

# u-양식장을 적용한 ICT 기반 스마트 양식장 시스템 사례 연구

황성일\*, 김외영\*, 이석용°

## A Case Study on the ICT-Based Smart Aquaculture System by Applying u-Farms

Sung-Il Hwang\*, Oe-Yeong Kim\*, Seok-Yong Lee°

요약

이코노미스트는 수산 양식업 혁명을 가리키는 블루 레볼루션을 통해 2030년경 주요 수산물 대부분이 수산 양식업을 통해 조달될 것임을 시사 했으며, William Hallal은 2015년에 양식 수산물이 전체 수산물의 50%에 이를 것으로 예측 하였다. 이러한 시대적 변화에 대응하기 위해 국내외 유관기관에서는 다양한 u-양식장에 관한 연구 및 시범사업을 수행해왔다. 본 연구는 그간 국내외 수산업 양식업 발전을 위해 수행되어 온 u-양식장 적용 사례연구를 통해 효과 및 문제점을 식별하고, ICT 기반 스마트 양식장 시스템을 위한 기술 개발 및 정책 방향을 제안하고자 한다.

**Key Words** : ICT, Aquaculture, Ubiquitous, Smart Farm, u-Farm

ABSTRACT

The Economist was implied most of the major fisheries are procured by aquaculture in 2030 affected by the Aquaculture Revolution. William Hallal was also predicted that amount of aquatic products will be about 50% of the total fishery in 2015. Various organizations had been conducted various u-farm researches and demonstration projects due to changing environment. This study aims to propose an ICT-based technologies and policies for the ICT-based smart system by identifying results and problems.

### I. 서론

수산 양식업 혁명을 가리키는 용어인 블루 레볼루션(Blue Revolution)은 2003년 영국의 경제 저널인 이코노미스트에 처음 소개된 용어로, 1960년대 후반 농업 생산량의 비약적 증대를 가져온 그린 레볼루션(Green Revolution)에서 파생된 용어이다. 이코노미스트는 인류가 2030년경에 블루 레볼루션을 통해 대부

분의 수산물 수요를 수산 양식업을 통해 조달할 것으로 예상하였으나 상대적으로 국내 수산 양식업은 아직까지 초기단계에 머물러 있다<sup>1)</sup>.

William E, Hallal은 “Technology’s Promise: Expert Knowledge on the Transformation of Business and Society”라는 보고서를 통해 세계적인 수산물 수요 급증에 따라 수산 양식업이 첨단 기술 산업과 같은 고부가가치 산업이 되며, 2018년경 주력산

◆ First Author : 동아대학교 미디어디바이스연구센터, hsi2544@dau.ac.kr, 정회원

° Corresponding Author : 한국선급 해운거래정보센터, leesy@krs.co.kr

\* 통영시청 정보통계과, koytour@korea.kr

논문번호 : KICS2013-10-471, 접수일자 : 2013년 10월 30일, 심사일자 : 2013년 12월 18일, 최종논문접수일자 : 2014년 2월 17일

업 가운데 하나로 부상할 것으로 예측했다. 나아가 2015년부터 양식 수산물이 전체 수산물의 50%를 넘어서고, 수산물 가격 및 수요도 지속적인 급증을 보임에 따라 2018년 약 미화 1조 달러 규모의 시장이 될 것으로 내다보았다<sup>2)</sup>.

이와 같은 글로벌 수산 양식업 변화의 대응과 국내 수산업 경쟁력 강화를 위하여 ICT 기반 스마트 양식장 시스템에 관한 연구와 기술개발이 필요하다. 그러므로 본 연구에서는 그동안 국내외 유관기관에서 수행되어온 u-양식장 시범 사업 및 적용 사례 검토를 통하여 문제점들을 도출하고 이러한 문제점들을 개선하기 위한 ICT 기반 스마트 양식장을 위한 기술 및 적용 방안을 제시하고자 한다.

본 논문의 구성으로 먼저 2장에서는, 국내외 양식업에 적용되어온 u-양식장 사례를 소개하고 3장에서는, ICT 기반 스마트 양식장 시스템을 위한 기술방안을 제시하며 결론인 4장에서는 향후 지향해야 할 정책 및 지원 방안을 제안한다.

## II. u-양식장 적용사례

### 2.1 RFID/USN 기반 고품질 수산물 생산지원시스템

양식 어민들의 소득 증대와 글로벌 경쟁력을 갖춘 고부가가치 수산물 상품화, 그리고 소비자 신뢰성 제고 등을 목적으로 경상남도 통영시 인근의 가두리 양식장을 대상으로 RFID/USN 기반 고품질 수산물 생산지원시스템 구축사업이 2008년 추진되었다. 이 사업은 수산양식물의 전 과정에 걸쳐 이력관리 및 정보연계를 위하여 RFID/USN 기술을 접목한 것으로 소비자에게 양식 수산물의 안전성 및 신뢰성 제공을 목적으로 하였다<sup>3)</sup>.

사업의 주요 내용은 USN 기반 가두리 양식장 생산관리시스템, RFID 기반 위판장/판매장 이력추적시스템, 활어 안정정보 통합관리 이력정보 포털시스템 및 기타 시스템들로 구성된다.

