

論 文

LAN에서 채널 접속프로토콜의 성능解釋 및
比較에 關한 研究

正會員 金 平 陸* 正會員 金 正 善** 正會員 李 大 寧***

A Study on the Performance Analysis and
Comparison of Channel Access
protocols in LAN

Pyong Ryuk KIM*, Jung Sun KIM**, Dai Young LEE*** *Regular Members*

要 約 IEEE 802 Local Area Network(LAN) 기준 모델의 Media Access Control (MAC) 방식에는 CSMA/CD, 토큰링, 토큰 버스방식을 포함하며, LAN 성능의 척도인 Throughput에 영향을 주는 파라미터는 채널의 길이, 전송 속도, 패킷의 크기 및 스테이션 수이다. 본 논문에서는 이러한 파라미터를 정규화시켜 해석하므로써 각 파라미터가 채널 Throughput에 미치는 영향을 검토하였으며 특히, 토큰 링방식과 토큰 버스방식에 대한 해석으로 각 파라미터와의 관계를 고찰하여 CSMA/CD 방식과의 비교 검토를 하였다.

ABSTRACT The Media Access Control(MAC) Technologies in IEEE 802 Local Area Network(LAN) reference model include CSMA/CD, Token Ring and Token Bus methodes. The channel throughput of LAN can be affected by some parameters such as channel length, transmission rate and packet size, and station numbers. In this paper, the effect of these parameters to channel throughput are analyzed by normalized parameters. And the token ring and token bus method are analyzed by using the normalized parameter, and relationship bwtween channel thourghput and parameters is discussed. Finally, results are compared.

1. 서 론

Local Area Network(LAN)은 사무실, 빌딩,

공장등과 같이 제한된 지역에 사무자동화 공장자동화를 위해 파일의 전달 및 접속프로토콜, 리모트 데이터 베이스의 접속, 그래픽, 워드프로세싱, 전자우편, 프로세스 콘트롤, 디지털화 음성 전송 등의 기능을 행하는 시스템이다. LAN은 컴퓨터와 터미널, Mass Storage 장치, 프린터와 프로터, 카피어와 텔레카피어, 모니터링과 콘트롤 장치 및 다른 네트워크와 연결하기 위한 브릿지와 게이트웨이 등이 접속되어 운영된다⁽¹⁾.

LAN을 구성하는 기본 파라미터는 채널의 미

*. **韓國航空大學 電子工學科
Dept. of Avionic Engineering
Hankuk Aviation College, Seoul 122 Korea.
*** 慶熙大學校 電子工學科
Dept. of Electronic Engineering
Kyunghee University Seoul, 132 Korea.
論文番號 : 86-43(接受 1986. 10. 8)

디어, 네트워크 토폴로지, 채널 접속프로토콜이다. 채널의 미디어로서는 와선(twisted pair), 동축 케이블, 광 파이버가 일반적이며, 네트워크 토폴로지는 여러 스테이션을 상호 연결하는 네트워크의 형태로서 성형, 링, 버스네트워크가 있다.

성형네트워크는 중앙 제어장치의 고장으로 전체시스템이 스톱하기 때문에 링과 버스네트워크가 일반적으로 이용이 된다⁽²⁾.

채널 접속프로토콜은 Fixed Assignment Protocol, Random Assignment Protocol, Demand Assignment Protocol로 크게 구분하며, Fixed Assignment 방식에는 TDM, FDM 이 속한다. Random Assignment 방식에는 ALOHA, CSMA, CSMA/CD 방식이 속하고, Demand Assignment 방식에는 토큰 패싱방식(토큰 링, 토큰 버스), Slotted Ring, Resister Insertion 방식이 속하며, 이상의 것이 일반적으로 이용되는 액세스 방식이라 할 수 있다⁽²⁾⁽¹⁰⁾.

지금까지 제안된 여러 방식이 채널 접속프로토콜이 있으나, IEEE802 LAN 기준 모델에는 CSMA/CD, Token Ring, Token bus 방식을 포함하고 있다.

본 논문에서는 토큰 링과 토큰 버스 방식을 합수 $a \left(= \frac{\tau}{T} = \frac{W\tau}{B} \right)$ 로 정규화하여 해석함으로써 스테이션의 수, 채널 전송속도, 채널 길이, 패킷 크기가 채널 Throughput 에 미치는 영향을 CSMA/CD 방식과 비교 검토함으로써 LAN 시스템 선정시 고려해야 할 사항을 제시하고자 한다.

