

OFDMA 기반 Relay 시스템에서 Throughput 성능 향상을 위한 적응적 커버리지 조절 기법

준회원 현 명 룬*, 종신회원 홍 대 형*, 정회원 임 재 찬*

An Adaptive Coverage Control Algorithm for Throughput Improvement in OFDMA-based Relay Systems

Myungreun Hyun *Associate Member*, Daehyoung Hong *Lifelong Member*,
Jaechan Lim *Regular Member*

요 약

본 논문에서는 relay 기반 OFDMA 시스템에서 cell throughput 향상을 위한 Base Station (BS)과 Relay Station (RS)의 sub-cell 커버리지 조절 기법을 제안하였다. Relay 시스템에서는 BS-RS 링크에서 무선 자원을 추가로 소비하기 때문에, 이를 고려하지 않고 sub-cell 커버리지를 설정하면, 자원 사용량이 증가하여 throughput이 저하될 수 있기 때문에 자원 소모를 고려한 sub-cell 커버리지 설정이 필요하다. 이 때, 설정된 sub-cell 커버리지를 고정하여 운용할 수도 있지만, 트래픽 상황의 변화에 따라서 커버리지를 효과적으로 조절해준다면, throughput 성능을 더욱 향상시킬 수 있다. 본 연구에서는 MS가 이동할 때에, 멀티홉 전송에 따른 relay link에서의 자원의 소모와 자원 재사용 정도를 함께 고려하여 sub-cell 커버리지를 조절하는 기법을 제안하고 분석하였다. 제안하는 커버리지 조절 기법에서는 BS와 RS로부터의 수신 SINR 값 비율로 threshold 값을 정하고 이를 이용하여 sub-cell 경계를 설정하였다. 그리고 트래픽의 변화에 따라 멀티홉에서의 자원의 소모와 자원 재사용을 고려한 effective transmitted bits per subchannel을 이용하여 sub-cell 경계를 적응적으로 조절하였다. 성능 분석을 위해 이 경우 cell throughput을 도출하였다. 제안하는 커버리지 조절 기법을 적용할 때, 고정하여 운용하는 경우에 비해, cell throughput이 향상되는 것을 확인하고, 정량적으로 분석하였다.

Key Words : Relay, Multi-hop, Coverage, OFDMA, Reuse

ABSTRACT

In this paper, we propose a sub-cell coverage control algorithm for enhancement of the cell throughput in OFDMA based relay systems. Relay station (RS) is exploited for improved quality of the received signal in cellular communication systems, especially in shadow areas. However, since a RS requires additional radio resource consumption for the link between the base station (BS) and the RS, we have to carefully control the coverage areas if a mobile station (MS) is serviced via the BS or the RS considering the cell throughput. We consider radio resource reuse as well for the sub-cell coverage configuration by applying various reuse patterns between RSs. We also consider a time varying system by adaptively changing the threshold for coverage depending on the MSs' traffic in the cell. We initially determine the sub-cell coverage of the system depending on the ratio of received signal-interference-noise-ratio (SINR) of the MS from the BS and RSs, respectively. Then, the "sub-cell coverage threshold" varies based on the "effective transmitted bits per sub-channel" with time. Simulation result shows that the proposed "time varying coverage control algorithm" leads to throughput improvement compared to the fixed sub-cell coverage configuration.

* 본 연구의 일부는 2009 한국통신학회 하계종합학술발표회에 발표되었음[12].

* 서강대학교 통신시스템 연구실 (mrhyun, dhong, jlim)@sogang.ac.kr

논문번호 : KICS2009-05-200, 접수일자 : 2009년 5월 13일, 최종논문접수일자 : 2009년 9월 8일

I. 서 론

이동 통신과 초고속 인터넷 서비스의 확산으로 음성 통신 서비스와 더불어 인터넷 서비스도 언제, 어디서나 고속으로 제공받으려 하는 소비자의 요구가 증가하고 있다. 이를 만족시키기 위한 WiBro 서비스가 상용화 되었으며, 시스템 성능 개선을 위한 다양한 기법이 연구되고 있다. 이를 위한 방안으로 relay를 이용한 성능 증대 연구가 진행되고 있다^{[1][2]}.

