

# 와이브로 상향링크에서 개방형 전력제어를 위한 상/하향 전력제어 계단값 설정 방법

준회원 국 현\*, 정회원 김 중 빈\*\*, 김 동 우\*\*\*

## Setting Up/Down Step-Size in Open Loop Power Control for WiBro Reverse Link

Hyun Guk\* Associate Member,  
Jung-Bin Kim\*\*, Dongwoo Kim\*\*\* Regular Members

### 요 약

와이브로 상향링크의 경우 개방형 전력제어에서는 피드백 없이 전력 할당을 하기 때문에 피드백에 사용될 무선 자원을 절약 할 수는 있지만 단말에 정확한 전력 할당을 하기 어렵다. 이에 본 논문은 잡음간섭 값을 현재 무선 환경에 적응하는 방법을 제시하여 순시적으로 변화하는 무선 환경에 적합하게 하고 전력 할당의 상/하향 계단값 결정 방법을 대칭형과 비대칭형으로 제안하여 비교 실험 하였다. 컴퓨터를 이용한 실험을 통해서 시스템 파라미터에 따라 상/하향 계단값을 다르게 적용할 때 높은 섹터 처리율과 낮은 오류율 결과를 얻을 수 있다는 것을 알 수 있다.

Key Words : WiBro, Reverse Link, Open-Loop Power Control, Power Control Step-Size

### ABSTRACT

In this paper, we describe how to set up/down step-size in open loop power control for WiBro reverse link. Since open loop power control does not use feedback information, it is difficult to efficiently use wireless resource with accurate power control. We also provides a method of estimating levels of noise and interference. With numerical investigation, asymmetric up/down power-control step-size is shown to be promising to achieve high sector throughput as well as low error rate.

### 1. 서 론

최근 몇 년간 이동통신 산업의 지속적인 발전은 음성통신 서비스 뿐 아니라 초고속 데이터 통신 서비스에 대한 발전으로 이어지고 있다. 이러한 예로 3GPP(3rd Generation Partnership Project) HSDPA (High Speed Downlink Packet Access)<sup>[1,2]</sup>와

WiMAX(Microwave Access)<sup>[3]</sup> 같은 802.16 기반의 시스템 등을 들 수 있으며, 우리나라에서도 차세대 통신 시스템 개발을 위하여 IEEE 802.16e에 기반한 휴대인터넷 서비스인 와이브로<sup>[4]</sup> 서비스를 개발하여 상용화를 시작하였지만 아직 서비스 초기 단계로써 시스템 파라미터가 성능에 끼치는 영향을 정확히 평가 받고 있지 못한 상태이다. 와이브로 서

※ 본 연구는 (주)SK 텔레콤 및 2006년도 2단계 두뇌한국21 사업에 의해 지원되었습니다.

\* 한양대학교 전자전기제어계측공학과 이동통신망연구실 (hguk@hfrnet.com),

\*\* 한양대학교 전자전기제어계측공학과 이동통신망연구실 (jbkim@wnl.hanyang.ac.kr)

\*\*\* 한양대학교 전자컴퓨터공학부 부교수(dkim@hanyang.ac.kr)

논문번호 : KICS2007-02-053, 접수일자 : 2007년 2월 9일, 최종논문접수일자 : 2007년 6월 14일

비스가 성공적인 통신 모델로 자리 잡기 위해서는 여러 환경에서 최적화된 시스템 파라미터정보를 통해서 시스템의 효율성을 높이고 안정화를 이루는 것이 중요하다.

와이브로 상향링크 개방형 전력 제어 모드에서는 무선 환경에 대한 피드백 정보 없이 전송 데이터의 오류 체크에 기반하여 단말의 송신 전력을 결정한다. 이는 무선자원을 별도로 소모 하지 않기 때문에 자원 활용 측면에서는 유용할 수 있으나 정확한 무선 환경을 확인 할 수 없기 때문에 부정확한 전력이 할당 될 수 있다. 따라서 본 논문에서는 이런 상황에서 잡음간섭 정도에 적응함으로써 보다 정확한 전력 할당을 할 수 있도록 알고리즘을 제안 하였다. 또한 와이브로 시스템에서 제안한 전력의 상/하향 계단값의 적절한 범위를 확인하기 위해서 대칭형 계단값과 비대칭형 계단값을 제시하고 비교 실험하였다.

