

DS-CDMA에서 개선된 SIR을 이용한 전력 제어에 관한 연구

A Study on Power Control with Improved SIR in DS-CDMA System

이강훈* · 최정희** · 박용완*

Kang-Hun Lee* · Jung-Hee Choi** · Yong-Wan Park*

요약

본 논문에서는 이동 통신 시스템에서의 PIC기법으로 간섭을 제거하여 개선된 SIR을 기반으로 하는 전력 제어 방식을 제안한다. 일반적으로 전력 제어는 SIR을 기반으로 하는 방식이 사용되고 있다. 그러나 이 방식은 시스템의 안정성을 떨어뜨리는 Positive Feedback 현상을 발생시킨다. 따라서 제안된 전력 제어 기법은 SIR의 변수인 간섭신호를 감소시켜 개선된 SIR을 기반으로 하는 전력제어를 수행하여 시스템의 안정화를 도모하였다. 또한 이동국에서 기존의 Up-Down전력 명령대신 Up-Maintain-Down기법을 이용하여 성능을 향상시켰다. 새로운 전력 제어 기법인 개선된 SIR방식과 기존의 방식을 모의 실험을 통하여 비교, 제안된 시스템의 성능 개선을 확인했다.

Abstract

In this paper, we propose the Improved SIR-based Power Control method in mobile communication system. Generally speaking, SIR-based design considering both channel noise and multiuser interference is accurate indication of signal quality and provides good performance. However, one serious problem associated with SIR-based Power Control is the potential of Positive Feedback which can endanger the stability of the system. Therefore from SIR definition, we decrease the signal's Interference we will got a improved SIR and have a stable power control Also in mobile using window register which has Up-Maintain-Down power control step size instead of Up-Down, we got a better performance. This paper assesses the performance of Improved SIR based Power Control using PIC and window register. The proposed Improved SIR based Power Control is presented and compared with existing SIR based Power Control and Strength-and-SIR based Power Control.

I. 서론

음성 및 저속의 데이터 서비스를 제공하던 국내 이동 통신 시스템은 세계에서 처음으로 상용화한 2.5세대 CDMA-2000방식을 통하여 최대 144kbps의 packet 서비스가 가능하게 되었으며 또한 향후 Qualcomm의 1X-EV을 통하여 보다 향상된 packet 데이터 서비스가 가능하다고 한다. 이러한 국내의

이동 통신 시스템은 발전된 액세스망 기술, 글로벌 통신, 향상된 패킷통신, ATM(Asynchronous Transfer Mode)기술 등을 특징으로 하는 IMT-2000에 이르러 더욱 더 지능화 된 시스템으로 발전해 나갈 것이다.

차세대 이동 통신의 다중접속 방식으로 채택된 CDMA 방식은 근거리로부터의 강한 전력을 지닌 간섭신호에 의해 원거리로부터의 원하는 약한 신호

* 영남대학교 전자정보공학부(Division of Electronic and Information Engineering, Yeungnam University)

** 대구대학교 정보통신공학부(Division of Information and Communication Engineering, Daegu University)

· 논문 번호 : 20010713-092

· 수정완료일자 : 2001년 9월 11일

가 간섭을 받는 Near-far problem이 존재한다. 이러한 것을 해결하기 위해 전력제어(power control)가 존재하게 된다. 전력 제어의 목적은 시스템 내에서 생성되는 호에 대해 적절한 송신전력을 할당함으로써 원하는 서비스 요구 수준을 만족시키고 시스템의 전체 성능 향상을 유도하는 데 있다. 이러한 기법으로 현재 널리 사용되고 있는 방식은 SIR(Signal to Interference plus Noise Ratio:신호 대 간섭비)을 기반으로 하는 전력 제어방법을 사용하고 있다. DS-CDMA시스템의 전력 제어는 주로 순방향보다는 역방향전력 제어에 대해 많은 연구가 이루어져 왔다.^{[1],[2]}

