HiperLAN/2에서 패킷의 성공수와 충돌수를 고려한 무선채널 할당방안

김용한*, 이지엽*, 임석구*
*백석대학교 정보통신학부
e-mail : sklim@bu.ac.kr

Radio Channel Assignment Scheme Considering Number of Success and Collision in HiperLAN/2

Kim yong-han*, Lee ji-yup*, Lim seog-ku*
*Div. of Information and Communications, BaekSeok University

요 약

TDMA/TDD을 기반으로 동작하는 HiperLAN/2의 MAC 프로토콜에서 무선채널은 중앙제어방식으로 운영되는 AP(Access Point)에 의해서 할당된다. 상향링크로 데이터 전송이 필요한 이동단말은 RCH 채널을 통하여 AP에게 무선자원을 요청한다. 각 MAC 프레임마다 RCH 수를 동적으로 변경하는 것이 중요한데, RCH 수가 많이 할당되면 무선자원의 낭비를 초래하며, RCH 수가 적게 할당되면 이동단말간의 충돌이 증가하고 AP에 접속하는 시간도 길어진다. 따라서 무선자원을 효율적으로 사용하기 위해 RCH 수는 트래픽에 따라 적절하게 할당되어야 한다. 본 논문에서는 HiperLAN/2에서의 성능향상을 위해 패킷의 충돌수와 성공수를 고려하여 RCH 수를 동적으로 변화시키는 방법을 제안하였다. 제안한 방법의 효율성을 입증하기 위해 시뮬레이션을 수행하였으며, 처리율과 접속지연 관점에서 분석하였다.

1. 서론

오늘날 초고속 정보통신의 발전으로 휴대폰, 노트북, PDA와 같은 개인휴대단말기의 사용이 증가하면서 장소와 시간에 구애받지 않고 초고속 인터넷을 즐기고, 좋은 품질의 멀티미디어 서비스를 제공하기 위해 무선랜의 낮은 구축비용과 높은 용량의 무선링크를 위한 기술적 방식 및 시장의 요구가 급격히 증가하고 있다.

이러한 무선랜을 구축하기 위한 주요기술은 1999년 발표된 IEEE 802.11표준과[1] 유럽의 표준화기구(ETSI: European Telecommunications Standards Institute)의 HiperLAN/2가 대표적이다. IEEE 802.11은 CSMA/CA(Carrier Sense Multiple Access /Collision Avoidance)에 기반한 MAC 프로토콜을 이용하여 IEEE802.11b, IEEE802.11a, IEEE802.11g, IEEE802.11n으로 발전되었다. HiperLAN/2는 2ms의 MAC 프레임을 이용한 TDMA/TDD(Time Division Multiple Access /Time Division Duplex) 방식을 기반으로[2] 광대역 무선 액세스 네트워크의 망 구성을 위해 5GHz 대에서 6~54Mbps의 전송속도를 갖는 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 방식의 차세대 고속 무선 LAN이다. 무선망을 통해 디지털화된 음성, 비디오, 데이터 및 멀티미디어 응용프로그램 등 다양한 응용 서비스를 제공하기 위해서는 적합한 MAC 프로토콜의 정의와 효율적인 자원할당 메커니즘이 요구된다[3]. HiperLAN/2에서 데이터를 전송할 단말은 AP에 무선자원을 요청하게 되고, 요청 시 단말은 RCH를 이용한다. HiperLAN/2 표준은 MAC 프레임에서 정확한 RCH 수를 정의하지 않았다. 무선망의 상황을 고려하지 않고 RCH 수를 너무 많이 설정하게 되면 단말간의 충돌확률은 감소하지만 무선자원의 낭비를 초래하게 된다. 반면에 RCH 수를 너무 적게 설정하게 되면 무선자원을 효율적으로 사용할 수 있지만 단말 간 충돌확률이 증가하여 매체에 접근하는 시간(access time)이 증가되어 수율이 감소하게 된다. 따라서 RCH 수는 트래픽 부하에 따라 동적으로 변화하는 것이 효율적이며, 이를 해결하기 위한 많은 연구들이 진행 되어왔다[4]-[6].

