

# Frame Offset의 불일치로 인하여 발생하는 Soft Handoff Blocking Probability를 줄이기 위한 새로운 Frame Offset Assignment Algorithm

정회원 최 우 용\*

## A New Frame Offset Assignment Algorithm For Reducing the Soft Handoff Blocking Probability Due to the Lack of Frame Offset Capacity

Woo-Yong Choi\* *Regular Member*

요 약

CDMA 이동 통신 시스템에서는 호를 진행중인 단말기가 인접한 기지국의 서비스 영역으로 이동할 때 호의 계속적인 서비스를 위하여 단말기가 handoff 영역에 있는 동안 인접한 기지국으로부터 동시에 서비스를 받는 soft handoff 방식을 사용한다. 이 때 soft handoff가 성공적으로 이루어 지기 위해서는 진행중인 호가 이전의 기지국에서 서비스를 받을 때 사용되던 것과 동일한 frequency assignment와 frame offset 을 새로운 기지국으로부터 할당 받아야 한다. 새로운 호에 대해 frame offset을 할당할 때 인접한 기지국의 frame offset의 할당 상태를 고려하지 않고 해당되는 기지국의 frame offset의 할당 상태를 고려할 경우 호가 인접한 기지국으로 soft handoff를 요청할 때 frame offset의 불일치로 인하여 soft handoff가 실패할 확률이 크질 수 있다. 본 논문에서는 이러한 문제점을 개선하기 위하여 인접한 기지국의 frame offset의 할당 상태를 고려하는 새로운 frame offset 할당 방법을 제안하고자 한다. 분석적인 방법을 통하여 새로이 제안된 frame offset assignment algorithm의 성능을 분석한 결과에 의하면 제안된 방법으로 handoff 영역에서 발생한 호에 대해 frame offset을 할당할 경우 frame offset 의 불일치로 인한 soft handoff blocking probability가 크게 작아지는 것으로 분석되었다.

ABSTRACT

Code division multiple access (CDMA) is a promising air interface technique for cellular systems. When an MS (Mobile Station) moves to an adjacent cell, the handoff between the serving cell and the target cell is needed. Compared with the hard handoffs, the soft handoffs between two CDMA channels with the identical frequency assignments and frame offsets can provide a better quality of service by minimizing the undesirable ping pong phenomenon of back-and-forth handoffs between two adjacent cells in conventional hard handoffs. For the soft handoff of a call to an adjacent cell to be successful, the adjacent cell should assign to the call the same frame offset as that being used in the original cell by the call. In this paper, considering the assignment states of the frame offsets of the adjacent cells, a frame offset assignment algorithm for the originated call is proposed. An analytic method for the handoff blocking probability due to the lack of the frame offset capacity is also presented to show the advantage of the proposed algorithm with respect to the soft handoff blocking probability.

\* 현대전자 통신연구소(wychoi@hei.co.kr)

논문번호 : 99077-0226, 접수일자 : 1999년 2월 26일

## I. 서론

일반적인 이동 통신 시스템에서 통화중인 단말기가 어떤 기지국의 서비스 반경을 벗어나서 인접한 기지국의 서비스 영역으로 이동할 때 새로운 기지국에서의 지속적인 서비스를 위하여 channel을 새로 할당하는 과정을 handoff라 한다. 만약 새로운 기지국에 가용한 channel이 없을 경우 호가 중간에 끊어지게 되는데 이러한 호 절단 확률을 줄이기 위한 효율적인 channel 할당 방법과 호 절단 확률을 예측하는 방법은 많은 학자들에 의해 연구되어 왔다. [1-5]

