

논문 2009-461E-3-7

# 자원예약과 호 대기 버퍼 사용에 따른 가변등가대역에 의한 시스템 성능 분석

(The Performance Analysis of System by Variable Effective Bandwidth  
According to use The Reserved Resource and The Waiting Buffer)

성 홍 석\*

(Hong-Seok Seong)

## 요 약

본 연구에서는 CDMA 시스템에서 신규 호의 차단률 및 핸드오프 호의 절단률에 따라 각 셀의 대역폭을 가변시켜 신규 호와 핸드오프 호를 처리하는 가변등가대역 개념을 이용한 호 수락 제어 방법을 사용하였다. 핸드오프 호를 위해서는 무선자원을 예약해 두며, 자원이 부족할 경우 신규 호와 핸드오프 호를 일정한 시간 동안 버퍼에 대기하도록 하여 가용자원이 발생하였을 때 대기 중인 호부터 처리하도록 하였다. 버퍼의 사용유무에 따른 시스템의 성능을 분석하였다.

## Abstract

In CDMA system, the call admission control method using the variable effective bandwidth concept is employed in this paper. The bandwidth for a new call and a handoff call is allocated by considering the number of mobile station being served and dynamically assigned by taking account of the blocking rate of new calls and the dropping rate of handoff calls. There is reserved resource for handoff call. In the case radio resource is insufficient, a new call and a handoff call stand by in buffer for constant time. When radio resource come about, the waiting call is allocated the resource. I analyze the performance of system according to existence and nonexistence of buffer by a simulation study.

**Keywords:** 등가대역, 자원예약, 가변대역, 대기버퍼

## I. 서 론

이동통신 시스템에서 핸드오프는 호가 설정된 후 기지국 망과 이동 가입자 사이의 통화 품질이 떨어진 무선 채널을 무선 채널의 통화 품질을 계속 유지시켜주기 위해 인접기지국의 양호한 무선 채널로 바꾸는 것이다. 핸드오프는 셀의 크기에 따라 발생률이 달라진다. 임의의 셀에서 신규 호와 핸드오프 호가 발생할 때, 사용 가능한 무선 채널이 존재하게 되면 셀에 할당된 무선 채널 중 하나를 이동 가입자에게 할당한다. 그러나 사용

가능한 셀에 할당된 무선 채널이 없으면 핸드오프 호는 절단된다. 핸드오프 호의 절단은 이동 가입자가 통화 중인 호가 절단되는 것이므로 가입자가 느끼는 불편함은 신규 호의 차단보다 더 크게 느껴진다. 따라서 가능한 한 핸드오프 호가 절단되는 비율을 낮추는 것이 바람직하다.

발생한 호의 수락과 핸드오프 처리 기술은 기존의 이동통신 시스템에서부터 사용되었지만<sup>[1]</sup>, 여러 전송률을 갖는 서비스를 위해서는 전송률에 따른 신규 호의 차단률 및 핸드오프 호의 절단률의 분석과 채널 관리, 이동 가입자의 분포 등을 고려한 호 수락 제어에 대한 연구가 필요하다.

다음과 같이 다중 셀에서 여러 가지 핸드오프 제어 방법이 제안되었다. 속도 임계치가 핸드오프와 블록킹

\* 평생회원, 부천대학 전자과

(Department of Electronic Engineering,  
Bucheon College)

접수일자: 2009년7월20일, 수정완료일: 2009년9월9일

확률에 따라 동적으로 조정되는 핸드오프 비율 제어 기법<sup>[2]</sup>, 전력 세기의 임계치를 사용하는 방법<sup>[3]</sup>, 이중 큐 방식을 이용한 핸드오프<sup>[4]</sup>, 우선권 및 FIFO queuing 방법<sup>[5]</sup>, 퍼지 논리에 기초한 핸드오버 결정 알고리즘<sup>[6]</sup>, 측정치를 기준으로 하여 우선권을 부여하는 방법(MBPS: measurement based priorities scheme)<sup>[7]</sup> 등이 있다.

