

무선 LAN 상의 전력 효율적인 오류 제어 기법 및 구현

김성수⁰ 이종효 김성훈 박창운
중앙대학교 공과대학 컴퓨터공학과

{blackman⁰, lunaris, shkim}@orchid.cse.cau.ac.kr, cypark@cau.ca.kr

An Energy Efficient Error Control Scheme For Wireless LANs

Sung Soo Kim⁰, Jong hyo Lee, Sung Hoon Kim, Chang Yun Park
Computer Engineering Chung-Ang University

요 약

무선 통신은 유선 통신과 달리 사용되는 단말기들이 배터리를 주 전원 공급으로 사용되고 있으므로 통신 기법의 전력 소모량에 따라 단말기의 전체적인 사용시간이 결정된다. 이에 본 논문에서는 802.11 무선 LAN상에서 전력 절약모드를 이용한 전력 효율적인 오류제어 기법을 제안한다.

1. 서 론

최근 몇 년간 급속도로 보급된 무선 통신은 이제 생활의 일 부분으로 자리잡고 있다. 핸드폰과 PCS 그리고 PDA등의 무선 컴퓨팅 제품들이 인터넷의 대중화와 더불어 보편화되어 가고 있으며 이에 무선 기기들도 그에 따른 인터넷의 지원이 필요로 하는 시기에 들어섰다. 무선으로 인터넷을 사용하기 위해 무선 모뎀과 무선랜을 사용하여 접속할 수 있는데 무선 모뎀의 경우 넓은 이동범위를 갖지만 상대적으로 제한된 전송속도를 사용해야 한다. 반면 무선랜의 경우 이동성은 제한되어 있지만 11Mbps 급의 속도로 사용될 수 있다. 무선 통신을 하기 위해서 사용되는 무선기기들은 전원 공급을 모두 배터리를 통해서 하고 있기 때문에 어떻게 무선통신을 하느냐에 따라 전체적인 사용 시간이 결정된다. 또한 단말기에서 전력을 사용하는 부분 중에서 통신을 위한 전력소모는 그 비중이 적게는 20%에서 크게는 50%까지 이르고 있다. 이 때문에 통신을 위해 전력 소모를 감소시키기 위한 연구가 최근 활발히 이루어지고 있다.[1]

통신을 할 때 무선 인터페이스는 오프라인 상태 이외에는 항상 전력을 소모하며 다른 상태 즉, 송수신, 대기 및 수면 상태에서 각각 다른 전력을 소모한다. 그 중 송수신 상태의 전력소모는 가장 크며 상대적으로 수면상태의 경우 소모량이 극히 적다. 따라서 단말기에 있어서 별다른 오류없이 송수신이 원활하게 이루어진다면 전력소모 상태는 최적이 될 수 있다. 하지만 오류가 발생하여 복구가 필요하게 된다면 그에 따른 전력소모는 급속도로 증가할 수 있을 것이다. 이에 유선 통신에 비해 오류가 잦은 무선 환경의 경우 오류 복구를 위한 전력소모 부분은 고려할 만한 충분한 필요성이 있다.

본 논문에서는 무선랜 표준인 IEEE 802.11에서 전력소모를 고려한 오류 제어 메커니즘을 제안한다. IEEE 802.11은 자체적으로 전력 소모를 감소시키기 위한 전력 절약(Power Saving) 모드를 제공한다. 하지만 이 모드는 802.11의 일반모드와 더불어 효율적인 전력소모를 위한 오류 제어 메커니즘은 제공되지 않는다. 제안하는 메커니즘은 IEEE 802.11의 PS모드를 이용하여 오류 복구 필요시 소모되는 전력을 효율적으로 하기 위한 오류 제어 기법이다. 본 논문이 제안하는 기법에서는 링크계층에서 발생하는 오류를 통해 채널 상태를 예측하여 오류 복구를 지연하는 등의 제어를 통하여 불필요한 재전송을 억제해 전력소모를 최소화했으며 오류복구 지연시 타이머를 사

용하여 일정 기간 수면 상태로 전환하여 재전송에 낭비되는 전력을 줄일 수 있게 하였다.

