

WLAN 메쉬 네트워크에서 트래픽 변화를 고려한 적응형 HMAC 알고리즘

김길재*, 최범곤*, 정민영*
*성균관대학교 정보통신 공학부

e-mail: please212@naver.com, gonace@ece.skku.ac.kr, mychung@ece.skku.ac.kr

Adaptive HMAC Algorithm Considering Traffic Variation in the WLAN Mesh Network

Kil-Jae Kim*, Bum-Gon Choi*, Min Young Chung*
*School of Information and Communication Engineering
Sungkyunkwan University

요 약

유선 네트워크와는 달리 WLAN 메쉬 네트워크는 비용면이나, 이동성면에서 장점을 많이 가지고 있다. 이에 대한 표준화가 진행 중에 있지만 많은 문제점과 기술적으로 해결해야 할 부분들이 남아있다. 특히 무선 전송기술인 DCF는 WLAN 메쉬 네트워크에 직접적으로 적용시키기에는 많은 문제점을 가지고 있다. DCF를 사용할 경우에는 무선자원을 공유하는 노드의 수가 증가하고 보내려는 패킷이 증가할수록 프레임간 충돌횟수가 급격히 증가해 무선자원의 사용 효율이 현저히 떨어지기 때문이다. 반면 PCF는 노드에게 일정시간 채널을 점유할 권리를 부여함으로써 프레임간 충돌을 없애 무선자원의 사용 효율을 향상시킬 수 있다. 하지만 트래픽이 적은 경우에는 불필요한 조사 프레임 전송, 조사목록 갱신 등으로 무선자원을 낭비하는 단점이 있다. 따라서 이 두 기술의 장점을 이용하여 WLAN 메쉬 네트워크에 적용시킨다면 데이터 전송의 효율을 증대시킬 수 있다. WLAN 메쉬 네트워크의 기본 통신범위 내에는 많은 노드들이 있으며 이를 계층적으로 나눌 경우 계층에 따라 트래픽의 양에 많은 차이를 보인다. 따라서 본 논문에서는 WLAN 메쉬 네트워크에서 DCF와 PCF를 트래픽에 따라 유연하게 사용함으로써 전송 효율을 증대시키는 적응형 HMAC 알고리즘을 제안한다. 시뮬레이션 결과 WLAN 메쉬 네트워크가 DCF에 전적으로 의존하는 경우에 비하여 적응형 HMAC 알고리즘이 적용된 WLAN 메쉬 네트워크는 트래픽이 증가할수록 수율, 지연 등에서 더 좋은 성능을 나타내었다.

1. 서론

최근에는 무선 통신기술을 이용한 메쉬 형태의 시스템 구축이 많은 인기를 끌고 있다. 이는 과거와는 달리 인터넷 이용의 증가로 유선으로 연결되기 어려운 지역, 즉 더 큰 규모의 네트워크를 구성해야 할 필요성이 증대되었기 때문이다. IEEE 802.11s TG (Task Group)은 이를 위한 WLAN 메쉬 네트워크 프로토콜을 표준화 하고 있다. 이러한 WLAN 메쉬 네트워크는 AP (Access Point)를 유선으로 연결하는 것에 비하여 적은 비용으로 확장이 가능하고, 네트워크 구축의 복잡도가 높지 않다는 이점을 가지고 있다[1]. 반면 네트워크상의 주파수 간섭문제, BSS (Basic Service Set)의 경계의 모호성, 보안상의 문제점은 해결되어야 할 과제로 남아있다[2].

WLAN 메쉬 네트워크는 멀티 홉 데이터 전달이 가능한 장비인 MP (Mesh Point), 다른 네트워크와의 연결을 가능하게 게이트웨이 역할을 하는 MPP (Mesh Portal), 사용자

격인 MS (Mobile station)와 MP간의 연결 다리 역할을 해주는 MAP (Mesh Access Point)로 구성되어 있다[3]. 그림 1은 MP, MPP, MAP, MS로 구성된 WLAN 메쉬 네트워크의 한 예이다. WLAN 메쉬 네트워크에서 MAP는 MS와 주로 통신을 하고 수신한 패킷은 대부분 부모노드 격인 MP를 거쳐 MPP로 올라가기 때문에 MPP 주변에서는 통신하는 패킷의 범위가 모든 MS로 확대되어 트래픽 양이 급격히 증가하게 된다.

