

# CPN의 관리 모델과 망 액세스 흐름/혼잡 제어

정회원 김 양 섭\*, 권 혁 인\*\*, 김 영 찬\*

## CPN Management Model and Network Access Flow/Congestion Control in ATM Network

Yang-Seob Kim\*, Hyuk-In Kwon\*\*, Young-Chan Kim\* *Regular Members*

\*이 연구는 96년도 한국학술진흥재단의 자유공모과제 연구비의 지원을 받음.

### 요 약

ATM 망에서는 어느 한 순간에 다수의 연결에서 동시에 발생하는 버스트가 일어날 수 있으며, 이는 혼잡을 야기할 수 있다. 따라서, 사용자의 QoS를 보장하기 위해서는 반작용적인(Reactive) 흐름 제어 기법들이 필요하다. 그러나, ATM망은 고속통신망이기 때문에 중간노드에서의 혼잡에 대해서 반작용적으로 소스의 전송률을 제어하기란 쉽지 않다. 그러므로, CPN(Customer Premise Network)에서의 흐름 제어가 종단-대-종단 흐름 제어보다 더 효율적일 수 있다. 본 논문에서는 CPN에서의 흐름 제어를 위한 관리 모델을 제시하고 가상 경로 연결(VPC)을 효율적으로 이용하기 위한 새로운 망 액세스 흐름/혼잡 제어(NAFC: Network Access Flow/Congestion Control) 기법을 제안한다.

### ABSTRACT

As there can be coincident bursts which may result in congestion in a node of ATM network, reactive flow control schemes are required to guarantee user's Quality of Service. But, the high speed characteristics of ATM networks make it difficult to control source transmission rate in reacting to congestions in intermediate nodes. Therefore, flow control in Customer Premise Network may be more efficient than end-to-end flow control. In this paper, we propose a management model for flow control in CPN and new Network Access Flow/Congestion control scheme to utilize efficiently Virtual Path Connection.

### 1. 서 론

ITU-T는 광대역 통합 서비스 디지털 망(B-ISDN)을

위한 전송 방법으로 ATM을 채택했다([1]). ATM을 채택한 이유는 음성, 자료 및 화상 응용과 같이 다양한 사용자 트래픽을 지원하기 위해 고속, 저지연 멀티플렉싱 및 스위칭 망을 제공하기 위해서이다. 이러한 ATM망은 패킷 스위칭과 멀티플렉싱을 기반으로 하고 있으며 패킷의 단위는 53바이트이다. 여기에서의 패킷을 ATM에서는 셀이라 하며 5바이트의 헤더와

\* 중앙대학교 컴퓨터공학과

\*\* 중앙대학교 경영학과

論文番號 : 98101-0305

接受日字 : 1998年 3月 5日

48바이트의 사용자 자료로 이루어져 있다. 각각의 셀들은 다양한 사용자의 요구를 지원하기 위해 링크상에서 멀티플렉싱 된다.

ATM은 연결-지향(Connection-Oriented) 기법을 채택하고 있으며 설정시 연결에 대한 경로가 정해진다. 각 연결에 대한 링크에는 연결 식별자가 할당되며 연결 식별자에는 VCI(Virtual Channel Identifier)와 VPI(Virtual Path Identifier)가 있다. VPI는 목적지가 같은 가상 채널의 집합을 나타내는 가상 경로를 식별하기 위한 것이다.

ATM 트래픽의 가장 큰 특징은 갑자기 발생하는 동시다발적인 버스트라 할 수 있다. 이런 집중성은 망의 임의 노드에서 혼잡을 야기하게 되고 이런 혼잡으로 인해 사용자의 QoS를 보장하지 못하는 경우가 발생한다. 트래픽 제어는 이런 혼잡을 피하기 위해 망이 취하는 행위라 할 수 있으며 혼잡 제어는 혼잡의 강도, 확산 및 기간 등을 최소화하기 위해 망이 취하는 일련의 행위를 말한다.

현재까지 다수의 트래픽 제어 및 혼잡 제어 기법들이 표준으로 채택되었다([6],[8],[20]). 이들 기법들은 ATM 망에서의 트래픽 및 혼잡을 관리하고 제어하기 위한 기능들을 수행하며 각각의 서비스 종류에 따라 적절히 조합하여 사용된다. 예를들어, 연결을 설정하는 단계에서는 CAC(Connection Admission Control)를 통해서 망 자원의 할당가능 여부에 따라 연결을 수용할 것인지 아닌지를 결정하고, 자료를 전송하는 중에 망의 임의 노드에서 혼잡이 발생할 경우 우선순위가 낮은 셀을 버리는 정책을 사용할 수 있다.

[18],[21]에서는 목적지의 제어 신호에 따라 전송물을 조절하는 소스 속도 제어 기법을 제안했다. [19],[20]에서는 적용가능한 윈도우 흐름 제어 기법들이 제시되었다. 이런 기법들의 문제점은 혼잡 신호의 피드백 지연시간이 혼잡 기간보다 짧은 경우에만 적용가능하다는 것인데 ATM망에서는 중간노드에서의 트래픽의 특성(특히 혼잡의 지속시간)이 불확실성을 띄기 때문에 이런 기법들의 효과를 보장할 수 없다. 따라서, 본 논문에서는 중단-대-중단 방식의 트래픽 관리가 아닌 CPN내에서의 트래픽 관리를 수행하는 망 액세스 흐름/혼잡 제어(NAFC)를 제시한다. NAFC는 WAN 내부의 혼잡을 고려하지 않고 있으며 망의 입구 노드에서의 버퍼 점유량을 기반으로 외부 입력을 줄인다.

