

ATM 망에서 적응적 연결수락제어 방법에 관한 연구

正會員 韓 雲 英* 正會員 車 均 鉉**

A Study on the Adaptive Connection Admission Control Method in ATM Networks

Woon Young Han*, Kyun Hyon Tchah** *Regular Members*

要 約

연결수락제어(CAC: Connection Admission Control)는 ATM(Asynchronous Transfer Mode)망내에 새로운 호의 연결이 요구되었을 때 이 새로운 연결호의 서비스품질을 만족하고, 충분한 자원이 망내에 확보되어 있는 가를 확인한 후 기존에 연결된 호의 서비스 질을 저하시키지 않는 지의 여부를 판단하여 연결 수락 또는 거절을 결정하는 기능을 말한다.

본 논문에서 제안하는 적응적 연결수락제어방법은 신고치와 측정치를 이용하여 트래픽을 예측하는 방법으로서, 신고치를 이용한 트래픽 예측은 호 연결 또는 호 해제 시에 회귀적(recursive) 방법으로 계산되며, 측정치를 이용한 트래픽 예측은 측정반영주기(renewal period) 동안에 연결된 호의 갯수에 변화가 없을 때 수행된다. 측정치를 사용한 트래픽 예측시에 측정반영율 및 측정반영주기는 트래픽 흐름의 변화를 정확히 추적하고 측정에 의한 예측 오차를 줄이는데 중요한 파라미터이다. 본 논문에서는 측정 반영율의 적응적 조정을 위해 트래픽 흐름의 변화가 크게 일어나는 시점인 연결 수락 또는 연결 해제 시점을 기준으로 하여 그 이후의 경과 시간에 따라 측정 반영율을 변화시키는 방안을 제안한다.

제안된 방법에 대해 동질 트래픽과 이질 트래픽의 경우에서 성능평가를 수행한 결과 적응적 연결수락제어방법이 이용율과 서비스품질(QOS: Quality Of Service)관점에서 기존의 연결수락제어방법보다 개선됨을 확인하였다.

ABSTRACT

In this paper, an adaptive CAC(Connection Admission Control) method is proposed. The adaptive CAC uses traffic estimates derived from both traffic parameters specified by user and cell flow measurements. Traffic estimation using user-specified parameters is performed at every moment of connection request or connection release by recursive formula which makes real-time calculation possible. Traffic estimation using cell flow measurement is carried out when the number of connec-

* 한국전자동신연구소
ETRI

** 고려대학교 전자공학과
Korea University
論文番號: 9443

接受日字: 1994年 2月 14日

ted calls does not change during a measurement reflection period-renewal period. The most important thing for the traffic estimation using cell flow measurement is the determination of the length of a renewal period to trace a real traffic flow with an allowable time lag and the measurement reflection ratio(MRR) both to reduce the portion of overestimation and to avoid underestimation of real traffic flow. To solve these problems, the adaptive CAC updates renewal period and MRR adaptively according to the number of connections and the elapsed time after last connection or release respectively.

Performance analysis for the proposed method is evaluated in several aspects for the cases of both homogeneous and heterogeneous bursty traffic. Numerical examples show the adaptive CAC method has the better performance compared with conventional CAC method based on burst model from the both utilization and QOS point of view.

1. 서 론

ATM(Asynchronous Transfer Mode)망은 소용 대역이나 서비스의 요구 품질이 다른 다양한 흐름이 망 자원들을 공유하여야 하고 고속의 셀 전송특성으로 망 차원에서의 폭주 상태가 발생할 수도 있고, 예측할 수 없는 트래픽의 변화로 인한 셀의 전송지연, 셀의 손실 등이 발생할 수 있다. 그러므로 사용자가 요구하는 통화품질을 만족시키고 망내의 자원을 효과적으로 공유하기 위해서는 연결 설정단계나 정보 전송 단계에서의 적극적인 트래픽 제어가 요구되고 있다.^[1]

트래픽 제어에는 연결수락제어(CAC: Connection Admission Control), 사용/망 파라미터제어(UPC/NPC: Usage Parameter Control/Network Parameter Control), 우선순위제어(Priority Control), 폭주제어(Congestion Control) 등이 있으며 ITU T에서는 이에 대한 별도의 권고안도 준비하고 있다.^[2] 이 중에서 트래픽에 근본적인 영향을 주는 것으로서 호의 연결단계에서 통제를 하는 방법인 연결수락제어 기능이 많은 비중을 차지하고 있으며, 본 논문에서는 이 연결수락제어를 위한 새로운 방식을 제안하였다.

연결수락제어란 ATM망내에 새로운 호의 연결이 요구되었을 때 이 새로운 연결호의 서비스 품질을 만족하고, 이 호를 수용할 수 있는 충분한 자원이 망내에 확보되어 있는가를 확인한 후 기존에 연결된 호의 서비스 질을 저하시키지 않는지의 여부를 판단하여 연결 수락 또는 거절을 결정하는 기능을 말한다.

기존에 제안된 연결수락제어 방법으로는 등가대역에 의한 방법^[3,4], 마스트 모델 사용 방법^[5], 측정용 이용한 방법^[6] 등이 있다. 등가대역에 의한 방법은

