

論文96-33B-6-15

음성/데이터 복합서비스 PCS시스템의 트래픽 분석

(A study on Traffic analysis in voice/data mixed PCS system)

金永一*, 陳庸玉**

(Young-il Kim and Yong-oak Jin)

요 약

본 논문에서는 음성과 데이터서비스를 제공하는 마이크로셀과 매크로셀이 중첩된 PCS시스템에서 통화의 품질을 개선하기 위해 음성과 데이터 채널을 구별하여 처리하는 방안을 적용할 때 등시성을 필요로 하는 음성단말기에서 채널을 요구시 셀내의 모든 채널이 사용중일 때 이를 블러킹 처리하고, 반면에 등시성을 요하지 않는 데이터 단말기에서 핸드오프 요구시는 모든채널이 점유되었을 때 이를 대기행렬(Queue)에 저장하는 시스템모델을 상정하고 이의 트래픽특성을 분석한다. 이를 위해서 마이크로셀에서 매크로셀로 절체되는 데이터호의 핸드오프 지역내 체재시간을 분석하고 이를 매크로셀의 대기행렬 상태분석에 적용한다. 이때에 M/M/C/K 대기행렬 모델을 적용하고 마이크로셀의 핸드오프 지역의 크기변화에 따른 매크로셀의 트래픽 특성을 분석한다.

Abstract

In this paper, we analyze the traffic characteristics in microcell and macrocell overlaid PCS system which process voice and data calls separately each others. In this system, data calls are delayed in queue when all of channels are occupied, while voice calls are blocked in that case. For this, we calculated inter-microcell handoff area dwelling time distribution and handoff area dwelling time distribution between microcell and macrocell. We analyze traffic performance using this results. We used M/M/C/K model, and analyzed traffic performance of macrocell with handoff area variation of microcell.

I. 서 론

PCS는 유선과 무선 기술이 복합되는 시스템으로서, 이동 트래픽환경하에서 최적의 통신품질(GOS:Grade Of Service)로 다양한 복합서비스를 제공하는 것을 목표로 하고 있다.

PCS(Personal Communication Service)에서는 가입자의 수요와 트래픽이 증대함에 따라 셀은 점점 소형화되기 시작하여 마침내 반경이 수백m 이내인 마이

크로셀 및 피코셀이 등장하게 되었다. 마이크로 셀은 많은 사람들이 밀집되는 공공장소를 중심으로 수개가 밀집되는 형태로(Cluster) 구성되며, 이들의 셀은 다시 기존의 매크로셀내에 포함되므로 마이크로셀과 매크로셀이 중첩된 셀 구성을 갖게 된다. 따라서 PCS시스템에서는 마이크로셀에서 음성 및 데이터 서비스를 효율적으로 제공할 수 있는 구조와 트래픽 관리기술이 중요한 부분을 차지하게 되었다.

음성/데이터 서비스를 고속도로상의 셀에서 제공하는 경우의 트래픽특성에 대한 연구는 이루어졌으나^[3], 이 방안에서는 데이터 호의 경우 크기가 무한대인 대기행렬을 이용하여 핸드오프호를 처리하는 경우만을 고려하였기 때문에 마이크로 및 매크로셀이 중첩되는 통신 환경에 대한 트래픽분석이 이루어지지 않았다.

* 正會員, 韓國電子通信研究所 信號技術研具室 (ETRI)

** 正會員, 慶熙大學校 電波工學科 (Dept. of Radio Science Eng., Kyung-Hee University)
接受日字:1995年9月4日, 수정완료일:1996年5月14日

따라서 본 논문에서는 마이크로 셀과 매크로셀이 중첩된 이동통신 시스템에서 마이크로 및 매크로셀에 모두 핸드오프 전용채널을 할당하는 방안¹¹⁾을 적용하고, 트래픽을 음성 및 데이터 호로 구분하여 핸드오프 요청시 유휴채널이 없는 경우 채널의 특성에 따라 처리방안을 달리하는 경우에 대한 트래픽 특성을 분석하고자 한다. 즉, 음성은 등시성을 요구하기 때문에 유휴채널이 없는 경우에 블러킹시키지만, 데이터채널은 CAI(Common Air Interface)상에서 채널의 접속상태를 유지 혹은 지속시킬수 있는 동안에 유한한 크기의 대기행렬(Queue)에서 기다리도록 한후 유휴채널이 발생시 이를 접속시켜준다. 마이크로셀의 경우에는 대기행렬의 크기가 일정 갯수 이상이 되면 이를 매크로셀로 절체시켜주며, 매크로셀의 경우에는 블러킹시키는 트래픽 관리구조를 갖는 복합시스템에 대한 트래픽특성을 분석하고자 한다. 이를 위해서 호가 접속된 이동국이 마이크로셀간의 핸드오프지역내 체재하는 시간 및 마이크로셀과 매크로셀간의 핸드오프 지역내 체재하는 시간의 분포를 계산하고 이를 트래픽분석시에 적용한다. 또한, 마이크로셀의 핸드오프지역의 크기변화는 중첩매크로셀의 트래픽특성에 영향을 미치므로 마이크로셀의 핸드오프지역 크기변화에 따른 매크로셀의 트래픽특성에 대해서 분석한다.

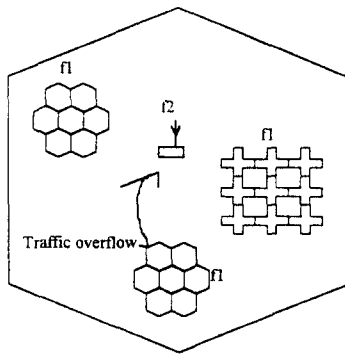


그림 1. 중첩된 셀구조를 갖는 PCS 시스템
Fig. 1. The Architecture of Overlaid PCS system.

II. PCS시스템의 구조

1. 셀의 구성

마이크로셀과 매크로셀이 중첩된 PCS시스템은 그림 1과 같이 1개의 매크로 셀에 M개의 마이크로셀이 중

첩된 구성을 갖게 된다.

마이크로셀은 많은 사람들이 모이는 공공장소 등에 설치되는 육각형의 셀과 도심지의 거리를 중심으로 형성되는 직각형의 셀로 구성될 수 있다. 마이크로셀과 매크로셀은 서로 다른 주파수를 사용하게 된다.

2. 트래픽 관리 구조

1) 마이크로셀의 트래픽 관리

마이크로과 매크로셀간에 호를 접속시키는 방법에는 이동국의 속도에 따라서 저속의 이동국은 마이크로 셀에 고속의 이동국은 매크로셀에 접속시키는 방식과 속도에 무관하게 호의 발생 위치에 따라 마이크로셀과 매크로셀을 선택하는 방법과 같은 여러방안들이 있을 수 있으며, 본 논문에서는 이동국이 통화를 시도할 때는, 마이크로셀 지역내에 있는 이동국은 마이크로셀에, 마이크로셀 지역을 벗어난 위치에 있는 이동국은 매크로셀에 접속을 시도하는 것으로 전제로 한다.

마이크로셀은 C_m 개의 채널과 크기가 K 인 버퍼로된 대기행렬(Queue)로 구성되며, 전체채널(C_m 개)중에서 C_{hm} 개의 채널은 핸드오프 목적으로만 사용하고 나머지 채널($C_m - C_{hm}$)은 새로운 호 및 핸드오프 호에 사용한다. 대기행렬은 셀내의 채널이 전부 점유된 이후에 핸드오프를 요구하는 데이터호를 유휴채널이 생길때까지 대기시키는 역할을 수행한다. 즉, 음성 및 데이터의 신규호와 핸드오프 호가 발생시 차례차례 ($C_m - C_{hm}$)개까지의 채널을 할당하고 이후부터 발생하는 신규의 음성 및 데이터 호는 블러킹시키고, 음성 핸드오프 호는 전용채널(C_{hm})이 전부 점유될때까지만 채널을 할당해주고 이후부터는 블러킹 시킨다. 블러킹된 음성 핸드오프호는 매크로셀로 절체된다. 반면에 데이터 핸드오프호는 전용채널이 전부 점유되면 대기행렬에 입력시킨 후 유휴채널이 발생시 FIFO(First In First Out)원리로 핸드오프호에 채널을 할당시켜 주며, 대기행렬에 대기하는 데이터 호의 갯수가 K 개로 된 이후에 도착하는 데이터 핸드오프 호는 매크로 셀로 절체시킨다.