2. 관련 연구

오류제어는 크게 ARQ와 FEC, Hybrid 방식으로 분류할 수 있다. ARQ는 수신자가 송신자에게 오류가 발생했을 경우 재전송을 요청하는 메커니즘이며 FEC는 송신되는 데이터와 함께 오류 복구를 위한 추가적인 정보를 사용하여 수신측에서 오류를 복구하게 된다. 이외에 두 방법을 혼용한 Hybrid 방식이 있다. 무선랜 환경에서 링크 계층에서의 오류 제어의 효과를 알아보기 위해 [2]에서는 FEC와 패킷 크기조절을 적용하여 연구하였다. 분석결과 링크계층의 오류 제어를 함으로써 상위 프로토콜에 영향을 미치지 않으면서 처리량을 크게 높일 수 있다는 것으로 나타났다. 또한 링크계층에서의 오류 제어 프로토콜이 상위 TCP에 미치는 영향과 성능을 알아보기 위해 [3]에서는 링크 계층에서 ARQ, FEC 및 하이브리드 기법들을 사용하여 실험하였다. 실험 결과 처리량은 하이브리드 기법이 성능이 가장 좋았으며 그 다음 ARQ 기법이었다. 비록 하이브리드 기법이 성능이 가장 좋았으나 채널 상태에 맞는 ARQ와 FEC 기법을 항상 선택해야만 하는 문제가 있었다.

지금까지 연구들은 모두 재전송이나 추가 데이터 전송의 전력적 비용을 고려하지 않고 처리량만을 중요하게 여겼다. 서론에서도 언급하였듯이 무선 채널에서는 유선 채널보다 오류가 빈번하게 발생하여 오류 복구를 보다 자주 해야한다. 오류 복구를 하기 위해서는 항상 추가적인 통신에 따르는 오버헤드를 고려해야하는데 이것이 효율적인 전력 소모에 대한 관건이라 할 수 있겠다. 전력 효율적인 오류 제어를 제안한 [4]는 단말기의 제한된 전력 및 처리능력과 베이스 스테이션의 차이에 착안하여 비대칭 프로토콜을 제안하였다. 단말기가 최대한 처리해야 하는 것을 최대한 줄이고 베이스 스테이션은 최대한 많은 일을 하도록 설계하였다. 적용적으로 ARQ와 FEC를 사용한 [5]에서는 4가지 ARQ방법과 3가지 FEC방법을 혼용하며 여러 가지 데이터와 오류 환경에 맞추어 실험하였다. 결과 FEC는 오류 복구율을 높이는 하지만 소모하는 전력을 고려했을 때 전력 효율이 기대 이하라는 것을 알 수 있었다. 또한 오류 제어를 고려하지는 않았으나 [6]에서는 IEEE 802.11의 PS모드를 확장하여 송수신 상태를 고려하여 동적으로 수면 상태의 길이를 조정하여 송수신 패킷이 적어질수록 수면 상태의 시간을

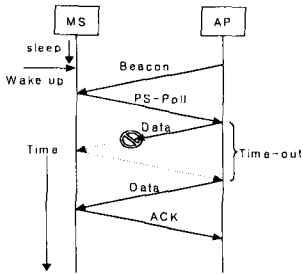
증가하도록 하였다.

3. 전력 효율적인 오류 제어 메커니즘

3.1 IEEE 802.11의 기본 오류 제어

일반적으로 IEEE 802.11에서 제공되는 오류 제어방식은 ARQ 방식, 즉 재전송을 통해 이루어지는 방식이다. 유선 통신에서와 마찬가지로 ARQ 방식은 송신자가 데이터를 보내고 수신자가 이에 대한 응답이 없을 경우 재전송이 이루어진다. 이와 같은 방식은 오류가 빈번하게 발생할 경우 오류 복구를 위한 재전송이 빈번해지므로 전력소모가 커진다. 따라서 전력 효율적인 측면을 고려해보면 효과적인 방식이 될 수 없다.

