

<http://dx.doi.org/10.7236/IIBC.2014.14.2.93>

IIBC 2014-2-13

802.11 네트워크의 충돌확률 기반 성능 분석

Throughput Analysis Based on Collision Probability in 802.11 Networks

진현준*, 송명렬**

Hyun-Joon Jin*, Myong-Lyol Song**

요 약 IEEE 802.11 무선 LAN MAC 계층의 경쟁 기반 데이터 전송 방식에는 DCF 기본 전송 방식과 RTS/CTS 전송 방식이 있다. RTS/CTS 전송은 Hidden Terminal 문제를 해결하기 위한 방식이지만 네트워크 환경에 따라 정상 상태에서 기본 전송 방식보다 향상된 성능을 보이기도 한다. 본 논문에서는 무선 채널의 전송 충돌 확률을 수치적으로 해석하고 이를 실제 전송 파라미터에 적용하여 두 전송 방식의 성능에 차이를 보이는 기준 충돌 확률 값을 구하였다. 또한 전송 패킷의 컨트롤 신호 속도가 전체 네트워크 성능에 커다란 영향을 미치는 것을 확인하고 이를 충돌 확률, 스테이션의 수, 그리고 Backoff 동작 시 Contention Window Size를 고려하여 두 전송 방식의 성능을 분석하였다.

Abstract IEEE 802.11 Wireless LAN Medium Access Control(MAC) supports two transmission methods, a DCF basic and a RTS/CTS in contention-based access. Even though the RTS/CTS method has been optionally introduced to solve the hidden terminal problem, it is able to produce better performance in some network environments than the basic transmission method. In this paper, the collision probability of wireless channel is mathematically analyzed and applied to measure network throughput using real transmission parameters so that a reference value between throughputs of two methods is obtained. We also confirmed that control signal rates affect overall network throughput and evaluated network throughputs considering collision probability, number of stations, and contention window size of Backoff between two methods respectively.

Key Words : 802.11, MAC, DCF, RTS/CTS, Collision probability

I. 서 론

IEEE 802.11 무선 랜의 데이터 전송은 Distributed Coordination Function(DCF) 방식을 기본으로 하고 있다. DCF는 데이터 전송에 참여하는 스테이션 간의 공정한 채널 점유 경쟁에 기반을 두고 있다. DCF에서 채널의 획득은 Carrier Sense Multiple Access with Collision

Avoidance(CSMA/CA) 방식을 사용하여 채널을 공유하며 Random Backoff Timer에 의해 채널 점유 경쟁 시 각 스테이션간의 충돌 가능성을 줄이고 있다^[1].

무선 랜 방식에서는 실시간 충돌 감지(collision detection)가 가능하지 않으므로 채널을 사용하기 전에 항상 채널 사용 가능 여부를 검사한 후 채널 사용권을 획득한 후 데이터를 전송하는 충돌 회피(collision

*정회원, 호서대학교 정보통신공학과

**정회원, 호서대학교 정보통신공학과 (교신저자)

접수일자 2014년 3월 31일, 수정완료 2014년 4월 7일

게재확정일자 2014년 4월 11일

Received: 31 March, 2014 / Revised: 7 April, 2014

Accepted: 11 April, 2014

**Corresponding Author: mlsong@hoseo.edu

Dept. of Information and Communication Eng. Hoseo University, Korea

avoidance) 방식을 사용하지만 스테이션의 수가 증가하여 채널 획득 경쟁이 심해지는 경우 불가피하게 충돌이 발생하게 된다. 이에 각 스테이션마다 Random Backoff Timer를 두어 충돌 확률을 줄이고 있다. Random Backoff Timer는 Contention Window Size W 에 의해 구현되는데 타이머가 0부터 $W-1$ 사이의 임의의 수를 랜덤하게 선택하여 매 타임 슬롯마다 1씩 감소시키면서 그 수가 0에 도달하면 채널 사용이 가능한 것으로 간주하여 데이터 전송을 시작한다. 따라서 Contention Window Size는 무선 랜 전체 성능에 지대한 영향을 미치게 되므로 이에 대한 많은 연구가 이루어지고 있다^[2-4].