2) 매크로셀의 트래픽 관리

매크로셀의 트래픽 관리도 마이크로셀의 트래픽 관리와 같이 음성 및 데이터호를 구분하여 처리한다. 즉, 매크로셀도 마이크로 셀의 경우와 같이 C 개의 채널과 크기가 K 인 버퍼로된 대기행렬로 구성되며 C_h 개의 핸드오프 전용채널을 두어 핸드오프에 대한 우선순위를 유지시킨다. 매크로셀의 경우는 마이크로셀과 달리 대기행렬에 대기하는 데이터호가 K 개로 된 이후에 도착

하는 데이터 핸드오프호는 블러킹된다. 매크로셀에는 마이크로셀로부터 절체되어 오는 호에 여러가지 방법으로 채널을 할당할 수 있다. 본 논문에서는 마이크로셀에서 매크로셀로 절체되어 오는 호를 매크로셀간의 핸드오프호와 동일하게 처리한다.

III. 트래픽 특성 분석

1. 마이크로셀 트래픽 특성

PCS에서 제공하는 트래픽은 음성과 패킷형태의 데이터로 구성되며, 이들을 다시 신규호에 대한 경우와 핸드오프된 호에 대한 경우로 구분하면 다음과 같이 4가지 형태로 나타낼 수 있다.

- Λ_{mv}^n : 신규 음성호 발생률(New voice calls arrival rate)
- Λ_{mp}^n : 신규 데이터호 발생률(New data calls arrival rate)
- Λ_{mv}^h : 인접 마이크로셀로 부터 절체되어 오는 핸드오프 음성호 발생률 (Handoff voice calls arrival rate from neighbor cells)
- Λ_{mp}^h : 인접 마이크로셀로 부터 절체되어 오는 데이터 핸드오프호 발생률(Handoff data calls arrival rate from neighbor cells)

마이크로셀의 채널상태 천이도는 다음의 그림 2와 같다.

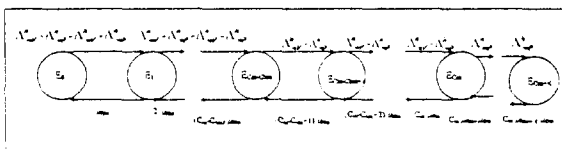


그림 2. 마이크로셀의 상태 천이도
Fig. 2. State transition diagram of microcell.

마이크로셀내의 트래픽특성을 분석하기 위해 다음과 같이 확률변수를 정의한다.

- (1) T_{dm}^n : 호가 발생한 셀내에서 통화가 지속되는 시간에 대한 확률변수이며, 핸드오프 지역에서 생성된 호의 경우는 음막절정의한다.
- (2) T_{dm}^h : 호가 핸드오프된 셀내에서 지속되는 시간에 대한 확률변수

(3) T_M : 전체 호 지속시간에 대한 확률변수로서 다음과 같이 평균이 $\bar{T}_M (\cong \frac{1}{\mu_M})$ 인 부지수함수(Negative exponential) 분포를 갖는 것으로 가정한다.

$$f_{T_M}(t) = \mu_M e^{-\mu_M t} \quad t \geq 0 \quad (1)$$

(4) T_Q : 단말기가 핸드오프 지역내에 체재하는 시간에 대한 확률변수로서 평균이 $\bar{T}_Q (\cong \frac{1}{\mu_Q})$ 인 부지수함수 분포를 갖는 것으로 가정한다.

$$f_{T_Q}(t) = \mu_Q e^{-\mu_Q t} \quad t \geq 0 \quad (2)$$

(5) V : 단말기의 속도를 나타내는 확률변수로서 이 동국이 셀내를 이동시 항상 일정한 속도로 움직이고 셀내의 속도는 $[0, V_{max}]$ 사이에 균등히 분포된다고 가정하면, 확률밀도함수는 다음과 같게 된다.

$$f_V(v) = \begin{cases} \frac{1}{V_{max}} & 0 \leq v \leq V_{max} \\ 0 & \text{Otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

(6) Z : 호가 발생한 셀내의 임의의 지점에서 셀경계까지의 거리에 대한 확률변수

T_{dm}^n 의 누적분포함수와 확률밀도함수는 속도 V 와 거리 Z 이 서로 독립적인 분포를 갖으므로 각각 다음과 같이 주어진다^{[14][13]}.

$$F_{T_{dm}^n}(t) \text{ Prob} [z/v \leq t] = \iint_{(z/v) \leq t} f_V(v) f_Z(z) dz dv = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{z-vt}^{z-v} f_Z(z) dz dv \quad (4)$$

(식 4)를 z 에 관해 미분하면 다음과 같다.

$$f_{T_{dm}^n}(t) = \int_{-\infty}^{\infty} |v| f_V(v) f_Z(vt) dv \quad (5)$$

T_{dm}^h 에 대한 누적분포함수와 확률밀도함수도 위와같은 방법으로 구할 수 있다.

호가 셀내에 지속되는 채널점유시간(Holding Time: $1/\mu_{11m}$)은 호가 생성된 셀내에서 지속되는 시간에 대한 확률분포와 핸드오프되어온 호가 셀에 지속되는 시간에 대한 확률분포를 구한 후 이들을 이용하여 채널점유시간에 대한 누적분포함수를 구하고 이를 평균이 $1/\mu_{11m}$ 인 부지수 분포함수에 근사시켜 구할 수 있다^[11].

마이크로셀의 채널이 j 개사용중인 상태를 E_j 라 하고 이때의 확률을 P_j 라 하면 생성소멸 프로세스(birth-death process) 모델에서 P_j 는 다음과 같이 주어진다.

$$\begin{aligned}
 P_i &= \frac{A_{mV}^i + A_{mP}^i + A_{mV}^k + A_{mP}^k}{j! \mu_{Hm}^j} P_i, \quad 1 \leq j \leq C_m - C_{hm} \\
 &= \frac{(A_{mV}^i + A_{mP}^i + A_{mV}^k + A_{mP}^k)^{C_m - C_{hm}} (A_{mV}^i + A_{mP}^i)^{j - (C_m - C_{hm})}}{j! \mu_{Hm}^{C_m - C_{hm} + j}} P_0, \quad C_m - C_{hm} + 1 \leq j \leq C_m \\
 &= \frac{(A_{mV}^i + A_{mP}^i + A_{mV}^k + A_{mP}^k)^{C_m - C_{hm}} (A_{mV}^i + A_{mP}^i)^{j - C_m}}{C_m! \mu_{Hm}^{C_m} \prod_{l=1}^{C_m} (C_m \mu_{Hm} + i \mu_{Hm})} P_0, \quad C_m + 1 \leq j \leq C_m + K
 \end{aligned} \tag{6}$$

$$\begin{aligned}
 P_0 &= \left[\sum_{j=0}^{C_m - C_{hm}} (A_{mV}^j + A_{mP}^j + A_{mV}^k + A_{mP}^k)^j \right. \\
 &\quad \left. + \sum_{j=C_m - C_{hm} + 1}^{C_m} \frac{(A_{mV}^j + A_{mP}^j + A_{mV}^k + A_{mP}^k)^{C_m - C_{hm}} (A_{mV}^j + A_{mP}^j)^{j - (C_m - C_{hm})}}{j! \mu_{Hm}^{C_m - C_{hm} + j}} \right. \\
 &\quad \left. + \sum_{j=C_m + 1}^{C_m + K} \frac{(A_{mV}^j + A_{mP}^j + A_{mV}^k + A_{mP}^k)^{C_m - C_{hm}} (A_{mV}^j + A_{mP}^j)^{j - C_m}}{C_m! \mu_{Hm}^{C_m} \prod_{l=1}^{C_m} (C_m \mu_{Hm} + i \mu_{Hm})} \right]^{-1}
 \end{aligned} \tag{7}$$

블러킹확률(P_{bm})은 다음과 같이 주어진다.

$$P_{bm} = \text{Prob} \{ (C_m - C_{hm}) \text{ Channels are busy} \} = \sum_{j=C_m - C_{hm}}^{C_m + K} P_j \tag{8}$$

음성호의 핸드오프 실패확률은 패킷데이터의 대기확률과 동일하며 다음과 같이 주어진다.

$$P_{hV} = P_q = \sum_{j=C_m}^{C_m + K} P_j \tag{9}$$

모든 채널이 사용중이며 대기행렬에 k 개의 핸드오프호가 대기중일 때 또다른 핸드오프호가 입력되어 $(k+1)$ 위치에 대기하게된 데이터 호가 핸드오프 영역을 벗어날때까지 유휴채널을 획득하지 못하고 블러킹될 확률은 다음과 같이 주어진다^[11].

$$P_{hP} = \sum_{k=1}^K P_{C_m - 1, k} P_{j/k, k} \tag{10}$$

위 (식 10)에서 $P_{j/k, k}$ 는 M/M/C/K의 대기행렬모델에서 대기행렬의 $(k+1)$ 번 위치에 입력된 호가 대기행렬의 최전단까지 이동하지 못하거나 이동했을때 유휴채널을 할당받지 못하고 블러킹될 확률을 의미한다.