CDMA 이동 통신 시스템은 통화중인 단말기가 셀간에 이동할 때 호의 지속적인 서비스를 위하여 soft handoff를 지원한다. soft handoff는 hard handoff에서 발생할 수 있는 ping pong 현상을 방지함으로써 서비스 품질을 향상시키는 장점을 가진다. [6-9] 그런데 [10]에 의하면 인접한 기지국으로의 soft handoff가 성공적으로 이루어 지기 위해서는 진행중인 호가 이전의 기지국에서 서비스를 받을 때 사용되던 것과 동일한 frequency assignment와 frame offset을 할당 받아야 한다. 따라서 만약 새로운 기지국에서 해당되는 frequency assignment와 frame offset을 지원하는 traffic channel을 할당 받지 못할 경우 soft handoff는 실패하게 된다. 새로운 호에 대해 frame offset을 할당할 때 인접한 기지국의 frame offset의 할당 상태를 고려하지 않고 해당되는 기지국의 frame offset의 할당 상태만을 고려할 경우 호가 인접한 기지국으로 soft handoff를 요청할 때 frame offset의 불일치로 인하여 soft handoff가 실패할 확률이 크질 수 있다. 본 연구에서는 이러한 문제점을 개선하는 새로운 frame offset 할당 방법을 제안하고자 한다. 분석적인 방법을 통하여 새로이 제안된 frame offset assignment algorithm의 성능을 분석한 결과에 의하면 제안된 방법으로 handoff 영역에서 발생한 호에 대해 frame offset을 할당할 경우 인접한 기지국의 frame offset의 할당 상태를 고려하지 않는 방법에 비해서 frame offset의 불일치로 인하여 발생하는 soft handoff blocking probability가 크게 작아지는 것으로 분석되었다.

음성을 서비스하는 기지국의 각 traffic channel은 20ms마다 하나씩의 packet을 제어국으로 전송한다. 이 때 기지국과 제어국 사이의 링크에서의 과도한 전송 지연을 방지하기 위하여 기지국 내에서 서비스 되는 각 호는 16개의 frame offset group으로 나누어 지고 일반적으로 i번째의 frame offset에 해당되는 호의 packet은 기지국에서 제어국으로 전송될 때 기준 시간에 비하여  $(i-1)*1.25ms$ 이후에 전송을 시작한다. [10] 과도한 전송 지연 없이 각 frame offset에 할당될 수 있는 호의 개수는 일반적으로 기지국과 제어국 사이의 링크의 용량에 따라 달라지는데 여기서는 각 frame offset에 할당 가능한 호의 개수를 C라 한다. 그림 1에서 정 육각형은 하나의 기지국으로부터 수신되는 전파의 세기가 다른 기지국으로부터의 전파의 세기보다 큰 영역으로써 서로 disjoint하다. 하지만 기지국으로부터 서비스 받기에 충분한 세기의 전파를 수신할 수 있는 영역을 원으로 한다면 그림 1에서와 같이 기지국간에 서비스 영역이 서로 겹치는 handoff 영역이 존재한다. 각 기지국에서의 호의 발생율을  $\lambda$ 라 하고 호의 평균 지속 시간을  $1/\mu$ 라 하자. 그리고 단말기가 기지국의 서비스 반경에 머무는 평균 시간을  $1/\eta$ 라 하자. 2개의 기지국의 서비스 영역이 서로 겹치는 2-way handoff 영역과 3개의 기지국의 서비스 영역이 서로 겹치는 3-way handoff 영역이 전체의 서비스 영역에서 차지하는 면적의 비율을 각각  $u_2$ ,  $u_3$ 라 한다.

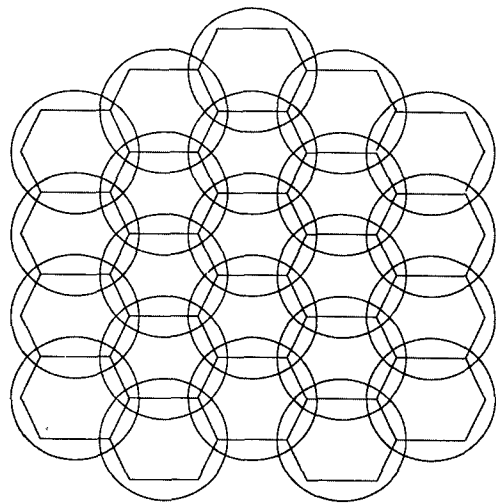


그림 1. 여러 개의 기지국에 의해 서비스를 받는 전체 서비스 영역

## II. Frame Offset의 불일치로 인한 Handoff Blocking Probability

하나의 기지국에서 발생하는 부하  $\Lambda$ 를 호가 손실되지 않기 위하여 각 기지국에서 서비스가 진행중이어야 하는 평균 호의 수라 하면  $\Lambda$ 는 다음과 같이 계산될 수 있다.

