

노드 다변화 및 손실을 최소화를 위한 이동환자 상시 모니터링 시스템 시뮬레이션 개선 연구*

최은정** · 김명주***

Improving the Simulation of a Mobile Patient Monitoring System for Node Diversification and Loss Minimization

Choi, Eun Jung · Kim, Myuhng Joo

〈Abstract〉

U-Healthcare service is a real-time service using the vital signs which are continuously transferred from monitoring sensors attached to mobile patients under the wireless network environments. It should monitor the health condition of mobile patients everywhere at any time. In this paper, we have improved two features of the three layered mobile patient monitoring system with load balancing ability. First, the simulation process has been improved by allowing the number of related nodes to be changed. Secondly, we have modified S node to which queue is added to reduce the loss rate of collecting data from patients during the delay of S node process. And the data from the patient with high priority can be transferred to the server immediately through the filtering function. Furthermore, we have solved the problem of redundancy in sharing information among S nodes by differentiating process time to each S node. By performing a DEVS Java-based system simulation, we have verified the efficiency of this improved system.

Key Words : U-healthcare System, WSN, System Simulation, Mobile Patient Monitoring System

I. 서론

고령화, 복지사회로 진입하면서 인류의 건강 회복, 유지 및 증진을 위하여 언제 어디서나 제공받을 수 있는 보건의료서비스에 대한 관심이 증가하고 있다. 정보통신

기술을 기반으로 헬스케어(healthcare)의 시간·공간 제약을 완화시킨 서비스가 u-Healthcare이다[1]. 최근 소형, 휴대가 가능한 다양한 종류의 생체신호 측정센서의 개발과 초고속 통신망 인프라를 기반으로 하는 고성능 무선 통신 기기의 발전과 맞물려 언제 어디서든 자신의 건강 상태를 모니터링하고 의료 서비스를 받을 수 있는 u-Healthcare 시대가 시작되었다[2]. 이러한 서비스는 의료비절감과 예방관리 보건 등에 관한 사회, 정책적 효과

* 이 논문은 2011학년도 서울여자대학교 교내학술특별연구비의 지원을 받았음.

** 서울여자대학교 바롬교양대학 조교수(주저자)

*** 서울여자대학교 정보미디어대학 교수(교신저자)

를 기대할 수 있는 가장 효과적인 대안으로서 많은 국가들이 추진하고 있다[3]. u-Healthcare 서비스는 사용자에게 부착된 생체신호 측정 센서가 무선 통신 네트워크를 통해 자신의 생체신호를 전송하고 실시간에 건강관리 서비스를 받는 형태로 이루어진다[4]. 이를 위해 언제 어디서나 환자의 건강상태를 모니터링 할 수 있는 시스템에 대한 연구가 활발하며 다양한 장비들이 개발되고 있다 [5-9].

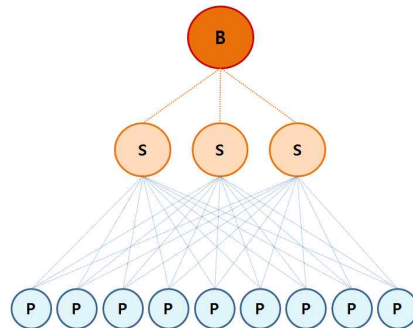
본 논문에서는 부하 조절을 지원하는 이동환자 상시 모니터링 시스템[10]을 보완하여 노드 다변화가 가능하고 손실률을 최소화하기 위한 이동환자 모니터링 시스템을 설계 및 구현한다. II절에서 기존의 시스템에 대한 소개와 문제점을 다루고 III절에서는 개선된 시스템을 제안한다. IV절에서는 개선된 시스템의 시뮬레이션 결과를 제시하고 V절에서 결론을 맺는다. 개선된 이동 환자 상시 모니터링 시스템에 대하여 DEVS Java 기반의 시스템 시뮬레이션을 실시함으로써 그 효율성을 검토하였다.

