

Ad-hoc 망에서 채널의 부분정보를 이용한 스케줄링 기법

정희원 신수영*, 장영민**

A Scheduling Scheme using Partial Channel Information for Ad-hoc Networks

Soo-Young Shin*, Yeong Min Jang** *Regular Members*

요 약

본 논문에서는 Ad-hoc 망인 블루투스 시스템의 각 채널의 질 정보를 이용하여 대역폭을 효율적으로 사용하는 새로운 스케줄링 기법을 제시하였다. 특히 제시한 기법은 채널의 불균형한 환경과 여러가지 특성의 데이터가 혼합되어 전송되는 경우, 특정한 채널에 데이터가 집중되는 경우에 효과적인 것으로 나타났다. 각 채널의 부분 정보를 이용하여 가중치를 계산하고 그 값을 GPS 알고리즘을 수정한 새로운 스케줄링 기법에 적용하였으며 NS-2와 블루투스 시뮬레이션을 통해 제시한 기법의 효율성을 검증하였다.

Key Words: Scheduling; MAC; Polling; GPS algorithm; Fairness

ABSTRACT

A new scheduling scheme, which uses channel quality information of each flow in Bluetooth system of ad-hoc network for effective bandwidth assignment, has been proposed in this paper. By an effective bandwidth assignment, QoS (Quality of Service) could have been ensured in case of asymmetric data traffic, mixed data transmission, and congested data transmission in a specific channel. The scheduling algorithm determines channel weights using partial channel information of flows. Case studies conducted by NS-2 (Network Simulator 2) and Bluehoc simulator has been presented to show the effectiveness of the proposed scheduling scheme.

I. 서 론

최근 무선 랜과 블루투스 등으로 이룰 수 있는 무선 소규모 망인 Ad-hoc에 대한 관심이 증가하고 있다. 더욱이 향후 Ad-hoc 망에서는 AP와 라우터 모두가 무선으로 망을 이룰 수 있으므로 이동하는

AP와 라우터를 통해 구축되는 네트워크의 인터넷접속이 이루어지므로 고속의 데이터와 QoS(Quality of Service)를 만족시키는 성능의 향상을 위해 스케줄링 기법의 연구, 개선이 지속적으로 필요한 실정이다. 현재는 Ad-hoc 망이 가지고 있는 특성 때문에 네트워크의 QoS를 만족시키기 힘들다. 움직이는 노

* 덕성여자대학교 컴퓨터과학부 (sooyoungshin@korea.com), ** 국민대학교 전기정보통신공학부 (yjjang@kookmin.ac.kr)

논문번호 : 030177-0428, 접수일자 : 2003년 4월 28일

*본 연구는 한국과학재단 여자대학교기반 확충 과제 (R06-2002-003-01004-0(2003)) 및 목적기초연구 (R08-2003-000-10922-0) 지원으로 수행되었습니다.

드를 고려한 양질의 QoS 보장에 대한 연구가 필요한 상황이다. 시스템 용량과 성능에 큰 영향을 미치게 되는 스케줄링 기법은 무선 환경이 가지고 있는 단점인 시시각각 변동하는 채널상태와 예측할 수 없는 무선자원을 효율적이며 신뢰성 있는 QoS 기반의 방법론 연구가 필수적이다.

본 논문에서는 Ad-hoc 망 시스템에서 각 플로우의 채널 정보를 1비트로 패킷에 실어 전송하기 위한 프레임의 구조의 변경 또는 추가비트의 사용을 고려하고, 이러한 패킷의 일부로부터 전송 받은 부분 정보를 이용, 채널의 질을 측정하여 에러요인에 의한 어려움이 일정한 기준보다 높은 채널은 낮게, 적은 채널은 높게 우선순위를 두어 서비스 하여 스케줄러가 각각의 슬레이브에게 적절한 우선순위에 근거한 폴링을 행하게 된다. 스케줄러는 폴링 리스트를 지속적으로 수정하여 서비스하므로 시간 간격마다 MAC스케줄링의 성능을 높은 상태로 유지할 수 있다. 이 기법은 대역폭의 효율적인 분배를 통해, 다양하고 특성 있는 데이터 전송과 불균등한 데이터 트래픽의 발생시와 채널의 품질이 유동적인 무선 네트워크 환경에, 또는 특정한 채널에 집중되는 연속적 데이터 전송시 요구되는 QoS를 지원할 수 있도록 하며 주로 데이터의 전송율이 높아 질수록 채널의 상태에 적응하여 서비스할 수 있는 새로운 스케줄링을 제안하고자 한다.

