

ARENA를 이용한 멀티 에이전트 기반 응급 의료 시스템 시뮬레이션

노선택⁰ 이근상 최영근
광운대학교 컴퓨터 과학과
{pearl⁰, docom, ygchoi}@cs.kw.ac.kr

Simulation of MultiAgent-based Emergency Medical System Using ARENA

Seon-Taek Noh⁰, Keun-Sang Yi, Young-Keun Choi
Department of Computer Science, KwangWoon University

요 약

최근 인구와 기계문명의 발달로 예전에 비해 좀더 복잡한 응급 사고가 발생하고 있다. 현재 응급 구조 시스템은 타인에 의한 사고나 정적인 웹페이지로 수집된 정보를 통해 당시 상황에 맞춰 응급 체계를 수립하고 있다. 이는 비전문 의료인인 구급대원의 현장 판단과 의료기관으로의 부적절한 판단으로 인해 응급 환자의 적절한 치료의 가능성을 낮추는 요인이 될 수 있다. 따라서 선행연구로써 기존의 응급 의료 시스템에 멀티 에이전트 개념을 도입하여 멀티 에이전트 기반의 응급 의료 시스템(MAEMS)을 모델링하였다. 멀티 에이전트 시스템은 독립적인 성격과 자율적인 성격으로 많은 부분에 응용되어 설계되고 있다. 특히 에이전트의 독립적인 성격은 이질적인 환경에서 동일한 목적의 행위를 수행할 수 있으며, 동적으로 많은 변화가 있는 상황에서 자율적으로 판단하여 행동할 수 있다.

본 논문에서는 MAEMS에 구성되어 있는 각 에이전트를 구현하며, ARENA를 통해 시뮬레이션함으로써 실제 통계자료와 비교하여 멀티 에이전트를 도입한 응급 의료 시스템의 효율성에 대해 연구한다.

1. 서 론

인구와 교통수단의 고속화 및 기계문명의 발달로 인한 안전사고의 증가로 빠른 시간 내에 진료를 받아야 할 응급환자가 점차 증가하는 추세에 있다. 대부분의 응급질환은 적절한 응급의료체계를 확립함으로써 비교적 짧은 시간과 적은 노력으로 사망률과 유병률을 줄일 수 있는 데에 응급 의료 체계 확립의 중요성이 있다. 환자의 의학적 상태에 따라 적절한 진료를 받을 수 있는 응급의료기관으로 이송되는 것이 특히 중요하나 119 구급대와 1339 응급의료 정보센터간의 긴밀한 연계체계의 부족으로 응급의료기관이나 의료 기관의 선정은 구급대원의 판단이나 보호자의 요청에 따라 이루어지고 있는 실정으로 응급의료 기관이나 의료기관으로 이송된 자 중 이송 의료 기관 선정이 부적절한 경우가 27~40%를 차지한다.[1] 그러므로 응급환자의 위치에 따라 최단거리 병원과 구조센터를 검색함과 동시에 응급환자의 상태에 따라 최적의 치료와 진단을 할 수 있는 병원과 연계할 수 있

는 응급체계가 필요하다.

따라서 응급환자의 생존 가능성을 높일 수 있는 응급 체계를 위해 멀티 에이전트 기반 응급 의료 시스템(MAEMS : MultiAgent-based Emergency Medical System)을 선행연구로 모델링하였다.[2] 플랫폼에 상대적으로 독립적인 성격을 가지고 있는 에이전트 시스템을 도입하여 이질적인 환경에서 병원 정보 시스템의 정보에 접근할 수 있다. 또한, 멀티 에이전트 시스템에 구성되어 있는 각각의 에이전트의 자율적인 행동으로 인해 환자의 정보를 통한 최적의 응급 체계 경로를 추출 할 수 있다.

