

ATM 망의 Traffic 특성과 제어기술

金 鍾 權

서울대학교 自然科學大學 計算統計學科

I. 서 론

광대역 종합망(broadband ISDN)은 협대역 종합망에서 지원하는 음성 및 저속 데이터 통신 뿐만 아니라 고속 데이터 전송, 정지화상, 동화상 전송 및 연예 화상 방송 서비스까지도 포함하는 고속 종합정보 통신망이다. 즉 광대역 종합망의 특성은 전송 요구량이 수 bit/sec인 telemetry로부터 전송 요구량이 수십 Mbit/sec인 고해상 동화상 전송에 이르기까지 매우 다양한 서비스를 포함한다는 데 있으며 또한 이 서비스들의 traffic 특성이 매우 상이하다는 데 있다.^{1,2)}

이런 다양한 서비스를 지원하는 광대역 종합망을 효율적으로 구현하기 위하여 CCITT에서는 ATM(asynchronous transfer mode) 방식을 표준화시키고 있다. ATM은 일종의 패킷 방식으로 각 서비스가 필요한 만큼 전송용량을 요구기준(on demand basic)에 따라 역동적으로 할당하는 방식이다. 전송용량의 할당은 셀(cell)이라고 불리우는 53byte 크기로 고정된 정보 단위로 이루어지며, 각 서비스에서 생성되는 정보는 다수의 셀로 분할되어 전송된다. ATM 방식에서는 각 셀이 전송시설에서 차지하는 위치가 미리 정해져 있지 않고 필요에 따라 사용되지 않는 전송 slot에 셀을 삽입하여 전송시킨다. 이와같이 ATM은 전송 용량이 미리 정해져 있지 않고 필요에 의해 분배되므로 전송 용량이 미리 정해져 있는 서킷 스위칭에 비해 전송 시설을 더욱 효율적으로 사용할 수 있다는 잇점이 있다. 또한 ATM은 전송 할당이 셀 단위로 이루어지기 때문에 전송 용량 할당의 단위를 미세한 단위로 할 수 있으며 매우 상이한 전송 요구량을 가진 서비스들을 종합적으로 신속성 있게 지원할 수 있다는 잇점이 있다.^{3,4)}

위에 열거한 ATM의 효율성과 신속성 두 잇점들은 그냥 얻어지는 것이 아니라 정밀한 제어와 고도의 프로세싱에 의해 이루어진다. 본고의 주 목적은 ATM망의 효율성을 성취하기 위해 제안된 제반 ATM망의 제어 traffic 방법에 관해 고찰하는데 있다. ATM망의 traffic 제어 문제는 근래 2~3년간 국외 통신 학계에서 가장 활발히 연구 되어온 과제⁵⁻⁷⁾들 중의 하나이며, 현재도 이에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 본고에서는 현재까지 ATM traffic 제어와 관련되어 발표된 연구 논문을 중심으로 traffic 제어 문제에 관해 설명하고 앞으로 해결해야 할 문제들에 대해 논의한다.

1. ATM 서비스의 분류

ATM 망에서 지원될 서비스는 그 서비스의 특성과 요구 조건에 따라 그림1에서와 같이 구분된다. 근원지와 도착지간의 시간조정은 생성지(source)에서 떠난 셀들이 어느 일정 시간 이내에 도착지에 도착해야 한다는 실시간 전송 요구성을 나타낸 것이다. 이는 또한 각 셀들이 근원지에서부터 도착지까지 걸리는 전송 지연의 차이가 어느 한계보다 작아야 한다는 패킷 jitter에 관한 요구 사항도 포함한다. 두번째 분류는 생성되는 정보의 양(또는 근원지에서 망으로 내보내는 정보의 양)이 시간에 따라 불변인지 가변인지에 따라 나누는 것이다. 항등적 서비스는 현재의 음성 서비스와 같이 데이터 전송기간에 항상 같은 양의 정보를 생성하는 반면 가변적 서비스는 정보의 양이 역동적으로 변하는 돌발성(burstiness)을 갖는다. 세번째 분류는 근원지와 도착지 사이의 연결방식이 연결형/무연결형이냐에 따라 구분되며 연결형 방식의 서비스는 정보 전송을 하기전

Traffic 형 특 성	A 형	B 형	C 형	D 형
근원지와 도착지 간의 시간조정	요구됨		요구없음	
정보 생성 속도	항 등	변 등		
연 결 방식	연 결 심			부연결성

그림 1. ATM 서비스의 분류

에 서비스 양단을 서로 연결하는 서비스 연결단계를 거쳐야 하며 서비스가 끝난 후에는 연결을 끊는 서비스 단절 단계를 거쳐야 한다. (즉 패킷 스위칭에서의 가상 서킷과 같다).

A형 서비스의 가장 큰 특징은 정보 생성속도가 항등하다는데 있다. 이런 traffic을 CBR (continuous bit rate) traffic이라 하며, PCM 코딩 방식의 음성 신호 또는 CBR 코딩 방식에 의해 생성되는 영상 신호가 이에 속한다. A형 traffic은 서킷 스위칭에서와 같이 일정량의 대역폭을 호의 지속 기간동안 독점적으로 할당하여 지원¹⁾할 수 있으며, 이의 제어 방법은 다른 유형의 traffic에 비해 상대적으로 간단하다.

