(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2021-0080017
(43) 공개일자 2021년06월30일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04W 74/08 (2019.01) *H04W 24/02* (2009.01)
H04W 74/00 (2009.01) *H04W 84/12* (2009.01)
(52) CPC특허분류
H04W 74/0808 (2013.01)
H04W 24/02 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-0172361
(22) 출원일자 2019년12월20일
심사청구일자 없음

(71) 출원인
서강대학교산학협력단
서울특별시 마포구 백범로 35 (신수동, 서강대학교)
(72) 발명자
소정민
서울특별시 마포구 구룡길 19 상암한화오벨리스크 A동 401호
이주상
경기도 남양주시 별내면 청학로68번길 24 청학주공4단지아파트 403동 1501호
(74) 대리인
이지연

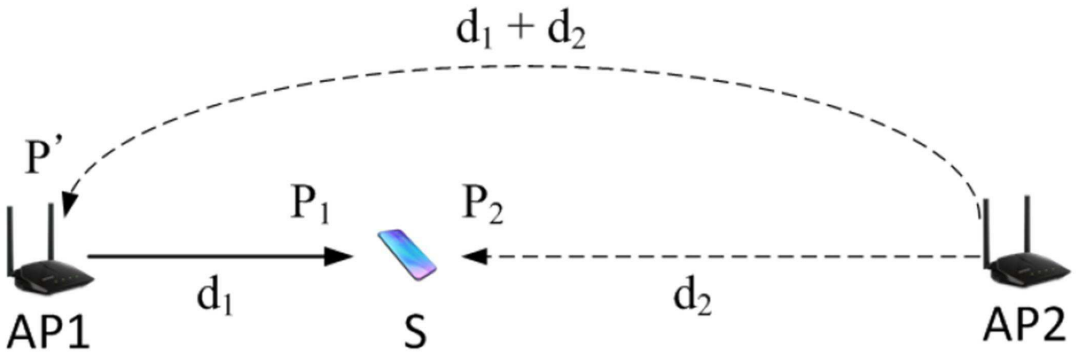
전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 발명의 명칭 **공간 재사용 향상을 위한 무선 네트워크 및 상기 무선 네트워크에서의 매체 접근 제어 방법**

(57) 요 약

본 발명은 매체 접근 제어 방법을 이용하여 공간 재사용을 향상시킨 무선 네트워크에 관한 것이다. 상기 무선 네트워크에 있어서, 각 노드는, 자신의 패킷 전송을 보호하기 위한 광고성 CST를 계산하고, 상기 계산된 광고성 CST를 프리앰블에 포함시킨 패킷을 송신하는 송신부; 및 수신된 패킷의 프리앰블로부터 광고성 CST를 검출하고, 자신의 전송을 위하여 필요한 CST와 상기 검출된 광고성 CST를 이용하여, 최종 CST를 결정하는 수신부;를 구비하여 공간 재사용을 향상시킨다. 상기 광고성 CST는 로그-거리 경로 손실 모델에 기반하여 계산되거나, 이웃 노드들에 대한 정보를 이용한 측정 기반 모델에 기반하여 계산될 수 있다.

대 표 도 - 도2



(52) CPC특허분류
H04W 74/004 (2013.01)
H04W 84/12 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711093716
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	정보통신기획평가원
연구사업명	SW중심대학지원사업
연구과제명	SW중심대학(서강대학교)
기 여 율	1/1
과제수행기관명	서강대학교산학협력단
연구기간	2019.01.01 ~ 2019.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

패킷을 송수신하는 노드들을 포함하는 무선 네트워크에 있어서,

상기 노드는,

자신의 패킷 전송을 보호하기 위한 광고성 캐리어 감지 임계값(An advertised Carrier Sensing Threshold; 이하 '광고성 CST'라 함)를 계산하고, 상기 계산된 광고성 CST를 프리앰블에 포함시킨 패킷을 송신하는 송신부; 및

수신된 패킷의 프리앰블로부터 광고성 CST를 검출하고, 자신의 전송을 위하여 필요한 CST와 상기 검출된 광고성 CST를 이용하여, 최종 CST를 결정하는 수신부;

를 구비하여 공간 재사용을 향상시키는 것을 특징으로 하는 무선 네트워크.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 광고성 CST는, 패킷을 수신하는 노드에서의 전송과 잠재적 간섭을 일으키는 모든 노드들을 차단할 수 있을 정도의 낮은 값으로 설정되는 것을 특징으로 하는 무선 네트워크.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 송신부는,

경로 손실 모델(a path loss model)을 사용하여 광고성 CST를 계산하는 것을 특징으로 하는 무선 네트워크.

청구항 4

제2항에 있어서, 상기 송신부는,

하기의 수학식에 따른 로그-거리 모델(a log-distance model)을 사용하는 것을 특징으로 하며,

$$PL = PL_0 + 10\gamma \log_{10} \frac{d}{d_0} + X_g$$

여기서, PL은 경로 손실이며, PL0는 기준 경로 손실이며, d는 송신자와 수신자 사이의 거리이며, d0는 기준 거리이며, γ 는 환경을 반영하는 경로 손실 지수이며, X_g 는 채널 변화를 나타내는 랜덤 상수인 것을 특징으로 하는 무선 네트워크.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 송신부는,

노드들 간에 송수신되는 제어 메시지를 이용하여 작성된 이웃 노드들의 정보(neighbor information)를 이용하여 광고성 CST를 계산하는 것을 특징으로 하는 무선 네트워크.

청구항 6

제5항에 있어서, 상기 각 노드는,

노드들간에 송수신되는 제어 메시지들을 수집하고, 수집된 제어 메시지들로부터 이웃 노드들의 RSSI를 수집하여 RSSI 테이블을 작성하여 관리하고,

이웃 노드의 RSSI 테이블을 기록한 이웃 노드 테이블(Neighbor table)을 작성하여 관리하는 것을 특징으로 하며,

송신부는,

상기 RSSI테이블 및 상기 이웃 노드 테이블을 이용하여 광고성 CST를 계산하는 것을 특징으로 하는 무선 네트워크.

청구항 7

제1항에 있어서, 상기 수신부는,

하기의 수학식을 이용하여,

$$CST_{AP2} = \min(CST_{adv}, CST_{req})$$

자신의 전송을 위하여 필요한 CST(CST_{req})와 상기 검출된 광고성 CST(CST_{adv})중 작은 값을 최종 CST(CST_{AP2})로 결정하는 것을 특징으로 하는 무선 네트워크.

청구항 8

패킷을 송수신하는 노드들을 포함하는 무선 네트워크에 있어서의 각 노드에 의해 수행되는 매체 접근 제어 방법에 있어서,

(a) 자신의 패킷 전송을 보호하기 위한 광고성 캐리어 감지 임계값(An advertised Carrier Sensing Threshold; 이하 '광고성 CST'라 함)를 계산하는 단계;

(b) 상기 계산된 광고성 CST를 프리앰블에 포함시킨 패킷을 송신하는 단계; 및

(c) 수신된 패킷의 프리앰블로부터 광고성 CST를 검출하는 단계;

(d) 자신의 전송을 위하여 필요한 CST와 상기 검출된 광고성 CST를 이용하여, 최종 CST를 결정하는 단계;

를 구비하여 공간 재사용을 향상시키는 것을 특징으로 하는 무선 네트워크에서의 매체 접근 제어 방법.

청구항 9

제8항에 있어서, 상기 (a) 단계는,

하기의 수학식에 따른 로그-거리 경로 손실 모델(a log-distance path loss model)을 사용하는 것을 특징으로 하며,

$$PL = PL_0 + 10\gamma \log_{10} \frac{d}{d_0} + X_g$$

여기서, PL은 경로 손실이며, PL0는 기준 경로 손실이며, d는 송신자와 수신자 사이의 거리이며, d0는 기준 거리이며, γ 는 환경을 반영하는 경로 손실 지수이며, X_g 는 채널 변화를 나타내는 랜덤 상수인 것을 특징으로 하는 무선 네트워크에서의 매체 접근 제어 방법.

청구항 10

제8항에 있어서, 상기 (a) 단계는,

노드들 간에 송수신되는 제어 메시지를 이용하여 작성된 이웃 노드들의 정보(neighbor information)를 이용하여 광고성 CST를 계산하는 것을 특징으로 하는 무선 네트워크에서의 매체 접근 제어 방법.

청구항 11

제10항에 있어서, 상기 매체 접근 제어 방법은,

노드들간에 송수신되는 제어 메시지들을 수집하고, 수집된 제어 메시지들로부터 이웃 노드들의 RSSI를 수집하여

RSSI 테이블을 작성하여 관리하고,

이웃 노드의 RSSI 테이블을 기록한 이웃 노드 테이블(Neighbor table)을 작성하여 관리하는 단계를 더 구비하고,

상기 (a) 단계는,

상기 RSSI테이블 및 상기 이웃 노드 테이블에 포함된 이웃 노드들의 정보(neighbor information)를 이용하여 광고성 CST를 계산하는 것을 특징으로 하는 무선 네트워크에서의 매체 접근 제어 방법.

