

# 상향링크 Symbol의 Pilot 제어를 적용한 Wibro 시스템의 전력소비량 분석

## Power Consumption Analysis of the Wibro System Using Pilot Control of Uplink Symbol

최정훈\*, 김 남\*\*, 남창섭\*\*\*

충북대학교 정보통신공학과\*, 충북대학교 전기전자컴퓨터공학부\*\*, KT\*\*\*

Jung-Hun Choi(jhchoi@osp.chungbuk.ac.kr)\*, Nam Kim(namkim@cbnu.ac.kr)\*\*,  
Chang-Sup Nam(csnam@kt.co.kr)\*\*\*

### 요약

본 논문에서는 휴대인터넷 단말기의 전력소모를 최소화하여 Wibro 서비스를 제공받은 단말기의 사용 시간을 증가 시킬 수 있는 방안을 제안한다. 이에 Wibro 시스템의 전력소비량을 분석하였고 분석된 결과를 바탕으로 전력소모량을 감소시킬 수 있는 방안을 제시하였다. 제안된 시스템은 Symbol의 pilot 수를 제어하여 단말기의 전력소모를 개선하는 방법으로 시뮬레이션을 통하여 성능을 분석하였다. 성능분석결과 제안된 방식을 사용하면 pilot수를 일정하게 보내는 기존의 시스템에 비하여 Symbol 당 pilot 수가 10% 감소하면 0.48dBm, 20% 감소하면 0.95dBm의 CINR을 감소시켜 단말기의 전력소비량을 감소시킬 수 있는 것으로 분석되었다.

■ 중심어 : | 휴대인터넷 | 개루프전력제어 | 페루프전력제어 |

### Abstract

In this paper, proposed the method to increase the battery life of the Wibro terminal by reducing its power consumption. The amount of power consumption was analysed. And as the results, it is shown that the suggested method can be reduced the power consumption. The performance of the proposed system, which control the number of pilot of symbol, analysed by the simulation. It is shown that the power consumption of the terminal can be reduced by the reduction of the CINR for the percentage of pilot per symbol, as 0.48 dBm for 10% and 0.95 dBm for 20%, which can be accomplished by changing the current system of having the fixed number of pilot.

■ keyword : | Wibro | Openloop Power Control | Closeloop Power Control |

## 1. 서 론

휴대인터넷은 이동전화 서비스와 초고속인터넷 서비스가 활성화되면서, 각 서비스의 장점인 이동성과 고

속데이터 전송을 결합하여 서비스에 대한 사용자의 요구를 충족시키고 현재 포화상태에 다다르고 있는 통신 서비스의 새로운 수익원을 창출하자는 취지에서 제안되어졌다[1]. 기존의 이동전화를 이용한 무선인터넷 서비

스는 이동성이 보장되는 대신 전송속도가 낮고 이용 요금이 비싼 반면, 무선LAN 서비스는 고속의 데이터 전송 속도를 제공하지만 이동성의 보장이 낮으며 기지국 환경이 좁아 자유로운 인터넷서비스의 이용이 되지 않는다[2]. 이러한 두 서비스의 단점을 보완하고자 기존 서비스의 장점만을 결합하여 이동 중에도 언제, 어디서나 저렴한 이용료로 고속의 데이터 서비스를 사용할 수 있는 휴대인터넷이 2002년부터 표준화 작업에 들어가면서 HPI(High-speed Portable Internet)로 정립되었고 현재는 IEEE 802.16e 워킹 그룹을 통하여 국제적인 표준으로 잡고자 전자통신연구원(ETRI)과 삼성전자가 주축이 되어 통신사업자들과 함께 Wibro(Wireless broadband)의 개발을 진행하고 있다[3-5]. 이러한 국제 표준화 작업과 함께 국내의 기술표준화 작업은 한국정보통신기술협회(TTA)에서 2004년 4월 공개한 “2.3GHz 휴대 인터넷 표준 PHY(안)”이 6월초 한국정보통신기술협회 조정 위원회에서 통과되면서 6월말 기술 위원회 및 표준 총회에서 최종 결정되어 순조로운 진행을 하고 있다[6][7]. 이렇듯, 휴대인터넷에 대한 관심이 고조되면서 국제 규격을 기반으로 국내 표준화가 이루어지고 기술적인 표준도 진행되어지는 가운데 향후 휴대인터넷 보급 확대를 위해서는 휴대인터넷 단말기의 전력 절약 제어와 관련하여 많은 연구가 진행 되어야 할 것이다[8][9]. 휴대인터넷 서비스 사용에 있어서 단말기의 전력 절약 제어는 언제, 어디서나 인터넷 서비스를 접속하고 자유로운 이동을 보장하는데 있어서 가장 중요한 문제로 부각되기 때문이다. 휴대인터넷 서비스는 향후 사용자의 편의 제공에 초점을 두고 발전을 하면서 기존의 유무선 망과의 연동이나 CDMA(Code Division Multiple Access), WLAN(Wireless LAN), DMB(Digital Multimedia Broadcasting) 등의 연동으로 진보할 것으로 예상되면서 휴대인터넷의 변화는 다양한 멀티미디어의 제공으로 음성, 데이터, 영상 등을 융합한 멀티모드 복합단말기로 개발될 것이며 단말기의 전력 절약 제어는 더욱 중요한 논점으로 대두될 것이다. 이에 본 연구에서는 현재까지 진행 되어온 휴대인터넷 서비스의 표준화를 바탕으로 Wibro의 구현을 위한 TDD(Time Division Duplex), 다중 접속 기술, 변복조 및 부호화 방식, 이동성 지원, 서비

