

# CDMA 셀룰러 시스템에서 전력할당개념을 이용한 채널할당기법

이 동 명<sup>†</sup> · 전 문 석<sup>††</sup>

## 요 약

이 논문에서는 CDMA(Code Division Multiple Access) 셀룰러 시스템에서 전력할당개념(Power Allocation Concept)을 이용한 채널할당기법(Channel Assignment Scheme)을 제안하였다. 또한, 제안한 기법의 성능을 분석한 후 고정 전력할당을 이용한 채널할당기법의 성과와 서로 비교하였다. 제안한 기법에서는 순방향링크(Forward Link)에서 인접 셀(Neighbor Cells)의 트래픽 부하 및 트래픽 분포 패턴에 따라 적응적으로 전력을 할당한다. 제안한 기법에 대한 분석결과, 전체 호 블럭킹 확률(Call Blocking Probability :  $P_T$ )은 물리적인 채널의 수( $C_{ch}$ )가 30인 경우에 고갈 확률(Outage Probability :  $P_O$ )보다 블럭킹 확률(Blocked Probability :  $P_B$ )에 더 의존적이라는 사실을 발견할 수 있었다. 그리고  $P_T$ 는  $C_{ch}$ 가 32인 경우,  $P_B$  및  $P_O$ 에 동일 비율로 증속되고 이 경우에  $P_{TA}$ (blocking probability for the adaptive power allocation)는  $P_{TF}$ (blocking probability for the fixed power allocation) 보다 6%정도 높음을 알 수 있었다.

## A Channel Assignment Scheme Using Power Allocation Concept for CDMA Cellular System

Dong-Myung Lee<sup>†</sup> · Moon-Seog Jun<sup>††</sup>

### ABSTRACT

In this paper, we proposed the channel assignment scheme for the CDMA(Code Division Multiple Access) cellular system using power allocation concept. Also, the performance of the proposed scheme was analyzed and it was compared with the channel assignment scheme using the fixed power allocation method in the CDMA cellular system. The proposed scheme allocates the power adaptively in according to the traffic loads and the traffic distribution pattern of neighbor cells in the forward link. We found that total call blocking probability ( $P_T$ ) is more dependent on blocking probability ( $P_B$ ) than outage probability ( $P_O$ ) under physical number of channels ( $C_{ch}$ )=30.  $P_T$ (Call Blocking Probability) is dependent on  $P_B$ (Blocking Probability) and  $P_O$ (Outage Probability) at the same ratio under  $C_{ch}$ =32, in which case  $P_{TA}$ (blocking probability for the adaptive power allocation) is greater than  $P_{TF}$ (blocking probability for the fixed power allocation) about 6%.

### 1. 서 론

이동통신 서비스의 급격한 수요증가로 인하여 최근

통신 선진국들은 디지털 이동통신 시스템의 개발에 박차를 가하고 있다. 이동통신 시스템의 성능은 특히 채널할당에서의 지연문제 및 전체 수행될 수 있는 트래픽의 용량에 큰 영향을 받는다. 그러므로 통신품질, 즉 QoS(Quality of Service)와 채널할당기법의 복잡도관계에 있어서 Trade-off를 어떻게 결정하느냐가 매우 중

† 정 회 원 : 한국전자통신연구원 무선.방송기술연구소  
†† 중신회원 : 숭실대학교 정보과학대학 교수  
논문접수 : 1998년 4월 10일, 심사완료 : 1998년 12월 15일

요하다고 볼 수 있다.

제한된 채널을 효율적으로 사용하는 문제는 채널할당기법에 직접적으로 영향을 받는다. 그러므로 이동통신 시스템의 설계에 있어서 채널할당기법은 시스템 성능에 영향을 미치는 요소들 중 하나이다.[1]-[2] 또한 셀 계획(Cell Planning) 및 셀 크기 조정방법도 역시 이동통신 시스템의 용량증대를 위해 핫스팟(Hot-spot) 트래픽 분포에 사용될 수 있다. 특히 이러한 방법들은 트래픽 분포의 변화가 서서히 발생하거나 트래픽이 통계적으로 예측가능 할 경우에 효과적이다. 반면에 예측이 불가능한 트래픽 분포가 극심하게 발생 할 경우에는 이러한 방법들은 오히려 과부하를 일으킬 수 있다.

