

고속 무선 데이터 서비스를 위한 CDMA 순방향 링크에서의 Zone-based 전력제어 방식

정회원 윤 승 윤*, 임 재 성**

Zone-based Power Control Mechanism of CDMA Forward Link for High-speed Wireless Data Services

Sung-yun Yun*, Jae-sung Lim** *Regular Members*

요 약

본 논문에서는 먼저 음성과 데이터 트래픽의 혼합으로 해당 트래픽 채널간의 송/수신 전력 차이가 발생하게 되는 CDMA 순방향 링크 환경에 빠른 폐회로 전력제어 방식을 도입함으로써 발생하는 장단점을 분석하고, 시스템 자원 할당 관점에서 기존의 빠른 전력제어 방식의 성능을 개선시킬 수 있는 Zone-based 전력제어 방식을 제안한다. 제안하는 Zone-based 전력제어 방식은 이동국의 위치 분포에 따라 데이터 트래픽의 전력과 전송률을 동시에 제어하는 메커니즘이다. 즉 제안하는 방식은 CDMA 시스템의 빠른 전력제어 방식에 기반을 두고 있으며 동시에 비실시간 데이터 트래픽의 전송률을 적응적으로 제어하여 전력 이득을 얻기 때문에 해당 채널에 소비되는 전력량 이득을 취할 수 있고 결과적으로는 간섭량 생성을 줄일 수 있는 방안이다. 제안하는 방식은 시스템에 유입되는 간섭량이 커지는 상황에서도 고속 트래픽의 서비스 영역을 셀의 전체 영역으로 확보해준은 물론 저속 트래픽의 QoS도 지속적으로 유지해줄 수 있는 장점을 갖는다. 시뮬레이션을 통한 실험 결과들은 제안하는 방식이 기존 방식에 비하여 상당한 성능 개선이 있음을 보여주었다. 특별히 고속 데이터 트래픽의 수가 증가하는 상황에서 제안하는 전력제어 방식은 전력 소비량과 트래픽 처리율 관점에서 기존 전력제어 방식보다 훨씬 우수한 성능을 보였다.

ABSTRACT

In this paper, we analyze the pros and cons of the fast power control to the forward link in the environments where mixed traffics of voice and data produce the transmitted/received power difference. We propose the Zone-based power control scheme that can improve the performance of the fast power control scheme in the viewpoint of the resource allocation. The proposed scheme is a mechanism that controls both the power and rate of non-realtime data traffics according to location distribution of the mobile stations. The scheme is based on the conventional fast power control scheme in the CDMA systems, and it adaptively controls the transmission rate of each data traffic. Zone-based rate control of data call brings about somewhat power margin to the call. As a result, the proposed scheme saves the power consumption of portables and reduces the amount of interference. With the proposed scheme, not only be extended the service coverage of high-rate traffic to the entire cell service coverage, but also the QoS of low-rate traffic can keep going through the service time, especially, in the situation that the amount of incoming interference is much larger. The experimental results show that the proposed scheme yields a improved performance compared with the conventional scheme in terms of the power consumption and traffic throughput of portables, especially, with the increasing number of high-rate data traffics.

* 아주대학교 정보통신전문대학원 정보통신공학과 (sungyun@ajou.ac.kr)

** 아주대학교 정보통신전문대학원 정보통신공학과 (jaslim@ajou.ac.kr)

논문번호 : 010326-1113, 접수일자 : 2001년 11월 13일

※ 본 연구는 정보통신연구진흥원 대학기초연구(과제번호:20001470)에 의해 수행되었음.

I. 서론

CDMA 시스템의 전력제어 연구는 사용하는 코드의 특성에 기인하는 MAI (Multiple Access Interference) 때문에 용량이 충분히 확보되지 않는 역방향에 초점이 맞추어져 왔다^[1-4]. 또한, 역방향에서 다중 전송률 트래픽을 수용하기 위한 방안과 멀티미디어 트래픽에 대한 적응적 전력제어 방식^[5-9]이 제시되었다. 특히 역방향 링크의 사용자 거리 분포에 따른 간섭량 분석^[9]이 이루어졌으며, 이러한 간섭량 분석 자료는 역방향 링크의 전력제어 알고리즘에 적절히 적용될 수 있다.

CDMA 순방향 링크의 채널간 직교 성질은 순방향 링크에서 이론적으로 간섭량이 생성되지 않음을 의미한다. 그러나, 다중 경로 간섭이나 코드의 재사용으로 인해 생성되는 외부셀 간섭량은 직접적으로 시스템 성능에 영향을 주게 된다. 특히 순방향 링크에 높은 전송률을 요구하는 고속의 데이터 트래픽이 증가하는 3세대 시스템 환경에서는 이러한 데이터 호가 저속 호에 비해 많은 양의 시스템 자원을 할당받기 때문에 적절한 전력 제어의 필요성이 대두되고 있다. 셀의 크기를 제어하는 방식으로써 계층셀 구조에서 큰 셀은 연속적인 서비스 반경을 보장하고 작은 셀은 효과적인 스펙트럼 활용과 용량 증대를 보장하는 자원 관리 방안^[10]도 제시되었다. 그러나, 일반적인 계층셀 구조는 이상적인 셀 구조로써 서로 다른 주파수 대역을 사용하는 시스템의 구현이 이루어져야 하기 때문에 대역 제한적인 시스템에 적용이 어렵다. Ahmed 등은 순방향 링크에 최대 로드가 걸리는 상황에서 간섭량의 유입으로 인해 해당 채널의 QoS가 임계치를 넘지 못하여 Outage 상황이 되면 각 채널에 할당된 전력 자원을 크기 순으로 정렬하여 최대 자원을 할당받고 있는 몇 개의 호를 강제적으로 끊게 함으로써 나머지 저속 호들의 QoS를 보장하는 방식^[11]을 제안하였다. '정렬과 제한' 방법을 이용한 위의 전력제어 방식은 특정 상황에서 고속 호의 호 끊김을 유도하기 때문에 서비스의 공평성을 유지하지는 못하나 시스템 전체적인 성능 측면에서는 많은 저속 호들의 QoS를 보장할 수 있는 방법이 될 수 있다.

본 논문에서는 3세대 CDMA 시스템 환경에서 순방향 빠른 폐회로 전력제어 방식을 기반으로 Zone-based 전력제어 방식을 제안한다. 제안하는 방식은 시스템 내에 생성된 이동국의 위치 분포에 따라 해당 데이터 트래픽 채널의 전력과 전송률을 동

시에 제어한다. 각 채널에 최대 할당될 수 있는 가중치에 의해 제한되는 전력 자원으로 서비스 가능한 존 반경은 기지국을 중심으로 특정 서비스 영역을 이루게 된다. 따라서, 제안하는 방식은 단순히 전송률을 적응적으로 조절하는 방식과는 달리 시스템의 전력 자원에 의해 제한되는 존 반경에 따라 서비스의 전송률과 전력량을 동시에 제어하여 생기는 전력의 이득을 취하는 결과를 낳게 된다. 결국 제안하는 방식은 기존의 전력 제어 방식과 비교하여 해당 호에 할당되는 소비 전력을 절약할 수 있으며 시스템 내에 생성되는 간섭량을 어느 정도 억제할 수 있는 방식이다. cdma2000 1x 순방향 링크 시스템 모델을 기반으로 실험한 결과는 Zone-based 전력제어 방식이 기존의 전력제어 방식에 비해 간섭량 생성을 억제하여 모든 트래픽의 서비스 반경을 셀 전체의 반경으로 확보해준은 물론 outage 확률, 유도한 트래픽 처리율, 그리고 평균 시스템 성능 면에서 더 나은 성능을 보여주었다.

2장에서는 순방향 링크에 단순히 빠른 폐회로 전력 제어 방식을 구현한 기존연구^[12]를 근거로 하여 cdma2000 1x 시스템의 시스템 모델을 제시하고, 3장에서는 제안하는 순방향 링크 Zone-based 전력제어 방식을 기술한다. 4장에서는 실험을 통해 빠른 폐회로 전력제어 방식에 비한 Zone-based 전력제어 방식의 우수성을 입증하고, 5장에서 결론을 맺는다.

