

상호 접속된 근거리 통신망 환경에서의 단말간 전송성능 평가

正會員 呂 鉉* 正會員 林 宰 煥** 正會員 崔 承 哲**

Performance Evaluation on the Delay and the Throughput between the Stations on the Interconnected LANs.

Hyun Yoe*, Jae Hwan Lim,** Seung Chul Choi** *Regular Members*

要 約

본 논문에서는 상호 접속된 토큰링 근거리 통신망 환경 하에서의 단말간 전송 효율 및 지연 현상에 대한 성능 평가를 행하였다. 상호 접속된 시스템은 단일 및 다중 체인 폐쇄 큐잉 망으로 모델링 하였다. 성능 평가를 위해 평균 값 해석 기법에 기초를 둔 반복 해법 알고리즘을 제안하였다. 단말간 전송 모델의 성능을 평가한 결과 브릿지로 상호 접속한 근거리 통신망 환경하에서 윈도우 크기, 상호 접속 링크 용량, 각 큐의 서비스 시간 등을 망의 구성에 따라 적절히 유지하여야 최적의 전송 효율과 지연을 얻을 수 있음이 발견되었다.

ABSTRACT

In this paper, the performance evaluation on the throughput and the delay between station under the interconnected LANs environments is studied. The connection is formed through bridges. Interconnected system is modelled as single-chain and multiple-chain closed queueing networks. For performance evaluation the iteration algorithm, which is based on the MVA(Mean Value Analysis), is proposed. Various system parameters, such as chain population, interconnected communication link capacity, and service times of several queues, are used for the investigation of their influence on the station to station performance. Transport and MAC layers are mainly taken into consideration for the layer modelling. The analysis is shown as a graph by computer programming.

I. 서 론

전산 장비의 급속한 보급으로 말미암아 우리 생활

주변에서도 흔하게 전산 환경에 접하게 되었다. 이로 말미암은 사회, 경제적 변화는 과거에는 상상도 할 수 없을 정도로 급속히 진전되고 있다. 현재 거의 모든 사무실에 컴퓨터가 보급되었고, 대부분의 서비스 산업이 컴퓨터 없이는 지탱하기 어려운 지경에 이르렀다.

* 韓國通信 研究開發團

KT

** 崇實大學校 電子工學科

Dept. of Electronics Eng. Soong Sil Univ.

論文番號 : 92-35(接受1991. 10. 4)

이처럼 컴퓨터의 다량 보급으로 말미암아, 각 사용자들은 자신들이 가진 정보뿐만 아니라 타 컴퓨터가 가진 정보도 서로 공유할 필요성이 생기게 되었고, 그리하여 근거리에 있는 전산 자원을 연결하여 전산 자원을 공유하게 해줄 수 있는 근거리 통신망(LAN : Local Area Network) 기술이나 나타나게 되었다. 근거리 통신망을 통해 동일 지역내의 전산기간의 고속데이터 전송 및 전산 자원의 공유는 가능해졌으나, 근거리 통신망은 자체내에 부착시킬 수 있는 단말의 수가 가변적이긴 하지만 제한되었고, 또한 다른 지역의 다양한 전산 자원을 공유할 수 없는 취약점을 지니고 있기 때문에, 그러한 취약점을 극복하기 위해 근거리 통신망을 상호 연결해주는 기술이 출현하게 되었다. 근거리 통신망을 상호 연결해주는 방법은 크게 세 가지로 나눌수 있는데, 첫째로는 브릿지를 통하여 동일한 형태의 근거리 통신망을 접속해주는 방법이 있고, 둘째로는 라우터(Router)를 이용해 다양한 형태의 근거리 통신망을 접속해 주는 방법이 있고, 셋째로는 게이트웨이(Gateway)를 이용하여 서로 다른 응용 프로그램을 사용하는 근거리 통신망까지 연결해주는 방법이 있다. [14] 본 논문에서는 브릿지를 사용하여 상호접속을 한 토큰 링 망에 대한 성능 평가를 행하였다. 즉, 브릿지를 통하여 상호 접속된 근거리 통신망(Interconnected LANs) 환경하에서의 단말간의 전송 성능 평가를 위한 모델을 제시하고, 다양한 매개 변수들의 변화에 대한 컴퓨터 통신망의 성능을 평가하기 위해 S/W를 설계하여 이를 통해 시뮬레이션을 행하였다. 즉, 본 논문에서는 간략화한 전송모델을 제안하고, 이를 반복 해법 알고리즘을 통해 설계하여, 상호 접속된 시스템 프로토콜과 브릿지의 처리 능력 및 상호 접속 링크 용량 등이 단말간 전송 성능에 미치는 영향을 분석하였다.

본 논문의 구성은 상호 연결된 근거리 통신망을 위한 단말간 전송 성능 모델, 단일 및 다중 체인페쇄 큐잉 망을 위한 MVA 기법의 설명, 단말간 전송 성능 모델 구현을 위한 반복 알고리즘의 구현, 수치 분석 결과의 도출 및 이를 통해 구해지는 다양한 시스템 변수들이 단말간 전송 성능에 끼치는 영향에 대한 논의로 이루어져 있다.

II. 계층별 전송 성능 모델

개방형 시스템 상호 접속(OSI : Open System

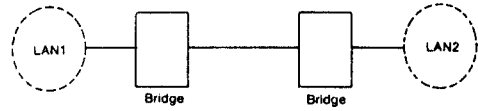


그림 1. 상호 접속된 LAN 모형도.

Fig. 1. Interconnected LAN system.

