



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년06월15일
(11) 등록번호 10-2122808
(24) 등록일자 2020년06월09일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04B 7/06 (2017.01) H04B 7/04 (2017.01)
H04B 7/08 (2017.01)
(21) 출원번호 10-2014-7025213
(22) 출원일자(국제) 2013년03월12일
심사청구일자 2018년02월01일
(85) 번역문제출일자 2014년09월05일
(65) 공개번호 10-2014-0144184
(43) 공개일자 2014년12월18일
(86) 국제출원번호 PCT/EP2013/054994
(87) 국제공개번호 WO 2013/135692
국제공개일자 2013년09월19일
(30) 우선권주장
12305307.6 2012년03월15일
유럽특허청(EPO)(EP)
(56) 선행기술조사문헌
WO2011065411 A1
(뒷면에 계속)
전체 청구항 수 : 총 9 항

(73) 특허권자
인터디지털 매디슨 페이튼트 홀딩스
프랑스 75017 파리 뒤편 뒤편 콜로넬 몰 3
(72) 발명자
살로니디스, 데오도로스
미국 02141 매사추세츠주 캄브리지 에이퍼티 110
세컨드 에스티. 110
김, 태 현
서울특별시 강남구 역삼로 180
룬드그렌, 헨릭
프랑스 에프-92350 르 벨레쉴스 로뱅송 바띠명
으32 아브뉴 에두아르 에리오 109
(74) 대리인
양영준, 백만기

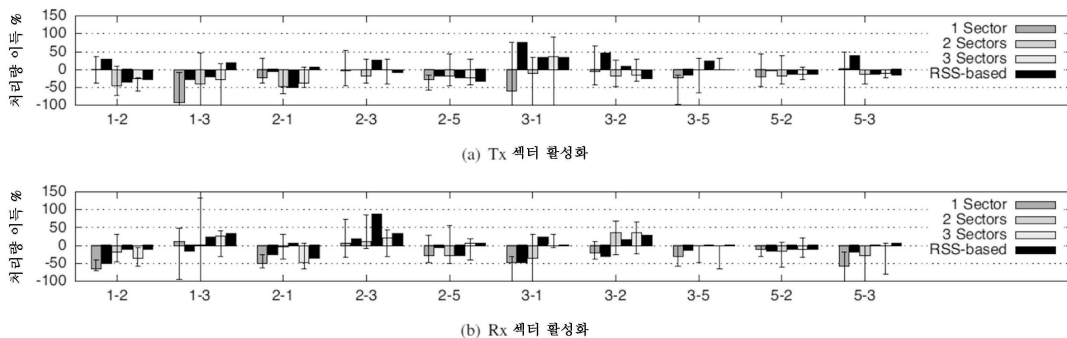
심사관 : 강희곡

(54) 발명의 명칭 다중 섹터 지향성 안테나를 이용한 MIMO 시스템에서 무선 접속을 제어하는 방법, 및 장치

(57) 요약

섹터화된 지향성 안테나를 이용한 MIMO 무선 전송 시스템에서 송신 및/또는 수신에 위한 안테나 세그먼트를 선택하는 방법은 순위가 매겨진 링크 안테나 패턴들의 초기 집합에서, 최고 평균 순위를 갖는 링크 안테나 패턴을 선택하는 단계, 기설정된 시간 간격들에서, 상기 최고 평균 순위까지의 기설정된 거리 내에서 평균 순위들을 갖는 링크 안테나 패턴들의 부분집합을 연속적으로 선택하는 단계, 이전 단계에서 선택된 상기 링크 안테나 패턴들의 평균 링크 성능을 결정하는 단계, 이전 단계에서 상기 평균 링크 성능이 결정된 상기 링크 안테나 패턴들의 평균 순위를 결정하는 단계, 상기 최고 평균 순위를 갖는 링크 안테나 패턴을 선택하는 단계, 및 상기 처리를 다음 기설정된 시간 간격에서 반복하는 단계를 포함한다.

대표도



(56) 선행기술조사문헌
US20080125047 A1
US20060069530 A1
US07853294 B1
KR1020050026701 A
JP2011114556 A

명세서

청구범위

청구항 1

섹터화된(sectorized) 지향성 안테나들을 이용한 MIMO 무선 전송 시스템에서 송신 및/또는 수신을 위한 안테나 세그먼트들(segments)을 선택하는 방법으로서,

순위가 매겨진(ranked) 링크 안테나 패턴들의 초기 집합으로부터, 최고의 평균 순위를 갖는 링크 안테나 패턴을 선택하는 단계 - 상기 링크 안테나 패턴들은 활성화된 안테나 세그먼트들의 상이한 선택들에 해당하고 이들의 평균 링크 성능에 따라 순위가 매겨짐 - ;

기설정된 시간 간격들에서, 상기 최고의 평균 순위까지의 기설정된 거리 내에서 평균 순위들을 갖는 링크 안테나 패턴들의 부분집합을 연속적으로 선택하는 단계;

이전 단계에서 선택된 상기 링크 안테나 패턴들의 평균 링크 성능을 결정하는 단계;

이전 단계에서 상기 평균 링크 성능이 결정된 상기 링크 안테나 패턴들의 평균 순위를 결정하는 단계;

상기 최고의 평균 순위를 갖는 링크 안테나 패턴에 해당하는 송신 및/또는 수신을 위한 안테나 세그먼트들을 선택하는 단계; 및

상기 처리를 다음 기설정된 시간 간격에서 반복하는 단계

를 포함하는 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 부분집합의 일부로 선택되지 않은 상기 링크 성능 패턴들의 평균 순위들은 이전과 동일하게 유지되는 방법.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 링크 안테나 패턴 순위들이 평균되는 시간 기간은 이동 윈도우 시간 기간이거나, 또는 상기 평균 순위는 지수(exponential) 평균으로 결정되는 방법.

청구항 4

제1항에 있어서, 링크 안테나 패턴들의 상이한 부분집합들은 하루 중 소정의 시간 또는 요일에 대해 제공되는 방법.

청구항 5

제1항에 있어서, 송신기와 수신기 사이에 링크가 확립되고, 상기 송신기 또는 상기 수신기는 어느 링크 안테나 패턴을 선택할지를 각자의 수신기 또는 송신기에게 알려주는 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 링크 안테나 패턴들의 부분집합의 일부가 아닌 새로운 링크 안테나 패턴을 선택하고, 링크 성능 측정 및 순위화(ranking)를 수행하는 단계;

상기 링크 안테나 패턴들의 부분집합에서 상기 새로운 링크 안테나 패턴보다 낮은 순위를 갖는 링크 안테나 패턴을 교체하는 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 7

제1항에 있어서, 상기 기설정된 시간 간격들은 상기 최고의 평균 순위를 갖는 링크 안테나 패턴이 얼마나 자주

변화하는지에 따라 동적으로 조정되는 방법.

청구항 8

제1항에 있어서, 상기 기설정된 시간 간격들은 하루 중 시간 및/또는 요일에 따라 동적으로 조정되는 방법.

청구항 9

마이크로프로세서, 프로그램 메모리, 데이터 메모리 및 적어도 두 개의 안테나를 갖고 MIMO 방식으로 동작하도록 구성된 무선 송신기 및/또는 수신기를 포함하는 장치로서,

상기 안테나들은 섹션별(sectional) 지향성 안테나들이고, 상기 프로그램 메모리는 제1항 내지 제8항 중 한 항의 방법을 수행하도록 구성된 프로그램 명령을 유지하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 10

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 MIMO 시스템의 다중 안테나 중 적어도 하나가 두 개 이상의 섹터를 이용하는 지향성 안테나이고, 그 섹터들 중 적어도 하나가 지향성 안테나 방사 특성, 또는 패턴을 얻기 위해 선택적으로 활성화되는 MIMO 시스템에서 무선 접속을 제어하는 방법에 관한 것이다. 본 명세서의 문맥에서, MIMO는 다중 입력 다중 출력(Multiple Input Multiple Output)의 약자이다. MIMO는 일반적으로 송신 및 수신 안테나와 대응하는 신호 전파 경로들의 다중 결합을 제공하는 다중 송수신 안테나를 이용하는 무선 전송과 관련된다. MIMO는 총 송신 전력을 다중 안테나 전체에 걸쳐 분산시킴으로써 다이버시티(diversity) 이득을 통해 링크 신뢰성 향상 및/또는 어레이 이득을 통해 스펙트럼 효율성 향상을 제공할 수 있다.

배경 기술

[0002] 가정 및 기업에 있어서 통합 통신, IPTV, 협업 애플리케이션 방향으로 성장하는 추세, 및 대응하는 고 처리량(throughput) 무선 통신에 대한 수요 증가로, 다중 입력 다중 출력(MIMO)은 미래의 무선 네트워크의 핵심 기술들 중 하나가 되었다. MIMO는 다중 무지향성 안테나를 신호 처리 기술과 결합하여 이용가능한 무선 자원의 차원을 시간, 주파수 및 공간으로 확장한다. 그것은, 많은 표준 프로토콜, 예를 들면, IEEE 802.11n 파트 11에서 채택되어, 스트리밍된 음성 및 고 처리량을 필요로 하는 고선명 비디오 트래픽을 전송하기 위해 폭넓게 배치되었다.

[0003] 오랫동안 관심을 받아온 다른 무선 기술은 지향성 안테나로, 이것은 기설정된 좁은 빔을 이용하여 원하는 수신기를 향해 RF 에너지를 집중시킨다. 이렇게 하면 처리량 이득이 달성되고 간섭이 저감된다. 더욱이, 안테나의 지향성은, 특히 가시선 경로(a line-of-sight path)를 허용하는 실외 환경에서 안테나의 적절한 방위를 용이하게 결정한다. 최근에, 실내 환경에서 지향성 안테나는 가시선 경로의 부재시에도 노드들 사이에 몇 개의 강한 경로를 제공하는 것으로 밝혀졌다.

[0004] MIMO와 지향성 안테나의 결합에 대해서는 N. Razai-Ghods, M. Abdalla 및 S. Salous에 의해 "Characterization of MIMO propagation channels using directional antenna arrays," Proc. IEEE Sarnoff Symp., Princeton, NJ, USA, March 2009에서 논의되었다. 그러나, 그 결과는 지향성 안테나의 고정된 방위를 기초로 하여, 지향성 안테나를 이용한 이익이 기껏해야 미미하다는 결론에 이르렀다.

[0005] C. Hermozilla, R. Feick, R. A. Valenzuela 및 L. Ahumada는 "Improving MIMO capacity with directive antennas for outdoor-indoor scenario," IEEE Trans. Wireless Comm., vol. 8, no. 8, pp.2177-2188, May 2009에서 스캐터링-푸어(scattering-poor) 환경에서 MIMO 및 지향성 안테나를 이용하는 것에 대해 논의한다.

[0006] MIMO 및 지향성 안테나를 이용하는 관련 분야에 있어서, "Demystifying beamforming", (<http://www.nowire.se/produktblad/Ruckus/Beamforming-WP-030909.pdf>), by Ruckus Wireless, Inc., Sunnyvale, CA, USA에서는 다중 안테나의 방위를 결정하기 위해 패킷 에러율을 수집하는 것에 대해 논의된다. 관련 레이트 적응화 알고리즘은 J. C. Bicket에 의해 "Bit-rate selection in wireless networks", PhD

dissertation, MIT, Boston, MA, USA, 2005에서 논의된다.