각각의 큐위치에서 대기하는 시간과 모든채널이 점유된 상태에서 유휴채널을 얻는 시간과의 관계식에서 위의 (식 10)은 다음과 같이 된다^[11].

$$\begin{aligned}
 P_{hP} &= P_{C_m - 1} \left(1 - \frac{C_m \mu_{Hm}}{\mu_{Qm} + C_m \mu_{Hm}} \right) + \sum_{k=2}^K P_{C_m - k} \left[1 - \prod_{i=1}^k \left\{ 1 - \left(\frac{\mu_{Qm}}{\mu_{Qm} + C_m \mu_{Hm}} \right) \left(\frac{1}{2} \right)^i \right\} \left(C_m \frac{\mu_{Hm}}{\mu_{Qm} + C_m \mu_{Hm}} \right) \right]
 \end{aligned} \tag{11}$$

대기행렬에 있는 데이터호의 평균갯수는 다음과 같이 계산된다.

$$\begin{aligned}
 N_v &= \sum_{i=C_m + 1}^{C_m + K} (i - C_m) P_i P_0(i) P_i = 1 \cdot P_{C_m + 1} + 1 \cdot P_i + \sum_{i=C_m + 2}^{C_m + K} (i - C_m) P_i P_0(i) P_i \\
 &= P_{C_m + 1} \cdot P_i + \sum_{k=2}^K k \cdot P_{k+C_m} \cdot \prod_{j=1}^{k-1} P(jj+1) P_i \\
 &= P_{C_m + 1} \cdot \left(\frac{C_m \mu_{Hm}}{\mu_{Qm} + C_m \mu_{Hm}} \right) + \sum_{k=2}^K k \cdot P_{k+C_m} \cdot \prod_{j=1}^{k-1} \left\{ 1 - \left(\frac{\mu_{Qm}}{C_m \mu_{Hm} + \mu_{Qm}} \right) \left(\frac{1}{2} \right)^j \right\} \left(\frac{C_m \mu_{Hm}}{\mu_{Qm} + C_m \mu_{Hm}} \right)
 \end{aligned} \tag{12}$$

여기서

$P_0(i)$ ={대기행렬의 $i+1$ 번째 위치에 들어간 데이터 호가 대기행렬의 첫번째 위치로 이동할 확률}로서 다음의 (식 13)과 같이 같이 주어지며^[11], (식12)에서는 $(i - C_m)$ 을 k 로 치환하였기 때문에 최종 표현식에서 i 대신 다른 첨자 j 를 사용하여 표현하였다.

$$P_0(i) = \prod_{i=1}^{k-1} \left\{ 1 - \left(\frac{\mu_{Qm}}{C_m \mu_{Hm} + \mu_{Qm}} \right) \left(\frac{1}{2} \right)^i \right\} \tag{13}$$

P_s ={대기행렬의 첫번째 위치에서 채널을 획득할 확률}로서 다음과 같이 주어진다^[11].

$$P_s = \frac{C_m \mu_{Hm}}{\mu_{Qm} + C_m \mu_{Hm}} \tag{14}$$

2. 매크로셀의 트래픽 특성

매크로셀은 매크로셀 계위에서 생성되는 호이외에 중첩된 마이크로셀에서 유입되는 호가 있게되며, 이때 가능한 트래픽 형태는 다음과 같다.

- Λ_{MV}^n : 신규 음성호 발생율(New voice calls arrival rate)
- Λ_{MP}^n : 신규 데이터호 발생율(New data calls arrival rate)
- Λ_{MV}^h : 인접매크로셀로부터 절체되어 오는 핸드오프 음성호 발생율(Handoff voice calls arrival rate)
- Λ_{MP}^h : 인접매크로셀로부터 절체되어 오는 핸드오프 데이터호 발생율(Handoff data calls arrival rate)
- Λ_{mMP}^h : 중첩된 마이크로셀에서 대기행렬에 K개의 데이터 호가 대기중일때 이후에 도착하게 되어 매크로셀로 절체되어 오는 데이터 호 발생율(Handoff data calls arrival rate from microcells)
- Λ_{mMV}^h : 중첩된 마이크로셀에서 핸드오프에 실패한 핸드오프 음성호가 매크로셀로 절체되어오는 발생율(Handoff voice calls arrival rate from micro-cells)

마이크로셀의 개수를M, 마이크로셀에서 데이터 단말

기의 신규호가 핸드오프를 요구할 확률을 P_m^n , 인접 마이크로셀로부터 핸드오프 되어온 호가 또다른 핸드오프를 요구할 확률을 P_m^h 마이크로 셀내에서 데이터 단말기의 신규호 발생을 Λ_{mP}^n 라하면 마이크로셀에서 매크로셀로 오버플로우되는 트래픽이 Poission분포를 갖는 것으로 간주하면^[12] Λ_{mMP}^h 는 다음과 같이 주어진다.

$$\Lambda_{mMP}^h = M \{ \Lambda_{mV}^n P_m^n + \Lambda_{mV}^h P_m^h \} P_{fkV} \quad (15)$$

마이크로 셀에서 음성단말기가 인접마이크로셀로 핸드오프를 요구하였으나 실패하게 되는 확률을 P_{fkV} 라 할때 Λ_{mMV}^h 는 다음과 같이 주어진다.

$$\Lambda_{mMV}^h = M \{ \Lambda_{mV}^n P_m^n + \Lambda_{mV}^h P_m^h \} P_{fkV} \quad (16)$$

여기서 핸드오프 발생확률은 음성 및 데이터호의 경우가 동일한 것으로 간주하며, 이에대한 유도과정은 (식24)와 (식25)에 나타나 있다.

매크로셀의 경우도 마이크로셀의 경우와 유사하게 트래픽특성을 분석하기 위한 확률변수들과 채널점유시간(Holding Time: $1/\mu_H$)을 정의할 수 있다.

매크로셀도 마이크로셀과 같이 C개의 채널과 K'개의 대기행렬로 구성되며, 전체 채널(C)중에서 C_H 개의 핸드오프 전용채널을 두어, 핸드오프 목적으로만 사용하고 나머지 채널($C - C_H$)은 신규호 및 핸드오프 호에 사용한다. 매크로셀의 채널중 j개가 사용중인 상태 E_j 에 있을 확률을 P_j 라 하면 생성소멸 프로세스 모델에서 P_j 는 다음과 같이 주어진다.

$$P_j = \frac{(A_{H1}^n + A_{H1}^h + A_{H1}^n + A_{H1}^h + A_{H1}^n + A_{H1}^h) P_0}{j! \mu_H^j} \quad 1 \leq j \leq C - C_H$$

$$\frac{(A_{H1}^n + A_{H1}^h + A_{H1}^n + A_{H1}^h + A_{H1}^n + A_{H1}^h)^{C-1} (A_{H1}^n + A_{H1}^h + A_{H1}^n + A_{H1}^h)^{C-j}}{j! \mu_H^j} P_0$$

$$C - C_H + 1 \leq j \leq C$$

$$= \frac{(A_{H1}^n + A_{H1}^h + A_{H1}^n + A_{H1}^h + A_{H1}^n + A_{H1}^h)^{C-1} (A_{H1}^n + A_{H1}^h + A_{H1}^n + A_{H1}^h)^{C-j}}{C! \mu_H^C \prod_{i=1}^C (C \mu_H + i \mu_H)} P_0 \quad (17)$$

$$P_1 = \left\{ \sum_{i=0}^{C-1} (A_{H1}^n + A_{H1}^h + A_{H1}^n + A_{H1}^h + A_{H1}^n + A_{H1}^h)^i + \sum_{i=0}^{C-1} \frac{(A_{H1}^n + A_{H1}^h + A_{H1}^n + A_{H1}^h + A_{H1}^n + A_{H1}^h)^i}{j! \mu_H^j} (A_{H1}^n + A_{H1}^h + A_{H1}^n + A_{H1}^h)^{C-i} + \sum_{i=0}^{C-1} \frac{(A_{H1}^n + A_{H1}^h + A_{H1}^n + A_{H1}^h + A_{H1}^n + A_{H1}^h)^i}{C! \mu_H^C \prod_{i=1}^C (C \mu_H + i \mu_H)} (A_{H1}^n + A_{H1}^h + A_{H1}^n + A_{H1}^h)^{C-i} \right\} P_0 \quad (18)$$

블러킹확률(P_b)과 음성호의 핸드오프 실패확률, 데이터호의 블러킹확률등도 마이크로셀의 경우와 동일한 방법으로 계산된다.