2. 채널 접속프로토콜의 원리

비교 대상으로 선정한 세가지 방식의 원리를 간단히 설명한다. CSMA/CD 방식은 그림 1 과 같은 쌍방향 버스네트워크 토폴로지를 이용한 Ethernet 에 처음 이용한 방식이다⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾. 스테이션은 공통채널에 패킷을 전송하고 수신할 수 있어야 한다. 따라서, 전송할 패킷을 가진 스테이션은 먼저 채널의 캐리어 상태를 감시한다. 채널에 다른 스테이션에 의한 캐리어가 있으면 전송을

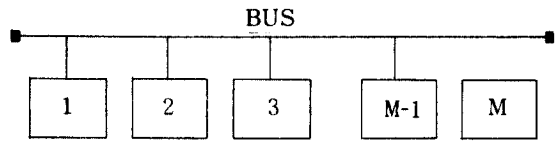


그림 1 버스 네트워크 토폴로지
Bus Network Topology.

지연하고, 캐리어가 없어 idle한 상태라면 패킷을 전송하면서 채널의 상태를 계속 감시한다. 전체 채널길이에 의한 신호지연시간 τ 때문에 동일 시간에 전송된 다른 스테이션의 패킷과 충돌이 발생하면 자신의 전송을 중단하고 불규칙한 시간을 카운트다운한 후, 재전송을 시도한다. 불규칙한 시간을 지연하는 알고리즘을 "Truncated Binary Exponential Backoff"라 하며 일종의 카운터로 생각할 수 있다.

한번의 충돌 후 불규칙하게 선택한 "0" 혹은 "1"의 비트를 카운터의 LSB 위치에 전달한다. 이때 "1" 또는 "2"의 클럭 간격 동안 카운트 다운되며 "1" 또는 "2"의 슬롯타임 주기의 Backoff 주기를 제공한다. 두번의 충돌 후라면 카운터의 LSB 위치에 불규칙하게 선택된 2개의 비트가 전달되므로 카운터는 0, 1, 2, 3이 된다⁽¹⁾. CSMA/CD 방식에서는 이러한 Backoff 알고리즘 때문에 각 스테이션에서의 전송지연이 일정하게 정의되지 않고 어떤 특정한 스테이션에 우선순위 (Priority)를 줄 수 없다.

Token Passing 방식은 Token Ring 과 Token Bus 방식으로 나뉜다. 토큰이란 스테이션에서 스테이션으로 전달되는 미리 정의된 비트패턴이다. 토큰을 가지고 있는 스테이션만이 채널에 데이터를 전송할 수 있다. 스테이션이 전송할 데이터를 가지고 있지 않다면 토큰을 다음 스테이션으로 전달한다⁽⁴⁾.

토큰 링방식에서 토큰의 전달은 그림 2와 같이 point-to-point 링크로 연결된 링인터페이스를 통해 원형으로 전달된다. 토큰 링방식은 새로운 idle 토큰이 패킷의 마지막 비트가 송신 스테이션을 떠난 즉시 발생하는 "Multiple Token" 방식과 Ring의 신뢰성과 복구의 관점에서 어떤 시간에는 하나의 토큰이 존재하는 "Single Token" 방식

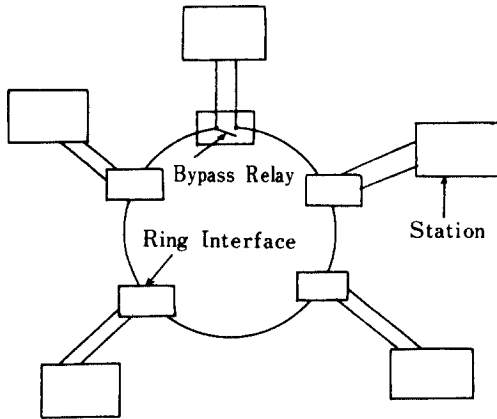


그림 2 토큰 링 네트워크 토폴로지
Token ring network topology.

이 있다⁽¹⁾⁽⁴⁾⁽⁶⁾⁽⁸⁾.

Single Token 방식은 토큰을 수신한 스테이션은 idle 상태를 busy 상태로 바꾸고 자신의 메시지를 전송하며, 전송된 메시지는 목적지에 도달할 때까지 단방향으로 중계되며 목적지 스테이션은 수신된 메시지에 "수신" 표시를 하고 다음 스테이션으로 중계한다. 이 메시지가 본래 전송한 스테이션에도 도달했을 때 그 스테이션은 이 패킷을 링 밖으로 제거하고 새로운 idle 토큰을 발생하여 다음 스테이션으로 전달하는 방식이다. 이 토큰은 다시 링 인터페이스를 통해 backlogged 된 스테이션이 busy 를 표시하고 데이터를 전송할 때까지 회전을 계속한다⁽¹⁾⁽⁴⁾.

