Journal of Digital Contents Society Vol. 15 No. 3 Jun. 2014(pp. 319-326)
http://dx.doi.org/10.9728/dcs.2014.15.3.319

MANET에서 처리율 향상을 위한 SINR 기반 동적 캐리어 감지 임계값 방법

이현노*, 김동희**

요 약

IEEE 802.11 무선랜은 CSMA/CA(Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance) 방식의 MAC(Media Access Control) 프로토콜을 사용하며, 데이터 충돌을 회피하기 위하여 데이터 전송 시 다른 사용자가 채널을 사용하고 있는지를 캐리어 감지를 통해 확인하게 된다. 현재 IEEE 802.11 표준에서는 캐리어 감지 범위에 영향을 주는 임계값을 일정한 고정 값으로 운용을 하고 있는데, 모바일 Ad-hoc 네트워크와 같이 이동성으로 인해 가변성이 큰 경우에는 고정 특정 캐리어 감지 임계값으로는 효율적인 네트워크 운영이 어렵다. 본 논문에서는 신호대간섭잡음비를 고려하여 캐리어 감지 임계값과 전송속도를 적절히 선택하는 제안된 SINR 기반 동적 캐리어 감지 임계값 방법을 모바일 Ad-hoc 네트워크 환경에 맞게 운영을 함으로써 더 좋은 네트워크 처리율을 얻을 수 있음을 보여준다.

키워드 : IEEE 802.11 무선랜, 이동 애드혹 네트워크, 신호대간섭잡음비, 캐리어 감지 임계값, 전송속도

Dynamic Carrier Sensing Threshold Scheme based on SINR for Throughput Improvement in MANET

Hyun-No Lee*, Dong-Hoi Kim**

Abstract

IEEE 802.11 WLAN uses CSMA/CA(Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance) method in MAC(Media Access Control) protocol, and through the carrier sense checks whether other users use the channel during the data transmission to avoid the data collision. Currently, IEEE 802.11 standard recommends the use of a fixed threshold which gives an impact on carrier sensing range. However, the existing scheme using the fixed threshold causes the operation of network to be inefficiency owing to the mobility in MANET(Mobile Ad hoc NETwork). In this paper, we found the better network throughput to be obtained by applying the proposed scheme, which chooses properly the carrier sensing threshold and transmission rate considering SINR(Signal to Interference-plus-Noise Ratio), to the MANET.

Keywords : IEEE 802.11 WLAN, MANET, SINR, Carrier Sensing Threshold, Transmission Rate

1. 서론

현재 사용하고자 하는 채널을 다른 사용자가 사용하고 있는지를 알아보기 위해 수신 에너지를 측정하는 것을 캐리어 감지라고 한다. 또한, 캐리어 감지 임계값은 캐리어를 감지 할 수 있는 범위에 영향을 주며 이 임계값을 IEEE 802.11 표준에서는 고정된 특정 값으로 운영을 하고 있다. 이 캐리어 감지를 통하여 감지한 신호의 세기가 캐리어 감지 임계값 이하일 때 채널이 가용상태에 있음을 인지하고 단말은 전송을 시작한다[1]. 즉, 캐리어 감지 임계값에 따라 캐리어 감지 범위가 결정되고 그 범위는 동시

※ 교신저자(Corresponding Author): Dong-Hoi Kim
접수일:2013년 12월 27일, 수정일:2014년 2월 19일
완료일:2014년 02월 20일
* 강원도 춘천시 강원대학교 IT대학 전자통신공학과
** 강원도 춘천시 강원대학교 IT대학 전자통신공학과
Tel: +82-33-250-6349, Fax: +82-33-259-5674
email: donghk@kangwon.ac.kr
▣ 본 연구는 2013년도 강원대학교 학술연구조성비로 연구하였음(과제번호-120131415)