B형 서비스는 정보 생성량이 시간에 따라 변하며 생성된 정보를 실시간 전송할 것을 요구한다. B형에 속하는 traffic 중에서 VBR (variable bit rate) 코딩 방식에 의해 생성된 평균 전송 요구량이 수십 Mbit/sec에 이르는 고해상도 동화상 traffic의 제어가 ATM traffic 제어의 가장 큰 문제점으로 등장한다. 이러한 VBR 영상 traffic은 전송 요구량의 높을 뿐만 아니라 버스트(burst)의 길이가 길고 최고 정보 생성률 대 평균정보 생성률비가 높으며 낮은 (10^{-9} 보다 작은) CLR (cell loss rate)을 요구한다. 위와 같이 매우 까다로운 요구조건 및 traffic 특성 때문에 현재 ATM traffic 제어 연구에서 가장 많이 다루어지는 문제는 VBR 영상 traffic 제어 및 그로 인한 통계적 다중 이득 (statistical multiplexing gain)에 대한 연구이다.

C형 및 D형 서비스는 주로 데이터 통신 서비스들이다. 이들은 실시간 전송이 요구되지 않는다는 면에서 B형 서비스에 비해 상대적으로 제어하기가 쉽다. 그러나 ATM 망이 초고속으로 운영된다는 면을

염두에 두면 데이터 서비스를 현재의 TCP/IP 통신 프로토콜이나 OSI 프로토콜로 지원하기는 어려워지리라 여겨진다. 고속 통신망에 적합한 프로토콜의 연구⁹⁻¹²⁾도 매우 활발히 이루어지고 있으나, 이 분야는 본 고의 영역을 벗어나므로 생략한다.

본 고의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 ATM 망에서의 전체적인 망 관리 체제의 구조에 대해 설명하고 ATM 망 관리에서 독특하게 나타나는 가상 경로에 의한 논리적 망의 재구성 문제에 대해서 설명하였다. 3장에서는 ATM 망에 필요한 traffic 제어 시스템에 대해 다루고 제어 시스템 중 호 수용 제어와 사용 매개변수 제어 문제에 대해 고찰하였다. 4장에서는 앞으로의 ATM traffic 제어에 관한 연구과제들을 열거하였다.

II. ATM 망 관리 구조

통신망 관리는 시설용량 계획 (capacity planning) 부분과 traffic 제어 부분 두 부분으로 이루어져 있다고 볼 수 있다. 만약 어떤 통신망에서 제공된 traffic (offered traffic)이 증가하여 사용자가 요구하는 서비스 질 (quality of service)을 만족하지 못한다고 가정하자. 서비스의 질을 높이기 위해서는 망 관리의 두 요소중 시설계획 용량에 의해 시설용량을 확장시키거나 traffic 관리 기법을 이용해 보다 효율적인 자원분배를 하여 시설확장없이 서비스 질을 높이는 방법이 있다. 현재의 전화망에서의 traffic 관리 기법은 traffic 특성과 패턴 (pattern)에 따라 경로를 지정하는 라우팅 (routing) 방법이 주종을 이루고 있다. 이와같이 서킷 스위칭 전화망에서는 망관리 체제가 시설계획과 라우팅의 두개의 요소로 이루어져 있으며 비교적 간단한 구조를 가지고 있다.

ATM 망은 지원하는 서비스가 다양하고 자원의 할당이 요구 기반 (allocation on demand)에 의해 이루어지므로 망 관리 체제가 현재의 전화망보다 복잡한 구조를 가질 것이다. ATM 망 관리 체제는 서킷 스위칭 전화망에서의 시설계획, 라우팅 뿐만 아니라 ATM 망에 독특한 가상경로망 (virtual path) 관리와 호 연결 결정시와 호 결정후의 전반적 traffic 관리 기능을 포함하는 총체적인 기능을 갖는다. 이 중에서 시설계획과 라우팅 문제는 기존의 저속 패킷 스위칭망의 연구에서 많이 다루어져 왔으며 저속 패킷망의 대상으로 추출된 연구 결과를 ATM망에 어느정도 적용할 수 있다고 여겨진다. 그러므로 본 고에서는

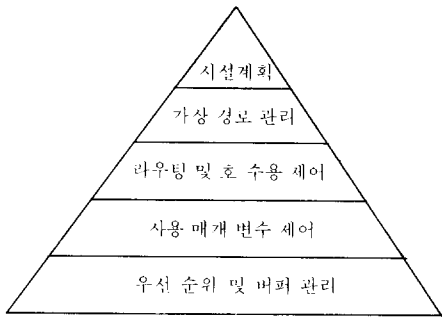


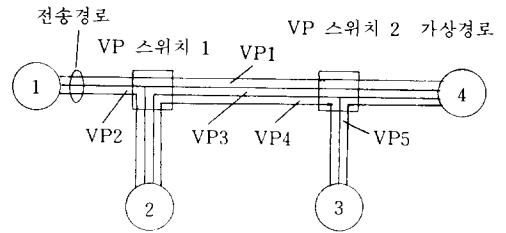
그림 2. ATM 망 관리 체제 구조

시설계획과 라우팅을 제외한 제반 ATM 망 관리에 대해 고찰한다.

ATM 망 관리체제의 구조는 그림2에 보는 바와 같다. 시설계획은 주어진 traffic 요구량과 패턴에 따라 전송 시설과 기타 통신 장비의 용량을 결정하는 임무를 하며 가상경로 관리는 주어진 망 형태와 시설하에서 전송경로(transmission path)의 일부 대역을 cross-connect 하거나 VP switch하여 가상 경로(virtual path)를 만들며 가상경로에 의한 논리적 망(logical network)의 구성을 책임진다. 호 연결 제어는 새로 도착한 호를 가상적 망이 만족시킬 수 있는지 여부를 판단하여 호 소통/불통 결정을 내린다. 호 연결 결정시 호의 traffic 특성을 나타내는 여러 가지 매개 변수를 제시하게 되는데 사용 매개 변수 제어기는 연결된 호가 약속된 매개변수를 지키고 있는지 감시하고 약속을 위반한 호에 대한 제재 조치를 가한다.¹³⁻¹⁶⁾ 마지막으로 우선순위 및 버퍼 관리는 요구 서비스질이 다른 호간 또는 동일 호에서도 우선 순위가 다른 셀 간에 할당되는 시간 및 공간적 자원배분 문제를 맡는다.