CDMA 시스템의 각 셀에서 동시에 통화할 수 있는 이동 가입자들의 수는 각 기지국이 수신하는 총 간섭 량에 따라 제약을 받게 된다. 따라서 각 기지국에서는 새로운 이동 가입자의 호 요구에 대하여 수락 여부를 적절히 제어하여 다중 셀 환경에서 통화중인 이동 가입자의 서비스 품질을 유지하도록 하여야 한다. 호 수락제어 방법은 과부하 상태 비율과 과부하 지속 시간에 의한 제어 방법<sup>[8]</sup>, 등가대역 개념을 이용한 제어 방법<sup>[1]</sup>, QoS 요구 조건에 기초로 한 제어 방법<sup>[9]</sup> 등이 연구되어 왔다.

본 논문에서는 가변등가대역 개념을 이용하여 신규 호와 핸드오프 호에 대해 호 수락 여부를 결정한다. 먼저 다중 셀 환경에서 여러 종류의 서비스를 고려하고, 각 기지국에서 이동 가입자의 신규 호의 차단률과 핸드오프 호의 절단률에 따라 각 기지국에 가변적으로 대역폭을 할당한다<sup>[10]</sup>. 그리고 핸드오프 호에 대해 무선자원을 예약해 둔다. 가변등가대역을 이용하고 발생한 신규 호와 핸드오프 호에 대해 무선자원이 없을 경우 대기버퍼를 두어 일정시간 대기하도록 한다. 모의실험을 통하여 대기버퍼 사용에 따른 전체 시스템의 성능을 평가한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서 등가대역 개념과 가변등가대역에 의한 호 수락에 대해 소개하고 자원 예약 및 대기버퍼 사용에 의한 호 수락 제어 및 핸드오프 제어 방식에 대해 서술한다. III장에서는 모의실험에 사용한 시스템 환경과 사용된 파라미터를 살펴본다. IV장에서 모의실험 결과를 분석하고 V장에서 결론을 맺는다.

## II. 가변등가대역 개념을 이용한 호 수락 제어 방법

음성, 데이터, 영상 등 다양한 서비스 유형을 수용하는 셀에서 QoS를 만족시키는 이동 가입자의 수를 산출하기 위해 등가대역(effective bandwidth) 개념에 의한 호 수락 제어 절차는 다음과 같다<sup>[1]</sup>. 먼저, 신규 호가 발생하였을 때, 기존에 서비스되고 있는 호들의 QoS에 영향을 미치지 않고 새로 발생한 호 요구에 대한 QoS를

만족시킬 수 있는 채널을 할당할 수 있는지를 결정하기 위한 호 수락 영역을 설정한다.

m번째 셀에서 서비스 유형 j인 사용자 i가 요구하는 QoS를 보장받기 위한 전력  $P_{mji}$ 는 식 (1)을 만족시켜야 한다.

$$\frac{P_{mji}}{I_m} \geq \frac{(E_b/N_0)_{mji} R}{W} \quad (1)$$

여기서,  $I_m$ 는 셀에서의 총 간섭 량이며, R은 기준 전송률이고, W는 대역폭이다. 식 (1)에서 셀 m의 총 간섭  $I_m$ 는 식 (2)와 같이 얻어진다.

$$I_m = \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^{N_{mj}} a_{mji} \cdot P_{mji} + \sum_{p=1, p \neq m}^M \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^{N_{pj}} a_{pji} \cdot P_{pji} \cdot X_{pji}^{(m)} \quad (2)$$

여기서,  $N_{mji}$ 는 셀 m에서 서비스 유형 j인 사용자 수이다.  $a_{mji}$ 는 셀 m에서 서비스 유형 j인 사용자 i가 요구하는 채널수이고,  $X_{pji}^{(m)}$ 은 셀 p에 있는 서비스 유형 j인 사용자 i에 의해 셀 m에서 받는 간섭 량이다. 이는 둘 다 확률 변수이다. 전력  $P_{mji}$ 이 전송률(R)과 잡음당 비트 에너지( $E_b/N_0$ )에 비례한다고 하면  $P_{mji} = K \cdot (E_b/N_0)_{mji} \cdot R$ 가 되고, 이를 식 (1)과 식 (2)에 이용하여 정리하면 식 (3)과 같은 식을 얻어진다.

$$\sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^{N_{mj}} a_{mji} \cdot R \cdot (E_b/N_0)_{mji} + \sum_{p=1, p \neq m}^M \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^{N_{pj}} a_{pji} \cdot R \cdot (E_b/N_0)_{pji} \cdot X_{pji}^{(m)} \leq W \quad (3)$$

