

# 다중홉 다중 링크 ad-hoc 망에서

## 예약 메카니즘을 이용한

### 파워 제어 프로토콜의 성능 분석

윤현민, 최덕규, 조영중

아주대학교 정보통신전문대학원

경기도 수원시 팔달구 원천동 산5번지, 442-749

Tel : (031) 219-2639, FAX : (031)219-1582

yhm@madang.ajou.ac.kr, dkchoi@madang.ajou.ac.kr, yjcho@madang.ajou.ac.kr

#### Abstract

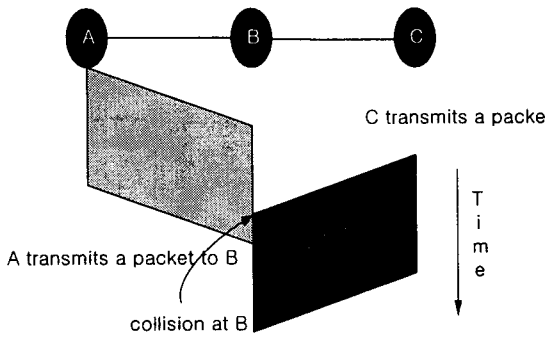
차세대 무선 통신 서비스의 응용은 다양한 형태로 발전하고 있다. 그 중에서 응급상황이나 학내망 같이 특수한 경우에 제공될 수 있는 시나리오로 다중 홉(Multi-hop) 다중 링크(Multi-link) ad-hoc 망을 들 수 있다. Ad-hoc망은 한정된 자원 문제와 변화가 심한 링크 용량문제가 있으며, 다중 홉상의 노드가 이동함으로 토폴로지의 동적 변화문제도 발생한다. 이러한 망의 노드는 송·수신단 역할을 할뿐만 아니라 패킷을 전달하는 중간 노드의 역할도 하기 때문에 파워의 절약 메카니즘이 절실히 필요하게 된다.

본 논문은 PAMAS에 기반하여, 별도의 제어 채널에 버퍼를 두어 송·수신자 주소와 전송할 데이터의 크기의 정보를 버퍼에 기록하여 예약하고 제어 채널에서 데이터 채널의 파워를 제어할 수도 있으므로 데이터 전송에서 충돌을 예방하고 효율적으로 파워를 절약할 수 있다. 데이터 전송 발생을 바꿔가며 시뮬레이션 결과 일반적인 방법을 사용한 노드들보다 훨씬 좋은 파워 절약을 이루고 있음을 알 수 있었다.

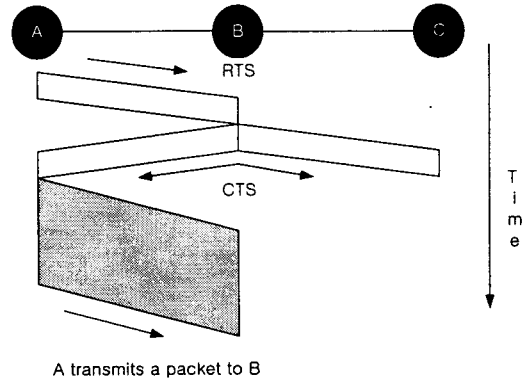
#### 1.서론

다중 무선 ad-hoc 네트워크 망은 유선망을 설치하기 힘든 특수 상황이 있는 장소에서 필요하다. 여기서 특수한 상황이란, 자연 재해나 위급한 재난 상황을 들 수 있다. 이러한 상황일수록 신속하고 중단없는 정보 전달이 필요하다. 정보가 끊기게 되면 긴급 상황에서 효과적인 대응이 이루어지지 못할 것이

다. 지속적인 정보전달을 위해서는 이동 노드의 배터리 수명이 길수록 좋다. 배터리는 이동 노드에 있어서 커다란 제약 사항의 하나로써 작용한다. 결국 배터리의 한계성 때문에 파워의 불필요한 사용을 줄이는 것이 중요하다. 예를 들면 어떤 두 노드가 데이터를 전송 중일 때 이 영역 안의 모든 이웃 노드들은 데이터 전송이 끝날 때까지 파워를



<그림-1 숨겨진 터미널 문제>



<그림-2 MACA에서의 전송 절차>

낭비하면서 기다리게 된다. 이와 같은 낭비를 줄이기 위해서는 노드가 자체적으로 파워를 절약할 수 있는 방법이 필요하였다.

