

다단 클래스를 갖는 유한 큐잉시스템의 해석과 통신망에서의 응용

正會員 具昌會*, 李在昊*

An Analysis of the Finite Queueing System with Multi-step Class and It's Applications in Communication Networks

Chang Hoi Koo*, Jae Ho Lee* Regular Members

要 約

본 논문에서는 다단 클래스를 갖는 유한 큐잉 시스템 모델을 제안하고 제안한 모델의 평형 상태확률, 큐잉지연 그리고 시스템 손실 확률을 구한다. 큐잉모델의 해석은 Markov Chain을 이용하였으며 유한 상태 큐잉시스템에 도착하는 패킷의 도착률은 평균도착률 λ 를 갖는 포아송 확률분포로, 서비스율은 평균서비스율 μ 를 갖는 지수분포로 가정하였다.

제안된 모델이 고속 통신망의 트래픽 제어 기법으로 사용될 수 있는 부분버퍼공유 방식의 경계치 운용방식과 Embedded ADPCM된 음성 패킷을 다중화하는 다중화기의 선택적 패킷 알고리즘에도 적용할 수 있음을 나타내었다. 또한 제안한 큐잉모델과 해석 방식의 타당성을 검증하기 위하여 시뮬레이션을 수행하였다.

ABSTRACT

In this paper, we propose the model of the finite queueing system with multi-step class and obtain the steady state probability, the queueing delay and the system loss probability of the proposed model.

We analyze the queueing model using Markov chain, and assume the model that has poisson process with mean arrival rate λ and exponential process with mean service rate μ . The proposed model can be applied to the threshold operating method of the partial buffer sharing mechanism for the traffic control of high speed communication networks. Moreover, we show that this model can be applied to the selective packet discarding algorithm of the multiplexer with the Embedded ADPCM voice packets.

We verify the propriety in consequence of the analysis carrying out the simulation to probate the proposed queueing model and the appropriateness of analysis method.

*광운대학교 공과대학 전자통신공학과
Dept. of Electronic Communication, Kwang
Woon Univ.
論文番號 : 95063-0213
接受日字 : 1995年 2月 13日

제1장 서론

초고속 데이터, 고품질 음성, 정지화상, 동화상 등과 같은 다종의 멀티미디어 서비스를 제공하는 현재의 통신망은 이종의 전송 속도와 트래픽 고유의 특성을 갖고 있다.⁽¹⁾

고속 통신망에서는 다종의 이질 트래픽(heterogeneous traffic)이 발생되므로 다양한 트래픽들을 수용하면서 대역폭(bandwidth)을 효율적으로 사용하기 위한 통계적 다중화(statistical multiplexing)방식을 사용하고 있으나 망에서 폭주 현상을 발생시켜 QoS(quality of service)를 만족시킬 수 없는 현상이 일어날 수 있다.⁽²⁾⁽³⁾ 그러므로 각각의 트래픽의 요구를 만족시킬 수 있는 효율적인 트래픽 제어를 수행하기 위한 버퍼 운용 기술 등이 많이 연구되고 있다. 초고속 통신망에서는 멀티미디어 트래픽의 전송을 위해 고속패킷 교환, 비동기 멀티플렉싱, 오류제어 및 흐름제어 등이 요구된다.⁽⁴⁾ 특히, 통신망의 각 노드로 전송되는 과정에서 발생하는 패킷의 지연과 손실을 최소화하는 트래픽 모델링과 트래픽 제어 기법 등이 연구되고 있다.⁽⁵⁾

기존의 부분버퍼공유 방식에 대한 연구(5)(6)(7)는 ATM 망을 기준으로 2개의 우선순위 패킷만을 고려하여 1개의 경계치만 설정된 버퍼를 해석하였다. 또한 해석방법으로 다차원 Matrix와 고차 Transform을 사용하였기 때문에 버퍼상태확률의 해석시 수식이 복잡해지고, 경계치를 다중으로 확장하여 적용하는데 많은 문제점을 나타내고 있다. 이와같은 문제점은 2개 이상의 우선순위를 허용하는 통신망, 특히 8개의 우선순위를 정의하고 있는 LAN, FDDI, DQDB 망 등에는 직접적으로 적용하기 어려운 문제점을 내포하고 있다.

본 논문에서는 기존의 2개의 우선순위에 대한 해석을 확장하여 다중의 우선순위를 허용하는 통신망 모델에 적용할 수 있는 다단 클래스를 갖는 유한큐잉 모델을 해석하기 위한 버퍼모델과 수학적 해석방식을 제안한다. 또한 제안한 모델과 해석방식이 고속 통신망의 우선순위 제어 메카니즘으로 운용되는 부분버퍼 공유 우선순위 방식과 Embedded ADPCM된 음성 다중화의 선택적 패킷 폐기방식에 응용될 수 있다는 것을 나타내었다.

그리고 제안한 모델에 대한 해석방식이 기존의 연구에 비해서 매우 간단한 형태로 유도되고 통신망에서 허용하는 우선순위 패킷의 수에 따라서 유연하게 적용될 수 있

음을 나타내고 컴퓨터 시뮬레이션을 통해서 제안한 모델의 검증을 수행하였다. 또한 제안한 모델의 평형 상태확률과 시스템 손실확률 그리고 시뮬레이션에 의한 큐잉지연시간을 구하였다.

본 논문의 2장에서는 유한상태 큐잉모델을 제안하고 수학적 분석을 수행하였으며 3장에서는 통신망의 응용분야로서 부분버퍼 공유 우선순위 방식과 선택적 패킷 제거 알고리즘에 대한 적용을 그리고 4장에서는 제안한 큐잉모델의 성능분석과 시뮬레이션을 통한 파라메타를 제시하고 5장에서 결론을 맺는다.

