

화상처리 기법을 이용한 어장 조성효과의 모니터링 시스템 개발

1. 실험수조에서의 이동물체에 대한 운동계측

지명석* · 김성근** · 정석권*** · 김상봉***

*현대자동차주식회사

**부산수산대학교 해양산업개발연구소

***부산수산대학교 기계공학과

Development of Fish Farm Monitoring System Using Image Processing Technique

1. Motion Measurement for Moving Body in the Wave Tank

Myoung-Seok JEE*, Seoung-Gun KIM** Seok-Kwon JEONG*** and Sang-Bong KIM***

* Hyundai Motor Company

** Research Center for Ocean Industrial Development,
National Fisheries University of Pusan, Pusan 608-737, Korea

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

This paper describes a monitoring system for fish farm formation effect based on personal computer by using an image processing technique. This method is based on image processing technique incorporating concept of window and threshold processing to track the target object and to distinguish it from background. The image processing program runs in the real time so that all program modules are able to process multi-task.

The effectiveness is evaluated through the comparative study on the motion of lantern net for the scallop culturing by wave action in an experimental wave tank.

Key words : CCD, image frame Grabber, ADC, DAC, thresholding

서 론

연안 어장의 보호와 자원 증식을 위해 국가적인 시책으로 인공어초 등의 구조물을 투입하고 있다. 즉 수산 생물의 산란 혹은 서식 장소를 제공함으로써 고갈되어 가는 연안 어장의 생물 자원을 보호하고 자원량을 인위적으로 증가시키고자 하는 연구가 활발히 이루어지고 있다(Koganezawa, 1989; Morimura, 1991; Ogata, et al., 1992). 인공어초를 만들어 해중에 투입하는 것은 막대한 예산을 수반하여야만 가능하다. 이

러한 예산을 매년 바다에 투입하기 위하여 인공어초 등의 인위적인 구조물의 투입에 따른 생산력의 증대를 확인하고 평가하는 작업을 수행하지 않을 수 없다. 그러나 어느 해역에서 인공어초 투입 전 생물의 구성이나 양을 인공어초 투입 후와 비교하는 것은 간단한 문제가 아니다. 또한 어초 어장 주변에 서식하는 어류의 생태학적인 정보를 소홀히 할 수도 없을 것이다. 이와 같은 정보를 얻는 기존의 방법으로, 스쿠버를 이용하여 눈으로 확인한다던가 어장 주위에 그물을 쳐서 어획되는 고기의 마리 수를 헤아려서 변화된 어

장 환경을 추정한다거나, 또는 수중 카메라를 이용하여 어장 주변을 촬영하고 변화된 환경 변화 상황을 관찰하는 방법을 취하여 왔다. 그러나 이와 같은 기존의 방법은 인간의 인력에 의존하고 있을 뿐만 아니라, 데이터의 연속성에 있어 결여되어 있어, 효율적인 모니터링 기술이라고 할 수 없다. 특히 24 시간 이상의 연속적인 시간에 걸쳐 장시간 동안 어떤 특정 생물체가 이동하는 경로나 주위 환경 변화에 따른 서식 형태를 관찰한다고 했을 경우, 기존의 방법은 인간의 육체적 노동이나 데이터 처리 장치의 기록에 대한 한계성 등으로 인해 얻으려고 하는 데이터를 수집할 수 없는 매우 비효과적인 관찰법이라 할 수 있다.

이에 대한 연구는 일본을 비롯한 해양국가에서 꾸준히 연구 및 개발되어지고 있으나, 국내에서의 연구는 지역적이고 간헐적인 기초연구에 머물고 있다고 할 수 있다(Kai et al., 1992; Okamoto et al., 1994; Shikama, 1994).

본 논문에서는, 인공어초에 의한 생태계 변화의 과정을 감시하고 분석하여, 그 효과를 극대화 시키는 데 목적을 두고, 어패류의 이동 경로에 대한 미시적인 정보 및 생태계 분포 상황의 도식적 처리가 가능하도록 하기 위해, CCD 카메라로 입력된 영상 정보를 PC에서 화상처리하여 인공어초 주변의 모든 상황과 특징의 생물체의 이동경로가 실시간으로 모니터링 될 수 있는 영상 처리 시스템을 개발하였다. 본 시스템의 기능을, 크게 2가지로 나눌 수 있는데, 그 하나는 CCD카메라로 얻어진 영상을 화상처리 하지 않고 바로 바이패스(by-path) 시키는 거시적 감시 기능이며, 다른 하나는 거시적 감시 기능으로서의 문제점인 정보의 과대함으로 인해 저장 보관하기 힘든 문제점을 보완하고 그 미세 정보의 수집, 해석을 가능케 하는 화상처리 기능이다.

