(19)대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。Int. Cl.
H04L 1/16 (2006.01)
H04L 29/02 (2006.01)
H04L 12/413 (2006.01)
H04L 12/24 (2006.01)

(45) 공고일자 2007년02월06일
(11) 등록번호 10-0679320
(24) 등록일자 2007년01월30일

(21) 출원번호 10-2005-0074633
(22) 출원일자 2005년08월16일
심사청구일자 2005년08월16일

(65) 공개번호
(43) 공개일자

(73) 특허권자 인하대학교 산학협력단
인천 남구 용현동 253 인하대학교

(72) 발명자 조재용
인천 연수구 연수2동 우성2차아파트 214동 1309호

김석호
인천 연수구 청학동 454번지 용담마을 106동 305호

황현철
인천 동구 만석동 122번지 만석비치타운 103동 1104호

곽경섭
인천 부평구 갈산동 363번지 태화아파트 7동 1302호

(74) 대리인 유완식
이은철

(56) 선행기술조사문헌
KR100427001 B1
KR1020060078209 A
WO2004007725 A2
1020040046390
KR1020040046390 A
US20020154653 A1
논문
* 심사관에 의하여 인용된 문헌

심사관 : 전용해

전체 청구항 수 : 총 2 항

(54) 무선랜에서의 데이터 전송 시 백오프 방법

(57) 요약

본 발명은 무선 네트워크에서의 서비스 품질(QoS: Quality of Service)에 관한 것으로, 특히 무선랜에서의 데이터 전송 시 백오프 알고리즘(backoff algorithm)인 CRB-EDCF (Collision Rate Based-Enhanced Distributed Coordination Function)을 제안한다.

CRB-EDCF 방식은 일정 타임 슬롯 구간 내에서 발생하는 프레임 충돌확률을 계산하여 그 결과를 프레임 전송이 성공하였을 경우와 실패하였을 경우에 모두 적용해 경쟁윈도우(CW)를 계산함으로써 데이터 처리율을 높이고 IEEE 802.11 무선랜의 서비스품질을 향상한다.

대표도

도 4

특허청구의 범위

청구항 1.

무선 네트워크에서의 서비스 품질(QoS : Quality of Service)을 지원하는 백오프 방법에 있어서,

프레임 전송 후 일정시간 동안 전송프레임에 대한 ACK의 수신을 기다리고 수신여부를 판단하는 단계;

판단 결과가 ACK의 수신성공일 경우 CW에 MF(Multiplicator Factor)를 곱하여 경쟁윈도우(CW)의 크기를 감소시켜 다음 프레임을 전송하는 단계; 및

판단 결과가 ACK의 수신실패일 경우 CW에 PF(Persistence Factor)를 곱하고, 충돌확률(CR)을 반영하여 경쟁윈도우(CW)의 크기를 증가시켜 재전송 과정으로 들어가는 단계; 를 포함하며,

상기 충돌확률(CR)은, 무선통신환경에 따라 정해지는 임의의 상수 delta 값에 일정 구간의 충돌확률을 곱함으로써 산출하는 것을 특징으로 하는 백오프 방법.

청구항 2.

삭제

청구항 3.

청구항 1에 있어서, 상기 백오프 방법은,현재의 충돌확률이 높지 않은 상황에서는 CW의 증가폭을 작게 하고, 현재의 충돌확률이 높은 상황에서는 CW의 증가폭을 크게 하여 무선 채널의 충돌이나 오류 상황을 반영할 수 있는 것을 특징으로 하는 백오프 방법.

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 무선 네트워크에서의 서비스 품질(QoS)에 관한 것으로, 무선랜에서의 데이터 전송 시 백오프 알고리즘인 CRB-EDCF (Collision Rate Based-Enhanced Distributed Coordination Function)에 관한 것이다.

최근 들어 무 선랜의 편리함과 효율성으로 인해 무선랜 시장이 급격히 확대되고 있다. 그 중 IEEE 802.11 표준은 가장 많은 시장을 확보하고 있으며 앞으로도 그 영역을 지속적으로 확장해 나갈 것으로 전망된다. 이런 추세에 따라 IEEE 802.11 무선랜의 서비스 품질(QoS)에 대한 관심이 높아지고 있는 것은 당연한 현상이다.

IEEE 802.11 무선랜은 자연스럽게 이더넷 스타일의 네트워킹을 무선 링크로 확장됐으며, 이더넷과 마찬가지로 전송에 대한 접근을 제어하기 위해 CSMA를 이용한다. 그러나 프레임간 충돌은 용량을 낭비하고 무선 환경의 특성상 숨겨진 (Hidden) 스테이션 문제점 등으로 인해 충돌을 미리 검출하기 어렵기 때문에, IEEE 802.11 무선랜은 이더넷이 사용하는 CSMA/CD(Collision Detection, 충돌검출) 대신 CSMA/CA(Collision Avoidance, 충돌 회피) 방법을 사용하고 있다.

