

# WCDMA 시스템에서 단말 측정에 의한 압축 모드 방법

정희원 김 선 명\*, 장 원 학\*\*, 조 영 중\*, 임 재 성\*

## UE Measurement Based Compressed Mode in WCDMA

Sun-myeng Kim\*, One-hark Jang\*\*, Young-jong Cho\*, Jae-sung Lim\* *Regular Members*

### 요 약

WCDMA 시스템에서는 다른 주파수 또는 다른 시스템의 신호 세기를 측정하기 위하여 압축 모드(Compressed Mode)를 사용한다. 압축 모드로 동작하는 동안에는 처리 이득(Processing Gain)이 낮아지기 때문에 단말의 QoS(Quality of Service)에 영향을 끼친다. 그러므로 기지국은 단말이 요구하는 QoS를 만족시키기 위해서 전송 전력량을 증가시킨다. 한편 압축 모드의 전송 간격(Transmission Gap) 동안에는 내부 회로 전력 제어가 동작하지 않고 인터리빙(Interleaving)의 영향도 줄어들기 때문에 단말은 더 높은  $E_b/N_0$ 을 요구하게 된다. 따라서 시스템의 전체적인 성능 저하를 초래하게 된다. 성능에 미치는 영향 때문에, 압축 모드는 RNC(Radio Network Controller)에 의해서 다른 주파수 또는 다른 시스템의 신호 측정이 필요한 경우에만 동작하여야 한다. 그러나 3GPP는 압축 모드 동작을 결정할 수 있는 방법을 정의하지 않았다. 그러므로 성능 저하를 줄이기 위해서 압축 모드 동작을 결정할 수 있는 방법이 필요하다. 본 논문에서는 서비스 셀과 같은 주파수를 사용하는 인접 셀과 다른 주파수 또는 다른 시스템을 사용하는 인접 셀로 구성된 셀 환경에서 압축 모드가 WCDMA 순방향 링크의 성능에 미치는 영향을 수식적으로 분석하고 압축 모드 사용에 따른 성능 저하를 줄이기 위하여 압축 모드가 필요하지 않은 단말의 압축 모드 동작을 제한할 수 있는 단말 측정에 의한 압축 모드 방법을 제안한다. 수치적 분석 결과, 압축 모드를 사용할 때의 성능은 압축 모드를 사용하지 않을 때의 성능에 비해 급격하게 감소하는 것을 확인하였다. 그리고 제안하는 방법을 적용하였을 때, 압축 모드 사용에 따른 성능 감소를 크게 줄임을 확인하였다.

Key Words : compressed mode; hard handover; WCDMA.

### ABSTRACT

The compressed mode is used to perform inter-frequency and inter-system handover in WCDMA. The instantaneous transmit power is increased in the compressed frame in order to keep the QoS(Quality of Service) unaffected by the reduced processing gain. Furthermore, since the inner loop power control is not active during the transmission gap and the effect of interleaving is decreased, a higher  $E_b/N_0$  target is required, which directly affects the system performance. Due to the impact on performance, the compressed mode should be activated by the RNC(Radio Network Controller) only when there is real need to execute an inter-frequency or inter-system handover. However, 3GPP does not define the method that decides the compressed mode activation. In order to reduce performance degradation, there is need the decision method. In this paper, we consider a combined cell structure in which some neighbor cells have a frequency the same as serving cell and the others have a different

\* 이주대학교 정보통신공학과(mimir, yjcho, jaslim@ajou.ac.kr)

\*\* KTF 연구개발원 차세대연구소(ohjang@ktf.com)

논문번호 : 030358-0814, 접수일자 : 2003년 8월 14일

※ 이 논문은 KTF에 의하여 지원되었음.

※ 이 논문은 2004년도 두뇌한국21 사업에 의하여 지원되었음.

frequency or system. Under consideration, we analyze the effect of the compressed mode on the WCDMA forward link performance. In order to avoid performance degradation, we propose an UE(User Equipment) measurement method that can restrict the activation area of the compressed mode of UE that does not need it and evaluate its performance by simulations. Analytical results show that the use of the compressed mode affects the performance degradation. And simulation results show that proposed method leads to better performance.

### I. 서론

이동 통신 환경에서 커버리지(Coverage), 용량(Capacity) 그리고 부하 균형(Load Balancing)을 향상시키기 위해서 핸드오버는 필수적이다. 핸드오버는 한 단말이 한 셀의 커버리지를 벗어나서 다른 셀로 이동할 때 호를 유지해 나갈 수 있는 기법이다. WCDMA에서의 핸드오버는 크게 소프트(Soft)와 하드(Hard) 핸드오버 두 그룹으로 나누어진다. 소프트 핸드오버에서 단말은 동시에 여러 개의 기지국에 연결을 유지할 수 있다. 반면 하드 핸드오버에서 단말은 한 순간에 하나의 기지국에만 연결을 유지할 수 있다. 소프트 핸드오버는 같은 주파수를 사용하는 인접 셀들간에 가능하다. 그러나 하드 핸드오버는 넓은 범위의 커버리지를 제공하기 위해 두 개의 서로 다른 주파수를 사용하는 인접 셀들간 또는 WCDMA와 다른 이동 통신 시스템(예, GSM) 간에 가능하다.

핸드오버를 수행하기 위해 단말은 인접 셀들의 신호 세기를 측정한다. 그러나 하나의 수신기를 장착한 WCDMA 단말은 다른 주파수 또는 다른 시스템의 신호를 측정할 수 없다. 그러므로 다른 주파수 또는 다른 시스템의 신호를 측정하기 위하여 압축 모드(Compressed Mode) 방법이 사용된다. 압축 모드 방법은 그림 1에 나타난 것처럼 다른 주파수와 다른 시스템의 신호를 측정하기 위해서 짧은 시간 동안 전송과 수신을 멈추는 방법이다. 압축 모드 방법은 다음과 같은 세 가지가 있다<sup>1)</sup>.

- ◆ 천공방법 (Puncturing): 코드화된 데이터의 몇 비트를 삭제하는 방법으로 낮은 코딩 성능을 갖는다.
- ◆ 확산계수 나누기 2 방법 (Reducing the Spreading Factor by 2): 한 프레임 동안 전송되는 정보에 대해 확산계수를 2로 나누어 전송하고 압축된 프레임의 나머지 타임 슬롯 동안은 다른 주파수 또는 다른 시스템의 신호를 측정하는 방법이다.
- ◆ 상위 계층 스케줄링 (Higher Layer Scheduling): 압축된 프레임을 만들기 위해서 상위 계층에서 사전에 정의한 몇 가지의 TFC(Transport Format Combination)를 이용한다. 상위 계층은 압축된 프레

임 동안 전송될 최대 비트 수를 물리 계층에 전달하고, 물리 계층은 이에 따라 전송간격을 생성한다.

압축 모드로 동작하는 동안에는 처리 이득이 낮아지기 때문에 단말의 QoS(Quality of Service)에 영향을 끼친다. 그러므로 기지국은 단말이 요구하는 QoS를 만족시키기 위해서 전송 전력량을 증가시킨다. 한편 압축 모드의 전송 간격 동안에는 내부 회로 전력 제어가 동작하지 않고 인터리빙의 영향도 줄어들기 때문에 단말은 더 높은  $E_b/N_0$ 을 요구하게 된다. 따라서 시스템의 전체적인 성능 저하를 초래하게 된다.

시스템 성능에 대한 영향 때문에, 압축 모드는 RNC(Radio Network Controller)에 의해서 다른 주파수 또는 다른 시스템의 신호 측정이 필요한 경우에만 동작하여야 한다<sup>2,3)</sup>. RNC는 각 단말에게 전송하는 전력량을 모니터링 하거나 단말이 측정한 값을 이용하여 압축 모드의 동작을 결정한다. 그러나 3GPP는 압축 모드 동작을 결정할 수 있는 방법을 정의하지 않았다. 그러므로 압축 모드 동작을 결정할 수 있는 방법이 필요하다.