Interconnection 이하 OSI라 표기) 모델은 7계층 구조를 갖는데, 이는 컴퓨터 통신망을 위해 ISO가 제안한 표준안으로, 최근에는 이를 중심으로 컴퓨터 통신망의 표준화 작업이 진행되고 있다. 또한, 각 계층별 성능에 대한 다양한 연구가 진행되고 있는데, 이는 주로 한 계층을 중심으로 상·하위 계층을 부하 소스와 전송 모델로 한 단순화 된 성능 모델에 기반을 둔 것들이며, 두개 혹은 그 이상의 계층을 결합하여 성능 평가를 행하는 경우는 거의 없었다. 하지만 이같이 계층을 결합하여 성능 평가를 행하는 작업을 통하여 컴퓨터 통신망의 성능을 보다 정확히 예측할 수 있을 것이다. 본 장에서는 근거리 통신망에 적용된 OSI 계층 모델에 대하여 논의할 것이다. 특히, 전체 계층 구조 중에서 근거리 통신망의 단말간 전송 모델을 구현하는데 가장 핵심이라고 말할 수 있는 MAC (Medium Access Control) 계층과 트랜스포트 (Transport ; 이하 TP라 표기) 계층을 중심으로 논의를 진행할 것이다. 본 논문에서는 LLC(Logical Link Control) 계층에서의 무연결 지향 서비스(즉, 데이터그램 서비스)를 가정하였는데, 이 경우 데이터 전송을 위해 LLC 계층들은 상호간에 전체 주소번지가 명기된 데이터를 교환하게 된다. 근거리 통신망에서는 채널의 신뢰도가 매우 높고, 방송 형태의 데이터 전송 기능도 갖게 되므로, 이러한 무연결 지향 서비스도 많이 사용되고 있다. 무연결 지향 서비스와 연결 지향 서비스의 성능 비교에 관해서는 [10]에 자세히 언급되어 있다. 근거리 통신망의 단말간 전송을 위한 계층간 모델링에 관해서는 [16]에서 자세히 논의되고 있는데, 여기서는 단말간 전송 모델을 세계층(level)으로 모델링하여 성능을 평가 하였으나, 근사 기법이 너무 모호하여 분석 결과가 매우 빈약하다. 또한 [4]에서는 MVA 기법을 사용하여 단일 토큰링 망의 성능을 평가하였다. 본 논문에서는 상호 접속된 근거리 통신망 환경하에서, 토큰 패싱 방식의 MAC 계층과 연결 지향 서비스를 제공해 주는 TP

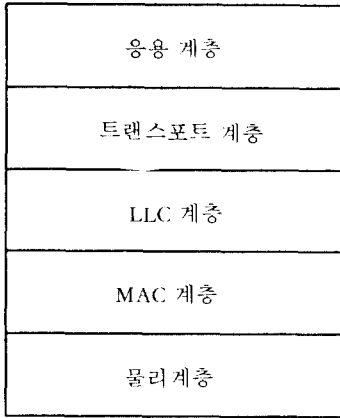


그림 2. 상호 접속된 근거리 통신망의 계층 구조.
Fig. 2. Layer architecture of interconnected LANs.

계층을 각각 모델링하고, 분석하여 상호 접속된 근거리 통신망의 성능 평가를 행하였다.

그림2에 본 논문에서 사용한 상호 접속된 근거리 통신망 모델의 계층화된 프로토콜의 구조를 보였다. 본 논문에서 가정된 단말 상의 응용 프로그램은 세 계층-MAC, LLC, TP 계층-을 이용하게 되는데, MAC 계층은 제한된 서비스를 제공하는 토큰 패싱 프로토콜을 갖게 되고, LLC 계층은 안전한 전송을 보장해주는 응답신호 (ACK)를 받을 필요가 없이, 단지 전체주소가 명기된 데이터그램만을 송수신 하게 되며, 에러 복구, 흐름 제어 및 메시지의 재정렬 같은 것은 연결 지향 서비스를 행해주는 TP 계층이 담당하게 된다. [4][5][10]

II -1. Token passing MAC 계층 Modeling

서버(token)는 N개의 MAC 큐(단말과 보릿지)를 주기적으로 서비스 해준다. 이는 IEEE 802.5에 의한 제한된 서비스를 제공한다. 본 논문에서 사용한 MAC 큐 모델은 다음과 같다.

- 1) LAN내의 단말의 갯수는 N이다.
- 2) i번째 MAC 큐에 도달하는 메시지는 포아송 분포에 의거 λ_i 의 비율로 온다. (i=1,2...N)
- 3) i번째 MAC 큐에 대한 메시지 서비스 시간은 독립적이고, 동일한 분포의 랜덤 변수(independent and identically distributed random variable)로 1차 및 2차 모멘트는 $h_i, h_i^{(2)}$ 로 표시된다. LAN 내에서 메시지의 서비스 시간은 메시지의 길이와 채널 속도의

비에 의해 주어진 메시지 전송시간에 대응된다.

4) 인접 단말로의 이동시간은 평균값이 r이고 분산은 δ^2 인 독립적이고 동일한 분포의 랜덤 변수(independent and identically distributed random variable)이다.

5) i번째 MAC 큐에 대한 서버의 사용량은

$$\rho_i = \lambda_i h_i, \quad i=1,2,\dots,N \tag{1}$$

서버의 전체 사용량은

$$\rho = \sum_{i=1}^N \rho_i \tag{2}$$

으로 표시된다.