$m = 1, 2, \dots, M$

식 (3)에서  $a_{mji}$ 와  $X_{pji}^{(m)}$ 가 확률 변수이므로 식 (3)의 좌변이 W를 초과할 확률이  $\alpha$  이하가 되는 것을 호 수락 조건으로 한다면 호 수락 여부는 다음 식을 근거로 결정할 수 있다.

$$\Pr \left[ \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^{N_{mj}} a_{mji} \cdot R \cdot (E_b/N_0)_{mji} + \sum_{p=1, p \neq m}^M \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^{N_{pj}} a_{pji} \cdot R \cdot (E_b/N_0)_{pji} \cdot X_{pji}^{(m)} > W \right] \leq \alpha \quad (4)$$

가우스 근사화 방법을 이용하여 셀 p에 있는 서비스 유형 j의 셀 m에서의 등가 대역폭  $\kappa_{pji}^m$ 을 구할 수 있으며 식 (3)과 식 (4)로부터 셀 m에서의 호 수락 영역은 다음과 같다.

$$\sum_{j=1}^J \kappa_{mj}^m \cdot N_{mj} + \sum_{p=1, p \neq m}^M \sum_{j=1}^J \kappa_{pj}^m \cdot N_{pj} \leq W \quad (5)$$

여기서,  $\kappa_{mj}^m = \mu_{mj} \left( 1 + \frac{2}{z} (1 - \sqrt{1+z}) \right)$ ,  $z = 4\mu_{mj} W / \beta^2 \sigma_{mj}^2$ 이다. 그리고  $\beta$ 는 정규분포  $\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{\beta}^{\infty} e^{-\frac{t^2}{2}} dt = \alpha$ 을 만족

하는 값으로 한다. 또한  $\mu_{mj} = E[\alpha \cdot R \cdot (E_b/N_0)_{mj}]$ ,  $\sigma_{mj}^2 = V[\alpha \cdot R \cdot (E_b/N_0)_{mj}]$ 이다.

가변등가대역 개념은 다음과 같다. 신규 호의 차단률과 핸드오프 호의 절단률이 큰 셀에는 큰 대역폭을 적용하여 신규 호와 핸드오프 호의 수락 영역을 결정한다<sup>[10]</sup>. 즉 호 요구를 받은 셀을 중심으로 두 번째 계층까지의 셀들 중 신규호의 차단률과 핸드오프 호의 절단률이 가장 큰 셀에는 전체 대역폭을 적용하고 그 외의 셀에 대해서는 차단률과 절단률에 비례하여 대역폭을 적용한다. 또한 핸드오프 호를 위해 예약 자원(대역폭)을 두어 핸드오프 호가 더 많은 자원을 사용할 수 있게 한다.

먼저 신규 호가 발생하였을 때, 두 번째 계층까지의 셀들 중 가장 큰 차단률을  $P_{nmax}$ 라 하고 신규 호 요구를 받은 셀의 차단률을  $P_n$ 이라 하자. 그러면 신규 호 요구를 받은 셀의 대역폭( $W_n$ )은 식 (6)과 같이 주어진다.

$$W_n = P_n / P_n^{max} \times W \tag{6}$$

따라서 신규 호의 수락 영역은 식(5)와 식 (6)으로부터 식 (7)과 같이 된다.

$$\sum_{j=1}^J \kappa_{mj}^m \cdot N_{mj} + \sum_{p=1, p \neq mj}^M \sum_{j=1}^J \kappa_{pj}^m \cdot N_{pj} \leq W_n \tag{7}$$

그리고 핸드오프 호를 위한 예약 자원을  $r$ 이라 하면 신규 호의 수락 영역은 식 (8)과 같이 된다.

$$\sum_{j=1}^J \kappa_{mj}^m \cdot N_{mj} + \sum_{p=1, p \neq mj}^M \sum_{j=1}^J \kappa_{pj}^m \cdot N_{pj} \leq W_n(1-r) \tag{8}$$

