

논문 2007-44SC-5-4

CCD 카메라를 사용한 물벼룩의 실시간 활동량 측정 하드웨어와 원격 모니터링 시스템 구현

(Implementation of Real-time Measurement Hardware for Activity of Water Flea and Remote Monitoring System using CCD Camera)

박 세 현*, 박 세 훈*, 김 응 수**

(Se-Huyn Park, Se-Hoon Park, and Eung-Soo Kim)

요 약

수질 감시를 위한 물벼룩 활동량 측정을 실시간으로 측정하는 하드웨어를 구현 하였다. 물벼룩은 수질 감시에 빈번히 사용하는 살아있는 생물학적 센서라고 할 수 있다. 물벼룩은 수질이 오염이 되면 활동량의 변화가 나타나기 때문에 물벼룩의 활동량을 감시함으로써 해당 수질의 독성 물질의 유입을 즉각 확인할 수 있다. 물벼룩의 활동량 조사는 기존의 방법은 LED를 이용한 발광부와 Photo TR을 이용한 수광부를 사용하는 방법이 있으나 물벼룩이 빛에 민감하게 반응하고 측정 대상인 물벼룩을 기준에 두고 2 개의 장치(발광부와 수광부)를 두는 불편한 점이 있었다. 본 논문은 기존의 방식을 대체하기 위해 CCD 카메라를 사용한다. CCD 카메라의 영상처리를 위해 이미지 버퍼에 저장한 후 컴퓨터나 DSP를 사용하여 소프트웨어로 일괄 처리를 하는 것이 아니라 실시간으로 하드웨어로 처리하는 시스템을 구현하였다. 그리고 구현된 하드웨어로 수질 경보를 위한 원격 모니터링 임베디드 시스템을 구축하였다.

Abstract

Hardware for monitoring the water quality is developed using water fleas. Water flea is a frequently used biological sensor for monitoring the water quality. Water fleas quickly respond to the incoming toxic water by changing their activity when they are exposed. By measuring the activity of water fleas, the incoming toxic water is instantly detected in real time. So far the measurement of activity of water fleas has been done with a system equipped with a light source of LED and a light detector of photo transistor. Water flea itself is, however, sensitive to light resulting in incorrect response and the system has two inconvenient separate parts of the light source and the detector. This paper suggests a system using a CCD camera instead of a light source and a detector. The suggested system processes the image data from the CCD camera in real time without any delay. The developed system becomes a part of the remote water monitoring embedded system.

Keywords: 실시간(Real-time), 물벼룩 활동량(Water Flea Activity), 모니터링(Monitoring), 수질(Water Quality)

I. 서 론

산업화가 진행됨에 따라 수질의 인체에 대한 안전성과 유해성에 대해 관심이 높아지고 있다. 수질 유해성

을 판단하기 위해 많은 물리적, 화학적 센서들이 필요하다.

그러나 수질에 대한 인체의 유해 여부를 알기 위해서는 많은 물리적, 화학적 센서들의 판단을 하나의 생물학적 센서가 효과적으로 대신할 수 있기 때문에 최근 생물학적 센서에 대한 관심이 집중되고 있다^[1~4].

일반적으로 수질에 적용하는 생물학적 센서는 미생물, 어류, 물벼룩 등을 사용한다. 수질에서 미생물의 사용은 독성 물질 유입에 따른 반응이 매우 빠르기 때문에 최근 매우 관심이 집중되어 있다. 그러나 미생물의

* 정희원, 안동대학교 전자정보산업학부
(Andong University, Elec & Info, Indust Eng.)
** 정희원, 대전대학교 IT전자공학과 (교신저자)
(Daejeon University, Dept. of IT Electronics Eng.)
※ 본 연구는 한국과학재단 특정기초연구(R01-2004-000-10494-0)지원으로 수행되었음
접수일자: 2007년5월14일, 수정완료일: 2007년9월7일

경우는 다른 미생물에 의해 오염이 쉽게 되며 이러한 과정이 현미경을 사용하지 않고는 눈으로 판독할 수 없을 뿐 아니라 타 미생물에 대한 오염이 빠른 속도 진행될 수 있다는 점에서 측정의 오류로 갈 가능성을 배제할 수 없다. 따라서 미생물의 경우 부가적인 미생물의 오염에 대한 대책이 필요할 실정이다. 이와 반대로 어류를 사용하는 경우에는 오염물질 유입에 대한 반응 속도가 미생물에 비해 상대적으로 느리나 눈으로 어류의 생육 상태를 쉽게 판단할 수 있어 타 생물학적 센서와 보완적인 측면에서 많이 사용한다. 그러나 물벼룩은 생육 상태가 눈으로 쉽게 판독될 뿐 아니라 배양이 쉽고 넓은 pH에서 저항성, 독성 물질에 대한 뚜렷한 감수성으로 인해 미국 EPA에서 유해물질 독성 시험 동물로 추천하고 있다

일반적으로 물벼룩이 살고 있는 물에 독성물질이 유입되면 활동량의 변화를 가져온다. 수질의 독성 물질 유입 여부는 물벼룩의 활동량의 변화를 측정하여 판단한다.