제2장 다단 클래스를 갖는 유한 큐잉모델의 해석

2.1 다단 클래스를 갖는 유한 큐잉 모델

다단 클래스를 갖는 유한 큐잉모델은 그림 1과 같이 나타낼 수 있다. 그림 1에서와 같이 큐잉모델은 임의의 유한한 버퍼용량을 갖고 경계치를 중심으로 이종의 트래픽이 버퍼를 점유하는 알고리즘으로 운용된다. 또한 패킷은 할당된 버퍼점유 영역외에는 버퍼를 점유할 수 없으며 버퍼를 점유하지 못하는 패킷은 버퍼내에서 완전히 제거되는 것으로 가정한다.

2.2 큐잉모델의 해석

그림 1의 다단 클래스를 갖는 유한 큐잉모델을 해석하기 위해서 그림 2와 같은 상태천이도(state transition diagram)를 나타낼 수 있다.

그림 2에서 패킷의 도착과정(λ)은 포아송(Poisson) 확률분포로, 패킷의 서비스확률 분포(μ)는 지수확률 분포를 갖는다. 그러므로 그림 2는 경계치가 설정되지 않은 경우에는 기본적인 M/M/1/k 큐잉모델이된다. 그림 2의 다단 클래스를 갖는 유한 큐잉모델의 상태천이도를 해석하기 위해서 다음과 같은 파라메타를 설정한다.

- 1) N : 버퍼의 크기
- 2) K_j : 버퍼에 설정된 경계치
($j = 1, 2, 3, \dots, n$)
(단, $K_1 < K_2 < K_3 \dots < K_n < N$)
- 3) $\lambda_n^* = \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 \dots + \lambda_n$
- 4) 패킷의 버퍼점유 : $(\lambda_1 \lambda_2 \lambda_3 \dots) \lambda_n$
- 5) 트래픽 세기 : $\rho_n^* = \lambda_n^* / \mu = \rho_1 + \rho_2 + \dots + \rho_n$

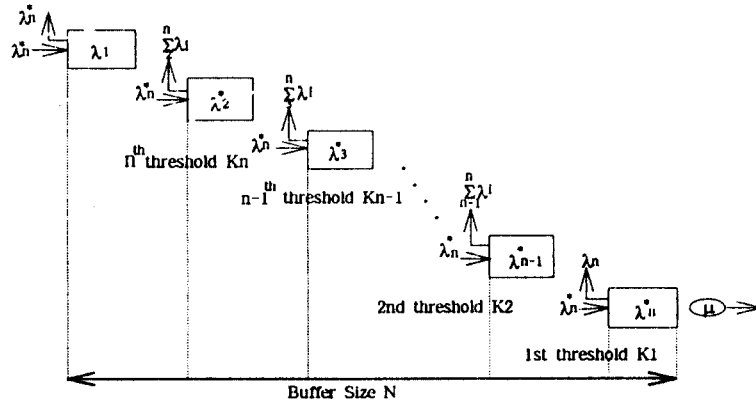


그림 1. 다단 클래스를 갖는 유한 큐잉모델
Fig. 1. The finite queueing model with multi-step class

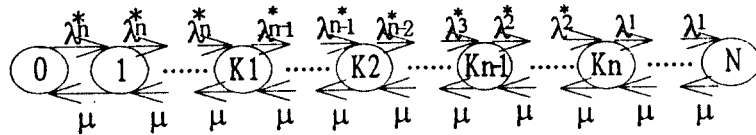


그림 2. 다단 클래스를 갖는 유한 큐잉모델의 상태천이도
Fig. 2. The state transition diagram of the finite queueing model with multi-step class

버퍼에 도착하는 패킷의 트래픽 세기(traffic intensity)는 전체 도착률의 합과 패킷의 서비스율의 비로 이루어지며 트래픽 이론의 평형 조건(equilibrium condition)에 의해서 트래픽 세기 ρ 는 항상 1보다 작다. 그리고 버퍼에 설정된 경계치의 최대값은 항상 버퍼의 크기 N 보다 작아야 한다. 버퍼에 설정된 경계치에 의해서 버퍼를 점유하는 패킷의 도착률과 트래픽의 세기는 식(1), (2)와 같이 정의한다.

$$\rho_n^* = \sum_{i=1}^n \rho_i \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$\lambda_n^* = \sum_{i=1}^n \lambda_i \quad \dots\dots\dots (2)$$

식(1)과 (2)에서 정의된 입력 트래픽의 분류는 설정된 경계치에 종속적인 것으로서, 예를 들어 경계치가 1개라면 버퍼에 입력되는 트래픽은 2종류가 된다. 그림

2의 상태 천이도에 흐름 보존 법칙(flow conservation law)을 적용하여 각각의 경계치에 대해서 정리하면 식(3)과 같은 상태 방정식(steady state equation)을 구할 수 있다.

$$\begin{aligned}
 P_{i_0} &= \left(\frac{\lambda_n^*}{\mu}\right)^{i_0} P_0 & (0 < i_0 \leq K_1) \\
 P_{i_1} &= \left(\frac{\lambda_n^*}{\mu}\right)^{K_1} \left(\frac{\lambda_{n-1}^*}{\mu}\right)^{i_1 - K_1} P_0 & (K_1 < i_1 \leq K_2) \\
 &\vdots & \\
 P_{i_n} &= \left(\frac{\lambda_n^*}{\mu}\right)^{K_1} \left(\frac{\lambda_{n-1}^*}{\mu}\right)^{K_1 - K_1} \left(\frac{\lambda_{n-2}^*}{\mu}\right)^{K_2 - K_2} \dots & \\
 &\dots \left(\frac{\lambda_2^*}{\mu}\right)^{i_n - K_{n-1}} P_0 & (K_n < i_n \leq N) \\
 &\dots\dots\dots (3)
 \end{aligned}$$