무선에서 많이 사용되는 대표적 액세스 프로토콜로는 CSMA이며, 많은 유사한 프로토콜이 사용되고 있다. 그러나 다중 홉, 다중 노드 무선 ad-hoc 망에서는 숨겨진 터미널 문제(hidden terminal problem)가 발생한다. 이의 해결을 위해서 MACA가 제안 되었고 그리고 MACA를 보완한 PAMAS (Power Aware Multi-Access protocol with Signalling)가 나오게 되었다. PAMAS는 기존의 MACA에 제어 채널을 따로 두어 더욱 효율적인 파워 소비 제어를 할 수 있다.

이곳에 제안한 메카니즘은 숨겨진 터미널 문제를 해결함과 동시에 제어 채널에 버퍼를 둔 예약 방식을 사용하여 다중 홉에서의 공평하고 효과적인 파워 절약을 가능하게 한다.

## 2. 숨겨진 터미널 문제

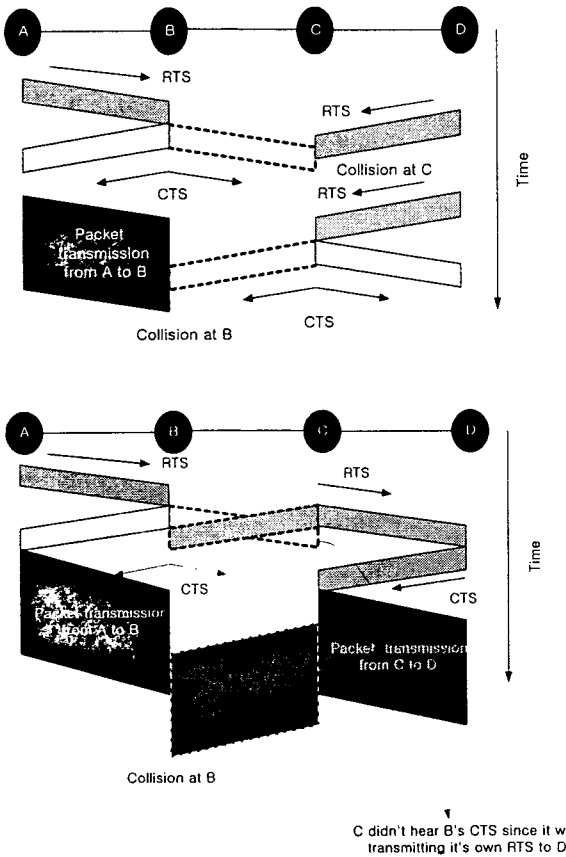
다중 홉, 다중 링크에서의 숨겨진 터미널 문제의 해결은 매우 중요하다. 이로 인해서 많은 예기치 못한 충돌이 발생하여 데이터가 손실되고 이로 인한 재전송으로 파워의 낭비도 커진다. <그림-1>에서 숨겨진 터미널 문제를 살펴보면, 노드 A

는 C의 활동 상황을 알 수가 없다. 그러므로 A가 B에게 데이터를 전송하고 있을 때, C는 이를 알지 못하고 B에게 데이터를 보내게 되어 A와 C의 데이터가 충돌하게 된다. 이에 A와 C는 상호 숨겨진 상태다.

<그림-2>에서, 노드 A가 전송을 위해 먼저 B에게 RTS (Request To Send)를 보내고 자신이 전송할 것임을 알린다. 그러면 B는 RTS를 받고 다시 A에게 CTS(Clear To Send)를 보내 수신 준비가 되었음을 알려준다. 다음 A에서 CTS를 받고 데이터를 전송하기 시작한다.

