
분산 네트워크 시스템에서 환자 모니터링 시스템의 실시간 생체정보 서비스 메시지 보장

임세정* · 김광준*

The Gaurantee of Real-Time Vital Sign Information Service Message of Patient Monitoring System in Distributed Network Systems

Se-jung Lim* · Gwang-jun Kim*

요 약

본 논문에서는 TMO 실시간 객체 모델을 이용하여 실시간 통신 메시지 서비스를 효과적으로 지원하기 위해 중환자의 실시간 생체정보 전송 시스템을 나타내었다. 또한 분산된 네트워크 시스템에서 TMO 구조를 이용하여 PMS(Patient Monitoring System) 응용 환경에 적용함으로써 실시간 메시지 서비스를 보장하였다. TMO를 이용한 생체정보 파싱 수신 모듈은 PMS의 Central Monitor로부터 수신할 수 있는 Raw Data 형태의 환자의 생체 정보를 HL7(Healthy Level Seven) 프로토콜과 TCP/IP 인터넷 프로토콜을 이용하여 원격적으로 모니터링을 할 수 있는 생체 정보 웹 뷰어 시스템을 개발하였고, 사용자가 사용가능한 데이터로 분석할 수 있도록 설계하였다. TMO 객체 모델을 기반으로 한 실시간 시뮬레이션에서 몇 가지의 TMO 구조의 장점을 가지고 있으며, TMO 객체 모델은 요구 명세서와 설계 사이의 강력한 연관성을 가지고 있다.

ABSTRACT

In this paper, we present a patient real-time vital sign information transmission system to effectively support developing real-time communication service by using a real-time object model named TMO (Time-Triggered Message-Triggered Object). Also, we describes the application environment as the PMS(Patient Monitoring System) to guarantee real-time service message with TMO structure in distributed network systems. We have to design to obtain useful vital sign information, which is generated at parsing data receiver modulator of HIS with TMO structure, that is offered by the central monitor of PMS. Vital sign informations of central monitor is composed of the raw data of several bedside patient monitors. We are willing to maintain vital sign information of real time and continuity that is generated from the bedside patient monitor. In the real time simulation techniques based on TMO object modeling, we have observed several advantages to the TMO structuring scheme. TMO object modeling has a strong traceability between requirement specification and design.

키워드

TMO, PMS(Patient Monitoring System), Vital Sign Information, Parshign Module, Web Viewer System

* 전남대학교 컴퓨터공학과
심사완료일자 : 2009. 04. 20

접수일자 : 2009. 03. 25

I. 서론

실시간 객체 모델의 대표적인 예로는 Kane Kim에 의해 제안된 TMO 모델(Time-triggered Message-triggered Object Model)로서 객체 모델을 실시간 시스템의 모델링에 적합하도록 확장한 것으로써 시간에 의해 구동되는 시간구동(Time-Triggered) 메소드와 메시지에 의해 구동되는 메시지 구동(Message-Triggered) 메소드를 제공한다[1][3][4][5]. TMO 모델에서 제공되는 시간 구동 메소드와 메시지 구동 메소드에 의해 실시간 시스템이 갖는 시간적인 특성과 이벤트를 쉽게 추상화 할 수 있는 구조를 가지고 있을 뿐 아니라, 적시 서비스 능력(timely service capability)을 설계 단계에서부터 보장할 수 있다.

본 논문에서는 이러한 TMO 구조를 이용하여 실시간 통신 환경을 구축하기 위해 PMS(Patient Monitoring System)의 중환자 모니터 원격진료 시스템 응용 환경에 적용하였다. Central Monitor로부터 전송되어진 환자의 생체정보 Raw Data가 HIS의 TMO 파싱 데이터 수신 모듈을 통해 사용가능한 데이터로 재구성될 수 있도록 설계가 이루어져 있다. PMS의 환자 생체정보에 대한 실시간성과 데이터의 연속성을 부여함으로써 베드 사이트의 중환자에게서 발생된 모든 생체정보에 의해 환자 관리가 가능하다. 또한 보다 많은 검사장비의 데이터를 데이터베이스를 이용하여 전산화함으로써 해당 환자의 광범위한 자료 검색이 이루어지므로 획기적인 원격진료가 가능하다. 또한 적절한 생체정보 데이터의 교환과 정보 관리의 수정을 통해 병원정보 시스템은 모든 병원 관계자의 보다 나은 업무처리를 향상시킬 수 있다.

