

도적행위의 법적증거확보를 위한 양식장 보안 시스템 개선에 관한 연구

임정빈* · 남택근**

* 목포해양대학교 해상운송시스템학부, ** 목포해양대학교 기관시스템공학부

A Study on the Improvement of Aquaculture Security System to Insure the Lawful Evidence of Theft

Jeong-Bin Yim* · Taek-Keun Nam**

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

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

요 약 : 집단감시 디지털 시스템(Group Digital Surveillance System for Fishery Safety and Security, GDSS-F2S)은 대단위 양식장에 침입하는 도적을 방어하기 위하여 물체 식별정보와 물체 추적정보를 제공하는 시스템이다. 그러나 GDSS-F2S에서 제공하는 이러한 두 가지 정보는 도적행위를 입증할 수 있는 법적 증거 자료로 미흡하다. 그래서 양식장의 지형을 고려한 도적행위의 유효한 대응책을 검토한 후, 하나의 해결방안으로 물체의 영상정보를 고려하였다. 양식장을 침입하는 물체의 실시간 영상을 획득하기 위하여 0.0001 룩스(Lux)의 초저조도 CCD 카메라와 부가장치를 이용한 영상 획득 시스템을 구축하였다. 영상 획득 시스템을 부가한 GDSS-F2S의 현장실험 결과, 차량의 번호판과 외관, 사람의 행동과 특징 등을 주간은 물론 야간에도 선명하게 획득할 수 있었다. 따라서 영상획득 시스템을 부가하여 개선한 GDSS-F2S는 도적행위에 대한 충분한 법적 증거 제공이 가능하였다.

핵심용어 : 보안, 양식장, 도적, 법적증거, 영상정보

Abstract : The Group Digital Surveillance System for Fishery Safety and Security (GDSS-F2S) is to provide the target tracking information and the target identification information in order to secure an huge aquaculture farm-field from a thief. The two information, however, is not enough to indict the thief due to the lack of lawful evidences for the crime actions. To overcome this problem, we consider the target image information as one of solutions after discussion with the effective countermeasure tools for the crime actions with scenario-based analysis according to the geological feature of aquaculture farm-field. To capture the real-time image for the trespassing targets in the aquaculture farm-field area, we developed the image capture system which is consists of ultra sensitive CCD(Charge-Coupled Device) camera with 0.0001 Lux and supplementary devices. As results from the field tests for GDSS-F2S with image capture system, the high definite images of the vehicle number plate and shape, person's actions and features are obtainable not only day time but also very dark night without moon light. Thus it is clearly known that the improved GDSS-F2S with image capture system can provide much enough lawful evidences for the crime actions of targets.

Key Words : Security, Aquaculture farm-field, Thief, Lawful evidence, Image information

1. 서 론

본 연구의 최종 목적은 광범위한 해역에 설치된 다수의 양식장을 단일 시스템으로 통합 감시할 수 있고, 양식장에 대한 도적행위 내용을 유선 및 무선통신망으로 관계기관에 전송함으로써 감시·경보·방어 실행을 일괄 처리할 수 있는 '양식장 보호를 위한 집단감시 디지털 시스템'(Group Digital Surveillance System for Fishery Safety and Security, 이하 GDSS-F2S)을 개발하는 것이다(안 등, 2007). 본 연구는 2004년부터 시작하여 양식어장 보호를 위한 어장탐지 시스템의 단위 시스템 설계와 개발

에 관한 연구결과를 보고한 바 있고(남 등, 2004), 2006년에는 그 동안 개발한 단위 시스템을 인명안전장비로 활용할 수 있는 방안에 대해서 연구하여 보고한 바 있으며(임 등, 2006), 2007년 3월에는 실험이 완료된 단위 시스템들을 통합하여 어장에 침입하는 도적을 실시간으로 방어할 수 있는 무인 어장 도적 감시 시스템(GDSS-F2S)의 구축에 관해서 보고한 바 있다(임 등, 2007).

한편, 2007년 4월 24일 전라남도 진도군 고급면 부근 전북 양식장에서 전북 23만미(시가 9억원 상당)가 도난당하여 관할 해양경찰서에서 수사한 사건이 발생하였다. 사건의 내용은 지난 2005년 7월부터 진도군 군내면 신기리 마을 어촌계 면허지 해상에서 3동의 가두리(32칸, 32칸, 28칸)에 28만미의 전복을 양식해 왔는데, 2007년 4월 2일 전북 먹이인 미역을 준

* 대표저자 : 정희원, jbyim@mmu.ac.kr 061-240-7051

** 정희원 : tknam@mmu.ac.kr 061-240-7310

후 4월 24일 오후 3시 30분경 먹이를 주기 위해 양식장을 확인하자 총 92 칸 중 81칸의 2년생 전복 22만8,500마가 없어졌다는 것이다. 이 사건에 대해서 관할 해양경찰서는 '범행 수범의 대담한 점을 미뤄 전북 도·소매 판매업자 상대로 조사함과 동시에, 레이더에 기록된 선박과 목격자를 찾는데 수사력을 모으고 있다'고 보도한 바 있다(호남e조은뉴스, 2007).

여기서, 해양경찰이 레이더에 기록된 선박과 목격자를 찾는데 수사력을 모으고 있는 이유는 도적을 식별하기 위한 목적뿐만 아니라 도적 검거 시 도적행위에 대한 법적 증거자료를 확보하기 위한 것이다. 즉, 도적을 검거했다라도 도적행위 내용을 충분히 입증할 수 있는 법적증거자료가 부족하면 구속할 수 없기 때문이다. 따라서 선행 연구개발한 GDSS-F2S의 경우에도 도적행위를 실질적으로 입증할 수 있는 자료 확보가 중요하다.

선행 연구개발한 GDSS-F2S는 레이더의 물체추적 기록과 적아식별을 위하여 어민들이 소지하고 있는 F-AIS(Fishery-Automatic Identification System) 센서 정보의 기록이 유일한 증거자료인데, 위에서 기술한 바와 같이 법적증거자료로는 부족하다. 그래서 본 연구에서는 GDSS-F2S에 추가하여 도적의 행동 모습이나 도적에 사용한 차량 등의 영상을 확보하기 위하여 CCD 카메라를 이용한 영상획득 장치를 개발하였고, 이 장치를 GDSS-F2S에 추가하여 시스템을 개선하였다.

한편, 영상획득 장치는 설치장소가 중요하기 때문에 영상획득 장치를 구축하기 전에 도적이 침입할 수 있는 예상경로와 시나리오를 분석하여 유효한 대응수단을 검토한 후, CCD 카메라 설치위치와 영상획득 방법 및 GDSS-F2S와의 연동방법 등에 대해서 검토하였다.

2. 도적 침입 예상경로의 지리적 분석

2.1 양식장의 지리적 환경

본 연구의 실험 장소는 전라남도 진도군 지산면 보전리 연안에 설치한 참전복 양식단지이다. 여기서, 국내에 유통되는 전복의 종류에는 참전복, 까막전복, 말전복 등이 있는데, 참전복은 외관이 깨끗하고 영양이 풍부하여 다른 전복보다 가격이 다소 높다(전복양식, 2005). 본 연구에서는 편의상 '참전복'과 '전복'이라는 두 가지 용어를 구분하지 않고 모두 사용한다.

