

# MMR 시스템을 위한 적응적인 RS 커버리지 확장 기법의 성능 분석

정희원 김승연\*, 김세진\*\*, 이형우\*, 종신회원 류승완\*\*\*\*, 조충호\*\*

## Performance Analysis of Adaptive RS Coverage Extension Scheme for the MMR systems

Seung-Yeon Kim\*, Se-Jin Kim\*\*, Hyong-Woo Lee\* *Regular Members*,  
Seung-Wan Ryu\*\*\*\*, Choong-Ho Cho\*\* *Lifelong Members*

### 요약

본 논문에서는 Mobile Multi-hop Relay (MMR) 시스템을 위한 적응적인 Relay Station (RS) 커버리지 확장 기법을 제안한다. non-트랜스패런트 모드 (non-transparent mode) RS를 갖는 MMR 시스템은 Base Station (BS)의 남아있는 용량을 사용하여 BS의 커버리지를 확장시킬 수 있다. 그래서 Multi-hop Relay Base Station (MR-BS)에서 호가 빈번하게 발생할 경우, RS에서는 호 차단율도 낮아진다. 제안된 기법에서는 MR-BS 혹은 RS에서 호가 빈번하게 발생할 경우, 트래픽 부하가 적은 주변 MMR 시스템에 2nd tier RS로서 연결되어 MMR 시스템에서 추가적인 호를 수락할 수 있다. 분석을 통해 제안된 기법이 일반적인 MMR 시스템보다 호 차단 확률과 처리량에서 성능이 향상되었음을 보였다.

**Key Words** : Multi-hop Relay, Non-transparent Mode RS, Call Blocking Probability, Coverage Extension, Markov chain

### ABSTRACT

In this paper, we propose an adaptive Relay Station (RS) coverage extension scheme for the Mobile Multi-hop Relay (MMR) systems. The MMR system with a non-transparent mode RS can be used to extend BS coverage using the remaining capacity of the Base Station(BS). Thus, the call blocking may occur in RSs when calls arrive very often in Multi-hop Relay Base Station (MR-BS). In the proposed scheme, RSs can be connected to the neighbor MMR system as the 2nd tier RSs if the neighbor MMR system services low traffic load when calls are frequently arrived in MR-BS or RSs. By doing so, the MMR system can accept a new call without call blocking. Through numerical results, we demonstrate that the proposed scheme outperforms the conventional MMR system in terms of the throughput and call blocking probability of MMR systems.

### 1. 서론

Mobile Multi-hop Relay (MMR) 시스템은 한 개

또는 다수 개의 Relay Station (RS)를 이용하여 전송 신뢰도를 높이거나 다중화 이득을 확보함으로써 대역 효율성을 높인다<sup>1,2</sup>. 다중 홉 릴레이를 갖는 이동통신

※ 본 연구는 2007년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임(KRF-2007-313-D00503)

\* 고려대학교 전자및정보공학과 B-ISDN 연구실 (kimsy8011, hwlee@korea.ac.kr)

\*\* 고려대학교 컴퓨터정보학과 BCN 연구실 (kimsejin, chcho@korea.ac.kr)

\*\*\* 중앙대학교 정보시스템학과 (ryu@cau.ac.kr) (° : 교신저자)

논문번호 : KICS2009-11-565, 접수일자 : 2009년 11월 09일, 최종논문접수일자 : 2010년 3월 24일

망의 경우에는 Base Station (BS)와 Mobile Station (MS) 간에 직접 통신도 가능하지만, 셀 경계에 있거나 전파 음영지역에 있는 Mobile Station (MS)들은 Fixed Relay Station (FRS)의 중계를 거쳐 BS와 통신하게 된다. 이와 같은 FRS의 중계 기능을 통해 서비스 불능 지역 또는 셀 커버리지를 확대하거나 수율을 향상시킬 수 있다<sup>3-5</sup>.

MMR 시스템 운영 중에 특정 RS에 예상치 못한 급격한 트래픽 증가로 과부하 현상이 발생하는 경우, 트래픽 서비스의 QoS와 전체 네트워크 성능이 낮아지게 된다<sup>6</sup>. 또한 커버리지 확장(non transparent mode)을 위한 MMR 시스템 환경에서 서비스 받는 단말이 많을 경우, Multi-hop Relay Base Station (MR-BS)에서 직접 서비스 받는 단말이 많아져 처리할 수 있는 용량을 초과하기 때문에 RS를 추가하더라도 단말이 서비스를 받을 수 없게 된다<sup>7,8</sup>. 따라서 네트워크 환경에서 서비스 단말의 증가로 인한 RS 사용 단말의 서비스 불능을 해결하는 방법이 필요하다.