먼저, USN 기반 가두리 양식장 생산관리시스템은 양식장 기본정보 관리, 생산관리, 치어 및 성어 반출입 관리, 성장환경 모니터링을 수행한다. RFID 기반 위판장/판매장 이력추적시스템은 생산정보, 유통업체 입출고 관리, 판매업체 입고관리, 유통업체 거래내역 관리, 활어운반입출고 관리 등을 수행하며 셋째, 활어 안정정보 통합관리 이력정보포털시스템은 사업 홍보, 소비자 및 사용자 게시판, 농림수산식품부 데이터 연계 등을 수행하도록 하였다.

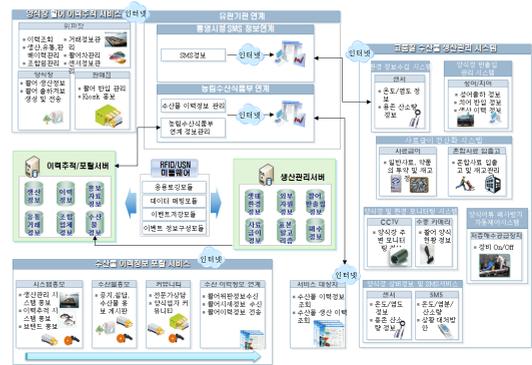


Fig. 1. RFID/USN-based high quality aquatic producing support system  
그림 1. RFID/USN 기반 고품질 수산물 생산지원시스템

사업의 성과는 유통자, 판매, 소비자 등 3가지 측면으로 확인해 볼 수 있는데 생산자 측면의 성과로 첫째, 해상 가두리 양식장의 수중 및 외부 환경에 대한 지속적인 모니터링과 활어의 적정한 성장환경 정보를 도출하여 생산성 개선에 적용한 과학적 성과를 확인하였다. 또한 양식장에 구축된 시설의 개선 및 보완과 유지보수 기록 정보를 통해 시설비 절감 등의 효과를 가져왔다. 그리고 양식장의 생산관리 정보, 시설 및 유지보수 현황정보, 치어 구매정보, 성어 출하정보, 성장환경 모니터링 정보들을 활용한 종합적인 수산 양식업 의사결정을 가능하게 하였다. 단문 문자 서비스를 통해 해수 환경 변화의 즉각적인 통보로 양식 어민의 위기대처 능력 향상에 기여하였다. 끝으로 수중 카메라 및 CCTV 모니터링을 통한 양식장의 문제점 파악이 가능하게 되었다.

유통자 측면의 성과로 고품질 활어 구매와 유통과정 투명화를 통한 매출 증대를 확인할 수 있었다. 유통업체는 치어의 원산지 증명이 가능하게 되어 신뢰도를 높였으며, 활어 유통과정의 투명성 제고와 판매량 및 수익금에 대한 통계 정보 활용을 통해 수익률 향상을 거두었다. 또한 농림수산식품부와 연계된 전국의 활어 위판장 현황 및 시세 정보를 확보할 수 있게 되어 활어 판매의 적정 시기 및 적정 금액을 선정할 수 있게 되었다. 마지막으로 활어 차량을 이용한 운반과정에 수온 및 용존산소량을 실시간 확인할 수 있어 운송 과정에서 발생하는 손실을 최소화할 수 있게 되었다.

판매 측면의 성과로는 먼저 원산지 증명 및 고품질 활어 취급으로 매출 증대는 물론, 생산에서 유통과정의 전체 이력정보를 소비자에게 제공함에 따라 신뢰를 높였고, 시스템을 통해 정확한 원산지 및 생산업체

정보를 파악할 수 있으므로 소비자들이 믿고 먹을 수 있는 활어 이미지를 구축하여 수익률 향상효과를 확인할 수 있었다.

끝으로 소비자 측면에서는 안심하고 먹을 수 있는 먹거리 제공으로 국내산을 가장한 저급 활어의 시중 유통을 최소화하고, 문제 발생 시 시스템의 이력정보를 통해 대상을 명확히 선정함으로써 신속한 위기 극복 및 건강한 식생활 확보를 기대할 수 있었다.

2.2 청정 제주 고품질 u-수산양식 지원 시스템

제주 특별자치도에서 2009년 1월 구축한 청정 제주 고품질 u-수산양식 지원시스템은 수산물 양식 산업에 RFID와 USN 기술을 활용하여 혼합사료 제조와 급이 등의 생산이력정보를 자동으로 수집 및 관리하고, 수산물 출하시 활어에 RFID 태그를 부착하여 최종소비자에게 생산이력정보를 제공하기 위한 것이다.

소비자에게 양식 수산물의 생산이력정보를 제공하기 위하여 생산 실명제를 구현하였으며, 이를 통해 제주에서 생산하는 양식 수산물의 품질에 대한 소비자의 신뢰성 확보를 가능하게 하였고, 청정 제주에 대한 이미지 제고와 FTA 등과 같은 국내시장 개방에 따른 수산 양식업의 경쟁력을 확보할 수 있게 되었다<sup>41)</sup>.

치어 입식에서부터 출하까지 양식 수산물의 이력정보제공이 가능하도록 구성된 이 시스템은 특히 RFID 태그를 활용한 혼합사료 재고관리와 급이 정보 등의 생산이력정보관리를 가능하도록 하였으며, 출하시 RFID 태그를 부착함으로써 수산물 생산과정에서 생성된 정보를 소비자가 조회할 수 있도록 하여 신뢰를 얻음으로써 경쟁력을 확보하게 되었다.



