

광대역 통신망에서의 트래픽 제어기술에 관한 연구

유인태* · 안기중**

A Study on Traffic Control Techniques in Broadband Networks

In-Tae Ryoo* and Khi-Jung Ahn**

ABSTRACT

In this paper, an ATM cell monitor/control algorithm is proposed to enhance the efficiency of bandwidth management and statistical multiplexing for various types of cell traffics. This algorithm is based on the usage parameter control and bandwidth allocations. The traffic is monitored and controlled by counters, lookup table and cell control unit to reduce the burden of the traffic overload. And for the bandwidth management the entire bandwidth is seperated into two classes : the basic bandwidth is allocated to each type of traffic and the shared bandwidth may be used when more bandwidth is required due to the burst. The network resources can be allocated to more virtual connections accordingly.

Key words : ATM traffic control, Bandwidth management, Statistical multiplexing

1. 서 론

최근 데이터, 음성, 영상등의 혼합 트래픽을 다루기 위하여 광대역 ISDN이 많은 관심을 끌고 있으며 이에대한 다방면에 대한 연구가 진행되어 오고 있다. ITU-TS는 이와같은 광대역 ISDN을 효과적으로 구축하기 위하여 비동기 전송 방식(ATM)을 기반 기술로 채택하였다.⁽¹⁾ ATM 망은 모든 정보를 셀이라는 제한된 크기의 정보 단위로 통계적 다중화하여 전송하기 때문에 여러가지 다른 특성의 서비스를 유연하게

수용할 수 있고 대역폭을 효율적으로 사용할 수 있다.

이와같은 ATM방식은 기존 STM방식에서의 고정 채널에 의한 전송 속도 유연성의 결여, X.25에서의 가변 길이 패킷의 소프트웨어 방식 처리로 인한 속도 문제를 해결하여 통신 매체나 트래픽의 변화에 상관없이 적용될수 있게 된다. ATM 망은 음성, 데이터, 화상 정보등의 광범위한 서비스를 수행하므로 대역폭, 셀지연, 그리고 셀 손실 요구등 매우 다양한 특성을 지닌 트래픽과 그 상호 영향을 고려하여 서비스 품질을 만족시키는 범위내에서 셀 감시/폭주 제어를 하여야하는 어려운 문제에 도달하게 된다. 이를 위하여 여러가지 기법들이 제안되었지만 버스트성을 갖는 ATM 트래픽의 평균 셀 속도를 제어

* 동경대학교 전자공학과
Dept. of Electronic Eng., Tokyo Univ. JAPAN
** 제주대학교 정보공학과
Dept. of Information Eng., Cheju Nat'l Univ.

하기위하여는 많은 입력 버퍼와 셀 처리지연 문제가 발생하여 시스템 성능개선에 저해요소가 되었다.

본 논문에서는 입력 셀 계수기를 이용하여 입력 셀을 감시하고 참조표에 설정된 제어 정보에 따라 셀흐름을 제어하는 ATM 셀 감시/제어 알고리즘을 제안하여 성능을 개선하고자 하였다. 그 결과 트래픽의 감시/제어, 대역 관리, 다중화 효율등의 성능 지표에서 기존의 트래픽 제어 알고리즘에 비해 뛰어난 성능을 나타내었다.

II. ATM 트래픽 제어 기술

ATM 전송 방식에서는 그 특성상 연결 수락 시 셀 전송 속도를 협상하게 되는데 일단 접속이 된후 협상된 최고 또는 평균 셀 전송 속도를 고의적으로 위반하거나 동시에 다수의 소스로부터 트래픽이 발생할 경우 망이 폭주상태가 되어 동작 불능상태에 빠지게 된다. 따라서 이를 제어하기 위하여는 다음과 같은 기법을 적용하여야 한다. 이는 ATM 망이 기존의 망과는 달리 고속 전송환경에서 운용되기 때문이다.⁽²⁾

2.1 자원 관리.

