

# 육상양식장용 자동 먹이 공급 시스템 개발에 관한 연구

오진석† · 조관준\*

† 한국해양대학교 선박전자기계공학부 교수, \*한국해양대학교 대학원

## A study on the development of automatic feeding system in an inland aquafarm

Jin-Seok, Oh†, Kwan-Jun, Jo\*

† Professor, Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea

\* Division of Mechatronics Engineering, Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea

**요 약 :** 오늘날 해안의 인구 증가와 산업화로 인하여 해안의 수질오염이 날로 증가하고 있으며, 이로 인한 생태계가 파괴됨으로써 수산물 양식업에 많은 문제를 발생시키고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 해상 양식장이 육상 양식장으로 이동하고 있다. 본 논문은 육상 양식장에서 자동 먹이 공급 시스템에 관하여 설명하고자 한다. 현재의 자동 먹이 공급 장치는 먹이양의 정확도가 떨어지고 먹이 공급 모터에 의해 먹이가 부서지는 단점을 지닌다. 그러나 제안하는 시스템은 현재의 시스템과 비교했을 때 로드 셀과 밸브의 조합을 사용하여 제어함으로써 높은 정확도를 가지고 먹이를 공급할 수 있으며, 먹이를 육상 양식 수조에 안전하게 공급할 수 있다. 실제 시스템을 통한 실험을 수행함으로써 모든 상황에서 육상 양식장 수조에 먹이를 공급할 수 있음을 입증한다.

**핵심용어 :** 먹이 공급 시스템, 자동화 시스템, 밸브 컨트롤, 모니터링 시스템, 육상 양식장

**Abstract :** These days our coasts have been damaged by the polluted water resulting from the construction of industry on the shore, increasing population and urbanization. The destruction of ecosystem has induced many problems to aquaculture such that it raises the production cost of aquatic products for eating. For solving these problems aquafarm has been moving to the land. This paper intends to describe the automatic feeding system for the inland fish farm. An existent automatic feeding system has problems such that feed quantity is not accurate and feed itself is broken by feed motor. But a proposed system in this paper is more accurate than the existent system in view of feed quantity by using the combination of valve and load-cell. Resultantly, the system can safely transfer feed to inland nursery tank. Through several experiments using a real system, the effectiveness of the proposed system is verified under all conditions.

**Key words :** Feeding system, Automatic system, Valve control, Monitoring system, Inland fish farm

## 1. 서 론

오늘날 수산양식이 발전하는 가운데 여러 가지 환경 문제가 발생하고 있다. 특히 연안 생태의 파괴는 심각한 문제이다. 사회가 급속히 산업화, 도시화, 대형화에 따라 하천의 오염이 심해지고 강이 최종적으로 모이는 바다의 오염 또한 심해지고 있다.

양식시설 중에서 지형에 큰 제약을 받지 않고, 적조 현상 등에도 영향을 받지 않는 육상 수조식 양식장의 발전이 요구되고 있다. 육상 양식장의 운영에서 가장 중요한 것은 적절한 먹이를 공급하는 것이다. 과도한 먹이의 공급은 물고기의 과식을 유발하거나 사료를 허비하게 되고 남은 먹이는 수중에서 분해됨으로써 수질을 악화시키게 된다. 이러한 수질 악화로 인하여 물고기의 건강은 나빠지게 되고 질병이 발생하거나 심할 경우 폐사하게 된다. 또한 먹이 공급량이 너무 적으면 성장 상태가 불안정하게 되는 문제가 발생한다. 그러므로 먹이를 적절히 공급하는 것은 매우 중요하다. 어류의 성장정도에 따라 먹이의 양과

횟수가 달라져야 하기 때문이다. (Oh, 2008)

현재의 대부분의 양식장은 사람이 먹이양을 사람의 손으로 측정하여 주는 방식을 취하고 있다. 이 경우 대부분 정량적이지 못하게 되며, 일정 시간 간격마다 직접 먹이를 주어야 하는 측면에서는 인력 낭비 또한 심한 편이다. 일부에서는 양식장에서는 진공을 이용한 사료 분사나 스크류 펌프를 이용한 사료 공급을 이용하고 있다. 진공을 이용한 분사의 경우 소음이 심하고 공급량이 일정하지 않다. 또한 스크류 펌프를 이용한 방법의 경우에는 스크류 펌프에 먹이가 끼여서 깨지는 경우가 자주 발생한다. 한편, 어류는 성장 상태에 따라 먹는 먹이의 크기가 정해져 있어 작은 먹이의 경우 먹지 않게 되는 문제를 갖는다. (Avnimelch, 1994; 국립수산물과학원 2007)

