

ATM망에서의 셀지연과 파라미터 제어에 관한 연구

안 기 중*

Cell Delay and Parameter Control in ATM Network

Khi-Jung Ahn*

ABSTRACT

ATM Network supports various types of services, that have few intrinsic properties and it is difficult to know a priori. Therefore most traffic control mechanisms based on the fixed traffic parameters revealed some limitations to the network performance. In this paper, a dynamic parameter based traffic control scheme is proposed to enhance the network performance such as cell conformance ratio and cell loss probabilities in ATM networks. For every user connection source traffics can be superposed and cause some congestion in the network, especially in the multiplexing stages. This happens even if their total capacity is below the link capacity and its degree is getting worse with longer bursts which can be affected by CDV tolerance during cell conformance test.

The proposed mechanism continuously monitors the buffer and based on its trend the CDV tolerance is adjusted and feedbacked to GCRA. This makes it possible to allocate more bandwidth to each user connection and therefore achieve lower CLPs and higher cell conformance ratios.

Key Words : ATM, CDV, UPC

1. 서 론

오늘날의 통신망들은 급격히 발전하고 있으며 이는 범 세계적인 사회 구축의 중요한 밑거름이 되어오고 있다. 따라서 각국에서는 디지털 HDTV, 고품질 화상전화, VOD 등 다양한 서비스를 제공하기 위한 정보 고속도로 또는 정보 기반구조의 필요성을 인식하고 이를 위한 광대역 통신망 구축에 박차를 가하고

있다. 하지만 이와같은 새로운 서비스를 수용하기 위하여는 새로운 전송 기술이 필요하게 되며 CCITT에서는 1987년 ATM을 그 기반기술로 채택하여 1990년 처음 그 세부 사항을 기술한 권고안을 발표하게 되었다. 이와같은 ATM방식은 기존의 STM 방식에서의 고정 채널 속도로 인한 유연성의 결여, 데이터 전송을 위한 X.25에서의 가변 프레임 길이로 인한 처리 오버헤드 문제등을 해결하고 통계적 다중화를 이용한 전송망 자원의 효율적 활용 및 통합 서비스를 제공할 수 있는 단일 통합망의 개념으로 미래 전송망의 기반이 될 것이다. 하지만 ATM망에서 다양한 서비스 제

* 제주대학교 정보공학과
Dept. of Information Eng., Cheju Natl Univ.

공을 위하여는 각 서비스에 따른 대역폭, 셀 지연 및 셀 손실율등의 전송요구를 트래픽 유형에 따라 상호 영향을 평가하여 각 접속에 대한 서비스 품질을 만족시켜야 하며 이를 위하여는 각 단계별 CAC나 NPC/UPC와 자원관리를 수행하여야 한다. 따라서 ATM망에서의 트래픽 관리는 중요한 요소로서 많은 연구가 이루어지고 있다.

본 논문에서는 ATM망에서의 실시간 CBR 트래픽에 대하여 셀 컨포먼스 검사와 셰이핑과정을 거치면서 파생되는 셀들의 주기적 특성의 변화를 해석하고 이를 통하여 망내 자원의 변화에 따른 셀지연 변동 허용치를 동적으로 제어함으로써 기존 고정 트래픽 파라미터 기반의 제어방식에서의 망자원 활용 효율을 개선하고자 한다.

II. ATM 트래픽 파라미터와 컨포먼스 검사

2.1 트래픽 파라미터와 컨퍼먼스 검사

ATM기술은 광범위한 서비스와 응용을 지원하며 이들에 적합한 QOS를 제공하기 위하여는 각 소스로부터의 트래픽 제어와 관리가 기본적으로 이루어져야 한다. 한편 ATM 전송방식에서는 그 특성상 연결 수락시 셀 전송 속도를 협상하게 되는데 일단 접속된 후 협상된 셀 전송속도, 셀지연 및 셀 지연변이를 위반하거나 다수의 소스로부터 동시에 트래픽이 발생할 경우 망은 폭주상태에 빠지게 된다. 트래픽 관리의 1차적 목표는 이와같은 폭주 상황으로부터 사용자 시

스템을 보호하기 위한 것이며 더 나아가 망자원의 효율적 이용에 있다. 따라서 Table 1과 같은 QOS나 트래픽 파라미터, 서비스 등급을 정의하고 사용자가 망 접속시 사전 협약되어진 이들 파라미터에 기준한 트래픽 관리, 제어가 철저히 요구된다.⁽²⁾

한편 이와같은 트래픽 제어 방식은 크게 반응제어와 예방제어로 나눌수 있다.⁽¹⁰⁾ 반응제어 방식에서는 소스에서 망으로부터 피드백된 망 폭주상태 정보를 바탕으로 셀 전송속도를 제어하는 반면에 예방제어 방식에서는 사용자의 최초 접속시 망자원을 사전 할당하고 접속 기간중에 이를 일정한 수준으로 유지시키게 된다. 대부분의 기존 패킷망에서의 제어방식은 반응제어를 기반으로 하고 있으나 ATM 망에서는 고속의 전송 환경, 다양한 서비스 및 트래픽 특성 및 더 나아가 전파지연·대역폭 요인으로 인하여 적용하기 힘들다. 따라서 접속형 서비스를 기반으로 하는 B-ISDN에서는 기본적으로 예방제어 기법을 활용하게 되며 CAC, UPC등 대부분의 제어방식이 여기에 속한다. 한편 시간지연에 민감하지 않은 ABR 트래픽에 대해서는 반응제어방식인 전송율 기반 페루프 피드백 제어를 채택하고 있다.