본 논문에서는 압축 모드가 WCDMA 순방향 링크의 성능에 미치는 영향을 수식적으로 분석하고 압축 모드 사용에 따른 성능 감소를 줄이기 위하여 압축 모드가 필요하지 않은 단말의 압축 모드 동작을 제한할 수 있는 단말 측정에 의한 압축 모드 방법을 제안한다. 수식적 분석과 새로운 방법을 제안하기 위하여 서비스 셀과 같은 주파수를 사용하는 인접 셀과 다른 주파수 또는 다른 시스템을 사용하는 인접 셀로 구성된 셀 환경을 고려한다. 그러므로 서비스 셀에 있는 일부 단말은 소프트 핸드오버를

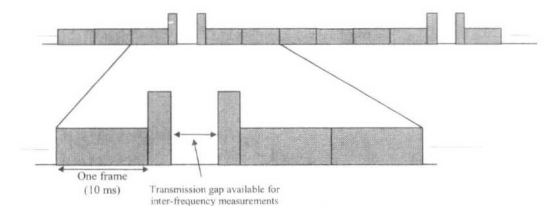


그림 1. 압축 모드 방법

수행하고 다른 단말은 하드 핸드오버를 수행한다.

수식적 분석은 압축 모드 사용에 따른 에러 확률 (Outage Probability)과 용량의 변화에 대해서 살펴 본다. 에러 확률은 한 셀에 있는 모든 단말이 필요한 총 전력량이 기지국이 전송할 수 있는 전력량보다 클 확률이다. 그리고 용량은 단말이 요구하는 QoS를 만족하면서 WCDMA 시스템에 의해 서비스 받는 단말 수이다. 수식적 분석을 위하여, 모든 기지국에서 전송하는 총 전력은 동일하고 압축 모드 방법은 확산계수 나누기 2 방법을 사용한다고 가정한다. 이 가정하에 단말이 수신한 신호 대 잡음 비 ( $E_b/N_0$ )를 이용하여 에러 확률을 구하고 이에 따라 용량을 계산한다<sup>4,5,6,7</sup>. 그리고 압축 모드의 성능 감소를 줄이기 위해 제안하는 방법은 압축 모드의 동작 기준으로 단말이 수신한 CPICH  $E_b/N_0$ 와 여러 개의 한계치(Threshold)을 사용하여 조건 식을 제시하고 이 조건 식을 만족하는 단말은 다른 주파수 또는 다른 시스템의 신호 세기를 측정하기 위한 요청을 RNC로 전송한다. RNC에 의해 받아들여진 단말만이 압축 모드로 동작한다. 단말의 요청을 받아들이는 것은 RNC가 시스템의 다운링크 자원(전송 전력과 확산계수 등)을 고려하여 결정한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 압축 모드가 WCDMA 순방향 링크의 성능에 미치는 영향에 대해 수식적으로 분석한다. III장에서는 압축 모드 사용에 따른 성능 감소를 줄이기 위한 단말 측정에 의한 압축 방법에 대해 설명하고 IV장에서는 시뮬레이션을 통한 제안하는 방법의 성능 분석을 한다. 마지막으로 V장에서 결론을 맺는다.

## II. 압축 모드 방법의 성능 분석

### 1. 시스템 모델

본 논문에서 확산대역(Spreading Bandwidth)이  $W$ 인 WCDMA 시스템을 고려한다. 그림 2처럼 서비스 지역은  $M$ 개의 정육각형 매크로 셀로 구성된다 ( $M=19$ ). 서비스 셀(현재 단말에게 서비스 중인 셀)의 번호는 1이고 나머지 셀들은 2부터 19까지 차례대로 붙여진다. 전방향 안테나(Omni-directional Antenna)를 갖는 기지국은 각 셀의 중앙에 위치한다. 각 셀의 총 전송 전력은 모두 같고 단말은 셀 전체에 균일하게 분포되어 있다고 가정한다. 셀 2-12는 서비스 셀과 같은 주파수를 사용하고 셀 13-19는 서비스 셀과 다른 주파수 또는 다른 시스

템을 사용한다. 그러므로, 서비스 셀에 있는 단말

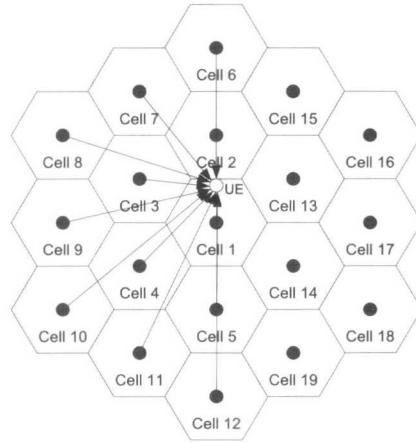


그림 2. 셀 구조

중 셀 2-5로 이동하는 단말은 소프트 핸드오버를 수행하고, 셀 13-14로 이동하는 단말은 하드 핸드 오버를 수행한다.

임의의 단말( $i$ )과 셀( $m$ )간의 거리를 이용하여 계산된 경로 손실은 다음과 같다<sup>8</sup>.

$$L_{i,m} = 40 \times (1 - 4 \times 10^{-3} \times H_{Antenna}) \times \log_{10}(D_{i,m}) - 18 \times \log_{10}(H_{Antenna}) + 21 \times \log_{10}(F) + 80dB \quad (1)$$

$D_{i,m}$ 은 킬로미터 단위로 단말과 기지국간 거리이고  $F$ 는 MHz 단위의 캐리어 주파수이다. 그리고  $H_{Antenna}$ 는 미터 단위의 기지국 높이이다. 이 모델은 NLOS(Non Line Of Sight)이고 기지국 높이가 0에서 50미터인 경우에만 유효하다.

기지국에서의 전력 제어는 각 단말이 요구하는 전력량에 따라서 수행된다. 한 기지국에서 임의의 단말에 전송한 전력을  $P_{i,m}$ 로 나타내고 전송되는 총 전력 중에서 트래픽 채널에 할당되는 비율을  $\beta$ 로 나타낸다.  $1 - \beta$ 는 CPICH, CCPCH와 같은 제어 채널에 할당되는 전력량의 비율이다. 그러므로 임의의 단말이 기지국으로부터 수신한 트래픽 채널의 전력량은  $\beta P_{i,m}$ 이다.  $\beta P_{i,m}$  중에서 임의의 단말에 해당하는 트래픽을 위한 전력량의 비율을  $\phi_{i,m}$ 로 나타내면 임의의 단말이 자신의 트래픽을 위해 기지국으로부터 수신한 전력량은  $\phi_{i,m} \beta P_{i,m}$ 이다. 액티브 셋(Active Set)에 포함되지 않은 기지국에 대한

$\phi_{i,m}$  값은 0이다. 압축 모드의 성능을 분석하는데 있어 액티브 셋의 크기를 1로 가정한다. 즉, 서비스 셀에 있는 단말은 다른 셀로부터 자기 트래픽을 위한 수신 신호는 없다. 그러므로  $\phi_{i,m}$ 를 간단하게  $\phi_i$ 로 표현한다.

간섭 모델은 자신이 속한 셀에 의한 간섭과 다른 인접 셀에 의한 간섭으로 나눌 수 있다. 이론상 같은 셀 내에서는 모든 단말들이 직교하는 코드를 사용하므로 순방향 링크 간섭은 없다. 그러나 무선 채널의 영향으로 다중 경로가 생기게 되면, 각 코드간의 직교성을 낮추어 간섭이 발생하고 이 간섭에 의해 시스템의 용량은 제한 받는다<sup>9)</sup>. 따라서 단말이 속한 서비스 셀에서의 간섭 전력은 다음과 같다.

$$I_{SC} = \alpha \times \frac{P_{i,1}}{L_{i,1}} \quad (2)$$

$\alpha$ 는 직교계수(Orthogonality Factor)이다.

다른 인접 셀에 의한 간섭 전력은 다음과 같다.

$$I_{OC} = \sum_{m=2}^K \frac{P_{i,m}}{L_{i,m}} \quad (3)$$

$K$ 는 서비스 셀에 있는 단말에게 간섭을 끼치는 셀 수이다.

## 2. 성능 분석

본 절에서는 압축 모드 사용에 따른 순방향 링크의 에러 확률과 용량을 수식적으로 분석한다.

음성 트래픽은 항상 활성화되는 것은 아니므로 음성 활성화 계수(Voice Activity Factor)을 이용하여 음성 활성화 함수를 나타내면 다음과 같다.

$$\phi_i = \begin{cases} 1, & \text{with prob. } \rho \\ 0, & \text{with prob. } 1-\rho \end{cases} \quad (4)$$

$\rho$ 은 음성 활성화 계수이다.

