

휴대 인터넷 시스템에서의 패킷 스케줄링 시스템 평가를 위한 시뮬레이터 개발

최성훈, 최진우, 권용현
상명대학교 산업정보시스템공학과
e-mail: shchoi@smu.ac.kr

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

Seong-Hoon Choi, Jin-Woo Choi, Yong-Hyun Kwon
Department of Industrial Information & Systems Engineering,
Sangmyung University

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 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.

1. 서론

곧 상용화 될 예정인 휴대 인터넷 시스템의 표준 제정은 거의 마무리 단계에 접어들었다. 그러나 다양한 트래픽 특성을 반영하여 한정된 무선 채널을 효율적으로 할당하는 스케줄링 방법에는 아직 많은 연구가 필요하다.

공유되는 무선매체의 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. 이에 가장 효과적인 스케줄링 방법을 제안하기 위해 통신 시뮬레이션 연구에서 많이 쓰이고 있는 범용 소프트웨어인 AweSim!을 사용하여 패킷 스케줄링 시뮬레이터를 개발하였다[5]

패킷 스케줄링은 가입자에서 기지국으로의 상향링크 스케줄링과 기지국에서 가입자로의 하향링크 스케줄링으로 구분할 수 있는데 본 연구에서는 휴대 인터넷의 4가지 서비스타입인 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 작업없이 쉽게 한 눈에 볼 수 있다.

서론에 이어 2장에서는 본 연구에서 채택한 시스템의 개요 및 트래픽 모델에 대한 설명을 한다. 3장에서는 AweSim!을 이용한 네트워크 모델을 설명한 후, 4장에서 시뮬레이터 실험을 위한 환경설정을 제시하고 5장에서 시뮬레이터 적합성을 평가하기 위해 기초분석 시뮬레이션 결과를 제시하고 마지막 6장에서 결론을 맺는다.

2. 분석 대상 시스템의 개요 및 트래픽 모델

휴대인터넷 시스템은 5msec의 고정된 길이를 갖는 프레임 단위로 전송되며 하나의 프레임은 192개의 업링크 채널을 갖는다. 스케줄링의 대상인 여러 패킷들은 임의 시점에 기지국에 도착하게 되지만,

프레임의 구조상 5msec 단위로 스케줄링 되어야 한다.

또한 휴대인터넷 시스템에서 고려하는 4가지 서비스 타입에 대한 설명은 [표 1]과 같다.

표 1. 휴대인터넷 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
nrtPS	높은 대역폭을 요구하는 FTP와 같이 주기적으로 가변 크기의 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 ON구간의 길이인 Burst Duration과 OFF구간의 길이인 Burst inter-arrival time, ON구간 내 패킷의 도착 간격인 SDU(Service data unit) inter_duration, 그리고 패킷의 크기인 SDU_size가 필요하다.

이러한 서비스 트래픽의 시간변수를 계산하기 위해서 본 연구에서는 각 서비스 타입이 다음의 트래픽 모델을 따른다고 가정한다.

UGS는IDP(Interrupted-Deterministic Process) 모델에 기반을 두고 있다. ON 구간 길이는 평균 2.841초인 지수분포에 따르고 OFF 구간 길이는 평균 1.538초인 지수분포를 따른다. 또한 1회에 발생하는 패킷의 크기는 평균 66Byte인 지수분포를 따르며, ON 구간동안에 패킷은 0.02초의 고정된 간격으로 도착한다.

rtPS모델은 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 길이인 burst_duration은 평균 8.143초인 지수분포를 따르고, 이것과 중첩되어야 할 또 하나의 burst_duration은 평균 2.852초인 지수분포를 따른다. OFF 구간 길이는 평균 5.545초인 지수분포를 따르고, 이것과 중첩되어야 할 또 하나의 OFF 구간 길이는 평

균 4.571초인 지수분포를 따른다. 패킷의 크기는 평균 188 Byte인 지수분포를 발생시키는 두 개의 입력 트래픽이 중첩된다. ON 구간동안에 패킷은 평균 0.00890초인 지수분포와 평균 0.00646초인 지수분포가 중첩된다.

nrtPS 모델은 편의상 rtPS와 동일한 트래픽 모델에 따라 발생한다고 가정한다.