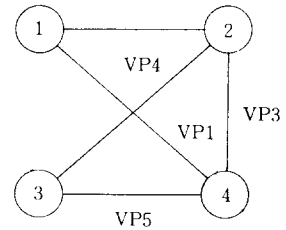
1. 가상경로 관리

ATM 망에서의 물리적 전송경로(transmission path), 가상경로(virtual path) 그리고 가상 채널(virtual channel) 간의 관계는 그림3에 나타나 있다. 그림 3(a)의 예에서는 물리적인 전송경로를 통해 직접 연결된 ATM 스위치는 없다. 그러나 물리적 망 위에 가상경로에 의해 이루어진 논리적 망은 ATM 스위치간의 직접 연속이 많은 연결성(connectivity)이 높은 형태를 취한다. 위의 예에서 보는바와 같이 가상 경로는 망 양단(end-to-end)의 연결성을 높여서 중간지점(intermediate node)를 거쳐서 라우팅 되지않

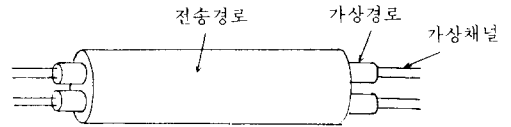


□ ATM Cross-connect 또는 VP 스위치 ○ ATM 스위치

(a) ATM 망의 예



(b) 가상 경로에 의한 논리적 망



(c) 전송경로, 가상경로, 가상채널간의 관계

그림 3. ATM 망의 구조

고 직접 라우팅이 되도록 한다. 이렇게 함으로써 각 스위치에서 처리해야 하는 정보양을 줄일 수 있고 중간 지점에서 통계적 다중화에 따른 제반 traffic 관리 문제 및 자원배분 문제를 제거할 수 있다는 잇점이 있다. 가상 경로의 연결은 ATM cross-connect 나 VP 스위치에서 최소의 프로세싱만으로 가능하므로 대량 셀 유입에 따른 중간지점에서의 셀 처리 부하를 줄이는데 기여한다.^{3,17)} 그림 3(a)에서 연결된 가상 경로에 해당하는 논리적 망의 구조는 그림 3(b)에 나타나 있다.

각 가상경로는 VPI(virtual path id)에 의해 구분되며 가상 경로를 사용하는 셀은 그 머리부분에 VPI를 표시하고 다닌다. 가상경로의 생성은 전송 트렁크와 전송트렁크를 직접 스위치(optical 스위치가 적합하리라고 생각됨)할 수도 있고, 대형 ATM 스위치

를 이용하여 VPI에 의거한 ATM 스위칭을 행함으로서도 가능하다. 만약 ATM 스위치를 사용할 경우에는 한 전송 트렁크의 대역폭보다 작은 대역폭을 가상 경로에 할당할 수 있는 유연성을 가지나, 대형 ATM 스위치가 필요하며 스위칭을 하기 위한 프로세싱 오버헤드가 따른다는 불리점이 있다(그림4참조).

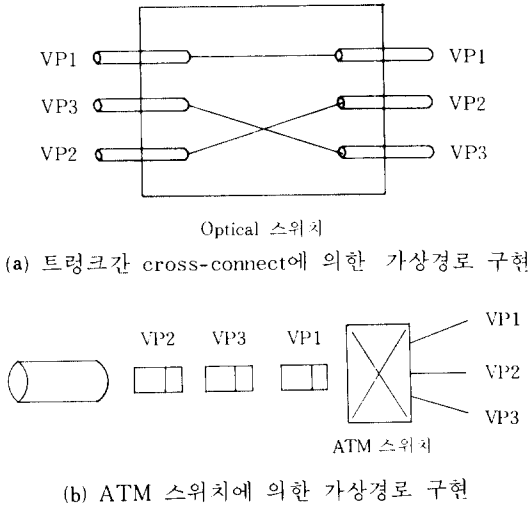


그림 4. 가상경로의 구현 방법

가상경로는 주어진 전송 시설을 논리적으로 연결하여 생성되므로 연결 상태를 유연성 있게 재구성할 수 있다. 즉 역동적으로 변하는 traffic 상황과 망 시설 이용 상태에 따라 가상경로를 재구성(reconfiguration)하여, 망 상황에 적합한 논리적 망을 구축할 수 있다. 다시 그림3(a)에서의 ATM 망의 예를 들어 보자. 만약 ATM 스위치 쌍 (1, 4), (2, 3) 간 traffic 제공량이 줄고 (1, 3), (2, 4) 간 traffic 제공량이 늘었다고 가정하자. 상기와 같은 traffic의 변동에 따라 다음과 같이 가상경로를 변경할 수 있다.

- (1, 4) 간의 VPI1과 (2, 3) 간의 VP4를 VP 스위치 2에서 단절 시킨다.
- ATM 스위치 1에서 VP 스위치 2까지의 VP 1의 남은 부분과 ATM 스위치 3에서 VP 스위치 2까지의 VP4의 남은 부분을 이어서 ATM 스위치 쌍 (1, 3)을 직접 연결하는 새 가상경로 VP6을 만든다.
- 동일한 방법으로 VPI1과 VP4의 남은 부분을 이어서 ATM 스위치 쌍 (2, 4)를 직접 연결하는 VP7

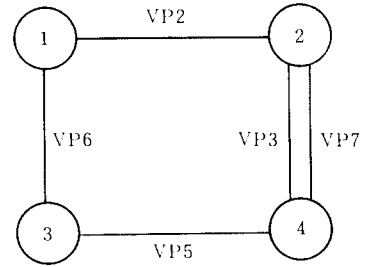


그림 5. 논리적 망의 예

을 만든다.