본 논문에서는 각각의 에이전트로 구현된 MAEMS를 설명하며, ARENA[3]를 이용하여 시뮬레이션 함으로써 실제 통계자료와 MAEMS의 실험 자료를 비교한다. ARENA에 설정되는 모든 시뮬레이션 파라메터들은 의료계에서 선행연구로 진행된 논문과 통계자료를 근거로 추출하였으며, 응급환자의 대상은 골절환자(흉골절,분쇄성 골절등의 생명에 지장이 있는 골절)로 최소화시켰다. 추출된 파라메터를 통해 동일한 환경으로 설정된 MAEMS

에 적용하여 실제 통계자료와 응급환자의 평균 이송 처리 시간과 응급환자가 병원에 도착하여 병원의 치료를 받은뒤의 생존률을 비교함으로써 의료체계에 멀티 에이전트 시스템 도입으로 인한 효율성을 검증한다.

2장에서는 관련연구로써 JADE의 특성에 대해 설명하고 3장에서는 구현된 MAEMS의 개요와 구성에 대해 살펴보고, 4장에서는 시뮬레이션 시나리오에 대해 설명한다. 5장에서는 시뮬레이션 실행 및 분석에 대해 설명한다. 6장은 결론으로써, MAEMS의 개선방향과 향후 과제에 대해 논의한다.

2. 관련 연구

2.1 JADE(Java Agent DEvelopment framework)

JADE는 P2P 통신 아키텍처를 기반한 분산된 멀티 에이전트 애플리케이션의 개발을 위해 TILAB에 의해 개발된 미들웨어이다. FIPA에서 제정한 표준을 지향하고 있으며 자바언어로 이루어져 있다. JADE는 시스템과 에이전트 서비스를 포괄적으로 집합화하여 FIPA 표준에 준하는 환경을 제공함으로써 개발을 단순화하는데 목적이 있다. JADE는 에이전트 개발자에게 다음과 같은 특징을 보여준다.

- 분산된 에이전트 플랫폼
- 그래픽적인 유저 인터페이스
- 에이전트 개발을 위한 디버깅 툴
- behaviour model 을 통한 다중적이고 병렬적이며 동시적인 에이전트 행위 제공
- AMS(Agent Management System), DF(Directory Facilitator), ACC(Agent Communication Channel) 을 포함하는 FIPA 에이전트 플랫폼 제공
- 같은 에이전트 플랫폼 간의 ACL 메시지의 효율적인 전송
- FIPA interaction protocol의 라이브러리
- FIPA 지향 naming service
- 애플리케이션-정의 콘텐츠 언어 및 온톨로지 지원

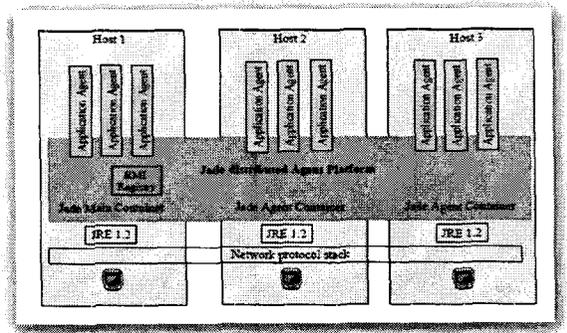


그림 1. JADE Agent Platform

3. 시스템 개요 및 구성

3.1 MAEMS의 개요

MAEMS의 수행단계는 다음과 같은 7개의 슈퍼 클래스로 나뉘게 된다.