Relay를 이용한 멀티홉 무선망은 relay 노드를 이용하여 기지국과 사용자 사이의 데이터를 중계 전달하는 망 구조이다. Relay를 이용하여 데이터 중계를 하는 경우 Base Station (BS) - Relay Station (RS) 링크에 추가로 자원이 사용되지만, 셀 경계 지역이나 음성 지역 사용자의 수신 신호의 품질을 향상시켜 throughput 성능을 증대시킬 수 있고 서비스 커버리지를 확장시킬 수 있다^{[3][5]}.

Relay가 설치된 시스템에서 셀 커버리지는 BS로부터 서비스 받는 BS sub-cell 커버리지와 RS로부터 서비스를 받는 RS sub-cell 커버리지로 구분된다. RS sub-cell 커버리지가 불필요하게 크게 설정되면 멀티홉 전송으로 인한 자원 사용량의 증가로 전체 셀 throughput이 저하 될 수 있다. 반대로 BS sub-cell 커버리지가 불필요하게 크게 설정되면 RS를 사용함으로써 얻을 수 있는 이득이 감소될 수도 있다. 즉, 셀 throughput 증대를 위해 셀 내부의 각 sub-cell 경계가 자원의 소모까지 고려되어 효율적으로 결정되어야 한다^{[4][6]}. 이 때 설정된 커버리지를 고정하여 운용할 수도 있지만, 시간의 흐름에 따라 변화하는 트래픽 상황에 따라서, BS sub-cell과 RS sub-cell 커버리지를 적응적으로 조절해주면, 시스템의 throughput 성능을 더욱 향상시킬 수 있다.

커버리지와 관련된 기존 연구 [4]에서는 BS-Mobile Station (MS) 링크, RS-MS 링크 사이의 수신 Signal to Interference and Noise Ratio (SINR)를 기준으로 하여, 수신 SINR이 최대가 되도록 MS가 service station을 선택함으로써 sub-cell 경계를 결정하였다. 또 다른 연구 [6]에서는 RS를 통해 서비스를 받을 때와 BS로부터 직접 서비스를 받을 때의 자원 소모량을 비교하여 service station을 선택함으로써 sub-cell 경계를 결정하여 시스템 용량을 증대시켰다. 참고문헌 [7]에서는 mobile RS의 power 소모를 줄이기 위해 RS에 연결된 load를 반영하여 RS의 커버리지를 조절하는 연구도 진행되었다.

본 연구에서는 MS가 이동할 때에, 멀티홉 전송에

따른 relay link에서의 자원의 소모와 자원 재사용 정도를 함께 고려하여, cell throughput 향상을 위한 BS와 RS의 sub-cell 커버리지 조절 기법을 제안한다. 제안하는 커버리지 조절 기법에서는 BS와 RS로부터의 수신 SINR 값 비율로 threshold 값을 정하고 이를 이용하여 sub-cell 경계를 설정하였다. 그리고 MS의 위치의 변화에 따라 멀티홉에서의 자원의 소모와 자원 재사용을 고려한 effective transmitted bits per subchannel을 이용하여 sub-cell 경계를 적응적으로 조절하였다. 그리고 이 경우에 cell throughput을 도출하였다. Cell throughput 도출 결과, 제안하는 커버리지 조절 기법을 적용하는 경우, 커버리지를 고정하는 경우에 비해 cell throughput이 향상되는 것을 확인하였다.

본 논문의 나머지는 다음과 같이 구성되어 있다. 2장에서는 시스템 모델을 설명하고, 3장에서는 sub-cell 커버리지 조절 방법을 설명한다. 4장에서는 모의 실험 구성을 위한 모의 실험 환경을 설명한다. 5장에서는 도출된 모의 실험 결과에 대해 분석하고 6장에서 본 논문의 결론을 맺는다.

II. 시스템 모델과 SINR

본 논문에서는 OFDMA 기반 relay 시스템을 고려하였다. MS는 BS 혹은 RS에 선택적으로 연결되어 신호를 송수신 한다고 가정하였다. 최대 홉 수는 2홉으로 가정하고 하향 링크 성능을 도출하였다. BS-RS 링크는 무선 링크로 구성되기 때문에 데이터 중계를 위한 무선 자원이 추가로 소모된다. RS 간 자원 재사용 기법 적용^[4]에 따라 동일 자원을 공유하는 RS의 증가로 RS-MS link 전송에서의 간섭 또한 증가하게 된다. 이를 반영하는 RS-MS link의 간섭 모델에서 모든 셀에 배치된 RS들은 셀 내에서 동일한 위치에 배치되어 동일한 재사용 기법이 적용된다고 가정하였다. MS의 수신 SINR 다음과 같이 표현된다.

