

에드혹 네트워크에서의 전력제어 MAC 프로토콜 향상

심은숙^o 김동균

경북대학교 공과대학 컴퓨터공학과
esshim@monet.knu.ac.kr^o, dongkyun@knu.ac.kr

The Enhancement of a Power Control MAC Protocol for Ad Hoc Networks

Eunsook Shim^o, Dongkyun Kim

Dept. of Computer Engineering, Kyungpook National University

요 약

이동 애드 혹 망을 구성하는 노드들은 일반적으로 배터리 전력을 사용하기 때문에 이들의 에너지 소모량을 줄이는 연구들이 각 계층에 대해 이루어져 왔다. 몇몇 연구들은 매체 접근 제어 프로토콜로 많이 이용되는 IEEE 802.11 DCF의 전력 소비량을 줄이기 위한 전력 제어 기법을 제시하였다. 기본 전력 제어 기법(BASIC Power Control Protocol)은 RTS-CTS와 DATA-ACK에 대해서 각각 다른 전력을 적용하는 것이다. RTS-CTS는 최대 전력으로 전송되고, DATA-ACK는 불필요한 에너지 낭비를 줄이기 위해 최소한의 필요한 전력으로 전송하였다. 그러므로 DATA-ACK의 전송범위(transmission range)와 전송파 감지영역(carrier sensing range)은 RTS-CTS의 영역보다 작아진다. 전송파 감지영역에서 RTS-CTS를 감지한 노드들은 신호를 올바르게 해석할 수 없으므로 NAV 값을 EIFS로 설정한다. 이 EIFS 구간은 충돌을 막기에는 너무나 짧기 때문에, EIFS 구간이 지난 후에 채널이 비어있는 상태로 간주하고 전송을 시도하게 된다. 이에 따라 DATA-ACK 수신에 있어서 충돌율이 증가하게 되고 네트워크 전체 처리량이 감소하게 된다. 본 논문에서는 기본 전력제어 기법이 가지는 문제점을 해결하고 전체 네트워크 처리량을 향상 시킬수 있는 새로운 전력제어(Power Control) MAC 프로토콜을 제안하였다.

1. 서 론

이동 애드혹 망을 구성하는 노드들은 일반적으로 배터리 전력을 사용하기 때문에 이들의 에너지 소모량을 줄이는 연구들이 각 계층에 대해 이루어져 왔다. 그러나 이들 연구는 에너지 소모량의 최소화에 초점을 맞추었기 때문에 그로 인해 발생할 수 있는 다른 성능의 저하를 적극적으로 고려하지 않았다.

에너지 소모량을 줄이기 위한 방법 중의 하나는 전력 절감 모드(Power Saving)가 정의 되어 있으며, 노드들은 동기화된 상태에서 주기적으로 활동 상태와 휴면 상태를 반복한다. 활동 상태 동안 서로 전송할 메시지가 있는지 여부를 이웃 노드에 공지하고, 전송에 관여하게 될 노드들은 계속 해서 활동 상태로 머물러 필요한 송수신을 한다. 반면에, 그 외의 노드들은 다음 주기까지 휴면 상태로 들게 됨으로써 전력 절감(Power Saving)모드로 들어갈 수 있다. 또 다른 방법으로는 전송 전력을 다양하게 적용하는 전력 제어(Power Control) 프로토콜이 있다.

에너지를 절약하기 위한 방법으로 기본 전력제어 기법(BASIC PCM)이 있다[4]. 기본 전력제어 기법은

RTS-CTS는 최대 전력으로 전송하고, DATA-ACK는 전송하는데 필요한 최소 전력으로 전송하였다. 따라서, 전송파 감지영역에서 RTS-CTS를 감지한 노드들이 DATA-ACK를 감지 할 수 없게 된다. 이로 인해 충돌율이 증가되고, 전체 네트워크의 처리량이 감소되는 문제점을 가진다. 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결할 수 있는 새로운 전송제어(Power Control) MAC 프로토콜을 제안하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기본 전력 제어 기법에서의 문제점을 해결하기 위해 제안되었던 기존 연구를 소개한다. 3장에서는 BASIC PCM 기법을 설명하고 문제점에 대해서 간단히 살펴본다. 4장에서는 이를 해결하는 방법을 제시하였으며, 5장과 6장은 구현에 대해 설명하고 결론을 맺는다.