스 품질, 시스템 기술, MAC(Media Access Control), Smart Antenna, MIMO(Multi-input Multi-output) 등의 핵심 요소 기술들과 더불어 중요한 사안으로 대두되어질 휴대인터넷 단말의 전력 절약에 대하여 살펴볼 것이다. 또한 휴대인터넷 단말의 전력 절약을 위하여 단말기 전력소모의 많은 부분을 차지하는 상향링크(Downlink)를 분석하고 새로운 방식을 제안함으로써 전력소모를 개선할 수 있는 방안을 연구할 것이다. 이로 인한 연구 성과는 실제적으로 휴대 인터넷 서비스를 이용하고자 하는 가입자 단말기의 전력소모를 줄임으로써 가입자의 휴대 인터넷 서비스에 대한 친화성을 고양하고 휴대인터넷 서비스가 목표로 하는 QoS(Quality of Service)를 만족시킬 것으로 예상된다.

## II. Wibro 전력 제어

Wibro 시스템은 기존의 셀룰러 이동통신, 무선 ATM, Wireless LAN 등과 같이 다수의 사용자를 위한 다중 액세스 방식이 적용되며[10], 패킷 전송을 목적으로 하는 시스템으로 PUSC를 사용하여 데이터 symbol에 pilot을 심어 전송하고[11], 무선통신 시스템은 상향과 하향의 듀플렉스 방식을 적용한 TDD(Time Division Duplexing)를 적용하는 것이 유리하다. 이에 Wibro 시스템은 다중접속 방식으로는 OFDMA 방식을 사용하였고, 상/하향 비대칭 특성을 가지는 데이터 트래픽을 효율적으로 처리하기 위해 TDD 방식을 사용한다[12]. 그리고 데이터의 선택적인 수신을 통하여 단말기의 전력소모를 감소시키고 레인징(Ranging) 기능을 사용하여 상향링크의 TX 전력레벨 및 오프셋 등을 유지할 수 있도록 한다. 본 장에서는 이와 같은 특성으로 상/하향 burst를 전송하는 Wibro 시스템의 개방루프 전력 제어와 폐루프 전력제어 방식에 대하여 기술할 것이다 [13][14].