본 실시간 모니터링 장치는, 화상처리 기술중에서 창(window)과 threshold의 기법에 기초한 물체의 인식 기술을 이용하여 실시간으로 대상 물체의 위치를 계측함으로써, 그 위치는 물론 속도와 가속도를 검출할 수 있는 기능을 가지고 있다. 또한 1 샘플링 시간 내에서 동시에 2개의 물체를 추적할 수 있어, 물체의 위치나 속도는 물론 그 회전 운동까지 계측할 수 있으며, 그래픽 기능을 부가하여 추적 과정을 볼 수 있게 하였다. 한편 모든 프로그램 모듈은 실시간으로

행하여지므로써 다른 시스템과의 조합으로 멀티태스킹(multi-tasking)을 가능하게 하였다. 이러한 화상처리를 이용한 계측 장치라는 면에서 보면, 기존의 운동 검출 방법에 비해 실험 환경에 영향을 받지 않을 뿐만 아니라, 그 응용 분야도 매우 넓고 설치 방법에 있어서도 매우 간단하여 설치가 용이하다.

화상처리 시스템의 구성 및 원리

일반적인 화상처리 시스템은 크게 이미지 수집 부분과 화상처리 부분으로 구분할 수 있다(Gonzalez, 1992; Pu and Shih, 1991; Tompson and Barnard, 1981). 이미지 수집 부분은 이미지 프레임 그래버 카드(image frame grabber card)가 처리한다. 이것은 카메라로부터 입력된 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환시키는 ADC(analog to digital converter), 영상 신호를 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 화상처리 부분은 PC의 CPU가 담당하는데, 이것은 이미지 프레임 그래버 카드의 비디오 메모리의 정보를 읽어 영상 처리를 하고, 한편으로는 VGA 모니터로 그 정보를 실시간으로 출력한다(Jee et al., 1994; Han et al., 1994).

한편 이와 같은 CPU의 부담을 줄이기 위해 영상 처리 연산을 별도의 DSP(digital signal processing) 프로세서를 사용하기도 한다. 위의 도식적인 표현은 Fig. 1과 같다.

본 논문에서 화상처리를 행하는 원리를 개략적으로 설명하면 다음과 같다. Fig.1에서 보인 카메라로 얻어진 아날로그 영상을 이미지 프레임 그래버 카드를 이용하여 실시간으로 잡고 그 영상 정보를 수집한다. 그 영상 정보는 색깔값(contrast, hue, saturation)과 밝기값(gray level)으로 표현된다. 컴퓨터의 CPU는 이 정보를 정수화하고 아날로그 영상을 처리하기 위해 디지털화(digitize)시키거나 또는 이진 영상(binary image)처리를 행한다. 한편 소프트웨어적인 처리를 하기 위한 전처리과정(pre-processing) 즉, 화상의 왜곡이나 농도등을 보정하고 난 뒤 필터링, 디지털처리,

