

휴대인터넷 시스템 셀 설계 방식에 관한 연구

A Study on Cell Planning for High-Speed Portable Internet

김명민, 홍인기

Myoung-Min kim, Een-Kee Hong

요 약

ADSL, VDSL과 같은 초고속 유선 인터넷 기술의 발달에 힘입어 유선 인터넷 사용자가 증가함에 따라 언제, 어디서나 시간과 장소에 구애 받지 않는 휴대인터넷 서비스에 대한 요구가 점점 증대하고 있다. 이런 휴대인터넷의 성공적인 도입을 위한 셀 설계기술이 필요하고, 이를 위한 셀 크기나 가입자의 수에 따른 성능 평가를 바탕으로 한 셀 설계가 이루어져야 한다. 기존의 CDMA를 이용한 방식에서는 전력제어를 바탕으로 링크 설정의 여부에만 관심이 있었으나 휴대인터넷에서는 스케줄링 방식을 이용하여 시스템 성능이나 사용자 QoS를 더 고려해야 한다. 시스템 레벨 시뮬레이션을 이용한 성능 분석 결과, 시스템수율(throughput)은 셀 크기에 민감한 것으로 나타났고 사용자 수에 따른 변화는 미미한 것으로 나타났다. 그리고 서비스 시간 지연값의 변화는 사용자 수가 증가할수록 그 값의 변이가 크게 나타나는 것을 확인할 수 있었으나 셀 반경의 변화에는 별다른 영향이 없음이 확인되었다.

Abstract

Nowadays, the demand of HPI(High-speed Portable Internet) has been gradually increased to support the various services of high speed wire line internet such as xDS. HPI can support high speed internet in anyplace, anytime. For successful development of HPI, the performance should be evaluated according to the cell size and/or the number of users and cell design should be carried out based on these criteria. The previous cellular systems using CDMA technique focus on the establishment of link based on power control but HPI systems consider the QoS (Quality of Service) and its performance based on the scheduling technique. The results from the system level simulation show that the throughput is sensitive to the cell size and the number of users has little impact on it. Moreover, the variation of service delay is more sensitive to the number of users but less to the cell size.

Key words : HPI(High-speed Portable Internet), scheduling.

I. 서 론

이동통신 관련 기술은 가장 빠르게 발전을 거듭하고 있으며, 2000년대에 들어서면서 이미 그 가입

자 수가 유선 통신 가입자 수를 넘어섰다. 이동통신 서비스가 널리 이용되고 있던 유선 전화 시스템에 이동성을 부여함으로써 비약적인 발전이 있었던 것과 마찬가지로, 이미 보편적으로 사용되고 있는 초고속 인터넷 시스템에 이동성을 부여하여 언제 어디

· 경희대학교 전자정보대학(College of Electronics and Information Radio Communication Eng., Kyung-Hee University)

· 논문번호 : 2xxx-x-x

· 접수일자 : 2xxx년 x월 xx일

서나 저렴한 가격으로 고속 인터넷 서비스를 제공하고자 하는 것이 휴대 인터넷 시스템이다. 기존의 CDMA 방식의 셀룰러 시스템에서는 주로 음성 서비스만을 고려하였기 때문에 단일 데이터 윌만을 고려하면 되었지만 휴대 인터넷 서비스에서는 데이터 전송을 포함하는 멀티미디어 서비스를 고려해야 하므로 다양한 데이터율과 전송전력을 고려해야 하고, 이들 간의 간섭 영향 등을 새로이 평가하여야 한다. 또한 기존의 방식에서의 음성 서비스는 사용자가 어떠한 위치나 환경에 있다 하더라도 즉시 통화를 연결하여야 하기 때문에 서비스 제공을 위한 별도의 scheduling 기법이 없었다. 즉, 통화를 원하면 바로 연결해주는 것이 원칙이고, 시스템 용량이나 핸드오버를 고려한 call admission control 이상의 기법을 필요로 하지 않았다. 그러나 멀티미디어 서비스에서는 서비스 Fairness와 Throughput을 동시에 고려하는 scheduling 기법이 매우 중요해 졌기 때문에 scheduling 기법에 따라 시스템 성능(Throughput)이나 사용자 QoS(latency, Jitter) 성능이 많이 달라진다. 변복조 방식에 있어서도 기존의 방식들에서는 QPSK 전송방식만을 고려한 반면, 휴대 인터넷에 있어서는 AMC(Adaptive Modulation and Coding) 방식의 도입이 고려되고 있다. AMC level 결정 방식도 문제이지만, AMC Level과 Scheduling 기법이 함께 고려되어야 하므로 휴대인터넷 엔지니어링은 기존에 비하여 훨씬 복잡하고 고려하여야 할 파라미터가 많다. 또한 Duplexing 방식으로 TDD를 사용하기 때문에 이에 따른 영향이나, OFDMA 기술을 기반으로 하기 때문에 이에 맞는 scheduling 기법 등이 동시에 고려되어야 한다.

