

# IMT-2000/CDMA 시스템의 효율적인 링크 분석을 위한 프로그램 개발

민 순 기<sup>o</sup>, 김 완 태, 김 명 준

skmin@icols.com, r0238@hotmail.net, mjkim@cbucc.chungbuk.ac.kr

## Program Development for Effective Link Analysis of IMT-2000/CDMA System

Soon-Ki Min<sup>o</sup>, Wan-Tae Kim, Myung-Joon Kim

Dept. of Computer Science, Chungbuk National University  
Dept. of Inform. & Telecomm. Eng., Namseoul University

### 요 약

최근 이동 통신의 급격한 성장으로 인하여 동일한 통신 서비스간의 간섭 뿐 아니라 서로 다른 서비스간의 간섭 문제가 통신 서비스의 품질을 저하시키는 주된 요인으로 작용하고 있다. 특히, CDMA-based 시스템은 간섭에 의해 용량이 제한되므로 CDMA-based 시스템인 기존의 IS-95 및 PCS 서비스, 그리고 차세대 이동 통신인 IMT-2000/CDMA 시스템의 용량 개선을 위한 연구 및 효율적인 무선망 설계를 위한 연구가 필요하다.

본 연구에서는 IMT-2000/CDMA 시스템의 효율적인 링크 분석(Link Analysis)을 하는데 필요한 시스템 성능 평가와 시스템 통화용량을 산출하는 프로그램을 개발하고자 한다. 여기서, 시스템 성능을 예측하기 위해서는 신호 대 잡음 전력비 ( $E_b/N_o$ )의 개념이 요구된다. 시스템 통화용량은 잡음 특성이 매우 이상적인 상태를 기준으로 하여 역방향 최대 용량을 산정하는 Pole Capacity 산출 방식과 호차단율(Blocking Probability)로부터의 통계적 산출 방법인 Erlang Capacity 산출 방식을 적용한다.

### I. 서 론

현재 우리나라 이동통신 시장은 기존 음성 위주의 이동통신서비스에서 무선 멀티미디어 통신으로 빠르게 변화하고 있다. 무선 이동통신 시장의 발전과정을 보면 최근 1세대 아날로그 AMPS에 이은 제2세대 CDMA 방식과 현재 추진중인 제3세대 꿈의 이동통신으로 불리는 고속 멀티미디어 무선 통신인 IMT-2000 서비스의 순으로 진행되고 있다 [1-3].

IMT-2000 서비스가 전 세계적으로 주목받는 이유는 단일 주파수 대역의 동일 무선접속방식을 사용해 글로벌 로밍을 통한 전 세계를 단일 통화권으로 구성할 수 있다는 점과 고대역폭으로 빠른 속도를 지원해 기존 음성 서비스뿐만 아니라 이미지, 동화상을 비롯해 영상전화, 인터넷 접속 등 무선 멀티미디어 서비스를 제공하기 때문이다. 따라서 음성 서비스는 기본이고 기존 텍스트 위주의 무선 데이터 서비스를 넘어 다양한 형태의 애플리케이션 활용이 가능함에 따라 생활의 한 부분으로 자리잡고 있는 인터넷 사용을 무선 이동통신에서 자유롭게 구현할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 이러한 이유로 국내 무선 인터넷 시장의 확산은 기반 인프라 및 시장 선점을 위한 경쟁이 더욱 가속화되는 현상은 지극히 당연하며 향후 더욱 치열한 양상을 보일 것이다 [1-3].

최근 이동 통신의 급격한 성장으로 인하여 동일한 통신 서비스간의 간섭 뿐 아니라 서로 다른 서비스간의 간섭 문제가 통신 서비스의 품질을 저하시키는 주된 요인으로 작용하고 있다. 특히, CDMA-based 시스템은 간섭에 의해 용량이 제한되므로 기존의 IS-95 및 PCS 서비스, 그리고 차세대 이동 통신인 IMT-2000의 용량 개선을 위한 연구 및 효율적인 무선망 설계를 위한 연구가 필요하다 [4-5].