1. 실험수조에서의 이동물체에 대한 운동계측

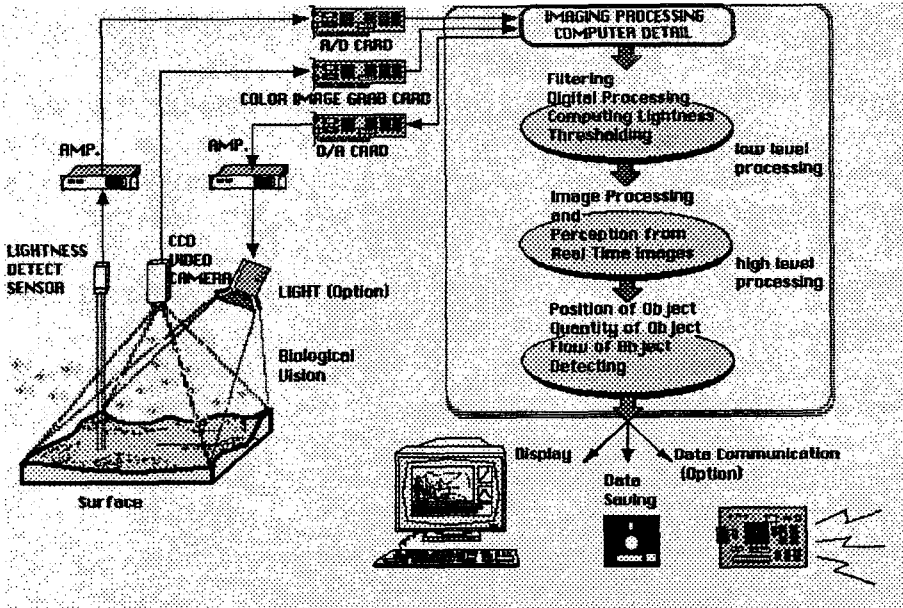


Fig. 1. Overview of image processing system.

명암 처리, thresholding, 경계선 검출등의 저급 처리 (low level processing)를 한다. 저급 처리가 끝난 뒤 영상을 해석, 인식하기 위한 고급 처리(high level processing)를 한다. 여기서는 영상에서 대상물의 추적이나 물리량 추출, 인식, 판단, 제어등의 각종 알고리즘이 적용된다.

실시간 모니터링 시스템 개발을 위한 프로그래밍

화상처리 프로그래밍
 화상처리에는 카메라 한대를 사용하는 2차원 계측이 있고, 카메라 두대를 사용하는 3차원 계측 및 해석이 있다(Hedly et al., 1991; Li and Duncan, 1993; Shariat and Price, 1990). 후자의 경우에는 두대의 카메라로 얻은 두 영상에 있어서 그 위상차를 얻어 대상 물체의 3차원적인 위치가 파악될 수 있다. 한편 전자 의 경우에는 대상의 운동이 2차원적으로 구속되어 있을 때 이용되며 후자에 비해 간단한 시스템으로도 실현이 가능하다.

본 논문에서는 CCD 카메라 한대를 이용하여 2차원적으로 운동하는 물체의 영상을 얻어 그 영상을 화상

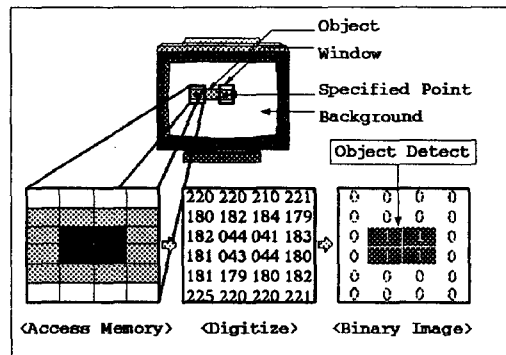


Fig. 2. Basic concept for image processing of motion measurement.

처리함으로써 물체의 병행 및 회전 운동등을 계측할 수 있는 시스템을 구성함에 그 목적을 두고, Fig. 2와 같은 화상처리 개념으로 프로그램을 개발하였다.

이 알고리즘의 개요는 아래와 같다. 우선 Fig. 3과 같이 2차원적으로 추종해야 할 운동하는 물체에 배경이나 물체와 구분되는 특이점을 표시한다. 이 특이점은 물체의 운동을 해석해낼 수 있는 곳에 위치해야 하며 물체나 배경과 구분되는 밝기값을 가져야 한다. 그리고 특이점과 함께 그 이웃하는 영상을 이미지 모니터 상에서 커서로 창을 설정한다.

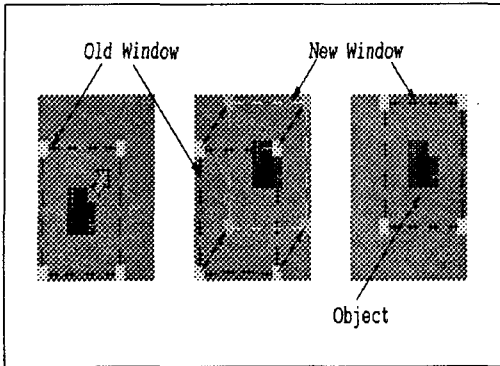


Fig. 3. Window setting concept for image processing of motion measurement.

