한 양식장 절도사건 현황 분석결과는 다음 <표 1-2-1>과 같다. <표 1-2-1>을 분석하면, 고가 어종은 주로 전복, 우렁쉥이, 해태 등이며, 대규모 피해가 발생한 사건에 사용한 도구는 주로 어선으로서, 양식통(Cage)의 줄을 끊어서 어선으로 끌고 가는 형태를 나타내며, 수 백만원에서 수 억원의 피해가 발생하고 있다. 따라서 고가어종을 대규모로 양식하는 양식장을 주요 대상으로 도적 감시 시스템을 개발하는 것이 타당함을 알 수 있다.

<표 1-2-1> 2001년~2002년의 주요 양식장 절도사건(해양경찰청 자료)

번호	장소	발생일시 및 장소	사건개요	피해품	피해액 (만원)	사용 도구
1	목포	-'01.4.15~4.17. 15:00경 -전남 완도군 청산면 북서방 0.8마일 해상	일체불상자가 000소유의 개인양식장에 침입하여 부위와 연결된 줄을 잘라 선박용 이용 전복통 절취	- 전복통 20개 (1통당100미)	800	어선
2	목포	-'01.4.17~01.5.1 07:00경 -전남 완도군 노화읍 방축리 선착장 약 1마일 해상	일체불상자가 000소유의 개인양식장에 침입하여 부위와 연결된 줄을 잘라 선박을 이용 전복통 절취	- 전복통 12통 (1통당 50미)	300	어선
3	태안	-'01.1월~5.18 22:00경 -서산시 대산읍 화곡리 비도 선착장 앞 해상	일체불상자가 000소유의 개인양식장에 침입하여 양식중이던 우럭을 수회에 걸쳐 절취	- 우럭 470kg	500	인력
4	통영	-'01.6.12. 23:30~00:30 -경남 사천시 마도동 도어촌계	000은 석정호(3.98톤)를 이용, 야간에 항해중 소동하고 좌기 양식장에 침입 항양조업을 감행하여 바지락 채취	- 바지락 207kg	50	어선
5	태안	-2001.6.13. 13:40경 -태안군 근흥면 다도소재 공동양식장내	000은 스킨스쿠버장비 착용코 태안군 근흥면 다도소재 충남 제1종 전복공동양식장내에 침입하여해삼포획	- 해삼 2kg	20	스쿠버장비
6	포항	-2001.7.27. 18:00경 -포항시 동해면 도구리 입곡리 어촌계소유마을어장내	000은 나잠어업 하는 자로서 잠수복을 착용코 마을공동어장내에 침범하여 동어장에 서식하는 명지조개 포획	- 명지조개 15kg	3	잠수복
7	태안	-2001.8.18. 20:30경 -홍성군 상항리 어촌계소유 공동 양식장	00 등은 좌기 일시 및 장소에 침입하여 꼬막 절취	- 꼬막 15kg	3	인력
8	목포	-'01.4.5~4.23.17:00경 -진도군 조도면 맹성리 후포해안가	일체불상자가 000소유 개인양식장에 침입하여 부이와 연결된 줄을 잘라 어선이용 전복 절취	- 전복 1,000미	2,000	어선
9	목포	-'01. 7. 4. 15:30경 -완도군 완도읍 망석리 소재 마을 공동어장	000 등은 양식장 관리선 청정호를 이용 좌기 일시 및 장소에 침입하여 그곳에서 서식하고 있던 새미, 가사리 등 절취	- 해조류 3kg	18	어선
10	여수	-'01.7.29. 17:00경 -여수시 외나로도 염포해수욕장 옆 마을공동어장	000은 다이버 장비 착용코 염포해수욕장 옆마을 공동어장에 침입하여 멍개 절취	- 멍개 5kg	0.7	스쿠버장비
11	목포	-2001.7.7.17:00~17:40경 -완도군 노화읍 내리 소정원도 북단해안가	000 등 7명은 해태채취선 완도선적 연식호(1.5톤)를 이용하여 제1종 공동어업면허지내에 침입하여 미역을 불법 채취한 후 공동분배	- 미역등 해조류 12문	60	어선
12	통영	-'01.9.27. 19:50 ~ 9.28. 01:00경 -통영시 산양읍 신전리 학림도 인근 4개 공동어장	000 등 4명은 공모하여 어선수성호(3.8톤)를 이용 통영시 하림도 인근 4개소 마을 양식장을 돌며 침입 잠수하여 양식수산물 절취	- 전복 1.5kg - 소라 7kg	30	어선

13	목포	-01.10.21. 16:30 ~ 10.22 07:00경 -해남군 문래면 황송리 상정부락 선착장앞 해태양식장	일체불상자가 000의 소유 해태발을 예리한 도구로 잘라 어선 이용, 절취	-해태발 120줄 -해태포자 120줄	6,000	어선
14	통영	-01.10.16.~10.29.19:00경 -통영시 산양읍 풍화리 태도 북서방 2마일 인근 해상 우렁쟁이 양식장	000 등은 공모하여 어선 3한일호(3.8톤)등을 이용, 우렁쟁이 양식장에 침입, 우렁쟁이 줄을 잘라 절취	-우렁쟁이 1,900봉	24,000	어선
15	울산	-01.11.16. 15:00~16:00경 사이 -울산시 서생면 대송리앞 전복양식장	000 등은 공모하여 공동양식장에 잠수복 착용 입수, 양식전복 절도	-전복 1.2kg (23마리)	14	잠수복
16	통영	-02.3.9. 18:00경 -경남 통영시 한산면 추봉리 지선 해상 종묘 중간육성장	000 등은 우렁쟁이 종묘를 어선 '청송호' 로라를 이용 절취	-우렁쟁이 종묘 280셋	2,800	어선
17	통영	-02.3.28.01:30경 -경남 통영시 한산면 염호리 여차부락 지선소재 가두리 양식장	000 등은 공모하여 양식어류 우렁등을 절취하여 한영호(3.96톤)를 이용 절취	-우렁 등 4,180kg	3,045	어선
18	통영	-02.2.18.15:00~3.2.06:00사이 -경남 통영시 한산면 염호리 소재 해상가두리양식장	000 등이 공모, 어선 한진호(4.99톤)를 이용, 000소유 양식어류 도미 등 절취	-도미 650kg	477	어선

이러한 양식장 절도사건은 최근 고가 전복과 고가 어종의 대량양식에 따라 사건의 수와 피해규모가 점차 증대되고 있는 것으로 해양경찰통계에 보고된바 있으며, 최근에는 전복 1미의 10배 정도 가치를 갖는 전복진주 양식(진도군 보전리 어업공동체)이 대규모로 이루어지고 있는 바, 어장에 침입하는 도적을 유효하게 감시하는 시스템의 개발은 시급한 실정이다.

어민들의 양식장 보호는 해양수산부와 해양경찰의 주요한 임무중의 하나이지만 최근 한-중-일-러 어업협정 체결로 영토의 4.5배에 달하는 광범위한 배타적 경제수역(EEZ)을 수호하기에는 해양경찰 인력과 장비가 턱없이 부족하여 심각한 사회 불안 요소로 작용하고 있어 어민들의 삶의 질 향상과, 소득 보장, 안전한 어업활동지원 등 사회적 측면에서의 어장감시 시스템의 개발은 필요하다.

2. 기술적 측면

해양수산부의 중장기발전계획에 의하면, 해양한국발전을 위한 해양 정보

기술(Marine Information Technology, MIT)의 발굴이 요구되고 있는 바, 본 연구 과제를 통하여 개발될 레이더 관련기술과 적아식별용 F-AIS (Fisheries-Automatic Identification System) 개발기술 및 이를 이용한 시스템 복합기술 등은 핵심 MIT 기술로서 관련 산업체의 기술력 향상과 고부가 실용화 기술의 창출에 기여할 것으로 고려된다.

또한, 도적 감시 시스템은 레이더(Radar), 적아식별 등 군사적인 성격의 고도 기술이 필요한데, 이러한 기술을 적용한 시스템은 가격이 수 십억원대의 고가이며, 일부 관련 장치는 대공산권수출통제위원회(Coordinating Committee for Export Control to Communist Area, COCOM)에 속한 품목이기 때문에 장치수입 및 기술수입이 불가능한 바, 국산화 개발이 시급하다.

3. 경제 · 산업적 측면

2000년 통계조사에 따르면 어촌소득은 농가의 81.8%, 도시근로자의 66.1%에 불과할 정도로 낮고, 어촌의 노령화와 공동화가 위험한 수준까지 도달해 있으며, 어민들의 이촌 현상은 해가 갈수록 심각한 수준이다.

현재 어가에서는 낮은 소득수준과 열악한 생활환경을 고소득의 양식어업으로 보충하고 있는데, 어패류 및 해조류를 포함하는 양식어업은 어업의 총 수입 중 50.6%를 차지하고 있는 주 소득원 중의 하나이다.

또한 매년 증가하는 수산물 수요를 '기르는 어업'으로 보충하고 있는 실정이기 때문에 연안에서의 '바다목장화' 사업이 가속화되고, 그 규모는 점차 광범위해지는 추세이며, 최근 국민들의 신선한 어패류 소비증가에 따라서 양식어장도 광범위하게 확대되고 있다. 따라서 광범위한 양식장을 어민들이 자체적으로 감시하기에는 한계가 있으며, 어민들이 양식장에서 작업 중 해류, 조류, 강풍 등에 의한 인명사고를 당하는 경우도 있어, 어장 감시는 물론 인명구조 개념을 포함하는 어장보호 시스템 개발이 요구되고 있다.

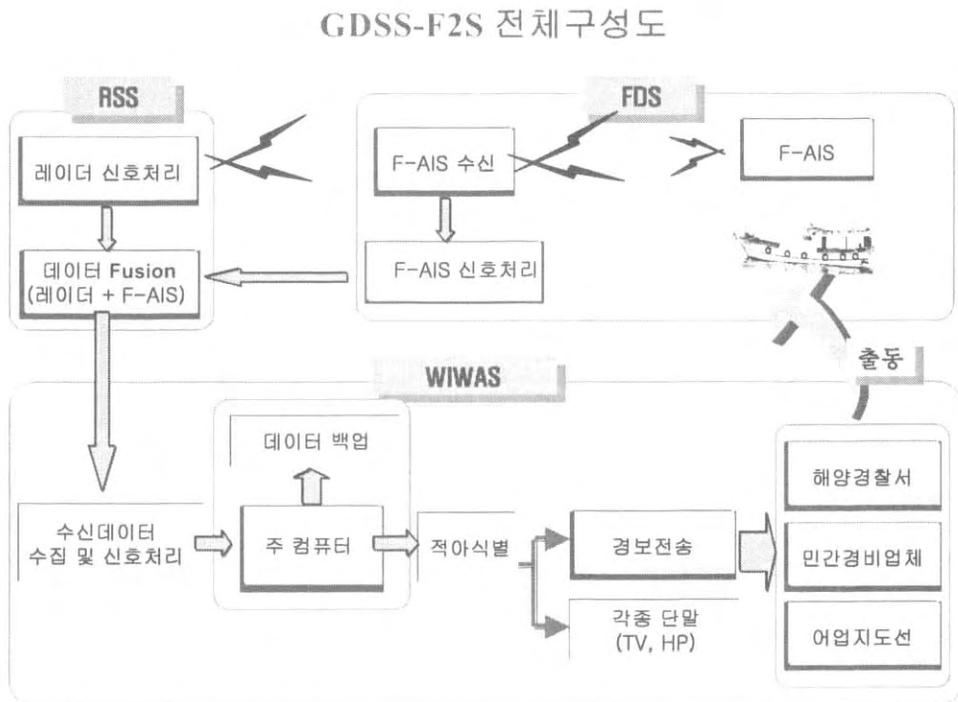
이러한 어가의 고소득원인 어장을 보호하는 것은 대국민 서비스 지원 중 최우선 과제로 두어야 할 것으로 고려된다.

제3절 연구개발의 범위

1. 집단감시 디지털 시스템

본 연구에서 개발할 양식어장 보호를 위한 집단감시 디지털 시스템(Group Digital Surveillance System for Fishery Safety and Security, 이하 GDSS-F2S)의 전체 구성도를 <그림 1-3-1>에 나타냈다. GDSS-F2S는 다음과 같은 3개의 단위 시스템으로 구성된다.

- (1) 어장탐지 시스템 (Fishery Detection System, 이하 FDS)
- (2) 레이더 감시 시스템(Radar Surveillance System, 이하 RSS)
- (3) 감시-식별-경보-대응 시스템(Watching, Identification, Warning, and Action System, 이하 WIWAS)



<그림 1-3-1> 집단감시 디지털 시스템(GDSS-F2S)의 전체 구성도

2. 어장탐지 시스템

어장탐지 시스템(FDS)은 어선(또는 작업선)의 식별(Identification)을 위한 것으로 <그림 1-3-2>에 나타낸 바와 같이 어선 자동식별 장치(Fishery-Automatic Identification, F-AIS)와 부속 장치로 구성된다. F-AIS 정보는 레이더 정보와 비교하여 도적여부를 판단하게 되며, F-AIS의 모든 정보가 실시간으로 서버(Server)에 입력되어 추후 도난 행위에 대한 추적을 행할 수 있다.

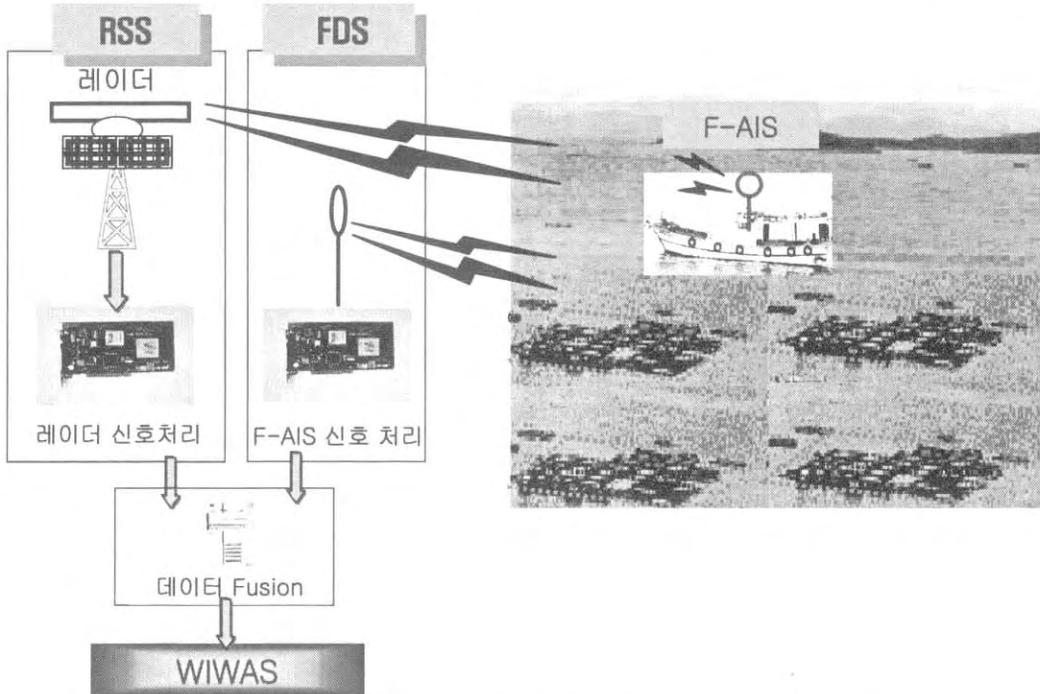
본 연구에서는 레이더 트랜스폰더(Radar Transponder) 기능의 F-AIS와 무선식별장치(Radio Frequency IDentification, RFID) 개념의 F-AIS 등 두 가지를 개발하여 장단점을 비교한 후 최적의 F-AIS를 선정하여 최종 시스템 구축에 적용하였다.

3. 레이더 감시 시스템

레이더 감시 시스템(RSS)은 육상에 9.5GHz(X-band)의 레이더를 설치한 후, 어장에 침입하는 모든 물체를 탐지하고, 기상정보 센서를 이용하여 실시간 기상정보를 수집하는 시스템이다. RSS에 의한 레이더 추적정보와 FDS에 의한 물체 식별정보는 서로 데이터 융합(Fusion) 과정을 통하여 분류된 후, WIWAS로 전송된다.

본 연구에서는 근거리 정밀조사용 고해상도 레이더 기술이 관건인데, 군사용 흔적추적 레이더(Trace Tracking Radar, TTR)의 경우는 수 천만원대의 고가이고, 더욱이 COCOM 통제장비이기 때문에 실용적으로 국내 어장적용이 불가능한 바, 기존 저가 선박용 레이더를 이용하여 섬이 많은 한국 어장 실정에 적합한 레이더로 개량하여 적용하였다.

레이더 감시 시스템 (RSS) 및 어장탐지시스템(FDS)

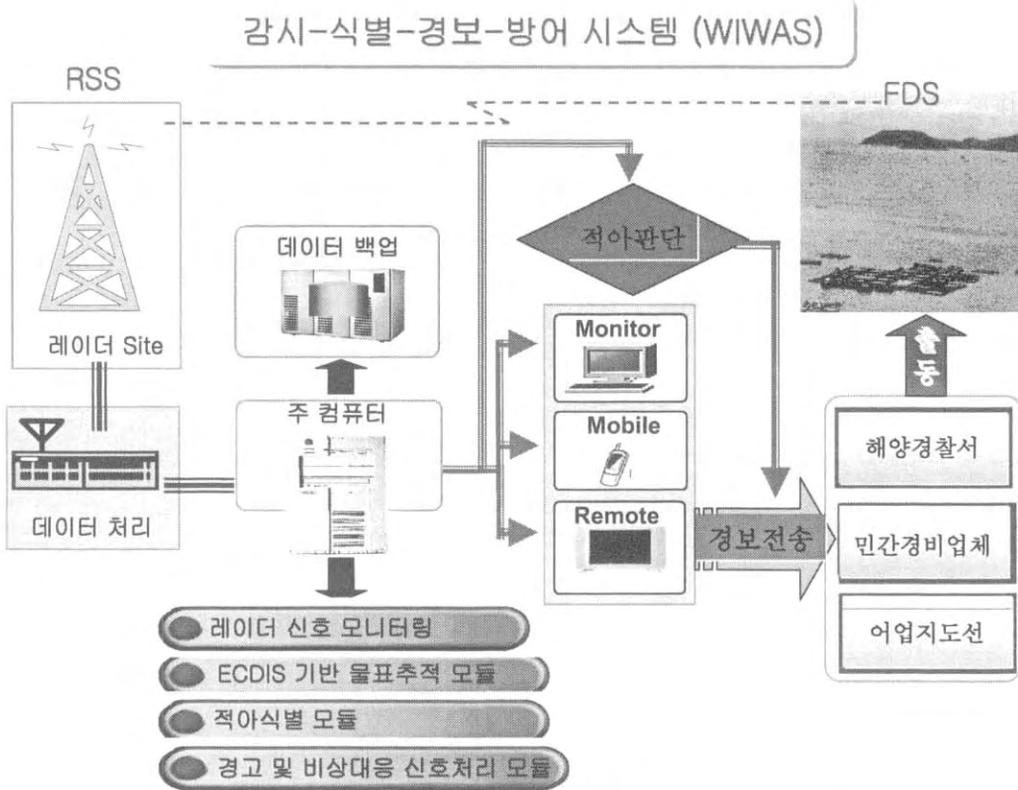


<그림 1-3-2> 레이더 감시 시스템(RSS) 및 어장탐지 시스템(FDS)의 구성도

4. 감시-식별-경보-대응 시스템

감시-식별-경보-대응 시스템(WIWAS)은 레이더 감시 시스템(RSS)과 어장 탐지 시스템(RDS)의 정보를 이용하여, 경비(Watching)-식별(Identification)-경보(Warning)-대응 및 방어(Action and Defense) 등의 절차를 거쳐 적아식별과 경보 등을 발한다.

특히, 도적대응방법이 가장 중요한데, 각 가정에 있는 PC, TV, 전화, 핸드폰, FM 라디오 등 사용가능한 다양한 매체를 검토한 후 최적의 방법을 선정하여 적용하였다. 그리고 도적침입경보는 해양경찰청, 민간경비업체 및 어업 지도선 등에서 실시간으로 연락이 가능하도록 다중방어 통신망을 형성하였다.



<그림 1-3-3> 감시-식별-경보-방어 시스템(WIWAS)의 구성도

5. 년차별 목표와 내용

본 연구는 3년간(2004.6~2007.7) 수행하였으며, 1차년도와 2차년도에는 집단감시 디지털 시스템(GDSS-F2S)을 구성하는 단위 시스템(FDS, RSS, WIWAS)을 개발하고, 2차년도 하반기부터 3차년도 최종년도에는 통합된 GDSS-F2S를 구축하여 현장실험과 평가를 실시하여 최종적으로 안정된 시스템을 구축하였다.

년차별 연구 개발범위와 세부내용을 다음 <표 1-3-1>에 나타냈다.

<표 1-3-1> 년차별 연구 개발범위와 세부내용

목 표	내용 및 범위	목표년도		
		1차	2차	3차
세부과제-1 어장탐지 시스템 (FDS) 개발	○ FDS 설계 및 실험 - 어장현황조사를 통한 FDS 요구조건 도출 - F-AIS 설계 - 어장탐지 성능 향상을 위한 레이더 Reflector 설치 검토	●		
	○ FDS 개발 및 구축 - 어장 작업선 식별용 F-AIS 개발 및 시제품 제작 - F-AIS의 어장위치 추적/감시 성능 평가		●	
세부과제-2 레이더 감시 시스템 (RSS) 개발	○ RSS 설계 및 Prototype 구축과 실험 - 레이더를 이용한 근거리 소형물체 탐지용 고해상 영상 신호처리 알고리즘 개발 - 레이더 영상신호 실시간 전송 인터페이스 모듈제작 - Prototype 레이더 감시 시스템 구축	●		
	○ RSS 개발 및 구축 - 고해상 영상처리 알고리즘 실장 - 최적 레이더 site 설계 및 시제품 제작		●	
세부과제-3 감시-식별-경보- 방어 시스템 (WIWAS) 개발	○ WIWAS 설계 및 실험 - 국내외 자료 수집·분석을 통한 시스템 기술 도표 제작 - 감시·경보 및 방어 수단제공 인터페이스 모듈 설계 - 침입자에 대한 감시/경보/방어 실행을 위한 네트워크 설계 - 침입자 감식·감별 소프트웨어 개발	●		
	○ WIWAS 개발 및 구축 - 적아식별 알고리즘과 프로그램 개발 - 침입자에 대한 감시-식별-경보-방어 실행 네트워크 구축 - 도적 침입 통보를 위한 경보전송장치 및 통신망 확보 - 레이더 영상 모니터링 시스템 구축		●	
시스템 통합 집단감시 디지털 시스템 (GDSS-F2S) 시제품 개발	○ GDSS-F2S 구축과 시제품 제작 - 단위 시스템(FDS, RSS, WIWAS)을 통합한 GDSS-F2S 구축 - GDSS-F2S 시제품 제작 - GDSS-F2S의 1단계 현장실험		●	
	○ GDSS-F2S 현장실험과 성능 보완 - 장기간 현장설치에 의한 GDSS-F2S의 안정성 실험 - 해상환경, 작업환경 등에 대한 환경실험 - 침입자에 대한 감시-식별-경보-방어 성능 실험 - 실험결과와 어민 요구사항을 반영한 GDSS-F2S 성능 보완			●
	○ 실용화 방안 제시 - 참여업체의 기술이전 및 특허와 관련기술의 이전방안 제시 - 개발 시스템에 대한 보험적용 방안 제시			●

제 2 장

국내외 기술개발 현황
및 과학기술 정보

제 2 장 국내외 기술개발 현황 및 과학기술정보

제1절 국내·외 관련분야에 대한 기술개발 현황

1. 레이더 감시 시스템 기술 분야의 국내·외 현황

레이더 감시 시스템(RSS)의 주요 장비는 양식장과 같이 육상에 근접해 있는 어장을 고 분해능으로 탐지할 수 있고, 과거의 흔적을 추적할 수 있는 레이더이다.

일본은 고 분해능 레이더를 자체 설계 개발하여 군사목적 및 상업목적으로 활용하고 있으나 수 천만원 ~ 수 억원대의 고가이며, 대공산권 수출통제 위원회(COCOM)에 속한 품목이기 때문에 장치와 기술의 수출은 금지되어 있다. 특히 국내에는 일본 FURUNO, KODEN, JRC 등에서 생산한 레이더가 국내 상선 및 어선의 90% 이상을 점유하고 있는 실정이다.

미국은 군사목적의 3차원 SPAY 레이더를 개발하여 이지스함에 적용하고 있는데, 특히 BARCO사가 다양한 목적의 레이더 영상과 카메라 영상을 통합 처리 하는 첨단 신호처리 보드를 개발하고 있으나 수 천만원대의 고가이고, 일부 품목은 COCOM 통제에 의해 해외수출이 불가능하다.

현재 국내의 경우, 레이더 개발기간은 오래되었으나, 레이더의 핵심부품인 스캐너(Scanner)의 설계제작과 고 분해능 영상신호처리 보드의 설계제작은 미흡한 수준이다. 최근 대영이엔씨(주)에서 소형 어선용 레이더를 제작 및 판매하고 있으나 주요 부품은 수입에 의존하고 있으며, STX Radar Sys.(주)에서는 군사목적의 고성능 레이더를 오래전부터 개발하고 있으나 상업목적의 기술개발은 없는 것으로 알려져 있다.

특히, 레이더 스캐너(Scanner)의 설계와 레이더 신호를 디지털 신호로 변

환하기 위한 레이더 스캔 컨버터(Radar Scan Convertor, RSC)의 설계와 개발이 주요 핵심기술이나, 대부분 미국 BARCO사의 기술을 도입 적용하는 수준이다. 최근 본 연구진들은 국내 STX Radar Sys.(주)에 의뢰하여 본 연구에 적용할 민수용 RSC를 설계 및 제작함으로써 선진국에서 독점하고 있는 RSC 설계와 제작기술을 확보하게 되었다.

또한, 본 연구에서 개발하려는 GDSS-F2S는 레이더의 물체추적 정보와 어선식별을 위한 F-AIS의 정보 융합(Fusion)이 필요한데, 이 기술은 항공기의 적아식별을 위한 FFI(Friend or Foe Identification)의 기술과 유사한 것으로 군사목적 및 고가이기 때문에 기술이나 장비의 수입은 곤란한 실정이다. 그래서 본 연구에서는 자체기술로 레이더 추적정보와 F-AIS의 어선식별 정보를 융합하기 위한 알고리즘과 프로그램을 개발하였다.

2. 어장탐지 시스템 기술 분야의 국내·외 현황

어장탐지 시스템(FDS)에서 어장을 탐지하는 방법에는 레이더 자체를 이용하는 방법과 별도 센서만을 어선에 부착하는 방법 및 레이더 정보와 센서 정보를 혼합 적용하는 방법 등이 있다. 레이더 자체만을 이용하면 적아식별이 불가능하고, 별도의 센서만 이용하면 센서 부착 이외의 물체에 대해서는 탐지가 불가능하기 때문에 위에서 기술한 군사용 적아식별장치(FFI) 개념의 센서 정보의 융합방법이 필요하다.

본 연구에서는 9.5 GHz-Band 레이더에 감응하는 레이더 센서와 RFID 개념의 무선위치식별 센서 등 두 가지를 개발 및 실험하여, 이 중에서 RFID 개념의 센서가 GPS를 적용할 수 있기 때문에 어선의 위치는 물론, 시간, 식별 등이 용이함을 알았다.

그리고 어장탐지 기술은 디지털신호처리(DSP) 및 마이크로파 회로설계기술 등이 필요한데, 전 세계적으로 이러한 기술은 성숙되어 가고 있는 추세이나 국내에서는 특수한 분야인 관계로 연구개발 내용이 극소수에 불과한 실정이다.

레이더 신호에 감응하는 센서는 이미 선박용 레이더 트랜스 폰더(Radar Transponder, RT)가 시판되고 있으나 부피가 크고, 전원 소비가 많으며, 가

격이 3백~5백만원대로서 어민들의 어선에 장착하기에는 곤란하다. 일본에서 RT를 주로 생산하고 있으며, 일부 소형 RT를 개발하기 연구가 현재 진행 중이다.

3. 감시-식별-경보-방어 시스템 기술 분야의 국내·외 현황

감시-식별-경보-방어 시스템(WIWAS)은 군사목적과 국가안전보호 목적 등으로 개발되는 것으로, COCOM 통제 품목이고 대단히 고가이기 때문에 기술도입은 불가능하다.

WIWAS의 핵심은 적아식별 알고리즘인데, 미국, 독일, 일본 등 선진국에서는 독자 개발하여 사용하고 있으며, 특히 미국은 911테러 후 민관군통합 적아식별 알고리즘을 개발 중이다.

국내 역시 소방방재청의 신설로 이러한 기술의 개발을 검토하고 있으며, 우리 해군은 해외 무기를 수입하여 사용하기 때문에 국내 독자 개발된 기술은 전무한 실정이다.

그리고 우리나라는 이미 각 가정에 TV 보급완료 및 어촌에서도 PC가 대부분 보급된 수준이며 초고속 통신망이 전국에 설치되어 있기 때문에 이를 이용한 WIWAS 개발은 용이한 실정이다. 본 연구에서는 어장을 대상으로 독자적인 알고리즘과 프로그램을 개발하여 WIWAS를 구축하였다.

4. 집단감시 디지털 시스템 기술 분야의 국내·외 현황

집단감시 디지털 시스템(GDSS-F2S)은 위에서 기술한 RSS, FDS, WIWAS 등을 통합하여 감시 시스템을 구축한 것으로, 미국, 일본, 독일 등의 선진국에서는 군사목적의 디지털 감시 통합시스템을 개발하고 있으나 그 내용은 공개된 바 없다.

이미 미국, 일본, 독일, 노르웨이 등은 GDSS-F2S와 유사한 장비를 개발하여 군사목적으로 판매하고 있으나, 수 십억원대의 고가이며, 일부 기능은 COCOM 통제로 인하여 민수용으로 사용 불가하다.

제2절 연구결과가 국내·외 기술개발현황에서 차지하는 위치

1. 연구결과의 국내·외 기술수준 대비 평가

다음 <표 2-2-1>에 본 연구 관련 국내·외 기술수준에 대한 종합평가 결과를 서술식으로 나타냈으며, <표 2-2-2>에는 국내·외 기술수준 대비한 연구결과를 상, 중, 하로 구분하여 나타냈다.

본 연구에서 개발한 레이더 감시 시스템(RSS)의 경우, 일반 선박용 레이더를 이용한 고해상 영상신호처리 알고리즘 개발과 레이더 영상변환용 레이더 스캔 컨버터(RSC)의 설계 및 개발, 레이더 정보와 F-AIS 정보 융합 알고리즘 및 프로그램 개발 등에 있어 국내 현 수준을 국외 선진국과 대등한 수준으로 향상시킨 결과를 획득하였다.

그 외, 레이더 정보의 WIWAS 전송을 위한 인터페이스 모듈개발, 기상 정보의 WIWAS 전송을 위한 인터페이스 모듈 개발, 최적 레이더 사이트 설계 및 제작 등의 기술은 선진국 수준정도로 향상시키는 결과가 되었다.

어장탐지 시스템(FDS)의 경우는, 레이더에 응답하는 어장작업선 식별용 F-AIS 설계 및 개발과 RFID 개념의 무선주파수를 이용한 F-AIS 설계와 개발, F-AIS 정보와 레이더 정보를 융합하기 위한 모듈 설계와 개발 등에 있어 현 국내 수준을 선진국과 대등하거나 선진국 우위기술을 확보하는 계기가 되었다.

감시-식별-경보-방어 시스템(WIWAS)의 경우에는 일부 선진국에서만 보유하고 있는 군사목적의 기술을 다수 확보함으로써 선진국 대비 기술우위를 점하는 계기가 되었다.

또한, 감시-식별-경보-방어 알고리즘 개발과 프로그램 개발, 감시-경보-방어 수단 제공 인터페이스 모듈 설계 및 개발 등은 본 연구진에 의한 전 세계 유일의 독자기술로 평가된다.

그 외, 전자해도(ECDIS) 기반의 감시-경보-방어 실행을 위한 초고속 네트워크 구축, 레이더 모니터링 시스템 구축, TV, PC, 휴대폰을 통한 경보 전송

장치 개발 등은 이미 국내에서 선진국 대비 우위를 점하고 있는 기술로 평가된다. 집단감시 디지털 시스템(GDSS-F2S)의 구축기술은 선진국에서 노출 및 해외 반출을 통제하고 있는 기술을 국내 독자적인 기술로 개발 및 구축한 결과이다.

<표 2-2-1> 본 연구 관련 국내·외 기술수준에 대한 종합평가 결과(서술식)

본 연구에서 개발한 내용	기술수준		국내외 대비 본 연구결과 획득한 기술의 종합평가
	국외	국내	
<p>○ 레이더 감시시스템(RSS) 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> - 일반 선박용 레이더를 이용한 고해상 영상신호처리 알고리즘 개발 - 레이더 영상변환용 스캔 컨버터(RSC)의 설계와 개발 - 레이더 정보와 F-AIS 정보 융합 알고리즘 및 프로그램 개발 - 레이더 정보의 WIWAS 전송을 위한 인터페이스 모듈 개발 - 기상정보의 WIWAS 전송을 위한 인터페이스 모듈 개발 - 최적 레이더 사이트 설계, 제작 	<ul style="list-style-type: none"> - 일본 : 고성능 레이더와 3차원 레이더 설계와 제작, 상업용으로도 일부 활용 - 일본 : FURUNO, KODEN, JRC 등은 세계 유일의 기술 보유 - 미국 : 이지스함용 3차원 SPAY 레이더의 설계와 개발 - 특히 미국 BARCO사는 레이더 영상과 카메라 영상을 통합 처리하는 첨단 신호처리 보드 설계 및 개발과 판매 - 독일 : 자체적으로 고성능 레이더 설계와 개발 기술 보유 - 노르웨이 : 중소형 산업용 레이더 설계와 개발 기술 보유 	<ul style="list-style-type: none"> - 국내에서는 레이더 설계 및 개발에 장기간 노력하였으나, 핵심 기술인 스캐너(Scanner)와 레이더 스캔 컨버터(RSC) 설계 및 개발기술은 대단히 미흡한 수준 - 레이더 기술은 대부분 선진국에 로열티를 지불하고 구매하거나 장치 자체를 그대로 수입하여 사용 - 고려대학에서 연구차원의 레이더 영상과 카메라영상 복합기술 개발 - 본 연구를 통하여 STX Radar Sys(주)에서 RSC 설계 및 개발 성공 	<ul style="list-style-type: none"> - 국내 레이더 관련 기술은 선진국 대비 대단히 미흡한 실정임 - 본 연구를 통하여 선진국과 대등한 RSC 설계 및 제작 기술 확보하였으며, 기타 신호처리 알고리즘, 인터페이스 모듈, 레이더 사이트 설계기술 등을 독자 확보하였음
<p>○ 어장탐지 시스템(FDS) 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> - 레이더에 응답하는 어장작업선식별용 F-AIS 설계 및 개발 - RFID 개념의 부선주파수를 이용한 F-AIS 설계와 개발 - F-AIS 정보와 레이더 정보를 융합하기 위한 모듈 설계와 개발 	<ul style="list-style-type: none"> - 전세계조난안전시스템(GMDSS) 장착 의무화로 해양선진국은 고성능 레이더응답장치(SART), 자동신박식별장치(AIS) 등의 기술개발 및 시판 중 - 미국 : MIT 공대를 중심으로 디지털신호처리(DSP)분야의 군사용 인공위성추적 등 첨단기술 개발 - 일본 : 레이더 관련 장치와 센서 등의 설계, 제작 기술 보유 - 독일, 노르웨이 : 항공용 적외식별장치(FFI)의 설계, 제작기술 보유 	<ul style="list-style-type: none"> - 국내 삼영이앤씨(주)에서는 소형 레이더를 개발 판매하고 있으며, 사라람(주)은 수십 종에 달하는 GMDSS장비(EPIRB, DSC 등)을 생산하고 있음 - 그러나 핵심기술은 대부분 외국 기술을 도입하여 적용하고 있는 실정임 - 특히, 국내 군사용 장비는 전량 수입에 의존하고 있는 실정인바, 기술 보유 수준은 대단히 미약한 실정임 - 그러나 최근 RFID 기술개발의 지면확대로 상당한 수준의 부선주파수 활용 기술은 보유한 상태임 - 본 연구에서 개발한 F-AIS는 국내 독자기술에 의해서 개발되었음 	<ul style="list-style-type: none"> - 국내 정보통신기술은 우수한 실정이나 레이더 관련 센서와 관련 기술 등은 미흡한 수준 임 - 본 연구에서 개발한 F-AIS는 본 연구진에 의하여 독자 개발된 것으로, 선진국과 대등한 기술을 확보하게 되었음

<p>○ 감시-식별-경보-방어 시스템 (WIWAS) 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> - 감시-식별-경보-방어 알고리즘 개발과 프로그램 개발 - 감시-경보-방어 수단 제어 인터페이스 모듈 설계 및 개발 - 전자해도(ECDIS) 기반의 감시-경보-방어 실행을 위한 초고속 네트워크 구축 - 레이더 모니터링 시스템 구축 - TV, PC, 휴대폰을 통한 정보 전송장치 개발 	<ul style="list-style-type: none"> - 선진국 : 군사목적의 감시-식별-경보-방어 대응체계 구축 기술 확보(COCOM 통제 기술) - 미국 : 911테러를 계기로 미 해안경비대(USCG)는 군사용 C4ISR 개념의 민관군 통합 대응체계 모형 개발 및 전자해도 및 GIS 연계 통합정보 시스템 구축으로 초동대응 모델 구축 - 미국, 독일, 영국 등 : 군사목적과 테러방지 목적으로 적야 식별 알고리즘 및 시스템 개발 - 일본 : 이지스함 개발로 독자 방어 시스템 구축 	<ul style="list-style-type: none"> - 국내에는 소방방재청 신설로 위기관리시스템이 연구개발되고 있는 실정임 - 이미 국내 GPS 플로터 생산 중이며, 전자해도(ECDIS)는 수로국에서 개발한 D/B를 이용하여 개발하고 있음 - 해양수산부는 MGIS 개발결과 등을 이용한 연안 및 항만 GIS 시스템 개발 중 - 그러나, 도적을 감시-식별-경보-방어 시스템은 군사목적의 성격과 유사한 바, 관련 기술이 전무한 실정임 - 본 연구에서 개발한 WIWAS는 전세계 유일의 독자 기술이며, 국내 어장환경에 적합함 	<ul style="list-style-type: none"> - 이미 국내에서 ECDIS 및 MGIS 등이 개발 완료된 상태며, 초고속 통신망 등은 확보된 상태이기 때문에 본 연구 관련 기술은 상당한 기술 수준을 유지하고 있음 - 그러나, 군사목적과 유사한 감시-식별-경보-방어 모형의 개발은 전세계적으로 유일한 독자 기술임
<p>○ 집단감시 디지털 시스템 (GDSS-F2S) 구축</p> <ul style="list-style-type: none"> - RSS, FDS, WIWAS 등의 세부 시스템을 통합한 집단감시 디지털 시스템 (GDSS-F2S) 구축 - GDSS-F2S 성능 실험과 보완 	<ul style="list-style-type: none"> - 미국, 일본, 독일 등 해양선진국은 군사목적의 디지털 감시 통합시스템 개발기술 확보 - 미국 : MANTA-SMART 계획에 의거, 이지스함 적용 집단 통합 시스템 개발 완료 - 일본 : 이상 보호시스템 개발하여 가동 중이나 레이더만을 이용한 단순 시스템임 - 집단감시 개념의 통합시스템은 선진진국에서 개발 완료한 바 있으나, 수 백억원에 달하는 고가 및 COCOM 통제장비로서 극비사항임 	<ul style="list-style-type: none"> - 국내 시스템 통합(SI) 기술은 삼성, 현대, 대우 및 핵심 벤처기업을 중심으로 세계우위를 확보하고 있음 - 그러나, 도적을 방어하기 위한 개념의 시스템은 전무한 실정임 - 본 연구에서 개발한 GDSS-F2S는 세계 유일의 독자기술로 개발한 것임 	<ul style="list-style-type: none"> - 본 연구관련 국내의 시스템 통합 기술은 선진국 대비 우월한 실정임 - 그러나, GDSS-F2S 관련기술은 본 연구를 통한 전세계 독자기술임

<표 2-2-2> 상-중-하로 구분한 기술평가 결과

관련 기술	기술 수준 평가								
	해외 선진국			국내			본 연구에서 개발한 기술		
	상	중	하	상	중	하	상	중	하
○ 레이더 감시 시스템(RSS) 개발									
- 일반 선박용 레이더를 이용한 고 해상 영상신호처리 알고리즘 개발		●			●		●		
- 레이더 영상변환용 스캔 컨버터(RSC)의 설계와 개발	●					●	●		
- 레이더 정보와 F-AIS 정보 융합 알고리즘 및 프로그램 개발		●				●	●		
- 레이더 정보의 WIWAS 전송을 위한 인터페이스 모듈개발		●			●		●		
- 기상정보의 WIWAS 전송을 위한 인터페이스 모듈 개발	●				●		●		
- 최적 레이더 사이트 설계, 제작	●					●		●	
○ 어장탐지 시스템(FDS) 개발									
- 레이더에 응답하는 어장작업선식별용 F-AIS 설계 및 개발		●				●		●	
- RFID 개념의 무선주파수를 이용한 F-AIS 설계와 개발		●			●		●		
- F-AIS 정보와 레이더 정보를 융합하기 위한 모듈 설계와 개발		●				●	●		
○ 감시-식별-경보-방어 시스템(WIWAS) 개발									
- 감시-식별-경보-방어 알고리즘 개발과 프로그램 개발	●					●	●		
- 감시-경보-방어 수단 제공 인터페이스 모듈 설계 및 개발	●					●	●		
- 전자해도(ECDIS) 기반의 감시-경보-방어 실행을 위한 초고속 네트워크 구축	●			●			●		
- 레이더 모니터링 시스템 구축	●			●			●		
- TV, PC, 휴대폰을 통한 경보 전송 장치 개발		●		●			●		

○ 집단감시 디지털 시스템 (GDSS-F2S) 구축									
- RSS, FDS, WIWAS 등의 세부 시스템을 통합한 집단감시 디지털 시스템(GDSS-F2S) 구축	●					●	●		
- GDSS-F2S 성능 실험과 보완	●					●	●		

제 3 장

연구개발 수행 내용 및 결과

제 3 장 연구개발 수행 내용 및 결과

제1절 연구개발 수행내용 개요

본 연구에서는, 어장탐지 시스템(FDS), 레이더 감시 시스템(RSS), 감시-식별-경보-대응 시스템(WIWAS) 등 세 가지 세부 시스템을 각 연구 책임자별로 독자 개발한 후, 최종적으로 통합하여 디지털 감시 시스템(GDSS-F2S)을 구성하였다.

따라서 각 세부 시스템의 이론적, 실험적 접근 방법과 연구내용 및 연구결과를 기술한 후, 종합적으로 통합된 GDSS-F2S의 구축과 이를 이용한 현장 적용실험 등으로 기술한다.

그리고 본 연구에서는 일단, 시스템 개발에 요구되는 다양한 환경과 이론 등을 먼저 조사 및 개발 하였고, 그 후, 이론을 배경으로 다양한 시나리오를 만들어서 실험한 후, 설계 내용과 이론 등의 타당성을 다시 검토하여 미비한 사항은 재연구하는 순환적 탐색 연구방법을 적용하였다.

제2절 어장탐지 시스템 개발 내용 및 결과

1. 어장현황조사

가. 어장 현황조사 개요

개발할 시스템의 현장 적용성이 우수하고, 어민들이 요구하는 필요조건을 모두 수용할 수 있으며, 실용적인 시스템을 개발하기 위하여 본 시스템을 개발하기 전에 양식어장의 현장을 조사하였다.

진도 및 화원반도 일대와 변산 반도 일대 및 목포권역 등의 양식어장을 방문하여 어민들과의 면담과 현장조사 등을 실시하였는데, 완도군 일대는 양식 어장이 대단히 폭 넓게 설치되어 있고, 최근 양식장에 도적이 침입하여 수 억원대의 전복 종자를 훔쳐가는 사건이 발생한 바 있어, 본 연구에서 개발할 시스템의 조기 개발과 구축을 요청하였다.

진도군 보전리 전복 양식장의 경우는 현재 어민 자체적으로 레이더를 설치하여 별도의 자체 경비를 통해 도난에 대비하고 있으며, 완도와 마찬가지로 본 시스템의 조기 개발과 구축을 희망하고 있으며, 특히 최근에는 고가의 전복진주를 양식하고 있기 때문에 도난의 위험성이 더욱 커지고 있다.

그리고 어장현황 조사 시 어장의 설치형태 및 주변 환경을 고려한 레이더에 의한 어장탐지 능력 증대방안과 레이더 리프렉터(Reflector) 설치방안 및 레이더 스캐너 최적위치 선정을 검토하였다. 어장 자체의 RCS(Radar Cross Section: 레이더 반사성능을 나타내는 물리 지표)를 증가할 목적으로 설치하는 레이더 리프렉터는 본 연구팀에서 이미 2002년도 수산특정연구개발 사업을 통해 개발한 『어업용 레이더 리프렉터』를 적용하는 방안을 수립하였다.

나. 어장현황 조사결과

다양한 어장 중에서 대표적으로 진도군 지산면 보전리에 위치한 전복 대단지 양식장과 완도군의 어업권 보유현황 조사결과는 다음과 같다.

1) 진도군 어장현황

일반적으로 전복의 양식기간은 평균 3년으로, 어종의 경우에는 1년 6개월 정도의 양식기간을 거치며 2~3일에 한번씩 양식장에 들어가서 확인작업을 하고 있으며, 전복 가두리 현황은 <표 3-2-1>과 같다. <표 3-2-1>의 양식장 면적은 수산업법어업면허규칙에 따라 1/10에 해당하는 수면만 실질적인 양식어장용으로 허가되는데, 1ha(3000평)에 대한 양식어장 허가 수면적은 약 300평(1000평방미터)이며, 진도군 지산면에 위치한 공동어장은 해양수산부의 『국가 바다복장화 사업추진』의 일환으로 설치된 어장으로, 현재 40ha의 해

면에 46명의 어장주들이 『진도보전 전복 영어조합 법인』을 구성하여 공동 운영하고 있다.

양식장의 규모는 길이가 2.5km 폭이 0.5km 정도이고, 본 양식장 설치에 소요된 비용은 총 105억원에 이르며, 이중에서 국고 27억5천만원, 도비 및 군비 지원금이 32억5천만원, 융자금이 30억원에 이르고, 어민들의 자기 부담은 10억원이며, 양식어장에서 수확할 수 있는 총 전복량은 1,170만미에 이르는 것으로 조사되었다.

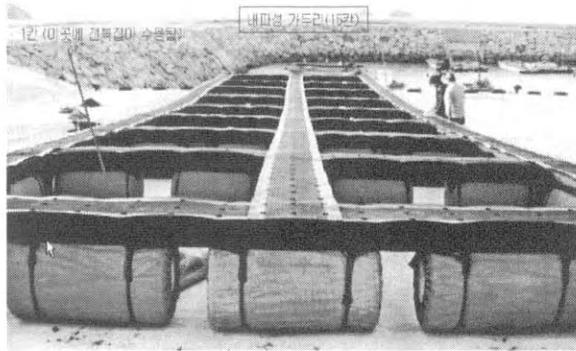
<표 3-2-1> 진도군 보전리 양식장 전복가두리 현황

지명	양식장 면적(ha)	참가 어장주(명)	어장형태	육지로부터 어장거리(km)
지산면 보전리	40	46	밀집	1
고군 금호도	20	10	분산	1 미만
고군 연동	8	8	밀집	0.6~0.8
군내 신기리	8	5	밀집	1 미만

<그림 3-2-1>은 공동으로 운영되는 양식 어장의 사진이며, 공동 양식어장 전체가 한눈에 보이고 해안으로부터 양식장까지의 거리도 0.6마일 이내로 관리하기가 좋은 위치에 자리하고 있다. <그림 3-2-2>는 H-빔 형식의 내파성 가두리로 16칸으로 이루어져 있으며, 현재 조합에서 양식장에 설치한 가두리는 1세트가 80칸으로 이루어져 있고, 1칸에 1,000미 정도의 전복이 들어가며, 양식 어장의 관리는 어장주인들이 그룹을 나누어 조별로 이루어지고, 전체 10조(4000칸)로 구성되며, 1조는 5세트(400칸)를 양식하고 있다.



<그림 3-2-1> 양식어장 전경



<그림 3-2-2> 내파성 가두리

또한 조별 가두리간의 이격거리는 50m-60m로 두고 설치하며, 가두리 설비의 가격은 1칸당 약 40만원(그물제외)에 이르고, 80칸은 3,200만원에 이르며, 전복집(Shelter)은 하기와 같이 터널식, 아파트식 및 슬레이트형 등으로 나누고 있다.

- 터널식(1칸 : 2.2m x 2.2m) : 1,000미 정도 들어가며, I자현의 전복집이 있어서 전복이 쉰 때에는 이곳으로 들어가고, 먹이를 먹을 때에는 그물망 쪽으로 나옴
- 슬레이트형(골판) : 2.5-3m정도의 수중으로 들어가 있도록 설치
- 아파트식 : 1칸당 1,500미 정도가 들어감

그리고 상기 지산면 가두리 양식장에는 최근(2004년 추석 연휴시작 전) 도난사건이 발생하였는데, 그 피해량은 전복집을 포함하여 약 4,000미 정도에 이르며, 도둑들은 상기 가두리에 끈으로 묶여진 그물을 칼로 절단하여 전복집들을 송두리째 탈취한 것으로 해양경찰 수사결과 밝혀졌다.

2) 완도군 읍면별, 품종별 어업현황 정보

완도군의 양식장 총 건수는 <표 3-2-2>에 나타난 바와 같이 1,364건으로 32,371.48헥타르의 해면에서 양식되고 있으며, 이 중에서 어패류와 어류양식은 각각 19%와 4.2%를 차지하고, 복합양식의 경우에는 완도군 전체의 31.5%를 차지하고 있다.

<표 3-2-2> 완도군 읍면별 어업현황 (2004. 1)

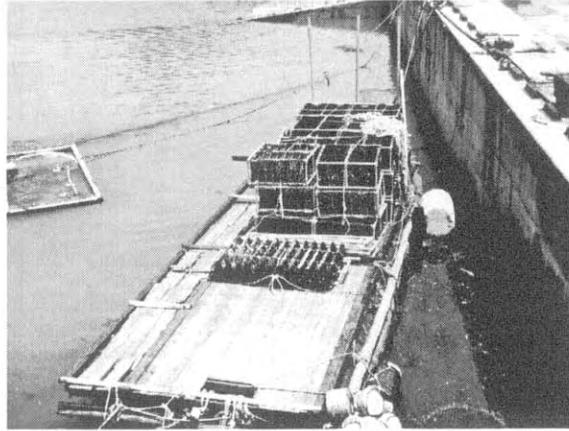
구 분	계		완도		금일 외 8개읍		
	건	면적	건	면적	건	면적	
총 계	1,364	32,371.48	73	1,769.27	1291		
해조류양식	소 계	362	16,158.03	28	1,301.17	334	18,183.20
	김	165	11,009.83	14	853.72	151	10,156.63
	미역	112	2,732.50	11	387.45	101	2,345.05
	다 시 마	48	674.60	—	—	48	674.60
	툫	32	501.60	3	60.00	29	441.60
	참모자반	3	19.50	—	—	3	19.50
	파 래	2	1,220.00	—	—	2	1,220.00
어패류양식	소 계	260	1,253.50	13	40.50	247	1,213.00
	굴 투석식	15	68.00	—	—	15	68.00
	수하식	21	190.00	—	—	21	190.00
	바 지 락	28	140.50	2	8.00	26	132.50
	고 막	24	145.50	1	5.00	23	140.50
	피 조 개	1	5.00	—	—	1	5.00
	새 고 막	—	—	—	—		
	전복 투석식	77	225.00	3	5.00	74	220.00
	수하식	25	181.00	2	2.00	23	179.00
	가두리	61	236.50	4	15.50	57	221.00
	전복 진주	1	2.00	—	—	1	2.00
	가 리 비	7	60.00	1	5.00	6	55.00
어류양식	소 계	57	190.00	—	—	57	190.00
	가 두 리	54	185.00	—	—	54	185.00
	축 제 식	2	2.00	—	—	2	2.00
	우렁쟁이	—	—	—	—		
	새 우	1	3.00	—	—	1	3.00
정 치 어 업		1	0.20	—	—	1	0.20
마 을 어 업		254	8,337.80	8	119.60	246	8,218.20

3) 양식장 작업선의 종류

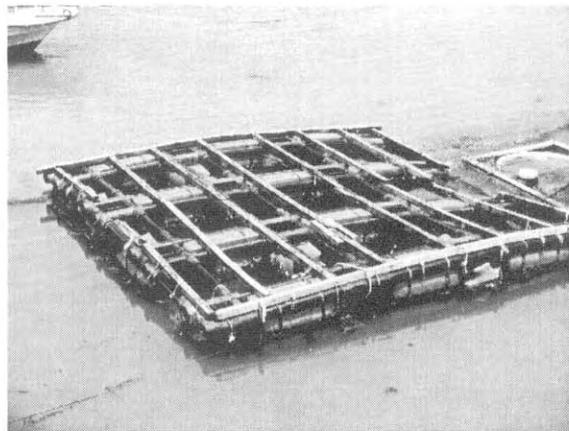
<그림 3-2-3>부터 <그림 3-2-12>까지에 양식장에서 사용하는 다양한 작업선을 나타냈다. 이러한 작업선에 F-AIS를 설치하여 어장주인을 식별하고, 작업선들의 행동 위치와 시간 등을 파악함으로써 도적 방지와 향후 도난사건 발생시 각 작업선들의 위치를 추적한다. 또한, F-AIS를 장착하는 경우, 해수에 의한 피해를 방지하고 어민들이 쉽게 F-AIS를 장착할 수 있는 위치와 방법을 검토하였다.



<그림 3-2-3> 양식장 부두의 작업선들



<그림 3-2-4> 목재갑판의 Cage 운반선



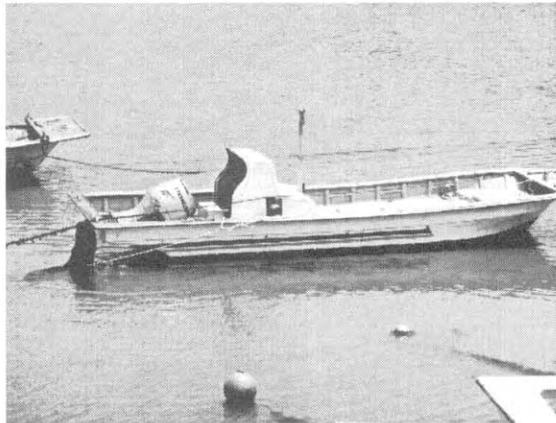
<그림 3-2-5> Cage 고박용 어장 부위



<그림 3-2-6> 목재갑판 작업선



<그림 3-2-7> FRP 선외기 장착 작업선



<그림 3-2-8> 조타실이 설치된 작업선



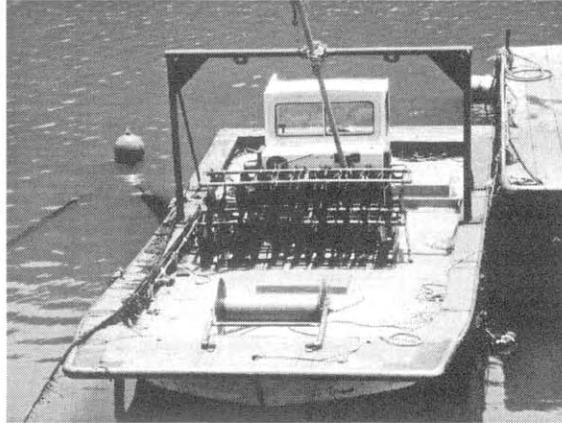
<그림 3-2-9> 갑판에 지지봉 있는 작업선



<그림 3-2-10> 소형 크레인 장착 작업선



<그림 3-2-11> 나무 갑판의 부위형 작업선



<그림 3-2-12> 권선기 부착 작업선

2. 레이더 리프렉터 선정 및 설치방안 제시

가. 개요

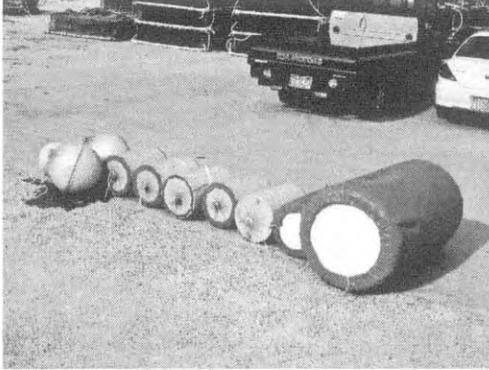
어장의 경우, 가두리 양식장에서는 주로 바지선을 이용하고, 김, 미역 등의 해조류 양식에는 뗏목을 사용하는데, 이들 작업 시설에는 선박과 충돌방지를 위한 항해안전시설이 전무한 것으로 조사되었다.

