

와이브로 팜토셀 기술 개발 현황과 사업화 적용 방안

오영철 | 이종식 | 이성춘
KT 중앙연구소

요약

최근 정보통신의 발전과 함께 실내에서도 고용량의 멀티미디어 데이터 전송 및 고품질의 안정적인 무선 데이터 서비스가 요구되고 있다. 본고에서는 가정이나 사무실 등 실내에서도 기존 옥외에서 받는 서비스를 연속적으로 보급하기 위한 기술로서 각광받고 있는 팜토셀(Femtocell) 기술에 대해서 알아본다. 또한 KT 중앙연구소에서 개발하고 있는 와이브로(WiBro) 팜토셀 기술 개발 현황과 기술적 이슈를 알아보고, 사용자 입장과 사업자 입장을 고려한 팜토셀의 사업화 적용방안에 대해서 알아본다.

I. 서론

최근 유선통신 사업자들은 외부에선 휴대전화로 내부에선 기존의 유선망을 활용한 듀얼모드 단말 기반의 FMC(Fixed Mobile Convergence) 서비스를 본격적으로 도입하고 있다. 이에 대응해 이동통신 사업자들은 특정지역에서는 통화요금을 할인해주는 FMS(Fixed Mobile Substitution) 서비스를 제공하고 있다. 기존의 FMS 서비스는 비용적인 측면이 고려되지 않고 단순히 특정 지역에서의 통화 요금을 감면해주는 것으로 이동통신 사업자들은 유선통신 사업자들의 FMC 서비스와 비슷한 비용 대비 효과를 가질 수 있는 방안이 필요했다.

또한 기존의 이동 통신 네트워크에서는 가정이나 실내의

음역지역을 커버하기 위해서 광 중계기, RF 중계기 등 다양한 중계기 솔루션 등을 사용한다. 하지만 유선네트워크의 발전으로 인해서 가정이나 사무실 등 실내에서도 고용량의 멀티미디어 데이터 전송 및 고품질의 무선 데이터 서비스에 대한 요구사항이 늘어나고 있다. 하지만 기존의 중계기 솔루션은 옥외 매크로셀(Macrocell) 자원을 공유함으로써 실내 사용자에게 충분한 무선 자원을 제공할 수 없어 이러한 요구사항을 수용하기 어렵기 때문에 결국 가정이나 사무실 등 같은 실내에서도 무선데이터 서비스는 고가의 정책으로 이어질 수 밖에 없다. 결국 사용자들은 무선데이터 서비스를 이용하기 위해서 기존의 이동통신 시스템과는 다른 WiFi 등의 솔루션을 이용해야만 했고 사용자 입장에서는 듀얼 모드(Dual-Mode) 단말을 이용하게 되어 단말 선택에 있어서 제약 사항을 받게 되고, 이중 네트워크를 이용함으로써 이동성의 제약 등을 받게 된다.

본고에서는 이러한 제약사항을 극복하기 위해 실내에 설치되어 운용되는 팜토셀에 대해서 알아보고 현재 KT 중앙연구소에 개발하고 있는 와이브로 팜토셀 기술 개발 현황 및 향후 지속적으로 연구되어야 할 기술적인 이슈에 대해서 살펴본다. 그리고 팜토셀의 경쟁력 분석을 통한 사업화 적용 방안에 대해서 알아본다.

II. 본론

1. 팜토셀 정의 및 시장전망

펌토셀은 브로드밴드 망인 x-DSL이나 케이블 망과의 연결을 통해서 이동 통신 코어 네트워크에 접속하는 초소형 이동통신 기지국을 의미한다. 펌토셀이라는 용어는 10^{15} 를 의미하는 펌토(Femto)와 이동통신의 기지국의 서비스 가능 거리인 셀(Cell)의 합성어로서 일반적으로 서비스 반경이 수십 m인 초소형 기지국을 의미한다.[1] 펌토셀의 주요 특징으로는 듀얼모드 단말이 필요한 UMA(Unlicensed Mobile Access) 기반의 유무선 통합(FMC) 서비스와는 달리 현재 이용하고 있는 휴대 전화를 그대로 펌토셀 존에서 이용할 수 있다는 것이다.

