

論 文

Slotted 1-Persistent CSMA / CD 버스 프로토콜의 성능 분석을 위한 시뮬레이션 알고리즘

正會員 朴 相 千* 正會員 金 東 吉** 正會員 金 正 善**

The Simulation Algorithm for Performance Analysis of Slotted 1-Persistent CSMA / CD Bus Protocol

Sang Chun PARK*, Dong Kil KIM**, Jeong Sun KIM** *Regular Members*

要 約 본 연구는 근거리 통신망(Local Area Networks : LAN)에서 slotted 1-persistent CSMA / CD 버스 프로토콜의 실효 전송율(throughput) 특성을 연구하기 위한 시뮬레이션 알고리즘을 제안하고, 기존 시뮬레이션 알고리즘의 통계적 결과와 비교하여 제안된 알고리즘의 타당성을 검증하였다. 제안된 시뮬레이션 알고리즘은 각 스테이션들을 충돌 경험 횟수로 분류 각 그룹의 영향을 처리하였으므로, 각 스테이션의 영향을 처리한 기존의 알고리즘 보다 처리과정이 효율적이다. 또한 스테이션의 수를 증가 시켜도 처리과정이 제한받지 않기 때문에 Busy / Idle 발생기에 적용하기에 매우 적합하다.

ABSTRACT The major purpose of this thesis is suggest the simulation algorithm for performance analysis of throughput of slotted 1-persistent CSMA / CD bus protocol in Local Area Networks.

The suggested simulation algorithm processes the effect of each station group that classified by the number of collision experience. Therefore, this simulation algorithm is more effective in terms of the execute than existing algorithm that processed the effect of each station.

This study suggests the method for application to the busy / idle generator.

I. 서 론

근거리 통신망에서 프로토콜의 성능은 실효

전송율(Throughput : Effective Transmission Rate), 응답시간(Response time), 신뢰성(Reliability), 정확성, 확장성 등으로 평가된다.⁽¹⁾ 실효 전송율 및 응답시간 등의 성능에 대한 연구방법은 해석적인 방법(Analytical Method), 실험적인 방법(Experimental Method), 시뮬레이션(Simulation)등의 세가지 부류로 나누어 진다. 대부분

* 성미전자

Sungmi Electronic Inc.

** 韓國航空大學 航空電子工學科

Dept. of Avionics Eng. Hankuk Aviation University

論文番號 : 90 - 52 (接受1990. 4. 16)

의 해석적 연구에서는 유도하기 쉬운 연구 결과를 얻기위한 근사화가 필수적이며, 이 경우에 상위 계층 프로토콜을 포함한 통신망에 대한 해석적 연구는 기대할 수 없다.⁽²⁾⁽³⁾ 그래서 여러 프로토콜 계층을 포함하는 완전한 통신망의 성능에 대한 정확한 결과는 실험 또는 시뮬레이션 기법의 사용을 요구한다.⁽⁴⁾ 실험적인 결과에 대한 연구는 Shoch와 Hupp⁽⁵⁾ 등에 의해 이루어졌다. 이 논문은 실험적인 Ethernet에서, 스테이션 수에 대한 통신로의 유용도에 제한된 데이터를 주었지만 고려된 스테이션의 최대수는 20에 불과하다. 시뮬레이션 연구들은 하위 계층의 프로토콜에 집중되었고, 적은 수의 스테이션을 갖는 네트워크만을 고려하였다.⁽⁶⁾

본 연구는 slotted 1-persistent CSMA / CD 프로토콜을 사용하는 통신망의 성능을 연구하기 위한 시뮬레이션의 알고리즘에 대하여 연구하고, 새로운 시뮬레이션 알고리즘을 제안하였다. 시뮬레이션은 스테이션들의 영향을 각각의 스테이션에서 개별적으로 처리하는 종래의 알고리즘과 스테이션의 패킷이 갖는 충돌 경험횟수로 스테이션들을 분류하여 각 스테이션 그룹들의 영향을 처리하는 제한된 알고리즘을 수행하였다. 그리고, 적은 수의 스테이션을 갖는 네트워크에서 스테이션 수가 증가될 때의 영향을 살펴기 위한 Busy / Idle 발생기에 적용을 위한 알고리즘을 연구하였다.