ATM 망의 자원은 전송, 스위치, 버퍼로 구성되고 이를 효율적으로 관리하여 사용자의 호 차단 확률을 줄여 서비스 품질을 향상시키고자 하는 것이다. 이와같은 자원 관리는 최초 연결시의 전송 대역폭의 할당과 서비스 과정중에서 발생하는 추가 대역할당 문제로 다를 수 있으며 이는 가상 채널과 가상 경로에 기초한 제어 기법을 사용함으로써 전송 노드에서는 단지 가상 채널 식별자와 가상 경로 식별자가 등록되어 있는 지를 참조여 빠른 경로 배정과 효율적인 제어를 할 수 있게 된다.^(3,4,5)

대역폭 할당은 최대 할당이나 통계적 할당 방식을 채택할 수 있으나 입력 트래픽의 통계적 특성에 의하여 최적의 대역폭을 할당하는 통계적 할당 방식이 바람직하다. 가상 채널의 형성은 최초 호 접속 요구시 출발지와 목적지간의

가상 채널이 존재하지 않으면 가상 채널을 형성하고 그렇지 않을 경우에는 기존 채널의 대역을 검사하여 요구되는 서비스를 지원하기에 충분한 경우에는 접속을 허가하게 되고 충분하지 못할 경우에는 가상 채널 접속 요구를 거부하게 된다. 한편 가상 경로 접속시에는 그 경로를 계산하여 대역을 할당하고 그 연결 상태에 대한 정보를 저장하여야 하며 각각의 가상 채널 연결에 대하여 망 노드내의 프로세서들은 목적지까지 충분한 대역을 가지는 경로의 존재 여부를 점검하여 가상 경로와 가상 채널의 상태 정보를 저장하여야 한다.

2.2 접속 허가 제어

접속 허가 제어는 호 접속 과정에서 사용자가 트래픽 특성에 대한 트래픽 기술자와 요구하는 서비스 품질을 전송하게 되는데 이것과 현재 망 자원의 상태를 분석하여 호 연결을 제어하는 것으로서 접속의 허가, 트래픽 파라미터, 할당할 망 자원의 양과 그 방법을 결정하게 된다. 일단 호 접속이 이루어지면 사용자 서비스에 필요한 대역폭, 버퍼를 할당하고 가상 경로 식별자와 가상 채널 식별자를 부여하게 된다.⁽⁶⁾

2.3 우선 순위 제어

ATM 망에서는 트래픽의 특성에 따라 셀 손실 및 지연에 대한 요구가 서로 다름에 따라 트래픽 종류에 따라 우선 순위를 할당하여 처리하여야 하며 이 우선 순위는 셀 헤더내의 CLP(cell loss priority)에 표시하게 된다.

이와같은 우선 순위 제어 기법에는 셀 지연 시간을 고려한 시간 우선 순위 제어와 셀 손실을 고려한 손실 우선 순위 제어기법으로 나누어진다. 시간 우선 순위 제어 기법은 시간 지연에 민감한 트래픽에 높은 우선 순위를 주어 먼저 전송하게 되나 고속 전송망에서는 셀 처리 시간 보다는 셀 전파 지연이 더욱 큰 영향을 미치게 됨에 따라 그 효용성은 그리 높지 않다. 한편 손실 우선 순위 제어 기법은 셀 손실에 민감한 트래픽에 높은 우선 순위를 할당하여 과부하시

한편 윈도우 제어 알고리즘은 Leaky Bucket 알고리즘에 시간 개념을 도입한 것으로 일정 시간내에 도착한 셀의 수를 제한하는 방식이다. 이의 구조에서는 접속된 모든 트래픽들에게 각기 가상 채널 식별자를 할당함과 동시에 감시 시간과 윈도우의 크기에 의하여 그 흐름을 제어하게되고 대역 이용의 효율성도 양호하다.^[2] 그러나 이방식은 근본적으로 Leaky Bucket 알고리즘의 문제점을 그대로 내포하고 있다. 더 나아가 윈도우의 이동이나 점핑과 같은 새로운 처리를 해야하는 부담을 안고있다.