II. TMO 구조

2.1 TMO 구조

TMO는 Time-triggered Message-triggered Object의 약자로서 Kane Kim 등에 의해서 개발된 Object Structuring Scheme이다[1][2][3] TMO는 기존의 객체 모델을 경성 실시간 시스템에서 높은 효율성을 보일 수 있는 객체 모델로 확장하기 위한 연구에서 나온 결과이다. 따라서 TMO는 실시간 시스템이 가지는 시

간적인 특성과 행동을 쉽게 추상화 할 수 있는 구조를 가지고 있을 뿐 아니라 적시 서비스 능력(timely service capability)을 시스템 설계 단계에서부터 보장할 수 있다. TMO의 객체 모델의 구조는 다음 4개의 부분으로 구성된다.

- Object Data Store(ODS) : 실시간 데이터를 저장하기 위한 부분으로 Object Data Store Segment (ODSS)단위로 관리된다. ODSS는 TMO 메소드인 SpM(Spontaneous Method)과 SvM(Service Method)에 의해서 상호 배타적으로 접근 가능하고, MVD (Maximum Validity Duration)이 지나면 무효한 데이터가 된다.
- Environment Access Capability(EAC) : 외부와의 논리적인 통신 채널, 그리고 I/O 디바이스 인터페이스 등에 대한 연결 통로이다.
- Spontaneous method (SpM): 주기성을 띠거나 시간성을 갖는 메소드이다.
- Service Method (SvM) : 기존의 객체 모델이 가지고 있는 메소드 그룹과 같은 형태로써 클라이언트로부터 온 메시지에 의해 분산 TMO 객체의 서비스 호출을 위해서 제공되는 메소드이다.

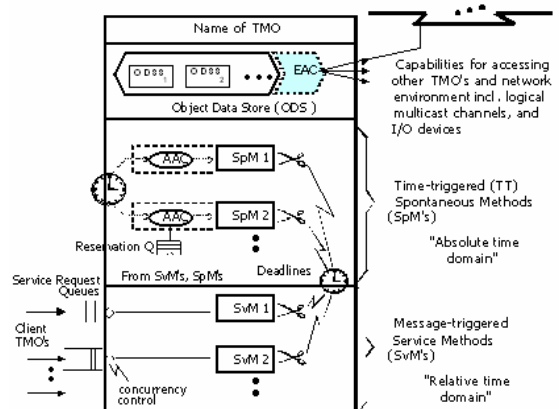


그림 1. TMO 기본 구조
Fig. 1 Basic Structure of TMO

2.2 객체 및 클라이언트 전송 호출

실시간 통신 객체 지향 분산 컴퓨팅 설계는 실시간 통신 시뮬레이터를 가지고 있는 각 객체 노드를 분산 시킨 네트워크 형태로 구축한다. 실시간 통신 객체들은 서버 객체에서 서비스 메소드를 통해 클라이언트 객체를 호출함으로써 상호 동작한다. 호출자는 클라이언트의 시간 구동 메소드나 서비스 메소드가 될 수 있다. 클라이언트나 서버 객체의 동시성 극대화를 위해 호출 서비스 메소드는 블로킹(Blocking) 형태의 호출을 이용하거나 비블로킹 형태의 호출을 이용한다. 그러므로 실시간 통신 시뮬레이션 프로그래밍 구조는 서버 TMO내의 서비스 메소드에 블로킹 호출과 비블로킹 호출의 두 가지 형태 전송 호출을 사용한다. 블로킹 호출은 클라이언트가 서비스 메소드를 호출한 후 서비스 메소드로부터 결과 메시지가 되돌아올 때까지 대기하는 것으로 표현식은 다음과 같다.

Obj-name.SvM-name(parameter-1,parameter-2,...,by deadline)

클라이언트와 서버 객체는 두 개의 다른 처리 노드에서 상주할 수 있고 이러한 호출은 원격 호출 절차의 형태에서 구현된다. 서비스 메소드에 결과 메시지가 없다 하더라도 서버 메소드로부터 실행 완료 신호가 특정 데드라인 시간까지 도착하지 않을 수도 있으며, 클라이언트 객체에 대한 실행 엔진은 산술적인 오버플로우(overflow)가 발생할 때 적절한 예외 핸들링(handling) 함수를 발생한다.

