

무선 LAN에서 Ad-Hoc과 Infrastructure 모드의 자동전환 기술 설계 및 구현

준회원 신택수*, 조성민*, 종신회원 민상원**

Design and Implementation of an Automatic Switching Technology Between Ad-Hoc and Infrastructure Modes in Wireless LANs

Taek-su Shin*, Sung-min Jo* Associate Members, Sang-won Min** Lifelong Member

요 약

본 논문은 IEEE 802.11b-무선 LAN 환경에서 ad-hoc 방식과 infrastructure 방식 사이의 자동 모드 전환 기술을 제안하였다. 또한 관련된 기술을 Linux 환경에 맞추어 설계 및 구현을 하였다. 제안된 메커니즘은 AP (Access Point) 서비스 영역 외곽에 switching area를 정의하고 해당 영역에 머무르는 노드는 AP와 음영지역에 있는 ad-hoc 노드를 연결 가능하게 해준다. 본 기술을 활용하여 기존 IEEE 802.11b 환경에서는 서비스가 불가능한 음영지역에 있는 노드에게도 인터넷 서비스를 제공할 수 있게 한다. 성능 검증은 switching area 감지, 패킷 전달 상황 캡처, FTP 전송을 통한 처리량 측정으로 이루어졌고 그 결과 제안된 메커니즘이 무선 LAN 서비스를 향상시킨다는 것을 확인할 수 있었다.

key Words : Wireless LAN, Ad hoc mode, Infrastructure mode, Automatic Switching Technology

ABSTRACT

In this paper, we propose an automatic switching technology between the ad-hoc and the infrastructure modes without user intervention in the IEEE 802.11b wireless LAN. Also, we design our proposed technology and implemented on the Linux machine. For this operation, the area within an Access Point (AP) coverage is defined as a switching area, and a node without any transmission in this area is assumed to be able to relay frames between the AP and nodes in the shaded area that is outside the coverage and cannot reach the AP. By using the proposed technology, it is possible to provide the seamless Internet access service to nodes at the ad-hoc mode in the shaded area. In this paper, we explain the operation of the detection method of the switching area, presents the flowchart and implementation environment. To prove the operation of our technology, we obtain the results of captured packets transmitted between nodes and throughput results through ftp transmission experiment. Hence, we can see that our proposed scheme can improve the wireless access service in wireless and mobile networks.

I. 서론

최근 몇 년 사이 무선 LAN(Local Area Network)

이 급성장하면서 이동통신망과의 통합이 연구되고 있다. 무선 LAN 서비스 영역 밖의 사각지대를 인터넷 연결이 지원되는 MANET(Mobile Ad-hoc Network)으

※ 이 논문은 2005년도 광운대학교 연구년에 의하여 연구되었음.

* 광운대학교 전자통신공학과 통신프로토콜 연구실 (piercer98@hotmail.com, soulover@kw.ac.kr)

** 광운대학교 전자통신공학과 통신프로토콜 연구실 (min@kw.ac.kr)

논문번호 : KICS2006-05-199, 접수일자 : 2006년 5월 8일, 최종논문접수일자 : 2006년 9월 11일

로 해결하려는 시도가 이루어지고 있다. 가까운 미래에는 무선 노드들이 무선 LAN에서 MANET으로 이동하면서 세션 연결을 유지하는 로밍 지원이 가능해질 것으로 예상된다. 이러한 기술은 무선 노드가 무선 LAN 영역에서 접속한 후 인터넷 서비스를 받다가 무선 LAN 영역 밖으로 이동하게 됐을 때 사용된다. 무선 단말 스스로 ad-hoc 모드로 재설정하고 MANET에 접속하게 된다. 따라서 끊어짐이 없는 이동성을 제공하기 위해 필수적인 요소인 효율적인 이동성 관리방법과 핸드오프가 지원되어야 한다¹⁾.

현재 무선 LAN에서는 사용자가 수동으로 infrastructure 모드와 ad-hoc 모드 중 하나를 설정해서 사용한다. 그러나 무선 LAN의 사각지대로 이동하더라도 무선 노드 사용자에게 끊어짐이 없는 서비스를 제공하려면 무선 노드 내부에서 자동 모드 전환 기능이 필요하다. 핫스팟으로 불리는 무선 LAN의 서비스영역은 현재 지극히 한정적이다. 이와 함께 다양한 매질 및 속도가 작용하는 현실인 점을 감안할 때 다수의 고정된 AP(Access Point)에만 의존하게 될 경우 비용 측면까지 고려하면 서비스 영역은 더욱 한정될 수밖에 없다. 그런 이유로 사각지대를 최소화하면서 서비스 영역을 극대화시키기 위해서 MANET과의 연동은 다른 이동통신망에서도 마찬가지로 향후 무선 네트워크 서비스를 제공하는 데 있어 필수적인 사항이 될 것이다. 무선 LAN의 모드 전환 기술 연구는 향후 All IP(Internet Protocol) 통합 망에서 추구하는 이동통신망간의 연동에 있어서 참고가 될 수 있다. 그 일례로 3GPP(3rd Generation Partnership Project)에서는 이동전화망과 무선 LAN 망을 연동하는 방안을 UMTS(Universal Mobile Telephone Service)에서 제시하고 있다.

