JANT 한국항행학회논문지
Journal of Advanced Navigation Technology

항공통신기술

J. Adv. Navig. Technol. 18(3): 223-228, Jun. 2014

무선통신 시스템의 채널용량 시뮬레이터에 관한 연구

A Study on the Channel Capacity Simulator of Wireless Communication System

노 재 성* · **김 완 태**
서일대학교 정보통신과

Jae-Sung Roh* · **Wan-Tae Kim**
Department of Telecommcation and Information Engineering, Seoil University, Seoul, 131-702, Korea

[요 약]

최근 이동통신 시스템은 WCDMA(wideband code division multiple access)를 기반으로 다양한 멀티미디어 서비스를 지원하고 있다. 2013년 11월 통계에 따르면 국내 이동통신 가입자 수는 피처폰과 스마트폰 사용자를 모두 합하여, 5451만4397명으로 분석되었다. 따라서 이동통신 서비스 이용자는 이미 전체 인구수를 400만 명이상을 추월했다. 이동통신 가입자의 급격한 증가로 인해 이동통신 서비스 망의 운용과 분석은 무엇보다 중요하며, 그에 따른 서비스 품질도 다양하게 연구되고 있다. 본 논문에서는 CDMA(code division multiple access)를 기반으로 하는 피처폰과 WCDMA를 기반으로 하는 스마트폰의 안정적인 서비스 지원을 위하여 이동통신망의 채널용량을 산출할 수 있는 시뮬레이터를 구현하고, 시뮬레이터를 이용하여 이동통신 서비스 환경에 따른 다양한 채널용량 특성을 분석하였다.

[Abstract]

Recently mobile communication systems have supported various multimedia services based on wideband code division multiple access (WCDMA). In November 2013, the statistics reported that the domestic subscriber number of mobile communication systems was totally 54 million 514 thousand 397 in using feature phones and smart phones. Therefore, the user number of mobile communication services has surpassed over 4 million rather than the whole number of population. The sharp increase of the mobile user number has made the network management and analysis for mobile communication services more important than before. Besides, the service quality has been studied in various ways. This paper has implemented the simulator calculating the channel capacity of mobile communication systems to support secure and stable services for both feature phones on CDMA and smart phones on WCDMA. By using the simulator, this paper has analyzed the characteristics of the various channel capacity in mobile communication environments.

Key word : CDMA, WCDMA, SNR, Data rate, Channel capacity.

http://dx.doi.org/10.12673/jant.2014.18.3.223

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-CommercialLicense(http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Received 23 May 2014; **Revised** 24 June 2014
Accepted (Publication) 11 June 2014(30 June 2014)

***Corresponding Author; Jae-sung Roh**

Tel: +82-2-2209-3671
E-mail: biscopro@naver.com

Ⅰ. 서 론

현재 우리나라 이동통신 서비스는 크게 두 가지로 나누어 보면, CDMA 방식을 기반으로 하는 2세대 서비스와 WCDMA 방식을 기반으로 하는 3, 4세대 서비스이다. 2세대 서비스 에서는 주로 음성 통화 서비스를 기본으로 간단한 데이터 서비스가 주를 이루었고, 3, 4세대 서비스는 대용량 데이터 서비스가 가능해 지면서 다양한 멀티미디어 서비스를 지원하게 되었다.

다양한 멀티미디어 서비스 지원이 가능해 지면서 이동전화의 활용도는 높아지고 그에 따른 이동통신 가입자 또한 급격히 증가하였다. 이동통신 가입자의 급격한 증가는 이동통신망을 설계하고 운용하는데 있어 가장 중요한 요소이며, 절적한 망 설계에 따라 이동통신 서비스의 질이 결정된다[1]. 특히 사용자가 집중적으로 분포되는 핫스팟 지역에서의 통화 끊김, 망 접속불가 같은 현상들은 꼭 해결해야 될 문제점 중 하나이다. 따라서 이동통신망 설계 시 또는 통신망 운용 중 시스템의 채널용량 산출은 무엇보다 필요하다[2]. 하지만 시스템의 채널용량 산출은 다양한 파라메터들의 관계에 의해 산출되므로 다양한 조건에 따른 채널용량산출은 복잡하며 시간이 오래거리는 문제를 가지게 된다. 따라서 본 논문에서는 다양한 환경에 따른 이동통신망의 시스템 채널 용량을 산출할 수 있는 시뮬레이터를 구현하고 다양한 파라미터에 따른 이동통신망의 시스템 채널용량을 분석하였다.