전력 제어는 개루프(Open loop) 전력 제어와 폐루프(Inner loop) 전력 제어가 사용된다. 폐루프 전력 제어에서는 보내온 신호의 질을 조정해서 송신전력을 제어하게 된다. 일반적으로 개루프 전력 제어는 long-term fading에 대해서만 보상하고 폐루프 전력 제어는 long-term fading보다는 short-term fading에 좀 더 좋은 성능을 나타낸다[3],[4]. 전력 제어 방식으로는 Strength기반과 SIR기반의 두 가지 방식으로 크게 나누어진다[5],[6]. Strength기반시스템에서는 기지국에 도달하는 전력을 보고 전력 제어를 수행하며 SIR기반 시스템은 채널의 잡음과 간섭을 보며 전력 제어를 하는데 후자가 좀더 좋은 성능을 가지고 있다. 그러나 이러한 SIR기반 전력 제어에는 자신의 적정 SIR을 유지하기 위해 전력을 증가시키게 되는데 이는 다른 이동국에게는 간섭으로 작용하여 전체 시스템의 성능을 저하시키는 Positive Feedback이 발생한다. 이를 개선하기 위한 방식으로 Strength-and-SIR 방식이 새로 제안되어졌다[7]. 본 논문에서는 Positive Feedback을 줄이기 위해 수신된 신호를 PIC(Parallel Interference Canceller)를 이용하여 간섭신호를 감소시킨 SIR을 이용하여 전력 제어를 하는 방법과 기존의 Up-Down전력 명령대신에 Up-Maintain-Down전력 명령 기법에 대해 연구하였다. 본 논문의 구성은 II장에서는 SIR기반 전력 제어와 Strength-and-SIR 전력 제어방식을 소개하였고 III장에서는 개선된 SIR을 사용한 전력 제어기법을 소개하였으며 IV장에서는 모의 실험을 한 결과를 분석하고 V장에서 결론을 맺는다.

II. SIR 기반 전력 제어방식과 Strength- and-SIR기반 전력 제어방식

일반적으로 CDMA시스템에서 요구하는 SIR은 -15 dB정도이며 이를 정규화하게 되면 E_b/N_0 가 되는데 약 6.5 dB에서 7 dB가 된다. SIR은 정합필터를 지나 레이크 결합기 다음에서 측정하게 되는데 한 프레임마다 16번의 SIR을 측정하여 외부에서 설정된 임계치와 비교한 후 전력 명령을 발생시킨다. SIR의 정의는 식 (1)과 같다.

$$SIR(dB) = (E_b/N_0)(W/R)^{-1} \quad (1)$$

여기서 W 는 단위 대역폭, R 은 데이터 전송율을 나타낸다.

SIR은 사용자가 많으면 많을수록 감소하게 되며 Processing gain에 따라서도 영향을 받는다. 따라서 적정 SIR을 유지하기 위해서 기지국은 일정한 송신전력을 요구한다. SIR 기반 전력 제어에서는 여러 명의 이동국들이 각각의 서로 다른 채널환경 아래서 적정 SIR을 유지하기 위해서 전력 제어를 하게 된다. 따라서 임의의 이동국이 나쁜 채널 환경에 들어가게 되면 적정 SIR을 유지하기 위해서 전력을 높게 되는데 이는 다른 이동국에게는 간섭신호로 작용할 것이다. 따라서 다른 이동국도 적정 SIR을 유지하기 위해서 송신전력을 높게 된다. 그렇게 되면 전체적인 시스템의 안정성이 나빠지며 시스템의 용량면에서도 상당히 나빠게 된다. 이러한 것을 Positive Feedback이라 한다. 그림 2에서 보면 300 PCG(Power Control

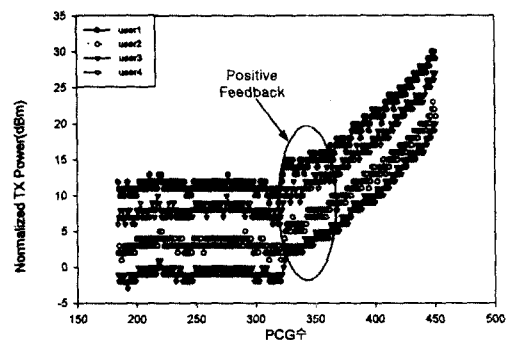
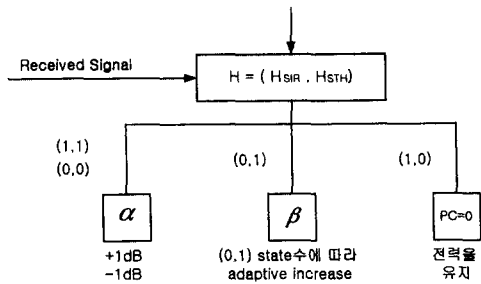


그림 1. Positive Feedback.