- [0007] US 2006/0234777 A1에는 다중 섹터를 갖고 이동국으로 데이터를 전송하도록 각 섹터를 서빙하는 두 개 이상의 섹터 송신기를 포함하는 무선 액세스 네트워크가 개시되어 있다.
- [0008] Muhammad Fainan Hanif, Peter J. Smith, Desmond P. Taylor 및 Philippe A. Martin은 "MIMO Cognitive Radios with Antenna Selection", IEEE Trans. Wireless Comm., vol. 10, no. 11, pp. 3688-3699, November 2011에서 안테나 선택을 이용하여 달성가능한 레이트를 향상시키면서 다중 프라이머리 사용자 환경에서 간섭 제약을 공동으로 충족시키는 것에 대해 논의한다.
- [0009] Jun Zhou, John Thompson 및 Ioannis Krikidis는 "Multiple Antennas Selection for Linear Precoding MISO Cognitive Radio", Wireless Communications and Networking Conference, 5 April 2009에서 인지 무선 설정에서 주파수 재사용을 위한 안테나 선택 알고리즘을 논의한다.
- [0010] Anand Prabhu Subramanian, Henrik Lundgren, Theodoros Salonidis 및 Don Towsley는 "Topology Control Protocol Using Sectorized Antennas in Dense 802.11 Wireless Networks"에서 네트워크 간섭을 최소화하고 네트워크 용량을 극대화하는 측정 기반 최적화 프레임워크를 제시한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0011] 본 발명의 목적은 추가 지향성 이득 없이도 MIMO 채널의 구조를 변경시킴으로써 고 처리량 이득을 유지하기에 유리한 방식으로 적어도 하나의 다중 섹터 지향성 안테나를 갖는 MIMO 무선 액세스 포인트를 제어하는 것이다. 다른 목적은 MIMO 환경에서 불안정한 링크 품질 및 링크 처리량을 회피하는 것이다. 본 발명은 안테나의 어느 섹터들이 활성화되는지에 따라 무지향성 방사 안테나만을 이용하는 것과 비교할 때 처리량이 증가하거나 떨어질 수 있고, 증가되거나 떨어진 처리량은 활성화 패턴들의 작은 부분집합에서만 발견된다는 연구결과에 기초한다. 본 명세서에서 활성화 패턴은 안테나의 어느 섹터들이 전송시 활성화인지를 나타낸다. 본 발명은 증가된 처리량을 갖는 활성화 패턴이 대체로 환경에 좌우되고 활성화된 섹터의 수, Tx 또는 Rx 섹터 활성화, 또는 안테나 방위와 연관되지 않는다는 연구결과에 더 기초한다. 본 발명은 다중 섹터 안테나가 사용된 경우 간섭 레벨이 활성화된 섹터의 수에 비례한다는 연구결과에 더 기초한다. 고성능(high performing) 안테나 구성들만 포함하되, 그 중 평균 처리량에 대해 최고 평균 순위(rank)를 갖는 하나의 구성이 선택되는 부분집합을 결정함으로써, 본 발명의 방법은 일단 성능 임계치가 더 이상 충족되지 않으면 임의의 패턴 선택시 발생할 수 있는 것으로서, 열악한 성능을 보이는 섹터 패턴들을 선택하는 것을 피한다. 따라서, 본 발명의 방법은 저성능 안테나 패턴의 선택으로 인한 링크 손실 확률을 줄여준다. 고성능 안테나 섹터 패턴은 기설정된 시간 동안 및 하루 중 상이한 시간 및/또는 여러 요일에 결정된 평균 순위 메트릭(metric)에 따라 결정된다. 본 발명의 방법은 일반적으로 기설정된 성능 임계치 아래로 떨어지는 접속의 경우에 프로빙(probing)에 필요한 시간을 줄여주면서, 기존의 MIMO 무선 액세스 포인트와 비교할 때 임의의 선택된 시간 기간 동안 더 높은 평균 처리량을 제공한다. 추가로, 본 발명의 방법은 실제 구성에 따라 적절한 안테나 패턴 또는 안테나 구성의 선택을 통해 주변에서 동작하는 다른 장치들과의 간섭을 줄여줄 수 있어, 공간 재사용을 증가시킬 수 있다.
- [0012] 앞에서 이미 밝힌 바와 같이, MIMO와 지향성 안테나를 간단히 결합하는 것은 반드시 이익만 내는 것은 아니다. 예를 들면, 실외 환경에서 점대점(point-to-point) MIMO를 고려해 보자. MIMO는 리치 스캐터링(rich scattering) 다중 경로 환경에서 용량 이득을 달성한다. 그러나, 실외 환경은 전형적으로 단일의 강한 가시선 경로를 갖고 있으며, 지향성 안테나는 MIMO 링크의 용량을 감소시킬 것이다. 대조적으로, MIMO 지향성 안테나가 리치 스캐터링 다중 경로를 제공하는 환경, 예를 들어, 실내 환경에서 어떻게 수행하는지가 바로 드러나지 않는다. 한편으로는, 어떤 사람은 지향성 안테나가 그의 좁은 빔으로 인해 축소된 다중 경로 또는 신호 산란 때문에 MIMO 링크의 용량을 감소시킬 수 있다고 주장할 수 있다. 그러나, 다른 한편으로는, 지향성은 전파 경로의 구조를 변경시킬 수 있고, 지향성에 의한 그러한 구조 변경 및 신호 증가는 링크 용량을 향상시킬 수 있다.
- [0013] 본 발명에 따르면, 안테나 선택 유닛은 안테나 시스템의 상이한 안테나 요소를 선택적으로 활성화하여 송신 Tx 및/또는 수신 Rx를 위한 상이한 지향성 안테나 패턴을 생성하도록 구성된다. 다음의 명세서에서, '링크 안테나 패턴'이라는 표현은 두 개의 MIMO 무선 노드들 사이의 무선 링크의 송신기 및 수신기 노드 각각에서의 지향성 안테나 패턴의 Tx-Rx 결합을 말한다. 본 발명에 따르면, 링크 처리량을 극대화하는 링크 안테나 패턴의 집합이

결정되고, 그 링크 안테나 패턴 중에서 링크 성능이 기설정된 임계치 레벨 아래로 떨어지는 경우에 선택이 이루어진다. 링크 성능은 측정된 처리량, 신호대 잡음비, 또는 SNR, 수신 신호 강도, 또는 RSS, 및 패킷 에러율, 또는 PER 등에 비추어 결정될 수 있다. 본 발명에 따르면, 해당 집합의 링크 안테나 패턴들 각각에 대해 하나 이상의 링크 성능 메트릭이 결정될 수 있다. 동작 중에, 소정의 시간 간격을 두고, 또는 무선 링크의 사용량이 낮을 때, 해당 집합으로부터 하나 이상의 링크 안테나 패턴이 선택되고 링크 성능 측정이 수행된다. 링크 성능 측정은 평균 결과를 얻기 위해 소정의 시간 기간 동안 행해진다. 패턴에는 이들의 평균 결과에 따라 순위가 부여되고, 패턴은 이들의 순위에 따라 선택되는데, 즉 최고 평균 순위를 보이는 패턴이 선택된다.

과제의 해결 수단

- [0014] 본 발명의 일 양태에 따른 방법에 따르면, 초기 측정 단계에서, 하나 이상의 안테나에 대한 다중 섹터의 활성화를 포함하여, 모든 안테나에 대한 활성화된 섹터들, 또는 링크 안테나 패턴들의 다수의, 또는 모든 가능한 조합 조합도 연속적으로 설정하는 방식으로 다중 안테나 각각의 섹터들이 선택적으로 활성화된다. 이 단계에서는 각 안테나마다 송신을 위한 다수의 지향성 방사 빔 형태, 및 수신을 위한 지향성 수신 감도 패턴을 연속적으로 설정한다. 개개의 각 장치의 송신 및 수신 패턴은 다를 수 있음에 주목해야 할 것이다. 각 패턴에 대해, MIMO 원리에 따라 유리한 신호 경로를 보일 수 있는 상이한 다이버시티 환경이 생성된다. 또한, 상이한 안테나는 총 송신 전력 중에서 상이한 몫을 공급받을 수 있고, 나아가 다양한 신호 경로에 대해 신호 전파를 다양하게 할 수 있다. 활성화된 안테나 섹터들의 다수의 조합들 각각 및 개개의 안테나에 인가된 송신 전력에 대해, 수신 신호 강도, 처리량, 및/또는 에러율, 또는 더 일반적으로는, 링크 성능이 결정된다. 에러율은 비트 에러율, 패킷 에러율, 및 블록 에러율 등을 포함할 수 있다. 이러한 결정은 사전 정의된 데이터 패킷을 송신하고, 수신된 데이터에 대한 대응하는 정보를 수신기에서 수신함으로써, 또는 어떤 다른 알려진 방식으로 이루어질 수 있다. 이렇게 얻어진 정보는 메모리에 저장되고 링크 안테나 패턴에는 시간이 흐름에 따른 링크 성능의 안정성 및 달성된 각 처리량에 따라 순위가 매겨진다. 순위화(ranking)에 대한 상세 사항은 본 명세서의 아래에서 더 논의될 것이다.
- [0015] 측정은 특정한 안테나 조합의 시간적 안정성에 대한 정보를 설정하기 위해 즉시 또는 장시간 후에 한번 또는 여러 번 반복될 수 있다. 측정은 또한 규칙적인 방식으로 하루 중 시간이나 요일에 좌우되는 다양한 환경 조건 하에서 최대 성능을 제공할 수 있도록 하루 중 상이한 시간이나, 상이한 요일에 반복될 수 있다.
- [0016] 본 발명에 따르면, 기설정된 임계치 이상의 처리량을 제공하는 활성화된 안테나 섹터들, 또는 섹터 패턴들의 조합들은 섹터 패턴들의 집합들로 결합되고, 이 집합들은 사용 중에 언제든지 기설정된 임계치보다 좋은 처리량을 제공하는 적어도 하나의 조합을 제공한다. 동작 중에, 무선 액세스 포인트는 언제든지 최적의 가능한 처리량을 유지하기 위해 짧은 간격들에서도, 예를 들어 몇 초 간격에서도 기설정된 섹터 패턴들의 집합들 중에서 선택할 수 있다. 집합은 하루 중 소정의 시간에 대해, 또는 소정의 요일에 대해 유효할 수 있다.
- [0017] 동작 중에, 링크 안테나 패턴들의 집합 중 모든 링크 안테나 패턴들에 대해, 기설정된 시간의 순간에 평균 링크 성능이 결정된다. 평균 링크 성능은, 예를 들어, 사전 정의된 수의 이전의 순간 링크 성능 값들에 대한 이동 평균이나, 지수(exponential) 평균일 수 있다. 링크 안테나 패턴들은 각각의 기설정된 시간 순간마다 순간 순위를 얻기 위해 평균 링크 성능에 따라 분류된다. 다음에, 각각의 기설정된 시간 순간마다 각 링크 안테나 패턴의 평균 순위가 결정된다. 평균은 기설정된 수의 이전의 순간 순위들에 대한 이동 평균이나, 지수 평균일 수 있다. 일단 평균 순위들이 결정되면, 전송을 위해 현재 최고 평균 순위를 갖는 링크 안테나 패턴이 선택된다.
- [0018] 정상 동작 중에 테스트에 필요한 시간 및 오버헤드를 줄이기 위해, 후속 테스트 및 선택 동작에서, 최고 평균 순위의 소정의 근접 내에서 평균 순위를 갖는 기설정된 수의 링크 안테나 패턴들만 선택되고, 이들의 각 순간 링크 성능 및 대응하는 평균 링크 성능 및 평균 순위가 결정된다. 반복적인 측정 동안 선택되지 않은 패턴들에 대한 평균 순위는 이전과 동일하게 유지된다. 일단 후속 테스트가 행해졌다면, 최고 평균 순위를 갖는 링크 안테나 패턴이 선택된다. 이러한 처리는 기설정된 시간 순간들에서 반복된다.
- [0019] 링크 안테나 패턴들의 집합 내의 링크 안테나 패턴의 수가 클수록, 최고 평균 순위를 갖는 패턴을 찾는 시간이 더 많이 필요하다. 그러나, 가장 높은 링크 성능을 갖는 링크 안테나 패턴을 찾을 확률도 높아진다. 집합 크기는 일단 지속적으로 양호한 평균 순위를 갖는 링크 안테나 패턴들의 안정적인 집합이 찾아지면 줄어들 수 있다.
- [0020] 프로빙이 수행되는 시간 간격뿐 아니라, 프로빙 자체의 지속시간은 최고 평균 순위를 갖는 링크 안테나 패턴이 얼마나 자주 변화하는지에 따라 동적으로 조정될 수 있다. 예를 들면, 실내 시스템에서, 최고 링크 성능을 갖

