

TDD-OFDMA 방식의 귀환 신호 제거 디지털 RF 중계기 설계 및 구현

The Design and Implementation of TDD-OFDMA Feedback Signal Cancellation(FSC) Digital RF Repeater

류규태, 박세준*, 김대연
(Gyoo-Tae Ryoo, Se-Jun Park* and Dae-Yen Kim)

Abstract : As high speed internet users are tremendously increasing, there are keenly in need of development of high speed portable internet technology which can provide high quality wireless internet service cheaply even in the mobile. Unlike the FDD-CDMA, TDD-OFDMA has relatively poor wave environment with inducing interference, fading and delay because it agrees to multi-carrier modulation method and time-division radio telecommunication system. To solve this problem, it is necessary to develop repeater operating by digital signal processing method which have more strict wireless channel control and wave signal processing technology over TDD telecommunication equipments. This thesis is dealing with design and implementation of Digital RF Repeater which implemented 'Synchronization Acquisition Unit', 'TDD signal switching Unit', 'Feedback Signal Cancellation Unit'. Over this argument, we will develop digital RF repeater with more cheap, more adaptive in wave environment like oscillation control, adaptive wave monitoring and output increasing and having control function as a result it will be helpful for success in high speed portable internet service business.

Keywords: FDD-CDMA, TDD-OFDMA, Repeater, Synchronization Acquisition, Feedback Signal Cancellation

I. 서론

최근 이동통신의 급격한 발달로 인하여 국내에서는 고속으로 이동하면서 언제 어디서나 원하는 시간에 실시간으로 원하는 사람과 통화를 할 수 있게 되었고, 인터넷과 같이 고속의 데이터를 이동통신 단말기를 통해 대량의 데이터를 주고 받을 수 있는 서비스가 요구되고 있다. 또한 이동 시에도 고품질의 무선 인터넷 서비스를 저렴하게 제공할 수 있는 초고속 휴대 인터넷 기술 개발이 절실히 요구되고 있다. 이는 현재 TDD-OFDMA 통신방식으로 시스템이 개발되고 있다.

TDD 방식은 상향과 하향 전송속도 및 용량을 변경하기가 상대적으로 용이한 장점이 있어 전송에 필요한 데이터의 양에 따라 상,하향 대역폭을 적응적으로 바꿀 수 있기 때문에 전송 데이터 양이 크게 바뀌고 또 상, 하향 사이에 차이가 많이 나는 비대칭 특성을 가지는 인터넷 데이터의 전송에 적합하다. 단, 단말기 및 기지국 등의 전송을 시간적으로 잘 맞추어야 하는 등의 기술적 어려움이 있다. 따라서 기지국 신호에서 동기를 획득하는 장치와 이를 통해 Downlink 신호와 Uplink 신호를 적절한 시간에 스위칭하는 장치의 개발이 매우 중요하다.

RF 중계기의 경우, 저렴하지만 광 중계기와는 달리 동일한 무선 신호를 주고 받기 때문에 무선 공간에서의 Isolation이 충분히 확보되어 있지 않으면 발진 현상이 발생하여 중계기가 정상 동작하지 않게 되며 또한 발진 신호가 기지국에 전달되어 기지국에 나쁜 영향을 미칠 수 있게 된다. 따라서 귀환 신호를 제거하는 알고리즘이 탑재된 장치의 개발도 매우

중요하다.

본 논문에서는 광중계기에 비해 저렴하고, 안정성이 확보될 수 있는 TDD-OFDMA 통신방식의 디지털 RF중계기의 구현에 관하여 기술한다. 개발된 디지털 RF중계기는 초고속 휴대 인터넷 서비스 사업의 성공적인 수행에 도움이 될 수 있다.

II. 본론

그림 1에서 보는 바와 같이 일반적인 RF 중계기는 기지국과 송수신을 담당하는 Donor Ant와 단말과 송수신을 담당하는 Service Ant로 구분된다. RF를 통신 매체로 사용하는 모든 RF 중계기에서는 송신 신호와 수신 신호의 주파수가 동일하므로 귀환된 송신신호는 원래 수신되는 신호와 섞여서 중계기 내부로 들어온다. 이 때 신호가 증폭되어 귀환 루프를 생성하여 발진현상이 발생하게 되면 중계장치를 망가뜨릴