토큰 버스 방식은 경쟁없이 하나의 공통 버스를 분배하는 방식이다. 어떤 시간에든 하나의 토큰이 네트워크에 존재하며 토큰을 가진 스테이션이 일시적인 네트워크의 master로서 동작하며 자신의 메시지를 전송하고 미리 정의된 시간동안 채널을 사용한다. 스테이션이 채널의 사용을 마치

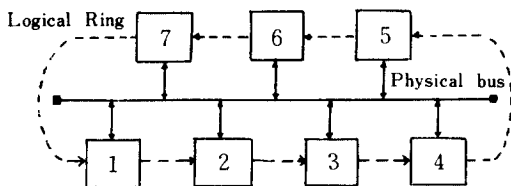


그림 3 토큰 버스 방식의 Logical Ring
Logical ring of Token bus methodes.

면 토큰 수신자의 주소를 방송함으로써 다음 사용자에게 토큰을 전달한다. 토큰의 전달은 그림 3 과 같이 이루어지는 Logical Ring을 형성한다⁽¹⁾⁽⁴⁾.

3. 모델 및 해석

3-1. 해석 모델

토큰 링 방식과 토큰 버스 방식의 채널 Throughput을 해석하기 위해 채널의 전송속도를 W, 패킷의 비트수를 B로 하면 패킷 전송시간 $T = B/W$ 이다. 토큰 링 방식의 경우 링 인터페이스의 처리시간 d , 토큰 버스 방식의 경우 토큰 메시지 전송시간 m , 스테이션이 수신상태에서 송신상태로 전환하기 위한 turn-around time을 t_0 라한다. τ 는 네트워크의 end-to-end 최대 전송지연 시간이고 네트워크상의 스테이션이 균등한 간격으로 배열된 경우, 스테이션과 스테이션간의 전송지연시간을 τ_0 라 한다. L을 채널의 전체길이로 하고, τ, d, m, t_0 , 를 패킷 전송시간 T에 대해 정규화하여 $a = \frac{\tau}{T}, D = \frac{d}{T}, G = \frac{m}{T}, \Delta = \frac{t_0}{T}$ 라 놓는다. 네트워크상에 M개의 스테이션이 접속되어 있고 N개의 스테이션이 항상 전송할 데이터를 갖고 있는 상태를 "backlogged" 상태라 한다.

스테이션의 수가 $M=N$ 인 경우를 heavy traffic 조건이라 하며 본 논문에서는 $M=N$ 인 heavy traffic 조건하에서 각 방식의 채널 Throughput을 함수 a 로 하여 해석한다.

채널의 Throughput을 C라 하면

$$C = \frac{\text{전송된 패킷의 수} \times \text{패킷 전송시간}}{\text{전체 동작 시간}} \quad (1)$$

$$= \frac{T(\text{message})}{T(\text{message}) + T(\text{overhead})} \quad (2)$$

의 식을 이용한다⁽¹⁰⁾.

3-2. CSMA/CD 방식⁽⁵⁾

이 방식에서 M개의 스테이션중 N개의 스테이션이 Poisson process에 의해 전송할 데이터를

갖고 있다고 가정하고 채널의 Throughput 는 M 과는 독립적이며 참고문헌(5)에서

$$C = \begin{cases} \frac{1}{1 + F(N) a} & a \leq 0.5 \\ \frac{1}{[2 + F(N) a]} & a > 0.5 \end{cases} \quad (3)$$

단, $F(N)$ 은 CSMA/CD의 실제 version에따르며 Slotted P-Persistent CSMA/CD의 경우

$$F(N) = \min_{0 \leq P \leq 1} \left\{ \frac{4 - 3(1 - P)^N}{NP(1 - P)^{N-1}} - 2 \right\} \quad (4)$$

식을 이용하여 $F(N)$ 값이 최소일때의 값(즉, 최대 Throughput)을 식(3)에 대입하여 그림 4에 N 의 여러 값에 대한 채널의 Throughput 과 함수 a 와의 관계를 나타내었다. 이 Throughput은 N 에 다소 둔감하지만 a 값의 증가에 따라 감소함을 알 수 있고, 그리고 임의의 두 스테이션 간의 r 가 최대치로 똑같은 최악의 경우로부터 유도된

것이다.

3-3. 토큰 링 방식⁽¹⁾⁽⁴⁾

토큰 링방식에서 인접한 스테이션사이의 링크는 point-to-point 연결이다. 채널 Throughput 식을 얻기 위해 overhead 조건을 고려해야 하는데, 이 방식에서는 토큰 전달에 의해 overhead가 되며, 스테이션사이의 전송지연시간 τ_0 와 링 리피터 로직에 의한 지연시간 d 의 합이다. 링 리피터 로직에 의한 지연시간은 전형적으로 "1"비트 혹은 "2"비트시간이 된다⁽⁴⁾.