1. Distress call
2. ACK/REQ(patient information)
3. Dispatch information
4. Create TEMS
5. Rescue/Examine a patient
6. Feedback patient information
7. Re-create TEMS

응급상황 발생시 MAEMS는 휴대전화, 인터넷등의 통신수단을 통해 응급환자의 최초 정보(the first information)를 받게 된다. 최초 정보는 응급환자가 발생한 위치 정보, 환자의 상태 정보 및 환자의 이름, 성별 및 사고 종류로 정의한다. 최초 정보를 받은 MA(Mediator Agent)는 RA(Repository Agent)를 통해 환자의 기초 정보(the basis information) 및 후보 병원, 구조 센터 정보를 획득한다. MAEMS에서는 응급환자 기초 정보를 응급환자 발생시 응급환자가 전에 이용한 병원으로부터 획득하여 응급환자 진료에 도움을 줄 수 있는 환자 정보라 정의한다.[4] 응급환자의 기초 정보 및 후보 병원등의 정보를 바탕으로 TEMSA(Temporary Emergency Medical Service group Agent)를 생성하게 되는데, TEMSA는 응급환자가 최단·최적 병원으로 이송된후 병원치료를 받을때까지 존재하는 TEMS 그룹을 관리하는 인스턴스이다. TEMS에는 3개의 에이전트가 존재하게 되는데 각 병원에 이주되는 이동에이전트인 HA(Hospital Agent), 구조 센터를 관리하는 RA(Rescue Agent), 병원구조차 및 구조헬기등에 이주되는

VA(Vehicle Agent)가 있다. 특히, VA는 응급환자 발생 장소에 도착한뒤 환자의 상태를 정확히 판단하여 다시 TEMSA에 정보를 피드백하여 환자 이송 체계의 최적화를 이루게 한다. 환자의 최초 정보와 VA로부터의 피드백 정보가 다를 경우 TEMSA는 다시 RA에 환자 기초 정보 및 후보 응급 기관 정보를 획득하여 TEMS를 재구성하게 된다. 그림 2는 MAEMS의 개요를 표현하고 있다.

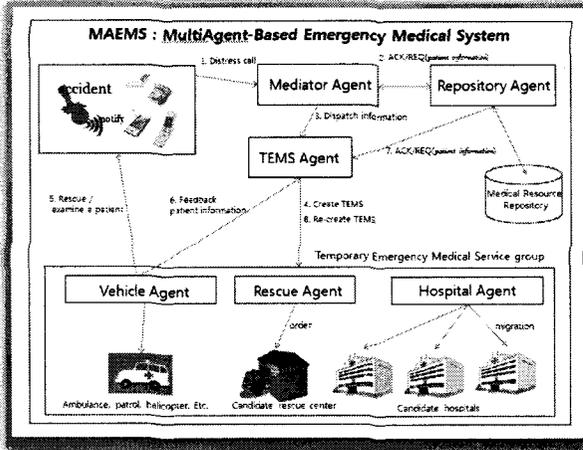


그림 2. MAEMS의 개요

3.2.1 Basic Layer

Basic Layer는 유.무선 인터넷같은 통신을 담당하거나 임시적으로 생성되는 TEMS 그룹을 관리하는 부분을 담당하며, MA와 TEMSA로 구성된다. 응급환자의 최초정보와 기초정보를 바탕으로 TEMSA를 생성하게 되는데, 다수의 TEMSA는 MA의 Dispatcher 관리자 의해 생성되며 동적으로 등록하게 된다. 또한 TEMSA도 TEMS 그룹에 속해있는 여러개의 HA와 RA, 그리고 VA를 handler 관리자에 동적으로 생성하며 등록하게 된다.

```
// getHandler class
// 에이전트 핸들러 등록

public RegisterHandler getHandler(Connection source, MA_descriptor mades)
{
    MessageHandler handler = getHandler(msg);
    handler.execute(this, msg, source);

    String path = "maems.ACLMessage." + mades.getName() + "Handler";
    Class clazz;
    try
    {
        clazz = Class.forName(path);
        return (MessageHandler) clazz.newInstance();
    }
    catch (Exception e)
    {
        return new NullMessageHandler(path);
    }
}
```

그림 4. MA의 에이전트 핸들러 등록

3.2 MAEMS의 구성

JADE 플랫폼에서 구현한 각 에이전트는 크게 6개의 에이전트로 구성된다. FIPA의 표준을 따라 각 에이전트는 ACL형식의 메시지로 통신하게 되며 외부와의 통신은 XML문서로 교환하게 된다. MAEMS는 성격에 따라 기본적인 통신과 에이전트 관리를 담당하는 Basic 계층, 기본 자원을 통해 최단 경로, 최적 후보지등에 대한 정보를 획득하는 Resource 계층, 그리고 응급환자의 응급체계를 수립하고 이행하는 TEMS 계층으로 나뉜다.

