

웹 기반 인공심장 모니터링 시스템의 설계와 구현

정진한^{****} · 이지훈^{***} · 최재순^{****} · 민병구^{**}

*서울대학교 대학원 협동과정 의용생체공학전공, **서울대학교 의과대학 의공학교실, *** (주)바이오메드랩
(2001년 9월 25일 접수, 2002년 4월 6일 채택)

Design and Implementation of the Web-based Monitoring System for an Artificial Heart

Jinhan Chung^{****}, Ji Hoon Lee^{***}, Jaesoon Choi^{****} and Byoung Goo Min^{**}

*Interdisciplinary program in Biomedical Engineering Major, Seoul National University

**Department of Biomedical Engineering, College of Medicine, Seoul National University

***Biomedlab Co. Dongsung Bld., 1-49, Dongsung-dong, Jongno-gu, Seoul, Korea

(Received January 25, 2001. Accepted April 6, 2002)

요약 : 이동 작동기형 인공 심장의 원격 모니터링을 위한 시스템을 설계, 구현하였다. 동물 실험이나 환자에서의 임상 실험 후 인공 심장 동작 상황에 대한 원격 모니터링은 필수적이다. 본 논문에서는 담당자가 환자로부터 멀리 떨어진 곳에 있을 때에도 인터넷을 통해 간편하게 인공 심장의 동작 상황과 혈류역학 정보를 확인할 수 있는 시스템을 제안하여 그 성능을 확인하였다. 기존의 시스템과 쉽게 연결하여 사용할 수 있도록, 또 쉬운 관리와 기능 향상을 위하여 COM(Component Object Model) 기술 기반의 콤포넌트 모듈로 데이터 전송 부분을 구현하였고, 범용의 브라우저를 이용하여 인터넷에 연결, 확인토록 자바 애플릿을 이용하여 실행되도록 하였다. 또한 정해진 룰에 따라 판단하여 인공 심장의 이상 동작시 관리자에게 알려주도록 하였다. 구현된 시스템을 1개월 이상 생존하는 동물에 적용하여 본 결과 아무런 문제없이 정상 동작함을 확인하였다.

Abstract : The remote monitoring system including hemodynamic information and pump status of the implanted animal could be helpful during the in vivo experiment or clinical trial for an artificial heart implantation. In order to monitor the course of the in vivo experiment continuously and anywhere, web-based remote monitoring system was developed, which can monitor pressures(AoP, LAP, RAP, PAP) and flow information as well as the pump operating conditions. The system consists of data sending, storing, viewer part. The data sending part was constructed using component object model and the viewer part was constructed using the Java applet. In addition, the dialog box was introduced to communicate each other instantly and the alarming function was also introduced when the hemodynamic values were out of the desired ranges. The developed remote monitoring system was applied during the in vivo experiment of the BVAD (Bi-ventricular Assist Device) implantation for 1 month and showed designed work without failure.

Key words : Remote Monitoring, Alarm Message, Moving-actuator type VAD(AnyHeart)

서 론

현재 개발중인 이동 작동기형 인공 심장은 크게 체내 시스템과 체외 시스템으로 구성되어 있다. 체내 시스템은 인체 내

에 이식된 인공 심장의 정상적인 동작을 보장하고, 체외 시스템은 이식된 인공 심장의 상태를 외부에서 지속적으로 모니터링 함으로써 부가적으로 필요한 제어를 담당한다. 이러한 시스템에서는 체외 제어 모니터링 시스템을 통해서만 이식된 인공 심장의 상태를 감시, 제어할 수 있다.

인공 심장의 동물 실험, 임상 실험이 여러 기관에서 여러 번 수행되므로, 무선 통신 기술을 이용한 원격 모니터링이 필요성이 높아지고 있다. 잠깐의 오동작이라도 환자에게는 치명적이므로 지속적인 모니터링이 필수적이다. 이에 인공 심장의 기본적인 동작 정보를 제공하여, 환자, 의료 인력 및 의료 기

이 논문은 대한민국 보건복지부의 선도기술연구(#HWP-98-G-2-040)의 지원으로 수행되었음.