Ⅱ. 채널용량 분석

이동통신 망의 채널용량은 이상적인 전력제어 및 열잡음이 존재하지 않는 셀 환경에서의 이론적인 역방향 최대 용량을 나타내며, 실제 망을 운용하는데 있어서 현실적인 보상 수치와 보상은 시스템 노드라는 계수로서 보정한다. 일반적으로 시스템 노드는 여러 주변 환경 여건에 따라 결정되며 0.6 ~ 0.8 정도를 나타낸다. 시스템 노드와 이상적인 통화 용량과의 상관관계를 분석하기 위해서는 역방향 통화 채널의 최소 E_b/N_0 를 분석해야 한다. WCDMA 시스템은 FDMA(frequency division multiple access)와 TDMA(time division multiple access) 시스템과는 달리 전력제어에 의해 채널용량이 결정되며, WCDMA에서의 사용전력은 E_b/N_0와 밀접한 관계를 갖게 된다. E_b 는 통화 채널의 단위 비트 당 수신에너지로서 한 이동국으로 부터의 신호 레벨 S를 음성 부호화율 R로 나눈 값으로 표현이 가능하다. N_0는 잡음을 포함하여 수신되는 모든 신호 및 기지국 수신 잡음 지수를 포함한 단위 주파수당 잡음밀도를 나타내는데, 크게 세 가지 성분으로 구성된다.

첫 번째는 열잡음으로서, 이동국 수신기의 잡음 지수에 의해 증폭되는 값을 반영해야 한다.

두 번째는 자기 셀 내의 다른 이동국으로부터의 잡음으로서, 이동국(n-1) 개로부터의 수신레벨 S와 음성 활성화률 α 값을 곱한 $\alpha\times(n-1)\times S$ 로 표현 된다.

세 번째는 다른 셀의 이동국으로부터의 잡음으로서, 주변 셀 모두 최대 통화상태의 경우로 가정하여 셀 내의 이동국으로부터의 잡음에 주변 기지국으로부터의 주파수 재활용 계수 f를 곱한 $f\times\alpha\times(n-1)\times S$ 값으로 구성된다. 위 내용들을 근거로 하여 역방향 통화 채널에서 시스템에 요구되는 신호 대 잡음 전력비(E_b/N_0)는 다음과 같다.

$$\frac{E_b}{N_0}=\frac{S/R}{NF\times N_t+\frac{\alpha(1+f)(N-1)S}{W}} \tag{1}$$

여기서, NF 는 이동국 수신 잡음지수, W는 채널대역폭, R 은 데이터 전송률, f 는 주파수 재사용 계수, α 는 음성 활성화률, N은 통화 중인 이동국의 수, S 는 한 이동국으로부터 기지국 수신기에 도달하는 신호의 세기, N_t 는 열잡음 밀도를 의미한다.

식 (1)에서 정의된 E_b/N_0를 적용한 WCDMA 및 CDMA 시스템의 채널용량을 산출하기 위한 식은 다음과 같다.

$$N=\frac{W}{R}\times\frac{1}{E_b/N_o}\times\frac{1}{\alpha}\times f\times G_s\times L_0 \tag{2}$$

식 (2)에서 G_s는 섹터 화 이득, L_o는 시스템 노드(loading factor)를 의미한다. 하지만 하나의 기지국은 채널 대역폭을 포함하여 기지국이 가지는 전채대역폭과 기지국 운용 중 수시로 발생하는 소프트핸드오프를 고려해야 하므로 기지국 전체 채널용량은 다음 식과 같다.

$$T_C=\frac{T_W}{W}\times\frac{N}{1+\frac{S_H}{100}} \tag{3}$$

식 (3)에서 T_C(total capacity)기지국 전체 채널용량이고 T_W(total band width)는 기지국에 할당된 전체 대역폭을 의미하며, S_H(soft hand off)는 소프트 핸드오포를 의미한다. 따라서 식(3)에 의해 하나의 기지국이 가지는 전체 채널용량을 산출하게 된다.