또한 전체 버퍼에 대한 상태 확률은 식(4)와 같이 나타낼 수 있다.

$$P_N = \left(\frac{\lambda_n^*}{\mu}\right)^{K_1} \left(\frac{\lambda_{n-1}^*}{\mu}\right)^{K_2 - K_1} \left(\frac{\lambda_{n-2}^*}{\mu}\right)^{K_3 - K_2} \dots \dots \dots \left(\frac{\lambda_1}{\mu}\right)^{N - K_n} P_0 \dots \dots \dots (4)$$

다중 클래스를 갖는 유한 큐잉모델의 천이 확률값의 초기확률 P_0 를 구하기 위해서 식(5)의 확률의 합의 식과 식(3)에서 구한 경계치에 대한 식을 이용하면 버퍼에 한개의 경계치(두개의 인덱스를 갖는 패킷, $n=2$)만 설정되었을때의 초기확률을 식(6)과 같이 구할 수 있다.

$$\sum_{i=0}^N P_i = 1 \dots \dots \dots (5)$$

$$P_0^{(1)} = \left[1 + \sum_{i=1}^{K_1} (\rho_n^*)^i + (\rho_n^*)^{K_1} \sum_{i=K_1+1}^N (\rho_{n+1}^*)^{i-K_1} \right]^{-1} \quad (n=2) \dots \dots \dots (6)$$

식(6)에서의 초기 확률값을 구하는 방식으로 버퍼에 설정된 경계치 수에 대한 초기 확률식을 구하면 식(7)과 같다.

$$P_0^{(2)} = \left[(P_0^{(1)})^{-1} + (\rho_3^*)^{K_1} (\rho_2^*)^{K_2 - K_1} \sum_{i=K_2+1}^N (\rho_1)^{i-K_2} \right]^{-1} \quad (n=3)$$

$$P_0^{(3)} = \left[(P_0^{(2)})^{-1} + (\rho_4^*)^{K_1} (\rho_3^*)^{K_2 - K_1} (\rho_2^*)^{K_3 - K_2} \sum_{i=K_3+1}^N (\rho_1)^{i-K_3} \right]^{-1} \quad (n=4)$$

$$P_0^{(4)} = \left[(P_0^{(3)})^{-1} + (\rho_5^*)^{K_1} (\rho_4^*)^{K_2 - K_1} (\rho_3^*)^{K_3 - K_2} (\rho_2^*)^{K_4 - K_3} \sum_{i=K_4+1}^N (\rho_1)^{i-K_4} \right]^{-1} \quad (n=5) \dots \dots \dots (7)$$

경계치의 초기 확률을 나타내는 식(7)을 일반화 시키면 임의의 다중클래스를 갖는 유한 큐잉모델의 초기 확률값을 식(8)과 같이 구할 수 있다. 식(8)은 식(6)을 초기값으로 갖으며 2개 이상의 경계치가 버퍼에 할당되

었을 때는 식(6)의 우변의 세번째 항의 N은 두번째 경계치인 K_2 로 바뀐다.

$$P_0^{(j)} = \left[(P_0^{(j-1)})^{-1} + \prod_{i=2}^{j-1} \rho_i^{K_{i-1} - K_{i-2}} \sum_{i=K_{j-1}+1}^N \rho_1^{i-K_j} \right]^{-1} \quad (2 \leq j) \dots \dots \dots (8)$$

식(8)의 조건부분에서 j는 설정된 경계치의 수를 나타내는 것으로서 식(8)은 2번째 경계치의 초기확률 부터 적용되는 것을 나타내고, 패킷에 할당된 우선순위의 수를 나타내는 n은 항상 설정된 경계치의 수인 j보다 1이 증가된 값을 갖게된다.

2.3. 패킷 손실 확률

패킷의 손실 확률은 식(8)의 일반화된 초기상태 확률을 이용하여 구할 수 있다. 패킷의 버퍼 점유 알고리즘은 패킷에 할당된 인덱스에 의해서 결정되며 도착되는 패킷의 인덱스에 따라서 점유하는 버퍼의 영역이 변화된다. 즉, 인덱스 값이 가장 높은 패킷(λ_1)은 버퍼 전체를 점유한다. 그러나 인덱스가 가장 높은 패킷일지라도 버퍼에 빈 영역이 없을 경우에는 버퍼를 점유할 수 없다. 최상위 인덱스 값을 갖는 패킷은 버퍼 전체를 점유할 수 있으므로 식(9)와 같이 손실 확률을 구할 수 있다. 즉 λ_1 은 전체 버퍼의 크기 N을 경계치로 갖는다. 식(9)는 할당된 경계치의 수에 관계 없이 버퍼의 크기에 종속적이며 항상 만족한다.

$$P[\lambda_1] = P_N \dots \dots \dots (9)$$

인덱스가 낮은 패킷은 할당된 경계치에 따라서 버퍼 점유영역이 변화된다. n개의 인덱스 값을 갖는 패킷의 손실확률은 식(10)과 같이 구할 수 있다. 식(10)의 확률값에 식(3)에서 구한 각각의 경계치에 대한 확률값과 식(8)의 초기확률 값을 경계치에 따라서 변화시켜 대입하면 인덱스 값에 따른 패킷의 손실확률을 구할 수 있다.