BE 모델은 IPP(Interrupted Poisson Process)에 기초를 두고 있다. ON 구간 길이는 평균 51.546초인 지수분포를 따르고 OFF 구간 길이는 평균 68.729초인 지수분포를 따른다. 패킷 크기는 평균 192 Byte인 지수분포를 따르고 ON 구간 동안의 패킷 도착 시간 간격은 평균 0.439초인 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, QAM방식을 사용하고 상대적으로 멀리 있으면 QPSK방식을 사용할 수 있다.

휴대인터넷의 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 360도 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 최소화 하여야 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 육각

형으로 나누었다. 각 육각형을 안쪽부터 1존, 다음 육각형은 2존, 마지막 육각형은 6존이라고 가정하였다. 그리고 셀을 60° 씩 나누어 영역을 나타낸다고 가정한다. 만약 이동단말기가 경계선에 있다면 안쪽 존에 위치한다고 가정한다.

3.2 서비스 타입별 트래픽 모듈

3.2.1 트래픽 모듈에서 쓰이는 변수

아래의 표 2는 트래픽 모듈에서 사용되는 변수들에 대한 일부 목록이다.

표 2. 서비스 형태별 트래픽 모듈에서 쓰이는 변수

LL(i)	설명	초기값	비고
1	UGS 서비스의 단말기 개수	7	정수
2	rtPS 서비스의 단말기 개수	1	정수
3	nrtPS 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	UGS 서비스 ON 구간	2.841	EXPON,Sec
...
ATRI(i)	설명	초기값	비고
1	서비스 타입 구분	1	
...
LTRIB(i)	설명	초기값	비고
1	패킷의 크기		≥0
2	이동단말기 고유 ID		
...

3.2.2 UGS 서비스 타입

UGS 서비스는 IDP (Interrupted Deterministic Process) 모델을 기초로 한다. CREATE 노드에서 발생한 개체가 고유 ID를 할당받아 복제하여 하나는 트래픽 모듈로 다른 하나는 이동단말기로 모듈로 분기한다.

트래픽 모듈로 간 개체는 ON 구간 동안 진행하고 현재의 시간인 TNOW와 비교하여 작을 경우에는 OFF 구간동안 GOON 노드로 가서 이 과정을 반복한다. TNOW와 비교 하였을 때 클 경우에는 UGS 서비스의 SDU_size만큼의 패킷을 발생하며 패킷의 도착 간격 시간마다 이 과정을 반복한다. 생성된 패킷들은 트래픽 업로드 모듈로 보내진다. COLCT 노드에서는 UGS서비스에서 발생한 패킷의 크기를 보여준다.