본 논문의 나머지 부분은 다음과 같이 구성되어 있다. II 장에서는 시스템 모델을 설명하고, III 장에서는 와이브로 시스템에서 제시하는 개방형전력제어 알고리즘과 본 논문에서 제시하는 상/하향 계단 설정 방법과 잡음간섭 적응 방법을 소개한다. IV 장에서는 컴퓨터 시뮬레이션 등을 통해 본 논문에서 제시한 알고리즘의 섹터 처리율, 전력 소모량, 오류율을 보인다.

## II. 시스템 모델

본 논문에서는 상향링크 와이브로 OFDMA 시스템을 가정한다. 와이브로는 프레임 단위로 자원 할당과 데이터 전송을 하게 되며 한 프레임은 다른 시간영역을 두고 하향링크와 상향링크가 구분된다. 각각의 링크구간에서는 그에 맞는 부 채널 구조를 할당하여 간섭과 노이즈의 영향을 최소화 한다. 한 프레임의 간격은 5ms 이다.

본 논문의 시스템의 기지국 구성은 19개의 육각셀 구성을 가정하며 하나의 셀 은 세 개의 섹터로 구성되었다. 셀 중앙에 위치한 섹터 기지국을 기준으로 데이터 전송을 위한 단말들이 임의로 분포 되어 있다. 각 단말은 매 프레임마다 동일한 부 채널을 할당 받음을 가정한다. 와이브로 시스템의 부 채널은 부반송파들의 묶음으로 구성되어 있다. 이 논문에서는 상향링크 PUSC 부 채널을 기준으로 실험 하였다. 상향링크 PUSC의 매핑 과정은 참조문서<sup>[6]</sup>에 나타나 있다.

이 시스템의 무선채널환경은 다음과 같다.

$$y_{Base}^{User} = \|h_{Base}^{User}\|^2 \cdot \text{Shadowing}_{Base}^{User} \cdot \text{Pathloss}_{Base}^{User} \quad (1)$$

식 (1)의 위 첨자 User는 단말의 인덱스를 의미하고 아래 첨자 Base 는 섹터의 인덱스를 의미하여 특정 섹터와 단말 사이의 무선 환경을 기술하고 있다.

Pathloss 는 단말과 기지국 사이의 거리에 따른 전파 감쇄를 의미하며 이 논문에서는 ITU-R M.1225의 Urban/Suburban 모델을 참조 하였다<sup>[5]</sup>.

$\|h_{Base}^{User}\|^2$  는 이동속도와 시간 분산으로 다중 경로 전파를 통해 겪는 페이딩을 의미하며 이 논문에서는 레일레이 페이딩 채널 모델을 참조 하였다. Shadowing은 제로 평균 10dB 표준편차를 갖는 가우시안 분포로 표현된다<sup>[6,7]</sup>.

위의 무선채널 환경에 따른 한 개의 부 반송파에 대한 CINR은 다음과 같이 정리 된다.

$$CINR_{Base,subcarr} = \frac{y_{Base}^{User} \cdot PW^{User}}{\left( \sum_{j=0, j \neq User}^{NumUser} y_{Base}^j \cdot PW^j \right) + \text{Noise}_{Base,subcarr}} \quad (2)$$

식 (2) 는 특정 섹터(인덱스 Base를 의미)와 단말(인덱스 User를 의미) 사이의 부 반송파의 CINR을 의미한다. 여기서  $PW^{User}$ 는 CINR을 구하고자 하는 단말의 부 반송파 당 전송 전력을 의미하고  $PW^j$ 는 그 밖의 단말들의 부 반송파당 전송 전력을 의미한다.  $\text{Noise}_{Base,Subcarr}$ 는 특정 섹터에서 수신한 부 반송파당 잡음을 의미한다.

부 반송파의 잡음은 다음과 같이 정리한다.

$$\text{Noise}_{Subcarr} = \text{Conv}(T_{N_{dB}} + N_{F_{dB}}) \cdot BW_{Subcarr} \quad (3)$$

여기서  $T_{N_{dB}}$ 는 Thermal Noise(-174 dBm/Hz),  $N_{F_{dB}}$ 는 Uplink Noise Figure(5dB),  $BW_{subcarr}$ 는 부 반송파당 주파수 영역의 크기, Conv()는 dB 수치를 nominal 수치로 변경하는 함수를 의미한다.