무선 랜 방식의 또 하나의 문제점으로 Hidden Terminal 문제가 있다. 예를 들어 두 개의 스테이션이 하나의 AP(Access Point)를 공유하여 데이터 통신을 하지만 서로 간에는 통신 신호를 감지하지 못하는 경우에 발생한다. 어느 한 스테이션이 채널을 사용 중 일지라도 다른 스테이션은 이를 감지하지 못하고 채널을 사용하려고 하기 때문에 AP 입장에서 충돌이 발생한다. 이 문제를 해결하기 위해 RTS/CTS(Request To Send/Clear To Send) 방식을 사용한다. 먼저 스테이션 A가 전송을 하기 위해 AP에 RTS 신호를 보낸다. RTS 신호를 받은 AP는 채널이 사용 중이 아니어서 스테이션 A가 전송을 할 수 있다고 판단되면 CTS 신호를 보낸다. 이 CTS 신호는 스테이션 B도 수신 가능하므로 스테이션 B는 다른 스테이션이 채널을 사용하게 됨을 감지하게 되어 동시에 채널을 사용하는 경우를 방지할 수 있다. RTS/CTS 방식은 Hidden Terminal 문제 해결을 위해 도입되었지만 일반적인 경우에 RTS/CTS 신호 교환 시 충돌을 감지하여 데이터 패킷 전송을 미연에 방지할 수 있어 충돌에 의한 오버헤드를 감소시켜 무선 랜의 성능을 향상시키는 데 도움이 된다^[5-6].

본 논문에서는 충돌 확률 기반으로 무선 랜의 성능을 분석한다. 스테이션 간의 전송 충돌이 데이터 통신의 오버헤드를 급격히 증가시켜 성능 저하의 큰 원인이 되므로 이를 데이터 전송에 참여하는 스테이션의 수, 그리고 Random Backoff를 위한 Contention Window Size를 고려하여 이에 따른 충돌 확률을 수치적으로 분석한다. 특히 RTS/CTS 방식의 경우 스테이션 간의 전송 충돌 시 오버헤드를 감소시키므로 기본 전송 방식과 RTS/CTS 방식의 경우 충돌 확률을 기반으로 하여 전송 시간을 분석하고 두 전송 방식간의 성능이 교차되는 기준 충돌 확

률을 제시한다. 또한 전송 시간 분석에 있어서 컨트롤 신호와 데이터 신호의 전송 속도의 차이가 전체 성능에 미치는 영향도 분석한다.

^[7-8]에서 기본 전송 방식과 RTS/CTS 방식을 스테이션의 수와 Contention Window Size에 따른 전송 시간에 대하여 비교 분석하여 RTS/CTS 방식이 스테이션의 수 증가에 따른 성능 저하의 폭이 작다는 것을 보여주었으나 충돌 확률에 대한 분석은 보여주지 못하였다.^[7]은 마르코프 체인 모델에 기반하여 RTS/CTS 방식을 포함하여 스테이션들의 전송 상태를 기술하고 전송 충돌의 경우도 고려하였으나 두 가지 전송 방식을 비교함에 있어 기준이 되는 충돌 값은 제시하지 않았다. 무선 랜 환경에서 전송에 참여하는 스테이션 중 느린 전송 속도를 가진 스테이션에 의해 전체 성능이 영향을 받는 Performance anomaly 현상이 발생한다. 이는 모든 스테이션들에게 공정한 채널 점유 기회는 보장되나 공정한 채널 사용 시간은 보장되지 않기 때문이다^[8-10]. 하지만 스테이션 뿐 만 아니라 전송 패킷에 있어서도 데이터 전송 속도보다 느린 컨트롤 신호의 전송에 의해서도 성능의 저하가 발생된다.

본 논문에서는 기본 전송 방식과 RTS/CTS 방식을 충돌 확률 기반으로 분석하고 두 방식의 성능이 교차되는 기준 확률을 제시하며 802.11의 MAC 과 Physical Layer에서 preamble, header, ACK, RTS/CTS 신호와 같은 컨트롤 신호의 속도가 전체 성능에 미치는 영향을 분석하였다. II장에서는 두 방식의 충돌 확률 기준점을 수치적으로 도출하며 III장에서는 스테이션의 수와 Contention Window Size를 고려한 전송 환경에 따른 충돌 확률의 변화를 구하고 충돌 확률에 의한 적절한 Contention Window Size를 제시한다. IV장에서는 스테이션의 수, Contention Window Size, 그리고 충돌 확률을 기반으로 네트워크의 성능을 분석하고 마지막으로 V장에서 결론을 기술한다.