식 (2)와 (3)을 이용하여, 서비스 셀에 있는 임의의 단말이 수신한  $(E_b/N_o)_i$ 을 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$\left(\frac{E_b}{N_o}\right)_i = \frac{W}{R} \times \frac{\beta \phi_i P_{i,1} / L_{i,1}}{\left(\alpha \times \frac{P_{i,1}}{L_{i,1}} + \sum_{m=2}^K \frac{P_{i,m}}{L_{i,m}} + N_o\right)} \quad (5)$$

$N_o$ 는 배경 잡음을 나타내고 총 신호 전력에 비해 작기 때문에 무시하기로 한다.  $R$ 은 데이터 율(Data Rate)이다. 그리고 CDMA 시스템에서 데이터 심볼(Symbol)당 칩(Chip) 수를 확산계수(Spreading Factor  $\gamma$ )라 한다. 확산계수가 낮으면 더 높은 데이터 율을 갖는다. 배경 잡음을 무시하고 확산계수를 고려하여, 임의의 단말이 수신한  $(E_b/N_o)_i$ 을 다시 표현하면 다음과 같다.

$$\left(\frac{E_b}{N_o}\right)_i = \gamma \times \frac{\beta \phi_i P_{i,1} / L_{i,1}}{\left(\alpha \times \frac{P_{i,1}}{L_{i,1}} + \sum_{m=2}^K \frac{P_{i,m}}{L_{i,m}}\right)} \quad (6)$$

식 (6)을 단말에 할당되는 전력 양의 비율에 대해 정리하면 다음과 같다.

$$\phi_i = \left(\frac{E_b}{N_o}\right)_i \frac{1}{\beta \gamma} \left( \alpha + \frac{\sum_{m=2}^K \frac{P_{i,m}}{L_{i,m}}}{\frac{P_{i,1}}{L_{i,1}}} \right) \quad (7)$$

식 (7)의 두 번째 괄호에 있는 두 번째 항목을 다음과 같이 정의한다.

$$\chi_i = \frac{\sum_{m=2}^K \frac{P_{i,m}}{L_{i,m}}}{\frac{P_{i,1}}{L_{i,1}}} = \sum_{m=2}^K \frac{L_{i,1}}{L_{i,m}} \quad (8)$$

현재 서비스 셀의 기지국이 전송하는 총 전력 중에서 각 단말에게 할당되는 전력 비율의 합은 1이하이다.

$$\sum_{i=1}^N \phi_i \leq 1 \quad (9)$$

$N$ 은 서비스 셀로부터 단말이 요구하는 QoS를 만족 하면서 서비스를 받고 있는 단말의 수이다.

본 논문에서 확산계수를 2로 나누는 압축 모드 방법을 사용한다. 압축 모드 방법은 처리 이득 감소에 따른 QoS의 영향을 보완하기 위해서 전송 전력을 증가시킨다. 압축 모드 사용에 따른 영향을 고려하기 위하여, 임의의 단말에 할당되는 전력량의 비율을 다음과 같이 다시 표현한다.

$$\xi_i = \begin{cases} 2 \cdot P_{inc} \cdot \phi_i, & \text{if } 1 \leq i \leq N_{CM} \\ \phi_i, & \text{else} \end{cases} \quad (10)$$

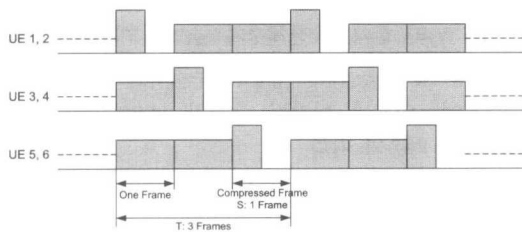


그림 3. 압축된 프레임에 대한 단말의 분포 예

$P_{inc}$ 는 압축 모드 사용에 따른 전력 증가량이고  $N_{CM}$ 는 동시에 압축된 프레임을 갖는 단말의 수이다. 그리고 식 (7)에서 확산계수를 2로 나누는 것은 임의의 단말에 할당되는 전력량의 두 배를 의미하므로 곱하기 2를 한다.

3GPP는 압축 모드의 동작 결정 방법을 정의하지 않았기 때문에 본 논문에서는 서비스 셀에 있는 모든 단말은 압축 모드로 동작한다고 가정한다.

압축 모드로 동작할 때의 시스템 성능은 동시에 압축된 프레임을 갖는 단말 수에 의해 영향을 받기 때문에 이 단말 수를 계산하기 위하여 두 가지 경우를 고려한다. 첫 번째, 모든 단말의 압축된 프레임이 TGPL(Transmission Gap Pattern Length) 중 한 곳에 있는 경우이다(성능의 하한 값: Lower Bound). 두 번째, 단말의 압축된 프레임이 TGPL에 균일하게 분포된 경우이다(성능의 상한 값: Upper Bound)<sup>[10]</sup>.

첫 번째 경우에  $N_{CM}$ 은  $N$ 이다. 그리고 두 번째 경우에는 다음과 같다.

$$N_{CM} = \left\lfloor \frac{N \cdot S}{T} \right\rfloor \quad (11)$$

여기서  $T$ 는 TGPL 크기,  $S$ 는 단말이 한번의 측정을 수행할 때 사용하는 프레임 수이고 함수  $\lfloor x \rfloor$ 는  $x$  이상의 정수 중에서 가장 작은 값을 의미한다.

그림 3은 압축된 프레임에 대한 단말의 분포 예를 나타낸다. 여섯 개의 단말( $N=6$ )이 존재하고 TGPL 크기( $T$ )는 3이다. 그리고 단말이 한번의 측정을 수행할 때 사용하는 프레임 수( $S$ )는 1이다. 따라서  $N_{CM}$ 는 2이다. 그러므로, 두 개의 단말만이 압축된 프레임을 동시에 갖고 전력 증가량( $P_{inc}$ )만큼의 전력 증가를 필요로 한다.

모든 단말이 셀 가장자리에 있는 최악의 상황에서 계산된 전력량으로 대부분의 단말이 셀 가장자리에 있지 않는 일반적인 상황에서 필요한 전력량을 계산하기 위하여 평균 순방향 링크 전력계수 (Average Forward Link Power Factor  $\delta$ )를 이용한다<sup>[6]</sup>. 순방향 트래픽 채널의 평균 전력은 셀 가장자리에서 서비스 받고 있는 단말이 필요한 트래픽 채널 전력의  $\delta$ 배이다. 단말이 각 셀에 일정하게 분포한다면  $\delta$ 는 약 0.4이다<sup>[6]</sup>.

식 (4), (9)와 (10)을 이용하여 에러 확률( $P_{out}$ )을 계산하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} P_{out}(N) &= \Pr \left( \delta \sum_{i=1}^N \xi_i \phi_i > 1 \right) \\ &= \Pr \left( \delta \sum_{i=1}^{N_{CM}} 2P_{inc} \phi_i + \delta \sum_{i=1}^{N-N_{CM}} \phi_i > 1 \right) \\ &= \Pr \left( \delta \sum_{i=1}^{N_{CM}} 2P_{inc} \left( \frac{E_b}{N_o} \right)_i \frac{1}{\beta\gamma} (\alpha + \chi_i) \phi_i \right. \\ &\quad \left. + \delta \sum_{i=1}^{N-N_{CM}} \left( \frac{E_b}{N_o} \right)_i \frac{1}{\beta\gamma} (\alpha + \chi_i) \phi_i > 1 \right) \\ &= \Pr \left( \sum_{i=1}^{N_{CM}} 2P_{inc} (\alpha + \chi_i) \phi_i + \sum_{i=1}^{N-N_{CM}} (\alpha + \chi_i) \phi_i > \omega \right) \end{aligned} \quad (12)$$

여기서,  $\omega$ 은 다음과 같다.

$$\omega = \frac{\beta\gamma}{\delta \frac{E_b}{N_o}} \quad (13)$$

체르노프 바운드(Chernoff Bound)를 이용하여 에러 확률을 계산하면, 다음과 같이 상한 값으로 표현된다<sup>[11]</sup>.

$$\begin{aligned} P_{out}(N) &< \min_{s>0} E \left[ \exp \left( \sum_{i=1}^{N_{CM}} s 2P_{inc} (\alpha + \chi_i) \phi_i \right. \right. \\ &\quad \left. \left. + \sum_{i=1}^{N-N_{CM}} s (\alpha + \chi_i) \phi_i \right) \right] \cdot \exp(-s\omega) \\ &= \min_{s>0} E \left[ \exp \left( \sum_{i=1}^{N_{CM}} s 2P_{inc} (\alpha + \chi_i) \phi_i \right) \right] \\ &\quad \cdot E \left[ \exp \left( \sum_{i=1}^{N-N_{CM}} s (\alpha + \chi_i) \phi_i \right) \right] \cdot \exp(-s\omega) \end{aligned}$$

$$= \min_{s>0} [(1-\rho) + \rho \exp(2sP_{inc}\alpha) E[\exp(2sP_{inc}\chi)]]^{N_{CM}} \cdot [(1-\rho) + \rho \exp(s\alpha) E[\exp(s\chi)]]^{N-N_{CM}} \cdot e^{-s\omega} \quad (14)$$

$E$ 는 확률변수에 대한 기대값이다.

