

☒ 연구논문

멀티미디어 환경하의 계층구조 이동통신 시스템에서의 채널할당방법

A Channel Allocation Method on Cellular Systems with Multimedia Traffic

김 정 기

Kim, Jeong Kee

허 선

Hur, Sun

요 약

본 논문에서는 음성호 및 데이터호를 동시에 서비스하는 계층구조를 가지는 CDMA 셀룰러 시스템에서 트래픽 특성을 고려한 효율적인 채널 할당 알고리즘을 제안한다. 제안된 채널 할당 알고리즘은 신규호나 핸드오프호가 마이크로셀에 접속을 시도하고 만약 여유채널이 존재하지 않으면 상위계층인 매크로셀로 오버플로우(Overflow)되는 방식을 Birth-Death Process를 이용한 Stochastic Model로써 모델링한다. 특히, 이 모델에서는 핸드오프 전용채널을 두고 이 핸드오프 전용채널의 수에 따른 블록킹확률을 구한다. 이 결과를 이용하여 적절한 서비스품질(QoS)을 만족하는 핸드오프 전용채널의 수를 결정한다.

ABSTRACT

Recently, due to the rapid technological progress, CDMA cellular system is widely used for voice, data and multimedia services. But the analysis for voice-data integrated traffic has not been done satisfactorily. Moreover, there is few research results for voice-data integrated traffic.

In this paper, we propose an effective channel allocation algorithm for CDMA cellular system which serves voice-data integrated traffic. As for the proposed channel allocation algorithm, new calls and hand-off calls first attempt to connect micro-cell. We model the channel allocating scheme as a Birth-and-Death process. We reserve a few hand-off dedicated channels and calculate the blocking probability of hand-off calls varying the number of hand-off dedicated channels. Then we decide the number of hand-off dedicated channels satisfying the proper QoS(Quality of Service) and minimum blocking probability.

1. 서 론

셀룰러시스템(cellular system)을 중심으로 한 이동통신 서비스에 대한 수요가 급격히 증가함으로 인해 통화량이 급증하여 호의 차단(call blocking)과 호의 손실(call loss), 혼선 등과 같은 통화의 품질저하현상이 나타나고 있다. 따라서 이동통신 서비스 사용자의 다양한 욕구를 충족시키고 더불어 급격히 증가하는 수요를 가능한 한 많이 수용하기 위해서 새로운 셀룰러시스템과 셀룰러시스템의 용량 증대에 관한 많은 연구와 노력이 이루어지고 있다[3].

\* 한양대학교 산업공학과

\*\* 본 연구는 정보통신연구관리단 대학기초연구지원사업(C1-98-5178)에 의하여 연구되었음

셀룰러시스템의 용량을 증대시키기 위한 방편으로 여러 가지 셀룰러시스템들이 제시되고 있는데 이 중 대표적인 것이 계층구조의 셀룰러시스템이다. 이것은 지역의 통화트래픽 특성에 따라 스펙트럼 효율이 높은 매크로셀과 마이크로셀을 설치하고 이에 따라 채널을 할당해서 용량을 증대시키고 통화트래픽들을 최대한 소화해 내기 위한 시스템이다[1]. 이에 따라 계층구조 시스템의 장점을 증대시킬 수 있는 채널할당의 방법이 요구되어진다. 셀의 크기가 작아짐에 따라 핸드오프가 빈번하게 발생하게되어 이에 대한 처리 방법이 중요시 되고 있다.

한편, 음성과 데이터가 통합된 멀티미디어 트래픽 상황은 음성만을 서비스하는 경우와는 다른 분석 방법과 접근 방법이 요구된다. 유선통신에서뿐 아니라 이동통신 분야에서도 데이터 서비스의 중요성은 커지고 있다. 데이터 트래픽은 일반적으로 음성트래픽에 비해 다른 서비스 특성을 요구하는데 전송지연의 경우 음성에서는 심각한 영향을 미치지 않지만 데이터의 경우에는 어느정도 허용된다. 반면 약간의 전송오류는 가입자가 느끼는 데이터서비스의 경우는 서비스품질에 치명적인 영향을 주거나 빈번한 재전송으로 시스템의 효율성을 떨어뜨린다. 이와 같이 데이터트래픽은 낮은 전송 에러를 요구하는데 반해 무선망에서는 열악한 무선환경, 핸드오프등 많은 문제점에 직면하게 된다.

