

다중 전송률 지원 무선랜에서 효율적인 패킷 전송 기법

정회원 김 남 기*

Effective Packet Transmission Scheme in Multirate WLAN

Namgi Kim* *Regular Member*

요 약

동적으로 변화하는 채널 상태에 대응하고자 IEEE 802.11 기반 무선랜은 서로 다른 변조 방식 및 부호화 기법을 도입해 복수 개의 전송률을 지원한다. 그러나 한 네트워크 안에서 높은 전송률과 낮은 전송률의 공존은 전체 시스템의 성능을 저하시키는 결과를 초래한다. 이러한 성능 이상(performance abnormality)를 제거하고 시스템 성능을 향상시키기 위해 본 논문에서는 RAT(Rate-Adapted Transmission) 기법을 제안한다. RAT 기법은 무선 채널을 단말의 채널 점유 시간에 기반하여 분배한다. 그리고 한 단말 안에서도 전송률 기반 큐 관리를 통해 패킷을 효율적으로 전송한다. 따라서 RAT 기법은 단말 간 전송률 경쟁 이득(inter-rate contention gain)뿐만 아니라 단말 내 전송률 경쟁 이득(intra-rate contention gain)까지 얻을 수 있다.

Key Words : WLAN, Ad Hoc networks, IEEE 802.11, Multirate transmission, Rate control, wireless packet scheduling

ABSTRACT

To cope with channel variation, wireless networks such as IEEE 802.11 WLAN provide multiple transmission rates by employing different channel modulation and coding schemes. However, the coexistence of different transmission rates degrades the total system performance of the network. In order to eliminate this performance abnormality and improve protocol capacity, we propose a new packet transmission algorithm, the RAT (Rate-Adapted Transmission) scheme. The RAT scheme distributes the wireless channel fairly based on the channel occupancy time. Moreover, it efficiently transmits packets even in a single station using rate-based queue management. Therefore, the RAT scheme obtains not only the inter-rate contention gain among stations but also the intra-rate contention gain among connections in a single station.

I. 서론

다중 전송률을 지원하는 무선랜 시스템에서 현재 채널 상태에 가장 적합한 전송률을 선택하는 것은 전체 시스템 성능에서 매우 중요한 요소이다. 주어진 시간 안에 가장 적합한 전송률을 선택하기 위해 지금까지 많은 알고리즘들이 제안 되어 왔다¹⁻⁸⁾. 이러한 전송률 선택 알고리즘은 가변적인 무선 채널 상황에 따라 동적으로 전송률을 변화시켜서 무선랜

성능을 최적화 한다. 그러나 전송률 선택 알고리즘을 사용하더라도 다중 전송률을 지원하는 무선 네트워크에서 전송률 차이로 인한 성능 저하 현상은 여전히 존재한다. IEEE 802.11의 MAC DCF(Distributed Coordination Function)⁹⁾을 기반으로 하는 무선랜에서 다중 전송률이 혼합되어 사용될 경우, 저속의 전송률을 사용하는 세션은 고속 전송률을 사용하는 세션보다 무선 채널을 오래 동안 점유하기 때문에 전체적인 시스템 성능이 저하되는 현상

* 삼성전자 정보통신총괄 통신연구소 (ngkim@camars.kaist.ac.kr)
논문번호 : KICS2005-12-519, 접수일자 : 2005년 12월 31일

이 발생하게 된다.

따라서 본 논문에서는 이러한 성능 이상 (Performance Abnormality) 현상에 대해 실제 무선랜 네트워크 시스템을 이용해 자세히 살펴보고, 성능 저하를 막고 네트워크 프로토콜 용량을 향상시킬 수 있는 새로운 패킷 전송 기법을 제안한다.

II. 연구 배경 및 동기

2.1 다중 전송률에 의한 성능 저하 현상

시스템의 성능 저하 현상을 보다 정확히 분석하기 위해 본 논문에서는 실험을 통하여 무선랜의 성능을 측정하고 그 결과를 분석해 보았다. 실험에서는 12대의 무선 단말이 AP로 동시에 데이터를 전송한다. 이 때 단말은 처음엔 모두 가장 높은 11Mbps를 사용하다가 한대씩 낮은 전송률로 변화시키며 전체 시스템 성능을 측정하였다. 그림 1은 다중 전송률이 사용될 때 전체 시스템 성능을 나타낸 실험 결과이다. 실험에서 모두 11Mbps를 사용할 때는 5.253Mbps/s의 성능을 보였다. 하지만 저속의 전송률 사용하는 단말이 늘어 날수록 전체 시스템 성능은 급격히 낮아졌다. 특히 11 대 모두 11Mbps를 사용하고 1 대만 1Mbps의 전송률을 사용할 경우에도 전체 시스템 성능은 3.032Mbps/s로 거의 절반으로 급속히 떨어짐을 알 수 있다.

