

# 셀룰라 기반의 하이브리드 분산식 멀티홉 시스템에서의 GPS 알고리즘을 이용한 동적 자원할당 기법

정희원 배병주\*, 김동건\*, 신봉진\*, 강병익\*,  
중신회원 홍대형\*, 정희원 최진우\*\*

## A Dynamic Resource Allocation scheme with a GPS algorithm in Cellular-based Hybrid and Distributed Wireless Multi-hop Systems

Byung-joo Bae\*, Dong-kun Kim\*, Bong-jhin Shin\*, Byoung-ik Kang\* *Regular Members*  
Daehyoung Hong\* *Lifelong Member*, Jin-woo Choe\*\* *Regular Member*

### 요약

셀룰라 기반의 멀티홉 시스템에서 각 홉이 필요로 하는 자원의 양에 따라 동적으로 자원을 할당하는 GPS-DRA(Generalized Processor Sharing-Dynamic Resource Allocation) 기법을 제안하였다. 논문에서 가정된 하이브리드 분산식 시스템에서는 네트워크에 연결되어있는 중앙의 controller가 각 홉에 자원을 적절히 할당해 주어야 한다. 하지만 전송환경이 시간에 따라 수시로 변하기 때문에 홉 별로 필요한 자원의 양에 맞게 자원을 할당하기가 쉽지 않다. GPS-DRA 기법은 홉 별로 이전에 사용한 자원의 양을 근거로 하여 홉 별로 필요한 자원의 양에 맞게 동적으로 자원을 할당한다. 본 기법을 사용하면 중앙의 controller에서 자원할당에 필요한 링크 정보를 모두 수집할 필요가 없으므로, 이 기법을 적용하기 위하여 추가적으로 필요한 control overhead의 증가량을 매우 적게 할 수 있다. 제안한 기법을 적용하여 모의실험을 수행한 결과, 고정 자원할당 방식에 비해 채널사용효율이 약 16% 증가하고 셀 용량이 최대 약 65% 커지게 되는 것을 확인하였다.

**Key Words :** Wireless system, Multi-hop, RRM, DRA, GPS

### ABSTRACT

In this paper, we propose a generalized processor sharing - dynamic resource allocation (GPS-DRA) scheme which allocates the required amount of resources to each hop dynamically in cellular-based multi-hop systems. In the hybrid-distributed system considered in this paper, a central controller such as a base station (BS) should allocate resources properly to each hop. However, due to changing channel condition with time, it is difficult to allocate as much amount of resources as each hop needs for transmission. GPS-DRA scheme allocates the required amount of resources dynamically to each hop based on the amount of resources used in previous frames by each hop. The amount of control overhead generated by GPS-DRA scheme can be very small because a central controller doesn't need to collect all link information for resource allocation. Our simulation results show that channel utilization increased about 16% and cell capacity increased about 65% compared to those of fixed resource allocation (FRA) scheme.

### I. 서론

기존의 셀룰라 기반의 이동통신 시스템을 Mobile

Station(MS)이 Base Station(BS)에 직접 연결되는 싱글홉 시스템이 대부분이었다. 최근에 싱글홉 시스템

\* 서강대학교 통신시스템 연구실({jay910s, hardguy}@eecom1.sogang.ac.kr, {bjshin, kbi83, dhong}@sogang.ac.kr),

\*\* 서강대학교 통신네트워크 융합 및 최적화 연구실(xinu@sogang.ac.kr)

논문번호 : KICS2007-06-261, 접수일자 : 2007년 6월 10일, 최종논문접수일자 : 2007년 10월 29일

에 Relay Station(RS)를 추가하여 BS와 MS 사이를 멀티홉으로 연결하는 시스템에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 멀티홉 전송은 시스템의 커버리지를 확장할 수 있으며, 홉 간 전송신호 품질을 개선하여 전체 시스템의 용량 또한 증대시킬 수 있다<sup>1,2)</sup>.