$$SINR_{i,j}^{(k)} = \frac{S}{I_{intra\text{cell}} + I_{inter\text{cell}} + N \cdot NF} \quad (1)$$

i 는 cell index, j 는 serving station index를 의미하고, k 는 MS의 index이다. $SINR_{i,j}^{(k)}$ 는 cell i 의

의 serving station j 에 연결된 MS k 의 수신 SINR을 의미한다. N 은 thermal noise power이고, NF 는 MS의 noise figure를 의미한다^[7]. $I_{intra\text{cell}}$ 은 같은 셀 내에서 동일 자원을 재사용하는 serving station으로부터

터 오는 간섭이다. $I_{intercell}$ 은 다른 셀의 동일 자원을 재 사용하는 serving station으로부터 오는 간섭이며 signal 과 간섭의 세기는 다음과 같이 표현된다.

$$S = P_{i,j} \cdot L_{i,j,k} \quad (2)$$

$$I_{intra\ cell} = \sum_{q \in G_j, q \neq j} P_{i,q} \cdot L_{i,q,k} \quad (3)$$

$$I_{inter\ cell} = \sum_{p \neq i} \sum_{q \in G_j} P_{p,q} \cdot L_{p,q,k} \quad (4)$$

여기서 $P_{i,j}$ 는 cell i 의 serving station j 의 transmission power이고, $L_{i,j,k}$ 는 cell i 의 serving station j 에서 MS k 까지의 pathloss 값이며, G_j 는 serving station j 와 동일 자원을 재사용하는 serving station들의 group 이다. 그리고 relay를 통한 데이터 전송 시 BS-RS와 RS-MS 링크의 전송은 모두 한 frame 내에서 이루어진다고 가정한다.

본 논문에서는 OFDMA 시스템에서 사용자에게 할당되는 자원의 최소 단위를 subchannel로 가정하였다. 그리고 OFDMA 시스템의 성능 분석을 위한 subchannel 당 전송 가능한 bit 수의 계산은 effective transmitted bits per subchannel (ETBPS)^[8]을 적용하였다. 이 때, 자원 재사용 기법이 적용되는 경우에는 자원 재사용에 따른 사용 가능한 자원량의 증가를 함께 고려해야 한다. 사용 가능한 자원의 증가는 weighting factor를 통해서 반영된다. 셀 내의 RS의 개수를 N 이라고 할 때, weighting factor는 셀 내에 N 개의 모든 RS가 같은 자원을 사용할 경우에는 N 이 되고, 모든 RS가 서로 다른 자원을 사용하는 경우에는 1이 된다. 따라서 weighting factor는 다음과 같이 결정 된다.

$$W = \frac{N}{K_r} \quad (5)$$

여기서 K_r 은 셀 내 RS간 reuse factor를 의미한다. N 개의 RS가 no reuse인 경우 K_r 은 N 이고, full reuse인 경우 K_r 은 1이다. 그리고 Relay 시스템에서는 MS에게 할당된 subchannel을 멀티홉 전송에 나누어 사용해야 하기 때문에, 홉 간의 자원 분배를 고려해야 한다. 이 때 할당된 subchannel을 1 frame 동안 BS-RS에서 전송한 데이터의 양과 RS-MS에서 전송한 데이터의 양이 같도록 할당해야 병목 현상 없이 전송될 수 있다. 이를 위해서는 MS i 가 $N^{(i)}$ 개의 subchannel을 할당 받았을 때, 2홉 전송에서 다음과 같이 N_{1st} , N_{2nd} 개로 나누어 각 홉에 할당해야 한다.

$$N_{1st} \cdot R_{relay} = N_{2nd} \cdot W \cdot R^{(i)} \quad (6)$$

여기에서 $R^{(i)}$ 와 R_{relay} 는 각 link의 수신 SINR 성능에 따른 shannon formula에 의해 결정되는 subchannel당 전송할 수 있는 bit 수이다. 좌변은 1st hop에서 전송 bit 수, 우변은 2nd hop에서의 전송 bit 수를 나타낸다. $N^{(i)} = N_{1st} + N_{2nd}$ 이므로, 2nd hop에 할당된 subchannel 수는 다음과 같이 유도된다.