같은 트래픽 특성을 갖는 트래픽소스를 같은 클래스로 분류(CRR: Class Related Rule)하고 필요한 대역을 클래스별로 미리 할당한 후 연결 요구가 있을 때 해당 클래스의 필요 대역이 잔여 대역을 초과하는지의 여부를 조사하여 연결을 수락하는 방법이다. 이 방법은 다양한 트래픽 클래스에 대해 필요 대역을 미리 구하는 것이 어렵고 트래픽 클래스의 수가 많고 각 클래스별 트래픽소스의 수가 적을 경우 대역 사용 효율이 나빠지는 단점이 있다. 마스트 모델 사용방법은 다중화된 마스트 양을 셀 도착 프로세스의 ON, OFF 구간의 분포와는 관계없이 최대비트율과 평균 비트율만을 사용하여 직접 평가해 낼 수 있는 간편성이 있으나 반면에 이질(heterogeneous) 트래픽의 상황에서 계산이 복잡해지는 단점이 있게 된다. 측정에 의한 방법은 실제 출력비트에 도착되는 또는 출력링크상에서 서비스되는 셀의 갯수를 측정하고 이를 근거로하여 연결수락제어를 하는 것으로서 실제 트래픽 흐름을 파악하여 이를 트래픽 예측에 반영하기 때문에 링크 이용율을 높일 수 있고 스칼라 값만으로 실시간 응용이 용이하다는 장점이 있다. 측정에 의한 방법에는 측정에만 의존하는 방법과 수학적 분석 및 측정을 모두 이용하는 방법이 있는데 전자는 계산에 의한 부하는 없는 반면에 측정 오차에 의한 예측 오류가 심각할 수 있는 단점이 있고 후자의 경우는 요구되는 서비스 품질을 만족시키면서 최대의 링크 이용율을 얻을 수 있도록 측정방법을 몇 측정방법주기를 직접히 설정하는 것이 문제로서 현재까지 이 방법을 제안한 논문에서는 파라미터를 단순히 고정시키고 상수를 분석하였다. 그러나 다양한 트래픽 특성을 갖는 모든 트래픽에 대해 측정반영을 및 측정반영주기를 고정시킬 경우 서비스 품질(QOS: Quality of

Service)을 만족시키지 못하는 경우가 있을 수 있게 된다.

본 논문에서는 상기 언급된 버스트 모델의 간편성을 이용하면서 버스트 모델의 단점인 계산의 복잡성을 회귀연산(recursive operation)방법에 의해 줄여 실시간 처리가 가능하도록하고 실시간적으로 변화하는 셀 도착분포를 추정을 통해 트래픽 예측에 반영함으로써 링크의 이용율을 향상시킬 수 있는 방식을 제안하였다. 또한 측정치를 반영함에 있어 기존 측정 반영 스킴을 적용한 방식에서 고려하지 못했던 측정 반영을 및 측정반영주기의 설정과 관련하여 본 논문에서는 측정반영율과 측정반영주기를 트래픽 흐름의 변화에 따라 적응적으로 조정해나가는 방안을 제시하였다.

II. 적응적 연결수락제어

1. 연결수락제어 모델

다중화된 출력 링크상에서 한 셀을 전송하기 위한 서비스 시간을 단위시간(unit-time)으로 정의하고 동일한 트래픽 파라미터로써 표현되는 트래픽소스들의 집합을 하나의 클래스로 정의한다. 이하에서 트래픽소스 i 라 함은 클래스 i 에 속하는 트래픽소스를 지칭한다. 그림 1은 적응적 연결수락제어가 적용되는 시스템 모델을 나타낸 것이다. 트래픽소스 i 의 최대 셀 전송율 및 평균셀전송율을 각각 V_{pi} , V_{ai} 로 정의하고 출력링크의 용량을 기준으로 정규화된 값인 단위 시간당 발생 셀 수를 그 단위로 한다. 또한, 다중화된 트래픽소스들중에서 최대셀 전송율이 가장 높은 트래픽소스의 최대셀전송율을 V_{pmax} 로 하고, V_{pmax} 의 역수인 최소 셀간격을 T 로 정의한다.

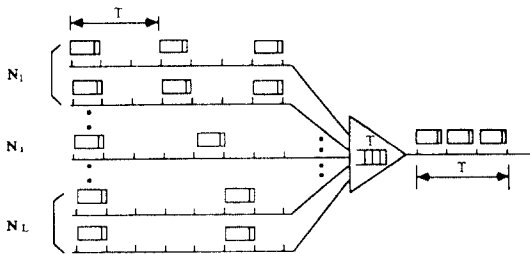


그림 1. 연결수락제어 모델
Fig. 1. CAC model

다중화된 각 트래픽소스는 T 동안에 최대 1개의 셀을 발생할 수 있으며 출력 링크는 T 동안에 T 개의 셀 전송이 가능하다. 버퍼가 없는 모형을 가정한다면 임의의 T 동안에 당시 연결된 모든 트래픽소스로부터 T 개보다 많은 셀이 발생하는 경우 출력 링크의 용량인 T 를 넘게 되어 셀손실이 생기게 된다. 이 개념을 수식으로 표시하면 식(1)과 같다. 식(1)에 의해 예측된 셀손실율은 버퍼없는 모형을 가정한 것이므로 실제 다중화 시스템에서의 셀손실율보다 높은 결과를 주게 되어(상한치) 연결수락제어의 기본적 요구사항인 안전여유분을 제공하게 된다. 엄밀한 의미에서 식(1)은 T 구간안에서의 셀 도착과정(arrival process)의 변화를 고려하고 있지 않기 때문에 셀 도착과정의 변화에 따른 영향을 흡수하기 위해서 최소 $(T-1)$ 개의 버퍼는 존재하여야 한다.^[6]

$$CLR = \frac{1}{\rho T} \sum_{k>T} (k-T) P(k) \quad (1)$$

여기서,

$$P(k) = \sum_{(n_1, n_2, \dots, n_L) \in A} \prod_{j=1}^L \binom{N_j}{n_j} \phi_j^{n_j} (1-\phi_j)^{N_j-n_j} \quad (2)$$

$$A = \left\{ (n_1, n_2, \dots, n_L) \mid \sum_{j=1}^L n_j = k \right\} \quad (3)$$

$$\rho = \sum_{i=1}^L N_i V_{ai} \quad (4)$$

$$\phi_i = \frac{V_{ai}}{V_{pi}} \quad (5)$$

식(2)는 L 개의 클래스가 존재하고 각 클래스에 속한 트래픽소스의 수가 $N_j(j=1, \dots, L)$ 일때, 연결된 전체 트래픽소스로부터 T 동안에 k 개의 셀이 발생할 확률을 계산하는 식으로서 식(3)을 만족시키는 각 클래스의 트래픽소스 갯수들(n_1, n_2, \dots, n_L)의 모든 조합에 대해 계산된다. 또한 식(2)에서 각 트래픽소스가 T 동안에 하나의 셀을 발생할 확률은 식(5)에서와 같이 버스트지수의 역수인 회선활용계수(line activity factor) ϕ 가 되고 식(4)의 ρ 는 단위시간당 인가되는 평균 셀수가 된다. 식(1)에 의한 셀손실율 예측치는 실제 상황보다 안전여유분(safety margin)을 제공하는 것은 틀림없지만 이를 연결수락제어에 적용하는 데는 몇 가지 문제가 존재한다. 첫째, 계산의