Ⅲ. 시뮬레이터 구현

본 논문에서는 채널용량 산출을 위한 시뮬레이터를 구현하기 위해 잡음특성이 매우 이상적인 상태를 기준으로 하여 역방향 최대 용량산출을 산정하는 채널용량 산출 방식을 적용한다. 채널용량에 영향을 미치는 파라메터로는 채널대역폭, 데이터 전송률, 섹터이득, 음성 활성화률, 주

파수 재사용계수, 시스템 노드를 적용하였다. 시뮬레이터의 채널용량 산출 범위는 2G를 포함한 3G, 4G에서 사용되는 파라메터 값을 수용하도록 적용하였다[3]. 시뮬레이터 구현은 음성통화를 가정하여 채널용량을 산출하기 위한 입력 파라미터를 구분지었으며, 채널용량 산출의 중요도에 따라 기본입력 값(input basic parameter)를 설정하여 채널대역폭과 신호 대 잡음 전력비 그리고 데이터 전송속도를 기본항목으로 설정하였다. 설정된 기본항목에 대하여 입력되는 파라메터 값에 따라 계산을 수행할 수 있도록 하였고, 파라메터 설정의 입력범위는 2 GHz～4 GHz까지 의 입력 값 수용을 위해 채널 대역폭은 5 MHz, 신호 대 잡음 전력비는 50 dB, 데이터 전송속도는 2 Mbps를 최대 입력 값으로 설정할 수 있도록 하였다[4],[5].

기본입력 값은 채널용량을 산출하는데 시스템이 가져야 할 가장 중요한 요소이다. 하지만 CDMA 및 WCDMA의 경우 간섭에 제한을 받는 시스템으로서 외부 환경이 채널용량 산출에 많은 영향을 미치게 된다. 따라서 시뮬레이터 구성에 있어 외부 환경 변수에 대한 파라메터를 설정하기 위해 추가입력 값(input additional parameter)를 구분하여 주파수 재사용, 음성 활성화율, 시스템로드, 섹터이득에 대하여 파라메터 값을 설정할 수 있도록 하였다. 주파수재사용은 최대 주파수 재사용 비율을 적용하여 최대 100% 까지 입력할 수 있도록 구성하였고, 음성 활성화 율, 시스템로드도 마찬가지로 비율을 개념을 두어 100%를 최대로 입력할 수 있도록 구성하였다. 섹터이득의 경우 국내 셀 구성에 있어 3섹터 기준으로 하여 1～3 섹터 까지 입력할 수 있도록 구성현하였다[6].

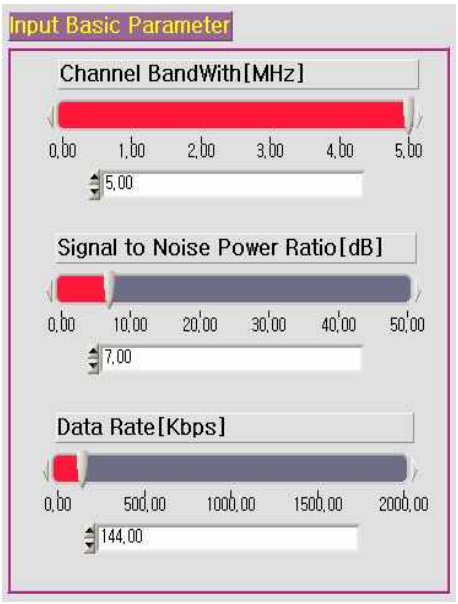

그림 1. 기본 파라메터에 대한 시뮬레이터
Fig. 1. Simulator by basic parameter.