ATM망 접속시 협약되는 트래픽 파라미터는 전송되어지는 셀들이 준수하여야 할 특성을 규정한 것으로 그 준수 여부는 망내 폭주 현상의 방지와 사용자 접속에 대한 요구 성능을 만족시키기 위한 중요한 변수로서 트래픽 제어에서의 핵심이 된다. ITU-T는 그 권고안 I.371에서 PCR(Peak Cell Rate)등의 트래픽 파라미터를 정의하였으며 1996년 ATM Forum에서

Table 1 ATM service category and its attributes

Attribute		ATM Layer Service Category				
		CBR	rt-VBR	nrt-VBR	UBR	ABR
Traffic Parameters	PCR and CDVT	specified			(specified)	(specified)
	SCR, MBS, CDVT	n/a	specified		n/a	
	MCR	n/a			n/a	specified
QOS Parameters	peak to peak CDV	specified		unspecified		
	max CTD	specified		unspecified		
	CLR	specified			unspecified	network specific
Others	Feedback	unspecified				specified

이를 바탕으로한 컨포먼스 검사 알고리즘으로 Fig. 1 과 같은 GCRA(Generic Cell Rate Algorithm)을 표준화하였다.⁽²⁾ 여기에는 VS(Virtual Scheduling)과 연속상태 LB(Continuous State Leaky Bucket)을 정의하고 있다.

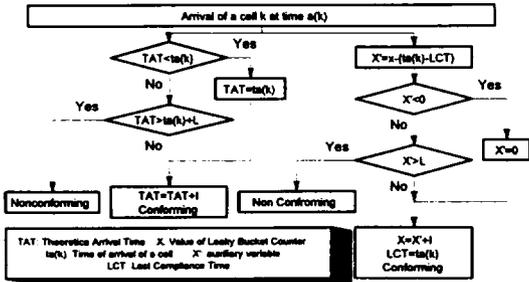


Fig. 1 Generic Cell Rate Algorithm

PCR에 대한 GCRA알고리즘은 $GCRA(T, \tau)$ 로 나타내어지고 이는 CBR이나 VBR트래픽에 대한 컨포먼스 검사나 제어 목적으로 사용된다. 여기에서 $T=1/PCR$ 로서 최고 셀율로 전송되는 셀 간격을 의미하고 τ 는 셀들의 지연 변동 허용치(CDV tolerance)를 나타낸다. 이와같은 셀 지연 변동은 망내에서의 다중화나 공유 버퍼링으로 인하여 사용자 접점에서의 셀 전송율이 원래 소스의 전송률과 달리 유동적으로 변화하여 서로다른 셀 전송 지연을 야기시킴으로 발생하는 것으로 이것은 클럼핑효과와 디스퍼션 효과

로 표현될 수 있다. 한편 SCR(Sustainable Cell Rate)에 대하여는 $GCRA(T_{SCR}, \tau_{SCR})$ 로 나타내어지며 이는 VBR트래픽에 대하여 사용되어진다. 따라서 이와같은 규칙기반의 트래픽 서술자들은 컨포먼스 검사나 트래픽 제어를 위하여 매우 필수적으로 사용자의 QOS를 만족시키기 위한 최적 파라미터의 선정에 대한 연구가 지속적으로 이루어져야 할 것이다.

2.2 셀 스케일 큐잉과 셀지연 변동

다수의 동일 특성을 지닌 소스 트래픽이 ATM 다중화기로 유입될 때 다중화기 내 버퍼에서 큐잉이 발생하게 되고 이를 해석하기 위하여는 각기 다른 시간 관점에서 바라볼 필요가 있다.

버스트 차원에서 볼 경우 한 프레임내에 도착하는 총 셀 수가 다중화기 용량보다 클 경우 큐잉이 발생하게 되고 셀 도착율이 다중화기 용량을 중심으로 변화하는 유형에 따라 폭주상태가 결정된다. 따라서 이의 변화 패턴에 따라 요구되는 버퍼의 크기가 결정된다. 그러나 버퍼의 크기가 증가하게 되면 셀 손실은 감소하게 되나 셀 지연이 늘어나게 된다. 따라서 폭주 현상을 막기 위하여 버스트 차원에서 버퍼크기를 결정하는 것은 바람직하지 못하다.

한편 셀차원에서는 프레임내 전체 도착 셀 수가 다중화기의 링크용량보다 작을지라도 임의의 순간에 셀 도착이 집중될 경우에 발생하게 된다. 이때의 셀 도착 과정은 셀 발생 주기내의 시간 슬롯에 걸쳐 불규