II. CDMA 순방향에 빠른 폐회로 전력제어 방식 도입

cdma2000 1x 시스템에서는 순방향 링크에 빠른 폐회로 전력제어 방식이 도입되었다. 기존 IS-95A/B 시스템의 역방향 링크에 적용되었던 빠른 폐회로 전력제어 방식은 느린 폐회로 전력제어를 수행하는 외부 회로에 의한 제어 방식보다 상당한 성능 개선을 유도할 수 있다^{[12][13]}. 기존연구^[12]에서는 cdma2000 1x 시스템에서 기존의 순방향 링크에 적용되었던 느린 폐회로 전력제어 방식과 새로이 도입될 빠른 폐회로 전력제어 방식의 성능을 비교 분석하였다. 순방향 링크에 빠른 폐회로 전력제어 방식의 도입은 분명히 느린 폐회로 전력제어 방식에 비교하여 성능 개선의 효과가 존재한다.

순방향 링크의 전력제어 할당은 기지국에서 전송되는 모든 채널을 고려하여 이루어진다. 기지국은 셀의 서비스 영역을 확보하기 위해 링크 예산 (Link Budget)에 준하는 전력을 각 채널에 할당한다. 또

한, 기지국은 PA의 특성상 안테나를 통해 출력되는 송신 신호에 할당할 수 있는 최대 ERP (Effective Radiated Power)가 정해져 있기 때문에 각 채널에 할당되는 전력량의 전체 합이 임계치를 넘지 않도록 제어한다. (1)식은 CDMA 시스템에서 음성 트래픽 모델만을 가정하여 전개한 식^[4]을 기반으로 하여 전송률과 서비스 요구 사항이 서로 다른 데이터 트래픽이 혼합된 모델을 가정하였을 때 기지국에서 할당되는 전력 할당 임계치를 나타낸다.

$$P_{total} = P_{pilot} + P_{sync} + N_p P_{pag} + K_{traffic} \sum_{j=1}^J \alpha_j P_{traffic}^j \leq P_{max} \quad (1)$$

여기서, N_p 는 해당 셀에서 이용되는 페이징 채널의 수를 나타내고, $K_{traffic}$ 는 해당 트래픽 서비스를 받을 이동국의 셀내 위치에 따르는 전력제어 요소로써 균일분포 값을 갖는다. 그리고 α_j 는 음성 호나 데이터 호에 따르는 채널 활동 지수를 나타내고, $P_{traffic}^j$ 는 j 번째 채널에 할당되는 트래픽 채널의 전력량을 나타낸다. 각각의 트래픽은 생성되는 트래픽 특성에 따라 서비스 전송률과 QoS에 따르는 서로 다른 전력 할당량을 요구한다. 따라서 전송률과 QoS가 다른 데이터 트래픽 채널은 저속의 음성 호에 비해 특정 비만큼의 높은 전력 할당 값을 가지게 된다. 만약 서로 다른 데이터 호에 할당되는 전력량이 음성 호에 비해 β_j 만큼의 전력 비를 가지게 되면 (1)식은 (2)식으로 달리 표현될 수 있다.

$$P_{total} = P_{pilot} + P_{sync} + N_p P_{pag} + K_{traffic} \sum_{j=1}^J \alpha_j \beta_j P_{voice}^j \leq P_{max} \quad (2)$$

j 번째 트래픽 채널의 트래픽이 음성 호일 경우 β_j 는 1의 값을 가져서 결국 하나의 음성 채널에 할당되는 전력 값인 $\alpha_j P_{voice}^j$ 값을 갖게된다.

한편 순방향 링크에서는 해당 셀의 서비스 반경을 유지하기 위해서 제어 채널에 할당되는 전력량이 정해지기 때문에 시스템 내에 생성되는 트래픽은 나머지 여분의 전력량으로 최대의 시스템 성능을 보장해야 한다. 기지국에서 할당되는 제어채널의 전력량과 여분의 트래픽 채널의 전력량의 비는 (3)식과 같이 나타낼 수 있다.

$$P_{total} = P_{control} + P_{traffic} = (1 - \phi_t) P_{total} + \phi_t P_{total} \quad (3)$$

$\phi_t P_{total}$ 은 해당셀의 전체 전력자원 중에서 트래픽 채널에 할당할 수 있는 부분적 전력자원 값을 나타낸다. 각각의 트래픽에 할당되는 전력량은 해당 트래픽의 특성에 따라 (4)식과 같이 정의될 수 있다.

$$P_{traffic}^j = \omega_j P_{traffic} \quad \left(\sum_{j=1}^J \omega_j \leq 1 \right) \quad (4)$$

$P_{traffic}^j$ 는 j 번째 트래픽 채널에 할당되는 전력량을 나타내며 해당 채널은 트래픽의 특성에 따라 음성 호나 데이터 호가 될 수 있다. ω_j 는 전체 트래픽 채널에 할당될 수 있는 전력량 중에서 j 번째 트래픽 채널에 할당 되어야 하는 가중치를 나타내며 이러한 가중치는 해당 트래픽의 속성 즉 전송률과 QoS에 따라 결정되는 요소이다. 또한, 전체 트래픽 채널에 할당할 수 있는 전력량은 정해져 있기 때문에 각 채널에 할당되는 가중치의 합이 1이 넘지 않는 한도에서 시스템의 자원 관리 (CAC : Call Admission Control)가 이루어져야 한다.

(4)식에 의해 각 채널에 할당된 전력을 가진 신호가 이동국에 도달하여 계산되는 j 번째 채널의 SIR 값은 다음 조건을 만족해야 한다.

$$SIR_j = \frac{W}{R_{CH}^j} \frac{S_{CH}^j}{N_T + I_T} = \frac{W}{R_{CH}^j} \frac{P_{CH}^j L_T(R)}{N_T + K_j P_{total} L_T(R)} \geq \rho_{CH}^j \quad (5)$$

여기서, S_{CH}^j 와 P_{CH}^j 는 각각 j 번째 채널의 수신 및 송신 전력량을 나타내며, $L_T(R)$ 은 이동국의 위치에 따르는 채널의 손실을 나타낸다. $N_T = N_o W$ 는 전 대역에 미치는 AWGN이다. I_T 는 해당 채널의 수신 단에서 보여지는 자기 셀 및 외부 셀 간섭량을 포함하는 (6)식으로 표현될 수 있으며, K_j 는 외부 셀 간섭량 대 외부 셀의 간섭량 비를 나타낸다.

$$I_T = (I_{SC} + I_{OC}) W \quad (6)$$

순방향 링크의 링크 예산에 의해 결정되는 제어 채널은 물론 모든 트래픽 채널은 각 채널이 요구하는 QoS를 만족하도록 전력 할당이 이루어져야 하는데, (5)식의 ρ_{CH}^j 는 j 번째 채널이 셀 내의 서비스 반경을 확보하기 위해 만족해야 하는 해당 채널의 QoS(SIR)를 가르킨다. 제어 채널 및 트래픽 채널에 따라 달라지는 해당 채널의 QoS를 만족시키기 위한 (5)식과 (1)식에 관한 방정식의 해를 구하

면 각각의 채널에 할당되는 전력량에 관한 선형방정식의 해가 (7)식과 같이 구해진다.

$$P_{CH}^j = \frac{\rho_{CH}^j}{PG_{CH}^j} \frac{N_T L_T(R)}{1-C} \quad (7)$$

(7)식에서 C 는 다음과 같이 주어진다.

$$C = \frac{\rho_{p,lot}}{PG_{p,lot}} + \frac{\rho_{sync}}{PG_{sync}} + N_p \frac{\rho_{pag}}{PG_{pag}} + K_{traffic} \sum_{j=1}^i a_j \frac{\rho_{traffic}^j}{PG_{traffic}^j} \quad (8)$$

(7)식의 결과로 인해 각각의 순방향 링크 채널에 할당되는 상대적 디지털 이득 및 PA의 특성을 고려하여 할당되는 공통 디지털 이득 값이 (9)식과 (10)식으로 결정된다.

$$d_{CH}^j = \sqrt{\frac{\rho_{CH}^j}{PG_{CH}^j}} \quad (9)$$

$$\mu = \sqrt{\frac{N_T L_T(R)}{1-C} \frac{1}{V^2 \Omega}} \quad (10)$$

(9)식의 상대적 디지털 이득 값은 채널의 QoS와 전송률에 따른 채널의 서비스 유형으로 결정되며, (10)식의 공통 디지털 이득 값은 순방향 채널의 링크예산에 의한 송신 신호의 경로 손실과 PA에 걸리는 로드 (Ω), 그리고 채널 비트에 할당되는 디지털 전압이득 (V)에 따라 결정되는 기지국의 최대 ERP에 의해 책정된다.