새로운 호를 맺는 단말은 서비스를 받고 있는 단말의 QoS를 떨어뜨려서는 안되므로 압축 모드의 용량( $C_{CM}$ )은 다음과 같이 정의된다.

$$C_{CM} = \max \{N : P_{out}(N) \leq \theta\} \quad (15)$$

$\theta$ 는 목표 에러 확률(Target Outage Probability)이고 단말의 QoS 요구에 따라서 정의된다.

### 3. 수치적 결과

본 절에서는 2절에서 유도한 에러 확률과 용량에 대한 수치적 결과를 나타내고 압축 모드가 순방향 링크에 미치는 영향에 대해 분석한다.

다중 셀 환경에서 압축 모드의 영향을 분석하기 위하여 그림 2처럼 단말은 셀 가장자리에서 12개의 인접 셀로부터 간섭을 받는다고 가정한다. 고려된 셀 환경에서는 단말의 위치에 따라 성능의 차이가 크기 때문에 단말의 위치는 매우 중요하다. 단말이 셀 13과 14 근처에 있다면, 인접 셀로부터 받는 간섭 양이 줄어들기 때문에 시스템의 성능은 증가한다. 반대로 단말이 셀 3과 4 근처에 있다면, 간섭 양이 증가하게 되어 성능은 감소한다. 그러므로, 단말의 위치를 중간 위치(셀 2 또는 5)에 있다고 가정하고 수치적 성능을 분석한다.

수치적 결과를 도출하기 위해 사용된 파라미터 값을 표 1에 나열하였다. 확산계수를 2로 나누는 압축 모드 방법에서, 압축된 프레임을 위해 증가되는 전력량( $P_{inc}$ )은 3dB이다. 뿐만 아니라, 다른 주파수 또는 다른 시스템의 신호 세기를 측정하기 위한 전송 간격 동안 0에서 3dB까지 더 증가시킬 수 있다<sup>[12]</sup>. 그러므로 증가될 수 있는 총 전력량은 3에서 6dB이다.

그림 4는  $P_{inc}$ 가 3dB일 때 현재 서비스를 받고 있는 단말 수에 따른 에러 확률을 나타낸다. *No Compressed Mode*는 인접한 모든 셀이 서비스 셀과 같은 주파수를 사용하는 환경에서의 결과를 나타낸다. 압축 모드에서 단말의 QoS를 보장하기 위해 전송되는 전력량은 증가되므로 압축 모드의 에러 확률은 *No Compressed Mode*보다 상당히 높음

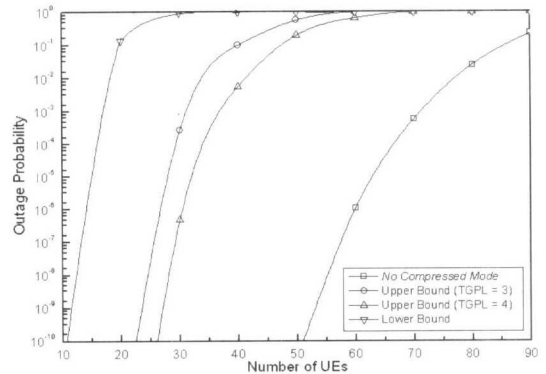


그림 4.  $P_{inc}$ 가 3dB일 때, 단말 수에 따른 에러 확률

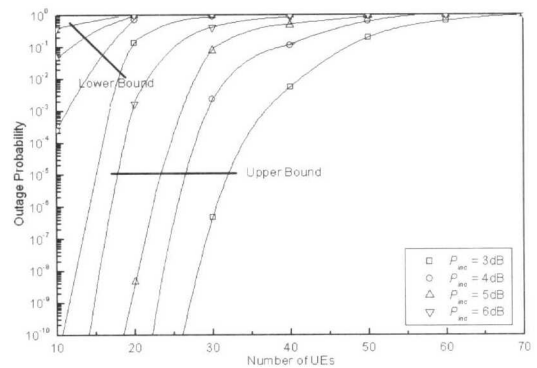


그림 5. TGPL이 4일 때, 단말 수에 따른 에러 확률

표 1. 수치적 성능 분석을 위한 파라미터.

| 파라미터                        | 값            |
|-----------------------------|--------------|
| 목표 $E_b/N_0$                | 5dB          |
| 주파수 ( $F$ )                 | 2GHz         |
| 기지국 높이 ( $H_{Antenna}$ )    | 15m          |
| 트래픽 채널 전력 비율 ( $\beta$ )    | 0.8          |
| 음성 활성화 계수 ( $\rho$ )        | 0.4          |
| 직교계수 ( $\alpha$ )           | 0.4          |
| 확산계수 ( $\gamma$ )           | 128          |
| 전력 증가 양 ( $P_{inc}$ )       | 3, 4, 5, 6dB |
| TGPL 크기 ( $T$ )             | 3, 4         |
| 측정 프레임 수 ( $S$ )            | 1            |
| 평균 순방향 링크 전력계수 ( $\delta$ ) | 0.4          |
| 목표 에러 확률 ( $\theta$ )       | 0.01         |

을 알 수 있다. 상한 값에서 TGPL 크기가 커질수록, 압축된 프레임을 동시에 갖는 단말의 수는 줄어든다. 그러므로 WCDMA 시스템은 더 좋은 성능을 갖는다. 그러나 하드 핸드오버를 위한 다른 주파수

표 2. TGPL과  $P_{inc}$ 에 따른 용량.

|                        | 용량   |      |
|------------------------|------|------|
|                        | 상한 값 | 하한 값 |
| No Compressed Mode     | 77   |      |
| TGPL = 3               | 34   | 16   |
| TGPL = 4               | 40   |      |
| $P_{inc} = 3\text{dB}$ | 40   | 16   |
| $P_{inc} = 4\text{dB}$ | 32   | 12   |
| $P_{inc} = 5\text{dB}$ | 25   | 9    |

또는 다른 시스템 신호 세기의 측정 값은 정확하지 않을 것이다. TGPL 크기가 4일 때, 현재 서비스를 받고 있는 단말 수에 따른 에러 확률을 그림 5에 나타냈다. 단말에 할당되는 전력의 비율이 커질수록 시스템의 성능은 급격하게 감소한다. 하한 값은 TGPL 크기에 영향을 받지 않는다.

표 2는 목표 에러 확률이 0.01일 때의 순방향 링크의 용량을 나타낸다. 압축 모드의 사용에 따른 순방향 링크 용량의 감소는 최대 91% ( $P_{inc} = 6\text{dB}$ , 하한 값)에서 최소 48% ( $P_{inc} = 3\text{dB}$ , TGPL = 4 그리고 상한 값)이다. 용량의 감소는 전력 증가량에 반비례한다. 그리고 TGPL 크기가 커질수록 순방향 링크의 용량은 증가한다.

압축 모드 사용에 따른 수치적 분석 결과, 시스템의 에러 확률이 급격하게 증가함에 따라 용량도 빠르게 감소한다. 그러므로 순방향 링크의 에러 확률을 줄이고 용량을 증가시키기 위해서, WCDMA 시스템은 압축 모드가 필요하지 않은 단말의 압축 모드 동작을 제한시켜야 한다.

### III. 단말 측정에 의한 압축 모드 방법

3GPP는 압축 모드의 동작 결정 방법을 정의하지 않았기 때문에 본 논문에서는 서비스 셀에 있는 모든 단말은 압축 모드로 동작한다고 가정하였다. 결과적으로 II장의 수치적 결과에서 본 것처럼 시스템 성능의 감소를 초래하였다. 그러므로 본 장에서는 압축 모드 사용에 따른 성능 감소를 줄이기 위하여 압축 모드가 필요하지 않은 단말의 압축 모드 동작을 효율적으로 제한할 수 있는 단말 측정에 의한 압축 모드 방법을 제안한다.