II. 기본 전송 vs. RTS/CTS

802.11의 MAC layer에서는 기본적으로 DCF 방식으로 채널 사용권을 획득한다. 성공적인 전송 시 채널 점유 시간 T_s 는 아래와 같다.

$$T_s = PHY_{hdr} + MAC_{hdr} + T_p + T_{SIFS} + T_{ACK} + T_{DIFS} \quad (1)$$

전송 스테이션이 패킷을 전송하기 위해서는 Distributed Interframe Space(DIFS) 시간 T_{DIFS} 동안 채널이 idle 상태인가를 확인해야 하며 수신 스테이션은 데이터 패킷 수신 후 Short Interframe Space(SIFS) 시간 T_{SIFS} 후 Ack 신호를 전송한다. T_p 는 순수한 데이터 패킷의 전송 시간이며 전송 delay는 무시한다. 패킷 충돌 시 채널 점유시간 T_c 는 아래와 같다.

$$T_c = PHY_{hdr} + MAC_{hdr} + T_p + T_{DIFS} \quad (2)$$

(2)식에서 T_p 는 충돌 발생에 포함되는 가장 긴 패킷의 전송시간이며 마지막의 T_{DIFS} 는 이 시간 동안 Ack 신호가 오지 않으면 충돌이 발생된 것으로 간주하기 위해 필요한 시간이다. 모든 스테이션에서 동일한 길이의 패킷을 전송한다면 T_p 는 전송 성공 시와 실패 시 동일할 것이다. 만일 RTS/CTS 방법을 이용하여 전송한다면 채널 점유 시간은 아래와 같다.

$$T_s = T_{RTS} + T_{SIFS} + T_{CTS} + T_{SIFS} + PHY_{hdr} + MAC_{hdr} + T_p + T_{SIFS} + T_{ACK} + T_{DIFS} \quad (3)$$

$$T_c = T_{RTS} + T_{DIFS} \quad (4)$$

식 (1)과 (3)에서 보는 바와 같이 패킷 전송 성공 시에는 RTS/CTS 방법보다는 기본 전송 방법이 오버헤드가 적으므로 유리하나 전송 충돌 시에는 식 (2)와 (4)에서와 같이 RTS/CTS 방법에서 데이터 패킷이 전송되기 전에 충돌을 감지하므로 훨씬 오버헤드를 줄일 수 있다. 패킷 전송에 소요되는 실제 시간을 계산하기 위해서 아래 표와 같이 802.11b MAC의 각 컨트롤 신호와 데이터 신호의 전송 시간을 이용한다. 802.11b 에서 컨트롤 신호는 1Mbps 전송이 권장되므로, 예를 들어 PHY header의 전송시간 $PHY_{hdr} = 192\text{bits}/1 \text{ Mbps} = 192 \mu\text{s}$ 이다. 이와 같이 하여 식 (1)의 전송 시간을 계산하면 $T_s = 192 + MAC_{hdr} + T_p + 10 + 304 + 50 = 556 + MAC_{hdr} + T_p$ 이 된다. 802.11b 에서의 데이터 전송 속도는 최대 11Mbps 이므로 최대 속도로 전송된다고 가정하고 MAC header는 Physical Layer의 데이터 패킷에 포함되므로 $MAC_{hdr} + T_p = (224 + 1500 \times 8) \text{ bits} / 11 \text{ Mbps} = 1111\mu$

s 이므로 최종 $T_s = 1667\mu\text{s}$ 가 된다. 만일 컨트롤 신호도 데이터 신호와 같은 속도인 11Mbps로 전송된다고 하면 식 (1)의 전송 시간은 $T_s = 192/11 + MAC_{hdr} + T_p + 10 + 304/11 + 50 = 1216\mu\text{s}$ 이 된다.