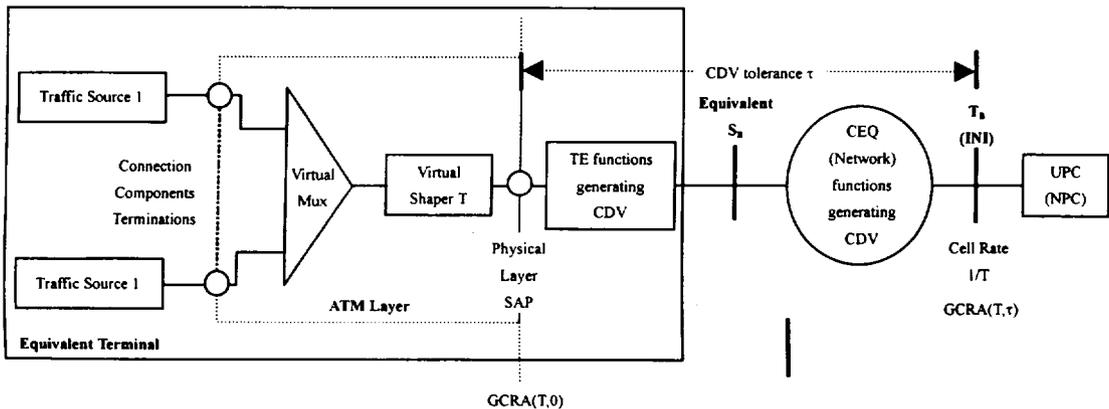


Fig. 2 Cell rate and CDV tolerance of an ATM connection

칙하게 분포되어 있는 서로 다른 소스로 부터의 트래픽 증첩에 의하여 이루어진다. 더욱이 이와같은 트래픽 증첩현상은 비록 일정 셀율로 도착하는 CBR 트래픽일지라도 셀 지연변동 허용치가 커질수록 더욱 심화되며 전체적인 망내에서의 셀 손실등 성능의 저하를 가져오게 된다. Fig. 2는 이와같은 ATM 사용자 접속, 셀 지연변동에 대한 참조점 및 컨포먼스 검사 과정을 보이고 있다.⁽³⁾

한편, BISDN에서는 그 기간망으로 ATM을 사용하여 다양한 광대역 서비스를 제공하여주게 되는데 이를 위하여 5개의 ATM 적응계층(AAL)이 정의되고 있다. 이중 AAL 유형 1은 CDV 변동에 민감한 실시간 서비스인 CBR 트래픽에 사용되어지며 이때의 셀지연 변동값은 GCRA(T_{PCR}, τ)에 의하여 컨포먼스 검사된 동일 접속내의 셀들에 대한 전송 지연의 차에 의하여 나타나어진다. 하지만 이 값은 매우 크거나 무한한 값을 갖을 수 있기 때문에 현실적으로 사용하기 힘들게 된다. 따라서 셀 지연 변동의 범위를 구하기 위하여는 확률적 개념을 도입하여 그 범위를 비준수 셀의 확률에 의하여 제한할 필요가 있다. 따라서 최고 셀 전송율인 PCR에 대한 협약된 T_{PCR} , 실제 소스로 부터의 셀간격 T_R 과 셀지연 변동을 τ 라 할 경우 다음과 같이 허용되는 비준수 셀의 확률을 만족하는 셀 지연 변동값을 구할 수 있다.

2.2.1 고부하 근사법

셀 입력과정을 셀 간격이 서로 독립인 재생 과정이라 하고 고부하 환경하에서 협약된 셀 간격 T_{PCR} 이 실제 소스로부터의 셀 간격을 T_R 보다 작다고 가정하면 GCRA(T_{PCR}, τ)에서의 셀지연 변동에 대하여 버퍼 크기가 τ 인 GI/D/1 모델을 사용하여 해석할 수 있다.⁽⁶⁾

이때의 비준수 셀에 대한 확률은 버퍼의 크기가 셀 지연 변동 τ 보다 클 확률로 표현되므로

$$P[X > \tau] = \exp\left[-\frac{\tau}{T_R} \times \frac{2(1 - \frac{T_{PCR}}{T_R})}{V^2}\right] \quad (1)$$

따라서 비준수셀의 확률을 10^{-7} 이라 할 경우 셀지연 변동치 τ 는

$$\tau = T_R \times \frac{V^2 \ln 10}{2(1 - \frac{T_{PCR}}{T_R})} \quad (2)$$

이된다. 여기에서 초과할당지수 a 는 식 (3)으로 표시된다.

$$\alpha = (1 - \frac{T_{PCR}}{T_R}) \quad (3)$$

이때 $a=0$ 즉 $T_{PCR}=T_R$ 일 경우 τ 는 무한대로 접근하게 되는 반면에 a 가 클 경우에는 근사 계산된 셀지연 변동치와 실제값사이의 오차가 커지게 되므로 T_{PCR} 은 T_R 보다 작은 값으로 결정하여야 한다.

2.2.1 Kingman의 상한

Kingman은 1970년 트래픽 밀도가 1에 접근할 경우 GI/G/1모델에서의 가상 대기시간 분포가 지수함수에 근사된다는 것을 기초로 하여 그 근사해법을 구하였다.⁽⁶⁾ 셀 발생과정이 재생과정이라 가정하고 이때의 셀 도착 간격을 Y 라 하면 Y 에 대한 특성함수는

$$E[e^{-vY}] = e^{-v\tau} \quad (4)$$

의 방정식을 만족시키게 되고 여기에 Kingman의 결과를 적용하면 가상 대기시간에 대한 확률은

$$p[Y > \tau] \leq e^{-v\tau} \quad (5)$$

따라서 비준수 셀율을 10^{-7} 로 나타낼 경우

$$10^{-7} = e^{-v\tau} \quad (6)$$

$$\tau = \frac{r \ln 10}{v} \quad (7)$$

로 표현된다. 따라서 셀지연 변동의 상한을 구하기 위하여는 셀도착 간격에 대한 확률분포가 필요되며 이 근사법은 낮은 부하의 경우에도 적은 오차를 나타내게 된다.