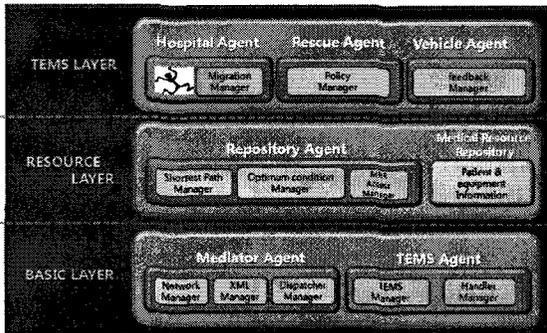


그림 3. MAEMS의 계층도

3.2.2 Resource Layer

Resource Layer에는 RA와 MRR로 구성된다. MRR은 병원 이력정보나 자세한 신상정보등을 나타내는 환자정보와 각 병원에 구비되어 있는 장비에 대한 정보, 병원의 위치와 전문 치료에 대한 자세한 정보가 저장되어 있는 저장소이다. 각각의 정보들은 온톨로지로 재정의되어 저장되어 있으며, 추상화되어 있는 각각의 정보 템플릿에 맞추어 등록하게 된다. RA는 응급환자의 위치에 따른 최단거리 후보 병원 및 구조센터 경로를 찾아내는 최단 경로 관리자와 상황에 따라 최적의 병원을 탐색하는 최적조건 관리자, MRR에 접근하여 정보를 추출하는 MRR 접근 관리자로 구성되어 있다. 본 논문에서는 응급환자의 외상은 골절부만만, 응급환자 발생 장소는 경기 북부 지역에서만 발생하는 것으로 가정하여 정보를 설정해 놓았다. 표 1은 RA의 Agent Definition을 표현하고 있다.

3.2.3 TEMS Layer

응급환자의 상황에 따라 임시 응급 의료 서비스 그룹이 형성되는데, 후보 병원의 개수에 따라 HA의 수가 결정된다. TEMSA에 의해 각 병원으로 이주하게 되는 이동 에이전트는 HA는 이질적인 병원 정보를 MAEMS 시스템에 맞는 포맷으로 변환하여 획득하는 역할을 한다.

TEMS 그룹에 인스턴스되는 에이전트는 총 3개이며 HA, RA, VA는 모두 상위 에이전트인 MA와 TEMSA를 상속받아 동작을 수행한다.

NAME :	REPOSITORY AGENT
PARENT AGENT :	MEDIATOR AGENT
PARENT CLASS :	NETWORK, XML, DISPATCHER
COMMUNICATION WITH :	MEDICAL RESOURCE REPOSITORY, MEDIATOR AGENT, VEHICLE AGENT, TEMS AGENT, FEEDBACK CLASS
COMMUNICATION CONSTRUCTS :	INFORM - PATIENT INFORMATION, EQUIPMENT INFORMATION, HOSPITAL INFORMATION, LOCATION INFORMATION
REQUEST :	SHORTEST PATH DECISION, OPTIMUM CONDITION DECISION
GOALS :	MEDICAL RESOURCE REPOSITORY ACCESS, REGISTER/DELETE PATIENT(AND HOSPITAL, EQUIPMENT ETC.) INFORMATION, SEARCHING HOSPITAL-PATIENT SHORTEST PATH, FINDING OPTIMUM HOSPITAL(AND RESCUE CENTER ETC.) CONDITION FOR CURRENT PATIENT
PERCEPTS :	PATIENT FIRST INFORMATION, PATIENT BASIC INFORMATION, PATIENT FEEDBACK INFORMATION, HOSPITAL EQUIPMENT INFORMATION, VEHICLE AGENT DATA,
ACTIONS :	DISTRIBUTED COMMUNICATION RULES COMMUNICATION RESULTS TO SHORTEST PATH ALGORITHM, COMMUNICATION RESULTS TO OPTIMUM CONDITION ALGORITHM
ENVIRONMENT :	DISTRIBUTED, DETERMINISTIC, PROBABILISTIC, EMERGENCY, DYNAMIC

