DBpia

論 文

Fiber Optic Metropolitan Area Network의 설계 및 성능 분석

正會員 金 希 修* 正會員 宋 周 錫*

The Design and Performance Analysis of Fiber Optic Metropolitan Area Network

Hee Soo KIM* Joo Seok SONG* *Regular Members*

要 約 MAN(Metropolitan Area Network)은 높은 전송속도로, 텍스트 위주의 트래픽뿐만 아니라 음성 신호와 같은 실시간 트래픽도 제공하는 도시 영역의 네트워크로써, 그 필요성이 커가고 있다. 특히 광섬유를 이용한 MAN의 경우 기존의 네트워크 구조를 그대로 사용하면 스테이션의 수가 제한되거나, 중간 처리노드가 많아 신뢰성이 떨어지고, 음성신호의 전송을 위한 지연시간을 만족하지 않는 등의 단점이 있다. 또한, 이러한 단점들을 극복하기 위하여 제안된 여러 MAN이나 IEEE 802.6 표준안으로 제안된 MAN의 경우, 그 방식이나 구현이 복잡하다고 할 수 있다.

본 연구는 서울의 43개 전화국들을 중심으로 지역망간을 접속하는 광섬유를 이용한 계층적 Metropolitan Area Network의 설계 및 성능 평가에 관한 것이다. 기존의 네트워크를 검토하여 그 단점을 극복할 수 있도록 LAN과 백본 네트워크 각각에 적합한 토폴로지와 액세스 프로토콜을 설계하여, 성능을 분석한다.

ABSTRACT The need for MAN(Metropolitan Area Network) has been increased by demands for high performance computer communication. According to the definition of MAN by IEEE 802.6, MANs have diameter of about 50km, bandwidth of more than 1Mbps, and limited delay. Because optical fibers have unique characteristics that make them attractive for the implementation of MANs, several fiber optic networks suitable for MAN application have been proposed. Those networks have drawbacks such as unlimited delay, many processing nodes and limited number of stations. Also, IEEE 802.6 proposals and others improved networks were proposed, but they have complicated access procedures and data buffering and difficulties in implementation.

This paper descrives the design of Fiber Optic Metropolitan Area Network in Seoul(Seoul FOMAN) to overcome the drawbacks. Seoul FOMAN is hierarchical MAN and designed based on the topology of 43 end offices in Seoul. We propose MAN topology, proper access protocol and analyze the performance.

I. 서 론

LAN들은 현재 매우 효율적으로, 신뢰도나 전송 속도등에서 좋은 결과를 보이고 있다. 그러나 이용자가 늘어나고 지원 범위가 넓어지는 경우 성능이 떨어지게 된다. 따라서 최근에는 다양한 트래픽을 제공하는 LAN과 WAN의 중간 영역을 지원하는 고속 네트워크의 필요성이 증대되고 있다. 현재 제안되어 온 MAN의 설계 접근 방식은 크게 둘로 나눌 수 있다[1]. 첫째, LAN을 게이트웨이나 브리지를 통해 상호 연결하는 방식과, 둘째, 스위칭 노드를 이용하여 자체로의 MAN으로 만드는 방식이 그것이다.

두 가지 경우중 데이타 패킷뿐만아니라 음성 패킷도 전송해야 한다면, 첫번째 경우가 보다 쉬운 방법인데, 이는 음성/데이타 통합 LAN (Integrated LAN)이 꾸준히 연구되어, 여기에 관련된 여러 문제들이 고려되어왔기 때문이다. 이런 이유로, 본 논문에서 제안한 MAN은 첫번

*延世大學校 電算科學科
Dept. of Computer Science, Yonsei University
論文番號 : 91-127 (接受. 8. 6)

www.dbpia.co.kr

째 방식으로 설계되었다.

