

양어장 자동화 시스템의 개발

1. 모형 수조를 중심으로

강호원 · 이성호 · 김제윤 · 정석권 · 김상봉
부산수산대학교 기계공학과

The Development of an Automatic Aquaculture System

1. Using a model tank

Ho-Won KANG, Seong-Ho LEE, Je-Yoon KIM, Seok-Kwon JEONG, Sang-Bong KIM

Department of Mechanical Engineering, National Fisheries University of Pusan,
Pusan 608-737, Korea

In aquaculture industrial field, an automatic management and control system is needed to cope with the difficulties such as expensive wage, ripe age of management worker and risk according to the unexpected change of environmental conditions in the aquarium.

This paper introduces an automatic aquarium monitoring and control system. The system is developed using PC single board computer. A PC can be connected to multi-single board computers, and the communication between PC and single board computers is based on RS-422/485 interfacing method.

The physical data of pH, DO, temperature and water level etc. are real-timely treated in the single board computer through individual transducers, transfered to the main monitoring PC through RS-422/485 communication, and those data are graphically shown on the PC monitor. Furthermore, the environmental circumstance can be monitored through the image processing system, and the emergency system can be operated under the condition of environmental incident such as electric power stoppage, DO deficiency, pump shut down and low level water etc.

Key words : monitoring system, 8096MPU, image processing, RS-422/485

서 론

일본이나 노르웨이와 같은 양식 분야의 선진국에서는 양식장 자동화를 위한 많은 첨단 기자재가 개발되어 활용되고 있다. 이에 반해 우리나라에서는 노동집약적으로 행해지고 있는 실정이며, 자동화에 대한 인식도 낮은 편이라 할 수 있다(Plaia, 1987).

우리나라 양식업은 1960년대 후반부터 친해 양식업에 대한 본격적인 투자를 시작으로 해면, 내수면 양식 모두 눈부신 발전을 거듭, 점차 2차 산업화 형식으로 전환되고 있으며, 이에 따라 첨단 양식 기자재가 폭넓게 활용되고 있다. 그러나 국내에서 사용되고 있는 양식 기자재는 일본 등 양식 선진국에서 개발, 변용

된 것을 이용함으로써 인하여 사후 관리는 물론 독창적인 첨단 기술개발에 저해요인이 되고 있다. 따라서 양식 선진국의 첨단 기자재를 그대로 사용하기 보다는 우리나라의 양식 실정에 알맞게 개량한 후 생산업자에게 공급하는 것도 대단히 중요한 일이며, 우리의 독자적인 기술로 첨단기자재를 개발하여 현장에도 이용 가능케 하고, 후발 양식국가의 수출에 대한 기대를 모으는 것도 중요하다고 하지 않을 수 없다(Kim, 1994).

최근 들어 해면, 내수면을 막론하고 생활 하수의 유입, 사료나 노폐물의 축적등 각종 요인들에 의해 양식장에서의 수질오염과 환경조건이 날로 악화되고 있다. 이와 함께 적조, 청조, 전염성 어병의 발생, 냉

1. 모형 수조를 중심으로

수유입 등이 빈번해짐에 따라 양식 환경조절에 이용되는 기기류의 사용이 불가피하게 되었다.

양식장의 사육조는 자연환경에 비해 고밀도의 어류가 사육되고 있음으로 인하여 좋지 못한 환경 요인을 가지고 있을 가능성이 많다. 특히 온도와 수질 등은 양식장의 생산성 향상에 커다란 영향을 미친다(酒匂等, 1992). 뿐만 아니라 산소량, pH 등도 어류의 성장 과정에 지대한 영향을 미치며, 특히 사육관리시 조그마한 실수로 인해 어류의 대량 폐사를 유발하는 경우가 허다하다. 이에 따라 양식장의 자동화는 인건비 절감뿐 아니라 변화하는 양식장의 환경을 적절한 수준으로 관리하는 데 매우 효과적이며, 실시간으로 양식장의 물리적 환경변화를 감시 가능케 하는데 기여하게 된다. 그러므로 양식장에 있어 적절한 온도와 양질의 수질로 유지 관리되는 적정수준의 환경을 제공하기 위해 양어장 자동화 시스템과 자동 모니터링 시스템의 개발이 요구되고 있다.

