

IEEE 802.11e 기반 멀티 홉 네트워크에서의 Flow Fairness 향상을 위한 MAC 프로토콜*

김재범[○], 고영배

아주대학교 일반대학원 컴퓨터공학과

kimjaebum@ajou.ac.kr, youngko@ajou.ac.kr

MAC Protocol for enhancing Flow Fairness in IEEE 802.11e based Multi-hop Networks

Jae-Bum Kim[○], Young-Bae Ko

Dept. of Computer Engineering, Graduate School in Ajou University

1. 서론

무선 멀티 홉 네트워크는 노드간 연결을 통해 데이터 전송이 가능한 네트워크 기법이다. 멀티 홉 네트워크에서 각 노드는 멀티 홉 전송을 위해 국지적 트래픽과 릴레이 트래픽을 처리한다. 멀티 홉 네트워크의 특징 중 하나는 국지적 트래픽과 릴레이 트래픽간의 Flow Fairness의 성능저하가 나타난다는 점이다. 이 문제는 각 노드간의 전송량에 불균형이 생기는 것으로, 각 노드에서 처리하는 패킷 가운데 릴레이 노드를 거친 횟수가 높은 패킷이 상대적으로 더 손실되는 것을 말한다. [그림1]에서 S2노드는 Hidden, Exposed terminal problem과 Carrier Sensing Range의 영향을 다른 노드보다 더 받기 때문에 가장 전송속도가 낮아지게 된다[1]. 만약 S2 노드에서 자신이 생성하는 트래픽이 릴레이 트래픽을 수신하는 속도보다 빨라지면 해당 노드의 큐는 자신이 생성한 패킷으로 채워진다. 이처럼 특정 트래픽이 큐를 점유하는 현상은 Flow간 전송량에 차이를 발생시켜 Flow Fairness저하를 유발 시키는 원인이 된다.

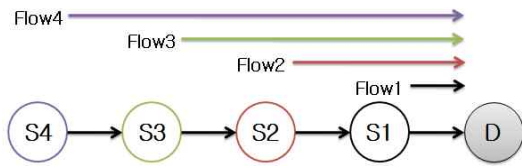
본 논문은 무선 멀티 홉 네트워크에서의 Flow Fairness를 향상시키기 위해 EDCA의 기능을 확장한 FF-EDCA (Flow Fair-EDCA)를 제안한다. FF-EDCA는 EDCA의 동작방식을 기반으로 설계 되었다. 제안한 프로토콜을 검증하기 위해 NS-3.7을 사용하여 시뮬레이션을 수행하였으며, 기존의 EDCA대비 향상된 Flow Fairness를 확인하였다.

2. 제안 프로토콜 : FF-EDCA(Flow Fair EDCA)

Flow Fairness를 향상시키는 기존 연구들 중에 가장 간단하고 효율적인 기법들은 수신한 Flow의 개수에 따라서 큐의 사이즈를 늘리는 기법이다[2][3]. 이 기법들은 전체 큐의 사이즈를 증가시켜 패킷의 손실률을 줄이는 형태로, Flow Fairness를 향상 시키지만 하드웨어에 의존적인 단점이 존재한다. 또 다른 기법들은 CW (Contention Window) 크기를 조절하여 각 노드의 전송량을 조절하는 방식을 사용한다 [4][5]. 하지만 CW 크기가 증가됨으로 인해 큐에 쌓이는 패킷의 양이 증가 되고 각 노드의 패킷 손실률이 높아지는 현상이 발생한다.

새롭게 제안하는 FF-EDCA는 EDCA의 동작방식을 기반으로 설계 되었다. 즉, 큐가 넘치지 않는 상황에서는 EDCA를 사용하고 패킷 손실이 발생하는 시점에서만 FF-EDCA가 동작하게 된다. FF-EDCA는 각 Flow의 구분을 위해 MAC Layer와 Network Layer가 접근 가능한 테이블을 만들어 사용한다. FF-EDCA에서 Network Layer는 IP 헤더를 확인하여 각 트래픽의 Source IP주소를 테이블에 저장한다. MAC Layer는 이 테이블을 통해 현재 노드를 지나는 Flow의 Source IP주소와 Flow 개수를 파악하고, 각 Flow의 가중치 값을 계산한다. FF-EDCA는 IEEE 802.11e EDCA의 MAC헤더를 확장하거나 수정하지 않은 상태로 사용이 가능하여 IEEE 802.11e 프로토콜과 호환성을 갖추었다.