본 논문에서는 무선자원을 효율적으로 사용하기 위해 HiperLAN/2에서 각 단말 MAC프레임의 채널 접속에 성공한 수와 충돌이 일어나 실패한 수의 차이가 심하면 다음 MAC 프레임의 RCH 수를 증가

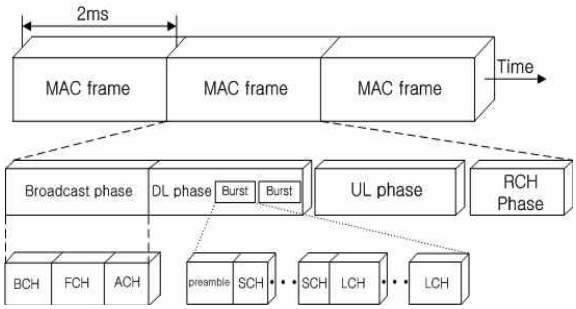
또는 감소량을 크게 주고, 차이가 적으면 다음 MAC 프레임의 RCH 수를 증가 또는 감소량을 적게 주는 알고리즘을 제안하고 성능을 시뮬레이션에 의해 검증하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 서론에 이어, 2장에서는 HiperLAN/2의 MAC 프레임 구조와 제안하는 알고리즘을 설명한다. 3장에서는 제안된 알고리즘을 ns-2를 이용한 시뮬레이션 결과를 성능 분석하고 마지막으로 4장에서는 결론을 맺는다.

2. 제안하는 접속채널 알고리즘

2.1 HiperLAN/2 MAC 프레임 구조

유럽의 표준화 기구인 ETSI의 BRAN(Broadband Radio Access Networks) 프로젝트를 통하여 2000년 4월에 완성된 무선랜(Wireless LAN) 규격의 하나로써 IEEE 802.11 표준 규격들과 더불어 대표적인 차기 무선랜 기술이다. MAC 프레임의 길이는 2ms이고 5GHz 대역의 주파수에서 동작하며 OFDM 전송방식을 사용한다. 최대 54Mbps의 물리계층 전송속도를 지원한고 기지국과 단말들 간에 교환되는 MAC 프레임에 대한 구성은 [그림 1]과 같다.



[그림 1] MAC 프레임 구조

프레임은 방송단계(Broadcast Phase)로 시작되는데 방방송단계에는 BCH(Broadband Channel), FCH(Frame Channel), ACH(Access Channel) 3개의 제어채널을 포함한다. BCH는 MAC 프레임마다 모든 단말에게 전송하고 송신전력수준, FCH 및 RCH의 시작위치와 길이, 네트워크 식별 정보 등이 포함되며 크기는 15bytes로 고정이다. FCH는 현재 MAC 프레임 내에서 무선 자원들이 어떻게 할당되어 있는지에 대한 정보를 포함한다. ACH는 RFCH(Random access Feedback Channel)메시지를 포함하는데 이는 이전 프레임에서 단말이 채널 접속에 대한 성공여부 즉, 성공한 단말들에 대한 리스트를 갖으며 크기는 9byte로 고정이다.

방송단계 다음에는 DL(DownLink), UL(UpLink)은 PDU(Protocol Data Unit)의 버스트가 단말로 또는 단말로부터 전송된다. 각 PDU 버스트는 SCH를 통해 전송되는 다수 제어 PDU와 LCH를 통해 전송되는 사용자 데이터 로 구성된다. RCH(Random Channel)는 각 프레임의 마지막에 위치해 있으며, RR(Resource Request)에 자원할당 요구사항을 작성하여 RCH를 통해 AP(Access Point)로 전달한다. RCH에 대한 액세스는 각 단말의 경쟁윈도우(Contention Window)에 의해 제어된다. CW의 크기는 각 단말의 재전송 횟수 a에 의해 결정되며 다음과 같이 표현된다[7].

$$\begin{aligned} &Initial\,\text{※}empt: a=0 \\ &\quad CW_a = n \\ &Retransmission: a \geq 1 \end{aligned} \qquad (1)$$

$$CW_a = \begin{cases} 256, & 2^a \geq 256 \\ 2^a, & n < 2^a \leq 256 \\ n, & n \geq 2^a \end{cases}$$