상기 CSMA방식을 사용하는 랜에서는 전송 매체상의 데이터 전송 신호가 충돌을 일으켰을 때, 다시 전송을 시도하기까지의 지연 시간을 계산하고 프레임 충돌에 의한 송신 중단을 감소시켜 처리율을 향상시키는 백오프 알고리즘(backoff algorithm)을 필요로 한다.

백오프(Backoff)란 데이터를 재전송하기 전에, 컴퓨터가 일정시간을 대기하는 시간을 말한다. 즉, 컴퓨터가 충돌을 감지할 때, 이더넷 네트워크에서 충돌이 발생했다는 사실을 한 장치에서 다른 모든 장치들에게 보내는 잼(jam) 패턴의 전송을 시작하는데, 이 패턴은 불완전한 모든 패킷을 버리고 네트워크가 정상으로 복구될 때까지 데이터를 전송하지 않고 대기상태를 유지한다.

대부분의 백오프 방법에서는 무선 채널의 상황을 고려하지 않고 있으며, 단지 현재 전송한 프레임의 전송결과가 성공했는지 실패했는지에 따라 CW(Contention Window, 경쟁 윈도우)의 크기를 계산하고 다음번 전송을 위하여 CW를 계산한다.

그 과정을 살펴보면, 만약 송신된 프레임에 대한 ACK(응답문자)를 수신하면 프레임이 성공적으로 전송되었다는 의미로서 다음 프레임을 전송하게 된다. 하지만 송신된 프레임에 대한 ACK를 수신하지 못한 경우 송신측에서는 ACK 타임아웃 시간까지 기다리게 되고, ACK 타임아웃 시간이 만기되면 그 프레임이 전송과정에서 충돌 또는 오류가 발생한 것으로 간주하고 백오프 프로시저에 재진입하여 재전송 과정을 수행하게 된다.

한편, 기존의 백오프 방식을 살펴보면 다음과 같다.

DCF(Distributed Coordination Function)방식에서는 자승 백오프(BEB:Binary Exponential Backoff)를 기본 백오프 방식으로 사용한다.

도 1은 DCF의 DIFS와 CW를 나타낸 도면으로서, DIFS와 CW의 의미를 보여주고 있다. CW는 CWmin과 CWmax 사이의 값을 가지는 양의 정수로 표현되고 프레임의 전송이 성공했는지 실패했는지에 따라 새로운 CW 값 설정 방식이 나누어진다. 프레임 전송이 성공하면 CW를 CWmin으로 리셋하고, 프레임 전송이 실패하면 CW를 두 배로 증가한다. DCF는 단일 전송 큐를 가지며, 모든 종류의 트래픽에 대하여 동일한 전송 큐를 사용하므로 모두 동일한 우선순위로 서비스한다.

DCF 방식의 단점은 하나의 전송 큐만을 사용하므로 시간제한 트래픽의 경우 QoS를 보장할 수 없다는 점과 무선 채널의 상황을 고려하지 않는다는 점이다. 또한, 한 번의 프레임 전송이 성공하면 CW값을 CWmin, 즉 최소값으로 초기화하는데, 여기에서 잠재적인 충돌의 가능성이 커지게 된다는데 문제점이 있다.

EDCF(Enhanced DCF)방식은 IEEE 802.11e에서 드래프트된 방식으로 유선망의 차별화 서비스와 유사한 방식이다.

도 2는 EDCF의 AIFS 및 UP(User Priority)의 관계를 나타낸 도면으로서, 각각의 AC는 고유의 AIFS와 차별화된 고유의 CWmin과 CWmax 값들을 가진다. EDCF는 DCF를 확장한 방식으로 기본 백오프 방식은 DCF와 동일하다. 하지만 다중의 큐(queue)를 두고 우선순위에 따라 트래픽을 분류하여 서비스한다.

하지만 EDCF 방식 역시 무선 채널의 상황을 고려하지 않는 방식으로 동작한다. 프레임 전송에서 성공하면 해당 AC (Access Category)에서 내정된 CWmin 값으로 리셋하는데, 여기에서도 도 3에 나와 있는 것처럼 내부경쟁이 생기기 때문에 DCF에서처럼 잠재적인 충돌의 가능성이 커지게 된다는데 문제점이 있다.

MILD (Multiple Increase Linear Decrease) 방식은 프레임 전송이 실패하면 CW를 1.5배로 증가하고, 프레임 전송이 성공하면 CW를 CW-1로 선형적으로 감소시킨다.

EIED (Exponential Increase Exponential Decrease)방식은 프레임 전송이 실패하면 CW를 r_I(Increase Factor)를 곱하여 증가시키고, 프레임 전송이 성공하면 CW를 r_D(Decrease Factor)로 나누어서 CW를 감소시킨다.