물벼룩의 활동량을 측정하는 기존의 구현 방법은 그림 1.a 와 같이 LED를 이용한 발광부와 Photo TR.을 이용한 수광부를 사용하는 방법이 있다^[1]. 물벼룩의 활동량에 비례하여 발광부의 빛을 수광부에서 차단하게 된다. 따라서 이것을 필터를 거쳐 계수함으로써 활동량에 비례하는 수치가 표시장치에 나타나게 하는 것이다. 이러한 방법은 측정 대상인 물벼룩을 가운데 두고 2개의 장치(발광부와 수광부)를 두는 불편한 점이 있었다.

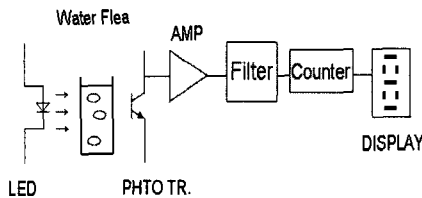


그림 1. a) 물벼룩 활동량 측정을 위한 기존 시스템

Fig. 1. a) A conventional system to measure the activity of water flea.

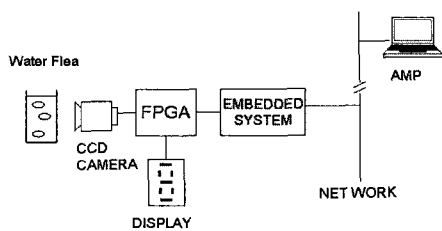


그림 1. b) 물벼룩 활동량의 실시간 측정을 위한 하드웨어와 수질 경보를 위한 원격 모니터링 시스템

Fig. 1. b) The suggested system for real time measurement of water flea activity.

또한 발광부의 빛의 회절을 방지하기 위해서 레이저 다이오드를 사용하기 때문에 수광부와 발광부의 위치를 정밀히 조정하여야 한다. 더군다나 물벼룩이 빛에 민감한 특성 때문에 발광부의 레이저 빛을 받는 위치와 받지 않는 위치에서 물벼룩이 빛에 대한 스트레스 강도가 틀리므로 이것이 물벼룩의 활동에 영향을 미친다. 또한 기존 시스템은 물벼룩의 효과적인 활동량 측정을 위해 수광부와 발광부의 LED와 Photo TR.의 센서 개수의 증감이 필요할 경우 센서가 하드웨어적으로 고정되어 있어 회로를 바꾸는 것은 불가능하다는 단점을 지닌다.

본 논문에서는 기존의 방식을 개선하기 위해 그림 1의 b와 같이 CCD 카메라의 출력을 사용하여 실시간으로 영상처리를 하는 전용 하드웨어를 구현하고자 한다.

본 논문에서는 기존의 방식과는 달리 발광부가 필요하지 않으므로 CCD 카메라의 정밀 조정이 필요하지 않으며 물벼룩의 활동 영상을 처리하여 측정함으로써 기존의 센서에 해당하는 화면상의 측정 부문을 최대한 증감할 수 있다.

본 논문에서 구현하는 방식은 CCD 카메라 영상을 전부 이미지 버퍼에 저장한 뒤 컴퓨터나 DSP의 소프트웨어 도움으로 활동량을 일괄 계산하는 방식이 아니라^[13], CCD 카메라 출력에서 소프트웨어의 도움 없이 하드웨어에 의해서 실시간으로 활동량을 측정하려고 한다. 따라서 고속이 아닌 일반 CCD 카메라의 NTSC 영상 출력일 경우에도 1/30 초의 정확도를 가질 수 있다. 그리고 물벼룩 활동량 측정 하드웨어를 사용하여 수질 경보를 위한 물벼룩 원격 모니터링 임베디드 시스템을 구현하고자 한다.

II. 물벼룩 활동량 측정을 위한 실시간 하드웨어 설계

CCD 카메라에서의 출력은 비디오 입력 프로세서에 의해 화면 면적에 해당하는 각 화소들이 디지털 값으로 순차적으로 출력된다. 한 마리의 물벼룩의 활동을 검출할 수 있는 단위 면적을 $N \times N$ 개의 화소라 두고 이 단위 화소 면적을 전체 화면에 격자형으로 배치한다. 본 논문에서는 이 단위 화소 면적을 Cell 이라고 하며 두 마리의 물벼룩 면적에 대응된다.