는 패턴은 전형적으로 작은 시간 스케일로 변화하고, 이는 사람들이 돌아다니는 전형적인 실내 환경에서의 채널 특성을 따른다. 따라서, 채널 변화를 가장 정확하게 추적하기 위해, 시간 간격은 전형적으로 대략 1초인 코히어런스(coherence) 시간보다 상당히 짧아야 한다. 한편, 어떤 사람은 몇 초 또는 수십 초를 선택하여, 덜 정확한 추적을 기꺼이 수용하지만, 시간이 지남에 따른 프로빙 오버헤드를 청산할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0021] 이하에서는, 본 발명이 도면을 참조하여 좀 더 상세히 설명될 것이다.

도 1은 급전 손실(feeding loss)이 없는 다중 섹터 안테나의 예시적인 방사 패턴을 도시한다.

도 2는 본 발명이 사용될 수 있는 예시적인 실내 환경을 나타낸다.

도 3은 장기간 평균과 관련된 SDM 유효 SNR 샘플들의 일부를 예시적으로 도시한다.

도 4는 예시적인 STBC SNR 및 SDM 유효 SNR 대 처리량 관계를 도시한다.

도 5는 활성 섹터들의 다양한 조합들에 대한 처리량 이득을 예시적으로 도시한다.

도 6은 처리량 이득 대 활성 섹터들의 방위를 예시적으로 도시한다.

도 7은 안테나 지향성 이득을 갖는 링크 당 처리량 이득을 예시적으로 도시한다.

도 8은 3 Tx 안테나 패턴 집합에 대한 시간이 지남에 따른 처리량 변화를 예시적으로 도시한다.

도 9는 다양한 안테나 패턴들에 대한 평균 RSS_{diff} 값들을 예시적으로 도시한다.

도 10은 안테나 지향성 이득을 갖는 평균 RSS_{diff} 를 예시적으로 도시한다.

도 11은 선택할 상이한 수들의 링크 안테나 패턴에 대한 처리량 이득을 예시적으로 도시한다.

도 12는 본 발명에 따른 순위화 이용 유무에 따라 시간이 지남에 따른 처리량 이득을 예시적으로 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0022] 본 발명에 따른 예시적인 장치는 적어도 두 개의 다중 섹터(multi-sector) 안테나를 구비하고, 각각은 네 개의 안테나 요소를 갖는다. 일 실시예에서, 안테나 요소는 어떤 지향성 이득(directionality gain)도 제공하지 않는다. 본 장치는 프로세서, 프로그램 정보의 실행 중 프로그램 정보를 저장하도록 구성된 프로그램 메모리, 및 프로그램 정보의 실행 중 데이터를 저장하도록 구성된 데이터 메모리를 더 구비한다. 본 장치는, 예를 들어 프로그램 정보 및/또는 프로그램 정보의 실행 중에 사용된 데이터의 비일시적인 저장을 위해 플래시 메모리 형태 또는 전기적 소거 및 프로그램가능 ROM(EEPROM) 형태의 비휘발성 저장 메모리를 더 구비할 수 있다. 또한 광 또는 자기 스토리지, 및 클라이언트/서버 데이터 스토리지를 포함하여 다른 형태의 비휘발성 저장 메모리도 생각할 수 있다. 본 장치에는, 예를 들어 LAN 또는 호스트 장치에 접속하기 위해 데이터를 수신 및 송신하는 유선 인터페이스가 더 장착될 수 있다. 유선 인터페이스는, 예를 들어, USB 형태, 또는 IEEE 802.3 형태를 가질 수 있다. 또한 다른 형태의 유선 인터페이스도 생각할 수 있다. 지향성 이득은 무지향성(omni-directional) 방사 패턴과 비교하여 한 방향을 향하는 지향성 안테나의 추가 안테나 이득을 나타내는데 사용된다. 예시적인 일 실시예에서, 안테나 요소는 IEEE 802.11n의 5 GHz 대역 내에서 수평면 전체를 커버하는 인쇄 회로 기판, 또는 PCB 상에 인쇄된다. 이하 섹터 활성화 패턴 또는 간단히 섹터 패턴으로 지칭되는 조합으로, 급전망(feeding network)을 통한 송신 또는 수신을 위해 섹터들의 어떤 조합도 활성화될 수 있다. 이는 결과적으로 $2^4 - 1 = 15$ 개의 상이한 활성화 패턴을 초래하고, 그 중 하나는 '네 개의 섹터가 모두 활성화된' 것으로, 이하 옴니 모드(omni-mode)로 지칭되는 무지향성 패턴을 얻는다. 도 1(a) 및 도 1(b)는 각각 하나와 네 개의 활성화된 섹터를 갖는 방사 패턴을 도시한다. 표 1은 각 패턴에 대한 안테나 지향성 이득이 활성화된 섹터의 수와, 두 개의 활성화된 섹터에 대해, 이들이 정반대(2 정반대)인지 인접한(2 인접) 것인지 여부 둘 다에 좌우된다는 것을 보여준다.

| 패턴: | 옴니 | 3 섹터 | 2 인접 | 2 정반대 | 1 섹터 |
|-----------------|-----|-------|------|-------|------|
| 지향성 이득 [dBi] | 2.4 | 3.5 | 4.6 | 5.7 | 6.9 |
| 급전 손실 [dB] | 0 | -1.25 | -3 | -3 | -6 |
| 전체 이득 [dBi] | 2.4 | 2.25 | 1.6 | 2.7 | 0.9 |

[0023]

[0024]

활성화된 섹터가 적은 안테나 패턴일수록 지향성 이득이 더 크다는 것은 쉽게 명백하다. 그러나, 안테나 급전 망은 모든 안테나 패턴이 대략 동일한 피크 이득을 보이도록 하는 급전 손실을 발생하도록 설계되었다. 이와 같은 설계 결정은 다중 홉(multi-hop) 메시망에서 지향성 단말기 문제를 줄일 목적으로 이루어졌다.

[0025]

도 2에 도시된 바와 같이, 전형적인 실험실 공간에서 하나의 층에 예시적인 테스트 셋업(test setup)이 배치되어 있다. 이것은 유리벽으로 분리된 큐비클(cubicles), 부스 및 사무실로 이루어진 전형적인 사무실 환경이다. 다중 섹터 안테나의 유효성으로 인해, 단지 네 개의 노드만 필요하다. 송신 전력, 또는 Tx 전력, 제어에 의해 상이한 토폴로지가 에뮬레이트될 수 있다.

[0026]

본 명세서에 제시된 예시적인 측정 결과는 링크 성능 메트릭으로서 UDP 처리량을 이용하여 얻었다. 다중 섹터 안테나를 갖는 MIMO 링크의 최대 처리량을 측정하기 위해, 많은 수의 활성화 패턴 및 가능한 시간적 변화가 고려될 필요가 있다.

[0027]

송신기 Tx, 및 수신기 Rx가 모두 s개의 섹터 각각의 다중 섹터 안테나를 이용하는 K MCS 데이터 레이트를 갖는 $M \times M$ MIMO 시스템에서, 모든 조합을 테스트하려면 $K \times (2^s - 1)^{2M}$ 번의 처리량 측정이 필요하다. 이것은 예시적인 시스템에서 810,000번의 처리량 측정에 해당하고, 여기서 $M = 2$, $s = 4$ 및 $K = 16$ 이다. 본 발명에 있어서, 이러한 문제는 두 가지 방식으로 해결되었다. 첫째, 각 링크마다 고려된 활성화 패턴의 수는 제한된다. 구체적으로, 섹터 활성화는 Tx 또는 Rx, 즉 송신기 또는 수신기에서 수행되고, 이때 링크의 타단은 옴니 모드에 있다. 현재의 802.11n WLAN에서는, 단지 Tx 빔형성만 액세스 포인트(AP)에서 수행되고 클라이언트는 무지향성 안테나를 갖는다는 것에 주목해야 할 것이다. 더욱이, 활성화 섹터의 수는 각 안테나마다 동일하게 유지된다. 이렇게 하면 고려된 안테나 패턴의 수를 $(2^s - 1)^{2M}$ 에서 $\sum_{x=1}^{s-1} \binom{s}{x}^M$ 로 감소시키는데, 즉 이와 같은

특별한 경우에는 $\sum_{x=1}^3 \binom{4s}{x}^2 = 68$ 이다. 패턴 집합은 Tx 또는 Rx의 선택과 안테나 당 활성화 섹터의 수로 나뉜다. 둘째, 다중 MCS 레이트는 UDP 처리량 대 SNR, 또는 신호대 잡음비, 매핑을 이용하여 해결된다. 대부분의 802.11 무선 장치들에 의해 제공되는 수신 신호 강도, 또는 RSS 외에, 예시적인 셋업에 사용된 하드웨어는 각 수신 패킷에 대한 SNR 정보를 저장한다. 만일 패킷이 SDM 모드에서 인코딩되면, 한 쌍의 SNR 값들(공간적 스트림 당 SNR)이 이용가능하고, 그리고 만일 STBC 모드에서 인코딩되면, 단일 SNR 값이 이용가능하다.

[0028]

예시적인 일련의 측정에서, 하드웨어 특정 SNR 정보는 UDP 처리량에 매핑된다. 각 MCS 레이트의 UDP 처리량은 iperf 및 tdcpcdump 툴을 이용하여 각각의 제한된 패턴 집합을 이용하여 5초 동안 측정된다. 5초 측정의 지속시간은 테스트에 의해 충분한 것으로 확인되었다. 트래픽 부하는 각 MCS 레이트보다 높게 설정된다. SNR 값들은 평균되고 처리량에 매핑된다. SDM 모드 패킷의 경우, 각 SNR 값의 쌍은 처리량에 1 대 1 매핑하기 위해 단일의 유효 SNR에 결합된다. 따라서 유효 SNR은 한 쌍의 SDM 모드 SNR 값들에 대한 단일 대표 SNR이다.