두 스테이션 사이의 토큰 전달시간은 $(\tau_0 + d)$ 이며 $M = N$ 인 heavy traffic 조건에서 N 개의 스테이션을 회전한 한라운드에서는 $N(\tau_0 + d)$ 가 된다. 또한, 각 스테이션에 의해 전달된 패킷이 본래의 스테이션에 돌아와 제거될때까지의 지연시간은 τ 이며 한 라운드에서 $N\tau$ 가 된다. 이 두 값의 합인 $N(\tau_0 + d) + N\tau$ 가 토큰 링방식의 overhead가 된다. 이 값을 식(2)에 대입하여

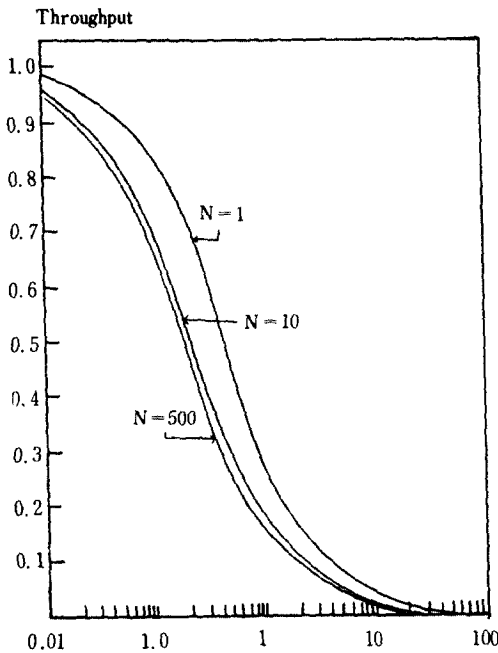


그림 4 CSMA/CD방식의 채널throughput 과 a 의 관계
Throughput as a function of "a" for CSMA/CD.

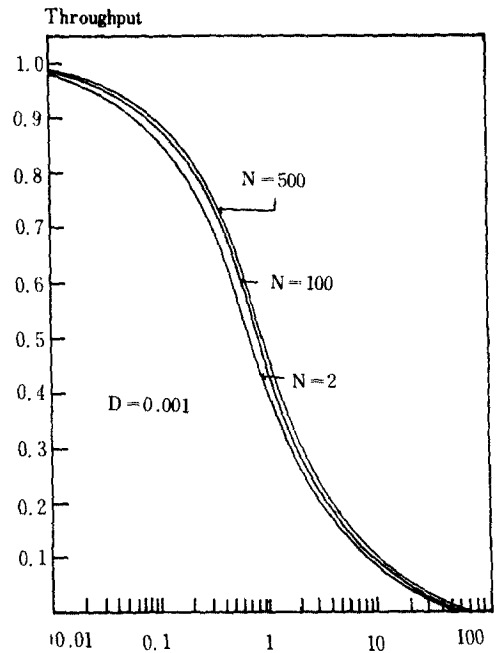


그림 5 토큰 링 방식의 채널throughput 과 a 의 관계
Throughput as a function of "a" for token ring.

$$C = \frac{NT}{NT + N(\tau_0 + d) + N\tau}$$

$$= \frac{1}{1 + \frac{a}{N} + a + D} \quad (5)$$

식을 얻을 수 있다.

식(5)을 N 의 여러 값에 대한 채널 Throughput 과 함수 a 와의 관계를 그림 5에 표현하였다.

3-4. 토큰 버스 방식⁽¹⁾⁽⁴⁾

토큰은 실제 정의된 비트 패턴이기 때문에 토큰 버스방식은 토큰과 관련된 몇가지의 overhead조건을 갖고 있다. 먼저 "Logical Ring"이 토큰에 전달되기 전에 설정되어야 하므로 링을 초기화하거나 스테이션을 변경할 때 주의하여야 한다.

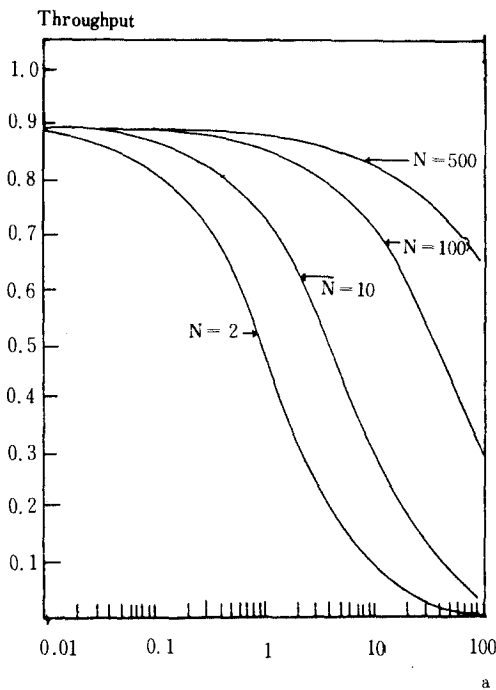
토큰이 어떤 이유로든 손상되거나 손실되었을 때 자동적으로 Logical Ring을 재생하고 새로

운 토큰을 발생하여야 한다.