그림 2는 높은 전송률이 11Mbps이고 낮은 전송률이 1Mbps일 때 100초 동안 시스템에서 12개의 단말에 의해 무선 채널이 점유되는 시간을 나타낸 그림이다. 그림에서 알 수 있듯이 평균적으로 총 시간 중에 77% 정도의 시간이 실제 데이터 전송에 사용되었다. 결과를 분석해 보면 1Mbps 전송률을 사용하는 단말이 늘어 날수록 1Mbps를 사용하는

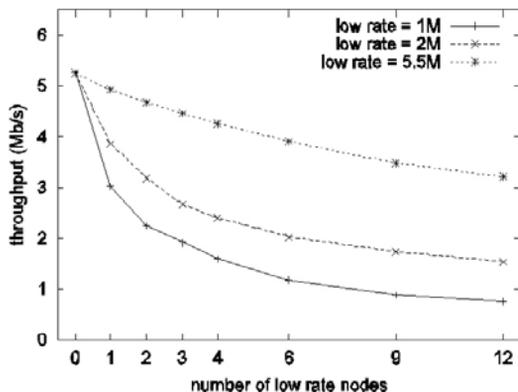


그림 1. 저속 전송률 단말 증가에 따른 시스템 성능

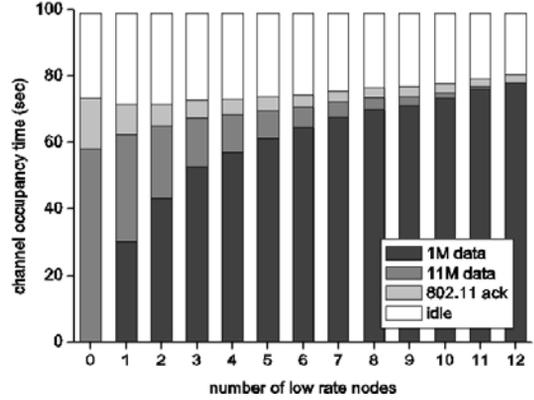


그림 2. 저속 전송률 단말 증가에 따른 채널 점유도 변화

데이터 프레임이 증가함을 알 수 있다. 하지만 1Mbps 데이터 프레임에 의해 점유되는 시간 량이 1Mbps 단말 수의 증가에 대해 순차적으로 증가하지 않고 기하급수적으로 증가함을 알 수 있다. 이러한 급작스런 증가는 IEEE 802.11 MAC DCF 채널 접근 방식이 채널을 분배할 때 모든 단말에 대해 채널을 점유할 수 있는 접근 기회만을 공평하게 분배하는 방식을 기본으로 하기 때문에 발생하는 문제이다. 채널 접근 기회를 기준으로 한 공평 분배는 모든 세션들이 같은 전송률을 사용할 때 긴 시간 공평성(long term fairness)를 보장해 줄 수 있다. 하지만 하나의 세션이라도 다른 전송률을 사용하게 되면, 낮은 전송률을 사용하는 세션이 높은 전송률을 사용하는 세션에 비해 같은 길이의 데이터 프레임을 보내기 위해 더 긴 시간 동안 채널을 점유하게 된다. 따라서 채널 접근 기회를 공평하게 나누어 주는 방식에서 복 수개의 다중 전송률이 사용될 경우, 낮은 전송률을 사용하는 세션이 높은 전송률을 사용하는 세션에 비해 채널을 더 많이 점유하게 되고 세션 간 공평성은 무너지게 된다. 게다가 낮은 전송률을 사용하는 세션은 채널을 지나치게 오래 점유하기 때문에 낮은 전송률을 사용하는 단말의 수가 전체 시스템에서 차지하는 비중이 적더라도 전체 시스템 성능은 크게 저하된다.

2.2 관련 연구

지금까지 IEEE 802.11 무선랜 분야에서 시스템 성능을 향상시키기 위한 연구는 많이 진행 되어져 왔다. 기초 연구로써 IEEE 802.11 DCF MAC 프로토콜에 대한 분석이 이루어 졌으며^[13-15], 이에 상응하여 무선랜 시스템 성능을 향상시킬 수 있는 알고리즘들도 다양하게 제안되었다. 특히 가변적인 무

선 채널 상태를 반영하여 동적으로 최적의 전송률을 선택하는 방법에 관한 연구가 근래에 활발히 진행되고 있다¹⁻⁸⁾.