트래픽 및 혼잡 제어를 가능하게 위해서는 ATM망

의 성능을 모니터링(감시)할 수 있어야 한다. OAM 셀은 ITU-T가 권고하고 있는 성능관리의 한 수단이다([7]). 이 OAM 셀은 두 ATM 종단 시스템 사이의 관리 기법이고 사용자 트래픽의 블록당 하나씩 망에 삽입되며 사용자 셀과 같은 QoS를 보장받으면서 전송된다. 각 종단 시스템은 OAM 셀의 내용에 따라 ATM 망의 중간 노드에서의 혼잡 발생여부를 파악하고 셀의 지연시간을 유추할 수 있지만 그 정보는 피드백 지연시간이 혼잡 기간보다 긴 경우 등으로 인해 부정확한 경우가 발생한다. 한편, ATM Forum에서는 SNMP를 기반으로 하는 ILMI(Integrated Local Management Interface) 명세를 제정하였다([9]). ILMI는 서로 인접한 ATM 장치가 인터페이스에 대한 관리 정보를 서로 주고 받을 수 있도록 하는 기능들을 제공한다. 즉, ATM 인터페이스 MIB(ILMI MIB)내의 정보를 참조함으로써 고장 및 성능관리에 대한 정보를 얻을 수 있게 된다. 본 논문에서는 이런 ILMI를 기반으로 하는 성능관리 모델을 제시하고 있다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장은 현재까지 제시된 ATM 망에서의 트래픽 관리 기법에 대해 기술한다. 3장은 ATM Forum에서 제시하고 있는 ILMI를 기반으로 하는 ATM 망관리 시스템 모델을 제안한다. 4장은 3장에서 제안한 성능관리 모델을 기반으로 VPC를 효율적으로 이용하기 위한 NAFC 기법을 제안한다. 5장은 제안된 기법의 성능을 보여 준다.

## II. ATM 망에서의 트래픽 관리

[6],[8],[20],[24]에서는 ATM망에서의 트래픽과 혼잡을 관리하고 제어하기 위한 기능들을 기술하고 있다. 이 기능들은 ATM망의 성능을 향상시키기 위해 망과 종단-시스템을 망으로부터 보호하고 망의 자원을 효율적으로 이용할 수 있도록 한다. ATM망은 서비스의 종류에 따라 이런 기능들을 적절히 조합하여 사용할 수 있다.

CAC(Connection Admission Control)는 초기 연결 설정 단계에서 새로운 VC/VP 연결 요구를 수용할 것인지 아닌지를 결정하기 위해 망이 취하는 행위이다. 즉, 현재 망의 자원 이용 상태를 기반으로 새로운 연결을 수용할 수 있을 정도의 자원이 있으면 연결을 수용하고 그렇지 않으면 연결을 거부하게 된다([25]).

UPC(Usage Parameter Control)는 트래픽을 감시하

고 제어하기 위해 망이 취하는 행위이다. UPC는 실수나 고의로 망의 자원을 연결 설정시 제약된 것 이상으로 사용함으로써 이미 설정된 다른 연결의 QoS에 악영향을 끼치는 것을 막기 위한 것이다.

CLP(Cell Loss Priority) 제어는 중단-시스템이 트래픽을 보낼 때 트래픽의 종류에 따라 셀의 CLP 비트를 다르게 표시(0 또는 1)한다. 만약 망의 중간 노드에서 혼잡이 발생할 경우 CLP = 1인 셀을 먼저 버림으로써 높은 우선순위를 가진 셀의 QoS를 보장해 준다.

트래픽 조절(traffic shaping)은 망을 더 효율적으로 이용하기 위해 QoS를 만족시키면서 연결상의 연속된 셀들의 트래픽 특성을 변경하는 기법이다. 이는 셀 간격을 시간상으로 조절하고 셀 스케줄링 정책을 이용함으로써 최고 셀 속도를 줄이거나 버스트의 길이를 제한하고 CDV(Cell Delay Variation)를 줄일 수 있다.

망 자원 관리(Network Resource Management)는 서비스 특성에 따라 연결들을 논리적으로 분리한다. 즉, 서로 유사한 특성을 갖는 VC들을 하나의 VP로 묶어서 VPC(Virtual Path Connection) 단위로 자원 예약등을 함으로써 각 VCC(Virtual Channel Connection)들을 설정하는데 드는 시간을 줄일 수 있다.

ABR 흐름 제어는 현재 망에서 이용가능한 대역폭을 여러 ABR 연결이 적절히 공유할 수 있도록 한다. 즉, 망의 현재 상태에 따라 송신자가 그 속도를 조절하는 것이다. 이는 RM(Resource Management) 셀이라 불리는 제어 셀을 통해 현재 망에서 이용가능한 대역폭, 혼잡 상태에 관한 정보를 송신측에 전달함으로써 가능하다.

혼잡 기간은 효율적으로 혼잡 제어를 수행하는데 있어서 가장 중요한 요소 중의 하나이다. 아무런 트래픽/혼잡 제어 기법을 사용하지 않을 경우, 음성자료의 평균 혼잡 기간은 수백ms이고 화상자료는 수초 동안 지속된다([19]). 위에서 언급한 혼잡 예방기법들은 망의 상태를 적시에 알 수 있는 경우, 그리고 혼잡 기간이 혼잡을 알리는 피드백 시간보다 더 긴 경우에 적절히 응용하면 혼잡 해결기법으로 사용될 수도 있다. 그러나 혼잡기간의 길이가 피드백 시간의 길이보다 짧은 경우에는 아무런 효과를 얻을 수 없을 뿐만 아니라 오히려 망의 이용율을 떨어뜨릴 수 있다. 예를들어, 망의 중간 노드에서 혼잡이 발생했고 그 혼잡기간이 200ms이라고 가정하자. 이 경우 그 혼잡을 알리는데 걸리는 피드백 시간이 200ms 이상이라면 그

혼잡을 없애기 위해 특정 소스의 전송률을 줄이는 것은 무의미하다.