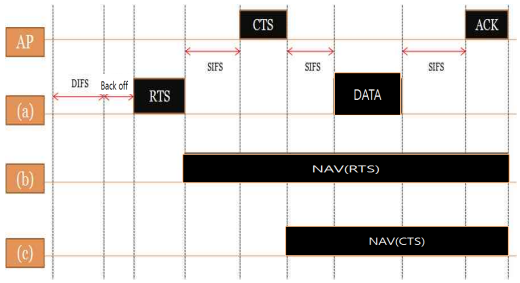
전송이 가능한 단말간의 거리를 결정짓게 하는 요인이 될 수 있다. 캐리어 감지 임계값을 고정적으로 운영 할 경우 MANET(mobile ad hoc network)와 같이 사용자 이동 패턴에 따라 네트워크의 토폴로지가 끊임없이 변화하는 환경에서는 고정된 캐리어 감지 범위로는 최적의 네트워크 운영 상태를 유지하기가 힘들어 질 수도 있다[2]. 이러한 문제를 보완하기 위해서 본 논문에서는 모바일 환경에서 캐리어 감지 임계값과 그에 적합한 전송 속도를 SINR 기반으로 선택적으로 할당하여 네트워크 전체 처리율에 대한 효율성을 향상시킨다. 본 논문의 내용에 대한 전체적인 시뮬레이션 및 성능 분석은 네트워크 시뮬레이터(NS-2)를 사용하여 구현할 것이다[3]. IEEE 802.11 기반의 모바일 Ad-hoc 네트워크 환경을 구현한 뒤에 먼저 논리적 캐리어 감지 기법과 물리적 캐리어 감지 기법에 대해 알아보고 본 논문에서 주로 다룰 물리적 캐리어 감지 방법에서 캐리어 감지 임계값에 따른 영향과 관련 연구에 대하여 서술한다. 그리고 시뮬레이션을 위한 각각 다른 flow의 개수(단말의 개수)와 두 가지의 트래픽 모델을 이용하여 모바일 환경의 Ad-hoc 네트워크를 구성한다. 그 후, 고정적으로 사용했을 때의 경우인 기존의 임의 선택적 방식과 제안하는 SINR을 기반으로 한 방법을 사용하여 전체적인 평균 처리율에 어떠한 차이가 있는지 분석하고 네트워크 안에서 단말들의 전송이 이루어지는 동안 각각의 방식이 어떠한 전송속도와 캐리어 감지 임계값을 선택하는지 살펴봄으로써 SINR을 기반으로 했을 때의 성능 향상을 확인한다.

2. 캐리어 감지에 관한 연구

2.1 IEEE 802.11에서의 캐리어 감지

IEEE 802.11에서는 CSMA/CA 방식을 사용하여 동시에 전송을 시도하는 단말간의 충돌 확률을 감소시킨다. 캐리어 감지 방식으로는 물리적 캐리어 감지 기법과 가상 캐리어 감지 기법이 있다. 물리적 캐리어 감지 기법은 물리계층에서 전송하기 전 다른 데이터가 전송중인지 확인하기 위해 사전에 캐리어 감지를 함으로써 충돌확률을 낮추기 위한 방법이다. 또한 논리적 캐리어 감지 기법으로는 RTS(Request to Send), CTS(Clear to Send) 방식을 사용하여 숨은 단말 문제를 해결하고 데이터의 충돌을 회피한다. 무선 통신에서는 단말 사이의 거리나 전파가 방해되는 장애물 등의 영향을 받아 신호가 도달하지 않는 상황이 발생하는데 이 경우 캐리어 감지가 정상적으로 이루어지지 않게 되는 것을 숨은 단말 문제라고 한다. 예를 들면 무선 단말 3곳(a, b, c)과 AP가 하나 있다는 가정에서 무선 단말 (a)와 (c), (b)와 (c)는 장애물에 의해서 서로 감지가 되지 않는 상황이다. 그러면 캐리어 감지가 불가능해지고 채널의 상황을 알 수 가 없으므로 (a),(b)와 (c)의 동시 전송의 영향으로 데이터의 충돌이 일어나게 된다. 이처럼 숨은 단말 문제가 존재한다면 캐리어 감지가 유효하게 기능하지 않기 때문에 처리율 특성을 약화시키게 된다. 따라서 RTS/CTS 기법을 사용하여 이 문제를 해결 할 수 있다.

(그림 1) RTS/CTS의 동작



(Figure 1) Operation of RTS/CTS

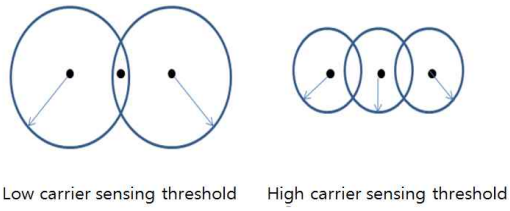
(그림 1)은 위에서 예를 든 환경에서 RTS/CTS의 동작이다. IFS(Inter-Frame Space)란 충돌을 회피하기 위한 프레임 간격을 뜻하며 작은 데이터를 보내기 전 가장 짧은 대기 지연시간을 SIFS(Shortest IFS)라고 하며 매체의 상태를 확인하기 위해서 사용하는 대기시간은 DIFS(DCF Inter-Frame Space)라고 한다. 일반적으로 DIFS보다 긴 시간 idle상태이면 데이터 전송이 가능하다. (a)단말이 처음에 DIFS와 백오프 시간을 더한 만큼 기다리다 전송이 가능한 상태라고 판단이 되면 AP로 RTS를 보내게 된다. 이 환경에서는 (a)와 (b)는 캐리어 감지가 가능한 상황이므로 단말(b)에서는 RTS를 감지하고 내부의 duration field에 기록되어 있는 기간