그 중 RBAR 기법²⁾을 확장하여 제안하는 OAR 기법³⁾은 채널 상태가 좋을 때 데이터 프레임을 연속적으로 보내서 시스템 성능을 극대화한다. 즉 무선 채널이 동적으로 변화하기는 하지만 그 변화 주기가 복수 개의 프레임을 보낼 수 있을 만큼 길다는 점에 착안하여, 채널 상태가 좋을 때 여러 개의 데이터 프레임을 다중적으로 보냄으로써 시스템 성능을 최대화하고 채널 상태가 나쁠 때 낮은 전송률을 이용해 작은 개수의 데이터 프레임만을 보냄으로써 다중 전송률로 인한 시스템 성능 저하 현상도 방지할 수 있다. 하지만 OAR 기법은 채널 상태 측정을 위해 RTS / CTS 운용 방식의 변화를 필요로 하기 때문에 IEEE 802.11 표준을 변경해야 하는 단점을 가지고 있다.

따라서 무선 채널 상태를 측정할 때 OAR 기법처럼 표준 변경을 요구하는 방법대신 수신 프레임의 신호 감도를 측정해 채널 품질을 예측하는 SNR 기법⁴⁾을 사용할 수도 있다. SNR 기법은 표준 변경을 요구하지 않기 때문에 보다 쉽게 구현될 수 있다. 하지만 SNR 기법 만으로는 다중 전송률 환경에서 성능 저하 현상을 막을 수 없다는 단점이 여전히 존재한다.

그러므로 다중 전송률 환경에서 간단히 시스템 성능 저하 현상을 막기 위해서 OAR 기법과 SNR 기법을 적절히 조합하여 새로운 기법을 만들어 낼 수 있다. 즉 OAR 기법에서 채널 품질을 측정할 때 변형된 RTS/CTS 방법을 사용하지 않고 SNR 기법에서처럼 수신 받은 프레임의 신호 품질을 사용하면 IEEE 802.11 표준 변경 없이도 OAR 기법을 사용할 수 있게 된다. 이를 MOAR(Modified OAR) 기법이라 하자. MOAR 기법은 OAR 기법에서처럼 채널 상태가 좋아 높은 전송률을 사용하는 세션은 채널을 점유한 후 복수 개의 데이터 프레임을 전송하기 때문에 다중 전송률 환경에서 낮은 전송률에 의한 전체 시스템 성능 저하 현상을 예방할 수 있다. 그러므로 MOAR 기법은 표준의 변경 없이도 다중 전송률 성능 저하 현상을 막을 수 있는 장점을 가질 수 있다. 하지만 MOAR 기법을 사용한다 하더라도 OAR 기법에서 복수개의 데이터 프레임의 연속적인 전송은 네트워크 큐에 쌓여 있는 패킷들의 목적지가 한 곳으로 집중될 때만 성능 향상 효과를 볼 수 있기 때문에 MOAR 기법의 성능 개선

효과 또한 네트워크 환경에 따라 지극히 제한적이 된다. 그렇기 때문에 MOAR 기법은 하나의 AP (Access Point)와 다수 개의 단말을 가지는 하부구조 모드(infrastructure)에서 순방향 트래픽과 여러 개의 단말이 구조 없이 서로 데이터를 주고 받는 에드혹(ad-hoc) 모드에서는 여전히 거의 성능 향상이 일어나지 않는 문제점을 가지게 된다.

Ⅲ. RAT(RATE-ADAPTED TRANSMISSION) 기법

IEEE 802.11 무선랜에서 채널을 점유하기 위해 여러 단말이 경쟁할 때, DCF MAC 접근 방식은 모든 단말에게 확률적으로 동등한 채널 접근 기회를 제공한다. 하지만 이러한 채널 접근 방식은 단말들이 서로 다른 전송률로 데이터를 전송할 때 전체 시스템 성능이 저하되는 단점을 가지고 있다. 이는 저속의 전송률을 사용하는 데이터 프레임이 고속의 전송률을 사용하는 데이터 프레임에 비해 같은 데이터량을 보내기 위해 지나치게 긴 시간을 무선 채널을 점유하기 때문이다. 따라서 본 논문에서는 채널을 접근 기회가 아닌 점유 시간을 기준으로 공평하게 나누어 주는 RAT 기법을 제안한다.

RAT 기법은 각 단말이 사용하는 전송률에 상관없이 단말마다 동등한 채널 점유 시간을 보장한다. 각 단말마다 채널을 점유하는 시간이 보장됨으로써 낮은 전송률을 사용하는 단말은 무선 채널이 과도하게 점유하지 않고, 높은 전송률을 사용하는 단말은 보장된 시간 안에 최대한 많은 데이터를 전송할 수 있게 된다. 따라서 전체적인 시스템 성능이 향상되는데, 이를 단말 간 전송률 경쟁 이득(inter-rate contention gain)이라 한다.

