

IEEE 802.11b Infrastructure 환경에서 전송 전력 관리를 통한 성능 실험

정희록^o, 김성훈, 박창윤
중앙대학교 컴퓨터공학과

e-mail: {nautes^o, shkim}@orchid.cse.cau.ac.kr, cypark@cau.ac.kr

Experiments on IEEE 802.11b Wireless LAN Infrastructure Performance with Transmission Power Management

Hee Lock Jung^o, Sung Hoon Kim, Chang Yun Park
Dept. of Computer Science & Engineering, Chung-Ang University

요 약

이동 장비들은 배터리를 전원으로 하고 있으며 이들이 사용하는 무선 통신에 소모되는 전력을 줄이는 것은 배터리의 적은 전력량을 고려해 볼 때 매우 중요하다. 본 논문은 802.11b infrastructure 환경에서 저전력 통신 기법을 개발하기 위해 전송 전력이 통신 성능에 미치는 영향을 실험하였다. 실험 결과 사무실 수준의 공간에서는 성능에 영향을 미치지 않으면서 전력을 낮출 수 있고, 이 경우 전송으로 인한 전력 소비에서 18% 정도의 전력 절감이 가능하리라는 것을 확인 할 수 있었다.

1. 서론

무선 통신 기술의 급속한 발전에 따라 사용자가 고정 장소에 구속되지 않고 자유롭게 이동하면서 통신 응용을 할 수 있는 무선 통신망이 급속히 보급되고 있다. 구체적으로 보면, 이동통신으로 대변되는 공중 무선망과 함께 사내, 집안, 개인 주변 등에 자유롭게 설치하는 사설 무선망도 활발히 이용되고 있는 추세이다. 특히, 무선 LAN은 IEEE 802.11b(Wi-Fi) 표준을 중심으로, 기존의 유선망이 제공하는 성능과 안전성 수준을 제공하면서 가격 면에서 경쟁성을 가지게 됨에 따라 기존의 유선 LAN을 대체 또는 증설해 가면서 급속하게 보급되어 가고 있다. 또한 공중 공간에서 무선 LAN 기술을 이용하여 사용자에게 고속의 인터넷 서비스를 제공하는 핫스팟도 급격히 보급되고 있으며 고밀도화 되는 추세이다.

무선 LAN에서는 유선 LAN의 경우와는 달리 신호 전달이 중요한 문제가 된다. 즉, 벽, 가구 등 지형지물에 의한 신호 전달 방해와 무선 LAN 장비를 포함한 다른 장비에서 발생하는 신호가 송수신자 사이의 통신을 방해하게 된다. 반대로 송수신자의 신호가 다른 송수신자의 통신을 방해하는 것도 피해야 한다. 그리고, 무선 LAN을 이용하는 대부분의 단말기들이 배터리를 전원으로 이용하는 특수성을 고려하면 전력이 낭비되어지는 것도 막아야 한다. 결국, 적절한 접속장치(AP: Attachment Point)의 배치와 전송 출력의 결정 등이 중요한 문제가 된다.

이 논문에서는 무선 LAN이 이용되는 일반적인 환경 아래에서 처리량에 큰 영향을 주지 않는 범위 내에서 전송 전력을 조절하여 에너지 절약 효과를 거둘 수 있는지를 살펴보기 위해 동일 데이터의 전송에 걸리는 시간과 재전송 횟수를 전송 속도의 변화, 전송 전력의 변화에 따라 측정하였다.

본 논문은 2장에서 802.11b 이외의 전송 전력 관리 기술에 관하여 설명할 것이며, 3장에서 이 실험의 목적을 밝히며, 4장에서 실험방법을 설명하면서 실험결과를 검토할 것이다.

2. 관련 연구

IEEE 802.11b는 ISO 물리계층과 링크계층의 무선 네트워크에 표준을 제공하며, 두 가지 동작 모드, Infrastructure 모드와

Ad Hoc 모드를 정의하고 있다. Infrastructure 모드는 모든 단말들이 AP에 연결되어 통신하는 방법이며, Ad Hoc 모드는 통신 범위 내의 모든 스테이션과 서로 직접 통신한다. 802.11b 무선 LAN 카드들은 ISM 대역 내에 2.4GHz 영역에서 작동하며, Spread Spectrum radio 기술을 이용하여 같은 대역에 있는 다른 무선 기기들과의 간섭을 피한다.

