

## 광대역 ISDN의 트래픽 성능분석에 관한 연구

正會員 具 昌 會\* 正會員 朴 光 採\* 正會員 李 在 昊\*

### A Study on the Performance Analysis of Broadband ISDN Traffic

Chang Hoi Koo\*, Kwang Chae Park\*, Jae Ho Lee\* *Regular Members*

#### 요 약

본 논문에서는 멀티미디어 트래픽을 갖는 B-ISDN의 스위치/멀티플렉서 등에서 중요한 파라메타로 결정되는 버퍼 크기에 대한 트래픽의 성능을 분석하였다. 멀티미디어 트래픽은 포아송 분포 트래픽, 그리고 기하분포와 지수 분포의 ON 시간 주기(버스트 분포)를 갖는 버스트 트래픽이 혼합되는 트래픽으로 모델링 하였다.

멀티미디어 트래픽으로 모델링한 트래픽에 대해서 성능을 분석하고 양질의 서비스를 제공할 수 있는 셀 손실률에 대한 버퍼의 크기를 제시하였다.

시뮬레이션은 PC SIMSCRIPT II.5를 이용하였고 시뮬레이션 프로그램은 PREAMBLE, MAIN, INITIAL, ARRIVAL., DEPARTURE 및 STOP·SIM의 모듈로 구성하였다. 특히 혼합된 트래픽의 시뮬레이션에서는 ARRIVAL 모듈을 I, II로 나누고 셀을 각각의 모듈에서 독립적으로 발생시켜 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션 모델링은 이벤트 스케줄링(Event Scheduling) 방식을 적용하여 시행하였다.

#### ABSTRACT

In this paper, performance of B-ISDN traffic for the buffer size which is requested of important parameters in switch/multiplexer of B-ISDN with multimedia traffic is analyzed. Multimedia traffic is modeled as a traffic, which is composed of poisson distribution traffic and burst traffic with exponential/geometric ON time duration(Burst duration)

Performance of traffic which is modeled as a multimedia traffic is analyzed and buffer size, can provide the high quality service, is presented for the cell loss probability.

It is simulated using event scheduling approach method which is provided by simulation package, PC SIMSCRIPT II.5. Simulation program is composed of PREAMBLE, MAIN, INITIAL, ARRIVAL, DEPARTURE and STOP·SIM modules. Specially, in case of mixed traffic simulation, ARRIVAL module is composed of ARRIVAL I and ARRIVAL II, and cells are generated independently by each module.

\*光云大學校 電子通信工學科  
Dept. of Telecommunication Engineering, Kwang Woon Univ.  
論文番號 : 93-100

## I. 서 론

최근의 멀티미디어를 지향하는 B-ISDN(Broadband-Integrated Service Digital Network)은 음성, 고품질의 오디오, 정지 화상 및 동화상등과 같은 다양한 형태의 정보를 제공해야만 한다. 이러한 B-ISDN을 효과적으로 운용하기 위해서 CCITT에서 권고하는 프로토콜이 ATM(Asynchronous Transfer Mode)이다. ATM은 53옥테트(Octet)라는 고정된 크기의 셀(Cell)이라는 블록을 이용하는 패킷 스위칭에 기반을 두는 전송 방식으로서 저속에서 고속 데이터까지 이르는 광범위한 트래픽을 수용할 수 있고 많은 양의 정보를 발생시키는 소스(Source)와 버스티(Bursty) 트래픽, 그리고 연속적으로 발생하는 트래픽 등을 효과적으로 수용할 수 있다.<sup>[1]</sup>

멀티미디어 트래픽을 수용하는 시스템의 트래픽은 다양한 소스에서 발생한 정보가 다중화(Multiplexing)되기 때문에 이러한 트래픽의 도착 과정(Arrival Process), 지속분포(ON Time Distribution)등의 특성 파악이 중요한 과제로서 현재 이러한 트래픽 규명 연구가 활발히 진행되고 있다. 그중 대표적인 것은 도착률이 다른 몇개의 도착 상태를 확률적으로 천이하는 MMPP(Markov Modulated Poisson Process)로 모델링 하여 해석하는 방법<sup>[3][4]</sup>, ON 시간(셀이 발생하는 시간)과 OFF 시간(셀이 발생하지 않는 시간)으로 슬롯을 단위화 하여 해석하는 IPP(Interrupted Poisson Process) 모델<sup>[5][6]</sup>등이 있으며 [7]에서는 배치 입력을 고려하여 배치의 도착 간격을 기하 분포, 배치 크기의 분포를 일반 분포로 가정하여 해석하였다.