마찬가지로 핸드오프 호의 요구가 있을 경우, 두 번째 계층까지의 셀들 중 가장 큰 절단률을  $P_{hmax}$ 라 하고 핸드오프 호 요구를 받은 셀의 절단률을  $P_h$ 이라 하자. 그러면 핸드오프 호 요구를 받은 셀의 대역폭( $W_h$ )은 식 (9)와 같이 주어진다.

$$W_h = P_h / P_h^{max} \times W \tag{9}$$

따라서 핸드오프 호의 수락 영역은 식 (5)와 식(9)로부터 식 (10)과 같이 된다.

$$\sum_{j=1}^J \kappa_{mj}^m \cdot N_{mj} + \sum_{p=1, p \neq mj}^M \sum_{j=1}^J \kappa_{pj}^m \cdot N_{pj} \leq W_h \tag{10}$$

그림 1은 본 논문에서 사용한 호 처리 알고리즘의 흐름도를 보여준다. 즉 각 기지국에서 신규 호에 대한 요

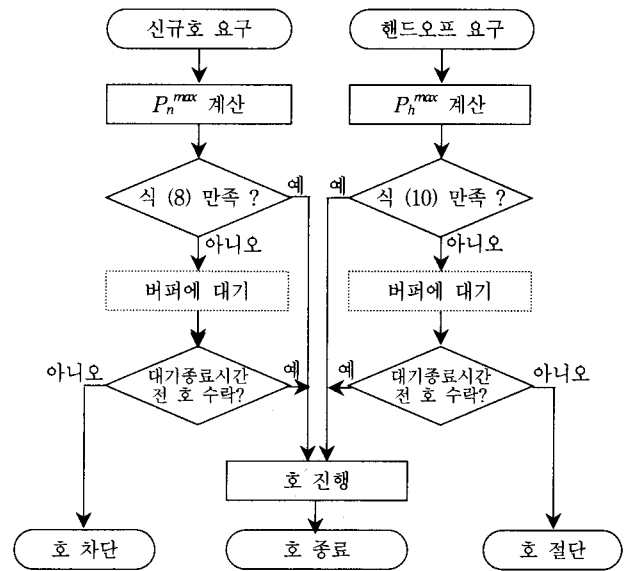


그림 1. 호 처리 흐름도  
Fig. 1. The flowchart of call process.

구가 있으면 식 (8)에 따른 호 수락 제어 영역을 만족하는지 확인한다. 호 수락 제어 영역을 만족하면 요구한 신규 호를 수락한다. 핸드오프 요구 호에 대해서는 식 (10)에 따른 핸드오프 호 수락 제어 영역을 만족하는지 확인한 후, 만족하면 호를 진행시킨다. 만족하지 않는 경우 일정시간 버퍼에 대기시키며 무선자원이 여유가 생기면 우선 배정하고 일정시간이 지난 후에도 자원을 할당받지 못한 호는 차단(절단)된다.

### III. 모의실험 환경

컴퓨터 시뮬레이션에서 사용한 시스템 셀 환경은 다음과 같다. 각 셀은 육각형 모양의 구조를 가지며 두 계층(tier : 중심 셀, 1 계층 셀, 2 계층 셀)으로 구성한다. 셀 구성은 그림 2와 같으며 셀의 반경은 1km로 가정하였다.

호의 도착 시간 간격과 통화 시간은 지수 분포를 따르고 평균통화시간은 120초로 하였다. 이동 가입자의 속도는 [0, 50] (km/h) 사이에서 균일 분포를 가지며, 이동 가입자의 이동 방향은 [0, 360] 사이에서 균일 분포를 갖는다. 트래픽은 모든 셀에서 균일하게 발생시켰다. 시스템에 부가되는 평균 트래픽의 발생 간격은 표 1과 같이 가정하였다. 또한 대역폭은  $W=1.25Mbps$ 이고 서비스 유형은 2가지를 사용하였다. 서비스 유형 1은 전송속도가 9.6Kbps인 서비스이고 서비스 유형 2는 전송속도가 19.2Kbps인 서비스 유형으로,  $(E_b/N_0)_1 = 7dB$ ,

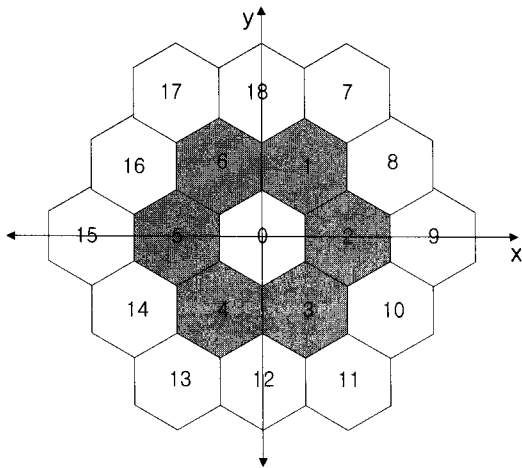


그림 2. 셀 배치도  
Fig. 2. The cell layout.