2. 관련연구

[1]에서는 데이터 전송의 성공률을 높이기 위해, 전송파 감지 영역에서 RTS신호를 감지한 노드들의 NAV(EIFS) 값을 재설정 하는 APCM 프로토콜을 제안하였다. APCM은 에너지를 절약하기 위해서 전송 전력을

다양하게 적용하는 방법인 기본 전력제어 기법(BASIC Power control protocol)과 유사하다.

그림 1 에서와 같이 RTS-CTS를 최대 전력으로 전송한다. 하지만, DATA는 송신측 전송파 감지 영역(carrier sensing zone)에 있는 노드들에게 알리기 위해 EIFS 크기보다 작은 크기 간격으로 처음 $20\mu s$ 동안 데이터를 최대 전력으로 전송하게 된다. 이는 전송파 감지 영역에 존재하는 노드들이 EIFS 간격이 끝나기 전에 재설정 하기 위해서이다. 이로 인해 전송파 감지 영역의 노드들로 인한 충돌을 줄일 수 있는 장점이 있다. 그러나, ACK 패킷은 여전히 필요한 최소 전력으로 전송하게 된다. 그러므로, 수신측 전송파 감지 영역의 노드들은 ACK 패킷을 감지하지 못한다. 따라서 NAV(EIFS) 구간이 지난 후에 전송을 시도할 수 있다. 이러한 노드들로 인한 충돌은 여전히 문제로 남아 있다.

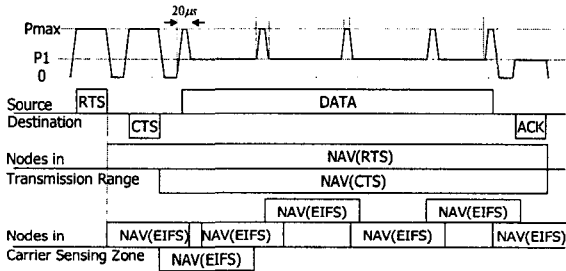


그림 1. APCM의 처리과정

3. 기본 전력제어(BASIC PCM) 기법

에너지를 절약하기 위한 방법으로 기본 전력제어 기법(BASIC PCM)이 있다[4]. 기본 전력제어 기법은 RTS-CTS는 최대 전력으로 전송하고, DATA-ACK는 전송하는데 필요한 최소 전력으로 전송한다. 예를 들면, 그림 2에서와 같이 노드 D가 E에게 패킷을 전송하는 경우를 고려해 보자. 노드 D와 E가 RTS-CTS를 교환할 때, B와 C는 RTS를 수신하고 F와 G는 CTS를 수신한다. 따라서 이러한 노드들은 D와 E의 전송이 끝날 때까지 전송을 하지 않고 대기해야 하는 NAV 값을 설정해 놓았다. 노드 A는 D의 전송파 감지 영역(carrier sensing range)에 있으므로 신호를 올바르게 해석할 수 없으며 정확한 NAV 값을 알 수 없다. 따라서 노드 A는 NAV 값을 EIFS로 설정한 후 전송을 하지 않고 대기해야 한다.

전송 전력제어 기법을 사용할 때, 전송파 감지 영역은 모든 패킷들이 같은 전송세기로 전송되므로 RTS-CTS와 DATA-ACK의 경우에 대해 같다. 그러나 BASIC에서는 DATA-ACK에 대해 필요한 최소 전력으로 전송을 함으로써 전송범위와 전송파 감지 영역이 RTS-CTS의 범위보다 작다. 그림 6에서 노드 D와 E가 RTS-CTS를 최대 전력으로 전송을 한 후, DATA-ACK는 필요한 최소 전력으로 전송 세기를 줄여서 전송한다. 그러므로, DATA-ACK의 경우에는 전송범위와 전송파 감지 영역이

줄어든다. 따라서 노드 C와 F는 DATA와 ACK를 정확히 수신할 수 있다. 하지만, 노드 A와 H는 그것을 감지할 수 없으므로 채널이 비어있는 상태로 인정한다. 이 때, 노드 A와 H가 최대 전력으로 패킷을 전송한다면 E에서의 DATA 패킷과 D에서의 ACK 패킷 수신에 대해 충돌을 발생시키게 된다. 본 논문에서는 이러한 충돌을 줄일 수 있도록, 전체 네트워크 처리량을 향상시키는 새로운 PCM 기법을 제안하였다.

