

# 와이브로 네트워크에서 음영지역에 대한 중계방식에 관한 연구

論 文

8-2-1

## A Study of Relay Scheme for Shadow Area in WiBro Network

손 성 찬\*, 오 정 균\*

Sung-Chan Son and Jung-Kuin Oh

### Abstract

최근 통신사업자들이 초고속 무선 인터넷 서비스를 위하여 와이브로 네트워크를 설치하고 있으나, 산간 지역이나 네트워크 인프라를 구축하기 어려운 지역에서는 와이브로 서비스를 제공받지 못하는 경우가 생긴다. 현재 와이브로 네트워크에서는 서비스를 제공받지 못하는 음영지역을 중계기를 이용하여 해소하고 있다. 본 논문에서는 이러한 음영지역에 고정 중계기를 설치하는 대신 고정 중계기 비용 절감 및 능동적인 네트워크 확장이 가능하도록 WLAN 네트워크에서 연구되고 있는 ad-hoc 기반의 멀티홉 릴레이 방식을 사용하여 음영지역 문제를 해결하고자 한다.

**Keywords** : 와이브로, WLAN, Ad-hoc, 멀티홉 릴레이

### I. 서론

인터넷 기술은 미래의 차세대 기술이 아닌 현재 가장 활발하게 이용되며 연구되어지는 기술로 인식되고 있다. 이러한 인터넷 기술에서 가장 발달하게 논의 되고 있는 분야는 이동성을 지원하는 분야와 각각의 트래픽에 맞고 빠르게 전송할 수 있는가에 관한 QoS(Quality of Service) 문제이다.

먼저 이동성을 지원하기 위해서 IP망을 사용하는 모바일 IP라는 프로토콜이 제안되었으며, 현재는 IPv6기반의 모바일 IPv6가 활발하게 연구되고 있다. 그리고 또한 QoS를 제공하기 위한 방안으로 IP 계층에서 DiffServ(Differentiated Service)와 IntServ(Integrated Service) 같은 기술들이 발달했다. 본 논문에서는 이러한 이동성 보장 기술과 DiffServ 트래픽 등급을 이용하여 핸드오프 등

의 신호처리 시간을 줄이는 기술을 설명하고, MMR(Mobile Multi-hop Routing)기술을 와이브로 네트워크에 적용한 전체 구조에 대해서 기술하였다. 이동무선 데이터 서비스를 위한 와이브로 서비스의 장점은 초고속 무선 인터넷을 통하여 속도 향상뿐만 아니라 커버리지 확대 및 이동시의 데이터 서비스 확대에 있다. 반면에 기존의 이동전화 기반의 무선 인터넷 서비스는 커버리지 및 이동성 측면에서 우수하지만 높은 서비스 요금, 느린 전송속도, 기대 이하의 품질 수준 등으로 장소에 구애받지 않으면서 자유로이 초고속 인터넷 서비스를 이용하고자 하는 요구를 충족시키기 어렵다.

또 WLAN 서비스는 고속의 전송속도를 지원하고는 있으나 셀의 구성이 섬 형태로 핫스팟 위주의 옥내 기반으로 구축되어 커버리지가 협소하고 전파간섭 등의 취약점이 많아 사용자의 서비스 품질 기대에 부응하기 어려운 상황이다. 이런 점에서 현재의 이동전화 및 WLAN 인프라의 한계를 극복하고 이용자가 요구하는 저렴한 무선 초고속 인터넷 서비스를 이동 중에도 제공하는 와이브로가 크게 부각되고 있으며, 지금 서비스가

접수일자 : 2009년 2월 06일

최종완료 : 2009년 4월 23일

\*손성찬 : 한국정보통신기술대학 방송통신과

교신저자, E-mail : scson@icpc.or.kr

\*오정균 : 한국정보통신기술대학 이동통신과

진행 중이다. 그러나 산간 지역이나 네트워크 인프라를 구축하기 어려운 지역에서는 와이브로 서비스를 제공받지 못하는 경우가 생긴다.

현재 와이브로 네트워크에서는 서비스를 제공받지 못하는 음영지역을 중계기를 이용하여 해소하고 있다.