한편 카메라로부터 입력되어지는 아날로그 live영상 신호를 일정한 시간마다 이미지 프레임 그래픽 카드로 잡아낸다. 이때 화상처리 연산용 PC의 CPU는 이미지 프레임 그래픽 카드로 잡아낸 영상중에서 특이점 주위의 창내에 위치하는 화소(Pixel: Picture element)들의 밝기값을 읽게 된다. CPU는 특이점과 주변 배경이 구별되는 특정의 밝기값과 실제 영상에서 얻어낸 창안의 밝기 값을 비교하여 창내의 영상을 0과 1로 이진화시킨다. 이러한 작업을 thresholding이라 하며 특이점과 배경이 구별되게 지정하는 특정의 밝기값을 threshold value라 한다. 이때 영상 정보는 특이점을 1로 주변의 배경을 0으로 mapping하게 된다. 이렇게 이진화되어 뚜렷이 구분되는 특이점이 창 중앙으로 놓이게 하는 창의 좌표를 재설정함으로써 물체를 추종하게 되는 것이다.

다시 말하면 Fig. 3에서와 같이 창의 왼쪽 위와 오른쪽 아래의 좌표에서부터 창의 중앙쪽으로 이진화된 값들을 읽어 감으로써 물체의 위치를 판별하게 된다. 이렇게 창내의 물체의 위치, 즉 좌표를 얻게 되면 그 좌표로부터 다시 어느 정도의 값만큼 떨어진 좌표에 새로운 창의 좌표를 설정한다. 이와 같은 연산이 끝난 뒤 다음 샘플링 시간에는 다시 grab한 영상에서 전 샘플링 시간에 검출해낸 창의 좌표 값으로 다시 위의 연산 과정을 반복함으로써 매시간마다 새로운 창의 좌표값과 함께 물체의 위치를 얻게 된다.

이 화상처리를 위한 연산 처리는 매 샘플링 시간마다 행하기 때문에 다음 샘플링 시간에 물체의 운동으로 특이점이 창 중심에서 벗어나 있다고 하더라도 항

상 창의 특이점을 중앙에 놓으려 하므로 창은 항상 물체를 추종하게 된다. 한편 창의 크기는 특이점에 비해 그다지 크지 않으므로 창의 중심 좌표를 특이점의 좌표라 둘 수 있다.

실제 프로그램에서는 물체의 회전을 계측할 수 있도록 두개의 특이점이 허용된다. 그리고 위의 작업은 8259의 타이머 인터럽트를 이용하여 매 프레임마다 시간을 측정하였고, 그 결과는 실험 종료후 데이터 처리 및 그래픽 처리를 하였다. 이에 대한 프로그램의 흐름도는 Fig. 4와 같다.

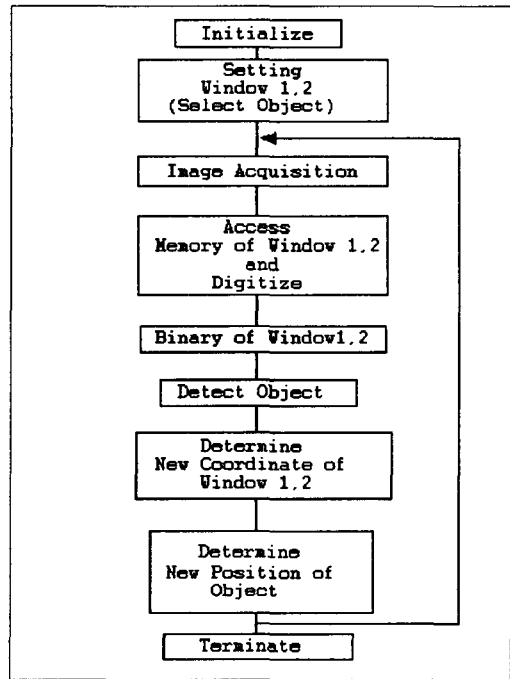


Fig. 4. Flow chart of image processing program.

