

# 차세대 이동통신 시스템의 효율적인 전력 소모에 관한 연구

## A Study on the Efficient Power Consumption of Next Generation Mobile Communication Systems

노재성\*, 김완태\*

Jae-Sung Roh\*, Wan-Tae Kim\*

### 요 약

최근 차세대 이동통신 시스템은 스마트폰을 시작으로 다양한 멀티미디어 콘텐츠 서비스를 지원하고 있다. 따라서, 음성통화를 목적으로 한 시스템 사용에 비해 멀티미디어 서비스를 위한 시스템 사용이 점차 증가하고 있다. 멀티미디어 서비스의 증가는 사용자의 시스템 사용시간을 증가시키고, 시스템의 정해진 전력에 비해 사용 시간을 단축시킴으로 효율적인 전력사용에 대한 연구가 필요하다. 또한 도시 집중화 환경에 의한 음영지역의 출현으로 인한 불필요한 전력소모가 발생되고 있으며, 이러한 문제는 차세대 이동통신 시스템의 사용 시간 단축에 큰 영향을 미친다. 본 논문에서는 차세대 이동통신 시스템의 통신망 구조를 살펴보고, 음영지역에서의 불필요한 전력사용을 살펴본 후, 효율적인 전력사용을 위한 방법을 제안하고 시뮬레이션을 통해 차세대 이동통신 시스템의 효율적인 전력사용에 대해 분석했다.

### Abstract

Recently with smart phones and tablets, next generation mobile communication systems have supported various multimedia contents services. Thus, multimedia communication systems have been gradually increased compared to voice communication systems. Since the growth of multimedia services has increased users' duration on systems and decreased systems' effectiveness on power, a study on effective usage of power needs to be researched. Furthermore, radio shadow areas under heavy urban environments have generated unnecessary power consumption which reduces the usage duration of power on next generation mobile communication systems. This paper has reviewed the communication network architecture on next generation mobile communication systems and the unnecessary power consumption in radio shadow areas. This paper has also proposed the method of the effective power usage and analyzed the effective power usage on next generation mobile communication systems with simulation.

Key words : Effective Power Usage, Shadow Areas, Next Generation Mobile Communication System

### I. 서 론

차세대 이동통신 시스템은 과거 음성통화 중심

의 시스템에서 멀티미디어 서비스 중심으로 변화되고 있다[1]. 또한 멀티미디어 서비스의 다양한 응용을 위해 시스템의 크기는 점차 커지고 있으며, 무케

\* 서일대학교(Dept. of Information and Communication Eng., Seoil University)

· 제1저자 (First Author) : 노재성(Jae-Sung Roh, tel:+82-2-490-7206, email : jsroh@seoil.ac.kr)

· 접수일자 : 2012년 12월 31일 · 심사(수정)일자 : 2012년 12월 31일 (수정일자 : 2013년 2월 13일) · 게재일자 : 2013년 2월 28일  
<http://dx.doi.org/10.12673/jkoni.2013.17.01.056>

는 점차 가벼워지는 구조로 변화되고 있다. 멀티미디어 서비스는 과거의 음성통화 중심의 서비스에 비해 시스템 사용시간이 길어지는 특징을 가지게 되며 전력소모가 과거에 비해 많아지게 되었다. 따라서 시스템 사용시간에 대한 문제가 계속해서 발생되고 있으며, 그에 대한 해결 방안에 대하여 많은 방법들이 제시되고 있다. 최근 도시 집중화 되는 이동통신 환경에서 예상하지 못한 음영지역들이 발생하고 있고, 다양화되는 주거 환경과 건물 구조에 의한 음영지역이 빈번히 발생되고 있다[2]. 따라서 이동통신 시스템은 기지국과의 주기적인 전력제어를 통해 안정적인 송·수신 전력을 사용하기 위해 많은 량의 전력을 소모하고, 이동통신 시스템의 사용시간 단축에 큰 영향을 미치며 예상하지 못한 전력 소모로 인해 시스템 성능이 감소하는 현상을 가지게 된다. 따라서 본 논문에서는 차세대 이동통신 시스템의 전력제어를 살펴보고 음영지역의 형태를 살펴본 후 음영지역에서 효율적인 전력사용에 대한 방법을 제시한다.