청구항 12

제8항에 있어서, 상기 (d) 단계는,

하기의 수학식을 이용하여,

$$CST_{AP2} = \min(CST_{adv}, CST_{req})$$

자신의 전송을 위하여 필요한 CST(CST_{req})와 상기 검출된 광고성 CST(CST_{adv})중 작은 값을 최종 CST(CST_{AP2})로 결정하는 것을 특징으로 하는 무선 네트워크에서의 매체 접근 제어 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 공간 재사용을 향상시킨 무선 네트워크 및 상기 무선 네트워크에서의 매체 접근 제어 방법에 관한 것으로서, 더욱 구체적으로는 무선 랜에서의 공간 재사용 향상을 위하여 송신기는 광고성 캐리어 감지 임계값을 설정하여 데이터 패킷의 프리앰블에 추가하여 전송하고, 수신기는 프리앰블에 포함된 수신된 광고성 CST와 자신의 CST를 이용하여 최종 CST를 결정하도록 하는 동적 캐리어 감지 임계값 설정 방법 및 상기 방법을 이용한 무선 통신 네트워크에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] IEEE 802.11 기반의 무선 근거리 통신망(WLAN)은 실내에 널리 배포되어, 사용자들에게 편리한 인터넷 연결 환경을 제공하게 된다. 최근, 액세스 포인트(AP) 수, 모바일 장치 수 및 트래픽 양이 급속하게 증가함에 따라 무선 LAN의 밀도가 증가하고 있는 실정이다.

[0003] 이와 같이, 무선 LAN의 밀도가 증가됨에 따라 사용자별 처리량이 심각하게 저하되고 있다. 따라서 무선 통신 서비스의 품질을 향상시키기 위하여, 시스템의 스펙트럼 효율을 높여야만 한다. 이를 위한 중요한 기술 중 하나가 캐리어 감지 임계값(Carrier Sense Threshold; 'CST')을 제어하는 것이다. 왜냐하면, 패킷 손실없이 데이터가 전송되더라도, 데이터 전송이 자주 불필요하게 캐리어 센싱에 의해 차단되기 때문이다.

[0004] 높은 캐리어 감지 임계값(CST)을 사용하고, 각 노드들이 적극적으로 데이터를 전송하도록 허용함으로써, 시스템의 처리량(throughput)을 향상시킬 수 있기는 하지만, 이러한 접근법은 불공정한 채널 공유를 야기하게 될 뿐만 아니라 에지 노드들에 대한 starvation을 유발하게 되는 문제점이 발생하게 된다.

[0005] 최근까지는 일반적으로 고정된 CST를 사용하는데, 낮은 고정값의 임계값을 사용하여 보수적으로 패킷 전송을 하게 된다. 이러한 종래의 환경에서, 네트워크 밀도가 높아지면, 낮은 CST에 의해 채널 리소스가 크게 낭비될 뿐만 아니라, 패킷을 수신자에게 성공적으로 보낼 수 있는 노드들을 불필요하게 차단시키게 되는 문제가 발생하게 된다.

[0006] 모든 노드들이 공통의 CST를 사용하는 대신, 그들의 위치 및 이웃 노드들의 상태에 기초하여, 각 노드들이 다른 CST를 사용하는 많은 기술들이 제안되었다. 특히, 동적 민감도 제어(Dynamic Sensitivity Control;'DSC') 방식이 IEEE 802.11ax에 포함되어 제안되었다. 이러한 DSC는 이동 노드와 AP의 사이의 근접도(proximity)에 기반하여, CST를 설정하는 것이다. 전술한 DSC 기술은 수신 신호 세기를 사용하여 추정된 송신자와 수신자의 사이의

근접도에 기초하여 CST를 설정한다. 특히, 이동 노드의 CST는 수학식 1에 따라 계산된다.

수학식 1

[0007] $$C_i = \max(C_{min}, \min(C_{max}, RSSI_i - Margin))$$

[0008] 여기서, Ci는 노드 i의 CST이며, RSSIi는 노드 i에서 측정된 연결 AP 의 RSSI이며, Cmax 및 Cmin은 operator에 의해 설정된 최대 및 최소 CST값들이며, Margin은 RSSI와 CST 사이의 관계를 결정하는 마진이다. 수학식 1에 따라, AP들에 근접한 노드들은 높은 CST를 선택하여 적극적으로 전송하게 되는 반면, 에지 노드들은 낮은 CST를 선택하여 보수적으로 전송하게 된다.

[0009] 도 1은 무선랜 네트워크의 동작 시나리오를 설명하기 위하여 도시한 모식도이다. 도 1을 참조하면, AP1이 노드 A에게 전송중이면 AP2는 노드 C에게 전송할 수 있으나, AP1이 노드 B에게 전송중이면 AP2는 전송을 연기하여야만 한다.

[0010] 캐리어 센싱-기반의 매체 접근 제어 프로토콜(a carrier sensing-based medium access control protocol)에 있어서, 숨겨진 단말(a hidden terminal) 문제와 노출 단말(an exposure terminal) 문제는 널리 알려진 문제들이다. 이러한 문제들은 CST와 밀접하게 관련된 것들이다. 도 1을 참조하면, 노드 A와 B가 AP1과 연결되어 있고, 노드 C가 AP2와 연결되어 있다AP1이 그의 노드들 중 하나로 패킷을 전송할 때, AP2는 패킷을 감시한다. AP2는 수신 신호 세기가 자신의 CST보다 크면, AP2는 전송을 연기한다. 만약, AP2는 수신 신호 세기가 자신의 CST보다 작으면, AP2는 채널 경쟁 과정을 계속하여 패킷 전송을 시작할 수 있다.

[0011] 이 시나리오에서, AP2가 AP1과 동시에 전송할지 여부는 AP1의 목적지에 달려있다. AP2가 노드 C로 패킷을 전송하고자 하는 상황을 가정하자. AP1이 노드 A에게 전송중이라면, AP2는 패킷을 동시에 전송할 수 있다. 이는 노드 A와 C에서의 SNR이 패킷을 디코딩할 수 있을 정도로 충분히 높기 때문이다. 그런데, AP1이 노드 B에게 전송중이라면, AP2는 전송할 수 없다. 이는, 낮은 SNR로 인하여, AP1에 의해 전송된 패킷이 노드 B에서 성공적으로 디코딩될 수 없기 때문이다. AP1의 패킷이 어디로 전송되는지, 목적 노드가 어지에 위치하는지에 대하여 AP2가 알 수 없는 것이 문제이다. 따라서, AP2는 전송할지 전송을 연기할지 여부를 결정할 수 없다. 그 대신에, AP2는 고정된 CST를 사용한다. 만약 CST가 높게 설정된 경우, AP2는 AP1과 동시에 전송할 것이다. 이 경우, AP1이 노드 B에게 전송중이었다면, AP2는 노드 B에서 패킷 충돌을 야기하는 숨겨진 단말이 된다. 한편, 만약 CST가 낮게 설정된 경우, AP1는 자신의 전송을 연기할 것이다. 이 경우, 만약 AP1이 노드 A로 전송중이었다면 AP1은 AP2에 대해 노출 단말이 되어, 불필요하게 전송을 방해하고 공간 재사용을 저하시키게 된다.

[0012] 따라서, 적절한 CST는 두 가지의 목적을 만족하여야 한다. 노드의 목적지가 패킷을 성공적으로 수신할 수 없다면 노드는 전송하면 안될 것이다. 또한, 전송이 성공되더라도, 그것이 다른 전송을 실패하게 한다면, 그 노드는 전송하면 안될 것이다.

선행기술문헌

특허문헌

[0013] (특허문헌 0001) 한국공개특허공보 제 10-2017-0022777호

(특허문헌 0002) 한국등록특허공보 제 10-1089075호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0014] 전술한 문제점을 해결하기 위한 본 발명의 목적은 송신기가 캐리어 감지 임계값을 프리앰블(preamble)에 포함하는 매체 접근 제어 프로토콜을 구현한 무선 네트워크를 제공하여, 프리앰블을 수신한 노드들이 자신의 전송뿐만 아니라 진행중인 전송이 수신기들에서 모두 성공적으로 수신될 확신이 있을 때에만 전송할 수 있도록 하여 공간 재사용을 향상시킬 수 있는 무선 네트워크 및 매체 접근 제어 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0015] 전술한 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명의 제1 특징에 따른 패킷을 송수신하는 노드들을 포함하는 무선 네트워크에 있어서, 상기 노드는, 자신의 패킷 전송을 보호하기 위한 광고성 캐리어 감지 임계값(An advertised Carrier Sensing Threshold; 이하 '광고성 CST'라 함)를 계산하고, 상기 계산된 광고성 CST를 프리앰블에 포함시킨 패킷을 송신하는 송신부; 및 수신된 패킷의 프리앰블로부터 광고성 CST를 검출하고, 자신의 전송을 위하여 필요한 CST와 상기 검출된 광고성 CST를 이용하여, 최종 CST를 결정하는 수신부;를 구비하여 공간 재사용을 향상시킨다.

[0016] 전술한 제1 특징에 따른 무선 네트워크에 있어서, 상기 광고성 CST는, 패킷을 수신하는 노드에서의 전송과 잠재적 간섭을 일으키는 모든 노드들을 차단할 수 있을 정도의 낮은 값으로 설정되는 것이 바람직하다.