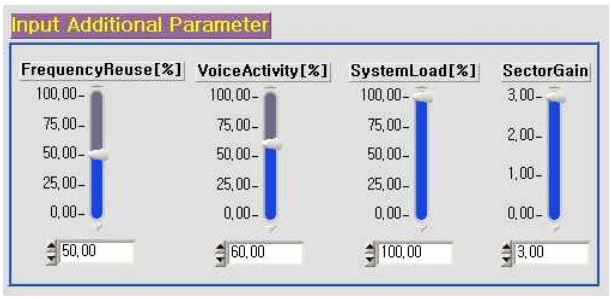

그림 2. 부가적인 파라메터에 대한 시뮬레이터
Fig. 2. Simulator by additional parameter.

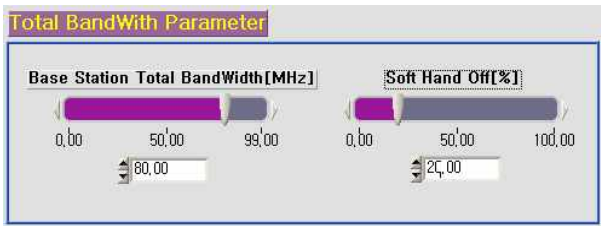

그림 3. 기지국 전체 대역폭에 대한 시뮬레이터
Fig. 3. Simulator by base station total band width.

그림 1, 그림 2에서 구현된 시뮬레이터를 이용하여 기지국 채널당 용량을 구할 수 있도록 구현하였다. 또한 기지국 전체에 할당되는 대역폭과 soft-hand에 따른 채널을 고려하여 기지국이 가지는 전체 채널용량을 그림 3과 같이 구현하였다. 그림 4는 본 논문에서 무선통신 시스템의 채널용량을 산출하기 위해 구현된 시뮬레이터이다. 기지국 채널당 용량을 산출하기 위해 식(2)를 적용하여 기본 파라미터와 부가되는 파라미터를 이용하여 채널용량을 산출 할 수 있게 구현하였고, 식(3)을 적용하여 기지국에 할당되는 전체 대역폭과 소프트 핸드오프를 고려한 기지국 전체용량을 산출할 수 있도록 구현하였다.

Ⅳ. 시뮬레이션 결과

본 논문에서는 무선통신시스템의 채널용량을 산출할 수 있는 시뮬레이터를 구현하였다. 구현된 시뮬레이터를 이용한 시뮬레이션은 CDMA와 WCDMA에서 제안하고 있는 파라메터를 이용하여 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션 수행을 위한 기본입력 값은 표준화 문서에서 제시하는 값을 이용하여 수행하였고, 추가입력 값은 시스템을 운용하기 위한 평균값을 사용하였다. 시뮬레이션을 위해 사용한 파라메터는 표 1과 같다. 시뮬레이션 수행은 CDMA와 WCDMA에 대해 추가입력 값은 고정하고 기본입력 값을 가변하여 변화되는 파라메터에 대한 채널용량을 산출하였다. 추가입력 값의 설정은 평균적으로 적용되는 값으로 설

표 1. 시뮬레이션을 위한 파라메터
Table. 1 Parameter for simulation.

Parameter	CDMA	WCDMA
T_W	0～20 MHz	0～100 MHz
W	1.25 MHz	5 MHz
R	9.6～128 kbps	144 kbps ～ 2 Mbps
SNR	4～10 dB	
α	50%	
G_S	2.55	
f	60%	
L_o	100%	
S_H	10%	

고려하여 2.55로 설정하였다. 소프트 핸드오프는 10%로 가정하였다. 그림 5와 그림 6은 논문에서 구현한 시뮬레이터를 이용하여 CDMA와 WCDMA 시스템의 SNR 변화에 따른 시스템 채널용량을 산출한 결과이다. 그림 5와 그림6에서는 시스템의 채널 대역폭과 전송속도가 고정되어 있는 경우, SNR이 높아질수록 채널용량이 감소하는 것을 알 수 있었다.

