특집

휴대인터넷용 중계기 기술

안준배, 이재학 ((주)쏠리테크)

I. 서 론

데이터 중심으로 이루어진 휴대인터넷 서비스는 방송 서비스인 DMB(Digital Multimedia Broadcasting)와 치열한 경쟁을 이루고 있으나 인터넷을 즐길 수 있다는 점에서 특화되어 있으며 어플리케이션도 역시 다양하게 제시되고 있다. 휴대인터넷 서비스는 이동성을 갖고 있는 것이 특징이다. 현재 시속 60km까지는 보장되어 시내에서는 어느 곳에서나 이동하면서 인터넷을 즐길 수 있다. 그러나 옥외에서 송출하는 기지국(RAS : Radio Access Station) 신호는 건물 내부나 지하 공간 등의 서비스가 어렵다. 따라서 이의 문제점을 해결하기 위해 중계기의 도입이 필수적이다.

중계기는 위의 음영지역 외에도 셀을 확장할 경우에도 사용 가능하다. 휴대인터넷 서비스의 반경은 대체적으로 1km를 예상하고 있으나 가입자가 적은 특정지역의 셀을 확장하기 위해 RAS를 추가로 설치하는 것은 경제적으로 손실이 크다. 따라서 가입자의 여유가 있는 RAS로부터 신호를 추출하여 셀의 확장이 필요한 곳까지 전송하여 송출하는 것이 중계기의 또 다른 역할이다.

본 고에서는 휴대인터넷용 중계기의 구현 기술에 대해 알아보고 구현된 중계기의 성능을 평가하고자 한다. 휴대인터넷용 중계기는 다른 중계기와 다른 기술을 필요로 하므로 우선 휴대인터넷 서비스가 기존 CDMA, WCDMA 방식과의 주된 차이점을 II장에서 알아보고 이에 대한 특수한 조건을 만족하는 중계기의 종류 및 설치 요건을 III장에서 설명하고 IV장에서는 시험용으로 제작된 휴대인터넷용 중계기의 시험 결과를 나타내었다. 그리고 V장은 결론으로서 향후 중계기의 설계 방향을 제시하였다.

II. 휴대인터넷 서비스 특징

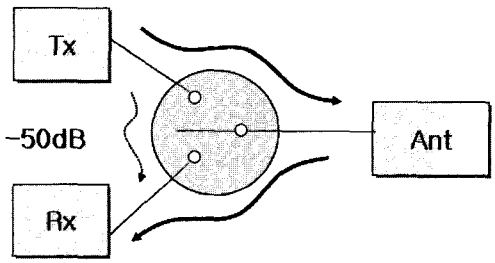
휴대인터넷은 기존의 WLL(Wireless Local Loop) 주파수인 2.3GHz 대역을 사용한다. 대역폭이 100MHz이므로 TDD(Time Division Multiplex)방식을 사용한다. 또한 다 경로 지연에 강한 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplex)을 사용하며 다중 접속을 위한 OFDMA(Orthogonal Frequency

Division Multiplex Access)를 사용한다.[1][2]

중계기는 TDD/OFDM이라는 특징에 따라 일반적인 CDMA 중계기와 달리 고려 사항이 많다. 이 장에서는 중계기 구현을 위해 휴대인터넷 특징에서 특별히 언급해야 할 사항만 고려하여 기술하였다.

1. 송수신 주파수

휴대인터넷 서비스는 RF 송신 주파수와 수신 주파수가 동일한 TDD방식을 사용한다. 따라서 안테나 정합을 위해서는 시분할로 TX와 RX가 정합되어야 한다. 국내 Wibro 표준의 경우 5msec 내에 송신과 수신이 각각 1번씩 일어난다. RAS 또는 중계기의 안테나 정합은 그림 1과 같이 송신과 수신을 시간에 따라 선택하는 RF 스위치를 필요로 한다.