AEDCF (Adaptive EDCF)방식은 프레임 전송이 실패하면 CW를 PF(Persistence factor)로 곱하여 증가시키고, 프레임 전송이 성공하면 CW를 MF(Multiplicator Factor)로 곱하여 감소시킨다. PF 값은 트래픽 클래스별로 다른 값을 가질 수 있으며, 세 개의 Audio, Video, Background 트래픽 클래스에 대하여 Audio는 2, Video는 4, Background는 5를 사용한다. MF 값은 일정 구간마다 계산하며 구간의 길이는 물리계층의 타임 슬롯의 개수이다. 현재 구간 *j*에서 스테이션 *p*의 충돌 확률을 표시하면 수학식1과 같다.

수학식 1

$$f_{curr}^{j} = \frac{E(collisions_j[p])}{E(data_sent_j[p])}$$

수학식1의 결과로 f_{avg}^{j} 을 수학식2와 같이 구한다.

수학식 2

$$f_{avg}^{j} = (1-\alpha) \times f_{curr}^{j} + \alpha \times f_{curr}^{j-1}$$

상기 수학식2에서 구한 f_{avg}^{j}를 수학식3을 사용하여 CW값 계산에 사용되는 MF값을 얻는다.

수학식 3

$$MF[TC] = min((1+(pri[TC] \times 2)) \times f_{avg}^{j}, 0.8)$$

단, *pri*는 트래픽 종류이며, MF 값은 CW 값을 재설정할 때 이전의 CW 값을 초과하여 설정되지 않도록 설정해주고, 수학식3에서 *min*을 사용하여 MF의 최대값을 0.8로 제한한다. 일반적으로 이 방식은 구간의 길이는 5000 타임 슬롯으로 사용하는데 이 구간의 길이마다 수학식1 내지 수학식3이 계산되고 값이 갱신된다. 그런데 이값이 너무 작으면 잦은 계산으로 인하여 계산 부하가 커지고, 너무 크면 드문 계산으로 무선 채널의 상태에 대한 표현이 부정확하게 된다. 또한 AEDCF 방식은 프레임 전송이 실패했을 경우에는 충돌확률(CR)을 고려하지 않아서 QoS 향상에 한계가 있었다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

따라서, 본 발명의 목적은 일정 타임 슬롯 구간 내에서 발생하는 프레임 충돌확률을 계산하여, 그 결과를 프레임 전송이 성공하였을 경우와 실패하였을 경우에 모두 적용해 경쟁윈도우(CW)를 계산함으로써, 데이터 처리율을 높이고 무선랜의 서비스품질을 향상하는 백오프 방법을 제공하는 데 있다.

발명의 구성

상기 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 무선랜에서의 서비스 품질(QoS : Quality of Service)지원을 위한 백오프 방법은, 프레임 전송 후 일정시간 동안 전송프레임에 대한 ACK의 수신을 기다리고 수신여부를 판단하는 단계; 판단결과가 ACK의 수신성공일 경우 CW에 MF(Multiplicator Factor)를 곱하여 경쟁윈도우(CW)의 크기를 감소시켜 다음 프레임을 전송하는 단계; 판단결과가 ACK의 수신실패일 경우 CW에 PF(Persistence Factor)를 곱하고, 충돌확률(CR)을 반영하여 경쟁윈도우(CW)의 크기를 증가시켜 재전송 과정으로 들어가는 단계; 를 포함하는 것을 특징으로 한다.

상기 충돌확률(CR)은 상수 delta 값에 일정 구간의 충돌 확률을 곱하여 구하고, 상기 상수 delta값은 무선통신환경에 따라 정해지는 임의의 상수인 것을 특징으로 한다.

상기 백오프 방법은 현재의 충돌확률이 높지 않은 상황에서는 CW의 증가폭을 작게 하고, 현재의 충돌확률이 높은 상황에서는 CW의 증가폭을 크게 하여 무선 채널의 충돌이나 오류 상황을 반영할 수 있는 것을 특징으로 하는 백오프 방법.

이하, 본 발명에 관하여 수학식과 도면을 참조하여 보다 구체적으로 기술한다.

도 4는 본 발명에 따른 백오프 방법을 나타내는 흐름도로서, 프레임 전송결과에 따른 CW계산 과정을 보여준다.

상기 프레임 전송 후 일정 시간 동안 전송 프레임에 대한 ACK를 기다리게 되는데 이때 ACK의 수신 여부에 따라 처리방법이 달라진다.

상기 ACK를 수신한 경우에는 다음 프레임의 전송으로 들어갈 때 경쟁윈도우(CW)의 크기를 수학식4 에 의해 계산한다.

수학식 4

$$CW_{new}[TC]=\max(CW_{\min}[TC],CW_{old}[TC]\times MF[TC])$$

단, CW_{new}는 다음 프레임의 경쟁윈도우, CW_{old}는 이전 프레임의 경쟁윈도우, CW_{min}은 CW의 최소값, CW_{max}는 CW의 최대값, TC는 트래픽의 종류, PF는 지속 factor 그리고 CR은 충돌확률이다. 또한 상기 MF는 상기 설명한 수학식3에 의해 계산된다.

상기 ACK를 수신하지 못했을 경우에는 경쟁윈도우(CW)의 크기를 수학식5에 나와 있듯이 충돌확률(CR)을 고려해 계산한다.

