

무선 메쉬 네트워크에서 장거리 전송을 위한 전력제어 시스템 구현

박태진[†], 박만곤^{††}

요 약

무선 메쉬 네트워크는 WLAN 기술뿐만 아니라, 센서 네트워크와의 연동을 통해 다양한 분야에 응용할 수 있으며, 유비쿼터스 네트워크 구현을 위한 핵심기술이라 할 수 있다. 그러나 WLAN은 ISM 대역을 전송 주파수 대역으로 사용하기 때문에, 최대 전력이 100mW로 제한된다. 최대 전력이 제한된 상황에서 WLAN기반의 메쉬 네트워크가 비용 효율적인 백본망의 역할을 수행하기 위해서는 장거리 전송을 위한 연구가 필수적이다. 따라서 본 논문에서는 실험 결과를 통해 무선 메쉬 네트워크 단점인 도달거리의 한계를 극복할 수 있는 방안을 제시하였으며 그 효과성을 보였다. 제안한 방법은 다양한 안테나의 적용 및 디바이스 드라이버의 함수 정의와 구현으로 장거리 전송과 전력효율을 높일 수 있었다.

Implementation of Power Control System for a Long Distance Transmission in Wireless Mesh Network

Tae-Jin Park[†], Man-Gon Park^{††}

ABSTRACT

Wireless mesh network is not only WLAN technology but it says core technology for implementation of ubiquitous network and we have to application on a various field through connection with the sensor network. However, there are limited to 100mW in the maximum power because WLAN is used into transmission frequency band to ISM band. The mesh network based on WLAN is essential study for a long distance transmission in the limited maximum power that it is doing to cost-efficient network of backbone. Therefore, in this paper, we have presented an conquerable method to limitation of reaching distance of wireless mesh network and made several experiments to presentation the proposed method. The results show that it is possible to rise a long distance transmission and power efficiency into application of various antenna and function definition and implementation of device driver.

Key words: Mesh network(메쉬 네트워크), WLAN(무선 랜), 디바이스 드라이버(Device driver), 전력 제어(Power control)

1. 서 론

WLAN은 현재 노트북이나, PDA 등 모바일 기기의 인터넷 연결을 위해서 이미 상용화 되어 사용되고

있으며, 아주 저렴한 가격대로 서비스를 이용할 수 있다. 그러나 현재 WLAN환경을 구축하기 위해서는 유선 네트워크 인프라를 설치 한 후 말단에 WLAN 액세스 포인트(WLAN Access Point)를 설치해야하

※ 교신저자(Corresponding Author) : 박태진, 주소 : 경남 마산시 내서읍 용담리 100(630-729), 전화 :055)230-1331, FAX : 055)230-1295, E-mail : csptj@mail1.pknu.ac.kr
접수일 : 2006년 10월 17일, 완료일 : 2007년 2월 20일

[†] 정회원, 마산대학 메카트로닉스정보학부

^{††} 종신회원, 부경대학교 공과대학 전자컴퓨터정보통신공학부 교수
(E-mail : mpark@pknu.ac.kr)

므로 인프라 설치비용이 많이 들 뿐만 아니라, 설치에 번거로운 점이 많다. 따라서 WLAN을 이용한 애드-혹(AD-hoc) 방식으로 유선 인프라가 없이도 네트워크를 형성할 수 있는 기술이 연구되었는데 그중의 하나가 메쉬 네트워크이다.

WLAN은 태생적인 문제인 ISM대역을 사용함으로써 허용할 수 있는 출력전력 한계와 대상 기기사이에 방해가 없고 전송거리가 150m 정도인 WLAN으로 도시 전체, 섬, 산간지역에 신호를 전송할 경우, 많은 노드들을 연결해야 한다는 단점이 있다. 이와 같이 WLAN을 이용한 전송거리의 한계는 무선 메쉬 네트워크 시스템 구현으로 어느 정도 극복할 수 있으며, 추가적인 장거리 전송과 전력효율을 높이는데 새로운 방법과 기술이 요구되고 있다.

본 연구논문에서는 WLAN을 이용한 메쉬 네트워크 시스템에서 전송거리의 한계를 극복하고자 지향성 안테나를 사용하였으며 높은 출력 값을 얻기 위한 펌웨어 차원에서의 소프트웨어적 접근도 고려하였다. 즉, 지향성 안테나를 이용함에 있어서도 비용 효과적인 안테나와 네트워크 카드 디바이스가 구현되도록 하였다. 또한, 메쉬 네트워크 노드의 전송 전력을 높이기 위해서 펌웨어 차원의 디바이스 드라이버를 구현하고 수정하였다. 이러한 소프트웨어적 접근 방법은 펌웨어 차원에서의 네트워크 카드 디바이스 드라이버에 대한 수정과 새로운 함수를 정의, 구현함으로써 해결되도록 하였다. 따라서 본 연구논문은 출력전력을 높이는데 필요한 고가의 장비를 사용하지 않고도 소프트웨어적 접근으로 전력조정을 할 수 있어서 메쉬 네트워크 시스템에 효율적으로 적용될 수 있다.

2. 관련연구

2.1 IEEE 802.11 WLAN의 기술

무선 LAN 기술은 IEEE 802.11, HiperLAN, HomeRF 등이 있지만 IEEE에서 표준화되어 현재 가장 많이 보급되어 사용하고 있는 기술은 IEEE 802.11 무선 LAN 기술이다. 무선 LAN이란 기존 유선 LAN을 대체 또는 확장한 유연한 데이터 통신 시스템으로 무선 주파수 기술을 이용하며 유선망이 없어도 데이터를 주고받을 수 있는 근거리 통신 네트워크를 의미한다. 최근 무선 통신 분야는 단순한 유선

인터넷 대체에서 벗어나 상용 무선 통신 분야의 다양한 기술이 IEEE 802.11에서 표준화되고 있으며 현재 상용화되어 사용하고 있는 IEEE 802.11b 시스템의 데이터 전송 속도(11Mbps)보다 향상된 IEEE 802.11a/g[1] 표준시스템(최대 54Mbps)이 시장에서 선을 보이고 있다.

