

WCDMA 하향 링크 시스템에서의 적응적 PCDR 알고리즘

정회원 정수성*, 박형원**, 임재성***

Adaptive Power Control Dynamic Range Algorithm in WCDMA Downlink Systems

Soo-sung Jung*, Hyung-won Park**, Jae-sung Lim*** *Regular Members*

요 약

3GPP에서 정의한 3세대 무선 이동통신 시스템인 WCDMA 시스템에서는 기지국에서 단말로 데이터를 전송하는 하향링크의 전력 제어를 위해 단말의 Target Signal-to-Interference Ratio (SIR)를 변화시키는 외부 회로 전력 제어와, 설정된 Target SIR을 통해 기지국의 전송 전력을 변화시키는 내부 회로 전력 제어를 사용한다. 그러나 기지국의 성능을 유지하기 위해 단말에게 제공하는 전력량은 제한적일 수밖에 없다. 때문에 3GPP 권고안에서는 전력 제어를 동작시키는 구간인 Power Control Dynamic Range (PCDR)을 정의한다. 본 논문에서는 기지국의 성능 향상을 위해 PCDR을 단말의 상태에 따라 적응적으로 변화시키는 Adaptive PCDR (APCDR)을 제안한다. 제안하는 APCDR 기법은 수신하는 프레임을 기반으로 측정된 SIR 값의 추이를 통해 단말의 현재 상태를 판별하며, 이를 기준으로 각 단말에게 적응적으로 전력 제어 구간을 결정해주는 방법이다. 본 논문에서 제안하는 APCDR 기법은 기지국의 용량에 큰 영향을 끼치는 최대 코드 채널 전력량을 단말의 상태에 따라 변화시킨다. 최대 코드 채널 전력량을 변화시킴으로써, 각 단말이 순간적인 채널의 상태 변화에 의해 성능이 저하되는 것을 막고 반대로 기지국에서 멀리 위치하는 단말에게는 핸드오버가 이루어지기 전까지 보다 많은 전력을 제공한다. 이를 통해 전체적인 기지국의 Quality에 이득을 얻는다. 실험 결과는 고정된 PCDR을 갖는 경우와 제안하는 APCDR을 사용했을 경우, 용량에서는 거의 손실이 없는 것에 비해 단말의 Quality 측면에서는 훨씬 향상된 결과를 나타내었다.

Key Words : WCDMA; Power Control; Power Control Dynamic Range; Resource Management

ABSTRACT

WCDMA system is 3rd generation wireless mobile system specified by 3GPP. In WCDMA downlink, two power control schemes are operated. One is inner loop power control operated in every slot. Another is outer loop power control based on one frame time.

Base station (BS) can estimate proper transmission power by these two power control schemes. However, because each MS's transmission power makes a severe effect on BS's performance, BS cannot give excessive transmission power to the specific user. 3GPP defined Power Control Dynamic Range (PCDR) to guarantee proper BS's performance. In this paper, we propose Adaptive PCDR algorithm. By APCDR algorithm, Radio Network Controller (RNC) can estimate each MS's current state using received signal to interference ratio (SIR). APCDR algorithm changes MS's maximum code channel power based on frame. By proposed scheme, each MS can reduce wireless channel effect and endure outages in cell edge. Therefore, each MS can obtain better QoS. Simulation result indicate that APCDR algorithm show more attractive output than fixed PCDR algorithm.

* KTF 수도권 네트워크본부 (jungss@ktf.com), **이주대학교 정보통신전문대학원 정보통신공학과 (gbmonkey@ajou.ac.kr)

***이주대학교 정보통신전문대학원(jaslim@ajou.ac.kr)

논문번호 : #030256-0618, 접수일자 : 2003년 6월 18일

I. 서론

다중 접속 방식으로 CDMA를 사용하는 경우, 모든 단말들은 같은 주파수와 같은 시간을 직교 코드를 통해 구분해서 사용한다.[1] 그러나 직교 코드를 통해 구분된 각 단말의 신호는 무선상에서 분산, 산란 등을 통해 다중 경로를 겪게 되며, 페이딩을 통해 신호가 깨지는 현상 역시 발생하게 된다. 그 결과 각 신호는 완벽하게 직교되지 않게 되어 상호간 간섭을 발생시키게 된다. 신호의 세기가 클수록 다른 단말에게 주는 간섭의 양은 증가하게 되며, 그 결과 기지국의 Radio Resource Management (RRM)에 심각한 영향을 끼치게 된다. 즉, 간섭의 양이 증가하면 기지국의 성능은 감소하기 때문에 기지국에서는 각 단말에게 필요한 양만큼의 전력을 송신해 주는 것이 중요하다. 때문에 다중 접속 방식으로 CDMA를 사용하는 무선 통신 시스템에서는 단말에게 필요한 전력만큼을 할당해주는 전력 제어가 매우 중요하다.

3세대 이동통신 시스템인 WCDMA의 경우 단말기와 기지국 사이의 하향 링크 전력 제어를 위해 외부 회로 전력 제어와 내부 회로 전력 제어를 사용한다[2]. 외부 회로 전력 제어는 프레임 단위로 동작하는 전력 제어 기법이다. 단말에서는 하나의 프레임을 수신하면, 프레임의 CRC 검사를 통해 단말은 이를 기반으로 기지국에게 Target SIR 값을 변화시키는 전력 제어 정보를 전송한다. 외부 회로 전력 제어가 프레임을 기준으로 단말의 Target SIR 값을 변화시킨다면, 내부 회로 전력 제어는 측정된 신호의 Signal-to-Interference (SIR) 값과 Target SIR을 비교하여 단말에게 수신되는 채널의 QoS가 Target SIR을 만족시킬 수 있도록 매 슬롯마다 기지국으로 송신 전력량을 변화시키는 제어 정보를 전달하는 전력 제어 방법이다. 각 단말에서 전송된 제어 정보를 통해 기지국에서는 단말에게 할당할 전력의 세기를 변화시킨다. 만약 사용자의 무선 채널 상태가 나쁘거나, 기지국으로부터 먼 거리에 위치하고 있다면 수신되는 프레임 상에서 오류가 검출될 확률이 증가하게 된다. 이에 따라 외부 회로 전력 제어를 통해 단말의 Target SIR 값이 증가하

게 되며, 결국 내부 회로 전력 제어의 결과 단말로 전송되는 전력의 세기는 증가하게 된다.