## II. 본 론

차세대 이동통신 시스템의 전력사용은 셀 환경에 따라 전력사용을 구분하고 있다. 특히 이동통신망에서 각각의 이동통신 시스템이 사용하는 전력은 채널용량과 시스템 사용시간에 많은 영향을 미친다. 따라서 차세대 이동통신망에서는 적절한 파워컨트롤을 이용하여 이동통신 시스템의 사용전력을 결정한다 [3]. 그중 가장 빈번히 발생하는 파워 컨트롤은 초기 이동통신 시스템이 기지국과 접속을 위해 수행하는 Assess Probe Power 와 이동통신 시스템이 기지국과의 접속을 위한 개방 루프 전력제어, 기지국과의 접속이 이루어진 이후 수행하는 폐 루프전력제어가 가장 많이 수행된다. 이렇게 전력제어를 이용하여 초기 이동통신 전력을 결정하기 위해서는 이동통신망의 기지국과 이동통신 시스템 사이에 채널환경에 따라 그 기준은 차이가 있을 수 있다[4].

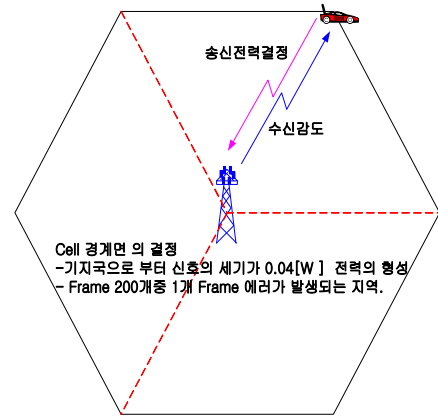


그림 1. 이동통신 시스템의 셀 경계와 송신전력  
Fig. 1. Cell Boundary and Tx Power of Mobile System.

그림 1은 차세대 이동통신 시스템에서 기지국을 중심으로 구성된 셀 내에서 기지국으로부터 이동통신 시스템으로 입력되는 수신 감도에 의해 송신전력이 결정된다. 따라서 이동통신 시스템의 송신전력은 항상 변화하며, 그에 따라 시스템 전력소모도 변화가 발생된다.

### 2-1 Assess Probe Correction

Assess Probe Correction 은 이동통신 시스템이 기지국에 접속하기 위해 초기 송신전력을 결정하기 위해 사용된다. 이동통신 시스템은 기지국에게 큰 전력을 이용하여 신호를 보내야 그 전력의 크기만큼 이동통신 시스템이 기지국으로부터 응답 메시지를 받을 확률이 높아진다. 하지만 최대 전력을 사용하게 되면 통신망내의 다른 이동통신 시스템에게 간섭으로 작용하게 되고 자신의 전력소모가 많아지게 되므로 배터리 수명을 단축시키는 원인이 된다. 그림 2와 3에서는 이동통신 시스템은 비교적 낮은 전력으로 Access 탐색을 한 후 기지국으로부터 응답이 없으면 점진적으로 높은 전력을 전송하면서 기지국과의 접속이 이루어 질 때 까지 계속적으로 수행하게 된다. 낮은 전력을 기준으로 일정량의 전력은 높여가며 전송되며 기준 전력의 크기는 1dB 또는 0.5dB를 적용한다[5].

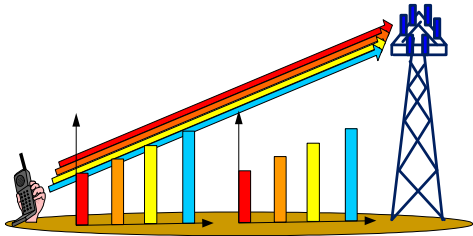


그림 2. 모바일 시스템 Access Probe  
Fig. 2. Mobile System Access Probe.