α : +1dB 올리거나 -1dB 낮춤
 β : 연속되는 (0,1) state 수에 따라 적응적으로 전력을 증가
 $pc=0$: 전력을 유지

그림 2. Strength-and-SIR 전력 제어 비트 발생과정

Group) 이후부터 한 이동국의 영향 아래 다른 이동국들이 전부 전력을 높이는 것을 볼 수가 있는데 점점 높아진 송신전력은 최대 송신전력에 도달하게 되어도 적절한 통화품질을 유지할 수 없게 된다. 따라서 이러한 SIR 기반 전력 제어의 단점을 극복하고 보다는 전력 제어 기법으로 Strength-and-SIR 기반 전력 제어 기법이 제안되었다^[7]. 이는 기존의 전력 제어 기법에서 Strength라는 임계치가 첨가된 기법이다. 2개의 임계치를 이용하여 좀 더 안정적인 전력 제어를 할 수 있게 되어 Positive Feedback의 단점을 극복할 수 있다. Strength-and-SIR 동작 방식은 수신된 신호를 두 개의 임계치에 비교하여 4가지의 상태인 (1,1), (1,0), (0,1), (0,0) 상태가 발생되는데 전자는 SIR을 의미하고 후자는 STH(STrengthH)를 의미한다 여기서 1은 설정된 값을 만족한다는 의미이고 0은 만족하지 않는다는 것을 의미한다.

(1,1) 상태에서는 1 dB를 낮추고 (0,0) 상태는 1 dB를 높게 되며 (1,0) 상태에서는 전력을 유지하게 된다. (0,1) 상태에서는 한 프레임에서 보고되는 (0,1)의 상태에 따라 적응적으로 전력을 조절한다. Strength-and-SIR 기반 전력 제어의 가장 큰 장점은 (1,0)에서 전력을 유지하라는 명령을 내릴 수 있다는 것이다. 기존의 SIR 기반 전력 제어에서는 프레임에 여러가 생기지 않아도 SIR을 만족하지 않으면 전력을 무조건 높이고 낮추었는데 Strength-and-SIR 방법을 사용하면 좋은 상태에 있을 때는 현재의 상태를 유지할 수 있기 때문에 시스템이 안정해진다. 그러나 이

방식은 기지국에서 4개의 상태를 만들기 위해 2개의 PCB(Power Control Bit)비트를 사용해야 되므로 주파수 자원의 낭비라는 아주 중요한 문제에 직면하게 된다. 또한 2개의 임계치를 만들어서 비교해야 되므로 기지국의 복잡도가 더해지는 단점을 생각해 볼 수 있다. 그림 2는 Strength-and-SIR 방식에서 전력 제어 비트 발생과정을 보여주고 있다. 그림 2에서 수신된 신호는 미리 설정된 Strength 임계치와 SIR 임계치와 비교한 뒤 α , β , $pc=0$ 의 세 가지의 상태를 발생시킨다. 발생된 전력 제어 명령은 순방향 채널을 통하여 이동국에 전송되어 적절한 전력 제어를 하게 된다.

III. 제안된 시스템

제안 시스템은 수신된 신호를 PIC를 이용하여 간섭신호를 감소시킨 SIR을 이용하여 전력 제어를 수행한다. 또한 이동국에서 윈도우 레지스터를 이용한 Up-Maintain-Down 전력 크기를 사용하는 시스템이다.

식 (2)는 정규화된 SIR을 정의하고 있다.

$$\frac{E_b}{N_o} = \frac{E}{N+I} \left(\frac{W}{R} \right) \quad (2)$$

여기서 E 는 단위 비트당 에너지를 의미하고 N 은 가우시안 잡음을, I 는 다른 이동국의 간섭에너지를 의미한다.

식 (2)에서 SIR을 개선시키려면 간섭을 줄이거나 내 신호를 증가시켜야 할 것이다. 일반적으로 사용되는 convolutional viterbi decoder는 간섭신호를 제거시키지 않기 때문에 SIR이 나빠져 신호의 질이 떨어지게 된다. 이에 따라 내 신호를 증가시키게 되면 다른 사용자에게 간섭으로 작용하여 전체 시스템의 성능이 나빠지므로 간섭을 감소시키는 방법을 택하였다. 여기에 사용된 간섭 제거기는 PIC를 사용하였다.