[0017] 전술한 제1 특징에 따른 무선 네트워크에 있어서, 상기 송신부는 하기의 수학식에 따른 로그-거리 경로 손실 모델(a log-distance path loss model)을 사용하는 광고성 CST를 계산하는 것을 특징으로 하며,

[0018] $$PL = PL_0 + 10\gamma \log_{10} \frac{d}{d_0} + X_g$$

[0019] 여기서, PL은 경로 손실이며, PL0는 기준 경로 손실이며, d는 송신자와 수신자 사이의 거리이며, d0는 기준 거리이며, γ 는 환경을 반영하는 경로 손실 지수이며, X_g 는 채널 변화를 나타내는 랜덤 상수이다.

[0020] 전술한 제1 특징에 따른 무선 네트워크에 있어서, 상기 송신부는, 노드들 간에 송수신되는 제어 메시지를 이용하여 작성된 이웃 노드들의 정보(neighbor information)를 이용하여 광고성 CST를 계산하는 것이 바람직하다.

[0021] 전술한 제1 특징에 따른 무선 네트워크에 있어서, 각 노드는 노드들간에 송수신되는 제어 메시지들을 수집하고, 수집된 제어 메시지들로부터 이웃 노드들의 RSSI를 수집하여 RSSI 테이블을 작성하여 관리하고, 이웃 노드의 RSSI 테이블을 기록한 이웃 노드 테이블(Neighbor table)을 작성하여 관리하는 것을 특징으로 하며,

[0022] 송신부는, 상기 RSSI테이블 및 상기 이웃 노드 테이블에 포함된 이웃 노드들의 정보(neighbor information)를 이용하여 광고성 CST를 계산하는 것이 더욱 바람직하다.

[0023] 전술한 제1 특징에 따른 무선 네트워크에 있어서, 상기 수신부는, 하기의 수학식을 이용하여,

[0024] $$CST_{AP2} = \min(CST_{adv}, CST_{req})$$

[0025] 자신의 전송을 위하여 필요한 CST(CST_{req})와 상기 검출된 광고성 CST(CST_{adv})중 작은 값을 최종 CST(CST_{AP2})로 결정하는 것이 바람직하다.

[0026] 본 발명의 제2 특징에 따른 매체 접근 제어 방법은, 패킷을 송수신하는 노드들을 포함하는 무선 네트워크에 있어서의 각 노드에 의해 수행되는 매체 접근 제어 방법에 관한 것으로서, (a) 자신의 패킷 전송을 보호하기 위한 광고성 캐리어 감지 임계값(An advertised Carrier Sensing Threshold; 이하 '광고성 CST'라 함)를 계산하는 단계; (b) 상기 계산된 광고성 CST를 프리앰블에 포함시킨 패킷을 송신하는 단계; 및 (c) 수신된 패킷의 프리앰블로부터 광고성 CST를 검출하는 단계; (d) 자신의 전송을 위하여 필요한 CST와 상기 검출된 광고성 CST를 이용하여, 최종 CST를 결정하는 단계;를 구비하여 공간 재사용을 향상시킨다.

[0027] 전술한 제2 특징에 따른 무선 네트워크에서의 매체 접근 제어 방법에 있어서, 상기 (a) 단계는, 하기의 수학식에 따른 로그-거리 경로 손실 모델(a log-distance path loss model)을 사용하는 것을 특징으로 하며,

[0028] $$PL = PL_0 + 10\gamma \log_{10} \frac{d}{d_0} + X_g$$

[0029] 여기서, PL은 경로 손실이며, PL0는 기준 경로 손실이며, d는 송신자와 수신자 사이의 거리이며, d0는 기준 거리이며, γ 는 환경을 반영하는 경로 손실 지수이며, X_g 는 채널 변화를 나타내는 랜덤 상수인 것이

바람직하다.

[0030] 전술한 제2 특징에 따른 무선 네트워크에서의 매체 접근 제어 방법에 있어서, 상기 (a) 단계는, 노드들 간에 송수신되는 제어 메시지를 이용하여 작성된 이웃 노드들의 정보(neighbor information)를 이용하여 광고성 CST를 계산하는 것이 바람직하다.

[0031] 전술한 제2 특징에 따른 무선 네트워크에서의 매체 접근 제어 방법은, 노드들간에 송수신되는 제어 메시지들을 수집하고, 수집된 제어 메시지들로부터 이웃 노드들의 RSSI를 수집하여 RSSI 테이블을 작성하여 관리하고, 이웃 노드의 RSSI 테이블을 기록한 이웃 노드 테이블(Neighbor table)을 작성하여 관리하는 단계를 더 구비하고,

[0032] 상기 (a) 단계는, 상기 RSSI테이블 및 상기 이웃 노드 테이블에 포함된 이웃 노드들의 정보(neighbor information)를 이용하여 광고성 CST를 계산하는 것이 바람직하다.

[0033] 전술한 제2 특징에 따른 무선 네트워크에서의 매체 접근 제어 방법에 있어서, 상기 (d) 단계는, 하기의 수학식을 이용하여,

[0034] $$CST_{AP2} = \min(CST_{adv}, CST_{req})$$

[0035] 자신의 전송을 위하여 필요한 CST(CST_{req})와 상기 검출된 광고성 CST(CST_{adv})중 작은 값을 최종 CST(CST_{AP2})로 결정하는 것이 바람직하다.

발명의 효과

[0036] 본 발명에 따른 무선 네트워크에서의 매체 접근 제어 방법은, 캐리어 감지 임계값을 동적으로 설정하여 공간 재사용을 향상시키는 것을 특징으로 한다. 노드가 패킷을 전송할 때, 자신의 전송을 보호하기 위하여 필요한 광고성 CST를 계산하여 프리앰블에 포함시킨다. 광고성 CST를 포함한 패킷을 수신한 이웃 노드들은 수신된 광고성 CST와 자신의 CST를 고려하여, 진행중인 전송과 자신의 전송이 모두 성공적이 되는 것을 확인하면 동시에 전송하게 된다. AP2 주변의 이동 노드는 자신의 전송들이 높은 간섭과 접하고 있는 수신기에 의해서 수신될 수 있기 때문에, 더욱 공격적으로 전송할 수 있다.

[0037] 동시에, 에지 노드들로부터의 전송은 광고성 CST에 의해 보호될 수 있게 된다. 노드가 자신의 패킷을 성공적으로 전송할지라도, 다른 노드로부터 프리앰블을 수신하고 그 전송이 진행중인 전송이 손실될 것이 확인되면, 그 노드는 전송을 연기하게 된다.

[0038] 본 발명에 따른 매체 접근 제어 방법은, CST를 계산할 때, 2가지 방식을 사용한다. 먼저, 제1 실시예에 따른 모델 기반의 방식은 각 노드가 자신의 CST를 계산할 때 최악의 시나리오를 가정하게 되는데, 최악의 시나리오는, 간섭 노드가 노드로부터 가장 멀리 존재한다는 것이다. 이러한 방식은 추가의 제어 메시지가 필요하지 않지만, 모델과 실제 환경 사이의 gap이 크다면 성능은 감소될 것이다.

[0039] 반면에, 제2 실시예에 따른 측정 기반의 방식은 이웃 노드들 사이의 변경되는 이웃 노드 정보들을 사용하여 CST를 계산한다. 이 방식은 에지 노드들의 채널 공유를 보호하면서 높은 처리량을 성취하게 된다. 단일 간섭 노드에 기반하여 CST를 계산하고, 다중 간섭 노드들이 마진 변수를 사용함으로써 설명된다. 이러한 마진 변수는 채널 변화를 설명하고 가능한 외부 간섭의 존재들을 설명하기 위하여 사용된다. 그런데, 고정된 마진 값은 이러한 요소들을 모두 해소하기에는 역부족일 뿐만 아니라, 공간 재사용을 감소시키게 되는 너무 보수적인 전송과 숨겨진 단말을 생성시키고 시스템의 fairness를 감소시키는 너무 공격적인 전송을 야기하게 된다. 따라서, 노드들은 이웃 노드들의 밀도와 측정된 RSSI들의 변화 등과 같은 조건들에 기반한 마진을 독립적으로 선택하는 것이 보다 바람직하게 된다.

[0040] 전술한 본 발명에 따른 캐리어 감지 임계값에 대한 이중 임계값 접근법은 단일 캐리어 감지 임계값보다 에지 노드에 대한 불이익없이 우수한 시스템 throughput을 성취할 수 있게 된다.

도면의 간단한 설명

[0041] 도 1은 무선랜 네트워크의 동작 시나리오를 설명하기 위하여 도시한 모식도이다.

도 2는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 동적 CST 설정 방법에 있어서, 모델 기반 방식으로 동적 광고성 CST

를 설정하기 위한 시나리오를 도시한 모식도이다.

도 3은 노드 A의 RSSI 테이블(RSSI table)과 AP1의 이웃 노드 테이블(neighbor table)을 도시한 도표들이다.

도 4는 본 발명의 바람직한 무선 랜 시스템의 성능을 테스트하기 위하여 만든 시뮬레이션 환경에 대한 모식도이다.

도 5는 노드의 밀도에 따른 영향력을 테스트한 결과들을 도시한 그래프들이다.

도 6은 AP의 밀도에 따른 영향력을 테스트한 결과들을 도시한 그래프들이다.