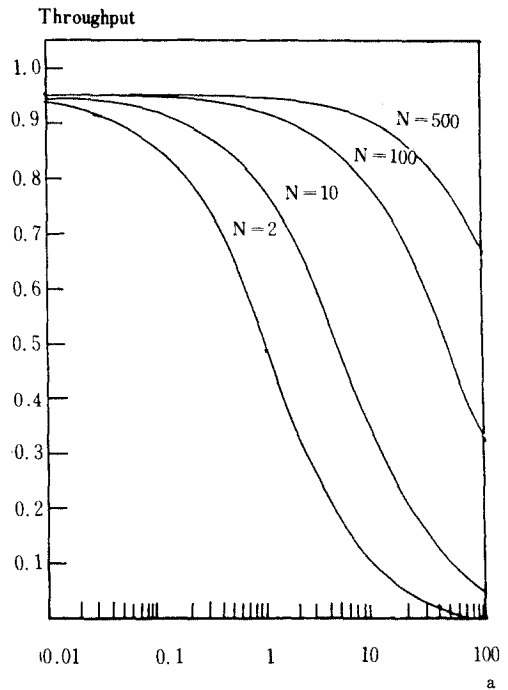
또, 다른 overhead조건은 토큰을 전달하는데 소비되는 대역폭, 토큰 전송시간, 버스에서의 전송 지연시간이다. 전체접속된 스테이션에 비해 traffic이 적은 경우에는 채널 대역폭의 많은 부분이 idle스태이션을 통해 토큰이 전달됨에 따라 소비된다. 이것이 토큰 버스방식의 채널 Throughput을 저하시키는 요인이 된다⁽⁴⁾.

본 해석에서는 해석의 간략을 위해 시스템이 이상적이고 $M=N$ 인 heavy traffic 조건의 채널에서 스테이션이 균등하게 배치된 경우로 생각한다.

토큰 버스방식에서 토큰의 전달은 수신자의 주소를 방송함으로써 이루어지므로 overhead가 되는 토큰 전달시간은 토큰메세지 전송시간 m , 두 스테이션 사이의 전송 지연시간 τ_0 와 스테이션의 turn around time t_0 의 합인 $(m + \tau_0 + t_0)$ 이다.



(a) $G=0.096, \Delta=0.02$ 인 경우



(b) $G=0.048, \Delta=0.01$ 인 경우

그림 6 토큰 버스 방식의 채널 throughput 과 a 의 관계
Throughput as a function of "a" for token bus.

한 라운드에서 $N(m + \tau_0 + t_0)$ 이며, 마지막 스테이션에서 처음 스테이션으로의 전송 지연시간 τ 가 overhead가 된다. 전체 overhead는 이 두 값의 합인 $N(m + \tau_0 + t_0) + \tau$ 이며 식(2)에 대입하여

$$C = \frac{NT}{NT + N(m + \tau_0 + t_0) + \tau}$$

$$= \frac{1}{1 + 2a/N + G + \Delta} \quad (6)$$

식을 얻는다. 여기서, $a = \frac{\tau}{T} = \frac{W\tau}{B}$ 는 신호지연시간 / 패킷전송시간이고, $G = \frac{m}{T}$ 은 토큰메세지전송시간 / 패킷전송시간이며, $\Delta = \frac{t_0}{T}$ 는 turn around 시간 / 패킷전송시간 이다.

식 (6)을 N의 여러 값에 따라 채널 Throughput과 함수 a와의 관계를 그림 6에 표현하였다.

4. 비교 검토

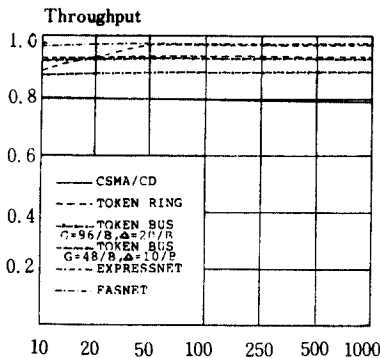
3장에서 해석한 것과 같이 채널Throughput은 a의 함수이며, 그림4, 5에서 CSMA/CD와 토큰 링방식의 Throughput은 스테이션 수에 대해서는 큰 변화는 없으나 a의 증가에 따라 급격히 감소한다. CSMA/CD방식은 스테이션 수의 증가에 따라 Throughput이 감소하는데 이것은 충돌의 확률이 높아지고 backoff 시간이 점차 커지

기 때문이다.