실시간 처리 프로그램

본 화상처리 프로그램은 멀티스크 모니터 상에 CCD카메라를 통해 들어온 영상을 그대로 출력하는 기능, 창내의 정보를 화상처리한 데이터를 VGA모니터에 그래픽 처리하는 기능, 이미지 프로세싱 기능, 키보드의 센싱 등과 같은 다중 처리가 일정 샘플링 시간마다 실시간으로 처리된다(Kim and Lee, 1991). 실시간 프로그램은 이미 본 연구실에서 개발한 RT-CPP(real time control program package)를 이용하였다. 이것은 PC 내부의 시스템을 관리하는 타이머 인

1. 실험수조에서의 이동물체에 대한 운동계측

터럽트를 프로그래머가 원하는 시간으로 설정하고 그 인터럽트 벡터를 프로그래머의 소프트웨어로 벡터 변경하는 것으로서 일정한 샘플링 시간에 다중 처리를 가능하게 한다.

시스템의 적용 사례 및 고찰

가리비 채롱의 위치 계측

실험의 대상으로, Fig. 5에 보인 것과 같은 2차원 수조에서의 가리비 양식 모형 실험에 있어서, 파도에 대한 채롱(lantern net)의 운동을 계측하는 것으로 한다.

실험 장치에 사용된 기기와 하드웨어는, 해상도 512×512의 CCD카메라, 해상도 256×256의 흑백 image frame grabber 카드, 입력 영상을 디스플레이할 멀티싱크 모니터, 화상처리를 위한 IBM-AT(80486), 그리고 투명한 2차원 사각 수조로 되어 있다.

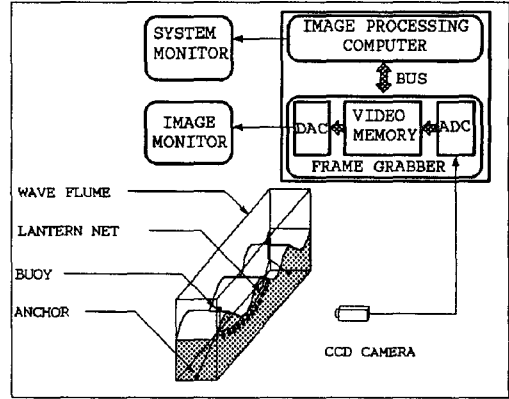


Fig. 5. Image processing configuration for scallop culturing system.

사용된 이미지 프레임 그라버 카드의 상태, 제어 레지스터는 3E8H에 주소하고, 메모리는 D000H~DFFFH (resolution 256×256)에 mapping된다. 그리고 grab시간은 1/60 sec/field이다.