이와 같은 요구에 부응하기 위해, 본 연구에서는 기초적 단계로 모형수조를 시험 대상으로 하여 양식장 감시 및 자동화를 위한 간이 시스템을 개발하였으며, 그 유효성을 검증하기 위한 실험을 수행하였다.

본 시스템에서는 수위, 온도, pH, 산소량 등이 각 수조에 설치된 원칩 마이크로프로세서를 통해 신호 처리되어 PC 모니터링 컴퓨터에서 실시간으로 감시되도록 하였으며, 갑작스런 환경변화나 각종 비상사태에 대비하고 수조의 물리적 환경이 적정 수준으로 조절 제어되도록 개발하였다. 특히 주어지는 제어 조건에 따라 사료공급 시스템이 제어 관리되도록 하였으며, 또한 영상 처리 시스템의 개념을 도입하여 양식장 주변환경이 CCD 카메라를 통해 감시되는 기능과 함께 어떤 특정한 대상물의 동작을 해석할 수 있는 시스템을 개발한 결과를 보이고 있다.

본 론

시스템의 하드웨어 구성

양어장 자동화를 위한 기본 개념도는 Fig. 1과 같고, 하나의 수조를 대상으로 하여 모델링한 시스템의 구성도는 Fig. 2와 같다.

수조 하나에 대한 하드웨어 장치는 Fig. 2에 나타낸

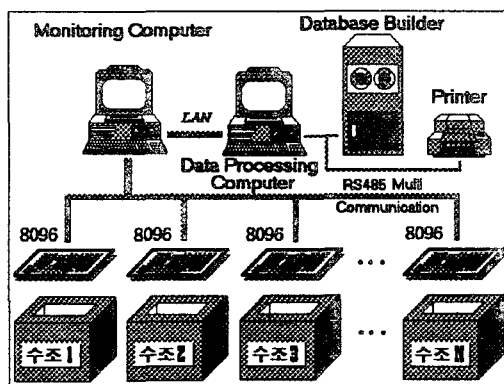


Fig. 1. Overview of an automatic aquaculture system.

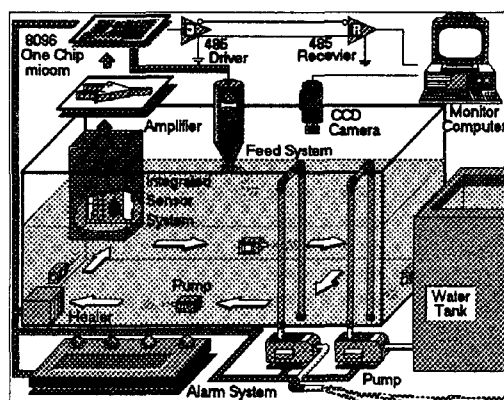


Fig. 2. Modeling for each aquarium.

바와 같이 8096 마이크로 컴퓨터를 통해 수조의 물리적 환경을 측정하고, 측정된 데이터에 따라 적절하게 제어함으로써 수조의 환경을 최적화한다. 또한 측정된 데이터를 RS-422/485 통신에 의해 관리자가 직접 모니터링할 수 있도록 하고 있다.

수조의 물리적 환경 측정

본 시스템에서 측정하고 있는 수조의 물리적 환경은 수온, 수위, pH, DO 등의 4가지이다. 수조의 수위 센서, 온도센서, 산소센서, pH센서 등으로 부터 발생된 전기량은 IC 모듈을 사용하여 구성된 증폭기를 통해 A/D 변환기 입력전압 범위 (0~5V)로 증폭되어 A/D 변환기에 입력되어 약 22 μ s의 변환시간을 소요한 후, 디지털적인 양으로 변환되어 샘플링 시간마다 프로그램 루틴에서 처리된다(黒木, 1982). 이렇게 하여 수조의 환경에 관한 값들이 8096으로 입력된 후 8096

은 RS-422/485 통신에 의해 PC로 데이터를 보내며, PC는 모든 데이터를 받아 모니터링해 준다. A/D변환기는 8096 마이크로프로세서에 자체 내장된 것을 사용하며, 10비트의 분해능을 가지고 8채널로 구성되어 있다(Na et al, 1991).