이 논문에서는 전력할당개념(Power Allocation Concept)을 이용하여 CDMA(Code Division Multiple Access) 셀룰러 시스템에서의 채널할당기법을 제안한다. 또한 제안한 기법의 성능분석과 그 성능을 CDMA 셀룰러 시스템에서 고정 전력할당방법(Fixed Power Allocation Method)을 이용한 채널할당기법의 성능과도 비교하였다. 제안한 기법의 개념은 사용 주파수 또는 사용시간 슬롯(Slot)에 의해 채널의 ID가 결정되고 동일 채널간섭이 허용되는 범위 내에서만 재사용이 가능한 주파수 재사용(Frequency Reuse)개념에 기반을 둔 FDMA(Frequency Division Multiple Access) 또는 TDMA(Time Division Multiple Access) 채널할당기법과는 다르다. 제안한 기법은 순방향링크(Forward Link)에서 주변 셀의 트래픽 부하 및 트래픽 분포 패턴에 따라 적응적으로 전력을 할당(Adaptive Power Allocation)함으로써 채널을 할당한다.

이 논문의 구성은 다음과 같다. 제2장에서는 CDMA 셀룰러 시스템의 특성을 설명한다. 제3장에서는 CDMA 셀룰러 시스템에서의 채널할당개념을 설명한다. 제4장에서는 CDMA 셀룰러 시스템에서 순방향링크에서의 고정 및 적응 전력할당방법을 제시한다. 제5장에서는 제안한 방법의 시뮬레이션 모델을 제시하고, 제6장에서는 제시한 모델의 성능결과를 분석한다. 마지막으로 제7장에서는 결론을 맺는다.

## 2. CDMA 셀룰러 시스템

### 2.1 범용 주파수 재사용

채널은 이동국(Mobile Station : MS)과 기지국(Base Station : BS)사이에서 서로 통화하기 위해 사용된다.

셀 내에 수 많은 사용자가 있다면 일반적으로 무제한의 서로 다른 주파수 대역폭(Frequency Bandwidth)을 가진 채널이 필요할 것이다. 그러나 이를 위하여 무제한의 주파수 대역폭을 사용하는 것은 불가능하므로 충분히 거리가 떨어진 다른 셀에서 허용 가능한 Carrier-to-Interference Ratio(CIR)를 유지하여 이동 가입자들에게 동일채널을 할당한다. 이러한 개념은 FDMA나 TDMA 시스템에서도 동일하게 적용된다.

그러나 CDMA 셀룰러 시스템에서는 동일 주파수를 사용함에도 불구하고 각 셀 내에서 이동 가입자에게 서로 다른 왈쉬 코드(Walsh Code)를 사용함으로써 동일 채널 간섭(Co-channel Interference)현상을 상당히 줄일 수 있다. 그러므로 모든 이동 가입자들은 동일 셀에서 동일 주파수를 이용할 수 있게 되는데 이러한 개념이 범용 주파수 재사용(Universal Frequency Reuse)이다.[3]-[4]

### 2.2 전력제어

범용 주파수 재사용 개념이 CDMA 셀룰러 시스템에 적용되어 서로 다른 왈쉬 코드가 사용된다고 할지라도 MS와 BS사이에서의 거리로 인해 주변 채널의 간섭에 의한 근원방계 문제(Near-Far Problem)가 발생한다. CDMA 셀룰러 시스템에서 최대 사용자 용량은 각 사용자에 대해 BS에서 Energy-to-Interference( $E_b/I_o$ )가 허용되는 좋은 음성품질 수준을 유지할 때 얻을 수 있다. 사용자 사이에서의 간섭현상은 거리에 역으로 비례하기 때문에 이런 수준을 유지하기 위해서는 각 사용자에 대한 전송 신호의 수준을 제어하여 동일수준으로 BS의 수신기에 전달되도록 해야 한다. 이러한 기능이 전력제어(Power Control)이다.