위의 모델 이외에도 입력 트래픽을 포아송 분포, 서비스 분포를 균일 분포로 단순화하여 해석한 M/D/1/k 모델과 일반(General)입력 분포와 일반 서비스 분포를 가정하여 Fluid 근사 해석법등을 적용하여 해석하였으나<sup>[8]</sup> B-ISDN의 운용 프로토콜인 ATM의 서비스 형태가 슬롯 개념의 전형적인 동기화(Synchronous) 서비스를 이루므로 대부분의 서비스 분포의 해석은 균일 서비스 분포를 가정하고 있다.

본 논문에서는 B-ISDN의 멀티미디어 트래픽에 대한 시뮬레이션 모델을 제시하고 ATM 프로토콜로 운용되는 B-ISDN의 멀티미디어 트래픽의 특성을 Simulation Package인 SIMSCRIPT II.5<sup>[2]</sup>로 분석하여 B-ISDN에서 중요한 파라메타의 하나로 작용되는 최적의 버퍼의 크기를 제시하였다.

본 논문은 제2장에서는 멀티미디어 트래픽 특성을, 제3장에서는 멀티미디어 트래픽 모델링을 제4장에서는 시스템의 시뮬레이션 모델을 제시하고, 제5장에서는 시뮬레이션의 결과를 분석하고 제6장에서 결론 및 앞으로의 연구 방향에 대해서 논한다.

## II. 멀티미디어 트래픽 특성

음성, 영상, 실시간 애니메이션(Real Time Animation) 및 문서(Document)등의 서비스를 포함하는 멀티미디어 트래픽은 매우 버스티한 트래픽 특성을 갖는다. 고정된 대역폭을 갖는 네트워크에서 버스티 트래픽에 대한 최대 비트율에 따라 대역폭을 미리 할당하는 것은 대역폭 낭비의 결과를 초래한다. 그러므로 가상 연결(Virtual Connection)에 대해서 고정된 길이의 셀에 유연성을 부여하여 자원의 낭비를 줄일 수 있는 ATM은 멀티미디어 트래픽 환경에 대해서 매우 적절하게 쓰일 수 있다.<sup>[9]</sup> 그러나 이러한 기술은 셀의 손실과 지연을 발생 시킨다.

이러한 문제점을 줄이기 위해서는 서비스의 각각의 클래스에 대한 특성을 정확히 관찰할 필요가 있다. 멀티미디어 서비스 트래픽에 대한 특성을 표1에 나타내고 있다.<sup>[10]</sup>

표 1. 멀티미디어 트래픽 특성

Table 1. The characteristics of multimedia traffic

Service	Natural rate	Burstiness
Telephony	4-64 Kbps	2-3
Video Telephony	64k-34 Mbps	1-5
Voice Mail	4-64 Kbps	2-3
Video Mail	2-34 Mbps	2-3
Program Download	1 Mbps	1-10
CAD/CAM	1-40 Mbps	1-10
HIFI Audio	1-2 Mbps	2
Video	2-34 Mbps	2-3
Data	1 Mbps	1-10

## III. 멀티미디어 트래픽 모델링

음성, 영상등의 다종의 트래픽이 혼합되어서 발생하는 멀티미디어 트래픽은 시스템 성능에 중요한 영향을 미치게 된다. B-ISDN의 정확한 트래픽 특성은 정의되어 있지 않지만 다음과 같이 몇가지로 분류할

수 있다.<sup>[11]</sup>

① CBR(Continuous Bit Rate) source

주기적으로 셀을 발생시키는 트래픽으로 셀들간의 간격이 소스레이트(Rate)에 따라 결정되는 트래픽

② ON/OFF source

셀을 발생시키는 활성화(Active) 주기와 셀을 발생시키지 않는 비활성화(Silence) 주기로 분류되는 트래픽

③ Video codec source

셀 발생률이 급속히 변화하는 트래픽

3-1. 음성트래픽 모델

유음 시간, 무음 시간의 ON/OFF 특성으로 나타나는 음성 트래픽은 [12]에 의하면 1.366초와 1.802초의 평균값을 갖는 지수 분포를 갖고 Two-state Markov process로 모델링 할 수 있다. 양질의 음성을 서비스하기 위해서는 표 2의 파라메타를 만족해야만 한다.<sup>[13]</sup>

표 2. 음성 트래픽의 특성

Table 2. The characteristics of voice traffic

종단간 지연	최대 허용 jitter	처리 속도	셀 손실율
250 msec	10 msec	64 Kbps	3-5%

3-2. 정지 화상 모델

한개의 정지 화상으로 부터의 셀의 발생은 연속 시간의 경우에는 포아송 도착 프로세스로 이산 시간의 경우에는 기하(Geometric) 도착 프로세스로 모델링 할 수 있다. 평균 도착률  $\lambda$ 인 포아송 도착 프로세스의 경우 셀 도착 간격(Inter Arrival Time) T는 다음과 같이 지수 분포로 나타낼 수 있다.

