

멀티 에이전트를 이용한 실시간 원격처리 헬스케어 시스템

강은영⁰ 김영희 김응모
성균관대학교 컴퓨터공학과
{eykang⁰, pink77hee, umkim}@skku.edu

Multi-Agent Based Real-Time TELE Healthcare Service

Eun-Young Kang⁰, Y.H. Kim, Ung-Mo Kim
Dept. of Computer Engineering, SungKyunKwan University

요 약

본 논문에서는 가정이나 직장 등에서 사용자의 신체적 상태를 센서를 활용하여 측정하고 그 측정된 데이터와 과거의 병력에 따라 사용자의 상태를 분석, 그에 따른 의사의 처방 및 진단을 제공함으로써 유비쿼터스 환경을 이용한 원격 진단 및 처방 헬스케어 시스템을 제안한다. 기존 헬스케어 시스템은 중앙서버와 생체 신호를 보내는 모바일 디바이스의 자체적으로 지원되는 자원 부족과 무선 네트워크를 통한 환자과 병원 중앙 서버와의 원활한 커뮤니케이션의 제공을 보장하지 못하는 단점도 있다. 이런 문제점을 해결하기 위하여 본 논문에서는 환자와 병원 사이의 중간 역할을 하는 써로게이트 시스템과 JADE를 기반으로 하는 멀티 에이전트 기술을 적용하였다.

1. 서론

PDA, Laptop, Notebook 과 같은 모바일 디바이스와 각종 센서, 컴퓨터화 된 칩 등의 기술 발전, 또한 이들을 유무선 네트워크로 연결할 수 있는 네트워크의 발전은 유비쿼터스 컴퓨팅을 가능하게 만든다. 이는 사용자가 언제 어디서나 컴퓨터를 편리하게 이용할 수 있도록 하는 이용자 중심의 컴퓨팅 환경을 제공할 것이다. 이러한 유비쿼터스 컴퓨팅중 가장 폭넓게 활용될 수 있는 것이 헬스케어 분야이다. 상황인식적인 헬스케어 서비스를 위하여 생활공간 곳곳에 의료서비스와 관련된 칩과 센서를 인식하고, 이에서 수집된 건강 관련 상황정보를 통해 건강진단, 질병관리, 응급관리, 원격진료등 그 동안 병원에서만 이루어지던 의료 행위들이 자연스럽게 우리 일상 생활로 들어오게 되는 것이다.

그러나 MobiHealth[1] 프로젝트를 포함한 기존의 헬스케어 시스템에서는 정보의 보관과 검색을 위해서 중앙 서버를 이용한다. 이런 중앙 집중적 병원 서버는 부하 집중으로 인한 병목 현상이 발생할 수 있으며, 또한 환자들의 생체 신호 데이터가 실시간으로 서버로 전송될 때 서버의 일정 수용 한계를 넘어서게 되어 심한 경우 서버가 다운되는 현상이 발생할 수 있다. 또한 생체 신호를 보내는 모바일 디바이스의 자체적으로 지원되는 자원 부족과 무선 네트워크를 통한 환자과 병원 중앙 서버와의 원활한 커뮤니케이션의 제공을 보장하지 못하는 단점도 있다. 이런 이유로 이들 시스템들은 상황이 자주 변하는 동적인 상황에서 또한 응급상황에서 긴급한 환자를 적절히 처리할 수 없는 심각한 문제가 발생할 수 있다.

이런 문제점을 해결하기 위하여, 본 논문에서는 환자의 생체 정보를 실시간(real-time)으로 센서를 통하여 측정 한 후 이를 병원의 의사에게 전달하는 원격 진단 및 처방 헬스케어 서비스를 제안한다. 실시간 원격 진단 및 처방 헬스케어 서비스는 환자의 현재 혈압, 체온, 맥박, 호흡 등의 생체 정보를 센서를 통하여 실시간으로 센싱하여 이를 PDA 를 통하여 환자와 병원 사이의 중간 역할을 하는 써로게이트 시스템에 보내지며 특이상황 발생시 병원에는 의사에게 보낸다. 이를 본 의사는 DB 에 저장되어 있는 환자의 기본 데이터와 현재 생체 정보를 이용하여 진단 하고 처방한다.