복잡성이다. 식(2)의 확률계산은 트래픽 클래스 및 트래픽소스가 증가하면 실시간 연산이 불가능하게 된다. 둘째, 망자원(대역)의 효율적 이용을 기할수 없다. 이는 식(1)에서 고려된 셀손실율의 상한효과(upper bound)로 인해 서비스 품질은 항상 만족시킬 수 있어도 실제 링크의 이용율은 낮아지게 되기 때문이다. 첫번째 문제점인 계산의 복잡성을 줄이기 위해 제안된 방법으로는 회귀연산에 의한 방법^[4]과 근사화(approximation)에 의한 방법^[5] 등이 있으나 링크의 이용율을 높이는 데는 한계가 있으며 이를 보완한 방법으로 실제 도착되는 또는 서비스되는 셀 갯수를 측정하고 이를 근거로하여 연결수락제어를 하는 방안^[6] 등이 제안되고 있다. 측정을 이용하여 연결수락제어를 하는 방안에는 측정에만 의존하는 방법과 수학적 분석 및 측정을 모두 이용하여 연결수락제어를 하는 방법이 있는 데^[6], 전자는 계산에 의한 부하는 없는 반면에 측정 오차에 의한 예측 오류가 심각할 수 있는 단점이 있고 후자의 방법은 연결된 클래스의 수, 트래픽소스의 수, 트래픽 파라미터 등에 영향을 받지 않고 최대 링크 이용율을 얻을 수 있도록 측정반영주기 및 측정반영율을 어떻게 설정할 것인가가 주요 문제가 된다.

상기 문제점을 해결하기 위해 본 논문이 제안한 적응적 연결수락제어 방법은 버스트 모델의 셀손실율(버스트넘침률, burst overflow) 예측식인 식(1)을 기본으로 하여 연결 및 해제시에 셀도착확률 $P(k)$ 를 실시간 처리가 가능하도록 회귀적 연산을 통해 개선시키고 연결갯수의 변화가 없는 동안에는 측정결과를 적응적으로 변화하는 측정반영주기 및 측정반영율을 통해 $P(k)$ 에 반영하도록 하는 것으로서 다음절에 이를 설명한다.

2. 측정치를 반영한 적응적 연결수락제어

가. 신고치와 측정치를 이용한 셀 도착 분포의 예측

그림 2에서와 같이 구간 T 를 측정구간으로 하고 R 개의 측정구간을 하나의 측정반영주기(renewal period)로 정의한다. 측정반영주기는 연결 수락(call accept) 또는 연결 해제(call release) 직후부터 시작하여 연결 갯수의 변화가 없을 경우 매 RT 구간마다 반복된다. 또한 i 번째 측정반영주기에서 T 측정구간마다 전체 트래픽소스로부터 도착되는 셀을 측정하고 R 개의 측정구간을 기준으로 도착된 셀수의 분포(frequency distribution)를 $\{m_i(k), k=0, 1, \dots\}$ 로 정의한다. 또한 $P(k)$ 를 사건발생이전 혹은 이후로 구

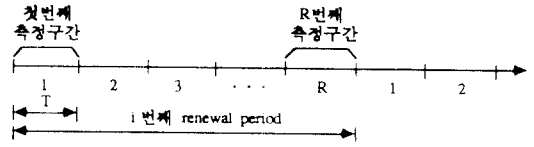


그림 2. 측정스킴
Fig. 2. Measurement scheme

분하기위해 전자는 $P_i(k)$, 후자는 $P_{i+1}(k)$ 로 정의한다. 셀 도착 분포 $P_k(k)$ 에 대한 예측은 다음의 3가지 경우에 수행된다.

1) 연결 요구시

연결 요구시에는 사용자가 신고한 트래픽 파라미터(최대셀전송율, 평균셀전송율)를 근거로하여 식(5)로부터 회전황용계수 ϕ 를 구하고 이를 이용하여 $P(k)$ 의 예측치를 식(6)과 같이 구한다. 식(6)은 식(2)를 회귀방정식 형태로 변형한 것으로서 계산의 복잡도를 현격히 줄일 수 있는 장점이 있다. 연결 요구시에는 호가 연결된 후의 정확한 측정 데이터가 없기 때문에 새로운 호를 가장 버스트한 트래픽 흐름(버스트 모델)으로 간주하여 결과적인 셀손실율 예측치가 상한치(upper bound)를 유지하게 한다.

$$P_{i+1}(k) = (1 - \phi_i) P_i(0) \quad , \quad k = 0 \tag{6a}$$

$$P_{i+1}(k) = (1 - \phi_i) P_i(k) + \phi_i P_i(k-1) \quad , \quad k \geq 1 \tag{6b}$$

$$\rho_{i+1} = \rho_i + V_{a_i} \tag{6c}$$

2) 연결 해제시

측정의 결과를 예측치에 반영하는 방법에서는 이전에 이미 실제 셀 도착 분포가 예측치에 반영되었기 때문에 호 연결 수락시 상한치로 $P(k)$ 에 반영되었던 만큼을 연결 해제시에 $P(k)$ 에 역으로 반영하는 것은 실제보다 과소평가하는 결과를 낳을 수 있다. SAITO^[6]는 연결 해제 시점에 이전 측정반영주기로부터 측정해 온 전체 트래픽소스의 평균 셀도착갯수로부터 이번에 해제되는 호가 평균적으로 발생했던 양을 추정하고 이를 근거로 $P(k)$ 의 예측치를 구하였다.^[15] 본 방법에서는 연결 해제시 당시 연결된 모든 트래픽

소스들을 동질 트래픽소스로 단순화시켜 계산의 복잡도를 줄이는 데 초점을 두었다. 전체 트래픽소스의 동질화에서 야기된 순간 오차는 측정에 의해 실제 값으로 수렴하게 되기 때문에 큰 문제가 되지 않는다. 설령 연결 해제시에 $P(k)$ 개선을 하지 않는다 하더라도 연결 해제 후에 과대평가된 상태는 측정에 의해 실제 값으로 수렴할 수 있기 때문에 연결 해제시에는 연결 수락시만큼 예측치의 update가 중요한 의미를 갖지 않게 된다. 단 연결 해제시 예측되는 어느 정도의 변화량을 고려해준다면 실제 값으로의 수렴속도가 빨라질 수 있을 것이다. 아래에 연결해제시 $P(k)$ 개선식을 유도하였다.