이동국에서는 매 슬롯주기, 1.25ms (20ms 프레임/16 slot), 마다 해당 채널의 SIR을 계산하여 해당 트래픽이 요구하는 서비스 요구수준 값과 비교한 다음, 역방향 링크의 전력제어 부채널로 전력제어 명령 정보를 기지국에 전송한다. 기지국은 전력제어 갱신 정보에 따라 해당 트래픽 채널에 할당될 전력량을 조절하게 된다. 그러나, 기지국의 PA는 각 채널에 해당하는 디지털 이득의 할당에 선형성을 부여하기 위해 전력 조절 범위가 크게 변하지 않도록 유도되어야 한다.

III. 제안하는 Zone-based 전력제어 방식

1. Zone-based 전력제어 도입 배경 및 전력 할당 원칙

셀 내에 고속의 데이터 호가 유입되는 경우에 해당 셀은 물론 외부셀에 가해지는 간섭량은 음성 호

만이 존재하는 환경에 비해 심하게 변하는 특성을 지닌다. 고속 전송률의 데이터 트래픽은 저속의 음성 트래픽에 비해 높은 전력 할당량을 요구하고 또한 이들이 다른 채널에 미치는 간섭(채널간의 전력 차이가 커서 발생할 수 있는 현상)은 무선 이동 채널 환경의 변화에 따라 특정 트래픽 채널의 QoS에 커다란 영향을 주게된다. 결국 순방향 링크에 로드가 크게 걸릴 경우에 유입되는 간섭량으로 인해 고속 호의 서비스 반경이 줄어들게 되고 결국은 호의 끊김 현상이 발생한다. QoS를 만족시키지 못하는 특정 트래픽 채널은 빠른 폐회로 전력제어 방식에 따라 전체 트래픽 채널에 할당되는 전력량이 순방향 링크의 전력 임계치에 다다르기까지 호의 끊김 현상을 방지하기 위해 제어를 받게 된다. 그러나, 어느 순간 순방향 링크에 할당될 수 있는 전력량의 임계치에 이르게 되기까지 지속되는 빠른 폐회로 전력제어는 해당 채널의 QoS는 어느 정도 보장 하지만 인접 채널 및 외부 셀에 큰 간섭량으로 유입되기 때문에 저속 호들은 지속적인 Outage 상태에 빠지게 되고 결국은 호의 끊김을 유도한다.

본 논문에서는 고속 데이터호가 주를 이루는 트래픽 환경에서 해당 고속 트래픽 채널의 전송률과 전력을 동시에 제어함으로써 데이터 호의 서비스 반경을 셀 전체 반경으로 확보함은 물론 고속 데이터 호의 유입으로 인해 저속의 데이터 호가 받는 영향을 최소화하는 전력제어 방식을 제안한다. 순방향 링크의 전력자원은 분배의 원칙에 따라 각각의 채널에 할당할 수 있는 전력의 양이 결정될 수 있다. 앞장의 (1)식에서 살펴보았듯이 전체 트래픽 채널에 할당할 수 있는 전력량이 제한되어 있는 조건 하에서 임의의 음성 및 데이터 채널은 전체 트래픽 채널의 부분 중에 ω_j 만큼의 전력량 가중치를 부여 받는다. 또한 순방향 링크의 링크 예산에 따라 각 채널의 전력 최대 임계치, ω_j^{\max} 가 결정될 수 있다. (11)식은 (5)식의 순방향 링크의 특정 트래픽 채널의 수신 신호 대 간섭비를 변형하여 나타낸 식이다.

$$\left(\frac{E_b}{I_t} \right)_j = \frac{W}{R_j} \frac{\omega_j \phi(S_c)}{N_T + I_T} = \frac{W}{R_j} \frac{\omega_j \phi(P_c) / L_T(r)}{N_T + I_T} \geq \rho_j \quad (11)$$

여기서, S_c 와 P_c 는 각각 해당 트래픽 채널의 신호에 대한 이동국에서의 수신된 전력량 및 기지국의 송신 전력량을 나타내며 $L_T(r)$ 은 무선 채널

의 페이딩 마진을 고려하여 계산되는 기지국과 이동국간의 신호 손실 모델을 의미한다. 순방향 링크 예산을 고려하여 (11)식을 통해 기지국에서 특정 트래픽의 속성 (E_b/I_t 와 R)을 만족시키기 위한 특정 트래픽 채널의 가중치 ω_j^{\max} 를 계산할 수 있다. 즉 해당 기지국이 서비스 하고자하는 셀의 반경에 따라 결정되는 수신 신호의 손실량 $L_T(R_c)$ 이 결정되기 때문에 j 번째 트래픽 채널에 할당할 수 있는 최대 가중치는 (12)식으로 얻어진다.

$$\omega_j = \frac{\rho_j}{PG_j} \frac{(N_T + I_T)L_T(r)}{\phi_i P_c} \quad (12)$$

(12)식은 하나의 기지국이 서비스하는 셀 반경을 고려한 링크 예산에 의해 달라지는 요소이기 때문에 j 번째 트래픽 채널이 가질 수 있는 최대 가중치는 이동국의 셀내 위치의 분포, 즉 거리에 따라 $r=R_c$ 인 상황에서 ω_j^{\max} 로 결정할 수 있다. 결국 모든 트래픽 채널에 할당되는 가중치는 (13)식의 조건을 가지게 된다.

$$\sum_j \omega_j \leq 1, \quad (\sum_j \omega_j^{\max} = 1) \quad (13)$$

본 논문에서 제안하는 전력자원의 분배 원칙은 각 트래픽 채널이 가질 수 있는 최대의 가중치를 ω_j^{\max} 로 제한하는 것이다. 따라서 초기 호의 생성시 전체 트래픽 채널의 전력 자원 중에서 ω_j 만큼의 가중치를 부여받은 해당 호의 채널은 최대 임계 가중치 ω_j^{\max} 를 갖게되고 이러한 가중치에 따르는 채널의 최대 할당 전력량의 임계치도 결정된다.

CDMA 시스템의 전력제어는 해당 링크의 특성에 따라 특정 채널의 전력량을 조절 범위가 PA의 특성에 따라 규정된다. 따라서, 순방향 링크에서 규정되는 전력제어 조절 범위에 따라 각 채널의 전력량을 갱신할 수 있는 한계가 책정된다. 결국 특정 채널에 대해 현재 채널의 QoS를 만족시키지 못하는 상황에서 전력 갱신 명령이 이루어질 때 해당 채널에 할당할 수 있는 최대 채널 할당 전력량에 따라 호의 유지 여부가 결정된다. 갱신을 요구하는 전력량이 해당 채널의 최대 할당 전력량에 대한 임계치를 넘는 경우 호는 Outage에 빠지게 되는 상황에서 해당 채널의 QoS도 만족시키지 못하고 인접 채널에 영향을 주는 간섭량으로 작용하게 된다.