$$N_{2nd} = \frac{R_{relay}}{W \cdot R^{(i)} + R_{relay}} \cdot N^{(i)} = \frac{N^{(i)}}{W \cdot R^{(i)} / R_{relay} + 1} \quad (7)$$

그리고 2hop에 걸쳐 실제로 전송된 총 데이터 양을 2-hop에서 사용된 총 subchannel 수로 나누어 아래와 같이 subchannel당 전송 가능한 bit 수 ($U^{(i)}$)가 유도된다.

$$U^{(i)} = \frac{N_{2nd} \cdot W \cdot R^{(i)}}{N^{(i)}} = \frac{1}{\frac{1}{W \cdot R^{(i)}} + \frac{1}{R_{relay}}} \quad (8)$$

III. Subcell 커버리지 조절 방법

Sub-cell 커버리지의 경계 설정은 BS와 RS로부터의 수신 SINR의 비율을 이용하여 다음과 같이 결정하였다.

$$\begin{cases} (\gamma_{BS}/\gamma_{RS})_{th} < (\gamma_{BS}/\gamma_{RS}) : BS_{sub-cell} \\ (\gamma_{BS}/\gamma_{RS})_{th} > (\gamma_{BS}/\gamma_{RS}) : RS_{sub-cell} \end{cases} \quad (9)$$

BS와 RS로부터의 수신 SINR의 비율이 그림 1과 같이 γ_{BS}/γ_{RS} 의 값이 $(\gamma_{BS}/\gamma_{RS})_{th}$ 값보다 큰 지역은 BS sub-cell로 결정하고, $(\gamma_{BS}/\gamma_{RS})_{th}$ 값보다 작은 지역은 RS sub-cell로 결정하였다. 예를들어, $(\gamma_{BS}/\gamma_{RS})_{th}$ 값이 0dB보다 작게 설정 되면 γ_{RS} 가 γ_{BS} 보다 큰 지역이다

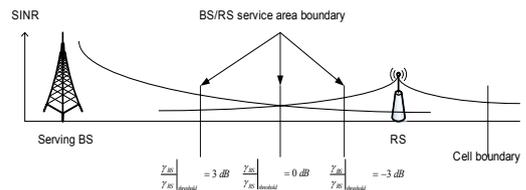


그림 1. Sub-cell 경계 설정

라도 MS들이 BS에 연결될 수 있기 때문에 ($\gamma_{BS}/\gamma_{RS})_{th}$ 값이 0dB 인 경우에 비해 멀티홉 전송이 줄어들어 자원의 소모가 줄어든다. 반면에 ($\gamma_{BS}/\gamma_{RS})_{th}$ 값이 0dB 보다 크게 설정 되면 γ_{BS} 이 γ_{RS} 보다 큰 지역이더라도 MS들이 RS에 연결될 수 있다. ($\gamma_{BS}/\gamma_{RS})_{th}$ 값이 0dB 인 경우에 비해 멀티홉에 의한 자원의 소모가 늘어나게 된다.

셀 내에 MS들이 시간의 흐름에 따라 셀 내에서 이동하면서, 현재 MS의 셀 내 위치에 따라서 ($\gamma_{BS}/\gamma_{RS})_{th}$ 값을 효과적으로 선택하여 cell throughput을 향상시킬 수 있다. 본 논문에서는 2절에서 설명한 ETBPS와 BS와 RS로부터의 수신 SINR의 비율을 이용한 sub-cell 커버리지 결정 방법을 이용하여 커버리지를 조절하였다. MS의 이동에 따른 적응적 커버리지 조절 기법은 표 1과 같다. 제한하는 sub-cell 경계 조절 기법은 우선 $(\gamma_{BS}/\gamma_{RS})_{th}$ 의 초기값 설정을 $(\gamma_{BS}/\gamma_{RS})_{initial}$ 으로 설정을 한다. 그리고 현재의 $(\gamma_{BS}/\gamma_{RS})_{th}$ 에 따라서 모든 MS에 대해서 serving station을 임시로 결정한다. 현재의 커버리지가 효율적인지 판단하기 위해서 ETBPS를 각 MS마다 계산을 하는데, 각 MS 별로 BS에서 서비스 받을 때의 $U_{BS}^{(i)}$ 값과 RS로부터 서비

