

휴대 인터넷 시스템에서의 패킷 스케줄링 방법 평가를 위한 시뮬레이터 개발

최성훈^{1*}

A Simulator for Evaluating Packet Scheduling Methods of High-speed Portable Internet Systems

Seong-Hoon Choi^{1*}

요약 언제 어디서나 초고속으로 무선인터넷 사용을 목표로 하는 휴대인터넷 시스템이 곧 상용화될 예정이다. 휴대 인터넷 시스템은 서로 다른 특성을 가지고 있는 UGS, rtPS, nrtPS, BE 서비스들을 동시에 제공하므로 QoS를 고려한 효율적인 스케줄링 기법을 필요로 한다. 본 연구에서는 다양한 파라미터 값들에 대한 스케줄링 기법의 성능을 평가할 수 있는 시뮬레이터를 개발하였다. 모델을 변경하지 않고 시스템을 구성하는 다양한 특성치들을 쉽게 변경하면서 시뮬레이션을 실시할 수 있도록 일반화 한 것이 제안 시뮬레이터의 장점이다.

Abstract HPI(High-speed Portable Internet) system is going to be commercialized before long. Efficient scheduling mechanisms for UGS, rtPS, nrtPS and BE, which are service types of the HPI, are necessary to increase the utilization of wireless channels under the different QoS requirements. In this paper, we develop a simulator which can be used to evaluate the performance of scheduling mechanisms. The advantage of the proposed simulator is that one can simulate diverse situations not changing the simulation model but just setting various parameters.

Key words : 휴대 인터넷 시스템, 시뮬레이션, 패킷 스케줄링

1. 서론

휴대 인터넷 시스템에서 다양한 트래픽 특성을 반영하여 한정된 무선 채널을 효율적으로 할당하는 스케줄링 방법은 연구가 많이 필요한 분야이다[1]. 공유되는 무선 매체의 특성을 휴대 인터넷 시스템의 서로 다른 QoS를 요구하는 4가지 서비스 그룹인 UGS(Unsolicited Grant Service), rtPS(real time Polling Service), nrtPS(non-real time Polling Service), BE(Best Effort)의 효과적인 스케줄링은 필수적이다[2,3,4,5]. 이에 가장 효과적인 스케줄

링 방법을 연구하고 평가하기 위해 통신 시뮬레이션 연구에서 많이 쓰이고 있는 시뮬레이션 전용 소프트웨어인 AweSim!과 사용자 루틴을 구현하기 위해

비주얼 C++, 그리고 통합 실행 환경을 구축하기 위해 비주얼 베이직을 사용하여 패킷 스케줄링 시뮬레이터를 개발하였다[6].

패킷 스케줄링은 가입자에서 기지국으로의 업링크 스케줄링과 기지국에서 가입자로의 다운링크 스케줄링으로 구분할 수 있는데 본 연구에서는 휴대 인터넷의 4가지 서비스 타입인 UGS, rtPS, nrtPS, BE 서비스들이 공존할 때 트래픽의 특성과 각각의 QoS를 고려한 상향링크 서비스 방법에 대한 시뮬레이션 수행을 위한 시뮬레이터를 제안하고자 한다. 본 연구에서 제안된 시뮬레이터는 각각의 트래픽의 특성치에 대해 일반화된 모델, 즉 시뮬레이터에 자신이 원하는 특성치를 입력한 후 실행하였을 때 실험 결과를 별다른 추가 작업 없이 쉽게 한 눈에 볼 수 있다.

서론에 이어 2장에서는 본 연구에서 채택한 시스템의 개요 및 트래픽 모델에 대하여 기술한다. 3장에서는 AweSim!을 이용한 네트워크 모델을 설명한 후, 4

¹상명대학교 산업정보시스템공학과 (Depart. of Industrial Information & Systems Eng., Sangmyung Univ.)

*교신저자: 최성훈(shchoi@smu.ac.kr)

장에서 시뮬레이터 실험을 위한 환경설정을 제시하고, 시뮬레이터의 적합성을 평가하기 위한 기초 분석 시뮬레이션 결과를 제시한다. 그리고 마지막으로 5장에서 결론을 맺는다.