실험장소인 보전리 양식단지는 고가의 참전복을 대량 양식하고 있으며, 최근에는 참전복에 진주핵을 이식하여 고가의 진주전복도 생산하고 있기 때문에 도난 대비가 필요하다. 또한, 과거 참전복 절도사건이 수 차례 발생한 바 있고, 서론에서 기술한 바와 같이 2007년 4월에 인근 양식장에서 전복 절도사건이 발생한 바 있기 때문에 성능이 개선된 GDSS-F2S 개발이 시급한 실정이다.

보전리에 소재한 참전복 양식장은 해양수산부의 '국가 바다 목장화 사업추진'의 일환으로 설치된 어장으로, 현재 40ha의 해면에 46명의 어장주들이 '진도보전 전복 영어조합 법인'을 구성하여 공동 운영하고 있다. 양식장 규모는 길이 2.5km, 폭 0.5km 이고, 본 양식장 설치에 소요된 비용은 총 105억원에 이르며, 양식장에서 수확할 수 있는 총 전복량은 1,170만 마(전복은 1개를 1마로 칭함)에 이르는 것으로 조사되었다(진도보전 전복 영어조합 법인, 2006).

Fig. 1은 해안가에서 양식장을 바라본 전경으로, 그림 좌측의 부두에서 어민들은 선박이나 작업선을 이용하여 양식장으로 출입하고 있으며, 각종 작업은 부두에 마련된 넓은 공간(물양장이라 함)에서 행하고 있다. 전복 양식장과 부두 사이에는 대규모 다시마 육성장(또는 다시마 양식장이라

불리기도 함)이 형성되어 있다. 다시마는 전복 먹이로서, 어민들이 전복 먹이와 전복을 동시에 키우는 형태로 양식장을 관리하고 있다.

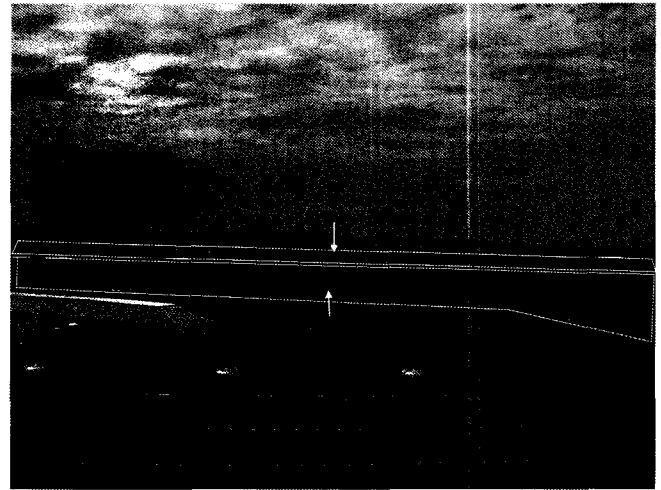


Fig. 1. The abalone farm-field area located in the Bojeon-Ri, Jisan-Myon, Jindo-Kun, Jeonnam-Do, Korea. The abalone farm-field (the rear scene), the see tangle farm-field (the middle scene), and the quayside (the left scene) are shown.

Fig. 2는 선행 연구개발한 GDSS-F2S의 F-AIS 정보 표시용 전자해도에 Fig. 1의 양식장 주변지형을 나타낸 것이다. 보전리 양식장 주위에는 하태도, 가사도, 조도 등의 유인도가 있다. 어민들의 증언에 의하면, 도적들은 Fig. 2의 화살표로 나타낸 바와 같이 주위에 있는 유인도를 출발지로 하거나, 양식장 부근의 육상에서 다양한 해상경로를 통하여 어선으로 도적행위 한다고 한다.

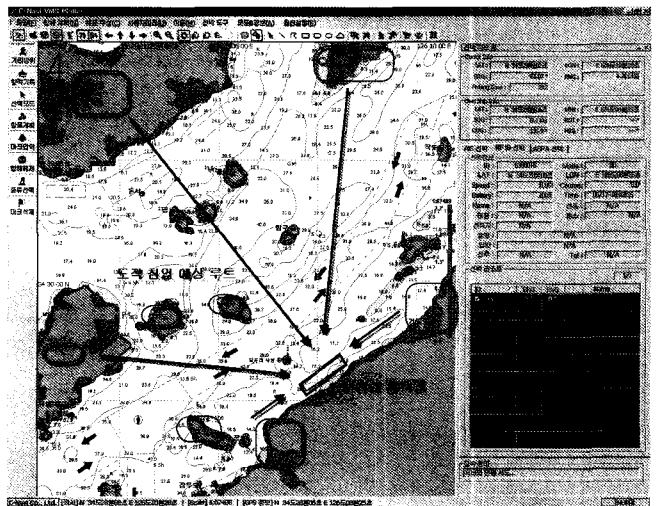


Fig. 2. The geographical feature of abalone farm-field area shown in the Electronic Chart of GDSS-F2S. It is to show the expected trespassing route of a thief from outside islands and coast.

2.2 선행 개발한 GDSS-F2S의 개요

Fig. 3는 선행 연구개발한 GDSS-F2S의 구성도로서 본 논문의 이해를 높이기 위해 나타낸 것이다. GDSS-F2S는 세 가지 단위 시스템으로 구성

되어 있는데, (1) 양식어장에 침입한 모든 물체의 적아식별을 위한 어장탐지 시스템(Fishery Detection System, FDS), (2) 양식어장에 침입한 모든 물체를 탐지하기 위한 레이더 감시 시스템(Radar Surveillance System, RSS), (3) 신속대응으로 초기에 도적을 퇴치할 수 있는 감시-식별-경보-대응 시스템(Watching, Identification, Warning, and Action System, WIWAS) 등이다.

GDSS-F2S를 구성하는 세 가지 시스템 중에서 FDS를 보면, 어선이나 작업선은 적아식별을 위하여 F-AIS(Fishery-Automatic Identification System)라는 센서를 모두 소지하고, 이 센서의 신호는 F-AIS 수신기에 입력되어 최종적으로 적인지(도적을 의미) 아군인지를 식별하게 된다. 또한, RSS를 보면, 알파 레이더(이하 ARPA/Radar)를 이용하여 해상의 모든 물체를 추적하는데, 추적한 결과는 F-AIS의 적아식별 정보와 데이터 융합(Data Fusion) 과정을 거쳐서 최종적으로 어장에 침입한 도적을 방어하게 된다. 이와 같이 ARPA/Radar에 의한 물체추적과 F-AIS 센서에 의한 적아식별이 GDSS-F2S의 특징 중 하나이다. 이러한 시스템의 법적 증거자료 확보를 위하여 CCD 카메라를 부가적으로 설치하기 위한 연구가 본 논문의 주요 내용이다.

