

ATM 기반 수동 광가입자 망에서의 광선로 종단 시스템의 성능 분석

(Performance Analysis of Optical Line Termination System in ATM based Passive Optical Network)

박 상 조 * 강 구 홍 *
(SangJo Park) (KooHong Kang)

요 약 본 논문은 작업분석(Operational Analysis)을 이용하여 ATM 기반 수동 광 가입자 망 (Passive Optical Network:PON)에서 광선로 종단 시스템의 성능을 분석하였다. 이를 위해 ATM-PON을 구성하는 각 블록에서 버퍼 구조에 따른 이용률, 쓰루풋, 그리고 라우팅 속도와 같은 시스템 파라미터를 사용하였다. 특히, 각 블록의 평균 응답시간과 방문률(visit ratio)를 구하고 시스템 성능을 저해하는 병목 점을 찾았다. 본 논문에서는 622Mb/s 16x16 스위칭 블록이 병목점 블록임을 확인하였으며, 이 병목점은 셀 도착률이 증가함에 따라 손실률이 급격하게 증가함을 확인하였다.

키워드 : 비동기 수동형 광가입자망, 광선로 종단시스템, 작업분석, M/D/1/K 큐잉모델

Abstract This paper analyzes the performance of an optical line termination system in ATM based Passive Optical Network(PON) using the operational analysis. We analyze it using system parameters such as utilization, throughput and routing frequency based on the buffer structure in each block of ATM-PON. Furthermore, we derive the mean response time and the visit ratio of each block, and then search the bottleneck block that hinders the system performance. We found that the 622Mbps 16x16 switching block is the bottleneck block for ATM-PON. In this bottleneck block, the loss probability increases rapidly when the cell arrival rate increases.

Key words : ATM-PON, OLT, Operational analysis, M/D/1/K Queing model

1. 서 론

지금까지 가입자 액세스 망은 가입자 단말을 전화 교환국까지 연결하는 선로에 불과하였으나 광대역 가입자 액세스 망 개념이 등장함에 따라 새로운 통신망의 구축 개념이 대두 되었다. 이는 기존의 교환기를 포함하여 여러 망 장치 등이 서비스 노드 형태로 초고속 가입자 액세스 망을 중심으로 접속되고, 물리매체 유형에 따라 FTTH(Fiber-To-The-Home), FTTC(Fiber-To-The-Curb), ATM-PON(Passive Optical Network), 그리고 HFC(Hybrid Fiber Coax) 등 다양한 액세스 네트워크를 가지게 되었다. 장래의 가입자 망은 음성, 고화질 주문형 비디오, 고속 데이터 등의 대화형 멀티 미디어 서비

스를 제공하는 광대역 전송 네트워크를 필요로 하게 된다. FTTH와 FTTC와 같은 광전송 시스템을 전송특성을 향상시키기 위해 가입자 망에 도입되고 있다. ATM 기반 수동 광 가입자 망에서는 여러 개의 광네트워크 유닛(ONU:Optical Network Unit)가 광 분기기에 의해 1개의 광선로 단국장치(OLT:Optical Line Termination)에 접속되어 있다[1]. ATM 셀이 가입자에게 고화질 주문형 TV, IP 등외에 전화, 협대역 ISDN, DSL(Digital Subscriber Line)서비스 등을 제공하게 된다. 광 분기기에 의한 수동 광 가입자 망(PON)은 경제적인 코스트와 정보의 유연한 공유 구조를 제공하기 때문에 유리한 가입자 망 구조로서, ATM 기반 수동형 광 가입자망(PON)은 ITU-T와 ATM-Forum이 95년부터 표준화를 시작하여 1999년 1단계를 종결함으로써 ATM 기반 수동 광가입자 망 방식이 통일되었다[2]-[4].

향후의 가입자망은 멀티미디어 서비스 및 인터넷 서비스에 대한 사용자의 수요가 기하 급수적으로 증가될

* 정 회 원 : 서원대학교 컴퓨터정보통신공학부 교수

parks@dragon.sewon.ac.kr

khkang@dragon.sewon.ac.kr

논문접수 : 2000년 10월 4일

심사완료 : 2001년 10월 23일

으로써 대용량 고속 서비스를 필요로 하며, 이런 고속 서비스를 경제적으로 제공할 수 있는 ATM 기반 수동 광가입자 망은 경제적인 망이지만, ATM-PON 시스템의 성능을 향상시킬 수 있는 ATM 기반 수동 광가입자 망의 버퍼 구조, 성능 평가 방안에 대한 연구가 미흡하다고 볼 수 있다. 한편 ATM 네트워크의 큐잉모델에 대한 연구는 활발히 진행되어 왔으나[5]-[7], ATM 기반 수동 광가입자 망에서의 광선로 종단 시스템에 관한 버퍼 구조의 설계 및 버퍼구조에 따른 성능 분석 등에 대하여 집중적인 연구는 미흡하다고 볼 수 있다.