여기서 n은 현재 프레임의 RCH 채널수이며, a는 재전송 시도 횟수를 나타낸다. 각 단말은 CW_a를 결정한 후, $[1, CW_a]$사이에서 균일분포에 따라 랜덤한 정수 r을 정한다. 이때 선택된 랜덤한 정수 r이 단말이 액세스를 시도할 RCH 번호가 된다. 이 RCH 번호가 1씩 감소하여 0이 되는 순간 AP에게 무선자원할당 요구를 하게 되고 ACH를 통하여 성공과 실패를 알게 된다. 충돌이 발생하여 전송에 실패를 하게 되면 단말은 위의 식 (1)에 의해 새로운 RCH 번호를 다시 계산하게 된다. 재생성된 RCH 번호는 최대 256의 CW_a값을 갖는다.

2.2 제안하는 알고리즘

AP는 매 MAC 프레임마다 RCH수를 동적으로 변경할 수 있다. HiperLAN/2 표준안에서 한 MAC 프레임에서 RCH 수를 1~31 사이의 값을 갖는다고 정의하였다. RCH 수를 동적으로 변경해야 하는 이유는 트래픽 양에 비해 RCH 수를 적게 주어지면 무선자원을 이용하려는 단말들 간의 경쟁이 심해져서 접속지연이 일어나게 된다. 반면, RCH 수를 너무 많이 주어지게 되면 단말들 간 경쟁이 줄어들지만 무선자원의 낭비를 초래하게 된다. 이로 인해 AP는 트래픽의 양을 고려하여 단말들의 RCH 수를 동적으로 변화시켜 줌으로써 단말들 간 경쟁은 줄여주면서 무선자원의 낭비를 막는 방법이 필요하다.

본 논문에서는 ACH의 성공 리스트를 통해 이전 프레임에서의 성공 수와 실패 수를 기반으로 식 (2)을 제안함으로써 다음 프레임의 RCH 수를 결정한다.

$$r(t+1)=\begin{cases} r(t)+\beta, & N_f(t)>N_s(t) \\ r(t)-\beta, & N_f(t)<N_s(t) \\ r(t), & N_f(t)=N_s(t) \end{cases} \quad (2)$$

여기서 $r(t)$는 이전 프레임에서 할당된 전체 RCH 수이고, $N_s(t)$는 이전 프레임에서 성공한 RCH 수이며, $N_f(t)$는 이전 프레임에서 충돌한 RCH 수이다. $\beta \equiv |N_s(t)-N_f(t)|$라고 하면, β는 식 (3)과 같다.

$$\beta=\begin{cases} 1, & |N_s(t)-N_f(t)|\le 3 \\ 2, & 3<|N_s(t)-N_f(t)|\le 6 \\ 3, & |N_s(t)-N_f(t)|>6 \end{cases} \quad (3)$$

식 (4)에 나타낸 바와 같이 하나의 프레임에서 RCH 수의 범위를 1~31까지로 제한한다.

$$r(t+1)=\min[\max(r(t+1),1),31] \quad (4)$$

이전 프레임에서 성공한 채널수 $N_s(t)$와 충돌한 채널수 $N_f(t)$ 차이의 절대치 크기에 따라 β값을 계산하고 다음 프레임의 RCH 수에 계산된 β값만큼 증가 또는 감소한다. 예를 들어, $N_s(t)$=6, $N_f(t)$=2인 경우 β=2가 된다. 이전 프레임의 RCH 수가 9인 경우 β값만큼 감소된 다음 프레임의 RCH 수는 7이 된다.

3. 시뮬레이션 모델 및 수행

제안하는 알고리즘의 성능을 분석하기 위해 시뮬레이션을 수행하였으며, 기존 알고리즘인 RCH 수를 고정하는 방법(IEEE 802.11 표준)과 제안하는 방식의 성능을 비교 분석하였다. 성능 분석을 위해 사용된 시뮬레이션 소프트웨어는 Linux환경 기반의 ns-2를 사용하였다. 유효한 결과를 얻기 위해 seed 번호를 변경하여 수행하였으며, 10번의 시뮬레이션 결과의 평균을 사용하였다.