연결 해제이전에 연결된 전체 트래픽소스 갯수를 N 이라 하면, k 개의 셀발생확률 $P(k)$ 는 연결 해제를 전후하여 다음과 같이 정의된다.

- 연결 해제 전

$$P_t(k) = \binom{N}{k} \phi^k (1-\phi)^{N-k} \quad (7)$$

- 연결 해제 후

$$P_{t+1}(k) = \binom{N-1}{k} \phi^k (1-\phi)^{N-1-k} \quad (8)$$

이제 식(7)과 식(8)사이의 관계식을 유도한다.

$$\begin{aligned} P_{t+1}(k) &= \binom{N-1}{k} \phi^k (1-\phi)^{N-1-k} \\ &= \frac{N-k}{N} \binom{N}{k} \phi^k (1-\phi)^{N-k} \cdot \frac{1}{1-\phi} \quad (9) \\ &= \frac{1}{1-\phi} \left(1 - \frac{k}{N}\right) P_t(k) \end{aligned}$$

식(9)로부터 계산된 $P_{t+1}(k)$ 는 $\sum_{k=0}^N P_{t+1}(k) = 1$ 를 만족하도록 정규화된다.

3) 측정반영주기동안 연결갯수의 변화가 없을 때

측정반영주기가 종료될 때마다 측정치와 이전 예측치를 갖고 식(10)과 같이 다음의 예측치가 계산된다.^[5]

$$P_{t+1}(k) = \alpha m_t(k) + (1-\alpha) P_t(k) \quad (10)$$

식(10)에 적용된 예측방법은 시계열예측이론에서 가장 간단한 방법중의 하나인 단순지수평탄화방법(single exponential smoothing)을 이용한 것으로서 가장 최근의 측정치에 대한 가중치를 가장 높게 하고 과거로 갈수록 가중치를 지수함수 형태로 감소시키는 방법이다.^{[8][9]}

식(10)에서 α 는 측정 반영율(MRR: Measurement Reflection Ratio)로서 셀손실을 예측에 매우 중요한 파라미터가 된다. 측정 데이터가 실제 셀 도착분포를 잘 반영하고 있는 상태라면 측정 반영율을 높이는 것이 출력링크의 이용율을 높일 수 있기 때문에 좋을 것이고 반대로 실제 셀 도착 분포가 정확히 파악되지 않은 상태에서는 측정반영에 의한 예측 오류를 줄이기 위해 측정반영율을 낮추는 것이 필요하게 된다. 현재 까지 측정반영을 기초로 한 대부분의 논문에서는 측정반영주기 및 측정반영율을 고정시켜 성능평가를 수행하였으며 따라서 위에 언급한 바와 같이 셀 도착 분포의 변화에 따른 측정반영주기 및 측정반영율의 적응적 변화를 고려하지 못하였다. 다음에서는 셀 도착 분포의 변화를 고려하여 이를 적응적으로 조정하는 방안에 대해 설명한다.

나. Renewal period의 적응적 조정방안

측정반영주기를 짧게 하면 측정반영 횟수가 많아지고 순간적 셀 도착 분포의 변화를 추적하는 것이 가능하다. 그러나 이 경우 짧은 순간의 측정결과에 민감하게 작용하여 예측 셀손실율이 짧은 순간에 큰 폭으로 변하게 되고 짧은 순간의 측정 오차가 그대로 반영되어 결과적인 예측오류가 심하게 될 가능성이 있게 된다. 반대로 측정반영주기가 큰 경우에는 측정반영 횟수가 감소하여 순간 셀 도착 분포의 변화를 추적하기에 어려움이 있으나, 장시간의 측정결과에 근거해서 통계적으로 평균적인 측정치를 반영하게 되므로 측정 오류를 줄일 수 있는 장점이 있게 된다. 본 논문에서는 앞에서 언급했듯이 매 측정구간 T 동안에 하나의 트래픽소스로부터 최대 1 개의 셀 발생이 가능하고 측정구간 T 동안에 당시 연결된 모든 트래픽소스로부터 도착되는 셀 수의 모든 경우 수가 (연결 갯수+1)인 점에 착안하여 측정반영주기를 식(11)과 같이 적응적으로 조정하였다.

$$\text{측정반영주기} = k \cdot (N+1) \cdot T \quad k=1, 2, \dots \quad (11)$$

여기서 N 은 연결수락된 전체 갯수이다.

Ⅲ 장의 시뮬레이션에서는 $k=1$ 로 하여 renewal period를 측정구간 T 의 (연결 갯수+1)배로 설정하고 시뮬레이션을 수행하였다.