한편 2차원 수조 내부에 놓여진 측정 대상물이 임

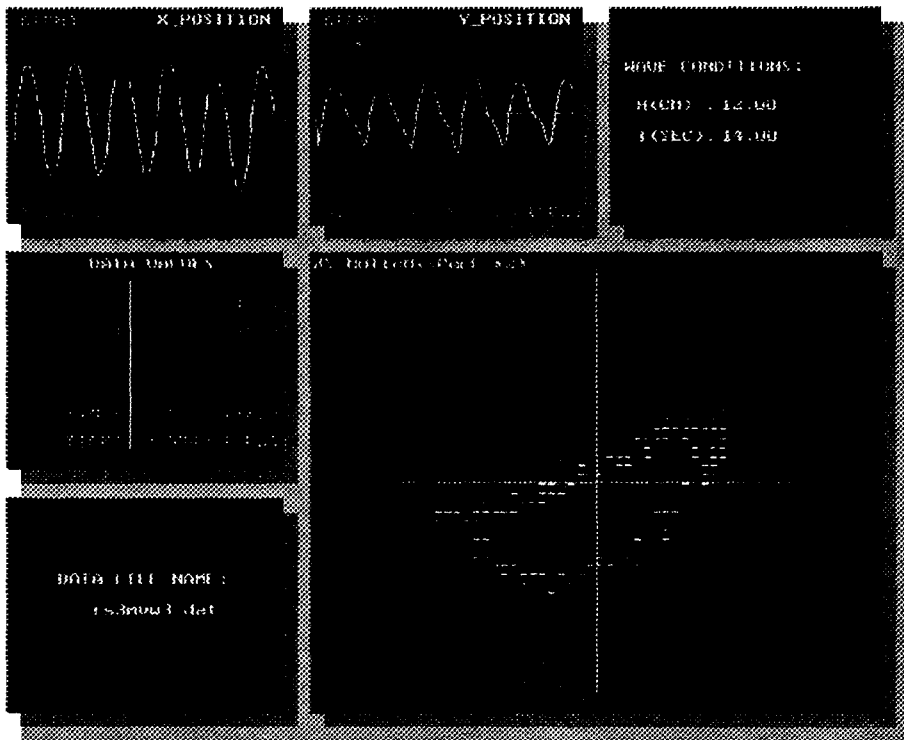


Fig. 6. Oscillation of lantern net.

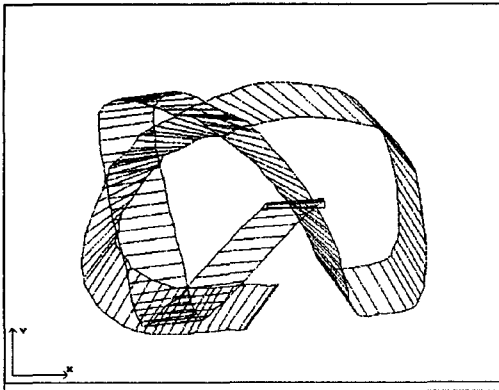


Fig. 7. Motion in the X-Y coordinate.

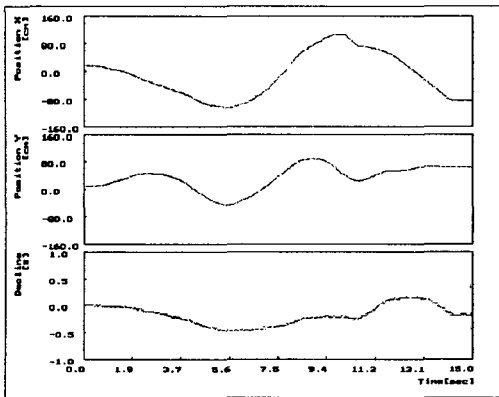


Fig. 8. Experimental results for motion of target object.

의 위치에서 이동할 때, CCD카메라로 대상물에 표시된 2점의 표적을 영상 입력하여 주어진 threshold 값으로 화상변환을 한 후, 그 위치의 이동 상황을 실시간으로 그래픽 처리하는 과정의 실험을 행하였다.

파도에 대한 모형 실험을 통해 채룡의 흔들림을 계측함으로써 실제 가리비 양식에 있어서의 줄에 대한 장력, 채룡의 크기와 길이, 그리고 각종 buoy 등의 설계 및 안정성 등과 같은 기본 설계가 가능하게 된다. 기존의 이와 같은 실험에서는 채룡의 움직임은 카메라로 그 움직임을 담아 재생시키면서 육안으로 계측하였으나 현재는 화상처리에 의한 위치 계측 장치로 손쉽게 계측해 낼 수 있다. 계측 결과는 아래의 Fig. 6과 같다.

실시간으로 영상 처리되는 동안, 멀티싱크 모니터는

CCD 카메라를 통해 처리된 영상을 실시간으로 그대로 바이패스하여 모니터링할 수 있으며, 컴퓨터의 VGA보드에 연결된 컬러 모니터는 화상처리된 정보를 실시간으로 2차원적인 그래픽 처리를 행하게 된다. 이때 디지털 처리된 화상정보는 CPU주변의 메모리 장치에 보관되어 필요한 때는 언제나 사용할 수 있도록 데이터 처리된다.

실험은 실시간으로 행해졌고, 한 frame 연산시간은 약 30 msec정도 소요했다. 실험 결과는 시간에 대한 물체의 x좌표, y좌표, 그리고 물체의 회전각을 Fig. 7과 같이 디스플레이하였고, x좌표와 y좌표의 2차원 motion도 Fig.8과 같이 그래픽 처리하였다.

결 론

본 논문에서는, 물체와 배경을 뚜렷이 구분할 수 있는 작은 창과 Threshold의 개념에 기초한 화상처리 기법을 이용하여 운동하는 물체의 위치, 속도, 가속도, 회전 각도 등을 계측할 수 있는 기능을 지닌 실시간 모니터링 시스템을 개발하여 그 유용성을 확인하였다.

