

이동형 AdHoc 망을 위한 전송률 적응성 고속전송 알고리즘

Rate-adaptive Transmission Burst Algorithm for Mobile AdHoc Networks

박상현 김준석 권영구
(건국대학교, 박사수료) (건국대학교, 석사과정) (건국대학교, 조교수)

Key Words : Wireless LAN, Mobile, Rate-adaptive

목 차

- I. 서론
- II. 전송률 적응성 알고리즘들
 - 1. ARF
 - 2. OAR
- III. 기회적 전송률 적응성 고속전송 알고리즘과 시뮬레이션 분석
 - 1. 제안한 알고리즘의 동작 메커니즘
 - 2. 시뮬레이션 분석
- IV. 결론

I. 서론

IEEE 802.11 [1] 규격의 무선 네트워크는 매우 보편화되어 있고, 여러 분야에서 다양하게 활용되고 있으며, 특히 이동성이 있는 분야나 유선으로 해결할 수 없는 환경에서 다양하고 많은 연구가 이루어지고 적용되고 있다. 텔레매틱스 분야에서도 교통 관련 정보량이 많아지면서 고속의 무선 네트워크 구현이 필수적이다. 무선 네트워크는 변조방식을 바뀌춤으로 전송속도를 선택할 수 있는데, 전송속도가 높을 수록 더 복잡한 변조방식을 사용해야 한다. 그런데 수시로 변하는 주변 상황이나, 무선 네트워크 노드들 간의 거리나 위치, 주변 다른 노드들에 의해 발생하는 간섭의 영향 등으로 인해 채널 상태가 수시로 변하기 때문에 효과적인 고속 전송이 이루어지지 못하고 패킷 손실, 충돌, 비효율적인 전송 알고리즘으로 인한 오버헤드 등, 무선 네트워크의 전체적인 전송 효율이 떨어지게 된다. 따라서 네트워크의 상황과 각 노드의 채널 상태에 맞게 적절하고 신속한 대응을 할 수 있는 무선 네트워크 전송 알고리즘이 필요하다.

채널 상태에 따라 전송률을 적절하게 선택하는 전송률 적응성 (Rate-adaptive) 알고리즘에는 ARF[2], AARF, MAD-WiFi, SampleRate 등이 있는데, 이들은 패킷 전송의 성공과 실패의 통계를 누적해 가며 그에 근거하여 현재의 채널 상태를 파악하고 전송률을 증감 적용한다. 또한 RBAR과 같은 알고리즘은 RTS/CTS를 교환하며 SNR에 따라서 노드 상호간의 적정 전송률을 파악하여 적용하는데, 이들 알고리즘들의 문제는 충돌에 의한 전송실패도 채널상태가 나빠진 것으로 오인하여 전송속도를 낮추고, IEEE 802.11 표준의 Distributed Coordination Function(DCF)를 기반으로 하므로 기본적으로 모든 노드들이 공평(Fairness)한 전송 기회를 갖게 하므로 같은 채널 내의 서로 다른 전송률을 가진 노드가 많아질 수록 전체 네트워크의 성능을 저하시킨다. [3]

한편, IEEE 802.11e이 제시한 TXOP Bursting 방식을 Rate-adaptive하게 적용한 OAR[4], OSAR 등의 알고리즘이 있는데, 이들은 현재 선택된 전송률에 따라 패킷을 연속적으로 전송하는 개수를 결정한다. 즉 전송률이 높을 수록 더 많은 패킷을 연속적으로 전송하게 된다. 하지만 이들과 같은 Fragment-burst 방식들은 해당 노드가 채널을 점유한 채 연속적으로 전송하는 동안 QoS에 의해 우선순위가 더 높은 다른 노드의 전송을 하지 못하게 막는 문제가 있다. [5]

본 논문에서는 채널을 획득한 노드가 다음 경쟁에도 채널을 획득할 확률을 매우 높게 설정하는 FCR (Fast Collision Resolution) [6] 알고리즘을 변형하여 기회적 전송률 적응성 (Opportunistic Rate-adaptive) 알고리즘을 더한 새로운 MAC 프로토콜을 제안하였다. 2장에서는 관련 연구와 장단점을 살펴보고 3장에서는 제안한 알고리즘을 제시하고 시뮬레이션 분석을 하고 4장에서 결론과 향후 연구과제를 서술한다.