III. 셀 감시/제어 알고리즘

ATM 망을 효율적이고 신뢰성있게 운용하기 위하여는 망내의 다양한 특성의 트래픽을 효과적으로 관리하여야 한다. 그러나 기존의 기법들은 발생 트래픽들의 버스티한 특성으로 인하여 복잡한 하드웨어의 구성, 많은 양의 셀 저장 버퍼 및 셀 처리시간 지연문제를 안고 있으며 더 나아가 통계적 다중화 효과의 감소로 인하여 지원 가상 접속수가 줄어들게 된다.^[10]

따라서 본 논문에서는 접속된 호로부터 발생된 ATM 셀들을 참조표에 등록된 제어 정보에 따라 셀들을 감시/제어기능을 수행함으로써 버퍼 사용 요구와 처리 지연 시간문제를 해결하였다. 이때 특정 셀에대하여 감시/제어기능을 수행할 경우 이 정보는 물리 계층내의 데이터 셀 처리 블럭과 관리 평면내의 소프트웨어 기능 유닛으로 보내어져 통계적 처리를 수행함으로써 하드웨어적 요구를 줄임과 동시에 셀 처리시간을 단일 셀이내로 제한함으로써 파라미터 제어에 있어서의 실시간 처리를 가능하게 하였다.

Fig. 3은 ATM 셀 제어 구성도를 나타낸 것으로 제어 정보가 저장되는 참조표, 셀 제어를 위한 기능 유닛 및 감시/제어 결과를 보고하는 감시 정보 보고 유닛으로 구성되어 있다. 여기서 헤더 데이터 처리 유닛(HDPU)는 물리 계층으로부터 발생되는 셀 클럭과 바이트 클럭에 동기된 5 바이트의 셀 헤더로부터 VPI, VCI, PTI,

CLP 비트를 추출하여 데이터 셀 감시 유닛(DCMU)와 제어 결정 유닛(CADU)로 보낸다.

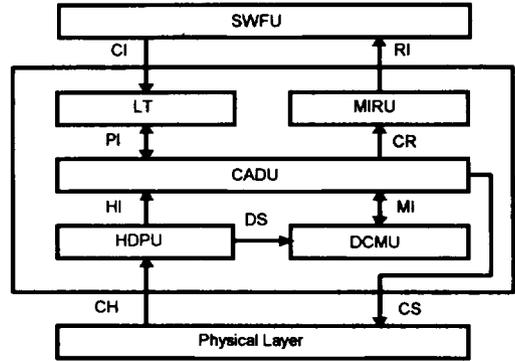


Fig. 3 Block diagram of cell controller.

데이터 셀 감시 유닛(DCMU)는 셀 클럭에 따라 동작하는 계수기에 의해 모든 접속된 호의 사전 협정된 파라미터 값을 감시하게 되며 8 비트의 VPI, 16 비트의 VCI 에 따라 매치 플래그를 검사하여 연결된 호에 대한 데이터 셀인지를 판단한다. 또한 해당 계수기 값은 추출되어 제어 결정 유닛에 보내져 셀의 위반 판정을 하고 계수기는 다시 초기화된다. 본 논문에서는 16 kbps 트래픽을 관리하기 위하여 셀 클럭에 따라 동작하는 14 비트 계수기를 사용하였으며 이 크기는 감시 대상 트래픽에 따라 조정될 수 있다.

제어 결정 유닛(CADU)에서는 헤더 데이터 처리 유닛(HDPU)로 부터 수신된 VPI/VCI 에 따라 참조표로부터 해당 셀의 제어 정보를 읽어 데이터 셀 감시 유닛(DCMU)의 파라미터 값과 비교하여 파라미터 제어를 결정하게 된다. 한편 결정된 셀 제어신호는 물리 계층과 감시 정보 보고 유닛으로 보내어 진다.