$$\Lambda = \frac{\lambda}{\mu} (1 + u_2 + 2u_3)$$

위의 식에서  $1+u_2+2u_3$ 는 호가 진행중인 하나의 단말기를 서비스 하는 기지국의 평균 개수로써 단말기가 2개의 기지국에 의해 서비스 받고 있을 확률을 2-way handoff영역의 비율  $u_2$ 로 생각하고 단말기가 3개의 기지국에 의해 서비스를 받고 있을 확률을 3-way handoff영역의 비율  $u_3$ 로 생각하였다. 그러면 임의의 하나의 frame offset에 발생하는 부하는  $\Lambda/16$ 이 될 것이다. 따라서 Erlang B 공식에 의하면 임의의 하나의 frame offset에  $C$ 개의 호가 할당되어 있을 확률  $P_C$ 는 다음과 같이 구해질 수 있다.

$$P_C = \frac{(\Lambda/16)^C}{\sum_{i=0}^C \frac{(\Lambda/16)^i}{i!}}$$

기지국에서 새로 발생한 호에 대해 frame offset을 할당할 때 가장 간단한 방법으로써 인접한 기지국의 frame offset의 할당 상태를 고려하지 않는 방법이 있다. 이 방법은 새로운 호가 발생했을 때 16개의 frame offset 중에서 아직  $C$ 개의 호가 할당되어 있지 않은 임의의 하나의 frame offset을 선정하여 할당하는 방법이다. 이 방법에 의하여 frame offset을 할당할 경우 발생한 호가 인접한 기지국으로 soft handoff를 요청할 경우 인접한 기지국의 해당되는 frame offset에  $C$ 개의 호가 이미 할당되어 있어서 soft handoff가 실패할 확률은 임의의 frame offset에  $C$ 개의 호가 할당되어 있을 확률  $P_C$ 와 같다.

### III. 새로운 Frame Offset Assignment Algorithm의 제안 및 분석

어떤 기지국 B의 서비스 영역에서 발생한 새로운 호에 대해 기지국 B의 frame offset을 할당하려고 한다 하자. Adj(B)를 기지국 B에 인접한 기지국의

집합이라 하고  $S_i(D)$ 를 호의 발생시에 기지국 D의  $i$ 번째 frame offset의 호 할당 상태를 나타내는 indicator라 하자. 만약 호의 발생시에 기지국 D의  $i$ 번째 frame offset에  $C$ 개의 호가 할당되어 있으면  $S_i(D)$ 는 0의 값을 갖고 그렇지 않으면  $S_i(D)$ 는 1의 값을 가진다. 즉  $S_i(D)$ 는 기지국 D의  $i$ 번째 frame offset의 용량에 여유가 있어서 새로운 호가 추가로 할당될 수 있는지 아닌지를 나타낸다. 새로운 호에 frame offset을 할당하는 방법으로써 인접한 기지국의 frame offset의 할당 상태를 고려하여 다음을 만족하는  $k$ 번째 frame offset을 할당하고자 한다.

$$k \in F, N_k = \text{Max}\{N_i = \sum_{D \in \text{Adj}(B)} S_i(D) : i \in F\} \quad (1)$$

위의 식에서  $F$ 는  $S_i(B) = 1$ 인 frame offset의 집합으로써 다음과 같이 정의된다.

$$F = \{i : S_i(B) = 1\}$$

식 (1)에서  $N_i$ 는  $i$ 번째 frame offset의 상태  $S_i(D) = 1$ 인 인접한 기지국 D의 개수이다. 따라서 식 (1)을 만족하는  $k$ 번째 frame offset은 frame offset의 용량에 여유가 있는 인접한 기지국의 수가 가장 많은 frame offset이다. 그리고 식 (1)에서  $k \in F$ 는 할당할 기지국 B의  $k$ 번째 frame offset은 여유 용량을 가지고 있어야 함을 뜻한다. 만약  $F$ 가 공집합이면 발생한 호는 용량에 여유가 있는 frame offset을 발견하지 못하여 손실된다. 제안된 frame offset assignment algorithm을 요약하면 다음과 같다.

#### ALGORITHM

STEP 0: 어떤 기지국 B의 서비스 영역에서 새로운 호가 발생했을 때 기지국 B에서 용량에 여유가 있는 frame offset의 집합  $F$ 를 구한다. 만약  $F$ 가 공집합이면 발생한 호는 손실된다.