본 논문에서는 안정 상태에 있는 시스템에 대해서만 다룬다. token passing 시스템이 안정 상태에 있기 위해서는 아래의 조건을 만족해야 한다. [6][7]

$$\rho < 1, \quad \max(\lambda_i) N r < 1 - \rho \tag{3}$$

i번째 MAC 큐에서 평균 메시지 대기 시간은 식(4)로 주어진다. [7][12]

$$W_i = \frac{1 - \rho + \rho_i}{1 - \rho - \lambda_i r} \cdot \frac{1 - \rho}{(1 - \rho) \rho + \sum_{j=1}^N \rho_j^2} \left[\frac{\rho}{2(1 - \rho)} + \frac{\sum_{j=1}^N \lambda_j h_j^{(2)} + \frac{N \rho \delta^2}{2r} + \frac{r}{2(1 - \rho)} \sum_{j=1}^N \rho_j (1 + \rho_j) \right]$$

여기서, $i=1,2,\dots,N$ (4)

i번째 MAC 큐의 총 지연(메시지 대기시간, 메시지 서비스시간, 송수신자 사이의 전달시간의 합)은 다음과 같이 된다.

$$f_i = W_i + h_i + N r / 2, \quad i=1,2,\dots,N \tag{5}$$

II-2. 단말간 접속을 위한 modeling

접속지향 트랜스포트 프로토콜이 지정된 한 쌍의 단말 사이에 연결된 가상 채널(이하 체인(chain)이라 한다.)을 통하여 메시지의 흐름을 조절한다고 가정한다. 각 체인은 소스와 싱크를 갖는다. 이 체인상의 메시지들은 각기 메시지 피기백 메카니즘에 의해 각기 응답(Acknowledgement)을 받는다. 본 논문에서는 각 단말은 다른 단말과 단일 접속만이 성립되는 것으로 가정한다. 또한, 2종류의 트래픽을 가정하는데, 즉, 상호 접속된 LAN간에 교환되는 inter-LAN 메시지와 동일 LAN내에서 교환되는 intra-LAN 메시지가 있다. 브릿지는 inter-LAN의 트래픽을 다루는데 중요한 역할을 하며 기본 동작은 다음과 같다. [11][13]

- 1) LAN 상에서 성공적으로 전송되는 모든 메시지를 읽어서, 최종 목적지가 상대 LAN인 inter-LAN 메시지를 받아들인다.
- 2) inter-LAN 메시지를 상대방 LAN의 브릿지에 전달한다.
- 3) 상대방 브릿지에서 전송받은 inter-LAN 메시지를 자신의 LAN 상의 단말에 보낸다.

상기의 가정에 의한 intra-LAN 접속(단일 체인 큐잉 망으로 모델링된)의 특징 및 전체 사항은 다음과 같다.

- 1) 메시지의 전송도중 분리나 재 결합은 발생하지 않는다.
- 2) 소스 단말의 서비스 시간 AP는 소스 단말의 응용 프로그램이 생성해 낼 수 있는 메시지들의 상호 도착시간(Message Interarrival time)에 대응되며, 소스에서 생성되는 메시지는 소스의 트랜스포트 계층에 의해 Ack가 수신되고 수행되어야만 한다. 이는 체인상의 다수의 메시지와 Ack가 체인에 할당된 윈도우 크기와 같다는 것을 보장한다. 데이터 메시지 피기백 Ack가 사용되는 동안에 싱크 단말에서의 서비스 시간은 싱크 단말의 응용 프로그램에 의해 생성되는 메시지들의 상호 도착시간에 대응 된다. 소스 큐와 싱크 큐 모두 서비스 시간 AP를 가진 무한 서버로 모델링된다.
- 3) LLC와 트랜스포트 계층은 FCFS(First Come First Served service) 큐로 모델링된다. 송·수신측의 서비스 시간은 각 계층의 메시지 처리 시간에 대

응 된다.

4) 체인은 서로 MAC 계층 상에서 교신하며, MAC 계층은 서비스 시간으로 식(5)를 갖는 무한 서버로 모델링된다.

inter-LAN의 경우는 추가로 다음의 특성을 갖는다.

- 1) 모든 체인은 두 개의 브릿지를 통하고 같은 상호 접속 링크를 공유한다. 상호 접속 링크는 전이중 링크로 양쪽에서 오는 트래픽을 처리할 수 있다.
- 2) 브릿지는 FCFS 큐로 모델링 되고, 브릿지 처리 시간으로 BP를 갖게 된다.
- 3) 상호 접속 링크는 링크 전송시간과 대응되는 서비스 시간 LT를 갖는 FCFS 큐로 모델링되고, 두 개의 브릿지 간의 전파지연은 서비스 시간이 LP인 무한서버로 모델링 된다.

III. 단말간 전송 성능 평가를 위한 알고리즘

III-1. 단일 체인 큐잉 망을 위한 MVA 알고리즘

단일 체인 네트워크에서 큐 j를 다음과 같이 정의 하자. [9][14][19]

W : 체인의 population, 즉 체인의 윈도우 크기

τ_j : 평균 서비스 시간

$n_j(W)$: 서비스 중인 메시지를 포함한 평균 큐의 길이

$t_j(W)$: 메시지 서비스 시간을 포함한 평균 큐잉 시간

$\lambda(W)$: 체인의 처리율(throughput)

