

IEEE 802.11 무선 멀티홉 환경에서 채널캡처문제 해결을 위한 TCP 성능분석

이민학*, 강대욱*, 장경성**
*전남대학교 전산학과,
** 초당대학교 정보통신공학과
e-mail:w9368586@nate.com

Analysis TCP Performance to solve the channel captured problem based on IEEE 802.11 Wireless Multi-hop Environments

Min-Hak Lee*, *Dae-Wook Kang, Kyungsung Jang**,
* Dept. of Computer Science, Chonnam Nat'l University
** Dept. of Inform. & Telecom., Chodang University

요 약

최근 IEEE 802.11 MAC프로토콜에 대한 연구가 많이 진행되고 있다. 그중에서도 MAC 프로토콜과 TCP의 관계에 대한 연구가 큰 이슈가 되고 있다. 본 논문에서는 IEEE 802.11 MAC 프로토콜을 이용하는 무선 멀티홉 환경에서 짧은 홉수 전송경로상의 노드간 전송이 긴 전송경로의 전송들과 동시에 발생하는 경우 채널 대역폭을 대부분 점령하는 채널 캡처 문제에 대하여 영향을 끼치는 요소들과 원인을 분석하고 전송횟수의 조정을 통하여 최적의 전송처리율에 대한 연구를 수행하였다.

1. 서론

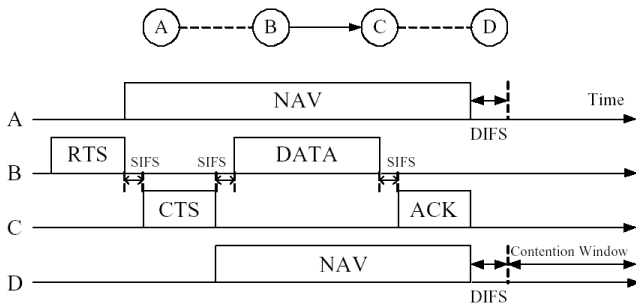
최근 몇 년 동안 멀티홉 무선 랜에 대한 연구가 활발히 진행 되어 지고 있다. 이러한 연구들은 인터넷 서비스를 무선네트워크 이동환경에 적용하기 위하여 IEEE 802.11 MAC(Medium Access Control)[1] 기반 무선 네트워크와 TCP의 관계에 대하여 연구 되어지고 있다. 과거 유선 네트워크에 사용되었던 TCP를 무선 네트워크 환경에서 이용할 경우 여러 가지 이유 때문에 전체적인 처리량(throughput)감소가 야기된다. 본 논문에서는 처리량 감소에 영향을 미치는 여러 가지 요소 중에 전송경로상의 홉수(hop count)에 따른 처리량 감소의 유형과 원인에 대해서 분석하고, 2장에서는 802.11 MAC 프로토콜과 관련연구에 대해서 기술하고, 3장에서는 802.11 MAC 멀티홉 환경에서의 TCP의 문제점을 설명하고 4장에서는 본 논문에서 조사한 RTS/CTS의 재전송 횟수에 대한 시뮬레이션 결과를 제공한다. 마지막으로 5장에서는 시뮬레이션에 대한 결과

와 향후 연구 과제를 제시한다.

2. IEEE 802.11 및 관련연구

IEEE 802.11 표준을 사용하는 무선 랜의 경우, 채널 다중화를 위하여 CSMA/CA를 사용하고 물리계층으로 중첩되지 않는 14개 채널을 사용하지만 일반적으로 3개의 채널이 사용되고 있다. IEEE 802.11 프로토콜에 의하면 숨은터미널문제 때문에 ACK 신호의 수신이 안되는 경우 4번까지의 데이터 재전송을 수행하고 해당된 패킷을 제거하며, 알려진 노드 문제(Exposed Node Problem)에 의하여 RTS 신호 전송 후 CTS 신호의 수신에 없는 경우 7번까지 재전송을 시도한다. 같은 셀 안의 노드들은 동일한 채널을 공유하므로 한 노드가 데이터를 전송하기 위해서 채널을 확인한 후 전송중인 노드가 없으면, 일정 시간이 지난 후 전송을 시도한다. 충돌을 방지하고 채널을 공평하게 공유할 수 있는 방식으로 제안된 것이 DCF(Distributed Coordination Function)이다

