

# Femtocell 시스템 구조 및 망 적용시 고려사항

오종민 | 송승호  
SK텔레콤

## 요약

본고에서는 Femtocell의 장비 특성을 고려한 3G Network에서의 활용 방안에 대해 알아보고, 상용 서비스 제공 시 예상되는 Femtocell 기술 이슈 분석을 통해 향후 3G 이동전화 Network에 적용하기 위해 개선되어야 하는 기술 사항에 대해서 알아본다.

## 1. 서론

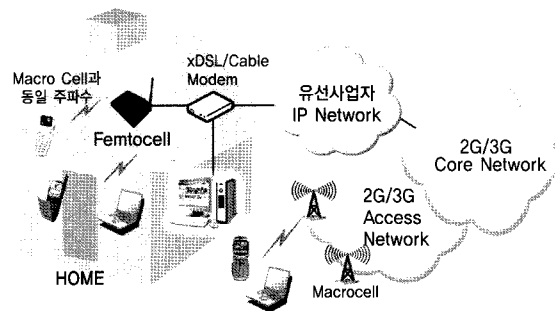
몇 년 전부터 많은 기대를 받아온 Femtocell은 사업, 정책 및 기술 이슈로 인해 상용화가 지연 되다가 2009년 4월에 3GPP에서 Femtocell 기술 표준을 확정함에 따라 본격적인 상용화를 위한 기술적 기반을 마련하였다.

Femtocell은 저가의 소형기지국으로 건물 내 이동전화 서비스를 위한 효율적인 장비이며, 향후 이동전화 기술이 데이터 기반으로 진화함에 따라 Femtocell은 고속데이터 서비스 제공에 있어 유용한 솔루션이 될 것으로 예상된다.

현재 Femtocell을 3G 상용 Network에 적용하기 위해서는 아직도 해결해야 하는 많은 기술적 이슈가 남아 있으며, 본 논문에서는 이러한 주요 기술적 이슈에 대한 검토를 통해 Femtocell이 활성화 되기 위해 필요한 기술적 선결 조건에 대해 알아 보고자 한다.

## II. Femtocell의 개요

우선 Femtocell의 개념을 살펴보면 Femtocell은 유선 인터넷(xDSL/Cable/FTTH 등) 망을 기지국 회선으로 사용하는 저전력/초소형의 옥내형 이동전화 기지국을 의미한다. (그림 1)에서와 같이 Femtocell은 xDSL등 유선 사업자의 초고속 인터넷망을 Backhaul로 활용하며, Femtocell을 통해 기존 핸드폰에 별도의 추가 모듈 내장 없이 고속데이터/음성 서비스를 즐길 수 있는 장점을 가진다.



(그림 1) Femtocell 시스템 구성도

이동전화사업자가 Femtocell을 활용하는 방안은 크게 Network 측면과 마케팅 측면 두 가지 관점에서 고려해 볼 수 있다. Network 측면에서는 이동전화사업자가 건물 내 커버리지 확장과 Network 용량 증대를 위해 Femtocell을 이용하는 방안이다. 마케팅 측면에서는 가입자에게 Femtocell 지역에서 요금 할인 등 마케팅 정책을 통해 가입자를 추가 확

보하고, Retention을 강화하기 위해 활용하는 방안이다.

Network 측면에서 Femtocell을 활용하여 건물 내 서비스 음영지역 해소를 목적으로 이용하는 경우와 가입자에게 고속의 Data 서비스를 제공하여 Data 부하 분담을 통해 Network 용량 증대에 활용하는 경우가 있다.

우선 이동전화사업자가 건물내 커버리지 확장을 위해 사용하는 경우 사업자가 Femtocell 설치 대상지역의 무선환경을 분석하여 건물 내 음영지역 위주로 Femtocell을 설치함으로써 주변 무선환경을 고려한 최적화를 통해 기술적 이슈 발생을 최소화 할 수 있다.

Network Data 용량 증대를 위해 이동전화 사업자가 Femtocell을 활용하는 경우 무선환경 보다는 가입자의 요구가 Femtocell 설치 여부를 판단하는 주요 Factor가 된다. 이 경우 Femtocell 설치 관련 사업자의 무선환경 최적화에 한계가 있어 기술적 이슈 해소는 제한적일 것으로 예상된다.

