

응급 의료 서비스를 위한 멀티 에이전트 기반 의사결정 지원 시스템

노선택, 이근상, 최영근
광운대학교 컴퓨터 과학과
e-mail:{pearl, docom, ygchoi}@kw.ac.kr

Multi Agent-Based Decision Support System for Emergency Medical Service System

Seon-Taek Noh, Keun-Sang Yi, Young-Keun Choi
Dept of Computer Science, Kwang-woon University

요 약

국내의 응급의료체계는 119구급대와 1339 응급의료 정보센터간의 이원화된 체계로 구축되어 있다. 하지만 두 기관간의 긴밀한 연계체계의 부족으로 응급의료기관이나 의료기관으로의 이송된 자 중 이송 의료 기관 선정이 부적절한 경우가 상대적으로 높게 된다. 또한 각각의 환경에 맞게 구축된 병원 정보 시스템의 이질성으로 응급환자의 효율적인 이송체계 수립이 어려운 실정이다. 멀티 에이전트의 자율적이며 독립적인 성향은 이질적인 병원 정보 시스템에서 효과적으로 상호운용할 수 있는 가능성을 높여 주며 점점 복잡해지는 응급 의료 상황에 대하여 동적으로 행동할 수 있게 해준다. 따라서 본 논문에서는 응급환자의 정보를 통해 실시간으로 응급환자에게 가장 적절한 후보 병원을 결정하여 동적으로 응급환자의 병원 이송체계를 수립할 수 있는 의사결정 지원 시스템을 제안한다.

1. 서론

응급의료 체계에서의 응급환자 이송체계 수립은 환자의 생명과 연결되는 매우 민감한 분야이다. 특히 인구의 증가와 교통수단의 고속화 및 기계문명의 발달로 인한 안전사고 증가 및 건강질환에 대한 증가로 빠른 시간 내에 진료나 치료를 받아야 하는 응급환자가 계속 증가하고 있는 추세에 있다. 따라서 보다 복잡하고 다양한 응급사건의 유형과 교통환경 및 병원환경으로 인해 응급 이송 체계 수립에 대해 고려해야 할 요소들이 증가하고 있다. 현재 국내 응급의료체계는 119구급대와 1339 응급의료 정보센터간의 이원화(two phases)된 체계로 구축되어 있다. 하지만 이 두 기관간의 긴밀한 연계체계 부족으로 응급환자에 대한 부적절한 이송체계를 수립한 경우가 자주 발생하고 있다.[1] 또한 국내의 의료정보 서비스 시스템은 각 병원의 환경에 맞게 구축되어 있기 때문에 상대적으로 상호운용에 대한 효율이 감소하게 된다. 이는 응급환자의 상태에 따라 적절한 병원으로 이송할 수 있도록 정보를 공유할 수 있는 범위가 좁아짐을 의미하며, 적절한 응급환자 이송체계 수립의 장애가 됨을 의미한다. 따라서 국내의 두 기관의 긴밀하게 연계할 수 있는 방안과 함께 응급 환자의 적절한 이송 체계를 수립할 수 있는 방안이 필요하다.

멀티 에이전트 시스템은 단독 에이전트가 가질 수 있는 성능의 한계를 극복하고 여러 분야에서 효율적인 정보 관리 및 추출을 목적으로 한다.[2] 멀티 에이전트는 에이전트끼리 상호 협력하며 독립적인 응용프로그램의 집합으로

는 해결할 수 없는 복잡한 서비스를 다른 에이전트와의 협력을 통해 제공할 수 있다.[3] 또한 비교적 자율적으로 행동할 수 있기 때문에 이질적인 환경에서 상호운용을 할 수 있도록 많은 분야에서 사용되어 왔다.