표 1. Resource Agent의 정의

4. 시뮬레이션 실행 및 분석

4.1 시뮬레이션 고려사항

시뮬레이션을 실행하기 위한 각 요소의 데이터와 파라미터들은 이미 의료계에 조사되고 연구되어진 통계자료와 각종 자료를 근거로 설정하였으며, 환자의 외상 상태는 골절 환자로 한정하고, 환자의 발생 지역과 처리 지역은 의정부 지역으로 한정하였다. 실제 통계자료는 2005년 응급 의료 정보 센터의 자료를 기준하였다.

4.1.1 응급환자의 최초 정보(the first information of emergency patient)

응급환자의 최초 정보는 응급 환자의 본인으로 부서의 제공된 정보 및 제3자의 목격자로부터 제공되는 정보를 포함하여 신고된 모든 정보를 의미하며 응급환자의 실제

적으로 확인되지 않은 객관적인 정보로 정의한다. 다음은 시뮬레이션에 적용될 응급환자의 최초 정보를 나타내며 응급 의료 정보 센터의 문헌 및 선행연구 결과를 근거로 추출하였다.

Column Name	Type(size)	Description	condition
Name	Char(20)	Patient's name	indispensable
Age	Char(5)	Patient's age	dispensable
Sex	Char(2)	Patient's sex	indispensable
Location	Char(5,5,3)	Patient's location	indispensable
DateTime	Char(12)	Received date and time	indispensable
RechNo	VarChar(10)	Received number	indispensable
EmergencyType	Char(10)	Emergency type	indispensable
Cond	Char(20)	Patient's condition	indispensable
Disease	Char(20)	Patient's name of a disease	dispensable

표 2. 응급 환자의 최초 정보

5.1.2 응급환자의 기초 정보(the basis information of emergency patient)

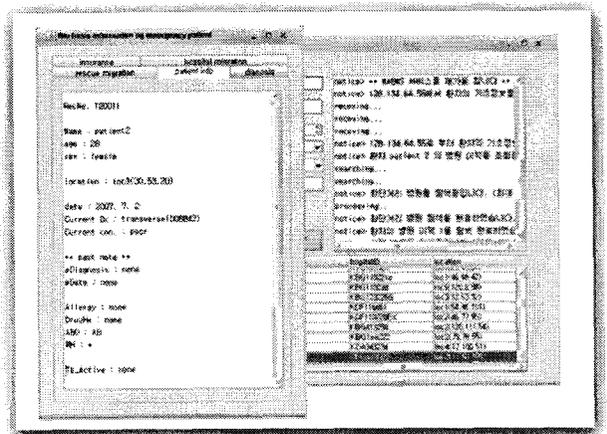


그림 5. 응급 환자의 기초 정보 추출

응급환자의 기초 정보는 최초 정보를 통해 MRR에 참고하여 환자의 기존 병원 내역과 환자의 병명 내역, 최단거리 병원 및 최적의 병원이나 응급 구조 기관에 대한 정보를 포함하고 있다. 기초 정보는 1차 정보인 최초 정보에 따라 결과값이 달라지지만 필수적으로 응급환자의 응급 이송 경로나 응급 치료에 대한 정보는 제공된다.