본 논문에서는 무선 LAN의 핫스팟 음영 지역의 서비스를 보완하기 위해 무선 LAN의 자동 전환기술을 기초로 MANET을 적용하는 시나리오를 고려하여 무선 LAN과 MANET 연동 과정에서 그 기반 기술로 필요한 자동 모드 전환 기술을 정의 및 설계하였다. 제안된 메커니즘은 AP 서비스 영역 외곽에 switching area를 정의하고 해당 영역에 머무르는 노드는 AP와 음영지역에 있는 ad-hoc 노드를 연결 가능하도록 중계 기능을 수행하게 된다. 기존 IEEE 802.11b 환경에서는 infrastructure 방식으로 서비스가 불가능하였지만 본 기술을 활용하게 되면 서비스가 불가능한 음영지역에 있는 노드에게도 인터넷 서비스를 제공할 수 있게 한다.

테스트베드 환경에서 수행한 성능 검증은 첫째로 추후적인 무선 게이트웨이 역할을 수행하게 될 AP 영역의 외곽에 위치하는 단말의 모드 변환 과정을 모듈에서 제공되는 디버그 메시지를 통해 확인하였다. 둘째로 두 개의 단말을 이용하여 AP 영역 밖으로 이동한 단말이 다른 한 단말을 통해 네트워크 사용이 가능함을 ping 프로그램을 통해 알아보았다. 셋째로 무선 게이트웨이 역할을 하는 단말에서 FTP 전송을 통해 릴레이 유무에 따른 전송속도 차이를 측정해본 결과 릴레이 유무에 따른 FTP 전송속도의 차이가 있지만 IEEE 802.11a/g의 고속 서비스로 진화되고 있기 때문에 향후 멀티미디어 서비스 제공에도 무리가 없다고 판단되었다.

본 장에 이어 2장에서는 무선 LAN과 MANET에 대해 전반적으로 소개한다. 3장에서는 기존 연구 사례를 소개하고 제안된 메커니즘의 설계 내용과 설계 환경과 결과를 제시한다. 4장에서는 구현된 모듈을 실측해서 기능 검증 및 성능 측정을 수행하고 그 결과를 고찰한다. 마지막으로 5장에서 결론을 맺는다.

II. 무선 LAN과 MANET

2.1 무선 LAN

무선 LAN은 다양한 정보와 자원을 공유할 수 있게 하는 LAN의 장점과, 제약 없는 연결성 제공이라는 편리성을 동시에 제공한다는 장점을 갖고 있다. 유선 LAN의 성능에 버금가는 무선 LAN을 만들기 위해서는 전파 경로 상에서 대표적 신호 열화 원인인 multi-path fading과 지연분산 현상에 대한 극복 방안이 필요하다. 그리고 실내의 각종 장애물에 의한 전파 경로의 차단으로 인해 약 50~60 dB에 이르는 수신 전력의 변동에 대한 대책과 제한된 전파자원을 여러 사용자가 효과적으로 공유하는 문제와 동일 주파수 대역을 사용하는 다른 무선 장비와의 간섭문제도 해결해야 할 점으로 남아있다.

무선 LAN의 BSS(Basic Service Set)는 PCF(Point Coordination Function), DCF(Distributed Coordination Function)와 같은 coordination function에 의해 통제되는 station의 집합으로 하나의 AP가 서비스 할 수 있는 cell 반경 안에 있는 STA(Station)의 집합을 말한다. DS(Distribution System)는 BSS 사이의 연결과 유선 LAN과 연결하기 위해 제공되는 system으로 MAC(Medium Access Control)을 이용해 MSDU(MAC Service Data Unit)을 전달하는 기

능을 수행한다. ESS(Extended Service Set)는 BSS 사이의 연결이나 단일 BSS가 DS를 통해 유선 LAN과의 연결을 지원하고 portal은 DS와 non-IEEE 802.11 네트워크와 논리적 연결 점을 제공하기 위하여 사용된다. SS(Station Service)는 BSS 내의 STA 사이에 MSDU 교환과 인증, 암호화 기능을 수행한다^{2, 3)}.

Infrastructure의 BSS 모드는 BSS AP라고 불리는 하드웨어 장비가 무선-이더넷 간 브릿지 역할을 제공하게 된다. 무선 클라이언트는 유선 네트워크에 접속을 얻기 전에 셀 영역 내의 AP와 통신을 설정해야 한다. 일단 AP가 무선 클라이언트를 인증한 후에 2계층 브릿지로 작동하면서 클라이언트와 유선 네트워크 간의 패킷 전송을 제공하게 된다. 이 모드에서 사용되는 ESS라는 용어는 한 AP 이상을 포함하는 논리적 서브넷을 나타낸다. 같은 ESS 하에서 AP들은 인증된 클라이언트들이 그들 사이를 로밍하는 것을 허용해서 클라이언트들이 이동한 AP로 IP 정보를 전달한다. 그러나 일반적으로 하나의 라우터로 구분되어 있는 네트워크 사이의 로밍을 지원하는 AP는 없다.

BSS 사이의 연결과 유선 LAN의 연결을 지원하는 DS는 IEEE 802.11 표준에서 구성 방안을 정의하고 있으며 로밍 시 AP 내부에서는 IEEE 802.11f 표준에서 정의된 IAPP(Inter Access Point Protocol)를 사용하게 된다. IAPP는 AP 간의 통신을 지원하기 위하여 UDP/IP(User Datagram Protocol/ Internet Protocol)에서 작동하면서 모든 AP 들이 같이 연결되기 위해 IP 멀티캐스트 기능을 사용하게 된다. 따라서 라우팅 정보를 담고 있는 메시지들이 주기적으로 멀티캐스트 전송된다⁴⁾.