병렬형 간섭 제거기의 경우는 모든 사용자의 신호를 병렬로 동시에 처리한 후 각 신호를 모두 재확산시켜, 수신신호에서 자기신호만 제외한 나머지 신호(MAI)를 제거한다. 이상적인 경우 다른 사용자에 대한 신호를 모두 제거 자기신호로만 검출을 하게 된다. 이 과정은 병렬로 처리됨으로 직렬간섭 제거

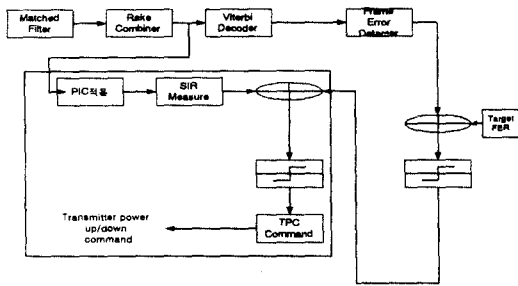


그림 3. 개선된 SIR을 이용한 전력 제어(기지국)

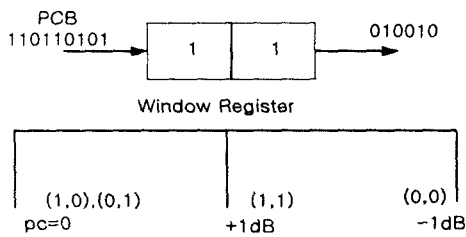


그림 4. 이동국에 도입된 윈도우 레지스터

기(SIC)의 큰 지연시간은 해결하게 되나 같은 구조를 다단으로 구성하기 때문에 시스템의 복잡도가 문제가 된다. 또 사용자수가 많을 경우 첫 단의 검출 신호의 신뢰도가 떨어짐으로 전체적인 성능이 감소하게 된다. SIC와 PIC의 성능면에서 볼 때 전력 제어가 완벽하게 이루어졌을 경우는 PIC가, 전력 제어가 이루어지지 않았을 경우는 SIC가 상대적으로 우수한 성능을 나타내므로 본 논문에서는 PIC를 사용하였다.

실제 시스템에서 전력제어는 1.25 ms의 빠른 제어를 하며 또한 전력 제어 비트는 채널 코딩되지 않고 사용되어 무선 상에서 상당수 정보를 잃기도 하는데, 이러한 것은 채널 추정 기법이나 단말기 자체의 튜닝 프로그램을 이용하기 때문에 시스템에 별 영향을 끼치지 못한다. 또한 $E_b/(N_o+I_o)$ 의 I_o 를 감소시켜 전력제어를 함으로써 생기는 부작용은 거의 나타나지 않는다. 그림 3은 기지국에서 PIC를 탑재하였을 경우의 블록도이다. 수신된 신호는 Matched filter와 레이크 결합기를 거쳐 PIC가 적용되어져서 개선된다. 개선된 신호는 SIR측정기를 거치게 되고 외부에서 설정된 임계치와 내부에서 비교하여 PCB를 발생시키게 되며 발생된 PCB는 순방향 채널을 통하여 이동국에 전송하게 되며 이동국은

PCB를 가지고 적절한 전력 제어를 하게 된다.

그림 4는 연속적으로 들어오는 PCB를 이동국에서 윈도우 레지스터를 이용하여 4가지의 상태를 발생시키는 모습을 보여주고 있다. 일반적으로 전력 제어 크기는 기지국에서 여러 임계치를 설정하여 복수 비트로 제어하는 방법과 한 비트로 이동국에 여러 상태를 만들어 전력 제어하는 방법이 있다. 복수 비트를 사용하는 방식은 기지국에서 적응적으로 전력 제어를 할 수 있으나 대역폭의 손실이 있게 되고 반면에 한 비트를 이용한 전력 제어방식은 이동국에서 비교적 정밀하게 전력 제어를 할 수 있으나 이동국에 추가되는 레지스터로 인해 복잡도가 생기게 된다. 그러나 이동통신 시스템에서는 한정된 대역폭을 사용하므로 제안된 시스템에서는 1비트를 이용한 전력 제어 방식을 사용하였다. 레지스터가 너무 많게 되면 채널 변화에 따른 수렴 시간이 길어지는 단점이 있기 때문에 제안된 시스템은 4개의 상태를 만들 수 있는 2개의 윈도우 레지스터를 두어서 연속적으로 들어오는 PCB를 추적할 수 있게 하였다. 제안시스템은 먼저 기지국에서 개선된 SIR을 이용한 전력 제어를 하게 되며 이동국에서는 두 개의 레지스터를 갖는 윈도우를 설정하여 연속해서 들어오는 PCB를 추적하게 된다. 두 개의 레지스터에 있을 경우의 수는 4가지이다 (1,1), (1,0), (0,1), (0,0)의 4가지 경우가 존재할 수 있게 된다. 이 방식은 Strength-and-SIR 방식의 장점을 도입하기 위해서 사용하였으며, SIR만을 측정하여 발생시킬 수가 있었다. (1,1)에서는 전력을 1 dB를 낮추며 (1,0), (0,1)에서는 전력을 유지하고 (0,0)에서는 전력을 1 dB를 증가시켰다.