1. 802.11b standard parameters

Table 1. 802.11b standard parameters

parameters	length/time
PHY header	192 bits
MAC header	224 bits
DIFS	50 μs
SIFS	10 μs
Slot Time	20 μs
RTS	160 bits + PHY header
CTS	112 bits + PHY header
ACK	112 bits + PHY header
Data Packet	1500 bytes

식 (2)의 T_c 의 경우 전송 시간은 컨트롤 신호의 전송 속도가 1Mbps 인 경우 $T_c = 192 + MAC_{hdr} + T_p + 50 = 1353\mu\text{s}$ 이고 컨트롤 신호의 전송 속도가 11Mbps 인 경우 T_c 는 $1178\mu\text{s}$ 이다. 전송 충돌의 경우 T_p 는 최대 전송 패킷의 길이에 영향을 받지만 모든 스테이션에서의 전송 패킷의 길이가 같다고 가정하면 전송 성공의 경우와 같다.

RTS/CTS 방식의 경우 식 (3)의 전송 시간 $T_s = T_{RTS} + T_{SIFS} + T_{CTS} + T_{SIFS} + PHY_{hdr} + MAC_{hdr} + T_p + T_{SIFS} + T_{ACK} + T_{DIFS} = 352 + 10 + 304 + 10 + 192 + 1,111 + 10 + 304 + 50 = 2,343\mu\text{s}$ 이고 식 (4)의 충돌시 전송 시간은 $T_c = 352 + 50 = 402\mu\text{s}$ 이다. 컨트롤 신호의 전송 속도가 11Mbps인 경우 T_s 와 T_c 는 각각 $1296\mu\text{s}$ 과 $82\mu\text{s}$ 이다. 위의 계산 결과는 표2에 정리하였다. RTS/CTS 방식은 전송 성공의 경우 약 1.4 배의 전송 시간 증가가 있는 반면 전송 실패의 경우 전송 시간은 약 0.3 배로 감소한다. 또한 컨트롤 신호의 속도가 데이터 전송 속도와 같은 11Mbps인 경우 전송 성공 시 큰 차이를 보이고 있지 않지만 전송 실패 시 RTS/CTS 방식에서의 전송 시간은 기본 전송의 단 7%에 불과하다. 결론적으로 전체 전송 속도의 성능은 전송 실패의 확률에 따라 좌우된다고 할 수 있다.

2. 패킷 전송 시간(μs)Table 2. Packet transmission time(μs)

	DCF basic	RTS/CTS
Ts(1Mbps)	1667	2343
Ts(11Mbps)	1216	1296
Tc(1Mbps)	1353	402
Tc(11Mbps)	1178	82

패킷 충돌 확률을 p 라고 했을 때 시스템의 패킷 당 전송 시간 T_p 는

$$\begin{aligned}
 &= p \times T_c + p \times T_c + \dots + p^n \times T_c + T_s \\
 &= T_c \times p(1 + p + \dots + p^{n-1}) + T_s \\
 &= T_c \times p \frac{1-p^n}{1-p} + T_s \quad (5)
 \end{aligned}$$

으로 나타낼 수 있으며 이 식에서 n 은 최대 재전송 회수를 나타낸다. 기본 전송의 전송 시간을 T_{bas} , RTS/CTS의 전송 시간을 T_{rts} 라 하고 컨트롤 신호의 속도 1Mbps와 11Mbps에 대하여 표2의 값을 이용하여 식 (5)의 값을 각각 구하면

$$T_{as} = 1353 \times p \frac{1-p^n}{1-p} + 1667 \quad (6)$$

$$T_{bas11} = 1178 \times p \frac{1-p^n}{1-p} + 1261 \quad (7)$$

$$T_{rts} = 402 \times p \frac{1-p^n}{1-p} + 2343 \quad (8)$$

$$T_{rts11} = 82 \times p \frac{1-p^n}{1-p} + 1296 \quad (9)$$

이며 재전송 회수 n 의 값을 5로 하여 계산하면 그림 1과 같다.

그림 1에서 보면 컨트롤 신호의 전송 속도가 1Mbps인 경우 기본 전송 방식과 RTS/CTS 전송 방식의 전송 시간은 충돌 확률 p 의 값이 0.42 되는 지점에서 서로 교차하며 11Mbps 인 경우 0.04 지점에서 교차한다. 즉, 1Mbps의 경우 충돌 확률이 0.42 이상이면 RTS/CTS 방법이 더 좋은 성능을 보이고 그 이하이면 기본 전송 방법이 좋은 성능을 보인다고 할 수 있고 11Mbps의 경우는 대부분의 경우 RTS/CTS 전송이 더 좋은 성능을 보인다고 할 수 있다.