$$f_T(t) = \lambda \cdot \text{Exp}(-\lambda \cdot t) \quad (1)$$

3-3. 동화상 모델

장면의 변화가 적은 동화상에 대한 모델링 방법으로 다음과 같은 모델이 제안되었다.<sup>[14]</sup> 아래의 식은 셀 도착률을 나타내는 것으로 연속 상태 AR(AutoRegressive) Markov 프로세스이다.

$$\lambda(n) = \sum_{m=1}^M a_m \cdot \lambda(n-m) + b \cdot \omega(n) \quad (2)$$

-M : 모델의 차수

- $\lambda(n)$  : n번째 동화상의 셀 비트율

- $\omega(n)$  : 가우시안(Gaussian) 랜덤 프로세스

- $a_m(m=1, 2, \dots, M)$ ,  $b$  : 상수

3-4. 멀티미디어 트래픽의 모델링

랜덤 변수(Random Variable) 이론에 의하면 상호 독립적인 랜덤 변수의 합은 각각의 랜덤 변수의 콘볼루션으로 나타낼 수 있다. 본 논문의 시뮬레이션에서 발생 시킨 트래픽은 다종 이속도의 특성을 갖고 발생하는 혼합된 트래픽으로 각각의 소스에서 발생하는 한종의 트래픽을 한개의 랜덤 변수로 모델링하고 각각의 트래픽을 독립적으로 발생시켰으므로 임의의 확률분포를 갖는 각각의 랜덤 변수들의 콘볼루션(Convolution)을 취함으로써 멀티미디어 트래픽을 모델링 할 수 있다. 본 논문에서의 시뮬레이션의 트래픽 모델에 대한 수학적 표현은 다음과 같은 이산 시간 랜덤 변수의 콘볼루션으로 구할 수 있다.

이산 랜덤 변수(Discrete R.V)의 콘볼루션은 다음과 같이 구할 수 있다. X와 Y를 확률 분포  $P(X=n) = a_n$ ,  $P(Y=n) = b_n$  ( $n=0, 1, 2, \dots, \infty$ )을 갖는 독립 랜덤 변수라고 하면  $Z=X+Y$ 의 확률 분포를  $P(Z=n) = c_n$  ( $n=0, 1, 2, \dots, \infty$ )으로 나타낼 수 있고 독립 변수 X와 Y는 상호 배타 사건의 합(A Union of Mutually Exclusive Events)으로서 식(3)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\{Z=n\} = \bigcup_{j=0}^n \{X=j, Y=n-j\} \quad (3)$$

이때 X와 Y는 각각 독립의 이산 랜덤 변수이므로 (4)식과 같이 이산 상태 랜덤 변수의 콘볼루션을 구할 수 있다.

$$c_n = \sum_{j=0}^n P(X=j, Y=n-j) = \sum_{j=0}^n a_j \cdot b_{n-j} \quad (n=0, 1, 2, \dots, \infty) \quad (4)$$

IV. 시스템 시뮬레이션

광대한 통신망의 성능을 분석하기 위해서 실제 상황으로 통신망을 구현하기란 불가능하므로 시뮬레이션을 행하여 B-ISDN의 환경을 조성하고 실제 트래픽 상황을 구현하여 성능을 분석, 평가한다.

본 논문에서는 컴퓨터 시뮬레이션을 시뮬레이션 전용 Package인 SIMSCRIPT II.5를 사용하여 시행하였다. 시뮬레이션 프로그램은 PREAMBLE, MAIN, INITIAL, ARRIVAL, DEPARTURE 및 STOP·SIM의 모듈로 구성하였다. 특히 혼합된 트래픽의 시뮬레이션에서는 ARRIVAL 모듈을 I, II로 나누고 셀은 각각의 발생 모듈에서 독립적으로 발생한다. 발생된 셀은 하나의 QUEUE에 혼합되어 입력되도록 스케줄링하였으며, 각각의 모듈은 다음과 같은 기능을 수행한다.

- ① PREAMBLE: 전체 프로그램에 이용되는 변수의 정의와 시스템 파라메타를 결정한다.
- ② MAIN: MAIN 루틴의 첫 문장을 실행하는 시뮬레이션의 시작 부분으로 ARRIVAL, DEPARTURE, STOP·SIM의 모듈을 제어한다.
- ③ INITIAL: 시뮬레이션 파라메타를 초기화한다.
- ④ ARRIVAL: 셀의 발생을 스케줄링한다.
- ⑤ DEPARTURE: 셀의 처리를 제어한다.
- ⑥ STOP·SIM: 시뮬레이션의 결과를 출력한다.