(IEEE 802.11 DCF). DCF는 각 노드들이 전송을 시작하기 위해서 RTS/CTS 메시지 교환을 선행하여 동시에 전송을 원하는 다른 노드들의 송수신을 일정 시간(NAV:Network Allocation Vector)동안 연기시킴으로서 채널 충돌문제 및 숨은터미널 문제(Hidden Terminal Problem)를 해결한다.



(그림 1) IEEE 802.11 DCF 기능

멀티홉 무선 네트워크 환경에서 TCP 성능 감소에 영향을 미치는 요소가 유선랜의 병목라우터 버퍼오버플로어(buffer overflow)가 아닌 무선 링크 레이어 사이의 채널 경쟁 때문이다. [2]에서는 LRED라는 링크레이어의 큐 관리 알고리즘을 이용하여 채널 경쟁을 일으키는 패킷들을 dropping 시켜 TCP 성능을 30%정도 향상시켰다. [3]에서는 공간 채널 재활용(spatial channel reuse)을 위하여 위치 의존적 경쟁(location-dependence of contention) 기법으로 TCP의 윈도우크기와 처리량과의 관계를 연구하였다. 7홉 링크 경로를 가진 단순한 토폴로지에서도 윈도우크기가 4일 때 가장 이상적인 처리량을 보이고 있다. 또한 무선 이동통신환경에서 TCP의 성능에 영향을 미치는 요소로서 노드들의 이동에 관한 TCP성능을 분석, 비교한 결과 이동 속도에 따라서 TCP성능을 급격하게 감소하는 모습을 보이고 있다[4]. [5]에서는 이동성 때문에 발생된 패킷 손실이 TCP성능에 주는 영향을 Cross-Layer 메커니즘을 이용하여 TCP성을 향상 시켰다.

3. 다중 멀티홉 환경에서 TCP 성능평가

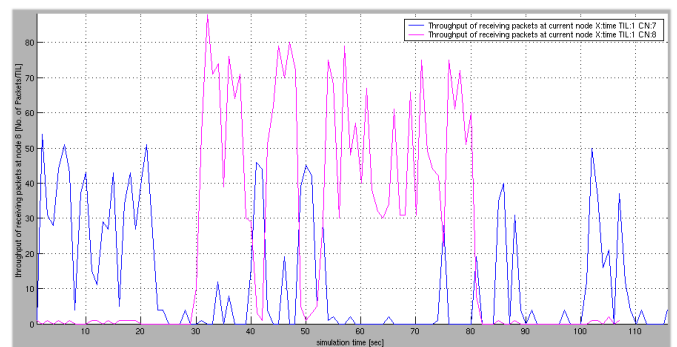
본 연구는 IEEE 802.11 무선 인터넷 서비스환경에서 동일한 채널을 공유하는 다수의 전송이 동시에 발생하는 경우 야기되는 불공정문제를 분석한다. 또한 TCP의 변경없이 링크 계층의 재전송 횟수의 변경을 통하여 TCP 패킷 전송 처리율 향상을 위한 방안을 제시한다.

3.1 MAC 계층의 재전송 기법

무선랜 환경에서 멀티홉 데이터전송시 TCP 패킷 처리율을 시간대별로 분석하면 공통적으로 진폭형태를 나타내고 있으며, 이러한 현상은 채널의 공유에 따른 노드들이 채널 확보 경쟁을 함으로서 발생한다. 그러나 링크계층의 재전송 횟수를 증가시킴으로서 경쟁때문에 IFQ에 전송을 위해 임시 저장된 패킷을 재전송할 수 있는 기회를 부여함으로서 전송율의 증가와 안정적인 전송형태를 확인할 수 있다[6]. 본 연구에서는 NS2에서 정의된 IEEE 802.11 환경에서 전송횟수를 RTS/CTS인 경우 7부터 17까지 증가시킴으로서 재전송 횟수에 따른 전송율을 분석하였다.