본 논문에서는 이런 현실상황을 고려하여 음성과 데이터의 혼합된 트래픽을 고려하고, 계층구조 셀룰러 시스템을 도입하여 마이크로셀에 접속한 후 여유채널이 존재하지 않으면 매크로셀로 오버플로우되는 방법을 적용한다. 특히 핸드오프호의 블록킹확률을 줄이기 위하여 핸드오프 전용채널을 두는 방법을 적용한다. 제안된 방법들을 통해 음성호와 데이터호 각각에 대하여 마이크로셀과 매크로셀에서 핸드오프호와 신규호 블록킹확률을 산출하고, 이를 최소화하는 최적의 핸드오프 전용채널의 수를 결정하도록 한다.

이동통신 시스템에서의 트래픽 연구는 음성호를 대상으로 하여 이동성을 고려한 핸드오프 방식의 트래픽 분석에 주안점을 두어 실시되어 왔다. Hu와 Rappaport[4]는 매크로/마이크로의 계층구조 상황에서 위성 시스템을 도입한 연구가 있으나 이는 PCS에서 위성 시스템과 지상 시스템의 결합을 강조하였지만 CDMA의 소프트 핸드오프는 고려하지 않았다.

음성과 데이터가 통합되어 진입하는 상황의 트래픽 모형은 주로 TDMA 상황에서 연구가 이루어져 왔는데, Guerin[5]은 차단 우선의 호 제어 정책이 도입된 평형 상태에서의 확률적 분석을 행하였는데, 전체 가용 채널의 개수가 많아질 경우 오차가 커지고 계산이 복잡해 지는 등의 단점이 있다. Pavlidou[2]는 여유 채널이 없을 경우 핸드오프 데이터호를 제외한 나머지 트래픽은 블록킹되며, 핸드오프 데이터호는 버퍼에서 대기할 수 있고, 버퍼에서 대기 중이던 핸드오프 데이터호가 전송되지 못한 채 그 다음 셀로 고객이 이동할 경우 다음 셀의 버퍼로 옮겨지게 되는 정책을 CDMA 상황이 아닌 셀룰러 시스템에서 적용하였다. 그러나 이 연구는 각각의 트래픽 특성에 대한 민감도를 고려하지 않은 채 음성과 데이터 트래픽의 이차원 모델로 분석을 하였다.

본 연구의 구성은 다음과 같다. 2절에서는 본 연구에서 고려하는 시스템을 설명한다. 3절에서는 마이크로셀과 매크로셀에서의 음성호의 핸드오프호와 신규호 블록킹확률을 구한다. 4절에서는 데이터호 핸드오프호와 신규호 블록킹확률을 구한다. 5절에서는 앞 절에서 구한 결과를 수치예제를 통하여 비교, 분석한다.

## 2. 시스템 설명

이동통신서비스를 향상시키기 위해 계층구조의 셀룰러시스템이 도입되었다. 이것은 지역

의 통화트래픽 특성에 따라 서비스 영역이 넓은 매크로셀과 마이크로셀을 설치하고 이에 따라 채널을 할당해서 용량을 증대시키고 통화트래픽들을 최대한 서비스하기 위한 시스템이다 ([그림 1] 참조). 이렇게 작은 셀로의 분할은 도심권과 같이 통화량이 많은 지역에서는 적합하다. 그러나 작은 셀로 세분화함에 따라 핸드오프의 요구, 즉 통화를 시작한 셀에서 다른 셀로의 이동에 의한 채널이동 요구가 잦아졌다는 것이다.