시뮬레이션은 SIMSCRIPT II.5에서 제공하는 이벤트 스케줄링 방식(Event Scheduling Approach)을 이용하여 수행하였다. 이외에 SIMSCRIPT II.5에서는 프로세스 인터 액션(Process Interaction Approach)방법도 제공한다.

시뮬레이션에서 셀의 발생은 도착 발생 이벤트(Event)에 의해서 수행되며 이에 대한 흐름도는 그림 1과 같다.

본 논문에서는 셀의 처리 시간을 균일하게 1로 고정시키고 큐의 길이는 서버를 제외하고 N으로 고정시켰으며 약 80만개-100만개[시뮬레이션 1회]의 셀을 발생시켜서 결과를 얻었다. 시뮬레이션의 시스템 모델은 그림 2와 같다.

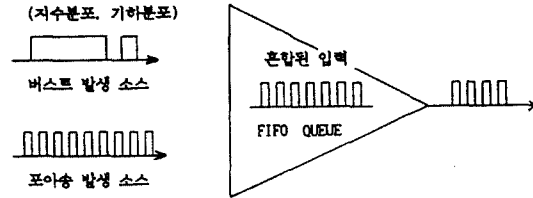


그림 2. 시뮬레이션 시스템 모델  
Fig 2. The model of simulation system

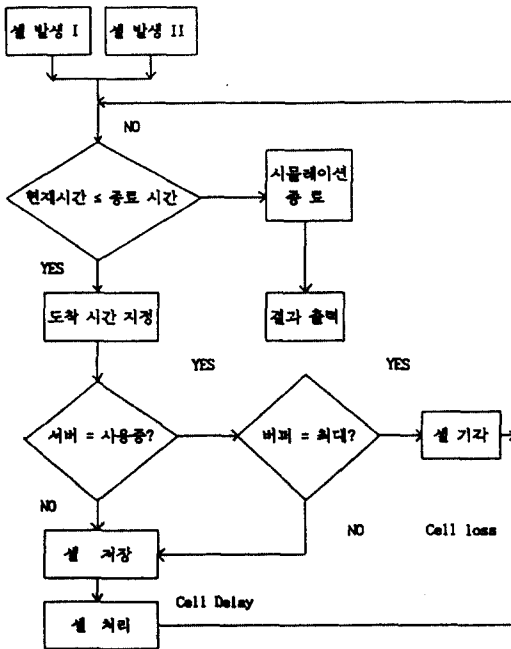


그림 1. 셀 발생 루틴의 흐름도  
Fig 1. The flow chart of cell generation routine

### V. 결과 및 분석

멀티미디어 트래픽을 수용하는 B-ISDN의 구현시 각 노드에서의 버퍼의 크기는 망 전체의 성능에 크게 영향을 주며 분석하고자 하는 시스템의 입력 트래픽의 특성에 따라 요구되는 버퍼의 크기등이 좌우된다.

본 장에서는 멀티미디어 트래픽으로 모델링한 각각의 트래픽에 대해서 시뮬레이션을 행하여 특성을 분석하고 최적의 버퍼 크기를 제시한다.

그림 3에서 트래픽 세기가 0.5일 때 버스트 입력 트래픽과 포아송 입력 트래픽에 대한 셀 손실율을 나타냈다. 포아송 입력 트래픽을 고려했을 경우 버스트 크기가 5인 버스트 트래픽 보다 적은 셀의 손실율을 나타내고 있다. 버퍼가 10개 일때 포아송 입력일때는  $10^{-5}$  정도, 버스트 입력 일때는  $10^{-4}$  정도의 셀 손실율을 나타내고 있다. 버스트 입력은 버스트 크기에 따라 셀 손실률에 큰 영향을 주나 버스트 크기가 30 이상이 되면 버스트 크기에 거의 영향을 받지 않음을 알 수 있다.

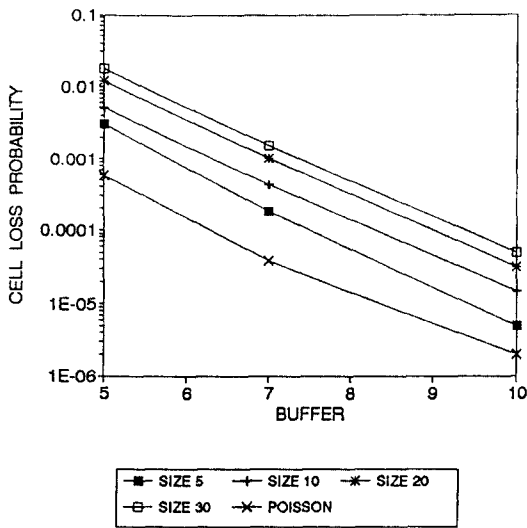


그림 3. 포아송 트래픽과 버스트 입력 트래픽의 셀 손실 확률  
Fig 3. The cell loss probability of poisson input traffic and burst input traffic(traffic intensity : 0.5)