본 논문에서는 MMR 시스템의 성능 향상을 위한 적응적인 RS 커버리지 확장 기법을 제안한다. 이 기법은 지역적으로 과부하가 발생하여 MR-BS에서 직접 서비스를 받는 단말의 서비스는 가능하고 일부 RS와 연결된 단말의 서비스가 불능일 경우, 일부 RS를 현재 관장하는 MR-BS에서 부하가 적은 다른 MR-BS 시스템으로 새로운 연결을 제공하게 된다. 따라서 각 MMR 시스템 셀들간 단말의 균형이 이루어져 전체 네트워크 서비스의 QoS를 만족시킬 수 있을 것이다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 MMR 시스템 모델링을 위해 토폴로지와 용어를 정의하고, 3장에서는 MMR 시스템을 위한 적응적인 RS 커버리지 확장 기법을 설명한다. 4장에서는 트래픽 모델을 정의하여 적응적인 RS 커버리지 확장 기법의 성능을 분석한다. 마지막으로 5장에서는 결론을 맺는다.

## II. MMR 시스템 모델링

### 2.1 MMR 시스템 토폴로지

본 논문에서 MMR 시스템은 커버리지 확장을 위해 난-트랜스퍼런트 모드 RS를 사용하는 토폴로지 가정한다. 해석상의 편의를 위해 하나의 RS 커버리지를 단위 육각셀로 가정하고 MR-BS의 커버리지는 7개의 단위 육각셀로 구성되어 RS 커버리지의 7배로 가정한다. 따라서 1 tier RS로 이루어진 MMR 클러스터(Cluster)의 경우 RS하나의 크기를 기준으로 7개의 RS 커버리지를 갖는 MR-BS와 그 주위로 12개의 1

tier RS가 존재하게 된다. 그림 1은 1 tier RS를 갖는 테스트 MMR 클러스터와 동일한 형태의 MMR 클러스터 6개로 이루어진 토폴로지의 예를 보여준다.

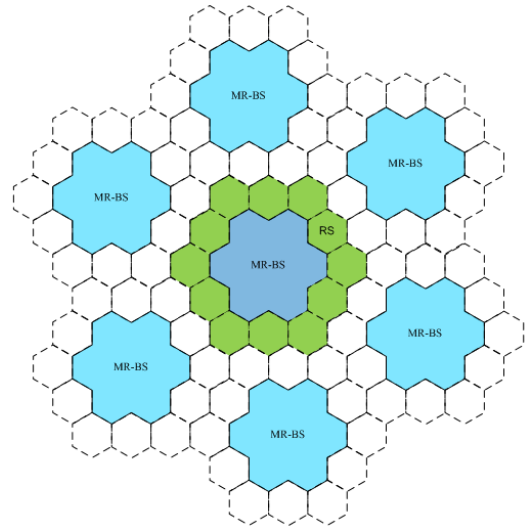


그림 1. MMR 시스템 토폴로지

### 2.2 MMR 시스템의 커버리지 분석

MMR 시스템에서 BS가 처리할 수 있는 총 용량(C:bps)은 MR-BS커버리지 내의 단말뿐만 아니라 RS 커버리지 내의 단말도 사용한다. 따라서 MR-BS에서 서비스 받는 단말이 많아 MR-BS의 용량에 근접하는 경우 추가적인 RS 설치를 통해서 해결할 수 없고 MMR 시스템 전체의 configuration을 바꾸는 것을 통해 해결이 가능하다<sup>8</sup>. 그러나 이러한 트래픽 부하의 증가가 일시적이고 혹은 특정 MR-BS에서 발생하는 현상일 경우 RS를 관장하는 MR-BS의 적응적 선택을 통해 집중되는 부하를 분산시켜 시스템 전체의 수율 향상, 수용가능 단말의 수 증가 및 QoS 향상을 제공할 수 있다.

따라서 본 절에서는 단위 면적당 발생하는 트래픽의 양(단말의 수)에 따른 난-트랜스퍼런트 MMR 시스템의 MR-BS에 연결되는 RS들의 tier 수를 구한다.

분석을 위한 가정은 다음과 같다.

- 주파수 재사용과 채널 간의 간섭은 없다.
- AMC (adaptive modulation and coding)를 사용하지 않았다.
- 경계 효과 (Boundary effect)는 없다.
- 트래픽은 MMR 시스템 커버리지에서 균일하게 분포한다. ( $\rho$  bps/m<sup>2</sup>).

MMR 클러스터 구성에서 그림 2에서와 같이 근사

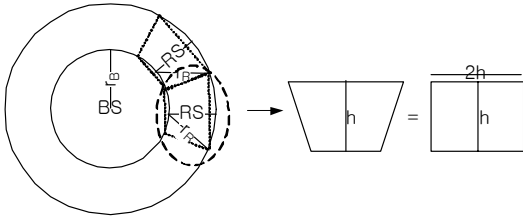


그림 2. BS 커버리지와 RS 커버리지의 근사화

화를 통해 RS의 커버리지를 직사각형의 형태로 작은 변을  $h$ , 긴 변을  $2h$ 로 가정하여 RS의 커버리지를  $r^2R$  ( $=2h^2$ )로 정한다.