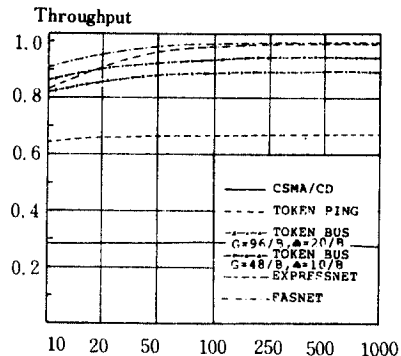
그림 6의 (a)와 (b)는 토큰 버스방식의 채널 Throughput을 나타낸 것이며, (a)는 토큰 메세지의 크기를 96비트, turn around time을 20비트시간으로 한 경우이다. (a)에서와 같이 토큰 메세지의 크기가 커지면 overhead조건이 되는 토큰 전달시간이 커짐으로 Throughput는 감소한다.

그림 4, 5에서 CSMA/CD 및 토큰 링방식은 규모가 적은 ($a=0.01, N=10$) 시스템에서 성능이 좋고, 규모가 좀 더 커지면 ($a=0.1, N=100$) 그림 5와 6에서 토큰링, 토큰 버스방식의 성능이 우수하다. 또한 규모가 상당히 큰 ($a=1, N=500$) 것이라면 그림 6에서와 같이 토큰 버스방식의 성능이 우수함을 알 수 있었다. 여기서 a는 채널 전송속도, 채널 길이, 패킷 크기의 함수이기 때문에 $a = \frac{\tau}{T} (= \frac{W\tau}{B})$ 의 관계에서 채

널의 전송 속도 $W=10\text{Mbps}$, 패킷 크기 $B=1,000$ bit로 일정하게 하면 $a=0.01$ 은 200m, $a=0.1$ 은 2km, $a=0.5$ 는 10km, $a=1$ 은 20km의 채널의 길이와 대응한다. 마찬가지로, 전송속도를 10Mbps, 채널길이 10km로 일정하게 하면 $a=0.01$ 은 50K비트, $a=0.1$ 은 5K비트, $a=0.5$ 는 1,000비트, $a=1$ 은 500비트의 패킷크기에 대응한다. 또한 채널의 길이를 10km, 패킷 크기를



(a) 채널길이 1km, 전송속도 10Mbps, 패킷크기 1000bit 인 경우.
channel length = 1km, transmission rate = 10Mbps,
packet size = 1000 bit.



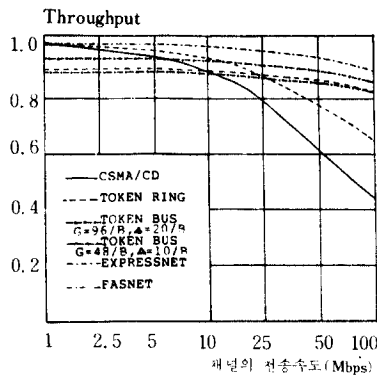
(b) 채널길이 10km, 전송속도 10Mbps 패킷크기 1000bit 인 경우
channel length = 10km, transmission rate = 10Mbps,
packet size = 1000 bit.

그림 7 각 방식의 채널 Throughput과 스테이션수의 관계.
The relation of channel throughput and station numbers for various methodes.

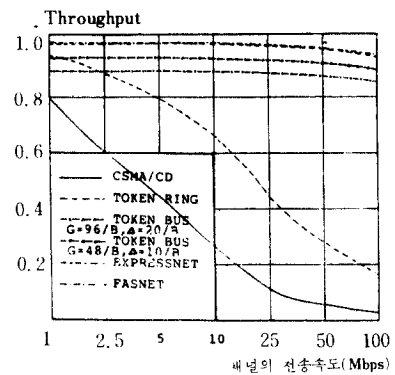
1,000bit로 일정하게 하면, $a=0.01$ 은 200Kbps, $a=0.1$ 은 2Mbps, $a=0.5$ 는 10Mbps, $a=1$ 은 20Mbps의 전송속도에 대응한다.

그림 7은 각 방식의 Throughput - Station 수의 관계를 나타낸 것이고, (a)는 채널길이 1km, 전송속도 10Mbps, 패킷크기를 1,000bit로 한 경우이며, (b)는 채널길이 10km, 전송속도 10Mbps, 패킷크기 1,000bit로 한 경우이다. 스테이션 수가 채널 Throughput에 미치는 영향을 고찰하였다.

