

# ATM망의 트래픽 제어기술 및 현황

건국대학교 전자공학과 김 영 범

## 차 례

### I. 서 론

### III. 서비스 품질 및 트래픽 패러미터

### V. ATM망에서의 호 수락 제어

### I. ATM망에서의 트래픽 폭주 제어

### IV. 서비스 범주

### VI. 결 론

## I. 서 론

광역 정보통신망(B-ISDN)이 지향하는 중요한 목표의 하나는 한정된 연결 형태와 범용의 사용자-망간 인터페이스로써 다양한 특성을 갖는 사용자에게 다양한 종류의 서비스를 제공하는 데 있다. B-ISDN의 구현을 위한 핵심 기술은 광 통신 기술과 ATM(Asynchronous Transfer Mode)이라 할 수 있다.

ATM은 UN 산하의 전기통신에 관한 국제 표준기구인 CCITT(현 ITU의 전신)에 의하여 B-ISDN 구현을 위한 전송 메카니즘으로써 채택이 된 이후, 지난 10여년간 상당한 관심을 끌어 왔다. 여기에서 "전송"이라 함은 ISO(International Organization for Standardization) 일곱개의 망 계층중, 정보 발송자로부터 수신자까지 사용자 데이터를 전달하는 데 사용되는 데이터 링크 계층에서의 스위칭 및 다중화 기술을 말한다. ATM은 각기 다른 서비스 품질 요구조건을 갖는 다양한 망 서비스를 제공하기 위한 하나의 통합적인 인터페이스를 제공하며, 기존의 음성 통신을 위한 회선 교환망과 데이터 서비스를 위한 패킷 교환망의 특성이 혼합된 형태를 지니고 있다. ATM 망에

서 취하고 있는 연결 지향형 서비스의 개념은 회선 교환망으로부터 온 것이지만, 사용자간의 연결에 할당되는 망 자원은 그 연결의 지속 시간동안 실제로 설정이 되어 있거나 또는 되어 있지 않을 수도 있다. 반면에 ATM 망에서의 모든 트래픽은 셀이라 불리는 일정 크기의 패킷 형태로 전송된다는 점에서 패킷 교환망의 특성을 함께 지니고 있다.

최근 World Wide Web 같은 새로운 인터넷 서비스의 도입으로 인하여 망 이용자 트래픽은 폭발적으로 증가하고 있다. 이러한 새로운 서비스는 비단 인터넷에만 국한되지 않고 전화망에서부터 케이블 TV, LAN, 셀룰라 및 위성통신에 이르는 전기통신의 모든 분야에 걸치고 있다. 망 사용자 트래픽의 증가는 단순히 양적인 면에서 뿐만이 아니라 현재까지 잘 알려지지 않은 다양한 특성을 가지는 트래픽 종류면에서의 증가를 의미한다. 따라서 망 트래픽은 매우 동적이고 복잡해지고 있으며, 이를 수용하기 위한 전송대역, 버퍼와 같은 망 자원의 효율적인 분배 및 관리는 점점 어려운 기술이 되어가고 있다<sup>5)</sup>.

B-ISDN/ATM이 지향하는 목표인 다양한 서비스 요구조건과 특성을 갖는 사용자 트래픽을 수용하고 망 자원의 효율적인 사용을 위해, 집중적으로 연구되고

있는 ATM의 한 분야는 트래픽 및 폭주 제어이다. 앞에서 언급한 바와 같이, 다양한 성질의 새로운 서비스를 추가함으로써 발생하는 트래픽은 단순히 망에 대한 부하를 증가시킬 뿐만 아니라, 화상, 음성 신호 및 데이터와 같은 서로 다른 특성을 갖는 트래픽 스트림에 대해 다양한 서비스 품질(Quality of Service; QoS)을 요구하고 있다. 이러한 상황에서, 종국적인 B-ISDN/ATM의 성패는 효과적인 트래픽 제어 메커니즘의 개발에 달려있다고 해도 과언이 아니다<sup>6)</sup>.

본고에서는 ATM망의 트래픽 관리에 사용되는 개념을 소개하고 효율적인 트래픽 제어를 위한 여러 가지 기법과 문제점들을 살펴 보고자 한다.

## II. ATM망에서의 트래픽 폭주 제어

트래픽 폭주 제어는 호 수락 제어(Call admission control), 사용자 패러미터 제어(Usage parameter control), 스위치내의 효율적인 자원 할당을 위한 스케줄링과 버퍼관리 등의 제반 활동을 포함하며, 트래픽 제어가 행해지는 시점에 따라 크게 예방 제어(Preventive control)와 반응 제어(Reactive control)로 나눌 수 있다.

