

TDD-OFDMA 하향링크에서의 단순 릴레이를 이용한 자원 할당과 수율 보장 스케줄러를 사용한 서비스 커버리지 향상에 관한 연구

Coverage Enhancement in TDD-OFDMA Downlink by using Simple-Relays with Resource Allocation and Throughput Guarantee Scheduler

변대욱*, 기영민*, 김동구*

Dae-Wook Byun*, Young-Min Ki*, and Dong-Ku Kim*

요 약

본 논문은 IEEE802.16 TDD-OFDMA (Time Division Duplex - Orthogonal Frequency Division Multiple Access) 하향링크에서 심플 이동 스케줄러를 채용해 서비스영역을 증가시킬 때, 스케줄러 종류와 모바일 릴레이 설계 중 어느 것이 서비스영역을 증가시키는데 더욱 중요한지를 알아보는 것을 목적으로 한다. 채널 스케줄러에는 PF (Proportional Fair)와 TGS (Throughput Guarantee) 스케줄러를 사용하였으며, 릴레이방식으로는 SRARA (Simple-relay aided resource allocation)를 이용해서, 스케줄러와 릴레이를 연동하였다. 심플 릴레이는 모든 기능을 갖고 있는 고정 릴레이와 달리, 적은 송신전력을 갖고 있어서 릴레이를 할 때 무선 자원 할당에 제한을 갖고 있으며, 동적인 무선 자원 할당에 필요한 추가적인 교환 채널이 많이 필요하기 때문에, 수개 정도의 부채널을 릴레이용도로 사용할 수밖에 없다. 논문에서는 단말의 송신전력을 500mW와 1W에 대해서 고려하고, 사용자의 요구 수율은 64Kbps와 128Kbps인 경우에 릴레이용도로 사용하는 부채널의 개수, 채널 스케줄러 및 릴레이가 서비스 영역의 향상에 끼치는 영향을 시뮬레이션을 통해서 알아보았다. 요구 수율이 64kbps일 때, 스케줄러 보다는 릴레이에 의한 성능 개선이 더 크며, 128kbps인 경우에는 심플 릴레이가 제한된 자원량만을 사용할 수밖에 없기 때문에 릴레이에 의한 것보다 스케줄러에 의한 개선이 더 큰 것을 알 수 있었다.

Abstract

Simple-relay aided resource allocation (SRARA) schemes are incorporated with throughput guarantee scheduling (TGS) in IEEE 802.16 type time division duplex - orthogonal frequency division multiple access (TDD-OFDMA) downlink in order to enhance service coverage, where the amount of resources for relaying at each relay is limited due to either its available power which is much smaller than base station (BS) power or the overhead required for exchanging feedback information. The performance of SRARA schemes is evaluated with schedulers such as proportional fair (PF) and TGS at 64kbps and 128kbps user throughput requirements when total MS power is set to 500mW or 1 W. For 64kbps throughput requirement level, more

* 연세대학교 전기전자공학(Electrical and Electronic Eng., Yonsei University)

· 제1저자 (First Author) : 변대욱

· 접수일자 : 2006년 9월 10일

improvement comes from relay than scheduler design. For 128kbps case, it comse from scheduler design than relay due to the fact that simple relay can't help using strictly limited amount of resources for relaying function.

Key words : 802.16 TDD-OFDMA, Simple-Relay Aided Resource Allocation (SRARA), Throughput Guarantee Scheduling (TGS)

I. 서 론

최근에 초고속 데이터 전송률을 요구하는 3.5G 및 4G 시스템의 핵심 기술의 하나로 다중 반송파 기반의 OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 전송 기술이 각광받고 있다[1]. 광대역의 RF 채널을 수십, 수백개의 부채널로 분할하여 데이터를 전송하는 OFDM시스템에서 주파수 축의 페이딩 변이를 이용하여, 부채널 별로 채널 스케줄링과 적응적인 변조 및 코딩을 이용해서 보다 높은 수율을 사용자들에게 제공할 수 있다. 특히 셀 외곽의 사용자들에게도 공정한 수율을 제공하기 위한 채널 스케줄러에 대한 연구도 많이 되어 왔으며, 이중 많은 것들은 WPF의 기반으로 발표되었다.

서비스 커버리지는 최소 사용자 수율을 보장하는 범위로 정의할 수 있고, 사용자 QoS는 최소 사용자 수율 보장으로 얻어 질 수 있다.