매크로셀의 대기행렬에는 마이크로셀에서 절체되어 오는 데이터 트래픽 Λ_{mMP}^h 와 매크로셀로부터 핸드오프 되어 오는 데이터 트래픽 Λ_{MP}^h 이 혼재되어 대기하고 있다. 이를 1차원적으로 간략히 분석하기 위해 이들 데이터 호들이 핸드오프지역내에 체재가능한 시간에 대한 누적분포함수를 각각 $F_{T_{um}}$, $F_{T_{um}}$ 이라 할때 데이터 채널들이 대기행렬에 머무르는 평균 시간에 대한 누적분포함수는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$F_{T_u} = \frac{\Lambda_{MP}^h}{\Lambda_{MP}^h + \Lambda_{mMP}^h} F_{T_{um}} + \frac{\Lambda_{mMP}^h}{\Lambda_{MP}^h + \Lambda_{mMP}^h} F_{T_{um}} \quad (19)$$

3. 핸드오프 파라미터 특성분석

1) 마이크로셀의 핸드오프 발생확률

본절에서는 마이크로 셀간의 핸드오프 특성에 대해서 분석한다. 길이가 L(m)(R₁ 또는 R₂) 폭이 W(m)인 직4각형 모양의 마이크로 셀에서 호가 발생한 위치에서 셀경계까지의 거리를 Z이라 하면, Z 및 단말기가 셀의 경계를 벗어나는 시간에 대한 확률변수의 밀도함수 및 누적분포함수의 값들은 (식4)과 (식5)를 이용해서 구하면 각각 다음과 같이 주어진다.

$$F_z(z) = \begin{cases} 0 & Z < 0 \\ Z/L & 0 \leq Z \leq L \\ 1 & Z > L \end{cases} \quad (20)$$

$$f_z(z) = \begin{cases} 1/L & 0 \leq Z \leq L \\ 0 & Z > L \end{cases} \quad (21)$$

$$F_{T_{um}}(t) = \begin{cases} 0 & t < 0 \\ V_{max} t/L & 0 \leq t \leq L/V_{max} \\ 1 & t > L/V_{max} \end{cases} \quad (22)$$

$$f_{T_{um}}(t) = \begin{cases} V_{max}/L & 0 \leq t < L/V_{max} \\ 0 & t > L/V_{max} \end{cases} \quad (23)$$

핸드오프된 셀에서 단말기가 다시 셀의 경계를 넘어갈때의 거리와 시간에 대한 확률분포도 유사한 방법으로 구할 수 있다.

핸드오프가 시작되는 내부의 셀 경계지역을 R₁, 핸드오프가 종료되는 셀 경계지역을 R₂라 할때, 마이크로셀에서 이동국이 핸드오프를 요구할 확률은 다음과 같다

[16]

$$Pm^n = \text{Prob} \{T_M > T_{dm}^n\} = \int_0^\infty e^{-\mu M' f T_{dm}^n} \\ = \frac{1}{\mu M} \frac{V_{\max}}{R_1} (1 - e^{-\mu M' R_1 / V_{\max}}) \quad (24)$$

핸드오프 영역으로 진입한 이동국이 다시 셀의 경계 지역 R₂를 벗어날 확률은 다음과 같다.

$$P_m^h = \text{Prob} \{T_M > T_{dm}^h\} = \int_0^\infty e^{-\mu M' f T_{dm}^h} \\ = \exp\left(-\mu M \frac{R_2 - R_1^0}{V_{\max}}\right) \quad (25)$$

핸드오프 영역에서 호를 발생시킨 이동국이 다시 셀의 경계지역 R₂를 벗어날 확률은 다음과 같다.

$$Pm^{n'} = \text{Prob} \{T_M > T_{dm}^{n'}\} = \int_0^\infty e^{-\mu M' f T_{dm}^{n'}} \\ = \frac{1}{\mu M} \frac{V_{\max}}{R_2 - R_1} (1 - e^{-\mu M' (R_2 - R_1) / V_{\max}}) \quad (26)$$

2) 마이크로셀간의 핸드오프지역 체재시간(Dwelling time in microcell handoff area)

데이터호만이 대기행렬에 대기하기때문에 데이터 호만을 고려하며 이 데이터 호가 마이크로셀간의 핸드오프 지역에 머무르는 허용시간은 (식2)와 같은 분포를 갖게된다. 핸드오프 지역이 넓은 경우는 핸드오프지역 내에서 발생하는 신규호를 고려해야 한다. 즉, 핸드오프 지역에서 생성된 신규호는 곧바로 핸드오프호로 간주하며, 이와 같은 호가 핸드오프 지역내에서 균일하게 생성된다고 볼 때 식(20), 식(21), 식(22), 식(23)과 유사한 분포함수를 갖게되어 마이크로셀간의 핸드오프 지역에 이동국이 체재하는 평균시간을 구할 수 있다.

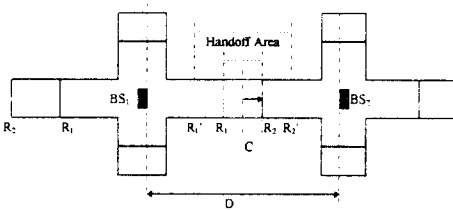


그림 3. 마이크로셀간 핸드오프 영역
Fig. 3. The region of handoff area in microcell.

전술한 바와 같이 핸드오프 지역내에서 생성된 신규 호가 핸드오프 지역내에 체재하는 시간에 대한 확률변수를 T_{n-h} (T_{dm}^n 와 동일), 핸드오프지역 밖에서 생성되어 핸드오프 지역내로 진입한 호가 핸드오프 지역내에

거주하는 시간에 대한 확률변수를 T_{h-h} 라 하면, 이들 호 각각이 핸드오프지역내에 체재하는 시간은 다음과 같다¹¹⁾.

$$T_{\Omega n} = \min(T_M, T_{n-h}) \quad (27)$$

$$T_{\Omega h} = \min(T_M, T_{h-h})$$

(식 27)의 누적분포함수는 다음과 같다.

$$F_{T_{\Omega n}} = F_{TM}(t) + T_{T_{n-h}}(t)(1 - F_{TM}(t)) \quad (28)$$

$$F_{T_{\Omega h}} = F_{TM}(t) + F_{T_{h-h}}(t)(1 - F_{TM}(t))$$

핸드오프 지역내에서 데이터 단말기가 발생시키는 신규호 발생율을 Λ_{mP}^{n-h} 라 정의한다. 핸드오프 지역 밖에서 생성되어 핸드오프 지역내로 진입하는 호는 인접 마이크로셀에서 생성된 신규호가 핸드오프 되어 오는 경우 ($\Lambda_{mP}^n P_m^n$)와 제3의 셀에서 인접셀로 핸드오프 되어 오는 호가 또 다시 핸드오프되어 오는 경우 ($\Lambda_{mP}^h P_m^h$)로 구별된다. 따라서 핸드오프 지역내 체재시간에 대한 누적분포함수 $F_{T_{\Omega n}^h}$ 은 핸드오프 지역내에서 생성된 호와 핸드오프 지역 밖에서 생성되어 핸드오프 지역내로 진입한 호가 핸드오프 지역내에 체재하는 시간에 대한 누적분포함수들을 구하고 이들 각각의 경우에 대한 호 발생율에 따른 가중치로부터 구해진다¹¹⁾.

$$F_{T_{\Omega m}} = \frac{\Lambda_{mP}^{n-h}}{\Lambda_{mP}^{n-h} + (\Lambda_{mP}^n P_m^n + \Lambda_{mP}^h P_m^h)} \quad (29)$$

$$F_{T_{\Omega n}} + \frac{(\Lambda_{mP}^n P_m^n + \Lambda_{mP}^h P_m^h)}{\Lambda_{mP}^{n-h} + (\Lambda_{mP}^n P_m^n + \Lambda_{mP}^h P_m^h)} F_{F_{\Omega h}}$$

$\Lambda_{mP}^{n-h} = (\Lambda_{mP}^n P_m^n + \Lambda_{mP}^h P_m^h)$ 로 놓고 (식 28)를 (식 29)에 대입하면 $F_{T_{\Omega m}}$ 는 (식 30)과 같다.