Table 2 Lookup table

VPI/VCI (24bits)	Match Flag (1bit)	Cc (14bits)	A_I (1bit)	CNS (1bit)	Co_ID (≤24bits)
#n	0 or 1	Control	0 or 1	0 or 1	Counter ID

참조표는 Table 2와 같이 접속된 호의 VPI, VCI, 매치 플래그, 파라미터 감시 값, 위반 셀 결정 신호, 폭주 표시 신호 및 각 호에 대한 접속 구분자등을 보관하고 있으며 이는 제어 결정 유닛에 의하여 제어 결정에 사용된다.

Table 2에서와 같이 매치 프래그 값은 1인 경우 유효 셀임을 나타내며 0인 경우는 현재의 입력 셀이 접속된 정상적인 가상 채널로 부터 발생된 것이 아님을 나타내므로 셀 제어기는 셀 폐기신호를 발생시키게 된다.

카운터 제어 정보 Cc 는 155.52 Mbps의 전송 매체에서 협상된 최고 셀 율이 r_p 라 할 경우

$$C_c = (53 \times 8) / (r_p \times 2.726 \mu s)$$

로 결정되게 되며 이는 입력 셀의 감시값 C_m 과 비교하여 위반 셀 판정에 사용하게 된다. 한편 셀 위반 신호 A_I 가 1인 경우는 입력 셀이 협상된 파라미터 값을 위반했음을 나타내며 0인 경우는 협상 파라미터를 위반하지 않았거나 비록 할당된 대역폭보다 큰 대역폭을 요구하는 버스티한 트래픽이 들어 왔더라도 대역폭 전체에 충분한 여유가 있을 경우를 나타낸다.

폭주 표시 신호 CNS 는 망내 폭주 상태를 나타내기 위해 망 자원의 이용도가 80% 이상일 경우 1로 세트되고 또한 PTI 의 비트 3 가 0일 경우 1로 세트하여 폭주 상태를 나타내게 된다. 일단 폭주 상태에 들어가게 되면 PTI 정보와 CLP 비트에 의하여 폭주 제어를 하게 된다.

접속 구분자 Co_ID 는 감시하고자 하는 각 가상 연결에 대한 계수기를 나타내기 위하여 사용된다. 한편 감시 정보 보고 유닛(MIRU)은 현재 입력된 셀의 감시 값과 C_c 를 비교하여 그 차이가 허용되는 셀 지연 변동값이내일 경우에 접속 허가된 호의 VPI/VCI 와 입력되는 셀의 감시값을 소프트웨어 기능 유닛(SWFU)로 보고함으로써 자원 관리를 효율적으로 수행할 수 있게된다.

소프트웨어 기능 유닛(SWFU)은 접속 허가시

에 협상된 최고 셀율 r_p 을 참조표내에 셀 감시 기준 파라미터인 C_c 형태로 기록하여 셀 전송 중에 데이터 셀 감시 유닛에 의해서 보고된 셀 감시 정보와 함께 처리하는 등의 트래픽을 분석하는 유닛으로서 이를 바탕으로 참조표를 갱신하게 된다. 다음은 계수가 제어 정보 C_c 의 갱신 과정을 나타낸다.

```

Cl=최저 셀율;
Cp=최고 셀율;
계수기로부터 Cm 추출;
참조표로부터 Cc 추출;
if(|Cm-Cc| > 최대 지연 변동) then(
if(IC ≥ β) then(
if(Cm > Cc) then(
Cc=(1-α)Cm + α Cl;
goto reset;
)
else
{
Cc=(1-α)Cm + α Cp;
goto reset;
}
}
else
IC=IC + 1;
}
}
else
{
제어 정보 유지;
goto next;
}
reset: IC 초기화;
next:
    
```