## III. 개방형 전력 제어

### 3.1 단말의 전력 할당 알고리즘

그림 1 은 개방형 전력 제어 모드가 할당된 전력을 갱신하는 순차적인 과정을 나타낸다. 그림 1 에서와 같이 단말은 각 프레임에서의 전송 오류 정도에 따라 다음 프레임의 단말에 할당되는 전력을 결

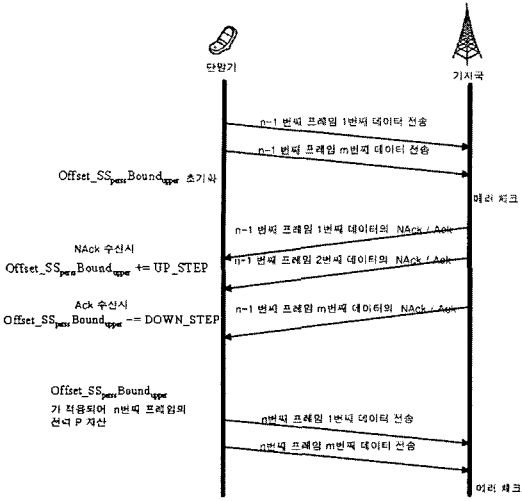


그림 1. 와이브로 상향링크 개방형 전력제어 모드의 순차적 흐름

정하게 되는데 본 논문에서는 단말이 전력을 할당하기 위해서 알아야 할 잠음간섭에 적용하는 알고리즘을 제시하고 Ack/Nack 수신할 때 마다 적용하는 전력의 상/하향 계단값 과 그 범위를 제안한다.

와이브로 시스템의 개방형 전력 제어 모드의 전력 할당 식은 다음과 같다.<sup>[6]</sup>

$$P = L + C/N + NI + 10\log_{10}(R) + \text{Offset\_SS}_{perSS} + \text{Offset\_RAS}_{PerSS} \quad (4)$$

여기서, P는 개방형 전력제어를 통해서 결정된 전송 전력 (dBm), L 은 기지국과 단말기 사이의 거리에 따른 신호감쇄 (dB), C/N 은 와이브로 시스템 규칙에 의해서 정규화된 신호 대 잡음 비율 (dB), NI 는 기지국에서 수신할 것으로 예측되는 잠음간섭의 평균 전력(dBm), R 은 변조/FEC 비율의 반복횟수, Offset\_SS<sub>perSS</sub>은 단말기에서 제어되는 단말기 전력을 교정하기 위한 수치 (dB), Offset\_RAS<sub>perSS</sub>은 기지국에서 제어되는 단말기 전력을 교정하기 위한 수치를 의미한다.

### 3.2 전력 교정치 결정 방법

와이브로 시스템에서 제안된 전력 교정치 (Offset\_SS<sub>perSS</sub>) 결정 방법은 매 프레임(n 번째 프레임) 마다 그 전 프레임(n-1 번째 프레임)의 교정치에 영향을 받지 않도록 전력 교정치를 초기화 한다. n-1 번째 프레임에서 시도한 데이터 전송에 대해 성공한 확률을 기준으로 n번째 프레임의 전력 교정치를 결정한다.

매 프레임 마다 시도하는 전력 교정치의 초기화는 다음과 같다.

$$\text{Offset\_SS}_{perSS} = 0\text{dB} \quad (5)$$

단말기가 전송오류메시지(Nack)를 수신시 단말기의 전력은 다음과 같이 교정된다. 여기서, UP\_STEP은 단말기 전력의 상향 계단값이다.

$$\text{Offset\_SS}_{perSS} = \text{Offset\_SS}_{perSS} + \text{UP\_STEP} \quad (6)$$

단말기가 전송성공메시지(Ack)를 수신시 단말기의 전력은 다음과 같이 교정된다. 여기서, DOWN\_STEP은 단말기 전력의 하향 계단값이다.

$$\text{Offset\_SS}_{perSS} = \text{Offset\_SS}_{perSS} - \text{DOWN\_STEP} \quad (7)$$

전력 제어의 상/하향 계단값에 따라 결정되지만 이를 일정 범위 안에서 수용하기 위하여 전력 교정치의 최소값(Lower Bound)과 최대값(Upper Bound)의 제한을 둔다.

### 3.3 상/하향 계단값 결정

상/하향 계단값의 결정에 있어서 상/하향 계단 크기를 같게 설정하는 대칭 방법과 목표오류율 과 Upper Bound 를 고려하여 상/하향 계단 값을 다르게 결정하는 비대칭 방법이 있다. 이 논문에서는 대칭 방법으로 2dB, 4dB, 10dB, 20dB 실험하고 비대칭 상/하향 계단값 설정 방법을 제안하여 대칭 방법 과 실험 결과를 비교한다.