현재 MAN 연구 동향을 보면, IEEE 802.6의 표준안으로 DQDB(Distributed Queue Dual Bus)가 채택되었으며 이전에 제안된 FDDI (Fiber Distributed Data Interface) 링은 이미 상품화 되어 있다. 이 외에도 지금까지 많은 방식이 제안되어 왔다. 이들 네트워크들은 각각 설계되고, 비교분석되어, 시뮬레이션을 통해 더욱 개선되어 왔다. 이러한 과정을 통해 지연시간이나 처리량, 공정성등을 높이기 위한 노력은 계속되어왔으나 이들의 구현 과정은 고려되지 않았다. 광섬유의 전송속도를 따라가기 위해서는, 복잡한 액세스 방식이나 버퍼링이 매우 빠른 속도로 수행 되어야 한다. 충분한 속도로 처리하지 못할 경우에는 구현시에 bottleneck이 네트워크 노드상에 생기게 되어 원래의 액세스 방식의 수정이 필요할 수도 있다. 또한 광섬유에서 수 Gbps의 전송을 가능하게 하는 기술이 발달하여, 대역폭이 낭비되는 단점이 있는 TDMA와 같은 간단한 방식을 사용할 경우에도 모든 이용자에게 충분한 대역폭을 할당할 수 있게 되었다. 이런 이유로, 1Gbps나 5Gbps의 TDMA 링 네트워크가 이미 구현된 바 있다. 본 논문에서는 이러한 관점으로 서울의 경우를 예로하여서 Fiber Optic Metropolitan Area Network(이하 Seoul-FOMAN으로 약칭한다)을 설계하였다. 즉, 비교적 저속의 광섬유를 LAN 부분에 사용하고 기존의 액세스 방식을 개선하여 이용하였으며, 이들을 연결하는 백본 네트워크에서는 고속의 광섬유와 구현이 간단한 TDMA 방식을 이용하였다.

Seoul-FOMAN은 서울의 전화국들을 중심으로 최소 2700여개의 스테이션을 지원하도록 설계된 Fiber Optic Metropolitan Area Network이다. 본 네트워크의 설계는 보다 많은 스테이션을 지원하고, 중간 처리 노드를 최소화하여 신뢰성을 높이며, 음성 신호를 전송할 수 있는 지연 시간을 보장하며 구현이 간단하도록 하는데 그 목적이 있다.

Ⅱ. Seoul-FOMAN의 구조

서울의 직경은 약 30km이며 43개의 전화국이 있다. Seoul-FOMAN은 이 43개의 전화국을 중심으로 설계되었다. 광섬유에서 접속을 최소화 시켜 스테이션 수를 가능한 최대로 하기 위해서는 트리 토폴로지가 적합하다. 그러나, 트리 구조에서는 지연 시간이 길어지게 된다. 따라서 LAN 부분에서는, 스테이션 수와 지연 시간을 모두 고려하여 트리와 버스 구조를 혼합한 그림 1과 같은 트리-버스 토폴로지를 이용한다. 트리-버스 토폴로지는 스테이션들을 해당 버스에 연결 하고 버스의 윗 부분을 이진 트리의 형태로 연결한 구조이다.

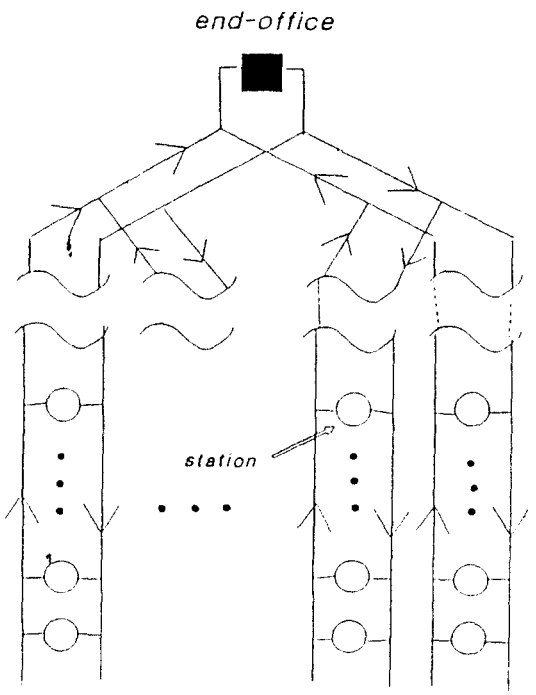


그림 1. 트리-버스 토폴로지
Fig 1. Tree-bus topology

광섬유 시스템에서, 비교적 값싼 LED와 PIN이 상용 될 경우 그 power margin은 28dB이 된

www.dbpia.co.kr

다[2]. 트리 구조 상의 각 coupler에서의 power 절감(reduction)은 약 4dB이라 할 수 있다. 버스에서의 power 절감은 총 스테이션 수에 따라 각 탭에 대해 달라진다. 그러나, 간단히 3dB로 가정될 수 있다[3]. 이 가정에 따라, 하나의 전화국이 지원 할 수 있는 스테이션 수는, 트리의 레벨 수가 L이고 K는 각 버스에 속하는 스테이션 수일 때, L=4, K=4 또는 L=5, K=2 또는 L=6, K=1일 경우, 최대 64가 된다. 이때, power margin이 28dB보다 큰 광소자 페어, 즉 ILD와 APD를 각 스테이션에서 사용하면 전화국 당 지원할 수 있는 스테이션 수를 쉽게 증가 시킬 수 있다.