$$F_{T_{\Omega m}} = 1 - e^{-\mu t} + \frac{e^{-\mu t}}{\Lambda_{mP}^{n-h} + \Lambda_{mP}^h} (\Lambda_{mP}^{n-h} F_{T_{n-h}}(t) + \Lambda_{mP}^h F_{T_{h-h}}(t)) \quad (30)$$

(식 30)을 미분하여 $f_{T_{\Omega m}}$ 을 구하고 이를 이용하여 핸드오프지역내에서 이동국이 채널을 점유하고 있는 체재시간에 대한 평균값을 구하면 다음과 같다.

$$T_{\Omega m} = \frac{1}{\mu M} + \frac{\Lambda_{mP}^{n-h}}{\Lambda_{mP}^{n-h} + \Lambda_{mP}^h} \left[\frac{V_{\max}}{R_2 - R_1} \frac{1}{\mu M} - \frac{V_{\max}}{R_2 - R_1} \right. \\ \left. \left\{ \frac{2}{\mu M} - \frac{R_2 - R_1}{V_{\max}} \frac{\mu M + (R_2 - R_1)^2 \mu M^2}{e^{-(R_2 - R_1) \mu M}} \right\} - \frac{1 + \frac{R_2 - R_1}{V_{\max}} \mu M}{e^{-(R_2 - R_1) \mu M}} \right. \\ \left. + \frac{\Lambda_{mP}^h}{\Lambda_{mP}^{n-h} + \Lambda_{mP}^h} \left\{ e^{-\frac{(R_2 - R_1) \mu M}{V_{\max}}} \frac{R_2 - R_1}{V_{\max}} - \frac{1 + \frac{R_2 - R_1}{V_{\max}} \mu M}{e^{-(R_2 - R_1) \mu M}} \right\} \right] \quad (31)$$

핸드오프 지역이 작거나 핸드오프지역에서 생성되는 신호호의 수가 작은 경우는 핸드오프 지역내에 대기하는 데이터호는 핸드오프 지역 밖에서 생성되어 핸드오프 지역내로 진입한 호들이 대부분을 차지하게 되므로 이들만을 고려하여 핸드오프지역내의 채널점유시간을 다음 식과같이 근사화시킬 수 있다.

$$\bar{T}_{dow} = \int_0^{\infty} t f_{T_{dow}}(t) dt = \int_0^{(R_2 - R_1)/V_{max}} V_{max} I(R_2 - R_1) dt = \frac{(R_2 - R_1)}{2V_{max}} \quad (32)$$

이동국이 마이크로셀간 핸드오프시 핸드오프지역내에 체재하는 시간의 분포는 다음의 그림 4와 같으며 핸드오프 지역이 작아짐에 따라 체재시간도 작아짐을 알 수 있다. 여기서 R1/R2=0은 핸드오프 지역이 마이크로셀 전체로 확장된 경우를, R1/R2=1은 마이크로셀간 핸드오프 지역이 0인 것을 의미한다.

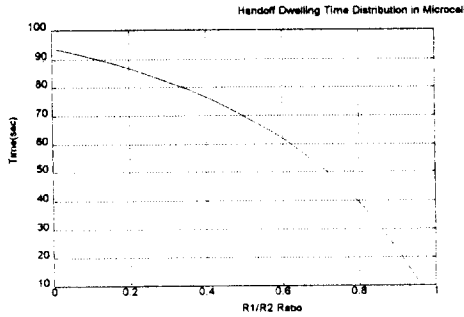


그림 4. 마이크로셀간 핸드오프 지역내 체재시간 분포

Fig. 4. Handoff Dwelling Time Distribution in Microcell.

2) 마이크로셀/매크로셀간의 핸드오프 체재시간 (Dwelling time between microcell and macrocell)

매크로셀은 매크로셀간의 트래픽외에 마이크로셀에서 절체되어오는 트래픽을 처리하게되며, 이중에서 데이터 호의 경우는 음성호와는 달리 동시성을 요하지 않으므로 채널이 전부 점유되었을때는 채널을 할당받기 전에는 대기행렬에 위치하게 된다. 대기행렬에는 마이크로셀에서 절체되어 오는 호와 매크로셀간에 절체되어 오는 호들이 혼재되어, 유휴채널을 할당 받을때까지 또는 이동국이 핸드오프 지역을 벗어나거나 통화시간이 종료될때까지 대기행렬에 위치하게 된다. 마이크로셀에서 매크로셀로 호가 절체되는 경우는 핸드오프 지역을 마이크로셀의 셀 경계지역에서 매크로셀의 셀 경계지역까지로 간주할 수 있다. 마이크로셀에서 매크

로셀로 호가 절체되는 지점은 마이크로셀의 경계지역이며 이 지역은 그림 5(b)와 같이 마이크로셀의 크기가 작을수록 매크로셀내의 임의의 점에 위치할 수 있으므로 다음의 그림 5(a)와 같이 모델화시킬 수 있다.

그림 5 (a)의 분석모델에서 매크로셀의 반경을 R, 마이크로셀에서 매크로셀로 호가 절체되는 점과 매크로셀의 원점과의 거리를 r, 각도를 ψ , 이동국의 운동각을 θ , 마이크로셀을 벗어난 이동국에서 매크로셀의 경계지역까지의 거리를 Z이라 할때, 이들의 확률밀도함수 및 누적분포함수는 각각 다음과 같다.

$$f_r(r) = \begin{cases} 2r/R^2 & 0 \leq r \leq R \\ 0 & \text{others} \end{cases} \quad (33)$$

$$f_\psi(\psi) = \begin{cases} 1/2\pi & 0 \leq \psi \leq \pi \\ 0 & \text{others} \end{cases} \quad (34)$$

$$Z = \sqrt{R^2 - (r \sin \theta)^2} - r \cos \theta \quad (35)$$

$$f_\theta(\theta) = \begin{cases} 1/\pi & 0 \leq \theta \leq \pi \\ 0 & \text{others} \end{cases} \quad (36)$$

$$f_z(z) = \begin{cases} \frac{2}{\pi R^2} \sqrt{R^2 - (\frac{z}{2})^2} & 0 \leq z \leq 2R \\ 0 & \text{others} \end{cases} \quad (37)$$

마이크로셀에서 절체된 이동국이 매크로셀의 경계지역에 도달할때까지의 시간은 다음의 관계식으로 표현된다.

$$T_{\Omega M_h} = \frac{Z}{V} \quad (38)$$

$$f_{T_{\Omega M_h}}(t) = \begin{cases} \frac{8R}{3V_{max} \pi t^2} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{V_{max} t}{2R}\right)^2} \right]^3 & 0 \leq t \leq \frac{2R}{V_{max}} \\ \frac{8R}{3V_{max} \pi t^2} & t \geq \frac{2R}{V_{max}} \end{cases} \quad (39)$$

$$F_{T_{\Omega M_h}}(t) = \begin{cases} \frac{2}{\pi} \sin^{-1}\left(\frac{V_{max} t}{2R}\right) - \frac{4}{3\pi} \tan \left| \frac{1}{2} \sin^{-1}\left(\frac{V_{max} t}{2R}\right) \right| + \frac{1}{3\pi} \sin \left| 2 \sin^{-1}\left(\frac{V_{max} t}{2R}\right) \right| & 0 \leq t \leq \frac{2R}{V_{max}} \\ 1 - \frac{8R}{3V_{max} \pi t} & t \geq \frac{2R}{V_{max}} \end{cases} \quad (40)$$

따라서 마이크로과 매크로셀간의 핸드오프 체재시간은 다음과 같은 관계식으로 구할 수 있다.

$$T_{\Omega M} = \min(T_M, T_{\Omega M_h}) \quad (41)$$

(식 41)의 누적분포함수는 다음과 같다.

$$F_{T_{\Omega M}} = F_{T_M}(t) + F_{T_{\Omega M_h}}(t)(1 - F_{T_M}(t)) \quad (42)$$

따라서 핸드오프 평균유지시간은 다음과 같이 구해진다.

$$\overline{T}_{2mM} = \int_0^{\infty} t f_{T_{2mM}}(t) dt = \int_0^{\infty} t M_M e^{-\mu_M} dt + \int_0^{\infty} t e^{-\mu_M} f_{T_{2mM}} dt + \int_0^{\infty} t M_M e^{-\mu_M} F_{T_{2mM}} dt \quad (43)$$

그림 5 (a)의 분석모델에서 계산한 값이 실제의 시스템과 어느정도로 연관이 있는가를 분석하기 위해 그림 5 (b)와 같이 실제시스템에 가까운 시뮬레이션 모델을 구성하고 핸드오프 평균유지시간을 시뮬레이션 하였다. 이때 이동국은 4방향으로 운동하고 호 평균 유지시간은 120sec, 이동국의 속도는 최대속도가 4Km/h인 균일 분포를 갖는 것으로 가정하였으며, 기지국간의 거리(D)를 20m~600m까지 변화시키면서 각각 1000개의 표본값에 대해 분석하였다.