본 논문에서 제안하는 NAFC 기법은 중간 노드에서의 혼잡을 고려하지 않는다. 중간 노드에서의 혼잡은 미리 할당된 PVC를 지원하는 공중망에서 각종 망 혼잡 제어기법들을 사용하여 제어된다고 가정하며 CPN(기업망)내에서의 혼잡만을 제어한다. 즉, 미리 할당된 PVC내에서 각 사용자에게 최대한으로 VC들을 할당해 주고 혼잡이 발생하면 임의의 소스의 전송률을 줄인다. 이때 하나의 PVC에 할당된 VC들의 트래픽 특성은 모두 유사한 것으로 가정한다.

NAFC 기법을 지원하기 위해서는 CPN 전체 망에 대한 관리 정보를 유지하고 NAFC 알고리즘을 수행하는 관리 시스템을 필요로 한다. 이를 기업망 관리 시스템이라 하며 기업망 관리 시스템은 혼잡을 감지한 스위치로부터 혼잡 통고를 받아서 NAFC 알고리즘에 따라 임의의 소스를 선택하고 그 소스에게 전송률을 줄이도록 한다. 여기에서 혼잡을 감지하는 기능은 스위치에서 제공하는 것으로 가정한다. 이 때, 혼잡을 통고하거나 특정 소스의 트래픽을 줄이는 것은 SNMP 메시지나 RM 셀을 이용한다. 그러나, 임의의 중간 노드에서 심각한 혼잡이 발생하는 경우, 공중망 자체에서 혼잡을 처리하지만 경우에 따라 기업망내의 소스에게 트래픽을 제한해야 하는 경우가 발생한다. 이런 경우, 기업망 관리 시스템은 공중망을 관리하는 공중망 관리 시스템으로부터 공중망에 대한 정보(SNMP pdu를 통해서)를 받아서 해결할 수 있다.

### III. ATM 망관리 시스템 모델

NAFC는 기업망내에서의 혼잡을 제어하는 기법이다. 즉, 기업망내에서 미리 할당된 반영구적인 VP를 효율적으로 이용하기 위해 각 VC들의 전송률 등을 감시하고 혼잡이 발생한 경우 임의의 VC의 전송률을 줄이는 기법이다. 이와같은 작업을 수행하기 위해서는 기업망 전체 또는 VP에 대한 트래픽 상황 등을 유지하는 관리 시스템을 필요로 한다.

기존의 ATM망에서는 OAM 셀을 이용하여 혼잡을 감지하고 통지하였다. 그러나, ATM OAM은 혼잡 기간이 피드백 시간보다 긴 경우에는 적합하지 않으며 UNI에 대한 진단, 모니터링 및 구성 서비스를 완벽하게 지원해 주지 않는다. 이로 인해, ATM Forum은

ATM 사용자에게 최소한의 관리 기능을 제공하기 위해 ILMI를 제정하였다. 즉, 인접한 두 ATM 장치(예를 들어, 중단 시스템, 스위치) 사이에 가상 경로 연결(VPC), 가상 채널 연결(VCC), 등록된 ATM 주소, 등록된 서비스 및 해당 ATM 인터페이스에서 이용가능한 기능들에 대한 정보를 주고 받을 수 있도록 한다.

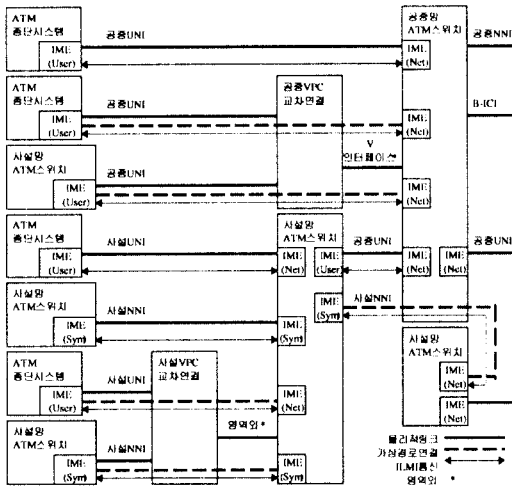


그림 1. 통합된 지역 관리 인터페이스(9)

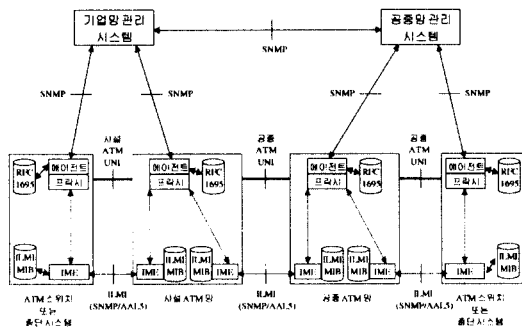


그림 2. ATM 망관리 시스템 모델

인접한 장치들 사이에 ILMI를 통해 관리 정보를 주고 받을 수 있기 위해서는 각 장치가 인터페이스 관리 개체(Interface Management Entity: IME)를 지원해야 한다. IME는 전통적인 TCP/IP 망관리 구조에서 관리자와 에이전트 프로그램을 포함한다. 그림 1은

ILMI 모델을 보여 주고 있다.

ILMI는 SNMP를 기반으로 하고 있으며 ILMI를 지원하는 모든 장치들은 각 ATM 인터페이스에 대한 MIB (ATM 인터페이스 MIB)를 가지고 있어야 한다. 또한, 관리정보를 서로 주고 받는 모든 IME는 같은 MIB를 가지고 있어야 한다.