II. 선행연구

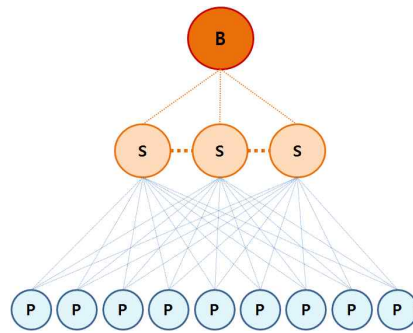
2.1 부하조절을 지원하는 이동환자 상시 모니터링 시스템

환자의 이동을 모니터링 하는 시스템은 환자의 생체 정보를 발생하는 패치(Patch)들을 부착한 환자노드인 P노드(Patient node), 환자가 발생하는 다양한 생체 정보를 수집하는 중계역할을 하는 S노드(Super node)와 수집 정보를 최종적으로 모아서 환자의 상태를 판단하는 서버인 B노드(Base station)로 구성할 수 있다. 일반적인 이동환자 상시 모니터링 시스템은 다음의 <그림 1>과 같다.

이동환자 상시 모니터링 시스템 토폴로지는 P노드로부터 발생한 데이터를 중계기 역할을 하는 S노드가 수집하여 B노드로 전송하는 형태를 가진다. 그러나 S노드가 P노드의 정보 수집에 있어 중복수집이 가능하게 되어 최



<그림 1> 이동환자 상시 모니터링 시스템 토폴로지



<그림 2> 부하조절을 지원하는 이동환자 상시 모니터링 시스템 토폴로지

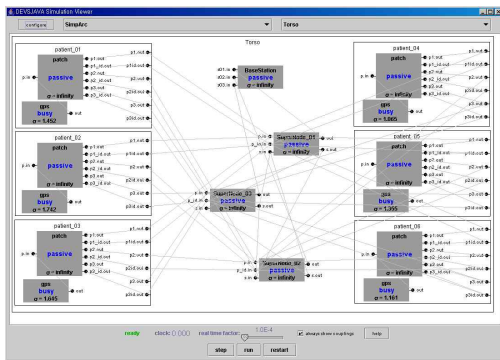
종서버인 B노드에 저장될 때 P노드 정보의 중복 문제가 발생되어 B노드에 부하가 발생하게 된다. 이를 해결하기 위해 기존 논문에서 제안한 부하조절을 지원하는 이동환자 상시 모니터링 시스템[10]에서는 S노드간의 통신 연결을 추가하여 확장된 형태인 메쉬드 트리 구조를 다음의 <그림 2>와 같이 제시하였다.

부하조절을 지원하는 이동환자 상시 모니터링 시스템에서는 부하조절을 위해 S노드의 기능을 확장하였다. S노드가 P노드의 데이터를 수집하여 B노드로 전송하는 역할에 S노드 간의 통신을 위한 별도의 채널을 추가하였다. 따라서 P노드로부터 발생하는 데이터를 S노드가 수집하여 바로 B노드로 전송하지 않고 S노드간의 통신을 하여 P노드의 데이터가 두 곳 이상의 S노드에 도착한 건에 대해 확인단계를 거쳐 먼저 P노드의 데이터를 수집한

S노드가 B노드로 전송하도록 한다. B노드에 저장되는 P노드 정보의 중복을 제거하였다.

2.2 시뮬레이션 결과

시뮬레이션은 DEVS Java 2.7 버전을 이용하여 윈도우 기반의 JBuilder 2005에서 구현하였다. 결과 작성을 위해 P노드는 총 6개, S노드는 3개, B노드는 1개로 구성하였으며 P노드를 기준으로 40회씩 발생하는 총 10회의 시뮬레이션이 <그림 3>과 같이 이루어졌다.