그리고 Cell이 가로 줄로 나열되어 있는 것을 본 논문에서 Cell Line 이라 한다. 그림 2는 화면에서 Cell Line 내의 Cell의 배치를 나타낸다. 여기서 Cell Line은 N 개의 수평 주사선에 해당한다. 그리고 Cell 안의 $M \times$

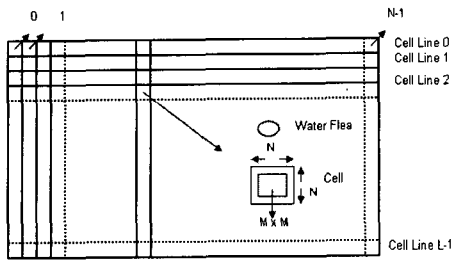


그림 2. Cell Line과 Cell 구조
Fig. 2. Cell line and the structure of cell.

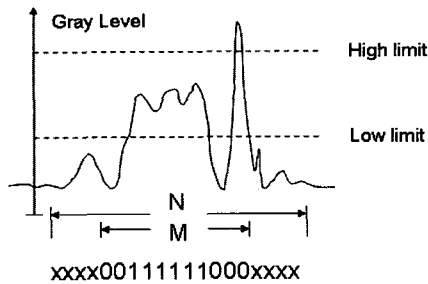


그림 3. Gray Level 과 High Limit 와 Low Limit 에 의한 비트 변환
Fig. 3. The gray level and the bit conversion limits of high and low.

M 화소 면적은 실제 물벼룩의 영상을 검출하는 영역이다.

Cell 내에서 물벼룩 영상 검출은 Gray 레벨을 거쳐 1, 0의 두 가지 비트 값으로 변화시킨다. 물에 담긴 물벼룩의 용기는 투명하며 배경이 단색 바탕에서 영상이 캡처되므로 2 가지 레벨에서 물벼룩 영상과 배경 영상을 쉽게 추출된다.

그림 3은 물벼룩 영상을 추출하는 Window Filter 원리를 설명한 그림이다. Gray 레벨이 Low Limit 이상 High Limit 이하의 값이 물벼룩의 영상 레벨이라고 두고 그 외 Gray 레벨 값을 배경 화면이라 둔다. 그리고 임의 영상의 Gray 레벨이 Low Limit 이상 High Limit 이하 범위 내에 있으면 물벼룩의 영상이라 간주하고 '1'의 값을 인가하고 그 밖의 범위이면 '0'을 인가한다. 여기서 영상 Gray 레벨은 최대 밝은 것을 0 어두운 것을 255로 역 변환시켜서 사용한다. 여기서 영상의 Low limit, High Limit은 외부에서 영상 상황에 맞추어 적절히 선택되며 N과 M의 크기는 카운터로 구현되며 가변 할 수 있다.

물벼룩의 영상 인식을 위해서는 각 Cell 내의 '1'의 개수를 카운터 하여 '1'의 개수가 일정 개수 이상이면 물벼룩의 영상이라 인식한다. 여기서 일정 개수는 Cell 내의 M x M의 크기에 관계되며 외부 밝기에서도 관계한다.

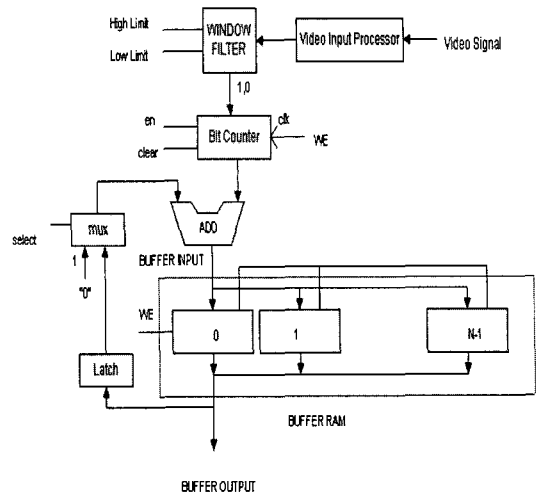


그림 4. Line 내의 Cell들을 위한 하드웨어 구조
Fig. 4. Hardware structure of cells in the line.

그림 4는 Cell Line에서 각 Cell의 '1'의 개수를 카운터한 후 이를 누적하기 위한 하드웨어이다. Cell Line은 N개의 수평 주사선으로 구성되어 있으므로 Cell Line 내의 모든 Cell이 계산되기 위해서는 이전의 계산 값을 저장하여 N번 누적할 필요가 있으며 각 Cell 당 1개의 메모리가 필요하다.