비블로킹 전송호출은 클라이언트가 서비스 메소드를 호출한 후 순차적으로 처리되고 서비스 메소드로부터 결과 메시지를 기다리는 것으로서 다음과 같이 나타낸다.

Obj-name.SvM-name(parameter-1,parameter-2, ...,mode NWFR, Timestamp TS);

-----statements-----;

get-result Obj-name.SvM-name(TS) by deadline;

위의 표현에 나타난 NWFR(No Wait For Return)은 비블로킹 호출에서 결과가 돌아올 때까지 기다리지

않는다는 의미이다. 클라이언트가 서비스 메소드를 호출할 때 클라이언트는 TS (Time Stamp)라는 변수에 시간 스탬프를 기록한다. 이러한 클라이언트로부터 시간 스탬프는 서비스 메소드와 관련된 호출의 형태를 구분한다. 그러므로 클라이언트가 초기의 비블로킹 호출로부터 되돌아온 서비스 메소드 결과를 실행하고 변수 TS에 서비스 메소드 이름뿐만 아니라 TMO 이름을 기록한다. 시간 스탬프는 클라이언트로 되돌아온 결과 구문을 실행하기 이전에 여러 개의 비블로킹 호출 함수가 호출될 때 비블로킹 호출을 하는 실행 엔진을 구분하여 서비스 메소드를 실행한다. 클라이언트는 서비스 요구의 결과가 실행 시간 내에 되돌아오지 않는다면 서버 실행 엔진의 결과가 도착할 때까지 기다린다. 하나의 비블로킹 호출은 클라이언트의 서비스 메소드와 서버의 서비스 메소드 사이에 동시에 실행이 가능하도록 하고, 서비스 메소드의 요구에 부합된 실행 결과가 나올 때까지 동시성이 계속해서 지속된다. 어떤 상황에서는 클라이언트가 비블로킹 호출에 대한 서비스 메소드의 결과를 필요로 하지 않을 경우에 클라이언트는 결과 구문을 사용하지 않는다.

III. TMO를 이용한 PMS 실시간 생체정보 시스템

3.1 병원 PMS(Patient Monitoring System) 시스템 구조

병원 PMS(Patient Monitoring System)에서는 중환자의 상태에 대한 연속적이고 집중적인 모니터링의 기능을 제공하는 환자 모니터(Bedside Monitor)가 주요한 의료 장비로서 활용되고 있다. 환자 모니터 시스템에 의한 환자 상태의 모니터링은 중환자의 모니터링에 수반하는 인력과 노력 및 부담의 절감이라는 효과를 제공하며, 보다 신속하고 정확한 환자 상태의 파악을 바탕으로 의료진에 의한 적절한 대처를 가능하게 한다. 환자 모니터 시스템의 가장 기본적인 기능은 환자에 부착된 각종 센서들로부터 여러 종류의 생체 신호들을 수집, 처리, 분석, 도시 및 전송이다. 환자 모니터 시스템은 통상 환자 당 한대씩 설치되며, 이렇게 설치된 여러 개의 환자 모니터 시스템으로부터 수집된 환자의 생체 정보는 그림 1과 같이 중앙 환자

모니터 시스템으로 전송되어 여러 명의 환자에게 대한 통합적인 환자 모니터링이 이루어지기도 한다[4]. 그림 2에서 나타낸 환자 모니터링 시스템은 환자의 상태를 모니터링하기 위하여 심전도, 혈압, 호흡, 체온, 동맥산소 포화도, 정맥 산소 포화도, 심박출력, 호기 시 이산화탄소, 흡기 시 산소, 기타 가스 농도와 이산화탄소 및 산소 분압 등을 측정하는데 환자의 상태와 진료의 목적에 따라서 이러한 항목에서 몇 가지가 선택적으로 사용된다. 따라서 환자 모니터 시스템은 필요에 따라 그 구성을 달리할 수 있는 모듈형의 구조를 가지는 것이 바람직하다. 또한, 각종 신호의 단순한 수집 및 도시의 기능에서 한걸음 더 나아가 기기 자체가 이러한 신호를 처리, 분석하여 위급한 상황을 검출하거나 또는 그러한 상황을 예측하여 의료진에게 전달하는 경보의 기능이 필수적이다[4][5]. 이를 위하여 환자 모니터링 시스템은 전산화가 필요하게 되며 전산화된 환자 모니터링 시스템에서는 여러 대의 환자 모니터를 전산망으로 연결하여 각종 데이터를 통합 관리하고, 여러 환자들을 중앙 집중 관리하는 등 다양한 부가 기능들을 구현하는 것이 필요하다