본 논문에서는 2장에서 기본 스케줄링 방식인 RR(Round Robin) 스케줄링에 대해서 검토해 보고, 3장에서 DRR(Deficit Round Robin) 스케줄링에 대해 설명하였으며 4장에서는 채널 부분정보의 참조를 위해 전송 패킷의 형태와 채널정보, 또 그것을 이용한 스케줄링 기법을 설명하였고, 5장에서는 이 기법의 성능을 시뮬레이션을 통해 증명하였다. 끝으로 6장에서 결론을 맺는다.

II. RR 스케줄링 기법

RR 기법은 그룹 내에 있는 모든 요소들을 합리적인 순서에 입각하여 뽑는 방법으로서, 대개 리스트의 맨 위에서 아래로 하나씩 뽑고, 끝나면 다시 맨 위로 돌아가는 식으로 진행된다. RR 기법은 구현이 간단하고 높은 형평성을 보장하기 때문에 일반적으로 많이 사용된다. 하지만 같은 크기의 패킷을 전송하기 때문에, 패킷의 낭비를 초래할 수 있다는 단점을 가진다. 이 기법은 마스터가 주어진 슬레이브들의 동작 리스트(Active List)를 순서대로 한번

씩 폴링 하여, 현재 서비스 받을 순서인 슬레이브가 보낼 데이터가 있으면 데이터를 전송하고, 그렇지 않으면 NULL 패킷을 보내므로 슬랏의 낭비가 발생하게 된다. 이 때, 고정된 패킷 크기로 인해 크기가 작은 패킷인 경우는 낭비를, 그리고 크기가 큰 패킷인 경우는 그 기회를 포기하고 다음 슬레이브로 서비스 기회를 넘기게 되어 낭비를 가져오게 되는 것이다.

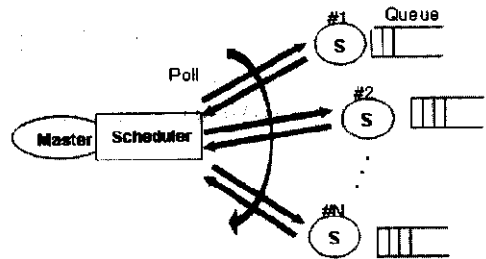


그림 1. RR 스케줄링 기법.

III. DRR 스케줄링 기법

이 기법은 다양한 크기의 패킷을 전송함으로써 낭비를 줄이고, 보다 많은 서비스를 할 수 있도록 한다. 서비스는 마스터가 슬레이브에 폴링함으로써 이루어 진다. DC(Deficit Counter)는 0으로 초기화되며, 이전 라운드에서 쓰고 남은 DC에 퀀텀(Quantum)을 합한 값이 된다. 각 연결은 적재된 (Backlogged) 데이터가 있고, 그 크기가 DC보다 작거나 같은 경우에 전송을 시작한다. 이 때 서비스를 하고 남은 퀀텀은 다음 라운드에 올 크고 작은 패킷 크기에 대비해 DC에 저장하고, 다음 슬레이브로 서비스 순서를 넘긴다. 또한 적재된 데이터가 DC값보다 큰 경우는 퀀텀을 DC에 더하고, 다음 라운드에서 사용할 수 있도록 한다. 더 이상 큐에 적재된 데이터가 없으면, DC는 0으로 초기화 된다.