본 논문에서는 이러한 음영지역에 고정 중계기를 설치하는 대신 WLAN 네트워크에서 연구되고 있는 ad-hoc 기반의 멀티홉 릴레이 방식을 사용하여 음영지역 문제를 해결하고자 한다. 이러한 멀티홉 릴레이 기술을 와이브로 네트워크에 적용함으로써 사용자의 단말을 이용하여 실내/외 음영지역을 해소함으로써 고정 중계기 비용 절감 및 능동적인 네트워크 확장이 가능하다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기존의 셀룰러 시스템에 ad-hoc 라우팅 기술을 결합하여 셀룰러 시스템의 커버리지를 확장하기 위해 제안된 기존 연구를 살펴본다. 3장에서는 와이브로 네트워크와 모바일 멀티홉 릴레이(MMR) 기술에 대해 살펴보고, 4장에서는 MMR 기술을 와이브로 네트워크에 적용한 전체 구조에 대해서 기술한다. 그리고 마지막 5장에서는 결론을 내린다.

## II. 이동통신망과 ad-hoc 네트워크의 결합

현 이동통신망에서는 커버리지 확대와 음영지역 해소를 위하여 고정형 중계기를 구축하여 해결하고 있으나, 기존의 이동통신망 기술과 ad-hoc 네트워크 기술의 결합은 셀룰러 시스템의 커버리지를 확장시킬 뿐만 아니라, 시스템의 신뢰성을 향상시킨다. 그리고 단말기의 배터리 수명과 데이터 전송률을 더욱 증가시킨다[1].

최근, integrated Cellular and ad-hoc Relaying System(iCAR)이 제안되었다[2]. 하나의 셀로부터 다른 셀로 동적으로 트래픽이 릴레이되는 셀룰러 시스템에서 다수의 Ad-hoc Relaying Station(ARS)이 배치된다. Base Station(BS)과 ARS는 Mobile Switching Center(MSC)에 의해 관리되고, MSC는 전체 시스템의 토폴로지를 계산하고 혼잡이 발생했을 경우 릴레이 경로를 재설정한다. iCAR 시스템에선 시그널링 오버헤드와 하드웨어 복잡도가 어느 정도 증가하지만, 한 셀에서 동시에 지원할 수 있

는 call의 수를 증가시키고 효과적으로 셀들 간에 트래픽을 조절할 수 있다.

그림 1에서 보는 바와 같이 임의의 단말(MH X)은 여러 개의 ARS를 통하여 인접 셀의 기지국(BSA)과 통신을 할 수 있다.

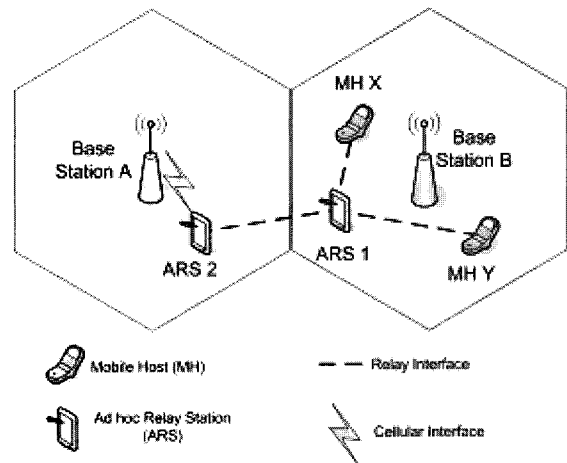


그림 1. iCAR 시스템에서 relaying 방식

### 1. 모바일 IPv6

인터넷 기술은 미래의 차세대 기술이 아닌 현재 가장 활발하게 이용되며 연구되어지는 기술로 인식되고 있다. 이러한 인터넷 기술에서 가장 활발하게 논의 되고 있는 분야는 이동성을 지원하는 분야와 각각의 트래픽에 맞고 빠르게 전송할 수 있으나에 관한 QoS(Quality of Service)의 문제이다.