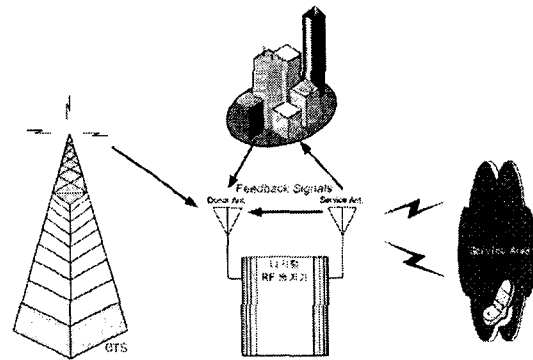


그림 1. RF 중계기 개념도
Fig 1. Description of RF Repeater

* 본 논문은 KT가 주관한 "휴대인터넷 주파수 발진방지 RF 중계기 요소기술 연구개발"의 결과물에 근거하여 작성되었다.

뿐만 아니라 주변의 통신 시스템의 기능을 마비시키는 원인을 제공하기도 한다. 이에 기존의 RF 중계기는 귀환루프가 생성되더라도 시스템에 영향을 주지 않기 위해서 송수신 안테나 사이의 Isolation 보다 약 15dB 정도 낮게 설정하여 운영하게 된다. 이는 수신된 신호가 일정한 상태에서 송신 신호의 크기가 제한되므로 서비스해야 할 영역도 줄어들게 되는 단점이 있다.

또한 WiBro 시스템에 RF 중계기를 적용하기 위해서는 몇 가지 선행되어야 하는 기술들이 필요하다. WiBro 시스템이 TDD-OFDMA 통신방식을 사용하기 때문에 기지국에서 보내준 신호를 분석하여 정확한 동기를 획득하는 장치가 필요하며, 그 동기 신호를 통해서 TTG/RTG 구간내에 신호 품질 및 중계기의 성능에 영향을 미치지 않게 정확하게 스위칭하는 기술 등이 필요하다.

1. 귀환 신호 제거 알고리즘 및 구현

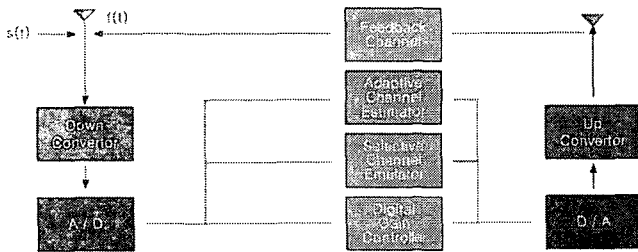


그림 2. 귀환 신호 제거 알고리즘의 구성
Fig 2. Configure of Feedback Signal Cancellation Algorithm

귀환신호 제거 알고리즘은 그림 2 와 같이 구성되어 지고, 수신된 신호는 Down Converter 와 A/D 를 통해 디지털 신호처리를 위해 기저대역으로 변환하게 된다.

수신된 신호는 ACE(Adaptive Channel Estimator)에서 자기상관도를 이용하여 귀환신호의 위상과 크기를 추출하여 Feedback channel 을 예측하게 되며, SCE(Selective Channel Emulator)를 통하여 선택적으로 입력신호로부터 귀환 신호를 제거한다. 제거된 신호는 D/A 와 Up Converter 를 통해 송신하게 된다.

ACE 부에서는 서비스중에도 광범위한 채널의 변화를 추적하여 온도에 따른 장치의 특성변화, 계절에 따른 환경의 변화에 적응하게 된다.

디지털 신호처리를 기반으로 하기 때문에 기존의 아날로그 방식대비 월등한 예측가능성과 재연성을 제공한다. 또한 장치 생산시 까다로운 튜닝작업이 불필요하다.

이 과정은 많은 연산량과 고속의 알고리즘을 수반하므로 고속, 고집적의 FPGA 및 DSP 를 통하여 구현한다. (그림 3 의 DSPB)

2. 동기 신호 획득 장치 구현

중계기로 다시 귀환되는 출력 신호를 제거하기 위해 디지털 신호처리를 하기 때문에 동기화 과정은 매우 중요하다. 또한 OFDMA 전송 기술을 사용하는 WiBro 에서는