다. 측정반영율의 적응적 조정방안

측정반영율을 조정하는 데 있어 가장 중요한 것은 셀 도착 분포의 변화에 대한 예측이다. 셀 도착 분포의 변화가 가장 크게 나타나는 시점은 연결 수락 후 또는 연결 해제 후의 시점이라 할 수 있다. 실제로 트래픽소스 i 가 연결수락된 직후에 짧은 측정주기동안 측정된 전체도착 셀수의 분포는 새로운 트래픽소스 i 로부터의 셀 도착을 충분히 반영했다고는 보기 어려우며 이 때 측정반영율을 높게 하면 예측 오류가 커지게 되어 실제 상황을 과소평가하는 경우가 있을 수 있다. 셀손실율 예측에 있어서의 과소평가는 서비스 품질을 만족시키면서 실제 연결 가능한 갯수보다 더 많은 연결을 수락하게 됨으로써 서비스의 질을 떨어뜨리는 결과를 낳게 된다. 본 논문에서는 측정반영율의 적응적 조정을 위해 셀 도착 분포의 변화가 크게 일어나는 시점인 연결 수락 또는 해제 시점을 기준으로하여 그 이후의 경과시간에 따라 측정 반영율을 변화시키는 방안을 제안하였다. 식(12)^[10]에 연결 수락 또는 해제후의 경과시간에 따른 측정 반영율의 변화를 나타내었고 이를 그림 3에 도시하였다. 그림 3에서 측정반영율의 상한값은 식(10)에서 다음 측정반영주기에서의 예측치를 계산할 때 흰 측정반영주기에서의 예측치와 측정치사이의 가중치가 같아지도록 0.5로 설정하였다.

$$\alpha(\Delta t) = \begin{cases} \frac{1}{4T_0^2} (\Delta t)^2 & 0 \leq \Delta t < T_0 \\ 0.25 + \frac{1}{2T_0} (\Delta t - T_0) - \frac{1}{4T_0^2} (\Delta t - T_0)^2 & T_0 \leq \Delta t < 2T_0 \\ 0.5 & \Delta t \geq 2T_0 \end{cases} \quad (12)$$

여기서 Δt 는 연결설정 혹은 해제후의 경과시간

Ⅲ 장의 시뮬레이션에서 T_0 는 버스트 모델의 트래픽 특성 파라미터인 ON, OFF 지속시간을 이용하여 평균이 $\{E[T_{ON}] + E[T_{OFF}]\}$ 인 지수분포에서 $P\{t \leq T_0\} = 0.9$ 가 되는 T_0 를 선택하였다. 즉,

$$F_1(T_0) = P\{t \leq T_0\} = 1 - e^{-\frac{T_0}{E[T_{ON}] + E[T_{OFF}]}} = 0.9 \text{ 에서}$$

$T_0 = 2.31\{E[T_{ON}] + E[T_{OFF}]\}$ 이다.

3. 시뮬레이션을 위한 모델링 및 프로그램

제안된 적응적 연결수락제어 방법에 대한 성능 분석을 위해 Pritsker & Associates, INC,사의 SLAM II 네트워킹 모델을 사용하여 시뮬레이션 모델을 구성하였다.

Ⅲ. 시뮬레이션 및 결과 검토

본 장에서는 II 장에서 제안한 적응적 연결수락제어 방법과 그림의 여러 방법들에 대해 링크 이용율 측면과 셀손실율 측면을 중심으로 동질(homogeneous) 트래픽소스의 경우와 이질(heterogeneous) 트래픽소스의 경우로 나누어 시뮬레이션 결과들을 구하고 이를 비교 분석하였다.

그림 4에는 본 논문에서 제안한 연결수락제어 알고리즘에 따라 시뮬레이션한 결과들 중 시뮬레이션 시간에 따른 연결 갯수의 변화 및 예측 셀손실율의 변화를 나타내었다. 그림 4에 나타난 결과는 각 트래픽소스를 ON-OFF 모델로 가정하고 전체 200개의 소스를 연결한 경우이다. 트래픽소스의 특성 파라미터를 호 도착 간격은 트래픽소스당 178550 단위시간, 호지속시간은 평균 12000 단위시간, 최대셀전송율은 단위시간당 0.1셀, 평균셀전송율은 단위시간당 0.05 셀,

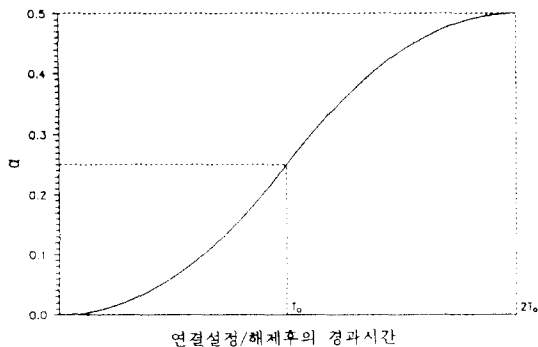


그림 3. 경과시간에 따른 측정 반영율의 변화
Fig. 3. Variation of measurement reflection ratio

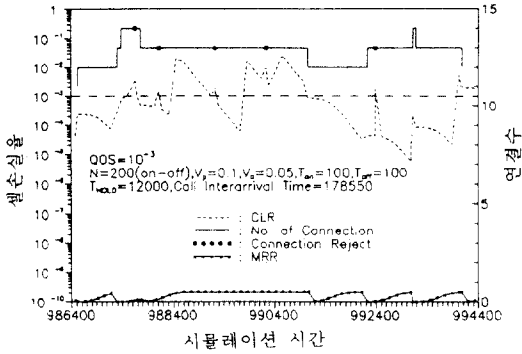


그림 4. 셀손실률 및 연결 갯수의 변화-동질 트래픽
Fig. 4. Variation of CLR and No. of connection-homogeneous traffic

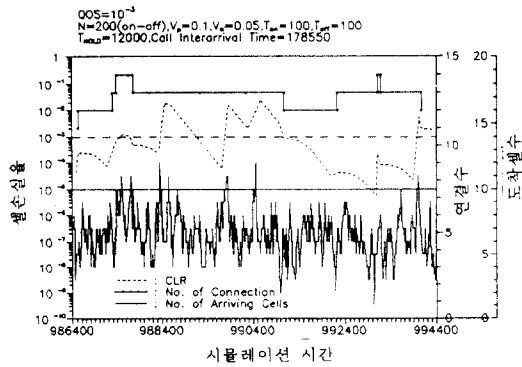
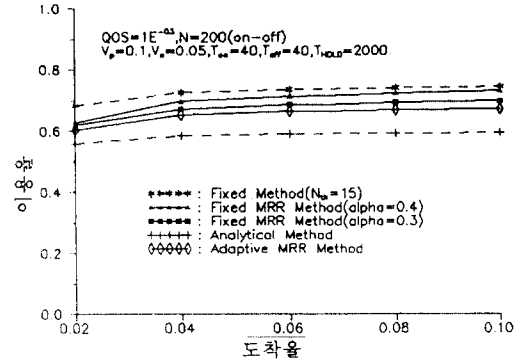