현재 IEEE 802.11에서 오류 제어는 전력 효율을 고려하지 않았고 기본적으로 제공되는 PS모드에서도 이를 위한 메커니즘을 가지고 있지 않다. [그림 3-1]은 IEEE 802.11에서 PS 모드에서의 오류 복구의 과정을 보여준다.



[그림 3-1] IEEE 802.11 PS(Power Saving)모드 오류 복구

MS는 송신할 데이터가 없어서 수면 상태에 있다가 비컨이 올 시간이 되기 전에 수신 상태로 전환하며 비컨을 수신한 MS는 비컨의 TIM을 보고 AP로부터 자신을 위한 데이터가 버퍼링 되어 있음을 확인한다. 버퍼링 되어 있는 데이터를 수신하기 위해 MS는 PS-Poll을 사용하여 데이터 프레임은 가져오는데 PS-Poll을 받은 AP는 ACK에 대한 수신 타임아웃을 설정하고 데이터를 송신한다. 이때 [그림 3-1]과 같이 손실되면 타임아웃이 발생되어 AP는 PS-Poll에 대한 데이터를 재전송한다. 하지만 무선 채널상태가 좋지 않을 경우 재전송은 실패할 가능성이 높다. 이는 처리량면에서는 손해가 없지만 전력면에서는 의미없는 손실이 될 것이다. 그러므로 채널 상태에 따라 송수신과 그에 따르는 오류 제어를 할 수 있다면 보다 전력 효율적인 복구가 가능해 질 수 있을 것이다.

3.2 제안된 오류 제어 메커니즘의 개념

본 논문에서 제안된 오류 제어 메커니즘은 IEEE 802.11의 오류제어 기법에서 전력 효율적인 측면을 고려한 방법이라 할 수 있겠다. IEEE 802.11에서의 기본 오류 제어 방법에서 재전송이 성공할 확률이 낮을 경우 수면 상태로 전환하여 전력 소모를 최소화하고 그 다음 시기에 통신상태가 좋을 것을 예상하여 재전송을 시도한다. 그리하여 오류 제어시 무선 통신의 환경을 탐지할 수 있는 방법, 즉 무선 채널을 통해 오류 상태를 고려함으로써 불필요한 재전송을 억제하여 전력 효율성을 높인다는 취지이다. 따라서 본 논문에서 제안된 기법이 수행되기 위해 채널 상태를 예측할 수 있어야 한다.

무선 채널에서 발생할 수 있는 오류는 비트와 프레임 수준의 오류이다. 비트 오류는 전송 상에서 비트가 바뀌는 것으로

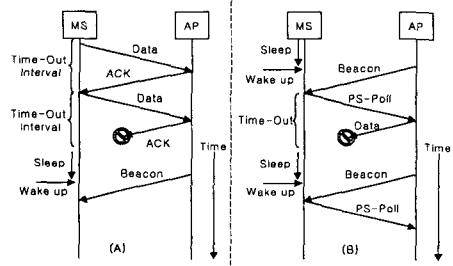
CRC를 통하여 검출이 대개 가능하다. 프레임 오류는 전송상에서 간섭 등으로 신호가 손실되거나 일부 잘려나가는 현상이다. 비트 오류의 경우는 수신측에서 CRC검사를 통해 판별하고 NAK 메시지를 통해 송신측에 알릴 수 있는 반면 프레임 오류의 경우 수신해야할 ACK 메시지에 대한 타임아웃이 발생했을 때에만 탐지가 가능하다는 차이가 있다. 특성상 비트 오류의 경우 일시적인 오류일 확률이 높으며 재전송이 성공할 가능성이 높다고 판단되지만 프레임 오류의 경우 채널의 상태가 좋지 않은 경우가 많다. 그래서 바로 이어지는 재전송도 실패할 가능성이 높다고 판단될 수 있다. 결국 오류 종류에 따라 무선 채널의 상태를 짐작할 수가 있으며 [7] 상태에 따라 오류가 발생한 프레임에 대한 재전송 여부가 중요하다고 판단된다.