본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위하여 정량 밸브를 이용한 먹이 공급 시스템을 제안하여 안정적인 먹이 공급을 수행하고자 한다. 또한 전체 제어 시스템을 원격지에서 무선으로 제어할 수 있도록 구성하여 사람이 스케줄을 정하면 스케줄대로 먹이를 공급할 수 있도록 시스템을 구축하고자 한다.

† 교신저자 : 오진석(충신회원), ojs@hhu.ac.kr 051)410-4283

\* 조관준(정회원), 119sky1004@naver.com 051)410-4866

## 2. 육상 수조 양식장

육상 수조 양식장은 실내에 수조를 설치하고 수조에 물을 공급하는 시설과 물을 빼는 시설로 구성된다. 본 논문에서는 일정 간격으로 수조를 설치하여 총 18개의 수조가 설치된 수조 양식장을 대상으로 한다. Fig. 1은 육상 양식장의 사진을 나타낸 것이다. 양식장은 조립식 건물로 구성되어 있으며 건물의 좌우측에 설치된 파이프에서 해수를 끌어 들이고 중앙부에 설치된 파이프로 해수를 빼내어 수조 내부의 해수를 순환 시키는 구조로 되어 있다.(김·루·정·정,2005; Lee, 1994)

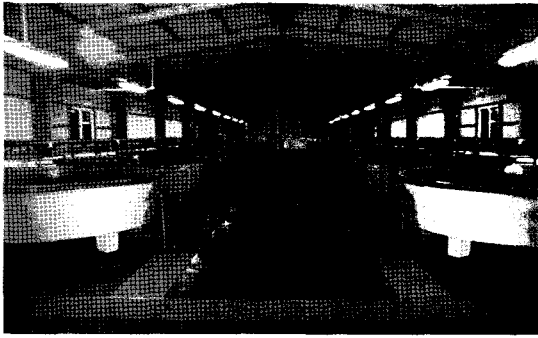


Fig. 1 Photograph of the inland aquafarm

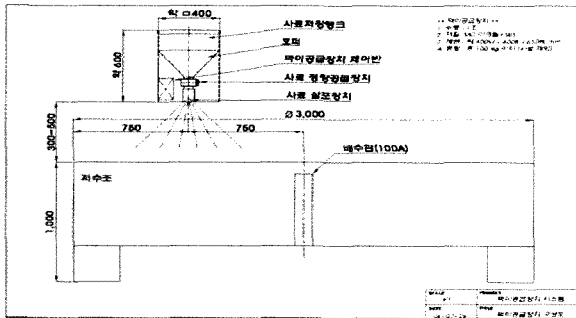


Fig. 2 Structure of Automatic feeding system

본 연구에서 제안하는 먹이 공급 장치는 수조 위에 H형태의 레일을 설치하여 먹이 공급장치가 수조 위를 이동하면서 각 수조에서 먹이를 공급하는 구조를 갖는다. Fig. 2는 먹이 공급 장치의 구성도를 나타낸 것이다. 먹이 공급 시스템은 먹이 정량 투여 장치, 먹이 공급 이동 장치, 모니터링 시스템으로 구성된다.

먹이 공급 장치는 수조 위의 H-형태의 레일을 따라 움직이면서 각 수조 위에 정지하여 먹이를 투여하는 방식을 취한다. 먹이 공급 장치는 사료 통에 사료를 싣고 다니며 각 수조에 일 정량을 투여하도록 구성한다.

## 3. 육상용 자동 먹이 공급 시스템

### 3.1 먹이 정량 투여 장치

#### 1) 정량 투여 장치 하드웨어 구성

먹이 공급장치는 각 수조에서 먹이를 정량으로 투여하기 위

하여 Fig. 3과 같은 구조를 갖는다. 사료통에 먹이가 채워져 있고 먹이는 정량 제어 밸브를 통해서 무게 측정용 통으로 투여 된다.