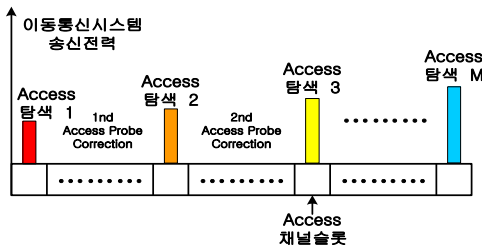


그림 3. Access Probe 절차  
Fig. 3. Access Probe Sequence.

2-2 이동통신 시스템 전력제어

차세대 이동통신 시스템은 셀 단위로 통신을 수행하는 대표적인 시스템이며 정해진 셀 내에서 다수의 통신시스템들이 사용됨으로 Near-Far Problem이 존재하게 된다. 이 문제는 셀 내의 통신환경에 따라 다양하게 발생할 수 있으며, 이것은 기지국과 이동통신 시스템 사이에 불필요한 전력 사용의 문제를 발생시킬 수 있다. 따라서 차세대 이동통신 시스템에서는 정확한 전력제어에 의한 안정적인 전력소모를 위해 몇 가지 전력제어를 사용하며, 그중 대표적인 방법으로 개방 루프 전력제어와 폐 루프 전력제어 적용하고 있다. 먼저 개방 루프 전력제어는 이동통신 시스템이 기지국과의 접속을 위하여 임의의 전력을 선정하여 기지국으로 자신의 정보를 보내는 과정이다. 여기서 임의의 전력으로 최대 출력을 이용하면 기지국으로의 메시지 전달이 정확히 이루어질 수 있지만 최대전력의 사용은 동일 셀 내에서 사용되는 시스템들에게는 간섭으로 작용되고 이동통신 시스템의 불필요한 전력소모가 발생됨으로 다음 식을 이용하여 전송전력을 결정하게 된다[6],[7].

$$Mobile Tx Power(dBm) = -RSSI - K \quad (1)$$

$K$ : Turn Around Factor,  
 $RSSI$ : Received Signal Strength Indicator

위 식에서  $K$ 는 다음과 같이 정의 된다.

$$K = P_t - 134 + NF_c + \frac{E_b}{N_0} + 10\log(1 + \zeta_1 + \zeta_2) - 10\log(1 - x) \quad (2)$$

$P_t$ : Total Bts  
 $NF_c$ : 기지국과 수신기 Noise Figure  
 $\zeta_1$ : 타셀로부터 수신된 전력과 단말기가 속한 셀로부터 수신된 전력비  
 $\zeta_2$ : Thermal noise 와 단말기가 속한 셀로부터 수신된 전력비  
 $x$ : Cell Loading

Turnaround Factor  $K$ 는 주파수 대역에 따라 그 값을 달리 한다. 이것은 정확한 계산에 의해 결정된 수치가 아니며, 망설계시 채널환경에 따른 실험치를 포함하여 주파수 대역에 따라 다른 값으로 정의 된다. 기존 800MHz 대역에서는 73dBm을 적용하였고, 1.9GHz 에서는 76dBm을 적용하였다. 현재 2GHz 영역을 사용하는 차세대 이동통신 시스템에서는 최대 전력으로 29dBm을 사용할 경우 수신감도 -100dBm을 기준으로 71dBm을 적용할 수 있다. 그림 4에서와 같이 개방 루프 전력제어를 통해 기지국과의 송수신 전력이 대략 적으로 결정되면 시스템은 기지국과 이동통신 시스템 간에 채널 상황과 통신 환경을 고려하여 정적량의 전력을 유지하기 위한 폐 루프 전력제어를 수행한다.