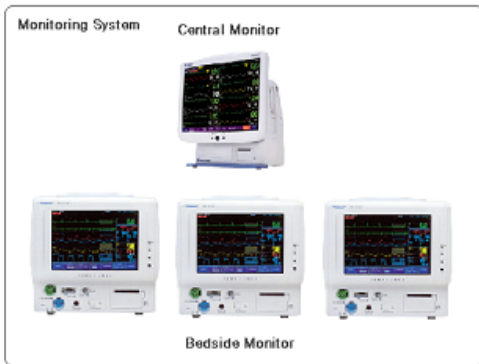


그림 2. 중환자 모니터링 시스템 구조
Fig. 2 Architecture of Patient Monitoring System

3.2 파싱 TMO 수신 모듈

그림 3은 TMO 구조를 이용하여 환자모니터 원격 진료 시스템의 파싱 TMO를 나타낸 것으로서 DS-7600의 센트럴 모니터로부터 환자생체 정보를 획득한 Main-TMO의 SpM 영역에서 Parsing-TMO의 SvM 영역을 호출하여 전송한다. Parsing-TMO의 ODSS

영역은 환자의 정보를 나타내는 Patient Info Buffer, 환자 생체정보의 수치데이터를 나타내는 수치데이터 버퍼, 생체정보의 파형을 나타내는 파형 데이터 버퍼로 객체 데이터 멤버로 이루어짐을 알 수 있다. 파싱 TMO ODSS 영역의 환자 정보, 수치 데이터버퍼, 파형 데이터 버퍼의 객체 데이터 멤버는 Main-TMO의 SpM을 통해 파싱 TMO의 SvM을 호출함으로써 DS-7600 센트럴 모니터의 생체정보 Raw 데이터를 전송하여 ODSS 객체 데이터 멤버를 주기적으로 갱신한다. 수신된 생체정보의 이진 정보 Raw 데이터를 파싱 수신 모듈을 통해 베드 사이트의 환자 모니터 생체정보를 DS-7600 센트럴 모니터로 송신한 정보를 응용환경에 맞게 설정하기 위해 파싱 수신 모듈 알고리즘을 적용한다.

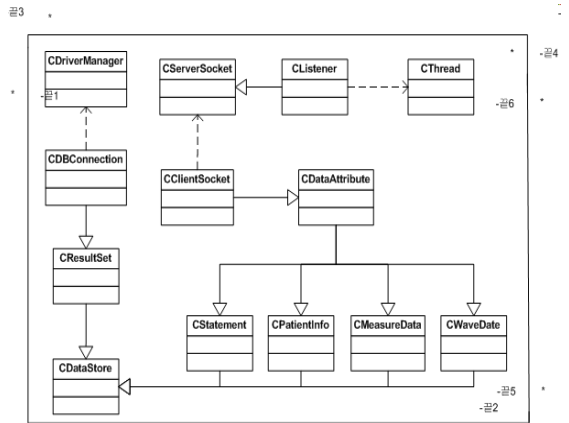


그림 3. TMO 파싱 라이브러리 모듈 클래스
Fig. 3 TMO Parsing Library Module Class

환자 정보를 파싱하는 모듈과 상태 정보를 파싱하는 모듈 그리고, 환자의 생체정보에서 계측 수치(HR, VPC, ST1, ST2) 및 파형 수치(ECG1, VP1, VP2, RESP, SpO2)를 파싱하는 모듈로 분기하여 파싱 과정을 그림3에서와 같이 수행하도록 되어있다. 분기하는 모듈은 파싱을 수행하기 위한 데이터를 담고 있는 버퍼와 길이를 인자로 받으며 Raw Data 파싱 모듈과 동일하게 태그와 데이터 길이를 분석하면서 파싱하는 방식으로 동작한다. 파싱 과정을 완료하면 분기되었던 상태에서 복귀하며 유효한 환자일 경우에 스토리지에 저장하고 파싱 과정을 수행한 데이터의 길이를 증가

시켜 Raw Data 모듈의 두 번째 인자인 데이터의 byte수와 비교하는 과정을 다시 반복을 수행한다.