그림4에서 Bit Counter는 각 Cell의 가로 M라인의 bit를 카운터하며 카운터된 값은 ADD 로직을 통하여 각 Buffer Ram에 임시 저장 한다. 수평주파수 선 N라인마다 각 Cell에 해당하는 MxM의 비트 개수의 합이 완료된다. 따라서 ADD 로직과 Buffer Ram은 임의의 Cell에 대한 현재의 수평 주사선에 대한 카운터 값과 해당 Cell line의 이전 Cell의 값을 누적하기 위해 사용되었다. 이렇게 누적하기 위해서는 임의 수평 주사선에서 각 Cell에 대해 N x N의 시작 시점에서 카운터는 초기화되고 M x M 영역에서 Bit Counter가 동작되며 N x N의 영역의 끝 지점에서 Cell의 Buffer Ram 메모리 값과 더해져서 다시 Buffer Ram에 저장된다. 그리고 Cell Line 마지막 주사선에서 각 Cell의 Buffer Ram 값이 일정 개수 이상인가 비교하여 해당 Cell 내의 물벼룩의 유무를 인식 한다.

그림 4의 하드웨어는 연속된 새로운 Cell Line을 처리하기 재사용 된다. 그림 4에서 MUX는 다음 Cell Line을 위해 각 Cell의 Buffer Ram 버퍼를 초기화하기 위해 사용된다. 그림 5는 Cell 내의 물벼룩의 유무 인식과 물벼룩 활동량 검출을 위한 구조이다.

Buffer output는 임의 Cell line에서 특정 Cell 내의 '1'의 누적 계수이며 이것과 일정 개수(여기서 No of

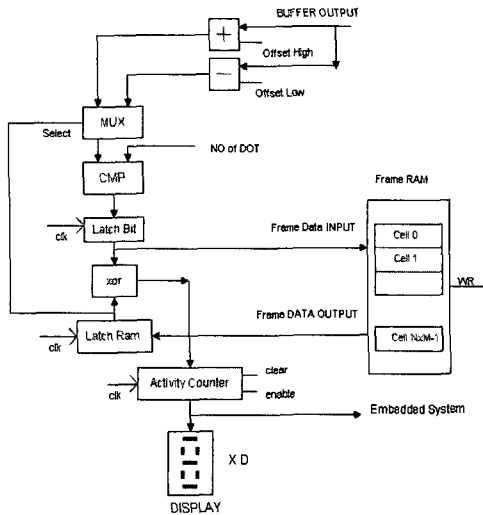


그림 5. 물벼룩 활동량 검출을 위한 하드웨어 구조
Fig. 5. The block diagram of hardware for measurement of water flea activity.

DOT 입)와 비교하여 물벼룩의 유무를 인식한다. Latch Bit는 Buffer output와 일정 개수(No of DOT)와 비교하는 로직(CMP)를 거쳐 '1' 이면 Cell 내의 물벼룩이 있음을 나타내고 '0'이면 없음을 나타낸다.

한편 물벼룩의 활동을 알아보기 위해서는 현재의 Cell의 상태와 이전 상태의 Cell의 상태를 비교함으로써 물벼룩의 활동을 알 수 있다. 즉, 임의의 Cell 이 이전에는 '0' 인 상태에서 현재 '1'로 변화되거나 '0' 상태에서 '1'로 되었다면 물벼룩은 활동상태가 되며 반대로 이전과 이후 변함이 없다면 물벼룩이 해당 Cell 근처에서 활동하지 않는 상태가 된다. 이것을 담당하는 회로 부분이 그림 5에서 XOR 부분이다.

따라서 과거의 Cell의 상태를 알기 위해서는 Cell의 상태를 저장시킬 메모리가 필요한데 이것이 Frame Ram이다. Frame Ram은 화면 내의 모든 Cell에 대한 '1' 또는 '0'의 상태를 저장할 공간이 있으며 각 Cell 당 1 비트 크기의 메모리를 지닌다.

임의의 Cell의 현재 상태는 과거의 Cell에 저장되어 있는 Frame Ram 메모리 내용과 비교한 후 다시 Frame Ram에 저장한다.

물벼룩이 Cell 영역 근처에서 물벼룩 활동과 무관한 떨림이나 영상의 떨림 혹은 영상의 잡음으로 인해 Cell의 상태가 '1'과 '0'로 진동하는 경우가 있다. 본 논문에서 이 진동 현상을 방지하기 위해 Buffer output와 일정 개수(No of DOT)와 비교할 때 단순 비교하는 것이 아니라 과거 상태에 의존하여 비교하는 히스테리시스 특성을 가지도록 하였다.

표 1. 히스테리시스 특성이 있는 비교 로직
Table 1. The comparative logic with hysteresis characteristics.