비대칭 상/하향 계단값 설정은 다음의 식에서 N 과 Upper Bound, ε<sub>1</sub>, ε<sub>2</sub> 가 주어질 때 두 개의 이원 일차방정식을 계산하여 결정할 것을 제안한다.

$$\begin{aligned} \text{UP\_STEP} \cdot \epsilon_1 \cdot N + \\ \text{DOWN\_STEP} \cdot (1 - \epsilon_1) \cdot N = 0 \end{aligned} \quad (8)$$

$$\begin{aligned} \text{UP\_STEP} \cdot \epsilon_2 \cdot N - \\ \text{DOWN\_STEP} \cdot (1 - \epsilon_2) \cdot N = \text{Upper Bound} \end{aligned} \quad (9)$$

여기서, N은 n-1 번째 프레임에서 단말에 할당되는 부 채널 수, ε<sub>1</sub> (0.0 ~ 1.0)은 시스템의 목표 오류율(target packet error rate)을 의미하는 상수이다. 목표 오류율은 데이터의 전송이 시작되어 일정 시간이 지나면 데이터의 전송 성공률이 일정하게 수렴하게 되는데 이 수렴목표를 결정하는 시스템

상수이다.  $\epsilon_2$  (0.0 ~ 1.0)는 한계전력 오류율을 의미하는 상수로써 n-1 번째 프레임에서 전송된 데이터들이  $\epsilon_2$  이상의 오류율을 나타내면 n번째 프레임의 전송 전력 결정시 Upper Bound를 결정하도록 유도한다. 수식 (8),(9)을 토대로 정리한 상/하향 계단값은 표1 과 같다. 여기서 Alloc(N) 은 단말 당 할당 부채널 수, UP STEP은 상향 계단값, DN STEP은 하향 계단값,  $\epsilon_1$  은 목표 오류율,  $\epsilon_2$  는 한계 전력 오류율을 의미한다.

표 1.  $\epsilon_1 = 0.1$  혹은 0.01 이고  $\epsilon_2 = 0.7$  일 때 할당 부채널 수에 따른 비대칭 상/하향 계단 값

(단위 : dB)

$\epsilon_2$	0.7			
	0.1		0.01	
$\epsilon_1$	UP STEP	DN STEP	UP STEP	DN STEP
1	13.636	1.515	14.224	0.144
2	6.818	0.758	7.112	0.072
3	4.545	0.505	4.741	0.048
4	3.409	0.379	3.556	0.036
5	2.727	0.303	2.845	0.029
6	2.273	0.253	2.371	0.024
7	1.948	0.216	2.032	0.021
8	1.705	0.189	1.778	0.018
9	1.515	0.168	1.580	0.016

### 3.4 잡음 간섭 적응 알고리즘

수식 (4) 에 의한 개방형 전력 제어는 잡음간섭에 따라 전력 할당을 달리한다. 이는 상시적으로 변화하는 잡음간섭의 예측을 보다 정확하게 할 필요가 있음을 의미한다. 본 논문에서는 정확한 잡음간섭 예측을 위해 잡음간섭을 상/하향 조절을 하는 알고리즘을 아래와 같이 제시한다.

#### 3.4.1 상향 잡음간섭 적응 알고리즘

$$\text{If } \text{Offset\_SS}_{\text{perSS}} = \text{UpperBound} \\ \text{then } \Delta NI = \frac{P_{\text{max}} - P_{\text{curr}}}{2} \text{ and update } NI = NI + \Delta NI. \quad (10)$$

여기서,  $P_{\text{max}}$ 는 단말이 송신할 수 있는 최대 전력,  $P_{\text{curr}}$ 은 바로 전 프레임에서 단말에 할당된 전력, Upper Bound 는 시스템 파라미터로써 전력 고정치의 최대값, NI는 부 반송파당 기대되는 노이즈와 간섭의 평균 전력이다.

위의 알고리즘에서 보여주듯 Offset\_SS\_perSS가 Upper Bound 와 같아진다는 의미는 바로 전 프레임을 통해 전송된 패킷들의 상당수가 실패했음을

뜻하고 잡음간섭의 예측이 잘못되었음을 알려주어 잡음간섭 적응값을 갱신하도록 한다.