4.1.3 위치 정보에 따른 가중치 부여

경기 북부 지역의 병원과 응급 센터등의 기관을 조사하여 각 지역의 좌표를 설정한다. 위치정보를 표시하는 loc() 메소드는 3개의 파라미터를 가지게 되며 첫 번째

인자는 권역별 응급 센터를 기준으로 가로 세로, 고도의 위치를 나타낸다. 경기 북부 지역의 첫 번째 응급 센터를 loc1, 두 번째 응급 센터를 loc2..형식으로 표현하며 loc2(10,20,45)는 경기 북부 지역의 두 번째 응급 센터를 기준으로 가로 10, 세로 20, 고도 45의 상대적 위치를 의미하게 된다. 경기 북부 지역의 교차로를 중심으로 포인트를 지정하여 포인트 주변상황을 감안하여 가중치를 부여한다. 각 포인트와 포인트 사이의 거리와 가중치 및 위치를 계산하여 최단거리를 도출하게 된다. 본 논문에서는 각 교차로의 시간대별 트래픽 가중치는 부여하였으나 골목길이나 작은길에 대한 가중치 및 포인트는 지정하지 않았으며, 최단거리 알고리즘으로는 Dijkstra 알고리즘을 사용하였다.

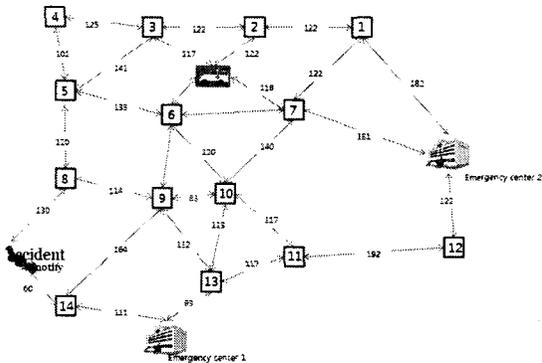


그림 6. 위치에 대한 가중치 그래프

4.1.4 응급 환자의 상황에 따른 최적 응급 시설 탐색

응급 환자를 병원 전단계(pre-hospital phase)이후 효과적으로 치료하기 위해서는 응급 환자의 상황에 따라 치료할 수 있는 장비를 가지고 있으며, 전문의가 존재하는 병원을 참고하여 탐색해야 한다. MAEMS에서는 MRR에 등록하기 위해 각 병원의 전문의 상황 및 장비등의 자원을 등록하도록 되어 있다. 따라서 위치에 대해 최단 거리에 있는 여러 후보 병원을 검색한 뒤 환자의 병명에 따라 장비를 검색하게 된다. 또한 장비뿐만 아니라 전문의의 여부도 판단하게 되며, 응급실의 현재 상황까지 고려하여 최적의 응급 시설을 탐색하게 된다. 각 병원의 장비나 응급실, 전문의등에 대한 현황은 의료계 선행연구 자료 및 2006년 보건 복지부 중앙응급 의료센터에서 제공한 지역 응급의료기관 평가표[5]등을 참고하여 설계하였다.

4.2 시뮬레이션 실행

MAEMS의 성능을 분석하기위해 실행한 시뮬레이션은 ARENA 7.0에서 실행하였다. 구현한 MAEMS의 각 모듈

을 ARENA에 반영하여 모델링하였으며 시뮬레이션 시간은 30일로 설정하였다. 실험 방법은 총 1700여건의 응급 상황을 가정하여 만들었으며, 응급환자의 기본정보와 피드백 정보가 다를 경우의 확률을 50%로 설정하였다. 환자의 경우 등급에 따라 생존확률의 가중치를 설정하였으며, 0이 되었을 경우 사망하게 된다. 각 에이전트의 파라미터는 구현된 MAEMS를 반복 실행하여 도출된 값들을 ARENA의 모듈에 설정하였다.