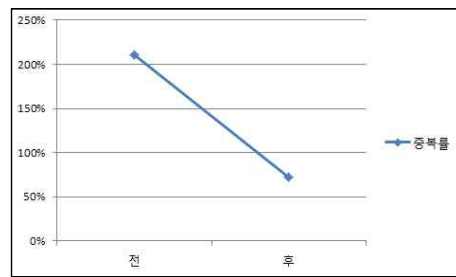
<그림 3> 부하조절을 지원하는 이동환자 상시 모니터링 시스템 시뮬레이션 구현

그 결과로 부하조절 전후 결과는 <그림 4>과 같다.



<그림 4> 시뮬레이션 결과

X축은 총 10회의 수행에 대한 횟수를 의미하고 주Y축은 도달데이터의 개수를 나타내고 있고 보조Y축은 결과에 대한 도달률과 손실률을 백분율로 표시하고 있다. 부하조절 전에는 데이터 도달에 대한 중복률은 다음의 <그림 5>와 같다. 일반적인 시스템에서는 평균 211%의 높은 값을 보였으나 부하조절 후에는 73%로 현저히 감소시킬 수 있었다. 따라서 B노드의 부하도 줄이고 데이터 처리에 효율성을 제공하였다.



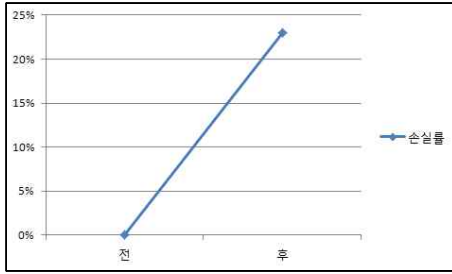
<그림 5> 데이터 도달에 대한 중복률

2.3 문제점 및 개선방안

먼저, 기존 시스템은 각각의 노드들의 연결이 프로그래밍 내에서 결정되어 있는 구조라 노드의 확장이나 개수 조절이 쉽지 않았다. 따라서 다양한 노드의 개수 상황에서의 시뮬레이션 비교를 위해서는 프로그래밍을 수정해야 하는 번거로움이 발생한다. 따라서 본 논문에서 구현하는 시스템은 각각의 노드의 개수를 유연적으로 선언할 수 있도록 하고 이를 위해 노드간의 연결을 위한 프로그래밍을 추가하여 노드 다변화가 가능하도록 하였다. 이를 통해 다양한 조건에서의 시뮬레이션이 가능하게 하였다.

다음으로, 부하조절로 인해 B노드가 갖는 부하를 획기적으로 줄였으나 S노드간의 통신 발생으로 인해 P노드의 데이터 수집이 누락되거나 S노드간의 동시 통신으로 P노드에 대한 식별정보 공유가 동시에 발생하면 다소간의 오류가 발생하는 문제가 발생하였다. 다음의 <그림

6>과 같이 평균 23%의 수집 정보에 대한 손실률을 나타내게 되었다.



<그림 6> 데이터 도달에 대한 손실률

이러한 손실률 증가에 따른 대책으로 P노드 데이터 수집 빈도를 높이는 방법을 제안하여 필요한 데이터 수집 간격의 단위시간을 줄이도록 하였으나 다소 미흡한 대책이었다. 손실률을 줄이기 위해 P노드로부터 더 자주 데이터를 수집하게 되면 결국 B노드가 수집 순간의 부하는 줄일 수 있으나 누적 시간을 기준으로 하게 되면 역시 부하가 발생하게 될 수밖에 없다. 이를 위해 수집 단위 시간을 줄이는 방식이 아닌 S노드의 기능 개선을 통해 이 문제를 해결하고자 한다.

