

화상처리법을 이용한 어체 크기 선별기의 개발

김상봉 · 김환성* · 김성규 · 전양배
부경대학교 기계공학과, *부경대학교 해양개발산업연구소

Development of a Fish Size Grading Machine Using an Image Processing Method

Sang-Bong KIM, Hwan-Seong KIM*, Sung-Kyu KIM and Yang-Bae JEON

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

*Research center for Ocean Industrial Development, Pukyong National University, Pusan 608-737, Korea

Generally, the conventional fish size grading methods just adopt the mechanical technique. So the grading methods have a problem such that the graded fish is easy to hurt on the skin and in the internal organs. In this paper, a fish size grading machine is developed using an image processing method. The grading method is based on the principal axis theorem. The length and projected area of a fish are obtained by getting the principal axis and the product of inertia moment on the captured image of a target fish. The developed machine uses an uncontact technique that the target fishes go through the front side of the CCD camera. So the above stated problem can be improved. The performance of this method is discussed with the experimental results.

Key words: principal axis theorem, digital image processing, grading machine, CCD camera

서 론

양식산업의 성어나 종묘의 생산과정에서 선별작업이 중요한 과제가 되며, 특히, 성장의 중간 단계부터 성어에 이르기까지 고른 길이와 크기의 양질의 어류를 생산하기 위해서는 선별작업이 필요하게 된다. 또 종묘와 성어의 출하 시점에서는 길이를 맞추는 것이 어체의 건강 못지 않은 중요한 작업으로 되고 있다. 또한 어류나 생물과 관련하여 연구하고 있는 분야에서도 그 길이의 계측이나 길이별 마리수의 계산을 비롯하여 각종 기하학적 값들을 도출하는데 많은 시간과 인력을 소모하고 있다.

우리나라 양식장의 경우, 작업자의 시각적인 판단에 의존하여 어류를 선별하고 있는 것이 대부분이며, 이때, 10여명의 인원이 동원되어 단순 반복작업을 행하면서 선별작업을 수행하고 있는 현실이다. 그러나, 뱀장어 양식의 경우는 외국제품을 도입하여 기계식으로 자동선별하고 있으나, 그 이외의 양식의 경우는 거의 대부분이 인력을 이용한 선별법을 택하고 있는 실정이다.

현재 외국의 경우 뱀장어, 송어 및 연어등의 어종에 대해서는 주로 기계적인 메카니즘을 이용한 자동 선별기가 개발되어 사용되고 있으나(Research Center for Ocean Industrial Development 1996), 그 단점으로 지적되고 있는 문제점 중의 하나는 기계적인 부위에 접촉함으로써 어류가 예기치 않은 상처를 받을 우려가 있는 것이다. 특히 치어의 경우는 이러한 상처가 아주 치명적인 결점으로 되어 양식업자의 외면을 당하는 문제점이기도 하다.

양식장관리에 있어 선별작업 이외에 수조환경을 관리해주는 일로 인력절감을 비롯하여 선진양식화에 대단히 중요한 면으로 인식되어 실용화의 연구가 진행되고 있지만, 어체 크기 선별 자동화에 관련된 연구는 거의 없다. 특히 어체의 직접 접촉에 의한 기계식방식이 아닌 비접촉식으로 인간의 시각을 대신할 수 있는 선별법에 관한 연구는 찾을 수 없었다. CCD 카메라를 이용하여 물체 운동을 추적하거나 그 운동을 해석할 수 있는 연구가 본 저자들(Jee et al, 1994; Jee et al 1995; Kang et al)을 통해 수행되기는 했으나, 생물을 대상으로 하여 실시간적으로 그 형상 크기를 판별하는 연구 결과는 아직까지 보고되지 않았다.

