

멀티홉 애드혹 환경에서 간섭 영향을 줄이기 위한 mac개선 방안 연구

이혜진, 김민규, 김재완, 인정식, 엄두섭
고려대학교 전자컴퓨터 공학과

e-mail : sayhj, mensama, kuzzang, windie, eomds@final.korea.ac.kr

A method to reduce collision by interference in MANETs

Hye-jin Lee, Min-kyu Kim, Jae-wan Kim, Jeong-sik In Doo-seop Eom
Department of Electronics and Computer Engineering
Korea University

Abstract

IEEE802.11 DCF에서는 hidden node문제를 해결하기 위하여 RTS/CTS 교환을 사용한다. 그러나 실제로는 전송에 필요한 파워보다 간섭을 일으킬 수 있는 파워가 작다. 따라서 RTS나 CTS를 받지 않은 노드에서 전송을 시작할 경우에도 간섭에 의해 충돌이 발생할 수 있다. 멀티홉 애드혹 환경에서는 이 현상이 더 큰 성능 저하를 불러 일으킬 수 있다. 본 논문에서는 기존의 RTS/CTS 교환에서 CTS를 받은 노드들이 STS 패킷을 보내고 STS를 받은 노드가 자신이 전송을 시작할 경우 데이터를 받는 노드에서의 간섭 효과를 계산해 간섭 효과가 클 경우 전송을 지연시키는 과정을 추가하였다. 따라서 간섭에 의한 충돌이 발생하지 않도록 하였다. 또한 시뮬레이션 결과를 통하여 이 방식이 멀티홉 애드혹 환경에서 성능을 향상 시켰음을 보였다.

I. 서론

멀티홉 애드혹 네트워크(MANETs)는 유선 인프라 구조 없이 노드들이 자동적으로 네트워크를 형성하는 형태를 의미한다. 따라서 노드의 이동에 제약이 없고 빠르게 망을 구성할 수 있으며 비용도 저렴하여 긴박한 상황이나 지속적인 망 연결이 필요 없는 환경에서 적용 가능

하다. 현재 멀티홉 애드혹 네트워크에서 공통적으로 사용하고 있는 MAC 프로토콜은 IEEE802.11 DCF(Distributed Coordination Function)[1]이다. 그러나 IEEE802.11은 AP가 존재하는 인프라 구조에서 1홉 통신을 기준으로 정의된 표준이다. 따라서 이것이 멀티홉에 적용될 때는 여러 가지 문제점이 발생할 수 있다.

IEEE802.11 DCF 모드에서는 hidden node 문제를 해결하기 위하여 데이터를 전송하기 전에 전송 노드나 수신 노드의 이웃 노드들에 데이터 전송을 알려 충돌을 막는다. 그러나 전송을 지연시키는 노드는 전송 노드나 수신 노드의 전송 범위 안에 있는 노드이다. 그러나 실제로는 전송 범위의 1.7~2배정도의 범위에 있는 노드들이 전송을 시작할 경우 전송 노드나 수신 노드에서 간섭을 일으켜 데이터와 충돌을 일으킬 수 있다. 멀티홉에서는 이 현상이 심각한 성능 저하를 발생시킬 수 있다. 본 논문에서는 이 범위를 간섭 범위라고 하고 간섭범위 내에 있는 노드들의 간섭영향을 줄이기 위한 방안을 제시하였다. 또한 시뮬레이션을 통하여 이 알고리즘이 전체 애드혹 네트워크의 성능을 향상 시킨다는 사실을 보였다.

II. IEEE 802.11 DCF

IEEE802.11 DCF는 기본적으로 CSMA/CA(carrier sensing with collision avoidance)방식을 이용한다. 전송할 패킷이 있는 노드(이하 전송노드)는 전송을 시작하기 전에 채널을 아무도 사용하고 있지 않은지 감지한다.