예방 제어라 함은 망 사용자가 망내로 사용자 트래픽을 유입시키기 전 호 설정 단계에서 망 트래픽 폭주가 발생하지 않도록 미연에 트래픽 제어를 하는 방법을 말하고, 반응 제어는 망으로부터 트래픽 발생원으로 귀환되는 망의 트래픽 상태에 관한 정보에 따라 전체적인 망의 폭주를 동적으로 제어하는 방법을 말한다. ATM망에서는 이 두가지 방법이 혼합적으로 사용된다.

원래 ATM 망에서의 높은 전송 속도를 고려하여 예방 제어만이 계획되었으나 근래에 TCP/IP 트래픽을 수용하고 망 자원을 효율적으로 이용하기 위한 방편으로서 ABR 서비스가 추가됨에 따라 반응 제어도 같이 쓰이게 되었다. ATM Forum에 규정된 다섯가지 서비스 범주중 CBR(Constant bit rate)과 실시간 VBR(Variable bit rate) 및 비실시간 VBR 트래픽

에 대해서는 예방 제어가 쓰이고, 오직 ABR(Available bit rate) 트래픽에 대해서만 반응 제어가 사용된다.

반응 제어는 기존의 저속 패킷 교환망에서 많이 쓰여 왔던 방법으로서 고속으로 운용되는 ATM 망에 적용하기에는 여러 문제점을 갖고 있다. 반응 제어에서는 스스로 귀환되는 RM(Resource Management) 셀에 들어 있는 망 트래픽 상태에 관한 정보에 따라 소스의 셀 전송률을 조절하게 된다. 그러나 저속 패킷 교환망에서와는 달리, ATM망은 전송 대역폭과 귀환 지연 시간의 곱이 매우 크다는 특징을 갖는다. 전송 대역폭과 귀환 시간의 곱이 크다는 것은 망 트래픽 폭주가 발생한 시점으로부터 소스가 폭주 상태에 관한 정보를 얻어 자신의 전송률을 낮추기 시작하는 시점까지 이미 상당한 양의 데이터를 망내로 유입하게 됨을 의미하므로 급속히 변화하는 망 트래픽 상태에 신속히 대응하는 데 큰 어려움이 있다. 트래픽 상태 변화에 빨리 적용할 수 있는 여러 가지 흐름제어 방안이 연구되고 있으며 이에 대한 소개는 지면 관계상 생략하기로 한다.

반응 제어에서는 사용자가 망내로 사용자 데이터를 전송하는 동안에 망과 사용자간의 상호 정보 교환에 의해 동적으로 트래픽 제어를 하는 반면, 예방 제어에서는 사용자가 망내로 사용자 트래픽을 실어 보내기 전에 망의 인입구에서 사용자 트래픽을 사전에 계획하고 조정한다. ATM 망은 연결 지향성이므로 모든 정보 전송은 전화망에서와 같이 사전 호 설정이 이루어진 후에 행해진다. 망 관리자는 기존에 설정된 호에 의한 망 자원의 현재 점유 상태를 파악하고, 새로운 호의 트래픽의 특성으로부터 새로운 호를 설정함으로써 추가되는 망 자원 점유율을 예측하여야 한다. 이 예상 망 자원 점유율은 호 설정 요구시 사용자로부터 망에 제시되는 traffic descriptor내의 사용자 트래픽의 특성에 관한 패러미터로부터 산출된다. 이 예측된 새로운 사용자 트래픽에 의한 점유율과 망 자원의 현재 점유 상태를 비교함으로써 호 설정 요구를 수락하거나 거부하게 되는 데 이러한 호수락 여부에 관한 의사 결정과정을 호수락 제어(Call Admission Control)라 부른다. 구체적으로 호 수락 제어는 사용자로부터 호 설정 요

구가 있을 때 첫째로, 새로운 호를 설정함으로써 기존에 설정된 호의 서비스 품질을 저하시키지 않고, 둘째로, 새로운 호가 요구하는 서비스 품질을 지원할 만한 전송 대역폭이나 vpi/vci 값과 같은 여유분의 망 자원이 있는지를 판단하여 요구된 호의 설정을 수락 또는 거부하는 트래픽 제어 활동이다. 한편, 호 설정 요구 시 제시된 traffic descriptor의 내용을 사용자가 데이터 전송시 실제로 순응하는지를 감독하는 행위를 '사용자 패러미터 제어'라 부르며 예방 제어 활동은 이 두가지의 트래픽 제어를 수반한다.