#### 3.4.2 하향 잡음간섭 적응 알고리즘

전송이 성공하는 프레임들이 목표오류율 보다 좋은 결과를 보인다는 것은 잡음 간섭을 지나치게 높게 잡아 필요이상의 전력 할당이 되고 있음을 의미하므로 잡음간섭을 하향 조정하도록 한다.

$$\text{If } S_c > S_M \\ \text{then } \Delta NI = \frac{P_{\text{curr}}}{2} \text{ and update } NI = NI - \Delta NI. \quad (11)$$

여기서,  $S_c$  는 연속적으로 전송 성공한 프레임의 현재 누적수를 의미하고,  $S_M$ 은 최대 연속 성공 프레임의 수이다.  $S_M$ 은 목표 오류율에 의존적으로 수식 (12)과 같이 구할 수 있다.

$$\frac{N_u}{S_M + N_u} \leq \epsilon_1 \quad (12)$$

$N_u$ 는 상향 계단값이 누적되어 Upper Bound 이 상이 되는 프레임 당 오류 부 채널수를 의미한다.  $\epsilon_1$  과 수식 (12)을 만족 하는  $S_M$ 을 구하면 표 2와 같다.

표 2. NI 갱신 주기를 위한 SM

$\epsilon_1$	0.1		0.01	
Alloc(N)	3	9	3	9
$N_u$	3	7	3	7
SM	27	63	297	693

## IV. 실험 결과

### 4.1 와이브로 상향링크 시스템 레벨 시뮬레이션

본 논문을 위한 시스템 레벨 시뮬레이션은 그림 2와 같은 순서로 진행된다. 먼저 초기화 과정으로 셀룰러 방식의 19개의 육각셀, 3 섹터를 디자인 한 후 섹터내의 단말을 임의의 위치에 발생하여 무선 환경과 기타 전송 환경을 초기화 한다. 플로우 차트 안에서 한 번의 루프가 진행 될 때 마다 한 번의 프레임이 진행됨을 의미한다. 매 프레임이 진행될 때마다 무선 환경 갱신, 자원할당 및 데이터전송 과정을 거친 후 구해진 프레임 당 전송오류 정도에 따라서 개방형 전력제어를 한다. 각 단말들은 일정 데이터 이상 전송을 완료하거나 Outage 가 발생한 경

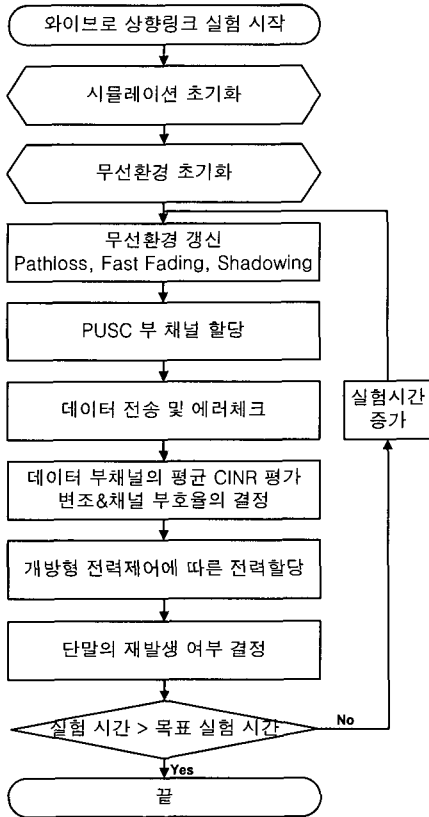


그림 2. 와이브로 상향링크 시스템 레벨 시뮬레이션 플로우 차트

우 심사를 거쳐 단말이 속했던 섹터안의임의의 다른 위치에서 재 발생 된 후 실험을 계속한다. 이는 단말이 초기에 발생한 위치에 따라 실험결과가 편향되는 것을 방지하기 위한 조치이다.

PUSC 채널은 시간 축으로 3개의 심볼과 주파수 축으로 (4 × 6) 부 반송파로 구성되어 있다. 본 논문의 실험에서는 PUSC 채널에 9개의 심볼을 할당하여 실험하였다.

실험 시 단말의 최대 전력은 200mW로 제한 한다. PUSC 부 채널에는 파일럿 부 반송파와 데이터 부 반송파가 있는데 본 실험에서는 파일럿 부 반송파에서 소요되는 전력을 제외하기 때문에 데이터 부 반송파에서 사용 가능한 최대 전력은 약 114mW 이다.

#### 4.2 실험 결과

다음은 이 논문에서 제시한 알고리즘을 수행하여 실험한 결과 그래프이다. 결론을 도출하기 위해 실험한 알고리즘의 종류는 다음과 같다.