도 7은 마진의 변화에 따른 영향력을 테스트한 결과들을 도시한 그래프들이다.

도 8은 경로 손실 지수의 변화에 따른 영향력을 테스트한 결과들을 도시한 그래프들이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0042] 본 발명에 따른 무선 네트워크에서의 매체 접근 제어 방법은, 캐리어 감지 임계값을 동적으로 설정하여 공간 재사용을 향상시키는 것을 특징으로 한다. 특히, 본 발명에 따른 매체 접근 제어 방법은, 각 노드가 패킷을 전송할 때, 자신의 전송을 보호하기 위하여 필요한 광고성 CST를 계산하여 프리앰블에 포함시키고, 광고성 CST가 프리앰블에 포함된 패킷을 전송한다. 광고성 CST를 포함한 패킷을 수신한 이웃 노드들은 수신된 광고성 CST와 자신의 CST를 고려하여 새로운 최종 CST를 결정하고, 상기 최종 CST에 따라 전송 여부를 결정하는 것을 특징으로 한다.

[0043] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 패킷 전송하는 노드들을 포함하는 무선 네트워크 및 상기 노드들의 매체 접근 제어 방법에 대하여 구체적으로 설명한다. 상기 노드는, 무선 네트워크를 구성하는 엑세스 포인트(Access Point), 노트북, 휴대폰, 사물인터넷 기기 등 고정 단말 (fixed terminal) 및 이동 단말(mobile terminal) 등을 포함한다.

[0044] 상기 무선 네트워크를 구성하는 각 노드는 패킷을 송신하는 송신부, 패킷을 수신하는 수신부, 및 전체 동작을 제어하는 제어부를 구비한다.

[0045] 상기 송신부는, 자신의 전송을 보호하기 위한 광고성 CST(an advertised CST)를 생성하고, 패킷의 프리앰블에 광고성 CST(an advertised CST)를 포함하여 전송하는 것을 특징으로 한다. 한편, 상기 수신부는, 수신된 패킷의 프리앰블로부터 광고성 CST를 검출하고, 자신의 전송을 위하여 필요한 CST와 상기 검출된 광고성 CST를 이용하여, 최종 CST를 결정하는 것을 특징으로 한다. 이하, 상기 노드를 구성하는 송신부와 수신부의 동작에 대하여 보다 구체적으로 설명한다.

[0046] 패킷 프레임에 있어서, 프리앰블은 가장 낮은 링크 rate 로 전송되므로, 최소수의 비트가 정보를 전송하기 위하여 사용된다. 인접 노드가 해당 채널이 idle 및 Busy 중 어느 것인지 판단하기 위하여, 인접 노드에 의해 사용될 CST 레벨을 포함하는 것이 바람직하다. 도 1의 시나리오에서 다시 한번 더 가정하자. AP1이 패킷을 노드 A에게 전송할 때, 패킷은 프리앰블에, 패킷 전송을 보호하기 위하여 인접 노드들에 의해 사용되어야 하는 최대 CST를 포함한다. 이후, 본 명세서에서는 전술한 최대 CST를 광고성 CST(an advertised CST)라고 칭한다.

[0047] 예를 들면, AP1이 패킷을 노드 A 로 전송할 때 노드 A의 수신 신호 세기가 -60dB 인 것을 AP1은 알고 있다고 가정하고, 또한 패킷을 신뢰성있게 디코딩하기 위하여 노드 A에서의 SNR이 최소 23dB 이어야 함을 AP1은 알고 있다고 가정한다. 그렇다면, 노드 A에서 감내할 수 있는 최대 간섭은 -83dBm이 된다. 따라서, AP1은 -83dBm보다 큰 세기의 신호에서 간섭을 야기할 수 있는 인접 노드들을 차단시켜야 한다. 프리앰블을 수신한 후에 간섭 노드 후보들이 채널이 Busy인 것을 발견하기 위하여, AP1은 광고성CST를 선택해야 한다.

[0048] MAC 주소를 대신하여 CST를 포함시킴으로써, 프리앰블에 작은 개수의 비트(bit)들을 사용할 수 있게 된다. 광고성 CST를 위해 6bits를 할당하면, 64개의 값을 표현할 수 있으며, 이로써 -99 dBm ~ -36dBm 의 범위의 광고성 CST를 나타내기에 충분하게 된다. 본 발명에서는 광고성 CST를 선택하는 방법으로 제1 실시예에 따른 모델 기반의 방식(model-based scheme)과 제2 실시예에 따른 측정 기반 방식(measurement-based scheme)을 제안하고자 한다.

[0049] 먼저, 본 발명의 제1 실시예에 따른 모델 기반 방식으로 동적 광고성 CST(Dynamic Advertised CST)를 설정하는 방법을 설명한다. 본 발명에 따라, 패킷 전송을 보호하기 위하여 필요한 광고성 CST는 경로 손실 모델(a path loss model)을 사용하여 계산할 수 있으며, 경로 손실 모델로는 로그-거리 경로 손실 모델(a Log-distance path

loss model)이 사용될 수 있다. 도 2는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 동적 CST 설정 방법에 있어서, 모델 기반 방식으로 동적 광고성 CST를 설정하기 위한 시나리오를 도시한 모식도이다. AP1은 노드 S에게 패킷을 전송하기 위하여 시도한다. 광고성 CST는 수신기에서 전송과 잠재적 간섭을 일으키는 모든 노드들을 차단하기 위하여 충분히 낮은 값으로 설정되어야 한다. 잠재적 간섭자들은 노드 S의 SNR을 패킷 디코딩을 위해 필요한 SNR 이하로 감소시키는 노드들이다.

[0050] 도 2를 참조하면, P1은 AP1으로부터의 패킷이 노드 S에 도달할 때의 수신 신호 세기(the received signal strength)로 가정하고, SNRth는 패킷을 신뢰성있게 디코딩하기 위하여 필요한 SNR이다. AP2는 AP1과 동시에 전송하며, AP2의 신호는 노드 S에서의 간섭이 되며, 간섭 세기(the interference strength)는 P2로 가정한다. AP1의 패킷이 노드 S에서 성공적으로 디코딩되기 위하여, 수학식 2가 만족되어야 한다. 본 수학식에서의 모든 값은 dB 스케일이다.

수학식 2

[0051] $$P_1 - P_2 \geq SNR_{th}$$

[0052] 노드 S에서 패킷 수신 실패를 만드는 최소 간섭 레벨 P2는 찾아야 한다. 수학식 1의 부등식을 등식으로 변환시킴으로써, 패킷을 손실시키는 P2를 계산해낼 수 있다. P2를 계산하기 위하여, AP1는 P1을 알아야 하며, SNRth는 이미 알고 있는 고정된 값으로 가정한다. P1을 획득하는 두가지 방법이 있다. 하나는 노드 A가 지속적으로 AP1의 RSSI를 측정하고 그 정보를 AP1에게 전송하는 것이다. 다른 하나는, AP1이 노드 A가 패킷을 전송할 때마다 노드 A의 RSSI를 측정하고 그 링크들은 대칭적이라고 가정하여 그 값을 P1으로 사용한다. 따라서, P1을 획득하고, 수학식 3를 사용하여, P2를 계산할 수 있게 된다.

수학식 3

[0053] $$P_2 = P_1 - SNR_{th}$$

[0054] 노드 S에서의 간섭 레벨은 P2인 간섭자들의 여러 개의 위치들이 있다. 각 위치들 중에서, AP1으로부터 가장 먼 지점은 노드 S 로부터 반대 방향에 있다. 도 2에 도시된 바와 같이, 반대 방향의 지점에 위치한 간섭자 AP2를 가정하자. AP2에서 AP1의 RSSI를 계산하기 위하여, 수학식 4에 따른 로그-거리 모델(a log-distance model)을 사용한다.

수학식 4

[0055] $$PL = PL_0 + 10\gamma \log_{10} \frac{d}{d_0} + X_g$$

[0056] 여기서, PL은 경로 손실이며, PL0는 기준 경로 손실이며, d는 송신자와 수신자 사이의 거리이며, d0는 기준 거리이며, γ 는 환경을 반영하는 경로 손실 지수이며, X_g 는 페이딩(fading)과 같은 채널 변화를 설명하는 랜덤 상수이다. 이 모델을 사용하여 수학식 5와 수학식 6를 정의한다. 여기서, X_g 는 0으로 설정하고 채널 변화를 설명하는 마진 변수를 사용한다.

수학식 5

$$D2PL(d) = PL_0 + 10\gamma \log_{10} \frac{d}{d_0}$$

[0057]

수학식 6

$$PL2D(P) = d_0 \times 10^{\frac{P-PL_0}{10\gamma}}$$

[0058]

[0059] D2PL은 거리를 경로 손실로 변환하며, PL2D는 경로 손실로부터 거리를 추정한다. AP1과 노드 S사이의 거리가 d1이라고 가정하고 AP2 와 노드 S사이의 거리를 d2라고 가정하자. 수학식 6의 PL2D 함수를 사용하면 수학식 7과 7에 의해 d1과 d2를계산할 수 있다.