### III. 서비스 품질 및 트래픽 패러미터

ATM망에서 호를 설정하기 위해서 사용자는 사용자 트래픽의 특성 및 서비스 품질에 관한 다음의 패러미터를 호 설정 요구시 traffic descriptor에 명시하여야 한다.

- PCR (Peak Cell Rate): 사용자 트래픽의 최대 발생률.
- SCR (Sustained Cell Rate): 장시간에 걸쳐 측정된 사용자 트래픽의 평균 셀 발생률.
- 셀 유실률 (Cell Loss Ratio; CLR): 전송도중 발생하는 여러나 트래픽 폭주에 의해 망내에서 셀이 유실될 확률. 모든 ATM 셀은 헤더에 CLP(Cell Loss Priority) 비트를 포함하고 있다. 망에서 폭주가 발생하면 헤더상의 CLP 비트가 1로 설정되어 있는 셀을 우선적으로 버리게 된다. CLP=0인 셀의 유실은 사용자에 대해 보다 치명적일 수 있으므로 CLR은 CLP=0인 트래픽 흐름과 CLP=1인 트래픽 흐름에 대해 별도로 명시할 수 있다.
- 셀 전송 지연시간 (Cell Transfer Delay; CTD): 망의 인입점부터 출구점까지 셀이 도달하는 데 소요되는 시간.
- 셀 전송 지연시간 변동치 (Cell Delay Variation): 하나의 연결에 속하는 셀들에 대한 전송 지연시간의 변동을 나타내는 수치.
- 셀 전송 지연시간 변동 허용치 (Cell Delay Variation Tolerance; CDVT)와 버스트 허용치(Burst Tolerance; BT): 주어진 속도로 셀을 발생시키는 소스에 대해 OAM 셀

을 기워 넣거나 다른 트래픽 흐름과의 혼합에 의한 셀 도착 간격의 변동을 어느 정도 허용된다. 예를 들어, 10000 셀/sec의 최대 셀 전송률을 갖는 소스는 정상적으로 매 100 $\mu$ s마다 하나의 셀을 발생시키게 된다. 도착 간격에서의 변동이 허용치를 만족하는 지를 결정하기 위하여 GCRA (Generalized Cell Rate Algorithm)이라 불리는 leaky-bucket 형태의 알고리즘이 사용된다. 이 알고리즘은 두 개의 패러미터를 요하는 데, 첫 번째의 패러미터는 셀 도착 간격 (즉, 셀 전송률의 역수)이고 두 번째 패러미터는 셀 도착 간격 변동 허용치 (CDVT)이다. 따라서, GCRA(100 $\mu$ s, 10 $\mu$ s)은 셀들이 정상적인 예정 도착시간보다 10 $\mu$ s이상 빨리 도착하는 지 검사하게 된다. PCR을 강제하기 위해 사용되는 GCRA 알고리즘의 두 번째 패러미터를 CDVT라 하고 SCR을 강제하기 위해 사용되는 것을 BT라 부른다.

• 최대 버스트 길이(Maximum Burst Size; MBS): PCR의 속도로 연속적으로 보낼 수 있는 그리고 SCR을 만족하는 셀의 개수를 최대 버스트 길이라 한다. 이 패러미터는 PCR, SCR, BT에 다음의 관계식으로 연결된다:

$$BT = (MBS - 1) \left( \frac{1}{SCR} - \frac{1}{PCR} \right)$$

MBS가 BT에 비해 물리적 의미가 명확하므로, 호 설정시 signaling message에는 MBS가 사용되며 BT는 PCR, SCR, MBS로부터 산출된다.

이상 위에 설명된 패러미터중 PCR, SCR, CDVT, BT, MBS는 사용자 트래픽의 특성을 나타내고 사용자에 대하여 망의 인입점에서 강제되는 패러미터들이고, CLR, CTD, CDV는 사용자 트래픽의 서비스 품질을 나타내며 망의 출구점에서 측정된다.

• 최저 셀 전송률 (Minimum Cell Rate; MCR): 사용자가 요구하는 최저 셀 전송 속도

주1. 여기에서 CLR은 제한 제어 신호에 따르는 소스에 대해 보장되며, 구체적인 값은 사용자가 명시하지 않고 망에서 지정된 값에 따름.

주2. 이에 대한 호수락 제어나 UPC를 행하지 않을 수도 있음.

주3. ABR 소스가 전송할 수 있는 최대 허용치. 실제 셀 전송률은 제한 제어 신호에 따라 정해짐.