특히, 어장에는 스티로폼 부위가 수 십 개에서 수 백 개씩 다발로 설치되어 있으며, 이러한 스티로폼 부위는 다른 선박의 항해안전을 저해할 수 있는 방해물로 작용할 수 있기 때문에 이에 대한 대책이 요구되는 바, 어업용 레이더 리프렉터를 스티로폼 부위에 삽입하여 RCS를 증강시킴으로서 항해안전을 도모할 수 있을 것으로 판단되었다.

나. 실험

<그림 3-2-13>은 본 연구진의 수산특정과제로 기 개발한 다양한 어업용 레이더 리프렉터를 나타내고, <그림 3-2-14>는 어장으로 이동하는 모습, <그

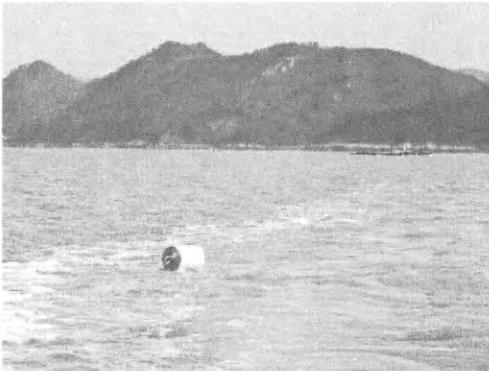
림 3-2-15>와 <그림 3-2-16>은 리프렉터를 해상에 투하한 모습이다.



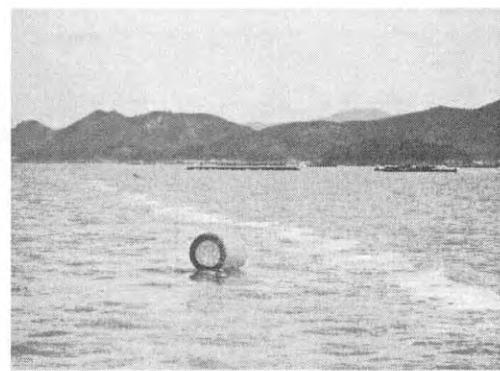
<그림 3-2-13> 실험용 레이더 리프렉터



<그림 3-2-14> 실험장소로 이동 모습



<그림 3-2-15> 원통형 리프렉터 해상투하



<그림 3-2-16> 대형 원통형 리프렉터 해상투하

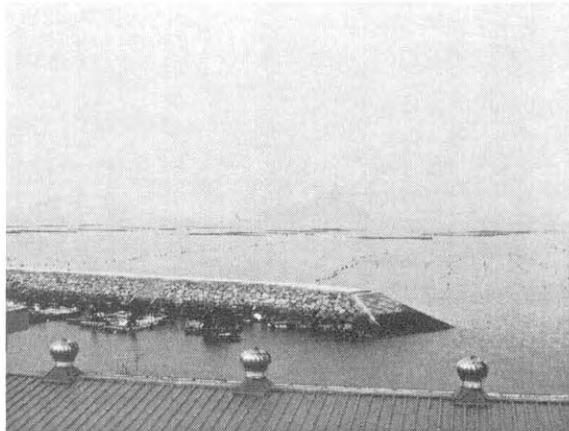
다. 실험결과

<그림 3-2-17>은 본 실험장소인 진도군 보전면 양식장의 전경을 나타내고, <그림 3-2-18>은 본 연구에서 개발한 레이더를 이용하여 양식장을 탐지한 결과로서 리프렉터를 설치하기 전의 화면이고, <그림 3-2-19>는 양식장 뒤에 리프렉터 설치한 후의 화면을 나타낸다.

일단, <그림 3-2-18>에서 가두리 양식장이 크기 때문에 리프렉터를 설치

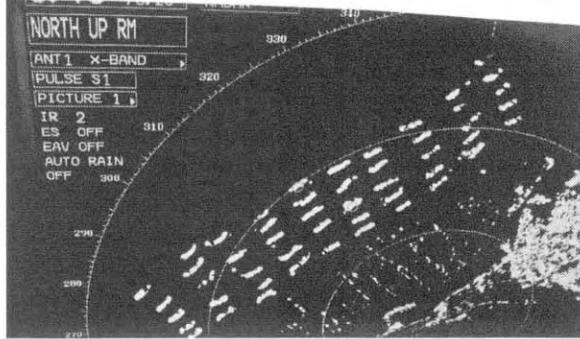
하지 않아도 레이더에 가두리 양식장이 대단히 선명하고 뚜렷이 나타남을 알 수 있다. 그리고 <그림 3-2-19>에서 소형 리프렉터 역시 레이더 화면에 선명하게 나타나고 있으며, 특히 <그림 3-2-16>에 나타난 대형 리프렉터의 경우는 가두리 양식장 크기의 수백분의 1정도의 크기임에도 불구하고 가두리 양식장 크기 정도로 나타나 있다. 따라서 본 실험결과를 통하여 레이더 리프렉터의 유효성을 알 수 있다.

그러나 레이더 리프렉터를 설치하지 않아도 가두리 양식장이 레이더에 선명하게 포착되기 때문에 본 연구에서는 가두리 양식장에 별도의 리프렉터를 설치하지 않고 실험을 하였다. 또한, 가두리 양식장의 크기가 커서 부근을 향해하는 선박이 양식장을 탐지하지 못하는 사고는 발생한 적이 없는 것으로 조사되었다. <그림 3-2-20>은 4칸이 세트된 실제 가두리의 모습이고, <그림 3-2-21>은 양식장에 설치한 가두리 1칸의 모습으로, 가로, 세로 2m 정도의 크기이다.



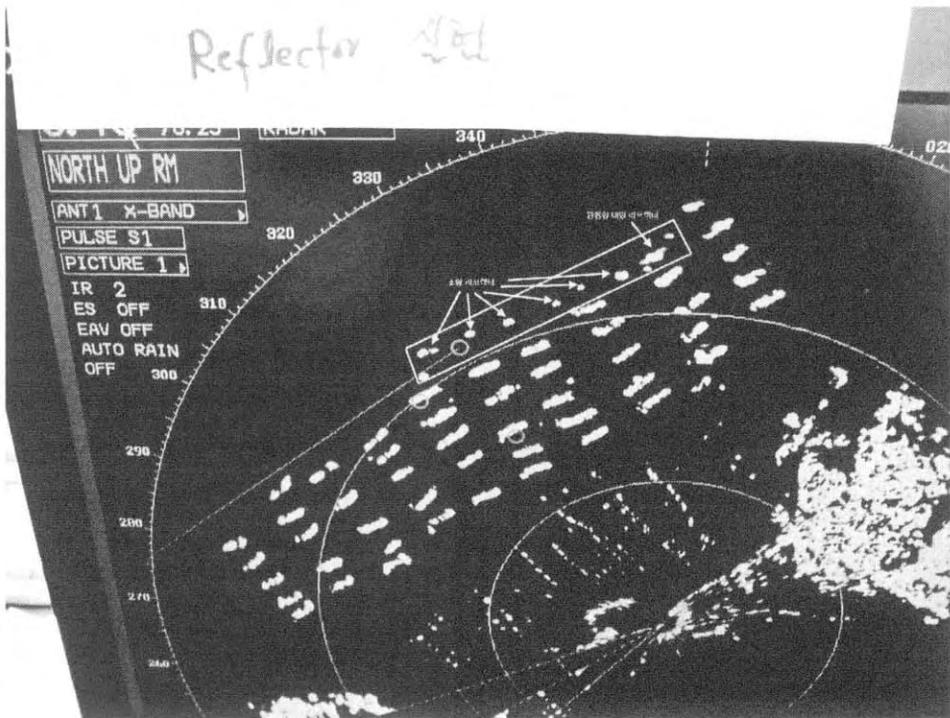
<그림 3-2-17> 가두리 양식장

Reflector 설치 전

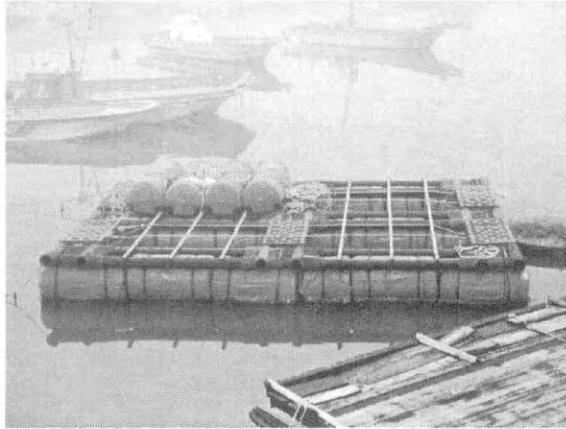


<그림 3-2-18> 레이더 리프렉터 설치 전

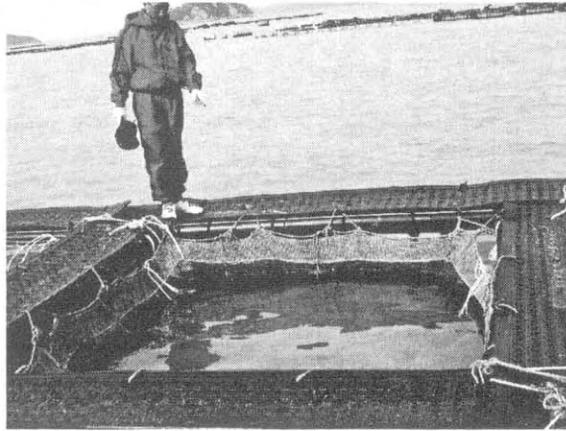
Reflector 설치 후



<그림 3-2-19> 레이더 리프렉터 설치 후 레이더 영상



<그림 3-2-20> 4칸이 1셋트인 가두리



<그림 3-2-21> 해상에 설치한 가두리 1칸

3. 레이더 응답형 F-AIS 개발

가. 개발방향

F-AIS는 레이더에 응답하는 것과 무선주파수를 이용한 것 등 두 가지를 개발하여 평가한 후, 최적의 F-AIS를 적용하였다. 또한, 무선주파수를 이용한 F-AIS는 2차년도 연차실적 평가결과 평가위원들의 권고에 의하여 개발 적용한 것이다.

우선 레이더 응답형 F-AIS에 대해서 기술한다.

레이더 응답형 F-AIS는 해상에서 조난안전 및 수색구조용으로 사용되는 레이더 트랜스폰더(Radar Transponder) 기술과 SART(Search And Radar Transponder)의 기본 개념에 착안하여, 어장을 출입하는 작업선이 감시 레이더 전파에 특별한 펄스 코드(pulse code)로 응답할 수 있도록 설계하였다. 또한 양식장의 설치위치를 근거리로 한정하여 소형 및 경량화, 저전력화, 저가격화에 역점을 두고 설계하였다.

무선주파수(Radio Frequency, 이하 RF) 회로는 마이크로파대 부품이 요구되므로, 레이더의 전파에 응답하기 위한 발진기로서 FET(Field Effect Transistor) 발진회로를 사용하여 저가화하고, 특히 전력소모를 줄이기 위해 출력을 10mW 내외에서 동작토록 하였다.

안테나는 해상환경에서 근거리용으로 적합한 원편파를 발생하여 레이더 탐지거리를 확장할 수 있는 헬리컬 안테나(Helical Antenna)를 적용하였고, 실험실에서 기본회로를 구성한 후 프로토타입의 시작품을 제작해서 실외에서 레이더 응답형 F-AIS의 회로 동작특성을 평가하였다.

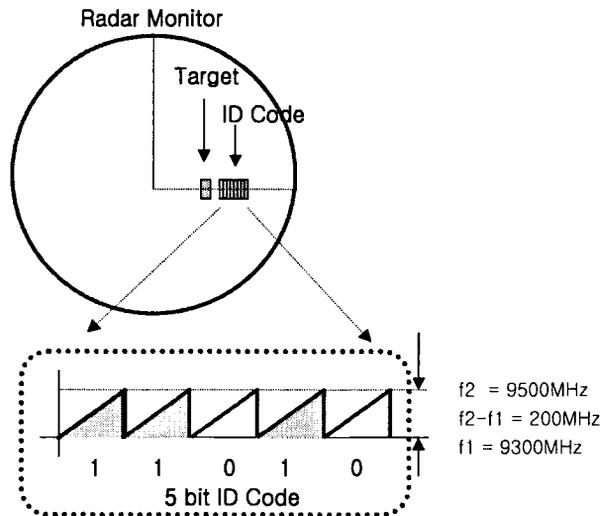
나. 레이더 응답형 F-AIS 설계

레이더 응답형 F-AIS는 <그림 3-2-20>에 나타낸 바와 같이 F-AIS의 위치(Target으로 표시) 방향으로 센서식별용 코드(ID Code로 표시)가 레이더 모니터(Radar Monitor)에 나타나도록 설계하였다.

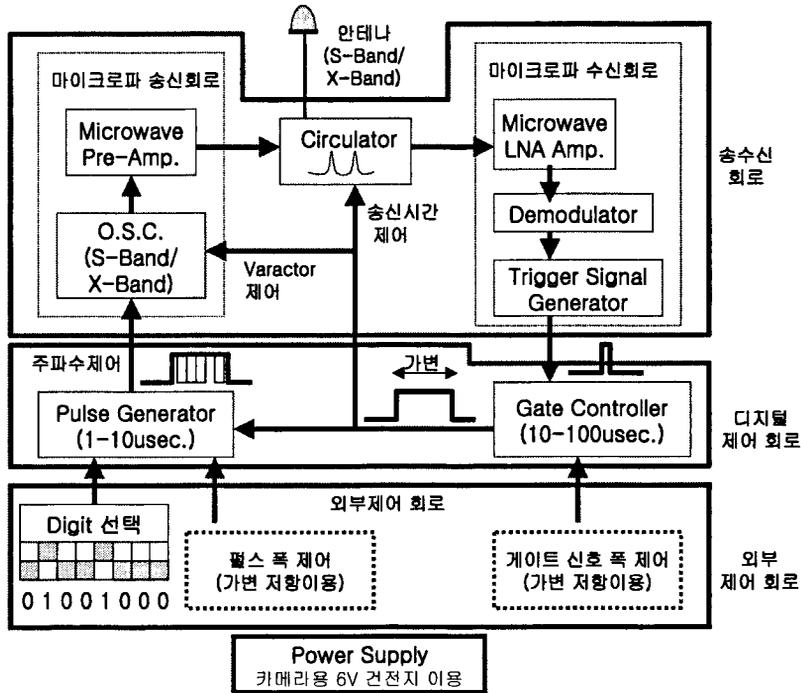
이러한 ID Code는 레이더 모니터에 독특한 도트(dot) 부호를 표시하여 다수 센서의 ID를 식별하기 위한 것이다. 이 방법은 12개 이상의 일정한 간격의 도트 부호가 레이더 모니터에 나타나는 SART 기술을 참고한 것으로, 예를 들면 <그림 3-2-20>의 아래 박스에 나타낸 바와 같이 레이더의 9.3GHz~9.5GHz 소인기간 중, 톱니파 신호의 발생을 제어함으로써 레이더 모니터에 '■ ■ □ ■ □'과 같은 모양의 도트 부호를 표시하는 것이다.

<그림 3-2-21>은 설계한 F-AIS의 구성도로서, 안테나를 중심으로 시계방향으로 설명하면, 안테나를 통하여 수신된 레이더 전파는 서큐레이터(Circulator)를 통하여 송수신 증폭부(Microwave LNA Amp.)로 입력되어 증

폭된 후, 복조기(Demodulator)에서 복조되어 트리거신호발생기(Trigger Signal Generator)를 작동시키고, 이 트리거 신호에 의해서 10~100 μ sec 가변이 가능한 게이트 제어(Gate Controller) 신호를 생성한다. 게이트 제어 신호는 펄스 발생기(Pulse Generator)에 입력되어 1~10 μ sec 가변의 펄스신호를 만들어서 9.2GHz~9.5GHz 사이에서 진동하는 튜니파를 발생시키고, 이 신호는 다시 9.5GHz 발진부(O.S.C)에서 변조되어 마이크로웨이브 전단증폭기(Microwave Pre-Amp.)에서 증폭된 후 서큐레이터를 거쳐 안테나에서 다시 응답신호로서 레이더를 향하여 송신된다. 여기서, 구성도 아래 좌측의 'Digital 선택'은 <그림 3-2-20>에 나타낸 독특한 도트 부호를 생성하기 위한 논리회로이다.



<그림 3-2-20> ID Code 발생 원리



<그림 3-2-21> 레이더 응답형 F-AIS 구성도

다. 레이더 응답형 F-AIS 개발

<그림 3-2-22>는 실험용으로 제작한 레이더 응답형 F-AIS의 모습으로서, 헬리컬 타입의 안테나(Antenna), 9GHz 발진기(Oscillator), 제어부분(Control Part), 배터리(Battery) 등을 나타냈다. 헬리컬 안테나와 9GHz 발진기는 국내에서 저가로 제작하는 것이 곤란하여 일본 EXA Technology의 도움으로 샘플을 입수하여 사용하였다.

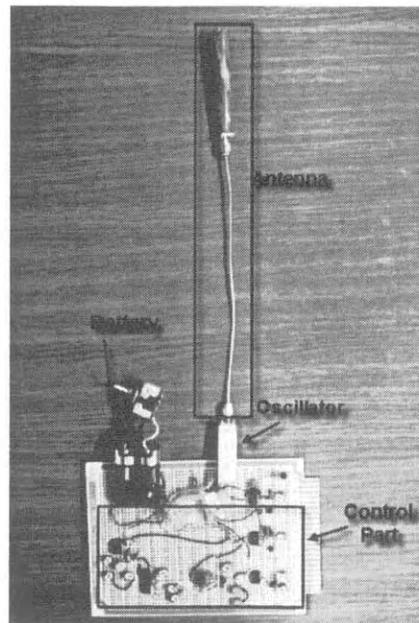
라. 실험 및 결과

실험은 목포해대 제2공학관 6층 건물 옥상에 5kW급 소형 레이더를 설치하고(그림 3-2-23), 레이더로부터 약 0.3마일 정도 떨어진 목포해대 실습선 '새누리호'의 마스트에 F-AIS를 설치하였다(그림 3-2-24). 실험 당시 레이더의 레인지는 0.75마일에 설정하였다.

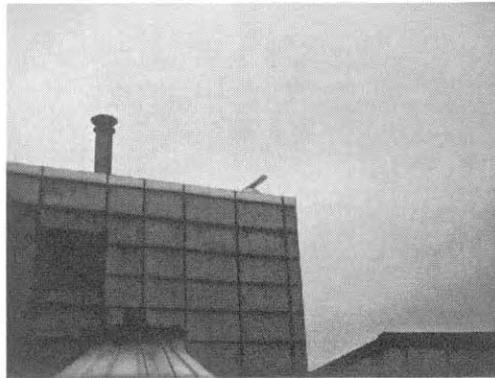
<그림 3-2-25>는 레이더 응답형 F-AIS의 레이더 신호 응답결과를 모니터에 나타낸 실험결과이다. 레이더 화면 우측 상단에 'Dot Signal'로 표시한 부분을 보면 가늘고 희미한 그룹형태의 도트 부호가 나타나 있다. 근거리에서 실험한 결과 주위 산과 건물 등이 만드는 영상 때문에 신호가 뚜렷하게 보이지 않고 있으나, 응답센서가 생성하는 응답신호는 확인할 수 있다.

한편, 본 실험 중에 레이더의 주파수와 F-AIS 주파수가 서로 간섭을 야기하여 화면상에 어지럽게 잡음이 발생하는 문제점이 나타났다. 이러한 전파간섭은 선박의 항해안전을 저해할 수 있기 때문에 주의가 필요하다. 한편, 기존에 개발된 SART나 RT의 경우에도 이러한 전파간섭이 큰 문제로 대두되고 있는 점을 고려하면 본 연구에서 개발한 레이더 응답용 F-AIS 만의 문제는 아닌 것으로 고려된다.

또한, 양식장과 같이 좁은 구역에서 다수의 레이더 응답용 F-AIS를 사용하게 되면 이러한 전파간섭 문제는 더욱 심각하게 발생할 것으로 보여지는 바, 다음에 기술한 무선주파수를 이용한 F-AIS를 개발하여 본 연구에 적용하게 되었다.



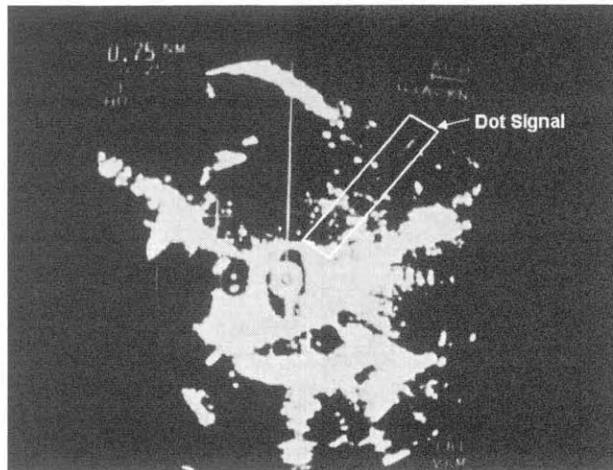
<그림 3-2-22> 개발한 F-AIS



<그림 3-2-23> 건물 옥상에 설치한 레이더



<그림 3-2-24> 실습선 마스트에 F-AIS 장착



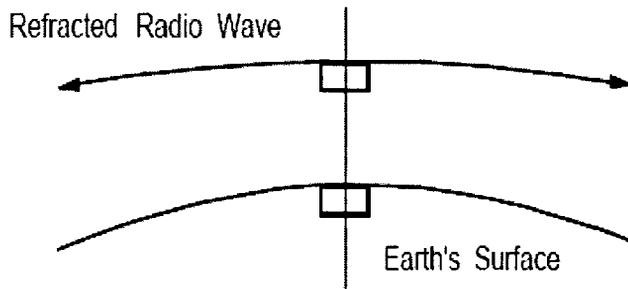
<그림 3-2-25> 실험결과

4. 무선주파수를 이용한 F-AIS 개발

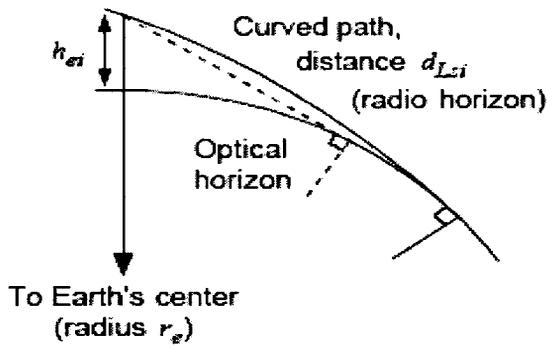
가. 이론 개발

일반적으로 해상에서 가장 유효거리가 길고, 실험용 주파수로 사용할 수 있는 900MHz 대역의 RFID 개념을 도입한 F-AIS의 이론을 먼저 전개하였다.

지구의 구배(curvature) 때문에 전파는 <그림 3-2-26>과 같이 지표면을 따라 굴절되면서 전파되고, 지표면으로부터 고도가 증가함에 따라 굴절 인덱스 $n = \sqrt{\epsilon_r}$ (ϵ_r : 공기의 유전율)가 감소하기 때문에 전파속도는 증가하고, 지-대-지(ground-to-ground) 이동통신의 경우는 전파의 이동거리가 멀어짐에 따라 원호에 근사한 전파의 파선경로(radio wave ray path)를 만든다. 전파의 파선경로가 굽어지기 때문에 전파신호의 수평도달거리는 광학적 직선거리와 비교하여 길어지는데, 충분한 높이 h_{ei} 를 갖는 안테나 i 에 대해서 경사되면서 굽어지는 전파의 파선경로의 경우, 기하학적 형태는 <그림 3-2-27>과 같이 실제 육지형태를 완만한 지구(smooth Earth) 형태로 근사하여 전개할 수 있다.

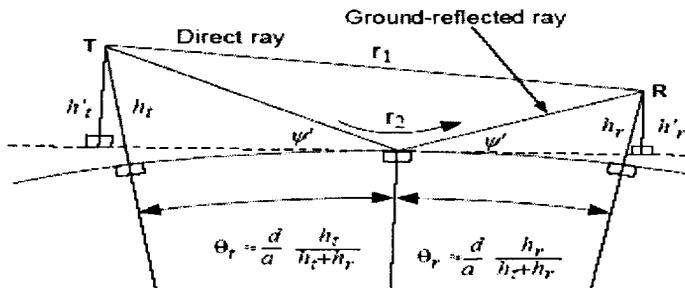


<그림 3-2-26> 지구 구배에 의한 전파굴절

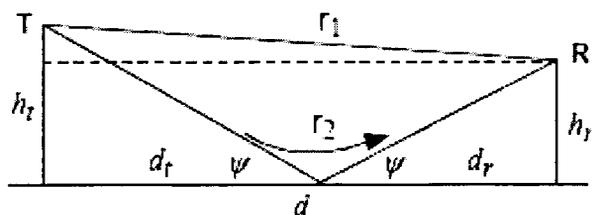


<그림 3-2-27> 전파신호 수평도달 거리

본 연구에서 개발하려는 장치는 소출력 무선장치임으로, 실용적으로 <그림 3-2-28>에 나타낸 것처럼 가시선(Line Of Sight, LOS) 영역에서 해석하는 것이 타당한데, 실제 해상에서는 <그림 3-2-29>의 근사개념으로 고려할 수 있다.



<그림 3-2-28> LOS 영역에서 지리적인 특징

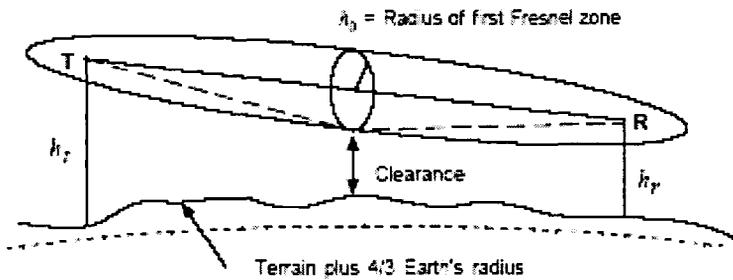


<그림 3-2-29> 근사 개념

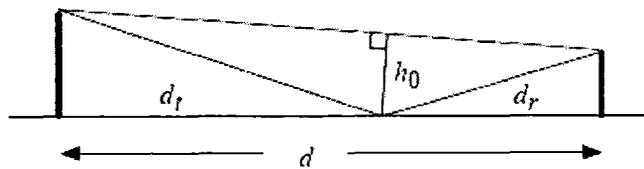
<그림 3-29>에서 직접파선의 경로길이 r_1 과 반사파선의 경로길이 r_2 사이의 차는 다음 식(1)으로 계산된다.

$$\begin{aligned}
 & r_2 - r_1 \\
 &= \sqrt{(h_t + h_r)^2 + d^2} - \sqrt{(h_t - h_r)^2 + d^2} \approx d \left[1 + \frac{1}{2} \left(\frac{h_t + h_r}{d} \right)^2 \right] - d \left[1 + \frac{1}{2} \left(\frac{h_t - h_r}{d} \right)^2 \right] \quad (1) \\
 &= \frac{2h_t h_r}{d}
 \end{aligned}$$

그리고 LOS 링크를 위한 프레넬 영역에 대해서 고려하면, 일반적으로, 제1 프레넬 영역(Fresnel zone)은 직접파선과 반사파선의 경로 길이 차이가 반파장($\lambda/2$) 이하인 반사점을 포함하는 타원체로서 <그림 3-2-30>과 같이 정의할 수 있고, 프레넬 영역의 반경 h_0 을 계산하기 위해서는 <그림 3-2-31>과 같이 근사화할 수 있다.



<그림 3-2-30> 제1차 프레넬 영역



<그림 3-2-31> 프레넬 영역의 반경 h_0

<그림 3-2-31>로부터 반파장($\lambda/2$) 위치는 다음 식(2)와 같이 계산할 수 있다.

$\lambda / 2 =$ 반사경로의 길이 - $d =$ (송신기로부터 반사점까지의 거리 + 반사점에서 수신기까지의 거리) - d

$$\begin{aligned}
 &= \sqrt{d_t^2 + h_0^2} + \sqrt{d_r^2 + h_0^2} - d \\
 &= d_t \left[1 + \frac{h_0^2}{2d_t^2} + \dots \right] + d_r \left[1 + \frac{h_0^2}{2d_r^2} + \dots \right] - (d_t + d_r) \\
 &= d_t \left[1 + \frac{h_0^2}{2d_t^2} + \dots \right] + d_r \left[1 + \frac{h_0^2}{2d_r^2} + \dots \right] - (d_t + d_r) \approx \frac{h_0^2}{2} \cdot \frac{d_t + d_r}{d_t d_r} \quad (2)
 \end{aligned}$$

위의 식(2)으로부터 미터 단위로 나타낸 h_0 를 구하면 다음 식(3)이 된다.

$$h_0(m) = \sqrt{\frac{\lambda d_t d_r}{d}} \quad (3)$$

상기 이론식을 이용하여 900MHz F-AIS의 사양을 결정할 수 있다.

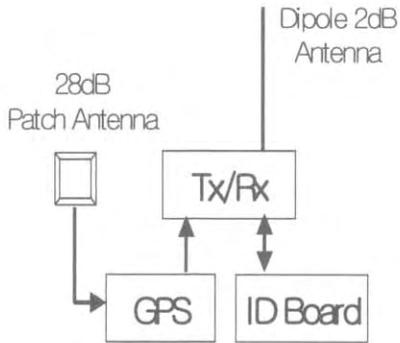
나. 무선주파수형 F-AIS 설계 및 제작

900MHz F-AIS는 어장의 작업선 위치를 측정하기 위한 GPS와 스프레드 스펙트럼 주파수 홉핑(spread spectrum frequency hopping) 방식을 이용한 900MHz 송수신 장치 및 ID 식별장치 등으로 구성하였고, 각 단위 모듈은 미국 GPS Flight사에서 판매하는 실험 모듈을 구입하여 제작하였다.

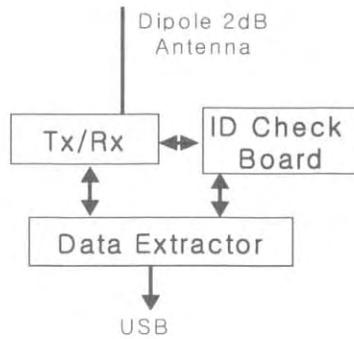
<그림 3-2-32>와 <그림 3-2-33>은 시스템 설계도로서, 송신장치는 GPS 위치와 ID Board에서 생성한 어장 작업선의 명세(ID)를 수신 장치에 전송하고, 수신 장치는 신호를 수신하여 ID Check Board에서 ID를 점검하여 지정된 ID의 신호만을 수신하며, Data Extractor에서 필요한 데이터를 추출하여 USB 포트로 데이터(시간, 위치, 배터리 잔량 등)를 출력한다.

<그림 3-2-34>는 제작한 900MHz F-AIS 송신장치와 수신 장치로서, 송신 장치에 장착한 GPS 안테나는 케이스 상단에 부착하여 인공위성 전파를 원활히 수신하도록 설계하였고, 안테나는 1/2파장 다이폴(dipole) 2dB 안테나를 채용하였으며, 개발한 송신장치의 크기는 가로 5cm, 세로 7cm, 두께 3cm로

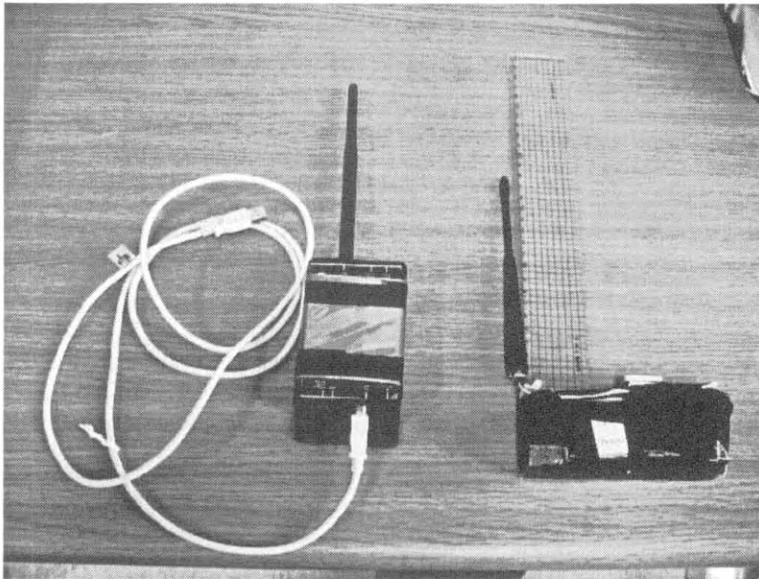
서 신용카드 크기임



<그림 3-2-32> 송신장치



<그림 3-2-33> 수신장치



<그림 3-2-34> 개발한 송신장치(좌측)와 수신장치(우측)

다. 실험 및 결과

제작한 F-AIS에 대해서 <그림 3-2-35> 및 <그림 3-2-36>과 같이 해양경찰 함정을 이용하여 해양경찰과 합동으로 해상에서 실험하여 2dB 안테나를

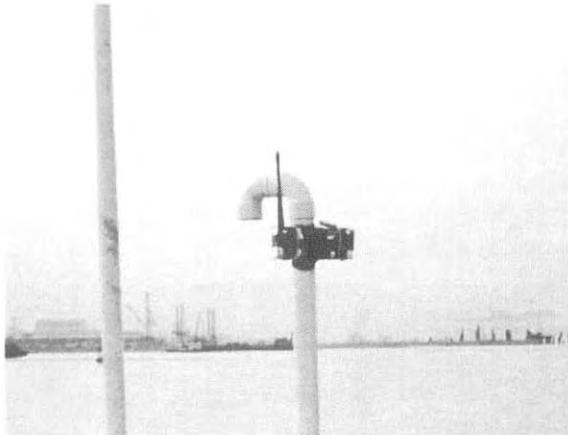
부착한 100mW의 900MHz F-AIS의 송신장치와 2dB 안테나를 부착한 수신 장치에 대해서 해상에서 최대 전파 도달거리를 측정하였다. 실험에는 2척의 소형 해양경찰 합정을 이용하여 한 척에는 송신기를, 다른 한 척에는 수신기를 부착하였고, ECDIS(전자해도)와 레이더를 이용하여 통신 가능거리를 측정하였다.

F-AIS의 이론적인 최대 도달거리는 약 10마일 이상으로 고려되었으나, 실험결과 해상상태에 따라서 약 5~6마일 정도의 전파 도달거리를 획득하여 이론적으로 계산한 LOS 길이와 많은 차이를 나타냈으나, 본 연구와 같이 1~2마일 정도의 범위를 갖는 양식장에 적용하기에는 충분한 성능을 나타냈다.

다른 실험으로서 <그림 3-2-37>과 같이 목포항 부근에서 개발한 F-AIS 송수신 장치가 전자해도에 표시되는 실험을 하였는데, 차량에 F-AIS 송신장치를 부착하고 목포 하당에서부터 영산강 부근을 이동한 결과 <그림 3-2-38>과 같이 전자해도상에 실시간으로 차량의 이동 위치가 나타남을 확인하였다(화면상의 하얀색으로 나타낸 실선).



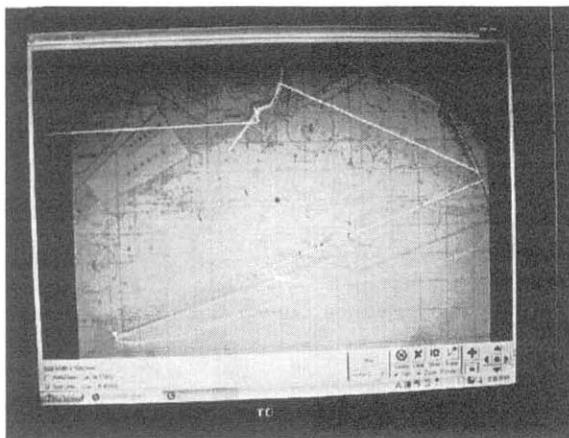
<그림 3-2-35> 해양경찰 합동 실험



<그림 3-2-36> 송신장치 장착 모습



<그림 3-2-37> 실험장소(목포항 부근)



<그림 3-2-38> 전자해도에 나타낸 위치

5. 어장탐지 시스템 개발내용 검토

어장탐지 시스템(FDS)을 개발하기 위하여 양식장을 현장 조사하여 개발할 시스템의 사양을 결정하였고, 레이더 리프렉터의 설치에 관해서 현장실험을 통하여 리프렉터의 효용성과 양식장 적용 여부를 검토하였다.

그리고 FDS의 핵심이 되는 F-AIS를 레이더 응답형과 무선주파수형으로 구분하여 개발한 결과, 레이더 응답형에는 몇 가지 문제점이 발생하였으나, 무선 주파수를 이용한 경우에는 GPS를 이용할 수 있기 때문에 작업선(또는 어선)의 실시간 위치와 시간 등을 추적할 수 있는 장점을 나타냈다.

따라서 본 연구에서는 900MHz 스프레드 스펙트럼 방식의 F-AIS를 집단감시 디지털 시스템에 적용하여 양식장에 들어오는 작업선들의 정체와 위치, 시간 등을 파악토록 하였다.

한편, 초기 연구계획서에 기술한 어장위치 추적 및 감시를 위한 레이더 탐지능력 강화도 평가 및 보완에 있어서는, 본 연구에서 개발한 900MHz F-AIS 시스템이 어장에서 작업하는 선박의 경위도 위치를 집단감시 디지털 시스템으로 전송하기 때문에 별도로 레이더 탐지능력 강화가 필요하지 않게 되었다. 원래의 취지는 레이더만을 이용하는 경우, 양식장에 들어오는 작업선(또는 어선)이 작아서 탐지되지 않을 경우, 이를 방지하기 위하여 레이더 탐지 능력을 강화 시키려 하였으나, 개발한 레이더와 F-AIS가 우수한 성능을 발휘하였기 때문에 레이더 능력을 강화시킬 필요성이 해소되었다.

제3절 레이더 감시 시스템 개발 내용 및 결과

1. 근거리용 고해상 영상신호처리 알고리즘과 하드웨어 개발

가. 레이더 스캔 컨버터의 설계 및 제작

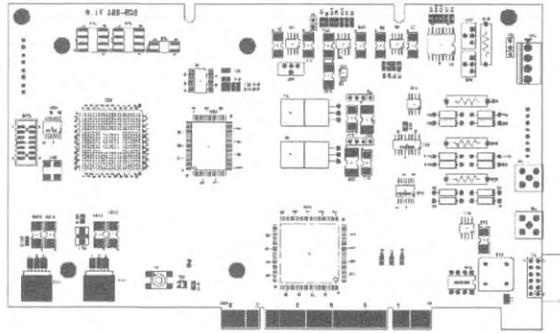
레이더 감시 시스템(RSS)을 개발하기 위해서는 먼저 레이더 스캐너에 입력된 아날로그(Analog) 영상을 디지털(Digital) 신호로 변환하는 레이더 스캔 컨버터(Radar Scan Converter, RSC)가 필요하다. 현재, 전 세계적으로 BARCO사의 RCS가 광범위하게 시판되고 있으나, 가격이 최저 500만원부터 최고 수 억원대에 달하는 고가이기 때문에 영세 어민을 대상으로 하는 본 시스템의 경우에는 저가 국산화가 필요하다.

본 연구에서는 어장감시에 적합한 사양을 도출한 후, 이에 맞는 RSC의 제작을 경기도소재 STX Radar Sys.(주)에 의뢰하여 개발하고, 레이더와의 시스템 실장은 부산에 있는 C-Navi(주)를 통하여 어장 현장에 적합한 형태로 tuning하였다.

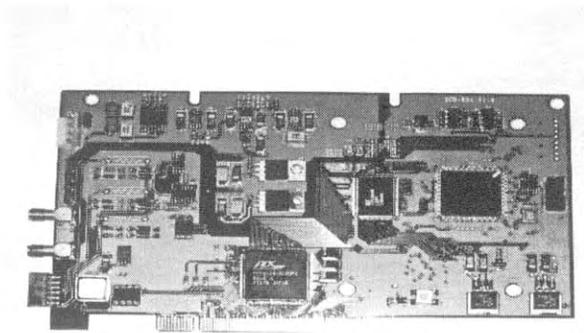
<표 3-3-1>은 본 연구진이 선택한 RSC 요구성능 및 사양이며, 본 연구에 요구되는 RSC의 기능은 일반 ARPA/Radar에 요구되는 RSC와는 달리 수 마일 이내의 어장을 대상으로 하기 때문에 근거리 고해상 능력이 중요하며, 물체탐지 수는 50여개 정도, A/D 샘플링율은 40MHz 정도이다. <그림 3-3-1>은 RSC 개발을 위한 회로기판의 레이아웃(layout)을 나타내고, <그림 3-3-2>는 회로기판의 레이아웃을 기반으로 STX Radar Sys.(주)에서 제작한 RSC의 실물 사진이다.

<표 3-3-1> RSC 개발에 요구되는 성능 및 사양

Radar Interface	Analog Radar Video	<ul style="list-style-type: none"> - Input Level : -10~0V, 0~+10V - Gain : programmable, 256 steps - DC Offset : +/- 5 V or Automatic - Video Polarity : Positive/Negative (선택) - Bandwidth : 20 MHz - Input Impedance : 75 Ohm - Number of Sample per Trigger: 최대 8192개
	Trigger	<ul style="list-style-type: none"> - Level: Single-ended/Differential, 5~24Vpeak - Input Impedance : 75Ohm(Single-Ended), 120 Ohm(Diff.) - Polarity : Active low or high - Pulse Width : 25 ns (Min) - PRF : 100~5000 Hz - Trigger Delay : Programmable, 0~500 usec
	Bearing Signal	<ul style="list-style-type: none"> - Type : 1024~8192 ACP/ARP - Level:Single-Ended/Differential, 5~24Vpeak - Input Impedance : 75 Ohm(Single-Ended), 120 Ohm(Diff.) - Polarity : Active low or high
Radar Data Processing	<ul style="list-style-type: none"> - A/D Sample Rate : 40 MHz (Max) - Sample Resolution : 8 Bits (Max) - VIRTEXII : 신호처리, ADA 제어 및 PCI 제어 - Memory : 32KB FIFO , VIRTEX - 기능 : Trig와 Trig간 시간, 비디오 gain 제어, 트리거 계수,샘플링 속도 제어, 트리거당 샘플 개수 제어 등 	
Control Interface	<ul style="list-style-type: none"> - PCI Bus : PCI Spec Rev. 2.2 	
Indicators	<ul style="list-style-type: none"> - Trig, ACP, ARP, POWER LEDs 	
Data Output	<ul style="list-style-type: none"> - 33MHz 32bit PCI (132MB/s) 	
O/S	<ul style="list-style-type: none"> - Windows 2000, Windows XP, Windows NT, Windows Embedded XP 	
System Requirement	<ul style="list-style-type: none"> - CPU : Pentium II 이상 - Memory : 128MB 이상 - 최소 2배속 이상 CD-ROM - 메인보드 : PCI SPEC 2.1, 2.2 	
Control Option	<ul style="list-style-type: none"> - 비디오 레벨 조정: 비디오 레벨을 가변저항 조정에 의해 2/2.5V Offset에서 -0.625~+0.625사이 값으로 설정 - 입력 비디오 레벨 : 0V~+10V일 경우: -1.25V~0V -> -0.625V~+0.625V <li style="padding-left: 20px;">-10V~0V일 경우: 0V~+1.25V -> -0.625V~+0.625V - 전원 입력 조정: 외부에서 전원을 입력 할 경우 외부전원(5V, 12V)을 인가 전에 접퍼로 연결한 다음 인가 	



<그림 3-3-1> RSC 개발을 위한 Layout

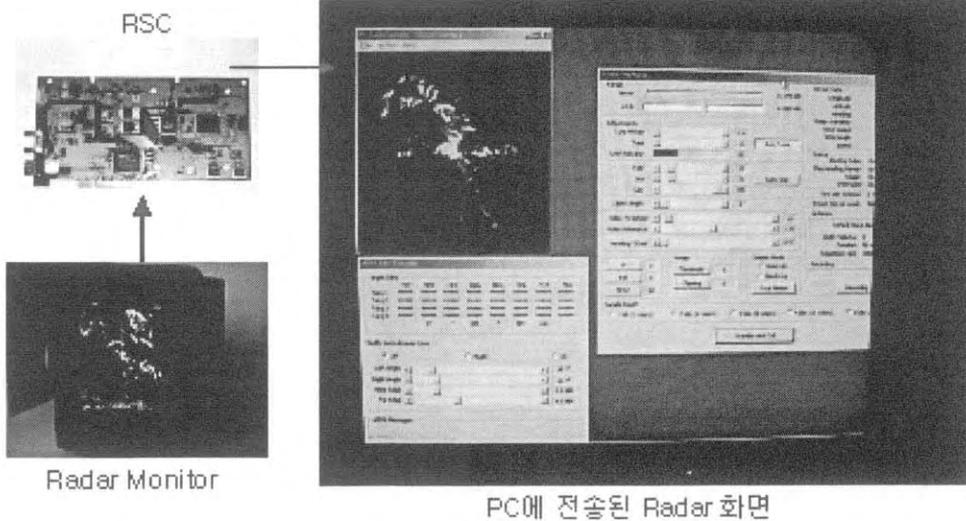


<그림 3-3-2> 개발한 RSC 보드

나. RSC 실험 및 결과

<그림 3-3-3>은 레이더 스캐너에서 획득한 신호를 RSC에서 디지털 영상 정보로 변환시킨 후 PC 모니터에 나타낸 것이다. 실험결과, 개발한 RSC가 정상 작동함을 확인하였으며, 어장 감시 시스템 개발에 요구되는 레이더 정보를 생성할 수 있음을 확인하였다.

그리고 <그림 3-3-3>의 RSC에서 생성한 디지털 영상정보는 뒤에 기술하는 전자해도(ECDIS)에 겹쳐서 나타내야하기 때문에 다양한 소프트웨어 개발이 필요하다. <그림 3-3-4>는 개발한 소프트웨어 중 일부로서, 디지털 레이더 영상 정보를 PC로 전송하기 위한 초기화 프로그램을 나타내며, 그 양이 방대하여 일부 샘플만 나타냈다.



<그림 3-3-3> 개발한 RSC와 디지털 영상 정보를 PC에 전송한 결과

```

if(STX_MODE)
    MyDll=NULL;
    MyDll=LoadLibrary("CLIENT.dll");
    if(MyDll==NULL)
    {   MessageBox("Client.dll not found!");   OnOK();   }
    if(MyDll!=NULL) {
        SetRadarOnline=(DLL_SetRadarOnline)
        GetProcAddress(MyDll,"XSigSetRadarOnline");
        QueryNumOfServers=(DLL_QueryNumOfServers)
        GetProcAddress(MyDll,"XSigQueryNumOfServers");
        GetServerStatus=(DLL_GetServerStatus)
        GetProcAddress(MyDll,"XSigGetServerStatus");
        GetData=(DLL_GetData) GetProcAddress(MyDll,"XSigGetData");
        SetBitmapParms=(DLL_SetBitmapParms)   }
        - 종략 -
        PROCESSING_PARAMETERS propara;
        GetSignalProcessingParameters(&propara,0);
        propara.MotionCompEnabled=false;
        propara.ScanConversionEnabled=true;
        SetSignalProcessingParameters(&propara,0);   }
    
```

<그림 3-3-4> 디지털 레이더 영상 정보를 PC로 전송하기 위한 초기화 프로그램

2. 레이더 영상 및 풍향, 풍속 등 기상정보 전송 인터페이스 제작

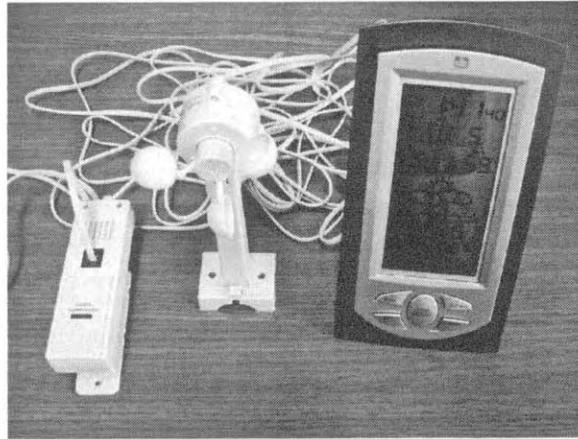
가. 레이더 영상정보 인터페이스

초기 연구계획에서는 레이더 영상을 PC로 전송하기 위한 별도의 인터페이스를 고려하였으나, 시스템을 compact하게 개발하면서 저가 시스템을 구현하기 위하여 RSC 보드를 설계할 때 PC에 집적 장착하는 시스템으로 개발하였기 때문에 레이더 영상을 PC로 전송하기 위한 별도의 인터페이스는 필요하지 않게 되었다.

나. 기상정보 전송 인터페이스

양식장에서는 각종 기상 정보도 어장관리에 유용하기 때문에 초기 실험 단계에서는 <그림 3-3-5>와 같이 온도, 습도, 기압, 풍향, 풍속, 시계 등이 모두 일체화된 미국의 THE WEATHER CHANNEL 사에서 키트(kit)로 판매하는 장치를 이용하여 기상정보 수집 장치를 구성하였다.

그러나 <그림 3-3-5> 장치는 일반 가정용으로 사용하는 것인바, 양식장과 같이 환경이 열악한 장소에서는 염분과 강풍 등으로 일부 센서가 과부하가 걸리는 문제가 발생하였다. 그래서 최종 시스템 구축 단계에서는 일반 소형 요트에 장착하는 <그림 3-3-6>과 같은 해상용 풍향-풍속계를 적용하였고, 기타 온도와 습도, 기압 등은 <그림 3-3-5>의 센서들을 그대로 적용하여 시스템을 최종 구축하였다. 그리고 풍향풍속계의 데이터를 PC로 전송하기 위한 인터페이스는 소프트웨어로 구축하여 PC 내장시켰다. 그 결과는 뒤에 기술하는 최종 시스템 구축 부분에 기술되어 있다.



<그림 3-3-5> 일반용 기상정보 수집장치



<그림 3-3-6> 최종 적용한 풍향-풍속계

3. 해면반사 억제기법 제시

가. X밴드용 전파흡수체를 이용한 방법

연구 초기 단계에서는 가능한 compact한 시스템을 구축하기 위하여 레이더를 소형 어선용 저출력 레이더(FURUNO사)로 선택하였다(그림 3-3-7). 그 결과 소형 어선용 레이더 자체의 해면반사(Sea Clutter) 제어 기능만으로는 레이더 화면 중심 주위에 발생하는 잡음억제를 어장보호 시스템 개발에

요구되는 수준까지 확보할 수 없었다.

이를 위하여 <그림 3-3-8>와 같은 전파흡수체를 스캐너 주위에 부착하여 레이더의 측엽(side lobe)을 줄여서 원점주위의 잡음을 억제하기 위한 방안을 연구하였다. 전파흡수체는 CPE(Chlorinated Poly-Ethylene)를 보지재로 사용하고 페라이트, 카아본 등으로 혼합 구성된 재료를 사용하였다. 그리고 본 실험에서는 <그림 3-3-9>과 같이 현장실험을 위하여 Van 차량에 레이더와 각종 신호처리장치를 장착하여 실험하였다. 실험방법은 <그림 3-3-9>에 나타낸 바와 같이 Van 차량 지붕에 설치한 레이더 스캐너 부분과 레이더 스캐너 하부에 전파흡수체를 부착하여 레이더 화면 중심선 주위의 잡음의 영향과 근거리에서 일어나는 해면 반사파의 부분적인 억압 효과에 대해서 실험하였다. 이러한 연구는 이미 학회에 보고된 것으로서, 충분한 반사파 억제효과가 있는 것으로 보고 되어 있고, 일본의 레이더 제작회사인 KODEN(주)에서 채용하고 있는 기술로서, 2005년 1년간 본 연구진 중 한명의 교수가 일본에 파견되어 기술을 획득한 바 있다.

한편, 레이더 화면 중심점 부근과 같이 근거리에서 일어나는 잡음은 레이더파가 수신될 때 안테나 주위의 장치 구조물에서 산란된 수많은 소파(elementary wave)에 의하여 발생되며, 레이더의 RF단에서 복조하는 과정에서 필터에 의하여 제거될 수 있으나, 근본적으로 완전 억제는 불가능하기 때문에 가능한 소파가 발생하지 않도록 장치를 설계하고 설치하는 것이 더욱 중요하다. 그래서 본 연구에서는 전파흡수체를 이용하는 데는 한계가 있는 것으로 판단되어 최종 연구단계에서는 고성능의 ARPA 기능이 부가된 레이더(그림 3-3-10)를 선정하고, 하기에 기술한 주위 시설물의 배치에 의한 방법 등을 적용하여 근본적으로 소파가 발생하지 않는 방법을 RSS 구축에 적용하게 되었다.

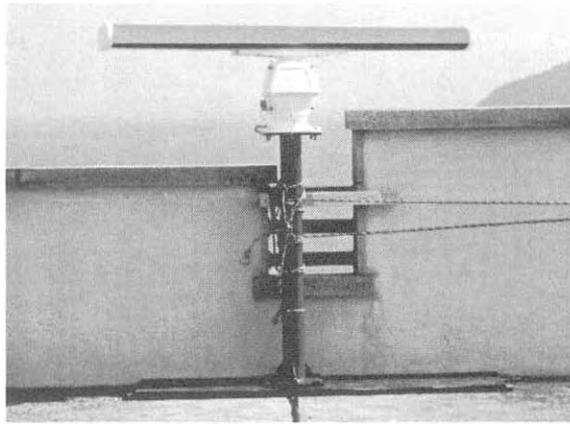
한편, 전파흡수체를 이용한 실험결과를 <그림 3-3-11>과 <그림 3-3-12>에 나타냈는데, <그림 3-3-11>은 전파흡수체를 적용하기 전의 레이더 화면이고, <그림 3-3-12>는 전파흡수체를 적용한 후의 레이더 화면이다. 레이더 중심 부분과 기타 부분의 많은 잡음들이 확연하게 감소되는 현상을 알 수 있으나, 작은 물체는 오히려 탐지하지 못하는 결과를 초래하는 문제점도 보이고 있다. 따라서 상기에서 검토한 바와 같이 근본적으로 잡음을 억제할 수 있는 기술의 개발이 필요한 것으로 실험결과 나타났다. 그 내용은 하기에 기술하였다.



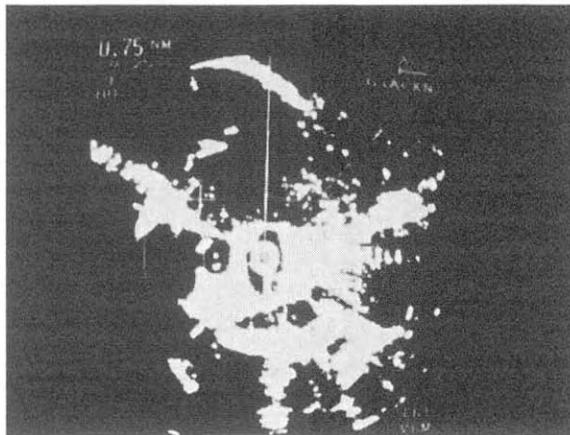
<그림 3-3-7> 어선용 소형 레이더 <그림 3-3-8> 실험에 사용한 전파 흡수체



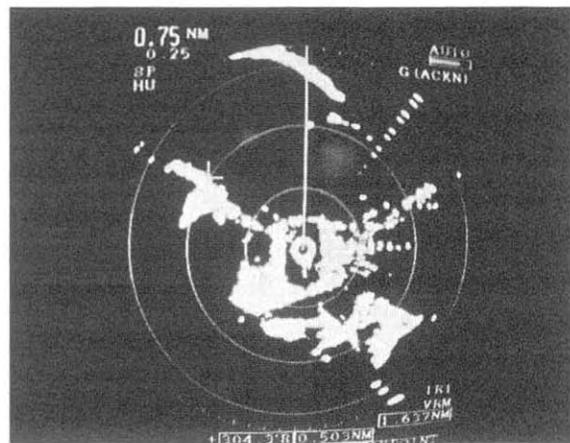
<그림 3-3-9> 전파흡수체 부착위치



<그림 3-3-10> 최종 선정된 ARPA 레이더



<그림 3-3-11> 전파흡수체 부착 전



<그림 3-3-12> 전파흡수체 부착 후

나. 지형지물을 이용한 방법

위에서 기술한 전파흡수체를 사용하지 않고, 지형지물을 이용하여 반사파를 억제하는 기술도 연구하였는데, 전파경로와 후레넬 존(Fresnel Zone, FZ)에 대한 이론을 근거로 연구하였다. VHF대 이하의 주파수대에서는 크게 문제되지 않지만, UHF대 이상의 주파수대를 이용하는 마이크로파대 구간에서는 전파경로에서 발생하는 반사파가 심각한 영향을 가져오며, 특히, 레이더 통신망에 있어서 근거리 해면 반사파는 직접파 보다 더 강한 강도로 수신되는 경우도 있다. 한편, 근거리에서 강한 해면반사파를 억제하기 위하여 STC 회로를 두고 있지만, 강한 반사파를 억제하는 반면 <그림 3-3-11>과 <그림 3-3-12>에 나타낸 바와 같이 물표 탐지 성능을 저하시키는 결과를 초래하는 문제점도 발생시킨다.