이러한 변경후 이루어진 논리적 망은 그림5와 같이 된다.

Traffic 변경에 따른 논리적 망의 재구성(reconfiguration) 문제는 비선형 프로그래밍(non-linear programming) 문제로 표현할 수 있다.¹⁷⁻¹⁹⁾ 이 문제를 구성할 때 연결성 확장에 따른 편리성 잇점과 과도한 연결로 인한 시설용량 이용의 비효율성 단점 사이의 trade-off 관계를 고려하여야 한다. 망 재구성 문제는 서킷 스위칭망의 경우와 패킷 스위칭망의 경우에 대해서 다루어져 왔으며, ATM 망에 대한 연구가 앞으로도 계속되어야 하리라고 여겨진다.

Ⅲ. 과밀 제어 (Congestion Control)

1장에서 고찰한 바와 같이 ATM 망 서비스중에는 정보 생성을 돌발적으로 하는 서비스가 대부분이다. 돌발적인 traffic은 그림6에서와 같이 활동기(burst)와 휴식기(silence) 두 부분이 번갈아 가면서 나타나며 활동기에만 셀을 생성한다.²⁰⁻²²⁾ 활동 기간에는 셀이 최고 생성율, λ_p , 의 비율로 생성되고 휴식기에는 셀을 생성하지 않는다. 만약 ATM 망이 각 호의 최고 생성율과 같은 전송 대역폭을 할당한다면 할당 대역이 휴식기에는 사용되지 않는 비효율성을 야기시킨다. 그러므로 ATM 망에서는 각 호에 최고 생성율보다 작은 대역폭을 할당하고 각 traffic을 통계적 다중화 함으로써 효율성을 고취시킨다.

그러나 통계적 다중화를 할 경우 다중화된 traffic 다수가 동시에 활동기에 들어가면 총 셀 생성율이 시설 용량을 초과하게 되어 아주 심각한 과밀 현상을 일으킬 수 있다. 그러므로 ATM 망은 이런 과밀 현상에 대비한 traffic 관리를 해야 한다. 과밀 현상은 저속 데이터 통신망에서도 문제가 되어 이를 해소하기 위한 과밀 제어 방식들이 제안되었다. 저속

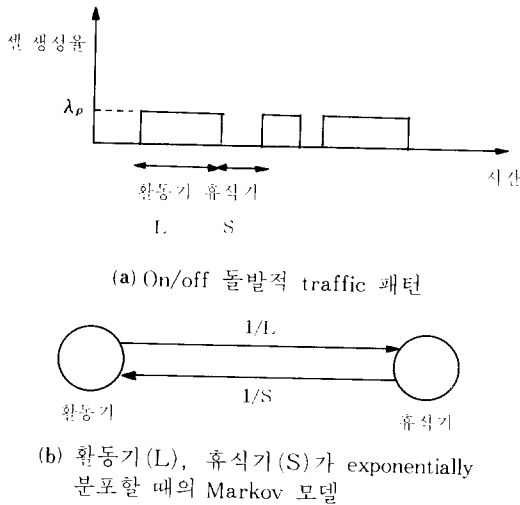


그림 6. 돌발적 traffic 모델

데이터 망에서의 가장 대표적인 방식으로 윈도우(window) 방식을 들 수 있는데 윈도우 방식은 일종의 폐쇄형 피드백(closed feedback) 원리에 의해 작동한다. 윈도우 방식에서는 퍼밋(permit)이 있어야만 새 패킷을 내보낼 수 있는데 퍼밋은 도착률이 망의 과밀 정도가 심할수록 낮아져서 패킷 생성지에서 새로 내보낼 수 있는 패킷의 수가 줄어들어 과밀 현상을 해소하도록 한 방식이다.

과밀현상이 발생함에 따라 망으로부터 피드백을 받아 과밀 현상을 해소시키는 방식들을 반응적 제어(reactive control) 방식이라 부른다. 반응적 제어 방식은 전송 속도가 수 Mbit/sec 이하인 저속 데이터 통신망에서는 유효할 수 있으나 ATM 망에서 사용하기에는 다음과 같은 문제점 때문에 적합하지 않다고 여겨진다.⁴⁾

○ATM 망은 고속 전송을 하기 때문에 전송지연(transmission delay)이 전파지연(propagation delay)보다 매우 작다. 예를들어 지점 A와 B를 잇는 길이가 100Km인 전송선이 있다고 가정하자. 만약 전송 속도가 1Mbit/sec 이라면 크기가 500bit인 패킷을 보내는데 걸리는 전송지연은 $500/10^6 = 0.5\text{ms}$ 가 된다. 전파속도가 $2 \times 10^8 \text{Km/sec}$ 라고 가정하면 전파지연은 0.5ms가 되며 A지점에서 보낸 패킷의 첫번째 bit이 B에 도착할 때 A에서는 그 패킷의 마지막 bit를 전송하고 있다. 만약 전송속도가 1 Gbit/sec로 증가한다면 전파지연은 $500/10^9 = 0.5\mu\text{s}$

로 감소하게 된다. 그러므로 AB사이의 전송선에는 동시에 10000개까지의 패킷이 전송상태에 있을 수 있다. 만약 지점 B가 과밀되어 A에 피드백을 보냈다고 하자. 피드백이 A에 도착할 때는 A는 이미 1000개의 패킷을 보낸 후가 되어 총 2000(최대값)개의 패킷이 피드백에 관계없이 지점B에 도착하게 된다. 그러므로 반응적 과밀 제어 방법은 ATM 망에 적합하지 않다.