[0029]

전술한 바와 같이, 상이한 활성화 패턴에 대한 측정 결과는 무선 채널의 시간 변화에 의해 영향을 받을 수 있다. 이러한 영향을 정량화하기 위해, 장기간 평균의 ± 6 dB 범위에 속하는 SDM 유효 SNR 샘플들의 비율(fraction)이 측정된다. 도 3은 상이한 δ 에 대한 이들 결과를 도시한다. 밤에는, 샘플들의 10%만 장기간 평균에서, 심지어 200s까지의 시간 간격들에 대해서도 2dB 벗어난다(도 3(a) 참조). 낮에는, 도 3(b) 참조하면, 대략 샘플들의 15%가 20초의 시간 간격들에 대해 2dB 벗어나고, 이것은 사용된 802.11n 장치의 1dB 세밀도(granularity)에 가깝다. 이상치(outliers)의 영향을 더 최소화하기 위해, 별도로 명시되지 않는 한, 모든 측정은 밤에 수행되었으며, 각 활성화 패턴 및 옴니 모드에 대한 처리량이 백투백(back-to-back)으로 측정되었으며, 이들 각각의 차이만 고려되었다.

[0030]

도 4는 예시적인 무선 장치에 대한 평균 처리량 샘플들 및 대응하는 SNR 또는 유효 SNR 값들을 예시적으로 도시한다. 매핑 생성을 위해, 동일한 MCS 레이트를 갖는 처리량 샘플들의 각 집합에는 일반적인 시그모이드 함수

(Sigmoid function)가 적합하다. 소정의 안테나 패턴을 이용하는 링크의 처리량은 STBC SNR 값 및 SDM 유효 SNR 값을 측정하고, 매핑을 이용하여 이들 두 SNR 값들을 처리량들에 매핑하고, 이들 두 처리량 값 중 최대치를 선택함으로써 추정된다.

[0031] 음니 모드 전송 동안 MIMO 섹터 활성화의 처리량 이득을 정량화하기 위해, 이전과 동일한 예시적인 테스트 셋업이 사용된다. 다시, 음니 모드의 SNR은 이전과 동일한 매핑을 이용하여 처리량 이득을 얻기 위해 백투백 방식으로 측정된다. 신뢰성 있는 결과를 얻기 위해, 각 측정은 다섯 번 반복되고 그 결과들은 평균된다. RSS, 활성화된 섹터의 수, Tx 또는 Rx 섹터 활성화, 장치들의 위치, 다양한 섹터 패턴에 대한 지향성 이득 및 시간적 처리량 변화의 영향이 결정된다.

[0032] 도 5는 Tx 및 Rx 섹터 활성화 둘 다를 갖는 안테나 패턴에 대한 처리량 이득을 도시한다. 도 5에서 각 그레이 바(gray bar)는 안테나 당 한 개, 두 개 또는 세 개의 활성화된 섹터에 대한 중간 이득을 보이고; 여러 바들은 최대 및 최소 처리량 이득을 나타낸다. 블랙 바들은 가장 높은 RSS를 갖는 패턴에 대한 처리량 이득을 나타낸다. 대부분의 링크는 안테나 당 2 Rx 섹터를 갖는 링크 1-3에 대해 기껏해야 130% 그리고 모든 링크에 대해 평균 21%로, 음니 모드에 걸쳐 양(positive)의 최대 처리량 이득을 달성한다. 이는 전술한 바와 같이 예시적인 테스트 셋업에서 사용된 다중 섹터 안테나가 음니 모드에 걸쳐 안테나 지향성 이득을 제공하지 못하기 때문에 반직관적(counter-intuitive)으로 보인다. 다중 섹터 안테나는 동일하거나 적은 신호 전력으로 송신 또는 수신하고, 또 Tx와 Rx 사이의 다양한 경로들 중 일부가 억제되기 때문에, 어떤 사람은 양의 처리량 이득을 관찰하는 것은 가능하지 않을 것이라고 주장할 수 있다. 양의 처리량 이득은 각도 영역에서 클러스터된(clustered) 신호 전파에 기인한다. 실내 환경에서 전파 측정은 출발 각도 AoD, 및 도달 각도 AoA가 상관된 신호 클러스터를 형성하는 것을 보여주었다. 더욱이, 단지 2에서 4까지의 클러스터만 수신 신호에 기여한다. 양의 처리량 이득을 달성하는 안테나 패턴들은 이들 주요 신호 클러스터와 위상이 정렬되어, 음의 이득을 피하지만, 안테나 입력에서 신호 상관성을 유도하는 다른 클러스터들과 정렬이 안된다. 이와 같은 정렬 불량은 수신 신호 상관성을 저감시켜, MIMO 채널 매트릭스가 비상관된 것으로 보이게 한다. 그러므로, 지향성 이득이 없는 섹터 활성화는 MIMO 채널을 구조적으로 변경시킴으로써 처리량 이득을 생성할 수 있다. 높은 양의 최대 처리량 이득의 가능성에도 불구하고, 도 5는 대부분의 링크가 음(negative)의 중간 처리량 이득인, 평균적으로 -9.3%를 달성하고, 최소 이득은, 예를 들어 안테나 당 2 Rx 섹터의 링크 1-3에 대해, -100%만큼 낮게 될 수 있다는 것을 또한 보여준다. 따라서, 절반 이하의 안테나 패턴은 양의 이득을 제공하고 만일 섹터 활성화 패턴이 신중하게 선택되지 않는다면, 처리량 성능에 높은 페널티라는 결과를 초래할 수 있다. 도 5에 나타난 측정 결과는 최대 처리량 이득이 활성화된 섹터의 수나 Tx 또는 Rx 활성화의 사용 여부에 좌우되지 않는다는 것을 분명히 보여준다.

[0033] 도 5에서 대부분의 노드 쌍들(x, y)의 경우, Tx 활성화를 갖는 링크 x-y의 성능은 Rx 활성화를 갖는 상호(reciprocal) 링크 y-x의 성능과 근본적으로 다를 수 있다. 따라서, 일반적인 링크들은 대칭적이지 않고 링크 상호성은 측정 오버헤드를 줄이는데 활용될 수 없다. 이는 도 5(a) 및 도 5(b)에서 각각 Tx 및 Rx 활성화 둘 다에 대해서도 마찬가지다. 따라서, 안테나 지향성 이득이 없다면, RSS는 충분한 정확도를 갖고 처리량 이득을 예측할 수 없다.

[0034] 도 5는 또한 동일 위치의 링크들이 근본적으로 상이한 성능을 보인다는 것을 보여준다. 예를 들어, 노드 2를 공유하는 링크들 2-3 및 5-2를 고려해 보자. 링크 2-3은 Tx 및 Rx 활성화 둘 다에 대해 양의 최대 처리량 이득, Rx 활성화에 대해 양의 중간 처리량 이득을 달성하고, RSS 기반 처리량 이득은 Rx 활성화에 대한 최대 처리량 이득에 가깝다. 대조적으로, 링크 5-2는 Tx 활성화에 대해서만 양의 최대 처리량 이득을 달성하고, 음의 중간 처리량 이득을 가지며, RSS 기반 처리량 이득들은 모두 중간 처리량 이득에 가깝다. 전술한 관찰에 따라, 처리량 이득들은 "임의적"인 것으로 보인다. 그러나, 본 발명자들은 그것이 신호 산란 측면에서 "임의적"이고, 섹터 활성화가 주변 환경에 크게 좌우되는 MIMO 채널들의 구조를 변경시킨다는 것을 알게 되었다. $M \times N$ MIMO 채널에서 Tx와 Rx 안테나 신호들 사이의 관계는 $y = Y \cdot Hx$ 이고 여기서 x는 $1 \times M$ 입력 벡터, 또는 Tx 심볼 벡터이고, Y는 스칼라 경로 손실 기반 채널 이득이고, H는 $M \times N$ MIMO 채널 매트릭스이고, 그리고 y는 $1 \times N$ 출력 벡터, 또는 Rx 심볼 벡터이다. RSS가 처리량 이득의 좋은 지표가 아니라는 이전의 관찰은 처리량 이득에 대한 주요 기여 인자(contributor)가 스칼라 이득 Y 라기보다 MIMO 채널 매트릭스 H의 구조임을 의미한다.

[0035] 기존의 연구는 H의 구조가 링크의 주변 환경 및 결과적인 경로에 크게 좌우된다고 밝혔다. 특히 실내 환경에서, 각 링크에 대한 주변 환경은 현저히 다르고 활성화 패턴들 전체에 걸쳐 상이한 처리량 이득 특성을 초래한다.