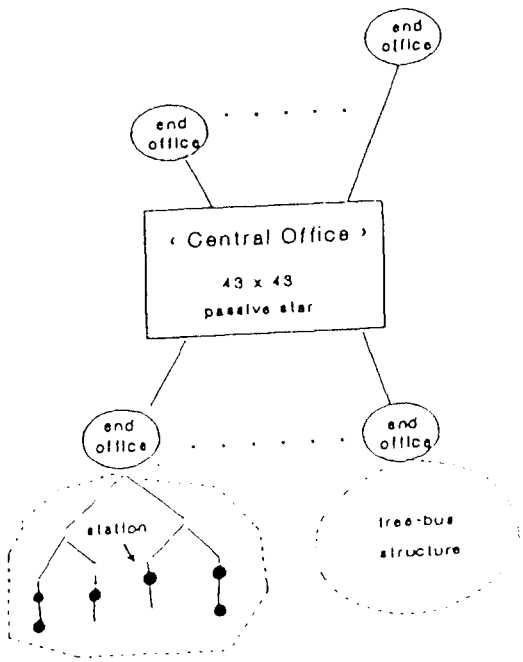


그림 2. Seoul-FOMAN의 전체구조
Fig 2. Seoul FOMAN structure

이제 전화국간을 연결하는 백본 네트워크를 고려하자. 서로 먼 전화국간의 통신에서는 그 거리에 따라 이미 optic power 감쇠(attenuation)가 발생하므로, 이때 사용될 토폴로지는 optic power의 손실을 최소화해야 한다. 또한, 신뢰성(reliability)이 보장 되어야 한다. 이를 위해서 서울의 중심에 하나의 중앙국을 설치하고 그림 2와 같이 43개의 전화국들을 passive star 형태의 백본 네트워크로 연결한다. 성형(star) 토폴로지는 다른 토폴로지에 비하여 power 손실을 줄일 수 있기 때문에(같은 수의 스테이션을 지원하는 트리에서의 손실의 1/2)[4], 비교적 많은 스테이션을 지원 할 수 있으며, 특히 passive star는 active star보다 신뢰성이 높다.

Passive 성형구조는 2×2 star를 이용하여 만든다. 2×2 star는 두 개 단일 모드 광섬유의 중심을 일정한 길이만큼 가까이 접근시킴으로써 만들어진다. 우리가 설계하려는 43×43 star는 12개의 4×4 star를 이용, 6개의 스테이지를 갖도록 설계할 수 있다[4,5]. 성형구조를 지나 전송될 때 겪는 추가 손실(excess loss)은 데이타가 지나가는 스테이지 수에 비례한다. 각 스테이지마다 3dB의 손실을 가정하면 중앙국에서의 손실은 18dB이 된다. 전화국과 중앙국 사이에서 발생하는 또다른 power 손실로는 power 감쇠(attenuation) 현상이 있다. 1.3㎛ 파장의 광섬유를 사용한다면 각 전화국과 중앙국 사이의 감쇠는 12dB이 된다[6]. 앞서의 18dB의 손실과 함께, 약 30dB의 총손실을 예상할 수 있다. 따라서 LAN에서와는 달리 중앙국에서는 ILD를 광원으로 하면 power margin이 45dB이 되기 때문에 위의 손실이 있는 경우에도 passive star의 이용은 충분히 가능하다.

Ⅲ. 액세스 프로토콜

프로토콜을 선택하거나, 새롭게 개발하는 경우 고려해야 할 사항들이 여러가지가 있겠지만, Seoul FOMAN의 백본 네트워크와 LAN 부분의 프로토콜은 다음과 같은 점이 고려되었다. 먼저, 분산 액세스 제어를 통해 신뢰성을 높이고, 지연시간을 최소화 하도록 하며, 동기화를 위한 전체적 클럭이나 제어선(control wire)을 따로 사용하지 않고, 그 구현이 가능한 간단하도록 하였다.

www.dbpia.co.kr

우선 트리-버스구조인 LAN 부분에 사용하기 위한, 위의 사항을 만족하는 프로토콜을 구하기 위하여 기존의 제안된 여러 프로토콜들을 살펴보자. 버스 구조에서 많이 사용되는 토큰 전송 기법은 토큰 전달 지연으로 인하여 트리 구조에서 특히 부적합하다. 이 단점을 개선할 수 있는 프로토콜은 다음과 같다.