많은 조건을 고려해야 하며, 동적이며 실시간으로 결정해야 하는 의사결정 지원 시스템(Decision Support System)에서의 멀티 에이전트 시스템은 많은 연구가 진행되어 왔다. 의사결정 지원 시스템은 다양한 분야에서 적용되고 있는데, 특히, 국가 방위나 의료 서비스, 생산 공정 관리등의 매우 복잡하고 민감한 요소가 많이 내포되는 부분에 적용되고 있다. 이는 인간이나 단순한 데이터를 바탕으로 한 결과에 비해 높은 생산성과 정확성을 높여 위험성을 감소하기 위함에 있다.

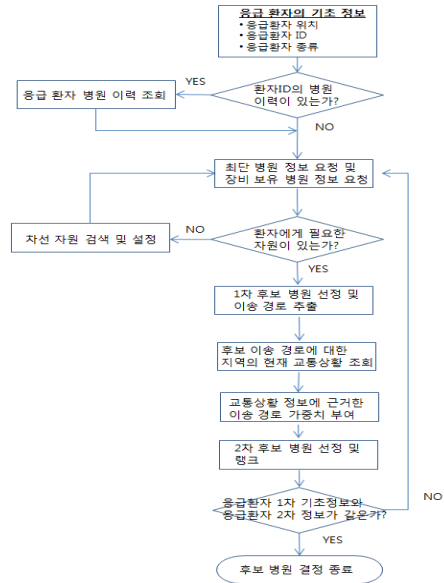
본 논문에서는 환자의 적절한 이송 체계 수립의 효율성을 높일 수 있도록 멀티 에이전트 기반의 의사결정 지원 시스템을 제안한다. 일반적으로 최단 거리에 있는 병원으로 응급 환자를 이송하여 가장 빠른 치료를 받을 수 있도록 응급체계를 수립한다. 하지만 제안된 시스템에서는 최단 후보 병원과 응급환자에게 필요한 장비를 보유하고 있는 병원을 추출하여 1차 후보 병원으로 선정된 뒤 그 시간대의 교통상황등을 고려하여 2차 후보 병원을 선정하여 1순위부터 차례로 랭크(rank)함으로써 응급 환자를 가장 효율적으로 치료 할 수 있는 이송 체계를 수립할 수 있도록 한다. 또한 최초 신고자 및 응급 환자등의 비의료인에게 전달받은 정보와 출동한 구조대등의 전문 의료인에 인

해 확인된 응급 환자의 상태정보를 비교하여 후보 병원의 재선정 및 랭크 재배치를 통해 응급환자의 이송체계 수립의 적절성을 극대화한다.

2장에서는 제안한 시스템에 적용할 수 있는 시나리오에 대해 언급하고 3장에서는 멀티에이전트 기반의 의사결정 지원 시스템의 구성에 대해 살펴본다. 4장에서는 시스템의 구현에 대해 설명한다. 5장은 결론으로써, 제안한 시스템에 대한 평가와 개선 방향 및 향후 과제에 대해 논의한다.