2. Zone 결정 알고리즘

Zone-Based 전력제어 방식은 빠른 페이딩으로 전력제어 방식으로도 극복할 수 없는 고속 데이터 호의 서비스 반경을 셀의 최대 서비스 반경으로 확보함은 물론 저속 음성호의 QoS도 상당 부분 만족시키는데 목적이 있다. 빠른 페이딩으로 전력제어 방식을 통해 이동국에서 계산된 (11)식의 SIR 값은 이동국의 기지국으로부터의 거리 정보를 담고 있다. 따라서 매 전력제어 주기마다 현재 이동국이 위치하고 있는 기지국으로부터의 거리가 계산될 수 있다. VBR (Variable Bit Rate) 전송이 가능한 데이터 호를 가정할 경우 지원 가능한 전송률의 집합을 r_j^c ($c=1,2,\dots,C$)라 하면 해당 채널에 최대 할당할 수 있는 전력량과 채널의 QoS, 그리고 채널이 겪고 있는 간섭량의 크기에 따라 각 전송률의 집합 원소 (VBR 서비스 클래스)를 지원할 수 있는 최대 Zone의 서비스 반경이 전송 신호의 손실 모델에 따라 구해질 수 있다. 즉 j 번째 트래픽 채널에 할당될 수 있는 최대 송신 전력 ($\omega_j^{\max} \phi_i P_c$)으로 특정 채널의 전송률 (r_j^c)과 QoS (ρ_j)를 만족시키는 Zone 반경은 다음 (14)식을 통하여 계산될 수 있다.

$$L_T(Z_j^c) = \frac{W}{r_j^c \rho_j} \frac{\omega_j^{\max} \phi_i P_c}{N_T + I_T}, \quad (c=1,2,\dots,C) \quad (14)$$

여기서, $L_T(Z_j^c = d_{km})$ 는 기지국에서의 송신 신호에 대한 경로 감쇠를 나타내며 기지국으로부터의 거리가 d_{km} 인 지점에 해당되는 손실량이다. 실질적으로 이동국에는 초기 이동국의 트래픽 생성시 전력 할당을 위한 AGC (Automatic Gain Control) 회로 구조를 포함하고 있다. AGC 회로에서 유지되는 순방향의 경로 손실은 무선 채널의 빠른 페이딩 영향을 반영하지 않도록 설계되어 있기 때문에 빠른 페이딩으로 인해 특정 채널의 서비스 반경에 해당되는 Zone 반경이 급격하게 변화하는 특성은 보이지 않는다. (14)식에 의해 결정된 Zone 구분 개념도는 그림 1과 같이 나타낼 수 있다. P_{\max}^j 는 (12)식에서 계산된 j 번째 트래픽 채널의 전력 가중치에 해당하는 최대 할당 전력량을 의미하기 때문에 어떠한 상황에서도 최대 전력량 이상의 전력 할당 요구는 받아들여지지 않는다. 따라서 특정 Zone의 경계를 기점으로 내부에서 외부로 이동하는 이동국은 채널의 할당 전력이 최대 전력량 이상을 요구하는 순간에 현재 서비스되고 있는 전송률을 외부 Zone의 서

비스 전송률로 낮추고 P_{margin} 만큼의 전력 이득을 얻게 된다. 이와는 반대로 특정 Zone을 경계를 기점으로 외부 Zone에서 내부 Zone으로 이동중인 이동국은 자신의 위치 정보와 Zone의 경계에 대한 거리 정보를 비교한 후에 Zone의 경계에 다다르면 해당 채널에 할당할 수 있는 최대 전력량을 할당하면서 전송률을 높이기 때문에, 현재 Zone에서의 전송률을 서비스하는데 필요한 전력량에 더하여 P_{excess} 만큼의 초과 전력 할당이 이루어져야 한다.

$$P_{margin}^{c+1} = \frac{r_j^c}{r_j^{c+1}} P^c, c=1, 2, \dots, C-1 \quad (15)$$

$$P_{excess}^{c-1} = \frac{r_j^c}{r_j^{c-1}} P^c, c=2, 3, \dots, C \quad (16)$$

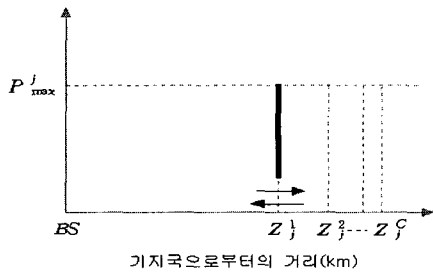


그림 1. VBR 서비스 트래픽에 따른 해당 서비스 Zone

이동국은 현재의 위치 정보에 따라 최대 할당할 수 있는 전송률에 대한정보를 기지국에 알리고 기지국은 해당 이동국의 트래픽 채널에 대한 전송률과 전력량을 조절한다. 결국 해당 트래픽 채널에 할당할 수 있는 최대 전송률 (r_j^c)을 시작으로 각 전송률 클래스에 대한 서비스 가능지역으로 구분되는 기지국을 중심으로 하는 동심원의 Zone이 나타나게 된다.

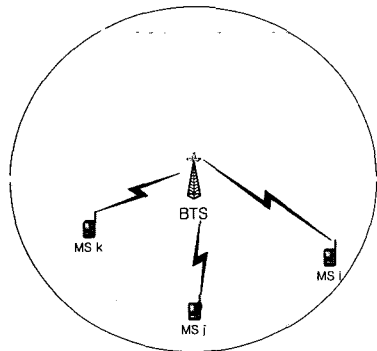


그림 2. 다계층 Zone 구조

매 전력제어 주기마다 갱신되는 Zone의 반경은 적절한 양의 페이드 마진을 포함하여 계산되기 때문에 순간적으로 변하는 급속한 페이딩 환경의 변화에 적용할 수 있는 특성을 가진다. 그러나, 모든 트래픽 채널은 해당 신호 대비 유입되는 간섭량이 다르기 때문에 동일한 전송률과 QoS를 요구하는 트래픽에 대해서도 서로 다른 Zone반경을 가질 수 있게 된다. 본 논문에서는 이러한 Zone의 구조를 다중 계층적 Zone 구조 (Multi-layered Zone Architecture)라고 명명한다. 그림 2는 하나의 셀에서 동일한 전송률과 QoS를 요구하는 트래픽이 서로 달리 받는 간섭량으로 인해 Zone 반경이 달라지는 현상을 가시화한 것이다.

그림 2에서 보이는 이동국 i, j, k 에 서비스되는 트래픽은 모두 동일한 특성 (동일한 전송률과 동일한 QoS)을 가진다고 볼 때, 3개의 이동국은 위치 분포와 이동 속도에 기인하는 이동성 및 다중 경로 페이딩 신호에 의한 간섭량이 서로 달리 측정될 수 있다. Zone 결정 알고리즘에서 살펴보았지만 특정 채널의 Zone 반경은 해당 채널의 전송률, QoS, 그리고 간섭량에 의해 결정되기 때문에 i, j, k 채널의 전송률과 QoS가 동일해도 각 채널이 느끼는 간섭량이 달라지며 각 채널이 해당 전송률과 QoS를 유지하는 서비스 반경이 달라진다. 결과적으로 동일한 조건하에서 생성된 모든 채널에 대한 Zone 반경은 동일할 수 없다.

3. Zone-based 전력제어 구현 방안

Zone-Based 전력제어 방식은 기존의 빠른 폐회로 전력제어 방식에 추가적으로 Zone 결정 알고리즘 기능 블록이 이동국에 적용되어 이동국의 셀내 분포에 따른 경유 Zone에 따라 전송률과 전력을 적응적으로 제어하는 방식으로 수행된다. 그림 3은

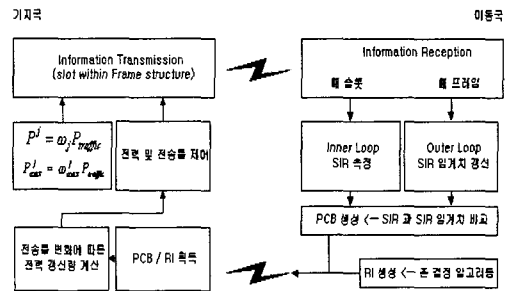


그림 3. Zone-Based 전력제어를 위한 기지국/이동국의 정보처리 과정

Zone-Based 전력제어를 수행하기 위해 기지국과 이동국에서 이루어져야 하는 기능들을 나타내는 전력 제어 수행과정을 나타낸 것이다.