① selective polling
② 랜덤 액세스와 토큰 전송의 혼합형[7]
③ 트리 알고리듬
④ 예약 TDMA

위의 여러 가능한 프로토콜들을 그대로 트리-버스 구조에 적용하는 경우, 좋은 성능을 보장할 수 없다. 예를들어 ①과 ④의 경우, 예약 프레임을 데이타 프레임과 번갈아 가면서 전송해야 하므로 대역폭이 낭비된다. 또한 ②와 ③의 경우는 부하가 많을 경우 ①과 ④보다 성능이 떨어진다. 따라서 본 논문에서는 위의 단점들을 보완하는 개선된 프로토콜을 제안한다. 이는 간단히 말해서, 예약 부분의 낭비를 방지하기 위해 먼저 예약한 스테이션들이 1패킷씩 다 보낸 다음 예약하는 "reservation when exhausted" 기법이다. 각 버스는 미리 지정된 순서에 따라 정해진 예약 기간을 가지며 완전 분산식 기법을 이룬다. 이 기법의 흐름도는 그림 3.과 같다.

일단 액세스 권리를 얻은 버스 위의 스테이션들은 implicit token 기법에 의해 패킷을 전송한다. 이 방법은 맨 아래쪽 스테이션에 우선 순위를 주게 된다. 따라서, 한 스테이션에서 한번에 보낼 수 있는 패킷 수의 제한이 필요하다. 반면에 전화국에는 각 버스의 액세스가 끝날때마다 액세스를 허용하고, 한번 전송을 시작하면 버퍼가 비게 될 때까지 전송하도록 하여, 버퍼 크기를 줄이고 Remote-to-Local packet(RL-packet)의 지연 시간을 줄이도록 한다.

LAN 부분에서는 위와같은 프로토콜을 사용하는 반면, 트리픽이 비교적 많으리라 예상되는 백본 네트워크의 중앙국은 TDMA 기법으로 각 전화국을 관리한다. 미리 지정된 순서와 타임 슬롯에 따라 전화국들은 패킷을 브로드캐스팅하고,

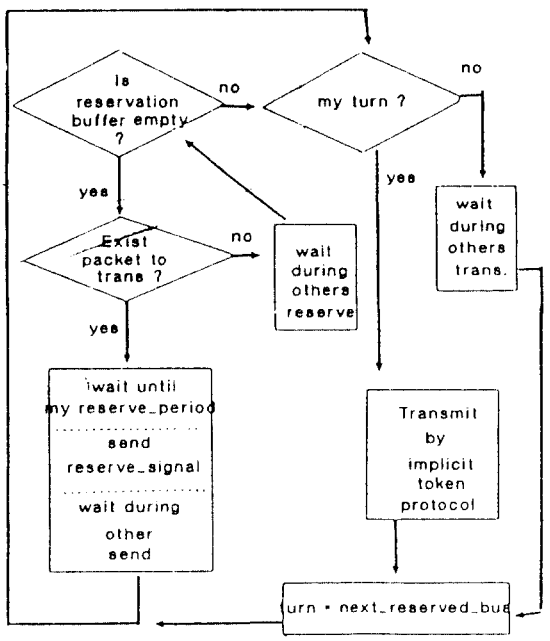


그림 3. 스테이션에서의 패킷 전송 기법
Fig 3. Packet transmitting algorithm

각 타임 슬롯 사이에는 지정된 시간 간격(guard time)을 두어 충돌을 방지한다. 전화국은 미리 지정된 위치에 있으므로 중앙국으로의 전파 지연 시간을 미리 알 수 있기때문에 global clocking이 필요없다. V 장에서는 위의 두 프로토콜을 같이 사용하는 경우의 성능을 알아 보기로한다.

Ⅳ. DQDB와 Seoul-FOMAN과의 비교

초기의 MAN으로는 CATV와 전화망을 들 수 있다. 그후 슬롯화 링(slotted ring), FDDI 등의 제안을 거쳐 현재 IEEE 802위원회에서는 MAN의 표준안으로 DQDB(Distribted Queue Dual Bus)를 채택하였다. DQDB에 대하여 간단히 살펴보면 다음과 같다.

DQDB는 반대 방향인 두개의 버스로 구성된다. 링이 아닌 버스로 구성하여 열린 링 형태로써 신뢰성(fault tolerance)이 높다. 또한 반대 방향

www.dbpia.co.kr

의 두 버스를 이용하여 분산 큐를 이루어서, 마치 하나의 큐로 모든 스테이션들의 액세스를 제어하는 듯한 효과를 볼 수 있다. 즉, 아래쪽 방향 버스로 보낼 데이타가 있을 경우에는 위쪽 방향 버스로 예약 슬롯을 보낸다. 각 스테이션에는 카운터가 두 버스에 모두 연결되어 있어서, 위쪽 방향 버스에 예약 슬롯이 지나가면 하나씩 증가 시키고 아래쪽 방향 버스로 빈 슬롯이 지나가면 하나씩 감소 시킨다. 이로써 카운터의 값이 0이 아닌 것은 아래쪽 방향에 있는 스테이션이 보낼 데이타가 있음을 의미하므로 자신의 카운터 값이 0이 될 때 아래쪽 방향으로 지나가는 빈 슬롯에 자신의 데이타를 전송한다.