자동 사료공급 장치

컴퓨터에 의한 자동사료공급 시스템은 투여량의 정량화가 가능하며 이로 인한 인력 절감도 가능하다. 사료공급방법으로는 사료 탱크에서 직접 사료공급장치를 연결하거나 탱크에서 호스를 빼내어 사육장까지 연결해 펌프등으로 먹이를 공급하는 방법등이 있지만 실험 단계인 지금으로서는 전자의 방법을 취했다.

사료공급방법으로 탱크의 아랫부분에 4각 나사산 모양을 만들어 평소에는 정지해 있다가 8096으로부터 신호가 들어오면 모터를 동작시켜 사료공급을 시작하며 8096에서 신호가 끊길 때까지 사료공급을 계속하게 된다. 이때 사료공급량은 모터를 가동하는 시간에 의해 조정될 수 있다. 또한, 적정한 양이 유효 적절히 사료공급될 수 있기 위해서는 습기를 제거하는 시스템이 필요하다. 이를 위해 사료공급장치의 가열시스템을 추가했다.

CCD 카메라 감시 시스템

CCD 카메라를 이용한 영상 시스템은 단순 화면 출력의 개념을 넘어 기존 센서의 한계를 극복하기 위해 많은 개발이 이루어져 왔으며, 실제 적용되는 분야도 서서히 증가되고 있는 추세다(Jee 등, 1994). 본 영상

시스템은 CCD 카메라를 이용하여 사육어류와 수조의 상태를 관찰하기 위해 이용되어지고 있다.

모니터에서는 카메라의 영상을 선택적으로 볼 수 있도록 프로그램되었고, 또한, 카메라의 방향을 자체 시스템에 의해 각 수조의 모든 부분을 볼 수 있도록 설계하였으며, 모니터에서는 수조의 환경이나 어류의 모습을 모두 볼 수 있도록 개발하였다.

일반적인 영상처리 시스템은 크게 이미지 수집부분과 이미지 프로세싱 부분으로 구분할 수 있다. 이미지 수집부분은 image frame grabber가 처리한다. 이것은 카메라로부터 입력된 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환시키는 ADC (analog to digital converter), 영상신호를 저장하는 비디오 메모리 부분, 영상을 제어하는 콘트롤러 부분, 그리고 영상을 디스플레이하기 위해 메모리내의 디지털 신호를 아날로그 신호로 변환시키는 DAC (digital to analog converter)로 구성되어 있다. 한편 이미지 프로세싱 부분은 PC의 CPU가 담당하는데, 이것은 image frame grabber의 비디오 메모리의 정보를 읽어 영상처리를 하고, 한편으로는 VGA 모니터로 그 정보를 실시간으로 출력한다. 한편 이런 CPU의 부담을 줄이기위해 영상처리 연산은 다른 프로세서를 사용하기도 한다. 위의 도식적인 표현은 Fig. 3과 같다.

본 시스템의 화상처리 기본 개념도는 Fig. 4와 같다. 그림에서 보는 것처럼 카메라로부터 얻어진 아날로그 영상은 frame grabber에 의해 실시간으로 처리되어 그 영상정보가 수집된다. 그 영상정보는 색깔값(contrast, hue, saturation)과 밝기값(gray level)으로 표현된다.

컴퓨터의 CPU는 이 정보를 정수화하고 아날로그 영상을 영상처리하기 위해 디지털화(digitize)시키거나 또는 이진영상(binary image)처리를 행한다. 한편 소프트웨어적인 처리를 하기 위해 전처리과정(pre-processing) 즉, 화상의 왜곡이나 농도 등을 보정하고 난 뒤 필터링, 디지털처리, 명암처리, thresholding, 경계선 검출 등의 저급처리(low level processing)를 한다. 저급처리가 끝난 뒤 영상을 해석(analysis), 인식(perception)하기 위한 고급처리(high level processing)를 한다. 여기서는 영상에서 대상물의 추적이나 물리량 추출, 인식, 판단, 제어등의 각종 알고리즘이 적용된다.