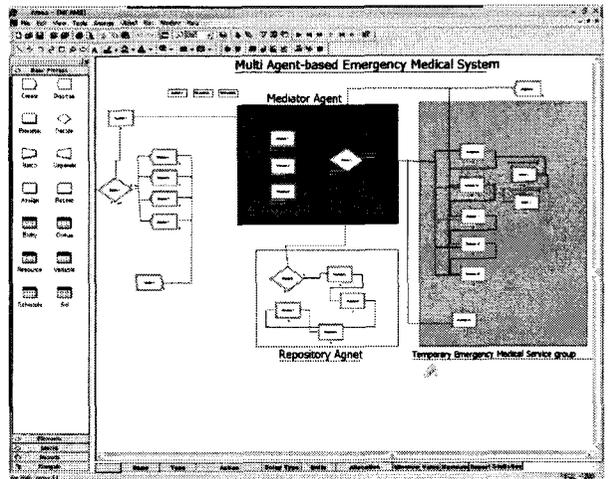


그림 7. ARENA를 이용한 MAEMS 시뮬레이션

4.3 시뮬레이션 분석

실험 결과는 표3, 표4와 같다. 경기 북부 통계 자료에 따르면 응급환자를 병원치료를 받을수 있도록 이송하는 시간이 10분이내인 경우는 71%에 달하며 20분 이내에는 15%를 차지하고 있다. 하지만 MAEMS의 경우, 10분이내에 환자를 이송하는 경우는 52%에 불과하며 20분이내에 이송하는 경우가 34%를 차지하고 있다. 실제 운영되고 있는 응급 환자 시스템의 경우, 최우선 순위가 가장 가까운 의료 시설에 가서 응급환자를 응급치료할 수 있도록 하는 정책에 있다고 볼수 있다. 반면에 MAEMS의 경우에는 응급 환자 발생장소에서 최단 거리의 의료 시설에 이송할 것을 우선으로 하지만 최적의 치료를 받을 수 있도록 장비나 의료진 같은 병원의 자원을 고려하여 이송체계를 수립하기 때문에 10분이내에 도달하는 거리보다 최적의 자원을 가진 병원으로 가는것이 환자 생명을 유지하는데 효율적임을 판단하여 나타난 결과라고 할 수 있다.

표 5를 살펴보면 일반적으로 응급 상황이 발생하였을 경우, 방지하였을경우와 MAEMS를 이용하여 병원 전단

계를 수립하였을 경우, 그리고 MAEMS의 시스템에 40%의 부적합한 병원 전단계를 수립하였을 경우를 나누어 실험한 결과이다. 실제로 운영되고 있는 응급 의료 센터의 정책을 파악하기 힘들뿐만 아니라, 현실의 예외적인 상황을 완벽하게 시뮬레이션으로 모델링하기 힘들기 때문에 사전조사로 파악된 부적합한 이송체계 비율 27~40%를 반영하여 실험하였다. 표 3의 경우에서 MAEMS의 이송 시간의 대부분이 20분 이내에 이루어짐을 살펴 보았을때 응급 환자의 생존률은 90% 이상을 차지하고 있다. 하지만 40%의 부적절한 이송 체계 수립의 경우에는 20~30분 사이에 현저하게 생존률이 떨어짐을 확인할 수 있다.