따라서 본 논문에서는 초고속 멀티미디어 서비스 및 인터넷 서비스의 적용을 목표로 개발 중인 ATM 기반 수동 광가입자 망의 성능분석을 수행하기 위하여, 작업 분석(Operational analysis)을 사용하여 ATM 기반 수동 광가입자 망에서의 광선로 종단 시스템의 성능을 분석한다. 그리고 ATM 기반 수동 광가입자 망내의 병목(Bottleneck) 지점으로 예상되는 요소의 성능이 전체 ATM 기반 수동 광가입자 망의 성능에 결정적인 변수가 되므로, 현재 국내에서 개발 중인 ATM 기반 수동 광가입자 망의 하드웨어 스위치와 버퍼 크기 등 설계사양의 데이터를 도입하여 ATM 기반 수동 광가입자 망내의 병목 요인을 분석한다. 이러한 작업분석을 위해서 큐잉(Queuing) 모델링, 큐잉 모델의 동작, ATM 기반 수동 광가입자 망에서의 광선로 종단 시스템의 성능 분석을 수행하게 된다. 그리고 ATM 기반 수동 광가입자 망에서의 광선로 종단 시스템의 성능 결과 및 논의에 대해 기술한다.

2. ATM-PON 시스템의 개요

IP(Internet Protocol), POTS, VOD 같은 다양한 서비스들을 가입자에게 전송하기 위한 가입자망은 기존 전화선이나 동축케이블을 사용하고 고속 변복조 기술을 이용한 ADSL, FTTC, HFC 등으로부터 ATM-PON 시스템까지 연구 개발되고 있다. 고속의 다양한 멀티미디어 서비스를 효율적으로 적용시킬 수 있는 유연성과 경제성 등을 고려할 때, PON에 의한 가입자 단말까지의 ATM화, 즉 ATM-PON 시스템이 요구되고 있다.

ATM 기반 수동 광가입자 망은 (그림 1)과 같이 크게 OLT(Optical Line Termination), ODN (Optical Distribution Network) 그리고 ONU(Optical Network Unit)로 구성된다. OLT는 멀티미디어 서비스 서버 및 ATM 지역 교환기의 회선에 직접 연결됨으로써 기간 망 액세스 노드 기능을 담당하고, 가입자들로부터의 데이터 흐름을 집중화시키고, 기간 망에서 가입자 망에 들어오는

데이터를 분배하며, 다중화된 데이터 흐름을 제어한다. 따라서 OLT는 상향 채널을 이용하고자 하는 ONU에 효율적으로 채널을 분배하기 위한 MAC(Media Access Control) 기능을 포함하고 있다. ODN은 ONU와 OLT사이에 위치하며, 광신호의 분배를 위한 수동 분배기를 사용하여 트리 토폴로지의 PON 구조를 형성한다. ITU-T의 G.983에서는 현재의 기술로 광 증폭 소자 없이 구현할 수 있는 PON의 광 분기율을 1:32, OLT에서 ONU까지의 최대 거리는 20Km 이내로 지정하고 있다[3].

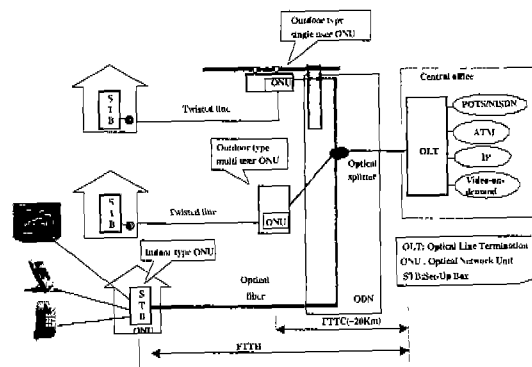


그림 1 ATM 기반 수동 광가입자 망의 구성도

ATM-PON을 위한 가입자망은 ONU의 형태에 따라 FTTC 또는 FTTH의 형태로 분류될 수 있다. FTTC는 다수의 NT가 하나의 ONU를 공유하는 형태로 옥외에 존재하는 광 캐비닛 장비인 ONU에서 NT사이에는 Twisted pair 선이나 동축케이블로 연결되며, 여러개의 B-NT가 하나의 ONU를 공유할 수 있다. 반면, FTTH의 경우는 광 섬유로 매내에까지 광 신호가 전달되므로 하나의 B-NT가 ONU에 직접 접속된다. OLT와 ONU는 파장 분할 다중화 기술을 사용하여 1.3/1.5 μ m 파장을 상/하향 채널로 사용함으로써 하나의 광 링크로 양방향 통신망을 구성할 수 있다. 이러한 구조를 기반으로 ATM-PON은 비대칭형 광대역 서비스, 대칭형 광대역 서비스뿐 아니라 기존의 PSTN과 ISDN까지 수용하게 된다. ATM-PON에서는 액세스 모드로 TDMA(Time Division Multiple Access)를 사용하고 있다[3]. ATM-PON망의 광 섬유 기술을 사용하는 광대역 액세스 망의 광 선로 구간은 점대점 구조와 능동형 또는 수동형 점대다점 구조를 가질 수 있으며, 광 선로의 종단 위치에 따라서는 FTTH 또는 FTTC로 분류된다. ATM-PON 시스템은 OLT, ODN, ONU로 구성되어 있으며, ODN에 연결되어 액세스 망의 사용자측 정합