위에서 설명한 DQDB와 본 논문에서 제안한 Seoul-FOMAN을 비교한 것이 표 1이다.

표 1. DQDB와 Seoul FOMAN과의 비교

	DQDB	Seoul FOMAN
구조	반대방향의 버스쌍	트리 버스 구조의 LAN을 중앙국의 성형구조로 연결한 계층적 구조
구조적 신뢰성 (노드나 링크의 손상시)	반대 방향의 버스쌍을 이용하여 손상된 노드의 자원으로 재기(노드의 손상시 네이타의 전송에 지장이 없음)	Passive 접속으로 신뢰성 향상 이외의 재어 메커니즘 추가
실시간 트래픽 전송 방법	2 레벨의 우선 순위 존재	우선 순위 보장
전송 시작 시기	예약후 request 카운터가 0이 될 때	예약후 버스가 idle 할 때와 슬롯 할당 시
전송 단위	한 슬롯	한 패킷
Acknowledge 방법	없음	없음
동기화	125μsec 프레임 간격	프레임별 및 local clocking
데이타 제거	없음	없음

V. 성능 분석

1. 프로토콜 분석

우선 LAN부분인 트리-버스구조에서의 지연시간을 고려해보자. 스테이션과 전화국 사이의 거리는 약 1Km이다. 따라서 그 사이의 왕복 전파 지연(propagation delay)은 10μsec이다. 본 논문에서 제안한 "reservation when exhausted" 프로토콜을 사용할 때, 모든 스테이션에 부하가 항상 존재한다고 가정하였을 경우의 최대 사이클 타임은 다음과 같으며, 특히 부하가 작을 경우에는 토큰 전송 기법보다 성능이 좋다.

$$T(\mu sec) = (\text{Reservation Time}) + (\text{Transmission Time}) = (10+2^{n}) + (K \times P \times 10^{6}/B) \times 2^{n} \quad (4.1)$$

다음으로는 백본 네트워크에서의 TDMA를 분석해보자. 전화국간 백본 네트워크 성능 측정의 주요 요인으로는 다음과 같은 것들이 있다.

먼저 전화국간의 처리율 S_{back}는

$$S_{back}(\text{bits/s}) = \frac{\text{슬롯의 비트 수}}{\text{전파 지연 시간} + \text{전송 시간}} \quad (4.2)$$

로 나타낸다.

U_{back}는 대역폭에 대한 처리율의 비율로서 다음과 같이 나타나게 된다.

$$U_{back} = \frac{\text{Throughput}}{\text{Bandwidth}}$$

위에서 살펴본 바로는 처리율(throughput)과 활용도(utilization)는 슬롯 크기에 비례함을 알

www.dbpia.co.kr

수 있다. 그러나 큰 슬롯은 그 자체가 낭비가 될 수 있으며, 지연 시간을 증가시킨다. 따라서, 주어진 지연시간을 만족하는 최대의 슬롯 크기를 구해야 한다. D_{back}는 전화국간의 액세스지연 시간으로,

$$D_{back}=(\text{Slot time}+\text{Guard time})\times 43+150(\mu\text{sec})$$

로 나타낼 수 있다. 이제, 서로 다른 전화국에 속해있는 스테이션간에 총지연시간, D_{total}을 고려해 본다. PCM방식으로 코드화된 음성신호는 그 속도가 64kbps로, 패킷크기가 1kbit일때 15.625ms마다 한 패킷이 생성된다. 따라서, 지연으로 인한 음성 변동(delay fluctuation)이나 패킷 손실을 방지하기 위해서는, 스테이션에서 전송한 패킷이 15.625ms 이내에 성공적으로 전송되어야 한다[7]. 그러므로, D_{total}은 15.625ms 이내로 제한된다. 먼저 D_{total}를 구하기 전에 다음을 정의한다.

① D_{out}, D_{in} : 스테이션과 전화국간의 전송 지연 시간.

