

멀티 홉 무선 Ad-hoc 네트워크를 위한 개선된 CSMA/CA 프로토콜

*김남일, 황유선, 김웅배
한국전자통신연구원 이동통신연구소 무선 Ad-hoc 네트워크연구팀
TEL : +82-42-860-1279, Fax : +82-42-860-5495
E-mail : namilk@etri.rc.kr

Enhanced CSMA/CA Protocol for multi-hop wireless Ad-hoc networks

*NamIl Kim, YouSun Hwang, EungBae Kim
Mobile Telecommunication Research Lab., ETRI

Abstract

In this paper, we propose the enhanced CSMA/CA MAC protocol for mobile multi-hop wireless Ad-hoc networks.

In the conventional wireless Ad-hoc network such as WLAN using CSMA/CA MAC protocol, communications between terminals that are connected within multi-hop node may degrade the transmission efficiencies as increasing the multi-hop nodes because of RTS-CTS-DATA-ACK message exchange between terminals.

In this paper, we apply the ACK/RTS control message into multi-hop transmission between terminals for wireless ad-hoc networks and improve the data traffic transmission efficiencies compared with conventional CSMA/CA MAC protocol used in WLAN.

I. 서론

무선 Ad-hoc 네트워크는 기지국 또는 AP 와 같은 기반망 장치의 도움 없이 단말기 노드들간에 자율적으로 구성되는 임시적인 네트워크이다. Ad-hoc 단말기들은 무선 인터페이스를 사용하여 서로 통신하기 때문에 물리적으로 전송 거리상의 제약이 발생하며, 이로 인하여 물리적으로 통신 영역에 위치하지 않은 단말기간의 통신을 위해서는 중간에 위치한 단말기들을 경유하는 논리적 통신 영역내의 단말을 통한 멀티 홉 통신 방식을 이용한다.

무선 Ad-hoc 네트워크의 단말기들 간의 통신을 위하

여, 각 단말기는 무선 채널의 상태를 감지하고 이를 기반으로 무선 채널에 접근하기 위하여 MAC(Media Access Control) 프로토콜을 이용한다. 하나의 단말이 무선 채널을 통하여 데이터를 전송하기 위해서는 우선, 목적 단말이 물리적 통신 영역 또는 논리적 통신 영역 내의 존재 여부를 파악 한다. 이러한 통신 영역에 대한 결정은 데이터 메시지를 전송하기 이전에 주기적인 네트워크 설정 상태 점검에 의하여 얻어진다. 목적 단말이 논리적 영역에 존재하는 경우, 데이터 전송의 출발지 단말은 경유하고자 하는 각 단말의 상태를 확인한 후 제어 메시지 및 데이터 메시지를 이용하여 데이터 전송을 수행한다.

종래의 CSMA/CA 를 이용한 MAC 프로토콜의 경우, 물리적 통신 영역에 위치한 단말기간의 통신에 있어서, RTS(Request To Send), CTS(Clear To Send) 및 ACK(ACKnowledgment)와 같은 제어 메시지를 이용하여 데이터를 전송한다. 그러나, 논리적 통신 영역에 위치한 단말기간의 통신에 있어서 각 단말간의 통신은 물리적 통신 영역에서의 단말기간의 통신 방식이 그대로 적용되며, 이로 인하여 경유해야 하는 단말기의 숫자에 비례하여 데이터 통신 처리 용량이 감소한다. 즉, 출발 단말과 각각의 경유 단말, 경유 단말과 목적 단말간의 통신은 항상 물리적 통신 영역에 있는 단말간의 통신과

마찬가지로, RTS-CTS-Data-ACK 메시지의 전송 및 교환이 이루어져야 한다. 또한 각 두개의 단말간의 데이터 전송이 끝나고, 경유되는 두 단말간의 데이터 전송을 위해서는 DIFS 및 SIFS 과 같은 채널 감지 시간이 요구되며, 이 또한 경유되는 단말기의 수가 증가함에 따라 증가한다. 따라서, 멀티 홉의 증가에 따른 제어 메시지 교환 및 채널 감지 시간의 증가는 무선 채널을 통한 데이터 처리 용량을 감소시킬 수 있다.