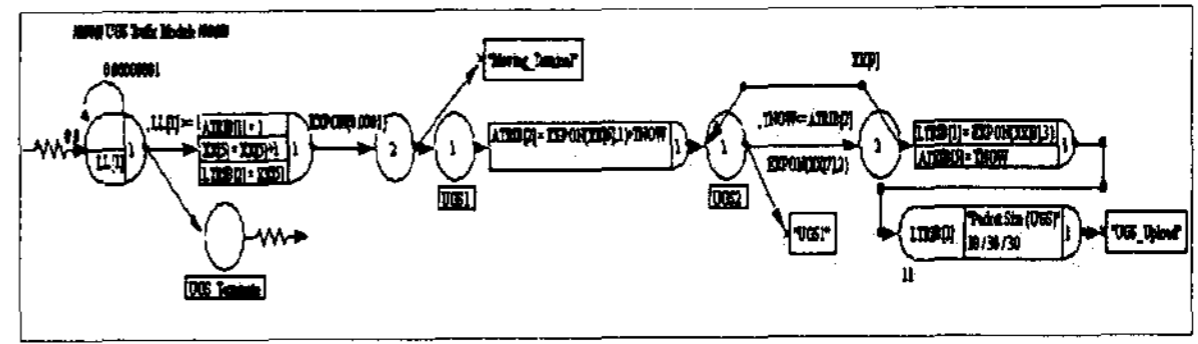


그림 1. UGS 서비스 네트워크 다이어그램

3.2.3 rtPS 와 nrtPS 서비스 타입

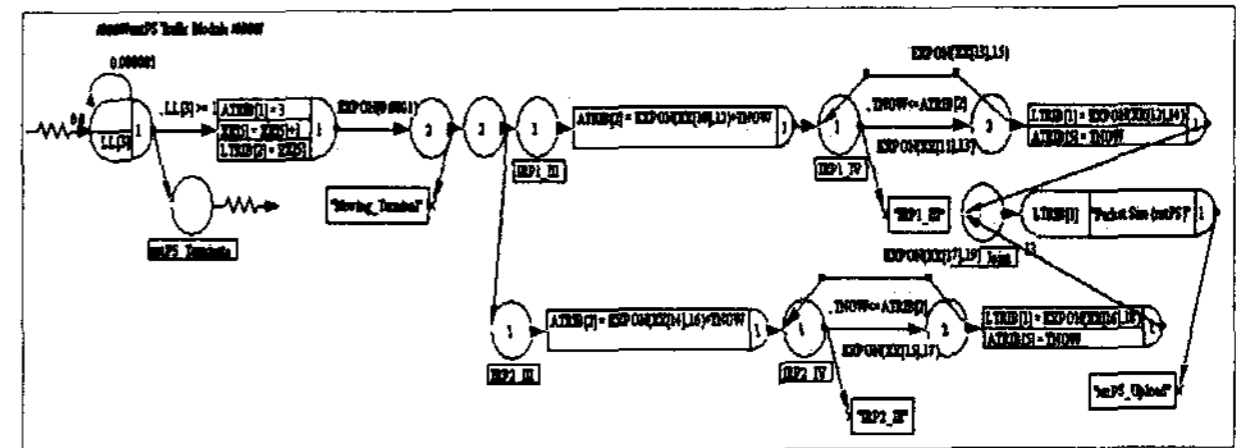


그림 2. rtPS 와 nrtPS 서비스 네트워크 다이어그램

rtPS 서비스는 2개의 IRP 모델에 기초를 두고 있다. 이 2개의 모델이 중첩되어 하나의 패킷 원을 나타내는데 [그림 2]와 같은 모형이다. 로직은 UGS와 동일하다.

nrtPS 서비스는 rtPS 서비스와 동일한 트래픽 모델을 사용하며 모수 역시 rtPS 서비스와 동일하다. 서비스의 성질만 다르고 나머지 과정은 동일하다.

3.2.4 BE 서비스 타입

BE서비스는 IPP(Interrupted Poisson Process)에 기초를 두고 있으며 로직은 UGS 서비스와 동일하다.

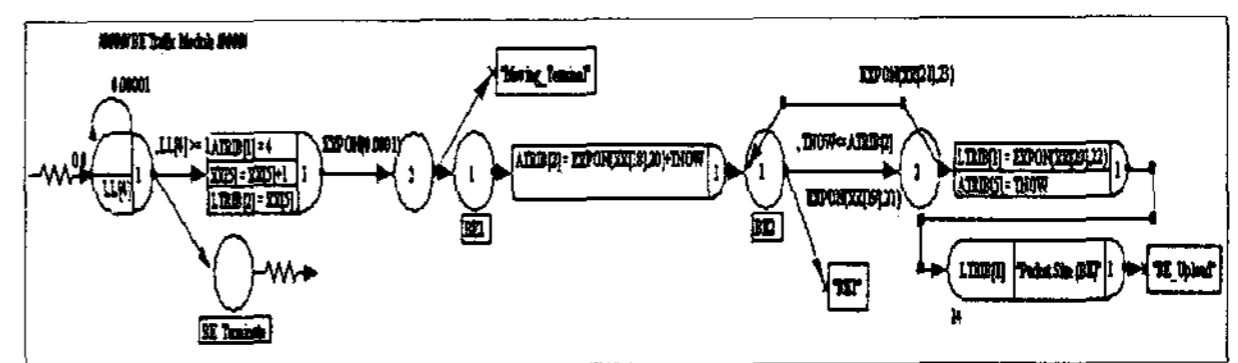


그림 3. BE 서비스 네트워크 다이어그램

3.2.5 트래픽 업로드 모듈

트래픽 업로드 모듈에서는 도착한 패킷들이 채널을 할당 받아 지나갈 수 있도록 대기할 수 있는 큐가 있으며 기지국 모듈에서 채널 할당 후 엄격한 우선순위에 의해 서비스 타입별로 ALTER 노드에서 시그널을 보내준다. 트래픽 업로드 모듈에서는 이 시그널을 받아 AWAIT 노드에서 대기하던 패킷을 최종적으로 업로드하게 된다. 남은 패킷이 있을 경우는 분할하여 다음 채널로 보내어 과정이 반복된다.

