

무선 환경에서 효율적인 에너지 절약형

전송 프로토콜에 관한 연구

황세준^o, 모상덕, 정광수, 이승형*, 최웅철**

광운대학교 전자공학부 컴퓨터통신연구실, ^o광운대학교 전파공학과, **광운대학교 컴퓨터공학부
{sjhwang, sdmo}@adams.kw.ac.kr, {kchung, shrhee, wchoi}@daisy.kw.ac.kr

A Study on Efficient Energy Saving Transport Protocol in Wireless Environment

Saejoon Hwang^o, Sangdok Mo, Kwangsue Chung, Seung Hyong Rhee, WoongChul Choi
School of Electronics Engineering, Kwangwoon Univ.

요 약

최근 인터넷 및 초고속 정보통신이 급속히 확산이 되면서 장소와 시간의 구애를 받지 않고, 인터넷에 접속할 수 있는 무선 LAN 사용이 점차 확대되었다. 무선 LAN을 이용한 무선 인터넷은 유선 인터넷에 비해 낮은 대역폭을 갖는다. 그리고 이동성과 휴대성을 고려한 배터리 기반의 동력을 사용함으로써 에너지 효율적인 접근 방법이 필요하다. 본 논문에서는 TCP-Westwood를 수정하여 전송률 및 에너지 효율을 향상시키기 위해 세그먼트 크기 조절 방법을 제안하였으며, 이를 NS-2 시뮬레이터를 이용한 실험을 통해 전송률 향상 및 에너지 효율이 개선됨을 확인하였다.

1. 서 론

최근 인터넷 및 초고속 정보통신이 급격히 확산되기 시작하면서 회사, 공공기관 등에서는 유선 LAN (Wired LAN)을 통해, 가정에서는 주로 초고속 통신망 기술인 xDSL이나 Cable Modem 등을 통해 저렴한 비용으로 인터넷에 고속으로 접속하는 것이 가능하게 되었다. 이와 같이 인터넷 접속은 유선 네트워크 기술을 이용해 유선으로 이루어지는 것이 보편적이었지만, 사용자들은 보다 편리한 인터넷 서비스를 요구하게 되었다. 그래서 무선으로 네트워크를 구성하거나 인터넷에 접속할 수 있는 무선 LAN (Wireless LAN, WLAN) 기술에 대한 연구가 활발하게 진행되어 IEEE 802.11, HiperLAN 등의 무선 LAN 기술이 개발 되었다. 최근 이동 휴대 단말 성능의 발전에 따라 노트북 컴퓨터, PDA (personal digital assistance) 등의 이동 휴대 단말 사용이 증가하는 추세이고, 많은 인터넷 사용자들은 장소의 제약 없이 고품질 인터넷 서비스를 제공하는 무선 LAN을 많이 주목하여 무선 LAN의 사용이 점점 확대되고 있다. 특히, 무선 LAN기술은 '언제', '어디서나' 사용자에게 서비스를 제공할 수 있어, 미래 지향적인 서비스로 인식되고 있다[1].

하지만 무선LAN을 이용한 무선 인터넷은 크게 다음과 같은 문제점을 갖고 있다. 첫째, 유선 LAN에 비해 낮은 대역폭을 갖고 있다. 둘째, 서비스 커버리지 및 타 장비와의 간섭으로 전송 지연의 증가, 패킷 손실 그리고 전송률 저하라는 문제가 나타나게 된다. 마지막으로 무선

LAN은 배터리 전원기반으로 동작하는 이동 휴대 기기를 사용함으로써 송수신시 저전력을 사용해야 하는 제약점이 있다[1][2].

본 논문에서는 무선 LAN을 이용한 무선 인터넷의 에너지 효율 문제점을 해결하기 위하여 대역폭 측정 알고리즘을 사용하는 TCP-Westwood[3]를 수정하여, 무선 환경에서 예러발생 시, 세그먼트 크기 조절 (segment size adjustment)방법을 사용하는 TCP-New Westwood를 제안한다. 2장에서는 관련 연구들에 대해 살펴보고, 3장에서는 TCP-New Westwood를 제안한다. 4장에서는 시뮬레이션을 통한 제안한 기법의 성능 평가 실험을 하고, 마지막으로 5장에서는 결론을 기술한다.