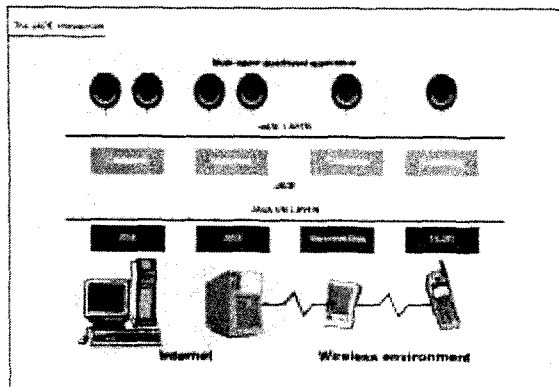
유연성 있고 복잡한 처리가 가능하도록 하기 위하여 멀티 에이전트를 사용하여 하나의 에이전트로 해결하지 못하는 복잡한 문제의 해결을 여러 에이전트의 협동을 통해 작업을 수행한다. 이는 모바일 디바이스의 자원 부족을 해결하기 위해 사용한다. 최소단위의 멀티 에이전트 시스템은 하나의 조정 에이전트(Coordination Agent)와 둘 이상의 응용 에이전트로 구성된다. 이를 위해서는 FIPA 에서 제안한 에이전트 플랫폼 구조를 기반으로 하는 멀티에이전트 기술을 적용한다. 모바일 디바이스에 인가 되지 않은 접근을 막기 위한 수단으로서, 모든 메시지는 써로게이트를 통해 전달된다. 또한 써로게이트 시스템을 통해 로컬 및 원격의 에이전트를 쉽게 다룰 수 있다.

2. 관련연구

2.1 JADE (Java Agent Development Framework)

FIPA는 에이전트들과 에이전트 기반의 응용프로그램

간의 개발 설계서를 공개함으로써, 지능형 에이전트 연구 분야의 표준을 만드는 국제기구이다. JADE는 FIPA 표준안을 기반으로 만들어진 분산 에이전트 플랫폼이다. JADE 구조는 [그림 1]과 같다.



[그림 1] JADE 아키텍처

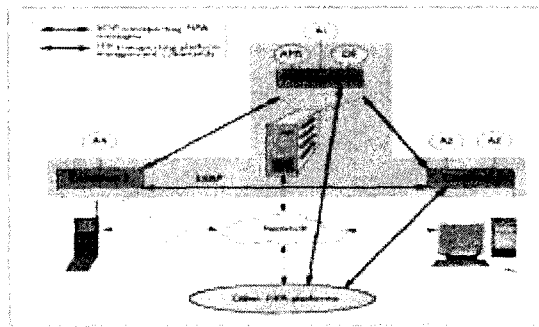
AMS는 에이전트 플랫폼내의 에이전트의 생성, 등록, 제거, 복구 등의 전반적인 에이전트 생명주기에 대한 관리를 수행한다. DF는 에이전트 플랫폼내의 에이전트들이 제공하는 능력이나 서비스에 대한 정보를 각 에이전트에게 제공한다. 컨테이너는 에이전트의 런타임 환경이며, MTS와 ACC 같은 통신 기능을 포함한다. 하나의 에이전트로 처리하기에는 복잡한 작업을 처리하기 위해서 다른 에이전트의 도움이 필요하게 되는데 이를 위해서 에이전트간 협동 메커니즘이 필요하다.

2.2 멀티에이전트기술 (Multi-Agent Technology)

멀티 에이전트(multi-agent)는 조정(coordination), 협상(negotiation), 대화(communication) 등의 기법이 적용된다. 멀티 에이전트 시스템의 장점은 독립적인 응용 프로그램의 집합으로는 해결할 수 없는 보다 복잡한 서비스를 다른 에이전트와의 협력을 통해 제공할 수 있고, 새로운 에이전트를 추가하여 새로운 서비스에 대한 시스템의 확장이 용이하다는 것이다. 멀티 에이전트는 에이전트간 협동을 통해 정보를 교환하고 공유한다.

에이전트는 지식 표현과 추론 등을 통해 문제를 해결하나, 자신이 해결하지 못하는 기능은 해당 기능을 가지는 다른 에이전트와 협동해야 한다. 이를 위해 에이전트간에 요구 사항을 전달하고 수행 결과를 되돌려주는 통신 방법이 필요하고, 각 에이전트의 기능을 관리하고 에이전트간의 통신을 제어하는 조정 에이전트(coordination agent)가 존재해야 한다.

따라서 최소 단위의 멀티 에이전트 일반 사용자에게 보다 편리한 사용자 인터페이스환경을 제공하기 위해서는 현재의 윈도우 기반 사용자 인터페이스의 차원을 넘어서 사용자의 작업을 대행해 줄 수 있는 에이전트 시스템이 제공되어야 한다. [그림 2는 JADE- LEAP 환경에서 에이전트 간의 통신을 나타낸다.