### 1. 개방 루프 전력 제어

Wibro는 개방 루프 전력 제어를 지원한다. 이것은 단말기가 burst를 전송하기 위하여 계획된 UL(Uplink) 송

신전력을 조정함으로써 단말기의 전력제어를 결정하는데 사용된다. Wibro 단말기는 송신전력의 결정을 위하여 UL 전파경로감쇠의 추정치 및 기지국에서 보내오는 수신 CINR(Carrier to Interference and Noise Ratio)을 사용한다. 단말기는 CINR을 통하여 현재 수신되어지는 신호의 간섭 및 잡음 수준을 알 수 있다. 이러한 부분은 모든 상향 링크 버스트에 적용되며 단말이 상향 버스트의 송신전력을 결정한다. 식 (1)은 상향 버스트의 부반송과 당 전력을 결정하는 식이다.

$$P(\text{dBm}) = L + \text{CINR} - 10 \log(R) + \text{Offset} - S_{\text{perSS}} + \text{Offset} - BS_{\text{perSS}} \quad (1)$$

여기서

P : 현재의 전송에 대한 부반송과 당 TX 전원 레벨

L : 예상되는 현재의 UL 전파 손실

CINR : 현재의 전송에 대한 변조/FEC Rate의 정규화된 C/N

R : 변조/FEC Rate에 대한 반복 횟수

NI : 기지국에서 부반송과 당 소음 및 간섭이 예상되는 평균 전원 레벨

Offset - S<sub>perSS</sub> : 단말 지정 전원 오프셋에 대한 교정 기간으로 단말기를 통하여 제어된다.(초기값은 0)

Offset - BS<sub>perSS</sub> : 단말 지정 전원 오프셋에 대한 교정 기간으로 기지국을 통하여 제어된다.(초기값은 0)

식 (1)에서 CINR 값은 부호패킷의 크기와 부채널의 할당 수에 따라 변화하는데 개루프 전력제어에서는 QPSK와 16QAM, 64QAM의 변조방식이 지원된다. 부호패킷 크기와 부채널 할당수가 주어질 때 변조방식의 적용은 MPR(Modulation order Product code Rate)값에 의하여 결정되는데 MPR은 식 (2)와 같이 정의할 수 있다.

$$MPR = \frac{\text{부호 패킷 크기}}{48 \times \text{할당된 부채널 수}} \quad (2)$$

계산되어진 MPR 값은 0 < MPR < 1.5일 경우 QPSK(변조 지수 2)를 사용하고 1.5 < MPR < 3.4일 경

우 16QAM(변조 지수 4)을 사용하며, 3.0 < MPR < 5.4일 경우 64QAM(변조 지수 6)을 사용한다. 식 (1)의 Offset - S<sub>perSS</sub>는 결정된 MPR의 범위 내에서 다음과 같이 조정될 수 있다.

$$\text{Offset} - \text{Boundlower} \leq \text{Offset} - S_{\text{perSS}} \leq \text{Offset} - \text{Boundupper} \quad (3)$$

식 (3)에서 Offset - Boundupper는 Offset - S<sub>perSS</sub>의 상한 값을 의미하며, Offset - Boundlower은 Offset - S<sub>perSS</sub>의 하한 값을 나타낸다.

## 2. 페루프 전력 제어

Wibro는 페루프 전력제어를 지원한다. 페루프 전력제어는 기지국에서 단말의 송신 전력을 제어하는 방식으로서 Wibro 서비스 중 이동국의 출력을 기지국이 수신 가능한 최소 전력이 되도록 함으로써 기지국 역방향 서비스 용량을 최대화시키는 역할을 한다. 페루프 전력 제어에서 기지국은 모든 UL burst를 수신할 때 마다 수신 CINR을 추정하며, 식 (4)을 이용하여 CINR의 대비차를 계산한다.

$$\Delta P = \begin{cases} \text{CINR}_{\text{req}} - \text{CINR}_{\text{UL}} + \text{CINR}_{\text{new}} - \text{CINR}_{\text{last}} \\ \text{CINR}_{\text{req}} - \text{CINR}_{\text{UL}} \end{cases} \quad (4)$$

여기서

CINRreq : CINR 을 측정할 UL burst에서 필요로 하는 수신 CINR의 기준 값

CINRUL : 수신된 UL burst의 수신 CINR로 반복부호가 사용되었을 경우 combining 된 신호의 CINR

CINRnew : 다음 할당의 UL data burst에서 필요로 하는 수신 CINR의 기준 값

CINRlast : 가장 최근에 기지국에서 수신한 UL data burst에서 필요로 하는 수신 CINR의 기준 값(단, CDMA Ranging 직후일 경우 CDMA ranging이 필요로 하는 수신

CINR의 기준 값임)