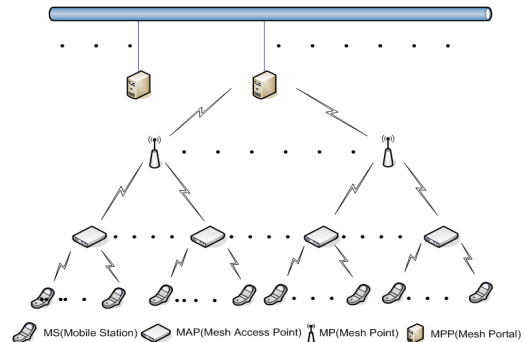


그림 1 WLAN 메쉬 네트워크의 구성

※ 본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음 (IITA-2008-C1090-0803-0002)

IEEE 802.11에서는 CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance)를 기본으로하는 DCF (Distributed Coordination Function) 방식을 이용하여 패킷 전송을 시도한다. DCF는 각 노드끼리 통신을 할 때 충돌을 회피할 수 있는 가장 기본적인 방법이지만 몇몇 문제점을 가지고 있다.

첫째, Hidden Terminal, Exposed Terminal의 문제가 존재한다. 이를 보완한 방법으로는 RTS/CTS 방식이 있지만 해결해야할 문제가 아직 많이 남아있다. 둘째로는 다양한 형태의 데이터 전송을 반영하지 못한다. 즉, 패킷의 QoS를 보장하지 못하기 때문에 이를 보완하기 위하여 PCF 기술을 사용한다. 셋째로는 RTS/CTS 방식을 이용할 경우 낭비되는 시간, 즉 Dummy Frame이 많다는 점이다. 넷째, DCF 기술은 자원을 공유하는 노드의 수가 증가하거나, 트래픽이 증가할 경우, 데이터간의 충돌이 잦아지게 되어 급격하게 성능이 저하되는 단점이 있다.

WLAN mesh 네트워크에서 DCF를 사용할 경우 위와 같은 단점으로 인해 성능 저하가 더 심해진다. 이러한 문제를 해결하기 위해 [4]에서는 DCF와 PCF를 함께 병행하여 DCF의 단점을 보완하는 HMAc (Hybrid Medium Access Control) Scheme을 제안하였다. HMAc Scheme에서는 WLAN mesh 네트워크의 노드를 계층별로 분류하고 트래픽이 많은 상위계층에서는 PCF를 사용하여 상위 계층의 병목현상을 해결하도록 제안하였다. 하지만 상위 계층에서도 트래픽이 적은 경우에는 PCF의 사용으로 인해 패킷 지연이 커지는 단점이 있다. 본 논문에서는 전송되는 트래픽이 상대적으로 많은 상위 계층에서 DCF와 PCF 방식을 트래픽 양에 따라 유연하게 사용함으로써 WLAN mesh 네트워크의 채널사용 효율을 증대시키는 방향을 제안하고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 DCF, PCF, HMAc Scheme의 특징과 장, 단점에 대하여 알아본다. 3장에서는 DCF방식과 PCF방식을 WLAN mesh 네트워크에 어떠한 방식으로 적용해야 효과적으로 자원을 사용할 수 있는지를 제안한다. 4장에서는 시뮬레이션을 통해 이를 검증 하고, 5장에서는 결론을 맺는다.

2. 관련연구

가) DCF 알고리즘

DCF 알고리즘은 IEEE 802.11 MAC protocol에서 사용하는 방식으로 CSMA/CA 기반으로 동작한다. DCF의 RTS/CTS 방식에서 전송할 패킷이 있는 노드는 채널을 감지하고 있다가 전송매체(Medium)가 사용 중이지 않는 경우 DIFS 시간동안 기다린다. 만일 DIFS시간 뒤에도 채널이 사용중이지 않는다면 RTS 프레임의 전송하고 CTS(=ACK)를 기다리게 된다. 만일 채널이 사용 중 이라면 노드는 자신의 BS (Backoff Stage)를 참고하여 랜덤

백오프 시간을 설정한다. 전송이 실패할 때마다 해당 노드의 BS는 증가되고 이에 따라 백오프 시간의 범위도 지수적으로 늘어나게 되어 다른 노드와의 충돌 확률이 줄어들게 된다. 계속된 전송 실패로 BS가 최대값에 도달하게 되면 해당 노드는 프레임을 폐기하고, 다시 처음부터 매체 접근을 시도하게 된다[5]. DCF는 노드의 수가 적을 때는 효과적으로 충돌을 회피하여 데이터를 전송할 수 있다. 그러나 노드의 수가 증가될 경우 프레임 간의 충돌이 잦아지게 되고, 백오프 시간이 지수적(Exponentially)으로 증가하여, 성능이 급격하게 떨어지게 된다는 단점이 있다[6].