○ATM 서비스 중 상당수가 실시간 전송을 요구하고 있다. 실시간 음성, 화상 신호는 정보의 전송을 지연시킬 수가 없어 정보 생성지에서의 전송지연 방식에 의존하는 반응적 과밀 제어를 사용하기 어렵다.

○ATM 망은 고속망이고 여기에 따라 대량의 셀을 처리해야 하기 때문에 프로토콜이 간단하여야 한다. 반응적 제어 방식은 폐쇄형 피드백에 의존하므로 상당한 프로세싱이 필요하며 ATM 망에서는 적합하지 않을 수 있다.

위에서 열거한 문제점 때문에 ATM 망에서 제안된 과밀 제어방식은 대부분 예방적제어(preventive control) 방식들이다. 예방적 제어란 망이 과밀 현상을 일으키는 상태에 도달하지 않도록 미리 traffic 제어를 하는 방식을 말한다. 예방적 제어는 셀이 생성되는 생성기 쪽이나 생성기에서 망에 접속되는 입구에서 가장 효율적으로 수행될 수 있다.

예방적 과밀 제어는 호 수용제어(call acceptance control)와 사용 매개변수 제어(usage parameter control) 두 부분으로 나누어 진다. 호 수용 제어는 호가 새로 도착했을 때 그 호의 수용/불수용 결정을 내리는 역할을 하며 사용 매개변수 제어는 수용이 허락된 호가 약속한 사용 매개변수에 따라 traffic을 생성하는지 감시하고 위반호에 대하여 제재조치를 취하는 역할을 한다.^{13,14,23-25)} 호 수용 제어와 사용 매개변수 제어 원칙과 방식은 다음과 같다.

1. 호 수용 제어

호 수용 제어는 새로 도착한 호를 이미 수용되어 서비스 중인 다른호의 서비스 질을 떨어뜨리지 않고 수용할 수 있는지 결정하는 것이다. 이런 결정을 위해서는 새로 도착한 호의 traffic 및 요구 서비스 질에 대한 매개변수 뿐만 아니라 이미 서비스 중인 호의 traffic 및 요구 서비스 질 매개변수도 알고 있어야 한다.

위와같이 가입자는 호 연결을 요청할 때 호의

traffic 매개변수를 망에(또는 암시적으로 서비스 종류에 따라 망에 제공될 수 있음)하여야 한다. 제공될 traffic 매개 변수는 다음과 같은 성질을 만족시켜야 한다.

○비 전문 가입자도 쉽게 매개변수를 결정하고 제공할 수 있어야 하므로 간단하여야 한다.

○통계적 다중화에 의한 성능 분석을 용이하게 하는 매개변수 이어야 한다.

○사용 매개변수 제어 기간동안 매개변수를 감소하고 측정하기 쉬워야 한다.

현재 가장 많이 거론되고 있는 traffic 매개변수로 최고 생성율(peak rate), 평균 생성율(average rate) 그리고, 돌발성 측정치(measure of burstiness)를 들 수 있다. 이 중에서 ATM traffic이 대부분 돌발성 traffic임을 감안할 때 돌발성 측정치가 가장 중요한 매개변수라 할 수 있다. 돌발성이란 서비스가 생성하는 정보의 양이 시간에 따라 변화하는 가변도를 나타내는 것이라 할 수 있는데 돌발성 매개변수를 어떻게 정의할 것인지에 대해서 아직 의견이 통일되어 있지 않다.

돌발성의 정의는 최고의 생성율과 돌발 활동기간(burst)의 길이를 종합적으로 나타내는 것이어야 한다. 이 두값을 포함하는 간단한 정의로 한 돌발 활동기간 동안에 평균적으로 생성된 셀의 수를 들 수 있는데 이 값은 돌발활동 기간의 평균길이에 최고 생성율을 곱한 것이다. 필자의 견해로는 위의 정의가 정확히 돌발성을 나타내지 못한다고 여겨지며 돌발성의 정의는 하나의 매개변수로 나타내기가 어렵다고 사료된다.

지금까지 연구 결과는 대부분 그림6에서 나타난 간단한 traffic 모델을 이용하여 호 수용 문제를 다루어 왔다.^{25,27-27} 그림6의 모델에서 traffic을 나타내는 매개변수는 최고 생성율(λ_p), 평균생성율(λ_m), 그리고 돌발활동기 및 휴식기의 평균길이, L, S등 네가지가 있다. 돌발성은 $b = \lambda_p / \lambda_m$, 즉 최고 생성율 대 평균생성율의 비로 나타내며 네 매개변수 사이의 관계는 $\lambda_m = \lambda_p(L/L+S)$ 로 나타낼 수 있다.

호 수용 문제는 전송 용량이 W인 전송선에 호를 몇개까지 서비스 요구 조건을 만족 시키면서 지원할 수 있느냐 하는 문제에 귀결한다. 위 문제는 모든 호가 같은 매개변수를 가지는 균일(homogeneous) 환경에서의 호 수용 문제와 비균일(heterogeneous) 환경에서의 호 수용 문제 두가지로 나눌 수 있다. 대부분의 연구는 균일 환경을 가정하고 호 수용 문제

를 다루어 왔다. 균일 환경에서의 호 수용 제어 문제는 컴퓨터 시뮬레이션이나 큐잉 이론을 이용한 해석적 방법으로 해결할 수 있다. 해석적 방법에서는 주로 MMPP(Markov modulated Poisson process)를 이용하여^[22,27] 입력 traffic을 모델링하고 전체 큐잉 프로세스를 MMPP/G/I/K를 사용하여 모델링 한다. 여기에서 K는 버퍼의 크기를 나타내며 K를 조정하여 전송지연의 한계를 설정할 수 있으며 또 CLR(cell loss rate)를 조정할 수 있다.