II. 전송률 적응성 알고리즘들

전송률 적응성 알고리즘 중 패킷 전송 실적에 따른 전송률 선택 알고리즘인 ARF와, 전송률에 따라 패킷 연속 전송량을 선택하는 OAR 알고리즘에 대해 살펴보고 장단점을 살펴본다.

1. ARF

Auto Rate Fallback (ARF)[2]는 Lucent사의 WaveLan-II 제품에서 상용화된 알고리즘으로, 채널의 상태에 따라 자동으로 적절한 전송률을 선택하는 알고리즘이다. 단말기는 가장 높은 전송률부터 전송을 시도하게 되는데 두 번 연속으로 전송을 실패하면 한 단계 낮은 전송률로 전송을 시도하고 새로운 타이머를 예약한다. 타이머가 종료될 때까지 10번 이상의

전송을 성공하였다면 이후엔 한 단계 높은 전송률로 전송을 시도하며 이 때 전송을 실패하면 바로 원래의 전송률로 내려가게 된다. ARF는 무선 네트워크 디바이스에 적용하기가 쉬우며 부가적인 장치가 필요 없기 때문에 널리 사용되고 있다.

하지만 채널 상태가 개선되지 않는 경우에도 10번의 전송 성공 이후에 매번 상위 전송률의 전송을 시도하고 전송 실패를 경험하게 되어 오버헤드가 된다. 또한 ARF는 패킷 손실이 발생했을 때 채널 상태 문제가 아니라 충돌(collision) 때문에 일어난 것이어도 그 점을 구분하지 못하고 무조건 전송률을 낮추는 선택을 하게 되므로 단말기가 많아질 경우 성능이 떨어지게 된다[3].

2. OAR

OAR[4]의 가장 핵심 아이디어는 채널 상태가 좋은 노드가 그렇지 않은 노드보다 더 많은 패킷을 연속적으로 전송한다는 것이다. OAR에서는 패킷을 연속적으로 전송(Packet Bursting)하기 위해서 Fragmentation 방식을 이용하였다. 높은 전송률을 가지고 있는 노드는 CurrentRate / BaseRate 개수의 Fragment들을 연이어 보낸다. 예를 들어서 IEEE 802.11a(6 ~ 54Mbps)에서 54Mbps rate로 전송 가능한 노드는 $[54 / 6 = 9]$ 개의 Fragment들을 연속으로 보내게 된다.

연속적으로 전송할 시 다른 노드들의 NAV 값을 설정하기 위해서 마지막을 제외한 Fragment들의 MAC 헤더의 more_fragments_indicator을 1로 세팅한다. 또한 Fragment들은 수신 노드에서 Fragment들을 재조합하기 위해서 순차적으로 fragment number를 부여받는다. 마지막 Fragment 이후의 ACK은 duration을 0으로 세팅해서 연속적인 전송 이후에 다른 노드들이 올바른 Backoff를 수행하도록 한다.

하지만, 이와 같은 Fragment-burst 방식은 해당 노드가 채널을 점유한 채 연속적으로 전송하는 동안 다른 노드들의 NAV 값을 설정하게 해서 우선순위가 더 높은 다른 노드의 전송을 하지 못하게 막는 QoS 상의 문제가 있다.[5]

III. 기회적 전송률 적응성 고속전송 알고리즘과 시뮬레이션 분석

먼저 이번 논문에서 적용하게 된 FCR 알고리즘과 수정한 전송률 적응성 FCR 알고리즘을 설명하고, 시뮬레이션을 분석한다.

1. 제안한 알고리즘의 동작 메커니즘

FCR [6]은 한번 채널을 획득한 노드가 그렇지 못한 노드들 보다 연속적으로 채널을 점유할 확률을 높여 IEEE 802.11 표준의 Distributed Coordination Function (DCF)가 가지고 있는 충돌(Collision) 문제를 효과적으로 해결하는 알고리즘이다. IEEE 802.11 DCF를 다음과 같이 간단하게 수정하여 한번 채널을 획득한 노드가 다음에도 전송할 수 있는 확률을 매우 높게 한다.