멀티홉 시스템에서의 자원관리 기법은 그 방식과 관리주체에 따라 중앙 집중식(Centralized)과 분산식(Distributed)으로 구분될 수 있다. 중앙 집중식 시스템의 경우, BS와 같은 중앙의 controller가 자원 할당에 필요한 모든 정보를 수집하여, 이를 바탕으로 RS와 MS 모두에게 자원을 할당하고 스케줄링을 한다. 이러한 중앙 집중식 시스템은 각 RS가 실제로 필요로 하는 자원량을 기반으로 보다 효율적으로 자원을 사용할 수 있는 반면에 데이터 전송에 필요한 모든 정보를 수집하고 전송하는 과정에서 control overhead가 커지게 된다. 반면에 분산식 시스템의 경우 BS 및 RS가 각각 독립적으로 자원 할당과 스케줄링을 수행한다. 이 방식은 control overhead가 적다는 장점이 있지만, 시스템 전체적인 측면에서 자원관리를 하지 못해서 자원사용을 효율적으로 하기 어렵다는 단점이 있다.

본 논문은 그림 1과 같이 각 RS가 독립적으로 자원관리를 수행하고 이 과정에서 BS와 협력하는 하이브리드 분산식(Hybrid distributed) 시스템을 가정한다. 이 시스템에서는 BS가 각 RS에게 할당 할 자원량을 결정한다. 그리고 RS는 할당 받은 자원을 사용하여 서비스 영역 내에 있는 MS에게 독립적으로 스케줄링을 수행하고 채널을 할당한다.

하이브리드 분산식 시스템에서는 BS가 각 홉(또는 RS)에 자원을 할당해 주지만, 각 RS의 필요 자원량을 정확히 알기가 어렵다는 단점이 있다. 멀티홉 시스템에서 각 RS가 필요로 하는 자원량은 무선 채널의 상태, 트래픽 발생량의 변화, 단말의 이동성, 그리고 각 RS에 연결된 MS의 수 등에 의해 시간에 따라 변화할 수 있기 때문이다. 시변하는 전송환경에서 각 홉에 고정적으로 자원을 할당하면 홉 별

로 다른 전송환경에 의한 실제 사용하는 자원량 차이가 나서 남는 자원이 발생하거나, 전송에 필요한 자원이 부족하게 된다. 따라서 자원 사용 효율이 떨어질 수 있다.

이와 같은 문제점을 해결하기 위해 다양한 기법이 연구되고 있다. 각 셀 별로 불균일한 트래픽이 발생하는 경우 channel borrowing 등의 기법을 통해 셀 간 동적 자원할당을 수행하는 기법이 연구되었다<sup>3)</sup>. 그러나 이러한 연구들은 앞에서 언급한 멀티홉 환경의 특성이 모두 고려되지는 않아서 멀티홉 시스템에서는 제안된 기법이 효율적으로 동작하기 어렵다.

본 논문에서는 Generalized Processor Sharing (GPS) 알고리즘<sup>4)</sup>을 활용하여 적은 피드백 정보만을 사용하여 각 홉에서 필요로 하는 자원량에 따라 동적으로 자원을 할당하는 GPS-DRA 기법을 제시한다.

본 논문은 다음과 같이 구성되었다. 2장에서는 멀티홉 시스템에서 각 홉에 고정된 자원을 할당할 때 발생할 수 있는 문제를 분석한다. 그리고 3장에서는 이에 대한 해결책으로써 제시한 GPS-DRA 기법에 대해 설명하였다. 4장에서는 모의실험을 통해 성능을 도출하고 분석하며, 끝으로 5장에서는 결론을 맺는다.

## II. 분산식 멀티홉 시스템에서의 자원할당

하이브리드 분산식 멀티홉 시스템에서는 BS는 각 홉(또는 RS)에 주파수 자원을 할당한다. 이 때 각 홉에 자원을 할당해 주는 방식에는 고정 자원할당 방식(FRA: Fixed Resource Allocation)과 동적 자원할당 방식(DRA: Dynamic Resource Allocation)이 있다.

FRA는 각 홉에서 필요로 하는 자원량과 상관없이 임의로 결정된 양의 자원을 BS가 각 홉에 고정적으로 할당한다. 이 방식은 각 홉에서 필요로 하는 자원량을 파악하기 위해 링크정보를 수집하고 업데이트할 필요가 없기 때문에 자원관리를 위한 control overhead가 적다.