② B_{out}, B_{in} : 전화국의 out-buf와 in-buf에서의 대기 시간

③ P_{out}, P_{in} : 전화국에서 목적지 처리 시간. (processing time)

위로부터, 각 패킷이 전송되는 단계에 따라, 다음 식을 얻을 수 있다.

$$D_{total}=D_{out}+B_{out}+P_{out}D+_{back}+P_{in}$$

$$B_{in}+D_{in}\leq 15.625(\text{ms}) \qquad (4.3)$$

여기서 B_{out}은 각 스테이션의 입력부하에 따라 달라진다. 만일, L이 한 스테이션 당 입력 부하(input load)로서 kbit/sec로 표시되고, 같은 전화국에 할당된 슬롯들을 모은 채널의 용량이 22470kbits/sec($=10^6/43$)이며, 입력 부하의 p%가 다른 전화국에 속한 스테이션들을 목적지로 하고 있고, 100-p%가 같은 전화국에 속한 스테이션들을 목적지로 하고 있다면, B_{out}은,

$$B_{out}(\text{ms})=\frac{1}{22470-64\times L\times P}$$

이다. 또한, 스테이션에서의 패킷 크기가 1kbit이고, 한 스테이션 당 한번에 1개씩의 패킷을 보낼 수 있으며, LAN에서의 대역폭이 100Mbps, P_{in}이나 P_{out}은 패킷당 10μsec이내로 가정하고, 전화국에 액세스 우선 순위를 줌으로써, 전화국에서 그에 속한 스테이션으로의 브로드캐스팅은 최대 42μsec마다 일어나므로, Bin은 무시할 수 있다. 또한 Din은 42μsec임을 알 수 있다. 100kbit의 패킷을 사용하면, D_{back}=4.45ms가 됨을 앞서 보였다. 이로부터 식(4.3)은

$$D_{total}\leq 666\mu\text{sec}+B_{out}+10\mu\text{sec}+4493\mu\text{sec}$$

$$10\mu\text{sec}+20\mu\text{sec}$$

$$\leq 5.156+B_{out}(\text{msec})$$

가 된다. 위의 식에서 B_{out}이 10ms이내라면 음성 전송을 위한 지연 시간을 만족하게 된다. 다음 절에서는 위의 결과를 토대로, 시뮬레이션을 통해 결과를 분석한다.

2. 시뮬레이션 및 결과 분석

본 논문에서는 패킷을 외부 네트워크상의 스테이션을 목적지로 하는 Local-to-Remote packet(LR-packet)과 자신이 속한 지역 네트워크를 목적지로 하는 Local-to-Local packet (LL-packet)으로 구분하여 시뮬레이션하였다. 패킷의 도착은 identical, independent Poisson 분포를 따르며 시스템 전체 부하를 100, 500, 700, 900, 1000, 1200Mbps등을 갖도록 하여 수행

www.dbpia.co.kr

하였다. Seoul FOMAN은 트리-버스 구조를 스타 구조로 연결한 계층적 네트워크이므로, 먼저 지역 네트워크에서의 시뮬레이션을 통해 LR-packet이 게이트웨이에 도착하는 도착 시간 간격을 구하여, 그 값을 평균으로 하여 exponential 분포를 이루는 임의의 값들을 상위 구조(스타 구조인 백본 네트워크)에서의 시뮬레이션을 위한 입력으로 사용하였다. 각 게이트웨이서 외부로 보내는 패킷의 수와 들어오는 패킷 수의 평균 값이 같다고 보고, LAN에서의 시뮬레이션시 RL-packet이 전화국에 도착하는 시간 간격은 exponential 분포에 따르도록 하였다. 또한, $0.1 \le a \le 5$인 a에 대하여, 스테이션에서 전송한 총 패킷 수중에서 a/43은 같은 지역 네트워크로, 1-a/43은 백본 네트워크로 보내진다고 볼 수 있으며, 통계적으로 a는 약 2의 값을 가진다.

본 시뮬레이션은 UNIX환경하에서 Solbourne Workstation을 사용하여 C언어로 수행하였다. 시뮬레이션 시간은 실제 상황하에서 50초를 넘도록 했으며, 전송된 패킷의 갯수는 10만개를 넘도록 하였다. 또한, 각 버퍼의 크기는 무한하다고 가정하였지만 부하가 매우 클 때를 제외하고는 100패킷 크기를 넘지 않아도 되었다. 특히 in buf의 크기는 부하가 클 때라도 20 패킷 크기를 넘지 않았다.