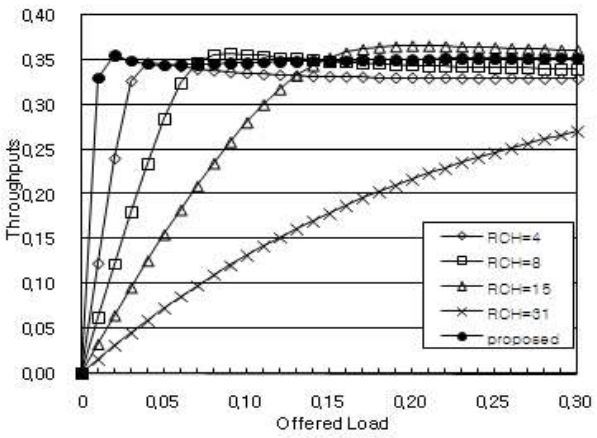
시뮬레이션 모델은 셀룰러 망과 유사한 구조를 가지며 백본망(Back Bone Network)에 연결된 AP와 다수의 이동단말들로 구성된 망을 가정하였다. AP와 Sector 수는 1개로 고정하였다. 이동단말에서 발생하는 자원요청메시지의 도착은 포아송(Poisson)분포를 따른다고 가정하였다. ETSI에서 표준화한 HiperLAN/2의 MAC프로토콜을 기반으로 시뮬레이션 수행에 필요한 각 채널의 길이를 설정하여 [표 1]과 같이 나타내었다. 무선채널의 영향으로 인한 전송에러는 고려하지 않았다.

각각의 이동단말은 하나의 자원요청메시지가 성공될 때까지 새로운 메시지를 발생시키지 않도록 하였다. 한 MAC 프레임의 길이는 2ms이고 데이터 전송에 필요한 UL과 DL 구간의 길이는 2ms에서 BCH, FCH, ACH, RCH를 제외한 부분으로 UL과 DL의 비율을 같게 갖도록 하였다.

[표 1] 시뮬레이션 파라미터

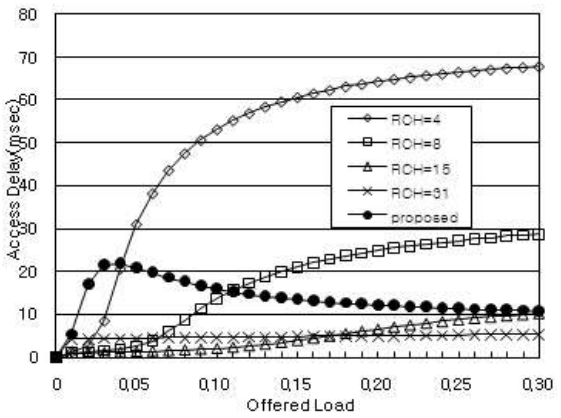
채널	PHY mode	Length (octet)	시간 (μs)
BCH 채널	BPSK, Code rate 1/2	15	20
FCH 채널	BPSK, Code rate 1/2	×27	×36
ACH 채널	BPSK, Code rate 1/2	9	12
SCH PDU	BPSK	9	12
LCH PDU	16 QAM	54	12
RCH 채널	BPSK, Code rate 1/2	9	12(1~31개)

[그림 2]와 [그림 3]은 단말의 수를 50개로 고정한 경우 각 단말에서의 초당 메시지 발생률을 0.01(message/2ms)에서부터 0.01간격으로 0.3까지 증가시키면서 시뮬레이션을 수행한 결과를 나타내었다. [그림 2]는 트래픽 증가에 따른 수율의 변화를 나타내었다. RCH 수를 4, 8, 15, 31로 고정한 값과 본문에서 제안한 성공과 충돌 차이의 절대치에 따른 β값을 달리 주는 알고리즘을 함께 나타내었다. RCH 수를 4로 고정하였을 때의 메시지 도착률은 0.04가 가장 높게 나왔고 그 뒤로 서서히 감소한다. RCH 수가 8일 때의 메시지 도착률은 0.08일 때가 가장 높게 나타났으며 그 이후 서서히 감소한다. RCH 수가 15로 고정되어 있는 경우는 0.16일 때 메시지 도착률이 가장 높게 나왔으며, 그 후 서서히 감소한다. RCH 수가 31을 때는 0.1부터 서서히 올라가 0.3일 때 가장 높은 메시지 도착률이 나왔지만 다른 고정 RCH 수와 비교하면 상당히 적은 수율이 나옴을 알 수 있다. 반면에 제안한 알고리즘은 이전 프레임에서의 RCH 채널의 성공수와 충돌수를 고려하여 다음 MAC 프레임의 동적으로 RCH 수를 변화시켜 효율적으로 무선자원을 사용하기 때문에 대부분의 부분에서 수율이 높게 나오고, 유지됨을 알 수 있다.