III. 다변화와 손실률 최소화를 위한 이동환자 상시 모니터링 시스템

3.1 노드 다변화

본 논문의 개선된 시스템에서는 각각의 노드를 배열로 선언하고 배열의 개수를 지정할 수 있도록 했다. 다음의 <표 1>은 환경설정파일로 각 노드 및 패치의 개수를 동적으로 선언할 수 있도록 하였다.

```
public class TMConf {
```

```
static int patch_num; // 패치 수
static int patient_num; // 환자 수
static int super_node_num; // 중간노드 수
static int base_node_num; // 최종노드 수
}
```

이렇게 선언하면 실제 시스템을 구현하는 <표 2>에서 필요한 개수만큼 할당하여 선언한 후에 생성하면 원하는 개수의 노드가 생성되어 별도의 프로그래밍 수정 없이 노드가 생성된다.

```
public class TorsoMultiple{

// patch 수 설정
int patch_num = 1;
// patient 수 설정하기
int patient_num = 10;
// super node 수 설정하기
int super_node_num = 5;
// base node 수 설정하기
int base_node_num = 1;

TMConf Conf = new TMConf(patch_num,
patient_num, super_node_num,
base_node_num);
```

기존에는 선언된 노드에 대해 개별적인 연결이 이루어졌으나 본 시스템에서는 선언된 노드의 생성이 매번 다르기 때문에 노드간의 연결은 동적 연결 방식으로 구현하였다. 다음의 <표 3>과 같이 생성된 노드의 개수를 이용하여 그만큼 반복적으로 생성하고 연결될 노드의 개수를 고려하여 반복적으로 연결하도록 하였다. <표 3>의 예는 P(환자)노드와 S노드간의 연결이다.

```
// P노드 선언
pts[]
= new Patient[Conf.getPatient_num()];

//P노드 수만큼 생성
for(i=0;i<Conf.getPatient_num();i++)
```

```

{
    pts[i] = new Patient("patient");
    add(pts[i]);
}

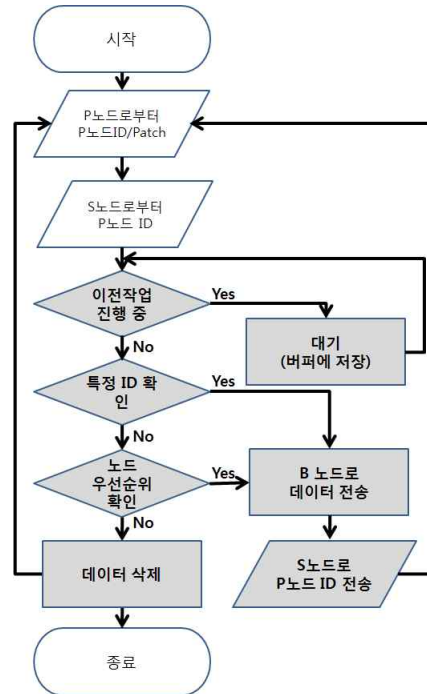
// P노드와 S 노드 간의 연결
for(i=0;i<Conf.getSuper_node_num();i++)
    for(j=0;j<Conf.getPatient_num();j++)
        addCoupling(pts[j], sns[i]);
    
```

3.2 S노드 기능 확장

기존 시스템의 S노드의 처리과정은 P노드로부터 데이터를 전송받으면 P노드의 식별자(ID)를 인접 S노드로 전송하고 잠시 대기하게 된다. S노드간의 통신포트에 수집된 P노드의 데이터가 오면 잠시 보관해 둔 P노드의 데이터를 B노드로 전송하지 않고 대기 즉 삭제하는 과정을 거치게 된다.

본 논문에서 제안하는 개선된 시스템은 첫째로 기존의 S노드의 버퍼의 사이즈를 늘려 P노드로부터 수집된 데이터에 대한 보관이 가능하게 한다. 기존에는 하나의 버퍼만을 사용했기 때문에, 기존에 수집된 데이터에 대한 판단을 하기 전에 새로운 데이터가 도달하면 새로운 데이터는 수집되지 않았다. 따라서 S노드에 큐(Queue)를 추가하여 데이터 손실을 최소화 하였다. 둘째로 S노드에 별도의 필터링 기능을 추가하여 특정 환자의 정보가 수집되면 바로 B노드로 전송하도록 하였다. 이렇게 되면 특정 환자에 대한 정보 수집에 대해서는 지연이 발생하지 않게 된다.