또한, 기지국은  $\Delta P$ 의 값 및  $\Delta P$ 를 추정한 UL burst의 종류에 따라 선택적으로  $\Delta P_i$ 를 전력제어 명령을 통해 단말에게 전달한다. 단말은 이를 반영하여 다음과 같이 UL data burst의 반송파당 송신전력을 결정한다.

$$P(dBm) = \max(P_{last} + \sum_k \Delta P_i, P_{UL MAX}) \quad (5)$$

여기서

$P_{last}$  : 가장 최근의 UL data burst (또는 CDMA ranging)전송에 사용한 반송파당 송신전력

$\sum_k \Delta P_i$  : 가장 최근의 UL data burst (또는 CDMA ranging)전송 이후의 전력제어 명령의 총합 (k = I ∈ (since the last transmission))

$P_{UL MAX}$  : 단말의 최대 전송 전력

식 (5)에서는  $P_{last}$ 와  $\sum_k \Delta P_i$ 를 결정하기 위하여 UTUC(Uplink Interval usage Code)를 사용하며, UTUC 및 ACK 채널에 대해서는 다음과 같은 개방 루프 전력 제어를 적용한다.

$$P_{new} = \max(P_{last} + (CINR_{new} - CINR_{last}) - 10(\log_{10}(\frac{R_{new}}{R_{last}})) + \sum_k \Delta P_i, P_{UL MAX}) \quad (6)$$

여기서, R은 UL burst의 반복 횟수를 의미하는 것이며, 개방 루프 전력 제어를 사용하는 이유는 제어채널에 UL data burst가 동시에 전송될 경우 각 제어 채널에 대한 개별적인 전력제어를 하기 위한 것이다. 식 (6)에서 CINR 값은 부호패킷의 크기와 부채널의 할당 수에 따라 변화하는데 변조방식으로는 QPSK, 16QAM, 64QAM이 지원되며, 부호패킷 크기와 부채널 할당수가 주어질 때 변조방식의 적용은 MPR값에 의하여 결정하고 MPR을 구하는 식은 식 (2)와 같다.

### III. 변조 방식에 따른 Wibro 시스템의 전력 소비량 분석

본 논문의 2장에서는 Wibro 시스템의 개방루프 전력 제어와 페루프 전력제어가 CINR을 사용하여 전력레벨을 결정하며, CINR은 부채널의 수와 부호 패킷의 크기에 의하여 변경되는 것에 대하여 기술하였다. 3장에서는 이와 같이 Wibro 시스템의 전력제어에 많은 영향을 미치는 CINR이 변조방식에 따라 어떻게 변화하는지를 분석할 것이다.

Wibro 서비스에서 단말기 전력소모에 대한 부분만을 살펴보면 Wibro 서비스 중 단말기 전력소모의 대부분은 상향링크에 의해서 소비되고 하향링크에서는 적은 전력소모를 보이는데, 이번 절에서는 이러한 부분을 고려하여 상향링크의 전력소비량이 변조방식 및 데이터 용량에 따라 어떻게 변화하는지를 살펴보고 어느 정도의 전력소모를 요구하는지를 알아 볼 것이다. 시뮬레이션은 휴대인터넷 상향링크에서 사용하는 QPSK와 16QAM 그리고 64QAM에 대해 MathCAD를 이용하여 실시하였고, 시뮬레이션에 사용된 파라미터들은 IEEE 802.16REVd/D5에 명시되어 있는 값을 사용하였으며, 안테나 이득이나 휴대인터넷에 사용되는 디스플레이의 전력 소모 및 CPU 사용에 대한 전력소모는 고려하지 않았다. [표 1]은 휴대인터넷의 일반적인 시스템 파라미터를 나타낸 것이다.