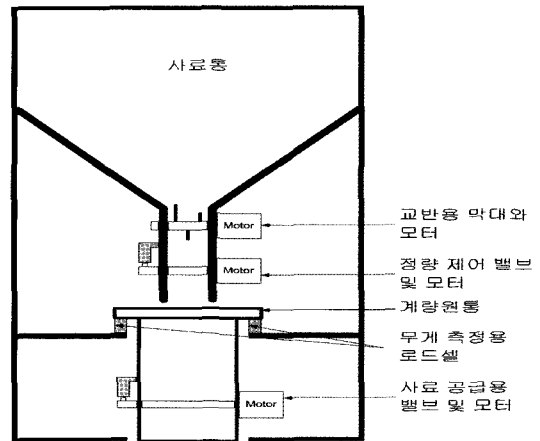


Fig. 3 Schematic diagram of feed measuring equipment.

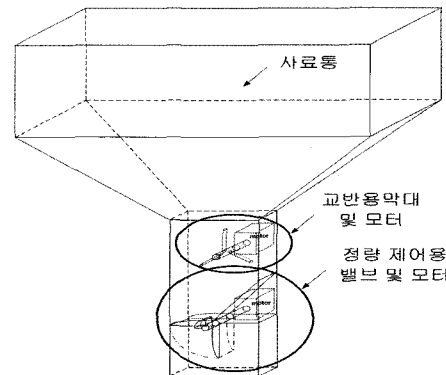


Fig. 4 Schematic diagram of feed measuring valve

측정 통에서 계측된 먹이양에 따라 계속적으로 정량 제어 밸브를 제어 한다. Fig. 4는 정량 밸브를 나타낸 것이다. 정량 밸브는 교반용 모터와 정량 밸브로 구성된다. 교반용 모터는 먹이가 사료통에서 정량 밸브 쪽으로 올 때 입구가 좁아지는 부분에서 끼여 내려오지 못하는 것을 방지 한다. 교반용 모터는 먹이를 투여하는 시점에만 동작하여 먹이가 원활하게 정량 밸브로 이동하게 한다.

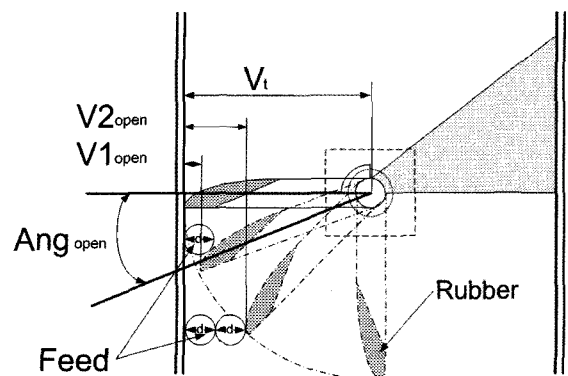


Fig. 5 Measuring valve

Fig. 5는 Fig. 4의 정량 밸브 구조를 상세히 나타낸 것이다. 전체 면적의 절반을 경사면으로 하고 반대쪽에는 덮개 형태의 구조를 갖도록 하고 모터가 중앙에서 덮개 각도를 정확하게 제어되도록 함으로써 먹이 투여 양을 조절하는 구조이다. 이때 밸브의 열리는 각도를  $Ang_{open}$ 이라고 하고 전체 밸브의 길이를  $V_t$ 라고 하면  $Ang_{open}$ 에 의하여 열리는 밸브의 크기는  $V_{1open}$ 이 된다.  $V_{1open}$ 은 식(1)과 같다.

$$V_{1open} = V_t - V_t \cos(Ang_{open}) \quad (1)$$

먹이의 직경을  $d$ 라고 할 때 밸브에 의하여 밸브에서의 투여 시점은 식 (2)를 만족할 때만 밸브에서 무게 측정 부분으로 떨어진다.

$$d < T_{open} \leq 2d \quad (2)$$

초기에 밸브가 닫혀 있다가 밸브가 일정각도로 열리기 시작하여 먹이가 밸브에서 떨어지면 밸브를 닫는다. 이 각도(먹이가 떨어지기 시작한 밸브 각도)에서 조금씩 각도를 조절하여 식(2)에 따라 정량 밸브를 조절한다.