따라서 ATM 셀 감시/제어는 이와같이 입력 트래픽에 따라 동적으로 변동하는 참조표에 의하여 이루어 지게되며 다음은 그 과정을 나타내고 있다.

```

init: 5 바이트 셀헤더로부터 VPI,VCI 및
      CLP 추출;
      VPI, VCI로 부터 유효 데이터 셀 판정;
      if(유효셀) then {
        계수기로 부터 Cm 추출;
        참조표로 부터 Cc 추출;
        if(Cm < Cc) then{
          if(CLP = 0) then{
            CLP=1 로 세트;
            태깅;
            goto report;
          }
          else
            셀 폐기;
            goto report;
        }
      }
      else
        goto report;
    }
    else
      {
        셀 폐기;
        goto init;
      }
    }
report: 타이머 초기화;
goto init;

```

한편 이때 각 호에 대한 셀 율에 따라 가용한 여분의 대역을 새로운 호에 할당할 수 있게 되어 통계적 다중화의 이득을 높일 수 있게된다. 대역폭의 재할당은 각 정보의 특성에 따라 이루어 질수도 있으나 망내의 자원의 이용도에 따라 동적으로 이루어질 수도 있다.

본 논문에서는 각각의 트래픽에 그 특성에 따라 채널의 총 대역폭중 각기 사용할 수 있는 최소 전용 대역폭을 할당하고 여분의 대역폭은 공유되어 망 성능과 서비스 품질을 최적화하기 위하여 소프트웨어 기능 유닛에 의해 제어되도록 하였다.

한편 이와같은 통계적 다중화 과정을 거칠 경

우 서로 다른 트래픽 소스로 부터의 불규칙한 셀 지연 변동이 생기게 되며 이로 인하여 협상된 트래픽 파라미터 값의 변화폭을 증가시키게 된다. 따라서 각 셀에 대한 지연 변동량을 최대 지연 변동량을 벗어나는 확률이 10^{-10} 으로 제한하였다

IV. 성능 평가 및 고찰

본 논문에서 제안된 알고리즘의 성능 분석을 위하여 Fig. 4와 같은 시뮬레이션 모델에서 Table 3과 같은 가변율 트래픽을 사용하여 성능 분석을 하였다. 이때 동질의 트래픽은 같은 대역내에 다중화되도록 하였으며 셀 처리 지연도 트래픽 제어 이외의 것은 무시하였다. 한편 사용 대역은 각 트래픽 유형에 대하여 기본적으로 50Mbps의 전용 대역을 할당하였고, 공유 대역의 평균 사용량을 5 Mbps 로 제한하였다.

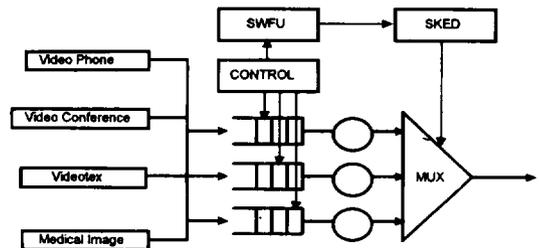


Fig. 4 Simulation model

Table 3 Characteristics of the VBR traffics

Types	Video Telephone	Video Conference	Videotex	Medical Image
Bandwidth (kbps)	64 - 2000	128 - 14000	64 - 10000	1500 - 10000
Burstness	2.5	2.5	10	25
Burst length (kbytes)	2-10	1.6-40	125	625-1000
Cell Loss Tolerance	10^{-9}	10^{-9}	$10^{-7} - 10^{-10}$	10^{-12}

Fig. 5는 각 트래픽마다 기본적으로 할당되는 전용의 대역폭을 50 Mbps로 했을 경우의 대역 이득비를 나타낸 것으로서 화상 전화나 화상 회

의 트래픽의 경우에는 최고 셀율이 기본 할당대역에 비하여 크고 버스트니스는 작음으로 인해서 대역 이득비는 그렇게 크지 않다. 반면에 의료 영상의 경우에는 상대적으로 버스트니스가 크고 이에따라 대역 이득비가 증가하게 된다. 이는 본 논문에서 제안한 알고리즘에서 트래픽 제어 능력이 개선되었음을 나타낸다.