이러한 펌토셀의 도입으로 얻을 수 있는 장점은 사용자와 사업자의 입장에서 크게 아래와 같이 구분될 수 있다.

○ 사용자 측면

- 고용량 서비스 사용
 - : 옥외 매크로셀 사용자와 무선 자원을 공유하지 않음으로써 높은 속도의 고품질 서비스를 사용할 수 있다.
- 서비스 연속성
 - : 옥외 매크로셀과 동일한 네트워크를 사용함으로써 연속적인 서비스를 제공받을 수 있다.
- 통신 비용 감소
 - : FMS 서비스를 이용해서 할인 받은 통신 요금과 마찬가지로 펌토존에서의 요금 감면 등 통신 비용 감소효과를 누릴 수 있다.
- 다양한 단말 이용 가능
 - : 기존의 이동통신 단말을 그대로 이용함으로써 듀얼모드 단말에서는 제약성에 갇히지 않고 다양한 단말을 그대로 이용할 수 있다.

○ 사업자 측면

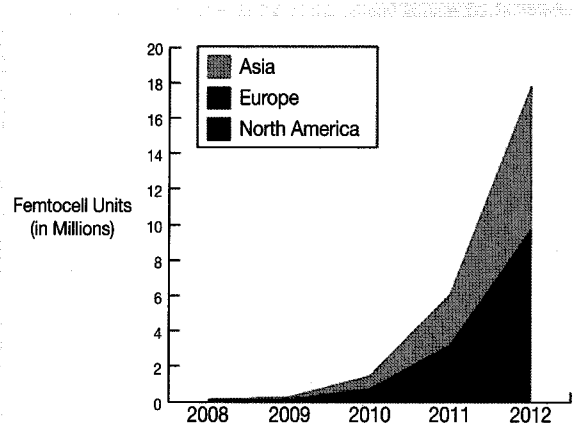
- 중계기 솔루션 대체
 - : 기존에 음영지역을 커버하기 위해 사용되었던 중계기 솔루션에 비해 가격 대비 높은 품질의 무선 서비스가 제공 가능하다.
- Capex/Opex 감소
 - : 기지국을 위한 별도의 전용선 설치가 필요 없고, 다양한 환경에 최적화된 시스템 개발로 인하여 설치가 용이하고, 유지관리도 원격으로 이루어짐으로써 비용 감소

효과가 있다.

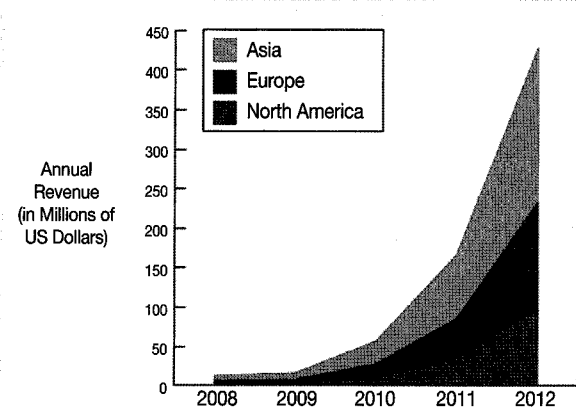
- 다양한 서비스 모델 발굴

: 실내에 새로운 기지국 설치로 고객에게 홈존 서비스 등 위치 기반의 다양한 형태의 새로운 서비스 제공 가능하다.