만약 DIFS(Distributed Inter Frame Space)동안 채널이 사용되지 않는 상태라면 전송 노드는 Random backoff를 하여 채널을 사용하려고 하는 다른 노드와 채널을 사용하기 위한 경쟁을 한 후에 RTS(Request To Send) 패킷을 수신 노드에 전송한다. RTS를 받은 수신 노드는 DIFS보다 짧은 SIFS(Short Inter Frame Space)를 기다린 후에 CTS(Clear To Send) 패킷을 전송 노드에 전송한다. 이때 RTS나 CTS를 받은 이웃 노드는 NAV(Network Allocation Vector)를 설정해 데이터 전송이 끝날 때 까지 전송을 지연 시킨다. 한편 CTS를 받은 전송 노드는 SIFS 후에 데이터를 보내고 데이터를 모두 받은 수신 노드는 ACK을 보내 데이터를 성공적으로 받았음을 알리고 전송을 종료한다.

이 과정을 그림 1에 나타나있다. 기존 인프라 구조에서는 이 과정을 통해 Hidden node 문제를 해결하였다. 그러나 다음 장에서 나타난 것과 같이 멀티홉 애드혹 네트워크에서는 이 과정만으로는 hidden node 문제를 해결할 수 없다.

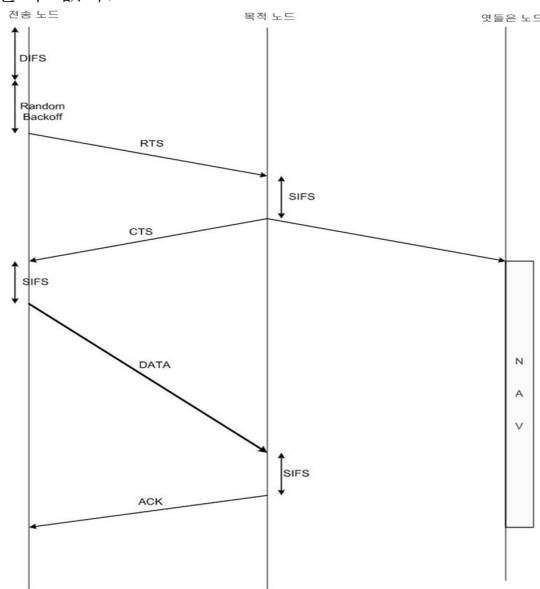
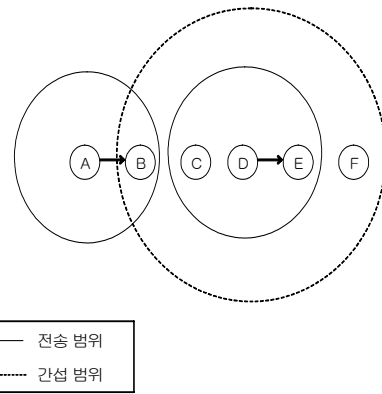


그림 1. RTS/CTS 교환을 통한 데이터 통신

III. 멀티홉 애드혹 네트워크에서의 hidden node 문제

RTS나 CTS를 받은 이웃 노드들은 전송 노드나 수신 노드의 전송 범위 안에 있는 노드들이다. 그러나 패킷을 성공적으로 받지 않아도 패킷의 전송이 다른 패킷의 전송에 간섭을 일으키는 경우가 있다. 이 노드들이 분포한 범위를 간섭 범위라고 한다.

그림 2에서 노드 A에서 노드 B로 전송할 경우 노드 B의 전송 범위에 있는 노드 C는 NAV를 설정해 전송을 시작



하지 않지만 노드 D는 전송 범위에 있지 않기 때문에 채널을 사용하지 않은 것으로 알고 노드 E로 전송을 시작한다. 그러나 노드 D는 노드 B의 간섭 범위에 있기 때문에 이것은 노드 B가 받고 있는 데이터와 충돌이 일어난다.