$$P[\lambda_2] = \sum_{i=K_n+1}^N P_i$$

$$P[\lambda_3] = \sum_{i=K_{n-1}+1}^{K_n} P_i + \sum_{i=K_n+1}^N P_i$$

$$\begin{aligned}
 P\{\lambda_1\} &= \sum_{i=K_{n-2}+1}^{K_{n-1}} P_i + \sum_{i=K_{n-1}+1}^{K_n} P_i + \sum_{i=K_n+1}^N P_i \\
 &\vdots \\
 P\{\lambda_n\} &= \sum_{i=K_1+1}^{K_2} P_i + \sum_{i=K_2+1}^{K_3} P_i + \dots \\
 &\dots + \sum_{i=K_{n-1}+1}^N P_i \dots \dots \dots (10)
 \end{aligned}$$

제3장 통신망에서의 응용

제안한 큐잉모델은 부분버퍼 공유 우선순위 방식과 Embedded ADPCM화된 음성신호의 폭주제어 방식에 응용할 수 있다. 본 절에서는 제안한 큐잉모델을 적용할 수 있는 방식의 알고리즘에 대해서 서술한다.

3.1 부분버퍼공유 방식

우선순위 패킷을 서비스 하는 부분버퍼 공유 우선순위 방식(partial buffer sharing priority mechanism)은 기본적으로 두개의 우선순위 패킷을 서비스한다.⁽⁶⁾⁽⁷⁾ 그러나 LAN, DQDB, FDDI 등과 같은 다중의 우선순위를 지원하는 통신망에 적용하기 위해서는 다중의 경계치를 갖는 다중 부분버퍼 공유 우선순위 방식으로 운용되어야만 한다.

다중 우선순위 방식은 우선순위에 관계 없이 모든 패킷이 첫번째 경계치까지 버퍼를 점유할 수 있다. 그러나 첫번째 경계치를 지나면 최하위 우선순위 패킷(λ_n)은 버퍼를 점유하지 못하고 블럭킹(blocking)되어 손실이 발생한다. 마찬가지로 두번째 경계치를 지나면 최하위 우선순위 패킷(λ_n)과 하위에서 두번째 우선순위 패킷(λ_{n-1})이 손실된다. 이러한 버퍼 점유의 메카니즘에 따라 고 우선순위의 패킷(λ_1)은 버퍼 전체를 점유할 수 있다. 그러므로 우선 순위가 높은 패킷의 손실을 감소 시키는 공간 우선순위 방식(space priority mechanism)의 성능을 나타낼 수 있다.

공간 우선순위 방식은 패킷의 손실확률을 보장할 수 있으므로 전송 손실확률을 최소로하는 트래픽의 전송 품질 유지에 사용될 수 있는 버퍼 운용 알고리즘이다. 두개의 우선순위 만을 지원하는 통신망의 다중화기 또는 스위치 등에 본 논문에서 구한 식을 적용 하면 식(11)과 같은 초기확률을 구할 수 있다.

$$\begin{aligned}
 P_0^{(1)} &= [1 + \sum_{i=1}^{K_1} \rho_{(H+L)}^i + \rho_{(H+L)}^{K_1} \\
 &\quad \sum_{i=K_1+1}^N \rho_H^{i-K_1}]^{-1} \dots \dots \dots (11)
 \end{aligned}$$

식(11)에서 ρ_H 는 고 우선순위 패킷(ρ_1)의 트래픽 세기를 나타내고 ρ_L 은 저 우선순위 패킷(ρ_2)의 트래픽 세기를 나타낸다. 또한 두개의 우선순위 패킷의 버퍼 점유 분류영역은 1개의 경계치로 이루어질 수 있으므로 경계치가 1개인 버퍼의 상태확률 식을 이용하면 2개의 우선순위를 갖는 패킷의 버퍼 손실 확률을 식(12)와 같이 구할 수 있다.

$$P[High] = P_N \dots \dots \dots (12-a)$$

$$P [Low] = \sum_{i=K_1+1}^N \rho_{(H+L)}^i P_0 \dots \dots \dots (12-b)$$

식(12-a)는 고 우선순위 패킷의 손실확률을 나타내고 식(12-b)는 저 우선순위 패킷의 손실확률을 나타내고 있다. 위와 같은 방법으로 다중의 우선순위를 지원하는 통신망에 제안한 큐잉모델을 적용할 수 있다.

3.2 선택적 패킷 폐기 방식

압축효과가 뛰어난 Embedded ADPCM(adaptive differential pulse coded modulation)화된 음성은 선택적 패킷 폐기 방식(selective packet discarding mechanism)의 알고리즘을 적용할 수 있다. 이때 음성은 8KHz로 표본화되고 그림 3과 같은 구조로서 패킷화된다.⁽⁸⁾

128개의 음성 샘플이 16ms 시간주기에 패킷화되는 음성 패킷은 4개의 블럭으로 구성되며 4개의 블럭에는 각각의 128개의 음성샘플의 1비트씩으로 구성된다. 4개의 블럭에는 Embedded ADPCM된 음성의 골격부분과 부가적인 정보부분이 포함된다. 1번 블럭에는 부가적인 정보 부분이 포함되고 상위블럭 즉, 4번 블럭에는 가장 중요한 골격정보가 포함된다. 2번과 3번 블럭에는 나머지 정보가 순차적으로 포함된다. 전체 패킷의 길이는 64바이트가 되고 각각의 블럭은 16바이트로 구성되며 음성 패킷에는 10바이트의 헤더(header)가 부가되어 오류체크, 어드레싱(addressing) 등의 기능을 수행한다.