- 1) 훨씬 작은 minCW = 3 값을 가진다

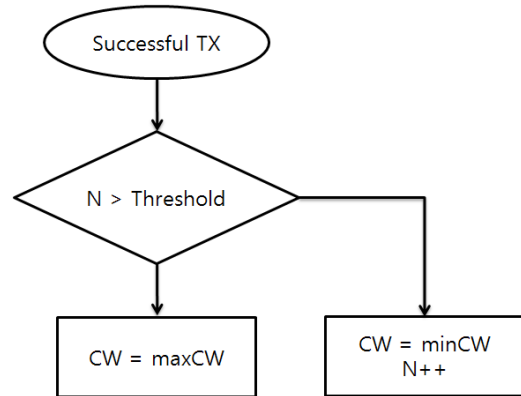
- 2) 훨씬 큰 maxCW = 2047 값을 가진다

- 3) Defer와 Collision 노드는 모두 CW를 두배 증가한다

- 4) Backoff Timer는 Backoff 구간 동안 aSlotTime 마다 지수적으로 감소한다

- 5) Fairness 성능을 유지하기 위해서 채널을 점유한 노드가 연속적으로 보낼 수 있는 한계 값을 정한다

FCR 상에서는 defer나 collision 상태의 노드들은 모두 CW 값을 지수적으로 증가시키기 때문에 채널을 획득한 노드



<그림 1> 연속 전송의 한계값 초과

는 CW 값을 매우 적은 값으로 가지고 그렇지 못한 노드들은 CW 값을 상대적으로 매우 큰 값을 가지게 된다. 따라서 한번 채널을 획득한 노드는 지속적으로 채널을 획득할 확률이 매우 높게 된다. 하지만 <그림 1>과 같이 Fairness을 유지하기 위해서 지속적으로 보낸 데이터 수(N)가 한계값(Threshold)을 넘게 되면 CW 값을 최대 값으로 변경하고 다른 노드들과 경쟁하게 된다. 이때 모든 노드들의 CW가 2047(=maxCW)이기 때문에 큰 idle slot로 인한 delay가 초래된다. 따라서 FCR에서는 최초 7개의 slot 동안은 BT를 선형적으로 감소 시키고 연속된 IdleSlot이 7개가 넘어서면 BT를 지수적으로(Exponential) 감소시킨다. 예를 들어서 CW를 최대값인 2047로 선택한 노드는 최초 7개의 idle slot이 지난 2040부터 지수적으로 감소하기 때문에 18 SlotTime이 지나면 BT가 0이 된다.

수정한 FCR에서는 연속 전송 한계값(Threshold)를 고정하지 않고, 현재 전송률의 한 패킷당 전송시간과 기본 전송률의 한 패킷당 전송시간의 비율을 통해 계산한다(식 1, 2). 이에 상수 K를 통하여 네트워크 상황에 따라서 연속적으로 전송할 수 있는 횟수를 조절할 수 있다. (UDP의 경우 K=12)

$$T_S^{Rate} = T_{DIFS} + T_{idle} + T_{DATA}^{Rate} + T_{SIFS} + T_{ACK}^{BaseRate} \quad (1)$$

$$Threshold_{Rate} = \frac{T_S^{BaseRate}}{T_S^{Rate}} \times K \quad (2)$$

2. 시뮬레이션 분석

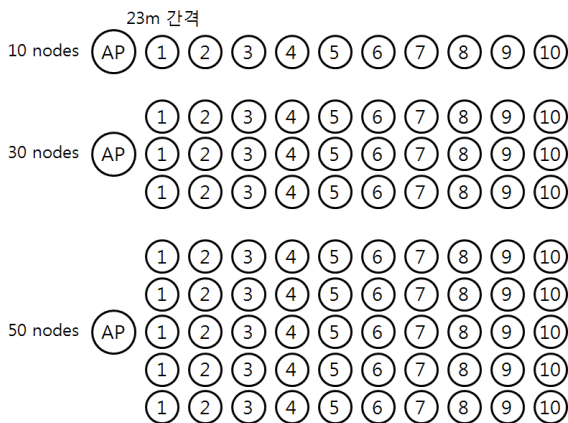
시뮬레이션을 위한 시스템은 Linux ubuntu 8.10에 네트워크 분석에 많이 쓰이는 ns-2를 이용하였다. 평가항목은 평균전송률, 충돌발생수, 시간공정성이다.