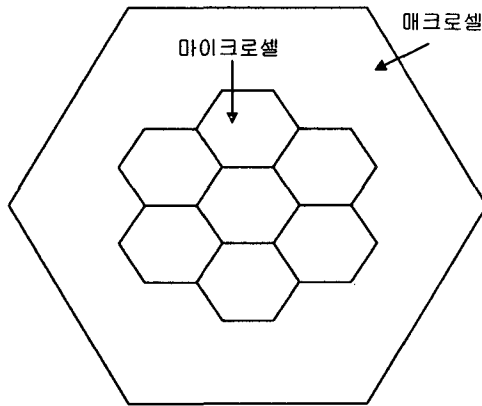


그림 1. 계층구조 셀룰러시스템

본 논문에서는 핸드오프호의 처리를 위한 여러 가지 방법들 중에서 일단 마이크로셀에 신규호나 핸드오프호가 우선 접속을 하고, 유휴채널이 존재하지 않을 경우에는 매크로셀로 오버플로우되는 방식을 적용한다. 그리고 핸드오프 전용채널을 두어 통화 도중에 블록킹 되는 것을 줄일 수 있도록 핸드오프를 처리할 경우는 핸드오프를 전용으로 처리하는 방법을 적용한다.

### 3. 마이크로셀과 매크로셀에서 음성호의 호손실을 산출

#### 3.1 호처리 순서 및 전용채널수 결정 순서

신규호의 블록킹보다는 핸드오프호의 블록킹을 낮추기 위하여 각 셀에 일정 개수의 채널과 송수신 기능을 핸드오프 전용으로 확보한다. 즉, 한 셀이 사용할 수 있는 채널 가운데 일반 채널에는 신규호와 핸드오프호를 동일시하여 할당하고 핸드오프 전용채널에는 일반채널이 모두 사용중일 때 핸드오프호에만 할당한다.

이 방법은 고정된크기의 핸드오프 전용채널을 예약하므로 신규호의 불필요한 블록킹과 갑자기 증가한 핸드오프호에 대한 처리 불가능 문제가 있다. 그러므로 이 경우에 오버플로우시켜 상위계층인 매크로셀에서 이 호들을 처리하는 방법을 제안한다. 이 경우는 마이크로셀에서 핸드오프 전용채널을 뚫으로써 나타나는 신규호의 불필요한 블록킹이나 핸드오프호의 처리 문제를 개선할 수 있다.

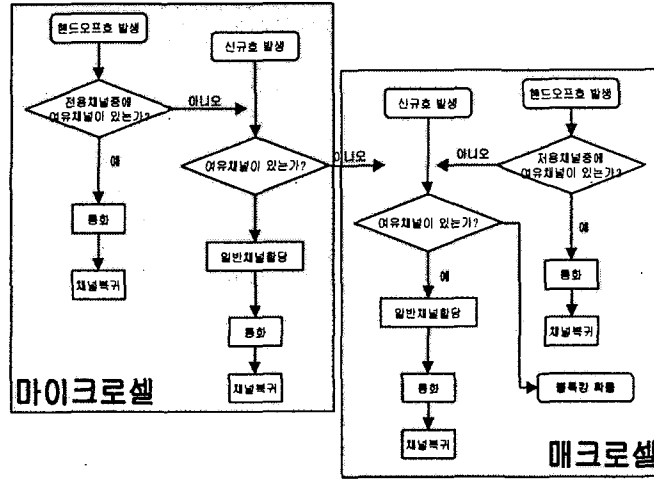


그림 2. 전용채널결정 알고리즘 순서도

이렇게 구한 블록킹확률이 정해진 서비스품질과 적절한 블록킹확률을 만족할 때까지 알고리즘을 수행하여 최적의 핸드오프 전용채널의 수를 구한다. 이를 [그림2]와 같이 전용채널을 결정하는 순서도로 나타낼 수 있다.

### 3.2 시스템 가정

본 논문의 시스템에서는 마이크로셀간에 핸드오프 발생시 목표셀에 유휴채널이 존재하지 않는 경우에 바로 매크로셀로 핸드오프시키고, 새로운 호 시도시 블록킹된 호를 매크로셀로 절체시키는 호처리 알고리즘을 적용한다. 셀 내의 총 채널개수를  $N$ , 이 가운데 핸드오프 전용채널수를  $H$ 라 하자.

발생된 호들을 처리하기 위한 시스템의 가정은 다음과 같다.

