

논문 2009-46TC-6-2

Relay Station 시스템의 Throughput 향상을 위한 Auction 기반 계층적 링크 할당 알고리즘

(An Auction based Hierarchical Link Allocation Algorithm for
Throughput Improvement of Relay Station Systems)

강 해 린*, 유 혜 인*, 김 낙 명**

(Hae-Lynn Kang, Hye-In Yu, and Nak-Myeong Kim)

요 약

본 논문에서는 relay station (RS)이 도입된 이동통신 시스템의 throughput 향상을 위해 base station (BS)와 RS 및 단말간의 link를 hierarchical하게 allocation하는 auction 기반의 알고리즘을 제안한다. Hierarchical link allocation 방식은 인지무선 기능을 가진 각 RS 단위로 일차적으로 해당 서비스 영역 내의 단말들을 대상으로 QoS 만족 여부를 감지하여 RS와 연결될 단말의 set을 정하고, BS 차원에서 해당 단말 set을 대상으로 auction 과정을 진행하여 최종적으로 BS 및 RS와의 link를 지정하는 방식이다. 제안하는 알고리즘에서는 시스템 throughput의 향상을 위해 인접 셀과의 정보 교환을 통해 얻은 co-channel interference (CCI) 정보 및 RS들로부터 수집한 단말 별 QoS의 개선량에 관한 정보를 바탕으로 auction 과정을 진행하며, auction winner 단말 set에 RS와의 link를 선별적으로 지정한다. 모의실험을 통하여 본 논문에서 제안하는 방식을 적용한 시스템은 셀 내 높은 QoS를 요구하는 사용자의 비율이 높아질수록 기존 알고리즘에 비해 단말의 QoS를 보다 효과적으로 만족시킬 수 있음을 보였다. 또한 셀의 traffic load가 높고 인접 셀 CCI의 전력이 강할수록 기존의 알고리즘을 적용한 시스템보다 robust한 throughput 성능을 보였다.

Abstract

In this paper, a hierarchical link allocation algorithm between mobile stations (MSs) and the corresponding base station (BS) by an optimal utilization of relay stations (RSs) is proposed to improve throughput of RS systems. In the proposed hierarchical algorithm, each RS operates cognitive radio functions to sense the degree of satisfaction in the quality of services (QoS) and then selects the candidate set of MSs to have links with the RS. Such information is reported to the BS, where an auction process is performed to get an optimal allocation of communication links between the MSs and the BS. To maximize system throughput, the proposed auction algorithm is conducted upon bidding prices of communication links, considering both the co-channel interference (CCI) information shared among adjacent cells and the QoS enhancement information for each MS collected from RSs. The BS then switches the communication links of the auction winner MSs through the corresponding RS. The computer simulation shows that the proposed algorithm enhances the user QoS more than the conventional algorithm, especially for RS systems with more users requiring higher QoS. The proposed algorithm has also been proved to have more robust performance than the conventional one when the traffic load is higher and the CCI becomes stronger.

Keywords : auction, cognitive radio, link allocation, co-channel interference, QoS

I. 서 론

* 정회원, ** 평생회원, 이화여자대학교
(Ewha W. University)

※ 본 연구는 지식경제부와 한국산업기술재단의 전략
기술인력양성사업 및 BK21 연구사업의 지원으로
수행된 연구결과임

접수일자: 2009년1월28일, 수정완료일: 2009년6월17일

차세대 이동통신 시스템에서는 고용량의 데이터 전송 및 다양한 서비스를 제공하기 위한 양질의 통신 환경 구축이 요구된다. 한정된 주파수 자원에 의한 제약

이 큰 무선통신 환경에서는, 특히 인접 셀에서 미치는 간섭 영향이 큰 셀 경계에서 신호품질의 저하에 대한 고찰이 있어왔다. 셀 자체의 커버리지 확대 뿐 아니라 셀 도처에서의 높은 신호대 간섭 및 잡음비 (SINR)를 보장하기 위해 IEEE 802.16 WiMax 표준에서는 셀 내에 relay station (RS)이 도입된 환경을 구상하여 추진 중에 있다. RS는 설계의 단순성과 base station(BS)에 비해 낮은 power consumption, 또 wired back haul 없이도 설치가 가능한 설치의 용의함 등의 장점을 가지고 있다^[1]. RS를 통해 신호를 relay 하게 되면 BS와 단말 간의 path loss를 줄일 수 있을 뿐 아니라 가능한 RS 중에서 가장 유리한 RS를 찾음으로서 path diversity gain을 얻을 수 있다.