본 논문에서는 이와 같은 문제점을 해결하기 위해 CCD 카메라와 컴퓨터를 이용하여 비접촉식 처리 방식으로 어체의 길이를 판단한 후, 이들 고기를 배분해야 할 수조나 연못으로 자동적으로 옮겨질 수 있도록 하는 첨단화된 선별법을 적용함으로써 자동 어체 크기 선별기의 개발을 시도하였다. 어체의 길이를 정확하게 계측하기 위해 먼저 기계적인 장치를 통해 이송되어 온 개체를 CCD 카메라의 전면을 통과시켜 CCD 카메라에서 얻어진 영상을 화상처리 보드와 컴퓨터에서 영상처리를 행하여 입력된 어체 크기에 해당된 픽셀수를 읽고, 그 도심과 주축의 각을 구하여 길이를 측정하는 방법을 제안하였다. 본 연구에서 개발한 선별기의 실용성을 확인하기 위하여 제안된 알고리즘으로 어체 길이를 자동 측정된 값과 수동 측정 값을 비교하였다. 또한 분류 기준을 미리 정한

후 자동선별 결과와 인간의 시각에 의한 수동 선별 결과를 비교, 검토 하였다.

재료 및 방법

1. 영상처리 및 어체 크기 선별장치의 구성

Fig. 1은 개발된 시스템의 전체적인 구성도를 보인 것으로, 영상처리 장치부와 선별 장치부로 나누어져 있다. 영상 처리부는 CCD 카메라와 프레임 그래버 (frame grabber)의 하드웨어를 기본으로 하여 컴퓨터에 연결되며, 선별장치부는 어체의 이송을 위한 컨베이어 벨트부, 모터 드라이브, 인터페이스부와 컴퓨터로 구성된다. 어체의 길이에 따라 출구가 조정되도록 하는 모터 구동부로 구성된다. 또한 모든 동작의 관리는 PC에서 이루어지며, 모터의 구동관리는 PC의 명령에 따라 원칩 마이크로프로세서에서 맡도록 구성되어 있다.

Fig. 2는 전형적인 영상 처리 시스템의 하드웨어적인 블록선도를 보여준다(Kenneth, 1996; Milan et al, 1993; Robert, 1989; 田村秀行, 1993) 영상 처리를 위해서는 기본적으로 비디오 카메라와 프레임 그래버 등의 영상 입력 장치, 적절한 비디오 보드를 장착한 컴퓨터 시스템, 그리고 영상 출력 장치가 필요하다. 비디오 카메라와 같은 영상 입력 장치로부터 취득한 영상을 사용자가 원하는 영상만으로 가공하거나 필요한 정보를 얻기 위해서는 영상 정보의 이진화(二進化), 필터링과 같은 여러 단계의 화상처리가 요구된다.

우선 비디오 카메라에 잡힌 영상은 아날로그 형태의 데이터이므로 컴퓨터가 이를 직접 받아들일 수 없다.

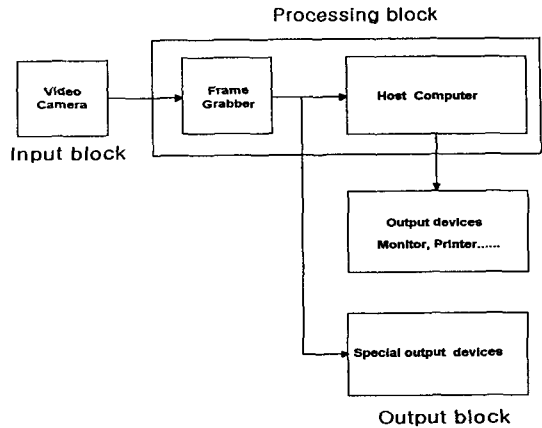


Fig. 2. Block diagram of the image processing system.

따라서, 디지털 영상 처리기인 프레임 그래버로 아날로그 신호를 컴퓨터가 이용할 수 있는 디지털 신호 형태로 바꾸어 주어야 한다. 그 다음 처리과정으로 영상 처리 소프트웨어의 여러 가지 영상 처리기법을 이용하여 보다 실물에 근접한 영상을 생성한 후, 컴퓨터 모니터나 그 밖의 출력장치로 출력한다. 프레임 그래버는 비디오 카메라와 컴퓨터를 연결해 주는 접속 장치 (interface) 역할을 한다.