본 연구에서는 IMT-2000/CDMA 시스템의 효율적인 링크 분석(Link Analysis)을 하는데 필요한 시스템 성능 평가와 시스템 통화용량을 산출하는 프로그램을 구현하고자 한다. 여기서, 시스템 성능을 예측하기 위해서는 신호 대 잡음 전력비 ( $E_b/N_o$ )의 개념이 요구된다. 시스템

통화용량은 잡음 특성이 매우 이상적인 상태를 기준으로 하여 역방향 최대 용량을 산정하는 Pole Capacity 산출 방식과 호차단율(Blocking Probability)로부터의 통계적 산출 방법인 Erlang Capacity 산출 방식을 적용한다.

### II. 링크 분석 모델

#### 1. 기존 시스템과 IMT-2000의 비교

표 1. 기존 시스템과 IMT-2000의 비교

구 분	셀룰라/PCS	Pre IMT-2000	IMT-2000
주파수대역	800MHz/1.7GHz		
채널당 대역폭	1.23MHz		5MHz/10MHz/20MHz
채널당 데이터 전송속도	9.6/14.4/ 64Kbps	14.4Kbps	고속이동시 144Kbps 저속이동시 384Kbps 정지시 2Mbps
음성 보코더	8Kbps(EVRC) 13Kbps	13Kbps	8-32Kbps
제공서비스	음성 및 저속데이터	음성 및 중속데이터	멀티미디어 (음성, 데이터, 영상)
로밍서비스	국내, 지역별		로밍지역의 확대

IMT-2000과 기존 시스템을 비교해보면 우선 사용 주파수대역에서

IMT-2000은 범세계적 로밍을 위해 ITU에서 배정한 전 세계 공통의 주파수대역인 2GHz를 사용한다는 차이점을 발견할 수 있다. 데이터 전송속도를 결정짓는 채널당 대역폭은 우리 나라의 경우 동일한 기술방식을 사용하는 디지털 이동전화와 PCS가 1.23MHz인데 반해 IMT-2000에서는 멀티미디어서비스 제공을 위해 5MHz에서 20MHz까지의 광대역을 채택하고 있다. 이에 따라 기존시스템의 최대 데이터 전송속도가 14.4Kbps, Pre IMT-2000에서는 144Kbps인데 비해 IMT-2000에서는 최고 2Mbps로서 음성, 데이터는 물론 동화상까지 전송이 가능하다.

2. 시스템 성능

IMT-2000 시스템의 성능을 평가하기 위해 사용되는 변조방식은 QPSK 방식으로, 잡음 환경에서의 오율식은 다음과 같다 [6].

$$P_{eq}(\gamma) = Q(\sqrt{2\gamma}) \tag{1}$$

여기서,  $\gamma$ 는 신호 대 잡음 전력비 ( $E_b/N_0$ ) 이다. L개의 가지를 가진 RAKE 수신기를 통하여 수신된 QPSK 신호의 신호 대 잡음 전력비( $\gamma$ )는 다음과 같다 [6].

$$\gamma = \sum_{k=1}^L \gamma_k \tag{2}$$

여기서,  $\gamma_k$ 는 k번째 가지에서의 신호 대 잡음 전력비이다. 식 (2)에서 구한  $\gamma$ 는 RAKE 수신기를 사용함으로써 얻어지는 신호 대 잡음 전력비인데,  $\gamma$ 는 각 가지에서의  $\gamma_k$ 들의 분포에 따라 다음과 같은 확률 밀도 함수를 따르게 된다.

$$p_{RAKE}(\gamma) = \sum_{k=1}^L \frac{\pi_k}{\gamma_k} e^{-\gamma/\gamma_k}, \quad \gamma \geq 0 \tag{3}$$

단,  $\pi_k = \prod_{i=1, i \neq k}^L \frac{\gamma_k}{\gamma_k - \gamma_i}$ ,  
 $\gamma_k$ : k번째 가지에서의 평균 신호 대 잡음 전력비,  
 $\gamma$ : 순신 신호 대 잡음 전력비.