RS가 도입된 시스템에서 셀 내 SNR을 향상시키기 위하여, 단말 당 최적 RS 지정과 이 때 각 RS에 할당할 최적의 부채널 대역을 선택하는 기법을 결정하는, link allocation에 관한 연구가 활발하게 진행되어 왔다^[2~5]. T. Hui와 V.sreng은 단말과 RS까지의 거리를 기반한 선택, path loss를 기반한 선택, random한 선택 등 세 가지 link allocation 기법을 제안하고 성능검증을 통하여 path loss 기반의 선택이 SINR 면에서 보다 우수한 성능을 나타냄을 증명하였다. 그러나 제안된 방법에서는 RS의 선택에 있어 단말의 QoS를 고려하지 않았고, 이는 다양한 서비스에 따라 각기 다른 요구사항을 충족시켜야 하는 차세대 이동통신 시스템에서 활용되기에 부족함이 있다.

Chang과 Yen은 단말의 QoS를 보장하고 시스템의 throughput을 향상시키기 위한 시스템의 link 할당 알고리즘을 제안하였다. RS를 위한 자원을 따로 할당하고 해당 자원의 이용도를 높이기 위하여, 지리적으로 일정 거리만큼 떨어져 있는 RS끼리 같은 자원을 사용하여 전송하도록 하였다. 그러나 RS와 BS에게 각각 고정된 자원을 할당함으로써 resource자원의 활용도가 저하되어 이는 SINR 측면에서 성능 저하의 요인으로 작용할 수 있다.

본 논문에서는 hierarchical 구조의 BS와 RS간 정보 교환을 통하여 단말의 QoS 만족도와 셀 내 total throughput을 향상시키고 인접 셀의 CCI를 제어하는, auction 기반 link allocation 방식을 제안한다. Hierarchical 구조를 갖는 제안 방식은 RS와의 link로 연결될 수 있는 candidate 단말들을 RS에서 결정하는 단계 및 RS와의 link를 allocation받을 단말들을 auction

을 진행하여 BS에서 결정하는 단계로 이루어진다. 특히 제안 방식은 각 단말의 QoS 개선량 및 인접 셀 CCI에 의한 영향을 auction과정에 포함시킴으로써 시스템 throughput 향상 이득을 얻을 수 있다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. II장에서는 본 논문에서 고려된 RS 시스템 모델 및 optimal한 link allocation 방식을 정의하고 III장에서는 제안하는 auction 기반 hierarchical link allocation 알고리즘을 제안한다. IV장에서는 모의실험을 통하여 제안하는 알고리즘의 throughput 성능을 검증 및 분석하며, V장에서는 본 논문의 결론을 맺는다.

II. RS system model 및 최적 link allocation 방식

1. 시스템 모델

본 논문에서는 주파수 재사용 인수가 1인 OFDMA down link 시스템을 고려한다. 따라서 셀 내의 단말들이 할당받은 부채널 자원 간에는 직교성이 유지되지만, 인접 셀들로부터의 CCI가 존재하게 된다. 그림 1와 같이 각 셀 내에는 다수의 RS들이 분포해 있으며, RS들과 단말과의 통신은 BS와 단말과의 통신과 직교성을 유지하기 위하여 동일 부채널 자원 내에서 time frame을 나누어 쓰는 방식을 사용하는 것으로 가정한다. Multi hop relay 환경에서는 2-hop relay가 매우 효과적이고 실제 시스템에의 도입이 용이하므로^[6~7], 본 논문에서는 2-hop relay 상황을 고려한다.

본 논문에서 가정하는 CR 기능을 갖는 RS는 자신의

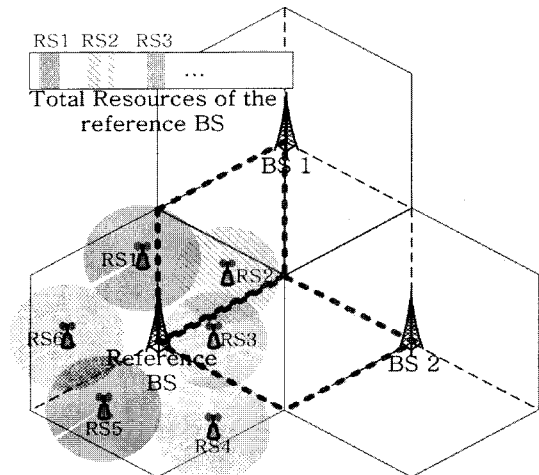


그림 1. RS 시스템 모델

Fig. 1. System model of the RS systems.

서비스 영역 내에 있는 단말이 BS로 전송하는 traffic signal power의 변동을 감지한다. 단말이 BS로 전송하는 정보에는 단말이 받고 있는 서비스의 종류에 따른 QoS parameter, Channel State Information(CSI)^[8], GPS로 파악한 단말의 위치 정보 등이 포함된다.