III. 동적 제어 모델과 해석

3.1 트래픽 제어 알고리즘

본논문에서는 ATM망에서의 실시간 CBR 트래픽에 대하여 셀 컨포먼스 검사와 셰이핑과정을 거치면서 파생되는 셀들의 주기적 특성의 변화를 해석하고 이를 통하여 망내 자원의 변화에 따라 트래픽을 동적으로 제어함으로써 망자원을 효율적으로 활용하고자 한다. 일정 셀율로 도착되는 CBR 트래픽일지라도 망내에서 셀 지연 변동이 발생되고 더 나아가 GCRA(T, τ)에 의한 셀 컨포먼스 검사 및 셰이핑 과정을 거침에 따라 트래픽 특성이 변하여 VBR 트래픽과 같은 버스트 특성을 지니게 된다. 더욱이 망내에서 보다 많은 셀들을 수용하기 위하여 셀지연 변동값을 크게 할 경우 이와 같은 버스트의 크기는 더욱 증가하게 되고 셀 차원의 큐잉 현상은 더욱 심화된다. 한편 셀지연 변동 허용치 (CDV tolerance)는 주어진 최초의 접면에서만 유효하며 UNI나 NNI에서는 서로 다른 값을 가질 수 있다.⁽⁵⁾ 따라서 초기 접속시 최적의 셀 지연 변동치 τ 를 할당하고 이후 보다 많은 준수 셀을 수용하기 위하여 망부하 상태에 따라 τ 를 연동시킬 필요가 있게 된다.

본논문에서는 Fig. 3과 같이 다중화기 버퍼의 상태 변화를 모니터링하여 그에 따라 셀 지연 변동치 τ 를 관리함으로써 UNI나 NNI 접면에서의 UPC 제어를 동적으로 수행하고 이에 따라 주어진 접속에 대하여 요구되는 셀 손실율등의 성능 지표를 기반으로 ATM

망자원을 보다 효율적으로 관리하고자 한다. Fig. 3에서 들어오는 소스 트래픽들은 선단에서 버퍼와 이에 따른 추가적인 지연을 야기시키는 스페이서(Spacer)를 사용하지 않고 Leaky Bucket을 통한 셀 컨포먼스를 수행한다고 가정한다. 따라서 Fig. 4에서와 같이 이들로부터 들어오는 최악의 트래픽들은 실제 협약된 PCR보다도 큰 ATM 링크속도인 셀 슬롯율에 의하여 버스티한 ON/OFF형태로 나타내어 진다. 이와 같이 최악의 경우에 대한 해석을 통해서 보다 신뢰성있고 안전한 자원관리를 할 수 있다.

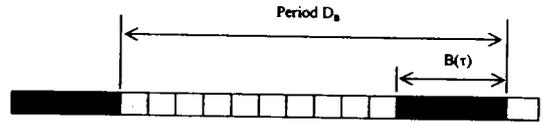


Fig. 4 Traffic pattern of a periodic source

한편 제어기능부에서는 입력되는 셀들로 인한 다중화기 버퍼의 변동을 감시하게 되고 버퍼의 수준이 일정 레벨 Δ 이하일 경우는 각 선단부에 있는 GCRA 제어부의 기준 셀 지연 변동 허용치 τ 를 증가시켜 보다 많은 셀들을 망내로 받아들일게 되고 역으로 Δ 를 초과하여 증가 상태에 들어 갈 경우에는 τ 를 감소시킴으로써 셀간격에 대한 감시를 강화하여 망내 유입되는 셀수를 제한함으로써 망이 폭주상태에 빠지는 것으로부터 보호하게 된다. 이때의 매 소스 트래픽에 대하여 수행되는 제어 절차는 다음과 같다.

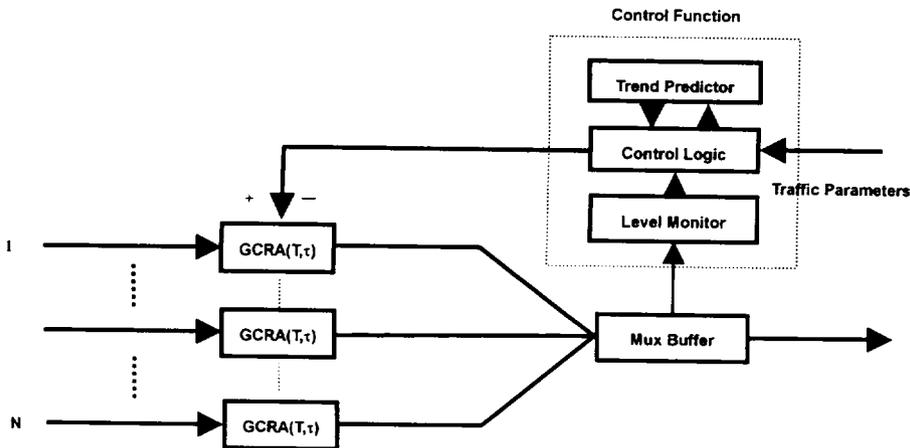


Fig. 3 A control framework for CDV tolerances in ATM switch

Control Procedure

- Step 1: Calculate the optimum value of initial CDV tolerance
- Step 2: Perform CAC function to accept new connections based on initial CDV tolerance.
- Step 3: If new connection is accepted, initialize all τ s of previous connections.
- Step 4: set τ of new connection to initial CDV tolerance.
- Step 5: if $X < \Delta$ then increase τ by ΔT .
- Step 6: if $\tau > \tau_{max}$ then set τ to τ_{max} and goto Step 10.
- Step 7: If $X > \Delta$ then calculate the trend of X .
- Step 8: If trend of X is positive then decrease τ by shifting.
- Step 9: If τ is less than initial CDV tolerance then set τ to initial CDV tolerance.
- Step 10: goto next cell slot and repeat step 5.