기능을 제공한다. OLT는 하나 이상의 ODN에 연결되어 액세스 망의 망측 정합 기능을 제공하고, ATM 전송 시스템에서 PON 관련 모든 기능을 관리하는 역할을 수행하며, VB5.x, V5.x, NNI 등과 같은 표준 인터페이스를 통하여 교환 망에 연결된다. 또한 OLT는 ATM 셀을 상향 SDH(Synchronous Digital Hierarchy)의 페이로드에 삽입하고, 하향 SDH 페이로드로부터 ATM 셀을 추출하는 서비스 노드 인터페이스 기능, 서비스 노드 인터페이스와 ODN 사이의 VP(Virtual Path)접속 기능, 전/광 변환기능 및 ATM 셀을 삽입하고 추출하는 기능을 수행한다.

3. ATM 기반 수동 광가입자 망의 버퍼 구조 및 성능 분석

3.1 ATM 기반 수동 광가입자 망의 버퍼 구조

ATM 기반 수동 광가입자 망은 (그림 2)와 같이 블록으로 구성된다.

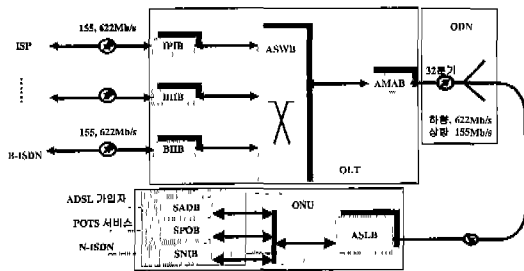


그림 2 ATM 기반 수동 광가입자 망의 블록도

ATM 기반 수동 광가입자 망에서의 OLT는 ATM 교환기, 디지털 방송 헤드엔드, 인터넷 서비스 제공장치, PSTN 교환기 등 관련 서비스노드와 접속하며, 가입자 측으로는 ONU와 접속하는 ODN과 접속한다.

ATM 기반 수동 광가입자 망의 광선로 중단 시스템에서 성능 변수를 분석하기 위해 버퍼구조와 전송속도를 중심으로 고찰하면 (그림 3)과 같다. IPIB(IP Interface Block)와 BIIB(B-ISDN Interface Block)는 155.520Mb/s의 전송속도를 갖는 4개의 입력 포트가 구성되어 있다. 입력된 ATM cell들은 ASWB(ATM SW Block) 내에서 루팅 태그를 포함한 오버헤드 부차과정을 거쳐 622.020Mb/s 전송속도를 갖는 한 개의 포트로 출력되어 입력 버퍼로 버스 형태로 인터페이스 된다. ASWB에 사용되는 스위치부는 622Mbps급 인터페이스의 16 X 16 스위칭 기능을 수행한다.

ATM-PON 마스터 블록인 AMAB(ATM-PON Master Block)는 ASWB로부터 제공되는 ATM 루팅 셀들을 다중화 처리하여 32분기의 ODN을 통해 ONU 내의 ASLB(ATM-PON Slave Block)에 출력하게 된다.

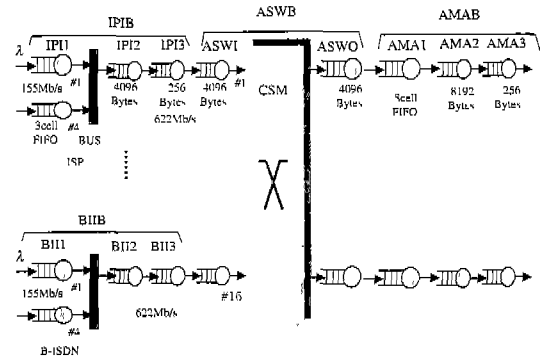


그림 3 ATM 기반 수동 광가입자 망에서의 광선로 중단 시스템의 구성도

3.2 큐잉(Queueing) 모델링 및 동작 분석

네트워크 시스템 성능을 주어진 주기 시간 동안에 측정하고 분석하기 위해 수학적인 방법을 제공하는 작업 분석을 사용한다. 작업분석의 목표는 주어진 주기 시간 동안에 시스템내의 측정 가능한 양, 즉 작업변수와 관련된 방정식이다[5]-[10].