따라서 휴대 인터넷 엔지니어링을 위해서는 이러한 요소기술들이 고려된 시스템 레벨 시뮬레이션이 필수적이라 할 수 있다. 기존의 시스템 레벨 시뮬레이션을 통한 분석은 outage 확률을 바탕으로 한 용량 분석이 수행되었다. 즉 셀간의 간섭을 고려하여 전력제어를 수행하며, 전력제어의 결과로 최대 전력을 전송하더라도 링크를 형성하지 못하는 사용자가 정해진 값을 초과할 때의 사용자 수로 시스템 용량을 결정하는 방식만이 연구되었다. 이러한 방식에서는 AMC나 스케줄링에 관해서는 고려되어진 바 없

다. 3세대 이동통신이나 휴대인터넷에서는 이미 AMC와 스케줄링 기법이 도입되었기 때문에 이들 기술을 포함한 시스템 레벨 시뮬레이션 분석이 필요하고, 더욱이 휴대인터넷은 OFDMA 방식을 사용하기 때문에 이들 요소 기술을 포함하는 분석이 필요하다. 또한 단순한 throughput만을 보고자 한다면 기존의 시뮬레이션으로 충분할 것이나 jitter등의 다른 QoS를 분석하고자 한다면 기존의 시뮬레이션 방식과는 다른 시간을 고려하는 시뮬레이터의 구성이 필요시 되어진다.

본 논문에서는 휴대인터넷 엔지니어링에서 필요시 되는 요소 기술들을 추출하고 이들 기술들이 고려된 시스템 레벨 시뮬레이터를 구성하여 셀 환경에 따른 전체 throughput과 서비스 지연 시간 변화를 분석하였다. 아울러 하나의 셀 환경 내에 존재하는 사용자 수를 변화시켜 가면서 throughput과 jitter 변화를 분석하였다.

II. 휴대인터넷의 개요

휴대인터넷 기술은 주파수 대역에서 10MHz의 채널 대역폭을 지원하는 OFDMA의 물리 계층을 기반으로 NLOS(Non-Line-of-Sight) 상황에서도 다중 셀에서 주파수 재활용율 1에 가깝게 60km/h의 이동성을 지원할 수 있도록 설계되었다.

초고속 휴대 인터넷 서비스의 특성상 상향과 하향 링크에 데이터 속도가 비대칭적이다. 휴대 인터넷 시스템에서는 이러한 비대칭적인 트래픽 특성을 주파수 이용 효율관점에서 효율적으로 수용하기 위하여 듀플렉스 방식을 TDD방식을 방식을 사용하였다.