3.3 이동 단말기 모듈

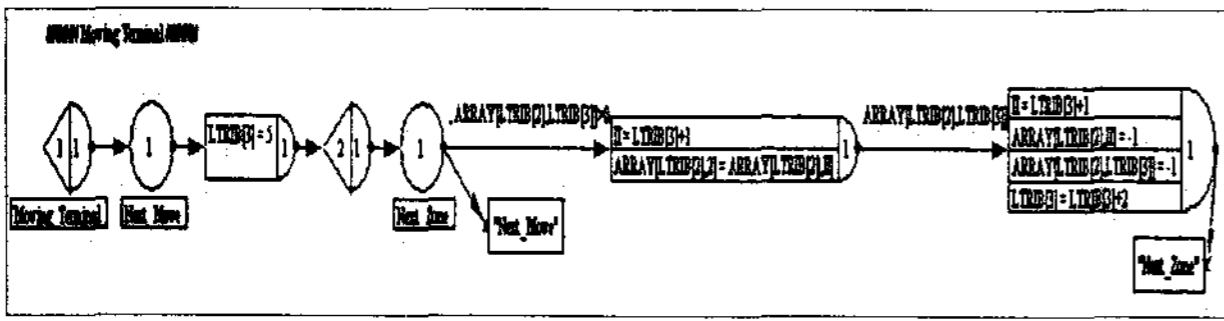


그림 4. 이동단말기 모듈 네트워크 다이어그램

이동단말기로 복제되어온 개체는 EVENT case 1로 들어가 셀의 범위 내에서 이동단말기의 초기 좌표를 발생시키게 된다. 발생된 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 변조방식을 체크하며 그 변조방식에 얼마만큼의 시간 동안 머물렀는지 체크한다.

이외에 패킷을 처리하는 기지국 모듈이 필요하다.

4. 환경 설정

4.1 Warm-up period 설정

Warm-up period의 설정에 있어서 2가지 측면 즉, 시스템 측면인 프레임당 이용 채널수와 고객의 측면인 지연시간(BE 서비스)을 고려하였다. [그림 5]와 [그림 6]에서 나타나 것처럼 실행 시작 후 1,300초 동안은 불안정한 모습을 보이지만 1,300초 이후부터는 안정된 모습을 보이기 시작한다. 따라서 본 연구에서는 보다 정확한 시뮬레이션 결과를 얻기 위해 그보다 조금 더 긴 시간인 1,500초를 Warm-up period로 결정하였다.