### IV. 서비스 범주

현재까지 ATM Forum에서의 Traffic Management에 관한 규격은 버전 4.0까지 나와 있는데 모두 다섯 가지의 서비스 범주를 규정하고 있다<sup>(2)</sup>. 표 1은 이러한 서비스 범주에 대한 트래픽 속성 및 관련 서비스 패러미터를 나타내고 있다.

첫째로, CBR(Constant Bit Rate) 서비스는 엄격한 처리율 및 전송 지연시간을 요하는 트래픽을 수용하기 위한 것으로서 모든 서비스 범주중 우선 순위가 가장 높다. 여기에 포함되는 트래픽으로서는 음성 데이터, 쌍방향 화상 데이터, 그리고 T1이나 DS-3 같은 emulated 디지털 회선 등을 들 수 있다. 엄격한 처리율 및 전송 지연시간이 요구되므로 호 설정시 사용자 트래픽의 최대 셀 전송률(PCR: Peak Cell Rate)만큼의 대역폭이 할당되어야 한다. 이 서비스 범주에 속하는 트래픽에 할당되고 남은 전송 대역폭은 다른 서비스 범주의 트래픽을 위해 사용된다.

두 번째의 서비스 범주는 트래픽 발생률이 시간에 따라 변하는 트래픽을 수용하기 위한 VBR(Variable Bit Rate) 서비스이다. 따라서 이러한 트래픽을 효율적으로 수용하기 위해서 통계적 다중화기법이 사용된다. 사용자 트래픽이 전송 지연시간에 대한 민감 정도

에 따라 이 서비스 범주는 다시 실시간 VBR과 비실시간 VBR의 두 서비스 범주로 나뉜다. 실시간 VBR에 대해서는 최대 전송 지연시간과 전송 지연시간 변동치가 명시되나 비실시간 VBR에 대해서는 전송 지연시간에 대한 보장을 하지 않는다. 실시간 VBR의 예로서는 압축된 쌍방향 화상 데이터를, 비실시간 VBR의 예로는 멀티미디어 전자 메일을 들 수 있다.

아무런 서비스 품질 보장을 원하지 않는 트래픽은 다른 서비스 범주에 속하는 트래픽이 점유하고 남은 전송 대역폭(Background 대역폭이라 부른다)을 이용하는 UBR(Unspecified Bit Rate) 서비스를 이용할 수 있다. 따라서 UBR 서비스는 빈번한 셀 유실로 인한 사용자 터미널간의 retransmission 기능이 가능한 사용자 애플리케이션에 유용하며, 그 예로서는 뉴스 또는 기상예보를 위한 background image, 파일 전송, 전자메일 등을 들 수 있다. ATM Forum Traffic Management 워킹 그룹은 UBR 서비스에 대해 약간의 사항을 정의하였으나, UBR에 대한 실질적인 트래픽 제어 구현은 스위치 vendor에 의존한다.

마지막 서비스 범주인 ABR(Available Bit Rate)는 최근 수년간 상당한 관심과 연구의 대상이 되고 있다. ATM Forum Traffic Management 워킹 그룹에서 이 서비스 범주를 도입하게 된 배경은 전송 지연시간에 대해서는 민감하지 않으나 비교적 작은 셀 유

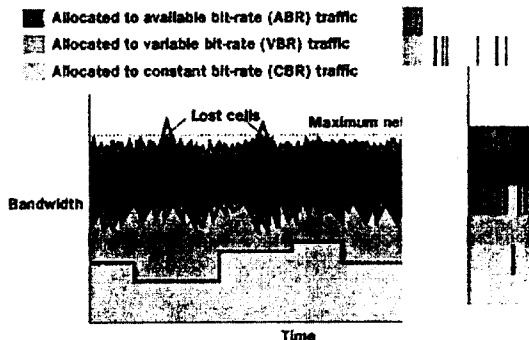
[표 1] ATM 계층 서비스 범주(2)

속성	ATM 계층 서비스 범주				
	CBR	rt-VBR	nrt-VBR	UBR	ABR
트래픽 계수					
PCR, CDVT	명시			명시(주2)	명시(주3)
SCR, MBS, CDVT	해당사항 없음	명시		해당사항 없음	
MCR	해당사항 없음			해당사항 없음	명시
QoS 계수					
peak-to-peak CDV	명시		비명시		
maxCTD	명시		비명시		
CLR	명시			비명시	(주1)
기타					
제한 트래픽 제어	비명시				명시

실률을 요하는 애플리케이션간에 제한 흐름제어 메카니즘을 이용하여 background 전송 대역폭을 공정하게 배분하자는 취지이다. 망의 폭주 상태에 따라 소스는 셀 전송률을 조정해야 하며 이러한 source behavior 규칙에 순응하는 트래픽에 대해서는 망에서 정해져 있는 최대 셀 손실률이 보장된다 (즉, 이 경우 CLR은 호 설정시 traffic descriptor에 명시되지 않는다). ABR은 LAN 인터커넥트나 다른 망 연동 애플리케이션을 지원하기 위한 서비스로써 유용하다.