전력제어는 순방향링크 및 역방향링크(Reverse Link)에 모두 필요하다. 동일 주파수를 사용하는 채널은 각 BS에서 재사용되어야 하기 때문에 동일 BS 또는 인접 BS내의 이동 가입자에 의해 발생하는 간섭현상은 사용자의 용량을 감소시키는 주요 요인이다. 그런데 간섭은 채널의 다중경로 페이딩(Multipath Fading)에 의해 발생되므로 최대 사용자용량은 수신된 사용자의 Signal-to-Noise Ratio(SNR)가 최소한의 허용수준을 유지 할 때만 얻을 수 있다.[5]

### 2.3 소프트 핸드오프

이동통신 시스템에서 이동 가입자가 셀과 셀 사이의 경계를 통과 할 때 기존 기지국과 통화 중인 채널

을 해제하고 새로운 기지국으로 부터의 새로운 채널을 할당 받아 통화를 계속하는 기술이 핸드오프(Handoff)이다. 기존의 AMPS 및 TDMA 방식에서는 "Break and Make" 방식으로 기존의 기지국으로부터 할당된 채널을 해제 시키고 새로운 기지국으로부터의 새로운 채널을 할당 받아 통화를 지속시키는 하드 핸드오프(Hard Handoff) 방식을 사용하고 있다.

그러나 CDMA 시스템에서는 범용 주파수 재사용이 가능하고 채널의 구분은 사용되는 확산 부호(Spread Code)에 의해서 이루어지므로 이동국은 셀간 경계지점에서 두개 셀의 기지국과 동일한 반송 주파수를 사용하여 동시에 통화가 가능하게 된다. 그러므로 이동국은 셀간 경계지점에서 기존 기지국과 새로운 기지국 모두로부터 신호를 동시에 수신하는데, 이때 기존의 기지국으로 부터의 신호가 일정 임계치(Threshold) 이하로 떨어지면 새로운 기지국으로부터 채널을 할당 받고 그 다음 이미 기존의 기지국으로부터 할당 받은 채널을 해제하는 "Make and Break" 방식의 소프트 핸드오프(Soft Handoff) 방식이 가능하게 된다. 이와 같은 소프트 핸드오프 방식은 CDMA 시스템의 역방향 링크에서는 인접 채널간의 간섭을 추가적으로 증가시키지 않으면서 통신품질의 향상이 가능하나 순방향 링크에서는 새로운 기지국에서 새로운 채널을 할당해야 하므로 추가적인 인접채널의 간섭이 고려되어야 한다.[5]

### 3. CDMA 셀룰러 시스템에서의 채널할당기법

CDMA 셀룰러 시스템의 순방향 및 역방향링크에서의 완벽한 전력제어는 FDMA나 TDMA과는 달리 채널할당에 있어서 매우 중요하다. 그러므로 제한된 전력사용의 범위 내에서 최적의 전력할당은 CDMA 셀룰러 시스템을 위한 채널할당기법의 주요 요소가 된다.

만일 CDMA 셀룰러 시스템의 성능이 모든 셀에서 이동국과 BS사이에서의 CIR 수준에 영향을 받지 않는다면 사용자 용량은 왓쉬 코드를 사용하여 무제한으로 증대될 수 있다. 그러나 실제로는 모든 왓쉬 코드가 전부 CDMA 셀룰러 시스템에 사용될 수 없는데 그 이유는 간섭이 사용자 트래픽의 증가에 비례하여 커지기 때문이다. 이러한 사실은 CDMA 셀룰러 시스템에서의 채널할당을 하기 위해서는 모든 이동국들과 BS사이에서 CIR 균형을 고려하여 최적의 전력할당을 하여야

함을 의미한다. 그래서 호 블럭킹(Call Blocking)은 주파수의 고갈(Outage) 때문에 발생하는 것이 아니고 CIR의 제한사항에 의해 야기되는 전력자원의 고갈때문에 발생하는 것이다.

어떤 셀의 BS에 의해 사용자  $i$ 에 할당되는 상대전력의 수준비율을  $\phi_i$ 라 할 때 주변 셀의 BS로부터의 간섭이 동시에 고려될 때의 사용자  $i$ 가 수신하는 CIR은 식 (1)과 같이 표현된다.

$$(E_b/I_o)_i = \frac{\phi_i S_{ii} / R}{\left[ (1 - \phi_i) S_{ii} + \sum_{j=2}^J S_{ji} + N_o W \right] / W} \quad (1)$$