Table 1에서는 본 시스템에 사용된 하드웨어의 사양들을 보이고 있으며, 화상처리용 프레임 그래버 보드로서 SeeEye256 (그림전자)을 사용하여 IBM-AT 호환 기종에서 MS-DOS를 소프트웨어의 개발 환경으로 하여 개발하였다. SeeEye256은 256그레이 레벨 (Gray level)을 지원

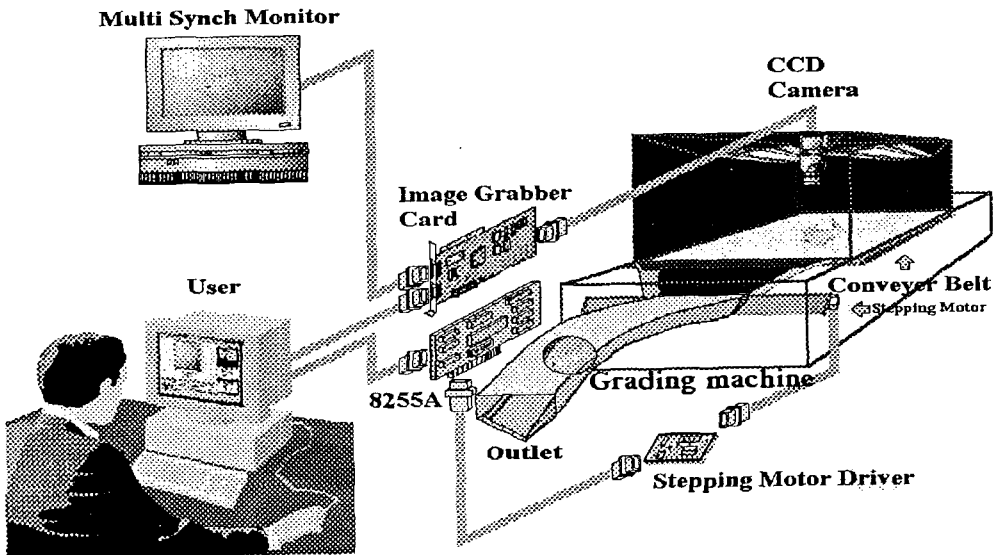


Fig. 1. Configuration of grading machine system.

Table 1. Hardware for fish grading machine system

Hardware component	Model and specification
Host Computer	Pentium 60MHz, MS-DOS
CCD Camera & Lens	KUKJAE IVC-831, 6 mm Lens
Image Frame Grabber Card	SeeEye256 Grabber Card
Image Monitor	NTSC monitor compatible
DIO	Handmade DIO board
Fish Grading Machine Body	15 mm Acrilan Plate
Stepping Motor	TAMAGAWA SEKI - 200 Step

하고, 가로 256, 세로 256의 분해능을 가지고 있다. 비교적 저렴한 비용으로 시스템을 구축할 수 있으며, 그레이 레벨만을 다루므로 개발이 용이하다는 장점이 있다. 그러나 컬러를 인지하지 못하므로 복잡한 물체를 대상으로 하여 영상을 처리하는 데는 어려움이 있다.

2. 영상 처리법을 이용한 어류의 크기 계산법과 계수법

본 절에서는 어체를 대상으로 하여 그 길이의 계산, 길이별 마리수의 계산 및 각종 기하학적 값들을 계산하는 데 요구되는 기본적인 알고리즘을 보이도록 한다. 어체의 길이를 식별하기 위한 영상 처리에는 여러 가지 어려움이 있다. 선별 대상물의 영상이 입력장치인 CCD 카메라까지 도달하는 과정에 있어 측정물체 주위의 밝기가 중심의 조명 밝기와 주변의 밝기가 다르기 때문에 이런 명암의 차이를 고려해야 한다. 이와 같은 CCD 카메라 영상 처리의 난점은 전처리 과정을 복잡하고 정교하게 해야만 해결할 수 있다. 어체의 크기를 구하기 위해, 먼저 CCD 카메라에 입력된 화상에서 어류만을 분리하고, 어체의 크기에 해당하는 픽셀수를 읽어서 그 도심을 구한 후 주축의 각을 구하여 길이를 측정하는 알고리즘을 보이면 다음과 같다.