IV. PMS의 웹 뷰어 시스템

그림 4는 Patient Monitor(DS-7100)에서 생성된 환자의 생체정보를 ICU의 Central Patient Monitor(DS-7600)에서 TMO 파싱 수신 모듈을 이용해 실시간적으로 수신된 상태를 나타내고 있는 것으로서 수신된 생체정보를 HIS 서버 시스템으로 TCP/IP 인터넷 프로토콜을 통해 전송되며, 전송된 생체정보 데이터를 다시 TMO 구조를 적용한 웹 서버를 통해 Patient Monitor (DS-7100)에서 생성된 동일한 생체정보를 Client User에 디스플레이 하는 결과를 나타내고 있다.



그림 4. TMO 생체정보 실시간 전송 테스트 베드 시스템
Fig. 4 TMO Vital Sign Information Real Time Transmission Test-Bed System

그림 5는 “Trend Graph” 라는 기능의 선택으로 제공되는 화면으로 환자의 계측 수치가 본 화면에서 선 그래프와 그에 해당하는 수치에 대한 검색이 가능하다. Central Monitor의 Mac주소로 분류되는 환자의 구분을 선택하고 검색 환자의 환자명이나 환자ID 선택으로 Trend Graph 검색이 가능하다. 추가적으로 검색을 하고자하는 날짜와 시간을 선택하거나 간격을 선택하면 사용자의 요구에 맞는 결과를 얻을 수 있도록 구성되어 있다. 특히, 간격은 1분 단위에서 5분, 10분, 30분, 60분등으로 검색을 선택할 수 있는 기능으로 60분 검색의 경우에는 한 화면에 해당 환자의 하루 동안의 계측 수치를 그래프와 수치로 된다.

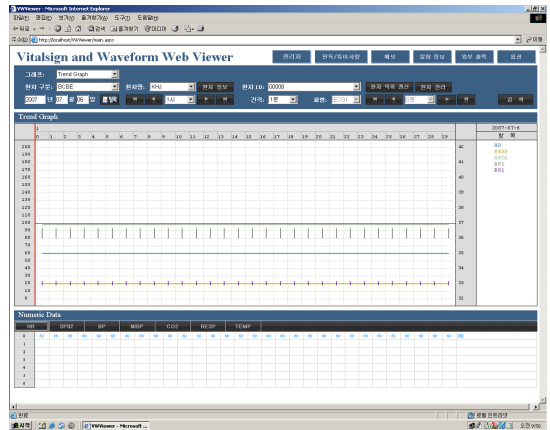


그림 5. 환자의 생체 계측 정보 데이터 GUI
Fig. 5 GUI of Patient Vital Sign Numeric Data

그림 6은 환자의 생체정보를 웹을 통해 실시간 검색할 수 있도록 구성된 웹 뷰어 시스템에서 “Wave Graph” 라는 기능의 선택으로 제공되는 화면으로 환자의 SpO2에 해당하는 파형 정보를 제공하기 위한 화면이다. Trend Graph와 마찬가지로, Central Monitor의 Mac주소로 분류되는 환자의 구분을 선택하고 검색 환자의 환자명이나 환자ID 선택으로 Wave Graph 검색이 가능하고, 검색을 하고자하는 날짜와 시간을 선택하면 사용자의 요구에 맞는 결과를 얻을 수 있도록 구성되어 있다. 특히, Wave Graph는 5분 단위로 검색하도록 구성되어 있고 화면에서 확장되어 있는 컨트롤은 검색을 시작하는 분을 선택하기 위함이다.