표 3. 실험이 수행 된 알고리즘 종류

인덱스	설명
NA	논문에서 제시한 잡음간섭 적응을 수행하지 않음(Not Adaption), 2dB 의 상/하향 대칭 계단값을 적용.
S_2 dB	논문에서 제시한 잡음간섭 적응 수행, 2dB 의 상/하향 대칭 계단값 적용
S_4 dB	논문에서 제시한 잡음간섭 적응 수행, 4dB 의 상/하향 대칭 계단값 적용
S_10 dB	논문에서 제시한 잡음간섭 적응 수행, 10dB 의 상/하향 대칭 계단값 적용
S_20 dB	논문에서 제시한 잡음간섭 적응 수행, 20dB 의 상/하향 대칭 계단값 적용
Asym	논문에서 제시한 잡음간섭 적응 수행, 논문에서 제시한 비대칭 계단값 적용

표 4. 그림 3의 시스템 파라미터 케이스 정리

X 좌표	설명
Case1	Upper Bound 10 dB, 단말 당 매 프레임 할당된 서브채널의 수 3
Case2	Upper Bound 20 dB, 단말 당 매 프레임 할당된 서브채널의 수 3
Case3	Upper Bound 10 dB, 단말 당 매 프레임 할당된 서브채널의 수 9
Case4	Upper Bound 20 dB, 단말 당 매 프레임 할당된 서브채널의 수 9

그림 3은 대칭 계단값과 비대칭 계단값을 여러 시스템 파라미터를 기준으로 섹터 처리율을 구한 그래프이다. 그림 3의 x 축을 기준으로 매겨진 시스템 파라미터의 케이스 정리는 다음과 같다.

그림 3의 그래프에서는 부분적으로 대칭 계단값이 비대칭 계단값에 비해 높은 섹터 처리율을 보이기도 하나 대부분의 경우에서 시스템 파라미터에 의존적으로 전력 계단값을 조정하는 비대칭 계단값이 높은 섹터 처리율을 보인다.

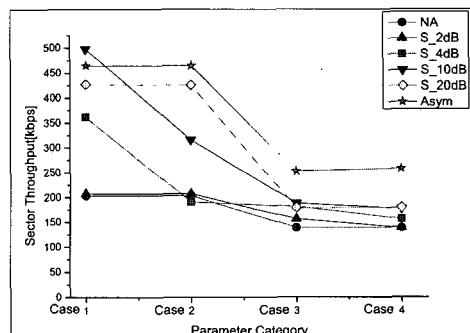
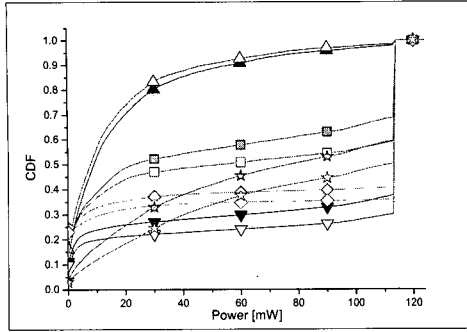
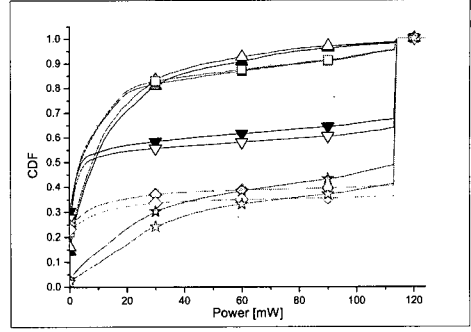


그림 3. 시스템 파라미터에 따라 변화하는 대칭/비대칭 계단 값 알고리즘의 섹터 처리율



S\_2dB: ▲ 3Km/h, △ 60Km/h, S\_4dB: □ 3Km/h, □ 60Km/h  
 S\_10dB: ▼ 3Km/h, ▽ 60Km/h, S\_20dB: ◇ 3Km/h, ◇ 60Km/h  
 Asym: ☆ 3Km/h, ☆ 60Km/h

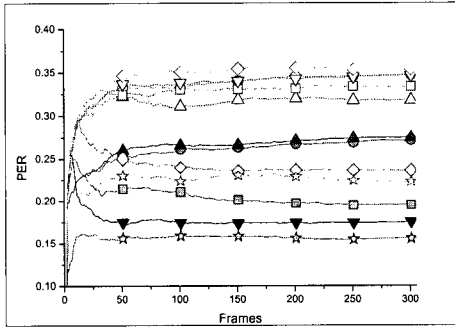


S\_2dB: ▲ 3Km/h, △ 60Km/h, S\_4dB: □ 3Km/h, □ 60Km/h  
 S\_10dB: ▼ 3Km/h, ▽ 60Km/h, S\_20dB: ◇ 3Km/h, ◇ 60Km/h  
 Asym: ☆ 3Km/h, ☆ 60Km/h