2. 시나리오

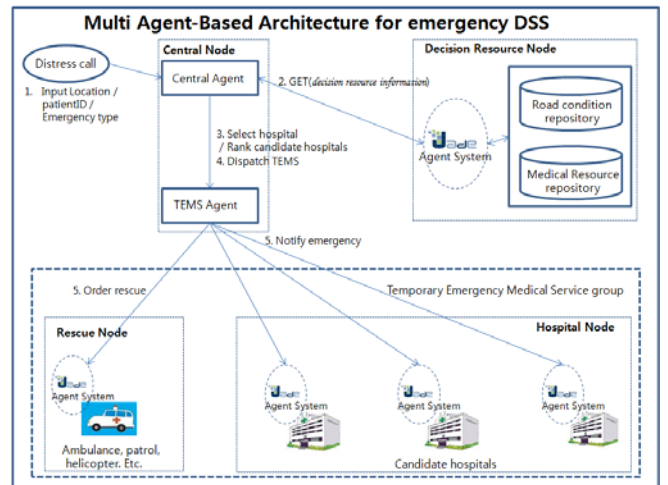
본 장에서는 의사결정 지원 시스템에 적용할 수 있는 예제 시나리오에 대해 언급한다. 본 시나리오에서는 국내에서 발생하는 모든 응급 환자의 ID(주민등록번호, 자동차 면허증 번호 등)를 모두 관리하고 있으며, 발생 지역은 서울시 지역에서만 발생한다고 가정한다. 서울시 노원구 지역에서 응급환자가 발생하였을 경우, 응급환자에 대한 기초 정보는 Central 에이전트에 의해 수집된다. 이때 발생하는 기초 정보는 환자의 위치, 환자의 ID, 사고의 종류로 정의한다. 기초 정보를 전달받은 Central 에이전트는 ID를 통해 환자의 신상정보를 파악하며, 신상정보를 기준으로 의사결정 자원 노드(DRN : Decision Resource Node)로 의사결정에 필요한 자원을 요청한다. 의사결정 자원 노드의 요청메시지에는 현재 노원구 지역의 교통 상황 정보 요청과 응급환자에게 필요한 장비를 구비한 병원 정보 요청을 포함하고 있다. 요청한 정보를 수집한 Central 에이전트는 교통 상황 정보와 필요한 장비를 구비한 병원 정보의 위치를 기반으로 하여 가중치를 계산하여 후보 병원을 랭크하게 된다. 이때, 랭크된 후보 병원을 관리하고 응급환자의 이송이 완료될 때까지 관리할 수 있도록 TEMS 에이전트(Temporary Emergency Medical Service Agent)를 생성한다. 이후 응급환자에 상태관리 및 후보 병원들과의 통신은 TEMS 에이전트가 수행하게 되며, Central 에이전트는 TEMS 에이전트만을 관리하게 된다. 생성된 TEMS 에이전트는 노원구 지역의 응급 구조 센터와 통신하여 응급 구조를 명령하며, 후보 병원들에게 응급 메시지를 발송한다. 응급 메시지를 받은 후보 병원들은 현재의 응급실 상황을 다시 전달하게 된다. 동시에 응급 환자를 구조하는 Rescue 노드에서는 환자의 현재 상태를 TEMS 에이전트로 피드백하여 환자의 현재 상태를 파악한다. 이는 비의료인(응급환자 본인 또는 목격자등)으로부터 받은 응급환자의 최초 정보에 비해 Rescue 노드에서 출발한 의료인(응급구조사, 응급간호사 등)으로부터 받은 정보가 상이할 가능성이 있기 때문이다. TEMS 에이전트는 후보 병원으로부터 받은 현재 응급실 현황 정보와 Rescue 노드로부터 받은 피드백 정보를 통해 응급 환자의 최종 이송 병원을 결정하여 Rescue 노드에 알려주게 된다. 또한 최종 이송 병원에 예약 메시지를 보내 환자의 응급 이송 관리 임무를 마치게 된다. 그림 1은 시나리오가 적용된 응급환자에 대한 후보 병원 결정에 대한 흐름도를 나타내고 있다.



(그림 1) 후보 병원 결정의 흐름도

3. 시스템 구성

본장에서는 크게 4개의 노드로 구성되어 있으며 다수의 에이전트로 구성되어 있는 응급 의사결정 지원 시스템에 대해 살펴본다. 4개의 노드는 지리적으로 분산되어 있으며 각 노드에 존재하는 에이전트에 의해 메시지로 통신하게 된다. 시스템에 구성되어 있는 에이전트는 JADE(Java Agent Development Framework) 플랫폼[7]을 이용하여 구현되어 있으며, FIPA(Foundation for Intelligent Physical Agents)[8] 표준안에 따른 ACL형식의 메시지로 통신하게 된다.



(그림 2) 응급 의사결정 지원 시스템의 개요도

3.1 Central Node

Central 노드는 최초의 응급환자에 대한 정보를 입수하여 응급 환자의 이송체계를 수립하기 위한 모든 요소를 관리하는 노드이다. central 노드의 위치는 기본적으로 응급 의료 센터에 존재하지만 상황에 따라서 환자의 데이터

를 넣을 수 있는 입력부분과 의사결정의 결과물을 탐색할 수 있는 출력부분은 전문 의료인이 휴대하는 PDA등의 무선기기에 클라이언트 애플리케이션 형태로도 확장할 수 있다. Central 노드의 주요 기능은 다음과 같다.