IBSS(Independent Basic Service Set) 모드는 ad-hoc 혹은 peer-to-peer 모드로 알려져 있다. 이 모드에서는 AP가 사용되지 않는다. 어떤 무선 노드라도 서로 간의 셀 범위 내에 있고 기본적인 몇 가지 파라미터 값 설정이 이루어지면 무선 노드들 간의 통신이 가능하게 된다. 만약 IBSS 모드로 작동 중인 노드들 중 하나가 다른 유선 네트워크와 연결되어 있다면 해당 노드가 게이트웨이 서비스를 제공할 수 있게 된다. IEEE 802.11 표준에서는 무선 노드들이 반드시 두 가지 모드 중 하나로만 설정되어 작동하도록 하고 있다.

AP가 사용되지 않기 때문에 IBSS 모드에서는 DS가 존재하지 않는다. 송신 노드가 발신지가 되고, 수신 노드가 목적지가 된다. 무선 LAN에서 모든

프레임들은 무선 노드들이 BSSID(Basic Service Set ID)를 체크할 수 있게 브로드캐스트나 멀티캐스트로 전송된다. 같은 BSS에 속해있는 무선 노드들만이 브로드캐스트나 멀티캐스트로 전송된 패킷을 처리하게 된다. 그래서 고정된 BSS 구분이 없는 IBSS 모드에서는 BSSID를 랜덤하게 생성한다.

IBSS 모드의 전원 관리는 BSS 모드의 전원 관리처럼 효율적이지 못하다. 전송할 데이터가 많은 송신 노드가 수신 노드가 작동 중임을 알고 있고, 수신 노드 역시 송신 노드의 작동을 확인하고 있다면 수신 노드는 BSS 모드 때의 대기모드 시간만큼 잠들 수 없다. BSS 모드의 네트워크 구성처럼 IBSS 모드의 네트워크에서 전원 관리는 TIM(Traffic Indication Messages)에 기반을 두고 있다. IBSS 모드의 네트워크는 BSS처럼 LCC(Logical Central Coordinator)가 없기 때문에 DS를 사용해야만 한다. 이 네트워크를 구성하는 노드들은 수면 상태로 다른 노드들이 빠지는 걸 예방하기 위해 ad-hoc TIM이라고도 불리는 ATIM(Announcement Traffic Indication Message)을 사용한다. 네트워크 내부의 모든 노드들은 비콘 프레임이 전송된 후 특정 주기 동안 ATIM 프레임을 기다리게 된다. ATIM 윈도우라 불리는 타임 윈도우가 그것인데 비콘 프레임 전송 직후부터 시작된다. ATIM 윈도우 동안에는 어떤 노드도 전원 절약 모드로 들어갈 수 없다. 만일 트래픽양이 많아서 비콘 프레임 전송이 늦어지면 ATIM 윈도우 시간은 늦춰진 시간만큼 줄어들게 된다.

2.2 MANET

MANET의 ad-hoc 네트워크는 infranetwork에 연결되어 있지 않은 상황에서 모바일 단말들끼리 임시로 네트워크를 구성해 통신을 하는 기술을 말한다. 군사용 목적으로 사용하기 위해서 시작되었으나, 유비쿼터스 컴퓨팅 패러다임이 전파되면서 각광을 받고 여러 분야에서 응용하기 위한 연구가 진행되고 있다⁵⁾. Ad-hoc 네트워크는 존재 형태에 따라서 그림 1의 (a)와 (b)처럼 두 가지로 구분 짓는다. 전자는 일반적인 형태이고 후자는 유선망과 연동해 ad-hoc 네트워크 내에서 발생한 정보를 기존 망에서 수집, 가공이 가능하고 ad-hoc 네트워크 내의 단말들은 기존 망의 서비스를 그대로 사용할 수 있다⁶⁾.

현재 개발진행 중인 무선 기술 분야를 살펴보면 ad-hoc 네트워크를 구성하기 위한 물리적 접속 규격인 무선 기술은 노드 간의 peer-to-peer 통신을 지원하며 노드 간의 동일한 송·수신 주파수를 사

