디지털산업정보학회 논문지 제6권 제4호-2010년 12월

부하 조절을 지원하는 이동환자 상시 모니터링 시스템 시뮬레이션*

최 은 정** · 김 명 주***

Simulation of a Mobile Patient Monitoring System with Load-balancing

Choi, Eun Jung · Kim, Myuhng Joo

〈Abstract〉

A Wireless Sensor Network(WSN) is a promising infrastructure for the future U-healthcare system. In a WSN for the U-healthcare system, both biometric data and location data are transferred hierarchically from lots of mobile patients to the base station server and some countermeasures are made in real time if necessary. In this process, we encounter the load-balancing problem when many patients gather in a specific area. We also encounter the data duplication problem when each patient moves into an area monitored by several supervisors. The second problem is closely related to the first one. In this paper, we propose a mobile patient monitoring system with priority-based policy in load-balancing to solve the previous two problems and perform a DEVS Java-based system simulation to verify the system efficiency.

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

Ⅰ. 서론

정보통신기술을 기반으로 헬스케어의 시간/공간적 제약을 완화시킨 서비스가 U-헬스케어 시스템이다[1]. 센서 네트워크 기술인 WSN(Wireless Sensor Network)의 발달이 유비쿼터스 사회로의 진행을 주도적으로 이끌어가는 것처럼, U-헬스케어 시스템에 있어서도 중요한 미래 인프라 중의 하나가 WSN이다. 그러나 U-헬스케어 시스템을 통해 효과적인 의료서비스를 받기 위해서는 WSN이 제공하는 기본적인 기능 위에 의료정보 처리를 위한 조건이 더해져야만 한다. 본 논문에서는 II절에서 U-헬스케어 시스템이 갖는 특징에 대해 살펴보고 U-헬스케어 시스템에 최적화된 WSN의 대표적인 사례로서 이동 환자 상시 모니터링 시스템을 제시한다. 이를 위해 WSN이 갖는 기본 토폴로지에 U-헬스케어 서비스가 요구하는 데이터 수집의 효율성, 처리의 정확성을 높이기 위하여 우선순위 기반의 부하균형 정책을 도입하였다. 이처럼 제시된 이동 환자 상시 모니터링 시스템에 대하여 DEVS Java 기반의 시스템 시뮬레이션을 실시함으로써 그 효율성을 검토하였다.

* 이 논문은 2010학년도 서울여자대학교 교내학술특별연구비의 지원을 받았음.
** 서울여자대학교 바롬교양대학 전임강사(주저자)
*** 서울여자대학교 정보미디어대학 교수(교신저자)