무선랜 시스템에서는 같은 단말 안에서 여러 세션이 서로 다른 단말에게 각기 다른 전송률로 데이터를 전송할 때도 앞서 언급한 전송률 차이로 인한 성능 저하 현상이 발생한다. 즉 IEEE 802.11 무선랜은 네트워크 인터페이스에 전송되기를 원하는 패킷이 도착하면 이를 무선 채널을 통해 순차적으로 전송하는데 이때 두 개 이상의 세션이 각기 서로 다른 전송률을 사용하게 되면 한 단말 내에서도 낮은 전송률 세션이 높은 전송률 세션에 비해 무선 채널을 길게 잡는 현상으로 인한 시스템 성능이 저하 현상이 발생하게 된다. 이러한 단말 내 경쟁으로 인한 성능 저하를 막기 위해서 RAT 기법은 전송률 기반 큐 관리 모듈(Rate Based Queue Management

Module)을 도입한다. 이를 위해 RAT 기법은 패킷이 네트워크 인터페이스에 도착하면 패킷을 전송률 기준으로 분류하여 전송률 기반 큐에 저장한다. 그리고 단말이 무선 채널을 획득하게 되면 RAT 패킷 스케줄러는 패킷이 존재하는 큐 중에 라운드 로빈 (Round-Robin) 방식으로 해당 큐를 선택하고 할당된 점유 시간 안에서 그 큐에 저장된 패킷들을 최대한 전송한다. 그리하여 RAT 기법은 같은 단말 내에서도 다중 세션의 다중 전송률 사용에 의한 성능 저하 현상을 방지한다. 이를 단말 내 전송률 경쟁 이득 (intra-rate contention gain)이라 한다.

그림 3은 RAT 기법의 알고리즘을 구체적으로 나타낸 것이다. 단말이 무선 채널을 획득하고 나면 RAT 스케줄러는 채널을 통해 데이터를 전송하기 위해 적절한 전송률 기반 큐를 라운드 로빈 방법으로 선택한다(라인 4). 스케줄러는 선택된 큐에 해당하는 연결 세션의 수를 알아내고(라인 5) 동시에 선택된 큐의 전송률도 알아 낸다(라인 6). 그리고 나서 스케줄러는 점유 시간이 허락하는 한 최대한 많은 패킷을 채널을 통해 원하는 목적 단말로 전송한다(라인 7-25). 이 때 채널을 점유할 수 있는 최대 시간은 세션 당 단위 점유 시간에 현재 선택된 큐에 포함되어 있는 연결 세션의 수를 곱한 값이 된다(라인 25). RAT 기법에서 같은 단말로 향하는 패

킷이 연속적으로 나올 경우엔 이 패킷들을 프레임 단편화 방법을 이용해 버스트로 만들어 효율적으로 전송한다. 이를 위해 스케줄러는 선택된 큐에서 같은 목적 단말을 가지지 않을 때까지(라인 13) 순차적으로 패킷을 뽑아 내어(라인 8) 단편화 알고리즘을 이용해 한 버스트로 만들어 전송한다(라인 13-22). 버스트 안에서는 패킷 사이에 시스템에서 가장 작은 SIFS 시간만큼의 유휴 시간을 두고(라인 18) 버스트와 버스트 사이에는 그 보다 긴 DIFS 시간만큼의 유휴 시간을 둔다(라인 21). 스케줄러는 이 과정을 최대 점유 허용 시간을 넘지 않거나(라인 25) 더 이상 전송할 패킷이 없을 때까지(라인 8) 반복한다. 그 밖의 운영 규칙에 대해서는 MOAR 기법 방식을 기본으로 따른다.

IV. 모의 실험

본 장에서는 RAT 기법의 성능을 분석하기 위해 모의 실험을 수행했다. 본 실험에서는 성능 비교를 위해 DCF MAC 접근 기법, MOAR 기법, RAT 기법에 대해 실험을 실시하였다. 모의 실험에서는 NS^[16] 시뮬레이터를 IEEE 802.11b 표준에 맞게 수정하여 사용하였다.

4.1 네트워크 구성

우선 각 기법들의 성능을 네트워크 구성에 따라 모의 실험으로 평가해 보았다. 네트워크 구성은 그림 4에서 보듯이, 네트워크 가운데 AP가 존재해서 전체 네트워크를 관리하며 트래픽 방향이 AP에서 단말로 혹은 단말에서 AP로만 전송되는 하부구조 구성(infrastructure topology)과 AP와 같은 중심 노드 없이 모든 단말들이 각자 원하는 단말로 트래픽을 자유로이 전송하는 에드혹 구성(ad-hoc topology)으로 나누었다.

```

01: while (the data queue is non-empty) {
02:   // Tunit is unit occupancy time
03:   Tused := 0; // used occupancy time
04:   rqs := select_rate_queue();
05:   nc := number_of_connections(rqs);
06:   ratetx := trasmission_rate(rqs);
07:   do {
08:     fd := dequeue(rqs);
09:     Tused += (fd.length / ratetx);
10:     enqueue(queuetx, fd);
11:     if (head_frame(rqs).dst != fd.dst) {
12:       while (queuetx is non-empty) {
13:         fix := dequeue(queuetx);
14:         do {
15:           result := transmit(fix);
16:         } while (result != success);
17:         if (queuetx is non-empty) {
18:           idle(tSIFS);
19:         }
20:         else {
21:           idle(tDIFS);
22:         }
23:       } // end of while
24:     } // end of if
25:   } while (Tused < Tunit * nc);
26: }
    
```