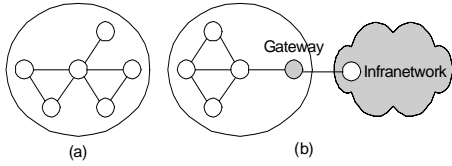


그림 1. Ad-hoc 네트워크 유형 (a) 독립형 (b) 유선망과의 연결형

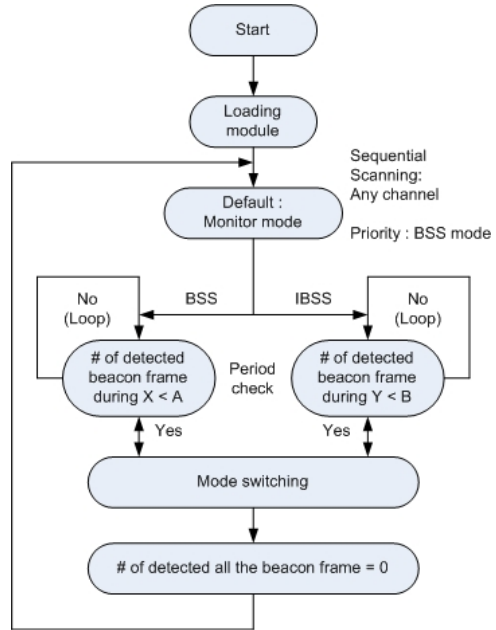
용하고, 다수의 노드가 동일한 채널을 공유하며 적절한 무선 전송거리 및 전송속도를 유지하도록 요구된다. 또한 무엇보다 ad-hoc 네트워크의 구성 및 유지가 용이하여야 한다. 또한 매체 접근 분야를 살펴보면 ad-hoc 네트워크는 다수의 사용자가 무선 링크를 통해 하나의 채널을 공유하므로 채널의 충돌과 낭비가 없는 효율적인 다중 접속 기법과 다수의 노드들에 대한 공평한 자원의 분배, 열악한 무선 링크 상에서의 신뢰성 있는 패킷 전송이 해결되어야 한다.

III. Infrastructure와 Ad-Hoc 모드 전환 기술 설계 및 구현

3.1 제안된 메커니즘

본 장에서는 본 논문에서 제안하는 모드 전환기술 설계에 관한 내용과 이를 구현한 내용을 살펴보기로 한다. Infrastructure와 ad-hoc 모드 전환 기능 모듈은 wireless extensions API와 스크립트를 사용하여 설계하였다. 그림 2는 모드 전환에 관한 전반적인 흐름도를 보여주고 있다. 모드 전환 기능 모듈이 설치된 무선 노드는 처음에 모듈이 실행된 뒤 무선 LAN의 기본설정인 모니터 모드로 동작하게 된다. AP나 주변 ad-hoc 모드의 무선 노드로부터 비콘 프레임을 받은 후 모듈은 wireless extensions API를 이용하여 프레임에서 모드를 나타내는 필드 값을 읽어오게 된다.

무선 LAN 모드를 선택하게 된 변환 모듈은 다시 wireless extensions API를 사용하여 무선 노드의 모드를 변경하게 된다. 그리고 주기적으로 API를 이용하여 신호 세기를 감지하게 된다. Infrastructure 모드에서는 지정해둔 시간 동안 AP로부터 평균 비콘 프레임 수만큼 수신되지 않으면 infrastructure 모드 네트워크를 떠난 것으로 감지하고, ad-hoc 모드에서는 지정해둔 시간 동안 주변 노드들로부터 평균 비콘 프레임 수만큼 받지 못하면 ad-hoc 모드 네트워크를 떠난 것으로 감지하게 된다. 또한 비콘 프레임



Key factor
X, Y, Z : Period time
A, B : Average beacon frame number

그림 2. 모드 전환 동작 절차

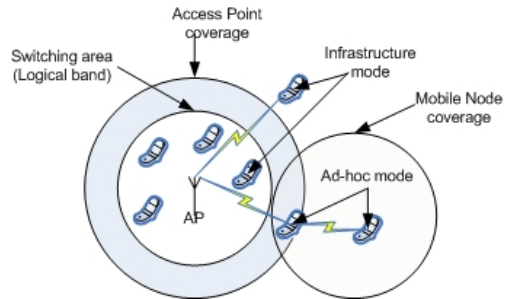


그림 3. 모듈을 활용한 서비스 개념도

을 지정해둔 시간 동안 하나도 받지 못하면 다시 모니터 모드로 돌아가 채널을 검색하게 된다⁹⁾.

제안된 메커니즘은 디바이스 드라이버에 삽입된다. 본래 표준에 따른 무선 LAN 드라이버는 AP가 없는 ad-hoc 모드로 동작할 경우 신호 세기 정보를 수집하지 못한다. 그러나 메커니즘이 삽입된 디바이스 드라이버를 활용하여 switching area에 위치한 무선 노드는 AP의 MAC 주소를 바탕으로 지속적인 신호 세기를 수집하게 된다. 따라서 그림 3과 같이 기존 방식에서는 무선 LAN 서비스 영역 밖(거리, 매질에 따른 신호감쇠)으로 벗어난 노드들은 서비스가 불가능했으나 외곽 노드들을 통해 가능해진다.

3.2 구현된 환경

자동 모드 전환 기능 설계는 IEEE 802.11b 환경에서 수행되었다. 사용된 장비는 Debian GNU/Linux Sarge(커널 2.4.26)가 설치된 노트북컴퓨터와 Agere사의 Hermes I칩을 내장된 노트북컴퓨터 Mini-PCI 카드 조합과 Familiar Linux 0.7.2(커널 2.4.19)가 설치된 iPAQ 3870에 Intersil사의 Prism I 칩을 사용한 일본 Melco사의 WLI-CF-S11G CF 카드 조합을 사용하였다^{10, 11}.