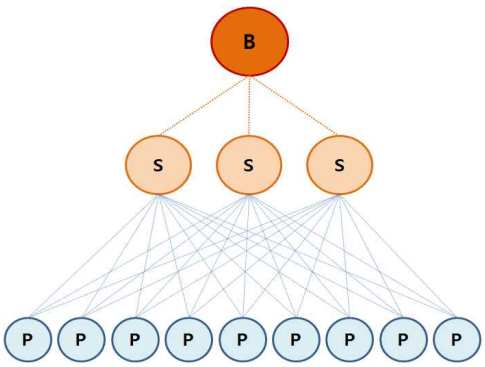
Ⅱ. 관련연구

2.1 U-헬스케어 시스템

센서 네트워크는 센서와 제어 데이터를 무선 통신으로 송수신하는 센서 노드, 상호 접속을 위한 센서 네트워크 프로토콜 및 센서 네트워크를 기존의 네트워크 망에 접속하기 위한 센서 서버로 구성된다[2]. 이러한 WSN은 캐나다, 멕시코와 일본 등에서 자연 환경 정보를 수집하여 자연재난 시스템으로 활용하고 있다[3]. 미국에서는 HIPAA(Health Insurance Portability and Accountability Act)[4]를 통해 의료정보서비스를 의무화 하고 있으며, Oatfield Estates[5], Code Blue[6] 등의 U-헬스케어 서비스가 제공되고 있다. 일본과 EU에서도 U-헬스케어 시스템에 대한 정부차원의 지원과 연구가 이루어지고 있다. U-헬스케어 시스템은 WSN을 기반으로 구현된다. 센서 네트워크는 많은 수의 센서 노드들로 이루어지는데 이 노드들은 네트워크 내부와 가까운 곳에 배치된다[7]. 센서들은 각각의 역할에 맞추어 동작하며 데이터를 발생하게 된다. U-헬스케어 시스템에서 가장 중요한 센서노드는 환자이다. 환자는 건강 상태 확인을 위해 간단한 도구, 즉 패치와 같은 도구를 부착하여 상태를 체크할 수 있다. 대표적인 예로, 심박동, 혈압, 맥박 등이 이에 해당된다. 이외에도 별도의 입력을 통해 혈당, 헤모글로빈 수치 등과 같이 별도의 측정을 통한 정보의 수집도 가능하도록 구성된다. 또한 환자는 이동할 수 있기 때문에 환자의 위치를 추적할 수 있는 위치추적모듈(GPS)을 부착하게 된다. 센서 서버는 일종의 AP(Access Point)로 환자가 발생시키는 위치정보를 통해 가장 가까운 곳에 있는 AP가 정보를 수집하게 된다. 수집된 정보는 환자의 상태를 판단해주는 최종 서버로 데이터를 전송하고 서버는 이에 대한 적절한 대응을 하게 된다. 따라서 U-헬스케어가 처리하는 부분은 환자 모니터링을 시작으로 판단, 대처에 이르는 광범위한 과정을 다루게 된다. 본 논문에서는 U-헬스케어 시스템의 가장 기본적인 부분인 환자 상시 모니터링 시스템을 중심으로 구현하였다.

2.2 이동환자 상시 모니터링 시스템

일반적인 이동환자 상시 모니터링 시스템의 토폴로지는 다음의 <그림 1>과 같다. 환자(Patient)인 P노드는 센서노드로, 이동이 가능하고 데이터를 발생하기만 한다. 중간수집 지점(Super Node)인 S노드는 모니터링 할 수 있는 영역에서 P노드가 발생하는 신호를 수집하게 된다. 센서노드인 P노드로 인해 어떤 S노드로 연결될지 알 수 없다. 위치에 따라서는 인접된 2개 이상의 S노드로 연결 가능하다. S노드는 최종판단서버(Base station)인 B노드로 전송하게 된다.



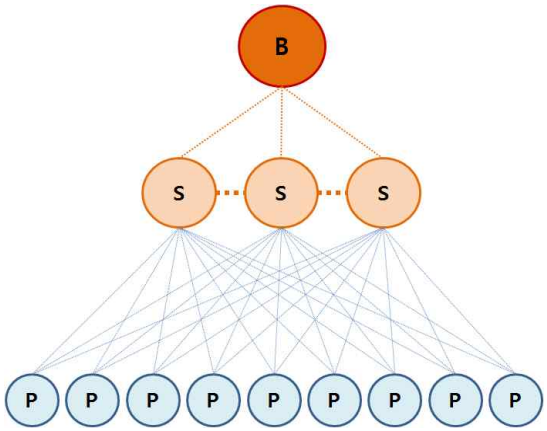
<그림 1> 이동환자 상시 모니터링 시스템 토폴로지

여기서 S노드는 수집 및 재전송하는 중간지점의 역할을 하게 되는데, 이는 P노드의 기능과 크기를 최소화하기 위해 사용하는 대안이다. 일반적으로 센서노드는 최소한의 전력으로 작고 가볍게 운영되어야 하기 때문이다. 이러한 토폴로지에서는 S노드의 역할이 비교적 단순하게 구현된다는 장점은 있으나 P노드가 이동하게 되는 경우에는 두 개 이상의 S노드가 정보를 수집하게 될 수 있기 때문에 B노드로 전송되는 데이터의 중복으로 인하여 부하가 발생하게 되어 B노드에 무리를 줄 수 있다. 또한, S노드 중 일부가 손실되게 되면 하위 P노드의 데이터도 손실 될 수 있고 P노드에 대한 선별적 관리 및 우선순위를 적용하기가 쉽지 않게 된다.