그림 2. 멀티홉에서 hidden node 문제

IV. 기존 연구

애드혹 네트워크에서 RTS/CTS 교환을 사용했을 때 간섭에 의한 충돌이 발생한다는 사실은 [2]에서 제시하였다. [2]에서는 간섭을 일으킬 수 있는 파워가 전송에 필요한 파워보다 작고 따라서 전송 범위에 속해있지 않은 노드에서 전송을 시작할 경우에도 간섭을 일으켜 데이터 충돌이 발생할 수 있다는 사실을 밝혔다. 또한 수학적 모델을 이용해 간섭거리는 전송거리의 1.78배가 됨을 밝혔다. 여기서 제시한 해결 방안은 RTS를 받은 수신노드가 자신이 $(1/1.78) \times \text{전송거리}$ 에 속해 있으면 CTS를 보내고 그렇지 않은 경우 CTS 응답을 하지 않는다는 것이다. 그러나 이 방식은 전송 범위 내에 속함에도 불구하고 CTS 응답을 하지 않아 전송을 할 수 없는 경우가 발생해 실제 전송 범위를 0.57배 줄이는 효과가 발생한다..

Deferrable MAC[3]에서도 간섭에 의한 충돌 문제를 이야기하였다. 간섭범위가 전송 범위의 대략 2배가 되기 때문에 패킷이 전송 될 때에 한 홉을 거치는데 걸리는 시간을 계산하여 먼저 전송된 패킷이 3홉을 건너갈 시간까지 새로운 패킷 전송을 늦추어 간섭이 일어나지 않도록 한다. 하지만 이 방식은 라우팅 측면에서 문제를 해결하기 때문에 MAC에서는 직접 구현할 수 없는 단점이 있다.

Critical Neighbor[5]방식에서는 AODV 라우팅 프로토콜[4]에서 beacon을 보낼 때에 이웃 노드가 실제로 얼마나 떨어져있는지 계산하고 이때 필요한 파워가 얼마인

지 계산하여 전송 파워를 줄여 간섭범위를 줄이는 방법을 제안하였다. 이 방식은 파워를 조절한다는 가정을 하고 있기 때문에 전송 파워를 조절하지 못하는 경우에는 적합하지 않다.

V. 제안하는 알고리즘

본 논문에서 제안하는 방식은 IEEE802.11 표준의 RTS, CTS 교환을 그대로 따른다. 그러나 CTS를 받은 노드들이 조건에 따라 STS 패킷을 한번 더 전송해 간섭 범위에 있는 노드들이 역시 NAV를 설정할 수 있도록 한다.

전송할 데이터가 있는 노드(이하 전송 노드)는 DIFS를 기다린 후에 Random backoff를 한 후 RTS를 보낸다. 데이터의 목적지가 되는 노드(이하 목적 노드)는 자신이 RTS를 받은 파워를 측정하고 CTS에 이 정보를 함께 실어 SIFS 후에 전송 노드에 보낸다. 이때 RTS를 엿들은 노드는 NAV를 설정하여 전송을 미루어 데이터에 충돌이 발생하지 않게 한다. CTS를 엿들은 이웃 노드들은 자신이 CTS를 받은 파워와 CTS 패킷안에 적혀있는 목적 노드가 RTS를 받은 파워로 목적 노드에서의 SIR(Signal To Interference Ratio)[6]을 계산한다. SIR은 (데이터를 받는 파워/간섭을 일으킬 수 있는 다른 데이터를 받는 파워)로 애드혹 네트워크에서 모든 노드는 균등하다고 가정하기 때문에 목적 노드에서의 SIR은 (전송 노드로부터 데이터를 받는 파워/이웃 노드로부터의 간섭 파워) = (RTS를 받은 파워/이웃 노드가 CTS를 받은 파워)로 계산된다.

[7]에 따르면 목적 노드에서의 수신 파워값은 TWO-WAY GROUND 모델로 다음과 같이 구할 수 있다.

$$P_r = P_t G_t G_r \frac{h_t^2 h_r^2}{d^4}$$

그리고 목적 노드에서의 SIR은 다음과 같이 계산된다.

$$SIR =$$

$$\frac{\text{전송 노드가 보내는 데이터를 받는 파워}}{\text{이웃 노드에서의 간섭 파워}} = \frac{P_{RTS}}{P_{CTS}}$$

(P_{RTS} = CTS 패킷안에 적혀있는 목적 노드가 RTS를 받는 파워, P_{CTS} = CTS를 받은 파워)