리눅스에서 무선 LAN 장비들을 지원하기 위한 노력은 IEEE 802.11 발표 초기부터 이루어져왔다. 다양한 오픈 소스 프로젝트를 통해 개발되던 무선 LAN 리눅스 드라이버들은 wireless extensions이라 불리는 API를 통해 장비들을 관리할 수 있게 되었다. 설계에 사용된 두 칩은 제조사는 다르지만 모두 광범위하게 사용되고 있고 그림 4에서 알 수 있듯이 Orinoco 디바이스 드라이버 상에서 통합적으로 관리되고 있어서 설계에 공통부분이 많다^{12, 13}. 리눅스 wireless extensions API에서 사용되는 무선 LAN 디바이스 드라이버 중 설계 환경에 사용된

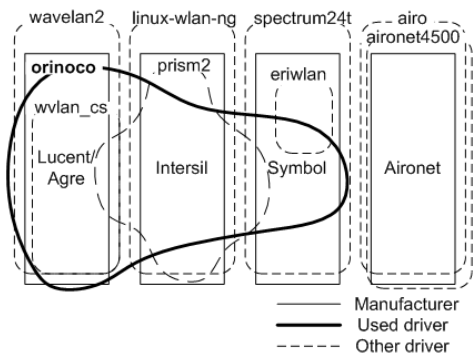


그림 4. 리눅스 무선 LAN 드라이버 영역

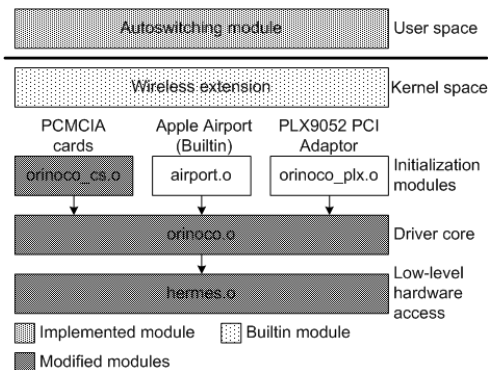


그림 5. 자동 전환 모듈 구성

Orinoco 디바이스 드라이버가 여러 제조사의 제품을 지원 가능한 이유는 같은 MAC 컨트롤러를 사용하고 있기 때문이다. 그러나 제조사마다 다양한 펌웨어를 사용하고 있기 때문에 상위 모듈은 제조사별 펌웨어에 맞춰진 드라이버를 사용하게 된다. 그리고 제안된 메커니즘을 구현하기 위해 그림 5와 같이 드라이버 수정 및 추가 모듈이 설치된다¹⁴⁻¹⁷.

IV. 성능 측정 및 결과

무선 환경에서의 실험은 여러 가지 변수로 인해 복잡성이 증가되는 경향이 있다. 따라서 본 논문의 실험환경은 복잡성을 줄이기 위해 IEEE 802.11b가 지원하는 가변 데이터 rate를 사용하지 않고 고정된 속도 하에서 진행하였다. 실제 환경에서의 효율성을 검증하기 위해 야외 공간이 아닌 실내에서 콘크리트 벽이나 기타 매질들로 인해 전파가 전달되지 않는 음영지역까지 서비스가 가능한지를 중점 사항으로 두었다. 음영지역에 대한 점검은 충분한 시간 동안의 핑 프로그램 테스트와 Ethereal 패킷 캡처를 통해 이루어졌다.

세 가지 종류의 테스트가 수행되었는데 첫 번째는 switching area에서 무선 노드들이 ad-hoc 모드로 전환되는지 실험하였고 두 번째는 무선 게이트웨이 역할을 수행하는 노드를 통해 전달되는지 실험하였다. 마지막으로 무선 노드들에서 FTP 전송을 통해 IEEE 802.11b에서의 최적의 속도 조합을 도출하였다. 각각의 테스트는 속도를 바꿔가며 네 번씩 수행하였다.

첫 번째 테스트인 switching area에서의 모드 전환 실험 환경은 표 1과 같이 Orinoco 기반 카드에서 각각의 속도 지원을 위해 필요한 최저 dBm과 switching area 영역 설정을 기본으로 하고 있다. 지정된 switching area 밖으로 이동 시 무선 노드는 ad-hoc 노드로 전환된다. 실험 결과 switching area에서 자동 모드 전환이 작동된다는 것을 그림 6과 같이 각각의 속도에서 디버그 메시지를 통해 확인할 수 있었다.