- [0036] 전술한 바와 같이, 안테나 지향성 이득은 옴니 모드에서 송신 전력을 감소시킴으로써 생성될 수 있다. 예시적인 테스트 셋업에서 사용된 네트워크 인터페이스 카드, 또는 NIC는 활성 섹터의 수가 하나 또는 두 개인 경우 다중 섹터 안테나의 급전 손실의 보상을 가능하게 하는 3dB 단위의 송신 전력 제어를 지원한다. 세 개의 활성 섹터들에 대한 급전 손실이 1.25dB이기 때문에, 3개의 활성 섹터를 갖는 패턴 집합들은 이하에서 고려되지 않는다.
- [0037] 도 6은 링크의 타단을 향하는 활성화된 섹터들의 지리적 방향에 의해 분류된 안테나 패턴 방위들의 함수로서, 모든 링크들에 대한 평균 처리량 이득을 도시한다. TX1 및 TX3은 각각 1 Tx 및 3 Tx 섹터 활성화 패턴들을 나타낸다. RX1 및 RX3은 Rx 활성화에 해당한다. F, L, R 및 B는 각각 전방, 좌측, 우측 및 후방 방위를 나타낸다. 예를 들면, TX1(또는 TX3)의 F/F에 있어서, 2-안테나 MIMO 시스템에서 두 안테나는 수신기를 향하는 활성 Tx 섹터들을 갖는다. 노드 당 단일의 섹터화된 안테나를 갖는 경우와 달리, 지리적 관계는 다시 활성 섹터의 수 및 Rx 또는 Tx 활성화와 관계없이 처리량 이득과 상관되지 않는다.
- [0038] 도 7은 안테나 지향성 이득을 갖는 링크 당 처리량 이득을 도시한다. 최대 및 중간 처리량 이득은 각각 71% 및 14%이다. 섹터 활성화 패턴 집합을 신중하게 선택함에 따라, 1-2 및 3-2와 같은 일부 링크는 100%를 초과하는 최대 이득을 보인다. 또한, 링크 1-3, 2-3 및 3-2에 대한 중간 이득은 50%를 초과한다. 전체적으로, 중간 이득은 80개 중 11개의 패턴 집합에서 양이고, 이는 각 패턴 집합에서 활성화 패턴들의 절반 초과가 옴니 모드보다 높은 처리량을 제공할 가능성이 있음을 의미한다. 그러므로, 에플레이트된 지향성 이득은 MIMO에서도 γ 로 나타낸 Rx 신호 레벨을 증가시킨다. 이와 같은 효과는 이전에 단일 안테나 시스템에 대해서만 확인되었다.
- [0039] 도 7에서, 활성화된 섹터의 수는 처리량 이득에 많이 영향을 미치지 않는다. 모두 10개의 링크에 대해, 5개의 링크는 Tx 또는 Rx 활성화와 관계없이 1 및 2 활성화 둘 다에 대해 경쟁적인 처리량 이득을 보인다. 지향성 이득이 없는 경우와 유사하게, 도 7은 또한 다양한 링크 위치 및 상호 구성에 대한 처리량 이득이 임의적으로 나타난다는 것을 보여준다. 지리적 관계는 처리량 이득에 대한 어떤 표시도 제공하지 않는다(그래프 미도시). 다시, 이러한 관찰은 주변 환경들 사이의 차이의 결과로 해석될 수 있다.
- [0040] 도 5에서와 같이, 도 7의 블랙 바들은 RSS 기반 처리량 이득을 나타낸다. RSS 기반 활성화는 40개 중 34개의 패턴 집합에서 중간값보다 높은 처리량을 초래한다. 더욱이, 10개의 패턴 집합은 최대 처리량 이득의 10% 내에 있다. 따라서, 실내 환경의 임의의 주변 환경에도 불구하고, RSS 값들은 안테나 지향성 이득이 존재할 때 처리량 이득을 성공적으로 나타내는 것으로 결론짓는다.
- [0041] RSS는 안테나 지향성이 존재하는 경우 처리량 이득에 대한 좋은 메트릭이 될 수 있다는 것을 알게 되었기 때문에, 패턴 집합에 있는 모든 패턴들의 RSS를 조사(probe)하는 것이 여전히 필요할 수 있다. 이는 앞에서 고려된 다른 공간적 기준이 어떤 상관성도 보이지 않았기 때문에 예상될 것이다. 그러나, 본 발명자들은 시간적 특성을 이용함으로써, 모든 패턴을 조사하는 것이 항상 필요한 것은 아니라는 것을 알게 되었다.
- [0042] 예시적인 테스트에서, 후속 옴니 모드 측정 없이, 1 Tx, 1 Rx, 3 Tx 및 3 Rx 활성화 패턴 집합에 있는 패턴들로부터 활성화 패턴에 대한 SNR 측정이 수행되었다. 안테나 지향성 이득이 없는 링크들 2-1, 2-3 및 2-5가 고려된다. 각 집합에 대한 모든 패턴들이 조사되었고, 이 프로빙(probing)은 13:30부터 17:30까지 4 시간에 걸쳐 40번 반복되었다. 그 다음, 앞에서 더 논의된 매핑을 이용하여 처리량이 얻어졌다.
- [0043] 섹터 활성화를 통한 처리량의 시간적 변화가 도 8에 예시되어 있다. 주어진 시간 동안 모든 패턴들에 대해 최대치(Max)가 얻어졌고, 시간이 지남에 따른 최대 처리량 중 첫 번째(제1)와 두 번째(제2)로 가장 큰 수치를 보이는 패턴들의 처리량이 시간이 지남에 따라 추적된다. 볼드 라인은 "Max"로 표시된, 3 Tx 섹터 활성화의 모든 패턴들로부터의 것들 중 최대 처리량의 변화이다. 패턴이 최대 처리량을 제공하는 횟수를 카운트함으로써, 최대치를 가장 자주 달성하는 "1st" 및 "2nd"로 표시된 두 패턴이 시간이 지남에 따라 선택 및 추적되었다. 두 개의 서브 도면은 두 가지 극단적인 추이를 증명한다. 도 8(a)에서, 1st 및 2nd는 40회 중 38번, 즉 대부분의 시간 최대 처리량과 일치한다. 그러나, 도 8(b)에서, 최대 처리량과 1st 및 2nd 순위의 활성화 패턴들의 처리량 사이에는 대부분의 시간에서 갭이 존재한다. 두 패턴은 최대 처리량의 40%만 커버한다. 이러한 경우에도, 대략 45분에 해당하는 시간 지수 16 내지 24 사이의 시간 간격 동안, 1st 또는 2nd 패턴은 최대 처리량에 가깝게 달성된다.
- [0044] 패턴들이 시간이 지남에 따라 최대 처리량을 얼마나 달성하는지를 더 보기 위해, 패턴이 최대 처리량을 몇 번이나 달성하는지가 기록되었다. 다음에, 시간의 90% 및 95% 동안 최대 처리량을 함께 커버하는 가장 작은 부분집합의 패턴들이 식별되고, 표 2에 요약되어 있다.

| | 송신기측 | | | | 수신기측 | | | |
|--------|------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|
| | 1 섹터 | | 3 섹터 | | 1 섹터 | | 3 섹터 | |
| | 90% | 95% | 90% | 95% | 90% | 95% | 90% | 95% |
| 링크 2-1 | 6 | 8 | 9 | 10 | 4 | 6 | 8 | 9 |
| 링크 2-3 | 5 | 6 | 2 | 2 | 5 | 6 | 9 | 10 |
| 링크 2-5 | 3 | 4 | 3 | 4 | 3 | 5 | 8 | 10 |

표 2: 시간의 90% 또는 95% 동안 가장 큰 처리량을 갖는 패턴을 포함하는 가장 작은 수의 섹터 패턴들

평균적으로, 시간의 90% 초과 및 95% 동안 최대 처리량을 달성하기 위해 각각 16개 중 5.4 및 6.3 패턴들이 고려될 필요가 있다. 두 가지 관찰이 이루어졌는데, 첫째, 도 8에서 두 가지 극단적인 경우는 최대 처리량을 달성하기 위해 몇 개의 패턴만이 고려될 가치가 있다는 것을 보여준다. 둘째, 도 8(a)로부터, 처리량은 몇 개의 패턴이 여전히 최대 처리량을 제공하는 동안 변화할 수 있다. 그것은 최대 처리량을 제공하는 패턴들의 안정성은 실내 환경에서 주변 환경의 요소들의 고정된 특성에 기인해야 하는 것으로 추론된다. 반대로, 도 8(b)에 도시된 작은 시간 스케일에서 비교적 빠른 처리량 변화는 사람들이 돌아다니는 것에 기인해야 할 것이다.

다음 섹션에서는 간섭 저감 및 공간 재사용이 조사된다. 이전처럼 순차적인 링크 활성화의 유사한 실험 방법을 이용하여, Tx 활성화 집합들에 있는 각 패턴마다 SNR 및 RSS가 측정되고, 바로 다음에 옴니 모드 측정이 행해진다. 차이값 $RSS_{diff} = RSS_x - RSS_{omni}$ 는 간섭 메트릭으로 사용된다. 음의 값은 섹터 활성화 패턴 x가 옴니 모드와 비교하여 간섭을 저감하고 공간 재사용을 증가시킨다는 것을 의미한다. 안정적이면서 고정 환경을 갖기 위해, 모든 측정은 밤에 수행되고, 그 결과는 다섯 번 반복한 것의 평균이다. 전술한 실험은 안테나 지향성 이득의 부재 및 존재 둘 다에 대해 수행된다.

도 9(a)는 안테나 지향성 이득이 없는, 각 링크의 주변에서 옴니 모드에 걸친 평균 RSS_{diff} 를 도시한다. 예를 들면, "링크 1-2, 1 섹터" 포인트의 경우, 평균은 링크 1-2의 모든 1 섹터 활성화에 대해 얻은 모든 링크 1-3 및 1-4의 RSS_{diff} 값들을 포함한다. RSS_{diff} 값들은 활성 섹터의 수가 감소할수록 감소한다. 섹터화된 안테나 당 1 Tx 섹터에서, 옴니 모드에 걸친 간섭은 최대치(링크 2-1)에서 12dB 그리고 평균적으로(링크 2-5) 8dB까지 저감될 수 있다. 비록 섹터 활성화가 간섭 레벨을 저감하지만, 섹터 활성화는 반드시 처리량 이득을 증가시키지는 않을 수 있다.

도 9(b)는 처리량 이득이 낮아지는 순서로 모든 안테나 패턴들에 걸친 RSS_{diff} 값들을 도시한다. 각 링크마다, 패턴들은 먼저 낮아지는 처리량 이득에 따라 분류된 다음 동일한 순위를 갖는 RSS_{diff} 값들이 평균된다. 각각의 활성화된 섹터의 수에 대해, RSS_{diff} 값들은 처리량 이득에 관련되지 않는다는 것이 관찰될 수 있다. 특히 가장 높은 처리량 이득의 경우, 이들은 일정하게 유지된다. 따라서, 활성화된 섹터의 수를 선택함으로써, 1 Tx 섹터 활성화 패턴이 고려될 때 최소가 되는 일정한 간섭 레벨을 조건으로 처리량 이득을 극대화하는 것이 가능하다. 요약하면, 안테나 지향성 이득이 없는 간섭 레벨은 활성화된 섹터의 수에 비례하고 최대 처리량 이득과 거의 상관성이 없다.

도 10은 안테나 지향성이 존재할 때 각 링크의 주변에서 옴니 모드에 걸친 평균 RSS_{diff} 를 도시한다. 안테나 지향성 이득이 없는 경우(도 9(a)의 논의 참조)와 대조적으로, 모든 링크 및 Tx 섹터 활성화 집합들에 걸쳐, 평균 RSS_{diff} 는 기껏해야 3dB이고, 옴니 모드의 7dB 범위 내에 있다. 평균 3dB 간섭 저감은 너무 낮아 802.11n 캐리어 감지를 불가능하게 할 수 있고 그럼으로써 공간 재사용을 증가시킬 수 있다. 또한, 간섭 저감은 활성화된 섹터의 수에 좌우되지 않는다. 비록 2 섹터 활성화가 단일 섹터 활성화보다 2.3dB 적은 안테나 지향성 이득을 갖지만(표 1 참조), 그의 각도 커버리지는 단일 활성화된 섹터의 두 배이다. 또한, MIMO 시스템에서 다중 안테나의 사용은 수신기가 더 많은 신호 경로를 포착하고 따라서 단일 안테나 수신기보다 강한 신호를 수신하는 기회를 더 많이 제공한다. 따라서, 안테나 지향성이 존재하면, 간섭 저감은 작고 활성 섹터의 수에 좌우되지 않는다.

전술한 연구결과에 따라, 두 가지 구현, 즉 (1) MIMO가 처리량 이득 및 공간 재사용을 활용하기 위한 지향성 이득이 없는 다중 섹터 안테나 및 (2) MIMO가 처리량 이득을 증가시키기 위한 지향성 이득을 갖는 다중 섹터 안테나가 고려될 수 있다.