3.2 불공정성에 따른 채널캡처 문제

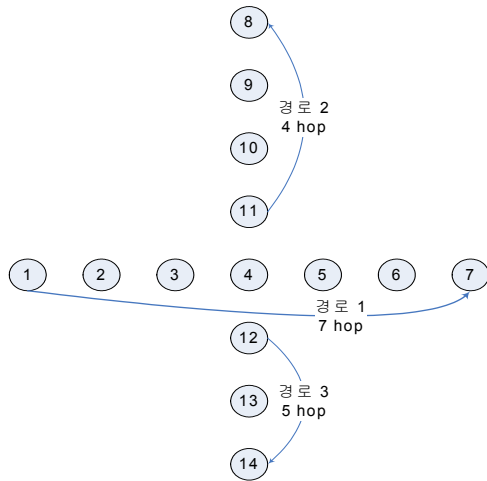
채널캡처 문제는 마지막 성공한 노드를 우선 선택하는 IEEE 802.11의 이진 지수 백오프(binary exponential back-off) 기능에 그 핵심을 두고 있다 [7]. 이 문제는 과도한 전송을 위한 연결이 공유를 위한 채널을 점유하여서 채널의 공정한 활용을 방해한다. 본 논문에서는 홉수가 다른 3개의 전송경로를 설정하고 각각 다른 시간에 전송을 시작하는 토폴로지를 구성하여 전송율을 비교분석한 결과 가장 짧은 홉수를 가진 경로의 전송이 시작하는 시간에는 대부분의 채널을 점령함으로서 불공정성을 심각하게 야기하고 있다는 것을 확인하였으며, 재전송횟수의 변경을 통하여 전체적인 전송율의 향상을 확인하였다 [그림2].



(그림 2) IEEE 802.11 MAC 기반 전송시 채널캡처문제

4. 시뮬레이션

4.1 시뮬레이션 환경



(그림 3) 시뮬레이션 Cross-Topology

실험을 위하여 시뮬레이터로 ns2를 이용하고 CMU Extension을 이용하였다. CMU Extension에는 무선 네트워크에 대한 MAC 프로토콜과 라우팅 프로토콜이 정의 되어있다. 네트워크 토폴로지는 [그림3]와 같은 Static Cross-Topology로 설정을 하고 노드 사이의 간격은 200m로 설정하였다. 노드 간의 간섭 범위는 IEEE 802.11에서 정의한 550m를 이용하고 라우팅 프로토콜은 AODV를 이용하였다. 또한TCP-Reno를 이용하고, 패킷 사이즈와 Window 사이즈는 각각 1460byte와 8로 고정을 하고 bandwidth를 1Mbps로 지정하였다. Link Layer의 Queue 방식은 Drop-Tail을 이용하고 Queue의 길이는 10, 50, 100 3가지로 설정하여 수행하였으며, 데이터 측정은 MAC프로토콜의 재전송 횟수를 바꿔가면서 노드 ①에서⑦, ⑪에서⑧, ⑫에서⑭로 TCP 데이터를 보낸 후 수신측 노드인 ⑦, ⑧, ⑭번 노드에서 측정하였다. 모든 시뮬레이션은 120 초 동안 수행하였다.

Link-Layer	802.11 MAC
TCP Version	TCP Reno
Routing Protocol	AODV
Queue Mode	Drop-Tail
Queue Length	10, 50, 100
Packet Size	1460bytes
Bandwidth	1Mbps
Antenna Type	Omni Antenna
Propagation Mode	Two Ray Ground
Application	TCP/FTP