(a) Target PER 10%, Alloc 3, Upper Bound 10 dB

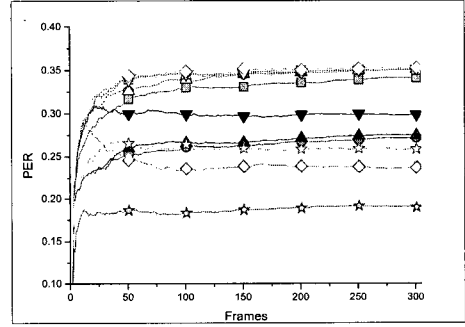
(b) Target PER 10%, Alloc 3, Upper Bound 20 dB

그림 4. 전력 소모 CDF



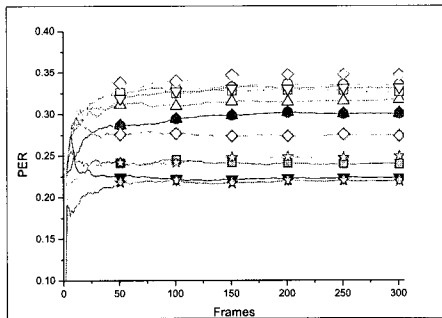
NA: ○ A3, ○ A9, S\_2dB: ▲ A3, △ A9  
 S\_4dB: □ A3, □ A9, S\_10dB: ▼ A3, ▽ A9  
 S\_20dB: ◇ A3, ◇ A9, Asym: ☆ A3, ☆ A9

(a) Target PER 10%, User SPD 3Km/h Upper Bound 10 dB



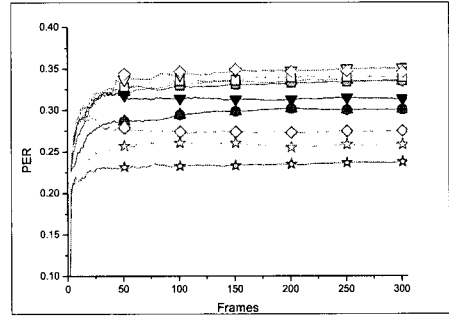
NA: ○ A3, ○ A9, S\_2dB: ▲ A3, △ A9  
 S\_4dB: □ A3, □ A9, S\_10dB: ▼ A3, ▽ A9  
 S\_20dB: ◇ A3, ◇ A9, Asym: ☆ A3, ☆ A9

(b) Target PER 10%, User SPD 3Km/h Upper Bound 20 dB



NA: ○ A3, ○ A9, S\_2dB: ▲ A3, △ A9  
 S\_4dB: □ A3, □ A9, S\_10dB: ▼ A3, ▽ A9  
 S\_20dB: ◇ A3, ◇ A9, Asym: ☆ A3, ☆ A9

(c) Target PER 10%, User SPD 60Km/h Upper Bound 10 dB



NA: ○ A3, ○ A9, S\_2dB: ▲ A3, △ A9  
 S\_4dB: □ A3, □ A9, S\_10dB: ▼ A3, ▽ A9  
 S\_20dB: ◇ A3, ◇ A9, Asym: ☆ A3, ☆ A9

(d) Target PER 10%, User Speed 60Km/h Upper Bound 20 dB

그림 5. 대칭/비대칭 계단값 알고리즘의 PER 수렴도

그림 4는 목표 오류율 10%, 각 단말당 매 프레임 할당된 부채널 수가 3개, Upper Bound 10dB와 20dB, 일 때 단말의 이동속도 (3, 60Km/h)에 따른 전력 소모 CDF를 나타내었다. 실험에 사용된 알고리즘의 종류는 표 3을 참조한다. 전체적으로 섹터 처리율이 낮았던 경우에서 전력의 사용 역시 낮은 것으로 나타난다. 하지만 20dB 대칭 계단값의 경우 비대칭 계단값에 비해 적지 않은 전력을 사용하였지만 비대칭 계단값의 경우가 높은 섹터 처리율을 보여 주고 있다.(CDF의 그래프가 114mW 부분에서 급격하게 올라가는 것은 그 부분이 데이터 부반송파에 할당되는 최대 전력이고 단말의 초기 전력은 최대 전력을 할당하고 Upper Bound에 의해 최대전력으로 전송하는 경우가 발생한다)