그러나 특정 단말에게 너무 많은 전력을 할당할 경우 기지국에 할당된 전력을 과도하게 사용하게 되며, 다른 사용자에게 매우 큰 간섭으로 작용하게 되므로 새로운 호뿐만 아니라 기존의 호에게도 적절한 전력을 제공하지 못하여 호가 끊어지는 상황을 발생시킬 수 있다. 이러한 현상을 막기 위해, WCDMA 시스템에서는 Radio Network Controller (RNC) 에서 Power Control Dynamic Range (PCDR)을 설정한다. PCDR은 내부 회로 전력 제어 시 특정 단말에게 최대한 할당해 줄 수 있는 전력의 세기인 최대 코드 채널 전력량 (Maximum code channel power)과 최소한 할당해 주어야 할 전력인 최소 코드 채널 전력량 (Minimum code channel power)의 세기 간의 차이를 의미한다.[3] 이 경우 특정 단말에게 할당해 줄 수 있는 최대 코드 채널 전력량이 매우 중요하다. 만약 최대 코드 채널 전력량의 값이 너무 크다면, 각 단말들이 사용할 수 있는 자원이 많아지므로 Quality는 좋아진다. 그러나 무선 채널의 특성상 단말의 Quality는 변화가 심하므로, 필요 이상으로 단말에게 높은 최대 코드 채널 전력량을 할당할 경우 순간적으로 각 단말들에게 높은 간섭을 줄뿐만 아니라, 기지국 전체의 용량에도 큰 영향을 끼친다. 반대로 최대 코드 채널 전력량의 값이 너무 작다면, 기지국 전체의 용량은 증가하겠지만 단말에게 필요한 전력을 할당하지 못하게 되며, 결국 과도한 Outage로 인해 단말이 서비스를 받을 수 없게 된다. 때문에 기지국의 성능 향상을 위해서는 단말의 상태에 따라 Target SIR을 만족시켜줄 수 있는 최소한의 최대 코드 채널 전력량을 할당해주어야 한다. 하지만 각 사용자들은 시간과 위치에 따라 서로 다른 채널의 영향을 받으며, 이동성 또한 다르다. 따라서 고정된 최대 코드 채널 전력량을 통해서 사용하는 사용자들의 상태를 모두 적절하게 고려할 수 없다. 때문에 무선 이동통신의 특성상 기지국의 성능을 향상시키기 위해서는 각 단말의 상태를 고려한 적응적 PCDR (APCDR) 기법이 필요하다.

본 논문은 WCDMA 하향 링크 상에서 음성 사용자에게 적용될 수 있는 APCDR 기법에 대해서

제한한다. APCDR 기법은 단말에서 수신하는 프레임 임을 기반으로 동작하며, 수신되는 SIR값의 추이를 통해 단말의 상태를 판단하여 단말에게 설정된 최대 코드 채널 전력량을 조절한다. 본 논문에서는 제안된 기법에 의해 측정된 기지국의 용량과 Outage, 프레임 Error Rate 등의 QoS 값을 통해 기존의 PCDR과 비교하여 그 우위를 증명하겠다.

2장에서는 WCDMA 하향링크에서 음성 사용자 트래픽 채널을 위해 운용되는 전력 제어와 제안하는 APCDR 알고리즘이 적용될 시스템에 대해서 기술한다. 3장에서는 APCDR 알고리즘의 의미와 기존의 PCDR 대비 얻을 수 있는 효과 및 운용 방법을 설명한다. 4장에서는 시뮬레이션 환경과 성능 분석에 사용될 변수들을 정의하고, 5장에서는 시뮬레이션 결과를 통해 제안된 APCDR의 성능을 분석하였으며, 마지막으로 성능 분석 결과를 제시한다.

II. 시스템 모델

1. WCDMA Radio Access Network

WCDMA 시스템에서 Radio Resource Management (RRM)는 Radio Access Network (RAN) 에서 이루어진다. WCDMA 시스템의 RAN는 Node-B와 Radio Network Controller (RNC)로 구성된다. Node-B는 실제 단말과 연결되는 부분으로 U_u 인터페이스를 통해 단말과 통신한다. 일반적으로 Node-B는 기지국을 의미하며, 하나의 셀 내의 여러 단말들은 Node-B를 통해 제어된다. 여러 개의 Node-B를 관리하는 역할을 하는 시스템이 RNC이며, Node-B와 ATM 링크로 연결되어 있다.[4]

WCDMA 시스템의 호 수락 제어, 채널 할당, 핸드 오버 등의 대부분의 RRM 전략들은 RNC단에서 처리된다. WCDMA의 전력 제어의 대부분 역시 RNC에서 동작한다. 폐쇄형 전력 제어를 이루는 내부 회로 전력 제어와 외부 회로 전력 제어 중, 프레임 단위로 운용되는 외부 회로 전력 제어와 함께 PCDR과 같은 기본적인 전력 제어에 사용되는 값들이 RNC 단에서 관리된다. 하지만, RNC 단에서의 RRM은 빠른 제어에 부적합하다. 때문에, 슬롯 단위로 빠른 제어를 요구하는 내부 회로 전력 제어의 경우는 RNC 단에서 운용되지 않고 Node-B에서 동작한다.