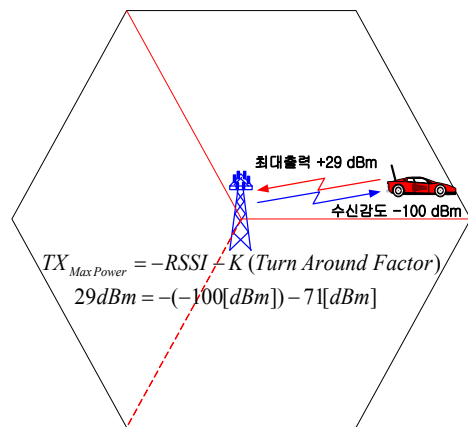


그림 4. 개방 루프 전력제어  
Fig. 4. Open Loop Power Control.

폐 루프 전력제어는 개방 루프 전력제어와 달리 기지국과 이동통신 시스템이 서로의 정보를 교환한

후 이므로 이동통신 시스템이 임의의 전력을 결정하여 보내는 것이 아니라 기지국의 명령에 따라 현재 사용전력을 기준으로 전력조정이 이루어진다. 기지국은 통신망 내에 채널 상황과 다른 이동통신시스템들의 전력을 고려하여 적절한 전력을 유지할 수 있도록 Power Control Bit를 이동통신 시스템에게 전송하게 된다.

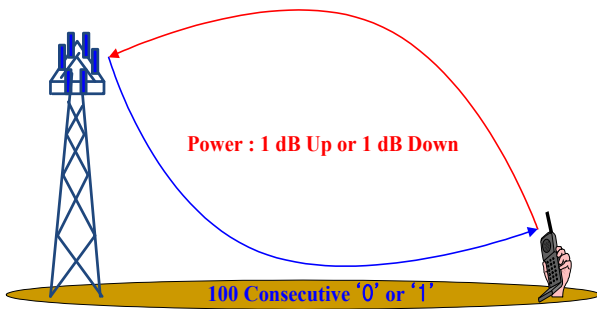


그림 5. 폐 루프 전력제어  
Fig. 5. Close Loop Power Control.

기지국의 Power Control Bit 는 주기적으로 이동통신 시스템에게 전송되며, 이동통신 시스템은 기지국으로부터 전송되는 Power Control Bit에 따라 1dB 단위로 전력을 올렸다 내렸다 하며 최적의 전력 상태를 유지한다.

### 2-3 음영지역의 구분

차세대 이동통신 시스템은 다양한 형태의 주거공간과 도시집중화에 의해 예측이 불가능한 음영지역이 발생되고 있으며, 시간과 공간에 따라 음영지역이 불규칙하게 발생된다. 따라서 차세대 이동통신 시스템은 수시로 음영지역에서의 전력제어가 수행되므로 전력소모에 큰 영향을 미친다. 그림 6은 이동통신망 내에 발생하는 음영지역에 대한 개념도이다[6]. A는 건물이 집중화 되어 있는 구조로서 기지국으로부터 전달되는 신호 전력의 세기가 주변 건물들의 차단에 의해 급격히 감쇄하는 지역을 예로 보여준다. B는 지형에 의한 음영지역의 예이다. 이동통신 시스템의 위치가 기지국과 가시거리가 확보되지 않은 상태에서 산이나 주변 지형에 의해 신호의 세기가 급격히 감쇄하는 지역의 예를 보여준다. C는 주거 공간에 의한 음영지역의 예를 보여준다. 일반적으로 아파트

저 층은 조경에 의한 나무나, 아파트와 아파트 사이에서의 음영지역이 발생되며, 다수의 주거 공간을 설계하는 과정에서 신호의 감쇄가 급격히 발생하는 공간이 생기는 예를 보여준다. 이밖에도 여러 형태의 음영지역이 발생할 수 있으며, 이러한 음영지역의 발생은 기지국과 이동통신시스템 사이에 신호의 세기를 급격히 감쇄 시키므로 기지국은 이동통신 시스템의 적절한 전력을 유지하기 위해 지속적인 전력제어를 요구하게 되며, 이러한 과정 속에서 이동통신 시스템의 전력소모를 급격히 증가하게 된다[8],[9].