셋째로 수집된 P노드의 ID 정보 공유 시에 발생할 수 있는 충돌 문제, 즉 인접된 S노드끼리 같은 ID를 반복적으로 전송하게 되면서 생기는 지연문제를 해결하기 위해 각각의 S노드가 P노드의 ID 정보 공유 시에 시차를 두어 해결하였다. 이를 기반으로 S노드의 처리과정은 다음의 <그림 7>과 같다.



<그림 7> 개선된 S 노드의 처리과정

IV. 시뮬레이션 결과

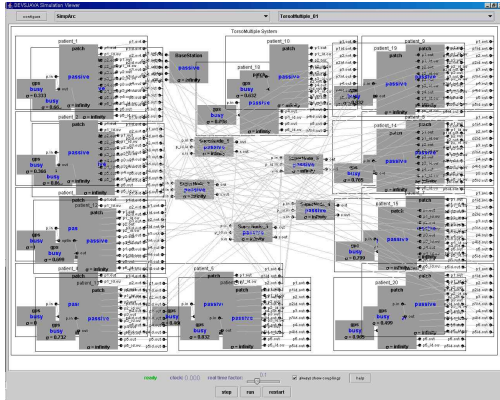
본 논문의 시뮬레이션도 DEVS Java 2.7 버전을 이용하여 윈도우기반의 JBuilder 2005에서 구현하였다.

4.1 다변화가 가능한 시뮬레이션

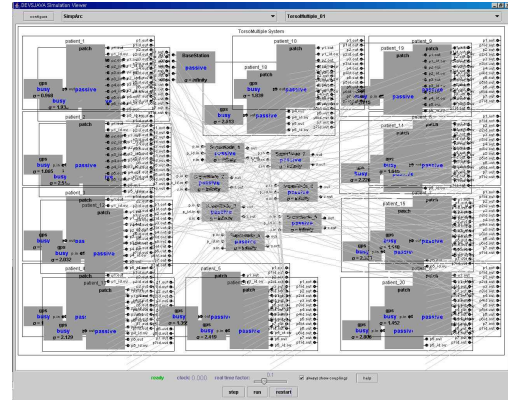
먼저 노드 다변화가 가능한지 여부를 확인하기 위해 여러 가지 조건에서 시뮬레이션 결과를 도출하였다. <그림 8>은 P노드 20개, S노드 5개, B노드 1개의 결과이고 <그림 9>는 수행결과이다.

<그림 10>은 P노드 20개, S노드 7개, B노드 1개의 결과이고 <그림 11>은 수행결과이다.

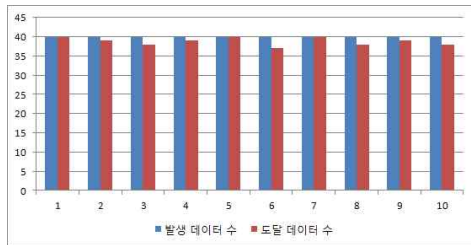
두 번의 시뮬레이션이 정상적으로 수행되었고 수행결과도 비슷하게 나타났다.