2. WCDMA 시스템 하향 링크 전력 제어

단말과 Node-B 사이에서의 내부 회로 전력 제어

는 Dedicated Physical Control Channel (DPCCH)의 TPC 영역을 통해 이루어진다. 하나의 프레임은 10ms 단위로 전송되며, 15개의 슬롯으로 구성되어 있다. 각 슬롯에는 데이터가 전송되는 Dedicated Physical Data Channel (DPDCH)와 DPCCH로 구성되어 있다[5]. 때문에 기지국은 1500Hz의 속도로 단말에게 전송되는 전력의 양을 수정할 수 있다. 내부 회로 전력 제어와 함께 WCDMA의 폐쇄형 전력 제어는 외부 회로 전력 제어가 동작한다. 외부 회로 전력 제어는 Node-B에서 RNC로 전송되는 Dedicated Channel (DCH)를 통해 프레임을 기반으로 동작한다. 따라서 외부 회로 전력 제어는 초당 100Hz로 동작한다. 이와 같이 하향링크 전력 제어의 경우 상향 링크 전력 제어에 비해 단말이 요구하는 전력을 빠르게 제공할 수 있다.

내부 회로 전력 제어를 통해 생성되는 제어 정보는 매 슬롯마다 단말에서 수신된 신호의 quality인 SIR 값과 RNC에서 외부 회로 전력제어를 통해 설정된 Target SIR 값을 비교하여 만들어진다. CDMA 시스템에서 측정되는 SIR은 다음과 같이 계산된다.

$$\frac{E_b}{N_o} = \frac{W}{R} \times \left(\frac{P_{receive}}{(1-\alpha) \times \frac{P_{Total, current}}{L_{T, current}} + \sum_{i=1}^N \frac{P_{Total, i}}{L_{T, i}} + N_m} \right) \quad (1)$$

여기에서, W 는 WCDMA 시스템의 칩 전송 속도를 나타내며, R 은 데이터 전송 속도를 의미한다. α 는 직교성 계수이다. $P_{total, i}$ 는 i 번째 기지국 전체 송신 전력량이며, $L_{T, i}$ 는 i 번째 셀에서의 전파 손실이다. 그리고 $P_{receive}$ 는 단말에서 측정된 신호의 세기를 나타내며, N_m 는 Noise 양을 나타낸다.

Target SIR 값보다 작다면, 단말에서는 기지국에게 자신에게 전송되고 있는 신호의 세기를 증가시키라는 제어 정보(Transmit Power Control (TPC) = 1)를 전송한다. 반대로 측정된 신호의 SIR 값이 Target SIR 값보다 크다면, 단말에서는 기지국에게 자신에게 전송하는 신호의 세기를 낮추라는 제어 정보(TPC = 0)를 전송한다.

기지국에서는 수신된 TPC 정보를 통해 하향 링크로 전송되는 채널의 전력 세기를 내부 회로 전력 제어 스텝 크기만큼 조절한다. 이 때 기지국은 각 단말의 전력 할당가능 유무를 검사하여 단말의 전력을 제어한다. 먼저 기지국에 남아 있는 전력이 있

는 지를 검사하며, 그 다음으로는 단말에게 추가로 전력을 할당할 시에 단말의 최대 코드 채널 전력량을 초과하는 지를 검사한다. 이와 같이 기지국에서 운용하는 전력의 구성은 그림 1에 나타나 있으며, 기지국에서의 내부 회로 전력 제어 알고리즘은 그림 2에 제시되어 있다[3].

WCDMA 시스템의 하향 링크에서 운용될 외부 회로 전력 제어 방식은 아직 정의된 바는 없지만, 본 논문에서의 성능 평가 모델에서 사용될 외부 회로 전력 제어 알고리즘은 [6]에 근거하였다.