이와 같은 펌토셀은 여러 통신 사업자에 의해서 도입이 검토되고 있으며, 2007년 9월 미국의 3위의 이동통신 업체인 스프린트 넥스텔은 AIRAVE라는 CDMA 기반 펌토셀 장비를 도입하여 상용서비스를 실시하였다. 2008년 Yankee Group에서 시행한 펌토셀 시장 전망에 대한 조사에 의하면 펌토셀 장비 출하는 2010년을 기점으로 급성장 하여 2012년 1,790만 단위에 이를 것으로 전망하고 펌토셀 장비 출하에 따른 연간 수익 전망은 펌토셀 장비 단위당 2012년 80달러라 가정했을 때, 2012년 42,850만 달러에 이를 것으로 전망하고 있다. (그림 1)은 펌토셀 장비 출하 전망을 나타내고 (그림 2)는 펌토셀 장비 수익 전망을 나타내고 있다.[2]



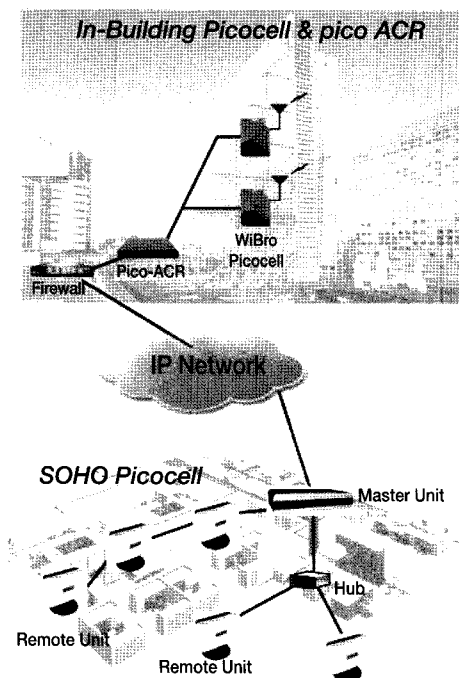
(그림 1) Femtocell 장비 출하 전망



(그림 2) Femtocell 장비 수익 전망

2-1. 와이브로 펌토셀 기술 개발 현황

KT 중앙연구소는 싱글모드 단말로 가정과 사무실에서 고속 인터넷 접속을 요구하는 고객의 요구사항과 저렴한 장비로 신규 시장 진출을 원하는 사업자의 요구사항을 만족시키기 위해 2007년부터 와이브로 AP(Access Point)를 개발하였다. 와이브로 액세스 포인트는 적용되는 환경에 따라 아래의 (그림 3) 피코셀(Picocell)인 SOHO용, 기업용 AP와 (그림 4)의 펌토셀인 가정용 AP로 세 가지 형태로 개발되고 있다.

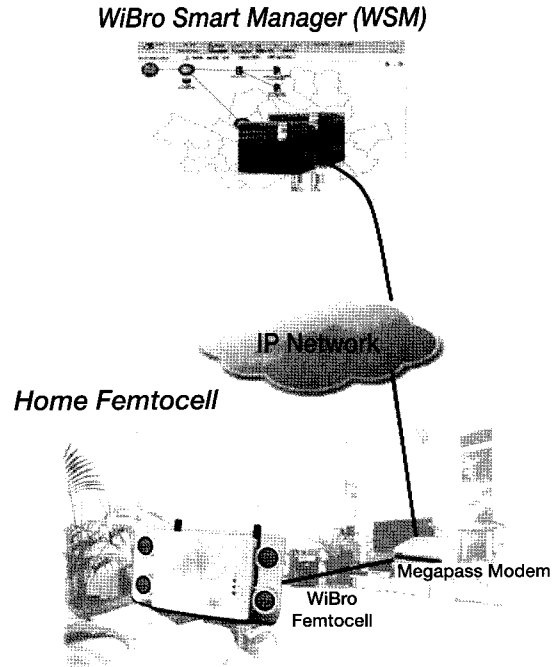


(그림 3) 와이브로 피코셀 구성도

(그림 3)에 나타난 피코셀에 대해서 살펴보면 SOHO용 피코셀은 커버리지 확장의 편의성을 위해 채널카드와 RF 파트가 구분되는 Remote RF형태의 구조를 가진다. 채널카드는 Master unit(MU)에 구현되고 RF 파트는 Remote Unit(RU)에 구현되며 둘 사이의 인터페이스는 UTP 케이블로 연결된다. 또한 RU의 설치의 편의성을 위해서 PoE (Power of Ethernet)를 구현하여 RU의 전원은 MU에서 UTP 케이블을 통해 공급한다.