FRA를 사용하여 각 홉에 자원을 할당할 때 발생 가능한 시나리오는 다음과 같다. 그림 2와 같이 3-홉 시스템에서 전체 셀 영역에 MS가 균일하게 분포되어 있고, 각 MS가 발생시키는 트래픽량이 동일하다고 가정한다. 이 때 각 홉에서 발생하는 트래픽은 그림 2와 같이 나타낼 수 있다. 1st 홉의

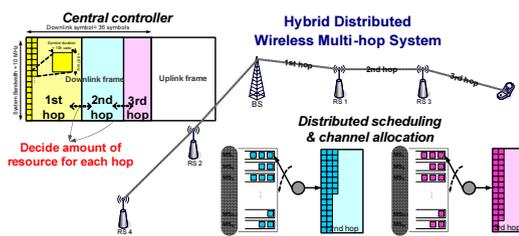


그림 1. 하이브리드 분산식 멀티홉 시스템

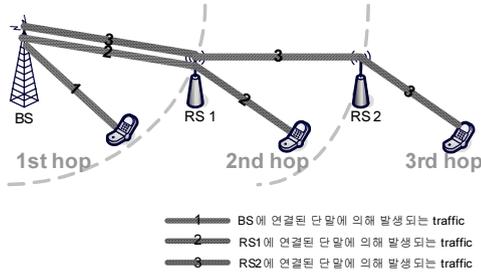


그림 2. 3-홉 시스템에서의 트래픽발생 시나리오

BS-RS<sub>1</sub> 링크 및 BS-MS 링크에서는 전체 서비스 영역 내에 위치한 모든 MS의 데이터가 전송되어야 한다. 반면에 최종 단인 3rd 홉에서는 오직 RS2의 서비스 영역 내에 위치한 MS가 발생시키는 트래픽을 위한 데이터만 전송된다. 즉, 가정한 환경에서는 BS에 적은 홉 수로 연결된 RS가 더 많은 자원을 필요로 한다. 또한 실제 시스템에서는 전송환경이 수시로 변화하므로 각 홉에 발생하는 트래픽량도 시간에 따라 변화한다. 따라서 각 홉에 주파수 자원을 고정적으로 할당할 경우 다음과 같은 문제가 발생한다.

[Case 1] Allocated resources < Required resources

전송에 필요한 자원에 비해 할당 받은 자원의 양이 적기 때문에 일부 데이터를 전송하지 못한다. 이로 인해 해당 홉에서 buffer overflow가 발생할 수 있다.

[Case 2] Allocated resources = Required resources

전송에 필요한 자원만큼 할당을 받은 이상적인 경우이다. 전송에 필요한 링크정보를 적절히 자원할당에 반영하면 이와 같이 필요한 만큼 자원을 할당할 수 있으나, FRA 기법 적용 시에는 일반적으로 이러한 이상적인 상황이 발생하기 어렵다.

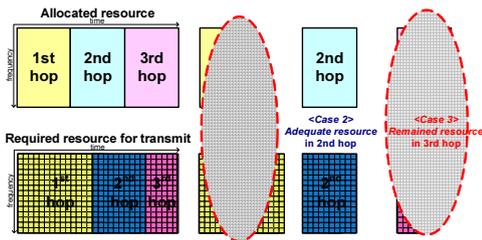


그림 3. 홉 별 고정자원할당 시 자원사용의 비효율성

[Case 3] Allocated resources > Required resources

전송에 필요한 자원에 비해 할당 받은 자원의 양이 더 많기 때문에 해당 홉에는 자원이 남게 된다. 이는 자원사용효율을 떨어뜨린다.

[Case 1]의 경우에는 자원량이 부족하여 해당 프레임 내에 전송하지 못한 데이터를 buffer에 저장한다. 데이터는 다음 프레임에 할당 받은 자원을 사용하여 전송되지만, 이런 상황이 계속되어 buffer 크기보다 더 큰 데이터가 누적되면 buffer overflow가 발생할 수 있다. 반면에 [Case 2]의 경우에는 실제 사용되는 자원량이 줄어들어 시스템 용량을 저하시킬 수 있다.