따라서,  $k$ 번째 tier ( $k^{th}$  tier) 안에 있는 최대 RS의 수는 다음과 같이 식 (1)로 일반화 할 수 있다<sup>[7]</sup>.

$$n_{R,k^{th}} = \pi \left[ \left( \frac{2r_B}{r_R} + \frac{k}{\sqrt{2}} \right) \left( \frac{1}{\sqrt{2}} \right) \right] \quad (1)$$

식 (1)에서  $r_B$ 는 BS의 반경을 나타내고,  $h$ 는  $r_R/\sqrt{2}$ 와 같다.

앞 절에서 언급한 것과 같이 MMR 시스템에서 1 tier RS는 MR-BS에서 사용하고 남은 용량이 있을 경우 추가적으로 놓일 수 있다. 또한 1 tier RS에서 사용하고 남은 용량이 있을 경우에 2 tier RS가 놓일 수 있다. 이를 수식으로 정의하면 식 (2)와 같이 표현된다.

$$C \gg \rho \left( A_B + \sum_{k=1}^{k_{max}} A_R \cdot n_{R,k^{th}} \right) \quad (2)$$

식 (2)에서,  $C$ :(bps)는 주어진 MMR 시스템의 총 용량,  $\rho$ 는 트래픽 밀도(traffic density), 그리고  $A_B$ 와  $A_R$ 는 각각 MR-BS와 RS의 커버리지 이다.

그림 3은 주어진 MMR 클러스터의 총 처리 용량 (MR-BS의 최대 용량)을 30 Mbps로 가정할 때, 트래픽 밀도에 따른 최대 커버리지를 보여준다 (MR-BS의 반경은 1Km이고 RS의 반경은 378m 이다). 그림에서 가장 오른쪽에 있는 tier 경계(threshold of tier)는 MR-BS만 존재하게 되는 tier의 경계를 나타내고 왼쪽으로 갈수록 증가하는 RS의 tier 수를 나타낸다. 트래픽 밀도(traffic density)는 단위 면적당 발생하는 트래픽의 양(호가 발생하여 사용되는 용량)을 나타내는데, 트래픽 밀도가 증가할수록 RS의 개수가 감소함을 알 수 있다. 트래픽 밀도가 작을 경우 MR-BS의 커버리지 이외에 각각의 tier에 RS를 추가하여도 MR-BS 처리 용량이 남아있기 때문에 계속해서 tier를 늘려갈

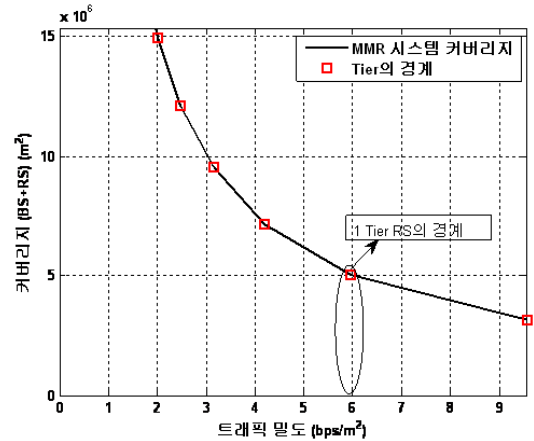


그림 3. 트래픽 밀도에 따른 최대 커버리지

수 있지만, 트래픽 밀도가 클 경우 단위 면적당 사용되는 용량이 크기 때문에 작은 커버리지에서도 MR-BS 총 처리 용량을 대부분 사용하기 때문에 추가적인 RS설치를 할 수 없다. 예를 들어, MMR 클러스터에서 발생하는 트래픽 량이 약 5.9 bps/m<sup>2</sup> 이상일 경우 MR-BS의 용량의 한계로 1 tier 이상의 추가적인 RS tier를 설치할 수 없게 된다.

### III. MMR 시스템의 최대 RS흡 수

2 장에서 트래픽 밀도에 따라 RS 설치 여부가 결정됨을 알 수 있었다. 특히, 일반적인 MMR 클러스터 시스템 내에서 단말의 수가 많아질 경우 MR-BS를 사용하는 단말뿐만 아니라 RS를 사용하는 단말도 호 차단이 발생하게 되어 전체적인 시스템의 성능이 떨어질 수 있다. 따라서 본 장에서는 트래픽 밀도(사용자 수)를 고려하여 적응적 부하분산을 통해 MMR 시스템의 성능을 향상 시킬 수 있는 기법을 제안한다.