그림 1은 슬롯의 구조를 보여주고 있다. 각 OFDM 심벌의 1552개 유효 부반송파는 연속된 97개의 부반송파들로 이루어진 그룹들로 나뉜다[7]. 각 심벌에는 총 16개의 그룹이 있고 한 슬롯에는 48개의 그룹이 존재하며 각 부채널은 각각의 그룹에서 하나씩 부반송파를 선택하여 구성한다[7]. 이와 같이 부반송파를 할당하는 것을 다이버시티 모드라 하고, 이밖에도 AMC 모드가 있다. AMC모드에서는 AMC 부채널을 구성하기 위해서 각 심벌에서 널 부반

송파를 제외한 전체 부반송파는 9개의 인접한 부반송파로 이루어진 빈이라는 단위로 나누어지고 이렇게 만들어진 인접한 빈 M개를 묶어서 밴드를 구성한다[7]. 본 논문에서는 다이버시티 모드만을 고려하였다.

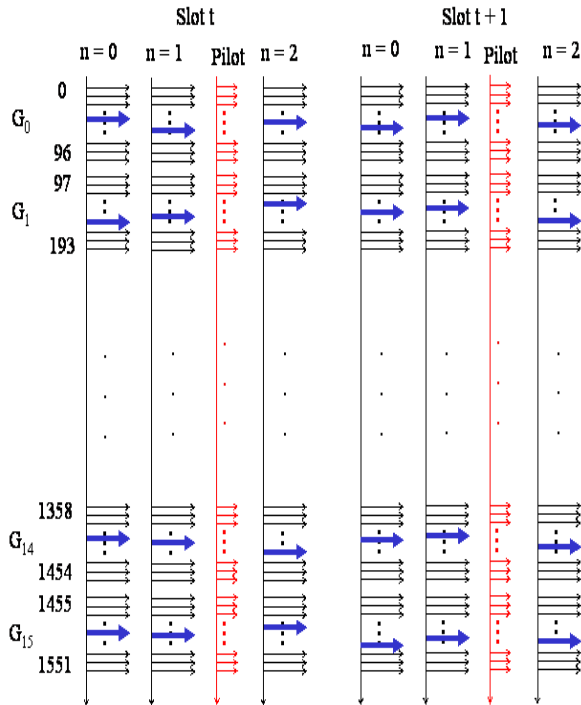


그림 1. DL 슬롯의 구조

Fig 1. Slot structure of downlink

결국 OFDM한 심볼에는 16개의 그룹이 있고 한 슬롯에는 파일럿을 제외하면 3개의 심볼이 포함되므로 데이터 전송을 위해서는 슬롯당 48개의 그룹이 있는 것과 같다. 한 사용자의 신호는 48개 그룹 각각에서 부반송파를 하나씩 선택하여 전송하게 되어 있는데 이는 다이버시티 효과를 최대로 하기 위한 것이다.

본 논문에서는 이러한 슬롯 운영까지 고려한 시스템 레벨 시뮬레이션은 구현하기가 매우 어렵고, 또한 시스템 성능 평가는 평균 수율 등으로 나타나기 때문에 short term fading은 고려하지 않는 것이 일반적이므로 한 사용자 신호를 여러 그룹으로 나누어 전송하는 효과를 구현할 필요가 없다. 따라서 1552개의 부반송파로 구성되는 OFDM 한 심볼에는

사용자 한 명당 48개의 부반송파를 할당 받는 것으로 가정하면 약 32개(1552/48=32.3333)의 부채널이 존재하는 것과 같다. 이중 1개의 부채널은 제어용으로 사용된다고 한다면 결국 OFDM 한 심볼당 31개의 부채널이 존재한다고 간략화하여 시뮬레이션을 수행하였다.

III. 시뮬레이터 구성

2-1 TDD방식에서 셀 간 간섭

TDD방식에서는 간섭 현상이 FDD와는 다르게 나타난다. FDD에서는 이동 단말기가 전송한 신호는 타기지국에만 영향을 끼치고, 또한 기지국 전송 신호도 타 이동 단말기에만 영향을 미치지만, TDD에서는 시스템 운영 조건에 따라 FDD와 같은 간섭은 물론이고 기지국과 기지국간 혹은 이동 단말기와 이동 단말기 간의 간섭이 존재하게 된다.