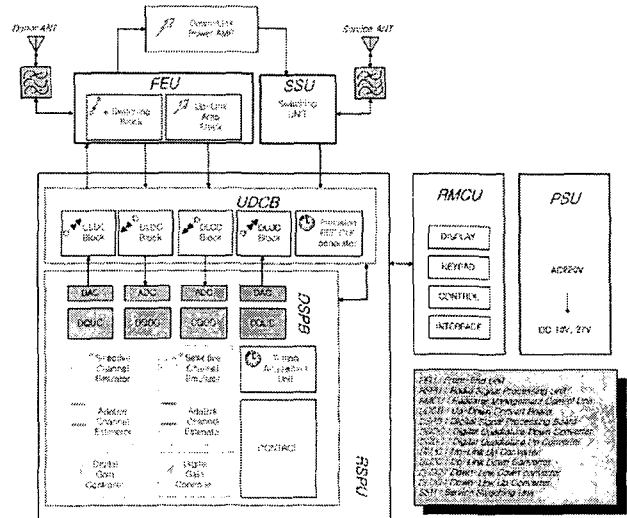


그림 3. 귀환신호제거 알고리즘 블록도
Fig 3. Block Diagram of Algorithm Processing Unit

반송과 주파수 오프셋 동기에 매우 민감하기 때문에 이러한 신호 처리를 위해서는 반송과 주파수 오프셋 동기를 정확히 맞추는 것이 필수적이다. 이를 위해서 기지국의 데이터 프레임으로부터 동기를 획득해야 되는데, 여기에서 사용되는 심볼이 프리앰블이다. 그림 4 의 WiBro 프레임 구조에서 DL 27symbol 중에서 처음 1symbol 이 프리앰블로 사용이 되며, Timing Estimation Method 를 이용하여 데이터 프레임 전체에 대한 상관값을 조사하게 된다. 이 때 상관값을 통해 동기를 맞추게 되며, 이를 이용해서 프리앰블의 대략적인 위치를 예측할 수 있고, 이렇게 예측된 프리앰블 위치를 이용해 Cell 에 대한 정보(ID, Sector)를 찾고, 프리앰블과 Cell 정보를 이용해 PATL(Preamble Acquisition & Tracking Loop)을 제어해서 Freq. Tracking 및 Phase Tracking 을 수행한다 (그림 5)

그림 6 처럼 Wibro 동기 블록이 구현이 되며, 동기화 알고리즘 상의 'Timing Metric' 과 'Frequency Tracking' 한 결과를 그림 7 에서 보여주고 있다.

구현된 동기획득장치의 검증 테스트를 위해 Signal Generator 2 대를 이용하였다. 하나에서는 WiBro 규격에 맞추어 만들어진 데이터 프레임을 다운로드하여 출력 신호를 만들고, 다른 하나에서는 AWGN 환경을 만들어 2 개의 신호를 합해서 동기화 모듈에 인가한 후 Oscilloscope 를 통해서 기준이 되는 Marker 신호와 비교하여 PATL 의 'Lock' 상태를 체크하는 방법으로 동기화 모듈의 동작 테스트를 진행하였으며 그 결과는 그림 8 과 같다.