그림 2는 ILMI를 이용한 ATM 망관리 시스템 모델을 나타낸다. 그림에서 기업망 관리 시스템은 사실 ATM 망을 구성하는 ATM 중단 시스템과 ATM 스위치를 관리하는 관리자이며 공중망 관리 시스템은 공중망내의 ATM 스위치들을 관리하는 관리자이다. 각 ATM 장비들은 관리 시스템으로부터 관리정보에 대한 요구를 처리하는 에이전트와 IETF에서 제정한 ATM MIB(RFC 1695)를 지원한다. ATM MIB는 ATM을 기반으로 하는 인터페이스, 장치, 망 및 서비스에 대한 정보를 유지하며 ILMI MIB와 거의 유사한 정보를 제공하며 ILMI가 ATM MIB의 부분집합이라 할 수 있다. 프락시는 외부 관리 시스템이 ATM 인터페이스 MIB내의 정보를 수집/변경할 수 있도록 해 준다. 즉, 에이전트에 도착한 ATM 인터페이스 MIB에 대한 외부 관리 시스템의 요구를 IME(지역/원격 IME)에게 전달해 주고 다시 그 결과를 외부 관리 시스템에게 전달하는 기능을 수행한다.

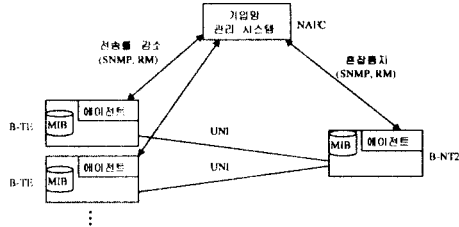


그림 3. NAFS 시스템 모델

본 논문에서는 이와같은 ATM 망관리 시스템 모델을 통해 망에 대한 성능 정보를 수집하고 분석하여 성능관리를 수행한다. 그림 3은 NAFS 기법을 동작하기 위한 CPN내에서의 시스템 모델을 보여 주고 있다. 그림에서처럼, 기업망 관리 시스템은 ATM 인터페이스에 대한 통계치(MIB-II의 interfaces 그룹내의 관리객체에 대한 정보)나 B-NT2(스위치)내의 버퍼 점유율(대부분의 스위치에서 혼잡을 감지)을 주기적으로

폴링하거나 에이전트로부터 발생하는 트래픽으로 인해 임의의 노드에서의 혼잡을 감지할 수 있다. 이 때 속도-기반 혼잡 제어기법의 RM셀을 통해 혼잡을 통고하거나 전송률을 줄일 수도 있다. 일단 혼잡이 발생하게 되면, 기업망 관리 시스템은 NAFC 기법을 이용하여 임의의 소스 하나를 선택하고 선택된 소스의 에이전트에게 트래픽을 줄이라는 메시지(SNMP 메시지 또는 RM셀의 CI나 ER필드)를 전달하게 된다. 여기서 기업망 관리 시스템은 B-NT2(스위치)내의 에이전트와 상호작용하면서 혼잡 여부를 감지하며 NAFC 기법은 혼잡이 발생했을 경우 혼잡을 해결하거나 줄이는 역할을 수행하게 된다.

#### IV. NAFC 기법

공평하고 효율적인 제어 기능은 트래픽 관리를 수행하기 위해 중요한 요소 중 하나이다. 그러나, ATM 망이 제공하는 서비스가 다양하기 때문에 트래픽 관리 기법을 설계하는 것은 쉽지 않다. 다양한 서비스를 처리하기 위한 간단한 방법 중의 하나는 QoS 요구사항이나 트래픽 기술자를 기반으로 VP내의 VC들을 분류하여 각 VC들의 종류별로 독립적으로 제어하는 것이다. 본 논문에서는 서로 같은 트래픽 특성을 갖는 VC들의 그룹이 VP를 통해 설정되어 있다고 가정한다. 그 VC들은 다음으로 표기된다:  $V_i$  ( $0 < i < n$ ;  $n$ 은 VC의 전체 개수). VP상의 혼잡은 멀티플렉서(VP 접근점) 버퍼에서의 평균 셀 지연 시간, 어느 순간의 호출 수 또는 버퍼 점유율로 식별될 수 있다. 즉, 혼잡은 특별한 버퍼 감시 기능을 통해 식별될 수 있다고 가정한다. 만약 버퍼내에서 셀의 수가 임계값에 도달하면, 다음 제어 메시지 중의 하나를 발생한다: 상승 단계인 경우엔 Con(X)와 하강 단계에는 Con(Y) (그림 4 참조).

본 논문에서 알고리즘을 설명하기 위해 다음의 표기법을 사용한다:

·  $S(T, Cycle)$  : T개의 VC들로 구성되고 Cycle이라는 값을 갖는 상태. 이때, T는 다음의 두 터미널 집합중의 하나.