1) 시나리오

수신용 AP를 놓고 10개의 전송노드를 23m 간격으로 나열하고 각각의 노드에서 UDP로 패킷을 전송하여 AP노드가 수신하는 토폴로지를 <그림 2>와 같이 구성하였고, 노드의 수를 10개, 30개, 50개로 구성하여 각각 실험하였다. MAC 프로토콜은 DCF의 ARF 방식과 제안한 알고리즘을 각각 사용하였고, 시뮬레이션 parameter 값은 <표 1>과 같이 설정하였다.

Parameter	값
T _{slotTime}	9us
T _{SIFS}	16us
T _{DIFS}	34us
T _{PLCP_PREAMBLE}	16us
T _{PLCP_SIGNAL}	4us
minCW	3
maxCW	2047
Packet size	1500Bytes
mode	802.11g
수행시간	120s

<표 1> 시뮬레이션 Parameter



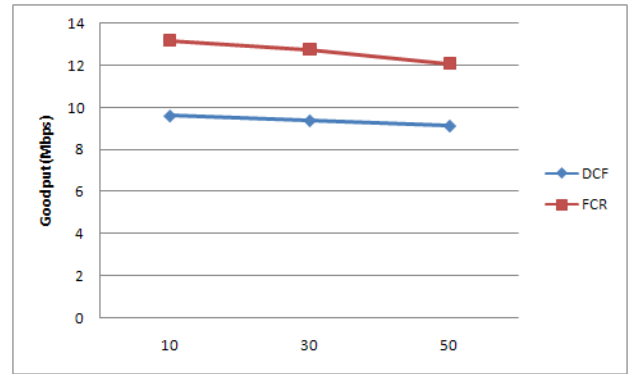
<그림 2> 시뮬레이션 토폴로지

2) 시뮬레이션 결과

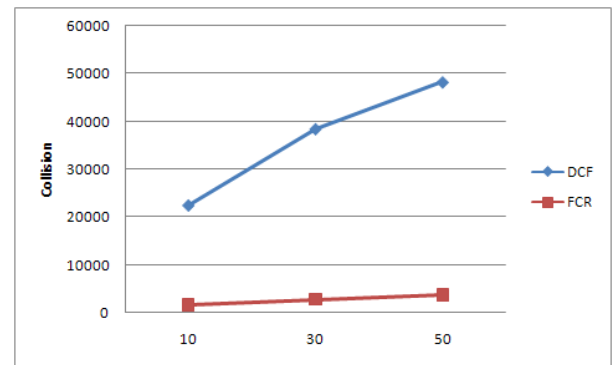
평균 전송률은 <그림 3>과 같다. 노드가 늘어날 수록 전체적인 전송률은 하락하지만, 제안한 알고리즘을 적용했을 때 전송률이 우수함을 볼 수 있다. 채널 조건이 좋은 노드에게 더 연속적으로 패킷을 전송할 기회를 주기 때문에 전체 네트워크의 평균전송률이 향상되는 효과를 얻게 되는 것이다.

충돌 발생수는 <그림 4>와 같다. DCF 알고리즘은 노드가 늘어날 수록 충돌이 급격히 증가하지만, 제안한 알고리즘은 채널을 획득한 노드의 CW 값을 극소화해서 다른 노드들과의 충돌 가능성을 대폭 낮추었으므로 실제 충돌 발생수도 크게 감소함을 볼 수 있다.