(그림 4)는 서버 큐잉 시스템을 나타내며, A는 관측 주기동안에 발생한 일의 도착 개수, C는 관측주기동안에 발생한 일의 완료 개수, λ는 일의 도착률, 그리고 X는 일의 출력률을 의미한다.

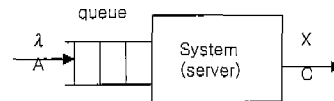


그림 4 서버 큐잉 시스템

시스템이 T초의 관측주기 동안 측정되고, 각 장비 i=1,...,k 에 대해 다음과 같이 기호들이 정의된다고 가정한다.

A₀가 장비 j에서 첫번 째로 서비스를 요청하는 일의 수("0"은 외부 장비를 표시)라고 정의하면, 시스템에 입력하는 일의 도착 개수는 다음과 같다.

$$A_0 = \sum_{j=1}^k A_{0j} \quad (1)$$

그리고 관측주기동안에 장비 i에서 발생하는 일의 도착 개수를 A_i 라 한다.

C_{ij} 가 장비 i에서 서비스 요청을 완료한 직후 장비 j에서 일이 서비스를 요청하는 회수라고 정의하면, 관측주기동안에 장비 i에서 완료하는 일의 개수는 다음과 같다.

$$C_i = \sum_{j=0}^k C_{ij} q_{ij}, \quad i=1, \dots, k \quad (2)$$

여기서 q_{ij} 는 루팅 주파수, 즉 장비 i에서 서비스 요청을 완료한 직후 장비 j로 일이 진행될 확률을 의미하며 다음과 같이 정의된다.

$$q_{ij} = \begin{cases} \frac{C_{ij}}{C_i}, & \text{if } i=1, \dots, k \\ \frac{A_{0i}}{A_0}, & \text{if } i=0 \end{cases} \quad (3)$$

그리고 폐루프 시스템인 경우 $A_0 = C_0$ 이다. 한편 관측주기동안에 발생하는 시스템이 busy가 되는 총시간을 B_i 라 하면, 장비 i의 이용률 U_i , 평균서비스시간 S_i , 그리고 출력을 X_i 은 다음과 같이 정의된다.

$$U_i = \frac{B_i}{T} \quad (4)$$

$$S_i = \frac{B_i}{C_i} \quad (5)$$

$$X_i = \frac{C_i}{T} \quad (6)$$

일의 흐름이 균형을 이룬 경우 평형 원리로부터 다음의 방정식을 유도할 수 있다.

$$C_j = A_j = \sum_{i=0}^k C_{ij}, \quad i=0, \dots, k \quad (7)$$

그리고 장비 j의 처리량 X_j 은 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$X_j = \sum_{i=0}^k X_i q_{ij}, \quad j=0, \dots, k \quad (8)$$

일(Job)당 한 장비에 대한 평균 요청 개수를 방문 비율이라 하는 데, 시스템의 출력에 연관된 장비 i를 통과하는 일의 흐름을 의미하며 다음과 같이 정의된다.

$$V_i = \frac{X_i}{X_0} \quad (9)$$

한편 시스템내의 일의 개수 N이 증가함에 따라 장비들의 응답 시간이 포화되게 된다. 이용률이 근사적으로 100%일 경우, 장비 i는 포화되었다고 한다. 즉 $U_i=1$ 이면, $X_i \approx 1/S_i$ 이다. 그리고 병목(Bottleneck)현상은

N이 증가함에 따라 포화되는 임의의 장비를 b라 하면, 이런 장비는 전체 시스템의 성능을 제한하며, 다음과 같이 표시된다.

$$V_b S_b = \max\{V_i S_i, \dots, V_k S_k\} \quad (10)$$

3.3 ATM 기반 수동 광가입자 망의 성능 분석

3.3.1 블록별 시스템 파라미터 값

1) IPIB/BIB 블록

IPIB/BIB 블록의 버퍼 구조는 (그림 3)과 같이 3 cell FIFO, ATM cell 처리부 및 출력 버퍼로 구성되어 있다. IPI1/BII1로의 입력 셀속도는 155.52Mb/s (STM-1)로 전송된다. Overhead를 제외한 페이로드 부분만을 적용하면 평균 전송속도는 149.76Mb/s가 되며, 평균 도착률은 λ 로 둔다. IPI1/BII1 4개 각각의 입력은 포아송(Poisson) 도착으로 가정한다. IPI1/BII1의 출력은 버퍼에 데이터가 저장되어 있을 때 IPI2/BII2에서 무작위로 가져가며, 입력된 모든 셀은 손실없이 출력되어지며, 각각 λ 의 값을 가지므로 전송되는 셀 속도는 4λ 가 된다. ATM 셀은 53바이트이고, 동작클럭속도는 51.84MHz이고 2바이트씩 처리하므로 IPI1/BII1의 처리속도는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \mu (\text{Service Rate}) &= 51.84\text{Mbps} \times 2\text{bytes}/53 \\ &= 1,956,226.415 (\text{Cell}/\text{sec}) \end{aligned} \quad (11)$$