나) PCF 알고리즘

PCF 알고리즘의 가장 큰 특징은 조사(Polling) 방식을 이용하여 한 노드가 매체를 점유 할 수 있는 권한을 갖는다는 점이다. PCF 전송방식을 이용하기 위해서는 슈퍼프레임(Superframe)을 정의 해 주어야 한다. 슈퍼프레임은 PCF를 이용하는 비경쟁 구간(CFP, contention free period)과 DCF를 이용하는 경쟁구간(CP, contention period)으로 나누어진다[7].

AP안에 있는 포인트 조정자(PC, Point Coordinator)는 비콘(Beacon) 프레임을 BSS안의 노드들에게 전송함으로써 비경쟁 구간의 시작을 알리고, CFPMaxDuration이 끝나면 자동으로 경쟁 구간으로 넘어가게 된다. 경쟁 구간이 끝나면 슈퍼프레임의 한 주기가 끝나게 되고, AP는 또 다른 슈퍼프레임의 시작을 알리는 비콘 프레임을 전송하게 된다[6]. PCF 전송 방식은 데이터의 실시간 전송을 보장한다는 점에서 장점이 있지만, 보낼 데이터가 없는 경우 조사 프레임 전송으로 인해 채널이 낭비되고, 조사 목록(Polling List) 갱신에 대한 AP의 부담이 크다는 단점이 있다.

다) HMAc (Hybrid Medium Access Control)

HMAc의 가장 큰 장점은 트래픽이 많은 곳에서 PCF를 이용해 실시간 전송을 보장한다는 점이다. 즉, 상위 계층은 하위 계층보다 데이터 전송량이 많기 때문에 PCF방식을 이용해 전송한다. 슈퍼프레임 구간 내에 비경쟁 구간은 상위계층이 점유하여 전송하고 경쟁 구간은 상위 계층을 제외한 모든 노드들이 이용을 하게 된다. 때문에 트래픽이 많은 경우에는 효율적인 자원 사용이 가능하지만 트래픽이 적은 경우에는 DCF에 비해 지연이 커진다는 단점이 있다.

3. 제안하는 알고리즘 (적응형 HMAc)

WLAN mesh 네트워크는 노드를 계층으로 나뉘었을 때 상위 계층으로 진행할수록 전송되는 데이터가 증가하는 특징을 가지고 있다. 이 때문에 WLAN mesh 네트워크의 상위 계층에서는 병목현상이 발생하고 그로인한 지연이 커지게 된다. 802.11에서 이용하는 DCF방식은 이러한 문제

접을 해결하기에 한계점이 많다. 즉 사용자와 MAP사이의 데이터 전송은 DCF로 교류하기에도 부족함이 없을지 몰라도, 데이터의 전송량이 많은 상위계층, MPP와 MP간의 교류에는 DCF보다는 PCF방식이 더 적합하다. 하지만 PCF만을 사용한다면 새벽 시간 같이 데이터의 교류가 거의 없는 시간대에도 조사 프레임 등을 전송하기 때문에 지연이 증가하는 단점이 있다. 따라서 상위계층에서의 프로토콜은 DCF방식과 PCF방식을 주어진 상황에 맞게 유연하게 사용한다면 더욱 효율적인 전송이 가능하다.

적용형 HMAC에서는 기본적으로 모든 노드가 DCF로서 패킷 교환을 수행한다. 즉, 네트워크 안의 모든 노드는 경쟁모드를 기반으로 RTS/CTS프레임을 전송하면서 채널을 할당받고 패킷을 전송한다. 그러나 전송량이 점점 증가해 DCF의 성능이 떨어지고 패킷의 효율적인 전달이 힘든 경우에는 PCF를 이용하여 패킷을 전달한다. DCF에서 PCF로의 전환은 MPP와 MP에서 교환되고 있는 트래픽을 바탕으로 판단한다.

트래픽이 상대적으로 많은 MPP와 MP는 패킷을 교환하는 도중 충돌이 발생하면 자신의 버퍼를 확인 한다. 만일 자신의 버퍼에 대기 중인 데이터가 존재한다면 해당 노드는 트래픽이 증가하고 있다고 판단하여 비콘 프레임을 전송하고 PCF구간의 사용을 요청한다. 하지만 버퍼에 대기 중인 데이터가 없는 경우 트래픽이 적은 시간으로 판단하고 계속해서 DCF를 이용해 데이터를 전송한다. 즉 자신의 BS참고해 백오프 타이밍을 발생시키고 패킷 전송을 시도한다. 그림 2는 적용형 HMAC 동작의 순서도이다.

