

# 무선 Ad-hoc 네트워크에서 RTS/CTS의 사용여부에 관한 연구

김모세<sup>o</sup> 모정훈  
한국정보통신대학교  
{bswc28<sup>o</sup>, jhmo}@icu.ac.kr

On the usefulness of RTS/CTS in wireless ad-hoc networks

Moses Kim<sup>o</sup> Jeonghoon Mo  
School of Engineering, Information of Communications University

## 요 약

무선 Ad-hoc 네트워크상에서 hidden node problem을 해결하기 위해 도입된 RTS/CTS의 사용여부는 네트워크의 처리량(throughput)에 영향을 미친다. 이는 RTS/CTS가 hidden node problem을 해결해주지만 거기에서 발생하는 overhead 때문에 처리량이 떨어질 수도 있기 때문이다. 기존 관련 연구에서는 RTS/CTS의 사용여부를 패킷의 크기에 따라 달리 해야 한다고 말하고 있다. 그리고 이를 구현하기 위해서 RTSThreshold라는 값을 사용하고 있다. 만약 이 값보다 패킷의 크기가 작으면 RTS/CTS는 사용되지 않고, 만약 이 값보다 패킷의 크기가 크면 RTS/CTS가 사용된다. 이렇게 RTS/CTS의 사용여부를 결정해주는 RTSThreshold값을 결정하기 위해선 네트워크의 처리량에 영향을 줄 수 있는 모든 인자들을 고려해 보아야 할 것이다. 조사한 바에 의하면 이미 관련 연구에서 physical preamble의 크기, 노드의 수, 그리고 data rate와 RTSThreshold와의 관계를 연구 했었지만, 그밖에 네트워크의 처리량에 영향을 줄 수 있는 carrier sense range나 네트워크의 크기와의 관계는 연구가 되지 않았었다. 따라서 본 논문에서는 이 두가지 인자와 RTSThreshold와의 관계를 살펴보고자 모의실험을 수행하였고 그 결과를 분석하였다. 두 인자가 어느 정도 RTSThreshold를 결정하는데 영향을 줄 것이라 예상했지만, 실험 결과를 분석한 결과 carrier sense range나 네트워크의 크기는 RTSThreshold를 결정하는데 크게 영향을 주지 않는 것으로 나타났다.

## 1. 서 론

무선 Ad-hoc 네트워크상에서 hidden node problem(HNP)은 가장 큰 이슈중의 하나이다[1]. HNP란 무선 Ad-hoc 네트워크상에서 거리 또는 지리적 요인에 의해 송신자들이 서로의 신호를 인식하지 못해 동시에 정보를 전달하려는 경우 수신자에서 충돌이 일어나는 경우를 말한다.

RTS/CTS(Request To Send/Clear To Send) handshake는 이를 해결하기 위해 제안된 것으로, 패킷을 보내기 전 사용할 공간을 미리 예약하여 HNP가 일어나지 않도록 하는 방법이다. 이는 HNP를 해결해주긴 하지만, 원래 보내고자 했던 메시지 이외에도 공간을 예약하기 위한 추가적인 메시지를 보내야 한다는 단점이 있다. 따라서 이 방법을 사용할지의 여부는 네트워크의 처리량에 큰 영향을 줄 수 있다.

RTS/CTS 관련 연구들은 패킷 크기에 따라 RTS/CTS를 달리 사용해야 한다고 주장하고 있다. 그리고 이를 구현하기 위해서 RTSThreshold라는 값을 사용하고 있다. RTSThreshold란 패킷 크기에 따라 RTS/CTS의 사용여부를 결정해 주는 값으로, 만약 이 값보다 패킷의 크기가 작으면 RTS/CTS는 사용되지 않고, 만약 이 값보다 패킷의 크기가 크면 RTS/CTS가 사용된다.

이러한 RTSThreshold값은 네트워크의 환경에 따라 다양한

값을 취하도록 하여 최적의 네트워크 처리량을 산출할 수 있다. 예를 들어, 노드의 수가 적은 경우, HNP가 일어날 확률이 작으므로, 보다 큰 패킷이 전송되는 경우에도 RTS/CTS를 사용하지 않도록 하는 것이 좋을 수 있다. 이 경우 RTSThreshold값을 크게 함으로써 이를 달성할 수 있다. 반대로 노드의 수가 많은 경우에는, HNP가 일어날 확률이 크므로, 보다 작은 패킷에 대해서도 RTS/CTS를 사용하도록 하는 것이 좋을 것이다. 따라서 이 경우는 RTSThreshold값을 작게 설정함으로써 이를 달성할 수 있다.