먼저 이동성을 지원하기 위해서 IP망을 사용하는 모바일 IP라는 프로토콜이 제안되었으며, 현재는 IPv6기반의 모바일 IPv6가 활발하게 연구되고 있다. 또한 QoS를 제공하기 위한 방안으로 IP 계층에서는 DiffServ(Differentiated Service)와 IntServ(Integrated Service)와 같은 기술들이 발달했다. 본 논문에서는 이러한 이동성 보장 기술과 DiffServ 트래픽 등급을 이용하여 핸드오프 등의 신호처리 시간을 줄이는 기술을 설명하고 모바일 기기들의 이동성을 보장하기 위해 제공되는 프로토콜로 모바일 IP가 제안되었다. 이동 노드가 홈 네트워크에 있을 때는, 이동 노드의 홈 주소로 전송되는 패킷은 일반적인 인터넷 라우팅 기법을 사용하여 전송된다. 반면, 이동 노드가 홈에서부터 떨어져 외부 링크에 접속되어 있을 때는, 이동 노드는 자신의 홈 주소뿐만 아니라, 한 개 혹은 그 이상의 COA(Care-of-Address)를 이용하여 통신할 수 있다. COA는 특정한 외부

링크를 방문했을 때 이동 노드에 주어지는 IP 주소이다. 만약 이동 노드가 현재 사용하는 COA를 할당된 외부 에이전트에 접속되어 있다면, 이 COA로 전송되는 패킷은 이동노드의 현재의 위치로 전송된다. 일반적으로, 이동 노드는 이웃 발견 프로토콜을 사용하여 자신의 COA를 획득한다. 이동 노드가 홈에서 떨어져 있을 때, 이동 노드는 획득한 COA 중 한 개를 자신의 홈 링크에 있는 라우터에 등록한다. 이 라우터는 이동 노드에 대한 홈 에이전트로서의 기능을 수행하는 라우터이다. 이러한 바인딩 등록은 이동 노드가 홈 에이전트에게 바인딩 요청을 보냄으로써 이루어진다. 이 패킷을 받은 홈 에이전트는 그것의 응답으로 바인딩 등록을 이동노드에 전송한다. 이동 노드의 홈 에이전트는 프록시 Neighbor Discovery 를 사용하여 이동 노드의 홈 주소로 전송되는 패킷을 인터셉트하여, 그 패킷을 이동 노드의 primary COA로 터널링한다. 인터셉트한 패킷을 터널링 하기 위하여, 홈 에이전트는 바깥쪽 헤더(outer header)가 이동 노드의 primary COA를 가리키도록 하는 IPv6 인캡슐레이션을 사용하여 패킷을 캡슐화 한다. 모바일 IPv6의 전체적인 메시지 흐름은 그림 2과 같다[3-5].

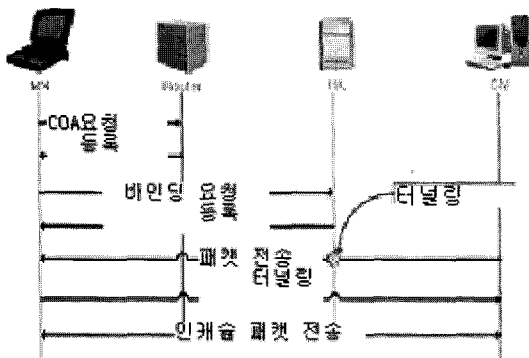


그림2. Mobile IP 메시지 흐름

## 2. DiffServ

IP 계층에서 QoS를 제공하기 위한 모델로 제안된 DiffServ는 IPv4 헤더의 TOS(Type of Service)와 IPv6의 트래픽 등급을 이용하여 DSCP(DiffServ Code Point)를 정의하여 사용하고 있다. DSCP는 패킷의 군집에 대한 식별자로서의 역할을 하게 되고 이 DSCP에 따라서 각각의 패킷의 스케줄링이 달라지게 된다[6]. DiffServ망은 그림 3에서 보는 바와 같이 DiffServ의 기능을 제공할 수 있는 DS 도메인과 ISP(Internet Service Provider)로 구성된다. 이들 DS 도메인 사이에 edge 라우터가 존재한

다. 이러한 DiffServ망의 역할은 DSCP에 따른 서비스 분류와 트래픽 조절 그리고 서비스 수준의 협약의 기능을 수행한다. 그리고 이 협약은 서비스 제공자와 사용자의 협약에 의해서 이루어지며 SLA(Service Level Agreement)를 토대로 서로에 의해 협약된 내용이어야 한다. Diffserv 도메인에서 사용되는 에지 라우터에서는 트래픽 조절의 기능을 수행한다. 또한 이렇게 협약된 서비스는 PHB(Per Hop Behavior)라는 기술을 통해 패킷을 포워딩하게 된다[7,8]. 그리고 이 PHB에는 EF PHB (Expedited Forwarding PHB)와 AF PHB (Assured forwarding PHB)라는 두 가지가 표준화되었다[7,8]. EF PHB는 낮은 지연, 손실, 지터와 보장된 대역폭 그리고 DS 도메인을 통한 end-to-end 서비스를 받을 수 있는 PHB를 의미하며 AF PHB는 트래픽을 망의 혼잡 상황에서도 트래픽의 최소 전송속도를 보장하는 PHB이다.