2. 관련 연구

2.1 TCP

TCP는 현재 인터넷의 가장 대표적인 전송 프로토콜로 이용되고 있다. 그러나 TCP를 무선 환경에서 사용할 경우 몇 가지 문제점이 발생한다. TCP는 모든 패킷 손실을 혼잡으로 인한 손실로 인지한다. 그래서 혼잡으로 인한 손실이 아닐 경우에도 불필요한 혼잡제어를 실행하여, 전송률 저하라는 문제를 발생시킨다. 또한 현재 네트워크 상황에 알맞지 않는 패킷 재전송으로 인해 불필요한 전력 낭비라는 문제를 발생시켜, 이동 휴대 단말의 에너지 효율을 저하시킨다[4].

2.2 TCP-Westwood

TCP-Westwood는 유무선 통합망에서의 효율적인 데

* 본 논문은 유비쿼터스 컴퓨팅 프론티어 사업단의 지원에 의한 연구결과입니다.

이더 전송을 위해 대역폭 측정 알고리즘을 사용한다. TCP-Westwood의 알고리즘은 다음과 같다. 3개의 중복 ACK를 수신할 경우 또는 타임아웃(timeout) 발생 시, 슬로우 스타트 임계값(slow start threshold, ssthresh)을 계산한 가용 대역폭 값에 RTT_{min} (minimum round trip time)을 곱하고, 현재의 세그먼트 크기(segment size)로 나눈 값으로 설정한다. 이렇게 계산된 ssthresh를 이용해서 cwnd(congestion window)크기를 조정하게 된다. 그러나 송신자가 무선 환경에 있을 경우에 대한 고려가 미흡하다. 즉, 무선 환경에서 에러 발생 또는 혼잡으로 인한 연속적인 데이터 손실이 발생된다면, 성공적인 데이터 송신에 대한 ACK를 원활하게 수신하지 못해서 정확한 대역폭 측정을 할 수 없게 된다.

[알고리즘 1] TCP-Westwood의 cwnd 조절 방법

```

if (3-duplicate ACK 수신 시)
    ssthresh = (rate estimate * RTTmin) / segment size
    if ssthresh < 2 then ssthresh = 2
    cwnd = ssthresh;

if (timeout 발생 시)
    ssthresh = (rate estimate * RTTmin) / segment size
    cwnd = 1;
    
```

3. TCP-New Westwood

TCP-New Westwood은 TCP-Westwood의 cwnd 조절 방법을 사용하면서 TCP-Westwood 송신자가 무선 환경에 있을 경우에 대한 문제점을 보완한다. 즉, TCP-New Westwood는 무선 환경에서 데이터 손실이 발생 시, 세그먼트 크기를 조절해서 재전송한다. 그래서 이동 휴대 단말의 에너지 효율을 향상시키고자 한다.

3.1 무선 환경에서 고정된 세그먼트 크기로 전송 시 문제점

무선 환경에서 고정된 세그먼트 크기로 전송할 경우 그림 1과 같은 문제가 발생한다. ①번은 무선 채널에서의 에러 기간을 나타낸다. ②번은 크기가 큰 세그먼트(large segment size)로 전송할 경우, ①번의 에러 기간 동안 전송된 데이터와 손실된 데이터를 나타낸다. ③번은 크기가 작은 세그먼트(small segment size)로 전송할 경우, ①번의 에러 기간 동안 전송된 데이터와 손실된 데이터를 나타내고, ④번은 적응적 세그먼트 크기(adaptive segment size)로 전송할 경우, ①번의 에러 기간 동안 전송된 데이터와 손실된 데이터를 나타낸다. ③번과 ④번의 방법을 사용하면, ②번 방법에 비해 전송량이 많다. 그러나 ③번 방법을 사용할 경우, ②번과 ④번에 비해 오버헤드 문제가 발생하게 된다. 그래서 세그먼트 크기를 조절해서 크기가 큰 세그먼트로 전송하는 것보다 전송량을 증가시키고, 크기가 작은 세그먼트로 전송할 경우보다 오버헤드를 줄일 수 있는 방법을 제안한다