을 무선 회선이 사용되고 있는 시간으로 간주하여 NAV(Network Allocation Vector) 세팅을 함으로써 충돌을 방지할 수 있다. 반면 단말(c)는 단말(a)와 감지가 불가능한 상황이므로 아직 NAV세팅을 하지 못한다. 하지만 RTS를 받은 AP는 그에 대한 응답으로 CTS를 보내게 되고 AP와 단말(c)는 서로 감지가 가능한 상황이므로 단말(c)는 CTS를 감지하여 무선 회선이 사용되고 있음을 알게 된다. 그 후 단말(c)에서도 CTS에 있는 기간만큼 NAV세팅을 함으로써 데이터 전송을 멈추게 된다. 그 이후 단말(a)에서는 데이터를 송신하고 마지막으로 수신측에서 ACK 확인응답을 보내는 것으로 데이터의 전송이 충돌 없이 완료된다. 이와 같은 RTS/CTS 방식은 사용여부에 따라 처리량에 영향을 미친다. 이는 RTS/CTS가 숨은 단말 문제를 해결해 주지만 거기에서 발생하는 오버헤드 때문에 처리량이 떨어질 수도 있기 때문에다. 따라서 기존 연구에서는 RTS/CTS의 사용 여부를 패킷의 크기에 따라 달리 해야 한다고 말하고 있다. 이와 관련하여 RTS threshold라는 임계값을 사용한다. 본 논문에서는 물리적 캐리어 감지 위주의 내용을 다루지만 이와 같은 논리적 캐리어 감지 방법에 대한 영향 연구도 이루어지고 있다[4][5].

2.2 캐리어 감지 임계값에 따른 영향

캐리어 감지란 현재 사용하고 하는 채널을 다른 사용자가 사용하고 있는지를 알아보기 위해 수신에너지를 측정하는 것을 말한다. 캐리어 감지를 통하여 측정된 수신 에너지 값은 캐리어 감지 임계값과 비교되어 측정된 신호가 임계값보다 작은 경우에는 캐리어가 없다고 판단하며 측정된 신호가 캐리어 감지 임계값 보다 큰 경우 캐리어가 있다고 판단한다. 또한 캐리어 감지 임계값에 따라 캐리어 감지 범위가 달라진다. 낮은 캐리어 감지 임계값의 캐리어 감지 범위는 넓다. 반대로 높은 캐리어 감지 임계값의 캐리어 감지 범위는 좁다. 캐리어 감지 범위란 채널이 사용 가능으로 판단되기 위해서 전송이 금지되어야 할 영역을 의미한다. 캐리어 감지 범위가 넓으면 캐리어 감지 범위 밖의 노드수가 적어져 간섭이 줄어든다. 간섭이 줄어들게 되면 SINR이 좋아지고 링크의 전송속도가 향상되지만 공간의 재 사용률이 낮아져 동시 전송 수가 줄어든다. 반면 캐리어 감지 범위가 좁으면 주위의 간섭 노드가 많아져 SINR이 저하되며 이에 따라서 링크의 전송속도가 떨어지게 된다. 그리고 경쟁 영역 안의 노드수가 줄어들어 충돌이 줄어들고 공간 재 사용률이 높아져 동시 전송수가 늘어난다. 링크의 전송속도가 저하되더라도 동시 전송수가 늘어나면 전체적인 처리율은 증가하게 된다. 따라서 캐리어 감지 범위는 전반적인 네트워크의 처리율에 영향을 주며 범위를 아주 크게 하거나 아주 작게 한다고 해서 좋은 성능을 내는 것이 아니라 최적의 캐리어 감지 범위를 결정하여야만 처리율을 최대화 할 수 있다.

(그림 2) 캐리어 감지 임계값에 의한 캐리어 감지 범위



(Figure 2) The carrier sensing range by carrier sensing threshold

이와 관련하여 [6]에서는 상대방의 전송을 감지하는 캐리어 감지 범위를 조절하는 임계값을 수정하여 좀 더 많은 노드가 동시전송 가능하게 함으로써 네트워크 성능을 향상 시키는 방법에 대해서 말하고 있다. 이와 같이 물리적 캐리어 감지는 간섭을 방지하고 공간 재사용을 할 수 있는 효과적인 방법으로 사용되었다. 이 연구 외에도 MAC 오버헤드의 영향을 고려하여 최적의 캐리어 감지 범위를 결정하는 방법에 대해 연구한 바가 있으며[7], 무선 애드혹 네트워크에서 캐리어 감지 범위에 따른 공간 재사용의 중요성에 대해 많은 연구들이 이루어 졌다[8][9].