수학식 7

$$d_1 = PL2D(PL_1) = PL2D(P_{TX} - P_1)$$

[0060]

수학식 8

$$d_2 = PL2D(PL_2) = PL2D(P_{TX} - P_2)$$

[0061]

[0062] 여기서, P_{TX} 는 전송 파워이며, 이는 고정값으로서 모든 노드에서 동일한 값으로 가정한다. PL1과 PL2는 각각 AP1과 S, AP2와 S 사이의 경로 손실이다. AP2는 AP1의 반대편에 위치하므로, AP1과 AP2의 거리는 d1+d2이다. 따라서, AP2에서의 AP1의 수신 신호 세기(P')은 수학식 6의 D2PL 함수를 사용하여 수학식 9과 같이 계산할 수 있다.

수학식 9

$$P' = P_{TX} - D2PL(d_1 + d_2)$$

[0063]

[0064] AP1이 전송중일 때 AP2는 차단되어야 하므로, AP1은 P1을 전송을 보호할 수 있는 최대 CST로 선택한다. 따라서, 광고성 CST(CST_{adv})는 수학식 10에 따라 계산할 수 있다.

수학식 10

$$CST_{adv} = P_{TX} - D2PL(d_1 + d_2) - P_M$$

[0065]

[0066] 여기서, P_M 은 마진 변수(margin parameter)이다.

[0067] AP1이 광고성 CST를 계산하고 패킷의 프리앰블에 포함시켜 전송한다. AP2가 프리앰블을 수신하면, AP1과 패킷을

동시에 전송하기 전에 두가지를 고려하여야 한다. 먼저, AP1의 RSSI가 광고성 CST보다 크게 하여, 진행중인 전송을 보호하도록 한다. 다음, 진행중인 전송이 노드 C에서 AP2로부터 전송된 패킷이 손실되지 않아야 한다. AP2는 자신의 전송을 보호하기 위하여 요구되는 CST(CST_{req})를 계산한다. CST_{req}의 계산과정은 AP1에서의 CST_{adv}의 계산과정과 동일하다. 다음, AP2의 CST는 수학식 11과 같이, CST_{adv}와 CST_{req}의 최소값으로 설정된다.

수학식 11

[0068] $$CST_{AP2} = \min(CST_{adv}, CST_{req})$$

[0069] 만약 현재의 간섭 레벨이 CST_{AP2}보다 낮으면, AP2는 채널을 idle 상태로 결정하고 패킷 전송을 목적지로 전송하는 것을 시작할 것이다. CST_{adv}와 CST_{req}는 모두 잠재적 동시 수신기들(potential concurrent transmitters)의 목적지에 의존한다.

[0070] 이러한 시나리오에서, AP1이 패킷을 전송하고 AP2에서의 수신 신호 세기가 -80dBm이라고 가정하자. 하나의 케이스는, AP1이 패킷을 A에게 전송한다. 전술한 본 발명의 제1 실시예에 따른 모델 기반 방식을 사용하여 AP1은 CST_{adv}로서 -75dBm이 계산되며 패킷의 프리앰블에 해당 정보가 포함된다. AP2가 프리앰블을 수신할 때, AP2는 채널이 패킷을 노드 C 에게 전송하기 위하여 대기중이다. AP2에 의해 계산된 CST_{req}는 -60dBm이다. $CST_{AP2} = \min(CST_{adv}, CST_{req})$ 이므로, -80dBm보다 크게 되므로, AP2는 채널이 idle 상태이라고 결정하고 backoff counter를 카운팅하는 것을 계속한다. 카운터가 0가 되면, AP2는 AP1과 동시에 전송하게 된다.

[0071] 다른 케이스로는, AP1이 패킷을 B로 전송한다. 이 경우, CST_{adv}는 -85dBm으로 계산된다. AP2가 AP1으로부터 프리앰블을 수신할 때, $CST_{AP2} = \min(CST_{adv}, CST_{req})$ 이므로 -85dBm이 되며, 이는 -80dBm보다 작은 값이다. 따라서, AP2는 채널이 busy 상태라고 결정하고 전송을 연기한다.

[0072] 정리하면, 본 발명에 따른 구조는 송신자뿐만 아니라 그들의 목적지들을 고려하여 CST를 제어하여, 숨겨진 단말 효과(Hidden terminal effects)를 피함으로써 공간 재사용(Spatial Reuse)을 향상시키게 된다.

[0073] 이하, 본 발명의 제2 실시예에 따른 측정 기반 방식의 동적 CST 제어 방법에 대하여 설명한다.

[0074] 본 발명의 제2 실시예에 따른 측정 기반 방식의 동적 CST 제어 방법은, 노드들 사이의 제어 메시지로 변환한 이웃 노드 정보들(neighbor information)을 사용하는 것을 특징으로 한다.

[0075] 도 2의 시나리오를 고려하면, AP1은 패킷을 노드 A에게 전송하기 위하여, 전송을 보호할 광고성 CST를 계산하여야 된다. 광고성 CST를 설정하기 위하여, AP1은 노드 A의 잠재적 간섭자들을 알아야만 한다. 본 방식에서, 노드 A는 메시지에서 AP1에게 이 정보를 전송한다. 이를 위하여, 각 노드는 제어 메시지들로부터 인접 노드들의 RSSI를 수집하고, RSSI 테이블에 가중 이동 평균(Weighted moving average; WMA)를 사용하여 RSSI정보들을 관리한다.

[0076] 도 3은 노드 A의 RSSI 테이블(RSSI table)과 AP1의 이웃 노드 테이블(neighbor table)을 도시한 도표들이다. 도 3을 참조하면, RSSI 테이블은 이웃 노드들의 각각에 대하여 RSSI 값들의 평균값을 유지한다. 또한, RSSI 테이블은 이웃 노드들 사이에서 주기적으로 변경된다. 각 노드는 이웃 노드로부터 RSSI 테이블을 수신할 때마다, 각 이웃 노드의 RSSI 테이블을 기록한 이웃 노드 테이블(Neighbor table)을 갱신한다.

[0077] 이웃 노드 테이블(neighbor table)을 사용하여, AP1은 전송할 때 노드 A의 수신 신호 세기가 -45dBm이 될 것을 알 수 있다. 만약 필요한 SNRth가 23dB이면, 노드 A에서 간섭 레벨은 -68dBm보다 작아야만 한다. 이웃 노드 테이블을 살펴보면, AP2가 송신할 때 노드 A에서 예상되는 간섭 레벨은 -75dBm이며, 이는 -68dBm보다 작은

값이다. 따라서, AP1은 AP2를 차단할 필요가 없게 된다. 그런데, 만약 노드 B가 전송한다면, 노드 A에서의 SNR은 23dBm보다 작게 될 것이며 패킷은 성공적으로 디코딩될 수 없게 될 것이다. 따라서, 노드 B는 노드 A에게 전송하는 AP1에 대한 잠재적 간섭자가 된다. 노드 B를 차단하기 위하여, AP1은 광고성 CST를 -58dBm- P_M으로 설정한다. AP2가 AP1으로부터 프리앰블을 수신할 때, 그 전송은 진행중인 전송을 손실시키기 않게 됨을 확인할 수 잇다. AP2는 이웃 노드 테이블을 확인하여, AP2가 노드 Cdprp 패킷을 전송하면 그것은 노드 C에서 성공적으로 디코딩될 것이라는 것을 알게 된다. 그 패킷이 전송될 것이라고 예상된다면, AP2는 채널이 idle 상태라고 판단한다.

[0078] AP1이 노드 B에게 패킷을 전송하는 것을 가정하자. 이웃 노드 테이블을 참고하여, AP1은 노드 A 및 노드 AP2가 모두 잠재적 간섭자임을 확인한다. 이 경우, AP2인 가장 멀리 있는 간섭자를 기초로 하여, 광고성 CST가 설정된다. 따라서, 광고성 CST는 -80dBm- P_M로 설정된다. AP2가 프리앰블을 수신하면, RSSI를 측정하고 광고성 CST를 판독한다. RSSI가 광고성 CST보다 크기 때문에, AP2는 채널이 busy 상태라고 판단하고 전송을 연기한다.

[0079] 이 측정 기반 방식에서도 마진 변수 P_M가 사용된다. 이 방식에서는 CST를 계산하는 경로 손실 모델을 사용하지는 않지만, 채널 변화 및 다중 간섭자들의 가능성으로 인하여, 마진이 여전히 필요하다. 전술한 모델 기반의 방식은 가장 나쁜 위치에 간섭자가 위치한다고 가정함으로써 CST를 보수적으로 설정하는 반면, 측정 기반의 방식은 노드들이 더욱 공격적으로 전송을 하게 하는 CST를 설정할 수 있다. 이러한 이유로 인하여, 모델 기반의 방식과 비교하여, 다중 간섭자들을 설명하기 위하여 측정 기반의 방식이 더욱 더 큰 값의 P_M이 필요하게 된다.

[0080] 도 4는 본 발명의 바람직한 무선 랜 시스템의 성능을 테스트하기 위하여 만든 시뮬레이션 환경에 대한 모식도이다. 도 4를 참조하면, AP들이 격자 구조로 배치되며 이동 노드들이 각 영역에 무작위로 배치된다. 각 이동 노드들은 배치되면, 비콘을 통해 해당 영역을 스캐닝한 후 AP를 선택하고 연결하게 된다.