식 (1)에서  $R$ 은 사용자의 데이터 전송율,  $W$ 는 대역폭 그리고  $N_o$ 는 배경잡음밀도(Background Noise Density)이다. 여기에서 BS 1에 의해 제어 받는 사용자  $i$ 가  $J$ 개의 BS로부터 간섭전력을 받는다고 가정하자. 사용자  $i$ 에 의해 수신되는 BS  $j$ 에서의 전체 전력을  $S_{ji}$ , 사용자  $i$ 에 대해 수신되는 BS 1에서의 전력을  $S_{ii}$ 라 하고 모든  $j \neq 1$ 에 대해  $S_{ii} > S_{ji}$ 라고 하면 사용자는 항상 가장 강한 신호를 수신하는 BS와 통신을 하여야 한다.[6]-[7]

지금 어떤 셀에서의 모든 사용자에 동일한  $E_b/I_o$ 을 할당했다고 가정하면 모든  $i$ 에 대해  $(E_b/I_o)_i = E_b/I_o$ 이므로  $i$ 번째 사용자에 대한 상대적 전력할당 등식 (2)를 식 (1)로부터 얻을 수 있다.

$$\phi_i S_{ii} = \frac{1}{W/R} (E_b/I_o)_i \left[ S_{ii} + \sum_{j=2}^J S_{ji} + N_o W \right] \quad (2)$$

여기에서  $\alpha = (E_b/I_o)(W/R)$ 라 두면 식 (2)는 식 (3)과 같이 쓸 수 있다.

$$\phi_i S_{ii} = \alpha \left[ \sum_{j=1}^J S_{ji} + N_o W \right] - \alpha \phi_i S_{ii} \quad (3)$$

식 (3)에서  $\phi_i$ 는 다음과 같이 유도될 수 있다.

$$\begin{aligned} \phi_i &= \frac{1}{S_{ii}} \left[ \alpha \left( \sum_{j=1}^J S_{ji} + N_o W \right) - \alpha \phi_i S_{ii} \right] \\ &= \frac{\alpha}{S_{ii}} \sum_{j=1}^J S_{ji} + \frac{N_o W}{S_{ii}} - \frac{\alpha \phi_i}{S_{ii}} S_{ii} \end{aligned} \quad (4)$$

식 (4)에서  $(1 + \alpha) \phi_i$ 는 식 (5)와 같이 된다.

$$(1 + \alpha) \phi_i = \frac{\alpha}{S_{ii}} \sum_{j=1}^J S_{ji} + \frac{N_o W}{S_{ii}} \quad (5)$$

그러므로  $\phi_i$ 는 다음과 같이 표시된다.

$$\begin{aligned} \phi_i &= \frac{1}{1+\alpha} \frac{\alpha}{S_{li}} \sum_{j=1}^L S_{ji} + \frac{N_o W}{S_{li}} \\ &= \frac{1}{1+\alpha} \left( 1 + \sum_{j=2}^L S_{ji} / S_{li} \right) + \frac{N_o W}{S_{li}} \end{aligned} \quad (6)$$

식 (6)에서 배경잡음밀도를 무시하면 식 (7)과 같이 표현된다.

$$\phi_i \cong \frac{1}{1+\alpha} \left( 1 + \sum_{j=2}^L S_{ji} / S_{li} \right) \quad (7)$$

식 (7)에서 모든 사용자에 대한 상대 전력인  $\phi_i \cong \frac{1}{1+\alpha}$ 는 동일 주파수를 사용하는 인접 셀에서 사용자가 전혀 없는 즉, 사용자  $i$ 에 대해서  $S_{ji} = 0$ 인 조건하에서 모든 사용자  $J$ 에게 할당된다.  $\phi_i$ 는 BS에 할당되는 상대 전력수준을 나타내므로 동시에 호 설정하는 전체 사용자인  $K_u$ 는 식 (8)을 만족하는 최대 정수 값이 된다.

$$\sum_{i=1}^{K_u} \phi_i \leq 1 \quad (8)$$

사용자  $K_u$ 가 호를 동시에 요구할 때  $\phi_i$ 가 흠 및 주변 셀에서 간섭수준을 허용한다면 호 블럭킹은 발생하지 않는다. 그러나 순차적으로 요구하는 호에 전력할당이 할당된다는 가정하에서  $K_u$ 번째의 호는  $\sum_{i=1}^{K_u} \phi_i > 1$ 에서 블럭킹 된다. 여기에서 CDMA 셀룰러 시스템에서의 채널할당은 채널을 할당하기 위한 가용 주파수 스펙트럼이 아니라 BS가 할당 할 수 있는 상대전력수준에 따라 결정됨을 알 수 있다.