〈그림 1〉 TDD 특성에 의한 송수신 구성

2. 변조 방식

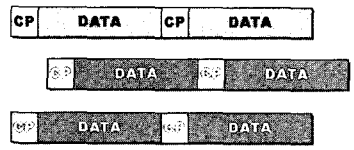
휴대인터넷은 다 경로 지연 특성에 뛰어난 변조 기술인 OFDM를 사용한다. OFDM는 아래 수식과 같이 다중 반송파로 표시되며 각 부 반송파마다 직교 특성이 있어 대역폭을 최소화하는 장점이 있다.

$$s(t) = \mathrm{Re}\left\{ e^{j2\pi f_c t} \sum_{\substack{k=-N_{used}/2 \\ k\neq 0}}^{N_{used}/2} c_k \cdot e^{j2\pi k\Delta f(t-T_g)} \right\}$$

3. 거리 제약

OFDM은 다 경로 지연 특성에 강한 장점이 있는데, 이는 그림 2에서 보는 바와 같이 데이터의 일정부분을 반복하는 CP(Cyclic Prefix)가 있어 다 경로 지연이 CP내의 시간에만 존재하면 CP를 제외한 나머지 데이터를 복조함으로써 다 경로 지연의 영향을 없애는 방법이다. 휴대인터넷은 12.8us의 CP가 존재하고 거리로 환산하면 12.8/3.3 = 3.87km 정도가 되므로 이론적으로 다 경로 지연차이가 3.87km 내외에서는 영향이 없다는 것이다.[3]

3.87km는 1km의 셀 반경에 비하면 큰 수치이나 다 경로 전파 특성을 생각하면 매우 적은 수치이므로 이에 대한 거리 제약이 크다. 1km 반경에 있는 중계기가 RAS보다 3.3us 지연되어 송출할 경우 더욱 CP의 제약을 받는다. 분석 결과에 따라 약간 차이가 있으나 RAS의 1km 셀반경을 중계기를 사용해 더 확장하는 것이 불가능할 수도 있다.

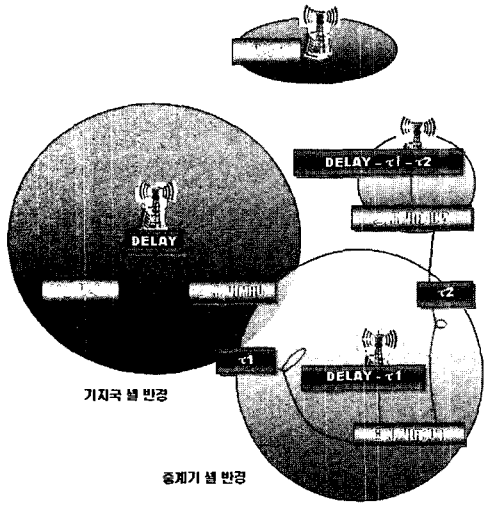


〈그림 2〉 CP 제약에 따른 중계기 출력 요건

이와는 달리, 송수신 신호가 동시에 중첩이 되지 않는 셀 영역에서와 같이 동시 송수신을 고려하지 않아도 될 경우의 거리제약은 순방향 신호가 끝나고 다시 역방향 신호를 받는

시간과의 공백인 TTG(Transmit/Receive Transition Gap)라는 파라메터로 계산된다. TTG는 현재 121.2us로서 수십km까지 가능함을 알 수 있다.

그림 3에서 보는 바와 같이 RAS 셀과 중계기 셀이 겹치는 지역은 CP에 대하여 제약을 받지만 RAS와 중첩이 되니 않는 셀은 TTG에 의해 제약을 받는다. 한 RAS에 연결된 중계기는 RAS와 같은 신호를 송신하므로 RAS에 연결된 중계기들은 중첩지역을 고려해 모두 같은 시각에 송수신을 하여야 셀 반경을 확장할 수 있다.



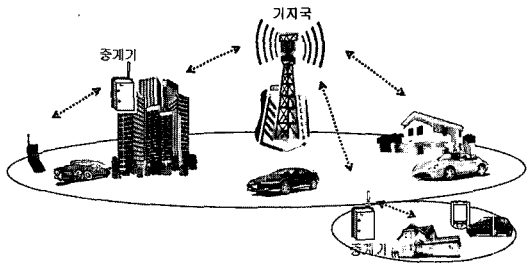
〈그림 3〉 TTG 제약에 따른 셀반경 제약

III. 휴대인터넷용 중계기 특징

휴대인터넷용 중계기는 기존의 CDMA 중계기와 기술적인 구현 방식은 상이하여도 일반적인 용도 면에서는 같다. 따라서 일반적인 중계기의 종류를 기술한 후 휴대인터넷에서 사용되는 중계기 종류 및 구현 기술에 대해 상세히 설명하였다.