TDD 모드 시스템에서는 순방향 링크와 역방향 링크가 동일한 주파수를 사용하기 때문에 기지국에서 송신한 신호가 인접한 셀에 위치한 사용자에 의해 수신되는 간섭, 다른 셀에 위치한 사용자가 송신한 신호가 타 인접 셀에 위치한 주어진 기지국에 수신되는 간섭, 기지국에서 송신한 신호에 의해서 인접한 셀에 위치한 기지국에 수신되는 간섭과 사용자 송신한 신호가 인접한 셀에 위치한 다른 사용자에게 수신되는 간섭 시나리오를 고려하여야 한다. 이는 TDD 모드에서는 동일 시간에 셀간 서로 다른 링크 서비스가 이루어지는 경우에 발생하는 간섭이다. 따라서 TDD 모드 방식을 이용하는 휴대 인터넷 시스템에서는 셀 간 동일 링크 서비스와 셀 간 서로 다른 링크 서비스에 의한 간섭에 따른 시나리오를 고려하여서 SINR의 특성을 알아보아야 한다.

일반적으로 셀 내 사용자와 기지국과의 모든 링크가 정확히 동기가 맞추어져 있다고 가정하고, 동일한 슬롯 내에서는 서로 다른 신호는 서로 다른 부반송파에 실려 전송되는 OFDM방식을 가정했을 경우, 한 셀에서 주어진 기지국과 링크 되어진 사용자들 사이에서 발생하는 동일 셀 간섭은 존재하지 않

는다고 할 수 있다. 따라서 휴대인터넷 시스템에서 주어진 현재의 한 슬롯에서 링크 되어진 타 사용자들에 의해서 발생하는 동일 셀 간섭은 부반송파 간의 직교성에 의해서 완벽하게 제거 된다고 가정하면, 시스템의 열화의 주된 요인은 다중 셀 환경에서 인접한 셀로부터 들어오는 인접 셀 간섭이라 할 수 있고, 본 논문에서는 하향링크만을 고려한다.

2-2 셀 구성 환경

인접 셀 간섭에 간섭에 의한 COI(Cell of Interest)에서 용량 산출하기 위해서 중심 셀을 기준으로 6개의 인접 셀이 둘러져 있는 그림 2와 같은 1tier 다중셀을 고려하였다.

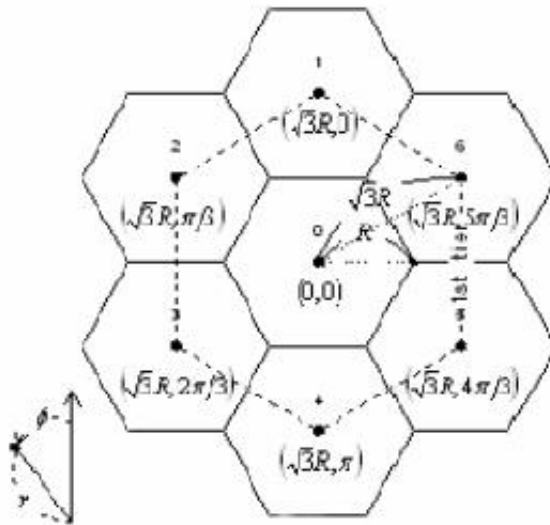


그림 2. 1-Tier 다중 셀 구조

Fig 2. 1-Tier Multi cell sturcture

셀 구성을 그림 2와 같이 구성한 후, 하나의 셀에 대해서 균일한 분포로 랜덤하게 뿌려진 사용자와 또 다른 사용자와의 가능한 최소 거리와 기지국과 이동국과의 가능한 최소 거리는 3GPP TR 25.942에서 가정한 값에 따라 각각 1m, 3m가 되도록 분포하도록 하였다[3].

2-3 스케줄링

휴대 인터넷 시스템에서는 아직 scheduling기법을 정의하고 정의 하고 있지 않아, 본 논문에서는 cdma2000 EV/DO에서 사용하고 있는 proportionally fairness 스케줄링 알고리즘을 사용하였다. Qualcomm에서 제안한 이 방안은 시스템의 성능을 향상시키면서 사용자간 fairness를 제공하는 알고리즘이다[4].