어떤 평면도형의 도심을 지나는 X, Y축에 대한 관성 모우멘트 (Oh, 1993)는

$$I_x = \int y^2 dA \tag{2.1a}$$

$$I_y = \int x^2 dA \tag{2.1b}$$

이고, 관성상승 모우멘트는

$$I_{xy} = \int xy dA \tag{2.2}$$

이다. 단, A는 임의 물체의 평면도형상의 면적이며, x, y는 미소면적 dA의 좌표를 의미한다.

Fig. 3과 같이 X, Y축을 O점을 중심으로 하여 반시계 방향으로 각 φ만큼 좌표변환하였을 경우 그 새로운 축을 X', Y'라고 하면 X', Y'축에 대한 관성모우멘트는

$$I_{x'} = \frac{1}{2} (I_x + I_y) + \frac{1}{2} (I_x - I_y) \cos 2\phi - I_{xy} \sin 2\phi \tag{2.3a}$$

$$I_{y'} = \frac{1}{2} (I_x + I_y) - \frac{1}{2} (I_x - I_y) \cos 2\phi + I_{xy} \sin 2\phi \tag{2.3b}$$

와 같이 주어지며, 관성상승 모우멘트는

$$I_{x'y'} = \frac{1}{2} (I_x - I_y) \sin 2\phi + I_{xy} \cos 2\phi \tag{2.4}$$

와 같이 된다.

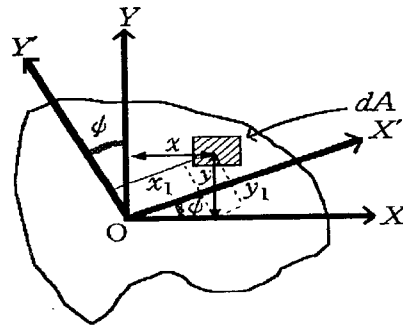


Fig. 3. Inertia moment and product of its moment.

주축에 대한 관성상승 모우멘트는 0이므로 주축의 방향을 구하려면 식 (2.4)의 우변을 0으로 둔다. 따라서,

$$\frac{1}{2} (I_x - I_y) \sin 2\phi + I_{xy} \cos 2\phi = 0 \tag{2.5a}$$

$$\tan 2\phi = \frac{2I_{xy}}{I_y - I_x} \tag{2.5b}$$

의 관계를 얻을 수 있다.

즉, 식 (2.5)는 관성상승 모우멘트가 0이 되는 X', Y'축의 방향을 결정하는 식이다. 이 식은 식 (2.3)을 φ에 관하여 미분하여 0으로 놓으면 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\frac{dI_y}{d\phi} = (I_x - I_y) \sin 2\phi + 2I_{xy} \cos 2\phi = 0 \tag{2.6a}$$

$$\frac{dI_x}{d\phi} = (I_x - I_y) \sin 2\phi - 2I_{xy} \cos 2\phi = 0 \tag{2.6b}$$

또한, 식 (2.5)을 φ에 대하여 풀면 다음 식과 같다.

$$\phi = \tan^{-1} \left(\frac{2I_{xy}}{I_y - I_x} \right) \tag{2.7}$$

따라서, 식 (2.7)에 의해 화상에서 분리된 어체의 주축의 각을 구할 수 있다. 본 어체 크기 측정용 계산 알고리즘은 화상해석을 통해 얻어진 어체 크기 영상의 도심을 구하고, 그 도심을 새로운 축 (x' , y')으로 정한 다음 그 새로운 축을 중심으로 주축의 각 (ϕ)을 구한다. 주축의 각은 위에서 언급했듯이 물체의 도심을 지나고 면적에 대칭되는 축을 나타내는 각이며, 그 새로운 축을 중심으로 주축의 각에 대한 식은 다음과 같다.

$$y' = \phi x' \quad (2.8)$$

이 식을 중심으로 화상해석을 통해 얻어진 어체 크기 영상의 픽셀수를 계산함으로써 어체의 크기를 계산할 수 있다.

