

OFDMA 기반 Relay 시스템에서 Throughput 개선을 위한 자원 재사용과 커버리지 설정기법

준회원 현 명 룬, 정회원 최 호 영, 종신회원 홍 대 형, 정회원 임 재 찬

Frequency Reuse and Sub-cell Coverage Determination Scheme for Improved Throughput in OFDMA-based Relay Systems

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

요 약

본 논문에서는 OFDMA 기반 relay 시스템에서 throughput 성능개선을 위한, Base Station (BS)과 Relay Station (RS)의 sub-cell 커버리지 설정기법을 제안한다. Relay 시스템에서는 BS-RS 링크에서 무선 자원을 추가로 소비하므로, RS간 자원의 재사용을 고려하면 자원의 효과적 사용이 가능하다. 그러나, 이때 신호의 간섭이 증가하므로 단말기의 수신 Signal to Interference and Noise Ratio (SINR)에 영향을 미치게 된다. 그러므로 본연구에서는 자원 재사용 정도에 따른 사용가능 자원의 증가를 수신 SINR과 함께 sub-cell 커버리지 결정의 요인으로 함께 고려한다. 모의실험을 통한 결과분석을 통해 throughput 성능을 개선할 수 있는 sub-cell 커버리지를, 다양한 자원 재사용 패턴에 따라 도출하였다.

Key Words : Relay; Multi-hop; Coverage; OFDMA; Reuse.

ABSTRACT

In this paper, we investigate throughput performance of OFDMA-based relay systems according to the “sub-cell coverage configuration” of the base station (BS) and the relay station (RS). RS is exploited for improved quality of the received signal with a tradeoff of additional radio resource consumption which may result in degradation of the throughput performance of the system. Therefore, “radio resource reuse” may be necessary for high performance in relay systems. However, it also causes system performance degradation since resource reuse between RSs incurs channel interference. Therefore, effective resource reuse also should be considered for “high throughput coverage configuration” when relays are employed. We relate the resource reuse patterns of neighboring RSs to sub-cell coverage configuration. We determine the sub-cell coverage of the system depending on the ratio of received signal-interference-noise-ratio (SINR) of the mobile station (MS) from the BS and RS, respectively. Simulations illustrate the throughput performance as the function of SINR ratio, and it has different optimal point depending on the resource reuse patterns. Therefore, the “resource reuse pattern” and the “effective sub-cell coverage configuration” should be considered together for the high throughput performance of the relay system.

※ 본 연구의 일부는 2009 한국통신학회 추계종합학술발표회에 발표되었음^[12].

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

논문번호 : KICS2009-01-020, 접수일자 : 2009년 1월 16일, 최종논문접수일자 : 2009년 4월 23일

I. 서론

이동 통신과 초고속 인터넷 서비스의 확산으로 음성 통신 서비스 뿐만 아니라 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 음영 지역 사용자의 수신 신호의 품질을 향상시켜 throughput 성능을 증대시킬 수 있고 서비스 커버리지를 확장시킬 수 있다^{[3][4][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 저하될 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]}. 특히 RS 간 자원의 재사용을 고려할 경우, 인접 RS와의 간섭증가로 채널 성능은 저하될 수 있지만, 자원 사용면에서는 훨씬 더 효율적이 될 수 있다^{[4][5]}. 따라서 자원 재사용을 하는 경우 재사용 정도가 throughput 증대를 위한 sub-cell 커버리지 결정에 영향을 미치므로 이에 대한 분석이 필요하다.

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. 그러나 자원 재사용으로 인해 얻을 수 있는 throughput의 효율성을 고려하지는 않았다. 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. 하지만 자원 재사용이 sub-cell 경계 결정에 미치는 영향은 고려되지 않았기 때문에 이

에 대한 분석이 필요하다.

본 논문에서는 relay 시스템의 하향링크 SINR 성능을 도출하고, BS로부터의 수신 SINR 값과 RS로부터의 수신 SINR 값의 비율을 통하여 sub-cell 경계를 결정하였다. 그리고 수신 SINR의 비율을 조절하여 정해지는 sub-cell 커버리지에 따라 cell throughput 성능을 도출하였다. 결과 분석을 통해 throughput 성능을 개선할 수 있는 sub-cell 커버리지를 도출하였다. 그리고 자원 재사용 정도를 다르게 하여 자원 재사용이 이에 미치는 영향을 분석하였다.