Fig. 6은 사료 공급용 무게 측정 부분을 나타낸 것이다. 무게 측정 부분은 로드 셀(FS-1020)을 이용하여 통의 무게를 측정한다. 상자는 로드 셀에만 연결된 형태로 다른 부분에는 닿지 않도록 하여 무게가 오로지 로드 셀에만 가해지도록 한다. 무게의 측정에서 영점은 통이 비워져 있는 상태로 하여 통의 무게까지 합한 무게를 영점으로 잡는다. 사료통의 로드 셀은 통에서 120도 간격으로 설치하여 통에 어느 쪽에 사료가 있더라도 정확하게 무게를 측정할 수 있도록 하였다.

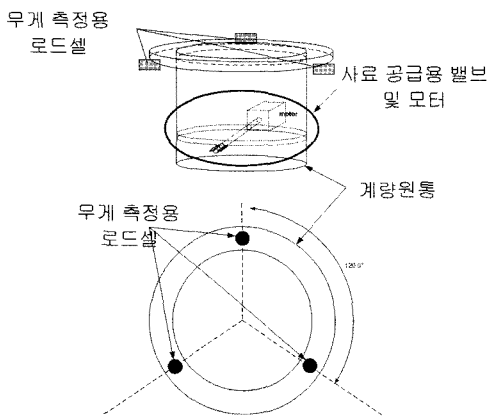


Fig. 6 Weight measuring device(load-cell)

### 2) 정량 제어 알고리즘

Fig. 7은 정량 제어 밸브의 제어 알고리즘을 나타낸 것이다. 제어 알고리즘은 크게 두 부분으로 나뉘어진다. 초기에 먹이양이 떨어지기까지의 동작과 먹이가 떨어진 이후부터의 정량을 맞추는 제어 부분으로 구분된다.

어류의 종류 및 어류의 성장 상태에 따라 공급되는 먹이의 크기가 변화한다. 그러므로 동일한 크기로 밸브가 열리더라도

먹이 크기에 따라 정량 밸브에서 먹이가 공급되지 않는다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 처음에 먹이가 떨어지는 시점까지 먹이 공급 장치의 밸브를 지속적으로 여는 동작을 수행한다.

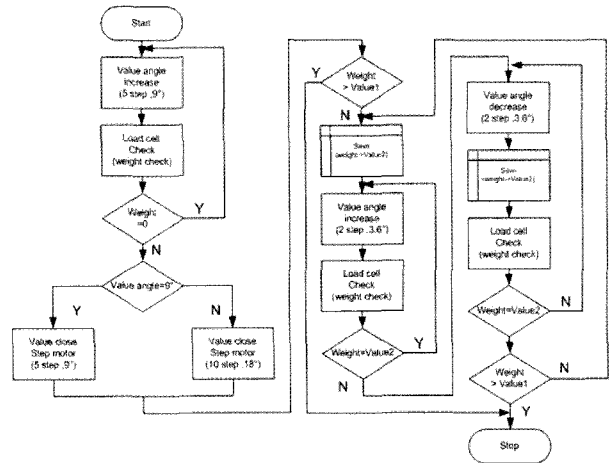


Fig. 7 Algorithms of feed measuring equipment

무게 측정 부분에서 먹이공급이 확인되면 밸브의 열리는 각도를 계속 조절하면서 먹이의 공급량을 조절한다. 먹이양은 5%(±2.5%) 범위량으로 들어올 때 까지 제어 한다. 5%정도의 먹이양의 오차는 어류의 성장 및 생육상태에 영향을 미치지 않는다.(국립수산과학원, 2007)

먹이양을 측정하는 동안 교반용 모터는 계속 돌면서 먹이가 순조롭게 정량 펌프로 내려오도록 동작한다. 사료 공급용 밸브는 회전하면서 먹이 전체를 수조로 투여하는 역할을 수행한다. 만일 먹이양이 측정용 통(700g)보다 많을 경우 먹이를 2회에 나누어 투여한다.

### 3.2 먹이 공급 이동 장치

#### 1) 이동 장치 하드웨어 구성

Fig. 8은 이동 장치 시스템의 구성을 나타낸 것이다. 이동 장치 시스템은 크게 먹이 공급 장치를 이동하는 전동기와 레일 그리고 위치 감지 센서, 수위 위치 확인 ID 판으로 구성된다.