II. 모 델

본 논문에서 사용된 시뮬레이션 모델은 slotted 1-persistent CSMA / CD 버스 프로토콜을 사용하였고, Thinking상태의 각 스테이션에서 시간 t동안에 적어도 하나 이상이 발생될 확률은 식 (1)로 얻어진다.

$$p(x>1) = \int_0^T \{\lambda \exp(-\lambda t)\} dt = 1 - \exp(-T/r) \quad (1)$$

$$r = 1/\lambda$$

전송중 충돌의 경험을 위해 Backlog 상태에 있는 스테이션의 재전송 시도는 충돌 경험 횟수 i에 따라 첫 충돌에 의한 backoff 시간(V₁)에 이진 지수적으로 결정되는 backoff 시간 V₁의 결과 후에 이루어 진다.

$$V_1 = V_1 \times 2 \quad (2)$$

그리고, 허용된 수 이상의 충돌을 경험한 패킷은 제거되어지며, 각 스테이션에서는 발생된 패킷을 전송 완료하기 전에 새로운 패킷을 발생하지 않는다. 그리고, 전송중 통신로 상의 점유에 의한 데이터의 손실은 없다고 가정한다.

스테이션간의 경쟁에 의하여 통신로의 상태는 사용(busy)상태 혹은 휴지(idle)상태로 초기화된다. 경쟁 슬롯의 시작점에서 전송을 시도한 스테이션이 하나도 없으면 통신로의 휴지상태가 1슬롯동안 유지되고, 한 스테이션 이상에서 전송이 시도되면 사용상태가 초기화된다. 이 기간중에 패킷이 발생된 스테이션은 초기화된 기간이 끝나고 통신로의 휴지상태를 감지할 수 있는 1슬롯이 경과한 후에 전송을 위한 경쟁을 시작한다.

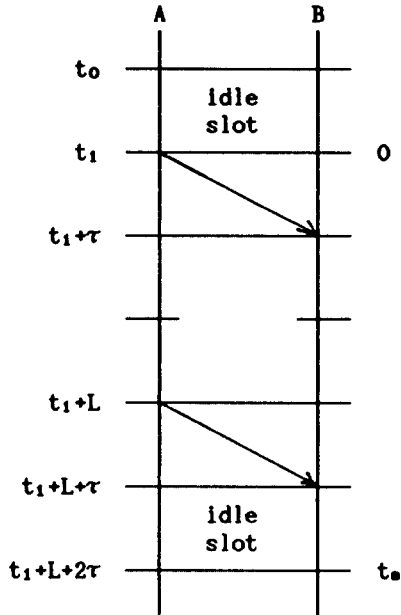
$$t = \begin{cases} \tau & \text{(Idle 상태)} \\ \text{Busy기간} + \tau & \text{(Busy 상태)} \end{cases} \quad (3-1)$$

전송 성공에 의해 초기화된 사용상태는 그림 1(a)의 t1에서 초기화되고 슬롯의 정수배 길이를 갖는 패킷의 전송 후에 네트워크내의 모든 스테이션으로 전송되는 1슬롯의 기간 동안 유지된다. 충돌의 발생에 의해 초기화된 사용상태는 그림 1(b)의 t1에서 초기화되고 1슬롯이 경과한 후에 충돌의 상태가 감지된다. 충돌이 감지된 후 J슬롯의 경과후에 전송을 중지하고 마지막 비트가 전송되는 1슬롯의 기간동안 사용상태가 유지된다.

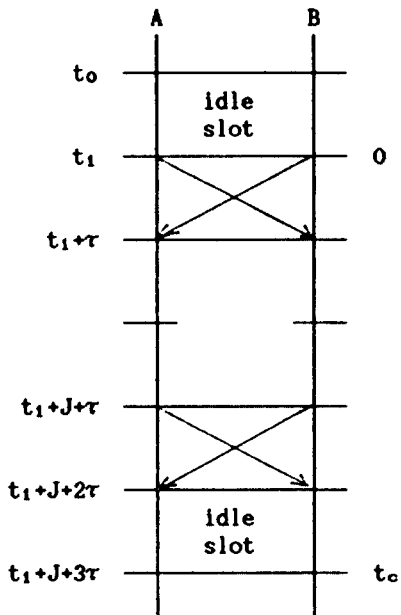
$$t_1 = \tau \quad (4-1)$$

$$t_s = L + 2\tau \quad (4-2)$$

$$t_c = J + 3\tau \quad (4-3)$$



(a) 전송 성공시



(b) 충돌 발생시

그림 1. 통신로의 사용기간

Ⅲ. 시뮬레이션 알고리즘

통신로의 前상태가 유지되는 동안 각 스테이션의 패킷 발생 확률을 얻은 후, 0과 1 사이에서 균일한 분포를 갖는 난수를 이용하여 각 스테이션의 패킷 발생을 가정한다. 네트워크내의 전체 스테이션에서 발생된 패킷 수에 따라 전송로의 상태가 초기화되고, 얻어진 전송로의 상태에서 각각의 과정이 처리된 후 위의 과정을 반복 수행한다.