또한, 음성 패킷은 음성이 활성화(active) 되었을 때

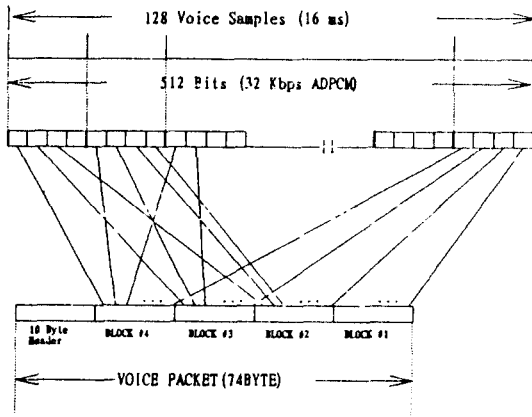


그림 3. Embedded ADPCM으로 코딩된 음성의 패킷 구조
Fig. 3. The packet structure of the Embedded ADPCM encoded voices

만 발생을 하고 휴지(idle) 기간 일때는 발생하지 않으며 지연시간에 민감한 특성을 나타내는 트래픽이다. 이와 같은 음성 트래픽의 제어도 본 논문에서 제안한 큐잉 모델로 해석을 할 수 있다. 물론 음성의 특성을 나타내는 파라메타 즉, 음성의 활성화 시간의 확률분포, 버스트 특성 그리고 음성 트래픽 소스(source)의 수 등과 같은 다수의 파라메타를 요구하지만 기본적인 버퍼의 운용 알고리즘에는 큰 변화를 주지 않는다. 음성의 특성을 고려한 해석은 본 논문의 범위에서 제외한다.

Embedded ADPCM화된 음성은 블록에 따라 정보의 중요도가 달라지므로 다중화기나 스위치 등에서 폭주현상이 발생했을 때 제안한 알고리즘을 이용하여 제어할 수 있다. 음성의 선택적 폐기는 패킷화된 특성에 좌우되

므로 버퍼에 할당하는 경계치를 동적으로 할당하면 트래픽 특성에 적절한 트래픽 제어를 수행할 수 있을 것이다. 그림 3의 특성을 고려하면 블록 1에 포함된 음성패킷을 저 우선순위 패킷(λ_4)으로, 블록 4에 포함된 음성패킷을 고 우선순위의 패킷(λ_1)으로 그리고 블록 2의 패킷을 λ_3 , 블록 3의 패킷을 λ_2 로 할당하여 4개의 우선순위 패킷으로 모델링하고 3개의 경계치를 설정하여 다중화기를 운용할 수 있다.

또한 버퍼 운용알고리즘에 따라 버퍼를 점유하지 못한 음성패킷이 다른 버퍼에 저장된 후 재 서비스를 받을 수 있으나, 본 논문에서 제안한 방법에서는 버퍼를 점유하지 못한 패킷은 완전히 폐기되는 것으로 운용되는 선택적 패킷 폐기 방식에 적용할 수 있다.

제4장 성능분석 및 시뮬레이션

본 논문에서 제안한 버퍼운용 알고리즘과 해석방법을 검증하기 위하여 시뮬레이션을 수행한다. 시뮬레이션은 시뮬레이션 전용 언어인 SIMSCRIPT II.5를 이용하였다.⁽⁹⁾

표 1에서는 버퍼에 2개의 경계치를 할당했을 때 패킷의 손실에 대한 수학적 분석과 시뮬레이션 수행결과를 나타내고 있다. 전체 버퍼의 크기는 7이고, 첫번째 경계치는 3, 두번째 경계치는 5로 할당하였다.

표 2에서는 버퍼에 3개의 경계치를 할당했을 때의 시뮬레이션과 해석결과의 손실확률을 비교하고 있다. 총 버퍼의 크기는 7로 고정하였고, 첫번째 경계치는 4, 두번째 경계치는 5, 세번째 경계치는 6으로 할당하였다.

표 1. 패킷의 손실확률에 대한 수학적 해석과 시뮬레이션 결과의 비교
Table 1. The comparison of numerical analysis with simulation result for packet loss probability
(전체 버퍼의 크기 : 7 첫번째 경계치의 크기 : 3 두번째 경계치의 크기 : 5)

TRAFFIC	SIMULATION			ANALISYS		
	λ_1	λ_2	λ_3	λ_1	λ_2	λ_3
0.5	7.81E-5	4.26E-3	4.61E-2	1.31E-4	5.64E-3	6.24E-2
0.6	3.00E-4	1.08E-2	8.64E-2	4.18E-4	1.29E-2	1.04E-1
0.7	9.55E-4	2.33E-2	1.43E-1	1.07E-3	2.53E-2	1.58E-1
0.8	2.27E-3	4.18E-2	2.10E-1	2.33E-3	4.40E-2	2.21E-1
0.9	4.58E-3	6.86E-2	2.86E1	4.50E-3	6.96E-2	2.92E-1

표 2. 패킷 손실 확률에 대한 수학적 해석과 시뮬레이션 결과의 비교
 Table 2. The comparison of numerical analysis with simulation result for packet loss probability
 (전체 버퍼의 크기 : 7 첫번째 경계치 : 4 두번째 경계치 : 5 세번째 경계치 : 6)