두 개의 레지스터를 통과하는 PCB비트는 항상 한 번에 한 비트씩 윈도우레지스터 속으로 들어가게 된다. 남아있는 하나의 비트는 메모리를 가지게 되는데 이는 좀 더 이동 통신 채널에 있어 정확성을 가져다준다. (1,1)의 발생은 기지국에서 연속적으로 전력을 높이라는 명령이 왔을 경우이며 (1,0), (0,1)은 한번 (0,0)은 연속적으로 전력을 낮추라는 명령이 왔을 경우이다. 기존의 방식은 프레임 에러가 발생하지 않아도 SIR을 만족하지 않으면 전력을 높이고 낮추어야 했는데 제안된 시스템에서는 만족스러운 SIR에서는 전력을 유지해서 시스템의 안정성을 유지하

자는 것이다. PCB에 대하여 window를 적용하여 up - maintain - down 방식의 전력제어를 할 경우 Power control delay가 커져서 variance가 더 커질 것으로 생각되나 실제 시스템에서도 2 chip 정도의 delay가 발생하며 이는 빠른 전력 제어 알고리즘으로 거의 보상되며 시스템에 거의 영향을 주지 못한다.

IV. 모의 실험

모의 실험을 위해서 다음과 같은 전송 시스템을 visual C++ 5.0을 이용하여 구현하였다. 전송 블록도는 그림 5와 같다.

PN코드는 실제 시스템에서는 4칩을 사용하지만 시뮬레이션을 위해 채널 코딩부를 삭제했기 때문에 1.2288 cps의 칩율을 맞추기 위해 12칩을 사용하였으며 각 사용자마다 전력제어기를 두어서 전력을 조절하였다. 채널 모델은 Jake model을 사용하였고, 백색 가우시안 잡음을 첨가하였다. 수신단에서는 레이크 수신기를 두어서 diversity 효과를 주었고 PIC를 사용하여 간섭을 제거한 후에 역확산한 후 SIR을 측정하였다. 전력 제어 알고리즘은 초기 E_b/N_0 임계치를 설정한 뒤 매 PCG마다 E_b/N_0 를 비교한다. 설정된 E_b/N_0 보다 수신된 신호의 E_b/N_0 가 좋으면 1 dB를 낮추라는 명령을 순방향 채널을 통해서 이동국에 전송하는데 이러한 것은 내루프에서 행해진다. 외루프에서는 20 ms마다 설정된 E_b/N_0 임계치 값을 변경한다. 프레임에 에러가 발생하면 임계치를 증가시키고 낮으면 임계치를 감소시킨다.

모의 실험 환경은 다음과 같다. 이동국의 속도는 60 km/h로 전체 1.2288 Mcps를 맞추었으며 각각의 사용자마다 다른 전력을 할당하고 call drop은 가정

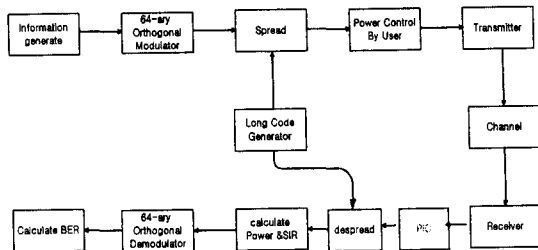


그림 5. 모의 실험 블록도

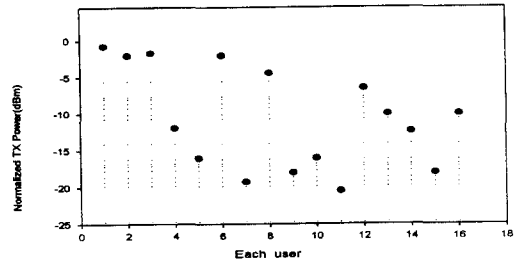


그림 6. 이동국별 정규화된 송신전력의 차이

하지 않았으며 50개의 프레임에 대해서 BER를 측정하였다.

그림 6은 각각의 사용자들 간의 전력차이를 상대적으로 나타내고 있다. 단말기의 평균송신전력은 식 (3)으로 나타나는데 셀룰러에서는 -73이 사용되며 PCS시스템에서는 -76이 사용되고 있다.

$$\text{평균송신전력(dBm)} = -73 - \text{평균수신전력(dBm)} + \text{NOMPWR} + \text{INIT_PWR} \quad (3)$$

기지국의 송신전력은 -25 dbm에서 -106 dBm으로 나타나는데 기지국의 송신전력을 수신하는 정도에 따라서 단말기의 송신전력이 달라지게 된다. 1번 사용자와 11번 사용자의 전력 차는 약 20 dB 정도로 나타나는데 이는 시스템에서 균등한 분포를 발생시키는 함수를 이용하여 발생시켰다. 거리에 따른 송신전력의 차이를 나타내기 위해서 초기 전력을 다르게 설정하였으며 시뮬레이션 환경을 위해 0~25 dBm의 차이를 두게 하여 설정하였으며 IS - 95 시스템에서 전력 제어 전체 범위는 총 80 dB이며 페루프에서 나타나는 범위는 약 48 dB 정도가 나타나는데 이를 가정해서 각각의 사용자들의 전력을 정규화해서 나타내었다.