$$\alpha = \{V_1, V_2, \dots, V_i\}$$

$$\delta = \{V_1, V_2, \dots, V_j\}$$

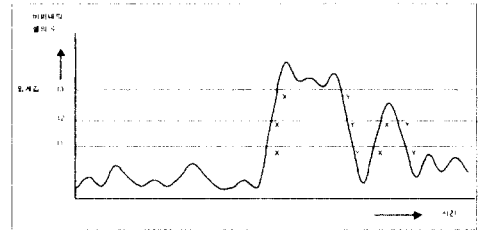


그림 4. 혼잡 신호 발생점

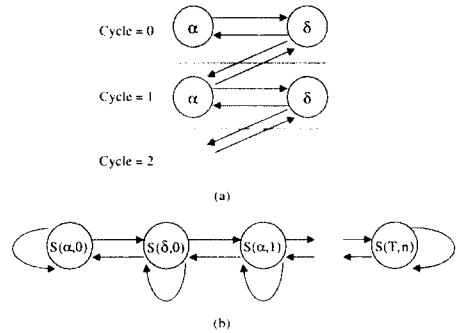


그림 5. 혼잡 상태에 따른 상태 전이

- $\#(\alpha)$  : 집합  $\alpha$ 에 속한 터미널의 개수(위의 집합  $\alpha$ 의 경우,  $\#(\alpha)$ 는  $i$ )
- $\#(\delta)$  : 집합  $\delta$ 에 속한 터미널의 개수(위의 집합  $\delta$ 의 경우,  $\#(\delta)$ 는  $j$ )
- Cycle : 혼잡의 깊이를 나타낸다. 예를 들어, 만약 모든 터미널이  $\delta$ 에 속하면서 혼잡 상태가 더 심각해 지면, 상태가 다음 사이클로 이동하고 알고리즘에 기술된 것과 같은 절차를 반복한다(그림 5 참조).
- N : VC의 개수. 같은 Cycle에서  $(\#(\alpha) + \#(\delta))$ 는 N이 된다(그림 5 참조).

#### [알고리즘]

버퍼 감시 기능으로부터 발생하는 각 Con(X) 신호에 대해.

1. If  $\#(\alpha) > 0$ ,  
Then  $\alpha$ 에서 하나의 터미널을 무작위로 선택해서  $S(\delta, Cycle)$ 로 전이시킨다.
2. 선택된 터미널에게 혼잡 신호를 보낸다.

3. If  $\#(\delta) = N$  and  $\#(\alpha) = 0$ ,  
 Then 모든 터미널을  $S(\delta, \text{Cycle} + 1)$ 로 전이시킨다.  
 $\text{Cycle} = \text{Cycle} + 1$

버퍼 감시 기능으로부터 발생하는 각 Con(Y) 신호에 대해.

1. If  $\#(\delta) > 0$ ,  
 Then  $\delta$ 에서 하나의 터미널을 무작위로 선택해서  $S(\alpha, \text{Cycle})$ 로 전이시킨다.  
 2. 선택된 터미널에게 혼잡 신호를 보낸다.  
 3. If  $\#(\delta) = 0$  and  $\#(\alpha) = N$  and  $\text{Cycle} > 0$ ,  
 Then 모든 터미널을  $S(\delta, \text{Cycle} - 1)$ 로 전이시킨다.  
 $\text{Cycle} = \text{Cycle} - 1$

위 알고리즘에서  $S(\alpha, \text{Cycle})$ 에서  $S(\delta, \text{Cycle})$ 로의 상태 전이는 해당 터미널의 전송 속도를 줄여야 한다는 것을 의미한다. 만약 VC들이 자료 서비스를 위한 것이라면, 소스의 전송 속도는 송신 터미널의 leaky 속도를 조절함으로써 쉽게 제어할 수 있다. 만약 소스가 여러 코딩 속도를 갖고 있는 가변 속도 코더인 경우라면, 조절가능한 코딩 속도가 미리 정의되어야 한다. 예를 들어, 가변 속도 코더의 미리 정의된 코딩 속도가 25, 20과 15 Mbps이고 터미널(가변 속도 코더)의 현재 상태가  $S(\alpha, 0)$ 이며 현재의 전송 속도(코딩 속도)가 25 Mbps라고 가정하자. 이때, 만약 터미널의 상태가  $S(\delta, 0)$ 로 전이하면, 전송 속도는 20 Mbps로 감소되어야 한다.  $S(\delta, \text{Cycle})$ 에서  $S(\alpha, \text{Cycle} + 1)$ 로의 전이와  $S(\alpha, \text{Cycle})$ 에서  $S(\delta, \text{Cycle} - 1)$ 로 전이하는 경우, 선택된 터미널의 전송 속도는 변하지 않는다(그림 5 참조).

그림 6은 터미널에 대한 상태 전이 확률을 보여 주고 있다. Con(X) 신호의 경우, 각 터미널은  $1/n$ 의 확

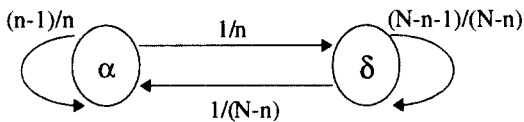


그림 6. 혼잡 신호에 따른 터미널의 상태 전이

률로  $S(\delta, \text{Cycle})$ 로 전이하며  $(n-1)/n$ 의 확률로  $S(\alpha, \text{Cycle})$ 에 머무르게 된다. NAFC를 수행하고 있는 동안에 새로운 VC 연결이 생성되고 종료될 수 있기 때문에 VC의 개수  $N$ 은 동적으로 변할 수 있다.

## V. 성능 평가

### 5.1 가정 및 표기법

on-off 모델은 문헌상에서 가장 많이 참조되는 트래픽 모델 중의 하나이다. 이 모델은 그림 7과 같은 두 가지 상태의 Markovian 모델과 일치한다. 본 시뮬레이션 모델에서, 소스의 트래픽 기술자는 다음과 같이 가정한다:

표 1. 트래픽 기술

트래픽 기술자 서비스 유형	최고비트 속도	평균비트 속도	버스트 기간	침묵 기간	집중성
유형 1	64 Kbps	36.174 K	1300 ms	1000 ms	1.77
유형 2	1.5 Mbps	0.6176 M	700 ms	1000 ms	2.43

- 최고 비트 속도  $p$
- 평균 버스트 기간  $\theta^{-1}$  Sec
- 평균 침묵 기간  $\sigma^{-1}$  Sec
- 평균 비트 속도  $a = p\theta/(\theta + \sigma)$
- 소스 집중성  $\beta = (\theta^{-1} + \sigma^{-1})/\theta^{-1}$

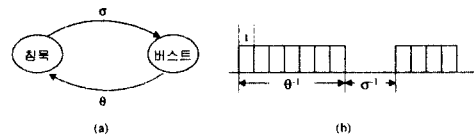


그림 7. 트래픽 모델

소스의 평균 침묵 기간( $\sigma^{-1}$ )은 [17]에서 제시하고 있다.

$$\sigma^{-1} = (1 - \rho) \theta^{-1} / \rho$$

여기서  $\rho$ 는  $a/p$ 이다. 버스트와 침묵 기간은 각각 평균값  $\theta^{-1}$ 와  $\sigma^{-1}$ 이므로서 지수적으로 분포된다고 가정한다(그림 7의 (a)).  $\theta^{-1}$ 기간 동안 소스는 매  $t$ 초마

다 주기적으로 셀을 발생시킨다(그림 7의 (b)).