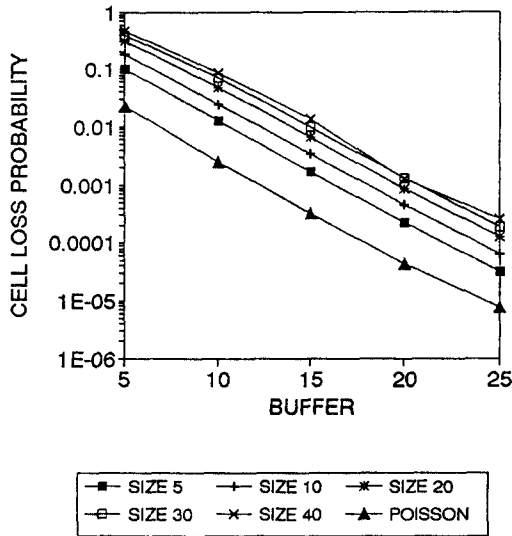


그림 4. 포아송 트래픽과 입력 트래픽의 셀 손실 확률  
Fig 4. The cell loss probability of poisson input traffic and burst input traffic(traffic intensity : 0.8)

그림 4에서는 그림 3의 조건과 모든 것이 동일하지만 트래픽 세기를 0.8로 고려했을때의 셀의 손실율을 나타내고 있다. 그림 4에서 알 수 있듯이 망에 인가되는 부하가 증가됨에 따라 적정의 셀 손실률을 유지하

기 위해서는 더 많은 버퍼를 요구함을 알 수 있다. 그림 3에서와 같이 트래픽 세기가 증가함에 따라 버스트의 크기가 30 이상 일때는 거의 유사한 율로 셀이 폐기 됨을 알 수 있다.

멀티미디어 트래픽으로 운용되는 시스템을 포아송 분포의 입력 트래픽 또는 버스트 입력등과 같이 단일 트래픽으로 모델링하여 성능을 분석하는 것은 수학적 해석 또는 시뮬레이션에 용이하지만 B-ISDN 트래픽 분석시 적절한 결과를 얻을 수 없다. 그러므로 본 논문에서는 실제 트래픽 특성에 시뮬레이션 모델을 근사시키기 위해 특성이 다른 두개의 트래픽이 혼합된 경우로 입력 트래픽을 모델링하여 성능을 분석하였다.

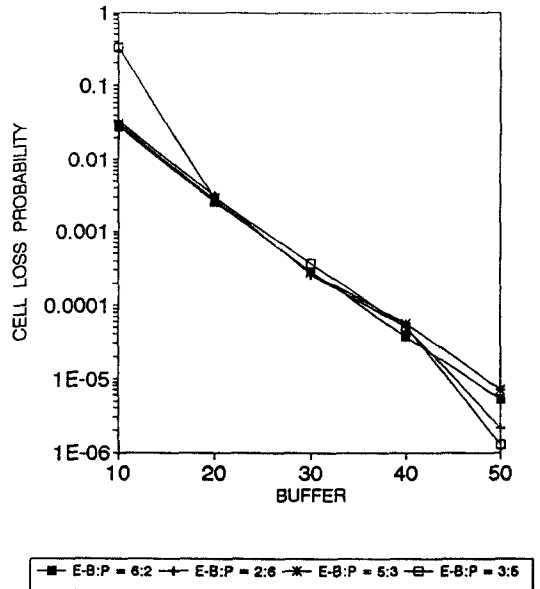


그림 5. 지수 버스트 분포를 갖는 버스트 트래픽과 포아송 입력 트래픽이 혼합된 멀티미디어 트래픽의 셀 손실 확률

Fig 5. The cell loss probability of multimedia traffic which is mixed by poisson input traffic and burst input traffic with exponential burst distribution (traffic intensity : 0.8, burst size : 10)

그림 5에서는 트래픽 세기가 0.8이고 버스트 분포가 지수 분포를 갖는 버스트 입력트래픽과 포아송 입력 트래픽이 각각 6:2, 2:6, 5:3, 3:5등의 다른 비율로 혼합되어 발생했을 때의 결과를 나타낸 것이다.

두개의 트래픽 소스가 중첩되어 발생된 결과는 트래픽의 세기가 동일 할때 단일 소스(그림 3, 그림 4의 결과)일때 보다 더 많은 버퍼를 요함을 알 수 있다. 이 결과는 트래픽의 특성이 좀더 이질화(버스트) 되었다는 것을 나타내는 것이다. 버퍼의 크기가 30전후 일때는 혼합비에 관계 없이 셀이 손실되나 버퍼의 크기가 20이하 또는 40 이상 일때는 혼합비에 따라 큰 폭으로 변함을 알 수 있다. 이때 버스트 크기는 10으로 고정 시켰다.