본 논문에서는 무선 Ad-hoc 네트워크 통신에서 멀티 홉을 통하여 전송되어야 할 데이터의 전송시 출발 단말기, 경유 단말기 및 목적 단말기 간의 데이터 전송을 위한 제어 메시지의 교환시 기존의 RTS-CTS-Data-Ack 방식의 데이터 전송 및 제어신호 교환방식에 추가적인 제어메시지를 적용한 RTS-CTS-Data-Ack/RTS 방식의 데이터 전송 및 제어신호 교환방식을 이용하여 제어 메시지 교환 횟수를 감소시켜 데이터 처리 용량을 증가시키는 개선된 CSMA/CA MAC 프로토콜 및 처리방법에 대하여 기술한다.

II. MACA 및 MACAW MAC 프로토콜

무선 Ad-hoc 네트워크를 구성하고 있는 단말기간의 통신을 위하여 무선 채널의 상태를 감지하고, 채널이 idle한 상태에서 데이터를 전송하기 위한 CSMA/CA 프로토콜에 대한 다양한 연구가 진행되었다. 본 절에서는 대표적인 CSMA/CA 프로토콜에 대하여 살펴보고, 각각의 프로토콜이 갖는 문제점을 분석하고자 한다.

2.1 Multiple Access Collision Avoidance (MACA)

MACA 는 대표적인 SRMA(Split - channel reservation multiple access)프로토콜로서, 송신기와 수신기간의 제어신호 교환을 통하여 데이터의 충돌을 피한다. Aloha 또는 CSMA 를 이용하여 데이터 패킷을 노드 A 에서 노드 B 로 전송하는 경우, 노드 A 는 노드 B 로 Request-to-Send (RTS) 패킷을 전송한다. RTS 패킷을 수신한 노드 B 는 이에 대한 응답으로 Clear-to-Send (CTS) 패킷을 노드 A 에게 전송하고 노드 A 는 CTS 수신 이후에 데이터 패킷을 전송한다. MACA 프로토콜은 RTS-CTS 패킷 교환을 통하여 무선 채널을 분리한 후 데이터 패킷의 충돌을 방지한다. 이에 대한 패킷 전송 절차를 그림 2-1 에 도시하였다.

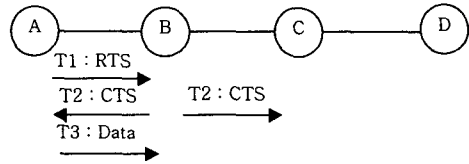


그림 2-1. MACA 프로토콜 패킷 전송 절차

RTS-CTS 교환을 이용하는 MACA 프로토콜은 그림 2-1 에서와 같이 다수의 노드들이 연결된 네트워크에서 hidden 터미널 및 exposed 터미널 문제로 인하여 전송 패킷의 충돌이 발생하게 된다. 즉 RTS 패킷과 CTS 패킷 자체의 충돌이 발생하고 또한 이로 인하여 패킷 전송 효율이 감소하게 된다.

2.2 MACAW 프로토콜

MACAW 는 MACA 프로토콜의 데이터 패킷의 전송 오류에 대한 보완 및 exposed 터미널 문제로 인한 제어 패킷의 전송 효율을 개선하기 위하여 제안된 프로토콜이며, 이에 대한 패킷 전송 절차를 그림 2-2 에 도시하였다. 이 방식에서는 전송된 패킷의 충돌이 발생한 이후에 재전송을 위한 back off 기간을 두 배로 증가시키고, RTS-CTS 교환이 성공적으로 이루어진 이후에는 back off 를 최소값으로 감소시키는 binary exponential back off 알고리즘을 제안하였으며, 또한 acknowledge - ment(ACK's) 패킷을 적용하여 채널 에러가 존재하는 경우 시스템의 링크 가용도 및 처리용량을 개선하였다.

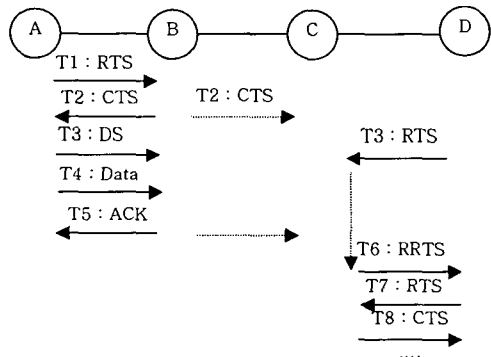


그림 2-2 MACAW 프로토콜의 패킷 전송 절차

또한 Request-for-Request-to-Send (RRTS) 패킷을 적용하여, exposed terminal 문제로 인하여 그림 2-2 의 노드 C 가

노드 A 와 B 간의 통신으로 인하여 노드 D 로부터 T3 시간에 RTS 패킷을 수신하였음에도 불구하고 CTS 패킷을 전송하지 못하는 경우, T6 에서와 같이 RRTS 패킷을 전송하여 노드 D 로 하여금 재전송을 위한 back off 타이머의 손실을 줄이고 시스템 처리용량을 증가시키는 방안을 제안하였다.