이동국(Access Terminal:AT)은 신호대 잡음비를 측정하여 전송 가능한 전송률을 DRC(Data Rate Control) 역방향 채널을 통해 기지국(Access point:AP)에 전송한다. AP는 이 정보를 이용하여 적절한 적절한 AT를 선택한 후 데이터를 채널 환경에 따라 전송하는 전송률을 변화한다. 전송률은 9개의 단계로 나누어져 있으며 각 단계는 AT가 순방향 pilot을 수신하여 계산된 신호대 잡음비를 AP에 보고한 DRC값에 의해 결정된다. 각 AT는 매 slot마다 DRC를 보고하며, 1%의 PER(Packet ErrorRate)을 만족하도록 데이터 율을 결정한다. 수신SNR을 9등급으로 나누어 다음 표1과 같이 DRC(Date Rate Control)를 할당하게 된다[7].

표 1. 데이터율 조절

Table 1. Data Tate Control

Class id	Data rate(kbps)	C/I(dB)
1	38.4	-12.5
2	76.8	-9.5
3	153.6	-6.5
4	307.2	-4.0
5	614.4	-1.0
6	921.6	1.3
7	1228.8	3.0
8	1843.2	7.2
9	2457.7	9.0

Proportionally Fairness scheduling이란 AT에서 요구하는 DRC만을 고려한다면 시스템의 throughput은 최대로 할 수 있으나 채널 환경이 열악한 위치에 있는 이동국은 계속해서 서비스를 제공하지 못하여 서 서비스 제공 지연시간이 매우 커지

게 된다. 따라서 서비스를 제공 받지 못함에 따라 scheduler가 우선 채택할 수 있도록 우선 순위를 올려줄 필요가 있다. 이를 구현하기 위하여 scheduler는 DRC만을 고려하지 않고 평균 전송률(R)을 같이 고려하여 DRC/R값이 가장 큰 사용자에게 데이터를 전송하는 방안이다. 여기서 DRC는 현 채널 상태에서 보낼 수 있는 데이터량, R은 적절한 크기를 가진 window에서 받은 평균 전송률을 의미한다. 즉 R값이 크다는 것은 그만큼 서비스를 많이 받았기 때문에 우선 순위를 낮추어 주고, 서비스를 제공 받지 못하여 평균 전송률 R값이 적은 이동국에 대해서는 적은 R값으로 DRC를 나누어 주기 때문에 그만큼 우선 순위가 올라가는 효과가 있다.

스케줄링 : 각 스케줄링 스텝에서 가장 큰 $DRC_i(t)/R_i(t)$ 사용자가 데이터를 전송 받는다. 즉, 식 (1)의 j사용자가 서비스를 받으며 이 값이 같은 경우 무작위로 선택된다. 단, 보낼 데이터가 없는 사용자는 해당되지 않는다.

$$j = \arg \max_i \frac{DRC_i}{R_i} \quad (1)$$

평균 전송률 갱신 : 각 사용자 i에 대해

$$R_i(t+1) = (1-1/t_c)R_i(t) + 1/t_c * (\text{사용자 } i \text{의 현 전송율}) \quad (2)$$

현재 데이터를 전송하지 못한 사용자는 현 전송률이 '0'이며 전송할 데이터가 없는 사용자에게 대해서도 갱신한다. 여기서 주목할 점은 사용자가 전송하는 순간인 스케줄링 스텝은 slot단위가 아닐 수 있으나 평균 전송률 갱신은 매 slot마다 이루어진다. 일반적으로 $t_c = 1000 \text{ slots}$ 으로 선정한다. 휴대 인터넷에서는OFDM 한 심볼에 31개의 부채널이 가능하므로 $DRC_i(t)/R_i(t)$ 값이 큰 31명의 이동국을 지정하도록 하였다.