에서는 Fig. 4에 표시한 바와 같이 'Guard Zone A'와 'Guard Zone B' 및 'Guard Zone C' 등 세 가지 종류의 Guard Zone을 검토하였다. 우선 'Guard Zone A'에 대해서 검토한다.

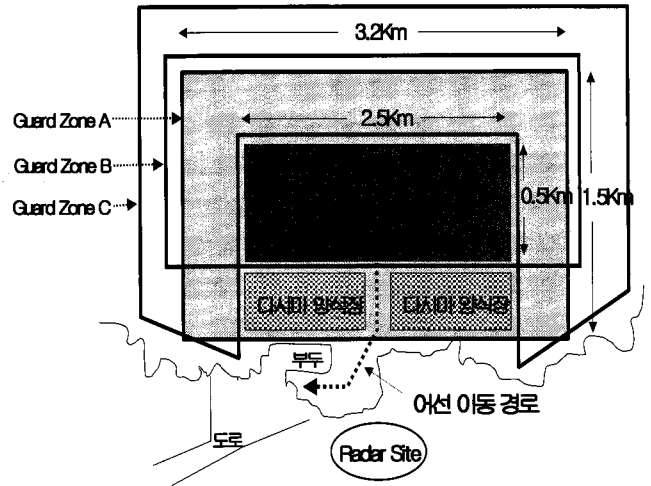


Fig. 4. The tree kinds of Guard Zones to set the object tracking area by ARPA/Radar.

GDSS-F2S 전체구성도

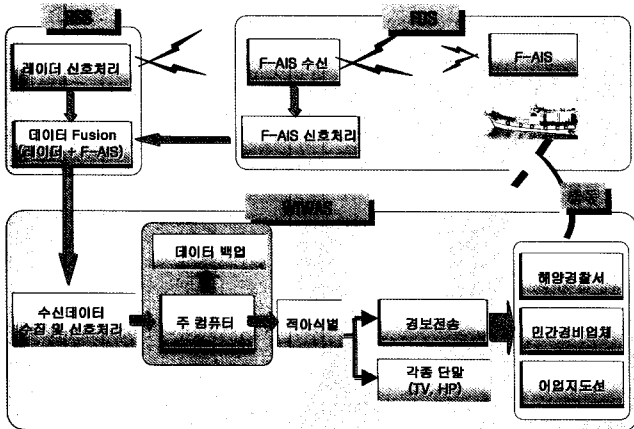


Fig. 3. The schematic diagram of Group Digital Surveillance System for Fishery Safety and Security (GDSS-F2S) to secure the aquaculture farm-field.

2.3 가드 존 검토

CCD 카메라 구축 전에 고려해야 할 것이 ARPA/Radar의 가드 존(이하 Guard Zone)이다. Guard Zone은 물체추적을 위하여 사용자가 ARPA/Radar에 설정하는 일정한 영역인데, 이 영역을 어떻게 정하느냐에 따라서 CCD 카메라의 설치 유효성과 설치위치가 정해진다.

Fig. 4는 Fig. 2에 나타낸 양식장 주변에 설치한 시설물들의 모습을 쉽게 알 수 있도록 재구성한 도면이다. 전복양식장 자체의 크기는 길이 2.5km, 폭 0.5km 이고, 양식장 앞에는 다시마 양식장이 좌우로 분리되어 설치되어 있다. 다시마 양식장에는 수 천개의 소형 부위(Buoy)와 어망이 있기 때문에 어선 출입이 불가능하여 어민들은 다시마 양식장 사이에 형성된 수로를 통하여 출입하고 있다.

이러한 구조의 전복 양식장에 출입하는 모든 물체를 탐지하기 위해서는 ARPA/Radar에 일정한 영역의 Guard Zone을 입력해야 한다. 본 연구

1) 'Guard Zone A'의 검토

2004년에 GDSS-F2S를 개발할 당시에는 양식장에 침입하는 모든 물체를 탐지하고 추적하기 위해서 Fig. 4에 나타낸 'Guard Zone A'를 정한 바 있다. 'Guard Zone A'는 전복 양식장과 다시마 양식장이 Guard Zone 영역에 모두 포함되는 형태이다.

실험결과, 양식장에 설치된 수 천 개의 부이와 다양한 형태의 스티로폼 폐기물 등이 'Guard Zone A' 영역 안에서 바람과 조류의 이동에 의해서 수시로 위치가 변하였는데, ARPA/Radar는 이러한 물체가 마치 이동하는 물체인 것으로 인식하고 추적하는 관계로 정작 추적해야 할 어선이나 작업선을 정확히 추적하지 못하는 문제가 발생하였다. 또한, 다양한 부이 사이의 간격이 수십 cm 이내로 간격이 좁고, 파도가 높게 나타나는 기상 악화 시에는 파도를 하나의 물체로 추적하는 등, 본 연구에 사용한 상용 ARPA/Radar(FURUNO FAR2127, X-Band, 9410MHz, 출력 24kW, Range 0.125~48 마일) 성능으로는 어선이나 작업선, 부위 및 파도에 의한 잡음 등을 정확히 식별하지 못하는 현상을 나타냈다. 이러한 현상은 어선이나 작업선에서 부위로 또는 파도에 의한 잡음 등으로 물체추적 결과가 이동하는 널뛰기 현상(Jumping-Up)으로 나타났고, 그 결과 해상물체가 육상으로 이동하는 물체추적오류(Target Missing)가 발생하였다.

Fig. 5는 ARPA/Radar의 물체추적오류로 인하여 해상 물체가 육상(레이더 원점에서 아래 부분이 육상쪽 임)으로 이동하거나, 해상의 작업선 목표물이 파도에 의한 잡음 영상 쪽으로 이동한 화면을 나타낸다.

이러한 문제를 해결하기 위해서는 레이더 분해능을 수 cm 이하(또는 수 mm 이하)로 향상시켜야하는데, 저가의 상용 ARPA/Radar로는 한계가 있는 것으로 조사되었다. 한편, 일본 FURUNO 사에서는 고분해능의 특수 Radar(일명 River Radar로 칭하고 있음)를 연구용으로 개발한 바 있으나, 가격이 수 억원대를 호가하고, 군사무기통제위원회(COCOM)의 전략무기 수출통제대상기술로 분류되어 국내 수입이 불가능하다(김 등, 2005).

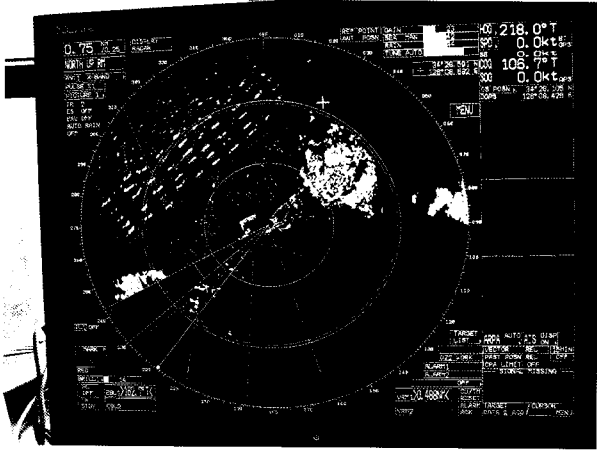


Fig. 5. Evaluation result of 'Guard Zone A'.