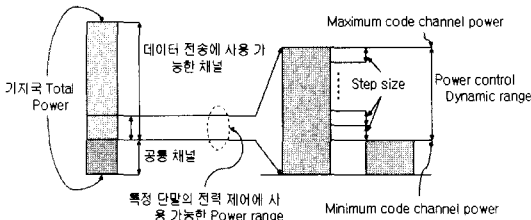


그림 1. 기지국에서 운용되는 전력의 구성

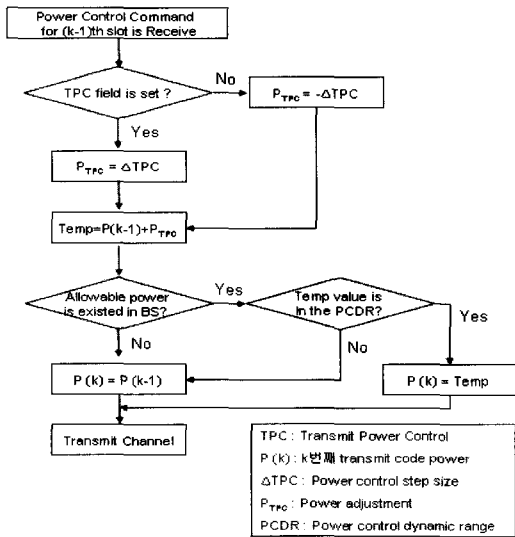


그림 2. 내부 회로 전력 제어

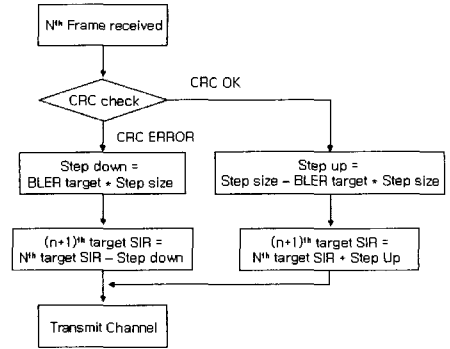


그림 3. 외부 회로 전력 제어

3. WCDMA 시스템의 고정 PCDR 알고리즘

앞서 살펴 보았듯이 내부 회로 전력 제어의 경우는 1초에 1500번 전력 제어가 가능하며, 하나의 프레임 동안에는 15번 전력 제어를 할 수 있는 매우 빠른 전력 제어 알고리즘이다. 만약 내부 회로 전력 제어의 스텝 크기가 1dB인 경우는 하나의 프레임 전송시간인 10ms 동안 최대 15dB, 즉 이전 프레임에서의 전력보다 30배 이상 큰 전력을 할당할 수 있다[7].

그러나 CDMA의 특성상 기지국의 성능을 보장하기 위해 특정 단말에게 과도한 전력을 할당할 수는 없다. 때문에 내부 회로 전력 제어는 각 단말에게 최대한 허용할 수 있는 전력량인 최대 코드 채널 전력량과 최소 코드 채널 전력량 사이에서 전력 제어를 수행한다. 이 때 최대 코드 채널 전력량과 최소 코드 채널 전력량의 차이를 PCDR이라고 한다. 그러나 특정 단말에게 필요한 최대 코드 채널 전력량과 최소 코드 전력량은 무선 채널의 특성상 일정할 수 없다.

제안하는 적응적 PCDR 기법은 기존의 단말의 상태를 고려하지 않은 고정적인 PCDR과는 달리 단말에서 수신하는 프레임의 연속적인 특성을 RNC 단에서 파악하여, 이를 기반으로 최대 코드 채널 전력량을 변화시키는 기법이다. 적응적 PCDR 알고리즘은 다음 장에서 제시하고 있다.

III. 제안하는 적응적 PCDR 기법

본 장에서는 앞장에서 언급한 적응적 PCDR (APCDR) 알고리즘이 필요한 이유를 먼저 설명하며, 동작 절차 및 기존의 고정 PCDR 대비 얻을 수 있는 이득에 대해서 살펴보겠다.

1. APCDR 알고리즘의 필요성

앞서 언급한 것과 같이 WCDMA 시스템의 하향 링크 내부 회로 전력 제어의 경우, 1500Hz의 속도로 전력 제어를 수행한다. 따라서, 기지국은 단말이 요구하는 전력을 빠르게 제공해 주지만, 반대로 순간적인 주파수 선택적 페이딩의 영향을 크게 받는다. 일반적으로 단말이 깊은 페이딩(Deep Fading)을 겪을 때 순간적으로 매우 높은 신호 감쇄를 받게 된다. 이 경우 오히려 빠른 전력 제어 때문에 기지국은 단말에게 과도한 전력량을 제공하게 된다. 그러나, 일반적으로 깊은 페이딩 구간은 길이가 매우 짧으며, 기지국이 제공하는 전력량으로는 복구하기 힘들다. 그림 4는 1초 동안 50Km의 속도로 움직이는 단말이 겪게 되는 주파수 선택적 채널 영향의 예이다.

그림에서 볼 수 있듯이, 주파수 선택적 채널에 의한 신호 감쇄는 매우 짧은 구간 동안 발생하며, 그 양 역시 매우 크다. 게다가 순간적으로 특정 단말의 신호 세기를 10dB 이상 증폭 시킬 경우 주위의 단말에게 짧은 시간동안 큰 간섭으로 동작하게 된다. 이는 결국, 주위 단말들의 Target SIR 값을 증가시키게 되어, 전체적인 기지국 용량을 감소시킨다. 게다가, 일반적으로 깊은 페이딩의 경우 단말이 요구하는 전력을 제공해 준다 할지라도 매우 짧은 구간 동안에 급격하게 증가된 전력을 요구하기 때문에 전송된 신호를 복구할 수 없다. 따라서, 이러한 주파수 선택적 채널에 의한 깊은 페이딩 현상을 최소화함으로써, 기지국 내의 단말들의 QoS를 보장해 주는 기법이 필요하다.

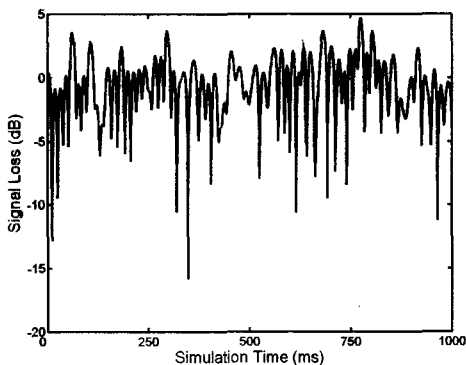


그림 4. 주파수 선택적 채널의 영향

주파수 선택적 채널의 영향과 함께, 단말이 셀의 가장자리로 이동했을 경우, 요구하게 되는 전력량에

대한 고려 역시 필요하다. 기지국에서 거리가 멀어질수록 단말은 전파 감쇄(Propagation Loss)에 의한 신호 감쇄를 겪게 된다. 이러한 신호 감쇄는 거리에 따라 선형적으로 증가하는 양상을 보인다. 그러나, 셀 내에 존재하는 건물이나 산등과 같은 주위 환경에 의해 셀 가장 자리에서 단말이 요구하는 전력은 느리게 변하게 된다. 이러한 단말들이 핸드오버가 성공될 때까지 혹은 다시 셀 내부로 들어오기까지 적절한 수준의 전력을 제공해 주어야만 다른 단말들과의 서비스 상의 공평성과 함께 QoS를 제공할 수 있게 된다.