그림 5. 셀손실률 및 도착셀수 분포 비교-동질 트래픽
Fig. 5. Comparison of CLR with distribution of No. of arriving cells homogeneous traffic

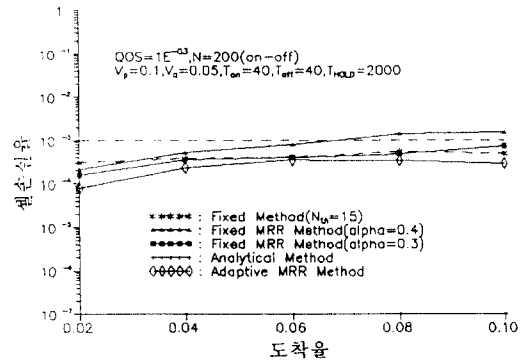
ON 구간은 100 단위시간, OFF 구간은 100 단위시간으로 하였다. 또한 서비스 품질은 10^{-3} 으로 설정하였다.

그림 4에서 실선은 시뮬레이션 시간 변화에 따른 연결 갯수를 나타내며, 실선상에 작은점은 연결 요구가 거절되는 경우를 표시한 것이다. 그림 4에 나타난 바와 같이 예측 셀손실률이 기준치인 10^{-3} 을 넘을 경우 연결 요구가 거절됨으로 연결수락제어가 정상적으로 동작함을 알 수 있다. 그런데 서로 다른 시뮬레이션 시간에서 연결 갯수가 같은데도 예측 셀손실률은 서로 다른 것을 관찰할 수 있는데 이는 직전의 연결 갯수가 변화된 시점부터 관찰시간까지의 경과 시간이 다르고 또한 이때 측정된 도착 셀 수가 다르기 때문이다.

그림 5는 그림 4와 같이 시간 변화에 따른 예측 셀손실률과 연결 갯수의 변화를 나타낸 것으로, 연결 갯수를 나타내는 실선상의 작은 점은 연결 요구가 발생하는 시점을 나타낸 것으로, 연결 갯수의 변화가 없는 구간 상에 위치한 점은 연결 요구가 거절된 경우이고, 그밖에 변화가 있는 구간상의 경우는 연결 요구가 수락되거나 또는 연결이 해제된 경우이다. 또한 그림 5에서 점선으로 표시된 예측 셀손실률의 경우와 그림 4의 예측 셀손실률을 비교해보면 뾰족하게 갑자기 증가하는 부분이 없어진 것을 볼 수 있는데 이는 그림 5의 경우에 연결 요구가 거절될 경우에 계산했던 예측 셀손실률을 포함시키지 않았기 때문이다. 이렇게 연결 요구가 거절된 경우의 예측 셀손실



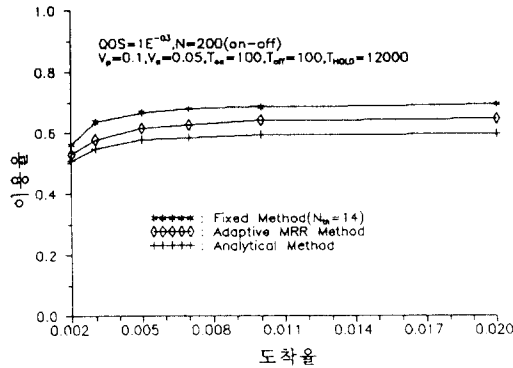
(a) 이용율(Utilization)



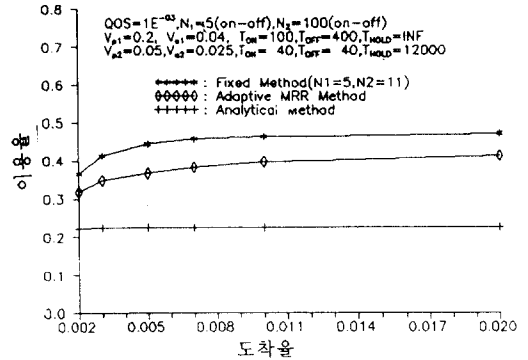
(b) 셀손실률(CLR)

그림 6. 이용율 및 CLR-동질 트래픽 I

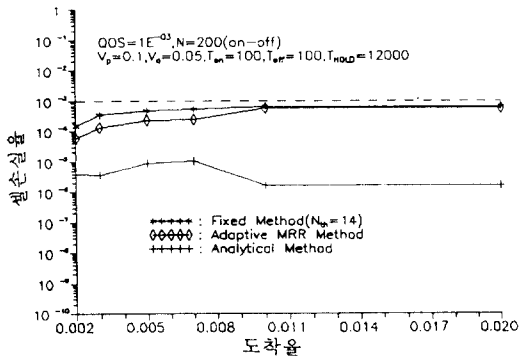
Fig. 6. Utilization and CLR-homogeneous traffic I



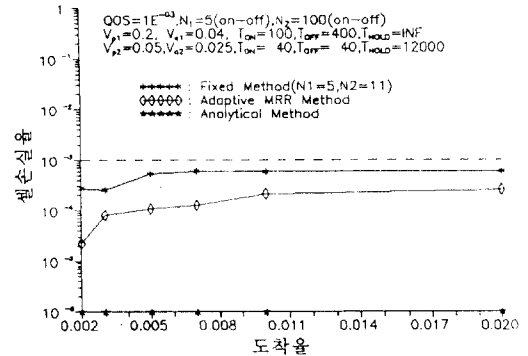
(a) 이용률(Utilization)



(a) 이용률(Utilization)



(b) 셀손실율(CLR)



(b) 셀손실율(CLR)

그림 7. 이용률 및 CLR-동질 트래픽 II
Fig. 7. Utilization and CLR homogeneous traffic II

그림 8. 이용률 및 CLR 이질 트래픽 I
Fig. 8. Utilization and CLR heterogeneous traffic I

을 뺀 이유는 본 논문에서 제안한 적응적 연결수락 제어 알고리즘이 그림 5의 아래 실선으로 나타낸 도착 셀 갯수에 대해 측정치를 잘 반영하여 예측 셀손실율을 변화시키는 것을 예시하기 위해서이며 이는 그림 5의 시뮬레이션 시간 988400에서 990400 시간 사이에서 명확히 확인할 수 있다.