한정된 주파수 자원을 효율적으로 사용하기 위해서는 남겨나 모자라는 자원이 없도록 [Case 2]와 같이 자원할당이 이루어져야 한다. 실제 필요 자원량에 근거하여 자원을 할당하여 자원효율을 최대화하기 위해서는 기존의 동적 자원할당 기법을 사용할 수 있다. 이를 위해서는 MS 및 RS의 이동성, 각 RS의 서비스 영역 내에 있는 MS의 수, MS별 발생 트래픽 부하 및 타입, 그리고 모든 2 노드 (BS-RS, BS-MS, RS-RS, RS-MS) 사이의 채널상황 정보를 수집해서 중앙의 BS에게 보고해주어야 한다. 하지만 이러한 기존의 동적 자원관리 기법은 자원관리에 필요한 정보를 수집하고 전송하는 과정에서 많은 control overhead가 필요하다는 단점이 있다.

III. GPS 알고리즘을 이용한 동적 자원할당 기법

본 논문에서는 무선 멀티홉 환경에서 각 홉에 할당할 자원량을 적응적으로 조절해주기 위해 GPS 알고리즘을 활용하는 GPS-DRA 기법을 제안한다.

GPS-DRA 기법은 각 RS가 필요로 하는 자원량이 시간에 따라 연속적으로 변화한다고 가정한다.

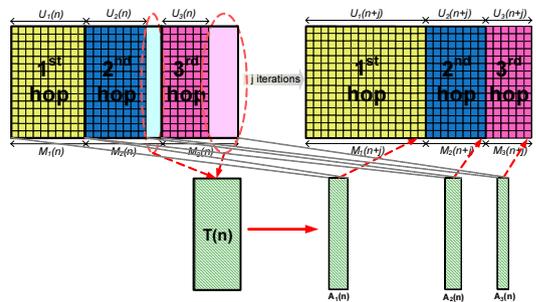


그림 4. GPS-DRA 기법의 동작

이 가정 아래 이전 iteration에서 각 RS가 사용했던 자원량을 기준으로 다음 iteration에서 해당 RS가 필요로 할 자원의 양을 예측해서 할당한다. 이 기법은 이전 iteration에서 각 홉에서 사용된 자원량의 비율을 계산한 뒤에, 전체 프레임에서 남는 자원의 총 합을 계산된 비율로 각 홉에 나누어 재 할당한다. 이 과정을 통해 각 홉에서 필요로 하는 자원량에 따라 자원을 할당하는 것이 GPS-DRA 기법의 기본 개념이다. 각 RS는 자신이 사용한 자원량만을 중앙의 BS에게 보고하면 되기 때문에 기존의 동적 자원할당 기법과 비교하여 control overhead는 감소 할 수 있다.

### 3.1 기본 GPS-DRA 알고리즘

그림 4에서와 같이  $i$ 번째 홉에 자원이  $M_i(n)$ 씩 할당되고, 그 중  $U_i(n)$  만큼의 자원이 사용되었을 때 블록표시가 된 부분을 제외한 만큼의 자원이 각 홉에 남게 된다. 이 때  $i$ 번째 홉에서 사용 후 남는 자원의 양을 식 (1)과 같이 나타낸다.

$$R_i(n) = M_i(n) - U_i(n) \quad (1)$$

BS에서는 다음 3단계의 과정을 통해 동적 자원 할당을 수행한다.

#### [Step 1] Calculation of total remained resources

$$T(n) = \sum_{i=1}^K R_i(n) = \sum_{i=1}^K [M_i(n) - U_i(n)] \quad (2)$$

전체  $K$ 홉 시스템일 때,  $n$ 번째 iteration에서 남는 자원의 총 합  $T(n)$ 은 식 (2)와 같이 계산된다.  $T(n)$ 은 전체 할당자원 중, 사용되지 않고 낭비되는 자원의 총합이다. GPS-DRA 기법에서는 이를 다음 iteration에서 각 홉에서 실제 사용하는 자원량의 비율에 따라 재 할당해준다.

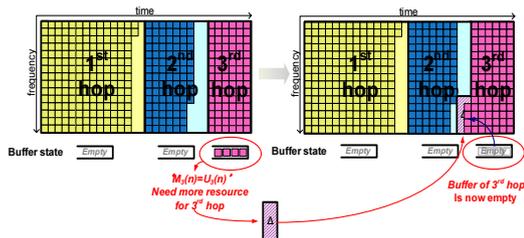


그림 5. 필요 자원량 증가에 대한 보상

#### [Step 2] Calculation of additional resources for each hop

$$A_i(n) = T(n) \times \frac{U_i(n)}{\sum_{i=1}^K U_i(n)} \quad (3)$$

$(n+1)$  번째 iteration에서 각 홉에 추가로 할당되는 자원의 비율은  $n$ 번째 iteration에서 각 홉이 사용한 자원의 비율을 따른다.  $i$ 번째 홉에 추가로 할당되는 자원의 양  $A_i(n)$ 은 식 (3)과 같이 계산된다.