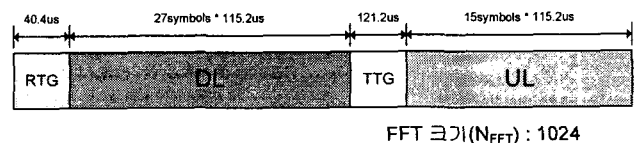


그림 4. WiBro 프레임 구조
Fig 4. Structure of WiBro Frame

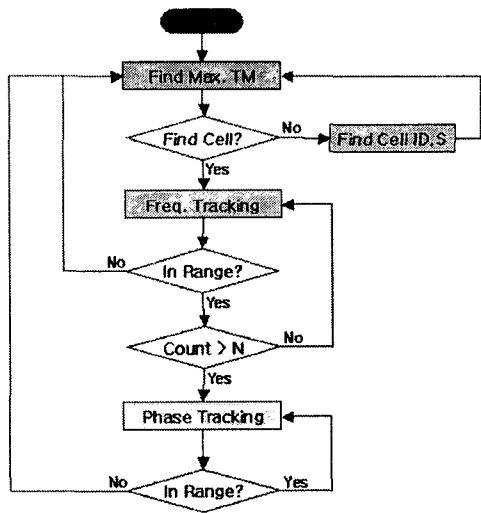


그림 5. 동기화 Algorithm 순서도
Fig 5. Flow Chart of Synchronization Algorithm

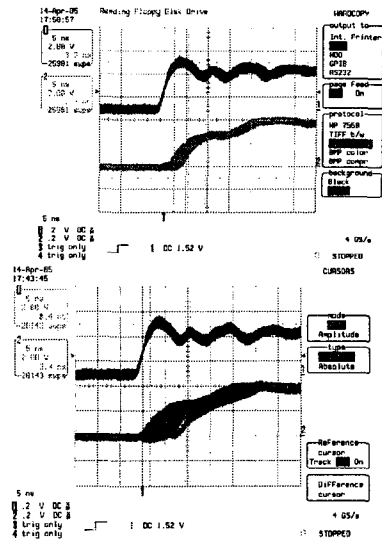


그림 8. PATL 동작 검증(SNR10dB/0dB)
Fig 8. PATL Operation Verification(SNR 10dB/0dB)

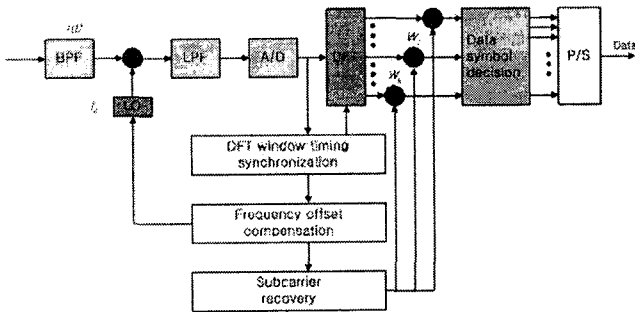


그림 6. WiBro 동기 블록 구조
Fig 6. Structure of WiBro Synchronization Block

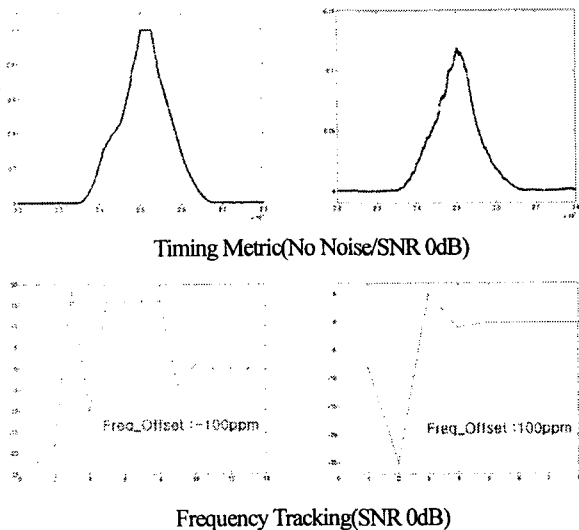


그림 7. 시뮬레이션 결과
Fig 7. Simulation Result

3. 스위칭 기술 구현

Front-End 블록에서는 추출된 동기신호를 전달받아 정확한 송수신 스위칭을 실시해야 한다. 그림 8 과 같이 TDD 링크 제어가 설계되었다. 링크 제어기는 TTG(121.2us)와 RTG(40.4us)시간 동안 시스템의 DL(Downlink)과 UL(Uplink) 신호경로를 결정해야 하기 때문에 적은 지연 시간이 요구되며, DL 경로와 UL 경로간 잡음, 신호의 간섭을 최소화하기 위해서 높은 격리도(Isolation)를 가져야 한다. 구현된 링크 제어기는 약 3us의 스위칭 시간과 80dB의 격리도를 가진다.

그림 9 와 같이 귀환신호 제거 알고리즘, 동기신호 획득 장치 및 스위칭 기술이 구현된 WiBro 중계기 시스템을 구현하였다.