차세대 무선 LAN을 위한 전송 방식 후보 기술은 다중 안테나를 사용하는 MIMO(Multiple Input Multiple Output) 기술이다. 이 방식은 크게 두 가지가 고려되는데 하나는 각 송신 안테나에서 다른 데이터를 전송하여 전송률을 송신 안테나 수만큼 향상시키는 공간 분할 다중화(SDM: Spatial Division Multiplexing) 방식이고 다른 하나는 공간 부호(Space Time Code)의 다이버시티 이득을 사용하여 성능 이득을 얻는 것이다. 이러한 고속의 데이터 전송률과 향상된 QoS(Quality of Service) 보장 또는 이동성 지원 등을 위한 표준 활동은 IEEE 802.11의 작업 그룹(Task Group) 내에서 활발하게 이루어지고 있으며 최근 멀티미디어 데이터에 대한 사용자의 수요가 증가함에 따라 무선 LAN에서도 고속의 전송 속도가 요구되고 있다.

무선 LAN 표준인 IEEE 802.11 정의[2,3]에서 MAC(Medium Access Protocol)프로토콜과 3개의 물리 계층(PHY)을 표현하였으며 2.4GHz의 ISM대역을 이용한 DSSS(Direct Sequence Spread Spectrum) 변조 방식과 FHSS(Frequency Hopping Spread Spectrum) 방식 및 적외선(Infrared) 등으로 정의하고 있다. IEEE 802.11표준의 주요 지표는 표 1과 같다[4].

2.2 애드-혹 네트워크

모바일 애드-혹(AD-hoc) 네트워크에서 사용되는 각 노드들은 대부분 IEEE 802.11, 블루투스 등의 무선 MAC 기술을 이용하며, 이러한 무선 MAC은 무지향성 안테나를 사용한다. 즉, 모바일 애드-혹 네트워크에서 경로 탐색과 설정 그리고 데이터 전달 과정이 무지향성 통신으로 수행됨을 나타낸다. 여기에서 각 노드의 에너지 절약을 위해서 가장 중요한 것은 데이터 전송 파워라고 하겠다.

IEEE 802.11 무선 LAN에서 에너지가 소비되는 비율은 1 : 2 : 2.5(대기 : 수신 : 송신)가 된다. 이처럼 소모되는 전력의 대다수는 데이터의 송수신 상황에

표 1. IEEE 802.11 WLAN표준

프로토콜	802.11b	802.11g	802.11a
채널개수	3	3	8
사용가능범위(실내)	30m @ 11Mbps 90m @ 1Mbps	30m @ 54Mbps 90m @ 1Mbps	12m @ 54Mbps 90m @ 6Mbps
사용가능범위(실외)	120m @ 11Mbps 460m @ 1Mbps	120m @ 54Mbps 460m @ 1Mbps	30m @ 54Mbps 300m @ 6Mbps
데이터전송률	11, 55, 2, 1Mbps	54, 48, 36, 24, 18, 12, 9, 6Mbps	54, 48, 36, 24, 18, 12, 8, 6Mbps
주파수	2.4 ~ 2.497GHz	2.4 ~ 2.497GHz	5.15 ~ 5.875GHz
변조방식	직접 확산 스펙트럼(DSSS)	직교 주파수 다중 분할(CFDM)	직교 주파수 다중 분할(CFDM)

서 발생하며 무선 애드-혹이 사용되는 노트북, PDA 기기 등이 무지향성 안테나를 이용한다. 무지향성 안테나의 경우는 200~300m의 송신거리를 가지며 지향성의 안테나는 1Km에 이르는 송신거리를 가진다 [5,6]. 결과적으로 지향성 안테나를 사용함으로써 송신 전력을 줄일 수 있는데 다음은 그 방법 중의 하나이다.

애드-혹 네트워크의 각 노드가 지자기 센서나 GPS 등을 이용해 이웃 노드까지의 방향성을 알 수 있고 자신의 공간성을 파악할 수 있는 조건일 때 경로 탐색과 설정 시에는 기존의 무지향성 안테나를 사용하고 데이터 전송 시에는 송신 전력이 많이 소모되는 무지향성 안테나 대신 지향성 안테나를 이용함으로써 송신 전력을 줄이도록 하고 있다[7]. 구체적으로는 노드가 지자기 센서를 사용할 경우, 지향성 안테나를 이용 다음 노드가 위치하는 방향으로만 데이터 전송을 할 수 있고 GPS를 사용할 경우, 다음 노드의 위치도 정확히 파악이 가능하기 때문에 송신 전력을 조정하여 다음 노드까지 최소의 송신 전력으로 데이터 전송이 가능하다.

2.3 무선 메쉬 네트워크

최근, 기존 WLAN의 한계를 극복하기 위하여 무선 메쉬 네트워크가 등장 하였으며, WPAN 분야인 IEEE 802.15의 TG5에서 표준화를 다루고 있다. 무선 메쉬 네트워크(Wireless Mesh Network)[8,9]는 기존의 점대 점, 점대 다점의 무선 통신 방식과는 달리, 유선망의 그물 형태의 네트워크 구조를 무선망에서도 같은 구조를 가지도록 하고 있다. 이러한 무선

메쉬 네트워크는 최소한의 인프라를 활용하여 사용자의 무선 인터넷 접속 가능 영역을 넓히는 기술이 된다. 따라서 망의 신뢰도 및 적은 출력을 이용한 무선망의 확장성, 이동성 측면에서 장점을 가지고 있으며 차세대 이동 통신, 홈 네트워킹, 공공안전과 같은 특수목적 네트워크 등 무선 통신 기능과 접목되어 다양한 응용분야를 창출할 수 있다.