2. 분석 대상 시스템의 개요 및 트래픽 모델

휴대 인터넷 시스템에서 패킷은 5msec의 고정된 길이를 갖는 프레임 단위로 전송되며 하나의 프레임은 다수(예를 들어 192개)의 업링크 채널을 갖는다. 스케줄링의 대상인 여러 패킷들은 임의의 시점에 기지국에 도착하게 되지만, 프레임의 구조상 5msec단위로 스케줄링 되어야 한다. 또한 휴대인터넷 시스템에서 고려하는 4가지 서비스 타입에 대한 설명은 [표 1]과 같다[2,5].

표 1. 휴대 인터넷 시스템의 4가지 서비스 타입

서비스 타입	설 명
UGS	정해진 크기의 패킷들을 생성하는 실시간 서비스 흐름을 지원하는 서비스
rtPS	MPEG 비디오와 같이 주기적으로 기변 크기의 데이터 패킷을 생성하는 실시간 서비스 흐름을 지원하는 서비스
nrPS	높은 대역폭을 요구하는 FTP와 같이 주기적으로 가변크기의 데이터 패킷을 생성하는 비실시간 서비스 흐름을 지원하는 서비스
BE	TCP와 유사한 최선형 서비스를 효율적으로 제공하기 위한 서비스

각 서비스 트래픽은 ON과 OFF의 형태로 도착한다. 각 서비스 그룹을 스케줄링 하기 위해서는 ON 구간의 길이인 burst duration과 OFF 구간의 길이인 Burst inter-arrival time, ON 구간 내 패킷의 도착 간격인 SDU(Service data unit) inter_duration, 그리고 패킷의 크기인 SDU_size가 필요하다. 이러한 서비스 트래픽의 시간 변수를 계산하기 위해서 본 연구에서는 각 서비스 타입이 다음의 트래픽 모델을 따른다고 가정한다[2,5]. 아래의 트래픽 모델들은 트래픽 특성을 비교적 잘 표현하는 것으로 알려져 있다.

UGS는 IDP(Interrupted-Deterministic Process) 모델에 기반을 두고 있다. ON 구간 길이는 지수분포에 따르고 OFF 구간 길이는 지수분포를 따른다. 또한 1회에 발생하는 패킷의 크기는 지수분포를 따르며, ON 구간 동안에 패킷은 고정된 간격으로 도착한다. rtPS 모델은 2개의 IRP(Interrupted Renewal Process)에 기초를 두고 있다. 즉, 2 IRP가 하나의 패킷 비디오 원을 나타낸다. 즉 두 개의 모델이 중첩되어 하나의 패킷

원을 나타낸다. ON 구간 길이 지수분포를 따르고, 이것과 중첩되어야 할 또 하나의 ON 구간도 지수분포를 따른다. OFF 구간 길이는 지수분포를 따르고, 이것과 중첩되어야 할 또 하나의 OFF 구간 길이 또한 지수분포를 따른다. 패킷의 크기는 지수분포를 발생시키는 두 개의 입력 트래픽이 중첩된다. nrPS 모델은 편의상 rtPS와 동일한 트래픽 모델에 따라 발생한다고 가정한다. 마지막으로 BE 모델은 IPP(Interrupted Poisson Process)에 기초를 두고 있다. ON 구간 길이는 지수분포를 따르고 OFF 구간 길이 또한 지수분포를 따른다. 패킷 크기는 지수분포를 따르고 ON 구간 동안의 패킷 도착 시간 간격 또한 지수분포를 따른다.

휴대 인터넷 시스템은 변조방식으로서 64QAM, QAM, QPSK를 사용하고 있으며 각 단말이 사용하는 변조방식은 무선채널의 상태에 따라 결정된다. 사용자가 상대적으로 셀의 중심으로부터 가까이 있으면 64QAM, QAM 방식을 사용하고 상대적으로 멀리 있으면 QPSK 방식을 사용할 수 있다. 휴대 인터넷의 특성상 이동단말기는 호가 진행되는 동안 이동이 가능하다. 이동단말기의 움직임에 따라서 셀 중앙으로부터의 거리가 달라지고 그에 따라 변조방식이 달라져서 전송용량도 달라질 것이므로 이동단말기의 이동 특성을 모형화 할 필요가 있다. 예를 들어, 간단한 이동성 모형으로는 항상 직진만 하는 모형, X(방향전환 간격, 확률변수)만큼 이동 후 방향 전환하는 모형 등 여러 가지가 가능하다. 방향 전환 할 경우를 고려한다면 새로 선택되는 방향에 대해서도 어느 방향이나 가능한 모형, 전후좌우 네 가지 방향만 가능한 모형 등이 있으나, 본 연구에서는 모든 방향으로 움직일 수 있는 일반화된 모형을 이용해 시뮬레이터를 개발하였다.