[그림 2] JADE - LEAP에서의 에이전트간 통신

3. 제안하는 시스템 멀티에이전트와 써로게이트 기반의 원격의료시스템

3.1 서비스 개념도 아키텍처

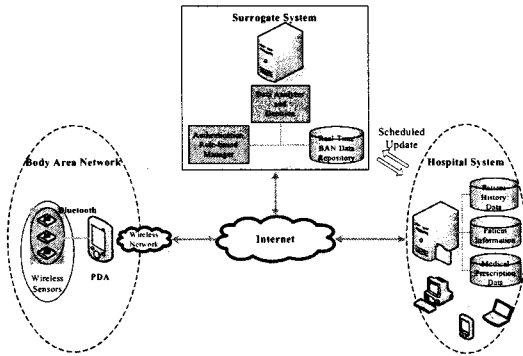
본 논문에서 제시하고 있는 멀티 에이전트 기반 실시간 원격 헬스케어 시스템은 JAVA 기반의 응용 어플리케이션과 분산 에이전트 플랫폼인 JADE에 기반한다. (그림 3)은 원격 진단 및 처방 시스템의 아키텍처이다.

시스템은 크게 3개의 영역으로 구분된다. BAN(Body Area Network)시스템, 써로게이트시스템(Surrogate System), 그리고 병원 시스템(Hospital System)으로 구성된다.

첫번째 BAN(Body Area Network) 시스템은 사용자의 몸에 센서를 부착한 영역으로 체온, 호흡, 혈압, 맥박의 생체 신호를 동시에 측정하여 무선 네트워크를 통하여 사용자 모바일 디바이스인 PDA에 생체 신호가 전달되는 부분이다. 센서는 무선인터페이스보드와 커넥션을 맺은 후 생체 정보 데이터를 전송하게 되고 특별한 이벤트가 발생하지 않는 이상 커넥션을 유지하게 된다.

두번째 영역은 환자와 병원의 중재자 역할을 하는 Surrogate 시스템이다. BAN시스템에서 전송된 환자의 생체 데이터는 에이전트에 의해 긴급상황 여부가 판단된다. 긴급상황으로 판단된 데이터는 Surrogate 시스템에 저장된 후, 병원 시스템에 바로 전달되어 응급상황에 대처할 수 있도록 한다. 긴급상황이 아닌 경우에는 Surrogate 시스템에 저장만 한다. Surrogate 시스템에 저장된 데이터는 주기적으로 필요한 부분만 병원 중앙 DB에 저장된다. 또한, 실시간 데이터로서, 응급상황이 아닌 데이터는 일정기간 이상이 되면 삭제한다. BAN영역과 병원 시스템을 연결하는 상호보완적인 역할을 담당한다. 의사와 병원 관계자는 Surrogate 시스템의 데이터를 검색, 이용할 수 있다.

세번째 영역인 병원 시스템은 기존의 병원 시스템과 동일한 영역이다. 정보가 필요한 의사, 환자, 병원업무담당자들이 해당 환자의 정보를 검색하고, 또한 새로운 정보 및 진단 결과를 입력, 수정하고, 필요에 따라 데이터는 갱신되고 삭제된다.



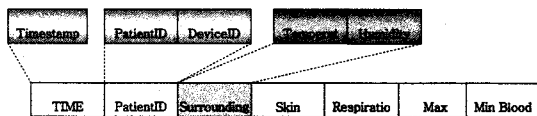
[그림 3] 헬스케어 시스템 아키텍처

3.2 멀티 에이전트 구성

Manager Agent는 해당 환자 정보를 병원의 데이터베이스에 저장하고, 담당의사를 찾아내고, 담당의사에게 진단과 처방을 요청하기 위해 Doctor Agent에게 메시지를 전송한다. Doctor Agent는 해당 데이터를 기반으로 진단과 처방을 내려 Patient monitoring Agent에게 보내 환자에게 정보를 제공한다. (그림 3)는 실시간 원격의료 헬스케어 시스템의 에이전트간 전송 흐름도를 보여준다.

3.2.1 Patient Monitoring Agent

모바일 디바이스에서 동작하는 에이전트로 그 기능은 다음과 같다. 첫째, 센서로부터 센싱한 환자의 생체 데이터 정보와 온도, 습도와 같은 주변 환경 정보를 검출한다. 둘째, 센싱된 정보에 송신자 정보와 기기 정보를 포함하여 이를 세로게이트 시스템에 보내기 위해 Supervisor Agent로 메시지를 전송한다. 셋째, 의사 및 병원관계자 등 진단자가 입력한 환자 상태에 대한 소견 메시지를 User Interface를 통해 환자에게 전달한다. 응급 진단과 같은 서비스를 요청하는 기능 등을 담당하는 에이전트들이 동작한다. 다음 (그림 4)는 전송되는 생체정보 메시지의 포맷이다.