통신저자 : 민병구, (110-744) 서울시 종로구 연건동 28

서울대학교 의과대학 의공학교실

Tel. 82-2-760-3126, Fax. 82-2-760-7788

E-mail. bgmin@plaza.snu.ac.kr

관에 모두 편의성과 경제적 혜택을 줄 수 있는 원격 모니터링 시스템 개발의 필요성이 대두되고 있다.[1]

WorldHeart에서 개발중인 HeartSaver VAD는 바이오텔레메트리(Biotelemetry)라는 원격 모니터링 및 제어 기술을 통해 원격지의 의사나 병원에서 인공 심장의 동작상태를 감시할 수 있다.[2]

본 논문에서는 인터넷을 이용하여 인공 심장의 내부 정보와 인공심장 이식 후 혈류역학 정보, 동물상태에 관한 데이터를 전송하여 원격지에서 관찰할 수 있도록 하는 원격 모니터링 시스템을 제안, 설계하였다. 또한 이 전송되어진 데이터를 바탕으로 내부에 정해진 법칙에 따라 상태를 판단하여 경고할 수 있는 시스템을 구현하여 검증하였다.

시스템의 구성

인공 심장 시스템의 구성

이동 작동기형 인공심장은 브러시 없는 직류 전동기의 왕복 운동에 의한 혈액 주머니의 수축과 이완의 반복으로 혈액 순환이 이루어지는 메카니즘이다. 체내에 이식되는 장치로는 혈액 펌프, 내부 제어기, 내부전지, 무선 정보 전달 & 에너지 전송 내부 장치가 있고, 체외 장치로는 외부 제어기, 외부 전지, 무선 정보 전달 & 에너지 전송 외부 장치가 있다.[그림 1] 펌프는 내부 제어기의 제어 신호에 의해 동작하며, 체외 제어 모니터링 시스템은 내부 제어기로부터 나오는 신호들을 무선 정보 전달 장치를 통해 화면에 표시하며, 조건 변경시 그 값을 내부 제어기에 전달한다. 체외 제어 모니터링 시스템이 전달하는 신호에는 심실간 압력 신호(InterVentricular Pressure, IVP), 전류 신호, 모터 위치 신호가 있다. 심실내 압력은 혈액 주머니 사이의 빈 공간의 압력으로 전류와 함께 인공 심장의 주요 제어 변수이다.[3]

웹 기반의 모니터링 시스템 구성

인공 심장을 모니터링 하기 위해 두 가지의 프로그램이 동

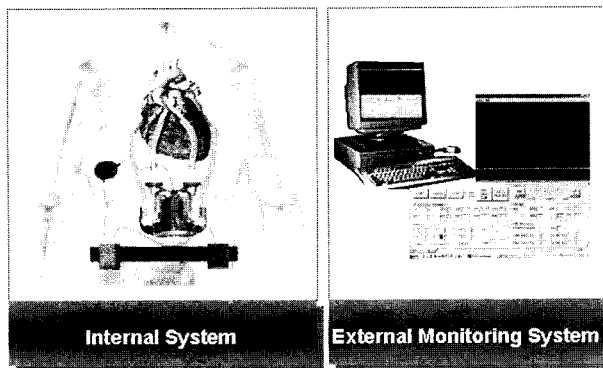


그림 1. 이동 작동기형 인공 심장 시스템의 구성
Fig. 1. Configuration of the moving-actuator type artificial heart

작하고 있다. 하나는 직접 인공 심장과 통신하면서 제어하고 펌프의 신호를 전달 받는 프로그램이고, 다른 하나는 외부 측정장치를 이용하여 생체신호들을 동시에 보면서 저장하는 역할을 하는 데이터 수집 프로그램이다. 이 두 프로그램에서 모여진 데이터를 네트워크를 통해서 외부로 전송하는 방법은 다양하다. 본 시스템에서는 버퍼에 일정량의 데이터가 모이면 그것을 파일로 만들어 보내 주는 방법을 사용하였다. 한 파일을 보내고 그 다음 파일이 만들어지기까지는 중간에 놓치는 데이터가 발생할 수 있지만, 어느 정도의 일정 주기 안에 계속 새로운 데이터를 볼 수 있기만 하면 되기 때문에 쉽게 구현할 수 있는 방법을 위와 같이 사용하였다. 그러나 실제 적용될 때 의미가 있도록 하기 위해서 가능한 빠른 속도로 데이터가 전해질 수 있도록 네트워크 상황에 따라 가변적으로 동작하도록 하였다.

웹 기반의 모니터링 시스템은 크게 다음의 세 부분으로 이루어진다.[그림 2] 인공심장으로부터 데이터를 받아서 외부로 보내주는 부분, 갱신되는 데이터를 계속해서 가지고 있는 웹/FTP 서버 부분, 그리고 자바 애플릿으로서 사용자의 범용 웹 브라우저 안에서 실행되면서 서버로부터 데이터를 받아서 그래프로 현재 상황을 보여주는 부분이다.