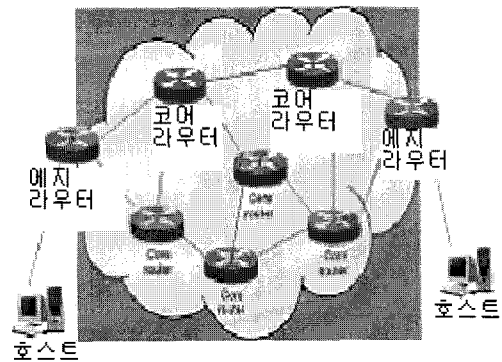


그림3. DiffServ Domain

## III. 와이브로 시스템과 MMR

### 1. 와이브로 시스템

와이브로 시스템은 2.3GHz 대역의 WCDMA 방식의 시스템으로 개발 되었으며, 와이브로 시스템은 초고속 유선 인터넷 시장이 성숙된 상황에서 정지 및 이동 중에 언제, 어디서나 인터넷에 접속하여 고속의 인터넷 서비스를 제공 받으려는 사용자의 욕구가 증대되었고 서비스 접속의 편리성(Connectivity)과 유무선 통신 네트워크의 통합, 멀티미디어 서비스에 대한 요구로 새롭게 도입된 와이브로는 정지 또는 이동 중인 가입자에게 언제, 어디서나 약 3Mbps정도의 초고속으로 무선 인터넷 서비스를 제공할 수 있다[9]. 와이브로가

제공하는 서비스로는 VOD, MPEG과 같은 스트리밍 서비스, VoIP와 같은 실시간 서비스, FTP, E-mail, SMS, 멀티캐스트/방송서비스와 같은 백그라운드 서비스, 웹브라우징과 같은 대화형 서비스 등을 들 수 있다.

와이브로는 이동성 측면에서 볼 때 WLAN과 이동통신 시스템의 중간 정도인 60km/h 정도의 중저속 이동성을 보장하며, 데이터 전송속도 측면에서는 이동통신 시스템과 초고속 유선망과의 중간 정도인 3Mb/s급 정도의 속도를 지원해 주고 있어 제4세대 이동통신의 전 단계라 할 수 있다.

ETRI에서 개발 중인 와이브로 시스템 구조 모델은 다음의 그림 4에서 보는 바와 같이 단말기 및 기지국, Packet Access Router (PAR) 등으로 구성된다. 단말기와 기지국 간의 무선 접속규격은 IEEE 802.16에 기반한 TTA의 2.3GHz 휴대인터넷 표준을 따른다.

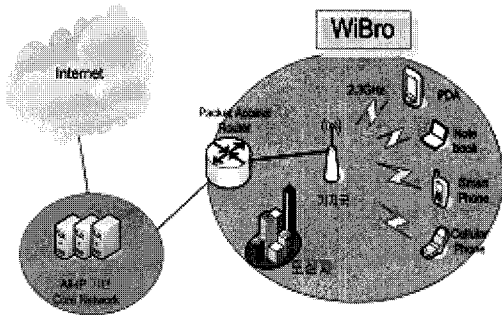


그림 4. WiBro 시스템 구조 모델

**2. MMR(MobileMulti-hopRelay)**

무선 네트워크에서는 커버리지를 확대하거나 음영지역을 해소하기 위하여 중계기(Relay Station: RS)를 설치하여 사용한다. 즉, 중계기는 기지국과 단말기 사이를 이어주는 중계자 역할을 하는 기기이다. 그림 5의 (a)는 중계기를 통하지 않고 기지국과 단말이 직접적으로 통신하는 경우이고, (b)는 기지국과 단말을 RS가 이어주는 경우를 나타낸다. (a)의 경우 일반적으로 단일 홉(single hop)이라 부르고, (b)의 경우 홉의 수에 따라 다르지만 일반적으로 멀티 홉(multi-hop)이라 부른다[10].