이러한 MACA의 전송 절차는 <그림-1>과 같은 상황에서의 숨겨진 터미널 문제를 해결

할 수는 있지만, <그림-3>에서와 같은 상황이면 또다시 충돌이 발생하게 된다. 이와 같은 현상은 망의 성능을 떨어뜨리고, 재전송으로 인하여 배터리를 소비하는 결과를 낳게 된다. <그림-3>과 같은 문제점을 해결하기 위하여 강구된 방안이 MACAW나 FAMA등이다. MACAW는 MACA의 링크 계층에 ACK를 추가하여, 수신단으로부터 ACK를 받지 못한 패킷을 전송하는 방식이고, FAMA는 MACAW에 각 빈 슬롯의 처음에 non -

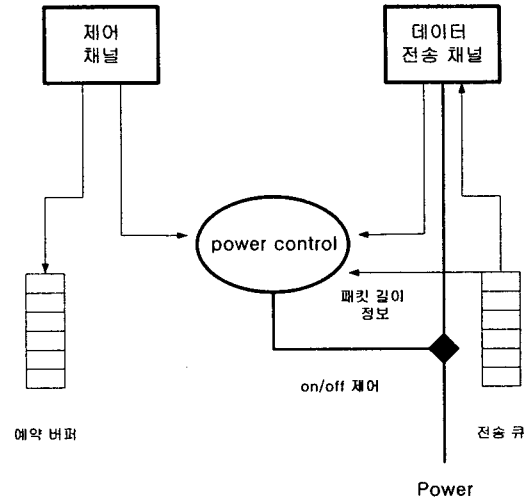


<그림-3 MACA의 숨겨진 터미널 문제>

persistent CSMA절차를 포함시킨 것이다. PAMAS는 별도의 제어 채널을 두어서 데이터 전송시에 수신자는 "busy tone"을 전송하여 자신이 수신중임을 알려서 숨겨진 터미널 문제를 해결한다. 제안한 프로토콜도 역시 별도의 제어 채널과 버퍼를 사용하여 숨겨진 터미널 문제도 해결하고 파워 절약 방안을 제안한다.

### 3. 알고리즘

<그림-4>는 인터페이스 구조를 나타낸다. 데이터 채널에 별도의 제어 채널이 있고 여기에 버퍼를 두어 전송 예약을 가능하게 한다.



< 가정 >

<그림 4 인터페이스 구조>

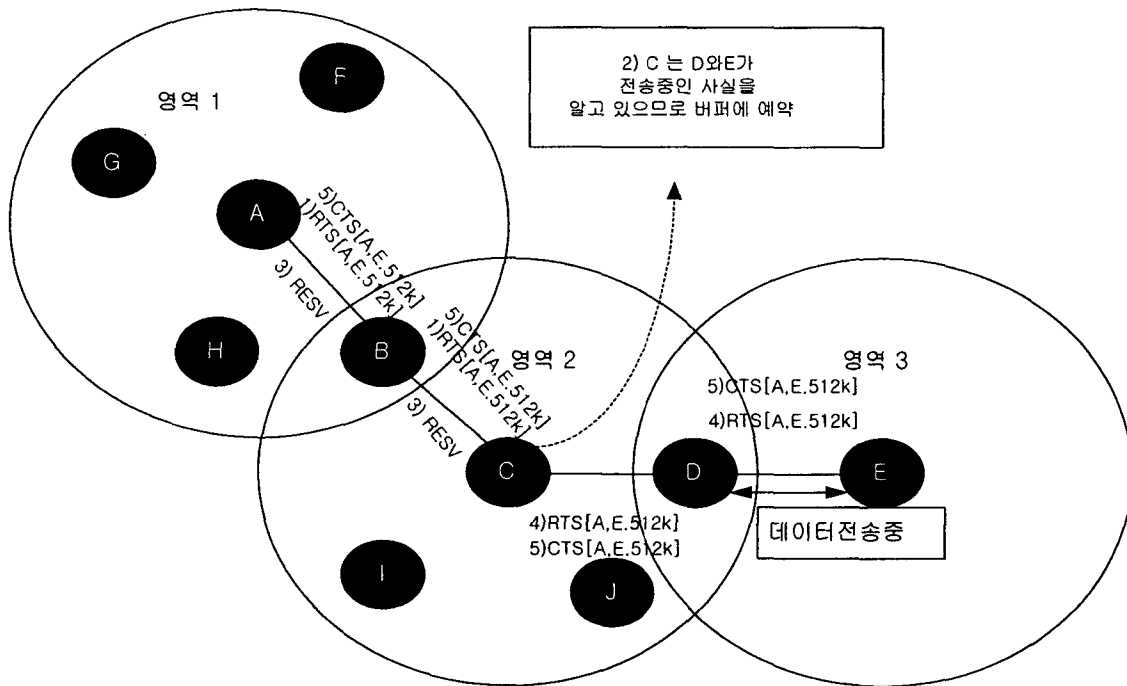
- 초기에 모든 노드는 전송할 패킷이 없는 상태라 가정한다.
- 라우팅 경로는 유지된다.
- 전송 중에는 CONNECTION이 끊기지 않는다.
- 데이터 전송채널과 별도로 제어 채널을 가지고 있다.