셀 지연변동 허용치는 초기 사용자 접속 요구시에 협정된 초기값을 기반으로 자동증가 기능을 갖고 있는 시프트 레지스터를 통하여 제어를 수행하게 되고 매 셀 슬롯마다 갱신되어 버퍼의 변동에 따른 입력 셀 스트림을 조절하게 된다. 한편 새로운 접속 요구가 있을 때에는 초기 CDV 허용치를 기준으로 CAC를 수행하고 접속이 수락되었을 경우는 망내 전체 접속에 대한 셀 지연 변동 허용치 τ 를 초기화하게 된다.

3.2 다중화기 버퍼 모델의 해석

입력과정은 주기 D 를 갖고 서로 독립인 N 개의 소스들로 부터의 중첩된 트래픽으로 구성되어지고 각 입력 트래픽간의 상호 위상은 주기 D 에 걸쳐 균일분포를 이룬다고 가정한다. 이와 같은 트래픽들은 다시 다중화기 버퍼에 의하여 일정한 셀 슬롯을 R_{CS} 로 처리되어진다. 따라서 다중화기 버퍼는 $N \cdot D / D / 1$ 으로 모델링할 수 있다. 한편 셀 슬롯의 간격을 $\delta = 1/R_{CS} = 1$ 로 정규화하였을 때 셀 슬롯을 R_{CS} 로 들어오는 트래픽 버스트의 최대 크기 $B(\tau)$ 는 선단부 GCRA(T_{PCR}, τ)의 셀 지연 변동 허용치 τ 에 의하여 결정된다. 여기에서 τ 는 PCR로 들어오는 셀 간격

T_{PCR} 을 m 으로 균등히 분할한 단위시간의 정수배로 나타내어 진다.

$$\tau = k \cdot \frac{T_{pcr}}{m} \tag{8}$$

이에 따라 GCRA(T_{PCR}, τ)에서 Leaky 카운터는 셀 도착 시마다 m 씩 증가하고 일정한 Leaky율 $1/T_{PCR}$ 로 감소하게 된다. 따라서 최대 버스트 시간간격은

$$\begin{aligned} t_{B(\tau)} &= \frac{k}{m} \cdot \left(\frac{1}{R_{CS} - PCR} \right) \\ &= \frac{\tau \cdot PCR}{R_{CS} - PCR} \end{aligned} \tag{9}$$

로 나타내어 진다. 그러므로 최대 버스트 크기 $B(\tau)$ 는

$$B(\tau) = 1 + \left\lceil \frac{\tau \cdot PCR}{R_{CS} - PCR} \right\rceil = 1 + \left\lceil \frac{\tau}{T_{PCR} - 1} \right\rceil \tag{10}$$

이 되며 이때의 버스트 주기 D_B 는

$$D_B = B(\tau) \cdot D \tag{11}$$

이 된다.

한편 시간구간 $[0, t]$ 사이에 도착하는 총 셀수 $A(0, t)$, 버퍼내의 셀 수준을 X . 시간 t 에서 시스템에 남아있는 미처리량을 U_t 로 나타내면 이때의 버퍼링되는 초과 셀수에 대한 확률 분포는 식 (12)와같은 Benes 공식에 의하여 나타내어진다.

$$P[X > x] = \int_{x_0}^{\infty} P[e(t) \geq x > e(t + dt)] \text{ and } U_0 = 0 \tag{12}$$

여기에서 $e(t)$ 는 시스템용량을 초과한 초과셀수를 나타낸다.

$$e(t) = A(0, t) - t \tag{13}$$

한편 본논문에서의 $N \cdot D / D / 1$ 모델에 대하여 $N < D$ 라면 구간 $[0, D]$ 사이에 임의의 한점에서 버퍼가 비게 되고 $D' = D - n - x$. $A(D', D) = n$ 일 경우 $N - n < D'$ 이 되

므로 그점은 구간 $[0, D']$ 내에 위치하게 될 것이다. 따라서 시간 D 에서의 미처리량 U_D 는 D' 이후에 도착된 셀들에 의하여 결정되게 된다. 이때 버퍼의 수준이 x 보다 클 확률은

$$\begin{aligned} P[X > x] &= \sum P[e(n-x) = n \text{ and } U_0 = 0] \\ &= \sum_{x < n \leq N} P[A(D', D) = n \text{ and } U_{D'} = 0] \\ &= \sum_{x < n \leq N} P[A(D', D) = n] \cdot P[U_{D'} = 0 | A(D', D) = n] \end{aligned} \quad (14)$$

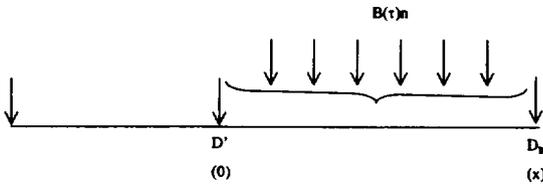


Fig. 5 Arrival process of cell streams in the model

여기에서 $P[A(D', D) = n]$ 는 전체 N 개의 소스중 n 개의 소스가 활성상태에 있을 확률로서 이항 확률로 표현될 수 있다. 한편 UPC단에서의 셀 지연 변동 허용치 τ 의 값이 초기 소스 트래픽의 주기 D 보다 커질 경우에는 그 트래픽 특성이 변화하여 Fig. 5와 같이 버스트 크기 $B(\tau)$, 주기 $D_B = B(\tau)$ 인 ON/OFF 트래픽으로 변하게 된다. 이때의 버스트 도착 확률은

$$\begin{aligned} P[A(D', D_B) = nB(\tau)] \\ = \binom{N}{n} \left(\frac{nB(\tau) - x}{D_B} \right)^n \left(1 - \frac{nB(\tau) - x}{D_B} \right)^{N-n} \end{aligned} \quad (15)$$