그림 3. RAT 기법

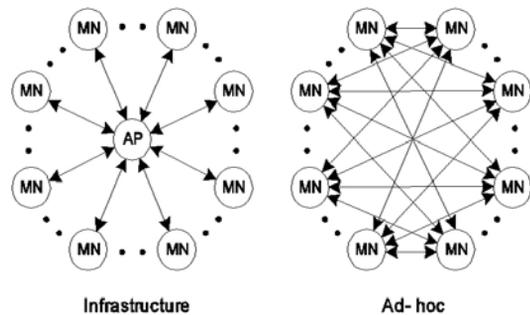


그림 4. 네트워크 구성

첫 번째 실험으로 하부구조 구성에서 다중 전송률이 사용될 때 무선랜의 전체 시스템 성능이 각 기법에 따라 어떻게 달라지는 측정해 보았다. 이 실험에서 AP는 20개의 무선 단말과 연결되어 있고 기본 전송률은 802.11b에서 가장 빠른 전송률인 11Mbps를 사용하였다. 그리고 낮은 전송률을 사용하는 단말은 1Mbps 전송률을 이용하여 데이터를 전송했다. 각 연결 세션은 초당 300Kbits에 해당하는 UDP 패킷을 전송했고 MOAR 기법과 RAT 기법에서 사용한 단위 채널 점유 시간은 8ms로 설정하였다.

그림 5는 하부구조 구성에서 역방향으로 무선 단말들이 AP로 데이터를 전송할 때 전체 시스템 성능을 측정한 결과이다. 그림에서 수평축은 20개의 노드 중 낮은 전송률을 사용하는 노드의 비율을 나타낸 것이다. 즉 0/20은 20개 노드가 모두 11Mbps의 높은 전송률을 사용했을 경우를 나타내고 20/20은 20개 노드 모두 1Mbps의 낮은 전송률을 사용할 때의 결과를 표시한다. 수직 축은 전체 시스템 성능을 Mbits/second로 나타내었다. 그림에서 알 수 있듯이 DCF MAC 접근 방식을 사용할 경우엔 낮은 전송률 사용 노드가 늘어 날 수록 전체 시스템 성능이 급속히 저하되는 현상을 볼 수 있었다. 이는 실제 시스템에서 목격한 현상과 같은 것이다. 하지만 MOAR 기법과 RAT 기법을 도입했을 경우엔 성능 저하 추세가 자연스럽게 점진적인 모습을 볼 수 있다. 즉 낮은 전송률을 사용하는 단말이 의해 높은 전송률을 사용하는 단말들의 성능이 크게 영향 받지 않고 있다는 것을 알 수 있다. 이는 MOAR 기법과 RAT 기법이 무선 채널을 점유 시간에 비례하여 분배함으로써 단말 간 전송률 경쟁 이득을 얻기 때문이다.