그리고, CCD 카메라에 부착된 렌즈(6mm)의 사용으로 굴절에 의한 왜곡이 생긴다. 그 왜곡을 보증하는 방법으로 베지어(Bezier) 곡선 알고리즘을 이용하여 화상을 평활화하는 방법이 있다. 그러나 어체 크기 선별기는 실시간적으로 어체를 선별해야 하기 때문에 시간적으로 처리속도가 빨라야 한다. 베지어 곡선 알고리즘을 이용한다면 주축의 정보를 이용한 픽셀수의 계산은 매우 정확하겠지만 처리속도로서는 현실성이 없다. 따라서 본 논문에서는 굴절에 의한 가로 세로비의 차이를 보증하기 위해 중심점에서 모든 각에 대해 길이가 같은 모형 원의 화상을 얻어서 그 화상의 모든 각에 대한 길이의 오차를 계산하여 굴절에 의한 왜곡을 보증하는 알고리즘을 택하였다.

3. PC 프로그램의 흐름도

Fig. 4는 PC측의 주프로그램과 그래픽 처리, 데이터 디스플레이의 흐름도이다. PC측의 프로그램은 실시간적으로 CCD 카메라를 통해 입력된 어류의 영상처리를 행

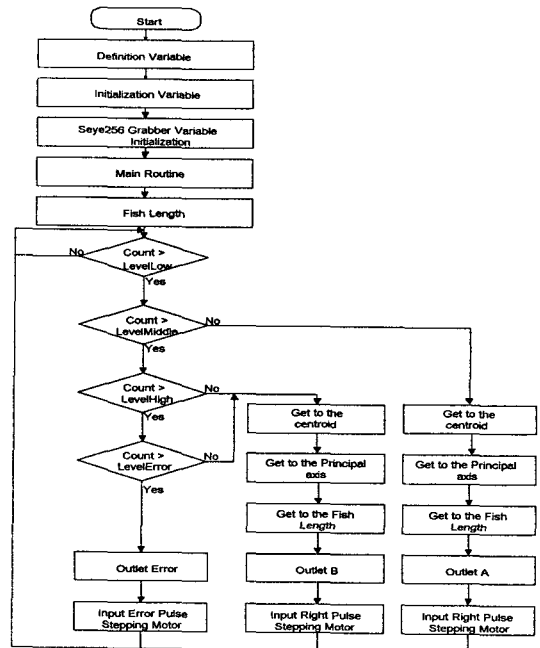


Fig. 4. Fish selecting flowchart using the principal axis theorem.

하여 어체 크기를 선별하고 있고, 어체 크기별로 3단계로 나뉘어질 수 있도록 모터를 제어하고 있다. 어체의 크기 별 단계는 사용자의 요구에 따라 약간의 프로그램 수정에 의해 언제든지 가능하다.

결과 및 고찰

Photo. 1은 어체 크기 선별기를 단순화하여 만든 모형

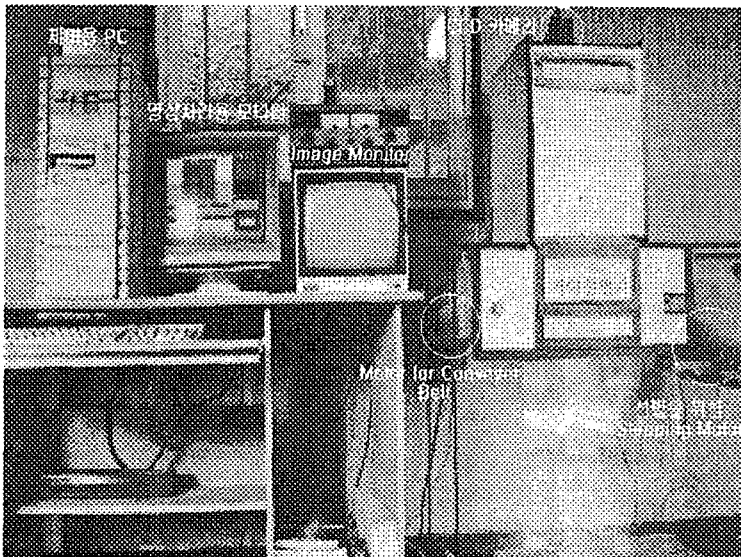


Photo. 1. Experimental equipment of fish grading machine.