CDMA 시스템의 경우 SNR을 4 dB 로 설정했을 경우 채널용량은 105가 도출되었고, SNR을 10 dB 로 설정했을 경우 26이 도출되는 것을 알 수 있었다. 기지국 전체채널용량은 동일한 조건에서 기지국 전체대역폭을 20 MHz 로 설정했을 때 SNR 4 dB 에서는 1538가 도출되었고, SNR 10 dB 에서는 386이 도출되었다. WCDMA는 동일한 조건에서 전송속도를 144 kbps 로 하고 채널대역폭을 5 MHz 로 했을 때 SNR을 4 dB 의 경우 채널용량은 42가 도출되었고, SNR을 10 dB 로 설정했을 경우 11이 도출되는 것을 확인할 수

그림 4. 무선통신 시스템의 채널용량 산출을 위한 시뮬레이터
Fig. 4. Simulator for channel capacity calculation of wireless communication system.

정하였으며, 주파수 재사용은 주파수간의 중첩되는 부분을 고려하여 재사용율 60%로 설정하고, 음성 활성화는 통화 중 상대방과 대화를 주고받는 상황을 가정하여 50%로 설정하였다.

시스템로드는 시스템의 이상적인 상태를 가정하여 100%로 설정하였고, 섹터이득은 섹터 간 중첩되는 부분을

있었다. 기지국 전체채널용량은 동일한 조건에서 기지국 전체대역폭을 80 MHz 로 설정했을 때 SNR 4 dB 에서는 615가 도출되었고, SNR 10 dB 에서는 155가 도출 되는 것을 알 수 있었다. 그림 7은 시스템의 전송속도의 변화에 따른 기지국 채널 용량에 대한 결과이다. 시뮬레이션 조건은 CDMA의 경우 채널대역폭이 1.25 MHz , SNR은 7 dB 로 설

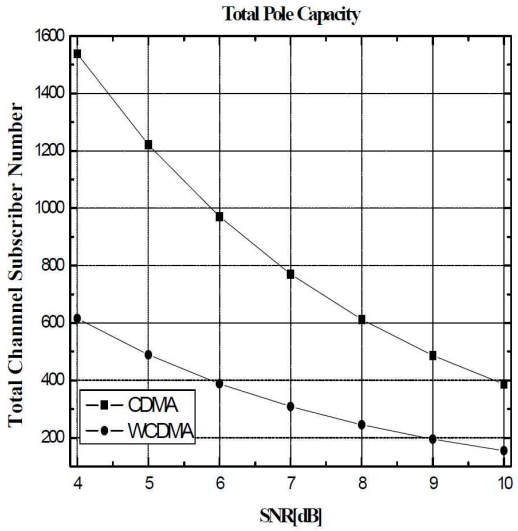

그림 5. SNR 변화에 따른 채널용량
Fig. 5. Pole capacity depending on SNR Change.

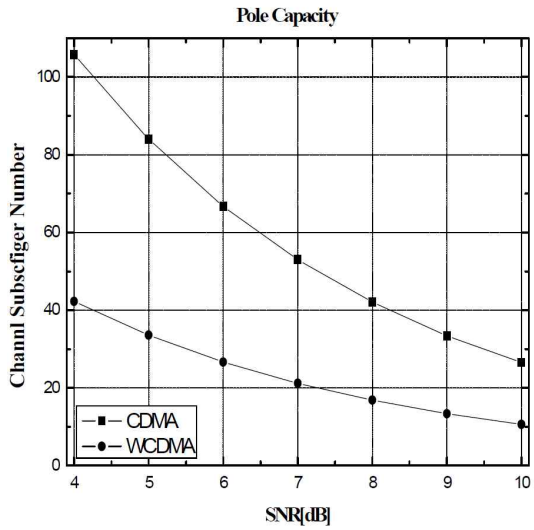

그림 6. SNR 변화에 따른 전체 채널용량
Fig. 6. Total pole capacity depending on SNR change.