#### 3.1 적응적인 RS 커버리지 확장 기법

적응적 RS 커버리지 확장 과정을 설명하기 위해 다음과 같이 가정과 용어를 정리한다.

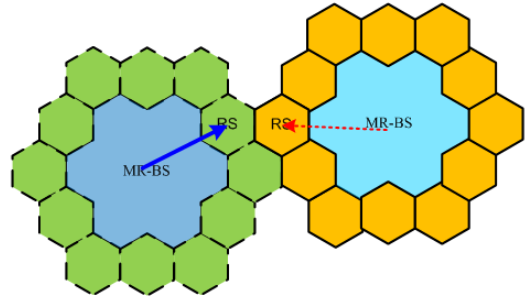
- 모든 MMR 클러스터는 MR-BS와 1 tier RS로 구성되어 있다.
- 테스트 MMR 클러스터 (initial MMR 클러스터 MMR\_I) 의 MR-BS (initial MR-BS; MR-BS\_I) 는 주변 MMR 클러스터(neighbor MMR 클러스터; MMR\_N) 의 RS (neighbor RS; RS\_N) 를 연결할 수 있다.
- 테스트 MMR 클러스터의 RS (initial RS; RS\_I)

- 는 주변 MMR 클러스터의 RS와 연결할 수 있다.
- MMR 클러스터에서 호가 발생하게 되면, 단말은 채널을 요청하게 되는데,
    - MR-BS\_I에서 발생한 호 일 경우, MMR\_I의 전체 채널 중에서 할당되지 않은 채널을 랜덤하게 선택 받게 된다.
    - RS\_I에서 발생한 호 일 경우, MMR\_I의 전체 채널 중에서 할당되지 않은 채널, 혹은 MMR\_N 시스템에서 할당되지 않은 채널을 선택 받게 된다.
    - 할당 받을 채널이 없을 경우, 그 호는 차단된다.

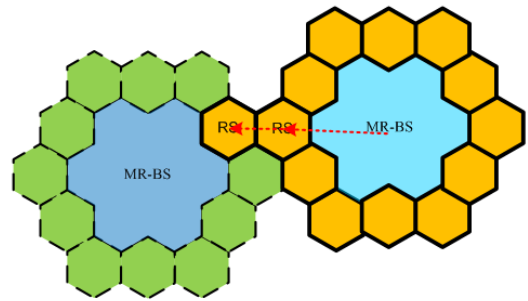
### 3.2 적응적인 RS 커버리지 확장 기법

적응적인 RS 커버리지 확장 기법 과정은 그림 4와 같다. MMR\_I에서 호가 발생하게 되면 현재 MMR\_I의 트래픽 밀도를 측정하게 된다. 그리고 현재 트래픽 밀도보다 MMR\_I의 시스템 용량이 클 경우 발생한 호는 수락된다. 그러나 현재 트래픽 밀도가 시스템 용량보다 클 경우, MMR\_I는 트래픽 밀도가 낮아서 추가적인 호를 받을 수 있는 용량을 갖는 MMR\_N을 찾는다. 트래픽 밀도가 낮은 MMR\_N가 존재하지 않으면 발생한 호는 차단된다. MMR\_N가 존재하는 경우, MR-BS\_I에서 발생한 트래픽 밀도가 MMR\_I 용량보다 클 경우에는 토폴로지 구성상 MR-BS는 MMR\_N과 연결하여 추가적인 채널을 사용할 수 없기 때문에 차단 되지만 그 반대의 경우, RS\_I를 MMR\_N에 2 tier RS로 연결하고, MR-BS에서 발생한 호를 수락하게 된다. 트래픽 밀도가 높고, MMR\_N이 존재하고,

RS\_I에서 호가 발생한 경우 RS\_I는 MMR\_N에 연결되어 2 tier RS가 되고 호를 수락하게 된다. 그림 5는 RS\_I가 MMR\_I에서 MMR\_N으로 연결되어 2 tier RS로 연결되고, MMR\_I은 부분적으로 RS가 없는 상태가 되는 과정을 나타낸다.



(a) MMR\_I에 연결된 RS\_I



(b) MMR\_N에 연결된 RS\_I

그림 5. RS\_I 연결 과정

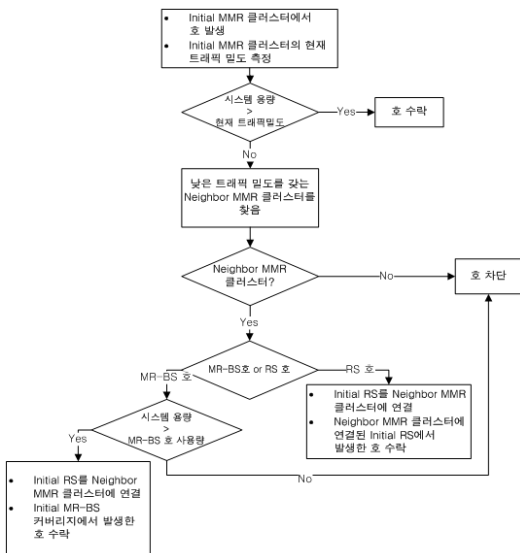


그림 4. 적응적인 RS 커버리지 기법

## IV. 성능 분석

### 4.1 트래픽 모델

적응적인 RS 커버리지 확장 기법의 성능 분석을 위하여 다음과 같이 시스템을 모델링 한다.