기업용 피코셀은 RF 케이블 분산 방식을 채택하였고 빌딩의 2~3개 층 정도 커버리지를 목표로 35dBm의 RF power를

가진다. 또 층간 핸드오버 및 옥외 매크로셀 핸드오버 지원과 기업의 보안 솔루션을 위하여 건물 내에 Pico ACR이 함께 설치된다.



(그림 4) 와이브로 펌토셀 구성도

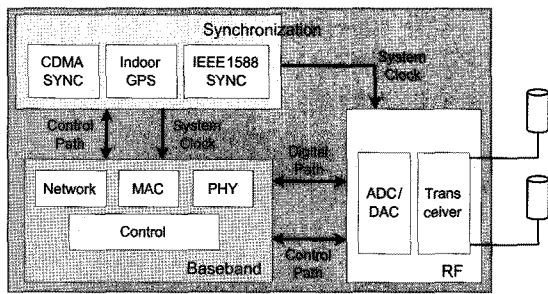
(그림 4)의 와이브로 펌토셀에 대해서 더 자세히 살펴보면, 와이브로는 All-IP 기반의 네트워크 구조로 3G 펌토셀보다는 간단한 네트워크 구조를 가지게 된다. 따라서 펌토셀은 인터넷 모뎀에 직접 연결되며 펌토셀의 적절한 자동 설정 및 관리를 위해 WiBro Smart Manager와 연동된다.

펌토셀의 내부구조는 (그림 5)에서 나타내어지듯이 크게 PHY와 MAC layer의 기능을 담당하고 유선망을 통해서 네트워크 액세스 기능을 하는 채널 카드와 채널 카드와 Digital I/Q 인터페이스를 가지고 RF 신호를 송/수신하는 RF 파트로 나뉜다. 또 와이브로는 TDD(Time Division Duplex)이므로 기지국간 간섭을 최소화하기 위해서 GPS의 1pps에 동기화된 신호를 생성하기 위한 동기 모듈로 구성된다.

개발된 와이브로 펌토셀은 MIMO가 가능한 Wave II profile을 지원하고 국내뿐만 아니라 해외에서의 사용도 고려하여 8.75MHz/10MHz, 2.3GHz/2.5GHz의 모드를 간단한

설정의 변경만으로도 사용이 가능하다. 펠토셀의 최대 속도는 UDP 환경에서 25Mbps(MIMO Matrix-b, 64QAM-5/6)의 다운로드 속도와 4Mbps(SISO)의 업링크 성능을 보인다.

펠토셀-펠토셀 또는 펠토셀-옥외 매크로셀과의 핸드오버가 필요 없는 상황에서는 ACR이 없이 구동되는 ASN Profile B가 지원되고 핸드오버가 필요한 경우에는 ACR이 연동되는 ASN Profile C를 지원한다. 현재 개발된 와이브로 펠토셀의 자세한 특징은 아래 <표 1>과 같다.



(그림 5) 와이브로 펠토셀 내부 블록도

<표 1> 펠토셀 주요 특징

Features	Implementation
Standard compliant	IEEE802.16e(Wave II)
FA/Sector	1FA/1Sector
Carrier Frequency	2.3GHz/2.5GHz Configurable
Channel BW	8.75MHz/10MHz Configurable
Transmission Power	20dBm per antenna
Channel Coding	Convolutional Coding Convolutional Turbo Coding
Scheduling	Round Robin
Modulation Scheme	QPSK/16QAM/64QAM (Downlink) QPSK/16QAM (Uplink)
Network Interface	Fast Ethernet
ASN Profile	Profile B or Profile C
Active User	5

2-2 와이브로 펠토셀의 기술적 이슈 및 현황

기본적인 성능 측면에서는 펠토셀의 개발 상태는 만족할 수준이지만 상용화를 위해서는 지속적으로 개발되어야 할 문제점들이 남아있다. 그 중 대표적인 기술적 이슈들로는 동기 모듈과 Self-organizing Network (SON) 이다.