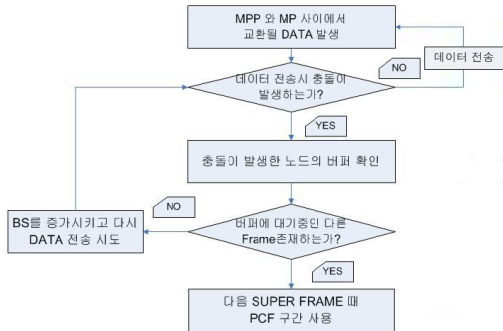


그림 2 적용형 HMAC PCF전환 알고리즘

PCF구간의 사용은 PCF구간을 요청하는 노드(MPP, MP)에서 비콘 프레임을 전송 하고 네트워크상의 모든 노드들에게 이를 알리면서 시작된다. 비콘 프레임을 받은 모든 노드는 패킷전달을 PCF구간동안 잠시 보유하고 PCF구간이 끝난 후 DCF구간을 이용해 패킷전송을 시도한다. PCF 구간에서는 약속된 노드인 MP와 MPP만 전송이 허용된다. 왜냐하면 MP와 MPP에서 처리해야 할 패킷이 다른 노드에 비하여 많기 때문이다. 약속된 DCF구간이 끝나면 하나의 슈퍼프레임이 끝나게 되고 다시 PCF구간이

시작된다. 이렇게 PCF구간을 이용하다가 트래픽이 줄어들어 MPP에서 MP로 폴링(Polling)했을 때 ACK가 없다면 MPP는 PCF사용의 종료료를 알리는 비콘 프레임을 전송해 모든 노드에게 알리고 DCF를 이용해 패킷 전송을 시도한다. 그림 3은 위 알고리즘에 대한 셋업 과정을 나타낸다.

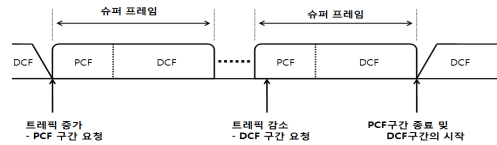


그림 3 적용형 HMAC 알고리즘의 셋업 과정

4. 성능평가

가) 시뮬레이션 환경

적용형 HMAC의 성능평가를 위한 토폴로지는 그림 3과 같이 구성하였다. 토폴로지의 MPP와 연결된 3개의 MP는 제일 상위 계층으로 트래픽 양이 가장 많은 노드이다. 따라서 DCF와 PCF의 전환은 이 부분에서 이루어진다. 시뮬레이션을 위한 시스템 파라미터는 표 1과 같다.

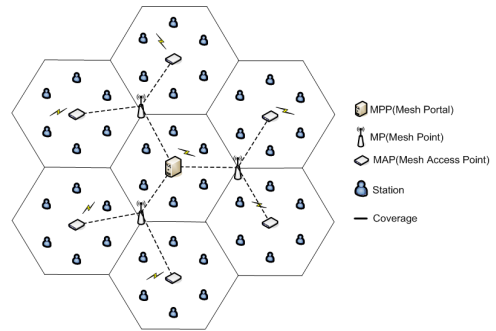


그림 4 시뮬레이션 토폴로지의 구성

표 1 MAC Parameter

Parameter	값	Parameter	값
RTS	160 bits	Channel bit rate	11 Mbps
CTS	112 bits	CFP repetition interval	25 msec
ACK	112 bits	SIFS	10 µsec
Beacon	456 bits	PIFS	30 µsec
CF_Poll	272 bits	DIFS	50 µsec
CF_End	160 bits	Slot Time	20 µsec
MAC header	272 bits	Propagation delay	1 µsec
Payload	8184 bits	CW _{min}	31 slots
PHY header	192 µsec	CW _{max}	1023 slots

나) 시뮬레이션 결과

그림 4는 데이터 전송 시에 발생하는 지연을 비교한 그래프이다. 지연은 말단 사용자 단말에서 패킷 전송을 시작하였을 때부터 MPP까지 전송되는 시간의 평균값이다. 제안된 방식인 적응형 HMAc과 DCF방식은 트래픽이 적을 때는 비슷한 성능을 보이다가 트래픽이 증가하면 적응형 HMAc 방식에서 지연이 개선되는 것을 확인 할 수 있다. HMAc 방식은 초반 트래픽이 적을 때 PCF방식의 사용으로 지연이 조금 많지만 트래픽이 증가함에 따라 성능이 개선되는 것을 확인 할 수 있다. 즉 제안되는 적응형 HMAc 방식은 트래픽의 양에 따라 유연하게 성능이 개선되는 것을 확인 할 수 있다.