Fig. 2. High quality u-aquaculture support system  
그림 2. 고품질 u-수산양식 지원 시스템

2.3 통영 u-양식장 및 해양재난 대응체계 구축 사업

RFID/USN 기술 도입으로 양식장의 생산성을 향상시켜 양식 어민들의 소득을 증대시키고, 해양재난 대

응체계시스템 구축으로 안전한 양식장 시설관리와 국제적 경쟁력을 갖춘 양식업 강화를 위해, 2010년 통영시 인근 6개 양식장에 u-IT 시범사업이 구축되었다. 주요 구성요소로 기 구축된 RFID/USN 기반 고품질 수산물 생산지원시스템의 u-양식장 생산관리시스템 고도화, CCTV 및 침입감지 센서를 이용한 양식장 보호 및 긴급 상황 알림서비스를 위한 u-양식장 보호시스템 구축, 그리고 실시간 해수오염 상황 관측 및 기상정보를 연계하여 재난 또는 재해 경고와 대응을 위한 u-양식장 재난/재해 관측 및 대응체계시스템으로 구성되었다.

본 사업의 주요성과는 양식장 운영정보 확보 및 도난/재해 등의 상황을 실시간 모니터링 하여 양식장 관리를 개선하였으며, CCTV, 침입감지 센서, 저층해수 공급 장치 등의 운영으로 양식장의 재난/재해 보호체계 구축과, 스마트폰을 이용한 실시간 양식장 및 인근 해역 상황 실시간 모니터링 및 알림 서비스가 가능하게 되었다.

이 사업은 총 5개 분야로 구성되었다. 먼저 표준화된 u-양식장 및 관리시스템의 보급형 패키지 소프트웨어 개발로 양식 어민에게 효율적이고 실질적인 해수 환경 모니터링이 가능한 보급형 패키지 소프트웨어를 제공할 수 있도록 하였다. 두 번째로 u-양식장 생산관리 소프트웨어의 고도화를 통해 효율적인 양식장 생산관리 업무 수행 및 기존 생산관리 시스템의 문제점을 보완하였다. 세 번째로 CCTV 및 침입 감지 시스템으로 24시간 양식장 보호가 가능한 표준화된 u-양식장 보호시스템 구축으로 실시간 침입 감지 및 도난 방지 체계를 구축하였으며, 위기 상황시 알림 서비스가 가능하게 되었다. 네 번째로 각 양식장에 설치된 해수 환경정보의 실시간 연계로 통합형 양식장 재난 정보 관측 및 예/경보 시스템을 구축하였으며, 마지막으로 해수 오염에 대응하기 위한 저층해수 공급 장치 운영정보 관리와 재난 발생 가능성 등의 u-환경 정보를 유관기관 및 시민에게 제공하는 것을 주요 내용으로 하였다.

본 시범 사업을 통한 u-IT 기술 도입 효과를 4개 부분으로 확인하였다. 첫 번째, 양식장 관리업무의 전산화로 효율성 증대를 가져왔다는 것이다. 지금까지의 양식장 업무는 3D 산업에 속하는 힘든 노동력 위주의 작업이었으며, 체계적인 관리가 어려웠으나 업무 전산화로 효율성이 증가하였으며, 일부 관리업무는 자동화로 효율성이 크게 개선되었다. 또한 구매, 출하, 급이 등의 관리업무 전산화로 양식어민의 소득증대에도 기여한 것으로 확인되었다.

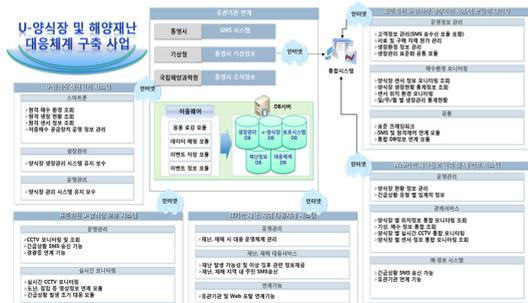


Fig. 3. u-farm & marine disaster response system  
 그림 3. u-양식장 및 해양재난 대응체계 시스템

두 번째, CCTV, 침입감지 센서, 저층해수공급장치 등의 운영에 따른 양식장 보호체계 구축효과를 가져 오게 되었다. 해상의 양식장에 직접 설치된 보호체계 시설로, 그동안 보호받지 못했던 양식장 시설물과 인근 해양의 재난/재해에 대응하기 위한 기반구축 성과를 가져온 것이다. 또한 스마트폰과 인터넷 웹사이트를 통한 실시간 현장 영상과 센서 정보 제공은 양식어민과 관련기관에게 유용한 정보를 제공하였으며, 이 정보를 통하여 양식장 및 해양 재난에 대한 관련자료 제공 및 보호시스템 구축효과를 얻을 수 있게 되었다.

세 번째, 실시간 수온, 용존산소량, 기상정보, 조석 정보제공이 가능하게 되었다. 양식 어민에게 가장 중요한 정보인 양식장의 수온, 용존산소량, 기상 및 조석 정보를 인터넷 웹사이트와 스마트폰 어플리케이션을 통하여 언제 어디서나 실시간 정보를 습득할 수 있도록 한 것은 국내외 사례를 찾아볼 수 없는 최초의 시도로서 향후 이의 응용과 확산을 위한 사례가 되었다고 평가되었다.