그림 2의 셀 구조에서 정육각형 셀 대신에 원형 매크로 셀을 가정한다. 서비스 셀에 있는 단말 중 셀 13과 14로 이동하는 단말은 하드 핸드오버를 위

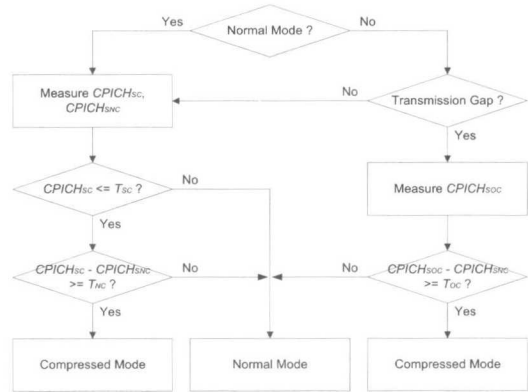


그림 6. 압축 모드 동작 제한 과정

해서 다른 주파수 또는 다른 시스템의 신호 세기를 측정해야 하므로 압축 모드로 동작해야 한다. 그러나 셀 2~5로 이동하는 단말은 소프트 핸드오버 가능성이 높기 때문에 압축 모드로 동작하지 않아도 된다. 그리고 서비스 셀의 기지국 근처에 있는 단말도 핸드오버와 상관없으므로 압축 모드로 동작하지 않아도 된다. 압축 모드의 성능 감소를 줄이기 위하여, 셀 2~5로 이동하는 단말 또는 기지국 근처에 있는 단말처럼 하드 핸드오버와 관련 없는 영역에 있는 단말의 압축 모드 동작을 제한해야 한다.

압축 모드의 동작은 링크 품질, 기지국의 커버리지 그리고 용량 등과 같은 조건들을 고려하여 결정된다. 이 조건들을 만족시키는 단말은 하드 핸드오버를 위해 다른 주파수 또는 다른 시스템의 신호 세기를 측정할 수 있다. 단말이 압축 모드로 동작할 수 있는 조건을 만족시키지 못하면 하드 핸드오버가 필요한 단말이라 하더라도 압축 모드로 동작할 수 없다. 압축 모드로 동작할 수 없는 단말은 다른 단말들에게 간섭을 일으키게 되고 자신 호는 시간이 지난 후에 종료(Drop)될 것이다.

본 논문에서 압축 모드 동작을 위한 기준으로  $CPICH Eb/No$ 를 사용한다. 그림 6은 압축 모드 동작을 제한하는 과정을 나타내고 있다.

단말은 주기적으로 그림 6 과정을 반복한다. 일정한 주기가 되면 현재 단말의 모드가 일반 모드인지 압축 모드인지를 판별한다. 일반 모드이면 단말은  $CPICH_{Sc}$ 와  $CPICH_{Snc}$ 를 측정한다.  $CPICH_{Sc}$ 는 서비스 셀의  $CPICH Eb/No$ 이고  $CPICH_{Snc}$ 는 서비스 셀과 같은 주파수를 사용하는 인접 셀 중에서  $CPICH Eb/No$ 가 가장 센 셀(SNC: Strongest

Neighbor Cell)의 CPICH  $E_b/N_0$ 이다. 압축 모드이면 현재 슬롯이 전송 간격인지를 판별한다. 압축 모드에서는 전송 간격에서만 다른 주파수 또는 다른 시스템의 신호 세기를 측정하고 전송 간격이 아니면 서비스 셀과 같은 주파수를 사용하는 셀들의 신호 세기를 측정한다.

압축 모드를 제한시키기 위해 측정된  $CPICH_{sc}$ 을 다음 식 (16)처럼  $T_{sc}$ 와 비교한다.

$$CPICH_{sc} \leq T_{sc} \tag{16}$$

$T_{sc}$ 는 서비스 셀의 신호 세기로 압축 모드 동작 범위를 제한하는데 사용되는 한계치이다.

비교 결과, 측정된  $CPICH_{sc}$ 값이  $T_{sc}$ 이하이면 단말이 서비스 셀의 기지국 근처에 위치하지 않고 소프트 핸드오버 또는 하드 핸드오버가 발생할 수 있는 셀 가장자리 근처에 있다는 의미이다. 그러므로 단말은 소프트 핸드오버 영역을 제한시키기 위해서 식 (17) 조건을 검사한다. 측정된  $CPICH_{sc}$ 값이  $T_{sc}$ 보다 크면 단말이 서비스 셀의 기지국 근처에 위치해 있다는 의미이므로 소프트 핸드오버 또는 하드 핸드오버가 발생할 가능성이 거의 없어 서비스 셀로부터 계속 서비스를 받는다. 그러므로 단말은 압축 모드로 동작하지 않고 일반 모드로 계속 동작한다.

서비스 셀과 다른 주파수 또는 다른 시스템을 사용하는 인접 셀이 없을 경우 또는 모든 인접 셀이 다른 주파수 또는 다른 시스템을 가질 경우에는 식 (16) 조건으로만 압축 모드 동작을 충분히 제한할 수 있지만 인접 셀 중 서비스 셀과 같은 주파수를 사용하는 셀이 있으면 식 (16)으로는 불충분하다. 식 (16)은 단말의 위치가 서비스 셀의 기지국 근처인지 셀 가장자리인지만을 구분하여 제한을 할 뿐 소프트 핸드오버가 발생할 가능성이 높은 셀 가장자리에 대해서는 제한을 할 수 없다. 그래서 소프트 핸드오버가 발생할 가능성이 높은 지역에서의 압축 모드 동작을 제한시키기 위하여 식 (17)을 사용한다.

$$CPICH_{sc} - CPICH_{snc} \geq T_{nc} \tag{17}$$

$T_{nc}$ 는 소프트 핸드오버 영역에서의 압축 모드 동작을 제한하는데 사용되는 한계치이다.

서비스 셀과 SNC의 측정된 CPICH  $E_b/N_0$ 값의 차이가  $T_{nc}$ 보다 작으면 단말의 위치가 서비스 셀과

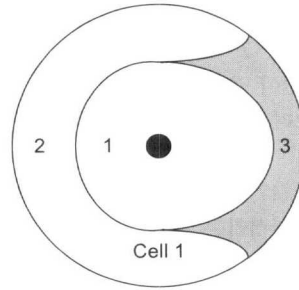


그림 7. 신호 세기에 따른 압축 모드 동작 영역

SNC의 중간 지점 근처에 있다는 의미이므로 소프트 핸드오버가 발생할 가능성이 높다. 그러므로 압축 모드가 동작해서는 안 된다. 그리고 CPICH  $E_b/N_0$ 값의 차이가  $T_{nc}$ 이상이면 단말의 위치가 SNC와는 떨어진 지점에 위치하고 있다는 의미이다. 즉, 이 경우는 단말의 위치가 서비스 셀의 기지국

근처에 있거나 다른 주파수 또는 다른 시스템을 사용하는 셀 근처에 있다는 의미이다. 그러나 서비스 셀의 기지국 근처일 경우에는 식 (16)에 의해서 압축 모드 동작이 제한된다. 그러므로 식 (16)과 (17)를 동시에 만족하는 영역에 있는 단말만이 압축 모드로 동작할 수 있다.

그림 7은 그림 2의 셀 구조에서 셀 1에 대해 위 두 가지 조건을 적용하여 압축 모드 동작 영역을 제한하였을 때의 그림이다. 서비스 셀에 있는 단말은 식 (16)을 이용하여 영역(1)을 제한시키고 식 (17)을 이용하여 영역(2)을 제한시킨다. 그러므로 위 두 식을 모두 만족시키는 영역(3)에 있는 단말만 압축 모드로 동작한다. 영역(1)이 일반적으로 생각하는 원형이 아닌 타원형인 이유는 다음과 같다. 소프트 핸드오버 또는 하드 핸드오버만이 발생하는 시스템인 경우에는 단말이 서비스 셀의 기지국으로부터 같은 거리를 갖는 어느 위치에 있어도 똑같은 경로 손실을 갖기 때문에 위치에 상관없이 같은 CPICH  $E_b/N_0$ 을 갖는다. 그러므로 이런 시스템에서 영역(1)은 원형이다. 그러나 인접 셀 중 일부가 서비스 셀과 같은 주파수를 사용하는 시스템이면 단말이 서비스 셀의 기지국으로부터 같은 거리에 있어도 단말의 위치에 따라서 다른 경로 손실을 갖기 때문에 서로 다른 CPICH  $E_b/N_0$ 을 갖는다. 이는 그림 2에서, 단말이 셀 13과 14 근처에 있으면 단말에 간섭을 끼치는 인접 셀 2~12와 상대적으로 거리가 멀어져 단말이 받는 간섭양은 줄어들어 단말



이 측정된  $CPICH_{sc}$ 의 값은 커지고 셀 2~5 근처에 있으면 인접 셀 2~12와 거리가 가까워져 간섭양은 증가하여 단말이 측정된  $CPICH_{sc}$ 의 값은 작아지기 때문이다. 그러므로 이런 시스템에서 영역(1)은 타원형이다.