가시거리 통신이 이루어지기 위해서는 송수신점 A와 B를 연결하는 직선과 지형지물간에는 어느 정도 이상의 일정한 간격(Path Clearance, PC)를 가져야 하는데, X-밴드와 같은 마이크로파대 통신에서는 송신출력이 비교적 작을 뿐만 아니라 파장이 짧기 때문에 전파경로상 지형지물 등의 장애물이 있을 경우에 커다란 회절손실을 가져온다. 따라서 두지점간에는 장애물이 없도록 레이더 통신망을 구축할 필요가 있으며, 완전한 자유공간 전파가 현실적으로 어렵거나 경제적인 설계가 요구되는 경우에는 기술적으로 제한된 범위 내에서 최소한의 Path Clearance를 가질 수 있도록 설계할 필요가 있다.

우선, <그림 3-3-13>과 같은 전파환경에 놓여진 경우, 전파경로상 장애가 예상되는 봉우리를 C로 두고 Clearance 계산을 하면 다음과 같다.

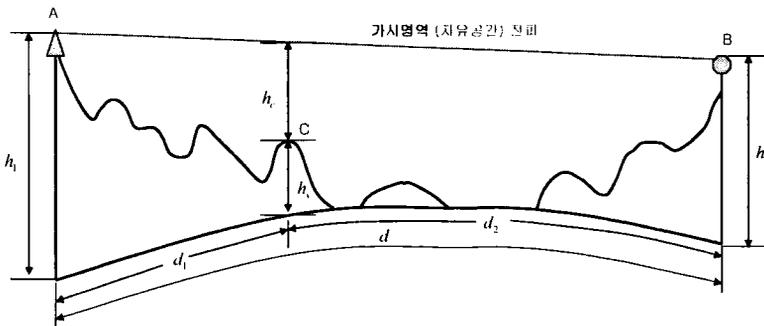
일반적으로 Clearance 계산에는 지구가 둥글기 때문에 생기는 지구돌출 높이와 전파의 굴절에 따른 지구등가 반경계수를 고려하여야 하는데, <그림 3-3-13>에서 Clearance 높이 h_c 는 다음 식(4)과 같이 주어진다.

$$h_c = h_1 - \frac{(h_1 - h_2)d_1}{d} - \frac{500d_1d_2}{KR} - h_s [m] \quad (4)$$

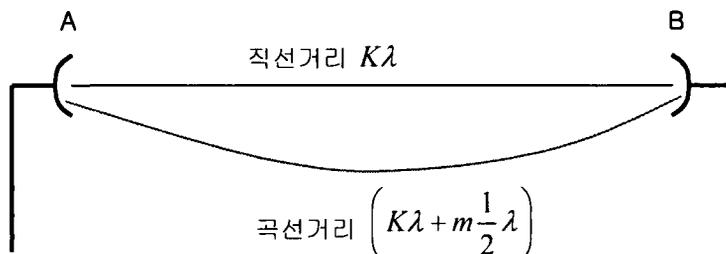
여기서, h_1 : A Site 안테나 해발고, h_2 : B Site 안테나 해발고, d_1 : A Site - 임의의 장애점간의 거리, d_2 : B Site - 임의의 장애점간의 거리, K : 지구등가반경 계수, R : 지구의 반경 6,370km, h_s : 장애물 해발고.

한편, <그림 3-3-14>에서와 같이 Site A와 Site B간에 마이크로파 통신을 한다고 하였을 때 A, B 구간을 진행하는 전파의 경로는 가장 가까운 직선으로 진행하는 전파도 있겠지만 곡선으로 진행하는 전파도 존재하게 되며, <그림 3-3-13>에서 직선거리 $K\lambda$ 와 곡선거리 $K\lambda + m\frac{1}{2}\lambda$ (여기서, $m=1, 2, \dots$)의 차이가 반파장($m=1$)이 되는 곡선구간까지의 영역을 제1후레넬 존(First Fresnel Zone)이라고 하며 한파장이 되는 곡선구간까지의 영역을 제2후레넬 존이라고 한다.

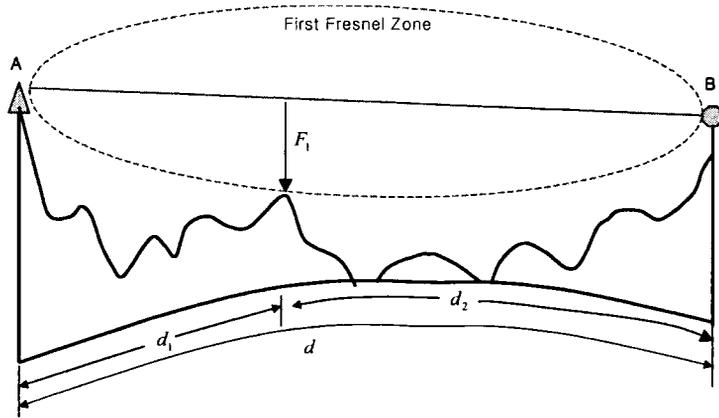
따라서 Site A와 Site B를 기준으로 한 d_1 또는 d_2 의 거리별 제1후레넬 존의 구성은 <그림 3-3-15>와 같은 타원의 형태를 갖게 되며, 제1후레넬 존에서는 B Site에 도달하는 모든 전파는 합성되어 전계강도는 강해지며, 영역 내에서 반사되어 수신되는 반사파의 영향을 크게 받게 된다. 한편 제2후레넬 존은 경로차이가 반파장에서 한파장 이하의 부분으로 B Site에 도달하는 전파는 서로 상쇄되어 전계강도는 약해진다.



<그림 3-3-13> 제1 FZ와 PC



<그림 3-3-14> 전파경로와 FZ



<그림 3-3-15> 제1 FZ

이러한 후레넬 반경은 VHF대 이상의 주파수대에서 가시거리 통신망을 구성하여야 하는 경우, 안테나 높이를 조절하거나 지표반사 또는 해면반사 등 반사파의 영향을 억제시키고 회절손실 등을 계산할 때 가장 기본적인 요소가 되며, 특히, 가시거리 통신인 경우에는 비록 기하학적으로는 가시거리라고 할지라도 전파전파의 차원에서 전파경로상에 장애물이 있다고 가정할 때에는 장애물의 높이에 따라 짝수의 후레넬 존까지만 통과시키게 될 경우가 있는데, 이 경우에는 장애물이 없는 곳에 발생하는 순수한 자유공간 손실보다도 더 많은 손실을 가져오므로 주의를 기울일 필요가 있다.

한편, 후레넬 반경에 대한 일반적인 산출식은 여러 가지 문헌에서 찾아볼 수 있으나 여기에서는 실용적으로 이용되는 거리와 주파수 단위를 기준으로 나타내고자 한다.

① 제1후레넬 반경 (F_1)

$$F_1 = \frac{17.2}{\sqrt{f}} \sqrt{\frac{d_1(d-d_1)}{d}} = \sqrt{\frac{300d_1(d-d_1)}{fd}} [m] \quad (5)$$

여기서, f [GHz]는 주파수를 나타내고, d, d_1 은 [km] 단위를 사용.

② 제2후레넬 반경 (F_2)

$$F_2 = \sqrt{2}F_1 \quad (6)$$

만일, 사용되는 전파의 파장 λ 가 구간거리 d_1 에 비하여 아주 짧거나, 송신 또는 수신점에 가까운 거리에서 F_1 은 $F_1 \approx \sqrt{\lambda \cdot d_1}$ 로 된다.

④ 후레넬 반경 계산의 예

A Site와 B Site 구간에서 임의의 지점 C에 조그만 전파장애물이 있다고 할 때 이 지점에서의 후레넬 반경을 계산해보면(여기서 사용주파수는 S밴드(2.9GHz)와 X밴드 (9.4GHz)의 두 가지 경우로 가정함),

S밴드의 경우

$$F_1 = \sqrt{\frac{300 \times 0.1 \times 1.852 \times 2.9 \times 1.852}{2.9 \times 3.0 \times 1.852}} = 4.30\text{m},$$

$$F_2 = \sqrt{2}F_1 = 6.08\text{m}, \quad F_3 = \sqrt{3}F_1 = 7.45\text{m}$$

X밴드의 경우

$$F_1 = \sqrt{\frac{300 \times 0.1 \times 1.852 \times 2.9 \times 1.852}{9.4 \times 3.0 \times 1.852}} = 2.39\text{m},$$

$$F_2 = \sqrt{2}F_1 = 3.38\text{m}, \quad F_3 = \sqrt{3}F_1 = 4.14\text{m}$$

즉, S밴드와 X밴드 두 가지 주파수대의 경우를 비교하여볼 때 같은 구간이라 할지라도 후레넬 반경은 높은 주파수대에서 작게 나타나고 있음을 알 수 있다. 일반적으로 레이더 통신망과 같은 마이크로파대의 통신망을 구성할 경우에는 전파경로상 장애물들이 제1후레넬 존을 가리지 않는 경로를 선택하는 것이 원칙이나 부지확보 또는 예산문제상 우선적으로 건물 높이 등이 정하여지는 경우에는 원활한 전파경로 구성이 현실적으로 어려우며, 이러한 경우 많은 비용을 투자하여 전파경로상에서 발생할 수 있는 문제점들을 모두 배제시킬 수도 있겠지만 회선의 신뢰도와 경제성을 고려할 때 반드시 그렇게 할 필요는 없으나 전파경로상의 손실을 고려하여 레이더망을 구축할 필요가 있다.

가시거리 통신망 구성과 관련하여 CCIR에서 권고하고 있는 최소한의 허용 후레넬 존은 다음과 같다.

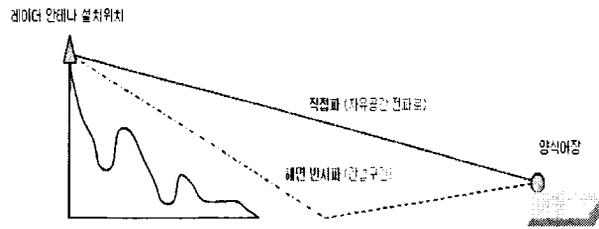
1 GHz 이하 : $F_1(K=\frac{4}{3})$ 이상,

1~7GHz : $0.3F_1(K=\frac{2}{3})$ 이상,

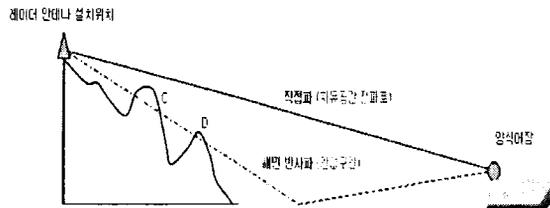
7GHz 이상 : $0.58F_1(K=0.7)$ 이상.

다. 해면반사와 억제 대책

<그림 3-3-16>과 <그림 3-3-17>는 지형지물을 이용하여 반사파를 억제하는 방법의 하나를 나타냈다. 레이더 안테나 설치위치를 적절하게 선택함으로써 <그림 3-3-17>의 C 및 D지점과 같은 지형지물에 의하여 불요 반사파를 억제할 수 있도록 조치한 것으로, 만일 레이더 설치장소를 그대로 두고 안테나 설치높이를 낮추어 C 및 D와 같은 지형지물을 이용할 수 있다면 하나의 좋은 반사파 억제방안이 된다.



<그림 3-3-16> 해면반사의 형태



<그림 3-3-17> 장애물 이용한 반사파 억제방안

라. 관측차량의 도입 및 레이더 감시시스템의 설치

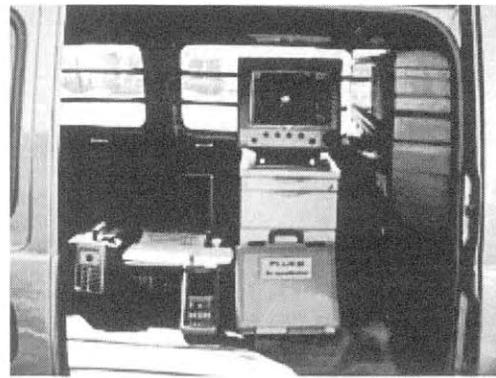
본 연구에서는 스타렉스 밴(Van)을 이용하여 지붕에 레이더 스캐너를 설

치하고, 화물칸에 각종 레이더 측정 장비를 설치하여 실험에 사용하였는데, 레이더 높이에 따른 영향을 실험하기 위하여 레이더 스캐너는 탈부착식으로 제작하였다.

<그림 3-3-18>는 개발한 레이더 자동차의 외관, <그림 3-3-19>은 화물칸 내부에 장착한 레이더 감시시스템 및 각종 측정설비이며, 차량에서 전원은 자가 발전기를 이용하였다. 다양한 양식어장을 순회하면서 최적 레이더 시스템 구축을 위한 실험평가에 대단히 유용하게 사용하였다.



<그림 3-3-18> 시험용 레이더 차량



<그림 3-3-19> 레이더 차량 내부의 장비

4. 고해상 영상처리 알고리즘의 개발

가. 고해상 영상처리 알고리즘 이론

본 연구에서는, 다음 식(7)과 같은 시스템을 대상으로 한다.

$$\begin{aligned} x(k+1) &= \Phi(k) x(k) + \omega_k; \quad \Phi(n \times n) \\ y(k) &= C x(k) + v_k; \quad C(l \times n) \end{aligned} \quad (7)$$

단, $x(k) \in R^n$, $y(k) \in R^l$ 는 각각 시스템의 상태변수와 출력 벡터를 나타내고 Φ 는 상태전이행렬을, C 는 측정행렬(measurement matrix)을 의미한다.

ω_k, v_k 는 화이트 노이즈(white gaussian noise)로써 각각 시스템잡음과

측정 잡음을 나타내고 다음 조건을 만족한다.

$$\begin{aligned} \omega_k &\sim N(0, Q_k) \\ v_k &\sim N(0, R_k) \end{aligned} \quad (8)$$

식(8)에서 시스템 잡음과 측정 잡음은 평균이 0이고 공분산값이 각각 Q_k, R_k 라는 것을 의미하고, 상태변수의 초기값 $x_0 = x(0)$ 와 각 단계에서의 잡음과는 선형독립적인 관계를 갖는 것으로 한다. 그리고 상태변수의 초기치와 그 기대치는 다음의 조건을 만족한다.

$$\begin{aligned} E[x(0)] &= x_m(0) \\ E[x(0) - x_m(0)][x(0) - x_m(0)]^T &= P_0 \end{aligned} \quad (9)$$

상태변수의 추정치 $\hat{x}(k)$ 와 실제 상태변수의 값 $x(k)$ 와의 추정오차 $e = \hat{x}(k) - x(k)$ 에 대해서,

$$P(k) = E[e(k) e(k)^T]: (n \times n) \quad (10)$$

를 최소화하는 최적의 추정치를 구하는 문제를 생각할 수 있다. 이러한 최적의 추정치는 칼만필터,

$$\hat{x}(k+1) = \Phi(k) \hat{x}(k) + K_k(z(k) - C \hat{x}(k)) \quad (11)$$

로 주어지고, 칼만필터 게인 K_k 는,

$$K_k = P_k^- C^T (C P_k^- C^T + R)^{-1} \quad (12)$$

로부터 구할 수 있고, 상태변수의 추정오차에 대한 공분산 행렬은 다음과 같이 갱신할 수 있다.

$$P_k = (I - K_k C) P_k^- \quad (13)$$

단, P_k, P_k^- 는 각각 $P(k), P(k-1)$ 을 의미함.

위에서 살펴본 칼만 필터의 설계수순을 정리하면 먼저, 상태변수의 초기값과 실제 값과 초기치 값과의 기대치에 대한 초기값을 다음과 같이 추정한다.

$$\begin{aligned} \widehat{x}_0 &= C\widehat{y}_0 \\ P_0 &= \begin{bmatrix} \varepsilon & 0 \\ 0 & \varepsilon \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (14)$$

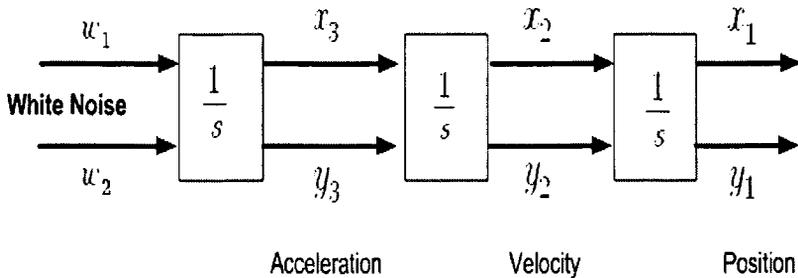
다음으로

$$\begin{aligned} \widehat{x}_k^- &= A\widehat{x}_{k-1} \\ P_k^- &= AP_{k-1}A^T + Q \end{aligned} \quad (15)$$

을 이용하여 상태변수 \widehat{x}_k^- 와 P_k^- 를 각각 예측한 후, 식(15)와 식(11)을 이용하여 상태변수의 추정치를 계산하고, 최종적으로 상태추정오차에 대한 공분산을 식(13)과 같이 갱신한다.

나. 칼만 필터의 적용

칼만 필터의 설계 절차에 따라 복수개의 가속도계 모델에 대한 상태추정을 하고자한다. 본 연구에서는 <그림 3-3-20>과 같이 백색잡음을 동반한 위치-속도-가속도(PVA: Position-Velocity-Acceleration) 모델 두 개(x, y)에 대한 위치, 속도 추정문제에 칼만 필터를 적용한다. 단, 위치와 속도정보는 측정 가능한 것으로 가정하고, x_1, y_1 은 물표의 위치, $x_2 = \dot{x}_1, y_2 = \dot{y}_1$ 는 물표의 속도, $x_3 = \ddot{x}_2 = \ddot{x}_1, y_3 = \ddot{y}_2 = \ddot{y}_1$ 는 물표의 가속도를 의미한다.



<그림 3-3-20> 백색잡음을 동반한 x, y 물표(가속도시스템)

<그림 3-3-20>의 대상물을 각각 x, y 라하고, 연속시간영역에서 상태변수를 $x(t) = [x_1, x_2, x_3]^T, y(t) = [y_1, y_2, y_3]^T$ 라고 하면 식(16)과 식(17)

과 같이 표현된다.

$$\begin{aligned} \dot{x} &= \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \omega_1; \quad \omega_1 := A_1 x + b_1 \omega_1 \\ z_1 &= \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix} v_1; \quad v_1 := C_1 x + v_1 \end{aligned} \quad (16)$$

$$\begin{aligned} \dot{y} &= \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} y + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \omega_2; \quad \omega_2 := A_2 y + b_2 \omega_2 \\ z_2 &= \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} y + \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix} v_2; \quad v_2 := C_2 y + v_2 \end{aligned} \quad (17)$$

각각의 시스템 간의 간섭이 없다고 가정하고, $q(t) = [x_1, x_2, x_3, y_1, y_2, y_3]^T$, $z(t) = [z_1, z_2]^T$ 로 하여 이산화 (샘플링 시간 = T)하면 식(18)의 결과를 얻을 수 있다.

$$\begin{aligned} q(k+1) &= \begin{bmatrix} \Phi_1 & 0 \\ 0 & \Phi_2 \end{bmatrix} q(k) + \begin{bmatrix} Q_{d1} & 0 \\ 0 & Q_{d2} \end{bmatrix} \\ z(k) &= \begin{bmatrix} C_1 & 0 \\ 0 & C_2 \end{bmatrix} q(k) + v(k) \end{aligned} \quad (18)$$

단, Φ_i 는 식(19)와 같다.

$$\Phi_i = \exp(A_i T) = \begin{bmatrix} 1 & T & T^2/2 \\ 0 & 1 & T \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (19)$$

연속시간영역에서의 프로세스잡음을 $Q_{ci} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & q_{ci} \end{bmatrix}$ 라 하면, 이산화영역에서의 프로세스잡음은 식 (20)과 같이 구할 수 있다.

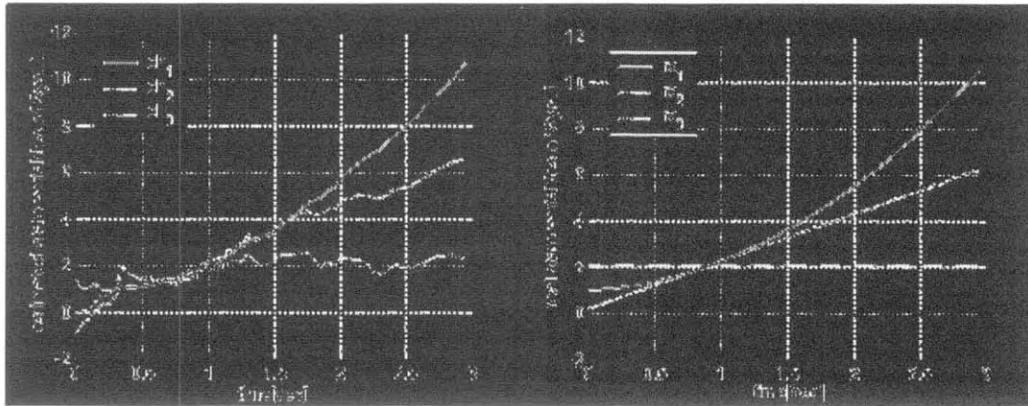
$$\begin{aligned} Q_{di} &= \int_0^T \exp(A_i \tau) Q_{ci} \exp(A_i^T \tau) d\tau \\ &= \begin{bmatrix} T^5/20 & T^4/8 & T^3/6 \\ T^4/8 & T^3/3 & T^2/2 \\ T^3/6 & T^2/2 & T \end{bmatrix} q_{ci} \end{aligned} \quad (20)$$

다. 다물체의 위치·속도 추정 시뮬레이션

<그림 3-3-20>과 같은 모델에 대하여 칼만필터 기법을 적용하여 위치와 속도 추정 시뮬레이션을 행하기 위해, 두 물체의 상태변수의 초기값은 $q(0) = [1, 0, 2, 0, 1, 1]^T$ 로 하였고, 프로세스잡음 및 참값과 추정치의 초기 오차는 각각 $q_{ci} = 0.5$, $P(0) = 2 \times I_6$ 로 설정하였다(단, I_6 는 단위행렬을 의미하고, 샘플링 시간은 $T = 0.05[s]$ 로 설정).

상기와 같은 초기값 및 추정 프로세스를 적용하여 행한 시뮬레이션의 결과를 <그림 3-3-21>부터 <그림 3-3-24>에 나타냈다.

<그림 3-3-21>의 (a)는 프로세스 잡음이 있는 상태에서 칼만필터를 적용한 물표(x) 위치, 속도의 추정값(\hat{x})을 나타내고 있고, <그림 3-3-21>의 (b)는 프로세스 잡음이 없을 경우의 실제 위치, 속도, 가속도 값을 나타내고 있다. 시간이 지남에 따라 (a)의 추정값이 (b)의 실제값에 수렴해 가고 있음을 알 수 있다.



(a)

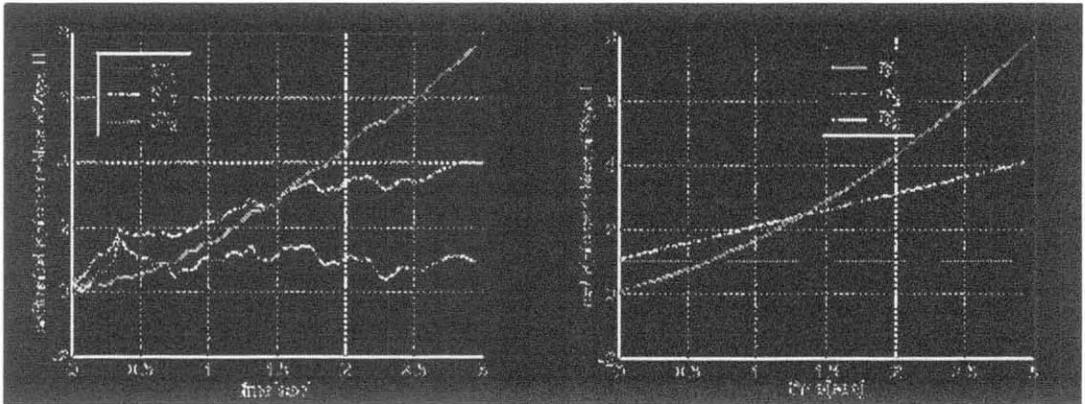
(b)

<그림 3-3-21> 'x' 물표의 추적결과

<그림 3-3-22>의 (a)는 칼만필터를 적용한 물표(y) 위치, 속도의 추정값(\hat{y})을 나타내고, <그림 3-3-22>의 (b)는 프로세스 잡음이 없을 경우의 실제 위치, 속도, 가속도 값을 나타내고 있다. <그림 3-3-23>은 관측잡음이 있는 경우와 없는 경우에서의 시스템의 출력결과를 나타낸 것으로, <그림 3-3-23>

의 (a)는 관측잡음이 있는 경우의 결과이고, <그림 3-3-23>의 (b)는 칼만필터를 적용한 상태변수 추정치로부터의 시스템 출력 값을 나타낸다.

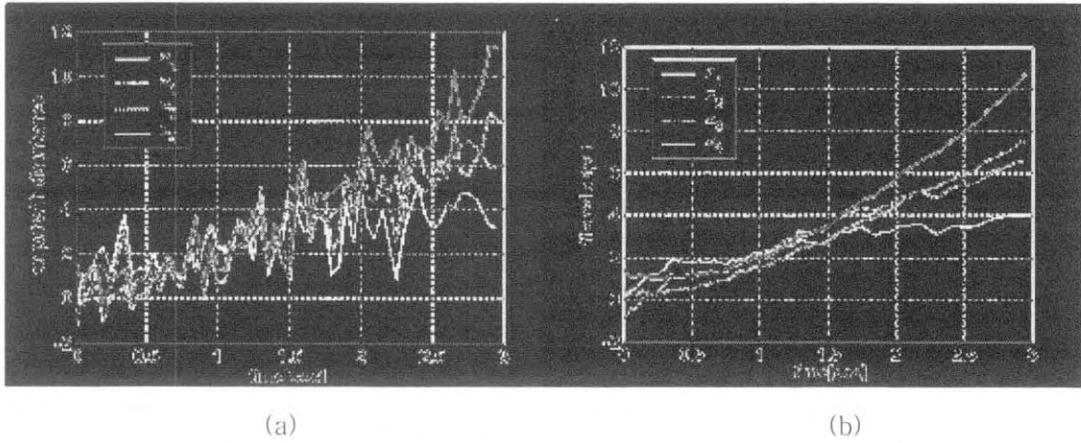
<그림 3-3-24>은 잡음이 없을 경우의 상태변수의 참값과, 잡음이 있을 경우 칼만필터를 적용한 상태변수 추정치와의 오차 값을 나타낸 것으로, <그림 3-3-24>의 (a)는 물표 'x'에 대한 오차 값($e_x = x - \hat{x}$)의 결과를, <그림 3-3-24>의 (b)는 물표 'y'에 대한 오차 값($e_y = y - \hat{y}$)을 나타내고 있다. 따라서, <그림 3-3-24>의 (a)와 (b)로부터 초기오차를 가진 상태에서도 시간이 지남에 따라 추정값이 발산하지 않고 실제값에 양호하게 추종하고 있음을 알 수 있다.



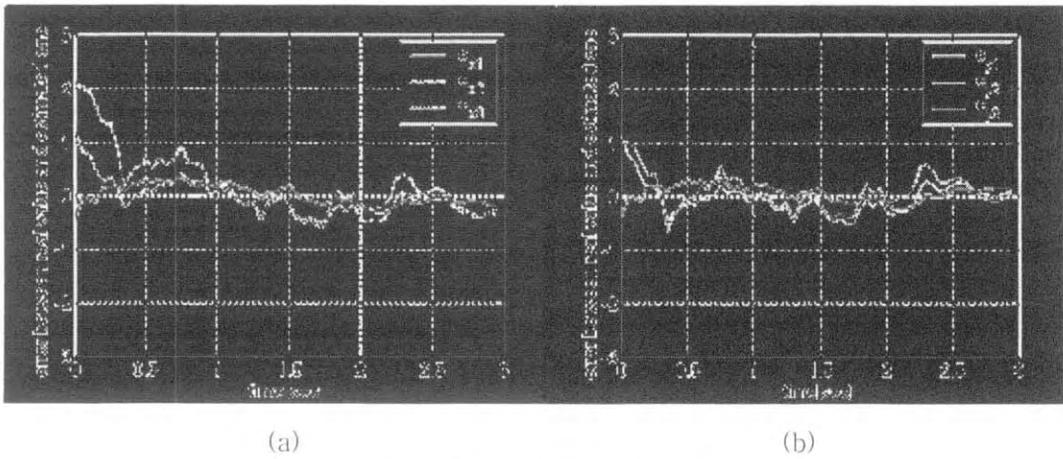
(a)

(b)

<그림 3-3-22> 'y' 물표의 추적결과



<그림 3-3-23> 시스템 출력



<그림 3-3-24> 물표 추적 오차

5. 최적 레이더 사이트 설계 및 시작품 제작

가. 최적 레이더 사이트 설계

이미 위의 '3. 해면반사 억제기법 제시'에서 기술한 바와 같이, 레이더의

최적 설치위치를 선정하는데 있어서는 마이크로파대 구간에서 심하게 발생하는 전파경로상의 심각한 영향을 고려하는 방법이 있다. 레이더 통신망에 있어서 근거리 해면 반사파는 직접파 보다 더 강한 강도로 수신되는 경우도 있는데, 근거리에서 강한 해면반사파를 억제하기 위하여 STC 회로를 두고 있지만, 강한 반사파를 억제하는 반면 물표 탐지 성능을 저하시키는 결과를 초래하고 있다. 따라서 가시거리 통신이 이루어지기 위해서는 송수신점 A와 B를 연결하는 직선과 지형지물간에는 어느 정도 이상의 일정한 간격(Path Clearance)을 가져야 한다.

그러나 X-밴드와 같은 마이크로파대 통신에서는 송신출력이 비교적 작을 뿐만 아니라 파장이 짧기 때문에 전파경로상 지형지물 등의 장애물이 있을 경우에 커다란 회절손실을 가져오기 때문에 본 연구에서는 두지점간에 장애물이 없도록 레이더 통신망 구축을 고려함과 동시에 완전한 자유공간 전파가 현실적으로 어렵거나 경제적인 설계가 요구되는 경우도 고려하여 기술적으로 제한된 범위 내에서 최소한의 Path Clearance를 가질 수 있도록 설계하였다.

그리고 레이더의 높이는 다음 식(21)과 같은 레이더 탐지거리 공식에 의하여 어장을 집단 감시할 수 있도록 결정하였다.

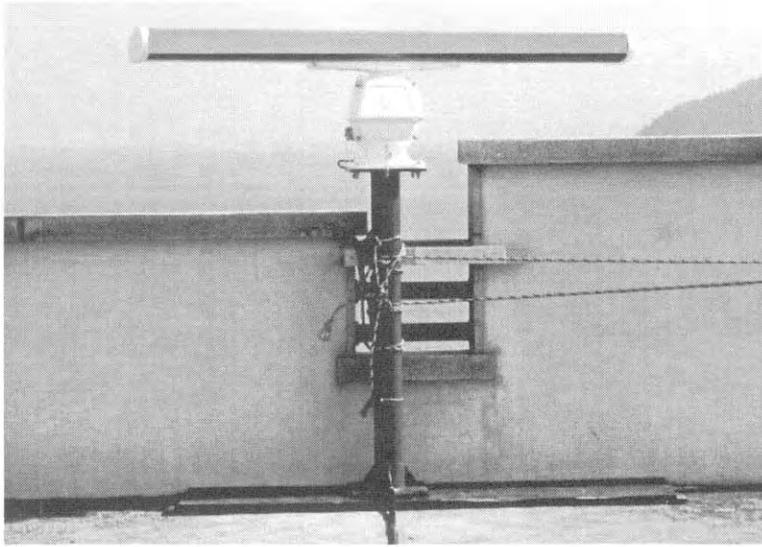
$$R(\text{mile}) = 2.21\sqrt{h} + 2.21\sqrt{H} \quad (21)$$

여기서, $h[m]$ 는 레이더 스캐너 높이, $H[m]$ 는 물표의 높이.

나. 시제품 제작

<그림 3-25>는 Path Clearance를 고려하여 레이더 안테나를 설치한 상태를 보여 주고 있다. 레이더 안테나를 설치한 장소는 3층 건물로서 해발 10m 정도에 위치해 있고, 레이더 앞에 장애물이 없기 때문에 위에서 검토한 Path Clearance를 대단히 우수하게 확보할 수 있다.

한편, 최종 연구단계에서는 콘크리트 지지대를 세워서 강풍과 외부인에 의한 훼손이 불가능하도록 고정시켰다.



<그림 3-3-25> 레이더 안테나가 설치된 임시위치

6. 통신방식과 레이더 영상처리방식을 혼합한 고신뢰 시스템개발

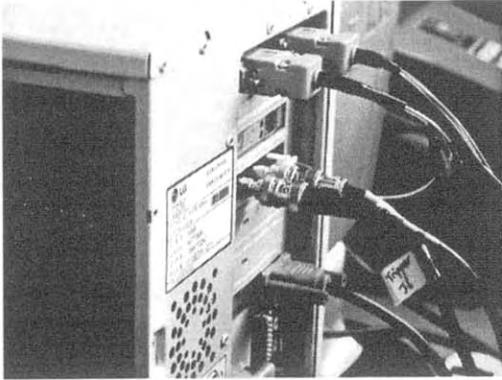
가. 개요

통신방식(앞에서 기술한 900MHz F-AIS 시스템을 의미)과 레이더 영상처리를 동시에 수행함으로써 시스템을 간단히 구축할 수 있고, 이로부터 시스템의 저가화와 고신뢰성 시스템 구축을 구현하도록 시스템을 구축하였다.

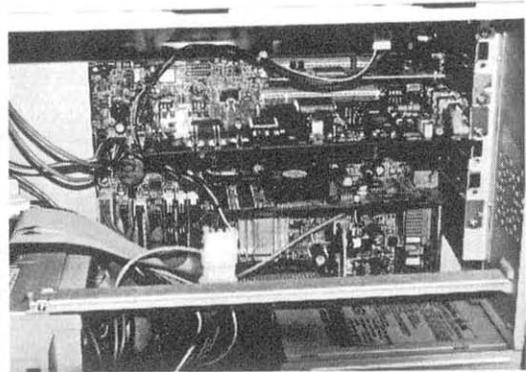
나. 레이더 영상처리부분

<그림 3-3-26>는 레이더 영상처리 부분의 인터페이스 부분을 나타내고, <그림 3-3-27>는 레이더 영상처리 결과를 나타내며, <그림 3-3-28>은 레이더 영상에 나타난 물표를 전자해도에 표시하기 위한 시스템 구성도를 나타내고, <그림 3-3-29>은 레이더 영상처리결과를, <그림 3-3-30>은 전자해도, <그림 3-3-31>는 레이더 안테나, <그림 3-3-32>은 레이더 영상처리 인터페이스 부분을 나타낸다.

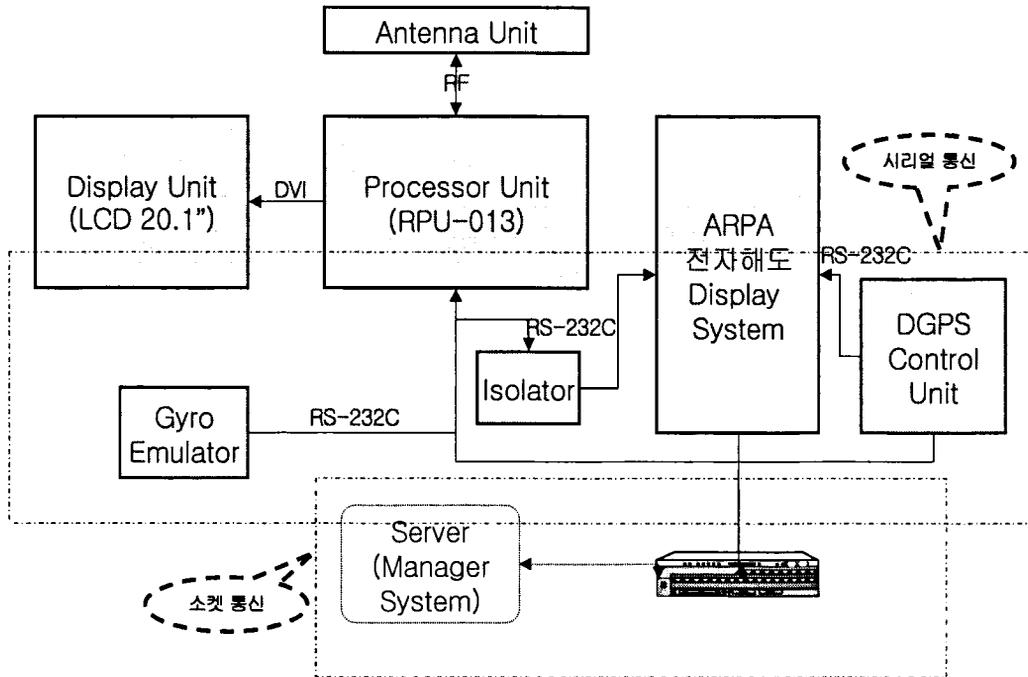
여기서, 1차년도에는 앞서 기술한 바와 같이 소형 어선용 레이더를 적용하여 실험하였는데, 실험결과 문제를 해결하기 위한 부가적인 노력과 비용이 오히려 레이더 가격 대비 대단히 저효율적임을 확인한 바 있다. 그래서 2차년도 연구에서는 5kW급 선박용 ARPA-레이더를 사용하였는데, ARPA-레이더는 일반 레이더와 달리 물표를 정밀 추적해야하기 때문에 해상도와 분해능이 높아서 본 연구의 목적인 양식장 도적과 같이 작은 물체 탐지에 적합한 것으로 검토되었다. 또한 ARPA-레이더에는 AIS(Automatic Identification System)의 정보를 레이더 화면에 표시하는 기능이 있기 때문에 어장근처를 항해하는 선박도 본 연구에서 개발한 시스템에서 탐지할 수 있기 때문에 어장 부근의 종합적인 정보를 확인할 수 장점이 있다.



<그림 3-3-26> 네트워크 구축 사진

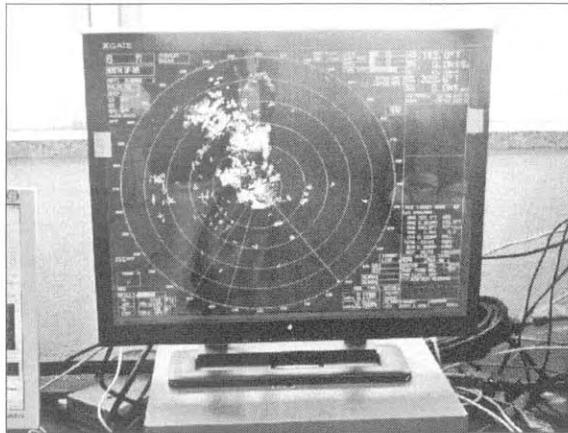


<그림 3-3-27> 실제 장치의 내부 예

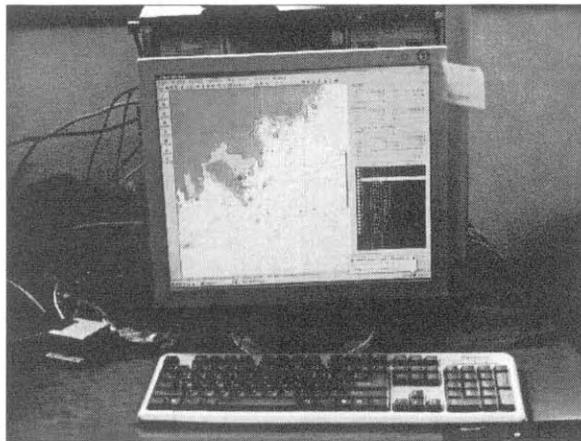


<그림 3-3-28> 레이더 영상처리 구성도

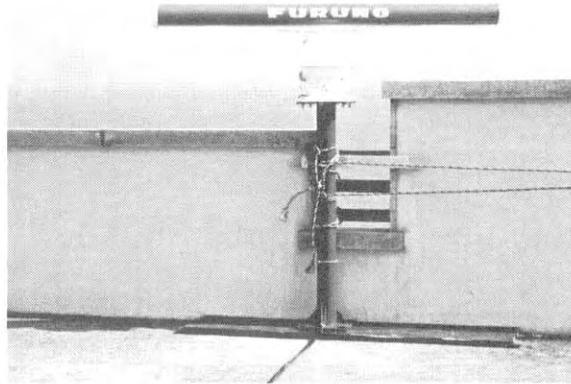
<그림 3-3-29>은 본 시스템을 tuning한 부산 영도구 소재의 C-Navi(주)에서 1차 실험한 결과를 나타내는데, 고화질의 선명한 화상을 나타내고 있으며, <그림 3-3-30>의 전자해도는 부산항 부근을 나타내고, <그림 3-3-31>는 현장 실험한 진도군 보전리 회관 옥상에 설치한 레이더 안테나 부분을 나타내며, <그림 3-3-32>은 레이더 영상처리 인터페이스 부분을 나타낸다. 이러한 개별 시스템의 동작상태를 우선 점검하여 진도군 보전리 양식장으로 모두 이송한 후 최종 단계에서 어장 도적 감시 시스템을 구축하였다.



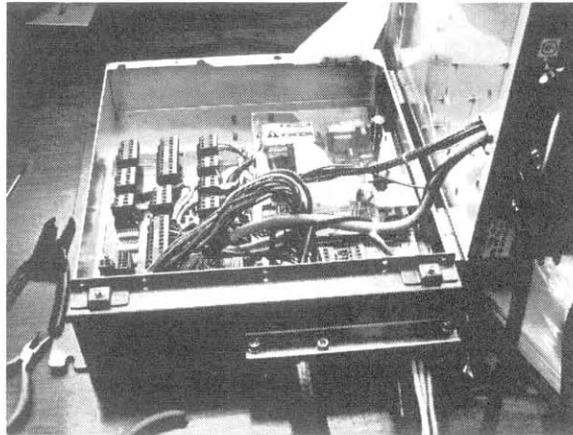
<그림 3-3-29> 레이더 영상처리 결과



<그림 3-3-30> 전자해도



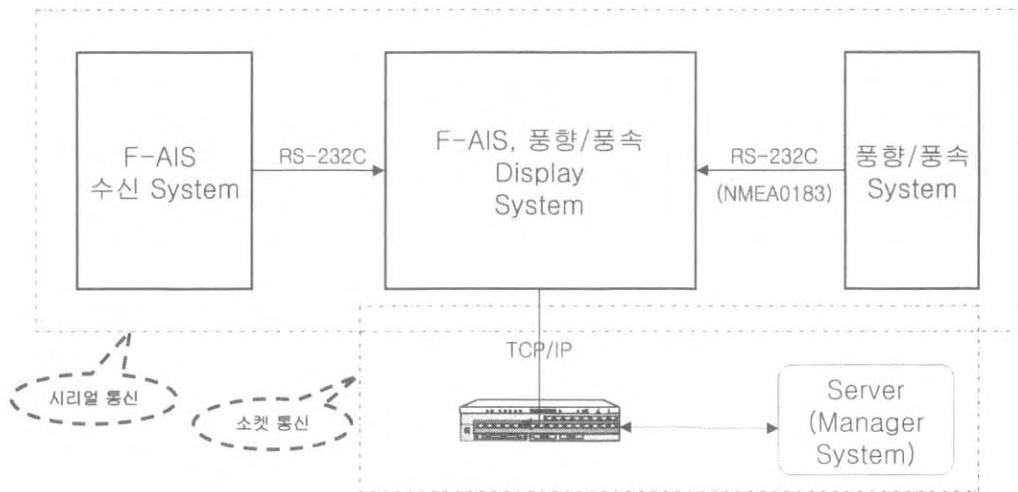
<그림 3-3-31> 레이더 안테나(임시)



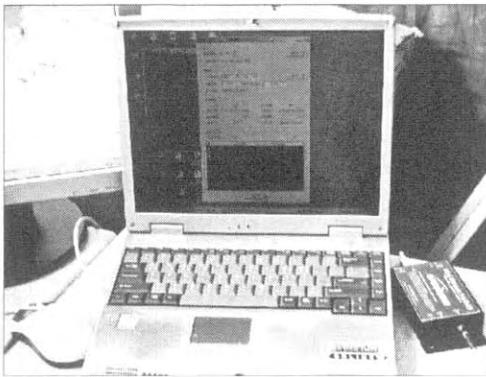
<그림 3-3-32> 레이더 영상 인터페이스 부

다. 900MHz F-AIS 부분

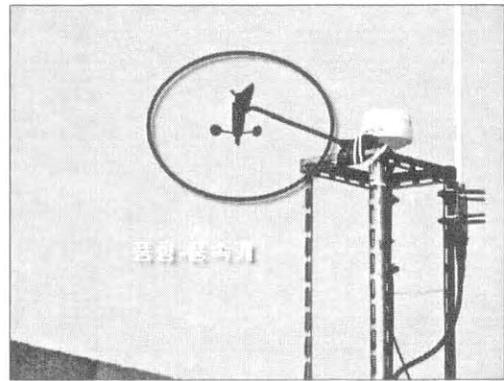
<그림 3-3-33>은 900MHz F-AIS 수신 시스템과 풍향/풍속계 정보수신 시스템을 나타내고, <그림 3-3-34>는 900MHz F-AIS 수신 결과를 노트북에 표시한 것이며, <그림 3-3-35>은 풍향/풍속계를 장착한 모습이다.



<그림 3-3-33> 900MHz F-AIS 수신 시스템과 풍향/풍속계 정보수신 시스템



<그림 3-3-34> 900MHz F-AIS 수신 결과

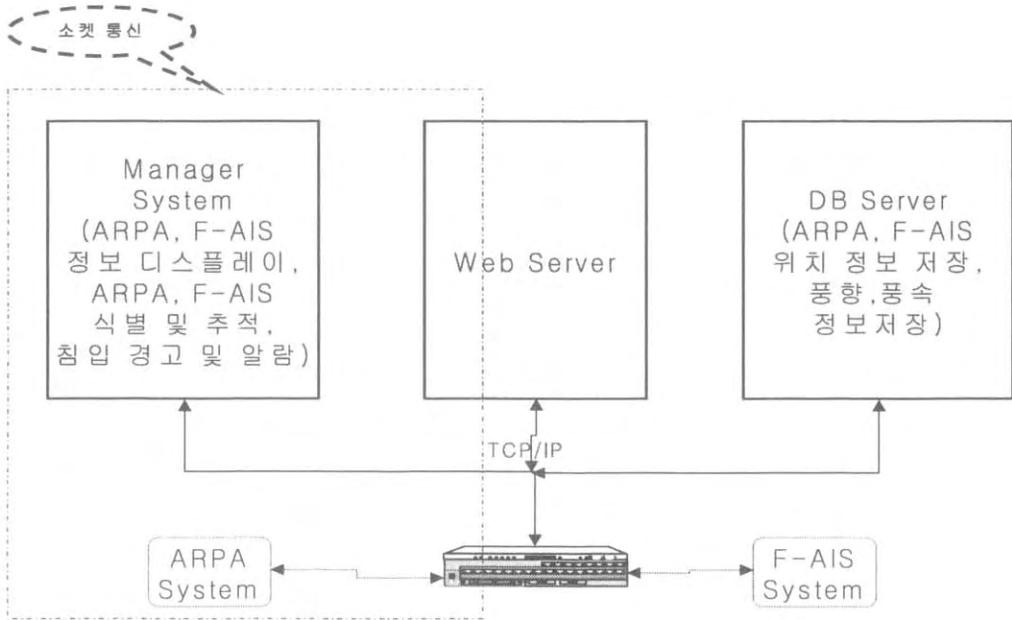


<그림 3-3-35> 풍향-풍속계, GPS 및 안테나

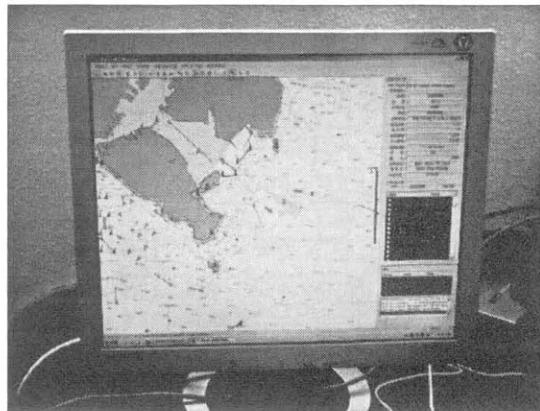
라. 전자해도와 서버 부분

<그림 3-3-36>는 어장정보를 종합적으로 관리 및 기록하기 위한 서버 시스템을 나타내고, <그림 3-3-37>는 서버(Srver)에 저장된 내용을 다시 전자해도에 표시할 수 있는 기능을 나타내며, <그림 3-3-38>은 서버에 저장된 다양한 정보 중에서 레이더 영상과 전자해도를 서로 오버랩(Overlap) 시켜서 표시한 결과를 나타낸다. 성공적으로 전자해도에 레이더 영상이 나타나고 있

다. 이러한 결과는 앞서 기술한 RSC가 정상 작동하여 양호한 레이더 영상을 획득한 결과를 나타낸다.



<그림 3-3-36> 어장 감시 정보의 관리를 위한 서버 시스템



<그림 3-3-37> 서버의 전자해도 화면



<그림 3-3-38>전자해도+레이더영상 중첩

7. 레이더 감시 시스템 개발 내용 및 결과 정리

레이더를 이용하여 양식장을 감시하기 위해서는 우선 고 분해능의 레이더가 필요한데, 연구 초기에는 시스템 구축비용을 가능한 절감하기 위하여 소형 어선용 레이더를 적용하였으나, 잡음을 감소하는데 소요되는 비용이 오히려 새로운 고성능 레이더 구입비용을 초과하는 결과를 확인하였다.

그래서 다양한 기능이 부가된 고 분해능 ARPA-레이더를 새로 도입한 후, 칼만필터를 기본으로 하는 고 해상 영상처리 알고리즘의 적용과 최적의 레이더 사이트 설치 및 앞서 개발한 레이더 스캔 컨버터(RSC) 등을 모두 조합하여 양식장 탐지에 적합한 레이더 감시 시스템(RSS)을 성공적으로 개발하게 되었다.

또한, RSS에는 풍향/풍속계와 F-AIS, 서버, 전자해도 등을 네트워크로 연결시켜서 유기적인 정보의 입출력이 되도록 하드웨어를 구성하였다.

최종 단계에서는 본 절에서 개발한 RSS의 단위 시스템을 다른 시스템과 통합하여 어장 도적 방지 시스템(GDSS-F2S)을 구축하였다.

제4절 감시·식별·경보·대응 시스템 개발 내용 및 결과

1. 개요

감시-식별-경보-대응 시스템(Watching, Identification, Warning, and Action System, WIWAS)은 도적이 어장에 침입하기 전 단계부터 물표를 추적하여 대응하기 위한 시스템으로, 주로 소프트웨어적으로 형성된다.

먼저, 적아식별 알고리즘을 개발하여 프로그램 제작에 적용하였으며, WIWAS 구성을 위한 네트워크 구성과 관련 시스템을 기술한다.

2. 시스템 기술 도표 제작

WIWAS는 어장에 침입한 도적을 감시하는 초동단계에서부터 방어하는 최종 단계로 구분되는데, 이러한 기능을 시스템이 발휘하기 위해서는 개발할 시스템의 기술 분류와 해결 방안이 제시되어야 한다. <표 3-4-1>는 WIWAS 개발에 소요되는 대표적인 기술의 대분류와 소분류 및 그 내용을 나타냈다. 이러한 기술을 획득한 후, 구현된 단위 시스템에서 다양한 정보를 입수하여 WIWAS가 가동되게 된다.

3. WIWAS 알고리즘 개발

<그림 3-4-1>은 시스템을 처음 시작할 때 사용자 인증과 시스템 확인 및 점검과 상황 종료 시 데이터 저장과 비인가자 사용 시의 경보 등에 대한 알고리즘을 나타낸다.

<그림 3-4-2>은 시스템이 본격적으로 작동된 후, 어장상황을 자동으로 감시하면서 도적 침입 시 대응하기 위한 알고리즘을 나타낸다.

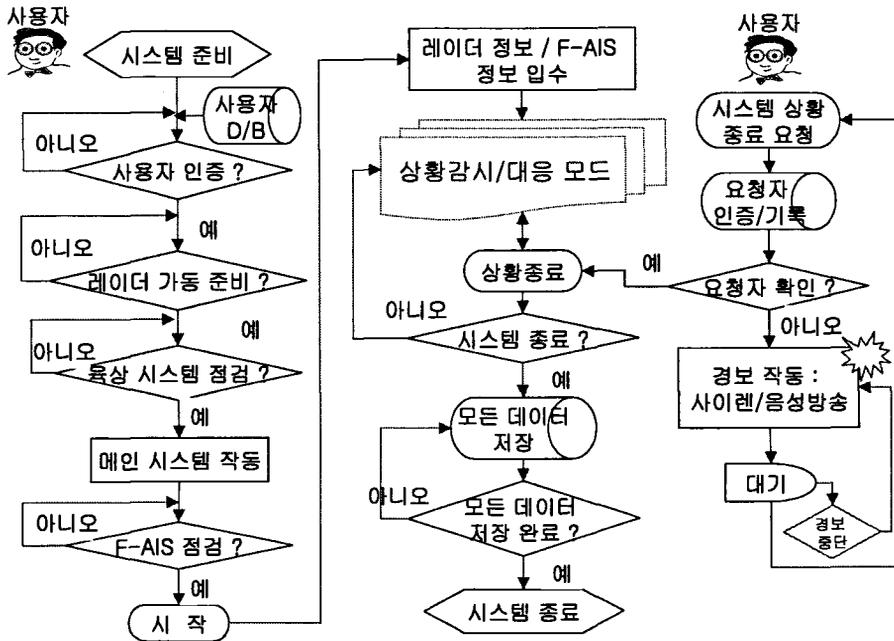
<표 3-4-1> WIWAS 개발에 소요되는 기술의 분류

대분류	소분류
레이더 탐지 능력 강화기술	<ul style="list-style-type: none"> ○ 소형 물체의 탐지기술 : S/W적 H/W적 수단 강구 ○ 근거리 물표 탐지능력 강화 기술 : 해면반사억제기법, 잡음제거 기법
레이더 신호 전송 및 변환 기술	<ul style="list-style-type: none"> ○ 레이더 신호의 전송 및 영상변환 장치 구현 - 동기신호, 영상신호, 방위각 신호의 디지털변환 통한 레이더 영상변환
영상신호처리 및 사용자 인터페이스 환경(GUI) 구축	<ul style="list-style-type: none"> ○ 변환된 레이더 영상정보의 처리 : 물표추적 ○ 물표식별 정보 및 위치정보의 저장 ○ GUI 환경의 구현 <ul style="list-style-type: none"> - 레이더 화면의 주요기능 재현 - 물표식별 정보(사용자 인식) - 어장상황 - 경보신호 및 단문메시지의 발생 등 외부 자동연락 상황 - ECDIS 화면상에 매핑
원격감시 통 신망 구성기술	<ul style="list-style-type: none"> ○ 통신망의 종류 결정, 통신망의 구성도 작성 ○ 통신망의 최소 전송속도, 최대 지연시간 결정

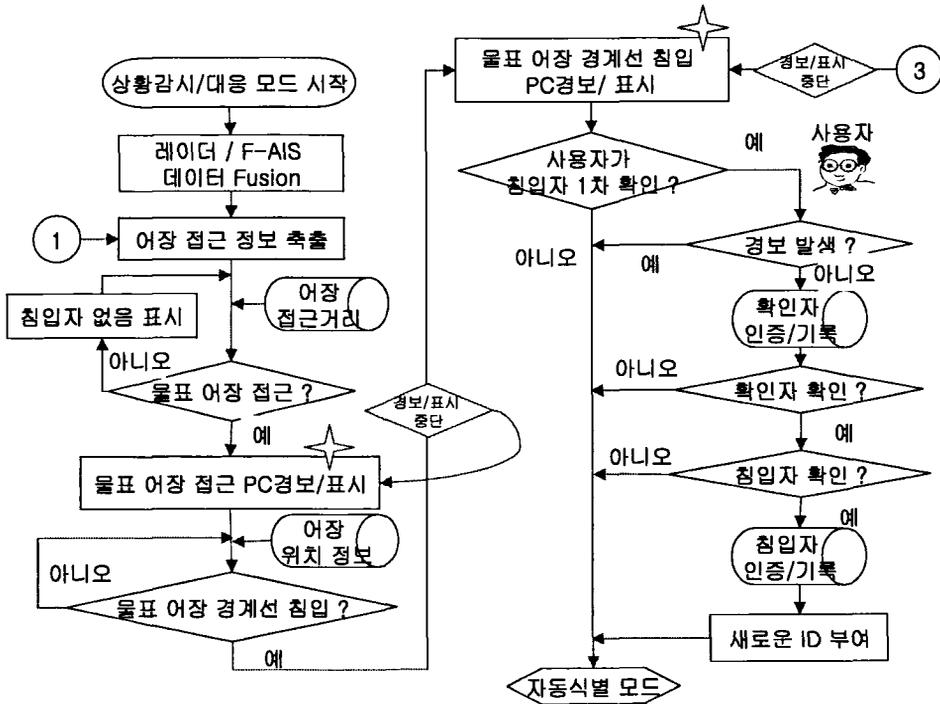
<그림 3-4-3>는 어장에 침입한 물체에 대해서 적아식별을 자동으로 수행하는 알고리즘이며, <그림 3-4-4>은 각 상황에 대해서 경보를 울리는 알고리즘이다.