- 동기 모듈 개발 이슈

일반적으로 옥외에 설치되어 있는 기지국은 신뢰성을 위해서 각각의 기지국마다 GPS 신호 수신 장치가 탑재되어 기지국간 동기를 맞추게 되며, 각 사업자가 요구하는 기술 기준을 만족하여야 한다. 하지만 실내에 설치되는 펠토셀은 특성상 낮은 가격으로 경쟁력을 제작 가능해야 하므로 기지국에 탑재되었던 고가의 GPS 장비는 적용하기 어렵고 또한 설치 시에도 별도의 안테나를 외부에 설치하여야 함으로 가정이나 실내에는 별도의 공사과정이 필요하게 되어서 펠토셀에는 적용하기 어렵다. 따라서 펠토셀을 위한 별도의 저가형 동기 모듈이 필요시 된다.[3]

보통 펠토셀 동기 모듈로 거론되고 있는 기술은 크게 네 가지로 옥외 매크로셀 신호를 이용하는 방안, 네트워크로 인공 위성의 정보를 얻는 Indoor GPS, 네트워크의 패킷을 기반으로 하는 IEEE1588, 기존 2G망을 활용한 CDMA Pilot을 이용하는 것이다.

옥외 매크로셀 신호를 이용하는 동기의 경우에는 증계기에서 사용했던 솔루션으로 정확도 측면에서는 검증이 되었지만 가격이 높게 형성되어 있다. 또한 수신되는 옥외 매크로셀 신호보다 펠토셀의 파워가 더 셀 경우 옥외 매크로셀 신호를 검출하지 못하게 되어 동기화를 잃게 된다. Indoor GPS의 경우 높은 정확성을 보이지만 설치시 GPS 안테나의 위치가 제약사항이 되므로 펠토셀의 위치에 따라 안테나를 케이블로 연장을 해야 하는 부담이 있다.

IEEE1588 네트워크 동기는 기존 네트워크를 이용하는 장점과 저렴한 가격으로 인해 기업용 피코셀에는 상용화가 되었지만 가정용 펠토셀이 설치되는 주 환경인 x-DSL이나 FTTH 같은 상, 하향의 패킷 딜레이가 비대칭적인 네트워크에서는 정확도 면에서 크게 떨어지게 된다. 기존의 2G망을 이용하는 동기방안은 음영지역이 없다는 장점을 이용할 수 있지만 증계기로 인한 딜레이에 대한 보상이 어렵고 2G망의 향후 존속 여부에 대한 이슈사항이 남아있다. <표 2>에 동기 방안에 대한 이슈사항을 정리하였다.

- Self-Organizing Network 이슈

펠토셀은 허가대역에서 운영되므로 옥외 매크로셀에 간섭을 줄 수 있고, 한정된 스펙트럼상에서 운영되므로 펠토셀 사용자간에 높은 품질의 서비스를 제공하기 위해서는 펠토

〈표 2〉 펠토셀 동기 후보기술

동기 후보기술	정확도	가격	이슈사항
옥외 매크로셀	높음	높음	자기 간섭 문제
Indoor GPS	높음	중간	설치 위치 제약
IEEE1588	낮음	낮음	네트워크 비대칭성
CDMA Pilot	중간	높음	2G망 존속문제

셀 간의 간섭을 최소화 하여야 한다. 이에 대해 Self-Organizing Network에 관한 내용이 활발히 연구되고 각 표준화 단체에서는 표준화를 서두르고 있다.[3][4]

Self-Organizing Network은 크게 펠토셀 초기 설정에 관련된 자동 설정 (Auto-Configuration)과 운영 중에 간섭을 최소화하고 전송속도를 최적하기 위한 자기 최적화 (Self-Optimization)과정으로 크게 두 과정으로 나뉜다.