인공 심장 데이터를 외부로 보내주는 부분

인공심장으로부터 데이터를 받아서 외부로 보내주는 부분은 데이터 수집 프로그램의 한 모듈로서 추가하였다. 이 모듈은 원래 프로그램의 한 쓰레드로 실행되면서 일정량의 데이터가 모이면 FTP를 통해 서버에 연결하여 데이터 파일을 계속적으로 갱신하는 역할을 한다. 발생하는 데이터는 Log File 형태로 FTP(File Transfer Protocol)를 사용하여 인터넷상으로 전송된다. 여기서 보내주는 데이터의 종류는 인공심장 동작시 소모되는 전류, 심실간 압력(InterVentricular Pressure, IVP), Direction 신호와 외부 환자 모니터(Patient Monitor)의 센서들을 통해 측정하는 대동맥압(Aorta Pressure, AoP), 좌심방압(Left

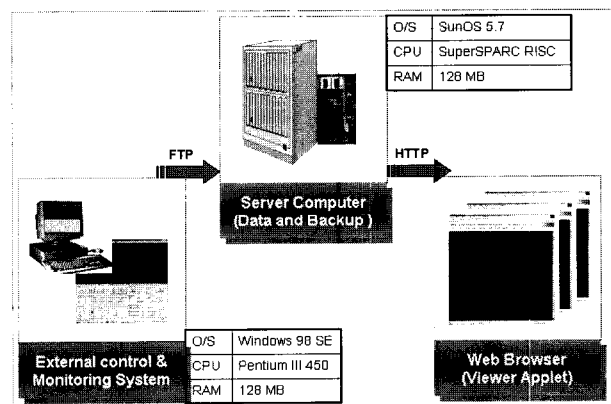


그림 2. 웹 기반 인공 심장 모니터링의 구성
Fig. 2. Block diagram of the web-based monitoring system for an artificial heart

표 1. 데이터 전송 모듈의 인터페이스와 함수들

Table 1. Interface and function description of a data transfer module

Interface	Function Name	Description
IQueue	SetData	Put data in queue
	GetData	Pull data out queue.
	ClearData	Clear queue.
	IsFull	Check queue full.
	IsEmpty	Check queue empty.
IsetData	Setdate	Set current date and time.
	SetPumpParam	Set pump parameters.
	SetCalibrate	Set data calibration factor.
	SetInfo	Set pump information.
	SetServer	Set IP on the server.
	SetDir	Set directory.
	SetFilename	Set file name.
	SetAccount	Set account.
	SetPassword	Set password.
	SetOtherInfo	etc.
IftpSend	FtpSend	Data transfer using ftp.

Atrial Pressure, LAP), 우심방압(Right Atrial Pressure, RAP), 폐동맥압(Pulmonary Artery Pressure, PAP), 혈류량(Flow)등이다. 데이터를 쓰는 주기는 미리 정해져 있지 않고 계속 루프를 돌면서 지연시간 없이 작업을 한다.

갱신되는 데이터를 보관하는 웹/FTP 서버 부분

웹/FTP 서버는 단순히 데이터를 중간에서 중계해주는 역할만을 한다. 미리 정해진 디렉토리에 데이터 수집 프로그램이 새로운 파일을 쓸 수 있도록 만들어 놓고, 홈페이지를 통해 외부의 사용자들이 그 데이터 파일을 볼 수 있는 애플릿을 사용할 수 있도록 하였다.

웹 브라우저 안에서 데이터를 그래프로 보여주는 부분

Microsoft사의 인터넷 Explorer나 Netscape Navigation 등 범용 Browser를 사용하여 페이지에 접근할 수 있도록 자바언어를 사용하여 애플릿형태로 작성하였다. 자바 애플릿은 사용자의 웹 브라우저 안에서 실행되면서 서버에 있는 데이터를 읽어내고 그것을 그래프로 만들어 보여주도록 하였다. 화면 위쪽에는 연속된 그래프로 그려지는 신호들과 평균값, 최대값, 최소값이 같이 표시된다. 아래쪽에는 현재의 인공심장 제어 파라미터들의 값과 맥박 등이 숫자로 표시된다. 이 애플릿은 5초에 한 번씩 서버에 있는 데이터가 새롭게 갱신되었는지를 검사하여 새로운 데이터일 경우 다시 읽어들이며 화면을 갱신시켜준다.