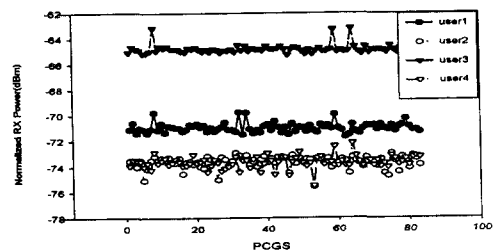


그림 7. 전력 제어를 하지 않았을 시 기지국에서 나타나는 수신전력

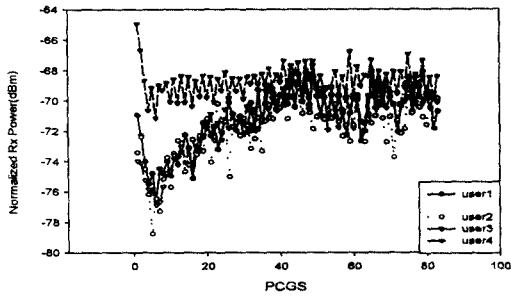


그림 8. 전력 제어가 되었을 시 기지국에서 나타나는 수신전력

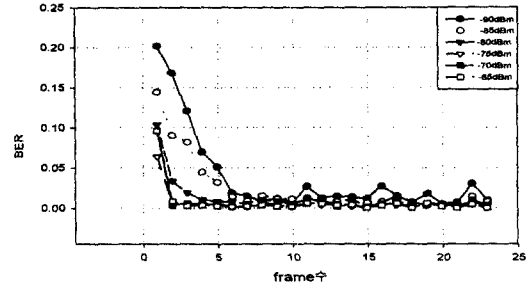


그림 10. Strength-and-SIR 방식에서 Strength 임계치 증가에 따른 BER성능 그래프

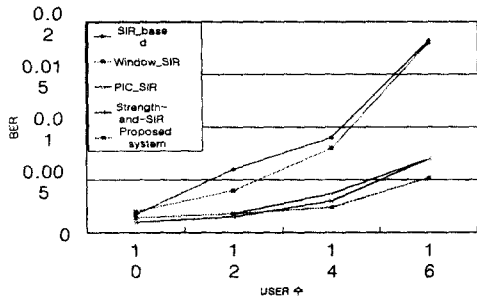


그림 9. 여러 가지 전력 제어 방식의 BER성능 그래프

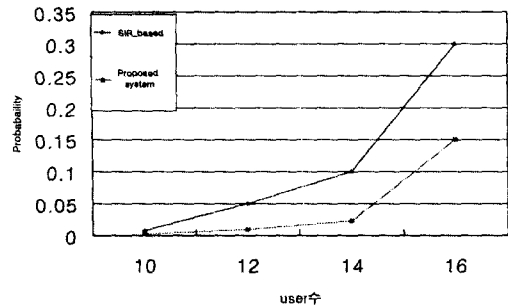


그림 11. Outage probability 비교

그림 7~8은 전력 제어를 사용하지 않았을 때와 사용했을 때의 기지국에서 나타나는 수신전력의 변화를 나타내기 위해서 제시하였다.

그림 7은 전력 제어를 하지 않았을 경우에 기지국에 나타나는 수신전력을 나타내고 있다. 첫 번째 이동국부터 4번째 이동국의 정규화 된 전력을 나타내고 있는데 수신전력이 전부 다르게 나타남을 알 수 있다. 또한 시간이 지남에 따라서도 거의 일정한 전력을 나타내는 것을 알 수 있다. CDMA시스템에서 이러한 전력 분포가 나타나게 되면 시스템의 용량 면에서 상당한 문제점이 발생하고 또한 다른 사용자에게 통신의 품질을 떨어뜨리게 되는 부작용을 발생하게 된다. 그림 8은 SIR 기반 전력 제어시 기지국에서 나타나는 정규화 된 수신전력을 보여주고 있다. 시간이 지날수록 사용자들의 수신전력이 일정한 값을 유지하기 위해서 수렴해 가는 것을 알 수 있는데 이렇게 되면 Near-far problem 현상을 잘 극복할 수 있게 되고 전체 CDMA시스템의 용량을 증대시킬 수 있다. 또한 빠른 채널변화에 대한 효과도 극복할 수