자동 설정에서는 펠토셀의 IP 를 포함한 네트워크 관련 파라미터 설정이 필요하다. 또한 간섭이 가장 적은 채널 환경을 찾아내기 위한 RF 측면에서의 자동 설정 과정과 다른 기지국이나 펠토셀과의 간섭을 피하기 위해 최적 기지국 파라미터 설정이 필요하다. 그리고 운용 중에 이웃기지국과의 간섭 조정과 원활한 핸드오버를 위해서 이웃기지국 설정, 주기적인 업데이트 등의 과정이 필요하다.

자기 최적화 과정은 펠토셀 운용 중에 성능 최적화를 위한 것으로 보통 커버리지와 전송 용량에 대한 최적화, 간섭량에 대한 최적화, 펠토셀 부하 최적화 등으로 나뉘어져서 연구되고 있다.

개발된 와이브로 펠토셀에서는 자동 설정 및 자기 최적화의 구현은 펠토셀 자체내의 채널 환경 검색 및 주변 기지국 정보 검색기능이 구현되었고, (그림 3)에서와 같이 WiBro Smart Manager와의 연동을 통해서 기본적인 자동 설정 및 자기 최적화 기능을 구현되어 현재 테스트 중에 있다.

3. 펠토셀 사업화 적용 방안

펠토셀의 사업화 적용 방안은 펠토셀의 사용 용도에 따라 크게 세 가지 방안을 생각할 수 있다. 옥외 매크로셀이 커버하지 못하는 음영지역을 커버하기 위해 사용되는 음성 커버리지 확장 방안, 실내에서 고용량 무선 데이터 수요를 충족하기 위해 사용되는 무선 브로드밴드 강화 방안, 가정 내 컨

텐츠 생성, 유통 등을 장악하기 위한 홈 게이트웨이 적용 방안으로 나뉜다.[1,2]

음성 커버리지 확장 방안은 펠토셀 설치로 인해서 실내의 음영 지역 해소 및 음성 통화 품질을 높일 수 있을 뿐만 아니라 기존의 FMS 서비스에서 보였던 홈존 서비스를 적극적으로 이용할 수 있다. 또한 기존에는 중계기 솔루션을 이용해야 함으로서 설치나 중계기 운용에 막대한 비용이 들었지만 펠토셀을 이용하면 비교적 저렴한 가격으로 음성 커버리지의 확장이 가능하다. 사용자 입장에서는 펠토셀 기반의 요금제를 가입하면 기존의 단말로 음성 서비스를 저렴하게 이용할 수 있는 장점이 있으며, 집안에서 좋은 통화 품질을 이용할 수 있다. 사업자 입장에서 살펴보면, 중계기 대비 높은 품질의 서비스가 제공가능하고 펠토셀을 통한 위치 기반의 서비스 등 다양한 요금제 적용이 가능하다.

두 번째로 실내의 무선데이터의 수요를 충족하는 무선 브로드 밴드 강화 방안은 단순히 음성 커버리지를 확대할 뿐만 아니라 무선 자원을 많이 차지할 수 있는 멀티미디어 트래픽 등을 옥외 매크로셀에 부하를 주지 않고 펠토셀로 분산시킴으로써 무선 데이터를 활발히 이용하는 고객층을 확보할 수 있다. 또한 옥외 매크로셀에 데이터의 부하를 분산시킴으로써 매크로셀 사용자들에게도 높은 품질의 서비스를 제공할 수 있다. 사용자 입장에서는 옥외에서 이용하는 하나의 단말을 이용함으로써 단말의 교체 없이 편리하게 무선 데이터 서비스를 이용할 수 있는 장점이 있다. 그리고 사업자 입장에서는 고객이 실내에서 무선데이터 서비스 이용 경험이 늘어나게 되면서 옥외에서도 무선데이터 서비스 이용이 늘어나는 것을 기대할 수 있다. 그래서 무선 데이터의 ARPU (Average revenue per user, 가입자당 평균 매출)의 향상을 이끌어 낼 수 있다.