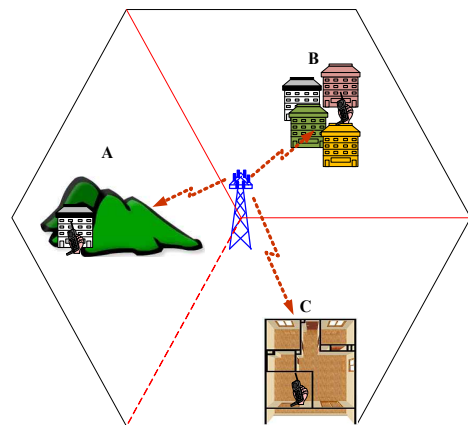


그림 6. 음영지역의 예  
Fig. 6. Example of Shadow Zone.

### III. 효율적인 전력 사용법의 제안

차세대 이동통신 시스템의 전력 소모는 다양한 형태로 이루어진다. 따라서 본 논문에서는 전력소모의 다양한 형태 중 이동통신 시스템이 음영지역에 위치할 때 전력제어를 통해 이동통신시스템에서 기지국으로 보내지는 과정에서 발생하는 불필요한 전력 소모를 감소시키는 방법을 제안한다. 이동통신 시스템 음영지역 위치할 경우 기지국은 이동통신 시스템과 안정적인 전력을 유지하기위해 전력 제어가 이루어진다. 이때 변화 하는 채널환경에 의해 지속적인 전력 감소가 이루어지며, 이를 해결하기 위해서는 기지국과 이동통신 시스템 사이에는 지속적인 전력제어가 수행되므로 불필요한 전력소모가 증가하게 된다. 따라서 이를 해결하기 위해 본 논문에서는 다음식과 같이 전력제어 방법을 개선 하기위한 방법을 제안한다.

$$Mobile\ Tx\ Power = Shadow\ Power + E_p \quad (3)$$

$$Shadow\ Power = Shadow\ Zcon\ Power$$

$$E_p = Estimation\ Power$$

위 식에서 Mobile Tx Power는 이동통신 시스템이 음영지역에서 기지국으로 보내는 신호의 세기이다. NomPower 는 음영지역이 아닌 일반적인 채널환경에서 안정적인 전력을 전송할 때의 전력의 세기이다. Ep는 음영지역에서 효율적인 송신전력을 사용하기 위해 부가되는 전력의 세기이다. 따라서 Ep는 다음식과 같이 정의된다.

$$E_p = Nom\ Power - Shadow\ Power \quad (4)$$

위 식에서 ShadowPower는 이동통신 시스템이 음영지역으로 진입했을 때 측정된 전력의 세기이다. 본 논문에서 제안하는 효율적인 전력 사용의 방법은 이동통신 시스템이 음영지역에 진입했을 경우 시스템이 사용하는 전송전력이 급격히 감소되므로 기지국은 Power Control Bit를 이용하여 전력의 세기를 증가 시키게 된다. 하지만 현재 이동통신 시스템은 음영지역에 위치하고 있으므로 전송전력이 계속적으로 감소하는 현상을 반복한다. 이때 기지국과 이동통신 시스템은 지속적인 전력제어를 시도함으로 이동통신 시스템은 불필요한 전력소모를 가지게 된다. 따라서 이동통신 시스템이 음영지역에 위치할 경우 현재의 위치가 음영지역임을 판단하여 기지국으로부터 입력되는 Power Control Bit에 대하여 적절한 대응을 함으로서 전력제어 횟수를 감소시켜 효율적인 사용을 할 수 있도록 그 방법을 제안했다.