- 노드는 자신의 위치에 변동이 없으면 항상 파워 OFF상태로 대기한다. (제어 채널만을 ON 시킴으로써 최소의 전력 소비로 대기할 수 있다.)

- 제어 채널에서 RTS , CTS , RESV 패킷이 전송 또는 수신되고, 별도의 작은 버퍼가 있어 파워의 on/off도 제어한다.

위와 같은 가정을 기반으로 <그림-5>에 따른 메카니즘은 다음과 같다.

1. 우선 A가 E에게 전송할 것이 있으면, RTS (송신자 주소:SA, 수신자 주소:DA, 패킷 길이 정보:L을 포함)신호를 보낸다.
2. 이때 D와 E가 전송중인 상태였다면, 이웃노드에 있던 노드(C)는 자신의 버퍼에(SA, DA, L)을 순서대로 예약하고 영역 밖의 A노드에게는 RTS에 있던 SA를 보고 자신(C)이 가지고 있는



<그림-5. 예약 전송 방식>

전송 관련 정보(D가 보내준 전송 종료 시간)인 (전송 remaining time + 전송 종료 후 노드 E에 게 보낼 RTS 전송시간)전송 종료 시간을 보낸다.  
=> RESV 패킷

3. D와E의 전송이 종료되면 C는 E에게 A가 보낸 것처럼 보이도록 RTS(SA,DA,L)를 보낸다.

4. 그럼 E는 송신자 주소를 보고 A에게 CTS를 보낸다. 이때 A는 주어진 시간 정보에 만큼 기다리다 CTS를 받고 파워 on하여 데이터 전송을 시작한다.

5. CTS를 받은 후 A는 E와 전송을 시작하게 된다. 전송 중에는 브로드 캐스트로 sleep(남은 전송 시간포함) 패킷을 컨트를 채널을 통해서 보낸다. 그러면 영역내의 노드들은 남은 시간 동안 power off상태를 유지한다. 그리고 동일하게 전송할 패킷이 생기면 예약 방식을 사용한다.

위와 같은 방식으로 각 노드는 파워 소비를 최소화 할 수 있다.

기존의 PAMAS에서는 이웃 노드간의 데이터 전송 시에 자신의 모든 파워를 OFF시키기 때문에 자신의 파워를 ON시켜야 할 때를 알기가 어려웠다. 이웃노드가 전송중인지 아닌지를 가늠하기 위하여 probe패킷을 보내서 전송 종료 시간을 알아내야 했다. 이웃노드가 전송중이면 다시 자신을 파워 OFF시키고, 그렇지 않으면 파워 ON을 하여 데이터를 전송하거나 기다려야 한다. 또한 이로 인한 오버헤드도 적지 않고 공평성도 떨어진다. 즉 어떤 노드는 파워 ON과 동시에 데이터 전송이 가능할 수도 있다. 그러나 제안한 방식은 노드간의 전송중일 때, 제어 채널을 통해서 RTS가 들어온다면 패킷 길이 정보를 보고 전송 종료 시간을 예측할 수 있다. 이런 방식으로 버퍼에 RTS정보를 저장하여 예약을 가능하게 한다. 그리고 전송 종료 시간에