그림 1은 서로 다른 서비스 범주간에 대역폭을 할당시키는 하나의 예를 보이고 있다. CBR 트래픽은 항상 일정한 양의 대역폭이 VBR 트래픽에 대해서는 유동적인 양 만큼의 대역폭이 보장되고 남은 만큼의 대역폭은 ABR 또는 UBR 트래픽을 위해 사용된다.

[그림. 서로 다른 서비스 범주간의 전송 대역폭 할당의 예]



끝으로, 위에서 설명된 ATM Forum TM 4.0에서 정의되어 있는 다섯 가지의 서비스 범주 외에 ATM Forum Traffic Management 워킹 그룹에서는 GFR(Guaranteed Frame Rate)이라는 새로운 서비스 범주를 계획하고 있으며 현재 활발한 검토 단계에 있다(1). GFR 서비스는 다른 서비스 범주에서 요구되는 트래픽 패러미터의 값을 사용자가 명시할 수 없고 ABR 서비스에서 요구하는 source behavior 룰에 순응할 수 있는 기능이 없으며 UBR 서비스에 비해 어느 정도의 서비스 품질 보장을 원하는 사용자 또는 망 애플리케이션을 지원하기 위한 것이다.

## V. ATM망에서의 호 수락 제어

ATM망에서는 호 설정 단계에서 트래픽 발생원으로부터 목적지까지 경로가 설정되며, 이 경로는 하나 또는 복수 개의 망 스위치를 거치게 된다. 따라서 경로상에 있는 각 스위치에서 이 새로운 연결을 설정하기 위한 호 수락 제어가 이뤄져야 한다. 이 장에서는 효과적인 호 수락 제어 구현을 둘러싼 여러 가지 문제점들을 살펴보고 등가대역폭을 이용한 호 수락 제어의 한 방법을 소개 하기로 한다.

### 1. 호수락 제이기 설계시의 문제점

첫째, 트래픽 제어 측면에서 사용자 트래픽의 특성에 관한 정보가 많을수록 이를 이용하여 망 자원을 보다 효율적으로 할당시킬 수 있다. 반면에 고속 통신망에서는 신속한 호 설정을 위해 traffic descriptor가 간단해야 할 필요가 있다. 실제로 ATM Forum TM 4.0에서 정한 traffic descriptor는 사용자 트래픽에 관한 일차적 통계 패러미터 (PCR, 평균 전송률, 평균 burst 길이 따위) 만을 포함하고 있다. 일차적 통계 패러미터만으로 통계적 다중화를 어떻게 달성하는가는 과중한 숙제이다.

다음으로 최근의 LAN 트래픽과 압축 동화상 데이터의 통계적 모델링에 관한 연구에 의하면(7), 대부분의 VBR이나 ABR 트래픽은 종래에 잘 알려져 있는 Poisson 프로세스나 MMPP (Markov modulated Poisson process)와 같은 트래픽 모델과 달리 self-similar한 성질을 지니고 있는 것으로 알려졌다. 종래의 트래픽 모델에서는 많은 수의 셀 흐름을 집중화시킬수록 버스티한 성질이 완화되는 효과 (smoothing effect)를 얻을 수 있었으나, self-similar 트래픽에서는 버스티한 성질이 모든 time scale에서 존재하기 때문에 smoothing effect를 기대할 수 없다. 또한 self-similar 트래픽의 전송률 변동성을 포착하기 위한 통

계 모델은 매우 복잡하고 관련 패러미터를 구하기가 상당히 어렵다. 향후 망 트래픽의 큰 부분을 차지할 것으로 보이는 LAN 트래픽과 압축 동화상 데이터의 self-similar한 성질은 효율적인 트래픽 제어기 설계에 큰 걸림돌이 되고 있다.