BS는 인접 cell의 부반송파 중 현재 channel quality가 임계값 이하인 부반송파 대역, S_{BS,BS_n} 을 파악하고 있다. BS는 지리적 위치에 기반 하여 이웃 BS n 에게 미치는 간섭 영향이 상대적으로 큰 RS의 index number의 set인 R_n 을 알고 있다. 본 논문에서는 현실성을 고려하여 그림 1과 같이 섹터를 정의하여 맞닿아 있는 섹터 내에 위치한 RS를 고려한다. ($R_1 = 1, 2$ (그림 1.)) 이때 각 R_n 에 해당하는 RS가 BS로부터 할당받은 부반송파 대역의 index number의 set을 S_{R_n,BS_n} 이라고 정의하고, $N(\cdot)$ 을 set의 원소의 개수라고 정의할 때 BS는 각 인접 셀 cell n 에 대하여 $N\{S_{BS,BS_n} \cap S_{R_n,BS_n}\}$ 을 파악하고 있다.

2. RS 시스템에서 최적의 link allocation 방식

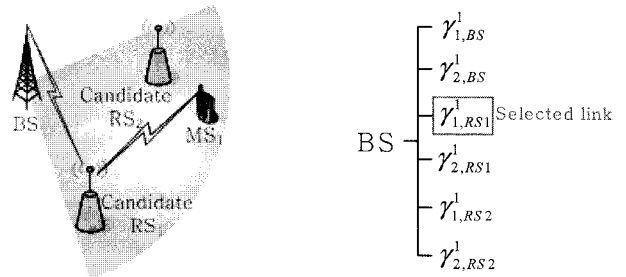
본 절에서는 RS 시스템에서 단말과 RS 및 BS간 노드와, 할당받은 부반송파 대역을 결정하는 최적의 link allocation 방식을 기술한다. :

L 을 셀의 개수라고 정의할 때 단말 k 가 부반송파 대역 c 에서 받는 신호 대 간섭비, γ_k^c 는 다음과 같이 표현 될 수 있다.

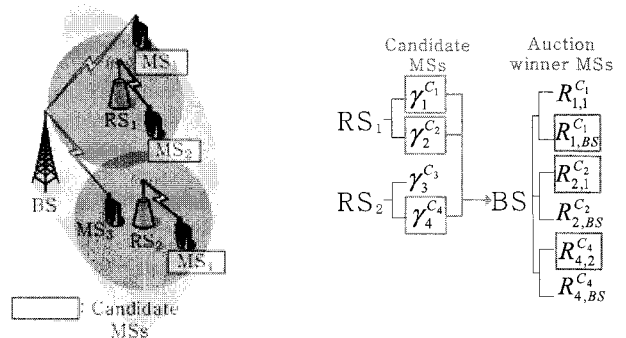
$$\gamma_k^c = \begin{cases} \frac{S_{BS,k,c}}{(\sum_{n \in L_{BS}} I_{BS_n} + \sum_{n \in L_{RS}} I_{RS_n} + N_0) \cdot d_{k,BS}^\alpha}, & \text{if BS-MS link is selected} \\ \frac{S_{RS_j,k,c}}{(\sum_{n \in L_{BS}} I_{BS_n} + \sum_{n \in L_{RS}} I_{RS_n} + N_0) \cdot d_{k,RS_j}^\alpha}, & \text{if RS-MS link is selected} \end{cases} \quad (1)$$

$S_{BS,k,c}, S_{RS_j,k,c}$ 는 각각 BS, 혹은 RS j 가 부반송파 대역 c 를 할당 받아 단말 k 로 전송하는 신호 세기를 나타낸다. I_{BS_n} 과 I_{RS_n} 는 각각 이웃 셀에서 부반송파 대역 c 를 서비스 하는 BS, 혹은 RS로 부터의 간섭성분이다.

L_{BS} 와 L_{RS} 는 각각 이웃 셀에서 c 를 할당 받은 BS 및 RS의 셀 index number로 정의되며 이는 $L_{BS} \cap L_{RS} = \emptyset, L_{BS} \cup L_{RS} = \{2, \dots, L\}$ 와 같이 표현된다. $d_{k,BS}$ 와 d_{k,RS_j} , α 는 각각 단말 k 에서 BS 또는 RS j 까지의 거리, pathloss exponent로 정의된다. 이 때 최적의



(a) Optimal link allocation



(b) Proposed auction based hierarchical link allocation

그림 2. RS 시스템에서의 link allocation 방식

Fig. 2. Link allocation in the RS systems.

channel l_s 는 다음과 같이 선택될 수 있다.

$$l_s = \underset{\text{all } c \in R, R \subset C}{\text{argmax}} (\gamma_k^c) \quad (2)$$

C 는 부 채널의 index set을 나타내고 R 은 주변에서 오는 CCI를 고려하였을 때 reuse 하여 쓸 수 있는 부반송파 대역을 의미한다.