이렇게 적절한 RTSThreshold값을 계산해 내기 위해선 먼저 적절한 모델을 만들어야 할 것이다. 그리고 이 모델에는 RTSThreshold값에 영향을 줄 수 있는 적절한 인자들이 포함되어야 할 것이다. RTSThreshold와 관련된 인자들은, 위의 예시에서 볼 수 있듯이, RTS/CTS와 관련해 네트워크의 처리량에 영향을 줄 수 있는 네트워크의 인자들일 것이다. 물론 네트워크의 처리량에 영향을 준다고 100% RTSThreshold와 관련이 있다고는 할 수 없으므로 실험을 통한 검증이 필요할 것이다. 조사한 바에 의하면, 이미 physical preamble의 크기, 노드의 수, 그리고 data rate와 RTSThreshold와의 관계는 연구가 되어 있었다[2,3]. 하지만, 그밖에 RTS/CTS와 관련해 네트워크의 처리량에 영향을

줄 수 있는 carrier sense range (CSRange)나 네트워크의 크기가 RTSThreshold의 값에 영향을 주는 지는 연구가 되어 있지 않았다. 따라서 본 논문에서는 이 두 가지 인자와 RTSThreshold와의 관계를 살펴보고자 모의실험을 수행하였고 그 결과를 분석하였다. 여기서 CSRange란 Network Interface Card (NIC)가 지원하는 sensing 범위로, 송신자의 sensing 범위안의 노드들은 송신자가 메시지를 보낼 때 이를 감지 할 수 있고 이에 따라 자신의 전송을 미룰 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 CSRange와 네트워크의 크기가 적절한 인자 후보인지를 보이기 위해 이들이 RTS/CTS와 관련해 네트워크의 처리량에 영향을 줄 수 있는지를 살펴볼 것이다. 3장에서는 관련 연구를 소개하고, 4장에서 시뮬레이션의 모델, 결과 및 분석을 제시한다. 5장에서는 결론을 맺는다.

## 2. 배경 지식

CSRange및 네트워크의 크기는 RTS/CTS와 관련해 네트워크 처리량에 영향을 줄 수 있다.

먼저 CSRange가 어떻게 RTS/CTS와 관련해 네트워크 처리량에 영향을 주는지를 보기위해 그림 1을 보도록 하자.

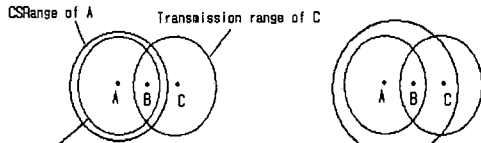


그림 1. CSRange가 다른 네트워크 상황. 왼쪽은 A의 CSRange가 C를 포함하지 않음. 오른쪽은 C를 포함.

그림 1의 왼쪽 그림을 보면, A가 B에게 패킷을 전송하는 경우, C가 A의 CSRange에 있지 않으므로 RTS/CTS가 사용되지 않는다면, C도 동시에 B에게 전송 할 수 있고 결국 B에서는 충돌이 일어날 것이다. 만약 이때 RTS/CTS가 사용된다면, 이미 공간이 예약된 상태이므로 C는 패킷을 전송하지 못할 것이다.

반면, 오른쪽 그림을 보면, C가 A의 CSRange에 있으므로, RTS/CTS의 사용 없이도, C는 A가 B에게 패킷을 전송하는 것을 알 수 있고, 이에 따라 자신의 전송을 미루어 충돌을 피할 수 있다. 만약 이때 RTS/CTS가 사용된다면 이는 단순히 네트워크의 overhead로만 작용할 것이다.

이와 같이 CSRange는 그 크기에 따라 RTS/CTS와 관련해 네트워크의 처리량에 영향을 미친다.

네트워크의 크기 또한, 그 크기가 큰 경우 노드들 간의 거리가 먼 경우가 많을 수 있고, 이에 따라 HNP가 일어날 확률이 적어질 수 있다. 따라서 이 경우는 RTS/CTS를 사용하지 않는 것이 더 좋을 수 있을 것이고, 반대로 그 크기가 작은 경우는 노드들 간의 거리가 가까운 경우가 많을 수 있고, 이에 따라 HNP가 일어날 확률이 커질 수 있으므로 이 경우는 RTS/CTS를 사용하는 편이 좋을 것이다. 이처럼 네트워크의 크기 또한 RTS/CTS와 관련해 네트워크의 처리량에 영향을 줄 수 있다.

## 3. 관련 연구

Weinmiller et. al.은 physical preamble의 크기와 RTSThreshold와의 관계를 연구하였다[2]. 그들은 physical preamble이 클수록, 큰 RTSThreshold를 사용하는 것이 네트워크 처리량 관점에서 좋음을 밝혔다.