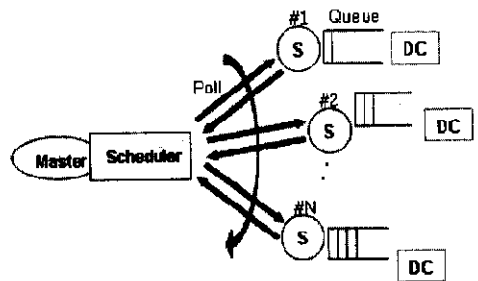


그림 2. DRR 스케줄링 기법.

IV. 제안된 스케줄링 기법

데이터를 전송할 때, 처리율은 채널상태에 많은 영향을 받는다. 채널 환경은 잡음(Noise), 거리(Distance), 구조물이나 기상의 변화등에 따라 BER 등이 따라 결정된다. 따라서 본 논문은 거리에 따른 BER의 변화를 변수로 마스터의 스케줄러가 좋은 채널 환경을 가진 슬레이브에게 우선순위를 주어 폴링하는 방식을 제시한다. 처음 연결 설정이 완료 되면 MAC 스케줄러에 의해 각 채널의 BER이 높으면 0, 낮으면 1로 셋팅된 전송 패킷의 정보가 수정되고 이 수치를 이용해서 폴링 리스트를 지속적으로 바꾸어 주게 된다. 각 채널에는 최소한 서비스되어야 할 부분을 RR방식과 같이 서비스하고 그 중 채널의 정보가 높은 경우에 전송기회를 한번 더 부과하는 형식이 되는 것이다.

채널의 부분적인 정보 1비트를 패킷에 실어 보내기 위해 전송 패킷의 여분의 사용 가능한 비트를 찾을 수 있다. 본 연구의 시뮬레이션 대상으로 설정한 블루투스 규격에는 정해진 패킷의 프레임에는 슬롯을 예약하지 않고 정보를 실어 보내는 ACL 링크의 DM1, DH1, AUX1, DM3, DH3, DM5, DH5 패킷들에 공히 존재하는 여분의 비트가 존재하지 않는다. 프레임의 구조상 페이로드 헤더(Payload Header)의 16비트 중 정의되지 않은 비트가 4비트 있지만 이는 다중 슬롯(Multi slot)을 사용하는 경우에만 존재하고 단일 슬롯(Single slot)인 경우에는 여유분이 존재하지 않는다. 그래서 시뮬레이션 과정에서 프레임의 접속 코드(Access Code) 부분의 고정 시퀀스(Sequence)인 프리앰블(Preamble) 부분의 1비트를 이용하여 정보를 전달하는 방법을 선택하게 되었다. 그러나 실제로 표준규격을 수정하지 않는 한 이것은 현 시스템에는 실현하기가 쉽지 않다. 일반적인 방법은 추가 1비트를 패킷에 붙여 보내는 방법인데 이럴 경우 패킷 당 1비트의 오버헤드(Overhead)가 발생하게 되어 시스템의 성능에 다소간의 영향을 주게 된다.

에러의 정도가 높아질 수 있는 요인은 여러 가지가 있지만 본 논문에서는 에러의 변화의 주된 요인을 거리(Distance)로 정하고 거리를 변수로 기준이 초과일 때는 에러율의 높여 채널의 상태 0을, 그 이하일 때는 채널 상태 1을 1비트 프레임 접속 코드 부분에 포함된 채널 정보 비트에 담아 채널 상태에 대한 상태(State) 값을 셋팅 하였다. 서비스 가능 영

역은 10m로 설정하고 마스터와 슬레이브 간의 거리가 서비스 가능한 적정거리 이상이 되었을 때는 에러율이 현저히 증가하게 하였는데 실제계에서는 여러 가지 무선 상태의 또 다른 요인에 따라 이 값은 유동적일 수 있다. 시뮬레이션 시 임의로 부여한 6.5m의 에러율은 30%이다.

다음 그림 3은 채널의 상태정보를 참조하여 마스터의 스케줄러에 의해 수행되는 절차를 도식화 한 것이다.