<그림 3-4-5>은 각 상황에 대해서 해양경찰이나 육상경찰 등에 상황에 적합한 대응체계를 자동으로 선정 및 처리하는 알고리즘이고, <그림 3-4-6>는 시스템을 강제로 종료하는 경우의 사용자 인증과 적합한 처리를 수행하는 알고리즘을 나타낸다.

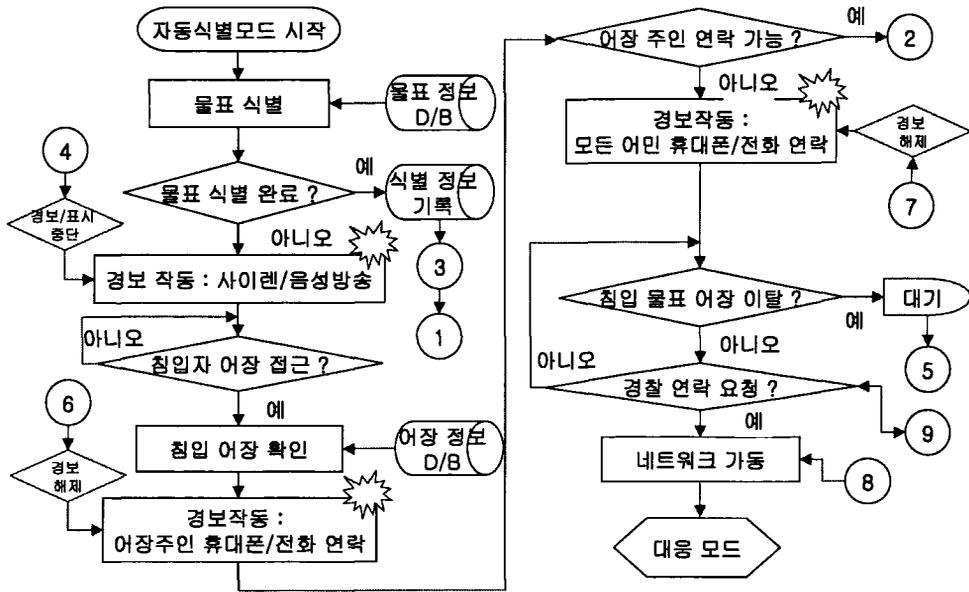
이와 같이 개발한 알고리즘은 사용인가를 허가 받은 사람만이 운영할 수 있으며, 본 시스템에 접근하는 모든 사람들의 이력을 관리할 수 있고, 각 상황마다 자동으로 대체할 수 있는 기능을 갖는다.



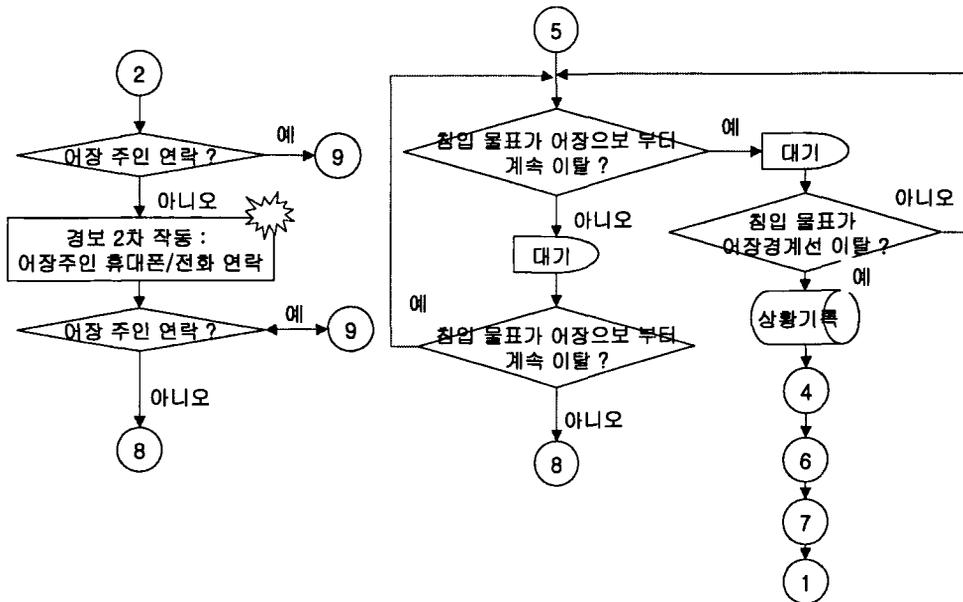
<그림 3-4-1> 시스템 시작 알고리즘



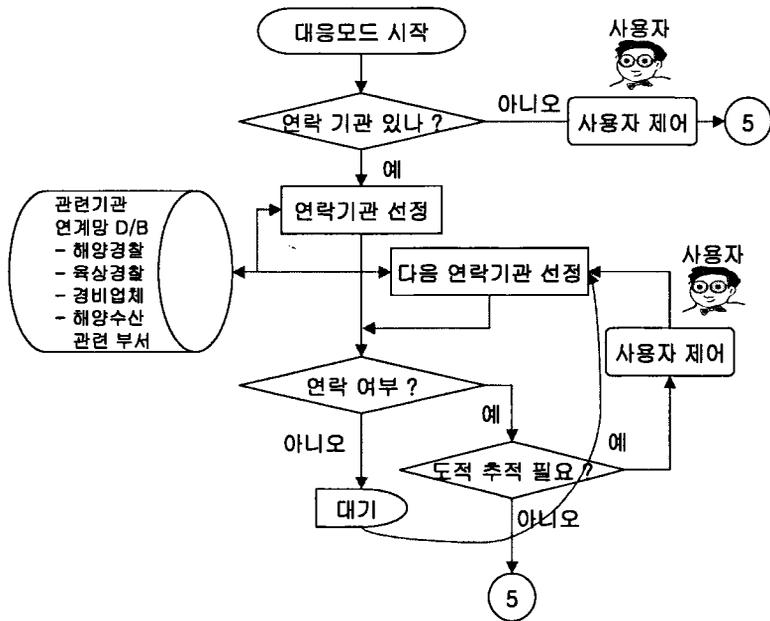
<그림 3-4-2> 상황감시 및 대응모드 알고리즘



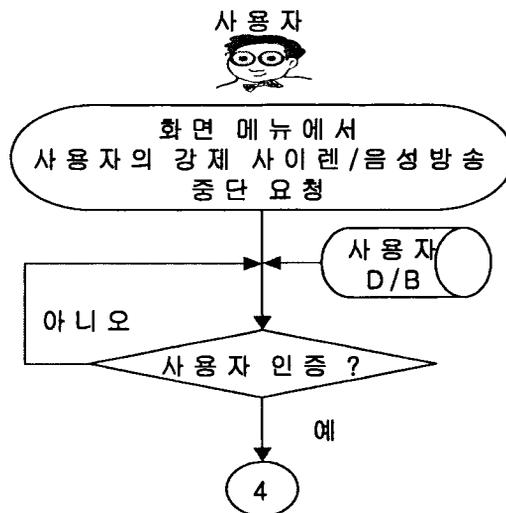
<그림 3-4-3> 자동 식별모드 알고리즘



<그림 3-4-4> 경보발생 알고리즘



<그림 3-4-5> 자동 대응모드 알고리즘



<그림 3-4-6> 강제종료 알고리즘

4. 침입자에 대한 감시·경보·방어 실행 네트워크 설계

가. 네트워크 구축방안

네트워크는 다음 사항에 역점을 두고 설계하였다.

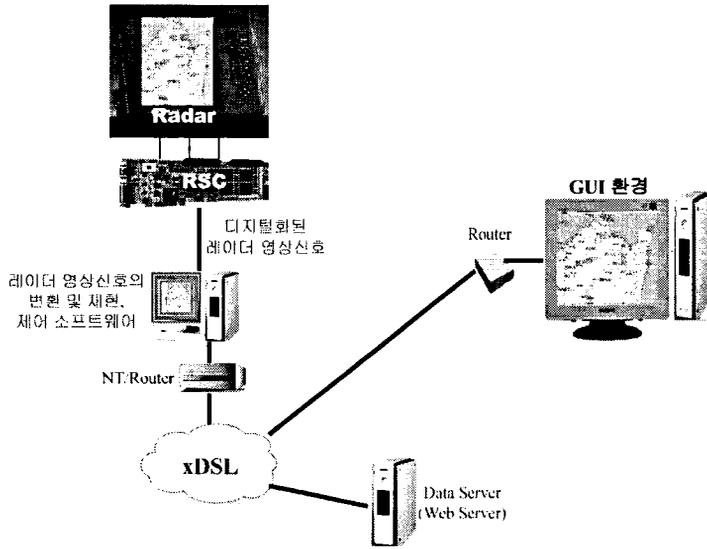
우선, 통신비용을 고려하여 경제적인 통신망을 구축하고, 사용 가능한 통신망을 최대한으로 이용하여 어민에게 실용적으로 활용될 수 있는 시스템을 구축한다. 그리고 공동 양식장에 소속된 작업선의 수와 원격감시 화면에서 추적 대상 선박의 수, 추적되는 물표에 대한 정보저장 간격을 고려하여 예측되는 정보처리 용량 및 시스템 사양을 결정하고 필요시 시스템 확장이 가능하도록 설계하였다.

나. 네트워크 구성

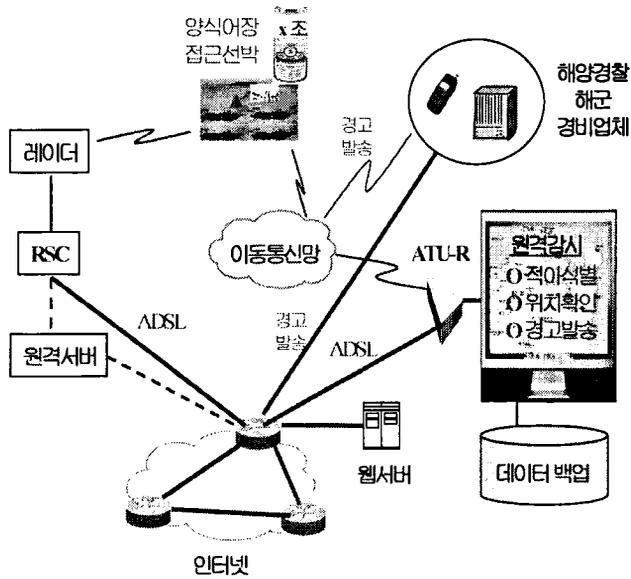
원격지에 있는 레이더 사이트에서 레이더 신호를 전송하기 위해서는 T1급(1.544Mbps) 또는 E1급(2.048Mbps)의 인터넷 회선을 이용하여 전송하며, 또한 감시센터에서 작업선에 연락할 수 있도록 통신망을 구성할 필요가 있다.

본 연구에서는 CDMA 이동통신망을 통하여 핸드폰에 의한 쌍방향 통신방법을 제시하였으며, 미확인 물체의 접근 또는 주의 반경내로 진입하는 경우에는 작업선에서 휴대폰을 통하여 가입자 정보와 위치가 원격 모니터로 전송되도록 하였다.

도적으로 판정되었을 경우에는 자동경보 및 출동신호가 단문 메시지의 형태로 유무선 인터넷을 통하여 출타중인 어장주, 어업지도선, 경비업체 및 해양경찰서에 연락되도록 구성하였다. 이러한 개념을 기반으로 본 연구에서 설계한 네트워크 설계를 <그림 3-4-7>에 나타냈고, 원격통신망은 <그림 3-4-8>와 같다.



<그림 3-4-7> 네트워크 설계



<그림 3-4-8> 원격통신망의 구성

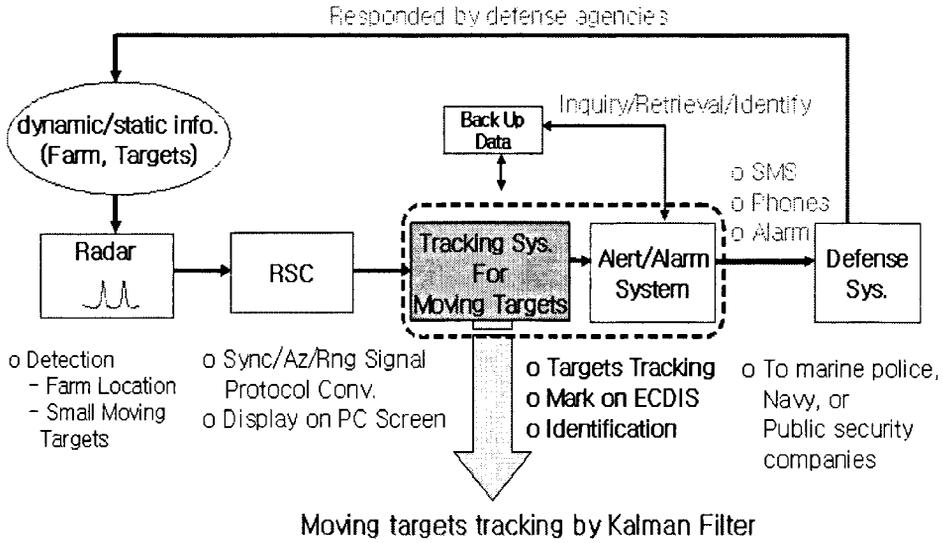
5. 침입자 감식 · 감별 소프트웨어 개발

가. 침입자 감시 및 식별과정

F-AIS를 장착한 어선은 레이더를 통해 양식장의 조합원으로 인식되고, 반대로 F-AIS 신호가 없는 선박은 의심선박으로 분류되기 때문에 양식어장 주변의 의심선박은 실시간으로 거동을 감시해야 한다. 어장내의 어선들은 레이더 스캐너를 통해 표시되고 이러한 물표의 정보들은 RSC를 통해 디지털 값으로 얻어지는데, 이때 F-AIS를 장착하지 않은 선박들은 디스플레이에서 선박의 고유정보를 나타내는 신호를 출력시키지 못하므로 자동적으로 의심선박으로 분류된다.

이러한 의심 선박들이 양식어장 주변에 위치하게 되면 해당 의심선박을 추적하게 되고, 추적선박이 어장의 접근한계 범위를 초과하면 경보를 발생하게 되는데, 실제 선박의 어장으로의 접근범위는 레이더 스캔 정보를 처리하는 방법에 따라서 달라질 수 있으며, 아울러 레이더로부터 획득한 데이터는 레이더 자체의 성능 및 반사파의 변동에 의해서도 실제 값과의 오차를 가질 수 있고, 이러한 오차들은 시스템의 잡음과 측정 잡음으로 분류하게 된다.

이러한 잡음의 영향으로 인해 실제 선박은 어장접근 한계를 초과하지 않았음에도 불구하고 컴퓨터에서는 어장에 침입한 것으로 잘못 인식되어 경보가 울릴 수 있다. 따라서 정확한 선박의 위치정보를 얻어내는 것은 아주 중요한 작업이며, 잡음의 영향 아래에서도 위치정보를 정확하게 추정하고 현재의 위치 및 속도를 기준으로 앞으로의 위치를 예측하기 위하여 <그림 3-4-9>와 같은 칼만필터(kalman filter)를 적용하게 되었다.



<그림 3-4-9> 물표추적 시스템 구성도

나. 칼만필터를 이용한 물표추적 알고리즘의 설계

칼만필터를 적용하기 위해 다음 식(22)와 같은 시스템,

$$\begin{aligned} x(i+1) &= \Phi(i) x(i) + \omega(i): \Phi(n \times n) \\ y(i) &= C(i) x(i) + v(i): C(l \times n) \end{aligned} \quad (22)$$

을 제어대상으로 가정하며, (여기서, $x(i) \in R^n$, $y(i) \in R^l$ 는 각각 시스템의 상태변수와 출력 벡터를 나타내고 Φ 는 상태천이행렬을, C 는 측정행렬(measurement matrix)을 의미), 상태변수의 추정치 $\hat{x}(i)$ 와 실제 상태변수의 값 $x(i)$ 와의 추정오차,

$$e = \hat{x}(i) - x(i) \quad (23)$$

에 대해,

$$P(i) = E[e(i) e(i)^T]: (n \times n) \quad (24)$$

를 최소화하는 최적의 추정치를 구하는 문제를 생각할 수 있고, 이러한 최적의 추정치는 칼만필터(Kalman filter)

$$\hat{x}(i+1) = \Phi(i) \hat{x}(i) + K(i)(y(i) - C(i) \hat{x}(i)) \quad (25)$$

으로 주어진다. 단, $K(i)$ 는 칼만필터 Gain으로,

$$K(i) = \Phi(i) P(i) C(i)^T S(i)^{-1} \\ P(i+1) = Q(i) + \Phi(i)P(i)\Phi(i)^T - \Phi(i)P(i)C(i)^T S(i)^{-1} C(i)P(i)\Phi(i)^T \quad (26)$$

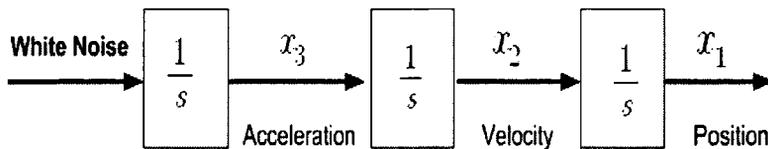
을 만족하고 $S(i) = R(i) + C(i)P(i)C(i)^T$ 을 나타낸다. 이러한 칼만필터의 설계순서는 다음과 같다.

- ① 상태변수의 초기값에 대한 추정치 $\hat{x}(0)$ 오차에 대한 공분산행렬 $P(0)$ 설정
- ② 칼만필터 게인 $K(i)$ 계산식(식(26))
- ③ 상태변수 추정치 $\hat{x}(i+1)$ 갱신식(식(25))
- ④ 리카치 방정식(26)을 만족하는 오차공분산 $P(i+1)$ 갱신

다. 위치 및 속도의 추정

1) 위치-속도-가속도 모델 추정문제의 적용

<그림 3-4-10>과 같은 백색잡음을 동반한 위치-속도-가속도 모델에 대해 위치와 속도를 추정하기 위해 칼만필터를 적용한다. 단, 위치와 속도 정보는 측정 가능한 것으로 가정하고 x_1 은 물표의 위치, $x_2 = \dot{x}_1$ 는 물표의 속도, $x_3 = \ddot{x}_2 = \ddot{x}_1$ 는 물표의 가속도를 나타낸다.



<그림 3-4-10> 백색잡음이 부가된 위치, 속도, 가속도 모델

연속시간영역에서 상태변수를 $\mathbf{x}(t) = [x_1, x_2, x_3]^T$ 라고 하면,

$$\begin{aligned} \dot{\mathbf{x}} &= \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \mathbf{x} + \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \omega = F\mathbf{x} + G\omega \\ \mathbf{y} &= \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \mathbf{x} + \mathbf{v} \end{aligned} \quad (27)$$

와 같이 표현되고 샘플링 시간 T 로 이산화 하면,

$$\begin{aligned} \mathbf{x}(i+1) &= \Phi(i) \mathbf{x}(i) + \Gamma(i)\omega(i) \\ \mathbf{y}(i) &= C(i) \mathbf{x}(i) + v(i) \end{aligned} \quad (28)$$

을 얻을 수 있음. 여기서, Φ, Γ 는,

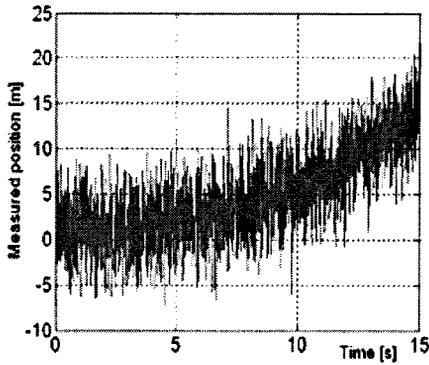
$$\Phi = \begin{bmatrix} 1 & T & T^2/2 \\ 0 & 1 & T \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \Gamma = \begin{bmatrix} T^3/6 \\ T^2/2 \\ T \end{bmatrix} \quad (29)$$

와 같이 계산됨.

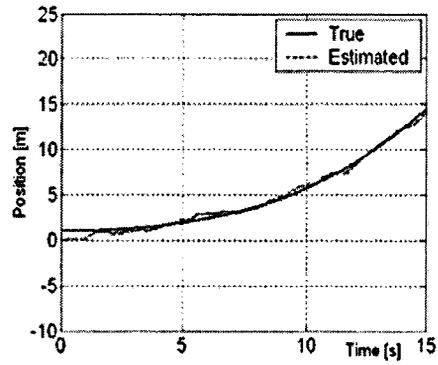
2) 위치 · 속도추정 시뮬레이션

<그림 3-4-11>으로 주어지는 위치, 속도, 가속도 모델에 대하여 칼만필터기법을 적용하여 위치와 속도 추정 시뮬레이션을 행하기 위해, 위치, 속도, 가속도의 초기값 및 추정치의 초기치는 각각 $\mathbf{x}(0) = [1, 0, 0]^T$, $\hat{\mathbf{x}}(0) = [0, 0, 0]^T$ 으로 하였고, 샘플링 시간은 $T = 0.005[s]$ 로 설정하였다.

<그림 3-4-12> (a)는 프로세스 잡음이 있는 상태에서의 물표의 위치값을 나타내고 있으며, <그림 3-4-12> (b)는 칼만필터를 적용하였을 경우의 추정치(점선)와 잡음이 없을 경우의 실제 위치값(실선)을 나타낸다. <그림 3-4-12>(a)를 살펴보면 <그림 3-4-12> (b)의 실제 위치값으로부터 $\pm 5[m]$ 의 변동폭을 가지지만 칼만필터를 적용하여 실제의 위치값에 수렴해 가고 있음을 알 수 있다. <그림 3-4-13> (a)는 프로세스 잡음이 있는 상태에서의 물표의 속도값을 나타내고, <그림 3-4-13> (b)는 칼만필터를 적용하였을 경우 속도의 추정치(점선)와 잡음이 없을 경우의 실제 속도값(실선)을 나타낸다.

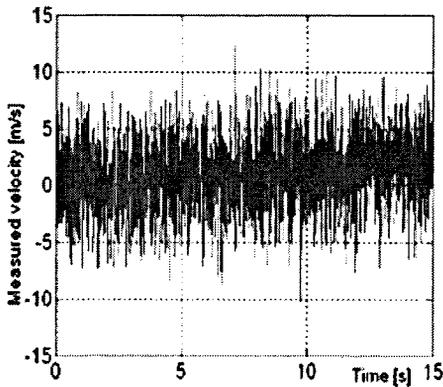


(a)

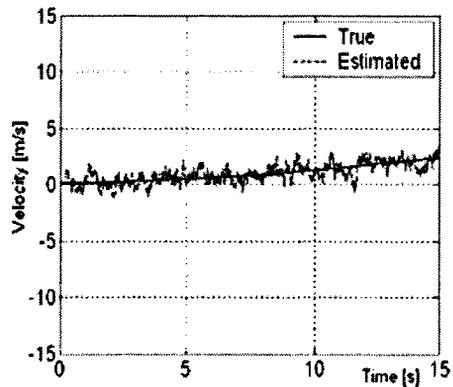


(b)

<그림 3-4-11> 칼만필터에 의한 위치추정 결과



(a)



(b)

<그림 3-4-12> 칼만필터에 의한 속도추정 결과

속도추정결과에 있어서도 위치추정결과와 마찬가지로 양호한 추정특성을 나타내고 있으며, <그림 3-4-11> (b), <그림 3-4-12> (b)의 시뮬레이션 결과로부터 시스템 잡음 및 관측 잡음이 있더라도 물체의 위치 및 속도가 양호하게 추정되고 있음을 알 수 있다.

실제 물표를 추적하기 위해서는 고정좌표(관성좌표)를 기준으로 한 물표의 x-y 좌표값에 대한 추정이 필요하며, x-y좌표계에서의 위치 및 속도 추정은 <그림 3-4-10>과 같은 위치, 속도, 가속도계 모델을 각각 x-y 좌표

계에 적용할 수 있고, 물표의 x-y 위치값이 추정되면 기준좌표계로부터의 방위각도 계산할 수 있다. 즉, x-y좌표계에서의 위치 및 속도가 추정되면 기준좌표계로부터의 방위각도 계산할 수 있다.

6. ECDIS 기반의 레이더 화면표시 및 MGIS와 연동방안

가. 개요

전자해도 및 표시장치(Electronic Chart Display and Information System, ECDIS)는 최근 선박의 자동항해 장치로 널리 사용되고 있는데, 선박용 ECDIS는 위도 및 경도와 해안지형 등의 지리적 정보를 갖고 있는 전자해도(Electronic Chart, EC)와, EC를 PC 화면에 나타내기 위한 전자해도 표시 시스템(Electronic Chart Display, ECD) 등으로 구성되는 대규모 시스템이다.

아울러 최근에는 이러한 EC를 마치 해양 지리정보시스템(Marine Geographical Information System, MGIS)으로 활용하는 방안도 연구되고 있으며, MGIS는 현재 해양수산부에서 중장기 사업으로 구축하고 있으나, 단위 어장에서 사용할 수 있을 정도로 세부정보를 제공하지 못하고 있는 실정이다.

본 연구에서는 어민들이 쉽게 도적이 침입한 장소와 그 장소의 지형 지물 및 어장정보 등을 파악할 수 있도록, ECDIS의 주요기능 중에서 전자해도 부분과 지형지물 부분을 추출하고, 여기에 디지털 레이더 영상을 중첩시켜 나타내는 방법을 고려하였다. 현재 해양수산부의 MGIS 구축완료되는 시점이 불명확하기 때문에 본 연구에서는 EC의 정보를 충분히 활용하여 MGIS 기능도 결합할 수 있도록 시스템을 구축하였다.

나. 구현

먼저, 레이더 스캐너에서 탐지한 어장의 실제상황을 RSC 보드를 통하여 디지털 영상 정보로 변환한 후, PC 화면에 표시하였다. <그림 3-4-13>의 우측 그림은 레이더의 원래 신호인 아날로그 영상신호를 레이더 표시 장치에 나타낸 것이고, <그림 3-4-13>의 좌측 화면은 아날로그 영상신호를 디지털 신호로 변환하여 PC 화면에 나타낸 것이다. 아날로그 영상 데이터가 디지털 영상 데이터로 변환되었음을 알 수 있다.

다음에는 EC의 해안선 정보, 수심, 각종 해저 시설물 등을 발취하여 MGIS 기능도 결합 수 있는 어장 보호용 전자해도를 구성하였다. 그리고 어장 보호용 전자해도 위에 앞에서 설명한 디지털 영상정보를 겹쳐서 한 눈에 쉽게 저장상태를 파악할 수 있도록 표시하였다.

<그림 3-4-14>은 어장 보호 시스템의 H/W를 제작한 부산 영도구 조도 소재 C-Navi(주) 부근의 지형에 대해서 전자해도에 레이더 영상을 중첩하여 나타낸 실험결과이다. 화면 좌측 부근에 녹색으로 나타난 구름 같은 것들이 레이더 영상이다. 성공적으로 레이더 화면과 전자해도가 중첩된 결과를 보이고 있다. 이러한 시스템은 모두 진도군 보전리로 이동시켜서 최종적인 어장 도적 방지 시스템 구축에 통합시켰다.



<그림 3-4-13> PC 모니터의 레이더 영상화면



<그림 3-4-14> 레이더 영상 + 전자해도

7. 경보전송 장치 및 통신망 확보/감시-경보-방어 실행을 위한 네트워크 구축/레이더영상 모니터링 시스템 구축

가. 개요

경보전송 장치 및 통신망 확보 부분과, 감시-경보-방어 실행을 위한 네트워크 구축, 레이더영상 모니터링 시스템 구축 부분 등은 서로 유기적으로 결합되어 있기 때문에 본 연구에서 통합된 하나의 시스템으로 구축하였다.

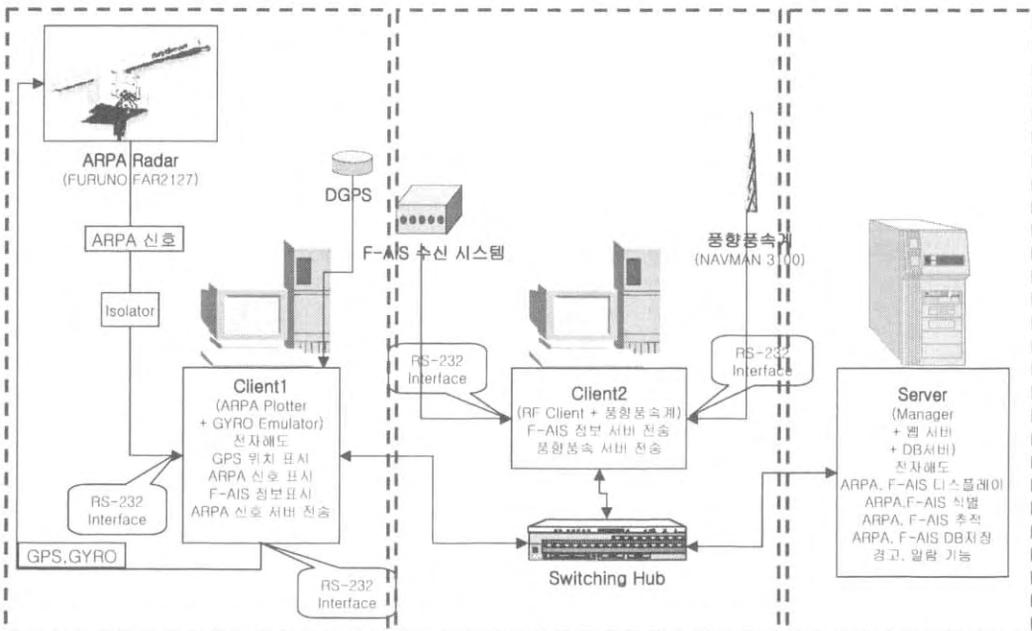
나. 구현

<그림 3-4-15>은 2차년도에 구축한 어장보호 집단감시 디지털시스템의 네트워크 구성 및 인터페이스의 구성도를 나타낸다.

어장작업선의 경우에는 F-AIS가 작업선에 설치되어 있으므로 그 정보가 레이더 물표에 적용되어 RS-232C 인터페이스 및 TCP/IP 망을 경유하

여 서버에 전송되고 동시에 모니터링 화면에 디스플레이 된다. 또한 어장에 설치한 풍향-풍속계를 통하여 해상기상에 대한 정보가 RS-232C 인터페이스 및 TCP/IP 망을 경유하여 모니터링 화면에 나타나며, 상황실에 설치된 서버에는 어장작업선에 대한 정보, ECDIS, 관리 데이터베이스 등이 저장된다.

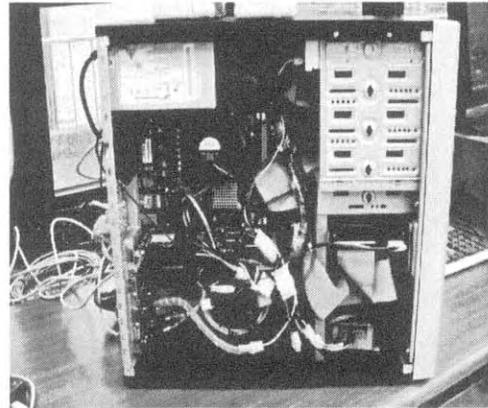
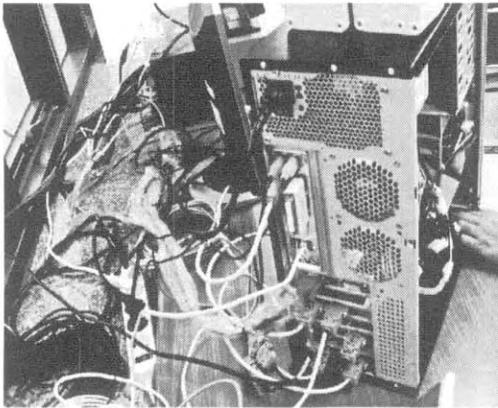
<그림 3-4-16>는 실제 구축한 장치의 사진을 나타내는데, 레이더 안테나, 풍향-풍속계, 900MHz F-AIS 등은 외부에 장착하였으며, <그림 3-4-17>은 실제 구축된 여러 가지 네트워크 장비들이 컴퓨터에 연결된 장면과 실제 장치의 내부 모습을 나타낸다.



<그림 3-4-15> 구축한 전체 시스템의 구성도



<그림 3-4-16> 실제 구축한 시스템의 사진



<그림 3-4-17> 장비의 연결 상태와 내부 모습

제5절 집단감시 디지털 시스템 구축

1. 상용화를 고려한 시스템 구성방법 검토

본 연구에서는 먼저, 최종 결과물의 기술 이전 및 상용화를 대비하여 다양한 시스템 구성 방법을 검토하였다. 검토한 내용은 앞에서 구현한 3가지 세부 시스템(RSS, FDS, WIWAS)를 이용하여 구성 가능한 통합 시스템이다.

5가지 시스템을 고려한 이유는, 향후 상용화 과정에서 어민들이 요구하는 가격과 성능을 다양하게 반영할 수 있도록 시스템을 개발하기 위한 것으로, <표 3-5-1>는 목표로 하는 시스템의 종류와 기능 및 핵심 장치구성 내용을 나타내고, <표 3-5-2>은 5가지 시스템의 기능을 나타내며, <표 3-5-3>은 시스템 종류별로 필요한 장비 구성을 정리한 것이다.

이러한 5가지 시스템을 검토한 결과 우선, 모든 기능이 포함된 D-형태의 시스템이 표준 시스템으로 개발되어야 할 것으로 검토되었고, 향후 상용화 과정에서는 D-형태의 시스템을 기본으로 하여 어민들이 원하는 기능을 추가 또는 감축할 수 있도록 하였다. S-형태는 해양경찰이나 해군 등 특수목적으로 적용할 수 있는 시스템을 나타낸다.

<표 3-5-1> 구축할 시스템의 종류와 기능 및 핵심 장치 구성 내용

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

<표 3-5-2> 5가지 시스템의 기능

구분	세목		GDSS 종류				
			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	-	-	-	-	●

<표 3-5-3> 시스템 종류별 필요한 장비 구성

구 분	필요한 단위 장비	시스템의 종류					
		A	B	C	D	S	
어장탐지 시스템 (FDS)	900MHz F-AIS 송신기	●	●	●	●	-	
	9GHz F-AIS	-	-	-	-	-	
	레이더 리플렉터(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	-	-	-	-	●	
	전 자 해 도 모듈	간이 전자해도 S/W	●	●	-	●	-
		Notebook/PC	●	●	-	●	-
	상 황 감 시 모듈	데이터 처리 S/W	●	●	-	●	-
		Notebook/PC	-	●	●	●	-
	상 황 감 시 모듈	데이터 저장장치	●	●	●	●	-
		상황 감 시S/W	●	-	-	-	-
	상 황 감 시 모듈	휴대폰	●	●	●	●	-
		전화	●	●	●	●	-
		사이렌	●	●	●	●	-
		방송장치	●	●	●	●	-
		소출력 FM방송	●	●	●	●	-
		해양경찰연락망	●	●	●	●	-
		해수부정보전송망	●	●	●	●	-
		경비업체연락망	●	●	●	●	-
		종합상황 시스템	-	-	-	-	●

2. 집단감시 디지털시스템의 시작품 제작 및 설치를 위한 예비실험

가. 설치장소 선정 및 현장답사

본 연구는 도적을 감시하는 장비를 구축하는 것이 최종 목표인데, 도적 침입의 경우의 수가 다양하고, 환경이 육상과 달리 해상인 관계로 시스템 구성에 다양한 변수가 개입되었다.

그래서 여러 차례의 현장 설치실험을 통하여 시스템을 점증적으로 보완하고 다양한 시나리오를 기반으로 현장실험을 실시하였다.

일단, 실험 대상 양식장은 이미 고가의 전복과 전복진주 등을 양식하기 때문에 도난의 위협에 항상 노출되어 있는 진도군 보전리 참전복 양식단지를 대상으로 하였다. 이 양식당지는 해양수산부에서 대표적으로 지정한 대규모 참전복 양식단지로서, 2004년도에 이미 수 천만원 상당의 참전복을 도난당한 사실이 있다.

현장실험은 수 차례에 걸쳐서 시행하였는데, 먼저, 진도 참전복 양식장의 현황을 파악하기 위하여 아래의 그림들과 같이 2005년 9월 2일 1차 현장답사를 실시하였다.

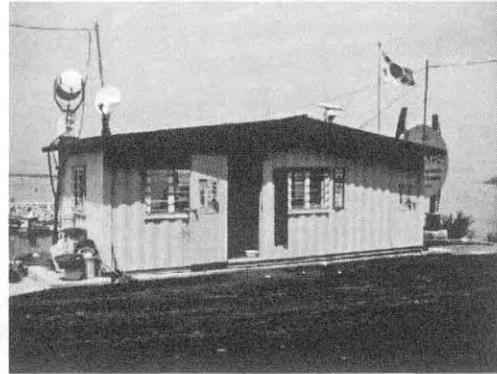
진도 참전복 양식장은 과거 도난 경험이 있기 때문에 어민들 자체적으로 3천만원 상당의 소형 레이더를 이용하여 24시간 감시하고 있으나, 어민들이 항상 24시간 당직을 서야하고, 적아 구분 없이 아군 작업선이 어장에서 작업하는 경우에도 경보가 울리거나, 도적으로 판명된 경우에도 이미 대응할 수 있는 시간이 없거나, 어떠한 선박이 적인지 아군인지를 모르는 등의 많은 문제점이 있어서 본 연구에서 개발하고 있는 시스템의 조속한 개발을 원하고 있었다. 또한, 3천만원 상당의 레이더 감시도 부족하여 5천만원 상당의 고성능 서치라이트(Search Light)를 추가 구입하여 도적을 감시하고 있다.

<그림 3-5-1>은 진도 참전복 양식장의 감시초소로서, 태극기 하단에 레이더 스캐너가 보이고, 초소 건물에 서치라이트가 설치되어 있다. <그림 3-5-2>은 초소 건물 전면 사진이고, <그림 3-5-3>은 초소 건물 후면 사진이

며, <그림 3-5-4>은 레이더 스캐너로서 일본 JRC 장비를 사용하고 있다. <그림 3-5-5>은 양식장 감시 장비로서, 좌로부터 레이더 모니터, 서치라이트 방향 조절기, 방송장치 등이며, <그림 3-5-6>은 레이더 모니터에 나타난 양식장으로서 5월 10조로 구성되어 있다. <그림 3-5-7>은 레이더에 나타난 양식장을 크게 나타낸 것이고, <그림 3-5-8>은 양식장의 10조 5월에 대한 각각의 관리자 도표 및 비상연락망을 나타내고, <그림 3-5-9>은 마을 어항의 모습이고, <그림 3-5-10>은 전북 양식장을 나타낸다.



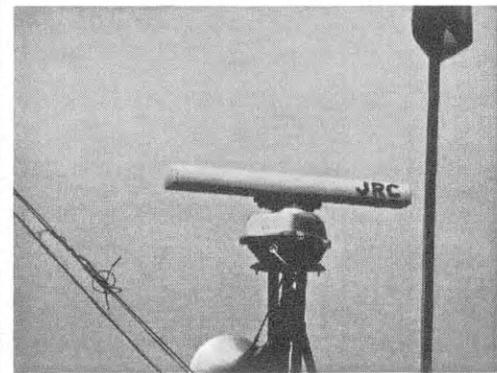
<그림 3-5-1> 양식장 감시초소



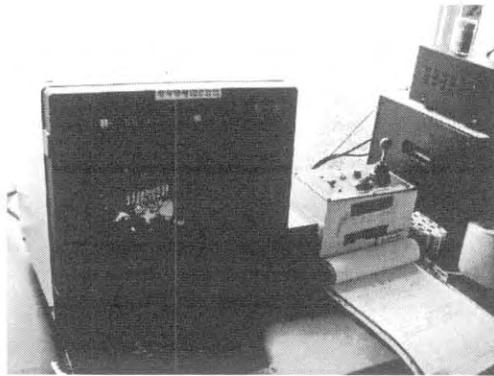
<그림 3-5-2> 초소 건물 전면 사진



<그림 3-5-3> 초소건물 후면 사진



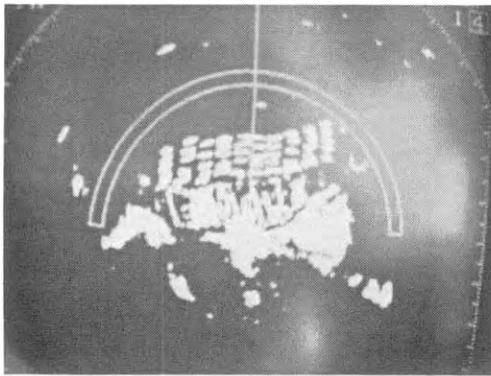
<그림 3-5-4> 레이더 스캐너 (일본 JRC)



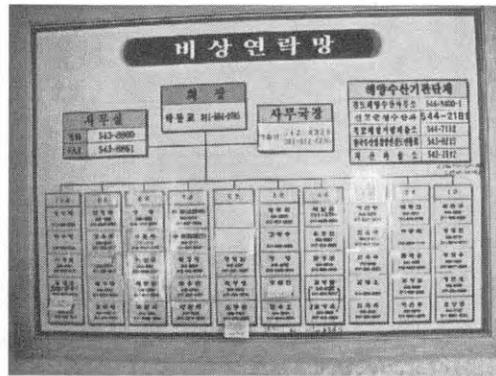
<그림 3-5-5> 양식장 감시장비



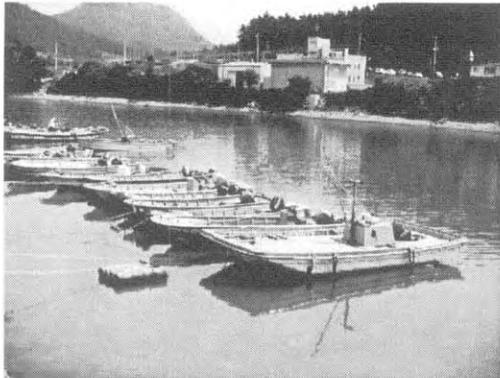
<그림 3-5-6> 양식장 레이더 모니터



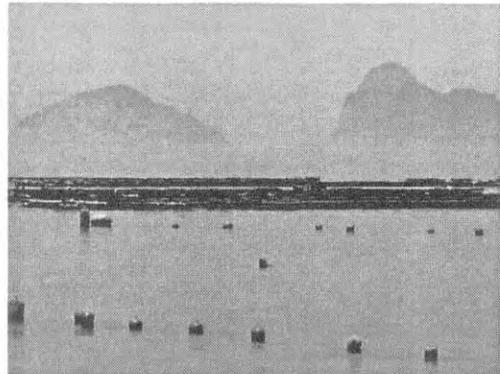
<그림 3-5-7> 양식장의 레이더 영상



<그림 3-5-8> 비상연락망



<그림 3-5-9> 마을 어항 모습



<그림 3-5-10> 양식장

나. 1차 현장실험

상기와 같은 현장관측 결과를 토대로 2005년 10월 28일 제1차 진도 참전복 양식장의 현장실험을 하였는데, 본 연구에서 구축한 시스템의 목적과 내용을 설명하기 위하여 어민들을 대상으로 우선 세미나를 개최하면서 실험을 병행하였다.

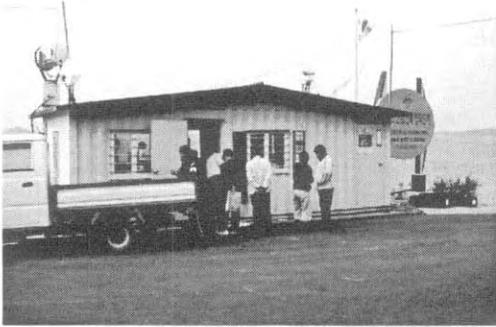
<그림 3-5-11>은 세미나 및 현장실험에 대해서 설명하는 연구책임자(안영섭 교수)의 모습이고, <그림 3-5-12>은 세미나 및 설명회에 참가한 어민들이며, <그림 3-5-13>은 실험준비 모습, <그림 3-5-14>은 본 실험에 사용한 간단한 장비를 나타낸다.

본 실험에서는 900MHz F-AIS와 레이더를 이용하여 어장에 도적 침입시 어떠한 방식으로 적아를 구분하여 도적을 감시하는지에 대해서만 실험하였다.

실험 결과, 적아식별이 가능하고, 어장에서 작업하는 선박의 주인과 이름 등이 노트북 컴퓨터 화면에 표시된 결과, 어민들의 호응이 대단히 높았다. 그리고 이러한 실험에는 어민들의 적극적인 도움이 있어야 다양한 시나리오를 실험할 수 있고, 시스템의 유용성을 어민들 스스로 느껴야 개발될 시스템에 대한 가용성을 증가 시킬 수 있다. 그래서 어민들이 실험지원을 위한 사무실 1개소 무상 대여와 장비 관리자 지원, 실험 시 다수의 양식장 작업선의 투입 등을 약속한 바, 진도군 보전리 참전복 양식단지를 시범실험 장소로 결정하였다.



<그림 3-5-11> 세미나 & 실험 사전회의 <그림 3-5-12> 세미나 참가 어민



<그림 3-5-13> 실험 준비

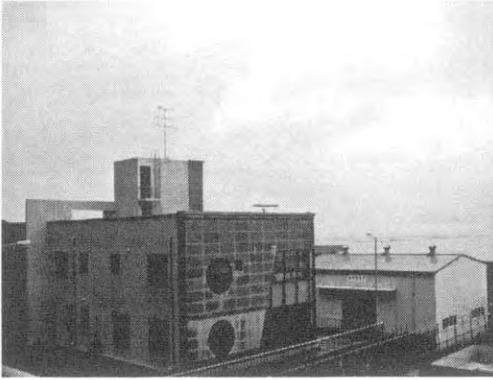


<그림 3-5-14> 간단한 실험장비

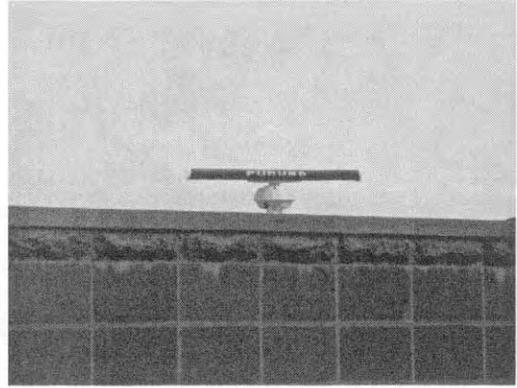
다. 2차 현장실험

1차 실험에 이어 2차 현장실험을 2006년 6월 22일부터 25일까지 실시하였다. 1차년도와 2차 년도에 걸쳐 개발한 FDS, RSS, WIWAS 등 3가지 단위 시스템을 통합하여 최종적으로 도적 감시 시스템(GDSS-F2S)을 구축한 후, 본 실험을 실시하였다. 실험 당시, 진도군 보전리 참전복 양식단지에는 짙은 안개로 시정 1마일 이내에서의 물체를 구분할 수 없었고, 이러한 날씨에 주로 해상 도적이 침입한다고 어민들이 전하였다.

어민회관 옥상에 레이더 스캐너를 설치하고, 3층 사무실에 시스템을 장치하여 실험을 하였다. <그림 3-5-15>은 참전복 양식단지에 소재한 어민회관으로서, 이 회관 내부에 도적 방지 시스템을 설치하였으며, <그림 3-5-16>은 회관 옥상에 설치한 레이더 스캐너를 나타낸다.

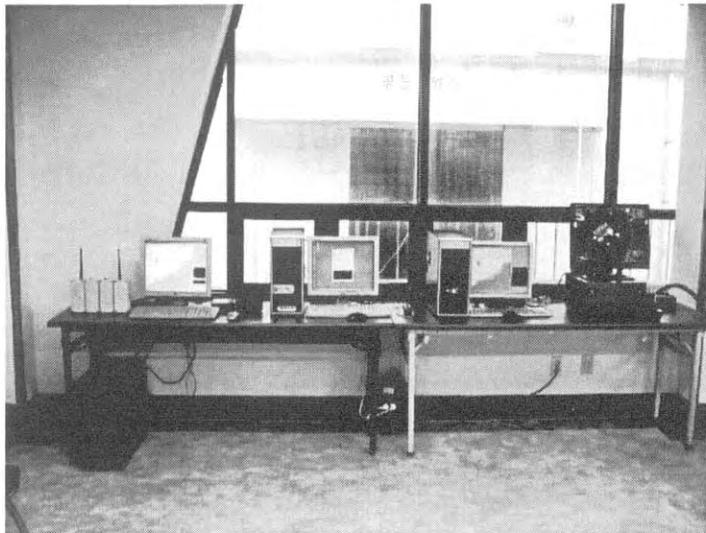


<그림 3-5-15> 어민회관-시스템 장착 장소

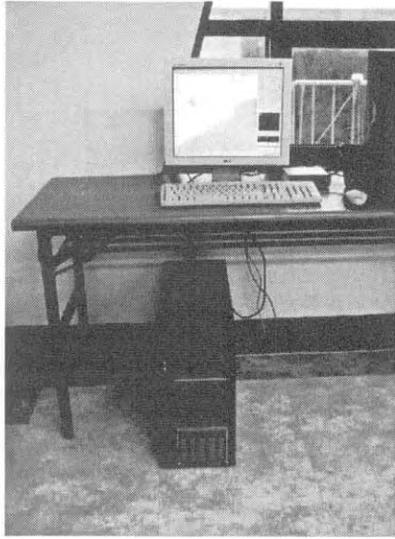


<그림 3-5-16> 회관 옥상에 설치한 스캐너

<그림 3-5-17>은 회관 내부 사무실에 설치한 도적 방지 시스템 (GDSS-F2S)의 모습이고, <그림 3-5-18>은 GDSS-F2S의 서버(Server) 부분으로, 모든 데이터를 저장, 관리, 기록하는 역할을 담당한다. 이 서버를 통하여 외부 통신망과 연결과 레이더 화면, 어장 추적 이력, 상황 발생 이력 등을 다시 재현할 수 있는 등 가장 중요한 정보를 갖고 있는 부분이다.

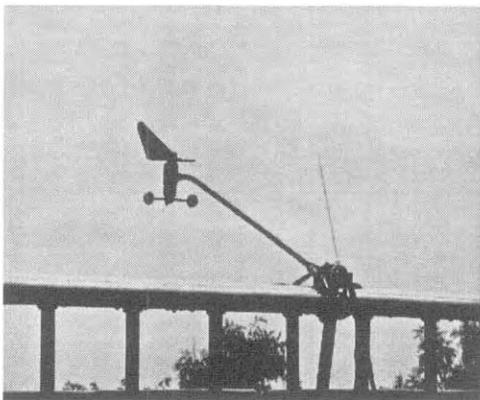


<그림 3-5-17> 도적방지 시스템 설치 완료

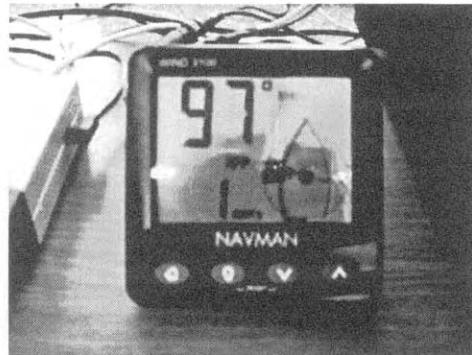


<그림 3-5-18> 시스템: 서버

<그림 3-5-19>은 시스템의 일부분으로서 풍향-풍속계를 나타내고, <그림 3-5-20>은 풍향-풍속계의 정보를 표시하는 모니터를 나타낸다. 따라서, 어민들은 집이나 타 지역에서 자신들이 관리하는 어장의 기상상황을 문자 메시지가나 인터넷을 통하여 확인할 수 있다.



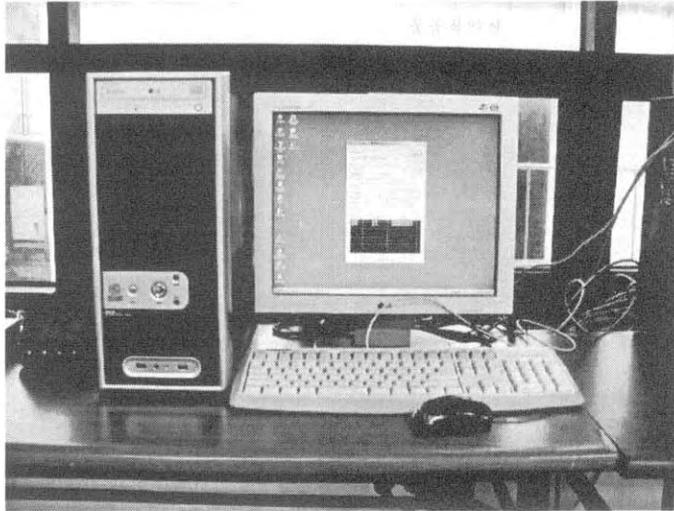
<그림 3-5-19> 시스템: 풍향풍속계



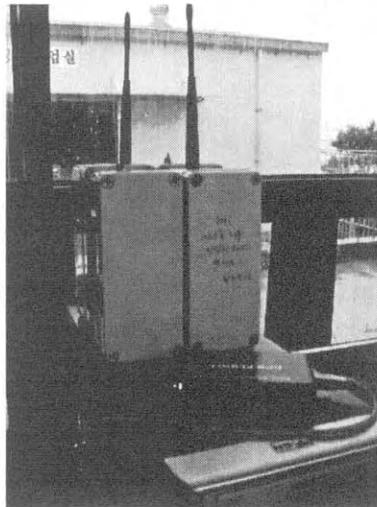
<그림 3-5-20> 시스템: 풍향풍속 모니터

<그림 3-5-21>은 시스템 구성 중에서, F-AIS 정보를 수신하여 기록하고

처리하는 부분이고, <그림 3-5-22>은 어장 작업선에 장착하는 F-AIS 송신기들을 나타낸다. 실험 시 이들 F-AIS 송신장치들은 작업선에 장착하여 적아식별을 하게 되는데, 이 때 레이더에 의해서도 작업선을 탐지하기 때문에 화면에는 F-AIS에 의해 탐지된 물표와 레이더로 탐지한 물표가 이중으로 겹쳐져서 나타남으로, 적아식별을 동시에 할 수 있다.

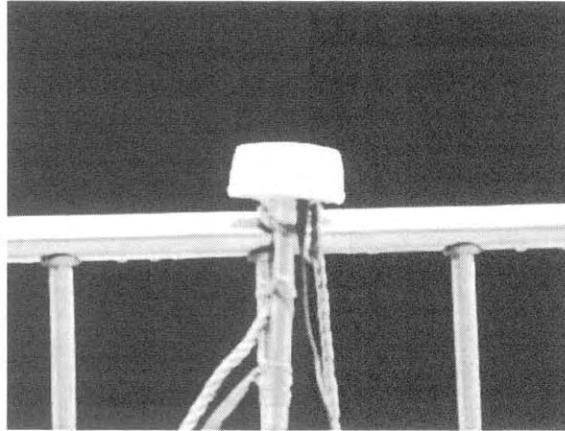


<그림 3-5-21> 시스템: F-AIS 정보처리 부분

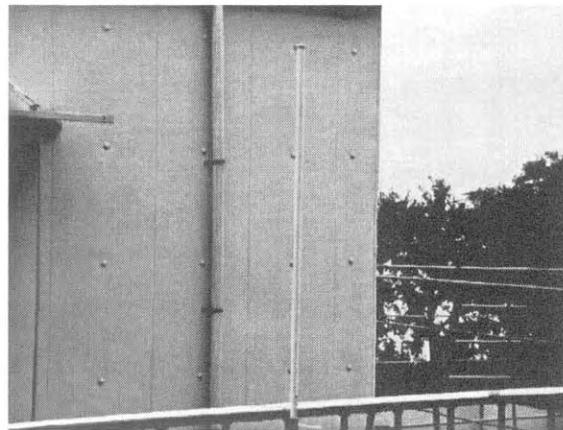


<그림 3-5-22> F-AIS 송신기

<그림 3-5-23>은 시스템의 기준 경위도 위치를 확보하기 위한 GPS 안테나이고, <그림 3-5-24>은 F-AIS 송신장치에서 보내오는 선박식별 정보를 수신하기 위한 안테나이다. F-AIS는 약 5마일 이상의 원거리에 있는 선박정보까지 수신할 수 있는 우수한 성능을 나타냈다.