#### [Step 3] Decision of the final amount of resources for each hop

$$M_i(n+1) = U_i(n) + A_i(n) \quad (4)$$

최종적으로  $(n+1)$ 번째 iteration에서  $i$ 번째 홉에 GPS-DRA 기법에 의해 할당되는 자원량은 식 (4)와 같다.

GPS-DRA 기법은 각 홉에서 남는 자원이 각 홉에서 필요로 하는 자원량에 비례하여 적응적으로 재분배된다. 따라서 각 홉의 실제 필요 자원량에 따라 자원할당이 이루어져서 고정 자원할당 방식을 적용할 때에 비해 자원을 효율적으로 사용할 수 있다. 또한 각 RS는 사용한 자원량인  $U_i(n)$ 만을 BS에 전달하기 때문에 자원관리를 위한 overhead가 적다.

### 3.2 필요 자원량 증가의 보상

기본 GPS-DRA 기법을 여러 iteration 동안 수행하면, BS에 인접한 1st 홉에 할당되는 자원량은 적응적으로 조절할 수 있다. 하지만 1st 홉에 full loading이 발생해서 다른 홉에 나누어 줄 남는 자원이 없는 상황에서, 2nd 홉 또는 3rd 홉의 필요 자원량이 증가할 수 있다. 하지만 기본 GPS-DRA 기법은 이러한 상황에서 추가 자원이 필요한 2nd 또는 3rd 홉에 더 많은 자원을 할당하기가 어렵다.

이를 보완해주기 위해 자원을 더 많이 할당해 주어야 할 홉에  $\Delta$ (delta)만큼의 임의의 자원을 더 할당해주며, 이는 GPS-DRA 기법 기본 3단계의 Step 3] 이후에 이루어진다. 자원을 추가로 할당해 줄 것인지 여부는 매 iteration에서  $M_i(n)$ 과  $U_i(n)$ 을 비교하여 판단한다. 만약 두 값이 같다면  $i$ 번째 홉에서 할당받은 자원량 보다 필요한 자원량이 많아서 해당 홉의 buffer에 데이터가 누적되고 있는 상황으로

판단하고  $\Delta$ 만큼의 자원을 추가로 할당해 준다.

특정 홉에 자원을 추가로 할당해 주었는데 다음 프레임에서 해당 홉이 필요로 하는 자원량이 감소할 수도 있다. 이 경우에는 GPS-DRA 기법에 의해 해당 홉에 할당된 자원이 필요로 하는 자원량에 맞추어 감소한다. 적절한  $\Delta$ 의 크기는 GPS-DRA 기법의 수행주기에 따라 달라진다. GPS-DRA 기법을 짧은 주기로 적용할수록 필요 자원량의 변화를 더 적응적으로 반영할 수 있으며,  $\Delta$ 의 크기 역시 작게 결정하는 것이 성능을 증대시킨다. 본 논문에서는  $\Delta$ 의 크기를 모의실험을 통해 측정된 throughput과 packet drop probability를 근거로 결정하였다.

### 3.3 자원 재사용 기법의 적용

멀티홉 시스템에서는 홉 간 전송거리가 감소해서 신호품질이 향상될 수 있다. 하지만 동일한 데이터를 여러 홉에서 반복해서 전송해야 하기 때문에 자원이 더 많이 소모될 수 있다. 이를 보완하고 시스템 용량을 증대시키기 위한 방안으로 공간적으로 떨어진 RS들이 자원을 재사용할 수 있다. GPS-DRA 기법은 RS들이 서로 자원을 재사용하는 경우에도 사용할 수 있다.