시스템 설계 및 구현

데이터 전송 모듈

인공 심장의 외부 제어 프로그램의 경우 인공 심장 구동 모듈의 자동 제어를 위해 여러 버전의 프로그램들이 사용된다. 따라서 외부 제어 프로그램과는 별도로 개발되어 실행 시에 쉽게 결합할 수 있는 프로그램이 필요하다. 인공 심장 외부 제어 프로그램은 현재 Windows 환경에서 작동하므로, Windows 환경에 가장 적합한 컴포넌트 프로그래밍 방식인 COM(Component Object Model)방식을 사용하여 데이터 전송 모듈을 설계하였다. 데이터 전송 모듈은 외부 제어 프로그램 내에 포함되어 작동하는 인 프로세스 서버(In-process server)로 구현되며 DLL(Dynamic Linking Library)의 형태로 컴파일되었다. 데이터 전송 모듈은 외부 제어 모니터링 프로그램과의 사이에 IQueue, ISetData, IFtpSend라는 이름의 세 가지 인터페이스를 두고 있는데, 이들은 각각 전송될 데이터의 전달, 함수 호출, 전송의 역할을 하게 된다. 인터페이스별 함수의 이름과 역할은 표 1과 같다.

외부 제어 모니터링 프로그램이 인공 심장 내부 제어기로부터 수신된 신호를 받아 화면에 값을 그래프로 표현할 때마다 그 값을 IQueue 인터페이스의 SetData 함수를 사용하여 데이터 전송 모듈로 전달한다. 데이터 전송 모듈 내부의 큐(Queue)가 다 차게 되면 데이터 전달은 중지되고, IFtpSend 인터페이스의 FtpSend 함수를 호출하여 FTP를 통해 서버에 데이터를 전달하게 된다.[7] FtpSend함수는 큐에 있는 데이터를 이용해 우선 로컬 데이터 파일을 만든다. 이 파일 안에는 ISet인터페이스를 통해 설정된 현재 날짜와 시간, 인공 심장의 펌프 동작 조건, 펌프의 혈류 박출량과 그 밖의 정보들, 신호의 이름과 데이터 보정 계수, 신호의 샘플 수 그리고 각 샘플의 데이터가 일반 텍스트 형식으로 기록된다. 데이터 보정 계수는 데이터 전송 모듈로 넘어온 값들이 미리 보정된 것이 아

```
// AnyVAD raw data file through ftp: v2.0
Pump condition      : Normal
Current condition   : Normal
IVP(L): -22.0/-17.9/-29.5 IVP(R): -97.9/-21.2/-53.8
Current(L): 0.098/ 0.090 Current(R): 0.158/ 0.178
PTBC(L)            : 94
Date&Time          : 2001 06 24 14 17 14
Control             : 51 51 550 550 0 0
PR: 105 eAoP: 29 eLPO(IVP/PTBC): 2.4/ 0.6 eRPO: 0.0
Signal Descriptions : Current, IVP, Direction
Calibrate factors   : 8.437000-200.222000, 1.632000-213.746000, 1 0
data_no: 700
43_97 1
43_93 1
44_89 1
45_86 1
48_83 1
50_81 1
51_78 1
53_77 1
55_75 1
57_74 1
57_71 1
28_97 0
27_105 0
32_110 0
34_115 0
.....as below.....
```

그림 3. 서버로 전송되는 데이터 파일의 내용
Fig. 3. Contents of a transferred data file

난 경우에 사용하게 된다. 실제로는 이미 보정을 거친 후에 전달되게 되므로 잘 쓰이지는 않는다. ISet인터페이스의 SetOtherInfo함수는 나중에 추가할 내용이 있을 때 사용할 수 있도록 예비로 만들어 놓았다. 이렇게 해서 만들어진 파일을 FTP로 서버에 전송하게 된다.[그림 3] 데이터 전송 모듈의 동작은 다음과 같이 5단계로 정리할 수 있다.[그림 4]

- ① 외부 제어 프로그램 실행 시, 설정 사항을 초기화 단계.
- ② 데이터 전송 모듈의 큐에 전달 단계.
- ③ 큐가 모두 채워질 시 전송 함수를 호출 단계.
- ④ 데이터 파일 생성 단계.
- ⑤ FTP 서버에 전송 단계.

3.2 데이터 증계 서버

데이터 증계 서버는 FTP 서버와 웹 서버의 기능을 동시에 하면서 FTP를 통해서 데이터 전송 모듈이 보내오는 데이터 파일을 받아 업데이트하고, 웹을 통해서 외부 사용자들의 요구에 따라 그 데이터를 보내주게 된다. 이때 저장될 데이터 파

표 2. 웹 기반 모니터링 시스템에 사용된 장비들
Table 2. Equipment for the web-based monitoring system

The Platforms of data transfer module and external control & monitoring program for artificial heart
- Intel Pentium III-450 processor, 128 MB RAM - Windows 98 SE O/S, Microsoft Visual C++ 6.0
Server Computer
- Sun SuperSPARC RISC processor, 128 MB RAM - Sun OS 5.7 O.S. Apache 1.3.3 WebServer
Web Browser
- Netscape Naviator 4.08 over - Microsoft internet Explorer 4.0 over