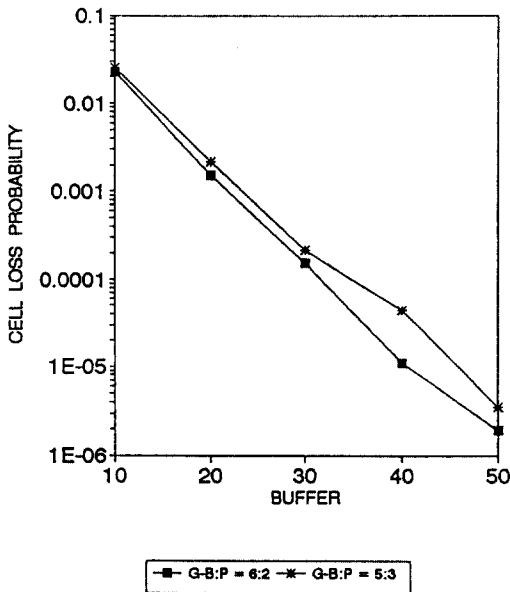


그림 6. 기하 버스트 분포를 갖는 버스트 트래픽과 포아송 입력 트래픽이 혼합된 멀티미디어 트래픽의 셀 손실 확률

Fig 6. The cell loss probability of multimedia traffic which is mixed by poisson input traffic and burst input traffic with geometric burst distribution (traffic intensity : 0.8, burst size : 10)

그림 6에서는 포아송 입력 트래픽과 기하 버스트 분포를 갖는 버스트 트래픽의 혼합비가 각각 6:2, 2:6, 5:3, 3:5 등의 다른 비율로 혼합되었을 때의 셀의 손실율을 나타낸 것이다. 버스트 크기는 그림 5에서와 같이 10으로 고정 시켰다. 버스트 분포가 지수 분포일때와는 달리 버스트 트래픽의 혼합비가 증가함에 따라 셀의 손실률이 증가함을 알 수 있다. 두 트래픽의 혼합비가 2:6일때 보다 3:5일때 셀

손실률이 증가 하는데 이러한 결과는 버스트 트래픽에 혼합된 포아송 분포 트래픽이 적을 때는 혼합된 트래픽의 성질에 거의 영향을 주지 않으므로 혼합 트래픽이 버스트 트래픽으로 단일 소스화 되어버린 것이고 포아송 분포 트래픽의 혼합비가 어느 정도 증가하면 더욱 버스트한 혼합 트래픽이 된다는 것을 나타내는 것이다.

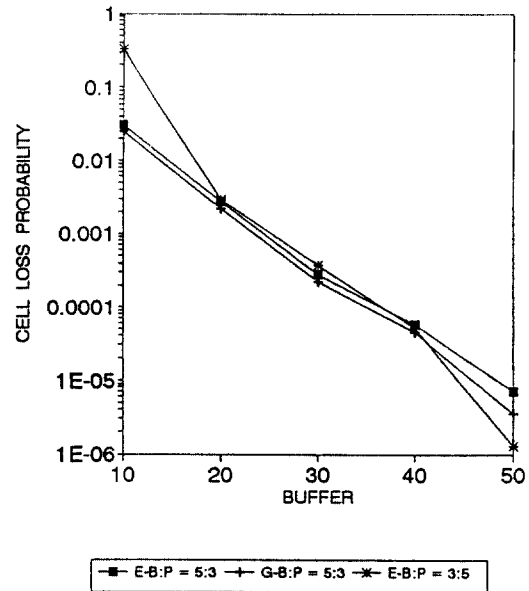


그림 7. 멀티미디어 트래픽의 셀 손실 확률

Fig 7. The cell loss probability of multimedia traffic according to mixture ratio 5:3, 3:5(traffic intensity : 0.8)

그림 7에서는 기하 버스트 분포와 지수 버스트 분포를 갖는 버스트 트래픽과 포아송 트래픽이 3:5, 5:3의 비율로 혼합되었을때의 셀 손실 확률을 나타낸 것으로 E는 지수 버스트 분포를 갖는 버스트 트래픽을 G는 기하 버스트 분포를 갖는 버스트 트래픽을 나타낸다. 그림 8에서는 기하 버스트 분포와 지수 버스트 분포를 갖는 버스트 트래픽과 포아송 트래픽이 6:2, 2:6의 비율로 혼합되었을때의 셀 손실 확률을 나타낸 것이다.