1. 휴대인터넷용 중계기 종류

그림 4는 중계기의 사용 용도를 나타낸 것이다. 그림에서와 같이 중계기는 큰 빌딩 뒤편이나 셀 확장 등 서비스가 되지 않는 음영지역을 서비스하기 위해 필요한 것을 알 수 있다.

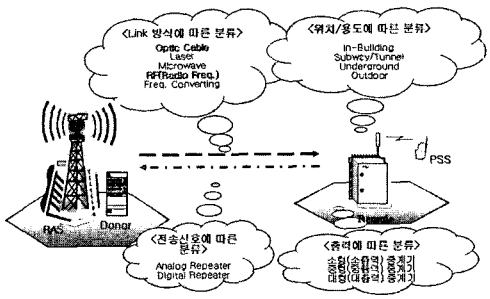


〈그림 4〉 중계기의 사용 용도

그림 5는 일반적으로 분류되는 중계기를 나타내었다. 중계기는 RAS와 음영지역사이의 신호 전송 방법에 따라 광전송, RF전송, Laser전송, MW전송, 주파수 변환전송 등으로 나눌 수 있다.

RAS와 중계기 사이의 link를 구성은 아날로그나 디지털 방식을 사용할 수 있는데, 최근은 디지털 기술이 많이 보급되어 디지털 중계기를 사용하는 경우가 많다.

중계기의 사용 용도에 따라 옥외형, 인빌딩, 지하철 등으로 나뉘고 출력에 따라 고출



〈그림 5〉 중계기의 분류

력, 중출력, 소출력 등으로 나뉜다.

휴대인터넷용 중계기는 광전송 및 RF전송을 기본으로 하고 표 1과 같이 분류된다.

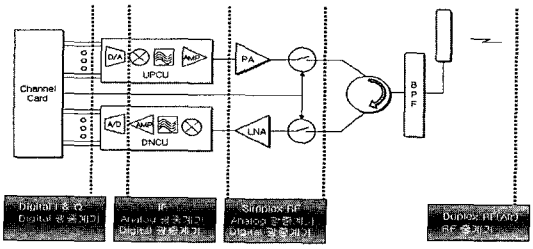
〈표 1〉 휴대인터넷 중계기 종류

중계기 종류	Link 방식	전송 신호	용도	출력
디지털 광 중계기	광케이블	디지털	옥외형	고출력
아날로그 광 중계기	광케이블	아날로그	옥외형	고출력
RF 중계기	RF	아날로그	옥내용	고출력 중출력 저출력
인빌딩 중계기	광케이블 RF	디지털 아날로그	빌딩내	고출력
지하철 중계기	광케이블	디지털 아날로그	지하철	고출력

2. 휴대인터넷용 중계기 구현 기술

1) RAS 접속 기술

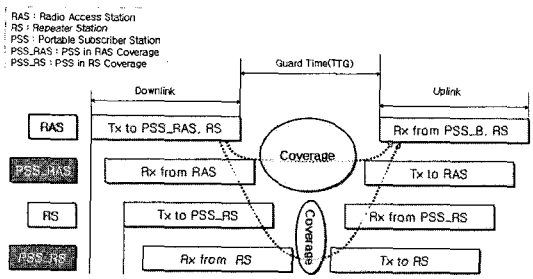
중계기는 RAS와 접속하기 위해 그림 6과 같이 다양한 방법으로 접속할 수 있다. 크게 나누면, RF접속 그리고 IF접속, BB(Base Band)접속으로 나눌 수 있다. BB접속은 일반적으로 디지털 접속이며 IF 접속은 디지털 또는 아날로그로 세분화 할 수 있다. 아날로그 IF로 접속할 경우 RAS와의 접속이 편한 장점이 있지만 BB로 신호를 낮추기 위해 별도의 모듈이 있어야 하는 단점이 있다. 디지털 IF접속 또는 BB접속의 경우 추가 모듈은 없지만 RAS와의 인터페이스가 물리적으로 복잡하며 디지털 접속을 위한 프로토콜이 정의되어야 하는 복잡한 단점이 있다.