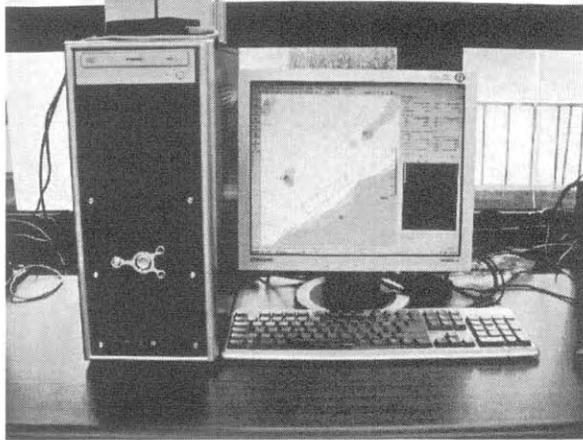
<그림 3-5-23> GPS 안테나



<그림 3-5-24> F-AIS 수신 안테나

<그림 3-5-25>은 시스템의 일부분인 전자해도 기반의 어장 감시 장치를 나타내고, <그림 3-5-26>은 레이더 장치를 나타낸다. <그림 3-5-28>은 레이더 망과 통신망을 하나로 통합 구축한 시스템의 인터페이스 부분을 나타내고,

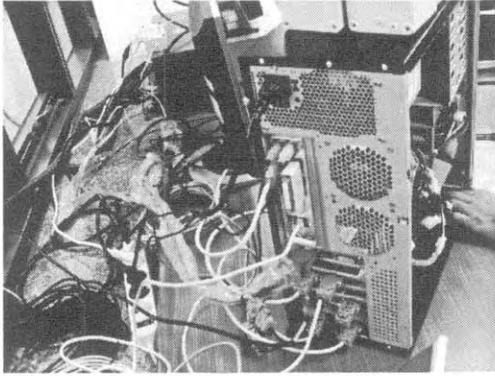
<그림 3-5-29>은 시스템을 모두 설치한 후 최종 확인작업을 하고 있는 모습이다. <그림 3-5-30>은 전복 양식장을 나타내고, <그림 3-5-31>은 본 실험을 위하여 수고하신 어민들이 어장에 가두리 망을 설치하는 모습이다.



<그림 3-5-25> 시스템: 어장감시 부분



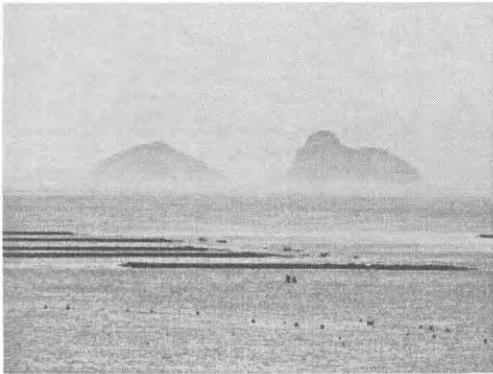
<그림 3-5-26>시스템: 레이더 부분



<그림 3-5-27>레이더망-통신망
통합구축



<그림 3-5-28> 시스템 구축 후
확인작업

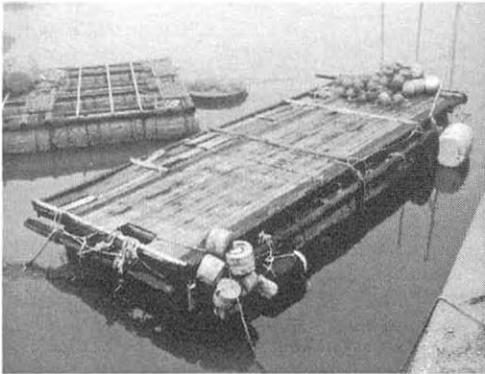


<그림 3-5-29> 전복 양식장



<그림 3-5-30> 전복 양식 가두리 망

<그림 3-5-31>과 <그림 3-5-32>는 전복 양식장 작업을 위한 작업선을 나타낸 것으로, 다양한 작업선이 있으며, F-AIS 송신장치를 설치할 수 있는 높은 장대들이 모두 갖추어져 있음을 확인하였다.



<그림 3-5-31> 양식 작업선-1



<그림 3-5-32> 어장 작업선-2

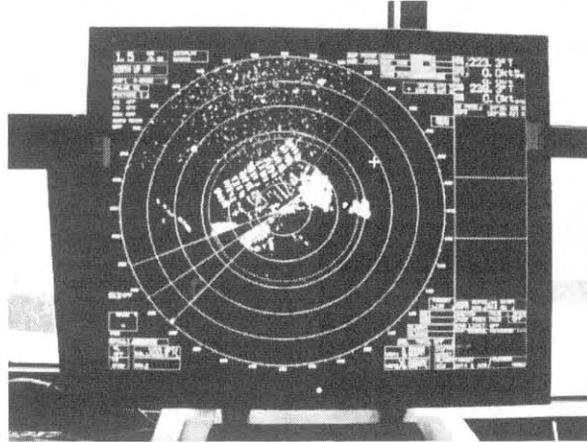
본 현장실험에는 해양수산부의 진도 수산사무소 소장님이 배석하고, 진도 보전공동체 회장 등 다수 어민이 참가하여 시스템의 신뢰성을 확인하였다 (그림 3-5-33).

<그림 3-5-34>는 최종 실험결과로서, 가로 10열, 세로 5열로 배치된 어장의 모습이 대단히 선명한 화질로 나타나 있으며, F-AIS를 장착한 선박은 화면 우측의 + 마크로 표시되어 있다. 도적침입 실험은 <그림 3-5-34>의 + 마크한 선박이 F-AIS를 작동시키지 않은 상태에서 원으로 설정한 양식장 내에 침입하는 경우 휴대폰으로 '도적침입' 문자 메시지가 전달되는지의 여부와 F-AIS를 작동시킨 경우 이러한 경고가 발생하지 않는지의 여부 등을 확인하였다. 실험결과 모두 정상 작동함을 알았다.

구체적인 시나리오 기반실험은 추후 실시하기로 하고, 본 실험에서는 전체 시스템의 통합과 통합 시스템의 정상 작동 여부, 물체 탐지 가능 여부, 적아식별 가능 여부, 휴대폰으로 문자 메시지 발송 가능 여부 등 주로 시스템의 하드웨어적인 구축에 관해서 실험하였다.



<그림 3-5-33> 구축한 시스템의 시연장면



<그림 3-5-34> 최종 실험결과-레이더 화면

라. 시스템 고정설치 고려

본 연구에서 개발한 시스템은 대단히 방대하고, 레이더 스캐너의 무게가 50kg이며, 수 십 가닥의 신호선의 연결과 분해 및 다양한 장비들의 연결과 분해과정에서 신호선들의 절단, 장비의 손상 등이 다발적으로 발생 및 시간이 많이 걸리고, 실험 후 다시 시스템을 분해하여 목포해양대학교로 수송하는 작업이 대단히 번거롭고 비용도 많이 들었다.

그래서 실험 때마다 장비를 이동하여 설치하기 보다는 진도군 보전리 참

전북 양식단지내 어민회관에 고정 설치하기로 결정하였다. 본 양식장에는 자체 회관이 있어 시스템 보관이 용이하고, 방이 준비되어 있는 바 24시간 감시하면서 실험하기에 적합하다. 일단 본 실험에서는 장소가 마련되지 않은 관계로 모든 장비를 다시 분해하여 목포해양대학교 이송하였는데, 이 과정에서 일부 장비의 손상이 초래되어 다시 수리하는 사고가 발생하기도 하였다.

3. 도적침입 시나리오에 따른 장비 보완

가. 보전리 양식단지 도적 침입 경로 검토

진도군 보전리 양식단지는 <그림 3-5-35>에 나타난 바와 같이 양식장 주변에 사람이 사는 하태도, 가사도, 조도 등의 섬이 다양하게 분포되어 있다. 이러한 섬을 출발지로 하거나, 다양한 해상 경로를 통하여 어선을 이용한 도적 침입이 예상된다. <그림 3-5-36>은 진도군 보전리 양식단지를 확대한 것으로, 어장 앞 바다는 주요한 목포항 출입항로이며, 양식장 앞에 갈두리 서방 등대가 설치되어 있으나 암초로 형성되어 있어 어선의 정박은 불가능하다.



<그림 3-5-35> 진도군 지도

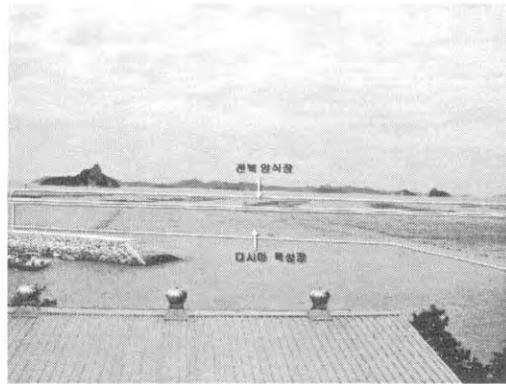


<그림 3-5-36> 양식장 확대지도

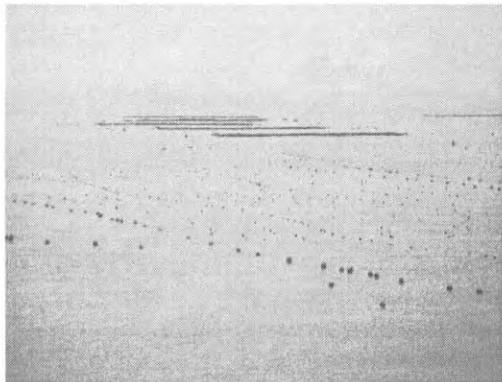
그리고 <그림 3-5-37>은 양식장 부근의 사진으로서, 그림 좌측에 양식단지
 의 물양장(부두)이 있고, 육상과 가두리 양식장 사이에는 수 천개의 다시마
 육성장을 위한 부위가 설치되어 있다(그림 3-5-38). 다시마는 전복 먹이로서,
 어민들이 전복 먹이와 전복을 동시에 키우는 형태로 양식장을 관리하고 있
 다. 다시마 육성장을 확대한 <그림 3-5-39>에 나타난 바와 같이 이 지역은
 수 많은 부위와 어망으로 인하여 입출항이 불가능하여 어민들은 <그림
 3-5-40>에 나타난 것과 같은 작업선의 운항을 위하여 다시마 육성장 사이에
 작은 수로를 형성하여 출입하고 있다.



<그림 3-5-37> 부두와 가두리 양식장



<그림 3-5-38> 양식장 주변환경



<그림 3-5-39> 가두리 양식장(확대)



<그림 3-5-40> 크레인 장착 작업선

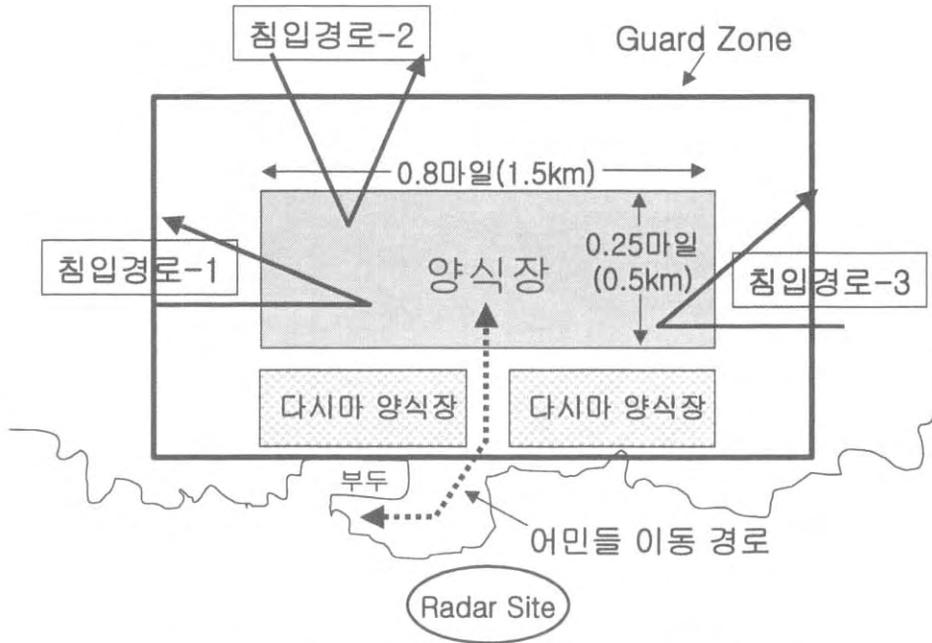
나. 레이더 추적을 위한 Guard Zone 설치 검토

<그림 3-5-41>은 가두리 양식장 주변의 환경을 그림으로 나타낸 것으로, 가두리 양식장은 크기는 가로 0.8마일(약 1.5km, 해상에서는 1마일이 1852m 임), 세로 0.25마일(약 0.5km)에 달한다. 그리고 본 연구실험 초기에는 해상으로부터 침입하는 도적만을 고려하였는데, <그림 3-5-41>에 나타난 바와 같이 '침입경로-1', '침입경로-2' 및 '침입경로-3'을 예상 하였다.

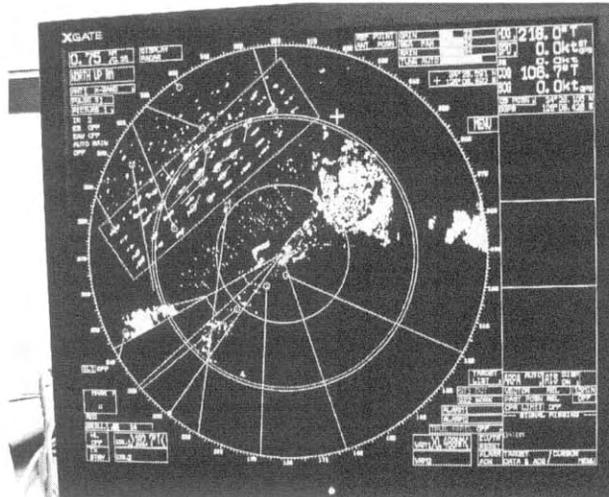
그리고 레이더로 탐지하는 영역을 Guard Zone으로 표시하여 이 Guard Zone에 침입하는 모든 물체를 우선 레이더로 탐지한 후 해당 물체를 추적하여 식별토록 시스템을 설계하였다. 한편, 양식장과 다시마 육성장에 설치한 수 많은 소형 부위를 본 연구에서 개발한 레이더의 고 분해능 영상구현을 위한 알고리즘을 적용한 결과 모두 고 분해능으로 <그림 3-5-42>와 같이 탐지는 되었으나, 부위 사이의 간격이 수십 cm에 불과한 경우도 발생하여 부위와 부위 또는 부위와 작업선이 서로 근접하는 경우, 두 물체의 지속적인 추적과 식별이 불가능한 문제점이 발생하였다. 물체가 서로 수 cm 이내로 근접하는 경우에는 추적한 물체(예를 들어 A 물체)를 서로 인식하지 못하고 다른 물체(예를 들어 B 물체)로 추적을 건너뛰는 이른 바 '널뛰기 현상'이 발생하였는데, 이러한 결과 Guard Zone 내에 있는 모든 물체를 탐지하고 추적한 <그림 3-5-42>의 결과와 같이 물체 추적에 오류가 발생하여 가두리 양식장에서 작업 중인 작업선의 추적결과가 시간이 경과함에 따라 '널뛰기 현상'으로 인하여 부위와 부위를 이동하면서 결국에는 육지로 이동하는 문제가 발생하였다.

이러한 문제를 방지하기 위해서는 레이더의 분해능을 수 cm 이하(또는 수 mm 이하)로 더욱 향상시켜야하는데, 현재의 최신 민간 또는 군사용 레이더 기술을 적용한다 하더라도 기술적인 한계로 인하여 이러한 현상을 방지하기는 불가능하며, 수 cm 이하가 아닌 수 mm 이하로 분해능을 향상시킨다 하더라도 이러한 물체 접근 시 발생하는 널뛰기 현상을 극복할 수는 없는 것으로 조사되었다. 어차피 작업선이 작업을 위해서는 가두리 양식장에 설치한 부위에 접안해야하기 때문에 두 물체가 근접하는 문제는 근본적으로 해결이 될 수 없는 것으로 고려되었다.

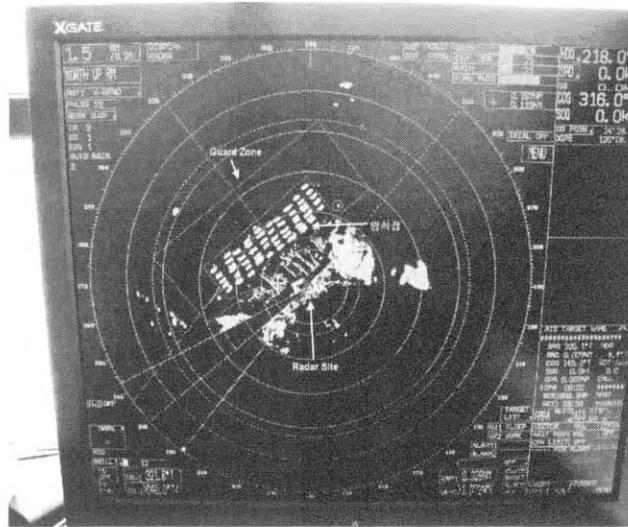
그래서 <그림3-5-43>에 나타난 바와 같이 Guard Zone을 양식장을 포함하는 사각형이 아닌 요철형태로 변경하여 실험하였다.



<그림 3-5-41> 레이더 Guard Zone 설치와 주변환경

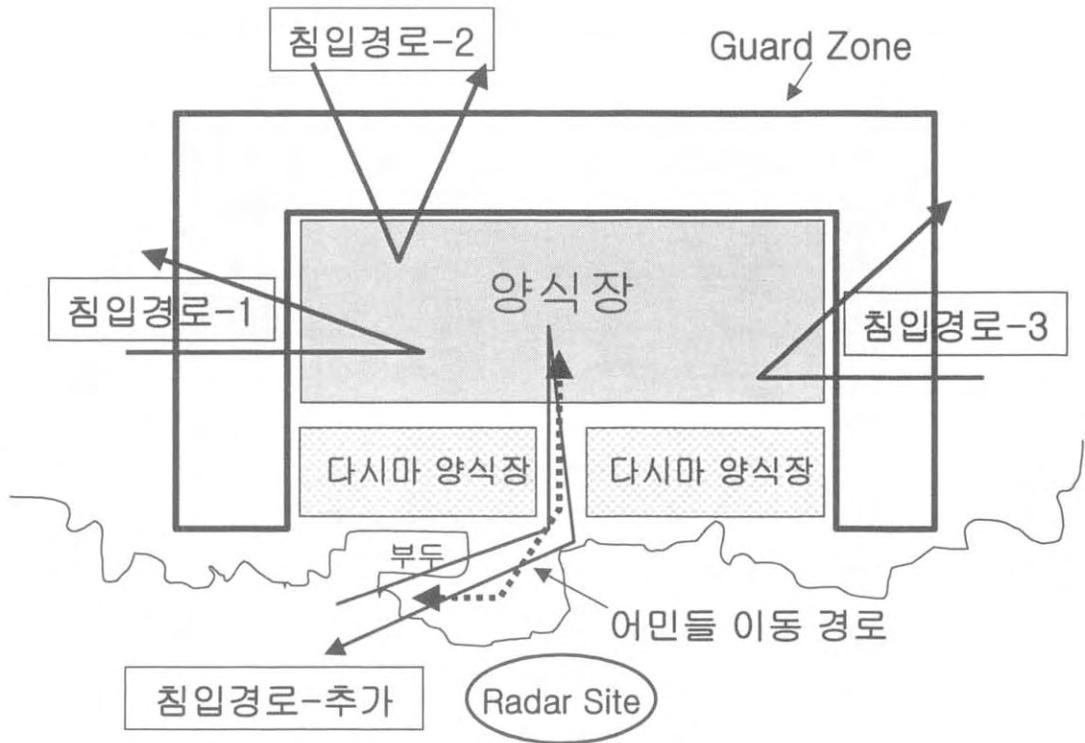


<그림 3-5-42> 본 연구의 레이더 영상과 사각형 Guard Zone 설치(좌측 상단)



<그림 3-5-43> 새로운 요철형 Guard Zone
설치(좌측 중간)

한편, 어민들과의 실험과정에서 어민들은 <그림 3-5-41>에 나타난 바와 같이 다시마 양식장 사이에 형성된 해상로를 통하여 이동하는데, 이 때 F-AIS를 장착하지 않거나 장착하더라도 F-AIS를 Off 시킨 상태로 마치 자기 가두리에서 작업하는 것처럼 위장하여 다른 사람의 가두리 양식장에 침입하여 전복을 훔쳐가는 사건도 다수 발생하고 있음을 알렸다. 그래서 <그림 3-5-41>에 나타난 침입경로 1,2,3 이외에 육상을 통한 도적침입 경로를 <그림 3-5-42>와 같이 추가하여 다양한 경로를 통한 도적 행위 시나리오를 연구함으로써 가능한 모든 경우에 대비한 도적 방지 대책을 강구하였다.



<그림 3-5-44> 침입경로 추가

다. 도적 침입 경로 시나리오 작성과 검토

양식장에 침입할 수 있는 다양한 상황을 검토하였는데, 일단 가장 우려되는 것이 본 시스템은 해상에서 발생하는 도적을 탐지하는 것이 목적인 바, 잠수부를 동원한 수중으로의 도적행위에 대해서는 대책이 없다. 그러나 보전리 가두리 양식장은 조류가 강하고 수질이 탁하며, 양식장 주위에 전복 먹이용 다시마 또는 미역을 육성하기 위한 어장이 수 천개의 부위 형태로 밀집되어 있기 때문에 육상이나 외부에서 잠수하여 전복을 절도하는 것은 불가능하다고 어민들이 전하였으며, 더욱이 전복 가두리는 그 무게가 수 톤에 달하기 때문에 절도를 위해서는 최소한 1척의 동력선이 필요하며, 설령, 잠수하여 도적 행위를 한다 하더라도 수 십미 정도만이 가능함을 어민들이 알려주었다. 실제 어민들은 위의 <그림 3-5-40>에 나타낸 바와 같은 크레인을 이용하여 전복 가두리를 들어 올리고 있다. 또한 연안으로부터 양식장까지 또는 해상

으로부터 양식장까지는 <그림 3-5-38>에 나타난 바와 같이 거리가 멀기 때문에 잠수에 의한 해상 도적은 불가능한 실정이다. 어민들의 의견 역시 잠수에 의한 도적행위는 좀 도둑 정도에 미칠 뿐, 선박을 이용한 대규모 도적 방지가 시급한 해결 과제임을 역설하였다. 그래서 본 연구에서는 대규모 해상도적을 방지하는데 초점을 두고 시스템을 개발하였다.

<그림 3-5-45>과 <그림 3-5-46>에 양식장에 침입 가능한 모든 시나리오를 그림으로 나타냈다. <그림 3-5-45>은 '외부도적'에 대한 침입 시나리오를 나타내고, <그림 3-5-46>은 '내부도적'에 대한 침입 시나리오이다. 여기서, 내부와 외부 도적은 다음과 같이 구분하였다.

- ① 외부도적 : 전북 양식장 공동체 회원이 아닌 사람이 F-AIS 장착 없이 양식장 외부로 부터 양식장에 침입하여 다시 양식장 외부로 도주하거나 부두로 도주하는 경우(F-AIS를 훔쳐서 장착한 경우는 내부 도적으로 간주)
- ② 내부도적 : 전북 양식장 공동체 회원이 도적인 경우를 의미하며, 부두 또는 외부에서 어장 침입 후 다시 부두 또는 어장 외부로 도주하는 경우로서, F-AIS를 장착하고 도적행위를 하는 경우와 F-AIS 미장착 또는 F-AIS Off 상태에서 도적행위 하는 경우로 구분할 수 있음

따라서 상기와 같이 외부도적과 내부도적을 구분하는 경우, F-AIS 장착 유무에 상관없이 모두 추적 및 식별 작업이 필요함을 알 수 있다.

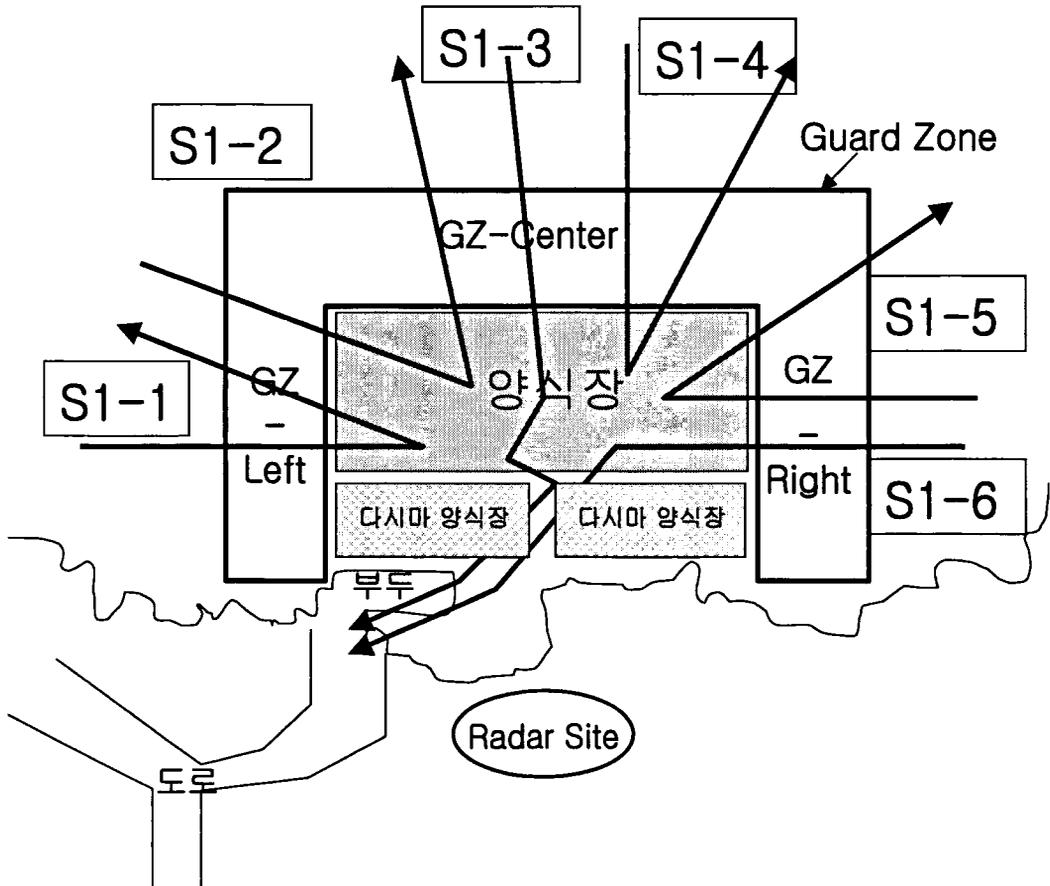
따라서 레이더 탐지와 추적을 위한 Guard Zone 존에 침입하는 모든 물체는 외부도적과 내부도적을 구분하지 않고 일단 의심 물체로 간주할 수밖에 없는 상황임을 알았다. 어민들 역시 최근에는 감시 시스템이 장착된 결과 외부도적 보다는 내부도적의 소행으로 의심이 가는 경우가 많다는 의견을 제시하였으나, 내부도적의 경우 심증만으로는 도적 행위에 대한 진술을 확보하기 어렵기 때문에 본 시스템에는 가능한 모든 물증을 확보할 수 있는 방법을 제시해야 함을 알았다.

그래서 본 연구에서는 일단 가드 존에 침입하는 모든 물체는 감시 대상으로 포함 시켜서 일단 레이더로 탐지하고 -> 레이더로 추적하여 그 기록을 Server에 보관함과 동시에 -> 침입 사실을 어민들에게 통보하여 어민들이 적아식별을 하게하고 -> F-AIS의 추적 내용을 역시 Server에 기록하여 추후 도난 발생시 추적 자료로 활용하는 등의 순서와 방법으로 시스템을 구성하였다.

이러한 방어 체계를 형성하기 위한 시나리오를 다음에 기술한다.

1) 외부 도적침입 시나리오

<그림 3-5-45>은 '외부도적'에 대한 침입 시나리오를 그림으로 나타낸 것으로 각 경로(그림에서 S1-1부터 S1-6로 표시)에 대한 내용은 다음과 같다.



<그림 3-5-45> 외부도적 침입 시나리오

- S1-1 : 외부 도적이 양식장에 구축한 Guard Zone의 좌측에서 양식장을 침입하여 도적 행위 후, Guard Zone 좌측으로 도주한 경우
- S1-2 : 외부 도적이 양식장에 구축한 Guard Zone의 좌측에서 양식장을 침입하여 도적 행위 후, Guard Zone 중앙으로 도주한 경우

- S1-3 : 외부 도적이 양식장에 구축한 Guard Zone의 중앙에서 양식장을 침입하여 도적 행위 후, 육상 부두로 도주한 경우(전복은 무겁기 때문에 차량을 이용한 육상 도주가 가장 많다고 하며, S1-3의 시나리오가 가장 유력한 경우라고 어민들이 의견을 제시하였음)
- S1-4 : 외부 도적이 양식장에 구축한 Guard Zone의 중앙에서 양식장을 침입하여 도적 행위 후, Guard Zone의 중앙으로 도주한 경우
- S1-5 : 외부 도적이 양식장에 구축한 Guard Zone의 우측에서 양식장을 침입하여 도적 행위 후, Guard Zone의 우측으로 도주한 경우
- S1-6 : 외부 도적이 양식장에 구축한 Guard Zone의 우측에서 양식장을 침입하여 도적 행위 후, 육상 부두로 도주한 경우(S1-3의 시나리오 마찬가지로 유력한 경우라고 어민들이 의견을 제시하였음)
- 기타 : 부두 이외의 육상에서 양식장을 침입하는 경우를 가정할 수 있는데, <그림 3-5-45>에 나타낸 바와 같이 육상에서 가두리 양식장으로 통하는 경로는 다시마 양식장 사이의 경로만이 유일하며 다른 지역에서는 다시마 양식장에 설치한 수많은 부위와 어망으로 인하여 작업선 이동은 불가능하며, 특히 야간에는 어민들조차 수많은 부위와 어망으로 인하여 작업하지 않음

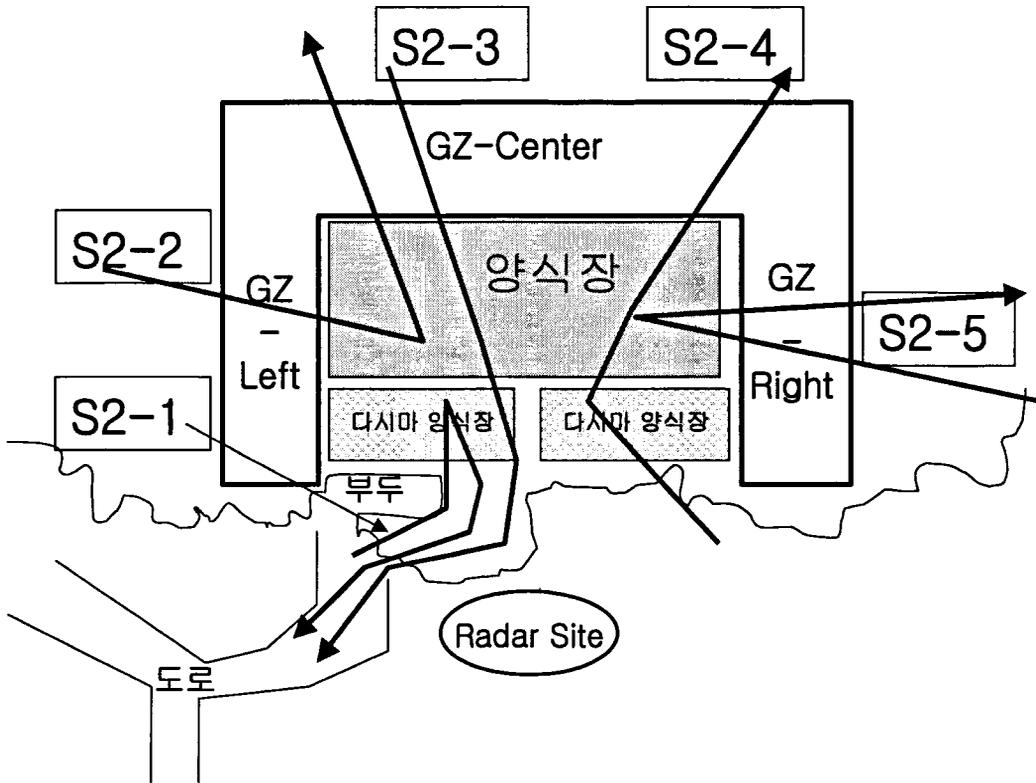
2) 내부 도적침입 시나리오

<그림 3-5-46>은 '내부도적'에 대한 침입 시나리오를 그림으로 나타낸 것으로 각 경로(그림에서 S2-1부터 S2-5로 표시)에 대한 내용은 다음과 같다.

- S2-1 : 내부 도적이 육상에서 양식장을 침입하여 도적 행위 후, 다시 육상으로 도주한 경우(마치 본인의 가두리인 것처럼 다른 조합원의 가두리에서 도적행위 하는 경우)
- S2-2 : 내부 도적이 양식장에 구축한 Guard Zone의 좌측에서 양식장을 침입하여 도적 행위 후, Guard Zone 중앙으로 도주한 경우
- S2-3 : 내부 도적이 양식장에 구축한 Guard Zone의 중앙에서 양식장을 침입하여 도적 행위 후, 육상 부두로 도주한 경우

S2-4 : 내부 도적이 육상의 다른 지역에서 양식장을 침입하여 도적 행위 후, Guard Zone의 중앙으로 도주한 경우

S2-5 : 내부 도적이 양식장에 구축한 Guard Zone의 우측에서 양식장을 침입하여 도적 행위 후, Guard Zone의 우측으로 도주한 경우



<그림 3-5-46> 내부도적 침입 시나리오

3) 감시 수단의 검토

다음 <표 3-5-4>은 <그림 3-5-45>에 나타낸 외부도적에 대한 각 시나리오별 외부도적의 침입경로와 이를 방어하기 위하여 본 연구에서 개발한 도적 방지 시스템을 가동했을 때 예상되는 방어수단과 경보방법을 도난당하기 전과 도난당한 후로 구분하여 정리한 것이다. 그리고 <표 3-5-5>는 <그림

3-5-46>에 나타난 내부도적에 대한 것인데, F-AIS를 장착한 경우와 장착하지 않은 경우로 다시 구분하였다.

<표 3-5-4> 외부도적에 대한 예상 루트와 예상되는 결과

(참고 : O는 수단이 유효함을 나타내고, X는 불가능함을 의미함)

시나리오 번호	도적 침입경로	도적 방지 시스템의 예상되는 대응 결과			
		도난 전		도난 후	
		침입경보 (ARPA)	문자경보 (SMS)	경로추적 (ARPA)	경로추적 (F-AIS)
S1-1	좌측 GZ->양식장 절도->좌측 GZ	O	O	O	X
S1-2	좌측 GZ->양식장 절도->중앙 GZ	O	O	O	X
S1-3	중앙 GZ->양식장 절도->부두	O	O	O	X
S1-4	중앙 GZ->양식장 절도->중앙 GZ	O	O	O	X
S1-5	우측 GZ->양식장 절도->우측 GZ	O	O	O	X
S1-6	우측 GZ->양식장 절도->부두	O	O	O	X

<표 3-5-5> 내부도적에 대한 예상 루트와 예상되는 결과

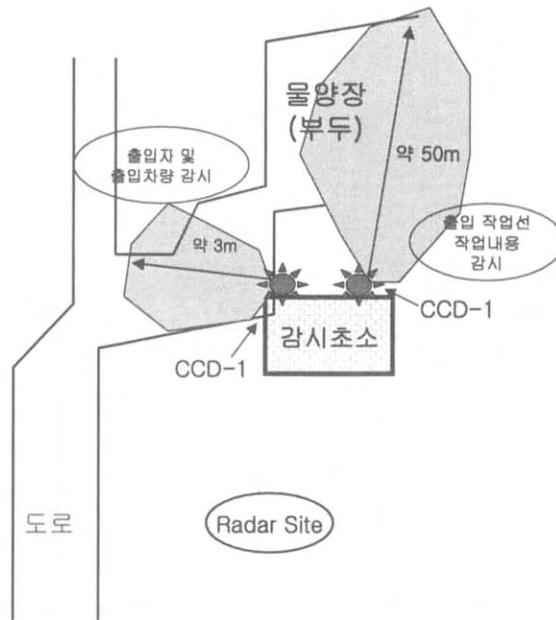
시나리오 번호	구분	도적 루트	도적 방지 시스템의 예상되는 대응 결과			
			도난 전		도난 후	
			침입경보 (ARPA)	문자경보 (SMS)	경로추적 (ARPA)	경로추적 (F-AIS)
S2-1	F-AIS 장착	부두->양식장 절도->부두	X	X	X	O
S2-2		좌측 GZ->양식장 절도->중앙 GZ	O	O	O	O
S2-3		중앙 GZ->양식장 절도->부두	O	O	O	O
S2-4		해안->양식장 절도->중앙 GZ	O	O	O	O
S2-5		우측 GZ->양식장 절도->우측 GZ	O	O	O	O
S3-1	F-AIS 미장 착	부두->양식장 절도->부두	X	X	X	X
S3-2		좌측 GZ->양식장 절도->중앙 GZ	O	O	O	X
S3-3		중앙 GZ->양식장 절도->부두	O	O	O	X
S3-4		해안->양식장 절도->중앙 GZ	O	O	O	X
S3-5		우측 GZ->양식장 절도->우측 GZ	O	O	O	X

위의 <표 3-5-4>와 <표 3-5-5>에서 살펴 본 바와 같이 본 연구에서 개발한 도적 방지 시스템은 도난 전과 도난 후에 모두 유용한 수단과 방법을 제공하고 있는데, 다만 <표 3-5-5>의 시나리오 번호 'S3-1'과 같이 내부도적이 F-AIS를 미장착한 상태에서 부두를 통하여 양식장 절도 행위를 한 후 다시 부두로 돌아오는 경우에는 ARPA-Radar Guard Zone에도 탐지되지 않고, F-AIS 기록에도 흔적이 없기 때문에 도난 전 또는 도난 후 추적할 방법이 없다.

이러한 S3-1의 시나리오는 최악의 상황을 가정한 것인데, 도적행위의 목적을 갖는 어민이 F-AIS를 장착하지 않은 상태(또는 F-AIS Off 상태)에서 가두리 양식장으로 향하는 경우와 설령 F-AIS를 장착했다 하더라도 이동하는 중간에 F-AIS를 Off 한 경우에 대해서 대응책을 마련할 필요가 있음을 알 수 있다. 따라서 내부도적을 방지하고, 가능한 물증을 완벽하게 확보하기 위해서는 작업자의 모습과 작업차량 및 부두에서 작업하는 모습 등을 영상으로 확보하는 것이 가장 유효하다고 판단되었다.

해양경찰에 문의한 결과에서도, 레이더 영상 추적 내용과 F-AIS 추적 내용이 사건의 증빙자료로 활용되기 위해서는 본인이 도적행위 했음을 진술해야 하는데, 도적행위 하지 않았다고 진술(예를 들어, 다른 사람이 본인의 작업선을 이용하여 도적행위 했다는 등)하는 경우에는 대책이 없다고 전해왔다.

그래서 본 연구에서는 <그림 3-5-47>과 같은 위치에 설치된 어민들 자체 감시초소에, 이동하는 차량과 작업자의 영상을 확보하기 위한 CCD 카메라를 2대 설치하였다. 1대(CCD-1)는 물양장(부두)으로 통하는 도로의 이동 차량과 작업자를 인식하기 위한 것이고, 1대(CCD-2)는 물양장(부두)에서 작업하는 내용과 차량 및 작업선 등을 촬영하기 위한 것이다. <그림 3-5-48>은 실제 설치한 장면을 나타낸다. 상세한 내용은 후술하는 최종 시스템 구축에서 기술한다.



<그림 3-5-47> CCD 카메라 설치장소



<그림 3-5-48> CCD 카메라 설치모습

상기 <그림 3-5-47>과 같이 CCD 카메라를 장착한 경우에 본 시스템을 통하여 방어되는 <표 3-5-4>와 <표 3-5-5>의 시나리오는 다음 표 <표 3-5-6>와

<표 3-5-7>과 같이 수정된다.

이와 같이 시스템을 보완한 결과 <표 3-5-6>와 <표 3-5-7>과 같이 보전리 참전복 가두리 양식장에서 예상되는 모든 도적행위에 대해서 도난 전과 도난 후 모두 대응 가능함을 알 수 있다.

<표 3-5-6> 외부도적에 대한 예상 루트와 CCD 카메라 적용 후 예상되는 결과 (참고 : O는 수단이 유효함을 나타내고, X는 불가능함을 의미함)

시나리오 번호	도적 침입경로	도적 방지 시스템의 예상되는 대응 결과				
		도난 전		도난 후		
		침입경보 (ARPA)	문자경보 (SMS)	경로추적 (ARPA)	경로추적 (F-AIS)	영상추적 (CCTV)
S1-1	좌측 GZ->양식장 절도->좌측 GZ	O	O	O	X	X
S1-2	좌측 GZ->양식장 절도->중앙 GZ	O	O	O	X	X
S1-3	중앙 GZ->양식장 절도->부두	O	O	O	X	O
S1-4	중앙 GZ->양식장 절도->중앙 GZ	O	O	O	X	X
S1-5	우측 GZ->양식장 절도->우측 GZ	O	O	O	X	X
S1-6	우측 GZ->양식장 절도->부두	O	O	O	X	O

<표 3-5-7> 내부도적에 대한 예상 루트와 CCD 카메라 적용 후 예상되는 결과

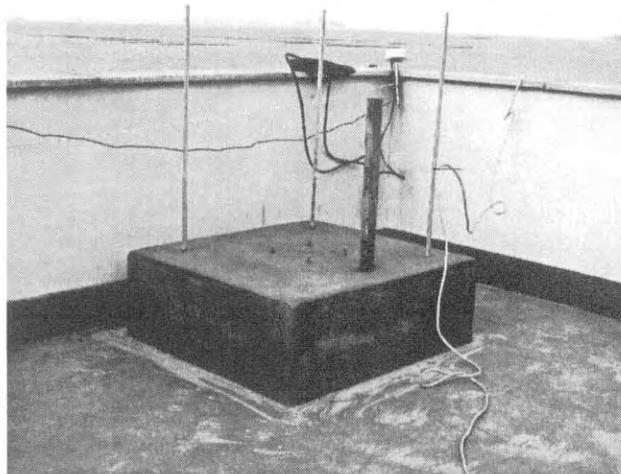
시나리오 번호	구분	도적 루트	도적 방지 시스템의 예상되는 대응 결과				
			도난 전		도난 후		
			침입경보 (ARPA)	문자경보 (SMS)	경로추적 (ARPA)	경로추적 (F-AIS)	영상추적 (CCTV)
S2-1	F-AIS 장착	부두->양식장 절도->부두	X	X	X	O	X
S2-2		좌측 GZ->양식장 절도->중앙 GZ	O	O	O	O	X
S2-3		중앙 GZ->양식장 절도->부두	O	O	O	O	O
S2-4		해안->양식장 절도->중앙 GZ	O	O	O	O	O
S2-5		우측 GZ->양식장 절도->우측 GZ	O	O	O	O	X
S3-1	F-AIS 미장 착	부두->양식장 절도->부두	X	X	X	X	O
S3-2		좌측 GZ->양식장 절도->중앙 GZ	O	O	O	X	X
S3-3		중앙 GZ->양식장 절도->부두	O	O	O	X	O
S3-4		해안->양식장 절도->중앙 GZ	O	O	O	X	O
S3-5		우측 GZ->양식장 절도->우측 GZ	O	O	O	X	X

4. 집단감시 디지털시스템의 시작품 제작 및 설치와 적용실험

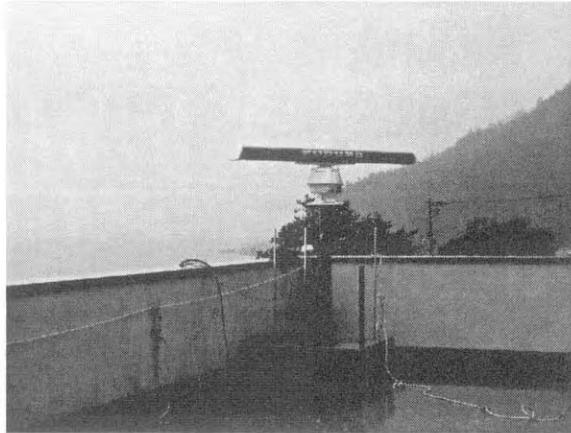
가. 실험 개요

앞서 선행실험 결과들을 토대로 시스템을 보완한 후, 2007년 1월 22일부터 30일까지 진도 참전복 양식단지에서 2007년도 현장실험을 실시하였다. 앞에서 기술한 바와 같이 시스템은 어민회관 2층 206호실(가로4.5m×세로3m)에 설치하였다. 현재 본 양식단지에서는 고가의 전복진주를 생산하기 위한 시설을 도입하여 법인을 설립한 바 있는데, 전복진주 1개당 수 만원을 호가하는 관계로 향후 절도사건 발생을 우려하고 있었다.

본 실험부터는 보전리 가두리 양식장에 시스템을 고정 설치하였는데, <그림 3-5-49>는 강풍과 도난에 대비하여 어민회관 옥상에 레이더 Scanner 지지대를 콘크리트로 타설한 모습이고, <그림 3-5-50>은 콘크리트 타설 2일 후, 콘크리트가 마른 상태에서 레이더 Scanner를 고정 설치한 모습이다. 진도군은 겨울과 여름에 강한 강풍과 기상악화가 발생하기 때문에 50Kg의 레이더 Scanner를 고정 지지하지 않으면 넘어져서 파손될 위험이 크다.



<그림 3-5-49> 스캐너 지지대 콘크리트 타설



<그림 3-5-50> 스캐너 고정 설치

<그림 3-5-51>은 앞선 실험결과를 반영하여 보완 수정한 Server와 레이더 화면들의 모습이고, <그림 3-5-52>는 ARPA와 F-AIS 화면을 나타낸다.



<그림 3-5-51> 장비설치(서버와 레이더)



<그림 3-5-52> 장비설치(ARPA와 F-AIS)

나. F-AIS 성능 실험

일단 시스템을 완전히 고박하고 구축한 후, 가상의 도적선을 지정하여 이 어선이 어장을 침입할 때의 상태를 실험하였다. <그림 3-5-53>과 <그림 3-5-54>는 실험 당시 가두리에서 작업하고 있는 어선들의 모습이다. 이러한 작업선들은 F-AIS를 장착하지 않고 있기 때문에 일단은 모두 도적선으로 고려하여 시스템에서 처리하게 된다.



<그림 3-5-53> 양식장 작업모습-1



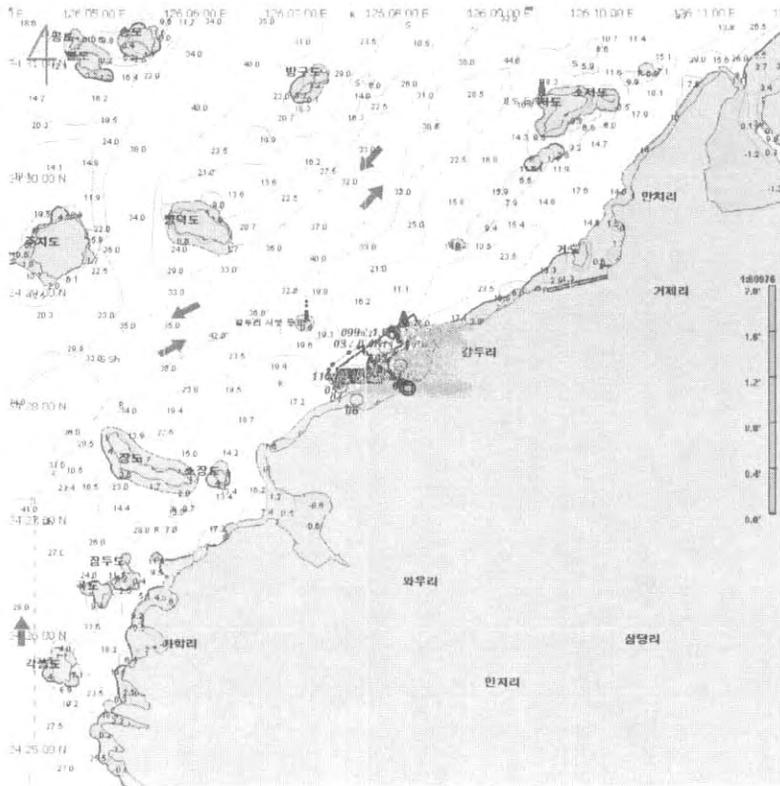
<그림 3-5-54> 양식장 작업모습-2

<그림 3-5-55>와 <그림 3-5-56>은 실험선에 F-AIS를 장착하여 실험 현장으로 나가는 모습을 나타낸다. 이 실험선이 F-AIS를 On 시킨 상태 또는 Off 시킨 상태에서 가두리 양식장을 침입하다 벗어나는 행위를 반복시켜서 그 당시의 경보발생 상황과 Server에 기록된 저장 내용을 확인하였다. 본 실험에는 총 5척의 작업선이 투입되었다.



<그림 3-5-55> F-AIS 설치 실험선박 <그림 3-5-56> 실험선박 이동준비

<그림 3-5-57>은 실험시간동안에 실험선과 그 당시 가두리에서 작업하고 있는 모든 어선 및 물체가 Server에 저장된 결과를 나타낸다. 큰 전자해도에 많은 정보를 나타냈기 때문에 어떠한 상황인지 알 수 없다. 본 시스템은 전자해도 기반의 시스템으로 되어 있기 때문에 원하는 구역의 축소 확대가 가능하다.



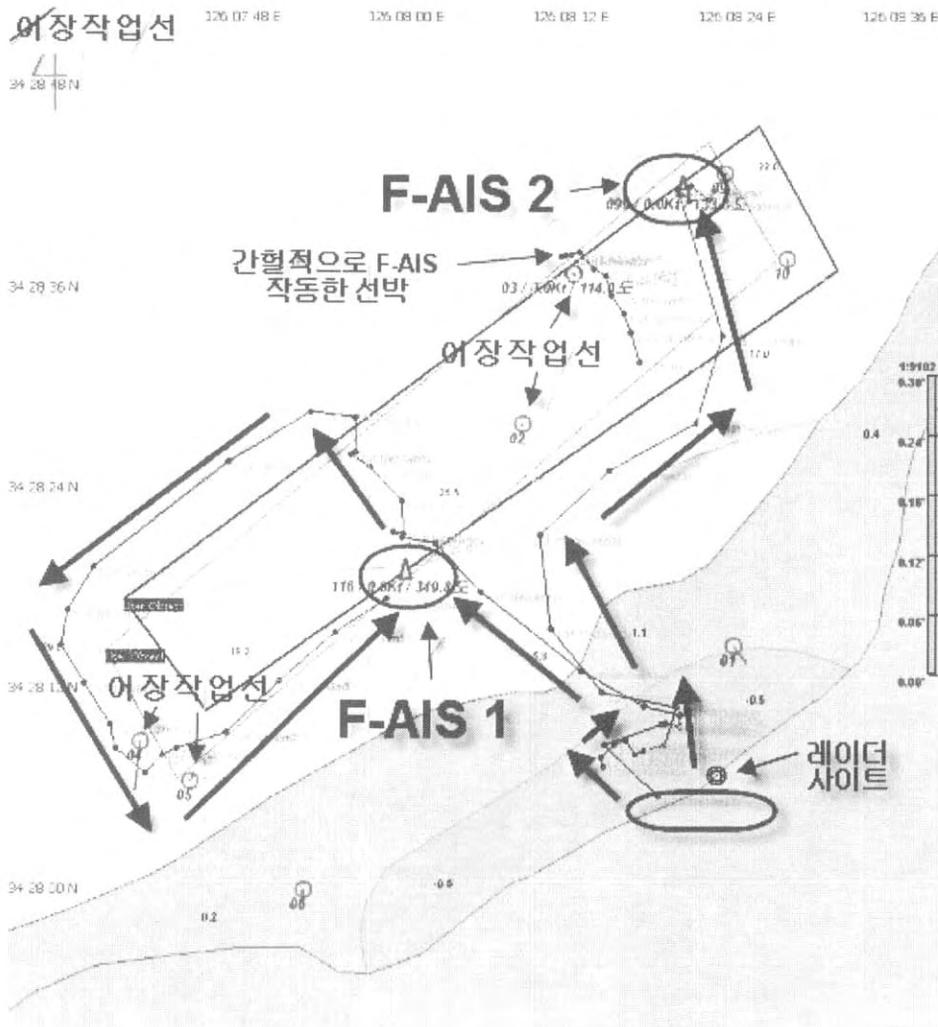
<그림 3-5-57> 양식장의 해도상 위치와 추적결과(축소)

<그림 3-5-58>은 <그림 3-5-57>에서 가두리 양식장 부근만을 확대하여 나타낸 전자해도 화면으로, Server에 저장된 내용 중에서 F-AIS 정보만 다시 재현한 것이다. 물론 레이더 탐지 물표도 동시에 나타낼 수 있다. 그러나 F-AIS 정보와 레이더 정보를 동시에 나타내면 방대한 정보가 동시에 나타나기 때문에 분별하기 어렵다. 그래서 일단은 F-AIS 정보만을 호출하여 <그림 3-5-58>에 나타냈다.

재현한 시간은 1월 25일 10시14분부터 10시40분까지이다. F-AIS를 장착한 선박은 총 3척인데, 한 척은 'F-AIS 1'으로 나타났고, 다른 한척은 'F-AIS 2'로 나타났으며, 다른 한척은 F-AIS를 간헐적으로 작동시킨 결과 초기 이동 루트 없이 '간헐적으로 작동한 선박'으로 표시하였다. 그리고 10시40분 때에 레이더에서 포착한 4척의 작업선과 기타 물표 3개가 나타나있는데, 이 것은 F-AIS 데이터 호출시 자동으로 최종 포착한 레이더 정보가 나타나도록 설계

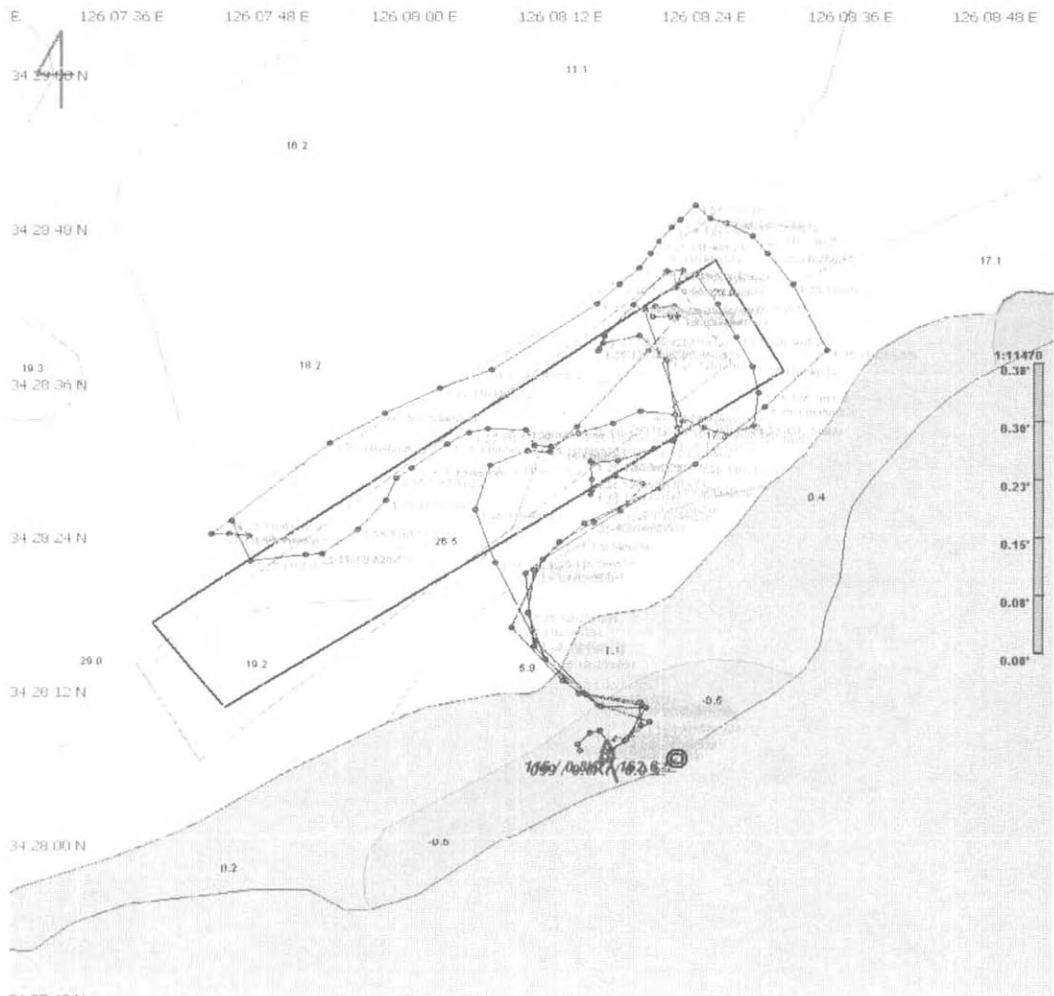
했기 때문이다.