IPI2/BII2는 ATM 셀을 처리하는 블록으로 53 바이트로 구성된 ATM 셀이 들어오면 스위치에서의 루팅 처리를 위해 11바이트로 구성된 태그를 첨부한다. 이 과정에서 형성된 64바이트를 32바이트의 두 부분으로 나누어 다시 오버헤드 4바이트를 첨부하여 총 36 워드로 구성하며, 워드 단위로 처리하게 된다. 시스템 클럭이 51.84MHz이고, 프로세싱 비트가 16Bits/51.84MHz 그리고 입력 1셀이 72바이트이므로, IPI2/BII2의 처리속도는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \mu (\text{Service Rate}) &= 51.84\text{Mbps}/36 \\ &= 1,440,000 (\text{Cell}/\text{S}) \end{aligned} \quad (12)$$

IPI3/BII3에 입력되는 모든 셀들이 처리된다고 가정하면 셀 도착률은 4λ 이다.

IPI3/BII3에서의 처리속도는 16Bits/51.84MHz이므로, 처리속도는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} (\text{Service Rate}) &= 51.84\text{Mbps}/36 \\ &= 1,440,000 (\text{Cell}/\text{S}) \end{aligned} \quad (13)$$

2) ASWB 블록

ASWB 블록의 버퍼 구조는 (그림 3)과 같이 입력 버퍼, Common Shared Memory(CSM) 및 출력 버퍼로 구성된다.

ASWI 입력 속도는 IP1B/BI1B의 출력 속도이므로 4λ가 되며, 처리속도는 다음과 같다.

$$\mu(\text{Service Rate}) = 51.84\text{Mbps}/36 = 1,440,000(\text{Cell/S}) \quad (14)$$

ASWI 출력 속도가 각각 4λ이고, 16개의 버퍼의 입력 속도로 적용되므로, CSM 입력 속도는 64λ가 된다. CSM의 처리속도는 CSM가 1/2 Cell Time이라 가정하면 처리속도는 다음과 같다.

$$\mu(\text{Service Rate}) = 2 \times 51.84\text{Mbps}/36 = 2,880,000(\text{Cell/S}) \quad (15)$$

CSM의 출력 속도가 ASWO의 입력 속도로 적용되고, 16개의 버퍼 각각으로의 루팅 주파수가 1/16이므로 4λ가 된다. ASWO의 처리속도는 다음과 같다.

$$\mu(\text{Service Rate}) = 51.84\text{Mbps}/36 = 1,440,000(\text{Cell/S}) \quad (16)$$

3) AMAB 블록

AMAB 블록의 버퍼 구조는 (그림 3)과 같이 3개의 상태로 구분하여 분석한다.

ASWB의 출력속도가 AMA1의 입력속도로 적용되므로 4λ가 된다.

$$\mu(\text{Service Rate}) = 51.84\text{Mbps}/36 = 1,440,000(\text{Cell/S}) \quad (17)$$

AMA2의 입력속도는 AMA1의 출력속도와 동일하다. 그리고 AMA3의 입력속도도 AMA1의 출력속도와 동일

하므로 4λ가 된다. AMA3의 처리속도는 IP1B/BI1B의 ATM 처리부에서 재구성된 ATM 셀이 다시 53바이트로 복원되기 때문에 51.84MHz당 16비트로 53바이트를 처리하는 형태이므로 다음과 같다.

$$\mu(\text{Service Rate}) = 51.84\text{Mbps} \times 2/53 = 1,956,226.415(\text{Cell/S}) \quad (18)$$

이상의 각 블록에서의 시스템 파라미터 값을 정리하면 <표 1>과 같다.

3.3.2 블록별 이용률 및 루팅 주파수

블록별 이용률은 각 블록의 평균 서비스 시간(Si)과 입력속도 λ를 곱한 값이다. 그리고 블록별 루팅 주파수는 블록 j에서의 서비스 요청을 완료한 직후 블록 j로 일이 진행할 확률이므로, 블록별 이용률 및 루팅 주파수 <표 2>와 같다.