식 (16)과 (17)에 의해 그림 7의 영역 (1)과 (2)를 정확히 제한시키는 것은 쉽지 않다. 왜냐하면 영역(1)과 (2)의 경계 영역에 있는 일부 단말이 두 조건을 모두 만족시켜 압축 모드로 동작할 수 있기 때문이다. 그러므로, 경계 영역에 있는 단말의 압축 모드 동작을 제한시키기 위해 다음 식 (18)을 이용한다.

$$CPICH_{soc} - CPICH_{snc} \geq T_{oc} \quad (18)$$

$CPICH_{soc}$ 는 서비스 셀과 다른 주파수 또는 다른 시스템을 사용하는 인접 셀 중에서 가장 센  $CPICH_{Eb/No}$  신호 세기를 사용하는 셀(SOC: Strongest Other frequency 또는 Other system Cell)의  $CPICH_{Eb/No}$ 이다.  $T_{oc}$ 는 경계 영역에서의 압축 모드 동작을 제한시키기 위한 한계치이다.  $CPICH_{soc}$ 는 압축 모드로 동작한 후에 측정할 수 있는 값이므로 식 (16)과 (17)에 의해 압축 모드로 동작하는 단말 중 경계 영역에 있는 단말을 제한시킨다.  $CPICH_{soc}$ 와  $CPICH_{snc}$  차이가  $T_{oc}$  이상이면 단말이 경계 영역에 있다는 의미이므로 압축 모드 동작을 제한시킨다. 그리고 신호 차이가  $T_{oc}$ 보다 작으면 다른 주파수 또는 다른 시스템을 사용하는 셀 근처에 있다는 의미이므로 압축 모드 동작을 계속 유지한다.

위 세 가지 한계치( $T_{sc}$ ,  $T_{nc}$  그리고  $T_{oc}$ ) 값을 설정함에 따라서, 압축 모드의 동작 영역비율을 조절할 수 있다.

제안된 방법은 단말이 다른 주파수 또는 다른 시스템의 신호 세기를 측정하기 위한 요청을 RNC로 전송할 것인지를 결정하는데 사용된다. 단말의 요청을 받아들이는 것은 RNC가 시스템의 다운링크 자원(전송 전력과 확산계수 등)을 고려하여 결정한다. 전송 전력이 허용된 전력보다 많거나 확산계수를 할당할 수 없으면 단말이 전송한 요청은 거절될 것이다.

#### IV. 시뮬레이션 결과

그림 2의 셀 구조에서 정육각형 셀 대신에 반경

577m인 원형 매크로 셀을 사용하고 단말은 서비스 셀에 균일하게 분포되어 있다고 가정한다. 또한 인접 셀은 기지국의 전체 전력량을 사용하고 있다고 가정한다. 소프트 핸드오버 동안에 단말은 액티브 셋에 포함된 셀로부터 수신한 신호를 MRC(Maximal Ratio Combiner)를 이용하여 계산한다.

시뮬레이션에서 두 개의 전력 제어 방법이 구현되었다. 즉, 내부 회로와 외부 회로 전력 제어이다. 내부 회로 전력 제어에 의해 단말은 목표 SIR에 맞도록 매 슬롯마다 자신의 전송 전력을 조절한다. 단말이 수신한 SIR이 목표 SIR보다 낮으면, 단말은 내부 회로 전력 제어 스텝 크기만큼 전송 전력을 증가시킨다. 반대로 목표 SIR보다 높으면, 전송 전력을 전력 제어 스텝 크기만큼 감소시킨다. 그리고 목표 SIR 값은 매 프레임 단위로 동작하는 외부 회로에 의해 변경된다. 단말이 수신한 블록에서 오류를 발견하면, 단말은 목표 BLER과 외부 회로 전력 제어 스텝 크기를 이용하여 목표 SIR을 증가시킨다. 그리고 내부 회로 전력 제어에 의해 특정 단말에게 너무 많은 전력을 할당할 경우 다른 단말에게 매우 큰 간섭으로 작용하게 되며, 또한 기지국에 할당된 전력을 과도하게 사용하게 되어 새로운 단말뿐만 아니라 기존의 단말에게 적절한 전력을 제공하지 못하여 호가 끊어지는 상황이 발생할 수 있다. 이러한 현상을 막기 위하여 WCDMA 시스템에서는 RNC에 전력 제어 동적 범위(Power Control Dynamic Range)을 설정한다. 전력 제어 동적 범위는 내부 회로 전력 제어 시 특정 단말에게 최대한 할당해 줄 수 있는 전력의 세기(MCCP: Maximum Code Channel Power)와 최소한 할당해 주어야 할 전력의 세기(Minimum Code Channel Power)간의 차이를 의미한다.

일반적인 시뮬레이션 및 전력 제어 파라미터를 표 3에 나열하였다. 단말의 초기 속도는 50km/h이고 단말의 이동 방향과 속도는 매 100ms마다 바뀐다. 음성 활성화 계수 0.4를 갖는 12.2kbps의 음성 서비스를 대상으로 시뮬레이션 하였다. 호는 포아송(Poisson)과 지수(Exponential) 분포에 따라 맺어지고 종료된다.

본 논문에서 프레임을 압축하기 위하여 확산계수를 2로 나누는 압축 모드 방법을 사용한다. 압축 모드를 위한 TGPL 크기는 3, 전력증가량은 3dB를 사용하였다.

제안된 단말 측정에 의한 압축 모드 방법의 성능을 분석하기 위하여 여러 번의 시뮬레이션을 수행

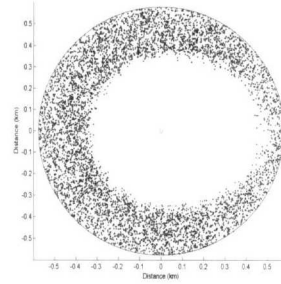
표 3. 시뮬레이션 및 전력 제어 파라미터.

| 파라미터                       | 값               |
|----------------------------|-----------------|
| 칩율(Chip Rate)              | 3.84 Mcps       |
| 주파수(셀 1~12)                | 2000 MHz        |
| 주파수(셀 13~19)               | 2010 MHz        |
| 서비스 종류                     | 음성              |
| 목표 SIR                     | 4dB             |
| 음성 활성화 계수                  | 0.4             |
| 목표BLER                     | 0.01            |
| 총 기지국 전력량                  | 20Watts (43dBm) |
| 제어 채널 전력량                  | 3Watts          |
| CPICH 채널 전력량               | 2Watts          |
| Maximum Code Channel Power | 30dBm           |
| Minimum Code Channel Power | 12dBm           |
| 내부 회로 전력 제어 스텝 크기          | 1dB             |
| 외부 회로 전력 제어 스텝 크기          | 0.3dB           |

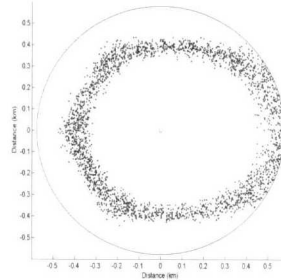
하였다. 성능 비교를 위하여 사용된 성능 요소는 다음과 같다.