최종 출력은 Downlink 10W, Uplink 1W 급이다

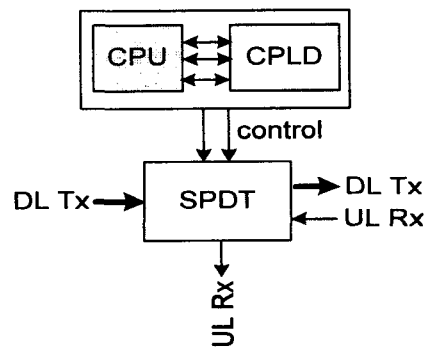


그림 9. 링크 제어기 구성도
Fig 9. Structure of Link Control Block

4. 디지털 RF 중계기 구현

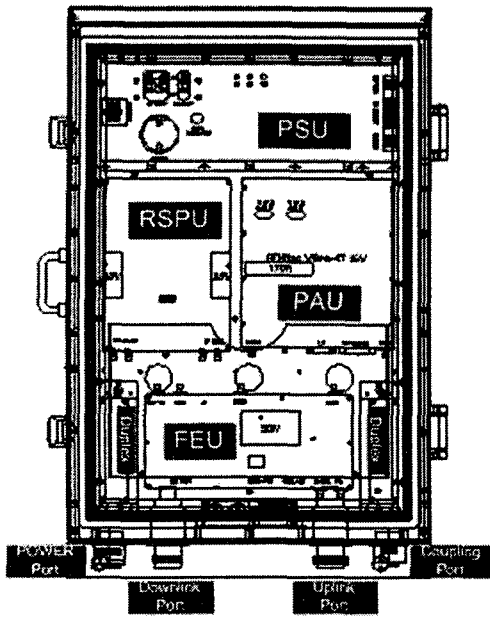


그림 10. 구현된 중계기 시스템
Fig 10. Implemented Repeater System

제안한 디지털 RF 중계기의 실험을 위해 그림 11 과 같이 시스템 시험환경을 갖추어 Downlink 의 귀환 신호 제거시험을 실시하였다. Gain 을 Isolation 보다 5dB 높게 설정하여 스푸리어스 및 EVM 을 확인한다. 또한 그림 12 와 같이 자체 구현된 GUI 를 통하여 입력된 신호에서 귀환되어 들어오는 신호의 제거가 제대로 이루어지고 있는지를 눈으로 확인할 수가 있었다. 그림 13 은 E4440A 장비와 연동하여 VSA(Vector Signal Analyzer)를 통하여 확인된 실험 결과이다.

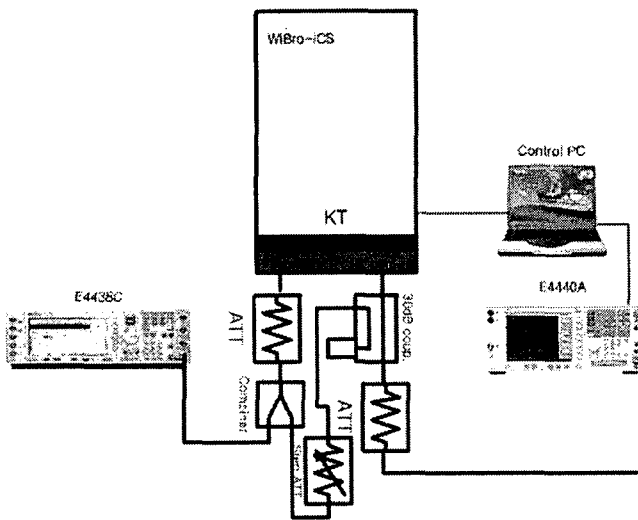


그림 11. Downlink 테스트 구성도
Fig 11. Configuration of Downlink Test

그림 10 과 같이 구현된 WiBro 중계기 시스템을 기지국과 약 600m 떨어진 insight 환경에서 연동시험을 진행하였다. 이 때 Downlink 의 입력되어 지는 신호 레벨은 -51dBm/FA 이었고, 안테나 사이의 Isolation 은 65dB 정도이었다. 중계기와 단말기 사이에 호를 접속한 후, 수 차례 Downlink/Uplink 전송속도를 측정하였으며 그 결과는 그림 14 와 같이 나타났다.