한편

$$D_B - D' = nB(\tau) - x \quad (16)$$

의 관계를 갖고 있으므로 시스템의 트래픽 밀도 ρ 와 시스템이 '빈' 확률은 각각

$$\rho = P[\text{busy}] = \frac{B(\tau)(N-n)}{D'} \quad (17)$$

$$P[U_{D'} = 0] = 1 - P[\text{busy}] = \frac{D_B - nB(\tau) + x}{D'} \quad (18)$$

이 된다. 따라서 다중화기 버퍼의 크기를 x 라 할 경우에 버퍼 오버플로우 확률은

$$\begin{aligned} P[X > x | \tau] &= \sum_{\substack{x < n \leq N \\ B(\tau)}} \binom{N}{n} \left(\frac{nB(\tau) - x}{D_B} \right)^n \\ &\quad \left(1 - \frac{nB(\tau) - x}{D_B} \right)^{N-n} \cdot \frac{D_B - nB(\tau) + x}{D_B - nB(\tau) + x} \end{aligned} \quad (19)$$

이 된다. 따라서 셀 손실 확률 P_{loss} 는

$$\begin{aligned} P_{\text{loss}} = E[P[X > x | \tau]] &= \sum_{\tau} \sum_{\substack{x < n \leq N \\ B(\tau)}} \binom{N}{n} \left(\frac{nB(\tau) - x}{D_B} \right)^n \\ &\quad \left(1 - \frac{nB(\tau) - x}{D_B} \right)^{N-n} \cdot \frac{D_B - nB(\tau) + x}{D_B - nB(\tau) + x} \cdot P_{\tau}(\tau) \end{aligned} \quad (20)$$

로 표현될 수 있다.

IV. 성능 분석 및 결과 해석

본 논문에서는 제안된 셀지연 기반 동적 제어 방식의 성능을 평가 및 검증하기 위하여 다수의 주기적 특성을 갖는 CBR 트래픽과 이를 다중화하기 위한 ATM 다중화기 및 버퍼로 구성된 모델을 사용하였으며 다중화기의 출력은 155Mbits/s로 셀 슬롯을 $R_{CS} = 353208$ cells/sec, 셀 슬롯의 크기 $\delta = 2.8\mu\text{sec}$ 에 해당된다. 한편 소스 트래픽은 각각 그 전송속도가 1.544 Mbits/s 및 3 Mbits/s, 즉 각각의 최고 셀율이 $PCR = 3532$ cells/sec 및 7064 cells/sec인 트래픽으로 최대 100개의 소스를 다중화하여 그 성능을 분석하였다. 더 나아가 성능 평가를 명확하게 하기 위하여 최

악의 셀 발생패턴을 사용하였고 셀 슬롯의 시간 간격은 1로 정규화하여 시간 표현을 단순화하였다.

Fig. 6은 크기가 10인 ATM 다중화기 버퍼에 0.8 Erlang의 소스 트래픽이 들어 왔을 경우 사용자 접속수에 따른 셀 손실율의 변화를 나타내고 있다. 셀 지연 변동 허용치 $\tau = 0$ 으로 하여 UPC를 수행하였을 경우는 실질적인 셀지연 변동 허용치에 대한 제어를 수행하지 않게 되며 이때의 전체적인 셀 손실율은 평균 0.00021 이고 버퍼에 대기되는 평균 셀수도 1.158로 시스템 자원의 여유가 있다. 반면에 제어 경계치 $\Delta = 6$ 으로 셀지연 변동 허용치를 동적으로 제어하였을 경우에는 평균 셀손실율은 0.01218로 제어를 하지 않았을 경우에 비해 상대적으로 증가하였다. 이는 $\tau = 0$ 의 UPC 상태에서 엄격하게 입력트래픽을 제어하게 됨에 따라 발생된 버퍼의 여유 자원을 셀지연 변동 허용치에 대한 제어를 통하여 많은 트래픽을 수용함으로써 기인된 것이다. 따라서 다중화기에 대기되는 평균 셀 수와 셀 손실율도 상대적으로 증가하게 된다.

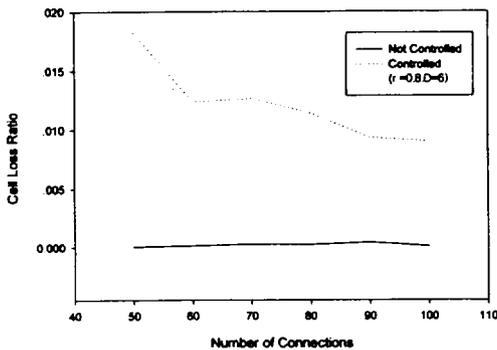


Fig. 6 A comparison of cell loss ratios in the multiplexer

하지만 이와같은 셀 손실율의 증가는 다중화기 버퍼만 고려하였을 경우로 GCRA기반으로 한 UPC단을 함께 고려하였을 경우에는 그 실질적 셀 손실율은 Fig. 7과 같은 비율로 감소하게 되어 전체적인 시스템의 성능은 향상되게 된다. Fig. 7은 Fig. 6과 같이 트래픽 부하가 0.8 Erlang인 환경하에서 셀지연 변동 허용치를 제어하지 않을 경우의 성능 지표들 기준으로 제어를 수행하였을 경우의 협약 준수율의 증가