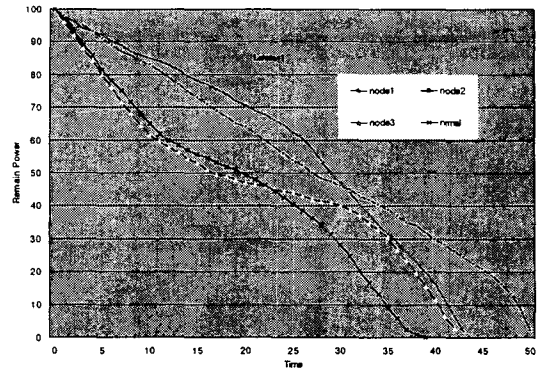
맞추어 전송을 위하여 반드시 파워를 ON시킬 필요도 없는 장점이 있다. 그냥 CTS를 받고 전송을 시작하면 된다. <그림-4>에서 노드 A의 영역에 있는 노드들은, A와 E노드의 예약이 되어있는 상황에서, 예약 전송 시작 시간 전에 전송을 끝낼 수 있다면 전송이 가능하다. 그렇지 못하다면 A노드 영역의 노드들은 예약을 하는 방식을 사용한다.

제안한 방식의 또 하나의 장점은 항상 제어 채널만은 ON시킴으로써 상황 처리에 유리하다. 노드의 파워를 완전히 OFF시키면 파워 소비는 적을지 모르나 장기적으로 오버헤드와 형평성, 상황대처 능력이 떨어진다. 예로써 영역에 있던 노드들의 제어 채널을 통해 이웃 노드의 이동상황을 곧바로 알 수 있고, 버퍼에 전송 관련 정보를 가지고 있으므로 제어 패킷(RTS,CTS)들을 보냈을 때 충돌을 최소한으로 막을 수 있게 되어 숨겨진 터미널 문제와 불필요한 파워 낭비를 없앨 수 있다.

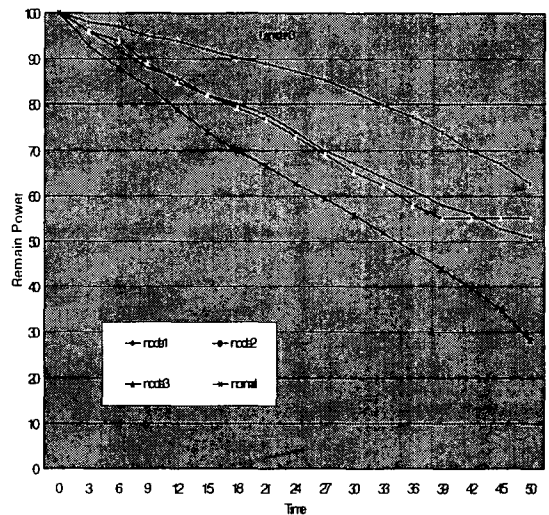
#### 4.시물레이션 분석

시물레이션은 데이터 전송에 대하여 모든 발생을 랜덤하게 가정하였다. 그리고  $\lambda$  값 즉, 이벤트 발생 빈도 수를 1, 1/3, 1/5의 세 값을 가지고 시물레이션 한다. 그리고 제안한 방식을 사용한 3개의 노드와 일반적인 방식을 사용하는 하나의 노드를 가지고 비교를 한다. 모든 시물레이션은 50을 단위 시간으로 측정하였다.