채널 상황이 좋지 않은 사용자에게도 최소 사용자 수율을 보장하는 알고리즘으로서 TGS (Throughput Guarantee Scheduling)가 제안되었으며[1], 이 알고리즘은 기존의 PF (Proportional Fair) 스케줄링 보다 2-2.5배 큰 커버리지 성능을 보임을 알 수 있다. 여기서 서비스 커버리지는 사용자가 요구하는 최소 사용자 수율의 95%를 보장하는 서비스 영역의 범위로 정의하였다.

한편 셀룰라 네트워크에서 릴레이를 이용해서 커버리지를 향상시키고 보다 공정한 서비스를 제공하기 위한 방법들에 대한 연구들이 진행되고 있다. [2], [3]에서는 이동 다중 홉 릴레이를 이용해 커버리지 홀(hole)이나 기지국이 커버할 수 있는 영역 밖의 사용자들도 서비스를 받을 수 있도록 커버리지를 향상시키는 방법들이 제안되었으며, [4]에서는 릴레이가 추가된 기회적 스케줄링 (opportunistic scheduling)을 이용해 커버리지 향상을 꾀하고 있다.

본 논문에서는 심플 릴레이를 적용한 IEEE 802.16

TDD-OFDMA를 고려하였으며, 단말기 수준의 심플 릴레이로서, 두개 홉까지 만을 고려하였고, 심플 릴레이의 송신전력이 낮아서 릴레이용으로 사용하는 부채널의 수가 제한되는 경우에 실제 여러 가지 스케줄러와 릴레이를 고려한 시스템을 구현하여, 서비스 커버리지가 스케줄러의 종류에 따라 또는 릴레이의 유무에 따라, 릴레이 파워를 부채널에 할당하는 방식에 따라 어떻게 변하는지를 살펴본다.

II. 시스템 개요

2-1 시스템 모델

OFDMA의 부반송파들이 그룹화 되어서 부채널로 정의된다. Duplex 구조로 TDD를 가정하였으므로, 스케줄링에 대한 채널 귀환 주기는 OFDMA 프레임 주기와 같은 주기로 설정하게 된다. TDD 구조에서 채널 스케줄러는 각 사용자들의 부채널의 순간 데이터 최대 전송률을 기반으로 해서 각 부채널에 사용자를 할당하게 된다. 단말사용자들의 각 부채널에 대한 순간 전송률은 랜덤 프로세스가 되며 아래와 같이 표기 한다.

$$\{R_{i,n}(t)\} \quad i=1,\dots,N_U, \quad n=1,\dots,N_S \quad (1)$$

여기에서 N_U 는 섹터 당 단말들의 수, N_S 는 부채널의 수이다. $R_{i,n}(t)$ 는 단말 i 가 시간 t 이고 n 번째 부채널에서 서비스 될 때, n 번째 부채널에서 지원 가능한 순간 데이터 전송률을 나타낸다[1].

2-2 PF (Proportional Fair) 스케줄러

n 번째 부채널에서 스케줄링 될 사용자 i_n^* 는 식 2와 같이 결정된다.

SRARA)

$$i_n^* = \arg \max_i \frac{R_{i,n}(t)}{T_{i,n}(t)} \quad (2)$$

여기에서 $R_{i,n}(t)$ 는 단말 i 의 n 번째 부채널에서 순간 데이터 전송률이고, $T_{i,n}(t)$ 는 평균 수율이다. PF 스케줄러는 사용자의 평균적인 채널 환경에 비해, 순간적인 전파 특성이 향상될 때 채널에 대한 우선권을 부여하는 스케줄러이다.

2-3 TGS (Throughput Guarantee Scheduling)

TGS 스케줄러에 따라 [1], n 번째 부채널에서 스케줄링 되는 단말 i_n^* 는 식 3과 같이 결정된다.

$$i_n^* = \arg \max_i \begin{cases} \frac{R_{i,n}(t)}{T_{i,n}(t)} \cdot (C_{i,n})^{T_i/T_{i,req}}, & T_i < T_{i,req} \\ \frac{R_{i,n}(t)}{T_{i,n}(t)}, & T_i \geq T_{i,req} \end{cases} \quad (3)$$