[그림 4] 생체 정보 데이터 포맷

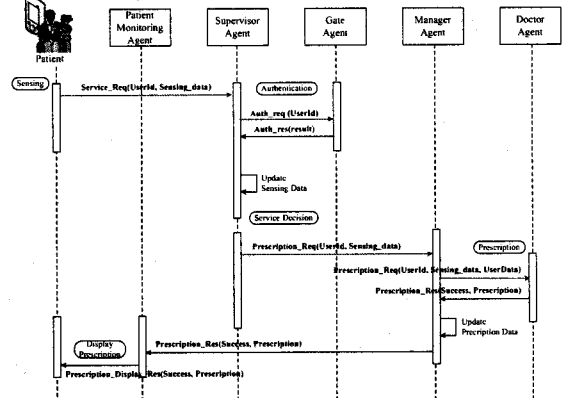
체온, 호흡, 맥박 등의 생체 정보는 초당 센싱하며, 혈압은 15분마다 센싱한다. 그 모어진 생체 정보는 모바일 디바이스로 전달한다.

3.2.2 Gate Agent

서비스를 요청한 사용자의 정당성을 확인하는 에이전트로 정당성이 허가된 사용자는 그 역할에 따라 부여된 권한에 의해 RBAC를 통한 접근 권한이 달라진다.

3.2.3 Supervisor Agent

환자의 모바일 디바이스와 병원 시스템을 중재하며 동작하는 에이전트로 surrogate 시스템의 전체를 관리하고 제어한다. 먼저 이 에이전트는 실시간으로 전달해 오는 환자의 현재 신체 정보를 저장소에 저장한다. 전달된 환자의 생체데이터를 특이 패턴 인식 모듈을 작동시켜 혈압(최고/최저), 체온, 호흡, 맥박 등의 정상적인 상태의 정보와 비교 분석한다. 이 데이터들이 정상 범위를 넘어간 경우, 특이(응급) 상황으로 간주하여 기존 메시지에 경고 메시지를 포함하여 병원의 의사나 병원관계자에게 전달될 수 있도록 Manager Agent에게 메시지를 전달한다. 특이(응급) 상황이 발생하지 않은 경우에는 저장소에 저장된 후 서비스가 종료된다.



[그림 3] 에이전트간 전송 흐름도

3.2.4 Manager Agent

Manager Agent는 병원 시스템에서 동작하는 에이전트이다. Supervisor Agent로부터 받은 특이(응급)상황이나 환자가 진단을 요청했을 때, 의사나 병원관계자는 기존에 등록된 환자의 병력 데이터와 현재 환자의 생체 정보를 이용하여 진단하고 이에 대한 소견을 작성한다. 병원 중요 DB에 환자의 생체 데이터를 저장하고, 의사나 병원관계자가 진단한 내용과 소견을 DB에 저장한다. 데이터를 검색하거나 신규가입자 등록 및 갱신, 삭제 등도 관리한다. 또한 의사에게 해당 환자의 응급사항을 알리는 기능이 있다.

Manager Agent는 병원 시스템에서 동작하는 에이전트이다. Supervisor Agent로부터 받은 특이(응급)상황이나 환자가 진단을 요청했을 때, 해당 환자를 담당하는 의사나 병원관계자를 검색한다. 담당의사에게 기존에 등록된 환자의 병력 데이터와 현재 환자의 생체 정보를 포함하여 진단을 요청하는 메시지를 보낸다. 담당의사가 진단한 내용과 소견을 시간정보와 담당의사번호를 포함하여 병원 진단 데이터베이스에 저장한다. 또한 Supervisor Agent로부터 받은 환자의 생체 정보를 병원 병력 데이터베이스에 저장한다. 필요한 데이터를 검색하거나 신규가입자 등 또한 혈압, 체온, 호흡, 심전도, 혈류 등의 정상범위를 저

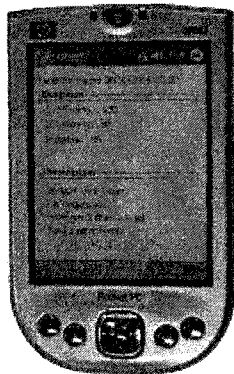
록 및 갱신, 삭제 등도 관리한다.