그림 5는 목표 오류율 10%, Upper Bound 10dB와 20dB, 단말의 이동속도가 3Km/h와 60Km/h 일 때 단말에 할당되는 부채널의 수에 따른 섹터 오류율의 수렴 정도를 나타낸다. 실험에 사용된 알고리즘의 종류는 표 3을 참조하고 A3은 각 단말 당 매 프레임 할당된 부채널 수가 3개, A9는 각 단말 당 매 프레임 할당된 부채널 수가 9 를 의미한다. A3 보다 A9가 전체적으로 오류율이 높게 나오는 것은 단말에서 가용전력을 나누어 사용하여야 하는 부채널들이 많아져서 상대적으로 각 부반송파에 할당되는 전력이 적어지기 때문이다. 단말의 이동속도가 3Km/h 의 경우에는 대칭 계단값에 비해 비대칭 계단값이 더 낮은 오류율을 보이나 단말의 이동속도가 60Km/h 로 빨라진다면 개방형 전력제어 방법으로는 빠른 페이딩을 보정하기가 어려워 저서 대칭/비대칭에 계단값에 따른 오류율의 차이가 줄어든다.

### V. 결론

와이브로의 상향링크의 경우 개방형 전력제어에 대한 알고리즘은 제시되었지만 알고리즘의 각 파라미터를 결정하는 방법이나 범위에 대해서는 충분한 검토가 되어 있지 않다. 이 논문에서는 개방형 전력제어에서 검토할 수 있는 단말의 전력 조정값을 대칭적으로 할 경우 어느 정도의 간격 크기로 할 것인지 혹은 비대칭으로 할 경우 어떠한 기준으로 간격 크기를 결정할 것인지에 대하여 방법을 제시하고 실험 결과를 도출하였다.

본 논문의 결과 대체적으로 소모하는 전력 크기가 클수록 섹터처리율도 높게 나오는 것을 알 수

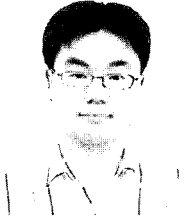
있으나 시스템 파라미터가 변화함에 따라서 계단값 역시 변화되어야만 높은 섹터 처리율을 유지 할 수 있음을 보여 준다. 논문에서 제시한 비대칭 계단값의 경우 시스템 파라미터에 따라 적절한 상/하향 계단값을 제시함으로써 각각의 시스템 파라미터 조합에서 높은 섹터 처리율을 보일 뿐 아니라 오류율에 있어서도 대칭형 계단값에 비해 낮은 수치가 나타나고 있음을 보여준다.

### 참고 문헌

- [1] 3rd Generation Partnership Project 2(3GPP2) "cdma2000 high Rate Packet Data Air Interface Specification", Technical Report C.S20024 v2.0 Oct. 2000.
- [2] 3rd Generation Partnership Project 2(3GPP2) "cdma2000 Evaluation Methodology Revision 0", Technical Report C.R1002-0 v1.0 Dec. 2004.
- [3] P802.16e/D7, "Amendment for Physical and Medium Access Control Layers for Combined Fixed and Mobile Operation in Licensed Bands", IEEE 802.16 Apr. 2005 Session.
- [4] "Specifications for 2.3GHz band Portable Internet Service -Physical & Medium Access Control Layer-", TTAS.KO-06.00xx Jun. 2005.
- [5] Recommendation ITU-R M.1225, Guidelines for Evaluation of Radio Transmission Technologies for IMT-2000, 1997.
- [6] Recommendation ITU-R P.1057, Probability Distributions Relevant to Radiowave Propagation Modeling, 1994
- [7] Matthias Patzold, *Mobile Fading Channels*, JOHN WILEY, pp.58-60, 2002

국 현 (Hyun Guk)

준회원



2005년 2월 한양대학교 전자컴퓨터공학부 졸업

2005년 3월~2007년 2월 한양대학교 전자전기제어계측공학과 석사졸업

2007년 2월~현재 HFR, Inc Multimedia 사업본부 연구원

<관심분야> WiBro, System Level Simulator

김 동 우 (Dongwoo Kim)

정회원



1994년 8월 한국과학기술원 공학박사

1994년 7월~2000년 2월 신세기 통신 R&D 센터 선임과장

2000년 3월~2004년 4월 한양대학교 전자컴퓨터공학부 조교수

2004년 3월~현재 한양대학교 전자컴퓨터공학부 부교수

<관심분야> Multi-user MIMO, Cognitive radio transmission

김 중 빈 (Jung-Bin Kim)

정회원



2004년 2월 한양대학교 전자컴퓨터공학부 졸업

2006년 2월 한양대학교 전자전기제어계측공학과 석사졸업

2006년 2월~현재 한양대학교 전자전기제어계측공학과 박사과정

<관심분야> Cooperative system

with multi-node, Multi-user MIMO