서로 다른 RS가 자원을 재사용하는 경우 GPS-DRA 기법은 어떤 RS의 자원 사용량을 기준으로  $U_i(n)$ 을 BS에게 보고할 것인지 결정해야 한다. 동일한 자원을 공유하는 RS 중 임의의 RS가 사용한 자원량을 기준으로  $U_i(n)$ 을 결정할 수 있다. 하지만 이 경우 기준이 된 RS보다 더 많은 자원을 사용한 RS는  $(n+1)$ 번째 iteration에서 필요로 하는 자원량에 비해 적은 양의 자원을 할당받을 수 있다. 본 논문에서는 이로 인한 packet drop을 최소화하기 위해 가장 많은 자원을 사용한 RS의 자원 사용량을 기준으로  $U_i(n)$ 을 결정하였다.

## IV. 성능 분석

GPS-DRA 기법의 성능평가를 위해 일반적인 셀룰라 기반의 멀티홉 시스템을 구성하고 제시한 GPS-DRA 기법을 적용하여 시스템 용량을 분석하였다. 기반 시스템으로써 IEEE 802.16e 시스템을 사용하였고, RS를 추가하였다. MS는 전 영역에 균일하게 분포시켰으며, 모든 사용자가 보낼 데이터가 항상 존재하는 full queue 트래픽 모델을 적용하였다. 모의실험에 적용된 시스템 파라미터 및 모델은

표 1. 시뮬레이션에 적용된 시스템 파라미터 및 모델

Parameters and Models	Values
Center frequency	2.3GHz
System bandwidth	10 MHz
Total number of subchannels	540 channels
Multiple access and duplex	OFDMA-TDD downlink
Max. Tx power (BS/RS)	43 / 30 dBm
Path-loss model	3GPP Ericsson Model[5]
Cell layout	7-cell Hexagonal Model
Mobility of MSs	3 km/h

표 2. 시뮬레이션 시나리오

Scenarios	A GPS-DRA scheme	A Frequency reuse scheme
I	Applied	Applied
II	Applied	Not applied
III	Not applied (FRA)	Applied
IV	Not applied (FRA)	Not applied

표 1과 같다. 성능 분석을 위한 모의실험 시나리오는 표 2와 같으며, 각 경우에 대해 사용자 수를 증가시키면서 결과를 도출하였다. GPS-DRA 기법의 수행주기는 30 frame,  $\Delta$ 의 크기는 20 채널로 하였다. GPS-DRA 기법을 적용하지 않은 경우에는 전체 프레임 자원을 각 홉이 고정적으로 할당 받는 FRA 기법을 적용하였다. 재사용 기법 적용 시 동일한 자원을 재사용하는 RS 그룹은 그림 6과 같다. 성능분석을 위해 3가지 지표를 사용하였다. 채널 utilization은 모든 노드에서 사용된 채널수의 총합을 할당된 채널자원의 수로 나눈 값이며, 채널자원의 사용효율을 나타낸다. Cell throughput은 전체 사용자가 수신한 총 데이터 bit수의 누적치를 전체 시뮬레이션 시간으로 나누어 계산한다. Packet drop probability는 전체 전송된 packet 수 중, buffer overflow에 의해 전송에 실패한 packet의 비율로 계산한다.

GPS-DRA 기법 적용에 따른 자원사용효율의 증가는 그림 7에 나타내었다. FRA 기법을 사용한 경우에는 채널 utilization이 약 76%로 나타났으나, GPS-DRA 기법을 적용한 경우에는 약 92%로 자원사용효율이 16% 증가하였다. FRA 기법에서는 전송에 필요한 자원에 비해 할당 받은 자원이 더 많아 낭비되는 자원이 발생하였다. 하지만 GPS-DRA 기법에서는 남은 자원을 각 홉이 사용한 자원량에 비

래하여 재할당 함으로써 자원사용효율이 증가하였다.