3.3.3 블록별 방문 비율 및 시스템 응답시간

각 블록별 버퍼의 응답시간(Ri)을 평균 서비스 시간(Si)으로 간주한다. 그리고 방문 비율은 한 블록에 대해 일당 평균 요청 개수를 나타내는 데, 다음의 일흐름 평형 방정식으로부터 계산이 가능하다.

$$V_i = \frac{X_i}{X_0} \quad (19)$$

여기서 $X_i = v_i X_0$ 는 시스템 내 일흐름을 의미한다. 각 블록의 루팅 주파수 q_{ij} 는 장비 i에서의 서비스 요청을

표 1 각 블록에서의 시스템 파라미터 값

항 목	IP1B/BI1B			ASWB			AMAB		
	IP11/BI11	IP12/BI12	IP13/BI13	ASWI	CSM	ASWO	AMA1	AMA2	AMA3
λ (Cells/sec)	λ	4λ	4λ	4λ	64λ	4λ	4λ	4λ	4λ
Output Rate	λ	4λ	4λ	4λ	4λ	4λ	4λ	4λ	4λ
μ	1,956,226.415	1,440,000	1,440,000	1,440,000	2,880,000	1,440,000	1,440,000	1,440,000	1,956,226.415
K(Queue Cells)	3	56.89	3.55	56.89	64	56.89	8	113.78	3.55
Si(μS)	0.511	0.694	0.694	0.694	0.347	0.694	0.694	0.694	0.511

표 2 블록별 이용률 및 루팅 주파수

항 목	IP1B/BI1B			ASWB			AMAB		
	IP11/BI11	IP12/BI12	IP13/BI13	ASWI	CSM	ASWO	AMA1	AMA2	AMA3
λ (Cells/sec)	λ	4λ	4λ	4λ	64λ	4λ	4λ	4λ	4λ
Si(μS)	0.511	0.694	0.694	0.694	0.347	0.694	0.694	0.694	0.511
Ui(10 ⁴)	0.511λ	2.776λ	2.776λ	2.776λ	0.347λ	22.208λ	2.776λ	2.776λ	2.044λ
q _{ij}	1	1	1	1	1/16	1	1	1	1

표 3 블록별 방문비율 및 응답시간

항목	IPIB/BIIB			ASWB			AMAB		
	IPI1/BI11	IPI2/BI12	IPI3/BI13	ASW1	CSM	ASWO	AMA1	AMA2	AMA3
Ri(μS)	0.511	0.694	0.694	0.694	0.347	0.694	0.694	0.694	0.511
Vi	1	4	4	4	64	4	4	4	4
R(μS)=Ri*Vi	0.511	2.776	2.776	2.776	22.208	2.776	2.776	2.776	2.044

표 4 블록별 응답시간

항목	IPIB/BIIB			ASWB			AMAB		
	IPI1/BI11	IPI2/BI12	IPI3/BI13	ASW1	CSM	ASWO	AMA1	AMA2	AMA3
Si*Vi(μS)	0.511	2.776	2.776	2.776	22.208	2.776	2.776	2.776	2.044

완료한 직후 장비 j로 일이 진행될 확률이므로, 방문 비율은 (식 8)로부터 다음과 같이 표시할 수 있다.

$$V_j = q_{0j} + \sum_{i=0}^K V_i q_{ij}, \quad j=1, \dots, k \quad (20)$$

시스템 응답시간은 다음 식을 이용하여 구할 수 있다.

$$R = \sum_{i=0}^K V_i R_i \quad (21)$$

블록별 방문 비율 및 응답시간은 <표 3>과 같고, 총 시스템 응답시간은 41.419μs가 된다.

4. ATM 기반 수동 광가입자 망에서의 광선로 중단 시스템의 성능분석 결과 및 논의

시스템 내의 일의 수가 증가함에 따라 처리량 및 응답시간이 포화된다. 방문비율과 평균 서비스 시간이 일의 수가 변화할 때 변하지 않는다고 가정하면, 시스템 내 병목(Bottleneck)이 되는 블록은 (식 10)과 같이 방문비율과 평균 서비스 시간의 곱이 가장 큰 값을 가지는 블록이다.

ATM 기반 수동 광가입자 망의 광선로 중단 시스템에서 병목이 되는 블록은 <표 4>와 같이 ASWB 블록 내 CSM이라는 것을 알 수 있다.