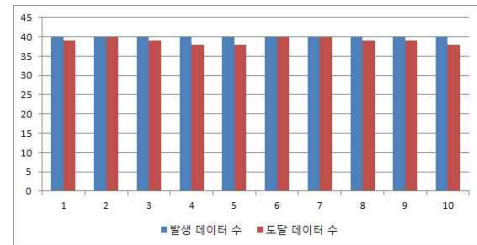
<그림 8> 노드 다변화 시뮬레이션 사례 1



<그림 10> 노드 다변화 시뮬레이션 사례 2



<그림 9> 노드 다변화 시뮬레이션 사례 1 수행결과



<그림 11> 노드 다변화 시뮬레이션 사례 2 수행결과

4.2 손실률을 최소화한 시뮬레이션

손실률 확인을 위한 시뮬레이션 결과는 다음의 <그림 11>과 같이 P노드는 총 10개, S노드는 5개, B노드는 1개로 구성하였으며 P노드를 기준으로 40회씩 발생하는 총 10회의 시뮬레이션이 이루어졌다. 통계 작성의 기준은 P노드의 발생 데이터 대비 B노드에서 수집된 데이터 비율인 데이터 도달률과 손실된 데이터 비율인 손실률을 기준으로 한다.

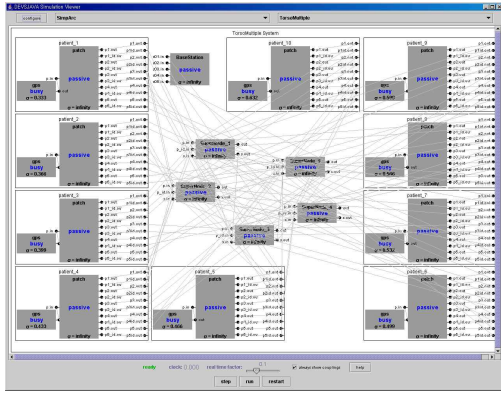
시뮬레이션의 결과는 다음의 <그림 12>와 같다. 데이터의 도달률은 평균 97%이며 손실률은 평균 3%였다. 10번의 테스트에서 총 4번의 손실 없는 도달을 보여주었다.

이러한 결과는 앞의 2.2절의 <그림 4>의 기존 시스템의 결과와 비교하여, S노드의 개선으로 인해 부하 없이 도달률은 높고 손실률을 줄이는 결과를 보여주고 있다.

V. 결론

언제 어디서나 무선 네트워크를 통해 의료서비스를 제공하는 u-Healthcare 서비스는 유비쿼터스 사회의 중요한 이슈이다. u-Healthcare 서비스는 사용자에게 부착된 다양한 센서를 통해 필요한 생체 정보를 무선 통신 네트워크를 통해 전송하고 실시간 건강관리 서비스를 받을 수 있도록 한다. 이를 통해 환자의 건강상태를 모니터링 할 수 있는 이동환자 모니터링 시스템에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 본 논문에서는 기존에 제안한 부하조절이 가능한 이동환자 상시 모니터링 시스템을 개선하였다.

기존의 시스템[10]은 환자의 정보를 중복해서 전송하는 일반적인 트리구조 토폴로지를 이용하는 대신에 중간 노드 사이에 링크를 제공하는 메쉬드트리 형태로 구현하



<그림 11> 개선된 이동환자 상시모니터링 시스템 시뮬레이션



<그림 12> 개선된 이동환자 상시모니터링 시스템 시뮬레이션

여 환자 정보의 중복전송으로 발생하는 서버의 부하를 획기적으로 줄였고 이를 시뮬레이션을 통해 검증하였다. 이에 따라 시뮬레이션을 위한 노드의 서버의 부하를 줄이는 데에는 성공하였으나 중계노드간의 통신에서 발생하는 지연으로 인한 데이터 손실이 발생하였다. 아울러 다양한 노드 개수 환경에서의 평가를 위한 노드 다변화가 지원되지 않아 다양한 경우의 검증이 어려웠다. 본 논문에서는 이러한 문제들을 개선하였다.