2) 'Guard Zone B'의 검토

Fig. 4의 'Guard Zone B'는 'Guard Zone A'의 문제점을 해결하기 위하여 다시마 양식장을 제외한 영역을 ARPA/Radar의 Guard Zone으로 정한 것인데, 실험결과 'Guard Zone A'와 유사한 문제점이 발생하였다.

3) 'Guard Zone C'의 검토

'Guard Zone C'는 전복 양식장과 다시마 양식장을 제외시키고 그 대신 양식장 주변에 일정한 폭을 갖는 Guard Zone을 설치한 것이다. Fig. 6은 'Guard Zone C'를 설치한 후 장기간 관찰한 ARPA/Radar 화면이다. 실험결과 양식장과 다시마 양식장을 제외시킨 결과 'Guard Zone A' 및 'Guard Zone B'와 같은 문제점은 발생하지 않았다. 그러나 'Guard Zone C'를 ARPA/Radar 탐지영역으로 설정하는 경우, 해상에서 양식장으로 침입하는 물체의 추적은 가능한데, 육상에서 양식장으로 침입하는 물체추적은 불가능하다. 따라서 'Guard Zone A'를 적용하는 경우 이에 대한 보완이 필요하다.

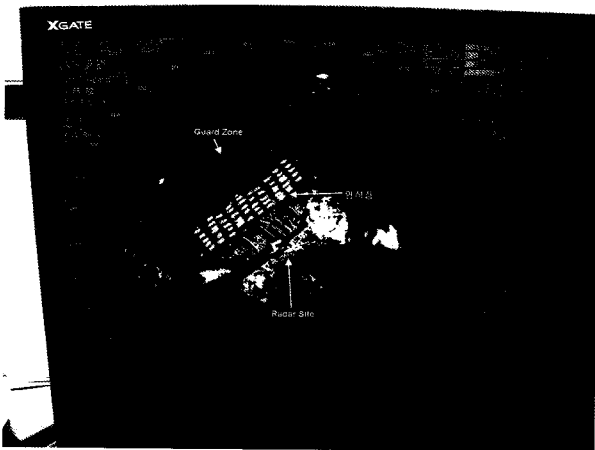


Fig. 6. Evaluation result of 'Guard Zone C'.

3. 감시 수단의 유효성 검토

3.1 시나리오 기반 도적 침입 경로 분석

다음에 나타낸 Fig. 7과 Fig. 8은 양식장에 침입 가능한 도적의 침입경

로에 대한 시나리오를 그림으로 나타낸 것으로, Fig. 7은 '외부도적'에 대한 침입 시나리오를 나타내고, Fig. 8은 '내부도적'에 대한 침입 시나리오를 나타낸다. 본 연구에서는 '외부 도적'과 '외부도적'을 다음과 같이 정의하였다.

① 외부도적 : 전복 양식장 공동체 회원이 아닌 사람이 F-AIS 장착 없이 양식장에 침입하는 경우로서, 공동체 회원의 F-AIS를 훔쳐서 장착한 경우는 내부도적으로 간주.

② 내부도적 : 전복 양식장 공동체 회원이 도적인 경우를 의미하는데, 본인의 F-AIS를 장착하고 다른 회원의 전복 양식장에 침입하여 도적행위를 하는 경우와, 본인의 F-AIS를 장착하지 않거나 또는 F-AIS의 전원을 Off 시킨 상태에서 도적행위 하는 경우로 구분할 수 있음.

따라서 F-AIS 장착 유무에 상관없이 어장에 침입하는 모든 물체는 추적과 식별이 필요하다. 추가적으로 위에서 기술한 도적 이외에 잠수부를 동반한 도적을 고려할 수 있는데, 결론적으로 본 연구에서 개발한 GDSS-F2S는 수상을 통한 도적 대응 시스템으로 개발한 것이기 때문에 수중을 통한 도적에 대해서는 대응할 수 없다. 한편, 어민들의 의견에 의하면, 보전리 전복 양식장은 조류가 강하고 수질이 탁하며, 양식장 주위에 전복 먹이용 다시마 또는 미역을 양식하기 위한 어장에 수 천 개의 부위가 밀집되어 있어 잠수를 통한 전복 절도행위는 불가능하다고 한다. 더욱이 전복 양식장에 설치한 가두리는 무게가 수 톤(ton)에 달하기 때문에 절도를 위해서는 최소한 한 척의 동력선이 필요하다. 또한 연안으로부터 양식장까지는 거리가 멀어서 잠수하여 도적질할 수 있는 상황이 아니라고 한다. 그래서 본 연구에서는 대규모 해상도적 방지에 초점을 두고 시스템을 개발하였으며, 수중 잠수부를 통한 도적 행위에 대해서는 본 연구 논의로 두었다.

1) '외부도적' 침입 시나리오 분석

'외부도적'에 대해 예상되는 경로를 Fig. 7에 'S1-1'부터 'S1-6'로 표시하였다.

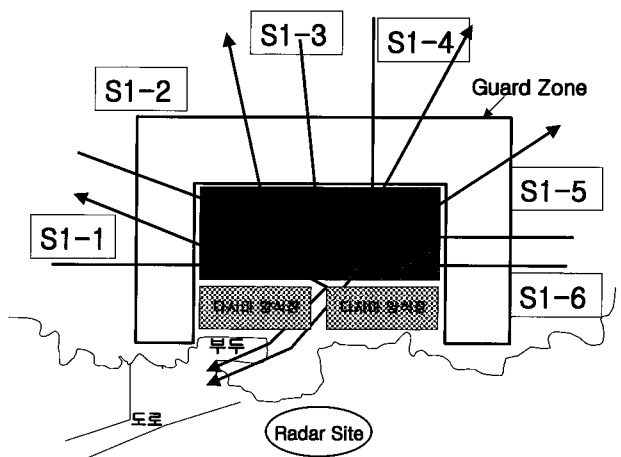


Fig. 7. Expected trespassing scenarios of the external thief.

Fig. 7의 시나리오 번호 'S1-1'부터 'S1-6'의 의미는 다음과 같다.

S1-1 : 외부도적이 양식장에 구축한 Guard Zone의 좌측에서 양식장을 침입하여 도적 행위 후, Guard Zone 좌측으로 도주하는 경우.