- ◆ 용량: 서비스 셀에서 어느 한 순간에 서비스를 받고 있는 평균 단말 수
- ◆ 에러 확률(Outage Probability): 기지국의 총 전력량과 MCCP 제한에 의해 단말이 수신한 SIR이 목표 SIR보다 낮을 경우 에러라고 한다.
- ◆ 단말 만족 확률(Satisfied User Probability): 단말이 수신한 SIR이 목표 SIR-0.5dB이상이면 이 단말은 만족 단말이라 한다.
- ◆ 호 차단율(Call Blocking Probability)
- ◆ 핸드오버 실패 확률 (Handover Failure Probability)

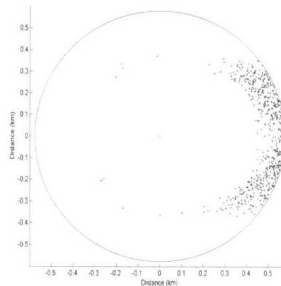
그림 8은  $T_{TC} = -4dB$ ,  $T_{NC} = 4dB$  그리고  $T_{OC} = 5dB$ 일 때, 그림 2의 셀 1에서 압축 모드로 동작하는 영역을 나타낸 그림이다. 이 그림에서 점들은 압축 모드로 동작하는 단말을 표시한다. 그림 8(a)는  $T_{TC} = -4dB$ 일 때의 압축 모드로 동작하는 단말을 나타낸다. 서비스 셀의 CPICH  $E_b/N_0$ 만 고려되었기 때문에 서비스 셀의 가장자리에 있는 많은 단말이 압축 모드로 동작하는 것을 보여준다. 하드 핸드오버 영역뿐만 아니라 소프트 핸드오버 영역까지도 포함된 것을 확인할 수 있다. 소프트 핸드오버 영역을 제한시키기 위해 식 (17)을 같이 적용하였을 경우의 압축 모드 동작 영역을 그림 8(b)에 나타내었다. 두 식을 이용하여 제한했음에도 불구하고 두 식의 경계 영역에 있는 단말도 압축 모드로 동작



(a).  $T_{TC} = -4dB$



(b).  $T_{NC} = 4dB$



(c).  $T_{OC} = 5dB$

그림 8.  $T_{TC} = -4dB$ ,  $T_{NC} = 4dB$ ,  $T_{OC} = 5dB$ 일 때, 압축 모드의 동작 영역 예

하는 것을 확인할 수 있다. 이 경계 영역도 제한시키기 위해서 식 (18)을 같이 적용하였을 경우의 압축 모드 동작 영역을 그림 8(c)에 나타내었다. 식 (18)을 같이 적용하였을 경우 압축 모드의 동작 영역을 정확하게 제한시킴을 알 수 있다.

그림 9~13은  $T_{NC} = 4dB$  and  $T_{OC} = 5dB$ 일 때,  $T_{TC}$ 에 따른 시뮬레이션 결과이다.  $T_{NC}$ 와  $T_{OC}$ 에 따른 결과는  $T_{TC}$ 에 따른 결과와 비슷하므로 본 논문에서는 나타내지 않는다.

그림 9~12에서, All HO는 서비스 셀에 있는 모

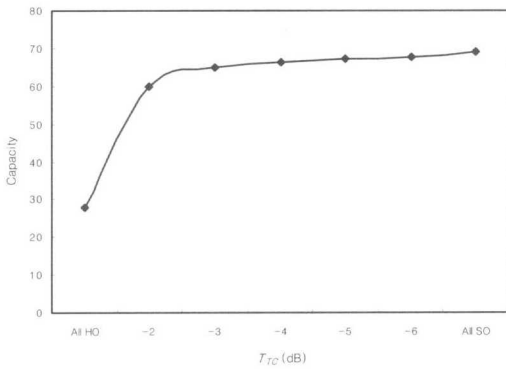


그림 9. 한계치  $T_{TC}$ 에 따른 용량

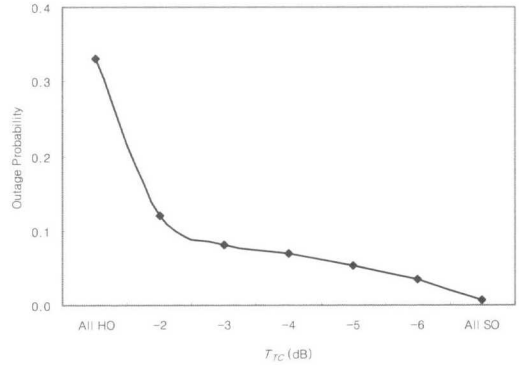


그림 11. 한계치  $T_{TC}$ 에 따른 에러 확률

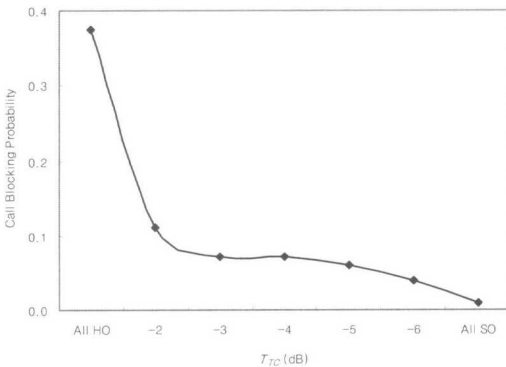


그림 10. 한계치  $T_{TC}$ 에 따른 호 차단율

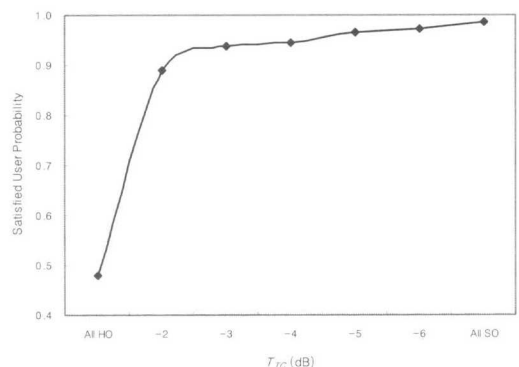


그림 12. 한계치  $T_{TC}$ 에 따른 단말 만족 확률

든 단말이 압축 모드로 동작할 때의 시스템 성능 결과이다. 그리고 All SO는 모든 셀이 서비스 셀과 같은 주파수를 사용할 때의 시스템 성능 결과이다. 즉, 하드 핸드오버를 위한 압축 모드로 동작하는 단말은 없다.

그림 9와 10은 한계치  $T_{TC}$ 에 따른 시스템의 용량과 호 차단율을 나타낸다. 제안된 방법의 용량은 All HO보다 매우 높고 All SO와는 비슷한 결과를 보여준다. 그리고 호 차단율은 All HO보다 매우 낮고 All SO와는 비슷한 결과를 보여준다. 제안된 방법이 서비스 셀과 같은 주파수를 사용하는 인접 셀 가장자리와 같은 지역에서의 압축 모드 동작을 제한시켰기 때문이다. 셀 가장자리에 있는 단말이 시스템 성능에 크게 영향을 미치는 이유는 기지국이 단말에게 전송중인 전력량을 고려하지 않고 전력 제어가 똑같이 동작하기 때문이다. 예로, 현재 단말을 위한 전송 전력은 29dBm일 때와 12dBm일 때, 내부 회로 전력 제어 스텝 크기만큼 증가하였다면 다음 전송 전력량은 30dBm과 13dBm이다. 전력

제어 전과 후의 전송 전력량의 차이는 206mW (30dBm - 29dBm) 와 4mW (13dBm - 12dBm)이다. 그리고 압축된 프레임에서는 전력 제어를 위해 3dB이상의 전력 증가가 이루어지므로 셀 가장자리에 있는 단말이 시스템 성능에 미치는 영향은 크다.  $T_{TC}$ 에 따른 결과 값에 큰 차이가 없는 것은 다른 주파수 또는 다른 시스템 사이에는 간섭이 존재하지 않기 때문이다. 그래서 그림 7의 영역(3) 위치에서 동작하는 단말의 전력량은 작다. 그러므로 압축 모드 동작으로 인해 증가되는 전력량도 크지 않다. 따라서 제안하는 방법으로 그림 7의 영역(3)에 대해 제한을 해도 성능에는 큰 차이가 없다.

그림 11와 12는 한계치  $T_{TC}$ 에 따른 에러 확률과 단말 만족 확률을 나타낸다. 제안된 방법의 에러 확률은 All HO보다 많이 낮고 All SO와는 비슷하다. 그리고 단말 만족 확률도 All HO보다 많이 높고 All SO와는 비슷하다. 그림 9와 10의 결과와 같은 이유로 비슷한 그래프를 보여준다.