3.2.5 Doctor Agent

담당의사는 Manager Agent로부터 받은 메시지를 기반으로 하여 해당 환자의 상태를 진단하고 이에 따른 처방을 한다. 진단자에 대한 소견을 Manager Agent에게 보낸다. 이 진단 및 처방 데이터는 병원 진단 데이터베이스에 저장된다. 저장된 진단과 처방데이터는 Patient monitoring Agent가 원할 때 언제든지 이전 기록을 볼 수 있도록 유지, 관리된다.

4. 구현

본 논문에서 제안한 아키텍처에 따라 멀티 에이전트 기반의 실시간 원격 처리 헬스케어 시스템을 구현해 보았다. 구현을 위하여 JADE, LEAP, J2SE, PersonalJava를 사용하였으며, 환자정보 DB, 진단 및 처방 DB, Surrogate DB 등은 Oracle DB를 이용하여 설계하였다. (그림 5)는 원격진료 서비스를 위한 에이전트들간의 ACL 메시지 전송에 의한 서비스의 동작 흐름을 보여준다. (그림 6)은 담당의사의 처방과 진단 결과를 환자의 PDA에 구현한 프로토타입을 보여준다.



[그림 6] PDA에 표현된 진단과 결과 화면

5. 사용자 상태의 분석

센서를 이용하여 측정된 사용자의 혈압, 체온, 호흡, 심전도, 혈류 등의 생체 정보와 주변 환경정보인 온도와 습도만으로 환자의 상태를 판단하는 것은 상당히 어려운 작업이며, 그 판단은 의학적인 측면이 강하다. 본 연구에서는 이를 위한 기반 환경을 구축하는 것을 목적으로 하였으며, 추후 의학적인 면이 더욱 심도 있게 연구될 필요가 있다. 먼저 사용자의 평상시 혈압(최고/최저), 체온, 호흡, 맥박 등의 정보를 저장 및 관리하고 온도와 습도의 평균치를 저장하여 측정된 값과 비교 분석하였다. 혈압, 체온, 호흡, 맥박 등의 생체 정보는 1초당 센싱하였으며, 혈압은 15분마다 센싱하였다. 그 모아진 생체 정보는 모바일 디바이스로 전달한다.

장 및 관리하여 이와 비교 분석하였고, 정상 범위를 넘어간 경우, 특이 상황으로 간주하여 병원 의사에게 처방을 요구하도록 하였다. 향후 환자 생체 정보의 패턴을 분석하는 과정이 필요하다.

5. 분석 및 결론

본 논문에서는 유비쿼터스 헬스 케어 서비스로서 사용자의 신체 정보와 주변 환경 정보를 센서를 활용하여 실시간으로 측정하고, 그 측정된 데이터를 써로게이트 시스템에 저장한 후 응급상황여부를 판단하여 병원 시스템에 전달하여 의사의 처방을 받는 서비스를 모델링하였다. 우리의 시스템은 환자와 병원의 상호 연결을 가능하게 한다. 실시간으로 환자의 몸에서 센싱된 데이터를 이용하여 환자의 상태가 특이상황인지 응급상황인지를 판단한다. 또한 이를 해당 의사에게 전달하여 컴퓨터를 연결하여 언제 어디서나 진단 및 처방이 가능하게 한다. 그러나 센싱된 데이터를 이용하여 환자의 상태를 결정하는 것은 추후 의학적인 측면에서 더욱 심도 있게 연구될 필요가 있다. 본 연구에서 사용된 센서에 의한 사용자 및 주변 환경의 상황 인식 기술과 상황에 맞는 다양한 정보에 근거하여 사용자 대신 작업하는 지능형 에이전트 기술을 이용하여 고부가가치형 유비쿼터스 서비스를 창출할 것으로 기대된다.

참고문헌

- [1] Stefan Kirm., "Ubiquitous Healthcare: The OnkoNet Mobile Agents Architecture". The International Conference NetObjectDays on Objects, Components, Architectures, Services, and Applications for a Networked World, London, UK, 2002
- [2] Nikolay Dakovsky, Aart van Halteren, Ing Widya. "BANip: enabling remote healthcare monitoring with Body Area Networks", International Workshop on scientific engineering of Distributed Java applications, November 27-28, 2003
- [3] L. Wang, K. Chen, and YS Ong, "Agent Based Decision Support System Using Reinforcement Learning Under Emergency Circumstances", ICNC 2005, LNCS 3610, pp. 888-892, 2005
- [4] Tom Brones, "Supporting the Developers of Context-Aware Mobile Telemedicine Applications", OTM Workshops 2005, LNCS 3762, pp. 761-770, 2005
- [5] <http://www.fipa.org>
- [6] <http://leap.crm-paris.com>