그러나, 고정된 최대 코드 채널 전력량을 사용할 경우는 이와 같은 단말의 상태를 전혀 고려할 수 없다. 때문에, 단말의 상황에 따라 적절하게 전력 제어 구간을 조절함으로써, 페이딩에 의한 손해를 최소로 하고 셀의 가장 자리로 이동한 단말에게도 적절한 수준의 QoS를 제공해 주어야 한다.

2. 제안하는 APCDR 알고리즘

제안하는 APCDR 알고리즘은 각 단말의 상태를 프레임 단위로 판단하여 동작하는 알고리즘이다. APCDR 알고리즘을 통해 단말의 상태가 결정되면, 이를 바탕으로 설정된 최대 코드 채널 전력량을 변화시킨다. 때문에 제안하는 알고리즘은 RNC단에서 운용되게 된다.

제안하는 알고리즘은 기존의 시스템에서 Node-B와 RNC 사이에 추가적인 메시지를 더하여 동작하게 된다. Node-B에서는 단말에서 전달되는 TPC 정보를 통해 PCDR 범위 내인, 최대 코드 채널 전력량과 최소 코드 채널 전력량 사이에서 내부 회로 전력 제어를 동작시킨다. 이 때 내부 회로 전력 제어를 통해 매 슬롯마다 계산되는 전력량이 최대 코드 채널 전력량 이상을 요구하는 경우의 발생 유무를 매 프레임마다 계산하여, Dedicated Control Channel (DCH)를 통해 RNC로 전송한다. RNC에서는 전송된 정보를 기반으로, 연속적인 변화를 측정하여 단말의 상태를 결정한다. RNC에서는 결정된 단말의 상태를 통해 최대 코드 채널 전력량을 변화시킨다. 다시 설정된 PCDR 범위는 RNC에서 Node-B 방향으로 DCH를 통해 다시 전송되며, 이를 바탕으로 Node-B에서는 내부 회로 전력 제어를 수행한다.

제안하는 알고리즘은 기본적으로 셀 내부에서 깊은 페이딩 현상에 의해 단말이 더 많은 전력량을 요구하는 경우와 셀 외곽에서 전력을 요구하는 경

우를 구분하고 있다. 셀 내부의 단말의 경우는 순간적으로 기존 전력에 비해 수배에서 수십배까지의 전력을 순간적으로 요구하는 경우이며, 셀 외곽의 경우는 기존에 제공되는 있는 전력량에 비해 지속적으로 약간의 전력을 요구한다. (셀 외곽에서 깊은 페이딩에 빠지는 경우는 복구 할 수 있는 방법이 없다.) 게다가, 깊은 페이딩 현상의 경우는 불필요한 전력 낭비임에 비해, 셀 외곽의 단말의 경우는 서비스가 종료되지 않도록 하기 위한 전력 제공이다. 또한, 기지국에 미치는 영향 역시 다르다. 깊은 페이딩 현상의 경우는 짧은 시간 동안 수십배까지의 전력 증가이기 때문에, 주위 단말에게 순간적으로 큰 간섭을 준다. 이에 반해, 셀 외곽의 단말의 경우는 기존의 전력에 비해 약간의 전력만을 추가로 제공해 주어 서비스 경계를 넓혀 주는 것이기 때문에 간섭의 차이가 크지 않다.

제안하는 알고리즘은 채널의 영향을 크게 받는 단말에게는 보다 낮은 최대 코드 채널 전력량을 할당하여, 단말의 전력 변화가 기지국의 성능에 큰 영향을 끼치는 것을 막고, 반대로 단말이 기지국에서 멀리 떨어져 있는 경우에는 단말의 Quality를 보장해 줄 수 있도록 보다 높은 최대 코드 채널 전력량을 할당해주는 것이다. 각 단말의 상태를 고려하여, 최대 코드 채널 전력량을 각 단말에게 할당하는 방법은 그림 5에 제시되어 있다. 제안하는 APCDR 알고리즘의 운용 방법은 다음과 같다.

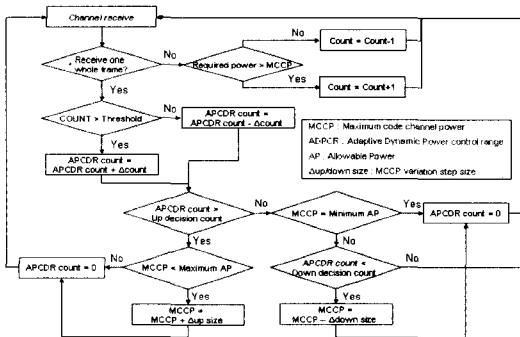


그림 5. 전력 제어 알고리즘

Step 1. Node-B는 한 슬롯 시간마다 단말에서 전송되는 TPC 정보를 통해 내부 회로 전력 제어를 구동한다.

Step 2. 내부 회로 전력 제어의 결과 단말이 최대 코드 채널 전력량 이상을 요구하는 경우가 발생할 때 Node-B에서는 이를 매 프레임 마다 계산하여

RNC로 전송한다.

Step 3. RNC에서는 매 프레임마다 Node-B에서 전달되는 APCDR 정보를 통해 각 단말의 상태를 파악한다.

Step 4. 단말이 RNC에서 정해 놓은 threshold 이상 연속적으로 최대 코드 채널 전력량 이상을 요구할 경우 RNC는 설정된 최대 코드 채널 전력량을 증가시킨다. 이와는 반대로 연속적으로 최대 코드 채널 전력량 이상을 요구하는 경우가 없을 경우 단말의 최대 코드 채널 전력량을 감소시킨다.