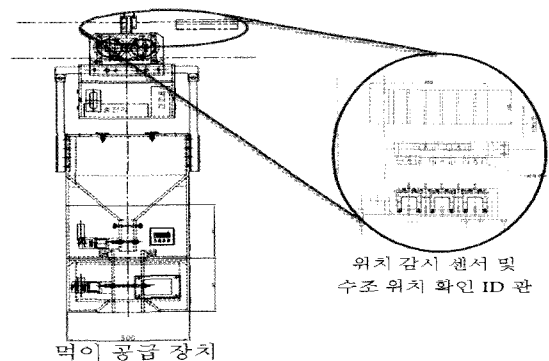


Fig. 8 Schematic diagram of mobile device system

먹이 공급 장치 시스템은 반복적으로 레일을 타고 수조 위로

이동하게 되고 수조위에서 먹이를 투여하여야 한다. 이동 시스템은 먹이 공급 장치를 매달고 레일을 따라 이동하면서 먹이를 투여한다. 먹이 공급 장치의 무게 지탱은 H-빔 형태의 레일을 통하여 지지하게 된다. 상부의 전동기를 구동하여 각 수조로 이동한다.

수조 위치를 릴레이 등의 기계적 접점으로 측정하게 되면 반복적인 측정 동작과 접점 동작의 충격 등으로 인하여 파손이 일어날 가능성이 높다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 본 연구에서는 광센서를 이용하여 위치를 판독하도록 구성하였다. 광센서는 측정하는 부분에 먼지 등이 앉게 되면 측정하지 못하는 문제가 있다. 이러한 문제를 방지하기 위하여 광센서를 수평에서 측정할 수 있도록 구성하여 센서에 먼지가 앉지 않도록 하였다.

2) 이동 장치 제어 알고리즘

이동 장치는 이동하면서 위치 감지 센서를 만나면 위치를 판독하도록 구성되어 있다. 위치 판독은 2진수의 형태로 구성된다. 총 5개의 센서를 이용하여 최대 32개의 위치를 판독할 수 있도록 구성하였다. Fig. 9는 수조 위치 확인 ID 판을 나타낸 것이다.

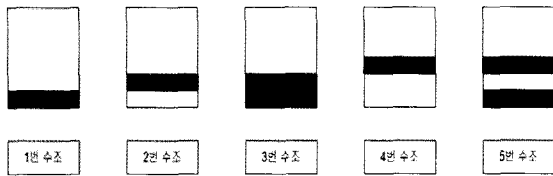


Fig. 9 Configuration of ID plate for tank location

위치 확인 ID 판은 2진수 형태로 구성하여 각 위치를 확인할 수 있도록 구성하였다. 이때 판은 먹이 공급장치가 이동한 방향으로 일정한 판형태의 크기를 갖는다. 이것은 수조 위치를 센서가 확인하고 제어기에 정지 신호를 주어 상부에 있는 이동용 전동기가 정지하더라도 관성에 의하여 먹이 공급 장치는 전지한다. 이때 수조 위치 확인 ID판을 벗어나게 되면 수조 위치를 잃게 되어 제어동작을 수행하지 못한다. 이러한 위치 확인의 문제를 막기 위하여 수조 위치 확인 판은 일정 길이를 갖는다.

3.3 모니터링 시스템

먹이 공급 장치의 로컬 시스템은 메모리 등의 문제로 인하여 1일(24회) 정도의 먹이 투여량을 저장할 수 있다. 하지만 어류의 성장 속도와 관리를 위해서는 짧게는 1-3개월 길게는 1년 정도의 먹이 공급량을 스케줄로 만들어 운영할 수 있어야 한다. 이를 위하여 PC 기반의 관리 시스템을 개발하고 이를 무선 통신 형태로 하여 로컬 시스템과 연결할 수 있도록 시스템을 구성하였다.

Fig. 10은 모니터링 시스템의 구조를 나타낸 것이다. 자동 먹이 공급 장치 관리 시스템에서 무선 랜을 통하여 로컬 시스템

의 제어를 수행 할 수 있도록 시스템을 구성하였다. 로컬에서 제어 시스템에서 스케줄이 변화하게 되면 자동으로 관리 시스템의 스케줄을 변화시키고 관리 시스템은 일정 간격으로 스케줄을 로컬 시스템에 전달하도록 구성하였다.