Ⅲ.1. 종래의 알고리즘

종래의 시뮬레이션 알고리즘에서는 패킷의 발생과 전송에 의한 경쟁등을 각각의 스테이션에서 처리하였다. Thinking 상태의 각 스테이션에서는 평균 발생주기 r 을 갖는 식(1)과 (0,1)의 균일한 분포를 갖는 난수를 이용하여 패킷을 발생시키고, backlog상태의 각 스테이션에서의 재전송 시도는 이들이 갖는 각각의 backoff 시간 V_i 의 경과후에 이루어진다.

초기화되는 전송로의 상태에 따라 각 스테이션에서는 이에 따른 처리과정이 수행된다.

Ⅲ.2. 제안한 알고리즘

Backlog 상태에 있는 각 스테이션들의 재전송은 충돌 경험 횟수에 기인한 backoff시간의 경과 후에 시도 되므로 제안되는 알고리즘은 스테이션수가 다수이고 가변적일때의 영향을 효율적으로 처리하기 위하여 전체 스테이션을 이들이 갖는 패킷의 충돌 경험횟수로 분류하여 각 그룹들의 영향을 처리하였다.

Ⅲ.2.1 패킷의 발생

Thinking 상태에 있는 스테이션 그룹에 의해서 i 개의 패킷이 발생될 확률은 스테이션수가 B_q 일때 Q_i 로 얻어진다.

$$Q_i = \binom{B_q}{i} \times \{1 - \exp(-t/r)\}^i \times \{\exp(-t/r)\}^{B_q-i} \quad (5)$$

$$i=0,1,\dots,B_q$$

Backing 상태에 있는 스테이션들은 backoff 시간의 경과후에 재전송 패킷이 발생되는데, 다수의 스테이션을 갖는 환경하에서 시뮬레이션의 효과적인 수행을 위해 아래와 같은 가정을 하였다.⁴⁾

“Backlog 상태에 있는 스테이션들에 의한 재전송 시도 확률은 이들의 평균 backoff 시간을 평균 발생 주기로 갖는 Poisson 분포를 한다.” 그리고, 위의 가정에 의한 영향을 줄이기 위하여 backlog 상태에 있는 스테이션들을 충돌을 한번 경험한 그룹과 한번이상 경험한 그룹으로 분류하여 각각의 재전송 확률을 얻는다.

한번 충돌을 경험한 그룹에서 i개 패킷의 재전송 시도 확률 Rn_i 는

$$Rn_i = \left[B_m \right]_i \times \{1 - \exp(-t / V_i)\}^i \times \{\exp(-t / V_i)\}^{B_m - i} \quad (6)$$

$i=0,1,\dots, B_i$

이고, 한번이상 충돌을 경험한 그룹에서 이들의 평균 backoff 시간이 v 일때 i개 패킷의 재전송 시도 확률 Rm_i 는

$$Rm_i = \left[B_m \right]_i \times \{1 - \exp(-t / v)\}^i \times \{\exp(-t / v)\}^{B_m - i} \quad (7)$$

$i=0,1,\dots, B_m$

이다. backlog 상태에 있는 모든 스테이션 그룹에서 i개 패킷의 재전송 시도 확률 R_i 는 아래와 같이 주어진다.

$$R_i = \sum_{j=0}^i (Rn_j \times Rm_{i-j}) \quad (8)$$

$$\sum_{i=0}^{B_i} R_i = 1 \quad (8-1)$$

모든 스테이션 그룹에서 i개의 패킷이 전송 시도 될 확률 C_i 는

$$C_i = \sum_{j=0}^i (Q_j \times R_{i-j}) \quad (9)$$

$$\sum_{i=0}^{B_i} C_i = 1 \quad (9-1)$$

이다.