Cell 상태 (Latched Ram)	비교 로직의 두 입력 (CMP 로직의 입력)	
'0'	No_of_DOT	Buffer_output + offset_high
'1'	No_of_DOT	Buffer_output - offset_low

그림 5의 회로에서 MUX와 '+', '-' 및 CMP 로직이 이것을 담당한다. 표 1은 히스테리시스 특성이 있는 CMP 로직의 회로를 설명하여 준다.

XOR 로직의 출력을 단위 시간에 계수(Activity Counter)함으로써 물벼룩의 활동량을 측정할 수 있다. 이 물벼룩의 활동량 측정 데이터를 LCD로 직접 표시하거나 임베디드 시스템으로 구현하여 원격 모니터링 할 수 있다.

III. 수질 경보를 위한 물벼룩 원격 모니터링 임베디드 시스템 설계

앞서 설계한 물벼룩 활동량 측정 하드웨어를 사용하여 수질 경보를 위한 물벼룩 원격 임베디드 모니터링 시스템을 설계하였다.

일반적으로 수질을 측정하는 장소에 무관하게 원격으로 측정값을 모니터링 하는 것은 데이터의 집중화와 데이터의 분석 및 DB 구축에 매우 필요하다. 본 논문에서는 앞서 설계한 물벼룩 활동량 실시간 측정 하드웨어를 원격에서 제어하고 모니터링 하며 수질 경보를 할

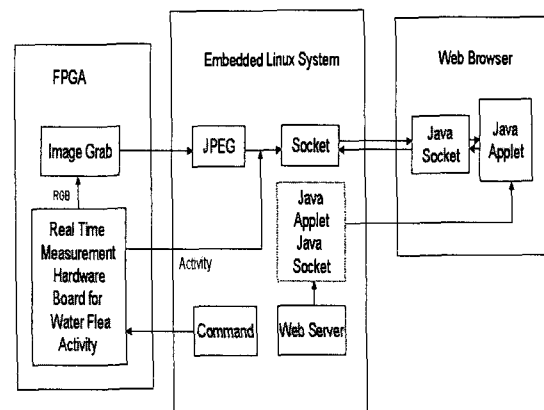


그림 6. 수질 경보를 위한 물벼룩 원격 모니터링 시스템
Fig. 6. The block diagram of the designed remote water quality monitoring system.

수 있는 임베디드 리눅스 시스템을 설계하였다.

그림 6은 설계된 수질정보를 위한 원격 모니터링 시스템이다. 설계한 원격 모니터링 시스템은 Server와 Client의 양쪽에 별도의 프로그램을 각각 구현해야 하는 Client/Server 방식이 아니라, 간단히 자바 애플릿과 Java socket을 이용하여 원격 웹 브라우저를 통해 임베디드 시스템에 접근함으로써 모니터링이 간단히 이루어지게 하였다.

일반적으로 서버렛을 사용하지 않고서는 애플릿만으로 서버의 자료를 가질 수가 없는 구조로 되어 있다. 그리고 본 논문에서는 임베디드 프로세서로 MPC860을 사용하고 있으며, MPC860을 포함하여 대부분의 임베디드 프로세서로서는 서버렛과 같은 프로그램 구축에는 시간과 노력의 비용이 상당히 많이 든다. 그러나 본 논문에서는 간단히 애플릿을 이용하여 원격에서 서버의 자료를 처리하기 위해서 자바 애플릿에서 소켓을 사용한다. 소켓을 통하여 물벼룩 활동량 실시간 측정 하드웨어(FPGA)의 각종 파라미터를 제어하고 물벼룩 활동량 및 물벼룩의 실제 영상을 모니터링 할 수 있게 구현하였다.

원격지에서 물벼룩의 실제 상태를 직접 보지 않고 물벼룩의 활동량 수치에만 의존하여 수질 경고 발생을 한다는 것은 심각한 오류를 발생 할 수 있기 때문에 구현된 모니터링 시스템은 물벼룩이 활동하는 실제 영상과 물벼룩 실시간 활동량 수치를 함께 모니터링 할 수 있게 하였다.

그림 6에서 보는 바와 같이 시스템의 구조는 크게 FPGA 보드와 임베디드 시스템 보드 및 원격지에서의 Web 브라우저로 구성한다. FPGA 보드에서는 Image Grab에 의해 물벼룩의 영상이 획득되고 그림 4와 그림 5와 같이 실시간 물벼룩 활동량 수치를 생성한다. 그리고 이 영상과 수치 데이터를 임베디드 시스템 보드를 보낸다. 이때 임베디드 보드는 FPGA에 영상 처리를 위한 명령을 내릴 수 있다. 그리고 임베디드 시스템 보드에서는 이 영상을 이미지를 JPEG으로 압축하고 임베디드의 소켓과 자바 소켓을 통해 원격지의 웹 브라우저에 전송한다. 따라서 원격 웹에서 표시되는 물벼룩의 활동량 수치는 실시간인데 비해 물벼룩의 영상은 실시간이 아니며 네트워크 의존적인 속도가 된다.