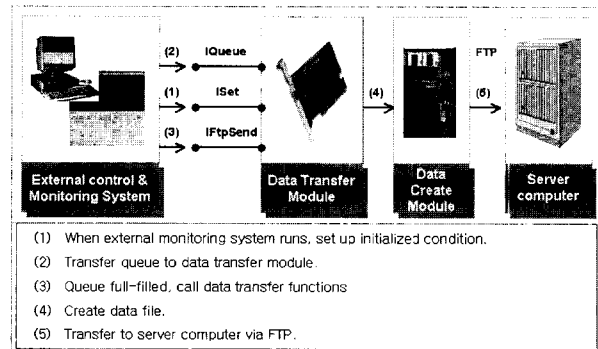


그림 4. 데이터 전송 모듈의 동작 과정
Fig. 4. Procedures in a data transfer module

일의 위치와 동시성 제어(concurrency control) 문제를 고려해 주어야 한다.

데이터 파일을 전송할 때 웹을 통해서도 접근이 가능한 디렉토리 속에 데이터 파일을 저장해야 한다. 예를 들어 www.server.com이란 UNIX 서버에 snuah1이라는 이름의 계정을 가지고 있고, 여기에서 Apache 웹 서버가 작동하고 있는 환경이라면 일반적으로

<http://www.server.com/~snuahl>

이라는 주소로 snuah1의 홈페이지를 찾아가게 된다. 이 때 이 주소가 실제로 가리키는 곳은 snuah1의 홈 디렉토리 아래의 public_html이라는 디렉토리가 되므로 데이터 전송 모듈이 FTP를 통해 데이터 파일을 보낼 때는

<ftp://www.server.com>

으로 연결해서 snuah1계정으로 로그인한 다음 public_html 디렉토리나 그것의 서브디렉토리로 파일을 전송해야 그 파일을 웹을 통해서도 접근할 수 있게 된다.

추가로 고려해야 할 사항은 동시성 제어 문제이다. 웹을 통해 데이터에 접근하는 사용자 수가 많아질수록 데이터 전송 모듈이 데이터 파일을 새로 쓰려고 하는 시도와, 사용자의 요구에 따라 웹서버가 데이터 파일을 읽으려고 하는 시도가 동시에 일어나서 서로 충돌할 확률이 높아진다. 이렇게 데이터 파일이 새로 갱신될 때에는 파일을 잠가놓아서 읽기 시도는 잠시 기다리게 해야 데이터 파일의 무결성이 보장된다.[8] 웹을 통해서 데이터를 보려고 하는 사용자는 비록 짧은 시간이라고 하더라도 아무 응답도 받지 못하고 기다려야만 하며, 만약 네트워크 상황이 좋지 않아서 데이터 파일이 갱신되는 시간이 길어진다면 그에 따라 사용자의 불편은 더 커지게 된다.

그래서 실제 구현에서는 새로운 데이터가 갱신되는 시간이 길어지더라도 사용자가 아무 데이터도 받아보지 못하고 기다리는 시간이 없도록 하기 위하여 하나의 작업을 더 거치도록 하

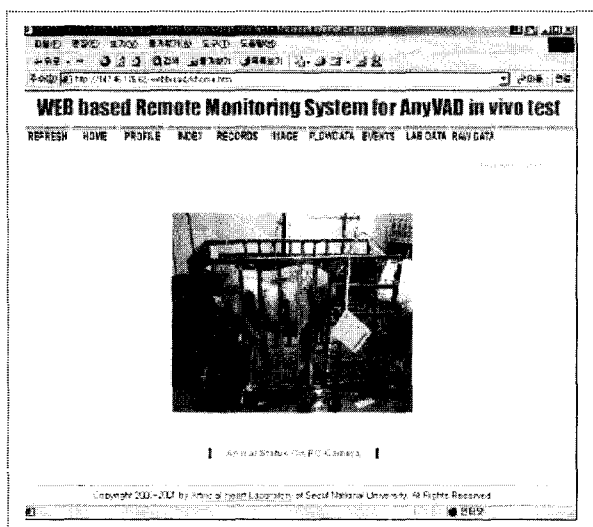


그림 5. 웹 브라우저에서 관찰되는 동물의 모습
Fig. 5. Animal status via internet web browser

였다. 데이터 전송 모듈이 데이터 파일을 보낼 때에는 일단 다른 이름으로 서버에 전송을 한다. 그런 다음에 원래 있던 파일을 지우고 새 파일을 이전 파일의 이름으로 바꾸게 하였다. 이 결과 새 파일이 기록되는 동안에도 사용자는 이전의 데이터를 받아들 수 있으므로 아무 응답 없이 빈 화면만 지켜보고 있어야 하는 응답 시간을 최소한으로 줄일 수 있다. 데이터 중계 서버는 웹 기반의 인공심장 모니터링 시스템을 이루는 세 부분 중의 하나이기는 하지만 실제 역할은 그리 크지 않다. 단순히 데이터 파일을 저장하였다가 사용자의 요구가 있을 때 전달해 주기만 하는 역할만 하게 함으로써, 컴퓨터 사양이나 운영 체제와 관계없이 FTP/웹 서버를 데이터 중계 서버로 이용할 수 있다.