그림 6의 경우 각 트래픽소스를 ON-OFF 모델로 가정하되, 호 지속시간은 평균 2000 단위시간, ON 구간 및 OFF 구간은 각각 40 단위시간, 최대셀전송율은 단위시간당 0.1셀, 평균셀전송율은 단위시간당 0.05 셀로 하였다. 이 경우 측정치 반영율을 고정하는 방법은 반영율이 0.4일 경우 이용률이 fixed 방법과 거의 같게 나타나는데 이때의 셀손실율을 살펴보면

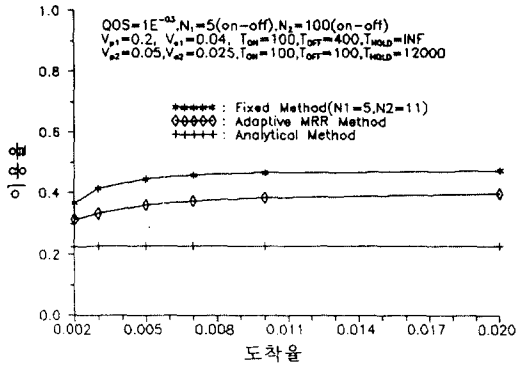
서비스 품질인 10^{-3} 을 초과해 버린다. 따라서 측정치 반영율을 고정하는 방법은 트래픽소스의 특성이 변함에 따라 서비스 품질을 만족하지 못하는 경우가 발생하므로 ATM망의 연결수락제어 방안으로 사용하기에는 곤란하다. 그러나 본 논문에서 제안하는 방법의 경우 트래픽양의 변화가 크게 야기되는 연결 수락 후 또는 연결 해제 후로부터의 경과 시간에 따라 측정치 반영율을 적응적으로 변화시킴으로써 트래픽소스의 특성이 변화하는 다양한 경우에도 비록 이용률은 fixed 방법에 미치지 못하지만 서비스 품질만은 확실히 만족시킴을 확인할 수 있다. 이를 여러가지 다양한 트래픽소스의 경우에 대해서도 검증하기 위해 다음과 같이 트래픽 특성 파라미터중 버스트지수,

IV. 결 론

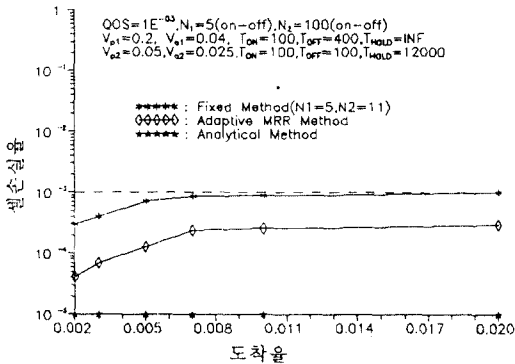
본 논문은 ATM 망에서 예방 폭주 제어(Preventive Congestion Control) 방법의 하나로써 현재 많은 연구가 진행 중인 연결수락제어에 관한 것으로서 신고치와 측정치를 이용하여 트래픽을 예측하고, 예측된 트래픽에 기준하여 연결수락 여부를 판단하는 적응적 연결수락제어 방법을 제안하였다.

신고치에 의한 트래픽 예측은 연결 요구 및 연결 해제시 수행되도록 하고 계산의 실시간 처리를 위해 셀 도착 분포를 회귀적으로 구하는 방법을 유도하였다. 연결 요구시에 예측 셀손실율이 실제 셀손실율보다 상한치가 되도록 트래픽을 예측함으로써 안전여유분을 제공하도록 하였으며, 연결 해제시에는 전체 연결된 트래픽소스를 동질 트래픽소스로 취급하여 계산의 복잡도를 줄이는 데 초점을 두었다. 이때, 전체 트래픽소스의 동질화로 인한 순간적 오차는 측정의 결과를 반영함으로써 실제 값으로 수렴하게 되기 때문에 큰 문제가 되지 않음을 시뮬레이션을 통해 확인하였다. 측정에 의한 트래픽 예측은 연결 갯수의 변화가 없는 동안 실제 도착되는 셀 수의 분포를 측정을 통해 얻고 이를 트래픽 예측에 반영함으로써 이루어진다. 측정반영에 있어 측정반영율 및 측정반영주기는 트래픽 흐름의 변화를 정확히 추적하고 측정에 의한 예측오차를 줄이는 데 중요한 파라미터가 됨을 확인하였다. 반일 측정반영율을 고정해서 반영하는 경우 예측 오차에 의해 실제 상황을 과소평가하는 경우가 발생하고 이로 인해 실제 연결 가능한 갯수보다 더 많이 연결을 수락함으로써 서비스 품질을 만족시키지 못하는 현상이 발생됨을 시뮬레이션을 통해 확인하였다. 따라서 본 논문에서는 측정 반영율의 적응적 조정을 위해 트래픽 흐름의 변화가 크게 일어나는 시점인 연결 수락 또는 연결 해제 시점을 기준으로 하여 그 이후의 경과시간에 따라 측정반영율을 변화시키는 방안을 제안하였다. 또한 실제 셀 도착 분포의 변화를 추적하는 데 있어 측정반영주기가 너무 짧으면 그 변화에 너무 민감하게 작용하여 셀 도착확률의 불필요한 요동(fluctuation)이 생길 수 있고 반대로 측정반영주기가 크게 되면 실제 트래픽 흐름의 변화를 추적하는 것이 어렵게 된다. 본 논문에서는 측정반영주기내의 측정 횟수를 현재 연결갯수를 고려하여 적응적으로 조정해 나가는 방안을 제안하였다.