표 1. System Parameter

Parameter	Value
System bandwidth	10MHz
Sampling frequency	10MHz
Number of used tones	864 out of 1024
Number of data tones	768
Number of pilot tones	96
Tone spacing	9.7465625 kHz
Signal bandwidth	8.447MHz
Basic OFDMA system time	102.4us
Cyclic prefix time	12.8us
OFDMA symbol time	115.2us
TDD frame length	5ms
Number of symbol in a frame	42
TTG+RTG	87.2us+74.4us

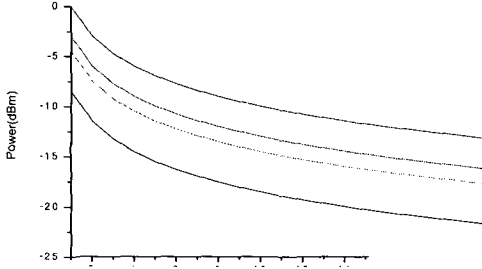


그림 1. QPSK를 적용할 경우 송신전력에 따른 CINR 증가량

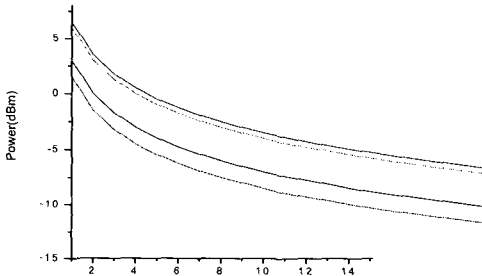


그림 2. 16QAM를 적용할 경우 송신전력에 따른 CINR 증가량

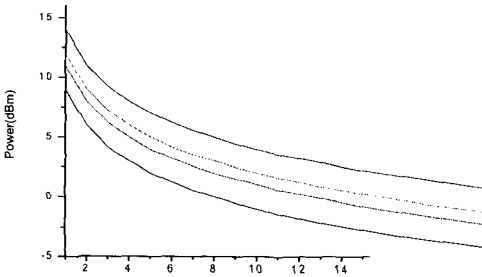


그림 3. 64QAM를 적용할 경우 송신전력에 따른 CINR 증가량

[그림 1][그림 2][그림 3]은 QPSK, 16QAM, 64QAM의 변조방식을 각각 사용할 경우 송신전력에 대한 CINR의 변화를 시뮬레이션 한 결과이다. forward error correction에 따른 전력 소모량을 분석하여 보면, QPSK는 1/3인 경우 가장 낮은 전력 소모를 보이고 3/4일 경우 가장 높은 전력 소모를 보이는 것으로 분석되었으며, 16QAM은 2/3에서 가장 낮은 전력 소모를 보이고 5/6일 경우 가장 높은 전력 소모를 보였으며, 64QAM에서는

1/2일 때 전력 소모가 가장 낮고 5/6일 경우 가장 높은 전력 소모를 보이는 것으로 분석되었다. 또한 송신전력량을 기준으로 볼 때 QPSK는 -10dBm에서 QPSK 1/3은 1.6dB, QPSK 1/2은 5dB, QPSK 2/3은 3.8dB, QPSK 3/4는 10dB로 CINR이 증가하는 것으로 나타났으며, 16QAM은 -2.5dBm에서 16QAM 1/2은 3.8dB, 16QAM 2/3은 2.7dB, 16QAM 3/4은 7.1dB, 16QAM 5/6는 8dB로 나타났고, 64QAM은 5dBm에서 64QAM 1/2은 2.7dB, 64QAM 2/3은 4dB, 64QAM 3/4은 5dB, 64QAM 5/6는 8dB로 CINR이 증가하는 것으로 분석되었고, 전력 소비량은 64QAM > 16QAM > QPSK로 64QAM이 가장 높은 전력 소비를 보이는 것으로 분석되었다.

#### IV. 제안된 Wibro 시스템의 전력 소비량 분석

3장에서 전력 소비량 분석을 위한 시뮬레이션 결과를 살펴보면 상향링크에서의 전력 소비량은 CINR이 높아짐에 따라 증가하는 것으로 분석되었는데, 본 절에서는 이와 같은 시뮬레이션 결과를 바탕으로 상향링크 Symbol의 pilot을 제어하여 CINR을 감소시킴으로써 단말기의 전력을 절약하는 방안을 제안할 것이다. 제안하는 방식은 Symbol의 pilot을 전파환경에 따라 변화시킴으로써 CINR을 감소시키는 방식이다. Wibro 시스템에서는 채널 추정을 위하여 Symbol에 pilot을 포함시켜 송신하는데 일반적으로 PUSC(Partial usage of subchannels)와 OPUSC(Optional partial usage of subchannels)를 사용한다. PUSC는 Symbol 당 pilot의 수가 많아서 채널 추정은 쉽지만 pilot의 수만큼 전송할 수 있는 데이터양이 감소하는 문제점이 있으며, OPUSC는 Symbol 당 pilot의 수는 작으나 이로 인하여 채널추정이 어렵다는 문제점이 있다. 이에 본 연구에서는 PUSC와 OPUSC 동시에 사용하여 pilot을 적게 사용하면서도 채널 추정이 용이한 방법을 제안할 것이다. [그림 4]는 PUSC와 OPUSC를 결정하기 위한 순서도를 나타낸 것이다.