- 통합 호 발생 프로세스 (aggregated call arrival process)는 셀 당 발생률  $\lambda$ 를 갖는 포아송 분포 (Poisson distribution)를 따른다.
- 호 지속 시간(call duration)은 평균  $1/\mu$ 초를 갖는 지수 분포(exponential distribution)를 따른다.
- $r_B$ : MR-BS의 반경,  $r_R$ : RS의 반경.
- $C$ : initial MMR 클러스터의 전체 채널 수,  $C_n$ : neighbor MMR 클러스터에서 추가된 채널 수.
- $\alpha$ : MMR 클러스터 커버리지에서 MR-BS 커버리지가 차지하는 비율.

$$\alpha = \frac{\pi r_B^2}{\pi(r_B^2 + N \cdot r_R^2)}, N= 1 \text{ tier RS의 수.}$$

- $\lambda_b$ : MR- BS 커버리지에서 발생하는 호 발생률,  
 $\lambda_b = \alpha\lambda$
- $\lambda_r$ : RS 커버리지에서 발생하는 호 발생률,  
 $\lambda_r = (1-\alpha)\lambda$
- 단말은 셀 내에 균일하게 분포한다.

호 차단 확률을 찾기 위해 MR-BS에서 발생한 호에 대한 차단 확률을  $P_b^{BS}$ 과 RS에서 발생한 호에 대한 차단 확률을  $P_b^{RS}$ 라고 정의한다. 또한 임의의  $t$  시간 동안 할당된 MR-BS 채널과 RS 채널의 개수를 각각  $N_b$  와  $N_r$ 로 정의하면, 호의 발생 시간 간격과 지속 시간은 지수 분포를 따르기 때문에  $(N_r, N_b)$ 로 정의된 랜덤 벡터는 이차원 마코프 체인(two dimensional Markov chain)으로 표현할 수 있다.

그리고 호의 지속 시간,  $\mu_k$ ,은 다음과 같다.

$$\mu_k = \begin{cases} k\mu, & k \leq C + C_a \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

따라서 그림 6 과 같이  $(N_r, N_b)$ 에 대한 마코프 체인을 표현할 수 있다.

랜덤 벡터  $(N_r, N_b)$ 의 안정상태 확률밀도함수 (steady state probability mass function)를  $p(n_r, n_b) \equiv \Pr[N_r = n_r, N_b = n_b]$ 라 정의하면, 일반적인 MMR 클러스터 시스템과 적응적 RS 커버리지 확장 기법을 사용하는 시스템의 두 가지 경우에 대한 이차원 마코프 체인을 정의하고 안정상태 확률밀도함수를 구할 수 있다.

#### 4.1.1 일반적인 MMR 클러스터 시스템인 경우

일반적인 MMR 클러스터 시스템은 그림 6의 initial MMR 클러스터 서비스를 갖는 마코프 체인으로 표현 되는데,  $0 \leq n_b + n_r \leq C$ 의 범위에서 식 (3)과 같은 balance equation을 만족한다.

$$\begin{aligned} & p(n_r, n_b) \cdot (\lambda_r + \lambda_b + \mu_{n_r} + \mu_{n_b}) \\ &= p(n_r, n_b + 1) \cdot \mu_{n_b + 1} + p(n_r - 1, n_b) \cdot \lambda_r \quad (3) \\ &+ p(n_r, n_b - 1) \cdot \lambda_b + p(n_r + 1, n_b) \cdot \mu_{n_r + 1} \end{aligned}$$

그리고 balance equation에 대한 솔루션은 식 (4)와 같다.