모바일 멀티홉 릴레이(MMR)은 IEEE 802.16j에서 추진하고 있는 스마트 중계기 개념으로 기존의 아날로그 RF 중계기에서 탈피해, 기지국 신호의 복조 및 재변조 기능이 지원되는 재생형의 디지털

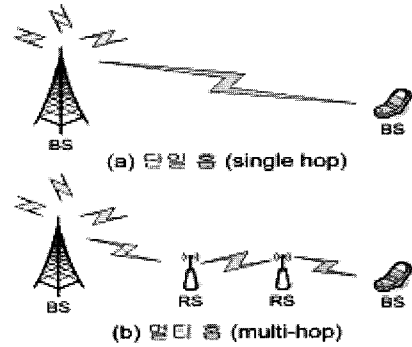


그림 5. 단일 홉과 멀티 홉 중계방식의 토폴로지

중계기이다. 기존 아날로그 중계기에 비해 시스템 성능 향상이 가능함으로써, 커버리지 확장 및 효율이 개선 될 수 있다.

MMR은 이동성에 따라 고정형, 유목형, 이동형으로 분류할 수 있다. 고정된 형태의 중계기(Fixed RS)는 가장 일반적인 형태이며, 많이 사용되는 형태이다. 기지국의 커버리지 가장자리에 MMR station이 설치되어 기지국 커버리지를 확장시키는 방식으로, 한 장소에 고정된 RS를 개방공간의 건물 옥상 등이나 지하에 주로 설치한다. 기지국 링크와 LOS(Line Of Site) 또는 near LOS 환경에 적합하다. 유목형 중계기(Nomadic RS)는 사용자 필요에 의해 일정 기간 동안 고정시켜 사용하고 사용 후 이동 가능한 RS이다. 각종 이벤트나 전시회 등 한시적으로 많은 가입자가 모이는 경우, 실내 음영 지역 해소를 위해 설치하여 원활한 서비스를 제공한다. 주로 기지국과 non LOS 환경에 적용된다. 이동형중계기(Mobile RS)는 차량, 철도 등 이동 수단에 설치되어 내부의 단말을 외부 망에 연결시켜 사용될 수 있으며, Network Mobility(NEMO) 개념으로 생각할 수 있다. 그리고 이동 중계기는 기지국이 바뀔 때나 핸드오버 기능이 존재해야 한다[11,12].

그림 6는 MMR 기술을 도식화한 것이다.