3. 설계 및 구현

메쉬 네트워크 구조는 그림 1과 같이 3단계로 구성되거나 액세스 포인트와 라우터가 통합이 된 2단계 네트워크 구조로도 형성될 수 있다. 또한, 메쉬 네트워크에 사용되는 노드 유형으로는 무선 라우터, 게이트웨이, 프린터 및 서버, 모바일 클라이언트 등으로 구성될 수 있다. 즉, 인터넷 연결을 지원하는 메쉬포탈(Mesh portal), 사용자의 멀티홉 연결성을 제공하는 메쉬 라우터(Mesh router), 그리고 사용자 디바이스를 의미하는 메쉬 클라이언트(Mesh client)로 구성된다. 무선으로 서로 연결하는 메쉬 라우터는 기존 유선 액세스 포인트에 비하여 자유로운 배치가 가능하므로 접속 영역을 쉽게 확장할 수 있다. 따라서 메쉬 라우터가 설치된 전송 범위 안에서의 메쉬 클라이언트는 자유롭게 이동할 수 있으며 웹 서핑, 비디오 스트리밍, 이메일 등의 서비스를 이용할 수 있게 된다.

본 논문에서는 지향성 안테나의 특성을 이용하되 비용 효과적인 안테나 구성과 네트워크 카드 디바이스의 조합과 구현을 통해서 기존의 지향성 안테나를

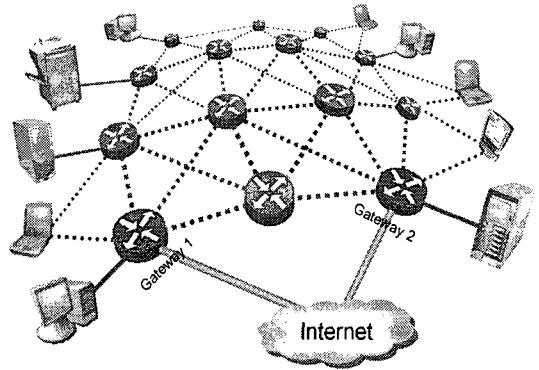
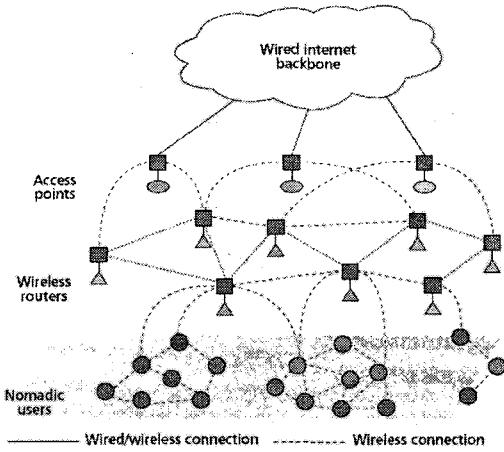


그림 1. 무선 메시 네트워크 구조도

단순 적용했을 때보다 장거리 전송효율을 더욱 높일 수 있음과 전력 소모 문제를 해결할 수 있음을 보이고자 한다.

3.1 전력 제어시스템 설계

무선 메시 네트워크에서 단순히 무선 네트워크 카드와 무지향성 안테나의 구성이거나 무선 네트워크 카드와 지향성 안테나의 구성은 장거리 전송하는데 송신 전력의 한계가 있다. 이와 같은 시스템을 단순히 사용하기보다 임의의 전송 전력을 크게 또는 작게 제어할 수 있도록 하는 펌웨어 차원에서의 구현 기술과 함께 사용자가 비용 효율적인 전력 시스템을 구현하고 제어할 수 있도록 그림 2와 같이 설계된다. 전력

제어시스템 요소에 따른 상세한 설계원칙과 고려사항은 표 2와 같다.

본 논문에서 제안된 전력 제어시스템은 네트워크 카드 디바이스의 출력 파라미터를 제어하는 방법과 안테나의 종류에 따른 출력의 변화량 및 특성을 측정함으로써 장거리 전송하는데 적합한 하드웨어적 모델과 펌웨어 변경 및 구현기술을 제시한다. 구체적으로는 네트워크 카드 디바이스의 출력 파라미터 값 조정, 새로운 함수의 정의 및 구현이 필요하며 안테나의 종류에 따른 출력의 변화량 및 특성을 측정하고 장거리 전송 시 적합한 시스템을 제시하는데 있다. 따라서 비용 효과적이면서 전력을 더욱 높이기 위한 지향성 안테나와 안테나를 제어할 수 있는 펌웨어 차원에서의 구현기술이 필요하고 무선 네트워크 카드에 사용되는 커넥터는 임피던스 매칭 부분에서 수동 조정이 가능하도록 장치가 구성되어야 한다. 본 논문에서 사용된 네트워크 카드인 WUSB54G 디바이스는 USB인터페이스에 대한 무선 네트워크 어댑터(Wireless Network Adaptor)이며 RT2500USB WLAN 시스템을 사용하고 있고 내부 시스템의 구조는 그림 3과 같다.