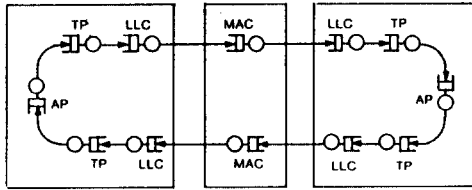
$$t_j(W) = t_j(W) = \frac{f_j(\text{큐 } j \text{가 단말 } i \text{에서의 MAC 큐})}{\tau_j(\text{큐 } j \text{가 단말 } i \text{에서의 AP 큐})} \tau_j[1 + n_j(W-1)] \quad (\text{큐 } j \text{가 단말 } i \text{의 트랜스포트 or LLC 큐}) \quad (6)$$

$$\lambda(W) = \frac{W}{\sum_{k \in Q} t_k(W)} \quad (7)$$

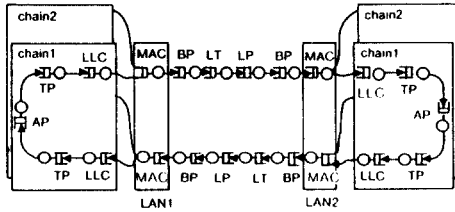
$$n_j(W) = \lambda(W) t_j(W) \quad (8)$$

여기에서 Q는 폐쇄 체인에서 큐의 집합이다.

식(6)~(8)을 사용해서 모든 j에 대해 $n_j(0)=0$ 에서 시작하여 체인의 처리율을 반복적으로 구할 수 있다.



(a)intra-LAN



(b)inter-LAN

그림 3. 상호 접속된 LAN의 단말간 큐잉 모델.

Fig. 3. End-to-end queuing model of Interconnected LANs.

III-2. 다중 체인 큐잉 망을 위한 MVA 알고리즘

여기에서는 해석방법을 다중 체인 큐잉 망으로 확장하는데, 아래에 정의된 기호를 사용한다.^{[17][21]}

- R : 폐쇄 큐잉 망 내의 체인의 갯수(소스/싱크 쌍 사이에 연결되어 있는 inter-LAN 체인의 갯수)
- W_r : 체인 r의 윈도우 크기($r=1,2,\dots,R$)
- \mathbf{W} : 윈도우 크기 벡터($\mathbf{W}=W_1,\dots,W_R$)
- $Q(r)$: 체인 r내의 큐의 집합
- τ_{rj} : 체인 r내의 큐 j에서 메시지들의 평균 서비스 시간
- $n_{rj}(\mathbf{W})$: 체인 r내의 큐 j에서 대기중이고 서비스되고 있는 메시지의 평균 갯수
- $\lambda_r(\mathbf{W})$: 체인 r의 처리율
- $t_{rj}(\mathbf{W})$: 체인 r내의 큐 j에서의 메시지들의 평균 큐잉 시간
- $t_{rj}(\mathbf{W})$ $f(j=MAC$ 큐)
 $t_{rj}(\mathbf{W})$ $f(j=AP$ or LP 큐)
 $t_{rj}(\mathbf{W})$ $[1+n_{rj}(W_{r-1})]$ ($j=트랜스포트$ or LLC 큐)
 $t_{rj}(\mathbf{W})$ $[1+\sum_{k \in Q} n_{kj}(\mathbf{W}_{-e_r})]$ ($j=BP$ or LT 큐)

$$\lambda_r(\mathbf{W}) = \frac{W_r}{\sum_{j \in Q} t_{rj}(\mathbf{W})} \tag{10}$$

$$n_{rj}(\mathbf{W}) = \lambda_r(\mathbf{W}) t_{rj}(\mathbf{W}) \tag{11}$$

여기에서 $\mathbf{W}_{-e_r} \equiv (W_1, \dots, W_{r-1}, W_{r+1}, \dots, W_R)$ 이다.

III-3. 성능 모델을 위한 해법 알고리즘

상기 MVA 알고리즘에서 f 는 식(5)로부터 나온 것으로 MAC큐의 서비스 시간으로 사용된다. MVA 알고리즘으로부터 구할 수 있는 λ 는 식(5)의 소스나 싱크 스테이션에 대응되는 MAC큐를 위한 입력 값으로 사용될 수 있다. 식(5)에서 브릿지 MAC큐에 대한 도착율과 브릿지 MAC큐 상의 메시지 서비스 시간의 1차 및 2차 모멘트는 아래와 같다.

$$\lambda = \sum_{r=1}^R \lambda_r(\mathbf{W}) \tag{12}$$

$$h_1 = \frac{1}{\lambda} \sum_{r=1}^R \lambda_r(\mathbf{W}) h_r \tag{13}$$

$$h_1^{(2)} = \frac{1}{\lambda} \sum_{r=1}^R \lambda_r(\mathbf{W}) h_r^{(2)} \tag{14}$$

상기 식에서 우리는 반복해법 알고리즘에 도달하게 된다. 여기서 알고리즘의 요점은 다음과 같다.

- 1) 어떤 초기값에 대한 MAC 계층에 대한 도착율을 λ 라 정한다.
- 2) 평균 메시지 대기시간을 식(4)를 이용하여 계산한다. 만일, 해법의 수행이 불가능하면 도착율 λ 를 안정조건 (3)과 비교, 만족치 못하면 안정 조건에 맞게 λ 를 충분히 작게하고 식(5)에 의거 f 를 구한다.
- 3) 그림 3(a) 및 3(b)의 각 체인에 대한 처리율을 대응되는 MVA 알고리즘에 의거 계산한다. 이 값들은 다음 반복 사이클에서 MAC 계층에 대한 도착율로 사용될 것이다. 반복 사이클은 다음의 수렴 영역에 도달할 때까지 계속 된다.

$$\Delta n = \sum_{i=1}^N |\lambda_i^{(n)} - \lambda_i^{(n-1)}| < \epsilon$$

(여기서 $\epsilon < 1$, 즉 $\epsilon = 10^{-6}$)

IV. 수치상의 결과 및 논의

본 절에서는 윈도우 크기, 브릿지 프로세싱 능력과 상호 접속 링크전송 용량 등에 의한 단말간 전송시 성능 효과에 대해 증명한 수치상의 결과를 보인다.