3. 캐리어 감지 임계값 설정 방법

3.1 기존의 임의 선택 동적 캐리어 감지 임계값 설정 방법

제안하는 SINR기반의 방식과 기존의 표준에서 사용하는 고정적인 방식의 성능 차이를 분석

하기 위하여 먼저 고정적인 캐리어 감지 임계값을 선택하여 전송을 시도 했을 때의 처리율을 알아봐야 한다. 본 논문에서 시뮬레이션을 위해 4개의 전송속도와 4개의 캐리어 감지를 사용하게 되는데 각각의 값을 고정적으로 사용 했을 때 특정 네트워크 환경에서는 좋은 처리율을 보일 것이고 다른 네트워크 환경에서는 낮은 처리율을 보일 수 가 있다. 따라서 각각의 모든 수치를 고정적으로 사용했을 때의 처리율을 평균화하기 위하여 임의 선택적 방식을 사용할 것이다. 임의 선택적 방식은 매 전송마다 4개의 전송속도 옵션 중 하나, 4개의 캐리어 감지 임계값 옵션 중 하나를 랜덤하게 선택하여 전송을 시도하며 여러 번의 시뮬레이션을 통하여 전체적인 처리율을 평균한 값으로 만들어 각각 고정된 수치를 사용했을 때의 성능을 나타내도록 한다.

3.2 제안하는 SINR 기반 동적 캐리어 감지 임계값 설정 방법

앞의 내용과 같이 캐리어 감지 임계값에 따라 캐리어 감지 범위가 변하며 동시 전송수를 결정할 수 있는 공간 재사용에 따른 전체 처리율에 영향을 준다. 또한 현재 표준에서 캐리어 감지 임계값을 특정 값으로 고정하여 운용할 경우 이동성이 있는 모바일 환경에서는 환경의 변화가 많아 효율적으로 운영하기에는 부족함이 있을 수 있다. 고정적인 캐리어 감지 범위를 사용하게 될 경우 비교적 단말의 밀집도가 큰 환경에서 동시 전송자수가 너무 적어 전체적인 처리율이 저하된다고 하자. 동시 전송자수를 올리기 위해서는 각 단말이 캐리어 감지 범위를 비교적 작게 가져가야 공간 재 사용률이 좋아져 동시 전송자수가 늘어나게 되고 전체적인 처리율이 향상 될 것이다. 하지만 과도한 동시 전송으로 인하여 주변 간섭이 많아진다면 SINR 환경이 급격히 저하 될 것이고 그에 따라 전송속도에 알맞은 환경을 충족시키지 못해 오히려 처리율에 악영향을 줄 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 네트워크 환경에서 SINR을 고려하여 알맞은 캐리어 감지 임계값을 선택하여 줌으로써 전체적인 처리율을 향상시킨다. <표 1>과 같이 전송속도에 대응 하는 SINR값을 기준으로 적절한 캐리어 감지 임계값을 정한다. SINR에 따라 선택되는 캐리어 감지 임계값의 배열을 CSth[i]라고 하자. 신호를 수신하기 위해서는 그 수신 신호의 전력이 수신신호 전력의 임계값(Rxth)보다 커야한다.

<표 1> SINR과 전송속도간의 매핑 관계

Transmission rate (Mbps)	SINR (dB)
9	7.78
18	10.79
36	18.80
54	24.56

<Table 1> The mapping relationship between SINR and transmission rate

각 전송속도에 대응하는 SINR[i] 값을 충족하여 전송에 성공하기 위해서 간섭신호의 크기는 수신신호의 임계값과 SINR의 비와 같거나 작아야 한다. 따라서 간섭신호의 크기를 결정할 수 있는 캐리어 감지 임계값의 배열인 CSth[i]는 다음의 식을 이용하여 결정한다[10].

$$10\log\frac{CSth[i]}{RXth} = -10\log SINR[i] \qquad (1)$$

식 (1)을 사용하여 각 SINR에 따른 캐리어 감지 임계값 배열을 구할 수 있다. 예를 들어 4개의 전송속도 옵션이 존재한다고 하면 캐리어감지 임계값 배열도 4개를 구할 수 있으며, 고정된 전송속도와 임계값을 사용한다고 하면 총 4x4개의 경우가 있을 수 있다. 각 SINR 환경에서 위에서 구한 캐리어 감지 임계값을 사용할 시 각각의 임계값에서 처리율이 제일 잘 나오는 전송속도 구간을 알아보고 임계값 별 전송속도를 한 쌍으로 4개의 쌍을 만들어 SINR 환경에 따라 대응되는 각 전송속도, 임계값 쌍을 사용하여 처리율을 향상시킨다.