III.2.2 전송시도

각 그룹의 전송 시도 확률에 따라 다음 슬롯의 상태 확률이 얻어진다. 알럿이 휴지상태로 남아 있을 확률 S_i , 성공적 전송이 초기화될 확률 S_s , 경쟁이 시작될 확률 S_c 는 다음과 같다.

$$S_i = Q_0 \times R_0 \quad (10-1)$$

$$S_s = Q_1 \times R_0 + Q_0 \times R_1 \quad (10-2)$$

$$S_c = 1 - (S_i + S_s) \quad (10-3)$$

위의 확률에서 0과 1사이의 균일한 분포를 갖는 난수를 발생시켜 다음 슬롯의 상태가 결정되고, 각각의 확률과 난수에 의해 다음 슬롯의 상태가 결정되면 각 경우에 따라 시뮬레이션이 진행된다.

$$0 \leq x \leq S_i \quad \text{이면, idle} \quad (11-1)$$

$$S_i \leq x \leq (S_i + S_s) \quad \text{이면, 전송 성공} \quad (11-2)$$

$$(S_i + S_s) \leq x \leq 1 \quad \text{이면, 충돌 발생} \quad (11-3)$$

III.2.3 전송 성공

전송의 성공이 초기화되면, thinking상태의 스테이션 그룹에 의해 성공되었을 확률 T_a ,



그림 2. i개 패킷의 전송시도 확률과 통신로의 상태 확률

backlog 상태에 있는 스테이션에 의해 성공되었을 확률 T_r 등과 새로운 난수를 이용하여 각 경우를 얻는다.

$$T_q = Q_i \times R_0 / S_s \quad (12-1)$$

$$T_r = Q_i \times R_i / S_s \quad (12-2)$$

전송이 backlog 상태에 있는 스테이션에 의해 성공되었을 경우 충돌을 한번 경험한 그룹에 의한 확률 U_n 과 충돌을 한번이상 경험한 그룹의 확률 U_m 을 얻을 수 있다.

$$U_n = B_{p_1} \times B_{q_1} / B_n \quad (13-1)$$

$$U_m = B_{p_0} \times B_n / B_n \quad (13-2)$$

위의 확률과정에서 새로운 난수를 사용하여 한번이상 충돌을 경험한 그룹에 의한 경우, i 번 충돌을 경험한 그룹에 의하여 확률 U_i 는

$$U_i = (B_i / v_i) / \left\{ \sum_{j=0}^k (B_j / v_j) \right\} \quad (14)$$

으로 얻어지고, 난수와 확률에 의해 전송 성공이 초기화된 스테이션 그룹은 각각의 동작이 수행된다.

III.2.4 충돌의 발생

i 개의 충돌이 초기화될 경우, thinking 상태의 스테이션 그룹에서 j 개와 backlog 상태의 스테이션 그룹에서 $(i-j)$ 개의 충돌확률 C_{bj} 는 식(21)에서 얻어진다.

$$C_{bj} = Q_j \times R_{i-j} \quad (15)$$

$$\sum_{j=0}^i C_{bj} = 1 \quad (15-1)$$

backlog 상태에 있는 $(i-j)$ 개의 스테이션이 충돌에 가담하였을 경우, k 개의 한번 충돌을 경험한 스테이션과 $(i-j-k)$ 개의 한번이상 충돌을 경험한 스테이션이 충돌에 가담하였을 경우의 확률 C_{nk} 는

$$C_{nk} = R_{nk} \times R_{m-i-j-k} \quad (16)$$

$$\sum_{k=0}^i C_{nk} = 1 \quad (16-1)$$

이 된다.