- 환자의 기초 정보 입력(ID/location/emergency type)
- 환자의 병원 이력 조회
- 환자로부터의 최단거리에 위치한 후보병원 정보요청
- 환자의 상태에 따른 장비 검색
- 장비를 소유한 후보병원 정보요청
- 후보 병원에 대한 교통상황 정보요청
- 후보 병원 이송 경로 수립
- TEMS 에이전트 런칭(launching)
- 이송 경로 랭크(rank)
- 의사 결정에 대한 결과물 출력

3.2 Decision Resource Node

decision resource 노드는 의사 결정에 요소가 되는 정보를 데이터베이스에 모아놓은 저장소이다. 기본적으로 각 구간의 도로정보를 5분마다 갱신되는 road condition repository와 각 병원의 위치 정보와 치료 가능 분야를 나타내는 정보 및 장비 보유 등의 의료 정보를 표현하는 medical resource repository로 구성되어 있다.

3.2.1 Road Condition Repository

실질적으로 서비스되고 있는 도로 정보에 대한 데이터를 5분마다 업데이트하여 저장된다. 각 구간별로 테이블을 나누어 저장되며 구간의 시점과 종점으로 표현된다. 각 구간은 최근의 시간으로 업데이트되며 통행 평균 속도(Km/h)로 표현되며, average는 시점에서 종점간의 평균 통행시간을 의미한다. 또한 그 구간의 상태를 '소통일할', '지체서행', '정체'로 나누어 표현된다. 또한 accident 항목에서는 사고 발생이나 공사 등의 이벤트가 발생하였을 경우 기입된다. Central 에이전트는 이 정보를 바탕으로 속도는 구간별로, 상태별로 가중치를 설정하고 이송 경로를 수립하는데 활용한다.

id	time	start	end	speed	average	situation	accident
8177	2007-10-02 9:12	종재캠프	홍은캠프	16	8	정체	-
8199	2007-10-02 9:12	종재캠프	연희캠프	76	3	소통일할	-
8481	2007-10-02 9:17	종재캠프	홍은캠프	19	6	정체	-
8503	2007-10-02 9:17	종재캠프	연희캠프	76	3	소통일할	-
8784	2007-10-02 11:32	종재캠프	홍은캠프	82	2	소통일할	-
8806	2007-10-02 11:32	종재캠프	연희캠프	81	3	소통일할	-
6	2007-10-02 7:04	종지문터널입구	정흥터널입구	37	3	지체서행	-
23	2007-10-02 7:04	종지문터널입구	종지문터널출구	31	3	지체서행	-
311	2007-10-02 7:10	종지문터널입구	정흥터널입구	36	3	지체서행	-
328	2007-10-02 7:10	종지문터널입구	종지문터널출구	31	3	지체서행	-
615	2007-10-02 7:15	종지문터널입구	정흥터널입구	37	3	지체서행	-
632	2007-10-02 7:15	종지문터널입구	종지문터널출구	33	3	지체서행	-
919	2007-10-02 7:20	종지문터널입구	정흥터널입구	38	3	지체서행	-
936	2007-10-02 7:20	종지문터널입구	종지문터널출구	31	3	지체서행	-
1222	2007-10-02 7:25	종지문터널입구	정흥터널입구	30	3	지체서행	-
1239	2007-10-02 7:25	종지문터널입구	종지문터널출구	36	3	정체	-
1250	2007-10-02 7:26	종지문터널입구	정흥터널입구	38	3	지체서행	-
1267	2007-10-02 7:26	종지문터널입구	종지문터널출구	30	3	정체	-
1553	2007-10-02 7:31	종지문터널입구	정흥터널입구	38	3	지체서행	-
1570	2007-10-02 7:31	종지문터널입구	종지문터널출구	32	3	지체서행	-

(그림 3) 특정 지역의 도로 정보 데이터

3.2.2 Medical Resource Repository

병원의 자원 정보는 현재 응급의료정보 센터에서 제공하는 정보를 근거로 한다.[9] 병원 정보를 표현하는 요소는 크게 일반정보, 병상정보, 장비 및 진료과목으로 나누게 된다. 일반정보에는 의료기관명, 주소등에 대한 정보를 표현하며, 병상정보는 총 병상수와 응급실, 입원실, 중환자실등을 나타낸다. 마지막으로 장비 및 진료과목에는 현재 의료기관이 보유하고 있는 의료 장비정보와 특수 진료 과목 및 진료 가능한 과목들을 보여주고 있다.