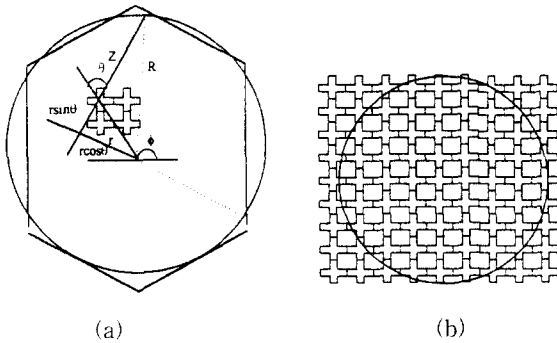


그림 5. 마이크로셀과 매크로셀 중첩구조에 있어서 계층간 핸드오프 체재 시간 계산 모델
Fig. 5. The channel holding time calculation model in microcell and macrocell overlaid system.

매크로셀내에서 이동국이 채널을 점유하는 채널점유 시간 분포¹¹⁾와 마이크로셀과 매크셀간의 핸드오프 지역내 체재시간의 분포는 다음의 그림 6과 같이 매크로셀의 반경이 작은 경우에 채널점유시간과 핸드오프 체재시간분포 사이의 차이가 크며, 반대로 셀의 반경이 크게 되면 두분포사이의 차이가 작아짐을 알 수 있다. 그림 7은 그림 5(b)의 모델에 대해서 마이크로셀과 매크로셀간의 핸드오프 체재시간 분포에 대한 값을 분석한 결과와 시뮬레이션한 결과를 비교한 것을 나타내고 있다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이 마이크로셀의 크기가 작은 경우에 분석모델 그림 5 (a)과 시뮬레이션 모델그림 5(b)이 서로 많이 일치하는 것을 볼 수 있다.

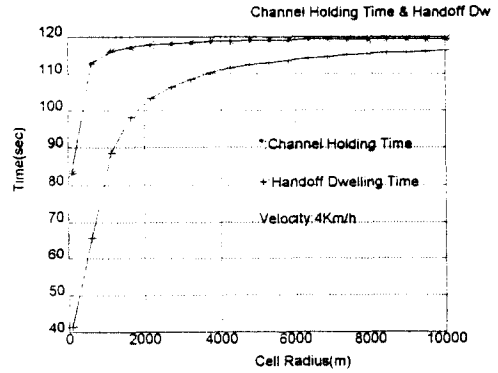


그림 6. 마이크로셀과 매크로셀간 핸드오프지역 체재시간분포
Fig. 6. Channel holding time & handoff dwelling time distribution.

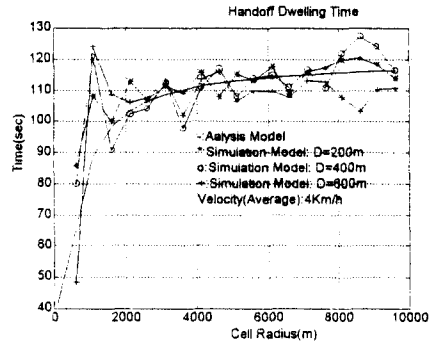
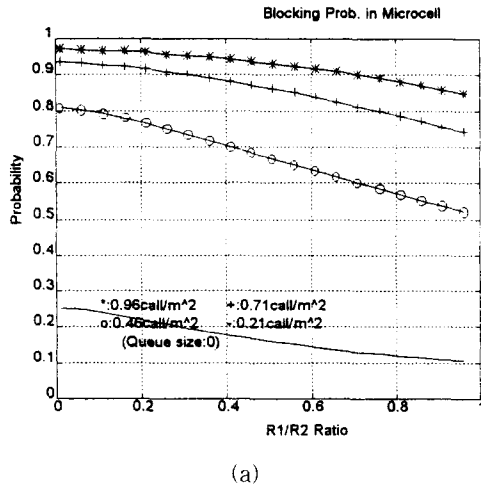


그림 7. 마이크로셀과 매크로셀간 핸드오프지역 체재시간 분포 비교
Fig. 7. Comparison of analysis model with simulation model.

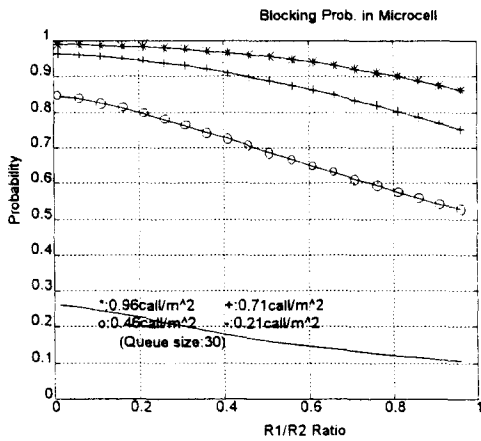
4. 트래픽 성능 분석

본 논문에서는 트래픽의 성능분석을 위해 직각형 모양의 구조를 갖는 마이크로셀 기지국간의 거리를 600m, 도로의 폭을 5m로 설정하고 4개의 마이크로셀이 1개의 매크로셀에 중첩되며, 발생 트래픽중 40%는 데이터 단말기, 60%는 음성단말기가 생성한다고 가정한다. 이동국의 속도는 마이크로셀에서는 최대속도가 4Km/h인 균일분포를, 매크로셀에서는 최대속도가 40Km/h인 균일분포를 갖는 것으로 설정하였다. 마이크로셀 및 매크로셀에 각각 10개 및 40개의 트래픽 채널을 할당하고 이중 20%를 핸드오프 전용채널로 사용하는 통신환경에서 트래픽을 분석한다. 본 논문에서는 핸드오프 지역내에서 발생하는 신규호는 핸드오프호로 간주하였으며 마이크로셀과 매크로간의 핸드오프 지역

내 체재시간 분석시 이동국의 속도를 최대 4Km/h로 설정하였다. 매크로셀간의 핸드오프 지역 체재시간은 매크로셀내의 채널점유시간의 1/10로 설정하였다. 그림 8에서 그림 15는 III절에서 도출한 모델에 대한 분석 결과이다. 핸드오프지역의 크기변화에 따른 마이크로셀의 블러킹 확률은 다음의 그림 8과 같다.



(a)



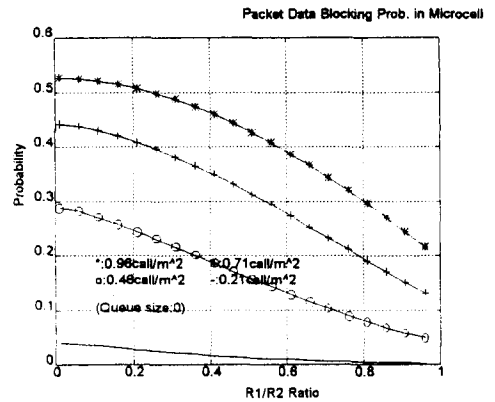
(b)

그림 8. 핸드오프 지역변화에 따른 마이크로셀내의 블러킹확률 분포
Fig. 8. Blocking Probability with handoff area variation in Microcell.

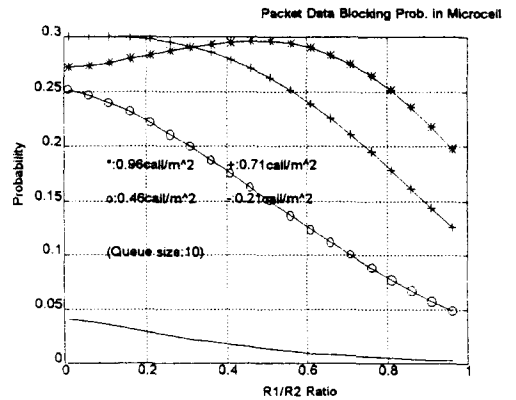
그림에서 보는바와 같이 핸드오프 지역의 크기가 작아짐에 따라 블러킹 확률이 개선됨을 알 수 있으며 대기행렬의 크기가 큰 경우에는 핸드오프 지역이 큰 경우에 한해서 약간의 블러킹 확률의 개선이 있음을 알 수 있다.