간단한 시뮬레이션을 위해, 평균 비트 속도가 64 Kbps인 전화와 1.5 Mbps인 비디오 서비스 두가지 서비스를만 고려하겠다(표 1).

임계값 수치는 다음 식으로부터 구해진다.

$$T = CN$$

여기서 C는 사이클 수이고 N은 소스의 수를 나타낸다. 실제 응용에서 소스의 수가 매우 클 경우, 소스의 수는  $Con(X)$  신호로 무작위로 선택되고  $\delta$  집합에 포함될 수 있다. 이런 경우에, T는 다음과 같이 구해진다:

$$T = C(N/G)$$

여기서 G는 제 시간에 선택되어야 하는 소스의 수를 나타낸다. 연결은 동적으로 설정되고 해제될 수 있기 때문에, T는 매시간 적절히 조절되어야 한다. 마찬가지로, G 또한 동적으로 결정되어야 한다.

같은 트래픽 특성을 갖는 소스의 수가 하나의 VP 접근점에서 그리 많지 않다고 가정하고 본 시뮬레이션 모델은 7소스(N = 7)와 2 사이클(Cycle = 2)를 갖는다. 7개의 소스는 동일한 것으로 간주한다. 시뮬레이션 모델은 그림 8에서 보여 주고 있다.

### 5.2 시뮬레이션 연구

다음에서는 앞서 논의한 NAFC 기법의 성능에 관련된 여러 시뮬레이션 결과를 보여 준다. 한 VP 접근점에서 부하가 증가할 때의 겹쳐진 트래픽의 변이를 알아보기 위해, 버퍼의 크기 b는 무한하다고 가정하고 망에서 8분동안 버퍼의 변동 수치를 측정하였다. 그림 9는 특정 임계값을 넘어서는 초과수를 나타낸다. 이 그림에서, Th(x)는 임계값이 x라는 것을 나타낸다. 그림 10에서 보아서 알 수 있듯이, 이용률  $\mu$ 이 증가하면 할수록 초과수도 증가한다. 그러나,  $\mu$ 이 특정 제한값 이상으로 커지면, 초과수는 감소하기 시작한다. 이는 연속적인 버스트가 발생하면 버퍼는 장시간 동안 셀들로 가득 채워지게 된다는 것을 의미한다. 그림 11은 여러 임계값에 대한 셀의 평균 버스트 시간을 나타낸다. 여기서 버스트는 특정 시간동안 버퍼의 임계값 초과를 야기한 셀들의 그룹을 의미한다.

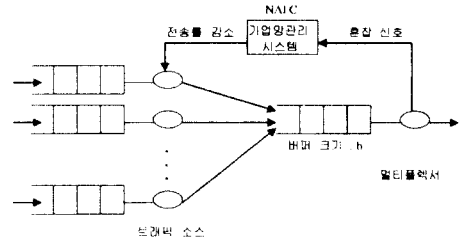


그림 8. 시뮬레이션 연구를 위한 시스템 모델

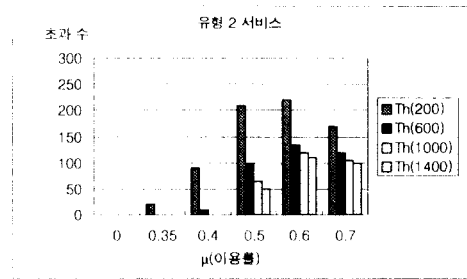


그림 9. 유형 2 서비스의 초과수

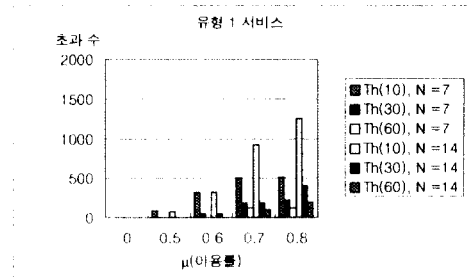


그림 10. 유형 1 서비스의 초과수

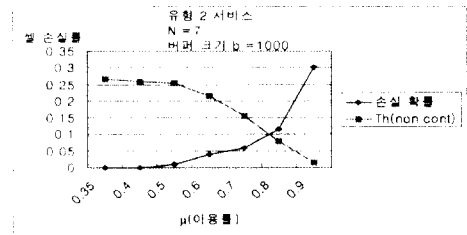


그림 11. 평균 버스트 시간

그림 12를 통해  $\mu$ 가 증가함에 따라 셀 손실률은 급격히 증가하고 버려진 셀로 인해 성능  $\phi(= \sum a_i / \sum a_i)$ ,

여기서 성능  $a_i$ 는 소스  $i$ 에 대한 멀티플렉서의 성능을 나타낸다)는 감소한다는 것을 알 수 있다. 이는 셀 손실률과 처리 성능을 감소시키지 않고 이용률  $\mu$ 를 증가시키기는 것이 매우 어렵다는 것을 의미한다.