4개의 전송속도 옵션(9Mbps, 18Mbps, 36Mbps, 54Mbps)이 존재한다고 할 때 캐리어 감지 임계값 또한 4개의 값(2.62E-08, 1.31E-08, 2.07E-09, 5.49E-10)을 구할 수 있다. <표 2>는 특정 공간에 전송자와 수신자 한 쌍으로 하여 총 9쌍이 균일한 간격을 두고 위치해 있는 환경에서 각각의 전송속도와 캐리어 감지 임계값을 고정적으로 사용하여 처리율을 나타낸 표이다

[2]. <표 2>와 같이 각 캐리어 감지 임계값과 전송속도의 모든 가능한 조합들의 처리율을 구할 수 있고 제일 높게 나오는 전송속도 구간(색칠한 부분)을 확인 할 수 있다. 즉 각각의 SINR에 따라 표시된 부분의 전송속도와 캐리어 감지 임계값을 사용하여 선택적으로 할당하는 제안된 SINR 기반 동적 캐리어 감지 방법과 고정적인 캐리어 감지 임계값과 그의 따른 전송속도를 사용하는 기존의 임의의 동적 캐리어 감지 방법을 사용하였을 때의 처리율을 비교하여 성능을 분석한다.

<표 2> 캐리어 감지 임계값들과 전송률들의 모든 가능한 결합들에 의한 처리율들

	9 Mbps	18 Mbps	36 Mbps	54 Mbps
2.62E-08	11.85	11.30	2.77	0.69
1.31E-08	9.41	10.92	6.88	2.35
2.07E-09	6.95	8.10	8.61	3.88
5.49E-10	2.66	3.09	3.52	3.61

<Table 2> Throughputs by all the possible combinations of carrier sensing thresholds and transmission rates

4. 실험분석

4.1 시뮬레이션 환경

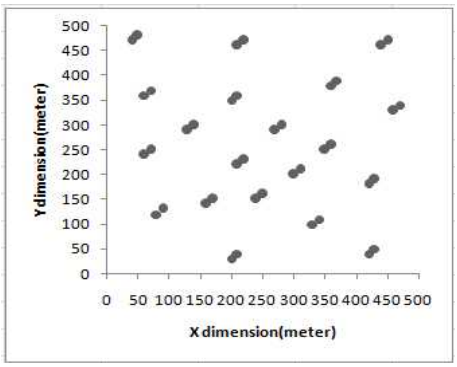
시뮬레이션은 NS-2를 사용하여 성능 분석을 하였으며 시뮬레이션의 토폴로지 및 파라미터 값은 (그림 3), <표 3>과 같다. 성능 분석을 위한 시뮬레이션 토폴로지는 단말의 개수에 따라 네 가지로 구분하여 진행하였다. 500x500 범위 안에 flow 개수를 5, 10, 20, 40(단말 개수는 10, 20, 40, 80개)으로 늘려가며 밀집도가 서로 다른 환경에서 시뮬레이션 하였다. 또한 트래픽의 종류는 두 가지를 사용 하였는데, 첫 번째로 CBR(Constant Bit Rate)를 사용하였고 패킷의 사이즈는 512byte, rate는 4M로 고정적이다. 두 번째는 VBR(Variable Bit Rate)을 사용하여 시뮬레이션 한 경우 NS-2에 있는 트래픽 모델인 Exponential On/Off 트래픽을 사용하여 VBR 트래픽을 구현하였다.

<표 3> 시뮬레이션 파라메타들

Simulation Tool	NS-2
Simulation Time	30sec
Simulation Terrain	500m x 500m
Number of Flow (Number of Node)	5flow(10Node), 10flow(20Node), 20flow(40Node), 40flow(80Node)
Traffic Type	CBR(Constant Bit Rate) VBR(Variable Bit Rate)
packet size	512byte
packet rate	4Mbps
burst_time	1sec
idle_time	500ms
Transmission rate	9Mbps, 18Mbps, 36Mbps, 54Mbps
Carrier sensing threshold	2.62E-08, 1.31E-08, 2.07E-09, 5.49E-10
Mobile terminal speed	10m/s
Number of mobile node	40%
Rxth	1.57E-07

<Table 3> Simulation parameters

(그림 3) 시뮬레이션 토플로지 (20 flow의 경우)



(Figure 3) Simulation topology (example of 20 flows)