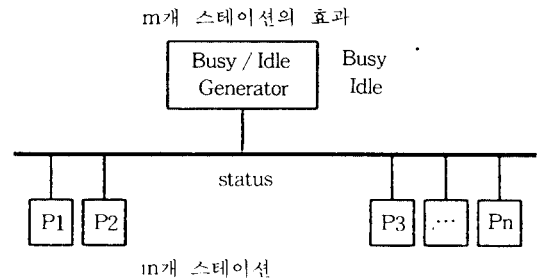


그림 3. Busy / Idle 발생기

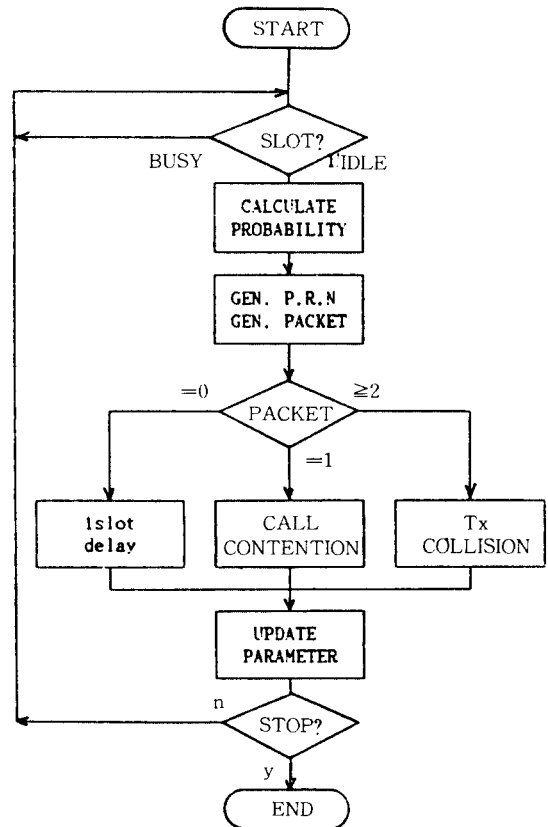


그림 4. Busy / Idle 발생기의 순서도

그리고, 한번이상 충돌을 경험한 스테이션 그룹에서 (i-j-k)개의 패킷이 충돌에 가담하였을 경우, 식(12)와 (i-j-k)개의 난수를 이용하여 각 스테이션 그룹들의 충돌 가담 패킷수를 얻는다.

IV. Busy / Idle 발생기에의 응용

제안된 알고리즘을 Busy / Idle 발생기에 적용시켜 보았다. Busy / Idle 발생기는 저부하를 갖는 네트워크에서 고부하 특성을 연구하기 위하여 쓰인다.

n개의 스테이션을 갖는 네트워크에서 (n+m)개의 스테이션을 갖을때의 특성을 살펴보려 할때, Busy / Idle 발생기는 m개 스테이션의 효과를 갖고 자신의 상태와 통신로의 초기화 상태에 따라 경쟁을 통해 동작된다.

Busy / idle 발생기의 시뮬레이션에서는 네트워크내의 스테이션을 종래의 알고리즘 과정으로 처리하고, Busy / Idle 발생기의 m개 스테이션의 영향은 스테이션 수가 다수일때 효율적으로 처리되는 제안된 알고리즘 과정으로 처리하였다.

Busy / Idle 발생기 내에서 두개이상의 패킷 발생이 초기화되면 busy 신호를 충돌 기간 만큼 전송한다. 하나의 패킷 발생이 초기화되면 경쟁을 시작한다. 경쟁을 시작하여 충돌이 발생되면 전송을 멈추고, 충돌의 발생이 없으면 전송을 초기화된 패킷 길이동안 행한후 멈춘다. 초기화된 패킷이 없으면 한 슬롯을 경과시킨 후에 통신로와 자신의 상태에 따라 위의 과정을 반복한다.

V. 시뮬레이션 결과 및 검토

시뮬레이션은 스테이션 개개의 영향을 처리한 기존의 알고리즘과 같은 충돌횟수를 갖는 각 스테이션 그룹들의 영향을 살핀 제안된 알고리즘으로 수행되었고, Busy / Idle 발생기의 시뮬레

이션은 제안된 알고리즘을 적용시켜 처리하였다. 시뮬레이션에서는 스테이션수와 패킷의 길이를 변화시킴으로써 전체 부하의 변화를 가정하였고, 얻어지는 통계적 결과는 성공 패킷 수, 경쟁 발생 횟수, idle 상태의 슬롯 수, 그리고 허용된 수 이상의 충돌로 인하여 제거된 패킷수 등이다. 통신로에 가해진 부하는 식(17)으로 얻어진다.

$$G=B(L/r) \tag{17}$$

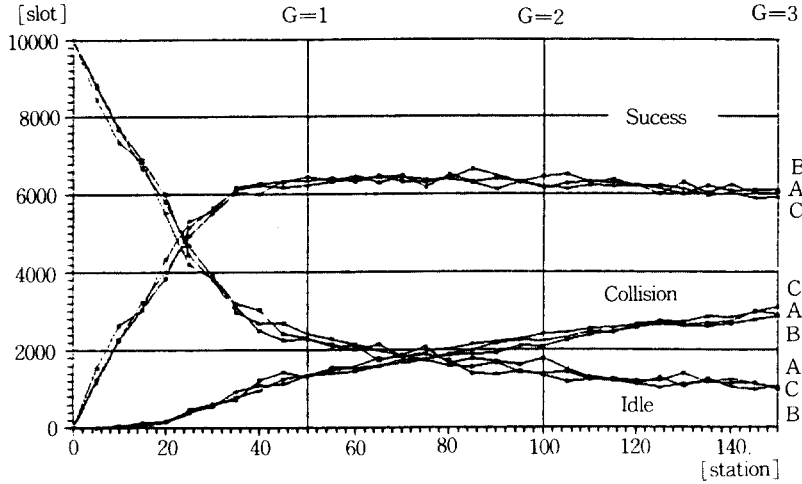
실효 전송율 특성은 시뮬레이션된 총 슬롯에 대한 성공적 전송에 쓰인 총 슬롯수로 얻어진다.