여기에서 $T_{i,n}(t)$ 는 단말 i 의 n 번째 부채널에서의 평균 수율을 나타낸다. T_i 는 평균 수율을 $T_{i,req}$ 는 단말 i 의 최소 요구 수율이다. $C_{i,n}$ 은 추가 가중치이고 요구조건 보다 낮게 수신된 수율을 갖는 단말들의 추가 가중치가 식 4와 같이 주어진다.

$$C_{i,n} = \frac{\max_j (R_{j,n}(t))}{R_{i,n}(t)} \quad (4)$$

이것은 시스템의 최대 가능 전송률과 사용자의 평균 순간 전송률의 비를 나타낸다. $T_i/T_{i,req}$ 는 단말 i 의 정규화된 수율이다. 만일 사용자의 수율이 요구 수율과 비슷하게 되면, 지수 $T_i/T_{i,req}$ 는 1에 가까워진다.

III. TDD-OFDMA에서 패킷 스케줄러를 갖는

심플 릴레이 협력 자원 할당 시스템

(Simple-Relay Aided Resource Allocation,

3-1 이동 다중 홉 릴레이 디버시티 집합 (Mobile Multihop Relay Diversity Set)

단말은 특정 부채널을 통해 기지국으로부터 직접 데이터 패킷을 수신할 수 있으며, 또한 여러 부채널을 통해 일부는 기지국으로부터 직접 데이터 패킷을 수신하고 일부는 릴레이를 통해 패킷을 수신할 수 있다. 전자를 직접 모드라 하고, 후자를 협력 릴레이 모드라 한다. 단말의 이동 다중 홉 릴레이 (Mobile Multihop Relay, MMR) 디버시티 집합은 릴레이 링크의 지원 가능한 평균 유효 데이터 전송률이 직접 링크의 지원 가능한 평균 데이터 전송률 보다 큰 기지국과 릴레이들의 집합으로 정의한다[3]. 직접 모드에 있는 단말의 MMR 디버시티 집합의 크기는 1이다. 릴레이 모드에서 하나의 단말이 최대 지원 받을 수 있는 릴레이의 수를 N_R^{\max} 라 할 때, 릴레이의 도움을 받는 단말의 수는 N_R^{\max} 만큼의 케환 오버헤드 때문에 $(N_R^{\max} + 1)$ 로 제한될 수 있다. 각 단말의 MMR 디버시티 집합을 결정하기 위해서 기지국은 직접 링크와 릴레이 링크들에 대해 지원 가능한 평균 데이터 전송률을 알아야 한다. 단말들에서 평균 CI 값들은 기지국의 파일럿을 이용해 측정될 수 있다고 가정하였으며, 측정된 값들은 기지국으로 리포트 된다. MMR 디버시티 집합은 초기 세션 셋업이나 핸드오프를 하는 동안에 결정되어야 한다.

3-2 심플 릴레이 협력 자원 할당

각 단말의 MMR 디버시티 집합이 결정되면 기지국 스케줄러는 어느 부채널이 직접 링크로 사용될 것인지 혹은 각 릴레이 협력 모드에서 릴레이 링크로 사용될 것인지를 식 5와 같이 선택한다.

$$RSB_{i,n}(t) = \begin{cases} 0, & \text{if } R_{i,n}^d(t) \geq R_{i,n}^{r,eff}(t) \\ 1, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (5)$$

여기에서 $RSB_{i,n}$ 는 시간 t 에서 단말 i 의 n 번째 부채널에 대한 릴레이 선택 비트 (Relay Selection Bit, RSB)이며, 이 값이 0이면 직접 링크를 뜻하며 1이면 릴레이 링크를 뜻한다. $R_{i,n}^d(t)$ 는 직접 링크의 지원 가능한 순간 데이터 전송률이고, $R_{i,n}^{r,eff}(t)$ 는 식 6과 같이 릴레이 링크의 지원 가능한 유효 순간 데이터 전송률을 뜻한다.

$$R_{i,n}^{r,eff}(t) = \begin{cases} \frac{1}{2} \min(R_{r(i,n),n}^d(t), R_{i,n}^{r(i,n)}(t)) \\ 1 \\ \frac{1}{1/R_{r(i,n),n}^d(t) + 1/R_{i,n}^{r(i,n)}(t)} \end{cases} \quad (6)$$

식 6에서 위의 것은 최악의 링크 적응 (worst-link adaptation)일 때이며 아래 식은 링크 당 적응 (per-link adaptation)일 때의 데이터 전송률이다. 또한 여기에서 $r(i,n)$ 은 식 7과 같이 단말 i 의 n 번째 부채널에 대해 선택된 릴레이를 뜻한다.