Step 5. RNC는 APCDR 알고리즘을 적용할 수 있는 최대 코드 채널 전력량의 변동 범위 내에서 계속해서 알고리즘을 운용한다.

APCDR 기법은 프레임을 기반으로 하여 동작하는 알고리즘이다. 하나의 프레임을 수신하는 동안 일정 슬롯 주기 이상 최대 코드 채널 전력량 이상의 요구 유무를 저장한다. 저장한 값을 통해 APCDR의 적용 유무를 결정하는 값인 APCDR count를 변화 시킨다. 매 수신 프레임마다 APCDR count 값을 변화 시킴으로써 연속적으로 수신되는 프레임의 Quality를 측정할 수 있게 된다. 이를 기반으로 하여, 단말이 기지국에서 멀리 떨어져서 최대 코드 채널 전력량 이상의 전력을 연속적으로 요구하는 것인지, 채널의 영향으로 인해 순간적으로 많은 전력량을 요구하는 지를 구분한다. 만약 단말이 설정된 Up/Down Decision Count 이상 계속적으로 최대 코드 채널 전력량 이상을 요구하는 경우 기지국은 해당 단말의 최대 코드 전력량을 변화시킨다. 이 때, 무한히 최대 코드 전력량을 변화시킬 수는 없으므로, 최대 코드 전력량을 변화시킬 수 있는 구간인 APCDR range 내에서 동작을 수행한다.

IV. 시뮬레이션 모델

제안하는 알고리즘은 WCDMA 하향링크의 전력 제어를 기반으로 하는 알고리즘이다. WCDMA 시스템의 폐쇄형 전력 제어에 사용되는 내부 회로 전력 제어와 외부 회로 전력 제어와 함께 제안하는 APCDR 기법은 프레임을 기반으로 하여 운용된다. 시뮬레이션은 전력 제어뿐만 아니라 핸드 오버와 함께 동작한다. 시뮬레이션이 이루어지는 셀 환경은 그림 6과 같다.

각 단말이 도착하여 서비스를 받는 Target Cell

을 제외한 나머지 주위 셀들은 전체 기지국 전력량의 70%를 사용하고 있다고 가정하였다. Target Cell의 경우는 초기에 Common Control Channel만이 운용되고 있다고 가정하였다. 초기의 Common Control Channel은 Common Pilot Channel (CPICH), Common Control Physical Channel (CCPCH), Primary Sync Channel (P-SCH)이 운용되고 있다고 가정하였다. Common Control Channel의 CPICH, CCPCH, P-SCH는 각각 셀 가장자리에서 무선 채널의 영향을 받고 있는 단말이 -10~12dB, -13~15dB, -13~15dB 이상 측정 되도록 필요한 전력량을 할당하였다.

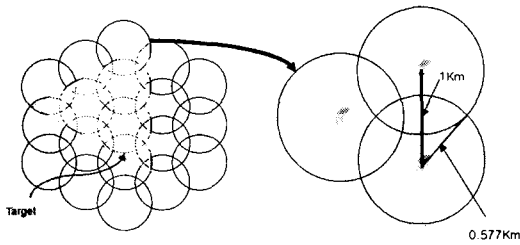


그림 6. 시뮬레이션을 위한 셀 환경

표 1. Common Control Channel 구성

Type	Value
CPICH	33dBm
CCPCH	30dBm
SCH	30dBm

셀에 도달하는 호의 초기 전력량은 단말에서 처음으로 기지국으로 전송되는 CPICH E_c/I_o 을 기반으로 하여 계산된다.[8]

$$P_{Tx}^{Initial} = \frac{R \times \frac{E_b}{N_o}_{DL}}{W} \times \left\{ \frac{P_{CPICH}}{E_c} - \alpha \times P_{Total} \right\} \quad (2)$$

여기에서, R 은 데이터 전송 속도를 W 는 칩 전송 속도를 나타내며, P_{CPICH} 는 기지국에서 전송하는 CPICH의 전력을 나타낸다. 그리고, α 는 직교성 계수를 가리킨다.

표 2는 시뮬레이션 환경을 나타내고 있다. 시뮬레이션은 WCDMA 시스템의 하향 링크를 모델링하여 이루어진다. 내부 회로 전력 제어와 외부 회로

전력 제어는 1계층인 물리 계층에서 각 슬롯/프레임 단위로 운용되며, 제안된 적응적 PCDR 기법은 프레임을 기반으로 하여 운용된다. 전력제어와 함께 핸드오버 역시 시뮬레이션 동안 동시에 이루어진다. 그리고 시뮬레이션이 수행된 서비스는 128 확산 코드를 사용하는 음성 서비스를 제공하는 Circuit switched 시스템을 고려하였다.[9] 시스템 내의 각 단말들은 서로 독립적으로 전력제어가 수행되며, 서로 다른 slow/fast fading channel의 영향을 받는다. 또한 각 단말들은 독립적으로 모델링한 이동속도 및 경로로 이동한다. 셀의 구조는 2-tier 셀 환경을 기반으로 하였다.

표 2. 시뮬레이션 환경

Type	Value
System	WCDMA Downlink
Chip Rate	3.84Mcps
Frequency	2Ghz
Cell Radius	577 meters
MS Velocity	0/3/50/120 Km/h
Cell Configuration	2-Tier Cell Environment
Distance between BS and BS	1 Km

표 3. 시뮬레이션 파라미터

Type	Value
Other Cell Load	70 %
BS(BTS) Maximum Available Power	20 Watts (43dBm)
Traffic Chnnel	DCH (for AMR Voice user)
Common Control Channel Power	3 Watts
QoS for Voice Traffic	BLER of 0.01
Noise Power	-99 dB
Non orthogonality Factor	0.4
Voice Activity	0.4
Standard deviation of Slow fading channel	4dB

제안된 알고리즘의 성능 평가는 기존의 고정 PCDR 기법을 사용했을 경우의 기지국 용량과 단말

의 Outage 확률, 프레임 Error Rate (FER)로 이루어진다.