네 번째, 유비쿼터스 시스템 구축에 의의가 있다. 지금까지 다양한 유비쿼터스 사업이 수행되었으나 해상에 위치한 가두리 양식장 위에서 구현된 시스템은 국가적 중요사업인 u-서비스 사업에 지역적, 환경적 제약을 극복할 수 있는 사례가 되었다. 또한 최신 스마트폰 및 웹을 통한 실시간 정보의 접근이 가능하도록 구현된 시스템을 통해 양식업 종사자, 관련업무 종사자 및 유관기관 종사자들에게 실질적인 중요정보를 제공함으로써 u-서비스 사업의 효과를 극대화할 수 있으며, 이러한 사업을 추진하는 타 기관 및 인근지역 양식업 종사자에게도 좋은 본보기가 되었다.

2.4 노르웨이 마린하베스트(MHG) 양식 연어 생산 가공 시스템

해외 양식장 사례에 가장 많이 언급되고 있는 노르웨이의 연어 양식업체인 마린하베스트는 세계 최대의

수산물 양식회사로, 노르웨이, 칠레, 캐나다 그리고 스코틀랜드 4곳에 거점 양식장을 운영하고 있으며, 전세계 19개국에 지사를 두고 200여국에 양식 연어를 공급하고 있다.

소비자에게 최상의 연어 상품 공급을 위하여 마린하베스트는 가공공정시스템의 자동화는 물론, 연어 스트레스 관리를 위한 다양한 관리기법을 이용하여 작업을 수행하고 있다. 먼저 양식장에서 연어를 산채로 옮길 수 있는 웰 보트(Well-Boat)를 이용하여 연어를 공장으로 이송하면, 웨이팅 케이지(Waiting Cage)를 거쳐 가공 순서로 들어간다. 연어를 얼음물로 chilling(Chilling)하면, 연어는 잠시 기절해 컨베이어벨트에 실려 작업장 내부로 들어온다. 이후 연어를 도살해 아가미 커트와 피를 빼는 작업이 이루어지며, 커터머신이 내장을 제거하고, 사이즈를 선별해 3마리씩 스티로폼 박스에 얼음과 함께 담아 이송 트럭에 실을 때까지 3시간 내에 가공작업을 종료한다. 이와 같은 과학적이며 체계적인 수산물 가공공정은 소수의 직원으로 대량의 연어 가공공정을 가능하게 하였으며, 타 회사 제품에 비하여 노르웨이 산 연어의 육질 고급화를 가능하게 하였다<sup>[5]</sup>.

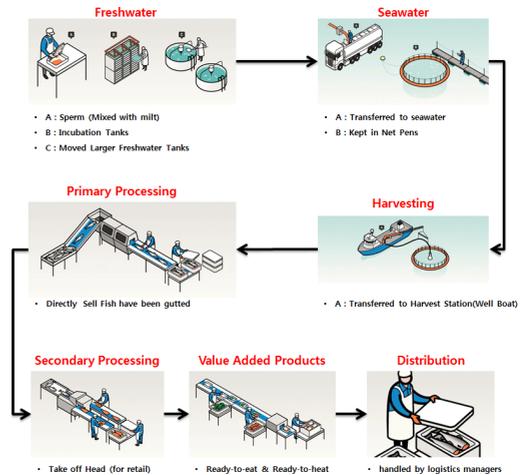


Fig. 4 Marine harvest Seafood Value Chain  
 그림 4. 마린하베스트 수산물 가치 사슬

마린하베스트는 연어 양식에 가장 중요한 가두리 양식장 관리를 위해 다양한 첨단기술을 접목하여 운영하고 있다. 먼저 연어가 스트레스를 느끼지 않도록 물 97%, 연어 3%의 밀도를 유지하고 있으며, 먹이 부유물이 바다를 오염시키는 것을 막기 위하여 한 달에 1kg씩만 살이 찌도록 컴퓨터를 이용하여 먹이를 조절

하고 있다. 특수 청소 선박을 이용해 2주일에 한 번씩 가두리를 청소하고 있으며, 연어 비늘에 기생하는 이를 퇴치하기 위해 작은 고기를 넣어 정화시키고 있다. 또한 질병에 의한 집단 폐사 방지를 위하여 육종상태에서부터 우수 품종만을 선별해 교배시키며, 치어상 상태에서 연어의 5가지 주요 질병을 예방할 수 있는 백신을 투여하고 있다.

이 같은 과학적이고 체계적인 생산방식으로 수확된 노르웨이산 연어는 신속한 물류처리를 위한 가공, 포장, 유통시스템의 구축으로 전 세계 200여국에 양식 연어 공급시장을 선점하고 있으며, 노르웨이 현지에서 포획한 연어를 3~4일 만에 국내로 공급하고 있다.

### III. ICT 기반 스마트 양식장

#### 3.1 기본 u-양식장의 문제점

양식 어민의 소득증대를 위한 u-양식장 사례를 통하여 다양한 기술이 적용되었음을 확인할 수 있다. 그러나 양식 관련 시설의 설치 및 관리가 용이한 육상에 비하여 해상에서 운영되는 가두리 양식장의 경우 여러 가지 문제점이 도출되었다.