TRAFFIC	SIMULATION				ANALYSIS			
	λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	λ_1	λ_2	λ_3	λ_4
0.1	X	X	X	1.334E-6	4.440E-9	1.776E-7	3.730E-7	5.109E-5
0.2	X	2.002E-6	3.595E-5	2.700E-4	5.333E-7	1.006E-5	1.173E5	8.284E-3
0.3	X	4.270E-5	4.316E-4	2.097E-3	8.447E-6	1.126E4	8.634E-4	4.200E-3
0.4	4.010E-5	3.972E-4	2.330E-3	8.089E-3	5.777E-5	5.777E-3	3.466E-3	1.309E-2
0.5	1.603E-4	1.671E-3	7.609E-3	2.359E-2	2.468E-4	1.974E-3	9.874E-3	3.094E-2
0.6	4.874E-4	5.032E-3	1.967E-2	5.264E-2	7.761E-3	5.174E-3	2.242E-2	6.074E-2
0.7	1.668E-3	1.141E-2	4.105E-2	9.665E-2	1.957E-3	1.118E-2	4.315E-2	1.040E-1
0.8	3.563E-3	2.339E-2	7.439E-2	1.553E-1	4.178E-3	2.089E-2	7.311E-2	1.601E-1
0.9	7.562E-3	4.090E-2	1.162E-1	2.271E-1	7.815E-3	3.473E-2	1.119E-2	2.262E-2

저 트래픽 세기인 0.1-0.3에서는 시뮬레이션 수행시 손실된 패킷이 측정되지 않아 X로 표시하였다.

그림 4에서는 첫번째 경계치를 변화시키고 두번째와 세번째 경계치를 각각 15와 25로 고정하였다. 전체 버퍼의 크기를 30으로 할당하고 경계치를 3개를 두어 4개의 우선순위 패킷에 대한 손실 확률을 나타내고 있다. 트래픽의 세기는 0.8로 고정 하였다. 첫번째 경계치의 변화는 그림 4에서 알 수 있듯이 λ_4 의 손실을 감소시키고 $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ 의 손실을 증가시키고 있다. 첫번째 경계치의 크기가 14일때 λ_3 과 λ_4 의 손실이 거의 일치하는 것은 경계치가 두개로 줄어든 결과를 의미한다.

그림 5에서는 그림 4와 같은 조건하에서 두번째 경계치를 변화시키면서 패킷 손실확률을 측정하였다. 첫번째 경계치와 세번째 경계치의 크기는 각각 15와 25로 고정 하였다. 두번째 경계치의 변화에 따라 $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ 의 손실 확률은 변화하지만 λ_4 의 손실 확률은 변함이 없음을 알 수 있다. 또한 두번째 경계치가 증가함에 따라 λ_1 과 λ_2 의 손실은 증가하고 λ_3 의 손실이 감소함을 알 수 있다.

그림 6에서는 전체 버퍼의 크기를 30, 첫번째 경계치의 크기는 15, 2번째 경계치의 크기는 20으로 할당하고 세번째 경계치를 변화시키면서 패킷의 손실 확률을 측정

하였다. 이때도 전체 트래픽의 세기는 0.8로 고정하였다. 세번째 경계치가 변함에 따라 λ_1 의 손실은 증가하고 λ_2 의 손실이 감소하는 것을 알 수 있다. 그러나, λ_3 와 λ_4 의 손실 확률은 변화가 없음을 알 수 있다. 또한, 첫번째와 두번째 경계치가 결정됨에 따라 λ_3 과 λ_4 가 점유할 버퍼의 크기가 결정되므로 세번째 경계치의 변화는 λ_3 과 λ_4 손실에 영향을 미치지 않음을 알 수 있다.

그림 7과 8에서는 Deterministic 서비스 프로세스와 Exponential 서비스 프로세스로 패킷을 서비스했을 때, 패킷의 지연시간과 손실에 대한 시뮬레이션 수행 결과를 나타낸것으로 Pollaczek-Khinchin 방정식에서 제시하는 두 서비스 프로세스간의 지연시간의 결과를 만족하는 것을 알 수 있다. [10] 그림 7과 8에서 알 수 있듯이 Deterministic 서비스가 적은 지연과 손실을 나타내고 있다. 또한 λ_1 이 점유할 수 있는 버퍼의 영역이 크므로 λ_2 트래픽보다 지연시간이 증가하는 것을 그림 7에서 알 수 있다. Exponential 서비스 프로세스는 SIMSCRIPT에서 제공하는 난수 발생함수를 이용하였고, Deterministic 서비스 프로세스는 서비스 시간을 "1"로 설정한 후 수행하였다.

그림 9에서는 참고문헌 [5]에서 제시한 패킷 손실 확률과 본 논문에서 제안한 방식의 손실확률을 비교하고

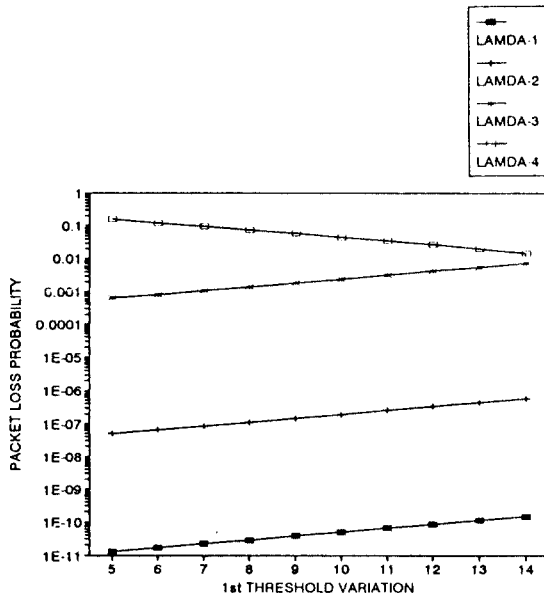


그림 4. 첫번째 경계치 변화에 따른 패킷 손실 확률
Fig. 4. The packet loss probability according to the 1st threshold size variation (buffer : 30, 2nd th. : 15, 3rd th. : 25)