시스템 총 부하에 따른 종단간 평균 패킷 지연 시간은 그림 4.와 같다. 먼저 local-delay, 즉 LL-packet의 평균 지연 시간은 총 부하가 1200Mbps에서도 0.3ms 정도 까지만 증가하는 것을 볼 수 있다. LR-packet의 종단간 지연시간은 5, 20, 100, 300 μsec의 TDMA 슬롯을 전화국에 할당한다고 가정하였을 경우를 각각 시뮬레이션하였다. 그 결과 부하가 비교적 작은 경우(700~800 Mbps 이하)에는 슬롯 크기가 작을 수록, 부하가 큰 경우(1 Gbps 이상)에는 슬롯 크기가 클 수록 지연 시간이 줄어드는 것을 알 수 있다. 이는 슬롯 크기가 큰 경우 슬롯 크기에 대한 슬롯 간의 간격(guard time)의 비율이 줄어들어, 대역폭의 효율을 높일 수 있기 때문이다. 그러나, 너무 큰 슬롯을 사용하면 부하가 작은 경우

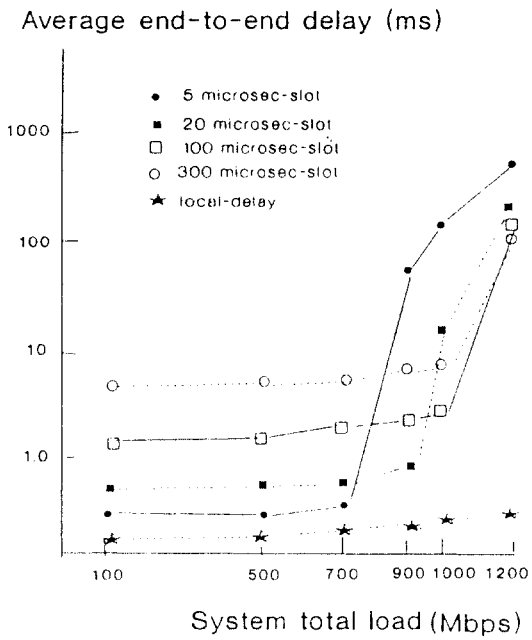


그림 4. 시스템 부하와 평균 지연 시간(ms)
Fig 4. Average end to end delay(ms)

슬롯의 낭비 부분이 많아져 지연 시간이 커진다. 그림 4.에서 보면 100μsec의 슬롯을 사용하는 것이 부하가 크거나 작을때 모두 비교적 안정된 지연시간을 보이므로, 다른 크기 슬롯의 사용보다는 적합하다고 하겠다.

LL-packet의 지연 시간과 LR packet의 지연 시간을 비교하여 보면, LL-packet의 지연 시간이 매우 작으므로, 전체 패킷 수에 대한 LL-packet수의 비율 a가 더 증가한다고 가정하면, 즉 LAN에서의 전송 비율이 더 높아진다고 가정하면, LR packet의 지연 시간이 줄어들 것을 예상할 수 있다.

앞서 살펴본 바와 같이, 음성 패킷에 대역폭을 우선 배정하지 않고 데이타 패킷과 같은 조건으로 보낸다면, 패킷의 종단간 최대 지연 시간이 약 15ms 이하가 되어야 한다. 시스템 총 부하에 따른 LR packet의 종단간 최대 지연 시간을 나타내는 그림 5.를 보면, 700Mbps 이하의 부하에서는 모든 크기의 슬롯들이 15ms이하의 지연 시간을 갖는다. 그러나 1Gbps의 부하에서는 100μsec

www.dbpia.co.kr

의 슬롯만이 지연 시간을 만족하며, 부하가 더 커지면 모든 슬롯의 경우 최대 지연 시간을 넘는 것을 알 수 있다.

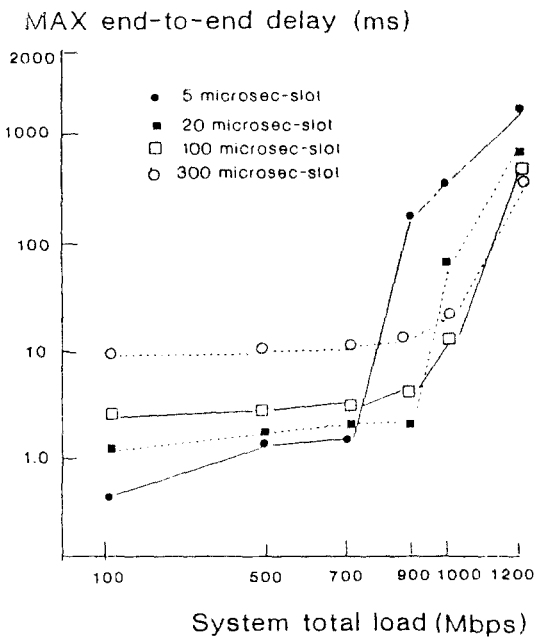


그림 5. 시스템 부하와 최대 지연 시간(ms)
Fig 5. MAX end to end delay(ms)

Ⅳ. 결 론

MAN을 실현하는데 있어서 성능 개선뿐만아니라 구현에 관련된 문제도 설계 단계에 미리 고려되어야 한다. 예를들어, 네트워크 구성이나 운영등이 간단해야 광대역을 갖는 광섬유를 충분히 이용하고, 또한 버퍼 저장이나 액세스등의 처리를 최소화 함으로써 데이타 처리의 bottleneck을 제거하고 높은 속도의 전송을 가능하게 할 수 있다.