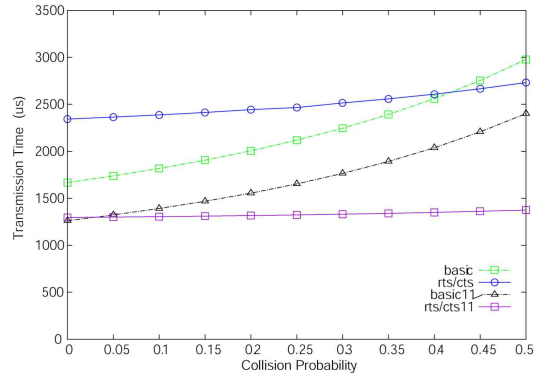


그림 1. 충돌 확률에 따른 전송 시간

Fig. 1. Transmission time collision probability

III. 충돌 확률 분석

802.11 시스템의 전송 성능은 시스템을 구성하는 스테이션의 수, 전송 패킷의 길이, 그리고 Backoff 동작 시 Contention Window Size에 좌우된다. 일반적으로 전송 패킷의 길이가 늘어날수록 전송 오버헤드가 감소하므로 성능 향상을 기대할 수 있지만 패킷의 충돌 확률은 전송 패킷의 길이와는 무관하다. 따라서 패킷의 충돌 확률을 이용하여 전송 성능을 분석할 때는 전적으로 스테이션의 수와 Contention Window Size에 의존한다.

802.11 MAC의 각 스테이션들은 데이터 패킷을 전송하기 위한 채널을 획득하기 위해 Backoff 메카니즘을 사용한다. 각 스테이션들은 채널이 DIFS 시간동안 idle 상태를 확인하면 Backoff Timer를 동작시킨다. Backoff Timer는 Contention Window Size W 값으로 초기화되는데 Timer는 $[0, W-1]$ 사이의 임의의 값을 가진다. 매 Timer Slot마다 1씩 감소하여 그 값이 0이되면 채널을 획득하여 데이터를 전송한다. 만일 다수의 스테이션들의 Backoff Timer 값이 동시에 0이 되어 데이터를 전송하면 충돌이 발생한다. 충돌이 발생하면 각 스테이션들은 Contention Window Size W 값을 2배로 증가시키고 다시 Backoff 과정을 반복한다. 따라서 Backoff Timer에서 W 의 평균값은 $W/2$ 라 할 수 있다. 각 패킷 전송 시의 충돌 확률을 p 라 했을 때 Contention Window Size는 식 (10)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned}
 &ackoff \quad (1-p) \frac{W}{2} + p(1-p) \frac{2W}{2} + \dots \\
 &+ p^m (1-p) \frac{2^m W}{2} + p^{m+1} \frac{2^{m+1} W}{2} \\
 &= \frac{1-p-p(2p)^m}{1-2p} \frac{W}{2} \quad (10)
 \end{aligned}$$

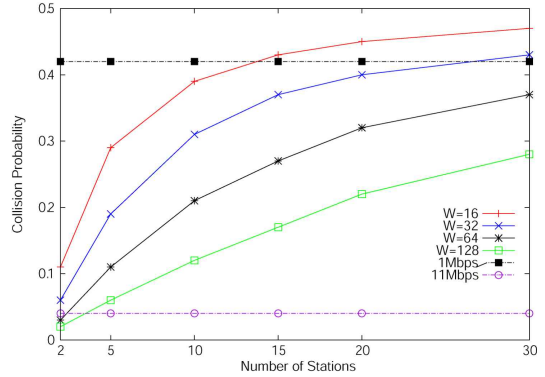
임의의 스테이션의 Backoff 동작 시 Contention Window Size가 W일 때 다른 스테이션과 충돌할 확률은 $1/W$ 이다. 따라서 n개의 스테이션이 존재할 때의 충돌 확률은 $1-(1-1/W)^n$ 로 근사화 할 수 있으며 식 (10)을 이용하면 식 (11)과 같이 근사화 할 수 있다^[11]. 식 (10)과 (11)에서 변수 m은 패킷 충돌 시 W 값이 2배로 증가되는 최대 회수이다. 예를 들어 m이 3인 경우 3회 충돌 발생시 W의 값은 2^3W 로 증가되고 그 이후 충돌 시에는 계속 이 값을 유지한다.