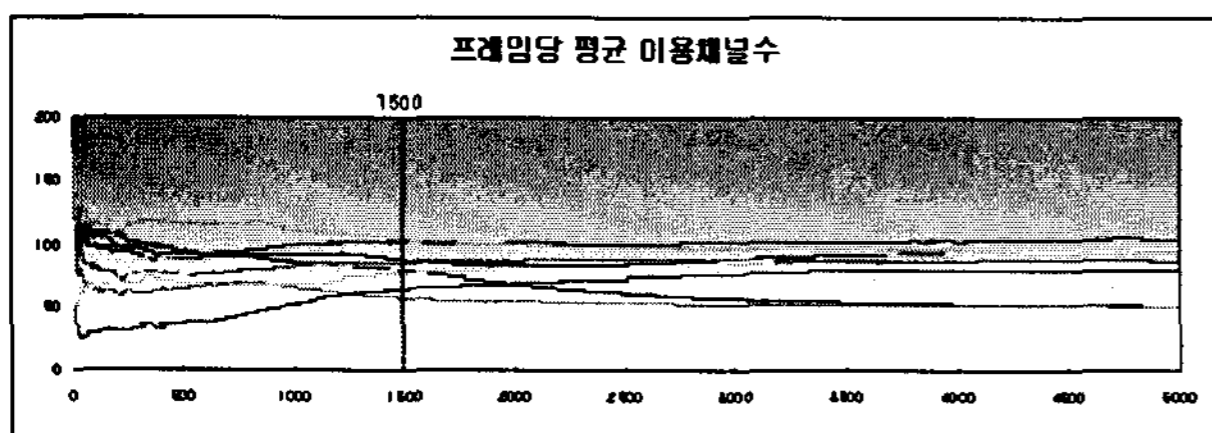


그림 5. 시스템 측면의 Warm Up Period

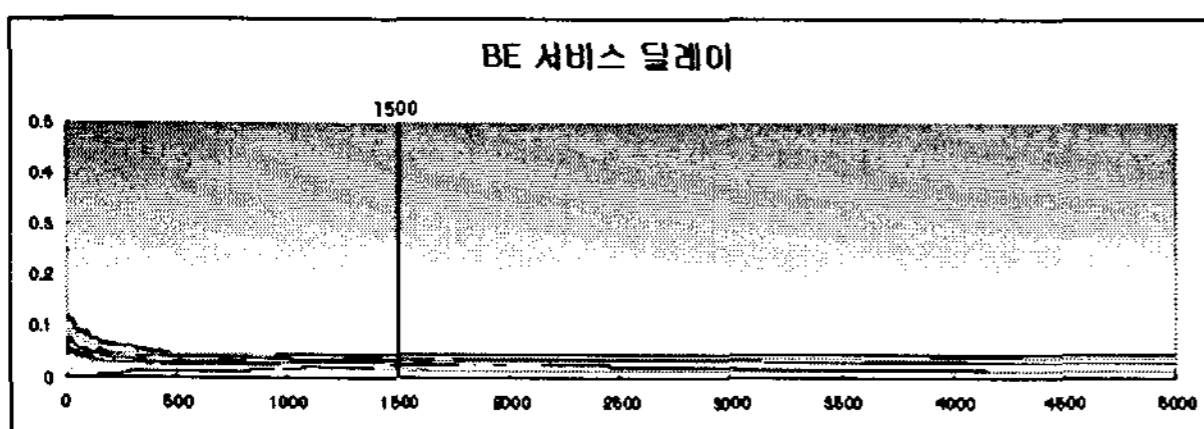


그림 6. 사용자 측면의 Warm Up Period

4.2 시뮬레이션 반복 실행 횟수 결정 및 기간설정

실행횟수를 늘려가며 시뮬레이션을 실시했을 때 10회 이상부터는 신뢰구간 (95%)을 만족하므로 실행횟수를 10회로 결정하였다.

시뮬레이션 실험 방법으로 배치 평균 방법을 사용하기로 하였다. 하나의 배치 길이는 3,000초로 하였다. Warm-up period를 1,500초로 설정하였기 때문에 총 시뮬레이션 기간은 Warm-up period를 더하여 16,500초 (3,000초 * 5회 + 1,500초)로 결정한다.