<그림-6>의 결과에서  $\lambda=1$ 일 경우에 많은 데이터 전송 요청과 데이터 전송이 이루어지기 때문에 큰 파워 절약의 효과는 나타나지 않는다. 그러나 충돌 발생이 기존의 프로토콜들보다 적기 때문에 파워의 낭비가 감소함을 알 수 있다. 전체 이벤트의 수는 647개 이고, 여기서 예약 전송의 수는 391개 가 발생한다. 이때 약 60%의 비율로 예약이 이루어짐

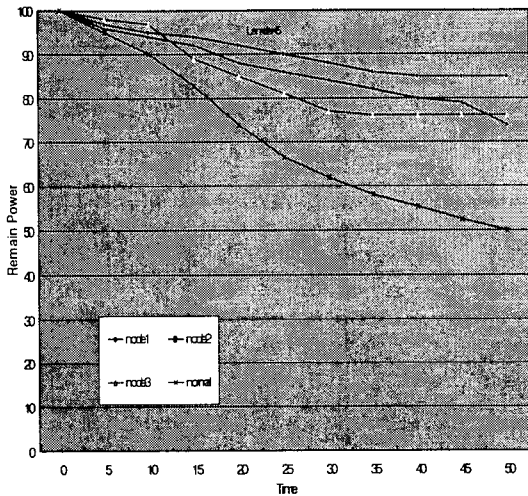


<그림-6  $\lambda=1$ 일 경우>



<그림-7  $\lambda=3$ 일 경우>

을 알 수 있다. 그림에서 노드3의 경우는 많은 데이터 전송이 발생하여 초반에 많은 파워를 소비한다. 그러나 이벤트가 적어지면서 파워를 절약할 수 있다. 그래서 전송이 많이 발생할수록 일반적인 방법으로는 많이 충돌이 발생할 수 있음을 예상할 수 있다. 그리고 <그림-7>을 보면 발생 빈도를 1/3로 낮추어서 시물레이션 한 결과다.



<그림-8  $\lambda=5$  일 경우>

<그림-8>에서 빈도 수를 1/5로 하였을 때 일반적인 노드와 뚜렷한 차이가 있음을 알 수 있다. 그러므로 데이터 전송 빈도 수가 적어질수록 제안한 방식을 사용하는 노드들은 모두 일반적인 방식의 노드보다 파워를 적게 사용함을 알 수 있다.

### 5.결론

지금까지 많은 채널 접근 제어 방식과 충돌 방지 방식이 제안되었지만 여전히 숨겨진 터미널 문제와 불필요한 파워 소모 문제점들이 제기되고 있다. 이런 문제점을 해결하기 위해 PAMAS가 제안되었는데, 이곳에서는 추가로 별도의 제어 채널에 버퍼를 사용하여 예약을 통하여 채널 접근을 제어하는 방법과 파워 절약 방법을 제시하였다. 이로써 낮은 오버헤드와 불필요한 파워의 소모를 방지할 수 있는 방안을 제시한다.

### 6.REFERENCE

[1] Suresh Singh, C.S. Raghavendra, "PAMAS - Power Aware Multi-access protocol with Signalling for Ad Hoc Networks\*", SIGCOMM98 Computer Commucation Review.

[2] V. Bharghavan, A. Demers, S.Shenkar and L.

Zhang,"MACAW: A Media Access Protocol for Wireless LANs", proceedings ACM SIGCOMM'94, pp. 212-225, 1994.

[3] A. Chockalingam and M. Zorzi, "Energy Consumption Performance of a Class of Access Protocols for Mobile Data Networks", Proc. IEEE VTC'98, Ottawa, Canada, May 18-21, 1998

[4] P. Karn,"MACA - A New Channel Access Method for Packet Radio", in ARRL/CRRL Amateur Radio 9th computer Networking Conference, pp. 134-140, 1990.

[5]Chunhung Richard Lin and Mario Gerla,"Asynchronous Multimedia Multihop Wireless Networks", Proceedings IEEE INFOCOM'97, (1997).

[6] W. Mangione-Smith and P.S. Ghang, S. Nazareth, P. Lettieri, W. Boring and R. Jain, "A low power architecture for wireless multimedia systems: Lessons learned from building a power hog", Proc. 1996 International symp. on Low Power Electronics and Design, Monterey, CA, pp. 23-28.