수학식 5

$$CW_{new}[TC]=\min(CW_{\max}[TC],CW_{old}[TC]\times PF[TC]\times CR_{curr})$$

단, CW_{new}는 다음 프레임의 경쟁윈도우, CW_{old}는 이전 프레임의 경쟁윈도우, CW_{min}은 CW의 최소값, CW_{max}는 CW의 최대값, TC는 트래픽의 종류, PF는 지속 factor 그리고 CR은 충돌확률이다.

상기 수학식에서 CR^{j}_{curr}은 수학식6에 따라 구한다.

수학식 6

$$CR^{j}_{curr}=delta\times f^{j}_{curr}$$

단, f^{j}_{curr} 는 구간 j에서 스테이션의 충돌확률이다.

상기 f^{j}_{curr} 값이 [0,1] 사이의 값이므로 그대로 사용하면 오히려 CW 값이 줄어들게 되므로 상수값 delta를 곱하여 계산한다.

한편, 충돌확률이 낮은 상황에서 한 번의 충돌로 CW가 큰 폭으로 증가하게 되면 무선 채널 사용을 위하여 대기하는 시간이 길어지게 된다. 따라서 재전송 대기 중인 트래픽의 전파 지연 시간이 커지게 된다. 오디오, 비디오 등의 멀티미디어 프레임의 경우에는 지연 시간의 증가만으로도 프레임이 폐기될 수도 있다. 또한, CW의 크기가 크면 채널 유휴 시간이 커지게 된다.

그러므로, 상기 백오프 방법은 현재의 충돌확률이 높지 않은 상황에서는 CW의 증가폭을 작게 하고, 현재의 충돌확률이 높은 상황에서는 CW의 증가폭을 크게 하여 무선 채널의 충돌이나 오류 상황을 재전송과정에 반영한다.

CW가 현재 크기에서 이전의 크기로 감소되어 회복되는 데에는 여러 번의 프레임 전송에서 계속해서 성공하여야 하므로 적절한 delta 파라미터를 선정해 주어야 높은 성능을 기대할 수 있다.

이하에서는 일실시예를 통하여 본 발명의 우수성을 확인한다.

도 5에서 도시된 바와 같이 실시예에서는 각 스테이션은 무선 링크를 형성하고 있으며 화살표는 무선 링크상에서 데이터 프레임의 전송 방향을 표시하는 것으로 한다. 점선으로 표시된 화살표는 여러 개의 스테이션이 동일한 방법으로 추가될 수 있음을 보여주고 있다. 각 스테이션은 동일한 MAC(Medium Access Control) /PHY(Physical Layer)를 사용하는 동일한 구조의 스테이션이며 이동성은 없다고 가정한다.

도 6은 본 발명의 실시예에서 사용한 54Mbps 의 속도를 가지는 PHY 계층의 파라미터들을 나타낸 표이고, 도 7은 트래픽별 MAC 파라미터를 나타낸 표이다.

도 8은 상기도 6과 도 7의 파라미터를 가지고 스테이션 수를 25개로 설정하여 delta 값을 1부터 9까지 1단위로 증가하면서 시뮬레이션을 실행한 결과를 나타내는 그래프로서, delta값이 5일 경우 가장 높은 처리율을 나타냄을 보여준다. 이에 delta의 최적값은 5임을 알 수 있다.

한편, 상기 delta의 최적값은 무선통신의 환경에 따라 달라질 수 있으며, 그에 대응하는 파라미터를 이용하여 최적값을 구할 수 있다.

도 9는 스테이션의 수를 2개에서부터 40개까지 증가시키면서 본 발명의 알고리즘과 종래의 알고리즘에 대한 처리율을 표시한 그래프이다.

도 9를 보면, AEDCF와 EIED 그리고, 본 발명에서 제안한 CRB-EDCF는 스테이션 수의 증가에 대하여 비슷한 처리율(Throughput)변화 추이를 보여주고 있다. 스테이션의 수가 16개 이하인 구간에서는 MILD를 제외한 다른 백 오프 방식들은 거의 동일한 처리율을 보여주는데, 그 이유는 무선 채널의 부하가 낮은 상황에서는 백 오프 방식의 차이가 성능의 차이로 바로 나타나지는 않기 때문이다.

상기 스테이션의 증가가 계속되어 20개에 도달하였을 때에는 백오프 방식의 차이로 인한 성능의 차이가 최대가 되었다가 30개 이상으로 증가할수록 성능격차는 다시 줄어들게 된다. 이런 현상은 처리율의 감소가 백오프 방식에서 기인한다기보다 무선채널 자체의 부하가 크게 증가하였기 때문에 어떤 백오프 방식을 사용하더라도 처리율이 지속적으로 감소하는 경향을 보여준다.

하지만 스테이션의 수에 상관없이 본 발명에서 제안한 CRB-EDCF 백오프 방법의 처리율이 가장 크게 나타나는 것은 확실히 알 수 있다.