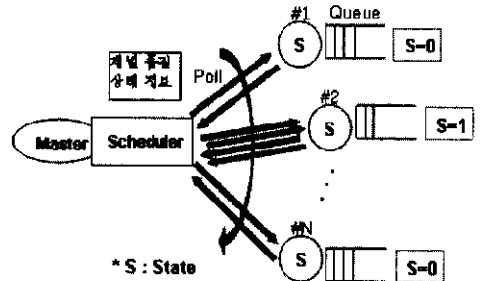


그림 3. 채널 부분정보를 이용한 스케줄링 기법.

각 채널에 전송된 1비트 채널의 품질 정보를 참조한 스케줄러는 상태가 좋은 채널에 더 많은 서비스의 기회를 부여함으로써 에러율이 적은 양질의 채널에 트래픽을 증가시키기 위한 폴링 리스트를 매 폴링리스트 수정 시간 간격(Polling List Update Time Interval)마다 수정하게 된다. 이때 각 정보를 통합하여 각 채널에 적절한 가중치를 부여하는 페어 스케줄링(Fair Scheduling)이 요구되는데 본 논문에서는 이미 제시된 바 있는 GPS 알고리즘을 기반으로 시스템에 맞는 모델을 제안하였다. 기존의 일반적인 GPS 알고리즘의 개념에 폴링리스트를 구성하기 위한 약간의 수정절차가 요구되는데 이는 각 채널이 타임 인터벌 동안 최소한 한번 이상의 폴링 기회를 부여 받고 나머지 대역폭에 해당하는 횟수만큼 참조된 정보를 이용하여 균등하게 가중치에 따라 GPS 알고리즘에 의해 우선 순위를 부여 받게 되기 때문이다. N개의 패킷 플로우가 전체 대역폭이 C인 네트워크를 공유할 때에 어떤 경우라도 예외 없이 데이터는 계속적으로 큐에 적재되고 전송도 계속된다. 지속적으로 변화하는 채널의 상태에 따라 현재의 큐의 정보를 측정하기 위해 플로우 i의 k 타임 슬롯 동안의 함께 전송되어질 채널의 상태를 판단하게 되는 BER 값(거리요인)을 $e_i(t_k)$ 라고 하고 부분적인 값으로 전송된 정보를 $I_i(t_k)$ 할 때 기본

가정을 식으로 표현한 것이다.

- τ_k : t_k 에서 t_{k-1} 를 뺀 k 번째 시간간격
- $e_i(\tau_k)$: 최근에 측정된 해당 채널의 BER (거리요인 등)
- j : 채널의 상태를 규정짓는 임의의 기준치 (본 논문에서는 0.3)
- $I_i(\tau_k)$: $e_i(\tau_k)$ 로부터 산출한 1비트 상태정보

상태 정보를 이용한 1비트 값의 설정기준은 그림 3의 나)와 같고 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$P(e_i(\tau_k) = j \mid I_i(\tau_k)=0) = 0 \quad (1)$$

$$P(e_i(\tau_k) > j \mid I_i(\tau_k)=0) = 1$$

$$P(e_i(\tau_k) = < j \mid I_i(\tau_k)=1) = 1$$

$$P(e_i(\tau_k) > j \mid I_i(\tau_k)=1) = 0$$

$$P(e(\tau_k) = < j \mid I(\tau_k)) + P(e(\tau_k) > j \mid I(\tau_k)) = 1$$

$$e_i(\tau_k) = < j \quad \text{이면} \quad I_i(\tau_k)=1 \quad (2)$$

$$e_i(\tau_k) > j \quad \text{이면} \quad I_i(\tau_k)=0$$

$I_i(\tau_k)$ 값이 존재 할 경우 플로우 i 를 사용하는 사용자로부터 서비스 횟수의 가중치 ϕ_i 를 산출할 수 있다. 여기서 더해준 값 1은 서비스 보장을 위한 최소 값으로 모든 채널이 최소한의 서비스를 받을 수 있도록 더해준 것이다. $I_i(\tau_k)=0$ 인 채널의 경우 전송된 정보에 의거하여 폴링 리스트를 수정할 때 타임 인터벌 동안에 기본적인 서비스의 기회를 한번도 부여 받지 못할 수 있기 때문에 채널의 상태가 안 좋은 경우라도 적어도 한번씩은 참여할 수 있는 기회가 주어지게 하려는 것이다.