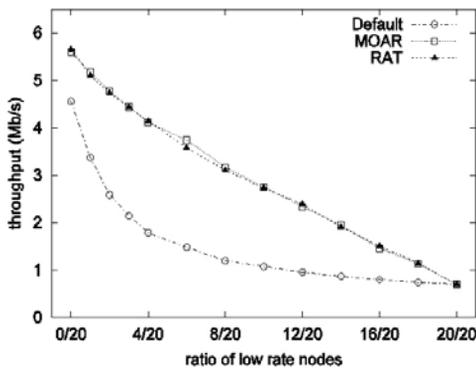


그림 5. 하부구조 구성에서 역방향 트래픽에 의한 성능

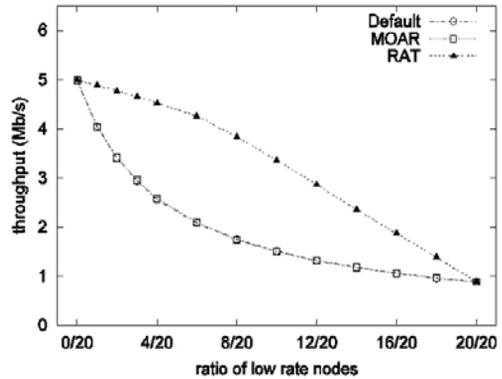


그림 6. 하부구조 구성에서 순방향 트래픽에 의한 성능

그림 6은 하부구조 구성에서 순방향으로 AP가 무선 단말들에게 패킷을 전송할 때 시스템 성능을 나타낸 그림이다. DCF MAC 접근 방식은 역방향 트래픽의 경우에서와 같이 낮은 전송률을 사용하는 연결 세션이 존재할 경우 전체 시스템 성능이 매우 낮아짐을 알 수 있었다. 그런데 순방향 트래픽만 존재할 경우엔 MOAR 기법도 DCF 방식처럼 매우 낮은 성능을 보임을 알 수 있다. 하지만 RAT 기법에 앞서 두 기법에 비해 순방향 트래픽의 경우에도 상대적으로 안정된 성능을 보여 주고 있다. 이는 MOAR 기법이 채널을 점유 시간에 따라 분배하여 단말 간 전송률 경쟁을 할 때엔 이득을 얻을 수 있지만, 한 단말, 즉 한 AP에서 다수의 단말로 패킷을 전송하는 경우에는 세션 간에 채널 분배가 점유 시간 기준으로 이루어지지 않아서 전혀 성능 향상에 도움을 줄 수 없기 때문이다. 하지만 RAT 기법은 이와 같이 한 단말 내에서 연결 세션들 간에 다른 전송률로 패킷을 전송하는 경우에도 전송률 기반 큐를 통해 세션 간 채널 점유를 시간을 공평하게 지켜줌으로써 순방향 트래픽이 있는 하부구조 구성에서도 다른 기법들에 비해 보다 안정적이고 우수한 성능을 보여 줄 수 있었다.

다음 실험으로 네트워크 구성을 하부구조 구성에서 에드혹 구성으로 바꾸어서 전체 성능을 측정하는 실험을 수행해 보았다. 에드혹 구성에서는 단말 노드가 다른 단말 노드에게 네트워크를 제어하는 AP없이 직접 패킷을 분산적으로 전송한다. 따라서 소스 단말은 임의의 패킷을 복수 개의 목적 단말에게 서로 다른 전송률을 사용하여 전송하는 특징이 있다.

그림 7은 에드혹 구성을 사용할 때 각 기법에 따른 전체 시스템 성능을 보여 주고 있다. 그림에서

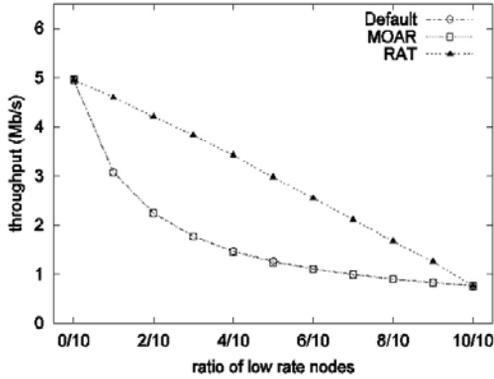


그림 7. 에드혹 구성에서 시스템 성능

알 수 있듯이, 전체적인 결과는 하부구조 구성에서 순방향 트래픽이 존재할 경우와 비슷하게 DCF MAC 접근 방식과 MOAR 기법이 낮은 성능을 보인다. 이에 반해 RAT 기법은 여전히 상대적으로 안정된 성능을 보임을 알 수 있다. 이 역시 RAT 기법은 다른 기법들과 달리 단말 간 전송률 경쟁뿐만 아니라 단말 내 전송률 경쟁에서도 무선 채널을 점유 시간에 따라 공평하게 분배하기 때문이다.

4.2 TCP 트래픽

지금까지 우리는 UDP 프로토콜을 이용하는 CBR(Constant Bit Rate) 트래픽을 사용할 때 시스템 성능을 살펴 보았다. 하지만 실제 인터넷 트래픽의 대부분은 UDP 프로토콜을 이용하는 트래픽이 아니라 TCP 프로토콜을 사용하는 트래픽들이다. 따라서 본 실험에서는 TCP 프로토콜을 사용해서 FTP 트래픽을 전송할 때 각 기법들이 가지는 성능을 분석해 본다. 본 실험을 위해 우리는 하부구조 구성에서 TCP 프로토콜을 사용하는 FTP 트래픽을 전송하였다. 앞서 UDP를 이용한 하부구조 구성에서의 트래픽 실험에서는 데이터 트래픽이 단방향으로만 구성된다. 하지만 이와 달리 하부구조 구성에서 TCP 데이터 패킷을 전송하면 데이터가 전송되는 반대방향으로는 TCP ACK 패킷이 전송되어 양방향으로 데이터가 흐르게 되는 특징을 가진다.