균일 환경하에서 주어진 전송용량(W), 호의 갯수(N), 그리고 매개변수(b, λ_p, L)에 의해 결정되는 CLR을 나타내는 함수를 $f(W, N, b, \lambda_p, L)$ 라고 가정하자. 전송용량 W인 전송선이 최대한 지원할 수 있는 호의 갯수 N_m 은 다음과 같은 식에 의해 결정된다.

$$\begin{aligned} f(W, N_m, b, \lambda_p, L) &\leq P, \\ f(W, N_m+1, b, \lambda_p, L) &> P \end{aligned}$$

위에서 P는 요구 CLR을 나타내며 N_m 은 전송용량 W인 전송선이 CLR 요구조건 P를 만족시키면서 지원할 수 있는 최대 호의 갯수이다. 호 수용 제어는 새로운 호가 도착하면 새로운 호가 거쳐야 할 각 가상경로가 새 호를 수용할 수 있는지 여부를 판단하여 결정한다. 위에서와 같이 호 수용 결정의 기반을 이루는 것은 전송용량 W를 이용하여 몇개의 호를 요구 서비스 질을 만족시키면서 통계적 다중화할 수 있느냐 결정하는데 있다. 여기에서 통계적 다중화에 의한 잇점(statistical multiplexing gain)은 traffic 매개변수에 의해 크게 영향을 받는다. 가장 중요한 매개변수로 돌발성($b = \lambda_p / \lambda_m$), 돌발활동 기간의 길이(L), 그리고 총 전송용량 대 최고 생성율의 비(W/λ_p)가 있는데 이들이 통계적 다중화 잇점에 미치는 영향은 다음과 같다.

○돌발활동 기간이 길수록 다중화 잇점이 줄어든다.²⁷⁾

○ W/λ_p 의 비가 작을 수록 (즉 다중화할 수 있는 호의 수가 작을 수록) 다중화 잇점이 줄어든다.^[25,27]

○돌발성이 클 수록 다중화 잇점이 줄어든다.²⁵⁾

현재까지의 호 수용 제어 문제는 주로 균일 환경하에서 이루어져 왔다. ATM 망이 다양한 서비스를 지원하므로 앞으로 비균일 환경^[27,30]하에서의 호 수용 제어 문제가 다루어져야 할 것이다.

2. 사용 매개변수 제어(usage parameter control)

사용 매개변수 제어는 호가 연결될 때 사용자가

제한한 traffic 매개변수에 따라 서비스가 traffic을 생성하는지 감시하고 약속을 위반한 호에 대해 적절한 조치를 취하는 제어 장치이다. 호 수용 제어는 호를 연결할 때 사용되는데 반해 사용 매개변수 제어는 호 연결 후 정보전송 과정(data transfer phase)에서 사용한다. 사용 매개변수 제어를 흔히 감시기(policing) 또는 대역강제(bandwidth enforcement)라고도 부른다.^[13-15,28,31,32]

사용 매개변수 제어는 전송 자원을 공유하는 ATM 망의 특징 때문에 필요한 것이다. 전송 자원이 독립적으로 할당된 서킷 교환망에서는 호 간의 간섭성이 없고 할당 자원이 한정되어 있으므로 사용 매개변수 제어와 같은 감시 기구가 필요가 없다. 그러나 ATM 망에서는 전송 자원이 공유되며 호 수용 제어가 traffic 매개변수에 의해 결정되므로 호가 연결된 후에도 어떤 호가 다른 호의 서비스 질에 영향을 주지 않도록 감시하고 제재해야 한다. 사용 매개변수 제어 방법으로 제안된 기법 중 대표적인 것으로 LB(leaky bucket), VLB(virtual leaky bucket), JW(jumping window), TJW(triggered jumping window), MW(moving window), 그리고 EWMA(exponentially weighted moving average) 등이 있다. 각 기법에 대한 설명은 다음과 같다.

(1) LB

LB 기법은 계수기(counter)와 미리 결정된 계수기의 한계치를 가지고 작동한다. 계수기는 셀이 생성될 때마다 하나씩 증가하고 일정 시간마다 계수기 값이 양이면 하나씩 감소한다. 계수기 값이 감소하는 비율이 바로 호에 할당된 대역폭이다. 계수기 값이 한계치에 도달하면 계수기는 더 이상 증가하지 않으며 이때 도착되는 셀들을 버려지게 된다.

(2) VLB

작동 원리는 LB와 같다. 그러나 약속위반 셀들을 LB에서와 같이 버리는 것이 아니라 위반 표시를 하여 전송용량이 남아 있으면 전송하는 방식이다. 표시된 셀들은 보통 셀보다 우선 순위가 낮게 책정되며 중간 지점에서 과밀 현상이 일어나면 먼저 누락된다.

(3) JW

JW 방법은 어떤 일정기간에 생성되는 셀의 수를 제한하는 방법이다. 이 기간을 윈도우(window)라고 하며 윈도우가 서로 겹치지 않고 앞 윈도우 바로 다음부터 새 윈도우가 건너뛰어 시작하므로 JW라고 불리운다. JW는 윈도우 길이를 나타내는 시간 측정기(timer)와 셀 갯수를 세는 계수기(counter), 그리

고 윈도우 크기와 최대 허용 셀 갯수를 나타내는 한계치를 사용하여 구현한다. 최대 허용 한계치를 초과하여 도착하는 셀은 LB에서와 같이 누락시킨다.