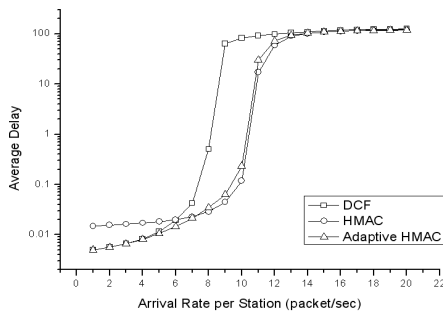


그림 5 패킷 도착율에 따른 평균지연

패킷 도착율에 따른 수율에 관한 그래프는 그림 5에 나타나있다. 수율은 MPP이 단위시간동안 수신한 데이터가 자원을 점유한 시간이다. 패킷 도착율이 낮을 경우에 세가지 알고리즘의 수율은 모두 비슷하게 증가하지만 DCF방식은 패킷 도착율이 증가함에 따라 수율이 떨어지는 것을 확인할 수 있다. 반면 적응형 HMAc 방식과 HMAc 방식은 패킷 도착율이 많을 때에도 수율 저하량이 DCF에 비하여 많이 개선되는 것을 확인할 수 있다.

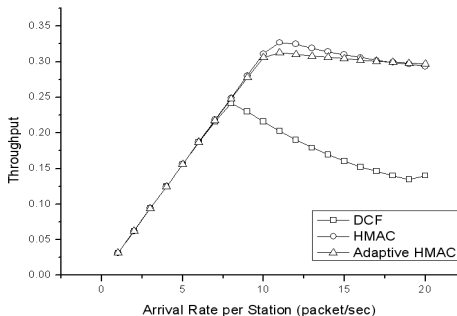


그림 6 패킷 도착율에 따른 수율

5. 결론

본 논문에서는 무선 메쉬 네트워크에서 트래픽 양에 따라 계층을 나누고 PCF와 DCF를 유연하게 사용함으로써 데이터 전송 성능을 향상시킬 수 있는 알고리즘을 제안하였다. 시뮬레이션 결과 WLAN 메쉬 네트워크에서 DCF만 사용하는 경우에 비하여 적응형 HMAc은 트래픽이 많은 경우에도 전송 효율이 좋아지는 것을 확인 할 수 있었다. 또한 트래픽이 낮은 경우에도 HMAc과는 달리 지연이 크지 않아 더 좋은 성능을 내는 것을 확인 할 수 있었다. 이처럼 적응형 HMAc방식은 DCF의 장점과 HMAc방식의 장점을 모두 이용해 WLAN 메쉬 네트워크 상에서 패킷을 교환하므로 전송속도의 개선을 가져왔다. 향후에는 패킷의 QoS를 고려하여 제안 알고리즘의 성능평가를 수행할 계획이다.

참고문헌

- [1] S. M. Faccin, N. T. Platforms, C. Wijting, and J. Knecht, "Mesh WLAN Networks: Concept and System Design," IEEE Wireless Communication, Vol. 13, Issue 2, pp. 10-17, Apr. 2006.
- [2] Y. S. Chung, Y. J. Kim, and J. D. Huh, "Trend of IEEE 802.11e Wireless MAC Technology and Standardization," 전자통신동향분석 Vol. 22, No. 4, pp. 156-168, Aug. 2007.
- [3] H. Aoki, S. Takeda, K. Yagyu, and A. Yamada, "IEEE 802.11s Wireless LAN Mesh Network Technology," NTT DoCoMo Technical Journal, Vol. 8, No. 2, pp. 13-21, 2006.
- [4] B.-G. Choi, W. J. Jung, M. Y. Jung, and B. J. Ahn, "Hybrid Medium Access Control Scheme to Enhance the Performance of IEEE 802.11s Wireless Mesh Networks," ICCSA 2008, Part I, LNCS 5072, pp. 917-927, July 2008.
- [5] A. L. Toledo, T. Vercauteren, and X. Wang, "Adaptive Optimization of IEEE 802.11 DCF Based on Bayesian Estimation of the Number of Competing Terminals," IEEE Transactions on Mobile Computing, Vol. 5, No. 9, Sept. 2006.
- [6] X. J. Dong, M. Ergen, P. Varaiya, and A. Puri, "Improving the Aggregate Throughput of Access Points in IEEE 802.11 Wireless LANs," in proc. of the 28th Annual IEEE International Conference on Local Computer Network (LCN'03), 2003.
- [7] "Information Technology - Telecommunications and Information Exchange between Systems - Local and Metropolitan Area Networks - Specific Requirements - Part 11: Wireless Lan Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications," ANSI/IEEE Std. 802.11, 1999.