한계치  $T_{TC}$ 에 따른 핸드오버 실패 확률을 그림

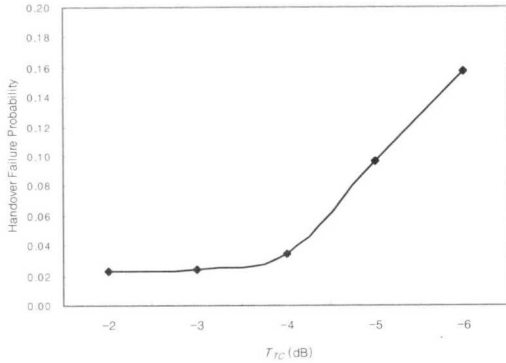


그림 13. 한계치  $T_{rc}$ 에 따른 핸드오버 실패 확률

13에 나타내었다. 한계치  $T_{rc}$ 가 감소할수록 핸드오버 실패 확률은 증가한다. 한계치  $T_{rc}$ 가  $-4\text{dB}$ 보다 작은 값에서는 급격하게 증가한다. 이는 압축 모드 동작이 필요하지 않은 단말뿐만 아니라 압축 모드 동작이 필요한 단말까지도 제한시키기 때문이다. 그리고 시뮬레이션에서 셀 탐색 알고리즘(Cell Search Algorithm)을 구현하지 않았기 때문에, 생성된 모든 단말은 서비스 셀에 포함된다. 그래서 서비스 셀 가장자리에서 생성된 단말은 바로 핸드오버 절차를 수행한다. 그러므로 핸드오버 실패 확률이 상당히 높게 나타났다.

### V. 결론

WCDMA 시스템에서 다른 주파수 또는 다른 시스템의 신호 세기를 측정하기 위하여 압축 모드를 사용한다. 압축 모드의 사용으로 인해 처리 이득이 낮아지기 때문에 단말의 QoS에 영향을 끼친다. 그러므로 기지국은 단말이 요구하는 QoS를 만족시키기 위해서 전송 전력량을 증가시킨다. 한편 압축 모드의 전송 간격 동안에는 내부 회로 전력 제어가 동작하지 않고 인터리빙의 영향도 줄어들기 때문에 단말은 더 높은  $E_b/N_0$ 을 요구하게 된다. 따라서 시스템의 전체적인 성능은 떨어진다. 성능에 미치는 영향 때문에, 압축 모드는 RNC에 의해서 다른 주파수 또는 다른 시스템의 신호 측정이 필요한 경우에만 동작하여야 한다. 그러나 3GPP는 압축 모드 동작을 결정할 수 있는 방법을 정의하지 않았다. 그러므로 성능 저하를 줄이기 위해서 압축 모드 동작을 결정할 수 있는 방법이 필요하다.

본 논문에서는 서비스 셀과 같은 주파수를 사용

하는 인접 셀과 다른 주파수 또는 다른 시스템을 사용하는 인접 셀로 구성된 셀 환경에서 압축 모드가 WCDMA 순방향 링크의 성능에 미치는 영향을 수식적으로 분석하고 압축 모드 사용에 따른 성능 감소를 줄이기 위하여 압축 모드가 필요하지 않은 단말의 압축 모드 동작을 제한할 수 있는 단말 측정에 의한 압축 모드 방법을 제안하였다. 제안하는 방법은 압축 모드 동작을 결정하기 위해서 서비스 셀과 인접 셀의 CPICH  $E_b/N_0$ 과 세 개의 한계치를 사용하였다.

수치적 분석 결과, 압축 모드를 사용할 때의 용량은 압축 모드를 사용하지 않을 때의 약 48%정도이다. 그리고 가장 좋지 않은 환경에서는 9%정도에 불과했다. 압축 모드 사용에 따른 성능 저하가 매우 크기 때문에 압축 모드를 효율적으로 제한할 수 있는 방법이 필요함을 확인하였다.

제안하는 방법을 사용하였을 때의 시스템 용량은 압축 모드를 사용하지 않았을 때 용량의 약 91%를 보였다. 이는 모든 단말이 압축 모드로 동작할 때보다 최소 두 배에서 최대 열 배 정도의 향상된 용량이다. 용량이 향상된 이유는 제안하는 방법이 압축 모드가 필요하지 않은 단말을 효율적으로 제한시켰기 때문이다. 특히, 서비스 셀과 같은 주파수를 사용하는 인접 셀의 가장자리에 있는 단말이 많은 전력량을 사용하여 성능에 큰 영향을 끼치는데 이런 단말의 압축 모드 동작을 정확히 제한시켰기 때문이다. 그리고 제안된 방법의 한계치에 따른 용량의 차이는 크지 않다. 다른 성능 요소들도 용량과 비슷하게 향상된 결과를 보여주었다. 그러나 핸드오버 실패 확률은 한계치를 조절함에 따라 급격하게 증가함을 확인하였다. 이는 압축 모드가 필요한 단말까지도 제한시켰기 때문이다. 결과적으로 제안된 방법의 한계치를 조절함으로써, 핸드오버 실패 확률을 최소로 하면서 압축 모드 사용에 따른 성능 감소를 크게 줄일 수 있음을 확인하였다.

### 참고 문헌

- [1] 3GPP TS 25.212 V3.11.0: "Multiplexing and channel coding (FDD)," 2002.9.
- [2] 3GPP TS 25.331 V3.12.0: "Radio Resource Control (RRC)," 2002.9.
- [3] Jayong Koo, Seungchan Bang, and Youngnam Han, "Performance Analysis of a Compressed Mode in WCDMA/FDD," JCCI 2000,

pp.705-710, May 2000.

- [4] S. W. Kim, D. G. Jeong, W. S. Jeon and C. H. Choi, "Forward Link Performance of Combined Soft and Hard Handoff in Multimedia CDMA Systems," *IEICE Trans. Comm.*, vol.E85-B, no.7, pp.1276-1282, July 2002.
- [5] S. Liu, Z. Niu and D. Huang, "Performance Analysis of Voice Message Service in CDMA Cellular Systems," *Proc. IEEE ICCT 2003*, April 2003.
- [6] W. Choi and J. Y. Kim, "Forward-Link Capacity of a DS/CDMA System with Mixed Multirate Sources," *IEEE Trans. On Vehicular Technology*, vol. 50, no. 3, pp.737-749, May 2001.
- [7] S. S. Choi and D. H. Cho, "Capacity Estimation of Forward Link in CDMA Systems Supporting High Data-Rate Service," *IEICE Trans. Comm.*, vol.E84-B, no.8, pp.2170-2177, August 2001.
- [8] 3GPP TR 25.942 V3.3.0: "RF System Scenarios," 2002.6
- [9] J. S. Lee and L. E. Miller, "Solution for minimum required forward link channel powers in CDMA cellular and PCS systems," *J. Communications and Networks*, vol.1, no.1, pp.42-51, March 1999.
- [10] W. Ying, S. Dan, Z. Ping and W. Hai, "Comparison Between the Periodic and Event-Triggered Compressed Mode," *IEEE VTC 2002 spring*, pp.1331-1335, 2002.
- [11] G. Karmani and K. N. Sivarajan, "Capacity Evaluation for CDMA Cellular Systems," *IEEE INFOCOM 2001*, pp.601-610, 2001.
- [12] 3GPP TS 25.214 V3.5.0: "Physical layer procedures (FDD)," 2000.12.

김 선 명(Sun-myeng Kim) 정회원



2000년 2월 : 아주대학교  
정보및컴퓨터공학부 졸업  
2002년 2월 : 아주대학교  
정보통신공학과 석사  
2002년 3월~현재 :  
아주대학교 정보통신공학과  
박사과정

<관심분야> 무선랜, Ad-Hoc, MPLS, WCDMA

장 원 학(One-hark Jang) 정회원



1988년 2월: 한양대학교 전자  
공학과 졸업  
1990년 2월: 한양대학교 전자  
공학과 석사  
1992년 : KT 전임연구원  
2001년~현재: KTF 차장  
(연구개발원 차세대연구소)

<관심분야> WCDMA, 영상서비스기술

조 영 종(Young-jong Cho) 정회원



1983년 2월 : 서울대학교  
전자공학과 졸업  
1985년 2월 : 한국과학기술원  
전기및전자공학과 석사  
1989년 2월 : 한국과학기술원  
전기및전자공학과 박사  
1991년 : 금성정보통신연구소

책임연구원

1993년 : 미국 AT&T Bell Lab 교환 연구원  
1996년~현재 : 아주대학교 정보및컴퓨터공학부  
부교수

<관심분야> 광대역 통신, 유/무선 ATM, 큐잉시스템, 성능분석, 초고속 인터넷 장비 개발

임 재 성(Jae-Sung Lim)

정회원



1983년 2월 : 아주대학교

전자공학과 졸업

1985년 2월 : 한국과학기술원

전기및전자공학과 석사

1994년 8월 : 한국과학기술원

전기및전자공학과 박사

1985년~1988년 : 대우통신종합연구소 전임연구원

1988년~1995년 : 디지콤정보통신연구소 책임연구원

1995년~1998년 : SK 텔레콤 중앙연구원 책임연구원

1998년~현재 : 아주대학교 정보통신전문대학원

부교수

<관심분야> 이동통신, 무선인터넷