(4) TJW

JW는 윈도우가 셀의 도착에 관계없이 연속적으로 겹치지 않게 배치되어 있으나 TJW에서는 윈도우 첫 부분이 셀이 도착하는 시간과 동기되어 시작한다. 그러므로 TJW에서는 윈도우가 연속적으로 나타나지 않고 단속적으로 나타난다. 그 외의 동작은 JW와 같다.

(5) MW

JW나 TJW에서는 윈도우의 시작이 T시간 만큼(또는 TJW에서는 그 이상) 떨어져서 윈도우가 서로 겹치지 않았다. MW에서는 윈도우의 시작이 어느 일정량(T보다 작은) 만큼 떨어져서 연속적으로 움직이게 만든 것이다. 각 윈도우에서의 최대 허용 셀의 갯수의 제어는 JW나 TJW 경우와 같은 방법으로 한다. 실제 구현시에는 현재 시간으로부터 T시간 이전에 도착한 셀의 갯수를 세는 것이며 각 셀의 도착시간을 기억하고 있어야 하므로 구현이 용이하지 않다.

(6) EWMA

EWMA는 JW와 같이 윈도우를 운용한다. 그러나 JW에서는 각 윈도우가 독립적으로 관리 되었으나 EWMA에서는 과거의 윈도우에서의 셀 생성수에 따라 현재 윈도우에서 허용하는 최대 허용 셀 갯수를 조정한다. 즉 이전 윈도우에서 셀이 허용치보다 적게 생성되었으면 현재 윈도우에서 허용되는 최대치를 어느정도 증가시킨다. 현재의 윈도우(i번째)에서의 허용치는 다음과 같은 공식에 의해 결정된다.

$$N_i = \frac{N - rS_{i-1}}{1-r} \quad 0 \leq r \leq 1$$

$$S_{i-1} = (1-r)X_{i-1} + rS_{i-2}$$

여기에서 N_i 는 i번째 윈도우에서의 최대 허용치이고 N 은 평균 허용치이며 X_{i-1} 은 (i-1)번째 윈도우에서 실제 생성되어 서비스된 셀의 갯수이다.

사용 매개변수 제어 방법에 대한 성능평가 및 비교는 비교적 많은 연구논문에서 다루어져 왔다. 현재까지 발표된 논문은 대체적으로 LB와 EWMA 방식의 우수성을 지적하고 있다.^[24]

IV. 결 론

ATM 방식은 다양한 서비스를 포함하는 광대역 종합망을 구현시키는데 적절한 방법으로 인식되어

이에 대한 연구와 표준화가 활발히 진행 중에 있다. 예방적 과밀 현상을 해소하기 위하여 ATM망의 특성을 고려한 다수의 예방적 과밀 제어 방식들이 제안되었다. ATM망의 잇점은 전송용량의 할당이 유연하며 또한 전송시설 이용의 효율성이 높다는데 있다. 자원의 효율적 이용은 돌발적 traffic에 최고 성능을 보다 작은 대역을 할당하고 통계적 다중화 잇점을 이용해 사용율을 높임으로써 가능해진다.


그러나 통계적 다중화의 경우 다수의 서비스가 돌발 활동기에 있으면 총 traffic 생성율이 전송 대역폭보다 커져서 심각한 과밀 현상을 야기시킬 수 있다. 과밀 제어 방식은 호수용제어와 사용 매개변수 제어 두 부분으로 구성되어 있다. 본 고에서는 최근 발표된 호수용 제어와 사용 매개변수 제어 방법의 원리와 그 성능에 대하여 설명하고 앞으로의 문제점에 관하여 고찰하였다.

ATM 망을 중심으로 한 고속 공중 통신망에 대한 연구는 최초의 고속 패킷 스위치와 고속 전송 시스템을 주 대상으로 이루어져 왔다. 근래 2~3년 간의 주요 연구 과제는 고속 통신망에서의 traffic 관리 문제에 집중되어 왔으며 현재에도 이 분야에 대한 연구가 활발히 전개되고 있다. 필자가 생각하는 ATM망의 traffic 연구와 관련하여 앞으로 연구해야 할 과제는 다음과 같다.

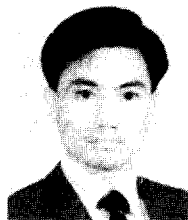
- Traffic 특성을 나타내는 매개변수에 대한 연구
- 비균일 환경하에서의 통계적 다중화의 성능분석 및 traffic 관리 방법^{27,30)}
- 단단계 traffic 관리 체제 사이에서의 단계간 상호 작용에 대한 분석⁴⁾
- ATM 망에서의 가장경로를 이용한 논리적 망의 재구성 문제
- 고속 데이터 전송에 필요한 경량 프로토콜 및 복수 프로토콜에 관한 연구
- 실시간 전송 및 데이터 전송을 종합적으로 관리할 수 있는 간단한 제어 방법에 관한 연구
- ATM 망의 특성을 고려한 음성 및 영상 코딩 방법
- 특정 코딩 방법에 의해 생성되는 traffic의 특성 분석 및 전송 문제^{33,34)}