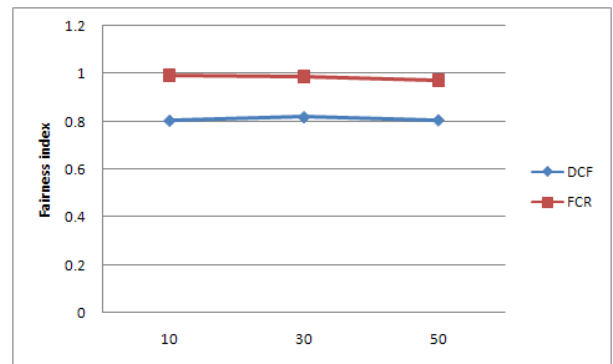
시간 공정성은 <그림 5>와 같다. 제안한 알고리즘은 채널 조건이 좋은 노드가 일단 채널을 획득하면 연속전송 한계값까지 계속 전송하게 되어 전송량 기준으로 볼 때의 공정성은 낮게 된다. 그러나 전송률 적응성 한계값을 이용할 때는 높은 전송률로 보내지는 패킷 1개가 전송되는 데 소요되는 시간길이는 그만큼 더 짧기 때문에 실제로 전송률이 높은 노드와



<그림 3> 노드 개수별 평균전송률



<그림 4> 노드 개수별 충돌 발생수



<그림 5> 노드 개수별 시간 공정성

전송률이 낮은 노드가 채널을 점유하는 시간길이는 거의 같아서, 시간 기준 공정성은 1에 가까운 값이 나타남을 볼 수 있다.

IV. 결론

본 논문에서는 전체 네트워크의 평균전송률을 높이고 충돌 회수는 감소시키며 각 노드의 채널 조건에 맞는 적절한 공정성을 제공하는 무선네트워크를 구성할 수 있는 전송률 적응성 고속전송 알고리즘을 제안하였다. 제안한 알고리즘에서는 전송률에 따라 연속전송 한계값을 다르게 정하는 방법을 통해 전체 네트워크의 향상을 보이고 있다.

전송률이 높은 노드일수록 더 많은 데이터를 연속적으로 보낼 수 있으면서도 OAR과 같이 하나의 노드가 채널을 완전히

점유한 것은 아니기 때문에 긴급 message이나 Real-time data들을 신속하게 처리할 수 있다. 또한 하나의 노드가 채널을 점유한 후에는 여러 목적지에 대해서 데이터를 연속적으로 보낼 수가 있다. 이러한 점은 여러 노드에게 데이터를 전송해야 하는 Ad-hoc Network 또는 Access Pointer (AP)가 여러 노드들에게 데이터를 전송해야 하는 Wireless Personal Area Networks (WPANs)에서 유리하다.

Acknowledgment

이 논문은 2008년도 정부(과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. R01-2008-000-20109-0). 이 논문은 서울시 산학연 협력사업 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 11064). 본 연구보고서는 정보통신부의 출연금 등으로 수행한 'IT SoC 핵심설계인력양성'사업의 연구결과입니다.

참고문헌

- [1] IEEE 802.11, Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) Specifications, Standard, IEEE, Aug. 1999.
- [2] A. Kamerman and L. Monteban. "WaveLAN-II: A high-performance wireless lan for the unlicensed band," AT&T Bell Laboratories Technical Journal, pp 118-133, 1997.
- [3] G. Holland, N. Vaidya, and P. Bahl. "A rate-adaptive MAC protocol for multi-hop wireless networks," In Proc. ACM/IEEE Mobicom, July 2001.
- [4] B. Sadeghi, V. Kanodia, A. Sabharwal, and E. Knightly, "Opportunistic Media Access for Multirate Ad Hoc Networks," Proc. of ACM MOBICOM 2002, Atlanta, GA, September, 2002.
- [5] Ming Li, Yang Xiao, Hua Zhu, Imrich Chlamtac, B. Prabhakaran. "QOAR: Adaptive QoS Scheme in Multi-Rate Wireless LANs," in the ICC 2008 proceedings, May 2008.
- [6] Y. Kwon, Y. Fang, and H. Latchman. "Design of MAC Protocols With Fast Collision Resolution for Wireless Local Area Networks," IEEE TRANSACTIONS ON COMMUNICATIONS, pp 793-807, MAY. 2004.