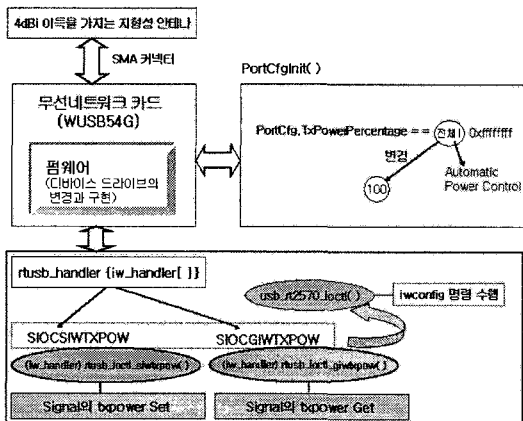


그림 2. 전력 제어시스템을 위한 안테나와 펌웨어 설계

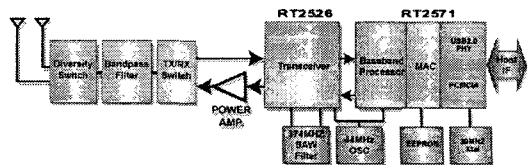


그림 3. WUSB54G의 내부 디바이스 구성도

표 2. 전력 제어시스템의 설계원칙과 고려사항

시스템 요소	설계원칙	고려사항
지향성 안테나	안테나별 종류에 따른 출력 변화량 측정	장거리 전송을 위한 안테나 특성과 비용대비 효율성을 고려함
	안테나별 종류에 따른 출력 특성 측정	
	4dBi 이득을 가지는 안테나 사용	
SMA타입 커넥터	WUSB54G 디바이스에 SMA 타입의 커넥터를 장착	임피던스 매칭부분에서 수동 조정되도록 함
무선네트워크 카드 (WUSB54G)	RT2500USB WLAN어댑터 사용	GPL 라이선스 사용으로 사용자의 요구에 빠르게 반영될 수 있도록 함
	RT2526, RT2576 MAC/BBP칩 구성	
	RT2570 디바이스 드라이버 사용	
	기본 장착된 내장 안테나 탈착	
	출력 파라미터 값 조정	
펌웨어 변경 및 구현	수동 전력조정을 위한 알고리즘 개선	디바이스 드라이버RT2570-1.1.0-b2 에서 알고리즘 구현함
	PortCfgInit()에서 TxPowerPercentage 변경	0xfffffff → 100
	ioctl을 처리하는 핸들러 구현	iw_handler로 구성된 rtusb_handler[] 배열 구현 - static const iw_handler rtusb_handler[]
	전력신호의 txpower설정과 불러오기 위한 동작 구현	- rtusb_ioctl_siwtxpow() - rtusb_ioctl_giwtxpow()
	usb_rt2570_ioctl()	- iwconfig의 명령수행 (명령어 구분과 실행)

RT2500USB WLAN 시스템은 RT2526(2.4GHz Transceiver Chip)과 RT2571(802.11 b/g MAC/BBP(Base Band Processor))칩으로 구성되어 있다. 이 디바이스의 출력 강도는 11Mbps의 경우 15-17dBm, 54Mbps의 경우 13-15dBm이고, 기본 장착된 내장 안테나의 감도는 2dBi 이다. 수신 감도는 54Mbps의 경우 -65dBm이며, 11Mbps의 경우 -80dBm이다.

3.2 전력 제어를 위한 무선 네트워크 카드 구현

본 논문에서 제안된 전력 제어시스템은 4dBi 이득을 가지는 지향성 안테나와 WUSB54G 디바이스인 네트워크 카드, 그리고 RT2570 디바이스 드라이버로 구성된다. 디바이스 드라이버는 MAC/BBP칩인 RT2571보다 GPL 라이선서로 개방된 RT2400과 RT2500칩으로 제작되어 사용자의 요구를 빠르게 반영할 수 있도록 하였다. RT2x00의 통합된 디바이스 드라이버도 가능하나 불안정한 부분이 많아, 본 논문에서는 RT2500 계열의 RT2570을 사용하였다. 이와 같은 시스템을 구현하기 위해서는 지향성 안테나

를 WUSB54G 디바이스에 SMA 타입의 커넥터로 장착하고 임피던스 매칭 부분에서 수동 조정이 가능할 수 있도록 구현된다. 결과적으로는 전송 전력을 높이기 위한 수동 전력 조정이 가능하게 되며 이를 위해서는 펌웨어 차원에서의 알고리즘 개선이 필요하다.

무선 mesh 네트워크에서 안테나의 송신 전력을 높이는데 단순 지향성 안테나를 통해서도 그 효과가 인정되나 전력을 더욱 높여서 장거리 전송하는데 펌웨어 차원에서의 구현기술이 필요하다. 무선 네트워크 카드(WUSB54G)에서 제공되는 기본 디바이스 드라이버는 TSSI 피드백을 이용하고 자동화된 전력 조정(Automatic Power Control)을 수행하지만 임의로 전송 전력을 크게 또는 작게 제어할 수는 없다. 따라서 전력 제어를 위한 기존 정의된 명령어만으로 입력할 수 없으며 전송 전력을 최대로 높이기 위하여 그림 4와 같은 펌웨어 차원에서의 디바이스 드라이버 수정과 구현이 필요하다. 먼저 디바이스 드라이버인 RT2570-1.1.0-b2에서 전력제어를 위한 알고리즘 구현이 되어야 하며 mesh 네트워크 노드의 전

송 전력을 높이기 위해서는 임의의 다양한 값으로 조정되어야 하고 iwconfig 명령에 대한 핸들러 처리와 넘겨받은 인자에 대해서 제어되어야 한다. 이를 위해서는 그림 4에서 보인 것처럼 디바이스 드라이브의 동작 알고리즘을 구현해야 한다. iwconfig 명령에 대한 ioctl을 처리하는 핸들러는 rtusb_handler