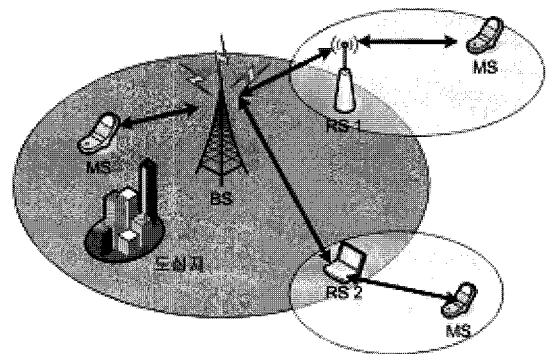


그림 6. Mobile Multi-hop Relay 구조 모델

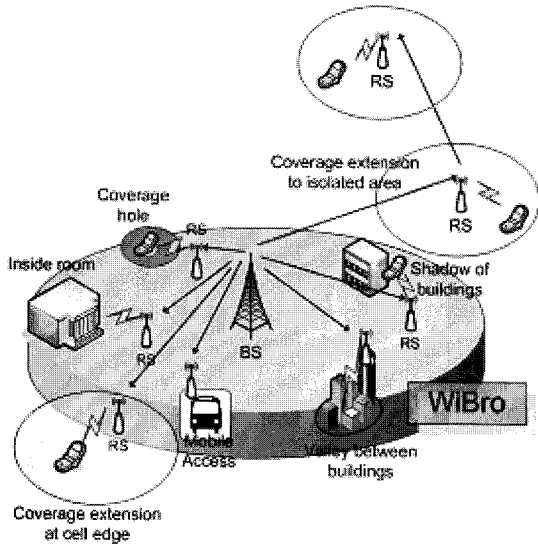


그림 7. WiBro 네트워크 내 multi-hop relay 구조

#### IV. 와이브로 시스템에서 ad-hoc 기반의 Multi-hop relay

##### 1. 개요

WiBro 시스템의 주요 특징은 시속 60Km 정도의 이동시에도 초고속인터넷 서비스가 가능하다는 것이며, 현재 표준화가 진행 중이거나, 활발한 연구가 되어지고 있는 많은 차세대 이동통신 시스템의 공통적인 목표는 향상된 데이터 전송속도이다. 이를 구현하기 위해 OFDM, MIMO, 스마트 안테나 등의 최신 기술 등이 도입될 것으로 예상된다. 그러나 이러한 기술들이 사용하는 높은 2~6GHz의 고주파 대역은 도심 지역의 음영 지역을 증가시킨다[13]. 이러한 음영 지역은 현재 상용화가 된 와이브로 시스템에서도 큰 문제점으로 작용한다.

음영지역 해소를 해결하기 위한 가장 쉬운 방법으로는 기지국의 수를 증가시키는 것이다. 기존의 이동통신 시스템에서 기지국 커버리지는 통산 2~5km인데 반해 와이브로 시스템의 셀 커버리지는 1km이므로 많은 수의 기지국 증설이 필요하다. 하지만 지속적인 기지국 증설은 가입자 수가 이미 포화된 상태인 현 시점에서는 효과적이지 못한 방법이다. 이에 해결책으로 제시된 기술이 중계기(RS)를 활용한 방식이다.

앞에서 설명한 바와 같이 MMR은 고정형, 유목형, 이동형중계기를 사용한다. 그러나 이 들은 새

롭게 중계기를 설치해야 하거나, 어느 한 시점동안 셀 커버리지가 제한되어 있다는 단점이 있다. 본 논문에서는 음영지역에 새롭게 고정된 중계기를 설치하는 대신, 기존의 단말이 중계기로 동작하여 단말 간의 통신이 기지국을 거치지 않고 이웃 단말들에 의해 라우팅되어 직접적으로 이루어지는 구조를 제안한다. 제안한 구조는 ad-hoc 기반의 멀티홉 릴레이 기술을 와이브로 시스템에 적용한 네트워크로 그림 7와 같이 구성된다. 이는 사용자의 단말을 이용하여 실내/외 음영지역을 해소함으로써 고정 중계기 비용을 절감하고 능동적인 네트워크 확장이 가능하다[12].

와이브로 네트워크에서 멀티홉 릴레이 방식을 적용하기 위해서는 다음과 같은 연구가 선행되어야 한다.

##### (1) 라우팅 알고리즘

Ad-hoc 네트워크의 라우팅 프로토콜은 보통 라우팅 테이블을 유지하고 업데이트 하는 방식에 따라 테이블 구동 방식과 온 디맨드 방식으로 구분된다. 이 두 가지 라우팅 프로토콜 중 어느 프로토콜이 멀티홉 릴레이 방식에 더 적합한지, 연구가 필요하고 두 라우팅 프로토콜의 비교·분석뿐만 아니라 멀티홉 릴레이 방식에 효과적인 라우팅 알고리즘을 개발하는 것이 필요하다.

##### (2) Load Balancing

Ad-hoc 기반 멀티홉 릴레이 기술에서는 하나의 셀 내에서 두 개 이상의 단말이 중계기 혹은 라우터로 동작할 수 있다. 이 때, 와이브로 네트워크 내의 여러 이동 단말이 와이브로 네트워크 커버리지 밖에 있는 단말과 통신하기 위하여, 중계기로 하나의 단말만 사용할 경우 전체 망 성능의 측면에서 봤을 때 병목 지점이 될 수 있다. 따라서 사용자들에게 보다 안정적인 서비스를 제공하기 위해서는 커버리지 밖에 있는 단말과 통신을 원하는 단말은 트래픽 부하가 적은 단말을 중계기로 사용하는 로드 밸런싱 기술이 필요하다[14].

## V. 결 론

본 논문에서는 와이브로 시스템의 취약점인 음

영지역 해소와 중계기 구축비용 절감이 가능한 방법으로 와이브로 시스템에 ad-hoc 기반의 멀티홉 릴레이 기술을 적용한 차세대 네트워크 구조에 대해 살펴보았다.