그러나 MACA 및 MACAW 에서는 그림 2-3 과 같은 hidden terminal 및 exposed terminal 문제가 발생하여 링크 가용도를 떨어트린다.

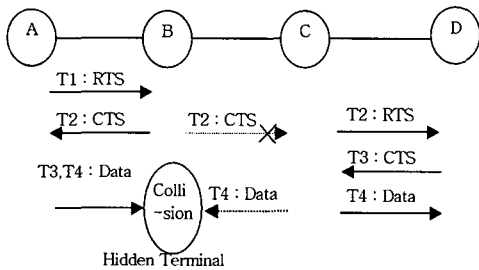


그림 2-3 MACA 및 MACAW 에서의 hidden/exposed terminal 문제

III. 멀티 홉 ad-hoc 네트워크를 위한 개선된 CSMA/CA 프로토콜

본 절에서는 본 논문에서 제안한 멀티 홉 ad-hoc 네트워크를 위한 CSMA/CA 프로토콜에 대하여 기술한다.

무선 Ad-hoc 네트워크의 단말기들 간의 멀티 홉 통신 프로토콜에서, 상위 프로토콜 계층에서 수신된 데이터는 MAC 프로토콜 처리부에서 데이터의 성격이 물리적 통신영역에 위치한 단말에게 전송되는 단일 홉 데이터인지 또는 물리적 통신영역에 위치하지 않고 논리적 통신영역에 위치한 멀티 홉 데이터인지를 확인한다. 멀티 홉 데이터의 경우 네트워크의 구성은 무선 채널에서 최초의 전송 데이터를 생성하는 출발 단말기, 수신된 데이터를 중계하여 인접 단말에게 전송하는 경유 단말기 그리고, 최종적으로 데이터를 수신하는 목적단말기로 분류된다.

그림 3-1 은 본 논문에서 제안한 CSMA/CA MAC 프로토콜에서 단말기와 단말기간의 제어 메시지 교환시 ACK/RTS 신호를 적용하여 데이터를 전송하는 신호의 흐름을 보여준다.