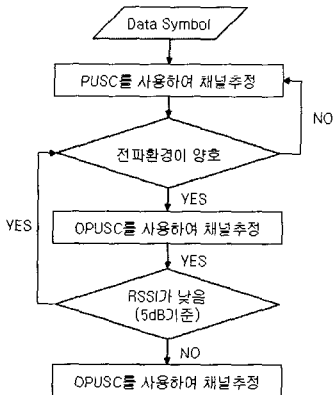


그림 4. PUSC와 OPUSC 결정 방법

[그림 4]는 처음 데이터 심볼이 들어오면 PUSC를 사용하여 채널추정을 실시한 후 최초 수신된 CINR 값에 의하여 전파환경을 파악하고 이에 따라 PUSC와 OPUSC 중 어떤 것을 사용할 것인가를 결정한 후 1/800 마다 RSSI(Receiver Signal Strength Indicator) 값을 측정하여 채널추정을 실시하는데 RSSI는 식 (7)에 의하여 결정되어진다.

$$RSSI = a(1 + f) \times N \times S + NF \times (-174dBm) \times BW \quad (7)$$

여기서  $a$ 는 수신율을 나타내며,  $f$ 는 인접 셀 잡음,  $N$ 은 사용중인 단말기 수,  $S$ 는 신호레벨,  $NF$ 는 수신 잡음을 나타내고  $BW$ 는 주파수 대역을 나타낸다.

제안하는 Wibro 시스템은 식 (7)에 의하여 얻어진 RSSI 값이 높을 경우 OPUSC를 사용하고 RSSI 값이 낮으면 전파환경을 다시 확인하여 PUSC와 OPUSC의 사용 여부를 결정하는 시스템이다. 이러한 제안 방식은 채널 상태가 나빠진 경우에는 PUSC를 사용하여 신속하게 채널 추정을 실행하고 채널 상태가 양호한 경우에는 OPUSC를 사용하여 pilot를 줄임으로서 Wibro 단말기의 전력을 절약할 수 있다. [그림 4][그림 5]는 제안한 방식을 사용할 경우의 성능을 분석한 시뮬레이션 결과이다.

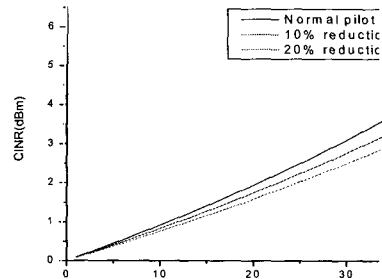


그림 5. 제안된 시스템의 Symbol pilot 증가에 따른 CINR 분석

시뮬레이션 결과를 살펴보면 Symbol 당 pilot 수가 감소함에 따라 CINR이 낮아져 전력 소비량을 감소시키는 것으로 분석되었다. Symbol 당 pilot이 40개인 부분에서 CINR의 감소값을 보면 Symbol 당 pilot의 수를 일정하게 보내는 기존의 시스템인 경우에 4.45dBm의 CINR이 발생하는 반면, Symbol 당 pilot의 수가 10% 감소하면 3.97dBm, 20% 감소하면 3.5dBm의 CINR이 발생하여 제안한 시스템을 적용할 경우 데이터 symbol의 pilot 수를 감소시켜 Wibro 시스템 단말기의 전력 소비량을 감소시킬 수 있는 것으로 분석되었다.

