

Web을 통한 원격 환자 모니터링 서비스

이호성, 박승훈
건국대학교 의과대학 의공학과

Remote Patient Monitoring Service through World-Wide Web

H. S. Lee and S. H. Park

Department of Biomedical Engineering, College of Medicine, Konkuk University.

ABSTRACT

In this paper, we present a real-time remote patient monitoring service through world-wide web, which allows the medical doctor to monitor his patients in remote sites using popular web browsers. The real-time service consists of two services: Patient Locator Service (PLS) and Vital Sign Monitoring Service (VSMS). The PLS provides the information of patients currently being monitored. The VSMS allows the user to observe a stream of vital sign data of a specific patient. The vital sign data include ECG, respiration, temperature, SPO₂, invasive blood pressure and non-invasive blood pressure.

서론

환자 감시 시스템은 환자에 부착한 각종 센서로부터 여러 종류의 생체 신호들을 측정하고, 처리하여 환자의 상태에 관한 정보를 추출해서 의료진에게 출력해 주는 장치이다 [1, 2]. 대부분의 환자 감시 시스템에서 의료진들은 환자의 옆에 위치한 환자 모니터 (bedside monitor)나 여러 대의 환자 모니터들을 한 곳에서 모니터링할 수 있는 중앙 환자 모니터 (central station)를 통해 환자의 신체 상태 정보를 관찰한다. 위급한 상황이 발생하였을 경우, 진료실이나 연구실, 혹은 가정에 있는 의사는 환자의 상태를 살피기 위해서 환자가 위치한 곳까지 이동해야 한다. 특히, 환자가 위치한 곳에서 멀리 떨어진 곳에 의사가 위치해 있는 경우, 이동에 많은 시간이 걸려서 필요한 응급조치를 제 때에 취하지 못하는 경우가 많다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 공중 전화망이나 인터넷을 이용하여 실시간으로 환자를 모니터링 할 수 있는 시스템에 대한 연구가 최근 들어 많이 수행되고 있다[3]. 지금까지 수행된 대부분의 연구는 공중 전화망이나 LAN(Local Area Network)을 통한 클라이언트-서버 형태의 시스템에 관한 것들이었다. 클라이언트-서버 형태의 실시간 환자 모니터링 시스템은 멀리 떨어진 곳에서 의사가 환자 상태의 관찰

에 필요한 거의 모든 기능들을 구현할 수 있으나, 의사가 위치할 가능성이 있는 곳에 미리 별도의 클라이언트 프로그램을 설치해야 하는 문제점이 있다. 의사가 있을 가능성이 있는 모든 장소에 클라이언트 프로그램을 미리 설치해야 한다는 요구 조건은 이러한 시스템의 사용에 상당히 큰 제약이 되고 있다. 위급한 상황을 대비해서 의사는 클라이언트 프로그램을 가지고 다니거나 특정 파일 서버에 간수하였다가, 위급한 상황이 발생하였을 때 설치한 후에 관찰할 수 있다.

최근 들어 인터넷의 사용이 사회 전반에 확산되고 있으며, 어디에서나 쉽게 공중 전화선 혹은 LAN을 통하여 인터넷에 접속할 수 있다. 새로운 인터넷 서비스의 일종으로 각광을 받고 있는 웹 서비스는 컴퓨터에 대한 전문적인 지식이 없는 일반 사용자들도 쉽게 사용할 수 있는 사용자 인터페이스를 제공하고 있다. 웹을 통해 환자의 상태를 실시간으로 모니터링 할 수 있다면, 위에서 언급한 기존의 클라이언트-서버 형태의 시스템이 갖는 제약 조건들을 극복할 수 있을 뿐 아니라, 컴퓨터에 익숙하지 못한 사용자들도 인터넷이 연결되어 있는 곳이면 어디에서나 손쉽게 사용할 수 있을 것이다[4]. 본 논문에서는 인터넷을 통해 환자의 신체 상태 정보를 실시간으로 관찰할 수 있는 원격 환자 모니터링 서비스에 대해 기술하였다.