### 4. 전력할당기법

#### 4.1 고정 전력할당방법

순방향링크에서의 전력할당은 개방루프제어(Open Loop Control)와 폐쇄루프제어(Closed Loop Control)의 두 가지 방식이 있다. BS는 개방루프제어에 의해 기본 이득(Gain) 값을 할당하고 나서 동적으로 폐쇄루프제어에 의해 이득을 조정한다. 그러므로 고정 전력할당방법은 이득대신에 BS에 대한 상대전력 수준 비율인  $\phi_i$ 로 표현 될 수 있다. 호 설정을 요구하는 사용자 번째에 대한  $\phi_i$ 는 주변 BS  $j = 2, 3, \dots, J$ 로부터 수신되는

간섭전력 수준과 동일 셀 내의 타 사용자로부터 발생하여 BS 1으로부터 수신되는 간섭전력 수준이 동일하다고 가정 할 때 식 (9)와 같이 고정 값으로 할당될 수 있다. 여기에서  $f_{fix}$ 는 고정 값이다.

$$\phi_i = \frac{1}{1+\alpha} [1+f_{fix}] \quad (9)$$

고정 전력할당은 사용자  $i-1$ 이 이동 망에 접속되어 있고  $i$ 번째 사용자가 호 설정을 요구하는 경우에는 식 (10)과 같이 표현될 수 있다.

$$\phi_1 = \frac{\alpha}{1+\alpha} [1+f_1]$$

$$\phi_2 = \frac{\alpha}{1+\alpha} [1+f_2]$$

$$\dots\dots\dots$$

$$\phi_{i-1} = \frac{\alpha}{1+\alpha} [1+f_{i-1}]$$

$$\phi_i = \frac{\alpha}{1+\alpha} [1+f_{fix}] \quad (10)$$

$f_{fix}$ 로 할당되는  $i$ 번째 호를 위한 채널할당은 동일 셀 내에서  $i$ 번째 및 다른 사용자에 대한 할당된 전력 비율의 합인  $\phi_i + \sum_{k=1}^i \phi_k \leq 1$ 의 조건을 만족하는 경우에 허용된다.

#### 4.2 적응 전력할당방법

미래의 이동통신망에서 트래픽 부하는 어떤 특정 환경하에서 폭주 셀이라고 하는 특정 셀에 집중됨을 예상할 수 있다. 이 경우에 고정 전력할당방법은 폭주 셀에서의 불규칙한 트래픽에는 적합하지 않다. 그러므로 만약 동일 셀 내의 타 채널의 간섭수준을 고려하는 상대 전력할당 비율인  $\phi_i$ 가 모든 호에 사용된다면  $\sum_{j=2}^L S_{ji}$ 는  $i$ 번째 사용자의 주변 셀에서의 트래픽 부하가 낮다는 조건하에 급속하게 감소될 수 있음을 알 수 있다. 즉, 적응 전력할당방법에서 사용자  $K_u$ 는 MS가 모든 호 설정에 대한  $f_{fix}$ 를 BS에게 보고한 후, BS는 특정 트래픽 환경에 대한  $\phi_i$ 를 할당하면 증가 될 수 있다. 그러므로 적응 전력할당방법은 식 (10)에서  $f_{fix}$ 를  $f_i$ 로 대체하여 식 (11)으로 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} \phi_1 &= \frac{\alpha}{1+\alpha}[1+f_1] \\ \phi_2 &= \frac{\alpha}{1+\alpha}[1+f_2] \\ \dots\dots\dots \\ \phi_{i-1} &= \frac{\alpha}{1+\alpha}[1+f_{i-1}] \\ \phi_i &= \frac{\alpha}{1+\alpha}[1+f_i] \end{aligned} \quad (11)$$

그런데 위의 전력할당방법을 실제로 구현하기 위해서는 셀에 대한 간섭 측정이 CDMA 셀룰러 시스템에서 선행되어야 한다.