1. 신규호(음성호-핸드오프 전용채널)를 위한 채널이 유휴할 경우 핸드오프호가 도착을 하면 서비스 한다.
2. 호 발생과정은 포아송과정을 따르며 통화시간은 지수분포를 따른다.
3. 마이크로셀에서 서비스할 여유채널이 존재하지 않는 경우는 상위 계층의 매크로셀로 오버플로우된다.
4. 오버플로우된 트래픽은 포아송과정을 따른다.
5. 모든 영역에서의 이동 가입자의 수는 균일하게 분포한다.

### 3.3 신규호와 핸드오프호의 블록킹확률

#### (1) 마이크로셀의 모델링과 시스템 방정식

일반적으로 마이크로셀은 [그림 2]와 같은 Transition Diagram을 가진다. 여기서  $(i, j) = ((\text{전체채널수} - \text{핸드오프전용채널수})\text{중에서 점유 채널수}, \text{핸드오프채널수중에서 점유채널수})$ 를 나타낸다. 신규호의 발생률은  $\lambda_N$ , 핸드오프호의 발생률은  $\lambda_H$ , 서비스시간은 평균이  $1/\mu$ 인 지수분포를 따른다.

$P_{ij}$  를 상태  $(i, j)$ 에서의 안정상태 확률이라고 하면 위의 상태전이도를 이용하여  $P_{ij}$ 를 다음과 같이 구할 수 있다.

$$P_{ij} = \frac{1}{i!j!} \left(\frac{\lambda_N}{\mu}\right)^i \left(\frac{\lambda_H}{\mu}\right)^j P_{00}, \quad i=0,1,\dots,N-H, \quad j=0,1,\dots,H-1, \quad (1)$$

$$P_{iH} = \sum_{k=0}^i \frac{\left(\frac{\lambda_N}{\mu}\right)^k \left(\frac{\lambda_H}{\mu}\right)^{H+i-k}}{k!(H+i-k)!} \cdot P_{00}, \quad i=0,1,\dots,N-H. \quad (2)$$

여기서  $P_{00}$ 는  $\sum_{i=0}^{N-H} \sum_{j=0}^H P_{ij} = 1$  을 이용하여 구할 수 있다.

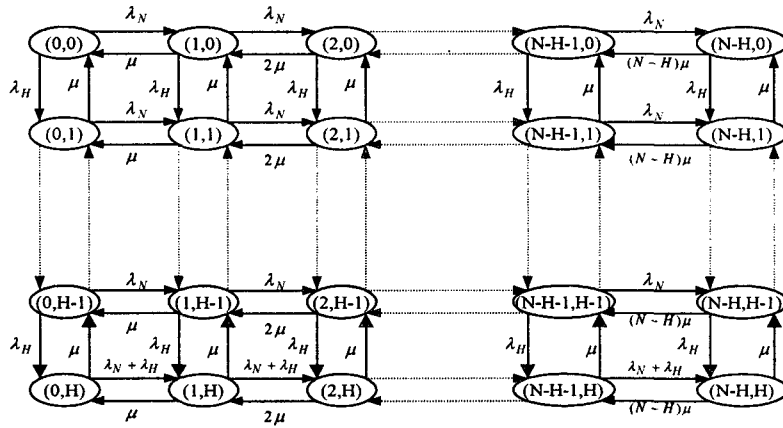


그림 3. 마이크로셀(음성)의 전이도

그러면 마이크로셀에서의 신규호 블록킹확률  $P_{BN}^m$  은 마이크로셀에 신규호를 서비스할 유휴채널이 존재하지 않는 경우의 확률을 나타내므로

$$P_{BN}^m = \sum_{i=0}^{N-H} P_{(N-H),i} \quad (3)$$

이 된다. 또한 마이크로셀에서의 핸드오프호 블록킹확률  $P_{BH}^m$  은 마이크로셀에 핸드오프호를 서비스할 유휴채널이 존재하지 않는 경우의 확률이므로

$$P_{BH}^m = P_{(N-H),H} \quad (4)$$

이다.