제안하는 Zone-Based 전력제어 방식에서는 이미 언급하였듯이 특정 트래픽 채널은 빠른 페이딩에 의한 전력제어를 받으나, 각 채널에 할당하는 전력 자원의 분배 원칙에 따라 어떠한 채널도 해당 채널의 임계치를 초과하는 전력할당은 받을 수 없다. 무선 구간에서 해당하는 채널은 Jake's Model에 의한 페이딩 채널과 AWGN을 고려하였다.

먼저 기지국은 초기 호가 생성되면 해당 채널에 할당하게 될 전력량과 최대 전력량의 임계치를 계산하고 전력을 할당한다. 이동국은 기지국으로부터의 수신 신호 처리 과정에서 매 슬롯 주기마다 해당 채널의 신호 품질에 해당하는 SIR을 측정하고 외부회로에서는 매 프레임 주기마다 채널의 영향을 반영할 수 있도록 SIR 임계치를 갱신한다. 순방향 채널에 대한 전력제어 갱신 정보 (PCB) 는 SIR과 SIR 임계치를 비교함으로써 생성된다. 또한, 이동국에서는 해당 트래픽의 최대 할당 전력 임계치와 서비스 클래스 (VBR 전송률의 집합)에 따라 Zone 결정 기능을 수행한다.

Zone 결정 알고리즘에 의해 결정된 Zone 반경은 기지국으로부터의 특정 거리를 나타내는데 특정 Zone에서는 동일한 전송률이 지원 가능하다. 서비스를 받고 있는 이동국이 어느 Zone에 위치하고 있는냐에 따라 해당 트래픽 채널의 전송률이 결정되기 때문에 기지국에서 떨어진 이동국의 위치는 결정이 되어야 한다. 이동국에는 초기 트래픽 생성시 전력 할당을 위한 AGC 회로가 존재하며, AGC 회로에서는 경로 손실과 페이딩에 의해 변하는 수신 전력 수준을 참고로 하고 빠른 페이딩에 따르지 않도록 느리게 제어된다. 따라서, AGC 회로에서 참고된 전파 손실량에 따라 이동국의 셀내 위치가 규정될 수 있다. 이동국의 위치 즉 기지국으로부터의 거리는 해당 이동국이 어느 Zone에 소속되어 있는냐를 판단하는 기준이며 이에 따라 트래픽 채널에 할당되는 전송률이 결정된다. 따라서, 이동국의 이동성에 기인하여 Zone을 경계로 지나갈 때 전송률 제어 정보 (RI : Rate Information)가 PCB와 같이 기지국에 전송된다. PCB와 RI를 수신한 기지국은 페이딩에 의한 PCB의 전력 갱신과 동시에 RI에 따라 현재의 전송률을 유지하거나 전송률을 갱신함으로써 페이딩을 완성한다.

IV. 실험 및 결과

1. 실험 모델

본 논문에서는 Zone-Based 전력제어 방식의 성능평가를 위해 cdma2000 1X에서 규정하고 있는 RC4 환경을 기반으로 하여 실험을 수행하였다. 순방향 링크의 트래픽 채널은 저속 음성 서비스를 위한 기본 채널 (FCH) 과 고속 데이터 서비스를 위한 부가채널 (SCH) 을 이용한다. 기본 채널은 고정 128칩 길이의 왈시코드 확산방식을 취하며 부가채널은 4~128칩 길이의 가변 전송률을 지원한다. 성능 평가를 위한 CDMA 순방향 링크의 시스템은 내부셀 1개와 6개의 외부 셀을 구성하여, 내부셀 및 외부 셀의 간섭 영향을 받게되는 내부셀에서의 각 채널에 대한 성능 평가가 이루어지도록 하였다.

기지국의 셀 반경은 1km로 가정하여 순방향 채널의 특성에 따른 링크 예산을 계산하였으며, 핸드 오프 상황은 고려하지 않았기 때문에 이동성을 가지는 이동국이 셀의 경계에 이르면 방향성을 조절하여 이동하는 상황을 설정하였다. 순방향 채널의 링크 예산은 Hata 모델을 이용하여 도심환경에 따르는 송신 신호의 감쇠 현상을 이용하였다. 표 1과 표 2는 각각 Hata 모델에 따르는 신호의 감쇠와 순방향 채널의 링크 예산을 정리한 것이다. 표 1은 기지국의 최대 PA 출력이 25Watts (44dBm) 인 경우를 고려하여 제어 채널 및 트래픽 채널에 할당되는 순방향 링크의 예산을 책정한 결과이다. 보편적으로 각 제어 채널 및 트래픽 채널의 QoS가 셀의 전체 서비스 반경에서 확보되도록 할당되는 전력량의 비는 다음과 같다.

$$P_{p,ilot} = (15 - 20\%)P_{cell-site}$$

$$P_{sync} = 10\%P_{p,ilot} = (1.5 - 2\%)P_{cell-site}$$

$$P_{p,q} = (30 - 40\%)P_{p,ilot} = (6 - 7\%)P_{cell-site}$$

$$P_{traffic} = (71 - 76.5\%)P_{cell-site}$$

파일럿 채널의 전송 전력은 기지국 전체 전력의 15~20%를 차지하고 동기 및 페이징 채널은 각각 최대 2%와 7%의 기지국 전력을 할당받는다. 또한 트래픽 채널은 할당 가능한 기지국 전력 중에서 제어채널 (파일럿, 동기 및 페이징 채널) 에 할당하는 전력의 나머지 부분을 차지하여 각 생성 트래픽 채널에 대한 전력 할당이 이루어진다. 제어 채널 중에

표 1. 순방향 링크 예산

채널	total	pilot	sync	paging	traffic
total traffic					42.81
% of power		15%	1%	8%	76%
power output	44dBm	35.76	24.00	33.03	
path loss	148.82	148.82	148.82	148.82	148.82

서도 파일럿 채널은 변조되지 않는 특성과 수신단에서의 채널 추정을 위해서 동기 및 페이징 채널에 비해서 많은 양의 기지국 전력을 할당받는다. 결국 기지국은 71~76.5%의 전력량을 음성 및 데이터 채널에 할당하는 자원관리를 수행하게 된다.

저속 및 고속호가 혼합된 트래픽 환경에서는 각 채널로 전송되는 트래픽의 전송률과 QoS가 달라지기 때문에 트래픽 채널에 대한 링크 예산은 모두가 동일할 수 없다. 표 2는 각 트래픽의 전송률과 QoS (요구되는 BER에 따른 SIR)에 따라 음성 및 데이터 채널에 할당될 수 있는 순방향 링크의 예산을 앞서 전개한 (12)식을 통해 계산한 결과이다.

트래픽 채널 예산의 결과에서 보듯이 저속의 음성 호에 할당되는 가중치에 의한 최대 음성 트래픽 할당 전력량은 28dBm으로 나타났다. 또한, 부가채널로 트래픽 전송이 이루어지는 데이터 호의 경우 전송률이 증가함에 따라 가중치가 저속호에 비해 상당히 큰 폭으로 증가함을 알 수 있다. 예를 들어, 153.6kbps의 데이터 호가 생성시는 시스템의 대부분의 전력자원을 차지하는 결과를 낳기 때문에 저속호의 수용 및 시스템 성능의 유지를 위해서는 엄격한 전력제어가 필요하게 된다. SCH/FCH는 저속호에 비해 고속호가 차지하는 전력량의 비를 나타낸 것으로서 음성호에 비해 2배의 전송률이 증가하게 되면 평균적으로 3.01dB에 해당하는 이득 할당이 필요한 것으로 나타났다.