한편 802.11b에서는 채널 상태에 따라 전송 속도를 조정하는 다중전송률 기능이 있다. 다중전송률은 프레임 전송할 때 링크 상황에 따라서 BSSBasicRateSet 중에 하나를 택해서 전송한다. 다만, 제어 프레임은 BSSBasicRateSet 중에 하나의 전송률이나 PHY 강제 전송률 집합(PHY mandatory rate set) 중에서 하나를 선택해서 전송한다. 다중전송률 지원 기능은 비트 오류율을 낮추어서 처리량이 높아진다. 또한 비트 에러를 줄이는 것은 직접적으로 재전송률을 낮추며 간접적으로 낮아진 재전송 횟수로 인해 전력 효율도 높아진다[1].

Gruteser 등은 802.11b 네트워크 상에서 전송속도와 전송 전력을 달리하며 단말의 전송 전력 소모를 측정하여 물리계층에서 전력 제어 방법을 밝혔다[2]. 실험 결과를 통해서 빈번하게 통신이 이루어지는 장비들에게 적용할 수 있는 전송 전력 제어 이론을 보이고 실험을 통해서 이론의 유용성을 밝혔다.

802.11b에서는 전송 전력 제어 기술인 TPC (Transmission Power Control)를 포함한 표준화를 진행 중이다. TPC는 단말과 AP 사이에서 프로브 요청/응답 프레임들 통해서 TPC 요청/응답 메시지를 교환하며 단말과 AP의 적절한 전송 전력을 제어한다. [3].

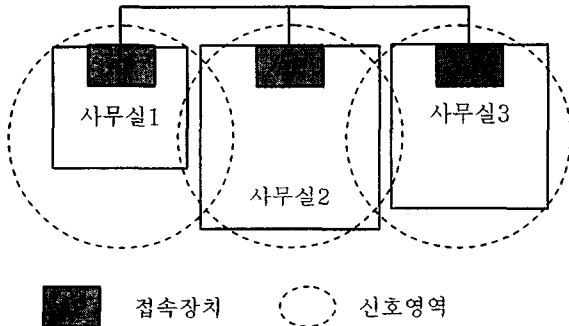
일반적으로 많이 이용되고 있는 휴대폰에서는 단말이 이동함에 따라 변화하는 환경에 적응해서 링크 품질을 정해진 수준 이상으로 유지하면서 전송 전력을 제한하는데 전력 제어의 목적이 있다. 전력제어 방법은 순방향 전력제어와 역방향 전력제어 둘로 구분되어 다룬다. 순방향 전력제어는 단말기의 수신전력을 근거로 예측된 순방향 손실과 단말기가 기지국에 주기적으로 보내는 순방향 통화채널 프레임의 품질을 평가하여 기지국 수신 전력을 높이거나 낮추는 방법이며, 역방향 전력제어는 기지국이 역방향 채널의 상태를 감시하여 오차수정 정보를 얻어서 이를 정해진 값과 비교하여 그 결과에 따라서 출력을 높이거나 낮추도록 단말기에 명령을 내리는 방법이다

IEEE 802.11b와 2.4GHz의 동일한 대역을 이용하고 있는 블루투스에서의 전력 제어는 두 대의 단말 전파의 수신세기(Received Signal Strength Indication)가 높거나 낮은 것을 나타내는 단순한 비교측정기를 통해서 약속된 허용범위를 벗어나지 않는 내에서 단말의 전송 전력을 올리거나 내림으로써 둘 사이의 적절한 전송 전력을 설정한다[4].

본 논문에서는 Infrastructure로 구성된 802.11b 네트워크에서 AP와 통신하는 단말의 전송 전력을 낮추는 것이 통신 성능에 미치는 영향을 생각해보았다.