도 10은 각 백 오프 방식들의 무선 채널 활용도(Channel Utilization)를 보여주고 있다. 여기에서 무선 채널의 활용도를 나타내는 식은 수학식 7과 같다.

수학식 7

$$Ch_{utilization} = \frac{TotalTime_{Transmission} - TotalTime_{Collision} - TotalTime_{Idle}}{TotalTime_{Transmission}} \times 100\%$$

여기서 $Ch_{utilizion}$은 무선 채널 활용도이며, $TotalTime_{Transmission}$은 전체 전송 소요 시간, $TotalTime_{collision}$은 충돌로 인한 총 소요 시간, $TotalTime_{Idle}$ 무선 채널의 총 유휴 시간을 나타낸다. 즉 실제 무선 채널 사용 시간에 대한 전체 소요 시간의 비의 백분율이다.

도 9 나타난 MILD 방식의 낮은 처리율(Throughput)의 원인이 도 10에 나타난 것과 같이 낮은 무선 채널 사용률에 있다는 것을 알 수 있다. 무선 채널의 사용률 역시 본 발명에서 제안한 CRB-EDCF 백 오프 방식이 가장 성능이 우수하다는 것을 확인할 수 있다.

도 11은 다른 백 오프 방식을 EDCF와 비교하였을 때의 상대적인 이득을 표시한 그래프로서, EDCF 방식이 비교의 기준이므로 x축과 일치되고 있으며 각 백 오프 방식들의 이득이 나타나 있다. 이 그래프 역시 본 발명에서 제안한 CRB-EDCF 백 오프 방식이 가장 이득이 크다는 것을 보여준다.

도 12a 및 도 12b는 QoS 지원을 위한 차별화서비스에 대한 프레임 지연시간을 나타낸 그래프이다. 백 오프 방식의 비교는 타 방식에 비하여 우수한 성능을 보여주는 AEDCF와 본 발명에서 제안한 CRB-EDCF의 두 가지 방식을 비교하였다.

도 12a는 시간제한 트래픽에 대한 지연 시간을 보여주고 있는데, CRB-EDCF 방식이 우수한 지연 시간 성능을 알 수 있다.

도 12b는 도 12a에서 보여준 시간제한 트래픽 및 백그라운드 트래픽의 지연 시간을 함께 보여주고 있다. 여기에서는 백그라운드 트래픽의 지연 시간이 AEDCF 방식보다 다소 증가된 것을 보여주고 있는데, 이러한 결과는 QoS 지원을 위한 트래픽 차별화 서비스가 AEDCF 방식보다 강화된 데 따른 것이다. 이런 결과를 통하여 차별화를 통한 QoS가 지원되고 있음을 확인할 수 있다.

상기에서 본 발명의 특정한 실시예가 설명 및 도시되었지만, 본 발명이 당업자에 의해 다양하게 변형되어 실시될 가능성이 있는 것은 자명한 일이다. 이와 같은 변형된 실시예들은 본 발명의 기술적 사상이나 전망으로부터 개별적으로 이해되어져서는 안 되며, 본 발명에 첨부된 청구범위 안에 속한다고 해야 할 것이다.

발명의 효과

따라서, 본 발명 따른 백오프 방법은 일정 타임 슬롯 구간 내에서 발생하는 프레임 충돌확률을 계산하여, 그 결과를 프레임 전송이 성공하였을 경우와 실패하였을 경우에 모두 적용해, 경쟁윈도우(CW)를 계산하여 프레임의 전송결과를 관리함으로써, 좀 더 능동적으로 무선채널 환경에 적응할 수 있는 이점이 있다.

또한, 데이터의 처리율, 무선채널의 사용률, 이득 그리고 지연시간성능을 높여 IEEE 802.11 무선랜의 서비스품질을 향상시킬 수 있는 이점이 있다.