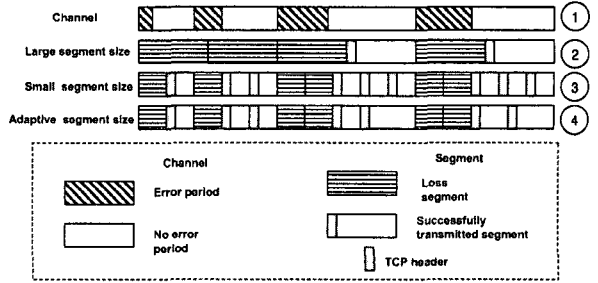


그림 1. 세그먼트 크기에 따른 전송량 비교

3.2 세그먼트 크기 조절 방법

세그먼트 크기 조절 방법은 전송 단위만을 조절한다. 그래서 TCP의 혼잡 제어 메커니즘에는 영향을 미치지 않는다. 세그먼트 크기 조절 방법을 사용하는 이유는 무선 환경에서 에러가 발생할 경우, 고정된 크기의 세그먼트로 전송할 경우보다 에러에 강건하다는 장점을 갖기 때문이다. TCP-New Westwood의 적응적 세그먼트 크기 알고리즘은 다음과 같다. 타임아웃 발생 또는 중복 ACK를 수신할 경우, 세그먼트 크기를 절반으로 줄여서 전송을 한다. 그리고 세그먼트 크기 조절 방법으로 전송한 데이터에 대한 성공적인 ACK 패킷을 수신하면 정상적인 세그먼트 크기로 다음 데이터를 전송하게 된다. TCP-New Westwood는 세그먼트 크기 조절 방법을 사용해서 무선 링크 에러발생 시, 고정된 크기의 세그먼트 크기로 전송하는 방법에 비해 전송된 데이터량을 증가시킨다.

[알고리즘 2] 세그먼트 크기 조절 방법

```

if (timeout발생 또는 중복 ACK 수신 시)
    segment size =segment size/2

if (성공적인 data 전송에 대한 ACK 수신 시)
    segment size =Si;
    (Si : normal segment size)
    
```

4. 실험 환경 및 성능 평가

TCP-New Westwood의 시뮬레이션은 버클리 대학의 NS-2를 이용하여 리눅스에서 구현하였다. 시뮬레이션 환경은 그림 2와 같이 2Mbps의 대역폭을 제공하는 IEEE 802.11b 무선 LAN을 기반으로 하는 망을 구성하였다. N(1), N(2) 그리고 N(3)은 FTP를 이용한 데이터 전송을 한다. N(0)은 CBR을 이용해서, 1Mbps로 패킷을 전송한다. N(4)는 10초부터 5초 간격으로 무선 링크에 간섭을 발생시키는 노드이고, 네트워크에는 2%의 채널 에러를 발생시켰다. 무선 LAN카드는 AT&T사의 WaveLAN PCMCIA 카드로 가정하였다. 초기 에너지량은 100J, 패킷 송신 시 소비되는 에너지는 0.6W, 그리고 패킷 수신 시 소비되는 에너지는 0.3W로 설정하였다. 전송 계층은 TCP, TCP-Westwood 그리고 본 논문에서 제안한 TCP-New Westwood를 가지고 총 60초간 전송률

및 에너지 효율을 비교 실험 하였다.

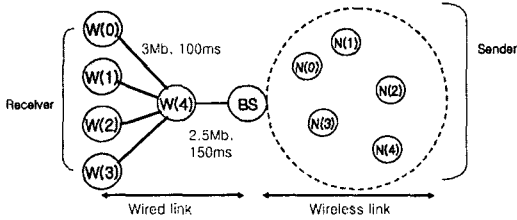


그림 2. 시뮬레이션 환경

그림 3은 60초 동안 TCP, TCP-Westwood 그리고 TCP-New Westwood의 전송률(Mbps)을 나타낸다. 0초부터 9초까지는 TCP, TCP-Westwood 그리고 TCP-New Westwood는 동일한 전송률을 보인다. 10초에 N(4)에서 발생하는 트래픽(traffic)에 의해 간섭이 발생되어, TCP와 TCP-Westwood는 전송률이 감소하게 된다. 그러나 TCP-New Westwood는 세그먼트 크기 조절 방법으로 손실된 데이터에 대한 재전송을 한다. 그래서 기존 방법보다 원활한 데이터 전송에 대한 성공적인 ACK를 수신한다. 그래서 점차적으로 전송률을 향상시키게 된다.