- [0053] 구현 (1)은 처리량 이득 외에 공간 재사용을 활용하여 네트워크 대역폭 성능을 향상시킬 수 있다. 그러나, 공간 재사용은 상이한 링크들 사이에 조정 기구를 필요로 하는 히든(hidden) 단말기를 회생시킨다. 더욱이, 앞에서 더 논의된 바와 같이, SNR 정보를 실제 하드웨어에서 구할 수 없는 경우 크거나 양의 처리량 이득을 갖는 패턴을 찾는 방법은 여전히 명확하지 않다.
- [0054] 구현 (2)는 적당한 공간 재사용을 동반하지만, 더 높은 처리량 이득과 더 간단한 프로토콜 설계를 제공한다. 그것은 섹터 활성화를 위해 상이한 링크들 사이에 조정을 필요로 하지 않는다. 더욱이, RSS도 양호한 활성화 패턴을 찾는데 사용될 수 있어, IEEE 802.11n과의 역방향 호환성을 제공한다.
- [0055] 다음의 섹션에서는, 본 발명에 따른 섹터를 자동으로 선택 및 활성화하는 방법이 제시될 것이다. 본 발명의 방법은 이전 단락에서 제시된 구현 (2)에 기초한다. 본질적으로, 본 발명의 방법은 다음과 같은 단계들을 포함한다.
- [0056] - 먼저, 정상 또는 정규 동작 전에, P로 나타난 후보 활성화 패턴 집합이 선택된다. 또한, 패턴의 품질을 추정하는 메트릭도 선택된다. 후보 메트릭은 예를 들어 SNR 및 RSS와 같은 명시적 피드백 기반 메트릭, 및 일반적인 패킷 전송에 의해 측정되는 패킷 에러율(PER)과 같은 비명시적 피드백 기반 메트릭이다. 다음에, P에서 모든 패턴들은 조사되고 순위가 매겨진다. 일단 초기 설정이 수행되면, 정상 동작 중에, 다음과 같은 단계들이 실행된다.
- [0057] - 시간이 지남에 따른 메트릭 이력에 기초하여 P로부터 N개의 패턴이 선택된다.
- [0058] - N개의 패턴을 조사하여 T 시간 간격 동안 메트릭 값들을 얻는다.
- [0059] - 일단 N개의 패턴이 조사되면, 이들의 평균 메트릭 값들에 기초하여 모든 패턴이 분류된 다음 최고 평균 순위를 갖는 패턴이 선택된다.
- [0060] 초기 단계는 양호한 초기 상태에서 시작하는 것을 가능하게 하고 양호한 부분집합으로 수렴하는 시간을 단축시킨다. 정상 동작 동안 수행되는 전술한 단계들은 가능한 여러 번 최대 처리량 패턴을 포함할 P의 부분집합을 찾는 것을 목표로 한다. 이들 단계는 짧은 시간 동안 부분집합을 평가 및 선택하고, 처리량에 비추어 그 부분집합을 점진적으로 개선(refine)한다. 이는, 예를 들어, 지금까지 수집된 값들의 메트릭 평균, 예를 들어, SNR, RSS 또는 PER을 얻음으로써 행해진다. 그러나, 즉각적인 측정 결과를 이용하기보다, 시간이 지남에 따라 평균된 메트릭 값들이 사용되지만, 부분집합은 결국 시간 평균된 순위에 기초하여 선택된다. 이러한 방식으로, 본 발명의 방법은 메트릭의 실제 값들에 역점을 두지 않고, 조사 중에 있는 패턴들의 순서를 저울질한다. 프로빙은 선택된 부분집합 N의 섹터들로 한정된다. 마지막으로, 최적의 패턴이 선택된다. 순위는 시간이 지남에 따라 평균된 링크 성능을 측정함으로써 결정되지만, 선택은 평균된 순위에 따라 행해진다.
- [0061] 본 발명에 따르면, 세 개의 파라미터 P, T, 및 N이 결정될 필요가 있다. P는 전체 패턴 집합 중 어떤 부분집합이라도 될 수 있다. 예를 들면, P는 총 16개인, 단일 활성 섹터를 갖는 Tx 활성화로부터의 패턴들의 집합일 수 있다. 그러나, 이것은 이러한 종류의 패턴으로 한정되지 않는다. 집합이 클수록, 조사를 위한 양호한 부분집합을 찾는 것은 더욱 도전적이라는 점에 주목해야 할 것이다. 동시에, 더 많은 처리량 이득이 예상될 수 있다. 일단 큰 후보 집합이 결정되면, 시간 평균된 순위를 활용하여 집합 크기를 줄여, 조사 횟수를 줄일 것이다. T의 선택은 P에서 가장 높은 처리량을 갖는 패턴이 얼마나 자주 변화하는지에 좌우된다. 더욱이, 그것은 또한 채널 변화가 시간이 지남에 따라 얼마나 정확하게 추적되는지에 좌우된다. 앞에서 더 논의된 바와 같이, 가장 높은 처리량을 갖는 패턴은 작은 시간 스케일로 변화하고, 이는 전형적인 실내 환경에서의 채널 특성을 따른다. 따라서, 채널 변화를 가장 정확하게 추적하기 위해, T는 전형적으로 대략 1초인 코히어런스 시간보다 상당히 짧아야 한다. 한편, 어떤 사람은 수초 또는 수십 초의 T를 선택하여, 덜 정확한 추적을 기꺼이 수용하지만, 시간이 지남에 따라 프로빙 오버헤드를 줄일 수 있다.
- [0062] 선택된 T 및 N의 경우, N이 결정되면 추가 프로빙 오버헤드의 양이 고려되어야 한다. 오버헤드 양은 사용된 물리적 또는 MAC 프로토콜에 매우 특정하기 때문에, 그것은 실제 구현에 좌우된다. 예를 들면, 프로빙 동작은 추가 패킷 교환 동작으로서 또는 기존의 일반적인 패킷 전송 스케줄에 피기백된(piggybacked) 것으로서 실제 프로토콜에 통합될 수 있다. 그 후, N은 프로빙 오버헤드로 인해 처리량 이득이 처리량 손실을 증가하도록 선택될 수 있다.
- [0063] Tx 섹터 활성화를 위한 패턴들은 P라고 한다. 평가를 위해, 모든 P에 대한 SNR 및 RSS가 수집되고, 공정한 비교를 위해 수집된 데이터 집합에 대해 순위화가 수행된다. 이러한 데이터 집합을 수집하기 위해, 소정의 패턴

과 음니 모드에 둘 다에 대해 백투백 방식으로 동일한 SNR 측정이 수행된다. 이러한 측정은 충분한 횟수 동안, 예를 들어 40회 반복되고, 하루 중 다양한 시간, 및 여러 요일에 대해 반복된다. 측정은 모든 링크에 대해 반복된다. 도 11은 선택할 상이한 수들의 링크 안테나 패턴들에 대한 처리량 이득을 예시적으로 도시한다.

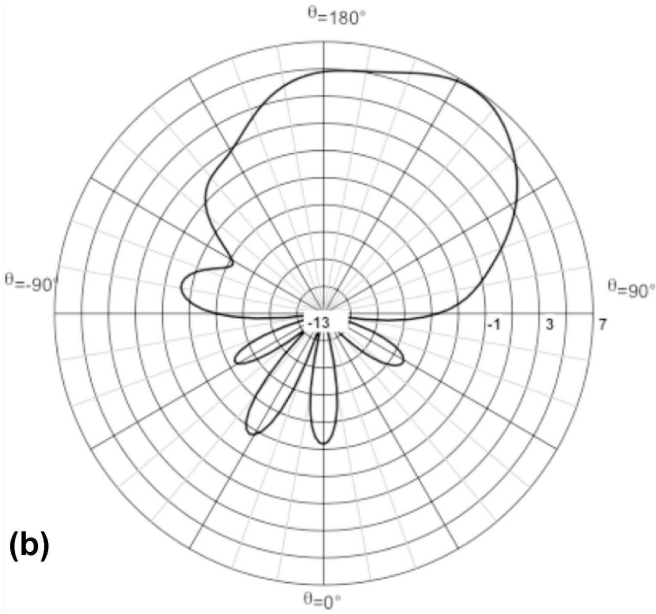
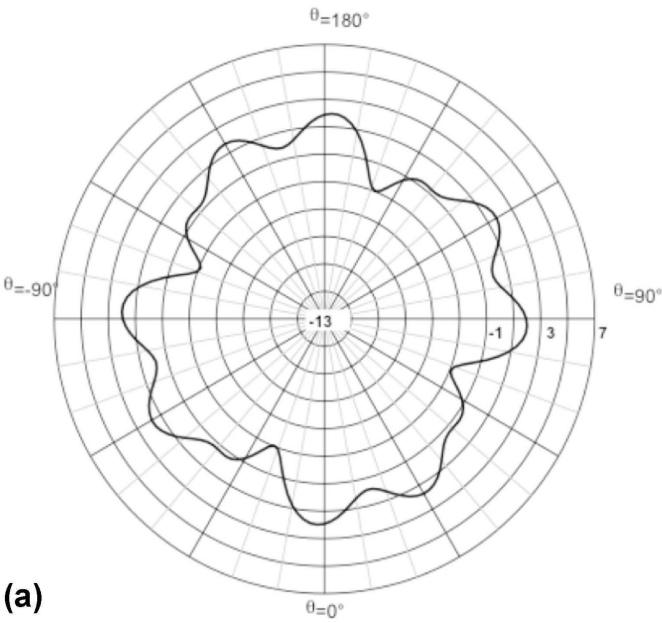
[0064] 도 12는 $N = 8$ 의 경우 모든 링크에 걸쳐 시간이 지남에 따라 평균된 처리량 이득을 도시한다. 두 메트릭, 즉 도 12(a) 및 도 12(b)에서 각각 SNR 및 RSS가 고려된다. 도면에서, "Max"는 매 시간마다 가장 큰 메트릭 값을 갖는 패턴이 선택된 경우의 처리량 이득이다. "w/ Rank"는 부분집합 선택을 위한 패턴들의 순위를 이용하는 것에 해당하고, "w/o Rank"는 단순히 SNR 또는 RSS 값들의 시간 평균을 이용하는 것에 해당한다. 도 12(a)와 도 12(b) 모두로부터, 본 발명의 방법은 양의 처리량 이득을 제공하는 활성화 패턴들을 성공적으로 선택한다는 것이 명백하다. 특히, SNR을 이용한 순위 기반 선택은 50% 초과와 이득을 제공하는 한편 고려 중인 패턴 수가 절반으로 줄어드는 경우에도 최대치는 62%이다. 본 발명의 방법이 RSS에 따라 선택하면, 최대 이득은 23%이고, 이는 SNR에 따른 선택보다 훨씬 작다. 따라서, SNR를 사용하는 것이 유리하다. 비록 두 변형예가 N 이 증가함에 따라 최대치에 근접하지만, 순위 기반 선택의 첨도(steeptness)는 시간 평균 기반보다 훨씬 더 뾰족하다. 이는 다시 장기적으로 채널이 자주 변경되지만, 소수의 패턴이 최대치에 가까운 처리량 이득을 달성하는데 계속해서 성공한다는 것을 보여준다.

[0065] 도 12는 본 발명의 방법이 특정 링크 2-3에서 $N = 8$ 일 때 시간이 지남에 따라 가장 높은 처리량을 갖는 패턴을 얼마나 잘 추적하는지를 보여준다. SNR을 이용하면, 순위 기반 선택은 거의 항상 가장 높은 처리량을 갖는 패턴을 성공적으로 찾는다. 그러나, 시간 평균 기반 선택은 SNR을 이용해도 성능이 비교적 열악하다. SNR의 경우 16개 패턴 중 8개가 조사되기 때문에, 열악한 성능은 원시(raw) 시간 평균 기반 선택이 채널들의 작은 시간 스케일 변화에 의해 더 많이 영향을 받고, 양호한 패턴들의 부분집합의 장기간 고정에 의해서는 덜 영향을 받는다는 것을 보여준다.