첫 번째, 양식장 운영을 위해 필요한 환경정보와 생산 정보에 대한 표준화된 시스템이 부재하다. ICT 기술의 발전으로 농업, 제조업, 서비스 산업 등에는 다양한 표준기술들이 개발되고 적용되었으나, 수산 양식업의 과학화를 위한 표준기술 연구는 미비한 수준이므로, 글로벌 수산 양식업을 위해서는 표준기술 개발이 시급한 상황이다.

두 번째, 해상에 위치한 양식장의 특성상 정보 수집과 운영 관리를 위한 네트워크 구성이 열악하다. 본문에서 소개한 국내 사례 중 통영 u-양식장의 경우, 육상과 해상의 양식장까지 무선 브리지 형태의 직접적인 네트워크 연결 방식을 채택하였다.

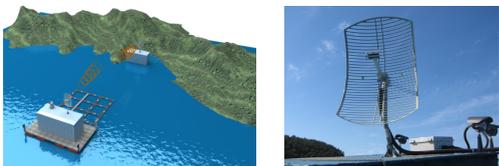


Fig. 5. Tong-young u-farm network  
그림 5. 통영 u-양식장 네트워크

이러한 방식은 데이터 전송이 안정적이고 데이터 사용량에 제한이 없다는 장점이 있으나, 해양 환경의 변화와 양식장 운영 변경에 의한 양식장 이동이 발생

할 경우 네트워크 연결이 단절되는 문제점이 있다. 또한 해상의 양식장과 연결할 육상 연결 지점 구성이 어려울 경우에 추가비용이 발생한다는 단점이 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 양식장과 육상을 직접적 브리지 형태가 아닌 이동통신망을 이용한 무선통신을 이용하여 해결할 수 있으나, 데이터 전송속도가 안정적이지 못하며, 데이터 사용량에 제약이 있다는 문제점이 있다.

Table. 1 Tong-young u-farm network quality measurement  
표 1. 통영 u-양식장 네트워크 품질 측정결과

Farm	Test Result	State
K Fisheries	- Download: 23.8Mbps - Upload: 3.0Mbps	Normal
G Fisheries	- Download: 24.2Mbps - Upload: 23.2Mbps	Good
C Fisheries	- Download: 220kbps - Upload: 177kbps	Bas

세 번째, 양식장에서 사용하는 각종 장비들은 해상에서 운영되는 장비임에도 불구하고 내륙의 호수나 하천 등에서 사용하던 수온, 탁도, 용존산소량 센서들을 사용하여 각종 부유물질과 염분에 의한 장비의 부식, 정밀도의 감소, 그리고 정기적인 관리의 어려움과 같은 문제점들이 도출되었다. 또한 수온, 염도, 탁도, 해류, 용존산소량 등의 센서를 집적화한 다항목 수질 측정센서 원천기술 부족은 높은 가격으로 설치 및 운영에 부담을 가져다주었다. 이를 해결하기 위하여 다항목 수질측정센서 원천기술의 개발과 국산화가 필요하며, 해양 환경에 강인한 제품 인증을 위한 관련 인증체계의 구축이 필요하다.

네 번째, RFID를 이용한 양식 수산물의 이력추적을 위해 양식 수산물에 RFID 태그를 직접 부착하는 시범사업의 결과에서 태그 부착 과정이 수산물에 직접적인 스트레스를 주며, 활동성 저하로 인한 스트레스 및 폐사율이 증가하는 추가적인 문제점도 드러났다. 노르웨이 사례에서 확인된 바와 같이, 최상의 품질 유지를 위해서는 양식 수산물에 스트레스를 주지 않는 다양한 노력이 필요하며, 활어에 직접적인 인식 기구의 부착보다는 가공된 제품 포장 및 유통과정에 RFID 기술을 적용하여 수산물 이력추적이 가능하도록 하는 기술 개발이 필요하다<sup>31</sup>.

마지막으로, 최근 빈번하게 발생하고 있는 적조 및 태풍과 같은 환경변화는 양식 수산업에 치명적인 영

향을 미치고 있는데, 특히 적조는 발생 원인과 확산 경로가 명확하게 알려져 있지 않아 양식 수산물에 100% 폐사하는 치명적인 피해를 입게 된다. 이러한 적조는 갈수록 발생 빈도가 증가하고 규모가 확대되어 양식업의 존폐를 결정해야하는 수준에 이르고 있지만 관련 연구 및 예/경보체계는 아직 미비한 수준이다.

### 3.2 ICT 기반 스마트 양식장 시스템

기존 u-양식장 시스템은 해상 양식장에서 발생하는 각종 센서 정보를 수신하여 양식 어민에게 통보하는 단순한 방식이었으며, 정보의 종류와 양이 제한적이라는 문제점을 가지고 있다. 또한 수집된 정보를 이용할 수 있는 사용자도 관련기관 및 해당 양식어민으로 제한되어 대량의 수집 정보를 이용한 양식 수산물의 품질 확인, 사료/투약정보 조회, 실시간 해상 환경정보 제공, 적조 및 태풍 등의 재해 통보 및 경로 예측, 양식 활동 통계정보 등의 활용이 제대로 기능하지 못하고 있다.