$$r(i,n) = \arg \max_{r \neq i, r \in DS_i} R_{i,n}^{r,eff} \quad (7)$$

여기에서 DS_i 는 단말 i 의 MMR 디버시티 집합을 뜻한다. $R_{r(i,n),n}^d(t)$ 는 기지국과 릴레이 $r(i,n)$ 사이의 링크의 지원 가능한 순간 데이터 전송률이고, $R_{i,n}^{r(i,n)}$ 는 릴레이 $r(i,n)$ 와 단말 i 사이에 지원 가능한 순간 데이터 전송률이다.

본 논문에서는 릴레이 전송에 대한 링크 적응 (link adaptation)을 두 종류로 고려한다. 즉, 하나는 최악의 링크 적응 (worst-link adaptation)이고 다른 하나는 링크 당 적응 (per-link adaptation)이다. 최악의 링크 적응에서 링크 적응 레벨은 기지국과 릴레이 사이의 링크와 릴레이와 단말 사이의 링크 중에서 낮은 레벨을 지원하도록 결정되며, 각 링크는 할당된 시간 자원의 절반을 차지한다[4]. 링크 당 적응에서는 각 링크에 대한 링크 적응 레벨이 각 채널의 C/I와 각 링크에 대한 데이터 전송률에 반비례하게 할당된 시간 자원을 이용해서 독립적으로 결정될 수 있다[5]. 각 스케줄링 시간에 지원 가능한 순간 데이터 전송률은 식 8과 같이 결정된다.

$$R_{i,n}(t) = \begin{cases} R_{i,n}^d(t), & \text{if } RSB_{i,n}(t) = 0 \\ R_{i,n}^{r,eff}(t), & \text{if } RSB_{i,n}(t) = 1 \end{cases} \quad (8)$$

모든 $R_{i,n}(t)$ 에 따라, 기지국 스케줄러는 단말이 직접 링크를 사용할 것인지 아니면 릴레이 링크를 사용할 것인지를 결정한다. 또한 PF, TGS[1]와 같은 스케줄링 알고리즘을 사용해서 각 부채널별로 단말의 전송 우선순위를 부여한다. 협력 이동 심플 릴레이 방법에서는 릴레이에서 릴레이를 할 목적으로 N_{SC}^{max} 개의 부채널을 사용할 수 있다. 여러 부채널에 릴레이의 제한된 전송 파워를 나누게 되면 같은 부채널들을 사용하는 인접 셀의 간섭에 의해 필요한 SINR값보다 낮은 SINR을 갖게 되기 때문에 제한된 전송 파워를 사용하는 릴레이는 이용할 수 있는 부채널이 여러개 있다 하더라도 그 부채널들 중에서 몇 개만을 사용할 수 있다. 릴레이에 대해 스케줄된 부채널의 수가 N_{SC}^{max} 보다 클 때, 지원 가능한 가장 큰 데이터 전송률을 갖는 부채널이 선택되며 남은 부채널들은 다른 링크들에 대해 다시 스케줄 되어야 한다.

IV. 성능 평가

4-1 실험 환경

2,048개의 FFT를 갖는 802.16 TDD-OFDMA의 대역 적응적 변조와 코딩 (band AMC) 전송을 고려한다[1],[6]. 주파수 재사용 지수 1을 갖고 셀 반경이 1km인 3섹터 19개의 셀을 가정한다. full-buffer 트래픽을 고려한다. 경로 감쇠 모델은 차량 테스트 환경 모델 (vehicular test environment model)을 가정한다 [7]. 로그 노멀 쉐도잉의 표준 편차는 10dB로 한다. 단기 페이딩 이득은 89.4Hz(42 km/Hr)의 도플러 주파수를 갖는 레일레이 페이딩으로 가정하고 TU (typical urban) 다중 경로 채널 모델을 가정한다 [8]. 기지국 전송 파워는 20W(43dBm)이다. 단말이 릴레이의 역할도 같이 하므로, 단말의 전송 파워에 따라 심플 릴레이의 성능을 확인하기 위해서 단말의 전체 전송 파워는 500mW(27dBm) 혹은 1W(30dBm)로 한

다. N_{SC}^{max} 는 릴레이의 전체 파워 때문에 1 혹은 2가 되며, N_R^{max} 는 복잡도 때문에 1로 설정한다. 온도 잡음 밀도는 -174dBm/Hz로 가정한다. 본 논문에서는 TU 모델과 Exponential effective SIR mapping (EESM) 방법과 같은 좀 더 실제적인 채널 모델을 적용한다. EESM 방법은 각 부채널의 C/I 측정에 대해 적용되며, 링크 적용에 대한 변조와 코딩 방법(modulation and coding scheme, MCS) 레벨과 EESM 방법에 대한 β_{dB} 값들이 표 1에 있다[9].