$$\phi_i(k) = I_i(\tau_k) + 1 \quad (3)$$

타임 인터벌 동안에 플로우 i 에서 전송된 값에 따라 정해진 가중치를 근거로 서비스율을 정할 수 있는데 모든 채널의 정보가 전혀 없는 경우 RR과 같이 서비스되게 된다. 정보가 있다면 아래 식에서와 같이 전체 가중치를 더한 값을 현재 해당 플로우 i 의 가중치로 나누어 총 채널 용량인 C 를 곱해서 값을 산출하게 된다.

$$g_i = \frac{\phi_i C}{\sum_{j=1}^N \phi_j} \quad (4)$$

이를 통해 각 플로우는 최소한의 서비스를 보장받게 되며 큐의 정보에 의해 현재 플로우의 큐 상태 정보에 따라 차등한 서비스 보장을 받게 되는 것이다.

본 논문에서는 성능의 측정을 위하여 균형한 채널환경과 불균형한 채널환경을 설정하여 각각의 처리율과 지연시간을 측정하였다. 균형한 또는 불균형한 채널환경에 관한 정의는 다음과 같다.

- 1) 균형한 채널 환경을 고려하는 경우로 모든 채널, 즉 동작 상태인 모든 슬레이브에게 일반적인 무선 채널의 환경을 랜덤하게(NS 2에 규정된 무선 채널의 일반적인 에러 모델) 적용시켜 스케줄링한 경우
- 2) 불균형한 채널 환경을 고려하는 경우로 균형한 채널 환경의 경우와 동일하나 동작상태인 채널 중 하나에 거리를 변수로 2배 가량의 BER을 지속적으로 발생시켜서(해당 채널은 마스터의 폴링에서 상대적인 제의를 받게 됨.) 스케줄링한 경우

V. 시뮬레이션 결과

제안된 스케줄링 방식과 RR, DRR 스케줄링 방식과의 처리율 비교를 위한 시뮬레이션을 위해 NS-2와 블루하(Bluehoc)을 도구로 하여 하나의 마스터와 4개의 슬레이브로 피코넷을 구성하였다. 시뮬레이션 시간은 30초이고 트래픽은 음성과 FTP를 혼재하게 하였다.

다음 표 1은 시뮬레이션 시 적용된 파라미터 값이다.

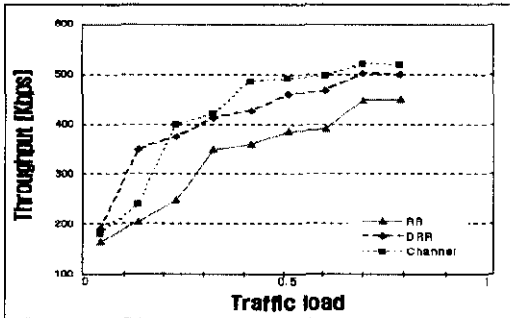
표 1. 시뮬레이션 파라미터

파라미터	값	파라미터	값
Slot Time	625 μ s	Max. Queue Length	1000
Max. Rate	0.7 Mbps	Propagation Delay	5 μ s
Size _{pkt} (DH3)	200 bytes	Time interval	37.5 ms
Size _{pkt} (DM1)	30 bytes	Clock Tick	312.5 μ s
Max. Queues	7	Max. Backoff	1023 slots

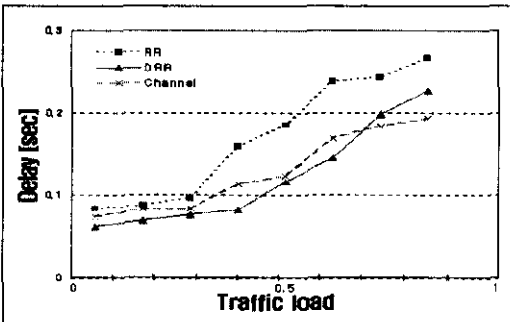
채널의 정보를 이용한 스케줄링의 경우 RR이나

DRR보다 5~10% 정도 상승된 처리율과 낮은 지연 시간을 초래하는 결과를 보였다. 채널의 사용빈도가 낮은 경우에는 DRR의 처리율이 높게 측정되었으나 트래픽이 많아 채널의 사용빈도가 높아질수록 효과적인 것으로 나타났다.