표 1. Orinoco 카드의 링크 속도에 따른 switching area 기준

Bit rate (Mbps)	Switching area (dBm)
11	-82 ~ -78
5.5	-87 ~ -82
2	-91 ~ -87
1	-94 ~ -91

```

sliani:/usr/src/autoswitch# ./switch_area 11
Current Mode : Infrastructure
Data Rate Fixed : 11 Mbps
Location : AP Area
Current Mode : Infrastructure
Signal Level = -64 dBm
-----
Current Mode : Infrastructure
Data Rate Fixed : 11 Mbps
Location : AP Area
Current Mode : Infrastructure
Signal Level = -73 dBm
-----
Current Mode : Infrastructure
Data Rate Fixed : 11 Mbps
Location : Switch Area Entered
Current Mode : Ad-Hoc
Signal Level = -79 dBm
-----
Current Mode : Ad-Hoc
Data Rate Fixed : 11 Mbps
Location : Ad-Hoc Area
Current Mode : Ad-Hoc
Signal Level = -95 dBm
-----
sliani:/usr/src/autoswitch#
[영어][한글][두벌식]

(a)

sliani:/usr/src/autoswitch# ./switch_area 2
Current Mode : Infrastructure
Data Rate Fixed : 2 Mbps
Location : AP Area
Current Mode : Infrastructure
Signal Level = -85 dBm
-----
Current Mode : Infrastructure
Data Rate Fixed : 2 Mbps
Location : AP Area
Current Mode : Infrastructure
Signal Level = -85 dBm
-----
Current Mode : Infrastructure
Data Rate Fixed : 2 Mbps
Location : Switch Area Entered
Current Mode : Ad-Hoc
Signal Level = -89 dBm
-----
sliani:/usr/src/autoswitch#
[영어][한글][두벌식]

(c)

sliani:/usr/src/autoswitch# ./switch_area 5.5
Current Mode : Infrastructure
Data Rate Fixed : 5.5 Mbps
Location : AP Area
Current Mode : Infrastructure
Signal Level = -78 dBm
-----
Current Mode : Infrastructure
Data Rate Fixed : 5.5 Mbps
Location : Switch Area Entered
Current Mode : Ad-Hoc
Signal Level = -84 dBm
-----
Current Mode : Ad-Hoc
Data Rate Fixed : 5.5 Mbps
Location : Ad-Hoc Area
Current Mode : Ad-Hoc
Signal Level = -90 dBm
-----
sliani:/usr/src/autoswitch#
[영어][한글][두벌식]

(b)

sliani:/usr/src/autoswitch# ./switch_area 1
Current Mode : Infrastructure
Data Rate Fixed : 1 Mbps
Location : AP Area
Current Mode : Infrastructure
Signal Level = -85 dBm
-----
Current Mode : Infrastructure
Data Rate Fixed : 1 Mbps
Location : AP Area
Current Mode : Infrastructure
Signal Level = -90 dBm
-----
Current Mode : Infrastructure
Data Rate Fixed : 1 Mbps
Location : Switch Area Entered
Current Mode : Ad-Hoc
Signal Level = -92 dBm
-----
sliani:/usr/src/autoswitch#
[영어][한글][두벌식]

(d)
    
```

그림 6. 표 1과 같은 환경에서의 실험 결과
 (a) 링크속도 11 Mbps (b) 링크속도 5.5 Mbps
 (c) 링크속도 2 Mbps (d) 링크속도 1 Mbps

두 번째 테스트인 무선 게이트웨이 역할을 하는 노드의 실험환경은 그림 7과 같다. AP 영역 밖에 있어 AP로 직접 데이터 패킷이 전송되지 않는 ad-hoc 모드인 MN과 switching area 영역에 있는 WGN(Wireless Gateway Node)가 기존 상태와 전환 기술을 사용할 때를 Ethereal 패킷 캡처를 통해 데이터 패킷이 전달되는가를 중심으로 한다. 실험 결과 모듈이 작동하기 전에는 그림 8 (a)와 같이 WGN에서 수신된 MN의 데이터 패킷이 AP로 전달되지 못한다. 반면에 그림 8 (b)의 경우 모듈이 동작하면서 AP의 음영지역에 있는 MN이 자동 모드 전환 기술이 장착된 WGN을 통해 패킷이 전달됨을 확인할 수 있었다.

마지막 테스트인 최적의 속도조합을 위한 실험환경은 switching area에 있는 WGN과 ad-hoc 영역에 있는 MN 각각에서 8 MB 바이너리 파일을 속도별로 다섯 번씩 FTP 전송 상태 (Kbps)를 모니터할 수 있게 만든다. 우선 WGN에서의 측정 결과를 살펴보면 다운로드할 때는 표 2에 나타난 바와 같이 지원 속도에 따라 처리량의 차이가 명확하게 드

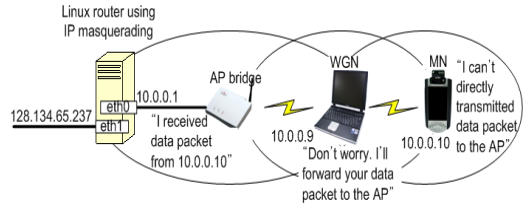


그림 7. 무선게이트웨이 (WGN) 노드 활용에 의한 패킷 전송 실험 및 구현환경

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Info
1	0.000000	00000000	128.134.65.126	ICMP	Echo (ping) request
2	0.0000732	00000000	128.134.65.126	ICMP	Echo (ping) request
3	1.000000	00000000	128.134.65.126	ICMP	Echo (ping) request
4	1.0000732	00000000	128.134.65.126	ICMP	Echo (ping) request
5	2.0000734	00000000	128.134.65.126	ICMP	Echo (ping) request
6	2.0001218	00000000	128.134.65.126	ICMP	Echo (ping) request
7	2.0002018	00000000	128.134.65.126	ICMP	Echo (ping) request
8	3.0000007	00000000	128.134.65.126	ICMP	Echo (ping) request

```

Frame 3 (98 bytes on wire, 98 bytes captured)
Ethernet II, Src: 00:07:40:0f:5a:6f, Dst: 52:54:ab:19:56:90
Destination: 52:54:ab:19:56:90 (10.0.0.1)
Source: 00:07:40:0f:5a:6f (10.0.0.10)
Type: IP (0x0800)
Internet Protocol, Src Addr: 10.0.0.10 (10.0.0.10), Dst Addr: 128.134.65.126 (128.134.65.126)
Version: 4
Header length: 20 bytes
Differentiated Services Field: 0x00 (DSCP 0x00: Default; ECN: 0x00)
Total Length: 84
Identification: 0x0000 (0)
Flags: 0x04 (Don't Fragment)
Fragment offset: 0
Time to live: 64
    
```