그림 (a) (b)에서와 같이 토큰 링방식의 경우, 채널길이 1km이고 스테이션 수가 적은 토큰 버스방식보다 성능이 우수하지만 채널길이 큰 경우의 버스방식보다 감소한다. 그림 8은 각 방식의 채널 Throughput - 전송속도의 관계를 나타낸 것이다. (a)는 채널길이 1km, 패킷크기 1,000bit, 스테이션 수를 10으로 일정하게 한 경우이며, (b)는 채널길이 10km, 패킷크기 1,000bit, 스테이션 수를 200으로 일정하게 한 경우 채널 전송속도의



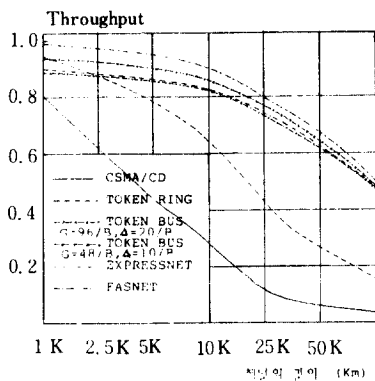
(a) 채널길이 1km, 패킷크기 1000bit, 스테이션수 10인 경우
channel length = 1km, packet size = 1000bit, station numbers = 10.



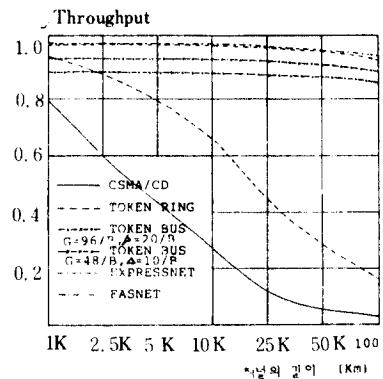
(b) 채널길이 10km, 패킷크기 1000bit, 스테이션수 200인 경우
channel length = 10km, packet size = 1000bit, station numbers = 200.

그림 8 각 방식의 채널 Throughput 과 전송속도의 관계

The relation of channel throughput and transmission rate for various methodes.



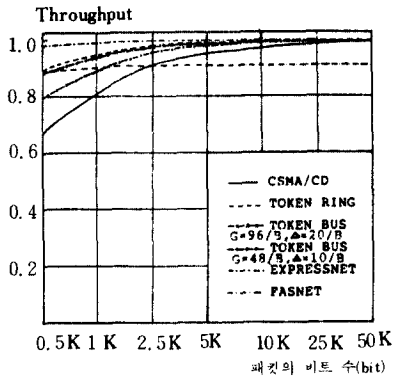
(a) 전송속도 10Mbps, 패킷크기 1000bit, 스테이션수 10인 경우
transmission rate = 10Mbps, packet size = 1000 bit, station numbers = 10.



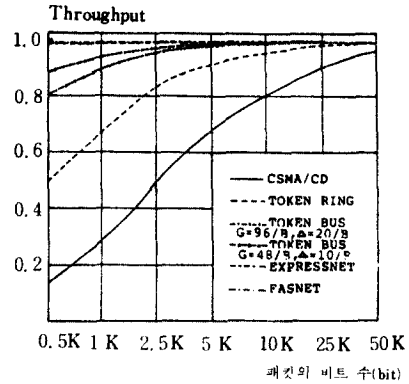
(b) 전송속도 10Mbps, 패킷크기 1000bit, 스테이션수 200인 경우
transmission rate = 10Mbps, packet size = 1000bit, station numbers = 200.

그림 9 각 방식의 채널 Throughput 채널 길이의 관계

The relation of channel throughput and channel length for various methodes.



(a) 채널길이 1km, 전송속도 10Mbps, 스테이션의 수 10인 경우
channel length = 1km, transmission rate = 10Mbps,
station numbers = 10.



(b) 채널길이 10km, 전송속도 10Mbps, 스테이션의 수 200인 경우
channel length = 10km, transmission rate = 10Mbps,
station numbers = 200.

그림 10 각 방식의 채널 Throughput 과 패킷크기의 관계
The relation of channel throughput and packet size for various methods.

영향을 고찰한 것이다.

(a)에서와 같은 적은 스테이션의 경우에서처럼 5Mbps 이하에서 CSMA/CD 및 토큰링방식의 성능이 토큰 버스방식에 비해 우수하며, 채널 전송속도가 10Mbps 이상에서 토큰 버스방식에 비해 급격히 감소한다.

그림 9는 각 방식의 채널 Throughput - 채널길이의 관계를 나타낸 것이다. (a)는 전송속도 10Mbps, 패킷크기 1,000bit, 스테이션 수를 200으로 일정하게 한 경우의 채널길이에 대한 영향을 표현하였다.