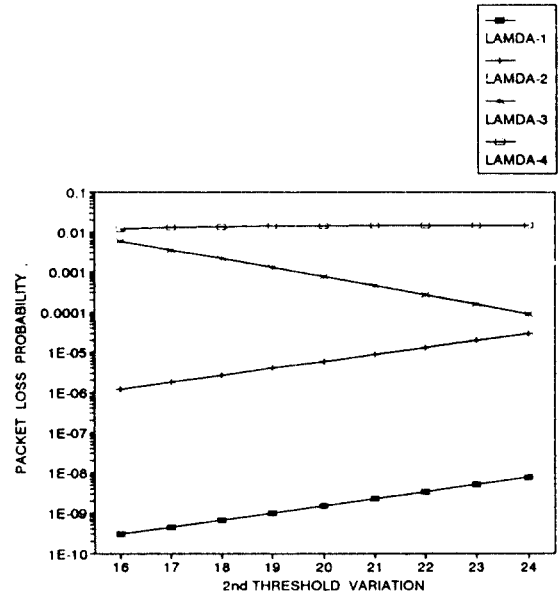


그림 5. 두번째 경계치 변화에 따른 패킷 손실 확률
Fig. 5. The packet loss probability according to the 2nd threshold size variation (buffer : 30, 1st th. : 15, 3rd th. : 25)

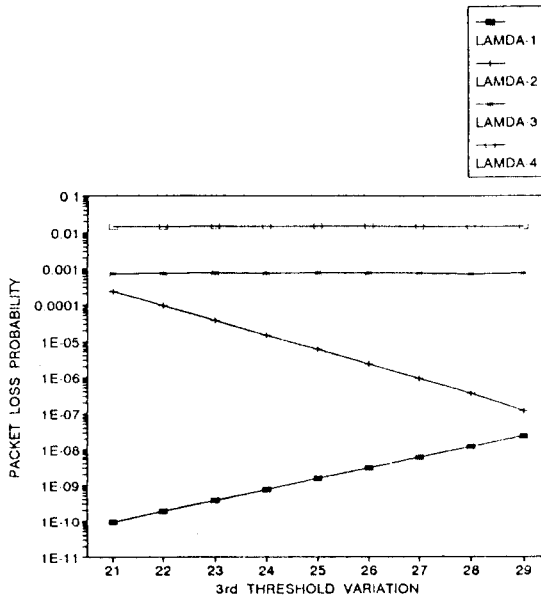


그림 6. 세번째 경계치 변화에 따른 패킷 손실 확률
Fig. 6. The packet loss probability according to the 3rd threshold size variation (buffer : 30, 1st th. : 15, 2nd th. : 25)

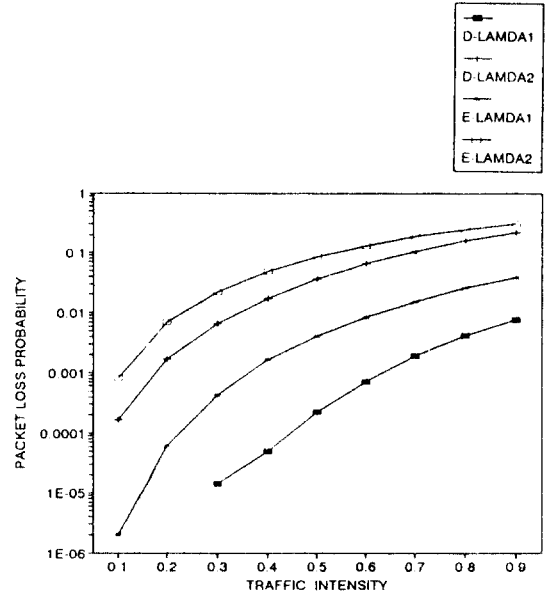


그림 7. 서비스 과정에 따른 패킷 손실 확률의 비교
Fig. 7. The comparison of packet loss probability according to the service processes (buffer : 5, th. : 3)

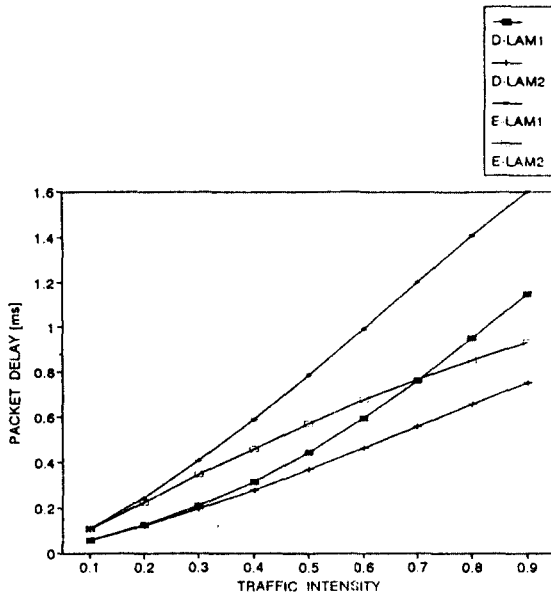


그림 8. 서비스 과정에 따른 지연시간의 비교
 Fig. 8. The comparison of packet delay time according to the service processes (buffer : 5, th. : 3)

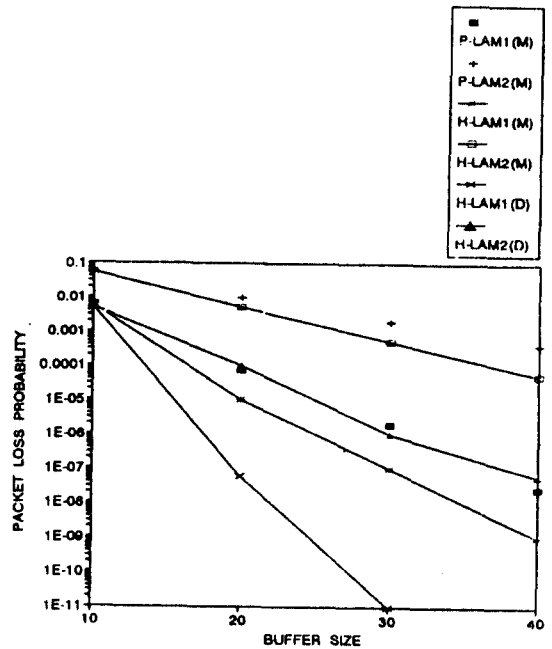


그림 9. 패킷 손실확률의 비교
 Fig. 9. The comparison of packet loss probabilities (traffic intensity : 0.8)