〈그림 6〉 RAS 인터페이스

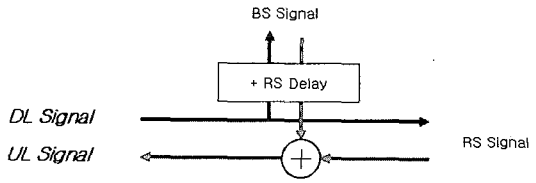
2) 신호 전송 기술

앞서 설명한 바와 같이 RAS와 중계기는 같은 시간에 동시 송수신을 하여야 한다. 따라서 RAS와 중계기 거리에 따른 지연을 RAS에서 보상해주지 않으면 안 된다. 그림7은 신호 보상이 없을 경우 RAS와 중계기에 중첩되어 있는 단말기 수신에 신호 충돌이 일어나 중첩 지역에서 사용이 불가함을 나타낸다. RAS와 중계기가 동시 송신할 경우 RAS와 중계기 셀 간 중첩지역에 있는 단말기는 CP 내에 동일 신호를 받을 수 있으나, 지연보상이 안될 경우 CP를 벗어나기 때문에 사용이 불가하다.



〈그림 7〉 시간지연 보상이 안된 경우의 타이밍도

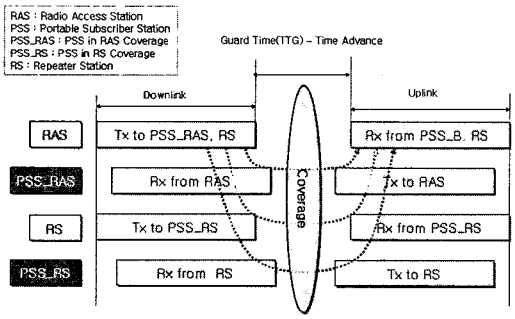
그림 8은 시간지연을 RAS에서 보상하여야 하는 것을 나타낸 것이다. RAS는 중계기까지 거리에 따른 선로지연 및 장비지연을 RAS 안



〈그림 8〉 시간지연 보상 개념도

테나로 송출하기 전에 지연을 주어야 한다. 역으로, 역방향 신호도 선로지연 및 장비지연 만큼 RAS에 수신된 신호를 지연시켜 중계기 신호와 합쳐야 한다.

그림 9는 RAS에서 시간 보상이 잘 된 경우에 대한 타이밍을 나타낸다. 그림에서와 같이 RAS와 중계기는 같은 시각에 송출이 되어 RAS와 중계기 셀 중첩지역의 단말기가 중계기를 통해서도 서비스가 됨을 보여주고 있다.