도면의 간단한 설명

도 1은 종래의 DCF의 DIFS와 CW를 나타낸 도면이고,

도 2는 종래의 EDCF의 AIFS 및 UP의 관계를 나타낸 도면이고

도 3은 종래의 EDCF의 다중 큐 백 오프 및 내부 경쟁을 도시한 도면이고,

도 4는 본 발명에 따른 백오프 방법을 나타내는 흐름도이고,

도 5는 본 발명의 실시예에서 사용한 시뮬레이션의 망 구성을 도시한 도면이고,

도 6은 본 발명의 실시예에서 사용한 PHY 계층의 파라미터들을 나타낸 표이고,

도 7은 본 발명의 실시예에서 사용한 트래픽별 MAC 파라미터를 나타낸 표이고,

도 8은 본 발명의 시뮬레이션에 따른 delta값과 처리율과의 관계를 나타내는 그래프이고,

도 9는 본 발명의 시뮬레이션에 따른 각 백오프 방법들의 처리율을 표시한 그래프이고,

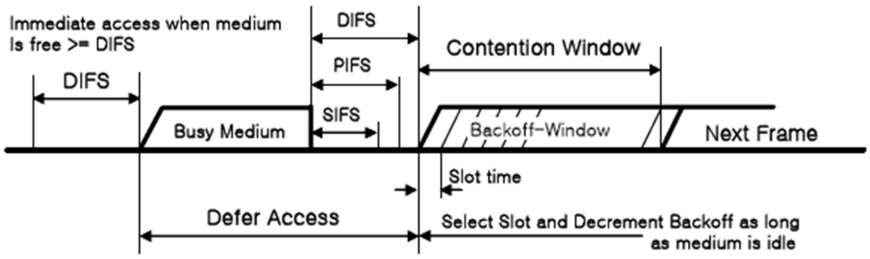
도 10은 본 발명의 시뮬레이션에 따른 각 백 오프 방법들의 무선 채널 활용도(Channel Utilization)를 나타낸 그래프이고,

도 11은 본 발명의 시뮬레이션에 따라 각 백오프 방법과 EDCF를 비교하였을 때의 상대적인 이득을 표시한 그래프이고,

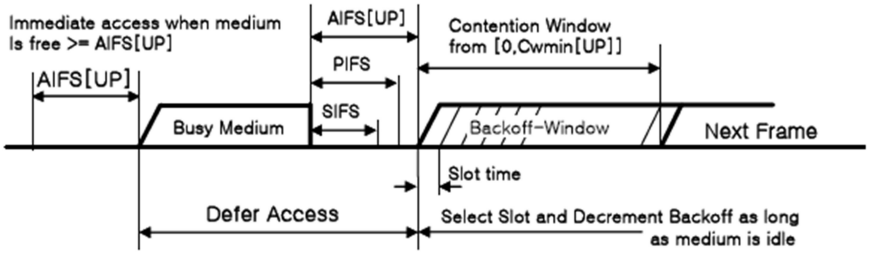
도 12a 및 도 12b는 본 발명의 시뮬레이션에 따른 QoS 지원을 위한 차별화서비스에 대한 프레임 지연시간을 나타낸 그래프이다.

도면

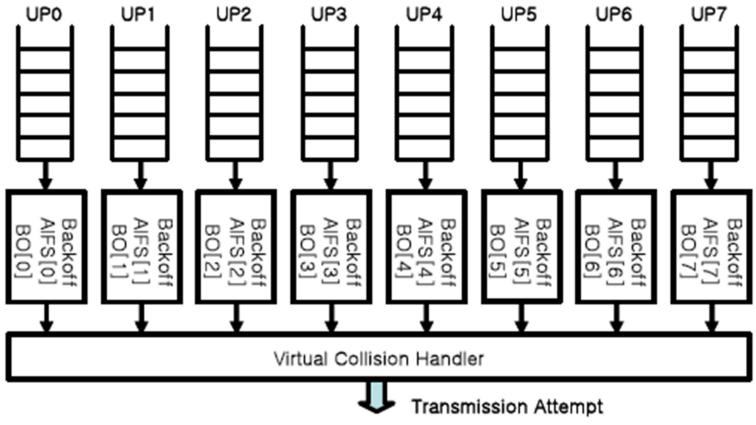
도면1



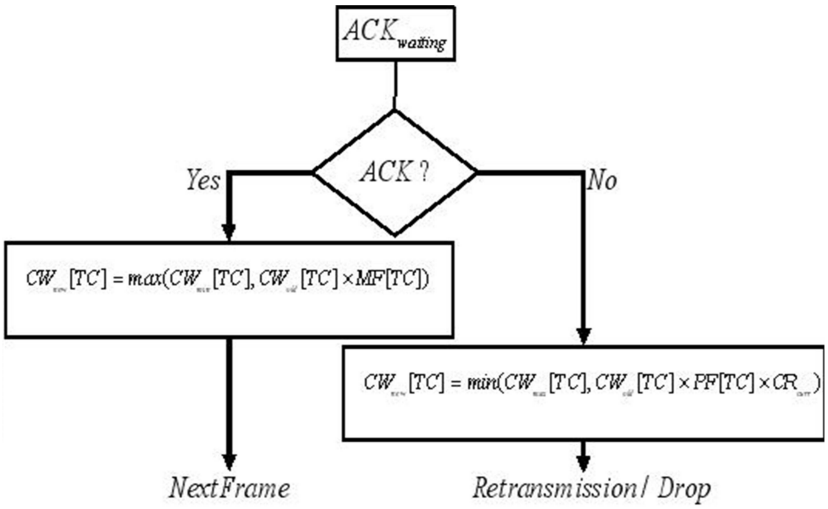
도면2



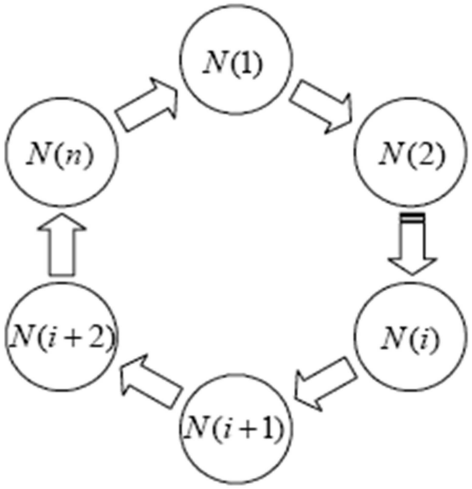
도면3



도면4


$ACK_{waiting}$
ACK ?
Yes
No
$CW_{new}[TC] = max(CW_{min}[TC], CW_{old}[TC] \times MF[TC])$
$CW_{new}[TC] = min(CW_{max}[TC], CW_{old}[TC] \times PF[TC] \times CR_{new})$
NextFrame
Retransmission / Drop