Propagation 정보를 수집하여 각 단말과 연결될 수 있는 모든 경우의 link에 대해 각각 SINR을 고려하여 최적의 link를 찾는 방식은 optimal한 선택이 될 수 있으나, 매우 centralized 된 방식으로, 전체 과정을 총괄하는 BS에서 수집하여야 할 정보와 계산량이 매우 많으므로 이를 취합하는 과정의 복잡도가 증가하여 오히려 실제 시스템에 implement 될 경우 성능 면에 있어서 셀의 throughput을 감소시키는 요인으로 작용할 수 있다. 정보수집 및 계산량의 overhead를 고려한 간략화된 path와 channel 선택 방법 중 하나로, Relaying hop의 path loss만을 고려하여 선택하는 MRP(minimum relaying hop path loss) 선택 방식은 다음과 같이 표현 될 수 있다^[4].

$$l_s = \underset{\text{all } n \in N}{\text{argmin}} \{PL_{n2}\} \quad (3)$$

또한 hop간 최소 distance를 기반으로 link를 할당하는 STD(shortest total distance) 선택 방식은 다음과 같이 표현된다.

$$l_s = \underset{\text{all } n \in N}{\operatorname{argmin}}(d_{m1} + d_{n2}) \quad (4)$$

본 논문에서는 셀 내 SINR 최적화를 위해 RS와 BS가 각각 distribute 하게 정보를 수집하여 BS에서 진행하는 auction이라는 단순화된 과정에 의해 단말의 최적 link를 찾는 방법을 제시한다. 여기서는 그림 2.(b)에서와 같이 각 단말과 RS의 channel이 지정된 상황에서, RS가 주변 sensing을 통해 단말 서비스에 따른 상대적인 QoS 만족 여부를 파악하여 RS link로 연결될 candidate 단말들을 선택한다. 각 단말의 QoS를 충족시킬 수 있는 SINR의 임계값을 $\gamma_{i,k}$ 라고 할 때 RS와의 path로 연결될 수 있는 단말의 set Q 는 다음과 같이 간략화 될 수 있다.

$$Q = \{k | k \in Q, \text{ if } \gamma_k^c \leq \gamma_{i,k}, \text{ and } k \notin Q, \text{ if } \gamma_k^c > \gamma_{i,k}\} \quad (5)$$

RS는 선택한 단말 k 의 data rate, $R_{k,j}^c$ 를 계산하여 BS에게 제시한다. BS는 각 단말별 $R_{k,j}^c$ 와, 인접한 BS로부터의 CCI 정보를 고려하여 단말의 link를 할당한다.

$$r_s = \underset{\text{all } k \in R_j, k \in Q}{\operatorname{argmax}}(R_{k,j}^c) \quad (6)$$

III. RS 시스템의 Auction 기반 계층적 link allocation

단말은 QoS에 의한 절대적인 channel상황에 만족하지 못할수록 더 높은 traffic power를 BS에게 전송한다. RS는 서비스 영역 내 단말이 BS에 전송하는 traffic power를 sensing하다가 power의 변동폭이 임계값 이상인 단말을 감지한다. 전송 정보량이 많아서 큰 power로 전송하는 단말이 RS에 의해 sensing 되는 것을 방지하기 위하여 단말과 BS까지의 거리를 고려함으로써 BS와의 direct link 상태가 양호한 단말이 RS에게 감지되지 않도록 한다. 단말 k 의 power 변동 폭에 대한 RS의 감지 여부를 나타내는 assignment indicator, $\delta_{m,k}$ 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

표 1. 4G 환경에서 서비스에 따른 QoS parameter
Table 1. QoS parameters for different service classes in 4G mobile communication systems.

	voice	interactive	web browsing	real-time video streaming
allowed delay	<400msec	<150msec	4sec/page	<10sec
required datarate	9.8kbps	78kbps	38kbps~1Mbps	2Mbps

$$\delta_{p,k} = \begin{cases} 1 & \text{if } P_k \cdot D_k \geq \gamma_j \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (7)$$

여기서 P_k 와 D_k 는 각각 단말 k 의 control power의 크기와 BS로부터 k 까지의 거리를 나타내고 γ_j 는 RS j 의 power 감지의 임계값으로, RS가 서비스 하는 단말의 수가 많을수록 높은 power로 전송하게 되므로 이웃 셀에게 미치는 간섭 영향이 커지게 된다. 그러므로 γ_j 는 다음과 같이 S_{BS,BS_n} 의 개수와 비례관계를 가진다.