(2) 매크로셀의 모델링과 시스템 방정식

일반적으로 매크로셀은 [그림 3]과 같은 Transition Diagram을 가진다.  $A_H$ 를 마이크로셀에서 매크로셀로 오버플로우 되는 핸드오프호의 제공로드,  $A_N$ 는 마이크로셀에서 매크로셀로 오버플로우 되는 신규호의 제공로드로 정의한다. 마이크로셀에서 구한 블록킹확률로부터 매크로셀로 오버플로우되는 경우의 확률을 구할 수 있다. 즉, 오버플로우 트래픽은 매크로셀 내부에 존재하는 마이크로셀들로부터의 오버플로우되는 호들의 합이므로 이는 다음과 같이 계산되어진다.

$$A_N = \sum_i \frac{\lambda_N}{\lambda_N + \lambda_H} \times (\text{마이크로셀에서의 신규호 블록킹확률})$$

$$A_H = \sum_i \frac{\lambda_H}{\lambda_N + \lambda_H} \times (\text{마이크로셀에서의 핸드오프호 블록킹 확률})$$

( $i$  = 내부에 존재하는 마이크로셀) 을 의미한다.

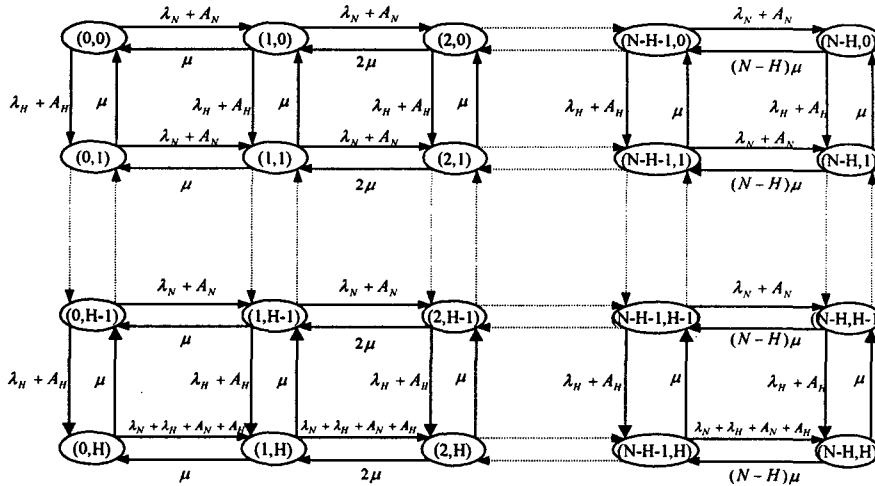


그림 4. 매크로셀(음성)의 전이도

마이크로셀의 경우에서와 마찬가지로 이 Transition Diagram으로부터 평형방정식을 세우고 이를 풀어  $P_{ij}$ 의 확률값을 구할 수 있다.

매크로셀에서의 신규호 블록킹 확률  $P_{BN}^M$  은 매크로셀에 신규호를 서비스할 유휴채널이 존재하지 않는 경우의 확률이므로

$$P_{BN}^M = \sum_{i=0}^H P_{(N-H),i} \tag{5}$$

이고, 매크로셀에서의 핸드오프호 블록킹 확률  $P_{BH}^H$  은 매크로셀에 유휴채널이 존재하지 않는 경우의 확률로서,

$$P_{BH}^M = P_{(N-H),H} \tag{6}$$

과 같이 계산한다.

#### 4. 데이터호에 대한 호손실을 산출

##### 4.1 시스템 설명

데이터호에 대한 처리는 다음과 같이 분석을 할 수 있다. 데이터호의 경우에는 지연에 민감하지 않은 트래픽 특성을 가지고 있다. 그러므로 한 곳에 저장할 한 후에 시스템에 여유채널이 존재하면 보낼 수 있다. 그래서 각 셀에 버퍼(Buffer)가 존재하는 방법을 적용한다. 데이터호의 핸드오프는 음성호의 경우와 같이 핸드오프 전용채널을 두고 서비스를 한다. 이는 일단 전송을 시작한 데이터호는 핸드오프 요구시 블록킹이 되면 에러가 발생할 가능성이 있기 때문에 핸드오프호를 먼저 서비스하는 정책을 따른다. 단 음성호와는 달리 overflow는 존재하지 않

는다는 가정을 한다. 왜냐하면 overflow가 존재하면 매크로셀의 채널용량에 영향을 주고, 이 핸드오프호가 상위계층인 매크로셀의 버퍼에 대기하면 매크로셀에 도착하는 신규호의 핸드오프호의 블록킹이 발생을 하게되어 매크로셀의 블록킹확률이 커진다.