IV-1. 시스템 구성 및 매개 변수

두 개의 똑같은 토큰링을 상호 접속 링크를 통하여 브릿지를 사용하여 접속하였고, 각 링은 8개의 단말을 보유한다. 8개의 단말 중 6개는 동일 LAN 상에서 서로 교신하고, 2개는 타 LAN의 대응되는 2개의 단말과 교신한다. 즉, 각 LAN은 3개의 intra-LAN 접속과 2개의 inter-LAN 접속을 보유한다.

수치상의 예를 위해 사용되는 parameter는 아래와 같다.

- 1) LAN 속도는 4 Mb/s로 고정, 메시지 길이는 평균 500 byte인 지수분포이다. 따라서 메시지 전송 시간도 평균값 $h=1$ ms인 지수 분포이다.
- 2) 인접 단말의 이동 시간은 평균 값 $r=0.005$ ms인 지수분포이다.
- 3) LLC 계층과 트랜스포트 계층 상에서의 메시지당 처리 시간은 프로토콜의 수행, 프로세서 속도, buffer passing 기법등에 의존된다. 여기서는 송수신 양단간의 LLC 큐에 대한 처리 시간은 1 ms, 송수신 양단간의 트랜스포트 큐에서의 처리 시간은 6 ms로 가정한다.
- 4) 브릿지 처리 시간 BP는 1 ms으로 가정한다.
- 5) 평균 메시지 길이 500 byte에 대한 상호 접속 링크의 속도는 1 Mb/s, 0.67 Mb/s, 0.33 Mb/s가 될 수 있는데, 이는 평균 메시지 전송시간 $LT=4$ ms, 6 ms, 12 ms에 각각 대응된다.
- 6) 두 개의 브릿지 간의 전파 지연 LP는 0.05 ms로 가정한다.

IV-2. 수치 상의 결과

그림 4에서 그림 8까지 여러 가지 경우의 성능 평가를 행하였는데, 그림에서 사용된 기호를 살펴보면 아래와 같다.

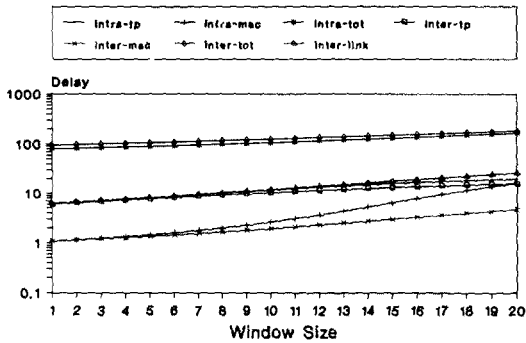
intra-tp : intra-LAN의 TP 큐에서의 지연
 intra-mac : intra-LAN의 mac 큐에서의 지연
 intra-tot : intra-LAN의 모든 큐에서의 지연의 합

w-intra : intra-LAN 접속에서의 윈도우 크기
 inter-tp : inter-LAN의 TP 큐에서의 지연
 inter-mac : inter-LAN의 mac 큐에서의 지연
 inter-link : inter-LAN의 상호 접속 링크의 지연
 inter-tot : inter-LAN의 모든 큐에서의 지연의 합
 W-inter : inter-LAN 접속에서의 윈도우 크기

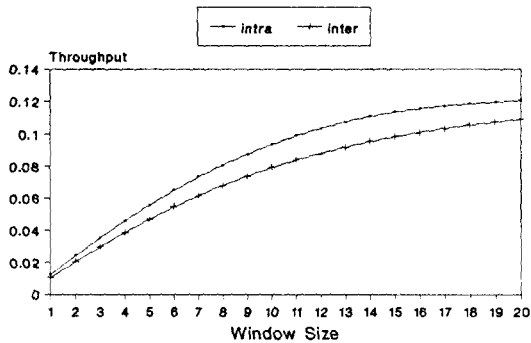
그림 4에서는 $W\text{-intra}=W\text{-inter}$, $LT=4$, $AP=25$ ms인 경우의 상호 접속된 LAN의 성능을 보인다. 그림 4a에서는 MAC 큐, 트랜스포트 큐, 상호 접속 링크 큐 상의 평균 지연과 inter-LAN, intra-LAN에서의 단말 대 단말의 평균지연을 보인다. 그림 4b에서는 inter-LAN과 intra-LAN의 접속당 처리율을 보인다. 그림 4a로부터 윈도우 크기가 작을 때는 시스템의 병목 현상이 주로 트랜스포트 계층에서 나타나지만, 윈도우 크기가 커지게되면 병목 현상은 점차 MAC 계층으로 옮겨간다는 것을 알 수 있다. 또한, 그림 4b를 통해 체인의 처리율이 처음에는 높은 비율로 증가하나, 윈도우 크기가 한계에 도달하게 되면, 처리율이 더 이상 증가하지 않음을 알 수 있게 된다.