$\gamma_k$  값은 MIP (Multipath Intensity Profile) 모델을 사용하면 다음과 같은 지수 함수로 나타낼 수 있다 [7].

$$\gamma_k = \Gamma \cdot e^{-(k-1)\beta} \tag{4}$$

여기서,  $\Gamma$ 는 첫 번째 가지에서의 평균 신호 대 잡음 전력비,  $\beta$ 는 MIP 모델에서 신호세기의 감쇄지수를 의미한다. RAKE 수신기를 사용했을 경우에 주파수 선택성 다중경로 페이딩 환경하에서 무선가입자망의 최종 오율식은 다음과 같이 식(1)을 식(3)에 대하여 평균함으로써 얻어진다.

$$P_e = \int_0^{\infty} P_{eq}(\gamma) \cdot p_{RAKE}(\gamma) d\gamma \tag{5}$$

3. 시스템 통화 용량

CDMA 시스템에서 통화 용량 계산을 위해서는 크게 세 가지 성분으로 구성된다. 첫 번째는 열잡음으로서, 이동국 수신기의 잡음 지수에 의해 증폭되는 값  $NF \times N_t$ 를 반영해야 한다. 두 번째는 자기 셀 내의 다른 이동국으로부터의 잡음으로서, 이동국 (n-1) 개로부터의 수신 레벨 S와 음성 활동  $\alpha$  값을 곱한

$\alpha \times (n-1) \times S$ 로 표현된다. 세 번째는 다른 셀의 이동국으로부터의 잡음으로서, 주변 셀 모두 최대 통화 상태의 경우로 가정하여 셀 내의 이동국으로부터의 잡음에 주변 기지국으로부터의 주파수 재활용 계수 f를 곱한  $f \times \alpha \times (n-1) \times S$  값으로 구성된다.

위의 항목 등을 근거를 하여 역방향 통화 채널에서 시스템에 요구되는 신호 대 잡음 전력비 ( $E_b/N_0$ )는 아래 수식으로 표현이 가능하다 [8].

$$\frac{E_b}{N_0} = \frac{S/R}{NF \times N_t + \frac{\alpha(1+f)(N-1)S}{W}} \tag{6}$$

여기서, NF는 이동국 수신 잡음 지수, W는 채널 대역폭, R은 데이터 전송율, f는 주파수 재활용 계수,  $\alpha$ 는 음성활성화율, N은 통화 중인 이동국의 수, S는 한 이동국으로부터 기지국 수신기에 도달하는 신호의 세기,  $N_t$ 는 열잡음 밀도를 의미한다.

위의 수식을 Pole Capacity의 정의에 따라 열잡음  $N_t$  항을 무시하고 다시 정리하면 음니셀의 최대 통화자 수는 다음과 같이 표현된다.

$$N = \frac{WR}{E_b/N_0} \cdot \frac{1}{\alpha} \cdot G_s \cdot f \cdot L_o \tag{7}$$

여기서,  $G_s$ 는 섹터화 이득,  $L_o$ 는 시스템 로드(Load Factor)를 의미한다.

Erlang Capacity는 CDMA 무선망 시스템에서 요구되는 서비스의 품질을 만족시키면서 수용할 수 있는 통계적인 통화 용량을 의미하는데, Pole Capacity로부터 산출하는 통화용량보다 좀 더 현실적인 접근방식이라 할 수 있다. Erlang B와 Erlang C는 블로킹 확률과 통화채널, 통화 용량과의 상관관계를 수학적으로 수식화한 모델이다. 통화를 시도하여 통화중이 걸렸을 때 한잠을 기다렸다 다시 통화를 시도하는(또는 포기하는) 형태의 통화 특성 분포를 Erlang B 모델이라 하며, 통화 시도시 통화 중이면 계속적으로 시도하여 통화 연결을 시도하는 형태의 통화 특성 분포를 Erlang C 모델이라고 한다. 따라서, 엄밀한 의미로서 Erlang C에서는 호차단이 발생하지 않는다. 단, 계속적인 호시도에 의한 호지연이 발생할 뿐이므로, Erlang C 호차단 확률은 호지연 확률의 의미하기도 한다. 호차단율(Blocking Probability)은 Erlang B, Erlang C의 공식에 의해 다음과 같이 표현된다 [8].