스 받을 때의 $U_{RS}^{(i)}$ 값을 계산한다. 그리고 각 MS 별로 현재 임시로 결정된 serving station보다 높은 ETBPS를 얻을 수 있는 serving station이 있는지 검색을 한다. 현재 임시로 결정된 serving station이 BS인 MS들 중에서 $U_{RS}^{(i)}$ 가 $U_{BS}^{(i)}$ 보다 높은 경우, $RS_gain_user_inBS$ 를 증가시킨다. $RS_gain_user_inBS$ 는 현재 BS sub-cell에 속해있지만, RS sub-cell에 속할 경우, 성능 이득을 볼 수 있는 MS의 수이다. 반대로 serving station이 RS인 MS들 중에서 $U_{BS}^{(i)}$ 가 $U_{RS}^{(i)}$ 보다 높은 경우, $BS_gain_user_inRS$ 를 증가시킨다. $BS_gain_user_inRS$ 는 현재 RS sub-cell에 속해있지만, BS sub-cell에 속할 경우, 성능 이득을 볼 수 있는 MS의 수이다. 그리고 모든 MS들에 대해 위의 검색을 종료한 후, $RS_gain_user_inBS$ 와 $BS_gain_user_inRS$ 를 비교하여, $(\gamma_{BS}/\gamma_{RS})_{th}$ 값을 조절한다. $RS_gain_user_inBS$ 가 더 높은 경우에는 현재 $(\gamma_{BS}/\gamma_{RS})_{th}$ 값을 증가시켜서, RS sub-cell 커버리지를 증가시킨다. 이것은 RS로부터 서비스를 받으면 더 높은 throughput을 얻을 수 있는 MS들이 존재하기 때문에 RS sub-cell의 크기를 증가시켜 이런 MS들을 RS로부터 서비스 받도록 하기 위함이다. 반대로 $BS_gain_user_inRS$ 들이 더 큰 경우에는 현재 $(\gamma_{BS}/\gamma_{RS})_{th}$ 값을 감소시켜서, BS sub-cell 커버리지를 증가시켜 준다. 이와 같은 과정을 거쳐서 수정된 $(\gamma_{BS}/\gamma_{RS})_{th}$ 값에 따라서 각 MS별 serving station을 다시 결정해준다.

표 1. Sub-cell 커버리지 조절 기법

<p>1. Initialize $(\gamma_{BS}/\gamma_{RS})_{th} = (\gamma_{BS}/\gamma_{RS})_{initial}$</p> <p>2. MS i의 serving station $SS^{(i)}$ 결정</p> <p>3. MS 별 $U_{BS}^{(i)}, U_{RS}^{(i)}$ 계산</p> <p>4. for MS $i=0$ to M if $SS^{(i)}$가 BS 일 때 if $U_{BS}^{(i)} < U_{RS}^{(i)}$ then $RS_gain_user_inBS++$ else if $SS^{(i)}$가 RS 일 때 if $U_{BS}^{(i)} > U_{RS}^{(i)}$ then $BS_gain_user_inRS++$</p> <p>5. if $RS_gain_user_inBS > BS_gain_user_inRS$ then $(\gamma_{BS}/\gamma_{RS})_{th} = (\gamma_{BS}/\gamma_{RS})_{th} + \alpha$ else if $BS_gain_user_inRS > RS_gain_user_inRS$ then $(\gamma_{BS}/\gamma_{RS})_{th} = (\gamma_{BS}/\gamma_{RS})_{th} - \alpha$</p> <p>6. 수정된 $(\gamma_{BS}/\gamma_{RS})_{th}$ 값에 따라서 각 MS i 별 serving station $SS^{(i)}$ 결정</p>
--

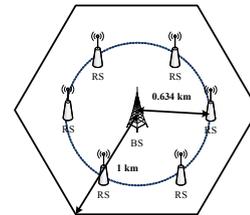


그림 2. RS 배치 패턴

IV. 모의 실험 환경

본 연구에서는 macro hexagonal cell 환경에서 성능 분석을 수행 하였다. Cell layout은 2-tier 19 cell을 고려하였다. RS는 그림2과 같이 셀 내에 6개씩 대칭적으로 배치하였다. 셀 내 RS간 자원 재사용은 RS-MS link에 적용하였다. 고려된 자원 재사용 패턴