표 2. 순방향 링크 트래픽 채널 예산

구분	FCH	SCH	SCH	SCH	SCH
전송률(bps)	9600	19200	38400	76800	153600
가중치(w)	0.0331	0.1048	0.2096	0.4192	0.8385
최대할당 전력(dBm)	28.00	33.01	36.02	39.03	42.05
(SCH/FCH) dB		5.01	8.02	11.03	14.05

제안하는 Zone-Based 전력제어 방식에서는 특정 채널에 최대 할당 전력량으로 트래픽의 처리율을 최대화하는 방안으로 전송률이 Zone에 따라 조절된다. 결국 Zone-Based 전력제어 방식에서의 시스템 성능평가 요소는 (17)식으로 요약될 수 있다.

$$\begin{aligned} & \min \sum_{j=1} P_{traffic}^j \\ & \text{s.t. } \min_{\beta} [\max \sum_{j=1} R_j] \\ & P[SIR_j < SIR_j^{required}] \leq P_{outage}^j \end{aligned} \quad (17)$$

(17)식은 Zone-Based 전력제어를 통해 채널 상황에 따라 전송률과 전력을 동시에 조절함으로써 전체적인 트래픽 채널에 할당되는 전력량을 줄일 수 있어서 결국은 인접 채널에 줄 수 있는 간섭량을 최소화하는 방안이다. (17)식은 특정호의 Outage 확률을 최소화하는 조건하에 시스템의 처리율, 즉 평균 성능을 최대화하는 방안으로 유도될 수 있다. 시스템이 요구하는 P_{outage} 는 약 5% 이내에서 유지되도록 특정 채널에 대한 제어가 이루어져야 한다. 결국 시스템이 요구하는 Outage 확률을 유지하지 못하는 호는 더 이상의 서비스 영역을 확보하지 못하고 호 끊김이 발생하는 결과를 가져온다.

특정호의 채널에 해당하는 QoS가 임계치 이하로 측정되는 경우 폐회로 전력제어에 의해 전력 갱신이 요구된다. 그러나 이동국의 셀 내 분포와 채널 환경에 따라 해당 채널에 할당될 수 있는 최대 전력 할당 범위를 초과하는 경우는 더 이상의 전력 갱신이 이루어지지 않게 되고, 결국 해당 호는 채널 환경이 극복되지 않는 한 지속적인 Outage 상태에 빠지게 되며, 최종적으로는 셀 전체의 서비스 영역을 확보하지 못하는 호 끊김이 발생한다.

2. 실험 환경

내부 및 외부 셀에서 발생하는 이동국의 생성은 균일 분포를 가지며 각 셀에 생성되는 트래픽의 형태는 동일하게 가정하였다. 표 3은 빠른 폐회로 전력제어 모델에 사용된 시스템 변수를 나타내고 그림 4와 표 4는 각각 초기 생성되는 이동국의 분포와 실험 환경에 대한 트래픽 설정 값이다.

그림 4는 내부 셀과 외부 셀에서 발생하는 트래픽 채널에 따르는 이동국의 균일 분포를 나타내고 있다. 본 연구의 성능 평가에서는 셀에 로드가 증가하는 상황에서 Zone-Based 전력제어 방식의 우수성을 입증하기 위해 전체 내부 셀 및 외부 셀의 트래

픽이 점차적으로 증가하는 상황을 설정하고 결과적으로 유입되는 간섭량을 적절히 극복해 가는 Zone-Based 전력제어의 성능을 평가하였다.

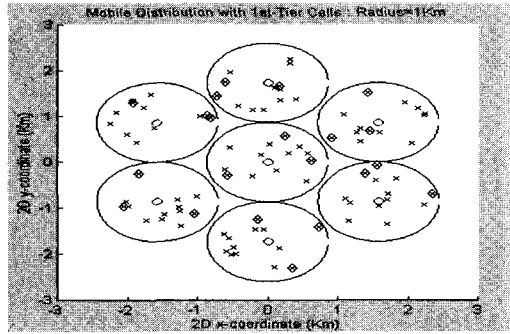


그림 4. 실험을 위한 Mobile의 초기 생성 균일 분포도

표 3. 주요 실험 변수

실험 변수		설정
트래픽	음성	9.6kbps Walsh length : 128chips
	데이터	9.6kbps X N(N=2,4,8,16,32) Walsh length : 128/N (64-4)
셀		반경 1km
페이딩 채널		Rayleigh (Jake's model)
기지국 자원(PA)		8.4V Digital voltage gain 10ohm Impedence

표 5에 제시한 실험 환경은 시스템에 걸리는 트래픽 로드와 변화에 따른 두 방식의 전력제어 (Conventional PC vs. Zone-based PC) 성능을 비교하기 위해 설정한 것으로서 셀에 걸리는 로드마다 각 셀에 요구되는 용량이 결정된다. 하나의 셀에 걸릴 수 있는 최대 용량은 순방향 링크 예산을 통해 책정이 가능하다. 데이터 트래픽의 경우 19200 bps에 해당하는 트래픽은 Zone을 결정하는 최소의 전송률 단위를 구성하기 때문에 19200 bps 이상의 데이터 전송률에 따라 가질 수 있는 Zone의 개수는 38400 bps, 76800 bps, 153600 bps 각각에 따라 최대 2개, 3개, 4개의 Zone 형성이 가능하도록 하였다. 음성호의 이동성은 정지, 보행자 및 도심 내에서 차량 이동자의 속도에 해당하는 경우를 선택하였고 데이터 호는 정지 및 차량 이동 속도에 해당하는 두 가지 경우를 선택하여 실험을 수행하였다.

표 5는 본 연구의 실험에서 제안하는 Zone-Based 전력제어 방식과 빠른 폐회로 전력제어 방식

표 4. 실험에서 사용된 트래픽 특성

트래픽 구분	특성
음성	FCH : 9600bps 이동성 : 0,2~4,20~50km/h 방향성 : 초기에 임의의 방향성을 가지며 셀의 경계에서 새로운 방향성을 부여, 핸드 오프 상황은 고려하지 않음
데이터	FCH+SCH(0 or 1) : 1개의 서킷호로 고려 19200,38400,76800,153600bps VBR 서비스 이동성 : 0,20~50km/h 방향성 : 음성호와 같은 조건 최소 존 결정 단위 전송률 : 19200bps

표 5. 트래픽 로드와 변화에 따른 실험환경

실험환경	트래픽	시스템 요구사항
환경1	음성 :15개 9600bps	144kbps
환경2	음성 :10개 9600bps 데이터:19200,38400,76800bps	230kbps
환경3	음성 :10개 9600bps 데이터:19200,38400,76800, 153600bps	384kbps

의 성능 평가를 위해 설정한 트래픽 로드와 변화에 따른 실험 환경을 보이고 있다. 환경1은 음성 호만 생성되어 전력제어를 받는 경우로서 트래픽의 로드와 적절히 걸리는 상황으로 책정되었으며 음성 호는 두 가지의 전력제어 방식에 의해 동일하게 제어를 받기 때문에 성능에 대한 결과 차이를 예상하지 않는다. 그러나, 환경2와 환경3은 전송률이 높은 데이터호가 생성되는 환경에서 데이터 호에 대한 Zone-Based 전력제어 방식이 수행되기 때문에 환경1의 상황에 비해 두 전력제어 방식의 성능 차이가 예상된다.

3. 실험 결과

본 논문의 성능 측정은 내부셀은 물론 외부 셀의 영향을 고려하기 위해 내부셀에 분포한 이동국들을 대상으로 하였다. 그림 5는 실험환경3에서 내부셀 10개의 음성 호가 겪게되는 외부 셀 간섭량의 영향을 기존의 전력제어 방식과 제안하는 방식과 비교한 결과이다. 이동국의 위치 분포와 채널 환경에 따라 겪게되는 간섭량의 크기가 서로 다르게 나타나지만 제안하는 방식에 의한 결과가 기존의 단순 빠른 전력제어 방식에 비해 생성 간섭량 억제제를 통한 성능 이득이 약 1~2dB 정도임을 알 수 있다.