2-4 시뮬레이션 파라미터

본 논문에서는 OFDM방식을 사용하고, 동시에 31명까지의 부채널을 할당한다고 가정하였으며, 기지국간의 동기가 설정되어 있다고 가정하여 기지

국과 기지국간 혹은 사용자와 사용자 간의 간섭은 고려하지 않았다. 또한 스케줄링 방식에 있어서도 하나의OFDM심볼에 31명의 사용자를 수용할 수 있으므로 31명의 사용자를 선택해 낸다 낸다고 가정하였다. 이동국의 분포는 균일하다고 가정하였으며, 전파 손실 모델은 SUI-B 모델을 적용 하였다[6]. 다중경로에 의한 short-term 페이딩은 고려하지 않았고 long-term fading으로는 lognormal분포를 이용하였다. Short-term fading을 고려한다고 하더라도, 평균 간섭 양을 구하는 과정에서 서로 상쇄되기 때문에 일반적인 용량 분석에서는 short-term페이딩은 발생시키지 않는다. 각 사용자의 전파 손실과 long-term fading을 이용한 수신 신호의 SINR(Signal to Interference and Noise Ratio)은 다음 식 (3)와 같다.

$$SINR = \frac{S}{I_N + I_{OS}} \quad (3)$$

■ 와 ■ 은 각각 원하는 사용자 신호의 수신 전력과 수신기의 열잡음(thermal noise)을 나타내며, ■ 는 인접 셀 간섭을 나타낸다. 본 시뮬레이션에서는 전체 사용자에게 4가지 서비스의 종류와 비율을 WAP(56%), HTTP(24%), FTP(10%), Streaming(10%)로 고정 하여 할당하였고 트래픽 발생은 1xEV/DV Evaluation Methodology에서 제시하는 방식을 따랐다[8]. 표 2는 시뮬레이션에 사용된 파라미터를 나타낸 것이다. 시뮬레이션 파라미터는 2004년 10월에 반포된 기술 문서를 바탕으로 하고 있어, 8.75MHz 대역폭 등 그 이후에 변경된 내용은 시뮬레이션에 포함되지 못하였다.

표2. 시뮬레이션 파라미터

Table 2. Simulation parameter

Cell layout	1 tier
기지국 최대 송신 파워 [dBm]	20
잡음전력 [dBm]	-103
이동국, 기지국에서의 안테나 패턴	omni
사용자의 수 [명]	35, 50, 100

이동국간 최소 거리[m]	1
셀크기[m]	500,1000,2000
기지국과 이동국간 최소 거리[m]	3
직교성	1
전파손실 모델 $PL = 89.71545 + 45.638 \log(d/100)$ d : 송수신간 거리(m)	SUI-B 모델
Shadowing	Lognormal 분포 ($\sigma = 5dB$)
스케줄링 주기[s]	0.00125
전체 시뮬레이션 타임[s]	1.25

IV. 시뮬레이션 결과

본 연구에서는 휴대인터넷 요소기술을 포함하는 시스템 레벨 시뮬레이터를 개발하여, 스케줄링을 통한 셀의 크기를 변경하였을 때 Throughput이나 Jitter의 변화를 분석하였다. 또한 셀 당 사용자 수를 변화시켰을 때의 Throughput과 Jitter 값의 변화를 분석하였다.

본 논문에서는 scheduler에 의해 선택된 31명의 DRC에 해당하는 data rate를 모두 더하여 평균을 취한 값을 Throughput이라 정의하였다.

다음 그림 3은 셀 크기와 사용자의 수를 변화시키면서 throughput을 측정하는 것이다.