3.3 Rescue Node

rescue 노드는 일반적으로 구급차량에 설치되어 있는 에이전트 시스템을 의미한다. 따라서 본 제안된 시스템 중 유일하게 무선으로 통신하는 노드이다. rescue 노드에서는 대부분 GUI로 표현되며, 전문 의료인에 의해 확인된 환자의 상태 정보를 입력할 수 있는 인터페이스를 제공하며 다른 에이전트와 모두 통신할 수 있는 통신 모듈이 존재한다.

3.4 Hospital Node

hospital 노드는 central 노드가 랭크된 후보 병원에 관련되어 임시 의료 정보 서비스 그룹(temporary medical service group)의 논리적인 범위에 존재하는 특정한 병원 및 클리닉을 표현한다. hospital 노드는 병원 정보 시스템(HIS)를 포함하고 있으며, 본 논문에서는 의사 결정에 필요한 자원으로 구성되어 있는 데이터베이스와 인터페이스만으로 한정한다. 여기서 의사 결정에 필요한 자원은 의사, 간호원, 응급실현황 및 장비가용 여부이다. TEMS 에이전트에 의해 요청받은 메시지를 받게 되면 현재 병원에 가용할 수 있는 자원현황을 다시 응답하게 되며, TEMS에 의해 전달받은 예약 메시지를 통해 응급 환자의 치료를 준비할 수 있도록 한다.

4. 시스템 적용

본장에서는 앞에서 언급한 시스템을 실제로 적용하기 위해 구현된 부분에 대해 논의한다. 각 노드들은 window XP Professional 환경에서 실행되며, JAVA 언어로 구현되었다. 데이터베이스로는 MYSQL을 사용하였으며, JAVA언어와의 연동을 용이하게 하기 위해 에이전트 플랫폼으로는 JADE를 사용하였다. decision resource 노드에 구축된 데이터베이스는 서울지역만의 정보로 구축하였다. (그림 4)는 central 노드를 표현한 인터페이스이다. 최초 전달받은 환자의 기초 정보는 위치정보, 응급상황 유형, 환자의 ID이며 환자의 위치정보는 상황에 따라 더 자세한 위치를 입력할 수 있다. 위치정보는 1차적으로 최단거리의 계산을 하기 위해 좌표값으로 표현된다. central 노드 인터페이스는 모든 정보를 참조하여 의사 결정이 완료되면 자동적으로 TEMS 에이전트가 인스턴스되며 독립적으로 동작한다

5. 결론

본 논문에서는 응급 환자의 이송체계를 효율적으로 수립할 수 있도록 멀티 에이전트 기반 의사결정 지원 시스템의 도입에 대하여 논의하였다. 더욱 복잡해지고 다양해지는 응급 사고 유형에 동적으로 대처하고 실시간으로 응급구조 체계를 수립할 수 있도록 각 특성에 맞는 노드와 에이전트를 배치 설계하였다. 또한 제안된 시스템은 1차적으로 받는 응급환자의 상태정보와 이후 전문 의료인에게 전달받는 피드백 정보를 통해 응급 환자의 최적 응급체계를 수립할 수 있으며 자율적인 에이전트 시스템의 성질로 인해 독립적으로 구축되어 있는 병원 시스템과 비교적 자율적으로 통신 할 수 있는 환경을 제공한다. 하지만 제안된 시스템은 제한적인 환경에서 실험하였으므로 국내에서 실제로 동작하는 환경과는 차이가 있을 수 있다. 향후과제로써, 국내의 응급의료서비스 환경과 같은 병원정보시스템(HIS)구축과 함께 의료정보와 관련연구의 수집이 필요하다. 또한 응급센터의 수신자가 응급환자의 최초정보를 입력하는 방식이 아닌 PDA로의 전달, 센서에 의한 자동감지 시스템을 도입하여 헬스케어 시스템으로의 확장 연구가 필요하다.