와 상대적 셀손실율의 감소정도를 나타내고 있다. 여기에서 상대적 셀손실율의 감소비율은 다중화기 출력 링크의 용량내에서 제공할 수 있는 최대 사용자 접속수에 따라 증가하게 되는데 이는 각 소스로 부더의 셀 속도가 감소함에 따라 셀 간격이 증가하여 같은 부하상태일지라도 그 부하의 분포가 특정 슬롯에 집중되지 않고 전체적으로 균등히 배분되어 지기 때문이다. 한편 이와같은 협약 준수율의 증가는 UPC와 다중화기 버퍼를 동시에 고려하였을 경우의 전체적인 상대 셀손실율의 감소를 가져오며 사용자 접속수가 50으로 셀 속도가 7064 cells/sec일 때는 0.104, 사용자 접속수가 100으로 셀속도가 3532 cells/sec 일 때는 0.056이되어 접속수가 증가함에 따라 그 감소정도가 커짐을 알 수 있다.

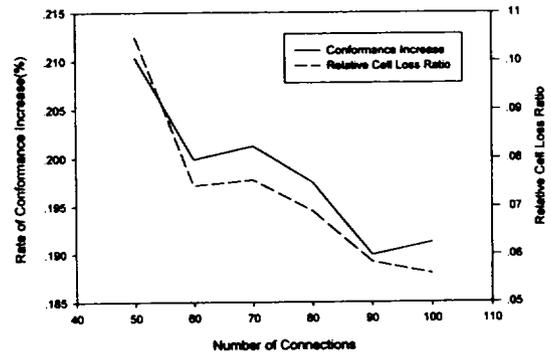


Fig. 7 A comparison of rate of conformance increase and relative cell loss ratios ($\rho = 0.8, \Delta = 6$)

한편 Fig. 8는 최대 사용자 접속수가 100이고 크기가 10 셀인 다중화기 버퍼에서 트래픽 부하가 각각 0.7 Erlang, 0.8 Erlang, 0.9 Erlang일때 제어 경계치의 변화에 따른 셀 손실율의 변화를 보이고 있다. 여기에서 제어 경계치 $\Delta = 0$ 일때는 실질적인 제어가 수행되지 않는 비제어 상태에서 다중화기 버퍼에서의 셀 손실율은 최소가 되며 경계치값이 증가함에 따라 셀 손실율도 상대적으로 증가하게 된다. 한편 이와같은 경계치 값이 버퍼 용량으로 접근할 경우는 과제어 상태로 진입하고 이에 따라 셀 손실율이 큰폭으로 증가하고 더 나아가 유효 셀손실율의 감소정도가 0으로 접

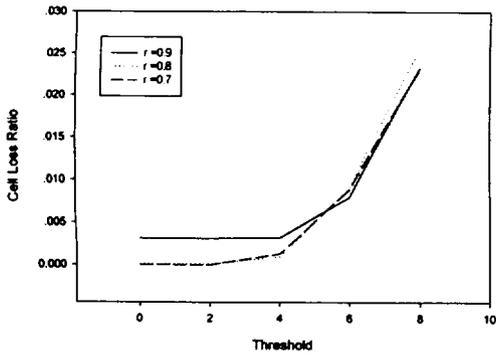


Fig. 8 A relation of cell loss ratios and control thresholds

근하여 실질적인 제어를 수행하지 못하게 된다.

Fig. 9는 1.544Mbps의 소스 트래픽들에 대하여 트래픽 부하를 0.7 Erlang에서 1.0 Erlang으로 변화시켰을 경우에 다중화기 버퍼에서의 셀 손실율을 나타낸 것이다. 셀 지연 변동 허용치에 대한 제어를 수행하지 않았을 경우 셀 손실율은 평균 0.00565로 낮은 반면에 제어 경계치 $\Delta = 6, 8$ 에서의 셀 손실율은 각각 0.0116, 0.0217로 높게 나타나고 있다. 비제어시의 낮은 셀 손실율은 GCRA에 의한 UPC단에서 엄격한 셀 컨포먼스 검사로 기인한 것이며 상대적으로 $\Delta = 8$ 에서의 높은 셀 손실율은 과제어로 인한 버퍼내 폭주로 인한 것이다. 이와같은 현상은 같은 환경하에서의 협약 준수율의 증가비율을 나타낸 Fig. 10과 UPC단과 다중화기 버퍼를 함께 고려한 전체적인 유효 셀손

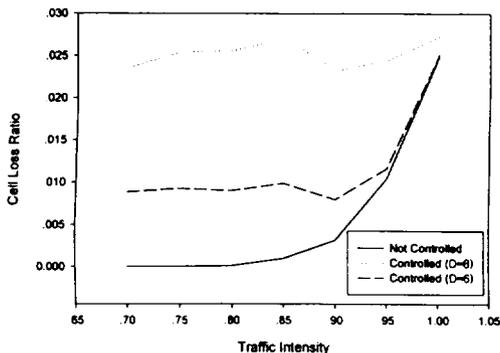


Fig. 9 A comparison of cell loss ratio vs. traffic intensity

실율의 감소 정도를 나타낸 Fig. 11로부터 알 수 있다. Fig. 10에서는 제어 경계치 $\Delta = 8$ 일 때의 UPC단에서의 협약 준수율의 증가 비율이 $\Delta = 6$ 일 때보다도 평균 3.4%이상 크다. 하지만 Fig. 11에서는 유효 셀 손실율의 감소 정도가 오히려 $\Delta = 8$ 일때가 $\Delta = 6$ 보다 떨어지고 있다. 더 나아가 이와같은 감소 효과는 고부하시 보다 저부하시 더 크다. 따라서 본 시뮬레이션 환경하에서는 95%미만의 트래픽 부하일 경우 망내서의 셀지연 변동 허용치에 대한 제어 효과가 커짐을 알 수 있다.