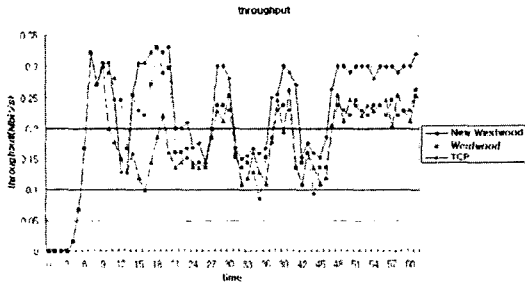


그림 3. 전송률 비교

표1은 총 60초 동안 TCP, TCP-Westwood 그리고 TCP-New Westwood의 전송한 총 데이터량과 소비된 에너지량을 보여준다. TCP-New Westwood가 전송한 총 데이터량이 많은 것을 알 수 있다.

표 1. 소비된 에너지량 및 전송한 총 데이터량

소비된 에너지량 (J)	
TCP-New Westwood	21.890647 (J)
TCP-Westwood	21.358901 (J)
TCP	20.985301 (J)

전송한 총 데이터량 (bytes)	
TCP-New Westwood	1778780 (bytes)
TCP-Westwood	1471340 (bytes)
TCP	1433980 (bytes)

표1의 결과값을 바탕으로 식1을 이용해서 에너지 효율을 구할 수 있다.

$$\text{에너지 효율(bytes/J)} = \frac{\text{전송한 총 데이터량(bytes)}}{\text{소비된 에너지량(J)}} \dots(1)$$

표2는 표1의 결과값을 식1에 대입하여 계산한 에너지 효율을 나타낸다. 표2에서 TCP와 TCP-Westwood는 같은 에너지 효율을 나타냈다. 왜냐하면 TCP는 무선 구간에서 패킷 손실 발생 시, 불필요한 혼잡 제어 메커니즘으로 인한 전송률 감소 및 무선 환경에서 부적절한 재전송 방법을 사용함으로써 에너지 효율이 떨어졌다. 그리고 TCP-Westwood는 전송 패킷이 손실되어서 성공적인 전송에 대한 ACK 패킷이 원활하게 수신되지 못했다. 그래서 오히려 TCP와 같은 성능을 보였다. 그러나 TCP-New Westwood는 TCP-Westwood의 송신자가 무선 단말일 경우의 문제점을 보완하여, 전송된 데이터량 및 에너지 효율이 향상되었음을 알 수 있다.

표 2. 에너지 효율 비교

에너지 효율 (bytes/J)	
TCP-New Westwood	81257.534 (bytes/J)
TCP-Westwood	68886.503 (bytes/J)
TCP	68332.591 (bytes/J)

5. 결론

본 논문은 무선 환경에서 효율적인 에너지 절약형 통신 프로토콜인 TCP-New Westwood를 제안하고 NS-2를 사용한 실험을 통하여 제안된 알고리즘이 기존 방식에 비해서 전송률 및 에너지 효율측면에서 향상됨을 보였다.

향후과제로 유무선 통합 환경에서의 효율적인 대역폭 측정방법과 적절한 적응적 세그먼트 크기의 시점을 찾는으로써 전송률 향상, 오버헤드 감소 및 에너지 효율 향상을 위한 연구를 수행할 계획이다.

참고문헌

- [1]이문규, 김도우, 전성익, "이동통신과 무선 인터넷의 연동 시장 동향 및 전망," ETRI 전자통신 동향 분석, 통권 85호 제 19권 제 1호, 2004년 2월.
- [2]M. Gast, "802.11 Wireless Networks : The Definitive Guide," O'REILLY.
- [3]M. Gerla, M. Y. Sanadidi, R. Wang and A. Zanella, "TCP-Westwood : Congestion Window Control using Bandwidth Estimation," Globecom 2001.
- [4]C. Johns and K. M. Sivalingam, "A Survey of Energy Efficient Network Protocol for Wireless Network," Kluwer 2001.