다음 그림 4는 균형한 채널 환경에 대한 시뮬레이션 결과이다.



a) 처리율

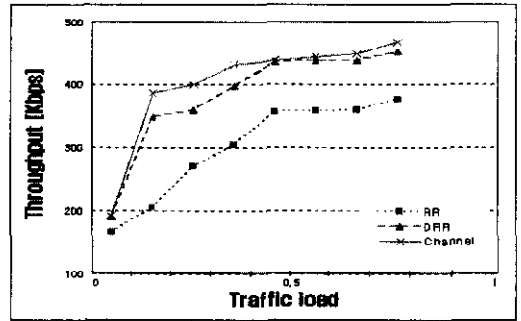


b) 지연시간

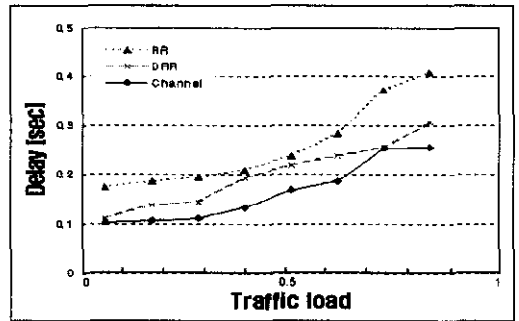
그림 4. 균형한 채널 경우.

불균형한 채널의 경우는 이미 균형한 트래픽을 시뮬레이션한 동일한 환경에서 한 개의 채널에 2배의 거리요인을 가하여 BER을 계속적으로 상승시킨 경우이다. 그림 5를 보면 채널의 상태가 불균등 하게 나빠졌을 때 RR, DRR, 채널 환경을 고려한 경우 모두 처리율의 감소를 가져왔다. 그러나 감소율에 있어서 채널 환경을 고려한 경우가 가장 적은 비율로 감소한 것을 발견할 수 있었다. 지연시간의 경우는 전체적인 지연시간이 증가하였으며 특히 채널 환경을 고려한 경우 전체적인 지연시간은 증가하였는데 상태가 좋은 채널은 지연시간이 감소하고 나쁜 경우는 지연시간이 증가하는 현상을 보였다.

표 2는 처리율과 지연시간을 비교한 표이다. 최대 처리율과 전체 지연시간을 채널로 환산한 평균지연



시간을 표시한 것이다.



a) 처리율

b) 지연시간

그림 5. 불균형한 채널의 경우.

표 2. 처리율과 지연시간 비교

a) 트래픽이 균형한 경우

스케줄링 기법	RR	DRR	Channel
처리율 (%)	55.98	57.37	65.90
평균 지연시간	1.31ms	0.85ms	0.72ms

b) 트래픽이 불균형한 경우

스케줄링 기법	RR	DRR	Channel
처리율 (%)	57.29	59.29	66.71
평균 지연시간	0.75ms	0.55ms	0.52ms

각각의 스케줄링 기법을 처리율, 지연시간, 처리율 감소율로 비교해 보면 채널의 BER을 랜덤(Random)하게 발생시켜 측정한 균형한 경우와 같은 환경에서 그 중 한 채널에 거리요인을 증가시켜 BER을 높여서 불균형한 환경을 만든 경우 모두에