- S1-2 : 외부도적이 양식장에 구축한 Guard Zone의 좌측에서 양식장을 침입하여 도적 행위 후, Guard Zone 중앙으로 도주하는 경우.
- S1-3 : 외부도적이 양식장에 구축한 Guard Zone의 중앙에서 양식장을 침입하여 도적 행위 후, 육상 부두로 도주한 경우인데, 여기서 전복은 다른 패류와 비교하여 무겁기 때문에 차량을 이용한 육상 도주가 가장 많고, S1-3의 시나리오가 외부도적 행위 중에서 가장 유력한 경우라고 어민들이 의견을 제시하였음.
- S1-4 : 외부도적이 양식장에 구축한 Guard Zone의 중앙에서 양식장을 침입하여 도적 행위 후, Guard Zone의 중앙으로 도주하는 경우.
- S1-5 : 외부도적이 양식장에 구축한 Guard Zone의 우측에서 양식장을 침입하여 도적 행위 후, Guard Zone의 우측으로 도주한 경우.
- S1-6 : 외부도적이 양식장에 구축한 Guard Zone의 우측에서 양식장을 침입하여 도적 행위 후, 육상 부두로 도주한 경우로서, 'S1-3' 시나리오 다음으로 유력한 도적행위라고 어민들이 의견을 제시하였음.

기타, 부두 이외의 육상에서 양식장 침입을 가정할 수 있는데, Fig. 7에 나타낸 바와 같이 육상에서 가두리 양식장으로 통하는 유일한 경로는 다시마 양식장 사이의 수로가 유일하며, 다른 경로는 다시마 양식장에 설치한 수많은 부위와 어망으로 인하여 출입이 불가능하고, 특히 야간에는 어민들조차 위험하여 양식장 조업을 금지하고 있는 실정이다.

2) '내부도적' 침입 시나리오

Fig. 7은 '내부도적'에 대한 침입 시나리오를 나타낸 것인데, 예상되는 경로를 'S2-1'부터 'S2-5'로 표시하였고 그 의미는 다음과 같다.

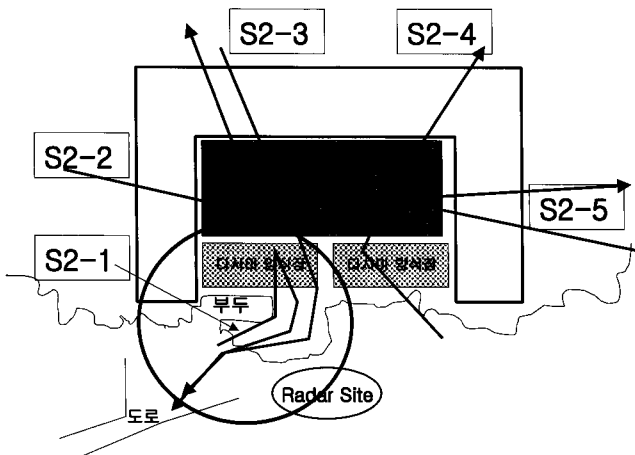


Fig. 8. Expected trespassing scenarios of the internal thief.

- S2-1 : 내부도적이 육상에서 양식장을 침입하여 도적 행위 후, 다시 육상으로 도주하는 경우로서, 조합원이 다른 조합원의 가두리에 침입하여 도적행위 하는 경우를 포함 함.
- S2-2 : 내부도적이 양식장에 구축한 Guard Zone의 좌측에서 양식장을 침입하여 도적 행위 후, Guard Zone의 중앙으로 도주하는 경우.
- S2-3 : 내부도적이 양식장에 구축한 Guard Zone의 중앙에서 양식장을 침입하여 도적 행위 후, 육상 부두로 도주하는 경우.
- S2-4 : 내부도적이 육상의 다른 지역에서 양식장을 침입하여 도적 행위 후, Guard Zone의 중앙으로 도주한 경우.

- S2-5 : 내부도적이 양식장에 구축한 Guard Zone의 우측에서 양식장을 침입하여 도적 행위 후, Guard Zone의 우측으로 도주하는 경우.

3.2 시나리오 기반 감시수단의 검토와 보완

다음 Table 1과 Table 2는 위의 Fig. 7과 Fig. 8에 나타낸 각 시나리오별 침입경로에 대해서 선행 연구개발한 GDSS-F2S를 가동했을 때 예상되는 방어수단과 경보방법 등을 정리한 것이다. 우선 Table 1과 Table 2의 각 항목에 대한 의미는 다음과 같다. '침입경보(ARPA)'의 의미는 도난 전에 ARPA/Radar를 이용한 물체추적과 그 결과를 경보하는 것이 대응수단임을 나타내고, '문자경보(SMS)'는 도난 전에 인지한 도적침입 사실을 휴대폰 SMS 기능으로 어민들에게 송신하는 것이 대응수단임을 나타낸다. 그리고 '경로추적(ARPA)'은 도난당한 후 ARPA/Radar의 추적정보를 이용하여 도적침입 경로를 추적할 수 있는 것이 대응수단임을 의미하며, '경로추적(F-AIS)'은 도난당한 후 F-AIS 정보를 이용하여 도적경로를 추적하는 것이 대응수단임을 나타낸다. 그리고 이러한 대응수단이 유효한 경우는 'O'로 표시하고, 불가능한 경우는 'X'로 나타냈다.

Table 1. Evaluation result for the external thief scenario ('O' means can be secure by GDSS-F2S, 'X' means can not secure by GDSS-F2S)

시나리오 번호	도적 침입경로 (GZ는 Guard Zone을 의미)	GDSS-F2S의 대응수단에 대한 대응결과			
		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

Table 2. Evaluation result for the internal thief scenario ('O' means can be secure by GDSS-F2S, 'X' means can not secure by GDSS-F2S)

시나리오 번호	구분	도적 루트 (GZ는 Guard Zone을 의미)	GDSS-F2S의 대응수단에 대한 대응결과			
			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 미장착	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 Table 1과 Table 2에 나타난 바와 같이 선행 연구개발한 GDSS-F2S는 도난 전과 도난 후에 대부분 네 가지 수단 중에서 한 가지 이상의 유효한 대응수단을 제공하고 있으나, Table 2의 시나리오 번호 'S3-1'과 같이 내부도적이 F-AIS를 미장착한 상태에서 부두를 통하여 양식장 절도행위를 한 후 다시 부두로 돌아오는 경우에는 ARPA/Radar에 설치한 Guard Zone에도 탐지되지 않고, F-AIS 기록에도 흔적이 없기 때문에 도난 전 또는 도난 후 추적할 방법이 없다.

이러한 'S3-1'의 시나리오는 최악의 상황을 가정한 것인데, 도적행위의 목적을 갖는 조합원이 F-AIS를 장착하지 않은 상태(또는 F-AIS를 Off한 상태)에서 가두리 양식장으로 향하는 경우와, 설령 조합원이 F-AIS를 장착했다 하더라도 이동하는 중간에 F-AIS를 Off한 경우를 가정할 수 있다. 이러한 상황에 대해서 내부도적을 방지하고, 가능한 물증을 완벽하게 확보하기 위해서는 작업자의 모습과 작업차량 및 부두에서 작업하는 모습 등의 영상을 확보하는 것이 가장 유효하다고 판단된다.