STEP 1:  $F$ 가 공집합이 아닐 때 기지국 B의 모든 인접한 기지국 D에 대해서  $F$ 에 속한 모든  $i$ 번째 frame offset의 할당 상태  $S_i(D)$ 를 보고 받는다.

STEP 2: 식 (1)의  $N_i$ 를  $F$ 에 속한 모든  $i$ 번째 frame offset에 대해 계산한다.

STEP 3: 식 (1)과 같이  $F$ 에 속한  $N_i$  중에서 가장 큰 값을 가지는  $k$ 번째 frame offset에 새로 발생한 호를 할당한다.

F가 공집합이 아닐 때 F에 속한 기지국의 개수 X의 분포는  $S_1(B), S_2(B), \dots, S_{16}(B)$ 를 서로 독립이라고 가정하여 다음과 같이 구할 수 있다. ( $\Pr\{S_i(B) = 1\} = 1 - P_C$ ,  $\Pr\{S_i(B) = 0\} = P_C$ 라고 생각하여 구하였다.)

$$\Pr\{X = m\} = \Pr\left\{\sum_{i=1}^{16} S_i(B) = m : \sum_{i=1}^{16} S_i(B) \neq 0\right\}$$

$$= \frac{\binom{16}{m} (1 - P_C)^m P_C^{16-m}}{1 - P_C^{16}}, \text{ for } m = 1, 2, \dots, 16 \quad (2)$$

인접한 모든 기지국 D에 대해서  $S_i(D)$ 가 서로 독립이라고 가정하면,  $i = 1, 2, \dots, 16$ 에 대해서  $N_i$ 는 서로 동일한 분포를 가지며  $N_i$ 의 분포는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\Pr\{N_i = \sum_{D \in Adj(B)} S_i(D) = n\}$$

$$= \binom{|Adj(B)|}{n} (1 - P_C)^n P_C^{(|Adj(B)| - n)}$$

for  $n = 0, 1, \dots, |Adj(B)|$

그리고 F에 속한 모든 i에 대하여  $N_i$ 가 서로 독립이라고 가정하면 식 (1)의  $N_k$ 의 분포는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\Pr\{N_k = \text{Max}\{N_i : i \in F\} \leq z\} = \prod_{i \in F} \Pr\{N_i \leq z\}$$

$$= (\Pr\{N_i \leq z\})^X, z = 0, 1, \dots, Adj(B)$$

따라서 식 (2)에 있는 X의 분포를 이용하면 앞의 식으로부터  $N_k$ 의 분포를 구할 수 있다. 발생한 호가 일정한 시간 T가 지난 후에 인접한 기지국 E로의 soft handoff를 요청한다고 하자. 이 때 호의 발생시의 기지국 E의 k번째 frame offset의 할당 상태  $S_k(E) = 1$ 일 확률 p는 다음과 같다.

$$p = \Pr\{S_k(E) = 1\} = \sum_{z=0}^{|Adj(B)|} \left( \frac{z}{|Adj(B)|} \right) \Pr\{N_k = z\}$$

앞의 식에서  $z/|Adj(B)|$ 는  $|Adj(B)|$ 개의 인접한 기지국 중에서 k번째 frame offset에 여유 용량이 있는 기지국의 수  $N_k = z$ 일 때 인접한 기지국 E의

k번째 frame offset에 여유 용량이 있을 확률로써 단말기가 각 방향으로 고르게 움직인다는 가정하에서 구해진 것이다.  $S_k(E)$ 가 0과 1일 때 기지국 E의 k번째 frame offset의 용량의 부족으로 인하여 시간 T 이후에 요청할 soft handoff가 실패할 확률을 각각  $q_0$ 와  $q_1$ 이라 하면 최종적인 soft handoff blocking probability  $P_{b(new)}$ 는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$P_{b(new)} = (1-p)q_0 + pq_1 \quad (3)$$

앞의 식을 이용하여 제안된 algorithm의 soft handoff blocking probability  $P_{b(new)}$ 를 유도하기 위해서  $q_0$ 와  $q_1$ 을 구할 필요가 있다.

기지국 E의 k번째 frame offset의 할당 상태를 그림 2에 있는 것과 같이 continuous time Markovian ON OFF process로 나타내하고자 한다. 이 때 ON은 frame offset에 C개의 호에 할당되어 있어서 여유 용량이 없는 상태를 나타내며 OFF는 그 이외의 상태를 나타낸다.