그림 7은 수질 경보를 위한 물벼룩 원격 모니터링 소프트웨어 흐름도이다. 임베디드 시스템에서 서버 프로그램이 시작과 동시에 웹서버를 구동시킨다. 그리고 그림 6의 FPGA 보드에 각종 초기 파라미터들을 설정하

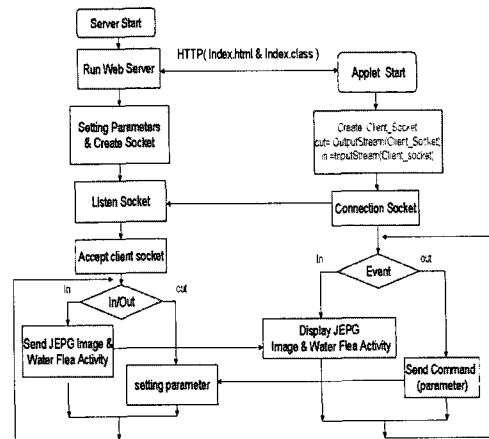


그림 7. 수질 경보를 위한 물벼룩 원격 모니터링 흐름도
Fig. 7. The flow chart of software for the designed water quality warning system.

고 소켓을 생성 시킨다. 그리고 클라이언트의 요구를 대기하고 클라이언트의 접근이 있을 시에 클라이언트와 서버간의 소켓 통신이 시작된다.

한편 원격지에서는 웹 브라우저를 통해 서버의 웹서버를 접근하면 서버의 웹서버는 Index.html과 Index.java의 class 즉, index.class를 원격 브라우저에서 넘겨준다. 여기서 Index.html과 Index.class는 각각 웹 브라우저에서 표시되도록 설계한 웹페이지와 애플릿이다. 원격 브라우저는 Index.html을 통해 웹페이지를 생성하고, index.class를 통해 클라이언트 소켓을 생성한다. 그리고 index.class는 클라이언트 소켓 통신을 위한 입출력 스트리밍을 생성시켜 서버와 소켓 통신을 시도하게 된다.

서버에서의 클라이언트 소켓 통신은 서버 측에서 FPGA에서부터 물벼룩 활동량 수치와 함께 물벼룩 영상을 JPEG 파일로 변환시켜 클라이언트로 전송한다. 그러면 클라이언트는 웹 페이지에 물벼룩 활동량 수치와 물벼룩의 영상을 표시한다.

클라이언트에서 서버로의 통신은 클라이언트 측에서 FPGA의 각종 파라미터 즉, NxN/MxM 카운터, Low limit/High Limit, Offset High/Offset Low, No of DoT 및 Clear/enable 등을 서버로 전송하고 서버는 이 데이터를 받아 FPGA에 설정한다.

IV. 실험 및 결과

그림 8은 수질 경보를 위한 물벼룩 원격 모니터링 클라이언트의 모니터 화면을 보여 준다. 대상이 되는 물벼룩은 6 마리로 실제 물벼룩이 아니라 동작 실험을 위

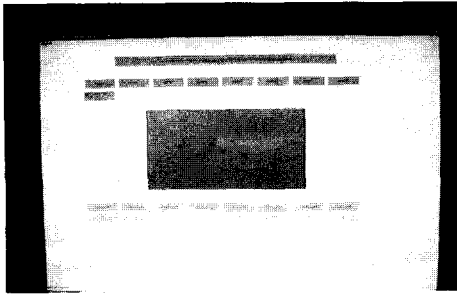


그림 8. 수질 경보를 위한 물벼룩 원격 모니터링 사진
Fig. 8. water flea remote monitoring photograph for water quality warning system.

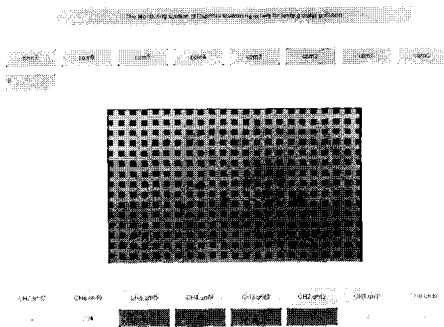


그림 9. 수질 경보를 위한 물벼룩 원격 모니터링 화면
Fig. 9. water flea remote monitor screen for water quality warning system.