$$P_B = B(A, N) = \frac{\frac{1}{N!} A^N}{\sum_{k=0}^N \frac{1}{k!} A^k} \tag{8}$$

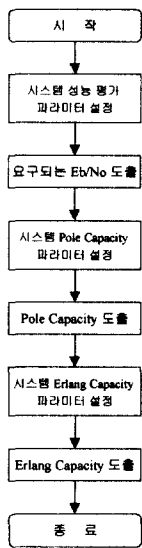
$$P_C = C(A, N) = \frac{\frac{1}{N!} A^N}{\frac{1}{N!} A^N + (1 - \frac{A}{N}) \sum_{k=0}^{N-1} \frac{1}{k!} A^k} \tag{9}$$

여기서, N은 무선 채널수, A는 통화 부하(Erlang 단위)를 의미한다.

III. 링크 분석 프로그램

다음 블록도는 프로그램의 실행 순서를 나타내고 있다. 프로그램을 실행하기 위해서는 우선 프로그램에 필요한 각 파라미터를 입력받는다. 이 때, 시스템 성능 평가에 영향을 미치는 파라미터들로는 주파수 선택성 다중경로 페이딩 채널에서 신호세기의 감쇄지수, RAKE 수신기의 가지수, 서비스 유형이며, Pole Capacity에 영향을 미치는 파라미터들로는 채널 대역폭, 데이터 전송율, 섹터화 효율, 음성 활성화율, 주파수 재활용 계수, 시스템 로드이며, Erlang Capacity에 영향을 미치는 파라미터들로는 무선 채널수, 호차단율, 사용자수/Erlang, Erlang 유형으로 상정하였다.

주파수 선택성 다중경로 페이딩 채널에서 신호세기의 감쇄지수가 작을수록, RAKE 수신기의 가지수가 증가할수록 음성 서비스 및 데이터 서비스를 제공하는데 적은  $E_b/N_0$ 가 필요함을 알 수 있다. 즉, 시스템



성능이 향상됨을 확인할 수 있다. 이 때, 음성외의 경우 실시간이 보장되어야 하고 어느 정도 오류가 발생해도 사용자에게는 큰 불편이 없기 때문에 음성 신호는  $10^{-3}$ BER로 설계되고, 데이터에 대해서는  $10^{-6}$ BER로 Link Budget을 설계한다.

채널 대역폭이 증가할수록, 데이터 전송율이 감소할수록, 섹터화 효율이 클수록, 음성 활성화율이 낮을수록, 주파수 재사용 효율이 클수록, Loading Factor가 클수록 Pole Capacity가 증가한다는 것을 알 수 있다.

또한, 무선 채널수가 증가할수록, 호차단율이 클수록, 사용자수/Erlang이 증가할수록 Erlang Capacity가 증가한다는 것을 알 수 있다.

#### IV. 결 론

본 연구에서는 IMT-2000 시스템의 링크 분석에 필요한 주요 파라미터들을 도출하고, 용량 분석 및 효율적인 무선망 설계를 위한 프로그램을 개발하였다. 주요 파라미터들로는 신호세기의 감쇄지수,

RAKE 수신기의 가지수, 서비스 유형,  $E_b/N_0$ , 채널 대역폭, 데이터 전송율, 섹터화 효율, 음성 활성화율, 주파수 재사용 계수, 시스템 노드, Pole

Capacity, 무선 채널수, 호차단율, 사용자수/Erlang, Erlang 유형, Erlang Capacity이다.