3. 네트워크 모델

3.1 셀 모형 및 기본 가정

기지국의 효율성을 최대화하기 위해서는 셀의 중첩을 최소화하여야 한다. 셀 모양이 원형일 경우에 중첩되는 부분이 생기지만, 셀 모양이 육각형일 경우 중첩되는 부분이 없게 되므로 가장 경제적이고 효율적인 셀 배치가 가능하다. 이에 원형에 제일 가까운 다각형인 육각형의 셀 모형을 선택하였다. 본 연구에서는 하나의 셀만을 고려하기 때문에 셀을 변조방식에 따른 면적 비율에 따라 6개의 육각형으로 나누었다. 각 육각형을 안쪽부터 1 zone, 다음 육각형은 2 zone, 마지막 육각형은 6 zone이라고 가정하였다. 그리고 셀을

60°씩 나누어 영역을 나타낸다고 가정한다. 만약 이동 단말기가 경계선에 있다면 안쪽 zone에 위치한다고 가정한다.

3.2 서비스 타입별 트래픽 발생 모듈

여기에서는 4가지 서비스 타입별 트래픽 발생 모듈에 대해서 기술하기로 한다. 트래픽 모듈에서는 다양한 변수가 사용되는데 아래의 [표 2]에 트래픽 모듈에서 사용되는 변수들의 일부가 제시되어 있다.

표 2. 서비스 형태별 트래픽 발생 모듈에서 쓰이는 변수 목록의 일부

LL(i)	설 명	초기값	비고
1	UGS 서비스의 단말기 개수	7	정수
2	rtPS 서비스의 단말기 개수	1	정수
3	nrPS 서비스의 단말기 개수	2	정수
4	BE 서비스의 단말기 개수	8	정수
XX(i)	설명	초기값	비고
5	이동단말기 고유 ID를 할당하기 위한 초기값	30	
6	UGS서비스 ON 구간	2.841	EXPON,Sec
...
ATRI(i)	설 명	초기값	비고
1	서비스 타입 구분	1	
...
LTRIB(i)	설 명	초기값	비고
1	패킷의 크기		≥0
2	이동단말기 고유 ID		
...

첫 번째로 UGS 서비스 타입은 위에서 설명과 같이 IDP 모델을 기초로 하고 있는데, [그림 1]에 트래픽 모듈에 대한 AweSim! 네트워크 다이어그램이 제시되어 있다. 새로운 개체를 생성하는 AweSim! 모델 요소 CREATE 노드에서 발생한 개체가 고유 ID를 할당받아 복제하여 하나는 트래픽 모듈로 다른 하나는 이동 단말기로 모듈로 분기한다. 트래픽 모듈로 간 개체는 ON 구간 동안 진행하고 현재의 시간인 TNOW와 비교하여 작을 경우에는 OFF 구간 동안 GOON 노드(분기를 포함하는 AweSim! 모델 요소)로 가서 이 과정을 반복한다. TNOW와 비교하였을 때 클 경우에는 UGS 서비스의 SDU_size만큼의 패킷을 발생하며 패킷의 도착 간격 시간마다 이 과정을 반복한다. 생성된 패킷들은 트래픽 업로드 모듈로 보내진다. 통계량을 수집하는 AweSim! 모델 요소 COLCT 노드에서는 UGS 서비스에서 발생한 패킷의 크기에 대한 통계치를 수집한다.

두 번째로 rtPS 서비스는 2개의 IRP 모델에 기초를 두고 있다. 이 2개의 모델이 중첩되어 하나의 패킷 원을 나타내는데 [그림 2]와 같은 모형이다. 로직은 UGS와 동일하다. 그리고 세 번째 nrPS 서비스는 rtPS 서비스와 동일한 트래픽 모델을 사용하며 모수 역시 rtPS 서비스와 동일하다. 서비스의 성질만 다르고 나머지 과정은 동일하다. 마지막으로 BE 서비스는 IPP에 기초를 두고 있으며 로직은 UGS 서비스와 동일하다.