표 1. 호의 도착 시간 간격  
Table 1. The inter arrival time of a call.

부가되는 평균 트래픽	트래픽의 발생 간격
150	1
50	3
30	5
21.42857	7
16.66667	9

표 2. 등가대역  
Table 2. Effective bandwidth.

계층	서비스 유형	등가 대역폭	평균 대역폭
중심	1	27.29659	19.2
	2	153.6335	76.8
1	1	1.635356	1.223
	2	8.695591	4.89216
2	1	0.606039	0.46272
	2	3.159918	1.85088

$(E_b/N_0)_2 = 10dB$ 로 하였다. 서비스 유형 1과 서비스 유형 2의 호 발생 비율은 4대 1로 하였다.

식 (4)의 좌변이 대역폭(W)을 초과할 확률을  $\alpha = 0.01$ 로, 음성 활동 계수(voice activity factor)는 0.4로 하였다. 전력의 경로손실 지수는 4로 하였으며 섀도우 페이딩(shadow fading)의 표준 편차는 10dB로 하였다. 위의 수치를 적용하여 계산한 등가 대역은 표 2와 같다. 그리고 평균 대역폭은 다음과 같이 구하여진다.

$$E[a_{p\bar{j}} \cdot R \cdot (E_b/N_0)_{p\bar{j}} \cdot X_{p\bar{j}}^{(m)}] = E[a_{p\bar{j}}] \cdot R \cdot (E_b/N_0)_{p\bar{j}} \cdot E[X_{p\bar{j}}^{(m)}]$$

여기에서  $E[X_{p\bar{j}}^{(m)}]$ 은 M. A. Landolsi의 결과를 이용하였다<sup>[11]</sup>.

따라서 시뮬레이션에서 사용되는 신규호의 수락 영역과 핸드오프 호에 대한 수락 영역은 식 (8)과 식 (10)로 부터 식 (11)과 식 (12)와 같이 얻어진다.

$$27.3N_{11} + 153.6N_{12} + \sum_{k=2}^7 (1.6N_{k1} + 8.7N_{k2}) + \sum_{k=8}^{19} (0.6N_{k1} + 3.2N_{k2}) \leq W_n(1-r) \tag{11}$$

$$27.3N_{11} + 153.6N_{12} + \sum_{k=2}^7 (1.6N_{k1} + 8.7N_{k2}) + \sum_{k=8}^{19} (0.6N_{k1} + 3.2N_{k2}) \leq W_n \tag{12}$$

시뮬레이션을 위해 자원 예약율은  $r=0.2$ 로 하였다. 그리고 각각 신규 호와 핸드오프 호에 대해 대기버퍼의 사용 유무에 따라 실험을 하였다.

#### IV. 결과 분석

그림 3는 신규 호에 대해 호 수락 영역을 결정하는 부등식 (11)과 부등식 (12)에서 버퍼 사용 유무에 따른 서비스 유형 1의 신규 호에 대한 차단률을 보이고 있다. 그림 범례에서 “없음”은 버퍼를 사용하지 않은 경우, “h\_buffer”는 핸드오프 호에만 버퍼를 사용한 경우, “n\_buffer”는 신규 호에만 버퍼를 사용한 경우, “nh\_buffer”는 신규 호와 핸드오프 호 모두에 버퍼를 사용한 경우를 나타낸다. 그림에서 알 수 있듯이 신규 호에 대해 버퍼를 두는 경우, 차단률이 낮아짐을 알 수 있다.