$$N[S_{BS,BS_n}] \propto \gamma_j \quad (8)$$

또한 RS는 RS와 단말 사이 link의 modulation rate^[7]을 예상하여, modulation rate이 임계값 이상인 사용자만 RS로 서비스 받을 수 있도록 함으로써 RS가 해당 단말을 서비스 했을 때 성능 개선을 기대할 수 있는 단말만을 선택한다. 단말 k 의 modulation rate, m 에 따른 assignment indicator $\delta_{m,k}$ 는 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\delta_{m,k} = \begin{cases} 1 & \text{if } M_{j,k} \geq M_L \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (9)$$

여기서 $M_{j,k}$ 는 단말 k 와 RS j 사이의 channel의 modulation rate를 나타내고, M_L 은 시스템에서 정한 modulation level의 임계값으로 정의한다.

Auction과정에 참여함으로써 RS link를 alloaction 받을 수 있는 candidate 단말을 나타내는 assignment indicator, $U_{j,k}$ 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$U_{j,k} = \begin{cases} 1 & \text{if } \delta_{p,k} \text{ and } \delta_{m,k} = 1 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (10)$$

서비스 할 단말을 선택한 RS는 자신을 통해 통신할 경우 해당 사용자의 예상되는 data rate의 증가량을

bidding price로 책정하여 BS에게 제출한다. RS j 에서 부반송파를 재분배 후 예상되는 단말 k 의 data rate $R_{k,j}$ 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$R_{k,j} = BW_s \cdot n_k \cdot \sum_{n_k} m_{j,k}, \quad k \in U_{j,k} = 1 \quad (11)$$

여기서 BW_s 와 n_k , $m_{j,k}$ 는 각각 sub-bandwidth, 단말 k 에게 분배된 부반송파 대역의 개수, k 에게 할당받은 부반송파와 RS j 사이의 modulation rate을 나타낸다.

표 1^[8]에서와 같이 단말 k 의 서비스에 따라서 요구하는 data rate의 기준치, $R_{allowed}$ 가 다르다. Candidate 단말이 RS link와 연결 될 때의 data rate의 개선량, δ_k 는 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$\delta_k = \begin{cases} \frac{1}{R_{allowed} - R_{k,j}} & \text{if } R_{allowed} - R_{k,j} \geq 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (12)$$

RS j 의 candidate 단말 k 의 bidding price, $\Gamma_{j,k}$ 는 다음과 같이 정의한다.

$$\Gamma_{j,k} = A \cdot \delta_k(1 + X_k) \quad (13)$$

여기서 X_k 는 단말 k 가 받고 있는 서비스 QoS에서 data rate의 중요도에 의한 가중치를 나타내며 A 는 adjustment constant 이다.

각 RS가 sensing한 단말들의 bidding price를 제시 받은 BS는 CCI를 고려하여 auction의 winner 단말의 set을 정하여 RS와의 link를 지정 한다. BS에서의 auction winner 선택 알고리즘은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

```

for n=1:N, do
  m=|Rn|
  update SBS,BSn
  while Uj,k ≠ ∅, and (SBS,BSn ≥ ω), do
    j=MaxRn(sumk(ΓRn,k))
    for m=1:|Γj,k|
      K=arg maxk(Γj,k)
      if |SBS,BSn ∩ SK ≤ ω, do
        K is one of the auction winner
        ω=ω - |SBS,BSn ∩ SK|
      end if
    Γj,k=0 and update K,
    Uj,k = 0
  end for
end while
end for

```

Auction의 승자가 된 단말은 세 가지 경우 다시 BS와의 direct link를 할당받게 된다. 첫째로 다음 auction을 진행할 때 auction의 승자로 선정 되지 못 했을 때이다. 둘째로 이웃 cell에게 해당 단말이 점유하고 있는 부반송파 대역의 channel이 임계값 이하라고 보고할 때이다. 마지막으로 단말이 처음 power를 감지 할 때 있던 자리에서 움직임이거나 channel 상황이 바뀌므로써 BS와의 link가 더 유리한 상황이 되면 BS가 모든 채널 상황을 비교하고 있다가 RS와의 채널을 끊고 직접적으로 통신하도록 한다.

본 논문에서 제안된 auction 기반 계층적 link 할당 알고리즘은 RS가 각 서비스 지역 내에 위치한 단말의 QoS 만족도를 감지함으로써 RS와의 link 할당이 필요한 단말만을 선별하는 특징이 있다. 또한 BS는 auction 과정을 통하여 인접 셀과의 정보 교환을 통하여 얻은 CCI 정보와, 각 RS가 제시하는 해당 단말의 QoS 개선량을 고려한 link 할당과정을 수행함으로써 단말의 throughput을 극대화 할 수 있다.