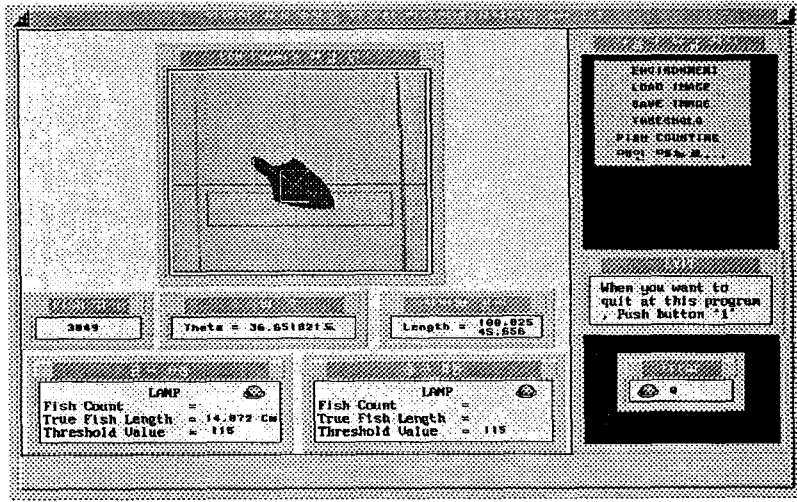


Fig. 5. A result screen of developmint fish grading machine.

선별기에 여러 가지 장치들이 Set up 되어 있는 상태를 보인 것이며, PC의 모니터링 화면 표시와 함께 CCD 카메라가 영상처리하고 있는 과정을 모니터링 화면을 통해 볼 수 있다.

Fig. 5은 PC에서 어체 크기 선별기에 설치된 CCD 카메라의 입력과 선별하는 상태를 컴퓨터 그래픽 처리하여 모니터링 하고 있는 결과를 보이고 있다.

실험은 길이가 다른 도다리 3마리를 어체 크기 선별기에 넣어 길이를 측정하고 길이에 따라 선별하였다. 이때 어체의 길이는 입 끝부분으로부터 꼬리 끝부분까지 측정 한 것으로 한다. Fig. 6은 도다리 3마리의 길이를 측정 한 실험결과를 그래프로 나타내었다.

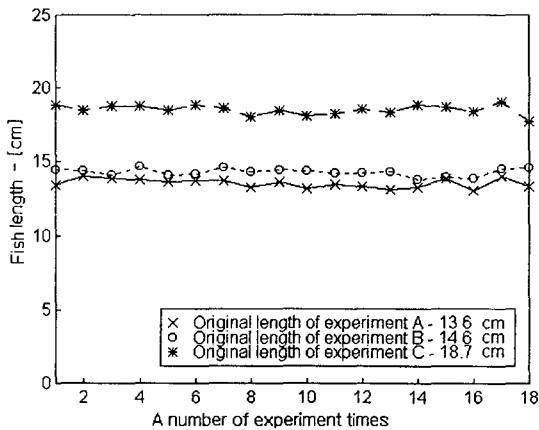


Fig. 6. Experiment results of fish grading machine.

실험은 어체 선별 길이의 기준을 풀다운 메뉴에서 14 cm로 정하고, 14 cm 이하일 때는 A 출구로 선별될 수 있도록 모터를 제어하고, 14 cm 이상일 때는 B 출구로

선별될 수 있도록 모터를 제어하였다. 그리고, 어류나 물속에 이물질이 포함되어 있는 것을 배제할 수 없기 때문에 만약 이물질이 포함되어 있을 경우에는 Error 출구로 처리될 수 있도록 모터를 제어하였다. 실험한 결과는 99%의 정확성을 나타내었다.

그리고, Tabel 2에서는 위의 실험결과에서 얻어진 어체의 평균 길이, 분산, 그리고 표준 편차를 나타내었다.