CDMA 시스템에서는 간섭에 의한 용량이 제한되기 때문에 시스템의 성능을 분석하기 위해서는 간섭에 대한 연구가 필수적이다. 본 연구에서는 송수신 필터가 이상적이라고 가정하고, 서로 다른 주파수를 쓰는 시스템간의 간섭에 대해서는 고려하지 않고, 시스템의 링크 분석을 하였다. 향후, 이러한 CDMA 시스템간 또는 동일 시스템 내에서의 간섭 문제를 고려한 링크 분석 프로그램 개발이 필요하다.

#### 참 고 문 헌

- [1] [www.acer.com.ne.kr](http://www.acer.com.ne.kr)
- [2] [www.kora.or.kr](http://www.kora.or.kr)
- [3] [www.rftech.co.kr](http://www.rftech.co.kr)
- [4] K. S. Gilhousen, et al., "On the capacity of a cellular CDMA system," *IEEE Trans. on Veh. Technol.*, vol. 40, no. 2, pp. 303-312, May 1991.
- [5] A. M. Viterbi and A. J. Viterbi, "Erlang capacity of a power controlled CDMA system," *IEEE J. Select. Areas Comm.*, pp. 892-899, Aug. 1993.
- [6] J. G. Proakis, *Digital Communications*, McGraw-Hill, 1995.
- [7] I. K. Chang, G. L. Stuber, and A. M. Bush, "Performance of diversity combining techniques for DS/DPSK signaling over a pulse jammed multipath-fading channel," *IEEE Trans. on Comm.* vol. 38, no. 10, pp. 1823-1834, Oct. 1990.
- [8] 이 상근, 방 효창, "IMT-2000 CDMA 기술", 세와, 2000년 1월.

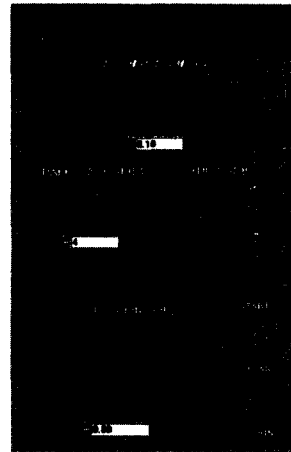


그림 1. 성능 분석 프로그램

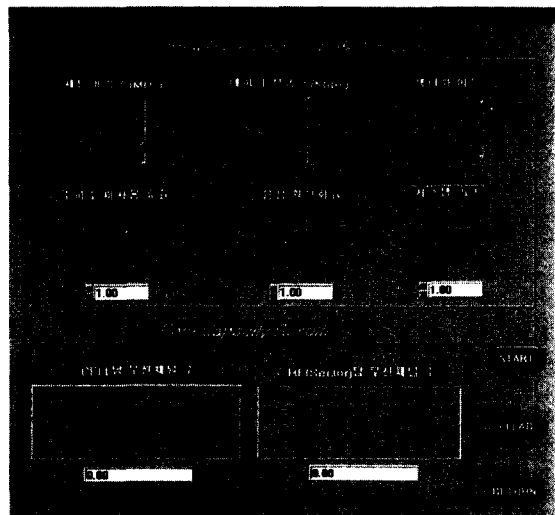


그림 2. Pole Capacity 분석 프로그램

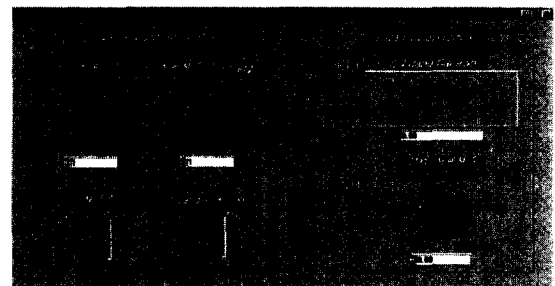


그림 3. Erlang Capacity 분석 프로그램