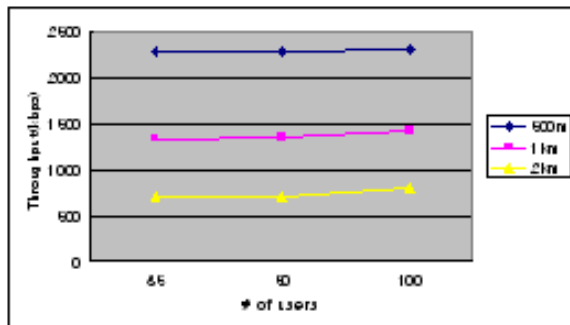


그림 3. 500m, 1km, 2km일 때의 Throughput 변화

Fig 3. Throughput variation according to cell size 500m, 1km and 2km

셀 크기가 500m일 때 기지국과 사용자와의 거리가 짧아 전파 환경이 우수한 사용자들이 선택될 것이므로 가장 큰 Throughput을 보인다. 그리고 셀 크기가 2km일 때 기지국과 사용자와의 거리의 차이가 크므로 전파손실에 의해 Throughput이 떨어지는 것을 확인할 수 있다. 그리고 전체적으로 사용자 수가 증가할수록 약간의 Throughput이 증가하고, 셀의 크기가 커질수록 기지국으로부터 사용자가 넓게 분포하게 되므로 전체 Throughput은 떨어지지만 사용자 수가 증가하는 것에 따른 Throughput의 향상 정도는 크게 나타난다. 500m 셀 반경에서는 35명 사용자에게 대한 throughput(2287kbps)과 100명 사용자의 throughput(2310kbps)을 비교할 때 throughput이 1.01% ($(2310-2287)/2287\%$) 증가에 불과했지만, 셀 반경이 1km, 2km일 때는 그 증가율이 각각 6.32% ($(1430-1345)/1345\%$)와 12.68% ($(800-710)/710\%$)로 점차 크게 나타나고 있음을 확인할 수 있다. 이는 셀 반경이 적은 환경에서는 scheduling에 의해 선택되는 사용자의 분포가 비슷할 수밖에 없어 user diversity 효과를 충분히 얻지 못하기 때문이다.

다음 그림 4은 셀 크기가 500m일 때의 전체 사용자의 평균서비스 시간 지연값과 최대값, 최소값을 나타낸 것이다. 서비스 시간의 최대값이란 전체 사용자 중 서비스를 제공 받는데 가장 오래 걸린 시간을 의미하고, 평균 서비스 시간이란 전체 사용자가 서비스를 받는데 걸린 값에 대한 평균을 취한 것이다. 이러한 서비스를 제공 받는데 걸리는 시간이 변화하는 것을 시간 jitter로 정의하였다.

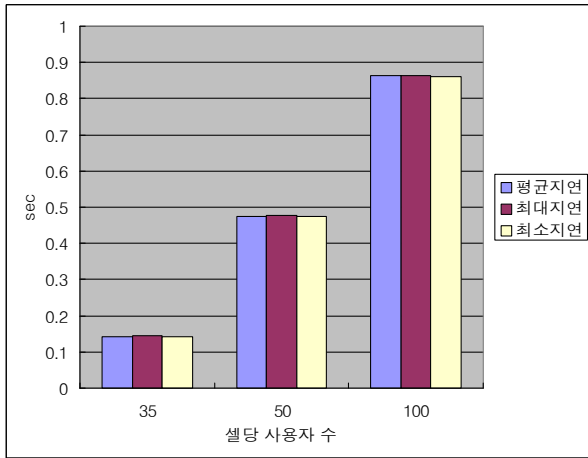


그림 4. 사용자수에 따른 서비스시간지연값 (셀반경: 500m)

Fig 4. Service time delay according to the number of users (cell size : 500m)

평균 서비스 시간 지연값과 최대값, 최소값은 사용자 수가 증가할수록 약간의 증가가 있다는 것을 확인할 수 있다.

그림 5, 6에서 셀 반경이 커질수록 서비스 지연의 편차가 커진다는 것을 알 수 있고, 전체적으로 셀 반경이 서비스 시간 지연 값에 미치는 영향은 미미한 것을 확인할 수 있다.