4.2 모델링과 시스템 방정식

일반적인 모델을 위하여 [그림 4]와 같은 Transition Diagram으로 표현한다. 상태는 다음과 같이 정의한다.  $(i, j, k) = (\text{전체채널수} - \text{핸드오프전용채널수})$ 중에서 점유 채널수, 핸드오프전용채널중에서 점유채널수,  $k = \text{버퍼에 대기중인 데이터호의 개수}$

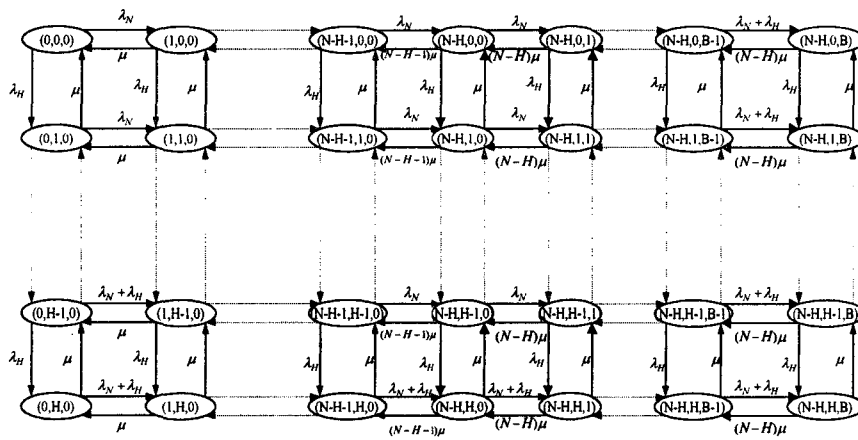


그림 5. 데이터호의 전이도

음성호의 경우에서와 마찬가지로 이 Transition Diagram으로부터 평형방정식을 세우고 이를 풀어  $P_{ij}$ 의 확률값을 구한다. 데이터의 신규호 블록킹확률  $P_{BN}$  은 신규호를 서비스할 유휴채널이 존재하지 않는 경우의 확률이므로

$$P_{BN} = \sum_{i=0}^H P_{(N-H), i, B} \tag{7}$$

이고, 핸드오프호 블록킹확률  $P_{BH}$  는 유휴채널이 존재하지 않는 경우의 확률이므로

$$P_{BH} = P_{(N-H), H, B} \tag{8}$$

이다.

5. 모델 타당성 검토

위에서 구한 결과를 시뮬레이션과 비교하기 위하여 다음 [표 1]과 같은 예제를 가지고 실험을 하였다.

표 1. 예제 구성표

예제번호	신규호 도착률	핸드오프 도착률	서비스시간평균
1	10	5	1/7
2	2	1	1/3
3	5	2	1/3
4	5	10	1/7
5	5	10	1/20

각 셀내 채널수는 6개이고 핸드오프 전용채널의 수는 2개이다. 데이터호의 경우 버퍼는 2개를 두고 분석을 하고자 한다. 그리고 각 셀에 도착하는 신규호와 핸드오프호는 일반적 모델의 가정과 동일한 가정을 한다. 시뮬레이션과의 비교는 마이크로셀에서의 신규호와 데이터 신규호의 경우만 제시하였고 다른 호에 대해서도 유사한 결과를 얻었다.

다음 [그림 6]와 [그림 7]은 마이크로셀에서의 신규호, 데이터 신규호의 블록킹확률을 본 논문에서의 방법을 이용하여 계산한 것과 시뮬레이션을 통해 얻은 값과 비교한 것이다.