Ⅲ. 부하조절을 지원하는 이동환자 상시 모니터링 시스템

본 논문에서 제시하는 부하조절을 지원하는 이동환자 상시 모니터링 시스템은 다음의 <그림 2>와 같다[8]. 앞서 제시한 <그림 1>과 다르게 중간 수집노드인 S노드의 기능을 확장하여 구현하였다. 여기에서도 S노드는 수집 정보 재전송 통로의 역할을 하게 되나 S노드간의 통신이 가능하게 하였다. 이렇게 되면 수집된 P노드의 데이터를 B노드로 전송하면서 인접 S노드에게 전송여부를 알려줄 수 있게 된다. 그러면 P노드의 정보를 두 개 이상의 S노드가 수집하게 되더라도 B노드에서는 한번만 전송받게 된다. 이를 통해 B노드가 받게 되는 부하를 최소화하였다.

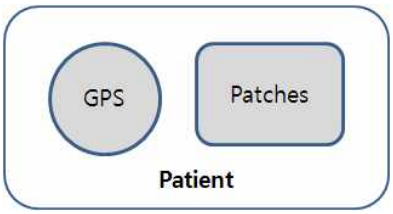
이를 위해 S노드에 우선순위 개념을 적용하여 P노드 수집에 대한 우선권을 가질 수 있도록 하였다. 이렇게 되면 S노드의 성능이나 저장 공간의 크기에 따라 유연성 있게 정보 수집을 할 수 있게 된다. 더불어, 환자의 이동이 특정 S노드 영역에서만 일어난다면 B노드로 정보 전송 없이 P노드의 상태를 판단할 수 있게 된다. 따라서 부하조절뿐 아니라 효율적 판단 프로세서를 구축할 수 있다.



<그림 2> 부하조절을 지원하는 이동환자 상시 모니터링 시스템 토폴로지

3.1 P노드

다음의 <그림 3>은 환자를 의미하는 P노드를 나타낸 것이다. P노드는 위치정보를 발생하는 GPS와 환자 상태 정보를 발생하는 patch로 구성된다. GPS에서 발생하는 값은 환자의 위치 이동이 가능하도록 처음 발생 위치 값과 동일하거나 인접해서 발생하도록 구현 하였다. 이렇게 발생하는 데이터는 S노드에서 수집하게 된다.



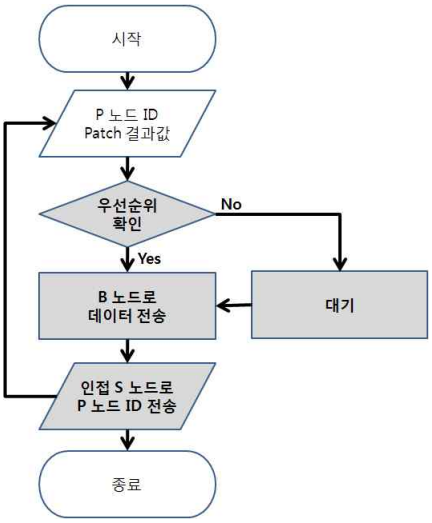
<그림 3> P노드

3.2 S노드

S노드는 기본적으로 데이터 수집이 가능한 영역안의 모든 P노드 데이터를 수집하게 된다. 2.2절의 S노드는 데이터를 수집하고 이를 B노드로 전송한다. 이러한 경우에 S노드는 필요에 따라 버퍼를 두어 잠시 데이터를 보관한 후 전송할 수도 있다.

본 논문에서 제시하는 부하 조절을 지원하는 S노드의 처리과정은 다음의 <그림 4>와 같다.

먼저 P노드 데이터 수집과 함께 인접된 S노드에서 발생하는 데이터도 수신하게 된다. 수집된 데이터를 B노드로 전송할 때에는 전송과 동시에 인접 S노드에게 전송했음을 통보한다. 만일, S노드가 수집된 데이터 중 동일한 데이터를 이미 전송했다는 신호를 인접 S노드로 부터 받을 경우 해당 데이터를 삭제한다. 따라서 부하 조절을 지원하는 S노드는 반드시 버퍼를 필요로 하며 S노드의 성능 및 상태에 따라 주도적으로 처리하는 노드를 결정할 수 있다. 이를 기반으로 P노드 데이터 수집에서 발생되