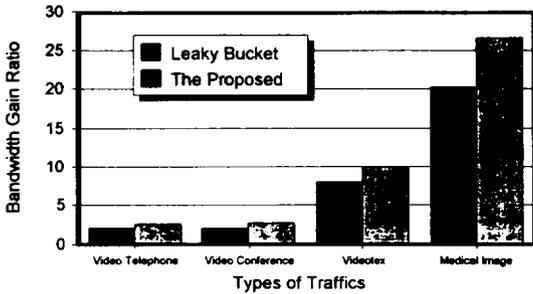


Fig. 5 Comparison of bandwidth gain ratio of Leaky Bucket and the proposed

한편 통계적 다중화 성능은 각 트래픽 유형에 할당된 기본 전용 대역을 B라 하고 이 대역 내에서 다중화 될수 있는 최대 가상 연결의 수를 N, 각 가상 연결에 대한 평균 셀율을 r이라 할 때 다음 식과 같이 각 트래픽 유형에 대한 다중화 효율로 표시된다.

제안된 알고리즘의 경우에는 트래픽 유형에 따른 최대 가상 연결수 N 이 각각 60,6,42,85 이 된다. Leaky Bucket 알고리즘의 경우에는 각 트래픽 유형에 대하여 51.25 Mbps의 대역폭을 할당하였고 Leaky 율은 최고 셀율이하에서 가

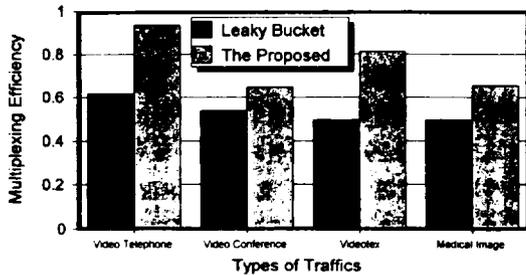


Fig. 6 Comparison of multiplexing efficiency of Leaky Bucket and the proposed

급적 큰값을 지정하였다. 이때의 최대 가상 연결수는 각각 40,5,26,65가 된다. Fig. 6은 Leaky Bucket 알고리즘과의 다중화 효율을 보인 것으로 Leaky Bucket 알고리즘의 평균 다중화 효율은 54.6 % 인 반면에 제안된 알고리즘의 경우에는 평균 76.9 % 로 약 1.4배정도 개선된 것을 알수있다.