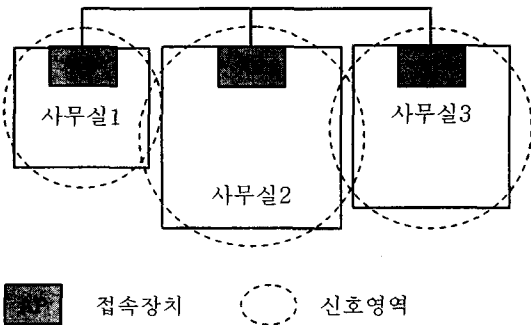
3. 실험 목적

현재 몇몇 제조사들의 802.11b 무선 LAN카드를 제외하면, 카드와 함께 제공되는 설정 유틸리티에서는 전송 전력을 조정하는 기능을 제공하지 않고 있다. 전송 전력을 조정할 수 있는 기능을 제공하는 Cisco와 같은 회사들의 설정 유틸리티도 전송 전력을 동적으로 자동 설정하는 것이 아니라 정적으로 수동 설정을 수행한다. 따라서 802.11b LAN에 대한 지식이 없는 일반 사용자는 상황에 맞게 적절하게 설정하는 것은 현실적으로 불가능하다. 결국 전력 관리가 되지 않는 일반 사무실에서 이용하는 무선 LAN 구성은 <그림 1>과 같다. <그림 1>에서 AP와의 거리나 신호 품질을 고려해서 적절한 전송 전력 관리가 이루어지지 않아서 단말기의 신호영역이 AP의 범위를 벗어나고 있다.



<그림 1> 전형적인 무선 LAN 구성

만약, <그림 1>에서 단말기-AP간의 신호영역에 적합하도록 전송 전력 관리를 수행다면 <그림 2>와 같이 단말기-AP간의 신호 영역에 적합하도록 단말기의 전송 전력을 낮출 수 있다. 그리고 전송 전력이 낮아진 만큼 단말기 안테나의 전송 전력으로 인한 전력 소비도 줄어들 것이다.



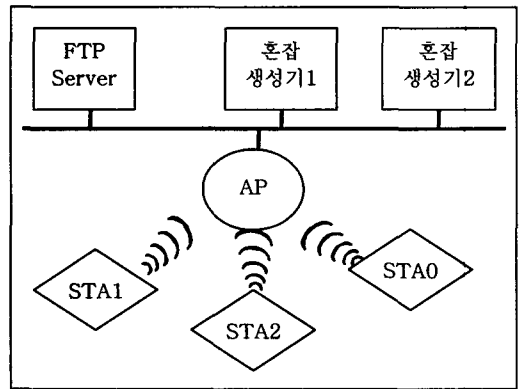
<그림 2> 전송 전력 관리가 된 무선 LAN 구성

본 실험에서는 일반 사무실 환경에서 전력 소비를 줄이기 위해 전송 전력을 관리하는 것의 타당성을 검증하기 위해 실내 공간에서 전송 전력 관리에 따른 성능 영향에 대해 실험하는 것을 목적으로 한다.

4. 전송 전력 관리 효율성 평가를 위한 실험

4.1 실험 환경 구축

실험에 사용된 장비로는 실험 관찰용 단말기 한 대, 실제 환경에서 발생하는 혼잡을 고려하기 위해서 혼잡 발생용 단말기 두 대, AP 한 대를 802.11b infrastructure 환경 구축에 이용하였고, 내부 네트워크는 혼잡 발생 명령을 위한 컴퓨터 두대, 파일 전송 실험에 이용될 FTP Server 한 대로 구성하였다. 무선 환경의 실험 관찰에 이용된 단말기의 무선 LAN 어댑터는 Cisco. 350 series(STA0)를 이용하였고, 혼잡 발생용 단말기의 무선 LAN 어댑터는 Compaq WL110 무선 LAN카드(STA1)과 Magiclan SWL-2100N(STA2)을 이용하였다. 혼잡 발생은 AP에 연결된 로컬 네트워크 상에 두 대의 컴퓨터에서 버퍼 크기를 각각 10KBytes, 50KBytes로 하여 무선 네트워크 상의 서로 다른 무선 LAN 카드로 Ping을 보내는 방법을 사용하였다. AP는 Magiclan SWL-3000AP (Magiclan SWL-2100N 설치)를 이용하였다. 외부에서 로컬 네트워크로 요청이나 Broadcast 메시지 등으로 인해 실험에 방해가 되는 것을 막기 위해서 외부와 연결되지 않은 로컬 네트워크와 AP를 연결하였다. 그래서 최종적으로 구성된 실험 환경은 <그림 3>과 같다.