(a)

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Info
14	0.0002777	00000000	128.134.65.126	ICMP	Echo (ping) request
15	0.0002980	00000000	128.134.65.126	ICMP	Echo (ping) request
16	1.0002949	00000000	10.0.0.10	ICMP	Redirect
17	1.0003550	128.134.65.126	00000000	ICMP	Echo (ping) reply
18	1.0003609	128.134.65.126	00000000	ICMP	Echo (ping) reply
19	1.9007161	00000000	128.134.65.126	ICMP	Echo (ping) request
20	1.9007263	00000000	00000000	ICMP	Redirect
21	1.9007976	00000000	128.134.65.126	ICMP	Echo (ping) request

```

Frame 17 (98 bytes on wire, 98 bytes captured)
Ethernet II, Src: 00:02:2d:69:fa:e2, Dst: 00:07:40:0f:5a:6f
Destination: 00:07:40:0f:5a:6f (10.0.0.10)
Source: 00:02:2d:69:fa:e2 (10.0.0.9)
Type: IP (0x0800)
Internet Protocol, Src Addr: 128.134.65.126 (128.134.65.126), Dst Addr: 10.0.0.10 (10.0.0.10)
Version: 4
Header length: 20 bytes
Differentiated Services Field: 0x00 (DSCP 0x00: Default; ECN: 0x00)
Total Length: 84
Identification: 0x5b2e (39726)
Flags: 0x04 (Don't Fragment)
Fragment offset: 0
Time to live: 127
    
```

(b)

그림 8. 그림 7의 환경에서의 실험 결과
 (a) 제한 모듈 사용 전 (b) 제한 모듈 사용 후

러난다는 사실을 확인했다. 업로드의 경우도 표 3을 살펴보면 11 Mbps에서 처리량이 약간 떨어진 사실을 제외하곤 다운로드 때와 유사한 결과가 나타났다.

MN의 측정 결과는 WGN을 통해 AP와 통신하는 FTP 전송을 실측한 것이다. 다운로드 경우는

표 2. WGN의 다운로드 속도

링크 속도	1회	2회	3회	4회	5회	처리속도 (Mbps)
11	601.25	601.9	601.48	602.04	602.7	601.874
5.5	393.46	398.97	392.15	398.34	400.03	396.59
2	181.63	180.61	180.73	182.09	179.93	180.998
1	96.97	95.7	97.04	97.25	96.94	96.78

표 3. WGN의 업로드 속도

링크 속도	1회	2회	3회	4회	5회	처리속도 (Mbps)
11	517.73	520.76	502.7	519.7	511.95	514.568
5.5	395.16	396.73	395.33	395.12	393.9	395.248
2	178.68	179.22	180	178.91	179.63	179.228
1	87.64	95.48	95.82	95.85	95.56	94.07

표 4. MN의 다운로드 속도

링크 속도	1회	2회	3회	4회	5회	처리속도 (Mbps)
11	322.5	359.2	335.4	350.7	313	336.16
5.5	321	321.4	318.4	318.9	322.4	320.42
2	150.1	158.1	158.5	158.9	158.7	156.86
1	87.1	85.7	87.2	86	87.3	86.66

표 5. WGN의 업로드 속도

링크 속도	1회	2회	3회	4회	5회	처리속도 (Mbps)
11	213.8	208.7	208.5	208	210	209.8
5.5	135.8	133.6	135.1	132.2	131.2	133.58
2	54.7	51	50	50.3	49.8	51.16
1	26.7	26.1	27.1	27	26.8	26.74

WGN 때와 비교하여 전체적으로 처리량이 감소했다는 것을 확인할 수 있다. 더군다나 표 4에서 나타난 것처럼 11 Mbps 속도일 때도 5.5 Mbps와 유사한 처리량을 보이고 있다. 업로드 경우에는 상황이 조금 더 나빠지게 나타났다. 표 5를 살펴보면 전체적으로 속도가 감소됐고 특히 1~2 Mbps에서의 처리량은 고속 인터넷 서비스를 제공하는데 있어서는 턱없이 부족한 실정이다.

마지막 테스트를 통해 WGN을 거쳐 가는 MN의 속도 저하는 어느 정도 감수할 수밖에 없다는 사실을 확인하였다. 그러나 기존 환경에서는 서비스가 불가능한 상황이었으니 결과적으로 자동 전환 기술의 사용을 통해 서비스의 확장을 가져올 수 있었다. 추가적으로 MN이 일반적인 수준의 고속 인터넷 서비스 환경을 느끼기 위해서는 실험 결과를 토대로 WGN과 MN 모두에서 최소 5.5 Mbps 이상의 속도가 유지되어야 한다는 결론을 도출할 수 있었다. 유선 LAN과 달리 무선 LAN은 효율성이 떨어지기 때문에 11 Mbps로 서비스해도 실제 속도는 4~5 Mbps 정도가 된다. 따라서 고속 인터넷의 서비스의 최저 기준인 1~2 Mbps를 만족시키려면 최소 5.5 Mbps 속도가 보장되어야 한다.