도면5


N(1)
N(2)
N(i)
N(i+1)
N(i+2)
N(n)

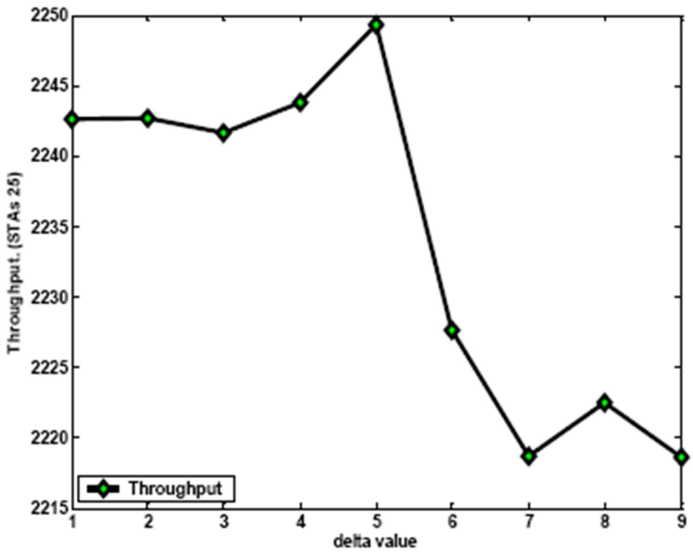
도면6

Slot Time	9 uS
SIFS	16 uS
DIFS	34 uS
ACK size	14 Bytes
CCA Time	3 uS
MAC Header	28 byte
Data Rate	54 Mbit/sec
Modulation	64-QAM
Preamble Length	20 uS
RxTxTurnaround Time	1 uS
PLCP header Length	4 uS
MAC Frame Max Length	4095 Bytes

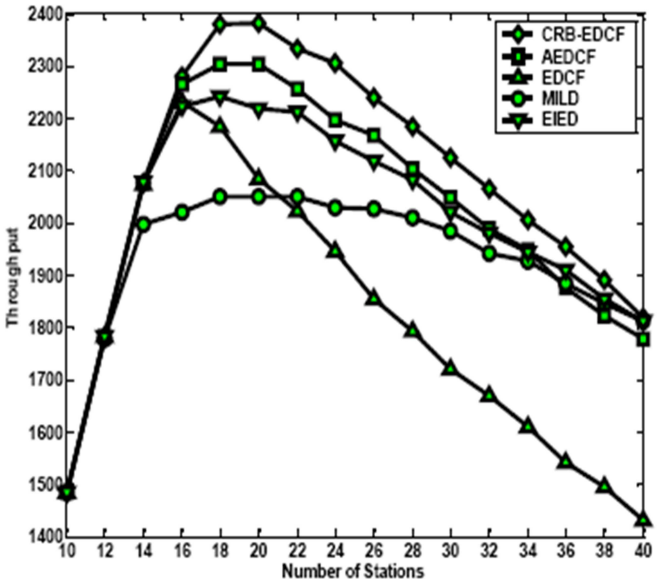
도면7

구분	AIFS	PF	CW*min*-CW*max*	프레임 (Bytes)	전송 주기 (mS)	데이터전송률 (Kbps)
Audio	34	2	5 - 200	160	20	64
Video	43	4	15 - 500	1280	10	1024
Background	52	5	31 - 1023	200	12.5	128