웹을 통한 신호 전송

상호 정보 교환이 가능한 쌍방향 통신을 구현하기 위하여 자바 애플릿을 사용하였다. 비슷한 방법으로 ActiveX방법이 있으나, 이는 시스템의 API(Application Programming Interface)를 직접 호출할 수 있기 때문에 보안측면에서 위험하다. 또한 특정 브라우저와만 더 잘 결합한다는 것도 범용성 면에서 문제가 있다[9]. 자바 애플릿은 애초에 사용자의 디스크를 읽거나 쓸 수 없고, 그 애플릿이 배포된 서버 컴퓨터 이외에는 네트워크를 통해 다른 어떤 컴퓨터에도 접근할 수 없도록 되어 있기 때문에 기능이 제한적이기는 하지만 보안 측면에서는 더 안전하다.[10]

인공심장 모니터링 시스템에서의 자바 애플릿은 사용자의 요청이 있을 때에 데이터 파일을 가져다가 그 내용을 화면에 표시해주는 뷰어(viewer) 역할을 한다(이하 뷰어 애플릿이라 함). 사용자의 요청을 받아들이는 웹서버의 HTML문서에는 뷰어 애플릿이 포함되어 있어서 이 애플릿의 코드가 사용자의 컴퓨터로 전송되어서 실행된다. 기본적으로 필요한 사항은 브

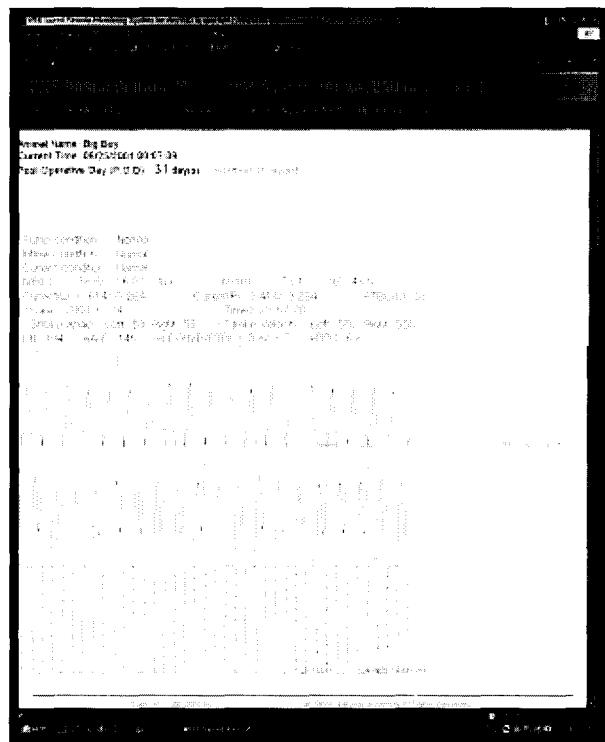


그림 6. 웹 브라우저에서 뷰어 애플릿이 실행된 모습
Fig. 6. Viewer applet on web browser

라우저 내에서 어느 정도의 크기를 갖고 애플릿이 실행될 것인가에 대한 정보와 애플릿 이름이다.[그림 4] 이 애플릿은 tahview32.class 라는 바이트 코드 형식의 바이너리 파일로 서버에 위의 HTML파일과 함께 저장되어 있다가 HTML파일이 웹 브라우저로 전송될 때 같이 따라서 전송되어서 실행된다.[9] 뷰어 애플릿에서는 'data'와 'port'라는 이름의 두 파라미터를 사용하는데 'data'에는 이 뷰어 애플릿이 읽어들이고 화면에 표시할 인공심장 데이터 파일의 이름이 들어가고, 'port'에는 이 애플릿이 사용할 포트 번호가 들어가게 하였다. 뷰어 애플릿이 일단 사용자의 컴퓨터에 전송되어 실행되기 시작하면 스스로 데이터 파일을 가져다가 웹브라우저 화면에 그 정보를 표시해 준다. 뷰어 애플릿은 5초에 한 번씩 서버에 접속해서 데이터 파일이 새로 갱신되었는지를 확인한다. 헤더에 이어서 데이터 파일의 내용이 순서대로 전송되고, 애플릿은 그것을 읽고 해석하여 펌프 동작 조건 등은 숫자로, 심실간 압력신호와 전류신호 등은 그래프로 신호의 파형을 표시해주게 된다. 각 파형의 특정 위치의 값들은 마우스 버튼을 누르면 나타나도록 구현하였다.