각 블록의 버퍼에서 일의 도착이 도착률 λ의 포아송(Poisson) 분포, 버퍼에서 처리가 처리속도 μ를 가진 일 정한(deterministic) 서비스 시간을 가진다고 가정한다. 참고문헌[7]에 의하면 $p^k(j)$ 는 다음 식과 같이 주어진다. 여기서, $p^k(j)$ 와 $p^{\infty}(j)$ 는 각각 M/D/1/K와 M/D/1

의 큐잉모델에서 시스템 내에 j개의 일을 가진 확률을 의미하며, $p_c^k(j)$ 와 $p_e^k(j)$ 는 각각 M/D/1/K의 큐잉모델에서 출발과 도착 시점에 관한 것이다.

$$p^{\infty}(0) = 1 - \rho \quad (22)$$

$$p^{\infty}(1) = (1 - \rho)(e^{\rho} - 1) \quad (23)$$

$$p^{\infty}(n) = (1 - \rho) \sum_{i=1}^n (-1)^{n-i} e^{\rho} \left[\frac{(i\rho)^{n-i}}{(n-i)!} + \frac{(i\rho)^{n-i-1}}{(n-i-1)!} \right], \text{ for } n > 1 \quad (24)$$

$$p_d^k(j) = p_c^k(j) \quad (25)$$

$$p_d^k(0) = p_c^k(0) = \frac{p^{\infty}(0)}{\sum_{i=0}^k p^{\infty}(i)} \quad (26)$$

$$p^k(j) = \frac{p_c^k(j)}{\rho + p_c^k(0)}, \quad j=0, \dots, k \quad (27)$$

블록 내 일의 최대 수가 K이기 때문에 n=K일 때, 즉 블록이 허용할 수 있는 일만큼 가득 차 있을 경우 새로 도착한 일은 배척되어 상태는 K로 제한된다. 따라서 도착한 일이 기각되는 손실률은 다음 식과 같이 정의된다.

$$p^k(k) = \frac{p_c^k(k)}{\rho + p_c^k(0)} \quad (28)$$

ATM 기반 수동 광가입자 망의 광선로 중단 시스템에서 병목이 되는 ASWB 블록 내 CSM에서의 성능을 분석하였는데, 버퍼수, K=64이고 CSM의 처리속도는 2,880,000이다.

한편 ATM 기반 수동 광가입자 망의 광선로 중단 시스템에서 실제 전송속도가 155.52Mb/s로 가정하면 λ

(최대값)은 $155.52\text{Mbps}/(53 \times 8\text{bit}) = 365,613\text{cells/sec}$ 이고, CSM에서의 도착률/처리속도의 최대값은 0.127이 되므로 이것을 고려하여 성능을 분석하였다. ASWB 블록 내 CSM에서의 손실률을 각각 CSM의 도착률/처리속도와 CSM의 도착률에 대해서 나타내면 (그림 5)와 (그림 6)과 같다.

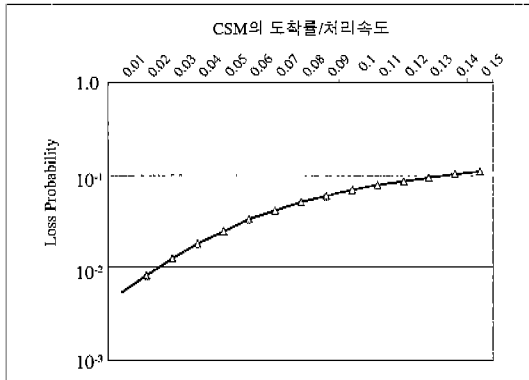


그림 5 CSM에서의 도착률/처리속도에 대한 손실률

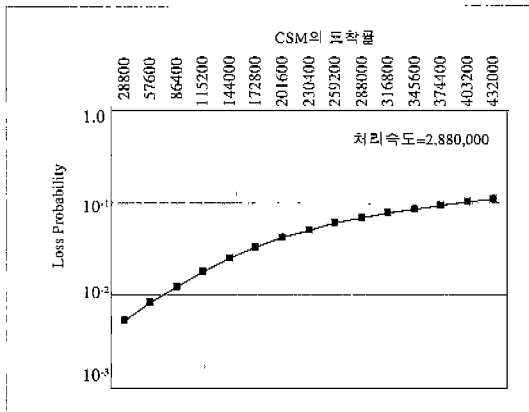


그림 6 CSM에서의 도착률에 대한 손실률

(그림 5)와 (그림 6)에서 보는 바와 같이 CSM에서의 손실률은 도착률/처리속도와 도착률이 증가함에 따라 증가함을 알 수 있다.

한편 블록 내 평균 일수는 다음과 같이 정의된다.

$$N = \sum_{n=1}^k np^k(k) \tag{29}$$

그리고 평균 지연시간은 다음과 같다.

$$D = \frac{N}{\lambda} \tag{30}$$

ASWB 블록 내 CSM에서의 평균 일의 수와 평균 지연시간을 나타내면 각각 (그림 7)과 (그림 8)과 같다.