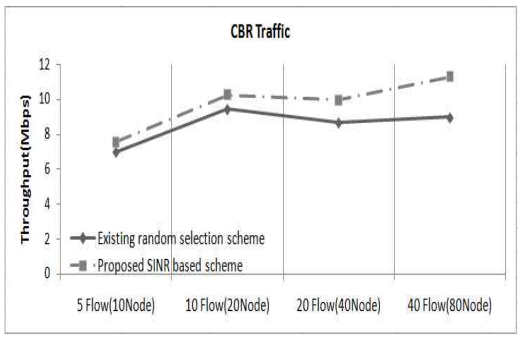
이 트래픽 모델은 On/Off 분포에 따라 패킷을 생성한다. On기간과 Off기간의 길이를 Exponential 분포에 따라 정하는 것을 의미하며, 이때 On 기간과 Off기간은 번갈아 가면서 나타

난다. On기간에는 패킷을 일정한 Rate로 생성하고 Off기간에는 패킷을 생성하지 않는다. 패킷 사이즈는 512byte이며 burst_time은 On기간의 평균 길이를 뜻한다. idle_time은 Off 기간의 평균 길이를 나타낸다. 즉, VBR 트래픽을 사용한 시뮬레이션에서 On기간의 평균 길이는 1초이며 Off기간의 평균 일이는 0.5초이다. 시뮬레이션 시간은 30초 동안 수행하였으며 모바일 노드는 전체 단말 수의 40%가 움직이며 속도는 10m/s로 일정하게 움직인다[10]. 본 논문에서 제안하는 방식은 수신 단말 측에서 간섭을 고려하여 SINR을 계산하고 그 값을 바탕으로 적절한 캐리어 감지 임계값과 전송속도를 할당한다. 전송의 성공과 실패 조건은 전송속도에 대응하는 SINR값을 바탕으로 현재 사용 중인 전송속도를 확인하여 그에 충족하는 SINR 환경이 될 경우에만 전송에 성공한다. 현재 전송속도가 요구하는 SINR을 충족하지 못한다면 전송에 실패한다[11].

4.2 시뮬레이션 결과

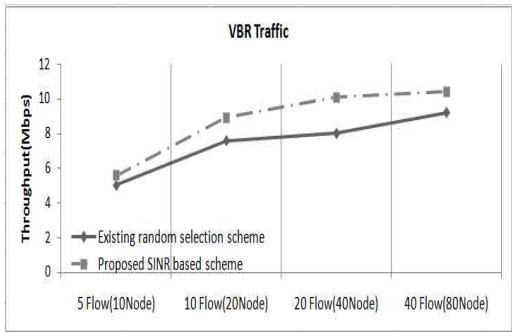
flow 수에 따라 각각의 시나리오에 대해서 30초 동안 전송속도와 캐리어 감지 임계값을 기존의 임의 선택 방식 적용했을 때의 처리율과 SINR 기반 방법으로 적절한 전송속도와 캐리어 감지 임계값을 지정해주었을 때 처리율을 그래프를 통하여 나타내었다. 그래프에서 네모 표식의 실선은 각각의 시뮬레이션 환경에서 제안하는 SINR 기반 방식을 사용했을 때의 처리율을 나타낸 그래프이다. 다이아몬드 표식의 점선은 시뮬레이션 시간 동안 전송속도와 캐리어 감지 임계값을 무작위로 선택하는 기존의 임의 선택 방법을 사용하였을 경우의 처리율이다. 단위는 Mbps이다. 5flow 환경에서는 총 10개의 단말 중에 40%인 4개의 단말(2개의 flow)만이 움직인다. 먼저 CBR 환경에서 시뮬레이션한 경우 5flow 환경에서는 랜덤 선택 방법이 6.98Mbps, SINR 기반 방법을 고려하여 할당을 해준 경우 7.54Mbps로 신호대간섭잡음비를 고려한 제한한 방법이 좀 더 높은 처리율을 보이는 것을 알 수 있다. VBR 환경에서 5flow의 결과 또한 마찬가지로 신호대간섭잡음비를 고려하여 할당해 준 제안한 방법의 경우에 더 높은 처리율을 나타내는 것을 확인 할 수 있다.