그림 9에서는 셀의 평균 지연 시간을 나타내고 있다. 두 트래픽의 혼합비에 따라 평균 지연 시간이 큰 폭으로 변화함을 알 수 있다. 버퍼의 수가 10개 일때

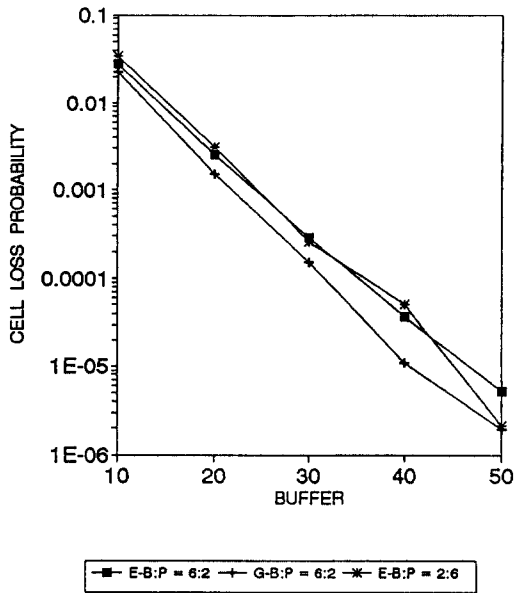


그림 8. 멀티미디어 트래픽의 셀 손실 확률  
 Fig 8. The cell loss probability of multimedia traffic according to mixture ratio 6 : 2, 2 : 6 (Traffic intensity : 0.8)

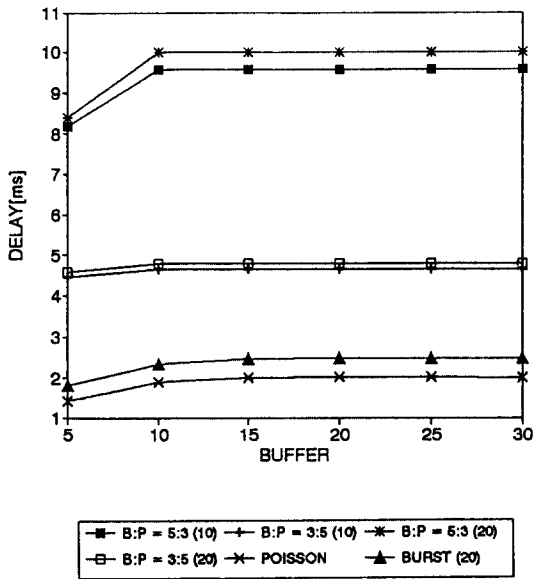


그림 9. 멀티미디어 트래픽의 셀 지연 시간  
 Fig 9. The cell delay of multimedia traffic

평균 지연 시간이 급격히 증가 하지만 버퍼의 수가 증가할 수록 거의 유사한 셀의 지연 시간을 갖음을 알 수 있다. 셀 손실률에서와 마찬가지로 버스트 트래픽의 양이 많아 질 수록 셀의 지연 시간이 증가하고 버스트 크기가 증가할 수록 역시 셀의 지연 시간이 증가됨을 알 수 있다.

#### IV. 결 론

본 논문에서는 멀티미디어를 지향하는 B-ISDN의 입력 트래픽의 특성을 시뮬레이션을 이용하여 분석하고 B-ISDN의 ATM 스위치나 멀티플렉서의 구현 시 중요한 파라메타로 작용하는 버퍼의 크기를 제시하였다. 멀티미디어 트래픽을 포아송 분포로 발생하는 트래픽과 지수 버스트 분포와 기하 버스트 분포를 갖는 버스트 트래픽이 혼합되어서 발생하는 경우로 입력 트래픽을 모델링하여 시뮬레이션을 행하여 각각의 경우에 대해서 셀손실률을 구하고 최적의 버퍼 크기를 제시하였다.

시뮬레이션 결과 단일 포아송 소스로 트래픽을 모델링한 것보다 버스트 트래픽을 가정하여 모델링한 결과가 더 많은 수의 버퍼를 요구함을 알 수 있다. 그러나 실제로 멀티미디어 트래픽을 수용하는 B-ISDN의 성능 분석을 단일 특성을 갖는 트래픽으로 모델링하는 것은 수학적인 해석과 시뮬레이션에 용이하나 비교적 정확한 결과를 예측할 수 없다.

본 논문에서는 실제 멀티미디어 트래픽에 가까운 시뮬레이션 모델을 B-ISDN의 입력트래픽 모델로 제시하고 제시한 트래픽 모델에 대한 성능을 분석한 결과 멀티 미디어트래픽에 근사 시키기 위해서 수행한 두개의 트래픽이 혼합된 트래픽에서는 단일 포아송 트래픽이나 버스트 트래픽보다 많은 버퍼의 수를 요구하고 혼합된 두 트래픽의 혼합비와 버스트 분포의 모델링에 따라서 셀 손실률이 변함을 알 수 있었다.