<표 1> 시뮬레이션 환경 설정요소

4.2 TCP 패킷 처리율분석

구성된 네트워크 토폴로지를 통하여 패킷처리율을

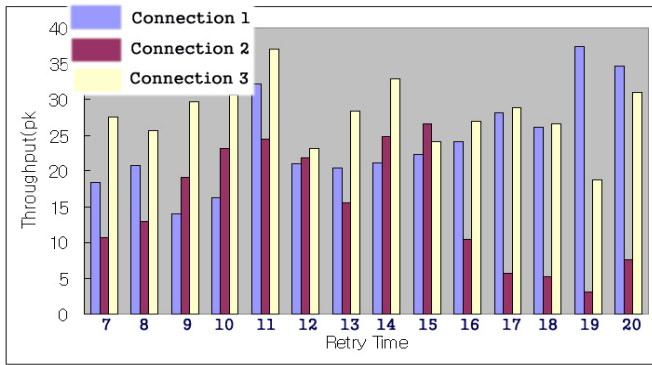
측정하여 본 결과 현재 RTS/CTS인 경우 7번, 데이터인 경우 4번의 재전송횟수로 지정된 전송에서의 처리율은([표 2]의 첫 번째값) 최대 처리율은 보이고 있는 11/4번 비해서 평균 30%의 낮은 결과를 보이고 있다. 본 시뮬레이션에서 RTS/CTS 재전송횟수의 변화와 데이터 재전송횟수를 수정하여 각각 결과를 분석한 결과 데이터 재전송횟수의 변화에 따라서는 전체적인 처리율의 변화가 발생하지 않았다. 이러한 결과는 NS2가 [표 1]의 1460 byte 패킷크기에 대해서는 RTS/CTS와 동일한 재전송으로 간주하고 있다. 또한 재전송횟수의 상승에 따라서 선형적으로 증가하지 않으며 특정한 재전송횟수에서 최대 처리율을 보이고 있다.

현재의 무선랜 에서 설정된 재전송횟수는 베이스스테이션을 기본으로 다른 노드들에게 영역 내에서 전송하는 구성에서는 타당성을 가지고 있다[11]. 적은 재전송횟수에서는 링크단절이 일찍 발생하며, 너무 큰 횟수에서는 자원의 낭비에 따른 단절이 발생하고 IFQ의 스케줄링에 따른 단대단 지연이 길게 발생함으로써 전체적인 성능감소의 원인이 된다.

[그림 4]에서 재전송횟수가 7인 경우에 링크3이 다른 링크의 대역폭을 점령하게 되고 전체적인 처리율도 감소되었지만 11인 경우에는 다른 횟수의 경우보다 전체적인 처리율이 증가되었음을 알 수 있다. 또한 횟수의 증가가 커짐으로서 불균등한 채널할당 문제가 커지는 문제가 심화되는데, 이는 먼저 전송을 시작한 링크의 패킷들이 재전송의 기회가 많아짐으로 인해서 버퍼에 장시간 축적되고 채널 경쟁이 발생할 때마다 채널의 할당비율이 높아짐으로 인하여 후에 전송되는 링크들보다 우선적인 전송기회가 주어지기 때문이다.

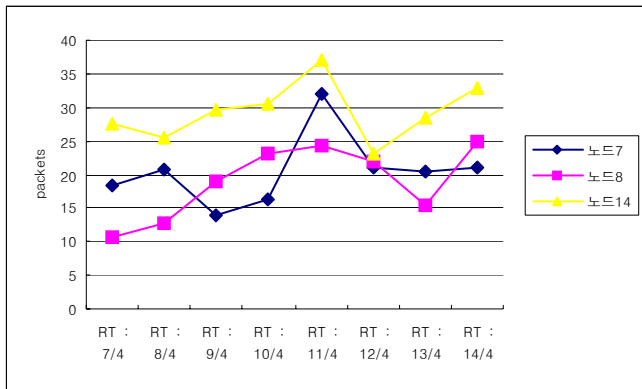
재전송횟수	경로 1	경로 2	경로 3
7/4	18.39	10.67	27.5
8/4	20.75	12.85	25.55
9/4	14.03	19.09	29.72
10/4	16.25	23.15	30.63
11/4	32.13	24.41	37.03
12/4	20.94	21.8	23.11
13/4	20.42	15.44	28.42
14/4	21.1	24.84	32.95
15/4	22.26	26.51	24.08
16/4	24.11	10.44	26.83
17/4	28.04	5.71	28.8