있다. (M)은 Exponential 서비스 분포를 나타내는 것이고 (D)는 Deterministic 서비스 분포를 나타내는 것이다. 본 논문에서는 Exponential 분포를 가정하였으므로 Hebuterne의 결과와 매우 근접하는 것을 알 수 있다. 그림 9에서 경계치의 크기는 할당된 전체버퍼의 72%를 할당하였고, λ_1 과 λ_2 의 발생확률은 1:1로 하였다.

제5장 결론

현재의 고속 통신망은 이종의 전송 속도와 트래픽 공유의 특성을 갖고 있는 멀티미디어 서비스 제공을 목적으로 하고 있다. 멀티미디어 서비스를 지원하는 고속 통신망에서는 서비스의 품질을 보장하기 위해서 다양한 트래픽 제어를 수행하고 있다.

본 논문에서는 기존에 연구되었던 다차원 Matrix와 고차 Transform을 이용한 해석에 따른 버퍼상태확률의 복잡한 해석결과와 2개의 우선순위만을 고려한 해석

방법을 확장하여 다중의 우선순위를 허용하는 통신망 모델에 적용할 수 있는 다단 클래스를 갖는 유한큐잉 모델의 버퍼해석 모델과 수학적인 해석방식을 제안하였다. 그리고 제안한 모델에 대한 해석방식이 기존의 연구에 비해서 매우 간단한 형태로 유도되고 통신망에서 허용하는 우선순위 패킷의 수에 따라서 동적으로 적용될 수 있음을 나타냈고, 컴퓨터 시뮬레이션을 통해서 제안한 모델의 검증을 수행하였다. 또한 제안한 모델을 해석하여 패킷의 손실 확률을 버퍼의 크기, 트래픽의 세기, 경계치 변화 등의 파라메타로 나타내었다. 해석 결과, 버퍼가 클수록 패킷의 손실이 감소하였고 트래픽의 세기가 낮을 수록 손실이 감소하였으며 경계치의 변화는 고 우선순위 패킷 보다는 저 우선 순위 패킷에 더 많은 영향을 미치는 것을 알 수 있었다. 그리고 서비스 분포의 특성에 따라 패킷의 지연 시간과 손실의 변화가 많이 일어나는 것을 알 수 있다.

해석한 모델을 고속 통신망의 트래픽 제어 기법으로 사용될 수 있는 부분버퍼공유 방식의 경계치 운용방식과

Embedded ADPCM된 음성 패킷을 다중화하는 다중화기의 선택적 패킷 폐기 알고리즘에 구체적으로 적용하는 것이 앞으로의 과제가 될 것이다.

참고문헌

1. G. M. Woodruf, "Multimedia traffic management principles for guranteed ATM network performance", IEEE JSAC, Vol. 8, No. 3, April, 1990.
2. Rainer Handel, "Integrated broadband networks an introduction to ATM-based networks", Addison-Wesley, 1991.
3. L. Dittman, S. B. Jacobson, "Statistical multiplexing of identical bursty sources in an ATM network", GLOBECOM, 1988.
4. J. J. Bae, T. Suda, "Survey of traffic control scheme and protocol in ATM networks", IEEE

Proceeding, Vol. 79, No. 2, Feb., 1991.

5. G. Hebuterne, A. Gravey, "A space priority queueing mechanism for multiplexing ATM channel", Computer Networks and ISDN Systems, 20(1990), North-Holland.
6. K. Rothermel, "Priority mechanism in ATM networks", GLOBECOM, 1990.
7. H. Kroner, "Comparative performance study of space priority mechanism for ATM networks", INFOCOM 1990.
8. S. Dravida, V. R. saksera, "Analysis and engineering of a voice/data packet multiplexer", IEEE. Trans. on Comm., Vol. 41, No. 11, November, 1993.
9. CACI, SIMSCRIPT II 5 Reference Manual, Los Angeles, 1983.
10. L. Kleinrock, "Queueing systems", Vol. I, Wiley, 1975.



具 昌 翕(Chang Hoi Koo) 정회원

1991년 2월 : 광운대학교 전자통신공학과 공학사
 1993년 2월 : 광운대학교 대학원 전자통신공학과 공학석사

1993년 3월~현재 : 광운대학교 대학원 전자통신공학과 박사과정 재학중

※주관심 분야 : ATM Networks, High Speed Networks 트래픽 제어, 큐잉 Networks



李 在 昊(Jac Ho Lee) 정회원

1968년 2월 : 광운대학교 통신공학과 공학사
 1978년 2월 : 단국대학교 대학원 전자공학과 공학석사
 1988년 8월 : 경희대학교 대학원 전자공학과 공학박사

1970년~현재 : 광운대학교 교수

1985년~현재 : 광운대학교 통신공학연구소 소장

1980년~1992년 : 한국통신학회 이사

1990~1994년 : 한국전산원 전산통신표준화 연구위원회 위원

1993년 2월~1994년 12월 : 한국통신학회 감사

※주관심 분야 : 데이터 통신, 통신망 제어, 디지털교환기