(그림 4) CBR 트래픽의 경우에 기존의 임의 선택 방법과 제안하는 SINR 기반 방식 사이의 flow당 처리율



(Figure 4) Throughput per flow between the existing random selection scheme and proposed SINR based scheme in case of CBR Traffic

(그림 5) VBR 트래픽의 경우에 기존의 임의 선택 방법과 제안하는 SINR 기반 방식 사이의 flow당 처리율



(Figure 5) Throughput per flow between the existing random selection scheme and proposed SINR based scheme in case of VBR Traffic

10flow, 20flow, 40flow 에서는 각각 움직이는 단말의 개수가 20개 중 8개, 40개 중 16개, 80개 중 32개 이며 CBR시뮬레이션에서는 전체 단말의 개수와 움직이는 단말의 개수가 늘어날수록 랜덤 선택 방법과 SINR 기반 방법의 처리율 차이가 더 많이 나는 것을 볼 수 있다. 20flow의 경우 CBR 환경에서 랜덤 선택 방법이 8.6Mbps, SINR 기반 방법이 10Mbps, VBR 환경에서 랜덤 선택 방식이 7.99Mbps, SINR을 고려한 경우

10.09Mbps로 1.5Mbps~2Mbps 정도의 큰 차이를 보이는 것을 알 수 있다. 알고리즘이 작동하면서 실질적으로 시뮬레이션 시간 동안 어떤 속도와 캐리어 감지 임계값을 선택하는지 그래프를 통하여 나타내보았다. 앞서 시뮬레이션 환경에서 언급했던 것과 같이 4개의 전송속도 옵션과 4개의 캐리어 감지 임계값 쌍이 있다면, 총 16가지의 Case가 존재한다<표 4>.

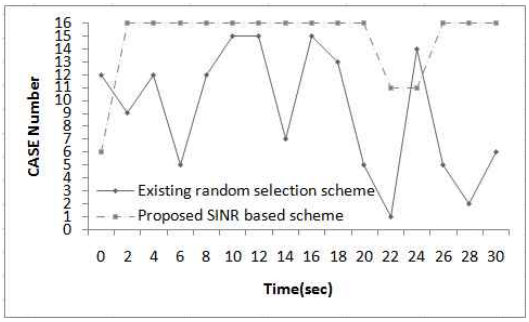
<표 4> 캐리어 감지 임계값과 전송 속도에 의한 모드 가능한 Case들

	9Mbps	18Mbps	36Mbps	54Mbps
2.62E-08	Case(1)	Case(2)	Case(3)	Case(4)
1.31E-08	Case(5)	Case(6)	Case(7)	Case(8)
2.07E-09	Case(9)	Case(10)	Case(11)	Case(12)
5.49E-10	Case(13)	Case(14)	Case(15)	Case(16)

<Table 4> All possible cases by the carrier sening threshold and transmission rate

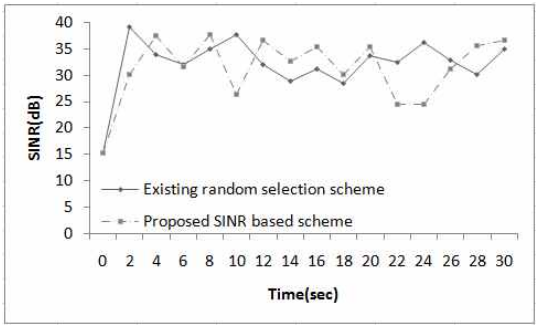
시뮬레이션 시간 30초동안 SINR이 어떻게 변하는지에 대한 그래프는 (그림 7)에 나타나 있으며 그에 따라 기존의 임의 선택 방식과 제안하는 SINR 기반 방식이 어떠한 Case를 선택하는지 나타나 있다(그림 6).

(그림 6) 기존의 임의 선택 방법과 제안하는 SINR 기반 방식이 사용되었을 때 선택된 Case 번호의 변화



(Figure 6) The change of selected case number when the existing random selection scheme and proposed SINR based scheme are used

(그림 7) 기존의 임의 선택 방법과 제안하는 SINR 기반 방식이 사용되었을 때 SINR의 변화



(Figure 7) The change of SINR when the existing random selection scheme and proposed SINR based scheme are used

임의 선택 방식의 경우 2초 때 SINR 환경은 33.86dB로 좋은 환경을 보이고 있으며 충분히 더 높은 전송속도의 할당이 가능함에도 불구하고 Case(9)를 할당 하고 있다 (9Mpbs). 또한, 초기 시작에서는 SINR 환경이 15.2dB을 보이고 있으며 기존의 임의 방식은 Case (12)를 선택하였다 (54Mbps). 이러한 경우에는 SINR 환경이 전송속도에 충족하지 못하기 때문에 전송에 실패가 일어나게 된다. 반면, 제안하는 SINR 기반 방식의 경우 캐리어 감지 임계값 별 가장 좋은 처리율을 보이는 전송속도 쌍 4개 (Case 1, 6, 7, 16)만을 사용하게 되고 각 환경에 알맞은 Case를 선택하는 것을 볼 수 있다.