$$\text{Throughput} = \frac{\text{성공적 전송에 쓰인 총 슬롯수}}{\text{총 슬롯수}} \tag{18}$$

위에서 고려된 환경하에서 얻어지는 통계적 결과치는 그림 5,6,7로 얻어진다. 실효 전송율 특성은 부하가 0.7이하에서 발생된 패킷은 거의 모두 성공적 전송을 하며, 부하가 0.7이상에서는 충돌에 의한 슬롯 소비의 증가와 backlog 상태로의 천이 등에 의해서 실효 전송율의 증가는 둔화된다. 부하가 1이상의 고부하에서 backlog상태의 스테이션 수의 계속된 증가로 인하여 실효전송율은 0.6-0.8의 특성을 갖는다.

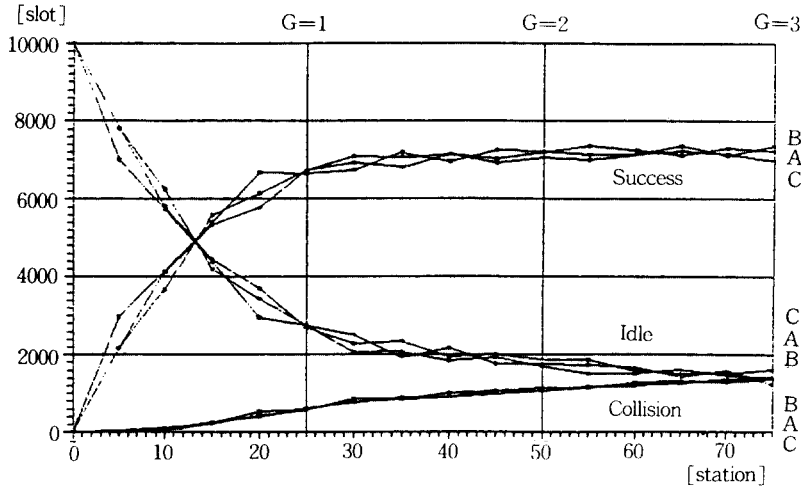
종래의 알고리즘과 제안된 알고리즘의 시뮬레이션에서 얻어진 통계적 결과(그림5,6,7)는 거의 유사하므로 제안된 시뮬레이션에서 쓰여진 가정과 확률 처리과정의 타당성을 검증할수 있다. 그리고 스테이션 수가 증가될 때 기존의 알고리즘에서 처리과정이 거의 선형적으로 증가하는 반면, 제안된 알고리즘에서의 처리과정의 증가는 둔화된다.

본 연구에서는 시뮬레이션 언어로 C언어를 사용하였고 난수는 0과 1사이에서 3×10^{-5} 의 정밀도를 가지도록 하였다. 그림 8은 시뮬레이션의 결과 값을 보여준다. 시뮬레이션은 슬롯의 길이가 10일 경우 스테이션의 수는 150개, 슬롯



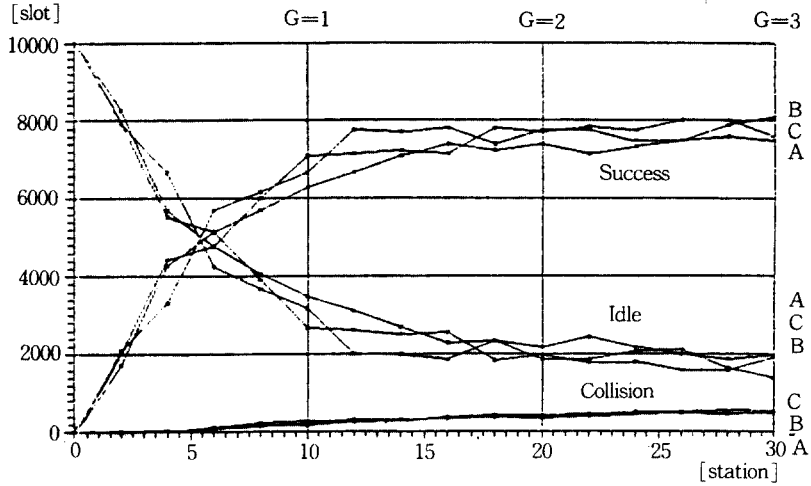
종래의 알고리즘 : A
 제안된 알고리즘 : B
 Busy / Idle 발생기 알고리즘 : C
 패킷의 평균 발생 주기 : 500 슬롯
 첫 충돌에 의한 backoff 시간 : 50 슬롯
 충돌 시간 : 3 슬롯
 충돌 허용 횟수 : 8

