

# Wibro 디지털 광 중계기 구현 기술

안준배, 이재학

(주)솔리테크

## 목 차

- |                  |                    |
|------------------|--------------------|
| I. 서론            | III. 휴대인터넷용 중계기 특징 |
| II. 휴대인터넷 서비스 특징 | IV. 결론             |

## I. 서론

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 서비스가 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 신호를 전송하여 송출하는 것이 중계기의 또 다른 역할이다.

본 고에서는 휴대인터넷용 중계기의 구현 기술에 대해 알아보고 중계기 설계의 기본 요건에 대해 언급하였다. 휴대인터넷용 중계기는 다른 중계기와 달리 TDD 특성을 수용하여야 하므로 우선 휴대인터넷 서비스와 기존 CDMA, WCDMA 방식과의 주된 차이점을 II장에서 알아보고 이에 대한 특수한 조건을 만족하는 중계기의 종류 및 설치 요건을 III장에서 설명

하고 IV장에서 향후 중계기의 설계 방향을 제시하여 결론을 맺는다.

## II. 휴대인터넷 서비스 특징

휴대인터넷은 기존의 WLL(Wireless Local Loop) 주파수인 2.3GHz 대역을 사용한다. 대역폭이 100MHz 이므로 TDD(Time Division Multiplex)방식을 사용한다. 또한 다 경로 지연에 강한 OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing)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. TDD란 송신과 수신 주파수가 동일하며 시간적으로 구분하여 전파를 사용하는 기술을 말한다. 이 장에서는 중계기 구현을 위해 휴대인터넷 특징에서 특별히 언급해야 할 사항만 고려하여 기술하였다.

### 2.1 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.

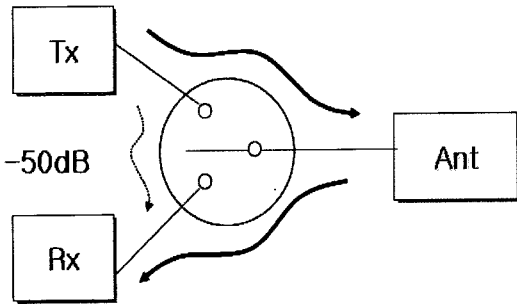


그림 1. TDD 특성에 의한 송수신 구성

2.2 변조 방식

휴대인터넷은 다 경로 지연 특성에 뛰어난 변조 기술인 OFDM를 사용한다. OFDM는 수식(1)과 같이 다중 반송파로 표시되며 각 부 반송파마다 직교 특성이 있어 대역폭을 최소화하는 장점이 있다.

$$s(t) = \text{Re} \left\{ e^{j2\pi f_c t} \sum_{\substack{k=-N_{\text{sub}}/2 \\ k \neq 0}}^{N_{\text{sub}}/2} c_k \cdot e^{j2\pi k\Delta f(t-T_g)} \right\} \quad (1)$$

2.3 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]

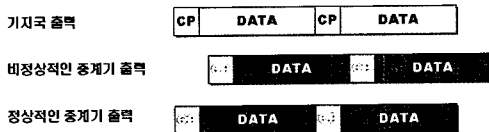


그림 2. CP 제약에 따른 중계기 출력 요건

3.87km는 1km의 셀 반경에 비하면 큰 수치이나 다 경로 전파 특성을 생각하면 매우 적은 수치이므로 이

에 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.

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 파라미터로 계산된다. TTG는 현재 121.2us로서 수십km까지 가능함을 알 수 있다.