그림 8은 FTP 데이터 패킷을 TCP를 이용해 순방향으로 전송했을 때 각 기법에 의한 성능을 보여주는 그림으로 앞서 실시한 UDP 실험과 비슷한 결과를 보여 주고 있다. 앞선 실험과 같이 DCF 방식과 MOAR 기법은 낮은 전송률을 사용하는 단말의 수가 늘어남에 따라 성능이 급격히 떨어졌다. 하지만 RAT 기법은 모든 경우에 대해 상대적으로 안정

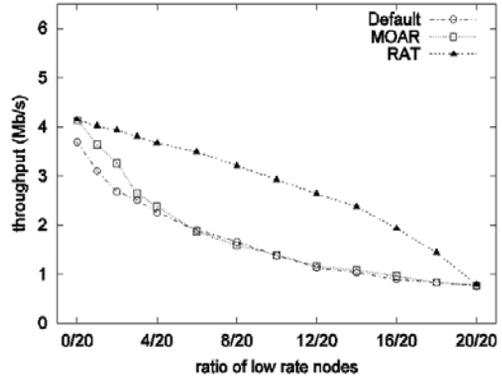


그림 8. 하부구조 구성에서 순방향 TCP 데이터에 의한 성능

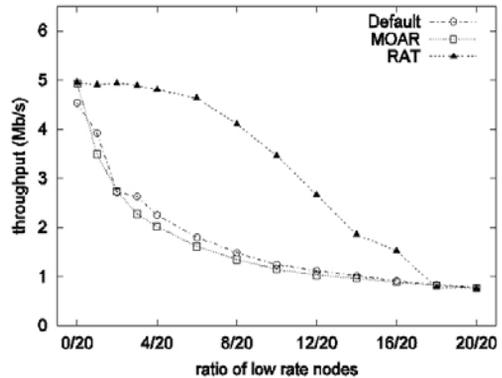


그림 9. 하부구조 구성에서 역방향 TCP 데이터에 의한 성능

된 성능을 보였다. 그리고 UDP 실험에 비해 전체적인 성능이 전반적으로 조금씩 저하되었는데 이는 한 방향으로 TCP 데이터 패킷이 전송될 때 반대 방향으로 TCP ACK 패킷이 전송되면서 무선 채널을 추가로 점유되기 때문이다.

그림 9는 하부구조 구성에서 역방향으로 TCP 데이터 패킷을 전송할 때 전체 시스템 성능을 나타낸 그림이다. 역방향으로 TCP 데이터를 전송할 때는 역방향으로 UDP 데이터를 전송할 때와는 사뭇 다른 결과를 보인다. DCF MAC 방식은 TCP를 사용하던 UDP를 사용하던 관계없이 낮은 성능을 보였다. 하지만 역방향 UDP 실험에서 좋은 성능을 보였던 MOAR 기법은 TCP 실험에서 성능이 DCF 방식만큼 저하되었다. 하지만 RAT 기법은 역방향 TCP 실험에서도 좋은 성능을 보였다. 이는 TCP 프로토콜이 양방향 프로토콜로써 쌍방향 모두의 성능이 전체 시스템 성능에 직접적인 영향을 미치기 때문이다. 즉 TCP에서 한 방향으로 TCP 데이터 패킷을 전송하면 이들 패킷을 받은 수신자는 반대 방향

으로 TCP ACK 패킷을 생성하여 전송한다. 그리고 송신자는 이 TCP ACK 패킷을 받아야만 그 다음 TCP 데이터 패킷을 전송할 수 있는 순차적인 구조를 가지고 있다. 따라서 역방향으로 복수개의 TCP 데이터 패킷을 한꺼번에 전송하려면 순방향으로 여러 개의 TCP ACK 패킷이 한꺼번에 전송되어야 한다. 하지만 MOAR 기법은 여러 단말이 존재하는 하부구조 구성에서 역방향으로는 복수개의 데이터 프레임의 한꺼번에 전송할 수 있지만, 순방향으로는 대부분 한 번에 한 데이터 프레임 밖에 전송할 수 없다. 따라서 MOAR 기법에서 순방향으로 TCP ACK 패킷이 한꺼번에 전송되지 못하기 때문에 MOAR 기법에서 전송률에 따라 여러 패킷을 한꺼번에 전송하는 기법을 전혀 사용되지 못해서 DCF 방식과 비슷하게 좋지 않는 성능을 보인다. 하지만 RAT 기법은 하부구조 구성에서도 역방향, 순방향 관계없이 전송률에 따라 효율적으로 데이터를 전송하기 때문에 역방향 TCP 트래픽을 전송할 경우에도 다른 기법들에 비해 매우 좋은 성능을 보여 주는 것이다.