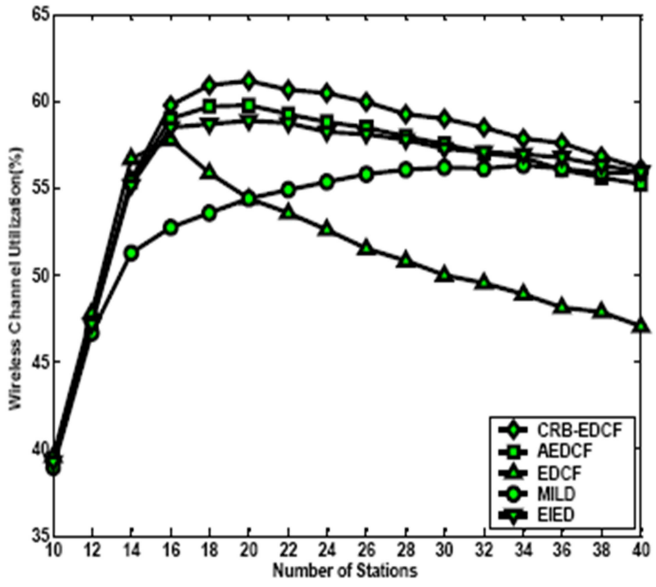
도면8



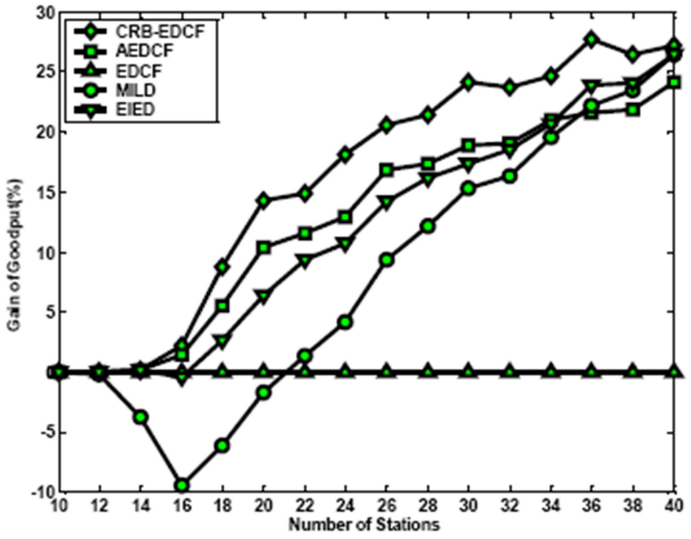
도면9


CRB-EDCF
AEDCF
EDCF
MILD
EIED
Throughput
Number of Stations

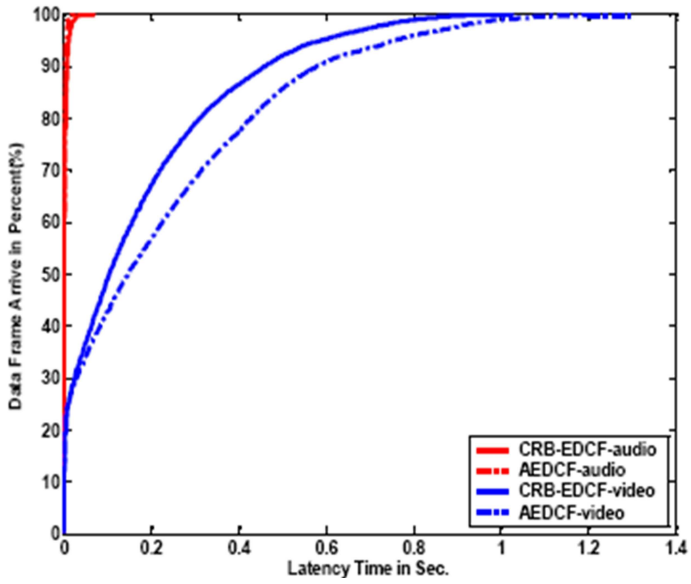
도면10


CRB-EDCF
AEDCF
EDCF
MILD
EIED
Wireless Channel Utilization(%)
Number of Stations

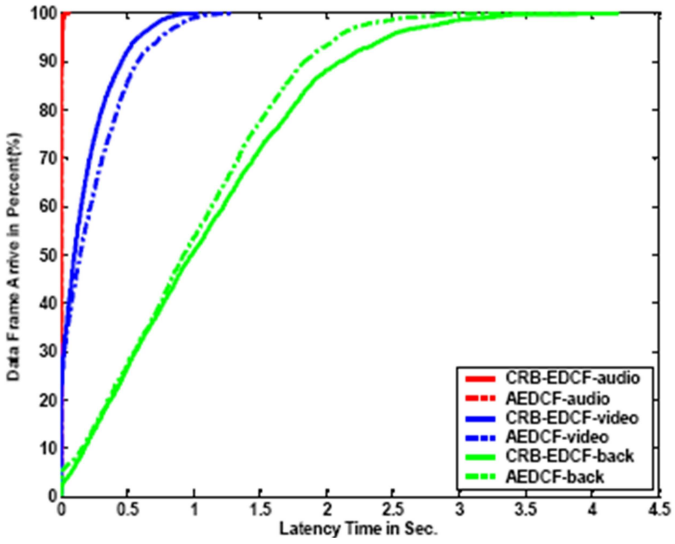
도면11


CRB-EDCF
AEDCF
EDCF
MILD
EIED
Gain of Goodput(%)
Number of Stations

도면12a


CRB-EDCF-audio
AEDCF-audio
CRB-EDCF-video
AEDCF-video
Data Frame Arrive in Percent(%)
Latency Time in Sec.

도면12b


Data Frame Arrive in Percent(%)
Latency Time in Sec.
CRB-EDCF-audio
AEDCF-audio
CRB-EDCF-video
AEDCF-video
CRB-EDCF-back
AEDCF-back