앞 부분에서 멀티플렉서에서 트래픽 소스까지의 전송 지연은 무시할 만하다고 가정했기 때문에, 버퍼 오버플로우로 인한 셀 손실은 이론상 발생하지 않을 것이다. 그림 13은 다음과 같은 경우에 대한 NAFC 기법의 처리 성능을 보여 주고 있다.

- $\rho = 0.3$ , 혼잡을 신호하기 위한 첫 번째 임계값 = 700
- $\rho = 0.3$ , 혼잡을 신호하기 위한 첫 번째 임계값 = 900
- $\rho = 0.5$ , 혼잡을 신호하기 위한 첫 번째 임계값 = 700

NAFC는 첫 번째 임계값과 최대 버퍼 크기 사이에서 선택된 21개 임계값( $C = 3, N = 7$ ) 각각에 대한 트래픽 소스에게 혼잡 신호를 전달한다. 최대 버퍼 크기에 근접한 임계값을 선택함으로써, NAFC의 처리 성능을 개선할 수 있다.  $\rho$ 가 더 커진다는 것은 짐중성이 더 작으며 겹쳐져 도착하는 속도가 더 일정하다는 것을 의미한다. 그림상에서 NAFC 기법의 성능은 NAFC 기법이 적용되지 않은 경우보다 더 나쁘다. 그러나, 이런 처리 성능은 그림 12에서 제시된 셀 손실률 성능을 증가하게 함으로써 얻을 수 있다.

자료 서비스인 경우를 고려해 보자. 만약 하나의 셀이 손실되면 전체 프레임이 재전송되어야 하기 때문에, 다음 수식으로 구해지는 유효 셀 처리률이 고려되어야 한다.

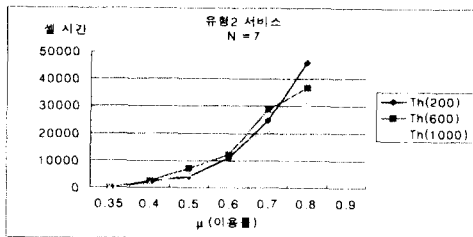


그림 12. 이용률에 대한 함수로서의 성능변이

유효 셀 처리률 =

$$\frac{\text{손상(셀 손실)없이 멀티플렉서에 의해 처리된 프레임의 전체 바이트수}}{44}$$

예를 들어, 과부하 기간동안 순차적으로 전송되는 10개의 셀중에 하나의 셀이 주기적으로 손실되고 평균 프레임의 크기는 4K(12 셀)이라 가정하자. 그러면, 과부하 기간동안 전송되는 거의 모든 프레임은 재전송되어야 하고 따라서 비록 셀 단계의 QoS는 수용할 수 있을 지라도 망 이용률은 매우 낮게 될 것이다. 그림 14는 어떤 흐름 제어 기법도 적용되지 않을 경우의 유효 처리률을 나타낸다.

비디오 서비스의 경우, 셀 손실은 코딩 기법에 따라 화질을 심각하게 떨어뜨린다. 예를 들어, 셀 손실은 DPCM 코딩 알고리즘을 사용하는 비디오 프레임의 거의 대부분을 손상시킬 수 있다([18]). 비록 매우 가변적인 트래픽이 망 접근점에서 손실없이 전송될 수 있을 지라도, 스위칭 노드에서의 혼잡을 야기하고 망 자원의 낭비를 가져올 수 있다.

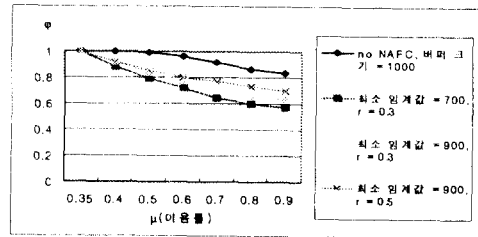


그림 13. 처리률

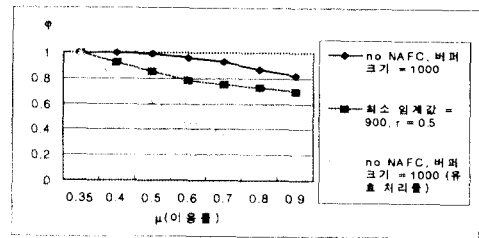


그림 14. 유효처리률

## VI. 결 론

망 액세스 흐름/혼잡 제어 기법(NAFC)은 VPC 접근점과 B-NT2에서의 혼잡을 완화시키고 할당된 VPC 용량을 효율적으로 이용하기 위해 제안되었다. NAFC는 소스 노드와 B-NT2 사이의 흐름 제어 기법이다. B-NT2는 버퍼의 변동 사항을 감시함으로써 혼잡을



식별하며 혼잡이 발생하면 기업망 관리 시스템에게 혼잡 신호를 전달한다. 소스 노드는 기업망 관리시스템으로부터 발생하는 전송률 감소 신호에 따라 자신의 전송 속도를 줄이게 된다.

ATM망의 고객은 자신의 요구에 맞게 VCC/VPC 용량을 조절할 수 있기 때문에 예약된 VPC 용량을 효율적으로 이용하는 것이 고객의 주된 관심사 중의 하나가 될 것이다. 할당된 망의 자원을 효율적으로 이용하기 위해서는 혼잡을 고려해야 한다. 즉, 혼잡을 빠르고 정확하게 감지하고 통지함에 따라 사용자의 QoS를 정확히 보장할 수 있으며 아울러 자원 이용률을 높일 수 있다. 기존의 OAM 셀을 이용한 혼잡 통지 방법은 종단-대-종단 방식의 제어 기법으로 피드백 지연 시간의 문제로 인해 혼잡을 정확히 통지할 수 없다. 하지만, 본 논문에서 제안하고 있는 관리시스템 모델을 적용하게 되면 SNMP의 트랩 메시지 등을 통해 빠르게 혼잡을 통지할 수 있으며 따라서 망의 자원 이용률을 증가시킬 수 있다.