마지막으로 망 스위치 내에서의 스케줄링의 문제이다. 하나의 호 설정 요구에 의해 할당되어 있는 스위치 내의 자원(스위치 내 셀 경로상의 대역폭, 버퍼, processing time, 스위치 출력 링크상의 대역폭 따위)의 여러개의 connection에 의해 공유되기 때문에 실질적으로 하나의 connection에 대해 설정이 안되어 있을 수 있다. 자원의 공유는 여러개 connection간의 충돌을 피할 수 없기 때문에 혼합된 connection간의 간섭에 의한 QoS 저하를 피하기 위한 스위치 내에서의 스케줄링은 어려운 문제이다. 최근 혼합된 connection간의 간섭 문제를 해결하기 위한 하나의 방법으로써 per-flow queueing이라는 스위치내 셀 처리 기법이 제시되고 있으나, 복잡한 버퍼 관리(하나의 메모리내에 VC 별로의 큐를 설정하기 위해 pointer를 사용하고 있음)를 요하고, 공유메모리 형태의 스위칭 구조를 갖기 때문에, 복수개의 셀 경로가 동시에 병렬적으로 설정되는 일반적인 스위치의 장점을 상실하고 있다.

이밖에 통계적 호 수락 제어 방법이 갖는 난점들을 피하기 위해 신경망이나 퍼지 이론을 이용하여 트래픽 특성 변화에 적응적으로 대응할 수 있는 동적 대역 할당 알고리즘 개발에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으나 아직은 시험 단계에 있으며 ATM Forum의 규격화 작업에 반영되기까지는 상당한 시간이 걸릴 것으로 보인다<sup>(9)</sup>.

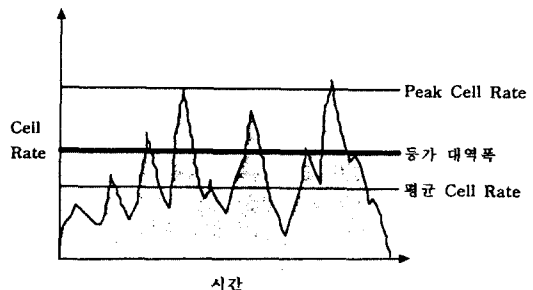
## 2. 등가 대역폭의 개념

ATM의 가장 큰 장점중의 하나인 통계적 다중화를 통한 전송 대역폭의 최적 이용을 위해서는 효율적인 대역 할당이 필요하다. 전 장에서 기술한 5가지 서비스 범주중 PCR 만큼의 대역폭만을 할당시켜 주면 되

는 CBR 트래픽이나 특별한 대역 할당이 필요없는 UBR이나 ABR같은 best effort 서비스의 경우 호 수락 제어는 매우 간단하다. VBR 트래픽은 셀 발생률이 시간에 따라 변하기 때문에 실제로 얼마 만큼의 대역폭을 할당해야 하는가의 문제가 생긴다.

VBR 트래픽에 대하여 PCR에 기준하여 대역폭을 할당한다면 다중화에 따른 이득(다중화 이득이라 부름)을 기대할 수 없고 SCR 만큼의 대역폭을 할당하면 셀 전송률이 최대로 한동안 지속될 때 과도한 셀유실이 발생하거나 긴 지연시간을 초래할 수 있기 때문에, 요구되는 서비스 품질 조건을 만족하기 어렵게 된다. 따라서, 실제 할당되는 대역폭으로서는 PCR과 SCR 사이의 한 최적점을 선택하여야 한다(그림2 참조). 여기에서 최적점이라 함은 사용자가 제시한 서비스 품질을 만족시키기 위해 할당되어야 하는 최소량의 전송 대역폭을 말하며 등가 대역폭이라 부른다. 주어진 트래픽에 대해 등가 대역을 구하는 것은 가능한 트래픽 모델이 다양하기 때문에 상당히 어려운 일이다.

[그림2. VBR 트래픽에 대한 등가 대역폭]

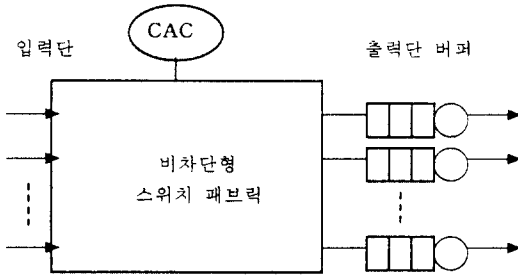


## 3. 등가 대역폭을 이용한 호 수락 제어

이 절에서는 출력 버퍼형 ATM 스위치(그림 3)에서 등가 대역폭을 이용하여 호 수락 제어를 하는 여러 방법중 대표적인 Hsu와 Warland의 방법<sup>(10)</sup>을 소개하고자 한다. 여기에서의 등가 대역폭의 계산은 Large Deviation 이론<sup>(4)</sup>을 이용하고 있다.