#### IV. 시뮬레이션 및 결과

본 논문에서 차세대 이동통신 시스템의 효율적인 전력사용을 위해 시뮬레이션 환경은 다음과 같이 설정하였다. 이동통신 시스템이 음영지역임을 판단하기 위한 기준은 일반적으로 페 루프 전력제어 과정에서 기지국이 1.25ms 마다 Power Control Bit를 전송하게 된다. 1개의 프레임을 20ms로 정의하고 있으며 200개의 Power Control Bit를 전송하는 시간은 고려하

여 250ms 동안 이동통신시스템과 기지국사이에 수신 감도가 일정한 값을 유지하지 못하고 지속적인 Power Control Bit를 이용하여 전력제어를 시도할 경우 음영지역으로 판단한다. 음영지역으로 판단된 후로부터 논문에서 제시한 방법을 이용하여 전력제어를 수행한 후 Power Control Bit를 통하여 이동통신 시스템의 사용전력이 안정화 되거나 또는 불안정한 상태가 유지되면 Seelp Mode 로 진입하여 사용전력을 최소화 하도록 설정한다. 그림 7은 이동통신 시스템이 음영지역에 위치 할 경우 수행되는 전력제어 이다.

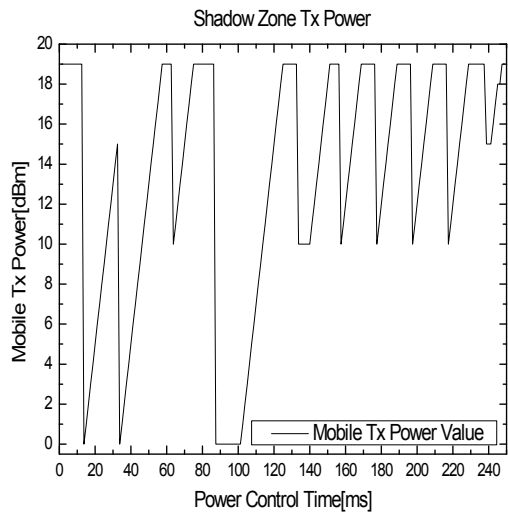


그림 7. 음영지역에서의 전력제어  
Fig. 7. Power Control of Shadow Zone.

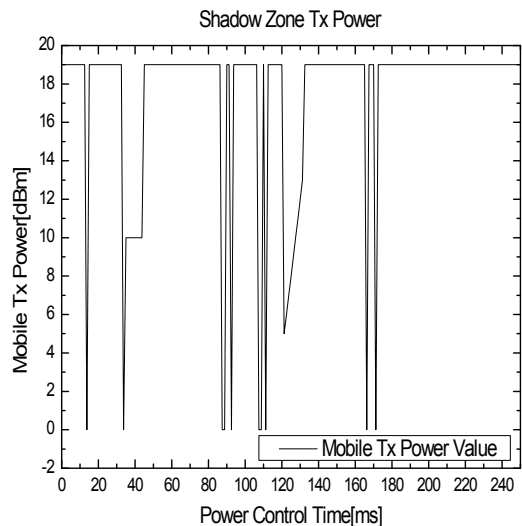


그림 8. 제안하는 방법을 이용한 전력제어  
Fig. 8. Power Control use Proposal Method.

이동통신 시스템은 Ideal 한 상태에서 기지국의

로의 전송 전력을 19dBm으로 가정하고 음영지역에 진입했을 경우 이동통신 시스템의 사용 전력을 0 dBm에서 19dBm 의 범위를 가정하여 시뮬레이션 하였다. 시뮬레이션 결과 음영지역에서의 이동통신 시스템은 불규칙한 채널 상태로 인해 기지국으로 수신 되는 Power Control Bit에 대한 응답을 계속적으로 수행하는 것을 확인할 수 있다. 그림 8은 논문에서 제안한 방법을 이용한 음영지역에서의 시뮬레이션 결과이다. 그림 7과 비교해보면 250ms 동안 200개의 Power Control Bit에 대한 응답에 있어 안정적인 전력을 유지하는 것을 확인할 수 있다.