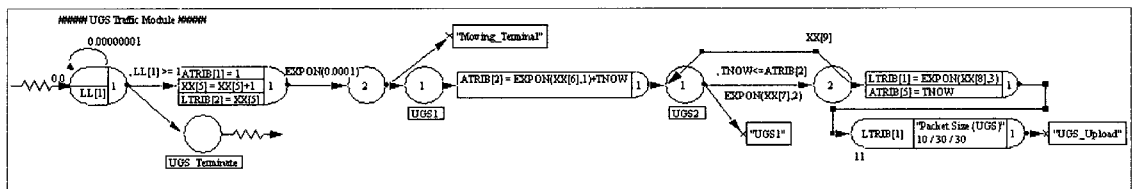


그림 1. UGS 서비스 네트워크 다이어그램

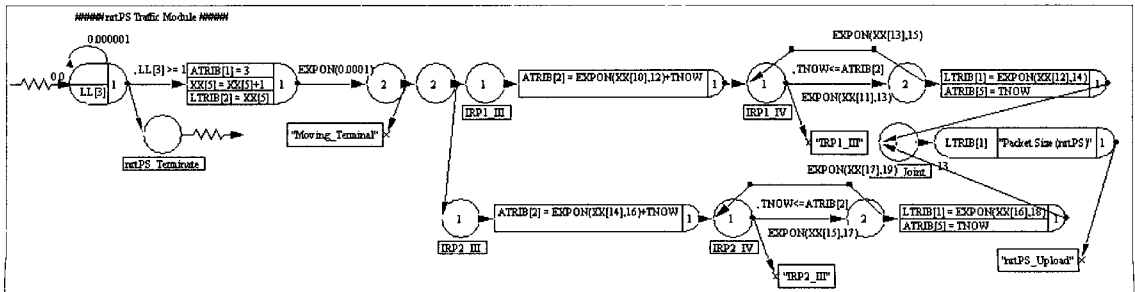


그림 2. rtPS 와 nrPS서비스 네트워크 다이어그램

3.3 트래픽 업로드 모듈

트래픽 업로드 모듈에서는 도착한 패킷들이 채널을 할당 받아 지나갈 수 있도록 대기하고 있다가 기지국 모듈에서 채널 할당 후 우선순위에 의해 서비스 타입 별로 시그널을 보내준다. 트래픽 업로드 모듈에서는 이 시그널을 받아 AWAIT 노드(자원 사용을 위해 대기하는 상황을 표현하는 AweSim! 모델 요소)에서 대기하던 패킷을 최종적으로 업로드하게 된다. 남은 패킷이 있을 경우는 분할하여 다음 채널로 보내는 과정이 반복된다.

3.4 이동 단말기 모듈

이동단말기에 도착한 개체는 사용자 정의 루틴을 표현하는 AweSim! 모델 요소 EVENT case 1 ([그림 3] 참조)로 들어가 셀의 범위 내에서 이동단말기의 초기 좌표를 부여받는다. 좌표는 EVENT case 2에서 이동방향, 이동거리가 랜덤으로 발생되어 셀의 범위 내에서 이동을 하게 된다. 이동을 할 경우에 셀 밖으로 벗어나게 될 경우는 백트래킹을 실시하여 다시 셀의 범위 내에 들어올 수 있도록 하였다. 이동시 각 지역에 번조방식을 체크하며 그 번조방식에 얼마만큼의 시간 동안 머물렀는지 체크한다. 이외에 패킷을 처리하는 기지국 모듈이 필요하다.

4. 시뮬레이션 환경 설정과 기초 분석 시뮬레이션 결과

4.1 시뮬레이션 환경 설정

시뮬레이션 실행을 위해서 Warm-up period 설정과

시뮬레이션 방법 결과와 같은 환경 설정이 필요하다. 먼저, Warm-up period의 설정에 있어서 두 가지 평가 척도, 시스템 측면인 프레임당 이용 채널수와 고객의 측면인 지연시간(BE 서비스)을 고려하였다. [그림 4-5]에서 알 수 있듯이 실행 시작 후 1,500초 동안은 불안정한 모습을 보이지만, 1,000초 이후부터는 안정된 모습을 보이기 시작한다. 따라서 본 연구에서는 정확한 시뮬레이션 결과를 얻기 위해 그보다 조금 더 긴 시간인 1,500초를 Warm-up period로 결정하였다. 두 번째로 반복 실험 결과를 얻기 위한 시뮬레이션 방법으로 배치 평균 방법(Batch mean)을 사용하기로 하였다. 배치 평균 방법은 실험 소요 시간을 줄일 수 있는 효율적인 방법으로 시뮬레이션에서 일반적으로 적용되는 방법이다[6]. 배치 사이에 독립이 보장될 수 있도록 하나의 배치 길이를 3,000초로 충분히 길게 설정하였다.