[0081] 이러한 환경에서, 첫번째 방법은 “Legacy”로 표현하는데, 이는 고정된 CST를 사용하는 종래의 IEEE 802.11 DCF에 따른 방식이며, 고정된 CST는 -82dBm이다. 두번째 방법은 “DSC”이며, 이는 통신하는 노드들 쌍의 사이의 근접도(proximity)를 고려하여 CST를 설정하는 방법으로서, 수학식 1에 따른 DSC 변수들에 있어서, Cmin과 Cmax는 각각 -99dBm과 -39dBm으로 설정되며 마진은 25dBm으로 설정된다. 세번째 및 네번째 방법은 각각 본 발명의 제1 및 제2 실시예에 따른 방법들로서, 세번째 방법은 제1 실시예에 따른 모델 기반의 방식이며 네번째 방법은 제2 실시예에 따른 측정 기반의 방식이다. 세번째 방법은 로그-거리 경로 손실 모델로서, $\gamma = 3$으로 설정된다. 네번째 방법은 제어 메시지를 통해 변경된 이웃 노드 정보를 이용하여 광고성 CST를 결정하게 된다. 세번째 및 네번째 방법은 마진 변수가 6dB로 설정된다.

[0082] 각 시스템에 대한 성능을 평가하기 위하여 전체 처리량, 하위 25% 처리량, Jain's fairness index 및 시스템의 delivery ratio를 측정한다. 여기서, Jain's fairness index는 수학식 12에 따라 측정되는 값으로서, 시스템의 fairness를 측정하기 위하여 사용된다.

수학식 12

[0083]
$$J(x_1, x_2, \ldots, x_n) = \frac{(\sum_{i=1}^{n} x_i)^2}{n \cdot \sum_{i=1}^{n} x_i^2}$$

[0084] 여기서, xi는 노드 i에 대한 처리량이며, n은 노드들의 총 개수이다.

[0085] 먼저, 100개의 AP들을 배치하고 노드들의 수를 변경하면서 배치하여 노드 밀도의 영향력을 살펴보았다. 노드 수는 20에서 200까지 변화시켰다. 도 5는 노드의 밀도에 따른 영향력을 테스트한 결과들을 도시한 그래프들이다. 도 5의 (a)는 전체 처리량을 도시한 그래프이며, (b)는 하위 25% 처리량을 도시한 그래프이며, (c)는 Jain's Fairness Index를 도시한 그래프이며, (d)는 Packet Delivery Ratio를 도시한 그래프이다.

[0086] 도 5(a)를 참조하면, 전체 처리량을 살펴보면, 모든 방식에서 노드의 수가 일정 지점까지는 처리량이 증가하다가 그 이후로는 감소하기 시작한다. 이는, 노드의 수가 작을 때는 공간이 완전히 사용되지 않고 더 많은 동시 전송을 위한 여유가 있음을 의미한다. 하지만, 노드 수가 많아지면, 공간이 포화되고 증가된 패킷 충돌률

(Packet collision rate)로 인하여 처리량이 감쇠된다. 이러한 패킷 충돌의 증가는 패킷 전달률(Packet Delivery rate)에 영향을 미치게 된다.

[0087] 도 5(b)를 참조하면, 전체 처리량은 노드수와 함께 증가되는 동안, 하위 25%처리량은 노드 수의 증가와 함께 급속하게 감소된다. 이는, 채널 공유가 덜 공정하게 됨을 의미하는데, 이는 fairness 그래프로부터 확인될 수 있다. 노드가 많아질수록, 패킷 충돌 기회가 증가하게 되는데, 이는 둘 또는 그 이상의 노드들이 동시간대에서 backoff를 종료하는 가능성이 증가하기 때문이다. 두 노드가 동시에 전송할 때, 에지 노드로부터 전송된 패킷과 비교하면, AP에 더 가까운 노드로부터 전송된 패킷이 살아날 확률이 더 크다. 에지 노드가 패킷을 손실하면, 더 많은 충돌을 피하기 이하여 경쟁 윈도우(contention window)는 배가될 것이고, 에지 노드의 채널 공유는 더욱 감소하게 된다. 따라서, 패킷 충돌이 많아질수록 fairness는 더욱 더 낮아지게 될 것이다.

[0088] 본 발명에 따른 방법들은 종래의 방법들에 비하여 전체 처리량이 높으며, 또한 하위 25% 처리량을 유지하는 동안에도 전체 처리량이 높음을 알 수 있다. Fairness 측면에서는, 본 발명에 따른 방법들이 종래의 방법들에 비하여 낮은 fairness index를 가짐을 확인할 수 있다.

[0089] 다음, 두번째 실험은 AP의 수를 9부터 169까지 변화시키면서 성능을 테스트하는 것이다. 이때 노드의 수는 100으로 고정시킨다. AP의 밀도가 높을 때, 이동 노드와 AP 사이의 평균 거리는 더욱 짧아지게 된다. 따라서, 더 많은 동시 전송이 발생하게 될 것이 예상된다. 도 6은 AP의 밀도에 따른 영향력을 테스트한 결과들을 도시한 그래프들이다. 도 6의 (a)는 전체 처리량을 도시한 그래프이며, (b)는 하위 25% 처리량을 도시한 그래프이며, (c)는 Jain's Fairness Index를 도시한 그래프이며, (d)는 Packet Delivery Ratio를 도시한 그래프이다.

[0090] 도 6 (a)를 참조하면, 전체 처리량을 살펴보면, AP의 수가 작을 때는 모든 방법들의 전체 처리량이 거의 유사하다. 하지만, AP의 수가 커지게 되면, 처리량의 차이가 증대된다. 고정된 CST를 사용하는 종래의 방법은 AP 밀도와 함께 처리량이 증가된다. 이동 노드가 AP에 근접하는지 여부와 관계없이, 전송하는 동안 노드가 차단하는 영역은 동일하다. 따라서, 노드들간의 평균 거리가 작아지더라도, 공간 재사용은 향상되지 않는다. DSC 방식은 높은 전체 처리량을 성취하나, 에지 노드들에서 starvation을 유발하게 되는데, 이는 하위 25% 처리량과 fairness로부터 확인된다. 본 발명에 따른 방법들은 높은 전체 처리량과 비교할 만한 하위 25% 처리량을 달성하게 되며, 이는 이전 실험과 유사하다.

[0091] 다음, 세번째 실험은 마진(Margin)을 변화시키면서 성능을 테스트하는 것이다. 이번 실험에서는 격자 구조에 100개의 AP들을 배치하고 랜덤하게 100개의 이동 노드들을 배치하였으며, 마진은 0dB 에서 10dB 까지 변화시켰다.

[0092] 도 7은 마진의 변화에 따른 영향력을 테스트한 결과들을 도시한 그래프들이다. 도 7의 (a)는 전체 처리량을 도시한 그래프이며, (b)는 하위 25% 처리량을 도시한 그래프이며, (c)는 Jain's Fairness Index를 도시한 그래프이며, (d)는 Packet Delivery Ratio를 도시한 그래프이다.

[0093] 도 7(a)를 참조하면, 전체 처리량은 모든 방식에서 마진이 커질수록 감소하였다. 마진이 커진다는 것은 CST가 감소하며, 이는 보수적인 전송을 수행하는 것을 의미하게 된다. 이러한 이유로 인하여, 마진이 증가할수록, 하위 25% 처리량은 증가하게 된다. 본 발명에 따른 방법들은 하위 25% 처리량이 어느 지점까지 증가하게 되며 그 이후에는 유사하게 유지된다. 마진이 포화점보다 작으면, 선택된 CST는 패킷 충돌 및 불공정한 채널 공유를 유도하는 숨겨진 단말(Hidden terminal)을 만들게 된다. 본 시뮬레이션 환경에서 적절한 마진은 약 5~6 dB 이다.

[0094] 도 7의 그래프로부터, 마진이 낮아지면 본 발명의 측정 기반의 방식은, 모델 기반 방식보다 더욱 크게 영향을 받게 되고, 마진이 6dB이하이면, 하위 25% 처리량이 크게 감소함을 알 수 있다. 이러한 패턴이 fairness index 및 packet delivery ratio에도 관찰된다.

[0095] 다음, 네번째 실험은 경로 손실 지수(Path Loss Exponent)을 변화시키면서 성능을 테스트하는 것이다. 이번 실험에서는 로그-거리 모델에서 경로 손실 지수를 2에서 4까지 변화시켰다. 모델 기반의 방식에서 사용된 지수는 3으로 고정시켰다. 이러한 경로 손실 지수는 환경의 전파 특성에 영향을 미치게 된다.

[0096] 도 8은 경로 손실 지수의 변화에 따른 영향력을 테스트한 결과들을 도시한 그래프들이다. 도 8의 (a)는 전체 처리량을 도시한 그래프이며, (b)는 하위 25% 처리량을 도시한 그래프이며, (c)는 Jain's Fairness Index를 도시한 그래프이며, (d)는 Packet Delivery Ratio를 도시한 그래프이다.