그림 5. 시뮬레이션 결과 (패킷길이: 10슬롯)



종래의 알고리즘 : A
 제안된 알고리즘 : B
 Busy / Idle 발생기 알고리즘 : C
 패킷의 평균 발생 주기 : 500 슬롯
 첫 충돌에 의한 backoff 시간 : 50 슬롯
 충돌 시간 : 3 슬롯
 충돌 허용 횟수 : 8

그림 6. 시뮬레이션 결과 (패킷길이: 20슬롯)



종래의 알고리즘 : A
 제안된 알고리즘 : B
 Busy / Idle 발생기 알고리즘 : C
 패킷의 평균 발생 주기 : 500 슬롯
 첫 충돌에 의한 backoff 시간 : 50 슬롯
 충돌 시간 : 3 슬롯
 충돌 허용 횟수 : 8

그림 7. 시뮬레이션 결과 (패킷길이: 50슬롯)

표 1. 실효 전송율(시뮬레이션 결과)

G	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.6	2.8	3.0
A	.00	.22	.40	.55	.60	.63	.63	.63	.63	.61	.61	.62	.62	.61	.60	.59
B	.00	.22	.38	.56	.62	.62	.64	.64	.65	.63	.61	.63	.62	.60	.61	.61
C	.00	.26	.43	.55	.62	.64	.64	.64	.64	.64	.64	.63	.62	.63	.62	.60

(a) 패킷 길이 : 10 슬롯

G	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.6	2.8	3.0
A	.00	.21	.41	.53	.57	.67	.69	.68	.71	.69	.70	.70	.71	.72	.71	.69
B	.00	.21	.36	.55	.61	.67	.70	.70	.71	.70	.72	.73	.72	.71	.73	.72
C	.00	.29	.41	.53	.66	.66	.67	.72	.69	.72	.72	.71	.71	.73	.71	.73

(b) 패킷 길이 : 20 슬롯

G	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.6	2.8	3.0
A	.00	.17	.42	.51	.57	.62	.66	.70	.73	.72	.73	.71	.73	.74	.75	.72
B	.00	.20	.34	.57	.61	.66	.77	.77	.78	.73	.77	.77	.74	.74	.76	.75
C	.00	.20	.44	.47	.30	.70	.71	.72	.71	.78	.77	.78	.77	.76	.76	.74

(c) 패킷 길이 : 50 슬롯

G : Offered Load
 A : 기존의 알고리즘
 B : 제안된 알고리즘
 C : Busy / Idle 발생기

의 길이가 50일 경우 스테이션의 최대수를 50으로 하여 수행되었다. 이때 스테이션의 수를 N배로 하게 되면 기존의 알고리즘은 처리시간이 거의 N배 증가하는 것에 반해 제안된 알고리즘은 스테이션의 수에 큰 영향을 받지 않았다.

VI. 결 론

근거리 통신망의 성능 분석에 관한 연구에서 해석적 방법을 사용할 경우 상위 계층의 프로토콜을 고려하기 곤란하였고, 실험적인 연구의 경우 수십개 이상의 스테이션을 갖는 환경을 적용하기가 곤란하였다. 또한, 기존의 시뮬레이션에 의한 근거리 통신망의 성능분석에 관한 연구는 각 스테이션의 특성을 개별적으로 감시하여야 하므로 스테이션의 수가 증가할수록 처리속도가 증가하기 때문에 비효율적이다.

따라서, 본 연구는 이런점을 착안하여 1-Persistent CSMA / CD 버스 프로토콜을 사용하는 근거리 통신망의 실효 전송율(throughput) 특성을 연구하기 위한 시뮬레이션 알고리즘을 제안하고, 여러 환경하에서 시뮬레이션을 행하여 각각의 특성을 살펴보았다.