본 논문에서 기지국의 용량은 처음으로 기지국의 전체 전력을 70% 이상 사용했을 때부터 평균적으로 기지국으로부터 서비스를 받고 있는 단말의 수로 가정하였다. Outage 발생 조건은 단말이 요구하는 전력을 기지국이 제공하지 못하는 경우로 가정하였다. 성능 분석을 위해 사용되는 Outage 확률은 전체 송신된 슬롯수로 Outage가 발생한 슬롯을 나눈 값으로 정의하였다. 프레임 Error Rate는 오류가 발생한 프레임의 수와 전체 전송한 프레임의 수에 관계하여 정의하였다.

V. 실험 및 분석

시뮬레이션은 내부 회로 전력 제어와 외부 회로 전력 제어로 구성되는 폐쇄형 전력 제어와 함께 핸드오버가 동시에 동작하는 시스템에서 이루어졌다. 기본적으로 음성 사용자를 위한 최대 코드 채널 전력량은 30dBm, 최소 코드 채널 전력량은 12dBm으로 가정하였다[10]. 제안하는APCDR 알고리즘의 최대 코드 채널 전력량의 범위를 결정하기 위해 여러 가지 범위로 시뮬레이션을 수행하였다.

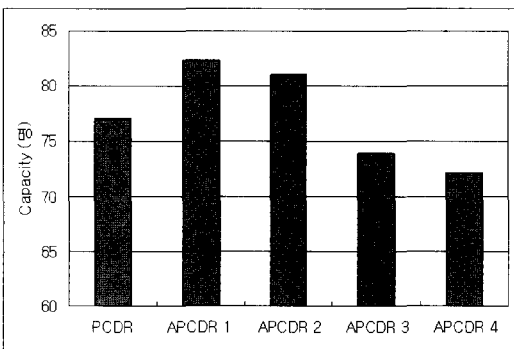


그림 7. 기지국 용량

시뮬레이션 결과는 그림 7, 8, 9에 나타나 있다. APCDR 1은 최대 코드 채널 전력량이 28 ~ 31로 변하며, APCDR 2는 29 ~ 31, APCDR 3은 28 ~ 32, 그리고 APCDR 4는 29 ~ 32로 변하는 경우이다. 그리고 최소 코드 채널 전력량은 모두 10dBm으로 동일하게 설정하였다. 결과에 따르면, 최대코

드 채널 전력량의 최대치가 기지국의 전체 시스템의 용량을 제한한다. 그림 6에 따르면, 적절한 크기의 범위를 설정한 경우, 기지국의 용량이 오히려 증가하는 것을 볼 수 있으나, 너무 높게 최대 코드 채널 전력량 최대치를 설정한 경우 기지국의 용량이 크게 감소함을 볼 수 있다. 또한 최대 코드 채널 전력량의 최소치가 단말의 QoS를 제한함을 알 수 있다. 최대 코드 채널 전력량의 최대치가 증가하는 시킴으로써 QoS를 향상시킬 수 있지만, 최소치를 너무 낮게 설정할 경우는 QoS가 나빠짐을 알 수 있다. 결과에 따르면, APCDR은 29 ~ 31dBm 사이에서 변화시킨 경우가 가장 우수한 성능을 보인다.

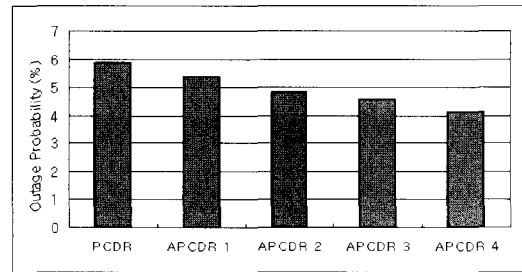


그림 8. Outage 확률

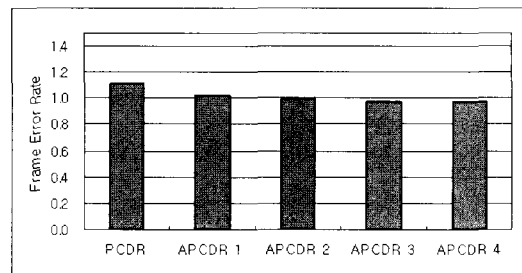


그림 9. Frame Error Rate

시뮬레이션 결과는 그림 6, 7, 8에 나타나 있다. APCDR 1은 최대 코드 채널 전력량이 28 ~ 31로 변하며, APCDR 2는 29 ~ 31, APCDR 3은 28 ~ 32, 그리고 APCDR 4는 29 ~ 32로 변하는 경우이다. 그리고 최소 코드 채널 전력량은 모두 10dBm으로 동일하게 설정하였다. 결과에 따르면, 최대코드 채널 전력량의 최대치가 기지국의 전체 시스템의 용량을 제한한다. 그림 6에 따르면, 적절한 크기의 범위를 설정한 경우, 기지국의 용량이 오히려 증가하는 것을 볼 수 있으나, 너무 높게 최대 코드 채널 전력량 최대치를 설정한 경우 기지국의 용량이 크게 감소함을 볼 수 있다. 이는 셀의 가장 자리에

위치하고 있는 단말에게 과도한 전력이 제공되므로 외곽의 단말이 페이딩 현상을 겪기 때문에 발생하는 현상이다. 그러나, 외곽의 단말들에게 충분한 전력량을 제공해 주기 때문에, QoS는 최대 코드 채널 전력량을 증가시킬수록 커진다. 따라서, 최대 코드 채널 전력량을 적절하게 제공함으로써, 기지국의 용량과 단말의 QoS를 최적으로 유지할 수 있다.