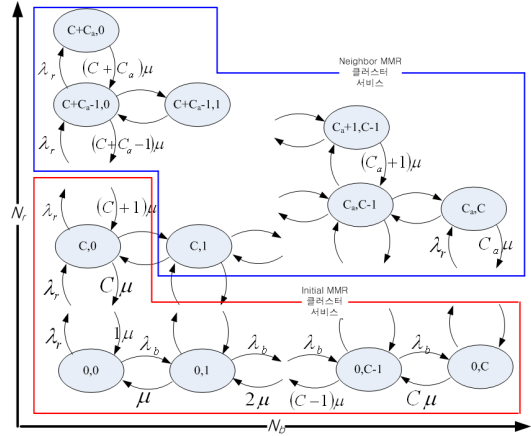


그림 6.  $(N_r, N_b)$ 의 Transition diagram

$$p(n_r, n_b) = p(0,0) \frac{\rho_r^{n_r}}{n_r!} \frac{\rho_b^{n_b}}{n_b!} \quad (4)$$

식 (4)에서  $\rho_r, \rho_b$ 는 각각  $\frac{\lambda_r}{\mu}, \frac{\lambda_b}{\mu}$ 이고,  $p(0,0)$ 은 정규화 조건(Normalization condition)에 의해 식 (5)와 같이 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} & \sum_{0 \leq n_r + n_b \leq C} p(n_r, n_b) \\ &= \sum_{0 \leq n_r + n_b \leq C} p(0,0) \cdot \frac{\rho_r^{n_r}}{n_r!} \frac{\rho_b^{n_b}}{n_b!} = 1, \quad (5) \\ p(0,0) &= \left[ \sum_{0 \leq n_r + n_b \leq C} \frac{\rho_r^{n_r}}{n_r!} \frac{\rho_b^{n_b}}{n_b!} \right]^{-1} \\ &= \left[ \sum_{n_r=0}^C \sum_{n_b=0}^{C-n_r} \frac{\rho_r^{n_r}}{n_r!} \frac{\rho_b^{n_b}}{n_b!} \right]^{-1} \end{aligned}$$

4.1.2 적응적 커버리지 MMR 클러스터 시스템인 경우  
 적응적 RS 커버리지 확장 기법을 사용하는 시스템은 그림 6의 initial MMR 클러스터 서비스와 neighbor MMR 클러스터 서비스를 갖는 마코프 체인으로 표현 되는데,  $0 \leq n_b \leq C, n_b + n_r \leq C + C_a, 0 \leq n_r$ 의 범위에서 식 (6)과 같은 balance equation을 만족한다.

$$\begin{aligned} & p(n_r, n_b) \cdot (\lambda_r + \lambda_b + \mu_{n_r} + \mu_{n_b}) \\ &= p(n_r, n_b + 1) \cdot \mu_{n_b + 1} + p(n_r - 1, n_b) \cdot \lambda_r \quad (6) \\ &+ p(n_r, n_b - 1) \cdot \lambda_b + p(n_r + 1, n_b) \cdot \mu_{n_r + 1} \end{aligned}$$

그리고 식 (6)에 대한 솔루션은 식 (4)와 같고,

$p(0,0)$ 은 식 (7)에 의해 구할 수 있다.

$$p(0,0) = \left[ \sum_{0 \leq n_b \leq C, n_r + n_b \leq C + C_a} \frac{\rho_r^{n_r} \rho_b^{n_b}}{n_r! n_b!} \right]^{-1} \quad (7)$$

$$= \left[ \sum_{n_b=0}^C \frac{\rho_b^{n_b}}{n_b!} \sum_{n_r=0}^{C+C_a-n_b} \frac{\rho_r^{n_r}}{n_r!} \right]^{-1}$$

### 4.2 성능 지표

적응적인 RS 커버리지 확장 기법의 성능을 평가하기 위해 호에 대한 차단 확률과 시스템의 처리량을 성능 지표로 한다. 따라서 그림 6의 transition diagram을 참고하여 다음과 같이 성능 지표를 구할 수 있다<sup>9)</sup>.

먼저 Initial MR-BS에서 발생한 호에 대한 차단 확률,  $P_b^{BS}$ ,은 MR-BS 커버리지에서 호가 발생했을 때, MMR 시스템에 채널이 없을 경우 호가 차단되는 확률이며 이는 아래의 식 (8)과 같이 얻어진다.

$$P_b^{BS} = \sum_{n_r=0}^C p(C + C_a - n_b, n_b) + \sum_{n_r=0}^{C_a-1} p(n_r, n_b, C) \quad (8)$$

그리고 Initial RS에서 발생한 호에 대한 차단 확률,  $P_b^{RS}$ ,은 RS 커버리지에서 호가 발생했을 때, initial MMR 시스템뿐만 아니라 neighbor MMR 시스템에도 채널이 없을 경우 호가 차단되는 경우의 확률이며 아래의 식 (9)와 같이 얻어진다.

$$P_b^{RS} = \sum_{n_b=0}^C p(C + C_a - n_b, n_b) \quad (9)$$

다음으로 Initial MMR 클러스터의 호 차단 확률,  $P_b^{MMR}$ ,은 initial MMR 시스템 전체에서 발생한 호가 채널이 없어서 차단이 되는 확률을 의미하며, 식 (10)과 같이 얻어진다.

$$P_b^{MMR} = \frac{\lambda_b P_b^{BS} + \lambda_r P_b^{RS}}{\lambda} \quad (10)$$