Kong et. al.은 노드의 수, data rate와 RTSThreshold와의 관계를 연구하였다[3]. 그들은 노드의 수나 data rate에 기반 해 적절한 RTSThreshold값을 얻는 모델을 개발하였다.

## 4. 시뮬레이션 모델, 결과 및 분석

본 논문에서는 CSRange및 네트워크의 크기가 RTSThreshold값을 결정하는 데 영향을 주는지를 살펴보기 위해, 다양한 CSRange와 네트워크의 크기를 가지고 NS-2를 사용해 실험을 하였다. 보다 확실한 결과를 위해 다양한 시뮬레이션 시나리오를 사용하였고, 각 시나리오는 서로 다른 3개의 seed를 사용하였다. 여기서 서로 다른 시나리오란 노드들의 위상이 다름을 말한다. 시나리오마다의 3개의 결과 값들로부터 평균값이 구해졌다. 실험에 사용한 기본적인 값들은 표1과 같다.

표 1. 실험에 사용된 시뮬레이션 매개 변수들

네트워크	무선 Ad-hoc 네트워크
노드 수	25
프로토콜	802.11
라우팅 알고리즘	AODV
라디오 전송 모델	TwoRayGround
시뮬레이션 시간	900초
Seed수	3
트래픽 종류	TCP
최대 TCP커넥션 수	20
최대 TCP윈도우 크기	32
패킷 크기	1024-bytes
CSRange	250, 325, 400, 500, 550m
네트워크 크기	670m*670m, 2500m*2500m
RTSThreshold	0, 60, 90, 150, 200, 300, 400, 500, 1000, 2000, 3000

기본적으로, RTS/CTS를 항상 사용하지 않으면 상황에 맞는 적절한 RTSThreshold를 구할 필요가 없다. 따라서 시뮬레이션 결과 값을 분석하기 위해 다음을 가정하였다. 만약 RTS/CTS를 사용하는 경우의 처리량이 항상 사용하지 않는 경우의 처리량 보다 좋다 하더라도, 그 차이가 사용하지 않는 경우의 10%를 넘지 않으면 그냥 RTS/CTS를 사용하지 않는 것이 좋다는 결론을 내린다. 이는 적절한 RTSThreshold를 계산하기 위해 모델을 만들고 구현을 하는 부담에 비해 그 이익이 적은 경우를 피하기 위함이다.

노드들은 무작위로 배치하고, 위에서 언급한 CSRange와 네트워크 크기와 함께 RTSThreshold를 바꾸어 가며 실험을 하였다. 그림 2는 그 결과를 보여준다. 2500m\*2500m 네트워크인 경우는, 보다 간단한 실험을 위해 RTSThreshold는 0, 90, 200, 3000만을, 시나리오는 3개만을 사용하였다.

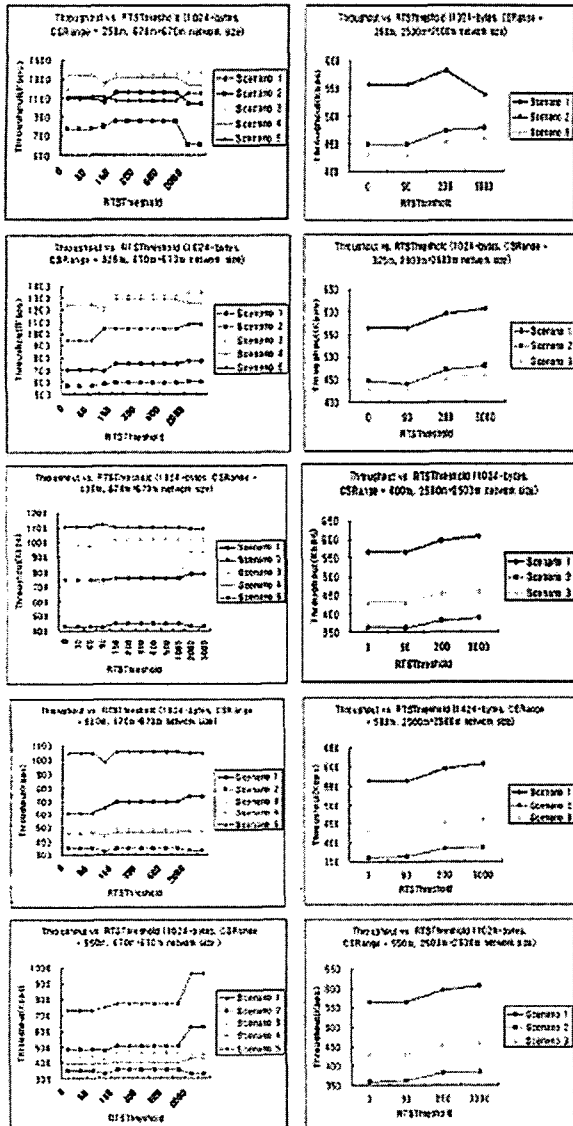


그림 2. 네트워크 처리량 vs. RTSThreshold. 왼쪽의 그래프들은 670m\*670m, 오른쪽은 2500m\*2500m 네트워크 크기 사용. 위쪽부터 CSRange 250, 325, 400, 500, 550m인 경우.