그림 4는 대기 버퍼 사용 유무에 따른 서비스 유형 2의 신규 호에 대한 차단률을 보이고 있다. 그림에서 알 수 있듯이 무선자원을 할당받지 못하는 호를 일정시간

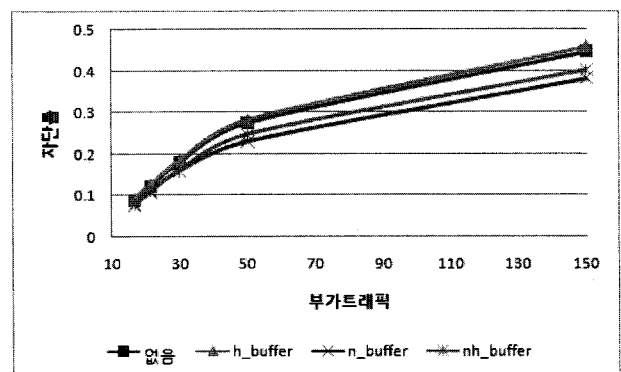


그림 3. 신규 호의 차단률(서비스 유형 1)  
Fig. 3. The blocking probability of new calls. (service type 1)

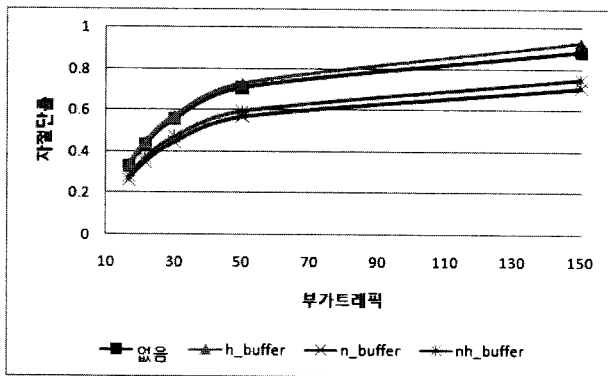


그림 4. 신규 호의 차단률(서비스 유형 2)  
Fig. 4. The blocking probability of new calls. (service type 2)

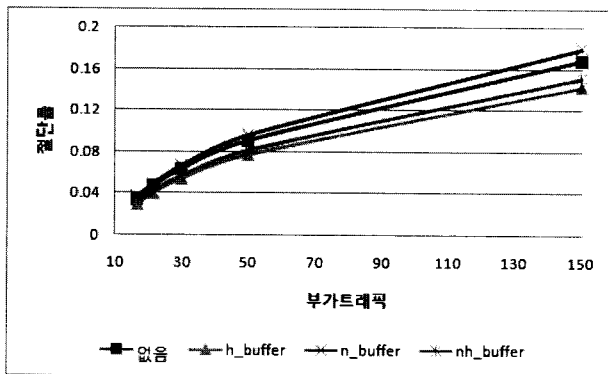


그림 5. 핸드오프 호의 절단률(서비스 유형 1)  
Fig. 5. The dropping probability of handoff calls. (service type 1)

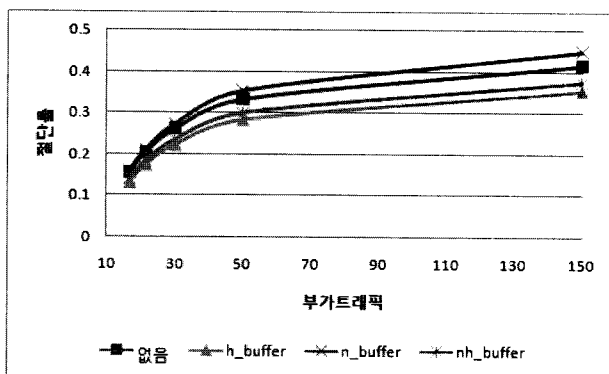


그림 6. 핸드오프 호의 절단률(서비스 유형 2)  
Fig. 6. The dropping probability of handoff calls. (service type 2)

대기시키는 버퍼를 사용하는 경우가 사용하지 않는 경우보다 차단률이 낮다. 또한 서비스 유형 2는 서비스 유형 1보다 한 호에 대해 보다 많은 대역폭을 요구하기 때문에 서비스 유형 1보다 높은 차단률을 보이고 있다.

그림 5는 핸드오프 호에 대해 버퍼 사용 유무에 따른 서비스 유형 1의 핸드오프 호에 대한 절단률을 보이고

있다. 버퍼를 사용하는 경우에 절단되는 핸드오프 호를 줄일 수 있을 것을 알 수 있다.