<그림 4> S노드 처리과정

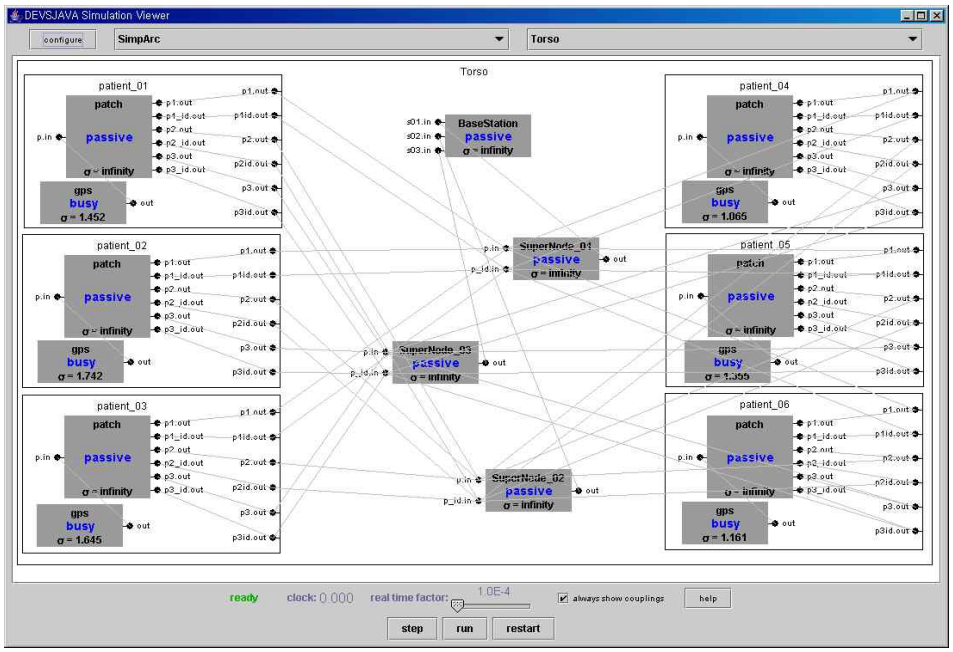
는 중복을 해소할 수 있고 B노드의 판단 프로세서 기능을 이양 받을 경우, 수집 데이터에 대한 직접 처리도 가능하게 된다.

3.3 B노드

B노드는 환자 상태 정보를 최종 수집하여 판단한다. 여기에서는 S노드로부터 전송받은 데이터를 처리하여 최종적으로 환자의 상태 여부를 판단할 수 있다. 전송 받은 데이터는 P노드 별로 구별하여 저장되며 특정 P노드의 상태정보의 변화가 위험수위에 도달하게 되면 경고 메시지를 발생하게 되고 기준 횟수 이상으로 위험수위에 도달하게 되면 위험 메시지를 발생하게 된다. B노드에서는 P노드들을 확인하여 P노드 접속 혹은 손실 여부도 판단할 수 있다.

Ⅳ. 시뮬레이션 결과

본 논문의 시뮬레이션은 DEVS Java 2.7 버전을 이용하여 윈도우XP기반의 JBuilder 2005에서 구현하였다. 통계 결과 작성을 위해 P노드는 총 6개, S노드는 3개, B노드는 1개로 구성하였으며 P노드를 기준으로 40회씩 발생



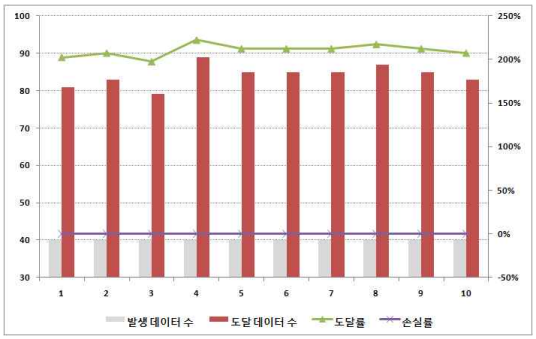
<그림 5> 이동환자 상시 모니터링 시스템 시뮬레이션 구현

하는 총 10회의 시뮬레이션이 이루어졌다. 통계 작성의 기준은 P노드에 발생 데이터 대비 B노드에서 수집된 데이터 비율인 데이터 도달률과 손실된 데이터 비율인 손실률을 기준으로 한다.

4.1 이동환자 상시 모니터링 시스템 시뮬레이션

이동환자 상시 모니터링 시스템 시뮬레이션은 다음의 <그림 5>와 같다. S노드는 P노드가 발생하는 데이터만 수집하여 바로 B노드로 전송하며 S노드간의 통신을 위한 채널은 없다. 시뮬레이션 결과는 다음의 <그림 6>과 같다.