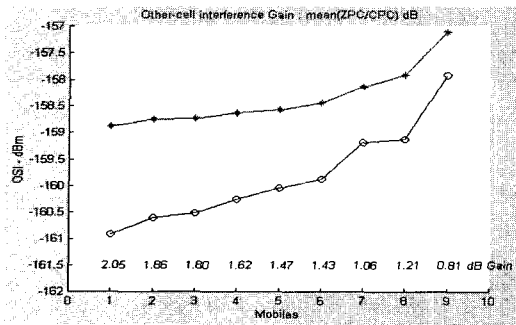


그림 5. 실험환경3에서 음성 호들이 겪는 외부 셀 간섭량 비교

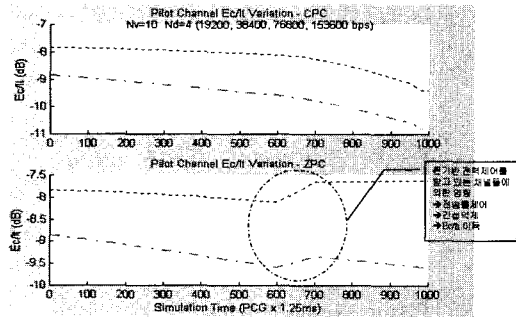


그림 6. CPC와 ZPC 제어에 의한 Ec/Ir 비교 (실험환경3:혼합 트래픽 환경-근원거리 단말)

그림 6은 실험환경3에서 기존 전력제어 방식과 Zone-based 방식에서 파일럿 채널의 Ec/Ir 값에 대한 변화를 기저국에 가장 가깝게 위치한 이동국과 가장 멀리 위치한 이동국에서 측정된 결과를 보인 것이다. Zone-based 방식은 VBR 서비스 지원이 가능한 데이터에 적용되어 성능 향상을 유도하기 때문에 저속의 음성 호만 존재하는 환경에서는 기존 전력제어 방식과 동일한 성능을 갖는다. 데이터호가 생성되는 저속 및 고속 혼합 트래픽 모델을 실험한 그림 6의 결과는 Zone-Based 전력제어를 함으로써 셀 내에 위치한 근원거리 이동국에서 측정되는 Ec/Ir 값의 이득이 상당함을 알 수 있다. 특히 결과에서 측정된 이득의 양은 특정 고속 호들이 전송률을 적응적으로 제어함으로써 억제되는 내부셀 또는 외부 셀의 간섭량에 의한 것이다.

그림 7의 결과는 음성과 데이터의 혼합 트래픽 환경에서 데이터 호 (153.6 kbps)에 대한 SIR 값을 측정된 결과이다. 고속의 데이터 호가 셀의 경계 부분으로 이동하는 극한 상황에서 단순히 빠른 폐회로에 의한 제어는 지속적인 Outage 때문에 호의 유지가 힘든 상황이 발생하지만, Zone에 의한 전송률

제어가 발생하는 Zone-Based 전력제어 방식에서는 거리에 기반 하는 Zone의 경계에서 적응적인 전송률을 제어가 일어나기 때문에 SIR 이득 값을 취해서 해당 서비스 반경을 확장해 나가는 효과를 볼 수 있다. 두 결과는 또한 최대의 전송률을 서비스할 수 있는 첫 번째 Zone반경이 셀의 60~70% 정도를 차지한다고 판단되는 정보를 주고 있다. 셀의 경계로 진행되는 데이터 호는 또한 다음 Zone의 경계 지점에서 전송률을 변화하는 상황을 전개하게 된다.

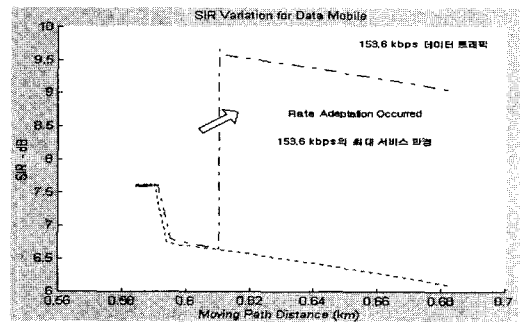


그림 7. 트래픽 채널 SIR 변화 (실험환경3:혼합 트래픽 환경-CPC vs. ZPC)

그림 8은 기존 전력제어 방식 및 Zone-based 방식을 통해 제어되는 각 트래픽 채널에서 측정된 SIR 값에 따른 Outage 확률 값을 나타낸 결과이다. 저속 음성 호만 존재하는 트래픽 환경에서는 두 가지 방식이 모두 동일한 성능을 보였으나, 고속의 데이터 트래픽이 생성되는 환경에서 측정된 그림 8의 결과는 Zone-based 방식이 기존 방식보다 향상된 성능을 보임을 알 수 있다. 특히 셀의 외부지역에 위치하는 이동국들에 대해서 Zone-based 방식은 대부분의 트래픽이 셀의 서비스 반경을 확보하는 결과를 도출하고 있다. 이에 반해 기존 전력제어 방식은 채널에 할당할 수 있는 최대 전력량을 초과하는 순간부터 지속적인 Outage 상태에 빠지게 되고 결국은 호 끊김 결과를 초래하게 됨을 알 수 있다.

그림 9는 음성 및 데이터 혼합 트래픽 환경에서 제안하는 Zone-based 방식에 의해 형성되는 153.6kbps 데이터 호의 Zone 반경을 도식화한 것이다. 부가채널로 전송되는 데이터 호의 최소 적응 전송률은 19.2kbps가 된다. 결과에서 보듯이 최대 전송률을 서비스할 수 있는 Zone반경이 셀의 서비스 반경의 대부분을 차지하고 있으며 나머지 전송률 클래스에 대한 서비스 Zone 반경이 각각 구분된다.

그림 10은 시스템에 걸리는 로드에서 따라 CPC와

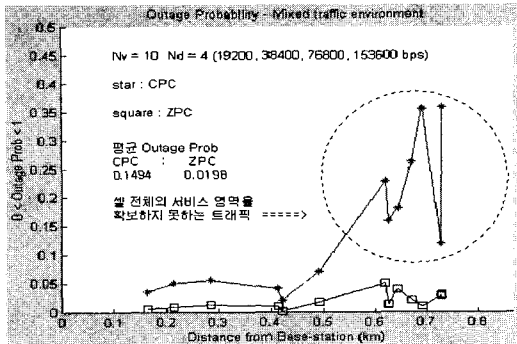


그림 8. Outage Probability 비교 (실험환경3:혼합 트래픽 환경-CPC vs. ZPC)

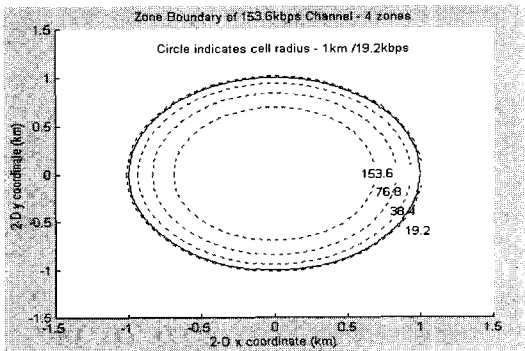


그림 9. Zone-based 제어에 의해 형성되는 데이터호의 Zone 변경

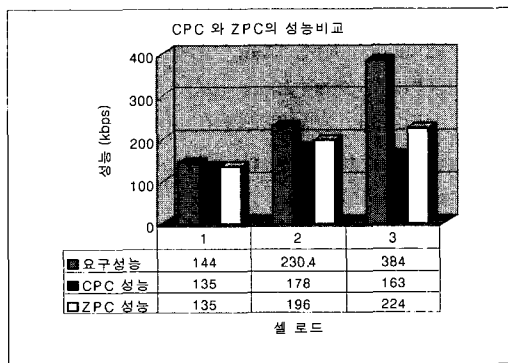


그림 10. CPC 와 ZPC 제어에 의한 평균 성능 비교

ZPC 방식의 제어를 통해 얻어지는 평균 성능을 계산한 결과이다. 음성 트래픽만이 존재하는 환경에서는 두 방식의 성능이 동일하게 나타나지만 로드 증가하게 될수록 Zone-based 전력 제어에 의한 성능 향상이 커지는 결과를 볼 수 있다. 특히 기존 방식에 의한 제어 결과에서 실험환경3의 경우는 간섭 유입량의 증가로 인해 요구되는 시스템의 성능 (384

kbps)에 훨씬 못 미치는 결과를 보이고 있다. Zone-based 방식의 성능은 전송률을 적응적으로 제어함으로써 얻어지는 평균 성능이 요구되는 시스템 성능에 미치지 못하는 결과를 나타내지만 기존 전력 제어 방식에 비해 상당한 평균 시스템 성능 개선이 이루어짐을 살펴볼 수 있다.