4.1. 다양한 CSRange를 사용하는 경우

CSRange가 RTSThreshold에 영향 줄 수 있는지를 보기 위해, 먼저 670m\*670m 네트워크인 경우를 보자 (그림 2의 왼쪽부분). 그림에서 볼 수 있듯이, CSRange가 325m이상인 경우에는 모두 RTSThreshold가 3000인 경우, 즉 RTS/CTS를 항상 사용하지 않는 경우, 가 좋았고, 250m인 경우에도 비록 시나리오 2인 경우는 RTSThreshold가 200인 경우가 좋았지만, 그 외 4개의 시나리오에서는 모두 RTSThreshold가 3000인 경우가 좋았다. 심지어

2500m\*2500m인 경우는, CSRange가 250m인 경우도 하나의 예외 없이 모두 RTSThreshold가 3000인 경우가 좋았다.

이는 CSRange와 RTSThreshold는 서로 관련이 있을 것이다, 즉 CSRange마다 최적의 네트워크 처리량을 낼 수 있는 RTSThreshold가 다를 것이다, 라는 예상과는 달리, CSRange가 RTSThreshold를 결정하는데 크게 관련이 없음을 말한다. 이처럼 RTS/CTS를 항상 사용하지 않는 경우가 더 좋은 이유는 CSRange가 송신자의 transmission range 보다 큰 경우에는 HNP가 발생하는 확률이 어느 정도론 작아져서, RTS/CTS를 사용하는 경우, 그 장점보단 단점이 더 크기 때문이 아니냐 추측된다.

4.2. 다른 크기의 네트워크를 사용하는 경우

네트워크의 크기가 RTSThreshold에 영향을 줄 수 있는지를 보기 위해, 그림 2를 다시 보자. 그림에서 볼 수 있듯이, 네트워크의 크기가 다르더라도, CSRange가 같은 경우, 최적의 네트워크 처리량을 내는 RTSThreshold값은 3000으로 서로 같았다. 이 또한, 네트워크의 크기가 RTSThreshold와 관련이 있을 것이다, 즉 네트워크의 크기가 다른 최적의 네트워크 처리량을 낼 수 있는 RTSThreshold가 다를 것이다, 라는 예상과는 달리, 네트워크의 크기가 RTSThreshold를 결정 하는데 크게 관련이 없음을 말한다.

5. 결론

본 논문에서는 패킷 크기에 따라 RTS/CTS의 사용여부를 결정하는 RTSThreshold의 값을 결정하기 위해 CSRange와 네트워크 크기가 고려되어야 하는지를 모의실험을 통해 밝혀 보았다.

실험의 결과, CSRange나 네트워크의 크기는 RTSThreshold값을 결정하는데 크게 영향을 주지 않음을 볼 수 있었다. 본 논문의 결과는 앞으로 RTSThreshold값을 계산하기 위한 모델을 만드는데 참고가 될 것으로 기대된다.

참고 문헌

[1] F. A. Tobagi and L. Kleinrock, "Packet switching in radio channels: Part II-The hidden terminal problem in carrier sense multiple-access and the busy-tone solution", IEEE Trans. Commun., vol. COM-23, pp. 1417-1433, Dec. 1975.  
 [2] Weinmiller, J., Woesner, H., Ebert, J.-P., Wolisz, A., "Analyzing the RTS/CTS Mechanism in the DFWMAC Media Access Protocol for Wireless LANs", IFIP TC6 Workshop Personal Wireless Comm., April 95 Prague, Czech Rep.  
 [3] Kong, Z.-N., Tsang, D.H.K., Bensaou, B., "Adaptive RTS/CTS Mechanism for IEEE 802.11 WLANs to Achieve Optimal Performance", IEEE Communication Society, pp. 185-190, 2004  
 [4] ns manual  
["http://www.isi.edu/nsnam/ns/ns-documentation.html"](http://www.isi.edu/nsnam/ns/ns-documentation.html)  
 [5] Jochen Schiller "Mobile Communications" Second Edition