마케팅 측면에서 Femtocell을 가입자가 구매, 설치할 경우 이동전화 사업자는 Zone 단위의 요금 할인제도 등 마케팅 정책을 도입함으로써 가입자의 추가 확대 및 Retention을 강화할 수 있게 된다. 이 경우 가입자의 필요에 따라 무선환경에 대한 고려 없이 Femtocell을 설치하게 됨으로 다양한 기술적 이슈가 발생하게 된다.

그럼에도 불구하고 현재는 대부분의 이동전화 사업자는 Femtocell 도입 시 발생할 수 있는 비용 이슈 및 장비 관리, 운용 이슈 등을 고려하여 가입자가 Femtocell 구매, 관리하는 방식의 Femtocell 사업을 고려하고 있다.

### III. Femtocell관련 동향

이동전화사업자들은 Femtocell에 대하여 많은 관심을 가지고 Trial및 기술 분석을 추진하고 있으나, Femtocell 상용화를 위해 아직 적극적인 사업 추진을 하지 않고 있으며 Vodafone등 상용서비스 사업자에 대해 모니터링을 하고 있는 상황이다.

일본 이동전화사업자들은 건물내 음영 지역 서비스를 위해 많은 수의 RF 중계기를 사용하고 있으며 Femtocell은 테

이터 서비스 활성화 및 3G Network 용량 확대 측면에서 고려하고 있다. 일본의 Major 사업자들은 Femtocell 서비스를 소극적으로 추진하거나, Femtocell 도입에 대해 고려하고 있는 상황이다.

SoftBank 모바일은 2009년 3월 IMS기반의 Femtocell 상용 서비스를 발표하였으며, Yahoo Japan Portal과 연계한 무선 Broadband 서비스 활성화를 위한 장비로 계획하고 있다. SoftBank는 무선 데이터 서비스 활성화를 위한 하나의 방안으로 Femtocell을 추진하고 있어 Wi-Fi AP를 활용하는 방안도 지속적으로 유지하고 있다.

SoftBank는 Femtocell 상용화를 발표하였으나, Camp on 등 Femtocell의 기술적 이슈 들로 인해 Femtocell 상용서비스를 시외각에서 소규모로 추진하였으며, 무선 Broadband 서비스 Needs가 많은 도심지역에서 Femtocell 상용서비스는 아직 적극적으로 추진하지 않는 상황이다.

NTT DoCoMo는 2007년말 Femtocell 상용서비스 개시를 발표하고, 건물내 Office 용으로 Femtocell 상용 서비스를 제공하고 있으며 향후에는 건물내 개인 사용자를 위한 Femtocell 서비스를 고려하고 있다.

KDDI는 2009년초 Femtocell에 대해 부정적 입장에서 선회하여 현재 Femtocell에 대해 시험 및 분석을 추진하고 있는 상황이다.

미국의 이동전화 사업자들은 광활한 Area에서 건물 내 이동전화 서비스 불량 개선을 위해 이미 2007년부터 Femtocell 도입을 추진하고 있다.

Sprint는 2007년 9월 건물내 서비스 커버리지 확장을 위해 CDMA Femtocell을 미국의 일부 지역에서 도입하였으며 2008년 8월 미국 전 지역으로 확대하여 건물내 서비스 커버리지를 확장하고 있다.

Verizon은 2009년 1월 건물내 음영지역 해소를 위해 CDMA Femtocell을 도입하고 있으며, AT&T도 건물내 WCDMA 음영지역 해소를 위해 Femtocell 도입을 추진 중에 있다.

T-Mobile USA는 Femtocell 보다는 Wi-Fi 기반의 Home FMC에 많은 관심을 가지고 있으며, 2007년 부터 'Hotspot@Home' 이름으로 FMC 상용서비스를 개시했다.

유럽지역에서는 대부분의 이동전화사업자가 Wi-Fi와 UMA를 이용한 건물내 서비스 고려하고 있으며, 2009년 7월

Vodafone UK의 Femtocell 상용서비스 개시를 계기로 Femtocell에 대해 다시 관심을 갖게 되었다.

Vodafone은 2008년 초 스페인에서 WCDMA Femtocell Trial을 추진하는 등 지속적으로 Femtocell에 대해 관심을 보여 왔다. 2009년 7월 영국에서 가입자가 직접 Femtocell을 구매하는 방식의 상용 Femtocell 서비스를 개시 하였다. 많은 사업자들이 Femtocell에 대한 사업적인 확신이 불투명한 시기에 공식적으로 상용 서비스를 개시함으로써 Femtocell에 대한 이동전화사업자들의 관심을 다시 불러 일으켰다.