서비스 접속의 편리성과 유무선 통신 네트워크의 통합, 멀티미디어 서비스에 대한 요구로 와이브로가 새롭게 도입되었다. 그러나 산간 지역이나 네트워크 인프라를 구축하기 어려운 지역에서는 와이브로 서비스를 제공받지 못하는 경우가 발생한다. 이러한 음영 지역을 중계기를 이용하여 해결하고 있다.

와이브로 시스템에서 고정 중계기를 사용하는 대신에 기존 단말을 중계기로 사용하는 ad-hoc 기반의 멀티홉 릴레이 기술을 적용함으로써 실내/외 음영지역을 해소하고, 고정 중계기 비용 절감 및 능동적인 네트워크 확장이 가능하다.

이러한 차세대 네트워크 구조를 형성하기 위해서는 새로운 라우팅 알고리즘 개발 및 서비스 안정화를 위해 트래픽을 분산시키는 로드 밸런싱 기술에 대한 연구가 선행되어야 한다.

### [ 참고 문헌 ]

[1] I. Gruber, G. Bandouch, and H. Li, "Ad hoc routing for cellular coverage extension," *IEEE Semiannual Vehicular Technology Conference*, vol. 3, pp. 1816-1820, April 2003.  
 [2] H. Wu, C. Qiao, S. De, and O. Tonguz, "Integrated cellular and ad hoc relaying systems: iCAR," *IEEE Journal in Selected Areas in Communications*, vol.

19, pp. 2105-2113, October 2001.  
 [3] Charles E. Perkins, *Mobile IP*, Addison-Wesley, 1998.  
 [4] <http://www.ipv6club.info/>  
 [5] <http://www.ipv6forum.com>  
 [6] K. Nichols, S. Blake, F. Baker, and D. Black, *Definition of the differentiated services field (DS Field) in the IPv4 and IPv6 headers*, RFC 2474, Dec., 1998.  
 [7] W. Stallings, *High-Speed Networks and Internet, 2nd edition*, Prentice Hall, 2002.  
 [8] Y. Bernet, *Networking Quality of Service and Windows Operating System*, New Riders, 2001.  
 [9] 김영일, 안지환, 황승구, "WiBro와 WiMax 기술," 한국통신학회, 한국통신학회지(정보통신), vol. 22, no. 9, pp. 814-819, 2006.  
 [10] 김영일, 신정채, 조호신, 안지환, 황승구, "IEEE 802.16 MMR 동향," ETRI, 전자통신동향분석 vol. 21, no. 3, pp. 91-99, 2006.  
 [11] 이성춘, "Mobile Multi-hop relay network," KT  
 [12] IEEE C802.16-005/013, *IEEE 802 Tutorial: 802.16 Mobile Multi-hop Relay*, March 2006.  
 [13] R. Pabst, B. H. Walke, D. C. Schultz, P. Herhold, H. Yanikomeroglu, S. Mukherjee, H. Viswanathan, M. Lott, W. Zirwas, M. Dohler, H. Aghvami, D. D. Falconer, and G. P. Fettweis, "Relay-based deployment concepts for wireless and mobile broadband radio," *IEEE Communications Magazine*, vol. 42, pp. 80-89, September 2004.  
 [14] J. Yang, Z. Zhang, and Z. Tang, "On the performance of a novel Multi-hop packet relaying Ad hoc cellular system," *IEEE International Symposium Indoor and Mobile Radio Communications*, vol. 1, pp. 648-652, Sep., 2004.

### Biography



#### 손성찬

1979년 한국항공대학교 통신과 졸업  
 1992년 한양산업대학교 전자통신과(공학석사)  
 2000년 한국항공대학교 통신정보과(공학박사)  
 2005년~현재 한국정보통신기술대학 교수  
 1985년~1998년 (주)데이콤 신기술개발이사  
 1998년~2004년 하나로통신 네트워크운용 상무

<관심분야> Digital Network, Wireless Network, 디지털방송

<e-mail> [scson@icpc.or.kr](mailto:scson@icpc.or.kr)



#### 오정균

1988년 서울산업대학교 전자공학(공학사)  
 1990년 중앙대학교 전자공학과 공학석사  
 2005년 인천대학교 전자공학과 공학박사  
 2001년~현재 한국정보통신기술대학  
 이동통신학과 교수

<관심분야> 마이크로 송수신모듈 설계, 고효율 증폭기 설계

<e-mail> [cgo88@icpc.ac.kr](mailto:cgo88@icpc.ac.kr)