## V. 결론

Wibro 서비스가 성공적으로 자리 잡기 위해서는 사용자의 편의성 제공 및 양질의 서비스 품질, 기존 무선데이터 통신과의 연계성 과 같은 많은 부분이 고려되어야 하고 이와 더불어 서비스 사용시간의 연장이 요구된다. 본 논문에서는 Wibro 단말기의 Lift time를 증가시키기 위한 방안으로 상향링크 Symbol의 pilot 수를 제어함으로써 단말기의 전력 소모를 줄이는 방안을 제안하였다. 시뮬레이션 결과 연구에서 제안된 방식을 사용할 경우 pilot의 수를 일정하게 보낼 경우에 비하여 Symbol 당 pilot 수가 10% 감소하면 0.48dBm, 20%가 감소하면 0.95dBm의 CINR이 감소하여 Wibro 단말의 전력소비를 줄일 수 있는 것으로 분석되었다. 향후 제안된 방식을 Wibro 시스템에 적용할 경우 단말기의 전력소모량을 감소시킴으로서 사용시간을 증가시키는 물론 대용

량 데이터의 전송에 있어 효율적인 전력소비를 제공함으로써 Wibro 서비스의 질을 향상시킬 것으로 예상되어진다.

**참고 문헌**

[1] 전자정보센터, *휴대인터넷(2.3GHz)*, 2005(7).  
 [2] 전자정보센터, *휴대인터넷 동향*, 2004.  
 [3] 조용수, “휴대인터넷 무선접속 표준 기술”, TTA 저널 제93호, pp.43-48, 2004(6).  
 [4] <http://www.zdnet.co.kr>  
 [5] HPI System R&D Lab, *UL power control*, May, 2005.  
 [6] 전자정보센터, *해의 Broadband Wireless 서비스 제공 동향*, 2004.  
 [7] TTAS.KO-06.0082, *Specifications for 2.3GHz band Portable Internet Service*, June, 2005.  
 [8] 안지환, 정윤원, 김영진, “휴대인터넷(HPI) 시스템 기술”, 한국통신학회, 제21권, 제2호, pp.38-49, 2004(2).  
 [9] 홍대형, 강충구, 조용수, “휴대인터넷 표준화 현황”, 한국통신학회, 제21권, 제2호, pp.23-37, 2004(2).  
 [10] 이상근, 방효창, *CDMA 무선기술*, 세화출판사, 2000.  
 [11] IEEE P802.16d/D5, “Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems,” May, 2004.  
 [12] IEEE 802.13e-04/252r3, “Open loop power control for uplink,” Sept., 2004.  
 [13] IEEE P802.16-REVd/D5, *Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems*, May, 2004.  
 [14] IEEE P802.16e/D8, *Air Interface for Fixed and Mobile Broadband Wireless Access Systems*, May, 2005.

**저자 소개**

최정훈(Jung-Hun Choi)

준회원



- 2000년 2월 : 대전대학교 정보시스템공학과(공학사)
- 2004년 8월 : 충북대학교 정보통신공학과(공학석사)
- 2005년 3월~현재 : 충북대학교 정보통신공학과 박사과정

<관심분야> : UWB, OFDM, MIMO, Wibro

김남(Nam Kim)

정회원



- 1981년 2월 : 연세대학교 전자공학과(공학사)
- 1983년 2월 : 연세대학교 전자공학과(공학석사)
- 1988년 8월 : 연세대학교 전자공학과(공학박사)
- 1998년 4월~현재 : 충북대학교

전기전자컴퓨터 공학부 교수

- 1991년 1월~현재 : 한국통신학회 논문편집위원
- 1995년 4월~현재 : 한국전자과학회 표준규격심의위원
- 1996년 3월~현재 : 한국전자과학회 논문편집위원
- 1999년 3월~현재 : 컴퓨터 정보통신연구소 연구원
- 2005년 4월~현재 : 충북 BIT 연구중심대학 육성사업단 사업단장

<관심분야> : 디지털이동통신, 이동통신, 무선시스템, 전자파해석, EMI/EMC, Diffractive Optics, WDM Optical Filter & DEMUX Optical Memory, Holography Application

남창섭(Chang-Sup Nam)

정회원



- 1987년 2월 : 숭실대학교 전자공학과(공학사)
- 1989년 2월 : 숭실대학교 전자공학과(공학석사)
- 1989년 8월~현재 : KT 사업개발부문 개발조정부장

<관심분야> : 지능망, 차세대통신망(NGN)