본 논문에서 제시하고 있는 수식의 타당성을 검증하기 위한 시뮬레이션과 비교, 분석한 결과 그림에서 보는 바와 같이 유사하므로 이 모델이 타당하다고 할 수 있다.

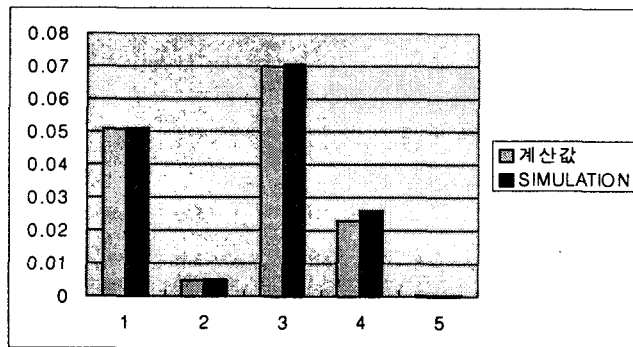


그림 6. 음성 신규호 블록킹확률의 비교(마이크로셀)

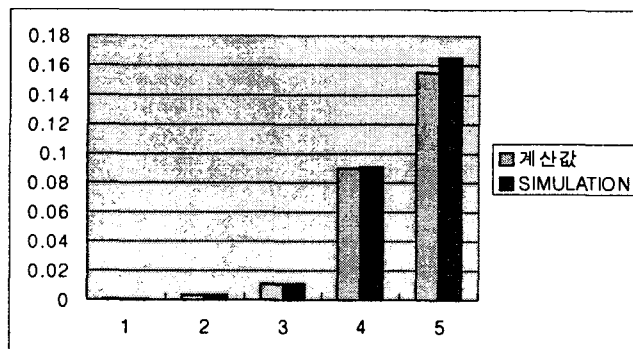


그림 7. 데이터 신규호의 블록킹확률 비교

## 6. 결 론

본 논문에서는 이동하려는 셀에 유휴채널이 없을 경우 핸드오프호가 손실되지 않고 상위 계층의 셀로 오버플로우되어 계속 서비스를 제공받는 계층구조 셀룰러 시스템과 핸드오프 전용채널 할당방식을 동시에 적용하여 음성호와 데이터호의 호손실률을 산출하였다. 그리고 이렇게 구한 호손실률로 이동가입자가 원하는 서비스품질과 적정한 블록킹확률을 만족하는 핸드오프 채널수를 결정하였다. 결론적으로 본 논문의 결과는 채널용량의 한계를 가진 CDMA 셀룰러시스템에서 핸드오프 블록킹확률을 최소로 하는 핸드오프 전용채널의 수를 구하여 이동가입자가 느끼는 서비스품질을 향상시키고자 한다.



추후 연구과제로는 CDMA 셀룰러시스템에서 이동가입자의 실제 도착율, 통화시간, 핸드오프 발생률 등을 고려하여 본 논문에서 제시한 모델과 시뮬레이션을 통하여 정확한 핸드오프 전용채널의 수를 구하고 이를 비교 분석하는 것이 필요하리라 본다.

#### 참고문헌

- [1] 송봉용, 홍대형, "계층구조 셀룰러 시스템을 위한 셀 및 채널 분배 기법", *Telecom. Review*, Vol. 6, No. 5, pp.554-560, 1996.
- [2] F.N. Pavlidou, "Two Dimensional Traffic Models for Cellular Mobile Systems" *IEEE Trans. Commun.*, Vol. 42, pp.1505-1511, 1994.
- [3] Kyoung Il Kim, "CDMA Cellular Engineering Issues", *IEEE Trans. on Veh. Tech.*, Vol. 42, No. 3, pp.345-350, Aug. 1993.
- [4] Lon-Rong Hu, and Stephen S. Rappaport, "Personal Communication Systems Using Multiple Hierarchical Cellular Overlays" *IEEE J. Select. Areas Commun.*, Vol. 13, No. 2, pp.406-415, 1995.
- [5] R. Guerin, "Queueing-Blocking System with Two Arrival Stream and Guard Channels", *IEEE Trans. Commun.* Vol. 36, No. 2, pp.153-163, 1988.