원격 환자 모니터링 서비스의 필요 요건

본 연구에서는 다음과 같은 요건을 갖춘 원격 환자 모니터링 서비스의 개발을 목표로 하였다.

- 심전도, 체온, 호흡, 혈압 등과 같은 환자의 신체 상태(vital sign)들을 실시간으로, 그리고 연속적으로 관찰할 수 있어야 한다.
- 비정상적인 심박수 및 혈압, 무호흡 등과 같은 위급한 상황 혹은 리드 탈락과 같은 오동작의 경우, 경보를 발생할 수 있어야 한다.
- 생체 신호의 자세한 관찰을 위해 필수적인 sensitivity, chart speed 등과 같은 출력 변수들을 수시로 변경할 수 있어야 한다.
- 환자 상태의 측정을 위한 제어, 즉 리드의 선택이나 측정의 시작 및 취소 등의 조작을 원격 지에서 수행할 수 있어야 한다.

- 심박수, 체온, 혈압 등과 같은 환자 상태들의 최근의 변화 추세들을 제공해 줄 수 있어야 한다.
- 신상 정보와 같은 환자의 기본 정보들을 제공해 줄 수 있어야 한다.
- 부가적인 프로그램의 설치 없이 인터넷에 연결된 컴퓨터에서 웹 브라우저를 사용하여 즉시 환자의 신체 상태를 관찰할 수 있어야 한다.
- 현재 모니터링 중인 환자들에 대한 정보를 제공하여 문자의 입력 없이 원하는 환자에 연결할 수 있어야 한다.

본 연구에서 최대 지연 시간은 정상적인 심장 박동 주기의 1/2에 해당하는 약 400 ms로 하였다. 정상적인 심박수는 1분당 약 70회 정도이다 [2].

전체 시스템의 구성

인터넷을 통하여 원격 환자 모니터링 서비스를 실시간으로 수행하기 위해 구축한 전체 시스템은 웹 서비스를 제공하기 위한 웹 서버, 환자의 신체 상태를 수집하여 실시간으로 통신망을 통해 전송하는 신체 상태 모니터링 서버, 현재 모니터링 중인 환자들에 대한 정보를 제공하는 환자 연결 서버로 구성되어 있다. 그림 1은 이러한 시스템의 구성도를 나타낸 것이다.

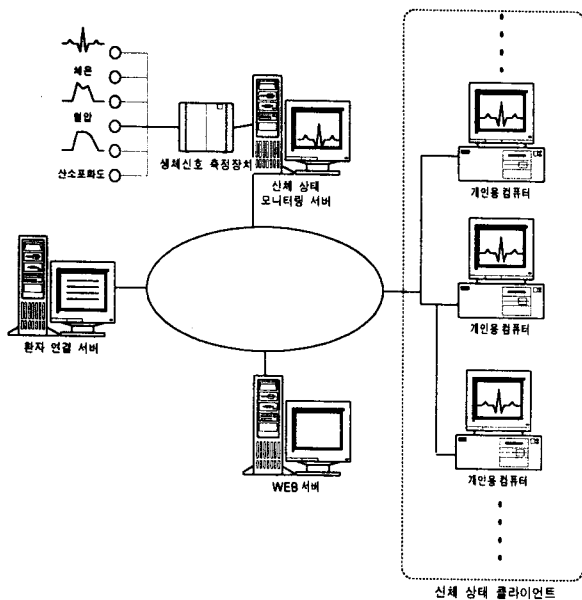


그림 1. 전체 시스템 구성도

웹 서버는 사용자에게 원격 환자 모니터링 서비스의 시작점을 제공할 뿐 아니라, 환자에 대한 접속점을 제공한다. 신체 상태 모니터링 프로그램이 설치되어 있지 않은 사용자에게 필요한 프로그램을 다운로드하여 자동으로 설치해 준다. 환자 연결 서버는 신체 상태 모니터링 서버의 도움을 받아 현재 모니터링이 진행 중인 환자들에 대한 정보를 연속적으로 유지한다. 사용자는 이 정보를 이용해서 관찰이 필요

한 환자의 신체 상태 모니터링 서버에 연결할 수 있다. 신체 상태 모니터링 서버는 본 연구팀이 개발한 환자 모니터를 개조한 것으로 수집한 신체 상태 정보를 실시간으로 인터넷을 통해 다른 컴퓨터에 전달하는 역할을 담당한다.