### 5. 시뮬레이션 모델

#### 5.1 가정

- 셀의 반경은 R이고 규칙적인 6각형의 구조를 가진다. 시뮬레이션에는 6개의 셀을 고려하고 셀의 섹터화(Sectorization)는 고려하지 않는다.
- BS는 셀의 중앙에 위치하고 비방향성(Omnidirectional) 안테나가 사용된다.
- MS는 BS에서 가장 강한 페이징 채널(Paging Channel)을 전송하는 1개의 홈 셀을 선택한다.
- 음성활동률(Voice Activity)은 고려하지 않는다.
- MS는 시뮬레이션 영역 내에서 정지상태로 균일하게 분포된다.
- 이동 가입자의 호 도착 프로세스(Call Arrival Process)는 모든 셀에서 평균 도착률인 Poisson 분포임을 가정한다. 각 호는 서로 독립적이다.
- 호 점유시간(Call Holding Time)은 평균  $1/\mu$ 을 가지고 지수 분포임을 가정한다.

#### 5.2 무선 Path 모델

$f_i$ 는 모든 BS가 MS에게 동일 전력수준으로 신호를 전송하는 것을 가정 할 때 식 (12)로 표현된다.

$$\begin{aligned} f_i &= \sum_{j=2}^L \frac{S_{ji}}{S_{1i}} \\ &= \gamma_{1i}^m 10^{\xi_{i1}/10\sqrt{2}} \sum_{j=2}^L \gamma_{ji}^{-m} 10^{-\xi_{ij}/10\sqrt{2}} \end{aligned} \quad (12)$$

식 (12)에서  $\xi$ 는 평균 편차  $\sigma=8dB$ 를 가진 Log-normal 변수이다.  $\gamma$ 는 사용자와 BS사이의 거리를 나

타내는데,  $\gamma_{1i}$ 는 사용자 i와 BS 1사이의 거리를,  $\gamma_{ji}$ 는 사용자 i와 BS j사이의 거리를 의미한다. 여기에서 전파전파 모형의 지수 ( $m$ )는 환경에 따라 그 값이 달라질 수 있으나 여기에서는 거리의 4승에 반비례하는 전파전파로 가정한다.

#### 5.3 성능 파라미터

만일 호 블럭킹이 시뮬레이션 도중에 발생하면 호 블럭킹 확률(Call Blocking Probability) 및 고갈확률(Outage Probability)이 측정된다. 성능분석을 위한 2개의 파라미터에 대한 정의는 다음과 같다.

- 블럭킹 확률

$$P_B(K_U) = \Pr(K_U > C_{th}) \quad (13)$$

- 고갈 확률

$$P_O(K_U) = \Pr\left(\sum_{i=1}^{K_U} \phi_i > 1\right) \quad (14)$$

식 (13) 및 식 (14)에서  $K_U$ 는 발신 호에서 전체 사용자의 수이고  $C_{th}$ 는 BS에 의해 제공되는 물리적인 채널의 수를 나타낸다.

#### 5.4 변수

- $\frac{\alpha}{1+\alpha} \cong 0.0237$  (15)

식 (15)에서 변수  $\alpha$  값은  $E_b/N_o=5dB$ ,  $W$ 는 1.25MHz 그리고  $R$ 은 9.6Kbps이다.

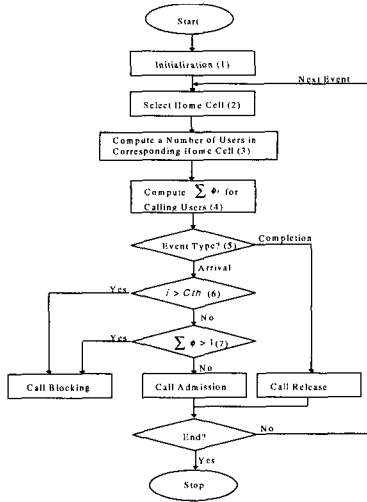
- $\phi_{fix}$

만일 내부 및 외부 간섭이 동일하면  $f_{fix} = 1$ 이다. 그러므로  $\phi_{fix} \cong 0.0474$ 이다.  $f_i$ 분포에 대한 히스토그램은 참고문헌 [6]을 참고하였다.