$$p = 1 - \left(1 - \frac{2(1-2p)}{1-p-p(2p)^m} \frac{1}{W}\right)^{n-1} \quad (11)$$

[11]에서 식 (11)의 충돌 확률을 식 (12)와 같이 근사화 하였고 이를 바탕으로 스테이션 수에 따른 충돌 확률을 구하면 그림 2와 같다.

$$p = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{4}{g} - 1 + \left(\frac{4}{g}\right)^2\right), g = \frac{W}{n-1} \quad (12)$$

그림 2에서 보면 충돌 확률이 0.42 되는 지점은 Backoff 동작 시 Contention Window Size W가 16이고 스테이션의 수가 13 정도 일 때, 그리고 W가 32일 때는 스테이션의 수가 25일 때를 나타낸다. 즉 이 지점부터는 RTS/CTS 방법이 기본 전송보다 성능이 좋을 것이라 예측할 수 있다. W 값이 64이상이면 스테이션 간의 충돌 확률이 0.42보다 작게 되어 기본 전송 방법이 항상 RTS/CTS 방법보다 좋은 성능을 보인다고 예측할 수 있다.



2. 스테이션 수에 따른 충돌 확률
 Fig. 2. Collision probability for the number of stations

하지만 컨트롤 신호의 전송 속도가 11Mbps일 때는 W 값이 64이상이고 스테이션의 수가 3이하 일 때를 제외하고는 거의 모든 경우에 충돌 확률이 기준 충돌 확률 0.04 보다 커지므로 RTS/CTS 방법이 더 좋은 성능을 보인다고 할 수 있다. 여기서 말하는 성능은 네트워크 전체의 성능이므로 스테이션 개개의 성능 차이는 차이를 보일 수 있다.

IV. 전송 성능 분석

II장에서 실제 전송 시간에 기반하여 802.11의 기본 전송 방식과 RTS/CTS 전송 방식에 대한 기준 충돌 확률을 구하였고 III장에서 기술한 스테이션의 수와 Contention Window Size에 따른 충돌 확률을 기반으로 전송 성능을 분석하고자 한다. 충돌 확률을 p라 하고 Rt와 Rs를 각각 패킷의 전체 전송률과 전송 성공시의 전송률이라 하면 다음 식이 성립한다.

$$\frac{1}{1-p} = \frac{R_t}{R_s} \quad (13)$$

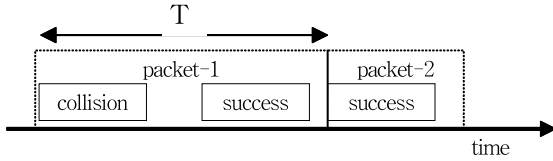
패킷 전송 시 충돌이 발생했을 경우를 가정하여 충돌 발생 시의 전송률을 Rc 라 하면

$$R_t - R_s = 2 \times R_c \quad (14)$$

와 같은 근사식이 성립한다. 이 때 다수의 충돌은 하나의

충돌로 간주하고 각 충돌은 2개의 전송 사이에 발생한 것으로 근사화 한다^[11]. 또한 그림 3에서와 같이 전송물을 전송시간 T를 이용하여 다음과 같은 식으로 나타낼 수 있다.

$$= R + R_c \quad (15)$$



3. 패킷 전송 시간

Fig. 3. Packet transmission time

식 (13)에서 (15)까지를 이용하여 전송 성공시의 전송률을 구하면 다음과 같다.

$$R_s = \frac{2(1-p)}{2-p} \frac{1}{T} \quad (16)$$

전송 시간 T는 식(6)에서 (9)까지 구한 값을 사용할 수 있다. 그런데 위의 전송시간은 Backoff Timer에 의한 대기시간은 고려 안한 것이므로 Backoff Timer의 Contention Window Size W와 스테이션의 수 n을 고려하면 평균적으로 $(W/n) \cdot T_{slot}$ 만큼의 시간이 소요된다. 따라서 이를 고려한 R_s 는

$$= \frac{2(1-p)}{2-p} * \frac{1}{T + \frac{W}{n} T_{slot}} \quad (17)$$

가 된다. 여기서 기본전송의 경우 T는 T_{bas} 와 T_{bas11} 로, RTS/CTS 전송의 경우 T_{rts} 와 T_{rts11} 로 대체된다. 이를 이용하여 포화상태 전송률 S를 구하면

$$S = R_s \times T_{payload} = \frac{2(1-p)}{2-p} \times \frac{T_{payload}}{T + \frac{W}{n} T_{slot}} \quad (18)$$