5. 결론

캐리어 감지에 대한 임계값은 캐리어를 감지하는 범위에 영향을 주게 된다. 이 캐리어 감지 임계값을 고정하여 운용하였을 때의 성능저하문제를 해결하기 위하여 본 논문에서는 전송속도에 대응하는 신호대간섭잡음비(SINR)을 기준으로 하여 캐리어 감지 임계값 배열을 만들었고 네트워크의 SINR에 따라 선택적으로 적절한 전송속도와 캐리어 감지 임계값 쌍을 할당하여 처리율을 향상시키는 SINR 기반 동적 캐리어 감지 임계값 방법을 제안하였다. 모의 실험결과, 고정적으로 운영하였을 때는 MANET 환경과 같이 단말이 추가되는 경우와 단말이 이동하여

간섭의 양이 변화하는 경우에 낮은 평균 처리율을 보였으나 SINR을 고려하여 선택적으로 적절한 값을 할당해 주었을 때에는 더 높은 처리율을 보였다. 특히 CBR 트래픽을 사용한 경우 변화량이 더 많은 네트워크 환경인 경우에는 고정으로 선택한 경우보다 SINR을 고려하여 적절한 값을 할당해 주었을 때 더 많은 평균 처리율을 보였다. 결과적으로, 이 논문을 통하여 모바일 네트워크를 운영할 때 고정적인 캐리어 감지 임계값을 사용하기 보다는 채널 환경을 고려하여 적절한 값을 동적으로 운영한다면 더 좋은 처리율을 얻을 수 있다는 것을 알 수 있었다.

References

[1] “IEEE standard for wireless LAN Medium Access Control (MAC) and physical layer (PHY) specifications", ISO/IEC 802-11:1999(E), August, 1999.

[2] Hyun-no Lee, Dong-hoi Kim, "Throughput analysis by Transmission rate and Carrier sense threshold", The conference proceedings of Digital Contents Society, Vol. 14, No. 1 pp. 47-49, Dec. 2013.

[3] The application of NS-2 Network Simulation, Young-Min Jang, Hongrung Publishing Company.

[4] Moses Kim, Jeonghoon Mo, "On the usefulness of RTS/CTS in wireless ad-hoc networks", KIISE 32th academic conference proceedings, Vol. 32, No. 2, 2005

[5] Woo-Yong Choi, "Optimal RTS-CTS Threshold to Maximize the Capacity of IEEE 802.11 WLAN" IE interface", Vol. 16, No. 2 pp. 195-200, June 2003.

[6] Xjing Zhu, Singang Guo and L.Lily Yang, "Leveraging Spatial Reuse in 802.11 Mesh Networks with Enhanced Physical Carrier Sensing", IEEE International Conference, Vol. 7, pp. 4004-4011, 20-24 June 2004.

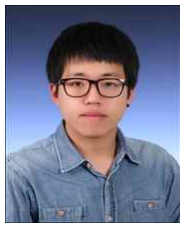
[7] Xue Yang, Vaidya, N "On physical carrier sensing in wireless ad hoc networks", Infocom '05 24th Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies, Vol. 4, pp. 2525-2535, 13-17 March 2005.

[8] Tae-Suk Kim, Hyun Lim and Jennifer C. Hou, "Improving spatial reuse through tuning transmit power, carier sense threshold, and data rate in multihop wireless networks", Mobicom '06 Proceedings of the 12th annual international conference on Mobile Computing and networking, pp. 366-377, 2006.

[9] Yong Yang, Hou J. C and Lu-Chuan Kung, "Modeling the Effect of Transmit Power and Physical Carrier Sense in Multi-Hop Wireless Networks", 26th IEEE International Conference on Computer Communications IEEE, pp. 2331-2335, 6-12, May 2007.

[10] Seok-Gu Lim, "Comparison Analysis of Packet Delay Model in IEEE 802.11 Wireless Network“, Journal of Digital Contents Society, Vol. 9, No. 4, pp. 679-686, Dec. 2008.

[11] Sung-Eun Kim, "Dynamic Adjustment of Carrier Sensing Range for Wireless Ad-hoc Networks", KyungHee University, Academic Thesis, Aug. 2007.



이 현 노

2008년 3월 – 2014년 2월 : 강원대학교 IT대학 전기전자공학부 공학사

2014년 3월 – 현재 : 강원대학교 IT대학 전기전자공학부 석사과정

관심분야 : 차세대 이동통신 및 차세대 무선 네트워크

김 동 회

2005년 2월 : 고려대학교 전파공학과 공학박사

1989년 ~ 1997년 : 삼성전자 전임연구원

2000년 ~ 2005년 : 한국전자통신연구원 선임연구원

2006년 ~ 현재 : 강원대학교 IT대학 전기전자공학부 전자통신학과 교수

관심분야 : 차세대 이동통신 및 차세대 무선 네트워크