參 考 文 獻

- [1] J. Turner, "New directions in communications," *IEEE Comm. Magazine*, vol. 24, no. 10, pp. 8-15, 1986.
- [2] R. Handel, "Evolution of ISDN towards broadband ISDN," *IEEE Network*, pp. 7-13, Jan. 1989.
- [3] H. Saito and et. al., "Traffic control technologies in ATM networks," *IEICE Trans.*, vol. 74, pp. 761-771, Apr. 1991.
- [4] J. Bae and T. Suda, "Survey of traffic control schemes and protocols in ATM networks," *Proc. of IEEE*, vol. 79, pp. 170-189, Feb. 1991.
- [5] A. Eckberg and et. al., "Meeting the challenge: congestion and flow control strategies for broadband information transport," *Globecom '89*, 3.1, 1989.
- [6] J. Hui, "Resource allocation for broadband networks," *IEEE JSAC*, vol. 6, no. 9, pp. 1598-1608, 1988.
- [7] J. Filipiak, "Structured systems analysis methodology for design of an ATM network architecture," *IEEE JSAC*, vol. 7, no. 8, pp. 1263-1273, 1989.
- [8] C. Kim and et. al., "Circuit emulations," *Int. J. Digital and Analog Cabled Sys.*, vol. 1, no. 4, pp. 245-256, 1988.
- [9] D. Clack and et. al., "NETBLT: A high throughput transport protocol," *ACM SIGCOMM*, pp. 353-359, 1987.
- [10] K. Sabnani and A. Netravali, "A high speed transport protocol datagram/virtual circuit networks," *ACM SIGCOMM*, pp. 146-157, 1989.
- [11] W. Doeringer and et. al., "A survey of light weight transport protocols for high speed networks," *IEEE Trans. Comm.*, vol. 38, pp. 2025-2039, Nov. 1990.
- [12] Z. Haas, "A communication architecture for high speed networking," *Globecom'90*, pp. 433-441, 1990.
- [13] G. Gallassi and et. al., "ATM: Bandwidth assignment and bandwidth enforcement policies", *Globecom'89*, 49.6, 1989.
- [14] G. Woodruff and et. al., "A congestion control framework for high-speed integrated packetized transport," *Globecom'88*, 7. 1, 1988.
- [15] G. Gallassi and et. al., "Resource management and dimensioning in ATM networks," *IEEE Network Magazine*, pp. 8-15, May 1990.

- [16] J. Hui, *Switching and Traffic Theory for Integrated Broadband Networks*, Kluwer Academic Publishers, Boston, MA., 1990.
- [17] Y. Sato and K. Sato, "Virtual path and link capacity design for ATM networks," *IEEE JSAC*, vol. 9, no. 1, pp. 104-111, 1991.
- [18] S. Ohta and et. al., "A dynamically controllable ATM transport network based on the virtual path concept," *Globecom'88*, 1988.
- [19] G. Gopal and et. al., "Algorithms for reconfigurable networks," 13th ITC, 1991.
- [20] S-Q. Li, "Study of information loss in packet voice systems," *IEEE Trans Com.*, vol. 37, pp. 1192-1202, Nov. 1989.
- [21] I. Ide, "Superposition of interrupted poisson process and its application to packetized voice multiplexers," 12th ITC, 1989.
- [22] H. Heffes and D. Lucantoni, "A Markov modulated characterization of packetized voice and data traffic and related statistical multiplexer performance," *IEEE JSAC*, pp. 856-868, Sept. 1986.
- [23] A. Gersht and K. Lee, "A congestion control framework for ATM networks," *IEEE Inform'89*, pp. 701-710, 1989.
- [24] E. Rathgeb, "Modeling and performance comparison of policing mechanisms for ATM networks," *IEEE JSAC*, vol. 9, no. 3, pp. 325-334, Apr. 1991.
- [25] G. Woodruff and R. Kositpaiboon, "Multi-media traffic management principles for guaranteed ATM network performance," *IEEE JSAC*, vol. 8, no. 3, pp. 437-446, Apr. 1990.
- [26] N. Mitou and D. Pendaraski, "Cell level statistical multiplexing in ATM networks: Analysis, dimensioning and call acceptance control w.r.t. QOS criteria," 13th ITC, 15, pp. 7-12, 1991.
- [27] H. Saito, "Queueing analysis of cell loss probability control in ATM networks," 13th ITC, pp. 19-24, 1991.
- [28] K. Bala and et. al., "Congestion control for high speed packet switched networks," *Globecom'90*, pp. 520-526, 1990.
- [29] M. Butto and et. al., "Effectiveness of the leaky bucket policing mechanism in ATM networks," *IEEE JSAC*, vol. 9, no. 3, Apr. 1991.
- [30] H. Saito and et. al., "An analysis of statistical multiplexing in an ATM transport network," *IEEE JSAC*, vol. 9, no. 3, pp. 359-367, Apr. 1991.
- [31] I. Cidon and I. Gopal, "PARIS: An approach to integrated high speed private networks," *Int. J. Digital & Analog Cabled Systems*, vol. pp. 77-86, Apr. 1988.
- [32] M. Sidi and et. al., "Congestion control through input rate regulation," *Globecom'89*, 49.2, 1989.
- [33] P. Douglas and M. Vetterli, "Statistical analysis of the output rates of two variable bitrate video coders," *Visicom'90*, B. 3, 1990.
- [34] C. Kim and S. Lee, "Statistical analysis of a hybrid DPCM-DCT algorithm with periodic replenishment," to appear in *Visicom'91*, 1991. 

筆者紹介



金 鍾 權

1958年 2月 2日生

1981年 2月 서울대학교 산업공학과(학사)

1982年 6月 미국 조지아 공과대학 O. R(석사)

1987年 7月 미국 일리노이대학 전산학(박사)

1987年~1991年 1月 미국 벨 통신연구소 연구원

1991年 1月~현재 서울대학교 계산통계학과 조교수