출력 버퍼형 스위치에서는 동일한 출력 포트 주소를

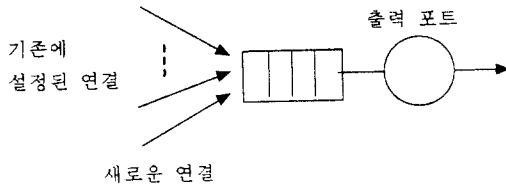
[그림3. 출력단 버퍼형 스위치]



갖는 복수개의 입력 셀을 한 슬롯(여기에서 한 슬롯은 하나의 셀을 전송하는 데 소요되는 시간을 말함)동안에 원하는 출력 포트로 라우팅이 되므로, 각각의 출력 포트를 서로 다른 입력 포트로부터 온 복수개의 트래픽 스트림이 혼합되는 하나의 ATM 다중기(그림 4)로 간주할 수 있다. 그림 3에서 CAC는 스위치 제어기내의 하나의 모듈로서 호 수락 제어 기능을 수행한다.

실시간 VBR 트래픽은 전송 지연 시간에 민감하므로 버퍼를 할당하지 않고, 반면에 전송 지연시간에 민감하지 않은 비실시간 트래픽에 대해서는 버퍼를 할당시켜 주는 방식을 고려하기로 한다.

[그림4. ATM 다중기]



가. 실시간 VBR 트래픽에 대한 호 수락 제어

상호 독립이고 동일 분포를 갖는 N개의 트래픽이 혼합되는 경우를 고려해 보자. 소스 i의 정상 상태에서의 셀 발생률을  $Y_i$ 로써 표시하고 c를 각 소스에 대한 서비스율이라 하면 이러한 큐잉 시스템에 대한 안정화 조건은  $E\{Y_i\} < c$ 이다. 셀 유실은  $P\{Y_1 > c\} > 0$ 이다. Bahadur와 Rao<sup>[3]</sup>의 tilted probability 분포의 개념을 사용하면

$$P\{Y_1 + \dots + Y_N > Nc\} \approx \frac{1}{\sqrt{2\pi N\sigma_c\theta_c}} e^{-Nl(c)} \quad (1)$$

의 관계식을 얻을 수 있다. 이 식에서  $\theta_c$ 는  $\theta_c = \varphi'(\theta)$ 의 값을 최대로 하는  $\theta$ 의 값을, 즉,

$$\theta_c = \arg \sup_{\theta} [\theta c - \varphi(\theta)]$$

이 성립하며,  $\varphi(\theta)$ ,  $\sigma_c$ ,  $l(c)$ 는 각각  $\varphi(\theta) = \log E[\exp(\theta Y_1)]$ ,  $l(c) = \theta_c c - \varphi(\theta_c)$ ,  $\sigma_c^2 = \varphi''(\theta_c)$ 로써 주어진다. 식 1은 N이 클 때에 즉, 혼합되는 셀 흐름의 수가 많을 때 셀이 유실될 확률은 N에 따라 지수 함수적으로 급격히 감소함을 의미한다. 따라서 만족해야 할 셀 유실률이  $\beta$ 로 주어졌을 때의 등가 대역  $c^*$ 는

$$\frac{1}{\sqrt{2\pi N\sigma_c\theta_c}} e^{-Nl(c^*)} = \beta \quad (2)$$

으로 주어지는 관계식의  $c$ 에 관한 해이다. 따라서 위에 기술한 N개의 셀 흐름이 출력 전송 대역폭이 C인 다중기에 의해 혼합될 때의 호 설정 요구는

$$N c^* < C$$

의 조건이 만족되면 수락이 된다.

나. 비실시간 VBR 트래픽에 대한 호 수락 제어

그림 4의 다중기의 출력 링크는 초당 C개의 셀을 일정하게 내보낸다고 하고 W를 정상상태에서 버퍼에 차 있는 셀의 개수, 그리고 B를 버퍼의 크기라 하자. 다중기에 도착하는 셀 스트림에 대해 [6]에 주어진 가정을 취하면 B가 매우 클 때

$$P\{W > B\} \approx \exp(-Ba^{-1}(C))$$

이 성립한다. 이 식에서 함수  $a(\cdot)$ 은 아래와 같이 주어진다. 최대 셀 손실률을  $\beta$ 라 하면  $P\{W > B\} \leq \beta$ 이 만족되어야 하므로 따라서

$$\frac{1}{B} \log P[W > B] \leq \log \beta$$

이 성립되어야 한다.  $\delta = -\log \beta$  ( $\delta > 0$ )로 놓고, 소스가  $t$ 초 동안에 랜덤 변수  $A(t)$ 개의 셀을 발생시키는 경우, 이 소스에 대한 등가 대역은

$$a(\delta) = \Lambda(\delta) / \delta$$

로써 주어지고 여기에서 함수  $\Lambda(x)$ 는 log moment generating function으로서, 양의 실수  $x$ 에 대해

$$\Lambda(x) = \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{1}{t} \log E[e^{xA(t)}]$$