본 시스템의 특징으로, 주변의 다른 물체나 배경에 영향을 받지 않고 정해진 영상 화면 내에서 운동모드에 관련된 정보를 얻을 수 있으며, 방대한 데이터 처리의 부담을 해소할 수 있었을 뿐만 아니라, 화상처리 프로그램 실행 시간을 최소화함으로써 프로그램 위에서 샘플링 시간 내에 물체의 계측외에도 다른 작업과 함께 멀티테스킹 처리가 가능하게 되었다.

본 시스템의 개발로 기대되는 효과를 수가해양 분야의 이용 측면에서 간단히 서술하면 다음과 같다.

- 1) 연안 어장의 보호와 자원 증식을 위해 설치된 인공어초 주변의 어장 환경 변화, 어패류의 자원량 분석 및 생태 등을 조사 분석함으로써 인공어초 투입에 따른 자원 조성 효과의 평가에 응용할 수 있다.
- 2) 실험 수조의 기존 운동 검출 방법에 비해 실험 환경에 영향을 받지 않을 뿐만 아니라, 그 응용 분야도 매우 넓고 설치 방법에 있어서도 매우 간단하여 설치가 용이함으로써 많은 활용이 기대된다.

1. 실험수조에서의 이동물체에 대한 운동계측

본 연구는 한국과학재단지정 해양산업개발연구소의 “연안 증양식어장의 생태계 제어 및 어장 조성 효과의 평가기술 개발”에 관한 연구개발의 일부이며, 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

참 고 문 헌

- Christopher, C. P. and Y. S. Frank 1991. Morphological shape description and shape recognition using geometric spectrum a multidimensional binary images. IECON'93 Robotics, Vision, and Sensors(Signal Processing and Control). 3(3), 1371~1376.
- Gonzalez, R.C. 1992. Digital image processing. Addison Wesley.
- Han, B., K. Bai, S. Kim and S. Kim. 1994. The study for control of autopilot system. Proceeding of the 1994. 6 The Korea Committee for Ocean Engineering and Technology, 56~61 (in Korean).
- Hedly, M., Y. Hong and R. Dov. 1991., An improved algorithm for 2-D translational motion artifact Correction. IEEE Transactions on Medical Imaging. Vol.10. No.4, 543~553.
- Jee, M., S. Kim and S. Kim. 1994. Development of two dimensional position measuring for floating structure using an image processing method. Journal of Ocean Engineering and Technology 8 (2), 22~27 (in Korean).
- Kai, T., Y. Izumi, C. Kishida and M. Takada. 1992. Offshore sea farming barge. 11th Ocean Engineering Symposium, 409~416 (in Japanese).
- Kim, S. and C. Lee. 1991. Development of real time control package for digital control. Proceeding of Korea Automatic Control Conference, 317 321 (in Korean).
- Koganezawa, A. 1989. Development and management of the fishing ground for the Aquaculture and Propagation. 9th Ocean Engineering Symposium, 71~77 (in Japanese).
- Li, L. and J. H. Duncan. 1993. 3-D Translational motion and structure from binocular image flows. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. 15(7), 657~667.
- Morimura, S. 1991. New trend of offshore fish farming. 10th Ocean Engineering Symposium, 269~296 (in Japanese).
- Ogata, M., T. Kawamoto and T. Ezaki. 1992. On the acquisition of marine living based on long term plans. 11th Ocean Engineering Symposium, 393~400 (in Japanese).
- Okamoto, M., O. Nagahama and N. Takatsu. 1994. Concept of a sea-floor Zuwai crab farm at 250 msw depth continental shelf. 12th Ocean Engineering Symposium, 179~186 (in Japanese).
- Shariat, H. and K. E. Price. 1990. Motion estimation with more than two frames. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. Vol.12. No.5, 417~434.
- Shikama, M. 1994. The subsurface float and mission in the ocean monitoring system. 12th Ocean Engineering Symposium, 195~204 (in Japanese).
- Tompson, W. B. and S. T. Barnard. 1981. Low-level estimation and interpretation of visual motion. IEEE computer. 14(8), 20~28.

1995년 2월 16일 접수

1995년 4월 30일 수리