V. 결론

본 논문에서는 무선 LAN의 서비스 영역을 효율적으로 확장시키기 위해 AP 영역 외곽에 switching area를 정의하고 해당 영역에 위치한 무선 노드가 AP 영역 밖에 있는 무선 노드를 ad-hoc 네트워크로 연결해 인터넷 서비스를 연속적으로 지원하는 자동 모드 전환 메커니즘을 제안하였다. 제안한 자동 모드 전환 메커니즘은 세 가지 실험 테스트를 수행하여 그 성능을 검증하였다.

제안한 자동 모드 전환 메커니즘은 기존 IEEE 802.11 표준에서는 정의되어 있지 않은 연동 기반 기술로서 기존 논문들에서 발표된 내용은 대부분 infrastructure 영역에서 유선 MANET 게이트웨이에 연결된 ad-hoc 영역으로 이동하는 상황에 대한 것이었다. 본 메커니즘을 활용하면 infrastructure와 ad-hoc이 좀 더 단단하게 결합된 구조로 진화된다. AP 영역에 있는 무선 노드들은 지원 가능한 최대의 속도로 인터넷 서비스를 받게 되고, switching area로 이동한 노드들은 AP 음역지역에 있는 노드들을 위해 ad-hoc 무선 게이트웨이 노드로 동작을 하게 된다. 유선 MANET 게이트웨이를 사용하지 않기에 실제 서비스에 적용하는데 있어 비용절감 효과가 나타날 수 있다.

IEEE 802.11은 현재 무선 인터넷의 주류로 확고히 자리를 잡아가고 있다. 무선 LAN의 다양한 서비스를 지원하기 위한 연구가 더욱 늘어나고 있는 추세에서 MANET과 인터넷을 연동하는 데 있어서 기반기술이 될 수 있는 infrastructure와 ad-hoc 모드 전환 기술 연구의 중요성은 간과할 수 없다.

또한 본 논문의 이론적인 망 설계 및 시뮬레이션 연구 결과는 앞으로 국내에서 MANET과 인터넷 연동 망을 구성할 때 참고자료가 될 수 있을 것으로 예상된다. 향후 과제는 본 논문에서 설계된 자동 모드 전환 기술을 안정화 시킨 후 상위 계층에 MIPv6와 ad-hoc 라우팅 프로토콜을 연동시켜 MANET-인터넷 망 구성으로 확장시킬 수 있을 것이다.

참고 문헌

- [1] S. Corson et al., "Mobile Ad-Hoc Networking (MANET): Routing Protocol Performance Issues and Evaluation Considerations," RFC 2501, IETF, January 1999.

[2] IEEE Std. 802.11-1997, "Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications," November 1997.

[3] IEEE Std. 802.11b-1999, "Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications: Higher-Speed Physical Layer Extension in the 2.4 GHz Band," September 1999.

[4] E. Amre, "Implementation Options for the Distribution System in the 802.11 Wireless LAN Infrastructure Network," *IEEE International Conference*, 2000.

[5] S. Basagni et al., *Mobile Ad-Hoc Networking*, Wiley-Interscience, 2005.

[6] C. Siva Ram Murthy et al., *Ad-Hoc Wireless Networks - Architectures and Protocols*, Prentice Hall PTR, 2004.

[7] M. S. Gast, *802.11 Wireless Networks The Definitive Guide*, O'reilly, 2002.

[8] F. Rob, *Building Wireless Community Networks*, O'reilly, 2002.

[9] 신택수, 민상원, "WLAN에서 자동 BSS-IBSS 모드 변환 기능 연구," *한국통신학회 하계종합학술발표회*, 2004.

[10] S. Michel, "The Linux iPAQ HOWTO," <http://mstempin.free.fr/linux-ipaq>.

[11] T. Jean, "Linux Wireless LAN HOWTO," http://www.hp1.hp.com/personal/Jean_Tourrilhes/Linux/Wireless.html.

[12] G. David, "Wireless Networking with Linux and IEEE 802.11b," *Linux-Kongress*, 2001.

[13] R. Love, *Linux Kernel Development - A Practical Guide to The Design and Implementation of The Linux Kernel*, Developer's Library, 2004.

[14] K. Wehrle et al., *The Linux Networking Architecture - Design and Implementation of Network Protocols in The Linux Kernel*, Prentice-Hall, 2005.

[15] W. Stevens, *Advanced Programming in The UNIX Environment 2nd*, Addison-Wesley, 2005.

[16] A. Rubini et al., *Linux Device Drivers - 3nded.*, O'reilly, 2005.

[17] D. Bovet et al., *Understanding The Linux Kernel - 2nded.*, O'reilly, 2003.

신택수 (Taek-su Shin)

준회원



2000년 2월 광운대학교 전자공학부 졸업
2005년 2월 광운대학교 전자통신공학과 석사
2005년 2월~현재 Neowave 연구원 <관심분야>

조성민 (Sung-min Jo)

준회원



2005년 2월 광운대학교 전자공학부 졸업
2005년 2월~현재 광운대학교 전자통신공학과 석사 재학 <관심분야> VoIPv6, MIPv6, NGN

민상원 (Sang-won Min)

종신회원



1988년 2월 광운대학교 전자통신공학과 졸업
1990년 2월 KAIST 전기 및 전자공학과 석사
1996년 2월 KAIST 전기 및 전자공학과 박사
1999년 1월~1999년 3월 LG 정보통신

1999년 3월~현재 광운대학교 전자통신공학과 부교수 <관심분야> Advanced IP technology, Mobile Networks, Protocols and Engineering Education