정하였고, WCDMA 의 경우 채널대역폭은 5 MHz , SNR은 7 dB 로 설정하였고, 전송속도는 두 시스템 모두 동일하게 8, 32, 64, 144, 384 kbps 로 변화시키며 시뮬레이션을 수행하였다. 전송속도 8 kbps 일 때 CDMA의 채널용량은 95가 도출되었고,

WCDMA는 382가 도출되었으며, 전송속도가 384 kbps 에서는 CDMA의 채널용량은 2가 도출되었고, WCDMA 에서는 8이 도출되었다. WCDMA 시스템의 기지국에 전체 대역폭 변화에 따른 기지국 전체 채널용량이다. 시뮬레이션 조건은 채널대역폭은 5 MHz , SNR은 7 dB 로 설정하였고, 전송속도는 144 kbps 로 설정하였다. 이러한 조건에서 기지국 전체 대역폭을10 MHz에서 100 MHz 까지 10 MHz 단위

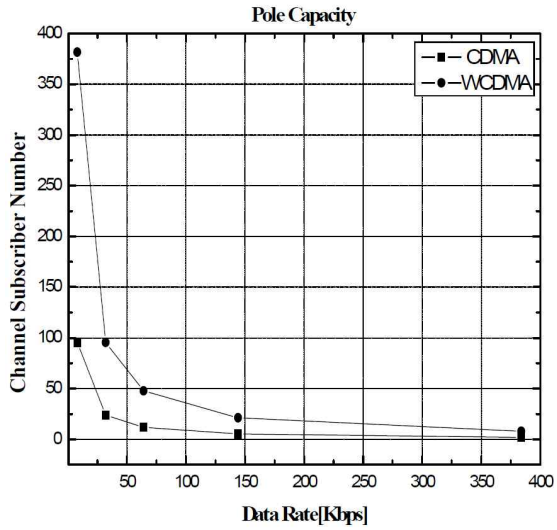

그림 7. Data Rate 변화에 따른 채널용량
Fig. 7. Total pole capacity depending on data rate change.

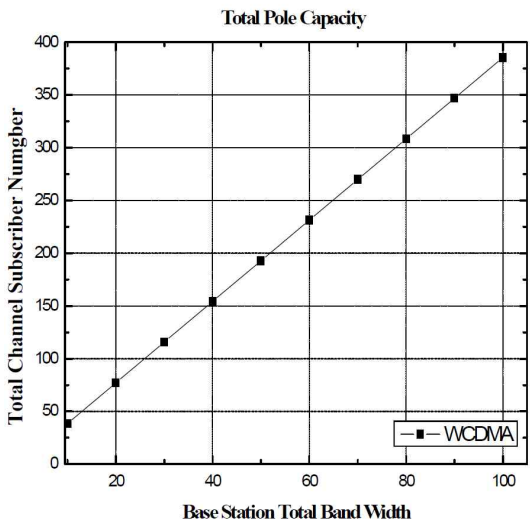

그림 8. 기지국 전체 대역폭 변화에 따른 전체 채널용량
Fig. 8. Total pole capacity depending on base station total band width.

로 넓혀 가며 채널용량을 도출하였다. 기지국 전체 대역폭이 10 MHz 일 경우 전체 채널용량은 39가 도출되었고, 대역폭이 100 MHz 일 때는 385의 채널용량이 도출되는 것을 알 수 있었다.

그림 8은 WCDMA 시스템의 기지국에 전체 대역폭 변화에 따른 기지국 전체 채널용량이다. 시뮬레이션 조건은 채널대역폭은 5 MHz , SNR은 7 dB 로 설정하였고, 전송속도는 144 kbps 로 설정하였다. 이러한 조건에서 기지국 전체 대역폭을 10 MHz 에서 100 MHz 까지 10 MHz 단위로 넓혀

가며 채널용량을 도출하였다. 기지국 전체 대역폭이 10 MHz 일 경우 전체 채널용량은 39가 도출되었고, 대역폭이 100 MHz 일 때는 385의 채널용량이 도출되는 것을 알 수 있었다.