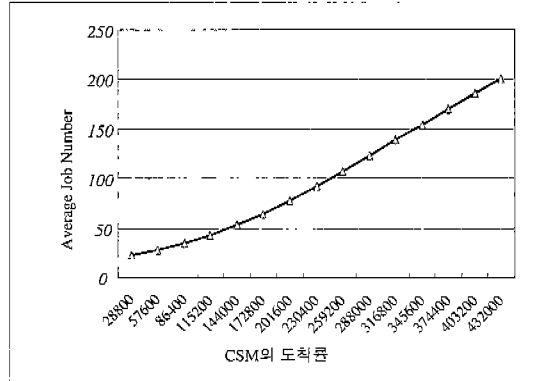


그림 7 CSM에서의 도착률에 대한 평균 일의 수

CSM에서의 평균 일의 수는 도착률이 증가함에 따라 증가함을 알 수 있다.

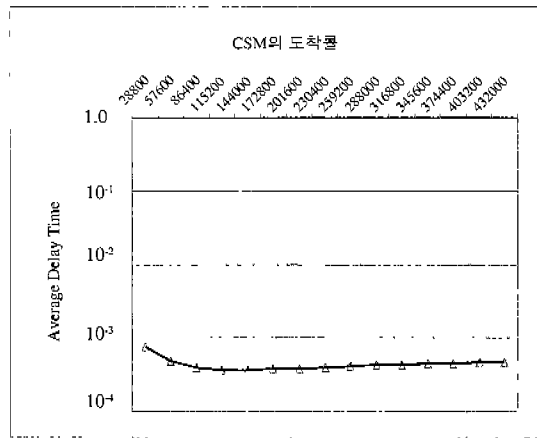


그림 8 CSM에서의 도착률에 대한 평균 지연시간

평균 일의 수가 도착률이 증가함에 따라 증가하기 때문에 CSM에서의 평균 지연시간은 거의 변동이 없음을 알 수 있다.

5. 결론

초고속 멀티미디어 서비스 및 인터넷 서비스를 가정에 제공하기 위해 연구되고 있는 ATM 기반 수동 광가입자 망에서 작업분석기법을 사용하여 버퍼구조에 따른

성능을 분석하였다. ATM 기반 수동 광가입자 망에 적용할 수 있는 스위치와 버퍼 크기 등의 파라미터를 도입하여 각 모듈의 이용도, 부하에 따른 시스템의 전달 지연 시간 및 처리능력 등의 성능 특성을 분석하였으며, 시스템 성능에 장애 요소가 되는 병목 블록에 대하여 분석하였다.

그 결과 ATM 기반 수동 광가입자 망에서 병목이 되는 블록은 622Mb/s 신호 16x16 스위칭 기능을 수행하는 CSM 블록임을 알 수 있었다. CSM 블록의 입력 도착률이 증가함에 따라 손실률도 증가함을 알 수 있다. 본 논문에서 분석한 ATM 기반 수동 광가입자 망의 광선로 중단 시스템의 성능 결과는 ATM 기반 수동 광가입자 망의 하드웨어구조 및 버퍼구조 설계에 반영할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- [1] ITU-T G983.1, "Broadband Optical Access Systems Based on PON," 1999.10.
- [2] "Full Services Access Network Requirements Specification," 1999.1.
- [3] ITU-T Recommendation G.982.
- [4] ITU-T Recommendation G.671.
- [5] Hiroshi Saito, Teletraffic Technologies in ATM Networks, pp123-pp133.
- [6] D. Gross and C. M. Harris, Fundamentals of Queuing Theory, pp. 252-pp326.
- [7] CEC, Information Technologies and Sciences, pp. 99-pp143.
- [8] Hiromi Okada, 情報 Network, pp. 128-pp153.
- [9] G.S Graham, "Queueing Network model of Computer system Performance," ACM Computing Surveys Volume 10,1978.
- [10] L. Kleinrock, "Queueing Systemes," John Wiley & Son, 1989.



강 구 홍

1985년 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사). 1985년 ~ 1993년 한국전자통신연구소 선임연구원. 1990년 충남대학교 전자공학과 졸업(공학석사). 1998년 포항공과대학교 전자계산학과 졸업(공학박사). 1998년 ~ 1999년 한국전자통신연구소 선임연구원. 2000년 ~ 현재 서원대학교 컴퓨터정보통신공학부 정보통신공학과 전임강사. 관심분야는 트래픽 제어, 성능평가, 컴퓨터 네트워크



박 상 조

1983년 서울대학교 제어계측공학과 졸업(공학사). 1985년 서울대학교 제어계측공학과 졸업(공학석사). 1984년 ~ 1991 삼성전자 종합연구소 과장. 1992년 ~ 2000년 한국전자통신연구소 선임연구원. 1995년 ~ 1996년 일본 국립 오사카대학 연구생. 1999년 일본 국립 오사카대학 통신공학과 졸업(공학박사). 2000년 ~ 현재 서원대학교 컴퓨터정보통신공학부 정보통신공학과 전임강사. 관심분야는 광무선 액세스 네트워크, 광 CDMA 방식, ATM 네트워크