표 1. 변조와 코딩 방법표
Table 1. Modulation and coding scheme(MCS) table.

MCS	C/I threshold	β_{dB} for EESM	bit/sec/Hz
QPSK, 1/12	-3.0 dB	0.4 dB	0.135
QPSK, 1/6	0.0 dB	0.4 dB	0.269
QPSK, 1/3	3.0 dB	0.4 dB	0.538
QPSK, 1/2	5.0 dB	1.1 dB	0.807
QPSK, 3/4	6.5 dB	2.3 dB	1.211
16-QAM, 1/2	11.0 dB	5.6 dB	1.613
16-QAM, 3/4	14.0 dB	8.1 dB	2.421
64-QAM, 1/2	16.0 dB	10.6 dB	2.421
64-QAM, 2/3	17.5 dB	13.6 dB	3.227
64-QAM, 3/4	19.0 dB	14.3 dB	3.63
64-QAM, 5/6	21.0 dB	15.4 dB	4.035

4-2 실험 결과

요구 수율이 64kbps와 128kbps이고 5%의 아웃티지를 가질 때 기존의 PF와 TGS 스케줄러를 적용하고 릴레이가 없는 경우, 최악의 링크 적응을 갖는 SRARA-W, 링크 당 적응을 갖는 SRARA-P의 성능을 평가하였다. 그림 1과 그림 2는 단말의 전체 전송 파워가 각각 500mW(27dBm)와 1W(30dBm)일 때 요구 수율이 64kbps에서의 서비스 커버리지 결과를 보여준다. 서비스 커버리지는 사용자가 특정 아웃티지를 갖는 최소 수율 레벨로 서비스를 받는 영역으로 정의한다[1]. 지연에 민감하지 않은 데이터 네트워크에서 적절한 평가 기준의 하나인 95% 서비스 커버리지에서[1], PF와 TGS 스케줄러가 적용되고 릴레이가 없는 경우에는 11-14명의 서비스 커버리지를 보인다. PF 스케줄러가 적용된 SRARA 방법은 단말의

전체 파워가 27dBm일 때 13-15명까지를 서비스 할 수 있으며 30dBm일 경우에는 15-17명까지 서비스 할 수 있다. TGS 스케줄러가 적용된 SRARA 방법은 단말의 전체 파워가 27dBm일 때 26-30명까지 서비스를 제공할 수 있으며 30dBm인 경우에는 30-34명까지 제공할 수 있다. 두 개의 부채널에 대해 릴레이의 전체 파워가 똑같이 분배된 경우, 즉 N_{SC}^{max} 가 2일 때의 SRARA 방법의 95% 서비스 커버리지는 N_{SC}^{max} 이 1일 때의 경우보다 1-2명 적다. 그러나, 1W인 경우를 나타내는 그림 2에서는 N_{SC}^{max} 가 2인 경우의 SRARA 방법이 N_{SC}^{max} 가 1인 경우의 SRARA 방법보다 1-4명까지 더 서비스를 할 수 있다. 그러므로 릴레이 파워(500mW)가 상대적으로 적은 경우 하나의 부채널에 전체 파워를 할당하는 릴레이는 두 개의 부채널에 파워를 똑같이 할당하는 릴레이 보다 더 큰 커버리지 개선을 나타낸다. 반면에 상대적으로 높은 파워(1W)를 갖는 경우에는 두 개의 부채널에 파워를 할당하는 릴레이가 더 큰 커버리지 이득을 제공한다.