[0097] 도 8(a)를 참조하면, 경로 손실 지수가 커질수록, 본 발명에 따른 두 방식들의 전체 처리량은 증가된다. 큰 경로 손실 지수에 의해, 거리가 증가됨에 따라 신호 세기는 급속하게 감소한다. 따라서, 신호원과 간섭원이 같은

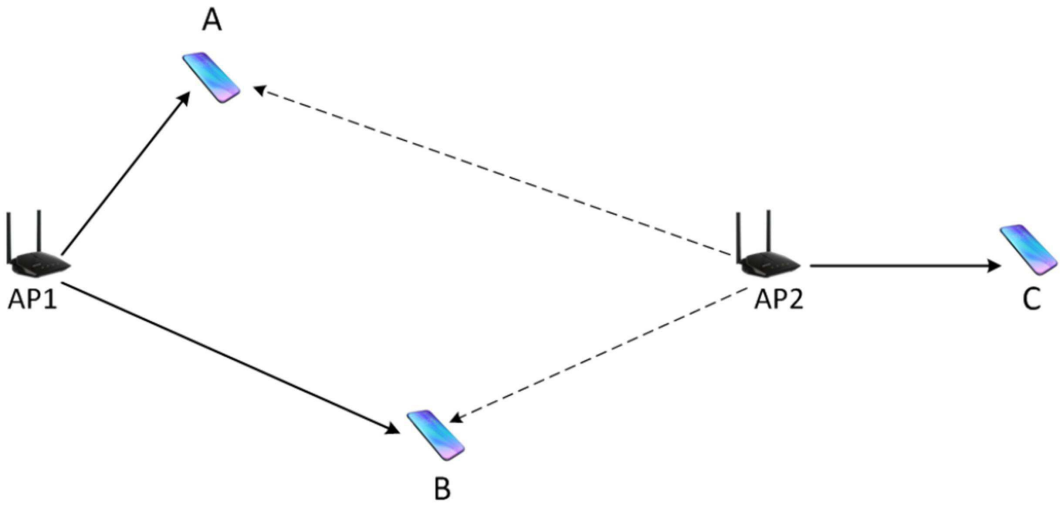
위치에 있다면, 경로 손실 지수가 더 크다면 수신기는 높은 SNR을 갖는 패킷을 수신하게 된다. 하위 25% 처리량을 살펴보면, 경로 손실 지수가 높을수록 모델 기반의 방식에서의 처리량은 감소되는 반면에, 측정 기반의 방식의 처리량은 지속적으로 증가한다. 이는 모델 기반의 방식이 숨겨진 단말(hidden terminal)을 생성하는 것을 의미한다.

[0098] 정리하면, 본 발명에 따른 방식들은 공간 재사용(spatial reuse)를 향상시키면서 에지 노드들을 starving 시키지 않음으로써, 시스템 처리량을 향상시킨다. 모델 기반의 방식은 더 심플하고 이웃 노드 정보들의 변경을 필요로 하지 않는 반면에, 실제 경로 손실이 CST를 계산하기 위하여 사용되는 모델로부터 멀다면, 숨겨진 단말이 발생된다. 반면에, 측정 기반의 방식은 경로 손실 모델들에 의존하지 않지만, CST 계산을 위하여 이웃 노드 정보들을 사용해야 된다.

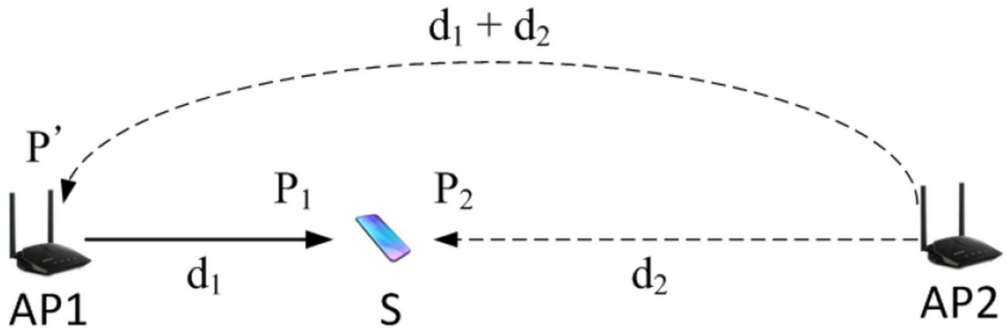
[0099] 이상에서 본 발명에 대하여 그 바람직한 실시예를 중심으로 설명하였으나, 이는 단지 예시일 뿐 본 발명을 한정하는 것이 아니며, 본 발명이 속하는 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 본질적인 특성을 벗어나지 않는 범위에서 이상에 예시되지 않은 여러 가지의 변형과 응용이 가능함을 알 수 있을 것이다. 그리고, 이러한 변형과 응용에 관계된 차이점들은 첨부된 청구 범위에서 규정하는 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

도면

도면1



도면2



도면3

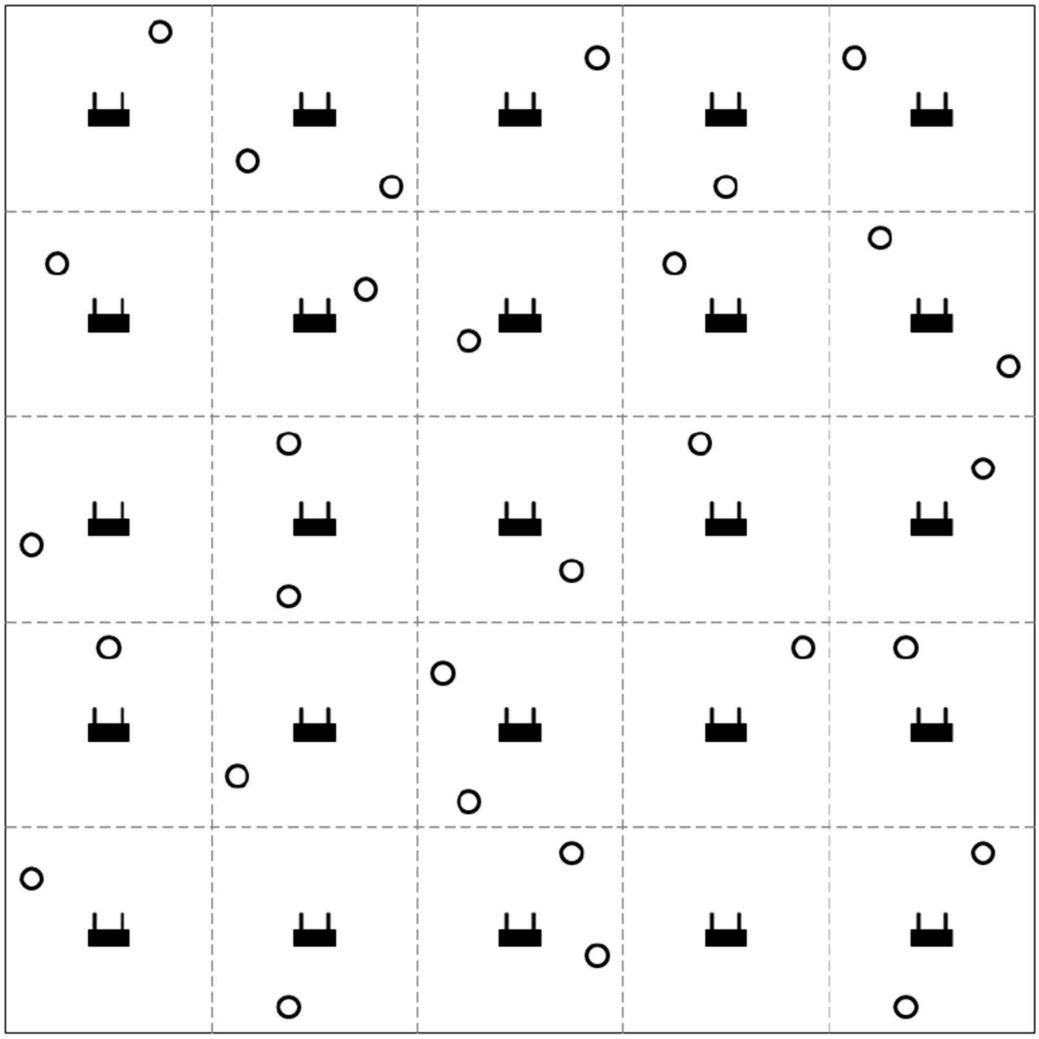
RSSI Table of node A	
AP1	-45
AP2	-75
B	-60

(a) RSSI Table

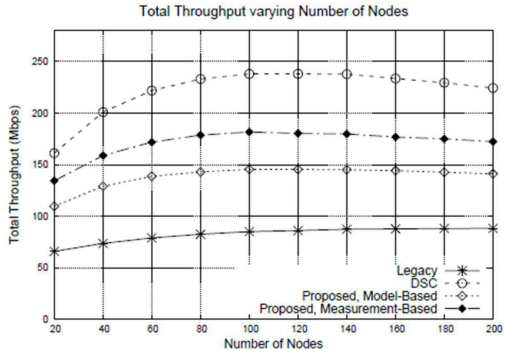
Neighbor Table of AP1		
A	AP1	-45
	AP2	-75
	B	-60
B	AP1	-58
	AP2	-54
	A	-60
	C	-72
AP2	AP1	-80
	A	-75
	B	-54
	C	-39