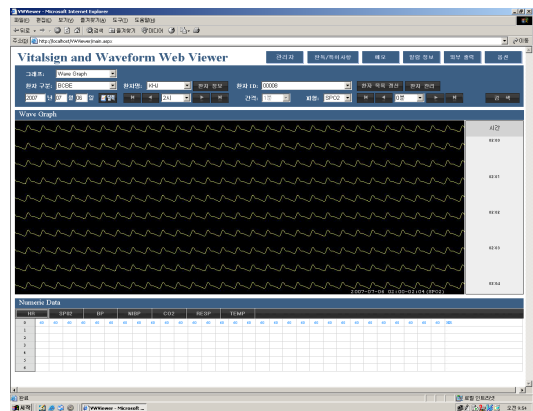


그림 6. 환자의 SpO2 생체정보 GUI
Fig. 6 GUI of Patient SpO2 Vital Sign Information

V. 결론

ICU의 Central Monitor로부터 전송되어진 환자의 생체정보 Raw Data가 HIS의 TMO 파싱 데이터 수신 모듈을 통해 사용가능한 데이터로 재구성될 수 있도록 설계하였으며, 중환자 생체정보에 대한 실시간성과 생체정보에 대한 생체정보 데이터의 연속성을 부여함으로써 베드 사이트의 환자에게서 발생된 모든 생체정보에 의해 환자 관리가 이루어진다.

TMO 생체정보 파싱 모듈을 통해 중환자 모니터링 뷰어 시스템 구현은 환자 생체정보의 실시간적 모니터링을 통해 환자에 대한 생체정보 결과를 시간과 장소를 구분하지 않고 조회할 수 있으므로 해당 환자에 대한 빠른 조치로 응급 상황에도 신속, 정확하게 대응할 수 있다.

참고 문헌

- [1] Kim, K.H., "Real-Time Object-Oriented Distributed Software and the TMO Scheme", Int'l Jour. of Software Engineering & Knowledge Engineering, **Vol. , No. 2**, pp.251-276, April 1999.
- [2] K. H. Kim and J. Liu, "Deadline Handling in Real-Time Distributed Objects", Proc. ISORC 2000, Newport Beach, CA, pp.7-15, March 2000.
- [3] Kim, K.H., Ishida, M., and Liu, J., "An Efficient Middleware Architecture Supporting Time- Triggered Message-Triggered Objects and an NT-based Implementation," Proc. ISORC'99 (IEEE CS 2nd Int'l Symp. on Object-oriented Real-Time Distributed Computing), pp.54-63, May 1999.
- [4] 김광준, 서종주, 강기웅, 윤찬호, "분산 네트워크 시스템에서 TMO를 이용한 실시간 통신 시뮬레이션 구현", 한국해양정보통신학회 논문지, Vol. 11, No. 5, pp.897-905, 2007.
- [5] 김광준, 서종주, 강기웅, 윤찬호, "다중 노드 시스템에서 TMO를 이용한 실시간 서비스 메시지 보장", 한국전자통신학회 논문지, Vol. 1, No. 1, pp.28-34, Oct. 2006.
- [6] 김광준, 임세정, "HL7(Healthy Level Seven) 프로토콜을 이용한 실시간 환자 모니터링 웹 뷰어 시스템 개발", 한국해양정보통신학회 논문지, Vol. 13, No. 3, pp.546-555, March 2009.

저자 소개



임세정(Se-jung Lim)

2008년 전남대학교 컴퓨터공학과 졸업(공학사)
현재 전남대학교 대학원 컴퓨터공학과 재학

2008년 10월~현재 (주)노애드 선임 연구원

※ 주관심분야 : ATM망, 실시간 데이터통신, 컴퓨터 네트워크, TCP/IP혼잡제어, 생체정보 및 의료정보, 무선 인터넷, 가상화, 이동 통신 등



김광준(Gwang-jun Kim)

1993년 조선대학교 컴퓨터공학과 졸업(공학사)
1995년 조선대학교 대학원 컴퓨터공학과 졸업(공학석사)

2000년 조선대학교 대학원 컴퓨터공학과 졸업(공학박사)

2000년~2001년 Dept. of Electrical & Computer Eng. Univ. of California Irvine Postdoc.

2003년~2006년 2월 여수대학교 컴퓨터공학과 조교수
2006년 3월~현재 전남대학교 컴퓨터공학과 조교수

※ 주관심분야 : ATM망, 인터넷 통신, 컴퓨터 네트워크, 실시간 통신 프로그래밍, 영상 처리 및 통신, 프로그래밍 언어(Visual C++, Java), 의료정보 통신 등