단순한 수집 정보의 표현뿐만 아닌 수집 데이터에 근거한 표준화된 프로세스 가동이 필요한데, 기존의 u-양식장은 수집 된 센서 정보의 표현으로 국한되어 있었다. 따라서 본 연구에서는 이러한 문제점들을 해결하기 위해 ICT 기반 스마트 양식장 시스템 구현을 위한 기술 개발을 제안한다.

#### 3.2.1 가두리 양식장 내/외부 네트워크 연결 방식 개선

적조 및 태풍 등의 환경 변화에 따라 양식장이 이동해야 할 경우가 발생한다. 그러나 기존 u-양식장 시스템은 육상과 일대일 브리지 형태 네트워크로 연결되어 양식장 이동 시 네트워크가 단절되는 문제가 발생하므로, 네트워크 연결의 연속성을 보장하기 위하여 WCDMA/LTE 등의 무선 이동통신 방식을 제안한다.

국내 대부분의 해상 가두리 양식장은 해상 안전과 접근 편의성의 이유로 육지에서 1Km 이내에 위치해 있어 이동통신사의 네트워크 연결이 가능한 지역이다. 또한 이동통신사의 통신 품질 향상과 고속 통신 기술 개발로 해상 양식장 현장에서 발생하는 데이터의 송수신을 처리하기에 충분한 환경이 조성되어 있다. 그러나 이동통신회사의 M2M 전용 요금제를 통한 정액 또는 정량 형태의 데이터 사용비용을 지불해야 하므로 데이터 사용량 확대 시 추가비용이 발생할 수 있다. 또한 해상에서의 통신 품질보장을 위한 통신 중계기의 확보 및 방수/부식 등의 해양환경에 적합한 장비 운영을 위한 기술들이 개발되어야 한다.

#### 3.2.2 가두리 양식장 수질환경 측정 센서 효율화

해상 가두리 양식장에서 측정 또는 수집하고자 하는 정보의 종류로는 수온, 염도, 탁도, 해류, 용존산소량 등이 있으며, 다항목 측정 장비의 비용 및 관리 효율화를 위한 기술개발과 표준화를 통한 국내의 경쟁력 확보가 필요하다<sup>6)</sup>. 또한 해양 부유물 부착을 저감할 수 있는 기술의 개발도 필요하다.

해상 부유물은 센서의 품질을 저하시킬 뿐만 아니라 장비에 손상을 입혀 장비 교체시기를 단축시키는 문제점을 일으킬 수 있는데, 이에 대한 기술개발로 다음과 같이 해수의 직접적 접촉을 최소화하여 부유물질 접촉을 줄이는 방법을 제안한다.

#### 3.2.3 수질정보와 기상정보의 종합적인 정보 표출

해상 양식장 주변 해역에서 직접 측정된 수질 및 기상 정보와 국내외 각 기관에서 수집하는 해양 기상 정보를 종합적으로 제공할 수 있어야 한다. 현재 국내 기상정보 수집기관인 기상청으로부터 수집되는 양식장 인근 해양의 정보에는 풍향, 풍속, 수온, 해류 정보와 위성영상 정보 등이 포함된다. 또한 인접국가 기상관측기구로부터 수집 가능한 해류, 태풍, 위성영상 정보들을 종합적으로 수집하여 제공함으로써, 양식업 종사자 및 관계자들에게 환경 변화에 대한 예/경보가 가능해진다. 이러한 기상정보는 대부분 상업적 용도가 아닌 경우 자유롭게 정보를 이용할 수 있도록 웹사이트 또는 스마트 앱 등을 통해 제공되고 있어 정보 수집도 용이하다.

적조 정보는 최근에 발생 빈도수가 증가하고 피해 규모도 심각하기 때문에 국립수산물학원에서 통보하는 적조 정보의 연계가 중요하다. 또한 국립해양조사원에서 제공하는 조석 정보를 통하여 만조와 저조 시간 및 조위를 알 수 있으므로 양식 활동에 유용한 정보라 할 수 있다.



Fig. 6 Aquaculture weather/ocean information express  
그림 6. 양식장 기상해양 정보 표출

3.2.4 양식장 보호시스템 구축

해상에 설치된 가두리 양식장은 거친 해양 환경에 노출되어 있어 외부 위협요소가 많으며, 불법 침입 및 절도의 위협에 쉽게 노출되어 있다. 따라서 양식장을 외부 위협으로부터 보호하기 위해 다양한 방법 및 안전시설이 요구된다.



Fig. 7. Aquaculture CCTV monitoring using smart phone  
그림 7. 스마트 폰을 이용한 양식장 CCTV 조회

먼저 CCTV를 이용한 감시 및 보호체계로 1차 피해를 방지할 수 있어야 한다. 특히, 야간에는 적외선 카메라를 이용한 영상 확보가 필요한데, 최근 CCTV 영상을 이용한 다양한 동작 분석과 상황인지 기술을 적용한 사례들이 적용되고 있다. 스마트 양식장에도 이러한 기술융합을 통하여 외부적 침입에 대한 CCTV 영상 확보 및 분석 시스템의 도입으로 효율적인 운영이 가능하도록 해야 한다.