위에서 기술한 것처럼 원격 환자 모니터링을 위해 제공되는 서비스는 크게 환자 연결 서비스와 신체 상태 모니터링 서비스로 나누어진다.

환자 연결 서비스 (Patient Locator Service, PLS)

원격지에 있는 환자의 모니터링을 위해서는 우선 어떤 환자들에 대해 모니터링이 진행 중인지 알 수 있어야 한다. 환자 연결 서비스는 현재 통신망에 연결되어 모니터링이 진행 중인 환자들에 대한 기본적인 정보와 위치를 알려주는 서비스이다.

병상에 설치되어 있는 신체 상태 모니터링 서버는 모니터링 세션을 시작할 때와 끝날 때에 환자 연결 서버에게 메시지를 보내어 모니터링 세션의 시작과 끝을 알린다. 여기서, 모니터링 세션이란 환자 1인에 대해 각종 신체 상태들을 관찰하기 시작하여 끝날 때까지 과정을 일컫는다.

환자 연결 서버는 신체 상태 모니터링 서버로부터 온 메시지를 해석하여 새로 시작되거나 끝난 모니터링 세션의 존재를 밝혀내어 자신이 관리하고 있는 활성 모니터링 세션 목록을 갱신한다. 활성 모니터링 세션 목록의 각 엔트리에는 현재 모니터링이 진행 중인 특정 환자의 이름, 신체 상태 모니터링 서버의 IP 주소, 성별, 나이 및 병명이 기록된다.

환자 연결 서비스를 위한 메시지는 환자 정보 등록 요청 메시지, 환자 정보 등록 통지 메시지, 환자 정보 삭제 요청 메시지, 환자 정보 삭제 통지 메시지 등과 같은 신체 상태 모니터링 서버와의 통신을 위한 메시지들과 환자 정보 요청 메시지, 환자 정보 통지 메시지와 같은 사용자 쪽에 존재하는 환자 연결 클라이언트와의 통신을 위한 메시지가 존재한다. 메시지 교환은 스트림형 소켓을 사용한다.

환자 연결 서비스를 위한 메시지 교환은 그림 2에 나타나 있다.

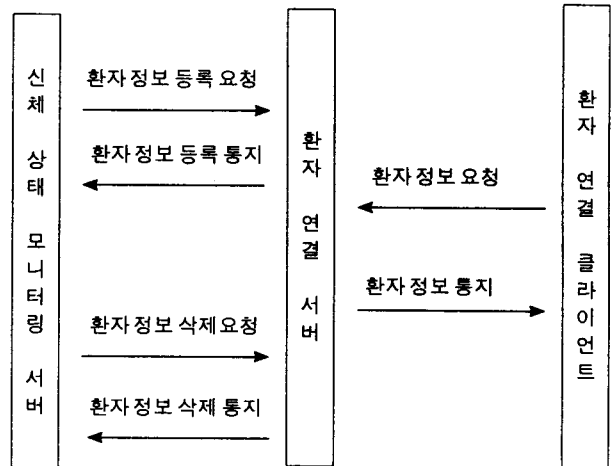


그림 2. 환자 연결 서비스를 위한 메시지 교환

신체 상태 모니터링 서비스
(Vital Sign Monitoring Service, VSMS)

신체 상태 모니터링 서비스는 환자의 신체 상태를 나타내는 심전도, 호흡, 체온, SPO₂, 혈압 등을 실시간으로 관찰할 수 있게 해 주는 서비스이다. 사용자는 환자 연결 서비스에서 얻은 IP 주소를 사용하여 신체 상태 모니터링 서버에 연결함으로써 신체 상태 모니터링 서비스를 제공 받을 수 있다.