4.3 모델의 정확성 검토

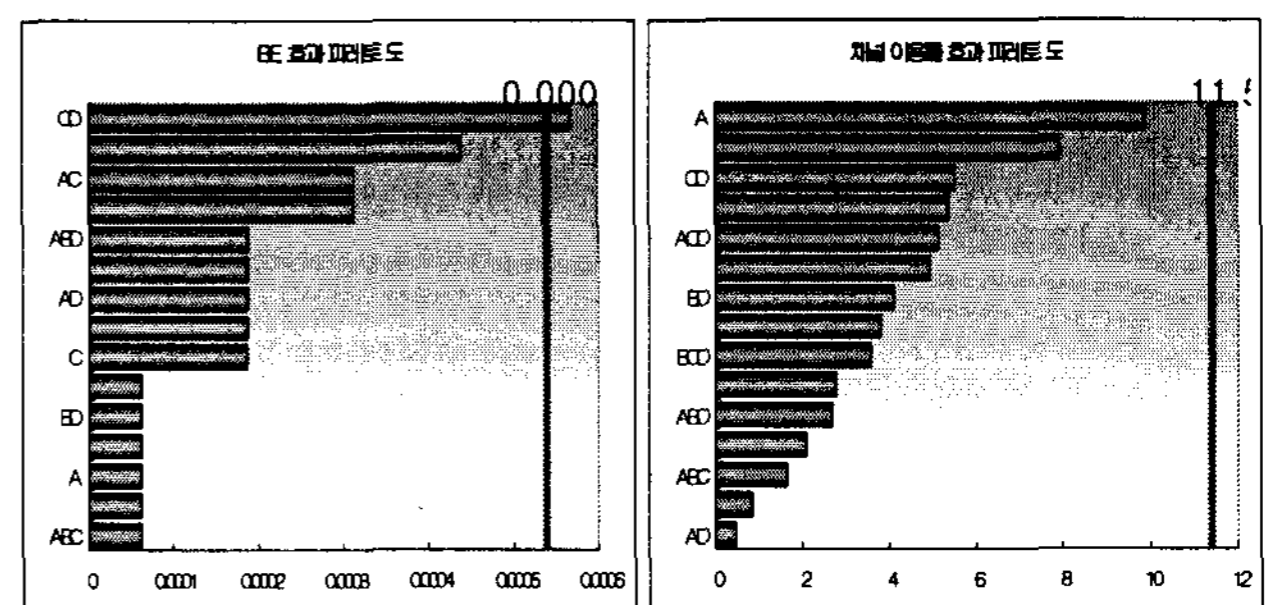
시뮬레이션 모델에 사용된 여러 가지 로직들이 정확히 작동하고 있는지 여부를 알기위해 실험을 실시한다. 실험의 내용은 유저 코드에 기존의 입력된 데이터들의 값과 특정 예러가 발생 시 출력할 수 있는 구문을 첨가하여 출력 파일을 토대로 모델의 정확성을 검증하였다.

5. 기초 분석 시뮬레이션 결과

방향전환 수, 한 번 이동 시 평균 이동거리, 평균 이동속도, 셀의 반경을 인자로 하고 수준 수를 2로 정한 요인분석법[6]을 사용하여 기초 분석을 하였다. 총 16가지의 조합에 따라 고객의 관점인 지연시간(BE 서비스)과 시스템 관점의 채널 이용률에 대해 인자들의 상호 작용을 알아보았다. 샘플수가 작으므로 유의 수준은 0.1로 정하였다.

[그림 7]에서와 같이 BE 서비스 지연시간의 경우 평균 이동속도와 셀의 반경이 유의 수준을 넘어 서로 교호작용이 있는 것으로 확인하였다. 채널 이용률의 경우는 어떠한 인자도 유의 수준을 넘지 못해 별다른 효과를 주지 못한다고 분석되었다.

실제 세계를 정확하게 반영하는 시뮬레이션 분석을 위해서 교호 작용의 효과가 높은 인자들의 실증적인 추가 연구가 필요할 것으로 사료된다.



A: 방향전환수 B: 평균이동거리 C: 평균이동속도 D: 셀의반경
그림 7. 지연시간 및 채널 이용률에 대한 인자 간의 작용

6. 결 론

본 연구는 휴대 인터넷 시스템에서 효율적인 패킷 스케줄링 방법을 평가하기 위해 시뮬레이터를 개발한 연구이며 상향링크 스케줄링 시 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 제시되었던 여러 특성치들이 변경되더라도 별다른 로직의 수정 없이 입력값만 변화시킴으로써 시뮬레이션 결과를 얻어낼 수 있다는 점이다. 시뮬레이터의 정확성 검증을 위하여 많은 실험을 통한 결과값을 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.

참고문헌

- [1] 김경희, 국광호, 임석구, 김경수, "휴대인터넷에서 Qos를 고려한 스케줄링 방식 연구", 한국콘텐츠학회논문지, 제5권 제1호, pp. 89-99, 2005. 2.
- [2] 백장현, 김동희, 차세대 이동통신시스템을 위한 패킷 스케줄링 알고리즘과 효율적인 프레임 구성 방법 및 성능 분석, 한국경영과학회지, 2005. 6.
- [3] 국광호, 백장현, 김경희, 휴대 인터넷 무선 자원 할당에 관한 연구
- [4] 차동완, 정보통신세계, 영지문화사.
- [5] A.Alan B. Pritsker and Jean J.O'Reilly, Simulation with Visual SLAM & AweSim!.
- [6] 박성현, 현대 실험계획법(개정판), 민영사. 2003. 8.