마지막으로 시스템의 처리량,  $\eta_{MMR}$ (number of call/sec), 은 Initial MMR 클러스터에서 단위 시간당 수락된 호의 수로 정의되며, 식 (11)과 같이 구할 수 있다.

$$\eta_{MMR} = (1 - P_b^{BS})\lambda_b + (1 - P_b^{RS})\lambda_r \quad (11)$$

### 4.3 분석 결과

다음은 채널당 발생하는 offered load를 변화시키면서 호 차단 확률과 처리량을 분석한 결과이다. 2장의 시스템 모델처럼 MMR 클러스터에서 MR-BS와 RS의 커버리지 비율은 7:1로 MR-BS와 1 tier RS들의 커버리지 비율은 7:12로 가정하였다. 또한 Initial MMR 클러스터에서 사용할 수 있는 전체 채널의 개수  $C$ 는 19로 가정하였다.

그림 7은 채널 당 offered load에 따른 호 차단 확률에 대한 실험 결과를 나타낸다.  $Ca$ 가 0일 경우는 Initial MMR 클러스터 서비스로 일반적인 MMR 클러스터 시스템의 성능을 나타내는 것이며, offered load가 증가함에 따라 호 차단 확률이 크게 증가한다.  $Ca$ 가 0보다 클 경우, 적응적인 RS 커버리지 확장 기법에 의해 Neighbor MMR 클러스터에서 서비스를 지원받게 되어, Initial MMR 클러스터의 MR-BS와 RS에서 발생하는 호에 대한 호 차단 확률이 감소하게 된다. 또한 Neighbor MMR 클러스터의 추가적인 채널 수가 증가하게 되면 채널 차단 확률이 더욱 감소하게 된다.

그림 8은 채널 당 offered load에 변화에 따른 처리량(단위 시간당 채널을 수락한 호의 수)을 나타낸다. 결과를 통해 채널 당 offered load가 증가함에 따라 처리량이 증가하게 되고, 특정 offered load 이상에서는 시스템이 갖는 용량(채널 수)에 의해서 처리량이 일정하게 수렴하게 된다. Offered load가 낮은 경우 initial MMR 클러스터 서비스 상태를 유지하게 때문에 neighbor MMR 클러스터의 채널이 남아 있어도 영향

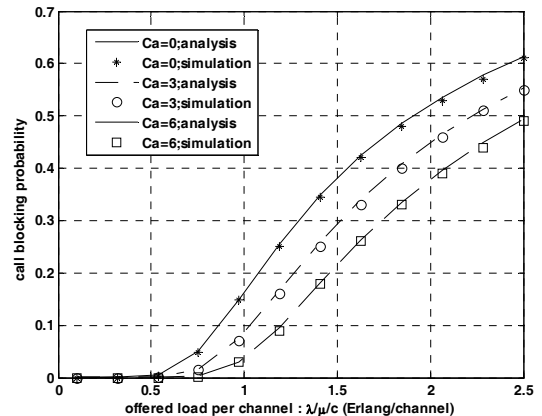


그림 7. 채널 당 offered load에 따른 호 차단 확률( $Ca=0, 3, 6$ )

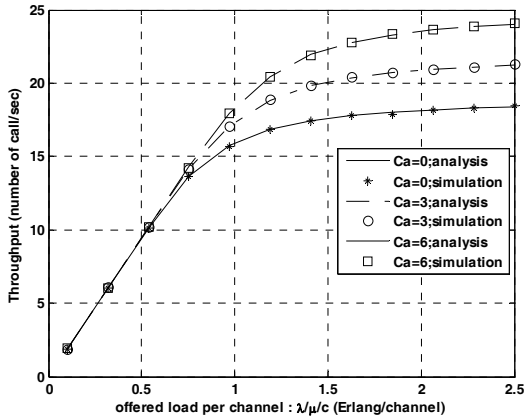


그림 8. 채널 당 offered load에 따른 처리량(Ca=[0, 3, 6])

을 거의 받지 않지만, offered load가 높을 경우 neighbor MMR 클러스터 서비스를 받게 되는데 이때 Ca가 증가할 경우 처리량을 높아짐을 알 수 있다.

### V. 결 론

본 논문에서는 MMR 시스템의 성능 향상을 위한 적응적인 RS 커버리지 확장 기법을 제안하였다. 제안한 기법은 지역적으로 과부하가 발생하여 MR-BS 사용자의 서비스는 가능하지만 일부 RS 사용자의 서비스가 불가능할 경우, 일부 과부하가 발생한 RS를 관장하는 MR-BS가 부하가 적은 이웃한 MMR 시스템에게 연결권을 옮겨줌으로써 지속적인 서비스를 제공받는다. 수학적 분석 결과와 시뮬레이션 결과를 통해 적응적인 RS 커버리지 확장 기법을 사용할 경우, 채널 당 offered load가 증가함에 따라 MMR 시스템의 호 차단 확률은 감소하고 처리량은 증가함을 보였다.