유럽의 Telefonica O2는 2009년초 상용서비스 제공을 목표로 2008년 영국에서 Femtocell Trial을 추진했으나, 상용서비스 시기는 2010년 이후로 연기한 상황이며 Femtocell에 대한 시험 및 기술 분석을 지속 추진 중이다.

Orange, Teliasonera, T-Mobile, Telecom Italia 등 많은 유럽 사업자는 건물내 음영지역 개선을 위해 Wi-Fi 기반의 FMC 서비스를 이용하고 있으며, Femtocell을 활용한 건물내 음영지역 개선 가능성을 타진하기 위해 Trial 및 기술 분석을 추진하고 있는 상황이다.

이와 같이 SoftBank, Sprint, Vodafone 등 사업자들이 Femtocell 상용 서비스를 제공하고 있으나, 많은 이동전화 사업자들은 Femtocell의 기술 이슈로 인해 사업추진에 대한 확신을 가지지 못하는 상황이다.

이에 다음 장에서는 Femtocell을 활성화하기 위해 선결되어야 하는 주요 기술적 이슈에 대해 살펴 보고자 한다.

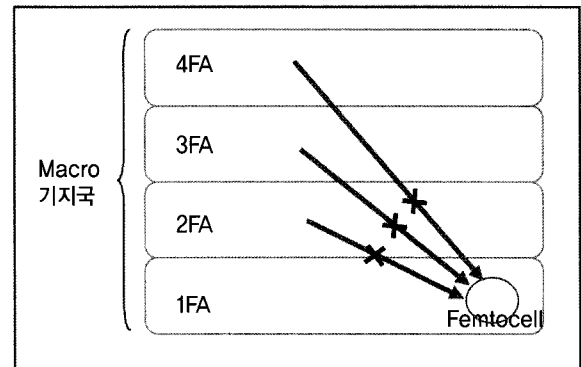
#### IV. 기술적 이슈

WCDMA Femtocell의 주요 기술적 문제는 Camp on 이슈, Handover 이슈, Interference 이슈 등이 존재한다.

우선 Camp on 이슈는 WCDMA Macro 기지국 품질이 양호한 지역에서 단말이 Femtocell을 인식하지 못하는 이슈로 이동전화 사업자가 Femtocell을 이용한 요금 할인 등 마케팅 정책을 추진할 경우 Camp on 이슈가 크게 부각될 것으로 예상된다.

WCDMA Femtocell은 하나의 FA만 사용이 가능하므로 (그림 2)와 같이 Femtocell과 다른 FA를 사용하는 단말이

Macro 기지국에서 Femtocell로 이동할 경우 Macro 기지국의 신호 품질이 양호하여 Femtocell의 존재를 인식하지 못하고 계속 기존 Macro 기지국에 접속하는 문제가 발생하게 된다.



(그림 2) Camp on 이슈

Femtocell과 동일 FA를 사용하는 단말의 경우에도 Macro 기지국의 신호가 강한 지역에서 Femtocell의 커버리지가 축소되어 Femtocell을 이용하지 못하는 이슈가 발생할 가능성이 존재한다.

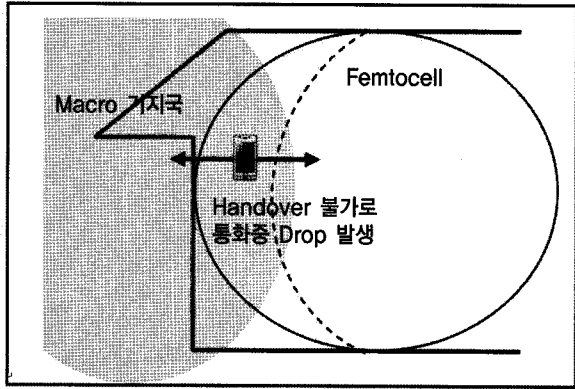
또한 우리나라는 건물내에 많은 수의 중계기를 사용하고 있어 Femtocell 도입시 Camp on 이슈가 많은 지역에서 빈번하게 발생할 것으로 예상된다.