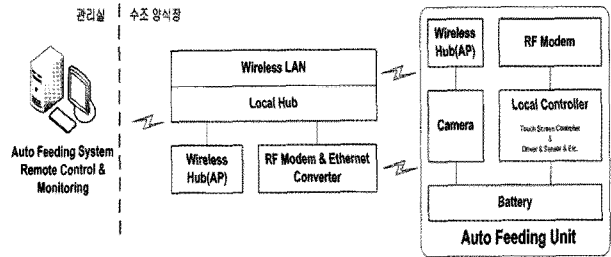


Fig. 10 Diagram of monitoring system

4. 실험 및 고찰

앞서 구성한 자동 먹이 공급 장치 시스템을 실제 제작하여 실제 운전 동작을 실험하였다. Fig. 11은 실제 자동 먹이 공급 장치 시스템을 나타낸 것이다.

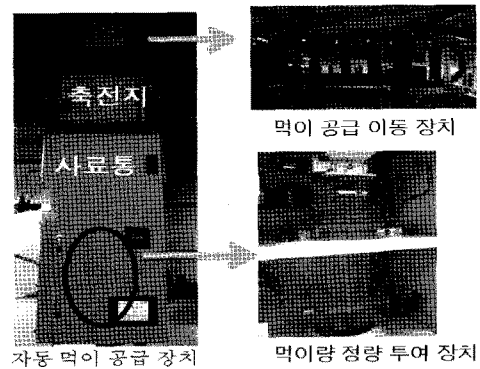


Fig. 11 Photograph of automatic feeding system

먹이 공급 장치는 Fig. 11에서 보는 것과 같이 크게 4부분으로 나누어 먹이공급 이동 장치, 축전지, 사료통, 먹이양 정량 투여 장치로 구분된다. 먹이 공급 장치는 전차로 이동하며 먹이를 투여하기 때문에 전원으로 축전지를 사용하고 축전지는 충전소(먹이 공급 레일의 끝 부분)에서 충전한다.

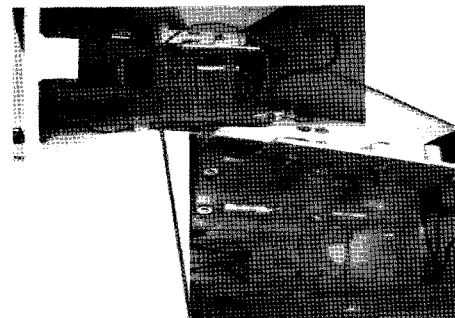


Fig. 12 Photograph of feed measuring valve

Fig. 12는 정량 제어 밸브를 나타낸 것이다. 정량 제어 밸브 바로 위에 교반용 모터가 부착되어 돌면서 정량 밸브 쪽으로 먹이가 내려 올수 있도록 제작되어 있다. 정량 제어 밸브는 스텝 모터를 이용하여 정확하게 각도를 제어 한다. 정량 제어 밸브 밑으로 로드셀이 있는 측정용 통이 있는 것을 알 수 있다.

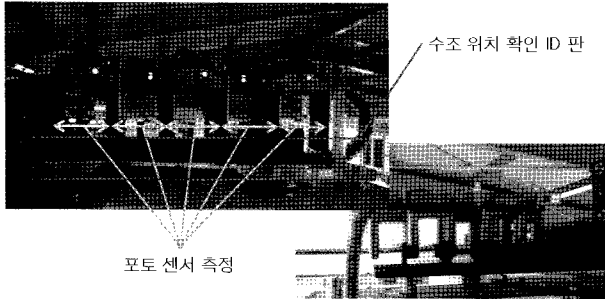


Fig. 13 Photograph of ID plate and sensing system

Fig. 13은 먹이 공급 장치의 이동 장치를 나타낸 것이다. 먹이 공급 이동 장치의 위치는 포토 센서를 통하여 측정된다. 수조 위치 확인 ID 판을 통하여 각 수조의 위치를 확인할 수 있다. 접촉식으로 구성되지 않으며 포토 센서의 측정 부분에 먼지 등이 쌓이지 않는 구조로 되어 있다.

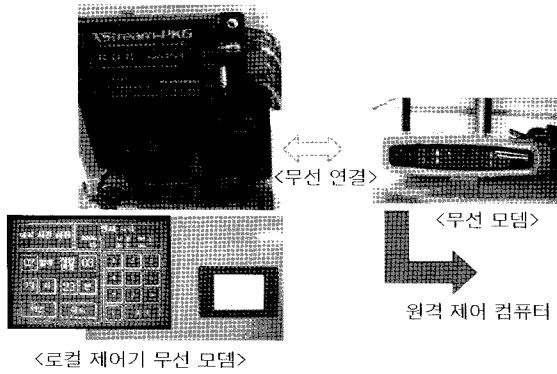


Fig. 14 Photograph of monitoring system

Fig. 14는 먹이 공급 장치의 관리를 위한 무선 통신 관리 부분이다. 자동 먹이 공급 장치 시스템은 이동하면서 현재 수조의 위치 동작 상태를 모니터링 시스템으로 전송한다. 관리자는 관리 사무소의 원격 제어 컴퓨터를 통하여 제어 시스템을 관리한다.