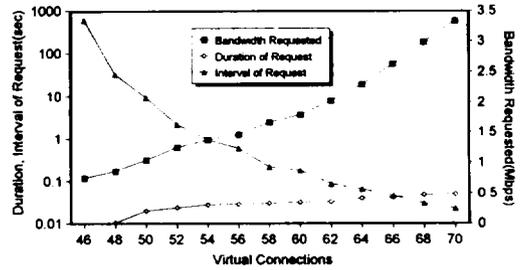


Fig. 7 Requirement of shared bandwidth for video telephone services

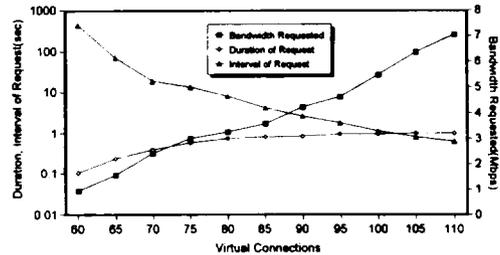


Fig. 8 Requirement of shared bandwidth for medical image services

Fig. 7 과 Fig. 8은 각각 화상 전화와 의료 영상 트래픽에 대하여 가상 접속수에 대한 공유 대역폭에 대한 요구량과 추가 대역폭 요구의 지속 시간 및 추가 대역폭 요구 간격을 나타내고 있다. 공유 대역폭에 대한 요구량은 현재 할당되어 있는 총 대역과 셀 도착율의 합에서 전용 대역폭을 감한 값으로 이값은 Fig. 7의 화상 전화에서는 45개 이상의 가상 접속이상에서 필요하게 되며 Fig. 8의 의료 영상의 경우에는 56개 이상의 가상 접속시에 필요하게 된다. 한편 Fig. 7에서는 66개의 가상 접속시 추가 대역의 요구 지속 시간이 45msec 이고 그 요구 간격이

41msec로 서로 교차하게 되어 할당된 트래픽 품질을 만족시킬 수가 없게 된다. 따라서 소프트웨어 기능 유닛에서는 새로운 가상 접속을 거부하게 되고 폭주제어를 하여야만 한다. 그러나 공유 대역에 대한 추가 대역 요구량은 2.62Mbps로 5Mbps의 제한을 만족함을 알 수 있다.

한편 의료 영상 트래픽에 대한 Fig. 8에서는 105개의 가상 접속에서 공유 대역에 대한 추가 대역 요구량이 6.36Mbps로 제한값인 5Mbps를 초과하게 되고 요구 지속 시간이 982msec, 요구 간격이 803msec로 다른 트래픽에 의한 공유대역의 사용이 불가능하게 되며 의료 영상에 대한 자체 품질도 만족시킬 수가 없게 된다.

한편 Fig. 9과 Fig. 10은 트래픽 유형에 따라 최대 허용 가능한 가상 연결을 수락하였을 경우의 가상 연결의 수와 셀 손실 비율과의 관계를 나타낸 것으로 허용된 범위내에서의 최대 연결 수를 보여주고 있다.

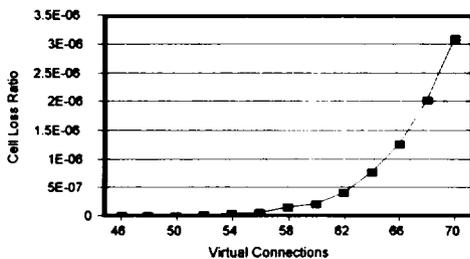


Fig. 9 Cell loss ratio of video telephone service.

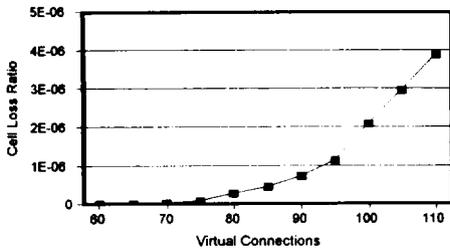


Fig. 10 Cell loss ratio of medical image

화상 전화에 대한 셀 손실 비율을 나타낸

Fig. 9에서는 48개의 가상 접속에 대하여 셀 손실이 2.49×10^{-10} , 50개의 가상 접속에 대하여는 1.92×10^{-9} 로서 Table 3에서의 셀 손실 허용 범위가 10^{-9} 을 만족하므로 이 경우 최대 48개의 가상 접속을 지원할 수가 있게 된다. 한편 Fig. 10은 의료 영상에 대한 셀 손실 비율의 변화를 나타낸 것으로 60개의 가상 접속에 대해 셀 손실이 2.41×10^{-10} 이다. 이는 10^{-12} 의 셀 허용도를 만족하기 위한 가상 접속수가 최대 가상 연결수 85 보다도 큰폭으로 감소하게 됨을 알 수 있다. 이는 의료 영상의 경우 버스트니스가 25로 화상 전화의 2.5에 비해 그 버스트한 특성이 매우 크고, 이에 따라 다른 유형에 의해 점유되고 있는 공유 대역의 사용요구가 늘어나게 되기 때문이다.