<그림 3> 실험 환경
(STA0: 실험 관찰용, STA1-2: 혼잡 발생용)

무선 LAN의 실제 이용에 있어서 하나의 BSS가 구성하는 공간 영역은 매우 다양하게 나타날 수 있다. 특히 단말기가 이동하는 경우에는 영역의 크기가 가변적이 된다. 본 실험에서는 일반적인 두 개의 사용 환경들, 사무실 환경을 대변하는 '근거리' 환경과 건물 환경을 대변하는 '원거리' 환경에서 각각 실험하였다. '근거리' 환경은 AP와 단말기 사이에 벽과 같은 장애물 없이 약 15m의 거리를 두었으며, '원거리' 환경에서는 실제 거리를 멀리하는 대신에 안테나의 성능을 떨어뜨려서 실험하였다.

4.2 전송 전력 변화에 따른 재전송 비율 측정

이 실험에서는 전송 전력을 내릴 경우 비트 오류에 끼치는 영향을 조사하였다. 802.11b 네트워크에서는 비트 에러가 발생하는 경우 재전송으로 이를 해결하므로 재전송을 비트 에러 발생으로 가정하고 실험하였다. 실험 방법은 실험 관찰용 단말기인

STA0의 전송 전력을 내리면서 각 전송 전력마다 STA0에서 일정한 데이터를 FTP Server로 전송하는데 발생하는 재전송 횟수를 측정하였고, 여기에 전송한 총 데이터 패킷 수를 나누어 재전송 비율을 구하였다. 802.11b LAN은 다중 전송률을 지원하므로 전송 속도가 변하는 경우 전송 전력의 영향을 알아보기 위해서 다중 전송률과 11Mbps 고정 전송률 두 가지 전송률에서 실험하였다.

실험 결과는 <표 1>와 같다. 표에서 근거리 환경에서는 전송 전력이 100mw~20mw구간에서는 전송 전력을 낮출 때마다 조금씩 상승하기는 하지만, 크게 차이가 나지 않는다. 그리고 11Mbps고정 전송률과도 재전송 비율이 차이가 나지 않는 것으로 봐서 100mw~20mw사이에는 전송 속도의 변화가 없다고 볼 수 있다. 전송 전력이 5mw인 경우에는 재전송 횟수가 급격히 상승하면서 11Mbps 고정 전송률과 다중 전송률의 크게 차이가 나는 것을 볼 수 있다. 이는 다중 전송률에서는 전송 속도가 11Mbps와 5.5Mbps사이에서 계속적인 전송 속도를 전환하면서 오류율을 낮추고 있기 때문이다.

원거리에서는 30mw부터 재전송 비율이 급격히 늘어났다. 30mw 전송 전력에서 11Mbps 속도로 고정하는 경우와 30mw 이하로 전송 전력을 설정하는 경우에는 통신이 불가능하거나 매우 어려웠다. 그러나 50mw로 낮추는 것은 비교적 적은 재전송률 차이를 보여주었다.

실험을 통해 근거리에서는 전송 속도가 변하지 않을 정도까지 전송 전력을 낮추는 것은(이 실험에서는 20mw) 재전송 비율에서 크게 차이가 나지 않는다는 결론을 얻을 수 있었다.

전송거리	전송전력(mw)	다중전송률	11Mbps고정
근거리	100	7.1715%	7.2127%
	50	7.8619%	7.7692%
	30	9.6548%	9.9124%
	20	11.2416%	10.1700%
	5	73.5703%	111.7259%
원거리	100	54.0237%	58.1659%
	50	57.8877%	65.4302%
	30	107.6971%	-
	20	-	-
	5	-	-

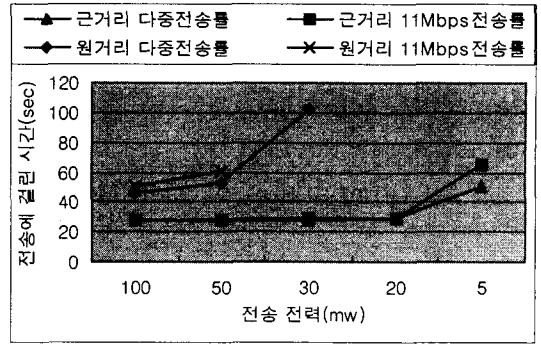
<표 1> 전송거리, 전송 전력과 전송 속도에 따른 재전송 비율

4.3 전송 전력 변화에 따른 전송 시간 측정

이번 실험에서는 STA0의 전송 전력을 내리면서 STA0에서 일정한 데이터(12MBytes)를 FTP Server로 전송하는데 걸린 시간을 측정하여보았다. 이번 실험에서도 앞의 실험과 같은 이유에서 자동 전송률과 11Mbps고정 전송률 두 가지 실험을 하였다.