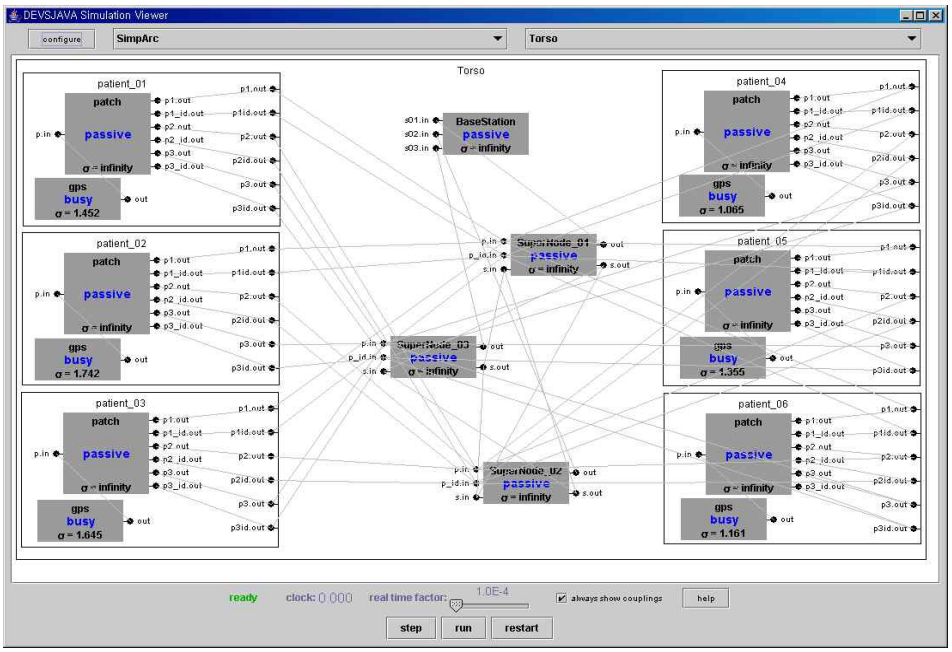
P노드에서 발생하는 데이터는 S노드에서 수집하고 이를 B노드로 보내는 일련의 과정을 거치기 때문에 B노드에 도달하는 데이터는 중복되어 수집된다. 시뮬레이션 결과 평균 211%의 부하를 발생하는 것을 볼 수 있다. 비록 데이터의 손실률은 0%로 나오나 수집 노드에서 많은 부하가 발생됨을 알 수 있다.



<그림 6> 이동환자 상시 모니터링 시스템 시뮬레이션 결과

4.2 부하조절을 지원하는 이동환자 상시 모니터링 시스템 시뮬레이션

부하조절을 지원하는 이동환자 상시 모니터링 시스템 시뮬레이션은 다음의 <그림 7>과 같다. S노드는 P노드가 발생하는 데이터만 수집함과 동시에 인접된 S노드 간에도 데이터 송수신이 가능하다. 이를 위해 S 노드 간에 별



<그림 7> 부하조절을 지원하는 이동환자 상시 모니터링 시스템 시뮬레이션 구현

<그림 8> 부하조절을 지원하는 이동환자 상시 모니터링 시스템 시뮬레이션 결과

도의 채널을 할당하였으며 수집과정 중에 S노드 간에 통신이 일어난다.

시뮬레이션 결과는 다음의 <그림 8>과 같다. 발생 데이터 대비 도달 데이터 수가 대비 72.5%의 도달률을 보이며 23%의 손실률을 보여주고 있다. 72.5%의 도달률은 앞서 보인 4.1의 결과로 보인 211%의 도달률과 비교하면 B노드가 갖게 되는 부하를 획기적으로 줄인 것으로 볼 수 있다. 이는 3.2에서 언급했듯이 S노드에 중복을 제거하는 알고리즘을 추가하였기 때문이다. 손실률은 앞서 보인 4.1의 결과보다 증가한 것으로 보여주고 있다. 이러한 결과는 S노드의 데이터 수집단계에서 우선순위가 낮은 노드들이 B노드로 데이터를 전송하기 위해 대기하는 과정에서 생기는 문제이다.