(b) neighbor Table

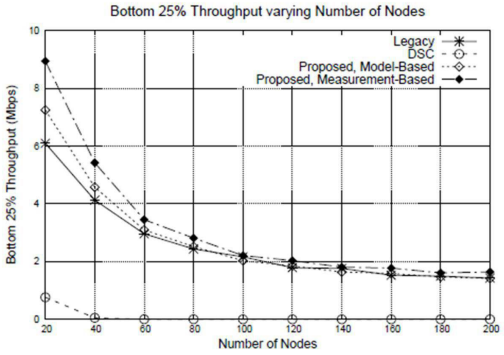
도면4



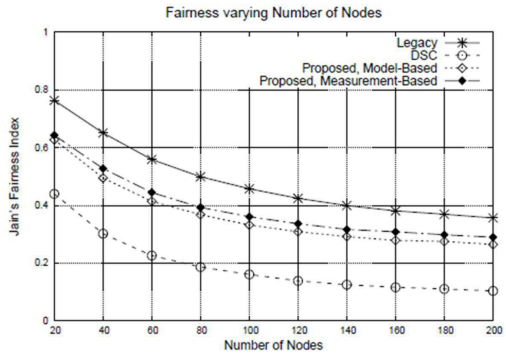
도면5



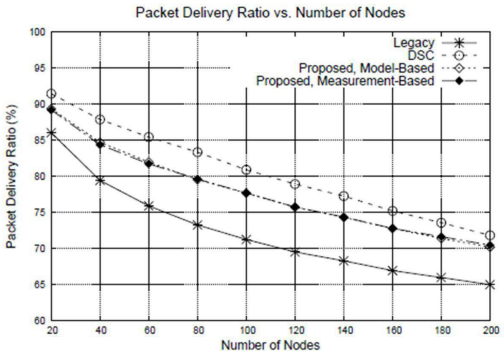
(a) Total throughput



(b) Bottom 25% throughput

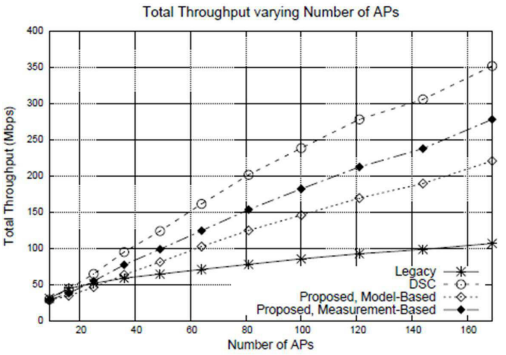


(c) Fairness

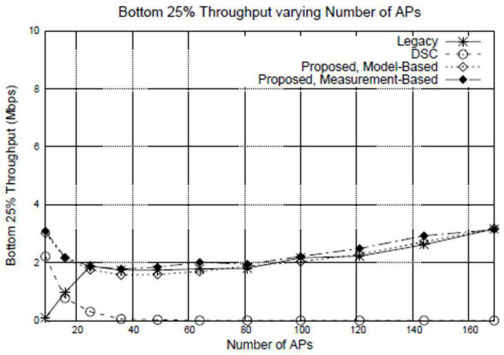


(d) Delivery Ratio

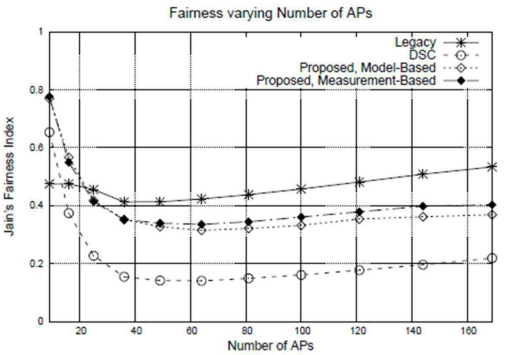
도면6



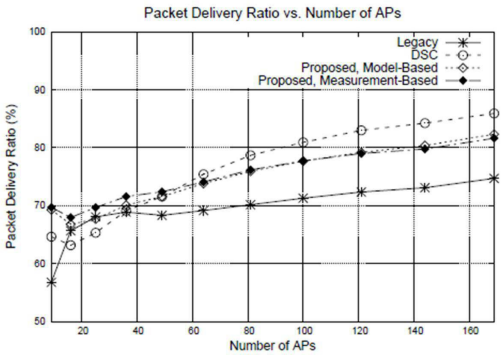
(a) Total throughput



(b) Bottom 25% throughput

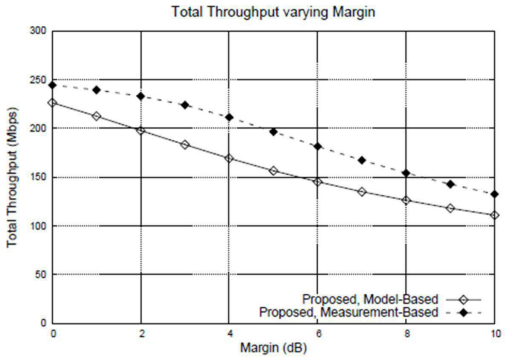


(c) Fairness

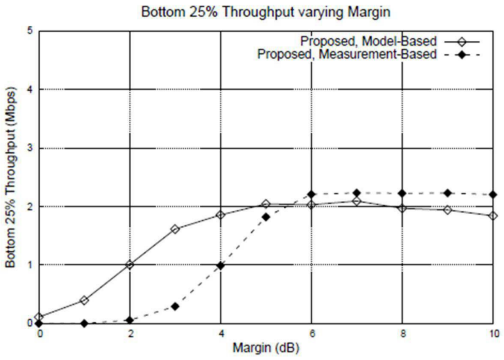


(d) Delivery Ratio

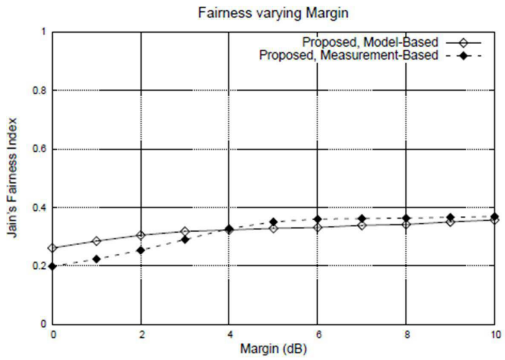
도면7



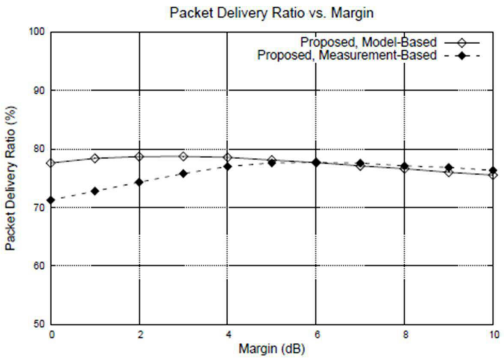
(a) Total throughput



(b) Bottom 25% throughput

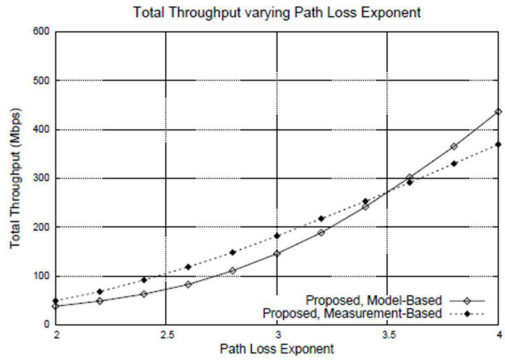


(c) Fairness

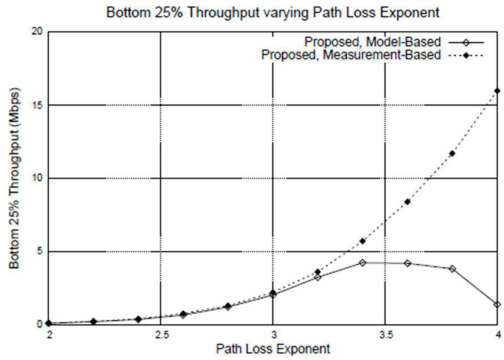


(d) Delivery Ratio

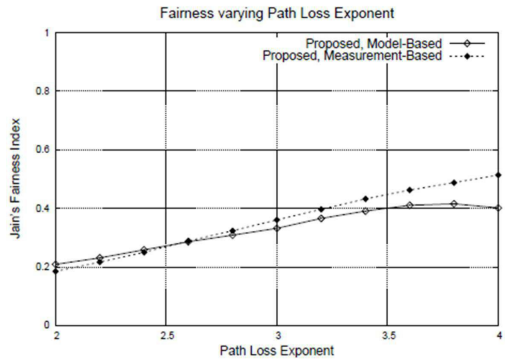
도면8



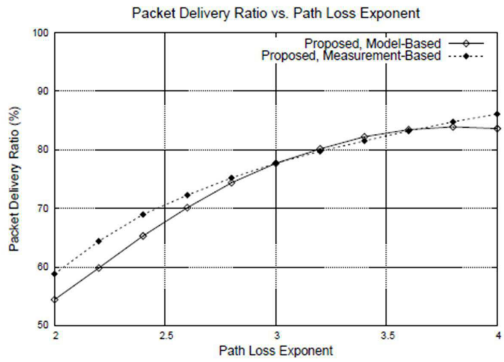
(a) Total throughput



(b) Bottom 25% throughput



(c) Fairness



(d) Delivery Ratio