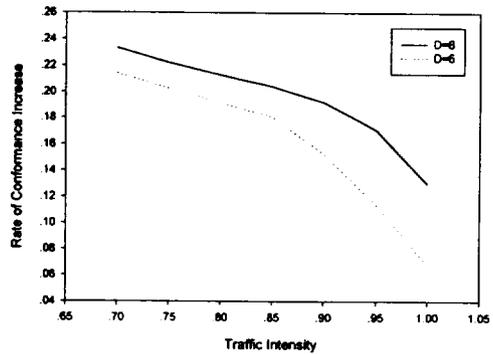


Fig. 10 A comparison of rate of conformance increase vs. traffic intensity

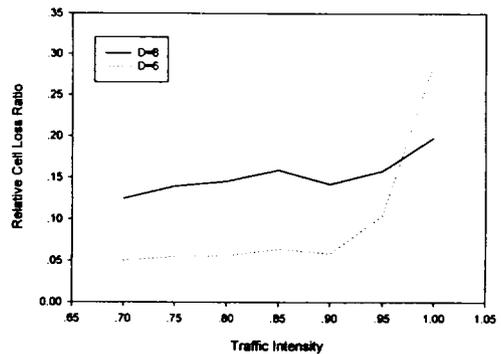


Fig. 11 A comparison of relative cell loss ratio vs. traffic intensity

V. 결론

ATM망은 그 특성상 다양한 서비스를 지원하기 위

한 유연성을 갖고 있다. 그러나 이들 서비스들은 그들 고유의 특성이 서로 다르며 또한 상황에 따라 유동적이어서 사전 예측하여 이들로 부터의 트래픽들을 관리, 제어하기는 쉽지 않다. 더 나아가 이들 고유의 특성은 망유입시 여러 다중화기나 UPC, NPC를 커치게 됨에 따라 더욱 불규칙하게 변하게 된다. 반면에 기존의 트래픽 특성 표시자는 단일 또는 소수의 파라미터군으로 되어 있고 망의 성능향상을 위하여 이들 고정된 파라미터를 기반으로 트래픽을 제어 운용할 경우에는 어느정도 한계에 부딪치게 된다.

따라서 본 논문에서는 ATM망으로 입력되는 트래픽들에 대하여 이들의 불규칙한 트래픽 특성의 변화를 수용하기 위하여 셀 지연 변동에 따른 영향을 평가하여 기존의 고정 파라미터 기반의 망 운용 성능을 개선하고자 하였다. 이를 위해 ATM 다중화기에서의 셀 도착과정과 이에 따른 셀 손실을 분석하고 버퍼에서의 상태변화를 기반으로 셀지연 변동 허용치를 동적으로 관리하여 탄력적으로 UPC를 수행함으로써 전체적인 망내의 성능을 개선하고자 하였다. 한편 성능 분석을 위하여는 ATM 스위치내의 UPC와 다중화기 및 본논문에서 제안된 제어부로 구성되어 있는 모델과 이들로 입력되는 최악의 트래픽 패턴으로 변형된 CBR 소스를 사용하였다. 그 결과 UPC단에서 협약 준수 셀율과 성능 평가 모델 전체에 걸친 셀 손실율 등의 성능 개선을 확인할 수 있었으며 그 효과는 최대 입력 트래픽 소스의 수가 증가하거나 트래픽 부하가 감소함에 따라 커짐을 알 수 있었다.

한편 본논문에서 제안된 제어과정의 해석은 입력되는 소스 트래픽들의 셀 지연 변동치와 제어과정에서의 셀지연변동 허용치에 대한 확률 분포에 의존하며 이들

에 대한 해석적 접근이 좀더 이루어져야 할 것이다.

참고문헌

- 1) CCITT, 1991, B-ISDN General Network Aspects, Rec. I.311.
- 2) ATM Forum, 1996, Traffic Management Specification V4.0.
- 3) ITU-T, 1995, Traffic Control and Congestion Control in B-ISDN, Rec I.371.
- 4) Peters,J., Schormans,J., 1996, Introduction to ATM Design and Performance, John Wiley & Sons.
- 5) Roberts,J.W., Mocchi,W., Virtamo,J., 1996, Broadband Network Teletraffic, COST 242.
- 6) Kingman,J., 1970, Inequalities in the Theory of Queues, J. Roy. Statist. Soc.
- 7) Norros,I., Roberts,J., Simonian,A., Virtamo,J., 1991, Superposition of Variable Bit Rates Sources in ATM Multiplexers, IEEE J. Selected Areas in Comm., pp 387-387.
- 8) Pritsker,A., 1995, Introduction to Simulation and SLAM II, John Wiley & Sons.
- 9) Bae, J., Tatsuya, S., 1991, Survey of Traffic Control Schemes and Protocols in ATM Networks, Proceedings of IEEE, pp.170-189.
- 10) Gilbert, H., Aboul-Magd, O., 1991, Developing a Cohesive Traffic Management Strategy for ATM Networks, IEEE Comm. Mag.,pp 36-45.