IV. Computer Simulation

본 논문에서는 macro hexagonal cell 환경에서 OFDMA downlink 성능을 분석하였다. BS의 배치로 7 셀을 고려하였으며, 송신전력은 43dBm, 셀의 반경은 1km로 설정하였다. RS는 6개를 셀 반경의 2/3인 동심 원 상에 규칙적으로 배치하였고 RS 전송전력은 BS 전송 전력의 절반인 40dBm으로 설정하였다. 본 실험에서는 Pedestrian B model에서 제시된 multipath fading 채널을 고려하였고^[9], pathloss exponent는 4, shadowing은 평균이 0이고 표준편차가 8dB인 대수 정규 분포로 모델링 하였다. 단말은 중심 셀에만 100명의 사용자를 random하게 발생시켰다. 사용자들은 각기 required data rate이 1Mbps, 500kbps, 10kbps, allowed delay가 각각 50msec, 100msec, 1sec인 세 종류의 서비스를 사용하도록 하였다. 시스템의 bandwidth는 10Mbps이며 주파수 재사용 인수는 1로 설정하였다. 해당 bandwidth는 1024개의 부반송파 대역으로 나누어 각 단말에게 할당된다.

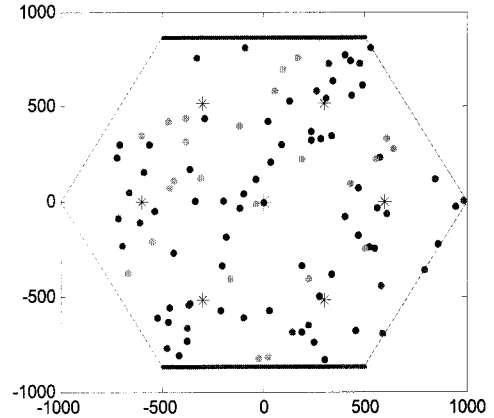
중심 셀에서 단말들의 high-quality 서비스 요구의 증가에 따른 data traffic의 변동과, 인접 셀의 data traffic 증가에 따른 CCI 전력의 변동폭에 따른, 시스템의 수용 정도를 비교하기 위하여 본 논문에서는 단말

과 인접 셀의 traffic load의 변화에 따른 성능을 분석하였다.

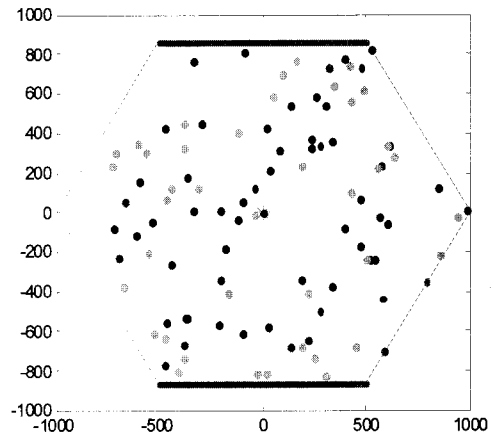
Computer simulation의 결과는 제안된 link allocation 방식을 적용한 시스템의 단말 QoS 만족도의 성능 분석과 reference 셀 및 인접 셀의 traffic load에 따른 throughput의 정량적 성능 도출로 나누어진다.

첫 번째로 link allocation 방식에 따른 셀 내 단말의 QoS 만족 여부에 미치는 영향을 분석한다. 그림 3은 RS가 도입되지 않은 시스템과 RS 시스템에서 기존 relaying hop 간 거리를 기반으로 link를 allocation 하는 STD방식과 본 논문에서 제안된 auction 기반 계층적 link allocation 방식을 각각 적용할 경우, 셀 내 단말 QoS 만족 여부를 나타낸다. 기존 STD 방식을 도입할 경우 단말이 BS로부터 일정 이상의 거리에 위치할 때, RS의 hop간 distance를 고려하여 서비스 받을 RS를 지정하게 된다. 해당 방식은 단말의 QoS 정보를 고려하지 않고 link를 할당하므로 RS와의 link allocation으로 인하여 단말의 QoS 저하를 초래할 수 있다. 일례로 voice 통신과 같이 require data rate이 낮은 서비스를 받고 있는 단말의 경우, channel quality가 다소 나쁘더라도 상대적 QoS에 대한 만족도는 높을 수 있다. 그러나 해당 단말의 link를 RS를 통하도록 지정함으로써 새로운 link에 접속하기 위한 processing delay와 같은 추가적인 자원이 소모되므로 QoS 만족도가 낮아질 수 있다. 이에 반해 제안된 계층적 link allocation 방식은 단말의 상대적 QoS 만족 여부에 따라 선별적으로 RS와 link를 할당하므로 불필요한 RS link로의 할당으로 인한 RS 자원의 낭비를 감소하면서도 단말의 QoS를 효과적으로 만족시킬 수 있다.