4.2 기초 분석 시뮬레이션 결과

방향전환 수(A), 1회 이동시 이동거리(B), 평균 이동 속도(C), 셀의 반경(D)을 인자로 하고 수준의 수를 2로 정한 요인분석법을 사용하여 기초 실험과 분석을 하였다[7]. 총 16가지의 조합에 따라 고객의 관점인 지연 시간(BE 서비스)과 시스템 관점의 채널 이용률에 대해 인자들과 그들 사이의 상호 작용의 효과에 대해 알아보았다. 실험 결과가 [그림 6]에 제시되어 있다. 빨간 수직선을 넘어서는 경우 유의 수준 5% 하에서 유의한 효과가 있음을 의미한다. [그림 6]에서와 같이 BE 서비스 지연 시간의 경우 평균 이동속도(C)와 셀의 반경(D)이 유의 수준을 넘어 서로 교호작용이

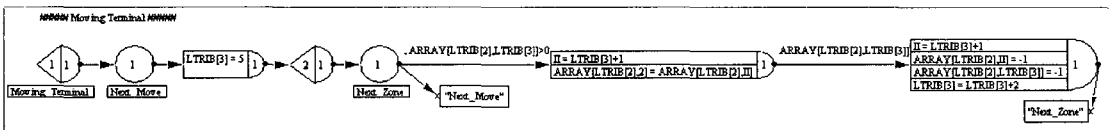


그림 3. 이동단말기 모듈 네트워크 다이어그램

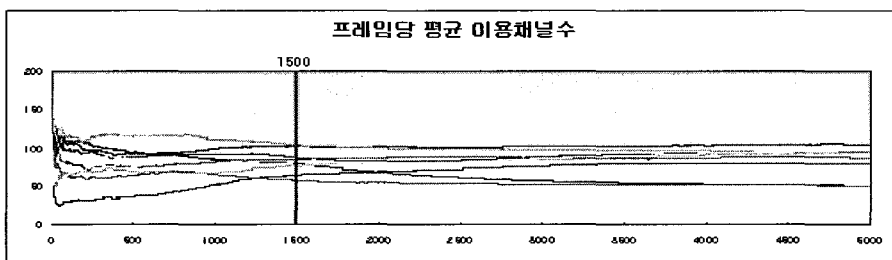


그림 4. 시스템 측면의 Warm-up period

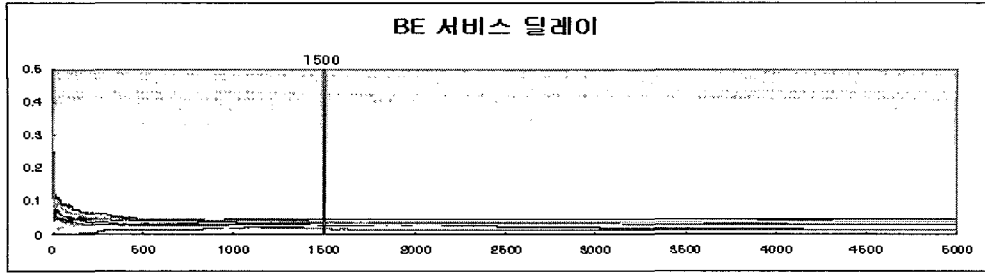
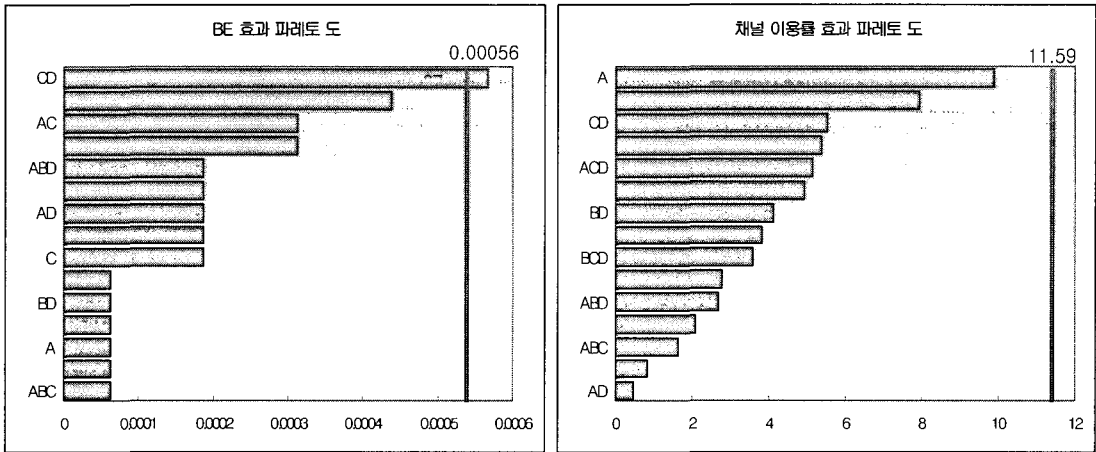