실험결과, 실험선들이 F-AIS를 작동시키고 있는 경우 모든 행적이 기록됨을 알 수 있다. 인위적으로 F-AIS를 On/Off 시킨 경우에는 그 기록이 남지 않음을 알 수 있다. 이 경우에는 레이더에 의한 추적결과를 서로 중첩시켜서 행적을 추적할 수 있다.



<그림 3-5-58> 실험선을 이용한 실험결과(10시14분-10시40분)

<그림 3-5-59>은 1월 25일 11시20분부터 12시30분까지 2척의 실험선에 F-AIS를 장착시켜서 가두리 양식장을 이동시킨 결과이다. 앞의 <그림 3-5-38>의 결과와 마찬가지로 F-AIS 장착 선박은 모두 그 흔적이 기록됨을 알 수 있다. 따라서 어민들이 F-AIS를 장착하고 있는 상태에서는 적아식별이 뚜렷이 가능함을 알 수 있다. 외부에서 F-AIS가 없는 작업선에 대해서는 레이더에 의해 탐지된 정보와 중첩 비교해야함으로 뒤에서 실험결과를 기술한다.



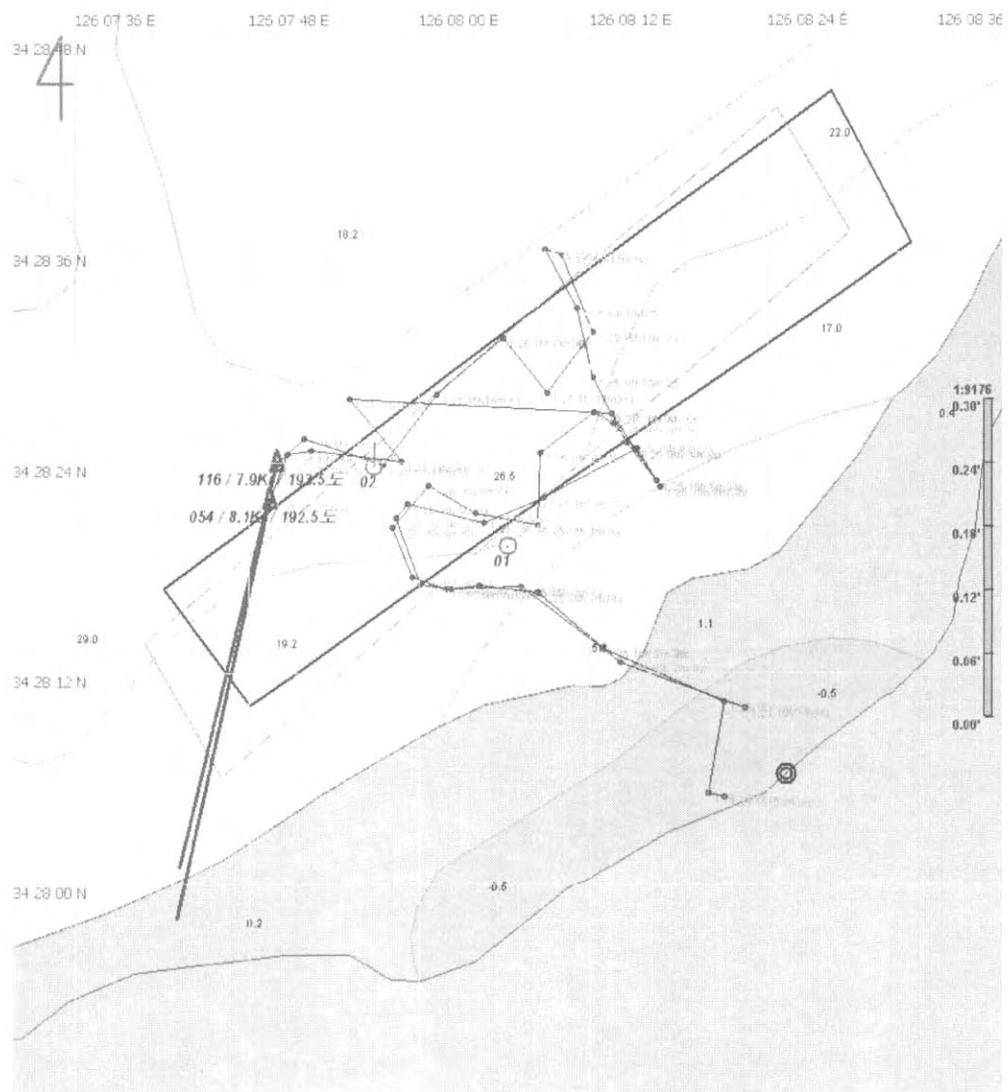
<그림 3-5-59> 실험선을 이용한 실험결과(11시20분-12시30분)

다. F-AIS와 ARPA 추적에 의한 도적침입 실험

1월 25일 16시00분부터 16시30분까지 F-AIS를 장착한 2척의 실험선을 투입하여 <그림 3-5-60>과 같이 어장 경계선을 S자 형식으로 출입을 반복시키면서, 그 때마다 F-AIS를 Off 시켜서 가두리에 침입시키고, 이 때 해당자의 휴대폰에 그 당시의 상황을 전파할 수 있는지를 실험하였다. 따라서 본 실험에서는 레이더의 물표 탐지 정보와 F-AIS 정보가 혼합 적용되어 적아식별을 하게 된다.

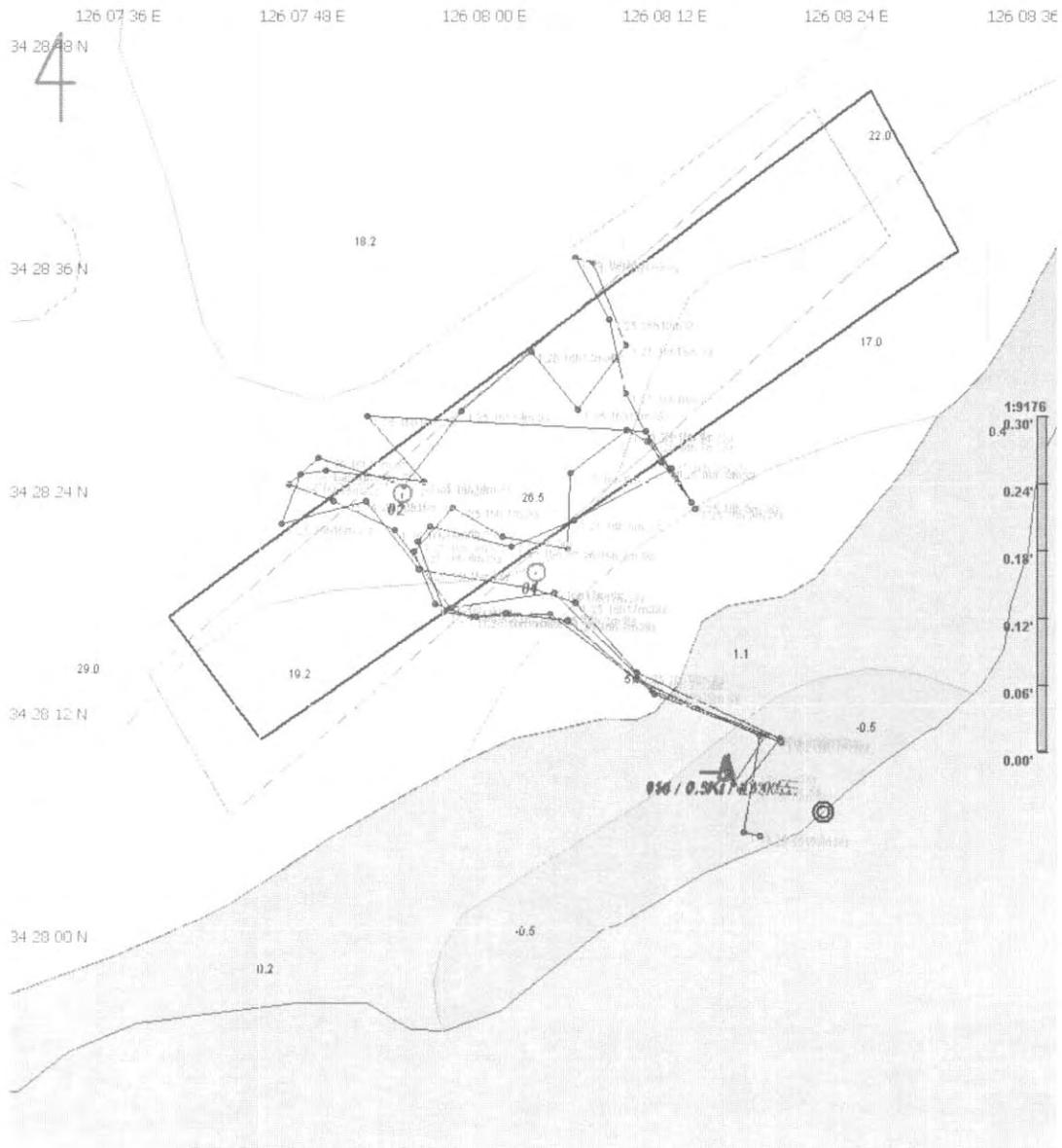
문자 메시지의 종류는 F-AIS를 장착하지 않은(즉 Off 시킨) 실험선이 어장 경계선 100m 이내로 접근하는 경우 '의심 선박 어장 접근중...'이라는 메시지를 송신함과 동시에 송신시각과 송신자의 이름을 부가하고, 어장침입 시에는 '의심 선박 어장 침입!!'이라는 문자를 송신 및 송신시각과 송신자를 부가하였다.

<그림 3-5-60>은 16시00분에 2척의 실험선이 부두에서 출발하여 16시16분까지의 행적을 나타낸 것으로, 화면 좌측의 긴 실선에 '△' 표시한 물체는 2척 실험선의 16시16분 현재 최종 위치를 나타낸다. 16시00분부터 16시16분까지 2척의 실험선은 어장을 6회 이상 침범하면서 침범시 F-AIS를 Off시킨 상태이다. 이 결과로부터, 도적선이 침입한 입구와 출구 및 경로 등을 모두 상세히 알 수 있다.



<그림 3-5-60> 25일 16시00분-16시10분 사이에 실험선이 이동한 행적

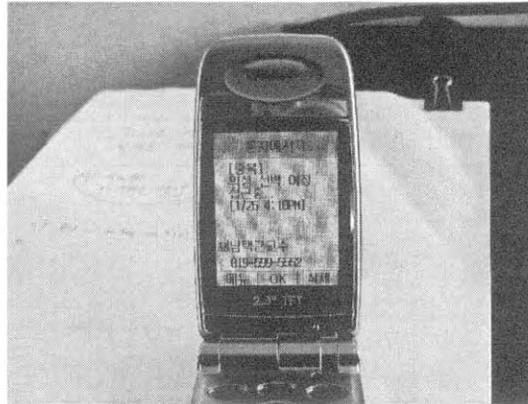
<그림 3-5-61>은 16시00분부터 16시20분까지의 결과를 나타낸다. 앞의 <그림 3-5-60> 보다 10분 후의 결과를 추가한 것으로, 16시20분에 실험선 2척은 다시 부두로 들어왔음을 나타내고 있다(부두에 '△'로 표시).



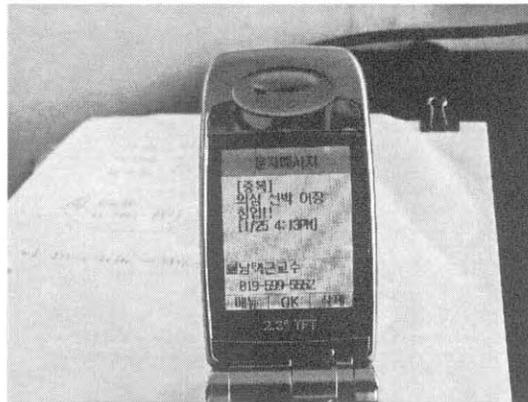
<그림 3-5-61> 25일 16시00분-16시20분 사이에 실험선이 이동한 행적

<그림 3-5-60>과 <그림 3-5-61>에 나타난 도적침입 상황이 발생한 경우 휴대폰으로 수신된 문자 메시지를 <그림 3-5-62>와 <그림 3-5-63>에 나타냈다. 이미 수차례 어장을 침입한 관계로 문자 경보 메시지가 중복 수신된 결과를 나타낸다. 최종 시스템 구축과정에서는 매 시각 별로 문자 메시지

가 중복되지 않고 수신될 수 있도록 프로그램을 수정하였다.



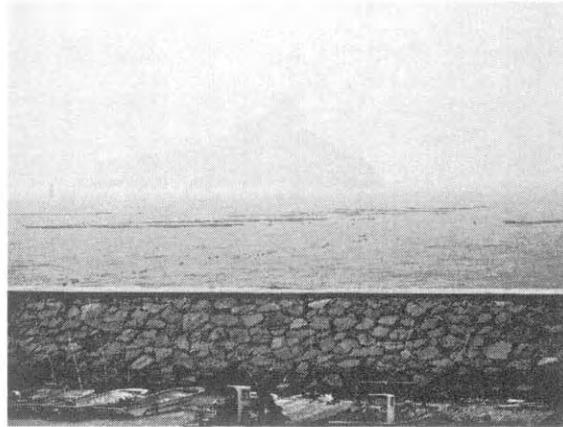
<그림 3-5-62> 16시10분 SMS 메세이지



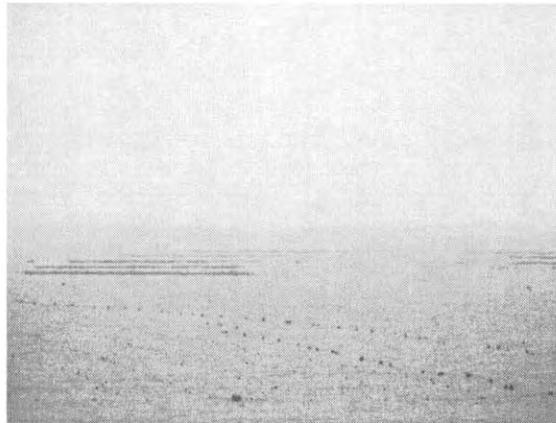
<그림 3-5-63> 16시13분 SMS 메세이지

다. 기상악화 실험

2007년 1월 26일 풍속 약 30m/sec, 비바람이 거세게 몰아치고, 파고 2-3미터이며, 눈발이 날렸다. 이 당시 파도가 심하여 실험선을 가두리 양식장에 투입할 수 없었다. 또한 이러한 기상 조건에서는 소형 선박이 항해할 수 없고, 더구나 인간이 잠수하여 도적행위를 할 수 없기 때문에 도난의 우려는 없는 것으로 어민들이 전하였다.



<그림 3-5-64> 기상악화 속의 어장



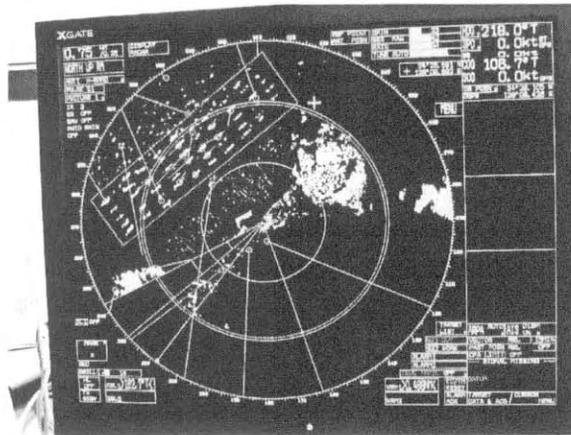
<그림 3-5-65> 어장 확대사진

상기와 같은 기상 악화 시 본 연구에서 구축한 <그림 3-5-66>의 레이더 영상은 화면 좌측 상부에 사각형으로 표시한 어장의 각 단위 케이지가 선명히 나타나고 있으며, <그림 3-5-67>에 나타난 기존 소형 레이더(JRC, JMA-3253)는 많은 잡음으로 어장의 각 케이지 영상이 잡음에 둘러 쌓여 있어 식별이 불가능하다. 따라서 본 연구에서 구축한 레이더 성능이 우수함을 알 수 있다.

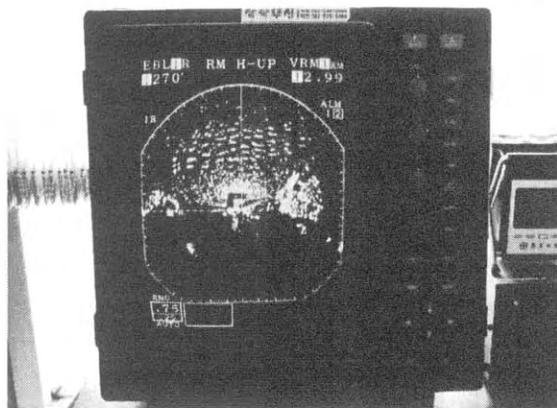
그러나 문제점이 발견되었는데, <그림 3-5-66>에 나타난 바와 같이 강풍으로 인하여 해상에 나타난 큰 파도가 하나의 물체로 탐지되는 결과를 초래하였다. 이 것은 자동 추적 시스템에서는 큰 문제로서, 원인을 분석한 결

과, <그림 3-5-66>의 좌측 상단의 가두리 양식장에 그려 넣은 사각형은 일종의 가드 존(Guard Zone)으로서 이 Guard Zone내에 물체가 침입하면 레이더가 자동으로 물체를 탐지하도록 설계한 결과로 나타났다.

따라서 최종 시스템 구축 단계에서는 이미 앞 '나. 레이더 추적을 위한 Guard Zone 설치 검토'에서 검토한 바와 같이 Guard Zone을 사각형으로 만들지 않고 마름모꼴의 입체형으로 만들어서 이 마름모꼴 안을 통과하는 물체만이 추적될 수 있도록 다시 설계하였다. 그 결과 <그림 3-5-66>과 같은 현상은 발생하지 않았다.



<그림 3-5-66> 본 연구의 레이더 영상

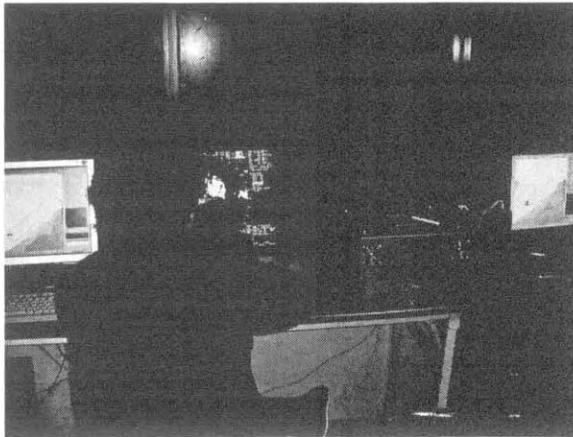


<그림 3-5-67> 기존 레이더 영상

라. 야간 실험

<그림 3-5-68>과 <그림 3-5-69>와 같이 야간에 본 시스템의 성능을 실험하였다. 이 날 기상은 양호하였으나, 해상은 대단히 어두워서 물체를 식별할 수 없을 정도였다. 실험선을 투입하려 했으나 해상에 설치한 다시마 양식용 수 천개의 부위와 그물 때문에 대단히 위험하다고 어민들의 권고하여 해상실험은 불가능하였다. 야간에는 어장에 설치한 수 천개의 부위로 인하여 도적행위가 사실상 불가능하다고 어민들이 전하였다.

이 날 실험은 대신 주위를 통행하는 선박을 도적으로 간주하여 실험하였으나 어장에 침입하지 않은 관계로 어떠한 경보를 발생시키지 않았다.



<그림 3-5-68>야간실험 장면-1



<그림 3-5-69>야간실험 장면-2

5. 해양경찰과 도적방지 공조실험

가. 개요

2007년 3월 23일 해양경찰과 어장침입 도적방지를 위한 공조실험을 수행하였다. 현재 해양경찰은 선박의 입출항시 선박의 정보를 내장한 Free-Pass 시스템을 개발하여 동해 38선 부근에서 조업 중인 선박의 입출항 정보를 자동으로 접수하고 있다. 기존에는 표지판을 이용하여 우리선박들을 식별 하였으나 Free-Pass를 이용함으로써 함정에서 자동으로 어선들의 위치와 이름 등을 알 수 있다.

Free-Pass 시스템은 본 연구에서 개발한 시스템과 유사한 점이 많고, 본 시스템이 결국에는 도적을 추적 및 검거하기 위해서는 해양경찰과 공조해야 하기 때문에 Free-Pass 시스템과 유사한 시스템을 도입하여 실험에 적용하였다. Free-Pass 시스템은 현재 서울 e-Lastic(주)에서 송신기와 수신기를 제작하여 판매하고 있는데, 이 회사의 도움으로 20개의 송신기와 1개의 수신기를 빌려서 일부 기능을 변경하여 실험에 적용하였다.

해양경찰의 선박 Free-Pass 시스템을 본 시스템에 적용하기 위해서, 주요 시스템의 프로그램을 변경하여 재설치하였으며, Free-Pass 시스템과 통신접속을 위한 추가 모듈을 개발하여 시스템에 적용하였다.

아울러, 최근에는 대부분의 중대형 선박에 AIS가 장착되어 있는데, 보전리 가두리 양식장 앞 해상은 주요 해상 루트로서 많은 선박들이 통행하는 바, 도적선박과 통항선을 분리하기 위하여 AIS 수신기 1기를 새로이 세팅하여 본 시스템에 적용하였다.

최종 실험결과, 선박 Free-Pass 시스템이 우리 도적 방지 시스템과 원활히 연결되어, 적아식별에 활용될 수 있었다. 따라서 향후에는 어장 도적 방지 시스템에 Free-Pass를 장착함으로써 해상에서 경비 중인 함정에서도 도적선박을 식별토록 하였다. 그러나 현재 진도 부근을 순찰 중인 해양경찰 함정에는 이러한 Free-Pass 시스템을 적용하지 않고 있기 때문에 해양경찰에 요청하여 Free-Pass 시스템이 진도에도 적용될 수 있도록 요청하고 있는 중이다. 그 결과는 해양수산부와 해양경찰 및 어민들이 서로 협의하여 최종 결정해야

할 사항으로 고려된다.

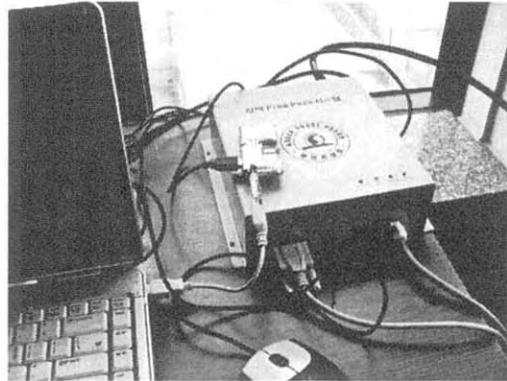
나. 실험결과

<그림 3-5-70>은 Free-Pass 송신장치(좌 충전기, 우측 송신기)를 나타내고, <그림 3-5-71>은 Free-Pass 수신 장치를 나타낸다. <그림 3-5-72>는 새로 구축한 AIS 수신기이고, <그림 3-5-73>은 Free-Pass를 이용하여 새로 시스템을 구축한 후 가두리 양식장에서 작업하는 작업선을 추적한 결과를 Server를 통하여 재현한 결과이다.

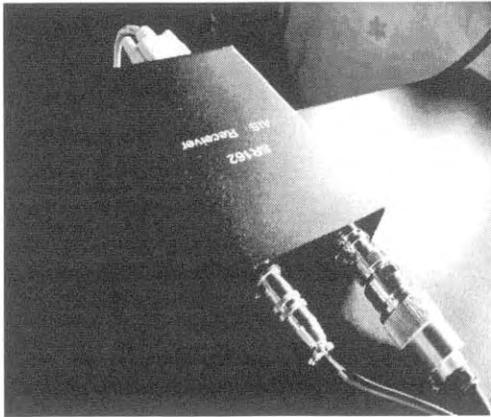
실험결과 상기의 실험들과 마찬가지로 작업선의 적아식별이 가능하였다. 자세한 실험 결과는 후술하며, 이 후부터 본 시스템에는 가능한 해양경찰과의 공조체계를 확보하기 위하여 Free-Pass 송수신장치를 최종 시스템에 적용하였다.



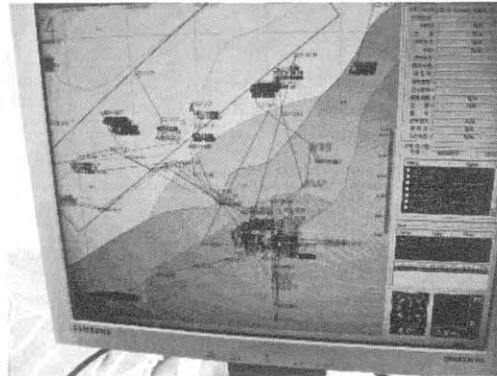
<그림 3-5-70> Free-Pass 송신기



<그림 3-5-71> Free-Pass 수신기



<그림 3-5-72> AIS 수신기



<그림 3-5-73> Free-Pass 적용한
실험결과

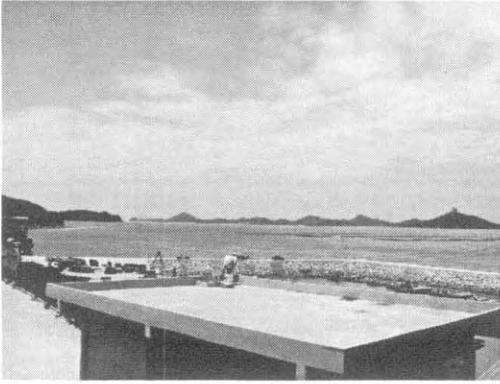
6. 최종 시스템 구축 실험

가. 개요

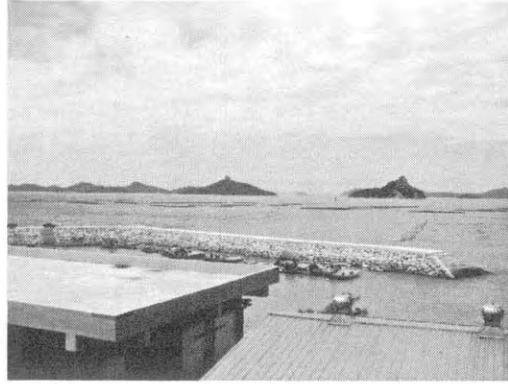
진도군 보전리 참전복 양식단지에서 2007년 6월 15일부터 18일까지 최종 구축 실험을 하였다. 기상은 청명 후 비가 조금내리고, 바람은 선들바람 정도 불었으며, 이 최종실험에서는 다양한 도적침입 예상경로를 감안한 도적방지 전략을 최종 수립하고, 구축한 시스템을 안정화 시키는데 역점을 두었다.

나. 양식장의 도적 침입 경로 분석

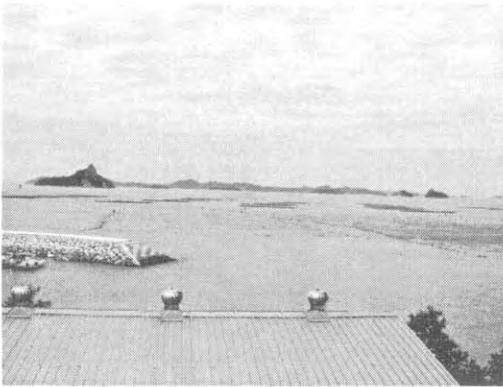
앞에서 이미 다양한 보전리 주변의 도적침입 예상경로를 검토하였는데, 진도군 보전리의 참전복 가두리 양식장은 다음 <그림 3-5-74>부터 <그림 3-5-77> 까지 나타낸 바와 같이 양식장이 대단히 넓게 좌우측으로 퍼져 있다. 그리고 양식장 주변에는 하태도, 가사도 및 인근 지역에서 어선이나 기타 부유물체를 이용하여 양식장으로 침입할 수 있는 경로가 형성되어 있다. 따라서 이러한 경로를 사전 봉쇄할 수 있는 전략 수립이 필요하다.



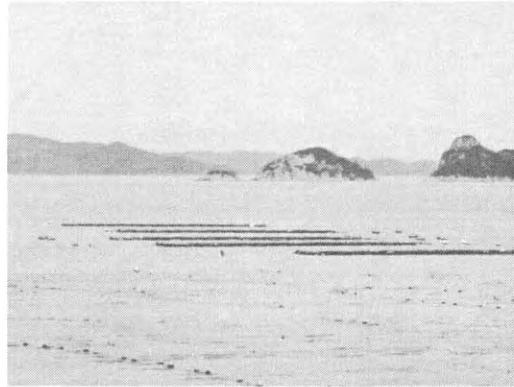
<그림 3-5-74> 양식장 좌측 모습



<그림 3-5-75> 양식장 중간 모습

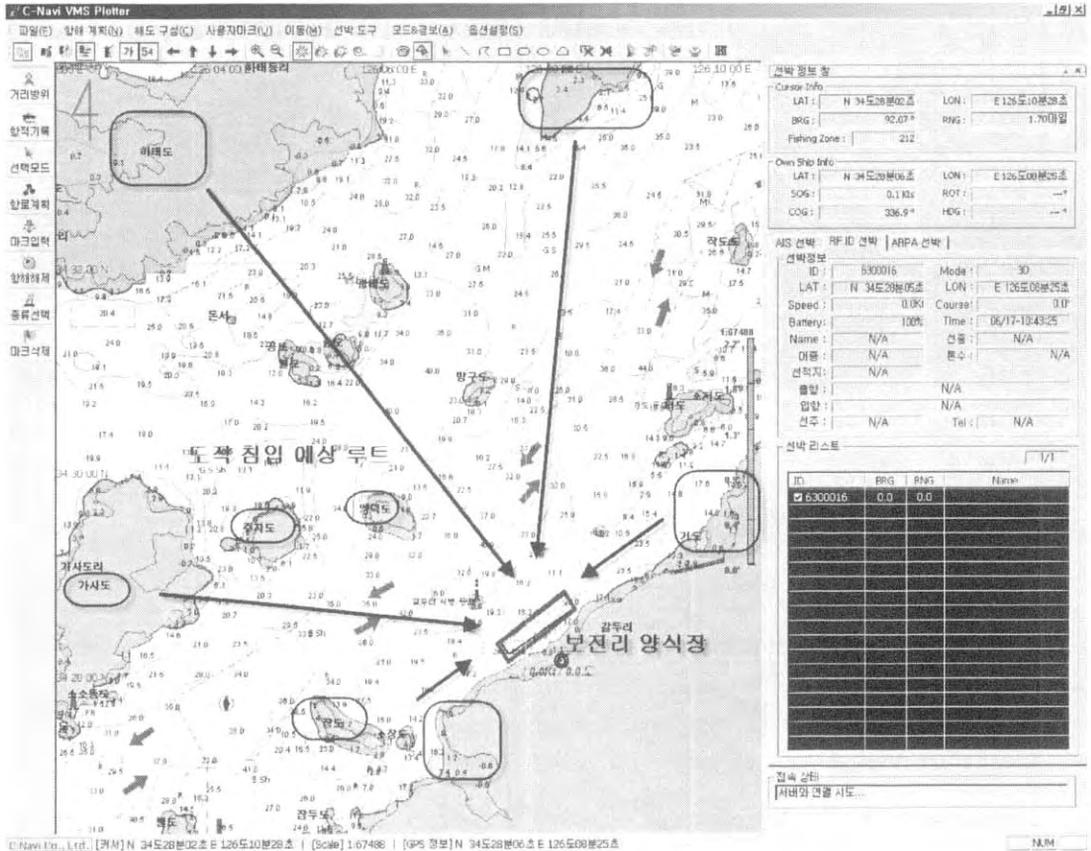


<그림 3-5-76> 양식장 중간 우측 모습



<그림 3-5-77> 양식장 우측 끝단 모습

<그림 3-5-78>은 전자해도에서 살펴본 외부에서의 도적 침입 예상 경로를 나타낸다. 일단, 하태도, 가사도 등의 큰 섬에서 침입할 수도 있고, 그 외에는 내부 조합 어민에 의한 내부 도적이 있을 수도 있다. 본 실험에서는 양식장 조합원들에 의하여 발생하는 도적을 '내부도적'으로 부르고, 그 외의 도적은 '외부도적'으로 부름을 앞에서 기술한 바 있다.



<그림 3-5-78> 양식장 도적 침입 예상 루트

다. 시스템 최종 설치

<그림 3-5-79>는 최종 설치한 시스템의 모습이다. 그림의 좌측부터, Server 시스템, ARPA-Radar 장치, ARPA 시스템, F-AIS Client 시스템 등이다. 이들의 기능은 다음과 같다.

- ① Server 시스템 : 모든 단위 시스템들에서 생성하는 정보를 저장하고, 필요 시 과거 사건을 재현(Play back)하여 도적을 추적 및 검거할 수 있다.
- ② ARPA-Radar 장치 : 양식장을 레이더로 탐지하고 Guard Zone 내에 침입한 물체를 추적하며, 이 정보를 ARPA 시스템으로 전송한다.
- ③ ARPA 시스템 : ARPA-Radar에서 전송한 물체 추적 정보를 전자해도에

표시하고, 이 정보를 Server로 전송하는 시스템이다.

- ④ F-AIS Client 시스템 : F-AIS 정보를 수신하여 전자해도에 추적 및 표시하고, 풍향-풍속계와 다양한 에뮬레이터(Emulator)를 내장하여 정보를 Server로 전송한다.

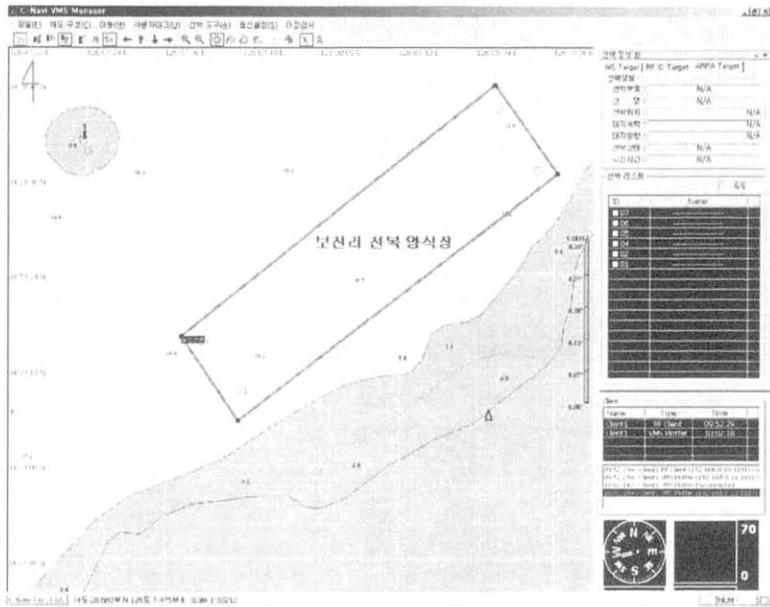


<그림 3-5-79> 최종 시스템 설치 전체 모습

다음 <그림 3-5-80>은 Server의 모니터(탁자 위)와 서버의 하드웨어(탁자 아래)를 나타내며, <그림 3-5-81>은 아무런 정보를 갖고 있지 않은 상태에서의 Server 화면을 나타낸다. 전자해도에 원하는 기간동안의 ARPA 추적 정보와 F-AIS 추적 정보를 나탈 수 있고, 우측 화면에 F-AIS 및 AIS 정보를 나타내며, 우측 화면 아래에 그 당시의 풍향-풍속이 나타난다.



<그림 3-5-80> Server(아래)와 화면(위)



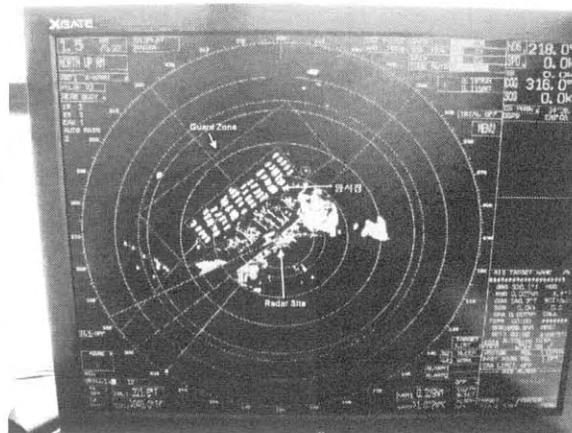
<그림 3-5-81> Sever 화면(실험전)

다음 <그림 3-5-82>는 ARPA-Radar 모니터(좌측)와 제어 박스(우측)를 나

타내며, <그림 3-5-83>은 ARPA-Radar 모니터를 확대한 것으로, 양식장에 도적 침입을 감시하기 위한 Guard Zone을 설치하였다. 이 Guard Zone 내에 도적이 침입하거나 이탈시 휴대폰으로 SMS 문자가 전송된다.



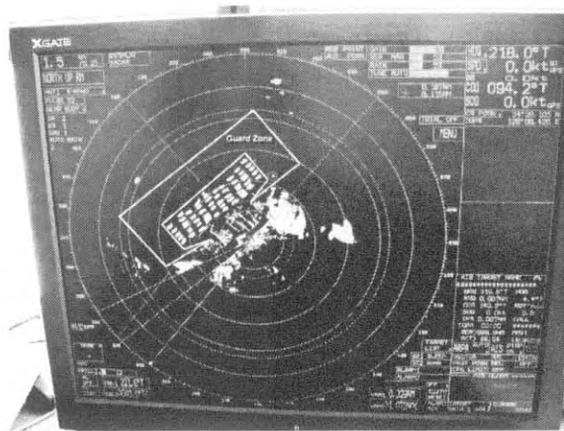
<그림 3-5-82> ARPA-Radar 화면(좌), 제어박스(우)



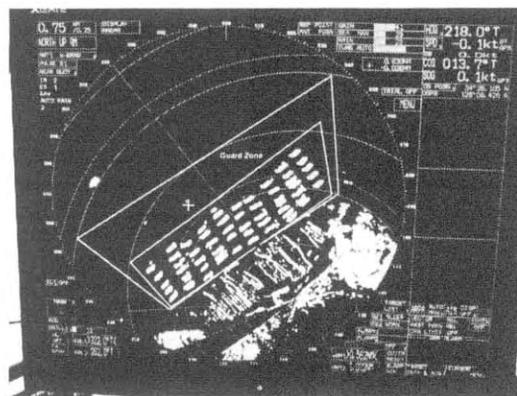
<그림 3-5-83> ARPA-Radar 화면(실험 전)

그리고 <그림 3-5-83>의 화면에 설치한 Guard Zone은 요철형으로 나타나 있다. ARPA-Radar의 경우에는 앞에서 검토한 바와 같이 Guard Zone의 설치 여부에 따라서 어장에 침입하는 물체의 식별 기능이 변화된다. 본 실험

에서는 다양한 Guard Zone을 설치하여 물체를 가장 우수하게 자동으로 추적할 수 있는 Guard Zone을 실험을 통하여 선정하였는데, <그림 3-5-105>은 요철형의 Guard Zone이고, <그림 3-5-106>은 레이더 화면을 Off-center(화면의 중심을 이동하는 것)시켜서 설치한 마름모꼴의 Guard Zone을 나타낸다. 여러 차례의 실험결과 Guard Zone의 폭이 약 0.1마일(mile) 이상이 되어야 유효하게 작동함을 알았다. 따라서 <그림 3-5-105>에 나타낸 요철형 Guard Zone이 0.1마일 이상의 폭으로 설치할 수 있기 때문에 본 연구에서는 요철형의 Guard Zone을 채택하였고 실험결과 기존과 같이 사각형으로 설치하는 경우의 문제점이 발생하지 않았다.

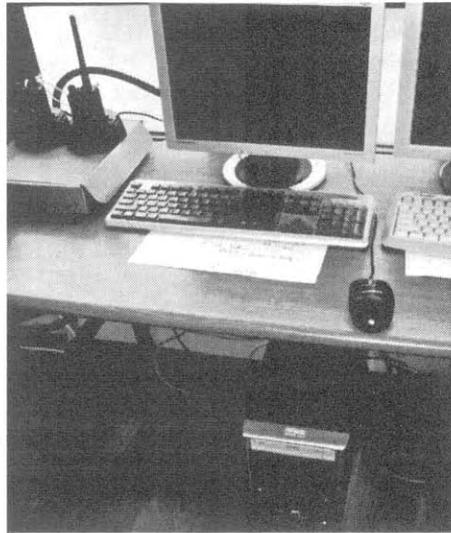


<그림 3-5-105> 요철형 Guard Zone

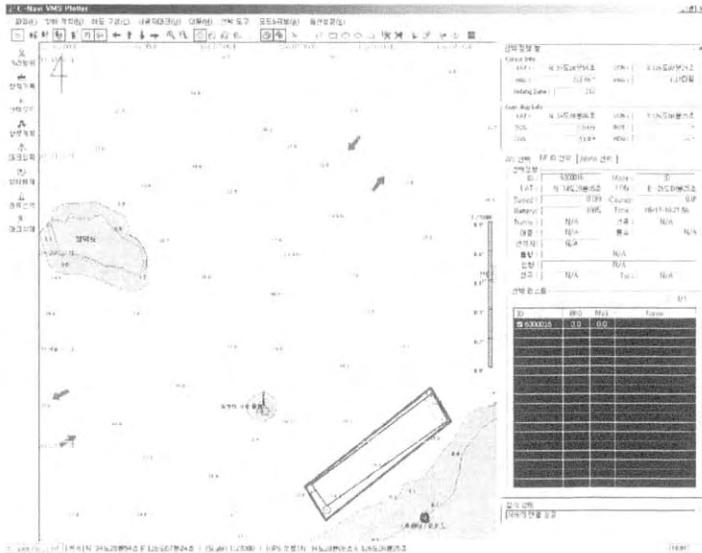


<그림 3-5-106>마름모꼴 GUard Zone(Off-center)

<그림 3-5-84>는 ARPA 시스템으로서, ARPA-Radar에서 전송한 탐지 물 표를 화면에 표시하기 위한 장치이다. <그림 3-5-85>는 ARPA 시스템의 화면 만을 나타낸 것으로 정보를 갖고 있지 않은 상태를 나타낸다. 레이더에서 추 적한 물체를 자동으로 탐지한 경우 이 화면에 그 흔적이 기록된다. 이 시스 템은 F-AIS와 서로 연계하여 적아식별하게 된다.



<그림 3-5-84> ARPA 시스템

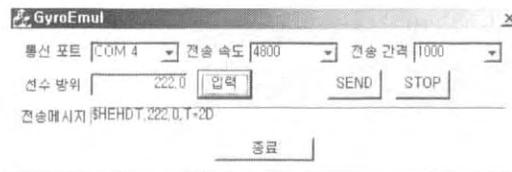


<그림 3-5-85> ARPA의 화면(실험전)

<그림 3-5-86>은 F-AIS Client 시스템으로서 F-AIS 정보를 처리하고 표시하기 위한 장치이다. 이 장치에는 <그림 3-5-87>에 나타낸 Gyro 모의 신호 발생을 위한 Emulator가 내장되어 있어 레이더 화면의 헤딩을 조정하는 모의신호를 RS-232C와 NMEA 방식으로 전송한다.

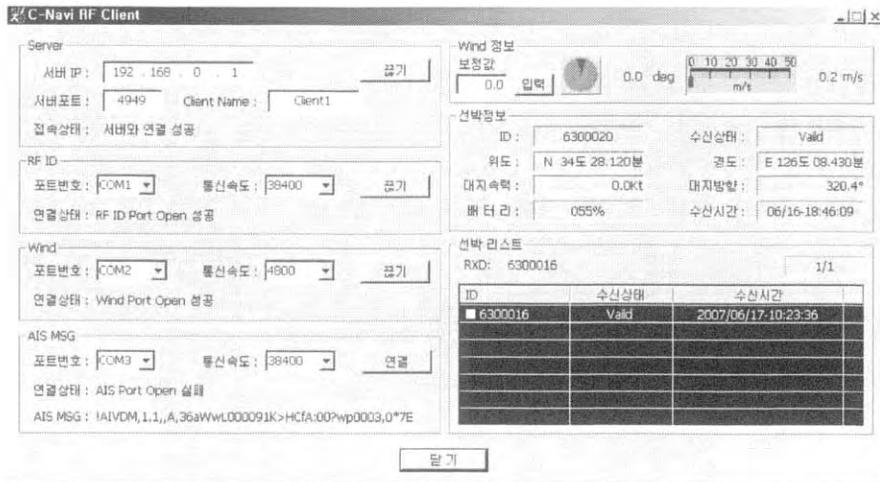


<그림 3-5-86> F-AIS Client 시스템



<그림 3-5-87> Gyro 모의신호 발생을 위한 Emulator 화면

<그림 3-5-88>은 F-AIS와 풍향-풍속계 등의 정보를 수신하는 <그림 3-5-86>의 F-AIS Client 화면으로서 RS-232C와 NMEA 방식으로 서버에 데이터를 송신한다.

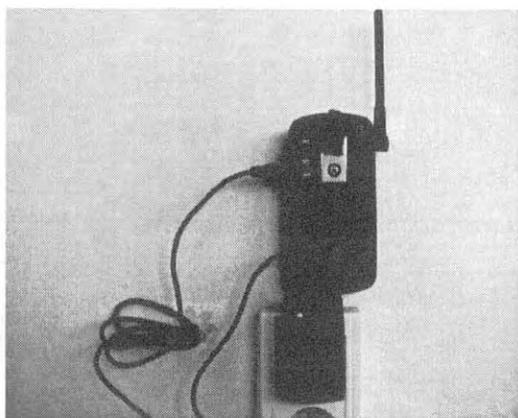


<그림 3-5-88> F-AIS와 풍향-풍속계 등의 정보를 수신하는 F-AIS Client 화면

<그림 3-5-89>는 F-AIS 수신기(아래)와 F-AIS 송신기(위)를 나타내며, <그림 3-5-90>은 F-AIS 충전 모습이다. 한번 충전하면 약 일주일간 사용이 가능하다. 어민들이 사용할 때는 항상 지정된 장소에 보관해야하며, 이 때 충전 시킨다. 또한 이 F-AIS에는 SOS 송신 버튼이 있어서 해상 작업 시 위급 상황에 처한 경우 이 SOS 버튼을 누르면 그 장소의 위도 경도 위치와 내용이 어민들 휴대폰에 문자 메시지로 전송된다.



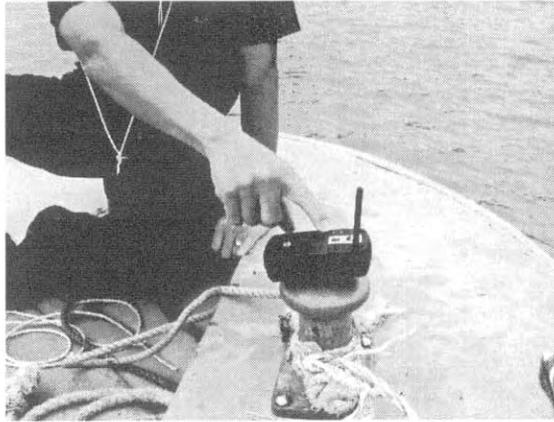
<그림 3-5-89> F-AIS 수신기(아래) 송신기(위)



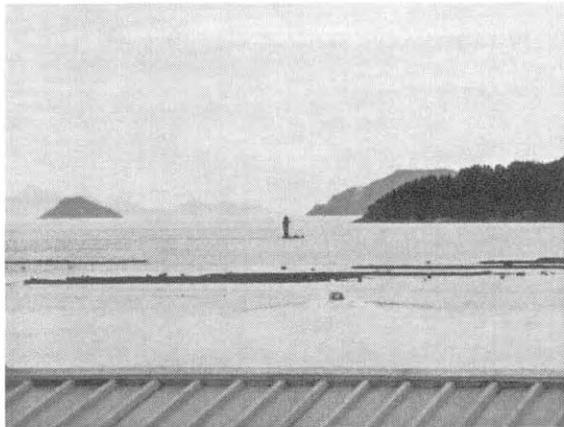
<그림 3-5-90> F-AIS 충전 모습

라. 실험 및 결과

<그림 3-5-91>과 같이 작업선에 F-AIS 송신기를 부착하고 어장으로 이동하면서 어장에 설치한 가드 존을 침입할 경우의 상황을 분석하였다. <그림 3-5-92>은 작업선 이동장면을 나타낸다.



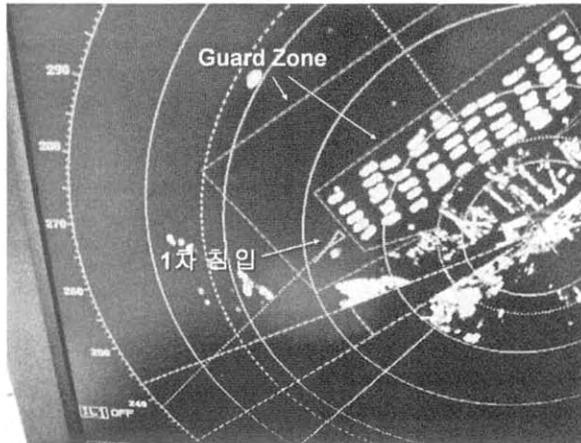
<그림 3-5-91> F-AIS를 장착한 작업선



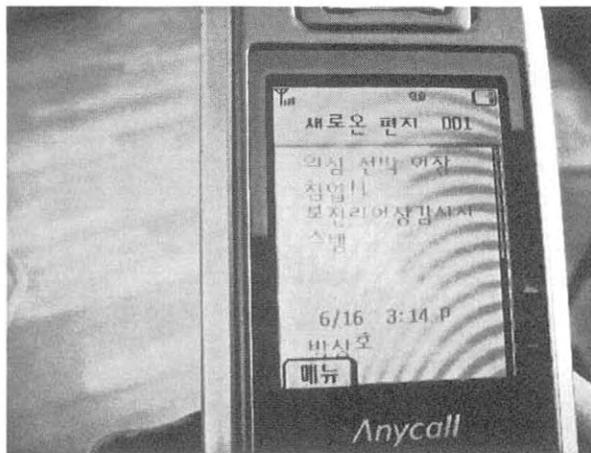
<그림 3-5-92> 작업선 이동 장면

<그림 3-5-93>은 15시14분 Guard Zone에 실험선이 1차 침입한 상황의 ARPA-Radar 화면이고, <그림 3-5-94>은 15시14분 1차 침입에 대한 SMS 문자 '의심 선박 어장 침입!! 보전리 어장 감시시스템 6/16 3:14 P 박상호'의 전송결과를 나타낸다. 이 문자의 의미는 6월 16일 오후 3시14분(즉 16시14분)

현재 보전리 어장 감시 시스템에서 탐지한 결과, Guard Zone에 정체를 확인하지 못한 선박이 침입 하였고, 현재 관리자는 박상호이고, 속히 대응하기 바란다라는 의미이다.



<그림 3-5-93> 15시14분 가드 존 내에 실험선 1차 침입 시 ARPA-Radar 화면



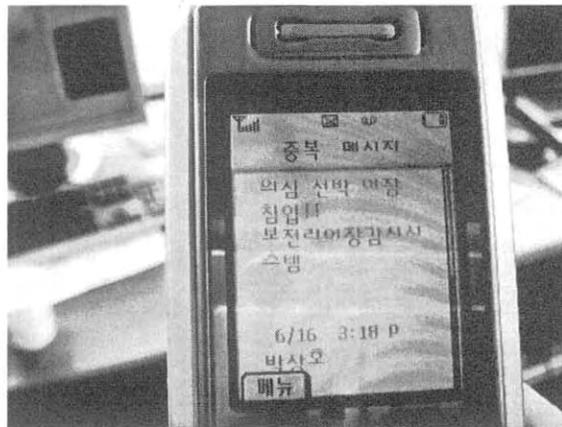
<그림 3-5-94> 15시14분 1차 침입에 대한 SMS 문자 전송결과

<그림 3-5-95>은 15시18분 가드 존에 실험선이 2차 침입한 상황의 ARPA-Radar 화면이고, <그림 3-5-96>은 15시18분 2차 침입에 대한 SMS 문

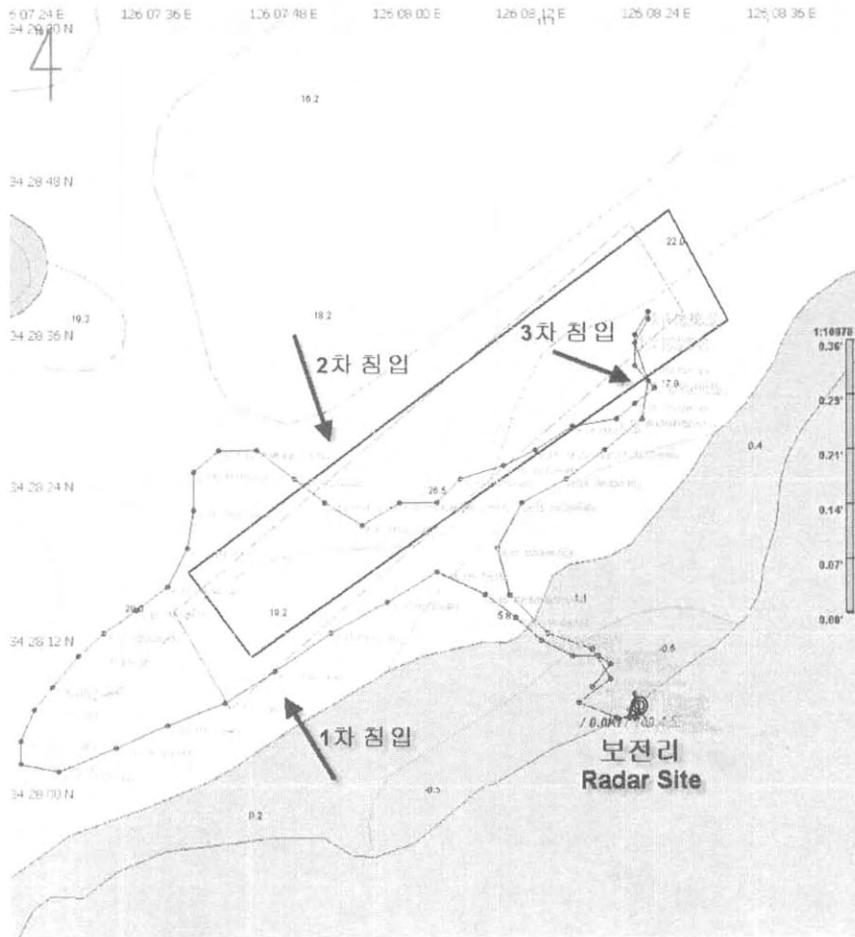
자 전송결과를 나타낸다. <그림 3-5-97>은 실험 시간동안 실험선의 행적을 추적한 결과이다. 각 침입 경보 메시지의 시간과 실제 침입한 위치에서의 시간이 서로 일치함을 알 수 있다.



<그림 3-5-95> 15시18분 2차 침입 시
ARPA-Radar 화면

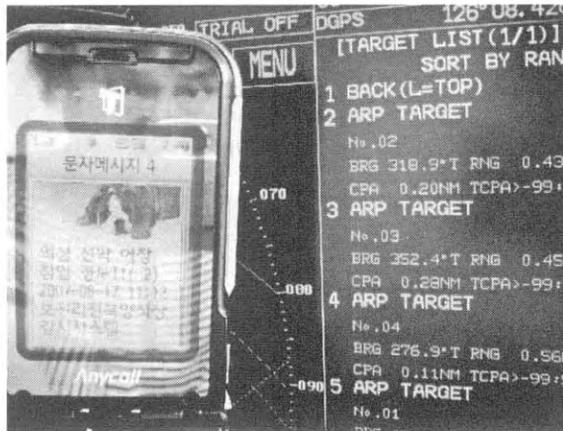


<그림 3-5-96> 15시18분 2차 침입시 SMS
전송결과



<그림 3-5-97> 실험기간 동안의 F-AIS 신호 추적결과

상기와 같은 침입 경보 메시지는 ARPA-Radar의 Guard Zone 추적결과에 의한 것인데, <그림 3-5-98>은 SMS 문자 전송에 대해서 ARPA-Radar가 추적한 정보를 나타낸다. 따라서 보다 정확한 내용을 ARPA-Radar를 통해서도 알 수 있다. 그리고 이러한 SMS 문자 메시지는 다수 해당 어민들에게 동시에 송신해야 하는데, <그림 3-5-99>은 총 4명에게 동일한 문자를 송신한 결과를 나타낸다.