## V. 결 론

본 논문에서는 차세대 이동통신 시스템의 효율적인 전력사용을 위해 음영지역에서의 Power Control 방법을 제안하였다. 차세대 이동통신 시스템을 이용한 다양한 멀티미디어 서비스 사용으로 인해 전력소모량이 증가하고 있고, 도시 집중화 및 주거환경이 다양화됨에 따른 음영지역의 불규칙한 출현으로 인한 전력소모가 문제되고 있다. 따라서 차세대 이동통신 시스템이 음영지역에서의 전력제어를 개선할 수 있는 방법을 제안하고 시뮬레이션을 통해 성능을 확인해 보았다. 일반적인 이동통신 시스템이 음영지역에 위치한 경우 250ms 동안 기지국과의 전력제어 과정에서 19dBm을 기준으로 86.25ms 동안 전력이 안정화 되는 것을 확인할 수 있었고, 제안하는 방법을 적용한 이동통신 시스템은 동일한 기준에서 시뮬레이션을 수행한 결과 250ms 동안 19dBm을 기준으로 186.25ms 동안 전력이 안정화되는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 논문에서 제시한 전력제어 방법을 사용할 경우 일반적인 이동통신 시스템 보다 100ms 시간 동안 안정적으로 전력을 유지할 수 있었다. 이것은 전력증폭기의 사용횟수를 줄일 수 있고, 안정적으로 전력을 사용할 수 있으므로 차세대 이동통신 시스템에서 효율적으로 전력을 사용할 수 있었다.

## 감사의 글

본 논문은 2012년도 서일대학교 학술연구비에 의해 연구되었음.

## Reference

- [1] N. Morinaga, M. Nakagawa and R. Kohno, "New concepts and technologies for achieving highly reliable and high capacity multimedia wireless communications systems," *IEEE Commun.Mag.*, vol.35,no.1,pp.34-40,Jan.1997.
- [2] H. Claussen, "Performance of Macro-and Co-channel Femtocells in a Hierarchical Cell Structure," in *Proc. IEEE Vehicular Technology Conference*, September 2006.
- [3] 3GPP2 C.S0084-001-0 v2.0, "Physical Layer for Ultra Mobile Broad band(UMB) Air Interface Specification," September 2007.
- [4] 3GPP TS 34.121, "3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Radio Access Network; Terminal conformance specification; Radio transmission and reception (FDD)," [www.3gpp.org](http://www.3gpp.org).
- [5] TIA/EIA/IS-95-A,"Mobile Station-Base Station Compatibility Standard for Dual-Mode Wideband Spread Spectrum Cellular System(superceded by TIA/EIA/IS-95-B)," May 1995.
- [6] TIA/EIA-98-D,"Recommended Minimum Performance Standards for cdma2000 Spread Spectrum Mobile Stations," June, 2001.
- [7] 3GPP TS 25.215, "Physical layer-Measurements (FDD)", *the latest version is available at www.3gpp.org*.
- [8] S. Sampei and T. Sunaga, "Rayleigh fading compensation for QAM in land mobile radio communications," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 42, no. 2, pp. 137-147, May 1993.
- [9] J. J. Beek *et al*, "On channel estimation in OFDM systems," *IEEE 45th Veh. Technol. Conf.*, vol. 2, pp. 815-819, July 1995.

## 노 재 성 (Jae-Sung Roh)



1990년 : 한국항공대학교

정보통신공학과(공학사)

1992년 : 한국항공대학교

정보통신공학과(공학석사)

2000년 : 한국항공대학교

정보통신공학과(공학박사)

2000년~현재: 서일대학교 정보통신과 부교수

관심분야 : 무선 임베디드 시스템, 모바일 웹 응용, USN  
통신

## 김 완 태 (Wan-Tae Kim)



2005년 : 한국항공대학교

정보통신공학과(공학석사)

2011년 : 한국항공대학교

정보통신공학과(공학박사)

2011년~현재 : 서일대학교 정보통신

과 전임강사

관심분야 : 차세대이동통신, 통신시  
스템 설계, WCDMA