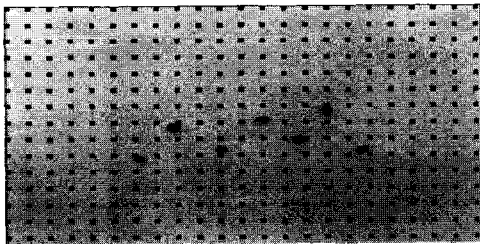


그림 10. NxN=16 X16, MxM=4 X 4 때의 모니터링 화면
Fig. 10. The monitor screen with N x N/M x M set up where N=16 and M=4.

한 모델이다. NxN/MxM을 설정하지 않았을 때의 화면 사진이다.

그림 9는 수질 경보를 위한 물벼룩 원격 모니터링 클라이언트의 화면을 캡처한 그림이다. 대상이 되는 물벼룩 모델을 그대로 두고 N x N/M x M 카운터를 각각 16 X 16, 8 X 8로 두었을 때의 화면이다. Low limit, Offset High/Offset Low, No of DoT 를 각각 45, 6, 6, 18로 했을 때 Label Ch7에 물벼룩이 2 마리가 인식되었다. 이때 high limit는 설정하지 않았으며 물벼룩 모델을 동작 시켰을 때 Ch6에서 물벼룩의 활동 수치가 표시된다.

그림 10과 그림 11은 각각 NxN= 16 x16 일 때

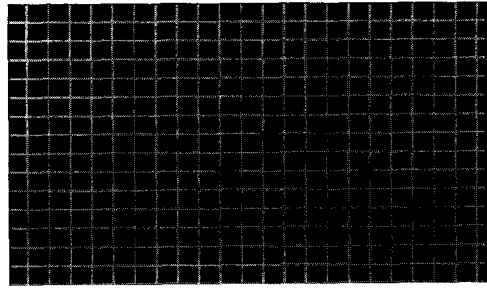


그림 11. NxN=16X16, MxM=13X13 때의 모니터링 화면
Fig. 11. The monitor screen with N x N/M x M set up where N=16 and M=13.



그림 12. Low limit를 45로 두었을 때 물벼룩의 Gray 레벨 화면 (Green로 표시)
Fig. 12. gray level screen of water flea when low limit is set in 45.

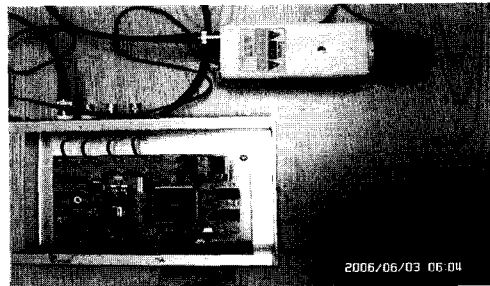


그림 13. CCD 카메라를 이용한 실시간 물벼룩 활동량 하드웨어 사진
Fig. 13. Real-time water flea activity hardware photograph using CCD camera.

MxM = 4 x 4 일 때의 모니터링 화면과 MxM = 13 X 13일 때의 모니터링 화면을 나타낸다.

그리고 그림 12는 Low limit를 45로 두었을 때 물벼룩의 Gray 레벨의 모니터 화면이며 Gray 레벨을 Green의 밝기로 나타내었다. 그림 13은 물벼룩 활동량 실시간 검출을 위한 하드웨어 사진이며 FPGA EP20k100EQC240에서 VHDL로 구현 되었다.

V. 결 론

수질 감시를 위한 물벼룩 활동량을 실시간으로 측정

하는 시스템을 구현 하였다. 그리고 구현된 하드웨어를 사용하여 수질 경보를 위한 원격 모니터링 임베디드 시스템을 구현하였다.

기존의 물벼룩의 활동량 측정에서 단점인 2 개의 장치(발광부와 수광부)를 두는 방식과 물벼룩이 센서에 민감하게 반응하여 활동량에 영향을 주는 문제와 센서의 개수가 고정된다는 문제점을 CCD 카메라의 영상을 하드웨어적으로 처리함으로써 해결하였다. 그리고 구현된 방식은 CCD 카메라의 물벼룩 영상처리를 위해 이미지 버퍼에 저장한 후 컴퓨터나 DSP를 사용하여 소프트웨어로 일괄 처리를 하는 것이 아니라 구현된 하드웨어로 처리를 하므로 실시간 처리를 할 수 있다.

또한 구현된 하드웨어를 사용한 수질 경보를 위한 원격 모니터링 임베디드 시스템을 구현하였다. 구현된 원격 모니터링 임베디드 시스템은 서블렛을 사용하지 않고 간단히 자바 애플릿과 자바 소켓을 이용하여 원격 모니터링 시스템을 효과적으로 구축하였다.