신체 상태 모니터링 서비스의 메시지는 그 사용 용도에 따라 모니터링 세션 관리 메시지와 데이터 메시지로 분류된다. 모니터링 세션 관리 메시지는 모니터링 세션 상태의 변화를 서로 알리고 세션의 관리에 필요한 정보를 교환하기 위해 주로 사용되며, 데이터 메시지는 환자 모니터링에 필요한 생체 신호 데이터, 생체 신호로부터 추출한 정보, 모듈 하드웨어 제어 명령 및 상태 정보 등을 교환하기 위해 사용된다. 메시지의 내용은 메시지의 종류에 따라 각각 다르게 인코딩 된다. 따라서, 메시지를 해석할 때에는 메시지의 이름에 따라 각각 다른 디코딩 방법을 사용하여 정보를 얻어낸다. 메시지 교환은 스트림형 소켓을 사용한다.

신체 상태 모니터링 서비스를 위한 메시지 교환은 그림3에 나타나 있다.

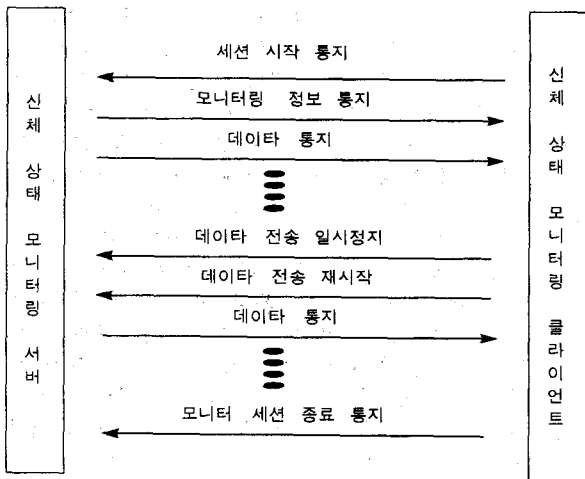


그림 3. 신체 상태 모니터링 서비스를 위한 메시지 교환

시스템 구현

본 연구에서 개발한 원격 환자 모니터링 서비스는 Windows NT 환경에서 구축되었다. 웹 서버로는 Windows NT 서버에서 동작하는 Internet Information Server(IIS)를 사용하였고, 환자 연결 서버와 신체 상태 모니터링 서버는 Win32 API와 C++ 언어를 사용하여 구현하였다. 작업 순서는 우선 시스템 구현에 필요한 주요 객체들을 시스템 분석을 통하여 추출하였고, 객체 지향 분석 설계 도구인 Rational Rose를 사용하여 설계한 후, C++ 클래스로 구현하였다[5, 6]. 환자 연결 서비스와 신체 상태 모니터링 서비스를 사용자에게 제공하기 위한 클라이언트들은 ActiveX 컨트롤의 형태로 구현한 다음, 웹 페이지에 삽입하였다[4, 7]. 통신에 필요한 모든 작업은 WinSock API를 사용하여 구현하였다. 그림 4,

그림 5, 그림 6은 각각 환자 연결 서버와 환자 연결 클라이언트 및 신체 상태 모니터링 클라이언트들의 구현에 필요한 주요 클래스들을 Booch 클래스 다이어그램 형식에 맞추어 나타낸 것이다.