Fig. 8. Underwater video monitoring using smart phone  
그림 8. 스마트 폰을 이용한 수중영상 모니터링

가두리 양식장은 수심 20-30m의 해역에서 깊이 10m 정도의 그물망을 이용하여 수산물을 양식하므로 그물망으로 인한 여러 가지 문제점들이 야기되고 있다. 대표적인 사례가 그물망 훼손으로 인해 양식 수산물 손실이 발생하는 점이다. 또한 양식 그물에 부착되는 부유물과 사료 등이 막을 형성하여 해양 오염

과 양식 어류에 위협 요소가 되기도 한다. 이로 인해 일부 양식장에서는 수중 다이버들을 고용하여 그물망의 상태를 확인하거나 고가의 수중 카메라를 설치하는데, 비용 및 운영 측면에서 효율적이지 못하다는 단점이 있다. 이는 제안하는 스마트 단말기와 내시경 카메라 기술을 이용하여 저비용으로 해결할 수 있을 것이다.

3.2.5 영상분석 기반 적조 예보시스템

국립수산과학원에서 운영하고 있는 적조종합정보시스템은 적조 발생 사후 처리에 관한 정보 위주의 DB 시스템과 적조 발생 지역의 정보를 기반으로 1, 2차 통계적 품질관리 활동에 국한되어 있다<sup>7)</sup>. 또한 적조 예/경보 시스템은 담당 직원이 현장의 해수 시료를 확보하여 코클로디니움(Cochlodinium)의 농도가 300 개체/ml 이상이면 적조주의보, 1000개체/ml 이상이면 적조경보를 발령하도록 되어있다<sup>8)</sup>. 적조 피해는 2013년 7월 17일부터 9월 5일까지 51일간 2,800만 마리의 어류를 폐사하고 247억 원의 재산 피해를 발생시켰으나 이에 대한 조직과 인력에 한계가 있으며, 구시대적 적조 방제 방식에 의존하고 있다.

그러므로 적조 발생 시 기존 방법인 현장 시료 채취 및 분석을 통한 방법이 아닌 색상과 질감 정보의 비교를 통한 영상 분석 방식으로 적조를 판별하는 방안을 제안한다. 그동안 다양한 방법으로 적조 예측을 위한 연구들이 진행되어 왔다<sup>9,10)</sup>. 그러나 스마트 단말기의 영상 정보를 이용한 적조 판별 기술은 아직 연구되지 않고 있다. 이 기술은 기존의 색상과 질감정보 비교방식 기술을 이용하여 실제 적조사례 영상과 현장의 영상을 비교하여 적조 여부 판별에 도움을 주기 위한 것으로, 기존 시료 채취 및 분석에 의한 방식에 비해 신뢰성이 떨어질 수 있으나, 신속한 적조 상황을 알린다는 측면에서 유용한 기술이 될 것이다.

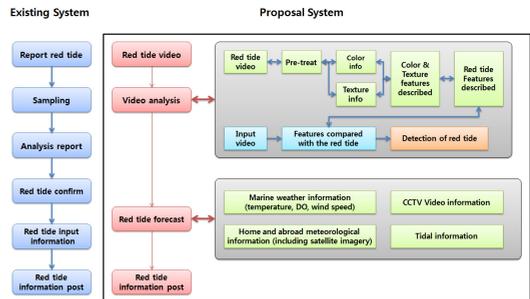


Fig. 9. Red tide forecast system using image analysis  
그림 9. 영상 분석을 이용한 적조 예보 시스템

3.2.6 ICT 기반 스마트 양식장시스템

지금까지 제안한 기술들을 이용한 ICT 기반 스마트 양식장 시스템은 글로벌 수산 양식시장에서 국내 양식 산업의 보호와 경쟁력 확보를 위하여 반드시 필요하다. 앞선 노르웨이의 마린하베스트 사례에서와 같이 연어 양식 산업에 대한 체계적인 시스템 구성은 노르웨이 양식 연어를 세계 1위 제품으로 만들어 전 세계에 공급하고 있다.

국내 양식 산업도 이제는 단순 노동 기반의 3D 산업에서 벗어나 과학적이고 체계적인 시스템 운용과 효율적인 물류시스템 운영으로 글로벌 양식 수산강국으로의 준비가 필요한 상황이다.

이를 위해 본 논문에서는 ICT 기반 스마트 양식장 시스템을 위한 관련 기술들을 제안하였다. ICT 기반 스마트 양식장은 다양한 센서로 습득한 정보를 기반으로 효과적인 양식 활동을 지원할 수 있는 생장 시스템과 연계되어야 할 것이다. 또한 기상/해양 환경변화로 투여 사료량의 조절,약품투입 조절, 양식장 이동 등의 여러 생장활동에 대한 판단을 체계화 할 수 있는 운영 플랫폼이 필요하다.

두 번째로, 스마트 양식장 운영 플랫폼은 양식장 인근 지역의 해양/기상 정보를 기반으로 이전 기록과의 비교를 통한 최적의 운영 방안 제시, 환경위험에 따른 대처 방안, 실시간 정보 제공에 의한 관리 효율성 향상, 그리고 양식장 유지보수 및 현장의 다양한 애로사항을 해결할 수 있는 방안을 제시할 수 있어야 한다. 이를 통해 양식 어종 관리, 수조 관리, 일정 관리 등 양식 수산물의 생장활동에 대한 체계적 지원이 가능하며, 환경 변화에 대한 통계 및 예측 정보 제공으로 양식장 관리 및 이동, 그리고 최적 양식장 선정 등을 위한 정보를 제공할 것이다.