4. 프로토콜 설계 및 구현

앞에서 제안된 메커니즘을 기반으로 IEEE 802.11 PS모드에서의 새로운 오류 복구 프로토콜을 제안한다. 제안된 메커니즘의 동작 시나리오를 PS모드 오류 복구와 비교하면 AP가 MS에게 송신을 한 데이터가 손실되었을 때 제안된 메커니즘에는 타임아웃이 발생하면 수면 상태로 전환한다. 이는 프레임 오류가 재발의 가능성이 높기 때문에 오류가 발생하면 즉시 재전송을 요구하지 않고 다음 비컨 수신시 PS-Poll을 이용하여 데이터를 AP에게 요구하는 방식이 되며 다음 2가지 경우로 나누어 설명할 수 있다.

(1) MS가 AP에게 데이터를 송신할 경우

MS가 AP로 전송할 데이터가 생기면 수면 상태에서 깨어나 송신을 시작하는데 이때 MS는 해당 프레임의 응답에 대한 타임아웃 타이머를 손실여부를 파악하기 위해 실행시킨다. 만약 타임아웃 시간내에 ACK를 수신하지 못한다면 손실로 간주하고 수면상태로 전환하며 수면 기간은 다음 비컨 수신시까지이다. AP가 수신한 프레임이 CRC 오류가 있을 경우 ACK대신 재전송 요청 메시지를 보내며 이때 MS가 재전송을 1차적으로 했음에도 불구하고 또 다시 재전송 요구를 할 경우 다시 수면 상태로 전환한다.[그림 4-1]-(A)



[그림 4-1] 제안된 오류 복구 방식의 구체적인 시나리오

(2) MS가 수면 상태에서 깨어나서 비컨을 수신했을 경우

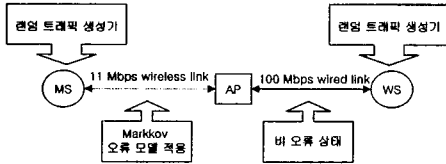
MS는 비컨을 수신하는 시간 바로 전에 수신모드로 전환하며 비컨의 TIM을 검사하여 자신을 위한 데이터 존재 여부를 확인한다. 데이터가 없을 경우 곧바로 수면 상태로 전환하며 있는 경우 PS-Poll을 사용하여 AP로부터 데이터를 가져온다. 이때 마찬가지로 PS-Poll을 사용하는 시점에서 타임아웃 타이머를 실행하여 프레임 손실여부를 파악하여 타임아웃 기간 동안 풀링한 프레임은 수신했을 때 CRC검사를 통과하면 ACK를 송신하며 CRC 오류가 발생하면 AP에게 재전송을 요청한다. 하지만 만약 또 다시 CRC 오류가 발생한다면 수면 상태로

전환한다. [그림 4-1]-(B)

비트 오류가 발생했을 경우 MS가 수면 상태로 전환하는 것을 막기위해 수신자가 재전송 요청을 하는 기법이 필요하다. 따라서 본 도구에서는 NAK를 제어 프레임에 추가하였다.

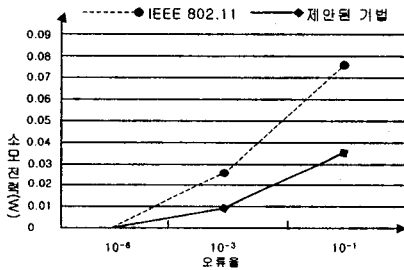
5. 실험 환경 및 성능 평가

제한된 프로토콜의 성능평가를 위해 ns(Network Simulator) 2.1b7 상에서 구현하여 동작을 실험하였으며 시험 시나리오는 아래 [그림 5-1]과 같다.

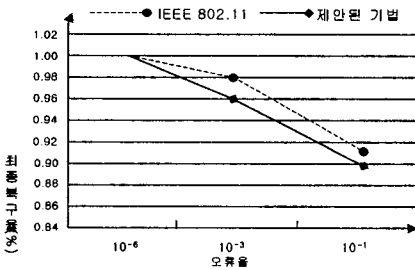


[그림 5-1] ns상의 실험 환경

실험에 사용된 오류 모델은 무선 모델에서 가장 흔히 사용되는 모델로써 two-state markov모델을 사용한다. 또한 전력 효율을 계산하기 위하여 ns의 전력모델[8]을 사용하였으며 다양한 오류 값을 설정하여 평가하였다.