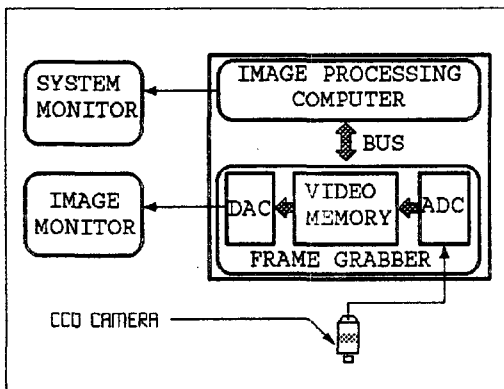


Fig. 3. Concept of image processing system.

1. 모형 수조를 중심으로

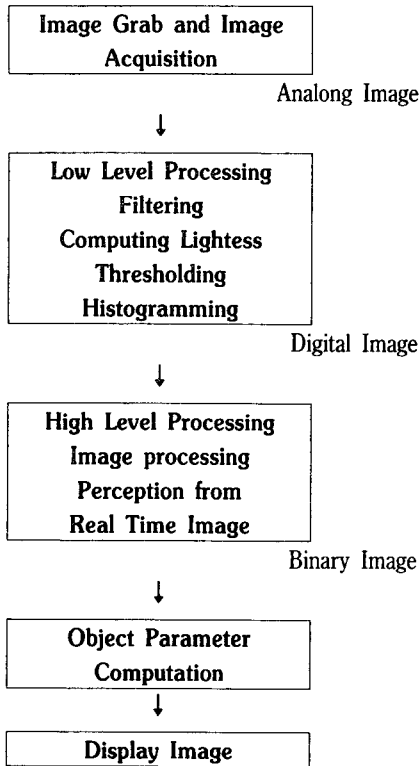


Fig. 4. A basic concept of image processing.

이와 같은 영상처리 시스템을 도입함으로써 양어장 환경의 좀 더 현실적인 관찰이 가능하고, 센서로서는 측정하기 힘든 물고기의 상태 및 거동 혹은 먹이의 과다 투입 및 그로 인한 수조의 탁도 등을 측정해 낼 수 있는 장점이 있다.

제어부

수조의 수위 및 온도 등을 제어하기 위해 8096의 입출력 포트를 사용하여 펌프와 히터등을 구동하게 된다.

제어부에서 D/A 변환기의 출력전압 0~5V 범위만으로는 직접 제어부 및 비상시스템을 구동하는 데는 낮은 전압이므로 간단한 IC 모듈 및 SSR을 사용하여 각각의 기기에 알맞은 입력전압 범위로 증폭하여 제어부와 비상시스템이 구동되도록 하드웨어를 구성하였다.

제어부로는 수조의 수위가 낮을 경우에는 급수펌프를 구동하고, 수위가 높을 경우에는 배수펌프를 구동하게 된다. 수위의 최고치와 최저치는 수위센서를 수

직으로 이동시켜가며 정하게 되고 그 폭은 프로그램으로 설정하게 된다. 온도가 높을 때는 급수펌프와 배수펌프를 모두 가동하여 새로운 물을 공급함으로써 온도를 낮추게 되며 온도가 낮을 경우는 히터를 가동시켜 온도를 높여준다. 적정온도는 25~30℃로 설정하였다. pH와 산소를 적정 수준으로 제어하는 방법은 많이 있을 수 있겠지만 여기서는 수조의 물이 산성이 되거나 산소가 부족할 경우에는 급수, 배수펌프를 가동하여 물갈이를 시켜 신선한 물을 공급하도록 하였다.

비상 시스템과 통신

비상 시스템으로는 돌발적인 전원 공급 중단으로 인한 사태에 대비하기 위해 비상발전기를 가동할 수 있도록 되어 있으며, 수조의 수위가 위험 상태일 경우와 온도가 위험 상태일 경우에 경보장치 구동과 모니터링도 가능하게 된다.