그림 6은 핸드오프 호에 대해 버퍼사용 유무에 따른 서비스 유형 2의 핸드오프 호에 대한 절단률을 보이고 있다. 그림에서 알 수 있듯이 버퍼를 사용하는 경우에 절단률이 낮다.

### V. 결 론

본 논문에서는 다중 셀 환경 하에서 다양한 형태의 서비스를 수용하면서 핸드오프 호를 위해 자원을 예약해 두고 또한 무선자원을 할당 받지 못하는 호에 대해 일정시간 대기할 수 있도록 대기버퍼를 사용함에 따른 시스템 성능을 고찰하였다. 신규 호와 핸드오프 호에 대한 호 수락 제어는 각 셀에서의 대역폭은 각 기지국에서 이동 가입자의 신규 호의 차단률과 핸드오프 호의 절단률에 따라 가변시키는 가변등가대역 개념을 적용하였다. 그 결과 버퍼를 두어 일정시간 대기시킴으로써 절단되거나 차단되는 호를 줄일 수 있음을 알 수 있었다. 따라서 신규 호나 핸드오프 호에 버퍼를 사용하고 버퍼에서의 대기 시간을 얼마로 해야 하는지는 시스템의 환경에 따라 결정해야할 요소이다.

본 시뮬레이션 결과 전송률이 다른 서비스 유형 사이에 차단률과 절단률에 있어 상당한 차이가 나타났다. 따라서 향후 연구 방향으로 전송률이 다른 서비스 유형에 상관없이 수락되는 호의 비율을 높이면서 거의 비슷하게 나타날 수 있는 방법이 연구되어야 할 것이다.

### 참 고 문 헌

- [1] J.Evans and D.Everitt, "Call admission control in multiple service DS CDMA cellular networks," VTC'96, pp.227-231, 1996.
- [2] Ghorashi, S.A., Said, F., Aghvami, A.H., "Handover rate control in hierarchically structured cellular CDMA systems," Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, 2003. PIMRC 2003. 14th IEEE Proceedings on, pp.2083-2087, 2003.
- [3] TIA/EIA/IS 95 Interim Standard, Mobile Station Base Station compatibility Standard for Dual Mode Wideband Spread Spectrum Cellular System, Telecommunication Industry Association, 1993.

- [4] Guan, S.-y., Gao, K.-n., Wang, G.-x., "Study of Soft-Handover of Double Queues Model in CDMA Mobile Communication Network," *Xiao xing wei xing ji suan ji xi tong Mini-micro systems*, v.27 no.2, pp.250-252, 2006.
- [5] Y.B. Lin and S.Mohan, "Queueing priority channel assignment strategies ofr PCS hand off and initial access," *IEEE Trans. on Vech. Tech.*, Vol. 43, No. 3, pp.704-712, Aug. 1994.
- [6] Yang, Linlin, Huang, Zhenan, Wang, Wenbo, "Fuzzy logic based handover in MC-CDMA system," *Circuits and Systems*, 2005. *ISCAS 2005. IEEE International Symposium on*, pp.5158-5161, 2005.
- [7] R.F. Chang and S.W. Wang, "QOS based call admission control for intergrated voice and data in CDMA systems," *PIMRC'96*, 1996.
- [8] P.R. Larijani, N. Movahedinia, and R.H.M. Hafez, "Admission control for multimedia traffic in CDMA network," *The 8th Int. Conf. On Wireless Comm.*, 1996.
- [9] R.F. Chang and S.W. Wang, "QOS based call admission control for intergrated voice and data in CDMA systems," *PIMRC'96*, 1996.
- [10] 성홍석, 임승철, 이동명, 박동선, "부하가 균일하지 않은 다중 셀 환경에서의 호 제어 방법," *한국통신학회*, Vol.24, No.3A, pp.367-373, 1999.
- [11] M.A.Landolsi et. Al, "New Results on the Reverse Link Capacity of CDMA Cellular Networks," *Proc. ICC*, pp. 1462-1466, 1996.

---

 저 자 소 개
 

---

성 홍 석(평생회원)  
 대한전자공학회 논문지  
 제45권 TE편 제3호 참조