그림 5a와 5b에서는 윈도우 크기 $W\text{-intra}$ 는 일정한 값($W\text{-intra}=8$)을 갖고, $W\text{-inter}$ 가 변화 할 때의 평균 지연과 처리율을 각각 보인다. 매우 작은 $W\text{-inter}$ 일 경우를 제외하고는 상호 접속 링크가 병목 현상의 주 원인이다. 이 결과는 상호 접속 링크의 용량이 LAN의 전송 용량보다 작을 때 발생하는데, 실제 대부분의 시스템이 이에 속한다. $W\text{-intra}$ 가 일정할 때, inter-LAN 접속의 처리율은 $W\text{-inter}$ 의 윈도우 크기의 변화에 따라 변하고, 이 경우, 비록 상호 접속 링크에 의한 병목 현상이 존재함에도 불구하고, 윈도우 크기의 증가로 인해 체인상의 inter-LAN의 처리율이 intra-LAN의 처리율보다 높아지는 영역이 존재할 수 있게 된다.

그림 6에서는 $LT=12$ ms이고, 다른 시스템 변수는 그림 5와 같을 때의 시스템 성능을 보이는 데 상호 접속 링크의 처리 시간이 증가함으로 인해 상호 접속 링크의 지연이 급속히 커지게 됨에 따라, 그림 5의 상황은 바뀌게 된다. 즉, 상호 접속 링크에서의 처리 시간이 큰 값을 가짐에 따라, $W\text{-inter}$ 의 크기가 증가하더라도, 앞의 식(10)의 분모가 상당히 커짐으로 인해, inter-LAN의 접속 당 처리율은 intra-LAN의 접속 당 처리율 보다 항상 작게 된다.



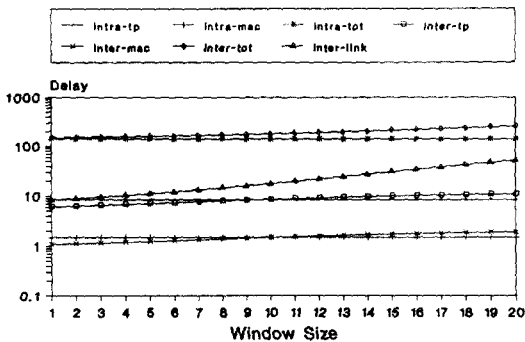
(a) 평균 지연(Mean Delay)



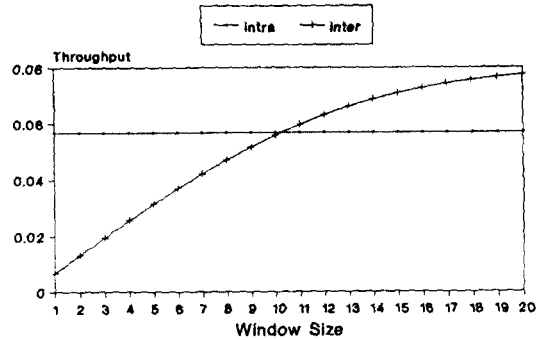
(b) 처리율(Throughput)

그림 4. 단일 및 다중 체인 큐잉망의 윈도우 크기 변화에 따른 성능비교.

Fig. 4. Performance in the case of window size variation.
($W_{intra}=W_{inter}$, $AP=25ms$, $TP=6ms$, $LT=4ms$)



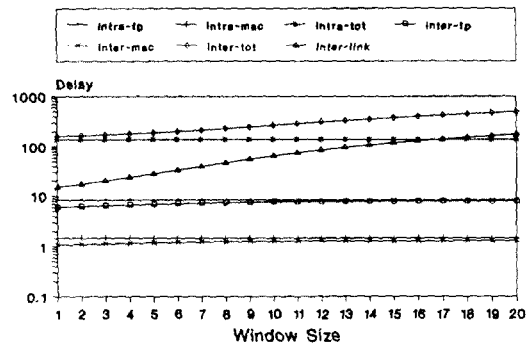
(a) 평균 지연(Mean Delay)



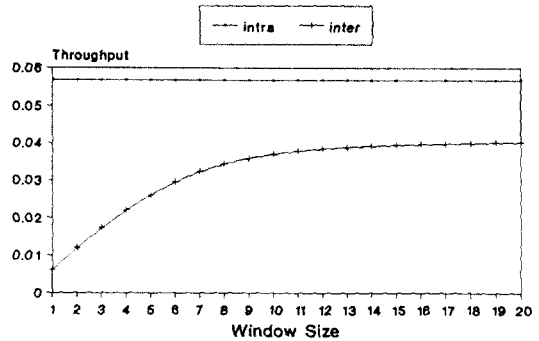
(b) 처리율(Throughput)

그림 5. 다중 체인 큐잉망의 윈도우 크기 변화에 따른 성능비교.

Fig. 5. Performance in the case of w -inter variation.
($W_{intra}=8$, $W_{inter}=1\sim 20$, $AP=50ms$, $LT=6ms$)



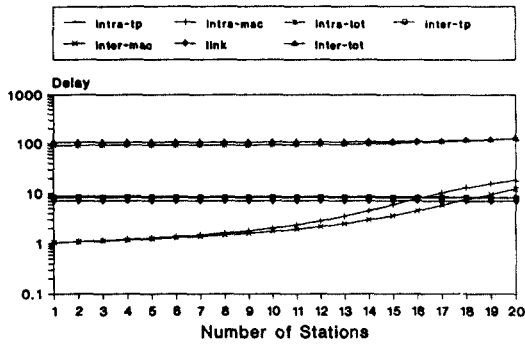
(a) 평균 지연(Mean Delay)



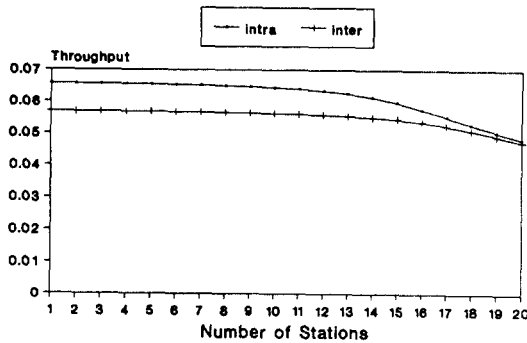
(b) 처리율(Throughput)

그림 6. 다중 체인 큐잉망의 윈도우 크기 변화에 따른 성능비교.