<그림 3-5-98> SMS 문자 전송결과(좌)와 ARPA-Radar에서 전송한 정보(우) 비교

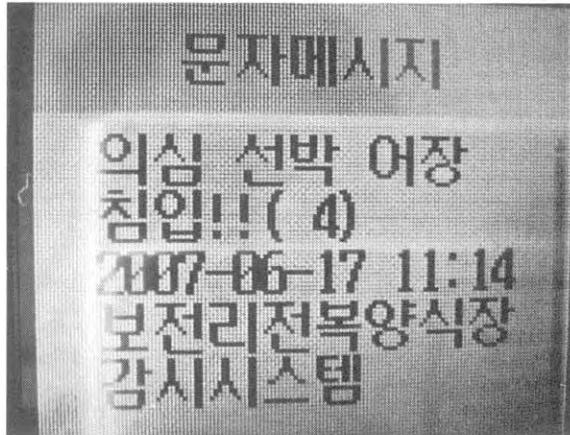


<그림 3-5-99> 4명에게 송신한 침입경보 전송결과

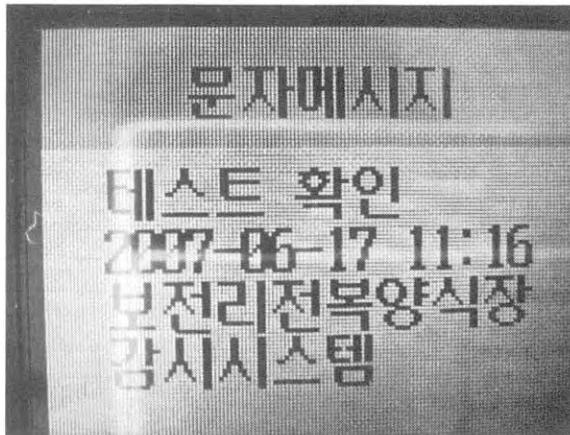
그리고 문자 전송방법을 기존과 달리 수정하였는데, <그림 3-5-100>와 같이 메시지가 중복되는 경우에는 몇 번째 메시지인지를 나타내도록 하였다. 이 그림에서는 4차 침입에 대한 메시지임을 의미하는 '의심 선박 어장 침입!! (4)'로 표시되어 있다.

이러한 침입사실을 관리자나 어장 주인이 모를 때에는 계속하여 문자를 전송하고, 관리자나 어장 주인이 확인한 경우에는 <그림 3-5-101>와 같이 '테스트 확인' 이라는 문자를 전송하여 적아식별이 관리자나 어장주인에 의하여

달성되었음을 나타낸다. 이러한 내용은 모두 Server에 기록됨으로 향후 도난 발생시 다양한 기록을 통하여 도적을 발본색출할 수 있다.



<그림 3-5-100> 4차 침입시의 SMS 전송 결과에 대한 문자 메세이지

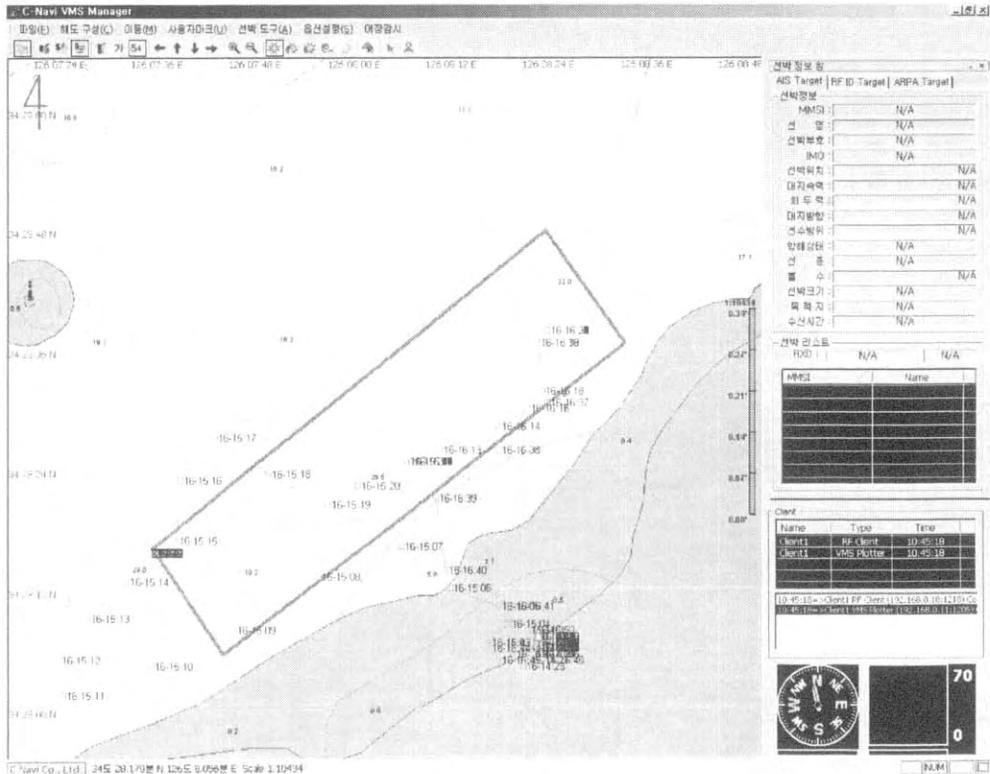


<그림 3-5-101> 관리자의 침입 확인에 대한 SMS 문자 전송 결과

마. Server의 저장 데이터를 이용한 재현

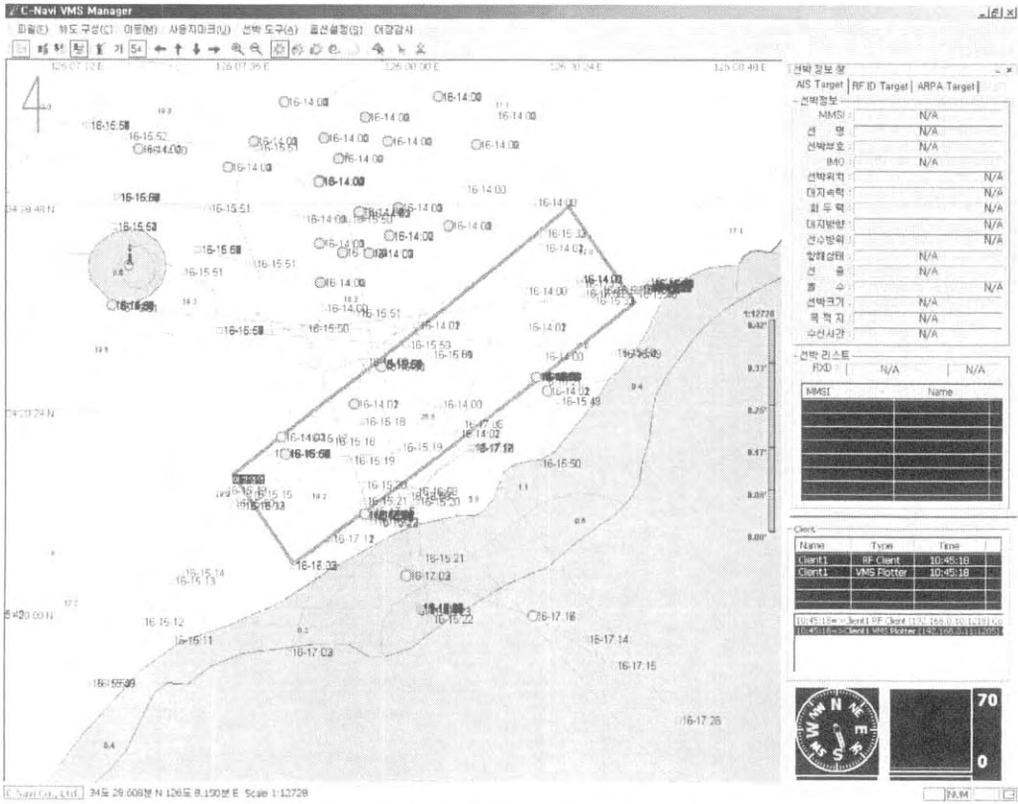
위에서 기술한 바와 같이 Server에는 ARPA-Radar 추적정보 F-AIS 정보 문자 메세이지 송신 정보, 관리자나 시스템 조작자의 정보 등이 입력되어 있다. <그림 3-5-102>은 실험기간동안 서버에 기록된 F-AIS 정보를 나타낸다.

이 F-AIS 정보는 ARPA-Radar의 추적 정보와 병행하여 나타낼 수도 있고, 단독으로 나타낼 수도 있다. 상황에 따라서 사용자가 선택하여 표시할 수 있다.



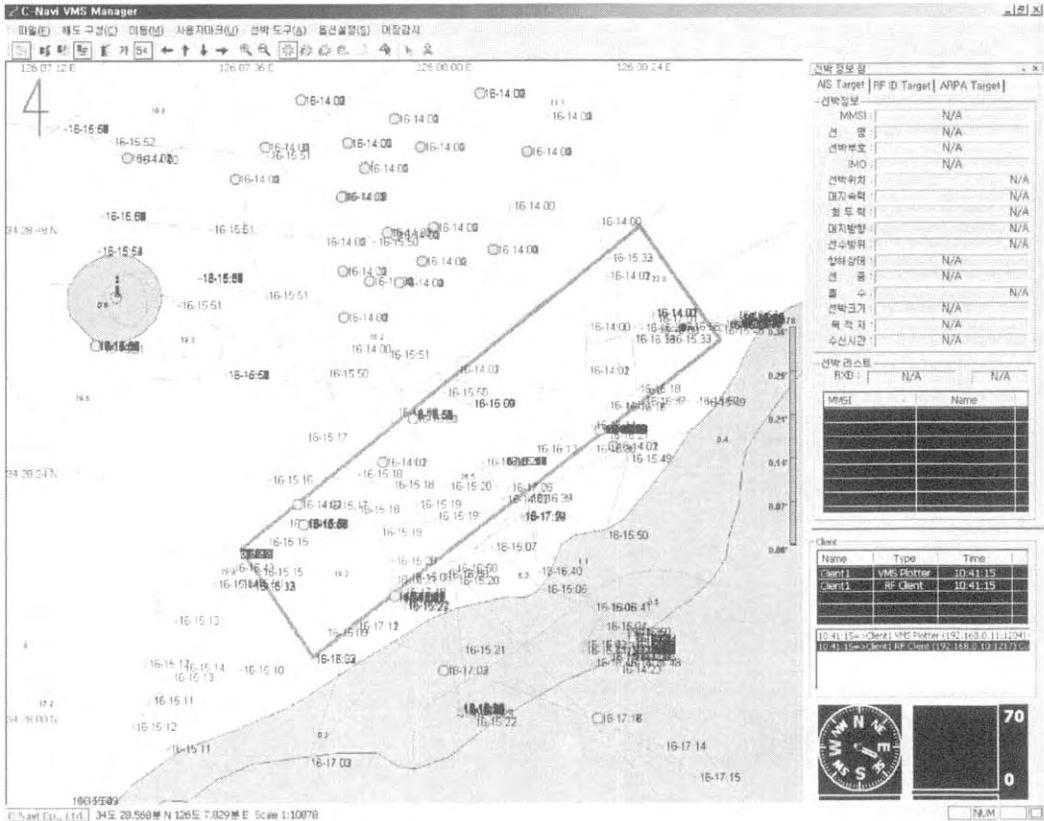
<그림 3-5-102> 실험기간 동안 Server에 기록된 F-AIS 정보

<그림 3-5-103>은 실험기간동안 Server에 기록된 ARPA 추적정보를 재현한 것이다. 양식장 내부는 물론 양식장 주변의 모든 물체를 자동으로 탐지할 수 있기 때문에 다양한 경로를 통하여 들어오는 도적을 철저하게 추적할 수 있다.



<그림 3-5-103> 실험기간 동안 Server에 기록된 ARPA 정보

<그림 3-5-104>는 실험시간 동안 Server에 기록된 F-AIS 정보와 ARPA 정보를 중첩하여 표시한 결과로서 모든 정보를 나타내고 있다. 따라서 내부와 외부 도적을 막론하고 모든 물체의 정보를 파악할 수 있다.



<그림 3-5-104> 실험시간 동안 서버에 기록된 F-AIS 정보와 ARPA 정보를 중첩하여 표시한 결과

사. CCD 카메라 탐지결과

1) 장비 설치

앞에서 기술한 바와 같이 내부도적이 F-AIS의 장착 유무와 상관없이 다른 어민의 가두리 양식장에 침입하여 도적행위를 하는 경우와, 레이더와 F-AIS의 도적추적 정보가 해양경찰에서 법적인 물증으로 완벽하게 보완되기 위해서 CCD 카메라를 설치하였다.

CCD 카메라는 2007년 6월 현재, 삼성 테크윈(주)에서 최근 개발한 국내 최초의 0.0001 룩스(Lux: 촛불 1개의 10000분의 1의 조도를 의미)의 초저조도 카메라(SHC-730)를 이용하였고, 단거리 촬영을 위한 렌즈와 장거리 촬영을

위한 렌즈를 카메라에 설치한 후, 야간감시를 위한 조광기(Illuminator, KIL-150, KL-072)를 각 카메라 마다 2개씩 설치하였다. 그리고 PC에는 4채널 영상-디지털 변환보드(DVR Board)와 S/W를 설치하여 카메라 2대의 영상을 저장하였는데, 약 3개월간의 내용을 하드드라이브(HDD)에 저장토록 하였다.

<그림 3-5-105>은 CCD 카메라 설치장소를 나타내고, <그림 3-5-106>은 감시초소에 설치한 CCD 카메라 2대의 위치와 조광기 세트를 나타낸다. 감시 카메라는 야외 노출용 하우징(Housing)에 장착하였기 때문에 비, 바람 등으로부터 보호할 수 있으나, 조광기는 직접 공간으로 적외선이 방출되어야하기 때문에 외장을 장착할 수 없어서 처마 밑에 설치하였다.



<그림 3-5-105> CCD 카메라 설치 장소



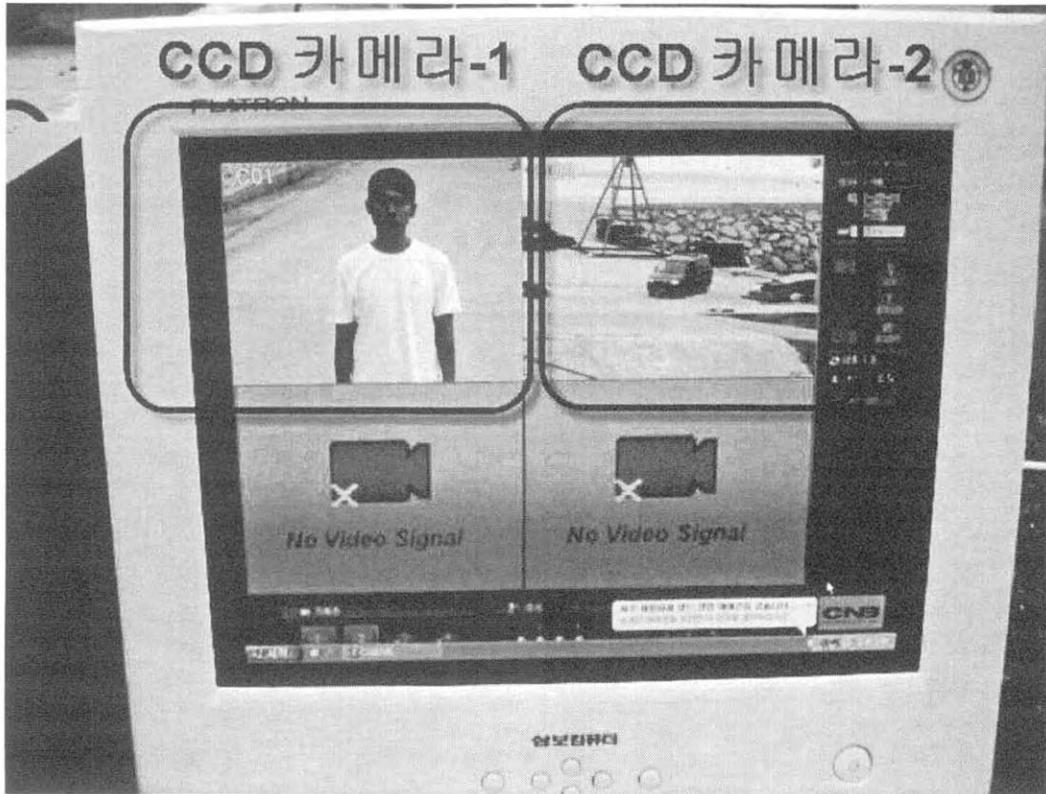
<그림 3-5-106> CCD 카메라 설치 모습

2) 주간 실험

주간에 CCD 카메라의 성능을 실험하였다. <그림 3-5-107>은 CCD 카메라의 영상을 PC 화면에 나타낸 것으로, 그림의 좌측 'CCD 카메라-1'은 감시 초소 앞 도로에 서 있는 사람을 촬영한 모습이고, 'CCD 카메라-2'는 감시 초소에서 약 50m 떨어진 물양장(부두)에 세워둔 작업차량을 나타낸다.

<그림 3-5-108>과 <그림 3-5-109>는 CCD-1(도로 부근 촬영 카메라)에 잡힌 어민과 자동차의 모습으로, 대단히 선명하게 어민의 모습을 알 수 있고, 자동차의 번호판과 자동차 운전자의 모습을 각각 인식할 수 있다.

<그림 3-5-110>과 <그림 3-5-111>은 CCD-2(물양장 부근 촬영 카메라)에 잡힌 물양장(부두)에서의 어민 작업모습과 차량을 각각 나타낸다. 상세하지 않지만, 사람의 윤곽과 자동차 종류 등을 식별할 수 있음을 알 수 있다.



<그림 3-5-107> 주간 감시 카메라 전체화면



<그림 3-5-108> 주간실험 CCD-1
확대화면(도로의 사람)



<그림 3-5-109> 주간실험 CCD-1 확대화면(자동차와 운전자)



<그림 3-5-110> 주간실험 CCD-2 확대화면(물양장의 어민)



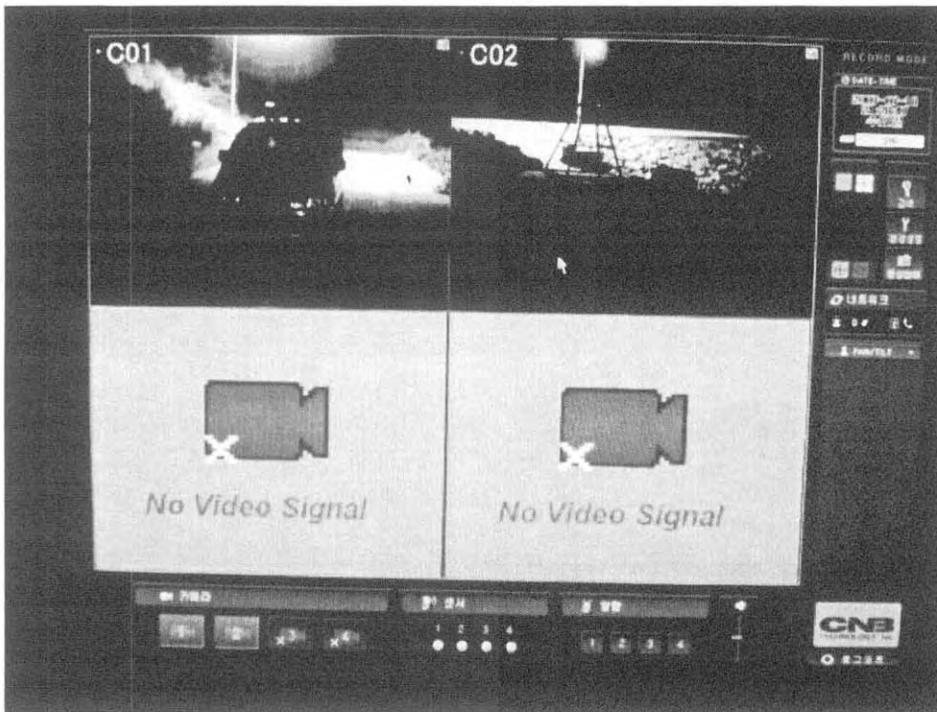
<그림 3-5-111> 주간실험 CCD-2 확대화면(물양장의 자동차)

3) 야간 실험 - 가로등 ON 상태

저녁 1000시경 야간실험을 하였다. 실험 방법은, 가로등 ON 상태에서의 CCD 카메라 영상 모습과 가로등 OFF 상태에서의 카메라 영상을 주간과 비교하였다.

<그림 3-5-112>는 야간에 가로등 ON 상태에서의 감시화면 전체 모습을 나타내고, <그림 3-5-113>는 도로를 감시하는 CCD-1 카메라에 포착된 자동차의 확대모습, <그림 3-5-114>은 물양장 부근의 확대모습을 나타낸다. 가로등은 <그림 3-5-112>에 나타난 바와 같이 도로와 물양장 사이(자동차 뒤 모습)와 물양장 부근에 각각 1개씩 설치되어 있다.

그림들에 나타난 바와 같이 가로등 아래 부근은 선명하게 나타나지만 그 외의 지역은 그들이 만들어 저서 식별이 곤란한 상황을 만들고 있다. 대략 물체의 식별은 가능함을 알 수 있다.



<그림 3-5-112> 가로등 ON 상태의 감시화면



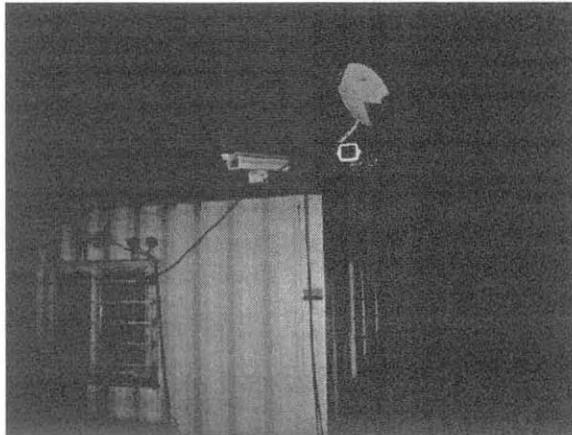
<그림 3-5-113> 가로등 ON 상태의 야간실험결과 : CCD-1 화면(도로)



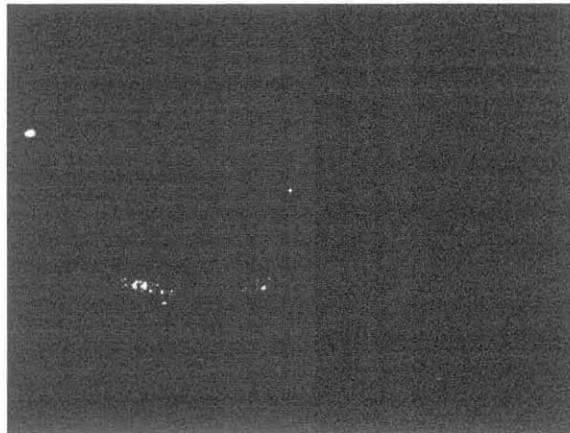
<그림 3-5-114> 가로등 ON 상태의 야간실험결과 : CCD-2 화면(물양장)

4) 야간 실험 - 가로등 OFF 상태

가로등을 모두 OFF한 상태에서 실험하였는데, <그림 3-5-115>의 감시초소와 <그림 3-5-116>의 도로에 세워둔 자동차의 모습이 식별이 불가능한 정도로 어둠이 내린 상태이다. 이날 기상은 폭우가 예상되는 기상에 하늘에 먹구름이 잔뜩 끼어서 1m 이내의 물체 식별이 불가능하였다.



<그림 3-5-115> 가로등 OFF 상태에서의
감시초소 모습



<그림 3-5-116> 가로등 OFF 상태에서
도로에 세워 둔 자동차 1m 전방 모습

<그림 3-5-117>은 가로등 OFF 상태에서 조광기를 작동시켜서 포착한 감시 마테마 영상의 전체 화면을 나타내고, <그림 3-5-118>은 도로를 비추는 CCD-1 카메라가 자동차를 포착한 모습이고, <그림 3-5-119>는 물양장을 비추는 CCD-2 카메라가 물양장 부근을 포착한 모습이다.

<그림 3-5-118>의 CCD-1 카메라의 자동차 모습은 자동차 식별이 가능하고, 차량 번호판을 확대하면 차량번호를 인식할 수 있었다. 물양장 부근은 사람의 존재 유무를 파악할 수 있는 정도였다.



<그림 3-5-117> 가로등 OFF 상태의 감시화면



<그림 3-5-118> 가로등 OFF 상태의 CCD-1
카메라 화면확대(자동차)



<그림 3-5-119> 가로등 OFF 상태의
CCD-2 카메라 화면확대(물양장)

5) CCD 카메라 설치 결과 종합

CCD 카메라를 설치한 후 실시한 주야간 실험결과, 주간에는 부두를 이동하는 차량과 어민 모습을 선명하게 확인할 수 있었고, 모두 사람이나 차량을 식별할 수 있음을 알 수 있다.

그리고 야간에는 가로등을 OFF 하더라도 도로를 통행하는 차량의 번호판을 인식할 수준은 되었으며, 감시초소에서 30m 정도 떨어진 물양장 부근은 어민의 유무나 자동차의 유무 정도를 파악할 수 있음을 알았다. 따라서 CCD 카메라를 이용하여 육상부근에서의 이동 물체를 주야간 불문하고 포착이 가능한 결과를 획득하였다.

그러나 이러한 CCD 카메라는 양식장과 같이 광범위한 해상에서 침입하는 도적을 감시하는 보조수단으로 적용될 뿐, 주(main) 시스템으로 적용은 불가능하다. 그 이유는 해상은 안개와 해풍, 습기 등으로 시야를 가리는 경우가 흔히 발생하기 때문에 CCD 카메라 영상으로 물체를 식별하는 데는 한계가 있다. 또한, CCD 카메라는 양식장과 같이 먼 거리에 있는 물체의 식별은 불가능하다. 설령 가능하더라도 수 억원대에 달하는 특수한 자외선 카메라와 고가의 망원기능의 렌즈 등이 필요하다.

한편, 주로 육상의 감시 장치로 개발된 CCD 카메라와 본 연구에서 개발

한 GDSS-F2S의 연계 기술은, CCD 카메라를 이용한 연안감시나 대규모 해상 영역감시 등에서 문제로 되는 기상과 거리문제를 해결하는 핵심기술로 적용 가능하다. 삼성 테크윈(주)과 같이 감시용 CCD 카메라를 주로 개발 및 생산하는 업체에서 현재 관심을 두고 있기 때문에 본 연구에서 적용한 기술의 확대적용 분야는 많을 것으로 예상된다.

7. 실용화 방안 제시

가. 기술이전 및 특허와 관련기술 이전 방안 제시

기술이전이나 상업화를 고려하는 경우 우선 검토해야할 것이, 관련 회사의 시스템 개발 의지와 자본 및 기술, 경험 등이다. 현재 국외 해양선진국들과 달리 국내 해양장비개발업체는 대부분 영세하기 때문에 직접 생산시설을 구축하여 대량 시스템을 생산하는 것은 불가능한 실정이다.

부산 소재 신동(주)이 2006년도에 500대의 소형 레이더를 생산한 바 있고, STX RadarSys.(주)의 전신인 대우(주)에서 수 백대의 레이더를 생산한 바 있으나, 국내 조선소에서 건조 중인 선주들이 대부분 해외 유명 브랜드를 선호하고, 어민들의 경우에도 일본 FURUNO와 KODEN의 저가 레이더를 선호하는 경향으로 국내 레이더 또는 해양장비 개발 및 생산 업체는 대단히 어려운 실정이다.

한편, 해양장비 개발업체인 C-Navi(주)와 2005년에 본 시스템 개발 관련하여 1차 기술이전계약을 체결하였으나 영세성으로 인하여 사업화가 지연되는 문제가 발생하였다. C-Navi(주)는 전자해도를 개발한 바 있고, 해양경찰과 해양수산부 등의 대규모 사업에 참여하여 다양한 해양장비를 설계하고 개발한 실적과 기술이 대단히 우수함에도 불구하고, 국내 해양장비 시장의 협소와 외국 유명 브랜드의 시장독점 등으로 업체의 활성화가 지연되고 있다.

그리고 본 연구의 중간단계 들어 해양경찰과 공조체계를 구축하기 위해서 도입한 Free-Pass는 서울 소재 e-Lastic(주)에서 생산한 것인데, e-Lastic(주)

은 중규모의 SI(시스템 통합) 업체로서 자본과 생산시설을 갖추고 있으나, 해상분야의 경험은 미비하다.

그리고 본 연구 말기에 도입한 CCD 카메라는 주로 삼성 테크윈(주)에서 개발 및 생산한 것인데, 삼성 테크윈(주)은 군사용 소형 레이더를 이용한 적사살용 기관총을 개발한 실적이 있고, 최근에는 연안의 대규모 감시 시스템 개발에 본 연구결과를 적용하려는 의도를 나타내고 있다. 특히 삼성의 자본과 시설이 지원된다면 본 시스템 관련 기술과 시스템의 해외 수출까지도 가능할 것으로 판단된다.

따라서 해양장비 개발업체인 C-Navi(주)와, 해양경찰의 Free-Pass 관련 기술을 보유한 e-Lastic(주) 및 막대한 자본과 시설을 갖춘 삼성 테크윈(주) 등의 컨소시엄 형태로서 본 사업의 결과를 이전시키는 것이 가장 타당할 것으로 생각된다.

현재 이러한 방안들을 폭 넓게 추진하고 있는바, 기업화 단계까지는 다소 시간이 걸릴 것으로 보여지며, 2007년 6월 현재 국내와 국외(중국) 특허를 출원 중이기 때문에 수산특정과제 기술의 외부노출을 방지하기 위하여 특허 출원 확보 후 사업화를 추진하는 방안도 고려 중이다.

또한, 국내 해군이 보유한 300여개의 레이더 사이트가 조만간 해양경찰로 이전될 것 인바, 이 시스템 모두 본 시스템과 같이 F-AIS와 레이더의 복합 자동화 시스템으로 구축할 것이 예상된다. 이러한 부분에 대해서도 해양경찰과 협의 중인데, 여기에는 본 연구비를 지원한 해양수산부의 입장도 반영되어야 할 사항임으로 향후 업체들의 컨소시엄이 구성되면 관계기관 사이의 협의를 추진할 예정이다.

그리고 해외 업체들과의 기술이전 방안을 추진 중인데, 일본의 FURUNO사와 KODEN사 등도 우리와 유사한 시스템을 개발한 바 있으나, 본 연구에서 개발한 장비가 레이더와 F-AIS 정보의 융합기능으로 인하여 우수한 것으로 나타나 있다. 2007년 6월 본 연구의 연구원인 교수 1인이 일본에 출장을 가서 이러한 사실을 확인한 바 있다. 따라서 일본 장비업체와의 공조 방안도 고려할 예정이고, 특히, 중국의 경우는 생산 비용을 낮출 수 있기 때문에 본 시스템을 국제 시장용으로 성능 개량하여 중국에서 생산한 후 전 세계 시장에서 시판할 수 있는 기업화 방안도 현재 고려 중이다.

나. 개발 시스템에 대한 보험적용 방안 제시

1) 국내 현황

양식장에 대한 보험은 양식장의 위기관리 수준과 양식장에 설치된 보안 장비 등에 대한 철저한 검증 하에서 보험수가가 결정될 것이다.

현재 국내 양식 관련보험은 2001년부터 육상수조식양식업(넙치)을 대상으로 일부 손해보험회사에서 양어보험과 수산 양식장 보험 등으로 시판하고 있으나, 보험수가와 보험금이 현실성이 없어 유명무실한 상태이다. 현재까지는 주로 대출담보제공용으로 70여개 어가가 가입하고 있는 정도에 그치고 있다. 하지만 양식재해보험법(가칭)이 제정될 경우 보험료 정부지원 및 위험분산방안이 마련될 수 있어 실질적인 운용이 가능해질 것으로 보인다.

해양수산부는 우선 2007년도부터 넙치와 조피볼락 등 2개 어종의 자연재해(태풍, 폭풍, 해일, 적조 등 4대 재해)에 대한 양식재해보험제도 시범사업 실시를 목표로 법안시안 마련에 착수했다. 그러나 비상준비금이나 손실보전준비금 마련 방안 등 복잡한 과제들이 남아있는 실정이다.

동부화재, 삼성화재, 현대화재 등에 문의한 결과 양식장 도난에 대비한 보험은 없는 것으로 조사되었으며, 양식장과 밀접한 관련이 있는 수산업협동조합(수협)의 경우에도 위에서 기술한 해양수산부의 양식재해보험제도 이외에는 현재 전무한 것으로 조사되었다.

특히 양식장 절도에 대한 보험은 일반 보험과 달리 소수 특수한 분야인 관계로 모든 보험사에서 이러한 특정 분야의 보험 상품을 개발하지 않고 있는 것으로 조사되었다.

그러나, 해외(특히 보험의 나라 영국)의 경우에는 양식장 시설이나 조직 및 보안시설 등을 세밀하게 조사하여 그에 적합한 보험수가를 적용하고 있는 것으로 조사되었는데, 국내에서도 해외 보험사례를 적용하여 양식장 도난에 대비한 보험상품 개발이 가능한 것으로 보여진다. 특히, 양식장 도난에 대한 보험에 대해서는 본 연구에서 개발한 어장 감시 시스템을 적용한 양식장의 경우는 보험수가를 대폭 하향시키는 방안의 준비가 필요하다. 그리고 현재 전국 수 천개의 양식장은 도난의 위협에 처해 있는 바, 이러한 보험 상품의

개발이 정부차원에서 이뤄져야할 것으로 조사되었다.

2) 일본 현황

중국을 포함한 아시아 지역의 양식 생산물은 2004년도에 1천3백만 톤으로 추정되며, 해마다 급증하고 있다. 1995년도에 8백만 톤이던 것이, 2003년에는 1천만 톤으로 증가한 바 있고, 금액으로는 1995년에 180억 달러에서 2004년에는 200억 달러로 증가하였다. 특히 일본은 1995년부터 2004년까지 어업생산량이 1백4십만 톤에서 1백3십만 톤으로 약간 감소하였고, 1995년 총생산량이 56억 달러, 2004년에는 42억 달러로 감소하였으며, 고령화로 인하여 잡는 어업에서 기르는 어업으로 대체하고 추세이다.

일본의 양식관련 보험은 어업손실보장 시스템(Fishery Damage Indemnification System)으로 대표되는데, 이 시스템은 상호보험 형식이며, 일본 정부의 주요한 어업손실 지원정책 중의 하나이다. 이 시스템의 적용을 위하여 일본 정부는 양식어업 종사자들에게 어업상호보험제도(Fishery Mutual Insurance Scheme)에 들도록 권고하고 있는데, 이 제도는 어업 종사자들이 지불해야할 보험금의 일부를 지원하기 위한 것이다. 일본은 큰 재난으로 발생하는 손실의 경우와, 어업 종사자 상호간의 비용으로 대처하기 어려운 경우에는 전액 정부에서 보조하고 있으며, 국립수산상호보험협회연합(National Federation of Fishery Mutual Insurance Associations)와의 재보험에 의해서 보상하고 있다. 일본 어업국에 따르면 2004년도에 어류와 갑각류의 37% 이상과 해산물의 70% 이상을 보험으로 보상한 바 있다. 보상비는 6억 달러에 달하고 있다. 특히, 일본의 보험은 재난보험 성격인데, 두 가지로 구분된다. 하나는 양식하는 도중에 어종이 죽거나 지진 등으로 바다로 도망하는 경우에 전부 또는 부분적으로 보험을 적용하는 것이고, 다른 하나는 어장을 운영하는 도중에 어장의 손실, 손망, 침수에 대해서 보상하는 것으로, 보험 대상 시설이 부분적으로 손상되었거나, 시설 복구에 소요되는 비용이 보험지급액 보다 높은 경우 보험에서 전체 손실로 인정하여 지급한다,

그러나 일본의 경우, 전쟁이나 유사한 환경에 의한 손실, 도적에 의한 손실, 해양오염에 의한 손실, 법안 기안자의 해태에 의한 손실, 방대한 적조에 의한 손실 등은 보험을 적용하지 않고 있다. 따라서 어떠한 형태로든 이

러한 부분을 보상받아야하는데, 일본의 경우 많은 어민들이 서로 공제조합형식으로 운영하면서 이러한 부분을 보상 받고 있다. 일본의 어업협동보험협회(Fishery Mutual Insurance Associations)는 39개의 연안을 끼고 있는 현이 가입되어 있는데, 보험정책뿐만 아니라 보험수가 할인방법, 보험정산 등에 관해서 관여하고 있다. 특히 일본 어업국에서는 지속가능한 어장의 관리를 위한 계획과 재정, 세금에 대한 규정과 어민협동의 관리 및 어민 상호간의 시스템 등에 관해서 적극적인 지원을 하고 있다.

이와 같이 일본은 정부와 어민 상호간의 노력 및 재보험 등으로 대부분의 손실을 보상하고 있는 것으로 조사되었다.

3) 양식장에 대한 보험적용 사례

아시아권은 아직 보험에 대한 인식 부족으로 양식장에 대한 보험이 없는 것으로 조사되었는데, 보험의 나라 영국의 경우는 다양한 보험이 존재하고 있다. 특히 양식장 보험 서비스회사(Aquaculture Insurance Services Ltd, 이하 AIS사)에서는 양식장에 대한 특수한 보험을 서비스하고 있다. 이 회사는 바다에 설치된 양식장을 보험을 들기 위해서는 바다 양식장 제안서(Offshore Fish Farms Proposal Form)를 요구하고, 육상 양식장인 경우는 Onshore Fish Farms Proposal Form을 요구하고 있다. 이 품에 본 연구에서 개발한 장비와 같은 보안 시스템이 적용되는 내용이 있다.

보험에 들기 위하여 작성하는 품은 A와 B의 두 부분으로 나누어져 있는데, A 부분은 양식장 전체의 운영에 관한 부분이고, B 부분은 양식장의 위치에 관한 것이다. 그리고 A와 B 자료를 제출할 때, 양식장의 레이아웃 도면 및 개요도, 사진, 지역지도, 수질분석 자료, 매월 생산량, 재무제표, 어류 건강 기록부, 장비관리 기록부 등을 요구한다.

우선 바다양식장을 보험에 들기 위한 품을 보면 다음과 같다. <표 3-5-8>부터 다양한 품의 내용을 나타냈는데, <표 3-5-8>의 Section A의 경우, I. 보험에 들기 위한 회사의 상세내용을 기록하는 부분으로서, 1. 양식장 관련 업체의 수, 2. 피보험자의 이름과 주소 등, 3. 다른 피보험자, 4. 다른 보험에 가입 여부 등, 5. 보험에서 커버할 양식장 등을 기록한다. <표 3-5-9>에는 II. 개인기록 부분으로, 1. 고용하고 있는 직원의 수, 2. Full-time으로 관리하는

사람, 3. 관리자와 주요 관리자 등, 그리고 III. 관리부분으로, 1. 얼마나 자주 물속에 들어가서 관리하는지, 2. 이러한 수중 관리는 누가 하는지 등이다.

<표 3-5-8> Foam-1

SECTION A

1. Company Details

1. Name of operating company:

2. Proposer

Full Name of Proposer

Position in the company

Postal address:

Telephone number(s): _____ Fax number(s) _____

E-mail address, if available:

3. Other contact persons:

Name	Telephone	E-mail address

4. Are there any other financial interests in the firm, for instance loss payees or creditors? Yes No (Go to the next question)

If Yes, please give their Names:

5. Please list the names of the individual sites which are to be included in the insurance

Please complete a Site Details Form (Section B) for each site named above.

<표 3-5-9> Foam-2

II Personnel

1. How many members of staff are employed?

Full time?	Part time?
------------	------------

2. Who manages the farm full time?

--

3. Details of farm managers and key personnel - please supply CVs or résumés where possible.

Name	Qualifications	Experience in aquaculture and with the particular species farmed	Job	Length of service

III Husbandry

1. How often are dives made?

--

2. Who makes them?

--

<표 3-5-10>은 III. 관리부분의 계속으로, 3. 양식장 수면으로 다이빙한 로그를 기록하는지, 4. 먹이는 무엇을 주는지, 5. 누가 먹이를 생산하는지, 6. 자동 급이 시스템이 있는지, 7. 어떠한 한 케이지(Cage)에 1세대 이상의 어류를 양식한 적이 있는지, 8. 양식 중인 어종의 순환은, 9. 예상되는 폐사의 원인과 Percentage, 10. 어류의 건강을 점검하기 위한 장비나 관련 연구소, 11. 정부나 전문가에 의한 자문 여부, 12. 백신접종 현황 등이다. 계속해서 <표 3-5-11>은 IV. 보험 부분으로, 1. 원하는 보험개시 시기, 2. 현재 어장에 있는 어류들이 보험에 들어 있는지?, 3. 전에 보험에 든 여부, 4. 그 상세한 내용 등 이다.

<표 3-5-10> Foam-3

3. Is a diving log kept? Yes No (Go to the next question)

If Yes, what information is recorded?

4. What types of fish feed are given?

5. Who manufactures the fish feed?

6. Are automatic feeders used? Yes No

7. Is more than one generation of stock ever held in anyone cage group? Yes No

8. What arrangements are there for stock rotation and fallow sites?

9. Expected trade mortalities:

Cause	Estimated percentage

10. What laboratory or other stock health monitoring facilities does the farm have?

On site:

Off site:

11. Does the farmer retain the services of a fish farming consultant, veterinarian, government body or other adviser? Yes No (Go to the next question)

If Yes, who provides the services, and how often do they attend the site?

12. Vaccinations

Disease	Type of vaccine	Method of vaccination

<표 3-5-11> Foam-4

IV Insurance

1. On what date do you wish this insurance to commence?

2. Is the farm's livestock presently covered by insurance? Yes No (Go to the next question)

If Yes:

Name of insurer:

Details of cover:

Expiry date of the policy:

3. Has any insurer ever:

Declined to insure your livestock? Yes No

Refused to renew your livestock insurance? Yes No

Cancelled your livestock insurance? Yes No

Imposed any special terms for livestock insurance? Yes No

If you have answered Yes to any question, please give details of the circumstances:

4. Details of:

- All livestock mortalities or losses, other than normal trade mortalities, during the past five years, whether or not the subject of an insurance claim.
- All losses of or damage to cages, pens, tanks, vessels and other equipment during the past five years, whether or not the subject of an insurance claim.

Date of loss	Cause of loss	Value of stock lost

<표 3-5-12>는 IV. 보험 부분의 계속으로, 5. 사고가 재발한 경우 대처 방법, 6. 그 사고에 대한 법적절차나 내용, 7. 보험회사에서 도와주기 위한 관련 팩터의 상세한 내용, 그리고 Section B로서, V. 장소 부분인데, 1. 장소의 이름, 2.장소의 주소 등이며, 계속해서 <표 3-5-13>의 3. 양식집(Cage)의 위치와 경위도 좌표, 4. WGS84 좌표의 적용여부, 5. 각 장소의 양식 시작일자, 6. 양식장시설 구축한 사람, 7. 양식시설이 청수인지 해수인지, 8. 염도, 9. 25km 이내에 있는 다른 양식장의 수, 10. 양식장에 접해 있는 다른 양식장의 이름, 11. 양식집(Cage)의 번호, 위치 등, 12. Cage 그룹을 분리하는 정도(횡수) 등이다.

<표 3-5-12> Foam-5

5. What action has been taken to prevent the illness happening again?

6. Details of any legal proceedings taken by or against you, including the outcome.

7. Are there any relevant facts or other information that Insurers should know in order to assess the risk? Yes No
If you are in doubt, please tell us anyway.

If Yes what are they?

Section B

The questions in this section are specific to individual sites. It should be duplicated and a copy should be completed for each separate site for which cover is required, each of these sites should be raised in the answer to question 5 in Section A.

Please answer all the questions by writing in the space provided or by putting a ✓ in the appropriate box, and attach additional paper if necessary. You may fill in and return the forms as complete files but if you do so the proposal must still be printed on paper, signed and returned by fax or post.

Please return the completed forms and the other information to Aquarius Insurance Services Ltd or your broker.

V. The Site

1. Name of the site

2. Full address of the site, if different to that of the proposer:

<표 3-5-13> Foam-6

3. Location of fish cages. List the cages or cage groups and state their coordinates to the nearest 100 metres, preferably latitude and longitude or the WGS84 datum site coordinate system which is used by GPS, or location and height in another recognised coordinate system.

Cage or cage group	Coordinates

4. Have you provided WGS84 coordinates above? Yes (Go to the next question) No
Which coordinate system have you used?

5. Date on which the site started operating:

6. By whom was the site established?

7. Is the site in fresh or sea water? 8. Normal salinity:

9. Number of other fish farms within 25km of the site:

10. What are the names of the nearest five other farms, closest first?

11. Cages:

Number	Size	Construction method	Manufacturer	Material	Date of construction

12. How many separate cage groups are there?

13. What is the minimum distance between the cage groups?

14. Describe the mooring or anchorage system for your cages, OR detail it on the mooring diagram ✓ if detailed on the mooring diagram

계속해서 <표 3-5-14>는 V. 장소 부분의 계속으로, 15. 양식장을 고박하기 위한 시설을 전문가 자문을 받았는지?, 16. 누가 고박시설 했는지, 17. 고박시설 점검주기, 18. 마지막으로 고박시설 점검자와 일자 등, 19. 양식장 장비 관리한 내용, 20. 양식장 고박을 메이커의 부위로 했는지?, 21. 어망의 제조자와 경과년수 등, 그리고 계속해서 <표 3-5-15>에서, 22. 어망에 대한 상세내용, 23. 어망 교환주기, 24. 어망에 각 태그의 부착여부, 25. 해상상황(조류, 염분, 수온, 수심 등), 26. 조석 간격, 27. 최소 잔존 산소농도, 28. 현저한 해풍의 주요 방향, 29. 가장 빈번한 해풍의 방향, 30. 가장 먼 어장 거리, 31. 이 부근에서의 최대 강풍 속도, 32. 이러한 강풍을 이 지역에서 경험했는지 여부, 33. 어떠한 경보 시스템을 장착했는지, 그리고, VI. 어종 부분으로서, 1. 어종 등을 기입한다.

<표 3-5-14> Foam-7

15. Have the moorings been laid in accordance with the manufacturer's recommendations? Yes No Yes (Go to the next question) No
 If No, why not?

16. Who laid the moorings?

17. How often are the cages and moorings inspected?

18. When was the last inspection done, and by whom? If possible supply a copy of the most recent inspection report.

19. What maintenance was done on the site's equipment during the last season?

20. Are the cages fitted with marker buoys? Yes No (Go to the next question)
 If Yes, are the marker buoys fitted with navigational warning lights? Yes No
 If Yes, are the marker buoys fitted with radar reflectors? Yes No

21. Nets:

Number	Manufacturer	Age	Are they anti fouled?

<표 3-5-15> Foam-8

22. Comment on your net system, including details of any anti-predator netting and equipment:

23. How often are the nets changed?

24. Are the nets individually identified or tagged? Yes No

25. Conditions (please mark the directions of current flows and prevailing wind on the chart)

	Minimum	Maximum
Salinity		
Speed of currents in knots		
Water temperature		
Wave height in metres		
Water depth beneath the nets in metres		
Wind speed at surface level in knots		

26. Tidal range:

27. Minimum dissolved oxygen concentration:

28. Prevailing wind direction: Winter Summer

29. Most exposed wind direction:

30. Longest leach in km

31. What is the maximum storm force in the area?

32. Have such storms been experienced at any of the sites? Yes No

33. What warning and alarm systems are fitted?

VI. The fish

1. The species in production

Species	Percentage of total stock	Month(s) when new stock is introduced

<표 3-5-16>은 VI. 어종 부분의 계속으로, 2. 매년 양식하는 어종의 수, 3. 각 어종의 수와 산출량 등, 4. 사고가 발생할 경우 예상되는 피해액, 5. 재고품들의 관리, 6. 어린 어종의 관리 등이며, 계속해서 <표 3-5-17>은 VII. 보안 관리 부분으로, 1. 양식장에서 거주하는지 여부, 2. 양식장을 매일 관리하는지, 3. 양식장 보호를 위한 시설, 펜스, 견시 견(개) 등의 상세한 내용, 4. 양식장의 일반인에게 개방여부, 5. 육상과 케이지 사이의 거리, 7. 도둑, 약탈, 오염, 어망손실, 퇴적물 누적, 선박과 충돌 등에 대한 주의방법 등이다.

<표 3-5-16> Foam-9

2. Maximum number of fish in each year age class which will be held on the farm at any particular time during the period of insurance:

	In a single cage	In all cages
Smolt/1+		
2+		
Breed stock/3+		

(The size ranges above are for salmon, amend suitably for other species.)

3. For each species state (a) the maximum tonnage of fish which will be held on the farm at any particular time during the period of insurance, (b) the estimated total annual production and (c) the maximum stocking density in kg/m³.

Species	(a) Max. tonnage	(b) Annual production	(c) Stocking density

The table below specifies how the fish will be valued in the event of a claim upon the insurance. Please amend the scale for other species and / or the size ranges if necessary so that they are appropriate to the fish on the farm.

Basis of indemnity		Alternative Size Range	Scale of indemnity value
smolts	up to 100g		
post-smolts	100-200g		
post-smolts	200-500g		
young stock	500g-1kg		
young stock	1-2kg		
fish	over 2kg		
breed stock			

4. State the maximum value at risk during the period of insurance of all fish held at the site, using the basis of indemnity you have chosen and the density of year you expect the stock to reach the maximum.

IMPORTANT!

This figure will equal the total sum insured under the policy and must not be underestimated, because claims will be paid only in the proportion that the sum insured is of the total value at risk calculated in accordance with the basis of indemnity chosen.

5. What is the inventory control procedure and its frequency?

6. What are the sources of possible stock?

<표 3-5-17> Foam-10

VII Security

1. Do you or any of the staff live in view of the site? Yes (Go to the next question) No
 If No, how close to the site does the nearest member of staff live? _____

2. Is the site constantly attended every day? Yes (Go to the next question) No
 If No, detail the arrangements for supervision when the site is not attended.

3. Describe how the site is protected by fences, gates, security systems, guard dogs etc.

4. Does the general public have access to the site?

5. What is the distance between the cages and the shore?

6. What other precautions are taken to reduce losses arising from:

theft:	
fire/damage?	
pollution?	
net damage?	
weed accumulation?	
collisions with vessels?	

마지막으로 <표 3-5-18>은 VIII. 위기관리 부분으로, 1. 어장에 오염원, 주위 다른 어장의 오염원 등, 2. 다른 근처 어장에서 적조 등이 발생했는지, 3. 양식장의 수 순환 효과 상술, 4. 케이지 아래에 있는 유기체들의 형성에 대한 대처방법, 5. 부근의 선박, 요트, 해수욕 등의 행위, 6. 관련된 위기 요소들의 상세 등이다.

<표 3-5-18> Foam-11

VIII Perils

1. What potential sources of pollution are there, at or in the vicinity of the site?

2. Have any algal or plankton blooms occurred at or in the vicinity of the site? Yes No (Go to the next question)

If Yes, what are the details?

3. Describe the water exchange and flushing effect at the site.

4. What action is taken to deal with the build-up of organic matter beneath the cages?

5. What shipping, boating and other waterborne activity is there in the area?

6. Are there any relevant aspects of the perils to be insured which might, in your opinion, make them more hazardous than you would otherwise expect? Yes No

If Yes, what are they?

IMPORTANT - Please sign the declaration on the next page.

그리고 위에서 기술한 바다 어장이 이안 연안어장의 경우 작성하는 폼 A와 B 중에서 보안관리 부분에 해당하는 내용을 발췌하면 다음과 같다. 기타 내용은 바다 양식에 대한 폼 A와 B의 내용과 대동소이하다.

<표 3-5-19>는 VIII. 보안 관리 부분으로, 1. 양식장에서 거주하는지 여부, 2. 양식장을 매일 관리하는지, 3. 양식장 보호를 위한 시설, 펜스, 견시견 등의 상세한 내용, 4. 양식장의 일반인 개방여부, 5. 육상과 케이지 사이의 거리, 7. 도둑, 약탈, 오염, 어망손실, 퇴적물 누적, 선박과 충돌 등에 대한 주의 방법 등이다. 그리고 <표 3-5-20>의 IX. 시스템 부분에서는, 1. 자동 또는 수동으로 양식장 모니터링한 내용, 2. 경보 시스템이나 백업 시스템 작동 내용, 3. 경보 작동 시 대처 절차, 4. 외부에 있는 사람에게 경보 전달 방법, 5. 시

시스템의 정기점검 시기, 6. 장비점검 계약을 했는지, 7. 중수를 제공하는지 등이다.

<표 3-5-19> Foam-12

VIII Security

1. Do you or does any of the staff live on the site? Yes (Go to the next question) No
 If No, how close to the site does the nearest member of staff live?

2. Is the site constantly attended every day? Yes (Go to the next question) No
 If No, detail the arrangements for supervision when the site is not attended.

3. Give details of fences, gates, security systems, guard dogs etc.

4. Does the general public have access to the site?

<표 3-5-20> Foam-13

IX The System

1. What events are monitored by automatic and manual systems for example, failures of utilities or changes in the water level?

2. What warning systems and lock-up systems are in operation? When were they installed and by whom?

3. Should a monitored event occur, what steps do personnel take to respond?
 If possible, please supply copies of the alarm specification and your emergency procedure manual or instruction sheet for personnel.

4. How are personnel alerted outside normal working hours?

5. How often are your systems serviced and tested?

6. Are your systems supported by a maintenance contract? Yes No

7. Does the site have a gravity-fed water supply? Yes No (Go to the next question)
 If Yes:
 What provision is made to prevent the blockage of inlet screens?

 What provision is made to prevent the blockage of pipes and valves?

 What provision is made to prevent flooding?

4) 새로운 보험적용 방안 제시

한국, 일본 등은 아직까지 양식장 대상의 도적에 대한 보험은 없는 것으로 조사되었으며, 주로 양식장에 양식 중인 어류의 폐사나 시설물 손상 등에 대한 보험을 적용하고 있는 것으로 조사되었다.

그러나 보험의 나라 영국의 경우에는 양식장의 재난사고뿐만 아니라 도적에 대한 부분도 보험에서 Cover하고 있는 것으로 조사되었는데, 이러한 보험에 들기 위해서는 양식장에 대한 매우 상세한 조사를 선행하고 있다. 특히, 도난에 대비한 시스템의 설치 여부와 경비견의 배치, 도난 방지 팬스 설치 등에 대한 질의 내용이 있는데, 이러한 부분이 포함되는 경우에는 보험 수가

가 낮아지는 것으로 조사되었다.

따라서 우선 국내에서는 양식장 도적에 대한 보험 상품이 개발되어야 할 것이고, 이 보험에는 위에서 조사한 영국 AIS사의 조사 품 A와 B에 기록된 것과 같이 각종 안전시설이 장착된 경우에는 보험수가를 할인할 수 있을 것으로 보인다.

본 연구를 통하여 국내에서도 양식장 보험 상품을 만들 수 있는 근거를 제시하고, 다양한 안전시설에 대한 보험할인 근거를 제시하였다.

8. 집단감시 디지털시스템 최종 정리

앞에서 기술한 바와 같이 최종 3차년도에는 1차년도와 2차년도에 각 세부책임자별로 개발한 어장 탐지 시스템(FDS), 레이더 탐지 시스템(RSS0 및 감시-식별-경보-방어 시스템(WIWAS) 등 3가지 세부 시스템을 통합하여 집단감시 디지털 시스템(GDSS-F2S)을 구축하고, 진도 보전리 참전복 양식단지에서 수 차례 실험을 통하여 도적 감시 기능과 성능을 실험을 통하여 확인하였다.

연구초기 예상하지 못한 내부도적 문제를 해결하기 위하여 CCD 카메라를 추가 설치하였으며, 해양경찰과의 공조체계를 위한 Free-Pass 시스템 적용을 위한 시스템 보완 등으로 완벽한 어장 도적 방지 시스템을 개발하였다.

또한, 본 시스템 개발로부터 도출된 다양한 기술의 이전과 상업화 방안을 제시하였고, 아직 국내에는 개발되어 있지 않은 어장 보호를 위한 보험 상품 개발의 근거를 제시하였다.

현재 진도군 보전리 어민들을 대상으로 본 시스템의 상용화에 대비한 협의를 관계 업체들과 지속하고 있는 바, 해양경찰, 해양수산부, 어민 및 국내 생산업체 등의 협의를 통하여 즉시 상용화가 가능하며, 국방용으로서의 확대적용과 해외 수출 등의 가능성이 크게 예상된다.