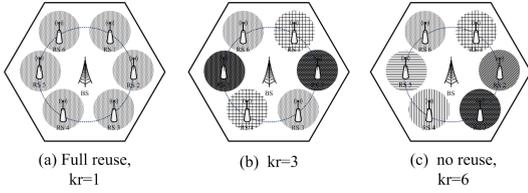


그림 3. 주파수 재사용 패턴

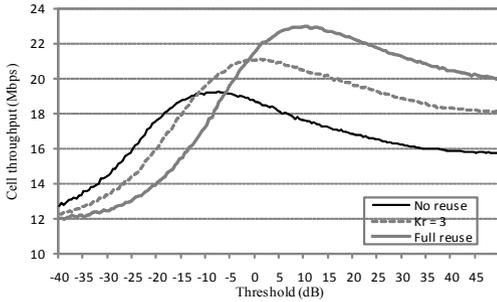


그림 4. Threshold 값에 따른 throughput 성능, static simulation

은 그림 3과 같다. 모의 실험에서 실제 무선 이동 환경에서와 같이 각 단말의 이동을 고려하였다. 처음 단말의 발생은 중심 셀에서만 10명의 사용자를 uniform 하게 random으로 발생시켰다. 그리고 사용자의 이동 모델은 random walk 모델을 따른다. 이동하던 단말이 발생 셀 영역의 boundary에 도달하면 셀의 외접원의 접선에서 $0 \sim \pi$ 사이의 각도로 새로운 방향으로 반사되어 나오게 된다.

전자파 전파 환경 모델 중에서 path loss 모델은 [9]에서 제안한 아래 수식을 적용하였다.

$$L = 128.1 + 37.6 \cdot \log_{10}(d_{km}) \quad (10)$$

여기서 d_{km} 는 송신기와 수신기 사이의 거리이다. Shadowing은 평균 0dB이고 표준편차가 8dB 인 대수 정규 분포로 모델링 하였다^[10]. Fast fading은 ITU에

표 2. 주요 모의 실험 파라미터

Parameters	Value
Considered System	OFDMA - TDD
Simulation Type	Dynamic Simulation
Frequency reuse	1
Cell Radius	1 km
Center Frequency	2.3 GHz
Max BS TX Power	43 dBm
Max RS TX Power	40 dBm
System bandwidth	10 MHz
TDD frame length	48

서 제안한 모델을 적용하였다^[11]. 주요 모의 실험 파라미터는 표 2와 같다.

V. 모의 실험 결과

제안하는 커버리지 조절 기법의 throughput 성능을 sub-cell 커버리지를 고정하여 운영하는 경우의 throughput 성능과 비교 분석 하였다. 이를 위해 각 재사용 패턴 별 최대의 throughput이 도출되는 sub-cell 커버리지를 static simulation을 통해 미리 도출하였다. 그리고 이때 도출된 sub-cell 커버리지를 고정하여 운영하는 경우와 커버리지를 조절하는 경우의 throughput 성능을 비교하였다. 그림4는 $(\gamma_{BS}/\gamma_{RS})_{th}$ 값을 -40에서 50 사이로 조절해가며, threshold 값에 따른 cell throughput을 도출한 것이다. 자원 재사용을 하지 않는 경우에는 $(\gamma_{BS}/\gamma_{RS})_{th}$ 가 -7.5 dB 인 경우에 약 19.25 Mbps의 최대 throughput이 도출되었다. 그리고 kr=3인 경우에는 $(\gamma_{BS}/\gamma_{RS})_{th}$ 가 0.5 dB에서 약 21.1 Mbps의 최대 throughput이 도출되었다. Full reuse인 경우에는 $(\gamma_{BS}/\gamma_{RS})_{th}$ 가 10.5 dB에 약 22.96 Mbps의 최대 throughput이 도출되었다. RS간 자원 재사용을 많이 할수록, RS에서 사용 가능한 자원이 증가하기 때문에 최대 throughput 성능이 도출되는 RS의 sub-cell 커버리지가 크게 설정되었다. 참고로, threshold가 x축의 오른쪽으로 갈수록 RS sub-cell 커버리지는 커지게 된다. 그리고 RS sub-cell 커버리지가 크게 설정될수록, RS의 사용으로 인한 이득의 증가로, cell throughput이 증가하였다. RS간 자원 재사용을 하지 않는 no reuse인 경우, 최대 throughput 성능이 도출되는 RS의 sub-cell 커버리지가 가장 작게 설정되었고, cell throughput 성능도 가장 낮았다.