비상시스템의 구동은 대부분 하드웨어적으로 작동하도록 하였다. 각 센서로부터 출력되는 신호를 제너다이오드와 릴레이의 특성을 이용하여 일정 전압 이상 출력시 정상적인 동작을 시키며 일정 전압 이하가 될 경우 릴레이를 통해 비상 시스템이 동작되도록 하였다. 비상 발전기의 구동도 마찬가지로 전원부의 앞단에서 정전압 시스템을 거친 전압이 정상적으로 들어 오면 비상발전기는 정지하며 전원이 들어오지 않으면 릴레이가 동작하여 비상발전기를 구동하게 된다.

주 감시제어장치와 각 수조에 부착된 단일칩 제어기 사이에는 통신을 위한 인터페이스가 필요한데, 여기서는 RS-422/485 통신방식을 이용하였다.

일반적으로 PC에서 많이 사용되고 있는 RS-232통신의 한계성 때문에 여기서는 비교적 빠르고, 전송 길이가 길며 데이터의 신뢰성을 위해 RS-422/485 통신을 이용하였다.

이 통신방식에 의해 각 수조로부터 수집된 데이터를 PC로 전송하고, 주 시스템으로부터 수조의 환경설정을 위한 변수를 8096 마이크로 컴퓨터로 전송하는데 사용된다.

통신방식은 여러 수조를 담당하기 위해 멀티 통신을 구현하게 되는데, 8096 자체에서 제공해주는 멀티 통신 모드(통신 모드2, 3)를 사용하여 PC용 RS-422/485 인터페이스 카드와의 통신을 수행한다.

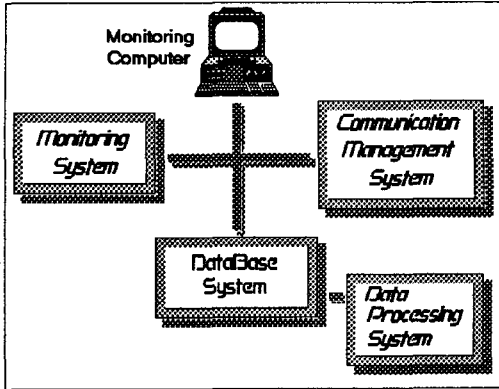


Fig. 5. Structure of main monitoring system.

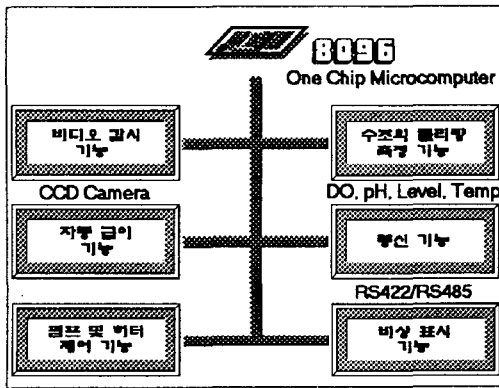


Fig. 6. Structure of control system based on one chip micro computer.

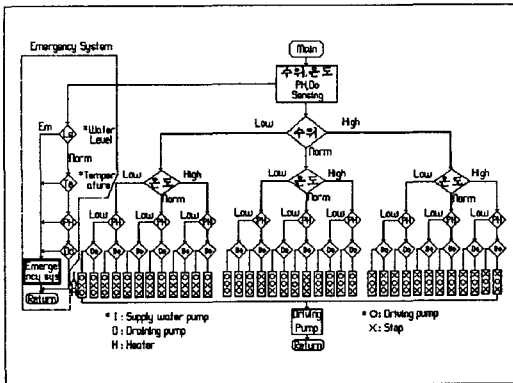


Fig. 7. Flowchart of control program.

모니터링 시스템의 구성

Fig. 5는 본 시스템에서 사용하고 있는 주 모니터링 시스템의 구조를 나타내고 있다. 그림에서 보이고 있

는 바와 같이 주 모니터링 시스템은 측정된 수조의 물리적 환경을 모니터링하는 모니터링 시스템과 각 수조를 관리하고 있는 8096 마이크로 컴퓨터와의 데이터 통신을 위한 통신관리 시스템, 수집된 데이터를 기반으로 한 데이터베이스 시스템 및 데이터베이스화 된 데이터를 처리하는 데이터 처리 시스템으로 나누어진다.

8096 마이크로 컴퓨터에 의한 제어 시스템

8096 마이크로 컴퓨터에 의한 수조의 제어시스템의 구성은 Fig. 6에 나타냈다.