라는 iw_handler 유형의 배열로 구성되어 있다. 따라서 iwconfig 명령에서 txpower를 설정하는 신호와 txpower를 불러오는 신호가 발생할 경우에 동작할 수 있는 알고리즘 구현이 필요하며 이를 수행하는데 요구되는 함수는 rtusb_ioctl_siwtxpov()와 rtusb_ioctl_giwtxpov()함수이다.

```
// root@wimesh:~# iwconfig rausb0 txpower 31

/*****
: rtusb_init.c
*****/
pAdapter->PortCfg.CurrentTxAntenna = 0xff; // diversity
pAdapter->PortCfg.CurrentRxAntenna = 0xff; // diversity
pAdapter->PortCfg.NumberOfAntenna = 2;
// pAdapter->PortCfg.TxPowerLevel[0] = 100;
// pAdapter->PortCfg.NumOfTxPowerLevel = 1;
pAdapter->PortCfg.TxPower = 100; //mW
pAdapter->PortCfg.TxPowerPercentage = 100 // AUTO
pAdapter->PortCfg.AntennaSupportTx = TRUE;
pAdapter->PortCfg.AntennaSupportRx = TRUE;
pAdapter->PortCfg.AntennaSupportDiversityRx = TRUE;

/*****
: rtusb_info.c
*****/
static const iw_handler rtusb_handler[] =
{
    (iw_handler) rtusb_ioctl_giwname, /* SIOCGIWNAME 1 */
    .....,
    (iw_handler) rtusb_ioctl_giwrangle, /* SIOCGIWRANGE 11 */
    .....,
#ifdef SIOCGIWSCAN
    (iw_handler) rtusb_ioctl_siwscan, /* SIOCSIWSCAN 0x18*/
    (iw_handler) rtusb_ioctl_giwscan, /* SIOCGIWSCAN */
#else
    .....,
#endif /* SIOCGIWSCAN */
    (iw_handler) rtusb_ioctl_siwessid, /* SIOCSIWESSID */
    .....,
    (iw_handler) rtusb_ioctl_siwrts, /* SIOCSIWRTS */
    .....,
    // Modified source
    (iw_handler) rtusb_ioctl_siwtxpov, /* txpower를 설정하는 신호가 발생 */
    (iw_handler) rtusb_ioctl_giwtxpov, /* txpower를 가져오는 신호가 발생 */
}

/*****
: rtusb_ioctl_siwtxpov 함수
*****/
// iwconfig 명령을 통해 전달 받은 인자를 사용함.
int rtusb_ioctl_siwtxpov(struct net_device *dev, struct iw_request_info *info,
    struct iw_param *rts, char *extra) {
    PRT2570ADAPTER pAdapter = (PRT2570ADAPTER) dev->priv;
    if(pAdapter->PortCfg.Channel>0&&pAdapter->PortCfg.Channel<MAX_LEN_OF_CHANNELS)
    { pAdapter->PortCfg.ChannelTxPower[pAdapter->PortCfg.Channel - 1] = rts->value; }
    return 0;
}
}
```

```

/*****
: rtusb_ioctl_giwtxpow 함수
*****/
// iwconfig 명령을 통해 전달 받은 인자를 사용함.
int rtusb_ioctl_giwtxpow(struct net_device *dev, struct iw_request_info *info,
    struct iw_param *rts, char *extra) {
    PRT2570ADAPTER pAdapter = (PRT2570ADAPTER) dev->priv;
    int dis = 1;
    if(pAdapter->PortCfg.Channel>0&&Adapter->PortCfg.Channel<MAX_LEN_OF_CHANNELS)
    {dis = 0; }
    rts->value = pAdapter->PortCfg.ChannelTxPower[pAdapter->PortCfg.Channel - 1];
    if(rts->value>0 && rts->value<31) { dis = 0; }
    rts->disabled = dis;    rts->fixed = 1;
    return 0;
}
//명령어 구분에 따라서 수행하는 함수
case SIOCGIWSSENS: //get sensitivity (dBm)
case SIOCSIWSSENS: //set sensitivity (dBm)
case SIOCGIWPPOWER: //get Power Management settings
case SIOCSIWPPOWER: //set Power Management settings
.....;

case SIOCGIWTXPOW: //get transmit power (dBm)
    DBGPRINT(RT_DEBUG_TRACE,"==>IOCTL::SIOGIWTXPOW\n");
    DBGPRINT(RT_DEBUG_TEMP,"<==IOCTL::SIOGIWTXPOW\n");
    break;
case SIOCSIWTXPOW: //set transmit power (dBm)
    DBGPRINT(RT_DEBUG_TRACE,"==>IOCTL::SIOSIWTXPOW\n");
    txp = &(wrq->u.txpower);
    if(txp->value < 0 || txp->value > 31) {
        txp->value = 24;
    }
    if(pAdapter->PortCfg.Channel>0
    && pAdapter->PortCfg.Channel<MAX_LEN_OF_CHANNELS) {
        Adapter->PortCfg.ChannelTxPower[pAdapter->PortCfg.Channel-1]=txp->value;
    }
    DBGPRINT(RT_DEBUG_TEMP,"<==IOCTL::SIOSIWTXPOW
    [Channel:%d,TxPower:%d\n",pAdapter->PortCfg.Channel,pAdapter->
    PortCfg.ChannelTxPower);
    break;
.....;
.....;

```

그림 4. WUSB54G 펌웨어 알고리즘의 수정과 함수의 구현

4. 실험방법 및 성능평가

4.1 실험 환경 및 방법

본 논문의 실험결과를 측정하기 위해서 네트워크 카드와 안테나, 그리고 전력 측정을 위한 전력 분석기(Power analyzer)가 사용되었으며 안테나 효과 측정을 위해서 커널(2.6.12)과 디바이스 드라이버(rt2570-1.1.0-b2)를 사용하였다. 또한, 무선 네트워크 어댑터에서 보내는 신호 전력을 측정하기 위해서 랩탑 PC의 Stumbler 소프트웨어를 사용하였으며 어댑터와 랩탑 사이의 거리는 약 30cm정도로 하였다.

본 논문의 실험은 WLAN의 태생적인 한계를 극복하면서 장거리 전송효율을 높이고 전력 소모 문제를 해결하고자 하는 목적을 가진 만큼 안테나가 특정한 방향으로 전파를 더 많이 보낼 수 있도록 하는 지향성 안테나와 WUSB54G 디바이스인 네트워크 카드, 그리고 RT2570 디바이스 드라이버로 구성된 시스템을 구현하고 개선시킴으로써 사용자의 요구를 빠르게 반영할 수 있도록 하였다. 그리고 안테나의 높은 출력을 얻기 위한 네트워크 카드 디바이스의 출력 파라미터 변화가 중요한 요소로 작용되는 만큼 네트워크 카드의 출력 제어를 위해서는 펌웨어 차원에서 디바이스 드라이버 수정과 새로운 함수 정의

및 구현이 필수적이다. 그림 5는 Stumbler 소프트웨어를 사용하고 신호측정을 위한 원격 노트북, 그리고 네트워크 카드 및 안테나에 전력제어를 수행할 수 있도록 하는 실험환경 측정 구성도이다.