둘째 Handover 이슈는 Macro 기지국 내에 다수의 Femtocell설치되어 있을 경우 통화중인 단말이 Macro 기지국에서 Femtocell로 이동 시에 Handover가 되지 않는 현상이 발생하는 이슈이다.

WCDMA 시스템은 단말이 Handover를 시도할 경우 서비스 기지국의 Neighbor List에 있는 기지국의 신호 세기를 측정하여 가장 센 신호의 기지국으로 Handover를 시도하게 된다. WCDMA Handover List는 최대 64개 (FA내 32개, FA간 32개)를 등록할 수 있어서 다수의 Femtocell을 설치할 경우 기지국 Neighbor List 등록 한계로 인해 Handover가 되지 않는다.

Handover 이슈의 경우 Interference 이슈와 연계하여 Home에서 통화 단절이 발생하는 주요 원인으로 작용하기도 한다. (그림 3)과 같이 Home 내 Femtocell과 Macro 기지

국의 경계 지점에서 통화를 할 경우 RF 신호 세기 변동으로 경계 지점이 움직이게 된다. 이 경우 통화중인 고객이 정지하고 있으나, 경계 지점이 이동함으로 Handover가 발생하여 통화 단절이 일어나게 된다.



(그림 3) Interference와 Handover 연계 이슈

또한 Femtocell의 신호가 Home 밖으로 나올 경우 도로 등 옥외에서 Macro 기지국과 Femtocell 간의 경계가 존재하게 되어 통화 단절이 발생하게 된다. 많은 수의 Femtocell이 설치될 경우 이로 인해 WCDMA Network 전체의 품질이 저하될 것으로 예상된다.

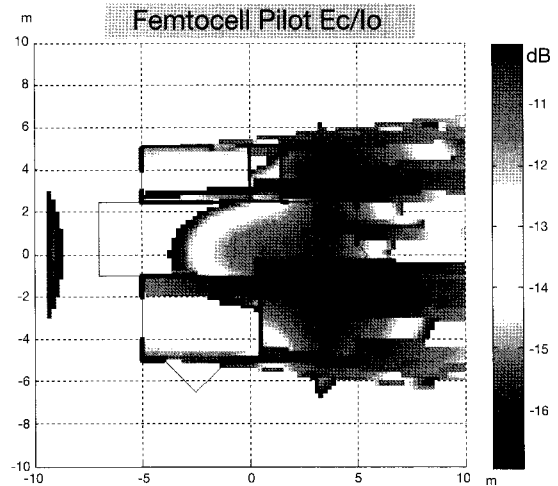
이에 대한 개선 방안으로 Femtocell을 제한된 가입자만 사용할 수 있도록 Closed Mode로 운영하는 방안이 제안되고 있으나, Closed Mode로 Femtocell 운영할 경우 방문객 서비스 불가 등 가입자별 커버리지가 다르게 형성되어 Femtocell을 상용망에 적용하기 어려울 것으로 예상된다.

셋째 Interference Issue는 Femtocell과 Macro 기지국간 동일 FA를 사용할 경우 신호 간섭으로 인해 WCDMA 통화품질에 영향을 주는 문제로 위에서 설명한 Handover 이슈와 연계하여 많은 문제를 발생할 것으로 예상된다.

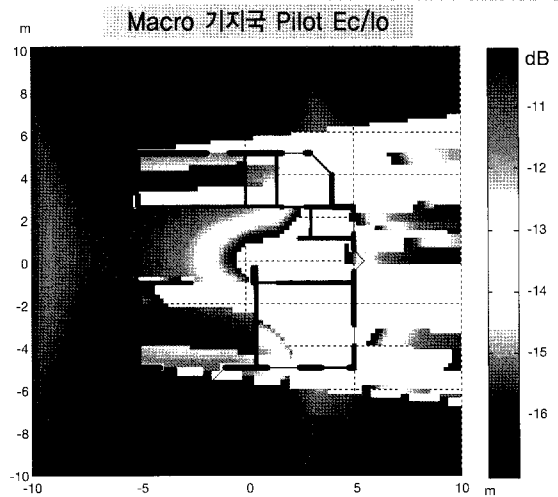
아래 (그림 4)와 (그림 5)는 Femtocell (20mW)이 Macro 기지국(20W)에서 50m 거리에 있는 Home을 서비스하는 경우 Home 내부에서의 Femtocell 신호 세기와 Macrocell 신호 세기를 보여주는 Alcatel-Lucent社의 시뮬레이션 결과로 Home 내부에서 Femtocell과 Macro 기지국간의 신호 간섭이 발생하며 셀간 경계가 존재하게 된다.