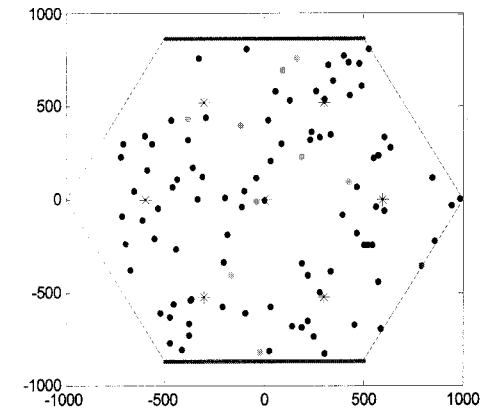
다음으로 hierarchical link allocation 방식 적용에 따른 throughput 성능 결과를 분석한다. 그림 4는 인접 셀의 traffic load가 달라질 때 중심 셀에서 요구하는 traffic에 따른 throughput 성능을 나타낸다. 셀 내 단말의 가능한 모든 채널과 노드를 고려하여 link를 절정하는 optimal 선택 방식 대비 RS가 도입되지 않은 환경과 RS 시스템을 기반으로 기존 연구에서 제안된 MRP 방식과 STD 방식, 그리고 본 논문에서 제안된 link allocation 방식의 성능을 비교하였다. 제안된 알고리즘은 최적의 link allocation 방식에 비해 이웃 셀 traffic load가 100%일 경우, 최대 95%의 유사한 throughput 성능을 나타냄을 보였다. 특히 인접 셀의 traffic이 비대해짐에 따라 중심 셀에 미치는 CCI가 커질수록 최적



(a) No RS



(b) Conventional RS (STD)

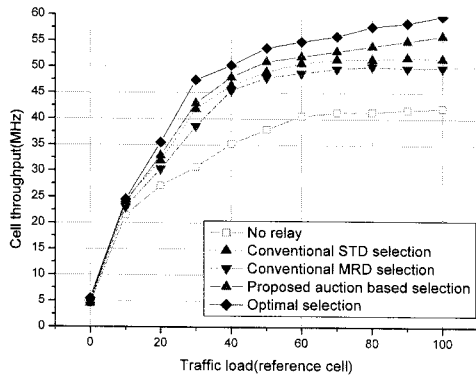


(c) Proposed hierachical link allocation

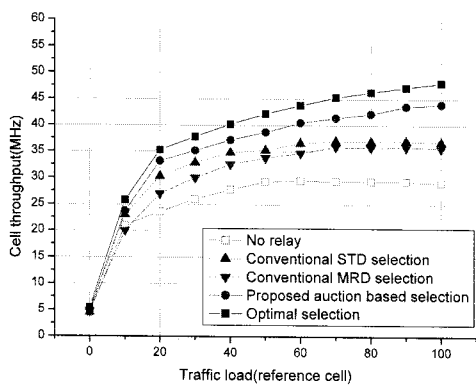
- QoS satisfied user
- delay unsatisfied user
- datarate unsatisfied user
- both QoS unsatisfied user
- * Base Station
- * Relay

그림 3. Cell내 단말의 QoS만족 여부 (인접 셀 traffic: 20%)

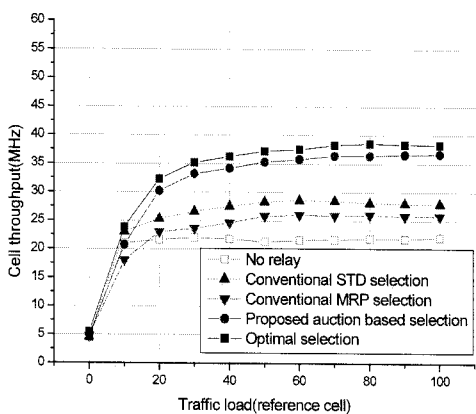
Fig. 3. QoS unsatisfied user in a cell. (Traffic of the neighboring cells: 30%)



(a) 인접 셀 traffic load: 20%



(b) 인접 셀 traffic load: 60%



(c) 인접 셀 traffic load: 100%

그림 4. 인접 셀 및 중심 셀의 traffic load 변화에 따른 throughput 성능 결과

Fig. 4. Throughput of the reference cell according to the traffic load.

selection 방식과 비슷한 성능을 나타내었다. 또한 기존 방식이 단말의 path loss 혹은 거리등을 기준으로 link

를 allocation 함으로써, 단말이 요구하는 traffic load가 많아질수록 할당해야할 부반송파 대역이 부족해 집에 따른 throughput 성능의 수렴 양상을 보이는데 비해, 제안된 방식은 사용자의 QoS 만족 여부를 감지하여 RS와의 link 지정이 필수적인 단말에게만 RS와의 link 를 선별적으로 지정하도록 함으로써, 단말의 traffic 요구에 대한 높은 수용도를 보였다.