본 논문의 나머지는 다음과 같이 구성되어 있다. 2장에서는 시스템 모델을 설명하고, 3장에서는 sub-cell 커버리지 결정 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 적용에 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 preamble SINR 다음과 같이 표현된다.

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

i 는 cell index, j 는 serving station index를 의미하고, k 는 MS의 index이다. $SINR_{i,j}^{(k)}$ 는 cell i 의 serving station j 에 연결된 MS k 의 수신 preamble SINR을 의미한다. N 은 thermal noise power이고, NF 는 MS의 noise figure를 의미한다^[7]. $I_{intra-cell}$ 은 같은 셀 내에서 동일 자원을 재사용하는 serving station으로부터 오는 간섭이다. $I_{inter-cell}$ 은 다른 셀의 동일 자원을 재사용하는 serving station으로부터 오는 간섭이며 signal 과 간섭의 세기는 다음과 같이 표현된다.

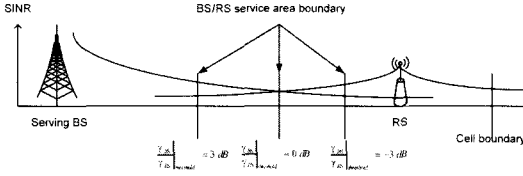


그림 1. Sub-cell 경계 설정

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

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

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

여기서 $P_{i,j}$ 는 cell i 의 serving station j 의 preamble 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.

III. Subcell 커버리지 결정 방법

Relay 시스템에서 sub-cell 커버리지에 따른 throughput 성능을 분석하기 위해 BS sub-cell과 RS sub-cell의 경계를 조절하여 커버리지를 결정하였다. Sub-cell 경계를 결정할 때 수신 SINR 뿐만 아니라 자원의 소모를 반영할 수 있도록 하는 sub-cell 결정 방법은 다음과 같다.

$$\begin{cases} (\gamma_{BS}/\gamma_{RS})_{th} < (\gamma_{BS}/\gamma_{RS}) : BS_{sub-cell} \\ (\gamma_{BS}/\gamma_{RS})_{th} > (\gamma_{BS}/\gamma_{RS}) : RS_{sub-cell} \end{cases} \quad (5)$$

BS와 RS로 부터의 수신 SINR의 비율이 그림1과 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. 즉, $(\gamma_{BS}/\gamma_{RS})_{th}$ 값이 0dB보다 작게 설정 되면 γ_{RS} 가 γ_{BS} 보다 큰 지역이더라도 MS들이 BS에 연결되기 때문에 $(\gamma_{BS}/\gamma_{RS})_{th}$ 값이 0dB인 경우에 비해 멀티홉 전송이 줄어들어 자원의 소모가 줄어든다. 반대로 $(\gamma_{BS}/\gamma_{RS})_{th}$ 값이 0dB 보다 크게 설정 되면 γ_{BS} 이 γ_{RS} 보다 큰 지역이더라도 MS들이

RS에 연결된다. $(\gamma_{BS}/\gamma_{RS})_{th}$ 값이 0dB 인 경우에 비해 멀티홉에 의한 자원의 소모가 늘어나게 된다.

IV. 모의 실험 환경

본 논문에서는 Manhattan 마이크로셀 환경에서 성능 분석을 수행하였다. 그림 2에서와 같이 총 49개의 셀을 배치하였고, BS는 5 block당 1개씩 교차로에 배치하였다. 하나의 BS 당 4개의 RS가 배치되고, RS의 위치는 BS가 설치된 교차로로부터 상좌회로 1 block 떨어진 교차로에 배치하였다. MS 는 street에만 발생하도록 했다. Street에 배치되는 모든 MS는 셀 영역에서 uniform하게 분포한다.

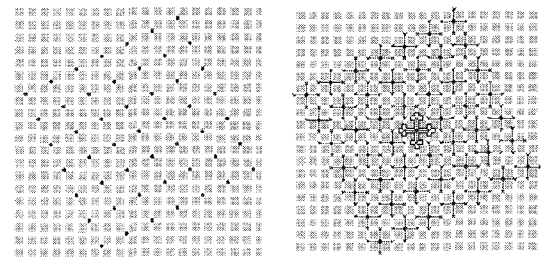
전자파 전파 모델은 Manhattan 마이크로셀 환경에 적용 할 수 있는 모델^[9]을 사용하였다. 이 모델은 그림 3에 점선으로 표시되어 있듯이, 도로를 따라 송신 기로부터 수신기로 수신되는 가상의 전파 경로를 파악하여 그 거리를 이용하여 전송 손실을 예측 한다. 가시 영역에서의 전송 손실은 자유 공간 손실을 가정하고 break point를 적용한 이중 감쇄 지수를 고려하였다. Break Point는 1차 Fresnel zone이 지면에 닿는 지점을 의미하며 Fresnel zone의 경계가 장애물에 의하여 차폐되면 급격한 신호 손실을 겪는다^[10]. 이를 반영한 전송 손실은 다음과 같다.