Fig. 6. Performance in the case of w -inter variation.
($W_{intra}=8$, $W_{inter}=1\sim 20$, $AP=50ms$, $LT=12ms$)



(a) 평균 지연(Mean Delay)

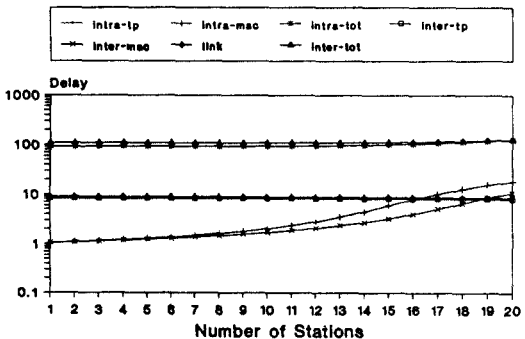


(b) 처리율(Throughput)

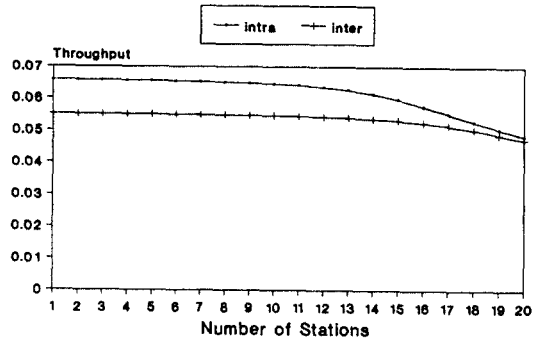
그림 7. 단일 체인 큐잉망의 단말 수 변화에 따른 성능비교.

Fig. 7. Performance of Number of single chain stations variation.

(AP=25ms, TP=6ms, LT=4ms인 경우)



(a) 평균 지연(Mean Delay)



(b) 처리율(Throughput)

그림 8. 다중 체인 큐잉망의 단말 수 변화에 따른 성능비교.

Fig. 8. Performance of Number of multiple chain stations variation.

(AP=25ms, TP=6ms, LT=4ms인 경우)

그림 7과 그림 8은 단일 체인 및 다중 체인 큐잉망의 단말 수의 변화에 따른 근거리 통신망의 성능 변화를 비교한 것이다. 단말의 수가 증가하면서 LAN의 병목현상이 TP 큐에서 MAC 큐로 옮겨가는 것을 볼 수 있는데 단일 체인 망에서는 intra-LAN의 단말의 수가 16일 때부터, inter-LAN에서는 단말의 수가 13일 때부터 병목현상이 발생하게 되며, 다중 체인 망에서는 intra-LAN의 단말의 수가 16일 때부터, inter-LAN에서는 단말의 수가 11일 때부터 병목현상이 발생하게 됨을 알 수 있다. 또한, 단말 수의 증가에 따른 처리율의 변화는 처음에는 완만한 경사를 이루다가 어느 시점부터 경사도가 급격해지면서 결국 intra-LAN과 inter-LAN의 처리율이 근접하는 것을 볼 수 있다. 즉, 단말의 갯수가 증가하게 되면, 망 내에서의 MAC 큐에서의 지연이 망 전체의 지연에 대해 증가 요소로 작용하게 되므로 이로 인한 과잉 밀집현상의 발생으로 인해 처리율이 급속히 하강하게 되는 것이다.

상호 접속된 근거리 통신망의 성능에 미치는 브릿지 처리시간의 영향은 상호 접속 링크 전송 용량의 영향과 유사한 특성을 가질 것이므로 본 논문에서는 이에 대한 논의는 생략한다.

V. 결 론

본 논문에서는 상호 접속된 token-ring LAN의 단말간 전송 성능에 대해 조사했다. intra-LAN 접속은 단일 체인 폐쇄 큐잉 망으로, inter-LAN 접속은 다중 체인 폐쇄 큐잉 망으로 모델링하였다. 시스템의 성능 평가 모델은 비교적 단순하면서도 높은 정확도를 갖는 평균 값 해석 기법(Mean Value Analysis)에 의한 반복 해법 알고리즘으로 해석 하여 결과 값 들을 도출해 내고, 이들을 분석하기 위해 그래프로 나타내 주었다. 이를 통하여 단일 근거리 통신망과 상호 접속된 근거리 통신망의 성능 특성을 보여 주었다.

앞 절의 결과를 종합해보면, 상호 접속된 근거리 통신망 환경 하에서 단말간의 전송 성능을 개선하기 위해서는, 근거리 통신망 상호간을 접속해주는 장치인 브릿지의 처리 속도를 높여 주고, 근거리 통신망 상호간의 전송 경로인 상호 접속 링크(Internetwork Link)의 전송 속도를 최적의 상태로 유지시킨 상태에서 윈도우가 적절한 크기를 갖게끔 해 주어야 하는 것이다. 즉, 근거리 통신망에 연결된 단말의 갯수 및 근거리 통신망 내의 메세지 트래픽의 특성 등을 고려하여 윈도우 크기를 조정하여 최적의 전송 성능을 얻을 수 있게 될 것이다.