상기 제안된 적응적 연결수락제어 방법의 성능을



(a) 이용률(Utilization)



(b) 셀손실율(CLR)

그림 9. 이용률 및 CLR 이질 트래픽 II
Fig. 9. Utilization and CLR heterogeneous traffic II

버스트길이 등을 다양하게 변화시켜서 실험하였다. 그림 7에 나타난 결과는 호 지속 시간을 12000, 버스트길이를 40에서 100으로 각각 변화시킨 경우의 결과이다. 그림에서 알 수 있듯이 본 논문에서 제안한 적응적 연결수락제어 방법은 버스트길이가 변화하여도 서비스 품질을 만족하면서 효율적으로 연결수락제어를 수행함을 알 수 있다. 그림 8과 그림 9의 결과는 동질트래픽에서와 마찬가지로 이질트래픽에 대해서 트래픽 특성 파라미터들을 다양하게 변화시켜서 시뮬레이션한 결과들로서 각 그림에서 공통적으로 확인할 수 있듯이 이용률은 fixed 방법과 같은 형태를 보이며 셀손실율도 서비스 품질인 10⁻³을 만족함을 알 수 있다.

분석하기 위해 시뮬레이션을 수행하였고, 적응적 연결수락제어 방법과 그 밖의 여러 방법들에 대해 링크 이용률 측면과 셀손실률 측면을 중심으로 동질 트래픽소스와 이질 트래픽소스의 경우로 나누어 시뮬레이션 결과를 구하고 이를 비교 분석하였다. 시뮬레이션 결과 분석을 통해 본 논문이 제안한 적응적 연결수락제어 방법은 호 도착율에 따른 이용률 변화가 특정 트래픽소스를 가정하고 주어진 서비스 품질을 만족시키면서 최대 연결가능한 트래픽소스의 갯수를 시뮬레이션에 의해 미리 구한 후 이를 연결수락제어에 이용하는 가장 이상적인 방법인 fixed 방법과 같은 변화를 나타냄을 확인하였고 워낙 트래픽소스의 특성을 다양하게 변화시키더라도 항상 서비스 품질을 만족시킴을 확인하였다. 이용률 측면에서 보면 적응적 연결수락제어 방법은 fixed 방법보다는 다소 떨어지지만 기존 버스트 모델에 근거한 수학적 방법보다는 트래픽소스의 유형에 따라 차이는 있으나 이용률이 높아짐을 볼 수 있었고 특히 트래픽 특성이 다른 이질 트래픽소스의 경우에 그 효과가 크게 나타남을 확인하였다. 또한 적응적 연결수락제어 방법은 트래픽소스의 버스트지수, 버스트길이의 변화에 따른 기존 통계적 다중화 특성분석 결과와 같은 결과를 보임으로써 연결수락제어 기능이 정상적으로 동작함을 검증하였다.

끝으로, 본 연구 결과는 실시간 처리가 요구되는 효율적인 연결수락제어 방법으로서 적용이 가능하고 특히 다양한 트래픽 클래스 및 셀 도착 프로세스를 갖는 환경하에서도 적용이 가능할 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

1. ITU-T Recom. I.150, I.311, I.327, I.371. June 1992.
2. G. Gallassi, G. Rigolio and L. Verri, "Resource Management and Dimensioning in ATM Networks," IEEE Network Mag., May 1990.
3. G. Gallassi, G. Rigolio and L. Fratta, "Bandwidth Assignment and Bandwidth Enforcement Policies," in Proc. GLOBECOM'89, pp.1788-1793, 1989.
4. H. Saito, K. Kawashima and Kenichi Sato, "Traffic control technologies in ATM networks," IEICE Trans., vol.E74, no.4, pp.761-771. Apr. 1991.
5. H. Saito and K. Shimoto, "Dynamic Call Admission Control in ATM Networks," IEEE J. Select. Areas Commun., vol.9, no.7, pp.982-989, Sep. 1991.
6. H. Esaki, K. Iwamura and T. Kodama, "A Simple and effective admission control method for an ATM network," in Proc. GLOBECOM'90, pp.300.4, vol.1, Dec. 1990.
7. H. Esaki, "Call Admission Control Method in ATM Networks," in Proc. ICC'92, vol.3, pp.1628-1633, June 1992.
8. Y. Miyao, "A Call Admission Control scheme in ATM networks," in Proc. ICC'91, vol.14.5., pp.391-396, 1991.
9. S. Makridakis, S.C. Wheelwright and V.E. McGee, Forecasting: Methods and Applications, 2nd ed. New York: John Wiley & Sons, pp. 81-91, 1983.
10. 현운영외, "Performance Analysis for a Finite Capacity Asynchronous Multiplexer," in Proc. JTC CSCC'92, 1992.
11. M. Murata, Y. Oie and H. Miyahara, "Survey on Traffic Control in ATM Networks based on Traffic Theory," IEICE Trans. vol.J72-B-1, no.11, pp.979-990, 1989.
12. J.A.S. Monteiro, M. Gerla and L. Fratta, "Statistical multiplexing in ATM networks," in Proc. 12th Performance Evaluation, pp.157-167, North Holland, 1991.
13. F. Bonomi, "Performance analysis of an ATM statistical multiplexer with heterogeneous bursty traffic," IEEE Commun. Mag., pp.737-742, 1992.
14. H. Arai, M. Kawarasaki and S. Nogami, "An Analysis of Call Admission Control in the ATM Network," IEICE Trans., vol.J72-B-1, no.11, pp.1000-1007, 1989.
15. T. Murase, H. Suzuki, Y. Miyao, S. Sato and T. Takeuchi, "A traffic control for ATM networks," IEICE Technical Report, SSE89-69, 1989.
16. K. Nouguchi and T. Okada, "Admission Control in an ATM network," 1990 Spring Natl. Conv. Rec., IEICE, SB-7.6., 1990.



韓 雲 英(Woon Young Han)正會員
1982年 2月:高麗大學校 電子工學
科 工學士
1984年 2月:高麗大學校 電子工學
科 工學碩士
1994年 2月:高麗大學校 電子工學
科 工學博士
1984年 3月~現在:韓國電子通信研
究所 網整合研究室 室長

車 均 鉉(Kyun Hyon Tchah) 正會員
1965年:서울大學校 工學士
1967年:美國 일리노이大學校 工學碩士
1976年:서울大學校 工學博士
1977年~現在:高麗大學校 電子工學科 教授