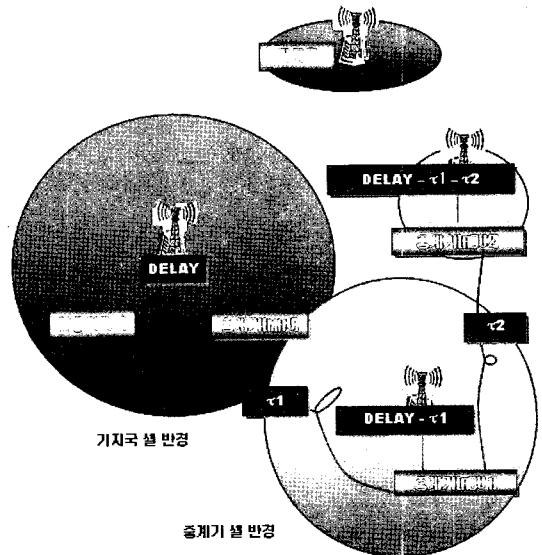


그림 3. TTG 제약에 따른 셀반경 제약

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

### III. 휴대인터넷용 중계기 특징

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

#### 3.1 휴대인터넷용 중계기 종류

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

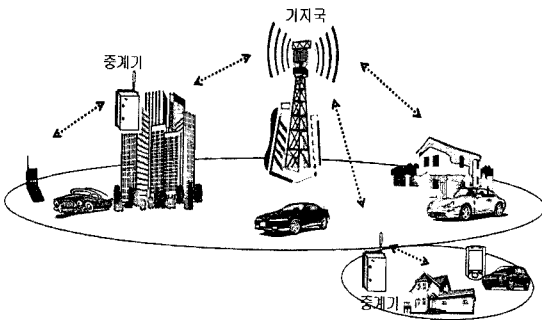


그림 4. 중계기의 사용 용도

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

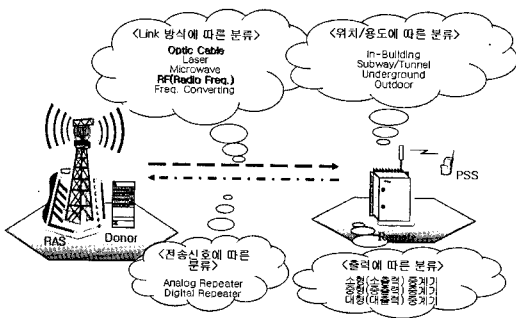


그림 5. 중계기의 분류

RAS와 중계기 사이의 link 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 고출력, 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

#### 3.2 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 있지

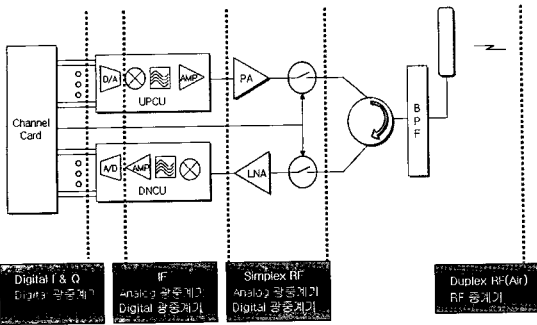


그림 6. RAS 인터페이스

만 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.

(2) 신호 전송 기술

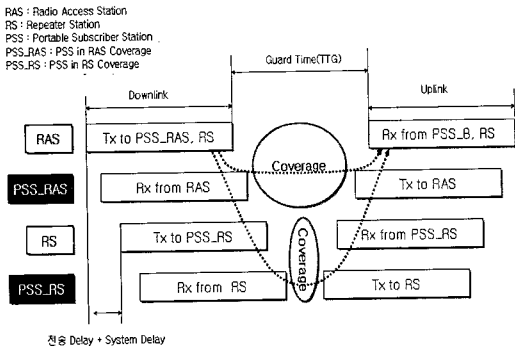


그림 7. 시간지연 보상이 안된 경우의 타이밍도

앞서 설명한 바와 같이 RAS와 중계기는 같은 시간에 동시 송수신을 하여야 한다. 따라서 RAS와 중계기 거리에 따른 지연을 RAS에서 보상해주지 않으면 안 된다.

그림 7은 신호 보상이 없을 경우 RAS와 중계기에 중첩되어 있는 단말기 수신에 신호 충돌이 일어나 중첩지역에서 사용이 불가능함을 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 불가능하다.