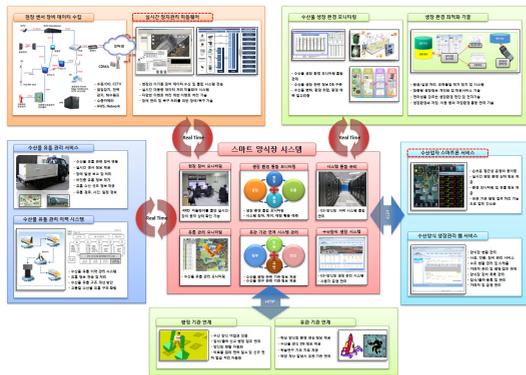


Fig. 10. ICT Based Smart Aquaculture System  
그림 10. ICT 기반 스마트 양식장 시스템

IV. 결 론

본 논문에서는 그동안 수행되었던 국내외 u-양식장 구축 사례를 고찰함으로써 글로벌 양식장 시스템 구축을 위한 ICT 기반 스마트 양식장 시스템에 필요한 기술들을 살펴보았다.

해외 수산 양식 산업의 발전에 비하여 국내 수산 양식 산업은 양적, 질적 성장에 있어 큰 변화의 기로에 서있다고 볼 수 있다.

삼면이 바다로 둘러싸인 국내 양식 산업은 지형적 우위를 갖고 있음에도 최근 양식 수산물에 대한 안전성과 신뢰도가 문제시 되며, 해외 양식 수산물의 국내 수입 규모는 비약적으로 증가하고 있는 상황이다.

노르웨이의 마린하베스트 사례에서와 같이 해외 기업들의 양식 산업 첨단화와 수산물 유통과정의 투명성 및 신속성은 우리나라 양식 산업에 시사 하는바가 크다. 이러한 상황에서 국내의 우수한 ICT 기술을 양식 산업에 융합시킴으로서 글로벌 양식 산업에서 경쟁적 우위를 확보해 나가야 한다.

기초적인 해양 및 기상정보의 수집기술부터 네트워크, 정보연계 그리고 유통산업에 이르기까지 전반적인 ICT 기술 융합을 통한 창조적인 양식 산업의 변화는 국가적 지원과 관련기관의 협조를 통해 지속적으로 추진되어야 할 것이다.

References

- [1] The Economist Special Report, *The promise of a blue revolution*, Economist, Aug. 2002.
- [2] W. E. Halal, *Technology's promise : Expert knowledge on the transformation of business and society*, ISBN : 978-0-230-01954-6, Jun. 2008.
- [3] O.-Y. Kim, Design of farming fishery traceability management system using RFID, Ph.D. dissertation, Dept. Comput. Eng., Univ. of Changwon, Feb. 2011.
- [4] Y.-H. Jin, A study on an application model of RFID technology for manufacturing and distribution : A case of clean cheju's supporting system for high quality of u-aquaculture, MS. Thesis, The Graduate School of Business Administration, Univ. of Seoul, Aug. 2009.
- [5] Marine harvest Group, Retrieved Dec. 20,

- 2013, from <http://www.marineharvest.com>
- [6] J. J. Chan and J. W. Seon, and C. H. Taek, "Association rule mining on aquaculture sensing data," in *Proc. KICIS*, pp. 466-467, Jeju Island, Korea, Jun. 2009.
- [7] J.-C., Jeong, "Study on a GIS database of red tide information system," *J. GIS Association of Korea*, vol. 12, no. 3, pp. 263-274, Dec. 2004.
- [8] W. A. Lim, Y.-S. Lee, and S.-G. Lee, "Characteristic of environmental factors related to outbreak and decline of cochlodinium polykrikoides bloom in the southeast coastal waters of Korea, 2007," *J. Korean Soc. Oceanography*, vol. 13, no. 3, pp. 325-332, Nov. 2008.
- [9] S. Park and S. R. Lee, "Marine disasters prediction system model using marine environment monitoring," *J. KICIS*, vol. 38, no. 3, pp. 263-270, Mar. 2013.
- [10] B.-H. Song, M.-A Jung, and S.-R. Lee, "A design and implementation red tide prediction monitoring system using case based reasoning," *J. KICIS*, vol. 35, no. 12, pp. 1819-1826, Dec. 2010.

**황 성 일 (Sung-Il Hwang)**



2010년 : 동아대학교 산업경영 공학 박사  
 2010년 : (주)코리아컴퓨터 연구 소장  
 2013년 : 사물인터넷 표준화협 의회 전문위원

현재 : 동아대학교 미디어디바이스연구센터 선임연구원  
 <관심분야> M2M/IoT, RFID/USN, MIS

**김 외 영 (Oe-Yeong Kim)**



2011년 : 창원대학교 컴퓨터공학 박사  
 2011년 : 지방행정의 달인  
 현재 : 통영시청 정보통계과 정보행정계장  
 <관심분야> RFID/USN, 정보화 정책, u-IT융합

**이 석 용 (Seok-Yong Lee)**



2007년 : 부산대학교 경영학 박사  
 2007년 : 동명대학교 항만물류학 부 교원  
 2011년 : 부산발전연구원 해운거래정보센터 전문위원  
 현재 : 한국선급 해운거래정보센터 책임연구원

<관심분야> SCM, 물류정보시스템