고정된 최대 코드 채널 전력량을 사용하는 경우 단말이 처한 상황에 관계없이 일정하게 최대 코드 채널 전력량을 사용한다. 때문에 순간적으로 나빠지는 무선 채널로 인한 전체 기지국의 급격한 성능 저하가 적응적 PCDR을 사용할 경우보다 더 심하다. 또한 단말이 셀의 가장자리로 이동할수록 단말은 더 큰 전력을 요구하므로, 가장 자리로 이동하는 단말에게는 핸드오버가 일어나기 전까지 보다 큰 최대 코드 전력량을 제공해주는 적응적 PCDR 기법을 사용하는 경우가 단말의 성능에 훨씬 더 큰 향상을 보인다.

VI. 결 론

본 논문에서는 3세대 무선 통신 시스템인 WCDMA 시스템의 하향링크의 성능을 개선시키기 위한 적응적 DPCR 알고리즘을 제안하였다. 제안하는 알고리즘인 APCDR은 특정 단말의 상태에 따라 최대 허용 전력량을 적응적으로 변화시키는 것이다. 기본적으로 기지국 근처에서 극복이 불가능하며 짧은 시간 내에 종료되는 나쁜 채널환경을 겪는 단말에 대해서는 최대 코드 채널 전력량을 높게 유지시키지 않는 것에 반해 셀의 가장자리에 위치한 단말의 경우는 점진적으로, 핸드오버 이득을 얻기 전까지 최대 코드 채널 전력량을 어느 정도 증가시켜서 Quality를 보장해 주자는 알고리즘이다. 기존의 고정적인 최대 코드 채널 전력량을 갖는 경우와 비교하였을 경우 제안하는 적응적 PCDR 방식은 기지국의 전체 용량을 크게 변화 시키지 않으면서, 전체적인 단말들의 Quality를 크게 향상시키고 있다. 적응적 PCDR의 중요한 요소는 바로, 기지국 성능의 초점을 용량에 둘 것인지, 단말의 Quality에 둘 것인지를 결정하여 이에 따라 적절한 최대 코드 채널 전력량의 범위를 결정하는 것이다.

참 고 문 헌

- [1] Vitervi, CDMA Principles of Spread Spectrum Communication, Addison-Wesley, 1995
- [2] M.P.J. Baker and T.J. Moulisley, Power Control in UMTS release99, in *Proc. of First International Conference on 3G Mobile Communication Technologies*, Mar. 2000.
- [3] 3G TS 25.104 v3.10.0 (2002-03) BS Radio transmission and Reception (FDD) (Release 1999), 3rd Generation Partnership Project: Technical Specification Group Radio Access Networks, Mar. 2002.
- [4] H. Holma and A. Toskala, WCDMA for UMTS, John Wiley & Sons, 2002.
- [5] 3G TS 25.214 v3.11.0 (2002-09), Physical layer procedures (FDD) (Release 1999), 3rd Generation Partnership Project: Technical Specification Group Radio Access Networks, Sept. 2002.
- [6] Sampath, A. Kumar, P. Holtzman, On Setting Reverse Link Target SIR in a CDMA System, *Proceedings of VTC97*, Arizona, 4-7 May 1997
- [7] L. Nuaymi, X. Lagrange, and P. Godlewski, A Power Control Algorithm for 3G WCDMA system, *European Wireless 2002*.
- [8] J. Laiho, A. Wacker, T. Novosad, Radio Network Planning and Optimization for UMTS, John Wiley & Sons, Ltd, 2002
- [9] 3G TS 25.211 v3.12.0 (2002-09), Physical channels and mapping of transport channels onto physical channels (FDD), 3rd Generation Partnership Project: Technical Specification Group Radio Access Networks, Sep. 2002
- [10] 3G TS 25.942 v3.3.0 (2002-06), RF System Scenarios (Release 1999), 3rd Generation Partnership Project: Technical Specification Group Radio Access Networks, Jun. 2002.
- [11] 유현규, 한상철, 정성순, 홍대식, 강창언, WCDMA 순방향 링크에서의 고속 데이터 전송을 위한 다중 경로 간섭 완화 기법, *한국통신학회 논문지 제28권 12A호*, pp958-964, 2003.

정수성(Soo-sung Jung)

정회원



한양대학교 공과대학 학사
한양 대학교 산업대학원 석사
브뤼셀 자유대 대학원 석사
목포대 대학원 박사
1979년 12월:기술고등고시합격
1980년 4월:체신부임용,통신기좌

1987년~1989년:벨기에 알카텔사 파견 근무
1989년~1998년:KT 운용보전본부, 국제사업본부
부장

1996년~1998년:인도 MODI 코리아텔레콤 사장

2001년~2003년:(주)KT아이컴 상무이사

2003년~현재:KTF 전무

<관심분야> 이동통신기술, 유무선 통합, 망진화 및
QoS

박형원(Hyung-Won Park)

정회원



2003년 2월:아주대학교
정보및컴퓨터공학부 졸업
2003년 3월~현재:아주대학교
정보통신공학과 석사

<관심분야> Resource Management, 3G/4G Mobile
System

임재성(Jae-Sung Lim)

정회원



1983년 2월:아주대학교
전자 공학과 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

<관심 분야> 이동통신, 무선인터넷