4.2 안테나의 출력 값 측정

WUSB54G디바이스는 기본적으로 내장형 안테나를 사용하며 2dBi의 이득 값을 가지고 있다. 장거리 전송을 위해서는 더 높은 이득 값을 가지는 안테나를 장착해야 하는데, 본 논문에서는 이 디바이스의 내장형 안테나를 떼어내고, 외장형 안테나를 연결할 수 있는 커넥터를 장착하였다. WLAN이 사용하는 2.4GHz/5GHz 대역의 커넥터인 SMA 타입을 WUSB54G디바이스에 장착되도록 하였으며, 이로써 임피던스 매칭 부분에서 수동 조정이 가능하게 된다. 안테나 출력 값 측정을 위한 실험에서 외장형으로의 시스템 구현이 필요하며 장착된 커넥터는 그림 6(a)와 같고 그림 6(b)와 같이 장착될 4dBi 안테나는 5GHz 대역에서는 7dBi 이득 값을 가지며 2.4GHz 대역에서는 4dBi 이득 값을 가지고 있다. 그림 6(c)는 네트워크 카드에 부착된 내장형 안테나에서 그림 6(b) 4dBi의 이득 값을 가지는 외장형 안테나로의 개선된 상태를 나타낸다. 그림 7은 WUSB54G디바이스가 기본적으로 내장되고 2dBi 이득을 가지는 무지향성 안테나로서 최저 전력(-23dBm) 결과를 나타낸다.

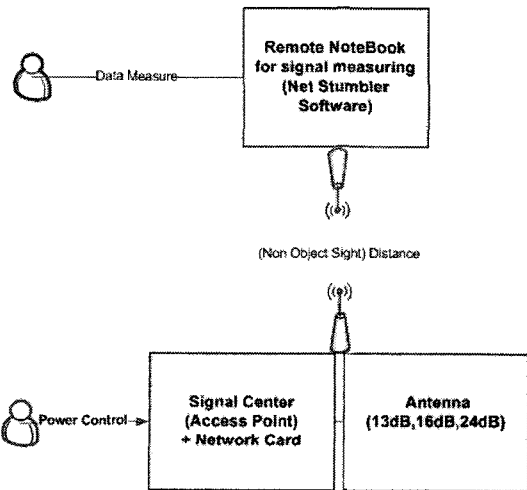
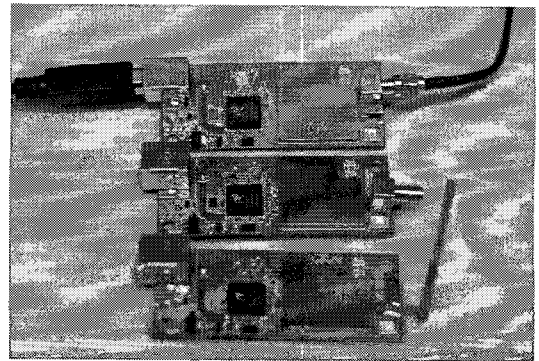
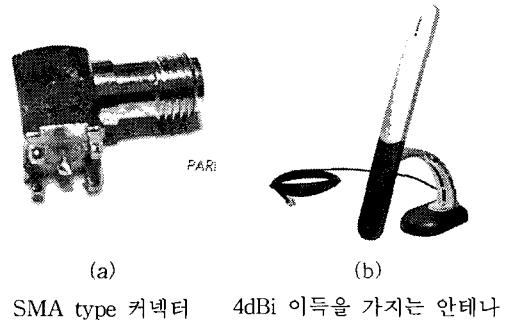


그림 5. 실험환경 측정 구성도



(c) 네트워크 카드에 장착된 안테나의 상태
그림 6. WUSB54G디바이스에 장착된 커넥터와 안테나의 구성

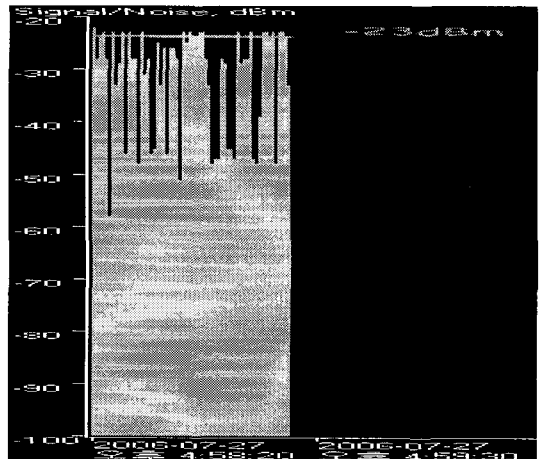


그림 7. WUSB54G에 장착된 내장형 안테나 전력상태

4.3 안테나에 의한 전력 제어효과 측정

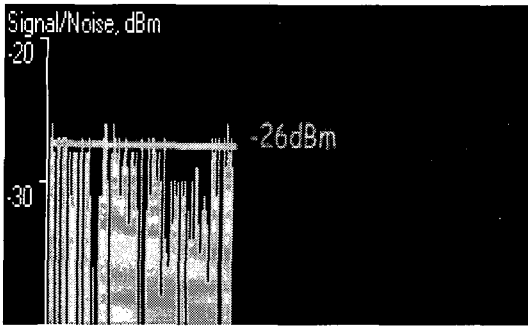
안테나에 의한 전력 측정결과를 살펴보면 이득 높은 지향성 안테나가 중요한 요소이었음을 알 수 있었으며 그 전력을 제어할 수 있는 펌웨어 차원에서의

구현기술 또한 중요하다 하는 것을 확인할 수 있었다. 전력제어에 따른 효과를 측정하기 위해서 커널과 디바이스 드라이버를 사용 하였고 무선 네트워크 어댑터에서 보내는 신호 전력을 측정하기 위해서 랩탑 PC의 Stumbler 소프트웨어를 사용하였다. 또한, 실험은 전력대 잡음비로 측정하였다.