$$L = 20 \cdot \log_{10} \left[\frac{4\pi d_n}{\lambda} \cdot D \left(\sum_{j=1}^n s_{j-1} \right) \right] \quad (6)$$

$$d_n = k_n \cdot s_{n-1} + d_{n-1} \quad (7)$$

$$k_n = k_{n-1} + d_{n-1} \cdot c \quad (8)$$

$$D(x) = \begin{cases} x/x_{br}, & x > x_{br} \\ 1, & x \leq x_{br} \end{cases} \quad (9)$$



(a) BS layout (b) RS layout
그림 2. BS 및 RS lay out

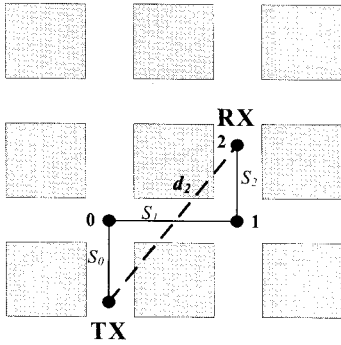


그림 3. 가상의 경로 파라미터

그림 3에서와 같이 n 은 serving station과 MS 사이의 교차로 지점의 index를 의미한다. s_n 은 $(n-1)$ 번째 지점과 n 번째 지점의 일직선 구간의 거리이고, d_n 은 n 번째 지점과 MS 사이의 가상 직선 경로 거리를 의미한다. c 는 교차로 각도에 의한 신호의 손실을 반영하기 위한 값으로 교차로 각도가 0인 Line Of Sight (LOS)인 경우 $c=0$ 이고, 교차로가 90도 인 경우 $c=0.5$ 이다⁹⁾. 이 때 k 와 d 의 초기값은 각각 $k_0=1$, $d_0=0$ 이다. Break point x_{br} 는 각 node의 안테나의 높이를 반영하여¹¹⁾, BS-MS link는 1.5km, RS-MS link는 0.6km, BS-RS link는 9.5km로 설정 하였다. 또한 Adaptive Modulation and Coding (AMC) 기법을 고려하여 QPSK, 16-QAM, 64-QAM의 세 가지 변복조 방법을 사용하는 경우를 가정하였다. 주요 모의 실험 파라미터는 표1과 같다. 이와 함께 표 2와 같이 총 10개의 MCS (modulation and coding scheme) 레벨을 사용하는 것으로 가정하였다.

셀 내에서 RS-MS 링크의 자원 재사용은 그림 4와 같이 고려하였다. RS간 자원 재사용 정도를 나타내는 지표로써 RS간 reuse factor, Kr 을 정의한다. $Kr=4$ 는 4개의 RS가 모두 다른 자원을 사용하는 경우이고 $Kr=2a$ 는 마주 보는 2개의 RS가 동일한 자원을 재사용하는 경우이다. $Kr=2b$ 는 마주보지 않는 2개의 RS가 동일한 자원을 재사용하는 경우이고, $Kr=1$ 은 4개의 RS가 모두 같은 자원을 재사용하는 경우이다. 모든 셀에서 위와 같은 재사용 패턴을 적용 한다.

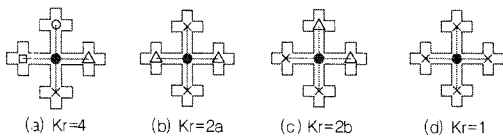


그림 4. 자원 재사용 방법

표 1. 주요 모의 실험 parameter

Parameter	값
Max BS TX Power	43 dBm
Max RS TX Power	40 dBm
Manhattan block size	200 m
Manhattan road width	30 m
Frequency	2.3 GHz
Bandwidth	10 MHz
Frame length	5 ms

표 2. MCS level

MCS level	Modulation type	Code rate	Required SINR [dB]
1	QPSK	1/12	-3.95
2		1/6	-1.65
3		1/3	1.5
4		1/2	4.3
5		2/3	7.95
6	16 QAM	1/2	9.3
7		2/3	13.1
8	64 QAM	5/8	15.8
9		2/3	18.45
10		5/6	24.8