V. 결론

본 논문에서는 새로운 전송률 기반 패킷 전송 알고리즘인 RAT 기법을 제안하였다. RAT 기법은 점유 시간을 기준으로 채널을 분배한다. 따라서 모든 단말이 일정한 시간만큼 채널을 공평하게 사용할 수 있다. 또한 한 단말 안에서도 서로 다른 세션들이 채널을 일정 시간 공평하게 점유하기 때문에 모든 세션은 각자가 가지고 있는 전송률에 따라 더 많은 데이터를 전송할 수 있다. 그러므로 RAT 기법은 단말 간 전송률 경쟁 이득뿐만 아니라 단말 내 전송률 경쟁 이득을 얻을 수 있어서 네트워크 전체 성능을 크게 향상시킬 수 있다.

본 논문에서는 실험과 분석을 통해서 RAT 기법이 기존의 DCF 기법뿐만 아니라 MOAR 기법에 비해서도 보다 나은 성능을 가짐을 살펴보았다. 실험에서 RAT 기법은 다양한 네트워크 구성에서 좋은 성능을 보여 주었다. 특히 다른 기법들에 비해 TCP 성능을 독보적으로 향상시킨다는 것도 실험을 통해 밝혀 냈다. 그리고 RAT 기법은 기존의 IEEE 802.11 표준 변화를 전혀 요구하지 않기 때문에 성능 면에서만뿐만 아니라 구현 면에서도 매우 실용적인 장점이 있다.

참고 문헌

- [1] A. Kamerman and L. Monteban, "WaveLAN-II: A High-Performance Wireless LAN for the Unlicensed Band," *Bell Labs Technical Journal*, pp. 118-133, Summer 1997.
- [2] Holland, N. Vaidya and P. Bahl, "A Rate-Adaptive MAC Protocol for Multi-Hop Wireless Networks," *ACM MOBICOM'01*, pp. 236-251, Jul. 2001.
- [3] B. Sadeghi, V. Kanodia, A. Sabharwal and E. Knightly, "Opportunistic Media Access for Multirate Ad Hoc Networks," *ACM MOBICOM'02*, Sept. 2002.
- [4] J. P. Pavon and S. Choi, "Link Adaptation Strategy for IEEE 802.11 WLAN via Received Signal Strength Measurement," *IEEE ICC'03*, May 2003.
- [5] H. Kim and J. C. Hou, "Improving Protocol Capacity with Model-based Frame Scheduling in IEEE 802.11-operated WLANs," *ACM MOBICOM'03*, Sept. 2003.
- [6] I. Haratcherev and K. Langendoen, "Hybrid Rate Control for IEEE 802.11," *ACM MOBIWAC'04*, Oct. 2004.
- [7] M. Lacage, M. H. Manshaei and T. Turletti, "IEEE 802.11 Rate Adaptation: A Practical Approach," *ACM MSWiM'04*, Oct. 2004.
- [8] W. Wang, S. C. Liew and J. Y. B. Lee, "ABRC: An End-to-End Rate Adaptation Scheme for Multimedia Streaming over Wireless LAN," *IEEE WCNC'04*, 2004.
- [9] IEEE Std 802.11, "Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) specifications," ANSI/IEEE 802.11 Std, Aug. 1999. IEEE Std 802.11, "Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) specifications," *ANSI/IEEE 802.11 Std*, Aug. 1999.
- [10] IEEE Std 802.11b-1999, "Part 11: Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) specifications: High-speed Physical Layer Extension in the 2.4GHz Band," *Supplement to ANSI/IEEE Std 802.11*, Sep. 1999.

[11] IEEE Std 802.11a-1999, "Part 11: Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer (PHY) specifications: High-speed Physical Layer Extension in the 5GHz Band," *Supplement to ANSI/IEEE Std 802.11*, Sep. 1999.

[12] IEEE Std 802.11g-2003, "Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications: Further Higher Data Rate Extension in the 2.4GHz Band," *Amendment to IEEE 802.11 Std*, Jun. 2003.

[13] G. Bianchi, "Performance Analysis of the IEEE 802.11 Distributed Coordination Function," *IEEE JSAC*, Vol. 18, No. 3, Mar. 2000.

[14] C. H. Foh and M. Zukerman, "Performance Analysis of the IEEE 802.11 MAC Protocol," *European Wireless 2002*, Feb. 2002.

[15] M. Heusse, F. Rousseau, G. Berger-Sabbatel, A. Duda, "Performance Anomaly of 802.11b," *IEEE INFOCOM'03*, Mar. 2003.

[16] <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>

김 남 기 (Namgi Kim)

정회원



1997년 2월 서강대학교 컴퓨터
학과 학사
2000년 2월 한국과학기술원 전
자전산학과 석사
2005년 2월 한국과학기술원 전
자전산학과 박사
2005년 3월~현재 삼성전자 책

임연구원

<관심분야> 이동 통신 시스템, 패킷 네트워크