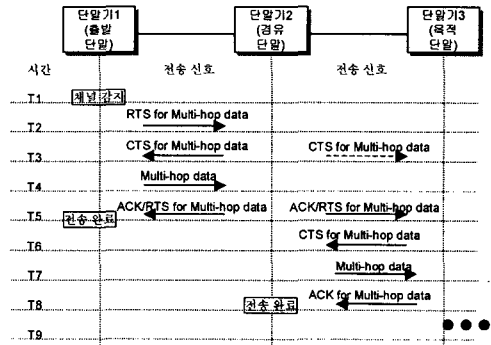


그림 3-1 멀티 홉 Ad-hoc 네트워크를 위한 개선된 CSMA/CA 프로토콜 신호 전송 절차

단말기 1 과 단말기 2 는 무선 채널을 통하여 물리적 통신영역 내에 존재하며, 단말기 2 와 단말기 3 은 무선 채널을 통하여 물리적 통신영역내에 존재한다. 단말기 1 에서 단말기 3 으로 데이터를 전송하는 경우 전송하고자 하는 데이터는 단말기 1 에서 무선 채널을 통하여 단말기 2 에 전송되고, 단말기 2 는 이 데이터를 무선채널을 통하여 단말기 3 에 전송한다. 이때 단말기 1 은 출발 단말기가 되고, 단말기 2 는 경유단말기가 되며 단말기 3 은 목적 단말기가 된다. 출발단말기의 MAC 프로토콜 처리부는 상위 계층으로부터 단말기 3 에게 멀티 홉을 통하여 전송해야 되는 데이터를 수신하면 무선 채널의 상태를 감지한다. 채널감지는 물리계층에 의한 채널 감지 또는 NAV(Network Allocation Vector)에 의한 가상 채널 감지로 진행되며, 채널이 idle 상태가 되면 RTS for Multi-Hop data 신호를 무선 채널을 통하여 단말기 2 에게 전송한다. 단말기 2 는 RTS for Multi-Hop data 신호를 정상적으로 수신한 후 CTS for Multi-Hop data 신호를 무선 채널을 통하여 단말기 1 에게 전송한다. CTS for Multi-Hop data 신호를 정상적으로 수신한 단말기 1 은 multi-hop data 를 무선 채널을 통하여 단말기 2 에게 전송한다. 단말기 2 는 무선 채널을 통하여 단말기 1 로부터 수신된 데이터가 오류가 없이 정상적으로 수신되면 이에 대한 응답 및 무선채널을 통한 단말기 3 으로 멀티 홉 데이터를 전송하기 위한 제어 신호인 ACK/RTS for multi-hop data 신호를 무선 채널을 통하여 단말기 1 과 단말기 3 에게 전송한다. 이로써, 단말기 1 과 단말기 2 와의 데이터 전송이 종료되고, 단말기 3 은 수신된 ACK/RTS for multi-hop data 신호에 대한 응

답으로 CTS 신호를 단말기 2 에 전송한다. CTS 를 수신한 단말기 2 는 multi-hop data 를 단말기 3 에게 전송하고, 목적 단말기인 단말기 3 은 단말기 2 로부터 송신된 multi-hop data 에 대한 응답으로 ACK 를 전송한다. 이러한 일련의 과정을 거쳐 출발단말기와 경유단말기, 목적 단말기간의 데이터 전송이 종료된다.

IV. 결론

본 논문에서는, 기지국 또는 AP 가 없는 무선 이동 Ad-hoc 네트워크 통신에서 물리적통신 영역에 위치하지 않는 출발 단말기와 목적 단말기가 중간에 두 단말이 논리적으로 연결되도록 위치한 경유 단말기를 통하여 멀티 홉으로 통신하는 경우, CSMA/CA 를 이용한 MAC 프로토콜에 각 단말간의 무선 채널을 통한 데이터 전송시 ACK/RTS 신호를 적용하여, 기존의 CSMA/CA MAC 프로토콜에서 보다 제어신호를 감소시켜 무선 채널을 통한 데이터 처리 용량을 증가시키는 프로토콜에 대하여 기술하였다.

출발 단말기와 목적 단말기간의 통신시 (N-1)개의 경유 단말기가 존재하여 N 개의 멀티 홉이 존재하는 경우, 기존의 CSMA/CA MAC 프로토콜에서는 N 개의 RTS, N 개의 CTS, N 개의 Data 및 N 개의 ACK 메시지가 전송되어야 한다. 그러나, 본 논문에서 제안한 ACK/RTS 메시지를 이용하게 되면 1 개의 RTS, N 개의 CTS, N 개의 Data , (N-1)개의 ACK/RTS 및 1 개의 ACK 신호가 전송된다. 이때 RTS, CTS, ACK 및 ACK/RTS 제어 신호의 길이를 동일한 프레임 구조를 갖게 하고 이때 메시지의 길이가 Lframe 이면, 본 논문에서 제안한 프로토콜은 기존의 CSMA/CA 프로토콜에 비교하여 멀티홉의 수가 N 인 경우 (N-1)*Lframe 의 제어 메시지를 감소시킨다.

참고문헌

[1] M. Naraghi-Pour, "Investigation of Media Access Control Protocols for Mobile Ad-hoc Networks," Tech. Report for NIST Contract Q-912364, June 2000.

[2] V.Bharghavan, A.Demers, S.Chenker and L.Zang, " MACAW : A Media Access Protocol for Wireless LAN's" , Proc. ACM SIGCOMM' 94, pp212-225, Aug.1994

[3] Chane L. Fullmer and J.J Carcia-Luna-Aceves, " Floor Acquisition Multiple Access(FAMA) for Packet-Radio Networks" , Proc. ACM SIGCOMM' 95, Cambridge, MA, Aug. 28-Sept.1, 1995

[4] 신재욱, 권혜연, 남상우, 임선배, " 이동 Ad hoc 네트워크 실현을 위한 무선접속 기술" , Telecommunications Review, 제 12 권 3 호 2002 pp.322-335