여 백

제 4 장

연구개발 목표달성도 및 기여도

제4장 연구개발 목표 달성도 및 기여도

제1절 총 연차별 연구목표 및 내용 정리

<표 4-1-1> 전체 연차별 연구목표 및 내용 종합

연차	구분	내 용
1차년도 (2004년- 2005년)	목표	집단감시 디지털 시스템(GDSS-F2S) Prototype 설계
	내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 어장탐지 시스템(FDS) 설계 <ul style="list-style-type: none"> - 어장현황조사, F-AIS 설계 - 레이더 리프래터 설치방법 검토 및 설치장소 결정 ○ 레이더 감시 시스템(RSS) 설계 및 Prototype 제작 <ul style="list-style-type: none"> - 레이더 이용한 근거리/소형선 탐지용 고해상 영상신호처리 알고리즘 개발 - 9.5GHz 전파흡수체를 이용한 우설 및 해면반사 억제기법 개발 - 레이더 영상신호 실시간 전송 인터페이스 모듈제작 ○ 감시-식별-경보-방어 시스템(WIWAS) 설계 <ul style="list-style-type: none"> - 국내외 자료 수집·분석을 통한 시스템 기술 도표 제작 - 감시·경보 및 방어 수단제공 인터페이스 모듈 설계 - 침입자에 대한 감시/경보/방어 실행을 위한 네트워크 설계 - 칼만필터 이용한 침입자 감식·감별 소프트웨어 개발
2차년도 (2005년- 2006년)	목표	집단감시 디지털 시스템(GDSS-F2S) 시제품 제작 및 현장 실험
	내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 어장탐지 시스템(FDS) 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 어장작업선 식별용 F-AIS 개발 및 시제품 제작 - 어장위치 추적 및 감시를 위한 레이더 탐지능력 강화도 평가 및 보완 ○ 레이더 감시 시스템(RSS) 구축 <ul style="list-style-type: none"> - 고해상 영상처리 알고리즘의 실장 - 최적 레이더 사이트 설계 및 시제품 제작 ○ 감시-식별-경보-방어 시스템(WIWAS) 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 적아식별 알고리즘 개발과 프로그램 개발 - 통신매체를 통한 경보전송장치 및 통신망 확보 - 침입자에 대한 감시-경보-방어 실행 네트워크 구축 - 레이더 영상 모니터링 시스템 구축 ○ 집단감시 디지털 시스템 시제품 제작 및 1차 현장실험 <ul style="list-style-type: none"> - 집단감시 디지털시스템의 시제품 제작 및 양식장 설치 - 양식장 현장실험

3차년도 (2006년- 2007년)	목표	집단감시 디지털 시스템(GDSS-F2S) 구축 및 성능평가 실험
	내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 집단감시 디지털 시스템 (GDSS-F2S) 시제품 보완 <ul style="list-style-type: none"> - 다양한 시나리오 기반 현장실험으로 문제점 해결 및 기능 보완 ○ 양식장 현장실험 <ul style="list-style-type: none"> - 중장기적으로 양식장에서의 기상, 환경, 조건 등에 따른 실험실시 - 해양수산부, 해양경찰, 어민 공조체계 실험 및 평가 ○ 실용화 방안 제시 <ul style="list-style-type: none"> - 참여업체의 기술이전 방안 제시와 특허 및 관련기술의 이전방안 제시 - 개발시스템에 대한 보험적용 방안 제시(일본, 영국 사례연구)

제2절 1차년도 연구개발 달성도와 기여도

1. 1차년도 연구개발 달성도

가. 1차년도 연구개발 달성도 개요

1차년도 목표는 집단감시 디지털 시스템(GDSS-F2S)의 Prototype 설계로서, 목표 달성도는 100% 이상 초과달성하는 성과를 이루었다. 추가적으로 해상용 레이더를 양식장에 설치하는 경우의 해양상용 장비의 전파관리법에 의한 법적문제와 F-AIS에 적용하는 900MHz 주파수 사용시의 법적문제를 검토하여 해결방안을 제시함으로써 상용화를 저해하는 요인을 제거하였다.

나. 1차년도 연구개발 달성도 종합

<표 4-2-1>에 1차년도 연구개발 성과와 달성도를 종합하여 나타냈다.

<표 4-2-1> 1차년도 목표달성 연구개발 달성도

연구목표 및 내용	연구 성과	달성도 (%)
<ul style="list-style-type: none"> ○ 어장 탐지 시스템 (FDS)설계 - 어장현황조사 및 관련 사항 결정 - F-AIS 설계 및 실험 - 레이더 리플렉터 결정 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 서해안의 태안반도, 목포권역, 남해안 완도권역, 진도권역 등의 양식장 현황조사완료 및 시스템 개발방안 결정 ○ 레이더응답형 F-AIS의 송수신부 모듈별 설계완료 및 시제품 제작과 실험평가 완료하고, 그 성과를 정부혁신박람회 전시 ○ 양식장내 레이더 리플렉터 설치방안 제시 완료 	100
<ul style="list-style-type: none"> ○ 레이더 감시 시스템(RSS) 설계 및 Prototype 제작 - 레이더 이용한 근거리/소형선 탐지용 고해상 영상신호처리 알고리즘 개발 - 9.5GHz 전파흡수체를 이용한 우설 및 해면반사 억제기법 개발 - 레이더 영상신호 실시간 전송 인터페이스 모듈제작 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 연안어장의 현장실험을 통한 레이더 설치 최적위치 확보 방안 수립 완료 ○ 적응제어 필터 이론에 근거한 근거리 고해상 영상신호처리 알고리즘 개발 및 하드웨어 제작 완료 ○ 레이더 영상 및 풍향-풍속계 등의 인터페이스 제작 완료 ○ 해면반사 및 우설 산란과 억제기법 제시: 9.5GHz X-밴드 전파흡수체 이용한 방법과, 지형지물 이용한 해면반사파 억제기법을 제시하여 최적의 레이더 사이트 선정방안 수립 ○ 레이더 스캐너, 레이더 본체, 레이더 스캔 컨버터(RSC), PC, 전자해도(ECDIS) 등을 이용한 레이더 감시 시스템 Prototype 설계 및 제작 완료와 현장실험 통한 성능평가 완료 ○ 레이더 감시 시스템 현장실험을 위한 국내 최초의 레이더 관측차량 개발 ○ 레이더 감시 시스템의 핵심 모듈인 레이더 스캔 컨버터(RSC)의 국내 최초개발 성공 및 상용화 성공 	100
<ul style="list-style-type: none"> ○ 감시-식별-경보-방어 시스템(WIWAS) 설계 - 시스템 기술도표 제작 - 인터페이스 모듈 설계 - 감시-경보-방어 실행 네트워크 설계 - 침입자 감식·감별 소프트웨어 개발 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 시스템 기술도표 작성에 의한 기술개발 추진체계 구축완료 ○ 인터페이스 모듈의 설계 및 제작 완료 ○ 감시-경보-방어 실행용 유무선 통신망을 이용한 네트워크 설계 완료 ○ 침입자 감식·감별을 위하여 2차원 칼만필터 알고리즘 개발 및 시뮬레이션 통한 검증 완료 ○ ECDIS기반 레이더 화면표시 및 MGIS 연동방안 제시 완료 	100
<ul style="list-style-type: none"> ○ 1차년도 추가 검토 사항 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 감시시스템의 이용을 위한 법제도검토 - 양식어장 감시용 레이더의 이용 허가 검토 - F-AIS 사용을 위한 제도적 문제 검토 	추가 달성

2. 1차년도 연구성과의 관련분야 기여도

가. 어장탐지 시스템 개발 분야

어장탐지 시스템(FDS) 설계분야에 있어서는, 9.5GHz X-Band 레이더에 응답하는 선박식별용 F-AIS를 설계하고 개발하였는데, 이 기술은 향후 민-관-군 모든 분야의 물체식별에 적용될 수 있는 기술로 사료되며, 특히, Radar에서 물체의 코드를 인식하여 식별할 수 있는 기술은 군사목적의 적아식별(Friend or Foe, IFF) 기술로서 육·해상 레이더공학 분야와 항공분야 등에 적용하여 고부가가치를 창출할 수 있을 것으로 사료된다.

특히, 국내 레이더 기술 수준이 대단히 저조하기 때문에 이러한 레이더 응용 센서 개발기술은 레이더공학 분야의 귀중한 기초기술로 적용 가능하다.

또한, 기존 개발한 레이더 리프렉터의 가두리 양식장 적용방안은 현재 국내 연안항로에 무수히 설치된 스티로폼 부위로 인하여 선박의 스크류 손상과 선박충돌 및 좌초 등의 사고가 빈번한 바, 선박의 레이더에서 탐지하는 양식장 물표 크기를 증대할 수 있기 때문에 항해안전에 크게 기여할 수 있는 방안으로 고려된다.

부가적으로 수행한 양식장 현황조사결과는 다양한 해상장비를 양식장에 설치하는 경우에 작업선의 종류와 양식장의 특성을 고려하여 설치함으로써 부가성능을 증대시킬 수 있는 하나의 참고자료로 유용하게 활용될 것으로 기대된다.

나. 레이더 감시 시스템(RSS) 설계 및 Prototype 제작 분야

선박용 레이더를 연안 가두리 양식장에 설치하여 도적을 방지하는 기술은 민-관-군 모든 분야에 적용할 수 있는 기술로서, 민수용으로는 레이더를 활용한 어장 도적 방지 이외에 대규모 시설물 감시 및 보호에 적용할 수 있고, 군수용의 경우에는 연안 감시 레이더 사이트의 자동화와 고기능화를 부여할 수 있는 기술로 평가된다. 현재 해군이 보유한 연안 감시 레이더 사이트를 모두 자동화 시켜서 해양경찰로 이전할 계획이 있는 상태이기 때문에 본 연구에서 개발한 레이더 감시 시스템(RSS) 기술은 추후 국내 활용도가 대

단히 클 것으로 사료된다. 아울러 말레이시아, 홍콩, 대만 등에서도 어장 도적 방지와 시설물 감시 및 연안 감시 등을 위한 본 연구결과의 적용을 검토하고 있는 바 향후 해외 수출에 의한 외화획득 가능성도 큰 것으로 고려된다.

그리고 일반 레이더를 이용하여 근거리에서 소형 물체를 고 분해능으로 탐지하기 위한 적응필터 기반의 고 해상 영상신호처리 알고리즘은 레이더 설계 및 개발의 핵심 기술로 적용할 수 있다.

또한, 해면반사 등을 억제하기 위한 전파흡수체 부착 방식과 프레넬 존을 이용한 지형지물을 이용하는 방법 등은 레이더를 설치하는 경우에 전파 소파에 의한 영향으로 레이더 성능 저하를 방지할 수 있는 레이더 공학의 기반기술로 적용 가능하다.

특히 본 연구를 통해 설계개발 Radar Scan Convertor(RSC)는 최근까지 미국의 BARCO사와 캐나다의 XENEX Navigation사에서 독점한 장치를 국내 STX Radar Sys(주)에 의뢰하여 개발한 것으로, RSC 개발의 핵심 설계기술을 확보한 바, 향후 레이더 개발 업체에서 이러한 기술을 이용한 레이더 국산화율을 높일 수 있을 것으로 보여진다. 현재는, 몇 개의 샘플만 제작한 관계로 생산 단가가 높은 문제점이 있으나, 향후 대량생산 체제를 구축하는 경우에는 핵심기술로 적용 가능하다.

레이더 영상신호 실시간 전송을 위한 다양한 인터페이스 모듈은 레이더를 다른 시스템과 연계한 System Integration(SI)에 유용하게 적용할 수 있는 단위 기술로서, 이러한 작은 기술들은 영세 해양장비 산업체의 핵심 노하우를 제공하는 계기가 될 것이다.

다. 감시-식별-경보-방어 시스템(WIWAS) 설계

WIWAS는 군사목적의 방어대응체계 기술의 일종으로, 대외 비밀로 속하는 일종의 군사적 성격의 기술로서, 향후 해양수산부나 소방방재청 등에서 대규모 비상대응체계 시스템 개발에 활용할 수 있다. 근본적으로는 도적을 검거하는 것이나 의아 선박을 감시하는 것이나 기술은 동일하기 때문에 국내 해상 군사기술분야에 기여할 것으로 보이고, 이러한 기술은 해외 선진국 군사국가의 비밀기술인 바, 국내 독자 확보한 기술의 대외수출과 외화획득이 가능할 것으로 보인다.

특히 침입자를 감식·감별하기 위한 칼만필터 개념의 이론과 알고리즘 및 소프트웨어는 체계공학 분야의 장비 설계 및 개발 시 유용하게 적용할 수 있는 핵심기술로 평가되며, 감시-식별-경보-방어에 대한 실행 알고리즘은 체계공학의 기본을 마련한 중요한 개념으로 보인다.

기타, WIWAS 개발에 적용한 다양한 인터페이스 모듈과 네트워크 등은 국내 선진 상위 통신장비와 기술에 접목시킴으로서 다른 복합장비나 시스템(예를 들어 정부의 SI 프로젝트나 군사용 복합 장비 등)의 고부가가치화에 기여할 것으로 보인다.

라. 1차년도 학술지 게재 및 발표 실적

상기와 같은 다양한 1차년도 실적들에 대한 학술지 게재 및 발표실적을 다음 <표 4-2-2>부터 <표 4-2-4>에 나타냈다.

<표 4-2-2> 1차년도 학술지 게재 실적

No.	주저자	연구제목	학술지명	Vol. (No.)	게재일시	발행기관	발행장소
1.	김철승	양식어장보호를 위한 원격 감시시스템의 구축방안에 관한 연구	해양환경안전학회	10(2)	2005. 1	해양환경안전학회	목포
2.	남택근	양식어장보호를 위한 어장 탐지 시스템 개발에 관한 연구	해양환경안전학회	10(2)	2005. 1	해양환경안전학회	목포

<표 4-2-3> 1차년도 국내 학술발표 실적

No.	발표자	발표제목	학술회의명	인쇄물명	통권, 호	발표 일시	발표장소 /국명
1	정중식	유무선 통신망을 이용한 양식어장 보호용 원격감시 시스템의 개발에 관한 연구	해양환경 안전학회 2004년 추계학술발표회	2004년도 추계 학술발표회 논문집	-	2004.11.12	부산 한국해양대학교 / 한국
2	정중식	양식어장보호를 위한 레이더 감시 시스템의 구축방안에 관한 연구	한국항해항만학회 2004년 추계학술대회	2004년도 추계 학술대회 논문집	28, 2	.11.24	부산 전 시컨벤션 홀/한국
3	남택근	양식어장보호를 위한 어장탐지 시스템 개발에 관한 연구	한국항해항만학회 2004년 추계학술대회	2004년도 추계 학술대회 논문집	28, 2	.11.24	부산 전 시컨벤션 홀/한국

<표 4-2-4> 1차년도 국제 학술발표 실적

No.	발표자	발표제목	학술회의명	인쇄물명	통권, 호	발표일시	발표장소 /국명
1.	임정빈	Research and Proposal on one Mile SART	Asia Navigation Conference 2004	Proceedings of KINPR-CIN-JIN Joint Symposium 2004	-	2004.08.26	Gwangyang/Korea

<표 4-2-5> 1차년도 세미나 개최 실적

No.	일시	제 목	장소	자료
1.	2005.0708-09	어장보호를 위한 집단 감시 디지털 시스템의 개발에 관한 제1차 세미나 2005	진해 해군사관학교	제1차 세미나 자료집

제3절 2차년도 연구개발 달성도와 기여도

1. 2차년도 연구개발 달성도

가. 2차년도 연구개발 달성도 개요

2차년도 연구목표는 1차년도에 설계 및 개발한 어장 탐지 시스템(FDS), 레이더 감시 시스템(RSS), 감시-식별-경보-방어 시스템(WIWAS) 등 3개 세부 시스템을 하나로 통합하여 집단감시 디지털 시스템(GDSS-F2S)의 1차 시제품을 구축하고, 간단한 현장실험을 통하여 작동 가능 여부와 물체 적아식별 여부 등을 확인하는 것이다. 연구계획 대비 100% 성과를 달성하였다.

나. 2차년도 연구개발 달성도 종합

<표 4-3-1>에 2차년도 연구개발 성과와 달성도를 종합하여 나타냈다.

<표 4-3-1> 2차년도 연구개발 달성도

연구목표 및 내용	연구 성과	달성도 (%)
<ul style="list-style-type: none"> ○ 어장탐지 시스템(FDS) 개발 - 어장작업선 식별용 F-AIS 개발 및 시제품 제작 - 어장위치 추적 및 감시를 위한 레이더 탐지능력 강화도 평가 및 보완 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 1차년도에 개발한 레이더 응답형 F-AIS의 단점과 1차년도 연구결과 보완사항에 의거하여 100mW 900MHz 대역의 F-AIS 송수신장치 설계 완료 ○ F-AIS에 대한 해상실험(목포, 부산, 진도 등) 성공적으로 수행, 최장 5~6마일 정도의 우수한 탐지성능 실험으로 입증 ○ 레이더 탐지능력 강화도 평가 및 보완을 위하여 잡음제거 신호처리, 영상강조기술을 사용하여 감시화면상에서 레이더 신호 및 F-AIS 신호의 전송결과를 실험적으로 확인 	100

<ul style="list-style-type: none"> ○ 레이더 감시 시스템(RSS) 구축 - 고해상 영상처리 알고리즘의 실장 - 최적 레이더 사이트 설계 및 시작품 제작 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 1차년도 연구결과 보완사항인 레이더 영상과 F-AIS 데이터의 통합표시 모듈 개발 및 시스템 구축 완료 ○ 고해상 영상처리 알고리즘의 시스템 실장 완료 및 레이더 감시 시스템의 시작품 제작하여 현장실험 완료(성능평가 결과 전 시스템 정상작동 확인) ○ 레이더와 PC간의 레이더 신호 및 F-AIS 신호를 전송하여 통합 디스플레이 환경을 구축하고, 레이더 영상처리 방식을 혼합하여 시스템의 신뢰성과 정확도를 향상시킴 ○ 최적 Radar 사이트설계 및 시작품제작 완료 	100
<ul style="list-style-type: none"> ○ 감시-식별-경보-방어 시스템(WIWAS) 개발 - 적아식별 알고리즘 개발과 프로그램 개발 - 통신매체를 통한 경보 전송장치 및 통신망 확보 - 침입자에 대한 감시-경보-방어 실행 네트워크 구축 - 레이더 영상 모니터링 시스템 구축 	<ul style="list-style-type: none"> ○ F-AIS 정보와 레이더 정보를 융합한 적아식별 알고리즘과 프로그램 개발 완료 및 성능실험 완료 ○ 칼만필터 개념의 다물표 추적 알고리즘을 이용하여 다수 작업선을 식별할 수 있는 프로그램 개발 및 프로세서에 실장 완료 ○ 경보전송장치 및 통신망 인터페이스 구축 완료, 침입자에 대한 감시-경보-방어 실행 네트워크 설계 및 시스템 연결 완료 ○ 레이더 영상 모니터링 시스템 구축, 레이더 물표식별 및 추적 실험 완료 : 물표식별과 추적이 가능함을 확인 	100
<ul style="list-style-type: none"> ○ 집단감시 디지털 시스템 시제품 제작 및 1차 현장실험 - 집단감시 디지털 시스템 시작품제작 및 현장설치 - 양식장 현장실험 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 실시간 어장보호 집단감시 디지털 시스템 시작품 제작 및 설치 완료 ○ 각 단위 시스템별 정상 기능 확인 ○ 1단계 현장실험을 통하여 도적 침입시 대응, 경보 가능함을 확인(진도어장) 	100

2. 2차년도 연구성과의 관련분야 기여도

가. 어장탐지 시스템(FDS) 분야

2차년도에 개발한 F-AIS는 100mW 저출력의 900MHz 대역 스프레드 스펙트럼형식의 F-AIS 송수신장치인데, 이 장치는 GPS와 간단한 데이터 전송이 가능하기 때문에 해상에서 소형물체의 식별 기술로 즉시 활용 가능하다.

특히, 최근 해양수산부에서 GICOMS 개발계획의 일환으로 추진하려는 소형선박 식별 시스템에서 요구하는 성능을 모두 충족할 수 있음과 동시에, 저전력, 소형이면서 5~6mile의 장거리 전송 가능 등의 장점이 있어 즉시 적

용할 수 있다. 또한, 국제적으로는 해상인명안전조약 1974(1974 SOLAS)에 의거하여 중대형 선박에 장착하고 있는 AIS(Automatic Identification System)의 Class-B를 대신할 수 있는 기술로서 평가되고, 기타 해상에서 인명안전을 위한 하나의 센서로서 활용 가치가 클 것으로 기대된다.

또한, FDS에 적용한 기술은 공군 및 항공용에 적용하는 적아식별(Friend or Foe Identification, FFI)의 기술과 유사한 것으로 FFI는 일종의 군사비밀에 속하는 핵심기술인데, 본 연구진에 의하여 레이더와 F-AIS를 결합하여 마치 FFI와 같이 도적과 어민의 적아식별이 가능한 기술로서, 국내 육상분야의 대규모 적아식별이나, 순사용 목적의 대규모 시스템에 적용할 수 있다.

또한, F-AIS 정보를 이용하여 레이더 탐지능력을 강화시킴으로서 레이더와 F-AIS 상호보완 시스템으로의 기본 기술로서 적용도 가능하다.

나. 레이더 감시 시스템(RSS) 분야

적용제어 이론을 근거로 개발한 고해상 영상처리 알고리즘은 레이더 영상처리 분야의 기초기반 기술로 적용 가능하다. 특히, 상업용 레이더의 경우 환경잡음에 의한 오류발생 억제가 가장 큰 문제인데 본 연구에서 개발한 알고리즘은 현장에 레이더를 적용하는 경우의 영상처리 기술로서 적용 가능하다.

그리고 레이더 영상과 F-AIS 데이터의 통합표시 모듈과 시스템 구축 기술은 소형선박용 안전항해 장비를 개발하는 경우, 해양수산부의 GICOM 계획에 의거 데이터 융합이 필요한데 이러한 분야의 핵심기술로 기여할 수 있다.

기타, 통합 디스플레이 환경구축을 위한 각종 모듈과 소프트웨어 개발 기술 등은 해양장이 SI 업체들에서 요구하는 소규모 핵심 모듈로 적용할 수 있다.

다. 감시-식별-경보-방어 시스템(WIWAS) 분야

국내 해양정보통신기술은 육상의 초고속 인터넷 망과 휴대폰 개발 기술을 적용하는 경우 선진 우위기술을 확보할 수 있는데, 본 연구에서 마련한 WIWAS의 경우, 초고속 통신망과 유무선 통신망 등을 복합적으로 연계하여 해양분야에 적용한 것으로 추후 해양정보통신 분야의 기초기술로 기여할 것이다.

또한, 1차년도에 기술한 바와 같이 체계공학 분야에서 거론되는 감시-식별-경보-방어를 실행하는 S/W와 H/W의 복합은 선진국에서만 확보하고 있는 대규모 기술로서, 국내 체계공학 분야의 중요한 기술로 기여할 것이다.

그리고 F-AIS 정보와 레이더 정보를 융합한 적아식별 알고리즘과 프로그램 개발은 정보융합 분야에서 영상과 데이터의 융합 이라는 새로운 기술 분야의 중요기술로 기여할 것이다. 또한, 칼만필터 개념의 다물표 추적 알고리즘의 경우는 소프트웨어 공학 분야의 기초기술로 적용이 가능하여 핵심 기초 기술 개발에 기여할 것이다.

정보전송장치 및 통신망 인터페이스와 칩입자에 대한 감시-경보-방어 실행 네트워크 설계 및 시스템 등의 개발기술은 관련 산업체에 노하우를 제공하는 계기가 될 것이며, 레이더 영상 모니터링 구축 기술 등도 해양정보 산업에 기여할 것으로 보여진다.

라. 집단감시 디지털 시스템 개발 분야

집단감시 디지털 시스템(GDSS-F2S)는 복합 대규모 기술로서 하부 시스템을 네트워크로 연계시키고 이들 정보를 서버에 저장하여 다시 재현하는 것으로, 해상인명 안전 장비로 사용하고 있는 VDR(Voyage Data Recorder)의 개념을 갖고 있는 바, 추후 소형 어선용 VDR을 개발하기 위한 기술로 기여할 것이다.

또한, 민관군 복합 대규모 시스템을 구축하는 분야에 실제 장비 구축기술로서 산업현장에 적용할 수 있다.

마. 2차년도 학술지 게재 및 발표 실적

상기와 같은 다양한 2차년도 실적들에 대한 학술지 게재 및 발표실적을 다음 <표 4-3-2>부터 <표 4-3-4>에 나타냈다.

<표 4-3-2> 2차년도 학술지 게재실적

No.	주저자	연구제목	학술지명	Vol. (No.)	게재일시 (예정)	발행기관	발행장소
3.	임정빈	해양레저 안전을 위한 개인 휴대용 전자장비 개발	한국항해항만학회	30(5)	2006. 6	한국항해항만학회	부산

<표 4-3-3> 2차년도 국내 학술발표실적

No.	발표자	발표제목	학술회의명	인쇄물명	통권, 호	발표 일시	발표장소 /국명
4	남택근	양식어장 보호를 위한 갈만필터 적용에 관한 연구	한국항해항만학회 2005년 춘계학술대회	2005년도 춘계학술대회 논문집	29, 1	2005. 04.21	제주대학교/한국
5	임정빈	어장보호시스템의 현장 실험을 위한 레이더 관측차량의 개발	한국항해항만학회 2005년 춘계학술대회	2005년도 춘계학술대회 논문집	29, 1	2005. 04.21	제주대학교/한국
6	임정빈	해상 RFID 개념설계	한국항해항만학회 2005년 춘계학술대회	2005년도 춘계학술대회 논문집	29, 1	2005. 04.21	제주대학교/한국
7	정중식	A Study on Calculation of RCS Using MUSIC Algorithm	한국항해항만학회 2005년 추계학술대회	2005년도 추계학술대회 논문집	26, 2	2005. 10.07	부산 BEXCO/한국
8	임정빈	F-AIS를 이용한 어장 보호시스템의 설계	해양환경 안전학회 추계학술발표회	2005년도추계학술발표회 논문집	-	2005. 11.04	전남대학교 여수캠퍼스/한국
9	임정빈	프레즈넬 영역에서의 해상용 RFID 전파모드 이론 고찰	해양환경 안전학회 추계학술발표회	2005년도추계학술발표회 논문집	-	2005. 11.04	전남대학교 여수캠퍼스/한국
10	정중식	레이더 반사단면적 계산을 위한 레이더 신호 모델에 관한 연구	해양환경 안전학회 2005년도 추계학술발표회	2005년도 추계학술발표회 논문집	-	2005. 11.04	전남대학교 여수캠퍼스/한국

<표 4-3-4> 2차년도 국제학술발표 실적

No.	발표자	발표제목	학술회의명	인쇄물명	통권.호	발표일시	발표장소/국명
2.	정중식	Design of Radar Surveillance System for Protection of Aquaculture Farms	Korea-Japan Joint Symposium 2005	Korea-Japan Joint Symposium 2005 for International Co-Research on MT	-	2005.02.25~27	Mokpo/Korea
3.	임정빈	Radar Monitoring Van for Field Test on Fishery Surveillance System	Korea-Japan Joint Symposium 2005	Korea-Japan Joint Symposium 2005 for International Co-Research on MT	-	2005.02.25~27	Mokpo/Korea
4.	남택근	Kalman Filter Adaptation for Protection of Aquaculture Farms	Korea-Japan Joint Symposium 2005	Korea-Japan Joint Symposium 2005 for International Co-Research on MT	-	2005.02.25~27	Mokpo/Korea

<표 4-3-5> 2차년도 세미나 개최 실적

No.	일시	제 목	장소	자료
1.	2006.10.27-28	어장보호를 위한 집단 감시 디지털 시스템의 개발에 관한 제2차 세미나 2006	진도군 보전리 참전복 단지 마을회관	제2차 세미나 자료집

제4절 3차년도 연구개발 달성도와 기여도

1. 3차년도 연구개발 달성도

가. 3차년도 연구개발 달성도 개요

3차년도 연구목표는 2차년도에 구축한 집단감시 디지털 시스템(GDSS-F2S)의 1차 시제품에 대해서 다양한 시나리오를 기반으로 현장실험을 실시하여 성능평가와 시스템 안정화 및 보완 등을 순환적으로 실시하여 최종

GDSS-F2S를 구축하는 것이다.

다양한 시나리오를 구성하여 실시한 실험결과 본 연구에서 개발한 GDSS-F2S가 어장에 침입하는 모든 도적의 감시가 가능함을 확인 하마, 3차년도 연구계획 대비 100% 성과를 달성하였다.

나. 3차년도 연구개발 달성도 종합

<표 4-4-1>에 3차년도 연구개발 성과와 달성도를 종합하여 나타냈다.

<표 4-4-1> 3차년도 연구개발 달성도

연구목표 및 내용	연구 성과	달성도 (%)
<ul style="list-style-type: none"> ○ 집단감시 디지털 시스템 (GDSS-F2S) 시제품 보완 - 다양한 시나리오 기반 현장실험으로 문제점 해결 및 기능 보완 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 어장감시 시스템(FDS)에 적용되는 F-AIS를 해양경찰과의 공조체계 형성을 위하여 해양경찰 Free-Pass 시스템으로 전환하기 위한 프로그램 개발 및 성능실험 완료 ○ 레이더 감시 시스템(RSS)의 가드 존 적용방법에 따른 물체 추적 성능 평가 및 보완 ○ 내부도적과 외부도적으로 구분한 시나리오 기반 실험 완료 ○ 감시-식별-경보-방어 시스템(WIWAS) 휴대폰 전송실험 완료 및 보완 ○ 최종 목표인 GDSS-F2S 성공적으로 구축 완료 	100
<ul style="list-style-type: none"> ○ 양식장 현장실험 - 중장기적으로 양식장에서의 기상, 환경, 조건 등에 따른 실험실시 - 해양수산부, 해양경찰, 어민 공조체계 실험 및 평가 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 전라남도 진도군 보전리 가두리 양식장을 대상으로 단기, 장기 실험 10여회 실시 및 기상, 환경, 조건 등에 따른 현장실험 수행완료 ○ 현장실험 결과에 따른 GDSS-F2S 성능보완 수시실험 및 완료 ○ 해양수산부, 해양경찰, 어민 합동 모의대응실험 및 세미나 실시 및 평가 완료 ○ 해양경찰 합정의 초동대응을 위한 해양경찰청과 공조체계방안 제안 	100
<ul style="list-style-type: none"> ○ 실용화 방안 제시 - 참여업체의 기술이전 방안 제시와 특허 및 관련기술의 이전방안 제시 - 개발시스템에 대한 보험적용 방안 제시(일본, 영국, 미국 사례연구) 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 해양장비 개발업체인 C-Navi(주)와 대규모 시스템 SI 업체인 e-Lastic(주)과 기술이전 방안 협의완료 ○ 현재 삼성 테크윈과 해상용, 군사용 및 해외수출 가능성 타진 중 ○ 현재 국내 특허 1건 해외(중국) 특허 1건 등 출원 중 ○ 개발시스템에 대한 보험적용방안 검토하여, 내년부터 해양수산부의 양식장에 대한 보험적용 실시예정 ○ 국내 보험사(수협, 도부화재 등)와 국외 일본, 영국, 미국 등의 경우 도적방지 시스템 확보 시 보험할인 혜택에 대한 내용 조사완료 	100

2. 3차년도 연구 성과의 관련분야 기여도

가. 집단감시 디지털 시스템 (GDSS-F2S) 구축 분야

최종 구축한 GDSS-F2S는 어장도적방지 시스템뿐만 아니라 국내 군-관 목적의 대규모 연안감시 시스템 구축기술로 적용 가능하다. 대규모 통합 SI 업체들의 고민은 어떠한 시스템을 어떻게 구성해야 원하는 목적을 획득할 수 있는지가 문제점인데, 본 연구에서 개발한 3가지 단위 구성 내용과 네트워크 구성 기술은 국내 SI 업체와 정보통신 업계의 고부가가치를 달성하는데 기여할 것으로 보여진다.

또한, 연안 감시용으로 적용하여 국가 보안 시스템으로 적용이 가능한바, 대테러 목적의 시스템 개발 분야에도 기여가능하다.

또한, 해양경찰과 공조체계를 유지하면 우리나라 전역의 광범위한 해상 감시체제를 구축할 수 있기 때문에 국가 안보와 산업체 활성화 등에 기여 가능할 것이다.

그리고 내부도적과 외부도적으로 구분한 도적 시나리오에 근거한 본 시스템의 개발은 연안 어장에서 광범위하게 발생하는 도적행위를 근본적으로 방어하고, 도난사건 발생시 지속 추적할 수 있기 때문에 어민들의 소득향상과 불안해소에 기여할 것으로 보여진다.

나. 양식장 현장실험 분야

어민들과 공조한 현장실험을 통하여 본 시스템에 대한 어민들의 이해의 폭을 넓히는 계기가 되었고, 해양수산부의 대국민 홍보에 기여하였다고 사료된다.

다. 실용화 방안 제시 분야

국가 예산으로 구축한 기술의 실용화를 통한 재투자과 기업 활성화를 위하여 다수의 업체와 기술이전 방안을 협의하고 있는바, 해양관련 업체들의

활성화와 국내 IT 산업의 새로운 아이디어 시장 활성화에 기여할 것으로 보인다.

특히, 중국에 대한 특허를 출원하고 있는바, 향후 아시아권에 대한 시장 선점의 기회가 될 것으로 사료되고, 개발한 시스템에 대한 보험 적용방안은 향후 어민들의 사회불안 해소와 소득증대에 기여할 것으로 고려된다.

라. 3차년도 학술지 게재 및 발표 실적

상기와 같은 다양한 3차년도 실적들에 대한 학술지 게재 및 발표실적을 다음 <표 4-4-2>부터 <표 4-4-4>에 나타냈다.

<표 4-4-2> 3차년도 학술지 게재실적

No.	주저자	연구제목	학술지명	Vol. (No.)	게재일시 (예정)	발행기관	발행장소
4	임정빈	무인 어장 도적 감시 시스템 구현에 관한 연구	해양환경 안전학회	13(1)	2007. 3	해양환경안전학회	목포

<표 4-4-3> 3차년도 국내 학술발표 실적

No.	발표자	발표제목	학술회의명	인쇄물명	통권, 호	발표 일시	발표장소 /국명
11	남택근	어장보호를 위한 다물체 추적 칼만필터에 관한 연구	한국항해항만학회 2006년 춘계 학술대회	2006년도 춘계 학술대회 논문집	30, 1	2006. 06.02	서울 대한상공회의소/한국
12	정중식	선박식별 및 추적장치의 국제동향과 전자항해 전략에 관한 연구	한국항해항만학회 2006년 춘계 학술대회	2006년도 춘계 학술대회 논문집	30, 1	2006. 06.02	서울 대한상공회의소/한국
13	임정빈	해양레저안전장비 개발	한국항해항만학회 2006년 춘계 학술대회	2006년도 춘계 학술대회 논문집	30, 1	2006. 06.02	서울 대한상공회의소/한국
14	임정빈	어장도적 방지 시스템 구축에 관한 연구	해양환경안전학회 2006년 추계 학술대회	2006년도 추계 학술대회 논문집	-	2006. 11.02	부산 한국해양대학교/한국

<표 4-4-4> 3차년도 국제학술발표 실적 (예정)

No.	발표자	발표제목	학술회의명	인쇄물명	통권.호	발표일시(예정)	발표장소 / 국명
1.	임정빈	Fishery Safety and Security System in Korea	Sea Grant Week 2007	2007.9월 미국 개최예정	-	2007.09	USA/San diego
2.	임정빈	Development of Group Digital Surveillance System for Fishery Safety and Security	Asia Navigation Conference 2007	2007.11월 일본 개최예정	-	2007.11	Tokyo/Japan

<표 4-4-5> 3차년도 세미나 개최 실적

No.	일시	제 목	장소	자료
1.	2007.07.20	어장보호를 위한 집단 감시 디지털 시스템의 개발에 관한 제3차 세미나 2007	목포해양대학교	제3차 세미나 자료집

여 백

제 5 장

연구개발 결과의

활동계획

제 5 장 연구개발결과의 활용계획

제1절 추가연구의 필요성

본 시스템은 양식장 도적행위를 예방하고 추적 및 검거하기 위한 목적으로 개발하였으나 국가차원의 연안역 감시를 위한 대규모 시스템으로 발전시키는 경우, 국가차원의 지원에 의한 대규모 시스템 개발이 필요할 것이다. 추후, 이러한 수요는 정부의 요구에 따라 형성될 것인데, 현재로서는 추가 연구의 필요성은 없는 것으로 판단된다.

제2절 타 연구에의 응용

본 시스템 개발에는 전파공학, 전자공학, 체계공학, 항해학 등 다양한 학문분야의 연구가 접목되어 이루어진 것으로 각 분야별 응용 내용은 다음과 같다.

1. 전파공학 분야

가. 레이더 공학

레이더 관련 국내 기술수준은 대단히 미흡한 수준인데, 기술의 나해성과 수요의 제한 및 국방관련으로 접근의 제한, 개발 업체의 제한 등의 영향에 의한 것으로 보인다.

그러나 조선수출 1위의 국내 상황으로 볼 때, 레이더 기술의 연구개발은 필요한데, 본 연구에서 개발한 고해상 레이더 영상 처리기술, 레이더 영상에

서의 다물체 추적을 위한 칼만필터 적용 기술, 다른 데이터와 영상 데이터와의 융합 기술, 잡음을 감소시키기 위한 기술, 레이더 사이트 선정 기법 등은 레이더 공학에 대부분 응용이 가능하다.

또한, 레이더 응답용 F-AIS 개발은 초소형 레이더 응답 센서를 개발한 것으로 고가의 부품으로 구성된 기존 레이더 응답 장치를 일반 부품을 이용하여 구성할 수 있는 기초기술을 적용한 것으로 향후, 소형 선박의 안전을 위한 레이더 응답 센서 개발 등에 적용 가능하다.

나. 무선통신 공학

RFID 개념의 900MHz F-AIS에 적용한 기술은 현재 국내에서 수동형 RFID 연구개발은 활성화되어 있으나 향후 수요가 폭발적으로 증대할 능동형 RFID 분야에 적용 가능하다. 특히, 해상과 같이 장거리에서 물체를 식별하기 위해서는 특수 헤리컬 안테나와 프레넬 존에 근거한 도달 이론 등이 필요한데, 본 연구에서 개발한 900MHz F-AIS는 일단 향후 전개될 능동형 RFID 분야에 응용될 것으로 보인다.

2. 전자공학 분야

가. 디지털신호처리

디지털신호처리(DSP)는 이미 선진국 수준의 기술을 확보한 상태인데, 본 연구에서 개발한 레이더 스캐너 신호를 디지털 데이터로 변환하기 위한 레이더 스캔 컨버터(RSC) 설계 및 개발기술은 레이더 공학 분야는 물론 국내 우수한 DSP 기술을 접목시킨 결과이다. 따라서 본 연구에서 개발한 RSC 개발 기술을 적용하게 되면 전파를 영상으로 변화시킬 수 있기 때문에 DSP 분야의 새로운 응용 분야로서 위치를 차지할 것이다.

나. 회로기술

해상용 장비는 주로 NMEA 표준 또는 일반적인 RS23C 및 RS422 등을

혼합 사용하기 때문에 일반 장비(PC, 모니터, 각종 시스템 등)과의 호환이 문제가 된다. 본 연구에서는 해상용 레이더, 풍향-풍속계, F-AIS 신호처리(GPS 포함) 등을 위하여 NMEA 방식과 일반 RS232C 등과의 호환과 아날로그-디지털 변화 등에 다양한 인터페이스 회로를 개발하여 적용하였으며, 이들을 구동하기 위한 많은 실행 파일을 제작한 바 있다. 따라서, 해상 장비와 일반 장비 사이의 인터페이스 부분에 본 연구에서 개발한 기술 응용이 가능하다.

3. 체계공학 분야

가. 체계공학

체계공학(System Engineering) 분야는 이론과 알고리즘 및 프로그램 등이 연계되어 하나의 생각을 시스템으로 구체화 시키는 것인데, 본 연구에서 개발한 감시-식별-감시-방어 시스템(WIWAS)는 이러한 체계공학 분야를 적용한 것으로 국내에서는 아직 이러한 기술의 저변확대가 되어 있지 않은 실정이다. 군사장비나 감시 장비 등 특수 목적의 시스템 개발이나 연구차원에서 시스템 구성 등에 이러한 체계공학 분야가 주로 적용되기 때문에 국내에서는 시장의 한계로 인하여 연구개발 수준이 미흡하지만, 대규모 보안 시스템 개발 등에는 반드시 필요하다.

따라서 본 연구에서 개발한 WIWAS 개발기술은 국내 미흡한 수준의 체계공학 분야에 응용이 가능하다.

나. 소프트웨어 공학

국내 소프트웨어 분야는 선진국 수준인데, 주로 게임에서 창출된 기술이 많으며, SI 업체를 통한 다양한 S/W 개발이 이루어지고 있다. 본 연구에서는 다양한 DLL 실행파일을 생성하여 시스템을 구성하였다. 이러한 기술은 국내 특수한 분야의 S/W 공학 분야에 적용 가능하다.

4. 항해학 분야

항해학은 하나의 하문으로 존재하는 것은 아니고 다양한 학분(조선공학, 유체역학, 전자공학, 체계공학 등)의 유기체로 형성된다. 본 연구에서 개발한 다양한 시스템은 선박 항해에도 적용될 수 있는데, Radar와 F-AIS를 연계한 시스템은 일반 고가의 AIS를 대체할 수 있으며, 특히 해양수산부의 GICOMS 개발에 요구되는 소형, 저가, 저출력형의 5톤 미만 선박의 항해안전을 위한 시스템 개발에 응용이 가능하다.

또한 국내 선박항해관제 시스템(VTS 또는 PTMS)에도 레이더와 GPS, 통신망 등이 구성되어 있기 때문에 이러한 분야에의 응용도 가능하다.

제3절 기업화 추진방향

1. 해양장비 개발업체와의 추진 방향

본 연구에 소요된 레이더, 서버, 네트워크, PC, F-AIS 등의 수 많은 장비를 연구진들이 직접 개발하는 것은 불가능하기 때문에 본 연구에서는 대부분 국내 및 해외 해양장비 개발업체(신동(주), 사라콤(주), C-Navi(주), 미국 BARCO사, 캐나다의 XENEX 등)에 문의하거나 생산을 의뢰하여 도입한 것이기 때문에 연구 초기 단계부터 다양한 업체가 본 연구에 투입되어 왔다.

그러나 국외와 달리 국내 해양장비 개발업체는 영세하기 때문에 직접 생산시설을 구축하여 대량으로 시스템을 생산하는 것이 불가능하기 때문에 다양한 국내업체들의 컨소시엄 형태로 기업화를 추진하는 것이 타당할 것으로 고려된다.

한편, 해양장비 개발업체인 C-Navi(주)와 2005년에 1차 기술이전계약을 체결하였으나 자금난과 영세성으로 인하여 사업화가 지장되는 문제가 발생하였다. 따라서, 자본과 시설의 충분한 확보 없이는 본 시스템의 사업화가 어렵다고 판단되어 다른 업체와의 컨소시엄을 고려하였다.

2. 국내 육상 업체와의 기업화 방안

본 연구의 중간단계 들어 해양경찰과의 공조체계를 구축하기 위해서 Free-Pass를 도입하여 시스템을 재구축하였는데, 이 Free-Pass는 국내 e-Lastic(주)에서 생산한 것이다. e-Lastic(주)는 중규모의 SI 업체로서 자본과 생산시설을 갖추고 있으나, 해상분야의 경험은 미비한 바, 앞에서 기술한 해양장비 개발업체인 C-Navi(주)와의 컨소시엄 형태를 유지하는 것이 적절할 것으로 보여진다.

아울러 삼성 테크윈(주)에서는 군사용 소형 레이더를 이용한 적사살용 기관총을 개발하고 있는데 이러한 분야에 본 기술의 도입을 희망하고 있으며, 특히 삼성의 자본과 시설이 지원된다면 해외 수출까지도 가능할 것으로 보여진다.

현재 이러한 방안들을 폭넓게 추진하고 있는바 기업화까지는 다소 시간이 걸릴 것으로 보여진다. 또한, 현재 국내와 국외 특허를 출원 중이기 때문에 수산특정과제 기술의 보호와 외부로의 기술 노출을 방지하기 위하여 특허 출원 확보 후 사업화를 추진하는 방안도 고려 중이다.

또한, 해양경찰과 협의하여 국내 해군이 보유한 300여개의 레이더 사이트를 조만간 해양경찰로 이전될 것 인바, 모두 본 시스템과 같이 F-AIS와 레이더 복합 자동화 시스템으로 구축하게 되면 인건비 절감과 우리나라 전역의 감시체계 구축 등이 가능한 바, 이러한 내용에 대해서도 해양경찰과 협의 중이다. 여기에는 본 연구비를 지원한 해양수산부의 입장도 반영되어야할 사항으로 보여지기 때문에 향후 관계기관 사이의 협의가 필요할 것으로 보여진다.

3. 해외 업체와의 기업화 방안

일본의 FURUNO사와 KODEN사 등도 우리와 유사한 시스템을 개발한 바 있는데, 본 연구에서 개발한 장비가 레이더와 F-AIS 정보의 융합기능으로 인하여 우수한 것으로 나타나 있다. 따라서, 일본 장비업체와의 공조 방안도 고려할 내용이고, 특히, 중국의 경우는 생산 비용을 낮출 수 있기 때문에 본 시스템을 국제 시장용으로 성능 개량하여 중국에서 생산한 후 전 세계 시장에서 시판할 수 있는 기업화 방안도 현재 고려 중이다.

4. 종합 검토

가장 기업화 방안 중에서 유력한 것은, 국내 업체들의 컨소시엄을 구성하는 것이다. 그래서 해양장비를 생산하는 C-Navi(주)와 SI와 Free-Pass를 생산한 e-Lastic(주), 그리고 자본과 시장을 확보하고 있는 삼성 테크윈 등 3개 업체의 컨소시엄을 현재 추진 중에 있다.

제 6 장

참고문헌

제 6 장 참고문헌

- [1] 김우숙(1996), 레이더 항법과 알파, 해문출판사, pp.140-146.
- [2] 김우숙, 임정빈, 안영섭, 박성현, 정중식, 이규동(2003a), "Development of Passive-Type Radar Reflector for Fisheries," 해양환경안전학회 2003년도 춘계학술발표대회 논문집, 해양환경안전학회, pp.135-139
- [3] 김우숙, 임정빈 외 3인(2003b), "어업용 레이더 리프렉터 개발 연구발표," 정보통신 학술세미나, 한국전자과학회 호남지부, pp.145-161
- [4] 김우숙, 안영섭, 임정빈, 박성현, 김인현(2004a), "어선용 레이더 리프렉터 개발," 선박안전, 제14권, pp.30-43
- [5] 김우숙, 안영섭, 임정빈, 박성현, 김인현(2004b), "어선용 레이더 리프렉터 개발(II)," 선박안전, 제15권, pp.54-71
- [6] 김철승, 정중식, 박성현(2005), "양식어장 보호를 위한 원격감시시스템의 구축 방안에 관한 연구," 해양환경안전학회, 제10권2호, pp.55-60
- [7] 김철승 외(2005), "양식어장보호를 위한 원격감시시스템의 구축방안에 관한 연구," 해양환경안전학회, 제10권 2호, 2005.
- [8] 구자영, 임정빈, 정중식, 남택근, 이재웅(2005), 해상 RFID 개념 설계, 한국항해항만학회 춘계학술발표대회 논문집, 제29권(1호), pp.153-161.
- [9] 구자영, 임정빈, 이재웅, 남택근, 정중식, 박성현, 양원재, 안영섭(2006), "해양레저 안전장비 개발," 2006년도 한국항해항만학회 춘계학술대회논문집, 제30권 제1호, pp.241-246
- [10] 남택근 외(2004), "양식어장보호를 위한 어장탐지 시스템 개발에 관한 연구," 한국항해항만학회 2004년 추계학술대회 논문집, 제28권 2호, 2004.
- [11] 남택근, 임정빈, 정대득, 양원재, 안영섭(2004), 양식어장 보호를 위한 어장탐지 시스템 개발에 관한 연구, 한국항해항만학회 추계학술발표대회 논문집, 제28권(2호), pp.97-101.
- [12] 남택근, 임정빈, 안영섭(2005), "양식어장 보호를 위한 어장 탐지 시스템 개발에 관한 연구," 해양환경안전학회, 제10권2호, pp.49-53

- [13] 남택근 외(2005), “양식어장 보호를 위한 칼만필터 적용에 관한 연구,” 한국항해항만학회 2005년 춘계학술대회 논문집, 제29권 1호
- [14] 남택근 외(2006), “어장보호를 위한 다물체 추적 칼만필터에 관한 연구,” 한국항해항만학회 2006년도 춘계학술대회, 제30권 제1호, 2006.
- [15] 남택근, 임정빈, 정중식, 박성현, 안영섭(2006), “어장보호를 위한 다물체 추적 칼만필터에 관한 연구,” 2006년도 한국항해항만학회 춘계학술대회논문집, 제30권 제1호, pp.227-232
- [16] 노창균, 김형근(2005), 파워심(Powersim)을 이용한 서남권 크루즈 관광 및 해양레저(수로운송) 사업타당성 기초연구, 해양레저 활성화 포럼, pp.147-168.
- [17] 바코사 홈페이지, [http:// www.barco.com](http://www.barco.com)
- [18] 산자부 보도자료, “해상 컨테이너 RFID(무선식별) 부착의무에 따른 대응전략 수립 2005-03-25,” www.mocie.go.kr
- [19] 임정빈, 김우숙(2002), “수동형 레이더 리플렉터의 설계조건 결정을 위한 형상분석,” 한국항해항만학회지, 제26권, 제2호, pp.199-208, 2002.
- [20] 임정빈, 김우숙, 안영섭, 박성현, 정중식, 이규동(2003), “Designing Passive-Type Radar Reflector for Small Ship,” 해양환경안전학회 2003년도 춘계학술발표대회 논문집, 해양환경안전학회, pp.125-134
- [21] 임정빈(2005a), 해양레저안전장비, 2005년 해양레저활성화포럼 세미나, pp.115-130.
- [22] 임정빈(2005b), 해양경찰청 해양사고 대응체계연구 완료보고서-해수욕장 분야-, 해양경찰청
- [23] 임정빈(2005c), 해양경찰청 해상 RFID 시스템 연구개발용역 완료보고서, 해양경찰청.
- [24] 임정빈, 남택근, 정중식, 박성현, 양원재(2005d), F-AIS를 이용한 어장보호 시스템 설계, 2005년도 해양환경안전학회 추계학술발표회 논문집, pp.71-74.
- [25] 임정빈, 구자영, 이재응(2005e), 프레넬 영역에서의 해상용 RFID 전파모드 이론 고찰, 2005년도 해양환경안전학회 추계학술발표회

논문집, pp.65-69.

- [26] 임정빈, 김우숙, 박성현, 김철승, 정대득, 구자영, 심영호, 김창경, 이재웅(2005f), “어장 보호 시스템의 현장실험을 위한 레이더 측정차량 개발,” 한국항해항만학회 춘계학술발표대회 논문집, 제29권 1호, pp.279-283
- [27] 임정빈, 남택근(2006), “해양레저 안전을 위한 개인 휴대용 전자장비 개발,” 한국항해항만학회, 제30권5호, pp.357-362
- [28] 안영섭, “레이더용 고성능 전파흡수체의 개발에 관한 연구,” 한국항해학회지, 제15권 제1호, pp.1-9, 1991.
- [29] 양원재, 정중식, 임정빈, 안영섭(2003), “선박자동식별장치(AIS) 활용방안에 관한 연구,” 해양환경안전학회 2003년도 춘계학술발표대회 논문집, 해양환경안전학회, pp.69-75
- [30] 장홍수(2005), 해양레저와 관광이 지역경제에 미치는 경제성 분석, 해양레저 활성화 포럼, pp.71-80.
- [31] 정중식, 임정빈, 안영섭(2002), “ESPRIT에 의한 공간 채널 응답 추정치에 기초를 둔 방향구속 전력 최소화법과 제로포싱 알고리즘의 성능평가,” 한국항해항만학회 제26권 제5호, pp.543-548. 2002.12.
- [32] 정중식, 양원재(2003), “선박자동식별장치의 효율적인 이용방안에 관한 연구,” 해양환경안전학회, 제9권 2호, pp.15-21, 2003. 12.
- [33] 정중식 외(2004), “유무선 통신망을 이용한 양식어장 보호용 원격감시 시스템의 개발에 관한 연구,” 해양환경 안전학회 2004년 추계학술발표회 논문집, 2004.
- [34] 정중식 외(2004), “양식어장보호를 위한 레이더 감시 시스템의 구축방안에 관한 연구,” 한국항해항만학회 2004년 추계학술대회 논문집, 제28권 2호, 2004.
- [35] 정중식 외(2005), “A Study on Calculation of RCS Using MUSIC Algorithm,” 한국항해항만학회 2005년 추계학술 대회, 제26권 제2호, 2005.
- [36] 정중식 외(2005), “레이더 반사단면적 계산을 위한 레이더 신호모델에

- 관한 연구," 해양환경 안전학회 2005년도 추계학술발표회, 2005.
- [37] 정중식, 남택근, 김철승, 박성현, 임정빈, 안영섭(2006), "선박식별 및 추적장치의 국제동향과 전자항해전략에 관한 연구," 2006년도 한국항해항만학회 춘계학술대회논문집, 제30권 제1호, pp.105-111
- [38] 통계청, 어가경제통계 자료, 2002.
- [39] 표철식, "UHF RFID," TTA 저널 제94호, 2004, pp.122-125
- [40] 표철식, 채종석, "RFID 기술 및 표준화 동향," TTA 저널, 제95호, 2004, pp.38-39
- [41] 한국 RFID/USN 협회, www.karus.or.kr
- [42] 한겨레신문(2005), 사회면-자면안돼 6살딸 깨워도-, www.hani.co.kr
- [43] 해양경찰청, 해난사고통계분석(1990-1999), 2000. 1.
- [44] 해양경찰청 보도자료 2005, nmpa.go.kr
- [45] 해양경찰청 보도자료(2005), nmpa.go.kr.
- [46] 해양수산부, 수산특정연구개발사업 최종 연구결과 보고서, 2003. 9.
- [47] 해양수산부, 디지털 해양공간 창조전략 - 해양GIS 추진계획, 2002.
- [48] 해양수산부 (2003), 수산특정 연구개발 사업 최종연구결과보고서.
- [49] 희망에어텍 홈페이지, <http://www.radartech.co.kr>
- [50] A. Bole and W. Dineley (1992), Radar and ARPA manual, Butterworth-Heineman, Oxford.
- [51] A. Mecocci, G. Benelli, A. Garzelli, and S. Bottalico (1995), Image and vision computing, Vol.13, No.2, pp.119-128.
- [52] B. Bhanu (1986), Automatic target reconition: state of the art survey, IEEE Trans. on aerospace electr. syst., Vol. 22, pp. 364-379.
- [53] Byron Barker(2005), "Wireless/RFID," Defense Spectrum Office, DISA, Feb.28-Mar.2
- [54] Chae-Uk Song(2000), Radar signal detecting & processing 장치의 개발에 관한 연구, Vol.24, No.5, pp. 435-441.
- [55] Exa Technology Co., Sinagawa, Japan

- [57] 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.
- [58] Gps Flight(2006), GPS Flight Production List, www.gpsflight.com
- [59] GMDSS Handbook(1995), IMO, pp.27-28.
- [60] I. M. Skolnik(1990), Radar Handbook, 2nd Ed., McGraw-Hill, U.S.A.
- [61] 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.
- [62] Jung-Sik Jeong et.al(2002), "Performance of MUSIC and ESPRIT for Joint Estimation of DOA and Angular Spread in Slow Fading Environment," IEICE Trans. on Commun., vol.E85-B, No.5, pp.972-977
- [63] Jung-Sik JEONG et.al.(2005), "Design of Radar Surveillance System for Protection of Aquaculture Farms," Korea-Japan Joint Symposium 2005 for International Co-Research on MT
- [64] Jeong-Bin YIM et.al(2004), "Research and Proposal on one Mile SART," Proceedings of KINPR-CIN-JIN Joint Symposium
- [65] Jeong-Bin YIM et.al.(2005), "Radar Monitoring Van for Field Test on Fishery Surveillance System," Korea-Japan Joint Symposium 2005 for International Co-Research on MT
- [66] Jeremy Pearce and Daniel Mittleman(2002), "Defining the Fresnel zone for broadband radiation," Physical Review E66, 056602
- [67] Jesper Spetzler and Roel Snieder(2004), "Tutorial-The Fresnel Volume and Transmitted Waves," Geophysics, Vol.69, No.3, June 2004, pp.653-663
- [68] JSMQCA(2001), Research and study report concerning Dropping type SART, Japan Ship-Machinery Quality Control Association.
- [69] JSMQCA (2002), Research and study interim report concerning Life raft installation type SART and miniaturization for Life jacket

installation type SART, Japan Ship-Machinery Quality Control Association.

- [70] K. Hirono, K. Inoue and H. Usui(2004), Identification of vessel traffic information based on radar echo images and use on land, Japan Navigation association, Lecture 110, pp.235-242.
- [71] L. E. Miller(1992), "Propagation Model Sensitivity Study," J. S. Lee Associates, Inc.
- [72] M. W. Roth 1990), Survey on neural network technology for automatic target recognition, IEEE Trans. Neural networks, Vol. 1, pp. 28-43.
- [73] M. Skolnik(1980), Introduction to radar systems, McGraw-Hill.
- [74] 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
- [75] RFID Committee(2005), RFID Handbook, www.rfid-handbook.de
- [76] 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.
- [77] Stephen August Weis(2003), "Security and Privacy in Radio-Frequency Identification Devices," Master's thesis, Massachusetts Institute of Technology, May 2003
- [78] 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
- [79] Taek-Kun Nam et.al.(2005), "Kalman Filter Adaptation for Protection of Aquaculture Farms," Korea-Japan Joint Symposium 2005 for International Co-Research on MT

[80] ZYTRAX Inc., VHF/UHF/Microwave Radio Propagation: A Primer for Digital Experimenters, ZYTRAX.com