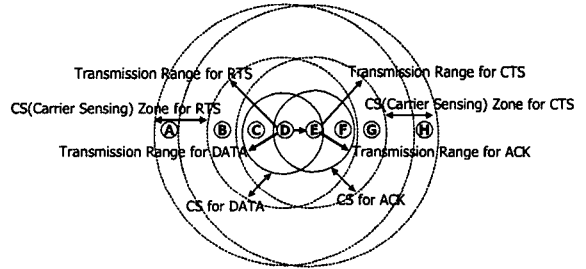


그림 2. BASIC PCM 기법

4. 제안방법

본 논문에서는 기본 전력제어(BASIC PCM) MAC 프로토콜에서의 문제점을 해결하고 성능향상을 도모할 수 있는 새로운 PCM(Power Control MAC) 프로토콜을 제시하고 자세히 기술한다. 3장에서 설명했듯이, 기본 전력제어 프로토콜에서의 문제점은 RTS-CTS를 감지한 노드들이 DATA-ACK 전송을 감지할 수 없게 됨으로써 발생한다. 즉, DATA-ACK는 전송하는데 필요한 최소 전력으로 전송하게 되므로 이를 감지할 수 없게 된다. 따라서 노드들은 NAV(EIFS) 시간이 지난 후 채널이 비어 있다고 간주하고 전송을 시도하게 되면, DATA-ACK 수신에 있어서 충돌이 발생할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 송신측 감지영역(전송파 감지 영역에서 RTS를 감지한 노드들)과 수신측 감지영역(전송파 감지 영역에서 CTS를 감지한 노드들)으로 구분짓고, 이들 감지영역에 있는 노드들로 인한 충돌을 피할 수 있는 방법을 제안하였다.

4.1 송신측 감지영역(carrier sensing range)

전송파 감지 영역에서 RTS를 감지했던 노드들은 그들의 NAV를 EIFS로 설정하게 된다. 하지만, 기본 전력제어 기법에서의 DATA는 필요한 최소전력으로 전송되므로, DATA의 전송범위와 전송파 감지 영역은 줄어든다. 그러므로 송신측 감지영역에 있는 노드들은 DATA를 감지할 수 없다. 따라서 그들의 NAV(EIFS) 구간이 지난 후 전송을 시도하게 되는데, 이는 송신자가 ACK를 수신하는데 있어서 충돌을 야기 시킨다. 이러한 문제점을 해결하고자 본 논문에서는 DATA 전송에 있어서 단편화(fragmentation) 개념을 도입하였다. 단편화된 각각의 DATA를 전송하기 시작할 때 처음 $20\mu s$ 동안 최대전력으로

로 전송을 하고 나머지 DATA 부분은 필요한 최소 전력으로 전송하도록 한다. 이는 전송파 감지영역에서 RTS를 감지한 노드들의 NAV(EIFS) 값을 재설정함으로써 충돌을 피할 수 있다.

본 논문에서는 단편화된 DATA 크기(Fragmented DATA size)에 따라 EIFS 값이 결정되므로 중요한 요소가 된다. 즉, 단편화된 DATA 크기가 EIFS 크기보다 작을 경우에는 ACK 패킷에 대한 오버헤드가 크다. 따라서, 본 논문에서는 적절한 단편화 크기를 정해두고 그에 따라 단편화를 수행하도록 한다.

4.2 수신측 감지영역

수신측의 감지영역에서 CTS를 감지한 노드들은 그들의 NAV(EIFS) 값을 설정하게 된다. 하지만, 수신측 감지영역의 노드들은 DATA-ACK가 필요한 최소 전력으로 전송되므로 어떠한 신호도 더 이상 감지할 수 없다. 따라서 이들 노드들은 NAV(EIFS) 구간이 지난후 전송을 시도하게 됨으로써, DATA를 수신하는데 있어서 충돌을 야기시킨다. 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하고자 ACK 패킷을 최대 전력으로 전송하도록 하였다. 이렇게 함으로써 수신측 감지영역의 노드들의 NAV(EIFS) 값을 재설정하도록 한다. 이렇게 함으로써 전송파 감지 영역에 위치한 노드들로 인해 발생 할 수 있는 충돌을 피할 수 있다.