그림 5. 사용자 측면의 Warm-up period



[그림 6] 지연시간 및 채널 이용률에 대한 인자 간의 싸움

있는 것으로 확인하였다. 채널 이용률의 경우는 어떠한 인자도 유의 수준을 넘지 못해 별다른 효과를 주지 못한다고 분석되었다. 실제 세계를 정확하게 반영하는 시뮬레이션 분석을 위해서 성능평가 척도에 큰 영향을 미치는 인자들의 실증적인 추가 연구가 필요할 것으로 사료된다.

5. 결론

본 연구는 휴대 인터넷 시스템에서 효율적인 패킷 스케줄링 방법을 평가하기 위해 사용될 수 있는 시뮬레이터를 개발한 연구이다. 업링크 스케줄링시 QoS를 고려하여 UGS, rtPS, nrtPS, BE 서비스 타입별 특성치를 바탕으로 구성된 트래픽 모듈, 또 서비스를 처리하는 기지국 모듈, 이동단말기의 이동을 고려한 이동성 모듈의 3개 모듈로 구성되어있다.

본 시뮬레이터의 가장 큰 특징은 위에서 제시되었

던 여러 특성치들이 변경되더라도 별다른 로직의 수정 없이 입력 값만 변화시킴으로써 시뮬레이션 결과를 얻어낼 수 있다는 점이다. 시뮬레이터의 정확성 검증을 위하여 많은 실험을 통한 결과 값을 기존의 연구와 비교한 결과 비슷한 값이 나오는 것을 확인할 수 있었다. 본 연구에서는 하나의 셀에서만 일어날 수 있는 패킷 스케줄링에 대한 시뮬레이터이므로, 향후 인접한 셀들까지 고려한 스케줄링 방법이 필요하리라 사료된다.

참고 문헌

- [1] 차동완, “정보통신세계”, 영지문화사, 2002.
- [2] 김경희, 국광호, 임석구, 김경수, “휴대인터넷에서Qos를 고려한 스케줄링 방식 연구”, 한국콘텐츠학회논문지, 제5권 제1호, pp. 89-99, 2월, 2005.
- [3] 백장현, 김동희, “차세대 이동통신시스템을 위한 패킷 스케줄링 알고리즘과 효율적인 프레임 구성 방법 및 성능 분석”, 한국경영과학회지, 제30권 제2호,

pp.29-40, 6월, 2005.

- [4] 국광호, 백장현, 김경희, "휴대 인터넷 무선 자원 할당에 관한 연구", 2005년도 한국경영과학회 추계학술대회 발표논문집, 건국대학교, 서울, pp.347-353, 10월, 2005.
- [5] 한국시뮬레이션 학회 홈페이지, [http:// society.kisti.re.kr/~simul/](http://society.kisti.re.kr/~simul/)
- [6] Pritsker, A.Alan B., and O'Reilly, Jean J., "Simulation with Visual SLAM & AweSim!", John Wiley & Sons Inc., New York, 1999.
- [7] 박성현, "현대 실험계획법(개정판)", 민영사, 2003.

최 성 훈(Seong-Hoon Choi)

[정회원]



- 1986년 2월 : 고려대학교 산업공학과 (공학사)
- 1988년 2월 : KAIST 산업공학과 (공학석사)
- 2002년 8월 : KAIST 산업공학과 (공학박사)
- 2003년 9월 ~ 현재 : 상명대학교 산업정보시스템공학과

<관심분야>

컴퓨터 시뮬레이션 이론 및 응용, APS, 정보통신시스템