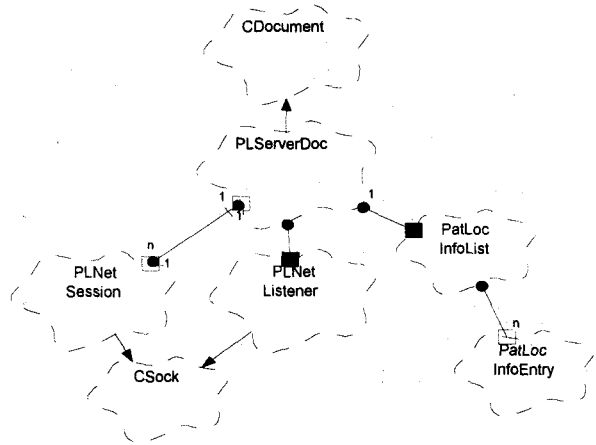


그림 4. 환자 연결 서버 구조

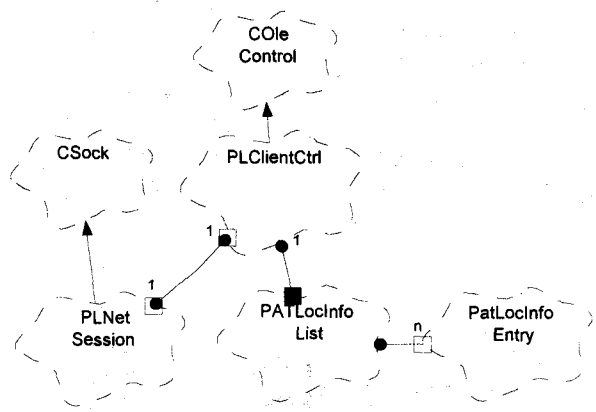


그림 5. 환자 연결 클라이언트 구조

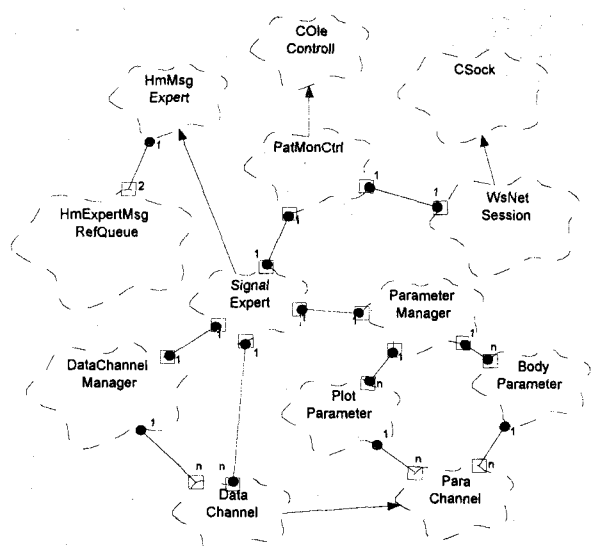


그림 6. 신체 상태 모니터링 클라이언트 구조

결과 및 토론

2대의 Windows NT server 시스템과 3대의 Windows 95 시스템으로 구성된 원격 환자 모니터링 서비스 시험 시스템을 실험실에 구축하여 환자 연결 서비스와 신체 상태 모니터링 서비스를 시연하였다. 그림 7은 현재 모니터링이 진행되고 있는 환자들의 정보를 화면에 출력하고 있는 환자 연결 서버의 모습을 보인 것이다.

Name	IP Address	Age	Gender	Disease
An,soyung	203.252.174.301	30	Woman	headache
Han,jih	203.252.174.421	13	Woman	arteriosclerosis
Kang,sunhwa	203.252.174.202	27	Woman	coronary occlusion
Kim,donghyun	203.252.174.201	27	Man	arteriosclerosis
Ko,soyung	203.252.174.401	27	Man	arteriosclerosis
Lee,hoSung	203.252.174.209	27	Man	tachycardia
Lee,kiyoung	203.252.174.201	55	Man	Hypertension
Park,jonghwan	203.252.174.214	40	Woman	Hypotension
Park,junghyun	203.252.174.219	23	Man	Hypertension
Park,pusick	203.252.174.213	26	Man	Hypertension
Song,dongjin	203.252.174.204	28	Man	Hypotension
Won,youngh...	203.252.174.321	73	Man	arteriosclerosis

그림 7. 환자 연결 서버의 출력 화면

그림 8은 사용자가 환자 모니터링 웹 서버에 접속했을 때 나타나는 웹 브라우저의 화면을 나타낸 것이다. 환자 연결 서버로부터 얻은 환자들의 목록에서 특정 환자를 선택하면 해당 신체 상태 모니터링 서버로부터 전달된 환자의 신체 상태 정보를 관찰할 수 있다.