이때 SIR이 SIR 임계값보다 클 경우에는 NAV만을 설정하고 작을 경우에는 NAV를 설정하면서 이웃 노드에 STS(Sure To Send) 패킷을 전송한다. STS 패킷 안에는 CTS를 받은 파워 정보와 CTS패킷 안에 적혀있는 RTS를 받은 파워 정보를 함께 적어보낸다. 또한 이때 이

웃 노드들이 동시에 STS를 전송하면 충돌이 일어날 수 있기 때문에 1~6중 하나의 숫자를 랜덤으로 선택하여 SIFS에 이 숫자를 곱한 만큼 기다렸다가 STS를 전송한다. STS를 받은 노드는 STS 패킷안에 적혀 있는 파워 정보와 자신이 STS를 받은 파워를 이용하여 다음과 같이 SIR을 계산한다.

$$SIR =$$

$$\frac{P_{RTS}}{\text{STS를 받은 노드가 전송할 때 목적 노드에서 받는 파워}}$$

$$= P_{RTS} \left(\frac{1}{P_{CTS}} + \frac{6}{\sqrt{P_{CTS} * P_{STS}}} + \frac{1}{P_{STS}} + \frac{4}{\sqrt{4 * P_{CTS}^3 * P_{STS}}} + \frac{4}{\sqrt{4 * P_{CTS}^3 * P_{STS}}} \right)$$

이 된다.

이 SIR이 임계값보다 작으면 NAV를 설정하여 간섭에 의한 충돌이 발생하지 않도록 한다.

또한 전송 노드는 CTS를 받고 나서 6SIFS를 기다린 후에 데이터를 전송한다. 그리고 데이터 전송이 끝나면 목적노드는 SIFS를 기다린 후에 ACK을 보내 전송이 성공적으로 이루어 졌음을 알린다. 이 과정을 다음 그림 3에 나타내었다.

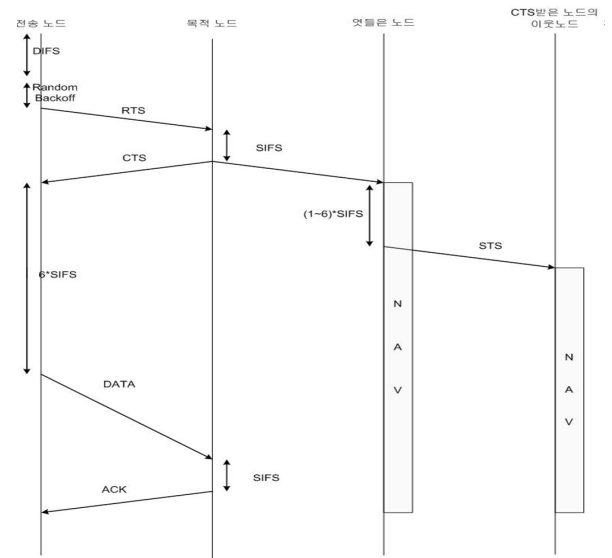


그림 3. STS 패킷 전송이 포함된 데이터 통신

VI. 시뮬레이션

본 알고리즘의 구현을 위해서 NS-2[8] 시뮬레이터를 사용하였다. 노드들을 균등하게 분포시키고 데이터 크기가 512 byte인 CBR(Constant bit rate) 트래픽을 받

생시켰다. 또한 노드의 개수는 50개이고 노드가 분포되어 있는 전체 넓이는 1000m*1000m, 전송 파워는 15dBm, SIR 임계값은 6db로 200s동안 실행해보았다. 라우팅 프로토콜은 AODV이다. 이때 측정해본 값은 다음과 같다.

· Pkt delivery ratio - 성공적으로 전송된 데이터의 수/보낸 데이터 수*100(%)

· Average Delay - source에서 destination까지 패킷이 전송되는 평균 시간(s)

이 결과를 그래프로 나타낸 것이 다음 그림 4와 5이다.

두 결과 모두 STS 패킷을 전송했을 때 성능 향상이 이루어졌음을 보여주고 있다.