V. 결론

본 논문에서는 순방향 링크에 느린 폐회로 전력 제어 방식만이 사용되었던 기존의 IS-95A/B 시스템과는 달리 빠른 폐회로의 도입이 권고된 cdma2000 1x 시스템에서의 빠른 폐회로 전력제어 방식의 도입에 대한 타당성을 검증한 결과에 기반하여 멀티미디어 트래픽 환경에서의 성능 향상을 목적으로 하는 새로운 Zone-Based 전력제어 방식을 제안하였다.

순방향 링크에 빠른 폐회로 전력제어 방식을 도입하면 기존의 느린 폐회로 전력제어 방식에 비해 BER 성능 측면에서 1dB 이상의 이득을 도출할 수 있었다. 빠른 폐회로 전력제어 방식은 무선 채널에서 발생하는 빠른 페이딩을 적절히 극복하여 결과적으로는 느린 폐회로 방식에 비해 인접채널에 유입되는 간섭량을 억제하는 효과를 볼 수 있으나, 고속호의 서비스 반경을 셀 전체 반경으로 유지하기 위해 큰 전력제어 조절 범위를 요구하며, 전력제어의 조절 범위는 PA의 특성에 기인하여 순방향 또는 역방향 링크에 따라 제한된다. 결국은 최대 전력제어 조절 범위 이상의 전력할당을 요구하는 호는 이후 지속적인 Outage 상태에 빠지게 되고 호 끊김 현상으로 인해 해당호의 셀 전체 서비스 반경이 확보되지 못하는 결과가 초래된다. 이러한 관점으로 볼 때 특정 호에 할당될 수 있는 전력자원의 최대 가중치가 결정되는 상황에서 고속호의 서비스 반경이 셀 전체의 서비스 반경을 확보하지 못하는 결과 때문에 시스템 성능이 제약된다. 본 논문에서는 기존의 빠른 폐회로 전력제어 방식에 비한 시스템의 성능 개선을 유도할 수 있는 Zone-Based 전력 제어 방식을 제안하였다.

Zone-Based 전력제어 방식은 특정 데이터 트래픽 채널에 할당되는 최대 전력량으로 지원 가능한 전송률을 선택하여 할당하는 방식으로서 전송률과 전력량을 적응적으로 할당하는 Zone은 기지국으로부터의 거리에 기준하는 동심원 형태를 갖게된다. 기존의 서킷호 기반 빠른 폐회로 전력제어 방식과

Zone을 경계로 전송률 자원을 적절히 관리하는 Zone-Based 전력제어 방식은 채널 환경이 열악한 셀의 외부 지역에 해당되는 Zone에서 전송률을 조절함으로써 생기는 전력 이득을 통해 외부 셀에 유입되는 간섭량을 억제하는 효과를 취하기 때문에 특정 채널의 서비스 반경과 관계하는 Outage 확률을 줄여서 유효한 트래픽 처리율을 높이고 결과적으로는 시스템의 평균 성능을 높이는 데 목적이 있다. 본 논문을 통해 도출된 실험 결과에서 보았듯이 Zone-Based 전력제어 방식이 기존의 전력제어 방식에 비해 간섭량 생성을 억제하여 결과적으로는 모든 트래픽의 서비스 반경을 셀 전체의 반경으로 확보해준은 물론 Outage 확률, 유효한 트래픽 처리율, 그리고 평균 시스템 성능 면에서 더 나은 성능을 보였다.

참 고 문 헌

[1] S. Ariyavisitakul, "SIR-based Power Control in a CDMA System," in *Proc. Globecom*, Vol.2, pp.868-873, Dec. 1992.

[2] Q. Wu, "Performance of Optimum Transmitter Power Control in CDMA Cellular Mobile System," *IEEE Trans. on Vehicular Technology*, Vol.48, No.3, pp.571-575, Mar. 1999.

[3] A. Sampath, P. Sarath, and J. Holtzman, "Power Control and Resource Management for a Multimedia CDMA Wireless System," in *Proc. PIMRC*, Vol.1, pp.21-25, Sept. 1995.

[4] J. Zou and V. Bhargava, "Design Issues in a CDMA Cellular System with Heterogeneous Traffic Types," *IEEE Trans. on Vehicular Technology*, Vol.47, No.3, pp.871-883, Aug. 1998.

[5] S. Abeta, S. Sampei, and N. Morinaga, "Adaptive Coding Rate and Processing Gain Control for Cellular DS-CDMA Systems," *IEICE Trans. on Comm.*, Vol.E80-B, No.4, pp.581-588, April 1997.

[6] S. Oh and K. Wasserman, "Adaptive Resource Allocation in Power Constrained CDMA Mobile Networks," in *Proc. WCNC*, Vol.1, pp.510-514, Sept. 1999.

[7] J. Su, A. Annamalai, and W. Lu, "Optimization of Power Allocation in a Multicell DS-CDMA

System with Heterogeneous Traffic," in *Proc. ICC*, Vol.2, pp.1136-1140, June 1999.

[8] D. Lyu, Y. Park, I. Song, and H. Kim, "Performance Evaluation of a Variable Processing Gain DS-CDMA System," *IEICE Trans. on Fundamentals Communications and Computer Science*, Vol.E80-A, No.2, pp.393-399, Feb. 1997.

[9] J. Evans and D. Everitt, "Effective Interference: A Novel Approach for Interference Modelling and Traffic Analysis in CDMA Cellular Networks," in *Proc. Globecom*, Vol.3, pp.1804-1808, Nov. 1995.

[10] S. Shin and K. Kwak, "Power Control for CDMA Macro-Micro Cellular System," in *Proc. VTC*, Vol.3, pp.2133-2136, May 2000.

[11] M. Ahmed and K. Rohani, "Effect of Fast Power Control on CDMA Forward Link Performance," in *Proc. VTC*, Vol.3, pp.1955-1959, May 2000.

[12] 윤승윤, 하장용, 양연대, 정진관, 임재성, "IS-95C CDMA 시스템의 순방향 링크 전력제어 성능 분석", *한국통신학회 추계종합학술발표회 논문집*, pp.164-167, 2000년 11월.

[13] T. Chulajata and H. Kwon, "Combinations of Power Controls for cdma2000 Wireless Communications System," in *Proc. VTC*, Vol.2, pp.638-645, Sept. 2000.

[14] J. Lee and L. Miller, *CDMA Systems Engineering Handbook*, Artech House: Boston & London, 1998.

윤 승 윤(Sung-yun Yun)

정회원



1999년 2월 : 아주대학교
정보및컴퓨터공학부졸업

2001년 2월 : 아주대학교
정보통신공학과석사

2001년 3월~현재 : 아주대학교
정보통신전문대학원
정보통신공학과 박사과정

<주관심 분야> 이동통신, 전력제어, 무선 자원관리

임재성(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

<주관심 분야> 이동통신, 디지털 통신, 신호처리