V. 모의 실험 결과

자원 재사용 정도에 따른 수신 SINR 성능의 변화를 살펴보기 위해 MS의 하향링크 수신 SINR CDF 성능을 그림 5에서 도출하였다. Sub-cell 커버리지는 $(\gamma_{BS}/\gamma_{RS})_{th}$ 이 0dB로 결정된 경우이다. 자원 재사용 정도에 따른 성능을 살펴보면, Kr 이 4일 때 간섭원의 수가 가장 적고, 간섭원과의 거리가 멀어 SINR 성능이 가장 크게 개선됨을 확인하였다. Kr 이 2일 때는 Kr 이 4일 때와 비교하여 SINR이 크게 감소하였다. 이는 동일 셀 및 인접 셀에서 동일 주파수를 사용하는 RS가 증가하여, 간섭원이 증가했기 때문이다. Kr 이 1일 때,

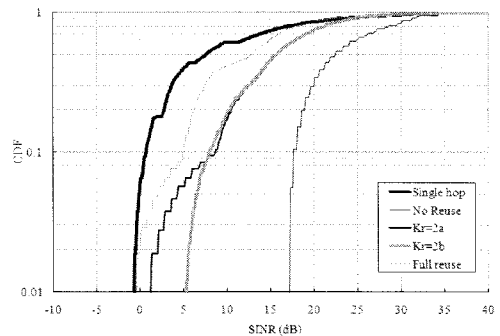


그림 5. 하향링크 수신 SINR CDF, $(\gamma_{BS}/\gamma_{RS})_{th}=0$ dB 일때

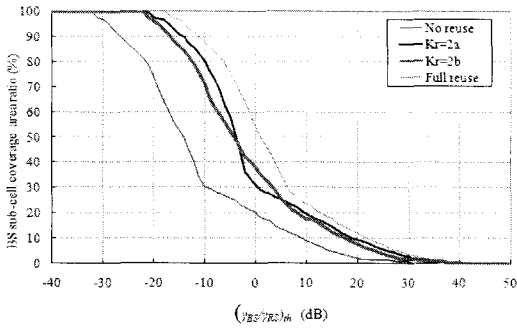


그림 6. $(\gamma_{BS}/\gamma_{RS})_{th}$ 값에 따른 BS sub-cell의 서비스 영역 비율
모든 RS가 간섭원으로 작용하기 때문에 가장 낮은 SINR 성능을 보였다.

$(\gamma_{BS}/\gamma_{RS})_{th}$ 값에 따른 전체 셀 영역 중 BS sub-cell 영역의 비율을 그림 6에 도시하였다. 동일한 $(\gamma_{BS}/\gamma_{RS})_{th}$ 조건에서 자원 재사용을 많이 할수록 RS로부터의 수신 SINR 성능이 저하되므로 BS sub-cell 영역은 증가하는 대신 RS sub-cell 영역이 감소함을 확인할 수 있다. $(\gamma_{BS}/\gamma_{RS})_{th}$ 가 0dB인 경우 Kr이 4일 때 한 셀의 약 80%의 영역이 RS sub-cell에 속하며, Kr이 1인 경우 약 45%의 영역이 RS sub-cell에 속함을 알 수 있다. 또한 $(\gamma_{BS}/\gamma_{RS})_{th}$ 값이 증가할수록 BS sub-cell 영역이 감소하고, $(\gamma_{BS}/\gamma_{RS})_{th}$ 값이 감소할수록 BS sub-cell 영역이 증가됨을 확인할 수 있다. $(\gamma_{BS}/\gamma_{RS})_{th}$ 값이 -31dB 미만일 때 모든 MS가 BS에 의해 서비스 받으며 40dB 이상일 때 모두 RS에 의해 서비스 받는다.

그림 7은 $(\gamma_{BS}/\gamma_{RS})_{th}$ 값에 따른 각 시스템의 셀 throughput을 도시하였다. Shannon formula를 이용한 RS가 사용된 시스템의 셀 throughput을 도출하기 위해서는 각 홉이 무선 자원을 나누어 사용하는 비율을 알아야 한다. 그림 7은 셀 당 하나의 BS와 4개의 RS를 가지는 시스템에서 채널 재사용을 하지 않을 때의 프레임 구조이다. 전체 프레임은 9개의 부분으로 나누어져 있다. 각 부분은 BS와 MS 간의 전송에 할당된 자원 영역, BS와 각 RS 간의 전송에 할당된 자원 영역, 각 RS와 MS 간의 전송에 할당된 자원 영역이다. 이 9개의 영역의 비율을 이용하여 다음과 같이 시스템에서의 throughput을 정의한다.