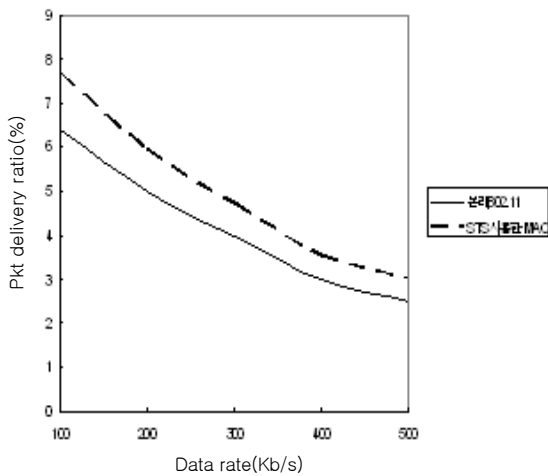


그림 4. Data rate(Kb/s) vs pkt delivery ratio(%)

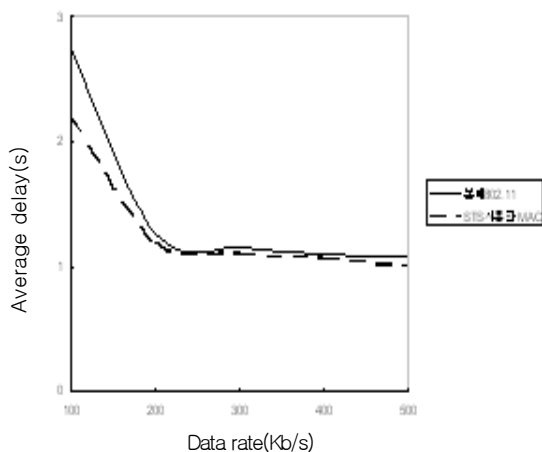


그림 5. Data rate(Kb/s) vs average delay(s)

VI. 결론

본 논문에서는 멀티홉 애드혹 네트워크에서 사용되는 IEEE802.11 MAC에서 간섭에 의해 발생하는 충돌을 줄이고자하는 방안을 제시하였다. 기존의 RTS/CTS 교환에 새로운 패킷을 교환하는 과정을 추가함으로써 간섭 범위 내에 있는 노드들이 충돌을 일으킬 가능성이 있는 경우 전송을 미루도록 하였다.

또한, 시뮬레이션을 통해 본 논문에서 제시한 알고리즘이 간섭에 의한 충돌을 줄여 네트워크의 성능을 향상시킨다는 사실을 보였다.

참고 문헌

- [1] IEEE Standard 802.11, "Wireless LAN Media Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) specifications, 1999
- [2] Kaixin Xu, Mario Gerla, Sang Bae, "How Effective is the IEEE 802.11 RTS/CTS Handshake in Ad Hoc Networks?" GLOBECOMM 2002 - IEEE Global Telecommunications Conference, no. 1, pp.72-77, November 2002
- [3] Alex Varshavsky, Eyal Lara, "Alleviating Self-Interference in MANETs" LCN 2004 - IEEE Conference on Local Computer Networks, pp. 642-649
- [4] Charles E. Perkins, Elizabeth Royer, "Ad Hoc On Demand Distance Vector Routing" Proceedings of the 2nd IEEE Workshop on Mobile Computing Systems and Applications, pp. 90-100
- [5] Hwee Xian Tan, Winston K. G. Seah, "Dynamic Topology Control to Reduce Interference in MANETs" ICMU 2005 - International Conference on Mobile Computing and Mobile Networking, April 13-15, 2005
- [6] D. Maniezzo, M. Cesana, M.Gerla, "IA-MAC: Interference Aware MAC for WLANs" UCLA-USD Technical Report Number 020037
- [7] T. Rappaport, "Wireless Communications: Principles and Practice," Prentice Hall, New Jersey, 1996
- [8] Kevin Fall and Kannan Varadhan, "ns notes and documentation", <http://www.isi.edu/nsnam/ns/doc>, 2005