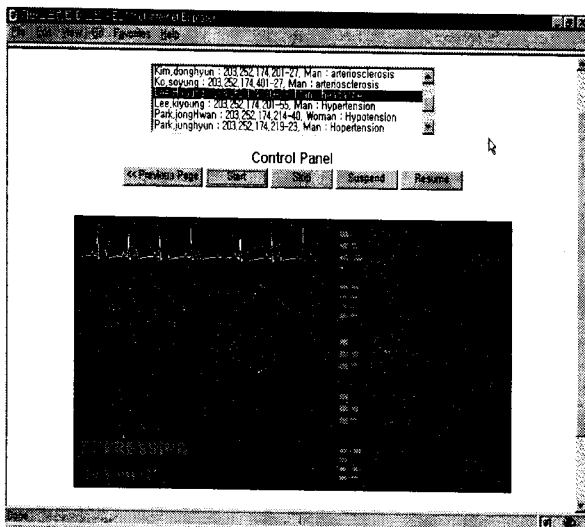


그림 8. 신체 상태 모니터링 서비스의 출력 화면

10 Base-T ethernet 환경에서 같은 환자의 신체 상태 정보를 8 대의 컴퓨터에서 동시에 24시간 동안 모니터링하는 시험을 수행한 결과, 아무런 문제없이 동작함을 확인하였다. 아직 지연 시간에 대해서 정확히 분석하지는 못했지만, 데이터 메시지의 큐 크기가 제한된 상황에서 24시간 동안 중단 없이 동작했다는

사실은 데이터 메시지가 어느 정도의 지연 시간 이내에 처리된다는 것을 의미한다.

결 론

본 연구에서는 인터넷의 웹 서비스를 통해 원격 환자의 신체 상태 정보를 실시간으로 관찰할 수 있는 원격 환자 모니터링 서비스를 개발하였다. 모니터링 중인 환자들에 대한 정보를 제공하는 환자 연결 서버와 환자의 신체 상태 정보를 실시간으로 통신망을 통해 전송하는 신체 정보 모니터링 서버를 구현하였고, 웹 페이지에 삽입할 수 있는 ActiveX 컨트롤의 형태로 환자 연결 서비스 클라이언트와 신체 상태 정보 모니터링 서비스 클라이언트를 구현하였다.

LAN 환경에서 웹 서비스와 통합된 원격 환자 모니터링 서비스는 실시간 환자 모니터링에 필요한 대부분의 기능 요건을 만족하였으며, 임상에서 사용할 수 있을 정도의 성능을 가진 것으로 나타났다. 앞으로, 환자와 보면서 대화할 수 있는 영상 회의 기능을 추가하면 완벽한 원격 환자 모니터링 서비스를 제공해 줄 수 있을 것이다. 또한, 생체 신호 압축에 대한 연구를 수행하여 데이터의 양을 줄일 수 있으면, 공중 전화망을 통한 인터넷 접속에서도 만족할 만한 환자 모니터링 서비스를 제공해 줄 수 있을 것으로 예상된다.

참 고 문 헌

1. J. G. Webster, *Encyclopedia of Medical Devices and Instrumentation*, New York, John Wiley & Sons, 1988.
2. 의공학교육연구회, *의용계측공학*, 서울, 여문각, 1993.
3. 우용재, 박승훈, 김경수, 최근호, 김승태, 문창욱, 전병문, 이희철, 김형진, 서재준, 채경명, 박종찬, *환자 모니터링 시스템의 개발: 전체구조 및 기본 사양*, 의공학회지, 인쇄중, 1997.
4. Adam Blum, *ActiveX Web Programming* John Wiley & Sons Inc, Now York, N.Y. 1997.
5. Grady Booch, *Object-Oriented Analysis and Design*, 2nd ed., The Benjamin Cummings Publishing Company, Redwood City, California, 1994.
6. Ralph Davis, *Win32 Network Programming*, Addison Wesley Developers Press, Reading, MA, 1996.
7. Adam Denning, *ActiveX Controls Inside Out* Microsoft Press, Redmond, Washington, 1997.