또한 (그림 4)에서와 같이 Home 외부로 Femtocell 신호가

전파되어 도로등 건물 외부에서 Macro 기지국 신호에 간섭을 발생시키거나 Handover를 유발시켜 WCDMA 통화 품질을 저하시키는 요인을 작용할 가능성이 있다.



(그림 4) Femtocell 신호 분포



(그림 5) Macro 기지국 신호 분포

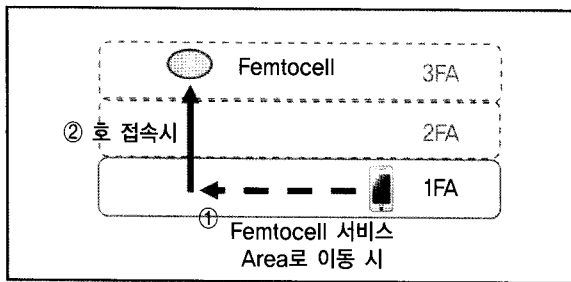
이와 별도로 Femtocell은 셀 반경이 작아 Macro 기지국과 커버리지 중첩지역의 단말 상향 신호에 의한 간섭이 많이 발생할 것으로 예상되며 이에 따른 Femtocell의 용량 저하 및 품질 저하가 예상된다.

WiBro Femtocell에서는 Femtocell Area 인지 이슈,

Handover 이슈, 동기신호 확보 이슈가 존재한다.

WiBro 시스템에서는 WCDMA와 달리 단말이 호 접속시 모든 주파수를 Scanning하고 가장 좋은 FA의 신호에 접속하여 통화를 시도함으로 Camp on 이슈는 없으나, WiBro 가입자가 호 시도 전에 Femtocell 서비스 Area 여부를 알 수 없는 이슈가 존재한다.

(그림 6)은 단말이 Macro 기지국에서 Femtocell로 이동시 동작상태를 보여주는 그림으로 Femtocell과 다른 FA 단말이 Femtocell Area로 이동할 경우 Femtocell의 존재를 알지 못하는 상태가 지속된다.



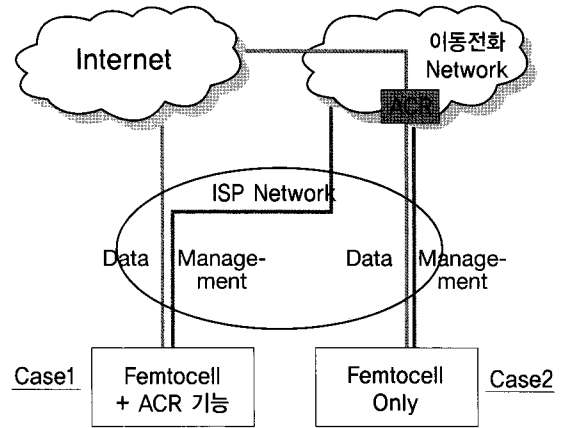
(그림 6) Femtocell로 이동시 단말 동작

또한 Femtocell과 다른 FA를 사용하는 통화중의 단말이 Femtocell로 이동할 경우 Femtocell을 인식하지 못해 통화 종료시 까지 Macro 기지국을 이용하게 된다. Femto Zone 요금차별화 서비스를 제공하는 경우 Femto Zone에 있음에도 불구하고 특화요금으로 서비스를 받지 못한 사용자들의 불만이 제기될 수 있다.

두 번째 WiBro 시스템은 일반적으로 WCDMA와는 다르게 단말에서 수신되는 신호를 기반으로 Handover를 진행함으로 기지국의 Neighbor List 수의 한계에 의한 Handover제약은 없으나, Data Traffic이 WiBro Core Network에 미치는 영향을 최소화하기 위해 Femtocell이 ACR(Access Control Router) 기능을 포함하는 구조로 시스템이 설계될 경우 Handover를 지원하기 힘든 Issue가 발생하게 된다.