<표 2> 경로별 재전송횟수에 따른 패킷 처리율

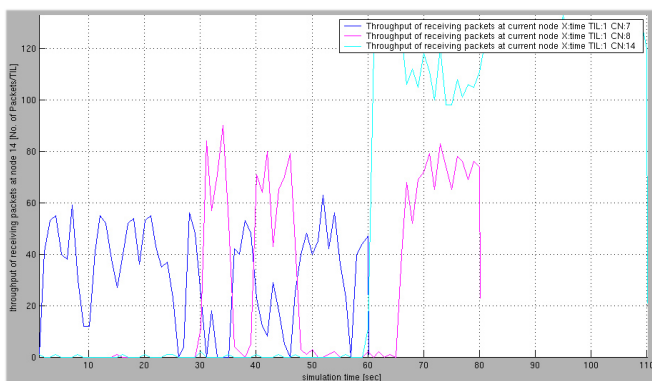


(그림 4) 재전송횟수별 캡처효과

[그림 6] 에서 30초대에 시작된 링크2와 이미 시작된 링크1간의 공정한 대역폭 할당이 이루어지고 있음을 알 수 있고, 60초에 시작된 링크3의 경우에는 링크1에 비해서 상대적으로 짧은 홉수를 가짐으로서 큰 대역폭 불균등이 발생한다. 그러나 링크2와의 배분에서는 일부의 대역폭을 배분함으로써 전체적인 전송처리율을 증가시킴을 보이고 있다.



(그림 5) 재전송횟수(RT)의 변화에 따른 처리율



(그림 6) 재전송횟수 11의 시간별 링크들의 패킷처리량

5. 결론

표준화된 IEEE 802.11 MAC 프로토콜에서 정의된 재전송횟수를 적용한 다중 멀티홉 무선네트워

크에서는 패킷의 손실이 커지고 특정 전송경로에 의한 채널의 점유도가 극대화됨으로서 전체적인 처리율이 저하되고 있음을 알 수 있었다. 본 연구에서는 이러한 처리율 감소 및 채널 캡처 문제를 분석하고 재전송 횟수를 재조정함으로써 TCP 패킷전송의 효율성을 증대시켰다. 그러나 전체적인 처리율에 대한 요소로서는 재전송 횟수를 포함한 패킷의 사이즈, 홉수 및 이동성 등 다양한 환경을 고려해야하는 문제점을 지니고 있다. 특히 경로의 홉수가 적을수록 채널 점유율이 증가함으로서 다중 멀티홉에서 경로당 전송횟수를 조정할 수 있는 함수를 정의하고 성능평가를 지속할 예정이다.

참고문헌

- [1] IEEE 802.11 Working Group "Part II : Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) Specifications." ANSI/IEEE Std. 802.11, Sept. 1999.
- [2] Z. Fu, P. Zerfos, H. Luo, S. Lu, L. Zhang, and M. Geria, The Impact of Multihop Wireless Channel on TCP Throughput and Loss, Proc. IEEE INFOCOM 03, San Francisco CA, 2003
- [3] S. Xu, and T. saadawi, "Does the IEEE 802.11 MAC Protocol Work Well in Multihop Wireless Ad Hoc Networks?" IEEE Communications Magazine, Volume 39 Issue 6, Jun. 2001 pp. 130-137.
- [4] G. Holland and N. H. Vaidya, Analysis of TCP performance over mobile ad hoc networks, International Conference on Mobile Computing and Networking(MOBICOM), August 1999
- [5] X. Yu, Improving TCP Performance over Mobile Ad Hoc Networks by Exploiting Cross-Layer Information Awareness, Proc. ACM MOBICom 04, Philadelphia, PA, 2004
- [6] Z. Fu, H. Luo, P. Zerfos, S. Lu, L. Zhang, and M. Geria, The Impact of Multihop Wireless Channel on TCP Performance, IEEE Transactions on Mobile Computing, 2005 1
- [7] K. Xu, S. Bae, S. Lee, and M. Gerla. TCP behavior across multihop wireless networks and the wired internet. Proc. WoWMoM, 2002.