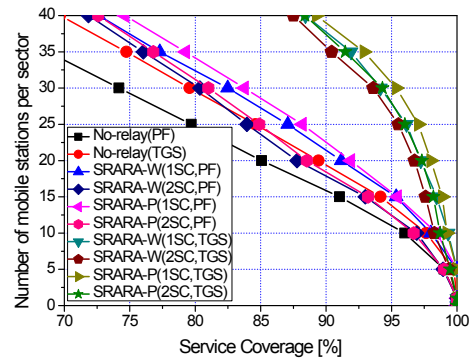


그림 1. 전체 단말 전송 파워가 500mW(27dBm)일 때 요구 수율이 64kbps인 경우의 서비스 커버리지
Fig. 1. Service coverage at 64kbps throughput requirement level when total MS transmit power is set to 500mW(27dBm).

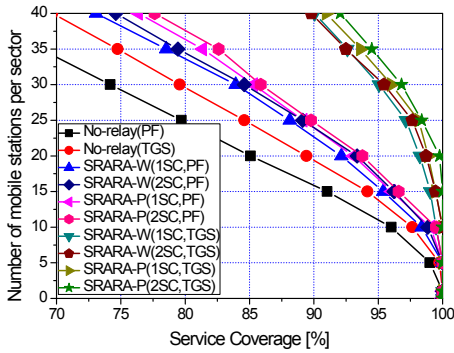


그림 2. 전체 단말 전송 파워가 1W(30dBm)일 때 요구 수율이 64kbps인 경우의 서비스 커버리지
 Fig. 2. Service coverage at 64kbps throughput requirement level when total MS transmit power is set to 1W(30dBm).

그림 3과 그림 4는 단말의 전체 송신 파워가 각각 500mW, 1W일 때, 요구 수율이 128kbps에서 서비스 커버리지 결과를 보여준다. 릴레이가 없고 TGS가 사용된 경우는 PF 스케줄러가 사용된 SRARA 방법보다 더 큰 서비스 커버리지를 보이는 것을 알 수 있다. 그러므로 상대적으로 낮은 레벨(64kbps)에 대해서는 스케줄러 보다는 릴레이에 의한 성능 개선이 더 있다. 즉, PF 혹은 TGS를 사용한 SRARA가 릴레이가 없는 경우보다 성능이 우수하다. 상대적으로 높은 목표 레벨을 갖는 경우에는 심플 릴레이가 목표 수율을 유지할 만큼 충분한 기능을 갖지 못하는 상황에서 엄격히 제한된 자원량을 사용할 수밖에 없기 때문에 릴레이에 의한 성능 개선보다 스케줄러에 의한 성능 개선이 더 크다.

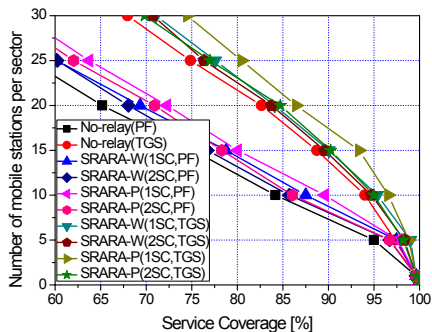


그림 3. 전체 단말 전송 파워가 500mW(27dBm)일 때 요구 수율이 128kbps인 경우의 서비스 커버리지
 Fig. 3. Service coverage at 128kbps throughput requirement level when total MS transmit

power is set to 500mW(27dBm).

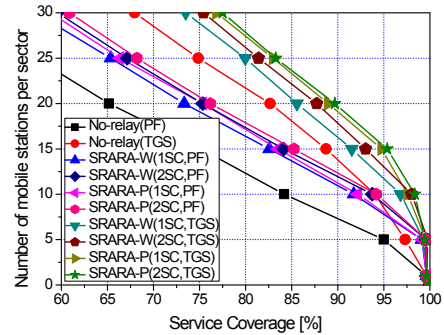


그림 4. 전체 단말 전송 파워가 1W(30dBm)일 때 요구 수율이 128kbps인 경우의 서비스 커버리지
 Fig. 4. Service coverage at 128kbps throughput requirement level when total MS transmit power is set to 1W(30dBm).