핸드오프지역의 크기변화에 따른 데이터 호의 블러

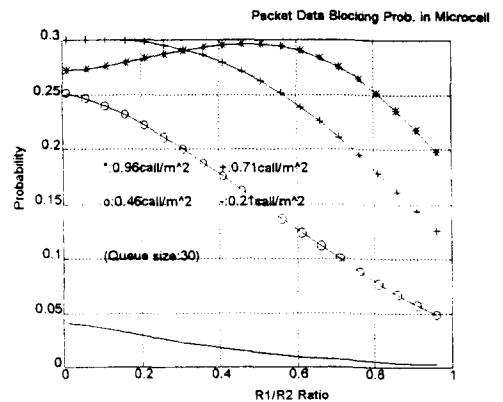
킹 확률 분포는 다음의 그림 9와 같다.



(a)



(b)



(c)

그림 9. 핸드오프 지역변화에 따른 마이크로셀내의 데이터호의 블러킹확률 분포
Fig. 9. Blocking Probability of data calls with handoff area variation in Microcell.

그림에서 알 수 있는 바와 같이 데이터 호의 블러킹

확률도 핸드오프 지역의 크기감소에 따라 개선되는 효과가 나타났으며, 대기행렬을 사용하지 않았을 때와 사용하는 경우에 블러킹 확률의 차이가 크게 됨을 알 수 있으나, 버퍼의 크기가 10일때와 30일때의 차이는 크지 않음을 알 수 있다. 그림 9에서 대기행렬을 사용시 단위면적당 트래픽의 양이 어느정도이상 커지게 되면 R1/R2의 비가 약 0.01~0.4범위에서 블러킹 확률이 미소하게나마 증가되는 것은, 핸드오프지역의 크기가 감소시 트래픽의 증가율보다 채널채재시간의 감소율이 더크게 변화하여 P₀ 상태 확률이 미소하게 증가한 결과이다.

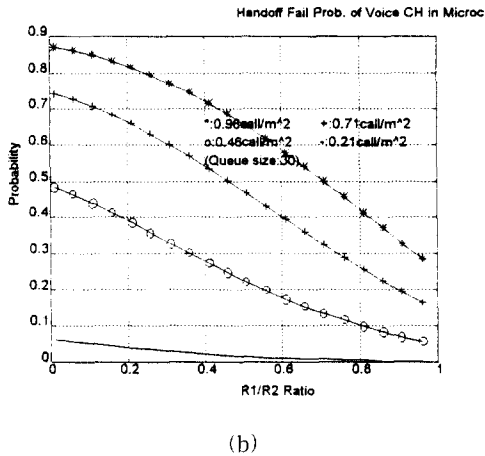
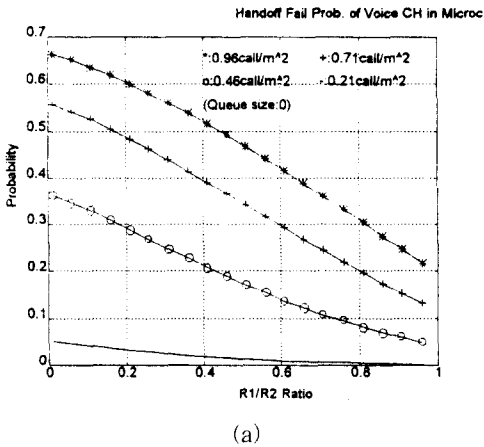


그림 10. 핸드오프 지역변화에 따른 마이크로셀내의 음성호의 핸드오프실패 확률 분포
 Fig. 10. Handoff Fail Probability of Voice calls with handoff area variation in Microcell.

핸드오프지역의 크기에 따른 음성호의 핸드오프 실패 확률이 다음의 그림 10에 나타나 있다. 음성호의 경

우도 핸드오프지역의 크기에 반비례하는 블러킹 확률을 나타내며, 대기행렬의 크기에 영향을 받아 핸드오프 지역이 아주 큰 경우에 대기행렬의 크기가 커짐에 따라 핸드오프 실패 확률이 나빠짐을 알 수 있다. 이는 음성 및 데이터호가 핸드오프 전용채널(C_m - C_{hm})을 구별하지 않고 같이 사용하기 때문에 대기행렬에 대기하고 있는 데이터 호의 수가 많아짐에 따라 음성호가 핸드오프 전용채널을 사용할 확률이 작아짐에 따른 결과라고 분석할 수 있다.

핸드오프 지역의 크기변화에 따라 대기행렬에 대기하는 데이터 호의 평균 갯수는 그림 10과 같이 핸드오프지역의 크기가 작아짐에 따라 급격히 줄어들며 트래픽의 양에 따라 변화의 폭이 큼을 알 수 있다. 이는 핸드오프 지역내에서 발생하는 신규호를 핸드오프 호로 처리함으로써 핸드오프 지역이 커짐에 따라 핸드오프호가 커지고 이에따라 대기행렬에 대기하는 호의수가 증가하기 때문이다.

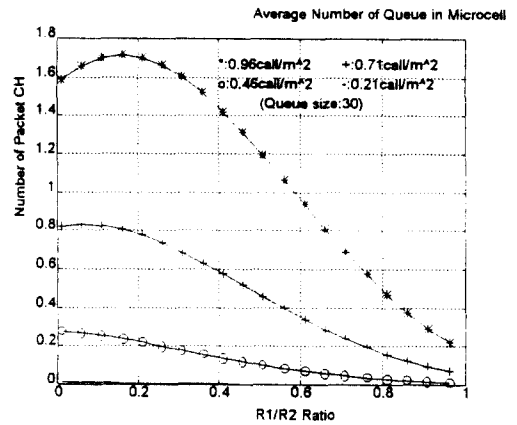


그림 11. 대기행렬에 대기하는 평균 데이터 호의수
 Fig. 11. Average Number of data calls in queue.

마이크로셀의 핸드오프지역의 크기 변화에 따른 매크로셀에서의 블러킹 확률분포는 다음의 그림 12와 같이 마이크로셀내의 핸드오프지역이 커짐에 따라 매크로셀의 블러킹확률이 급격히 증대됨을 알 수 있다.

마이크로셀의 핸드오프지역의 크기변화에 따른 매크로셀내 음성호의 핸드오프 실패확률분포는 그림 13과 같이 핸드오프지역의 크기가 작아짐에 따라 급격히 좋아짐을 알 수 있다. 이는 마이크로셀의 경우와 같이 핸드오프 지역의 크기가 작은 경우에 마이크로셀에서 매크로셀로 핸드오프되는 호가 감소하는것에 기인한다.

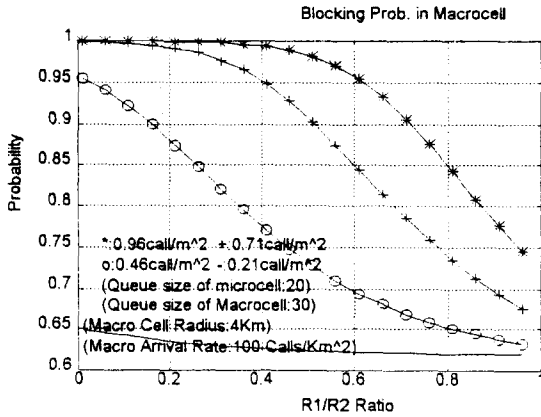


그림 12. 마이크로셀의 핸드오프 지역의 크기변화에 따른 매크로셀의 블러킹확률 분포
 Fig. 12. Blocking Probability of Macrocell with handoff area variation in Microcell.

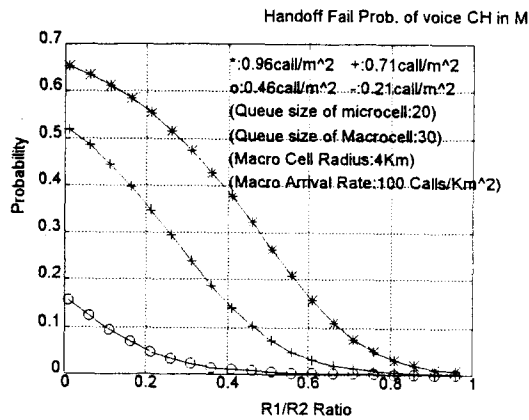


그림 13. 마이크로셀의 핸드오프 지역 크기변화에 따른 매크로셀내 음성채널의 핸드오프실패 확률 분포
 Fig. 13. Handoff Fail Probability of Voice calls in macrocell with handoff area variation in microcell.