기존의 시뮬레이션 알고리즘은 각 스테이션의 영향을 처리하였으므로 각 스테이션의 특성을 개별적으로 체크하면 다수의 스테이션을 처리할 때 불합리한 반면, 본 논문에서 제안한 시뮬레이션 알고리즘은 스테이션들을 패킷의 충돌 경험횟수 특징으로 분류하여 각 그룹별 영향을 가정에 의해 처리하였으므로 스테이션 수의 증가에 따른 처리과정의 증가가 적고, 종래의 알고리즘과 거의 동일한 결과 및 몇%의 정확도(①: 기존 방법보다 처리과정의 효율성 및 analysis의 정확도가 고려되어야 할 것으로 사료됨. ②: 처리과정의 효율성도 중요하지만 Protocol의 performance Analysis는 어느정도 detail하게 Analysis하는 정확도(accuracy)가 고려되어야 한다고 생각됨)를 얻을 수 있었다.

그리고, 본 알고리즘을 채택하여 Busy / Idle

발생기 또는 Traffic 발생기에 적용시킬 경우, 스테이션 수에 관계없이 실제 네트워크와 통계적 특성이 유사한 Busy / Idle 신호를 실시간으로 발생시킬 수 있기 때문에 종래의 해석적인 방법으로서는 고려할 수 없었던 상위 프로토콜의 영향을 살펴볼 수 있으며 다수의 스테이션을 가질 때 현실적으로 불가능한 실험적 방법을 대체할 수 있을 것으로 사료된다.

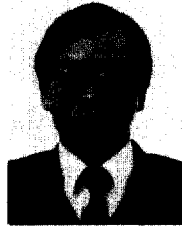
참 고 문 헌

1. 김정선, "버스형 근거리 전산망의 경합-토큰 혼합형 프로토콜에 관한 연구", 경희대학교, 박사학위논문.
2. F.A. Tobagi and V.B. Hunt, "Performance Analysis of Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection", Computer Networks, Vol.4, 1980, pp.245-258.
3. S.S. LAM, "A Carrier-Sense Multiple-Access Protocol for Local Networks", Computer Networks, Vol.14, 1980, pp.21-31.
4. P.J.P.O'Reilly, "A New Technique for Performance Studies of CSMA / CD Local Networks", Ph.D.Diss, Georgia Institute of Technology, May, 1983.
5. J.F. Shoch and J.A. Hupp, "Performance of an Ethernet Local Network-Preliminary Report", COMPCON, Feb. 1980, pp.318-322.
6. M.Tokoro and K.Tamaru, "Acknowledging Ethernet", COMPCON, Fall, 1977, pp.7-12,721.
7. J.L. Hammond and P.J.P.O'Reilly, Performance Analysis of Local Computer Networks; Addison-Wesley, 1986.
8. 채수훈, "근거리 통신망에의 P-persistent CSMA / CD의 성능 해석", 한국항공대학, 석사학위논문.
9. W.R. Franta and M.B.Jodeau, "Analysis of a Prioritized CSMA Protocol Based on Staggered Delays", Acta Information, Vol.13, 1980, pp.299-328.
10. J.F. Shoch and J.A.Hupp, "Measured Performance of Ethernet Local Network", CACM, Vol.23, No.12, Dec. 1980, pp.318-322.
11. A.Mouru and J.Field, "Collisson-Control Algorithms in Carrier Sense Multiple Access (Collisson Detection) Networks", Computer Communications, No.4, Feb. 1981.

12. F.A. Tobagi and L.Kleinrock, "Packet Switching in Radio Channels: PART IV", IEEE Trans. on Communications, Vol.COM-25, Oct.1977.
13. S.M. Ross, Introduction to Probability Models; Academy, 1985.
14. W.Bux, "Local area subnetworks: A Performance Comparison", IEEE Trans. on Communication, COM-19, No.10, pp.1465-1473, Oct. 1981.
15. Mischa Schawartz, Telecommunication Networks; Protocols, Modeling and Analysis; Addison-Wesley, 1987.



朴相千(Sang Chun PARK) 正會員
1984年 3月~1988年 2月: 韓國航空大學
電子工學科
1988年 3月~1990年 2月: 韓國航空大學
電子工學科 大學院
1990年 3月~現在: 성미전자(주)技術研
究所 研究員



金東吉(Dong Kil KIM) 正會員
1978年 3月~1982年 2月: 韓國航空大學
1982年 3月~1984年 2月: 韓國航空大學
大學院(碩士)
1988年 3月~現在: 韓國航空大學大學院
(博士)
1982年12月~1986年10月: ETRI研究員
1986年10月~1989年10月: 대성세타기계
技術理事
1989年10月~現在: 진성전자 代表



金正善(Jeong Sun KIM) 正會員
1941年 5月 5日生
1965年~1990年 現在: 航空大學 教授
1988年~1990年: 電子工學科 學科長
1990年 2月~1990年 6月: 電子計算所長