#### 5.5 시뮬레이션 흐름도

시뮬레이션 흐름도는 (그림 1)과 같다. 여기에서 Step (1)은 기준 시각을 생성하고 Step (2)는 홈 셀을 선택한다. Step (3)은 전체 사용자의 수를 계산하고 Step (4)는 발신 호의 사용자에게 대한  $\phi_i$ 를 계산한다. Step (5)는 호의 도착 또는 종료상태를 감지하고 Step (6)은 현재의 사용자가 BS의 용량을 초과하는 경우를 감지하여 호 블럭킹을 수행한다. Step (7)은 전력자원

의 고갈에 의한 블럭킹을 감지하여 전력자원의 고갈이 아니면 호를 수락한다.



(그림 1) 시뮬레이션 흐름도  
(Fig. 1) Simulation Flows

### 6. 결과 분석

블럭킹 및 고갈확률을 분석하기 위해 BS에서의  $C_{th}$ 에 대하여 Erlang 용량증가에 따라 변화크기를 측정하였다. 전체 호 블럭킹 확률 ( $P_T$ )은 식 (13) 및 식 (14)에 의해 다음과 같이 정의된다.

$$P_T = P_B + P_O \quad (16)$$

식 (16)에서  $P_B$ 는 블럭킹 확률을,  $P_O$ 는 고갈확률을 나타낸다.  $C_{th}$ 에 대한  $P_B$ ,  $P_O$  및  $P_T$ 의 시뮬레이션 결과는 <표 1>과 같다. 적응 전력할당에 대한 블럭킹 확률 ( $P_{TA}$ )은  $C_{th}=30$ 이상에서 고정 전력할당에 대한 블럭킹 확률 ( $P_{TF}$ )보다 적다. 왜냐하면 적응 전력할당방법의  $P_B$ 는 고정 전력할당방법의 경우보다 더 감소되기 때문이다.

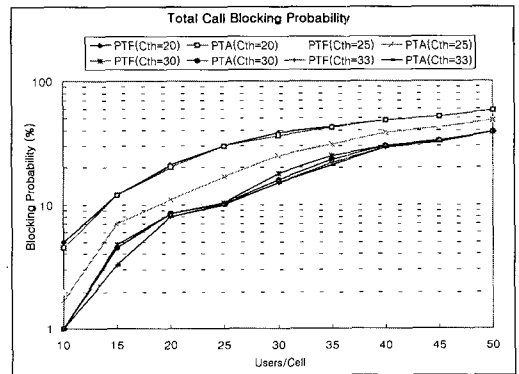
$P_{TF}$ 와  $P_{TA}$ 의 비교는 (그림 2)에 나와 있다. 일반적으로  $P_{TF}$ 와  $P_{TA}$ 는  $C_{th}$ 가 증가하면 커진다. 이들의 값들은  $C_{th} < 25$ 인 경우는 거의 동일하지만  $P_{TA}$ 는  $C_{th} \geq 25$ 인 경우에는  $P_{TF}$ 보다 적다는 것을 알 수 있다. 그러나  $P_{TF}$  및  $P_{TA}$ 의 증가는  $C_{th} > 30$ 에서 포화상태가 된다.

또한,  $P_T$ 는  $C_{th}$ 가 30에서  $P_O$ 보다  $P_B$ 에 더 종속적

임을 알 수 있다.  $P_T$ 는  $C_{th}$ 가 32인 경우에  $P_B$  및  $P_O$ 에 동일 비율로 종속적이다. 이 경우에  $P_{TA}$ 는 최대 6%정도  $P_{TF}$ 보다 크다. 그러나  $P_T$ 의 성능개선은  $P_T$ 가  $P_B$ 보다  $P_O$ 에 더 종속적인 경우에  $C_{th}$ 가 33 및 35에서 감소된다. 또한  $P_T$ 는  $C_{th}$ 가 35에서  $P_O$ 에 전적으로 종속적이다. 이러한 사실은 전력자원의 고갈에 의하여 시스템이 과부하 됨을 의미한다.