Fig. 15 Front panel of monitoring system

Fig. 15는 모니터링 시스템의 화면을 나타낸 것이다. 왼쪽이 주화면이고 오른쪽은 팝업으로 뜨는 예약화면과 수동 운전 화면이다. 주 화면에는 현재 먹이 공급 장치의 동작 상태를 나타내도록 되어 있고 오른쪽에는 웹 카메라를 연동시켜 수조에 먹이를 공급하는 장면을 볼 수 있도록 되어 있다.

실제 먹이 공급 장치를 운전하여 실제 목표치에서의 먹이 투여량을 계측하였다. 먹이 크기를 다르게 하여(직경 0.5-2cm) 여러번 반복 실험을 수행하였다. 실험 결과는 Table 1과 같다. 제어 알고리즘에서 5% 범위 이내에서 정량이라고 판단하여 먹이를 투여 하는 알고리즘이 정상적으로 투여 되는 것을 알 수 있었다.

Table 1 Experiment of automatic feeding system in an inland aquafarm

목표치(g)	실제 투여량(g)	오차(g)	오차율(%)
10	10.1	-0.1	-1
50	49.3	0.7	1.4
90	90.9	-0.9	-1
130	129.6	0.4	0.31
170	207.4	2.6	1.53
210	253.7	2.6	1.24
250	284.8	-3.7	-1.48
290	284.8	5.2	1.79
330	331.7	-1.7	-0.52
370	367.7	2.3	0.62
410	415.4	-5.4	-1.32
450	452.9	2.9	0.7
490	493.2	3.2	0.7
530	527.2	-2.8	-0.5
570	573	3	0.5
610	600	10	1.64
650	652.9	2.9	0.5

## 5. 결 론

본 연구를 통하여 육상 수조식 양식장에 자동으로 먹이를 공급 할 수 있는 기술을 확보하였다. 본 연구결과를 이용하여 사람이 먹이를 주는 방식에서 벗어나 정량의 먹이를 스케줄에 따라 자동으로 줄 수 있는 시스템을 확보할 수 있다.

먹이가 깨지는 현상과 먹이양을 제어하기 위하여 정량 제어 밸브를 설계하고 제어하였다. 또한 자동화 제어를 위하여 로컬 시스템과 관리 시스템을 구성하여 실험하였다. 실험을 통하여 우수한 자동 먹이 공급 시스템을 구축하였다. 앞으로 상용화를 위하여 소형화와 단순화하는 연구가 필요할 것으로 사료된다.

## 후 기

본 연구는 산학 공동기술 개발 지원 사업의 “외해 가두리 양식장용 자동먹이공급 제어 시스템 개발”의 일부로 수행 되었음을 밝힙니다.

## 참고문헌

- [1] 국립 수산 과학원(2007), 양식 사료용 연구 센터, 넙치 양식 지침서 표준안.
- [2] 김보한, 루비 라하디안, 정효민, 정한식(2005), “ 육상 수조 식 양식장 내의 온도와 유체 유동 특성”, 한국동력기계공학회 2005년도 추계학술대회논문집, pp321-328.
- [3] Avnimelch, Y, M. Kochva, and Dia, S. (1994) “Development of controlled intensive aquaculture systems with a limited water exchange and adjusted carbon to nitrogen ratio”, Israel Journal of aquaculture-bamidgeh 46, pp119-131.
- [4] Lee, J.(1994) “Hydraulic studies on recirculating aquaculture basin,”, Journal of korean fish. soc, vol.27,pp173-182.
- [5] Oh J. S., Kwak J. H., Jung S. J., Ham Y. J., and Lee J. Y.(2008), “A data analysis and RMS Development for fish-cage in open sea”, Journal of the korean society of marine engineering, pp153-161.

---

원고접수일 : 2009년 11월 26일  
심사완료일 : 2010년 1월 2일  
원고채택일 : 2010년 1월 5일