3.3 CCD 카메라 설치에 의한 보완방법

Fig. 9의 좌측 그림은 참전복 양식단지에 조합원들 스스로 도적을 방지하기 위하여 설치한 감시초소 부근의 전경을 나타내고, 우측 그림은 감시 초소에 설치한 CCD 카메라와 조광기 설치 모습이다. 그리고 Fig. 10은 감시초소 부근의 도로와 부두 및 물양장 부근의 지형에 대한 약도를 나타낸다.



Fig. 9. The watch keeping house located in the abalone farm-field (Left) and the setting places of CCD cameras and illuminates in the watch keeping house (Right).

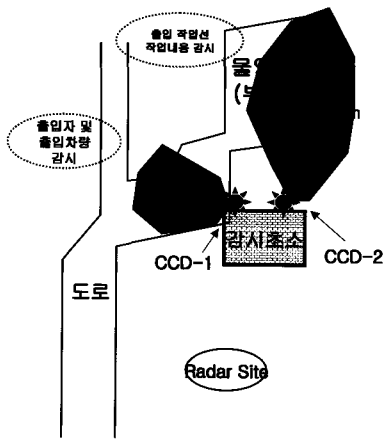


Fig. 10. The schematic drawing of abalone farm-field area. It is shown the setting positions of cameras and watching areas.

Fig. 10에 나타난 바와 같이 CCD 카메라는 도로를 이동하는 사람이나 차량의 영상을 확보하기 위한 위치('CCD-1'으로 표시)와, 부두 및 물양장에서 작업하는 사람과 차량 및 작업선 등을 촬영하기 위한 위치('CCD-2'로 표시)에 각각 설치하였다.

본 연구에 사용한 CCD 카메라는 삼성 테크윈(주)에서 개발한 국내 최초의 0.0001Lux(룩스)의 초저조도 카메라(SHC-730)를 이용하였고, 10m 이내의 단거리와 50m 이내의 중거리 촬영을 위한 광학 렌즈를 각각 카메라에 설치한 후, 야간영상 획득을 하여 자외선을 투사하는 단거리 조광기(Illuminator, KL-072) 두 개와 중거리 조광기(Illuminator, KIL-150) 두 개를 감시초소 지붕 아래에 Fig. 9의 오른쪽 그림과 같이 설치하였다. 조광기는 감시하려는 지역으로 자외선이 집중 조명될 수 있도록 조정하였다. 그리고 CCD 카메라의 아날로그(Analog) 영상을 디지털(Digital) 영상으로 변환하기 위하여 PC에 4채널 영상-디지털 변환보드(DVR Board)와 S/W를 설치한 후, 1sec.(초) 간격으로 약 3 개월간의 영상정보를 하드 드라이브(HDD)에 저장하였다. 필요시 저장된 영상정보를 재현하여 그 당시의 상황을 확인할 수 있다.

이와 같은 CCD 카메라를 이용한 영상획득 시스템을 구축한 후 최종적으로 GDSS-F2S의 네 번째 단위 시스템으로 추가하였다. 영상정보가 추가된 GDSS-F2S의 대응수단에 대한 위의 Table 1과 Table 2의 대응결과는, '영상추적(CCTV)' 항목이 추가된 Table 3과 Table 4와 같이 변경된다. '영상추적(CCTV)'에 의한 대응수단이 부가된 결과, GDSS-F2S는 양식장에서 예상되는 모든 도적행위 시나리오에 대해서 다섯 가지 대응수단 중 최소한 한 가지 이상은 대응수단으로 유효함을 알 수 있다. 특히, Table 4의 시나리오 'S3-1'의 경우 '영상추적(CCTV)' 수단이 유일한 대응수단으로 작용됨을 알 수 있다.

Table 3. Re-evaluation result for the external thief scenario after adopting the image capture system

시나리오 번호	도적 침입경로 (GZ는 Guard Zone을 의미)	GDSS-F2S의 대응수단에 대한 대응결과				
		도난 전		도난 후		
		침입경보 (ARPA)	문자경보 (SMS)	경로추적 (ARPA)	경로추적 (F-AIS)	영상추적 (CCTV)
S1-1	좌측 GZ->양식장 절도->좌측 GZ	0	0	0	X	X
S1-2	좌측 GZ->양식장 절도->중앙 GZ	0	0	0	X	X
S1-3	중앙 GZ->양식장 절도->부두	0	0	0	X	0
S1-4	중앙 GZ->양식장 절도->중앙 GZ	0	0	0	X	X
S1-5	우측 GZ->양식장 절도->우측 GZ	0	0	0	X	X
S1-6	우측 GZ->양식장 절도->부두	0	0	0	X	0

Table 4. Re-evaluation result for the internal thief scenario after adopting the image capture system

시나리오 번호	구분	도적 루트 (GZ는 Guard Zone을 의미)	GDSS-F2S의 대응수단에 대한 대응결과				
			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	0	X
S2-2		좌측 GZ->양식장 절도->중앙 GZ	0	0	0	0	X
S2-3		중앙 GZ->양식장 절도->부두	0	0	0	0	0
S2-4		해안->양식장 절도->중앙 GZ	0	0	0	0	0
S2-5		우측 GZ->양식장 절도->우측 GZ	0	0	0	0	X
S3-1	F-AIS 미장착	부두->양식장 절도->부두	X	X	X	X	0
S3-2		좌측 GZ->양식장 절도->중앙 GZ	0	0	0	X	X
S3-3		중앙 GZ->양식장 절도->부두	0	0	0	X	0
S3-4		해안->양식장 절도->중앙 GZ	0	0	0	X	0
S3-5		우측 GZ->양식장 절도->우측 GZ	0	0	0	X	X

4. 실험 및 결과

4.1 실험환경

실험은 진도군 지산면 보전리 참전복 양식단지에서 2006년부터 2007년 10월까지 장기간에 걸쳐서 주간과 야간 및 기상악화 등의 다양한 환경에서 수행하였다. 실험에는 교수 3명과 학생 4명, 한 대의 밴(Van) 차량을 이용하였다. 아래에 기술한 실험결과는 2007년 10월에 최종 실험한 결과로서, 주간과 야간으로 나누어 기술한다.

4.2 주간실험

Fig. 11은 주간에 CCD 카메라를 이용하여 획득한 영상으로, 좌측 그림은 도로의 이동물체를 촬영하기 위한 'CCD-1' 카메라에서 획득한 영상 중에서 실험에 참가한 학생의 모습을 나타내고, 우측 그림은 실험에 사용한 밴 차량의 모습이다. 주간에 0.0001Lux의 초저도 CCD 카메라를 이용하여 근거리에서 영상을 획득하였기 때문에 선명하게 사람의 모습과 차종 및 차량 번호판과 자동차 운전자의 모습 등을 각각 확인할 수 있다.

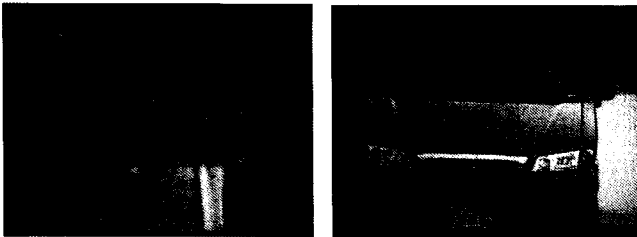


Fig. 11. Experimental result of CCD camera-1 (set in the road area) at day-time. The student's appearance (Left) and the car feature with number plate (Right).