GPS-DRA 기법 적용에 따른 cell throughput 향상은 그림 8의 결과로부터 확인할 수 있다. 주파수 재사용 기법을 적용하지 않은 경우에는 GPS-DRA 기법에 의해 약 65%의 용량이익을 얻을 수 있었다. 이는 GPS-DRA 기법을 적용하여 FRA 기법 사용시 낭비되던 자원을 활용하고, packet drop이 감소함으로써 얻는 이득이다. 주파수 재사용 기법을 적용한 경우에는 더 많은 주파수 자원을 사용하는 효과를 얻게 되어 GPS-DRA 기법을 사용하지 않은

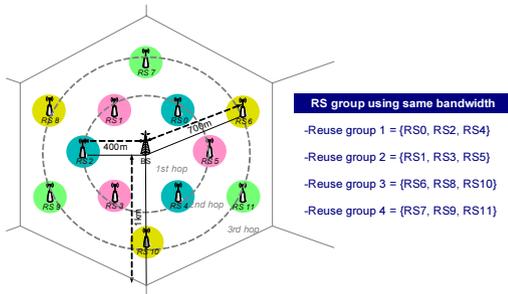


그림 6. 모의실험을 위한 layout 및 재사용 RS그룹

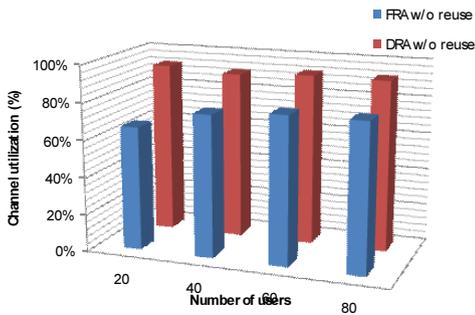


그림 7. GPS-DRA 기법에 의한 채널효율 향상

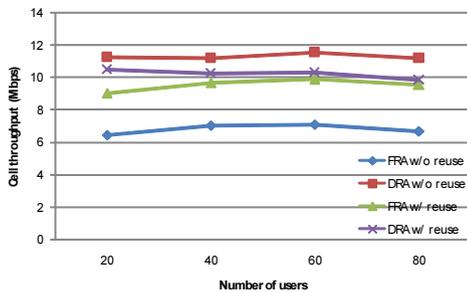


그림 8. GPS-DRA 기법에 의한 cell throughput 향상

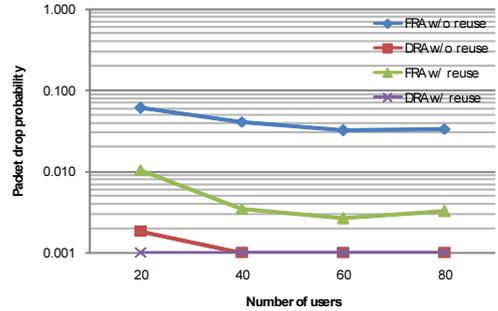


그림 9. GPS-DRA 기법에 의한 packet drop 감소

경우에도 평균 9.5Mbps의 비교적 높은 성능을 보인다. GPS-DRA 기법 적용 시에는 동일한 대역의 주파수 자원을 사용하는 RS들 중, 가장 많은 자원을 사용한 RS들에게는 실제 필요 자원량보다 더 많은 자원이 할당된다. 결국 이 RS들은 자원이 남게 되므로 자원사용효율이 떨어진다. 이러한 이유로 재사용 기법 적용 시에는 약 5%의 비교적 적은 성능향상을 보였다. 이는 스케줄링 혹은 라우팅 기법을 향상시킴으로써 개선할 수 있을 것이다.

그림 9에서는 GPS-DRA 기법의 적용여부에 따른 packet drop probability를 나타내었다. 주파수 재사용 기법을 사용하지 않은 경우, FRA 기법을 사용했을 때는 평균 4%의 packet drop이 발생하였다. 하지만 GPS-DRA 기법을 적용해서 더 많은 자원이 필요한 홉에 추가자원이 할당되도록 한 경우에는 0.1%로 그 수치가 감소하였다. 주파수 재사용 기법을 적용한 경우에는 0.5%에서 0.1%로 감소하였다.

전체 결과에서 사용자 수가 20명인 경우에는 채널 utilization이 낮고, packet drop probability가 다소 높게 나왔다. 이는 전체 시스템 환경에 적은 수의 사용자가 분포되면 확률적으로 특정 RS로만 데이터 전송이 집중될 가능성이 높아져, 해당 RS에서 packet drop이 더 많이 발생하기 때문이다.

## V. 결론

멀티홉 시스템에서는 다양한 시스템 환경에 따라 홉 별로 필요한 자원의 양이 시간에 따라 변화한다. 따라서 overhead를 너무 크게 하지 않으면서도 실제 필요로 하는 자원의 양에 따라 홉 별로 자원을 할당할 수 있는 기법이 필요하다.