4.3 새로운 EIFS 값

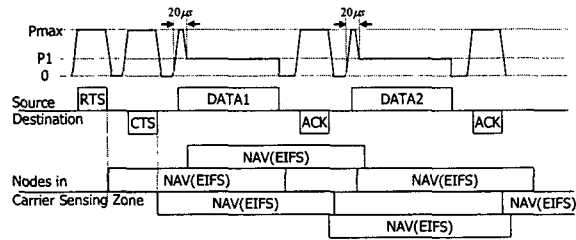


그림 3. Proposed PCM

그림 3에서와 같이 RTS-CTS는 BASIC PCM 기법과 동일하게 최대 전력으로 전송을 한다. 전송파 감지 영역에서 이를 감지한 노드들은 그들의 NAV 값을 IEEE 802.11의 EIFS 값이 아닌 본 논문에서 제안한 새로운 N_EIFS 값으로 설정하도록 한다. N_EIFS 값은 전송파 감지 영역내의 노드에 대해서 정의되며 노드가 제어 신호를 수신하였을 때부터 데이터 패킷의 전송이 완료되었을 때까지의 가상의 시간으로 정의된다. IEEE 802.11의 경우 EIFS를 설정하는데 이 간격은 충돌을 막기에는 너무 짧기 때문에, 본 논문에서 제시한 N_EIFS로 설정하도록 하였다. N_EIFS 값은 다음과 같다.

$$N_EIFS = \text{FragmentDATA Size} + SIFS * 2 + ACK + aSlotTime * 2$$

5. 구현

본 논문에서 제시하는 프로토콜의 성능을 평가하기 위하여 다양한 조건을 설정한 시뮬레이션을 수행하고 있다. 비교를 위해서 기본 전력제어 기법(BASIC PCM)과 APCM[1]에 대해서도 같은 조건으로 시뮬레이션을 수행한다. 성능 평가를 위한 평가척도는 전체 처리량과 에너지 소모량, 충돌 횟수를 비교한다. 네트워크 영역은 1000m * 1000m로 설정하였고, 이동 노드들의 수는 20개에서 100개까지 20개 단위로 변화시킨다. 노드들의 분포는 랜덤으로 배치한다. 에너지 소모량을 계산하기 위한 에너지 모델은 [5]에서 제시된 값을 채택한다. 제안한 새로운 PCM 프로토콜은 기존의 기법과 비교하여 전체 처리량은 증가, 충돌을 감소에 대해 향상된 성능을 보이고자 한다.

6. 결론

기본 전력제어 기법(BASIC Power Control Protocol)은 RTS-CTS와 DATA-ACK에 대해서 각각 다른 전력을 적용하도록 하였다. 이에 따른 문제점을 해결하고자 APCM[1]에서는 수신측 전송파 감지 영역에 존재하는 노드들로 인한 충돌을 회피하기 위하여 EIFS 크기보다 작은 크기 간격으로 처음 20µs동안만 데이터를 최대 전력으로 전송하도록 하였다. 하지만, 수신측 전송파 감지영역의 노드들은 고려하지 않았다. 따라서 본 논문에서는 전송파 감지 영역에 위치한 노드들의 충돌을 회피하기 위해서 단편화 개념을 도입하였다. 또한, NAV(EIFS) 값을 NAV(N_EIFS) 값으로 대치함으로써 충돌율을 줄이고 네트워크의 전체 처리량을 증가시키는 새로운 PCM 프로토콜을 제안 하였다.

참 고 문 헌

- [1] Eun-Sun Jung and Nitin H. Vaidya, "A Power Control MAC Protocol for Ad Hoc Networks", MOBICOM'02, September 23 - 28, 2002.
- [2] Kanth, K., Ansari, S., Melikri, M.H.: Performance enhancement of TCP on multihop ad hoc wireless networks, IEEE International Conference on Personal Wireless Communications 2002, pp. 90-94
- [3] Lin, C.R., Chien-Yuan Liu: Enhancing the Performance of IEEE 802.11 wireless LAN by using a distributed cycle stealing mechanism, IEEE International Workshop on Mobile and Wireless Communications Network 2002, pp. 564-568
- [4] S. Agarwal, S. Krishnamurthy, R. H. Katz, and S. K. Dao. Distributed Power Control in Ad-hoc Wireless Networks. In PIMRC01, 2001.
- [5] Feeney, L. M. and Nilsson, M., "Investigating the Energy Consumption of a Wireless Network Interface in an Ad Hoc Networking Environment," IEEE INFOCOM 2001, 2001.