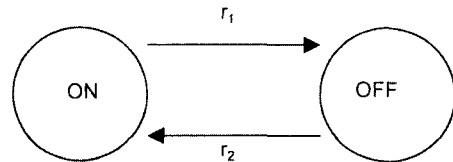


그림 2. frame offset의 할당 상태를 나타내기 위한 Markovian ON OFF process

임의의 호가 기지국의 서비스 영역에 머무는 시간은 호의 지속 시간과 단말기의 셀 체류 시간의 최소값으로 정의될 수 있는데 이 때 호의 지속 시간과 단말기의 셀 체류 시간이 지수 분포를 따른다고 하면 호의 셀 체류 시간 역시 지수 분포를 따르고 호의 평균 셀 체류 시간은  $1/(\mu + \eta)$ 이다. 따라서 호의 종료 혹은 단말기가 기지국의 서비스 반경을 벗어나는 것을 통하여 발생하는 그림 1의 ON에서 OFF로의 천이율  $r_1 = C(\mu + \eta)$ 이고 frame offset이 ON에 머물 확률은  $P_C$ 이므로 다음의 식으로부터  $r_2$ 를 구할 수 있을 것이다.

$$\frac{r_2}{r_1 + r_2} = P_C$$

즉  $r_2$ 는 다음과 같다.

$$r_2 = \frac{r_1 P_C}{1 - P_C} = \frac{C(\mu + \eta) P_C}{1 - P_C}$$

만약  $P_{ON,ON}(t)$ 와  $P_{OFF,ON}(t)$ 를 현재 ON과 OFF의 상태에 있는 frame offset이 시간  $t$ 이후에 ON의 상태에 있을 확률이라면 Kolmogorov의 backward differential equation으로부터  $P_{ON,ON}(t)$ 와  $P_{OFF,ON}(t)$ 는 다음과 같이 구할 수 있다. [11]

$$P_{ON,ON}(t) = \frac{r_2}{r_1 + r_2} + \left( \frac{r_1}{r_1 + r_2} \right) e^{-(r_1+r_2)t}$$

$$P_{OFF,ON}(t) = \frac{r_2}{r_1 + r_2} - \left( \frac{r_2}{r_1 + r_2} \right) e^{-(r_1+r_2)t}$$

발생한 호가 시간  $T$  이후에 인접한 기지국으로 soft handoff를 요청하므로  $q_0 = P_{ON,ON}(T)$ 와  $q_1 = P_{OFF,ON}(T)$ 이다. 따라서 제안된 frame offset assignment algorithm을 통하여 발생한 호에 식 (1)을 만족하는  $k$ 번째 frame offset을 할당할 경우 이 호가 인접한 기지국으로 soft handoff를 요청했을 때 인접한 기지국의  $k$ 번째 frame offset의 용량의 부족으로 인하여 soft handoff가 실패할 확률  $P_{b(new)}$ 는 식 (3)으로부터 다음과 같이 구할 수 있다.

$$P_{b(new)} = \frac{r_2}{r_1 + r_2} + (r_1 - p(r_1 + r_2)) \frac{e^{-(r_1+r_2)T}}{r_1 + r_2}$$

$$= P_C + (r_1 - p(r_1 + r_2)) \frac{e^{-(r_1+r_2)T}}{r_1 + r_2}$$

위의 식에서  $p$ 는 호가 발생할 당시에 soft handoff를 요청할 인접한 기지국 E의  $k$ 번째 frame offset의 상태  $S_k(E) = 1$ 일 확률로써,  $p > r_1 / (r_1 + r_2) = 1 - P_C$ 일 때  $P_{b(new)} < P_C$ 이다. 그리고  $p$ 가 클수록  $P_{b(new)}$ 는 작아지는데 만약 단말기가 인접한 기지국으로 균일한 확률로 이동한다고 가정한다면 (1)의 조건을 만족하는  $k$ 번째 frame offset을 생성된 호에 할당하는 것이  $p$ 를 가장 크게 하는 방법이고 동시에  $P_{b(new)}$ 를 가장 작게 하는 방법이다. 위의 식에서 호가 생성된 뒤에 soft handoff를 요청할 때까지 소요되는 시간  $T$ 가 클수록  $P_{b(new)}$ 는 점점 크지며  $T$ 가 무한대로 갈수록  $P_{b(new)}$ 는  $P_C$ 로 수렴해 간다. 즉 soft handoff를 요청할 때까지의 시간  $T$ 가 클수록 제안된 algorithm에 의한 soft handoff blocking probability의 감소 효과가 점점 줄어든다는 것을 알

수 있다.