Fig. 12는 'CCD-2' 카메라로 획득한 물양장 부근의 모습이다. 좌측 그림은 물양장에 있는 학생의 모습이고, 우측 그림은 물양장에 있는 차량의 모습을 확대한 것이다. 학생의 행동모습과 의복 등을 확인할 수 있으며, 자동차의 종류와 자동차의 이동모습 등을 확인할 수 있다.

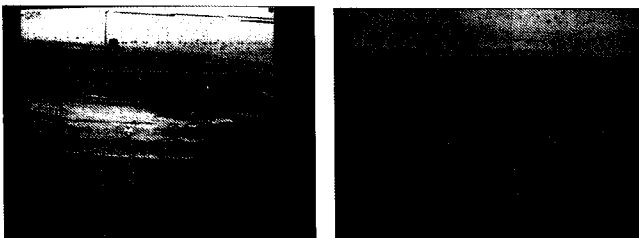


Fig. 12. Experimental result of CCD camera-2 (set in the working area) at day-time. The student's appearance (Left) and the car feature (Right).

4.3 야간실험

21:00시부터 24:00시까지 야간에 양식장 부근에 설치된 가로등을 점등한 상태와 소등한 상태에 대해서 각각 실험하였다. 이날 기상은 폭우가 예상되어 하늘에 먹구름이 잔뜩 끼어서 근거리(약 1m)임에도 불구하고 물체식별이 불가능하였다.

Fig. 13은 가로등을 모두 소등한 어두운 상태에서 일반 디지털 카메라(DSC-T10 SONY DIGITAL STILL CAMERA, 7.2Mega Pixels)를 이용하여 촬영한 감시초소(좌측 그림)와 감시초소 앞 도로(우측 그림)를 각각 나타낸다. 실험용 차량의 전방 약 1m에서 촬영한 우측 그림의 경우 자동차 식별이 불가능할 정도로 매우 어두운 상태임을 알 수 있다.

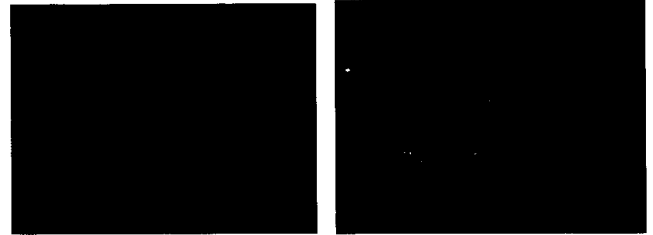


Fig. 13. Night-time scenes in the area of watch keeping house (Left) and of car feature (Right).

Fig. 14의 좌측 그림은 가로등을 점등(On)한 상태에서 도로를 감시하는 'CCD-1' 카메라에 포착된 자동차 모습이고, 우측 그림은 'CCD-2' 카메라에 포착된 물양장 부근의 모습이다. 가로등은 도로와 물양장 사이(좌측 그림에서 자동차 뒤)와 물양장 부근에 각각 한 개씩 설치되어 있다. Fig. 14에 나타난 바와 같이 가로등 아래 부근은 선명하게 나타나지만 그 외의 지역은 오히려 그들이 만들어 저서 자동차와 물양장 부근의 물체식별이 곤란한 상황을 만들고 있다.

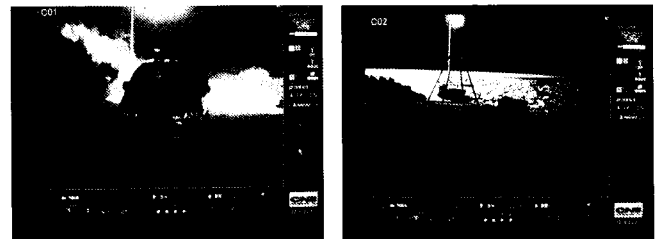


Fig. 14. Experimental result of CCD camera-1 and CCD camera-2 at night-time with the street ramp On state. The car feature (Left) and the working place (Right).

Fig. 15는 가로등을 모두 소등한 상태에서 촬영한 실험결과이다. 여기서, CCD 카메라 두 대에는 각각 조광기가 장착되어 있는데, 조광기는 야간에 물체인식 능력을 향상시키기 위하여 CCD 카메라가 포착하려는 부근에 자외선을 투사하는 장치이다. 조광기는 주야간 구분없이 24시간 작동된다.

Fig. 15의 좌측 그림은 가로등이 소등(Off)된 상태에서 'CCD-1' 카메라에 부착된 조광기 자외선을 도로부분에 투사하여 획득한 자동차 모습이고, Fig. 15의 우측 그림은 'CCD-2' 카메라에 부착된 조광기 자외선을 물양장 부분에 투사하여 획득한 영상이다.

가로등을 점등한 실험결과인 Fig. 14와 가로등을 소등한 상태에서 조광기를 이용한 Fig. 15를 비교해 보면, 가로등 소등 상태에서 조광기를 이용한 영상화질이 더 선명하여 도로에 있는 자동차 모습과 자동차 번호판 식별이 가능하고, 물양장 부근은 사람의 존재유무를 파악할 수 있을 정도임을 알 수 있다. 따라서 목표 영상에 가로등의 그들이 만들어지는 경우

오려려 영상의 질을 저하시키는 원인으로 작용할 수 있기 때문에 향후 가
로등 설치위치 변경과 추가 설치 등을 고려해야함을 알았다.

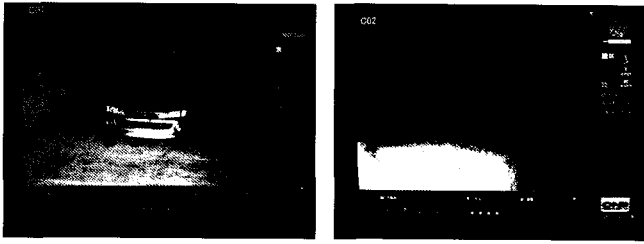


Fig. 15. Experimental result of CCD camera-1 and CCD camera-2 at night-time with the street ramp Off state. The car feature (Left) and the working place (Right).

4.4 주야간 실험 검토

주야간 실험결과, 주간에는 부두를 이동하는 차량 형태와 번호판 및 사람의 모습과 얼굴 등을 선명하게 확인할 수 있었다. 야간에는 조광기를 이용하여 감시초소 부근은 물론 감시초소에서 30m 정도 떨어진 물양장 부근의 사람이나 차량의 행동 등을 파악할 수 있었다.