그림 8은 시간지연을 RAS에서 보상하여야 하는 것을 나타낸 것이다. RAS는 중계기까지 거리에 따른 선로지연 및 장비지연을 RAS 안테나로 송출하기 전에 지연을 주어야 한다. 역으로, 역방향 신호도 선로지연 및 장비지연 만큼 RAS에 수신된 신호를 지연시켜 중계기 신호와 합쳐야 한다.

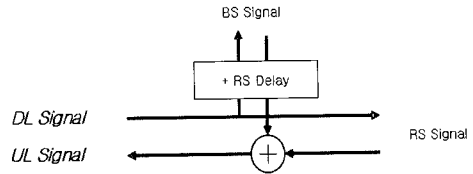


그림 8. 시간지연 보상 개념도

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 보여 주고 있다.

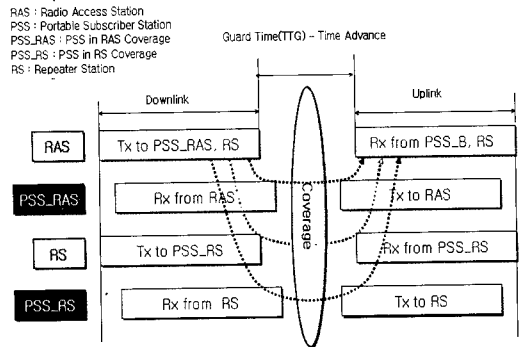
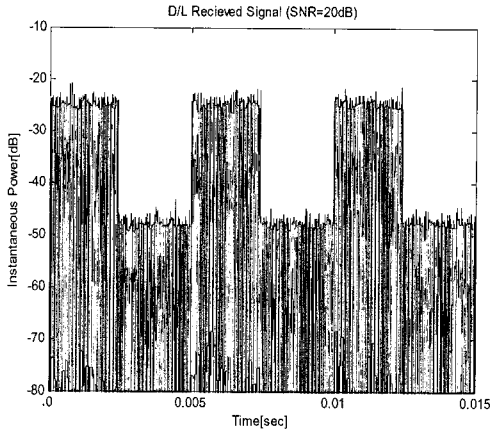


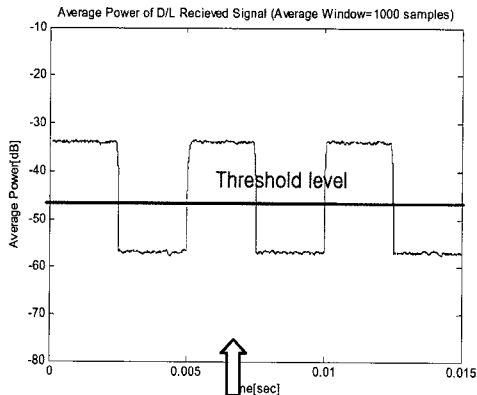
그림 9. 시간지연 보상된 경우의 타이밍도

(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.



(a) RAS 출력 신호



(b) Frame 검출 신호

그림 10. RAS 출력 신호로부터의 Frame 검출

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 안테나 Open 시 LNA보호를 위해 LNA 내부에 보호회로가 추가된 것을 나타낸다.

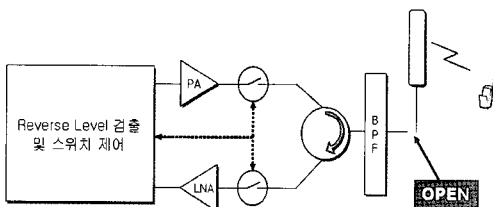


그림 11. LNA 보호

그림 12는 Tx 신호가 Rx로 인입되는 현상을 나타낸 것이다. Tx to Rx isolation은 PA 와 LNA의 안테나 정합을 스위치로 할 경우 50dB가 되지만 circulator를 사용할 경우 20dB 밖에 되지 않아 circulator를 사용할 경우 isolation 확보를 위해 스위치를 추가로 사용하여야 한다. 고풍력 스위치는 매우 고가이기 때문에 대부분 circulator를 사용하지만 최근 잇따른 스위치의 개발이 활발하여 저가격화 되어가고 있는 추세이다.