있게 된다. 사용자 3은 5PCG이후부터 전력을 낮추지 않는데 이는 최소 송신전력을 설정했기 때문이다. 또한 call drop은 가정하지 않았으며 거리에 따른 path loss와 fading의 영향으로 초기 단말기 송신 전력 0~(-25dbm)에서 감소되어 기지국에서 -64~(-84 dBm)으로 나타난 모습을 보여주고 있다.

그림 9는 여러 가지 전력 제어 방식의 BER 성능을 보여주고 있다. 전체적으로 5가지 전력 제어 방식에 대해서 시뮬레이션을 하였다. SIR전력 제어, SIR전력에서 윈도우 레지스터만을 추가했을 경우, SIR전력 제어에서 PIC만 첨가했을 경우, Strength-and-SIR 방식의 전력 제어, 제안된 방식의 전력 제어 각각에 대해서 전체 사용자수에 따른 평균 BER을 계산해 보았다. 윈도우 레지스터를 이용한 방식은 약간 우수한 성능을 보여주는 데 반해서 PIC를 적용한 시스템과 제안된 시스템은 성능 면에서 상당히 우수함을 알 수 있었다. 또한 2비트를 사용하는 Strength-and-SIR 방식도 좋은 성능을 보여주고 있다.

그림 10은 Strength-and-SIR 방식에서 Strength 임계치 변화에 따른 성능을 나타내고 있다. 그림 10에서 수신 Strength 임계치를 높게 잡을수록 BER 발생이 낮게 나타남을 알 수 있다. 그러나 너무 높은 임계치는 이동국에게 과도한 송신전력을 요구하므로 적절한 임계치 설정이 요구되게 된다.

그림 11는 SIR 기반 전력 제어방식과 제안된 방식을 사용한 전력 제어방식의 outage probability를 비교한 것이다. 비교 대상은 BER 10⁻²을 기준으로 outage를 계산하였으며 사용된 프레임은 1000프레임이다. 여기서 채널 코딩과 인터리빙을 사용하지 않았기 때문에 실제보다 에러가 좀 더 많았다. 그림에서 보듯이 SIR기반 전력 제어보다는 제안된 시스템이 outage probability가 작았다.

V. 결 론

DS-CDMA 시스템에서는 원근 문제를 해결하고 시스템 용량개선을 위해 전력 제어를 사용해 왔다. 이에 본 논문에서는 전력 제어 기법 중 페루프 SIR기반 전력 제어에 대해 살펴보았다. 기존에 사용된 SIR기반 전력 제어 기법에 대해서 살펴보고 이를 개선하기 위한 새로운 전력 제어 기법에 대해 살펴보았다.

현재 이동 통신 방식에서 사용되고 있는 전력 제어방식은 SIR 기반 방식이다. 이는 간단하고 구현하기가 쉽다. 그러나 향후 실시될 IMT-2000이나 다음 세대 시스템에는 보다 진보적인 방식이 요구될 것이다. 일반적으로 전력 제어 비트로는 2비트일 때 성능이 가장 좋은 것으로 제안되고 있다. 그러나 이 경우에는 대역폭의 낭비라는 단점에 부딪히게 된다. Strength-and-SIR 방식의 경우도 성능면에서는 우수하나 이는 주파수 자원의 낭비라는 단점이 있다. 따라서 제안된 시스템은 대역폭에서의 이득뿐만 아니라 성능 면에서도 우수함을 볼 수 있었다.

SIR 기반 전력 제어의 잠재적인 문제점으로 대두될 수 있는 Positive Feedback은 Strength-and-SIR 방식을 사용하여 극복할 수 있었다. 그러나 이 방식은 안정적이며 성능면에서도 좋으나 2비트를 사용하게 됨으로써 대역폭의 낭비가 발생하며 또한 두 개의 임계치를 조절해야 되는 단점이 발생하여 시