여기서, 일반적인 상용 CCD 카메라는 약 100m 이내의 근거리 물체 인식에 적합하는데, 양식장과 같이 수 Km의 광범위한 해상에 적용하는 경우에는 수 억원대에 달하는 특수 자외선 카메라나 고가의 망원렌즈 등이 필요하다. 따라서 상용 CCD 카메라는 도적감시를 위한 하나의 보조수단으로 적용될 수 있을 뿐, 주(main) 시스템으로의 적용은 불가능하다. 또한, 해상은 안개와 염분 및 습기 등으로 시야를 가리는 경우가 흔히 발생하기 때문에 고가 고성능 CCD 카메라인 경우에도 물체를 식별하는 데는 한계가 있다(안 등, 2007).

따라서 상용 CCD 카메라와 본 연구에서 개발한 GDSS-F2S를 서로 연계하여 사용하는 것이 실용적으로 광범위한 연안이나 해상감시 장치로 적합하고, 해상에서 발생하는 기상영향으로 제한되는 CCD 카메라의 문제점을 해결할 수 있다고 판단된다. Fig. 16은 본 연구에서 개발한 CCD 카메라를 이용한 영상획득 시스템을 추가하여 개선한 최종 GDSS-F2S의 구성도를 나타낸다. 개선한 GDSS-F2S는 기존 물체추적 정보와 적아식별 정보에 더하여 CCD 카메라에 의한 영상정보를 확보할 수 있기 때문에 도적검거를 위한 법적증거자료가 충분히 확보될 수 있다.

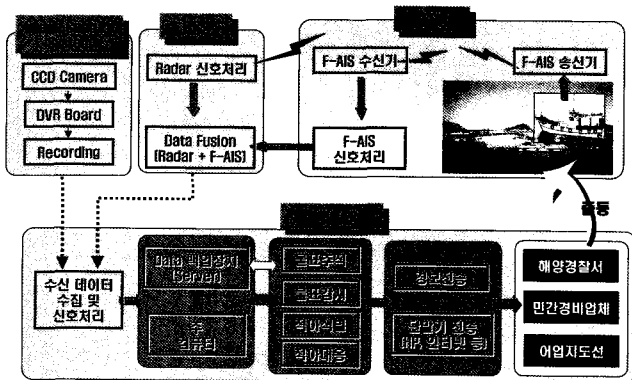


Fig. 16. Schematic diagram of improved GDSS-F2S with image capture system using two CCD camera.

5. 결론

본 논문에서는, 선행연구 개발한 양식장 보호를 위한 집단감시 디지털 시스템(Group Digital Surveillance System for Fishery Safety and Security, GDSS-F2S)에 대해서 법적증거자료 확보가 미흡한 문제점 해결 방안과, GDSS-F2S의 도적대응 수단을 보완하기 위한 내용을 기술하였다. 우선 실험대상 지역인 진도군 지산면 보진리 참전복 양식장의 지형 분석과 예상되는 도적침입 경로분석 및 이에 대한 대응수단의 검토 등을 통하여 GDSS-F2S의 보완사항을 도출하였다. GDSS-F2S의 주요 장비 중 하나인 ARPA/Radar(FURUNO FAR2127)의 성능과 F-AIS를 이용한 적아식별 기능 등을 고려한 보완방법으로, 상용 저가의 CCD 카메라를 이용한 영상획득이 실용적으로 유효한 수단임을 실험결과 확인하였다. 실험 결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 저가의 상용 CCD 카메라를 이용한 영상획득 시스템을 선행 연구 개발한 GDSS-F2S에 부가함으로써, ARPA/Radar에 의한 물체추적 정보와 F-AIS에 의한 적아식별 정보에 부가하여 사람과 차량 등의 영상정보 등을 동시에 획득할 수 있어서 도적검거에 필요한 법적 증거자료를 충분히 확보할 수 있다.

(2) 0.0001Lux의 초저조도 카메라(삼성 테크윈(주) SHC-730)와 야간감시를 위한 조광기(KIL-150, KL-072), 4채널 영상-디지털 변환보드(DVR Board) 및 관리 프로그램으로 영상획득 시스템을 구성한 결과, 주간은 물론 매우 어두운 야간에도 차량 모습과 번호판 및 사람의 행동모습 등의 식별이 가능하였다.

본 연구결과물로서 개선된 GDSS-F2S는 어민들이 사용하고 관리하기에는 시스템 구성이 복잡하고, 제작비용이 약 6천만원이상 소요되기 때문에 영세한 어민들이 구입하기 곤란하다. 그래서 시스템 구성의 간략화와 사용자가 쉽게 작동시킬 수 있는 방안에 대해서 연구하고 있다. 또한, 저가 고기능의 시판용 제품을 국내외에 시판하기 위하여 관련업체와 기술 제휴 방안에 대해서도 검토하고 있다.

후 기

이 논문은 2005년부터 2007년까지 해양수산부에서 시행한 해양과학기술연구개발사업의 연구결과임

참 고 문 헌

[1] 김철승, 정중식, 박성현(2005), "양식어장 보호를 위한 원격감시시스템의 구축 방안에 관한 연구," 해양환경안전학회, 제10권2호, pp. 55-60.
 [2] 구자영, 임정빈, 이재용, 남택근, 정중식, 박성현, 양원재, 안영섭(2006), "해양레저 안전장비 개발," 2006년도 한국항해항만학회 춘계학술대회 논문집, 제30권 제1호, pp. 241-246.
 [3] 구자영, 임정빈, 정중식, 남택근, 이재용(2005), "해상 RFID 개념 설계," 한국항해항만학회 춘계학술발표대회 논문집, 제29권 1호, pp. 153-161.
 [4] 남택근, 임정빈, 정대득, 양원재, 안영섭(2004), "양식어장 보호를 위한 어장탐지 시스템 개발에 관한 연구," 한국항해항만학회 추계학술발표

대회 논문집, 제28권2호, pp. 97-101.

- [5] 남택근, 임정빈, 안영섭(2005), "양식어장 보호를 위한 어장 탐지 시스템 개발에 관한 연구," 해양환경안전학회, 제10권2호, pp. 49-53.
- [6] 안영섭, 김우숙, 남택근, 임정빈, 박성현, 정중식, 김철승, 정재용, 양원재, 정대득(2007), 2007년도 수산특정연구과제 양식어장 보호를 위한 집단 감시 디지털시스템 최종 연구개발 보고서, 해양수산부.
- [7] 임정빈, 남택근(2006), "해양레저 안전을 위한 개인 휴대용 전자장비 개발," 한국항해항만학회, 제30권 5호, pp. 357-362.
- [8] 임정빈, 남택근(2007), "무인 어장 도적 감시 시스템 구현에 관한 연구," 해양환경안전학회지, 제13권 1호 pp. 61-67.
- [9] 진도보전 전복 영어조합 법인(2006), 안내 팜플릿.
- [10] 전복양식(2005), <http://shellfish.cheju.ac.kr/invt98/Abalone-culture/abalone-culture.htm/>.
- [11] 해양경찰청(2002), 2001-2002 양식장 절도사례.
- [12] 호남e조은뉴스(2007), <http://hne-goodnews.co.kr/>.

원고접수일 : 2007 년 11월 26일

원고채택일 : 2007 년 12월 24일