Table 2. Distribution of experiment results

Experiment	Real fish length	Computer result of average length	Computer result of deviation
A	13.6 cm	13.5 cm	0.1 cm
B	14.6 cm	14.3 cm	0.3 cm
C	18.7 cm	18.5 cm	0.2 cm

본 실험은 도다리 3마리 (각각 A, B, C)를 이용하여 각 실험당 18회씩 실시하였으며, 어체의 길이는 body length를 기준으로 하였으며, 실제 어체의 길이는 버어너 어캘리퍼스를 이용하여 수동측정을 하였다. 자동측정에서 카메라의 각 픽셀당 해당되는 길이는 Y축은 1 cm, X축은 0.8 cm로 정하였다.

실험 결과에 의하면 어체 길이에 대한 측정치의 표준 편차는 0.3 cm 이내였다. 그리고, CCD 카메라로 읽어들이 선별기로 분류하는데 까지 어류 한 마리의 선별 처리 시간은 약 2.5초 정도 소요하였다. 그러나, 고성능의 CCD 카메라와 처리 속도가 빠른 컴퓨터를 사용한다면 처리 시간은 매우 짧아 질 것으로 기대된다.

결 론

본 논문에서는 화상처리 기법을 이용하여 어체 크기

선별기를 개발하였다. 기존의 기계적 메카니즘에 기초하여 개발된 선별기에 비해 본 논문을 통해 개발된 어체 크기 선별기는 어류에 상처를 줄일 수 있을 뿐만 아니라, 오차가 거의 없이 어체의 크기를 선별할 수 있다. 또한 선별하는데 걸리는 시간의 단축은 물론 어류의 주축의 각을 계산하여 길이를 측정하므로 어체가 어느 방향으로 들어와도 어체의 길이를 정확하게 측정할 수 있는 방법이라 할 수 있다.

실험을 통해 개발된 어체 크기 선별기의 우수성을 확인할 수 있었고, 주축의 각을 계산하여 길이를 측정할 알고리즘은 각종 공학 및 기초과학 분야, 그리고 산업 현장에서도 응용이 클 것으로 기대된다.

사 사

본 연구는 농림수산 기술 관리 센터 지원에 의한 “양식장의 인력 및 에너지 절약을 위한 자동화 시스템의 개발”에 관한 연구개발 결과의 일부이며, 이에 관계자 여러분께 감사드립니다. 아울러, 연구의 제반사항에 대한 아낌없는 지원을 주신 부경대학교 해양산업개발연구소에도 깊은 감사를 드립니다.

참 고 문 헌

- Jee, M.S., S.K Jeong, S.G Kim and S.B Kim, 1994. Development of Two Dimensional Position Measuring Device for Floating Structure Using an Image Processing Method, In Journal of Ocean Engineering and Technology. 8 (2), 166~172 (in Korean).
- Jee, M.S., S.G Kim and S.B Kim, 1995. Development Of Fish Farm Mornitoring System Using Image Processing Technique, In Journal of The Korean Fisheries Society, 28 (3), 309~315 (in Korean).
- Kang, H.W. S.G Kim, S.K Jeong and S.B Kim, 1995. The Development of an Aquaculture Automatic System Journal of The Korean Fisheries Society, 28 (3), 284~300 (in Korean).
- Kenneth, R. Castleman, 1996. Digital Image Processing, Prentice Hall, Englewood Cliffs.
- Oh, S.K., 1993, Strength of Material, Dong Myung Publ. 111~122 (in Korea).
- Milan S., V. Hlavac and R. Boyle 1993. Image, Processing, Analysis and Machine Vision, Chapman & Hall Computing, (in London). Oh, S.K., 1993, Strength of Material, Dong Myung Publ., 111~122 (in Korea).
- Research Center for Ocean Industrial Development 1996. Aquarium Engineering, Pukyong National University Publ (in Korean).
- Robert S., 1989. Digital Image Processing and Computer Vision, John Wiley & Sons, in Canada.
- 田村秀行, 1993. コリピコ-タ畫像處理.應用實踐編(1), 總研出版, 東京.

1997년 11월 30일 접수

1998년 5월 2일 수리