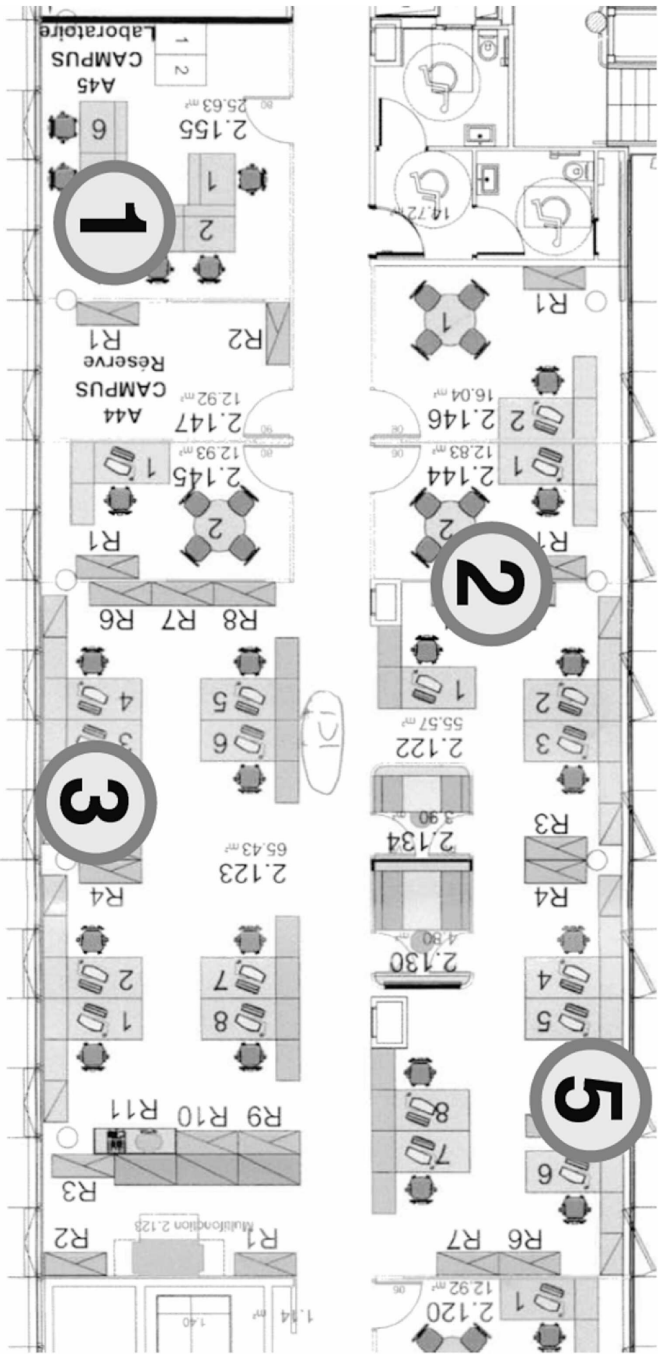
[0066] 본 발명은 처리량 이득이 한정된 부분집합의 안테나 활성화 패턴들을 이용하여 얻어질 수 있다는 연구결과를 이용한다. 이러한 부분집합은 Rx 및 Tx에 대한 모든 활성화 패턴들에 대한 SNR을 수집하고, 소정 시간 동안 SNR의 안정성을 결정하고, 이들의 장기간 안정성에 따라 패턴을 순위화함으로써 결정된다. 처리량이 임계값 아래로 떨어지는 경우에는 단지 그들 패턴만 고려되며, 이들은 기설정된 임계값 위에 있는 장기간 SNR을 갖는 것으로 발견되었다. SNR의 결정은 환경 변화를 보상하기 위해 주기적으로 반복될 수 있다. 본 발명은 유리하게도 처리량이 떨어지는 경우 적절한 안테나 패턴을 찾기 위해 과도한 패킷 정보 추적과 결합하여 모든 가능한 안테나 패턴의 부루트포스(brute-force) 테스트를 할 필요를 방지한다.

도면

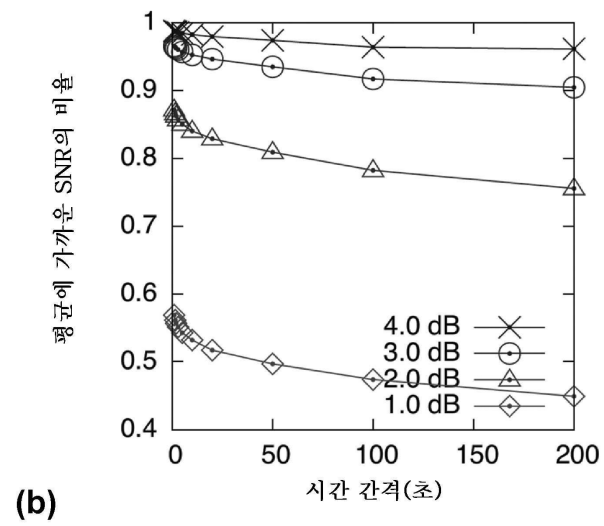
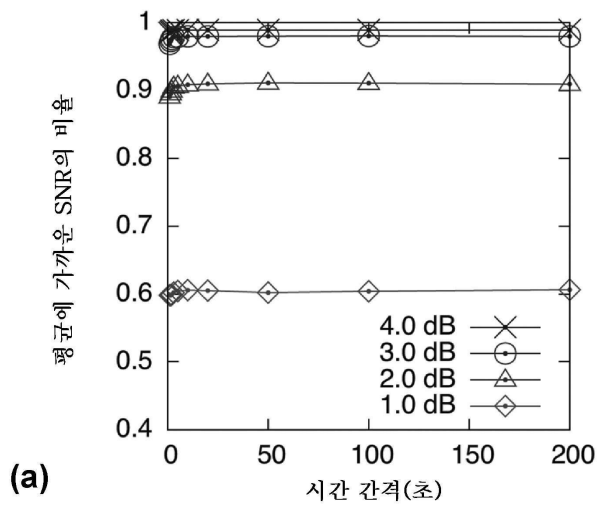
도면1