본 논문의 결과를 이용하여, 상호 접속된 근거리 통신망을 구축하기에 앞서 통신망의 지연 및 처리율로 다각도로 분석하여 보다 효율적인 통신망을 구축하는 데 활용할 수 있을 것이며, 또한, 기 구축된 근거리 통신망을 확장시키고자 할 때에도, 본 논문의 결과 및 본 논문에서 구현한 S/W를 이용하여, 확장할 근거리 통신망의 성능을 미리 조사하여 지연 및 처리율이 최적의 상태를 갖게끔 설계를 할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

1. G.M. Exley and L.F. Merakos, "Throughput-delay performance of interconnected CSMA local area networks," IEEE J. Selected Areas in Commun. Vol. 5, No. 9, pp.1380-1389, Dec. 1987.
2. A.S. Tanenbaum, "Computer Networks,"(2nd edn) Prentice-Hall, NJ, USA(1988).

3. B. Hawe, A. Kirby and B. Stewart, "Transparent interconnection of local networks with bridges," in K. Kummerle, J.O. Limb and F.A. Tabagi, "Advances in Local Area Networks," IEEE Press, NY, pp.482-495 USA(1987).
4. M. Murata and H. Takagi, "Two-layer modeling for local area networks," IEEE Trans. Commun. Vol. 36, No. 9, pp.1022-1033, Sep. 1988.
5. ANSI /IEEE Standard 802.5, Token Ring Access Method IEEE Press, NY, USA(1985).
6. P.J. Kuehn, "Multiqueue system with non-exhaustive cyclic service," Bell Syst. Tech. J. Vol. 58, pp.671-698, 1979.
7. O.J. Boxma and B.Meister, "Waiting time approximations for cyclic-service systems with switchover times," Perf. Eval. Vol. 7, pp. 299-308, Nov. 1987.
8. J. Zahorjan, D.L. Eager and H.M. Sweillam, "Accuracy, speed and convergence of approximate mean value analysis," Perf. Eval. pp. 255-270, 1988.
9. M. Reiser, "A queueing network analysis of computer communication networks with window flow control" IEEE Trans. Commun. Vol. 27, pp.1199-1209, Aug. 1979.
10. B.W. Meister, P.A. Janson and L. Svobodova, "Connection-oriented versus connectionless protocols : a performance study," IEEE Trans. Comput. Vol. 34, pp.1164-1173, Dec. 1985.
11. D. A. Pitt, "Standards for the token ring," IEEE Network Mag., Vol. 1, pp.19-22, Jan. 1987.
12. H. Takagi, "Mean message waiting times in symmetric multiqueue systems with cyclic service," in Proc. IEEE Int. Conf. on Commun.(Chicago, MI), pp.1154-1157, June 1985.
13. W. Bux, "Local-area subnetworks : A performance comparison," IEEE Trans. Commun., Vol. COM-29, pp.1465-1473, Oct. 1981.

14. M. Gerla and L. Kleinrock, "Flow control : A comparative survey," IEEE Trans. Commun., Vol. COM-28, pp.553-574, Apr. 1980.
15. M. Schwartz, Telecommunications Networks : Protocols, Modeling and Analysis. Addison-Wesley, 1987.
16. L.C. Mitchell and D.A. Lide, "End to end performance modelling of local area networks," IEEE J. Select. Areas in Commun., Vol. SAC-4, pp.975-985, Sept. 1986.
17. M. Reiser and S.S. Lavenberg, "Mean value analysis of closed multichain queueing networks," J. Assoc. Comput. Mach., Vol. 27, No.2, pp.313-322, Apr. 1980.
18. F. Backes, "Transparent Bridges for Interconnection of IEEE 802 LANS," IEEE Network Magazine, Jan. 1988.
19. J.P. Buzen, "Computational Algorithms for Closed Queueing Networks with Exponential Servers," Communications of the ACM 16(9), Sept. 1973.
20. R.B. Cooper, "Introduction to Queueing Theory," Second Edition, Elsevier North Holland, 1981.
21. L. Kleinrock, "Queueing Systems," Vol.I and II, Wiley, 1975.
22. B.W. Stuck and E. Arthurs, "A Computer and Communications Network Performance Analysis Primer," Prentice-Hall, 1985.
23. 여현, 최승철, "Interconnected LANs 환경에서의 단말간 전송 성능 평가," 한국통신학회 하계학술발표회 논문 Vol.10, No.2, pp.48-52, 1991.



呂 鉉(Hyun Yoe) 正會員
 1961年 2月 6日生
 1984年 2月 : 韓國航空大學 電子工學科(工學士)
 1987年 2月 : 崇實大學校 電子工學科(工學碩士)
 1990年 8月 : 崇實大學校 電子工學科 博士課程 修了
 1987年 2月 ~ 現在 : 韓國通信研究開發團 專任研究員



林宰煥(Jae Hwan Lim) 正會員
 1964年 2月 16日生
 1991年 : 崇實大學校 電子工學科(工學士)
 1992年 ~ 現在 : 崇實大學校大學院 電子工學科 碩士課程



崔承哲(Sung Chul Choi) 正會員
 1931年 6月 23日生
 1954年 10月 : 空軍士官學校 卒業(工學士)
 1963年 1月 : 美國텍사스 A&M 大學校(工學碩士)
 1963年 3月 ~ 1973年 2月 : 空軍士官學校 電子工學科 教授

1981年 ~ 1983年 : 獨逸 Aachen Technische Hochschule 派遣教授
 1973年 3月 ~ 現在 : 崇實大學校 電子工學科 教授