[그림5-2] 재전송에 소모되는 전력



[그림 5-3] 두 기법의 복구율

[그림 5-2]는 기존의 IEEE 802.11과 제안된 기법에서 동일 오류 상황에서의 전력 소모량을 측정한 결과이다. 예상대로 오류율이 커질수록 재전송에 소모되는 전력 또한 증가하였다. IEEE 802.11에서는 지속적인 재전송 때문에 상당량의 전력을 소모하지만 제안된 기법에서는 오류가 지속적으로 발생 시 재전송을 지연하므로 상대적으로 수면 상태의 시간이 증가하므로 많은 량의 전력소모를 피할 수 있게되었다.

[그림 5-3]은 위와 동일한 환경에서의 최종 오류 복구율을

나타낸다. 측정값을 살펴보면 낮은 오류율의 경우 복구율이 거의 동일하지만 10⁻³ 정도의 오류율에서 제안된 기법은 수면 시간의 상대적으로 증가하기 때문에 복구율이 저하된다. 이는 오류 복구가 상대적으로 지연되므로 AP의 버퍼에 데이터가 쌓이면서 버려지는 패킷이 증가하기 때문이다. 따라서 AP의 버퍼 양이 증가하거나 상위 계층에서 흐름제어가 수행되어 트래픽이 줄어들었다면 오류 복구율은 IEEE 802.11과 같은 수준을 유지할 것으로 예상된다. 오류 발생율이 높은 경우 복구율의 차이가 줄어드는 것도 유사한 이유이다.

6. 결론 및 향후 연구

전력 소모량을 줄이기 위해 빈번하게 발생하는 오류를 효과적으로 제어하면서 기존의 오류제어의 방법을 대체하는 새로운 기법을 본 논문에서 제안하였다. 제한된 프로토콜을 설계하기 위해 기존의 오류 제어 기법과 요구사항을 분석해 보았으며 무선 채널의 상태를 간접적으로 파악하는 방식의 통신을 통해 전력 효율을 높이는 메커니즘을 설계하였다. 실험을 통해 최우선의 목표였던 전력측면에서는 어느 정도 성과를 보았으며 전력 측면을 고려했을 경우의 오류복구 정도 또한 기존의 방식보다 크게 저하되지 않았다. 앞으로는 전력적인 측면을 고려했을 경우 오류 복구가 지연되는 문제점을 개선할 수 있는 부분에 대해 연구할 것이다.

참고문헌

- [1] C. Jones, K. Sivalingam, P. Agrawal and J. Chen, "A Survey of Energy Efficient Network Protocols for Wireless Networks", *Wireless Networks*, 7, pp. 343-358, 2001.
- [2] D. Eckhardt and P. Steenkiste, "Improving Wireless LAN Performance via Adaptive Local Error Control.", *Proc. International Conf. on Network Protocols*, pp. 327-338, 1998.
- [3] A. Chockalingam, M. Zorzi and V. Tralli, "Wireless TCP Performance with Link Layer FEC/ARQ", *ICC '99*, pp. 1212-1216, 1999.
- [4] E. Ayanoglu, S. Paul, T. LaPorta, K. Sabnani and R. Gitlin, "AIRMAIL: A link-layer protocol for wireless networks", *Wireless Networks*, 1, pp. 47-60, 1995.
- [5] P. Lettieri, C. Fragouli and M. Srivastava, "Low Power Error Control for Wireless Links", *MOBICOM '97*, pp. 139-150, 1997.
- [6] R. Krashinsky and H. Balakrishnan, "Minimizing Energy for Wireless Web Access with Bounded Slowdown", *MOBICOM '02*, pp. 119-130, September, 2002.
- [7] G. Nguyen and B. Noble, "A Trace-Based Approach for Modeling Wireless Channel Behavior", *Proc. IEEE Winter Simulation Conf.*, pp. 597-604, December, 1996.
- [8] The VINT project. The Manual, November, 2001.