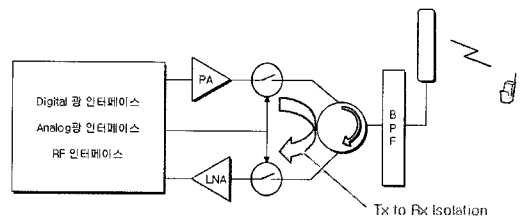


그림 12. Tx Rx Isolation

앞서 설명한 바와 같이 Frame동기 검출한 신호는 그림 13에서 보는바와 같이 PA와 LNA를 제어한다. Wibro 규격은 Frame길이가 5ms이므로 매초마다 200번의 스위치가 이루어진다. Frame 검출은 특별한 알고리즘을 필요로 하지만 때에 따라 지국에서 제공할 경우 용이한 설계가 가능하다.

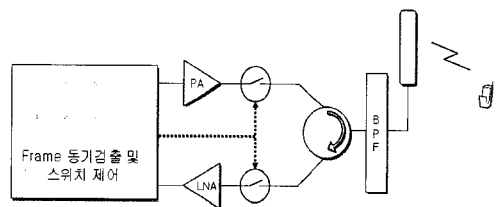


그림 13. Frame 검출

#### IV. 결론

본 고에서는 휴대인터넷 서비스에 있어서 지국인 RAS의 신호가 도달하지 못해 서비스가 불가능한 지역인 음영지역이나 RAS의 셀 반경을 확장하기 위해 사용되는 디지털 광 중계기의 요소 기술을 설명하였다.

디지털 광 중계기는 휴대인터넷의 특성에 따라 기

존 증계기와는 달리 여러 가지의 제약 조건을 만족하여 설계하여야 한다. 특히 송신과 수신 주파수가 같기 때문에 송신과 수신 절체를 하여야 하며 안테나 정합에서 생기는 Tx/Rx Isolation을 충분히 확보하여야 한다.

본 고에서 설계된 디지털 광 증계기는 향후 사업자가 요구하는 종류의 증계기 설계를 위해 기본이 되는 것으로 옥외형, 지하철용, 인빌딩용으로 확장이 용이하기 때문에 안정된 동작을 위한 신뢰성 확보에 더욱 주력을 하여야 할 것이다.

### 참고문헌

- [1] R. Li, G. Stette and P. M. Bakken, "Saw chirp fourier transform for multicarrier transmission," *Proc. IEEE*, vol. 1, pp.79-84, Nov. 1993.
- [2] R. V. Lee and R. Prasad, *OFDM for Wireless Multimedia Communications*. Artech House, 2000.
- [3] "2.3GHz 휴대인터넷 표준 물리계층," 한국정보통신기술협회, 2004. 6.

### 저자소개

#### 안준배



1991년 2월 한국항공대학 항공전자공학과 졸업, 공학사  
 1993년 2월 한국항공대학 대학원 항공전자공학과 졸업, 공학석사  
 2005년 2월 한국항공대학 대학원

항공통신정보공학과 졸업, 공학박사  
 1993년~1999년 동원시스템즈(구 (주)성미전자) 연구소 선임연구원  
 1999년~2002년 (주)아미텔 연구소 선임연구원  
 2002년~현재 (주)솔리테크 기술연구소 4본부3팀장  
 ※관심 분야: M/W통신, OFDM, CDMA, 무선통신분야

#### 이재학



1989년 서울대학교 공과대학 전자공학과 졸업, 공학사  
 1991년 서울대학교 대학원 전자공학과 졸업, 공학석사  
 1996년 서울대학교 대학원 전자공학

과 졸업, 공학박사  
 1992년~1992년 한국전자통신연구원 위촉연구원  
 1993년~2000년 삼성전자 선임연구원  
 2000년~2002년 이오넥스(주), 이사  
 2002년~현재 (주)솔리테크 CTO  
 ※관심 분야: 디지털 통신이론, 셀룰라 이동통신 시스템, CDMA 모델설계, 위성/지상파 DMB, 무선랜, 휴대인터넷