[그림 2] MT당 메시지 증가에 따른 수율의 변화

[그림 3]에는 메시지 발생률에 따른 접속지연의 변화를 나타내었다. 그림에서 RCH 수가 4, 8개일 때와 15, 31개일 때를 비교해보면, 전반적으로 RCH 수가 15, 31개일 때 접속지연이 낮게 나타났다. 이것은 상대적으로 AP에 입력되는 트래픽에 비해 RCH 수를 많이 할당되어서 매체에 접속되는 지연이 심하게 일어나지 않는다는 것을 의미한다. 이처럼 너무 많은 RCH 수를 할당하게 되면 무선자원의 낭비를 초래하게 된다. 반면에 제안하는 알고리즘에서의 접속지연은 처음에는 약간 증가하다가 서서히 감소함으로 제안하는 알고리즘의 우수성을 알 수 있었다.



[그림 3] MT당 메시지 증가에 따른 접속지연의 변화

4. 결론

본 논문에서는 무선랜의 주요기술 중 하나 인 HiperLAN/2에서 효율적으로 무선자원을 사용하기 위해 이전 프레임에서 RCH 채널의 성공수와 충돌수를 고려하여 다음 MAC 프레임의 RCH 수를 동적으로 변화시키는 방안을 HiperLAN/2 MAC프로토콜 표준안을 근거로 하여 제안하고 시뮬레이션에 의해 성능을 수율과 접속지연의 관점에서 분석하였다.

시뮬레이션을 통해 분석한 결과 RCH 수를 고정한 경우보다 제안하는 알고리즘을 적용하였을 경우에 초당 메시지 발생률에 따른 수율과 접속지연 측면에서 성능이 향상됨을 알 수 있었다. 그 결과 AP가 트래픽 상황을 고려하여 적절하게 RCH 수를 성공수와 충돌수를 고려하여 동적으로 변화함으로써 무선자원이 효율적으로 이용되었다는 것을 입증할 수 있었다.

추후에는 시뮬레이션을 통한 성능분석이 아닌 수학적 분석을 통해 성능 입증이 이루어져야 할 뿐만 아니라 QoS를 제공하기 위한 연구가 수행될 것이다.

참고문헌

[1] The Editors of IEEE 802.11 IEEE Standard for Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) specifications, NOV 1997.

[2] ETSI TS101 761-1 v121 HIPERLAN Type2, DLC Layer Basic Data Transfer Functions.

[3] Luciano Lenzini and Enzo Mingozzi, "Performance Evaluation of HIPERLAN/2 with Voice and Web Data Traffic," Proceeding of the 34th Hawaii International Conference on System Science, 2001.

[4] Gyung-HO Hwang, Dong-Ho Cho, "Adaptive Random Channel Allocation Scheme in HIPERLAN Type 2", IEEE Communications Letters, Vol. 6, No.1, pp.40～42, JAN., 2002.

[5] 조광오, 박찬, 이정규, "HIPERLAN 타입 2 매체접근제어 프로토콜의 성능평가", 한국통신학회논문지, Vol.28 NO1B pp.11～17, 1월, 2003.

[6] 황의석, 고유창, 이승규, 윤철식, 이형우, 조충호 "HIPERLAN Type 2에서 Split 알고리즘에 기반한 랜덤채널할당 기법" 한국통신학회논문지, Vol.28 NO 9A, pp.717～727, 9월, 2003.

[7] "HIPERLAN Type 2; Data Link Control(DLC) Layer; Part 1: Basic Data Transport Functions", ETSI TS 101 767, Nov. 2000.