첫째, 노드 다변화가 가능하도록 하여 노드의 개수를 원하는 형태로 변경하는 시뮬레이션을 가능하게 하였다. 둘째, 중계역할을 하는 S노드에 큐(Queue)를 추가하여 S노드 처리과정에서 발생하는 지연으로 인한 정보 수집 손실률을 줄였고 필터링 기능을 통해 우선순위 환자에 대한 데이터는 바로 서버로 전송할 수 있도록 구현하였

다. 또한 각각의 S노드에 대해 동작 시차를 두어 공유 정보 반복 전송문제를 해결하였다. 개선된 이동환자 상시 모니터링시스템도 DEVS Java 기반의 시스템 시뮬레이션을 통해 성능을 검증하였다. 시뮬레이션 결과로는 데이터 전송률은 평균 97%였고 손실률은 평균 3%를 보여 이전의 전송률 평균 72.5%, 손실률 평균 23%의 결과를 보완할 수 있게 되었다.

향후에는 환자 이동 중에 발생할 수 있는 무손실 핸드오버 기법(lossless hand-over)에 대한 연구가 이루어질 것이다.

참고문헌

- [1] 김옥남, "u-Healthcare가 다가온다," LG Business Insight, 2009. 8. 12., pp. 23-41.
- [2] 한동수, 정명애, "U-Healthcare 국내의 연구 동향 및 서비스 플랫폼," [IITA] 정보통신연구진흥원 학술정보, 2006.
- [3] 송태민, 장상현, "u-Healthcare 이슈 및 연구동향," 보건복지포럼, 2011. 1, pp. 70-86.
- [4] Dongsoo Han, Sunjoon Park, Smita Kurkuri, "An Evolving Mobile E-Health Service Platform," 1st International Conference on Design Science Research in Information Systems and Technology, Feb. 2006.
- [5] 서현열, "Patient Monitoring System의 기술 동향," [IITA] 정보통신연구진흥원, 학술정보, 2005.
- [6] 김정원(Jeong-Won Kim), "센서네트워크에 기반한 유비쿼터스 헬스케어 시스템의 설계 및 구현," 한국콘텐츠학회논문지, vol. 8, /1, 2008., pp. 143-151.
- [7] 김성식, "이벤트 기반 RFID/WSN을 이용한 환자모니터링 시스템 설계에 관한 연구," 한국통신학회논문지, Vol. 34, 2009. 4., pp. 94-100.
- [8] 정원수, 오영환, "U-Healthcare 기반의 환자 모니터

링 시스템,” 한국통신학회논문지, vol. 33., 2008. 7., pp. 575-582.

- [9] Randy S. Tolentino, Sungwon Park, “A Study on U-Healthcare System for Patient Information Management over Ubiquitous Medical Sensor Networks,” International Journal of Advanced Science and Technology, Vol. 18, May, 2010.
- [10] 최은정, 김명주, “부하 조절을 지원하는 이동환자 상시 모니터링 시스템 시뮬레이션,” 디지털산업정보학회논문지, 제6권, 제4호, 2010. 12, pp. 67-73.

논문접수일 : 2011년 12월 01일
수정일 : 2011년 12월 09일
게재확정일 : 2011년 12월 12일

■ 저자소개 ■



최은정
Choi, Eun Jung

2006 3월~현재
서울여자대학교 바롬교양대학
교양전산 조교수
2005년 8월 서울여자대학교 컴퓨터과
(이학박사)
2000년 2월 서울여자대학교 컴퓨터과
(이학석사)
1997년 2월 서울여자대학교 전산과학과
(이학사)

관심분야 : 시스템 보안, 유-헬스케어,
모델링&시뮬레이션
E-mail : chej@swu.ac.kr



김명주
Kim, Myuhng Joo

1995년 9월~현재
서울여자대학교 정보보호학과 교수
2003년, 2010년
미국 펜실바니아대학교(UPenn)
객원연구원
1993년 9월~1995년 8월
서울대학교 컴퓨터 신기술
공동연구소 특별연구원
1993년 8월 서울대학교 컴퓨터공학과(공학박사)
1988년 2월 서울대학교 컴퓨터공학과(공학석사)
1986년 2월 서울대학교 컴퓨터공학과(공학사)

관심분야 : 정보보호, 융복합시스템,
창의성교육
E-mail : mjkim@swu.ac.kr