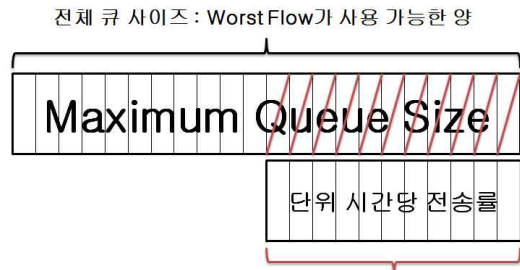
* 본 연구는 지식경제부/한국산업기술평가관리원의 IT R&D 프로그램 (10033886, 대규모 지능형 협업 무인 감시 시스템 원천 기술 개발)과 교육과학기술부/한국연구재단 2010년도 일반연구지원사업 (2010-0016189)의 지원을 받아 수행된 연구임



[그림1] 테스트용 토폴로지 형태

	총 수신량	Flow1	Flow2	Flow3	Flow4
EDCA	4435	3138	452	359	486
FF-EDCA	4415	2345	906	597	567
차이(패킷)	-20	-793	454	238	81
향상률(%)	-0.45	-25.27	100.44	66.3	16.67

[표1] EDCA와 FF-EDCA의 시뮬레이션 결과



노드가 단위 시간당 전송 가능한 양(노드의 전송능력)
:나머지 Flow가 사용 가능한 양

[그림2] FF-EDCA의 큐 관리 형태

FF-EDCA는 Flow Fairness 향상을 위해서 Flow 중에서 가장 Fairness를 보장받지 못하는 Worst Flow를 선정한다. 선정된 Worst Flow는 다른 Flow보다 패킷이 큐에 삽입될 확률을 더 보장 받는다. Worst Flow 선정 방법은 다음과 같다. 각 노드는 자신의 큐에서 패킷 손실률이 발생되기 전 시점까지의 각 Flow의 패킷 수신율과 패킷 손실률을 합산한다. 이 값이 가장 높은 Flow는 가장 우선적으로 전송이 필요한 Worst Flow로 선정이 된다. 선정된 Worst Flow는 지속적으로 유지되지 않으며, 100개의 패킷을 주기로 재선정한다. 또한 각 노드는 MAC Layer에서 100개의 패킷이 수신될 동안 실제 전송된 패킷의 수를 측정하는데, 이 값은 노드의 단위시간당 전송률이 된다.

FF-EDCA는 특정 Flow의 패킷이 큐를 점유하는 현상을 방지하기 위하여 수신한 패킷을 논리적으로 분할시킨 큐에 삽입한다[그림2]. FF-EDCA에서 큐를 사용하는 방법은 다음과 같다. Worst Flow에 해당되는 패킷이 수신된다면 해당 패킷은 큐의 전체 사이즈를 사용할 수 있도록 한다. 반면 다른 Flow를 수신하면 실제 패킷 전송량만큼의 큐 사이즈를 사용하도록 하였다. 이 큐 관리 기법은 특정 Flow가 큐를 점유하는 현상을 방지하여 Flow Fairness를 향상시킨다.

본 논문에서 제안한 기법인 FF-EDCA의 성능을 검증하기 위한 시나리오는 다음과 같다. 토폴로지는 [그림1]이며, 각 노드는 wifia-54Mbps(ARF mode)로 설정되어 있다. S1~S4노드는 D노드를 향해 각 10Mbps의 UDP트래픽을 발생시키고 있다. 시뮬레이션 결과, [표1]에 나타난 바와 같이 FF-EDCA는 EDCA대비 Flow Fairness 성능 향상이 이루어졌다.

3. 결론

본 논문에서는 멀티 홉 네트워크에서 발생하는 Flow Fairness의 저하를 개선하기 위해, 실제 전송 대역폭을 고려한 큐 관리 방법을 제시하였다. 제시한 FF-EDCA 프로토콜은 시뮬레이션에서 나타난 바와 같이 IEEE 802.11e EDCA 대비 Flow Fairness 성능 향상이 이루어졌다[표1]. 하지만, 4홉 이상의 트래픽은 성능 향상이 크지 않게 나타났다. 차후 FF-EDCA를 개선하기 위해서는 Worst Flow를 선정하기 위한 패킷 측정 주기를 유동적으로 변경해주는 방법이 필요하다. 본 논문에서는 제안한 프로토콜의 검증은 직선형 토폴로지만으로 한정 하였지만, 차후 다양한 형태의 토폴로지에서 성능을 검증하고, 테스트 베드를 구축하여 실제 환경에서의 성능을 평가하는 문제가 남아있다.

참고 자료

[1] Y.Ling, Z.Xiao-fan, and L.Yu-shan, "Analyzing and improving the TCP flow fairness in 802.11 based Ad Hoc networks", WCSP 2009
 [2] D.ABUZANAT, B.TROUILLET, and A.TOGUYENI, "FQ-EDCA: An Extension of EDCA to improve Fairness in Ad-hoc Wireless Network", CIE 2009
 [3] V.Gambiroza, B.Sadeghi, and EW. Knightly, "End to End Performance and Fairness in Multihop Wireless Backhaul Networks", MobiCom 2004
 [4] Ashish, Raniwala, Pradipta De, Srikant Sharma, Rupa Krishnan, and Tzi - cker Chiueh, "End-to-End Flow Fairness over IEEE 802.11-based Wireless Mesh Networks", INFOCOM 2007
 [5] A. Aziz, D. Starobinski, P. Thiran, and A. El Fawal, "EZ-Flow: Removing Turbulence in IEEE 802.11 Wireless Mesh Networks without Message Passing", ACM CoNEXT 2009