그림 14는 마이크로셀의 핸드오프지역의 크기변화에 따른 매크로셀내의 데이터호의 블러킹 확률분포를 나타낸다. 마이크로셀보다 핸드오프실패 확률분포와 데이터 호의 블러킹 확률분포의 변화폭이 큰것은, 매크로셀의 트래픽량이 마이크로셀의 경우보다 많은 것에 기인 하지만, 또한 마이크로셀에도 매크로셀과 같이 대기행렬을 사용하기 때문에 핸드오프 지역이 어느정도로 작은경우(R1/R2=0.6)에는 대기행렬 에서 트래픽 부하를 수용하기 때문이라고 분석된다.

그림 15는 마이크로셀의 핸드오프지역 변화에 따른

대기행렬내에서 대기하는 평균 호의 갯수분포를 나타내고 있다. 마이크로셀의 핸드오프지역이 작아짐에 따라 블러킹 확률과 대기 호의 갯수도 작아짐을 알 수 있다.

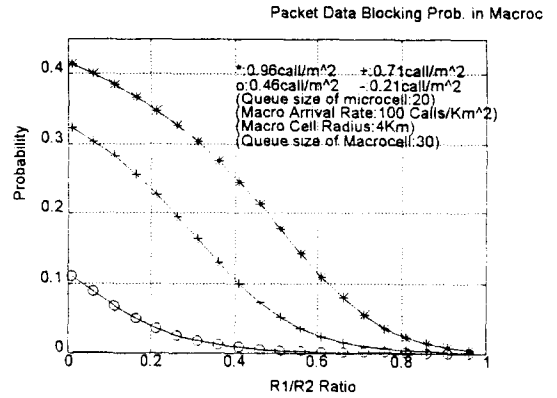


그림 14. 마이크로셀의 핸드오프 지역 크기변화에 따른 매크로셀내의 패킷데이터 블러킹확률 분포
 Fig. 14. Blocking Probability of data calls in macrocell with handoff area variation in microcell.

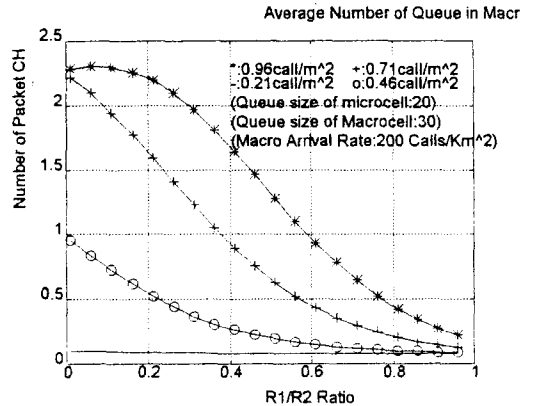


그림 15. 대기행렬에 대기하는 평균 데이터 호의 수
 Fig. 15. Average Number of packet calls in queue.

IV. 결 론

본 논문에서는 음성과 데이터서비스를 제공하며 마이크로셀과 매크로셀이 중첩되는 PCS시스템에서 핸드오프 우선순위채널 할당 방법을 적용하고, 데이터 호를 위해 유한개의 대기행렬을 사용할 때의 트래픽특성을 분석하였다. 이때 마이크로셀내의 핸드오프지역의 크기

변화에 따른 매크로셀의 트래픽 특성변화를 분석하였고, 마이크로셀과 매크로셀간의 핸드오프지역의 체재시간을 구하기 위해서 핸드오프가 셀 전체영역에 걸쳐서 발생한다고 가정한 분석모델을 설정하였고, 이를 시뮬레이션 모델과 비교분석 하였다. 또한, 일차원적으로 쉽게 문제를 해결하고자, 마이크로셀과 매크로셀간의 핸드오프지역 체재시간을 분석하고 트래픽의 발생확률에 따라 마이크로셀과 매크로셀간 핸드오프 체재시간과 매크로셀간의 핸드오프 체재시간을 단일화시킨 핸드오프지역 체재시간을 구한후 이를 적용하였다. 마이크로셀 및 매크로셀간의 핸드오프 지역내 체재시간 분포를 분석해보면, 평균 통화시간에 수렴하는 지수분포를 하며, 매크로셀의 반경이 작은 경우에 채널점유시간과 핸드오프지역내 체재시간의 변화 폭이 크게 됨을 알 수 있다.

본 논문의 분석결과에 따르면, 마이크로셀내의 핸드오프지역의 크기가 작은 경우에 마이크로셀 및 매크로셀에서 블러킹 확률과 핸드오프 실패확률이 작아지는 특성을 얻을 수 있었다. 음성 호의 핸드오프 실패확률도 핸드오프 지역의 변화에 따라 특성을 달리하였다. 즉, 핸드오프 지역이 작아짐에 따라 핸드오프 실패확률이 작아졌으며, 어느정도로 핸드오프 지역이 커짐에 따라 급격히 핸드오프 실패확률이 커짐을 확인할 수 있었다. 이는 핸드오프 지역내에서 생성한 신규호를 핸드오프호로 처리하였기 때문이라고 판단된다. 데이터 호의 경우는 유한개의 대기행렬을 갖는 경우가 대기행렬을 사용하지 않는 경우보다 현저하게 우수한 블러킹 확률 특성을 나타내었다. 특히 매크로셀의 경우에는 마이크로셀과 매크로셀에서 다같이 대기행렬을 사용할 때 핸드오프 지역이 어느정도 이상(전체셀과 핸드오프 지역과의 비 0.6)일 때는 아주 우수한 트래픽특성을 나타내었다. 향후에는 핸드오프 지역의 변화와 GOS간의 관계에 대한 연구가 지속되어야 할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

- [1] D. H. Hong, S.S Rappaport, "Traffic Model and Performance Analysis for Cellular Mobile Radio Telephone Systems with Prioritized and Nonprioritized Handoff Procedures", *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol VT-35, No-3, pp 77-92, August 1986.
- [2] A.M. Viterbi and A.J. Viterbi, "Erlang Capacity of a Power Controlled CDMA System" *IEEE Journal on Selected Area in Communication*, Vol. 11, pp. 892-900, Aug. 1993.
- [3] Fotini-Niovi Pavlidou, "Mixed Media Cellular System", *IEEE Trans. Veh. Technol.*, Vol 42, No-2/3/4, 3, pp 848-853, Feb./Mar./Apr., 1994.
- [4] Masugi Inoue, H.M.M.M, "Performance Analysis of Microcellular Mobile Communication Systems", 44th IEEE VTC Conference, pp 135-139. June 1994.
- [5] A.D. Malyan, L.J. Ng, V.C.M.Leung, R.W. Donaldson, "Network Architecture and Signaling for Wireless Personal Communications", *IEEE Jour. on Selected Area in Comm.*, vol 11, August 1993.
- [6] 김영일의 4, "마이크로/매크로 중첩셀의 핸드오프 성능 분석", 1994 대한전자공학회 추계 학술 발표 논문집, 1994
- [7] Kazuo Kawabata, Tanaka Nakamura, Eisuke Fukuda, "Estimating Velocity Using Diversity Reception", 44th IEEE VTC Conference, pp 371-374. June 1994.
- [8] Qualcomm, The CDMA Network Engineering Handbook, Qualcomm, 1993.
- [9] R.Steele, M.Nofal, "Teletraffic Performance of microcellular personal communication networks", *IEE Proceeding-1*, Vol. 139, No. 4, Aug. 1992.
- [10] 김영일의 3, "중첩된 셀구성을 갖는 PCS망의 트래픽 분석", 1995 대한 전자공학회 하계 학술 발표 논문집, 1995
- [11] Lon-Rong Hu, Stephen S. Rappaport, Personal Communication System Using Multiple Hierarchical Cellular Overlays, *IEEE J. Select. Areas Comm.*, vol. 13, No. 2, pp 406-415, Feb. 1995.
- [12] R. Steele, M.Nofal, Teletraffic Performance of Microcellular Personal Communication Networks, *IEE Proceeding-I*, Vol. 139, No. 4, pp 448-461, August 1992.
- [13] Papoulis, Probability, random variable, and stochastic process, Macgraw-hill, 1965.

— 저 자 소 개 —



金永一(正會員)

1985년 2월 경희대학교 전자공학과(공학사). 1988년 2월 경희대학교 대학원 전자공학과(공학석사). 1990년 9월 ~ 현재 경희대학교 대학원 전자공학과(박사과정). 1984년 12월 ~ 1986년 3월 삼성전자(연구원). 1988년 3월 ~ 현재 한국전자통신연구소 선임연구원. 1994년 8월 정보통신 기술사. 1995년 1월 전기통신 기술사

陳庸玉(正會員) 현재 경희대학교 전파공학과 교수