서 채널의 부분정보를 이용하는 스케줄링 기법이 처리율과 처리율 감소율에서 전반적으로 우위를 점하였다. 균정한 채널환경에서는 약 5~10%가 높았고, 불균정한 채널환경에서는 5.5~11%의 차이를 보여 채널의 환경이 좋지 않은 상태에서 더욱 효과적인 스케줄링 기법인 것이 증명되었다. 또한 불균정한 일 경우 하나의 채널의 질이 현저히 떨어지면서 RR 기법은 1.4%의 처리율이 감소되었고 DRR 기법의 경우는 1.9%의 처리율이 감소되었지만 채널의 부분정보를 사용한 경우에는 0.8%의 처리율 감소를 보였다. 단, 균정한 한 경우에 단순한 RR이나 DRR에 비교해서 에러 발생율이 높은 채널들의 지연시간이 일반적으로 증가함에 따라 해당 채널의 지연시간이 RR과 비슷한 수준으로 높아져 있고 BER이 극대화 된 채널이 상대적으로 풀링 우선순위에서 밀려나 처리율이 약간 감소하여 해당 채널에 대한 QoS 보장 문제가 제기될 수 있다.

본 논문에서는 형평성 보장을 위해 GPS 알고리즘을 이용하였다. 그러나 풀링의 대상에서 상대적인 제약을 겪게 되는 채널의 경우 형평성의 보장 때문에 위와 같은 문제를 제기할 수 있을 것이다. 그래서 다음 해당 채널의 형평성을 비교한 표를 삽입했다. 첫 번째 채널은 음성용을 위한 실시간 트래픽이기 때문에 본 연구와는 관계없으며 나머지 세개의 채널이 풀링 리스트에 포함되는 채널이다. 불균정한 경우 두번째 채널은 에러율 변화의 대상이 되었다.

표 3. 각 채널의 처리율(4개의 채널)
a) 트래픽이 균정한 경우

스케줄링 기법	처리율 (Kbps)			
RR	70	112	111	108
DRR	70	114	116	115
Channel	70	130	134	133

b) 트래픽이 불균정한 경우

스케줄링 기법	처리율 (Kbps)			
RR	70	97	114	110.3
DRR	70	99	110.3	111
Channel	70	96	146	148.4

채널의 정보를 이용한 경우 채널의 환경이 불균형할 때에 RR기법과 비슷한 처리율을 나타내었고 DRR에 비해서는 낮은 처리율을 보였으며 그 경우 나머지 채널의 용량이 충분히 증대된 것을 볼 수

있다. 결국 제안한 기법의 경우 에러율이 높아진 해당 채널이 상대적인 처리율 감소를 가져오는 것을 볼 수 있다.

그러나 제안된 채널의 부분정보를 이용한 스케줄링 기법이 갖고 있는 이러한 단점에도 불구하고 네트워크 흐름을 원활히 하고 처리율을 높이고, 지연 시간을 줄여서 시스템의 전체적인 성능이 상당히 향상시켜 결국 채널의 상태를 고려한 방법이 균정한 채널과 불균정한 채널, 두 가지 환경 모두에서 RR, DRR 기법 보다 효율적인 것으로 나타났다.

VI. 결론

본 논문에서는 Ad-hoc 망의 기존 MAC 스케줄링 기법인 RR 방식과 DRR 방식이 채널의 상태를 고려하지 않고 대역폭(Bandwidth)을 낭비하는 전송률 측면에서의 비효율성을 개선하기 위해 채널의 상태를 1비트 부분정보로 참조하고 지속적으로 수정하여 채널의 상태를 고려한 풀링 리스트를 구성하는 새로운 스케줄링 기법을 제안 하였고 기존의 RR, DRR 방식과 동일한 조건에서 균정한 경우와 불균정한 경우를 선정하여 시뮬레이션을 통해 성능을 비교, 분석하였다. 변화가 많은 무선의 채널 상태와 제한된 대역폭에서 QoS를 보장하기 위한 여러 연구들이 이루어지고 있다. 새롭게 제안된 스케줄링 기법은 기존 방식의 문제점을 보완하여 전반적인 성능이 향상된 것으로 측정되었으며 채널의 환경의 변화가 심한 경우, 무선 상태가 고르지 못한 상황일 때 사용한다면 보다 효율적인 스케줄링이 가능한 것으로 밝혀졌다. 그러나 부분정보를 전송하기 위한 패킷에 남아있는 여분의 비트를 찾아 적용시키는데 표준 규격화의 문제를 고려해야 하고 그렇지 않은 경우에는 매 패킷마다 추가 비트를 붙여야 되므로 다소간의 대역폭의 낭비를 초래 할 수 있다. 그리고 불균정한 채널의 상태가 오래 지속될 경우 상태가 좋지 못한 채널에 상대적인 풀링 횟수가 줄어들면서 QoS의 문제가 제기될 수 있다. 그럼에도 불구하고 일반적인 경우에 대부분 향상된 결과를 얻게 되어 제안된 기법이 효과적이라는 것을 증명했다. 이와 같은 결과를 통해 시뮬레이션으로 성능을 검증한 블루투스 시스템뿐만 아니라 무선랜, HomeRF 등 Ad-hoc 망의 스케줄링 기법 연구와 전반적인 무선 시스템의 성능향상을 도모할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