V. 결 론

본 논문에서는 심플 이동 릴레이가 포함된 TDD-OFDMA 하향링크에서 SRARA 방법과 채널 스케줄러를 연동함으로써 스케줄러와 릴레이를 어떻게 조합할 때 서비스 커버리지를 개선시키는 것을 살펴보았다. 실험 결과는 릴레이가 500mW의 파워를 가질 경우에 전체 파워를 하나의 부채널에 할당하는 릴레이가 전체 파워를 두 개의 부채널에 똑같이 할당하는 릴레이보다 더 큰 커버리지 개선을 나타내었고, 반면에 릴레이의 전체 파워가 1W인 경우에는 두 개의 부채널에 똑같이 파워를 할당하는 릴레이가 더 큰 이득을 제공하는 것을 알 수 있었다. 즉, 부채널의 수를 적게 사용하는 릴레이가 릴레이의 파워가 작은 레벨로 제한되어 있을 때 더 큰 성능 이득을 제공할 수 있었다. TGS 스케줄러가 동작하고 릴레이가 없는 경우에는 PF 스케줄러가 적용된 SRARA보다 더 큰 서비스 커버리지를 보이는 것을 알 수 있었다. 요구 수율이 64kbps일 때, 스케줄러 보다는 릴레이에 의한 성능 개선이 더 크고 128kbps인 경우에는 심플 릴레이가 제한된 자원량만을 사용할 수밖에 없기 때문에 릴레이에 의한 것보다 스케줄러에 의한 성능 개선이 더 컸다.

감사의 글

변대욱, 기영민, 김동구 ; TDD-OFDMA 하향링크에서의 단순 릴레이를 이용한 자원 할당과 수율 보장 스케줄러를 사용 281
한 서비스 커버리지 향상에 관한 연구

본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의
대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었
음 (IITA-2005-(C1090-0502-0030))

참 고 문 헌

- [1] Young Min Ki and Dong Ku Kim, "Packet Scheduling Algorithm for Throughput Fairness and Coverage Enhancement in TDD-OFDMA Downlink Network," *IEICE Transactions on Communications*, vol. E88-B, no. 11, pp. 4402-4405, Nov. 2005.
- [2] IEEE C802.16j-06/004r1, Recommendations on IEEE 802.16j, May 2006.
- [3] IEEE C802.16j-06/041, Harmonized Definitions and Terminology for Mobile Multihop Relay, May 2006.
- [4] M. Hu, and J. Zhang, "Opportunistic multi-access: multiuser diversity, relay-aided opportunistic scheduling, and traffic-aided smooth admission control," *Mobile Networks and Applications*, vol. 9, pp. 435-444, Aug. 2004.
- [5] Y. Lee, S. Park, S. Yun, Y. Kim, and K. Kim, "Radio Resource Management for Relay-based Cellular Systems with Sectorization," *Wireless World Research Forum (WWRF) 14 Meeting*, San Diego, California, July 2005.
- [6] <http://www.ieee802.org/16>.
- [7] Recommendation ITU-R M.1225, Guideline for Evaluation of Radio Transmission Technologies for IMT-2000, 1997.
- [8] IEEE C802.20-03/79, Channel Models for IEEE 802.20 MBWA System Simulations - Rev 02, Sep. 2003.
- [9] IEEE C802.16e-05/141r3, CINR measurements using the EESM method, April 2005.

변 대 욱 (邊大旭)



2004년 2월 : 경희대학교 전자정보
학부(공학사)
2006년 2월 : 연세대학교 전기전자
공학과(공학석사)
2006년 3월 ~ 현재 : 연세대학교
전기전자공학과 박사과정
관심분야 : 3G, 4G 무선 패킷 스
케줄링, WiBro 휴대인터넷 시스템, 802.16e, 802.16j

기 영 민 (奇榮敏)



2000년 2월 : 연세대학교 기계
전자공학부(공학사)
2002년 2월 : 연세대학교 전기
전자공학과(공학석사)
2002년 3월 ~ 현재 : 연세대학
교 전기전자공학과 박사과정
관심분야 : 무선 자원 관리, 채널
스케줄러, WiBro 휴대인터넷 시스템, cdma2000
1xEV-DO, 802.15.4a WPAN, UWB 위치 추적 기술

김 동 구 (金東九)



1983년 2월 : 한국항공대학교 통신
공학과 졸업(공학사)
1985년 : U.S.C. Dept. of Electrical
Engineering(공학석사)
1992년 : U.S.C. Dept. of Electrical
Engineering(공학박사)
1999년 ~ 2006년 : 연세대학교 공
과대학 전기전자공학과 부교수
2006년 ~ 현재 : 연세대학교 공과대학 전기전자공학과
교수
관심분야 : CDMA 이동통신, 다중접속 기술, 변조 및
채널 부호화 기술, 스케줄링/MAC 기술, 순방향링크
빔성형 기술 및 MIMO 기술, UWB, Binary CDMA