위와 같이 도출된 재사용 패턴 별 sub-cell 커버리지 경계를 고정하여 운영하는 경우와 제안하는 sub-cell 커버리지 조절 기법을 적용하는 경우의 cell throughput 성능을 분석하였다. Sub-cell 커버리지의 초기값은 앞에서 도출된, 재사용 패턴 별 최대 throughput이 도출되는 커버리지로 설정하였다. 그리고 제안하는 기법을 50 frame마다 적용하여 커버리지를 조절하였다.

그림 5~7는 제안하는 sub-cell 커버리지 조절 기법을 적용하였을 때의 threshold의 변화이다. RS 간 자원 재사용 정도에 따라서 RS에서 사용 가능한 자원의 양이 달라지게 된다. RS에서 사용 가능한 자원의 양

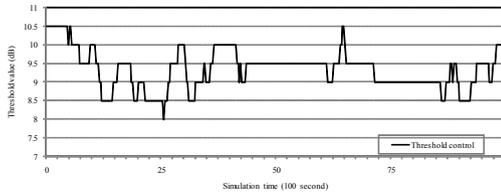


그림 5. Full reuse 일 때의 threshold 변화

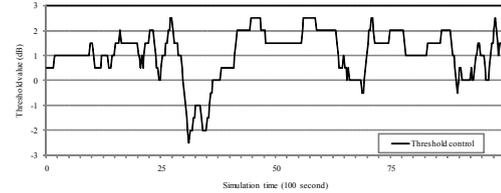


그림 6. kr=3 일 때의 threshold 변화

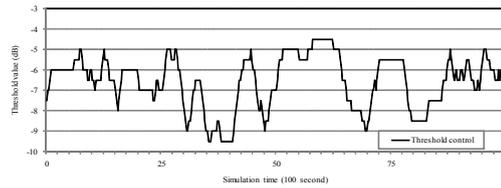


그림 7. No reuse 일 때의 threshold 변화

이 증가하면, RS에 연결되었을 때, 많은 자원을 할당 받을 수 있어, 성능 이득을 볼 수 있다. 따라서 RS로부터의 수신 SINR이 BS로부터의 수신 SINR보다 작더라도, RS에 연결될 수 있다. Full reuse인 경우가, RS에서 사용할 수 있는 자원이 가장 많기 때문에, RS의 sub-cell이 가장 넓게 형성되는 것을 볼 수 있다. 즉, threshold 값이 전체적으로 큰 값들로 형성된다. 반대로 RS에서 사용 가능한 자원이 부족하게 되면, RS로부터의 수신 신호가 좋더라도, 자원을 적게 할당 받아 throughput 성능이 저하될 수 있다. 자원 재사용을 하지 않은 경우는 RS로부터의 수신 SINR이 BS로부터의 수신 SINR보다 높더라도, MS들이 BS에 연결될 수 있다. 따라서 RS의 sub-cell 커버리지가 가장 작게 형성되는 것을 확인하였다.

그림 8는 sub-cell 커버리지를 고정한 경우와 제안하는 sub-cell 커버리지 조절 기법을 적용한 경우의 cell throughput 성능을 비교하였다. Full reuse인 경우 커버리지를 고정한 경우 약 18.97 Mbps의 평균 cell throughput 성능을 얻었고, 제안하는 커버리지 조절 기법을 적용한 경우 약 19.25 Mbps로 약 1.5%의 성능 개선을 얻었다. kr = 3인 경우에는 커버리지를 고정한 경우와 커버리지를 조절한 경우가 약 18.24

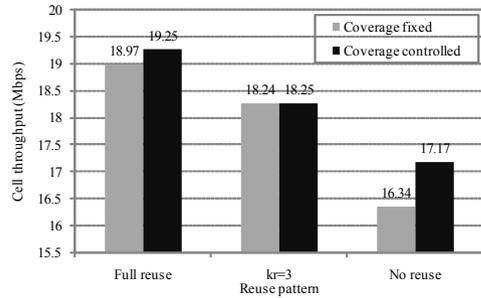


그림 8. 평균 cell throughput 결과

Mbps와 약 18.25 Mbps로 비슷한 성능이 도출되었다. 그리고 no reuse인 경우 커버리지를 고정한 경우 약 16.34 Mbps에서 조절하는 경우 약 17.17 Mbps로 약 5%의 성능 개선을 얻었다. MS의 이동에 따라서 변화하는 트래픽 상황에서 BS와 RS의 sub-cell 커버리지를 고정하여 운용하는 경우에 비해서 커버리지를 적응적으로 조절하는 경우가 throughput 성능이 향상됨을 확인하였다.