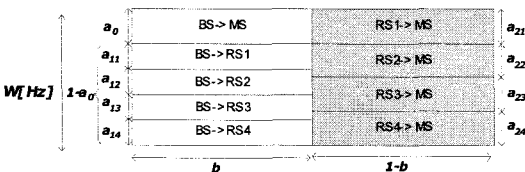


그림 7. 채널 재사용을 하지 않을 때의 프레임 구조 및 SP 비율

$$T_C = a_0 W \log_2 \left(1 + \gamma_{RS}^{BS} \right) \cdot b \quad (10)$$

$$+ a_{21} W \log_2 \left(1 + \gamma_{MS}^{RS} \right) \cdot (1 - b)$$

$$+ a_{22} W \log_2 \left(1 + \gamma_{MS}^{RS} \right) \cdot (1 - b)$$

$$+ a_{23} W \log_2 \left(1 + \gamma_{MS}^{RS} \right) \cdot (1 - b)$$

$$+ a_{24} W \log_2 \left(1 + \gamma_{MS}^{RS} \right) \cdot (1 - b)$$

여기서 γ_{RS}^{BS} 은 BS와 RS 간의 SINR 값을, γ_{RS}^{BS} 은 RS와 MS 간의 SINR 값을 각각 의미하고, W는 전송에 사용된 주파수 채널을 말한다. 식 (10)을 이용하여 MCS를 적용해서 sub-채널당 전송 가능한 bits 수의 합으로 총 전송량을 도출하였다. $(\gamma_{BS}/\gamma_{RS})_{th}$ 조절에 의해 모든 MS가 BS에 의해 서비스 받는 경우 throughput 성능은 약 36Mbps임을 알 수 있다. 자원 재사용을 하지 않는 Kr이 4인 경우에는 최대의 throughput이 도출되는 최적의 $(\gamma_{BS}/\gamma_{RS})_{th}$ 값은 -17dB이고 이때의 최대 throughput은 40.3Mbps이다. 이것은 MS가 RS로부터의 수신 SINR이 BS로부터의 수신 SINR보다 높아도 MS는 BS에 연결되어 BS sub-cell에 속하는 것을 의미한다. 자원 재사용을 하지 않으면 멀티홉 전송이 많이 요구되는 경우 자원의 부족으로 throughput이 저하될 수 있기 때문에 BS로의 연결을 늘려야 한다. 이 때의 throughput 성능은 $(\gamma_{BS}/\gamma_{RS})_{th}$ 가 0dB일 때의 throughput인 35.2Mbps에 비해 약 14.5%의 성능 개선을 보인다. 반면 모든 RS에서 같은 자원을 사용하는 Kr이 1인 경우에는 최적의 $(\gamma_{BS}/\gamma_{RS})_{th}$ 값이 1dB이고 이때 최대 throughput 성능은 44.2Mbps이다. 자원 재사용을 하지 않는 경우에 비해서 RS sub-cell 커버리지를 더욱 크게 설정해야 보다 높은 throughput을 도출할 수 있다. 이것은 relay간 자원의 재사용으로 인해 relay에서 사용할 수 있는 자원

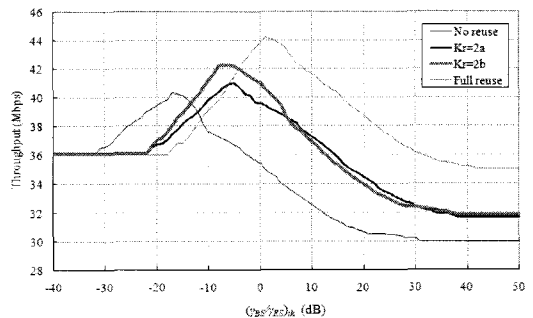


그림 8. 자원 재사용 패턴과 $(\gamma_{BS}/\gamma_{RS})_{th}$ 값에 따른 throughput 성능

량의 증가로 멀티홉 전송의 이득을 얻을 수 있기 때문이다. 도출된 결과로부터 모든 MS들이 BS에 연결될 때에 비해 relay가 적용되는 경우가 throughput 성능이 증가함을 알 수 있다. 그리고 relay의 sub-cell 커버리지가 효과적으로 설정되었을 때, 자원 재사용을 하는 경우가 relay 시스템이 가질 수 있는 최대 셀 throughput을 증가시킴을 알 수 있다.