### 참 고 문 헌

[1] R. Pabst et. al., "Relay-Based Deployment Concepts for Wireless and Mobile Broadband Radio," IEEE Commun. Mag., Vol.42, pp.80-89, Sept. 2004.

[2] H. Wu, C. Qiao, S. De, and O. Tonguz, "Integrated Cellular and Ad Hoc Relaying Systems: iCAR," IEEE J. Select. Areas Commun., Vol.19, pp.2105-2115, Oct. 2001.

[3] J. Cho and Z.J. Haas, "On the throughput enhancement of the downstream channel in cellular radio networks through multihop

relaying," IEEE J. Select. Areas Commun., Vol.22, pp.1206-1219, Sept. 2004.

[4] N. Esseling, B.H. Walke, and R. Pabst, "Performance Evaluation of a Fixed Relay Concept for Next Generation Wireless Systems," PIMRC, Vol.2, pp.744-751, Sept.2004.

[5] K.M. Park, C.G. Kang, D.Y. Chang, S.H. Song, J.G.Ahn and J.T. Ihm, "Relay Enhance Cellular Performance of OFDMA-TDD System for Mobile Wireless Broadband Services," ICCCN, Aug. 2007, pp.435-435.

[6] 김승욱, "셀룰러 네트워크상에서 멀티미디어 서비스 제공을 위한 효율적인 온라인 부하분산 기법에 대한 연구," 한국통신학회, 한국통신학회 논문지 제30권 제12B호, 2005.5.

[7] S. Y. Kim, S. J. Kim, C. J. Yoo, S. W. Ryu, H. W. Lee, C. H. Cho, "Performance analysis of Single-Frame mode and Multi-Frame mode in IEEE802.16j MMR System," PIMRC, Sept.2008.

[8] 김승연, 김세진, 류승완, 이형우, 조충호, "OFDMA 방식을 사용하는 MMR시스템의 최적화된 커버리지 확장", 한국통신학회, 한국통신학회논문지. 제33권 제7호, 2008.7.

[9] Y Fang, Y Zhang, "Call admission control schemes and performance analysis in wireless mobile networks", IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol.51, No.2, March 2002.

김 승 연 (Seung-Yeon Kim)

정회원



2005년 2월 고려대학교 전자 및 정보공학부  
2007년 2월 고려대학교 전자정보공학과 석사  
2007년 3월~현재 고려대학교 전자정보공학과 박사과정  
<관심분야> 통신망 설계 및 성능 분석, MAC 프로토콜

김 세 진 (Se-Jin Kim)

정회원



2004년 2월 조선대학교 전산학과 학사

2004년 2월 고려대학교 석사

2006년 3월~현재 고려대학교 전산학과 (박사과정)

<관심분야> 이동통신 시스템 설계 및 성능분석, 차세대 무선

MAC 프로토콜, 간섭제어, 멀티미디어 스케줄링, 멀티홉 시스템

류 승 완 (Seung-Wan Ryu)

중신회원



1988년 고려대학교 산업 공학과 학사

1991년 고려대학교 산업 공과 석사

2003년 뉴욕주립대 (SUNY at Buffalo) 산업공학과 박사

1991~1993년 LG전자 영상미디어연구소 (주임연구원)

1993~2004년 한국전자통신연구원 이동통신연구단 (선임연구원)

2004년~현재 중앙대학교 정보시스템학과 교수

<관심분야> 이동통신시스템 설계 및 성능 분석, 무선 MAC 프로토콜, 컴퓨터 네트워크

이 형 우 (Hyong-Yoo Lee)

정회원



1979년 University of British Columbia Electrical Engineering 학사

1983년 University of Waterloo, Electrical Engineering 박사

1983~1991년 Carleton University, System and Computer Engineering 조교수

1992~1995년 University of Waterloo, Electrical and Computer Engineering 조교수

1995~현재 고려대학교 전자 및 정보공학부 교수

<관심분야> 통신망 설계 및 성능 분석, 트래픽 제어, MAC 프로토콜

조 충 호 (Choong-Ho Cho)

중신회원



1981년 2월 고려대학교 산업공학과

1993년 2월 고려대학교 산업공학과 석사

1986년 프랑스 INSA de Lyon 전산학과 석사

1989년 프랑스 INSA de Lyon 전산학과(박사)

1990~1994년 순천향대학교 전산통계학과 조교수

1994~현재 고려대학교 전산학과 교수

<관심분야> 통신망 트래픽 관리기술, 무선통신 시스템, 멀티미디어통신, 인터넷 비즈니스