<표 1>  $C_{th}$ 에 대한 전체 호 블럭킹 확률  
(Table 1) Total Call Blocking Probability for  $C_{th}$

		$C_{th}$	25	30	32	35
고정 전력 할당방법	$P_O$	0	0.059	0.152	0.216	
	$P_B$	0.310	0.178	0.069	0	
	$P_{TF}$	0.310	0.237	0.221	0.216	
적응 전력 할당방법	$P_O$	0	0.034	0.109	0.204	
	$P_B$	0.312	0.179	0.069	0	
	$P_{TA}$	0.312	0.213	0.178	0.204	



(그림 2)  $P_{TF}$ 와  $P_{TA}$ 의 비교  
(Fig. 2) Comparisons of  $P_{TF}$  and  $P_{TA}$

### 7. 결론

이 논문에서는 전력할당개념을 이용한 CDMA 셀룰러 시스템에서의 채널할당기법을 제안하였다. 또한, 제안한 기법의 성능분석을 하고, CDMA 셀룰러 시스템에서 고정 전력할당을 이용한 채널할당기법과 성능비교를 하였다. 제안한 기법에서는 순방향링크에서 인접 셀의 트래픽 부하 및 트래픽 분포 패턴에 따라 적응적으로 전력을 할당한다.

시뮬레이션 결과를 볼 때  $P_{TA}$ 는  $C_{th} \geq 25$ 에서  $P_{TF}$

보다 적다는 것을 알 수 있다. 그러나  $P_{TF}$  및  $P_{TA}$ 의 증가는  $C_{th} > 30$ 에서 포화상태가 된다. 또한,  $P_T$ 는  $C_{th} = 30$ 에서  $P_O$ 보다  $P_B$ 에 더 종속적임을 알 수 있다.  $P_T$ 는  $C_{th} = 32$ 에서  $P_B$  및  $P_O$ 에 동일 비율로 종속적이다. 이 경우에  $P_{TA}$ 는 최대 6%정도  $P_{TF}$ 보다 크다.

CDMA 이동통신시스템에서의 최대 가입자 수용 용량은 정교한 전력제어과정을 필요로 한다. 추후 본 연구에서 더 보완해야 할 과제는 전력제어의 수행시간에 대한 사항이다. 전력제어과정이 호의 도착시간과 무관하게 이루어지는 상태에서 전력제어과정에 대한 시간이 고려된다면 고갈확률은 더 개선될 것으로 예상된다. 아울러 추후에는 섹터화 된 셀 및 소프트 핸드오프와 같은 환경상에서의 전력할당방법을 더 연구하는 것이 필요하다고 생각된다.

### 참 고 문 헌

[1] I. Katzela and M. Naghshineh, "Channel Assignment Schemes for Cellular Mobile Telecommunication Systems : A Comprehensive Survey," IEEE Personal Communications, pp.10-30, June 1996.

[2] M. Zhang and T.P. Yum, "Comparisons of Channel-Assignment Strategies in Cellular Mobile Telephone Systems," IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol.33, No.4, pp.211-215, November 1989.

[3] Qualcomm, CDMA Network Engineering Handbook, Vol.1 : Concepts in CDMA, pp.4.1-4.48, Nov. 1992.

[4] William, C. Y. Lee, Mobile Communications Design Fundamentals, A Wiley-Interscience Publication, pp.287-320, 1993.

[5] Andrew J. Viterbi, CDMA Principles of Spread Spectrum Communication, Addison Wesley, pp. 196-227, 1995.

[6] K. S. Gilhousen et al., "On the Capacity of a cellular CDMA System," IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol.40, No.2, pp.303-312, May 1991.

[7] Andrey M. Viterbi and Andrew J. Viterbi, "Erlang Capacity of a Power Controlled CDMA System," IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol.11, No.6, pp.892-900, August 1993.



### 이 동 명

e-mail : dmlee@etri.re.kr

1982년 숭실대학교 전자계산학과 졸업(공학사)

1990년 숭실대학교 정보과학대학원 졸업(공학석사)

1997년 숭실대학교 대학원 전자계산학과 졸업(공학박사)

1982년~현재 한국전자통신연구원(ETRI) 무선.방송기술연구소 책임연구원

관심분야 : 계층 셀 시스템의 트래픽 모델링 및 성능분석, 핸드오프 기능설계



### 전 문 석

e-mail : mjun@david.soongsil.ac.kr

1980년 숭실대학교 전자계산학과 졸업(학사)

1986년 University of Maryland 전산과 졸업(석사)

1989년 University of Maryland 전산과 졸업(박사)

1989년 Morgan State University 전산수학과 조교수

1989년~1991년 New Mexico State University 부설 Physical Science Lab. 책임연구원

1991년~현재 숭실대학교 정보과학대학 부교수

관심분야 : 병렬컴퓨터 설계, 통신알고리즘 및 영상 압축 알고리즘 설계