VI. 결론

본 논문에서는 relay 기반 OFDMA 시스템에서 cell throughput 향상을 위한 BS, RS sub-cell 커버리지 조절 기법을 제안하였다. 제안하는 기법은 셀 내에서 단말이 이동함에 따라서 cell throughput 향상을 위해 적응적으로 BS, RS sub-cell 경계를 조절하였다. Sub-cell 경계는 멀티홉에서의 자원의 소모와 자원 재사용 정도를 고려하여 설정되었다.

제안하는 커버리지 조절 기법을 적용하는 경우, 고정하는 경우에 비해서 full reuse 일 때는 약 1.5%, no reuse인 경우에는 약 5%의 성능 개선을 얻을 수 있었다.

참고 문헌

- [1] "IEEE 802.16's Relay TG," <http://www.ieee802.org/16/relay/index.html>
- [2] "IEEE 802.16 TG m," <http://www.ieee802.org/16/tgm/index.html>
- [3] N. Esseling, B.H. Walke and R.Pabst, "Performance Evaluation of a Fixed Relay Concept for next generation wireless systems," in *Proc. IEEE PIMRC*, vol.2, Sept. 2004.
- [4] H. Hu, H. Yanikomeroglu, D. Falconer, and S.

Periyalwar, "Range extension without capacity penalty in cellular networks with digital fixed relays," in *Proc. IEEE Globecom 2004*, vol.5, pp.3053-3057, Dec. 2004.

[5] H. M. Zimmermann, J. Eberspacher, and M. Lott, "Frequency Reuse for Cellular Multi-hop Networks," in *Proc VTC 2005 Fall*, pp. 2297-2301, Sept. 2005.

[6] S. Wang, H. Yin, and S. Sheu, "An Effective Path Selection Metric for IEEE 802.16-based Multi-hop Relay Networks," *ISCC 2007*. 12th IEEE Symposium on , pp.1051-1056, 1-4 July 2007.

[7] C. Koo, Y. W. Chung, "Dynamic Cell Coverage Control for Power Saving in IEEE802.16 Mobile Multihop Relay Systems," *Systems and Networks Communications, 2006. ICSNC '06. International Conference on*, Oct. 2006.

[8] M. Shim, H. Choi, and D. Hong, "Reuse partitioning for throughput and fairness improvement in OFDMA based relay system," *Journal of IEEK (The Institute of Electronics Engineers of Korea)*, Vol. 44-TC, Issue 9, pp. 17-24, Sept. 2007.

[9] 3GPP, Technical Specification Group Radio Access Networks; Feasibility Study for Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) for UTRAN enhancement(Release 6) (TR 25.892 v6.0.0), 2004.

[10] *IEEE C802.20-05/61r1*, "QFDD Performance Report1"

[11] 3GPP2/TSG-C.R1002, "1xEV-DV Evaluation methodology(V14)", June 2003.

[12] 현명륜, 최혜영, 홍대형, 임재찬 "OFDMA 기반 Relay 시스템에서 Throughput 성능 향상을 위한 적응적 커버리지 조절기법" 2009 한국통신학회 하계종합학술발표회

현명륜 (Myungreun Hyun)

준회원



2007년 2월 서강대학교 전자공학과 졸업
 2009년 2월 서강대학교 전자공학과 석사
 2009년 2월~현재 Samsung Electronics
 <관심분야> 이중 네트워크, 다중 홉 시스템

홍대형 (Daehyoung Hong)

종신회원



1977년 서울대학교 전자공학과 졸업
 1982년 State University of New York at Stony Brook, Electrical Engineering 석사
 1986년 State University of New York at Stony Brook, Electrical Engineering 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

임재찬 (Jaechan Lim)

정회원



1996년 고려대학교 물리학과 졸업
 1999년 Stony Brook University, Electrical Engineering 석사
 2007년 Stony Brook University, Electrical Engineering 박사
 2007년~2008년 전자공학과, University of Bridgeport, CT US 겸임교수
 2008년~현재 서강대학교 전자공학과 연구교수
 <관심분야> Methodology in signal processing, Detection & estimation of signal, Statistical filtering methodology, 무선통신 시스템