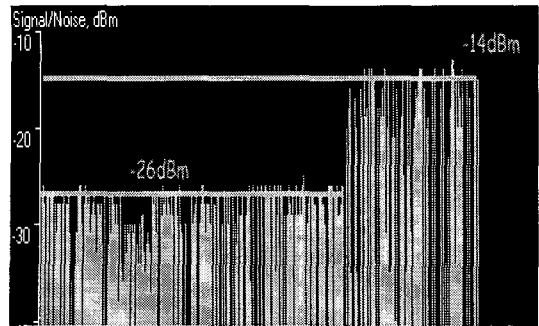
디폴트 무지향성 안테나이면서 최저 전력인 그림 8(a)와 디폴트 무지향성 안테나이면서 최대 전력인 경우의 그림 8(b) 및 2dBi 외장형 안테나이면서 최저 전력인 그림 8(c)와 2dBi 외장형 안테나이면서 최대

전력인 경우의 그림 8(d), 그리고 4dBi 외장형 안테나이면서 최저 전력인 그림 8(e)와 4dBi 외장형 안테나이면서 최대 전력인 경우의 그림 8(f)같은 측정값을 얻을 수 있었다.

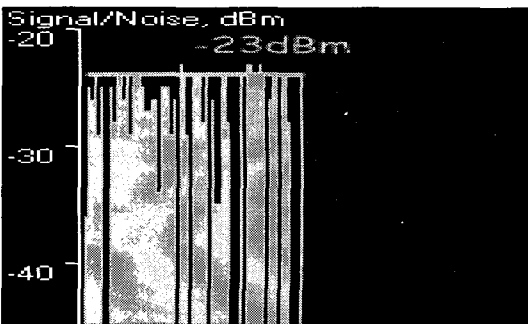
그림 9의 (a),(b)는 안테나가 내장형과 외장형일 때의 전력을 비교한 것이다. 내장형 안테나이면서 최대 전력인 그림 9(a)와 외장형 안테나이면서 최대 전력인 경우의 그림 9(b)를 비교해보면 외장형 안테나에서 전력대 잡음비 효율이 뛰어난을 알 수 있었다. 그림 10은 안테나 종류에 따른 전력측정 값을 나타낸



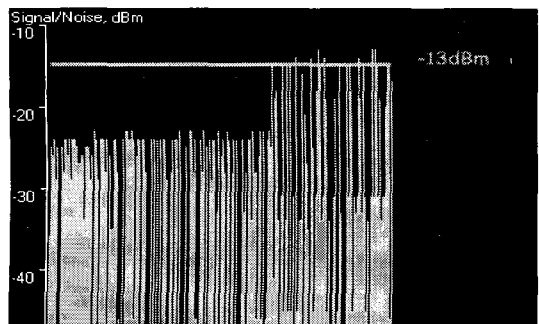
(a) 최저 전력(Default antenna)



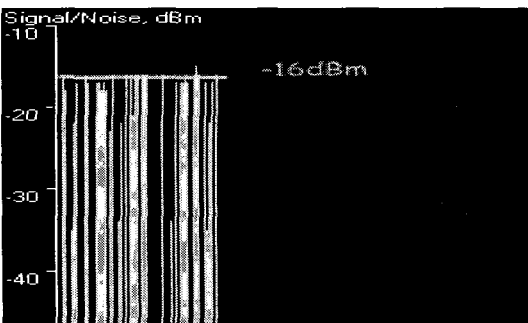
(b) 최대 전력(Default antenna)



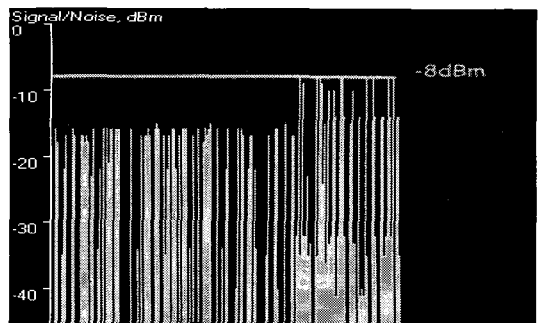
(c) 최저 전력(2dBi monopole antenna)



(d) 최대 전력(2dBi monopole antenna)

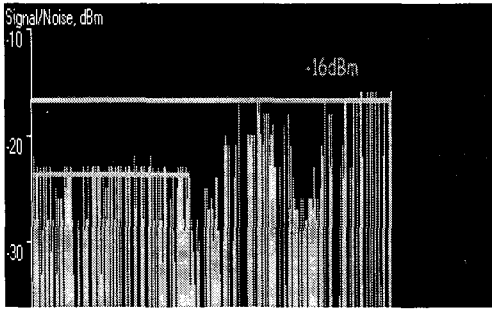


(e) 최저 전력(4dBi directional antenna)

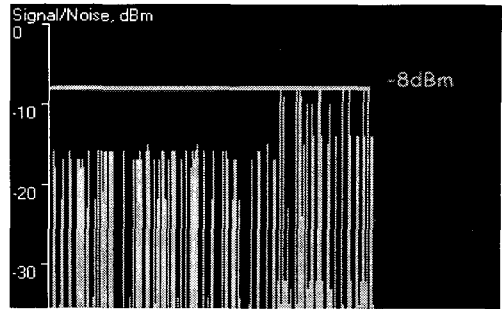


(f) 최대 전력(4dBi directional antenna)

그림 8. 외장형 안테나에 의한 제어효과 및 전력상태



(a) 내장형 안테나 최대 전력



(b) 외장형 안테나(4dBi) 최대 전력

그림 9. 내장형 및 외장형 안테나 전력 비교

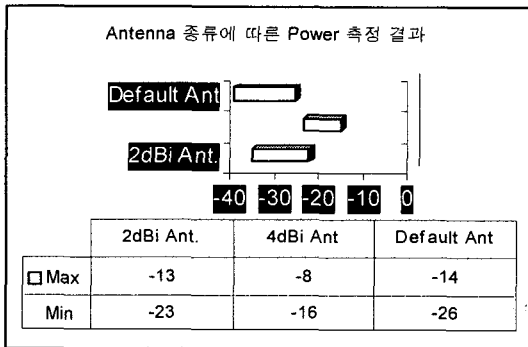


그림 10. 외장형 안테나별 전력 측정 결과

것이다. 안테나는 Default short antenna, 2dBi monopole antenna, 4dBi directional antenna를 이용하였으며 전력 제어할 수 있는 레벨은 0에서 31까지로 하고 디폴트는 20으로 하였다. 그림 10에서 보인 것처럼 4dBi를 가지는 안테나를 사용했을 경우와 비교해서 전력이 최대 상태에서의 디폴트 안테나와는 6dBm, 최저 상태에서의 디폴트 안테나와는 10dBm 차이가 있음을 알 수 있었다.