실제 시스템 구성시와는 어느 정도의 차이가 있겠지만 본 논문에서 제시한 성능 지수등을 실제 시스템 구현에 참조 하면 향상된 성능을 갖는 시스템을 구성할 수 있으리라 생각된다.

본 논문의 분석 결과를 토대로 FDDI등과 같은 고속 통신망들의 트래픽을 분석하고, 특히 ATM과 같은 53옥테트 길이의 데이터를 사용하는 IEEE 802.6 DQDB(Distributed Queue Dual Bus)와 B-ISDN과 접속시 발생하는 트래픽의 제어 문제를 해결하는 것이 차후의 연구 과제라 할 수 있다.

참 고 문 헌

1. Harry Rudin, "ATM-Asynchronous Transfer Mode" Computer Networks and ISDN System 24(1992), North Holland, pp.277-278.
2. CACI, SIMSCRIPT II.5 Reference Manual, Los Angeles, 1983
3. H. Heffes and D. Lucantoni, "A Markov Modulated Characterization of packetized voice and data traffic and related statistical multiplexer performance," IEEE JSAC. Vol.SAC-4, No.6, pp.856-867, Sept. 1986
4. Kotikalapudi sriram, "Characterizing Superposition Arrival Process in Packet Multiplexer for Voice and Data," IEEE JSAC. Vol.SAC-4, No. 6, pp.833-846, Sept. 1986
5. A. Kuczura, "The interrupted poisson process as an overflow process," BSTJ. Vol.52, No.3, pp.437-448, March, 1973
6. Ichiro Ide, "Superposition of Interrupted Poisson Process and Its Application to Packetized Voice Multiplexer," ITC 89'
7. Hasayuki Murata, "Analysis of discrete-time single-server queue with bursty inputs for traffic control in ATM networks," pp.1781-1787, GLOBECOM 89'
8. A. Hatono, K. Kawakita, "A performance analysis model of shared buffer ATM switches," IEICE, SSE. pp.90-105, 1990.
9. Gillian M. Woodruff, "Multimedia Traffic Management Principles for Guranteed ATM Network Performance," IEEE JSAC. Vol.8, No.3, pp.437-446, April. 1990
10. Karl Jonas, "Influence of Priorities on the Performance of Fast Packet Switch in the case of Bursty Traffic," IFIP. Workshop on Broadband Communication, pp.198-208, 1992.
11. J. W. Roberts, "Recent Results on B-ISDN/ATM Traffic Modeling and Performance Analysis-A Review of ITC 13 Papers," pp. 1325-1330, GLOBECOM '91
12. Brady, P. T, "A statistical Analysis of On-Off Patterns in 16 Conversation," BSTJ. March. 1959.
13. Basil Maglaris, "Performance Models of Statistical Multiplexing in Packet Video Communications," IEEE Trans. Comm. Vol.36, No.7, July 1988, pp.834-844
14. Dietmar. B. Hehmann, "High-speed transport systems for Multimedia Applications," North-Holland 89', Protocol for high-speed networks, IFIP. pp.303-321



具 昌 會 (Chang Hoi Koo) 正會員  
 1968년 6월 20일생  
 1991년 2월 : 광운대학교 전자통신  
 공학과(공학사)  
 1993년 2월 : 광운대학교 대학원 전  
 자통신공학과(공학석사)  
 1993년 3월 ~ 현재 : 광운대학교 대  
 학원 전자통신공학과  
 박사과정중

※주관심분야: High Speed Network, ATM Network,  
 Network Interconnections.



朴 光 燦 (Kwang Chae Park) 正會員  
 1951년 2월 27일생  
 1975년 2월 : 조선대학교 전자공학  
 과(공학사)  
 1980년 2월 : 조선대학교 대학원 전  
 자공학과(공학석사)  
 1988년 9월 ~ 현재 : 광운대학교 대  
 학원 전자통신공학과  
 (박사과정 수료)

1975년 3월 ~ 현재 : 조선대학교 공과대학 전자공학과 부교수  
 ※주관심분야: 데이터 통신과 프로토콜, 광대역 정보통신,  
 ATM





李在昊(Jae Ho Lee) 正會員

1934년 5월 26일생

1968년 2월 : 광운대학교 통신공학과(공학사)

1978년 2월 : 단국대학교 대학원 전자공학과(공학석사)

1988년 8월 : 경희대학교 대학원 전자공학과(공학박사)

1970년~현재 : 광운대학교 전자통신공학과 교수

1985년~현재 : 광운대학교 통신과학 연구소 소장

1980년~1992년 : 한국통신학회 이사 역임

1990년~현재 : 한국전산원 전산통신표준화 연구위원회 위원

1980년~현재 : 한국전기통신공사 협회 하도급 분쟁조정위원회

※주관심분야 : 데이터 통신, 통신망 제어, 디지털 교환기