#### IV. Numerical Example

새로운 frame offset assignment algorithm하에서의 soft handoff blocking probability,  $P_{b(new)}$ 를 결정하는 parameter로써  $C$  (frame offset capacity),  $\lambda$  (호 발생율),  $1/\mu$  (평균 호 유지 시간),  $1/\eta$  (평균 셀 체류 시간),  $u_2$  (2-way handoff 영역의 비율),  $u_3$  (3-way handoff 영역의 비율),  $|Adj(B)|$  (인접한 기지국의 수),  $T$  (호가 생성된 후 soft handoff를 요청할 때까지의 소요 시간)이 있는데  $T$ 를 제외한 각 parameter의 값이 표 1과 같이 주어진다 가정하자. (표 1에서  $1/\eta$ 는 셀의 반경이 2 km이고 단말기의 평균 이동 속도가 35 km/h일 때의 평균 셀 체류 시간으로써 [3]의 방법을 이용하여 구하였다.)

표 1.  $T$ 를 제외한 각 parameter에 대해 가정한 값들

parameter	parameter의 값
C	6
$\lambda$	0.7/초
$1/\mu$	60 초
$1/\eta$	150 초
$u_2, u_3$	0.5, 0.25
$ Adj(B) $	6

그림 3은 표 1과 같이 각 parameter의 값이 주어졌을 때  $T$  (단위: 초)의 값에 따른  $P_{b(new)}$ 와  $P_C$ 의 계산 결과를 나타낸다.

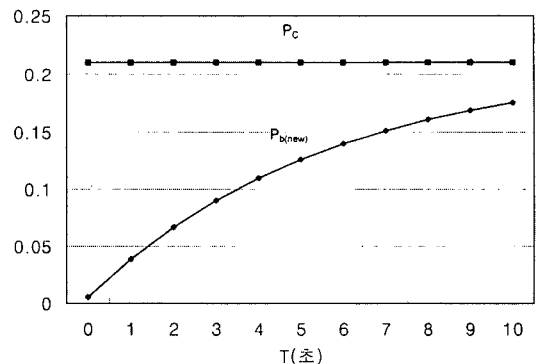


그림 3.  $T$ 의 값에 따른  $P_{b(new)}$ 와  $P_C$ 의 계산 결과

그림 3에서  $P_C$ 는 인접한 기지국의 frame offset

할당 상태를 고려하지 않는 frame offset assignment algorithm에서의 soft handoff blocking probability인데 새로 제안한 algorithm이 훨씬 작은 blocking probability를 가진다는 것을 알 수 있다. 하지만 T가 크지면서  $P_{b(new)}$ 는  $P_c$ 에 접근하고 따라서 blocking probability를 줄이는 효과는 점점 작아진다. 단말기가 handoff 영역에서 호를 시도하게 되면 호가 시작되자마자 인접한 기지국으로 soft handoff를 요청한다고 할 수 있는데 이 경우  $T = 0$ 이라고 할 수 있을 것이다. 그림 3에서  $T = 0$ 일 때  $P_c = 0.21$ 이고  $P_{b(new)} = 0.0056$ 인데  $P_{b(new)}$ 는  $P_c$ 의 약 1/40 배 밖에 되지 않는다.