[1] L. Xu, X. Shen, and W. Jon, "Dynamic Bandwidth Allocation with Fair Scheduling for CDMA Systems," *IEEE Wireless Communications*, vol. 9, pp. 26-32, Apr. 2002

[2] L. Wischhof, and J. W. Lockwood, "Packet Scheduling for Link Sharing and Quality of Service Support in Wireless Local Area Networks," *Technical Report WUGS 01-35*, Washington University, Nov. 2001

[3] A. Das, A. Ghose, A. Razdan, H. Saran, and R. Shorey, "Enhancing Performance of Asynchronous Data Traffic over the Bluetooth Wireless Ad hoc Network," *Proc. IEEE INFOCOM*, pp. 591-600, Apr. 2001

[4] Bluetooth (TM), *Specification of Bluetooth System*, Ver. 1.1, Feb. 2001

[5] M. Kalia, D. Bansal, and R. Shorey, "Data scheduling and SAR for Bluetooth MAC," *IEEE VTC*, Vol. 2, pp. 716-720, May 2000

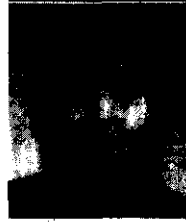
[6] S. Lu and V. Bharghavan, "Fair scheduling in wireless packet networks," *IEEE/ACM Trans. Networking*, Vol. 7, pp.473-489, 1999

[7] M.Kalia, D.Bansal and R.Shorey, "MAC Scheduling and SAR Policies for Bluetooth: A Master Driven TDD Pico Cellular Wireless System," in *Proc. of MuMuC*, pp.384-388, 1999

[8] A. K. Parekh, and R. G. Gallager, "A Generalized Processor Sharing Approach to Flow Control in Integrated Services Networks: The Single Node Case," *IEEE/ACM Transactions on Networking*, Vol. 1, pp. 344-357, Jun. 1993

신 수 영 (Soo-Young Shin)

정회원



2003년 : 덕성여자대학교
정보통신대학원 정보통신공학
석사

2001년 8월 ~ 현재 :
신홍대학교 강사

2003년 3월 ~ 현재 :
한세대학교 강사

2003년 3월 ~ 현재: 덕성여자대학교 강사

<주관심분야> MAC, WLAN, Bluetooth Scheduling

장 영 민 (Yeong Min Jang)

정회원



1985년: 경북대학교
전자공학과 학사

1987년: 경북대학교
전자공학과 석사

1999년: University of
Massachusetts
컴퓨터과학과
박사

1987년~2000년: 한국전자통신연구원(ETRI)
무선방송기술연구소 선임연구원

2000년 9월~2002. 8월: 덕성여자대학교
컴퓨터과학부 교수

2002년 9월~현재: 국민대학교
전자정보통신공학부 교수

2001년~현재: 정보통신부 IT 표준 전문가
(4세대 이동통신 분야)

<주관심분야> PHY, MAC, RRM, MIP,
WLAN, UWB, 휴대인터넷, Satellite
Networks, 유/무선 연동