하나의 수조에 대해 8096 마이크로 컴퓨터는 수조의 물리량(수온, 수위, pH, DO)을 A/D변환기를 통해 측정하고, 측정된 데이터를 기반으로 하여 펌프 및 히터의 동작을 제어한다. 또한, 자동사료공급 시스템의 전체적인 타이머 관리 기능도 포함한다(Kim et al, 1992).

그 밖에도 비디오 카메라의 동작 및 비상 상태에 대한 비상표시 기능, 그리고, 상위 모니터링 시스템과의 통신을 통한 데이터의 전송 및 관리자의 제어 명령을 전송 받는다.

8096 마이크로 컴퓨터의 전체적인 제어 프로그램의 흐름도는 Fig. 7과 같다.

개발된 시스템의 동작 실험 결과

Fig. 8은 PC에서 양식장에 설치된 각종 기기 및 센서의 상태를 하나의 수조를 대상으로 모니터링하고 있는 모습을 컴퓨터 그래픽 처리하여 보인 결과이다.

Fig. 8에서 알 수 있듯이, 양식장 관리자는 각 수조의 상태 및 눈으로도 확인할 수 없는 정보까지 사무실이나 숙소에서 PC로 언제든지 감시할 수 있으며, 수치적인 정보 뿐 아니라 그래픽 처리가 되고 있으므로 수조의 상태를 쉽게 알아 볼 수 있다.

Fig. 9는 양식장 전체의 수조에 대한 물리적량을 한눈으로 관찰할 수 있도록 한 컴퓨터 그래픽 화면이며, 각 수조의 자세한 상태를 확인하고 싶을 때는 그 수조에 해당되는 곳에 키보드를 이용하여 지정함으로써 선택 가능하도록 되어 있다.

또한, Fig. 9는 10개의 수조를 나타내고 있지만, 본 실험은 Fig. 2와 같은 두개의 수조를 실험 대상으로 하고 있으므로 실제로 디스플레이 되는 것은 2개 수

1. 모형 수조를 중심으로

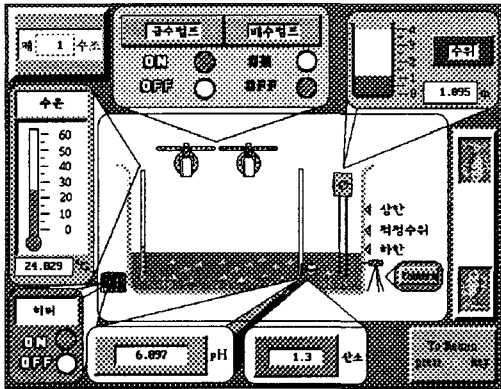


Fig. 8. Monitoring screen for each aquarium.

수조 번호	양어장 자동 모니터링 시스템			수질 (수)	수온 (수)	pH (수)	산소 (수)
	급수	배수	이비				
1호 수조	ON	ON	ON	1.09	24.88	6.98	1.28
2호 수조	ON	OFF	ON	1.09	24.83	6.98	1.24
3호 수조	OFF	ON	OFF	0.00	0.00	0.00	0.00
4호 수조	ON	ON	OFF	0.00	0.00	0.00	0.00
5호 수조	OFF	OFF	ON	0.00	0.00	0.00	0.00
6호 수조	ON	OFF	ON	0.00	0.00	0.00	0.00
7호 수조	OFF	ON	ON	0.00	0.00	0.00	0.00
8호 수조	ON	ON	ON	0.00	0.00	0.00	0.00
9호 수조	OFF	OFF	OFF	0.00	0.00	0.00	0.00
10호 수조	ON	ON	OFF	0.00	0.00	0.00	0.00

Fig. 9. Monitoring for all aquariums.

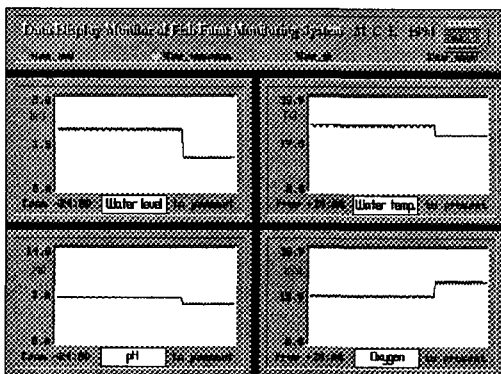


Fig. 10. Graphic processing result screen of saved data.