### 참 고 문 헌

1. Recommendation I.150 (11/95) "B-ISDN asynchronous transfer mode functional characteristics"
2. Recommendation I.311 (08/96) "B-ISDN general network aspects"
3. Recommendation I.321 (04/91) "B-ISDN protocol reference model and its application"
4. Recommendation I.356 (10/96) "B-ISDN ATM layer cell transfer performance"
5. Recommendation I.361 (11/95) "B-ISDN ATM layer specification"
6. Recommendation I.371 (08/96) "traffic control and congestion control in B-ISDN"
7. Recommendation I.610 (11/95) "B-ISDN operation and maintenance principles and functions"
8. "Traffic Management Specification Version 4.0", The ATM Forum Technical Committee, April, 1996.
9. "Integrated Local Management Interface(ILMI) Specification Version 4.0", The ATM Forum Technical Committee, September, 1996.
10. H.I. Kwon, G. Pujolle, A. Tubtiang, "A Simple Flow Control Mechanism in ATM Network with End-to-end Transport", IEEE INFOCOM, San Francisco, pp. 654-661, 1993.
11. H.I. Kwon, G. Pujolle, "A Reactive Flow Control Mechanism in ATM Network with End-to-end Transport", IEEE FTDCS, Portugal, Sept, 1993.
12. H.I. Kwon, A. Tubtiang, G. Pujolle, "A Method for ATM Switch Classification", ICCT'92, Tech. Rep. MASl, University Paris 6, 1992.
13. H.I. Kwon, J.Y. Lee, J.W. Lee, "A Real-time Traffic Control Scheme for ATM network:RCT", KIPS, Vol 4, Nov, 1996.
14. N. Yin, M.G. Hluchyj, "A Dynamic Rate Control Mechanism for source coded Traffic in a Fast Packet Network", IEEE J. on Selec. Areas in Commun., Vol.9, No. 7, Sep. 1991.
15. T. Toniatti, F. Trombetta, "Performance Simulation of End-to-End Windowing in ATM Networks", IEEE INFOCOM, pp/ 495, 1992.
16. Z. Wang, J. Crowcroft, "A New Congestion Control Scheme: Slow Start and Search(Tri-S)", ACM SIGCOM, 1990.
17. F. Vakil, M. Saito, "On Congestion Control in ATM Networks", IEEE LTS, August 1991.
18. W. Verbiest, L. Pinnoo, B. Voeten, "The Impact of the ATM Concept on Video Coding", IEEE J. on Selec. Areas in Commun., Vol. 6, No. 9, December 1988.
19. N. Yin and M. G. Hluchyj. "A dynamic rate control mechanism for source coded traffic in a fast packet network." IEEE J. Select. Areas Commun. vol. 9. no. 7, Sept. 1991.
20. Dominique Gaiti and Guy Pujolle, "Performance Management Issues in ATM Networks: Traffic and Congestion Control", IEEE/ACM Transactions on Networking. Vol.4, No. 2. April, 1996.
21. G. Ramamurthy, Qiang Ren, "Analysis of the Adaptive Rate Control for ABR Service in ATM Networks" Proceedings of the Globecom '95 - Volume 2, Nov, 1995.
22. Rajesh Pazhyannur and Rajeev Agrawal, "Feedback based Flow control in ATM Networks with Multiple Propagation Delays", Proceedings of the

- IEEE infocom'96 The Conference on Computer Communications - Volume 2, April, 1996.
23. S.Mascolo, D.Cavendish, M.Gerla, "ATM Rate based congestion Control Using a Smith Predictor: an EPRCA Implementation", Proceedings of the IEEE infocom'96 The Conference on Computer Communications - Volume 2, April, 1996.
  24. R. Jain, "Congestion control and traffic management in ATM networks: Recent advances and a survey", Computer Networks and ISDN Systems 28, pp. 1723-1738, 1996.
  25. Jen M.Hah and Maria C.Yuang, "Estimation-Based Call Admission Control with Delay and Loss Guarantees in ATM Networks", Proceedings of the 1996 IEEE International Conference on Communications - Volume 2, June, 1996.
  26. Y.-D.Lin, W.-J.Su and C.-C.Lo, "Virtual Path Management in ATM Networks", Proceedings of the 1996 IEEE International Conference on Communications - Volume 2, June, 1996.



김 영 찬(Young Chan Kim) 정회원  
 1965년 2월 : 연세대학교 전기공학과(공학사)  
 1968년 8월 : 연세대학교 대학원 전자공학과(공학석사)  
 1983년 2월 : 연세대학교 대학원 전자공학과(공학박사)  
 1982년 12월~1983년 12월 : 프랑스 Grenoble대학 연구교수

1996년 1월~1996년 12월 : 한국정보과학회장  
 1973년 3월~현재 : 중앙대학교 컴퓨터공학과 교수  
 ※주관심분야: 운영체제, 분산시스템, 망관리



김 양 섭(Yang Seob Kim) 정회원  
 1997년 2월 : 중앙대학교 컴퓨터공학과(학사)  
 1997년 3월~현재 : 중앙대학교 대학원 컴퓨터공학과 석사과정  
 ※주관심분야: 망관리, 분산시스템



권 혁 인(Hyuck In Kwon) 정회원  
 1983년 2월 : 중앙대학교 전자계산학과(학사)  
 1985년 3월 : 중앙대학교 전자계산학과(석사)  
 1994년 3월 : 프랑스 파리6대학(컴퓨터공학박사)  
 1985년 3월~1990년 4월 : 한국국방연구원 연구원

1995년 3월~현재 : 중앙대학교 경영학과 부교수  
 ※주관심분야: 망관리, 네트워크 트래픽제어, 분산시스템