동물 영상의 전송

동물실험에 적용했을 때 현재의 모니터링 시스템은 인공심장으로부터 나오는 주요 신호들을 보고 그 값과 파형으로 실험 동물의 상태를 파악할 수 있도록 되어 있다. 그렇지만 동물의 자세에 따라, 예를 들어 갑자기 일어선거나 앉거나 할 때

이전과 다른 신호가 나오게 되므로 종합적으로 동물의 상태를 진단하기 위해서는 영상으로도 감시할 필요가 있다. 다만 이 경우는 영화나 TV를 보는 것이 아니기 때문에 높은 프레임 비율이 필요하지는 않다. 동물의 영상 전송을 위한 방법으로는 화상 통신 등에 많이 쓰이는 CCD(Charge Coupled Device) 카메라를 이용하였다. 최근에 나오는 장비들은 보통 USB(Universal Serial Bus) 인터페이스에 연결하도록 되어 있어서 별도의 인터페이스 카드가 필요 없다. 따라서 USB 단자를 통해서 카메라로부터 들어오는 영상 신호를 받아 웹으로 이미지를 전송하여 동물의 상태를 관찰하였다.[그림 5]

전자우편과 휴대폰을 이용한 경보 장치

데이터 전송 모듈에 경보 기능을 추가하면 위급한 상황에서 좀 더 빨리 적절한 조치를 추가할 수 있다. 전자우편을 보낼 때에는 전자우편 서버에 접속하여 SMTP(Simple Mail Transfer Protocol) 규약에 맞추어 메시지를 보내도록 하였다.[7]

개인 휴대전화로 문자메시지를 보내는 방법이 널리 퍼져 있으므로 그러한 서비스를 제공하는 웹사이트와 연동하여 현재의 상황을 직접 담당자에게 알리도록 하였다. 현재 상용서비스 되고 있는 각 이동통신사의 SMS(단문전송 Service)를 직접 이용하기 위해서는 이동통신사와의 협의가 필요하고 WAP 프로 그래밍과 함께 SMS Server 구축을 위한 별도의 Library를 구매하여야 하는 제약이 따르므로 직접적인 호출보다는 현재 인터넷 포털 Site에서 서비스하고 있는 메일 도착 알림 서비스를 활용하여, 정해진 전류나 압력의 값을 벗어나는 등의 인공 심장 신호에 이상 발생시 메일로 통보하고 메일이 도착하면 설정된 관리자의 이동 통신으로 메일 도착을 알리는 방식으로 구현하였다. 입력 신호 중 Current 값과 IVP 값을 기준으로 이 Parameter가 비정상적으로 입력될 경우 관리자에게 메일을 전송하도록 하였다.

실험 방법 및 결과

실제 구현된 시스템을 인공심장의 동물실험에 적용하여 그 동작을 확인해 보았다. 서울대학교에서 개발한 인공 심장을 동물에 이식하여 28일간 장기 생존하는 과정에서 웹 기반의 모니터링 시스템이 큰 역할을 하였다. 이 실험은 고려대학교(서울 안암동 소재)와 제주대학교(제주 아라동 소재)에서 동시에 시술되었고, 서울대학교 병원(서울 종로구 소재)에 위치한 컴퓨터를 서버로 활용하였다. 시스템 구현에 사용된 장비들은 표 2에 정리하였고, 사용자의 웹 브라우저에 나타나는 화면은 그림 6와 같다.

인터넷을 통한 데이터 전송 결과는 어느 곳에서나 확인 가능하였고 가장 많이 쓰이는 웹 브라우저인 Netscape Navigator와 Microsoft의 Internet Explorer 모두에서 잘 동작하였다. 데이터 전송 모듈이 20초에 한 번씩 데이터를 전송하도록 설정하였으며 뷰어 애플릿은 5초에 한 번씩 데이터의 갱신 여부를 확인하도록 했으므로 사용자는 20초마다 새로운 화면을 볼 수

있었다. 데이터 수집 프로그램에서 서버 쪽으로 데이터를 보내주는 시간은 그 때의 네트워크 상황에 따라서 달라지기는 하지만 일반적인 상황에서라면 최소한 1분에 한 번씩은 데이터가 갱신되었고 보통은 20~30초, 빠른 경우에는 5초에 한 번 정도로 데이터가 갱신되었다. 전송되는 데이터는 현재 시간의 심실 간 압력 신호, 전류 신호, 구동 모터의 위치 신호를 그래프 형태로 화면에 볼 수 있었고, 그밖에 펌프의 동작 조건과 현재의 펌프 박동수 등의 값을 알아볼 수 있었다. 입력신호의 이상 유무를 판별하여 설정된 이메일 계정으로 메일을 보내고 연결된 이동 통신의 호출 번호로 메일 수신 통지를 하여 긴급한 상황에 빠른 대처에 도움이 되었다.