Ⅴ. 결 론

본 논문에서는 무선통신 시스템의 채널용량을 분석하기 위한 시뮬레이터를 구현하였다. 최근 사용되는 다양한 무선통신 시스템 중 CDMA 와 WCDMA를 기반으로 하는 이동통신 시스템을 이용하여 시뮬레이터를 이용하여 분석하였다. 시뮬레이터의 구현은 시스템 채널용량을 산출하기 위한 기본 파라메터와 부가되는 파라메터 그리고 기지국에 할당되는 전체 대역폭을 이용하고, 소프트 핸드오프를 고려하여 기지국 전체 파라메터를 분석할 수 있도록 3부분으로 나누어 구현하였다. 구현된 시뮬레이터를 이용하여 이동통신 시스템의 성능을 분석해본 결과 CDMA 시스템과 WCDMA 시스템 모두 정해진 대역폭과 부가 되는 파라메터들이 고정되었을 경우 SNR이 높아질수록 채널용량이 줄어드는 것을 알 수 있었다.

이것은 CDMA 시스템과 WCDMA 시스템 모두 사용자의 서로간의 간섭에 따라 채널용량이 변화된다는 것을 알 수 있었다. 이동통신 시스템의 전송속도에 따른 채널용량의 변화를 살펴보면 두 시스템 모두 대역폭과 SNR 그리고 부가되는 파라메터가 고정되었을 때 전송속도가 높아짐에 따라 채널 용량이 줄어드는 것을 확인 할 수 있었다. WCDMA 시스템의 기지국에 할당된 전체 대역폭에 따른 채널용량을 살펴보면, 시스템의 기본 파라메터와 부가되는 파라미터가 고정되어 있을 때 기지국에 할당된 전체 대역폭이 증가할수록 기지국이 가지는 전체 채널용량은 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 이동통신 시스템의 채널용량을 증가시키는 방법은 대역폭은 넓히고 전송속도와 SNR은 줄여야 된다는 것을 확인할 수 있었다.

노 재 성 (Jae-Sung Roh)
2000년 8월 :한국항공대학교 정보통신과 (공학박사)
2000년 9월 ~ 현재 : 서일대학교 정보통신과 교수
※관심분야 : 무선 임베디드 시스템 설계, IoT 서비스, 모바일 응용 S/W

김 완 태 (Wan-Tae Kim)
2011년 2월 :한국항공대학교 정보통신과 (공학박사)
2011년 2월 ~ 현재 : 서일대학교 정보통신과 조교수
※관심분야 : 통신시스템 설계, 차세대 이동통신

감사의 글

본 논문은 2013년도 서일대학교 학술연구비에 의해 연구되었음.

참고문헌

[1] H. Claussen, “Performance of macro-and co-channel femtocells in a hierarchical cell structure”, in *IEEE 18th International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications(PIMRC 2007),* Athens: Greece, September, pp. 1-5, 2007

[2] S. G. Lee, H. C. Bang, *IMT-2000/CDMA Technology*, Seoul, Korea: Sehwa, 2001.

[3] S. G. Lee, B. Y. Cho, N. Y. Yeo, 3*G/4G Mobile Telecomunication*, Seoul, Korea: Hongrung Publishing Company, 2008.

[4] TIA/EIA-98-D, Recommended Minimum Performance Standards for cdma2000 Spread Spectrum Mobile Stations, June, 2001.

[5] 3GPP TS 34.121, 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Terminals; Terminal conformance specification; Radio transmission and reception (FDD), Mar, 2003.

[6] Y. C. Oak, *CDMA(Code Division Multiple Access)*, Seoul, Korea: Jin Han Book, 2003.