로써 주어진다. 이렇게 구해진 등가 대역은 종래의 회선 교환망에서 호 수락 과정과 비슷한 방법으로 간단한 호 수락 제어를 가능하게 한다. 도착 셀 스트림이 트래픽 종류  $j$ 에 대해  $n_j$ 개의 트래픽 소스를 갖는 모두  $J$  종류의 트래픽으로 구성된다고 하자. 이 경우의 호 수락 결정은

$$\sum_{j \in J} n_j a_j(\delta) \leq C$$

의 부등식이 성립하면 호 설정 요구를 수락하게 되고 반대의 경우 거절하게 된다.

위의 결과는 하나의 버퍼만을 고려하고 있으나 트래픽이 여러개의 버퍼를 거칠 경우 상황이 매우 어려워진다. 즉, 복수개의 상호 독립인 스트림이 하나의 버퍼를 공유하게 되면 상호간에 간섭이 일어나게 되어 원래의 트래픽 성질이 바뀌고 따라서 등가 대역폭도 바뀌게 되기 때문이다. 다행히도 다중기의 전송 속도  $C$ 가 충분히 클 경우, 트래픽 스트림은 버퍼를 거치더라도 원래의 트래픽 특성을 잃지 않으며 따라서 등가 대역폭도 바뀌지 않는다는 연구 결과가 나와 있다<sup>(8)</sup>.

## VI. 결 론

이제까지 ATM망의 트래픽 관리에 사용되는 개념과 트래픽 제어를 위한 여러 가지 기술 및 현재까지 이 기술들이 당면하고 있는 한계와 문제점들을 살펴 보았다. 최근 망 사용자의 급격한 증가는 망 트래픽의 양적, 질적 증가를 가져옴으로써, 이를 효과적으로 수용하기 위한 트래픽 제어기술의 개발은 광대역 통신망 구현을 위한 기반 기술로써 ATM의 성공을 가능하는 선결 과제가 될 것이다.

### 참고문헌

- (1) ATM Forum Traffic Management Working Group Living List, TD-TM-01.07, February 1998
- (2) ATM Forum Technical Committee, Traffic Management Specification, Version 4.0, af-tm-0056.000, April 1996
- (3) R.R. Bahadur and R.R. Rao, "On Deviations of the sample mean," Ann. Math. Statist., vol. 31, 1960, p. 1015-1027.
- (4) J. A. Bucklew, Large Deviation Techniques in Decision, Simulation, and Estimation, Wiley, 1990.
- (5) A. E. Eckberg, "BISDN/ATM Traffic control and congestion control," IEEE Network, Sept., 1992
- (6) R. Guerin, H. Ahmadi, and M. Naghshineh, "Equivalent Capacity and its Application to Bandwidth Allocation in High-Speed Networks," IEEE Journal on Selected Areas in Communications, vol. 9, no. 7, Sept. 1991, pp. 968-981.
- (7) W. E. Leland, et. al., "On the self-similar nature of Ethernet traffic," ACM SIGComm 3, San Francisco, USA, Sept., 1993.



- (8) G. de Veciana, C. Courcoubetis and J. Warland, "Decoupling Bandwidth for Networks: a Decomposition Approach to Resource Management," IEEE Infocom '94, vol. 2, pp.466-473.
- (9) C. Douligeris and G. Develekos, "Neuro-Fuzzy control in ATM networks," IEEE Communications Magazine, vol. 35, May, 1997.
- (10) I. Hsu and Jean Warland, "Admission control for multi-class ATM traffic with overflow constraints," Computer Networks and ISDN Systems Journal, 1995.



김 영 범

- 1984년 : 서울대학교 공과대학 전자공학과 졸업
- 1986년 : 서울대학교 전자공학 석사
- 1996년 : 미국 메릴랜드 주립대학 전자공학 박사
- 1986년 ~ 1988년 : 한국통신 품질보증단 전임연구원
- 1988년 ~ 1989년 : 과학기술대학 전기전자공학부 전임조교
- 1996년 ~ 1997년 : TelPerion Network Systems, USA
- 1997년 ~ 현재 : 건국대학교 공과대학 전자공학과 조교수