참 고 문 헌

- [1] 수질 오염 조기 감시를 위한 물벼룩 자동 독성도 측정 장치에 관한 연구, 장정식, 경남대학교 석사 학위 논문, 경남대학교, 2002.
- [2] 축산폐 처리를 위한 광섬유 생물반응기를 이용한 조류배양공정 개발, 한국 생물공학회지, 최정우, 김영기, 류재홍, 이우창, 15(I) p14-21, 2000.
- [3] 미생물을 이용한 수질오염 자동조기경보장치 및 자동 조기경보법, 출원번호 10-2004-0088687 (65) 공개번호 (22) 출원일자 2004년11월03일
- [4] 멀티채널 연속 수중 독성 탐지 장치 및 이를 이용한 수중독성 탐지방법, 공개번호 특2001-0056142 (22) 출원일자 1999년 12월 14일
- [5] 조정민, 이태훈 “실시간 디지털 원격감시시스템의 설계 및 구현에 관한 연구”, 한국통신학회 학술대회논문집, pp 1190-1194, 1997.
- [6] 김지훈, 홍승욱 “리눅스 기반 DVR시스템 통신모듈 설계 및 성능 측정”, 한국정보과학회 학술발표 논문집, pp 28-30, 2003.
- [7] 박세현, 박세훈, 김웅수 “원격제어 모니터링 시스템을 위한 임베디드 리눅스 시스템의 다중 채널 직렬장치 구현”, 한국해양정보통신학회 논문지, Vol. 9 No. 5, pp 1039-1044, 2005.
- [8] 박세현, 송근영 “임베디드 리눅스와 유전자 알고리즘을 이용한 교량진단 시스템 설계”, 한국해양정보통신학회 논문지, Vol. 9 No. 2, pp 355-360, 2005
- [9] 박세현, 송근영 “교량진단을 위한 새로운 리눅스 실장 지능형 제어기 및 원격 모니터링 시스템 개발”, 한국해양정보통신학회 논문지, Vol. 7 No. 3, pp 526-531, 2003.
- [10] 박은정, 정태경 “Embedded System Design을 위한 Real-time System의 최적화된 Timing 효과의 구현”, 한국해양정보통신학회 논문지, Vol.10 No. 8, pp 564-570, 2006.
- [11] K.W. Lee, B.G. Jeon, B.J. Min, “Development of Embedded Non-Volatile FRAMs for High Performance Smart Cards”, Journal of ST&S, Vol.4 No. 4, pp 251-257, 2004.
- [12] 김정국 “분산 실시간 객체를 지원하는 리눅스 기반 운영체제 TMO-Linux”, 대한전자공학회, 전자공학회지, Vol. 29 No. 11, pp 91-98, 2002.
- [13] 임 청, 김용득 “CCD Camera를 이용한 이동체의 궤적추출 알고리즘”, 대한전자공학회, 전자공학회 논문-SP, Vol. 42 No. 2, pp 81-86, 2005.
- [14] 유정재, 선선구, 박현욱 “CCD 영상에서의 실시간 자동 표적 탐지 알고리즘”, 대한전자공학회, 전자공학회논문-SP, Vol. 41 No. 6, pp 99-108, 2004.

저 자 소 개



박 세 현(정회원)
 1980년 경북대학교 전자공학과 졸업
 1982년 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업 (공학석사)
 1985년 아주대학교 대학원 전자공학과 졸업 (공학박사)

1997년 11월 국민포장 수여
 1997년~1999년 안동대학교 공과대학 학장
 1999년~2000년 미시건 주립대학 전기컴퓨터공학과 겸임교수
 2001년~현재 안동대학교 전자정보산업학부 교수
 <주관심분야 : 디지털시스템 설계, 임베디드시스템, 유전자알고리즘>



박 세 훈(정회원)
 1980년 경북대학교 전자공학과 졸업
 1982년 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업 (공학석사)
 1993년 Arizona State University Electrical Engineering 졸업 (공학박사)

1983년~1986년 현대전자 반도체 사업부
 1993년~1995년 한국전자통신연구원 반도체연구소
 1995년~현재 안동대학교 전자정보산업학부 교수
 <주관심분야 : 집적회로설계, 아날로그 회로설계>



김 응 수(정회원)-교신저자
 1977년 부산대학교 전자공학과 졸업
 1979년 부산대학교 대학원 전자공학과 졸업 (공학석사)
 1993년 Tohoku University Electronics Engineering 졸업(공학박사)

1982년~1993년 한국전자통신연구원 책임연구원
 1993년~2000년 선문대학교 전자공학과 교수
 2000년~현재 대전대학교 IT전자공학과 교수
 <주관심분야 : HCI, Embedded System, 차세대 PC>