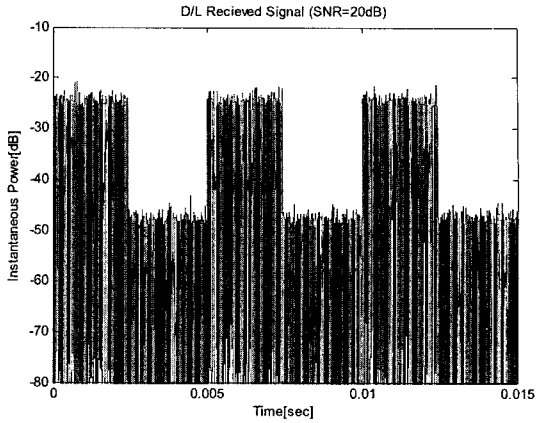


〈그림 9〉 시간지연 보상된 경우의 타이밍도

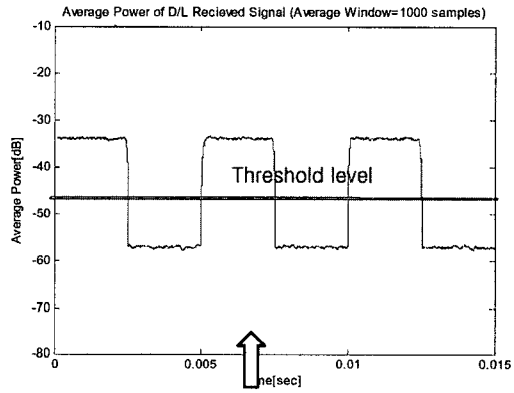
3) RF 송수신 기술

TDD 신호를 한개의 안테나로 송수신하기 위해 PA(Power Amplifier)와 LNA(Low Noise Amp) 정합 시 스위치를 사용하여야 하는데, 이 스위치를 제어하는 알고리즘이 필요하다. 중계기는 RAS로부터 그림 10(a)와 같은 신호를 받게 되는데, 중계기는 이를 분석하여 적절한 레벨을 찾아 스위칭 신호를 만들어 준다. 그림 10(b)는 스위칭 신호를 재생한 프레임 검출 신호를 보여준다.

그 외에 TDD 특성상 몇가지 고려사항이 필요하다. PA 출력이 LNA로 인입되지 않도록 별도의 보호 스위치가 필요하며 안테나 Open 시 LNA를 보호하기 위한 회로가 필요하다. 그림 11은 Tx 신호가 Rx로 인입되는



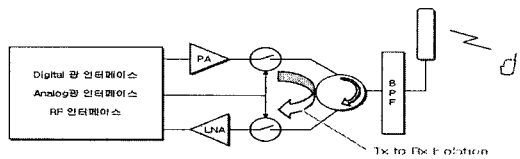
(a) RAS 출력 신호



(b) Frame 검출 신호

〈그림 10〉 RAS 출력 신호로 부터의 Frame 검출

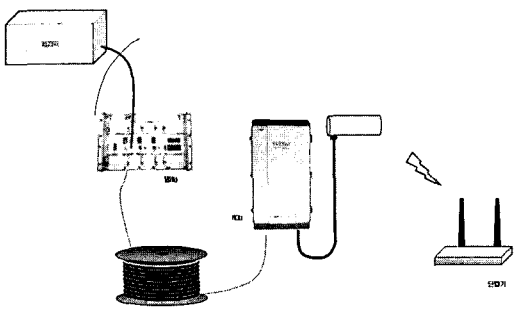
현상을 나타낸 것으로 Tx to Rx isolation은 PA 와 LNA의 안테나 정합을 스위치로 할 경우 50dB가 되지만 circulator를 사용할 경우 20dB 밖에 되지 않아 circulator를 사용할 경우 스위치를 추가로 사용하여야 한다.



〈그림 11〉 Tx Rx Isolation

Ⅳ. 휴대인터넷용 중계기 성능

본 장에서는 휴대인터넷용 중계기는 여러 종류가 있으나 장거리가 가능하고 여러 개의 중계기를 접속하는 데에 장점이 있는 디지털 광 중계기를 제작하여 시험한 결과를 기술하였다. 그림 12는 휴대인터넷용 중계기 성능을 측정하기 위해 구성한 시험 구성도 이다. 디지털 광 중계기는 MHU와 ROU로 구성되며, MHU는 RAS에 RF 정합되어 디지털 광 신호로 변환하는 역할을 한다. 변환된 광 신호는 최대 길이를 시험할 수 있도록 광케이블 스풀에 연결하여 ROU에 연결되며, ROU는 광케이블 스풀로부터 디지털 광 신호를 받아RAS 대신 단말기로 RF서비스를 하는 구조이다. MHU는 RAS 역사에 위치하기 때문에 실내 형으로 설계 되었고 ROU는 옥외에서 바로 안테나로 RF신호를 송출할 수 있도록 옥외 형 함체로 설계하였다.



〈그림 12〉 시험 구성

특성 시험은 KT명동 중앙 전화국에서 시험 실시하였으며 RAS와 단말기는 Broadstorm 장비를 사용하였다. 각종 파라미터는 표 2에 정리하였다.