이 된다. 여기서 포화상태란 모든 스테이션이 항상 데이터를 전송할 수 있는 준비가 되어있는 상태를 말한다. W와 n의 변화에 따른 전송률 S를 구하기 위해 식(6)에서 (9)까지 기술한 실제 전송 시간을 이용하면

$$S_{as} = \frac{2(1-p)}{2-p} \times \frac{T_{payload}}{1667 + 1353 \times p \frac{1-p^m}{1-p} + 20 \frac{W}{n}} \quad (19)$$

$$S_{bas11} = \frac{2(1-p)}{2-p} \times \frac{T_{payload}}{1216 + 1178 \times p \frac{1-p^m}{1-p} + 20 \frac{W}{n}} \quad (20)$$

$$S_{rts} = \frac{2(1-p)}{2-p} \times \frac{T_{payload}}{2343 + 402 \times p \frac{1-p^m}{1-p} + 20 \frac{W}{n}} \quad (21)$$

$$S_{rts11} = \frac{2(1-p)}{2-p} \times \frac{T_{payload}}{1296 + 82 \times p \frac{1-p^m}{1-p} + 20 \frac{W}{n}} \quad (22)$$

으로 나타낼 수 있다. 식 (19)에서 (22)까지에서 m은 전송 실패 시 재전송 회수이며 계산상 5로 제한하였다.

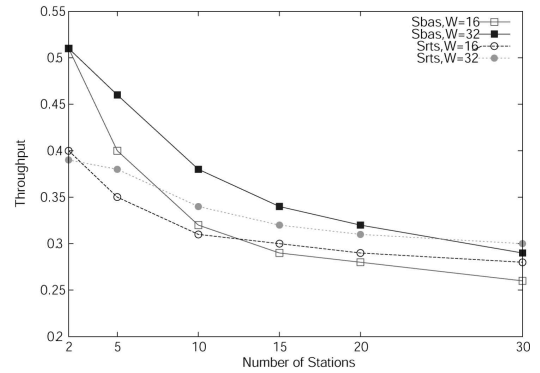


그림 4. 컨트롤신호 1Mbps에서의 Throughput
Fig. 4. Throughput in case of 1Mbps control signal.

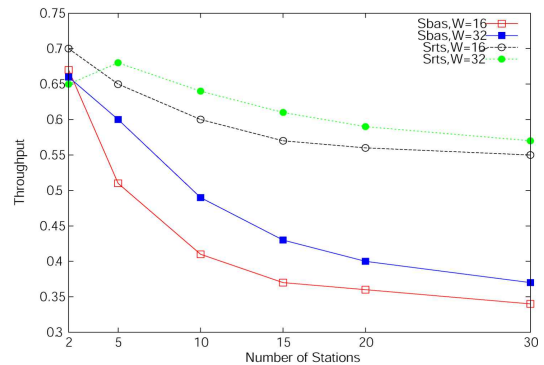


그림 5. 컨트롤신호 11Mbps에서의 Throughput
Fig. 5. Throughput in case of 11Mbps control signal.

그림 4는 컨트롤 신호가 1Mbps로 전송되는 경우 Throughput을 나타내었다. Backoff Timer의 Contention Window Size W 값이 16일 때 스테이션의 수가 13이상인 경우 RTS/CTS 전송이 기본 전송보다 좋은 Throughput을 보인다. 이것은 그림 2에서 충돌 확률에 의한 전송 시간 계산 값과 일치함을 보여준다. 컨트롤 신호가 11Mbps로 전송되는 경우 RTS/CTS 전송의 경우 훨씬 안정되고 향상된 Throughput을 보여 줌을 그림 5에서 확인할 수 있다.