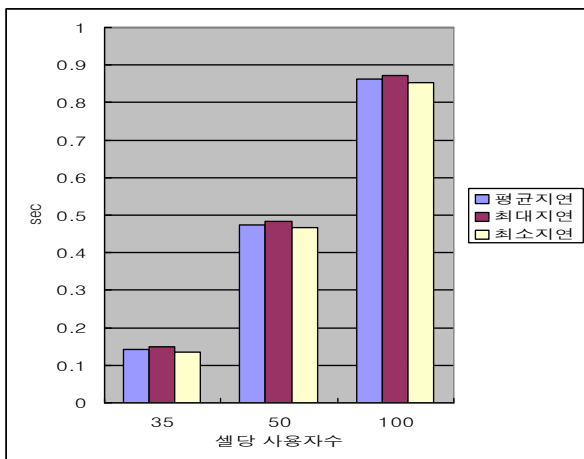


그림 5. 사용자 수에 따른 서비스 시간 지연값 (1Km)

Fig 5. Service time delay according to the number of users (cell size : 1km)

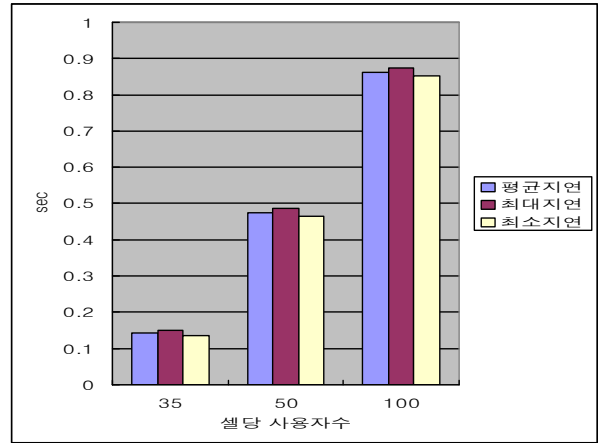


그림 6. 사용자 수에 따른 서비스 시간 지연값(2Km)

Fig 6. Service time delay according to the number of users (cell size : 2km)

Throughput의 변화와 jitter값의 변화를 같이 고려한다면 사용자 수에 따른 throughput 변화는 미미하지만 jitter값의 변화는 매우 크게 나타나는 것으로 확인되었고, 셀 반경의 크기에 따른 jitter값의 변화는 미미하지만 throughput의 변화는 매우 크게 나타났다.

V. 결론

본 논문에서는 OFDMA 방식을 기반으로 하는 휴대인터넷 시스템 셀 설계를 위하여 셀 반경과 셀당 사용자 수에 따라 throughput 변화와 서비스 제공 시간의 jitter의 영향을 분석하였다. AMC와 스케줄링, OFDMA 기술 특징을 포함하는 시스템 레벨 시뮬레이션을 이용한 성능 분석 결과, 시스템수율 (throughput)은 셀 크기에 민감한 것으로 나타났고 사용자 수에 따른 변화는 미미한 것으로 나타났다. 그리고 서비스 시간 지연값의 변화는 사용자 수가 증가할수록 그 값의 변이가 크게 나타나는 것을 확인할 수 있었으나 셀 반경의 변화에는 별다른 영향이 없음이 확인되었다.

참고 문헌

[1] 3GPP2/TSG-C.R1002

- [2] S.M Heikkinen , H. Hass ,and G. J. R. Povey
"Investigation Of Adjacent Channel Interference In UTRA-TDD System"
- [3] 3GPP TR 25.942 (1999-10) RF System Scenarios
- [4] Kuenyoung kim, Hoon Kim, Youngnam Han, "
A Proportionally fair scheduling algorithm with QoS and priority in 1xEV-DO"
- [5] Electronics and Telecommunications Research Institute, "Report on the Development of 2.3GHz High-speed Portable Internet (HPi) System"
- [6] V. Erceg, K.V.S. Hari, M.S. Smith, D.S. Baum et al, "Channel Models for Fixed Wireless Applications",
IEEE 802.16.3 Task Group Contributions 2001.07.16
- [7] "2.3GHz 휴대인터넷 표준 -물리계층-" TTA S. KO-06.0064R1
- [8] 1xEV/DV Evaluation Methodology, 3GPP2 Technical Specification Group C, (3GPP2/TSG-C. R10