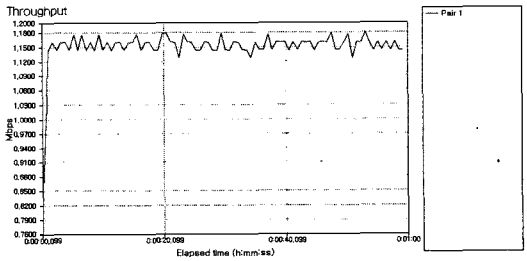
〈표 2〉 시험 특성 파라메타

파라미터	Broadstorm규격	Wibro규격
주파수	2365~2370MHz	2300~2400MHz
대역폭	5MHz	10MHz · 9개
frame	10ms	5ms
TTG	166us	121.2us
RTG	65.92us	40.4us
CP	19.6us	12.8us

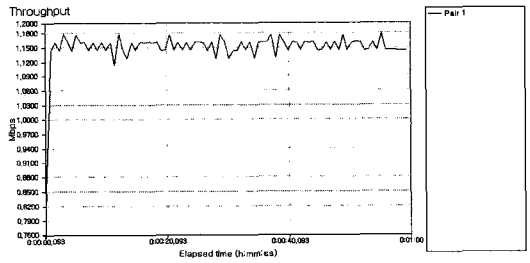
성능 분석을 위한 throughput 측정 프로그램은 NETIQ사의 Chariot ver4.1을 사용하였으며 이 프로그램은 end to end 네트워크 성능 측정 및 분석 툴로 널리 사용되고 있는 프로그램이다.

그림 13은 RAS와 중계기의 throughput 비교한 그래프이다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이 RAS와 중계기의 throughput은 Broadstorm 장비 규격인 max throughput 1.17Mbps와 동일함을 알 수 있다.

광케이블의 스풀을 여러 개의 조합으로 길이를 만들어 시험한 결과RAS와 디지털 광 중



(a) RAS로 서비스 시 throughput



(b) 중계기로 서비스 시 throughput

〈그림 13〉 throughput 시험 결과

계기의 거리가 3km까지 확장 가능함을 시험을 통해 입증 하였다.

V. 결 론

본 고에서는 휴대인터넷 서비스에 있어서 기지국인 RAS의 신호가 도달하지 못해 서비스가 불가한 지역인 음영지역이나 RAS의 셀 반경을 확장하기 위해 사용되는 디지털 광 중계기의 요소 기술을 설명하고 시험용으로 제작한 중계기에 대해 시험 결과를 기술하였다. 시험 결과 디지털 광 중계기를 사용할 경우 기존의 셀 반경 1km를 3km까지 확장할 수 있음을 알 수 있으며 중계기를 통한 서비스 시 RAS 성능과 동일하게 throughput 저하 없이 서비스됨을 알 수 있었다.

향 후 중계기 설계는 사업자 용도에 맞는 중계기들을 개발하여야 하고 셀 반경을 확장하기 위한 광 링크 거리를 3km 이상 확보하도록 규격을 만드는 것이 필수적이다.

참고 문헌

[1] R. Li, G. Stette and P. M. Bakken, "Saw chirp fourier transform for multicarrier transmission," *Proc. IEEE*, vol. 1,79~84, Nov. 1993.

[2] R. V. Lee, R. Prasad, *OFDM for Wireless Multimedia Communications*, Artech House, 2000.

[3] "2.3GHz 휴대인터넷 표준 물리계층-," 한국정보통신기술협회, Jun. 2004.

저자소개

안 준 배

1993년 1월 – 1999년 5월 동원시스템즈(구 (주)성미전자) 연구소 선임연구원
1999년 5월 – 2002년 8월 (주)아미텔 연구소 선임연구원
2002년 8월 – 현재 (주)쏠리테크 기술연구소 4본부 3팀장
주관심 분야 M/W통신, OFDM, CDMA, 무선통신분야

이 재 학

1992년 7월 – 1992년 12월 한국전자통신연구원 위촉연구원
1993년 9월 – 2000년 7월 삼성전자 선임연구원
2000년 8월 – 2002년 3월 이오넥스(주), 이사
2002년 4월 – 현재 (주)쏠리테크 CTO
주관심 분야 디지털 통신이론, 셀룰라 이동통신 시스템, CDMA 모뎀설계, 위성/지상파 DMB, 무선랜, 휴대인터넷