그림 10은 각 방식의 채널 Throughput - 패킷크기의 관계를 나타낸 것이다. (a)는 채널길이 1km, 전송속도 10Mbps, 스테이션 수는 10으로 일정하게 한 경우이며 (b)는 채널길이 10km, 전송속도 10Mbps, 스테이션 수를 200으로 일정하게 한 경우 패킷의 크기가 미치는 영향을 고찰한 것이다. 그림(a)(b)에서와 같이 패킷의 크기가 적을수록 각 방식의 성능이 급격히 감소한다. 이상의 그림에서 Expressnet와 Fasnet의 경우도 고려하여 비교하였다⁽⁵⁾⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾.

5. 결 론

본 논문은 IEEE 802 LAN 기준 모델의 Media

Access Control (MAC) 방식에 포함된 토큰 링과 토큰 버스방식의 성능을 3장에서 a의 함수로 해석하여 CSMA/CD 방식과 비교하였다.

LAN의 성능에 영향을 미치는 파라미터는 채널 전송속도, 채널 길이, 패킷 크기 및 스테이션의 수이다. 4장에서 각 파라미터의 영향을 독립적으로 고찰하였다.

해석 비교 결과로 알 수 있듯이 LAN 시스템 선정시 고려하여야 할 채널 Throughput는 채널 액세스방식에 따라 각 파라미터의 영향이 다르다. 그러므로, 시스템 설계시 주어진 특정한 조건과 이러한 파라미터의 상관관계를 고려하여 채널 액세스방식을 선정해야 할 것이다.

參 考 文 獻

- (1) W. Myers, "Toward a local network standard," IEEE Micro., pp. 28-45, August 1982.
- (2) M. T. Liu, W. Hilal, and B. H. Groomes, "Performance Evaluation of Channel access protocols for local computer networks," proce. COMPCON Fall 1982 Confer., 1982, pp. 417-426.
- (3) J. Shock, et al. "Evaluation as the Ethernet local computer network," Computer, pp. 1-27, August 1982.
- (4) Rao Cherukuri, Liang Li, and Liza Louis, "Evaluation of token passing schemes in local area networks," computer net. Sym., pp. 57-68, 1982.
- (5) F. A. TOBAGI, et al. "Expressnet: A High-performance

- Integrated Services local area network," IEEE Jour. COMMUN., vol. SAC-1, no. 5, November 1983.
- (6) W. Bux, "Local-Area Subnetworks: A performance comparison," Trans. Commun., vol. COM-29, no. 10, October 1981.
- (7) S. K. RAHIMI, et al, "LAN Protocol Validation and Evaluation," IEEE Jour. Commun., vol. SAC-1, no. 5, November 1983.
- (8) W. Bux, F. H. Closs, et al, "Architecture and design of a reliable token-ring network," IEEE Jour. Commun., vol. SAC-1, no. 5, November 1983.
- (9) T. L. Phlnney, G. D. Jelatis, "Error handling in the IEEE 802 token-passing bus LAN," IEEE Journ, Commun., vol. SAC-1, no. 5, November 1983.
- (10) M. Fine, F. A. TOBAGI, "Demand assignment multiple access schemes in broadcast bus local area networks," IEEE Transac. Computers, vol. C-33, no. 12, December 1984.
- (11) F. A. TOBAGI, M. Fine, "Performance of Unidirectional broadcast local area network: Expressnt and Faonet," IEEE Jour. Commun., vol. SAC-1, no. 5, November 1983.

金平陸(Pyung Ryook KIM) 正會員

1956年2月25日生

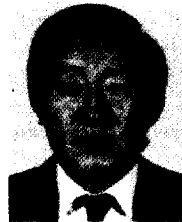
1983年:光云工科大学 電子通信科 卒業

1986年:韓國航空大學 大學院卒業(工學碩士)

1980年3月~1986年12月:韓國航空大學

電子工學科 勤務

1987年 現在:在美



李大寧(Dai Young LEE) 正會員

1940年3月18日生

1968年9月~1970年3月:캘리포니아州

立大學院(工學碩士)

1976年9月~1979年9月:延世大學校大

學院電子工學科(工學博士)

1971年9月:慶熙大學校工科大学電子工學科助教授

1977年3月:慶熙大學校工科大学電子工學科副教授

1982年3月:慶熙大學校工科大学電子工學科教授

1982年9月:慶熙大學校工科大学長, 韓國情報科學會理事



金正善(Jung Sun KIM) 正會員

1941年5月5日生

1965年:韓國航空大學電子工學科卒業

1972年:漢陽大學校大學院(工學碩士)

1965年~現在:韓國航空大學副教授, 學

科長, 本學會編輯委員會編輯委員

1984~現在:韓國航空大學 教授, 電子計算所長