조뿐이다. 제 1 및 2수조 이외의 제어부에서 나오는 ON/OFF 신호는 프로그램에 관계없이 임의로 나오는 신호이며, 8096으로부터 정보가 올 때는 그에 맞는 신호를 출력하게 된다.

또한, PC는 8096에서 보내어 온 데이터를 PC에서는 1분마다 파일에 저장하며, 사용자가 지금까지 저장된 내용을 보고 싶을 때는 언제든지 Fig. 10에서와 같이 그래프로 볼 수 있도록 프로그램 처리되어 있으며, 그래프에 나타나는 저장 간격도 하루전, 이틀전, 그리고 임의의 시간대로 조절할 수 있도록 구성되어 있다. 또한 정확한 데이터를 보고 싶을 때는 해당 파일에서 저장된 데이터를 수치적으로 직접 볼 수 있다(Kim et al, 1991). 한편 Fig. 8과 Fig. 9 그리고 Fig. 10은 칼라 화면으로 처리되고 있다.

결 론

퍼스널 컴퓨터와 8096 마이크로프로세서를 이용하여 양어장 수조의 환경을 제어, 감시하는 자동화 시스템의 개발을 위한 기초단계로서, 간단한 모형수조를 대상으로 하여 기본적인 하드웨어를 구성하고 소프트웨어를 개발했다.

어떤 면에서는 현장과 괴리된 점이 있지만 양식장 자동화의 개념에 있어서는 큰 차이점이 없을 것이라 생각한다. 양식업은 어류의 유형에 따라 환경조건에 있어서 큰 차이를 보이고 있으며, 앞에서 제시한 환경의 우선 순위도 달라져야 할 것이다. 이러한 문제는 센서, 제어부(하드웨어적인)부분, 그리고 프로그램 등을 조금 변경하거나 추가함으로써 해결 할 수 있으리라 생각한다. 양식장 자동화의 실용화를 위해서는 현장의 경험이 있거나 지금 현재 종사하고 있는 양식가의 조언이나 공동연구가 필요하다.

추후 더욱 연구되어야 할 과제로서는 어망 세척, 활선선별기 등의 개발이 남아 있으며, pH와 용존 산소량의 제어시 지금은 급수, 배수펌프로 조절하고 있지만 중화제나 액체산소 등을 탱크에 비치해 두었다가 수질 상태가 기준치를 넘어 섰을 때 자동으로 주입시킬 수 있는 장치의 개발을 예상하고 있다.

사 사

본 연구는 한국과학재단지원 해양산업개발연구소의 "양어장 자동화 시스템의 개발"에 관한 연구결과

의 일부이며, 이에 관계자 여러분께 감사드린다.

참 고 문 헌

- Jee, M. S., S. G. Kim and S. B. Kim. 1994. Development of two dimensional position measuring for floating structure using an image processing method. J. Ocean Engin. Tech. 8(2), 22~27 (in Korean).
- Kim, S. B. and H. S. Kim. 1992. Application of one-chip microcomputer for mechanical systems. J. Kor. Soc. Mar. Engineers 16(1), 8~17 (in Korean).
- Kim, S. B. and C. H. Lee. 1991. Development of real time control package for digital control. Proc. Korea Automatic Cont. Conf. 317~321 (in Korean).
- Plaia, W. C. 1987. A Computerized environmental monitoring and control system for use in aquaculture. Aquacult. Engineering, 27~37.
- Na, J. R., S. H. Moon and Y. J. Ryu. 1991. Structure and Design of Intel 8096. Ohm. Co.
- 酒匂敏次 · 野尻徹郎 · 和田 明 · 中村 充 · 松石秀. 1982. 海洋環境のデザイン. 彰國社.
- 黒木敏郎. 1982. 海洋環境測定. 新水産學全集 31. 恒星社厚生閣.

1995년 2월 7일 접수

1995년 4월 10일 수리