V. 결 론

기존의 트래픽 제어 기술은 트래픽마다 사전 협약된 일정 수준의 대역을 고정적으로 할당하거나 감시된 트래픽 특성에 따라 Leaky 울이나 윈도우 크기를 변화시켜 동적으로 제어하였다. 그러나 버스트한 특성이 큰 트래픽을 감시 제어하기 위하여는 입력 셀 버퍼가 매우 커야하고 이로 인하여 셀 처리 지연이 증가하게 된다.

본 논문에서는 전체 대역폭을 동일 특성을 지니는 트래픽에 기본적으로 할당되는 전용 대역과 트래픽이 집중될 경우에 추가 할당될 수 있는 공유 대역으로 나누어 운용함으로써 전체 대역의 효율적인 사용을 가능하게 하였고 그 결과 4가지 유형의 트래픽에 대하여 Leaky Bucket 알고리즘의 경우 대역 이득비가 평균 8.148 정도이었으나 제안된 알고리즘의 경우는 평균 10.54 정도로 약 1.29 배 개선되었다. 또한 통계 다중화시의 트래픽 다중화 효율은 Leaky Bucket 알고리즘의 경우 평균 0.539 인 반면에 제안 알고리즘의 경우에는 평균 0.763 으로 1.416 배정도 개선됨을 알 수 있었다. 더 나아가 기존 알고리즘에서는 입력 트래픽 감시/제어를 위하여 셀 버

퍼를 사용함에 따라 셀 처리 지연이 필연적으로 발생하게 되나 본문에서는 계수기에 의한 트래픽 감시 기법을 사용함으로써 근본적으로 셀 버퍼링에 따른 셀 지연 현상은 발생하지 않는다.

한편 본 논문에서는 트래픽 제어를 위하여 그 핵심이라 할수있는 파라미터 제어기술과 대역 할당 문제를 다루었으나 전반적인 트래픽 제어를 위하여는 앞에서 기술한 접속 허가 기법이나 서비스 스케줄링 등 자원 할당 제어 및 자원 공유 제어 개념을 상호 연계하여 연구되어야 할 것이다.

참고문헌

1. CCITT, 1991, B-ISDN General Network Aspects, Rec. I.311.
2. Bae, Jaime Jungok, Tatsuya Suda, 1991, Survey of Traffic Control Schemes and Protocols in ATM Networks, Proceedings of IEEE, vol. 79, no. 2, pp. 170-189.
3. Bolla, R., F. Davoli, A. Lombardo, S. Palazzo, and D. Panno, 1992, Adaptive Bandwidth Allocation by Hierarchical Control of Multiple ATM Traffic Classes, IEEE INFOCOM, pp. 30-38.
4. Ohta, S. and K. Sato, 1992, Dynamic Bandwidth Control of the Virtual Path in an Asynchronous Transfer Mode, IEEE Trans. on Commun. vol. 40, no. 7, pp. 1239-1247.
5. Turner, Jonathan S., 1992, Managing Bandwidth in ATM Networks with Bursty Traffic, IEEE Network, vol. 6, no. 5, pp. 50-58.
6. Esaki, Hiroshi, 1992, Call Admission Control Method in ATM Networks, IEEE ICC, pp. 1628-1633.
7. Petr, David W., James and Wineinger, 1993, End-to-end Priority Cell Discarding Analysis for ATM Networks, INFOCOM, vol. 3, pp. 1178-1185.
8. CCITT, 1992, Traffic Control and Congestion Control in B-ISDN, Rec. I.371.
9. Butto, M., E. Cavallero and A. Tonietti, 1991, Effectiveness of the Leaky Bucket Policing Mechanism in ATM Networks, IEEE J. Sel. Areas Commun., vol. 9, no. 3, pp. 335-342.
10. Ahn, K.J., I.T. Ryoo and S.B. Lee, 1992, Design and Implementation of ATM Traffic Control Technique, ICCS/ISTA Conference Proceedings, pp. 157-161.