5. 결 론

본 논문에서는 WLAN의 태생적인 한계를 극복하기 위해서 지향성 안테나 및 다른 종류의 안테나를 이용하였으며 전송효율을 높일 수 있는 방법의 연구와 RF시스템에서 문제가 될 수 있는 전력 소모량 문제를 시스템의 동작 알고리즘 측면에서 접근해보았으며 어플리케이션 영역도 개선하였다. 이러한 어플리케이션 영역의 개선으로 건물간의 네트워크 장벽

에 대한 해결과 확장성에 대한 가능성을 확인할 수 있었다.

본 논문의 실험결과와 같이 무선 mesh 네트워크의 전송효율을 높이기 위해서 펌웨어 차원에서 디바이스 드라이버를 수정하였으며 새로운 함수를 정의하고 구현하였다. 또한, 네트워크 카드의 출력 전력을 디바이스 드라이버의 파라미터 값으로 조정하였고 출력 차이를 측정하기 위해서 세 가지 종류의 안테나를 이용하였다. 결과적으로 네트워크 카드에 4dBi 안테나를 이용할 경우 가장 높은 출력을 얻었으며 전력이 최대 상태의 디폴트 안테나와 비교 하여서 6dBm 차이를 얻을 수 있었다. 또한, 네트워크 카드의 출력이 최대인 100mW 상태에서 이득 특성이 높은 지향성 안테나를 사용함으로써 무선 mesh 네트워크에서 장거리 전송의 목적을 달성할 수 있었다.

본 연구논문의 실험은 짧은 직선거리에서 이루어졌으나 이득이 높은 여러 안테나에 대한 적용과 확장은 단순 지향성 안테나를 사용했을 때의 1Km보다 그 이상의 장거리 전송과 전력에 대한 효율성도 높일 수 있을 것이다. 향후, WLAN을 이용한 mesh 네트워크에서 모니터링 시스템의 완전한 구현과 응용으로 전력효율성 높고 신뢰성 있는 네트워크 운영이 가능할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] IEEE 802.11, <http://grouper.ieee.org/groups/802/11>.
- [2] IEEE Std 802.11, "Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical

Layer (PHY) specification," 1997.

- [3] IEEE Std 802.11g, "Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications : Further Higher Data Rate Physical Layer Extension in 2.4 GHz Band," 2003.
- [4] Intel Corp., <http://www.intel.com>.
- [5] Oliver Kasten, "Energy Consumption," http://www.inf.ethz.ch/kasten/research/bathtub/energy_consumption.html, Eidgenossische Technische Hochschule, Zurich.
- [6] Roberto Arcomano, "Wireless Howto?," <http://web.tiscali.it/bertolinux/>.
- [7] 정연호, 박재형, 원용관, "MANET에서 지향성 안테나의 선택적 사용을 통한 전송 전력 절약 기법," 한국정보처리학회논문지, 제13권, 제2호, pp. 851-854, 2006.
- [8] I. F. Akyildiz, X. Wang, and W. Wang, "Wireless mesh networks: A survey," *Elsevier Computer Networks Journal*, March 2005.
- [9] 전호인, "무선 LAN의 고속화 및 메쉬 네트워크 기술," 정보과학회논문지, 제23권, 제4호, pp. 42-50, 2005.



박 태 진

1983년~1988년 부산 동의대학교
자연과학대학 물리학과
(이학사)
1992년~1995년 부산부경대학교
대학원 전산정보학과(이
학석사)
1998년~2002년 부산부경대학교

대학원 전자계산학과(박사수료)

1998년~1999년 동의공업대학 겸임교수
2000년~2004년 거제대학 전자계산학과 초빙전임강사
2005년~현재 마산대학 메카트로닉스정보학부 강의교수

※ 관심분야 : 멀티미디어, 영상처리, 컴퓨터 비전, 유비쿼터스, 임베디드 시스템



박 만 곤

1976년 경북대학교 수학교육학과(이학사)
1987년 경북대학교 대학원 전산통계학과(이학박사)
1978년~1980년 대구은행 사무전산부 전산개발주임
1980년~1981년 경남공업전문대

학 전자계산학과 교수

1981년~현재 부경대학교 공과대학 전자컴퓨터정보통신공학부 교수

1991년~1992년 영국 리버풀대학교 전산학과 객원교수

1992년~1996년 미국 캔사스대학교 Dept. of Electrical and Computer Engineering 교환교수

1995년 부산수산대학교 몽골국 국가개발위원회 산하 컴퓨터 매핑연구소 파견근무

1996년~1997년 부경대학교 정보시스템협동과정, 교육대학원, 산업대학원 대학원 주임, 위원회 위원

1996년~1997년 호주 남호주대학 전산정보학부 객원교수

1997년 중국정부 내 산둥성 주정부 파견자문관

1997년~2001년 Colombo Plan Staff College(콜롬보플랜기술교육대학; 필리핀 마닐라) 파견교수

2002년~현재 Colombo Plan Staff College(콜롬보플랜기술교육대학; 필리핀 마닐라) 총재(학장)

2004년~현재 한국 멀티미디어학회 운영위원(국제업무) 부회장

※ 관심분야 : 소프트웨어공학 및 재공학, 소프트웨어 신뢰성 및 안정성공학, 멀티미디어 정보시스템, 소프트웨어 품질공학, 소프트웨어 메트릭스, 소프트웨어 테스트 및 감사, 결합 허용 소프트웨어 시스템