결론 및 토의

네트워크를 통해 연결된 상황에서도 직접 인공심장과 연결되어 있는 모니터 프로그램에서 보는 것과 같은 정보를 얻을 수 있으면 가장 이상적인 것이다. 그러나 이를 위한 노력과 해결해야 할 문제들을 생각해 볼 때에 이 시스템에서 사용한 방법은 특별한 프로토콜이나 전용 프로그램을 필요로 하지 않는 간단한 방법이면서도 비교적 만족할 만한 결과를 보여주었다.

자바 애플릿은 그 특성상 처음 시작할 때에는 약간 시간이 걸리기도 하였지만 일단 실행되고 난 뒤에는 데이터가 갱신될 때마다 바로바로 결과를 보여주는 만족할 만한 성능을 나타냈다. 하지만 네트워크의 경우에 따라 1분에 한 번씩 갱신되면 사용자 입장에서는 불만족스러울 수도 있으므로 조금 더 빠른 속도로 데이터가 갱신될 수 있도록 개선하고, 동시에 많은 사람이 접속했을 때에도 일정한 성능을 보장할 것인지도 검증해 보아야 할 것이다.

본 시스템에서는 인공 심장에서 발생하는 신호의 인터넷 전송시 Socket에 의한 직접적이고 동기적인 방식이 아닌 Log 파일을 매개로 하는 FTP 전송 방식을 사용하여 인공심장에서 발생하는 신호들을 실시간으로 조회할 수 없는 문제점을 안고 있다. 이는 Network 용량 및 JAVA 1.2 Version 이전의 속도 저하 현상을 고려한 설계인데, 앞으로 신호의 압축 및 복원 Algorithm을 사용하여 전송되는 데이터량을 줄임으로써 Socket 방식을 적용시켜 실시간 전송할 계획이다. 또한 전송된 parameter값들을 데이터베이스화하여 저장하면 향후 Simulation의 데이터로 활용할 수 있을 뿐 아니라 인공심장의 상태 분석 및 각종 원인 규명의 자료로 활용될 수 있을 것이다

참 고 문 헌

1. Soumitra Sengupta, "Computer Networks in Health Care", The Biomedical Engineering Handbooks, Chap. 179, pp. CRC Press, 2642-2649, 1995
2. Tofy Mussivand, Paul J. Hendy, Roy G. Masters, et al. "A Remotely Controlled and Powered Artificial Heart Pump", International Journal of Artificial

- Organs, Vol. 201 No. 12, pp. 1314-1319, 1996
3. Yung Ho Jo, Jaesoon Choi, Wook Eun Kim, et al, "Analysis of the interventricular Pressure Waveform in the Moving-Actuator Total Artificial Heart", Journal of ASAIO, Vol. 46, No. 6, pp. 749-755, 2000
 4. Jinhan Chung, Ji Hoon Lee, Jaesoon Choi, et al, "Development of Web-based Remote Monitoring System for the Moving-actuator Artificial Heart", Journal of ASAIO, Vol. 46, No. 2, pp. 199, 2000
 5. Fernando A. Mora, Gianfranco Passariello, Guy Carrault, et al, "Intelligent Patient Monitoring and Management Systems: A Review", IEEE Engineering In Medicine and Biology, pp. 23-33, December 1999
 6. Mary Kirtland, "Interface and Component Design with COM", <http://www.microsoft.com/com/presentations/comdsgn.zip>, 1998
 7. Douglas Comer, Internetworking with TCP/IP volume I:Principles, Protocols, and Architecture, 3rd edition, Prentice-Hall Press, 1995
 8. C.M. Krishna and Kang G. Shin, Real-time Systems, McGraw-Hill Press, 1997
 9. David Chappell, Understanding Active X and OLE, Microsoft Press, 1996
 10. David Flanagan, Java in a Nutshell, 2nd edition, O'Reilly & Associates, 1997
 11. Cay S. Horstmann, Gary Cornell, JAVA Series:Core JAVA, The Sun Micro System Press, 1999