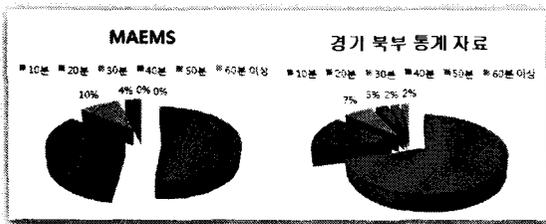


표 3. 응급 환자 평균 이송 처리 시간

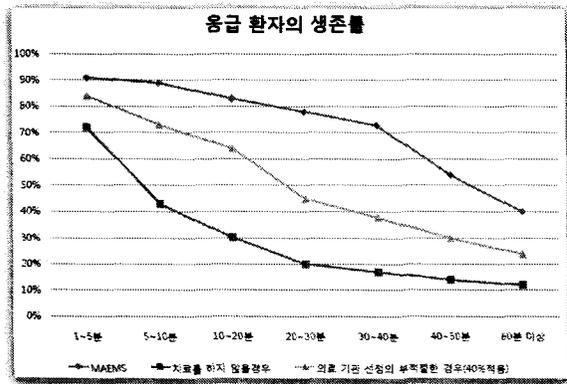


표 4. 응급 환자의 생존률 비교

하는 결과가 도출되었지만, 환자의 생존률 90% 이상의 결과를 얻을 수 있었다. 하지만 방대한 지역 정보와 전문적인 의료 지식 및 현실의 복잡한 예외상황으로 인해 현실과 가장 가까운 실험을 하기에는 어려움이 많다. 따라서 본 논문에서는 골절 사고의 응급 환자에 대한 경우만 고려하였으며, 지역 정보 또한 일부분으로 한정하여 실험하였다. MAEMS의 효율성을 검증하기 위해서는 모든 상황의 정보를 고려하여 다양한 방향의 시뮬레이션이 필요하다. 또한 각 병원의 이질적인 정보 시스템에 접근하기 위한 솔루션이 필요하며, GIS 정보등의 위성 시스템과 연계하여 응급 환자의 위치를 정확히 파악할 수 있는 모듈의 추가가 필요하다.

참고 문헌

[1] 안승계, “응급의료정보 센터 운영개선 방안 - 환자 이송 및 병원간 전원사례를 중심으로”, 연세대학교 보건대학원, 2006

[2] 노선택, 이근상, 문석재, 엄영현, 정계동, 최영근, “MAEMS : 멀티 에이전트 기반 응급 의료 시스템 모델링”, 한국 정보과학회, 한국 컴퓨터 종합학술대회 논문집 Vol.34, No.1(D), 453-457, 2007

[3] <http://www.arenasimulation.com/> ARENA website

[4] 이태로, 최만규, 윤창수, “의료기관 간의 응급환자 기초정보 전달을 위한 시스템의 개발 및 구현”, 보건과학논집 제 29권 2호, 67-80, 2003

[5] 보건 복지부 중앙응급 의료센터, “지역응급 의료기관 평가표”, 2006

[6] Sozo Inoue, Akihiko Sonoda, Ken'ichiro Oka, Shin'ichiro Fujisaki, "Emergency Healthcare Support:RFID Based Massive Injured People Management", UbiHealth 2006, 2006

[7] <http://jade.tilab.com>, JADE website

[8] Hsu-Yang Kung, Mei-Hsien Lin, Chi-Yu Hsu, and Chia-Ni Liu, "Context-Aware Emergency Remedy System Based on Pervasive Computing", IFIP International Federation for Information Processing, 775-784, 2005

[9] Martin Molina and Gemma Blasco, "A Multi-agent System for Emergency Decision Support", Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 43-51, 2003

[10] Syi Su, Chung-Liang Shin, "Modleing an emergency medical services system using computer simulation", International Journal of Medical Information No.72,52-72, 2003

5. 결론

본 논문에서는 응급 환자의 생존률을 높이기 위한 방법으로 응급 의료 시스템에 멀티 에이전트 개념을 도입하였다. 멀티 에이전트 시스템의 특성을 이용하여 복잡한 응급 사고에 대한 다양한 대처 방안과 효율적인 응급 체계 수립을 위해 각 특성에 맞는 에이전트를 구현하였다. 또한 ARENA를 이용하여 실제와 가까운 시뮬레이션을 함으로써 MAEMS의 효율성을 검증하는데 목적이 있다. 현실에서 이루어지는 이송체계 시간에 비해 낮은 시간에 환자를 이송