V. 결론

802.11 무선 LAN 시스템의 전송 방식에는 DCF 기본 전송과 RTS/CTS 전송 방식이 있다. RTS/CTS 전송 방식은 Hidden Terminal 문제를 해결하기 위해 도입되었으나 정상적인 환경에서도 좋은 성능을 보일 수 있다. 본 논문에서는 스테이션 간의 충돌 확률을 스테이션의 수와 Backoff 동작 시 Contention Window Size 값을 고려하여 수치적으로 도출하였다. 이를 실제 파라미터를 적용하여 기본 전송과 RTS/CTS 전송 방식에 대하여 성능의 차이를 보이는 기준 충돌 확률 값을 구하였다. 또한 컨트롤 신호의 전송 속도가 전체 네트워크 성능에 커다란 영향을 미칠 수 있음을 확인하였다. 컨트롤 신호의 속도가 1Mbps인 경우 스테이션의 수와 Backoff 동작 시 Contention Window Size의 값에 따라 기본 전송과 RTS/CTS 방식의 Throughput이 차이를 보이지만 컨트롤 신호의 속도가 11Mbps인 경우 RTS/CTS 전송이 거의 모든 경우 우위를 보인다.

References

[1] IEEE, "IEEE 802.11: Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) Specifications", 1999.
[2] G. Berger-Sabbatel, A. Duda, O. Gaudoin, M. Heusse, F. Rousseau, "Fairness and Its Impact on Delay in 802.11 Networks", GLOBECOM 2004, IEEE 2004.
[3] G. Bianchi, I. Timirello, "Remarks on IEEE 802.11

DCF Performance Analysis", IEEE Communications Letters, Vol. 9, No. 8, Aug. 2005.
[4] B. Hamdaoui, M. Elaoud, P. Ramanathan, "A delay-based admission control mechanism for multimedia support in IEEE 802.11e wireless LANs", Journal of Wireless Networks, Vol. 15, pp875-886, 2009.
[5] G. Bianchi, L. Fratta, "Performance Evaluation and Enhancement of the CSMA/CA MAC Protocol for 802.11 Wireless LAN", in Proc. PIMRC 1996, Taipei, Taiwan, Oct. 1996, pp 392-396.
[6] G. Bianchi, "IEEE 802.11 Saturation Throughput Analysis", IEEE Communications Letters, Vol. 2, No. 12, Dec. 1998.
[7] E. Ziouva, T. Antonakopoulos, "CSMA/CA performance under high traffic conditions: throughput and delay analysis", Computer Communications 25, 2002, pp 313-321.
[8] G. Berger-Sabbatel, A. Duda, M. Heusse, "Short-Term Fairness of 802.11 Networks with Several Hosts", in Proc. Sixth IFIP IEEE International Conference on Mobile and Wireless Communication Networks, Paris, France, Oct. 2004.
[9] S. Yoo, J. Choi, J. Hwang, C. Yoo, "Eliminating the Performance Anomaly of 802.11b", ICN 2005, LNCS 3421, pp 1055-1062, 2005.
[10] A. Duda, "Understanding the Performance of 802.11 Networks", in Proc. PIMRC 2008, IEEE 19th International Symposium, Sep. 2008.
[11] Y. Tay, K. Chua, "A Capacity Analysis for the IEEE 802.11 MAC Protocol", Journal of Wireless Networks, vol. 7, pp159-171, 2001.
[12] J. Cho, S. Cho, K. Kang, H. Hong, "Analysis on Characteristics for Sharing Co-channel between Communication Systems", IIBC Vol. 11, No. 4, 2011.

소개

현 준(정회원)



- 1984년 : 고려대학교 전자공학과(BS)
- 1986년 : 고려대학교 대학원 전자공학(MS)
- 1997년 : (미)Lehigh Univ. 전산학과(Ph.D)
- 1986년~1991년 : 삼성전자 시스템개발실
- 1998년~현재 : 호서대학교 정보통신공학과 교수
- 관심분야 : 시스템소프트웨어, 멀티미디어통신

송 명 렬(정회원)



- 1985년 : 연세대학교 전자공학과(BS)
- 1988년 : 연세대학교 대학원 전자공학(MS)
- 1996년 : 연세대학교 대학원 전자공학(Ph.D)
- 1996년~현재 : 호서대학교 정보통신공학과 교수
- 관심분야: coexistence of wireless networks, wireless sensor networks, WLAN, embedded systems