세 번째로 대내의 컨텐츠 생성, 유통, 소비의 허브 역할을 하는 홈 게이트웨이 적용 방안은 이동 단말기, PC, TV간의 정보 공유를 통해서 대내에서 사용이 많은 컨텐츠와 서비스를 옥외에서도 사용할 수 있게 된다. 사용자 입장에서는 컨텐츠를 위치에 제약 없이 이용하게 할 수 있으므로 보다 향상된 서비스를 제공 받을 수 있다. 사업자 입장에서는 위치 기반 서비스나 Context-aware 서비스 등 새로운 서비스가 제공함으로써 신규 수익을 창출할 수 있다. 펠토셀의 홈 게이트웨이 적용 방안은 Residential Gateway와 Set-Top Box,

펌토셀의 기능 결합으로 펌토셀 자체 가격보다 단가의 상승이 일어나는 단점이 있게 된다. 이에 따라 홈 게이트웨이 적용의 성공에는 표준화, 장비 호환성 확보를 통한 장비 가격 하락이 필수적이다.

III. 결 론

본고에서는 FMS 전략의 핵심 기술로 각광받고 있는 초소형 기지국 기술인 펌토셀의 정의 및 시장 전망에 대해서 알아보고 현재 KT중앙연구소에서 진행중인 와이브로 펌토셀, 피코셀의 기술개발 현황 및 앞으로 와이브로 펌토셀이 상용화를 위해 해결해야 하는 기술적 이슈인 동기화 방안, 자동 설정 및 자기 최적화 방안 등을 알아보고 펌토셀의 사업화 적용 방안에 대해서 알아보았다.

현재의 와이브로 펌토셀의 전송용량, 지원 사용자수 등은 상용화 수준에 올라와 있다. 하지만 앞으로의 펌토셀 상용화를 위해서는 동기 기술, 자동 설정 및 자기 최적화 기술(SON), 간섭 완화 기술 등의 지속적으로 개발이 필요하고, 가격 경쟁력 등 타 기술 대비 경쟁력을 가지도록 지속적인 노력이 필요하다.

Acknowledgement

본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 IT 핵심 기술개발사업의 일환으로 수행하였음. [2007-S-029-03, 가정용/기업용 WiBro 시스템 기술개발]

참 고 문 헌

- [1] 전자통신동향분석 “유무선 통합 시대의 펌토셀 동향 및 비즈니스 모델” 제23권 제2호, 2008
- [2] ATLAS Research & Consulting, 펌토셀, 대세적 흐름이 될 것인가?: 국내의 최신동향, 도입효과, BM, 시나리오 분석, 2007
- [3] 대한전자공학회 하계학술종합대회 “WiBro Femtocell 을 위한 동기 모듈 개발”, 2009
- [4] www.3gpp.org
- [5] www.wimaxforum.org

약 력



2006년 한양대학교 학사
 2007년 한국과학기술원 석사
 2007년 - 현재 KT 중앙연구소
 관심분야: WiBro Femtocell 개발, RF 시스템 개발

오 영 설



1998년 서울대학교 학사
 2000년 서울대학교 석사
 2000년 - 현재 KT 중앙연구소
 관심분야: WiBro Femtocell & Picocell, 무선 시스템 개발

이 중 식



1982년 서울대학교 학사
 1984년 서울대학교 석사
 2001년 서울대학교 박사
 1985년 - 현재 KT 중앙연구소
 관심분야: WiBro 시스템 개발, 무선인터넷 플랫폼 및 서비스 개발

이 성 준