실험 결과는 <그림 4>와 같다. 근거리 환경에서는 전송 전력이 100mw와 20mw사이에서는 전송 시간에 커다란 차이가 없었다. 그리고, 다중 전송률과 고정 전송률 사이에서도 차이가 없었다. 전송 전력이 5mw로 낮아졌을 때 11Mbps 고정 전송률과 다중 전송률의 차이가 크게 나는 것은 다중 전송률에서는 링크 상태에 따라 전송 속도의 전환이 이루어지면서 오류율을 줄여서 처리량이 증가되었기 때문이다.

원거리에서는 30mw에서 전송 시간이 급격히 늘어났다. 30mw 전송 전력에서 11Mbps속도로 고정하는 경우와 30mw 이하로 낮추는 경우에는 전송시간이 너무 오래 걸리거나 연결이 끊어져서 실험을 할 수 없었다.



<그림 4> 전송전력과 데이터 전송 시간

실험에서 근거리에서는 전송 속도가 변하지 않을 정도까지 전송 전력을 낮추는 것은(이 실험에서는 20mw) 전송에 걸린 시간에서 크게 차이가 나지 않는다는 결론을 알 수 있었다.

4.4 에너지 효율 추정

앞의 실험들에서 근거리에서는 전송 전력이 100mw~20mw 범위 내에서는 성능이 거의 차이가 나지 않는다. 따라서 소비 전력을 줄이기 위해서는 20mw로 전력을 낮추는 것을 고려할 수 있을 것이다. 이 실험을 통해 전송 전력을 낮추어도 전송 속도가 동일하다면 전송 전력을 기존 크기에서 줄인 만큼 전력효율을 얻을 수 있다는 결과를 내릴 수 있었다. [2]에서 11Mbps 전송률로 송신하는 무선 LAN카드의 전송 전력의 변화에 따른 에너지 소비 값을 나타낸 실험 자료를 이용하면 100mw에서 20mw로 줄였을 때, 약 18%정도의 전송으로 인한 전력 소비 절약 효과를 가져온다.

5. 결론 및 향후과제

실험을 통해서 전송 속도를 유지하는 범위 내에서 전송 전력을 줄이는 것이 성능에 영향을 끼치지 않는다는 것을 보였고 추정 값을 통해서 얼마나 전력 효율을 거둘 수 있는지를 보였다. 이상과 같은 실험 결과를 비추어볼 때, 무선 LAN 영역의 적정 규모를 유지하는 경우 통신 성능에 영향을 끼치지 않고 전송 전력을 조절하여 전력 소모는 줄일 수 있다는 가능성이 있다는 것을 확인하였다.

향후 연구로는 무선 LAN 환경에 따라 자동적으로 적정 전송 전력을 설정하는 기법을 개발하고 이를 구현하여 실험하는 연구가 필요할 것으로 생각된다.

참고문헌

- [1] MEDIUM ACCESS CONTROL (MAC) AND PHYSICAL (PHY) SPECIFICATI-ONS *ANSI/IEEE Std 802.11, 1999 ed.*
- [2] Marco Gruteser, Ashish Jain, Jing Deng, Feng Zhao, and Dirk Grunwald, "Exploiting Physical Layer Power Control Mechanisms in IEEE 802.11b Network Interfaces" *Technical Report CU-CS-924-01, University of Colorado, 2001.*
- [3] Christopher J. Hansen, <http://grouper.ieee.org/groups/802/11/Documents/DocumentHolder/1-217.zip> *TPC/DFS Proposal for 802.11h*
- [4] *IEEE, World Wide Web*, http://grouper.ieee.org/groups/802/15/pub/2001/sep01/01319r0P802-15_TG3-SYS-PowerControl.doc