스템의 복잡도를 증가시키게 된다. 이에 따라서 새로이 제안된 전력 제어기법은 기존의 전력 제어기법에서 개선된 SIR을 사용하고 또한 안정된 전력 제어 방식을 사용하기 위해 이동국에 윈도우를 이용한 레지스터로 전력을 조절함으로써 좀 더 성능 면에서 향상을 도모할 수 있었다. 제안된 시스템과 기존의 시스템의 구조와 특징을 제시하였고 시뮬레이션을 통하여 BER과 outage probability가 더 좋아짐을 확인할 수 있었다. 제안된 시스템은 이동국에 추가되는 윈도우 레지스터와 기지국에 추가되는 PIC로 인해 시스템의 복잡도가 더해지는 단점이 있으나 향후 이동 통신하드웨어 기술의 발달로 인해 개선될 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] Fumiyuki Adachi, "Theoretical Analysis of DS-CDMA Reverse link Capacity with SIR-Based Transmit Power Control", *IEICE Trans Fundamentals* vol. E79 no. 12, December 1996, pp.2028-2034.
- [2] Fumiyuki Adachi, "Transmit Power Efficiency of Fast Transmit Power Controlled DS-CDMA Reverse Link", *IEICE Trans Fundamentals* vol. E80, no. 12 December 1997, pp. 2420-2428.
- [3] Shunsuke Seo, Tomihiro Dohi, and Fumiyuki Adachi, "SIR-Based Transmit Power Control of Reverse Link for Coherent DS-CDMA Mobile Radio", *IEICE Trans Commun*, vol. E81, no. 7, July 1998, pp.1508-1516.
- [4] Hirohito Suda, Hiroyuki Kawai, Fumiyuki Adachi members, "A Fast Transmit Power Control Based on Markov Transitions for DS-CDMA Mobile Radio", *IEICE Trans. Commun* vol. E82-B, no. 8 August 1999, pp.1353-1362.
- [5] S. Ariyavisitakul, "SIR based power control in CDMA system," in proc. *IEEE Globecom, Orlando FL*, Dec. 1992, pp.868-873.
- [6] C. J. Chang and C. H. Lee, "Simulation analysis of SIR-based uplink power control mechanism," *National Science Council Tech. Rep.*

- NSC82-0404-E-009-416, pp. 49-64, 1993.
- [7] Yu-Jun, Jin-Fu Chang, Fellow IEEE "A Strength-and-SIR combined Adaptive Power Control for CDMA Mobile Radio Channels", *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol 48, no. 6, November 1999, pp.1996-2004.
- [8] Design and Performance Engineering of CDMA PCS Systems, Lucent Technologies, 1997.
- [9] CDMA/PCS RF Reference Manual for Hansol PCS co.ltd ,Lucent Technologies, October 1997,
- [10] IS-95 CDMA and cdma 2000, Prentice Hall, 2000.
- [11] Klein S. Gilhousen, Irwin M. Jacobs, "On the capacity of a Cellular CDMA System", *IEEE Transactions on vehicular technology*, vol. 40, no. 2 May 1991, pp.303-311.
- [12] M. L. SIM, Gunawan, C. B. Soh "Characteristics of a closed loop Power Control algorithms for a cellular DS/CDMA system", *IEEE proceeding -communication* vol. 145, no. 5, 1998, pp.355-362.
- [13] *WCDMA FOR UMTS*, John Wiley & Sons ltd, 2000.

이 강 훈



1999년 2월: 영남대학교 전자공학과 (공학사)
 2001년 2월: 영남대학교 멀티미디어통신학과 (공학석사)
 2001년 3월: 어필텔레콤 단말기 s/w연구원
 [주 관심분야] CDMA2000 call processing, 무선 link Layer 2,3, packet data service, cdma2000 1x Ev-DO 등

박 용 완



1982년 2월: 경북대학교 전자공학과 (공학사)
 1984년 2월: 경북대학교 전자공학과 (공학석사)
 1989년 2월: 미국 뉴욕 주립대 전자공학 (공학석사)
 1992년 2월: 미국 뉴욕 주립대 전자공학 (공학박사)
 1992년 10월~1993년 12월: 캘리포니아 공과대학 Research Follow
 1994년 1월~1996년 8월: 한국 이동통신 PCS연구 팀장
 1994년 9월~현재: 영남대학교 전자정보공학부 부교수
 [주 관심분야] 통신 신호처리, 이동통신 시스템 등

최 정 희



1986년 2월: 경북대학교 전자공학과 (공학사)
 1989년 2월: 미국 뉴욕 주립대 전자공학 (공학석사)
 1992년 6월: 미국 뉴욕 주립대 전자공학 (공학박사)
 1994년 1월~1998년 2월: SK텔레콤 중앙연구소 선임연구원
 1998년 3월~현재: 대구대학교 공과대학정보통신공학부 조교수
 [주 관심분야] Microwave Remote Sensing(Active Imaging), 무선통신시스템, Signal and Image Processing 등