이러한 문제 해결을 위해서 P노드의 패치에서 발생하는 데이터의 측정 간격 시간을 줄이는 방법을 사용할 수 있다. 예를 들어 심박동 모니터링을 위한 측정 단위시간이 1시간이라고 가정하면 20%내외의 손실률을 고려하여 기본 측정 단위시간을 20분 단위로 설정하게 되면 약 3배의 데이터가 발생되어 데이터 손실률에 영향을 받지 않게 된다.

Ⅴ. 결론

무선 센서 네트워크는 센서를 이용하여 공간의 제약을 받지 않고 실시간 데이터를 송수신 할 수 있는 특징으로 인해 U-헬스케어 시스템의 미래 기반기술로 자리 잡고 있다. 특히 WSN은 U-헬스케어 시스템에서 이동 환자를 위한 상시 모니터링 기술의 핵심적 역할을 하고 있다. 일반적인 WSN을 이용하면 환자에게 부착된 센서모듈에서 발생하는 데이터를 노드에서 수집하게 되고 수집된 데이터 처리를 위해 서버로 전송하게 되는 일련의 과정을 거치게 된다. 일반적으로 센서 모듈에서 발생하는 데이터는 가장 가까운 곳에 있는 노드에 의해 수집되지만 환자가 이동하게 될 경우에는 두 개 이상의 노드에서 수집하게 되기도 한다. 이렇게 되면 최종 판단 서버로 전달되는 데이터는 중복되게 전송될 수 있어 부하가 발생하게 된다.

본 논문에서는 WSN에 부하조절 기능을 추가한 이동환자 상시 모니터링 시스템을 제시하였다. 이를 위해 센서로부터 데이터를 수집하는 노드들 간에 송수신을 위한 채널을 할당하여 데이터 수집과 함께 수집에 대한 정보 공유가 가능하도록 구현하였다. 따라서 최종 서버로 전송할 때, 수집된 데이터의 중복을 최소화하여 서버의 부하를 최소화 하였다. 이를 위해 DEVS Java 기반의 시뮬레이션을 수행하였고 결과를 제시하였다. 부하조절을 지원하는 WSN은 도달률을 기존의 211%에서 72.5%로 줄였다.

향후에는 최종 판단 노드의 부하를 더욱 줄이기 위해 센서로부터 수집하는 노드의 기능 확장을 위한 연구와 데이터 손실률을 최소화 할 수 있도록 하는 연구가 이루어질 것이다.

참고문헌

[1] 김옥남, “U-healthcare가 다가온다.,” 한국스마트홈산업협회, HN Focus, vol. 26, 2009. 10, pp.50-61.

[2] 박현식, “WSN (Wireless Sensor Network) 기술 동향,” [IITA] 정보통신연구진흥원 학술정보, 2006.
[3] 원광호, 황태호, 김동순, 김태현, “WSN 기술 동향 및 응용 기술,” 한국통신학회지(정보와통신), vol. 25, 2008. 9, pp.33-41.
[4] HIPAA, http://www.hhs.gov/ocr/privacy/
[5] Oatfield Estates, http://www.elitecare.com/oatfield_estates
[6] Code Blue, http://fiji.eecs.harvard.edu/CodeBlue
[7] Ian F. Akyildiz, Weilan Su, Yogesh Sankarasubramaniam, Erdal Cayirci, “A Survey on Sensor Networks,” IEEE Communication Magazine, Augest 2002, pp.102-114.
[8] Chaitanya Penubarthu, Myuhng-Joo Kim, Insup Lee, “Security in Sensor Networks for Medical Systems Torso Architecture”, ICCSA 2005 Lecture Notes in Computer Science, Volume 3480/2005, 2005, pp.156-165.

■ 저자소개 ■

최 은 정
Choi, Eun Jung

2006 3월~현재
서울여자대학교 바롬교양대학
교양전산 전임강사
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

김 명 주
Kim, Myuhng Joo

1995 9월~현재
서울여자대학교 정보미디어대학
정보보호학 교수
2003년~2004년
미국 펜실바니아대학교(UPenn)
객원 연구원
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 : 정보보안, USN, 의료정보,
콘텐츠보안
E-mail : mjkim@swu.ac.kr

논문접수일 : 2010년 11월 6 일
수 정 일 : 2010년 11월 16일(1차), 11월20일(2차)
게재확정일 : 2010년 11월 24일