본 논문에서 제안한 Seoul-FOMAN은 위의 사항들을 고려하여 설계하였다. LAN에 사용된 "Reservation when exhausted" 프로토콜은 토큰 패싱 기법과 예약 기법의 단점을 보안하기 위해 설계한 것으로, 보낼 패킷이 있는 버스에만 토큰을 전달하는 효과를 볼 수 있고, 브로드캐스팅 기법으로 전송하여 처리시간에 따른 bottleneck이 발생하지 않는다. 또한, 게이트웨이를 통한 LAN간의 통신을 관리하기위해서 TDMA 프로토콜을 사용하는데, 게이트웨이간의 부하와 광섬유의 대역폭을 고려할 때 적합한 기법이다. TDMA는 구현과 운영이 간단하고, 광섬유의 특성에 잘 적용되는데, 특히 Seoul-FOMAN에서는 백본 네트워크의 passive star 구조에서 사용되어 경로 배정이나 버퍼링과 같은 처리가 필요하지 않도록 하였다.

시뮬레이션 결과, 전체 시스템 부하가 1Gbps 이하일 경우 지연 시간이나 성능에서 만족한 결과를 보인다. 특히 LAN 부분에서는 지연 시간이 작기 때문에 외부로 보내는 패킷의 비율이 작아질 경우, 즉 근거리로 전송하는 패킷의 비율이 높아질 경우, 성능은 더욱 증가할 것으로 보인다. 또한 1Gbps 이상의 부하에서는 음성 패킷에 우선권을 주도록 하면 만족한 성능을 보일 수 있다.

앞으로는, Seoul-FOMAN과 같은 환경하에서 기존의 MAN들을 모델링하여 그 성능을 비교, 분석이 필요하고, 또한 LAN이나 공중전화망과의 연계 및 B-ISDN으로의 중간 과정으로써 검토되어야 하겠다.

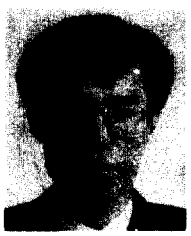
참 고 문 헌

1. Cardorin, E, "Integrated MANs with hierarchical architecture", IEEE INFOCOM, 3.pp.818~820, 1989.
2. Nagakami, T., "Optical and optoelectric devices for optical fiber transmission systems", IEEE Commun. Magazine, 26. pp.28~31, Jan., 1988.
3. Gerla, M., "Tree structured fiber optic MAN's", IEEE J. Select. Areas Commun., 6, pp.934, 1988.
4. Mehdi, M., "Fiber optic configurations for LAN", IEEE J. Select. Areas Commun., 3, pp.908~910, 1985.
5. SALEH, A.A.M., "Reflexive single-mode fiber-optic passive star couplers", J. Lightwave Tech., 6, pp. 392~395, 1988.
6. Paul, S.H., "Introduction to lightwave trans-

www.dbpia.co.kr

mission", IEEE Commun. Magazine, 23, pp.12~20, May., 1985.
7. Gerla, M., "Token based protocols for high speed FOLAN", IEEE J. Select. Areas Commun., 5, pp. 977, 1987.

金 希 修(Hee Soo KIM) 正會員
1966年 11月 11日生
1989年 : 연세대학교 전산과학과 졸업(이학사)
1991年 : 연세대 대학원 전산과학과 졸업(이학석사)
1991年~現在 : 한국 IBM 주식회사 소프트웨어 연구소 재직



宋 周 錫(Joo Seok SONG) 正會員
1953년 3월 2일생
1976년 : 서울대학교 전기공학과 졸업(공학사)
1979년 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업(공학석사)
1988년 : U.C.Berkeley 전산과학과 졸업(공학박사)
1979년~1982년 : 한국전자통신연구소 근무
1983년~1988년 : Electronic Research Lab근무
1988년~1989년 : Naval Postgraduate School 조교수
1989년~현재 : 연세대학교 전산과학과 조교수

www.dbpia.co.kr