본 논문에서 제안한 GPS-DRA 기법은 홉 별로

이미 사용한 자원의 양을 근거로 홈 별로 필요한 자원의 양에 맞게 자원을 할당한다. GPS-DRA 기법을 적용하면 실제 자원 사용량이 증가하고 packet drop이 감소하여 FRA에 비해 자원사용효율이 약 16% 증가할 수 있음을 모의실험을 통하여 확인하였다. 또한 셀의 용량을 최대 65% 증가시킬 수 있음을 확인하였다.

GPS-DRA 기법은 또 트래픽 발생 양상, 트래픽 변화 속도, MS의 이동속도가 빠른 다양한 환경에서도 적용주기 및 추가로 할당하는 자원량 등을 적응적으로 변화시켜가며 적용할 수 있다.

### 참 고 문 헌

- [1] IEEE C802.16mmr-06/003, J. Cho, *et al.*, On the Throughput Enhancement of Fixed Relay Concept in Manhattan-like Urban Environments, Samsung Electronics., Ltd., Sogang University.
- [2] J. Cho and Z. J. Haas, "On the throughput enhancement of the downstream channel in cellular radio networks through multihop relaying.", *IEEE J. Sel. Areas Commun.* pp. 1206-1209, Sept. 2004.
- [3] J. Hua and S.S. Rappaport, "Channel borrowing without locking for sectorized cellular communications," *IEEE Trans. on Veh Technol.* Vol.43, pp.1067-1077, Nov. 1994.
- [4] Parekh, A.K. and Gallager, R.G, "A generalized processor sharing approach to flow control in integrated services networks: the single-node case," *IEEE/ACM Trans. On Networking* Vol.1, Issue 3, pp.344-357, June. 1993.
- [5] TR 25.892 V.6.0.0, Feasibility Study for Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) for UTRAN enhancement (Release 6), 3rd Generation Partnership Project, June. 2004.

**배 병 주 (Byung-joo Bae)** 정회원



2005년 8월 서강대학교 전자공학과 졸업  
 2005년 9월~현재 서강대학교전자공학과 석사과정  
 <관심분야> OFDMA 시스템, 멀티홉Relay 시스템, Dynamic RRM

**김 동 건 (Dong-kun Kim)** 정회원



2002년 8월 서강대학교 전자공학과 졸업  
 2004년 8월 서강대학교 전자공학과 석사  
 2004년 9월~현재 서강대학교전자공학과 박사과정

<관심분야> RRM, OFDMA 시스템, 멀티홉 시스템 설계 및 성능 분석

**신 봉 진 (Bong-jhin Shin)** 정회원



2003년 2월 서강대학교 전자공학과 졸업  
 2005년 8월 서강대학교 전자공학과 석사  
 2005년 9월~현재 서강대학교전자공학과 박사과정

<관심분야> 멀티홉 시스템, 차세대 이동통신 설계 및 성능 분석

**강 병 익 (Byoung-ik Kang)** 정회원



2002년 2월 서강대학교 전자공학과 졸업  
 2006년 2월~현재 서강대학교전자공학과 석사과정  
 <관심분야> RRM, OFDMA 시스템

**홍 대 형 (Deahyoung Hong)** 종신회원



1977년 서울대학교 전자공학과 졸업  
 1982년 University of New-York at Stony Brook, 전자공학과 석사  
 1982년 University of New-York at Stony Brook, 전자공학과 박사

1977년~1981년 공군 사관학교 교수부  
 1986년~1992년 (미)Motorola 연구소, Senior Staff Research Engineer  
 1992년~현재 서강대학교 전자공학과 정교수  
 <관심분야> 무선통신 시스템, 무선망 설계 및 성능 분석, 무선망 운용 및 제어기술

최진우 (Jin-woo Choe)

정회원



1990년 서울대학교 전자공학과  
졸업

1992년 서울대학교 전자공학과  
석사

1998년 Purdue University, 전자  
공학과 박사

1998년~2001년 University of  
Toronto, Assistant Professor

2001년~현재 서강대학교 전자공학과 부교수

<관심분야> 통신 시스템 분석 및 최적화, optical LAN,  
RRM, 스케줄링, 네트워크 트래픽 모델링