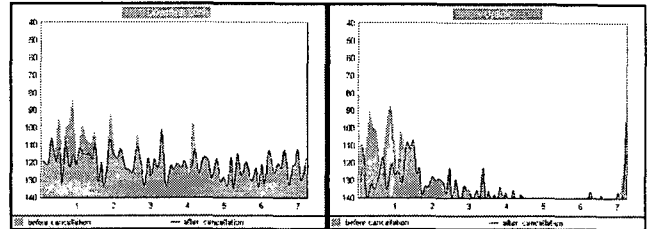


그림 12. 귀환신호 제거 스펙트럼
Fig 12. Spectrum after Feedback Signal Cancellation

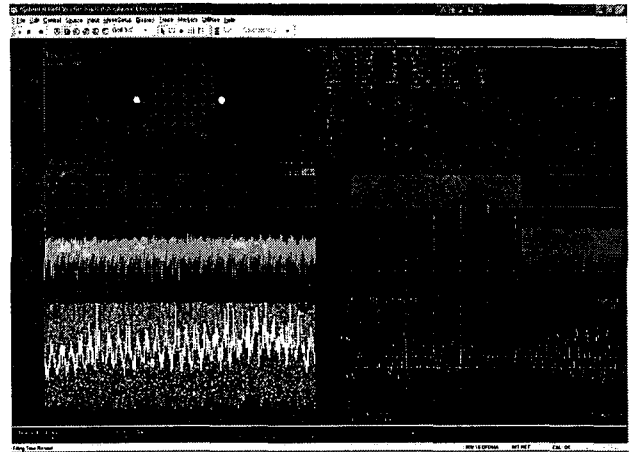


그림 13. Gain Margin:-5dB 인경우 측정결과
Fig 13. VSA Test Result: Case - Gain Margin : -5dB

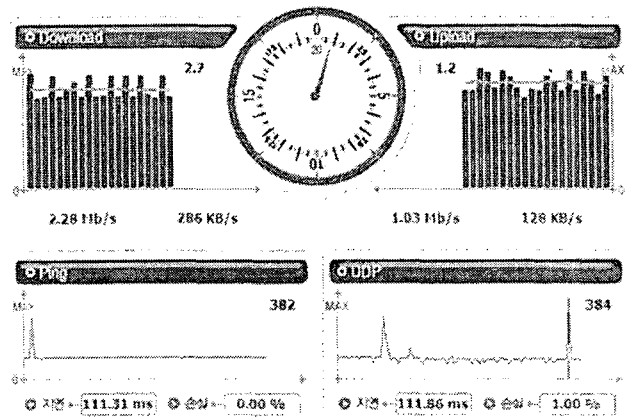


그림 14. 필드연동시험 속도측정결과
Fig 14. Throughput in field test

III. 결론

본 논문을 통해서 WiBro 시스템에 효과적으로 이용할 수 있는 RF 중계기를 제안, 구현하였다. 중계기에 탑재된 귀환 신호 알고리즘 및 동기 신호 획득 장치, 스위칭 기술 등을 구현하여 동작 측정을 하였다. 구현된 중계기로 테스트베드로 구축된 기지국과 필드 연동시 인터넷 접속, 속도 측정 등 품질 측정에서도 모든 성능을 만족하였다.

제안된 디지털 RF 중계기를 통해서 기존의 RF 중계기가 가지던 출력 제한 문제나 설치상의 제약을 극복하면서 고출력 특성을 나타낼 수 있을 뿐만 아니라, 설치비용 감소 효과를 기대할 수 있게 되었다. 제안된 디지털 RF 중계기는 향후 초고속 휴대 인터넷 서비스 사업의 성공적인 수행에 도움이 될 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

- [1] Shinsuke Hara and Ramjee Prasad, *Multicarrier Techniques for 4G mobile communications*, Artech House.
- [2] Dimitris G. Manolakis, Vinay K. Ingle and Stephen M. Kogen, *Statistical and Adaptive*, McGRAW-HILL.
- [3] Simon Haykin, *Adaptive Filter Theory*.
- [4] "TTA TTAS.KO-06.0082 Specifications for 2.3GHz band Portable Internet Service - Physical & Medium Access Control Layer," TTA, June 2005.
- [5] "IEEE P802.16-REVd/D5," 3GPP, May 2004.



류 규 태

1991년 경북대학교 전자공학과 졸업
 1993년 경북대학교 대학원 전자공학
 (공학석사)
 1993년 KT 입사
 1993 ~ 2003 KT 무궁화위성 관련 시
 스템 개발, 서비스 개발 수행

2003 ~ 현재: 와이브로 관련 기술 개발 및 시스템 개발
 관심분야는 WiBro, RF 성능 개선, SDR 등



박 세 준

1985년 고려대학교 전자공학과 졸업
 1988년 한국과학기술원 전기및전자공
 학과(공학석사)
 .2002년 고려대학교 전자공학과
 (공학박사)

1988년~현재 KT 인프라연구소 휴대인
 터넷기술개발부장

관심분야는 휴대인터넷기술, CDMA 등

김 대 연



1996년 전북대학교 정보통신공학과 졸업
 1998년 전북대학교 정보통신공학과
 (공학석사)
 1998년 ~ 삼성종합기술원
 U-ADSL 모뎀개발

1999년 ~ 한국전자통신연구원, IMT-2000 기지국개발

2001년~현재 (주)에어포인트 책임연구원

관심분야는 VLSI설계, 이동통신 시스템 등