참고문헌

- [1] 안승계, "응급의료정보 센터 운영개선 방안 - 환자 이송 및 병원간 전원사례를 중심으로", 연세대학교 보건대학원, 2006
- [2] 이동규, 한경숙, "Agent를 기반으로 한 지능형 호출 시스템", 정보과학회논문지:컴퓨팅의 실제 제 7권 제 5호, p522-538, 2001.10
- [3] 송종철, 정현수, 홍기채, "멀티에이전트 시스템의 연구 동향", 한국정보통신 연구진흥원, ITFIND 주간기술 동향, no930, p13-26, 2000
- [4] 노선택, 이근상, 문석재, 엄영현, 정계동, 최영근, "MAEMS : 멀티 에이전트 기반 응급 의료 시스템 모델링", 한국 정보 과학회, 한국 컴퓨터 종합학술대회 논문집 Vol34, No.1(D), 453-457, 2007
- [5] 노선택, 문석재, 엄영현, 국윤규, 정계동, 최영근, "XMDR을 이용한 데이터 그리드 미들웨어의 협력 에이전트 설계", 한국정보과학회, 2006 가을 학술발표논문집 제33권 제2호(A), p557-562, 2006
- [6] Martin Molina and Gemma Blasco, "A Multi-Agent System for Emergency Decision Support", Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 43-51, 2003
- [7] <http://jade.tilab.com>, JADE website
- [8] <http://www.fipa.org> FIPA website
- [9] <http://www.se-emc.or.kr>, 서울응급의료정보센터 website
- [10] San Pedro, J.; Burstein, F.; Wassertheil, J.; Arora, N.; Churilov, L. and Zaslavsky, A.; On Development and Initial Evaluation of Prototype Mobile Decision Support for Hospital Triage, To appear in proceedings of the Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS'38), Jan 2005.
- [11] Mabry SL; Schneringer T; Eters T, Edwards N (2003) *Intelligent Agents for Patient Monitoring and Diagnostics*, In proceedings of the ACM symposium on Applied Computing, Melbourne, Florida, 257-262.

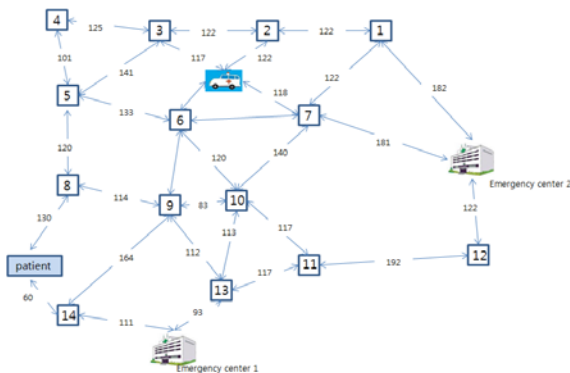


(그림 4) 의사결정 지원 시스템 유저 인터페이스



(그림 5) 2차 후보병원 선정결과 및 병원세부정보 출력

최단 거리에 대한 병원 선정은 1차적으로 환자의 위치를 좌표로 표현하여 고정된 좌표를 가지고 있는 환자 발생 주변 지역의 병원들과 비교하여 수치가 가장 적은 순으로 병원을 선정하게 된다. (그림 6)은 교통 현황 정보를 적용하지 않은 이송경로 구간에 대한 가중치 그래프를 표현하고 있다. 각 포인트는 교차로를 중심으로 표현하였으며 실제 데이터는 링크된 그래프형태의 자료구조로 저장된다.



(그림 6) 이송경로 구간에 대한 가중치 그래프 표현