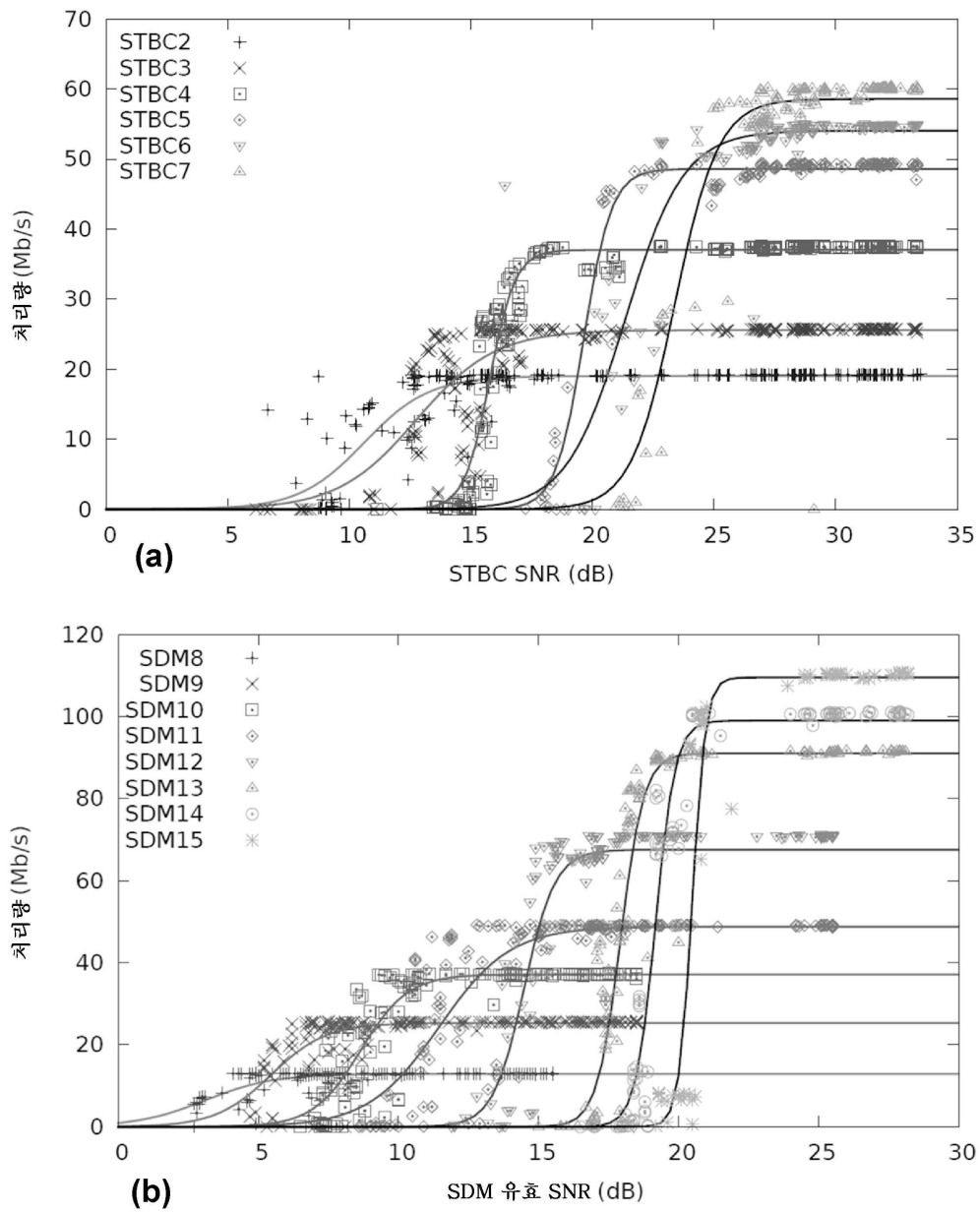
도면2



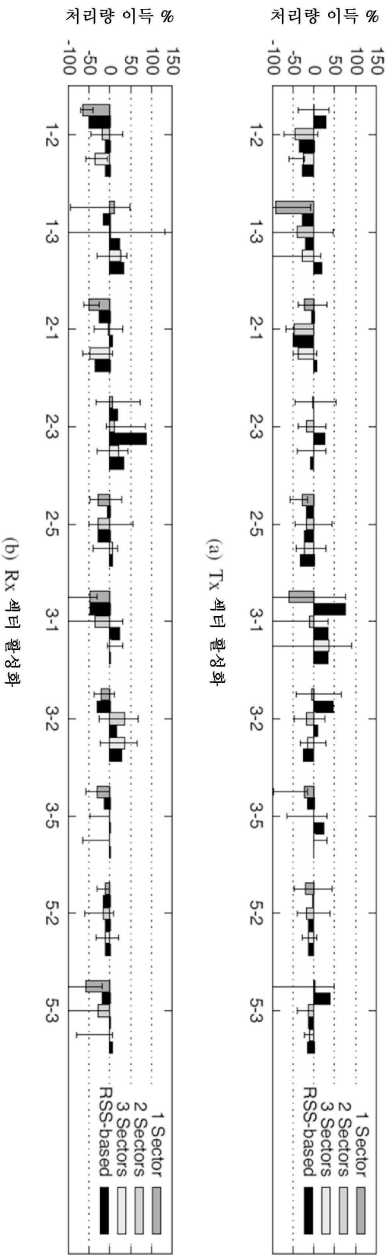
도면3



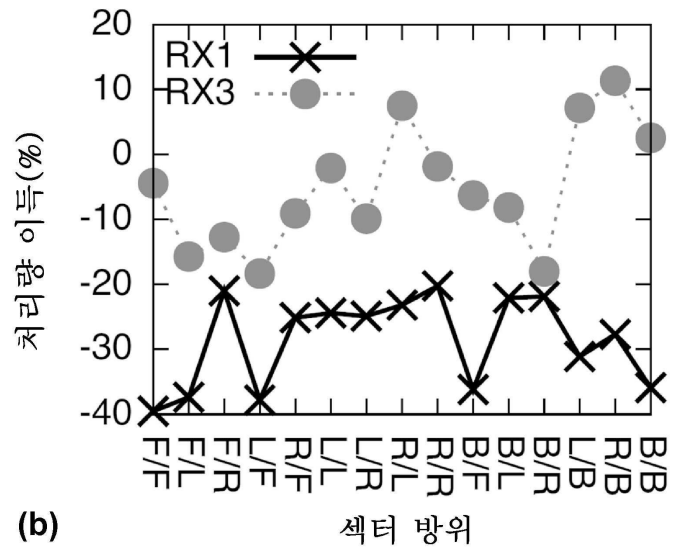
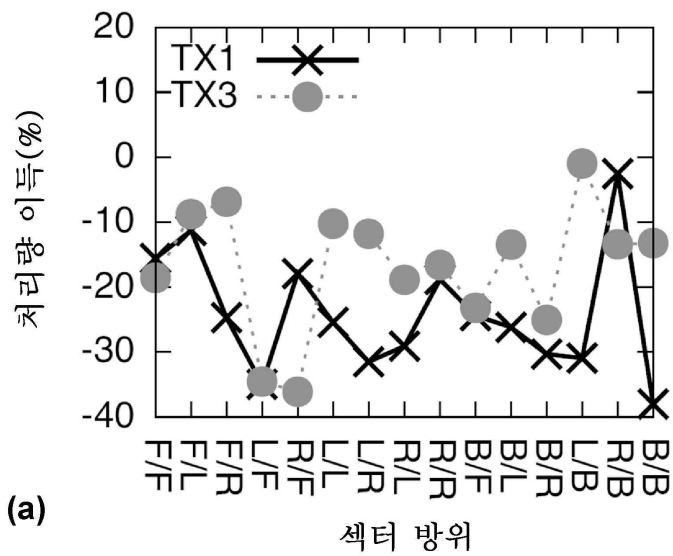
도면4



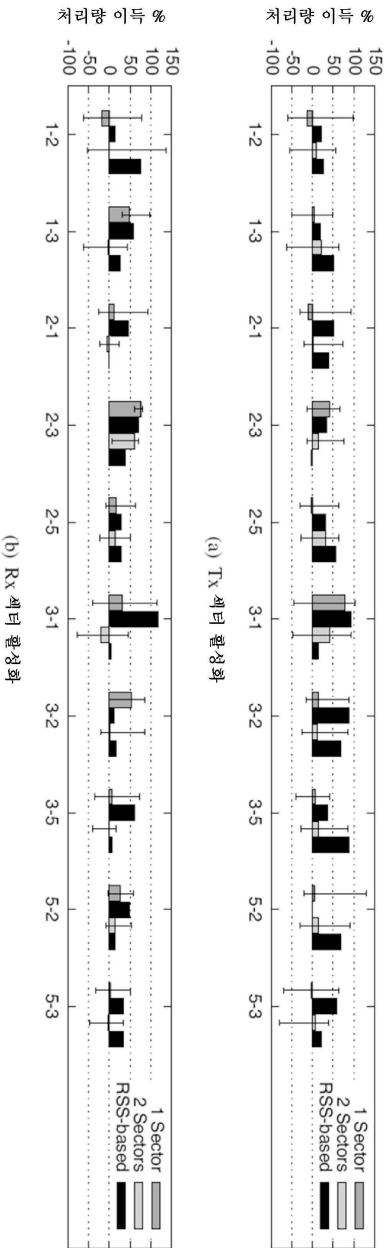
도면5



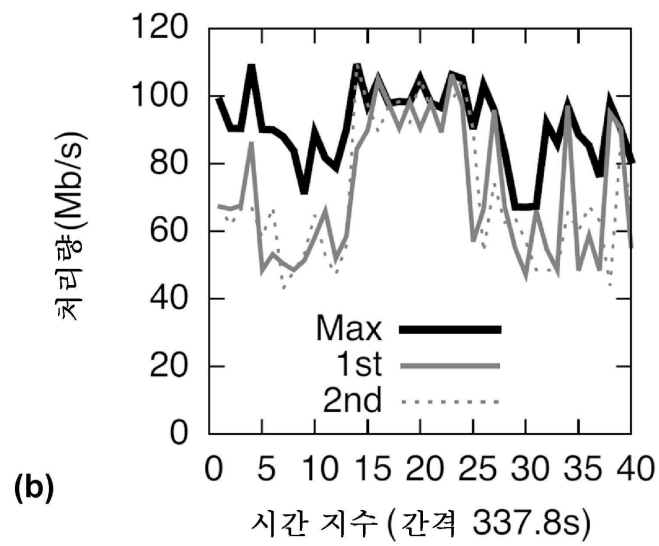
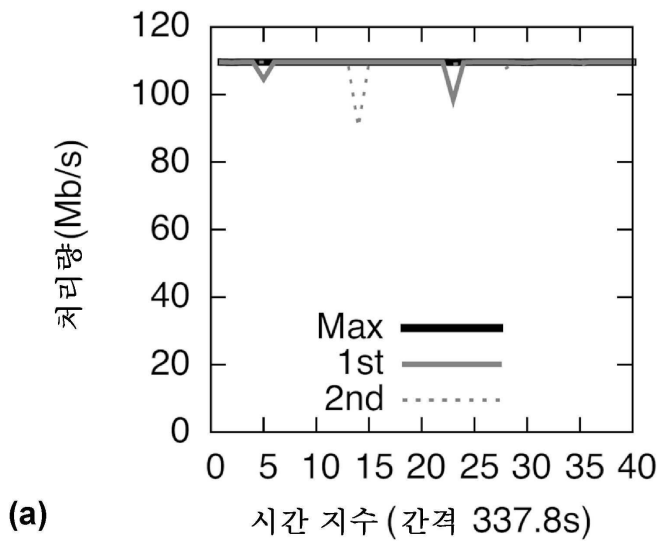
도면6



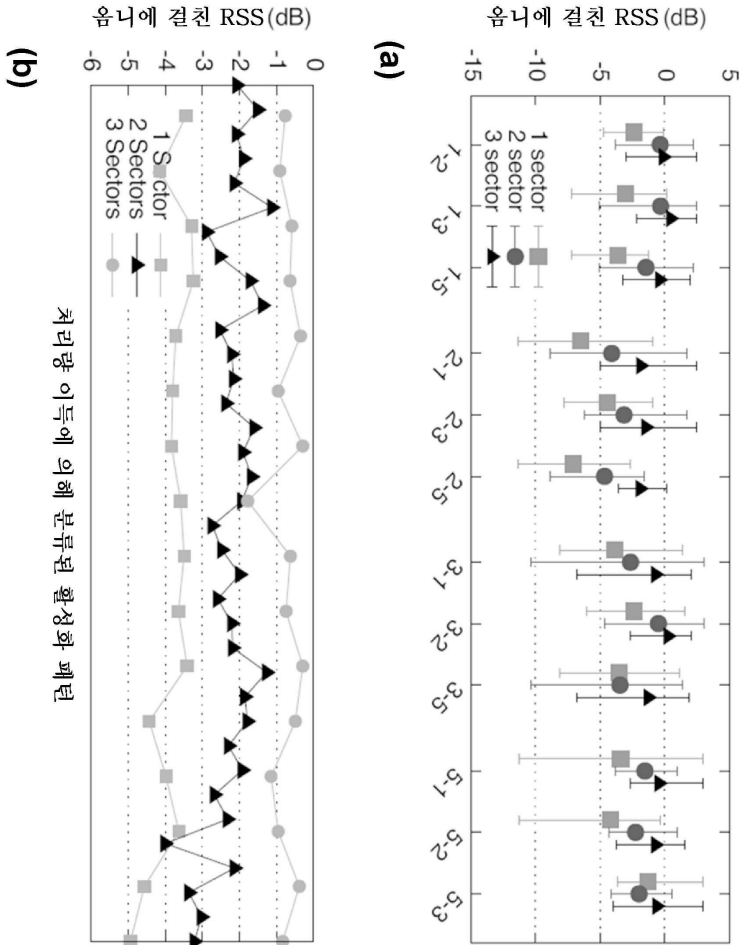
도면7



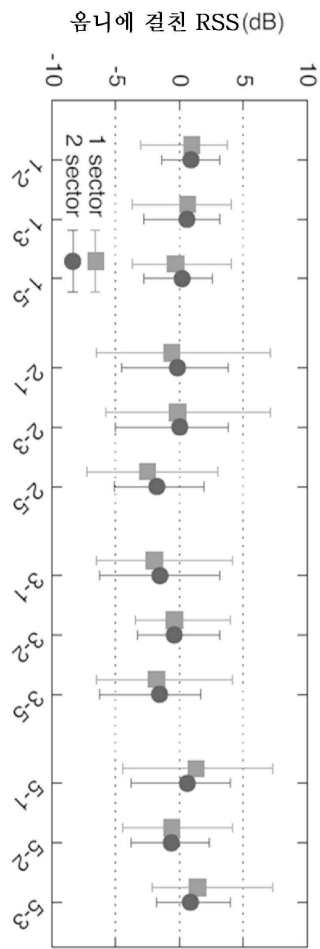
도면8



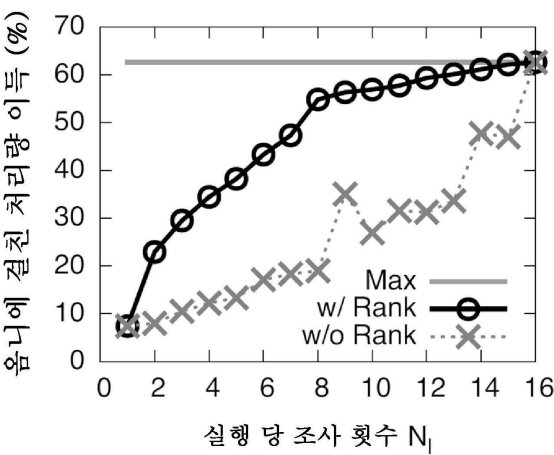
도면9



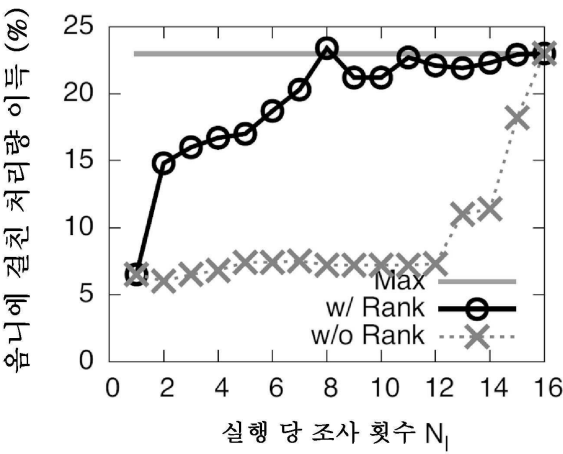
도면10



도면11



(a)



(b)

도면12