일반적으로 WiBro Femtocell의 구조는 (그림 7)과 같이 2개의 Case가 존재한다. Case 2의 경우에는 Handover 기능을 ACR(Access Control Router)이 관리함으로써 Handover가 가능하나, Case 1과 같이 Femtocell이 ACR 기능을 포함하는 경우 Handover 관리 시스템 부재로 Handover가 불가능한

이슈가 발생하게 된다.



(그림 7) WiBro Femtocell Architecture

셋째 WiBro는 TDD 방식의 시스템으로 기지국의 동기 확보가 중요하다. 동기는 Frequency 동기와 Time 동기가 존재한다. WiBro 시스템은 기지국간 송수신 신호 동기가 일치해야 함으로 Frequency 동기뿐 아니라 Time 동기도 확보하여야 한다. WiBro 시스템은 Time 동기를 확보하지 못할 경우 서비스에 치명적인 이슈가 발생할 수 있다.

WiBro Femtocell의 경우 기존의 NTP, IEEE1588 방식으로 Time 동기의 정확성을 확보할 수 없어 Time 동기를 확보할 수 있는 기술개발이 별도로 필요하다.

## V. 결 론

위에서 알아본 바와 같이 3G 상용 Network에 Femtocell 적용을 고려할 경우 다양한 기술적 Issue가 존재한다. 이러한 Issue 사항들은 이동전화 사업자들의 마케팅 Option 및 Flexibility를 제한하여 Femtocell 도입을 주저하게 만드는 원인이 되고 있다.

향후 이동전화 Network 진화 측면에서도 많은 이동전화 사업자와 제조사들이 3G/4G Dual Mode Femtocell을 고려하고 있어 현재 3G Femtocell에서의 기술 이슈 해결을 위한 기술개발이 필요한 상황으로 판단된다.


Femtocell의 기술적 이슈에 대해 간파한 관련 표준화 기관들은 Issue 사항 해결을 위한 많은 노력을 기울이고 있으며 특히 LTE 진화 관련 Global Operator 연합체인 NGMN에서는 SON을 이용한 Macro 기지국과의 간섭 문제 해소 및 Network 부하 경감 등의 방안들을 논의하고 있다. 향후 이동전화 진화 시스템에서는 이와 같은 기술 이슈들이 해소되어 이동전화사업자들이 Femtocell 을 이동전화 시스템의 주요 장비로 활용함으로써 Femtocell이 활성화 되었으면 하는 바램이다.

Femtocell” (<http://www.femtoforum.org/femto>).

참 고 문 헌

- [1] Femtoforum, “What is a Femtocell ?” (<http://www.femtoforum.org/femto>).
- [2] Picochip, “What is in it for the Mobile Operators ?”, The case for Femtocell, pp. 6
- [3] 김준식, 박남훈, 김영진, “팜토셀 기술 동향”, 전자통신 동향분석, 제24권3호 (2009.6)
- [4] Total Telecom “Vodafone sells indoor coverage with UK femto launch” (2009,6,23)
- [5] NTT DoCoMo “Femtocell Solutions as part of an In-Building Strategy” (2008,3,11)
- [6] SoftBank “Challenge for IMS-based Femtocell” (2008,3,11)
- [7] SoftBank “Femtocell Solution and Deployment of SoftBank Mobile” (2009.3.23)
- [8] Atlas Research “팜토셀 기반의 FMC 경쟁, 美 시장에서 가시화 조짐” (2009,2,23)
- [9] Guardian “O2 plans UK’s largest ‘femtocell’ trial” (2008,2,11)
- [10] Fierce Wireless europ, “Orange ignores femtocells and launches 3G/Wi-Fi UMA service” (2008,9,8)
- [11] Fierce Wireless europ, “ T-Mobile unveils 3G/WiFi docking station” (2008,10,3)
- [12] ALU “Macro/Femto Radio co-existence” (2007,10)
- [13] Femtoforum “interference Management in UMTS


**약 력**



**오 종 민**

1995년 한양대학교 전자공학과 학사  
 1995년 ~ 2002년 SK텔레콤 중부Network본부  
 2005년 ~ 현재 SK텔레콤 Network기술원

---



**송 승 호**

2004년 연세대학교 전기전자공학부 학사  
 2006년 KAIST 전자공학과 석사  
 2006년 ~ 현재 SK텔레콤 네트워크 기술원  
 관심분야 : Femtocell, 스케줄러, WMAX 시스템