V. 결 론

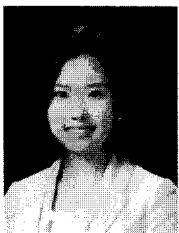
본 논문에서는 무선통신 환경에서 셀 내 신호품질 향상을 위해 제안되고 있는 RS가 설치된 시스템에서 셀의 throughput 향상을 위하여, RS단에서 각각 distributed하게 단말에 관한 정보를 수집 하여 이 정보를 바탕으로 BS에서 단말의 data rate 증가량과 인접 셀 CCI를 고려하여 수행하는 auction과정을 통해 BS 및 RS와 단말간의 link를 hierarchical 하게 allocation 하는 알고리즘을 제안하였다. Computer simulation을 통하여 단말의 다양한 서비스에 따른 QoS 만족도와 throughput 성능 및 robustness 성능을 도출하여 비교, 분석하였다. 제안된 방식은 단말의 QoS를 고려하여 단말과 RS 또는 BS와의 link를 allocation 함으로써 RS와의 link가 필수적인 단말을 선별해 내어 서비스 만족도를 향상시킬 수 있음을 보였다. 또한 단말의 traffic 요구량의 증가와 인접 셀에서 오는 CCI의 증가에 robust 하고, 기존 제안된 link selection 방식에 비하여 향상된 throughput 성능을 나타냄을 보였다.

참 고 문 헌

- [1] 하동주, 김석찬, "음영감쇄 환경에서의 IEEE 802.16j 상호 협조 중계 방식 성능 평가," 전자공학회 논문지, 44권 TC편, 제 5호, 47-55쪽, 2007년 5월.
- [2] T.Hui and G.Xuelin, "The impact of relaying strategies on the performance in cellular systems," in proc. of ISCIT, pp. 1357-1360, Beijing, China, October 2005.
- [3] V. Sreng and H. Yanikomeroglu, " Coverage enhancement through two-hop relaying in cellular radio systems," in proc. of WCNC, pp. 881-885, Orlando, USA, March 2002.
- [4] V.Sreng and H. Yanikomeroglu, "Relayer selection strategies in cellular networks with

- peer-to-peer relaying,” in Proc. of ICC, pp. 3863-3867, Beijing, China, May 2008.
- [5] Chung-Ju Chang and Chih-Ming Yen, “QoS_GTE: A Centralized QoS Guaranteed throughput Enhancement Scheduling Scheme for Relay-Assisted WiMAX Networks,” in Proc. of ICC, pp. 3863-3867, Beijing, China, May 2008.
- [6] 심민규, 최호영, “OFDMA 기반 relay 시스템에서 throughput과 fairness 성능 향상을 위한 reuser partitioning 기법,” 전자공학회 논문지, 35권 TC편, 제 9호, 17-24쪽, 2007년 9월.
- [7] Nak-Myeong Kim and Hye-Sun Choi, “An adaptive hot-spot operating scheme for OFDMA downlink systems in vertically overlaid cellular architecture,” ETRI Journal, vol.28, no.3, pp. 282-290 June 2006.
- [8] Harish Viswanathan and Sayandev Mukherjee, “performance of cellular networks with relays and centralized scheduling,” IEEE trans. wireless communications, Vol.4, no.5, pp. 2318-2328, September 2005.
- [9] Mobile IT forum, “4G Mobile System Requirements Document,” October, 2005.
- [10] Guidelines for Evaluation of Radio Transmission Technologies for IMT-2000, Recommendation

 저 자 소 개



강 해 린(정회원)
 2007년 이화여자대학교 정보통신
 공학과 학사
 2009년 이화여자대학교 전자정보
 통신공학과 석사

<주관심분야 : Multi-hop Relay Architecture,
 Resource allocation, Cognitive radio>



유 혜 인(정회원)
 2007년 이화여자대학교 정보통신
 공학과 학사
 2009년 이화여자대학교 전자정보
 통신공학과 석사

<주관심분야 : Resource allocation, Multi-hop
 Relay Architecture, Handover >



김 낙 명(평생회원)
 1980년 서울대학교 전자공학과
 학사
 1982년 KAIST 석사
 1990년 Ph.D. Cornell University

<주관심분야 : Cross-layer optimization,
 Cognitive Radio Systems, Multi-hop Relay and
 MANET Architecture, Hybrid Multiple Access
 Technology, MIMO-OFDM systems>