VI. 결 론

본 논문은 OFDMA 기반 relay 시스템에서 sub-cell 커버리지 설정에 따른 throughput 성능을 분석하였다. 셀 내의 BS와 RS의 Sub-cell 커버리지를 설정할 때, BS와 RS의 수신 SINR의 비율을 통해 설정하였다. 그리고 수신 SINR의 비율을 조절하여 정해지는 sub-cell 커버리지에 따라 cell throughput 성능을 도출하였다.

자원 재사용을 하지 않는 경우에는 sub-cell 경계를 $(\gamma_{BS}/\gamma_{RS})_{th}$ 값이 -17dB 되는 지점으로 결정할 때 40.3Mbps의 최대 throughput이 도출되었다. $(\gamma_{BS}/\gamma_{RS})_{th}$ 값이 -17dB보다 크게 RS의 커버리지를 설정하면 멀티홉 전송에 의해 수신 신호의 품질은 좋아지지만, relay에서의 자원의 부족으로 throughput이 저하될 수 있기 때문이다. $(\gamma_{BS}/\gamma_{RS})_{th}$ 값을 0dB로 sub-cell 경계를 설정할 때의 throughput인 35.2Mbps에 비해 약 14.5%의 성능 개선을 보인다. 자원의 full reuse의 경우 $(\gamma_{BS}/\gamma_{RS})_{th}$ 값이 1dB되는 지점까지 RS sub-cell의 커버리지를 더욱 크게 설정해야 최대의 throughput을 도출할 수 있음을 확인하였다. 자원의 재사용으로 relay에서 사용할 수 있는 자원량이 늘어나서 멀티홉 전송에 의한 이득을 얻을 수 있기 때문이다.

결과 분석을 통해, throughput 성능 향상을 위해서는 relay 간 자원 재사용 정도를 반영하여 relay의 sub-cell 커버리지가 효과적으로 설정되어야 함을 확인 할 수 있다.

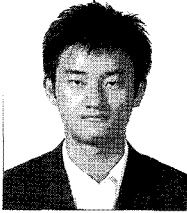
참 고 문 헌

[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] T. S. Rappaport, *Wireless Communications*, second ed. Prentice-Hall, 2002.
 [8] 3rd Generation Partnership Project, "UMTS; Selection Procedures for the choice of radio transmission technologies of the UMTS(UMTS 30.03 version 3.2.0)," Report 3GPP TR. 101 112, V3.2.0, 3GPP, Apr. 1998.
 [9] J.E. Berg, "A recursive Method for Street Microcell Path Loss Calculations", in *Proc. PIMRC '95*, Vol 1, pp 140-143
 [10] M. J. Feuerstein, K. L. Blackard, T. S. Rappaport, S. Y. Seidel, and H. H. Xia, "Path Loss, Delay Spread, and Outage Models as Functions of Antenna Height for Microcellular System Design", *IEEE Trans. VT*, Vol. 43, No. 3, pp. 487-498, Aug. 1994.
 [11] Y. Oda, K. Tsunekawa, and M. Hata "Advanced LOS path loss model in microwave mobile communications" *IEEE Transactions on VTC*, Vol. 49, pp. 2121-2125, Nov. 2000.
 [12] 현명륜, 최호영, 홍대형, 임재찬 "OFDMA 기반 Relay 시스템에서 자원 재사용과 커버리지 설정에 따른 Throughput 분석" 2009 한국통신학회 추계종합학술발표회

현 명 룬 (Myungreun Hyun)

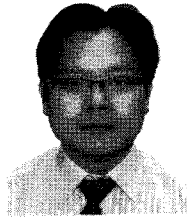
준회원



2007년 2월 서강대학교 전자공
학과 졸업
2007년 3월~현재 서강대학교
전자공학과 석사과정
<관심분야> 이종 네트워크, 다
중 흡 시스템

임 재 찬 (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.

최 호 영 (Hoyoung Choi)

정회원



1996년 2월 서강대학교 전자공
학과 졸업
1998년 2월 서강대학교 전자공
학과 석사
1998년~2003년 삼성전자 정보
통신 총괄 선임연구원
2008년 2월 서강대학교 전자공

학과 박사

2008년~현재 삼성전자 정보통신총괄 책임연구원

<관심분야> CDMA/OFDMA 시스템, 자원관리 기
술, 데이터통신, 무선자원 제어 기법

홍 대 형 (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