3장에서 제시한 frame offset assignment algorithm을 실제 적용하기 위해서는 어떤 기지국의 서비스 영역에서 새로 발생한 호에 대해 frame offset을 할당할 때 해당되는 기지국은 인접한 기지국의 모든 frame offset 할당 상태를 보고 받아야 한다. 만약 이러한 추가 작업이 힘들다면 handoff 영역에서 발생한 호에 대해서만 제안된 frame offset assignment algorithm을 적용하는 방안을 생각해 볼 수 있다. 이 경우 호가 시작되자마자 인접한 기지국으로의 soft handoff가 이루어져야 하므로  $T = 0$ 이라고 할 수 있다. 그리고 새로운 호가 2-way handoff 영역에서 발생했을 때 soft handoff를 요청할 인접한 기지국은 서비스 영역이 서로 겹치는 인접한 기지국으로서 frame offset algorithm을 적용할 때 이미 알려져 있다. 따라서 마치 인접한 기지국이 1개라고 생각하고 (즉,  $|Adj(B)| = 1$ ) 3장의 algorithm을 적용할 수 있다. 따라서 어떤 기지국의 서비스 영역 중 2-way handoff 영역에서 발생한 호에 대해 frame offset을 할당할 때 서비스 영역이 겹치는 인접한 하나의 기지국으로부터 frame offset 할당 상태를 보고 받는다면 3장의 algorithm은 구현 가능할 것이다. 그림 3에서 알 수 있듯이  $T = 0$ 일 때 제안한 algorithm의 효과는 가장 크고 인접한 하나의 기지국으로부터 frame offset 할당 상태를 보고 받는 추가 작업도 크지 않다고 예상되므로 handoff 영역에서 발생한 호에 대해 제안된 frame offset assignment algorithm을 적용하는 것은 매우 타당하다고 생각된다. 그림 4는  $T = 0$ 이고  $|Adj(B)| = 1$ 일 때  $\lambda$ 가 변함에 따라서  $P_{b(new)}$ 를 구하여  $P_c$ 와 비교한 결과이다. 이 때  $\lambda$ ,  $T$ ,  $|Adj(B)|$  이외의 parameter는 표 1과 같다고 하자. 그림 4에서 알 수 있듯이  $\lambda$  (초당 새로운 호의 도착율)가 크짐에 따라서  $P_{b(new)}$ 와  $P_c$ 는 모두 1에 접근하지만  $\lambda$ 가

비교적 작을 때  $P_{b(new)}$ 는  $P_c$ 의 값에 비하여 매우 작은 값을 가진다. 예를 들어  $\lambda = 1.3$ 일 때  $P_{b(new)} = 0.005621$ 이고  $P_c = 0.474095$ 인데  $P_{b(new)}$ 는  $P_c$ 의 약 1/85배 밖에 되지 않는다. 그림 4에서  $\lambda$ 가 1.4보다 작거나 같을 때  $P_c / P_{b(new)}$ 는 50보다 크다. 만약 새로운 호가 어떤 기지국의 서비스 영역 중 3-way handoff 영역에서 발생하였을 때 서비스 영역이 겹치는 2개의 인접한 기지국 중 하나로 우선 soft handoff를 요청한다고 생각할 수 있다. 이 경우  $|Adj(B)| = 2$ 이고 2개의 인접한 기지국의 frame offset 할당 상태만을 보고 받는다면 3장의 새로운 algorithm을 적용할 수 있다.  $T = 0$ 이고  $|Adj(B)| = 2$ 일 때  $P_{b(new)}$ 와  $P_c$ 를 구하면 그림 4와 유사한 결과를 얻을 수 있다.

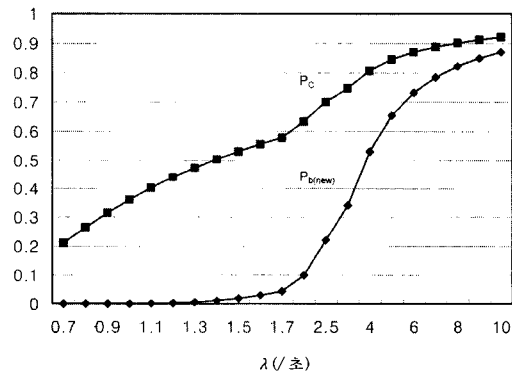


그림 4.  $\lambda$ 의 값에 따른  $P_{b(new)}$ 와  $P_c$ 의 계산 결과

## V. 결론

본 연구에서는 frame offset의 불일치로 인한 soft handoff blocking probability를 줄이기 위한 새로운 frame offset assignment algorithm을 제안하고 제안된 algorithm의 장점을 분석적인 방법을 통하여 규명하였다. 분석 결과에 따르면 제안된 방법은 인접한 기지국의 frame offset 할당 상태를 고려하지 않는 방법에 비하여 더 작은 blocking probability를 가진다. 특히 handoff 영역에서 새로운 호가 발생하였을 때 제안된 방법에 따라서 frame offset을 할당하면 numerical example을 이용하여 실험한 결과에 따르면 새로운 호의 발생율이 매우 크지 않을 때 50 배 이상 blocking probability를 줄이는 것으로 분석되었다.

